

大規模火砕噴火推移時系列データ集 その3

Dataset of the time sequence of large-scale pyroclastic eruptions, part 3

池上郁彦¹・長田美里¹・河野裕希¹・米谷珠萌^{1,2}・宝田晋治¹

IKEGAMI Fumihiko¹, OSADA Misato¹, KOHNO Yuhki¹, MAITANI Shuho^{1,2} and
TAKARADA Shinji¹

¹ 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

¹ Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST

² 現所属：明治大学大学院理工学研究科物理学専攻

² Department of Physics, School of Science and Technology, Meiji University

Ikegami, F., Osada, M., Kohno, Y., Maitani, S. and Takarada, S. (2025) Dataset of the time sequence of large-scale pyroclastic eruptions, part 3. Open-File Report on the Geological Survey of Japan, AIST, no. 761, 52p.

Abstract

大規模火砕噴火推移時系列データ集 その1(下司ほか, 2020), その2(下司ほか, 2021)に引き続いて, 爆発的噴火の発生や噴火推移の予測に資するデータとして, 過去に発生した大規模な爆発的噴火の長期・短期的活動状況や, 噴火の時間推移の特徴をとりまとめた. フンガトンガ 2022 年噴火, 福德岡ノ場 2021 年噴火, アグン 2017-19 年噴火, クラカタウ 2018 年噴火, ラバウル 1994~年噴火, ベズィミアニ 1955-56 年噴火, 北海道駒ヶ岳 1929 年噴火, ワイナプチナ 1600 年噴火の 8 つの火山噴火である. この他, 新たな情報や修正が追加されたため, データ集その 1 とその 2 でとりまとめたデータについて改訂を行なった 3 つの火山噴火, アグン 1963 年噴火, 浅間天明 1783 年噴火, ヴェスヴィウス西暦 79 年噴火を含む. 本資料集でもこれまでの報告に引き続き, 噴火推移の特徴を視覚的に表すため, Volcanic Unrest Classification (VUC)に基づく噴火推移図を用いた.

This report follows the series of large-scale pyroclastic eruption transition time-series data: Part 1 (Geshi *et al.*, 2020) and Part 2 (Geshi *et al.*, 2021). It compiles the long-term and short-term activity

status and the characteristics of the temporal progression of major explosive eruptions that occurred in the past, providing data useful for predicting the occurrence and progression of explosive eruptions. The report covers eight volcanic eruptions: Hunga Tonga 2022 eruption, Fukutoku-Oka-no-Ba 2021 eruption, Agung 2017–19 eruption, Krakatau 2018 eruption, Rabaul 1994– eruption, Bezymianny 1955–56 eruption, Hokkaido-Komagatake 1929 eruption, and Huaynaputina 1600 eruption. It also includes three significantly revised descriptions of volcanic eruptions: Agung (1963), Asama (1783), and Vesuvius (79 AD) for adding or correcting information. As with the previous reports, this report also uses eruption progression diagrams based on the Volcanic Unrest Classification (VUC) to visually show the characteristics of eruption transitions.

はじめに

VEI 3～6 (みかけ体積 $0.01 \sim 100 \text{ km}^3$) に相当する火山噴火は歴史時代にたびたび発生し、大きな被害を引き起こしてきた。このような噴火の推移、長期・短期的前駆活動には、多様性が認められ、その詳細を明らかにする必要がある。噴火推移データベースでは国内外の噴火事例をシームレスに比較する目的で、国内及び海外の噴火のうち、“時系列の目撃・観測記録が比較的よく残っている火砕噴火”を対象として、中長期的前駆現象、短期的前駆現象、及び噴火発生後の推移について取りまとめた。また、統一的な基準に基づいて、それらの記録を解釈し、噴火がどのように推移したのかを一目で理解でき、他の噴火と比較検討することができる噴火推移図を作成した。

下司ほか(2020)では、カルブコ 2015 年噴火、プジェウエ=コルドン・カウジェ 2011 年噴火、グリムズヴォトン 2011 年噴火、ピナツボ 1991 年噴火、オーガスティン 1976 年噴火、桜島大正噴火 (1914)、ノヴァラプタ・カトマイ 1912 年噴火、クラカタウ 1883 年噴火、アスキャ 1875 年噴火、浅間天明噴火 (1783)、富士山宝永噴火 (1707)、ヴェスヴィウス西暦 79 年噴火について取り扱った。下司ほか(2021)ではケルート 2014 年噴火、チャイテン 2008 年噴火、エル・チチョン 1982 年噴火、有珠山 1977 年噴火、アグン 1963 年噴火、セロ・アズール 1932 年噴火について取り扱った。

本資料集では、フンガトンガ 2022 年噴火、福德岡ノ場 2021 年噴火、アグン 2017-19 年噴火、クラカタウ 2018 年噴火、ラバウル 1994 年噴火、ベズィミアニィ 1955-56 年噴火、北海道駒ヶ岳 1929 年噴火、ワイナプチナ 1600 噴火の 8 つの火山噴火について検討結果を示す(表 1)。また、アグン 1963 年噴火、浅間天明噴火 (1783)、ヴェスヴィウス西暦 79 年噴火の 3 つの火山噴火については、情報追加による大幅な改訂をおこなったため、改めて本資料集

で検討結果を示す (表 1). 本研究資料集では, 長期を数 10 年~数 1000 年のオーダー, 短期を数分~数日のオーダー, 中期をその中間の時間軸で用いる.

表 1. 調査対象とした火山噴火. 橙色のものを本資料集でまとめている. VEI は Smithsonian Institution Global Volcanism Program (GVP) (2024) での評価による. ○は収集済みの離散的データを示す. 連続的データでは, 本資料集においては, マグマ噴出率に関する情報元 (観測や復元) を示す. 離散的データでは, 離散的な時系列データである目撃情報等の使用の有無を示す.

噴火名	国	VEI	噴火概要	連続的データ	離散的データ
Hunga Tonga 2022	トンガ	6	本資料集	-	○
福德岡ノ場 2021	日本	4	本資料集	-	○
Agung 2017-19	インドネシア	3	本資料集	-	○
Krakatau 2018	インドネシア	4	本資料集		○
Calbuco 2015	チリ	4	その 1	-	○
Kelud 2014	インドネシア	4	その 2	観測	○
Puyehue Cordon-Caulle 2011	チリ	5	その 1	観測	○
Grimsvotn 2011	アイスランド	4	その 1	観測	○
Chaiten 2008	チリ	4	その 2	-	○
Rabaul 1994~	パプア・ニューギニア	4	本資料集	-	○
Pinatubo 1991	フィリピン	6	その 1	観測	○
El Chichon 1982	メキシコ	5	その 2	-	○
有珠山 1977	日本	3	その 2	-	○
Augustine 1976	アメリカ	4	その 1	-	○
Agung 1963	インドネシア	5	本資料集 (改訂)	-	○
Bezymianny 1955-1956	ロシア	5	本資料集	-	○
Cerro Azul (Quizapu) 1932	チリ	5	その 2	-	○
北海道駒ヶ岳 1929	日本	4	本資料集	-	○
桜島大正噴火 1914	日本	4	その 1	-	○
Novarupta-Katmai 1912	アメリカ	6	その 1	復元	○
Krakatau 1883	インドネシア	6	その 1	復元	○
Askja 1875	アイスランド	5	その 1	-	○
浅間天明噴火 1783	日本	4	本資料集 (改訂)	-	○
富士山宝永噴火 1707	日本	5	その 1	復元	○
Huaynaputina 1600	ペルー	6	本資料集	-	○
Vesuvius 79AD	イタリア	5	本資料集 (改訂)	復元	○

VUC について

VUC (Volcanic Unrest Classification)は、火山活動の強度を表す定性的指標として、-1〜7 で表される (下司ほか,2020)。非噴火状態から噴火状態まで同一基準で定性的に評価することにより、火山活動の相対的な変動を可視化することができる。詳細な説明は下司ほか (2020) を参照されたい。図 1 に、VUC とそれに対応する火山活動の代表的な現象を示す。

VUC: 7 巨大噴火
噴煙高度が 30 km を超えたり、大規模火砕流(>5 km ³ DRE)が噴出したりするような現象が該当する。マグマ質量噴出率は 10 ⁸ kg/s を超える。殆どのケースでカルデラ陥没を伴う。
VUC: 6 大きな噴火
噴煙高度が 15 km を超えるような典型的プリニー式噴火、或いはそれ以下であってもマグマ質量噴出率が 10 ⁷ kg/s を遙かに超えるような火砕噴火が該当する。前者の場合、噴煙柱は圏界面を完全に突破し、多量の降下軽石が堆積する。後者および前者の一部では 10 km 以上滑走する火砕流が複数ないしは全周方向に流下する。
VUC: 5 やや大きな噴火
爆発的噴火のうち、噴煙高度が 8-15 km、或いは噴出物に降下軽石が顕著に含まれる噴火が該当する。大気圏界面は低緯度で高く高緯度で低い傾向があり、8-15 km はそのおおよその変動範囲である。いわゆる大きいブルカノ式噴火、激しいストロンボリ式噴火と強いマグマ水蒸気爆発、そして弱いサブプリニー式噴火がこれに含まれる。
VUC: 4 小さな噴火
VUC:3 とは異なり爆発性が高いが、噴煙高度が 8 km を超えない状態に与えられる。水蒸気爆発やブルカノ式噴火の多くがこれに含まれる。降灰は数十 km の範囲に限られる。
VUC: 3 弱い噴火
火道において、毎時程度の時間スケールである程度の定常性が伴っている噴火現象に与えられる。溶岩噴出が最も典型であり、一般的な溶岩噴泉、浅いマグマヘッドからの灰噴火、暴噴状態の噴気もこれに含まれる。より強度の高い噴火と同時に起きている場合は異なるレコードとして記載される。
VUC: 2 急激な変状
火山活動に関連する変状で、主に日単位かそれ以下の時間スケールで現象がエスカレートを示しているものに与えられる。有感地震の多発、地割れの開口、噴気活動の活発化などが含まれる典型的現象である。また>1000 t/日の SO ₂ 放出、噴火と時空間的に近接した規模の大きな火山構造性地震もこれに含む。
VUC: 1 ゆるやかな変状
火山活動に由来する変状が見られているが、定常的・準定常的な現象で日〜週単位でエスカレートする様子が見られない場合に与えられる。継続的な地熱活動による噴気、年単位での緩やかな地殻変動、火山周辺の定常的な地震活動(基本的に無感)とその緩やかな変化などが該当する。噴気活動以外は計器観測によって検知されるものであり、目撃記録からは検知困難である。
VUC: 0 活動なし
>観察として、火山活動がみとめられなかった場合、あるいは噴火活動が一時的・永続的に停止したことをレコード上で明確にする必要がある際に与えられる。具体例としては、直接的観察による静穏である旨の記述、継続していた降灰や連続微動の停止などが該当する。
VUC: -1 関係不明な特記現象
調査対象である噴火と直接的関係は不明だが、時系列を把握する上で有用、或いは未科学的関心の対象となっているような特記現象に与えられる。現在採録されているデータのうち該当するレコードは、すべて比較的近傍(< 200 km 程度)を震源として起きたと考えられる海溝型および内陸型の大きな地震である。これらの事象は活動推移図には表示されず、レコード内のみ存在する。

図 1. VUC (Volcanic Unrest Classification) の詳細な区分と火山活動との対応 (下司ほか, 2020)。

Hunga Tonga – Hunga Ha’apai 2022 Eruption

火山名： フンガ・トンガーフンガ・ハアパイ

国： トンガ

地域： トファ弧（トンガーケルマデック弧）

噴火開始日時: 2022 年 1 月 15 日

VEI : 6

噴出量: $>6.3 \text{ km}^3$ 海底密度流堆積物 + $>1.9 \text{ km}^3$ テフラ (玄武岩質安山岩)

最高噴煙柱高度: $>55 \text{ km}$

噴火トレンド：エスカレート型

長期：

フンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山は太平洋プレートがオーストラリアプレートに沈み込むトンガ・ケルマデック弧の北端、トファ弧に位置する海域火山である。トファ弧の西側では背弧海盆が拡大を続けており、East Lau Spreading Center (ELSC)は同火山のわずか 60 km 西を走っている。山体は比高約 2000 m の円錐状であり、山頂には直径 4 km のカルデラがある。カルデラの北東縁がフンガ・トンガ島、北西縁がフンガ・ハアパイ島、そして無名の浅瀬が南縁を形作っている (Cronin *et al.*, 2017; Brenna *et al.*, 2022).

短期：

20 世紀以降の記録しかないが、数十年程度の間隔をおきながら山頂カルデラの内外でスルツェイ式噴火活動を繰り返していた。直近の 2014–15 年噴火では、カルデラ内北側に火砕丘を形成し、フンガ・トンガ島とフンガ・ハアパイ島が接続された。それ以降 2021 年 12 月 19 日まで静穏であった。噴火開始の約 24 時間前、現地時刻で 12 月 19 日 11:01 (12 月 18 日 22:01, UTC)に ESA Sentinel-2 が島を撮影しているが、それ以前の画像と比較して山体や海水変色域に異常は見られない (Global Volcanism Program, 2022a).

噴火推移概要：

現地時刻で 2021 年 12 月 20 日 09:30 (UTC+13)に始まったやや強い噴火により活動を開始した。火口は 2014–15 年噴火火口から数百メートル北東の位置であった。JAXA ひまわり 8 号の衛星写真からは、およそ 2 時間にわたって噴煙頂部にオーバーシュート部が観察され、その後 10 時間程度連続噴煙状態を維持したと考えられる。12 月 24 日 11:02 (12 月 23 日 22:02, UTC)に ESA Sentinel-2 が撮影した衛星写真には、このとき放出したとみられる数

十 km² 程度の小規模な軽石いかだが島の西方にみられる。12 月 21 日 11:30 からその後 25 日までほぼ連続噴煙状態が続いたが、それ以降はひまわり 8 号に映る噴煙をあげる頻度は大幅に低下した。ただし 30 日にはドローンによりスルツェイ式噴火活動が続いている様子が撮影されている(Tonga Geological Services, 2021)。

2022 年 1 月 14 日、再びやや強い噴火が発生。ひまわり 8 号の衛星写真によると、オーバーシュート部は 4 時間程度継続し、更にその後 23 時間あまりにわたって強い連続噴煙状態になったと考えられる。後者についてはトンガ地質調査所の船からの観察により連続的で激しいマグマ水蒸気爆発であったと報告され、噴煙高度は 18–20 km と推定された (Global Volcanism Program, 2022b)。噴煙は 1 月 15 日翌朝には完全停止しており、フンガ・トンガ島とフンガ・ハアパイ島をつないでいた火砕丘が破壊され海峡となっている様子が Planet 社 Skysat 衛星により撮影されている。

1 月 15 日 17:00–17:10 の間に大規模噴火が開始した。25 分あまりで噴煙は 60 km 離れたヌクアロファに到達し、その後 17:33 にはヌクアロファを津波が襲い始めた (Global Volcanism Program, 2022a)。同じ 17:30 にはひまわり 8 号と GOES-16 衛星の視差から求められる噴煙高度はピークの >55 km に達したが(Carr *et al.*, 2022; Proud *et al.*, 2022)、直ちに崩れ花卉状に全周に向かって広がり笠雲を形成した。笠雲の頂部高度は 3 時間程度 30–40 km を維持し、その後 20–25 km に低下し、更に 4 時間継続した(NASA Earth Observatory, 2022)。1 月 16 日 06:09 に Sentinel-1 衛星により撮影された SAR 画像では、フンガ・トンガおよびフンガ・ハアパイ島の面積が劇的に縮小している様子が写っていた。噴煙は 9:00 頃から解消し、11:00 頃にはヌクアロファの雲が晴れた。その後 1 月 16–17 日にかけて 4–5 回小さな白煙を上げている様子が GOES-16 衛星により捉えられた。1 月 18 日 11:01 に撮影された Sentinel-2 衛星の画像では半径 100 km の海が懸濁し微小な軽石いかだが点在している様子が写っているが、小さくなった 2 つの島の周辺に特段の変色域や噴気活動はみられず、主要な噴火は終了したものと考えられる。1 月 16 日から最大で M5 程度に達する活発な地震活動が観測され始め、1 月 18 日には USGS ComCat カタログに 11 回の M4–5 の地震が記録されている。その後、地震発生頻度は徐々に低下していき、約 1 ヶ月程度で地震活動は終息した。

この噴火により既存のカルデラが 700 m 以上陥没し、その欠損体積は 6 km³ に達した。またカルデラ周辺では 3.5 km³ の堆積物が剝削によって失われたほか、マルチビームソナーの検知できる範囲で 6.3 km³ もの堆積物が新たに生じていた(Seabrook *et al.*, 2023)。降下火砕物は 1.4 km³ 以上あったと考えられ(Kelly *et al.*, 2024)、気圧変化から見積もられた爆発エネルギーはピナツボ 1991 年噴火を超えクラカタウ 1883 年噴火に迫る(Matoza *et al.*, 2022; Wright *et al.*, 2022)とされた。

これらをまとめ、フンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山 2022 年噴火について、表 2 に推移情報のリストを、図 2 に VUC 噴火推移図を示す。

表 2 本資料集でまとめたフンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山 2022 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC 内容	出典
2021/12/19 11:01		0 Sentinel-2が島を撮影。山体・海水変色に特異な点なし。	Interpretation by F.I.
2021/12/20 09:30	約2.0時間	6 強い噴火。<50 km ² の軽石いかだの発生。	Interpretation by F.I.
2021/12/20 11:30	約10時間	4 ひまわり8号。連続噴煙状態。	Interpretation by F.I.
2021/12/21 11:30	約4.2日間	4 ひまわり8号。連続噴煙状態が25日まで続く	Interpretation by F.I.
2021/12/25 17:00	約19日間	3 ひまわり8号。12/25-1/13 海水変色。稀に噴煙。	Interpretation by F.I.
2021/12/29 05:30	約2.5時間	4 ひまわり8号。やや連続的な噴煙。	Interpretation by F.I.
2021/12/30 12:00		4 弱いスルツェイ式噴火活動をしている動画がYoutubeにある。	Interpretation by F.I.
2022/01/14 04:20	約4.0時間	6 ひまわり8号およびGOES-16。強い噴火。オーバーシュート部分が見える。	Interpretation by F.I.
2022/01/14 08:20	約6.0時間	4 ひまわり8号およびGOES-16。連続噴煙状態。	Interpretation by F.I.
2022/01/14 14:20	約5.0時間	5 ひまわり8号およびGOES-16。強い連続噴煙状態が続く。	Interpretation by F.I.
2022/01/14 19:20	約11時間	4 ひまわり8号およびGOES-16。連続噴煙状態。次第に間欠的になり噴煙停止。	Interpretation by F.I.
2022/01/15 15:25		2 Planet社Skysatが島を撮影。噴火停止状態。火砕丘は破壊され、島は2つにわかれている。海峡部からは茶色い海水変色が湧き出している。	Interpretation by F.I.
2022/01/15 17:00	約60分間	7 ひまわり8号およびGOES-16。大気波動現象の発生・急速な笠雲の拡大(2.4 km/min)・オーバーシュート部分の成長	Interpretation by F.I.
2022/01/15 17:33		2 これ以降連続的に津波が南方60kmのヌクロファを襲う	Interpretation by F.I.
2022/01/15 18:00	約7.0時間	6 ひまわり8号およびGOES-16。大気波動現象は引き続き発生・オーバーシュート部分の成長の停止	Interpretation by F.I.
2022/01/16 01:30	約9.5時間	5 ひまわり8号およびGOES-16。オーバーシュート部分が火口を離れる。傘雲は1/16 5時JST頃から消え始めた。	Interpretation by F.I.
2022/01/16 06:09		0 Sentinel-1がSARで島を撮影。2つの島が大幅に小さくなっている様子が判明。	Interpretation by F.I.
2022/01/16 10:40		4 GOES-16。小爆発。	Interpretation by F.I.
2022/01/16 22:20		4 GOES-16。小爆発。	Interpretation by F.I.
2022/01/17 03:00		4 GOES-16。小爆発。	Interpretation by F.I.
2022/01/17 06:20		4 GOES-16。小爆発。	Interpretation by F.I.
2022/01/17 09:30		4 GOES-16。小爆発?	Interpretation by F.I.
2022/01/18 11:01		0 Sentinel-2が周辺を撮影。半径100 kmの海が懸濁し、散り散りに軽石いかだが漂流。軽石いかだの面積はすべて足しても<50 km ² 程度。火口付近に変色域はなし。	Interpretation by F.I.

VUC 噴火推移

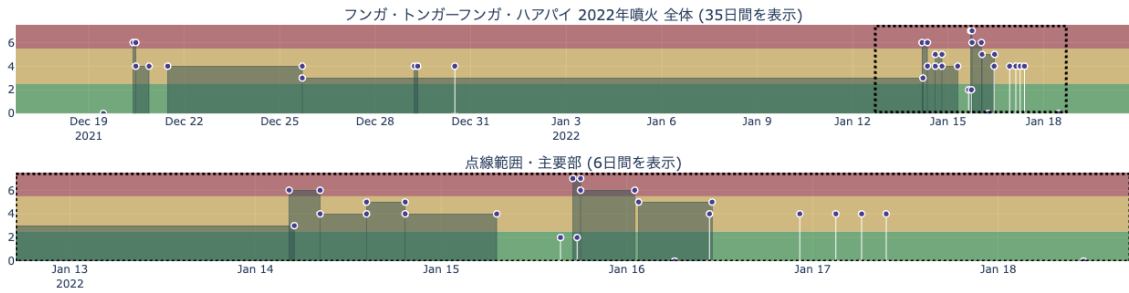


図 2 本資料集で検討したフンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山 2022 年噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図 1 と同様の色を使用した。●は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のような、ある特定の時刻における事象を示す。35 日間表示図(上図)中の黒点線で示した範囲を拡大したものを、6 日間表示図 (下図) として示す。

福德岡ノ場 2021 年噴火

火山名： 福德岡ノ場（北福德カルデラ）

国： 日本

地域： 小笠原弧南部・火山列島

噴火開始日時: 2021 年 8 月 13 日

VEI：4

噴出量: 0.1 km³ 漂流軽石・新島 + ? km³ テフラ (トラカイト)

最高噴煙柱高度: 17 km

噴火トレンド：減衰型

長期：

福德岡ノ場は伊豆小笠原弧の南端，マリアナ弧に接続する部分に位置する安山岩質の海底火山であり，北福德カルデラと呼ばれる 15×7 km の凹地の南部に位置している．凹地からの比高は 400 m ほどであり，山頂部の水深はたびたび変化しているが 2010 年の海上保安庁の測量で海面下 25 m であった．記録のある 20 世紀以降たびたび噴火を繰り返しており，1904, 1914, 1986 年に新島を形成したがいずれも海没している（海上保安庁海域火山データベース）．

短期：

防災科研 Hinet 自動震源には噴火開始 24 時間以内に地震活動は記録されていない．噴火の 8 日前，2021 年 8 月 5 日に海上保安庁の観測機からは弱い海水変色が確認されていた．なお海水変色は 1972 年以来恒常的に見られている（海上保安庁海域火山データベース）．

噴火推移概要：

2021 年 8 月 13 日 6:00 頃，ひまわり 8 号が西に流される白色の連続噴煙を捉え始めた．海上にいた漁師により白色噴煙柱が目撃・撮影されている (https://twitter.com/yutaka_kosugi/status/1429293742154862593; 確認日 2024 年 12 月 17 日)．9:13 には既に漂流する軽石が Sentinel-3 衛星写真に写っている．9:57 に VAAC Tokyo が噴煙高度 16.5 km に達するとの情報を発出．当時の圏界面は高度 16 km であったとみられるが，11:41 には既に圏界面からオーバーシュートしたとみられる形状の噴煙が父島で目撃されている (https://x.com/teeecceec_Official/status/1426011000013168643; ; 確認日 2024 年 12 月 17 日)．Fauria *et al.* (2022)によると，10:22 に Maxar 社 WorldView-2 衛星により旺盛な白色噴煙およ

びその根元で軽石筏の形成が進んでいる様子が撮影されている。14:00 頃から 1 時間程度急速に同心円状の笠雲が発達し、その後日没まで噴煙柱は東風によってたなびいて、西に伸びた形状となった。15:00–15:30 に行われた海上保安庁の航空観測では、噴火が激しく接近できなかったものの、大きくオーバーシュートした噴煙柱の中では激しいプリュームと弾道放出活動が起こっており、部分的崩壊に伴うサージの発生もみられた(及川ほか, 2021)。日没後も硫黄島および父島からは激しい火山雷活動が目撃された(https://x.com/teeecceec_Official/status/1426117586077380610; 確認日 2024 年 12 月 17 日)。21:25 に Sentinel-3 衛星に撮影された赤外面像では、同心円状の噴煙は消失し、西に流される連続噴煙状態へ戻っていた。翌 14 日 7:30 以降、連続噴煙は間欠的な噴煙放出へと変化した。9:50 には雲と噴煙の合間から、Planet 社 Planetscope 衛星が新島が形成されている様子を撮影している。夕方に再び連続噴煙状態になるが 15 日朝には再び間欠的な噴煙放出に戻り、昼頃に衛星から見える規模の噴煙および軽石いかだの放出は完全に停止した。15 日 12:51 には海上保安庁の航空機が小規模なスルツェイ式噴火活動を行っている様子を撮影しているが、16 日以降の写真には噴火の様子は写っておらず、終息したものとみられる(海上保安庁海域火山データベース)。軽石いかだは黒潮反流により西に向けて漂流し、9 月末から 10 月にかけて沖縄および奄美諸島に漂着して船舶の航行や養殖業に大きな被害をもたらした。その後黒潮に乗った軽石より 11 月には関東でも微量の漂着がみとめられたほか、台湾・フィリピン・タイなどにも相当量が順次漂着した(Yoshida *et al.*, 2022a)。福岡ノ場の火口周辺に形成された新島は、侵食の影響により 12 月ごろ海没した。翌 2022 年前半には引き続きひまわり衛星でも確認可能な広範な海水変色がみられたが、後半にはそれもみられなくなった。この噴火で噴出した軽石は 61-62% SiO₂ のトラカイトであった(Yoshida *et al.*, 2022b)。

これらをまとめ、福岡ノ場火山 2021 年噴火について、表 3 に推移情報のリストを、図 3 に VUC 噴火推移図を示す。

表3 本資料集でまとめた福徳岡ノ場火山 2021 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC 内容	出典
2021/08/13 04:30		4 このころ噴火が始まったのを漁師が目撃。	小杉 (2021) https://twitter.com/yutaka_kosugi/status/1429293742154862593
2021/08/13 06:00	約8.0時間	5 ひまわり8号が西に流される連続噴煙を観測する。	ひまわり8号起動観測
2021/08/13 06:30		5 数十km離れた漁師がやや傾いた白色噴煙柱を撮影	小杉 (2021) https://www.youtube.com/watch?v=Wk3lnp7b4eQ
2021/08/13 09:13		5 Sentinel-3衛星 点噴出源から西に流される噴煙と軽石	https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=10&lat=24.34391&lng=141.19904&themeld=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fservices.sentinel-hub.com%2Fogc%2Fwms%2F82f84fab-9b1c-4322-beeb-207b0f05afef&datasetId=S3OLCI&fromTime=2021-08-13T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2021-08-13T23%3A59%3A59.999Z&layerId=6_TRUE-COLOR-HIGHLIGHT-OPTIMIZED
2021/08/13 09:27		6 VAAC 噴煙高度FL540=16.5 km	VAAC Tokyo
2021/08/13 10:00	約60分間	6 WWLINのGlobal Volcanic Lightning Monitorに記録される火山雷の数がピーク(800回/時)を迎える。以降翌14日9時台にゼロになるまで徐々に減少。	https://twitter.com/geoign/status/1426496904288899073
2021/08/13 11:41		6 オーバーシュートした噴煙が父島で目撃される	https://twitter.com/teeec_Official/status/1426011000013168643
2021/08/13 14:00	約7.0時間	6 同心円状に広がる笠雲が発達する	ひまわり8号起動観測
2021/08/13 15:00	約60分間	6 海保航空観測 オーバーシュートした噴煙、vigorous convective plumes、弾道放出物、サージ	海上保安庁海域火山データベース
2021/08/13 15:30		6 距離30 kmから漁師が明灰色の噴煙柱と白色の笠雲を撮影。火山雷多数。	https://twitter.com/yutaka_kosugi/status/1427594160626753536
2021/08/13 15:30		6 気象庁 解説情報 噴煙16 km	https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/tokyo/21m08/202108131330_331.pdf
2021/08/13 15:12		2 Sentinel-5 TROPOMI SO2 6.5kt	https://twitter.com/DlrSo2/status/1426104182763839488
2021/08/13 17:00		5 17時ごろ？硫黄島から噴煙柱の根本が目撃される	https://twitter.com/tetsu_yan/status/1426096964098166784
2021/08/13 17:57		6 大きくオーバーシュートした噴煙が父島で目撃	https://twitter.com/teeec_Official/status/142610562446730241
2021/08/13 18:45		5 激しい火山雷活動が父島で目撃	https://twitter.com/teeec_Official/status/1426117586077380610
2021/08/13 21:00		5 21時ごろ撮影。激しい火山雷活動が父島で目撃	https://twitter.com/misoka_fumituki/status/1426179455018405888
2021/08/13 21:25		5 Sentinel-3 SLSTR 笠雲は消失 西に流される噴煙	Interpretation by F.I.
2021/08/14 07:00		5 7時過ぎ。引き続き父島から噴煙目撃。オーバーシュート部分はない？	https://twitter.com/uemurakazuhiko/status/1426313926132736002
2021/08/14 07:30	約4.0時間	4 連続噴煙一瞬途切れ、以降間欠的に雲を吐き出す	ひまわり8号起動観測
2021/08/14 09:49		4 Sentinel-3 SLSTR 間欠的な噴煙の一つが給源にかかっている	Interpretation by F.I.
2021/08/14		3 アクセルスペース社衛星写真。13日の軽石ラフトが離れる一方、火口ラグーン内にも軽石ラフトが浮いている。噴出継続中？	https://newsdigest.jp/news/9464c248-7bd5-4299-b092-8d1c90c4b819
2021/08/15 12:40	約60分間	4 海保が航空観測により写真および動画を撮影。ラグーン内に白い噴気活動のち暗色ジェットを吹き出すマグマ水蒸気爆発と白色サージ発生。	https://www1.kaiho.mlit.go.jp/GUJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo24-2.htm
2021/08/15 13:00		3 Planetlab社衛星写真。火口ラグーン内の軽石ラフトが外界に出ようとする様子が撮影される。この頃軽石ラフトの噴出終わり？ 時刻不明ながら構図的に12:50海保写真より若干後か？	https://twitter.com/planet/status/1427225722813394952
2021/08/16 13:48	約82分間	1 海保が航空観測により写真及び動画を撮影。ラグーン内に白い噴気。軽石ラフトはすでに離れる。数kmに伸びる海水変色。	https://www1.kaiho.mlit.go.jp/GUJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/kaiyo24-2.htm
2021/08/16		1 アクセルスペース社衛星写真。軽石ラフトが完全に福徳岡ノ場を離れる。海流に流されたなびく数kmの海水変色。	https://newsdigest.jp/news/9464c248-7bd5-4299-b092-8d1c90c4b819
2021/08/17 10:00		1 Landsat-8衛星写真。静穏。海水変色はラグーン周辺のみ。	https://glovis.usgs.gov/scene/view/landsat_8_c1/LC810404032021229LGN00/

VUC 噴火推移

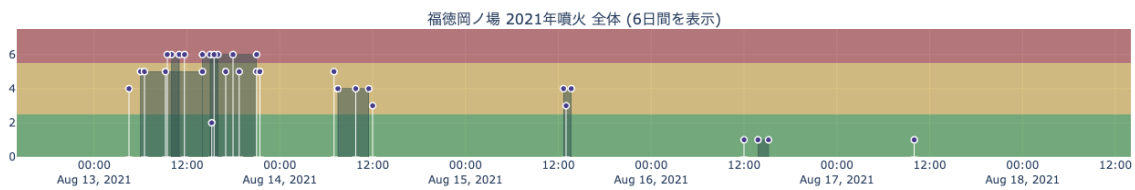


図3 本資料集で検討した福徳岡ノ場 2021 年噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図 1 と同様の色を使用した。●は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のような、ある特定の時刻における事象を示す。

Agung 2017-19 Eruption

火山名： アグン

国： インドネシア

地域： スンダ弧

噴火開始日時: 2017 年 11 月 21 日

VEI : 3

噴出量: ? km³ テフラ + >0.024 km³ 溶岩 (安山岩)

最高噴煙柱高度: 9 km

噴火トレンド：多峰型

長期：

アグンはスンダ弧のバリ島東部に位置する安山岩質の大型成層火山(標高約 3000 m)である。完新世後期においては 100 年に 1 回程度 VEI2~5 の噴火を行い、降下火砕物と火砕流を発生させてきた (Fontijn *et al.*, 2015).

短期：

噴火開始のおよそ半年前である 2017 年中盤から地震活動が開始し、9 月に入ると 22 日には M>1 が >800 回観測されるようになり、26 日には M4.2 の地震が発生するなど、数多くの有感の火山テクトニック(VT)地震を伴いピークを迎えた。10 月に入って活動はやや穏やかになったが、11 月に再び活発化し、低周波地震や火山性微動を含むようになった (Syahbana *et al.*, 2019).

噴火推移概要：

活発な前駆的な地震活動に比べると、噴火活動は低調であった。11 月 21 日夕方の小規模なマグマ水蒸気爆発に始まり、1 週間にわたって小規模で間欠的な爆発を伴いながら火口内に溶岩が噴出した。11 月 25 日の爆発は噴煙高度 9 km に達し、地鳴りや火山雷を伴っていた (Syahbana *et al.*, 2019)。12 月には溶岩の噴出は一旦止まった。爆発発生頻度や活動規模は低下するとともに噴火は散発的になり (Syahbana *et al.*, 2019)、その状態が 2019 年 4 月まで続いた (Global Volcanism Program, 2019a)。その間 2018 年末に再び火口内に溶岩が噴出した。最終的に、2019 年の 5 月 31 日と 6 月 13 日に再び噴煙が 8-9 km 上昇する、やや大きな爆発を起こして活動は沈静化した (Global Volcanism Program, 2019b)。

これらをまとめ、アグン火山 2017-2019 年噴火について、表 4 に推移情報のリストを、図 4 に VUC 噴火推移図を示す。

表 4 本資料集でまとめたアグン火山 2017-2019 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
2017 7月		1	7月中旬、最初の熱異常、地震活動が定常的範囲を超える。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017 8月	約30時間	1	VT型地震が毎日起きようになり、規模を増す。GNSSおよびInSARが山体膨張を検出。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/09/18		2	M3級の有感地震や熱異常の拡大を受けて警戒レベルが上昇。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/09/22		2	地震活動は更に活発化しピークを迎える。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/10/07		3	活発な噴気が起こり高度4.5 kmまで上昇するが、顕著なSO ₂ は検出されず。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/10/20		2	地震活動が衰えるが、震源は山頂に近づく。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/11/08		2	地震活動が再び高まる。最大の地震M4.9が起きる。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017 11月		2	11月中旬から低周波地震と火山性微動が観測され始める	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/11/21 17:05		4	最初の噴火。マグマ水蒸気爆発。噴煙火口上700 m。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/11/22		1	SO ₂ 放出量、660 t/日	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/11/25	約96時間	3	火口に溶岩が噴出し、火口を埋め立てる。29日以降の変化は小さい。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/11/25 17:20	約5.3日間	4	断続的な噴煙放出。11/26には噴煙高度9 km、火山雷・地鳴り・ラハールがたびたび発生。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/12/01 00時頃	約72時間	4	1時間に1～2回程度の、間欠的な小爆発を繰り返す	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/12/04	約19日間	4	小爆発の低頻度化	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2017/12/23	約27日間	4	小爆発は日～週間隔にまで頻度が落ちる	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/01/19	約6.2ヶ月	4	1/19に小さなストロンボリ式活動。その後更に低頻度の小爆発。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/06/23		1	VT型地震の群発	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/06/27		4	爆発	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/06/27		3	溶岩の再度の噴出	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/06/28	約24時間	4	断続的な噴煙放出	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/06/29	約32日間	4	間欠的な小爆発	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/07/02		4	ストロンボリ式活動により火山弾が火口から3 kmまで飛散。大きな雷鳴のような音が聴かれる。	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/08/01	約6.0ヶ月	1	噴気活動	Syahbana et al. (2019) Sci.Rep.
2018/08/08	約24時間	4	火山灰高度4.3 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2018/08/16	約24時間	4	火山灰高度3.3 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2018/09/01 00:00	約91日間	3	9-11月は噴気活動のみ。火口上10-500 m。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2018/12/01 00:00	約31日間	3	12月も大半の期間は噴気活動。火口上最大400 m。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2018/12/30 04:09		4	小爆発。188秒の波形イベントが観測され、火山灰が高度5.5 kmまで上昇。Karangasemで弱い降灰。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2019/01/01 00:00	約31日間	3	1月も大半の期間は噴気活動。火口上最大600 m。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2019/01/19 02:45		4	小爆発。火山灰が火口上700 mまで上昇し、赤熱した噴出物が周囲1 kmに飛散した。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2019/01/21		4	小爆発。火山灰が高度5.1 kmまで上昇した。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) February 2019
2019/02/07		4	小噴火。視程が悪いものの火映が見られ、97秒間のイベント波形が観測された。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/02/13		4	小噴火。視程が悪いものの227秒間のイベント波形が観測され、20 km南東のBugbugで降灰があった。噴煙高度4.3 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/04		4	小噴火。視程が悪いものの3分弱のイベント波形が観測され、7 km南西のBesakihで降灰。噴煙高度3.7 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/08		4	小噴火。4分弱のイベント波形が観測され、3.7 kmの噴煙高度。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/15		4	小噴火。6～14 km北～北北西の集落で降灰。噴煙高度4.3 km。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/17		4	連続した小爆発2回。噴煙高度火口上500・600 m。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/18		4	小爆発。噴煙高度火口上1000 m。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/20		4	小爆発。視程が悪いもののイベント波形が観測された。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/03/28		4	小爆発。150秒のイベント波形。噴煙高度は火口上2 kmないし高度5.5 km (VAAC Darwin)。近傍の集落で降灰。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/04/03		4	爆発。12 km南東のRendangで爆発音が聞こえる。210秒間のイベント波形を観測。赤熱した噴出物が周囲2～3 km。主に南側斜面に降下。降灰が西麓～南麓の集落でみられた。噴煙高度はPVMBGによると火口上2 km、VAAC Darwinによると高度6.1 km。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/04/11		4	小爆発。噴煙高度は火口上2 km。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/04/21 04時頃		4	小爆発。噴煙高度5.5 km。60 km南西の空港で降灰。RendangとBatulompehで爆発音が聞こえる。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/04/21 19:22		4	小爆発。噴煙高度は火口上3 km。周囲3 kmに赤熱物質を放出。南南西12 kmのSelatまで降灰。RendangとBatulompehで爆発音が聞こえる。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/04/30		3	灰色の噴煙が高度4.6 kmでたなびく。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019

2019/05/03	4	小爆発。1分程度の波形イベントを観測。噴煙高度は4.3 km (VAAC Darwin).	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/05/06	4	小爆発。2分間の波形イベントを観測。灰色の噴煙が高度5.2 kmまで立ち昇った。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/05/12 22:31	4	爆発。2分間の波形イベントを観測。霧で視程が悪いものの、赤熱物質が大きく飛び散る様子がみられた。爆発音がRendangで聴かれた。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/05/18 02:09	4	爆発。赤熱物質が大きく飛び散る様子がみられた。噴煙高度は7.6 km (VAAC Darwin)。降灰は20 km西北西のBonyohまで及んだ。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/05/24 20:38	4	爆発。4.5分間の波形イベントを観測。赤熱物質が2.5~3 kmの全周に大きく飛び散った。噴煙高度は4.6 km (VAAC Darwin)。降灰は60 km南西の空港にも及び、飛行機の目的地変更や欠航が生じた。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) June 2019
2019/05/31	4	やや大きな爆発。噴煙高度は6.1~8.2 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/06/01	4	小さな爆発。噴煙高度は3.9 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/06/06	約86日間	3 8月末まで火口上30~50 m立ち昇る弱い噴気活動。月に数回150 m程度まで上がることもあった。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/06/10 12:12	4	爆発。噴煙高度は4.3 km (VAAC Darwin)。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/06/13 01:38	4	大きな爆発。噴煙高度は9.1 km (VAAC Darwin)。赤熱した噴出物が全方向に少なくとも火口から700 m飛散。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/06/27	約48時間	3 この期間やや噴気が活発。火口上150~200 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/07/06	3	噴気活発。火口上300 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019
2019/08/15	3	噴気活発。火口上300 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Agung (Indonesia) November 2019

VUC 噴火推移

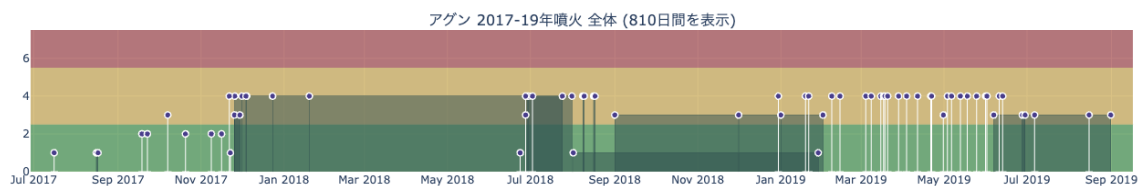


図4 本資料集で検討したアグン火山 2017-2019 年噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図1と同様の色を使用した。・は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のよう、ある特定の時刻における事象を示す。

Krakatau 2018 Eruption

火山名： クラカタウ

国： インドネシア

地域： スンダ弧

噴火開始日時: 2018 年 12 月 22 日

VEI : 4

噴出量: >0.0983 km³ DRE テフラ (安山岩)

最高噴煙柱高度: 16 km

噴火トレンド: エスカレート型

長期：

クラカタウ火山はスマトラ島とジャワ島の間、スンダ海峡にあるカルデラ火山である。スンダ海峡にはインド洋プレートの斜め沈み込みによる Sumatra sliver の南東端が存在し、スマトラ島を貫く The Great Sumatra fault が pull-apart basin を伴いながら海溝側へステップし Mentawai fault に合流している。クラカタウ火山はこの pull-apart basin の東縁に位置している (Susilohadi *et al.*, 2009)。Susilohadi *et al.* (2009)はクラカタウ火山の南側で南北に延びる完全に埋積された堆積盆(Krakatau Graben)を見出しており、これがカルデラ直下を通っている可能性がある。

1883 年噴火前時点の旧クラカタウ島は、北から Perbuwatan (標高~120 m), Danan (445 m), そして最も大きな Rakata (813 m)の連続した 3 つの火山体からなっていた。これらは 1883 年噴火で破壊され、Rakata の山体の一部が滑落崖を残して残るのみである。北西には Sertung (別名 Verlaten), 北東には Panjang (別名 Lang / Rakata Kecil/ Krakatau Kecil)という細長い島があり、どちらも 1883 年噴火で消滅しなかった。両島は先クラカタウのカルデラ外輪山とする見方があるがはっきりしない。1883 年噴火以降 Perbuwatan と Danan があった付近に新島として Anak Krakatau が形成された。Anak Krakatau は 1883 年噴火のカルデラ縁という重力的に不安定な場所で小規模な噴火を繰り返した結果、標高 338 m まで成長していた (Global Volcanism Program, 2019c)。

短期：

1883 年の噴火以降形成された新島である Anak Krakatau は、少なくとも数年に一度、VEI1 ~2 程度の噴火を繰り返している。2018 年噴火の直近では 2014 年に噴煙が高度 3 km まで

上昇した噴火が記録されている。また、2017 年には山頂火口において溶岩ドームの形成を伴う噴火が発生している (Global Volcanism Program, 2015)。

噴火推移概要：

2018 年 6 月 18 日に火山性地震が増加し一連の噴火が開始した。現地の機関により、噴火の様子は細かく記録された。当初は噴煙高度数百メートル程度の小さな噴火を繰り返していたが、高度が数キロメートルに達するやや規模の大きい噴火が徐々に増加していった (Global Volcanism Program, 2018)。次第に活動はエスカレートし、現地時間 12 月 22 日 21 時台に山体崩壊とそれに伴う津波が発生した (Perttu *et al.*, 2020)。その後も活動は継続し、現地時間 12 月 28 日早朝に一旦終息した。山体崩壊により、Anak Krakatau は島全体が大きく崩壊し、標高は 338 m から 110 m となった。山体崩壊後は浅瀬でのスルツェイ式噴火が発生し、2019 年 1 月まで継続した。これにより、崩壊した島が再び成長し、新たな火口が出現した (Global Volcanism Program, 2019c)。

これらをまとめ、クラカタウ火山 2018 年噴火について、表 5 に推移情報のリストを、図 5 に VUC 噴火推移図を示す。

表5 本資料集でまとめたクラカタウ火山2018年噴火の日撃情報等の時系列リスト.

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
2018/06/18	約72時間	2	一連の活動の開始。火山性地震が増加。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/06/21		3	山頂から100-200 mの高さまで噴煙が上がリ、降灰。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/06/25 07:14		3	約1 kmの噴煙が上がリ、北に流れた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/06/27	約7.0日間	3	山頂から100 m程度の噴煙が上がっていた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/01 21:00	約6.0時間	3	夜間に山頂からの白熱光が観測された。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/04 05:22		3	30-40秒続いたが、悪天候のため噴煙の高さは推定できず。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/05 14:09		3	30-40秒続き、噴煙は300-500 mまで上昇、北北西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/05 14:25		3	30-40秒続き、噴煙は300-500 mまで上昇、北北西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/05 16:51		3	30-40秒続き、噴煙は300-500 mまで上昇、北北西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/15 17:22		3	噴煙が700 m上昇し、北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/16 16:51		3	44秒間続き、噴煙は500 mまで上昇して北に漂った。破裂音と振動が確認された。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/18	約48時間	4	噴煙が高度1.5 kmに達し、北東・北・南西・西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/07/25	約24時間	4	噴煙が高度1.2 kmに達し、南西・北西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/02	約24時間	3	複数の地震が観測され、噴煙が300 mまで上昇し、北に流れた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/02 17:57		3	黒い噴煙が200 mまで上昇し、北に流れた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/05	約48時間	3	濃い灰色の噴煙が200-600 mまで上昇し、夜間には山頂の発光が確認された。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/11 12:00		4	噴煙が高度1.2 kmまで上昇し、西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/23 18:07		3	地震が発生し、黒色の濃い噴煙が700 mまで上がった。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/27	約24時間	4	噴煙が高度1.2-1.5 kmまで上昇し、南西・西南西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/08/30	約24時間	4	噴煙が高度1.2-1.5 kmまで上昇し、南西・西・北西・北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/09/01	約33日間	4	ストロンボリ式噴火が続き、噴煙は数百 m-数 km程度まで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/09/08 12:00		4	噴煙が高度4.9-5.5 kmまで上昇し、西北西に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/09/22 12:00		4	噴煙が高度2.5 kmまで上昇し、噴出物はほとんどが火口から1 km以内に着弾した。溶岩流は南南西方向で海まで到達した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/10/17	約48時間	4	噴煙が高度1.5-2.4 kmまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/10/24	約96時間	4	噴煙が高度0.9-2.1 kmまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/06 02:23		3	37秒間の地震が発生し、噴煙が500 mまで上がった。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/06 10:00		3	濃い噴煙が600 mまで上がり、北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/09 16:20	約60分間	3	42-55秒間の噴火が4回発生し、噴煙が300-600 mまで上がり、北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/10 09:39		3	噴煙が500 mまで上がり、北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/12 10:29	約6.5時間	3	38-117秒間の噴火が10回発生し、噴煙が200-700 mまで上がり、北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/13 05:46	約3.0時間	3	44-175秒間の噴火が4回発生し、噴煙が800 mまで上がった。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/14 08:40	約22時間	3	33-175秒間の噴火が7回発生し、噴煙が300-1000 mまで上がった。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/16 05:24		3	212秒間の噴火が発生し、噴煙が600 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/16 05:32		3	207秒間の噴火が発生し、噴煙が300 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/24 06:11		3	30-42秒間の噴火が発生し、噴煙が300-600 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/25 08:10		3	30-42秒間の噴火が発生し、噴煙が300-600 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/26 09:00		3	30-42秒間の噴火が発生し、噴煙が300-600 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/11/26 10:37		3	30-42秒間の噴火が発生し、濃い噴煙が300-600 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/01 11:31		3	46-69秒間の噴火が発生し、噴煙が500-700 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/02 14:08		3	46-69秒間の噴火が発生し、噴煙が500-700 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/03 08:16		3	46-69秒間の噴火が発生し、噴煙が500-700 mまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/07 07:11		3	噴火が発生した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/09 10:50		3	噴火が発生した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/10 14:13		3	噴火が発生した。濃い黒色の噴煙が700 mまで上昇し、北に漂った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/14 14:45		3	48秒間の噴火が発生し、濃い黒色の噴煙が200 mまで上昇し、北東に流れた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/18 18:23		3	噴火が発生し、300 mの噴煙が東に流れた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/22 14:29	約6.5時間	4	断続的なストロンボリ式噴火。大砲のような音が壁や窓を揺らした。	Smithsonian GVP Eruptive History, Perttu et al. (2020)
2018/12/22 17:00		4	噴煙中の高さが増し、噴火音も頻繁になった。南側の海岸には白い蒸気が立ち上った。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/22 18:00		4	この時間までに、噴出した溶岩が海と接触した。	Perttu et al. (2020)
2018/12/22 18:30		4	噴火活動のピーク。噴火音が大きくなり、海洋からの蒸気ブルーミングが増した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/22 19:50		4	地すべりと地震が発生。	Perttu et al. (2020)
2018/12/22 20:00		4	地すべりと地震が発生。	Perttu et al. (2020)
2018/12/22 20:55		5	1度目の山体崩壊とマグマ水蒸気噴火が発生。目撃した漁師によると、"split in two".	Perttu et al. (2020)
2018/12/22 21:03		5	噴火により、火山周辺は暗い噴煙に包まれた。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/22 21:27		5	最初の津波がスマトラ島とジャワ島海岸を襲い、約15m内陸に侵入した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/22 21:31		5	2回目の津波がさらに内陸部まで侵入し、甚大な被害をもたらした。	Smithsonian GVP Eruptive History
2018/12/22 22:25		5	2回目の山体崩壊とマグマ水蒸気噴火が発生。	Perttu et al. (2020)
2018/12/22 22:55		5	3回目の山体崩壊とマグマ水蒸気噴火が発生。	Perttu et al. (2020)
2018/12/22 23:55	約5.5日間	5	津波後も噴火活動は依然として激しく、噴火音が聞こえていた。噴煙は高度16 kmに達した。浅瀬でスルツェイ式噴火が起こっていたと考えられる。24日の観測で島が大規模に崩壊していることが判明した。SO2量も非常に多かった。	Smithsonian GVP Eruptive History, Perttu et al. (2020)
2018/12/28 05:05	約30時間	2	断続的な噴火は一度落ち着いた。	Perttu et al. (2020)
2019/01/04	約28日間	4	スルツェイ式噴火は2019年1月まで続いた。この期間に噴煙は最大で1.2 kmまで上昇した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2019/01/04	約24時間	4	4日はほぼ断続的に噴火が発生し、5日は活動が少し収まった。	Smithsonian GVP Eruptive History
2019/01/05	約96時間	4	20秒から13分続く噴火が発生し、噴煙は最大で高度1.2 kmに達した。	Smithsonian GVP Eruptive History
2019/01/09 12:00		2	山体崩壊によって開いた溝が閉じ、円形の火口湖を形成。	Smithsonian GVP Eruptive History
2019/01/11	約8.0日間	3	白い噴煙が最大500 mまで上昇したのが観測された。	Smithsonian GVP Eruptive History

VUC 噴火推移

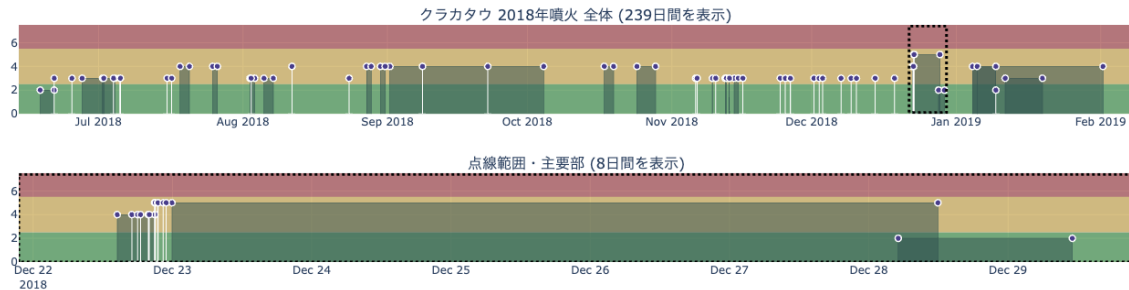


図 5 本資料集で検討したクラカタウ火山 2018 年噴火の活動推移を，横軸を時間，縦軸を VUC 値で示す．活動の定性的強度を 3 つに区分し，背景には図 1 と同様の色を使用した．●は各時刻における VUC 値．半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す．VUC 値と時間軸をつないだ白線は，爆発時刻のような，ある特定の時刻における事象を示す．239 日間表示図中（上図）の黒点線で示した範囲を拡大したものを，8 日間表示図（下図）として示す．

Rabaul 1994~ Eruption

火山名： ラバウル

国： パプア・ニューギニア

地域： ニューブリテン弧

噴火開始日時: 1994 年 09 月 19 日

VEI : 4

噴出量: 0.3 km³ (Vulcan) + 0.3 km³ (Tavurvur) テフラ (デイサイト～安山岩)

最高噴煙柱高度: <30 km

噴火トレンド: 減衰型

長期：

ラバウルカルデラは少なくとも 3 つのカルデラ縁が認められる複合カルデラであり (McKee and Duncan, 2016), New Britain 島の Gazelle 半島北東端に位置する，パプアニューギニアで最も活動的な火山のひとつである．大きさは 14×9 km で，そのほとんどが海底にある．カルデラの北部から南部へ向かうほど噴出物の年代が新しいことから，カルデラ内で発生した火山活動の中心がカルデラの北部から南部へ遷移していったと考えられている (McKee and Duncan, 2016)．ラバウルカルデラでの火山活動は多くが次の 2 タイプであるといえる (Nairn *et al.*, 1995)．(1)カルデラの北東側に位置する火口から，主に玄武岩質および

安山岩質の複合火砕丘形成噴火により、局所的な溶岩およびスコリアの降下堆積物を生成した。(2)現在のカルデラ内または南側の噴火口から、デイサイト質および(まれに)流紋岩質の爆発的噴火が発生し、広範囲にわたるイグニブライトおよびプリニー式降下堆積物が生成され、火口近傍では火砕サージが発生した。

過去 16 万年間で少なくとも 8 回の大規模火砕流噴火が発生し、現在のカルデラ地形に至ったと考えられている (Patia *et al.*, 2017). 最後の大規模火砕流噴火($> 11 \text{ km}^3$)はおよそ 1,400 年前に発生した (Nairin *et al.*, 1995). それ以降は、小規模な火砕流や火砕丘の形成が続く (Nairin *et al.*, 1995). ラバウルカルデラは噴火前の急激な隆起を繰り返すことが特徴であり、長期的にみてもカルデラの隆起は継続している。1937 年噴火前は Matupit 島であったが、現在は半島になっている (Saunders, 2001).

火山活動の記録が取られるようになった 1767 年以降は 24–59 年の間隔で少なくとも 6 回 (1767, 1791, 1850s, 1878, 1937, 1994)の小規模なカルデラ内噴火が発生した (Nairin *et al.*, 1995; McKee *et al.*, 2018). そのうち 1878 年, 1937 年, そして 1994 年噴火では Vulcan と Tavurvur というカルデラを挟んだ両端の火口で噴火した。1878 年, 1937 年噴火の前には, 1994 年噴火前と同様に噴火直前に Vulcan や Matupit 島の沖で 6 m の急激な隆起があった (Nairin *et al.*, 1995). 1878 年の噴火では Vulcan 側では海底火山であったが, 1937 年の噴火で急速に火砕丘が形成され陸地となった(Nairin *et al.*, 1995). 1937 年噴火時の Vulcan での噴出物は $0.3\text{--}1 \text{ km}^3$, 噴煙高度は 10 km に到達したと推定されている (Nairin *et al.*, 1995). Vulcan での 1878 年噴火は 1937 年に噴火様式は似ていたが, 規模は小さかった (Nairin *et al.*, 1995). 2014 年に Tavurvur での噴火が収まったのちもカルデラの隆起は継続した。2014–2022 年で 30 cm 以上の隆起量が検知されており, 現地では次の噴火を警戒している (Saunders *et al.*, 2023).

短期：

1967 年から地震観測を開始し, 1971 年以降構造的な地震活動が観測されるようになった (Mori and McKee, 1987). 1971 年 11 月で < 200 回程度であった。1972 年以降, カルデラの隆起が観測されるようになり, 1973–1986 年で Tavurvur の西 2 km にある Matupit 島は 1.8 m 隆起した (Nairin *et al.*, 1995; Saunders *et al.*, 2023). 1983–1985 年には, > 8000 回/月のカルデラ内地震発生, 40 mm/年のカルデラ隆起が観測され, 噴火が差し迫っていると考えられた (McKee *et al.*, 2018; Patia *et al.*, 2017). 1985 年 7 月以降, 地震活動や地殻変動の発生はやや収まったものの, 1992 年にはカルデラ内での地震活動がさらに活発になり, 地震($M < 4.2$)が群発的に発生し (McKee *et al.*, 2016), Matupit 島は 10 cm 隆起した(Saunders *et al.*, 2023). 1994 年 9 月 18 日 3:00 頃に最大 M5 規模の地震が 2 回, それぞれカルデラ内の火砕丘である Tavurvur と Vulcan の付近で発生した。その後, 噴火開始までの 27 時間はカルデラの地震活動および大規模な地殻変動が続いた(Patia *et al.*, 2017).

噴火推移概要：

1994 年から始まった噴火は 2 期に分けられる (Patia *et al.*, 2017).

1994 年 9 月～1995 年 4 月

1994 年 9 月 19 日午前 6 時から噴火が始まった。最初に Tavurvur で噴火が発生し、7:17 に Vulcan でも噴火が始まった (McKee *et al.*, 2018)。特に Vulcan での活動は初期から急速に発達してプリニー式噴火となり、噴煙柱高度 18–30 km に達した (Patia *et al.*, 2017)。Vulcan での活動では幾度も火砕流が発生し、限定的ではあるが激しい降灰があった (Patia *et al.*, 2017)。また Vulcan 北部の突端に新しい火砕丘が形成された。Vulcan の活動は短期で終了し、1994 年 10 月 2 日には終息した。噴出物量は $2.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ と推定されている。Tavurvur ではやや規模が小さいが、噴火開始から数日間で活動はピークに達した。噴煙柱は高度 6 km に達し、ラバウルの町に多量の降灰をもたらした。多くの建物が倒壊した。1994 年 10 月に西山麓では小規模の溶岩流があった。1995 年 4 月まで Tavurvur では断続的に噴火が続いた (Patia *et al.*, 2017)。

1995 年 11 月～

Vulcan ではこの期間噴火しなかった。Tavurvur が 1995 年 11 月から再び噴火し出した。断続的なブルカノ式噴火が頻発したが、1996 年 5 月～1997 年 8 月に 8 回の溶岩噴泉を伴うストロンボリ式噴火があった。2006 年 10 月 7 日に準プリニー式噴火が発生した。高度 18 km の噴煙柱が数時間継続し、広い範囲に激しい降灰をもたらした。Tavurvur 北西斜面の一部が崩壊し、土石流が発生した。その後、溶岩が流出し、Tavurvur の北側、西側の斜面を覆った。溶岩流の噴出量は $1.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ であった。Tavurvur では断続的に噴火が続いており、2014 年 8 月 29 日には激しいストロンボリ式噴火が発生し、溶岩噴泉は数時間継続した。噴煙柱は高度 18 km に達した (Patia *et al.*, 2017)。

これらをまとめ、ラバウル火山 1994 年噴火について、表 6 に推移情報のリストを、図 6 に VUC 噴火推移図を示す。

表 6 本資料集でまとめたラバウル火山 1994 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
1971/01/01	約11.6年	1	カルデラ内で地殻変動と地震活動が検出され始める。1971年11月<200回。	Mori and McKee (1987); Patia et al. (2017)
1982/08/01	約19ヶ月	2	10年間で1 mの隆起が観測される。浅部の地震活動多発。50-80 回/日。35 mm/月の隆起。	McKee et al. (2018)
1984/03/03	約21ヶ月	2	地震発生数>8,000回/月。1984年4月は14,000回発生。	McKee et al. (2018)
1985/01/01	約89ヶ月	2	40 mm/年の隆起率。時折群発地震。	McKee et al. (2018)
1992/05/02	約20ヶ月	2	群発地震 >300回。最大M 4.2	McKee et al. (2018)
1994/01/01	約8.7ヶ月	2	Tavurvur北西にあるMatupit島で100 mmの隆起。	McKee et al. (2018); Saunders et al. (2023)
1994/09/18 03:00		2	M5.1の地震が2回発生	Patia et al. (2017)
1994/09/18	約27時間	2	群発地震	Patia et al. (2017)
1994/09/19 06:00		2	沖合の海底面が出現。1971年以降Vulcan周辺では、約6 mの隆起。	Saunders et al. (2023)
1994/09/19 06:05		4	Tavurvurで噴火発生	Patia et al. (2017); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/19 07:17		6	Vulcanで噴火発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/19 07:37		6	(Vulcan) 活動がピークに達し、噴煙高度は>18 kmと推定された。湾は多量の火山灰と軽石で覆われた。	Patia et al. (2017); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/19 07:45	約32時間	5	(Vulcan) プリニー式噴火は終了したが、降灰は続く。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/20 15:32	約24時間	5	噴煙高度12 km程度。夜には火山灰は600 km離れたLaeとMilne湾付近に到達。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/21		5	黒い噴煙と岩石からなる密なキノコ雲がTavurvurとVulcanから立ち上るのが目撃された。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/21 18:32		4	噴煙高度は7.5 km程度になり、噴火発生当初に比べると弱まった。地震活動・地殻変動は減少していった。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/22 06時頃		4	Vulcanから多量の白い灰が噴出された。Tavurvurからは黒い灰が噴出された。噴煙高度は<7.5 km。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/22 15時頃		3	噴火活動や地震活動は比較的安定。噴煙高度1.5 km。(Tavurvur) これまでの活動による地形変化は特に見当たらなかった。(Vulcan) 海面近くの火口が発火であり、スルツェイ式噴火が発火していた。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/23 18:50	約60分間	2	カルデラ収縮による地震が連続的に発生。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/24 06時頃	約72時間	3	(Vulcan) 活動の著しい低下が確認される。(Tavurvur) これまでと同程度の活動継続。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/27 06時頃	約72時間	3	(Tavurvur) 灰噴火継続。地震活動減少。徐々に衰退。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/30	約25日間	3	(Tavurvur) 山頂火口で小規模溶岩流。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/09/20	約10日間	2	Tavurvur沖合のパイロンが45 cm沈下した。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/10/02		0	(Vulcan) 活動が停止したことが確認される。以降はTavurvurでの活動になる。	Patia et al. (2017)

表 6 (つづき)

1994/10/01	約31日間	4	Tavurvurでブルカノ式噴火が頻発し、溶岩流も発生。沖合のパイロンは18 cm沈下した。	Patia et al. (2017); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1994 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1994 (Venzke, E., ed.).
1994/10/14 06:40		4	大きな爆発。空振は10 km離れた場所でも感じられた。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/10/16 21:25		4	大きな爆発。空振は10 km離れた場所でも感じられた。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/01	約96時間	4	爆発が1~4分間隔で発生。噴煙柱は1.5 kmまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/05		4	大爆発発生。火山弾が多数降下。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/06		4	爆発が1~10分間隔になる。大爆発発生。火山弾が多数降下。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/09		4	大爆発発生。火山弾が多数降下。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/09	約10日間	3	白い噴気が出る	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/19		4	数時間おきに大きな爆発音	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/19	約11日間	4	比較的静穏であったが時折大きな爆発発生。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/11/01	約10.0ヶ月	3	沖合のパイロンが8 cm沈下。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/01	約48時間	1	Tavurvurでの活動はほとんどない	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/03 23:00	約48時間	3	Tavurvurで爆発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/05		4	爆発的噴火のピーク	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/05	約14日間	3	爆発的噴火が徐々に衰退	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/09		2	火口底に溶岩の塊を確認。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/19		2	かすかな轟音と鳴動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1994/12/23	約52日間	1	Tavurvurの噴火が停止	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1994 (Wunderman, R., ed.).
1995/02/13 01:00		3	Tavurvur噴火再開	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/02/13 01時頃	約16日間	4	爆発的噴火。噴煙高度1.5~3.0 km。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/03/01	約31日間	3	軽度な爆発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/04/01	約16日間	4	強い爆発。爆発発生間隔は数時間から24時間以上。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/04/16	約7.5ヶ月	2	Tavurvurでの爆発停止。この間様やかな噴気活動のみであった。	Patia et al. (2017); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1995 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1995 (Venzke, E., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 1995 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1995 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1995 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/11/28 10:20		2	Tavurvurで轟音に続いて噴火再開。新しい火口が形成される。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/11/28 10:20	約58時間	3	爆発音はなく、噴煙高度は400~800 m。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/12/01	約90日間	3	小規模な灰噴火。噴煙高度400~1000 m。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1995 (Wunderman, R., ed.).
1995/01/03		4	大きい爆発。直径60~80 cm程度の溶岩塊が火口から1~1.5 kmの場所に堆積。噴煙は400~1000 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1996 (Wunderman, R., ed.).

表 6 (つづき)

1996/01/17		4	大きい爆発。直径60-80 cm程度の溶岩塊が火口から1-1.5 kmの場所に堆積。噴煙は400-1000 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/01/19		4	大きい爆発。直径60-80 cm程度の溶岩塊が火口から1-1.5 kmの場所に堆積。噴煙は400-1000 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/01/24		4	大きい爆発。直径60-80 cm程度の溶岩塊が火口から1-1.5 kmの場所に堆積。噴煙は400-1000 mまで上昇。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/02/15		2	地震活動の増大、ピーク	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/03/01	約31日間	3	灰噴火の継続。地震活動。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/04/01	約31日間	2	低調な噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/01		2	低調な噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/09 15時頃		3	噴煙高度が1500 mに達し、地震活動が増大する	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/10 08時頃		3	噴火が半連続的に発生し、火山灰雲が2-2.5 km上空に吹き上げられる。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/11 02:45	約30分間	4	ストロンボリ式噴火モードに変わる。溶岩噴泉は少なくとも400 m吹き上げられていた。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/11 03:15		3	地震活動はピークに達するも、その後減退。溶岩の流出は停止した。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/11 04:38	約44時間	3	断続的に大きな爆発。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/12 23:59	約72時間	2	爆発停止。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/15		3	噴火再開。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/05/15	約16日間	3	弱い噴火活動。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/06/01	約30日間	3	山頂からの噴出が弱まり、時折軽度な爆発が発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/07/01	約31日間	3	噴火は継続し、地震活動も増大	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/08/01	約31日間	3	時折軽度な爆発発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/09/01	約17日間	3	時折爆発が発生するも、穏やかな噴火が継続	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/09/18	約16日間	3	地震活動の増大 30-40 回/h、SO ₂ 放出の増大 200-400 t/day -> 1,000-1,500 t/day、カルデラ収縮 1 μ rad/day	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/10/04 12:00	約48時間	4	ストロンボリ式噴火発生。過去200年以上で最大の4-5 \times 10 ⁶ m ³ の溶岩流出。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/10/05	約24時間	3	爆発頻発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/10/06	約26日間	3	時折爆発発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1996 (Wunderman, R., ed.).
1996/11/01	約69日間	3	低調な噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1996 (Wunderman, R., ed.).
1997/01/09 00:53		4	強い爆発。多数の岩石が落下する音が聞こえた。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/01/09 01:20	約48時間	4	ストロンボリ式噴火開始	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/01/15	約16日間	4	ブルカノ式噴火の頻発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/02/01	約41日間	3	時折強い爆発発生が発生するも、比較的穏やかな噴火が継続	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/03/14 07:36	約16時間	4	激しい爆発の後、ストロンボリ式噴火開始。大きな溶岩の塊を火口から1km上空に吹き飛ばす。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/03/15	約5.0日間	4	ブルカノ式噴火の頻発。噴煙高度400-600 m、時折3,000 m。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1997 (Wunderman, R., ed.).

表 6 (つづき)

1997/03/20	約8.0日間	3	低調な噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/03/28		3	激しい爆発発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/04/05		3	激しい爆発発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/04/10		4	激しい爆発、噴煙高度7 km	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/04/12 08:29	約24時間	4	非常に濃く黒い灰雲が発生、激しい爆発を伴うストロンボリ式噴火発生、噴煙高度 4 km、大きな火山弾の噴出、南側と西側斜面で溶岩流、東側斜面に小規模火砕流。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/04/13	約18日間	3	激しい爆発発生、ガス噴出。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/05/01	約31日間	3	比較的低圧ではあるが、ガスを多量に含む噴出	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/06/01	約48時間	4	ストロンボリ式噴火開始、噴煙高度 < 2.5 km。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/06/03	約28日間	3	カルデラの膨張を示す地殻変動、低調な噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/07/11 23:18	約24時間	4	ストロンボリ式噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/07/14	約34日間	3	ガス放出、弱い噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/08/17 03:27	約10時間	4	激しい爆発を伴ったストロンボリ式噴火、噴煙高度3 km	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/08/18	約99日間	1	穏やかな噴気活動、ゆるやかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1997 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/09/25		2	Rabaulから南南西40 kmを震源とするM4.7の構造性地震発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 1997 (Wunderman, R., ed.).
1997/12/07 06:36	約25日間	3	時折爆発的噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1997 (Wunderman, R., ed.).
1998/01/01	約31日間	1	穏やかな噴気活動、ゆるやかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1998 (Wunderman, R., ed.).
1998/02/03	約87日間	4	1日に数回大きな爆発、噴煙高度 2,000–3,000 m、周辺地域や空港に少量の降灰	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1998 (Wunderman, R., ed.).
1998/05/01	約8.2ヶ月	4	断続的なブルカノ式噴火の継続、噴煙高度 < 3,000 m、ゆるやかなカルデラ膨張、低周波地震増加。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 1998 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1998 (Wunderman, R., ed.).
1999/01/01	約31日間	4	断続的なブルカノ式噴火の継続、噴煙高度 < 3,000 m、大きな岩塊が散乱し、小規模な火砕流が発生、ゆるやかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/02/01	約28日間	4	断続的なブルカノ式噴火の継続、噴煙高度 < 1,000 m、小規模な火砕流発生、ゆるやかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/03/01	約61日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 1999 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) April 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/05/01	約61日間	4	時折中程度の爆発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/07/01	約78日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1999 (Wunderman, R., ed.).

表 6 (つづき)

1999/09/17 09:15	約8.0日間	4	1941年火口での噴火開始。ガス噴出	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/09/25	約5.0日間	3	多量の灰噴出でラバウル市に大量の降灰。噴煙高度 1,500 m.	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/10/01	約31日間	3	灰噴火。時折小規模爆発。噴煙高度 1,500 m.	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 1999 (Wunderman, R., ed.).
1999/11/01	約61日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) December 1999 (Wunderman, R., ed.).
2000/03/01	約5.1ヶ月	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2000 (Wunderman, R., ed.).
2000/04/01	約61日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2000 (Wunderman, R., ed.).
2000/05/10 16:49		2	ラバウルの北東30 kmを震源とするM 4.8の地震が発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2000 (Wunderman, R., ed.).
2000/06/01	約30日間	3	時折爆発的噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2000 (Wunderman, R., ed.).
2000/07/01	約59日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2000 (Wunderman, R., ed.).
2000/08/29 11:58	約64日間	4	ブルカノ式噴火の頻発。噴煙高度 < 2,000 m. 継続的な降灰。15 km離れた場所で爆発音が聞こえた。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 2000 (Wunderman, R., ed.).
2000/11/01	約61日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/01/01	約59日間	3	軽度の爆発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/03/01	約31日間	2	地震活動。カルデラの膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/04/01	約61日間	3	灰噴火。時折軽度の爆発	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/06/01	約19日間	4	断続的なブルカノ式噴火。降灰	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/06/20	約68日間	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/08/28	約72時間	3	灰噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2001 (Wunderman, R., ed.).
2001/09/01	約61日間	3	弱い噴火活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2001 (Wunderman, R., ed.).
2002/01/01	約45日間	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2002 (Wunderman, R., ed.).
2002/02/15	約14日間	2	ガス噴出	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2002 (Wunderman, R., ed.).
2002/03/17 06:50		2	M5.6の構造性地震発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2002 (Wunderman, R., ed.).
2002/03/01	約31日間	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 2003 (Venzke, E., ed.).
2002/12/15	約47日間	4	断続的なブルカノ式噴火。降灰	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) January 2003 (Venzke, E., ed.).
2003/02/01	約28日間	3	灰噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2003 (Venzke, E., ed.).
2003/03/01	約31日間	3	灰噴火。ゆるやかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2003 (Venzke, E., ed.).
2003/03/11		2	ラバウルから南東約120 kmを震源としたM6.8の地震発生	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2003 (Venzke, E., ed.).
2003/04/01	約7.1ヶ月	3	灰噴火。ゆるやかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 2003 (Venzke, E., ed.).
2003/11/01	約3.6ヶ月	4	灰噴火。時折爆発的噴火。緩やかなカルデラ膨張。噴煙高度 < 2,000 m.	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 2003 (Venzke, E., ed.).
2004/02/17	約10.6ヶ月	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 2004 (Venzke, E., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2005 (Venzke, E., ed.).

表 6 (つづき)

2005/01/25	約65日間	3	灰噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2005 (Venzke, E., ed.).
2005/04/01	約4.7ヶ月	3	時折灰噴火、緩やかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2005 (Venzke, E., ed.).
2005/08/20	約91日間	3	断続的な灰噴火、時折小規模な爆発。噴煙高度 < 1,500 m	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 2005 (Venzke, E., ed.).
2005/11/20	約51日間	1	ごくわずかな噴気	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 2006 (Wunderman, R., ed.).
2006/01/10	約21日間	3	断続的な灰噴火、時折小規模な爆発。噴煙高度 > 1,500 m	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 2006 (Wunderman, R., ed.).
2006/01/30	約16日間	1	平均200 t/dayのSO ₂ 、地震活動低レベル	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 2006 (Wunderman, R., ed.).
2006/02/15	約7.8ヶ月	1	緩やかなカルデラ膨張	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 2006 (Wunderman, R., ed.).
2006/10/07 08:45	約5.0時間	4	Tavurvurでプリニー式噴火、噴煙高度 < 18 km、のちに北西と南東に分かれて移流、溶岩流、空振、ラバウルでは中程度の降灰や直径1mmの礫が降下、港では軽石が数週間漂う、ガゼル半島全域で降灰があり、Tavurvurがどの方向からもみえなくなる。	Patia et al. (2017); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 2006 (Wunderman, R., ed.).
2006/10/07 14:15	約3.0時間	4	ストロンボリ式噴火へ遷移、衝撃波を伴う爆発が頻発。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 2006 (Wunderman, R., ed.).
2006/10/07 17:30	約86日間	4	時折ブルカノ式噴火、溶岩流。	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 2006 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2006 (Wunderman, R., ed.).
2007/01/01	約7.1ヶ月	3	時折爆発、降灰	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) February 2007 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) May 2007 (Venzke, E., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) June 2007 (Wunderman, R., ed.).
2007/08/01	約9.1ヶ月	3	灰噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) March 2008 (Wunderman, R., ed.).
2008/05/01	約20ヶ月	3	時折爆発、噴煙高度 < 3 km、降灰	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 2008 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) August 2009 (Wunderman, R., ed.); Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) November 2009 (Wunderman, R., ed.).
2010/01/01	約6.7ヶ月	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 2010 (Wunderman, R., ed.).
2010/07/23	約72時間	3	灰噴火	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) September 2010 (Wunderman, R., ed.).
2010/07/26	約6.8ヶ月	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2011 (Wunderman, R., ed.).
2011/02/15	約4.5ヶ月	2	カルデラ膨張率が増大	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2011 (Wunderman, R., ed.).
2011/07/01	約62日間	3	時折灰噴火やガス放出、ラバウル市や周辺地域に降灰	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) July 2011 (Wunderman, R., ed.).
2011/08/12	約16ヶ月	1	穏やかな噴気活動	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2013 (Wunderman, R., ed.).
2013/01/20	約70日間	3	灰噴火、ガス放出	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2013 (Wunderman, R., ed.).
2013/04/01	約8.1ヶ月	2	鳴動、時折灰放出	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2013 (Wunderman, R., ed.).
2013/06/01		2	火口底に溶岩ドームを確認	Smithsonian GVP Report on Rabaul (Papua New Guinea) October 2013 (Wunderman, R., ed.).

VUC 噴火推移

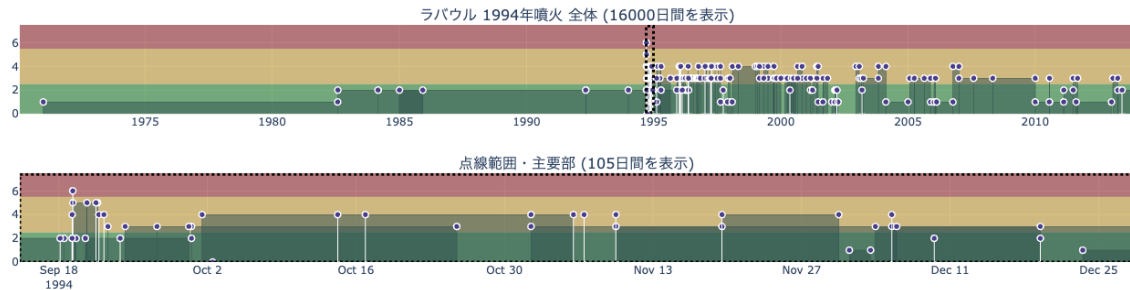


図 6 本資料集で検討したラバウル火山 1994 年噴火の活動推移を，横軸を時間，縦軸を VUC 値で示す．活動の定性的強度を 3 つに区分し，背景には図 1 と同様の色を使用した．●は各時刻における VUC 値．半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す．VUC 値と時間軸をつないだ白線は，爆発時刻のような，ある特定の時刻における事象を示す．16000 日間表示図(上図)中の黒点線で示した範囲を拡大したものを，105 日間表示図(下図)として示す．

Agung 1963 Eruption

火山名： アグン

国： インドネシア

地域： スンダ弧

噴火開始日時: 1963 年 02 月 19 日

VEI : 5

噴出量: 0.3 km³ DRE テフラ + 0.1 km³ 溶岩 (安山岩)

最高噴煙柱高度: 19-26 km

噴火トレンド: 多峰型

長期：

アグン火山はスンダ弧に位置するバリ島東部にそびえる安山岩質の大型成層火山(標高約 3000 m)である．完新世後期においては 100 年に 1 回程度 VEI2～5 の噴火を行い，降下火砕物と火砕流を発生させてきた (Fontijn *et al.*, 2015).

短期：

1963 年噴火前のアグン火山は小規模な噴気の増加イベントを除けば 100 年以上にわたって静穏であった。噴火前に観測機器は設置されていなかったが、開始数日前から有感地震がたびたび感じられるようになっていた (Zen and Hadikusumo, 1964).

噴火推移概要：

Zen and Hadikusumo (1964) に詳細な時系列が記載されている。1963 年 2 月 19 日からブルカノ式噴火を繰り返す。2 月 24 日に火口から溢れ出した溶岩が斜面を流下し始めると爆発の規模は次第に大きくなり、火口あるいは溶岩の先端から多くの火砕流が発生する。溶岩は全長 7 km に達したが、3 月 17 日の大規模噴火により供給を絶たれたとみられ 4 月には流動を停止した。3 月 17 日 5:30 頃から 9:00 にかけてプリニー式噴火が発生。火砕流が最大で 10 km 以上流下し、祭事に集まっていた人々から 1000 人以上の死者を出した。火砕物が広い範囲に降下し、噴煙は西に流れ 1000 km 離れたジャカルタにまで達した。その後も 5 月まで間欠的爆発は続いた。5 月 16 日の 16~17 時ごろから再びプリニー式噴火が発生、再び 10 km 以上火砕流が流下し、8 km 遠方まで火砕物が降下した。噴火は翌 17 日まで弱まりながら連続的に続き、更に 1964 年 1 月 17 日まで間欠的な爆発が続いた。雨季の 11 月にはラハールが多発し、二次災害をもたらした (Zen and Hadikusumo, 1964)。この噴火では約 0.1 km³ の溶岩と、3 月 17 日の噴火で ~0.2 km³、5 月 16 日の噴火で ~0.1 km³ の火砕物(いずれも DRE 換算)が噴出した (Self and Rampino, 2012)。またエアロゾル注入により最大で 0.4 °C 全球平均気温が低下したと見積もられている (Wigley *et al.*, 2005)。

これらをまとめ、アグン火山 1963 年噴火について、表 7 に推移情報のリストを、図 7 に VUC 噴火推移図を示す。

表7 本資料集でまとめたアグン火山 1963 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
1963/02/16	約48時間	2	有感地震の増加。メルカリ震度階級II-III	Self and Rampino (2012) BV
1963/02/18 15時頃		2	18日午後、南斜面のJehkoriで有感地震をたびたび感じる	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/02/18 21時頃		2	18日夜、北麓のTianjarで地鳴りを聴く	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/02/19 01:00		2	北麓のTianjarで地鳴りを聴く	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/02/19 03:00	約2.0時間	3	北麓のTianjarで、月明りの中薄い噴煙が立ち上っているのが目撃される	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/02/19 05:00	約5.0日間	4	19日5時に最初の爆発が聴こえる。以降約1時間おきに間欠的に爆発。規模は次第に激しくなり、夜間は発光現象がみられるように。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/02/20		4	北斜面のSilligadingを火砕流が襲い死者が出る。	Self and Rampino (2012) BV
1963/02/24	約60日間	3	安山岩質溶岩が山頂火口から北側に向けて流出。3月半ばまでに長さ7 kmまで伸びる。3/17の噴火で火口は空になり、供給停止?以降は距離はあまり伸びず、幅を広げる。流動は4月末ごろほぼ停止。体積0.11 km ³ 。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/02/24	約21日間	4	溶岩流出開始と同期して、間欠的な爆発は激しさを増し、南および南東斜面、一部北斜面に火砕流が流下するようになる。噴煙高度は高度9000 m程度に達することも、南西麓Besakihでは火山灰・火山礫が10 cmほど積もる。	Self and Rampino (2012) BV
1963/03/17 05:32	約3.5時間	6	目視で13 km以上の噴煙柱高度 (Zen & Hadikusumo, 1964)。Self & Rampino (2012)は高度19-26 km程度と推定。火砕流が流下し、南では山頂から約14 km離れたSelatエリアに到達。1200人以上の死者。北斜面では10.5 km流れた。南西斜面のBesakihには火砕流は流下しなかったが、火山礫が25-30 cm降り積もる。1000 km近く離れたジャカルタでも降灰。スラバヤでは真っ暗になるほどの降灰に加え爆発音が聴こえた。降下火砕物の噴出量は約0.4 km ³ 。	Self and Rampino (2012) BV
1963/03/17		0	17日の噴火後セスナ機による観察では、火口は大きな穴となっており溶岩はみられなかった。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/03/17	約45日間	4	5月11日まで間欠的な爆発・火山灰降下・火砕流発生。地鳴りも聴かれる。噴煙高度7 km程度。	Self and Rampino (2012) BV
1963/05/11	約5.0日間		比較的静穏に1日に10-20回程度の小爆発を繰り返す。白〜灰色の噴煙が高度4〜5 kmまで上昇。5/11の地鳴りはやや大きかった。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 06時頃	約10時間	4	早朝から爆発の頻度が次第に増す	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 15:55		4	北麓に火砕流が5.5 km流下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:00		4	南東麓に火砕流が流下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:02		4	黒色噴煙が火口から高度8 kmまで立ち昇る	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:04		4	南西Rendangで地鳴り・爆発音・火山雷を観測	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:05		4	南麓Budakelingで地鳴りと焼けつくような音	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:17		4	噴煙が高度10 km程度まで立ち昇る	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:35		4	北麓に火砕流が8 km流下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 16:45		5	地鳴りを伴う爆発に続いて北麓でシャワーのように砂サイズの火砕物が降下。絶え間ない爆発音・焼けつくような音・地鳴り・火山雷。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 17:00	約5.0時間	5	南西Rendangでは17時から22時まで火砕物降下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 17:07		5	厚い噴煙が高度13 kmまで上昇し西に流される。南東斜面に多数の火砕流が流下。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 17:10	約5.8時間	5	北麓で火山礫・砂サイズの粒子が火山灰とともに23時まで降下し続ける。焼けつくような音と地鳴りも継続。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 17:15	約30分間	6	南麓Budakelingでぶどうサイズの火山礫が30分間降り注ぐ	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 17:40		5	北麓Batulompehは火山灰で真っ暗になる	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 17:45	約3.3時間	5	南麓Budakelingで2回目の火砕物降下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 18:05		6	南東麓Bedandemではこぶし大の火砕物が降下。南斜面の家屋や森林が火砕流で焼ける。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 18:30		6	北麓Tianjarでも砂サイズの火砕物降下開始。火砕流が10 km流下。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 20:42		2	Karangasamで有感地震	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 21:13		4	南麓Budakelingでは地鳴りが聴こえなくなる。噴火活動の低下。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 23:00		4	噴煙高度8 km。火砕流が6.5 km流下。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/16 23:30		4	北麓Batulompehは砂サイズの火砕物降下が継続	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 00:00		4	北麓Batulompehで聴こえる爆発音が次第に弱く、より間欠的になる。砂サイズの火砕物降下は継続。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 00:49		4	山頂に火が見えた	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 01:00		4	北麓Batulompehでは灰雨が降る。弱い爆発音が間欠的に続く。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 02:00		4	北麓Batulompehでは灰雨が降る。弱い爆発音が間欠的に続く。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 03:00		4	北麓Batulompehでは引き続き弱い爆発音と地鳴りを聴く	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 04:00		4	北麓Batulompehでは爆発音はまれになる	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 06:00		4	北麓Batulompehでは弱い地鳴りが継続。積もった火砕物の厚さは18.5 cmに達する。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 08:00		4	一時的に山頂がみえる。暗色噴煙が北にたなびいていた。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 11:00		4	一時的に山頂がみえる。暗色噴煙が北にたなびいていた。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 15:00		4	火山灰の放出が続く。噴煙高度は5.5 km程度	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 15:15		4	北麓に火砕流が3 km流下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 16:00		4	火山灰の放出が続く	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 18:00		4	噴煙高度は6 km	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 20:00		2	噴煙停止。流下する溶岩から火砕流発生。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 21:00		4	山頂に火が見えた	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/17 22:00		4	山頂に火が見えた。同時に流下する溶岩から火砕流発生。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/18 00:00		4	小噴火。噴煙高度5 km。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/18 00時頃	約48時間	2	5/18-19にかけて強い有感地震が相次ぐ。山麓のRendangでは家屋を倒壊させるほどではなかったが、斜面のBesakihでは多くの寺院が倒壊。TjulikやKubuでも家屋が倒壊した。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/18		-1	5/18に、飛行機による5/16の噴火の被害の調査が行われた。同噴火で火砕流は北・西・南・南東に流下。最大で山頂から11.5 kmまで到達した。南西麓Besakihには人頭大の火山弾が堆積。山頂からおよそ8 kmの範囲において火山弾や火山礫の降下と、それに伴う火災の被害がみられた。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/18 17:00		4	火砕流が1 km流下	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/18 21:00		2	北麓Batulompehでは4回いずれも15秒ほどの地鳴りと有感地震があった。火山性微動が観測された。	Zen and Hadikusumo (1964) BV
1963/05/19 00:00	約6.9ヶ月	4	翌1964/01/17まで間欠的な爆発	Self and Rampino (2012) BV
1963/05/31		5	爆発。高度12 kmの噴煙。	Self and Rampino (2012) BV
1963/06/14		4	爆発。高度6〜7 kmの噴煙と火砕流発生。	Self and Rampino (2012) BV
1963/10/22		4	爆発。高度6〜7 kmの噴煙と火砕流発生。	Self and Rampino (2012) BV
1963 11月		-1	雨季により多くのラハールが発生し死者が出た	Self and Rampino (2012) BV

VUC 噴火推移

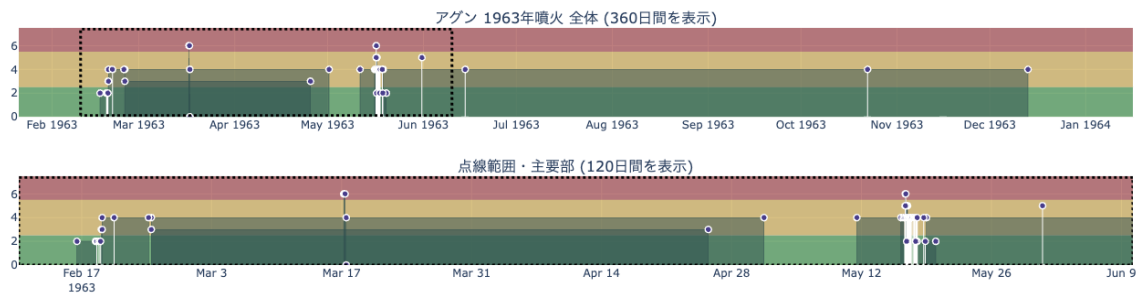


図7 本資料集で検討したアグン火山 1963 年噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図 1 と同様の色を使用した。●は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のような、ある特定の時刻における事象を示す。360 日間表示図（上図）中の黒点線で示した範囲を拡大したものを、120 日間表示図(下図)として示す。

Bezymianny 1955-56 Eruption

火山名： ベズィミアニイ

国： ソビエト連邦（現在のロシア連邦）

地域： カムチャッカ半島

噴火開始日時: 1956 年 3 月 30 日

VEI : 5

噴出量: 0.5 km³ 崩壊物質 + 0.2–0.4 km³ サージ堆積物 + 0.2–0.3 km³ 降下火砕物 + 0.5 km³

火砕流堆積物 (安山岩)

最高噴煙柱高度: 34–36 km

噴火トレンド: 減衰型

長期：

ベズィミアニイ火山は 4500 ¹⁴C yr BP に山体の形成を開始した若い安山岩質の成層火山である (Braitseva *et al.*, 1997).

短期：

噴火活動推移は Gorshkov (1959) に詳細に記載されている。1955 年噴火以前に歴史時代の噴火記録はない。噴火前の山体は円錐形で 3085 m の標高があった。1955 年 9 月 29 日、最初の地震が観測された。地震の回数と強度は徐々に増し 10 月 22 日の噴火を迎えた (Gorshkov, 1959)。

噴火推移概要：

1955 年 10 月 22 日 06:30、新しい火口が形成され白色噴煙、続いて弱い火山灰の放出が始まった。間欠的な爆発は 10 月 26 日以降強度を増し、当初は周囲 40–60 km で、11 月に入ってから 120 km 以上離れた地域でも降灰がみられるようになった。地震活動は 11 月 10 日に 470 回/日のピークを迎え、それ以降は減少するが、噴火活動は激化し 11 月 16–20 日に最初のピークを迎える。45 km 離れた Kliuchi では 11 月 17 日の降灰は 1 日中灯火が必要なほどで、数日の間に 16.6 mm の灰が積もった。11 月末以降噴火強度は徐々に、地震活動は 11 月 25 日に大幅に低下した。後の 1956 年 1 月 25 日に航空機から観察された溶岩ドームはこの頃形成を開始したと推測されている。2 月初旬に十数 km 離れた地点から観察が行われ、小爆発と赤熱物質による火砕流発生を繰り返していること、また山体南東側が 100 m 以上隆起して急峻な斜面を作っている様子が記録された (Gorshkov, 1959)。

1956 年 3 月 30 日 17:11、地震とともに山体南東側が山体崩壊を起こし、上方と側方にそれぞれ漏斗型の噴煙が立ち昇るのが目撃された。Ust-Kamchatsk で撮影された写真の噴煙柱高度は 34–36 km あった。Kliuchi では自分の手も見えないほどの降灰があり、2 cm 以上積もった。直径 1.5 km の東向きの馬蹄形の崩壊地形が形成され、内部ではその後 1956 年いっぱいかけて 2 つの比高 300 m の溶岩ドームが形成され噴火は一旦終息した (Gorshkov, 1959)。その後現在に至るまで数年以上間を開けることなくドームの形成と爆発的噴火による崩壊を繰り返している (Girina, O.A., 2013)。

Belousov (1996) は山体崩壊の体積を 0.5 km^3 、ブラストに伴うサージ堆積物を $0.2\text{--}0.4 \text{ km}^3$ 、崩壊に伴って起こったプリニー式噴火の降下火砕物を $0.2\text{--}0.3 \text{ km}^3$ 、火砕流堆積物を 0.5 km^3 とした。噴出物は 57–59% SiO_2 の安山岩であった。

これらをまとめ、ベズィミアニ火山 1955–56 年噴火について、表 8 に推移情報のリストを、図 8 に VUC 噴火推移図を示す。

表 8 本資料集でまとめたベズィミアニ火山 1955-56 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC 内容	出典
1955/09/29		1 最初の地震がKliuchi(距離45 km)で観測される。	Gorshkov (1959)
1955/10/09		1 地震の数が数十回/日に達する	Gorshkov (1959)
1955/10/11		1 初めて震源がベズィミアニ付近深さ50 kmに求まる	Gorshkov (1959)
1955/10/12		2 地震の数が100-200回/日に達する。一部有感。	Gorshkov (1959)
1955/10/22 06:30	約96時間	4 白い煙、続いて火山灰の放出が開始。噴煙高度は新しい火口から1-2 km程度。	Gorshkov (1959)
1955/10/26	約14時間	4 噴出物の増加。周囲40-60 kmで降灰が見られるように。Kliuchiでは11/9までに6 mmないし3.5 kg/m ² の灰が積もった。近傍のCamp 1と2(12 km)付近では厚さ3-4 cmに達した。	Gorshkov (1959)
1955/11/01	約2.0時間	5 Kliuchiでは道路工事が停止するほどの降灰。120-130 km離れた地域にも弱い降灰。	Gorshkov (1959)
1955/11/07 07:00		5 11/7朝。12 km離れたキャンプ2では轟音と爆発音、揺れが聞こえ10 mmの降灰。	Gorshkov (1959)
1955/11/10		2 地震活動のピーク。470回/日	Gorshkov (1959)
1955/11/13		5 噴煙は火口から5 km。一晩中激しい火山雷。太平洋に降灰。	Gorshkov (1959)
1955/11/14		5 噴煙は火口から7.5 km。高度10.5 kmに達した。	Gorshkov (1959)
1955/11/16	約96時間	5 16-20日までKliuchiで激しい降灰。21日の測定でこの間の降灰は厚さが16.6 mmないし10.9 kg/m ³ 。70%が16-17日の24時間で降った。250 km北方まで降灰。火口が700-800 m径に巨大化。	Gorshkov (1959)
1955/11/17		5 降灰により1日中灯火が必要な薄暮ほどの明るさ。150-200 m先の灯火が見えないことも。	Gorshkov (1959)
1955/11/20	約41日間	4 11月末-12月末、噴火強度は徐々に低下。	Gorshkov (1959)
1955/11/25		1 地震活動の急な低下。24日(303回)、25日(100回)	Gorshkov (1959)
1956/01/01	約88日間	4 弱い活動度に戻る。噴煙は1-1.5 kmを超えず、50-60 km範囲の降灰はあるがずっと弱い。Kliuchiでの降灰量は10-20 g/m ² と桁で小さくなった。白い噴気を上げていることも。	Gorshkov (1959)
1956/01/25		3 初めて航空観察が行われ溶岩の噴出が確認される。11月から噴出開始していたか？	Gorshkov (1959)
1956/02/01	約8.0日間	4 2月初旬、キャンプ1と2から間欠的な爆発と火砕流の発生が観察される。大きめの爆発は噴煙2-3 kmに達する。火山体南東側が以前より100 m隆起しており斜面も30°以上に急峻に変化。	Gorshkov (1959)
1956/03/30 17:11		7 大きな地震、気圧の変化。65 km離れたKamakiでベズィミアニから東方へ斜めの噴煙が立ち上がるのが目撃。Kozyrevskでは上方に35 km、側方に6-8 kmの漏斗型の噴煙が広がるのが目撃。Ust-Kamchatskで撮影された写真の噴煙柱高度は34-36 kmと推定。	Gorshkov (1959)
1956/03/30 17:40	約40分間	7 17:40-18:20、Kliuchiで自分の手も見えないほどの激しい降灰。	Gorshkov (1959)
1956/03/30 18:20	約2.7時間	4 Kliuchiでその後降灰は21時まで続いた。厚さ2 cm、24.5 kg/m ² 。	Gorshkov (1959)
1956/03/31	約91日間	4 クライマックス噴火後、小爆発と火砕流を伴いながら馬蹄形カルデラ内での溶岩ドームの再生。7月初旬までに拡大は終了。比高約300 m。	Gorshkov (1959)
1956/04/01	約61日間	2 4月から5月にかけて、地震活動がやや上昇。300回/日程度。溶岩ドーム再生に伴うものか？	Gorshkov (1959)
1956/06/21		5 やや大きめの爆発。噴煙は火口から8 kmに達した。	Gorshkov (1959)
1956/06/30		1 地震活動ほぼ終了。1回/日程度。非常に弱い地震活動は年末まで続いた。	Gorshkov (1959)
1956/08/27		4 弱い爆発は続き、溶岩の内部は赤熱していた	Gorshkov (1959)
1956/10/20		3 10月末、航空観察から火口南西側にもう1つの溶岩ドーム形成を確認。後の計測でこの溶岩ドームは比高260 mに達した。	Gorshkov (1959)
1956/12/01		0 12月までに活動終了。溶岩ドームは頂上を除いて雪に完全に覆われた。噴気活動は続いた。	Gorshkov (1959)

VUC 噴火推移

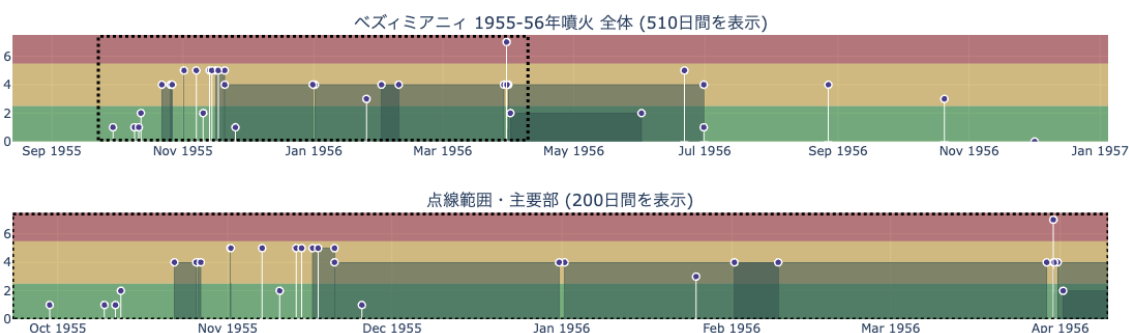


図 8 本資料集で検討したベズィミアニ火山 1955-56 年噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図 1 と同様の色を使用した。●は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のような、ある特定の時刻における事象を示す。510 日間表示図(上図)中の黒点線で示した範囲を拡大したものを、200 日間表示図(下図)として示す。

北海道駒ヶ岳 1929 年噴火

火山名： 北海道駒ヶ岳

国： 日本

地域： 東北日本弧（北海道）

噴火開始日時: 1929 年 06 月 17 日

VEI：4

噴出量: 0.14 km³ DRE テフラ (安山岩)

最高噴煙柱高度: 13.9 km

噴火トレンド: 減衰型

長期：

北海道駒ヶ岳火山は、少なくとも 39 cal ka 以前に溶岩や火山碎屑物を噴出して形成された安山岩質の成層火山である。約 39 cal ka までに少なくとも 4 回の降下火砕堆積物を噴出するような噴火と 2 回の山体崩壊が発生しており、以降の活動は 6000 年以上の長い休止期間とそれに対応する異なる化学組成グループによって 4 つの活動期に区分される（吉本ほか, 2008）。約 39 cal ka には Ko-i 降下軽石堆積物と火砕流堆積物を噴出した。その後は約 20,000 年の休止期間の後、Ko-h 噴火を皮切りに、20–12.8 cal ka までの間に 4 回のプリニー式噴火と火砕流を主体とする噴火を引き起こしている。6,000 年の休止期間を挟み、Ko-g 噴火から開始した噴火活動では、6.8–6.3 cal ka の間に 2 回のプリニー式噴火と 2 回の火砕流を主体とする噴火が発生した。再度 6,000 年間噴火活動を休止した後、北海道駒ヶ岳は 1640 年に山体崩壊に続くプリニー式噴火と火砕流の噴出によって歴史時代の活動を開始した。以降は小規模な噴火を挟みながら、1694 年、1856 年、1929 年にも火砕流を伴うプリニー式噴火が発生している。最新のマグマ噴火は 1942 年の火砕サージを伴う噴火であり、以降の活動は小康状態にあった。しかし、1996 年（宇井ほか, 1997a, b）、1998 年（清水・新谷, 1999）、2000 年（中川ほか, 2002）には水蒸気噴火が発生しており、現在でも活発な噴火活動が続いている（勝井ほか, 1989; 吉本ほか, 2007）。1996 年の噴火では、1929 年噴火で形成された昭和 4 年火口内部の南側を中心に水蒸気噴火が発生し、新たな割れ目火口を形成した（宇井ほか, 1997a, 1997b）。その後 1998 年の噴火でも同様に、昭和 4 年火口を噴出口として小規模な水蒸気噴火が起きている（清水・新谷, 1999）。北海道駒ヶ岳火山の最新の活動は、2000 年の 9 月～11 月にわたって発生した水蒸気噴火であり、いずれも昭和 4 年火口内で発生している（中川ほか, 2002）。

短期：

1929 年噴火の約 1 年前の 1928 年 6 月の踏査では、噴気活動は衰微しており、北海道駒ヶ岳の活動は極めて静穏であったとされている。1929 年 5 月 10 日には局地的有感地震が記録されている。同年 6 月 16 日には、2 回にわたり函館測候所で無感地震が観測された（勝井ほか、1975）。この地方では噴火の 3 日前から気圧低下があり、噴火前夜に回復傾向にあったが、噴火時には再び低下傾向にあったことが注意されている。一方で、本噴火は大規模であったにも関わらず、根本（1930）では、「噴火の前兆としての事象は確実にこれを捕捉し得なかった」と述べている。函館測候所では 6 月 17 日 0:26 に 8 分間継続する微動を記録している。また、南麓の鹿部では 0:30 頃に駒ヶ岳方面からの轟音と顔面にチラチラ触れる感触があったこと、南麓の大沼では同時刻に駒ヶ岳方面からの轟音があったことが記録されている。以上の記録から、本噴火は 6 月 17 日 0:30 頃に開始したと判断される（勝井ほか、1975）。

噴火推移概要：

噴火推移・時系列については、根本（1930）に詳細に記載されており、勝井ほか（1975）にまとめられている。噴火は 1929 年 6 月 17 日の 0:30 頃に轟音を伴って開始した。当初は南麓部に火山灰を降下させ、徐々に降灰量は甚だしいものとなった。5:30 には北麓の掛潤駅にて噴煙の上昇が目撃されている。10:00 頃に大鳴動を伴う大爆発を起こし、10:20 には南麓の鹿部に軽石が降下した。11:00 には電光とともに激しい鳴動があり、この時噴煙柱高度は最高に達し、13,900 m であった。12:20 には小規模な軽石流が観測された。その後は小川方面や留の沢方面にも降下軽石が観測され、鳴動・雷鳴は勢いを増していった。14:00 には土橋方面、15:30 には赤井川方面、16:10 には尾白内方面に軽石流が到達した。その後はさらに 17 時に新たな軽石流が発生し、赤井川方面に流下した。19 時には火口に火柱が上がる様子が確認され、この火柱は 21 時に最大となり、噴火活動の最盛期を迎えたと考えられる。鹿部では 23 時に軽石の降下が衰え始め、6 月 18 日 0:15 には函館測候所で観測されていた微動が停止した。その後は徐々に軽石や火山灰の降下が収まり、3 時には噴煙の色も黒色から鼠灰色に遷移した。しかし、早朝からの降雨によって沼尻方面に泥流が発生し、人的被害が発生した。6 月 20 日には一部地域に降灰があった。6 月 21 日には北麓の森町でやや強い地震があり、6 時には黒煙が上がる様子が観測されたが、この時点で噴火は概ね収束したと考えられる。根本（1930）は、噴火の 10 日後と 20 日後の 6 月 27 日と 7 月 7 日に本火山に登山しており、この時頂上部一帯は火口や亀裂からの噴気が激しく、視界は 10 数 m に過ぎなかったとしている。噴出量は 0.14 km^3 DRE であり、北海道駒ヶ岳では本噴火によって新たな火口（昭和 4 年火口、繭型火口、瓢型火口）が形成された（勝井ほか、1975）。

これらをまとめ、北海道駒ヶ岳火山 1929 年噴火について、表 9 に推移情報のリストを、図 9 に VUC 噴火推移図を示す。

表 9 本資料集でまとめた北海道駒ヶ岳 1929 年噴火の目撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
1929/05/10 03:50		2	函館測候所の大森式地震系で有感地震を記録	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/14	約48時間	0	登山客が気づくような異常はみられなかった	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/15 17時頃	約5.0時間	-1	17時から22時頃にかけて遠雷・山鳴りがあったとの複数報告があるが雷鳴の可能性も高い	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/16 11:25		1	函館測候所の大森式地震系で無感地震を記録	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/16 13:51		1	函館測候所の大森式地震系で無感地震を記録	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/16 22時頃		1	鹿部で鳴動あり(北海道社会事業協会, 1937)とされているが、詳細な記録は不明。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 00:27	約8分間	1	8分間継続の振幅の小さい脈動(函館測候所)	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 00:30		4	鹿部村小川第二発電所(山頂から6 km)でゴーという音、のち降灰	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 00:30		4	大沼鏡子口でゴーという貨物自動車のような音。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 00:30		4	南麓の鹿部村では戸外で顔面にチラチラとした感触	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 00:45		4	鹿部村本別。ザアーという音。灰砂が舞っていた。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 03:50		4	鹿部では降灰が激しくなり、0.6 cm積もっていた。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 05:30		4	北麓の掛淵駅から噴煙の上昇が目撃される。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 08:00		4	大沼方面で爆発音	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 08:01	約10分間	1	函館測候所において08:00:30から10分30秒間、脈動状の振動を記録	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 08:11	約38分間	1	函館測候所において08:11:00から38分間、脈動状の振動を記録	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 09:30		4	濃霧が晴れ、北西麓の森町から羊のような噴煙が見られた。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 09:54	約3分間	2	函館測候所において09:53:38から3分30秒間継続して振動を記録。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 10:00		5	鹿部・大沼・掛淵・駒ヶ岳駅で大音響の報告。掛淵では音を聞かなかったという報告もあり。大沼では黒煙猛烈に上騰するのを目撃。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 10:10		5	鹿部で降灰が盛んに。掛淵からの目撃では噴煙益々猛烈となりこの頃から轟々たる音響。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 10:15	約60分間	5	掛淵からは白雲で噴煙は見えなくなったが、轟音は休むことなく更に激しくなった。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 10:20	約15時間	5	鹿部に直徑1.5 cmの軽石が降り始める。軽石の降下は翌18日午前1時半まで続いた。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 11:00		5	電光を伴う激しい鳴動	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 11:20		5	森町で垂直に上昇する噴煙柱の写真が撮影される。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 11:20		5	馬の背外斜面に降下火砕物	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 11:50		5	掛淵駅長の亀ヶ森孝三郎氏による手記。「噴き上げられる火山灰は綿の如く、又其の下降する状はさながら瀑布に似たりとも言ひ得る程似て」「噴き上げらるる石は、しだれ柳の如くに辺りに飛散」	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 12:20		4	小規模軽石流	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 12:30		5	大沼からやや東に傾いた噴煙柱の写真が撮影される。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 12:30		5	掛淵駅長の亀ヶ森孝三郎氏による手記。「噴煙は駒ヶ岳、砂原岳間を溢る程度に巾広くなり、轟々たる音は地響と共に烈しく、駅及住宅の窓硝子に響く振動」「駒ノ背の中央押出沢に向い、熔岩は白煙と共にモクモクと越えて流下して来ましたが、小量でありましたから駒ノ背の中腹で止まり白煙も直に消へ去りました。」	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 12:30		5	小川方面に降下軽石	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 12:50		5	掛淵駅長の亀ヶ森孝三郎氏による手記。砂原駅から掛淵駅への電話内容。「鳴動烈しく、硝子戸は間断なく振動」	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 13時頃		5	留の沢に降下軽石	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 14:00		5	鳴動が激しくなり、小川方面に火災が発生	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 14:30		5	鹿部方面の雷鳴が激しくなり、落雷が発生。函館で空振が感じられる。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 14:00	約60分間	4	土橋方面に軽石流が流出	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 15:30		4	赤井川方面の軽石流が山腹まで達し、火災が発生	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 16:10	約40分間	4	尾白内方面に軽石流が到達	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 16:50		4	掛淵駅長の亀ヶ森孝三郎氏による手記。「又々熔岩は駒ノ背より押出沢に向って流下しましたが、今度は前よりも大量に駒ノ背を越えて、モクモクと限りなく異様な速さで流下しました。」	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 16:51		4	掛淵駅長の亀ヶ森孝三郎氏による手記。「同山頂上に白煙が見えたと思ふ間もなく熔岩は非常な勢を似て流下しました。丁度室内の石鹸泡が溢るゝ様な具合でありました」	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 17:00		5	森町で旺盛に上昇する噴煙と白煙を伴いながら地表を這うような形をとっている噴煙の写真が撮影される。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 17:00		4	砂原岳を越えて新たな軽石流が発生	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 17:40		4	赤井川方面に軽石流	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 18:15		4	赤井川方面に軽石流	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 19:00		5	火口の上に火柱が上がる。赤井川方面に軽石流、尾白内方面に最後の軽石流が到達。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 21:00	約2.0時間	5	火柱の高さが最大に達し、活動が最盛期に達する。激しい軽石の降下により、鹿部方面の家屋を倒壊させた。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 22:00		4	赤井川方面の軽石流が登山道路を越えて到達	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/17 23:00		4	鹿部方面の軽石の降下が衰える	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 00:15		0	函館測候所の地震計は脈動気象を停止。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 00:30	約35分間	0	鳴動が一時停止	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 01:05		1	鳴動が再開	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 01:30		3	火柱が衰える。鹿部で降下軽石が止み、大沼の鳴動が静まる。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 02:00		2	赤井川方面の軽石流の流動が停止	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 03:00		2	鹿部、小川で軽石と火山灰の降下が収まる	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/18 03:00	約3.0時間	2	軽微な鳴動はあるものの、噴煙の色が黒色から鼠白色に減退する。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/19 06時頃		-1	早朝からの降雨により、沼尻方面に泥流が発生。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/19	約48時間	4	19日から21日にかけて、砂原村では時々降灰があった。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/19 15時頃		1	鳴動	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/19 15:40	約1分間	1	1分間の有感地震	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/20 14:00		-1	小川第二発電所付近で降灰が風とともに襲った。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/20 15:00		4	鹿部村では15時ごろから鳴動と降灰があった。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/21		4	砂原と鹿部で降灰。砂原では時々鳴動と地震が感じられた。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/21 02:00		2	森町でやや強い地震	勝井ほか (1975) 北海道防災会議
1929/06/21 06:00		4	森町から黒い噴煙が目撃。	勝井ほか (1975) 北海道防災会議

VUC 噴火推移

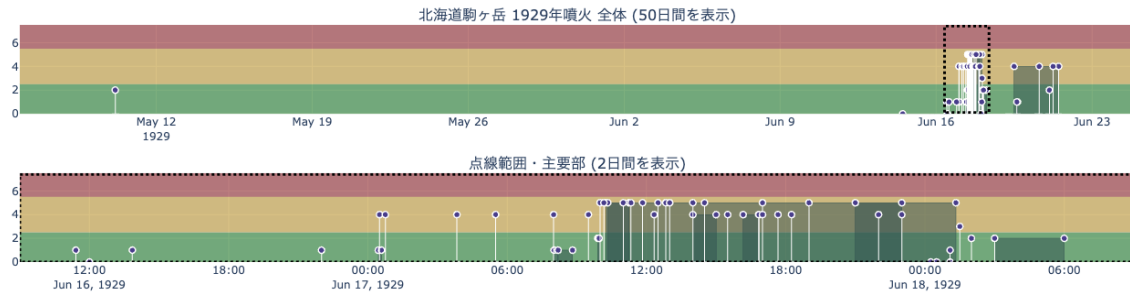


図9 本資料集で検討した北海道駒ヶ岳火山 1929 年噴火の活動推移を, 横軸を時間, 縦軸を VUC 値で示す. 活動の定性的強度を 3 つに区分し, 背景には図 1 と同様の色を使用した. • は各時刻における VUC 値. 半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す. VUC 値と時間軸をつないだ白線は, 爆発時刻のような, ある特定の時刻における事象を示す. 50 日間表示図 (上図) 中の黒点線で示した範囲を拡大したものを, 2 日間表示図(下図)として示す.

浅間天明噴火 (1783 年)

火山名： 浅間山

国： 日本

地域： 本州中部

噴火開始日時: 1783 年 05 月 09 日

VEI : 4

噴出量: 0.483 km³ DRE

最高噴煙柱高度: 不明

噴火トレンド: エスカレート型

長期：

浅間火山は東北日本弧の火山フロントの南西端に位置する烏帽子・浅間火山群の, 東部を構成する成層火山である. この火山群では主に安山岩・デイサイト質のマグマが噴出してきた. 最も古い烏帽子火山の活動開始時期はおよそ 1 Ma であり, 350 ka まで活動が続けた(高橋・三宅, 2004). その後活動中心は西に移動し, 100-40 ka までストロンボリ式とブ

ルカノ式噴火活動を主体として黒斑火山が活動した。そして少なくとも1万年の休止期を挟んで仙人火山が黒斑火山の上で活動を再開し、30-20 kaにかけて多数のプリニー式噴火を繰り返した。その間24 kaに黒斑・仙人火山は馬蹄形に山体崩壊を起こし、応桑岩屑なだれと塚原・塩沢岩屑なだれを引き起こした。20 ka頃からは更に活動中心を東へ移してデイサイト～流紋岩質マグマの活動がみられ、小浅間溶岩ドーム等が形成された後に仏岩火山が形成、19-11 kaにかけて多数の降下軽石・火砕流堆積物を噴出した(高橋・安井, 2013)

11 ka以降、黒斑火山と仏岩火山の中間付近に安山岩質の火砕丘である前掛火山が誕生し、これが現在の浅間山である。前掛火山は誕生以来、数百年に1度程度の頻度でプリニー式噴火を繰り返してきた。歴史時代に入ってから、4世紀中葉噴火、1108年(天仁噴火)、1128年噴火、そして1783年の天明噴火がいずれもVEI 4~5程度の大規模噴火である(産総研 1万年噴火イベントデータ集)。

浅間前掛火山から噴出した複数の降下軽石層が知られている。そのうち、4世紀ごろに噴出したC軽石、1108年噴火(天仁噴火)の噴出物であるB'軽石、1128年噴火噴出物に対比されているB'軽石、および1783年噴火(天明噴火)の噴出物であるA軽石は比較的規模の大きな降下軽石で、準プリニー式～プリニー式噴火の噴出物である。これらの軽石層の間には、より規模の小さなブルカノ式噴火などの噴出物がみられることから、浅間前掛火山では数100年おきに準プリニー式～プリニー式噴火が発生し、その間に小規模な噴火活動を繰り返す時期が続いたと考えられている(安井, 2015)。

短期：

浅間前掛火山では、B'軽石を噴出した1128年噴火以降、1783年噴火までの間、山麓に顕著な堆積物を残す規模の噴火は記録されていない。しかし、信頼できる歴史記録が残る16世紀末以降では、1783年噴火までの間に数年～10数年おきに山頂火口からの小規模な噴火が記録されている。これらの噴火は、噴出物の特徴からブルカノ式噴火が卓越していたと考えられる(安井, 2015)。

噴火推移概要：

1783年噴火は浅間前掛山頂火口から発生した。その噴火推移は歴史記録およびそれに対応した地質記録からまとめられている。Aramaki(1956, 1957)により噴火推移がまとめられたのち、田村・早川(1995)やYasui and Koyaguchi(2004)などにより再解釈が行われた。本資料集の内容は主にこの二つの文献による。それらによると、1783年5月9日(田村・早川1995では8日)に小噴火が発生し、その後静穏状態を経て6月25日午前10時ごろやや規模の大きなブルカノ式噴火が発生した。その後小規模な噴火があるものの小康状態を経て、7月17日夜にサブプリニー式噴火が発生し、北～北西方向に軽石が降下した。21日ごろか

ら断続的な噴火に推移し、27日には断続的なサブプリニー噴火が発生し、北東方向に軽石が降下した。その後31日ごろまで断続的に小～中規模の噴火が発生した。8月2日午前まで比較的静穏な状況で推移したが、午後になって噴火が激化した。噴火規模が断続的に変化しながら、大量の降下軽石を東南東方向に降下させた。4日夕から5日未明にかけて噴火規模は極大となり、大量の降下軽石を東南東方向に降下させた。プリニー式噴火に伴い、火口周辺には釜山火砕丘が成長し、その一部は北麓にむけて流下し鬼押出溶岩となった。同時に北麓に吾妻火砕流が数次にわたり流下した。5日朝には噴火は小康状態となった。5日午前、北麓の鬼押出溶岩の先端部から鎌原岩屑なだれが発生し、吾妻川から利根川沿いに泥流となって流下した。その後9月中旬ごろまで小規模な噴火が断続的に発生した(田村・早川, 1995; Yasui and Koyaguchi, 2004; 安井, 2015)。

Yasui and Koyaguchi (2004)は堆積物と古記録とを比較し、対応を次のように結論付けている。浅間前掛山山頂から北北西に分布するテフラ(NNW)は7月17日のサブプリニー式噴火の噴出物に相当すると考えられる。北東方向に分布するテフラ(NE)は7月27日から30日にかけて断続的に発生したサブプリニー式噴火の噴出物と考えられる。東南東方向に分布するテフラ(ESE)の大部分は、8月2日午後から開始したプリニー式噴火の産物と考えられ、その大半は4日夜から5日未明の噴火最盛期の噴出物と考えられる(Yasui and Koyaguchi, 2004)。また、東南東方向に分布する軽石の下半分と互層する細粒火山灰は、同時に北麓に流下した吾妻火砕流からの灰かぐら堆積物と解釈されている(田村・早川, 1995など)。鬼押出溶岩は火砕成溶岩であり、8月2日午後から開始したプリニー式噴火に伴い火口周辺に堆積した火砕物の二次流動による溶岩流と解釈されている(安井・小屋口, 1998など)。

1783年噴火以降、1803年まで噴火は記録されていないが、1803年以降は再び数年～数10年おきに噴火の記録がある。特に、20世紀前半には活発なブルカノ式噴火がみられた(気象庁編, 2013)。

これらをまとめ、浅間天明噴火について、表10に推移情報のリストを、図10にVUC噴火推移図を示す。

表 10 本資料集でまとめた浅間天明噴火の日撃情報等の時系列リスト。

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
1783/05/09		4	小噴火。一連の噴火活動の開始。鳴動が数地点で記録される。	Yasui and Koyaguchi(2004), 安井 (2015)
1783/05/10	約46日間	0	静穏状態	Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/06/25 06時頃	約4.0時間	1	山鳴	田村・早川 (1995)
1783/06/25 10時頃	約2.0時間	5	規模の大きなブルカノ式噴火。音響と地震を伴う鳴動が数地点で記録される。垂直な黒色の噴煙が目撃される。東南東、南東方向に降灰。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/06/25 21時頃	約3.0時間	3	鳴動。東～東南東方向に降灰。	Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/06/26 16時頃	約2.0時間	3	鳴動。降灰。	田村・早川 (1995)
1783/07/17 20時頃	約60時間	5	サブプリニー式噴火。鳴動が記録され、火口から南西に13 km地点で火山雷が目撃される。北～北北西方向に降灰。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/21	約7.0日間	3	小規模で断続的な噴火。鳴動と降灰が記録される。	Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/25 06時頃	約6.0時間	3	鳴動	田村・早川 (1995)
1783/07/26 16時頃	約8.0時間	3	鳴動	田村・早川 (1995)
1783/07/27 12時頃		5	断続的なサブプリニー式噴火。厚い噴煙が当方へたなびき、北東方向で降灰。北東地区に火砕流落下。	Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/27 16時頃	約2.0時間	4	北東方向での降灰は夜まで続く。北東へ176 km地点でも降灰が記録される。南西300 km以遠でも鳴動が記録される。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/28 12時頃	約12時間	4	浅間山から200 km以遠を含む広範囲かつ多数の地点で鳴動が感じられる。北東、東南東で降灰。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/29 14時頃	約5.0時間	5	約5時間の噴火の間に噴火の強度/パルスがいくつか認められる。16時頃噴火が激しくなり、19時頃に止む。降灰は浅間山の北東440 km(東北地方陸中)まで記録される。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/30 12時頃	約7.0時間	5	14時頃噴火が激しくなる。日暮れ頃に止む。東、東南東方向で降灰。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/30 20時頃	約8.0時間	5	北、東方向で降灰。31日2時から大鳴動。4時に止む。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/07/31	約48時間	2	弱い噴火が継続。北東と南東で降灰。	Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/02 12時頃	約8.0時間	4	噴火が継続。徐々に強まる。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/02 20時頃	約60時間	5	噴火が激化。噴火の強度の盛衰のサイクルが2回あった。ほぼ夜通し東南東方向に激しい降灰。江戸にも降灰があった。名古屋を含む多くの地点で鳴動が感じられる。	安井 (2015)
1783/08/03 14時頃	約18時間	5	連続的な噴火。噴火の強度に変動がみられる。東南東方向に激しい火砕物降下。17時に上州で赤い灰が降下。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/04 12時頃	約4.0時間	6	激しい噴火。東方で雨のような激しい降灰。東南東方向で暗闇となる。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/04 16時頃		6	吾妻火砕流の発生。東南東方面で噴煙がとぎれ、一時的に明るくなる。東北から東北東の山麓斜面に火砕流が流下。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/04 18時頃	約14時間	6	噴火の最盛期。火柱や火の玉の降下。東南東で最も激しい火砕物降下が起こる。午後9時頃から軽井沢住民が南西に避難を開始。浅間山から200 km以上地点で空が赤く見える。関西でも自身のような鳴動が記録される。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/05 03時頃		6	極大	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004)
1783/08/05 08時頃	約40日間	3	小規模な噴火が断続的に発生	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)
1783/08/05 10時頃		6	鎌原火砕流/岩屑なだれの発生。岩屑なだれは浅間山北麓の鎌原村を埋没させた後、吾妻川に流入し天明泥流となって広範囲に被害を与え、銚子および江戸まで到達した。	田村・早川 (1995), Yasui and Koyaguchi (2004), 安井 (2015)

VUC 噴火推移

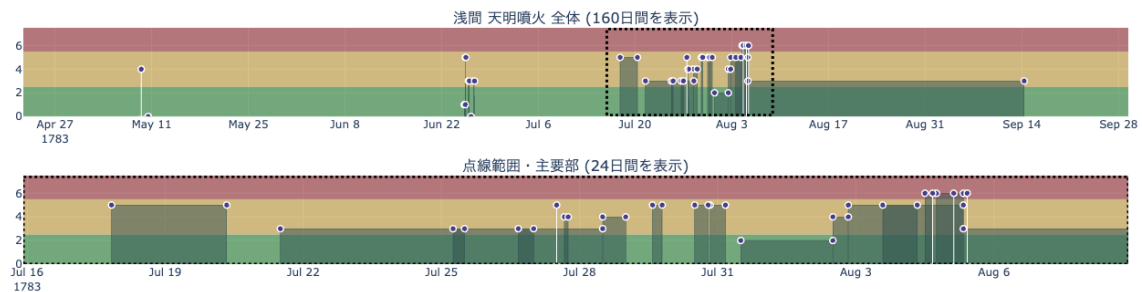


図 10 本資料集で検討した浅間天明噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図 1 と同様の色を使用した。・は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のような、ある特定の時刻における事象を示す。160 日間表示図(上図)中の黒点線で示した範囲を拡大したものを、24 日間表示図(下図)として示す。

Huaynaputina 1600 Eruption

火山名： ワイナプチナ

国： ペルー

地域： アンデス中部火山帯

噴火開始日時: 1600 年 2 月 19 日

VEI : 5

噴出量: 4.6–4.9 km³ DRE テフラ (流紋岩)

最高噴煙柱高度: 27–35 km

噴火トレンド: 多峰型?

長期：

ワイナプチナ火山はアンデス中部にある火山である。通常の成層火山とは異なり、平坦な高原に火口が分布している。先の氷河期に溶岩流や溶岩ドームが形成されている。一方で、完新世には 1600 年噴火と同じ場所で爆発的な噴火が 2 回あり、降下火砕物や火砕流が発生したが、1600 年噴火以前は少なくとも数世紀は静穏であった (Thouret *et al.*, 2002).

短期：

1600 年噴火の前には前兆的な噴火はなく、少なくとも数世紀は爆発的なイベントは発生していない (Thouret *et al.*, 2002). ワイナプチナ火山の火山活動を鎮めるために供え物を携えて登山していた現地人らの証言から、噴火前の数十年間は噴気活動は穏やかであったと考えられる (Thouret *et al.*, 2002).

噴火推移概要：

Thouret *et al.* (2002)は堆積物の観察や史料により噴火推移をまとめている。また、Petit-Breuilh Sepulveda (2019)は史料にある Arequipa (火口から 56 km 北西)での証言をまとめている。1600 年 2 月 19 日の夕方に噴火が発生し、急速に噴煙が発達していったとみられる (Thouret *et al.*, 2002; Petit-Breuilh Sepulveda, 2019)。19 日の 18 時から 4 時間程度がピークであり、夕方の町は暗闇に包まれた (Thouret *et al.*, 2002; Petit-Breuilh Sepulveda, 2019)。2 月 20 日の夜遅くに噴火活動は弱まった。それから 2 月 22 日までは降下軽石や降灰のため、Arequipa は暗闇に包まれた。この時点でテフラ層厚 21 cm であった。2 月 23–24 日は小康状態であった。その後の 2 月 25 日から再び降灰・地震が急速に増加し、2 月 28 日までは激しい活動が続いた (Petit-Breuilh Sepulveda, 2019)。この間大規模火砕流が発生したとみられる

(Petit-Breuilh Sepulveda, 2019). 2月29日–3月3日は、細粒の降灰がありつつも小康状態となったが、3月4日から多量の降灰と地震活動が再開した (Thouret *et al.*, 2002; Petit-Breuilh Sepulveda, 2019). このときは、大規模噴火の後に噴出していた火砕流が、広域に拡散していたと解釈されている (Thouret *et al.*, 2002). 多量の火山灰の拡散により、視界不良が続いていたことで、噴火活動終息は不明瞭である. 3月6日頃に終息したとみられるが、降灰は3月15日まで続いていたと報告されている. 火山灰の二次移動による大気汚染で、9か月間空は霞んでいた (Thouret *et al.*, 2002).

これらをまとめ、ワイナプチナ火山 1600 年噴火について、表 11 に推移情報のリストを、図 11 に VUC 噴火推移図を示す.

表 11 本資料集でまとめたワイナプチナ火山 1600 年噴火の目撃情報等の時系列リスト.

日付時刻	継続時間 (h)	VUC 内容	出典
1600/02/14	約48時間	2 西北西に75 km離れたArequipaで有感地震	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/18 19:00		2 振動を感じるようになる	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/18 21:00	約3.0時間	2 地震の規模と頻度が増し、崩れる壁も出現。人々が屋外に避難。地鳴りが夜を通して聞こえた。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/19	約17時間	2 群発地震、時折大きな音を伴った激しい地震	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/19 17:00		6 Arequipaや周辺の町々は暗闇になり、稲光、降下軽石、降灰	Thouret et al. (2002); Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/19 22:00		7 Ica (580 km 北西)、Cuzco (350 km 北)、Arica (200 km 南 チリ)、La Paz (325 km 東 ボリビア)でも降灰	Thouret et al. (2002)
1600/02/20		6 降灰、稲光、地震が発生し、あたりは暗闇に包まれていた。南東の湖が噴出物により堰き止められ、28時間後に泥流発生。	Thouret et al. (2002)
1600/02/20 14:00	約48時間	6 状況は悪化し、すれ違う人を認識できなくなるほど、さらに暗くなる。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/20 16:00	約3.0時間	6 視界が少し回復する中、火砕流の発生が目撃される。給水不能。降灰層厚7-8 cm。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/23	約24時間	4 降灰と地震は続くものの、視界が徐々に回復。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/24	約30時間	3 地震は続くものの、降灰はなく、視界が良好になる。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/25	約72時間	3 降灰、視界不良、稲妻、地震が爆発的に増大。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/26	約24時間	6 激しい有感地震で、Arequipaの大聖堂や家々が倒壊。火砕流が発生。多量の降灰、地震、爆発音。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/27 16:00		6 完全な暗闇に包まれる。爆発的な活動がさらに増大する。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/27	約24時間	6 南東側の湖が新たに堰き止められ、遅くとも3/7か3/24に決壊した。	Thouret et al. (2002)
1600/02/28		4 大きな爆発音。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/28 17:00	約7.0時間	4 降灰があるものの、視界が良くなる。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/02/29	約24時間	4 日が差すようになるが、細粒の降灰あり。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/03/01	約24時間	3 日が差すが、細粒の降灰あり。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/03/02	約24時間	4 日が差すが、細粒の降灰あり。強い爆発的噴火が発生。	Thouret et al. (2002)
1600/03/03	約32時間	4 日が差すが、細粒の降灰あり。強い爆発的噴火が発生。	Thouret et al. (2002)
1600/03/04	約16時間	4 明け方は晴れていたが、多量の灰が降る。現地人の村が火砕流で埋没した。	Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/03/05	約24時間	3 多量の降灰と群発地震。	Thouret et al. (2002); Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/03/06	約24時間	3 細粒の降灰と群発地震。	Thouret et al. (2002); Petit-Breuilh Sepulveda (2019)
1600/03/07	約9.0日間	3 細粒の降灰。	Thouret et al. (2002); Petit-Breuilh Sepulveda (2019)

VUC 噴火推移

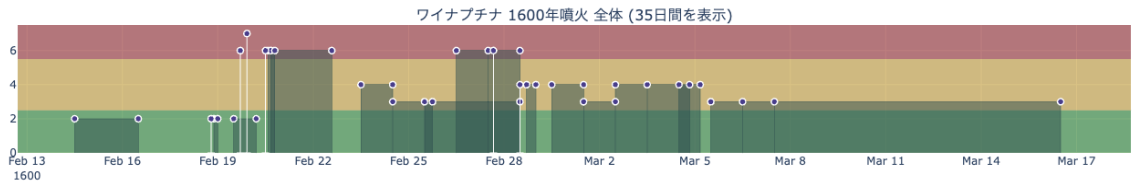


図 11 本資料集で検討したワイナブチナ火山 1600 年噴火の活動推移を，横軸を時間，縦軸を VUC 値で示す．活動の定性的強度を 3 つに区分し，背景には図 1 と同様の色を使用した．• は各時刻における VUC 値．半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す．VUC 値と時間軸をつないだ白線は，爆発時刻のような，ある特定の時刻における事象を示す．

Vesuvius 79 A.D. Eruption

火山名： ヴェスヴィウス

国： イタリア

地域： カンパニア平原

噴火開始日時: 79 年 10 月 24 日?

VEI : 5

噴出量: 3 km³ DRE テフラ (テフリフォノライト〜フォノライト)

最高噴煙柱高度: 19–26 km

噴火トレンド: 不明

長期：

ヴェスヴィウス火山は狭義には Somma の馬蹄形カルデラの内側に形成された火砕丘であるが，両者の区別は厳密ではなく，全体を Vesuvius，或いは Somma-Vesuvius Volcanic Complex(SVVC)と呼び，Phonolite-Tephrite-Trachyte のマグマを噴出する成層火山体である．マグマ溜りが石灰岩からなる基盤の内部にあると考えられており，噴出物にはたびたびスカルのゼノリスが含まれる．ヴェスヴィウス火山は数千年おきに爆発的噴火を繰り返しており，完新世では Ottaviano eruption (8000 yr BP), Avellino eruption (3550 yr BP), A.D. 79 (Pompeii pumice), A.D. 472 がある(Lirer *et al.*, 2001). このような噴火スタイルには，基盤岩からマグマへ供給された CO₂ が影響していると考えられている (Dallai *et al.*, 2011).

短期：

17 年前の西暦 62 年 2 月に，カンパニア州で広く被害を出す大きな地震があった．噴火 4 日前から有感地震が増加し，枯れる湧水が多発した (Doranzo *et al.*, 2022) . 噴火前には火口から 10 km 離れた地点で最小 30 cm の隆起があった (Keenan-Jones, 2015) .

噴火推移概要：

本噴火の開始日は、プリニウスの書簡を翻訳した中世の文書を根拠とし、長く 8 月 24 日であると認識されていた。しかし、本噴火の火砕物によって埋没していた都市（Pompeii）の発掘調査によって発見された壁の碑文や農作物から得られた考古学的見解などから、近年では噴火は 10–11 月の間に発生したとする説が提唱されている（Doronzo *et al.*, 2022 など）。いずれの説においても、噴火は昼過ぎに開始したとされる。本資料集では、Sigurdsson *et al.* (1982)で紹介されている大プリニウス・小プリニウスの書簡に記載された観察に基づく噴火現象と、Doronzo *et al.* (2022)において報告された近年の地質学・岩石学・地球物理学・考古学的研究に基づいた噴火推移を中心にまとめている。なお、Doronzo *et al.* (2022)では火砕流と火砕サージによる堆積物を *pyroclastic current deposits* と一括しているため、本資料集においてもこれらを一括して火砕密度流と記述している。本噴火の時系列はプリニウスの記述を元にした Sigurdsson *et al.* (1982)に、噴出物層序は Cioni *et al.* (1992)に詳しい。マグマ溜りについては Gurioli *et al.* (2005)、火道の噴火メカニズムは Shea *et al.* (2012)が考察している。

噴火は昼間に始まった。洋上のプリニウスらは 1 時頃、ヴェスビウス火山の方角から非常に高く立ち昇る雲を目撃した。雲はイタリアカサマツの樹木の形状をしており、樹冠に相当する頂点では枝を広げるように広がっていた。典型的なプリニー式噴火である。およそ 7 時間にわたってフォノライト質マグマによる白色軽石が噴出し、降下軽石が堆積した。その後、白色軽石をつくったフォノライト質なマグマが枯渇し、白色と灰色が混交した噴出物に変化する。灰色部分はテフライト–フォノライト質なマグマであった（Doronzo *et al.*, 2022）。深夜～未明にかけて噴火はピークを迎え、噴煙柱高度 32 km（Doronzo *et al.*, 2022）、噴出率 10^8 kg/s（Carey and Sigurdsson, 1987）に達する。白色軽石は見られなくなり、灰色軽石が噴出物の主体となる。噴煙柱の部分崩壊により、規模の大きな火砕密度流が相次いで発生し、南西の Herculaneum などを埋め立てた。朝になり噴煙柱が完全に崩壊し、前駆的な火砕密度流に続いて大規模な火砕密度流が全周、特に南東へ最大 15 km 流下し Pompeii を破壊した。その後発生した火砕密度流には多量の岩片が含まれ、西暦 79 噴火における Monte Somma のカルデラ形成が発生したのはこの時であろうと考えられている。崩壊後もマグマ水蒸気爆発が続き、火砕密度流と降下火砕物が繰り返し噴出した（Doronzo *et al.*, 2022）。一連の噴火では 3 km^3 DRE のテフラが噴出した（Cioni *et al.*, 1992）。うち軽石噴出物は Pompeii pumice / pomici di Pompei と呼ばれている。

これらをまとめ、ヴェスヴィウス火山 79 A.D. 噴火について、表 12 に推移情報のリストを、図 12 に VUC 噴火推移図を示す。

表 12 本資料集でまとめたヴェスヴィウス火山 79 A.D. 噴火の目撃情報等の時系列リスト.

日付時刻	継続時間 (h)	VUC	内容	出典
79/10/20	約96時間	2	噴火の4日前から地震が頻発し、火山周辺の泉が枯れる	Sigurdsson et al (1982), Doronzo et al (2022)
79/10/24 12時頃		4	時刻不明：正午過ぎ マグマ水蒸気噴火が発生し、東に向かって降灰が広がる。	Doronzo et al (2022)
79/10/24 13時頃		6	大プリニウスにより、Misenumで噴煙柱が目撃される。推定される噴煙柱高度はおよそ26 km。マグマ噴火ステージに移行し、持続した噴煙柱から白色軽石や溶岩などからなる礫や火山弾が南東に降下。	Sigurdsson et al (1982), Doronzo et al (2022)
79/10/24 15時頃		4	時刻不明：午後 Stabiaeで降灰が進行	Sigurdsson et al (1982)
79/10/24 18時頃		5	時刻不明：夜（～早朝？） Stabiaeにおいて、軽石の降下が激しくなる	Sigurdsson et al (1982)
79/10/24 18時頃		2	時刻不明：夜 Misenumにおいて、大きな地震が頻発した	Sigurdsson et al (1982)
79/10/24 18時頃		2	時刻不明：夜（～早朝？） Stabiaeにおいて、地震の頻度が高まり、揺れも大きくなる	Sigurdsson et al (1982)
79/10/24 18時頃	約7.0時間	5	時刻不明：夜～早朝 軽石の色が灰色に変化	Doronzo et al (2022)
79/10/24 18時頃	約7.0時間	7	時刻不明：夜～早朝 灰色軽石が降下。推定される噴煙柱高度はおよそ32 km。	Doronzo et al (2022)
79/10/25 06時頃		2	時刻不明：朝 Misenumにおいて、大地震が発生した後雷を帯びた暗雲が2回到達し、火山灰が降下し始める。	Sigurdsson et al (1982)
79/10/25 06時頃		4	時刻不明：朝 Stabiaeにおいて、火と硫黄の臭いが立ち込めた	Sigurdsson et al (1983)
79/10/25 06時頃		4	時刻不明：朝方 噴煙柱の部分崩壊により、火砕密度流が複数回発生	Doronzo et al (2022)
79/10/25 06:30		7	火砕密度流がPompeiiの北西縁であるHerculaneum市街に到達	Doronzo et al (2022)
79/10/25 07:30		7	噴煙柱が完全に崩壊する。このときの火砕密度流はPompeiiの城壁を越え市内に到達。	Doronzo et al (2022)
79/10/25 07:30	約15分間	7	カルデラ形成噴火からマグマ水蒸気噴火へ移行。短命の噴煙柱の形成が繰り返され、溶岩を主体とする豊富な礫を含む火砕物の降下や火砕密度流が発生した。	Doronzo et al (2022), Gurioli et al. (2007)
79/10/25 08:00		7	マグマ水蒸気噴火の最盛期を迎え、火砕密度流が発生。火砕密度流は現在のナポリ市まで到達し、Pompeii市街が埋没。	Doronzo et al (2022)
79/10/25		7	時刻不明 岩片に富む小規模な火砕密度流が発生	Doronzo et al (2022)
79/10/25		7	時刻不明 カルデラ形成が最盛期に達し、基盤岩などを含んだ岩片に富む火砕密度流が発生。	Doronzo et al (2022)
79/10/25		4	時刻不明 マグマ水蒸気噴火により、火砕密度流が発生	Doronzo et al (2022)
79/10/25		4	時刻不明 マグマ水蒸気噴火により、火砕密度流の発生と降灰を繰り返す	Doronzo et al (2022)

VUC 噴火推移

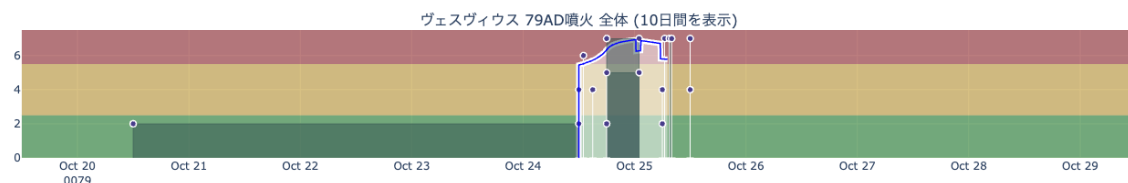


図 12 本資料集で検討したヴェスヴィウス火山 79 A.D. 噴火の活動推移を、横軸を時間、縦軸を VUC 値で示す。活動の定性的強度を 3 つに区分し、背景には図 1 と同様の色を使用した。●は各時刻における VUC 値。半透明の影になった部分は事象の継続時間を示す。VUC 値と時間軸をつないだ白線は、爆発時刻のような、ある特定の時刻における事象を示す。

引用文献

- Abdurrachman, M., Widiyantoro, S., Priadi, B. and Ismail, T. (2018) Geochemistry and Structure of Krakatoa Volcano in the Sunda Strait, Indonesia. *Geosci. J.*, **8**, 111.
<https://doi.org/10.3390/geosciences8040111>
- Aramaki, S. (1956) The 1783 activity of Asama volcano. Part I. *Japan J. Geol. Geogr.*, **27**, 189–229.
- Aramaki, S. (1957) The 1783 activity of Asama volcano. Part II. *Japan J. Geol. Geogr.*, **28**, 11–33.
- Belousov, A. (1996) Deposits of the 30 March 1956 Directed Blast at Bezymianny Volcano, Kamchatka, Russia. *Bull. Volcanol.*, **57**, 649–662. <https://doi.org/10.1007/s004450050118>
- Braitseva, O.A., Ponomareva, V.V., Sulerzhitsky, L.D., Melekestsev, I.V. and Bailey, J. (1997) Holocene Key-Marker Tephra Layers in Kamchatka, Russia. *Quaternary Research*, **47**, 125–39.
<https://doi.org/10.1006/qres.1996.1876>
- Brenna, M., Cronin, S.J., Smith, I.E.M., Pontesilli, A., Tost, M., Barker, S., Tonga'onevai, S., Kula, T., Vaiomounga, R. (2022) Post-caldera volcanism reveals shallow priming of an intra-ocean arc andesitic caldera: Hunga volcano, Tonga, SW Pacific. *Lithos*, 412-413.
<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106614>
- Carey, S. and Sigurdsson, H. (1987) Temporal variations in column height and magma discharge rate during the 79 AD eruption of Vesuvius. *Geological Society of America Bulletin*, **99**, 303-314.
<https://doi.org/10.1130/0016-7606>
- Carr, J.L., Horváth, Á., Wu, D.L. and Friberg, M.D. (2022) Stereo plume height and motion retrievals for the record-setting Hunga Tonga-Hunga ha'apai eruption of 15 January 2022. *Geophys. Res. Lett.*, **49**. <https://doi.org/10.1029/2022gl098131>
- Chaussard, E., Amelung, F. and Aoki, Y. (2013) Characterization of open and closed volcanic systems in Indonesia and Mexico using InSAR time series. *J. Geophys. Res. (Solid Earth)*, **118**, 3957–3969. <https://doi.org/10.1002/jgrb.50288>
- Cioni, R., Marianelli, P. and Sbrana, A. (1992) Dynamics of the A.D. 79 eruption: stratigraphic, sedimentological and geochemical data on the successions from the Somma-Vesuvius southern and eastern sectors. *Acta Vulcanologica*, **2**, 109–123.
http://gnv.ingv.it/publicazioni/acta_vulcanologica/vol2/abs_vol2.html#2.12
- Cronin, S.J., Brenna, M., Smith, I.E.M., Barker, S.J., Tost, M., Ford, M., Tonga'onevai, S., Kula, T. and Vaiomounga, R. (2017) New volcanic island unveils explosive past. *Eos*, 98 (26 June 2017).
<https://doi.org/10.1029/2017EO076589>

- Cutler, K.S., Watt, S.F., Cassidy, M., Madden-Nadeau, A.L., Engwell, S.L., Abdurrachman, M., Nurshal, M.E.M., Tappin, D.R., Carey, S.N., Novellino, A., Hayer, C., Hunt, J.E., Day, S.N., Grilli, S. T., Kurniawan, I. A. and Kartadinata, N. (2022) Downward-propagating eruption following vent unloading implies no direct magmatic trigger for the 2018 lateral collapse of Anak Krakatau. *Earth and Planetary Science Letters*, **578**, 117332.
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.117332>
- Dallai, L., Cioni, R., Boschi, C. and D’Orsano, C. (2011) Carbonate-derived CO₂ purging magma at depth: Influence on the eruptive activity of Somma-Vesuvius, Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, **310**, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.07.013>
- Doranzo, D.M., Di Vito, M.A., Arienzo, I., Bini, M., Calusi, B., Cerminara, M., Corradini, S., de Vita, S., Giaccio, B., Gurioli, L., Mannella, G., Ricciardi, G.P., Rocco, I., Sparice, D., Todesco, M., Trasatti, E. and Zanchetta, G. (2022) The 79 CE eruption of Vesuvius: A lesson from the past and the need of a multidisciplinary approach for developments in volcanology. *Earth-Science Reviews*, **231**, 104072. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104072>
- Fauria, K., Jutzeler, M., Mittal, T., Gupta, A., Kelly, L., Rausch, J., Bennartz, R., Delbridge, B. and Retailleau, L. (n.d.). (2022) Simultaneous creation of a large vapor plume and pumice raft by a shallow submarine eruption. In *Earth and Space Science Open Archive*. Retrieved February 10, 2022, from <https://www.essoar.org/doi/10.1002/essoar.10510412.1>
- Fauria, K.E., Jutzeler, M., Mittal, T., Gupta, A.K., Kelly, L.J., Rausch, J., Bennartz, R., Delbridge, B. and Retailleau, L. (2023) Simultaneous creation of a large vapor plume and pumice raft by the 2021 Fukutoku-Oka-no-Ba shallow submarine eruption. *Earth and Planetary Science Letters*, **609**, 118076. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2023.118076>
- Fiantis, D., Ginting, F. I., Halfero, F., Saputra, A. P., Nelson, M., Van Ranst, E. and Minasny, B. (2021) Geochemical and mineralogical composition of the 2018 volcanic deposits of Mt. Anak Krakatau. *Geoderma Regional*, **25**, e00393. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00393>
- Fontijn, K., Costa, F., Sutawidjaja, I., Newhall, C.G. and Herrin, J.S. (2015) A 5000-year record of multiple highly explosive mafic eruptions from Gunung Agung (Bali, Indonesia): implications for eruption frequency and volcanic hazards. *Bull. Volcanol.* **77**, 59. <https://doi.org/10.1007/s00445-015-0943-x>
- 下司信夫・池上郁彦・西原 歩 (2020) 大規模火砕噴火推移時系列データ集. 産総研地質調査総合センター研究資料集. no. 700, 産総研地質調査総合センター, 60p.

- 下司信夫・池上郁彦・西原 歩 (2021) 大規模火砕噴火推移時系列データ集 その2. 産総研地質調査総合センター研究資料集. no. 722, 産総研地質調査総合センター, 25p.
- Girina, O.A. (2013) Chronology of Bezymianny Volcano Activity, 1956–2010. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **263** (August): 22–41. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.05.002>
- Global Volcanism Program (2015) Report on Krakatau (Indonesia) (Venzke, E., ed.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 40:8. Smithsonian Institution.
<https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201508-262000>
- Global Volcanism Program (2018) Report on Krakatau (Indonesia) (Crafford, A.E., and Venzke, E., eds.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 43:10. Smithsonian Institution.
<https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201810-262000>
- Global Volcanism Program (2019a) Report on Agung (Indonesia) (Krippner, J.B., and Venzke, E., eds.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 44:2. Smithsonian Institution.
<https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201902-264020>
- Global Volcanism Program (2019b) Report on Agung (Indonesia) (Crafford, A.E., and Venzke, E., eds.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 44:11. Smithsonian Institution.
<https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201911-264020>
- Global Volcanism Program (2019c) Report on Krakatau (Indonesia) (Krippner, J.B., and Venzke, E., eds.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 44:3. Smithsonian Institution.
<https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201903-262000>
- Global Volcanism Program (2021) Report on Fukutoku-Oka-no-Ba (Japan) (Bennis, K.L., and Venzke, E., eds.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 46:11. Smithsonian Institution.
<https://volcano.si.edu/showreport.cfm?doi=10.5479/si.GVP.BGVN202111-284130>
- Global Volcanism Program (2022a) Report on Hunga Tonga-Hunga Ha'apai (Tonga). In: Sennert, S K (ed.), *Weekly Volcanic Activity Report*, 12 January-18 January 2022. Smithsonian Institution and US Geological Survey. <https://volcano.si.edu/showreport.cfm?doi=GVP.WVAR20220112-243040>
- Global Volcanism Program (2022b) Report on Hunga Tonga-Hunga Ha'apai (Tonga) (Crafford, A.E., and Venzke, E., eds.). *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 47:2. Smithsonian Institution.
<https://volcano.si.edu/showreport.cfm?doi=10.5479/si.GVP.BGVN202202-243040>
- Gorshkov, G.S. (1959) Gigantic Eruption of the Volcano Bezymianny. *Bull. Volcanol.*, **20**, 77–109.
<https://doi.org/10.1007/BF02596572>.

- Gouhier, M. and Paris, R. (2019) SO₂ and tephra emissions during the December 22, 2018 Anak Krakatau flank-collapse eruption. *Volcanica*, **2**, 91-103.
<https://dx.doi.org/10.30909/vol.02.02.91103>
- Gurioli, L., Houghton, B.F., Cashman, K.V. and Cioni, R. (2005) Complex changes in eruption dynamics during the 79 AD eruption of Vesuvius. *Bull. Volcanol.*, **67**, 144–159.
<https://doi.org/10.1007/s00445-004-0368-4>
- Gurioli, L., Zanella, E., Pareschi, M. T. and Lanza, R. (2007) Influences of urban fabric on pyroclastic density currents at Pompeii (Italy): 1. Flow direction and deposition. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **112**, 39-51. <https://doi.org/10.1029/2006JB004444>
- 海上保安庁海域火山データベース (2024) <https://www1.kaiho.mlit.go.jp/kaiikiDB/kaiyo24-2.htm>
 (閲覧日 2024 年 12 月 20 日)
- 勝井義雄・横山 泉・藤田隆男・江原幸男 (1975) 駒ヶ岳-火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策. 北海道防災会議, 194p.
- 勝井義雄・鈴木建夫・曾屋龍典・吉久康樹 (1989) 北海道駒ヶ岳火山地質図. 火山地質図, 地質調査所
- Keenan-Jones, D. (2015) Somma-Vesuvian ground movements and the water supply of Pompeii and the Bay of Naples. *American Journal of Archaeology*, **119**, 191-215.
<https://doi.org/10.3764/aja.119.2.0191>
- Kelly, L.J., Fauria, K.E., Manga, M., Cronin, S.J., Latu'ila, F.H., Paredes-Mariño, J., Mittal, T. and Bennartz, R. (2024) Airfall volume of the 15 January 2022 eruption of Hunga volcano estimated from ocean color changes. *Bull. Volcanol.*, **86**, 59. <https://doi.org/10.1007/s00445-024-01744-6>
- 草野有紀・及川輝樹・川邊禎久・池上郁彦・Christopher Conway・岩橋くるみ・山崎 雅・古川竜太・森田澄人・清家弘司・横井久美 (2022) 地質標本館緊急展示: 福岡ノ場火山 2021 年噴火とその漂流軽石. 地質調査総合センター研究資料集, no. 730, 産総研地質調査総合センター, 10p.
<https://www.gsj.jp/publications/pub/openfile/openfile0730.html>
- 気象庁(編) (2013) 日本活火山総覧 (第 4 版).
https://www.data.jma.go.jp/vois/data/filing/souran/menu_jma_hp.html
- Lirer, L., Petrosino, P., Alberico, I. and Postiglione, I. (2001) Long-term volcanic hazard forecasts based on Somma-Vesuvio past eruptive activity. *Bull. Volcanol.*, **63**, 45–60.
<https://doi.org/10.1007/s004450000121>

- Mastin, L.G., Guffanti, M., Servranckx, R., Webley, P., Barsotti, S., Dean, K., Durant, A., Ewert, J.W., Neri, A., Rose, W.I., Schneider, D., Siebert, L., Stunder, B., Swanson, G., Tupper, A., Volentik, A. and Waythomas, C.F. (2009) A multidisciplinary effort to assign realistic source parameters to models of volcanic ash-cloud transport and dispersion during eruptions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **186**, 10-21.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2009.01.008>
- Matoza, R.S., Fee, D., Assink, J.D., Iezzi, A.M., Green, D.N., Kim, K., Toney, L., Lecocq, T., Krishnamoorthy, S., Lalande, J.-M., Nishida, K., Gee, K.L., Haney, M.M., Ortiz, H.D., Brissaud, Q., Martire, L., Rolland, L., Vergados, P., Nippres, A., Park, J., Shani-Kadmiel, S., Witsil, A., Arrowsmith, S., Caudron, C., Watada, S., Perttu, A.B., Taisne, B., Mialle, P., Le Pichon, A., Vergoz, J., Hupe, P., Blom, P.S., Waxler, R., De Angelis, S., Snively, J.B., Ringler, A.T., Anthony, R.E., Jolly, A.D., Kilgour, G., Averbuch, G., Ripepe, M., Ichihara, M., Arciniega-Ceballos, A., Astafyeva, E., Ceranna, L., Cevuard, S., Che, I.-Y., De Negri, R., Ebeling, C.W., Evers, L.G., Franco-Marin, L.E., Gabrielson, T.B., Hafner, K., Harrison, R.G., Komjathy, A., Lacanna, G., Lyons, J., Macpherson, K.A., Marchetti, E., McKee, K.F., Mellors, R.J., Mendo-Pérez, G., Mikesell, T.D., Munaibari, E., Oyola-Merced, M., Park, I., Pilger, C., Ramos, C., Ruiz, M.C., Sabatini, R., Schwaiger, H.F., Tailpied, D., Talmadge, C., Vidot, J., Webster, J. and Wilson, D.C. (2022) Atmospheric waves and global seismoacoustic observations of the January 2022 Hunga eruption. *Tonga. Science*, **377**, 95–100. <https://doi.org/10.1126/science.abo7063>
- McKee, C.O. and Duncan, R.A. (2016) Early volcanic history of the Rabaul area. *Bull. Volcanol.*, **78**, 24.
- McKee, C., Itikarai, I., and Davies, H. (2018) Instrumental volcano surveillance and community awareness in the Lead-Up to the 1994 eruptions at Rabaul, Papua New Guinea. *Adv. in Volcanology*, 205-233.
- Mori, J. and McKee, C. (1987) Outward-Dipping Ring-Fault Structure at Rabaul Caldera as shown by earthquake locations. *Science*, **235**, 4785, 193-195.
- Nairn, I. A., McKee, C.O., Talai, B. and Wood, C.P. (1995) Geology and eruptive history of the Rabaul Caldera area, Papua New Guinea. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **69**, 255-284.
- NASA Earth Observatory (2022) Hunga Tonga-Hunga Ha'apai Erupts. (WWW _Document).
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/149347/hunga-tonga-hunga-haapai-erupts>
- 中川光弘・野上健治・石塚吉浩・吉本充宏・高橋 良・石井英一・江草匡倫・宮村淳一・志賀 透・岡崎紀俊・石丸 聡 (2002) 北海道駒ヶ岳, 2000 年の小噴火とその意義 : 噴出

- 物と火山灰付着性成分の時間変化から見たマグマ活動活発化の証拠. 火山, **46**, 295-304, https://doi.org/10.18940/kazan.46.6_295
- 根本廣記 (1930) 駒ヶ岳爆発噴火調査報告. 験震時報, **4**, 71-139.
- 及川輝樹・柳澤宏彰・池上郁彦・石塚 治・水落裕樹・東宮昭彦・森田雅明・中野 俊・川口亮平・中村政道 (2021) 小笠原諸島, 福德岡ノ場における 2021 年 8 月の噴火. 日本火山学会講演予稿集, P1-34. https://doi.org/10.18940/vsj.2021.0_120
- Patia, H., Eggins, S.M., Arculus, R.J., McKee, C.O., Johnson, R.W. and Bradney, A. (2017) The 1994-2001 eruptive period at Rabaul, Papua New Guinea: Petrological and geochemical evidence for basalt injections into a shallow dacite magma reservoir, and significant SO₂ flux. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **345**, 200-217. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.08.011>
- Petit-Breuilh Sepulveda, M. E. (2019) The value of historical documents for risk reduction: The 1600 Huaynaputina eruption (Peru). *Ann. Geophys.*, **11**, 1-9. <https://doi.org/10.4401/ag-7673>
- Perttu, A., Caudron, C., Assink, J. D., Metz, D., Tailpied, D., Perttu, B., Hibert, C., Nurfiani, D., Pilger, C., Muzli, M., Fee, D., Andersen, O. L. and Taisne, B. (2020) Reconstruction of the 2018 tsunamigenic flank collapse and eruptive activity at Anak Krakatau based on eyewitness reports, seismo-acoustic and satellite observations. *Earth and Planetary Science Letters*, **541**, 116268. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116268>
- Proud, S.R., Prata, A.T. and Schmauß, S. (2022) The January 2022 eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcano reached the mesosphere. *Science*, **378**, 554-557. <https://doi.org/10.1126/science.abo4076>
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2021) 産総研 1 万年噴火イベントデータ集 (ver. 2.5) 産総研地質調査総合センター. <https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/index.html>
- Saunders, S. J. (2001) The shallow plumbing system of Rabaul caldera: a partially intruded ring fault? *Bull. Volcanol.*, **63**, 406-420.
- Saunders, S., Wakawa, W. and Nohou, J. (2023) Twenty-Two Years of GPS Monitoring at Rabaul Caldera, a Narrative History. *Geosciences* 2023, **13**, 249.
- Seabrook, S., Mackay, K., Watson, S.J., Clare, M.A., Hunt, J.E., Yeo, I.A., Lane, E.M., Clark, M.R., Wysoczanski, R., Rowden, A.A., Kula, T., Hoffmann, L.J., Armstrong, E. and Williams, M.J.M. (2023) Volcaniclastic density currents explain widespread and diverse seafloor impacts of the 2022 Hunga Volcano eruption. *Nat. Commun.*, **14**, 7881. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43607-2>

- Self, S. (1992) Krakatau revisited: The course of events and interpretation of the 1883 eruption. *Geo. Journal*, **28**, 109–121. <https://doi.org/10.1007/BF00177223>
- Self, S. and Rampino, M.R. (2012) The 1963–1964 eruption of Agung volcano (Bali, Indonesia). *Bull. Volcanol.*, **74**, 1521–1536. <https://doi.org/10.1007/s00445-012-0615-z>
- Shea, T., Gurioli, L. and Houghton, B. F. (2012) Transitions between fall phases and pyroclastic density currents during the AD 79 eruption at Vesuvius: building a transient conduit model from the textural and volatile record. *Bull. Volcanol.*, **74**, 2363–2381. <https://doi.org/10.1007/s00445-012-0668-z>
- 清水 収・新谷 融 (1999) 北海道駒ヶ岳 1998 年 10 月噴火による降灰. 砂防学会誌, **52**, 31–34. https://doi.org/10.11475/sabo1973.52.2_31
- Sigurdsson, H., Cashdollar, S. and Sparks, S.R.J. (1982) The Eruption of Vesuvius in A. D. 79: Reconstruction from Historical and Volcanological Evidence. *Am. J. Archaeol.*, **86**, 39–51. <https://doi.org/10.2307/504292>
- Simkin, T. and Fiske, R.S. (1983) Krakatau, 1883--the volcanic eruption and its effects. Smithsonian Institution Press.
- Smithsonian Institution Global Volcanism Program (GVP) (2024) <https://volcano.si.edu/> (確認日 2024 年 12 月 20 日)
- Susilohadi, S., Gaedicke, C. and Djajadihardja, Y. (2009) Structures and sedimentary deposition in the Sunda Strait, Indonesia. *Tectonophysics*, **467**, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.12.015>
- Syabhana, D.K., Kasbani, K., Suantika, G., Prambada, O., Andreas, A.S., Saing, U.B., Kunrat, S.L., Andreastuti, S., Martanto, M., Kriswati, E., Suparman, Y., Humaida, H., Ogburn, S., Kelly, P.J., Wellik, J., Wright, H.M.N., Pesicek, J.D., Wessels, R., Kern, C., Lisowski, M., Diefenbach, A., Poland, M., Beauducel, F., Pallister, J., Vaughan, R.G. and Lowenstern, J.B. (2019) The 2017–19 activity at Mount Agung in Bali (Indonesia): Intense unrest, monitoring, crisis response, evacuation, and eruption. *Sci. Rep.*, **9**, 8848. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45295-9>
- 高橋 康・三宅康幸 (2004) 上信地域烏帽子岳南西麓の溶岩類の K-Ar 年代. 火山, **49**, 207–212. https://doi.org/10.18940/kazan.49.4_207
- 高橋正樹・安井真也 (2013) 浅間前掛火山のプロキシマル火山地質学及び巡検案内書: 浅間前掛火山黒豆河原周辺の歴史時代噴出物. 火山, **58**, 311–328. https://doi.org/10.18940/kazan.58.1_311

- 田村知栄子・早川由紀夫 (1995) 史料解読による浅間山天明三年 (1783 年) 噴火推移の再構築. 地学雑誌, **104**, 843-864. https://doi.org/10.5026/jgeography.104.6_843
- Thouret, J.-C., Juvigne, E., Gourgaud, A., Boivin, P. and Davila, J. (2002) Reconstruction of the AD 1600 Huaynaputina eruption based on the correlation of geologic evidence with early Spanish chronicles. J. Volcanol. Geotherm. Res., **115**, 529-570. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(01\)00323-7](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(01)00323-7)
- Tonga Geological Services (2021) Hunga Volcano Eruption captured at 11:55am 30th December 2021 [WWW Document]. <https://www.youtube.com/watch?v=CXZNlnuDnHg> (accessed 11.2.22).
- Tonga Volcano Plume Reached the Mesosphere (2022, February 16) NASA Earth Observatory. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/149474/tonga-volcano-plume-reached-the-mesosphere>
- Tsuya, H., Tsuboi, S., Kishinouye, F., Takahashi, R., Tsuboi, C., Nakata, K., and Miyabe, N. (1930) The eruption of Komagatake, Hokkaido, in 1929. Bull. Earthq. Res. Inst., **8**, 237-319.
- 宇井忠英・吉本充宏・古川竜太・石塚吉浩・吉田真理夫・宮地直道・勝井義雄・紀藤典夫・雁沢好博・野上健治 (1997a) 北海道駒ヶ岳 1996 年 3 月の噴火. 火山, **42**, 141-151, https://doi.org/10.18940/kazan.42.2_141
- 宇井忠英・吉本充宏・佐藤十一・橋本 勲・宮村淳一 (1997b) 北海道駒ヶ岳 1996 年 3 月噴火の噴出量の再検討. 火山, **42**, 429-431, https://doi.org/10.18940/kazan.42.6_429
- Walter, T. R., Haghshenas Haghighi, M., Schneider, F. M., Coppola, D., Motagh, M., Saul, J., Babeyko, A., Dahm, T., Khomarudin, R., Kartadinata, N., Laiolo, M., Massimetti, F. and Gaebler, P. (2019) Complex hazard cascade culminating in the Anak Krakatau sector collapse. Nature communications, **10**, 4339. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12284-5>
- Wigley, T.M.L., Ammann, C.M., Santer, B.D., and Raper, S.C.B. (2005) Effect of climate sensitivity on the response to volcanic forcing. J. Geophys. Res. [Atmospheres], **110**, 1-8. <https://doi.org/10.1029/2004JD005557>
- Wright, C.J., Hindley, N.P., Alexander, M.J., Barlow, M., Hoffmann, L., Mitchell, C.N., Prata, F., Bouillon, M., Carstens, J., Clerbaux, C., Osprey, S.M., Powell, N., Randall, C.E. and Yue, J., (2022) Surface-to-space atmospheric waves from Hunga Tonga-Hunga Ha'apai eruption. Nature, **609**, 741-746. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05012-5>
- 安井真也 (2015) 降下火砕堆積物からみた浅間前掛火山の大規模噴火. 火山, **60**, 211-240. https://doi.org/10.18940/kazan.60.2_211

- 安井真也・小屋口剛博 (1998) 浅間火山 1783 年のプリニー式噴火における火砕丘の形成. 火山, **43**, 457-465. https://doi.org/10.18940/kazan.43.6_457
- Yasui, M. and Koyaguchi, T. (2004) Sequence and eruptive style of the 1783 eruption of Asama Volcano, central Japan: a case study of an andesitic explosive eruption generating fountain-fed lava flow, pumice fall, scoria flow and forming a cone. Bull Volcanol., **66**, 243-262. <https://doi.org/10.1007/s00445-003-0308-8>
- Yoshida, K., Tamura, Y., Sato, T., Hanyu, T., Usui, Y., Chang, Q. and Ono, S. (2022a) Variety of the drift pumice clasts from the 2021 Fukutoku-Oka-no-Ba eruption, Japan. Island Arc, **31**, e12441. <https://doi.org/10.1111/iar.12441>
- Yoshida, K., Tamura, Y., Sato, T., Sangmanee, C., Puttapreecha, R. and Ono, S. (2022b) Voyage to the west: pumice raft from the Fukutoku-Oka-no-Ba in the northwest Pacific drifted over the South China Sea to Thailand. EarthArXiv. <https://doi.org/10.31223/x5pp9x>
- 吉本充宏・宝田晋治・高橋 良 (2007) 北海道駒ヶ岳火山の噴火履歴. 地質学雑誌, **113**, 81-92. <https://doi.org/10.5575/geosoc.113.S81>
- 吉本充宏・宮坂瑞穂・高橋 良・中川光弘・吉田邦夫 (2008) 北海道駒ヶ岳火山, 先歴史時代噴火活動史の再検討. 地質学雑誌, **114**, 336-347, <https://doi.org/10.5575/geosoc.114.336>
- Zen, M.T. and Hadikusumo, D. (1964) Preliminary report on the 1963 eruption of Mt. Agung in Bali (Indonesia). Bull. Volcanol., **27**, 269–299. <https://doi.org/10.1007/BF02597526>