

火山活動のハザード・リスク評価手法 に関する調査

2017年9月

損害保険料率算出機構

はじめに

日本は世界有数の火山国であり、国土に多数の活火山を抱えている。毎年いくつかの火山で噴火等の活動が生じており、時には大きな災害を引き起こしてきた。

当機構では、地震保険に係る地震等の災害に関する調査研究の一環として、火山活動およびそのハザード・リスク評価について調査研究を実施している。地震保険調査研究42「火山災害の研究」（1997年）では、罹災形態や発生プロセスの観点から火山災害を整理・分類するとともに、富士山を対象とした火山災害のシナリオ展開や被害予測を試みた。また、地震保険研究17「全国を対象とした火山噴火災害危険度評価に関する研究」（2008年）では、当時の調査研究成果に基づき、噴火等の火山活動による多様な災害形態のうち、降灰や火砕流等について日本全国を対象としハザード・リスク評価を行うとともに、火山活動の履歴情報の不足を補う方法、災害形態ごとの建物被災度の設定方法等について、課題を整理した。

本報告書は、火山活動のハザード・リスク評価に関する近年の国内外の研究事例の調査結果をとりまとめるとともに、国内の火山活動について調査結果を付録として掲載したものである。

2017年9月

損害保険料率算出機構

目 次

第 1 章 序章	1
1.1 背景・目的	1
1.2 火山ハザードと火山リスク	2
第 2 章 火山ハザード評価手法に関する調査	3
2.1 調査の対象とする評価手法	3
2.2 調査結果	4
2.2.1 PVAHA 手法による降灰超過確率評価 (PVAHA 手法)	4
2.2.2 世界規模での降灰超過確率評価 (GVM 手法)	12
2.2.3 ベイジアンイベントツリーによる包括的ハザード評価 (BET 手法)	19
2.2.4 更新過程モデルによる降灰年超過確率評価	28
2.2.5 ベイズ推定による新規火道形成確率評価	32
2.2.6 点過程およびカーネル密度推定による時空間的噴火確率評価	38
2.2.7 噴火規模—頻度のワイブル関数評価	42
2.2.8 降灰シミュレーションによる降灰年超過確率評価	46
2.3 第 2 章のまとめ	49
2.3.1 各火山ハザード評価手法の内容・特徴	49
2.3.2 噴火確率評価手法と各火山現象への適用性	50
2.3.3 到達確率評価手法と各火山現象への適用性	51
第 3 章 火山リスク評価手法に関する調査	53
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」	53
3.1.1 火山ハザードマップについて	53
3.1.2 調査対象とする火山ハザードマップ	53
3.2 火山現象別被害率評価事例	57
3.2.1 対象とする火山現象	57
3.3 第 3 章のまとめ	70
引用文献	71
【付録 1】日本の火山活動 (28 火山)	73
【付録 2】28 火山の噴火一覧表	179

第 1 章 序章

1.1 背景・目的

日本は世界有数の火山国であり、国土に多数の活火山を抱えている。毎年いくつかの火山で噴火等の活動が生じており、時には大きな災害を引き起こしてきた。

火山がいつ、どこで、どのように活動し、どのような被害をもたらすのかを評価することは火山学上、また、防災・減災上においても重要な課題である。しかしながら、火山活動のタイプや規模、時間的变化などは、マグマの化学組成やその場所の地質構造・地下水の存在などのさまざまな要素が複雑に関係しているため火山ごとにかかなりの多様性を持ち、さらに火山活動に伴う災害形態は多岐にわたる。そのためリスクの評価を行うには困難性が高い。特に大規模な火山活動は低頻度であることや実験が難しい分野であることが、その困難性をさらに高めている。

個別の火山を対象としたハザードマップなどは、1990 年に始まった雲仙普賢岳や 2000 年の有珠山噴火などが契機となって全国的な整備が進んだが、作成主体となっている地方自治体等の防災施策として作成されることから、個々の火山ごとに作成されており、すべての火山を考慮した全国のハザード評価やリスク評価を行った調査研究の例は少ない。このような状況を踏まえ当機構では、2005 から 2007 年度にかけ、「全国を対象とした火山噴火災害危険度評価に関する研究」（2008 年、地震保険研究 17）では、多様な火山現象（土石流、泥流、降灰、噴石、火砕流、火砕サージ、溶岩流等をいう。）のうち、降灰や火砕流等についてのハザード評価およびリスク評価を行い、火山活動の履歴情報の不足を補う方法、災害形態ごとの建物被災度の設定方法等について課題を整理した。

本報告書では、ハザードはその発生確率を含む災害の要因となる火山現象をいい、被害を含まない自然現象を表し、リスクはハザードにより建物等に生じる被害量または被害程度を表す意味で使用している（以下同じ）。

一方、近年では火山関連学会等において、火山活動のハザード評価およびリスク評価に関する研究事例が徐々に発表されるようになってきており、2015 年 3 月に仙台で開催された「第 3 回 国連防災世界会議」においては、世界の多くの火山を対象とすることができる降灰のマクロ的なハザード評価手法や確率論的火山リスク評価手法が発表された。また、2011 年の霧島山（新燃岳）の噴火、2014 年の御嶽山や阿蘇山の噴火等をはじめとし、国内の火山活動が活発化している状況もある。

本調査は、上記を踏まえ、全国を対象とした火山活動のリスク評価に向け、現状の調査研究に関する情報収集を目的として行うものである。

なお、本調査では、国内の火山活動に関する調査もあわせて実施したので、付録として掲載した。

1.2 火山ハザードと火山リスク

前述のとおり、本報告書では、ハザードは災害の要因となる降灰や火砕流といった火山現象（発生確率を含む）をいい、リスクはハザードにより建物等に生じる被害について、その被害の量または程度を表す意味で使用する。

火山ハザードは、下式のとおり、ある火山現象が発生する火山の「噴火確率」および火山現象が地域的にどの程度の激しさでどこまで到達するかを確率的に評価した「到達確率」の積で表す。

火山リスクは、下式のとおり、火山ハザードによる被害程度を確率的に評価した「被害率」をさらに乗じて表す。

$$\begin{aligned}\text{火山ハザード} &= \text{噴火確率} \times \text{到達確率} \\ \text{火山リスク} &= \text{噴火確率} \times \text{到達確率} \times \text{被害率}\end{aligned}$$

火山リスクは、個々の火山現象のリスク評価と、それらのリスク評価を統合した総合的リスク評価の2段階があるものと考えられる。最終的な火山リスク評価は后者である総合的リスク評価の結果が求められるが、現状では総合的リスク評価まで行った研究事例は少なく、多くは前者の火山現象ごとのリスク評価である。

さらに、リスク評価において必要な被害率評価手法に関する研究事例は、ハザード評価手法の研究事例と比較すると、本調査の範囲では少なかった。

本報告書では、火山ハザード評価手法に関する調査を第2章とし、火山リスク評価手法に関する調査を第3章として整理した。

第 2 章 火山ハザード評価手法に関する調査

2.1 調査の対象とする評価手法

2015 年 3 月に仙台で開催された「第 3 回 国連防災世界会議」において発表された(1)および(2)、論文検索プラットフォーム ScienceDirect および Springer による火山ハザード評価に関する論文数上位の組織の(3)～(6)および(8)の手法、日本国内を対象とした神戸大学研究チームによる(7)の手法、あわせて表 2.1.1 に示す 8 つの評価手法を調査の対象とした。表中の各手法が評価対象としている噴火確率と到達確率については、表 2.1.2 にその定義を示す。

表 2.1.1 火山ハザード評価に関する調査対象手法一覧

手 法 名 (英語表記)	手法の 評価対象	研究機関 (国籍)
(1)PVAHA 手法による降灰超過確率評価 (Probabilistic Volcanic Ash Hazard Assessment)	降灰 ①噴火確率 ②到達確率	GeoScience Australia (オーストラリア)
(2)世界規模での降灰超過確率評価 (Global probabilistic ash fall hazard assessment)	降灰 ①噴火確率 ②到達確率	Global Volcanic Model (国際共同研究組織)
(3)ベイジアンイベントツリーによる包括的ハザード評価 (Bayesian event tree)	任意 ①噴火確率 ②到達確率	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (イタリア)
(4)更新過程モデルによる降灰年超過確率評価 (Renewal model and tephra assessment)	降灰 ①噴火確率 ②到達確率	Massey University (ニュージーランド)
(5)ベイズ推定による新規火道形成確率評価 (Probability hazard map of future vent opening)	火道形成位置 ①噴火確率	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (イタリア)
(6)点過程、カーネル密度推定による時空間的噴火確率評価 (Spatio - temporal eruption forecasts)	噴火位置 ①噴火確率	Massey University (ニュージーランド)
(7)噴火規模－頻度のワイブル関数評価 (Eruption forecasting by weibull function)	噴火規模別 頻度 ①噴火確率	神戸大学 (日本)
(8)降灰シミュレーションによる降灰年超過確率評価 (Probabilistic model of tephra dispersal)	降灰 ②到達確率	University of South Florida etc. (アメリカなど)

表 2.1.2 手法の評価対象とする確率の定義

評価対象とする確率	定 義
①噴火確率	任意の火山において、ある火山現象が発生する確率 (火山現象の前提となる噴火や火道形成を含む)
②到達確率	任意の地点に対して、ある火山現象が到達する確率

2.2 調査結果

2.2.1 PVAHA 手法による降灰超過確率評価 (PVAHA 手法)

(1) 概要

2015 年 3 月仙台で行われた国連防災世界会議における世界防災白書 2015 (GAR15) の中で提示された降灰のハザード評価手法の一つで、オーストラリアの研究機関 Geoscience Australia で開発された。その評価内容一覧を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	降灰 (噴火確率、到達確率)
出力情報	評価対象地点における降灰荷重の年超過確率
評価可能時間	100 年～10,000 年
評価最小単位	1×1 km
使用データベース	GVP カタログ ^注
評価事例	アジア太平洋地域

注：GVP カタログとは、スミソニアン博物館による完新世 (約 1 万 2 千年前) 以降の噴火記録がまとめられているデータベースである。

本評価手法では、次の 4 つの手順により、火山噴火による降灰荷重の年超過確率を広域的に評価するとともに、任意の地点に対して最も影響を及ぼす火山を評価する。ここで、降灰荷重の年超過確率とは、評価対象の地点に対し 1 年間のうちに、ある定まった値の重さまで火山灰が堆積する確率を意味する。

- 手順 1. GVP カタログデータベースから噴火確率算出に使用するデータを抽出
- 手順 2. 噴火の規模—頻度データの統計分析による年噴火確率評価
- 手順 3. 降灰シミュレーションから得られた降灰荷重分布を定式化 (ALPE の作成)
- 手順 4. 評価対象地域の降灰荷重とその年超過確率の計算

上記手順のイメージを図 2.2.1 に示す。まず手順 1 において、評価に用いる火山のデータを収集する。手順 2 では年噴火確率を算出する。このとき算出される噴火確率は個別の火山の噴火確率ではなく、火山をその形態 (溶岩ドーム、楯状火山など) で分類し、その形態ごとの噴火規模 VEI (火山爆発指数：次頁注参照) 別の年噴火確率である。手順 3 では、あらかじめ設定した分岐ツリーごとに降灰シミュレーション計算を行い、それによって得られる、給源火山からの降灰荷重の距離減衰を数式として表現する。この

数式は風向、評価対象地点の関数として表される。最終的に手順 4 で、評価対象とする火山および地点を設定し、繰り返し計算を行う。これにより得られた降灰荷重とその噴火確率値を重ね合わせ、対象地域あるいは地点における降灰荷重年超過確率を評価する。図 2.2.2 はその評価例であり、図中右上に示されている数値は再現期間を示している（たとえば東京において 2.07 kg/m^2 以上の降灰は 500 年に一度発生する）。

注：VEI (Volcanic Explosivity Index : 火山爆発指数) とは、噴火の爆発度を 0~8 の 9 段階に評価するもので、GVP カタログデータベースに採用されている（下表参照）。

VEI	噴出物の量	状況	噴煙の高さ	発生頻度	例
0	$< 10,000 \text{ m}^3$	非爆発性の噴火 (nonexplosive)	$< 100 \text{ m}$	毎日	キラウエア (ハワイ)
1	$> 10,000 \text{ m}^3$	優しい噴火 (gentle)	100-1,000 m	毎日	有珠山 (2000)
2	$> 1,000,000 \text{ m}^3$	爆発的な噴火 (explosive)	1-5 km	毎週	焼岳 (1962~63)
3	$> 10,000,000 \text{ m}^3$	猛烈な噴火 (severe)	3-15 km	毎年	有珠山 (1977~78)
4	$> 0.1 \text{ km}^3$	大噴火 (cataclysmic)	10-25 km	≥ 10 年	ガルングン山 (1982)
5	$> 1 \text{ km}^3$	超大噴火 (paroxysmal)	$> 25 \text{ km}$	≥ 50 年	富士山 (1707)
6	$> 10 \text{ km}^3$	巨大噴火 (colossal)	$> 25 \text{ km}$	≥ 100 年	ピナツボ山 (1991)
7	$> 100 \text{ km}^3$	超巨大噴火 (super-colossal)	$> 25 \text{ km}$	$\geq 1,000$ 年	タンボラ山 (1815)
8	$> 1,000 \text{ km}^3$	超々巨大噴火 (mega-colossal)	$> 25 \text{ km}$	$\geq 10,000$ 年	イエローストーン (200 万年前)

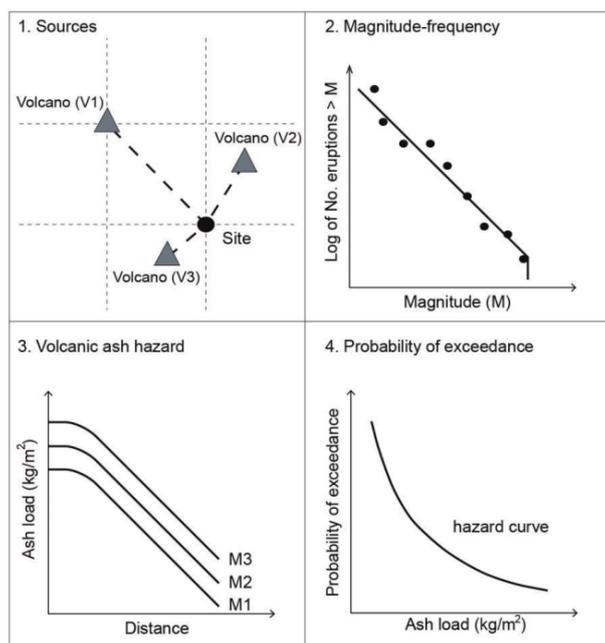


図 2.2.1 PVAHA 手法イメージ
(Bear-Crozier et al., 2014)

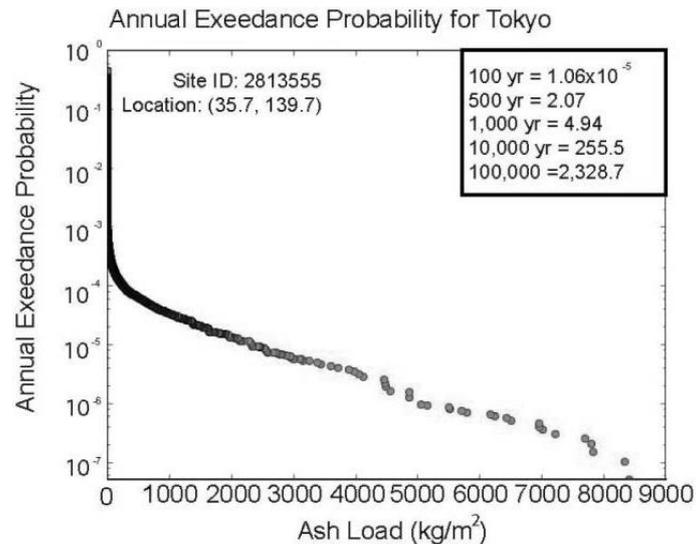


図 2.2.2 降灰荷重一年超過確率グラフ（東京を評価対象とした例）
(Bear-Crozier et al., 2014)

(2) 内容

1) 噴火確率

Jenkins et al., (2012)の手法に準拠しており、ある地域における、形態別（成層火山や溶岩ドームなど地形的分類）火山の、任意の VEI の噴火が発生する確率（たとえば、インドネシアの楯状火山が VEI6 の噴火を発生させる確率）を算出する。算出手順を以下に示す。

- 手順 1. ROC (Record of Completeness) 評価
- 手順 2. 噴火の規模 (VEI 等) を考慮しない噴火確率の計算
- 手順 3. 任意の VEI における噴火確率の計算
- 手順 4. 個々の火山 (形態別) における VEI ごとの噴火確率の計算

噴火確率の算出に使用するデータは、時間と累積噴火回数との関係が一定の相関（図 2.2.3）を示す年代以降の噴火イベントのものを採用する。このプロセスを ROC 評価と呼ぶ。火山噴火では、年代が古く、小規模な噴火ほど記録に残りづらく、そのような認知されない不確実な噴火イベントの存在を扱うのは統計学上好ましくない。そこで ROC 評価によって噴火記録の不確実性を取り除く。

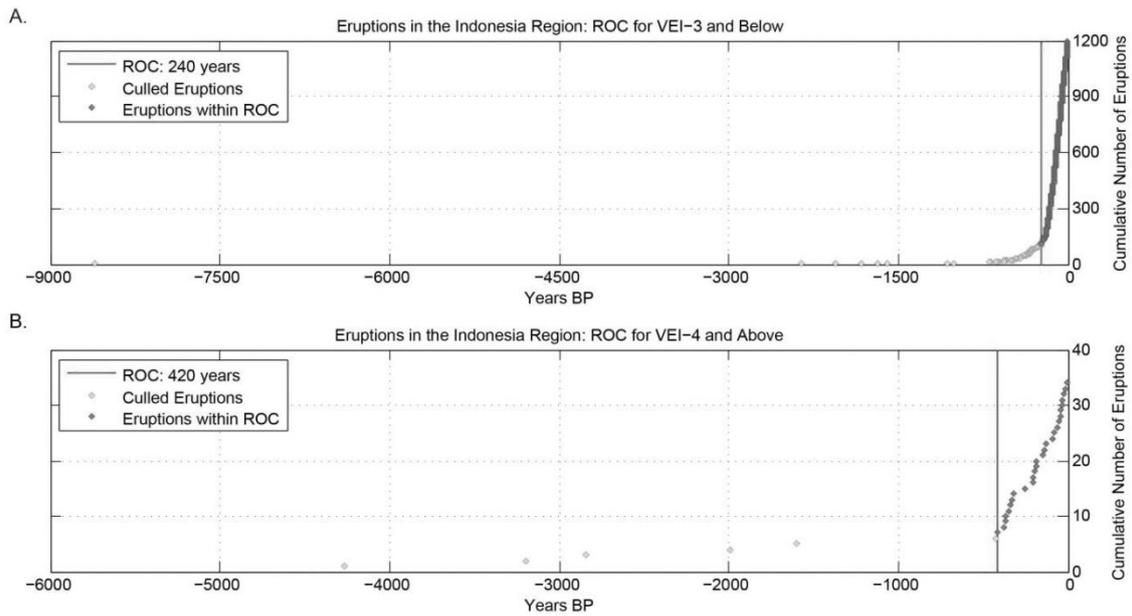


図 2.2.3 ROC 評価例 (年と過去からの累積噴火回数の関係)
(Bear-Crozier et al., 2014)

2) 到達確率

FALL3D (火山灰の拡散と降下を数値計算により推定する移流拡散モデルの一つ) を用いてシミュレーションを行う。このシミュレーションへの入力情報は、噴火規模 (volcano explosivity index, VEI)、噴煙柱高度 (eruption column height)、噴火継続時間 (eruption duration)、噴火のタイプ (eruption style, ストロンボリ式やブルカノ式など)、風速 (wind speed) の 5 項目でありこれらを組み合わせた 1,056 パターンの分岐ツリー (図 2.2.4) についてシミュレーションを行う。

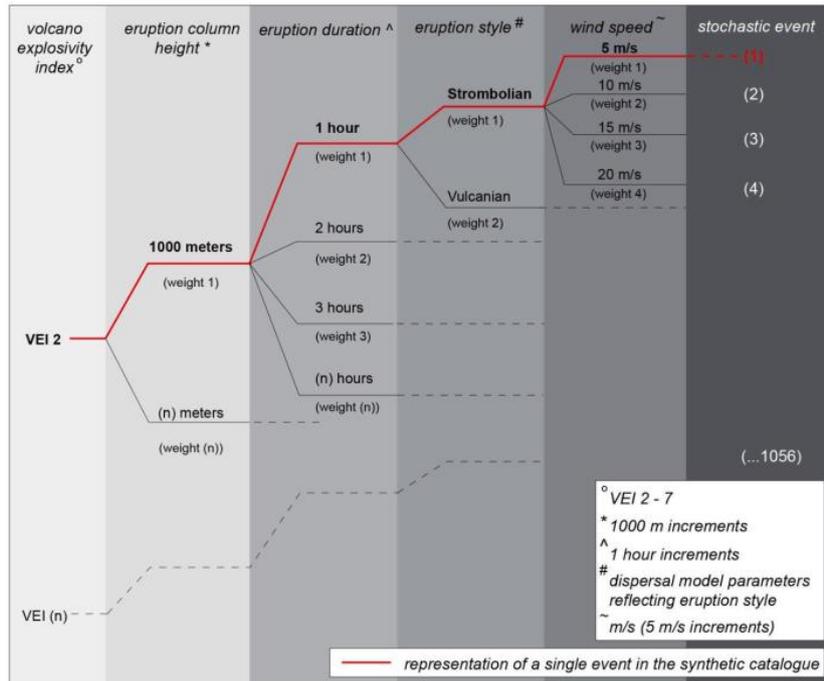


図 2.2.4 分岐ツリーのイメージ (Bear-Crozier et al., 2014)

シミュレーションの結果得られた降灰範囲は数式 (Ash Load Prediction Equation, ALPE) 化される。ALPE は降灰荷重の距離減衰を、風向と評価対象地点—給源火山との位置の関数として表現した推定式である (式(2.2.1)および図 2.2.5)。

$$\text{降灰荷重} = a \cdot e^{((x(b(y^2)+cy+d)+ey+f)gz)}$$

(2.2.1)

x = 風速 (m/s), y = 風向きと評価対象地域の位置がなす角度のコサイン,
 z = 給源から評価対象地域までの距離

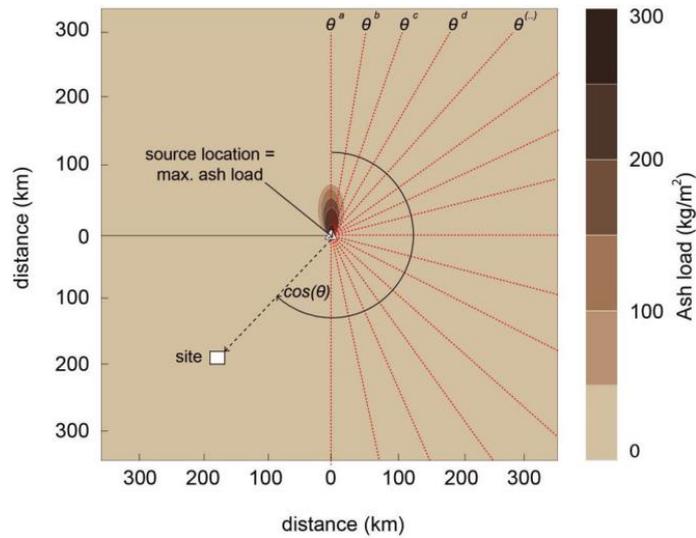


図 2.2.5 FALL3D による降灰シミュレーション結果 (Bear-Crozier et al., 2014)

最後に、降灰によるハザードの影響を評価する対象の火山および地点を設定することにより、ALPE の z が決定され、得られた降灰荷重とそのときの噴火確率値を重ね合わせることで (図 2.2.6)、対象地域あるいは地点における降灰荷重年超過確率を評価する。図 2.2.7 に、日本において再現期間を 1,000 年としたときの火山灰の堆積量の評価例を示す。

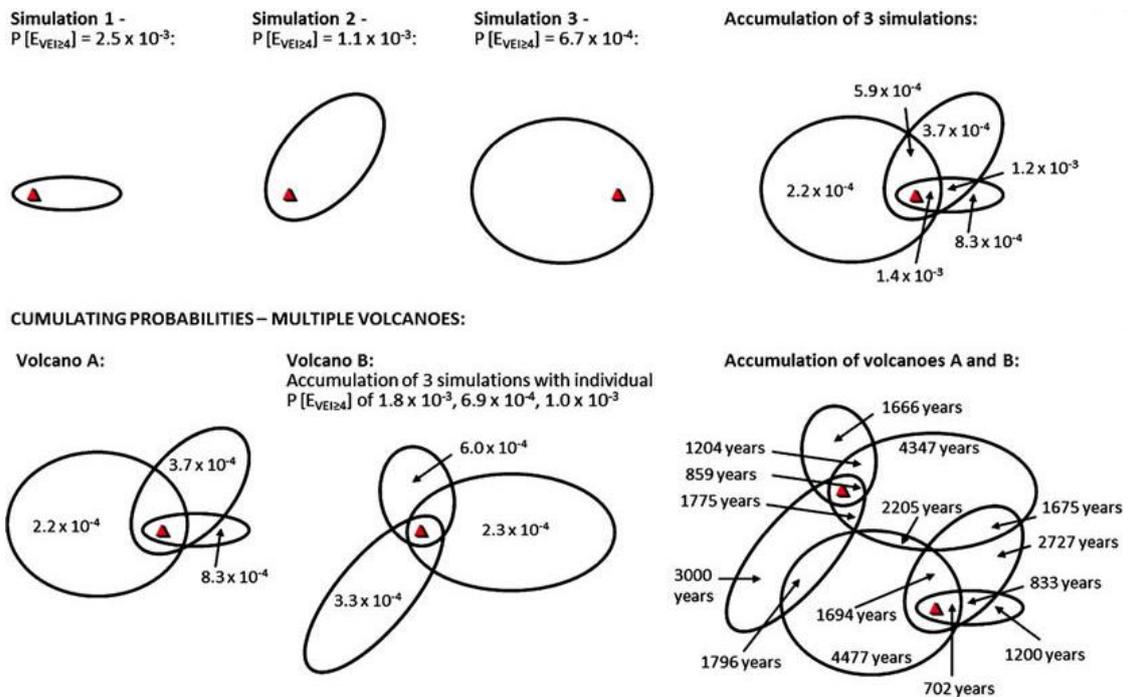


図 2.2.6 降灰荷重年超過確率のイメージ (Jenkins et al., 2012)

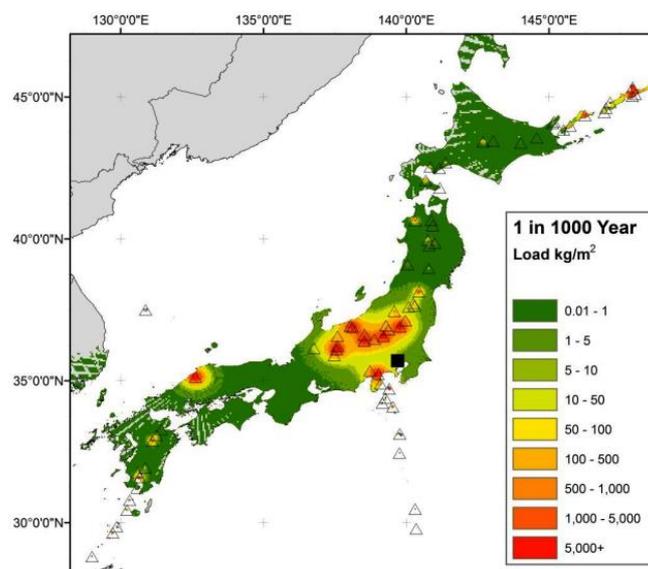


図 2.2.7 PVAHA 手法による評価例
(Bear-Crozier et al., 2014)

(3) 評価に必要な情報

本評価手法における評価に必要な情報を表 2.2.2 および表 2.2.3 に示す。

表 2.2.2 噴火確率入力項目一覧

項目	入力データ	諸元	備考
噴火確率	火山名*	火山の名前	—
	火山ID*	火山のID	—
	地域*	火山が位置する地域の大区分	—
	サブ地域*	火山が位置する地域の小区分	—
	緯度*	火山体の緯度	—
	経度*	火山体の経度	—
	火山の形態*	楕状火山 成層火山 カルデラなど	—
	噴火年*	噴火が発生した年代	—
	VEI*	噴火現象のVEI	—

*: GVP カタログより取得

表 2.2.3 到達確率入力項目一覧

項目	入力データ	入力範囲	備考
到達確率	VEI*	2~7	—
	噴煙柱高度**	1,000~40,000m	1,000m刻み
	噴火継続時間**	—	1時間単位
	噴火のタイプ**	ストロンボリ式 ブルカノ式 サブプリニー式 プリニー式	—
	風速**	5、10、15、20 m/s	5m/s 刻み
	風向**	360度	VAPHR ツールで刻み角度を設定する

*: GVP カタログより取得。 **: 任意に設定

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ ハザードに寄与する要因（給源火山、VEI など）を容易に抽出することができ、より具体性をもった防災・減災対策の考案が可能

2) 短所

- ・ 広範囲を対象とする手法であり、局所的な地形的特徴や気象条件を十分考慮した評価は行うことができない。
- ・ 確率イベントは一つ一つが独立であり、前の火山活動による影響が考慮されていない。
- ・ 火山の形態は時間の経過とともに変化するため、本評価に用いた形態分類が本来の火山活動の結果と必ずしも対応しているとは限らない。

(5) 参考文献

- ・ Bear-Crozier, A. N. Newey, V., Horspool, N. and Weber, R (2015), 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.

2.2.2 世界規模での降灰超過確率評価（GVM 手法）

(1) 概要

2015年3月仙台で行われた国連防災世界会議における世界防災白書2015（GAR15）の中で提示された降灰のハザード評価手法の一つで、Jenkins et al., (2012)による手法を基に、GVM（Global Volcano Model, 火山活動に関するデータベース作成やハザード・リスクモデル開発などを行う国際共同研究組織）が世界スケールでの火山灰の降灰厚に関するハザード評価が可能なツールに改良したものである。その評価内容一覧を表2.2.4に示す。

表 2.2.4 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	降灰（噴火確率、到達確率）
出力情報	評価対象地域における任意の降灰厚の年超過確率
評価可能時間	100年～10,000年
評価最小単位	10 × 10 km
使用データベース	GVP カタログ（スミソニアン博物館）
評価事例	世界規模、アジア太平洋地域

本評価手法では、火山噴火による降灰厚年超過確率を世界規模で算出する他、任意の地点における降灰厚と再現期間の関数として表現したハザード曲線が作成可能である。本評価手法は以下に示す手順（図 2.2.8）でハザード評価を行う。

- 手順 1. 評価対象火山の選定および使用する噴火イベントデータの抽出
- 手順 2. 地域ごとの年噴火確率算出
- 手順 3. 火山の分類ごとの任意の VEI の噴火確率の算出
- 手順 4. 降灰シミュレーションに基づく降灰厚年超過確率の評価

手順 1 では、評価対象となる火山および噴火イベントの抽出を実施する。対象とする火山は完新世（約 1 万 2 千年前）以降の噴火記録がまとめられている GVP カタログデータベースを参照し、少なくとも 1 回以上の噴火記録がある火山を対象とする。噴火イベントは Date Completeness を評価することで抽出する（前述の ROC 評価と同様のプロセス）。次に手順 2 で年噴火確率を算出する。噴火確率の算出は個別の火山の噴火確率ではなく、ある地域ごとの噴火確率を算出する。次に手順 3 で任意の VEI における噴火確率を算出する。そして最後に手順 4 で火山灰の降灰をシミュレーションし、降灰範囲を

評価する。降灰評価結果は噴火確率と結合し、結果同士の重ね合わせにより降灰厚年超過確率を評価する。

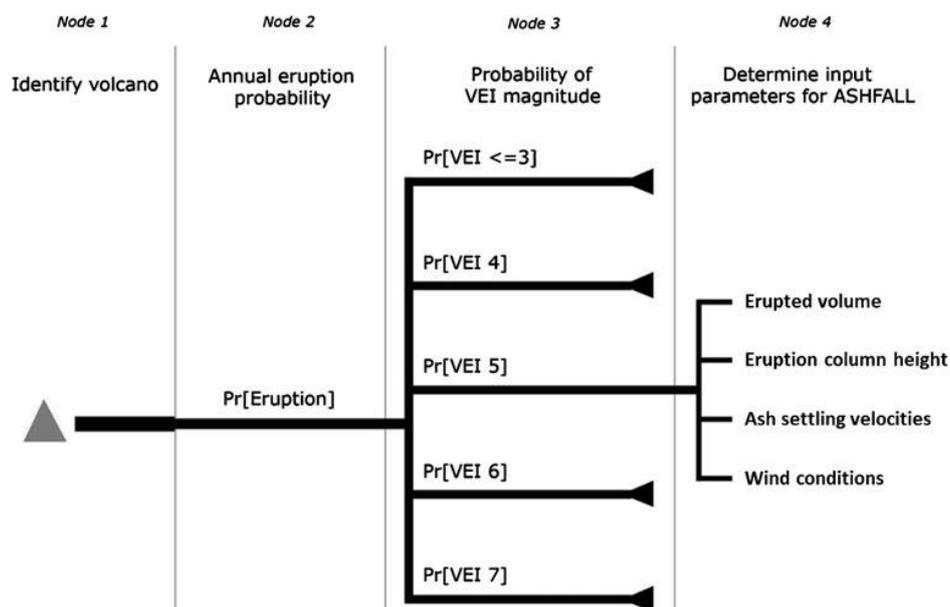


図 2.2.8 評価プロセス (Jenkins et al., 2012)

(2) 内容

1) 噴火確率

噴火確率の計算は 2.2.1 (P4) に記した PVAHA 手法と同様に、Jenkins et al., (2012) の手法に準拠している。ある地域における、形態別火山(成層火山や溶岩ドームなど地形的分類)の、任意の VEI の噴火確率を算出する噴火確率の算出手順を以下に示す。

- 手順 1. Data Completeness 評価
- 手順 2. 噴火の規模 (VEI 等) を考慮しない噴火確率の計算
- 手順 3. 火山の分類・VEI ごとの噴火確率の算出
- 手順 4. 任意の火山の VEI ごとの年噴火確率の算出

噴火確率の算出に使用するデータは Data Completeness 評価により選定する (図 2.2.9)。この評価手法は、前述の ROC 評価とほぼ同じであり、時間と累積噴火回数との関係が一定の相関を示す年代以降の噴火イベントを採用する。この評価は地域ごとに噴火イベントを VEI の規模ごとに分けて実施する。

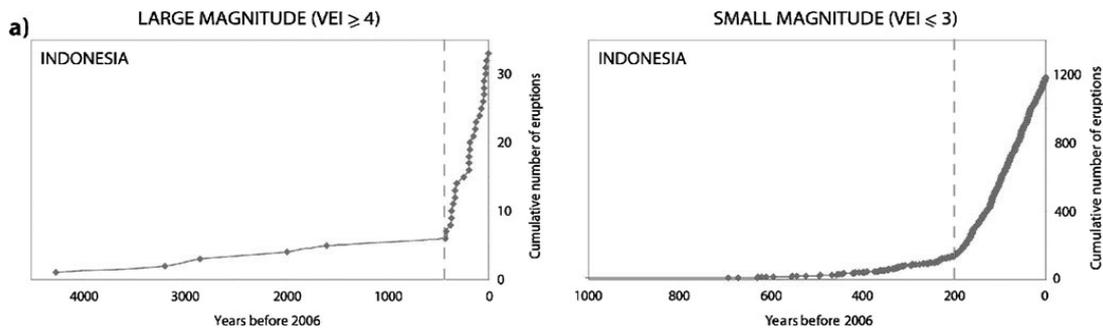


図 2.2.9 Data Completeness 評価例 (GVM, 2014)

地域ごとの噴火確率 (λ) は噴火回数 (N) を期間 (T) で除することで求める。この T は噴火規模ごとに算出されているため、噴火規模によらない期間に規格化^注を行う (下の例では、小規模噴火の期間 $T_1=100$ 年の発生回数 $N_1=4$ 回を大規模噴火の期間 $T_2=2000$ 年で規格化 ($T_2/T_1=20$ 倍) している)。

例：小規模噴火の値を大規模噴火の値に規格化^注

火山 A

小規模噴火： $N_1=4$ 、 $T_1=100$

$$N_{1N} = 4 \times 20 = 80$$

大規模噴火： $N_2=3$ 、 $T_2=2000$

$$N_{ALL} = N_{1N} + N_2 = 80 + 3 = 83$$

火山Aの年噴火確率 $\lambda_A = 83/2000$

$$= 0.041$$

再現期間 = $1/0.041 \approx 24$ 年

注：火山の研究分野ではこの操作を「規格化」と呼んでいる。

データが少ない火山の噴火確率を概算するために、表 2.2.5 に示す火山の分類 (①Caldera, ②Large Cone, ③Shield, ④lava dome, ⑤Small cone) ごと、VEI ごとの噴火確率を計算する。これから得られた値を掛け合わせることで、ある地域における火山の分類別の任意の VEI の噴火確率を算出する。

表 2.2.5 火山の分類と VEI ごとの噴火確率の例 (Jenkins et al., 2012)

Volcano type category	Data (n)	Probabilities, conditional upon an eruption of any magnitude				
		VEI \leq 3	VEI 4	VEI 5	VEI 6	VEI 7
Caldera	642	0.85	0.08	0.04	0.02	4.8×10^{-3}
Large cone	4,825	0.91	0.07	0.02	4.8×10^{-3}	4.5×10^{-4}
Shield	733	0.96	0.03	6.2×10^{-3}	2.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}
Lava dome	58	0.74	0.21	0.04	0.01	0
Small cone	117	0.94	0.05	8.0×10^{-3}	0	0

2) 到達確率

本評価手法では評価対象範囲が全球規模になっており莫大なシミュレーション計算を行う必要がある。そのため、到達確率評価には比較的処理速度が速い 2 次元移流拡散モデルである ASHFALL を使用する。

ASHFALL へ入力するパラメーターは VEI、噴出量、噴煙柱高度、火山灰粒子降下時の終端速度、風向・風速である。

シミュレーションによって得られた降灰範囲は各噴火イベントの確率を掛け合わせるにより、ある規模の噴火により任意の厚さ以上に火山灰が堆積する範囲を確率的に表現することが可能となっている。具体的には、個々の火山で、VEI ごと、風向・風速ごとの確率付き降灰範囲を重ね合わせるにより、一つの火山における降灰年超過確率を算出できる。そして複数の火山での結果を重ね合わせるにより、複合的な降灰厚確率評価が可能となっている（図 2.2.10、図 2.2.11）。

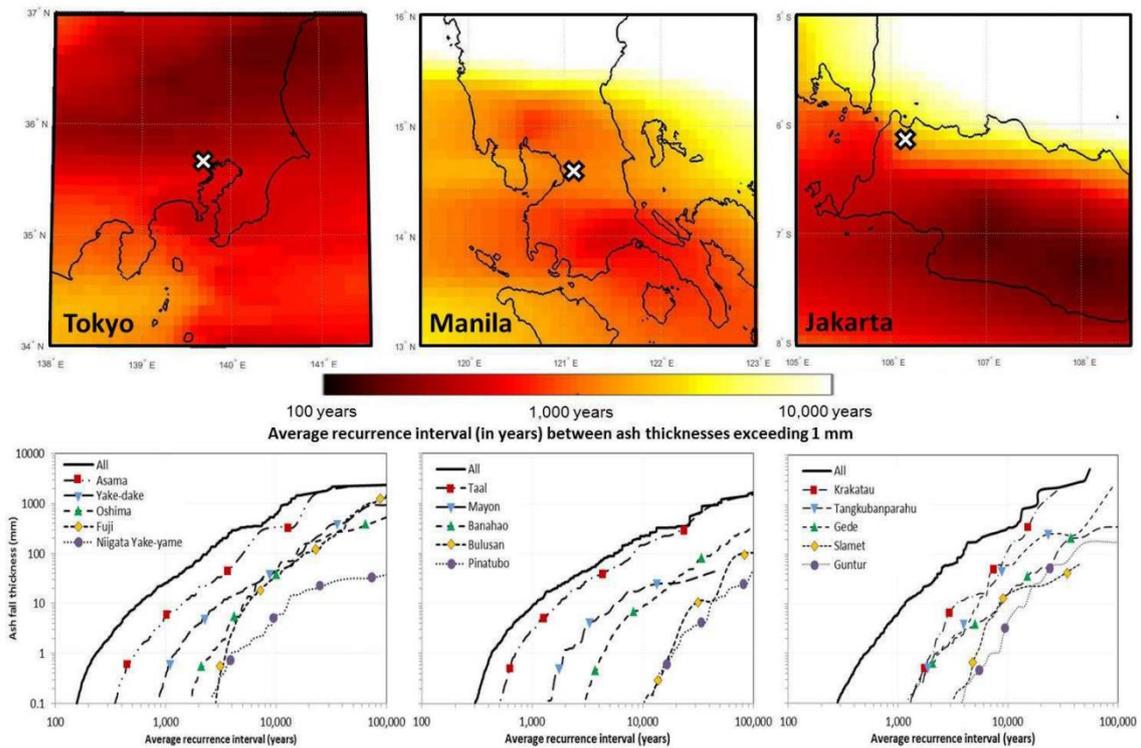


図 2.2.10 GVM 手法による評価例 (GVM, 2014)

上段：各地域における 1mm 以上の降灰厚年超過確率

下段：上段の白い印で示した地点における降灰厚のハザード曲線

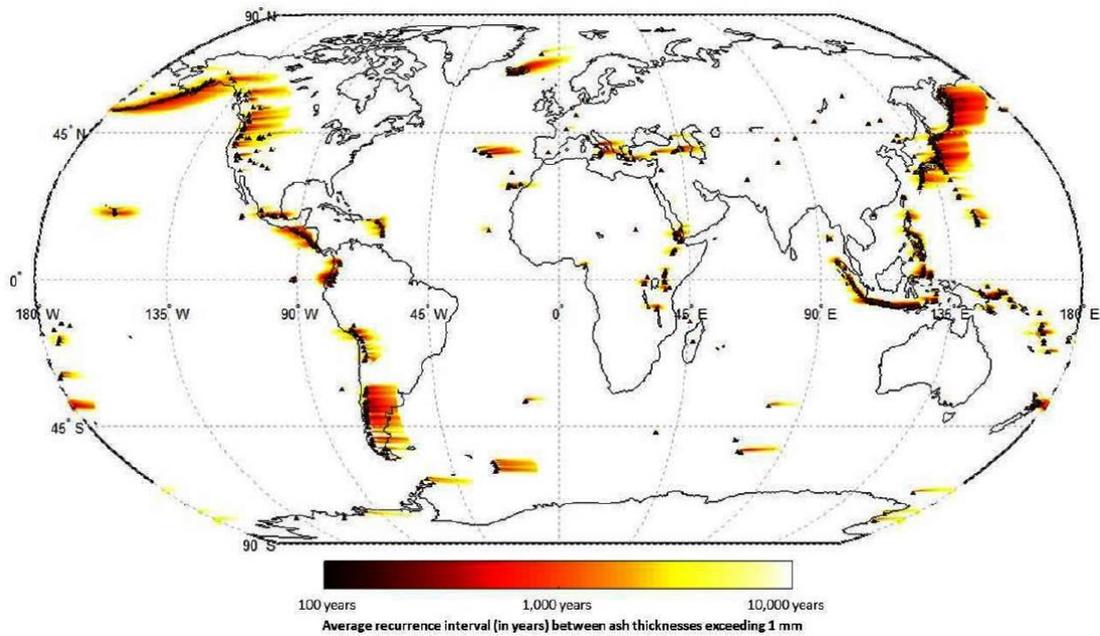


図 2.2.11 GVM 手法による評価 (GAR, 2014)

(3) 評価に必要な情報

本評価手法における評価に必要な情報を表 2.2.6 および表 2.2.7 に示す。

表 2.2.6 噴火確率入力項目一覧

項目	入力データ	諸元	備考
噴火確率	火山名*	火山の名前	—
	地域*	火山が位置する地域の大区分	—
	緯度*	火山体の緯度	—
	経度*	火山体の経度	—
	火山タイプ*	楕状火山 成層火山 カルデラなど	—
	噴火年*	噴火が発生した年代	—
	VEI*	噴火現象の VEI	—

*: GVP カタログより取得

表 2.2.7 到達確率入力項目一覧

項目	入力データ	入力範囲	備考
到達確率	VEI	4~7	(Newhall and Self, 1982 参照)
	噴出量 (V)	0.1~1,000 (km ³)	VEI に依存 (Newhall and Self, 1982 参照)
	噴煙柱高度 (Z)	11,500~46,000 (m)	噴出量に依存し以下で表す。 $Z=8.671\log_{10}(V)+20.2$ (Carey and Sigurdsson, 1989; Jenkins et al., 1992 参照)
	降灰終端速度	0.3~9.5 (m/s)	粒径分布の平均、標準偏差より (Walker, 1981; Woods and Bursik, 1991; Sparks et al., 1992 参照)
	風向・風速	40年間分の 風データを使用	European Centre for Medium range Weather Forecasting global re- analysis project より
	水平拡散係数	6000 (m ² /s)	(Hurst, 1994 参照)

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 2次元移流拡散モデル ASHFALL を用いた計算により、世界規模での降灰ハザード評価が可能
- ・ 観測風向・風速等のデータを用いているため、より実際の現象に近いハザード評価を行うことが可能

2) 短所

- ・ 広範囲を対象とする手法であり、局所的な地形的特徴や気象条件を十分考慮した評価は行うことができない。
- ・ 火山灰の噴出源の風向・風速のみが考慮されており、大気中を移流拡散する火山灰が通過する各地域の地形に起因する風への影響は考慮されない。
- ・ VEI4~7 の噴火事象を対象に評価しており、VEI3 以下の噴火による降灰被害や、VEI8 の噴火により引き起こされる大規模な降灰被害は評価できない。
- ・ 確率イベントは一つ一つが独立であり、前の噴火活動による影響が考慮されていない。
- ・ 火山の形態は時間の経過とともに変化するため、本評価に用いた形態分類が本来の火山活動の結果と必ずしも対応しているとは限らない。

(5) 参考文献

- GVM, (2014), Volcanic ash fall hazard and risk; Technical background paper for the UN-ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015.
- Susanna Jenkins, C. Magill, J. McAneney and R. Blong (2012), Regional ash fall hazard: a probabilistic assessment methodology, Bull Volcanol 74:1699-1712

2.2.3 ベイジアンイベントツリーによる包括的ハザード評価（BET 手法）

(1) 概要

ベイジアンイベントツリー（Bayesian Event Tree）による包括的ハザード評価は、イタリア国立地球物理学火山学研究所およびボローニャ大学が中心となり開発を進めている手法である。BET 手法はベイズ統計理論に基づきハザード評価を行うもので、短期的な噴火予測を目的とした BET_EF（Eruption Forecasting）手法と、長期的なハザード評価のための BET_VH（Volcanic Hazard）手法の 2 つがある。その評価内容一覧を表 2.2.8 に示す。

表 2.2.8 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	降灰、火砕流、火山泥流、溶岩流等 (噴火確率、到達確率)
出力情報	評価対象地域における任意の規模の火山現象の 発生確率、被害発生の有無
評価可能時間	数年（最適期間 1 年）
評価最小単位	任意（計算能力による。）
使用データベース	過去の噴火活動、地震・断層運動に関する文献
評価事例	サウス・シェトランド諸島（デセプション島）

BET 手法の基本概念は、イベントツリーによるものである（図 2.2.12）。イベントツリーは火山活動に係る異常発生を出発点として、どのように事象が分岐していく可能性があるかを系統的にまとめたものである。各事象の分岐点を“ノード”と呼び、各ノードにおいて可能性のある組み合わせを選択し確率評価を行う。各ノードで取り扱うパラメーターは表 2.2.9 に示すとおりである。

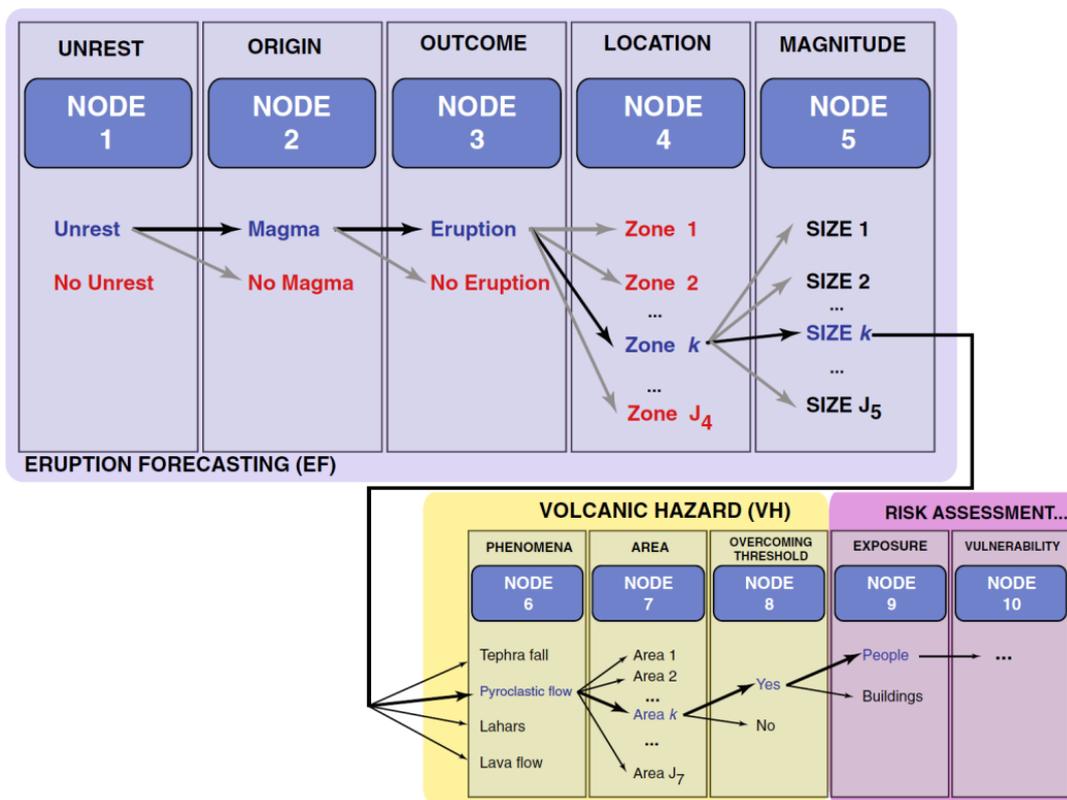


図 2.2.12 BET 手法の手順 (Marzocchi and Bebbington, 2012)

表 2.2.9 BET_EF 手法、BET_VH 手法入力項目一覧

	Node	1	2	3	4	5		
BET_EF	Node	1	2	3	4	5		
	評価対象	火山不安定状態における異常性の有無	マグマ活動関与の有無	噴火の有無	火口形成位置	噴火規模		
BET_VH	Node	1	2	3	4	5	6	7
	評価対象	火山不安定状態における異常性の有無	マグマ活動関与の有無	噴火の有無	火口形成位置	噴火規模	発生事象	到達地域

BET 手法では、火山不安定状態から噴火に至る確率および噴火が生じた場合に任意の火山現象が発生する確率（噴火確率）、また、発生した火山現象が任意の地域に影響を及ぼす確率（到達確率）を総括的に評価可能である。ただし到達確率についてはイベントツリー内で指定した範囲であり、シミュレーションに基づく到達範囲ではない。本評価手法による被災範囲の推定例を図 2.2.13 に示す。

なお、BET 手法ではノード 1～3 に、地殻変動や熱量変化などの観測機器による最新のモニタリング情報を取り込むことで、最新の情報を加味した確率予測をすることができる。

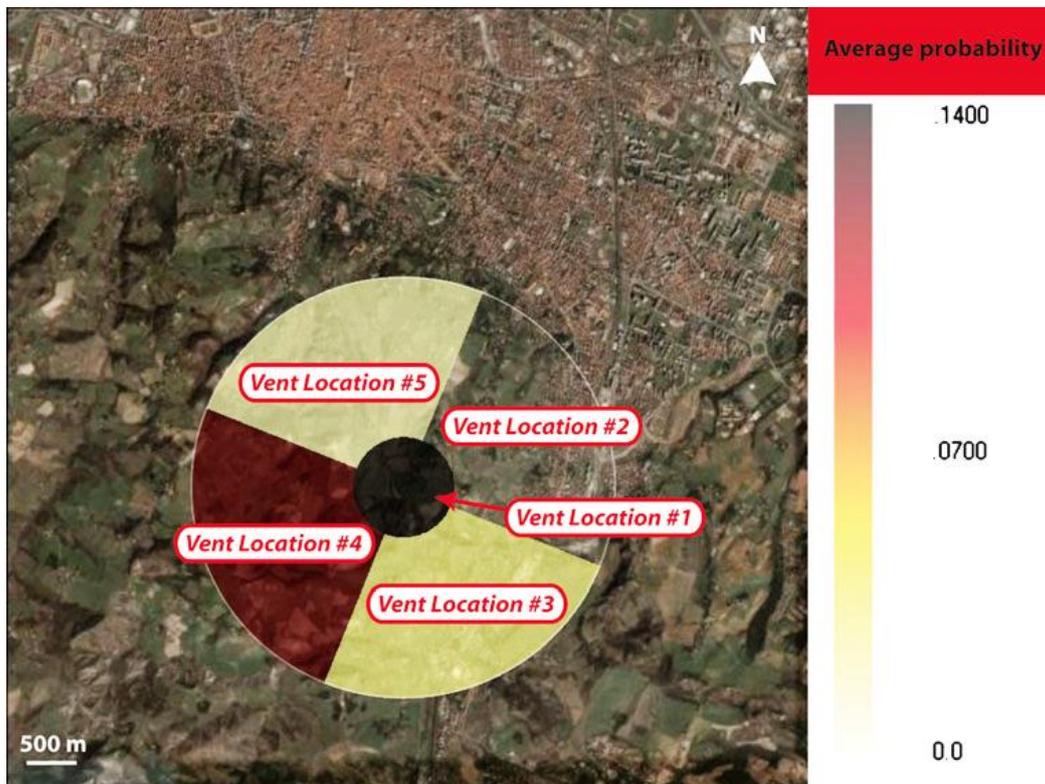


図 2.2.13 BET 手法による被災範囲の推定 (Marzocchi et al., 2010)

(2) 内容

BET 手法では、噴火確率・到達確率を総括的に評価することが可能である。BET 手法の中核となるのはベイズ理論であり、本評価手法にはベイズ推定が使用される。以下ではベイズ推定がどのようなものかを簡潔に説明した上で、本評価手法の確率評価手法について説明する。

1) ベイズ推定

尤度関数の概念に、理論モデルや知見に基づく情報を取り込んだ事前確率を導入し、事後確率を評価する手法である。事前確率とは、ある事象が発現する前に入手した情報を指し、事後確率とは何かのデータを前提とした上である事象が発現する確率である (図 2.2.14)。

ベイズ推定において事後確率は事前確率と尤度関数の積で表現することができる。理論モデルや専門家の意見のような知見、これまで蓄えられてきたあらゆる地質学・火山学的データを基に確率評価を行うことが可能である。

BAYESIAN INFERENCE

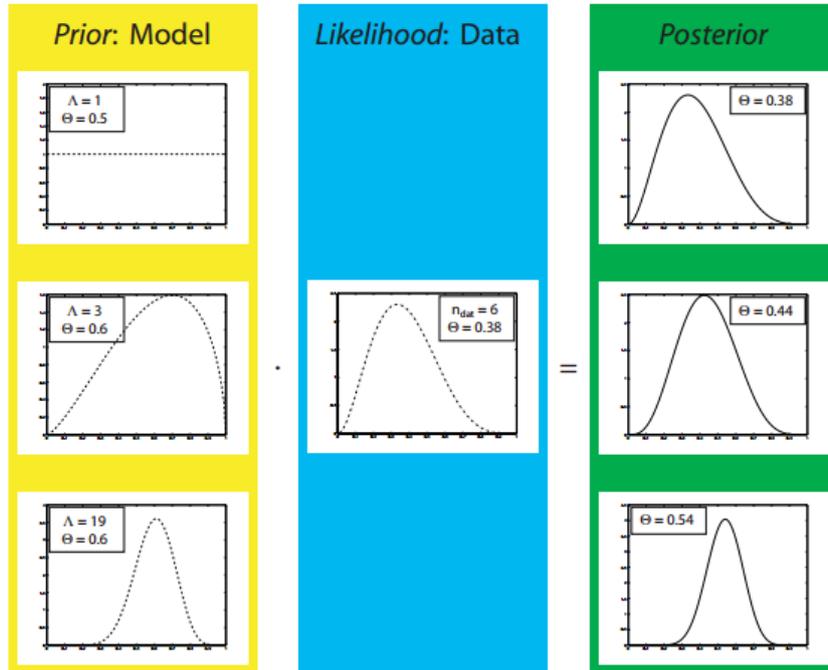


図 2.2.14 ベイズ推定概念図 (Marzzochi et al., 2008)

ベイズの定理は、以下の式により表される。

$$[\theta_k^{(j)\{\}}] \equiv [\theta_k^{(j)\{\}} | y] = \frac{[\theta_k^{(j)\{\}}]_{prior} [y | \theta_k^{(j)\{\}}]}{[y]} \quad (2.2.2)$$

$[\theta_k^{(j)\{\}}]$: データセット y を与えた場合の【事後主観確率】

$[\theta_k^{(j)\{\}}]_{prior}$: 理論モデルや知見に基づく情報を取り込んだ【事前主観確率】

$[y | \theta_k^{(j)\{\}}]$: 仮説 $\theta_k^{(j)\{\}}$ のもとでデータ y が発生する確率分布【尤度関数】

ここで事前主観確率は Γ 関数で定義されるディリクレ分布を仮定してモデル化される。

$$[\theta_k^{\{\bar{M}\}}]_{prior} \equiv Di_{j_k}(\alpha_k^{(1)}, \dots, \alpha_k^{(j_k)}) = \frac{\Gamma(\alpha_1 + \dots + \alpha_{j_k})}{\Gamma(\alpha_1) \dots \Gamma(\alpha_{j_k})} [\theta_k^{(1)\{\bar{M}\}}]^{\alpha_1 - 1} \dots [\theta_k^{(j_k)\{\bar{M}\}}]^{\alpha_{j_k} - 1} \quad (2.2.3)$$

J_k はノード k での事象の数、 $\alpha_k^{(1)}, \dots, \alpha_k^{(J_k)}$ はノード k での分布関数のパラメーターである。この式の信頼度のパラメーターとして下記を導入する。

$$\Lambda_k^{\{\bar{M}\}} = \alpha_k^{(0)} - J_k + 1 \quad (2.2.4)$$

$\alpha_k^{(0)}$ は $\alpha_k^{(j)}$ の和である。この $\Lambda_k^{\{\bar{M}\}}$ を等価データ数と呼ぶ。この等価データ数が多いほど信頼度が高く、確率分布関数は平均値の周りにシャープなピークを持つ分布となる。このとき、事象が二つの場合はベータ分布となる。

ここで尤度関数は多項分布を用いて以下のように表す。

$$[y | \theta_k^{(j)\{\bar{M}\}}] \equiv \text{Mu}_{J_k}(y_k^{(1)}, \dots, y_k^{(J_k)}; \theta_k^{\{\bar{M}\}} = \left(\sum_{j=1}^{J_k} y^{(j)} \right)_{y^{(1)} \dots y^{(J_k)}} (\theta_k^{(1)\{\bar{M}\}})^{y^{(1)}} \dots (\theta_k^{(J_k)\{\bar{M}\}})^{y^{(J_k)}} \quad (2.2.5)$$

事後主観確率はディリクレ分布と多項分布の組み合わせで以下の式で表せる。

$$[\theta_k^{\{\bar{M}\}}] \equiv [\theta_k^{\{\bar{M}\}} | y_k] = \text{Di}_{J_k}(\alpha_k^{(j)} + y_k^{(j)}; j = 1, \dots, J_k) \quad (2.2.6)$$

事象が2つの場合はベータ分布を用いて下記の式で与えられる。

$$[\theta_k^{\{\bar{M}\}}] \equiv [\theta_k^{\{\bar{M}\}} | y_k] = \text{Beta}(\alpha_k + y_k, \beta_k + n_k - y_k) \quad (2.2.7)$$

以上のことから、ベイズ推定において事後確率は、事前確率の信頼度（データ数などに依存）と過去の観測データ y を用いて表現することができ、したがってベイズ推定における確率評価は、モデルの信頼度と観測データにのみ依存することとなる。

2) 噴火確率、到達確率

BET 手法では、噴火の推移を系統樹的に表したイベントツリーとベイズ推定を用いて、火山不安定状態から噴火、そして噴火シナリオがどのように推移して、どのような被害を及ぼすかまでを一括して評価する（図 2.2.12）。イベントツリーの分岐点に当たる各ノードにおいて、各々確率を算出し、それらを掛け合わせることで、任意の噴火シナリオに至る確率が求められる。

① ノード1、2、3

ノード1、2、3は火山不安定状態の有無から、マグマ性の有無、そして噴火の発生までを評価する。これらノードの確率は主にモニタリングによる観測データから導出される。

ノード1では現在 t_0 からある期間 τ において、地殻変動や噴気孔温度上昇などの火山不安定状態が観測されたかどうかを評価する。ノード2ではノード1で発生した火山不安定状態が、マグマの活動によるものなのか、熱水活動によるものか、構造地質的な要因によるものなのかを評価する。そしてノード3では $t_0 \sim (t_0 + \tau)$ の期間 (τ の最適期間は1年) にマグマが地表面に到達するか否かを評価する。これらノードには地殻歪み速度や、月別地震回数、噴気孔の温度、 CO_2 、 SO_2 ガス濃度等が入力される。

② ノード4

火道が形成される位置を評価するノードである。基本的な前提条件として、一度の噴火で形成される火道数は一つである。そのため評価結果は互いに独立であり、評価者が設定した分だけ多様性が生じる。任意に設定した火道形成箇所における過去の噴火実績データがあれば、それを入力することで、事前確率の精度を向上させることができる。

③ ノード5

噴火の規模やタイプを決定するノードである。このノードで評価する項目はVEIや噴火タイプ(爆発的噴火、溶岩流出、水蒸気爆発など)等、目的に応じて評価者が任意で定めることができる。確率の算出方法はノード4と同様で、事前確率の信頼度に依存する。過去の観測データ(たとえば、ある火道からある規模の噴火が生じた等)が存在する場合は、その値を入力することで事前確率の精度を向上させることができる。

④ ノード6

ノード6ではそれぞれの火山現象について、噴火規模による発生の可能性を閾値として評価者が定めることにより各火山現象の発生確率を評価する。この値はノード5で評価した噴火規模に大きく依存する。

⑤ ノード7、8

ノード7、8はお互いに関連しあったノードである。ノード7では火山の火口を中心とした周囲を任意のエリアへ分割し、火山現象がエリアに到達するか否かを評価する。ノード8は、ノード7で設定した各エリアについて、ある火山現象が到達したときの被害の有無を示す。

(3) 評価に必要な情報

本評価手法における評価に必要な情報を表 2.2.10 に示す。

表 2.2.10 入力項目一覧

ノード 1		
入力データ	諸 元	備 考
月間地震回数	月間の地震発生回数	—
最大マグニチュード	月間での最大マグニチュード	—
月間低周波地震回数	月間の低周波地震回数	—
S02 量放出量	二酸化硫黄の放出の有無	—
日 CO2 放出率	日ごとの二酸化炭素放出率	—
地殻膨張率	1 日あたりの地殻膨張率	—
噴気孔温度	火口内の噴気孔の温度	—
ノード 2		
入力データ	諸 元	備 考
S02 量放出量	二酸化硫黄の放出の有無	—
地殻膨張率	1 日あたりの地殻膨張率	—
地震の平均卓越周波数	地震の平均卓越周波数	—
震源の深度の平均と分散の比	震源の深度の平均と分散の比	—
噴気孔温度	火口内の噴気孔の温度	—
ノード 3		
入力データ	諸 元	備 考
水蒸気爆発の有無	水蒸気爆発の有無	—
地震の平均周波数の時間変化	日ごとの地震の平均卓越周波数	—
震源の深度の平均と分散の比	震源の深度の平均と分散の比	—
地震により放出されるエネルギーの加速度減少の有無	地震により放出されるエネルギーの加速度減少の有無	—
歪み加速度	歪み加速度	—
累積歪み変化量	累積歪み変化量	—
ガス成分比の変化	HCl/SO ₂ 、HF/SO ₂ の成分比変化	—
上記項目の 1 つ以上での急激な変化の有無	—	—
ノード 4、5、6		
入力データ	諸 元	備 考
火道形成位置情報	過去に火道が形成された位置	ノード 4 に使用
噴火規模情報	過去に発生した噴火の規模	ノード 5 に使用
噴火規模別火山現象発生可能性	過去に発生した噴火の火山現象	ノード 6 に使用
専門家による意見	専門家の意見を集約したもの	信頼度評価に使用

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 地質学的データ（噴火年、降灰分布など）、構造地質学的データ（地殻変動量、歪み速度、過去の断層・火口位置など）、モニタリングにより得られる最新の観測データ、専門家による意見など、あらゆるデータを取り込んで確率評価を行うことが可能
- ・ モニタリングデータを使用することでリアルタイムに近いハザード評価が可能
- ・ ベイズ理論に基づいた確率評価であるため、偶然のおよび認識論的不確実性を考慮した評価が可能

2) 短所

- ・ 観測網や歴史記録が充実した火山のみが対象となり、広域的なハザード評価には不向き
- ・ 火山現象の到達確率評価では、対象地域の地形や気候条件の考慮が困難
- ・ 評価可能時間が短い。

(5) 参考文献

- ・ Jacopo Selva, Antonio Costa, Warner Marzocchi, Laura Sandri, (2010), BET_VH: exploring the influence of natural uncertainties on long-term hazard from tephra fallout at Campi Flegrei (Italy), Bulletin of Volcanol, Volume 72, Issue 6, pp 717-733
- ・ Jacopo Selva, Warner Marzocchi, Laura Sandri, Antonio Costa, (2015), Chapter 9 - Operational Short-term Volcanic Hazard Analysis: Methods and Perspectives, Volcanic Hazards, Risks and Disasters, Pages 233-259
- ・ Jacopo Selva, Warner Marzocchi, Paolo Papale, Laura Sandri, (2012), Operational eruption forecasting at high-risk volcanoes: the case of Campi Flegrei, Naples, Journal of Applied Volcanol, 1:5
- ・ 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, pp 705-716
- ・ 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, pp 623-632
- ・ Rosa Sobradelo, Stefania Bartolini, Joan Martí, (2014), HASSET: a probability event tree tool to evaluate future volcanic scenarios using Bayesian inference Presented as a plug-in for QGIS, Bull Volcanol 76:770

- Alexander Garcia-Aristizabal, Jacopo Selva, Eisuke Fujita, (2013),
Integration of stochastic models for long-term eruption forecasting into
a Bayesian event tree scheme: a basis method to estimate the probability
of volcanic unrest, *Bull Volcanol* 75:689
- Tom Sheldrake, (2014), Long-term forecasting of eruption hazards:
A hierarchical approach to merge analogous eruptive histories, *Journal of
Volcanology and Geothermal Research* 286 15-23
- S. Bartolini , A. Geyer a, J.Martí, D. Pedrazzi, G. Aguirre-Díaz, (2014),
Volcanic hazard on Deception Island (South Shetland Islands, Antarctica),
Journal of Volcanology and Geothermal Research 285 150-168

2.2.4 更新過程モデルによる降灰年超過確率評価

(1) 概要

ニュージーランド Massey 大学 Volcanic Risk Solution グループらにより検討された評価手法である。更新モデルによる噴火確率評価と、過去の降灰実績に基づいた降灰範囲を評価し、任意の地点における降灰厚年超過確率を評価するものである。

まず、更新過程により前の噴火から次に起こる噴火までの時間間隔を評価する（噴火確率の評価）。次に、既存研究により得られる噴火規模と降灰厚の実績から求めた分布に基づいて、降灰厚さ分布を評価する（到達確率の評価）。最後にこの 2 つの結果を組み合わせることで、対象地点における降灰厚さの年超過確率を評価する。その評価内容一覧を表 2.2.11 に示す。

表 2.2.11 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	降灰（噴火確率、到達確率）
出力情報	評価対象地点におけるある降灰厚の年超過確率
評価可能時間	現在から 200 年先まで（任意に変更可能）
評価最小単位	指定した地点の降灰厚超過確率を評価する
使用データベース	降灰厚さ、噴火年代を報告している文献
評価事例	ニュージーランド（タラナキ山）

(2) 内容

本評価手法では噴火確率および到達確率を算出している。

1) 噴火確率

噴火確率の算出は更新過程を用いる。式で示した更新過程のこの例（2008 年時点）では、前回の 154 年前（1854 年）のタラナキ山の噴火から今後 t 年間に噴火が発生しない確率（式(2.2.8)）を求め、1 から減ずることで噴火確率を算出している（図 2.2.15、図 2.2.16）。

$$\Pr(\tau > 154 + t | \tau > 154) = \frac{\int_{154+t}^{\infty} f(\tau) d\tau}{\int_{154}^{\infty} f(\tau) d\tau} \quad (2.2.8)$$

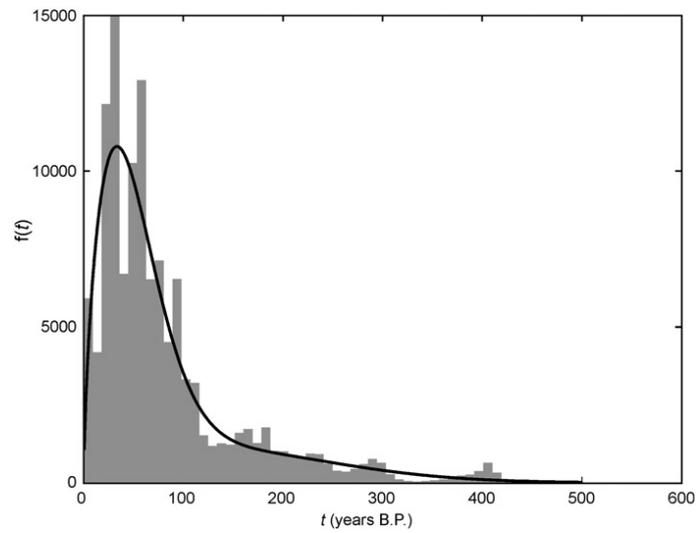


図 2.2.15 噴火イベントのヒストグラム (Bebbington et al., 2008)
(混合ワイブル分布 (近似曲線) に最も適合)

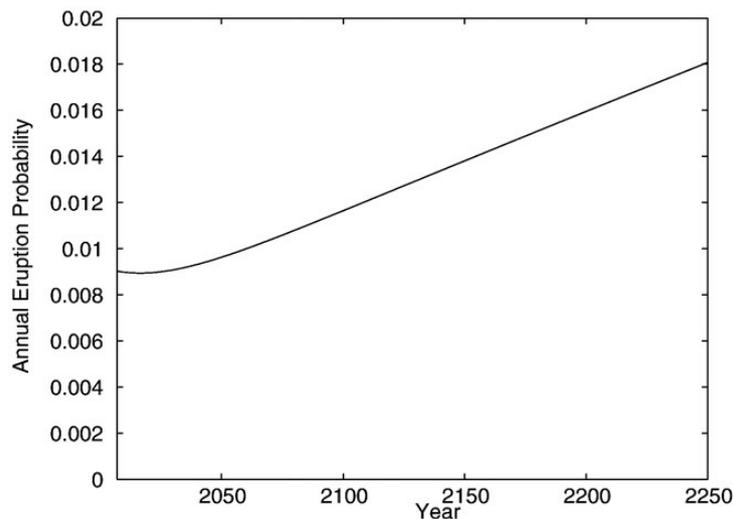


図 2.2.16 経過年数に応じた噴火確率 (Bebbington et al., 2008)

2) 到達確率

ある地点における降灰厚さ T は、Rhoades et al., (2002) で使用される式によって以下のように示される。

$$\begin{aligned} \log T = & 8.67 + 1.13 \log V - 2.38 \log(R + 1.85V^{1/3}) + 1.28 \cos \theta \\ & + 0.28 \sin 2\theta + 0.22 \cos 2\theta \end{aligned} \quad (2.2.9)$$

式(2.2.9)は降灰厚さ T を、噴出量 V と給源からの距離 R 、風向き θ の関数として表現している。ここでは風向 θ は、既往の降灰の等層厚線図の分布を参考に決定する。

等層厚線図から判断した最適な風向 θ を代入すると次式が得られる。

$$\log T = 8.67 + 1.13 \log V - 2.38 \log(R + 1.85V^{1/3}) + 0.933 \quad (2.2.10)$$

式(2.2.10)へフィールド調査により得られた降灰厚さ T と距離 R を代入することで次式を得る。

$$P(V > v) = 0.016v^{-0.9971} \quad (2.2.11)$$

ここで噴火当時の風向がランダムであると仮定し、以下の式により風向のランダムさを考慮した降灰厚 T を算出する。風向 θ は真東から変化させる。

$$\begin{aligned} \log T = a + b \log V - c \log(R + d V^{1/3}) + \beta_1 \cos \theta + \alpha_2 \sin 2\theta \\ + \beta_2 \cos 2\theta, \end{aligned} \quad (2.2.12)$$

式(2.2.11)の頻度-噴出量関係式のために、式(2.2.12)により得られた結果に対しランダムモンテカルロサンプリングを行う。任意の閾値以上の降灰が発生する確率は、任意の閾値よりも大きい値を示したサンプルの割合で表現される。

最終的に上記の噴火確率と到達確率を組み合わせた式(2.2.13)により降灰超過確率を評価する(表2.2.14)。

$$EP(y) = 1 - \sum_{i=0}^{\infty} \Pr(i \text{ eruptions occur in } y \text{ years}) \Pr(T < T_0 \mid \text{an eruption occurs})^i \quad (2.2.13)$$

(3) 評価に必要な情報

確率評価に必要な情報について表 2.2.12 および表 2.2.13 にまとめた。

表 2.2.12 噴火確率評価入力項目一覧

項目	入力データ	諸元	備考
噴火確率	噴火履歴	噴火が発生した年代	これを基に噴火イベント間のインターバルを求める

表 2.2.13 到達確率評価入力項目一覧

項目	入力データ	入力範囲	備考
到達確率	風向	360°	—
	距離 (R)	—	給源火山と対象地点までの距離

表 2.2.14 各評価対象地点における厚さ別年超過確率一覧 (Bebbington et al., 2008)

Site	Exceedence probability given an eruption				Annual exceedence probability at present				50-year exceedence probability from present			
	0.5 mm	1 mm	2 mm	5 mm	0.5 mm	1 mm	2 mm	5 mm	0.5 mm	1 mm	2 mm	5 mm
Whareroa	0.457	0.354	0.261	0.162	0.004	0.003	0.002	0.002	0.188	0.149	0.112	0.070
Kapuni	0.694	0.588	0.476	0.337	0.006	0.005	0.004	0.003	0.272	0.235	0.195	0.142
Oaonui	0.358	0.263	0.183	0.104	0.003	0.002	0.002	0.001	0.150	0.112	0.079	0.046
Pohakura	0.462	0.359	0.262	0.161	0.004	0.003	0.002	0.002	0.190	0.150	0.112	0.070
Opunake GXP	0.515	0.410	0.311	0.202	0.005	0.004	0.003	0.002	0.209	0.170	0.132	0.087
Moturoa GXP	0.497	0.387	0.285	0.175	0.005	0.004	0.003	0.002	0.203	0.162	0.121	0.076
Carrington GXP	0.561	0.450	0.344	0.226	0.005	0.004	0.003	0.002	0.226	0.185	0.145	0.098
Hurrangi GXP	0.483	0.382	0.288	0.185	0.004	0.004	0.003	0.002	0.198	0.160	0.122	0.080
Stratford GXP	0.791	0.709	0.612	0.471	0.007	0.006	0.006	0.004	0.304	0.277	0.244	0.193
Hawera GXP	0.505	0.403	0.308	0.200	0.005	0.004	0.003	0.002	0.206	0.168	0.131	0.087

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 入力パラメーターが少なく、評価のための準備が比較的容易にできる
- ・ 任意の地点の降灰厚が評価可能である。

2) 短所

- ・ 降灰に限定した手法であり、他の火山現象の評価には現段階では転用できない。

(5) 参考文献

- ・ 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 1055-1062
- ・ D. A. Rhoades, D. J. Dowrick and C. J. N. Wilson, (2002), Volcanic Hazard in New Zealand: Scaling and Attenuation Relations for Tephra fall deposits from Taupo Volcano, Natural Hazards 26: 147-174.

2.2.5 ベイズ推定による新規火道形成確率評価

(1) 概要

本評価手法はイタリア国立地球物理学研究所（INGV）で考案された手法であり、次の火道形成位置を確率論的に評価する。評価結果は地図上に示され、火道形成される確率が高い場所を視覚的に把握することができる（図 2.2.17）。

評価にはベイズ推定を用いる。ベイズ推定は専門家の意見や、火山学的データ、地質学的データ等、さまざまな情報を統合して扱うことができる手法である。評価に際して入力するパラメーターは過去の火口位置、過去の構造地質学的イベント（断層、破砕帯）形成位置である。

本評価手法は対象地域をメッシュ（格子）に分割し、そのメッシュごとに事前確率を設定し、事後確率を算出する。事前確率の設定にはその対象メッシュ内において過去に発生した構造地質学的イベント（断層形成・破砕帯形成）や火山噴火イベントの位置情報を入力する。メッシュごとに求められた結果を統合し、地図上に表記することで次の噴火が生じる可能性のある場所を評価することができる。その評価内容一覧を表 2.2.15 に示す。

表 2.2.15 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	火道形成位置（噴火確率）
出力情報	対象地域（メッシュ別）火道形成確率
評価可能時間	数年～数十年以内
評価最小単位	0.5 × 0.5km
使用データベース	過去の噴火活動、地震・断層運動に関する文献
評価事例	イタリア（キャンピ・フレグレイ火山）

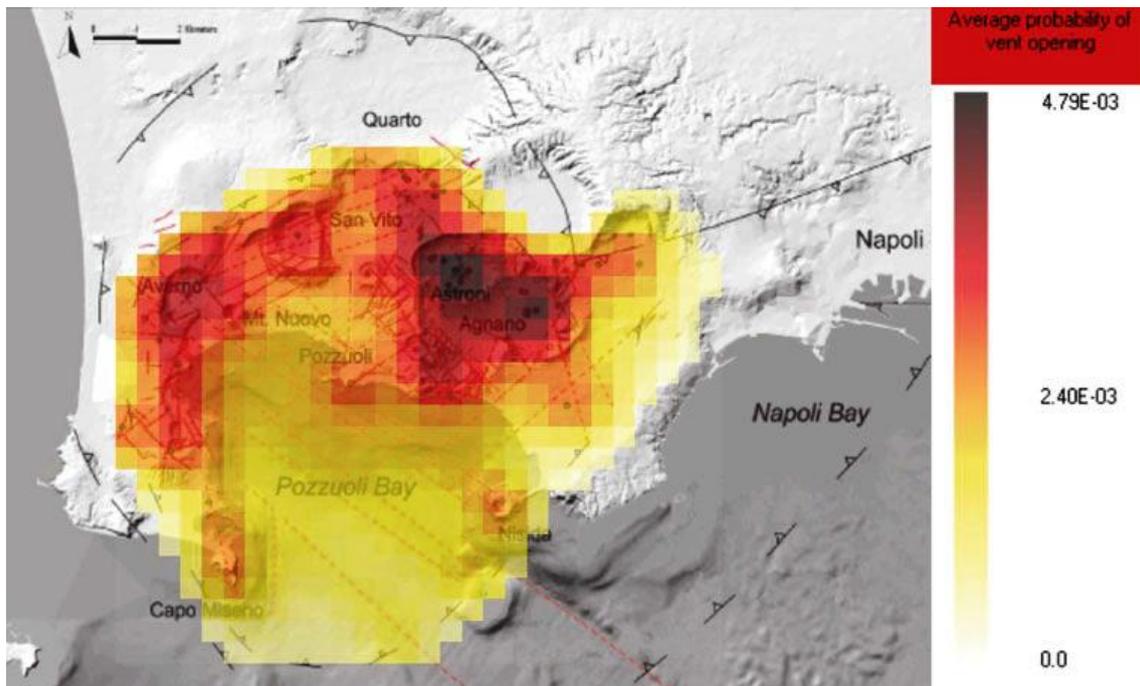


図 2.2.17 キャンピ・フレグレイ火山における火道形成確率
(Selva et al., 2012)

(2) 内容

本評価手法では火道形成確率を評価している。なお、本評価手法では、噴火が生じる可能性のある場所を評価している。火道形成確率の評価手順を以下に示す。

- 手順 1. 対象地域のメッシュ (Sub-Area : SA[500m メッシュ]) の作成
- 手順 2. 事前モデルの準備 (θ 、 Λ の決定)
- 手順 3. 設定したメッシュごとに事前分布パラメーター (θ 、 Λ) と過去の観測データ (y) を統合し計算

任意のメッシュにおける火道形成確率の事前分布 θ_{prior} モデルはディリクレ分布でモデル化する。また、任意のメッシュにおける火道形成確率 θ は多項分布でモデル化される。

この2つのモデルを結合することで火道形成確率 θ は事前分布のパラメーター (θ 、 Λ) および過去の観測データ (y) を用いて表現することができ、モデルの計算はこれらパラメーターの評価にのみ依存することとなる。上記内容を式で示すと次のように表される。

$$[\theta] = [\theta|y] = [\theta]_{\text{prior}} [y|\theta]/[y] \quad (2.2.14)$$

$[\theta]$: 火道形成確率
 $[\theta|y]$: y を前提とした事後分布
 $[\theta]_{\text{prior}}$: 事前分布
 $[y|\theta]$: 尤度関数
 $[y]$: 観測データ

$$\begin{aligned}
 [\theta] &= Di_N(\alpha_1 + y_1, \dots, \alpha_N + y_N) \\
 &= Di_N(\theta_1(\Lambda + N - 1) + y_1, \dots, \theta_N(\Lambda + N - 1) + y_N)
 \end{aligned} \quad (2.2.15)$$

Di : ディリクレ分布の確率密度関数
 θ : 中央値。この平均が **best guess** 確率値
 Λ : θ の分散指標。 **best guess** 確率値の信頼度の指標を表す。
 N : 対象となるメッシュの番号 (1, 2, . . . N)

また上記評価手順の 2. において、構造地質学的要因との関係を考慮するため、各メッシュに対し構造地質学的特徴を数値指標として表現した重み W を割り当てる。以下にその指標を示す。

- ・ カルデラ底にある : 重み 1
- ・ カルデラ底にあり、断層などの構造をメッシュ内に含む : 重み 2
- ・ メッシュ内に火道を含む : 重み 3

重み割り当て例 :

メッシュ番号 k のメッシュがカルデラ底に位置し(重み +1)、その中に火道が存在する場合(重み +3)の同メッシュの重み W_k は4となり、

$$\theta_k = \frac{W_k}{\sum_{j=1}^N W_j} = \frac{4}{\sum_{j=1}^N W_j} \quad (2.2.16)$$

となる。

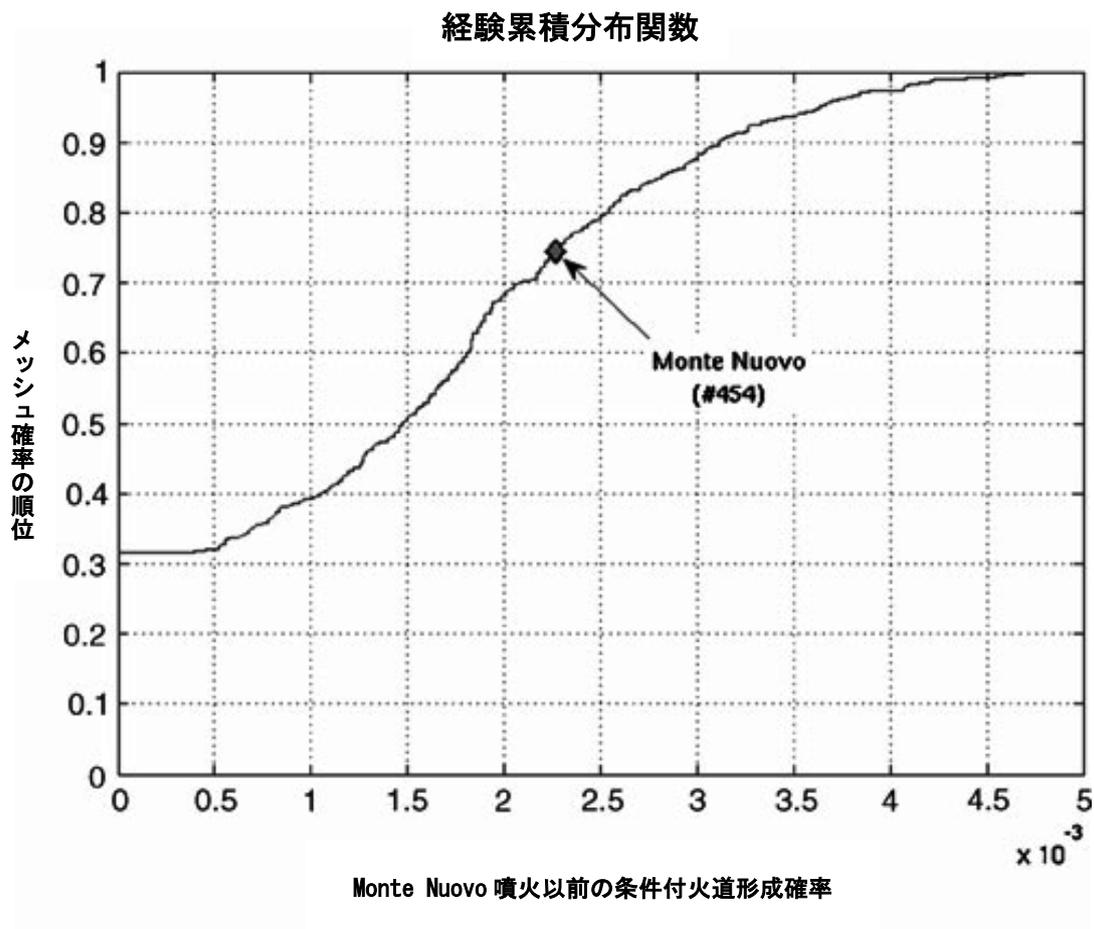


図 2.2.18 過去の噴火イベントを用いたモデル検証 (Selva et al., 2012)

図 2.2.18 は、本評価手法の精度を過去の噴火事例に遡り検証した結果である。この検証ではキャンピ・フレグレイカルデラで 1538 年に起きた噴火イベントである Monte Nuovo 噴火を検討材料とし、Monte Nuovo 噴火が発生する直前までのデータを用いて各メッシュにおける火道形成確率を計算した。Monte Nuovo 噴火の際に実際に火道が形成された#454 メッシュにおける火道形成確率の順位はメッシュ数の約 75%の値を得ている。

(3) 評価に必要な情報

確率評価に必要な情報については表 2.2.16 にまとめ、具体例を図 2.2.19 に示す。

表 2.2.16 噴火確率入力項目一覧

項目	入力データ	諸元	備考
噴火確率	過去の噴火イベント発生位置	噴火が生じた位置の座標	—
	過去の断層形成位置	断層が形成された位置の座標	—
	過去の破砕帯形成位置	破砕帯が形成された位置座標	—

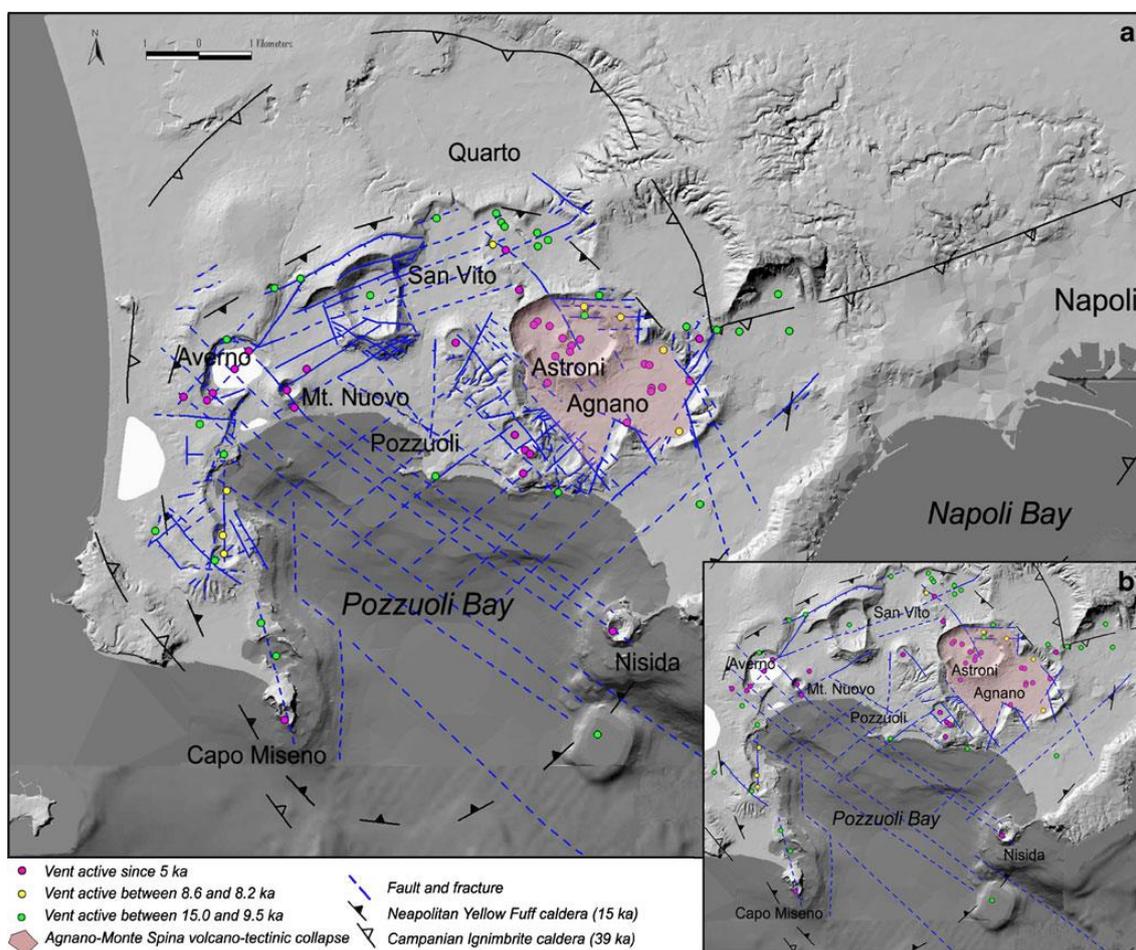


図 2.2.19 キャンピ・フレグレイ火山周辺の断層、火道位置図 (Selva et al., 2012)

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 入力するパラメーターを少なくすることで、不確実なデータによる未知のバイアスが発生する可能性を減少させることができる。
- ・ この手法で出力した結果をベイジアンイベントツリー(BET)におけるノード 4 に転用し、より詳細な評価を実施することができる。
- ・ 危険の高い場所を視覚的に把握することができる。

2) 短所

- ・ 評価対象期間が数年～数十年と比較的短く長期的評価には不向きである。
- ・ カルデラ内にある地域など、本評価手法を適応できる場所に制限がある。

(5) 参考文献

- ・ 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

2.2.6 点過程およびカーネル密度推定による時空間的噴火確率評価

(1) 概要

本評価手法はニュージーランドの Massey 大学の Volcanic Risk Solution グループが主となり開発した手法である。ある対象地域において、いつ、どこで噴火が発生するか噴火確率の時空間的評価を行う。単成火山地域のような次の噴火の発生場所がハザード上で特筆すべき課題となっている地域を対象に適応される手法である。

本評価手法で使用する確率論的評価モデルは点過程とカーネル密度推定である。点過程では次の噴火が生じる時間的確率を算出し、カーネル密度推定では次の噴火が起こる場所の空間的分布確率を評価する。時間的評価と空間的評価は、噴火データが不足しているため、それぞれの関係性が説明できないので、それぞれを独立な要素として考えるものとする。その評価内容一覧を表 2.2.17 に示す。

表 2.2.17 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	噴火位置 (噴火確率)
出力情報	対象地域において次の噴火が起きるまでの時間間隔、 噴火が発生する場所の空間的確率密度分布
評価可能時間	次回噴火が起きるまでの期間を評価
評価最小単位	1 × 1km
使用データベース	過去の噴火活動に関するデータベース全般
評価事例	ニュージーランド (オークランド単成火山群)

(2) 内容

求める確率は時間-空間の両方を考慮した噴火確率である。

本評価手法における時空間ハザード評価モデルは次の式により表現される。

$$\lambda(x,t) = \lambda(t)f(x) \tag{2.2.17}$$

ここで、 $\lambda(t)$ は噴火までの再現期間を時間の変数 t で表したものであり、 $f(x)$ は位置情報に関する情報 x をカーネル密度関数で表したものである。

1) 時間的噴火確率評価

本評価手法の時間的噴火確率評価には点過程の一つ、ポアソン過程が用いられている。

点過程とは、ある事象が起きた時間を、時間軸上にプロットしていき、その時間間隔を基にして、突然に発生する事象の生起確率メカニズムを表現する確率過程である。

たとえば、火山噴火を考えた場合に、前回生じた事象からある時点まで事象が生じていない場合、時点が進むごとに事象が生じる確率は高まる。このように表現できるものを更新過程と呼び、その中でも、時間間隔が指数分布に従う場合をポアソン過程と呼ぶ（図 2.2.20）。

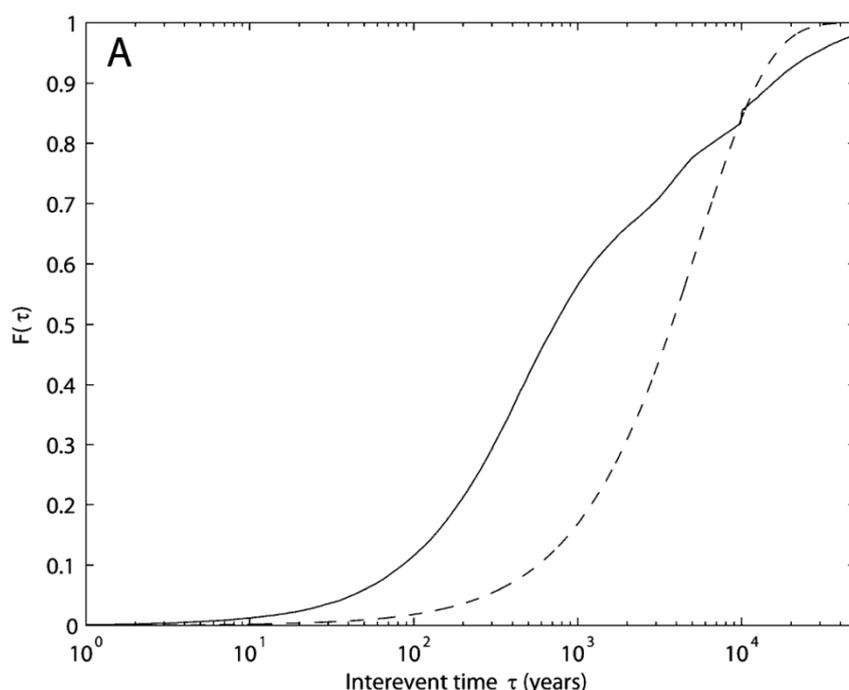


図 2.2.20 ポアソン過程による噴火確率評価 (Bebbington and Cronin, 2010)

2) 空間的噴火確率評価

本評価手法の空間的噴火確率評価にはカーネル密度推定が用いられている。

カーネル密度推定とは、各観測値にバンド幅と呼ばれるウェイトを割り振り、各観測値によるウェイトを累積して、その観測データの分布の特徴を分析する手法である。これにより、どの観測値が分布のピークに最も影響を与えるのか、また、その周辺にはどのように観測値が分布しているのかを視覚的に把握することができる。カーネル密度推定をより高次のハザード空間に射影することで、観測値の空間的な分布を評価することができる（図 2.2.21）。

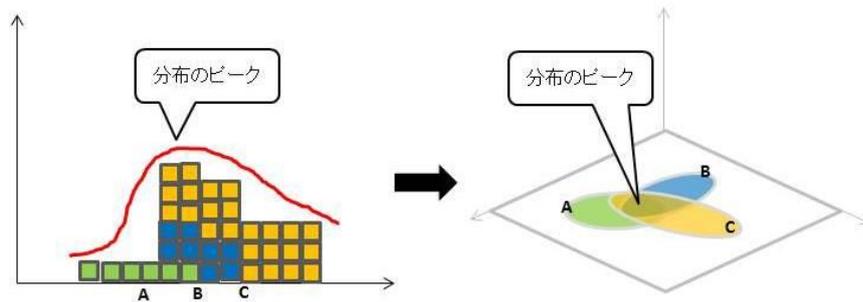


図 2.2.21 カーネル密度推定の概念図

カーネル密度推定においてはバンド幅の設定が評価結果に大きな影響を及ぼすため、その設定には注意が必要である。バンド幅の主な求め方としては、最小二乗クロスバリデーション等を用いるのが一般的である (Duong, 2007)。

本評価手法では以下に示すカーネル関数により時空間分布 x の分布密度を推定する。

$$f(x) = \frac{1}{2\pi\sqrt{|H|}} \sum_{i=1}^N \exp\left(-\frac{1}{2}(x - x_i)^T H^{-1}(x - x_i)\right) \quad (2.2.18)$$

ここで、 H はバンド幅を表す。

最終的に上記 2 つの評価結果から時間的、空間的噴火確率を評価する。

(3) 評価に必要な情報

表 2.2.18 に確率評価を実施する上で必要な入力パラメーターをまとめた。

表 2.2.18 噴火確率入力項目一覧

項目	入力データ	諸元	備考
噴火確率	過去の噴火イベント発生位置	噴火が生じた位置の座標	空間的評価に使用
	過去の噴火履歴	噴火が生じた年代	時間的評価に使用

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 次の噴火がいつ生じるかだけでなく、どこで生じるか、時空間的な評価が必要となる単成火山群のような場所では、カーネル密度推定のような高次元に応用可能な表現方法が有効である。
- ・ 火山群地域等の数 10 km 四方程度の地域を評価できる。

2) 短所

- ・ 同じ火道から複数回噴火が生じるような複成火山に対しては適用できない。
- ・ 空間的評価に関してはバンド幅の設定で結果が大きく異なるため、注意が必要である。

(5) 参考文献

- ・ 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
- ・ Chuck Connor, Mark Bebbington, Warner Marzocchi , (2015), Probabilistic Volcanic Hazard Assessment. The Encyclopedia of Volcanoes (Second Edition), Pages 897-910
- ・ Mark S. Bebbington, (2013), Assessing spatio-temporal eruption forecasts in a monogenetic volcanic field. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 252, Pages 14-28
- ・ M.A. El Difrawy, M.G. Runge, M.R. Moufti, S.J. Cronin, M. Bebbington, (2013), A first hazard analysis of the Quaternary Harrat Al-Madinah volcanic field, Saudi Arabia, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 267, Pages 39-46

2.2.7 噴火規模—頻度のワイブル関数評価

(1) 概要

本評価手法は巽好幸教授（神戸大学）らによって用いられた手法（評価内容は表 2.2.19 参照）である。過去の噴火イベントを極値理論の一つであるワイブル関数を用いて統計学的に解析し、噴火規模と頻度の関係を検討することで、巨大カルデラ噴火のような「低頻度大規模災害」が今後 100 年間に発生する確率を表 2.2.20 のように評価している。使用する指標は噴火の規模を表す噴火マグニチュードであり、評価に用いた噴火イベントは日本における 12 万年前以降の噴火マグニチュード 4 以上の噴火イベント 447 個である。その評価内容一覧を表 2.2.19 に示す。

表 2.2.19 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	噴火規模・頻度（噴火確率）
出力情報	噴火マグニチュード別の噴火が発生する確率
評価可能時間	100 年間
評価最小単位	空間的評価なし
使用データベース	噴出量が見積もられている過去の噴火活動に関するデータベース全般
評価事例	日本

表 2.2.20 日本列島における巨大カルデラ噴火の確率 (Tatsumi and Suzuki, 2014)

Magnitude	Mass (kg)	DRE* volume (km ³)	Tephra volume (km ³)	Cumulative frequency (/ky)	Probability in the next 100y (%)	Calculated cumulative frequency (/ky)	Probability in the next 100y (%)
7	1.0×10^{14}	40	100	0.10	1.0	0.073	0.73
8	1.0×10^{15}	400	1000	0.025	0.25	0.026	0.26

*Dense rock equivalent volume calculated assuming an uniform density of 2500 kg/m³.

(2) 内容

求める確率は巨大カルデラ噴火の噴火確率である。

本評価手法で用いられる噴火マグニチュード M は噴出物の総重量を用いて表現される（早川の式）。

$$M = \log_{10}[\text{噴出物の総重量 (kg)}] - 7 \quad (2.2.19)$$

本評価手法の確率計算には極値理論の一種である、ワイブル関数を用いる。
ワイブル関数は次式で表現される。

$$p(S) = \frac{\beta}{\tau} \left(\frac{S}{\tau}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{S}{\tau}\right)^\beta\right] \quad (2.2.20)$$

ここで S は確率密度関数の振幅、 τ 、 β はフィッティングパラメーターである。
火山噴火の確率を評価する場合、噴火マグニチュード M を超える噴火の相対頻度 $F(M)$ は以下の式で表される。なお、相対頻度は観察期間中の全観測数で特定 M 以上の観測数を除した値である。

$$F(M) = \exp(-aM^b) \quad (2.2.21)$$

$$M \leq 5.7 : a = 2.81 \times 10^{-7}, b = 9.44 \quad (a)$$

$$M \geq 7 : a = 1.55 \times 10^{-13}, b = 14.4 \quad (b)$$

$5.7 < M < 7$: 上記 (a) を式(2.2.21)に代入して得られた結果から算出した頻度と (b) を代入して得られた結果から算出した頻度の合計値

本研究事例では噴火マグニチュードを $M \leq 5.7$ と $M \geq 7$ に分けて取り扱っている。
この閾値は噴火様式の転換点を参照としており、 $M \leq 5.7$ は山頂噴火、 $M \geq 7$ は巨大カルデラ噴火、 $5.7 < M < 7$ は両者の混合噴火である (図 2.2.22)。

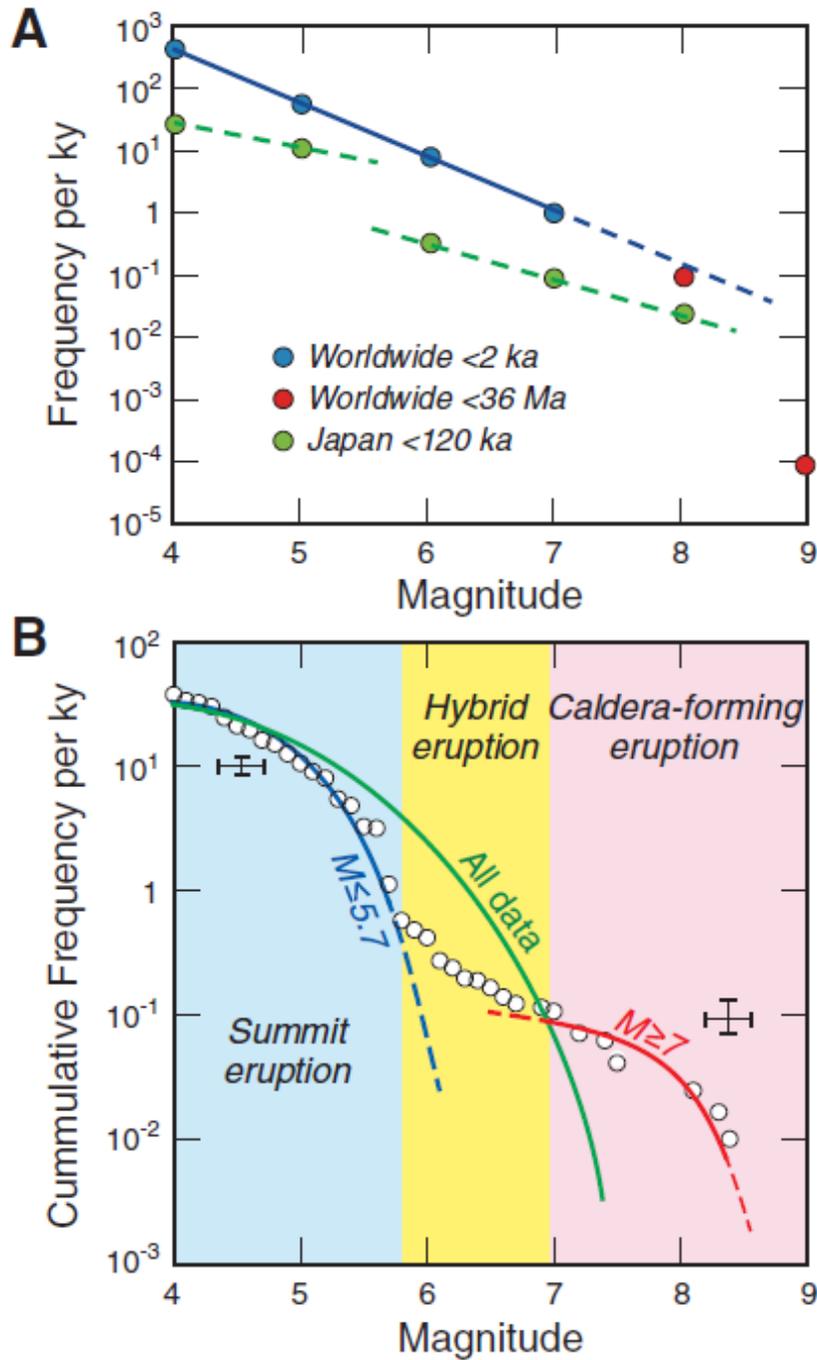


図 2.2.22 噴火の規模と頻度のワイブルプロット (Tatsumi and Suzuki, 2014)

- A : Frequency per ky … 頻度/1,000年
 Worldwide <2 ka … 世界: 2千年前以降
 Worldwide <36 Ma … 世界: 36百万年前以降
 Japan <120 ka … 日本: 12万年前以降
- B : Cumulative Frequency per ky … 累積頻度/1,000年
 Summit eruption … 頂上噴火
 Hybrid eruption … 混合噴火
 Caldera-forming eruption … 巨大カルデラ噴火

(3) 評価に必要な情報

本確率評価に必要な情報を表 2.2.21 に示す。

表 2.2.21 噴火確率入力項目一覧

項目	入力データ	諸元	備考
噴火確率	過去の噴火イベントの噴出量	噴火時の噴出物の量	-
	過去の噴火イベントの噴火年代	噴火が生じた年代	-

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 噴火マグニチュード 5.7 以下（山頂噴火）と M7 以上（巨大カルデラ噴火）の累積頻度を別々のワイブル関数でよく再現できており、それぞれ噴火様式が異なる結果と理解される。

2) 短所

- ・ 噴火マグニチュードの算出が必要
- ・ 噴火マグニチュードは、VEI に比べると一般的に情報が乏しいため汎用性に欠ける可能性がある。

(5) 参考文献

- ・ Yoshiyuki Tatsumi and Keiko Suzuki-Kamata, (2014), Cause and risk of catastrophic eruptions the Japanese Archipelago, Proc. Jpn. Acad., Ser. B 90

2.2.8 降灰シミュレーションによる降灰年超過確率評価

(1) 概要

空気中に放出された火山灰の拡散を、移流拡散モデルによりシミュレーションし、ハザード評価を試みる研究は数多くなされている。本評価手法は、シミュレーションにより得られた降灰分布を重ね合わせることで、ある地点に降灰が到達する確率を空間的に評価することが可能である。さらにこの到達確率に噴火確率および降灰被害発生確率を乗じることで噴火確率を考慮した降灰ハザード評価が可能となる。その評価内容一覧を表 2.2.22 に示す。

表 2.2.22 評価内容一覧

項目	諸元
手法の評価対象 (対象とする確率)	降灰 (到達確率)
出力情報	評価対象地点におけるある降灰厚 (mm) の年超過確率
評価可能時間	制限なし
評価最小単位	指定した地点の降灰超過確率を評価
使用データベース	噴火規模が明記される文献、風向・風速データ
評価事例	各地の火山

(2) 内容

本評価手法では到達確率のみを評価している。

1) 到達確率

到達確率は降灰シミュレーションにより得られた降灰分布を重ね合わせることで評価する (図 2.2.23)。

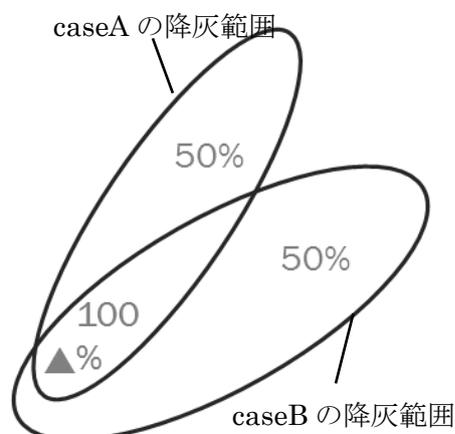


図 2.2.23 重ね合わせによる到達確率評価イメージ

降灰の移流拡散挙動を支配する要因の一つは風向・風速である。この風向・風速パラメーターに過去数年から数十年分の日別観測データを使用してシミュレーション計算を行うことで、噴火発生時の降灰分布をその土地の気象条件を反映した高い精度で再現可能である。降灰シミュレーションでは噴煙柱高度や火山灰粒径などの情報も入力するため、それらパラメーターを変更することで、噴火規模ごとの降灰分布とその到達確率が評価可能である。

(3) 評価に必要な情報

シミュレーション計算を行う計算ツールはこれまでに数多くが開発されている。本手法では Bonadonna et al., (2005) で使用される“TEPHRA”を使用した場合を想定し、確率評価にあたり必要となる情報を表 2.2.23 にまとめた。

表 2.2.23 到達確率入力項目一覧

項目	入力データ	入力範囲	備考
到達確率	火口位置*	想定する火口の位置座標	—
	火口標高*	想定する火口の標高(m)	噴火を想定する火口の標高
	噴煙柱高度*	—	想定規模に合わせて設定 Mustin et al., (2009) 参照
	マグマ噴出量*	—	想定規模に合わせて過去の研究などを参考に設定
	粒径分布*	—	想定規模に合わせて過去の研究などを参考に設定
	噴出物質密度*	—	過去の研究などを参考に設定
	風向**	—	過去の観測データを基に入力
	風速**	—	過去の観測データを基に入力

*: 既往文献等を基に任意に設定。 **: 気象観測所の観測データを使用

(4) 長所・短所

1) 長所

- ・ 実際の気候条件などを考慮した到達確率が評価可能である。

2) 短所

- ・ 到達確率評価に必要な入力データが多い。

(5) 参考文献

- C. Bonadonna, C. B. Connor, B. F. Houghton, L. Connor, M. Byrne, A. Laing and T. K. Hincks, (2005), Probabilistic modeling of tephra dispersal: Hazard assessment of a multiphase rhyolitic eruption at Tarawera, New Zealand. *Journal of geophysical research*, Vol. 110, B03203
- Susanna Jenkins, C. Magill, J. McAneney and R. Blong (2012), Regional ash fall hazard: a probabilistic assessment methodology, *Bull Volcanol* 74:1699-1712
- GVM, (2014), Volcanic ash fall hazard and risk; Technical background paper for the UN-ISDR Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015.
- Bear-Crozier, A. N. Newey, V., Horspool, N. and Weber, R (2015), 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.
- C.R. Magill, A.W. Hurst, L.J. Hunter, R.J. Blong, (2006), Probabilistic tephra fall simulation for the Auckland Region, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 153, Issues 3-4, Pages 370-386

2.3 第2章のまとめ

2.3.1 各火山ハザード評価手法の内容・特徴

第2章で分類した8種類の火山ハザード評価手法の評価内容および特徴を一覧として表2.3.1に整理した。各評価手法のそれぞれの火山現象に対する適用性については、噴火確率および到達確率別に次項で示す。

表 2.3.1 火山ハザード評価手法一覧

評価手法名	評価内容・特徴
(1) PVAHA手法による 降灰超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 任意の地点において、ある荷重または厚さまで降灰が及ぶ確率を評価する。 過去の噴火データを基に算出される噴火確率にシミュレーションにより得られた到達確率を乗じて降灰超過確率を評価する。 降灰のみが評価対象である。
(2) 世界規模での 降灰超過確率評価 (GVM手法)	<ul style="list-style-type: none"> 任意の地点において、ある荷重または厚さまで降灰が及ぶ確率を評価する。 過去の噴火データを基に算出される噴火確率に、過去の風データを用いた降灰シミュレーションによって得られた到達確率を乗じて求めた降灰超過確率を評価する。 降灰のみが評価対象である。
(3) ベジアンイベント ツリー(BET)による 包括的ハザード評価	<ul style="list-style-type: none"> 火山性異常の発生から噴火が生じるまでの確率、噴火時に任意の火山現象が発生する確率、その火山現象が被害を及ぼす範囲を評価する。 モニタリング環境が整った火山、過去の噴火記録が豊富な火山での使用に向いている。 到達確率は、災害が到達するエリアを広域的に評価するのみであり、評価解像度は低い。
(4) 更新過程モデルによる 降灰年超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 前の噴火から次の噴火が発生するまでの期間を点過程で評価する。 さらに降灰等層厚線図から読み取れる降灰分布を定式化し、対象地点における降灰量を評価する。 降灰のみが評価対象である。
(5) ベイズ推定による 新規火道形成確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 対象地域において次に噴火が生じた時に火道が形成される位置の確率密度分布を評価する。 次回噴火が発生する場所が大きな課題である単成火山地域やカルデラ内の地域で使用される。 適用できる火山が限られる。
(6) 点過程、カーネル密度 推定による 時空間的噴火確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 次回噴火がいつ発生するのか、またどこで生じる可能性が高いのか評価する。 単成火山地域やカルデラ内の地域で使用される。 噴火確率のみを評価しており、また、適用できる地域が限定される。
(7) 噴火規模－頻度の ワイブル関数評価	<ul style="list-style-type: none"> 噴火マグニチュードを基にワイブル関数を用いて噴火規模別に評価する。 今後100年間における巨大カルデラ噴火の噴火確率を評価している。 巨大噴火が生じる噴火確率のみを評価しており、個々の火山の噴火確率は評価できない。
(8) 降灰シミュレーション による降灰超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 降灰シミュレーションの計算結果を噴火確率と組み合わせることによって、任意の地点においてある荷重または厚さとなる降灰年超過確率を評価する。 降灰のみが評価対象である。

2.3.2 噴火確率評価手法と各火山現象への適用性

各ハザード評価手法における噴火確率評価手法に関して、噴火記録等の火山活動に関する情報量の異なる火山への適用性、他の火山現象への適用性および規模別火山現象への適用性について表 2.3.2 にまとめた。この結果、PVAHA 手法および世界規模での降灰超過確率評価手法（GVM 手法）、次いでベイジアンイベントツリーによる包括的ハザード評価（BET 手法）の適用性が高いと考えられる。ただし、PVAHA 手法、GVM 手法では降灰に対する評価実績しかないため、多様な火山現象への適用には課題が残る。一方 BET 手法ではその評価対象となる火山が、噴火記録に富み、観測体制の整った活動的な火山が主な対象であることから、条件の異なる火山への適用性の面で劣ると言えよう。

しかしながら、PVAHA 手法、GVM 手法と BET 手法は評価対象とする火山により使い分けることも考えられる。たとえば、BET 手法は桜島や浅間山のような現在も活動的であり観測網も整備されている火山に対して適用し、PVAHA 手法や GVM 手法は噴火データが乏しい火山を含む日本全国の各火山を対象とした広域的な評価に用いる等である。

また、噴火確率評価に関して、本来ならば現在活発に活動している火山は、そうでない火山に比べ噴火する頻度は高いと考えられる（例：桜島）。しかし、本調査の範囲では噴火確率の算出において、そのような火山の活動状況も考慮した噴火確率を評価する研究は見当たらなかった。

表 2.3.2 噴火確率評価手法と各火山現象への適用性

評価手法名	噴火確率評価手法	条件*の異なる火山への適用性**	他の火山現象への適用性**	規模別火山現象への適用性**
(1) PVAHA 手法による降灰超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> ある地域のある形態の火山が任意の VEI 噴火を起こす確率を評価（＝降灰が発生する確率） 評価対象とする地域の過去の噴火データを参照し、噴火データが少ない火山でも噴火確率を算出することが可能 噴火規模を VEI 4～7 まで想定 	○	降灰のみを対象としているが他火山現象への適用可能性あり	○
(2) 世界規模での降灰超過確率評価（GVM 手法）	<ul style="list-style-type: none"> ある地域のある形態の火山が任意の VEI 噴火を起こす確率を評価（＝降灰が発生する確率） 評価対象とする地域の過去の噴火データを参照し、噴火データが少ない火山でも噴火確率を算出することが可能 噴火規模を VEI 4～7 まで想定 	○	降灰のみを対象としているが他火山現象への適用可能性あり	○
(3) ベイジアンイベントツリー(BET)による包括的ハザード評価	<ul style="list-style-type: none"> ある一つの火山において、火山性異常の発生から噴火が生じ、どのような火山現象が発生するまでの確率を評価 過去の噴火記録、観測によるリアルタイムなモニタリングデータ等を使用 ユーザーで任意に設定した噴火規模(VEI など)に対して評価可能 	×	○	○
(4) 更新過程モデルによる降灰年超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> ある一つの火山において、前の噴火から次の噴火が発生するまでの期間、再現確率を評価 対象火山の過去の噴火記録を用いる。 噴火の規模は評価しない。 	×	×	×

評価手法名	噴火確率評価手法	条件*の異なる火山への適用性**	他の火山現象への適用性**	規模別火山現象への適用性**
(5) ベイズ推定による新規火道形成確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 対象地域において火道が形成されやすい場所の確率を地図上で評価 単成火山地域やカルデラ内地域での使用に向く 過去の噴火記録、断層位置等の構造地質学的データを使用 噴火の規模は評価しない。 	○	○	○
(6) 点過程、カーネル密度推定による時空間的噴火確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 次の噴火がいつどこで生じる可能性が高いのか時空間的噴火確率を評価 単成火山地域やカルデラ内地域での使用に向く。 過去の噴火記録（年代、噴火場所等）を使用 噴火の規模は評価しない。 	×	×	×
(7) 噴火規模－頻度のワイブル関数評価	<ul style="list-style-type: none"> 国内で巨大カルデラ噴火（噴火マグニチュード 7 相当）が起きる確率を評価 日本全国の噴火年代と噴出量を使用 評価規模は噴火マグニチュードごとを想定 	×	×	噴火マグニチュードをより一般的な単位へ変換する必要あり
(8) 降灰シミュレーションによる降灰超過確率評価	噴火確率の評価は行っていない。	－	－	－

*：条件とは観測体制の充実度、噴火記録の数および質、火山の活動様式等を指す。

**：「○」は適用性有り、「×」はなし、「－」は評価対象としていないことを表す。

2.3.3 到達確率評価手法と各火山現象への適用性

各ハザード評価手法における到達確率評価手法に関して、噴火記録等の火山活動に関する情報量の異なる火山への適用性、他の火山現象への適用性および規模別火山現象への適用性ならびに評価可能な空間的解像度について表 2.3.3 にまとめた。この結果、PVAHA 手法および世界規模での降灰超過確率評価手法（GVM 手法）の適用性が高いと考えられる。ただし、噴火確率同様 PVAHA 手法および GVM 手法では、降灰に対する評価実績しかないため、多様な火山現象への適用には課題が残る。

これに関しては降灰以外のシミュレーションツールを用いることで、他の火山現象にも適用できる可能性が考えられる。しかし、この場合、溶岩流や火砕流など地形によりその挙動が制御される火山現象に関しては、火口が形成される位置に関する評価も検討が必要であるが、(5)ベイズ推定による新規火道形成確率評価による新規火道形成を適用することでハザード評価が可能となる。

また、到達確率評価に関して、広域を評価対象とする場合は考慮すべき局所的な地形・気候条件を加味した評価を行うことは難しい。ただし、評価対象範囲を狭め、評価解像度をより細かくすることで、ある程度対応可能である。

表 2.3.3 到達確率評価手法と各火山現象への適用性

評価手法名	到達確率評価手法	条件*の異なる火山への適用性**	他の火山現象への適用性**	規模別火山現象への適用性**	評価可能解像度
(1) PVAHA 手法による降灰超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 任意の地点において、ある荷重あるいは厚さまで降灰が達する年超過確率を評価 降灰シミュレーションツールにより到達範囲を計算し、計算結果の重ね合わせで確率を評価 噴火規模を VEI 2~7 まで想定 評価解像度は 1×1km メッシュ 	○	降灰のみを対象としているがツールを変えることで他の火山現象へ適用できる可能性あり	○	高
(2) 世界規模での降灰超過確率評価 (GVM 手法)	<ul style="list-style-type: none"> 任意の地点において、ある荷重あるいは厚さまで降灰が達する年超過確率を評価 実測の風データに基づき、降灰シミュレーションツールで到達範囲を計算し、計算結果の重ね合わせで確率を評価 噴火規模を VEI 4~7 まで想定 評価解像度は 10×10km メッシュ 	○	降灰のみを対象としているがツールを変えることで他の火山現象へ適用できる可能性あり	○	中
(3) ベジアンイベントツリー (BET) による包括的ハザード評価	<ul style="list-style-type: none"> 火口を中心とした円を分割し、その分割された円を被災エリアとして指定 過去の噴火時の火山現象到達記録を参照 ユーザーで任意に設定した噴火規模 (VEI など) に対して評価可能 評価解像度は分割した円弧を一つの単位とする。 	×	○	○	低
(4) 更新過程モデルによる降灰年超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 任意の地点における降灰厚さを評価 降灰等厚線図から読み取れる等厚線を定式化し、式に任意の地点の位置情報を代入し、降灰厚さを算出 過去の噴火規模の範囲内で想定 評価解像度は任意の地点 	×	×	×	高
(5) バイズ推定による新規火道形成確率評価	到達確率の評価はなし	-	-	-	-
(6) 点過程、カーネル密度推定による時空間的噴火確率評価	到達確率の評価はなし	-	-	-	-
(7) 噴火規模-頻度のワイブル関数評価	到達確率の評価はなし	-	-	-	-
(8) 降灰シミュレーションによる降灰超過確率評価	<ul style="list-style-type: none"> 任意の地点において、ある荷重あるいは厚さまで降灰が達する年超過確率を評価 実測の風データに基づき、降灰シミュレーションツールで到達範囲を計算し、計算結果の重ね合わせで確率を評価 噴火規模は任意に設定 評価解像度は使用するシミュレーションツールに依存 	-	-	-	高

* : 条件とは観測体制の充実度、噴火記録の数および質、火山の活動様式等を指す。

** : 「○」は適用性有り、「×」はなし、「-」は評価対象としていないことを表す。

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

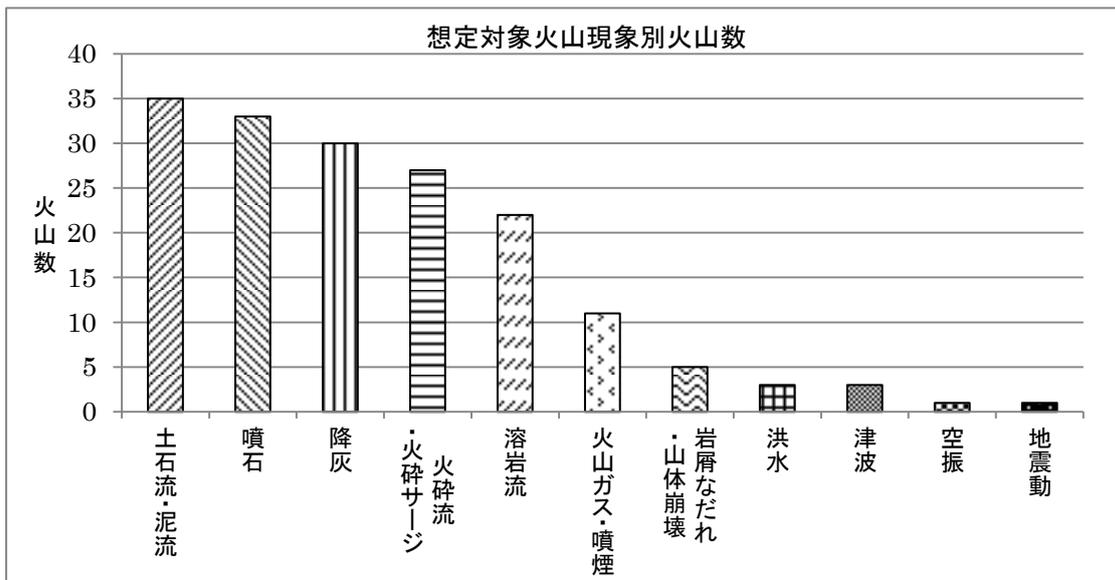


図 3.1.1 想定対象火山現象別火山数

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。

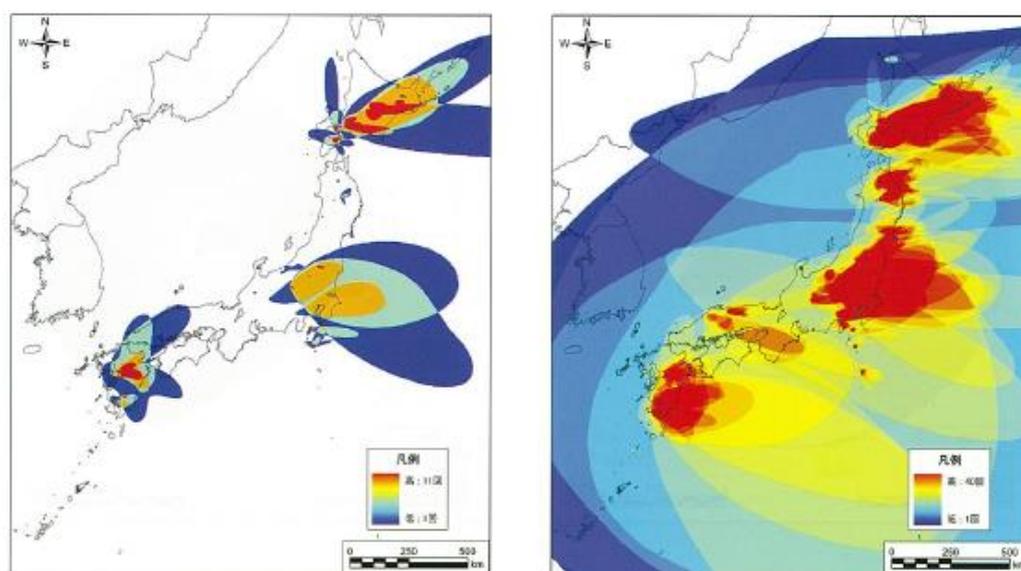


図 3.1.2 火山灰降下回数積算分布(須藤ほか, 2007)

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。

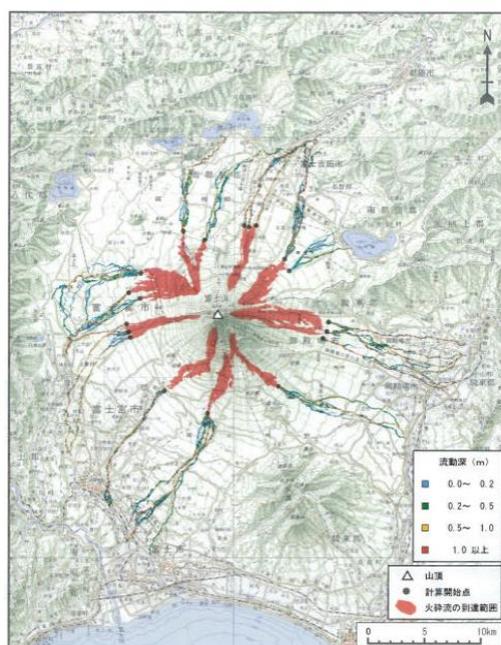


図 3.2.1 泥流シミュレーション計算(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)

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。

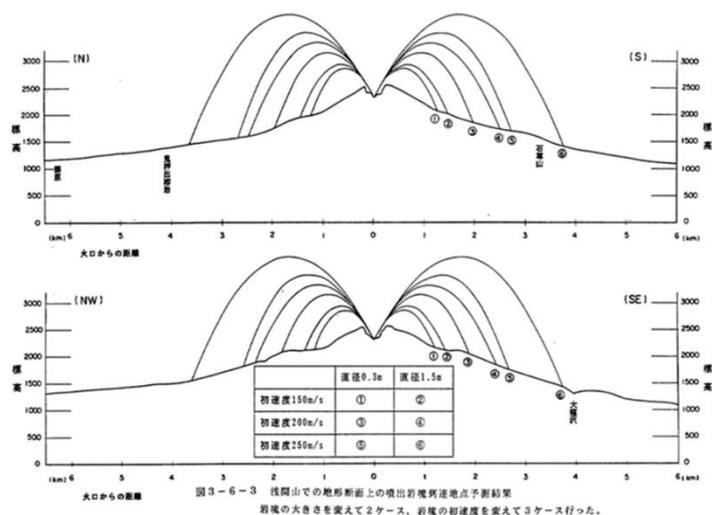


図 3.2.2 噴石シミュレーションイメージ(内閣府, 2013)

(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。

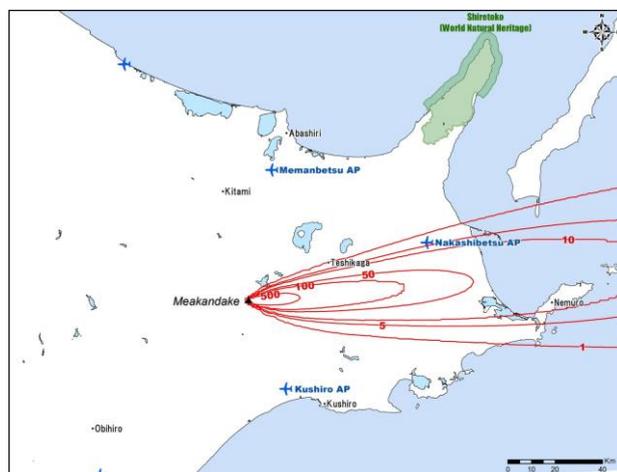


図 3.2.3 降灰シミュレーション事例(金井ほか, 2015)

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、主にフィルターの性能に依存すると考えられる。フィルターの性能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。

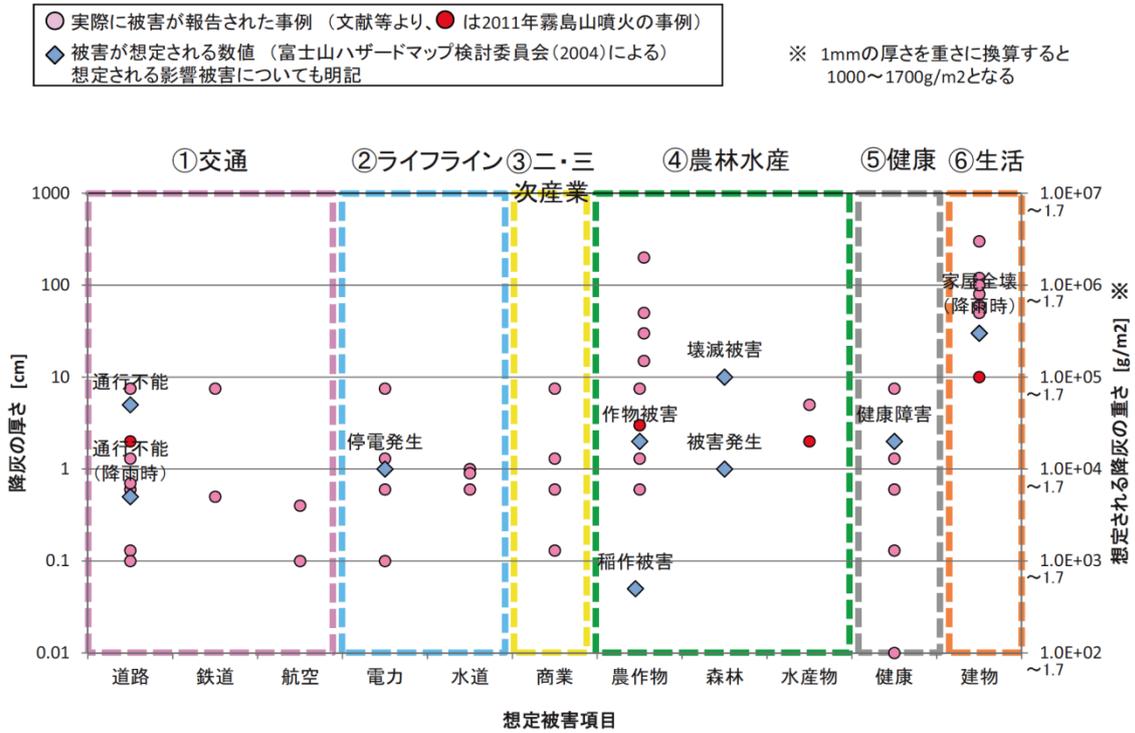


図 3.2.6 降灰被害想定一覧(気象庁, 2012)

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

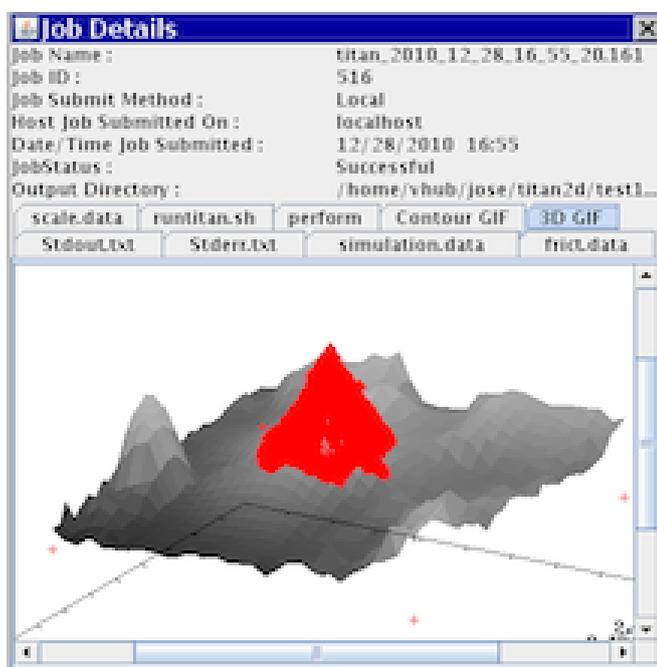


図 3.2.7 火砕流シミュレーションイメージ

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。

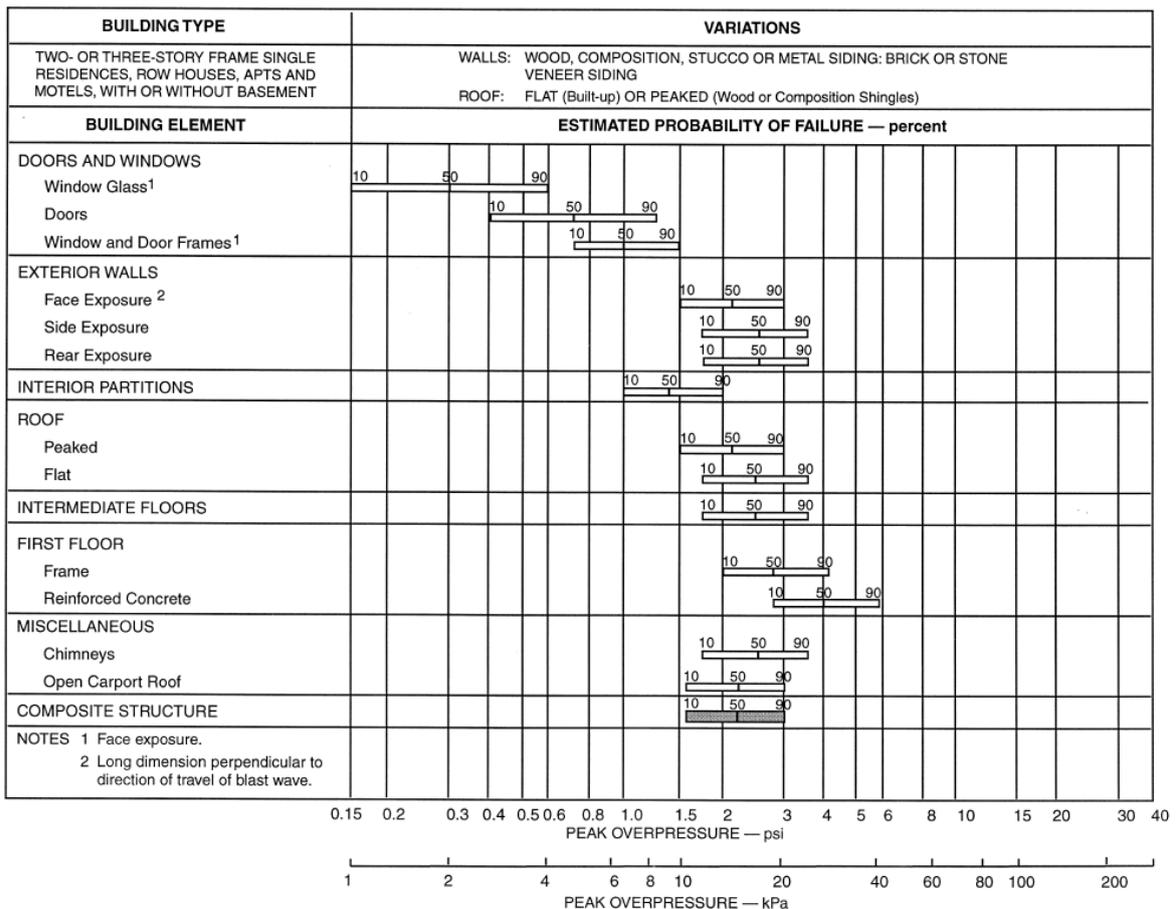


図 3.2.8 木造住宅における過剰圧に対する被害程度とその確率 (Valentine, 1998)

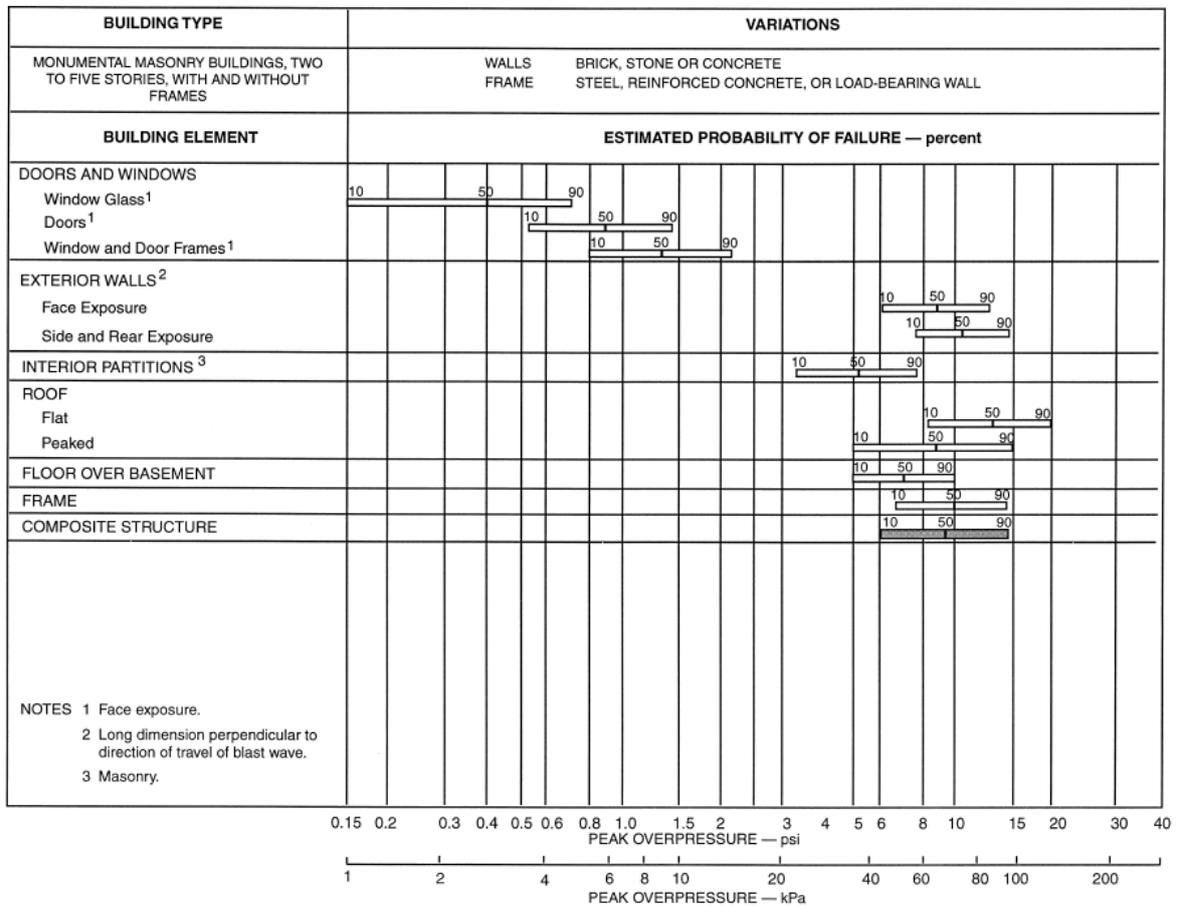


図 3.2.9 コンクリート造建物の過剰圧に対する被害程度とその確率 (Valentine, 1998)

(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。

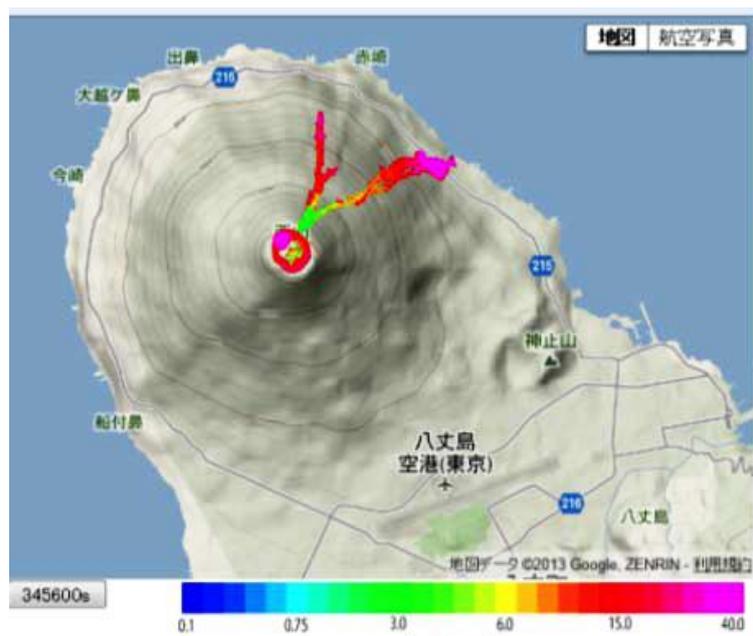


図 3.2.10 溶岩流シミュレーションイメージ(内閣府, 2013)

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】ー, 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

【付録 1】 日本の火山活動（28 火山）

日本の火山活動 目次

付録 1.0	対象とする火山	75
付録 1.1	雌阿寒岳	76
付録 1.2	十勝岳	77
付録 1.3	樽前山	82
付録 1.4	有珠山	84
付録 1.5	北海道駒ヶ岳	99
付録 1.6	十和田	103
付録 1.7	秋田焼山	104
付録 1.8	岩手山	105
付録 1.9	蔵王山	106
付録 1.10	吾妻山	107
付録 1.11	那須岳	108
付録 1.12	草津白根山	109
付録 1.13	浅間山	111
付録 1.14	弥陀ヶ原	119
付録 1.15	焼岳	120
付録 1.16	御嶽山	121
付録 1.17	富士山	125
付録 1.18	箱根山	128
付録 1.19	伊豆大島	131
付録 1.20	三宅島	137
付録 1.21	西之島	148
付録 1.22	九重山	153
付録 1.23	阿蘇山	154
付録 1.24	雲仙岳	157
付録 1.25	霧島山	161
付録 1.26	桜島	167
付録 1.27	口永良部島	171
付録 1.28	諏訪之瀬島	174

付録 1 日本の火山活動 (28 火山)

付録 1.0 対象とする火山

文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会では、2014 年 11 月「御嶽山の噴火を踏まえた火山観測研究の課題と対応について」の中の「2. 今後の火山観測研究のあり方」において、2008 年の第 6 次火山噴火予知計画で「重点的に火山観測研究を推進する火山」として選定された 16 火山に加え、御岳山をはじめとする 9 火山を加えた 25 火山が選定された。

- ・ 重点的に火山観測研究を推進する火山・・・16
火山十勝岳、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、岩手山、草津白根山、浅間山、伊豆大島、三宅島、富士山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島、口永良部島、諏訪之瀬島
- ・ 2014 年 11 月より新たに加わった火山・・・9 火山
雌阿寒岳、十和田、蔵王山、吾妻山、那須岳、弥陀ヶ原、焼岳、御嶽山、九重山

文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会によって「重点的に火山観測研究を推進する火山」とされた 25 火山と、上記以外の活火山の内、近年顕著な火山活動を示す火山あるいは火山活動により被害が発生した 3 火山（秋田焼山、箱根山、西之島）を加えた合計 28 火山について、これらの火山の噴火災害の概要を取りまとめた。

取りまとめにあたっては、第 1 項「主な噴火・最近の活動記録」、第 2 項「噴火被害の概要」、第 3 項「被害の特徴」の 3 項目をまとめた。第 1 項の中でも特に被害が発生した噴火活動の年号には下線を付し、第 2 項でその詳細を記述した。ただし、噴火による被害が顕著でない火山に関しては、第 2 項、第 3 項の記載は行っていない（「噴火被害の概要」を記載しない場合は第 2 項として「被害の特徴」を記した。）。

これら 28 火山の「火山の発達史的分類」、「主な災害要因」、「岩石化学組成」、「最近の噴火規模」、「噴火被害の特徴」および「主要な噴火・火山災害年表」を噴火一覧表として整理したものを付録 2 として付した。

なお、本報告書の記載事項は 2015 年 12 月までの調査結果である。

付録 1.1 雌阿寒岳

阿寒カルデラの南西壁上に生じた安山岩の成層火山群である。噴気活動が盛んで有史以来の噴火は水蒸気爆発が主であり、現在でも時折群発地震が発生している。雌阿寒岳の噴火活動による被害事例は報告されていない。

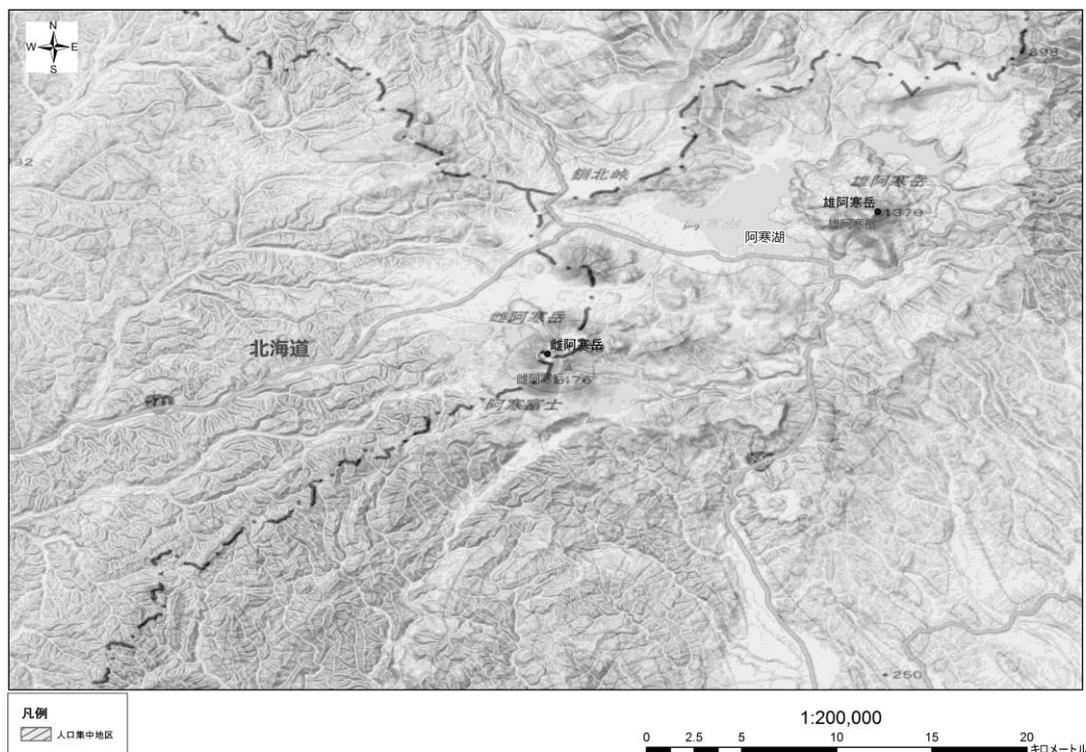


図 付録 1.1.1 雌阿寒岳の地形

1.1.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1952～ 1966年（昭和27年～41年）：小爆発を繰り返した。
- 1988年（昭和63年）：1月4日から微動発生。1月5日～6日に小噴火、その後2月18日までに数回の小噴火を繰り返した。
- 1989～ 1966年（平成元年～平成8年）：ときおり群発地震が発生
- 1996年（平成8年）：11月21日に水蒸気爆発をし、北北西から北に数十kmの範囲で降灰が観測された。
- 1998年（平成11年）：11月9日ポンマチネシリ96-1火口でごく小規模噴火：火砕物降下
- 2006年（平成18年）：3月21日ポンマチネシリ北西斜面および赤沼火口でごく小規模噴火。火砕物降下のほか、ポンマチネシリ北西斜面で泥流が発生した。噴火の前後で火山性微動や地震動が増加した。
- 2008年（平成20年）：1月、9月、11月に地震動の増加が観測され、11月18、28～29日ポンマチネシリ96-1火口および第4火口で小規模噴火。火砕物の降下が確認された。
- 2008年（平成20年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル2に設定された。

付録 1.2 十勝岳

十勝岳（標高 2,077m）は、鮮新世から前期更新世にかけて噴出した酸性火砕流台地の上に形成された玄武岩～安山岩質の火山群である。酸性火砕流の噴出後、北東―南西方向に配列する火口群から玄武岩～安山岩質の溶岩・火砕物が噴出した。古期から中期にかけては、玄武岩～苦鉄質安山岩の大量噴出にはじまり、中性の安山岩の噴出へと移行し、多数の成層火山を生じた後、珪長質安山岩の溶岩ドームを形成している。新期火山群は火山列の北西側に生じている。

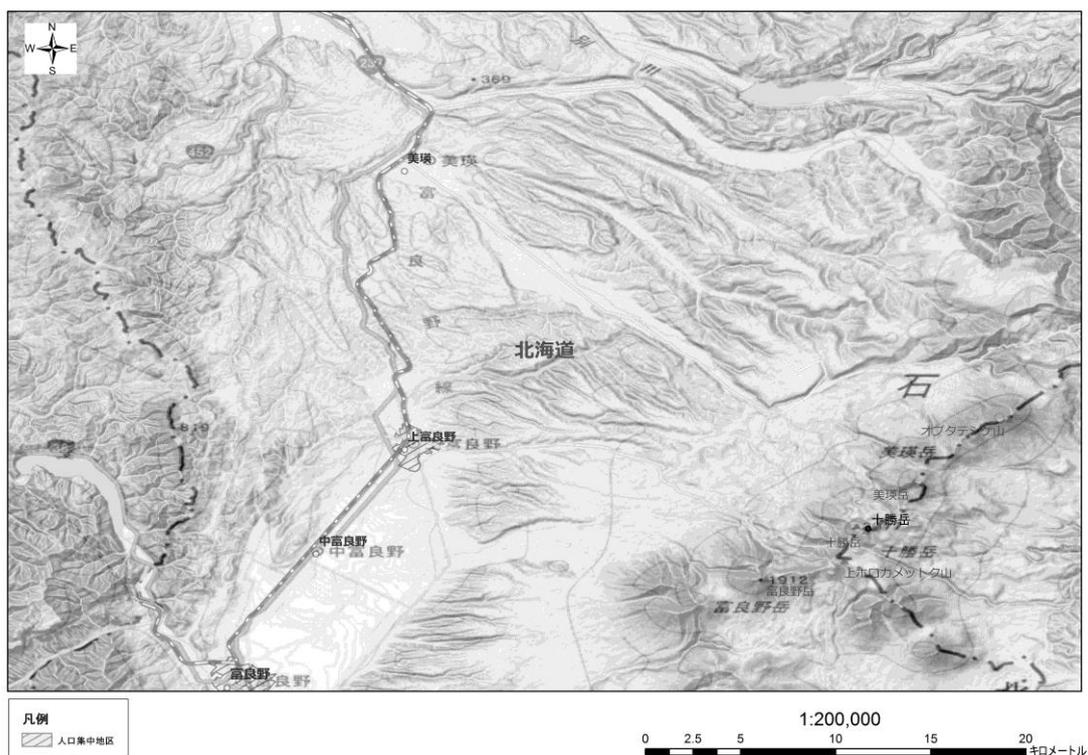


図 付録 1.2.1 十勝岳の地形

1.2.1 主な噴火・最近の活動記録

B. C. 240年頃 グラウンド火口が噴火、スコリア流が白金温泉付近まで流下した。
 （放射性炭素による年代測定、誤差約100年）

1670年 中央火口丘噴火：溶岩流が展望台付近まで流下した。

1857年 山の中腹で火柱が上がり、黒い噴煙が立った。

1926年 （大正15年）2月に砂礫をとばし、4月には降灰・火柱が確認された。
 5月13～14日山麓で、有感地震を観測。この爆発によって、中央火口丘の北西が破壊され、崩壊物は北西斜面を流下し、さらに急速に積雪をとかして二次泥流を生じ、爆発後わずか25～26分で火口から25kmの上富良野原野に達し、死者・行方不明者144名を出した（表 付録 1.2.1、図 付録1.2.3参照）。
 9月8日、爆発、噴煙高さ4,600m、行方不明者2名

- 1962年 (昭和37年) 6月29日に中央火口南側湯沼付近で噴火、噴煙12,000m上昇、東方に降灰、グラウンド火口南壁に沿い62年第0火口から第3火口出現、第2火口に碎屑丘を形成、死者・行方不明者5名を出した(表 付録 1.2.2参照)。
- 1988年 (昭和63年) 2月、6月に有感地震、9月下旬から地震増加。12月16日に噴火、爆発音、爆発地震、南東約80kmまで降灰、12月16日～30日に6回の噴火。火柱・火砕流・噴石・土石流が発生した。
- 1989年 (平成元年) 1月1日～3月5日の間に15回の噴火、火柱、火砕サージ、火砕流、噴石、泥流、火映等が確認され、降灰は140kmの範囲に及んだ。総噴出量 $7 \times 10^5 \text{m}^3$ 。泥流の危険があるため、地域住民は避難行動を行ったが、噴火の規模は小さく、小規模な泥流が発生しただけであった。
- 2004年 2月25～26日ごく小規模な水蒸気噴火。4月9、12日にも振幅小さな火山性微動が発生。4月19日62年第2火口から火山灰混じりの有色噴煙、振幅の小さな火山性微動も発生。11月にも火山性微動が発生した。
- 2008年 気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。
- 2012年 6月30日に夜間に大正火口が高感度カメラで明るく見える現象が発生し、7月4日の夜間まで継続。原因は高温の火山ガス噴出や硫黄の燃焼等によると推定。7月1日に実施した上空からの観測で噴出物の痕跡なし。同日実施したガス観測でやや多量のSO₂(約600t/日)を観測。SO₂放出量は次第に低下。これを受け十勝岳周辺の旅館の宿泊客等190名が自主避難した。また1、7月には火山性微動も発生した。

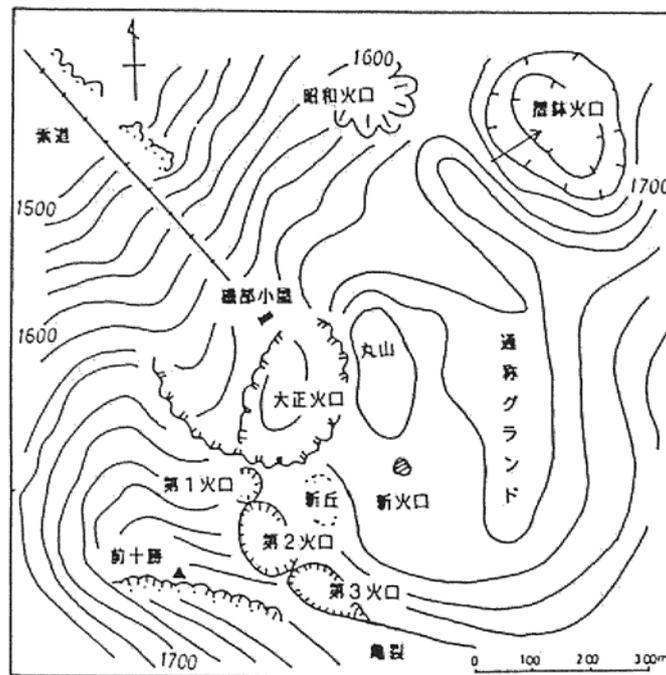


図 付録 1.2.2 十勝岳火口付近略図(気象庁技術報告 74号)

1.2.2 噴火被害の概要

(1) 1926年（大正15年）の噴火

5月24日12時11分 爆音に続いて岩石の崩壊する音が聞こえた（元山事務所、上富良野、志比内）。

この爆発により泥流が発生し、丸谷温泉、白金温泉に達した。

16時17分 大きな爆発が起こり、中央火口丘頂の主火口とその西斜面から黒煙が高く上昇した。この爆発で、中央火口丘の北西半が破壊され、崩壊物は北西斜面を急速な泥流となって流下し、火口から2kmの元山事務所まで、1分未満で到達した。

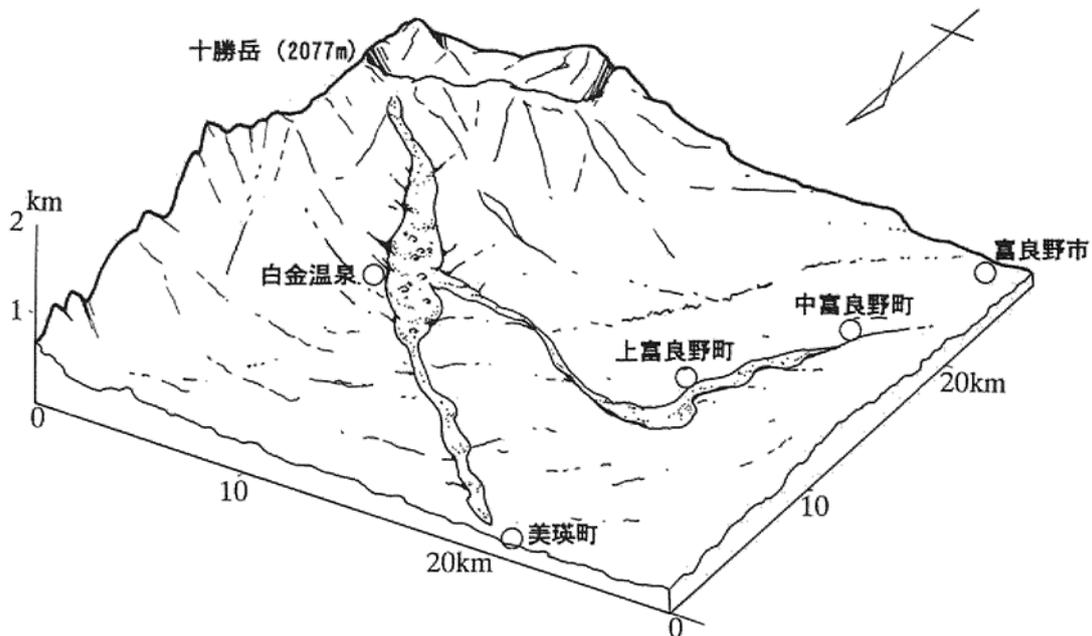


図 付録 1.2.3 1926年大正泥流の経路(北海道防災会議, 1971 をもとに作成)

16時17分の爆発で、崩壊物が泥流となって流下したことにより、鉱夫の大半は、小屋を逃れる暇もなく小屋ごと倒された。この一次泥流は急速に積雪を溶かし、二次泥流を生じた。泥流は途中で森林帯を越えたため、多量の材木を含む泥流となり、家屋・橋梁・鉄道その他を破壊した（表 付録 1.2.1 参照）。

以上、十勝岳爆発災害誌および多田・津屋(1927)による。

表 付録 1.2.1 1926 年（大正 15 年）の大正泥流による被害

○人的被害		
死者および行方不明者	144 名	（うち行方不明者 21 名）
	2 名	（9 月の噴火）
負傷者	19 名	
○経済的損害 256 万円		
建物（住家、非住家）	372 棟	
〃（公共建物）	7,646 坪	
家畜	68 頭、602 羽	
水田	680 町歩	
畑	507 町歩	
雑種地、学校用地、住宅	12.6 町歩	
道路	延長 14 里 15 町	
橋梁	49 ヲ所	
灌漑等		
河川		
御料林（美瑛村）	8,470 石	
国有林（上富良野村）	194,224 石	
鉄道		
電信・電話		
平山硫黄鉱業所		

(2) 1962 年（昭和 37 年）の活動

6月29日22時過ぎ 大正火口で水蒸気爆発、火口付近の岩石に由来する最大直径1.5～2mの噴石が、火口縁より200～300mの範囲に落下し、700mあたりまでこぶし大の噴石が落下した。

30日 2時45分 大正火口の南側から火柱が昇り、前十勝岳（西）から大正火口の北側（北）にかけて、火山弾が落下した。噴煙は高度約12,000mまで上昇し、火口から東方にかけて降灰した。

6月29日22時過ぎの水蒸気爆発により、火口近くの硫黄鉱山宿舎で噴石により5名死亡した。

30日2時45分からの降灰により、農作物の被害、火山ガスによる空気汚染等が発生した（表 付録 1.2.2 参照）。

表 付録 1.2.2 1962 年（昭和 37 年）の噴火による被害

○人的被害		
死者および行方不明者	5 名	（うち行方不明者 1 名）
負傷者	11 名	
○経済的損害		
倒壊焼失非住家	2 戸	
家畜	牛 68 頭、鶏 602 羽	
硫黄鉱業所	施設の破壊	→閉山
○農業への被害		
降灰地では、軽微ではあるが広域的に被害が発生した。		
十勝支庁	8,769ha	（トマカ、ニハツ地区住民退避、家畜移送）
釧路支庁	3,014ha	
根室支庁	4,500ha	
網走支庁	91,439ha	（微量）

1.2.3 被害の特徴

十勝岳の噴火活動の多くは、火砕サージを伴う。このため、冠雪期に噴火活動が開始すると、噴火孔付近の積雪が融け泥流が発生する。1926 年（大正 15 年）5 月 24 日の噴火による 144 人の死者・行方不明者の大部分は泥流によるものである。このため、行方不明者の割合が多く、また、人的被害のうち、ほとんどが死亡・行方不明となっている。

また、1926 年（大正 15 年）および 1962 年（昭和 37 年）の噴火当時、火口付近で硫黄の採掘が行われていたため、火口付近で作業していた硫黄鉱山の鉱員が多数死傷した。

図 付録 1.2.4 には、1988 年の噴火で発生した火砕流のようすを示す。



図 付録 1.2.4 1988 年噴火による十勝岳の火砕流のあと

付録 1.3 樽前山

樽前山は、支笏カルデラの南部に位置している。支笏カルデラは、今から約 3 万年前の激しい軽石噴火による陥没で形成されたものである。この陥没に伴い、中心部を通る北西—南東の構造線ができ、更新世末～完新世の火山活動が行われた。まず、カルデラの南東部で風不死岳の活動（集塊岩、溶岩の噴出により火山体を形成、続いて北側に向かって火砕流の流出、最後に頂上火口から溶岩の噴出）が始まった。風不死岳の形成に続いて、カルデラの北西部で軽石および溶岩からなる恵庭火山が形成された。完新世になると、樽前山が活動を始め、現在に至っている。

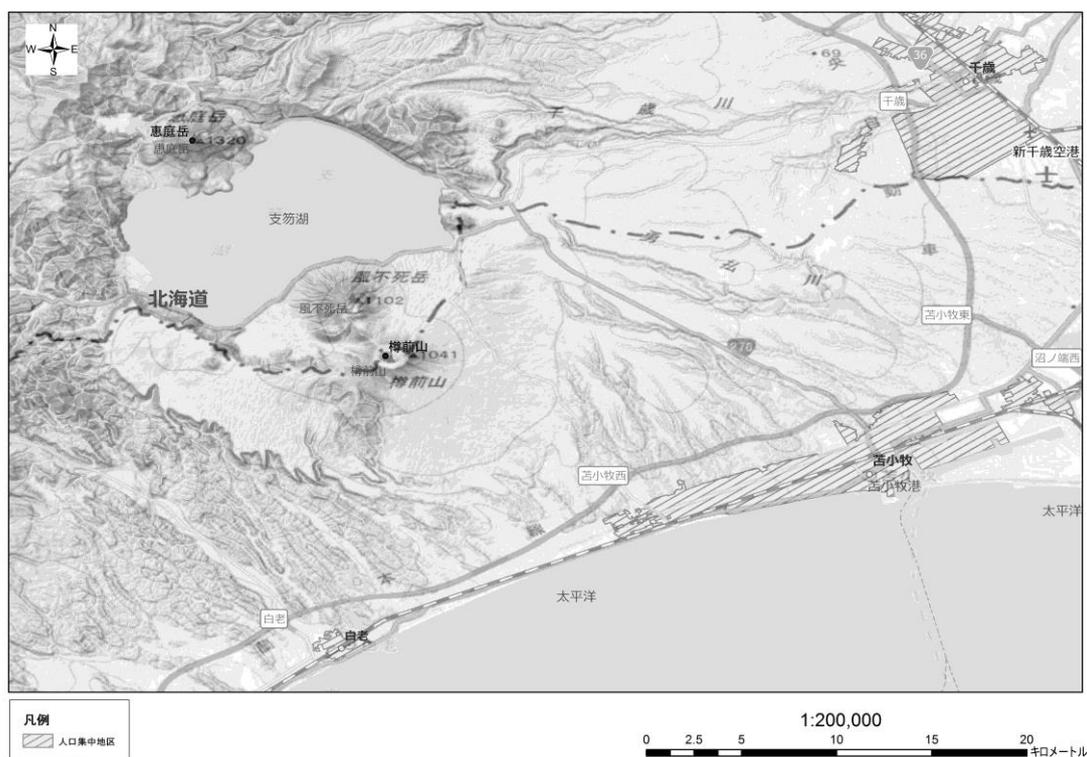


図 付録 1.3.1 樽前山の地形

1.3.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1667年 (寛文7年) : 9月23日に大噴火、降下軽石は十勝平野にまで達した。
- 1739年 (元文6年) : 7月14日に大噴火、降下軽石が堆積し、軽石流が山麓に流下した。
- 1804～ 1817 (?) 年 (文化年間) : 中央火口丘が形成された。近傍十里内は灼熱した砂石が落下し、死傷者多数(苫小牧測候所, 1966)
- 1867年 (慶応3年) : 噴火、降下軽石、火山灰が山麓に堆積、古期溶岩ドームが形成された。
- 1874年 (明治7年) : 2月8日に噴火、降下軽石火山灰が噴出、古期世岩ドームが崩壊した。

- 1909年（明治42年）：1月11日に活動を開始、鳴動・噴煙・降灰を繰り返す。3月30日7時30分ごろ噴火し、噴煙は7,600mまで上昇。この噴火は、従来の火口底の一部が爆発したもので、火口内北部に爆裂火口が生じ、約2,700m³が噴出した。火口付近では大きいもので直径2m、平均15cmの岩塊を噴出、山麓で6cm、8km離れたところで6mm、12km離れたところでも希に豆粒大のものが降った。当日の降灰区域は約85km²に及ぶと推定された。4月12日23時48分頃、噴火とともに大地震が発生した。噴火による岩石の放出量は3月30日の約20倍に達し、40km離れた札幌でも降灰が確認された。4月17日～19日、中央火口内に高さ134mのドームが形成された。
- 1917年（大正6年）：4月30日に爆発。鳴動・噴煙（約1,800m）、苫小牧方面に降灰が確認された。5月12日には溶岩ドームに割れ目ができ、爆発、噴煙・苫小牧方面で降灰・爆発音が確認された。
- 1923年（大正12年）：2月21日に噴火、苫小牧地方に多量の灰が降った。6月17日には札幌地方に降灰した。6月29日の噴火では苫小牧地方で空振、早来・追分地方に降灰が確認された。
- 1926年（大正15年）：10月19日に噴火、降灰は幌別付近で15～20cm、札幌郊外でも降灰が観測された。10月30日の噴火では噴煙が約2,000mまで上がり、山麓で直径1.0～2.5cmの溶岩片が落下し、人家3戸の屋根を打ち抜いた（人畜に被害なし）。
- 1931、1933、1936、1944、1951、1953、1954、1955、1978年にも小規模な噴火があり、現在も断続的に地震活動が続いている。また2011年、2012年にはドーム南西の噴気孔群が明るく見える現象が観測された。
- 2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

1.3.2 噴火被害の概要

歴史時代に人的被害を出した噴火は記録されていないが、1926年（大正15年）には、噴石によって人家3戸に被害が生じた。

付録 1.4 有珠山

有珠山は、約 13 万年前の大規模火砕流噴火に伴って形成された洞爺湖の南岸で約 1 万年前から活動を始めた玄武岩～安山岩質の成層火山で、数個のデイサイト質の中央火口丘からなる二重火山である。周辺には数個の爆裂火口、火砕丘、溶岩ドーム、潜在ドームなどの寄生火山をもつ有珠山の地形と地質を図 付録 1.4.2 に示す。

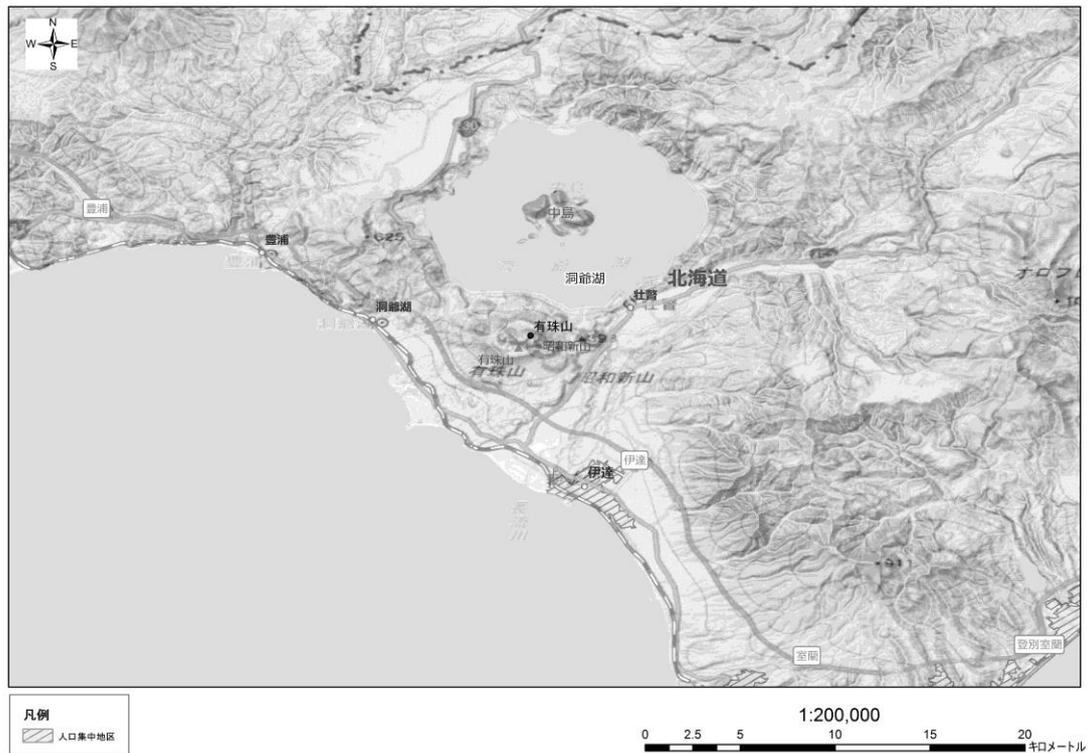


図 付録 1.4.1 有珠山の地形

1.4.1 主な噴火・最近の活動記録

1663年 8月16日（寛文3年）：12日から微動・鳴動がはじまり、16日に爆発、付近の家屋は焼失または埋没し、5名の死者を出した。この活動により、小有珠が生成された。

1969年 1月23日（明和5年）：明和火砕流が発生し、南東山麓民家が消失した。

1822年 3月12日（文政5年）：9日から地震が増加、12日に爆発、23日には激しい振動・鳴動とともに火砕流が発生（文政火砕流）し、旧虻田集落全滅、死者50名、負傷者53名を出した。

1853年 4月22日（嘉永6年）：噴火が数カ月続く。降灰・火砕流（立岩火砕流）、大有珠の溶岩ドームが生成した。

1910年 7月25日（明治43年）：19日から地震が始まり、24日にはM5程度の地震が起こり、虻田村での被害は半壊破損15棟を出した。25日の爆発では土砂・岩屑を噴出、泥石流発生、西丸山の東部が隆起して明治新山を生じた。泥石流によって死者1名を出す。

1943～1945年（昭和18年～20年）：1943年12月28日から地震継続、1944年1月末から東

南側山麓で土地の隆起が始まる。6月23日噴火、7月2日、3日に爆発。多量の噴石、火山砂を放出、7月11日には負傷者1名・家屋破損・焼失・農作物に被害、8月26日に死者1名・家屋焼失の被害が発生した。10月末までに数回の爆発があり、1945年9月まで隆起を続け昭和新山が形成された。

1977～1978年（昭和52年～53年）：1977年8月6日から有珠山周辺で有感群発地震が始まり、翌7日9時12分カルデラ内でデイサイト質の激しい軽石噴火が起こり、14日未明までに大きな噴火4回を含む十数回の噴火があった。噴煙の高さは約12,000m、周辺域に多量の軽石・火山灰を堆積、固形噴出物総量 $8.3 \times 10^7 \text{ m}^3$ 、山頂部の隆起現象によって道路・建物・下水道施設に被害が生じた。1978年7月から9月にかけてはマグマ水蒸気爆発。1978年10月24日には二次泥流によって死者2名・行方不明者1名・住家・農林業・土木・水道施設等に被害が発生した。

2000～2001年（平成12年～13年）：3月27日から地震が徐々に増加し、30日～31日に山頂部や北西山麓に断層や地割れが生じ道路が破壊された。31日に西山西麓からマグマ水蒸気噴火が発生。火口周辺に噴石を放出、噴煙は火口直上数100mまで上昇、降灰は主に風下の北東側に広がり、75km離れた千歳でも微量の降灰が認められた。4月1日、金比羅山北西麓から噴火開始。4月中旬まで、小規模な水蒸気噴火を繰り返す、西山西麓と金比羅山周辺に計65個の火口を形成。この内西山西麓では4月1日～2日、金比羅山では4月2日～10日にいくつかの火口から熱泥流が発生。西山西麓ではマグマ貫入により最大約80m隆起して潜在ドームが形成された。この噴火により、延べ3,065戸で停電、5,085戸で断水が生じた他、学校や鉄道、主要幹線道路、高速道路、下水道施設が地殻変動や泥流で破壊された。

2008年（平成20年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

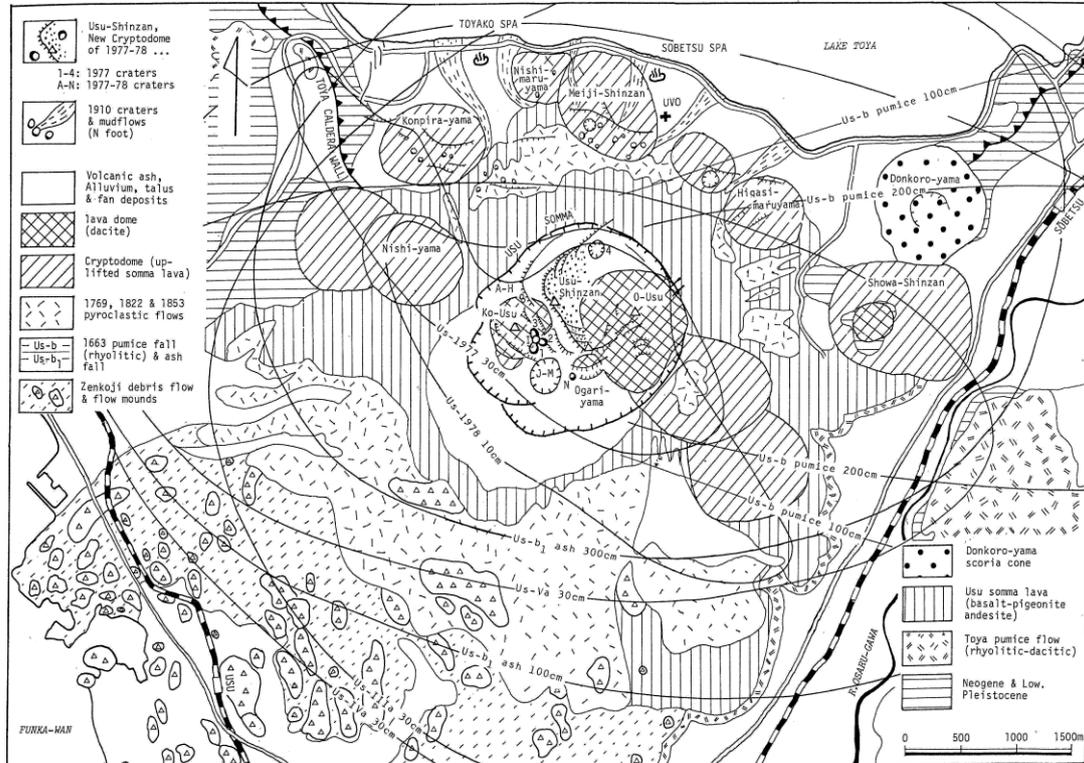


図 付録 1.4.2 有珠山の地形と地質(勝井ほか, 1988)

1.4.2 噴火被害の概要

(1) 1822年（文政5年）の噴火

3月23日 激しい振動・鳴動とともに火砕流が発生（文政火砕流）した。火砕流が通過した旧虻田集落が全滅し、死者50名、負傷者53名を出した。

(2) 1910年（明治43年）の噴火

7月24日、M5程度の地震によって、虻田村で半壊破損15棟、25日、爆発して土砂・岩屑を噴出、泥流発生、家屋・山林・耕地に被害、泥流で死者1名。西丸山の東部が隆起して明治新山（四十三山）を生じた。

(3) 1943年～1945年（昭和18年～20年）の噴火

1944年7月2、3日、爆発。多量の噴石、火山砂を放出して農作物に被害。7月11日、負傷者1名・家屋破損・焼失・農作物に被害。8月26日、死者1名・家屋焼失。10月末まで数回の爆発。1945年9月まで隆起が続き、昭和新山を生じた。隆起のようすをスケッチしたミマツダイアグラムを図 付録 1.4.3 に示す。

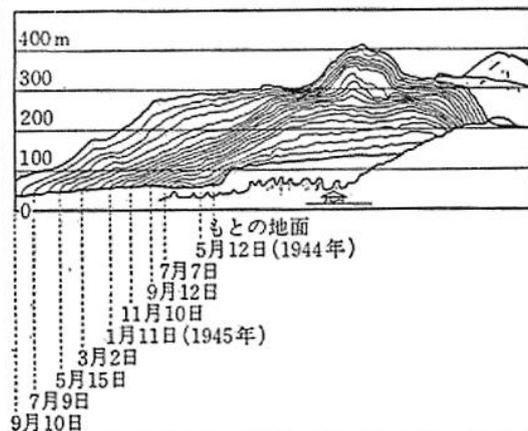


図 付録 1.4.3 昭和新山の成長を示すミマツダイアグラム
東方 2.5km から観測したもの(三松, 1962)

(4) 1977年～1978年（昭和52年～53年）の噴火

1977年（昭和52年）から1978年（昭和53年）の噴火の状況を表 付録 1.4.1 に、火口の位置および噴出物の分布域を図 付録 1.4.4、図 付録 1.4.5 に示す。

表 付録 1.4.1 1977年～1978年の噴火状況

1977年	8月 6日未明	: 火山性地震計290回 (うち有感地震115回) が観測される。
	8月 7日 9時12分	: 小有珠の東南麓 (第1火口) から空振を伴って噴火が始まり約2時間30分継続した。噴火後、約1時間半後には噴煙柱が高度約12,000mに達した。噴煙は偏西風に流され、火山の南東側に降灰した。
	8月 8日午後～	: 小有珠東麓に火口が開いて (第2、3火口) 大きな噴火が続き、9日午後には火山周辺に軽石・火山灰を降らせた。
	8月 9日10時30分	: 火日原北部から噴火がはじまる。
	11時20分	: 10時30分の噴火と同じ場所 (第4火口) で噴火が起こった。噴火は次第に激しさを加えながら、約3時間続いた。噴煙柱は高度約1,000mに達し、火山の東側に軽石・火山灰を降らせた。
	8月12日 8時12分	: 小噴火が起こる。
	8月13日22時37分	: 中噴火が起こり東北東側で降灰がみられた。
	8月16日	: 虻田町泉地区で泥流が発生する。 小噴火が起こる。
上記の噴火の後	から10月	: 火口原内外の地殻変動が続く。 小有珠東側山麓からオガリ山および大有珠にかけて正断層を伴って隆起が続き、小有珠北東部に“新山”を形成しさらに北東側に押しだした (2.3.14参照)。10月23日までに新山は東へ100m移動し、40m (みかけは120m) 隆起した。北麓では建物や水道管などの破損が徐々に進行した。東麓・北東麓・北西麓では、道路に横ずれ断層が発生した。
	9月 9日～21日	: 虻田町などで泥流が4回発生する。
	11月16日	: 小有珠北東麓で水蒸気爆発が起こる (A、B火口)。
	11月17, 19日	: 虻田町で泥流が発生する。
1978年	1月13日	: 小有珠北東麓で水蒸気爆発が起こる (A、B火口)。
	2月25日～ 3月13日	: 小有珠北東麓で水蒸気爆発が続発する (C-H火口)。
	4月24～25日	: 小有珠東麓で水蒸気爆発が起こる (I火口)。
	5月24日～ 6月 7日	: 噴人が続発し、後期には火山岩塊が放出される (I火口)。
	6月12, 13日	: 虻田町で泥流が発生する。
	7月13日	: 虻田町で泥流が発生する。
	8月14日	: 虻田町で泥流が発生する。
	7月 9日～10月27日	: 水蒸気爆発や小噴火が頻発する (J-K火口)。また、8月16日、8月24日、9月12日にはマグマ水蒸気爆発が起こり、8月16日の噴火では降灰によって交通機関や農作物に被害が発生、9月12日の噴火では洞爺湖温泉街に3～10mmの火山礫が降下した。
	10月16日 8時30分	: 虻田町、伊達市、壮瞥町で最大規模の泥流が発生し、交通機関に被害が発生した。
	10月24日	: 虻田町、伊達市、壮瞥町で最大規模の泥流が発生し、死者2名、行方不明者1名、家屋損壊3戸、床上埋没61戸の被害が発生した。この泥流は13～20mmの先行降雨の後、10分間に21mmという記録的な降雨によって発生した。

噴火活動は、軽石噴火を続けた1977年8月7日から14日の第1期噴火と水蒸気爆発と小噴火が頻発した1977年11月16日から1978年10月27日の第2期噴火、さらに地震活動を伴った地殻変動が続いた1977年8月から1982年5月までの地殻変動期に分けられる。

泥流・土石流は、1977年8月中旬以降1981年10月下旬までに30数回発生した。特に、水蒸気爆発と小噴火が頻発した第2期噴火では微細な火山灰によって表層が覆われ、雨水の浸透が妨げられた。このため有珠山麓全域で大規模な泥流・土石流が発生した。

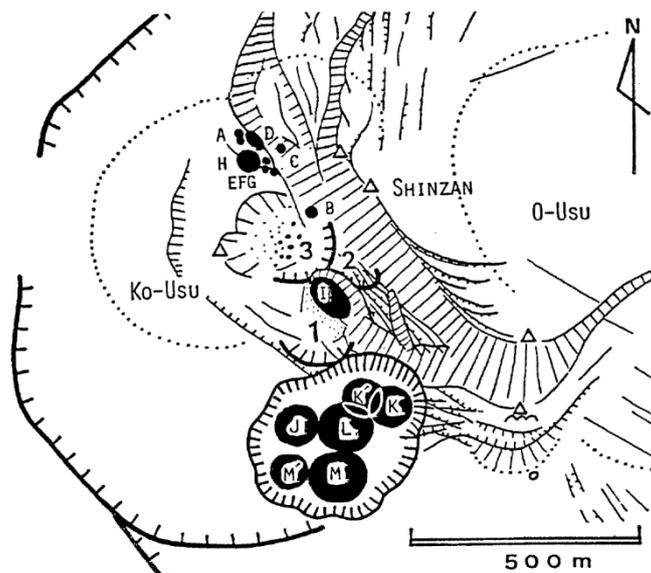


図 付録 1.4.4 1977 年から 1978 年の噴火の火口位置図(勝井ほか, 1978)

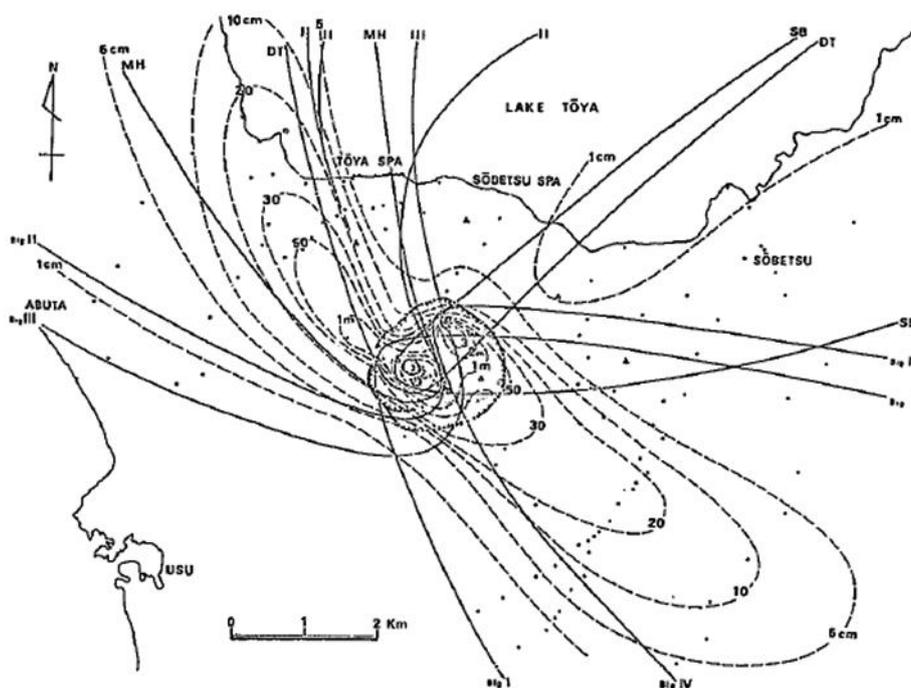


図 付録 1.4.5 1977 年 8 月の噴火による有珠山周辺の噴出物分布(勝井ほか, 1978)

1977 年から始まった噴火災害は、第 1 期噴火の降灰や噴出岩塊による被害、第 2 期噴火の降灰による被害、地震活動を伴った地殻変動による建物や土木構造物の破壊、泥流による被害等、いくつかの噴火災害要因が重複した。一連の災害で人的被害が発生したのは泥流(図 付録 1.4.6 参照)による災害で、死者・行方不明者 3 名を出した。幸い、過去の噴火でしばしば発生していた(1822 年の噴火など)火砕流は発生しなかった。

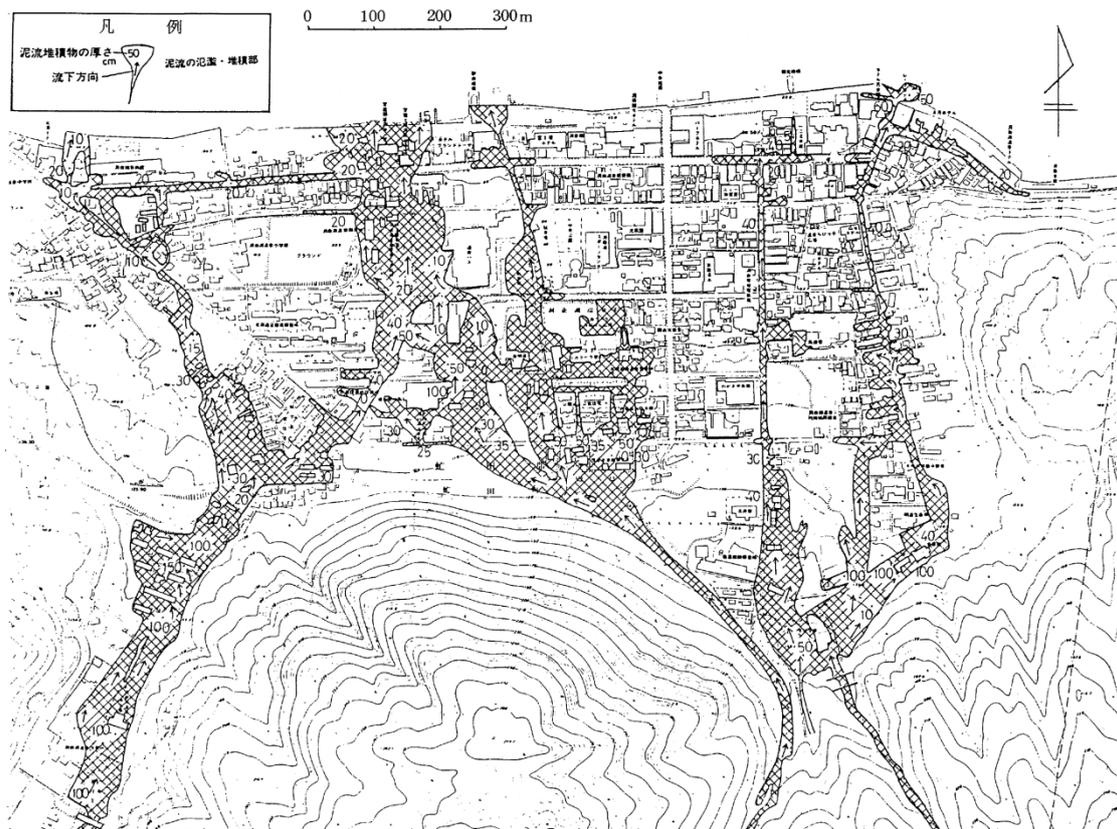


図 付録 1.4.6 1978 年 10 月 24 日泥流分布図（洞爺湖温泉地区）（国土庁，1988）
（北海道：10 月 16 日・10 月 24 日有珠山泥流災害調査による）

第 1 期噴火の降灰による建物への被害は、降下火山灰の堆積量が住宅の積載荷重の危機限界を超える地域に住宅密集地がなかったため軽微であった。しかし、噴出岩塊による被害は大きく、噴火口から約 2km の洞爺湖温泉東部で屋根や窓ガラスが破損した。また、農林水産業、土木構造物などへの被害は甚大であった。第 2 期噴火では建物や人的被害は発生していないが、農林水産業や土木構造物に被害が発生した。地殻変動は緩慢に進んだため人的被害は発生していないが、建物や土木構造物に大きな被害が発生した。泥流は噴火活動が終息した後も降雨にともなって有珠山麓全域で発生し、流域の住民は度々避難を強いられている。特に、人的被害が発生した洞爺湖温泉地区は、谷の出口に住宅密集地が広がっているために被害も大きくなっている。表 付録 1.4.2 に洞爺湖温泉街における災害要因と物的被害の関係を示す。

表 付録 1.4.2 有珠山噴火に伴う災害要因と物的被害の関係(飯田・石本, 1978)

要因 対象	地震	噴出物の降下	噴出物の埋積	地盤変動	2次泥流
交通 (道路) (水上)		・(水上)電波障害 (無線)吸水障害 による船の運行 不能	・道路の遮断不通 ・(水上)軽石によ る吸水障害で船 の運行不能	・道路の亀裂、ズレ	・泥流土堆積による 道路遮断
車		・視界悪く運行不 能, 困難 ・ガラス破損、屋 根等のへこみ	・運行不能, 困難		・転倒破損 ・押流し
人		・視界悪く、礫・ 軽石の危険によ る歩行困難 ・灰による健康障 害	・灰ぼこりによる 健康障害		・死亡 ・ケガ
通信・電気		・電話集中による 回線バンクで通 信の混乱	・電線の切断、漏 電、送電機器の 故障による停電		
供給施設	・水道管のズレによ る漏水	・湖からの取水障 害で給水不能	・湖からの取水障 害で給水不能	・水道管・温泉管の 破損、ズレによる 漏水 ・温泉湯元管のズレ による給湯量減	・浄水場埋没による 給水不能 ・温泉湯元装置の破 損による給湯量減
建物	・ヒビ割れ	・礫による窓ガラ ス破損、トタン 屋根に穴 ・熱による野地板 の焦げ	・(層厚20cm以上地 区)、物置・車庫 の破損、本造屋 根の破損	・倒壊 ・圧壊・破断 ・ゆがみ、ひずみ等 の変形 ・亀裂	・倒壊、破損 ・床上、床下浸水(泥) ・危険による家屋放棄

1977年から始まった噴火による被害は、有珠山周辺での降灰や地殻変動により発生した建物、ライフラインや農林水産業への直接的被害のほか、降灰や地殻変動による斜面荒廃に起因する泥流・土石流等の2次的被害が発生した。表付録1.4.3に被害の概要を示す。

表 付録 1.4.3 被害の概要：1982年12月31日現在（北海道総務部，1983）

（被害額 単位：千円）

項目 災害名	人的被害				住家被害			非住家被害		農業被害						
	死者	行方不明	軽傷	計	棟数	世帯数	被害額	棟数	被害額	農作物	営農施設	家畜	農地	農業用施設	その他	計
52年 本 噴 火 災 害					382	564	391,179	33	20,980	7,590,021	195,676	2,546	2,226,305	1,833,695	6,600	11,854,843
53年1月～9月 小 噴 火 等 災 害										684,056			2,783	154,741	5,407	846,987
53年1月～ 地殻変動災害（注）							1,840,000		121,000				9,112	6,720		15,832
53年10月16日・24日 泥 流 災 害	2	1	2	5	196	382	134,071	9	9,500	793	3,170	650	16,298	597,828	1,731	620,470
計	2	1	2	5			2,365,250		151,480	8,274,870	198,846	3,196	2,254,498	2,592,984	13,738	13,338,132

項目 災害名	土木被害							林業被害	水産業被害	衛生被害		
	道 工 事			市町村工事			計			水道施設	医療施設	計
	河川	橋梁	道路	河川	橋梁	道路						
52年 本 噴 火 災 害	36,200		224,000	146,500		106,700	513,400	6,947,650	1,496,505	1,058,121	6,935,000	1,715,530
53年1月～9月 小 噴 火 等 災 害			19,156	149,422		9,811	178,389					
53年1月～ 地殻変動災害（注）			45,869	67,041		4,296	117,206			28,793	77,608	1,270,261
53年10月16日・24日 泥 流 災 害			27,294	52,220	5,707	13,910	99,131	8,365,000		762,944	4,237,280	762,944
計	36,200		316,319	415,183	5,707	134,717	908,126	15,312,650	1,496,505	1,849,858	11,249,888	3,748,735

項目 災害名	市街宅 地被害	商工観光 被害	温泉源 被害	文 教 被害	その 他の 被害	道 市 町 村 関係被害額 計（A）	国 公 共 機 関 被 害 内 訳				国公共機関 被害額 計（B）	被害総額 （A）+（B）	
							開 発 局 関係被害	営 林 局 関係被害	電 気 通 信 関係被害	国 鉄 北 電 関係被害			
52年 本 噴 火 災 害	554,565	1,094,270		137,622	30,667	24,757,211	160,000	5,950,000	130,000	616,000	79,000	6,935,000	31,692,211
53年1月～9月 小 噴 火 等 災 害	21,529					1,046,905							1,046,905
53年1月～ 地殻変動災害（注）			169,430	21,580	402,200	3,957,509		65,800	11,808			77,608	4,035,117
53年10月16日・24日 泥 流 災 害	165,169	56,141	33,200	6,640	4,425	10,256,691	20,100	4,217,180				4,237,280	14,493,971
計	741,263	1,150,411	202,630	165,842	437,292	40,018,316	180,100	10,232,980	141,808	616,000	79,000	11,249,888	51,268,204

（注）1. 地殻変動被害額は未確定額である。
 （注）2. 52年本噴火災害は、泥石流による被害を含む。

1) 人的被害

① 噴火活動による被害

噴火活動による直接的な被害は発生していない。しかし、火山灰による目・鼻・のどの粘膜に対する急性の刺激的影響などの健康被害が報告されている。

② 泥流・土石流による被害

1978年10月24日、降雨に伴い発生した大規模な泥流により、洞爺湖温泉地区では約14万m³の泥流が流れ込み、死者2名、行方不明者1名の被害が発生した。

2) 建物被害

① 噴火活動による被害

建物の被害は、第1期噴火の軽石・火山灰の降下・堆積によるものと地殻変動によるものがあつた。また、1978年には、泥流によるものがあつた。

降灰は有珠山の北西および南東方向で厚く、北西部の木の実団地では浄水場の屋根の梁が曲がり、保育所の屋根が崩落した。洞爺湖温泉地区ではこぶし大から人頭大の火山岩塊が混ざった火山礫が降下し、屋根を貫いたりガラスを破損したりするなどの被害が発生した。軽石・火山灰による住宅の被害は382棟に達した（北海道総務部，1983）。

地殻変動による被害としては、断層運動による建物の倒壊のほか、緩慢な地殻変動によって多くの家屋に被害が生じている。表 付録 1.4.4 に有珠山北麓における地殻変動による建物被害の推移を示す。被害は 1980 年の 5～6 月が最も多かった。

洞爺湖温泉町では、洞爺湖温泉町西縁断層系に沿う地域の被害が大きく、断層が直下を走っている建物（RC 造）はせん断破壊により分断され、周辺の木造建物にも傾斜や窓ガラスの割れ、壁の亀裂、階段の食い違いなど大きな被害が出ている。洞爺湖温泉東部では断層は地表に表れなかったが、隆起、沈降、傾斜運動が大きく RC 造などの構造の建物の基礎に亀裂や変形が生じた。

源太川流域は有珠新山のドームが貫入した方向の延長線上にあり、小断層に沿って建物に大きな被害が生じた。

表 付録 1.4.4 有珠山北麓における地殻変動に伴う建物被害の推移(国土庁, 1988)

調査時期	洞 爺 湖 温 泉				壮 警 温 泉			
	全 壊 棟	半 壊 棟	一部損壊 棟	小 計 棟	全 壊 棟	半 壊 棟	一部損壊 棟	小 計 棟
1978 年 2 月		7		7	2	22		24
1978 年 5 月		6(33)		38(59)		20(24)		80(46)
1978 年 9 月		16(48)		83(155)		28(30)		85(101)
1978 年 9 月		11(44)		87(131)		28(30)		86(101)
1980 年 5～6 月	32(67)	28(37)	142(188)	202(439)	28(29)	14(7)	58(73)	100(116)

括弧内の数字は集合性宅を含む個数を示す。1978～1979年については、改築等を要すると判断された建物の棟数(戸数)を示す。北海道住宅都市部建築指導課の調査資料より編集

② 泥流・土石流による被害

泥流による被害は、1978 年 10 月 16 日および 24 日に発生した。16 日の被災状況を表 付録 1.4.5 に、24 日の被災状況を表 付録 1.4.6 に示す。

10 月 16 日午前 7 時半頃から約 1 時間にわたって激しい降雨があり、降り終わるまでに 20～30mm の雨量が有珠山麓で観測された。この降雨で発生した泥流は、洞爺湖温泉地区で 48,900 m³に達し、最も厚く堆積したところでは、泥の厚さ 2m に達した。この泥流によって床上浸水 3 棟、床下浸水 66 棟の被害が生じた。

10 月 24 日の泥流は、10 月 16 日に発生した泥流と同様に西山川と小有珠川から流下し堆積範囲を拡大して 14 万 m³の泥を堆積した。この泥流によって 103 棟の住家に被害が生じた。

表 付録 1.4.5 1978 年 10 月 16 日に発生した泥流被害状況 (1) : 1978.11.2 現在
(北海道, 1980)

	床上浸水			床下浸水			計		
	棟数	世帯数	被害額	棟数	世帯数	被害額	棟数	世帯数	被害額
虻田町	3	3	600	66	146	15,000	69	149	15,600

(被害額 単位：千円)

表 付録 1.4.6 1978 年 10 月 24 日に発生した泥流被害状況 (2) : 1978.11.2 現在
(北海道, 1980)

	住家全壊			住家半壊			一部損壊		
	棟数	世帯数	被害額	棟数	世帯数	被害額	棟数	世帯数	被害額
虻田町	3	3	26,000	4	20		3	3	
壮瞥町									

	床上浸水			床下浸水			計		
	棟数	世帯数	被害額	棟数	世帯数	被害額	棟数	世帯数	被害額
虻田町	17	40		76	110		103	176	
壮瞥町	9	26	4,671	12	40	600	21	66	

(被害額 単位：千円)

(5) 2000 年～2001 年 (平成 12 年～13 年) の噴火

3 月 27 日より地震活動が活発化し、同 29 日に噴火発生を予測して緊急火山情報が初めて噴火前に発表された。住民の避難が完了した後の 3 月 31 日に山体北西部の西山西麓で噴火が発生。噴火はマグマ水蒸気噴火であった。噴火継続時間は短い休止期間を挟み約 6 時間である。翌 4 月 1 日からは金比羅山北西麓にも火口が開き、以後は 2 地域でそれぞれ火口を形成しながら水蒸気爆発が続いた。

4 月以降の噴火は 3 月 31 日のものに比べて噴出量は小さいが 4 月 4 日に生じたものはやや大きかった (表 付録 1.4.7 参照)。西山西麓火口、金比羅山の両地域で熱泥流が発生し、金比羅山で発生した熱泥流は洞爺湖温泉の一部に被害をもたらした (図 付録 1.4.7 参照)。4 月中旬以降は数箇所のきまった火口での活動に限定されるようになった (西山西麓の N-B 火口、N-C 火口、および金比羅山北西麓の K-A 火口、K-B 火口 : 図 付録 1.4.8 参照)。同年 8 月には西山西麓での隆起が沈降に転じ、活動は徐々に低下していった。K-B 火口では空振を伴う噴石等の噴出が継続した。2001 年 9 月に K-B 火口での活動も見られなくなり、一連の活動は終息した。

表 付録 1.4.7 有珠山 2000 年噴火推移(中田, 2001 に加筆)

日付	噴火場所		微動	隆起
	西山北西山麓	金比羅山		
3月31日	●噴火開始 噴煙柱(高度 3.2km)噴出			
4月1日	水蒸気マグマ噴火 水蒸気噴火	●噴火開始	小	~5.0m/日 広域
4月5日	【コックスティルジェット噴出】		中	~2m/日 局所域
4月10日	【水蒸気噴火】		強い空振、微動	~1.0m/日
4月15日	【噴気、爆発】		大	二酸化硫黄検出
4月20日	【小噴火】 活動低下	【噴気、爆発】		~0.3m/日

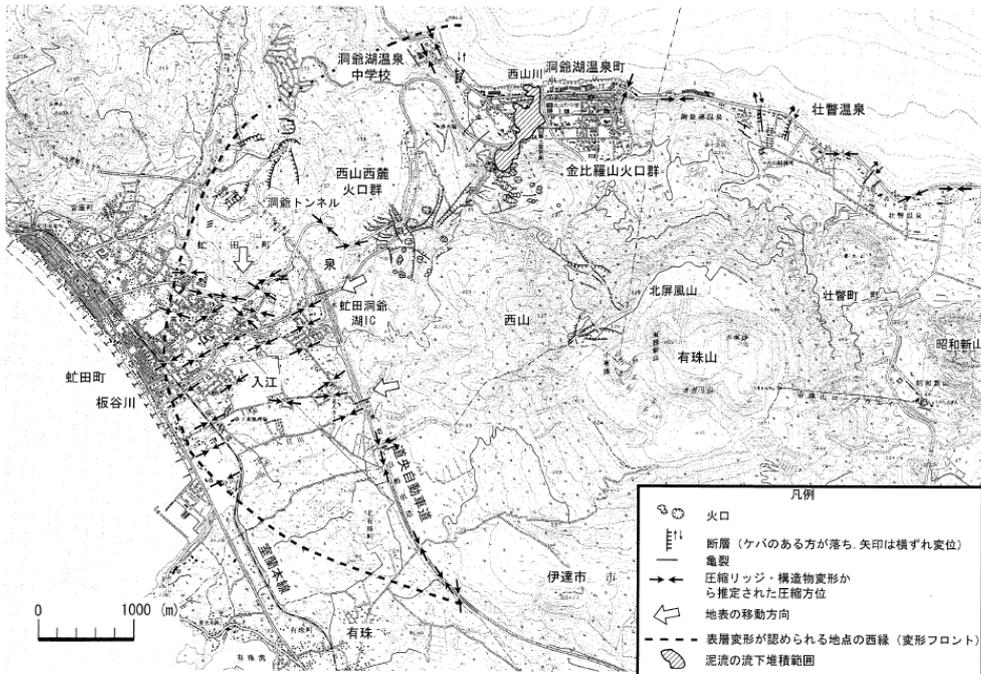


図 付録 1.4.7 有珠山 2000 年噴火の被害概要図(廣瀬・田近, 2000)

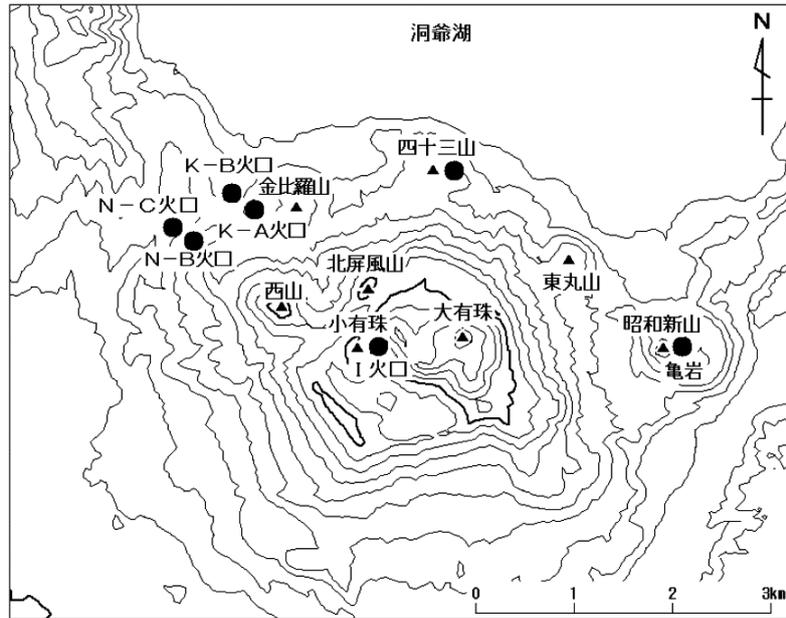


図 付録 1. 4. 8 有珠山 山頂周辺図(気象庁, 2012)

有珠山 2000 年噴火では事前に緊急火山情報が発表され、避難が行われたため、人的被害が出ることはなかった。しかし、西山、金比羅山周辺で発生した断層形成などの地殻変動によって建物被害が数多く報告された。有珠山 2000 年噴火は火山噴火としては小規模であったが、噴火場所が一部北西山麓の居住区に重なっていたため、多くの住家で被害が生じた。

被害の具体的内容として、噴石による建物の屋根、壁等の損傷(図 付録 1. 4. 9)、泥流による橋梁、道路の流失、さらに地殻変動による断層形成、地形の隆起陥没などによって道路寸断、橋梁、トンネル、鉄道レールの破損さらに上下水道管の破損が報告されている(表 付録 1. 4. 8、図 付録 1. 4. 10、図 付録 1. 4. 11、図 付録 1. 4. 12 参照)。



図 付録 1. 4. 9 噴石による被害のようす(北海道開発局, 2000)

表 付録 1.4.8 地域の被災状況（北海道開発局，2000 より）

(2000年(平成12年)11月20日現在)

区分 被害項目	被害数	被害額(千円)	備考
土木被害	59箇所	5,392,659	
農林水産業被害	—	496,969	
商事業被害	126件	2,057,782	
公共施設被害	—	8,694,607	
住家・非住家被害	601棟 (244棟)	295,187	カッコ内は現在調査中 被害類は判明分のみ
合計		16,937,204	



図 付録 1.4.10 有珠山 2000 年噴火当時の通行規制状況 (五十嵐・近添, 2002)



図 付録 1.4.11 有珠山 2000 年噴火当時の橋梁破損状況(大田ほか, 2001)



図 付録 1.4.12 有珠山 2000 年噴火の地殻変動による被害状況(北海道開発局, 2000)

1.4.3 被害の特徴

有珠山での人的被害は、おもに火砕流・泥流・降下火砕物によって生じている。一方、建物被害は上記のほかに地殻変動によるものもある。

付録 1.5 北海道駒ヶ岳

安山岩質の成層火山で、頂部が東方に開いた U 字型の大きな爆裂火口がある。この火口内には数個の小火口がある。北海道駒ヶ岳は爆発的噴火が特徴で、火砕流や泥流が生じやすい。

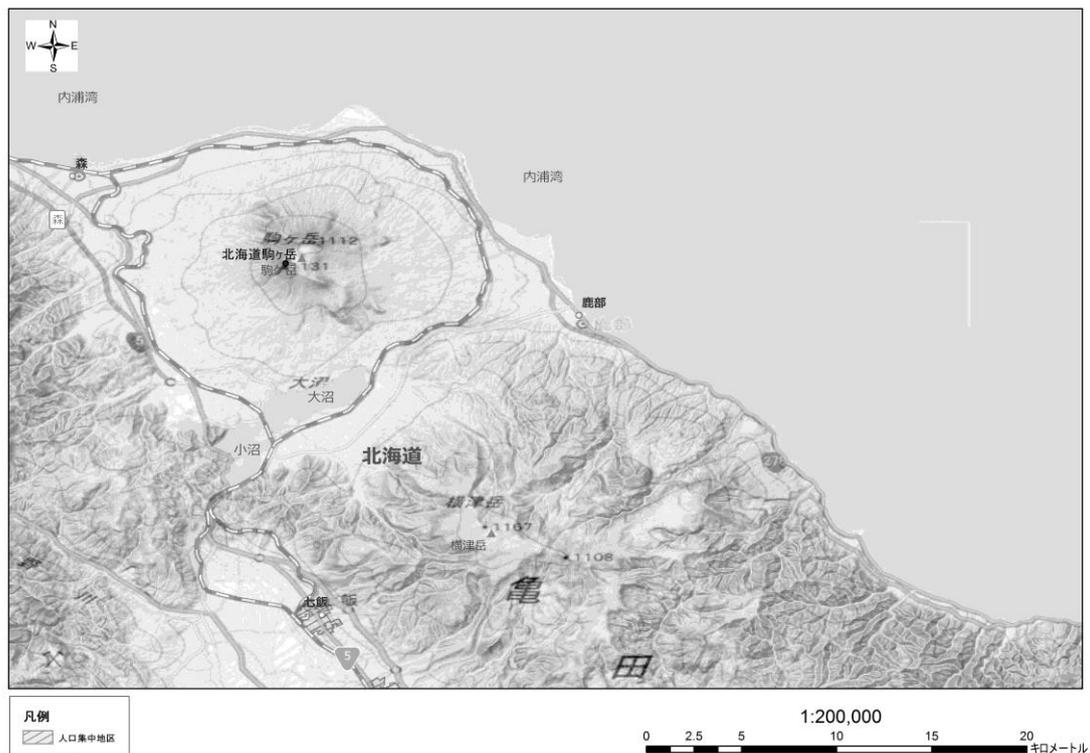


図 付録 1.5.1 北海道駒ヶ岳の地形

1.5.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1640年 (寛永17年) : 7月31日、山頂部の崩壊によって生じた岩屑なだれが内浦湾に入り津波が発生した。また、駒ヶ岳の南方にも流下し、大沼南岸平野に流山地形を形成した。その後、8月2日まで軽石・火山灰の放出が続いた。
- 1856年 (安政3年) : 9月25日に軽石噴火、火砕流が発生し、広範囲に降灰した。
- 1929年 (昭和4年) : 6月17日に噴火。噴煙高度は14,000mに達した。火砕流・降下軽石によって、死者2名、家屋にも被害が発生した。19日には降雨によって砂原村(現砂原町)内の溪流で、上流に堆積した噴出物が泥流となり牧場や農地を覆い、海岸まで達した。
- 1942年 (昭和17年) : 11月16日に噴火、18日に爆発。山頂火口原に新しい火口と割れ目が形成された。この噴火により鹿部町などに降灰があった。その後、1954年まで断続的に多量の噴煙(噴煙高度1,000m~1,800m)を噴出した。
- 1983年 (昭和58年)、1989年 (平成元年)、1990年 (平成2年) : 地震が多発した。
- 1996年 (平成8年) : 3月5日に水蒸気爆発。南南東に降灰をもたらした。放出した火

山灰は3万t以上と見積もられている。

1998年（平成10年）：5月14日明治火口北西壁中部に新たな噴気確認（1996年3月の噴火直後以来）。繭型火口付近に新噴気孔確認。いずれも噴出物の痕跡は認められず。7月30～31日96年南火口列東側地熱で温度やや上昇し地熱域が拡大。10月25日に小規模噴火が発生し、降下火砕物が確認された。

2000年（平成12年）：9月4日～11月8日にかけて小規模噴火。9月4日の噴火では、昭和4年火口から約11kmの範囲まで微量の降灰をもたらした。火口原の火山灰・礫は最大40cm堆積し、人頭大から長径1m以上の噴石も見られた。10月28日の小規模噴火では、降灰のほか、噴石（最大径約4.5m）やサージ堆積物が認められた。降灰は昭和4年火口から約17kmの南茅部町岩戸地区まで達した。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

1.5.2 噴火被害の概要

(1) 1640年（寛永17年）の噴火

7月31日 山頂崩壊で生じた岩屑なだれが内浦湾に流れ込むことによって発生した津波で、700人が死亡、船舶100隻余が破壊された。

「寛永十七年六月十三日午刻、東部駒岳噴火シ海水動揺シテ海嘯ヲ生ジ、西亀田村ヨリ東十勝ニ至レリ、就中内浦湾ニテハ、海水有珠善光寺如来堂ノ後方ナル丘陵ニ上リシガ、堂ハ全カリシト云フ、・・・・和人夷人ノ溺死七百余名ニ及ベリ、・・・・」（北海道史）

(2) 1856年（安政3年）の噴火

9月25日 駒ヶ岳東麓の鹿部村本別付近では灼熱した降下軽石によって死者2人、家屋17棟が焼失した。また、南東麓の留ノ湯では火砕流（軽石流）によって湯治客が19人から27人死亡した（遺体の発掘は不可能であった）。

(3) 1929年（昭和4年）の噴火

6月17日、爆発に伴う降下軽石によって東麓の鹿部村付近一帯に大きな被害をもたらした。2名死亡、4名が負傷し、家屋1,900余棟が焼失あるいは全半壊、埋没した。また、19日に発生した泥流によって牧場や農地が浸かる被害が生じた。

図 付録 1.5.2 にはこの噴火による噴出物の分布を、図 付録 1.5.3 には噴火の推移を示す。

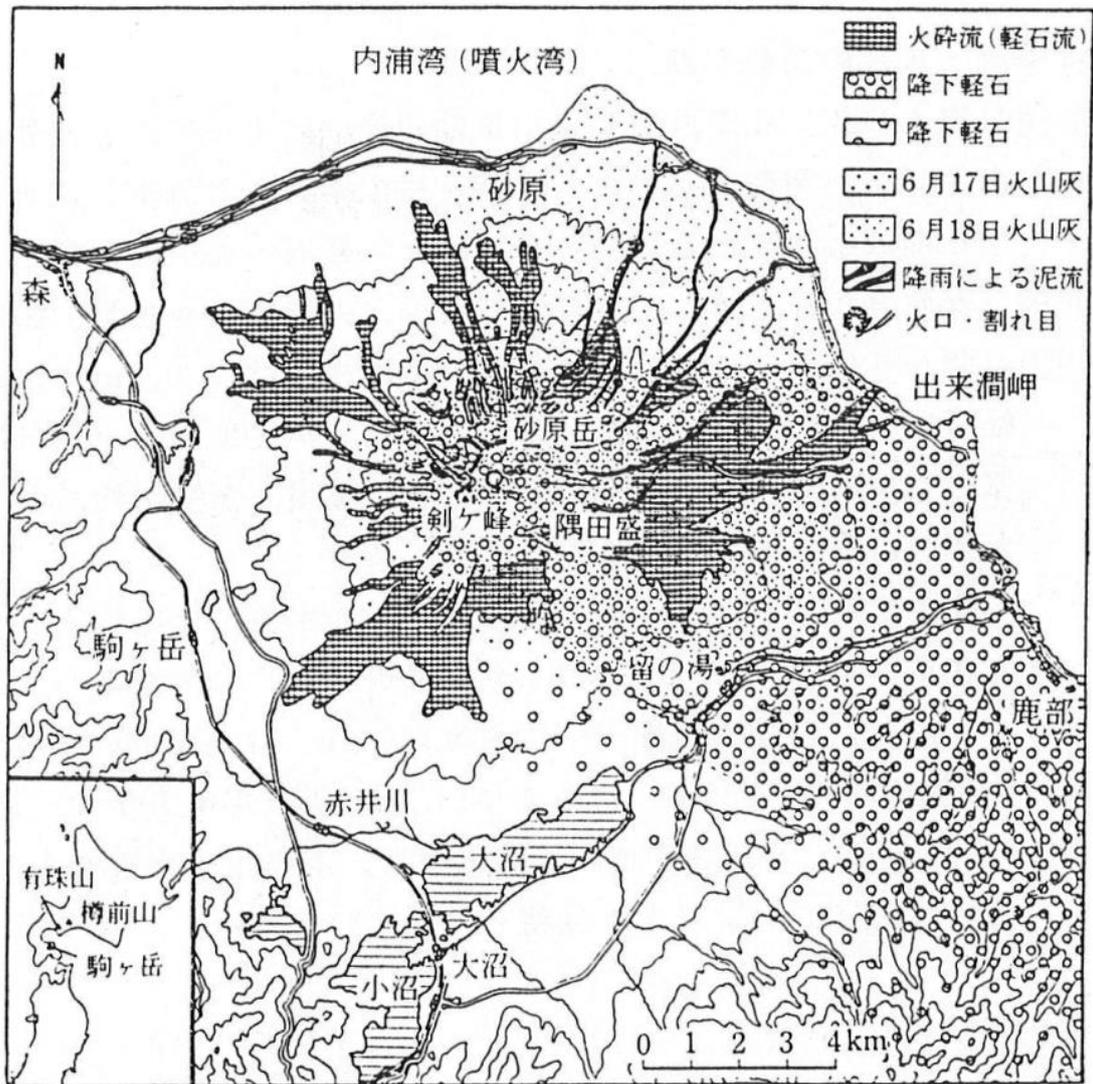


図 付録 1.5.2 北海道駒ヶ岳の1929年噴火による噴出物分布図(神津ほか, 1932)

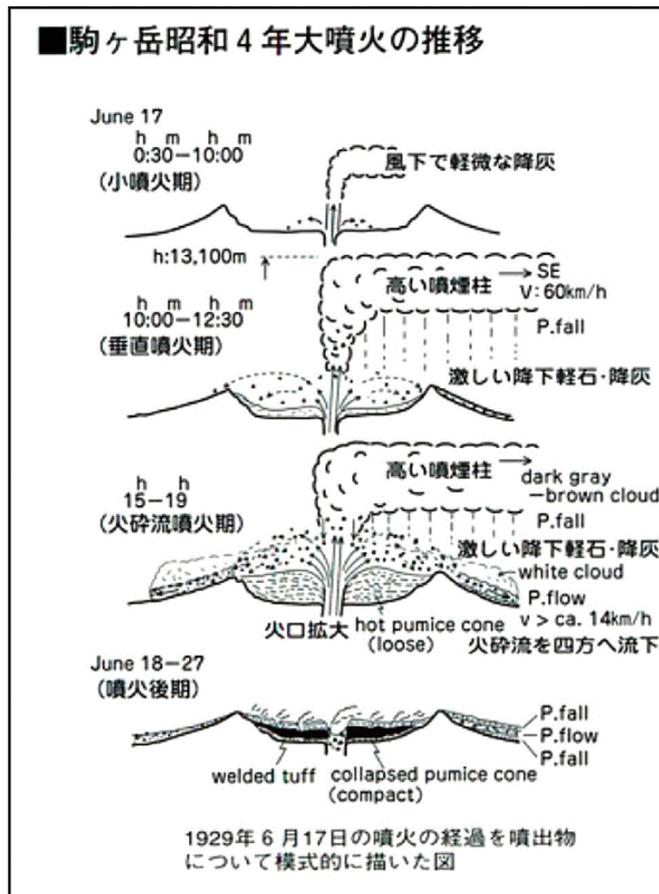


図 付録 1.5.3 1929年6月の噴火の推移(勝井, 1975)

(4) 1996年(平成8年)の噴火

3月5日午後6時10分過ぎ、北海道駒ヶ岳南山腹の深さ500mのボーリング孔底に設置された地震計が連続微動を記録し、その約2時間後に南東山麓の東大沼地区の住民から降灰の報告がもたらされた。

(5) 2000年(平成12年)の噴火

10月28日の噴火では、降灰は鹿部町を中心に東方向に分布し、昭和4年火口から約17kmの南茅部町岩戸地区まで達した。また29日の北海道大学の調査によると、最大径約4.5mの噴石やサージ堆積物が認められたとの報告がされている。噴出物量は30,000t (VEI1 : P5 参照)であった。

1.5.3 被害の特徴

駒ヶ岳では火砕流や降下軽石による被害が特徴的である。また、海に近いために、岩屑なだれが海に流入した場合は津波が発生することがある。

付録 1.6 十和田

先カルデラ成層火山群、十和田カルデラ、後カルデラ成層火山・溶岩ドームからなる。約 20 万年前から活動を開始し、溶岩流の流出、火砕流を伴うマグマ水蒸気爆発、溶岩ドーム形成などの爆発的な活動が特徴的である。有史以降では西暦 915 年に火砕サージ・火砕流を伴う、マグマ噴火・マグマ水蒸気爆発が発生している。

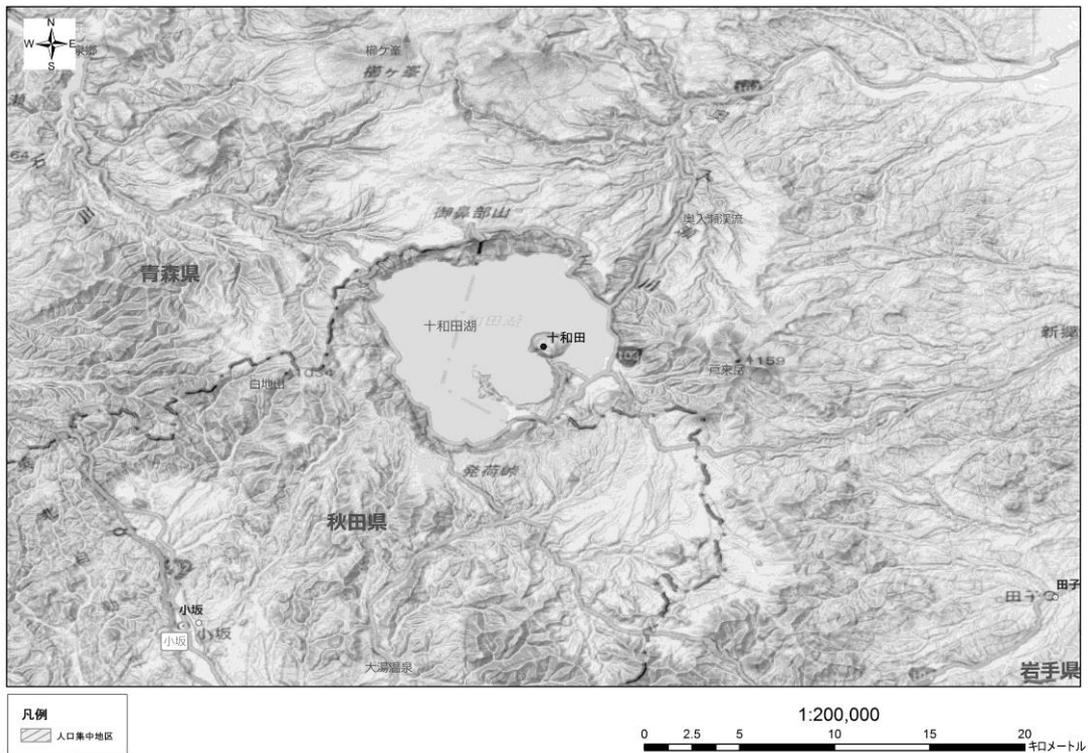


図 付録 1.6.1 十和田の地形

1.6.1 主な噴火・最近の活動記録

915年 (延喜14年) : 中湖プリニー式噴火・マグマ水蒸気噴火による降下火砕物・火砕サージの後、火砕流 (毛馬内火砕流) が発生した他、泥流の発生も報告されている。

付録 1.7 秋田焼山

安山岩からなる小型の成層火山で、火口底および火口の南東縁にデイサイトの溶岩ドームがある。また、東側に側火山があり中央火口丘から東には新しい溶岩地形が見える。

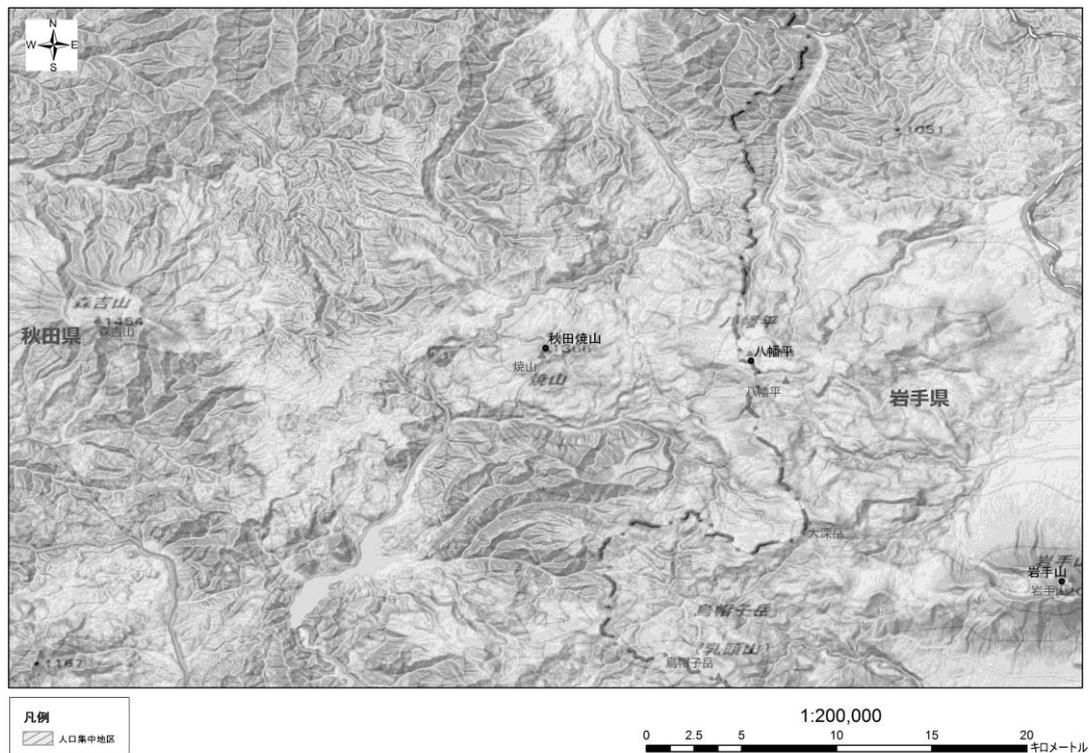


図 付録 1.7.1 秋田焼山の地形

1.7.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1890年 (明治23年) : 9月23日に噴火
- 1929年 (昭和4年) : 9月に噴火、周辺で降灰が観測された。
- 1948年 (昭和23年) : 噴火、泥粒が5~7km先まで飛散した。
- 1949年 (昭和24年) : 8月30日から空沼の4箇所まで噴火、厚さ0.8m、長さ200m程度の泥流が発生した。
- 1997年 (平成9年) : 岩屑なだれ、地すべり堆積物、土石流、火砕物降下。噴火場所は東山麓澄川温泉付近。北東山腹の澄川温泉で地すべりに伴い、水蒸気噴火。登川温泉と赤川温泉の16棟が全壊。国道341号も寸断された。この災害による死傷者は0名である。8月16日、火砕物降下、泥流。噴火場所は空沼火口。火山性微動の発生とともに空沼火口で水蒸気噴火が発生した。
- 2013年 (平成25年) : 気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

付録 1.8 岩手山

玄武岩質から安山岩質の 2 つの成層火山が結合している。有史後の活動は大部分が東岩手山での爆発型噴火である。また、溶岩流の流出も見られる。

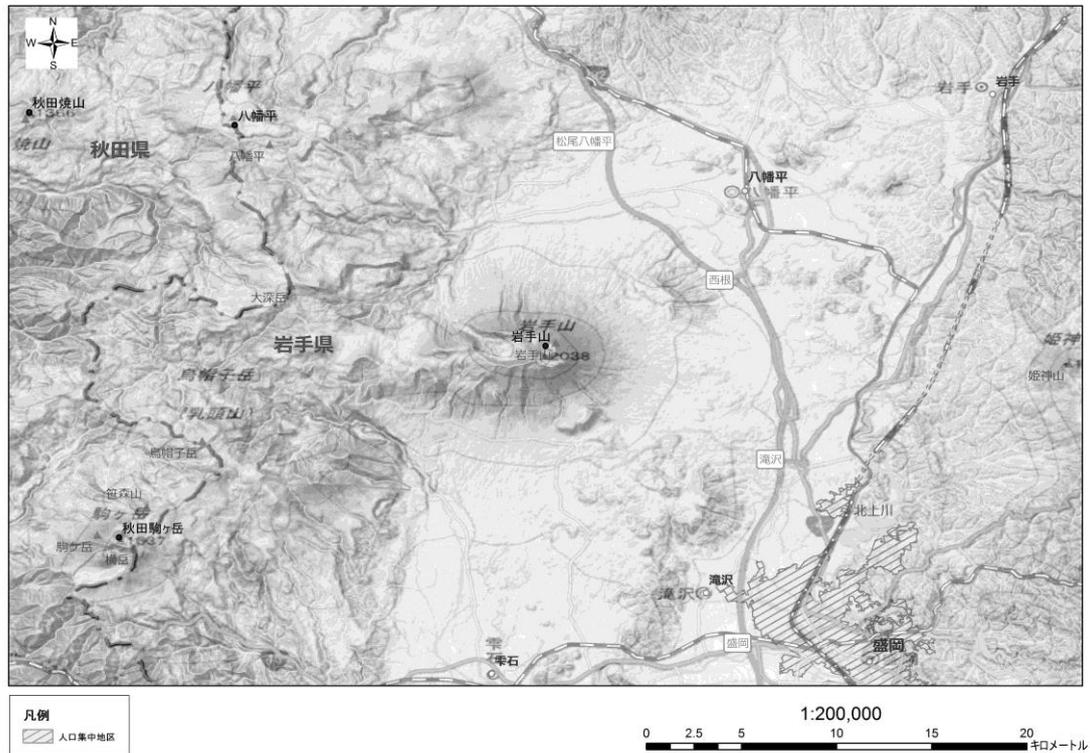


図 付録 1.8.1 岩手山の地形

1.8.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1686年 (貞享3年) : 3月から噴火が始まり、溶岩流、泥流、降灰が発生した。
4月25日には泥流によって人家が流出した。
- 1719年 (享保4年) : 2月、噴火に伴って北東山麓に溶岩を流出 (焼走り溶岩流)
- 1919年 (大正8年) : 大地獄で水蒸気爆発、新火口が形成される。
- 1972年 (昭和47年) : 4月10日に噴煙があがった。
- 1995年 (平成7年) ~ : 低周波地震・微動等が観測されているほか、1999年では岩手山西側で噴気活動が活発化した。
- 2007年 (平成19年) : 気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

付録 1.9 蔵王山

玄武岩から安山岩の成層火山群で、山頂部にカルデラを持つ。五色岳は後カルデラ火砕丘で火口湖である御釜がある。有史以来 20 数回の噴火が記録されており、被害を伴った噴火は御釜の内外で発生している。噴火警戒レベルは未導入である。

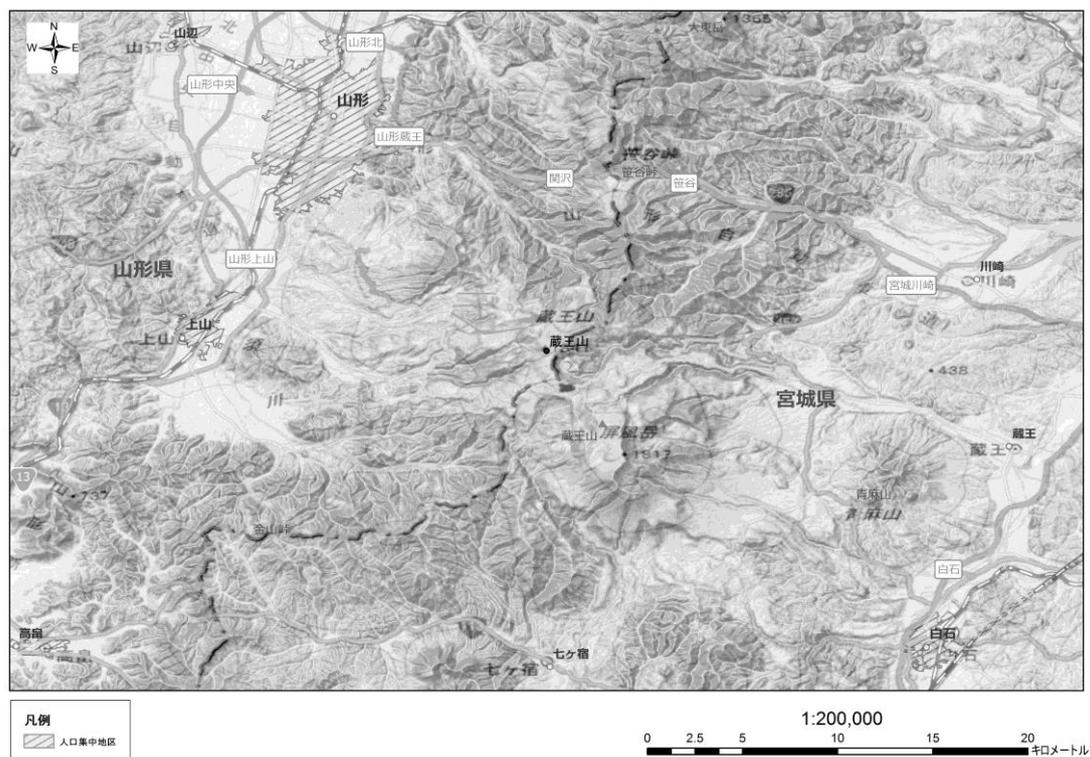


図 付録 1.9.1 蔵王山の地形

1.9.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1230年（寛喜2年）：11月29日に噴火。噴石により人畜に被害が多数発生
- 1867年（慶応3年）：噴火に伴い、御釜が沸騰、硫黄混じりの泥水が流下し、洪水が発生、山麓の温泉にいた3名が死亡した。
- 1895年（明治28年）：2月15日に爆発が始まり御釜が沸騰し、河川が増水した。
- 1940年（昭和15年）：2月に小噴火
- 1962年（昭和37年）：8月19日～20日に地震群発、20数回鳴動した。
- 1971～1972年（昭和46年～昭和47年）：地鳴りが観測された。
- 1990年（平成2年）：7月14日に地震群発が発生した。
- 1995年（平成7年）：12月下旬に蔵王山北西約10km付近を震源とする地震が多発した。震源地付近では、窓ガラスの破損等の被害があった。

付録 1.10 吾妻山

玄武岩質から安山岩質の多数の成層火山からなり、東南東—西北西に走る南北 2 列の火山列に大別される。全体的に北側の山が新しく、西側よりも東側が新しい。

有史以来の噴火は、北側の一切経山で生じた。

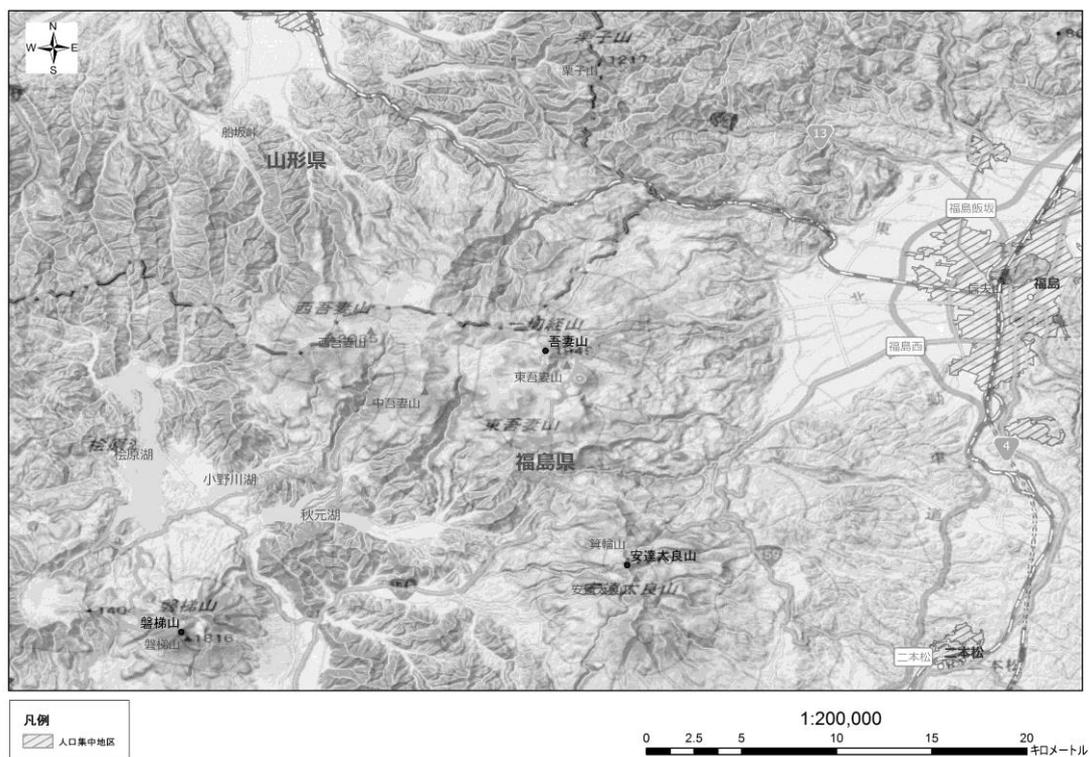


図 付録 1.10.1 吾妻山の地形

1.10.1 主な噴火・最近の活動記録

1893年（明治26年）：5月19日に噴火し噴石、降灰を伴う噴火活動が始まる。6月4日から8日の間には、噴火口付近に火山弾等を飛ばす活動を続けた。6月7日の爆発では、調査のため登山した技師2名が焼石・熱泥を浴び死亡した。この噴火による噴出物の総量は $5 \times 10^5 \text{ m}^3$

1977年（昭和52年）：10月26日から酸性の泥水が噴出し、養魚場に被害が発生した。12月7日には小規模な噴火があった。

1996～2008年（平成8年～平成20年）：火山性微動、地震動が活発になる。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

2008～2011年（平成20年～23年）：大穴火口で噴気活動が活発化した。

付録 1.11 那須岳

安山岩の成層火山群で、現在は茶臼岳が活動をしている。東に開く大きな崩壊凹地中に生じた火山で、数枚の溶岩流・火砕流と頂上部の溶岩円頂丘からなる。有史以降の噴火は爆発型である。

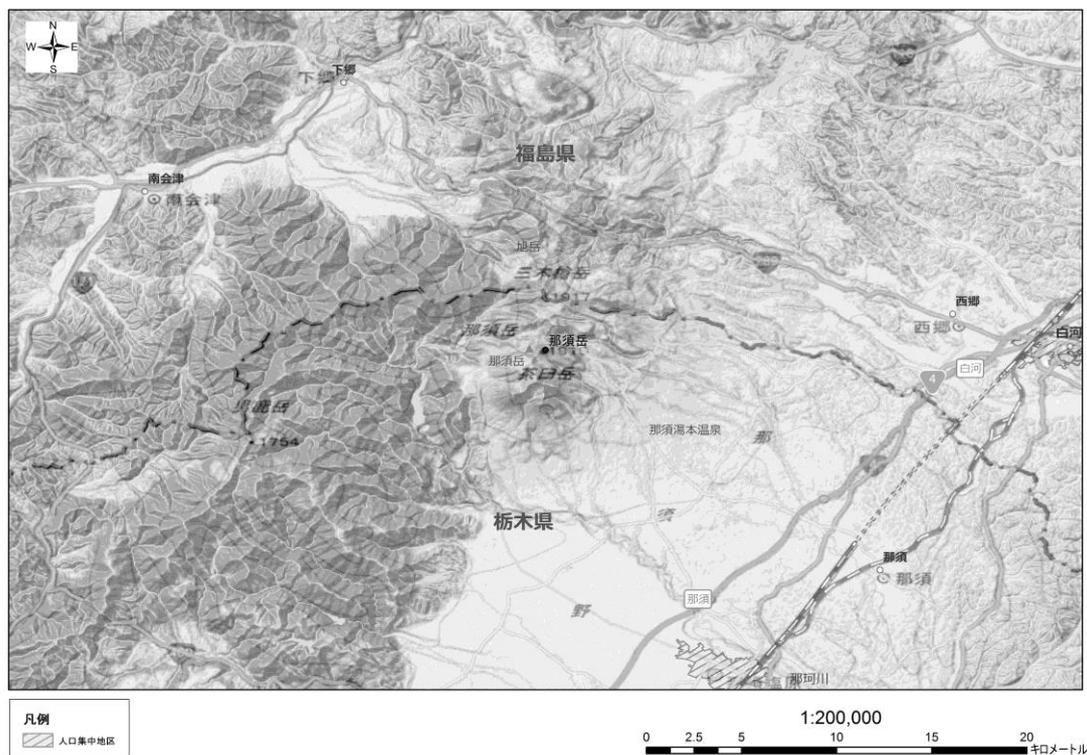


図 付録 1.11.1 那須岳の地形

1.11.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1404年（応永11年）：茶臼岳が爆発し、近傍の諸村に被害が発生した。
- 1410年（応永17年）：3月5日に噴火、180名余が埋没した。「・・・那須山山焼け崩れ、麓の里打ち埋もれ、人百八十余り打ち殺され、牛馬もまたその数を知らず、・・・（神明鏡）」山頂部の融雪による泥流の可能性もある。
- 1881年（明治14年）：噴火による鳴動、噴石、降灰があり、那珂川の魚に被害が生じた。
- 1953年（昭和28年）：旧火口の西側斜面で小噴火、南方6kmまで降灰が確認された。
- 1860年（昭和35年）：10月10日頃微噴火
- 1963年（昭和38年）：11月に小爆発
- 1977年（昭和52年）：1月30日～31日に地震が群発
- 1986年（昭和60年）：9月、12月に北山麓で地震が多発
- 1986年（昭和61年）：3月に山頂北方で地震多発、7月には南西山麓で地震が多発した。
- 1996年（平成 8年）：5月に地震が多発した。
- 2009年（平成21年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

付録 1.12 草津白根山

第三紀火山岩の上に成長した安山岩質の成層火山であり、最高峰である白根・本白根は火砕丘、山体の東・南方は安山岩質溶岩流、さらに下方数 km の範囲はデイサイトの火砕流台地となっている。有史以来の活動は、白根山の水蒸気爆発である。また、火山ガス (H_2S) が発生しやすく、また泥流が生じやすい。

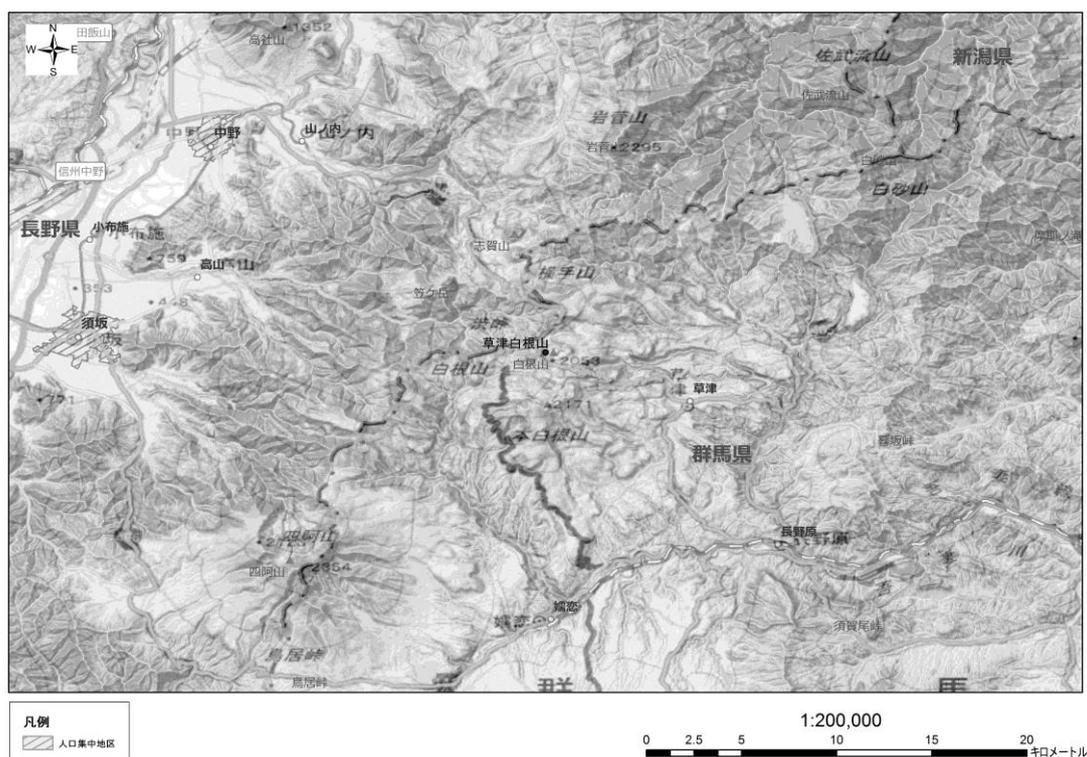


図 付録 1.12.1 草津白根山の地形

1.12.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1805年 (文化2年) : 噴火の可能性。長野方面で降灰があった。
- 1897年 (明治30年) : 7月8日には湯釜火口内で噴火が始まり、熱泥・岩塊を噴出した。山頂付近の硫黄採掘所は全壊、鉱夫200名は1週間前から下山し、8名が建物内にいたが、人的被害はなかった。8月上旬まで噴火を繰り返し、一連の噴火による噴石で負傷者2名を出した。
- 1902年 (明治35年) : 7月15日に噴火。水蒸気・砂石を噴出。硫黄鉱山の建物が全壊する。活動は9月まで続き、万座温泉で30cmの降灰があった。
- 1932年 (昭和7年) : 10月1日に噴火。火口付近で死者2名、負傷者7名を出し、山上施設が破損した。噴火活動は11月頃まで続いた。
- 1942年 (昭和17年) : 2月2日に噴火、地割れを生じ火口付近の施設が破損した。
- 1971年 (昭和46年) : 温泉造成のボーリング孔から火山ガス (H_2S) が漏れ、6名が中

毒死した。

1976年（昭和51年）：3月2日に小規模な水蒸気爆発、8月3日には本白根山白根沢で滞留火山ガスにより登山者3名が死亡した。

1982～1983年（昭和57年～昭和58年）：1982年10月から1983年12月まで、数ヶ月おきに小規模な水蒸気爆発を繰り返した。1983年11月13日には人頭大の噴石を火口から600m～700mの範囲に放出し、降灰は東南東の渋川に達した。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

2008年（平成20年）：7月に湯釜火口内北東部に極めて小規模な噴気孔を新たに確認。10月には水釜火口の北側斜面で新たな噴気が確認された。

1.12.2 被害の特徴

有史以来、草津白根山での活動は、白根山の湯釜での水蒸気爆発が主である。記録に残っている被害は、水蒸気爆発に伴う噴石によるもので、火口付近にいた硫黄鉱山関係者に被害が生じた。また、1976年には火山ガスの中毒によって登山者3名が死亡した。現在は噴気孔周辺にガス探知機などを設置し、火山ガスの濃度が高くなると、周辺への立ち入りが規制されるようになっている。図 付録 1.12.2 には、草津白根山周辺のガス噴気孔分布図を示す。

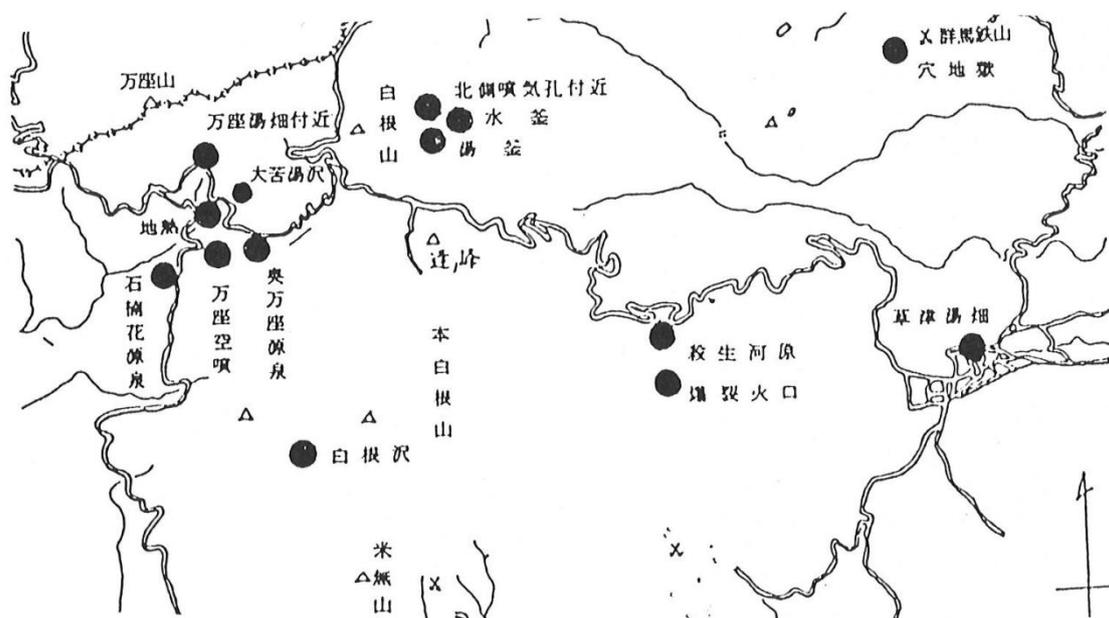


図 付録 1.12.2 草津白根山周辺のガス噴気孔(東京工業大学・上智大学, 1976)

付録 1.13 浅間山

安山岩質の 2 つの円錐型成層火山とデイサイト質の溶岩ドームからなる標高 2,556m の複合火山である。1688 年以降は毎年のように噴火の記録が残っている。現在は、火山体東部の前掛山で噴気活動が見られる。有史以来の活動は、山頂でのブルカノ式噴火が特徴で、噴石のほかに火砕流や溶岩流を伴う。

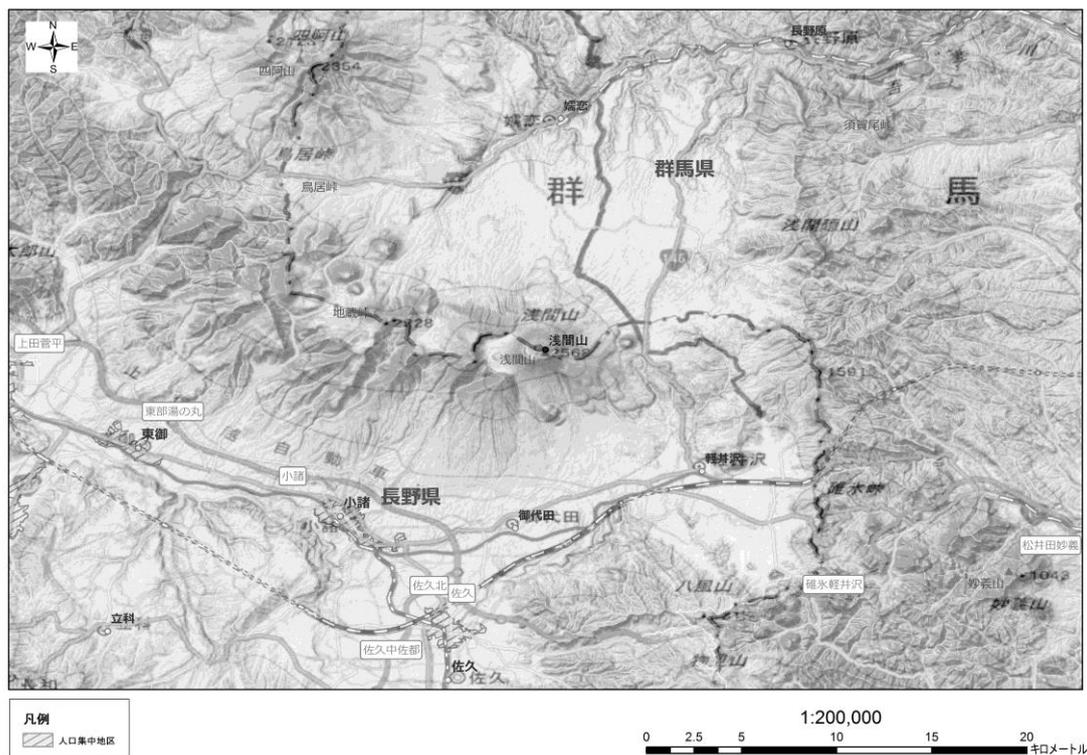


図 付録 1.13.1 浅間山の地形

1.13.1 主な噴火・最近の活動記録

- 685年（天武14年）：噴火の可能性
- 1108年（天仁元年）：噴火に伴って追分火砕流が流下し、南北麓は火砕流で埋めつくされた。
- 1532年（享禄4年）：1月14日に噴火。噴石は火口の周囲約8kmにわたり落下し、山頂部の積雪を融解し人家に被害が発生した。
- 1596年（慶長元年）：5月5日に噴石のため多数の死者が発生した。
- 1598～1609年（慶長3年～慶長14年）：この間4回の噴火記録がある。
- 1644～1661年（正保元年～寛文元年）：この間断続的に噴火した。1648年（慶安元年）3月の噴火によって1m以上の積雪が融解し、追分駅が流出した。
- 1704～1733年（宝永元年～享保18年）：この間断続的に噴火
- 1754年（宝暦4年）：夏から秋に数回噴火。農作物に被害

1776～1777年（安永5年～安永6年）：噴火

1783年（天明3年）：5月9日から噴火活動を開始、周辺に噴石・降灰による被害を出す。8月になって北東斜面に吾妻火砕流、北側に鎌原火砕流・鬼押出溶岩を噴出した。鎌原火砕流および二次的に発生した岩屑なだれ・泥流によって、死者1,151名、流出家屋1,061棟、焼失家屋51棟、倒壊家屋130余棟の被害が発生した。総噴出量 $4.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 、噴煙は成層圏に達し、世界的な冷害をもたらした。

1869～1965年（明治2年～昭和40年）：断続的に噴火。1909年、1911年、1913年、1930年、1931年、1936年、1947年、1950年には、比較的規模の大きい噴火があり、数名の死者を出した。

1973年（昭和48年）：空振によりガラスが破損し、小規模な火砕流が発生した。

1982～1983年（昭和57年～昭和58年）：数回の噴火。1982年4月26日には、小規模な火砕流が発生した。

1990年（平成2年）：7月20日に微噴火した。

2003年（平成15年）：釜山火口で4回の小規模な噴火。2月6日は火口周辺のみ、3月30日は山頂部から山腹にかけて少量の降灰が確認された。4回の噴火のいずれかにより、火口付近（火口縁から約300m）に最大4cmの火山礫（れき）が飛散した。

2004年（平成16年）：噴火場所は釜山火口。7月下旬から地震や火口温度上昇などが観測され、9月1日に爆発して活動を再開。以後11月14日まで断続的に噴火した。噴火時には、大きい爆発音と空振を伴い、噴石を飛散させ、山頂から最長6kmまで最大3cmの火山礫が降下した他、長野県・群馬県・栃木県・埼玉県・東京都・神奈川県・千葉県・山形県で降灰が確認された。9月14日～15日の噴火では火口底に新たな溶岩流が出現した。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

2008年（平成20年）：噴火場所は釜山火口。8月10日～14日にかけて断続的にごく小規模な噴火が発生し火砕物の降下が確認された。

2009年（平成21年）：2月1日気象庁により噴火警戒レベルが3へ引き上げられる。2月2日から5月27日にかけて釜山火口において断続的に噴火が発生した。2月2日の噴火では火口から約1kmに弾道を描いて飛散する大きな噴石が飛散。降灰は関東地方南部まで確認された。それ以降は噴煙を伴ったごく小規模な噴火が断続的に発生した。4月7日には噴火警戒レベルが3から2へ引き下げられている。

1.13.2 噴火被害の概要

(1) 1783年(天明3年)の噴火

5月から噴火活動が始まり、浅間山麓の集落では降下火砕物(火山灰・軽石)による被害が発生していた。8月になると活動はさらに活発化し、8月4日には火口から東側に向かって吾妻火砕流を流出、5日には北側に鎌原火砕流を流出した。鎌原火砕流は流下中に山麓斜面を浸食し、岩屑なだれとなって下っていった。鎌原岩屑なだれによって鎌原村の集落は埋没し466人が死亡した。また、岩屑なだれは吾妻川に流れ込んで洪水を引き起こし、吾妻川(利根川)流域で大きな被害を引き起こした。

噴火のようすは次のように記録されている。

「・・・八日四ツ過ニ、巖敷雷ノ如ク一ツ大鳴致シ候故、如何成事哉ト存候内、暫震動相止ミ候処、黒雲山ノ如クニ押来候故、泥水大岩大石等五、六丈程高く上がり、黒雲ノゴトク相見へ、右之内ニ火煙相立、熱湯ノゴトク敷押出シ、浅間山近辺並ビニ吾妻川通村々、流死人数者不相知、田畑家居等流失仕候旨、右之内モ村中不残流失仕候モ有之段、近村々ヨリ訴出申候、・・・」(上州代官原田清右衛門、届書)

各地の降灰状況を表 付録 1.13.1 に、溶岩流、泥流、降灰等の分布を図 付録 1.13.2 に示す。

浅間山南麓での被害(おもに火山灰・降下軽石による被害)は以下のとおり

◎軽井沢宿：

8月4日	灰・軽石が4～5尺堆積し、道路や飲水用の水路が埋まる
8月5日	死者 1名 (高温の軽石が直撃)
	焼失家屋 52軒 (高温の軽石のため)
	潰屋 82軒 (22～23軒は軽石による重み、その他は降雨のため灰が水を吸って重みが増した)
	破損家 48軒
	本陣大破 3軒

◎坂本宿：

家屋被害(降灰による重みで潰れる)	
潰屋	32軒
破損	140軒
本陣大破	1軒

◎追分宿：火山鳴動のため古家が揺り潰された。

◎沓掛宿：焼石が落ちた。

◎中山道：坂本宿～軽井沢宿の中間の碓氷峠で通行止め、復旧は12月

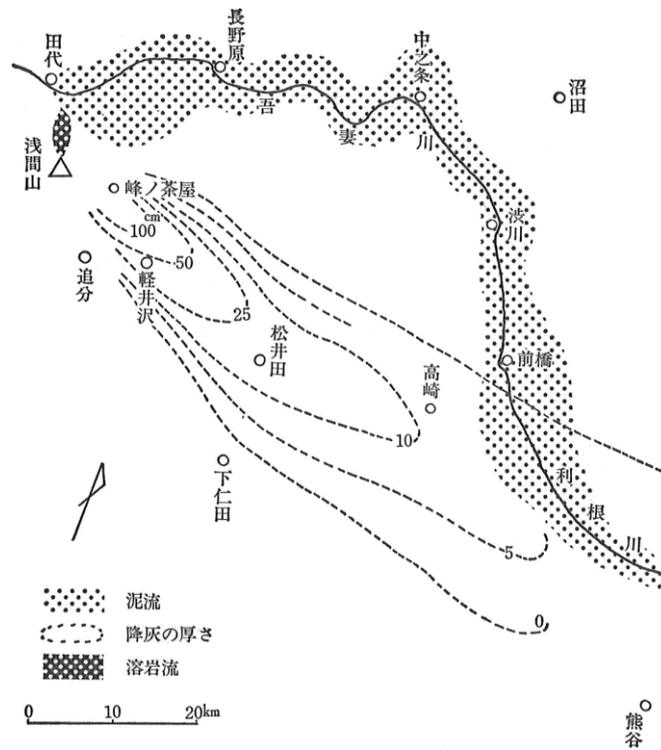


図 付録 1.13.2 1783 年の溶岩流、泥流、降灰等の分布図
 (浅間山麓埋没村落総合調査会, 1980)

表 付録 1.13.1 天明噴火時の降灰状況(大石, 1986)

国名	郡名	地名	降砂量
信州	北佐久郡	軽井沢	120~150
		追分	50
		杓掛	90~150
		碓氷峠	120~180
上州	碓氷郡	碓氷峠	240~270
		山中茶屋	105~150
		峠町	150
		坂本川	60~150
	氷川郡	横井田	45
		松井田	30~120
		高梨子	61~85
		増田	61~85
		土塩	54~57
		後閑	45~57
		秋間	24~49
		磯部	30
下州	安板町	安板町	24~76
		中鼻屋	18~60
		板屋	4
		妙義	24~46
	甘楽郡	菅原	6~9
		宇田	12
		一ノ宮	18~60
		七日市	15~18
		富岡	12~27
		中高里	15~18
馬郡	高野	高野	6~30
		佐賀野	6~9
		倉賀野	21~60
		中前橋	11
	多胡郡	室田	15~18
		三ノ倉	9~12
		吉井	12~27
		片山	14
		矢田	12
		中嶋	12
奥州	比良野	比良野	8~9
		下野	6
		上野	4
		日野	4

国名	郡名	地名	降砂量	
上州	緑野郡	白石町	20	
		新三波川	21~60	
		木部	18~30	
		藤岡	14	
武州	那波郡	玉村	9~27	
		新田	15	
		伊勢崎	6~7	
		茂木	7	
	吾妻郡	新田	大田	6
			大鎌	12~15
			大鎌	9
			大鎌	9
その他	児玉郡	児玉	9	
		橋手	9	
		橋手	9	
		橋手	15~18	
	武州	本岡深熊鴻	本岡	40~60
			深熊	6
			鴻巣	6
			鴻巣	9~30
			鴻巣	30
			鴻巣	21~45
その他	常陸	常陸	6~30	
		常陸	15	
		常陸	少々	
		常陸	9~12	
その他	陸総	陸総	3	
		陸総	少々	
		陸総	少々	
		陸総	6~12	
奥州	二本松	二本松	12	
		二本松	少々	
		二本松	少々	
		二本松	少々	
北陸	加賀	加賀	少々	
		加賀	少々	

注) ①単位はセンチメートル。
 ②数値の幅は諸記録の記載に幅があるため
 ③この表は鈴木やよい氏が作成したものに若干手を加えた。

この噴火による被害の大部分は、浅間山北麓（おもに鎌原岩屑なだれによる被害）
 鎌原火砕流（岩屑なだれ）および洪水によるものである。被害状況を表 付録 1.13.2
 および図 付録 1.13.3 に示す。

表 付録 1.13.2 鎌原火砕流、洪水による吾妻川沿いの被害(大石, 1986)

	村名	村高(㍍)	泥砂火石入(㍍)	人別(人)	流死(人)	家軒	流	(牛)馬(匹)	流死	
吾妻川南縁	大 笹	208	2.0						☆1	大笹関所別状なし
	鎌 原	332	324	597	466	93	93	200	170	
	芦 生 田	602	151	183	16	43	43	43	43	
	小 宿	113	98		-		-		☆2	温泉があるが湯に別状なし
	祖 母 嶋	434	40		-	120	27	76	1	
	川 島	686	486	768	113	168	127	101	28	
	南 牧	98	70	101	5	24	24	8	8	
吾妻川北縁	大 前	151	90	452	27	81	81	40	4	
	西 久 保	51	24	160	54	40	40	41	29	
	羽 根 尾	258	179	253	27	63	63	27	13	
	坪 井	84	24	140	8	30	21	30	18	
	長 野 原	252	201	428	152	71	71	36	36	
	横 尾	134	98	134	9	35	24	20	12	
	松 尾	296	107	454	3	116	6	52	2	
	郷 原	222	20							
	原	902	128			229	24			
	中ノ条	711	130							
利根川南縁	北 牧	860	409	736	52	171	135	79	60	
	洪 川	549	29						☆3	泥入荒となっている。
	洪 川	1128	117						*	
	中 村	317	245	418	20			?	3	*
	中 村	22	0.7			6	4			
	半 田	857	287	787	9	191	42	41	5	
	漆 原	1150	255			245	7			
	植 野	506	0.2							
	中 嶋	250	210			57	34		☆4	二階下までうまる。川原内に9間に8間高さ2丈余りの火石三つに割れおしあげる。
	沼 上	471	430			246	流失30 泥埋170	?	5	
	新 井	697	219			170	42	8	3	
	八丁川原	339	261			196	押潰し13 泥入47			
	川 井	824	434			105	泥入34			
中 瀬								☆5	見取畑の内少し泥入りのみで被害なし	
利根川北縁	上八崎	967	56							
	下八崎	420	15							
	田 口	675	192			96	29 15			
	関 根	491	90			85	流出20 潰家4 泥入17			
	上福島	608	186			101	流出24 泥入25	21	1	
	柴 宿	730	308			140	流出2 泥入69			

*: 洪川と中村が二つずつあるのは、二人の領主の相給になっているため

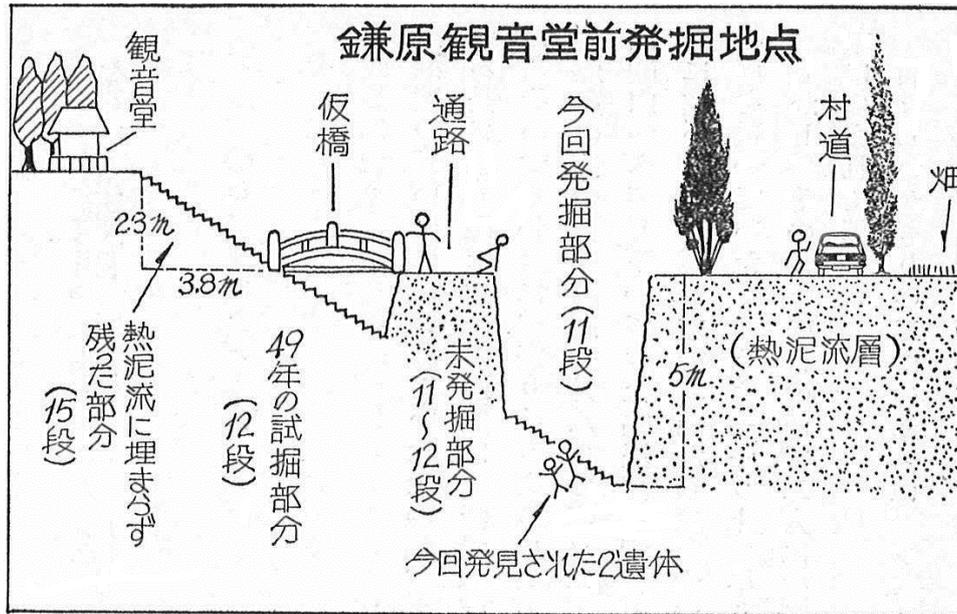


図 付録 1.13.3 鎌原観音堂前発掘状況(浅間山麓埋没村落総合調査会, 1980)

(2) 2009年(平成21年)2月1日、噴火警戒レベルを3へ引き上げ

1月にはいつて火山性地震のやや多い状態が続いたこと、2月1日に山頂直下が震源とみられる周期の短い地震が増加傾向にあること、また、傾斜計の観測ではわずかな山上がりの変化が観測されることから、気象庁は噴火警戒レベルを3へ引き上げた。その後2月2日に釜山火口において小規模な噴火が発生し、噴石および降灰が観測された。その後も断続的に小規模からごく小規模な噴火が続いたが、4月7日に、地震観測数が減少したこと、地殻変動が収束傾向にあることから噴火警戒レベルが3から2へ引き下げられた。

1.13.3 被害の特徴

浅間山の噴火は、大部分が爆発的なブルカノ式噴火である。また、大きな噴火はプリニー式噴火で火砕流や溶岩流の流下を伴う。有史以来活発な火山活動が続け、山麓の集落に被害を出している。大きな被害としては、1108年(天仁元年)および1783年(天明3年)の噴火で、1108年には追分宿、1783年には鎌原村が、それぞれ火砕流によって埋没した。黒斑山の崩壊による応桑岩屑なだれの先端が吾妻川に流れ込んで発生した大洪水(大泥流)や1783年の鎌原岩屑なだれによって発生した洪水など、洪水が発生することもある。また、山頂付近での噴石による人的・建物被害も多く記録されている。最近でも空振によるガラスや家屋の破損、噴石による人的被害、建物被害が発生している。

(1) 噴石による被害

- 1911年 登山者1名死亡、2名負傷（救援者）
- 1913年 登山者1名死亡、1名負傷
- 1920年 峰の茶屋焼失
- 1928年 分去茶屋焼失
- 1930年 火口付近で6名死亡
- 1931年 3名死亡
- 1936年 登山者2名死亡
- 1941年 死者1名、負傷者1名
- 1947年 登山者11名死亡
- 1949年 登山者1名死亡、6名負傷
- 1961年 行方不明1名

(2) 空振による最近の被害

1909、1911、1914、1922、1929、1931、1935、1937、1938、1941、1950、1958、1973年に窓ガラスが割れる等の被害が発生した。

付録 1.14 弥陀ヶ原

立山周辺の急峻な山地の低所を埋めて成長した安山岩・デイサイトの成層火山。火山の山頂部は侵食で失われている。弥陀ヶ原・五色ヶ原は主に火砕流堆積物の台地。数万年前にマグマ噴火は終わったが、その後の水蒸気爆発によって弥陀ヶ原東部に多くの爆裂火口を生じ、現在は噴気活動が活発である。

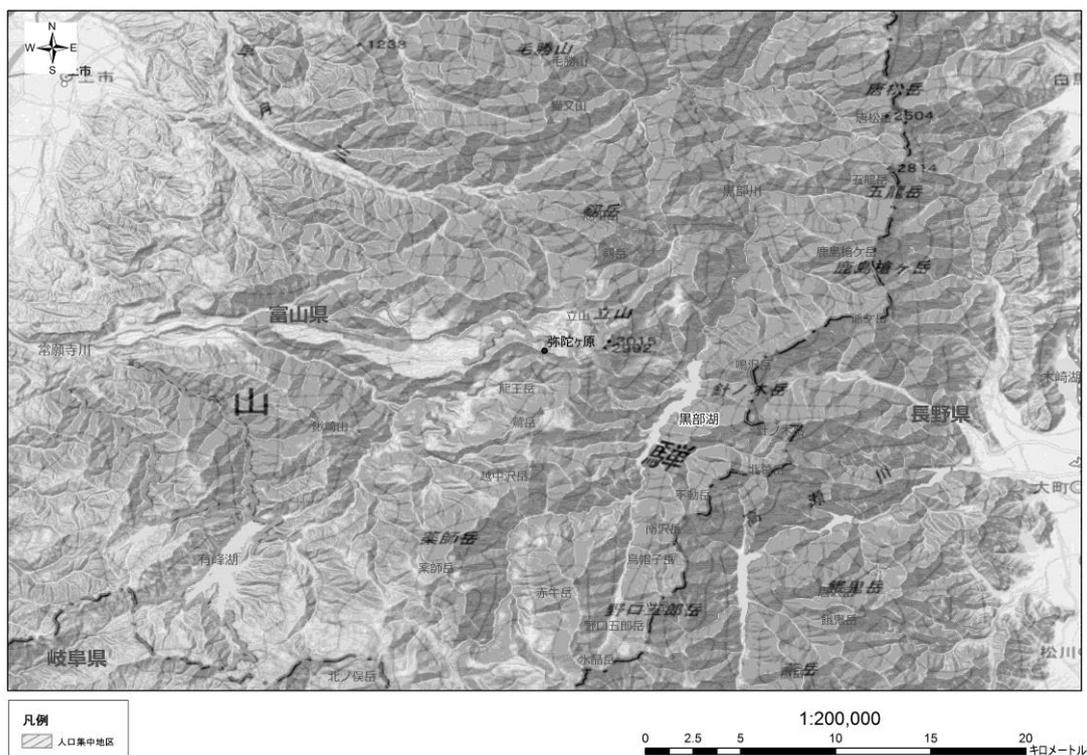


図 付録 1.14.1 弥陀ヶ原の地形

1.14.1 主な噴火・最近の活動

- 1836年（天保7年）：地獄谷で小規模水蒸気噴火
- 1858年（安政5年）：飛越地震（M7.0～7.1）により「大鳶崩れ」と呼ばれる山体崩壊発生
- 1967年（昭和42年）：火山ガス（硫化水素）により登山者2名が死亡
- 1973年（昭和48年）：溶融硫黄の流出
- 1981～1987年（昭和56年～62年）：期間内に複数回溶融硫黄流出。
- 2010年（平成22年）：鍛冶屋地獄を中心に硫黄が燃焼し、硫黄の溶岩流を複数形成した。
- 2012年（平成24年）：立山地獄谷で一部の噴気の活発化・拡大、温度の上昇が確認された。

1.14.2 噴火による被害状況

弥陀ヶ原では噴火による人的、物的被害は発生していない。しかし、1967年には火山ガスによりキャンプ中の登山者が2名死亡する事故が発生した。

付録 1.15 焼岳

割谷山・焼岳・白谷山・アカンダナ山と並ぶ火山群のうちの1つで、安山岩・デイサイト質の成層火山である。噴火活動は、山頂火口と山腹火口で起こっており、山頂部の溶岩ドームの崩壊による火砕流堆積物がある。有史以降の活動は水蒸気爆発が主である。

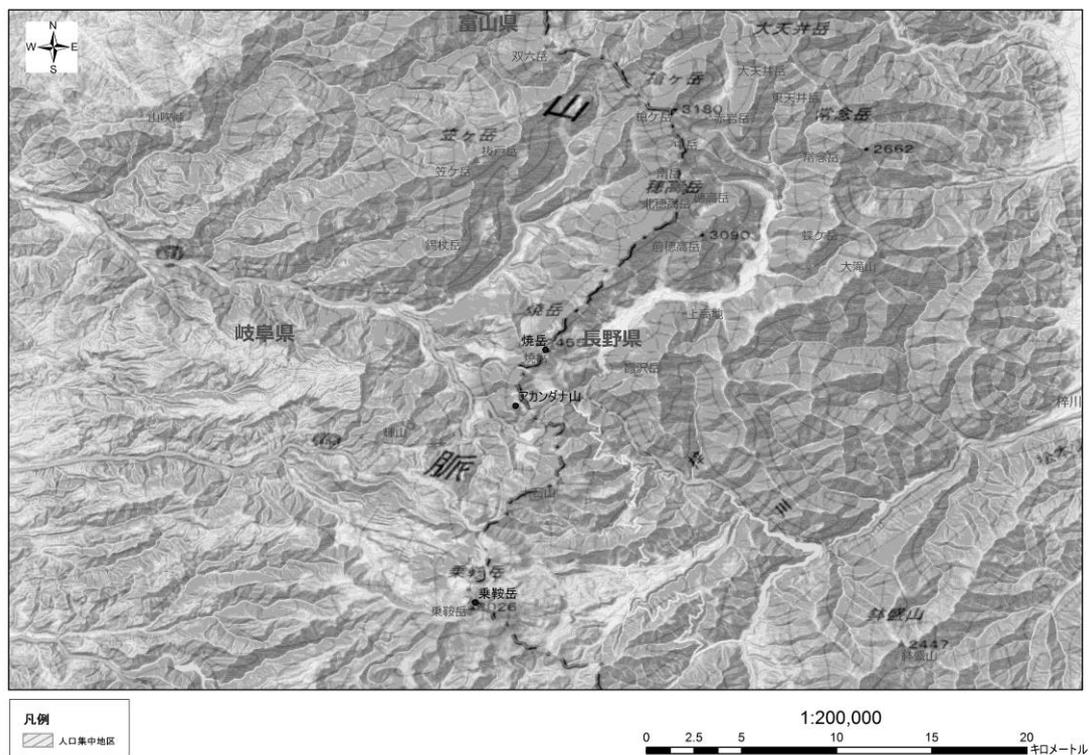


図 付録 1.15.1 焼岳の地形

1.15.1 主な噴火・最近の活動記録

1915年（大正4年）：6月6日 地震の群発に続いて噴火。噴火にともなって発生した泥流によって梓川がせき止められ大正池が形成された。また、せき止められた水が決壊し、洪水が発生した。

1962～1963年（昭和37年～昭和38年）：6月17日に噴火し、噴石によって火口付近の山小屋で4名が負傷した。19日には泥流も発生し、7月～1993年3月まで小爆発を繰り返した。

1968～1969年（昭和43年～昭和44年）：1968年11月および1969年8月～9月に地震が群発した。

1990年（平成2年）：4月～5月にかけて地震が群発した。

1995年（平成7年）：2月11日、山麓の道路工事現場で水蒸気爆発が発生し、作業員4名が死亡した。

2011年（平成23年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

付録 1.16 御嶽山

古期・新期の火山体が侵食期をはさんで重なり、新期御嶽の活動初期にカルデラが形成された。最新期には、山頂部に安山岩の小成層火山を生じた。2014年には剣ヶ峰山頂付近でマグマ水蒸気爆発が生じている。

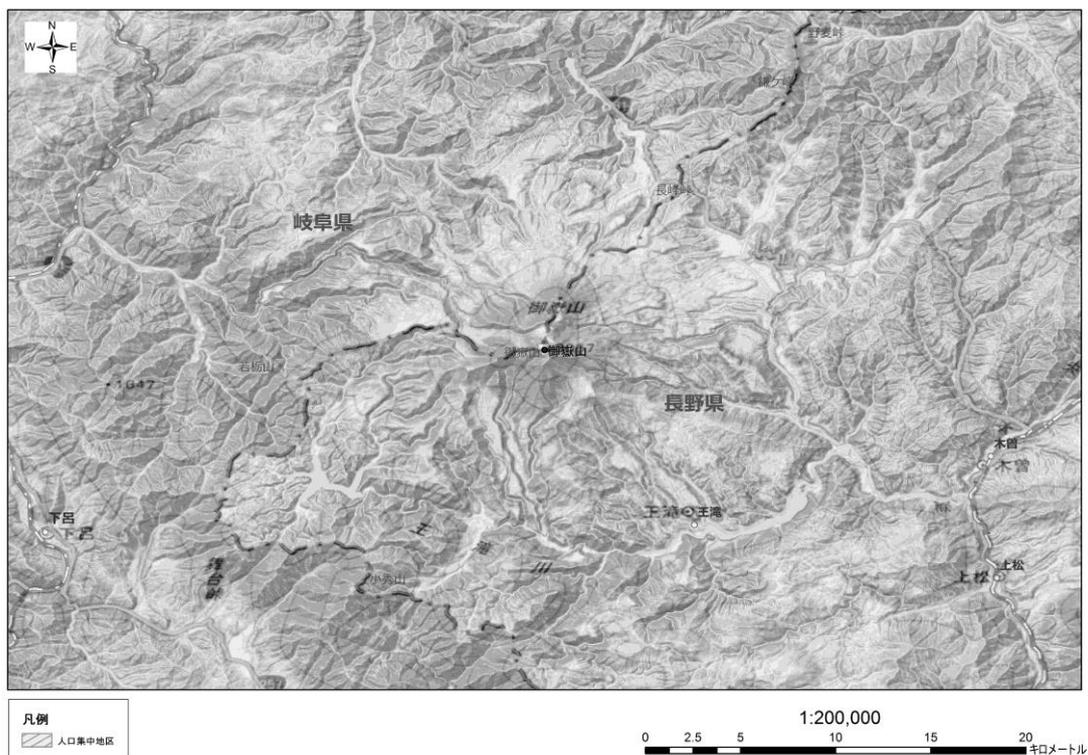


図 付録 1.16.1 御嶽山の地形

1.16.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1979年（昭和54年）：水蒸気爆発、山麓部で農作物に被害が生じた。
- 1984年（昭和59年）：長野県西部地震（M6.8）によって、御嶽山頂のやや南方8合目付近から崩壊が発生、約10km流下した。
死者：29名、重傷3名、軽傷：7名
住宅全壊：14棟、住宅半壊：73棟、一部破損：517棟
- 1988年（昭和63年）：10月4日～10日、低周波地震が多発した。
- 1991年（平成3年）：火山灰を噴出した。
- 2007年（平成19年）：噴火場所は79-7火口。1月中に火山性地震増加、火山性微動発生が発生し 3月中旬に噴気量が増加した後、3月後半にごく小規模な噴火が発生した。
- 2008年（平成20年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。
- 2014年（平成26年）：9月27日剣ヶ峰の南西側で水蒸気噴火が発生。火砕流が発生し南西側に流下した。また山小屋付近では噴石が降り注いだ。死者58名、行方不明者5名、負傷者69名。10月13日には長野県木曾町では 26世帯71名に避難勧告が発令された。この噴火により気象庁は噴火警戒レベルを1から3へに引き上げた。
- 2015年（平成27年）：6月26日に気象庁は噴火警戒レベルを3から2へ引き下げた。

1.16.2 噴火被害の概要

(1) 2014年9月の噴火

2014年（平成26年）9月27日、剣ヶ峰南西に新たに形成された火口列において水蒸気噴火が発生した。大きな噴石が火口から約1kmの範囲に飛散した（図 付録 1.16.3 参照）他、火砕流（図 付録 1.16.4 参照）が発生し南西方向に2.5km、北西方向に1.5km流下した。山小屋付近では人頭～拳大の噴石が飛散し、山小屋を含む山頂付近の施設が激しく損傷（図 付録 1.16.2 参照）し、噴火当時山頂にいた登山者に多くの犠牲者を出した。2014年9月27日に噴火警戒レベルが3に引き上げられたが、その活動度が低下したことから、2015年6月26日に噴火警戒レベルは2へと引き下げられている。

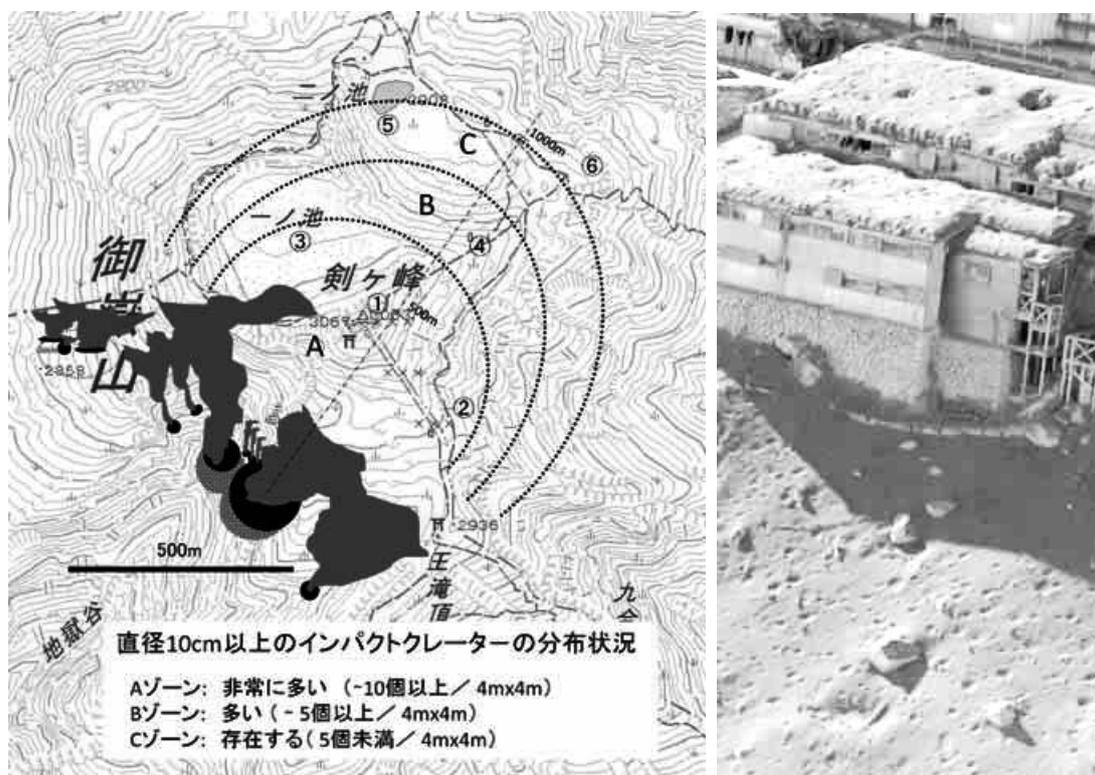


図 付録 1.16.2 2014年噴火時のインパクトクレーター分布図とAゾーンの建物のようす
(東京大学地震研究所「第130回噴火予知連絡会」, 2014)

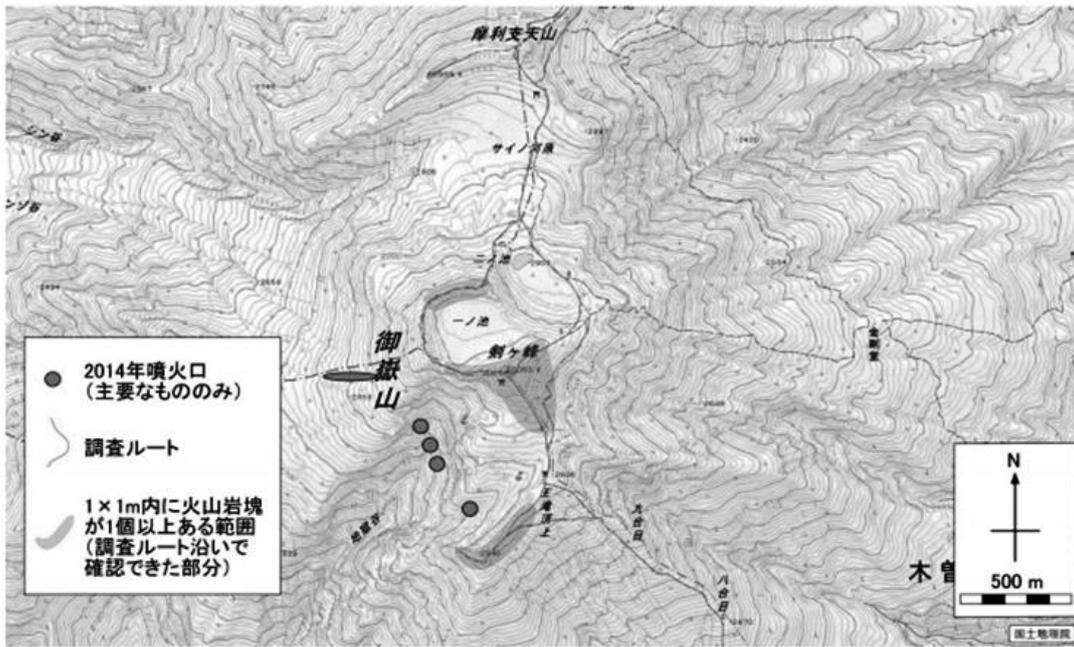


図 付録 1.16.3 噴石密度の高かった地域 (東京大学地震研究所ほか, 2015)



図 付録 1.16.4 9月27日発生火砕流 (中部地方整備局 滝越カメラ撮影)
(気象庁, 2014)

建物被害では、噴石による山頂周辺施設（山小屋、神社など）の破損が報告されている。人的被害は、死者 58 名、行方不明者 5 名、負傷者 69 名にのぼる（表 付録 1.16.1 参照）。噴火が発生したのは、休日の正午過ぎということもあり山頂付近は多くの登山者でにぎわっていたのもこのような被害となった要因の一つと考えられる。

表 付録 1.16.1 御嶽山 2014 年噴火の人的被害(内閣府非常災害対策本部, 2015)

諸元	人数
死者	58 人
行方不明者	5 人
負傷者	69 人

※消防庁調べ：2015 年 8 月 6 日 19：00 現在

付録 1.17 富士山

主として玄武岩からなる成層火山であり、寄生火山が約百個ある。噴火活動の記録は718年頃（養老2年）からあり、30回以上の噴火が記録されている。

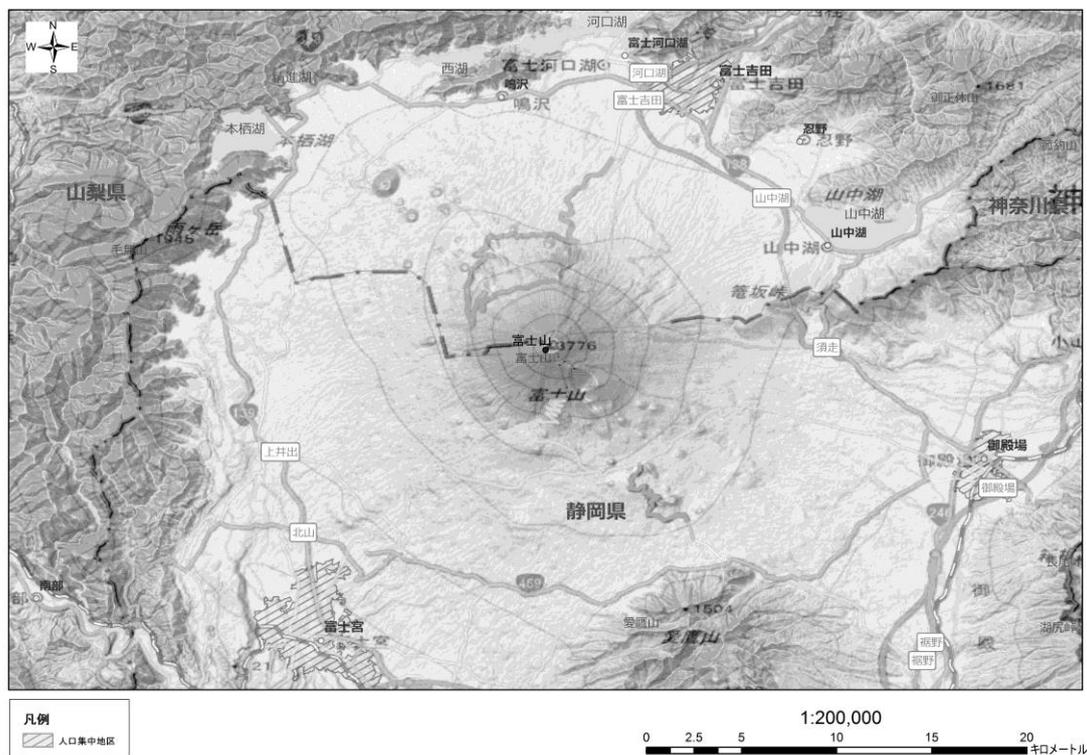


図 付録 1.17.1 富士山の地形

1.17.1 主な噴火・最近の活動記録

800～ 801年（延暦19年～20年）：噴火により火山灰・砂礫が多量に噴出される。北東斜面から噴出した降下火砕物は、東側に厚く堆積したため、当時幹線路として利用されていた足柄路は埋没し、新たに箱根路を開いた。

864～ 865年（貞観6年～7年）：北西山腹での噴火によって、降砂礫が盛んとなる。北西斜面の長尾山から溶岩流（青木ヶ原溶岩）が流出し、北東部は吉田付近まで達した。溶岩流は、当時西麓にあった湖を分断して精進湖・西湖を形成した。この溶岩流によって人家が埋没した。

1707年（宝永4年）：12月16日、南東山腹から（宝永火口）噴火が始まり、黒煙とともに噴石・空振・降灰などが見られた。噴出物総量は $8.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。噴火による直接の死者はなかったものの、周辺の地域では降灰による農作物の被害や耕作地の埋没のために、数年に渡って飢饉が続いた。また、山腹に大量の火山灰が堆積し、噴火後数十年間洪水や土石流等が発生した。

1834年（天保5年）：5月16日に風雨によって発生した雪崩を基とする土石流が発生し、南東の天間村、北東の明見村・吉田村で大きな被害が発生した。

1987年（昭和62年）：8月に山頂で有感地震が4回あった。

2000～2014年（平成12年～26年）：2000年10～12月、2001年4～5月にかけて深部低周波地震が多発。2008年～2010年にかけては地下深部の伸びを示す地殻変動が観測された。2011年3月には静岡県東部で発生した地震の震源から富士山山頂直下付近にかけて地震が増加した。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

1.17.2 噴火被害の概要

(1) 1707年の噴火

1707年（宝永4年）12月15日から富士山麓で頻繁に地震動を感じていた。富士山麓では、49日前の地震（東海道沖から南海道沖を震源とする大地震）によって半壊となっていた家屋が倒壊するなどし、15日の晩は屋外で過ごす住民が多かった。

16日の朝8時頃から、鳴動とともに富士山の南東斜面から黒雲があがり（須走）、10時頃には振動とともに雷が鳴り渡った（山北町）。この頃から、富士山麓には岩塊や砂、焼石が降り家屋が焼失した（下鶴, 1981）。富士山東麓では16日の10時過ぎ頃から灰が降下し、東京（江戸）では15時頃から降灰が記録されている。古文書などの記録や堆積物によると、噴火の初期には白色の灰が降りその後ネズミ色から黒色に変わっていった。

噴火が始まって数時間は安山岩質（白色）の噴出物が噴出したが、その後は玄武岩質（黒色）のスコリア噴出へと変わった。爆発的な噴火は最初の3日間で、後は断続的に噴火を続け16日後の1708年1月1日まで続いた。富士山東麓から相模一帯は降灰が16日間続き、須走で約3.6km、横浜で約30cmの火砕物が降った。

噴火による直接的な人的被害は発生していないが、富士山東麓の須走では、降り注ぐ焼石（熱い噴出岩塊）によって、75軒中37軒が焼失、38軒が倒壊した。また、御殿場市史編纂委員会(1981)によると、火山灰が1m以上堆積した地域では多くの家屋が倒壊した。

火山灰に厚く覆われた地域は、復旧が困難で多くの農民が離散した。また、被災地で砂よけを行うものには3尺以上堆積した39か村で1人1日1合、2尺9寸以下では田畑が一反につき300文ないし金一分の補助がでたが、十分な量ではなく砂よけ作業も捗らなかった。

表 付録 1.17.1 は降灰量と農作物への被害状況を示す。幕府から供出される米の量は不十分である上、山の植生も噴火被害を受けて木の実や草を取ることもできなかった。このため、飢饉が慢性的に続き、多くの人々が村を離れ、飢えと病気により亡くなった。

表 付録 1.17.1 降灰量と農作物への被害(宮地, 1993)

15cm 以上 ~30cm 50~100cm 2m (柴怒田村)	翌年の収穫が皆無 復興の目処がたつのに 10 年を要す 噴火前の生産レベルに回復するのに 15~45 年 復旧した農地が 98 年後で 23%
---	--

また、大量の火砕物が山や谷に堆積し、雨とともに酒匂川などの河川に流入し洪水が頻発した。このため、足柄平野などの下流域では農地の埋積がたびたび発生した。

このような洪水は噴火後 10 年以上にわたって続いた。

噴火の推移を表 付録 1.17.2 に示す。

表 付録 1.17.2 宝永噴火 (1707 年 12 月 16 日~1708 年 1 月 1 日) 噴火推移

年月日	活動状況
1707 年 (宝永 4 年)	
12 月 15 日	地震
12 月 16 日	噴火
6:00	プリニー式噴火
8:00	(激しい噴火)
10:00	軽石の噴出
15:00	第 2・3 火口における噴火
18:00	
24:00	スコリアの噴出
12 月 17 日	
6:00	
8:00	
10:00	
12:00	宝永火山形成期
20:00	
12 月 18 日	スコリアの噴出
16:00	
12 月 19 日	第 1 火口による噴火
3:00	
9:00	
12 月 20 日	
12 月 21 日	小規模な噴火が
12 月 22 日	間欠的に発生
12 月 23 日	
12 月 24 日	
12 月 25 日	
12 月 26 日	
12 月 27 日	
12 月 28 日	
12 月 29 日	
12 月 30 日	火山弾の放出
12 月 31 日	
1708 年 (宝永 5 年)	噴火停止

付録 1.18 箱根山

カルデラ火山であり、成層火山群の外輪山をもつ。有史以前は火砕流や降下火砕物、溶岩ドームの形成を伴う噴火活動があった。有史以降では 12 世紀ごろに水蒸気噴火が生じた。また 1990 年代からは噴気の活発化や、山崩れ等の災害が発生している。

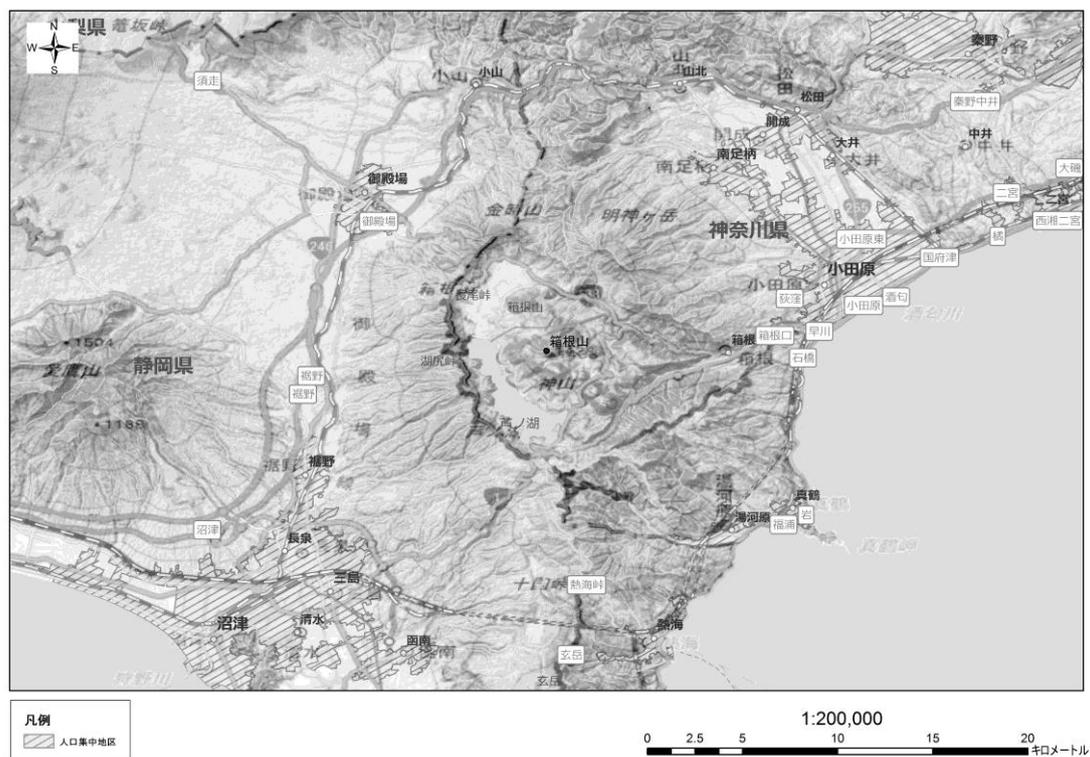


図 付録 1.18.1 箱根山の地形

1.18.1 主な噴火・最近の活動

- 1933年（昭和8年）：2月に大涌谷で噴気孔移動。その後5月に噴気孔で大音響とともに噴出、1名が死亡した。
- 1934年（昭和9年）：2月に駒ヶ岳付近で鳴動、山麓一帯の地温上昇により樹木枯死、土塊の盛り上がり。22日午後4時頃、駒ヶ岳北西の神山との鞍部で高さ200mに及ぶ噴気が発生し、翌日まで活動
- 1953年（昭和28年）：7月に早雲地獄で山崩れ、死者10名、負傷者16名、全壊家屋1棟の被害が発生
- 1974～1978年（昭和49～53年）：大涌谷噴気地帯の移動。樹木枯死
- 2001年（平成13年）：6～10月に群発地震。箱根山を中心に膨張を示す地殻変動。また、群発地震発生直後から、大涌谷から上湯場付近にかけて噴気地帯が拡大し、大涌谷にある数箇所で、蒸気井の噴出の勢いが増した（暴噴）。
- 2008年（平成20年）：4月～9月に駒ヶ岳付近から湖尻付近および芦ノ湖北部で一時的に地震増加。6月より箱根山を中心に膨張を示す地殻変動が観測される。

2010年（平成22年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

2011年（平成23年）3月～4月、東北地方太平洋沖地震以降、駒ヶ岳から芦ノ湖付近、金時山付近、大涌谷北部での地震活動が活発化。有感地震が多発した。

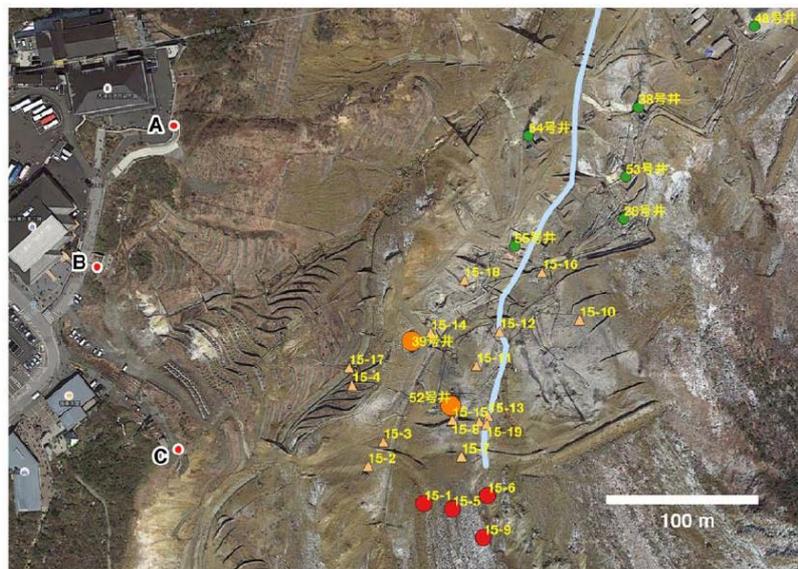
2015年（平成27年）：5月6日、火山性地震の増加、傾斜計変動などから噴火警戒レベルが1から2へ引き上げられた。

6月30日、新たに形成された噴気孔周辺に降灰を確認したことから噴火警戒レベルが2から3へ引き上げられた。ごく小規模な熱泥流が発生し温泉関連施設の一部が損傷した。また噴火警戒レベルの引き上げを受けて、箱根ロープウェイが運休となった。9月11日、火山性地震が減少し、火山性微動も観測されていないことから噴火警戒レベルは3から2へ引き下げられた。

1.18.2 噴火被害の概要

(1) 2015年6月30日噴火

6月29日に火山性微動が発生し、30日に大涌谷の北から北東最大約1.2kmの範囲で降灰が確認され、その後の調査で大涌谷に新たな噴気孔が確認された（図付録1.18.2、図付録1.18.3参照）ことを受けて、大涌谷でごく小規模な噴火が発生したと判断され、噴火警戒レベルが3へ引き上げられた。噴火後に発生したごく小規模な熱泥流により温泉関連施設の一部が損傷した。この噴火による人的被害の報告はない。しかし、2015年の噴火警戒レベル引き上げの影響で観光客が減少し、箱根町の観光産業に大きな影響を及ぼすこととなった。



図付録1.18.2 箱根山2015年6月30日噴火で生じた火口・噴気孔群
(温泉地学研究所, 2015より)



図 付録 1.18.3 新たに生じた火口・一部噴気孔群の状況(気象庁, 2015)

付録 1.19 伊豆大島

玄武岩からなる二重式の成層火山であり、頂上部にカルデラと中央火口丘三原山がある。有史以来、山頂および山腹で溶岩を噴出している。山腹噴火によって生じた火口は、プレート沈み込みによる周辺の応力に従って、北北西—南南東に伸びる地溝帯に沿って分布している。また、南部の波浮港は、マグマ水蒸気爆発によって生じた爆裂火口である。

伊豆大島は、680年から噴火の古文書記録があり、現在も活発に活動を続けている。



図 付録 1.19.1 伊豆大島の地形

1.19.1 主な噴火・最近の活動記録

1684年（貞享元年）：3月末から約1ヶ月間激しく噴火し、溶岩を流出した。地震が多発し、家屋倒壊の被害が発生。噴出量 $3.5 \times 10^8 \text{t}$

1777～1779年（安永6年～8年）：山腹から溶岩を流出し、スコリアが全島に降下した。また、溶岩流は海まで流下し、海岸付近でマグマ水蒸気爆発を起こした。噴出量は $6.5 \times 10^8 \text{t}$

1912～1914年（明治45年～大正3年）：溶岩を流出し、噴石丘を生成した。噴出量は $3 \times 10^7 \text{m}^3$

1940年（昭和15年）：火山弾・火山礫・降灰のために農作物に被害が発生

1950～1951年（昭和25年～26年）：溶岩を流出し、噴石丘を生成した。溶岩はカルデラまで達した。噴出量は $3 \times 10^7 \text{m}^3$

1953～1954年（昭和28年～29年）：ストロンボリ式噴火および溶岩流が流出、高さ50～

60m、距離150mくらいまで噴石を放出した。噴出量は $4 \times 10^5 \text{m}^3$

1986年（昭和61年）：山頂噴火に引き続いて山腹での割れ目噴火が起こり、全島民が一時島外避難をした。

1987年（昭和62年）：5月22日～25日に東部で地震が群発した。7月～11月に山頂地震が増加し、11月16日、18日に噴火した。

1988年（昭和63年）：1月25日、27日に山頂で小噴火した。6月には、火山ガスにより間伏方面の農作物に被害が発生した。

1990年（平成2年）：前年から微動が続き、8月中旬より山頂で地震が増加、10月4日未明、小噴火し島内の西部～北東部にかけて弱い降灰があった。なお1993年以降も微動、地震が多発した。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

1.19.2 噴火被害の概要

(1) 1986年（昭和61年）の噴火

1986年（昭和61年）の噴火の状況を表付録1.19.1に、火口位置および噴出物の分布域を図付録1.19.2に示す。

表付録1.19.1 伊豆大島の火山活動経過(東京都, 1988)

1986年 4月 1～2日	北部で群発地震。測候所有感38回
7月	火山性微動始まる（間欠的微動）。
8月、9月	ときどき群発地震。微動しだいに大きくなる。
10月24日	間欠的火山性微動終わる。
10月27日	連続的火山性微動始まる。
11月12日	三原山火口壁で新しい噴気始まる。
11月15日	17時25分頃山頂で噴火始まる。
16日	有感地震始まる。山頂噴火続く。
17日	地震、噴火続く。
18日	地震、噴火続く。
11月19日	地震、噴火続く。朝溶岩流が三原山山頂から溢れ出す。 23時過ぎから噴火活動低調となる。
11月20日	噴火活動低調（爆発散発的）
11月21日	14時過ぎから地震始まる。16時15分カルデラで割れ目噴火始まる。 溶岩流出。住民等避難
11月22日	朝M6.0の地震。山頂付近から火山灰噴出続く。
11月23日	朝最後の爆発。昼頃小さい溶岩流（最後の噴火）
11月24日	南方沖で群発地震
12月17日	火山性微動再び始まる（間欠的）。
12月18日	17時半頃山頂で噴火。19時半頃ほぼ収まる。
1987年 1月 1日	火山性微動再び始まる（間欠的）。 以後火出性微動の間欠的な発生続くが、噴火活動は終息

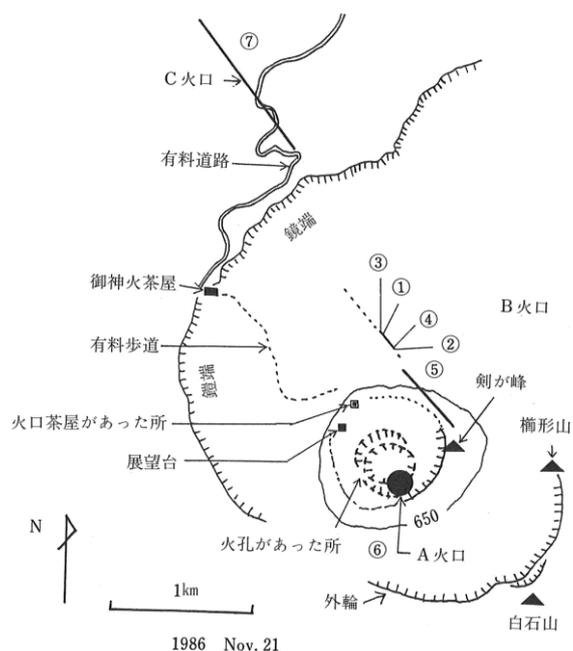


図 付録 1. 19. 2 1986 年伊豆大島噴火火口位置

(A : 山頂火口、番号は割れ目火口の開口順) (東京都, 1988)

溶岩流は伊豆大島最大の集落である元町から約 50m 手前で停止し、人的にも建物にも被害は生じなかった。しかし、1 ヶ月に及ぶ島外での避難生活により、島民の生活や畜産や農業等の産業に大きな被害が生じた。表 付録 1. 19. 2 には、公共施設および農水産業への被害状況を示す。

過去の伊豆大島の火山災害は、山頂あるいは山腹から流出した玄武岩質の溶岩によるものであるが、1986 年の噴火では、溶岩流による被害もなく、心配された割れ目噴火の拡大もなかった。しかし、山頂噴火から割れ目噴火への火山活動の変化が予測されず、突然の避難行動を余儀なくされたため、避難準備ができず、家畜や農作物の手当をせずに島外への避難を行うこととなった。噴火による直接的な被害よりもむしろ 1 ヶ月に及ぶ避難行動により発生した被害が大きかった。

表 付録 1.19.2 公共施設および農水産業への被害状況(東京都, 1988)

1987年(昭和62年)3月31日

1. 公立文教施設		27,128千円	
① 高校	2校	19,015千円	(大島高校、大島南高校; 格枝棟天井落下、校舎伸縮接合部破損)
② 中学校	1校	2,660千円	(一中; 校舎伸縮接合部破損、体育館ひさし落下等)
③ 小学校	4校	5,453千円	(元町小、岡田小、泉津小、波浮小; 校舎伸縮接合部破根、校舎内亀裂等)
2. 農林水産業被害		284,200千円	
① 農業基盤被害		100,000千円	(農地溶岩埋没 2ha、牧野降灰 30ha、農道 40m)
② 林業基盤積害		64,200千円	(森林溶岩埋没 36ha、林道溶岩埋没 50m、林道崩土 36箇所 350m)
③ 漁業基盤被害		120,000千円	(製氷冷蔵施設破損 1棟 282m ²)
3. 公共土木施設		802,658千円	
① 道路被害	26カ所	129,000千円	(都道 20カ所 16,000千円、町道 6カ所 13,000千円)
② 海岸被害	1カ所	2,858千円	(泉浜海岸護岸崩壊)
③ 砂防被害	1カ所	667,700千円	(溶岩で溪流(長沢)埋没(L=675m)堰堤1基)
④ 港湾被害	1カ所	3,100千円	(波浮港 物揚場裏込流出)
4. その他公共施設		165,420千円	
① 水道施設	105カ所	126,000千円	(フノウ水源導入管等の補修、一部敷設替、排水管の補修等)
② 大島公園	1カ所	22,170千円	(公園内施設、建物補修及び降灰の除去)
③ 庁舎	1施設	9,500千円	(大島支庁の給排水施設の補修等)
④ 保育園	3施設	1,500千円	(泉津保育園、元町第二保育園、岡田老人福祉会館の建物亀裂、窓ガラス破損等)
⑤ 町営住宅	5棟	3,000千円	(元町、クダッチの町営住宅の瓦崩れ、基礎破損等)
⑥ 公民館・図書館	2施設	1,500千円	(差木地公民館、外壁・内壁ひび割れ、元町図書館、外壁・内壁のひび割れ)
⑦ 廃棄物処理施設	2施設	1,750千円	(北部ごみ焼却処理施設のガス冷却設備被害、小規模破碎圧縮施設の電気設備被害)
計		1,279,406千円	
5. その他			
① 農産被害		494,450千円	(花卉類…ブバルティア23ha、花木90ha、小菊25ha; 野菜類…キヌサヤエンドウ35ha、一般野菜15ha)
② 畜産被害		18,500千円	(生産物廃棄等…牛乳、鶏卵・牛豚鶏廃用; 家畜斃死…牛3頭、豚60頭、馬1頭、鶏500羽)
③ 水産被害		11,430千円	(蓄養魚介類斃死、冷凍品解凍、くさや)
④ 商工被害		417,880千円	(建物、件器・備品、在庫品等の損失)
計		942,260千円	
合計		2,221,666千円	

一方で、島民の避難はすみやかに行われ海上保安庁、自衛隊、東海汽船の船舶によって短時間のうちに無事避難を完了した。これは、大島で大型船が接岸できる港（元町港、岡田港）の両港が使用できたこと（冬期は風向きによっていずれか一港しか使用できないことが多い）に加え、泉津、波浮の漁港も利用できたこと、停電が短時間で済み照明が確保されたことなどの幸運に恵まれたためといわれている（東京都, 1988）。また、住民間のつながりが強いという地域特性も重要な要素であろう。表 付録 1. 19. 3 に避難指示発令の経過、表 付録 1. 19. 4 に避難状況を示す。

表 付録 1. 19. 3 避難の経過(東京都, 1988)

11月21日	16時15分	三原山北方カルデラ内で割れ目噴火開始
	17時00分	海上保安庁、海上自衛隊、東海汽船に対し艦船の待機要請を開始
	17時50分	静岡県に対し、大島町民避難のための港の確保を要請（熱海、伊東、稲取）
	17時57分	岡田・泉津地区に避難指示（岡田→岡田港へ、泉津→公民館へ）
	18時13分	北の山地区に避難指示（北の山小学校へ）
	18時30分	自衛隊に災害派遣要請。海上保安庁、東海汽船に船艇の出動要請を開始
	18時46分	元町地区に避難指示（元町港へ）
	19時02分	島外避難第1船、元町より稲取へ向け出港（シーホーク388人乗船）
	19時03分	野増地区に避難指示（野増小学校へ）
	19時34分	間伏地区に避難指示（間伏文化会館へ）
	20時23分	波浮・差木地・下地地区に避難指示（差木地→大島南高校、下地→老人福祉会館、波浮上の山→第3中学校、波浮下町→勤労福祉会館へ ※同報無線放送）
	21時40分	都災害対策本部長（知事）から今後の大島町民の避難先は「東京」との指示
	22時50分	島内全地区に島外避難指示
11月21日	05時20分	町長以下関係防災機関の職員等、海上保安庁「みずぼ」に乗船完了（6:00出航）
12月19日		島外避難指示を解除
12月19日		} 全員帰島
12月22日		

表 付録 1.19.4 島外避難の状況(東京都, 1988)

(1)	島外避難者数	10,476人	(27日09時まで)	10,526人	
	避難開始日時	11月21日19時02分			
	避難終了日時	11月22日06時00分			
(2)	避難港等				
	船舶……	元町、岡田、泉津、波浮の各港			
	ヘリ……	元町、大島空港			
(3)	避難手段				
①	船舶	輸送人員	10,469人	輸送船舶数	51隻
	海上自衛隊	819人	輸送	延	2隻
	海上保安庁	1,883	〃	〃	7〃
	東海汽船	7,407	〃	〃	8〃
	その他船舶	65	〃	〃	3〃
	漁船	265	〃	〃	31〃
②	航空機	輸送人員	7人、	ヘリ数	延3機
(4)	避難先				
	東京	7,032人	(竹芝、日の出、晴海、築地等着)		
	静岡	3,368人	(熱海、下田、伊東、稲取着)		
	神奈川	41人	(三崎、真鶴)		
	伊豆諸島	35人	(新島、式根、神津島)		
	計	10,476人			
(5)	避難場所 (11/22現在)				
	東京都内避難所	30ヵ所	6,011人		
	静岡県内避難所	22 〃	2,397人		
	自主避難者等		1,850人		
	福祉施設・病院	6 〃	218人		
	計		10,476人		

(注) 静岡県内避難者は、11/23、24日に都内へ受入れ

1986年の噴火では幸いなことに人的被害はなく、直接的な物的被害も重大なものではなかった。しかし、全島民1万人を島外避難させたことは、わが国では初めてのことであり、避難に伴う二次的な被害が発生した。約1ヶ月に及ぶ避難生活により、農水産物の管理不能、出荷不能、家畜の斃死、生鮮食料品の腐敗などの被害が目立った。さらに、住民の約7割が従事する観光業が甚大な影響を被った。このような避難生活は島の産業に大きな打撃を与えるとともに、噴火予知と避難勧告解除の決定の難しさを認識させる結果となった。

1.19.3 被害の特徴

火山活動の特徴は、山頂でのストロンボリ式噴火(噴石・降下火山灰)・溶岩流出、山腹からの溶岩流出、海岸沿いでのマグマ水蒸気爆発があげられる。

1986年の噴火では、山頂からの溶岩流に続いて山腹からの割れ目噴火が始まった。山腹からの溶岩流出は元町に迫り、全島民が一時島外へ避難した。人的被害はなかったものの、農業・畜産業・観光業等の産業に大きな被害をもたらした。

付録 1.20 三宅島

玄武岩の多重式成層火山で、海岸近くにはマグマ水蒸気爆発によって生じた爆裂火口が多数ある。噴火は主に山腹からの割れ目噴火で、溶岩流出、スコリア放出、マグマ水蒸気爆発が特徴的である。噴火の数時間前に発生する火山性地震のほかに特徴的な前兆現象は観測されていない。1085年（応徳2年）から噴火の記録があり、数十年に一度噴火が発生している。

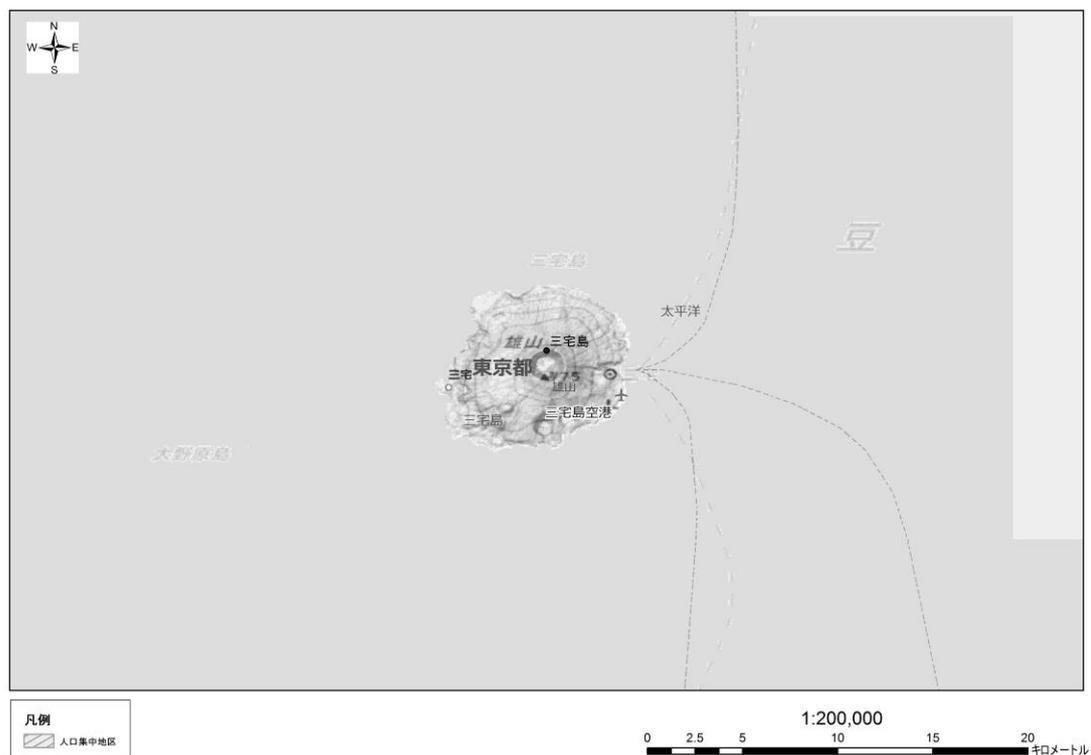


図 付録 1.20.1 三宅島の地形

1.20.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1643年（寛永20年）：3月31日、溶岩により阿古村は焼失、坪田村では火山灰や噴石によって人家・畑が埋没した。
- 1712年（正徳元年）：2月4日、阿古村で泥水を噴出し、家屋が埋没・牛馬が死亡した。
- 1763～1769年（宝暦13年～明和6年）：阿古・坪田で噴石・降灰がみられ、島南西部に溶岩を流出した。南部の海岸線ではマグマ水蒸気爆発が起こった。
- 1835年（天保6年）：11月10日に噴石および溶岩流、地震による崩壊・地割れ等が発生
- 1874年（明治7年）：7月3日に島北部（神着）で人家45軒が溶岩により埋没し、1名が死亡した。
- 1940年（昭和15年）：7月12日に島北東部で溶岩が流下し、火山灰・火山弾が放出された。死者11名、負傷者20名、全壊・焼失家屋24棟の被害が発生した。
- 1962年（昭和37年）：8月24日に島北東部で溶岩が流下し、家屋5棟が焼失した。

1983年（昭和58年）：10月3日に島西部（阿古）の山腹から割れ目噴火が始まった。割れ目から溶岩が流出しスコリアが放出され、海岸付近ではマグマ水蒸気爆発が発生した。溶岩による埋没・焼失家屋340棟。山林耕地に被害が生じた。

2000～2002年（平成12～14年）：2000年6月から三宅島西方沖および雄山山頂で噴火発生。降下火砕物、噴石、火砕流、火砕サージを生じた他、8月には噴火後の降雨による泥流が発生した。7月8日の雄山での噴火では山頂が陥没し、その後断続的な噴火によりカルデラが形成された。噴火は9月まで続き、それ以降は火山ガスを放出する活動に推移した。9月1日に全島避難が決定し4000人余の島民が避難を余儀なくされた。避難指示は2005年（平成17年）2月1日に解除された。

2004～2006年、2008年、2009年、2010年、2013年には山頂カルデラで降下火砕物を伴ったごく小規模な噴火が発生した。

2008年（平成20年）：3月気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル2に設定された。

1. 20. 2 噴火被害の概要

(1) 1983年（昭和58年）の噴火

1983年（昭和58年）の噴火状況を表 付録 1. 20. 1 にまとめ、1983年噴火の割れ目噴火のようすを図 付録 1. 20. 2 に、噴火に伴う溶岩流と降灰分布を図 付録 1. 20. 3 に示す。また、三宅島測候所および各地域からの報告をまとめたドキュメントと三宅島測候所から遠望した噴火のようすを図 付録 1. 20. 4 に示す。

表 付録 1. 20. 1 1983年の噴火状況（荒牧・早川, 1984をもとに編集）

1983年10月3日13時59分	火山性地震が頻発する。
15時15分	…………… 噴火開始 ……………
	雄山南西部の二男山から割れ目噴火が始まる。火口からは溶岩噴泉とそれに伴うスコリアの降下が見られ、溶岩流が流下する。
16時30分	…………… 新霽池火口活動開始 ……………
	割れ目火口が海岸付近に達し、新霽池でマグマ水蒸気爆発が発生し、周辺にスコリアが降下する。
	17:20過ぎには、阿古地区方面に流下した溶岩の先端が阿古地区の都道を進断し、集落に達する。
19時17分	…………… 新霽池活動再開 ……………
	新霽池の火口が再活動し、岩塊放出とスコリア降下を行う。
21時26分	…………… 栗辺の火口が再活動 ……………
	栗辺の火口からスコリアが降下し、新鼻火口ではタフリングが形成される。
22時33分	…………… M6.2の地震 ……………
	新鼻、新霽池の火口が活動を開始し、周辺にスコリアが降下する。
4日 6時以前	…………… 噴火活動が終息した。 ……………
5日～6日	…………… 阿古地区に流入した溶岩流の動きがほぼ停止した。



図 付録 1. 20. 2 1983 年三宅島の割れ目噴火のようす (海上自衛隊撮影)

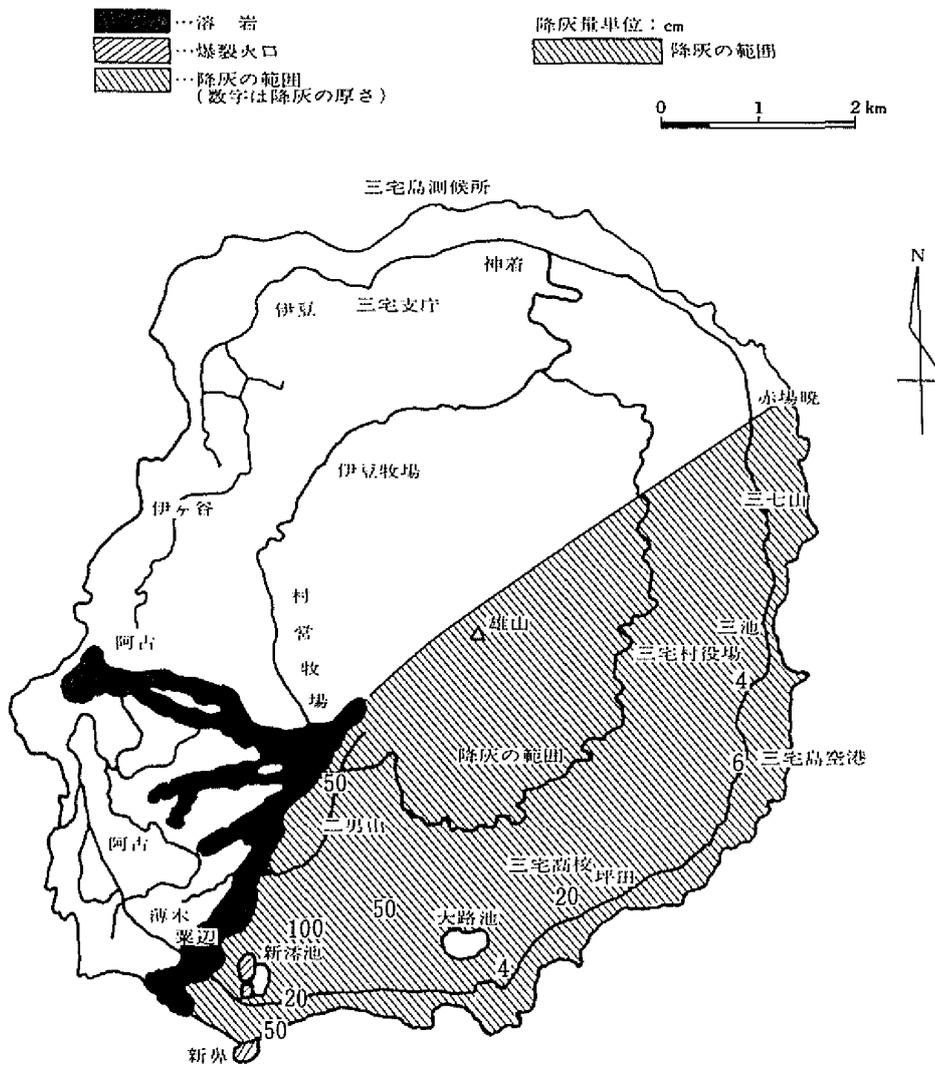
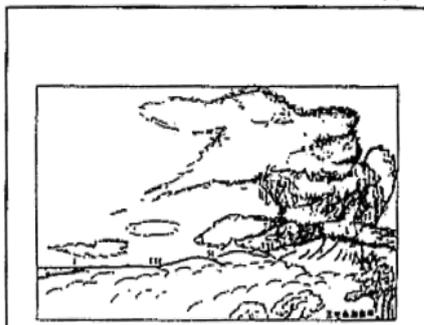


図 付録 1. 20. 3 1983 年三宅島噴火に伴う溶岩流と降灰分布図 (東京都, 1985)

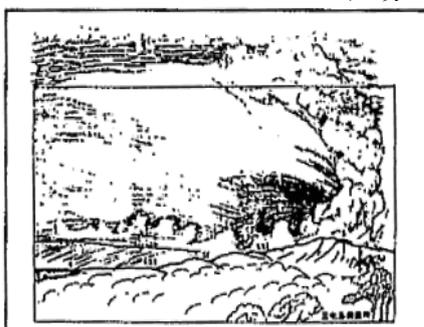
火山活動の経過

日 時	諸 現 象	噴火場所
10月3日 13時58分	三宅島測候所の地震計に地震を記録し始めた。	南 西 山 腹
14時25分	阿古の荻原氏から「14時すぎ、地震が3回あった」と最初の通報があった。	
14時28分	阿古の住民(指名不明)から「地震が5回あった」との通報があった。	
14時47分	神着の三宅島測候所で最初の有感地震(震度1)があった。	
15時08分	阿古の田中氏から「14時すぎ、地震が数回あった」との通報があった。	
15時13分	神着友地の広瀬氏から「14時すぎ、地震が4回あった」との通報があった。	
15時16分	坪田の役場から「14時50分・15時00分に地震があった」との通報があった。	
15時23分	測候所の地震計に火山性微動を記録し始めた。噴火。	
15時24分	阿古の関東電々三宅統制無線中継所(標高316mの山腹)から有感地震あり、山鳴りがしている感じがするとの通報があった。	
15時25分	阿古の無線中継所で噴火(火柱及び黒煙)を確認した。噴火は二男山から山頂方向に拡大、次に海岸方向に拡大した。	
15時33分	測候所で最初の噴煙(南方向)を確認した。	
15時40分	三宅島空港出張所に火山灰、火山礫が落下し始めた。	
16時22分	測候所で最初の電光(南西方向)を噴煙中に確認した。電光は23時まで続いた。	
16時40分	測候所で弱い雷鳴を聞いた。	
16時45分	無線中継所の架空線が噴石で切断された。	
16時53分	測候所で最初の爆発音(中程度)を聞いた。	新 澤 池 付 近
17時20分	無線中継所停電、溶岩流が阿古の都道に達したため。	
17時22分	測候所で爆発音を聞いた。29分、36分、43分にも1回聞いた。	
17時50分	測候所で火映(溶岩の照り映え)が阿古方向に見え始めた(日が暮れ始めたため)。その後次第に弱くなり、4日の未明まで続いた。	
18時13分	測候所で爆発音(南南西方向)を聞いた。	
19時55分	測候所で爆発音(南西方向)を聞いた。	
20時00分	測候所で爆発音(南西方向)を2回聞いた。02分(南西方向)にも2回、05分(南西方向)、15分(南南西方向)には各1回聞いた。	
22時33分	測候所で震度5(マグニチュード6.2)を観測した。	
4日 朝	溶岩の噴出はほぼ止まった。	

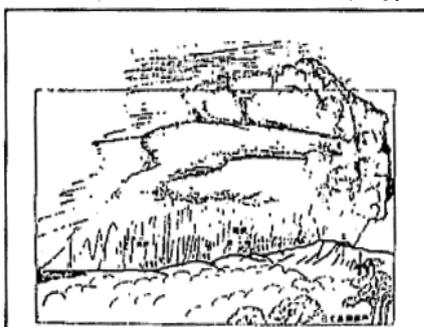
10月3日 15時40分



16時30分



17時00分



17時30分

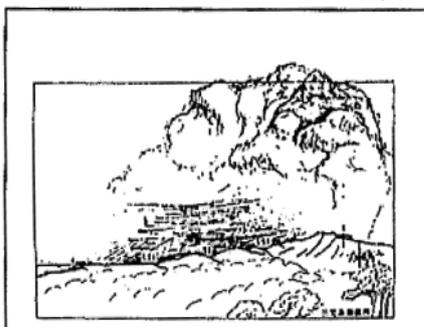


図 付録 1. 20. 4 1983年噴火の火山活動の経過(東京都, 1985)

溶岩流は阿古地区および栗辺地区に流れ下った。住民の避難が迅速に行われたため、人的被害は生じなかった。しかし、阿古および栗辺地区でおよそ 340 戸の住家が溶岩によって埋没・焼失したのをはじめ、阿古小・中学校も被災した。また、風下側の坪田集落では農作物に大きな被害が生じた。表 付録 1.20.2 に噴火による被害状況を、表 付録 1.20.3 に被害額を示す。

表 付録 1.20.2 1983 年の噴火による被害状況(東京都, 1985)

区 分		単 位	被 害 数
人的被害	死者、行方不明	人	0
	負 傷	〃	0
住家被害	全壊	棟	340
		世帯	330
		人	811
住家被害	溶岩流のため道路開 通まで出入り不能と なった家屋	棟	190
		世帯	182
		人	477
非住家 被害	公共建物	棟	9
	その他	棟	73
罹災世帯数		世帯	512
罹災者数		人	1,288
田 畑	畑埋没	h a	362.5
その他	文教施設	カ所	6
	道 路	〃	29
	水 道	カ所 (戸*)	1,279(1,642*)
	崖くずれ	カ所	3
	海岸被害	〃	1
	橋 梁*	〃	0
	河 川*	〃	0
	電 話*	戸	1,642
	電 気	〃	750

* : 気象庁 (1984) による。

表 付録 1.20.3 1983 年噴火による被害額(東京都, 1985)

(単位: 千円)

項目	規模	額
都道(含海岸)	13 路線・1ヶ所	1,041,381
村道	16 路線	797,094
公共土木施設計		1,838,475 ㉑
小学校	阿古小・坪田小	572,587
中学校	阿古中・坪田中	701,834
高等学校	三宅高	163,965
社会教育施設	村社会教育館	73,561
給食施設	小・中給食調理場	72,507
文教施設計		1,584,454 ㉒
村営住宅		317,337
保育園	阿古保育園	87,650
観光施設	レストハウス	70,000
温泉施設	全 壊	190,000
消防器具置場	全 壊	8,000
歯科診療所	全 壊	29,520
警察駐在所	全 壊	2,921
水道施設	損 壊	516,894
その他計		1,222,322 ㉓
農地農道		5,044,398
農業施設		216,370
牧場(家畜等含む)		1,685,600
作物(花卉含む)		147,600
農業関係計		7,093,968 ㉔
治山		1,730,664
林道		272,500
森林		470,675
林業関係計		2,473,840 ㉕
漁具等		24,000
漁場		157,000
水産物		9,000
天草干場(降灰除去)		66,000
漁業関係計		256,000 ㉖
商工		2,700,000
商工関係計		2,700,000 ㉗
宅地		3,203,000
家屋・家財		4,318,000
家屋関係計		7,521,000 ㉘
電電公社		500,000
電電関係計		500,000 ㉙
東京電力		250,000
電力関係計		250,000 ㉚
降灰除去		75,910
降灰除去分計		75,910 ㉛
合計(㉑～㉛)		25,515,969

(昭和 59. 4. 6 確定)

三宅島の火山災害は、火山灰、スコリアの放出、粘性の低い玄武岩質溶岩の流出、マグマ水蒸気爆発などによるものである。溶岩流は地形的に低い谷を流れる傾向にあり、谷の出口に開けた集落は、溶岩流による災害の危険性が高くなっている。1983年噴火で被災した阿古地区では、1983年噴火以前に少なくとも2回（1643年およびそれ以前）溶岩流に覆われている。

また、海岸付近のようにマグマと水が接触する可能性の高いところでは、マグマ水蒸気爆発が発生する危険が高い。1983年噴火では、新瀨池から新鼻にかけてマグマ水蒸気爆発が発生したほか、1983年噴火以前にもマグマ水蒸気爆発が起こったことを示す地形が海岸線付近で多く観察できる。マグマ水蒸気爆発の破壊力は大きいため、集落の近くで発生した場合には、大惨事になったと推測される。さらに、避難に際してもマグマ水蒸気爆発は、大きな危険要素となる。

これまでの噴火記録によると、三宅島の噴火は前兆現象といわれる火山性の地震が噴火直前まで観測されず、2、3時間前になってはじめて地震が頻発し始めた。1983年噴火以降、観測体制の充実が図られ、1983年噴火の時には1台しかなかった地震計も増設され、次の噴火では前兆現象把握が期待されている。

1) 溶岩流抑制

1983年噴火では阿古地区に流入した溶岩に対して、放水による溶岩流抑制が試みられた。阿古地区に達した溶岩がすでに流動性を失っていたため、放水作戦が成功したとは言えないが、将来にも発生すると予想される類似のケースに対して役立つ資料が多数得られた。

2) 避難状況

三宅村から阿古地区に対しての避難の呼びかけは噴火確認の10分後から同報無線によって行われ、20分後15時50分からは避難を勧告する放送を流した。阿古地区の住民約600人が村営バスによって伊ヶ谷、神著等へ避難した。また、都道が溶岩流によって塞がれた後は、阿古漁港から漁船によって避難を行った。住民の避難は当日18時頃までにはほぼ完了し、翌日中には行方不明者の全員救出に成功した。三宅島では、噴火の一月前に三宅島の噴火を想定した東京都総合防災訓練が行われていたことも、被害を最小限に止めた要因の一つであろう。また、住民間のつながりが強いという地域特性も味方して、寝たきり老人を含めた集落全員の脱出に成功した。

3) 社会的影響

1983年噴火では幸いなことに人的被害はなかったが、溶岩流等によって住宅に被害を受けた住民は、集団移転を余儀なくされ経済的にも大きな負担を強いられることとなった。各産業においても溶岩流や降下火砕物による直接的な被害および噴火とその復旧作業のために長期間休業を強いられたことによる被害が発生した。前者では農林

水産業等が上げられる。また、三宅島は観光地としての開発にも力を入れており、観光業を中心とした関連産業にも影響が及んだ。

(2) 2000年(平成12年)の噴火

2000年6月26日18時30分頃から、活発な地震活動と山体の急激な膨張が観測され、6月28日朝には阿古沖の海底で小噴火が起こった。7月8日にはじめて山頂部で小噴火が起こり、同時に雄山山頂付近直径1kmが陥没した。陥没火口では7月14日～15日、8月10日に水蒸気爆発が起こった。8月18日夕方には直径50cmの岩塊が3.5km離れた都道にまで嘖きとばされる噴火が起こり、そのときの噴煙は15,000mにまで上昇した。8月29日早朝には、30℃の程度の低温火砕流が発生して、北麓、南西中腹に流下した。2000年の主な噴火の噴出物層序(堆積層の順序)分布を図付録1.20.5に示す。同年の噴出物の見かけ体積の総量はおおよそ0.01km³(中田ほか, 2001)でその過半は既存の溶岩、変質した溶岩の砕屑物であり、本質物の割合は最も高い8月18日噴出物で40%程度である(宇都ほか, 2001)。

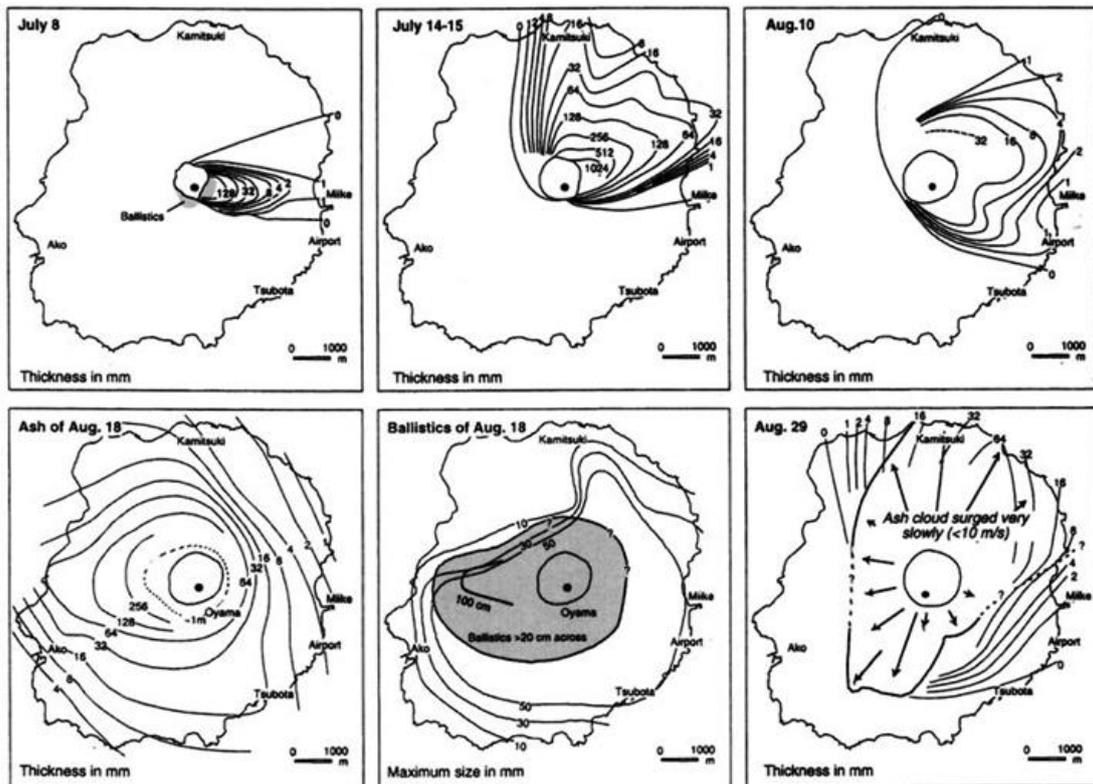


図 付録 1.20.5 2000年の主な噴火の噴出物層序分布(中田ほか, 2001)

2000年の火山活動では、犠牲者は出なかったものの、地震動、降灰、その後の泥流、火山ガスの放出などにより、三宅島全域にわたり大きな被害をもたらした。とりわけ、泥流による被害が深刻であり、43戸の住宅が被災したほか、道路や水道、電力、電話といったライフラインを遮断させている。2000年6月から12月までの間の被害状況を表 付録 1.20.4、表 付録 1.20.5 および図 付録 1.20.6 に示す。

表 付録 1.20.4 2000年噴火による主な被害状況 その1 (東京都, 2007)

被害種別	箇所	状況
道路・河川	ほとけざわ 仏沢	道路幅員のうち約 2/3 が延長 15m程度海側に損壊
	さんしちざわ 三七沢	山側の泥流堆積地に流路形成、道路上に土砂やコンクリート片散乱
	じごくだに 地獄谷	山側の土砂が一部海側に流出、泥流堆積地に流路形成
	しいとりじんじや 椎取神社	神社の屋根や鳥居の上端を残して泥流堆積、道路上にも数十mにわたり土砂が堆積
	かま しりざわ 釜の尻沢	山側のダムを泥流が越流、数棟に泥流が床上、床下まで流入
	ぼうたざわ 坊田沢	山側の村道にある橋梁が流木により閉塞、家屋2棟損傷
	いがやちく 伊ヶ谷地区	山側沢筋の村道決壊、泥流が家屋4棟の床上に流入
	からくりぼし 空栗橋	海側の道路擁壁 20m程度決壊、道路の一部損壊、多数の流木
	東部、北部道路全般	道路上に泥流堆積、舗装面に凹凸発生
港湾・漁港	湯の浜漁港	泥流流入により泊地内の一部に堆積
	伊ヶ谷漁港	泥流流入により、船着場（施設の約 1/3）及び物揚場の一部が使用不可能

表 付録 1.20.5 2000 年噴火による主な被害状況 その 2 (東京都, 2007)

港湾・漁港	坪田漁港	地盤沈下により、漁港全体が沈下、満潮時には漁港接岸が困難
空港	三宅島空港	泥流入入及びこれによりフェンスの倒壊(52m)発生
水道	水源(大路、金層)	泥流による埋没やシャフト固着有
	送水管(伊ヶ谷、三七沢、立根)	〃
	ポンプ場(見取畑)	〃
電気	島内全域	泥流により配電線寸断
電話	坪田地区	泥流により屋外通信ケーブル損傷
農業	島内全域	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰・泥流被害 農地(249ha)、村営牧場(171.8ha)、農業用水施設(3施設) ・農道の路面崩壊、法面崩壊(4路線) ・農作物被害(枯死及び収穫不能) ・家畜被害(牛、豚)(66頭) ・パイプハウス倒壊(646棟) ※帰島時までの被害
林業	島内全域	<ul style="list-style-type: none"> ・山腹崩壊(35カ所以上) ・林道の路面崩壊、法面崩壊等(全10路線) ・人工林・天然林の枯死、倒伏等(推定2,190ha)
漁業	漁場・漁港	<ul style="list-style-type: none"> ・漁場への降灰、泥流、崖崩れ等による被害 ・漁業施設の破損等(蓄養施設、冷蔵施設、荷さばき場等)



図 付録 1.20.6 2000 年噴火による主な被災状況(東京都, 2007)

1.20.3 被害の特徴

三宅島火山では、山頂噴火の記録はわずかで、主として山腹からの割れ目噴火による溶岩の流下、スコリアの放出、マグマ水蒸気爆発が特徴的である。このため、被害の多くは溶岩流による家屋の埋没・焼失および火山灰やスコリアの堆積による家屋の倒壊であり、マグマ水蒸気爆発が生じた際には、スコリアの放出による被害も発生した。過去の事例からみて、情報の伝達体制が整っていれば、溶岩流による人的被害の可能性は低い。また人的被害こそ出ていないものの、2000 年噴火の際には泥流による家屋被害が報告された他、有毒な火山ガスの影響が懸念されている。

付録 1.21 西之島

直径約 30km の大きな海底火山の頂部に位置する安山岩の火山島である。島は、直径約 650m、幅 200m であったが、1973 年の噴火によって新島ができ、さらに活動を続けて旧島と連なった。2013 年に再び活動が活発化。溶岩流が流出し島の面積が著しく拡大した。

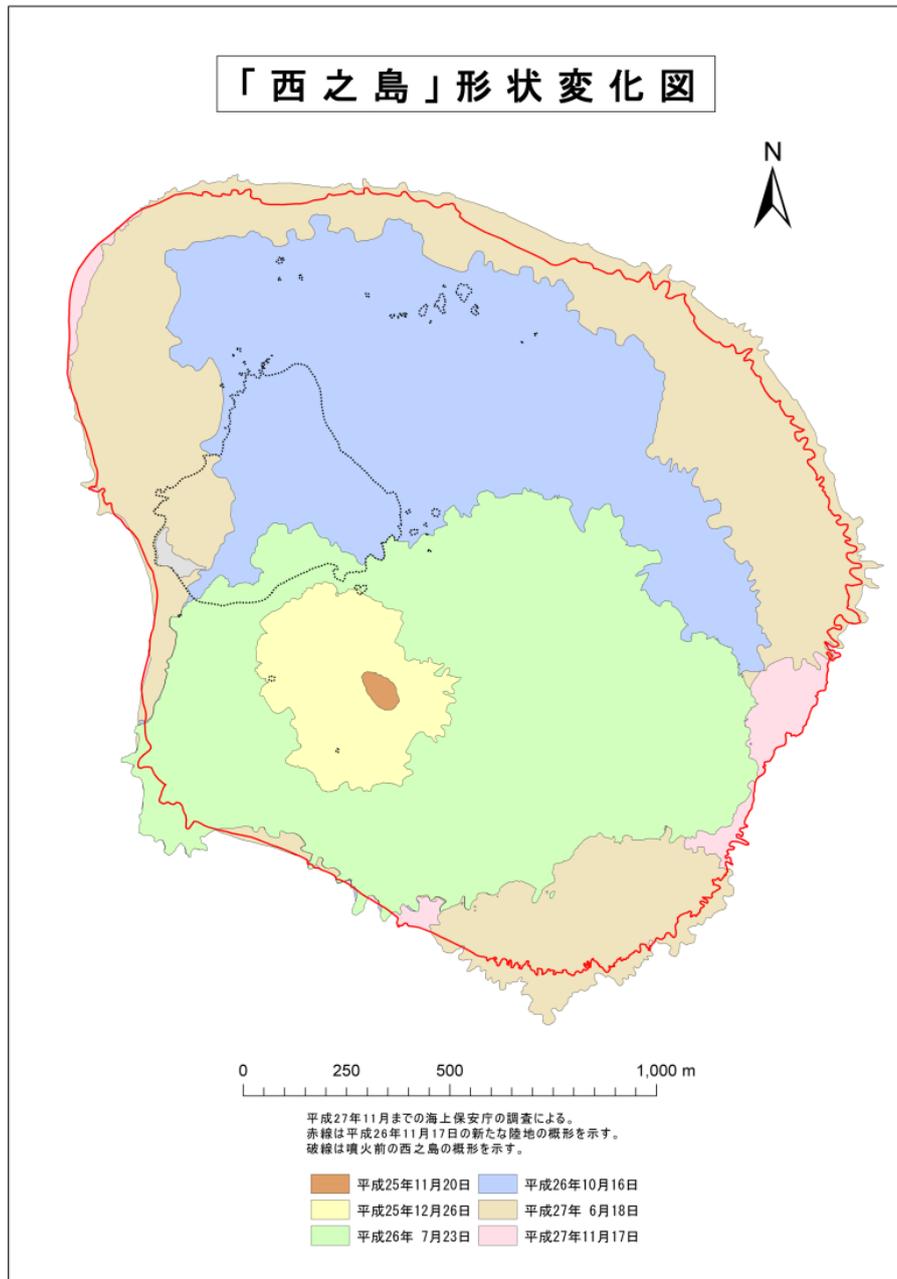


図 付録 1.21.1 西之島の地形(海上保安庁, 2015)

1.21.1 主な噴火・最近の活動記録

1973～1974年（昭和48年～49年）：4月12日、西之島の東方に変色海域が見られ、5月30日には白煙、6月27日には噴煙・噴石・水柱が見られた。7月11日に新島発見。9月には新島から溶岩が流出。新島の西に第2新島、第3新島が生じる。10月10日に第1～3新島が陸続きとなる。1974年3月2日には新島の島北端に新々島が出現した。

1976～2012年（昭和51年～平成24年）：1979年および1984年を除き毎年海水変色が認められた。

2013年（平成25年）：海上自衛隊からの連絡によると、11月20日10時20分頃、噴煙が確認された。その後の海上保安庁の観測（11月20日16時頃）によると、島の南東500m付近の海上に長径約300m、短径約200mの新島が出現し、噴火したことが確認された。その後の海上保安庁等の観測では、噴火の継続と溶岩流の流下、新島の拡大が確認され、12月26日の海上保安庁の観測では、新島の北側に伸びた溶岩流が西之島と接続し、両島が一体となっているのが認められた。（2015年1月現在）

1.21.2 活動状況の概要

2013年11月から開始した西之島の噴火では人命および建物への被害は報告されていない。しかし、その活動は特筆すべきものであり、陸地拡大過程は図 付録 1.21.2(1)～(2)、その活動状況は以下のとおり。

西之島から南東約500mの海域で11月20日より噴火を開始し、11月21日第1火口を形成した。同年12月24日には第1火口南東方向に第2火口が形成され、2つの火口から溶岩流が流出し、新たな陸地は火口を中心に北東、南東、西側へ拡大を続けた。2014年1月3日までに新たな陸地と西之島が接合し、3月24日に第2a火口、5月21日に第3火口が新たに形成された。その後第4～6火口を形成し、2014年9月までに第7火口（図 付録 1.21.3）を形成し、以後第7火口を中心に活動した。2015年12月22日には第7火口およびその他の火口での活動は観測されず、火口周辺で弱い噴気が観測されるのみとなった。

西之島地形図

海上保安庁

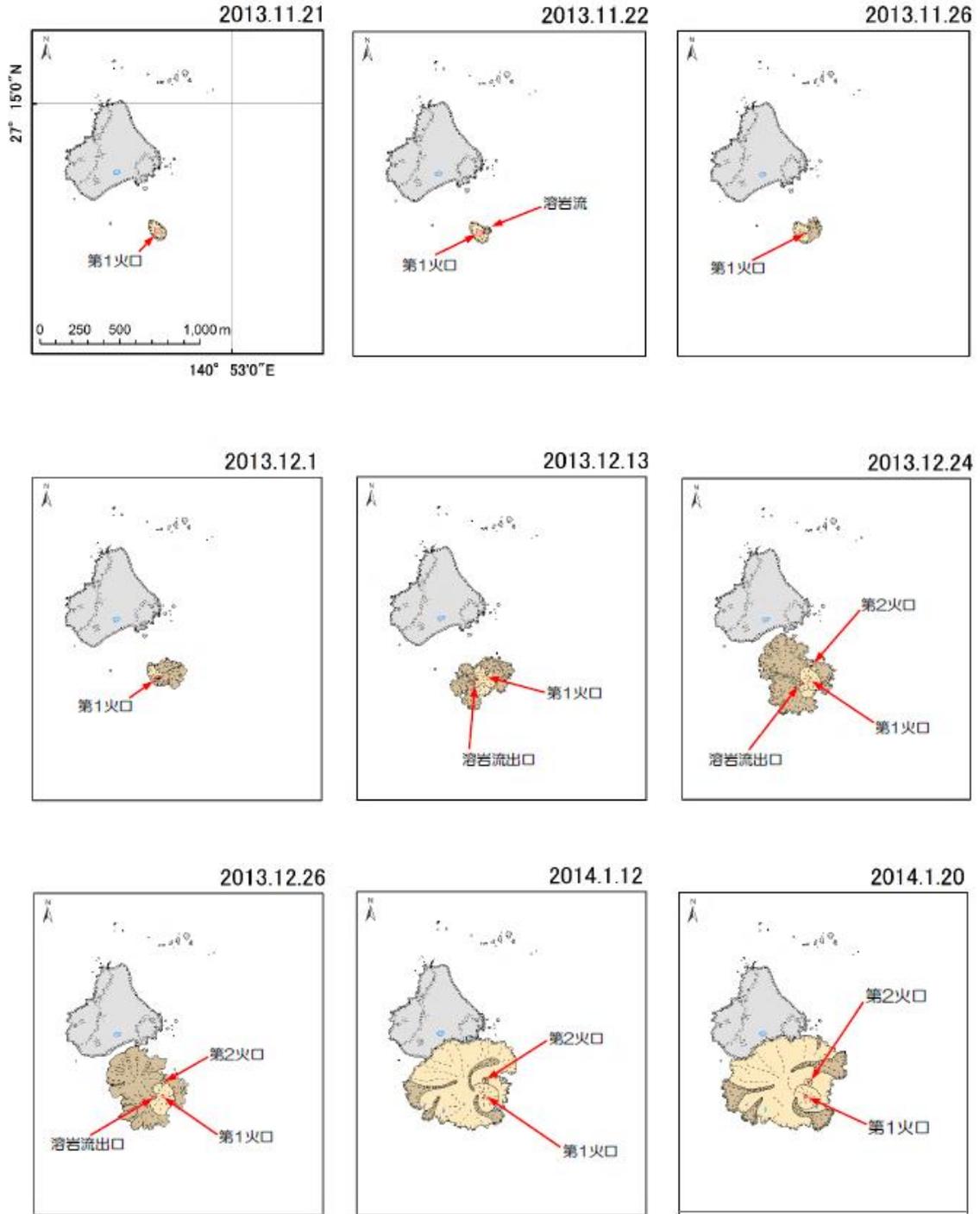


図 付録 1. 21. 2(1) 西之島の陸地拡大過程(海上保安庁, 2014)

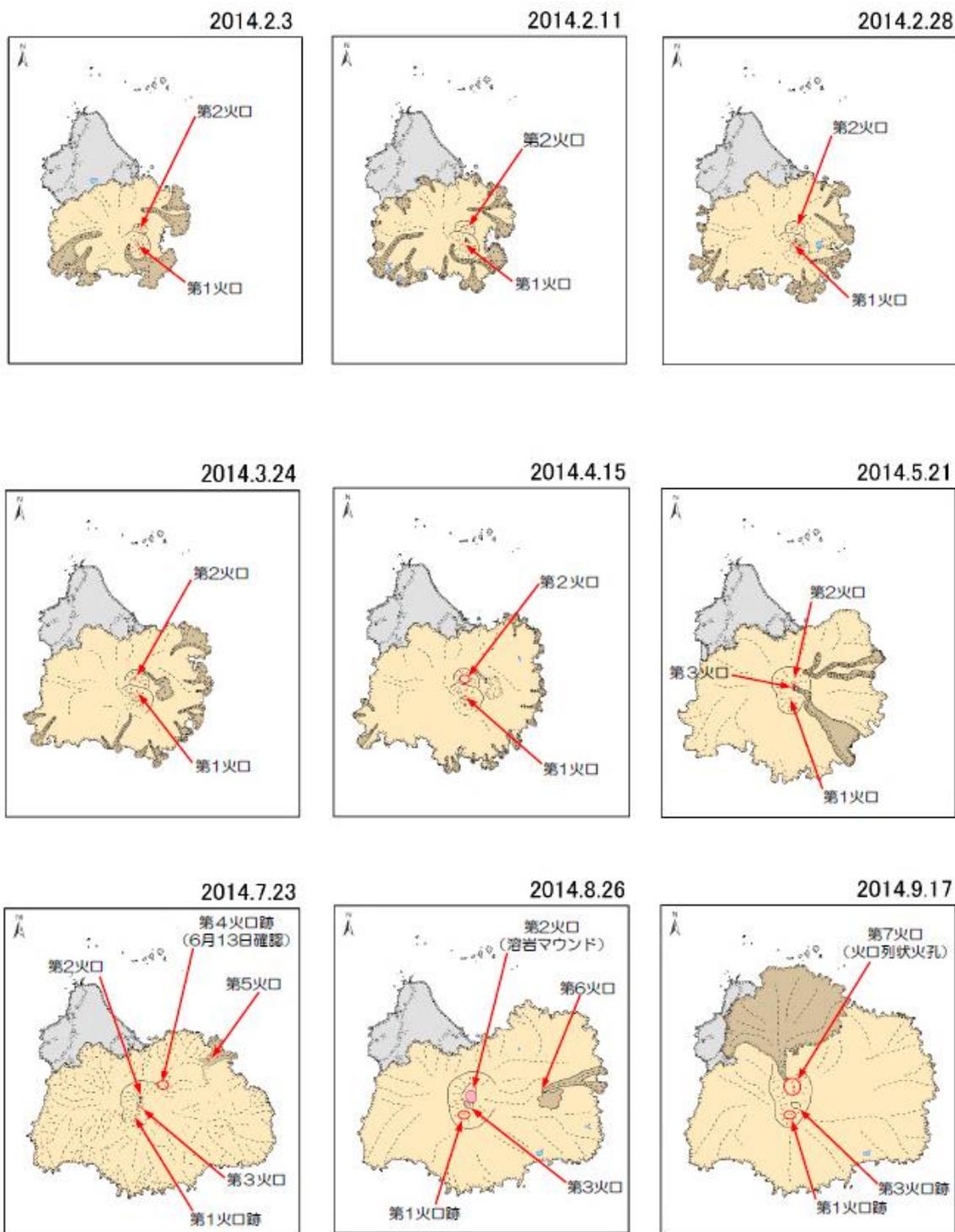


図 付録 1. 21. 2(2) 西之島の陸地拡大過程(海上保安庁, 2014)

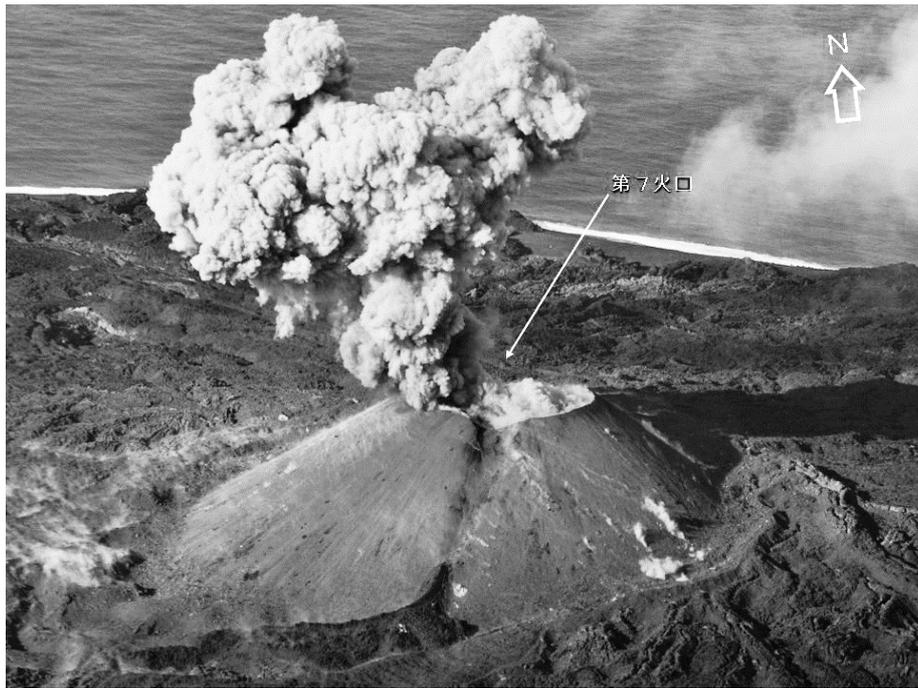


図 付録 1. 21. 3 西之島第 7 火口の噴火のようす(海上保安庁, 2015)

付録 1.22 九重山

九重山は大分県玖珠郡九重町南部から竹田市北部にかけて東西 15km にわたって分布する 20 以上の火山の集合体で、1,700m 級の火山が群立している。火山の多くは急峻な溶岩ドームで、一部は成層火山。山体の周囲を主に火砕流からなる緩傾斜の裾野がとりまく。約 1,700 年前に最後の大規模なマグマ噴火があり、黒岳溶岩を流出した。星生山（ほっしょうざん）の北東側山腹には活発な噴気孔群があり、水蒸気噴火や噴気活動の活発化が記録されている。1995（平成 7）年 10 月 11 日に星生山東山腹で噴火が発生し、熊本市まで降灰した。

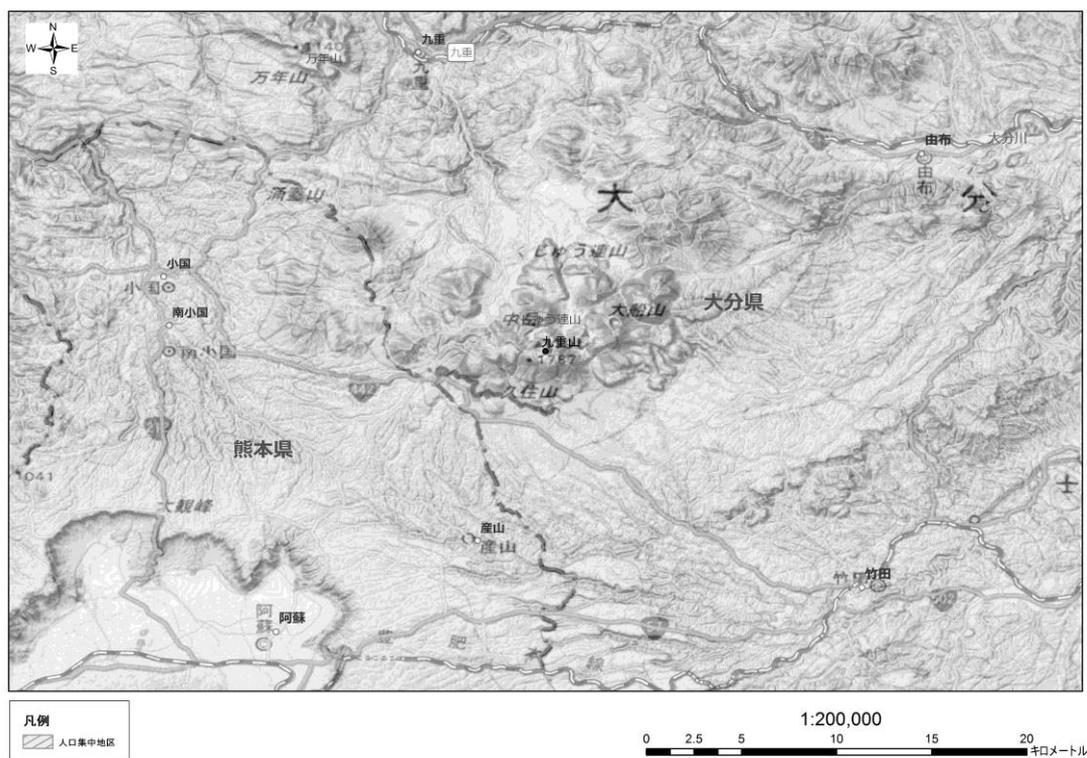


図 付録 1.22.1 九重山の地形

1.22.1 主な噴火・最近の活動

- 1662年（寛文2年）：やや規模の大きい噴気の突出、あるいは噴気地帯表層部の爆発が発生
- 1675年（延宝3年）：噴気の突出あるいは溶融硫黄の流出
- 1738年（元文9年）：やや規模の大きい噴気の突出、あるいは噴気地帯表層部の爆発と推測される。
- 1995年（平成7年）：10月11日、星生山東山腹で噴火発生。熊本まで降灰
本噴火イベント以後活発な噴気続く。12月に再び火山灰噴出
- 1996年（平成8年）：1月13日～14日に灰噴火があり、九重山周辺で極微量の降灰確認
3月中旬にも火口周辺で極微量の降灰が確認された他、地震が多発し火山性微動も3回観測された。
- 2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

付録 1.23 阿蘇山

大カルデラ（17×25km）内に中央火口丘（玄武岩から流紋岩）が配列している。現在中岳が玄武岩質安山岩の活動を続けており、ストロンボリ式噴火（赤熱噴石、スコリアの放出）、水蒸気爆発が主である。有史以来の活動記録は、553年（欽明天皇14年）以来百数十回を記録している。

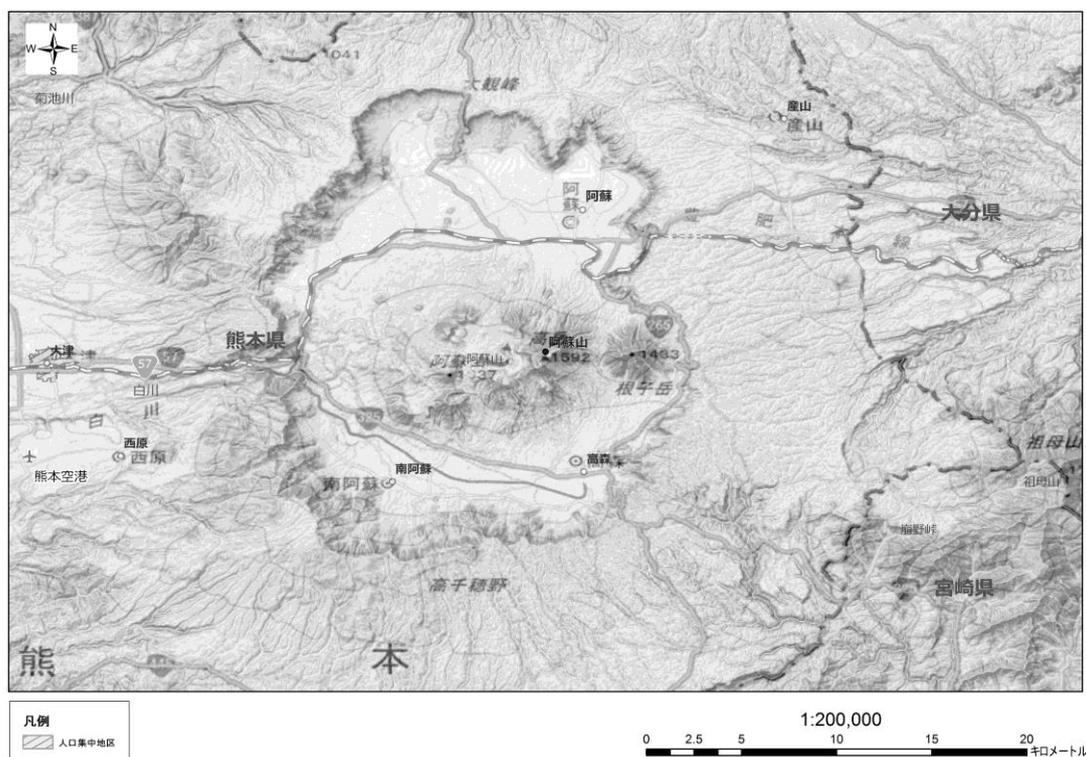


図 付録 1.23.1 阿蘇山の地形

1.23.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1872年（明治5年）：12月30日、噴火により硫黄採掘者が数名死亡
- 1932年（昭和7年）：12月9日に空振のため、阿蘇山測候所の窓ガラスが破損
17日～19日には噴石を盛んに飛ばし、火口付近で負傷者13名
- 1933年（昭和8年）：直径1mに達する赤熱噴石が数百m飛散した。空振により測候所の窓ガラスが破損
- 1953年（昭和28年）：第1火口で噴火し、噴石により観光客6名が死亡
- 1958年（昭和33年）：噴石が火口の西、1.2kmの阿蘇山測候所に達する。ロープウェー修理者12名が死亡、28名が負傷、山上の建物にも被害が発生
- 1965年（昭和40年）：山上の噴石により建物に被害が発生
- 1979年（昭和54年）：赤熱噴石活動。9月6日には火口北東のロープウェーの火口東駅で死者3名、重傷者2名、軽傷者9名を出した。近隣に降灰し、農作物に被害を出した。1月26日に爆発、3月8日には火口周辺で降灰
- 1985年（昭和60年）：5月6日～6月20日頃断続的に噴火

1989～1990年（平成元年～平成2年）：1月から火口底が赤熱し、7月16日に噴火活動が始まる。噴火は1990年12月まで断続的に続いた。

1992～1993年（平成4年～平成5年）：4月から土砂噴出が活発化、8～10月に活発に噴火、噴煙高度が最高2,500mに達する。噴火は1993年2月まで続いた。

1994～1995年（平成6年～平成7年）：断続的に噴火し、土砂噴出が断続的に続いた。

1997～1999年（平成9～11年）：火口底は湯だまり状態が続く。時折土砂噴出や噴湯現象が見られる。火山ガスにより2名死亡

2003年、2004年、2005年、2009年、2013年にもごく小規模な噴火が発生

2015年（平成27年）：阿蘇山中岳第一火口で9月14日に噴火が発生。9月同日、気象庁は阿蘇山の火口周辺警報（噴火警戒レベル3）を発表。人的被害はないが、ロープウェーや航空機運航が一部運休

1.23.2 被害の特徴

阿蘇山は、古くから活発な活動を続けているが、人的被害の記録は少なかった。しかしながら、最近では観光や火山観測等を目的として火口近くまで人が入り、建物が建設されてきたため、噴石による被害が目立つようになった。また火山ガスによる死者も報告されている。これに対して周辺の市町村では、噴火災害危険予測図を作成して周辺住民や観光客に注意を促している（図 付録 1.23.2 参照）。

付録 1.24 雲仙岳

雲仙地溝帯内にある安山岩・デイサイトからなる複合火山で、数個の溶岩ドームが分布している。有史以来の活動は、雲仙岳の東側の普賢岳で生じており、粘性の高い溶岩の流出や溶岩ドームの崩落による火砕流の流下等が発生している。また、火山活動に伴う地震によって山体の一部（眉山）が崩壊し、それによって引き起こされた津波により、対岸の熊本県にまで被害をおよぼした例もある。

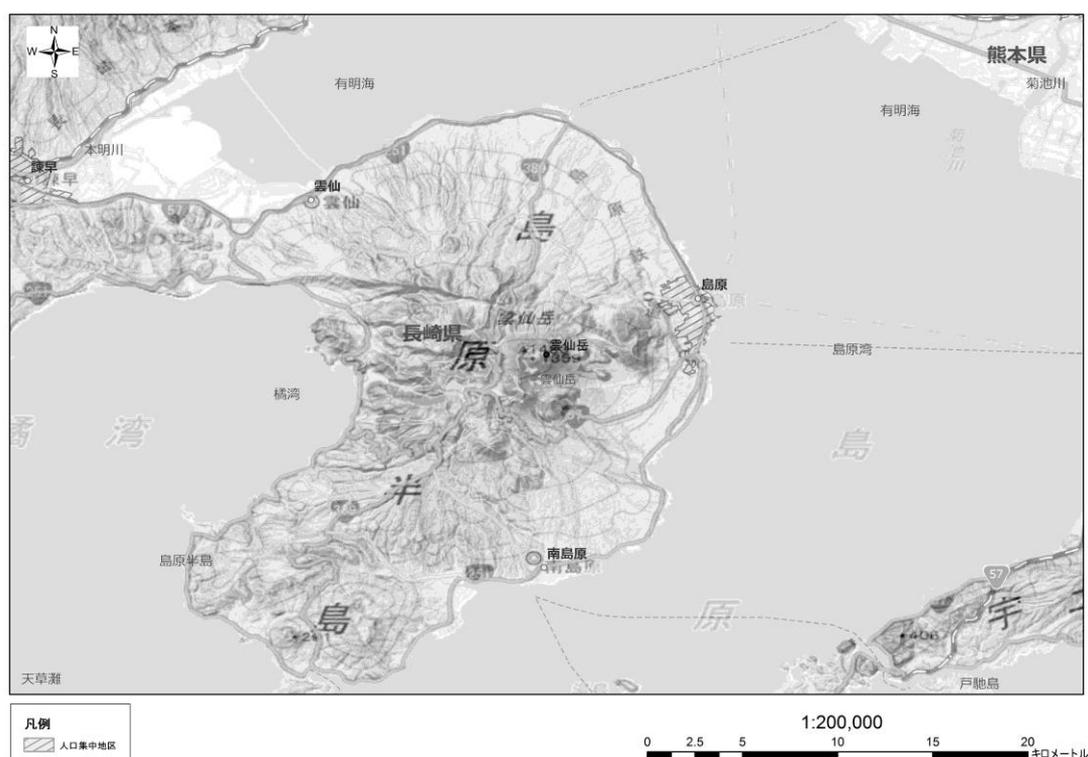


図 付録 1.24.1 雲仙岳の地形

1.24.1 主な噴火・最近の活動記録

1663年（寛文3年）：古焼溶岩の流出。翌年九十九島火口から出水し、赤松谷に沿って流下し、安德河原で氾濫した。

1792年（寛政4年）：3月1日に新焼溶岩流出。5月21日には地震とともに眉山が崩壊し、岩屑なだれが有明海に流れ込んだ。有明海に流れ込んだ大量の土砂は津波を引き起こし、島原および対岸の肥後・天草に被害を及ぼした。死者15,000人

1990～1995年（平成2年～7年）：1991年11月17日に噴火が始まり、1992年5月20日地獄跡火口に溶岩ドームが出現する。6月3日には火砕流によって死者・行方不明者43名、多くの家屋が焼失。また、同年6月30日、降雨による土石流で家屋に被害が発生し、その後も火砕流・土石流が繰り返し発生して、家屋や耕地・森林に被害が及んだ。山腹には、大量の火砕流堆積物が堆積しており、現在も豪雨による土石流の発生が懸念されている。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。

1. 24. 2 噴火被害の概要

(1) 1792年(寛政4年)の噴火

1791年から地震が始まる。

2月10日 土石を放出

3月1日 新焼溶岩が流出

4月29日 前山(現在の眉山)で地すべりが発生

5月21日 4月29日以降、地震活動はおさまってきたが、この日に2回の大きな地震と同時に前山が崩壊、島原および安徳村北名の港湾は埋没し、島原の町は1~3mの土砂が堆積、さらに島原湾に流入した土砂によって発生した津波によって島原および対岸の熊本で約15,000人が死亡

この噴火による当時の被害状況を表 付録 1. 24. 1 および図 付録 1. 24. 2 に示す。

表 付録 1. 24. 1 寛政の噴火による被害(村山, 1979)

島原領(幕府への被害届)	
一、在町本家流失	三千二百八十四軒
一、扶持人流死	五百八十人
一、在町流死人	八千八百三十五人、内男四千十八人、女四千八百十七人
一、出家流死	三十九人
一、社人流死	三人
一、山伏流死	十人
一、盲僧流死	四人
一、怪我人	七百七人、内百六人、養生不相叶、相果申候
一、穢多流死	六十七人
一、牛馬	四百九十六疋、内牛二十七疋、馬四百六十九疋
一、在方浦掛り旅人	船乗共流死、凡二百八十人程
肥後国(稿本寛政四年島原大變記、金井俊行、明治二十六年発行)	
天草郡 被害十八ヶ村海辺	
一、溺死人	三百四十三人、内男百四十八人、女百九十五人
一、流家	三百七十三軒
一、流死牛馬	百九疋
宇土郡・飽田郡・玉名郡 激浪の害沿海数十里に亘る	
一、流死	四千六百五十三人
一、負傷	八百十一人
一、死牛馬	百五十一疋



図 付録 1.24.2 大崩壊寛政四子年肥前国島原山々燃崩城下町々村々破損ノ図
(東京大学地震研究所所蔵)

(2) 1990～1995 年（平成 2～7 年）の噴火

1990 年 7 月から群発地震が始まり、11 月の水蒸気爆発に続き、1991 年 5 月に溶岩ドームが出現。溶岩ドームの成長に伴い、崩落型（メラピ型）の火砕流が相次いで発生した。

1991 年 6 月 3 日、火口から 4km 近く離れた東部山麓にまで火砕流が達し、研究者や報道関係者、消防団、住民等 43 名が死亡または行方不明となり、家屋も焼失した。その後も溶岩ドームの成長方向の変化に伴って流下方向を転じながら火砕流は頻発し、火口の北東から南西にかけての広い範囲で火砕流による家屋被害が生じた。また、山腹に大量の火砕流堆積物が堆積したため、梅雨期や台風時の降雨によって土石流が発生し、水無川や中尾川、湯江川流域の家屋には大きな被害が生じた。また、人的被害や家屋被害などといった物理的な被害とは別に、長い避難生活による経済的な被害、精神的な被害も大きな問題となっている。

1.24.3 被害の特徴

雲仙岳は粘性の高いマグマが活動している。1663 年（寛文 3 年）および 1792 年（寛政 4 年）の噴火では、山頂付近の火口から溶岩を流下した。溶岩の流下では、山林に被害が生じる程度であったが、1792 年の噴火では、火山活動に伴う地震によって眉山が崩壊し、

崩落した土砂によって発生した津波によって島原地域だけでなく、対岸の熊本を含めて大きな被害が発生した。

一方、1990年からの活動では、マグマ活動は溶岩ドームの形成という形をとり、溶岩ドームの崩落によって火砕流が発生して44名が死亡した。火砕流は溶岩流と異なり、流下を確認されてからの避難は困難で、人的被害も大きくなる傾向がある。1990年の活動では火山活動は長期化し、降雨によって発生した土石流による二次的被害も多数報告された。

付録 1.25 霧島山

加久藤カルデラの南縁部に生じた 20 を超える安山岩の小型成層火山碎屑丘からなる火山群である。有史以来、おもに御鉢火口と新燃岳山頂火口で六十数回の噴火が記録されている。

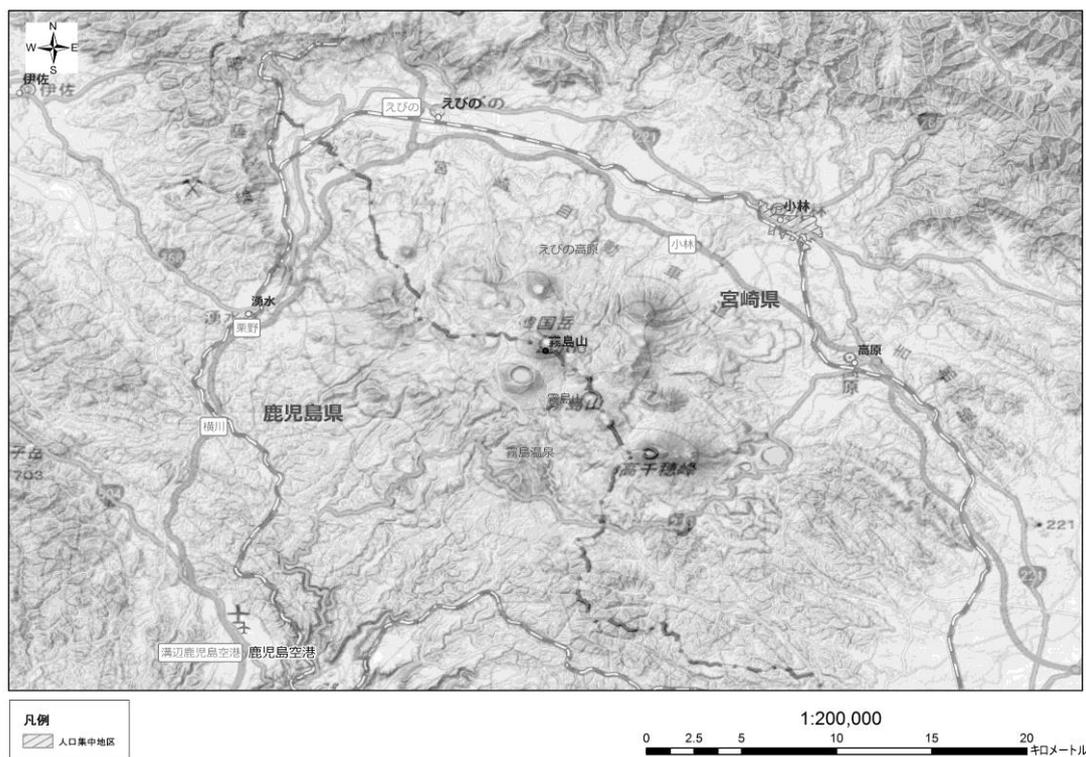


図 付録 1.25.1 霧島山の地形

1.25.1 主な噴火・最近の活動記録

742年 (天平14年) : 御鉢溶岩

788年 (延暦7年) : 御鉢スコリア流堆積物

1716～1717年 (享保元～2年) : 3月11日に泥流。新燃岳で噴火。南東方に火砕流を流出した。噴石によって死者5名、負傷者31名、神社・仏閣焼失、焼失家屋600余軒。山林・田畑・牛馬に被害、降灰砂によって死者1名、負傷者30名、家屋の被害134棟

1895年 (明治28年) : 10月16日に御鉢火口で噴火。御鉢から2、3丁 (220～330m) の地点で4名死亡。山麓の山ノ根では家屋22棟が焼失

1896年 (明治29年) : 3月15日に御鉢火口で噴火が始まり、噴石により登山者1名が死亡、1名が負傷。6月、12月にも噴火

1900年 (明治33年) : 御鉢火口で噴火、噴火口からおおよそ800間 (440m) までの範囲に噴石が落下し、死者2名、負傷者3名

- 1913～1923年（大正2年～大正12年）：この間御鉢火口で3回の噴火
- 1942年（昭和17年）、1949年（昭和24年）、1959年（昭和34年）に、硫黄谷（1959年は新湯）の温泉（熱水）変質帯で土砂崩れが発生し、旅館を埋没させ多くの死者
- 1959年（昭和34年）：2月17日に新燃岳で噴火、森林・耕地・農水産物に被害
- 1968年（昭和43年）：えびの市、吉松町で群発地震「えびの地震」が発生。最大地震は2月21日10時45分のもので、マグニチュード4.1、死者3名、負傷者42名、住家全壊368棟。震源は韓国岳の北西15km付近
- 1971年（昭和46年）：南南西山麓の手洗温泉付近で、ガスの噴出口が塞がれ小規模な水蒸気爆発が発生
- 1978年（昭和53年）：えびの市近傍で地震群発が発生
- 1989年（平成元年）：新湯温泉で、火山ガスによる中毒死2名
- 1991年（平成3年）：11月から新燃岳付近で群発地震が発生、11月24日には小規模な水蒸気爆発
- 1993年（平成5年）以降も断続的に新燃岳付近で地震群発が続く。
- 2007年（平成19年）：気象庁により噴火警戒レベルが導入され、レベル1に設定された。霧島山では新燃岳、御鉢でそれぞれ噴火警戒レベルが設定された。
- 2008年（平成20年）：新燃岳で小規模水蒸気噴火が発生、小林市方面で降灰が確認された。
- 2010年（平成22年）：3月30日から7月10日にかけて、小規模からごく小規模の水蒸気噴火が断続的に発生（計7回）
- 2011年（平成23年）：新燃岳で1月19日から9月上旬にかけて噴火した。小規模噴火の後、1月26日に準プリニー式噴火に移行した。同日気象庁により霧島山新燃岳の噴火警戒レベルが2から3へ引き上げられた。主な被害として空振により鹿児島県霧島市で窓ガラス等が破損、破損した窓ガラスによる負傷者が1名報告されている他、小さな噴石（火山礫）により、車のサンルーフ、太陽熱温水器や太陽電池パネルが破損する等の被害が報告されている。
- 2013年（平成25年）：霧島山新燃岳の噴火警戒レベルが3から2へ引き下げられた。

1. 25. 2 噴火被害の概要

(1) 2011年(平成23年)の噴火

新燃岳では、1月19日01時27分にマグマ水蒸気爆発と思われる小規模な噴火が発生した。天候不良のため噴煙の状況は不明であったが、新燃岳から南東方向の宮崎県都城市から日南市まで降灰が確認された。1月26日14時49分頃からマグマ噴火が始まり、18時50分には灰白色の噴煙が火口縁上2,000mまで上がり、南東方向に流れた。26日以降夜間に高感度カメラで火映を観測した。1月27日15時41分には中規模の爆発的噴火（爆発地震を伴い、空振計で一定基準以上の空振を観測）が発生し、噴煙が火口縁上2,500mまで上がった。

1月28日午前には火口内で溶岩が確認され、火口南西側に小規模な火砕流の流下も確認された（図 付録 1. 25. 2 参照）。

新燃岳噴火活動経過 (2011年1月19日～2013年10月15日)

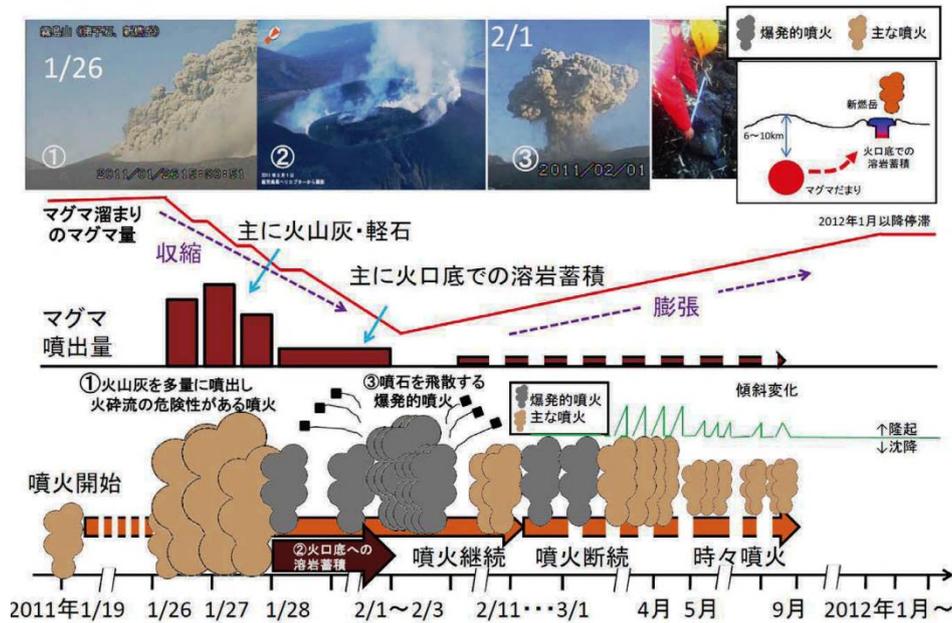


図 付録 1. 25. 2 新燃岳の活動経過 (気象庁, 2013)

2011年(平成23年)の新燃岳噴火では、鹿児島県霧島市、宮崎県都城市など山の南東側を中心に広い範囲で降灰が観測された(図 付録 1. 25. 3 参照)。人的被害では、負傷者が確認されているが、いずれも灰の除去中に脚立等より転落したことによるものであった(表 付録 1. 25. 1 参照)。交通では、降灰による通行止め区間が数か所発生した。農業面では、火山灰の重みによるビニルハウス、牛舎、倉庫の損壊、作物への火山灰の付着、ヤマメ養殖場で魚の死滅が発生した(表 付録 1. 25. 2 参照)。地元企業へのヒアリング結果からは、細かい灰が建物や精密機械内に入り、操業に支障が出た事業者もあったが、完全停止に追い込まれるには至らなかった(表 付録 1. 25. 3 参照)。商工会議所に寄せられた相談内容で最も多かったのは、顧客減少であり、降灰除去や空振対策に追われ本来業務に専念できないという意見も多く聞かれた(宇野ほか, 2011、内閣府, 2011。表 付録 1. 25. 4、図 付録 1. 25. 4 参照)。



↑ 都城市内の道路への降灰状況
(日中でも視界不良によりヘッドライトの点灯が必要)

↓ 都城市夏尾地区での降灰状況



ハウレンソウ畑の降灰被害状況



屋根に積もった火山灰を除去する住民

図 付録 1.25.3 降灰による被害状況写真 (内閣府, 2011)

表 付録 1.25.1 2011年噴火による被害状況 (人的・物的被害等) (宇野ほか, 2011)

項目		宮崎県			鹿児島県	
		都城市	高原町	小林市	霧島市	
人的被害	死者	0	0	0	0	
	行方不明者	0	0	0	0	
	負傷者	重傷	13	2	0	0
		軽傷	20	1	0	1
	計	36	3	0	0	
住家被害	損壊(全壊・半壊・一部損壊)	0	0	0	0	
	浸水(床上・床下)	0	0	0	0	
その他	空振被害*1	2	0	0	215	
	噴石被害*2	2	23	696	0	

*1 空振によるドア、自動車ガラスの破損

*2 噴石による自動車ガラス、太陽光パネル、屋根(波板)の破損

表 付録 1.25.2 2011年噴火による被害状況（農林水産業）（宇野ほか, 2011）

項目	県		内容	
	宮崎県	鹿児島県		
農業	農作物被害	12,554 ha (591,186千円)	147 ha (21,137千円)	<ul style="list-style-type: none"> ・ほうれん草, キャベツ等の路地野菜の一部が収穫不能 ・きゅうり, いちご等の施設野菜の一部では, 光線透過率の低下, 除灰作業に追われるあまり栽培管理が行き届かず, 収量・品質低下 ・飼料作物の一部が収穫不能や収量低下
	農地・農業用施設	665 箇所 (595,000千円)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・灰の重みや空振によりビニルハウスが破損 ・牛舎や倉庫が, 噴石や灰の重みにより破壊・倒壊 ・農地, 農業用施設, 農道, 水路等が埋没し, 営農に支障をきたす。
林業	特用林産	37.14 ha (14,625千円)	3箇所 (100千円)	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰により, 原木しいたけの一部が出荷 ・降灰により, しいたけ生産用ビニルハウスの倒壊
	森林施業	—	—	・降灰により間伐, 伐採作業に支障をきたす。
水産業	養殖業	(1,300千円)	—	・降灰により一部の養殖場でヤマメ稚魚がへい死

表 付録 1.25.3 2011年噴火による被害ヒアリング結果（都城市内企業）
（宇野ほか, 2011）

項目/企業	T社	S社	M社	K社	
会社規模	資本金 1億8000万円(全社) 従業員 110名	資本金 36億円(全社) 従業員 約80名	資本金 9億6000万円(全社) 従業員 約500名	資本金 2200万円(全社) 従業員 約360名	
事業内容	各種機械のモーター, 競技用タイマーの製作	プラスチックフィルムコンデンサ等, 電子部品の製作	牛乳, 乳製品等の製造および販売	酒類の製造および販売	
被害状況	建物被害	降灰あり	5cmほどの降灰あり	敷地内, 屋根に降灰あり	
	設備被害	なし	一部作業停止(評価中)	シャッター開閉部に灰が入り込む(工場内への影響なし)	
	従業員への影響	・通勤等, 支障なし	・少し早い目の通勤で安全確保 ・健康問題も発生せず	・マスク着用を奨励 ・目の異常を訴える人がいる	・インフルエンザ対策で購入していたマスクを活用
対応と対策	降灰除去	・かわら業者に委託 ・従業員も作業に従事	・市役所に相談後, 業者委託 ・手動スーターを購入	・業者委託(10トラックで20台分) ・従業員80人, 2日間対応	・従業員35名, 1日対応
	主な対応	精密機械を取り扱っているので外気が入ってこないように出入り口を最小限にした	・降灰の除去 ・足マットの設置 ・散水機の導入 ・壁や窓の隙間にテープを張り, コーティングを実施 ・従業員へのマスク配布	・商品出荷時に着灰しないようフィルムで梱包 ・お見舞いとして取引先等からマスク, 掃除機の提供を受ける	・製品パッケージへの灰はエア除去
	今後の対策	・上記の対策を継続 ・BCP策定のきっかけとしたい	・撤入口前に前室を増設予定	・特になし	・イベント中止による影響の対策
他の災害の影響	【東日本大震災】 ・サプライチェーンの断絶 ・仕入先からの供給ストップ	【東日本大震災】 ・基盤の入手が困難 ・東北の取引先の製造拠点変更を検討中	【東日本大震災】 ・ミネラルウオータ増産し, 支援物資として送付 ・パッケージ, ペットボトル, キャップの確保が困難でこれ以上増産できず	【東日本大震災】 ・パッケージ調達困難 ・東北地方の配送センターが倒壊し, 販売減 ・イベント中止による影響	

表 付録 1.25.4 2011 年噴火による被害ヒアリング結果（商工会議所）（宇野ほか, 2011）

項目／団体名	都城商工会議所	山田町商工会	高原町商工会
被害状況	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰で出荷直前の農作物に被害あり ・中小企業に多少なりとも被害あったが操業停止に至ったところはない ・飲食店ではキャンセルが相次いだ 	<ul style="list-style-type: none"> ・降灰で道路のセンターラインがわからないスリップ事故の可能性も高まる ・一番影響を受けたのは旅館業、ゴルフ場 ・外出控えることにより来店者減少 ・豆腐製造の機械が降灰被害 ・3/27 時点で各商店の営業は 80%回復 	<ul style="list-style-type: none"> ・製材に灰が付き商品価値が下がった ・精密機械の誤作動 ・先行きが見えないことに対する不安とストレス
対応と対策 今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・農業に対する支援は各種制度が充実しているが商工業に対する支援は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・建材屋でスコップが飛ぶように売れた ・建設業者による降灰除去作業（当初はボランティアとして自発的に） ・職員の健康管理はマスク配付で対応 ・噴火と言えは「桜島」、新燃岳の噴火は考えていなかったため、対応が遅れた ・道路の降灰については機械で処分したが屋根については放置したまま ・山間部の降灰については放置されたまま ・長期化すれば雇用問題に影響も 	<ul style="list-style-type: none"> ・国や県に降灰除去支援を依頼 ・自然と共生するかたちの農業を目指す ・今の時代も「土農工商」、工業と商業に対する支援が少ない
他の災害の影響	<p>【口蹄疫】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対策は自助努力によるところが大きい ・街の中心部にある大型店に人事再生法適用 ・宮崎ナンバーの車を入れないなどの風評被害、売り上げ減少、キャンセルが相次いだ <p>【東日本大震災】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・顕著な影響はまだ見られない 	<p>【口蹄疫】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直接被害はなかったが、宴会等の自粛で飲食店や旅館が影響を受けた <p>【東日本大震災】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クラブチームのキャンセルが相次いだ ・流通に顕著な影響はまだ見られない 	<p>【口蹄疫】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・復興対策でプレミアム商品券配布過去最高の売り上げを記録した <p>【東日本大震災】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・顕著な影響はまだ見られない

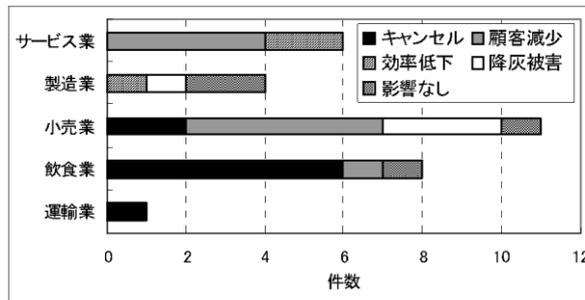


図 付録 1.25.4 商工会議所への相談内容（宇野ほか, 2011）

1.25.3 被害の特徴

被害の多くは、熱い噴石によって生じている。享保年間の噴火では熱い噴石によって死者が出たほか、山麓の家屋が焼失した。近年では火口付近で登山者が噴石によって死亡した。また、享保年間（1716～1717 年）の噴火以降に、新燃岳では少なくとも 3 回の小規模な火砕流が発生し、山腹まで流下したことが確認されている。近年では、山頂付近まで土地利用が進んでおり、火砕流災害の危険が考えられる。

一方、火山が噴火していないときでも、噴気活動によって生じた変質帯では小規模な水蒸気爆発や地すべりが発生し、土砂災害による犠牲者が出ている。2011 年の噴火では噴石による建物被害のほか、空振により破損した窓ガラスによる負傷者も報告されている。

(M=6.1)。地震および噴火による被害は、埋没、全焼、全壊家屋2,269棟、死者・行方不明者63名

1946年（昭和21年）：1月から溶岩を流出し、死者1名、農作物に被害を出した。

1974年（昭和49年）：6月17日、8月9日 土石流が発生し、8名死亡

1955年（昭和39年）～：現在に至るまで、南岳で断続的に噴火活動が続く。

活動はブルカノ式噴火・連続噴火であり、降灰、噴石、火砕流および土石流が発生。降灰による農作物被害や路面電車の運休、噴石や空振による車・航空機・建物のガラス破損被害が数多く報告されている他、降灰後土石流による道路寸断や橋梁の破壊などが発生。なお、土石流では人命の損失も報告されている。

2007年（平成19年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル2に設定された。

2008年（平成20年）：2月、噴火警戒レベル3へ引き上げ。数回のレベルの上げ下げを経て8月に噴火警戒レベル2へ引き下げ

2009年（平成21年）：2月、噴火警戒レベル3へ引き上げ。数回のレベルの上げ下げを経た後レベル3を維持

2010年（平成22年）：9月、噴火警戒レベルは2に引き下げられたが、同年11月にレベル3に引き上げられた。

2015年8月、噴火警戒レベルが4に引き上げられたが、9月にはレベル3、11月にはレベル2へ引き下げられた。

図 付録 1. 26. 2 に桜島の歴史時代の溶岩流の流下状況を示す。

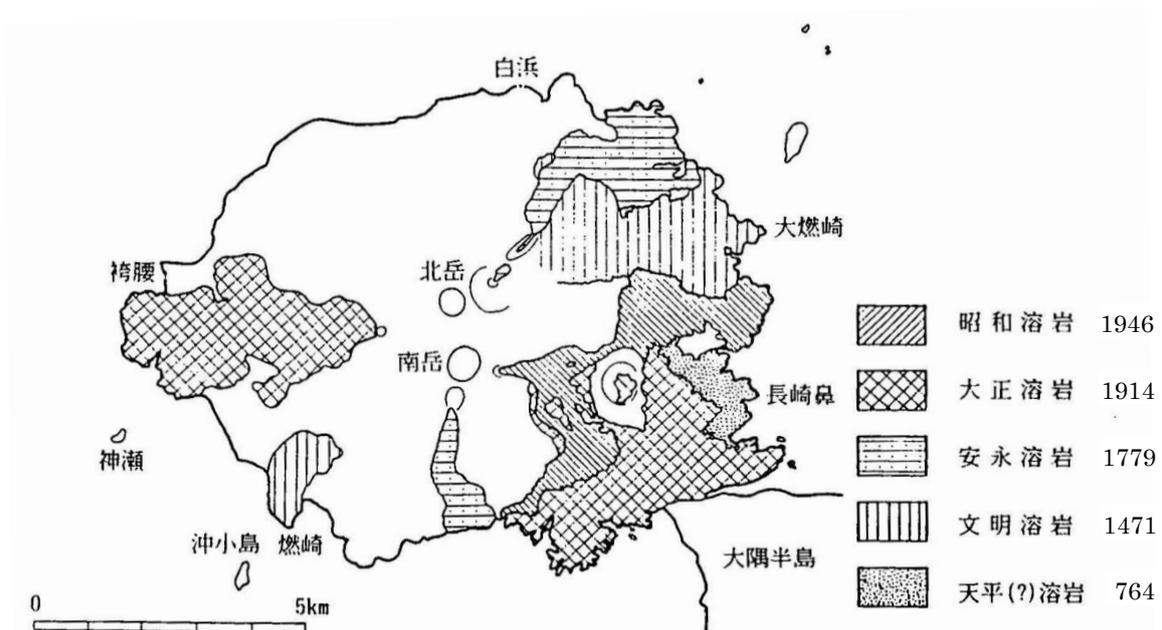


図 付録 1. 26. 2 桜島の歴史時代の溶岩流(小林, 1991)

1. 26. 2 噴火被害の概要

(1) 1779 年（安永 8 年）の噴火

「桜島燃亡霊等碑文ニヨレバ、古里ニ六人、有村ニ五十七人、脇村ニ三十四人、瀬戸村ニ四十六人、黒神村ニ五人ニシテ合計百四十八人」（震災予防調査会, 1918）

被害は、熱い噴出岩塊・溶岩流によって生じている。

(2) 1914 年（大正 3 年）の噴火

1 月 10 日から始まった地震は、翌 11 日に頻発し 12 日の 6 時まで 337 回の地震を記録した。12 日の 10 時頃、南岳西側中腹（標高約 570m）ついで南東側中腹（標高約 470m）で噴火が始まった。西方に流出した溶岩流は横山村を埋没し、南東方向の溶岩は、脇・有村・瀬戸の各村落を埋没し桜島と大隅の間の瀬戸海峡に流入し、これまで島だった桜島が陸続きとなった。噴火に先立つ地震（M=7.1）により鹿児島市内で家屋の倒壊、土壁や石垣の崩落が各所であり、29 名の死者が出た。

(3) 1955 年（昭和 30 年）からの噴火

1955 年から始まった噴火は、南岳山頂からのストロンボリ式噴火で、活動度に変化はあるものの 2015 年現在も断続的に続いている。一連の噴火で、噴出岩塊による死傷者、車のガラスやサンルーフなど家屋への家屋被害、農作物被害等が発生した。また、爆発火に伴う空振によって、窓ガラスが割れるなどの被害が発生した。上空に噴き上げられた噴煙は、航空機の窓ガラスに傷をつけた。図 付録 1. 26. 3 には桜島の噴火回数を示す。

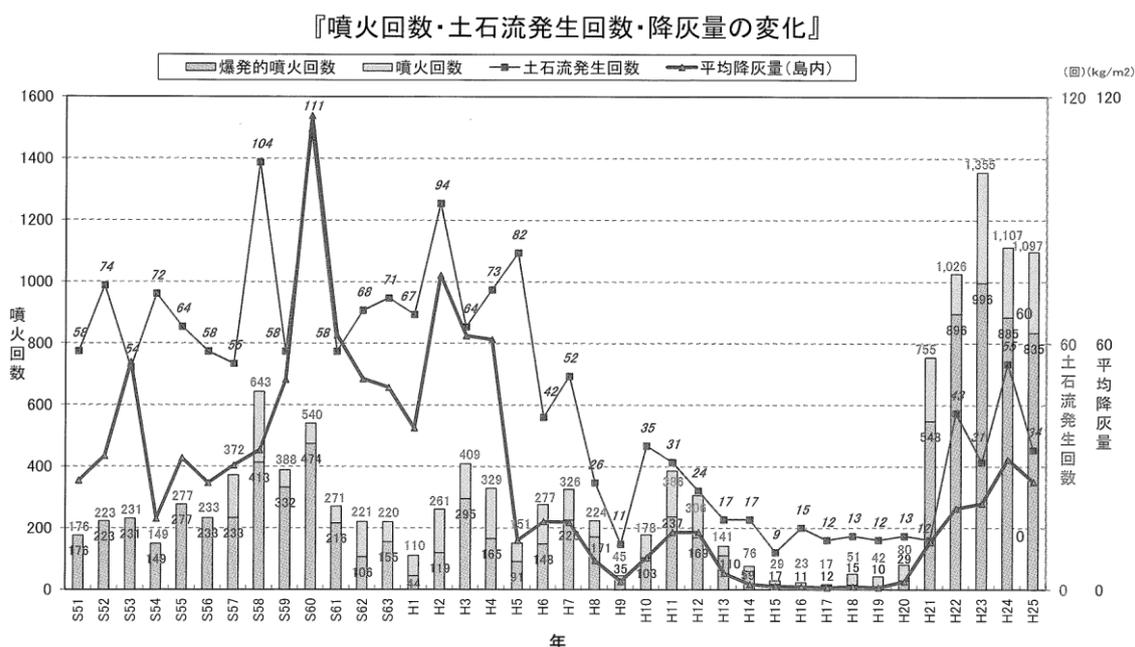


図 付録 1. 26. 3 桜島の爆発回数(国土交通省大隅河川国道事務所, 2014)

1.26.3 被害の特徴

桜島では、爆発的な噴火による噴出岩塊、溶岩の流下、土石流、空振等の被害が多く発生している。赤熱する噴出岩塊によって島内の人家で火災が発生している。また、過去には海底噴火により沿岸地域で津波の発生も報告されている。

付録 1.27 口永良部島

直径 12km のひょうたん型の火山島である。東部は安山岩質の成層火山である古岳・新岳等があり、有史以来の活動は新岳の水蒸気爆発だけで現在も活動的である。

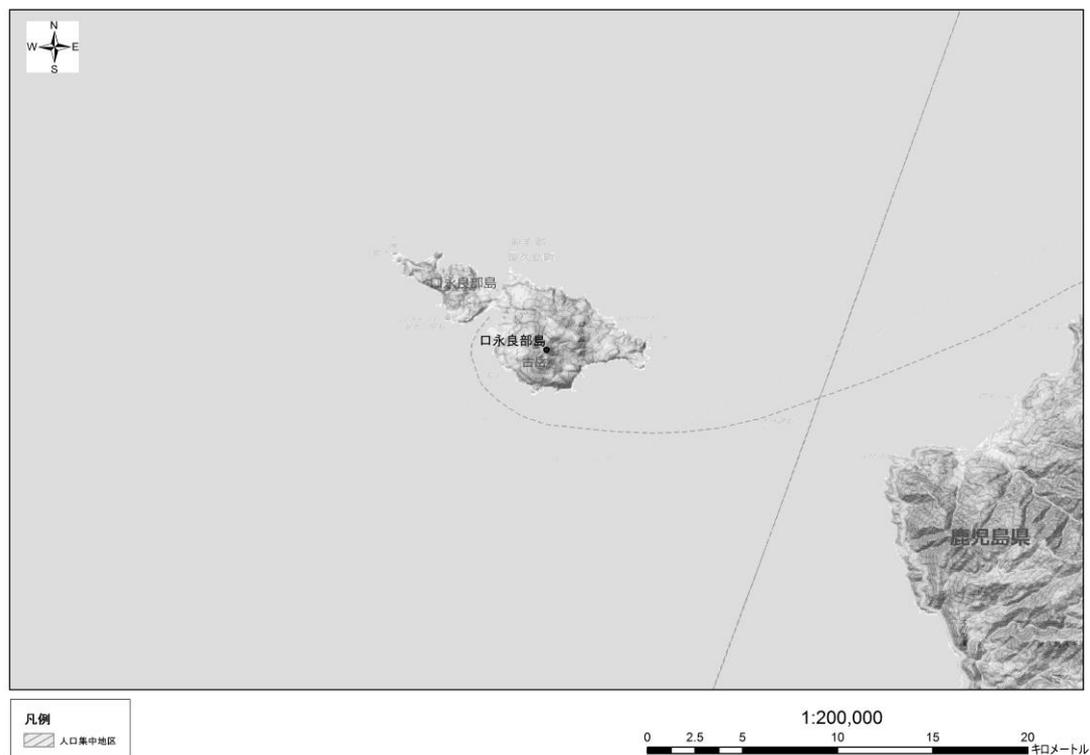


図 付録 1.27.1 口永良部島の地形

1.27.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1841年（天保12年）：8月1日、噴火によって村落が焼亡し、多数の死者
- 1931年（昭和6年）：4月2日、新岳の西側山腹で爆発し、土砂崩壊によって負傷者2名、馬・山林田畑に被害
- 1933～1934年（昭和8年～9年）：12月24日から1月11日にかけて数回噴火し、七釜集落に被害
- 1966～1980年（昭和41年～昭和55年）：この間、散発的に噴火が続く。
- 1982年（昭和57年）：10月に新岳火口北東に噴気孔が4ヶ所生成された。
- 1996～2011年（平成8年～23年）：新岳付近で地震動や火山性微動が群発した。
- 2007年（平成19年）：気象庁により噴火警戒レベルが導入され、レベル2に設定
- 2008年（平成20年）：10月、気象庁により噴火警戒レベルが2から3へ引き上げられたが、2009年（平成21年）3月には再びレベル2へ引き下げられた。

2014年（平成26年）：8月3日、噴火発生。山頂火口から数百mの範囲に大きな噴石が飛散した他、南西側では海岸近くまで火山灰や火山ガスによる樹木の変色を確認した。この噴火に伴い、気象庁では噴火発生当日に噴火警戒レベルを3へ引き上げた。

2015年（平成27年）：5月29日に新岳において爆発的噴火が発生した。この噴火に伴って発生した火砕流が、新岳の南西側から北西側（向江浜地区）にかけて流下し、北西側では海岸まで達した。また火口周辺に大きな噴石が飛散。この噴火に伴い、気象庁では噴火発生当日に噴火警戒レベルを3から5へと引き上げた。これにより全島民が避難

1. 27. 2 噴火被害の概要

(1) 1933～34年の噴火

1933年から34年にかけて数回の噴火が発生し七釜集落が全焼。死者8名、負傷者26名、家屋全焼15棟、牛馬・山林耕地に被害が生じた。

(2) 2015年5月29日の噴火

5月29日に新岳において爆発的噴火が発生した（図 付録 1. 27. 2 参照）。この噴火に伴い火砕流が発生した。火砕流は新岳火口より全方位に流下したが、新岳より北西方向では、その流下が顕著であり海岸（向江浜地区）まで達した（図 付録 1. 27. 3 参照）。

火砕流が海岸まで達したため、気象庁は噴火警戒レベルを3から5へ引き上げ、全島民が避難した。この噴火により2名が軽傷を負った。

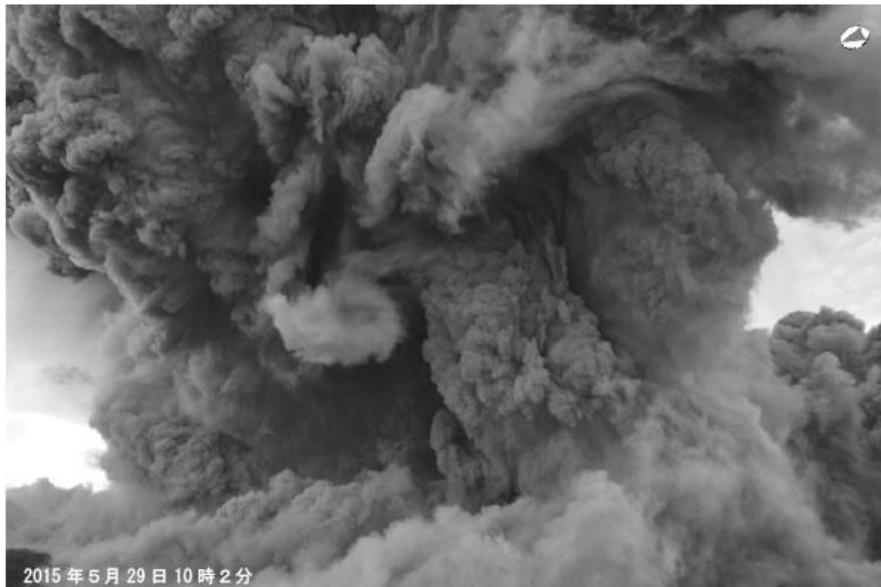


図 付録 1. 27. 2 2015年爆発的噴火に伴う噴煙と火砕流の状況（気象庁, 2015より）



図 付録 1.27.3 火砕流が到達した向江浜地区の状況 (気象庁, 2015)

付録 1.28 諏訪之瀬島

安山岩の成層火山で 8km×5km の島の頂部には二つの火口が南西―北東に並列している。有史以降はストロンボリ式噴火が主で、1956年（昭和31年）以降毎年噴火を続けている。1813年（文化10年）の噴火で全島民が島外に避難し、1883年（明治16年）まで一時無人島となった。現在は噴火活動の続く島で住民が生活をしている。

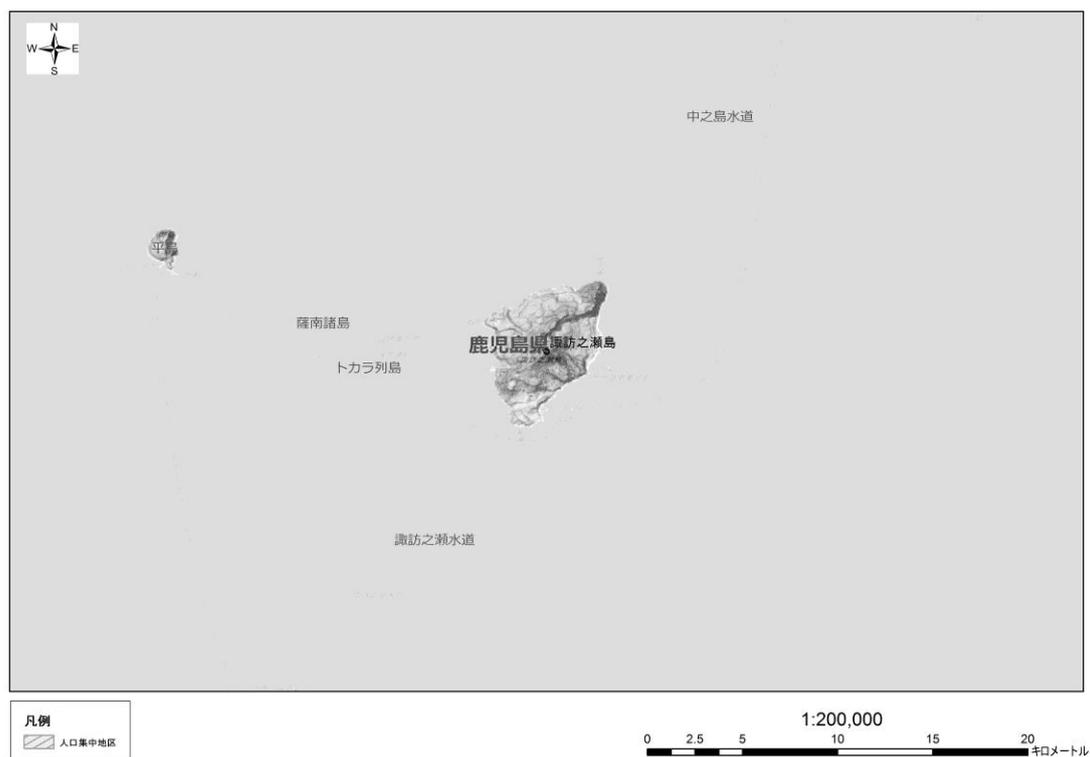


図 付録 1.28.1 諏訪之瀬島の地形

1.28.1 主な噴火・最近の活動記録

- 1813年（文化10年）：噴火により溶岩を流出し、海に達した。この噴火によって全島民が避難、1883年（明治16年）まで無人島となっていた。
- 1956年～（昭和31年～）：連続して活動が続く。
- 1997年（平成9年）：御岳火口で噴火があり、少量の火山灰が噴出
- 1999年（平成11年）：御岳火口で噴火。集落で時々降灰が確認された。
- 2000～2013（平成12年～25年）：御岳火口を中心に、毎年断続的に小規模および爆発的噴火が発生した。2000年、2004年には御岳火口周辺に新たな噴気孔が形成された。
- 2007年（平成17年）：気象庁による噴火警戒レベルが導入され、レベル2に設定された。

付録1 引用文献

- ・ 図 付録 1.1.1、図 付録 1.2.1、図 付録 1.3.1、図 付録 1.4.1、図 付録 1.5.1、
図 付録 1.6.1、図 付録 1.7.1、図 付録 1.8.1、図 付録 1.9.1、図 付録 1.10.1、
図 付録 1.11.1、図 付録 1.12.1、図 付録 1.13.1、図 付録 1.14.1、図 付録 1.15.1、
図 付録 1.16.1、図 付録 1.17.1、図 付録 1.18.1、図 付録 1.19.1、図 付録 1.20.1、
図 付録 1.22.1、図 付録 1.23.1、図 付録 1.24.1、図 付録 1.25.1、図 付録 1.26.1、
図 付録 1.27.1、図 付録 1.28.1 国土地理院データを基に国際航業株式会社が作成
- ・ 図 付録 1.2.2 気象庁(1971)：十勝岳火山活動報告 気象庁技術報告第74号
- ・ 図 付録 1.2.3 北海道防災会議(1971)：十勝岳 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策. 北海道における火山に関する研究報告書第1編, 97
- ・ 図 付録 1.2.4 国際航業：1988年12月25日撮影
- ・ 図 付録 1.4.2 勝井義雄・河内晋平・新井田清信(1988)：有珠山の噴火予測・災害予測および防災の問題科学研究費報告(北海道大学), 22
- ・ 図 付録 1.4.3 三松正夫(1962)：昭和新生山生成日記 壮瞥, 209
- ・ 図 付録 1.4.4 図 付録 1.4.5 勝井義雄・新井田清信・大沼晃助・大場芳志男・鈴木建夫・近藤祐弘(1978)：有珠山1977-1978年活動の火山地質学的研究 文部省科学研究費補助金 自然災害特別研究「有珠山噴火と環境変動」(研究代表者 関清秀), 3-12
- ・ 表 付録 1.4.2 飯田勝幸・石本正明(1978)：有珠山噴火と観光・洞爺湖温泉街の安全対策について 文部省科学研究費補助金 自然災害特別研究「有珠山噴火と環境変動」(研究代表者 関清秀), 465-485
- ・ 表 付録 1.4.3 北海道総務部(1983)：1977年有珠山噴火災害対策の現況
- ・ 表 付録 1.4.4、図 付録 1.4.6 国土庁土地局(1988)：土地保全基本調査(有珠山地区) 報告書一火山泥流災害の実態と対策一, 87, 84
- ・ 表 付録 1.4.5、表 付録 1.4.6 北海道(1980)：1977年有珠山噴火災害対策の概況, 275
- ・ 図 付録 1.4.7 廣瀬亘・田近淳(2000)：2000年有珠火山の噴火とその被害 応用地質 Vol.41 (2000-2001) No.3, 150-154_2
- ・ 図 付録 1.4.8 気象庁(2012)：火山活動解説資料(平成18年9月)
- ・ 表 付録 1.4.7 有珠山2000年噴火推移(中田, 2001に加筆) 中田節也(2001)：有珠山2000年噴火の推移 東京大学地震研究所彙報, 76, 203-214
- ・ 図 付録 1.4.9、表 付録 1.4.8、図 付録 1.4.12 北海道開発局室蘭開発建設部(2000)：平成12年有珠山噴火災害報告, 5, 50, 6
- ・ 図 付録 1.4.10 五十嵐光徳・近添幸司(2002)：有珠山火山活動による道路交通への影響について, 85

- ・ 図 付録 1.4.11 太田哲司・菊地 弘・今井淳次郎(2001)：有珠山噴火に伴う道央自動車道橋梁復旧対策の概要 橋梁と基礎, 2001-8 , 39
- ・ 図 付録 1.5.2 神津俣祐ほか(1932)：駒ヶ岳爆発研究報告 齋藤報恩会研報, 246
- ・ 図 付録 1.5.3 気象庁：駒ヶ岳昭和4年大噴火の推移 18.北海道駒ヶ岳 , 287
- ・ 図 付録 1.12.2 東京工業大学工学部・理学部・上智大学理工学部(1976)：草津白根火山1976年活動とその前後の水質・ガス成分の変化 火山噴火予知連絡会会報 7, 11-19
- ・ 図 付録 1.13.2、図 付録 1.13.3 浅間山麓埋没村落総合調査会・東京新聞編集局特別報道部共編(1980)：孀恋・日本のポンヘイ 東京新聞出版局, 124, 102
- ・ 表 付録 1.13.1、表 付録 1.13.2 大石慎三郎(1986)：天明三年浅間大噴火 角川書店, 74, 64-65
- ・ 図 付録 1.16.2 内閣府(2014)：平成26年御嶽山噴火非常災害対策本部第15回本部会議「第130回噴火予知連絡会」東京大学地震研究所資料, 48
- ・ 図 付録 1.16.3 東京大学地震研究所・産業総合技術研究所・山梨県富士山科学研究所・帝京平成大学・常葉大学(2015)：2015年8月19-20日の御嶽山山頂調査の速報, 3
- ・ 図 付録 1.16.4 気象庁地震火山部(2014)：御嶽山の火山活動資料（平成26年9月）, 3
- ・ 表 付録 1.16.1 内閣府(2015)：御嶽山の噴火状況について 平成27年8月11日非常災害対策本部資料, 2
- ・ 表 付録 1.17.1 宮地直道(1993)：富士火山1707年噴火の推移と噴出物の特徴 文部省科学研究費重点領域研究「火山災害の規模と特性」（研究代表者 荒牧重雄）, 112
- ・ 表 付録 1.17.2 静岡県(1989)：富士山噴火史, 174に基づく
- ・ 図 付録 1.18.2 神奈川県温泉地学研究所・伊豆半島ジオパーク推進協議会(2015)：箱根山2015年噴火の火口・噴気孔群（暫定版）温泉地学研究所報告書, 2
- ・ 図 付録 1.18.3 気象庁地震火山部(2015)：箱根山の火山活動解説資料（平成27年9月）, 4
- ・ 表 付録 1.19.1、図 付録 1.19.2、表 付録 1.19.2、表 付録 1.19.3、表 付録 1.19.4 東京都(1988)：昭和61年伊豆大島噴火災害活動誌, 17, 27, 43, 152, 169
- ・ 表 付録 1.20.1 荒牧重雄・早川由紀夫(1984)：1983年10月3・4日三宅島噴火の経過と噴火様式 火山 第2集 29 三宅島噴火特集号, S24-S35
- ・ 図 付録 1.20.3、図 付録 1.20.4、表 付録 1.20.2、表 付録 1.20.3 東京都(1985)：記録 昭和58年三宅島噴火災害

- ・ 図 付録 1.20.5 中田節也・長井雅史・安田 敦・嶋野岳人・下司信夫・大野希一・秋政貴子・金子隆之・藤井敏嗣(2001)：三宅島 2000 年噴火の経緯－山頂陥没口と噴出物の特徴－ 地学雑誌 vol.110, 168-180
- ・ 表 付録 1.20.4、表 付録 1.20.5、図 付録 1.20.6 東京都(2007)：平成 12 年(2000 年)三宅島噴火災害誌, 37, 38, 39
- ・ 図 付録 1.21.1、図 付録 1.21.3 海上保安庁(2015)：海域火山データベース, 海上保安庁ホームページ海域火山データベース
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo18-2.htm>
- ・ 図 付録 1.21.2(1)、図 付録 1.21.2(2) 海上保安庁(2014)：海域火山データベース地形図, 海上保安庁ホームページ海域火山データベース
http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/2013nishinoshima/nishinoshima_map140917.pdf
- ・ 図 付録 1.23.2 阿蘇火山防災会議協議会(1995)：阿蘇火山噴火災害危険区域予測図
- ・ 表 付録 1.24.1 村山 磐(1979)：雲仙岳 日本の火山(Ⅲ)－九州・南西諸島および付遍, 39-72
- ・ 図 付録 1.25.2 気象庁(2013)：第 127 回火山噴火予知連絡会資料(その 1)霧島山, 23
- ・ 図 付録 1.25.3 内閣府(2011)：松本防災担当・環境大臣の霧島山(新燃岳)の噴火等に係る現地調査報告, 4-6
- ・ 表 付録 1.25.1、表 付録 1.25.2、表 付録 1.25.3、表 付録 1.25.4、図 付録 1.25.4 宇野 宏司・中野 晋・粕淵 義郎(2011)：霧島連山・新燃岳の火山災害による事業所被災と自治体対応 土木学会論文集 F6(安全問題) Vol.67, No.2, 23-28
- ・ 図 付録 1.26.2 気象庁(2005)：桜島の溶岩流(小林哲夫原図) 日本活火山総覧, 563
- ・ 図 付録 1.26.3 国土交通省大隅河川国道事務所(2014)：桜島の土石流災害に備えて
- ・ 図 付録 1.27.2、図 付録 1.27.3 気象庁地震火山部(2015)：口永良部島の火山活動解説資料(平成 27 年 5 月), 3, 6

【付録 2】 28 火山の噴火一覧表

付録 2 28 火山の噴火一覧表

本調査で取り扱った 28 火山について、「火山の発達史的分類」、「主な災害要因」、「岩石化学組成」、「最近の噴火規模」、「噴火被害の特徴」および「主要な噴火・火山災害年表」を噴火一覧表として整理した。「主要な噴火・火山災害年表」の作成にあたっては、有史以降の噴火記録は活火山総覧（第 4 版）（気象庁，2013）を参照し、有史以前の噴火記録は、活火山総覧（第 4 版）に加え、火山を含めた日本全土の地形的発達の詳細に記載される日本の地形（東京大学出版）を参照し、山体形成など地形改変にかかわる規模の噴火記録を抽出した。

なお、取りまとめにあたって、噴火事例の多い火山では、噴火が一定期間断続的に発生し、かつ噴火場所、発生現象が同一なものはまとめて表記した。

また、「最近の噴火規模」に記載した VEI および DRE（マグマ噴出量）^注については、調査の範囲で判明した値を記載した。

注：DRE（マグマ噴出量）は噴出した総量をマグマの噴出量（ほぼ溶岩と同じ）に換算した値で、降下火砕物や火砕流の概ね 2.5 倍の密度

噴火一覽表 目次

表 付録 2.1	雌阿寒岳の噴火一覽表	182
表 付録 2.2	十勝岳の噴火一覽表	183
表 付録 2.3	樽前山の噴火一覽表	184
表 付録 2.4	有珠山の噴火一覽表	185
表 付録 2.5	北海道駒ヶ岳の噴火一覽表	186
表 付録 2.6	十和田の噴火一覽表	187
表 付録 2.7	秋田焼山の噴火一覽表	188
表 付録 2.8	岩手山の噴火一覽表	189
表 付録 2.9	蔵王山の噴火一覽表	190
表 付録 2.10	吾妻山の噴火一覽表	191
表 付録 2.11	那須岳の噴火一覽表	192
表 付録 2.12	草津白根山の噴火一覽表	193
表 付録 2.13	浅間山の噴火一覽表	194
表 付録 2.14	弥陀ヶ原の噴火一覽表	195
表 付録 2.15	焼岳の噴火一覽表	196
表 付録 2.16	御嶽山の噴火一覽表	197
表 付録 2.17	富士山の噴火一覽表	198
表 付録 2.18	箱根山の噴火一覽表	199
表 付録 2.19	伊豆大島の噴火一覽表	200
表 付録 2.20	三宅島の噴火一覽表	201
表 付録 2.21	西之島の噴火一覽表	202
表 付録 2.22	九重山の噴火一覽表	203
表 付録 2.23	阿蘇山の噴火一覽表	204
表 付録 2.24	雲仙岳の噴火一覽表	205
表 付録 2.25	霧島山の噴火一覽表	206
表 付録 2.26	桜島の噴火一覽表	207
表 付録 2.27	口永良部島の噴火一覽表	208
表 付録 2.28	諏訪之瀬島の噴火一覽表	209

表 付録 2.1 雌阿寒岳の噴火一覧表

火山名	雌阿寒岳	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山		降灰、泥流
岩石化学組成		最近の噴火規模
安山岩		2006年噴火 0.9万t (VEI0) 2008年噴火 1.2万t (VEI1)
噴火被害の特徴		
雌阿寒岳の噴火による人的被害の報告事例はないが、1952年から小規模な噴火を繰り返しており、2006年噴火では泥流を発生させている。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
1万3000年前	中マチネシリ火口より火砕流が四方に流下・プリニー式噴火で南東方にスコリア降下・溶岩流噴火	
7000～6000年前	ボンマチネシリ火口より溶岩流噴火	
5000年前	西山より火砕物・溶岩流噴火	
4000年前	北山より溶岩流噴火	
3000～2000年前	阿寒富士より火砕物・溶岩流噴火。泥流も発生	
400年前	赤沼火口より火砕物。泥流が発生	
1952～1966年	小爆発を繰り返した。	
1988年	1月4日から微動発生。1月5日～6日に小噴火、その後2月18日までに数回の小噴火を繰り返した。	
1989～1996年	ときおり群発地震が発生	
1996年	11月21日に水蒸気爆発が発生し、北北西から北に数十kmの範囲で降灰が観測された。	
1998年	11月9日ボンマチネシリ96-1火口でごく小規模噴火、火砕物降下	
2006年	3月21日ボンマチネシリ北西斜面および赤沼火口でごく小規模噴火。火砕物降下のほか、ボンマチネシリ北西斜面で泥流が発生した。噴火の前後で火山性微動や地震動が増加している。	
2008年	1月、9月、11月に地震動の増加が観測され、11月18、28～29日ボンマチネシリ96-1火口および第4火口で小規模噴火。火砕物の降下が確認された。	
2008年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル2)	

表 付録 2.2 十勝岳の噴火一覧表

火山名	十勝岳	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・砕屑丘・溶岩流		岩塊の噴出・降下火砕物・火砕流・泥流
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩		1962年噴火 0.071km ³ (VEI3) 1988～89年噴火 0.00074km ³ (VEI1)
噴火被害の特徴		
<p>十勝岳の噴火活動の多くは、火砕サージを伴う。このため冠雪期に火山活動が開始されると、噴火口付近の積雪が融け泥流を発生させる。1926年(大正15年)5月24日の噴火による144人の死者・行方不明者の大部分は泥流によるものである。このため行方不明者の割合が多く、また、人的被害のうちほとんどが死亡・行方不明となっている。1926年(大正15年)および1962年(昭和37年)の噴火当時、火口付近で硫黄の採掘が行われていたため、火口付近で採掘作業にあっていた硫黄鉱山の鉱員が多数死傷した。近年では死傷者が出るような噴火は発生していない。</p>		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
約4800～3400年前	グラウンド火口で頻繁に活動 主に降下火砕物、火砕流を噴出し泥流も発生している	
約2700～1900年前	旧噴火口近傍で水蒸気噴火	
約1900～1000年前	播鉢火口でマグマ噴火およびマグマ水蒸気噴火	
1670年	中央火口丘から溶岩流出	
1825年	中央火口丘の火口内の大噴で噴火	
1857年	中央火口で噴火	
1926年	大正火口で噴火、泥流発生	一次泥流による人命損失。融雪型泥流(二次泥流)による家屋・橋梁・鉄道の損壊
1927年	水蒸気噴火	
1928年	噴火。同年大正火口でも水蒸気噴火発生	
1952年	水蒸気爆発により昭和火口形成	
1954年	昭和火口において水蒸気爆発	
1956年	昭和火口において水蒸気爆発	
1958年	昭和火口において水蒸気爆発。昭和火口内で新たな噴気孔形成	
1959年	昭和火口にて水蒸気爆発。小規模泥流発生	
1961年	旧噴火口で弱い水蒸気爆発	
1962年	中央火口丘湯沼付近で噴火。噴石、降灰を生じた他、グラウンド火口南西壁沿いに62-0、62-1、62-2、62-3火口を形成。また62-2火口のまわりにスコリア丘を形成	噴石により大正火口縁の硫黄鉱山事務所を破壊。死者5名、負傷者11名
1988～89年	62火口付近で水蒸気噴火とマグマ水蒸気噴火発生。噴石、降灰のほか火砕流・泥流も発生した。噴火回数は28回にのぼる。	降灰による農作物被害、火山ガスによる空気汚染
2004年	2月25～26日ごく小規模な水蒸気噴火、4月19日62-2火口から火山灰混じりの有色噴煙、振幅の小さな火山性微動も発生。火山性微動は4月9、12日、11月にも発生	
2008年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	
2012年	6月30日に夜間に大正火口で火口が明るく見える現象が発生。7月1日に実施した上空からの観測で噴出物の痕跡なし。同日実施したガス観測で多量のSO ₂ (約600t/day)観測	これを受け十勝岳周辺の旅館の宿泊客等190名が自主避難した。

表 付録 2.3 樽前山の噴火一覧表

火山名	樽前山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
火砕丘・溶岩ドーム	噴石、降灰	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩	1909年噴火 0.02km ³ 1978年噴火 0.00004km ³ (VEI1)	
噴火被害の特徴		
噴石や火山灰の飛来が、山麓のほか、白老・苫小牧・千歳・札幌方面で認められた事例がある。山麓については、溶岩片が家屋の屋根を打ち抜いた例もある。1923年の噴火で噴石によって小学校教師2名が負傷している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
9000年前以前	Fp3 テフラが風不死岳より火砕サージを伴って噴出	
9000年前	プリニー式噴火2回、間に小規模火砕流(Ta-d テフラ)	
4600～4500年前	Fp4 テフラが風不死岳より噴出	
2500年前	火砕流を伴うプリニー式噴火2回発生(Ta-c1,2 テフラ)	
2000年前	プリニー式噴火が発生(Ta-c3 テフラ)	
1667年	9月23日プリニー式噴火(Ta-b テフラ)	
1739年	8月16日プリニー式噴火(Ta-a テフラ)。外輪山形成	
1804～1817年	マグマ噴火発生	
1867年	噴火。中央火口丘、溶岩ドーム形成	
1874年	噴火。1867年噴火でできた溶岩ドームが崩壊	
1883年	10月水蒸気噴火。降灰のほか、噴火口周囲が決壊	
1885年	1月、3月に山頂で水蒸気噴火発生(降灰)	
1886年	4月の水蒸気噴火(降灰)	
1887年	9月と10月に水蒸気噴火が発生(降灰)	
1894年	2月、8月に水蒸気噴火発生(2月降灰)	
1909年	3月噴火。火口より岩塊噴出(平均15cm)、12km遠方でも豆粒大の噴石。4月には大地震、降灰、中央火口での溶岩ドーム形成を確認	
1917年	4月30日に水蒸気噴火発生	
1918年	6月13日に小規模の水蒸気噴火(降灰)	
1919年	5月上旬、有感地震に後水蒸気噴火(降灰)	
1920年	7月水蒸気噴火が発生、火口拡大	
1921年	7月6日小規模の水蒸気噴火発生	
1923年	2、6、7、8月に噴火。8月噴火では噴石が札幌に飛来	8月、噴石で札幌の小学校教師2名負傷
1926年	10月19日に噴火。10月30日の噴火では噴煙では山麓で直径1.0～2.5cmの溶岩片が降下した。	10月30日、降下した溶岩片が人家3戸の屋根を打ち抜いたが、人畜の被害はなし。
1928年	1月4日、9月6日、10月25日に水蒸気噴火	
1933年	12月1日に水蒸気噴火が発生	
1936年	11月15日と25日に水蒸気噴火が発生	
1944年	7月2日に水蒸気噴火が発生	
1951年	1月、7月に水蒸気噴火が発生。7月の噴火では火口から小規模泥流発生	
1953年	9月14日に水蒸気噴火が発生(降灰)	
1954年	5月2日、11月19日に水蒸気噴火発生。5月の噴火では火口付近で少量の降灰と泥流を確認	
1955年	2月14日に水蒸気噴火が発生	
1978年	5月14日に小規模な水蒸気噴火が発生。粉体流が火口から約100m流下。支笏湖畔などに降灰	
1979年	1～5月に断続的に水蒸気噴火が発生(降灰)	
1981年	2月27日にごく小規模な水蒸気噴火発生(微量の降灰)	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.4 有珠山の噴火一覧表

火山名	有珠山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山・溶岩ドーム	火砕流、泥流、降下火砕物、地殻変動	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
玄武岩・安山岩・デイサイト・流紋岩	1977～78年噴火 0.09km ³ (VEI3) 2000年噴火 0.0009km ³ (VEI1)	
噴火被害の特徴		
有珠山での人的被害は、おもに火砕流・泥流・降下火砕物によって生じており、1663年、1822年、1910年、1943-45年、1977-78年の噴火でそれぞれ死者が出ている。特に、1822年の文政火砕流では旧虻田集落が全滅している。一方、建物の被害は上記のほかに、地殻変動によるところがあり、1943-45年、1977-78年、2000-01年には建物のほか、道路や水道施設への被害報告がされている。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
2万～1万年前	洞爺カルデラ南壁上に成層火山・溶岩ドーム群が形成	
1万～7000年前	ドンコロ山でスコリア噴火、東麓でスコリア噴火・火砕流が発生し、スコリア丘を形成	
8000～7000年前	山頂部からの噴火の後で山体崩壊により善光寺岩層なだれが発生	
1663年	8月16日に爆発、小有珠が形成	家屋の焼失または埋没、5名の死者を出した。
1769年	明和火砕流発生	南東麓民家が消失
1822年	3月23日文政火砕流発生	旧虻田集落全滅、死者50名、負傷者53名
1910年	7月25日に爆発が発生して土砂・岩屑を噴出。泥流も発生し、西丸山東部に明治新山を生じた。	7月24日の地震により虻田村で15棟が半壊・破損。泥流により死者1名
1943～45年	1943年6月23日に噴火が始まり、1945年9月まで隆起を続け昭和新高山が形成された。	7月11日には負傷者1名・家屋破損・焼失・農作物に被害、8月26日に泥流で死者1名・家屋焼失の被害が発生した。
1977～78年	1977年8月7日に軽石噴火発生、1978年7月マグマ水蒸気爆発。1978年10月には二次泥流が発生	1977年の噴火では、山頂部隆起により道路・建物・下水道施設に被害が生じた。1978年の二次泥流では、死者2名・行方不明者1名・住家・農林業・土木・水道施設等に被害が発生した。
2000～01年	2000年3月31日に西山西麓でマグマ水蒸気噴火。火口周辺に噴石、降灰は千歳まで到達。4月1日～中旬に金比羅山で小規模水蒸気噴火により65個の火口形成。幾つかの火口で熱泥流が発生。西山ではマグマ貫入により潜在ドームが形成	3月30日～31日に生じた断層や地割れにより道路が破壊された。 西山西麓で4月1-2日、金比羅山で4月2-10日に発生した噴火により、延べ3065戸が停電、5085戸で断水が生じた他、学校や鉄道、主要幹線道路、高速道路、下水道施設が地殻変動や泥流で破壊された。
2008年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.5 北海道駒ヶ岳の噴火一覧表

火山名	北海道駒ヶ岳	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山	降下火砕物、火砕流、泥石流、津波	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩	1998年噴火 5万t (VEI1) 2000年噴火 10万t (VEI1)	
噴火被害の特徴		
火砕流・泥石流や降灰・降下軽石による被害が特徴的である。また、海に近いために、岩屑なだれが海に流入した場合は津波が発生することがあり、1640年の山津波のように沿岸部で死者が出た例がある。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
10万年前以前	溶岩流・火砕物噴火が複数回発生	
3万9000年前以前	少なくとも4回の火砕物噴火と少なくとも2回の山体崩壊が発生	
3万9000～6300年前	プリニー式・火砕流噴火が複数回発生	
1640年	7月31日噴火発生。山頂部の崩壊による岩屑なだれが内浦湾に入り津波が発生。駒ヶ岳南方にも流下し、流れ山を形成。8月2日まで軽石・火山灰の放出が続いた。	岩屑なだれが大沼と内浦湾になだれ込んでの津波により、沿岸で溺死者700余名
1694年	噴火(降下軽石・火砕流・火山雷)	
1856年	9月25日軽石噴火。火砕流が発生、広範囲に降灰。安政火口形成	鹿部・本別において降下軽石のため死者2名、負傷者多数、17家屋焼失。留ノ湯に流下した火砕流により、死者19～27名
1888年	小噴火。	
1905年	8月小噴火により明治火口形成。押出沢で大雨による泥流が発生	8月22日の泥流によって農作物に被害が出る。
1919年	7月数回噴火(地震・鳴動)	
1923年	2月27日に水蒸気噴火	
1924年	7月31日に水蒸気噴火	
1929年	6月17日噴火。火砕流・降下軽石。19日降雨によって砂原村の溪流で泥流発生	火砕流・降下軽石によって、死者2名、負傷者4名、家屋では焼失・全半壊・埋没等が1915件発生。19日に発生した泥流で農地が埋められた。
1937年	3月17,19日に小規模水蒸気噴火	
1942年	11月16日噴火(火砕サージ・割れ目火口・降灰・泥流)	
1996年	3月5日に水蒸気爆発	
1998年	10月25日小規模噴火(降下火砕物)	
2000年	9月4日～11月8日小規模噴火。(降灰・噴石・火砕サージ)	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.6 十和田の噴火一覧表

火山名	十和田	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
火砕流・カルデラ噴火・成層火山・溶岩ドーム	火砕流、泥流	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
流紋岩・デイサイト・安山岩・玄武岩	915年噴火 2.1DREkm ³ (マグマ噴出量)(VEI5)	
噴火被害の特徴		
915年に火砕流と泥流により家屋が埋没した事例が記録されている。十和田カルデラでは火砕流を伴った噴火が多い。大規模な火砕流が発生した場合、その後の泥流によっても被害が発生し、影響が長期間続く可能性が指摘される。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
19万年前以前	下北半島に降下軽石が到達するプリニー式噴火が少なくとも7回発生	
11万5000年前以前	青撫・発荷火山で火砕流・溶岩流噴火	
9万年前前後	下北半島に降下軽石が到達するプリニー式噴火と奥入瀬火砕流流下により十和田カルデラが形成される。	
3万2000年前	大不動火砕流流下により、弘前付近に段丘を形成	
1万5000年前	八戸火砕流流下を機にカルデラ発達が終息	
1万5000～8300年前	五色岩火山よりスコリア・軽石噴出	
7600年前	御倉山溶岩ドーム形成	
915年	中湖より大湯軽石・火山灰噴出、火砕サージ・毛馬内火砕流が発生。その後泥流が十数年以上にわたって津軽平野に流下した。	米代川水系において火砕流と泥流によって家屋が埋没

表 付録 2.7 秋田焼山の噴火一覧表

火山名	秋田焼山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山・溶岩ドーム	火山ガス、泥流、岩屑なだれ	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩・デイサイト	1949年噴火 (VEI1) 1997年噴火 (VEI0)	
噴火被害の特徴		
<p>噴火による被害は報告されておらず、人的被害としては、1986年の叫沢における硫化水素ガス滞留による死者1名がある。また、被害は報告されていないが、有史時代も水蒸気噴火や泥流・岩屑なだれの発生例があり、それらの現象による被害が今後も生ずる可能性がある。</p>		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
25万 ～2万5000年前頃	古期～中期焼山で溶岩流出の噴火が繰り返される。	
2万5000年前頃	新期焼山で溶岩流出等の噴火により、現在の山頂部・国見台・黒石森の側火山が生成	
807年	噴火(詳細不明)	
1310～1460年の間	水蒸気噴火	
1678年	2月21日に空沼火口で水蒸気噴火が起こり、付近に火砕物降下	
1867年	噴火(詳細不明)	
1887年	空沼で水蒸気噴火	
1890年	9月23日に水蒸気噴火	
1929年	9月に水蒸気噴火	
1948年	水蒸気噴火により泥粒が5～7km飛散	
1949年	8月30日～9月1日に空沼の4箇所水蒸気噴火があり、厚さ0.8m、長さ200mの泥流が流出	
1951年	2月頃に空沼における水蒸気噴火により泥粒が飛散	
1957年	水蒸気噴火と泥流が発生	
1986年		叫沢で硫化水素ガスにより1名死亡
1997年	5月11日に澄川温泉における岩屑なだれ・地すべりに伴い水蒸気噴火が発生し、火砕物降下や土石流も引き起こされた。8月16日に火山性微動とともに空沼で水蒸気噴火が発生し、火砕物降下や泥流も引き起こされた。	
2013年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.8 岩手山の噴火一覧表

火山名	岩手山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山	泥流、噴石	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
玄武岩・安山岩	1732年噴火 0.0064DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI2) 1919年噴火 (VEI1)	
噴火被害の特徴		
1686(貞享3)年の噴火において、盛岡城下での降灰や泥流による家屋や家畜の被害が報告されているが、人的被害の記録はない。また、被害の記録はないが、1919(大正8)年には噴石が登山道に飛散した実績がある。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
78万年前前後	松川安山岩が噴出	
70万～30万年前頃	姥倉山などで火山列が形成	
30万～3万年前頃	西岩手成層火山が活動	
19万年前、15万年前、13万年前、12万年前	五百森・青山町・雫石・大石渡・小岩井岩層なだれが発生。堆積物は主に南～東方10kmに分布	
3万5000～3万年前	東岩手成層火山が生成	
3万年～6000年前	山子沢・分岩層なだれが発生	
915～1686年の間	一本木原岩層なだれが東方に流下	
1686年	3月～12月に東岩手火山妙高岳山頂の御室火口において火砕サージ→火砕物降下の噴火が発生。盛岡城下等の東方において降灰。3月25日～27日に融雪型泥流発生	泥流により、家屋や家畜が被災
1732年	1月22～31日に東岩手火山北東山腹において溶岩流や火砕物降下の噴火が発生。溶岩流は幅1.1kmで3.4km流下(焼走り溶岩)	
1919年	7月15日に西岩手火山大地獄谷において水蒸気噴火が発生。新火口が生成し、噴石が登山道に飛散	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.9 蔵王山の噴火一覧表

火山名	蔵王山	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・火砕丘		噴石、洪水
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩		1895年噴火 (VEI1) 1940年噴火 (VEI1)
噴火被害の特徴		
歴史時代では1230年噴火での噴石による人畜の被害や、1694年の神社焼失が記録されている。また、1867年噴火では火口湖の濁水が沸騰したことにより生じた洪水で3名死亡している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
110万～60万年前頃	北蔵王雁戸岳等で溶岩噴出	
40万～10万年前頃	南蔵王熊野岳・刈田岳等で溶岩噴出	
4万年前以前	龍山南面に爆裂火口が形成。岩屑なだれが西方に流下し、山形盆地南端部に流れ山地形を形成	
3万年前頃	熊野岳・馬の背・刈田岳・大黒天を外輪山とする馬の背カルデラが形成。同じ頃に川崎スコリアが噴出	
2000年前頃	五色岳火砕丘で活動開始	
773年	刈田岳で噴火したらしい。	
8～13世紀のいずれか	五色岳火砕丘で複数回噴火	
1183年	5月21日に五色岳で噴火	
1227年	10月か11月に火砕物噴火	
1230年	11月22日に火砕物噴火	噴石による人畜の被害多数
12～13世紀	五色岳よりZ-To11テフラ噴出	
12～15世紀	五色岳よりZ-To12テフラ、Z-To13テフラ噴出	
1620年	五色岳付近で噴火	
1622年	詳細不明の噴火	
1623～24年	5月15日～11月15日鳴動・降灰・噴石を伴う火砕物噴火	
1630年	詳細不明の噴火	
1641年	詳細不明の噴火	
1668年	8月に噴火	
1669年	火砕物噴火により降灰	
1670年	4月26日火砕物噴火。9月26日噴火では遠方まで降灰	
1694年	5月29日に噴火発生(詳細不明)	神社焼失、河川毒水化で魚が死亡
1794年	9月～12月頃五色岳噴火。火砕物降下。9つの火口生成	
1796年	3月24日に噴火	
1804年	詳細不明の噴火	
1806年	7月12日に噴火	
1809年	6月から活動が始まり、12月29日に五色岳で爆発	河川に硫黄が流入して川魚に被害
1821年	1月27日に五色岳付近で噴火	
1822年	5月1日に噴火	
1830年	詳細不明の噴火	
1831年	11月22日に噴火	
1833年	五色岳で火砕物噴火。降灰や御釜の濁水沸騰を伴う。	
1867年	10月21日に噴火。硫黄混じりの泥水により洪水発生	洪水により死者3名
1873年	8～9月に噴火	
1894年	7月3日に噴火・降灰。8～10月に湯の噴出	
1895年	2月15日、19日に爆発。3月22日白石川洪水発生。8月22日と9月27、28日に五色岳で降灰を伴う火砕物噴火・火砕サージが発生	
1940年	御釜北東鳥地獄で4月に火砕物噴火。噴気孔生成	
1995年	12月下旬蔵王山北西約10km付近が震源の地震多発	震源地付近では、窓ガラスの破損などの被害あり。

表 付録 2.10 吾妻山の噴火一覧表

火山名	吾妻山	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・溶岩流・火砕丘		岩屑なだれ、噴石、降灰
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩・デイサイト		1331年噴火 0.0001DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI1)
噴火被害の特徴		
最近1万年間は浄土平付近に活動の場が限られているが、過去には主に東側への溶岩流・岩屑なだれ流下、降灰・降下軽石の実績がある。人的被害としては、1893年6月7日の調査技師2名が死亡している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
50万～30万年前頃	東吾妻山・高山・一切経山の形成	
26万年前と 12万9000年前の間	福島軽石が阿武隈山地にまで飛散。安達太良山麓での厚さ70cm	
28万年前と 10万年前の間	岩屑なだれが東方に流下	
7700～7300年前頃	桶沼・五色沼火砕丘形成	
7500～3000年前頃	一切経火口で火砕物噴火	
6800～5400年前頃	吾妻小富士火砕丘で火砕物・溶岩流噴火。当時の塩ノ川を閉塞	
1331年	一切経大穴火口～硫黄平南火口列で水蒸気噴火→マグマ噴火	
1711年	一切経大穴火口で火砕物噴火	
1893～95年	水蒸気噴火により一切経燕沢火口群が形成される。	1893年6月7日噴火により調査技師2名殉職
1950年	2月10,19日に大穴火口で水蒸気噴火。土湯温泉で降灰があったほか、火口付近から酸性水流出	発電施設に被害
1977年	2月以降から大穴火口での噴気が活発化し、12月7日に大穴火口で水蒸気噴火。火口周辺で降灰が少量あったほか、火口付近から酸性水流出。噴気は1979年まで継続	酸性水により養魚場に被害
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.11 那須岳の噴火一覧表

火山名	那須岳	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・火砕流		泥流、降灰、噴石
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩		1408～10年噴火 0.041DREkm ³ (マグマ噴出量)(VEI4) 1881年噴火 (VEI1)
噴火被害の特徴		
最近約1万年間は茶臼岳付近で活動しており、付近での降灰実績もある。また、古い山体の崩壊や泥流等は那珂川等の河川に沿って流下することがあり、1408～10年の噴火では180余名が死亡している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
60万～45万年前	甲子旭岳で溶岩円頂丘形成・ストロンボリ式噴火・溶岩流出の噴火を繰り返す。	
37万～21万年前	三本槍岳で溶岩流噴出の噴火を繰り返す。この間少なくとも2回の岩屑なだれが発生し、那珂川に沿って流下したほか、成功山や高久から黒羽付近にかけて丘陵をつくる(黒磯・余笹川岩屑なだれ)。	
20万～10万年前	朝日岳や南月山で溶岩流出の噴火が繰り返される。この間南月山で那珂川岩屑なだれ、朝日岳で御富士山岩屑なだれが発生し、茶臼岳東カルデラが形成	
11万～5万年前頃	二岐山で溶岩流・火砕流・スコリア噴火が繰り返し発生。スコリアは下郷町域から羽鳥湖付近に降下	
3万年前	御富士山(おふじやま)岩屑なだれなどを発生。その堆積物は東側の山麓の広い範囲を覆う	
1万7000年前	観音山で岩屑なだれが発生し、観音川に段丘をつくり、加藤谷川沿いの段丘に崩土が乗り上げる。観音川や阿賀川で河道閉塞が発生するが、約1000年以内に決壊	
1万1000～6000年前	茶臼岳東で火砕物・火砕流・溶岩噴火が繰り返され、茶臼岳が形成される。	
2600年前	茶臼岳山頂の火砕丘が形成	
1408～10年	1408年2月24日から翌々年3月5日にかけて、茶臼岳において、火砕物降下・泥流→火砕物降下・火砕流・泥流→溶岩流の噴火が発生し、茶臼山溶岩ドームが形成される。那珂川の水が黄変	死者180余名のほか牛馬多数被害
1846年	8月に茶臼岳で水蒸気噴火	
1881年	7月1日に茶臼岳山頂西側の無間火口および北西側で小規模な水蒸気噴火。鳴動・噴石・降灰を伴う。	
1953年	10月24、29日に無間火口で水蒸気噴火。降灰範囲は南方6km	
1960年	10月10日頃に茶臼岳山頂北西側で水蒸気噴火。噴石があり、降灰範囲は北方0.8km	
1963年	11月20日に無間火口で水蒸気噴火。付近で火砕物降下・降灰	
2009年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.12 草津白根山の噴火一覧表

火山名	草津白根山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山	火山ガス、噴石、降灰	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩	1976年噴火 (VEI1) 1982年噴火 (VEI1)	
噴火被害の特徴		
<p>有史以来、白根山での活動は、白根山の湯釜での水蒸気爆発が主である。記録に残っている被害は、水蒸気爆発に伴う噴石によるもので、火口付近にいた硫黄鉱山関係者に被害が生じている。また、1971年と1976年には火山ガスの中毒によって登山者3名が死亡しており、火山ガスが滞留しやすい凹地状の地形による被害も生じている。</p>		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
62万年前以前	松尾沢火山が溶岩・火砕物噴火を繰り返す成層火山体が活動	
60万年前頃	太子火砕流が噴出し、現在の草津温泉街や仙之入付近の平坦面を形成する。その後、米無溶岩流が流下する。	
1万8000 ～3000年前頃	白根・逢ノ峰火砕丘や本白根火砕丘列が形成され、それらから溶岩が流下し、殺生河原等が形成される。	
1783年	草津温泉温度急上昇	浴客死亡
1805年	湯釜での水蒸気噴火により長野県方面に降灰	
1882年	7月頃からの鳴動の後、8月6日に湯釜、涸釜付近で水蒸気噴火が発生。泥土噴出により、弓池埋没	
1897年	7月8日に湯釜で水蒸気噴火が発生。泥土・岩塊が噴出。8月2日に鳴動を伴った爆発で噴石飛散、翌日の爆発後は中旬まで鳴動が継続	7月の噴火では硫黄採掘所が全壊し、8月の噴火では負傷者1名
1900年	10月1日に湯釜で水蒸気噴火	
1902年	7月中旬から9月下旬にかけて弓池北岸で断続的に水蒸気噴火が発生。7月は水蒸気や砂石を噴出し、9月は万座で3cmの降灰、9月下旬は噴石が盛んになる。	7月の噴火で浴場や事務所が全壊
1905年	10月に硫黄流出を伴う水蒸気噴火	
1925年	1月22日に湯釜北壁で水蒸気噴火。火砕物降下・降灰	
1927～28年	1927年12月31日に湯釜やその南東側で水蒸気噴火。岩塊・泥土噴出、硫黄流出	
1932年	10月に湯釜、涸釜付近で水蒸気噴火が断続的に発生。泥流や殺生河原での降灰が発生	火口付近で死者2名、負傷者7名で山上施設の破損が甚大
1937～39年	1937年11月下旬から1937年11月下旬にかけて湯釜で断続的に水蒸気噴火が発生し、火砕物降下	
1940～41年	1940年4、9月、翌年1月に水蒸気噴火が発生	
1942年	2月2日に湯釜、水釜付近で割れ目からの水蒸気噴火が発生。降灰・鳴動を伴う。	
1958～59年	湯釜で水蒸気噴火が発生し、火口付近一帯に降灰	
1971年		12月27日に温泉造成の掘削孔からの硫化水素ガス漏れで6名がガス中毒死
1976年	3月2日に水釜北東部で水蒸気噴火が発生するが、翌月頃から噴気が次第に衰える。	8月3日に本白根山弁天沢での滞留火山ガスにより登山者3名死亡
1982年	10月26日、12月29日に湯釜、涸釜付近で水蒸気噴火発生	
1983年	7月26日、11月13日、12月29日に湯釜、涸釜付近で水蒸気噴火が発生	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.13 浅間山の噴火一覧表

火山名	浅間山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山・溶岩流・小型楕状火山・溶岩ドーム	噴石、空振、泥流	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩・デイサイト	2004年噴火 0.00006DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI1) 2009年噴火 0.00001DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI1)	
噴火被害の特徴		
大きな被害としては、1108年(天仁元年)および1783年(天明3年)の噴火で、1108年には追分宿、1783年には鎌原村が、それぞれ火砕流によって埋没している。黒斑山の崩壊による応桑岩屑なだれの先端が吾妻川に流れ込んで発生した大洪水(大泥流)や1783年の鎌原岩屑なだれによって発生した洪水などもある。また、山頂付近での噴石による人的・建物被害も多く記録されている。最近でも空振によるガラスや家屋の破損、噴石による人的被害、建物被害が発生している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
4万年前	黒斑山でプリニー式噴火の開始	
2万4000年前頃	プリニー式噴火で大山体崩壊発生。岩屑なだれが併発	
1万9000年前頃	雲場火砕流が発生。離山溶岩円頂丘が形成	
1万8000年前頃	浅間白糸テフラ、仏岩溶岩、小浅間山溶岩円頂丘形成	
1万3000年前	前掛火山形成	
685年	噴火(?)により、火砕物降下	
1108年	前掛山で噴火(天仁噴火)。火砕物降下、火砕流、溶岩流	
1128年	前掛山で大規模マグマ噴火発生	
1532～34年	山頂付近で噴火。周囲8kmに噴石、降灰は120km	雨による雪解けで山麓の道路、人家に被害
1582～1609	1582、90、91、95、96、97年および1600、1605、1609年に噴火。火砕物降下	1596年は中規模マグマ噴火が発生し、噴石により死者多数
1644～61年	断続的に噴火	1648年3月の噴火によって1m以上の積雪が融解し、追分駅が流出した。
1669年	噴火	
1695年	噴火。火砕物降下	
1703～33年	この間、断続的に噴火	1721年噴石で登山者死亡15名、重傷1名
1752～54年	噴火	1754年降灰のため農作物被害
1776～77年	数回にわたり噴火	
1783年	5月、釜山火口で大規模マグマ噴火(天明噴火)。噴石・降灰。北東斜面に吾妻火砕流、北側に鎌原火砕流・鬼押出溶岩を噴出	鎌原火砕流および岩屑なだれ・泥流により、死者1,151名、流出家屋1,061棟、焼失家屋51棟、倒壊家屋130余棟。噴煙による大冷害
1803年	7月と11月に噴火、火砕物降下。11月20日に江戸に降灰	11月噴石により分去茶屋倒壊
1815年	噴火。火砕物降下	
1869～1990年	【活動】 1869年から1990年にかけて釜山火口より噴火が断続的に発生した。降灰、噴石が噴出した他、爆発音や空振が報告されている。1950年の噴火では火口縁北側に巨大岩塊噴出(千トン岩)を放出した。1958年から1986年にかけては火砕流や泥流が発生している。 【主要な被害事例】 1911年5月噴石で死者1名、負傷者2名、空振による家屋被害、8月死者多数発生 1913年5月登山者1名死亡負傷者1名。1914年3月空振で山麓の障子破損 1920年12月噴石で峰の茶屋焼失。山火事で200ha以上に被害。1921年1月、6月、1922年1月空振で山麓の障子破損。1928年2月23日、空振で障子破損、噴石で分去茶屋焼失、屋根の破損多数 1929年9月噴石で山林焼失、空振で山麓の戸障子破損。1930年6月山火事。8月、火口付近で死者6名 1931年8月遭難3名。12月空振でガラス破損。1934年4月空振でガラス破損。5月山火事発生 1936年7月、10月に登山者1名死亡。1937年3月空振で戸障子被害。1938年5月ガラス破損。7月登山者数名死亡、農作物被害。9月ガラス破損。1940年4月山麓でガラス破損多数。7月死者1名、負傷者2名 1942年山火事。1947年8月登山者9名死亡。1949年8月噴火時に転倒し登山者4名負傷。1950年9月噴火で登山者1名死亡、6名負傷、山麓でガラス破損。1958年11月空振でガラス・戸障子損傷 1959年4月、噴石で山腹に山火事。1961年8月18日、行方不明1名。耕地、牧草に被害。1973年2月1日、空振でガラス戸破損。1983年4月8日山腹(南斜面)で山火事発生	
2003～2008年	2003年から2009年にかけて釜山火口で噴火が発生。降灰、噴石などの火砕物降下。2007年には気象庁による噴火警戒レベルが導入。2009年の2月1日には同庁によりレベルが3へ引き上げられる。	

表 付録 2.14 弥陀ヶ原の噴火一覧表

火山名	弥陀ヶ原	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・火砕流・カルデラ噴火・溶岩流		火山ガス
岩石化学組成		最近の噴火規模
安山岩・デイサイト		1836年噴火 (VEI1)
噴火被害の特徴		
弥陀ヶ原では噴火による人的、物的被害は発生していない。しかし、1967年には火山ガスによりキャンプ中の登山者が2名死亡する事故が発生している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
約 22 万～10 万年前	溶岩流噴火が繰り返され、五色ヶ原台地等が形成される。	
約 10 万年前	称名滝火砕流が噴出 同じ頃に立山Dテフラが中部地方北東部から北関東一円に飛散	
約 9 万～5 万年前	成層火山形成。立山Eテフラが噴出し、北信地域に飛散	
約 4 万～2000 年前	地獄谷などの爆裂火口形成 以後、地獄谷で断続的に水蒸気爆発が発生	
1836 年	地獄谷で小規模水蒸気噴火	
1858 年	飛越地震(M7.0～7.1)により「大鷲崩れ」と呼ばれる山体崩壊発生	
1967 年	火山ガス(硫化水素)	火山ガス(硫化水素)により登山者2名死亡

表 付録 2.15 焼岳の噴火一覧表

火山名	焼岳	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山・溶岩ドーム	泥流	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩・デイサイト	1915年噴火 (VEI2) 1962～63年噴火 (VEI2)	
噴火被害の特徴		
<p>焼岳における被害事例として、1995年の水蒸気爆発による衝撃で土砂崩れが発生し、工事現場作業員の死亡が報告されている。また1915年には噴火に伴い発生した泥流が川を堰き止めた後決壊し、洪水を発生させている。泥流は1962～63年噴火でも発生しており、今後も当該火山が噴火した際にはその発生が懸念される。</p>		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
約1万5千年前	焼岳火山群の新期活動により焼岳形成。溶岩流や溶岩ドームを形成	
約2300年前	水蒸気噴火、マグマ噴火。焼岳円頂丘溶岩、中尾火砕流堆積物の噴出	
630年	山頂付近で小規模水蒸気噴火	
685年	山頂付近で中規模水蒸気噴火	
1270年	山頂付近で水蒸気噴火	
1440年	山頂付近で水蒸気噴火	
1460年	山頂付近で中規模水蒸気噴火	
1570年	山頂付近で水蒸気噴火	
1746年	山頂付近で中規模水蒸気噴火	
1907～09年	正賀池火口で発生した水蒸気噴火により新火口形成	
1910～12年	正賀池火口、隠居孔火口で2回水蒸気噴火	
1913～14年	隠居孔火口で水蒸気噴火	
1915年	地震の群発に続いて中規模水蒸気噴火。噴火にともなって発生した泥流によって梓川がせき止められ正池が形成された。その後、池が決壊し、洪水が発生	
1916年	大正池火口、隠居孔火口で水蒸気噴火	
1919年	黒谷火口、隠居孔火口で水蒸気噴火	
1922年	黒谷火口、隠居孔火口で水蒸気噴火	
1923年	黒谷火口、隠居孔火口で水蒸気噴火	降灰により養蚕業に被害
1924～26年	黒谷火口、隠居孔火口で水蒸気噴火。本噴火に伴い泥流が発生	
1927年	黒谷火口、隠居孔火口で計5回の水蒸気噴火	
1929年	黒谷火口、隠居孔火口で水蒸気噴火	
1930年	黒谷火口、隠居孔火口で水蒸気噴火	
1931年	隠居孔火口で水蒸気噴火	
1932年	水蒸気噴火。噴火場所は不明	
1939年	水蒸気噴火。噴火場所は不明	
1962～63年	中規模水蒸気噴火。19日には泥流も発生し、7月～1993年3月まで小爆発を繰り返した。	噴石によって火口付近の山小屋で4名が負傷
1995年	山麓の道路工事現場で水蒸気爆発により火山ガスを含む水蒸気と土砂が噴出。その衝撃により土砂崩れも誘発	土砂崩れにより作業員4名が死亡
2011年	気象庁による噴火警戒レベルの導入(レベル1)	

表 付録 2.16 御嶽山の噴火一覧表

火山名	御嶽山	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・カルデラ噴火		噴石、岩屑なだれ、降灰
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩・デイサイト・流紋岩		1991年 (VEI0) 2014年噴火
噴火被害の特徴		
1979年噴火の降灰被害、1984年の岩屑なだれによる被害のほか、2014年には水蒸気噴火により多くの人命が失われている。2014年噴火はその被害者の多くが噴石の直撃によるものである。本噴火による犠牲者数が多いことの要因の一つとして、発生した時間帯が休日の昼下がりであることも関係していると考えられる。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
約80万～40万年前	火砕物噴火と溶岩流噴火が断続的に繰り返される。火砕物噴火の中には房総半島方面に火山灰が到達したものもある。	
約10万年前	御岳第一軽石噴出時に軽石が関東～東北一円に飛散し、カルデラ形成を伴う火砕流が発生し、東麓の西野川の谷が埋まる。	
約10万～6万年前	継母岳で溶岩流・溶岩円頂丘形成を伴う噴火が繰り返される。	
約6万年前	南信地域から山梨県域に到達する御岳三岳テフラが噴出し、摩利支天火山が活動開始。その後、溶岩流等で成層火山が複数形成	
約5万年前	摩利支天火山付近の崩壊による岩屑なだれが木曾川に沿って流下し、坂下付近に段丘をつくる。	
1979年	10月28日に剣ヶ峰南斜面より水蒸気噴火が発生。前橋でも降灰	山麓で農作物被害
1984年	9月14日の地震で岩屑なだれが発生し、王滝村まで流下(御嶽崩れ)	死者29名、住宅全半壊87棟
1991年	5月13～16日に水蒸気噴火	
2007年	3月後半頃に水蒸気噴火	
2008年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル2)	
2014年	9月27日剣ヶ峰の南西側で水蒸気噴火が発生。火砕流が発生し南西側に流下した。また山小屋付近では噴石が降り注いだ。噴火警戒レベル3へ引き上げ	死者58人、行方不明者5人、負傷者69人。 10月13日には長野県木曾町では26世帯71名に避難勧告が発令された。
2015年	気象庁により噴火警戒レベルが3から2へ引き下げ	

表 付録 2.17 富士山の噴火一覧表

火山名	富士山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山・火砕丘・溶岩流	噴石、降灰、土石流	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
玄武岩	1707年噴火 0.7DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI5)	
噴火被害の特徴		
1707年の宝永噴火では、噴石による家屋消失被害が古文書記録から報告されている。また多量の降灰により田畑は荒れ、農作物の不作が続いた結果、多くの餓死者が発生。また山地や谷に降り積もった大量の火山灰が原因で、10年以上にわたり洪水が頻発し農地の埋没がしばしば発生した。このような災害履歴から、近年では富士山噴火による被害は山麓部から首都圏まで広くハザード評価対象となっている。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
約8万年前	古富士火山より吉岡軽石が噴出して以降、軽石が断続的に飛散する。	
約3～2万年前	寒冷期の山頂氷河が断続的な噴火により融解。融雪型泥流を起こし、富士宮・小山・相模川沿いの台地に乗り上げる。	
約1万7000年前以降	溶岩流・火砕物噴火を繰り返して現在の山体が成長	
2900年前	山体崩壊に伴う泥流で、御殿場・足柄・三島・沼津の低地が埋没	
781年	8月に灰噴火。	
801～02年	噴火による火山灰・砂礫が多量に噴出される。北東斜面から噴出した降下火砕物は、東側に厚く堆積した。	当時幹線路として利用されていた足柄路は埋没し、新たに箱根路を開いた。
864～65年	北西山腹での噴火によって礫が飛散。北西斜面の長尾山から青木ヶ原溶岩が流下し、北東部は吉田付近まで達した。溶岩流は、当時西麓にあった湖を分断して精進湖・西湖を形成した。	青木ヶ原溶岩流下により、人家が埋没した。
937年	北側の山腹より溶岩流・スコリア噴火	
999年	3月26日に詳細不明の噴火	
1033年	1月19日に北側の山腹より溶岩流・スコリア噴火	
1083年	4月17日に詳細不明の噴火	
1435または36年	北側の山腹より溶岩流・スコリア噴火	
1511年	8月に詳細不明の噴火	
1707年	12月16日、南東山腹から(宝永火口)噴火が始まり、黒煙とともに噴石・空振・降灰などが見られた。また、山腹に大量の火山灰が堆積し、噴火後数十年間洪水や土石流等が発生した。	噴火による直接の死者はなかったものの、周辺の地域では降灰による農作物の被害や耕作地の埋没のために、数年に渡って飢饉が続いた。
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入。レベル1へ設定	

表 付録 2.18 箱根山の噴火一覧表

火山名	箱根山	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・カルデラ噴火・溶岩流・火砕流・溶岩ドーム		火砕流、降灰、山崩れ
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩・デイサイト		有史以降の噴火に関する規模の記録なし
噴火被害の特徴		
箱根火山では歴史時代を通して、火山災害により人的被害が発生した記録はない。しかし、それ以前には火砕流を噴出した記録も残されているのは留意すべき点である。さらに1953年に早雲山で山崩れが発生し、人命および家屋に被害が報告されている。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
65万～25万年前	複数の成層火山体が形成	
25万～8万年前	溶岩流とプリニー式噴火が複数回発生	
8万～6万5000年前	大規模なプリニー式・火砕流噴火によりカルデラが発達。この時期のプリニー式噴火による軽石は南関東一円に飛散し、6万5000年前の火砕流は富士宮～船原峠～横浜市戸塚区に到達	
6万5000～3万年前	先神山で少なくとも7回のプリニー式噴火が発生	
3万7000年前	早川泥流が流下	
3万7000～3500年前	神山や中央火口丘群が発達。神山からの火砕流が早川を堰止めたことで芦ノ湖形成が始まる。	
3500～3200年前	神山での大規模な水蒸気爆発によって北西側が崩壊し、神山岩屑なだれによって仙石原が形成され、現在の芦ノ湖が現在の形となる。一方、崩壊跡地で冠ヶ岳溶岩ドームが発達し、大涌谷で噴気活動が始まる。	
12世紀後半～13世紀	大涌谷付近での水蒸気噴火により、3回の火砕物飛散が発生	
1953年	7月26～27日に早雲地獄で山崩れ発生	死者10名、負傷者16名、全壊家屋1棟
2009年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	
2015年	5月6日、火山性地震の増加、傾斜計変動などから噴火警戒レベルを1から2へ引き上げ 6月30日、新たに形成された噴気孔周辺に降灰を確認したことから噴火警戒レベルを2から3へ引き上げ 9月11日、火山性地震が減少し、火山性微動も観測されていないことから噴火警戒レベルを3から2へ引き下げ	

表 付録 2.19 伊豆大島の噴火一覧表

火山名	伊豆大島	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・カルデラ・火砕丘・溶岩流・小型楕状火山		降灰、噴石、溶岩流、海岸沿いでのマグマ水蒸気爆発
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩		1986年噴火 0.029DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI3) 1987～88年噴火 0.00002DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI1)
噴火被害の特徴		
活動の特徴は、山頂でのストロンボリ式噴火(噴石・降下火山灰)・溶岩流出、山腹からの溶岩流出、海岸沿いでのマグマ水蒸気爆発があげられる。1986年の噴火では、山頂からの溶岩流に続いて山腹からの割れ目噴火が始まった。山腹からの溶岩流出は元町に迫り、全島民が一時島外へ避難した。人的被害はなかったものの、農業・畜産業・観光業等の産業に大きな被害をもたらした。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
2万5000年前以前	スコリア等の火砕物噴火が始まり、時々溶岩を流出	
1660年前	S2噴火で山頂カルデラ形成	
680年	日本書紀：京都で東から鳴響。大島噴火？	
700年？	山頂北側割れ目火口列にて噴火。火砕物降下	
713年？	山頂火口にて噴火。火砕物降下	
822年？	山頂南側？カルデラ内割れ目火口列で噴火。火砕物降下	
838年？	山頂火口、波浮港マール、スリパチ火口で噴火	
838～886年の間 または1112年	2回山頂火口で噴火。火砕物降下、溶岩流	
1183年？	山頂火口にて噴火。火砕物降下	
1245年？	噴火。火砕物降下	
1307年	北西側割れ目火口列にて噴火。火砕物降下	
1338年	山頂火口にて噴火。火砕物降下	
1417年？	山頂火口にて噴火。火砕物降下	
1421年	山頂、南側割れ目火口列で噴火。火砕物降下、溶岩流	
1442～43年	噴火	
1471年？	山頂火口にて噴火。火砕物降下	
1552年	山頂火口にて噴火。火砕物降下、溶岩流が発生	
1636年	噴火。1637年との説も	
1684～90年	天和噴火。1684年2月14日より、山頂火口から噴火。火砕物降下、溶岩流が発生	地震が多発し、家屋倒壊
1695年	4月14日より噴火	
1777～92年	安永噴火。山頂火口、山頂北側斜面、山頂南東側斜面にて噴火。多量の溶岩を流出。スコリアが全島に降下	
1821年	山頂火口にて噴火。火砕物降下	
1822～24年	噴火。火砕物降下、降灰、噴煙多量	農作物に被害
1846年	噴火。火砕物降下	
1870年	噴火。火砕物降下	
1876～77年	山頂火口で噴火。火砕物降下。火口内に噴石丘を生成	
1887～1909年	火口底に縦穴状火孔、次いで凹部が生じ赤熱溶岩が露出。1909年まで火口陥没と小規模な噴火活動が続いた。	
1912～23年	1912年2月中央火口で溶岩、割れ目火口形成。噴出口からの溶岩で噴石丘(中村山)成長。7月火口底に10個の噴出口、小噴石丘形成。9月火口南西部の噴出口で溶岩流出、噴石丘生成(大森山)。1913年火口底が陥没し大森山崩壊。1914年4個の噴石丘と溶岩池形成。1923年までに山頂火口で数回噴火。火砕物降下、溶岩流、噴石丘	
1933～40年	山頂火口で噴火。火砕物降下、溶岩流出、黒煙、鳴動	1940年8月、降灰により農作物に被害
1950～74年	1950年南東側火口壁から噴火。赤熱噴石、溶岩噴出、噴石丘形成。1951年数ヶ月の休止期間を2度経て噴火を継続。火口底から溶岩が流出し、火口底に陥没口を生成。1953年からは山頂火口で断続的に噴火を繰り返す。	1957年10月13日、爆発で火口付近の観光客のうち死者1名、重軽傷者53名
1986年	11月南側火口壁で噴火(A火口)。溶岩噴泉、溶岩湖、溶岩流。21日カルデラ床で割目噴火開始(B火口)。溶岩噴泉、溶岩流。外輪山で割目噴火(C火口)、12月A火口で噴火	21日夜、全島民1万人島外へ避難(約1ヶ月)
1987～88年	山頂火口で噴火。火砕物降下。何度かの噴火後に中央陥没、直径約350～400m、深さ約150mの中央火孔再現	1988年6月、火山ガスにより間伏方面の農作物に影響
1990年	10月山頂火口にて小噴火。火砕物降下。火口底に直径約100mの陥没孔形成	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.20 三宅島の噴火一覧表

火山名	三宅島	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・カルデラ・火砕丘		溶岩流、噴石、火山ガス
岩石化学組成		最近の噴火規模
玄武岩・安山岩		1983年噴火 0.012DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI3) 2000～02年噴火 0.0026DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI3)
噴火被害の特徴		
<p>三宅島火山では、山頂噴火の記録はわずかで、主として山腹からの割れ目噴火による溶岩の流下、スコリアの放出、マグマ水蒸気爆発が特徴的である。このため、被害の多くは溶岩流による家屋の埋没・焼失および火山灰やスコリアの堆積による家屋の倒壊であり、マグマ水蒸気が生じた際には、スコリアの放出による被害も発生している。過去の事例から見て、情報の伝達体制が整っていれば、溶岩流による人的被害の可能性は低い。また人的被害こそ出ていないものの、2000年噴火の際には有毒な火山ガスの影響が懸念された。</p>		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
1万年前以前	桑木平カルデラ形成	
4000～2500年前	桑木平カルデラ中に山体形成	
2500年前	八丁平噴火が泥流を挟んで発生し、八丁平カルデラが形成。その後の噴火で八丁平カルデラを埋めて雄山発達	
832年	6月23日に北山腹火口列より火砕物噴火	
850年	10月7日八丁平カルデラ、三池マールで噴火	
886年と1154年の間	阿古南東より火砕物噴火	
1085年	桑木平カルデラ内で火砕物・溶岩流噴火	
1154年	11月に雄山で火砕物・溶岩流噴火	
1469年	12月24日に桑木平カルデラで噴火(火砕物・溶岩流)	
1535年	3月に山頂～南東麓の割れ目で噴火(火砕物・溶岩流)	
1595年	11月22日山頂～南東麓の割れ目火口列で噴火(溶岩流・火砕物)	
1643年	3月31日より20日余り、コシキスコリア丘付近より降下火砕物、溶岩流噴火。溶岩流は旧阿古村や海岸に到達	溶岩流により旧阿古村は全村焼失、降灰や赤熱噴石により旧坪田村で人家や畑が埋没
1712年	2月4日～19日南南西麓割れ目で噴火(降下火砕物、溶岩流)溶岩流は海岸に到達し、阿古村で泥水が噴出	阿古村で泥水が噴出して家屋が埋没、牛馬被害
1763～69年	8月17日より約15日間、南南西麓割れ目および山頂噴火。降下火砕物、溶岩流発生。阿古・坪田両村で噴石・降灰	
1811年	1月27日より7日余り、山頂～東北東割れ目より降下火砕物、溶岩流噴火	
1835年	11月10日に桑木平カルデラ内の笠地より降下火砕物、溶岩流噴火。噴火は終息するが、10日間地震が頻発し、伊ヶ谷・阿古両村で崩壊・地割れが発生	
1874年	7月3日より15日余り、神着村南方の山中より降下火砕物、溶岩流噴火	人家45軒が溶岩流に埋没し、死者1名
1940年	7月12日に赤場暁付近より降下火砕物、溶岩流噴火。14日に山頂で火砕物噴火が発生し、8月8日頃まで継続	集落が溶岩流に埋没、死者11名、負傷者20名、牛の被害35頭、全壊・焼失家屋24棟
1962年	8月24日に北東山腹より噴火(降下火砕物・溶岩流)。噴石丘”三七山”形成	溶岩流により家屋5棟が焼失したほか、道路、山林、耕地などが埋没。島外疎開(学童)
1983年	10月3～4日に南南西麓で噴火。降下火砕物、溶岩流、火砕サージ発生。溶岩流は居住区内を通過し海岸に達した。一部はマグマ水蒸気爆発を生じ、多量の降灰が発生	溶岩流により、阿古地区などで住宅の埋没・焼失約400棟。このほか山林耕地等に被害が生じた。
2000～02年	6月27日西方海域で海底噴火。7月にも雄山山頂直下で地震と噴火が発生し、カルデラが形成。8月18日に山麓に噴石飛散、29日は低温の火砕流が海岸に到達し、その後は雨による泥流が頻発した。9月以降は大量の火山ガス放出に活動が推移した。	9月初めに全島避難
2004～05年	山頂カルデラで噴火が発生	
2006年	2月17日、8月23日に山頂カルデラで小規模な噴火	
2008年	1、5月に山頂カルデラで小規模噴火が発生	
2008年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル2)	
2009年	4、5、11月に山頂カルデラで小規模噴火が発生	
2010年	4、7月に山頂カルデラで小規模噴火が発生	

表 付録 2.21 西之島の噴火一覧表

火山名	西之島	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山		なし(非居住島)
岩石化学組成		最近の噴火規模
安山岩		1973～74 年噴火 0.017DRE km ³ (マグマ噴出量)
噴火被害の特徴		
西之島は無人口島であるため、人的、物的被害の発生は報告されていない。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
1973～74 年	1973 年 4 月上旬から活動が始まり、6 月 27 日に噴煙・噴石・水柱を伴うようになる。9 月 29 日に新島火口より溶岩流が噴出。10 月上旬までに新島が 3 つ形成され、10 月 10 日に陸続きとなる。翌年の 6 月 10 日には新島と旧島が結合した。	
2013 年～	西之島から南東約 500m の海域で 11 月 20 日より噴火を開始し、11 月 21 日第 1 火口を形成した。同年 12 月 24 日には第 1 火口南東方向に第 2 火口が形成され、2 つの火口から溶岩流が流出し、新たな陸地は火口を中心に北東、南東、西側へ拡大を続けた。2014 年 1 月 3 日までに新たな陸地と西之島が接合し、3 月 24 日に第 2a 火口、5 月 21 日に第 3 火口が新たに形成された。その後第 4～6 火口を形成し、2014 年 9 月までに第 7 火口を形成し、以後第 7 火口を中心に活動した。2015 年 12 月 22 日には第 7 火口およびその他の火口での活動は観測されず、火口周辺で弱い噴気が観測されるのみとなった(2015 年 12 月 22 日現在)。	

表 付録 2.22 九重山の噴火一覧表

火山名	九重山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
溶岩ドーム・成層火山	降灰、岩屑なだれ	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩・デイサイト	有史以降の噴火に関する規模の記録なし	
噴火被害の特徴		
過去に大規模なマグマ噴火が生じているが、有史以降は降灰の報告のみされている。大きな被害は報告されていないが、過去には岩屑なだれが発生したこともあり、今後の噴火が生じた際には留意が必要である。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
15万～14万年前頃	宮城火砕流噴出	
13万～6300年前頃	南西部を中心に溶岩流・火砕流流下が繰り返される。	
6300年前	松の台に堆積物を残す岩屑なだれが発生	
6300～1700年前頃	南部を中心に溶岩流・火砕流流下が繰り返される。	
1700年前	黒岳で溶岩ドームが形成され、火砕流が発生	
1500～1400年前頃	硫黄山付近の水蒸気噴火により、火砕物が飛散	
1738年	8月13日に噴気の突出が表層部の爆発で水蒸気噴火が発生	
1995年	10月11日と12月に星生山東山腹で灰噴火発生。10月の噴火での火山灰は熊本に飛来	
1996年	1月13～14日に灰噴火があり、九重山周辺で極微量の降灰確認。3月中旬にも火口周辺で極微量の降灰あり	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	

表 付録 2.23 阿蘇山の噴火一覧表

火山名	阿蘇山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
カルデラ・中央火口丘群・碎屑丘	噴石・降灰・火砕サージ・火砕流	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩	有史以降の噴火に関する規模の記録なし	
噴火被害の特徴		
阿蘇山は、古くから活発な活動を続けているが、人的被害の記録は少なかった。しかし、1990年代に入り、観光や火山観測等を目的として火口近くにまで人が入り、建物等が建設されたため噴石による被害が目立つようになった。2015年の噴火では阿蘇山に噴火警戒レベルが導入されて初めて、レベルが2から3へ引き上げられた。過去には大規模火砕流を噴出させており、火砕流による被害も考慮する必要がある。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
27～9万年前	カルデラ形成期。大規模噴火(Aso1-4)現在のカルデラ形成	
1万5000年前	中央火口丘での活動が活発化。ブルカノ式噴火が卓越	
553年	噴火(最古の噴火記録)	
864、867年	864年11月、867年6月に噴火	
1239、1240年	噴火	
1265～1305年の間	1265、69、1271～74、1281、86、1305年にそれぞれ噴火	1274年降灰により田畑が荒廃
1324～1343年	1324、1331～1333、1335、1340、1343年に噴火	1335年堂舎に被害
1375、1376年	1375年12月、1376年1月、6月に噴火	
1387年	6月に噴火	
1434、1438年	1434年噴火、1438年1月、2月に噴火	
1473～74年	噴火	
1485年	1月に噴火、噴石丘生成	
1505、1506年	1505年2月、1506年4月6日に噴火	
1522年	2月に噴火、噴石丘生成	
1533年	7月に噴火	
1542年	4月に噴火	
1558～59、1562年	噴火。1558～59年には新火口生成	
1573～1598年	1573、1574、1576、1582、1583、1584、1587、1592、1598年に噴火 1587年、1592年の噴火では噴石丘が形成	1584年田畑荒廃
1611～20年	1611、1612、1613、1620年に噴火。噴石、降灰	
1631、1637年	1631年、1637年噴火	
1649年	7～8月に噴火	
1675、1683、1691年	1675年2月、1683年6月、1691年に噴火。1691年噴火では噴石、降灰、鳴動	
1709年	2月に噴火、噴石	
1765、1772～80年、1781～88年	1765年、1772～80年、1781～88年に噴火。1765年降灰多量	降灰のため農作物の被害
1804、1806年	噴火	
1814～1816年	1814、15、16年に噴火。1816年噴火は6月に水蒸気噴火。新湯小屋に大小の噴石、熱い砂、泥、泥湯を連続的に噴出	1815年降灰多量と噴石により田畑荒廃。1816年噴石で1名死亡
1826～1838年	1826～1838年にかけて噴火。時折約1年の間隔をはさみ噴火。1828年には新火口生成、1830年には噴石丘生成	1827年降灰多量で原野荒廃。1828年田畑被害
1854、1856年	1854年2月26日、1856年3月18日に噴火	1854年噴火では参拝者3人死亡
1872、73、74年	噴火	1872年硫黄採掘者が数名死亡
1884年	3月～4月、6月に噴火。6月に中央火口最北部に新火口生成	
1894、1897年	3月、5月、6月、8月に第1・第2火口で噴火。1897年にも噴火	
1906年～現代	<p>【活動】1906～現代まで断続的に噴火。1906～18年は第3火口を中心に活動し、1923～29年にかけては第2、4火口で活動が活発化、1933年からは第1火口の活動が活発化し、以降現在まで第1火口を中心に火口の形成や、噴石、降灰、土砂噴出、空振などが発生。1953年には人身大～人頭大の噴石が数百mの高さまで飛散し、多くの被害をだした。2007年に気象庁により噴火警戒レベルが導入、レベルを1へ設定。2015年には噴火に伴い、噴火警戒レベルが3へ引き上げられた。</p> <p>【主要な被害事例】1927年降灰で農作物被害。1929年農作物、牛馬へ被害。1932年空振で阿蘇山測候所の窓ガラス破損、火口付近で負傷者13名。1933年空振により測候所の窓破損。1940年負傷者1名。降灰多量で農作物被害。1947年農作物、牛馬、牧草に被害。1953年観光客死者6名、負傷者90余名。降灰多量で農作物被害。1958年死者12名、負傷者28名、建物に被害。1965年噴石による建物被害。1974年農作物被害。1977年農作物、建物に被害。1979年櫛尾岳周辺で死者3名、重傷2名、軽傷9名、火口東駅舎被害。農作物にも被害。1989年降灰で農作物被害。2015年噴火警戒レベル引き上げでロープウェイ運休、熊本空港閉鎖</p>	

表 付録 2.24 雲仙岳の噴火一覧表

火山名		雲仙岳	
火山の発達史的分類		主な災害要因	
溶岩ドーム・成層火山		火砕流、土石流、山体崩壊	
岩石化学組成		最近の噴火規模	
安山岩・デイサイト		有史以降の噴火に関する規模の記録なし	
噴火被害の特徴			
<p>雲仙岳は粘性の高いマグマが活動している。寛文3年および寛政4年の噴火では、山頂付近の火口から溶岩が流下した。溶岩の流下では、山林に被害が生じる程度であったが、寛政4年の噴火では、火山活動に伴う地震によって眉山が崩壊し、崩落した土砂によって発生した津波によって島原地域だけでなく、対岸の熊本を含めて大きな被害が発生した。</p> <p>一方、1990年からの活動では、マグマ活動は溶岩ドームの形成という形をとり、溶岩ドームの崩落によって火砕流が発生して44名が死亡した。火砕流は溶岩流と違って流下が確認されてからの避難は困難で、人的被害も大きくなる傾向がある。また、降雨によって発生した土石流による二次的被害も大きい。</p>			
主要な噴火・火山災害年表			
年代	活動	主要な被害事例	
50万～10万年前頃	溶岩流・溶岩ドーム形成・火砕流噴火が繰り返される。		
10万～5000年前頃	野岳・妙見岳等で火山錐が形成される。		
3万～2万年前頃	妙見岳東側で山体崩壊が発生。以後その跡地に普賢岳が成長		
4700年前	普賢岳、風穴、島ノ峰で溶岩ドーム形成や火砕流を伴うマグマ噴火が発生。同じ頃に眉山での岩屑なだれ発生後に溶岩ドーム形成や火砕流を伴うマグマ噴火が発生		
1663年	12月に飯洞岩から北方へ古焼溶岩流下。翌春に九十九島火口より出水し、赤松谷に沿って安徳川原へ氾濫	安徳川原での氾濫により30余名死亡	
1792年	前年11月から地震が発生し、12月に小浜で山崩れ発生 1792年2月10日に地獄跡火口よりマグマ噴火。3月1日より2ヶ月間新焼溶岩の流出が継続。3月22日に峰の窪より噴出した溶岩が新焼溶岩と合流。5月21日には地震とともに眉山が崩壊し、岩屑なだれが有明海に流れ込んだ。有明海に流れ込んだ大量の土砂は津波を引き起こし、島原および対岸の肥後・天草に到達した。	1791年12月の小浜での山崩れにより死者2名。また、翌年5月21日の眉山崩壊による有明海での津波により、島原および対岸の肥後・天草で死者約15,000名(島原大変肥後迷惑)	
1990年	7月より地震が群発し、11月17日に地獄跡火口および九十九島火口より噴火し、周辺に降灰		
1991年	2～5月に地獄跡火口および屏風岩火口で噴火し、5月20日に地獄跡火口に溶岩ドーム出現確認。5月24日以降、溶岩ドーム崩壊による火砕流が頻発したほか、雨による土石流も発生するようになる。	6月3日には火砕流によって死者・行方不明者43名、建物被害179棟。6月8日と9月15日の火砕流により建物被害がそれぞれ207棟と218棟。また、同年6月30日などで降雨による土石流で家屋に被害が発生した。5月26日の火砕流に対する避難勧告や6月7日の区域設定(以後拡大)により、避難対象人口が最大約11,000人になる。	
1992年	溶岩ドームの成長・崩落による火砕流が8月8日に発生したほか、雨による土石流も発生	火砕流によって建物被害17棟。年末時点の避難対象人口約2,000人	
1993年	溶岩ドームの成長・崩落による火砕流が6月23～24日に発生したほか、雨による土石流も発生。3～4月と11月以降に地盤変動が認められる。	火砕流によって死者・行方不明者1名、建物被害187棟。年末時点の避難対象人口約3,600人	
1994年	溶岩ドームの成長・崩落による火砕流が北北西方向に2～4月に発生したほか、雨による土石流も発生。3月まで地盤変動が認められる。		
1995年	溶岩ドームの成長は1月下旬に終わり、崩落による火砕流も2月11日を最後に終息		
1996年	2、5月に火砕流が発生		
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)		

表 付録 2.25 霧島山の噴火一覧表

火山名	霧島山	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
成層火山・火砕丘・溶岩ドーム	噴石、降灰、水蒸気爆発	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩・デイサイト	2008年噴火 (VEI1) 2011年噴火 0.0172DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI3)	
噴火被害の特徴		
被害の多くは、噴石によって生じている。近年では火口付近で登山者が噴石によって死亡している。また、享保年間(1716～1717年の)噴火以降に、新燃岳では少なくとも3回の小規模な火砕流が発生し、山腹まで流下したことが確認されている。近年では、山頂付近まで土地利用が進んでおり、火砕流災害の危険が考えられる。一方、火山が噴火していないときでも、噴気活動によって生じた変質帯では小規模な水蒸気爆発や地すべりが発生し、土砂災害による犠牲者が出ている。2011年の噴火では噴石による建物被害のほか、空振により破損した窓ガラスによる負傷者も報告されている。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
30万～15万年前頃	加久藤カルデラ南東縁に成層火山群が発達	
10万～6万年前頃	えびの岳・白鳥山・竜王岳・二子石などで溶岩流や火砕物噴火が繰り返される。	
6万年前以降	夷守岳・韓国岳・御池で爆発的噴火が発生	
1万400年前	瀬田尾軽石が噴出し、新燃岳での活動が始まる。	
8000～7000年前頃	古高千穂峰でのスコリア噴出活動が始まる。	
1200年前頃	御鉢でのスコリア噴出活動が始まる。	
742年	12月24日から4日間噴火	
788年	御鉢で大規模マグマ噴火。片添テフラや霧島神宮溶岩	
900～1100年の間	御鉢で大規模マグマ噴火。宮杉テフラや狭野溶岩	
1112年	3月9日噴火	神社が焼失
1167年	噴火	寺院が焼失
1235～1706年	主に御鉢でマグマ噴火。高原テフラや神宮台溶岩のほか、高千穂河原テフラ(1～11)を噴出。硫黄山ではえびのB2テフラや硫黄山溶岩流が流出した。	1566年10月の噴火では多数の死者を出した。
1716～17年	新燃岳で断続的に噴火。降灰、大規模軽石噴火、火砕流発生。周囲の数ヶ所からも噴火した後、3回の大規模軽石噴火発生。その後も比較的小規模な噴火が複数回発生した後大規模噴火と火砕流発生 1721年にラハール発生	11月9日の噴火で死者5名、負傷者31名、神社・仏閣焼失、焼失家屋 600 余軒、牛馬405頭死。2月9日～22日の噴火で田畑が埋没
1768年	中規模水蒸気噴火。えびのAテフラ噴出。韓国岳山体崩壊	
1771～72年の間	御鉢で噴火。降灰、ラハール発生	
1822年	新燃岳で噴火。ラハールが発生。山腹の4ヶ所の火孔から噴気があがり、硫黄湿じりの泥が流出	
1832年	4月20日噴火(詳細不明)	
1880～1903	御鉢での噴火が頻発。硫黄噴出、降灰、噴石が噴出。1880年の噴火では硫黄が火口内に堆積し採掘が始まる。 1903年の噴火では拳大の噴石が7km飛散	1895年御鉢付近で4名死亡、噴石で山ノ根で家屋22軒が出火。1896年3月の噴火では、噴石で登山者1名負傷、1名死亡。1900年噴火口から1,450～1,820mの大尾ノ谷で猟師5名が爆発で重症、内2名が死亡。1903年8月の降灰で、高原地方の桑葉・蚕飼育に被害
1913年	御鉢で噴火。噴火は噴石を伴い、複数回発生	
1914年	御鉢で噴火。空振、降灰、噴石が発生	
1923年	御鉢で断続的に噴火	死者1名
1959年	新燃岳にて噴火。小規模爆発の後、爆発的噴火が発生。東西 500mの火口列を形成	火口より3kmの警察無線中継所に被害。宮崎県、鹿児島県の一部で噴石、降灰で、農林業被害
1971年	手洗温泉で水蒸気噴火。豪雨による地すべり・土石流が発生し、噴気孔を閉塞したため爆発が発生	
1991～92年	新燃岳で水蒸気噴火。時々火山灰を噴出	
2007年	気象庁による噴火警戒レベルの導入(レベル1:新燃岳、御鉢)	
2008年	新燃岳で噴火。小林市方面へ降灰	
2010年	新燃岳で噴火。ごく小規模～小規模噴火を繰り返した。	
2011年	新燃岳で小規模噴火を含む複数の爆発的噴火発生。多量の火山灰や噴石を放出した後、火口内に溶岩が噴出、爆発的噴火を頻発。その後は噴石と火山灰を放出	2月1日、空振により鹿児島県霧島市で窓ガラス等が破損。2月14日、小さな噴石(火山礫)で宮崎県小林市の車のサンルーフ等が破損 4月18日、宮崎県高原町で火山礫により太陽熱温水器や太陽電池パネルが破損

表 付録 2.26 桜島の噴火一覧表

火山名	桜島	
火山の発達史的分類	主な災害要因	
後カルデラ火山	火砕流、溶岩流、噴石、土石流、降灰、岩屑なだれ	
岩石化学組成	最近の噴火規模	
安山岩	1914年噴火 1.58DRE km ³ (マグマ噴出量) (VEI5) 1946年噴火 0.096DRE km ³ (マグマ噴出量)	
噴火被害の特徴		
桜島では、爆発的な噴火による噴石、溶岩の流下、土石流等の被害が多く発生している。特に溶岩流による被害では1914年の大正噴火が代表的である。赤熱する噴出岩塊によって島内の人家で火災が発生する事例も報告されている。また海底噴火によって沿岸地域に津波が発生するなど多様な火山災害が発生している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
2万6000 ～2万4000年前	始良カルデラ南縁部に位置する古期北岳が活動	
1万3000 ～5000年前	新期北岳が活動し、軽石噴火が少なくとも10回発生	
4000年前以降	南岳で火砕物・溶岩噴火の活動	
708～717年	噴火3回発生か？	
764年	南岳東山腹でマグマ水蒸気噴火発生。マグマ噴火に推移し鍋山が出現。長崎鼻溶岩(瀬戸溶岩)が流出	
766年	群発地震を伴って南岳で噴火が発生	
950年頃	南岳火口より大平溶岩が流出	
1200年頃	南岳火口北縁外側で降下火砕物と溶岩が噴出。中岳形成	
1468年	噴火(詳細不明)	
1471～1476年	北岳北東山腹および南岳南西山腹でプリニー式溶岩流噴火(文明大噴火)。1471年黒神方面に溶岩流出。1473・75年にも噴火発生、野尻方面に燃崎形成。1476年北東側に多量の溶岩流	1473年以降の噴火に噴出岩塊・降灰によって死者多数
1478年	降灰を確認	
1642年	4月に噴火	
1678年	3月に噴火	
1706年	噴火	
1742年	4月に噴火	
1749年	降灰を確認	
1756年	噴火	
1779～1782年	南岳南側中腹で爆発。噴出岩塊・溶岩流流下	一連の噴火で死者150余名
1780年	9.10月の海底噴火によって津波が発生	
1781年	高免沖の島で噴火。津波が発生し小池村の浜には高さ78尺？で到達。その後5月1日にも海底噴火が発生	高免沖の島で噴火に伴う津波により、死者8名、行方不明者7名を出した。
1782年	1月に高免沖で海底噴火	
1783～1799年	1783年に南岳山頂火口で噴火。1785年からは灰噴火が断続的に発生	1790、1797、1799年に降灰により農作物に被害が出る。
1860年	灰噴火	
1899年	9月に灰噴火が発生	
1913年	東桜島有村に火山ガス流下	母子死亡
1914年	1月12日午前10時頃に黒煙とともに大規模なマグマ噴火開始(大正噴火)。13日に溶岩流によって大隅半島と陸続きとなる。有村および鹿児島市で共振(M=6.1)。12日18時29分に有村および鹿児島市で強震(M=7.1)が発生	13日の溶岩流下により横山村、脇村、有村、瀬戸が埋没。12日の強震も含む一連の事象により、埋没、全焼、全壊家屋2,269棟、死者・行方不明者63名の被害
1935年	9月に多量の降灰を伴う噴火が発生	多量の降灰により農作物に被害が出る。
1938年	3月に灰噴火が発生	
1939～1948年	1939年10月南岳東南中腹に昭和火口が形成される噴火が開始。小規模な熱雲の発生と降灰を確認。以後1940～1948年にかけて昭和火口で灰噴火が断続的に発生。1946年には中規模マグマ噴火発生(昭和噴火)。降灰や溶岩流が噴出	1940年降灰により農作物に被害が出る。1946年一連の噴火で山林消失、農作物被害のほか、死者1名を出す。
1950～2015年	【活動】 1950年から再び南岳山頂で断続的にブルカノ式噴火が発生。降灰、噴石のほか、火口内での溶岩上昇が生じた。1974年には噴火頻度が上昇し、土石流や鉄砲水などの2次災害の原因となった。2006年からは昭和火口でも噴火が開始。2007年、気象庁による噴火警戒レベルの導入(レベル1) 【主要な被害事例】 1955年10月噴火で死者1名、負傷者9名、多量の降灰で農作物に被害。1959年噴石により1月に山火発生、12月旅館の土壁が一部損壊。1960年1月噴石により黒神町で屋根瓦破損、降灰で停電。1961年3月噴石で窓ガラス多数破損。1964年2月中岳で登山者8名が重軽傷。1967年11月鹿屋海上自衛隊機のフロントガラス破損。1970年1月噴石で山火発生。1972年7月降灰で航空機のガラス被害、10月は赤熱噴石飛散により山火事多発。1973年6月に火山礫で1名負傷、車ガラス破損。11月火山礫で車ガラス破損、降灰多量により農作物被害、車のスリップ事故が発生。1974年2月噴石でビニルハウス、窓ガラス、車ガラス等に被害。降灰増大によって農作物に被害が発生したほか、6月・8月の土石流・鉄砲水により合計8名死亡。1975年4月航空機のガラスにひび割れ。7月日高免町、黒神町で降灰による農作物被害。4月大雨による土石流。9月野尻川、古里川の氾濫により国道が不通 1976年5月噴石で車48台のガラスが破損、17日空振で窓ガラス24枚・垂水市海潟の小学校の窓ガラス100枚以上が破損。1983年5月黒神町で火山雷により停電、テレビ、クーラー故障。1984年7月噴石が屋根を突き抜けボヤ発生。8月野尻川で大規模な土石流が発生、住民は避難。1985年7月野尻川、黒神川で土石流が発生、国道一時通行止め、住民は避難。1986年11月噴石が複数により平屋のホールの屋根と鉄筋コンクリートの床損傷。従業員と宿泊客の計6名が負傷。牛舎付近に落下した噴石により、飼料乾燥室が全焼 1987年7月持木川で土石流が発生し、護岸堤防破損、住民は避難。1988年8月野尻川で土石流が3回発生し、国道一時通行止め、住民は避難 2015年8月には急激な山体膨張と地震の増加を受けて噴火警戒レベルが4へ引き上げられた。	

表 付録 2.27 口永良部島の噴火一覧表

火山名	口永良部	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・溶岩流・火砕流・火砕丘		溶岩流、火砕流、山体崩壊、噴石
岩石化学組成		最近の噴火規模
安山岩		1980年噴火 0.0001DRE km ³ (マグマ噴出量)(VEI1)
噴火被害の特徴		
地質学的記録によれば降灰のほか溶岩流や火砕流、山体崩壊がこれまでに発生している。歴史記録では溶岩流・火砕流や噴火に伴う土砂崩壊による被害が発生している。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
58万～1万4000年前	後境・城ヶ鼻・番屋ヶ峰・高堂森・カシ峯・野池の各火山体で溶岩流や軽石を噴出させる活動	
1万1000年前	古岳で溶岩流・火砕物・火砕流噴火が始まる。11世紀までに2回の山体崩壊が発生	
7300～3000年前	鉢窪で溶岩流・火砕物噴火が始まる。	
1300～1000年前	新岳で溶岩流噴火が始まる。	
1000年前	新岳で火砕物噴火が始まる。	
1841年	新岳で5月23日と8月1日に噴火	8月噴火では村落が焼亡し、死者多数。
1931年	3月の鳴動の後、4月2日に新岳火口西縁で爆発し、土砂崩壊も発生。月日にも爆発・降灰・硫黄流出・土地隆起が発生	4月2日の土砂崩壊で負傷者2名、馬や山林田畑に被害が出る。
1933～34年	1933年12月24日～翌年1月11日に新岳火口で数回噴火。爆発し、土砂崩壊も発生	七釜集落が全焼し、死者8名、負傷者26名、全焼家屋15棟、牛馬や山林耕地に大きな被害が出る。
1945年	新岳火口東外壁で割れ目噴火。噴石・降灰も発生	
1966年	新岳で11月22日に噴火し、小規模火砕流や鹿児島市や種子島で感じられる空振も発生	負傷者3名、牛被害1頭
1968～69年	1968年12月～翌年3月に新岳で噴火	
1972年	新岳で噴火	
1973年	11月5～19日に新岳で噴火	
1974年	6月3日に新岳で噴火	
1976年	4月2日に新岳で噴火し、向浜や前田で1cmの降灰	
1980年	新岳東側斜面で9月28日に小規模水蒸気噴火が発生し、爆裂火口が1945年の割れ目に沿って形成	
2007年	気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル1)	
2014年	新岳頂上火口で8月3日に噴火し、島の北部を中心に降灰。西側を中心に小規模な火砕流・火砕サージも流下。噴火警戒レベルが3へ引き上げられた。	
2015年	新岳で5月29日に爆発的噴火と火砕流が発生し、火砕流は西側に流下。噴火警戒レベルが5に引き上げられた。	負傷者1名、全島民が避難

表 付録 2.28 諏訪之瀬島の噴火一覧表

火山名	諏訪之瀬島	
火山の発達史的分類		主な災害要因
成層火山・火砕丘・溶岩流		火砕流、降灰
岩石化学組成		最近の噴火規模
安山岩		1813年噴火 0.1DRE km ³ (マグマ噴出量)
噴火被害の特徴		
文化噴火の火砕流によって全島民避難があったほか、南側の集落における降灰の記録があり、今後も火砕流や降灰等による被害が考えられる。		
主要な噴火・火山災害年表		
年代	活動	主要な被害事例
86000年前以前	富立岳・古期御岳・須崎・マッコー台・中期御岳・根上岳・新期御岳の各火山で活動	
86000年前	御岳で火砕流噴火	
38000年前	御岳で灰噴火	
1813年	御岳火口で火砕物・火砕流噴火(文化噴火)。その後溶岩流が海岸に到達。山体崩壊も発生	この噴火で住民が全員避難し、1883年年まで無人島になる。
1877年	御岳火口で噴火し、3日間音響	
1884年	御岳火口より溶岩が流出して海岸に到達。灰噴火等が翌年まで継続(明治噴火)	
1885年	御岳火口で噴火。鳴動・噴煙	
1889年	10月2～13日に御岳火口で噴火。空振・爆発音	
1921年	12月8～9日に御岳火口で噴火	
1922年	1月に御岳火口で噴火。1925年まで小規模活動継続	
1925年	5月13日に溶岩流流出	
1938年	3月11日より噴火が繰り返される。	
1940年	11月29日に御岳火口で噴火	
1949年	10月に御岳火口で黒煙が上がる噴火。鳴動・地震・地割れを伴う。	
1950～54年	御岳火口で時々噴火	
1956年	御岳火口で噴火。空振を伴う。	
1957～95年	御岳火口で頻繁に噴火	
1992年	2月と10月以降1997年4月まで御岳火口で断続的に噴火。2月は島内降灰、10月は赤熱噴石飛散	
1997年	3、4月に御岳火口より火山灰が少量噴出	
1999年	1、9、11月に御岳火口より火山灰が噴出し、集落で時々降灰を確認	
2000年	1、2、12月に灰噴火が発生。12月には新たに噴出口が形成される。	
2001年	1～5、7、10～12月に御岳火口で噴火。集落で時々降灰を確認。7月以降に火山性地震活発化	
2002年	御岳火口で2月を除いて毎月噴火し、特に8、11、12月は爆発が頻発。8月は奄美大島名瀬市で降灰確認	
2003年	御岳火口で8、11月を除いて爆発的噴火が毎月発生し、特に7月に頻発	
2004年	1、3～7、10、12月に爆発的噴火。2月には御岳火口内の北東側に新しい火口が形成される。	
2005年	御岳火口で1、5～7、10、12月に爆発的噴火	
2006年	御岳火口で1～3、7、8、10～12月に爆発的噴火	
2007年	御岳火口で1～5、9～12月に爆発的噴火 気象庁による噴火警戒レベル導入(レベル2)	
2008年	御岳火口で2～4、6、8～12月に爆発的噴火	
2009年	御岳火口で年間を通して爆発的噴火	
2010年	御岳火口で6月を除いて年間を通して爆発的噴火	
2011年	御岳火口で1～5、9月に爆発的噴火。2月に北東海域で地震群発、3月は11日の東北地方太平洋沖地震以降に地震が一時的に増加	
2012年	御岳火口で2～4、6、8～12月に爆発的噴火	
2013年	御岳火口で8月26日に爆発的噴火、榑戸原で空振確認	
2014年	御岳火口で9月15～16日に灰噴火	

地震保険研究32

火山活動のハザード・リスク評価手法
に関する調査

2017年9月発行

発行 損害保険料率算出機構（損保料率機構）

〒163-1029 東京都新宿区西新宿3-7-1

TEL 03-6758-1300（代表）

URL <http://www.giroj.or.jp>

印刷 日本印刷株式会社

〒501-0476 岐阜県本巣市海老374-11