次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト 次世代火山研究推進事業

課題 C:火山噴火の予測技術の開発

平成31年度(令和元年度)成果報告書

令和2年5月

文部科学省研究開発局 国立大学法人北海道大学

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究 委託事業による委託業務として、国立大学法人 北海道大学が実施した平成31年度(令和元年 度)「課題C:火山噴火の予測技術の開発」の成 果を取りまとめたものです。

グラビア

サブテーマ1 火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発

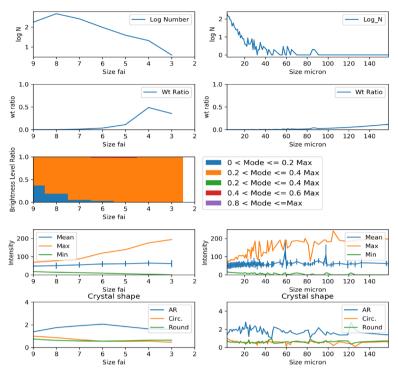


図1 反射電子線像の輝度情報に基づく粒子の特徴抽出の例。マグマの上昇速度の推定や、 火山灰粒子の迅速な分類のために、課題 C-1 では石基組織の自動解析システムの作成を試 みている。個々の粒子の形状(サイズ、アスペクト比など)と反射電子線像の輝度値(組 成を反映)を結びつけて、解析対象の特徴を定量的かつ迅速に把握する。

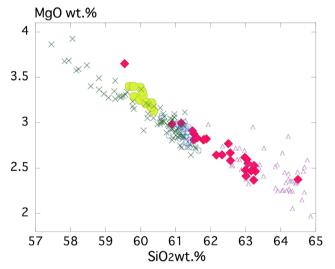


図2 榛名火山噴出物の全岩化学組成。

◆ 45~10ka の溶岩、● 二ツ岳溶岩、× 二ツ岳伊香保噴火の軽石(白色軽石+灰色軽石 +縞状軽石)、○ 二ツ岳渋川噴火、△ 榛名カルデラ

これまで榛名火山の岩石・鉱物学的研究は、二ツ岳伊香保噴火についてしか行われていなかったが $(Suzuki \text{ and Nakada, } 2007)^{[1]}$ 、本研究によって、45 ka 以降のマグマ供給系の変遷や噴火様式の変化が明らかになりつつある。

サブテーマ 2 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火 事象系統樹の作成

噴火履歴の詳細解明と噴出物採取のために、本課題ではボーリング掘削とトレンチ掘削による調査手法を大々的に導入している。平成31年度(令和元年度)は、2火山でボーリング掘削調査を、12火山でトレンチ掘削調査を実施した。







写真1 摩周でのボーリング掘削調査(左上)、鳥海山での人力トレンチ掘削調査(右上)、 羊蹄山での重機トレンチ掘削調査(下)の様子。

サブテーマ3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

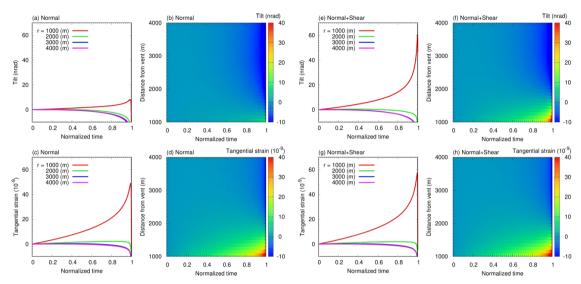


図 1 二次元軸対称弾性体モデルに基づく、火道流の時間発展変動によって生じる地表における傾斜 (a,b,e,f) 及び歪 (c,d,g,h) の計算結果。(a-d) 垂直応力のみ入力; (e-f) 垂直応力とせん断応力をどちらも入力した場合。r は火口からの距離を表す。 $\Gamma=10^{-4}\,(s^{-1}),\ V_{ch}=1\,(km^3)$ 。

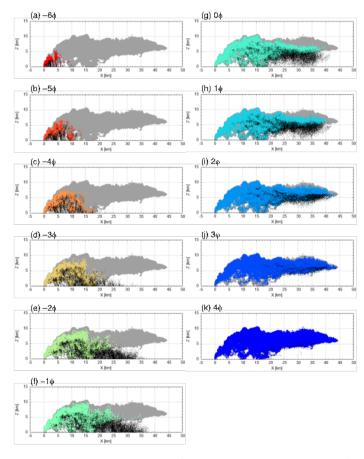


図 2 風速 30m/s の大気場における火山灰輸送シミュレーション。噴火開始後 20 分後での、噴煙断面におけるサイズ毎の火山灰粒子分布を示す。色付きプロットは噴煙内部の火山灰粒子で、黒点は噴煙から離脱した粒子を表す。

はじめに

火山列島である日本には、全国各地に110の活火山があり、ほぼ毎年、複数の火山で噴火が起こっている。これらの火山噴火による災害を軽減するには、個々の火山について、将来の噴火や噴火推移を予測することが不可欠である。そしてこのことが、現在の火山研究の重要課題の1つであり、国民から期待されていることでもある。火山噴火を予測するためには、地球物理学的観測により噴火直前の前兆現象を捉えることが有効である。いくつかの火山では、噴火前の様々な前駆現象を捉えることができており、火山噴火の短期的な予測についてはある程度の実績があると言えるであろう。一方で、噴火活動が開始し、その活動がどのように推移するのかという、噴火推移予測のための研究については、まだ多くの課題が山積している状態である。それに加えて、個々の火山での数年から数十年間、あるいはそれ以上の期間における活動予測、いわゆる中長期予測については科学的な検討がほとんどの火山で行われていない。

火山観測・研究の歴史は火山活動の時間スケールに比べると明らかに短く、多くの火山での噴火事例の観測データが不足しているのが現状である。そのため個々の火山において、将来の噴火推移を予測することは難しい。さらに地球物理学的観測では、現在のマグマの蓄積や移動についての情報を得る事はできるが、中長期的な活動予測については無力である。噴火推移や火山活動の中長期予測を行うためには、個々の火山に対して、過去の噴火堆積物の層序を読み解き、過去にどのような噴火が起きたのか、それぞれの噴火はどのような推移を辿ったのか、そしてその噴火活動の推移・変遷は何が原因となっているのか、について明らかにする必要がある。このような地質学的・物質科学的アプローチによる過去の噴火活動の解析をもとに、個々の火山での将来の噴火の可能性やその噴火様式・推移、そして可能性のある噴火災害についてシミュレーションに基づく予測を行うことが重要である。そのことによって、将来の噴火確率の提示に結びつく基礎を築くことができるであるう。

本課題「課題C:火山噴火の予測技術の開発」では、地質学的手法を用いて個々の火山の長期噴火履歴を明らかにし、それらに基づき採取した噴出物の物質科学的解析によって、マグマ長期変遷を解明する。その結果を基に「中長期噴火予測」を実施するとともに、事象分岐確率の入った「噴火事象系統樹」を作成する(サブテーマ 2)。そして、代表的な噴火について、詳細な物質科学的解析を行い噴火事象の分岐判断基準を明確にすることで、「火山噴火の分岐予測手法」を開発する(サブテーマ 1)。さらに、これらの成果および他課題の地球物理学的観測データを踏まえ、地下のマグマ移動から噴火に至るまで、そして噴火災害に対するシミュレーションを実施し、噴火予測・噴火ハザード予測手法を開発・提案する(サブテーマ 3)。本課題の成果は、火山の監視、噴火対応等で活用されるだけでなく、噴火シナリオの検討や避難計画などの防災対策の基礎資料になることが期待される。また、噴火確率算定手法の確立に向けての、基礎的な研究と位置づけられる。また研究の進展と並行して、地元住民への普及講演や防災教育を実施することで、火山研究への理解と火山防災への意識の向上に繋がるであろう。

この報告書では研究開始から4年目にあたる平成31年度(令和元年度)の成果を報告

する。この報告書にあるように各サブ課題では、当初計画に従って順調に研究を遂行していると判断している。これらの平成31年度(令和元年度)の研究成果をもとに、本課題・本事業が社会へ資する役割を念頭において、研究課題の達成に向けて、来るべき令和2年度以降の研究を推進していきたいと考える次第である。

グラ	ラビア		i	
はじ	じめに		iv	
目抄	7		vi	
1.	課題の	概要	1	
2.	研究機	関および研究者リスト	2	
3. 研究報告				
	3.1	火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発	4	
	3.2	噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく	噴火事象	
系紛	だ樹の作	成	37	
	3.3	シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発	139	
4.	活動報	告		
	4.1	会議録	177	
	4.2	対外的発表	177	
5.	むすび		203	

1. 課題の概要

課題 C では国内の主要な活火山を対象に噴火履歴の解明と噴火事象の解析を行い、得られた情報を数値シミュレーションで解析することによって噴火の予測技術を開発する。そして事象分岐判断基準が伴った噴火事象系統樹を整備するとともに、噴火発生確率の算出に向けた検討を行う。本課題は、サブテーマ 1:「火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発」、サブテーマ 2:「噴火履歴調査による中長期噴火予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成」、サブテーマ 3:「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」の3つのサブテーマの研究が並行して、かつ密に連携しながら実施される。

(1) サブテーマ1:火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発

本サブテーマでは、噴火の過程が既知である歴史時代の噴火の噴出物の解析を行い、深度(圧力)・温度・含水量といったマグマ溜りの状態、噴火に先立つマグマ混合から噴火までの時間スケール、マグマの上昇開始から噴火開始までの時間スケールを明らかにする。この際、本研究で新たに得るデータに加えて、既存の研究成果も適宜参照して、火山噴出物から噴火事象分岐予測判断を行う基準を検討する。プロジェクト期間中に 10 火山について研究を行うとともに、それ以外に課題 C サブテーマ 2 と連携して噴火履歴調査で収集した試料の一部の解析も行う。さらに、より多くの火山噴出物の分析データを収集し噴火事象分岐予測に資するため、分析・解析プラットホームを整備し、広く火山研究者や学生に開放するための利用環境の整備を行う。

(2) サブテーマ 2: 噴火履歴調査による中長期噴火予測と噴火推移調査に基づく噴火 事象系統樹の作成

本サブテーマでは、活動的であることや噴火した際の社会的影響が大きいこと等を考慮して選定した 26 火山を中心に、主として地質学的および物質科学的手法に基づいて長期的な噴火履歴を明らかにし、さらに個々の噴火の様式とその推移を可能な限り詳細に解明する。また最重点火山として摩周・鳥海山・浅間山・阿蘇山・鬼界の5火山を選定し、ボーリング掘削やトレンチ調査を集中的に実施して、より高精度の噴火履歴を解明する。このような作業を経て各対象火山について高精度の時間一噴出物量図(階段図)を作成するとともに、噴火履歴に対応する噴出物の物質科学的解析に基づいたマグマプロセスの解明を行い、個々の火山で中長期噴火予測、および事象分岐確率の入った噴火事象系統樹の作成を目指す。

(3) サブテーマ 3:シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

本サブテーマでは、火山噴火発生確率の定量化に向けて、演繹的(決定論的)手法による確率計算手法の開発を行う。本事業の7年目までは、火山噴火予知・火山災害評価のための個別の事象についてのモデル化と数値シミュレーション技術を開発する。その際、それぞれの事象を支配するパラメータの洗い出しと、その感度解析を行う。なお、特に火山現象を直接的に支配する物性パラメータの把握が不十分であるため、実験的手法を用いて物性モデルの開発も実施し、その成果を数値シミュレーションに取り込む。本事業の8~10年目では、各事象の発生条件について、感度解析の結果を踏まえて、もっともらしいパラメータ範囲での事象発生条件を抽出し、火山ハザード評価システムおよびマグマ移動過

程評価システムを開発する。また、多パターンの数値シミュレーションの実施を踏まえた、 事象分岐確率の提示を行い、一元化システムでの運用に移行する。

2. 研究機関および研究者リスト

所属機関	役職	氏名	担当課題
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	安田 敦	3. 1
学校法人早稲田大学	准教授	鈴木 由希	
学校法人常葉大学	教授	嶋野 岳人	
国立大学法人静岡大学	准教授	石橋 秀巳	
国立大学法人熊本大学	教授	長谷中 利昭	
国立大学法人東北大学	教授	中村 美千彦	
国立研究開発法人産業技術総合研	主任研究員	東宮 昭彦	
究所	主任研究員	宮城 磯治	
山梨県富士山科学研究所	主任研究員	吉本 充宏	
国立大学法人北海道大学大学院理	教授	中川 光弘	3. 2
学研究院	准教授	栗谷 豪	
	助教	吉村 俊平	
	技術専門職員	松本 亜希子	
	学術研究員	榎枝 竜之介	
国立大学法人秋田大学大学院国際	教授	大場 司	
資源科学研究科			
国立大学法人秋田大学教育文化学	教授	林 信太郎	
部			
国立大学法人山形大学理学部	教授	伴雅雄	
国立大学法人茨城大学理学部	教授	藤縄 明彦	
	准教授	長谷川 健	
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	前野 深	
学校法人日本大学文理学部	教授	高橋 正樹	
	教授	安井 真也	
	助教	金丸 龍夫	
国立大学法人富山大学大学院理工	教授	石崎 泰男	
学研究部	准教授	川崎 一雄	
国立大学法人熊本大学くまもと水	教授	宮縁 育夫	
循環・減災研究教育センター			
国立研究開発法人産業技術総合研	副研究部門長	伊藤 順一	
究所	研究グループ長	石塚 吉浩	
	研究グループ長	下司 信夫	
	主任研究員	及川 輝樹	

	研究員	山崎 誠子	
	研究員	草野有紀	
	主任研究員	石塚 治	
	主任研究員	古川竜太	
	王丘切 元貞 研究員	南裕介	
国立研究開発法人防災科学技術研	型	1,1,2,1	
图立研先開発伝入防灰科字技術研 究所	类剂研先員 	長井 雅史	
国立大学法人筑波大学大学院生命	 教授	荒川 洋二	
環境科学研究科			
国立大学法人山口大学大学院創成	准教授	太田 岳洋	
科学研究科	助教	辻 智大	
公立大学法人大阪府立大学高等教	准教授	佐藤 鋭一	
育推進機構			
一般財団法人電力中央研究所	主任研究員	上澤 真平	
株式会社エンバイオ・エンジニアリ	技術部長	和知 剛	
ング			
国立研究開発法人防災科学技術研	副センター長	藤田 英輔	3. 3
究所火山研究推進センター	主任研究員	三輪 学央	
	契約研究員	黒川 愛香	
	契約研究員	長井 雅史	
	契約研究員	志水 宏行	
国立大学法人東北大学大学院理学	教授	西村 太志	
研究科	准教授	小園 誠史	
	准教授	奥村 聡	
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	鈴木 雄治郎	
火山噴火予知研究センター	准教授	前野 深	
気象庁気象研究所火山研究部	室長	小久保 一哉	
	室長	新堀 敏基	
	主任研究官	鬼澤 真也	
	主任研究官	佐藤 英一	
	研究官	石井 憲介	
	研究官	川口 亮平	
国立大学法人静岡大学理学部地球 科学科	准教授	石橋 秀巳	
国立大学法人山形大学理学部	准教授	常松 佳恵	
国立大学法人神戸大学先端融合研 究環	講師	清杉 孝司	

- 3. 研究報告
- 3.1 火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 10 か年の年次実施計画
- (e) 令和1年度業務目的

(2) 令和1年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定

(3) 令和2年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

火山噴火の予測技術の開発

「火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人東京大学	准教授	安田 敦	yasuda@eritokyo.ac.jp
地震研究所			
	技術専門職員	外西奈津美	hokanisi@eri.u-tokyo.ac.jp
	修士2年	岩橋くるみ	
学校法人早稲田大学	准教授	鈴木由希	yksuzuki@waseda.jp
	修士1年	岡野百花	
	修士1年	木谷悟郎	
	修士1年	丸山照頼	
学校法人常葉大学	教授	嶋野岳人	shimano@sz.tokoha-u.ac.jp
	学部 4 年	宇佐美友基	
	学部 4 年	北村雅也	
	学部 4 年	杉田知優	
	学部 4 年	植松 桜	
国立大学法人静岡大学	准教授	石橋秀巳	ishibashi.hidemi@shizuoka.ac.
			jр
国立大学法人熊本大学	教授	長谷中利昭	hasenaka@kumamoto-u.ac.jp
	博士2年	川口允孝	
国立大学法人東北大学	教授	中村美千彦	michihiko.nakamura.e8@tohoku. ac.jp
	助教	無尽真弓	
	博士3年	新谷直己	
	修士1年	安川宙葵	
	修士1年	荒尾真成	
	修士1年	津島直哉	
国立研究開発法人産業	主任研究員	東宮昭彦	a.tomiya@aist.go.jp
技術総合研究所			
	主任研究員	宮城磯治	miyagi.iso14000@aist.go.jp
山梨県富士山科学研究	主任研究員	吉本充宏	myoshi@mfri.pref.yamanashi.jp
所			

(c) 業務の目的

火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発のために、以下の5項目を10カ年で実施する。(ア)効率良くかつ正確に火山噴出物を分析できる分析装置環境を整備する。

- (イ) 分析データから様々な物理量を迅速に取り出すためのデータ解析環境を整備する。
- (ウ)分析データや解析結果を随時取り出して再利用可能とするようなデータ保存環境を整備し、データの有効利用を促進する。加えて、主要な火山噴火については噴出物や噴火の特徴を一覧できるカタログ機能を付加する。上記の分析及び解析環境(以下、「分析・解析プラットホーム」という。)を使って、(エ)噴火の過程が既知である歴史時代の噴火の噴出物の解析を11火山についておこない、深度(圧力)・温度・含水量といったマグマ溜りの状態、噴火に先立つマグマ混合から噴火までのタイムスケール、マグマの上昇開始から噴火開始までのタイムスケールを明らかにするとともに、噴出物の特徴や噴出物から推定される噴火の特徴を概観できるカタログを作成し公開する。得られたデータを整理し、噴火事象分岐を判断する可能性の検討をおこなう。(オ)分析・解析プラットホームを広く火山研究者や学生に開放するための利用環境の整備をおこなう。

(d) 10 カ年の年次実施計画

- 1) 平成28年度: 成果目標項目(ア)に対応して、火山噴出物の分析にすぐれた、迅速・高精度・高分解能のフィールドエミッション型電子線マイクロプローブ装置を設置し、装置の立ち上げ作業を実施した。項目(イ)に対して、解析用PCに整備する解析プログラムの選定と解析用PCの立ち上げをおこなった。項目(ウ)に対して、データサーバーの仕様について課題参加者間で協議をおこなった。項目(エ)に対して、噴火の鍵となる要素の抽出に適した11火山を選び、先行研究を参照しつつそれら火山についての現状での理解を整理し、今後必要となる作業の検討をおこなった。いくつかの火山については、試料採取と分析を開始した。
- 2) 平成 29 年度:成果目標項目(ア)に対しては、分析効率の向上のためエネルギー分散型(EDS)検出器を EPMA 装置に追加した。前年度に引き続き、最適な分析条件と分析手順の確立について作業し、12 kV および 15 kV の加速電圧で標準的な ZAF 補正法定量分析が行えるようした。項目(イ)に対しては、相同定、 グラフの自動作成、反射電子線像の自動処理等の解析用プログラムを作成し、分析から解析までを連続して実行できる PC 環境を構築した。項目(ウ)に対しては、分析データから公開するデータの仕様を満たすような必要項目を、自動的に抽出する環境を構築する作業を行なった。項目(エ)に対しては、有珠山、榛名山、富士山、伊豆大島、阿蘇山、桜島、霧島山、諏訪之瀬島について火山噴出物の解析に着手し、噴火事象分岐の鍵となる要素として着目しているマグマ溜り環境やマグマの上昇速度についてデータを集めるとともに、解析方法についての検討もおこなった。

- 3) 平成 30 年度:成果目標項目(ア)に対しては、分析効率の向上のため分光器 1 台を EPMA 装置に追加した。前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努めた。項目(イ)と(ウ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなった。項目(エ)に対しては、該当する火山について、主としてマグマの上昇速度を明らかにするためにマグマ溜り環境やマグマの上昇速度についてのデータを収集した。加えて、噴火の特徴を噴火発生時に迅速に把握するための手法開発を継続し、桜島と霧島新燃岳での試験を実施した。
- 4) 令和元年度:成果目標項目(ア)に対して、分析効率の向上のため分光器 1 台を EPMA 装置に追加した。前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立のための作業をおこない、定量分析データの安定性向上をはかった。項目(イ)と(ウ)に対しては、画像データの解析プログラムの作成と取得した画像のデータベース化を進めた。ウエブブラウザによって、これまでに取得した画像データを一覧することができるようにした。項目(エ)に対しては、該当する火山について、主にマグマ混合から噴火に際の上昇速度を記録している石基組織を解析するとともに、前年度に引き続きマグマ供給系の全体像把握と精密化のための研究をおこなった。
- 5) 令和2年度:成果目標項目(ア)に対しては、分析効率の向上のため分光器1台をEPMA装置に追加する。前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目(イ)に対しては、前年度に引き続き画像解析プログラムの拡充をおこなう。項目(ウ)に対しては、定量分析データのデータベースへの受け入れを開始するともに、インターネット経由でデータベースにアクセスできるように整備する。項目(エ)に対しては、4年次までに得られた分析・解析結果を統合して整理し、噴火事象分岐予測をする基準について検討する。項目(オ)に対しては、装置の利用規約を整備する。
- 6) 令和3年度:成果目標項目 (ア) に対しては、前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目 (イ) に対しては、前年度に引き続き作業をおこなう。項目 (ウ) に対しては、前年度に引き続き作業をおこなうとともに、データベースにデータの受け入れをおこなう。利用規約に基づき、データベースのデータ公開を開始する。項目 (エ) に対しては、5年次までに得られた分析・解析結果を統合して整理し、噴火事象分岐予測をする基準について検討する。初年度に選定した11火山の中で、計画前半で取り扱わなかった火山噴火の試料や課題 C サブテーマ 2 による採取試料の分析を開始する。項目 (オ) に対しては、装置の利用者環境を整備する。研究組織外からの分析・解析プラットホーム利用の受け入れを開始する。
- 7) 令和4年度:成果目標項目(ア)に対しては、前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目(イ)と(ウ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなう。項目(エ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなうとともに、6年次までに得られた分析・解析結果を統合して整理し、噴火事象分岐予測をする基準について検討する。データベースに設けたカタログ機能を用いて、噴火の特徴を概観できるカタログを作成する。本事業で研究対象とした火山噴火のうち、少なくとも5つの火山の代表的な噴火

についてカタログを完成させる。項目(オ)に対しては、前年度に引き続き研究組織外からの分析・解析プラットホーム利用を受け入れる。

- 8) 令和5年度:成果目標項目(ア)に対しては、前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目(イ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなう。項目(ウ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなうとともに、噴火の特徴を一瞥できるカタログのフォーマットを検討し、カタログを自動作成する機能を付加する。項目(エ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなう。項目(オ)に対しては、前年度に引き続き研究組織外からの分析・解析プラットホーム利用を受け入れる。
- 9) 令和6年度:成果目標項目(ア)に対しては、前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目(イ)(ウ)(エ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなう。項目(オ)に対しては、前年度に引き続き研究組織外からの分析・解析プラットホーム利用を受け入れる。前年度の利用者の意見を取り入れ、より使いやすい装置環境の構築に努める。
- 10) 令和7年度:成果目標項目(ア)に対しては、前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目(イ)(ウ)に対しては、前年度に引き続き作業をおこなう。項目(エ)に対しては、本事業で選定した11の火山については代表的な噴火の火山噴出物の特徴や噴出物から推定される噴火の特徴を概観できるカタログを完成させ、成果のとりまとめをおこなう。項目(オ)に対しては、前年度に引き続き研究組織外からの分析・解析プラットホーム利用を受け入れる。

(e) 令和1年度業務目的

火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法を開発するには、分岐の鍵となる要素を理解し、対象とする火山の大量の火山噴出物の分析を通じて、それらの要素を読み出す作業が必要となる。このための業務として、成果到達目標(ア)に対しては、平成28年度に東京大学地震研究所に設置されたフィールドエミッション型電子線マイクロプローブ装置に対して、分析効率の向上のため分光器1台を追加し、前年度に引き続き、最適な分析条件、分析手順の確立に努める。項目(イ)に対しては、データ解析用のプログラムの整備を継続する。特に、マグマの上昇過程を記録している石基組織を定量的に理解するための解析環境の整備をおこなう。項目(ウ)に対しては、電子線マイクロプローブ装置で撮影した画像データをデータベース化して、容易に検索可能な仕組みを構築する。項目(エ)に対しては、有珠山、榛名山、富士山、伊豆大島、伊豆東部火山群、雲仙普賢岳、阿蘇山、桜島、霧島山、諏訪之瀬島について、適当な火山噴出物について分析をおこない、マグマ溜りの環境(温度、圧力、酸素雰囲気、含水量)の精密化をはかるとともに、これらの火山でのマグマの上昇速度やマグマ混合から噴火に至る時間間隔についての解析を進める。また、課題Cの総合推進として、研究集会を実施する。項目(オ)に対しては、分析・解析プラットホーム利用のためのマニュアル作りを開始する。

なお、研究期間中に国内の火山で、噴火の予兆が把握された場合もしくは噴火が発生した場合において、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトのプロジェクト・リーダーが当該火山を対象とした緊急観測の実施を決定した際は、必要に応じてその火山噴出物の分析・解析も実施する。

(2) 令和1年度の成果

(a) 業務の要約

火山噴出物の迅速かつ高精度分析環境の構築(目標項目(ア)と(イ))に対しては、平成29年3月に東京大学地震研究所に導入されたフィールドエミッション型電子線マイクロプローブ装置にH型波長分散型分光器1台を追加し、分析効率の向上を図った。データ解析用のプログラム整備の一環として、反射電子線画像の自動解析プログラムを整備した。このプログラムは、火山噴出物の自動分類による噴火推移の迅速な把握や石基組織の解析による噴火の特徴把握に有効である。項目(ウ)に対しては、電子線マイクロプローブ装置で取得した全ての画像データを自動的にデータベースに登録するとともに、画像データに容易にアクセス可能なようにインデックスを付加する機能を設けた。項目(エ)に対しては、有珠山、榛名山、富士山、伊豆東部火山群、雲仙普賢岳、阿蘇山、桜島、霧島山(新燃岳)、諏訪之瀬島、西之島について火山噴出物を分析し、マグマ溜り環境やマグマの上昇速度などの噴火事象分岐の鍵となる要素を収集するとともに、データの有効性についての検討をおこなった。また、前年度に引き続き、熱力学計算によって個々の火山のマグマ状態を得るためのソフトウエアを活用する環境を整備するとともに、着目すべきパラメータについての検討をおこなった。加えて、噴火の特徴を噴火発生時に迅速に把握するための手法開発を継続し、桜島と霧島新燃岳での試験を実施した。

(b) 業務の成果

1)分析・解析プラットホームの構築(成果到達目標(ア)、(イ)に対応)(東京大学)

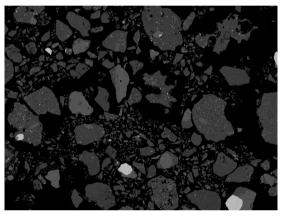
平成 28 年度に設置したフィールドエミッション型電子線マイクロプローブに、H 型波長分散型 (WDS)検出器 1 台を追加し、より迅速な分析が行えるようした。また、解析用 PC 上で動かす様々な解析用スクリプトおよびデータ保存用スクリプトの作成をおこない、効率的にデータ解析をおこなうとともに、ウェブブラウザによるデータ管理等、適切にデータ保存が行える環境を構築した。具体的には、次の i)-iii)の作業をおこなった。

i)標準的な定量分析ルーチンの最適化

新たに波長分散型検出器を追加したことに対応して、標準的な定量分析ルーチンの最適化をおこなった。具体的には、12 kV の加速電圧で標準的な ZAF 補正法定量分析が行えるように分光結晶配置と分析時間を決定し、標準試料の強度測定をおこなった。標準試料の測定ログを図化し機器の長期変動が確認できる機能を設けた。

ii) 反射電子線画像の自動解析による火山灰粒子の分類機能の作成

反射線電子線像の輝度情報をもとにして、火山灰粒子を自動的に分類するスクリプトを 作成した。具体的に、スライドガラス上に粒径 100-250 ミクロン程度の多数の火山灰粒子 のマウントされた試料の反射電子線画像を撮影し、輝度情報をもとにして、粒子のサイズ、平均輝度、輝度の偏差を画像処理ソフト $ImageJ^{[2]}$ で解析する。さらに ImageJ で認識された個々の粒子について、その内部の輝度変化から構成鉱物のうち輝石と磁鉄鉱の量やサイズ情報を得る。これらの定量データをもとにして、個々の火山灰粒子の種類分けを自動的におこない、分類結果に基づいて反射電子線像に色付き輪郭線をつけたものを作成する。反射電子線画像を撮影後の作業が一つのスクリプトの実行にまとめられており、処理時間数分で結果の画像と特徴量をまとめた図表が得られるようになった(図1,および,グラビア1)。千個程度の火山灰粒子の種類分けが反射電子線画像撮影にかかる時間も含めて1-2時間で終わるので、噴火推移の迅速な把握に有効であろう。今後、前年度に作成した気泡の特徴量把握のプログラムと合わせて、火山灰粒子分類のしきい値についての検討を継続し、種類分けの精度を高めていく。



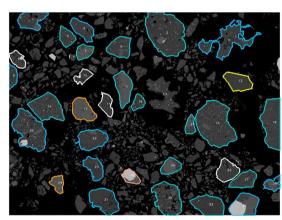


図1 反射電子線像を用いた火山灰粒子の分類の例。 (左)元になる反射電子線像。 (右) 分類結果を色付きの枠線で表現しこれを元画像に重ねたもの。

iii) X線情報に基づく組成マップ作成と石基粒子解析

マグマの上昇速度に関する情報を得るために石基組織を定量的かつ迅速に把握するための解析スクリプトを作成した。具体的には、Si、Ng、Fe、Ca など石基鉱物の分類に必要な元素の組成マップを電子線マイクロプローブで取得する。それらの x-y 平面上の X 線カウントデータを合成して、存在する鉱物相を特定するとともに、それらのサイズや形状に関する情報も定量的に取得し図化する(図 2)。こうした作業はこれまでも火山噴出物の解析では日常的に行われていたが、一連の作業として自動的におこなうことはなされていなかった。今回、自動分析が行えるようにしたことによって、作業時間が大幅に短縮されるとともに、特別な知識や経験が無くても一定水準の定量的解析が行えるようになり、大量の火山噴出物を解析して噴火時の情報を得る素地がととのった。

得られた解析結果 (グラフや表) は WWW ページから閲覧できるように HTML 言語で成型 してある。これは、成果到達目標項目 (ウ) のデータ保存環境の整備にも関連している。

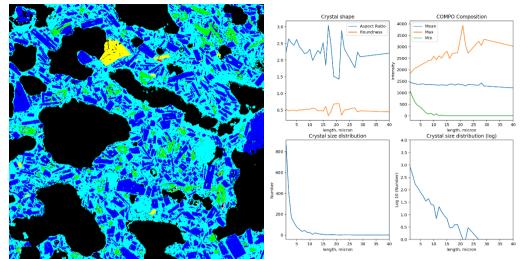


図 2 石基の解析例。(左)組成マップ、(右)石基結晶(斜長石)の形状、組成(輝度) とサイズとの関係。

2) データ保存環境の整備(成果到達目標(ウ)に対応) (東京大学)

前述の石基粒子解析結果と火山灰粒子分類結果をウェブブラウザで閲覧可能にした。現在はまだ、ローカルネットワーク内の閲覧のみであるが、今後はグローバルネットワークに WWW サーバーを移し、外部からの閲覧も可能な環境構築をすすめる予定である。

3) 火山噴出物の解析と手法の検討(成果到達目標(エ)に対応)

i) 有珠山(產業技術総合研究所)

噴火事象分岐判断手法の開発に向け、噴火前のマグマ過程やそのタイムスケールを明らかにするため、日本有数の活火山である有珠火山(曽屋・他,2007)^[3]を対象として、噴火過程が既知である歴史時代の噴出物の解析を行っている。

2019 年度は、有珠火山最新の噴火であり各種観測データも充実している 2000 年噴火 (東宮・宮城, 2002) [4] を例として、マグマ溜まりの温度や圧力 (深さ) の推定精度の評価などをおこなった。以下では、去年度までに得られている、2000 年噴出物(デイサイト; $SiO_2=69.74$ wt.%) についての高温高圧岩石融解相平衡実験の結果(東宮, $2002^{[5]}$; Suzuki et al., $2007^{[6]}$; 大西・東宮, $2018^{[7]}$)と、熱力学的計算ソフト MELTS (rhyolite-MELTS; Gualda et al., $2012^{[8]}$; Ghiorso and Gualda, $2015^{[9]}$) の計算結果とを比較し、その相違について検討した結果を報告する。

従来、マグマ溜まりの温度・圧力の岩石学的推定には高温高圧岩石融解相平衡実験が一般に用いられてきたが、1 枚の相図を描くために(各温度・圧力において出現する鉱物の種類や組成を求めるために)多くの時間的・金銭的労力を必要とした。一方、近年では MELTS の計算によって短時間・安価で相図を描くことが可能となり、広く利用されるようになってきた。 MELTS モデルは、既存の高温高圧岩石融解相平衡実験結果にフィットするように各パラメータが最適化されている。よって、理想的には、実験結果と MELTS 計算結果は比較的よく合うはずである。しかし実際には、あらゆる化学組成に対して MELTS モデルが最適化されているわけではないこと、角閃石は組成が複雑なためうまくモデル化できていないこと、などから、MELTS 計算結果が常に正しい結果を出力するとは限らない。

図 3 は、Rhyolite-MELTS による計算結果を、高温高圧岩石融解実験結果と比較した例である。計算は、含水量 8 wt. %(図中範囲ほぼ全域で水に飽和)、酸素フュガシティは QFM+1 (\Rightarrow NNO)、バッチ融解、で行なっている。なお、Rhyolite-MELTS にはいくつかの version があり、どの version を使うべきかのガイドラインが示されている (Ghiorso and Gualda, 2015 [9]; MELTS ウェブサイト http://melts.ofm-research.org)。有珠 2000 年デイサイトのように、シリカに飽和な化学組成の場合は、version 1.1.0 を使うのが望ましい。

実験結果と計算結果は、大まかな傾向としては合っている。斜長石・直方輝石の晶出条件は、数十℃・数十 MPa 程度の違いで再現できているように見える。一方、角閃石の晶出条件は 100℃くらいの差があるようである。また、計算結果には不自然な不連続(晶出温度のジャンプ)がみられ、そうした箇所では計算結果の解釈に注意が必要である。MELTS 計算結果は、大まかな傾向を見るには有効であるが、精度の高い温度・圧力の議論のためには、実験も併用することが必要と考えられる。

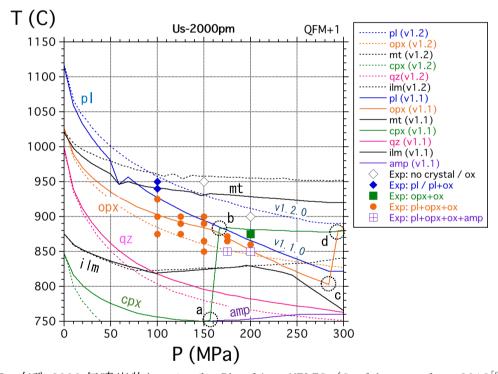


図3 有珠 2000 年噴出物について、Rhyolite-MELTS (Gualda et al., $2012^{[8]}$) の計算結果と高温高圧岩石融解相平衡実験結果を比較した例(Tomiya et al., in prep.)。MELTS 計算は、rhyolite-MELTS の version 1.1.0 (v1.1; 実線)と version 1.2.0 (v1.2; 破線)の 2 通りを示す。version によって計算結果がやや異なり、各相の晶出温度に数十℃程度の差が見られる。実験結果(Exp)と計算結果は、大まかな傾向は合う。有珠 2000 年噴出物の場合、version 1.1.0 の計算結果のほうが実験結果にやや近い。計算結果には、図の a 点-b 点や c 点-d 点のような不連続が発生している。点 b-d 間の cpx 晶出は、現実を反映しておらず、実際には opx が晶出することが実験からは示唆される。amp の晶出温度は計算と実験とで全く合っていない。pl: 斜長石、opx:直方輝石、cpx:単斜輝石、qz:石英、amp:角閃石、mt:磁鉄鉱、ilm:イルメナイト、ox:磁鉄鉱 and/or イルメナイト。

ii) 榛名山(早稲田大学)

(ア) 榛名火山新期活動(45ka~)と前年度までの研究状況

新期の活動は 4万5千年前の榛名カルデラを形成する爆発的噴火で始まり、その後1万年前までに榛名富士・蛇ヶ岳・相馬山・水沢山の溶岩ドームの生成が続いた。最新の活動は二ツ岳の2回の噴火であり、そこでは爆発的な活動と溶岩ドームの形成の両方が起きた。5世紀末~6世紀初頭の渋川噴火と、6世紀後半~7世紀初頭の伊香保噴火である。榛名火山の活動史の理解は、下司・竹内(2012)[10]の地質図幅の研究と年代測定(下司・大石,2011)[11]で進展した。しかし鉱物組成分析を伴う詳細な岩石学的研究は、二ツ岳伊香保噴火を対象としたSuzuki and Nakada (2007)[1]を除き存在しなかった。

前年度までに、上記の噴火・火山体のほとんどについてサンプル採取を完了させた。これに基づき、噴火毎・火山体毎の全岩組成の特徴や、薄片上での記載岩石的特徴を明らかにしていた。結晶に富む珪長質マグマ(珪長質安山岩~デイサイト質)に苦鉄質マグマが注入し、マグマ混合や加熱を経て、噴火が誘発されている点が全てに共通する。苦鉄質マグマが単独で噴出することはなく、また、高温マグマ由来の斑晶が確認できない噴出物も多いが、榛名富士や水沢山の溶岩には苦鉄質包有物(玄武岩~玄武岩質安山岩)が含まれることがある。苦鉄質包有物の組成は、Suzuki and Nakada(2007)「『が二ツ岳伊香保噴火のマグマ混合産物に対してマスバランス計算に基づき推定した苦鉄質マグマの組成と、多くの主成分元素において類似している。以上を踏まえ今年度は主に3つの観点で研究を進めた。

(イ) 45~10ka の溶岩ドーム噴火と二ツ岳伊香保噴火の比較

ここでは珪長質端成分の比較に絞って報告する。つまり苦鉄質包有物を含むサンプルではホスト部分のみの結果である。斑晶の組成分析をおこなうにあたり、榛名富士・蛇ヶ岳・相馬山・水沢山の溶岩の全岩組成($SiO_2=59.5\sim64.5$ wt.%; N=24; 図4)を網羅する7試料を代表として選びだした。二ツ岳伊香保噴火については、Suzuki and Nakada(2007)[1]のかなり前のデータを用いず、今年度改めて分析した。二ツ岳伊香保噴火を通してみて珪長質マグマの特徴に時間変化はないので(Suzuki and Nakada,2007)[1]、噴火の最後に噴出した溶岩を用いることで $45\sim10$ ka 噴火とサンプルタイプを揃えた。また溶岩は $SiO_2=59.7\sim60.4$ wt.%という狭い範囲に集中するので(図4)、1 試料($SiO_2=59.8$ wt.%)のみを分析対象とした。

珪長質端成分からもたらされた斜長石・斜方輝石・角閃石に対し EPMA 分析をおこなった(Fe-Ti 酸化物は全サンプルで離溶;分解のため角閃石の分析の行えないサンプルも有り)。コア組成は $45\sim10$ ka の $4\sim0$ の溶岩ドーム噴火で同様であり、また二ツ岳の溶岩とも似ている。二ツ岳を含む合計 8 試料において、以下の組成範囲にある。斜長石は An 50~85、0.2~0.35 wt.% Fe0、~0.03 wt.% Mg0。斜方輝石は Mg# 63.5~67.5、Wo 0.8~1.9。角閃石は Si 6.42~7.16、Mg# 0.73~0.84 である(図 5)。角閃石コアに Putirka (2016) [12] の温度計・共存メルト Si02 量計を適応すると、<850 °C、 Si02=68~72 wt.%となった(図 5)。温度は、Suzuki and Nakada (2007) [1] が二ツ岳伊香保噴火の低温端成分マグマ(白色軽石)に対し Fe-Ti 酸化物温度計より見積もったもの(820-850 °C)とおおよそ一致する。斜長石・斜方輝石についてはリムの分析も行えた(角閃石リムは全サンプルで分解)。

サンプルの全岩の SiO_2 量が低いほど、リムでの Mg # や Wo 値の上昇(斜方輝石)や FeO や MgO の上昇(斜長石)が顕著であるとともに、上昇を示す斑晶の比率も増加する。バルクの SiO_2 量が 63 wt.%に近づくと、これらの上昇はほとんど見られなくなる。

珪長質端成分マグマのバルク組成は、 $45\sim10$ ka の 4つの溶岩ドーム噴火と、二ツ岳伊香保噴火で異なる。二ツ岳伊香保噴火では $Si0_2=60.5\sim61.5$ wt. %である(同噴火の白色軽石の分析値)。古い 4つの溶岩ドーム噴火については、前述の理由で $Si0_2$ 量が 63 wt. %程度以上と推定される。このことは珪長質端成分由来の斑晶の組み合わせが、 $45\sim10$ ka の溶岩では斜長石+斜方輝石+角閃石+石英+Fe-Ti 酸化物であるのに対し、二ツ岳では、この中の石英がほぼ観察されなくなることとも調和的である。しかし珪長質端成分由来の斑晶のコア組成は全ての噴火で類似していることから、珪長質端成分の源物質は全てで共通した性質である可能性がある。その後噴火直前に至るまでの温度を含む条件差が、端成分のバルク組成や鉱物組み合わせの差を作り出したものと推測する。

サンプルの全岩組成と珪長質端成分由来の斑晶のリム組成との関係から、噴火直前の高温マグマの影響の程度により、最終産物の全岩組成が決定されているものと推定される。 $45\sim10$ ka の溶岩ドーム噴火と二ツ岳の噴火との間には、前述のとおり低温端成分にわずかなバルク組成差があるが、その差が無視できる程度に二ツ岳伊香保噴火では高温マグマの混合比が顕著に大きい噴出物が見られる(灰色軽石; $Si0_2$ 量が 57 wt. %程度まで; 図 4)。 この項目で扱った噴火のうち爆発的噴火を伴うのは二ツ岳伊香保噴火のみであり、これは高温マグマの注入量と噴火活動の爆発度に関係があることを示唆するのかもしれない。

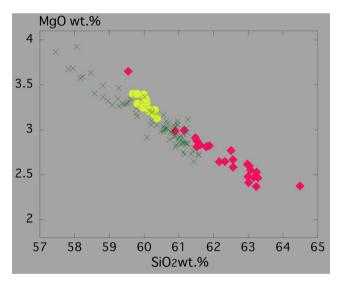


図4 全岩化学組成。ピンク,45~10 kaの溶岩;黄緑,二ツ岳溶岩;緑,二ツ岳伊香保噴火の軽石(白色軽石+灰色軽石+縞状軽石)。

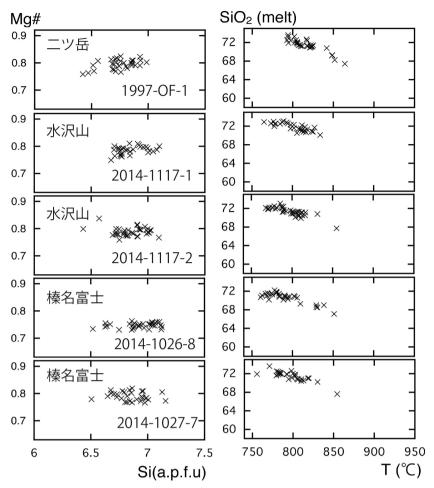


図 5 角閃石斑晶コアの組成(左)と、Putirka $(2016)^{[12]}$ の温度計・共存メルト SiO_2 量計の適応結果(右)。

(ウ) 二ツ岳渋川噴火、ならびに、榛名カルデラ噴火の斑晶モード分析

榛名カルデラ噴火については白川火砕流堆積物と里見火砕流堆積物を扱った。全岩組成をもとに代表サンプルを選んだ。全サンプルで苦鉄質マグマ由来の斑晶は存在しないので、サンプルの斑晶量から珪長質端成分マグマのおおよその結晶量を推測した。結晶量が 40 vol. %以上であることを確認した(岡野・鈴木, $2019^{[13,14]}$; 木谷・他, $2019^{[15]}$; 木谷・鈴木, $2019^{[16]}$; 丸山・鈴木, $2019^{[17,18]}$)。

(エ) 八崎降下軽石の調査・サンプリング

八崎降下軽石は、白川火砕流堆積物や里見火砕流堆積物と同様、45 ka の榛名カルデラ噴火の産物である。カルデラ噴火のマグマ供給系を厳密に調査するには、降下軽石を含めて検討することが必要である。2020年3月に八崎降下軽石を赤城山西麓~南麓にて採取した。軽石の粒径等に基づき複数のユニットに分け採取したので、今後、同降下軽石について岩石学的特徴の時間変化を解明する。

謝辞:研究実施にあたり修士学生3名と学部生3名の協力があった。全岩組成分析ならびに鉱物組成分析においては東大地震研の装置を使用させていただいた。産総研の山元孝広博士と下司信夫博士には、八崎降下軽石の露頭情報をご提供いただいた。

iii) 富士山

(ア) 富士山宝永噴火の斑レイ岩分析による火山体深部構造の推定(静岡大学)

富士山宝永噴火の噴出物中には斑レイ岩の捕獲岩が含まれることが知られている。これらの斑レイ岩の中には、粒間にガラスが見られるものがあり、富士山地下に存在する"生きたマグマだまり"の破片であると考えられる。我々の研究グループによる斜長石中のメルト包有物の先行研究(田中・他,2016)[19]の結果から、これらの斑レイ岩は富士山地下に存在するケイ長質マグマだまりと成因的に関連するものと考えられる。そこで今年度の研究では、前年度までに作成した宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩300試料の薄片から鉱物粒間にガラスを含む試料を選別し、その粒間ガラスの化学組成分析をおこなった。そして、その結果に基づき、富士火山のケイ長質マグマだまりの実態について検討した。

今回分析した斑レイ岩は、斜長石+斜方輝石+単斜輝石+磁鉄鉱+イルメナイト±オリ ビンの鉱物組み合わせを示し、最大で 40 vol. %程度の粒間ガラス(+気泡)を含む。このう ち、粒間ガラスを 20 vol. %以上含むものでは、1 試料中での粒間ガラスの化学組成が比較 的均質で、流紋岩質であった。また、粒間ガラスの化学組成は、斜長石中のメルト包有物 のうち最も分化したものの化学組成を一致した。したがって、これらの試料中の粒間ガラ スは、固化しつつあるクリスタルマッシュの残液メルトと考えられる(これをメルトAと よぶ)。一方で粒間ガラス量が20 vol.%以下の斑レイ岩では、1 試料中の粒間ガラス組成 が安山岩質からデイサイト質まで変動し、さらに粒間ガラスに化学的な縞模様が見られる ものも確認できた(図6)。このような組成縞模様は、異なる組成のメルトのミングリン グによるものであり、浸透流として斑レイ岩外部からメルトが流入した痕跡と考えられる。 更に、粒間メルトよりも斜長石中のメルト包有物の方が分化した組成を示すことから、流 入したメルトは苦鉄質であったと考えられる。粒間メルトの組成バリエーションのうち、 苦鉄質端成分の組成は 1707 年噴火の玄武岩に比べて Al₂O₃ に乏しく、むしろ Kaneko et al. (2010)[20]で報告されたオリビン中のメルト包有物組成に近い。このことから、斑レイ 岩の粒間に浸透した苦鉄質メルトは 1707 年噴火の玄武岩質メルトではなく、1707 噴火以 前にやや分化の進んだ苦鉄質メルトの流入があったと考えられる。一方で粒間メルトの組

成バリエーションには SiO_2 の増加とともに AI_2O_3 が減少するものと、増加するものがみられた。このうち、前者の高 SiO_2 端成分組成はメルトAと一致した。それに対し、後者の高 SiO_2 端成分メルトは、粒間メルトおよびメルト包有物の組成関係から、 AI_2O_3 に富むデイサイト質メルトと考えられる(メルトBとよぶ)。メルトAとBの間には組成ギャップがあるため、両者は異なるマグマだまりに由来すると考えられる。今後、これらの端成分メルトの温度や深さ、形成過程について検討していく予定である。この内容は、JPGU-AGU joint meeting 2020で発表予定である。

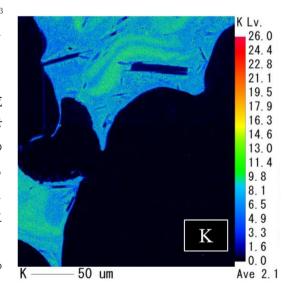


図6 粒間ガラスの組成縞模様(K)。

(イ) 石基組織とマグマ上昇経路の時代変化 (東京大学・山梨県富士山科学研究所)

石基微結晶の数密度はマグマの冷却速度と関連が深いとされている。特に斜長石の微結晶はマグマの減圧に伴う含水量変化によって実効的なリキダスが上昇し、その結果として結晶化が進行するので、マグマの上昇速度と微結晶の数密度に有意な相関関係があることが知られている。そこで、今年度に分析・解析プラットホームに整備した石基組織解析機能を使って、富士火山の東側の籠坂峠で採取された S-8 以降の爆発的噴火の試料 33 層について解析をおこなった。

分析は、試料内部の不均質の影響を低減するため、各試料で 0.5mm 四方の領域 3 箇所についておこない、斜長石微結晶およびかんらん微結晶のサイズ分布と数密度、および石基ガラス量を求めた。 図7に結果の一部を示す。興味深いことに、斜長石微結晶の数密度や石基ガラス量のシステマティック変化が、S-8 噴火 (約 4000 年前)以後に 2 回ほど観察できる。一つの大きな変化は、S-14-1 と S-14-3 の噴火の間で発生しているが、この時期はちょうど御殿場泥流(山体崩壊)の時期(宮地,1988)[21]に相当し、マグマの上昇経路に大きな変化が起こったことが示唆される。そうした外的要因の変化がその後の数百年間のマグマの上昇に影響を与えたとすれば、噴火推移予測にも重要な発見である。今後の噴火においても過去の噴出物から噴火推移を制約できる可能性がある。今後、斑晶組成や発泡度などの諸量も加えてマグマシステムの時代変化についての検討をおこなう予定である。

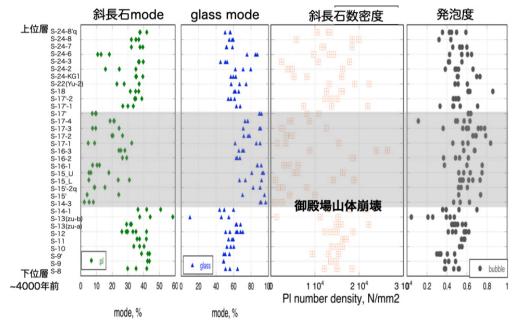


図7 石基組織の時間変化の例。斜長石と石基ガラスの mode、斜長石の数密度、石基の 発泡度を時代順に並べた。御殿場山体崩壊の時期を境に、石基はガラス質に変わり、その 傾向は数百年間継続しているように見える。

(ウ) 大沢火砕流と大沢スコリア (常葉大学)

富士火山大沢火砕流の噴出物と対比するため、同時期の噴出物である大沢スコリアの層 序細分試料の採取をおこなった。

iv) 伊豆東部火山群(静岡大学)

斑晶鉱物とメルト包有物から探る伊豆大室山噴火のマグマ供給システム

伊豆大室山は、約 4000 年前に発生した玄武岩質安山岩マグマの単成火山噴火で形成した、東伊豆単成火山群で最大の火砕丘であり、この噴火を"大室山噴火"とよぶ。大室山のような単成火山は、マグマ供給システムが形成してはじめての噴火で形成されたと考えられ、その噴出物には形成初期のマグマ供給系の情報が記録されていると期待できる。また、大室山噴火は、伊豆東部で発生した多数の単成火山噴火に典型的な噴火様式であるため、そのメカニズムの解明はこのタイプの噴火の推移予測に役立つと期待できる。前年度の研究において、大室山スコリア中の斜長石斑晶に流紋岩質メルト包有物が含まれることを発見した。そこで今年度は、この斜長石と共存する流紋岩質メルトの噴火前の状態について検討した。また、大室山スコリアの石基ガラス組成分析と石基鉱物の組織解析をおこない、大室山火山のストロンボリ式噴火時の火道浅部プロセスについても検討した。

まず、前年度に発見された大室山地下の流紋岩質メルトについて、その存在状態を検討した。いくつかの仮定の下、流紋岩質メルト包有物の化学組成とスコリアの全岩組成、斑晶量から、大室山噴火の玄武岩質安山岩マグマの形成に寄与した流紋岩質メルト・斜長石の割合を見積もったところ、混合したケイ長質端成分マグマの結晶量は約36 vol.%以下という結果を得た。また、この噴火に寄与したケイ長質端成分マグマの体積は0.02-0.05 km³以上と見積もられた。したがって、4000年前の噴火の時点で、ややまとまった量の噴火可能な流紋岩質マグマが大室山の地下に貯蔵されていたと考えられる。また、そのマグマだまりは少なくとも深さ4.5 kmより深部に存在すると考えられる。

一方で、流紋岩質マグマと混合した後、噴火するまでのマグマの火道上昇過程を、石基 ガラス組成および石基鉱物組織から検討した。大室山スコリアの石基には粒径 100μm 以 上の微斑晶とその間隙を埋めるマトリクスから形成される。更にマトリクスはほぼガラス 質のものから結晶質のものまで結晶度に変動が見られる。そこで、マイクロライトをほと んど含まない石基ガラスの化学組成からメルト-微斑晶の共存条件を見積もったところ、 温度が約1055℃、メルト含水量が約2.5 wt.%と見積もられた。メルトが水に飽和していた と考えると、メルト-微斑晶の共存深度は約3kmと見積もられる。したがって、4.5kmより 深部で混合したマグマが約3kmの深さで停滞し、微斑晶を形成したと考えられる。また、 様々な量のマイクロライトを含むマトリクス中の石基ガラスの組成バリエーションと、 MELTS による結晶作用シミュレーション結果を比較したところ、マイクロライトの形成は 深さ約 400mより浅部でおこったことが示唆された。更に、大部分のスコリアの石基に含 まれる斜長石量が約40 vol.%を超えることから、これらのスコリアは深部より直接上昇し てきたマグマではなく、火道浅部での結晶化によって形成したプラグの一部が吹き飛ばさ れたものと考えられる。今後、石基の結晶量サイズ分布を調べ、火道浅部(プラグ内)過 程を検討する予定である。なお、昨年度および今年度の成果の一部をまとめた論文は既に 受理され、印刷中である。

v) 雲仙(東京大学, 静岡大学)

前年度に引き続き、平成噴火の噴出物の分析を進めた。角閃石とクリスタルクロットに着目した解析をおこない、低温マグマの液組成を決定するとともに、低温マグマの滞留した深度を決定した。さらに低温マグマの斑晶量と液組成を用いてマグマの粘性の見積もり

をおこなった。現在、低温マグマがどのように噴火に関与したのかについての検討を進めている。

vi) 阿蘇山(熊本大学)

(ア) 先阿蘇火山岩類の岩石学的特徴および年代測定

阿蘇大橋の大崩壊地および周辺の詳細な追加地質調査をおこない、溶岩試料の化学分析を実施した。分析試料数が200以上になり、現在データ整理中である。大部分は輝石安山岩あるいは角閃石安山岩であるが、少数のかんらん石玄武岩~玄武岩質安山岩(高アルミナ玄武岩を含む)、粗面デイサイト、粗面岩が見つかっている(図8)。かんらん石+角閃石や汚濁斜長石+清透斜長石など非平衡斑晶組み合わせを示す試料が目立つ。当地域の新たな K-Ar 年代測定から30万年前より若い火山岩が発見され、50~60万年前に活動ピークがある可能性を見出した。

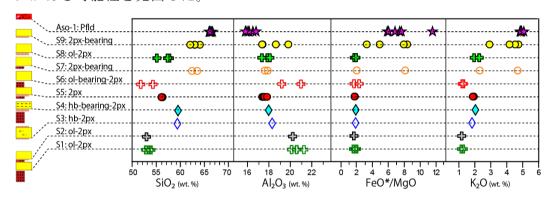


図8 阿蘇カルデラ西縁に分布する先阿蘇火山岩類の模式柱状図、鉱物組合せ、層位に対する全岩化学組成 (SiO₂, Al₂O₃, FeO_{*}/MgO, K₂O) の変化。Pfld: 火砕流堆積物、鉱物名の略号: px=pyroxene, ol=olivine, hb=hornblende。 Aso-1 Pfld の組成は田島・他 (2017) [22] より。

(イ) 阿蘇4小谷軽石に含まれる鉱物中のメルト包有物組成の再検討、およびマグマ溜り 深度の推定

阿蘇 4 火砕流初期の肥猪火山灰流堆積物と小谷軽石流堆積物のメルト組成を再検討した。阿蘇 4 層状マグマ溜りを仮定すると、肥猪火山灰流はマグマ溜り最上部、小谷軽石流はその下の層を吸い出したことが推察される。この視点で小谷軽石流堆積物に稀に含まれる縞状軽石の鉱物中のメルト包有物を再分析した(図 9)。これまでの分析通り、二つの組成に集中が見られるが、 SiO_2 に富む部分は斜長石の、 SiO_2 に乏しい部分は角閃石、直方輝石のメルト包有物が多いことを見出した。マトリックスガラスは両者と同様の組成をもつ。少数であるが、さらに SiO_2 に乏しく、カリウムに富むメルト組成が見つかったことは注目に値する。総じて SiO_2 に富むメルトは S に乏しい傾向がある。

各メルト包有物およびマトリックスガラスに対して推定した温度・圧力を図10に示す。 角閃石、直方輝石中のメルト包有物と斜長石中のメルト包有物から求めた温度・圧力は明らかに異なる値を示し、斜長石が角閃石、直方輝石より低圧・低温で晶出した可能性が図から読み取れる。また低圧で捕獲されたメルトほど SiO_2 に富む傾向がある。Ishibashi et al. $(2018)^{[23]}$ が議論したように、角閃石がより深部、おそらく $10\sim15$ km で晶出し、より浅部のマグマおよびマグマから晶出した鉱物と混合したことを示す。また圧力推定値は、 鉱物がマグマ溜りの異なる深さ、あるいは火道上昇中の異なる深さで polybaric に晶出したことを示唆する。

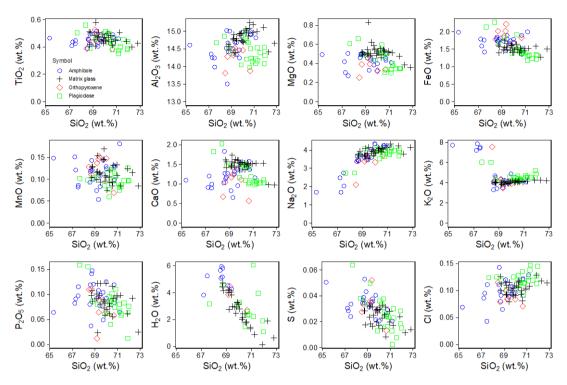


図9 阿蘇4小谷縞状軽石に含まれる鉱物中のメルト包有物組成。マトリックスガラスラスの含水量は分析値の Total から算出した。○=角閃石、十=マトリックスガラス、◇=直方輝石、□=斜長石

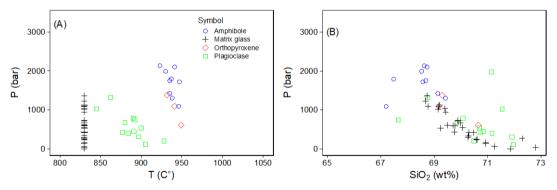


図10 A) 各メルトに対する温度-圧力の推定図。Putirka(2008, 2016) [24,12] の式を用いメルトーホスト組成から計算した温度(斜長石,直方輝石)およびホスト角閃石組成から計算した温度に対して、メルト包有物の H_2O 飽和圧力をプロット。マトリックスガラスは Kaneko et al. (2007) [25] が報告した鉄チタン鉱物の平衡温度から 830 °C を仮定し、分析値の Total から算出した含水量をもとに推定(VolatileCalc, Newman and Lowenstern 2002) [26]。B)各メルトのSiO2含有量と H_2O 飽和圧力。両図とも比較のためにホスト角閃石の組成から計算した圧力を表示(\blacksquare)。圧力は Ridolfi and Renzulli(2012) [27] の式(1b, 1c)を用いて Ishibashi et al. (2018) [23] に従い両者の平均値をプロット($1\sigma=850$ bar, Nagasaki et al. (2017) [28])。

vii)霧島山(新燃岳)

(ア) 2017 年噴火の火山噴出物の分析(常葉大学)

霧島新燃岳の火山灰については、前年度に引き続き、2017-18 年噴火の火山灰の粒子構成比について、データ蓄積を続けた。

(イ) 享保噴火試料の分析(早稲田大学)

2017年度まで享保噴火の岩石学的研究を行っていたが、噴火初期の噴出物 (SmKP 1-3) が未採取のままであった。2020年3月に再調査を実施し、噴火全体の噴出物 (SmKP 1-7) が連続観察できる露頭にて、サンプルの採取を実施することができた。

viii)桜島

(ア)桜島火山の歴史時代プリニー式噴火に共通した噴火前駆過程(マグマの"Pre-charge" 現象)の研究(東北大学)

桜島火山の 1955 年以降の 11 のブルカノ式噴火噴出物中の斑晶メルト包有物を分析した。その結果、以下のことが明らかになった。

- ・溶岩質噴出物(石質岩片)に含まれるメルト包有物の含水量(wt.%)は、0%から 1.9%の低い範囲に集中して分布する。一方、軽石質噴出物に含まれるメルト包有物は、0%から 4.3%に分布し、範囲が広い。また下限は両者でほぼ一致する(図 1 1)。このことから、石質岩片を形成したマグマは火道の浅部で形成され、メルト包有物は、脱水・再平衡したと考えられる。
- ・軽石を形成したマグマに含まれていたメルト包有物の含水量は、爆発によって異なる値を示す。このことは、マグマが破砕・急冷した深度が、爆発によって異なっていたか、あるいは浅部での滞留時間が爆発によって異なっていたことを表す。現時点ではこの両者を区別することは難しい。
- ・石質岩片と同程度に低濃度の含水量のメルト包有物を含む軽石は、マグマ溜りからの上昇開始後、火道浅部まで上昇したのち、岩片として噴出したマグマに比べて圧密せずに破砕・急冷したと考えられる。破砕深度の下限(定置位置の上限)は、ほぼ石質岩片の形成深度に等しい。通常のブルカノ式噴火では、マグマの最終定置深度は、1.5km 以下と求まった。これはBL型地震の震源域とおよそ一致する。
- ・メルト包有物の含水量は、全般に、昭和火口の活動期噴出物より南岳山頂火口活動期のもののほうが高かった。これは、南岳活動期のほうが、一般に、前駆過程におけるマグマの上昇速度が速く(かつ/または浅部での滞留時間が短く)爆発的であったことを示している。
- ・1995年8月24日の噴火の際には、プリニー式噴火に匹敵する含水量のものが含まれ、深さ3km以浅の浅部火道でほとんど滞留することなく噴火したことがわかった。このことは、同噴火、及び昭和期の類似の激しいブルカノ式噴火における、地球物理学的観測記録を調べることで、ブルカノ式噴火前駆過程での地殻変動の経験的な上限値が把握できる可能性を示す。

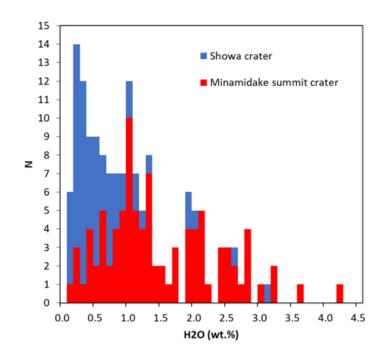


図11 1955 年以降の南岳および昭和火口からのブルカノ式噴出物に含まれる斑晶メルト包有物の含水量。

(イ) 噴火のモニタリング手法の開発(常葉大学)

前年度に引き続き、桜島では火山灰試料の測色データ解析をおこなった。特に、分級試料の測色測定を進め、粒径 1ϕ 毎の測色値時系列データの導出をおこなった。桜島の火山灰については、Fe-EPMA の反射電子像の迅速画像解析システムを用いて、粒径サイズ、形状、輝度分布に着目した粒子形状・組織の分類を試行的におこなった(図12)。

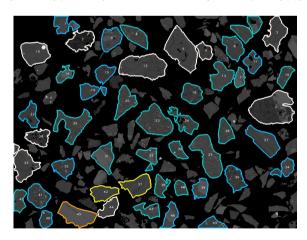


図12 桜島昭和火口 2010 年 3 月 5 日火山灰試料の BEI 画像解析結果。色の違いは形状、輝度分布などに基づく分類結果(等価径 100 μm 以上の粒子のみ解析)。

ix)諏訪之瀬島(常葉大学)

諏訪之瀬島火山におけるマグマ供給系と噴火・休止様式の変遷のメカニズムを理解するため、昨年対象とした大規模噴火に加え、中規模噴火による堆積物の再調査及び噴出物の採取をおこなった(図 1 3)。特に 1813 年噴火については、前年度の分析を踏まえ、更に

必要な層序を可能な限り細分化して採取した。

また、前年度に引き続き、斑晶鉱物組成の測定をおこなうとともに、石基ガラス組成の 測定をおこなった(図14)。約4千年前を境に組成変化傾向が大きく変化しており、全 岩組成、斑晶鉱物組成と同様、石基ガラス組成の変化傾向からも、約4千年前頃にマグマ システムが大きく変化したことが示唆された。

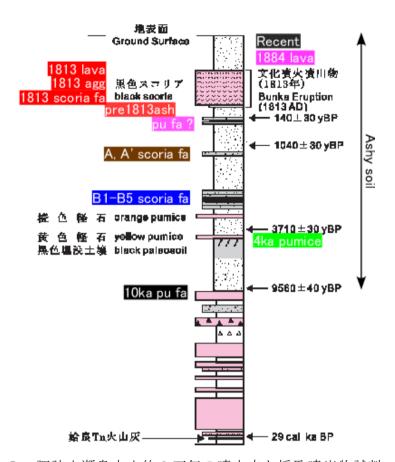


図13 諏訪之瀬島火山約3万年の噴火史と採取噴出物試料。

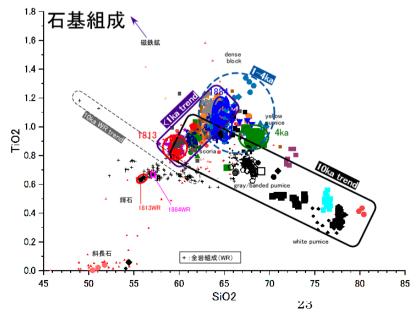


図14 諏訪之瀬島火山 の石基ガラス分析結果 (重量%)。4千年前以降 珪長質端成分の関与が減 退した。

x) 西之島(東京大学)

2019年9月に実施の上陸調査で採取された2017年噴火の噴出物の分析をおこない、それ以前の噴出物との比較をおこなった。2017年噴火の噴出物(島の西側に流れた溶岩)の全岩組成は2014年噴火の全岩組成よりもわずかにSiO₂に乏しく、1973-74年噴火の試料に近づいている。しかし、斑晶鉱物組成を調べると、2014年噴火の試料とほとんど違いが見られない(図15)。2019年12月から2020年3月にかけて西之島は再噴火して再び大量の溶岩を流出したが、そうした再噴火の兆候、例えば、火山深部での高温マグマの注入を示唆するような鉱物組成の特徴は、2017年噴火の噴出物には明瞭ではない。2019年噴出物を入手して比較することによって噴火の準備期間についての情報が得られる可能性があり、今後の課題である。

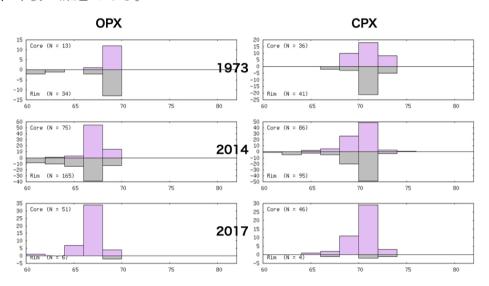


図15 輝石斑晶のコア、リム組成 (Mg#=Mg/(Mg+Fe)*100)の比較。(左) OPX、(右) CPX。 0値の水平線より上側がコア組成の頻度分布で、下側がリム組成の頻度分布。1973-74 年噴火と比較すると、2017 年噴火では Mg#が 2 程度低く、分化が進んだマグマであると考えられる。また、2014 年の噴出物と 2017 年の噴出物は組成差がほとんど無い。

xi)火山噴出物の分析・解析手法の検討(産業技術総合研究所)

噴火事象分岐判断手法の開発に向け、噴火前のマグマの温度・圧力・含水量を明らかにするための手法開発として、マグマの熱力学計算ソフトウエア(Rhyolite-MELTS; Gualda et al., $2012^{[8]}$)の活用方法を継続して改良した。2019 年度は MELTS のソースコードに若干手を加えることにより「rhyolite-MELTS v. 1.2.0 (mixed fluid version optimal for mafic and alkalic melts) - new H_2O model」と「rhyolite-MELTS v. 1.1.0 (mixed fluid version that preserves the ternary minimum」 - old H_2O model」の両方のバージョンにて、文字ユーザーインターフェースから MELTS の計算を直接制御できるようにした。これにより、異なる熱力学モデルによって出力される計算結果を比較できるようにした。また、出力結果のうちリキダス(各鉱物や fluid 相が高温側で最初に出現した温度)をまとめるためのスクリプトを作成した。

MELTS の計算結果を実際の噴火に応用し、得られた成果が Bulletin of Volcanology 誌 に出版された (Miyagi et al., 2020) [29]。2014年9月27日に63名の犠牲者をだした御岳

山の水蒸気噴火の火山灰には、本質物質が微量に含まれる(図16 (d))。本質物質の鉱物 およびガラスの化学組成分析結果と、MELTS 計算結果とを比較することにより(図17)、このマグマが山体直下の熱水変質帯とほぼ同じ 4km 以浅から由来していることが明らかに なった。火山噴出物の分析・解析によって明らかになったこの事と、地球物理学観測の成果を組み合わせることにより、このマグマが熱水変質帯に注入した時期を 2007 年頃と推定した。このマグマが 7年の歳月をかけて冷却・結晶化することによって、揮発性元素が 濃集され、2014年の水蒸気噴火に至ったという考えを提唱した。本研究は、突発的な活動にみえる水蒸気噴火が、その熱源であるマグマの活動によってひきおこされている可能性を示した。すなわち、継続的な地球物理学観測を行なうことにより、これまでは予知が非常に難しいとされていた水蒸気噴火の危険が高まっている火山とそうでない火山を長期的に評価できる可能性が、本研究によって示された。

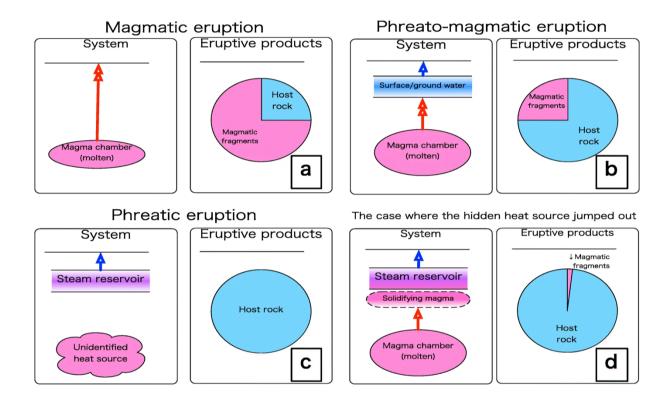


図 16 噴火様式と噴出物の構成物に関する概念。 (a) マグマ噴火の場合、 (b) 水蒸気マグマ噴火の場合、 (c) 水蒸気性噴火の場合、 (d) 2014 御岳噴火の場合。赤い矢印の線はマグマの動きを示す。青い矢印は粉砕された母岩の動きを示す。この図の縮尺は現実を反映しておらず、マグマ溜まりの深さは $4\sim12~{\rm km}$ 、水蒸気溜りの深さは最大 $4~{\rm km}$ と想定している (Miyagi et al., 2020) [29]。

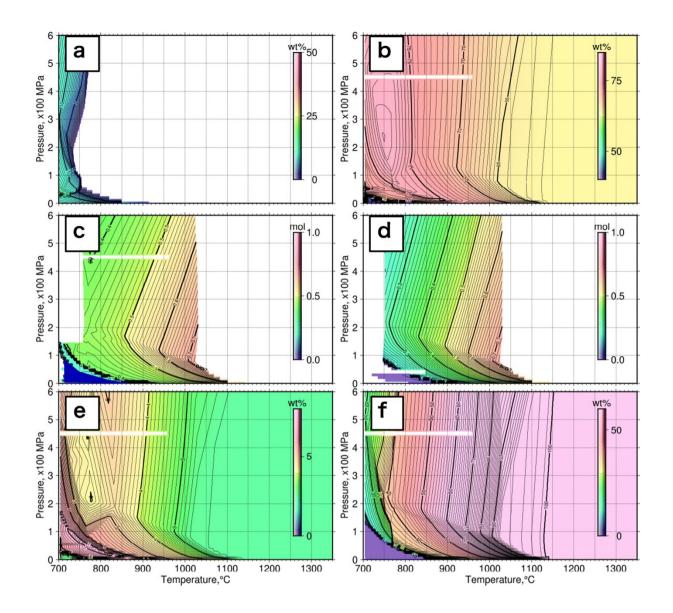


図 1 7 Rhyolite-MELTS (Gualda et al., 2012) [8] 計算の結果の例 (Miyagi et al., $(2020)^{[29]}$ 。OT16 のバルク構成の場合の T-P 平面上の一連の等高線図を示す。 OT16 は山田・小林 (1988) [30] の三ノ池溶岩で、御岳火山の初期の噴火段階で最も珪質な噴火マグマである。Rhyolite-MELTS による含水量と酸素フガシティーは 3 wt. % H20 と FMQ+2 ログユニットに設定した。この例では、圧力 200 MPa 以下の場合にはマグマが水で飽和しているため、含水量の変化による変数への影響はごくわずかである。ここで示した変数は次のとおり; (a) 石英の量(wt. %)、 (b) メルトの SiO_2 含有量(wt. %)、 (c) 斜長石の灰長石のモル含有量 (0-1) 青色で塗りつぶされた領域は正長石が安定している P-T 条件を表す、 (d) 斜長石の灰長石のモル含有量 (0-1; MELTS 計算中に固体が分別する場合)、 (e) メルトの K_2O 含有量(wt. %)、 (f) メルトの量(wt. %)。

(c) 結論ならびに今後の課題

令和1年度の目標はおおむね順調に達成できている。今後も、様々な分析を正確かつ効率的に実施できるように、引き続き分析・解析プラットホームの整備を進めるとともに、分析データのデータベース化を行っていく。調査対象とした 11 火山については順調にデータが集まっている。分析・解析プラットホームの利用によるデータ生産も軌道に乗り始めた。また、解析手法についても検討が進んでおり、噴火の推移予測に有効な手法が確立しつつある。今後は、各火山について噴火事象分岐予測手法の開発に向けたデータ検討や整理とデータの蓄積を継続するとともに、得られたデータを用いて実際に事象分岐予測をおこなってみるなど、実用性についての検証も開始すべきであろう。

(d) 引用文献

- [1] Suzuki, Y. and Nakada, S. (2007) Remobilization of highly crytalline felsic magma by injection of mafic magma: Constratins from the middle sixth century eruption at Haruna Volcano, honshu, Japan, Jour. Petrol., 48, 1543-1567.
- [2] ImageJ (ver 1.52k), Wayne Rasband, National Institute of Health, USA, http://imagej.nih.gov/ij
- [3] 曽屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子・東宮昭彦 (2007) 有珠火山地質図 (第2版) 1:25,000. 火山地質図 2, 産総研地質調査総合センター, 9p.
- [4] 東宮昭彦・宮城磯治 (2002) 有珠火山 2000 年 3 月 31 日噴火の噴出物とマグマプロセス,火山,47,663-673.
- [5] 東宮昭彦 (2002) 有珠火山 2000 年噴出物の融解相平衡実験, 日本火山学会講演予稿 集 2002 年度秋季大会, 75.
- [6] Suzuki, Y., Gardner, J.E. and Larsen, J.F. (2007) Experimental constraints on syneruptive magma ascent related to the phreatomagmatic phase of the 2000AD eruption of Usu volcano, Japan, Bulletin of Volcanology, 69,423-444. https://doi.org/10.1007/s00445-006-0084-3.
- [7] 大西里佳・東宮昭彦 (2018) 有珠火山 2000 年噴火の噴火準備過程, 日本火山学会講演予稿集 2018 年度秋季大会, 146.
- [8] Gualda, G.A.R., Ghiorso, M.S., Lemons, R.V. and Carley, T.L. (2012) Rhyolite-MELTS: a Modified Calibration of MELTS Optimized for Silica-rich, Fluidbearing Magmatic Systems, J. Petrol., 53(5),875-890.
- [9] Ghiorso, M.S. and Gualda, G.A.R. (2015) An $\rm H_2O$ - $\rm CO_2$ mixed fluid saturation model compatible with rhyolite-MELTS, Contrib. Mineral. Petrol., 169, 53, doi:10.1007/s00410-015-1141-8.
- [10] 下司信夫・竹内圭史 (2012) 榛名山地域の地質,地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅),産総研地質調査総合センター,79p.
- [11] 下司信夫・大石雅之 (2011) 榛名火山の後期更新世及び完新世噴出物から得られた 炭素 14 年代, 地質調査研究報告, 62, 177-183.

- [12] Putirka, K. (2016) Amphibole thermometers and barometers for igneous systems and some implications for eruption mechanisms of felsic magmas at arc volcanoes., Am. Mineral., 101, 841-858.
- [13] 岡野百花・鈴木由希 (2019) 榛名カルデラ形成噴火のマグマ―里見火砕流堆積物からの示唆―, JpGU2019 SVC36-P17.
- [14] 岡野百花・鈴木由希 (2019) 榛名カルデラ形成噴火のマグマ―里見火砕流堆積物からの示唆―,日本火山学会秋季大会 P035.
- [15] 木谷悟郎・鈴木由希・大石雅之(2019) 榛名カルデラ形成噴火のマグマ―白川火砕 流堆積物からの示唆―, JpGU2019 SVC36-P16.
- [16] 木谷悟郎・鈴木由希(2019) 榛名カルデラ形成噴火のマグマ―白川火砕流堆積物からの示唆―, 日本火山学会秋季大会 P037.
- [17] 丸山照頼・鈴木由希 (2019) 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学, JpGU2019 SVC38-P04.
- [18] 丸山照頼・鈴木由希 (2019) 榛名火山二ッ岳渋川噴火、細粒火砕物の産状と岩石学, 日本火山学会秋季大会 P025.
- [19] 田中佑希子・石橋秀巳・外西奈津美・安田 敦 (2016) 富士火山の斑レイ岩捕獲岩に 含 ま れ る メ ル ト 包 有 物 . 火 山 学 会 秋 季 大 会 A1-07, https://doi.org/10.18940/vsj.2016.7
- [20] Kaneko, T., Yasuda, A., Fujii, T. and Yoshimoto M. (2010) Crypto-magma chambers beneath Mt. Fuji. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 193, 161-170.
- [21] 宮地直道(1988) 新富士火山の活動史, 地質学雑誌, 94 (6), 433-452.
- [22] 田島靖久・星住英夫・松本哲一・廣田明成・小屋口剛博(2017)阿蘇火山, Aso-1火 砕流堆積物に関する新知見と Aso-1 噴火に先駆けて噴出した古閑溶岩,火山、6 2 (4),177-188, DOI https://doi.org/10.18940/kazan.62.4_177
- [23] Ishibashi, H., Suwa, Y., Miyoshi, M., Yasuda, A. and Hokanishi, N (2018) Amphibole-melt disequilibrium in silicic melt of the Aso-4 caldera-forming eruption at Aso Volcano, SW Japan, Earth, Planets and Space, 70,137, DOI: 10.1186/s40623-018-0907-4
- [24] Putirka K.D. (2008) Thermometers and barometers for volcanic systems, Rev Mineral Geochemistry 69, 61–120, https://doi.org/10.2138/rmg.2008.69.3
- [25] Kaneko, K., Kamata, H., Koyaguchi, T., Yoshikawa, M. and Furukawa, K. (2007) Repeated large-scale eruptions from a single compositionally stratified magma chamber: an example from Aso volcano, Southwest Japan, J Volcanol. Geotherm. Res., 167, 160–180.
- [26] Newman S, and Lowenstern J.B. (2002) VolatileCalc: a silicate melt-H20-C02 solution model written in Visual Basic for excel, Comput. Geosci., 28, 597-604, https://doi.org/10.1016/S0098-3004(01)00081-4
- [27] Ridolfi, F. and Renzulli, A. (2012) Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: thermobarometric and chemometric empirical equations valid

- up to $1,130^{\circ}$ C and 2.2 GPa, Contrib. Mineral. Petrol., 163, 877-895, https://doi.org/10.1007/s00410-011-0704-6
- [28] Nagasaki, S., Ishibashi, H., Suwa, Y., Yasuda, A., Hokanishi, N., Ohkura, T. and Takemura, K. (2017) Magma reservoir conditions beneath Tsurumi volcano, SW Japan: Evidence from amphibole thermobarometry and seismicity, Lithos, 278-281, 153-165.
- [29] Miyagi, I., Geshi, N., Hamasaki, S., Oikawa, T. and Tomiya, A. (2020) Heat source of the 2014 phreatic eruption of Mount Ontake, Japan, Bull. Volcanol., 82(33), 1-17.
- [30] 山田直利・小林武彦 (1988) 御嶽山地域の地質,地域地質研究報告 (5万分の1地質 図幅),地質調査所,136p.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等(論文9編(査読つき8篇),発表34件)

著者	表題	発表先	年
Miyagi, I., Geshi, N., Hamasaki, S., Oikawa, T., and Tomiya, A.	Heat source of the 2014 phreatic eruption of Mount Ontake, Japan.	Bull. Volcanol. 82 (33) 1-17	2020
Hatada, R., Ishibashi, H., Suwa, Y., Suzuki, Y., Hokanishi, N., Yasuda, A.	Plagioclase-hosted melt inclusions as indicators of inhibited rhyolitic melt beneath a mafic volcano: a case study of the Izu-Omuroyama monogenetic volcano, Japan.	Journal of Mineralogical and Petrological Sciences (in press)	2020
Iwahashi, K., Ishibashi, H., Yasuda, A. and Hokanishi, N.	Evidence for a 'third' endmember of the Unzen 1991-1995 eruption from amphibole thermometry and crystal clots		2020
Hasenaka, T., Nagaishi, R., Torii, M., Yasuda, A., Hokanishi, N.	Transition of magma plumbing system of Aso volcano as deduced from mineral and melt inclusion data	Proceedings of the 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management, and Environmental Sustainability, Kumamoto, 273-281.	2019

Handini, E., Hasenaka, T., Torii, M., Okuno, M., Harijoko, A., Togawa, S., Bangun, A.S., Reka, D.S.	Pumice-Bearing Pyroclastic Density Current Deposits in the Southeastern Flank of Merapi Volcano: An Evidence for Past Violent Eruption.	Proceedings of the 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management, and Environmental Sustainability, Kumamoto, 246-253.	2019
Togawa, S., Hasenaka, T., Torii, M., Mori, Y., Yagi, K.	Geological and Chemical Composition of Pre-Aso Volcanic Rocks Distributed in Minami-Aso Village, Tateno District, Kyushu	Proceedings of the 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management, and Environmental Sustainability, Kumamoto, 857-863.	2019
Torii, M., Nagaishi, R., Hasenaka, T., Toda, S., Okuno, M.	Tephra Stratigraphy for Establishing Active Faults History in the Western Part of Aso Caldera, Sw Japan.	Proceedings of the 2019 International Conference on Climate Change, Disaster Management, and Environmental Sustainability, Kumamoto, 321-325.	2019
安田 敦・馬場 章・藤井 敏嗣・外西奈津美	富士火山焼野溶岩に捕獲 された斑れい岩につい て:その起源とマグマ供 給系についての考察	火山, 64, 2, 83-101	2019
石橋秀巳	火成オリビン中の微量元 素に関する近年の研究動 向	静岡大学地球科学研究報告,46,9-17	2019
岡野百花・鈴木由希	榛名カルデラ形成噴火のマグマ―里見火砕流堆積物からの示唆―	JpGU(幕張メッセ)	2019
木谷悟郎・鈴木由希・大石 雅之	榛名カルデラ形成噴火のマグマ―白川火砕流堆積物からの示唆―	JpGU(幕張メッセ)	2019
丸山照頼・鈴木由希	榛名火山二ッ岳渋川噴 火、細粒火砕物の産状と 岩石学	JpGU(幕張メッセ)	2019
鈴木由希・福島涼人	榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブロック・アンド・ アッシュ・フロー堆積物 の産状と岩石学	JpGU(幕張メッセ)	2019
坂内野乃・中村美千彦・安 田 敦・奥村 聡・新谷 直 己・井口正人・味喜 大介・ 下司信夫	桜島火山ブルカノ式噴火 前のマグマプロセス:岩 石学・地球物理学の連携 研究	JpGU(幕張メッセ)	2019

_			,
嶋野岳人・安田 敦	諏訪之瀬島火山における マグマ供給系と噴火・休 止様式の変遷	JpGU(幕張メッセ)	2019
岩橋くるみ・安田 敦	クリスタルクロットを用 いたプレ噴火プロセスの 制約:雲仙平成噴火の例	JpGU(幕張メッセ)	2019
十川翔太・長谷中利昭・鳥 井真之・森 康	南阿蘇村立野に分布する 先阿蘇溶岩の層序と化学 組成	JpGU(幕張メッセ)	2019
永石良太・長谷中利昭・鳥 井真之・安田 敦・外西奈 津美	阿蘇中央火口丘群起源の テフラに含まれる鉱物の メルト包有物から推定し たマグマ供給系の変遷	JpGU(幕張メッセ)	2019
田島靖久・中田節也・長井 雅史・前野 深・及川純・ 及川輝樹・宮縁育夫・長谷 中利昭・川口允孝	霧島火山,2018年新燃岳 噴火のEAI法による火山 灰堆積量推定手法-数少 ない観測値からの分析方 法	JpGU(幕張メッセ)	2019
Hatada, R., Ishibashi, H., Yasuda, A., Hokanishi, N.	Melt inclusion study on the eruption process of Izu-Omuroyama monogenetic volcano, Japan.	JpGU(幕張メッセ)	2019
Oida, R., Ishibashi, H., Yasuda, A., Hokanishi, N.	Kinetic delay of crystal growth controls plagioclase-basaltic melt apparent disequilibrium.	JpGU(幕張メッセ)	2019
石橋秀巳, 針金由美子, 安田 敦, 外西奈津美	富士山宝永噴火の斑レイ 岩捕獲岩に見られるカタ クレーサイト状組織	JpGU(幕張メッセ)	2019
岡野百花・鈴木由希	榛名カルデラ形成噴火のマグマ―里見火砕流堆積 物からの示唆―	日本火山学会秋季大会(神 戸大学)	2019
木谷悟郎・鈴木由希	榛名カルデラ形成噴火のマグマ―白川火砕流堆積 物からの示唆―	日本火山学会秋季大会(神戸大学)	2019
丸山照頼・鈴木由希	榛名火山二ッ岳渋川噴 火、細粒火砕物の産状と 岩石学	日本火山学会秋季大会(神戸大学)	2019
鈴木由希・福島涼人	榛名火山二ッ岳渋川噴 火、無層理の厚い火砕流 堆積物の産状と岩石学	日本火山学会秋季大会(神 戸大学)	2019
嶋野岳人・安田 敦・井口 正人	火山灰採取装置 SATSUMA による噴出物モニタリン グの進展	日本火山学会秋季大会(神 戸大学)	2019
嶋野岳人・日野英逸・安田 敦・井口正人・上木賢太・ 桑谷 立	火山灰測色値と地球物理 データとの時系列相関解 析 - 桜島昭和火口	日本火山学会秋季大会(神 戸大学)	2019

	2009-2015 年活動につい		
	T-		
諸澤直香・安田 敦・外西	新富士火山の噴火準備ア	日本火山学会秋季大会(神	2019
奈津美	イムスケールの制約	戸大学)	2019
	次世代火山研究推進プロ		
安田 敦・外西奈津美	ジェクト、分析・解析プ	日本火山学会秋季大会(神	2019
女山 秋 介西东洋关	ラットホームの石基組織	戸大学)	2013
	解析機能について		
岩橋くるみ・安田 敦・石	クリスタルクロットを用	日本火山学会秋季大会(神	
橋秀己	いたプレ噴火過程の制	戸大学)	2019
	約:雲仙平成噴火の例		
川口允孝・長谷中利昭・安	阿蘇火山における玄武岩	日本火山学会秋季大会(神	0010
田敦・外西奈津美・森	質マグマ存在深度の岩石	戸大学)	2019
康	学的制約 横ずれ断層端部に形成さ		
	傾りれめ増端部に形成さ れた阿蘇火山 熊本地震	 日本火山学会秋季大会(神	
田島靖久・長谷中利昭	での断層変位と火山の関	万本火山子云秋学八云(神 戸大学)	2019
	係		
	富士山宝永噴火の斑レイ		
石橋秀巳・針金由美子・安	岩からクレーサイト捕獲	日本火山学会秋季大会(神	2019
田 敦・外西奈津美	岩	戸大学)	2010
種田凌也・石橋秀巳・外西	玄武岩質メルトの結晶作	日本火山学会秋季大会(神	0.010
奈津美・安田 敦	用と分化の非平衡過程	戸大学)	2019
金口洋子・石橋秀巳・安田	BSE 像解析に基づく OPX	日本火山学会秋季大会(神	
敦・外西奈津美	の Mg#ゾーニングの定	万本火山子云秋学八云(神 戸大学)	2019
教 · 外 四 宗 佳 夫	量:箱根東京軽石の例	广入于)	
	噴出物の岩石学・組織学	と 次世代火山 PJ 令和元年度	
鈴木由希	から探る噴火準備過程・	研究集会(東大地震研)	2020
	規模決定要因		
鳥井真之・古市剛久・長谷	地震に伴うテフラ層の変	国際火山噴火史情報研究	
中利昭・北園芳人・遠田晋	形パターンとその成因:	集会(2019, No. 1) (福	2019
次・西山賢一・奥野 充	熊本地震と北海道胆振東	岡大学)	
	部地震との比較		
十川翔太・長谷中利昭・鳥	南阿蘇村立野地域におけ	国際火山噴火史情報研究	
井真之・大石博之・田村智	る先阿蘇溶岩の連続性:	集会(2019, No. 1) (福	2019
弥・森 康	予察調査報告	岡大学)	
十川翔太・鳥井真之・長谷	阿蘇カルデラ壁西縁に分	国際火山噴火史情報研究	
中利昭・大石博之・田村智	布する先阿蘇火山岩類の	集会(2019, No. 2) (福	2019
弥・森 康	溶岩層序	岡大学)	
十川翔太・長谷中利昭・鳥	阿蘇カルデラ壁西縁に分	国際火山噴火史情報研究	
井真之・大石博之・田村智	布する先阿蘇火山岩類溶	集会(2019, No. 2)(福岡	2019
弥・森 康	岩の化学組成	大学)	
川口允孝・長谷中利昭・岡			
村幸樹・磯部博志・細野高	 阿蘇黄土(リモナイト)の	日本地質学会第 126 年学	
啓・松田博貴・森 康・池	岩石学的特徴	術大会(山口大学)	2019
辺伸一郎			
i	i.	i.	

石橋秀巳・種田凌也・安田 敦・外西奈津美・千葉達朗	伊豆大島 1986 年噴火の 斑レイ岩捕獲岩中のメル ト包有物	日本鉱物科学会 2019 年年 会(九州大学)	2019
------------------------------	---------------------------------------	----------------------------	------

- (f) 特許出願、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定
 - 1)特許出願なし
 - 2)ソフトウエア開発なし
 - 3) 仕様・標準等の策定なし

(3) 令和2年度業務計画案

(a) 分析・解析プラットホームの構築

前年度に引き続き、分析・解析プラットホームの機能向上をはかる。具体的には、分析 効率の向上のため分光器 1 台を EPMA 装置に追加する。機器分析結果を熱力学的示強変数 に変換する機能を整備し、熱力学シミュレーションによるマグマの状態計算結果と容易に 比較可能にする。前年度に引き続き、画像解析機能の強化をおこない、マグマの上昇速度 の定量的検討に必要な拡散プロファイルの解析機能、石基微結晶の組成とサイズを自動解 析する機能を向上させる。(東京大学)

マグマの熱力学解析結果を天然試料の分析結果と比較する方法について、研究開発をおこなう。また膨大なデータの最適な保管や検索方法についての検討を継続する。(産業技術総合研究所)

(b) データの保存と利用環境の整備

前年度に引き続き、分析・解析プラットホームのデータベース連携プログラムの整備をおこなうとともに、データベースの骨格を決定し、データの取り込みを開始する。引き続き課題 A 担当者と連携してデータの公開方法について検討する。(東京大学)

(c) 火山噴出物の解析

各機関とも、前年度に引き続き各火山について火山噴出物分析を進め、マグマ溜り環境の実体化、マグマの上昇速度、マグマ混合から噴火に到る時間などの噴火事象分岐予測に必要な要素の取得に取り組む。

1) 有珠山

有珠火山の歴史時代噴火に関する分析・解析を引き続き実施するとともに、これまでに 得られている岩石融解実験結果とも組み合わせた解釈を試みる。(産業技術総合研究所)

2) 榛名山

二ツ岳の2噴火(伊香保・渋川)と、榛名カルデラ噴火の2本柱で研究を進める。これまで実施できていない鉱物組成分析を重点的に進める。特に基底部から上位層までが連続観察できた露頭の分析に基づき、噴出物の時間変化を解明する。前年度末にサンプリングを開始した、カルデラ噴火に伴う八崎降下軽石については、軽石の全岩組成分析を実施する。これにより同一噴火の産物と考えられている白川火砕流堆積物と里見火砕流堆積物の軽石との比較をおこなう。(早稲田大学)

3) 富士山

連携機関の富士山科学研究所と共同して、分析・解析プラットホームに整備した石基分析機能を用いて、多数の噴出物の分析をおこなう。具体的には、堆積状況から噴火の規模や様式が異なると考えられる新富士期の幾つかの噴火噴出物について斑晶と石基組織の解析をおこない、斑晶と石基の分析だけから噴火の規模や様式が読み出せるかを検討する。

(東京大学)

前年度に引き続き、富士山 1707 年噴火のガブロ捕獲岩の分析・解析をおこなう。特に、ガブロ捕獲岩中の粒間ガラスの分析に重点を置き、富士山のケイ長質マグマの噴火準備過程について検討する。(静岡大学)

令和元年度に採取した富士火山大沢降下スコリア、大渕降下スコリアの層序細分試料について、分析を進める。(常葉大学)

4) 伊豆大島

伊豆大島 1986 年噴火の噴出物の試料分析・解析をおこなう。本年度は特に、1986 年噴火の B 火口および C 火口由来の噴出物について石基組織解析をおこない、マグマの火道浅部結晶化プロセスを検討する。 (静岡大学)

5) 雲仙·普賢岳

前年度に引き続き平成噴火の噴出物の解析を進め、噴火前プロセス、特に、低温マグマとそれより高温のマグマの混合から噴火に至るプロセスの詳細を明らかにすることを目指す。必要に応じて比較対照のために雲仙新焼溶岩(1792年噴火)の試料解析もおこない、どのような条件でマグマの流動が促進され噴火につながるのかを検討する。(東京大学)

6) 阿蘇山

阿蘇カルデラ噴火およびその前後の噴火に注目して、完新世玄武岩試料、先カルデラ期 溶岩試料の分析・解析をおこない、マグマ供給系の変化について検討する。また、各ステージで活動するマグマの地球化学的特性および起源を明らかにし、現在のマグマ供給系に おけるカルデラ噴火可能性の評価をおこなう。(熊本大学)

7)霧島山

これまでに測色値および粒子構成比の分析をおこなった新燃岳 2017-2018 年噴出物について石基ガラス及び鉱物化学組成などの測定をおこない、必要に応じて 2011 年噴出物との比較をおこないつつ、噴火活動様式と噴出物の関係を明らかにする。(常葉大学)

2019 年度末に新燃岳享保噴火の研究を再開した。そこでは本プロジェクトの初期に未採取であった噴火初期の噴出物 (SmKP 1-3) を追加し、末期 (SmKP 7) までの噴出物を手元に揃えた。まず岩石学的検討として、SmKP1-3 について全岩組成や鉱物組成分析を実施し、SmKP 4-7 のデータ (坂井・鈴木, 2017) と比較する。組織学的検討においては、火砕物の見かけ密度データを噴火全体について揃えることを目標とする。 (早稲田大学)

御鉢火山の噴出物について試料分析・解析をおこなう。本年度は特に、1235年の準プリニー式噴火のスコリア中の斑晶に含まれるメルト包有物の化学分析をおこない、噴火前のマグマ条件について検討する。(静岡大学)

8) 桜島

令和元年度に引き続き、桜島火山のブルカノ式噴火、特に、南岳でも最大規模の 1987 年

11月17日噴火の噴出物について、斑晶メルト包有物の含水量を分析し、マグマの最終定置深度やマグマの上昇時間を制約する。これを歴史時代のプリニー式噴火や近年のブルカノ式噴火と比べて噴火様式の分岐条件を考察する。(東北大学)

令和元年度に引き続き、桜島火山において火山灰の連続採取をおこなう。また、粒径依存性を考慮して連続データの導出をおこなう。反射電子像を用いた構成粒子種分類プログラムを用いて構成粒子の比較については、令和元年度の結果を踏まえて改善をおこない、迅速に構成粒子比を導出できるようにする。 (常葉大学)

9) 諏訪之瀬島

令和元年度に引き続き、諏訪之瀬島火山の3万年前以降の主な噴出物の鉱物化学組成分析をおこなう。令和元年度までに石基ガラスおよび斑晶鉱物については化学組成分析を一通りおこなったので、本年度はこれらの結果を吟味してデータ蓄積をおこなう。いずれの噴出物についても、これまでの分析から複数端成分でのマグマ混合が想起されるので、データ蓄積により裏付ける。これまでに示唆された、これらの端成分組成やその混合比の時代変化、火山体成長・崩壊などと関連性について、本年度は、これらのより詳細なデータから制約を与えていく。

一方、歴史に残る最大の噴火である文化噴火(1813年)の細分層序試料の鉱物および石 基ガラス組成の分析を引き続き継続する。(常葉大学)。

10) その他

西之島については、前年度に引き続き 2019 年噴火の噴出物の解析を進め、2013-15 年噴火や 1973-74 年噴火とのマグマの違いについて明らかにする。何らかの時代変化が確認できた場合には、今後起こりうる噴火の様式についての検討をおこなう。 (東京大学)

研究期間中に国内の火山で、噴火が発生した場合には、必要に応じてその火山噴出物の 分析・解析をおこない、火山噴出物と噴火形態や物理観測との対応関係についての知識の 集積をはかる。(各参加機関)

(d) 課題の総合推進

研究対象とする火山のマグマ溜まり環境(温度、圧力、組成、含水量)の情報を随時更新し、課題 C-3 のシミュレーショングループと情報共有する。12 月頃に課題 C-1 の研究集会を開催し、研究の進捗の確認、情報共有をおこなう。特定の火山や噴火様式を対象とした研究集会を課題 C 全体で共催する。

3.2 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統 樹の作成

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 10か年の年次実施計画
- (e) 平成31年度(令和元年度)業務目的

(2) 平成31年度(令和元年度)の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
 - 1) 火山の噴火履歴及びマグマ長期変遷に関する基礎的研究
 - 2) 大規模噴火データベースの整備
 - 3) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発
 - 4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定

(3) 令和2年度の業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

「噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人北海	教授	中川 光弘	mnakagawa@sci.hokudai.ac.jp
道大学大学院理学	准教授	栗谷 豪	kuritani@sci.hokudai.ac.jp
研究院	助教	吉村 俊平	shumpyos@sci.hokudai.ac.jp
	技術専門職員	松本 亜希	a-matsu@sci.hokudai.ac.jp
		子	
	学術研究員	榎枝 竜之	
		介	
国立大学法人秋田	教授	大場 司	t-ohba@gipc.akita-u.ac.jp
大学大学院国際資			
源科学研究科			
国立大学法人秋田	教授	林 信太郎	shayashi@gipc.akita-u.ac.jp
大学教育文化学部			
国立大学法人山形	教授	伴 雅雄	ban@sci.kj.yamagata-u.ac.jp
大学理学部			
国立大学法人茨城	教授	藤縄 明彦	akihiko.fujinawa.volcano@vc.ibaraki.ac.
大学理学部			jp
	准教授	長谷川 健	takeshi.hasegawa.paul@vc.ibaraki.ac.jp
国立大学法人東京	准教授	前野 深	fmaeno@eri.u-tokyo.ac.jp
大学地震研究所			
学校法人日本大学	教授	高橋 正樹	takahashi.masaki@nihon-u.ac.jp
文理学部	教授	安井 真也	yasui.maya@nihon-u.ac.jp
	助教	金丸 龍夫	kanamaru.tatsuo@nihon-u.ac.jp
国立大学法人富山	教授	石崎 泰男	ishizaki@sus.u-toyama.ac.jp
大学大学院理工学			
研究部			
	准教授	川崎 一雄	
国立大学法人熊本	教授	宮縁 育夫	miyabuchi@gmail.com
大学くまもと水循			
環・減災研究教育			
センター			
国立研究開発法人	副研究部門長	伊藤 順一	itoh-j@aist.go.jp

産業技術総合研究	研究グループ長	石塚	吉浩	y.ishizuka@aist.go.jp
所	研究グループ長	下司	信夫	geshi-nob@aist.go.jp
	主任研究員	及川	輝樹	teruki-oikawa@aist.go.jp
	研究員	山崎	誠子	yamasaki.seiko@aist.go.jp
	研究員	草野	有紀	y.kusano@aist.go.jp
	主任研究員	石塚	治	o-ishizuka@aist.go.jp
	主任研究員	古川	竜太	furukawa-r@aist.go.jp
	研究員	南	谷介	y.minami@aist.go.jp
国立研究開発法人	契約研究員	長井	雅史	mnagai@bosai.go.jp
防災科学技術研究				
所				
国立大学法人筑波	教授	荒川	洋二	yaraka@geol.tsukuba.ac.jp
大学大学院生命環				
境科学研究科				
国立大学法人山口	准教授	太田	岳洋	takohta@yamaguchi-u.ac.jp
大学大学院創成科				
学研究科				
	助教	辻 智	習大	
公立大学法人大阪	准助教	佐藤	鋭一	
府立大学高等教育				
推進機構				
一般公益財団電力	主任研究員	上澤	真平	uesawa@criepi.denken.or.jp
中央研究所				
株式会社エンバイ	技術部長	和知	剛	
オ・エンジニアリ				
ング				

(c) 業務の目的

課題 C の最終目標である「火山噴火予測技術開発」のために、本サブテーマでは、複数の火山について、特に過去の噴火活動を対象とし、以下を実施する。(1)主として地質学的および物質科学的手法により、個々の火山における長期間かつ高精度の噴火履歴を復元する。(2) その成果に基づき高精度の時間-噴出物量図を作成する。(3)噴出物の物質科学的解析を詳細に行うことで、個々の噴火のマグマの挙動、および長期にわたるマグマ変遷・進化について解明する。そして(2)時間-噴出物量図と(3)マグマ長期変遷をもとに中長期噴火予測手法の開発を行い、実際に個々の火山で中長期噴火予測を行う。また、個々の噴火についても噴火推移を詳細に明らかにし、個々の火山でできるだけ多くの事例を蓄積することで、事象分岐確率の入った噴火事象系統樹の作成を目指す。さらに、最終的には噴火事象の火山毎の特徴と、共通する事象を明らかにして、火山噴火事象のモ

デル化に必要なパラメータ、例えば噴出量、噴火推移(噴出率変化)、マグマ物性(組成、斑晶量、温度)などを連携する課題、特に課題 C-1 や課題 C-3 に提供する。また、社会科学などの分野も巻き込み、噴火発生確率の社会への提示方法や活用方法について、検討を行っていく。

(d) 10か年の年次実施計画

1) 平成28年度:

全国各地にある重点火山・最重点火山について、これまでの研究成果の取りまとめと基礎的な地質調査を行い、浅間山についてはトレンチ掘削調査を、南西北海道において浅深度のボーリング掘削を実施した。また、6火山において次年度のボーリング掘削・トレンチ掘削地点を選定した。そして、気象庁コアをベースとした全国各地の火山の噴火履歴の解明を行った。さらに、大規模噴火データベースの構築に向けて、国内で過去約15万年間に発生した「大規模噴火」の噴火推移や噴出物の分布に関する情報を収集した。また、北海道大学では、防災科学技術研究所とともにボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を行った。さらに、北海道大学の既存施設にフーリエ変換赤外分光光度計を導入し、「マグマ変遷解析センター」を立ち上げ、整備した。

2) 平成29年度:

最重点火山の鬼界および浅間山での調査を本格的に開始した。まず鬼界において深深度のボーリング掘削を2ヵ年計画で行う予定で、平成30年1月より掘削を開始した。また、浅間山では山体周辺10ケ所でのトレンチ掘削集中調査を実施した。また、最重点・重点火山を中心とした4火山(鳥海山・蔵王山・日光白根山・恵山)について、予察的にトレンチ掘削調査を実施した。その他の最重点・重点火山については、引き続き野外調査を行い、ボーリング掘削およびトレンチ掘削の調査地点を選定した。また重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施し、次年度計画に組み込んだ。さらに、海外での噴火事例および噴火事象系統樹との比較研究として、ロシア・カムチャツカのアバチンスキー火山の地質調査を開始した。これら地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析を開始する。「マグマ変遷解析センター」では、他機関の研究者・大学院生の利用受け入れを開始した(3機関9名)。また、前年度に導入したフーリエ変換赤外分光光度計に、真空顕微システムを導入して揮発性成分分析システムを完成させた。さらに複数の対象火山の地元において、啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催した。

3) 平成30年度:

平成30年度は、平成29年度までに行った調査結果をもとに、雌阿寒岳・蔵王山・浅間山・阿蘇山においてトレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴を詳細に明らかにした。さらに、平成29年度でより解析が進んだ浅間山では、東南東麓でのボーリング掘削調査も実施し、テフラの主軸においてトレンチ掘削調査では確認できないより古い堆積物について層序を確立した。鬼界ではボーリング掘削を継続して330mまで掘削し、先行活動を含めたカルデラ形成噴火全体の履歴を明らかにした。また、有珠山では噴火開始時期および山

体崩壊発生時期特定のためにボーリング調査を実施した。その他重点火山については、引き続き地表踏査を中心とした調査を行うとともに、重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施した。個々の火山において、噴火履歴や噴火様式の明確な試料について基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを取得した。また、噴火系統樹の作成に用いる噴火履歴調査として、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、特に国内外のVEI>5 クラスの噴火の活動推移についてデータ収集を行った。さらに、対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会やトレンチ掘削調査の説明会を開催した。

4) 平成 3 1 年度 (令和元年度):

平成31年度(令和元年度)は、平成30年度に行った調査結果をもとに、雌阿寒岳・ 羊蹄山・鳥海山・秋田焼山・蔵王山・新潟焼山・浅間山・日光白根山・草津白根山・白山・ 御嶽山・阿蘇山において重機またはトレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴を詳細に明らか にした。さらに、摩周およびアトサヌプリでは、ボーリング掘削調査を実施し、過去数万 年間の噴火履歴解明に着手した。その他の重点火山については、引き続き地表踏査を中心 とした調査を行った。また、4年間の成果を踏まえ、最重点火山・重点火山の見直しを行 った。個々の火山において、確立された噴火履歴・噴火推移に基づいて採取された噴出物 の基礎的な物質科学的データを取得するとともに、「マグマ変遷解析センター」でより高精 度な物質科学的解析を実施した。それらデータより長期マグマ変遷を明らかにし、噴火履 歴との関連の検討も進めた。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質 とその時間変遷についてデータベース化をはかり、可能な火山については時間-噴出量階 段図の作成にも着手し始めた。さらに、中長期噴火予測手法および噴火事象系統樹の作成 手法について、より研究の進んでいる複数の火山を対象に、試作を通して手法を検討した。 また、噴火事象系統樹の作成に用いる噴火履歴調査として、大規模噴火の活動推移に関す るデータを得るために、特に国内外の VEI>5 クラスの噴火の活動推移についてデータを 収集した。さらに、対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開 催した。

5) 令和2年度:

令和2年度は、アトサヌプリ・雌阿寒岳・秋田焼山・秋田駒ケ岳・鳥海山・蔵王山・栗駒山・浅間山・伊豆大島・草津白根山および志賀火山・白山・九重山・阿蘇山において人力トレンチまたは重機トレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。伊豆大島については、沿岸域の地形地質調査も実施し、長期噴火履歴解明を目指す。アトサヌプリ・羊蹄山・有珠山については、ボーリング掘削調査を行い、火山全体の噴火履歴を明らかにする。その他の火山についても、引き続き地表踏査を中心とした調査を行う。研究の進んでいる火山においては、中長期噴火予測を試行し、噴火事象系統樹の試作を行う。また重点火山に見落としがないかの検討は引き続き全国で実施する。これら地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析も実施する。高精度解析を必要とした場合は、北海道大学の「マグマ変遷解析センター」で行う。また個々の火山について、これまでの噴火履歴・噴火活動推移履歴をとりまとめ、可能な

火山については時間-噴出量階段図を作成する。さらに、中長期噴火予測手法および噴火事象系統樹の作成手法について、より研究の進んでいる複数の火山を対象に、試作を通して手法の確立を目指す。また、噴火事象系統樹の作成に用いる噴火履歴調査として、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、海外事例を中心に噴火推移文献データの収集を行い、コンパイルした情報から噴火推移データ集の作成を進める。さらに、対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

6) 令和3年度:

最重点火山において、地表踏査、トレンチ掘削およびボーリング掘削を実施して、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。阿蘇山および北海道のカルデラ火山においてトレンチおよびボーリングにより調査研究を行う。また重点火山に見落としがないかの検討は引き続き全国で実施する。さらに、海外での噴火事例および噴火事象系統樹との比較研究を行う。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかる。重点火山で研究が進展した火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

7) 令和 4 年度:

最重点火山では、地表踏査、トレンチ掘削およびボーリング掘削を実施して、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。重点火山に見落としがないかの検討は引き続き全国で実施する。さらに、海外での噴火事例および噴火事象系統樹との比較研究を行う。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかる。重点火山で研究が進展した火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。試作した中長期噴火予測と噴火事象系統樹は関係機関や各火山の火山防災協議会に示し、評価を受けて改善点を探る。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

8) 令和5年度:

最終的に最重点火山および重点火山の見直しを行う。最重点火山では、地表踏査、トレンチ掘削およびボーリング掘削を実施し、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間

変遷についてデータベース化をはかる。研究が進展した重点火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。試作した中長期噴火予測と噴火事象系統樹は関係機関や各火山の火山防災協議会に示し、評価を受けて改善点を探る。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

9) 令和6年度:

最重点火山では、地表踏査に加えてトレンチ掘削およびボーリング掘削を実施し、噴火履歴および噴火推移を明らかにする。重点火山については、地表踏査を中心とした調査を行い、必要があればトレンチ掘削およびボーリング掘削も実施する。個々の火山において基礎的な物質科学的データを収集するとともに、代表的で重要な試料を選択し、「マグマ変遷解析センター」でより高度な物質科学的データを求める。得られた噴火履歴、噴火様式およびマグマの物質科学的性質とその時間変遷についてデータベース化をはかる。研究が進展した重点火山において、中長期噴火予測を行い、結果を公表する。また噴火事象系統樹の試作を行う。対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講演会を開催する。

10) 令和7年度:

研究成果のとりまとめと追加調査および分析を行い、研究成果と、中長期噴火予測と噴火事象系統樹を公表する。参加機関および協力機関の研究者により研究集会を開催し、特に個々の火山の中長期噴火予測と噴火事象系統樹について総括的な議論を行う。そして北海道、東北、関東、中部日本および九州で、中長期噴火予測および噴火事象系統樹に関する公開講演会を行う。また成果物は各火山防災協議会に提供する。

(e) 平成31年度(令和元年度)業務目的

引き続き、中長期噴火予測および噴火事象系統樹作成のための基礎的データ収集に努め る。まず最重点火山および重点火山の摩周・アトサヌプリにおいてボーリング掘削調査に より、隣接する両火山の噴火連動性の有無に注目して長期噴火履歴を明らかにする。また、 鳥海山・阿蘇山をはじめとする12の最重点火山・重点火山について、トレンチ掘削調査 を実施し、特に中小規模噴火まで含めた噴火履歴の解明を目指す。その他の重点火山につ いては次年度以降の重点調査に向けて、引き続き野外調査を行うと共に、ボーリング掘削 およびトレンチ掘削の調査地点を選定する。これら地質調査により得られた高精度噴火履 歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析を行うことで、長期マグマ変遷の解明を目 指す。産業技術総合研究所では、大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、海 外事例を中心に噴火活動推移についてデータを収集する。「マグマ変遷解析センター」では、 誘導結合プラズマ質量分析装置を新たに導入し、微量元素の高速・高精度化を目指す。ま た、引き続き既存装置を整備し、分析ルーチン手法の確立を行うとともに、参加・協力機 関の研究者・大学院生の利用受け入れる。さらに、課題責任機関である北海道大学は、防 災科学技術研究所(協力機関)とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構 築準備を行う。そして、随時対象火山の地元において啓蒙および研究成果普及のための講 演会を開催する。

(2) 平成31年度(令和元年度)の成果

(a) 業務の要約

最重点火山および重点火山である摩周およびアトサヌプリにおいて、ボーリング掘削を 実施した結果、3万5千年間のテフラ層序についての知見を得ることに成功した。阿蘇山 では、2019年噴火対応に加え、トレンチ掘削調査を実施し、最近の活動の噴火履歴を明ら かにした。鬼界では、昨年度までに実施した深深度ボーリング掘削試料について、放射性 炭素年代測定および物質科学的解析を実施し、カルデラ形成噴火の先行活動と考えられる 流紋岩溶岩流の噴出年代を明らかにし、カルデラ形成噴火前に未知の玄武岩質・安山岩質 溶岩が噴出していることも見出した。また、鳥海山では、野外調査とトレンチ掘削調査を 実施し、東鳥海山および西鳥海山の完新世の活動履歴を明らかにした。浅間山においては 追加のトレンチ掘削調査を実施し、昨年度までの成果と合わせて、浅間山の完新世の噴火 履歴をより高精度に解明した。その他の重点火山を中心とした活火山についても、トレン チ掘削調査や基礎的な地質調査を行った。そして、15火山において次年度のボーリング 掘削・トレンチ掘削地点を選定した。さらに、4年間の結果を踏まえ、最重点火山・重点 火山の見直しを行った。また、大規模噴火データベースの構築に向けて、国内外の歴史時 代に発生した大規模噴火推移に関する詳細データの収集を行った。また北海道大学の「マ グマ変遷解析センター」では、誘導結合プラズマ質量分析装置を新たに導入した。同セン ターでは、引き続き参加・協力機関の研究者を受け入れた。さらに北海道大学では、防災 科学技術研究所とともにボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を行った。

(b) 業務の成果

次に今年度の業務の成果について、4つの研究・検討項目毎に報告する。それらの項目 は以下のとおりである。

- 1) 火山の噴火履歴及びマグマ長期変遷に関する基礎的研究(大学連合・産業技術総合研究所)
- 2) 大規模噴火データベースの整備(産業技術総合研究所)
- 3) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発(北海道大学)
- 4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築(防災科学技術研究所・北海道大学)

1) 火山の噴火履歴及びマグマ長期変遷に関する基礎的研究

平成31年度(令和元年度)は、最重点火山・重点火山を中心とした全国の活火山において、野外調査、ボーリング掘削・トレンチ掘削調査を実施し、詳細な噴火履歴・噴火活動推移を明らかにした。伊豆大島については野外調査の結果、露出条件の良い露頭が複数見つかり、十分成果があったため、トレンチ掘削調査を見送った。また、噴火履歴の解明が進んでいる火山については、物質科学的解析も実施し、長期マグマ変遷についても検討した。さらに、次年度掘削調査対象として、15火山を選定した。以下に、主な成果のあった火山について、その概要を述べる。

〇雌阿寒岳: 地質学的調査およびトレンチ掘削による噴火履歴解明(産業技術総合研究所・ 大阪府立大学・北海道大学)

1. はじめに

雌阿寒岳は北海道東部の阿寒火山地域にある活火山である。雌阿寒岳の噴火活動は数万年から開始したと考えられており、その後、少なくとも8箇所の噴出中心から噴火を繰り返し、現在の姿に至った。雌阿寒岳14,000年前以降の噴火史については、和田ほか(1997)によって地質学的見地からステージ I~Ⅲに区分された。しかし、各ステージを特徴付ける堆積物について、山頂部と山麓部での対比が十分ではなく、また分布についても十分には明らかになっていない。我々は2018年度から通常の地質調査に加え、人力トレンチ調査を行い、「4C年代値を基に14,000年前以降の噴火活動の再検討を行っている。2019年度は通常の地質調査・人力トレンチ調査に加え、重機トレンチ調査(3地点)を行った(図1・2)。新たに「4C年代値を追加し、噴火活動の再検討を行ったので報告する。



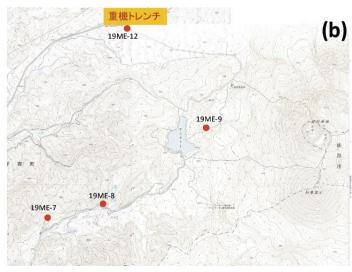


図1 2018 年度(18ME)・2019 年度(19ME)の人力および重機 トレンチ調査地点。(a)山頂部 および東山麓、(b)西山麓。



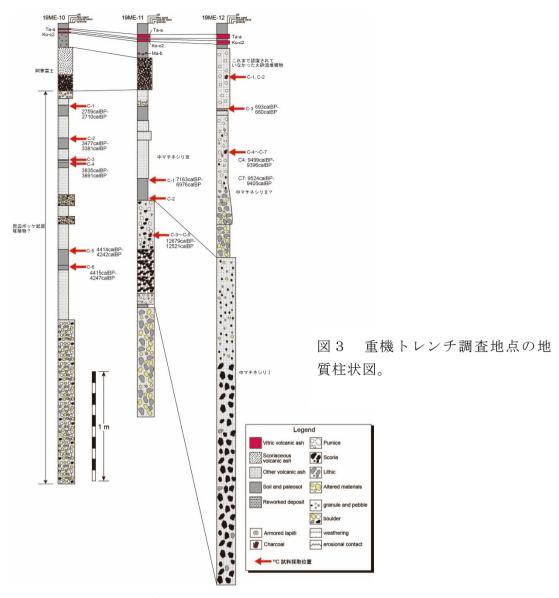
図2 重機トレンチ調査の様子(左は19ME-10地点、右は19ME-11地点)。

2. 調査結果

2019 年度調査では堆積物に挟在する土壌および炭化木片から合計 1 7 試料の ¹⁴C 年代値を得た(表 1)。噴出物の層序は、全体的に 2018 年度調査とほぼ同じだが、19ME-12 地点では、これまで認識していなかった火砕流堆積物を確認することができた。また、1,000 年前以降の噴火の堆積物の分布についてもより詳細に明らかにすることができた。以下に各噴出物について記載する。

表1 雌阿寒岳における 14℃年代測定結果。主な試料採取層序は図3を参照。

Sample No.	Sample type	Libby Age (yrBP)	pMC (%)	δ13C (‰)	Calendar age (2σ)
19ME5C-1	soil	630±20	92.47±0.25	-23.63±0.20	660calBP-623calBP (38.0%)
T9MESC-1	SOII	030±20	92.47±0.25	-23.63±0.20	609calBP-555calBP (57.4%)
19ME5C-2	soil	1070±20	87.52±0.24	-24.68+0.20	1051calBP-1027calBP (16.1%)
19ME3C-2	SOII	1070±20	67.32±0.24	-24.00±0.20	1004calBP-932calBP (79.3%)
19ME5C-3	soil	950+20	88.80+0.25	-24.30+0.16	928calBP-891calBP (28.0%)
TBINIESC-S	SOII	930±20	66.60±0.25	-24.30±0.10	885calBP-796calBP (67.4%)
					11061calBP-11032calBP (3.1%)
19ME7C-1	charcoal	9470±40	30.77±0.14	-25.31±0.20	10999calBP-10974calBP (2.4%)
					10789calBP-10585calBP (89.8%)
19ME8C-1	charcoal	1730±20	80.63±0.22	-21.17±0.17	1700calBP-1569calBP (95.4%)
19ME10-C1	soil	2580±20	72.52±0.22	-25.00±0.22	2759calBP-2710calBP (95.4%)
19ME10-C2	soil	3220±20	67.01±0.21	-18.99±0.22	3477calBP-3381calBP (95.4%)
19MF10-C4	soil	3480±30	64.81±0.20	-22.75±0.21	3835calBP-3691calBP (93.9%)
19ME 10-04			04.8110.20		3658calBP-3650calBP (1.5%)
19ME10-C5	soil	3890±30	61.65±0.20	-20.49±0.21	4414calBP-4247calBP (95.4%)
19ME10-C6	soil	3890±30	61.60±0.19	-19.25±0.23	4415calBP-4247calBP (95.4%)
19ME11-C1	soil	6160±30	46.44±0.17	-22.87±0.20	7163calBP-6976calBP (95.4%)
19ME11-C5	charcoal	10590±40	26.76±0.12	-23.57±0.21	12679calBP-12521calBP (86.8%)
TBINIETT-C5	Charcoai	10390±40	20.70±0.12	-23.37±0.21	12477calBP-12429calBP (8.6%)
19101103 CH1	charcoal	12160±40	22 00+0 12	-24.73+0.22	14194calBP-13906calBP (94.8%)
19101103_CH1	charcoai	12100±40	22.00±0.12	-24.73±0.22	13886calBP-13874calBP (0.6%)
19ME12-C3	soil	730±20	91.30±0.24	-24.58±0.21	693calBP-660calBP (95.4%)
					94994calBP-9396calBP (83.3%)
19ME12-C4	charcoal	8400±30	35.14±0.15	-26.14±0.21	9381calBP-9377calBP (0.4%)
					9361calBP-9308calBP (11.7%)
40ME40.07	ah a sa a a l	0.400.00	25.04+0.44	22.70+0.26	9524calBP-9405calBP (94.6%)
19ME12-C7	charcoal	8420±30	35.04±0.14	-22.70±0.26	9339calBP-9333calBP (0.8%)
19ME13-C1	soil	12450±40	21.24±0.11	-24.17±0.21	14928calBP-14240calBP (95.4%)



2-1 中マチネシリ I 噴出物

重機トレンチ調査 2 地点(19ME-11・19ME-12)で中マチネシリ I の堆積物が確認できた(図 3)。19ME-11 では、層厚約 $40 \, \mathrm{cm}$ の火砕流堆積物と層厚約 $40 \, \mathrm{cm}$ の降下火砕物が確認でき、火砕流堆積物中の炭化木片から $10,590 \pm 40 \, \mathrm{yrBP}$ (暦年校正年代: $12,679 \, \mathrm{ca1BP} \sim 12,521 \, \mathrm{ca1BP}$ (86.8%; $2 \, \sigma$)、以下同)の年代値が得られた。 $19 \, \mathrm{ME} - 12$ では、層厚 $3 \, \mathrm{m}$ を超える火砕流堆積物が確認することができた。層相の特徴と $^{14}\mathrm{C}$ 年代から中マチネシリ I 噴出物(和田ほか,1997)に対比できる。

2-2 中マチネシリⅡ噴出物

中マチネシリ Π の主な堆積物は火砕流堆積物であるが(和田ほか、1997)、その分布については明らかになっていなかった。今回、19ME-7 において、和田ほか(1997)の中マチネシリ Π に対比できる火砕流堆積物中の炭化木片から 9,470±40yrBP(10,789ca1BP~10,585ca1BP(89.8%; 2σ))の年代値を得ることができた。また、19ME-12 では、中マチネシリ Π とは岩相の異なる火砕流堆積物中の炭化木片から 8,400±30yrBP(9,499ca1BP~9,396ca1BP(83.3%; 2σ))と 8,420±30yrBP(9,524ca1BP~9,405ca1BP(94.6%; 2σ))の年代値を得ることができ、この火砕流堆積物は中マチネシリ Π に対比できる可能性があ

る(図3)。今後、岩石学的にも検討する必要があるが、中マチネシリ II は、約 10,700 年前と 9,400 年前にそれぞれ西および北西に指向性を持って流下した可能性がある。

2-3 中マチネシリⅢ噴出物

2018 年度調査から中マチネシリ III は北東から南東に流下した複数回の火砕サージ堆積物であることが明らかになった。今回の調査でも 19ME-11 で、全体で層厚 60cm 程度の火山灰層(各層は数 10cm 程度)を確認し(図 3)、層相から中マチネシリ III に対比できた。最下部の火山灰層の直下の土壌から $6,160\pm30 \text{yrBP}(7,163 \text{ca1BP} \sim 6,976 \text{ca1BP} (95.4\%; 2<math>\sigma$))の年代値が得られ、これは 2018 年度調査の年代値と整合的な結果であった。

2-4 阿寒富士の噴出物

これまでの調査で阿寒富士の最初期堆積物の直下には数 mm~数 cm 程度の火山灰層の存在を確認していた。2018 年度調査では、この火山灰層直下の土壌から約 2,500 年前を示す 14 C 年代値を得た。2019 年度調査においても阿寒富士の最初期堆積物の直下に火山灰層が確認でき(図 3)、19ME-10 では火山灰層直下の土壌から 2,580±20yrBP(2,795ca1BP~2,710ca1BP(95.4%; 2 σ))の年代値を得ることができた。さらに、最初期堆積物直下の火山灰層から新鮮なガラスを抽出し、EPMA で化学組成を分析した結果、この火山灰層は広域火山灰 Ta-c(約 2,500 年前)であることが明らかになった。 14 C 年代値および広域火山灰層の発見から、阿寒富士の活動は約 2,500 年前以降に開始したことが分かった。また、19ME-8 では、阿寒富士の溶岩直下の炭化物から 1,730±20yrBP(1,700ca1BP~1,569ca1BP(95.4%; 2 σ))の年代値が得られた。これまでの調査で、阿寒富士の最終的な噴火堆積物の直上にはわずかな土壌を挟んで火山灰層(後述の Pon-1)が堆積しており、その火山灰層の中にさらにパッチ状に広域火山灰である Ma-b(約 1,000 年前)が含まれていることが分かっていた。したがって、阿寒富士は約 2,500 年前以降に活動し、1,000 年前までには活動を終えていたことが明らかになった。

2-5 1,000年前以降の噴出物

2019 年度調査では、19ME-1・19ME-2・19ME-5 において阿寒富士の堆積物の上にポンマチネシリ起源の堆積物が存在することを確認した。それらは3層に分けられ下部から Pon-1・Pon-2・Pon-3 とした。Pon-1 には上述の Ma-b が含まれることから約 1,000 年前の噴火であり、Pon-2 および Pon-3 はそれぞれの堆積物の直下の土壌の 14 C 年代から、それぞれ約700 年前、約 400 年前の噴火と判断できた。図 4 に噴出物の分布を示す。また、19ME-12 では、地上から比較的浅いところに火砕流堆積物を確認することができ(図 3)、その堆積物の直下の土壌から 730 ± 20 yrBP (693 calBP \sim 660 calBP (95.4%; 2σ)) の年代値が得られた。年代値としては、Pon-2 に対比でき、その時期に北西方向に火砕流を流下した可能性がある。

3. 調査結果のまとめ

2019 年度調査では、新たに重機トレンチ調査を行った。特に 19ME-12 から中マチネシリ II と考えられる堆積物、そして 1,000 年前以降の火砕流堆積物を確認することができた。 今後岩石学的を加え、さらに詳細な噴火活動史を検討する予定である。

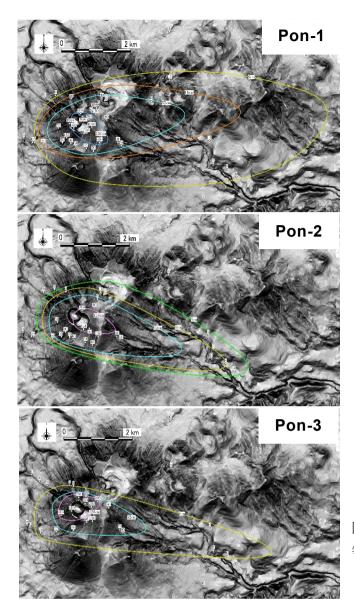


図4 1,000 年前以降の噴出物の 等層厚線図。

○摩周・アトサヌプリ:野外調査およびボーリング掘削調査による噴火履歴・噴火推移の 解明(北海道大学・茨城大学)

北海道東部には、地形的にもマグマ組成的にも区別できる3つの第四紀カルデラ火山が 近接しており、これらを形成した大規模噴火の活動中心は、時間とともに阿寒、屈斜路そ して摩周火山へと移動している。その中でも、後期更新世以降に活動した屈斜路軽石流1 (勝井・佐藤,1963)(40 cal ka:最新の屈斜路カルデラ形成噴火)と、その後に活動を 開始した摩周火山・アトサヌプリ火山について、現地調査、ボーリング掘削試料観察およ び室内分析を行い、噴火層序や様式の変遷などを検討した。以下にその成果をまとめる。

(1) 屈斜路軽石流 1 (Kp1) の噴火層序と推移 (茨城大学)

Kp1 が広く分布する屈斜路カルデラ北方地域を踏査し(図5)、本堆積物を下位から Unit 1~Unit 9に細分した(図6)。 Unit 1は白色、礫支持の軽石層で、細礫サイズの軽石・石質岩片が主体であり、遊離結晶およびシルト質火山灰も少量含む。Unit 2は白色のシルト質火山灰層で、火山豆石および遊離結晶を大量に含む。Unit 1・2はカルデラ北東約30kmの範囲に分布する。Unit 3・4はそれぞれ白色の軽石層、白色のシルト質火山灰層で、下位の Unit 1・2と類似した層相セットであるが、Unit 1・2より分布域が広い。Unit 5は白色、礫支持の軽石層で、Unit 1・3の軽石層よりも粗粒で発泡が良く、カリフラワー状軽石も含む。Unit 6は火山豆石を含む白色のシルト質火山灰層で、最大層厚で2m以上と厚く、道東全域に分布する。本地域の広域テフラであるクッチャロ庶路火山灰(Kc-Sr)(町田・新井、2003)に相当する。Unit 7は白色、非溶結の軽石流堆積物で、カルデラ北東~西方向に広く分布する。最大規模ユニットで、平均層厚は数十mである。基底部には、石質岩片・遊離結晶の濃集層(Ground layer)が認められ、Unit 6以下には認められない新鮮な安山岩質岩片に富む。Unit 8は白色のシルト質火山灰層、Unit 9は白色、非溶結の軽石流堆積物である。Unit 8・9の分布は屈斜路カルデラ北方向に限られる。

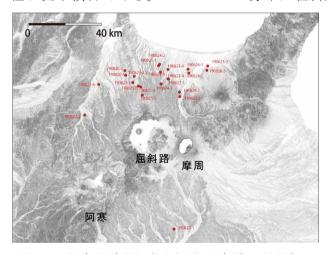


図 5 調査地点図(国土地理院電子地図)。

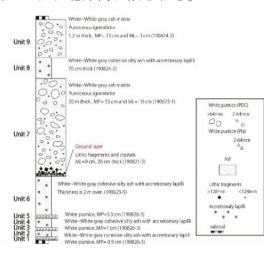


図 6 Kp1 噴火堆積物の模式柱状図。

軽石の斑晶および遊離結晶の鉱物組合せは、全ユニットに共通して斜長石、輝石、かんらん石からなるが、Unit 6 以降の軽石には、かんらん石はごくまれ (あるいは含まれない) である。粒度分布をみると、Unit $1\sim3$ はバイモーダルで、粗粒側は $-1\sim0$ ϕ 、細粒側は 5 ϕ にピークを持つ。一方、Unit $4\sim6$ はユニモーダルで、Unit $1\sim3$ よりも淘汰が良くなる(図 7)。石質岩片の割合は、Unit $1\sim3$ で $26\sim38$ wt%、Unit $4\sim6$ では $3\sim11$ wt%である(図 8)。

Unit $1\sim3$ は共通して、1)マグマの水冷破砕で生成されたと考えられる極細粒ガラス (5ϕ) に富み、2)比較的淘汰が悪く、3)分布域も限られ、4)石質岩片に富む。これらのことから Kp1 噴火では、上昇してきた珪長質マグマと過剰な外来水が接触し、やや不安定な噴煙柱を形成しながら噴火が開始したと考えられる。Unit $4\sim6$ は、下位ユニットよりも広範囲に堆積し、石質岩片の量も減少することから、火道が安定し、高い噴煙柱を形成した。特に広域テフラである Unit 6 は、浮力を効率的に獲得できる比率でマグマと外来水が接触していたと思われる。また、前半ユニットにかんらん石斑晶が普通に認められることから、噴火開始期の苦鉄質マグマの混合が示唆される。Unit 7 は、Kp1 の体積の大半

を占める火砕流で、石質岩片の種類もそれまでとは異なることから、この時にマグマ噴出率が過剰となり、噴煙柱崩壊そしてカルデラ崩壊が起きたと思われる。Ground layer の発見により、高速で流動化度の高い流れであったことも分かる。噴火の最盛期をむかえた後、火口域はカルデラ北側に限定され、比較的小規模なUnit 8・9を噴出して Kp1 噴火は終息した。本地域では、続いて大規模噴火活動の中心が、東部の摩周火山へと移行する。

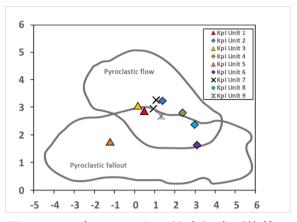


図7 Kp1 各ユニットの粒度組成(枠線は Walker, 1971)。

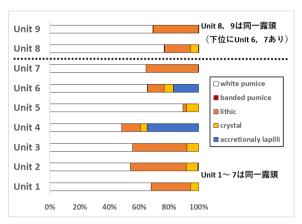


図8 Kp1 各ユニットの構成物量比 (32 ~1 mm)。

(2) 摩周火山およびアトサヌプリ火山の噴火履歴解明 (北海道大学・茨城大学)

摩周火山およびアトサヌプリ火山は後屈斜路カルデラ火山に位置付けられ、4万年前の Kp1 噴火以後、数千年に及ぶような長期の休止期間を経ずに活動を開始した(長谷川ほか,2009)。この過去約4万年間の活動では、摩周火山は苦鉄質マグマが卓越する時期が2回繰り返したとされているが、山体近傍ではその後の摩周カルデラ形成期噴出物に覆われて露出に乏しいため、噴火の回数や規模、噴火様式等については不明な点が多い。一方、アトサヌプリ火山は、Kp1 噴火後、苦鉄質マグマの活動により外輪山を形成し、その後降下軽石を伴うような爆発的噴火に移行した。最近1万5千年間は溶岩ドーム形成(現在のアトサヌプリ溶岩ドーム群)が主体であるとされているが、その詳細は不明である。そこで、図9に示す2地点(C1、C2)でボーリング掘削を実施した(掘削深度は地点C1;50 m、地点C2;100 m)(図10)。地点C1は摩周火山の東南東約12 kmに位置するカンジウシ山(標高276.9 m)近傍である。カンジウシ山は摩周火山の活動に関連したスコリア丘の可能性が考えられるが、その形成過程は不明であった。地点C2は摩周火山の東南東約6.5 kmに位置しており、両火山のテフラを観察できることが期待される場所である。

C1 コアは、深度 $0.0~m\sim1.7~m$ には黒ボク土を挟んで 3 枚のテフラ層が認められ、層相と層準から、上位より $Ma-b\cdot Ma-c\cdot M-d$ に対比される。深度 $3.5\sim4.9~m$ は Ma-1 に対比される。深度 $5.0\sim10.0~m$ にはテフラ層が 3 枚認められ、いずれも白色軽石が主体であるが一部にスコリアや石質岩片を含む。深度 $11.0\sim25.3~m$ は土壌を介在しない一連の軽石及びスコリアからなり、以下の層相からカンジウシ山を形成する火山噴出物と判断できる。噴出物下部にあたる深度 $25.5\sim24.0~m$ はほとんどが白色軽石からなり、一部には火山豆石が認められる。深度 24.0~m 付近より上部では灰色軽石や縞状軽石が含まれ、上位ほどそ

の割合が増加する。さらに、深度 15.0 m 付近より上位では黒色軽石やスコリアが含まれ、軽石は水平方向に扁平化するなど弱溶結の岩相を示す (図 1 1 左上写真)。軽石の最大粒径は 7 cm 以上と大きく、これら一連の噴火堆積物は火口近傍相と考えられ、カンジウシ山起源と結論できる。

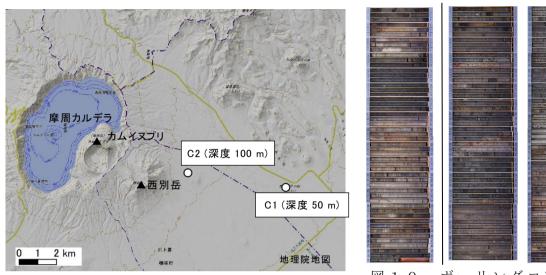


図9 ボーリング掘削地点。

図 1 0 ボーリングコア写真 (左:C1、右:C2)。

深度 $34.5\sim40.2$ m 及び深度 $45.2\sim48.1$ mには白色軽石からなる火砕堆積物が認められ、発泡度がよくやや斑晶が多いといった軽石の特徴からアトサヌプリ火山起源の噴出物と考えられる。深度 $40.2\sim40.3$ m には角閃石を含む細粒砂サイズの薄い火山灰層が認められるが、北海道東部の火山噴出物には角閃石は含まれないことから、この火山灰層は広域テフラの可能性がある。深度 $50.1\sim50.5$ m は粗粒砂〜細粒砂サイズのスコリア層である。

C2 コアは、深度 $0.0\sim4.9$ m には黒ボク土を挟んで 8 枚のテフラ層が認められ、上位から Ma-b・ $Ma-c1\sim Ma-c4$ ・Ma-d・Ma-e Ma-e Ma-e

コアに含まれる火山噴出物の堆積年代を明らかにするため、黒ボク土もしくは褐色土壌を採取し、AMS 法により放射性炭素年代を測定した(表 2)。C1 コアのカンジウシ山噴出物(深度 $11.0\sim25.3~\text{m}$)の直下の土壌からは 27,800~yBP の年代値が得られた。今後化学組成分析等による検討が必要であるが、カンジウシ山は、摩周火山の活動と並行して形成された可能性がある。また、年代・層序的に角閃石を含む火山灰層は、大雪御鉢平テフラ (Ds-0h:38,000~yBP) と思われる。この場合、 $45.2\sim48.1~\text{m}$ の白色軽石流は Kp1 に対比され、その下位に摩周系のスコリアが存在することになる。つまり、摩周火山は屈斜路の後カルデラ火山ではなく、屈斜路カルデラの活動と時期を重ねながら活動を開始した可能性が指

摘できる。C2 コアの深度 $72.0\sim77.5$ m の火砕堆積物直下の土壌からは 22,970 yBP の年代値が得られ、アトサヌプリ火砕流に対比されると思われる。年代・層序から見て C1 コアの深度 $5.0\sim10.0$ m のテフラ層 3 枚及び C2 コアの深度 $26.5\sim30.5$ m テフラ層は、軽石の特徴や層序関係から、茶内テフラ層(宮田ほか、1988)のいずれかにそれぞれ対比されると考えられる。

摩周火山及びアトサヌプリ火山は組成の異なる独立したマグマ系が活動しており、火山ガラス組成においても摩周火山は低カリウム、アトサヌプリ火山は中カリウムの組成をもつ(長谷川ほか,2009)(図12)。現段階では一部のコア試料の分析にとどまっているが、今後、コア試料について系統的な火山ガラス組成分析等を実施し、噴出物の対比と給源の決定を進める予定である。



表 2 放射性炭素年代測定結果。

地点	試料名	採取深度(m)	試料形態	$\delta^{13}C(\%)$	¹⁴ C年代(yrBP)	2σ暦年代範囲	
C1	191521	2.95	土壌	-23.28 ± 0.26	7,000 ± 30	7933caIBP-7746caIBP(95.4%)	
C1	191522	25.30	土壌	-30.47 ± 0.30	27,800 ± 120	31820calBP-31240calBP(95.4%)	
				***************************************		8303calBP-8257calBP(11.1%)	
C2	191524	15.40	土壌	-21.73 ± 0.27	$7,360 \pm 30$	8250calBP-8244calBP(0.6%)	
							8215calBP-8038calBP(83.7%)
C2	191525	19.10	1.16	-27.34±0.26	10.610 ± 122	12695calBP-12528calBP(92.5%)	
02	191020		土壌	-21.34 ± 0.26	10,610±122	12462calBP-12438calBP(2.9%)	
C2	191527	19.65	土壌	-26.06 ± 0.24	17,580 ± 60	21485calBP-20995calBP(95.4%)	
C2	191528	77.50	土壌	-26.93 ± 0.29	22,970 ± 90	27511calBP-27087calBP(95.4%)	
C2	191529	90.05	土壌	-32.05 ± 0.28	30,370 ± 150	34693calBP-34039calBP(95.4%)	

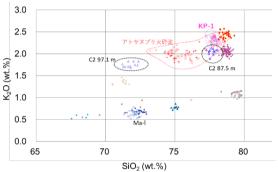


図11 ボーリングコアの柱状図。

図12 火山ガラス組成分析結果。

引用文献

勝井義雄・佐藤博之(1963) 1/50,000 地質図幅「藻琴山」および同説明書. 北海道開発庁, 42p.

町田洋・新井房夫(2003)新編火山灰アトラス.日本列島とその周辺.東京大学出版会,336p. Walker, G.P.L. (1971) Grain size characteristics of pyroclastic deposits. J. Geol., 79,696-714.

長谷川健・岸本博志・中川光弘・伊藤順一・山元孝広(2009) 北海道東部,根釧原野および斜里平野における約3万5千~1万2千年前のテフラ層序と後屈斜路カルデラ火山の噴火史. 地質学雑誌,115(8),369-390.

宮田雄一郎・山口昇一・矢崎清貫(1988) 1/50,000 地質図幅「計根別地域の地質」および 同説明書. 地質調査所,77p.

1. はじめに

北海道中央部に位置する十勝岳火山群は、標高 1,400-2,000m の複数の成層火山体および溶岩ドームからなる火山群である。最近 5,000 年間は十勝岳の北西火口域において活動が継続している (藤原ほか,2007,2009; 石塚ほか,2010)。また、20世紀に3回のマグマ噴火を起こしており、1926 年には大規模な火山泥流により、国内最大級の災害が発生している。一方、その十勝岳の南部には「ヌッカクシ火口」(石塚ほか,2010)が存在する(図13)。江戸時代の安政年間に噴気が認められていたという古記録をもとに「旧噴火口」あるいは「安政火口」と呼ばれていたが (勝井ほか,1963; 石川ほか,1971)、この火口の活動履歴については、過去数千年間の間に水蒸気噴火があったことが指摘されている (斎藤ほか,1997,1998) 以外は不明な点が多く、今後の課題とされている。そこで本年度は、ヌッカクシ火口周辺の活動履歴を明らかにするために、赤色立体地図による地形観察および野外調査を実施した。

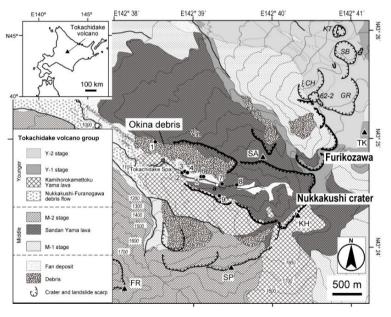


図13 十勝岳、ヌッカクシ火口域周辺の火山地質図(石塚ほか,2010)。SA:三段山、KH:上ホロカメットク山、SP:三峰山、FR:富良野岳、TK:十勝岳、GR:グラウンド火口、SB:擂鉢火口、KT:北向火口、CH:中央火口、62-2:62-2火口。本研究の調査地点を黒丸(柱状図作成)および白丸(露頭観察)で示している。

2. ヌッカクシ火口域周辺の地形

ヌッカクシ火口は、十勝岳北西火口域のような明瞭な火口地形は示さず、崩壊・侵食が進んでいる(図14)。ヌッカクシ火口の周辺には、崩壊地形と思われる振子沢が隣接しており、南側の三峰山にも北斜面に崩壊壁が認められる。被覆関係をみると、この三峰山の崩壊地形を覆うように上ホロカメットク溶岩類の一部および三段山溶岩類が分布し、それらを切るようにヌッカクシ火口および振子沢が存在している。ヌッカクシ火口および振子沢源頭部では、崩壊に伴う斜面地形が主体である。また、三段山の中腹および上ホロカメットク山南部には明瞭な火口地形が確認できる。ヌッカクシ火口の西側には、ヌッカクシ富良野川に沿って、明らかに新鮮な崩壊地形が認められる。その付近には流れ山地形が確認でき、十勝岳温泉周辺のものは従来の研究で報告されている翁溶岩地すべり堆積物に相当すると考えられる。

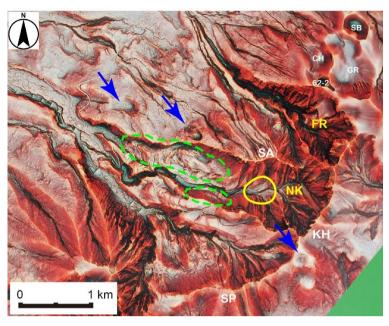
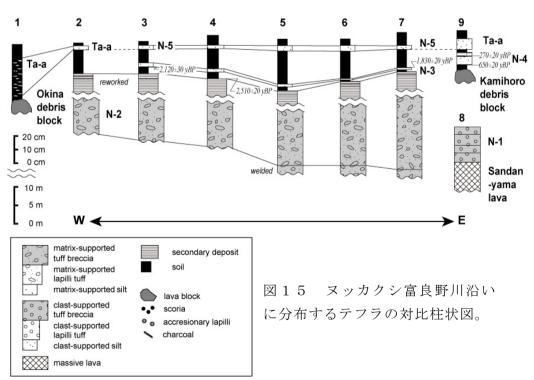


図14 ヌッカクシ火口域の 赤色立体地図(アジア航測株式 会社制作・国土交通省北海道開 発局旭川開発建設部治水課提 供)。FR:振子沢、NK:ヌッカク シ火口、SA:三段山、KH:上ホ ロカメットク、SP:三峰山、GR: グラウンド火口、CH:中央火口、 SB:擂鉢火口、62-2:62-2 火口。 矢印は火口地形を、緑(破線) は流れ山地すべり地形を、黄色 (実線)は現在のヌッカクシ火 口内の噴気地帯の中心部を示 す。

3. テフラ層序

野外調査において、テフラ層についてその直下または直上に明瞭な土壌に挟まれるものを 1 枚のテフラ層と認識した。その結果、ヌッカクシ富良野川沿いで計 5 枚のテフラを認識した(図 1 5)。下位から $N-1\sim N-5$ とし、下位より記述する。



N-1 (模式地:地点8) N-1 は、ヌッカクシ火口遊歩道の分岐点付近(地点8) において観察できる層厚10m 凝灰角礫岩であり、白灰色の変質した塊状溶岩(以下、三段山溶岩類と呼ぶ)を直接覆い、この付近の表層を構成している(図16a・16b)。N-1 は礫支持の堆積物であり、岩相の違いから層厚2-3mの4枚のサブユニットに区分される。直径1m超

の鋭角な灰色石質岩片(最大粒径 2m)とその間埋める赤褐色・白色・黄褐色火山灰からなり、全体としてマントルベディング構造を示すことから、降下火砕物であると考えられる。 N-2 (模式地:ヌッカクシ富良野川河岸) 地点8から十勝岳温泉付近までのヌッカクシ富良野川の河岸には、最大層厚20mの黄褐色を呈する弱溶結~未固結の凝灰角礫岩が連続して露出している(図16a・16c)。基質支持構造を示し、亜角礫の灰色および淡褐色の変質岩片(最大粒径2m)の間を黄褐色火山灰が埋める。地点aでは、基盤の弱溶結の赤褐色凝灰角礫岩(ヌッカクシ富良野川岩屑なだれ堆積物)を覆っており、弱い成層構造をもつ(図16d)。下流になると、N-2は無層理の凝灰角礫岩になる。これらの産状から、N-2は土石流堆積物であると考えられる。ヌッカクシ火口周辺では、三段山の崩壊・浸食による複数の斜面崩壊堆積物が認められていることから(図16a)、N-2も三段山の崩壊による岩屑流である可能性が高い。なお、発生年代については不明である。

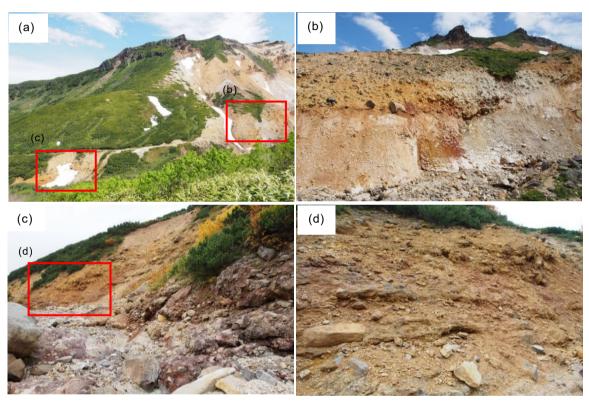


図16 (a)南方から望む三段山とヌッカクシ火口遊歩道。(b)地点8の露頭写真。(c)地点aの全体写真。(d)成層構造を示すN-2堆積物。

N-3 (模式地:地点3) N-2 相当の再堆積層の上位に認められる白色粘土質火山灰層である。模式地の地点3では、厚さ3cmの土壌を挟んで認められ、層厚は約3cmである(最大粒径:3mm、平均粒径:1mm)(図17)。水平方向の連続性は悪く、レンズ状に連なる産状が多い。また、ヌッカクシ火口に近づくにつれ、薄くなる傾向がある(図15)。構成物は白色変質岩片が主体で、褐色変質岩片、灰色弱変質岩片、少量の遊離結晶も含まれる。地点3における直下の土壌および地点7における直上の土壌から、それぞれ2,120±30 yBP(2,154-2,004 calBP:2 σ ,以下同じ)および1,830±20 yBP(1,824-1,708 calBP)の放射性炭素年代値が得られた。これらの産状より、N-3 は水蒸気噴火による降下火山灰堆積物であると考えられる。地点3付近で粗粒になり層厚も大きくなること、三段山中腹には

明瞭な火口地形が確認できることから(図14;以下、三段山中腹火口と呼ぶ)、この火口が給源である可能性が高い。

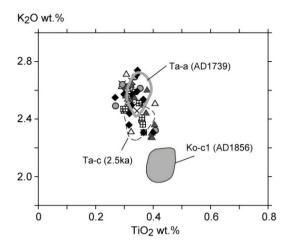
N-4 (模式地:地点9) ヌッカクシ火口遊歩道から上ホロカメットク山へ向かう登山道沿 いの地点9で確認された土壌混じりの淡灰色火山灰層である。ここでは、厚さ5cmの土壌 を挟んで地すべり堆積物の上位に認められる。ごく薄い(<0.6cm)土壌を挟んで2枚のサ ブユニットに区分される。構成物は、亜角礫の白色変質岩片、褐色変質岩片、灰色弱変質 岩片、少量の遊離結晶からなる。直下の土壌およびサブユニット間に介在する土壌から、 それぞれ 650±20 yBP (601-559 calBP) および 270±20 yBP (322-284 calBP) の放射性炭 素年代値が得られている。また、N-4の上位には層厚 2cmの土壌を挟んで Ta-a テフラ (後 ず)が堆積する。このテフラは降下火砕物であると考えられるが、給源は不明である。 N-5 (模式地:地点5) ヌッカクシ火口遊歩道沿いで表層から約5~10cmの位置に認めら れる白色~淡褐色火山灰層である(図17)。水平方向の連続性が良く、N-3とセットで観 察されることが多い。模式地の地点 5 において、厚さ 25cm の土壌を挟んで N-3 の上位に 堆積する。最大層厚は 4cm・最大粒径 1cm で、模式地から離れるにつれ細粒になり薄くな る(平均粒径 1mm、層厚 2cm)(図 1 5)。構成物は、主に無色ガラスが付着した遊離結晶と 無色ガラス片からなり、その他に白色変質岩片・褐色変質岩片・灰色弱変質岩片が含まれ る。なお、この火山ガラス片の化学組成は Ta-a テフラと一致する(後述)。N-1 テフラは、 ヌッカクシ火口から離れるほど層厚が増大し、構成物も粗粒になることから、N-3 と同様 に、模式地近くの三段山中腹火口由来と考えられる。



図17 ヌッカクシ火口 遊歩道沿いの地点3の露頭 写真とスケッチ。三角は放 射性炭素年代測定用の試 料を採取した部分を示す。

4. 広域テフラおよび降下火山灰中の火山ガラス組成

本調査では、ヌッカクシ富良野川沿いにおいて広域テフラを認識した。最大層厚 $10 \, \mathrm{cm}$ の 火山灰層で、平均粒径 $1 \, \mathrm{mm}$ の軽石質ガラスと鉱物片(斜長石・直方輝石・単斜輝石・不透明鉱物)からなる。この広域テフラについて、火山ガラス組成分析を行ったところ、いずれの地点の試料も樽前 a テフラ(西暦 1739 年)に同定された(図 1 8)。また、地点 1 において翁溶岩地すべり堆積物の上位の土壌中にも $1 \, \mathrm{max}$ であることを確認した。さらに、ヌッカクシ富良野川沿いの最上位の降下火砕物($1 \, \mathrm{max}$ である新鮮な火山ガラス組成を分析したところ、いずれも $1 \, \mathrm{max}$ である。この広域テフラについて、火山ガラと類似した組成を示すことが分かった。



widespread	N-5 tephra	
tephra	O Loc3	
X Loc 1 △ Loc 8	⊞ Loc 5◆ Loc 6▲ Loc 7	

図18 ヌッカクシ火口域に分布する 広域テフラと N-1 テフラ中に含まれる 火山ガラスの化学組成。近傍層の試料 の火山ガラス組成範囲も示している。

5. まとめと今後の課題

今回の調査によって、ヌッカクシ富良野川沿いに計 5 枚のテフラを認識した(図 1 5)。それらのうち、噴火年代が不明な $N-1 \cdot N-2$ を除く 3 枚は完新世の活動によるものである。 齋藤ほか(1997, 1998)では、ヌッカクシ富良野川沿いにおいて、過去 3,000 年間に 3 枚の水蒸気噴火堆積物(直下または直上の土壌より、2,770 calBP・1,960 calBP・620 calBP)を見出しているが、N-5 テフラはいずれにも該当せず今回初めて認識したテフラであるといえる。N-5 テフラは、広域テフラ Ta-a(1739 年)の火山ガラス片を多く含むことから、 1 8世紀以降に堆積した、つまり、ヌッカクシ火口域では 1 8 世紀以降に噴火が起きたといえる。ヌッカクシ火口が「安政火口」という別名をもつ所以は、N-5 噴火が発生したからなのかもしれない。今後は、さらに調査範囲を広げ、本地域の完新世の活動履歴を明らかにし、十勝岳北西火口域の活動との関連を検討していく必要があると考えられる。

謝辞

本調査は、小林卓也氏の卒業研究に追加調査を実施したものである。調査を行うにあたり、現地管理官事務所、教育委員会、森林管理署の皆様にご協力いただいた。また、アジア航測株式会社および国土交通省北海道開発局旭川開発建設部治水課からは赤色立体地図をご提供頂いた。これらの方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 藤原伸也・中川光弘・長谷川摂夫・小松大祐(2007)北海道中央部,十勝岳火山の最近3,300年間の噴火史.火山,52,253-271.
- 藤原伸也・石塚吉浩・山崎俊嗣・中川光弘(2009)十勝岳北西麓で新たに発見された 4,700 年前の火砕流堆積物と十勝岳の完新世の活動の再検討.火山,54,253-262.
- 石川俊夫・横山泉・勝井義雄・笠原稔 (1971) 十勝岳,火山地質・噴火史,活動の現況および防災対策. 北海道防災会議,136p.
- 石塚吉浩・中川光弘・藤原伸也(2010)十勝岳火山地質図1:30,000.火山地質図16,産 総研地質調査総合センター,8p.
- 勝井義雄・高橋俊正・土居繁雄(1963)5万分の1地質図幅「十勝岳」および説明書.北海 道開発庁,47p.

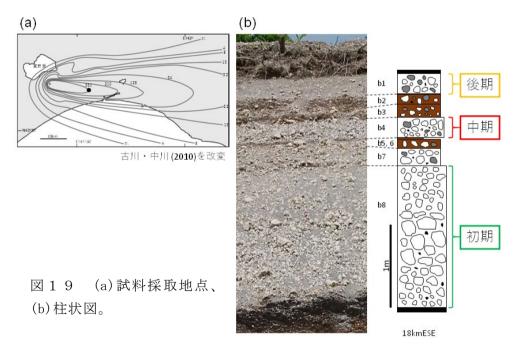
齋藤裕子・堀伸三郎・市川八洲夫・槇納智裕(1997)十勝火山群,上ホロカメットク火山の最近の火山活動,日本火山学会1997年度秋季大会要旨集,101.

齋藤裕子・槇納智裕・松尾淳・堀伸三郎 (1998) ヌッカクシ富良野川沿いの火山活動に伴う土砂移動. 平成 10 年度砂防学会研究発表会概要集, 310-311.

○樽前山:物質科学的解析による噴火準備段階の研究(北海道大学)

1. はじめに

樽前火山は、本プロジェクトでは重点火山に指定されている活火山である。これまで4回の大規模な噴火があり(9,000年前の $Ta-d \cdot 2500 \sim 2700$ 年前の $Ta-c \cdot 1667$ 年の $Ta-b \cdot 1739$ 年のTa-a)、各噴火では $0.1 \sim 1$ km^3 のマグマを噴出した(古川、1998)。そのうち、Ta-b は最大規模のプリニー式噴火であり、噴煙柱は成層圏まで達したと考えられている。その後は 1981年までに複数回の小規模噴火があり、現在は火山性地震および噴気の活動にとどまっているが、地下にはまだなお高温のマグマが控えており、今後、Ta-b 規模の噴火が再来する可能性が危惧されている。本研究では、いったいどのような仕組みで、この最大規模のTa-b噴火が発生したのかを明らかにすることを目的とし、噴火直前のマグマ溜まりの状態を究明することにした。本年度は、メルト包有物の主成分の分析結果を報告する。



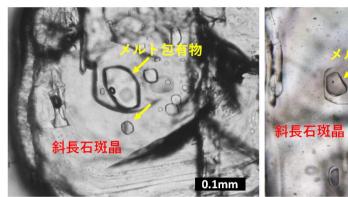
2. 手法

樽前山の東南東 18 km の地点において、Ta-b 噴火の初期~後期までの噴出物を系統的に採取した(図19)。各サブユニットから白色軽石を採取し、鉄乳鉢で軽く砕き、最も多く含まれる斜長石斑晶を取り出した。そして、斜長石斑晶中のメルト包有物を露出させ、電界放出型電子プローブマイクロアナライザ(JEOL JXA-8530F)を用いて主成分を分析した。メルト包有物は、斑晶鉱物中に閉じ込められた小さなガラス粒子であり、噴火時の脱ガス

を免れている。そのため、マグマ溜まり内部での揮発性成分の挙動という、噴火トリガー に密接に関係する要素を解明する上で、メルト包有物を解析することは極めて有用である。

3. 結果

斜長石斑晶中のメルト包有物を図20に示す。メルト包有物は無色~淡色透明であり、小さな収縮気泡 (shrinkage bubble) を含んでいるものが多かった。 このことは、多くのメルト包有物はリークせず、捕獲時の揮発性成分を保持していることを示唆する。



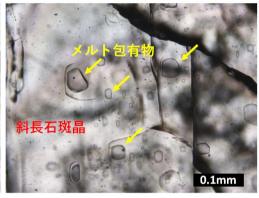
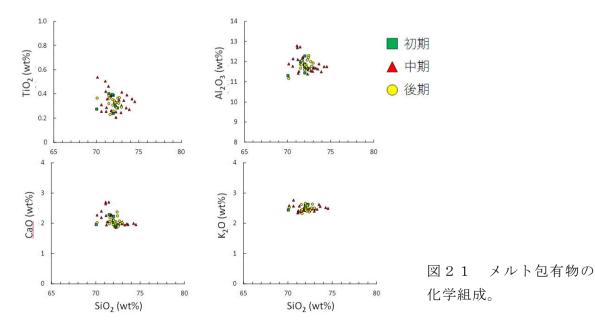


図20 斜長石斑晶中のメルト包有物。

メルト包有物の化学組成を図21に示す。これによると、メルト包有物の化学組成は流 紋岩質であり、噴火初期・中期・後期に系統的な変化は確認できない。このことから、メ ルト組成は、マグマ溜まりの深度や位置によらず、一定であったと考えられる。

今後は、メルト包有物の揮発性成分($H_2O \cdot CO_2 \cdot S \cdot C1$)の濃度分析を行う。 $H_2O - CO_2$ 濃度と溶解度則から包有物の捕獲深度を計算する。そして、 マグマ溜まり内の各深度で、揮発性成分がどのように分布していたかを調べてゆく。



○羊蹄山:山麓トレンチ掘削調査による噴火史の再検討(北海道大学・電力中央研究所)

1. はじめに

羊蹄火山は、南西北海道中央部に位置する第四紀の成層火山(標高 1,898 m)である。本火山の火山活動は、これまでに山頂周辺の噴出物や山麓のテフラ層序・年代の研究により、少なくとも約5万年前~数千年前まで活動したことが明らかにされてきた(上澤ほか,2011; Uesawa et al., 2016)。その後、Amma-Miyasaka et al. (2020)により、羊蹄火山起源と考えられる7~8万年前の火山灰層が東部石狩低地帯に存在すると報告されたため、山麓の火山灰層で対応する層の存在を検討し、羊蹄山の爆発的噴火がいつから始まったのかを確かめる必要が出てきた。また、西山麓の噴火によって形成された半月湖は周辺地域の火山防災を考える上で重要であるが、噴火年代が不明である。そこで、今回は上記の問題を解決するために、羊蹄山麓の2カ所で掘削調査を実施した(図22)。

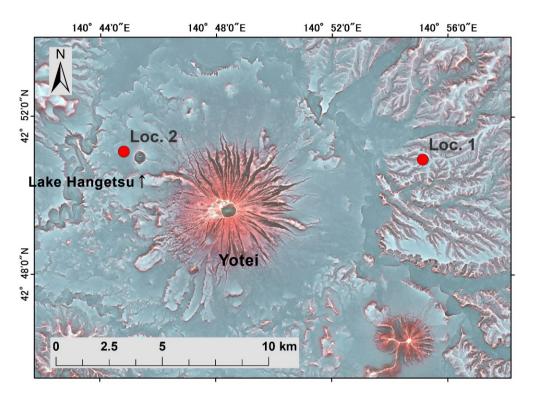


図22 掘削地点位置図。ベースマップの赤色立体地図は、国土地理院提供の10m DEM を用いてアジア航測(株)により作成された。

2. 羊蹄火山東麓における掘削

地点1では、約5~2万年前までのテフラ層が露頭で観察される(図22)。そこで、露頭の下部を掘削し、より下位の噴出物の発見を目的とした。幅約2m、深さ約5mの掘削を行った結果、新たに明灰色~灰褐色の8枚の降下火砕物を認識した。EPMAによるガラス組成分析により、このうち6枚が羊蹄山起源(Y019-3-10~15)、2枚が他火山起源(Y019-3-8・9)であると推定された(図23・24)。しかしながら、今回の調査では、羊蹄山の爆発的噴火の開始時期を明らかにすることは出来なかった。今後は、さらに深部へと掘り進めると供に、より詳細な噴出物の記載と岩石学的な分析・解析を進めていく予定である。



図 2 3 掘削地点 1 の写真。 $Y39 \sim Y43$ は 既知テフラ (Uesawa et al., 2016)。 $Y019-3-1 \sim 15$ が採取したテフラのサンプル番号を示しており、オレンジ色が羊 蹄火山起源、緑色が他火山起源と考えられる。

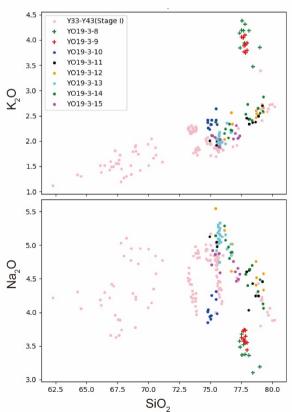


図 2 4 代表的なガラス組成のハーカー図。他火山起源と考えられるテフラは、 K_2 0 に富み、 Na_2 0 に乏しい。 Y33~Y43 のガラス組成は、Uesawa et al. (2016)より引用した。

地点 2 は、約 1 万年前頃に噴出したと考えられる半月湖噴出物の火口近傍にあたり(図2 2)、その層位・年代を把握できると考えられる。そこで、5m 四方、深さ 3m の掘削を行い、イベント堆積物の下位の土壌の放射性炭素年代測定を実施した。測定は(株)加速器分析研究所に依頼した。その結果、半月湖噴出物を直接観察することは出来なかったが、山麓斜面を覆う 2 枚の土石流堆積物(下位より L1、L2)とその下位に Y6 噴出物(21,806-21,254 cal. yBP; Uesawa et al., 2016)の再堆積層を観察することができた(図 2 5)。土石流堆積物直下の土壌層の放射性炭素年代値は、上位から 10,301-10,582 cal. yBP および 11,756-12,061 cal. yBPであった。掘削地点は半月湖噴出物が分布すると考えられる場所であり、半月湖噴出物がこれらの堆積物を覆っていないことから、少なくとも半月湖の噴火は完新世以前であると考えられる。しかし、どの層位より上位なのか下位なのかを明確に判断することは出来なかった。今後は土石流堆積物の構成物の解析などを行い、詳細な検討を進める予定である。



図25 掘削地点2の写真。

引用文献

Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S., Furukawa, R. (2020) Stratigraphy and chronology of silicic tephras in the Shikotsu-Toya volcanic field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in southwestern Hokkaido. Quaternary International, in press.

上澤真平・中川光弘・江草匡倫(2011)南西北海道,羊蹄火山の完新世噴火史の再検討. 火山,56,51-63.

Uesawa, S. Nakagawa, M., Umetsu, A. (2016) Explosive eruptive activity and temporal magmatic changes at Yotei Volcano during the last 50,000 years, southwest Hokkaido, Japan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 325, 27-44.

○秋田焼山:トレンチ調査による噴火履歴解明 (産業技術総合研究所)

a) 目的と調査位置

秋田県北東部に位置する秋田焼山火山は、約25万年前から活動を開始した成層火山であり、歴史時代に複数の噴火が記録される活火山である。最近の活動では1997年の5月に北東麓の澄川地区で地すべりに伴う小規模な水蒸気噴火が発生したほか、同年8月には山頂火口にて水蒸気噴火が発生しているなど、現在にいたるまで活発な活動が継続している。本火山では、これまでの予察的な報告から(伊藤,1998;筒井・伊藤,2002)、有史時代にすくなくとも3回の噴火が発生したことが示されているものの、詳細な活動履歴は検討されていない。そのため本調査では山体近傍の21地点で人力トレンチ調査および地表踏査を行い、14C年代測定の結果と併せて火山活動履歴の再検討を試みた(図26)。

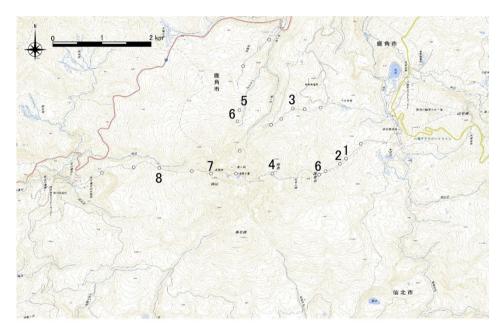


図26 秋田焼山火山の調査地点(白丸)。地点番号は図28の柱状図に対応した地点を示す。国土地理院2万5千分の1地形図「八幡平」および「玉川温泉」を使用した。

b) 降下火砕物の層序および 14C 年代測定結果

今回、秋田焼山火山起源の7枚の降下火砕物と、1枚の広域テフラ(十和田 a テフラ(To-a; 青木・町田、2006))を確認した(図27・28)。また狭在する土壌から、計6試料の 14 C年代値を得た(表3)。本調査では秋田焼山起源の降下火砕物を、上位から1997年噴出物、AKY-1、AKY-2、AKY-3、AKY-4、AKY-5、AKY-6と便宜上呼ぶ。このうち、AKY-5の直下に狭在する土壌から、3,210 ± 30 yrBPならびに2,870 ± 20 yrBPの年代が得られたことから、最近約3,000年間に少なくとも6回の噴火が地質記録から読み取れる。以下に各噴出物の概略を、下位から記載する。

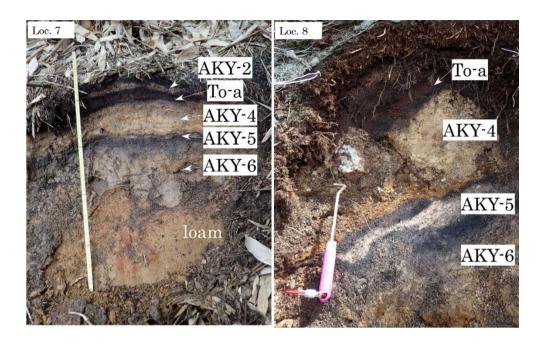


図27 秋田焼山火山における降下火山灰層の層相。(左)地点7、(右)地点8。調査地点は図26を参照。

AKY-6 最大層厚 4 cm の黄灰色~灰色の細粒火山灰層であり、山頂火口(湯沼)から西方 ~北方の 3 地点で確認できる。下位の溶岩とはローム層を介して接する。白色の変質粒子 が卓越し、新鮮な軽石を僅かに含む。

AKY-5 最大層厚 3 cm の黄褐色~灰白色を示す火山礫凝灰岩ないし細粒火山灰であり、山頂火口から東方に主に分布する。下位の AKY-6 とは土壌を介して接する。この土壌からは 3,210 ± 30 yrBP ならびに 2,870 ± 20 yrBP の年代が得られ、紀元前 $10 \sim 16$ 世紀頃の活動に由来すると考えられる(表 3)。青灰色から白色を呈する変質岩片を主体とし、ごく少量の軽石を含む。年代値と層相から、伊藤(1998)の粘土質火山灰(3,020 ± 60 yrBP)に対比される。

AKY-4 本調査で確認された降下火砕物の中で最も広範囲に分布し、山体全域で確認できる。最大層厚は湯沼南西で30 cm に達する。山頂近傍では最大礫径15 cm の軽石と数 cm 内外の黒曜石岩片を含む黄褐色凝灰角礫岩として、遠方では細粒火山灰層として産する。基質部には白色から黄褐色の変質岩片が卓越する。下位のAKY-5 との間には土壌が発達し、この土壌から2,340 ± 20 yrBP の年代値が得られたことから、噴火年代は紀元前4世紀から5世紀頃と推定される(表3)。軽石を多量に含む特徴から、筒井・伊藤(2002)のAy-2 に対比される可能性がある。

AKY-3 最大層厚 5 cm 程度の明灰色細粒火山灰として産する。山頂から北東方向に分布するものの連続性が悪い。白色から黄褐色の変質岩片を主体としガラス光沢を示す軽石質粒子を僅かに含む。下位の AKY-4 を直接被覆する地点が多いが、北麓の一部では土壌が狭在する場合もある。この土壌から 1,830 ± 20 yrBP の年代値が得られたことから、紀元 2 世紀から 3 世紀頃の活動に由来すると考えられる(表 3)。

AKY-2 最大層厚 5 cm 程度の白色ないし黄褐色細粒火山灰層として産する。主として山頂

から東方に分布する。白色の変質岩片を主体とし、弱く変質したスコリア粒子を伴う。十和田 a テフラ とは最大 5 cm の土壌を介して接する。この土壌から 270 \pm 20 yrBP の年代値が得られたことから、噴火年代は 16 世紀から 18 世紀頃と推定される(表 3)。年代値と層相から、伊藤(1998)の粘土質火山灰(280 \pm 40 yrBP)に対比される可能性がある。

AKY-1 白色変質岩片を主体とする灰色火山灰ないし火山礫凝灰岩として産し、栂森山頂での最大層厚は5 cmである。連続性が悪く、本調査地域内では3地点でのみ確認される。下位層のAKY-2 との間には土壌を介し、この土壌から60 ± 20 yrBP の年代値が得られたことから、噴火年代は17世紀以降と推定される。

1997 年噴出物 山頂近傍の 2 地点でのみ確認される。地表下数 cm に発達する土壌中に散在する火山礫ないしパッチ状火山灰として確認でき、最大層厚は栂森付近で 3 cm である。

c) まとめ

秋田焼山火山で、山体近傍の21地点で人力トレンチ調査および地表踏査を行い、¹⁴C年代測定の結果と併せて火山活動履歴の再検討を試みた結果、過去3,000年間において従来報告されていた3枚の降下火山灰層に加えて、新たに3枚の降下火山灰層を見出した。

引用文献

青木かおり・町田洋(2006) 日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成 - K₂0-TiO₂図によるテフラの識別. 地質調査研究報告, 57, 239-258.

伊藤順一(1998) 秋田焼山における水蒸気爆発の発生履歴. 日本地質学会第 105 年学術大会講演要旨, 349.

筒井正明・伊藤英之・秋田県鹿角建設事務所(2002)秋田焼山起源のテフラ及びその噴火 年代.日本火山学会講演予稿集,173.

表3 秋田焼山火山における ¹⁴C 年代測定結果。 試料採取層準は図28に示す。(株)加速器分析研究所測定。

Sample ID	Sample type	δ ¹³ C (‰)	Libby Age yrBP	pMC %	calendar age (1σ)	calendar age (2σ)
190812006-C1	soil	-27.74 ±0.26	2870 ± 20	69.94 ± 0.21	3056-3053 calBP (1.5%) 3033-3013 calBP (13.0%) 3008-2954 calBP (53.6%)	3069-2924 calBP (94.0%) 2903-2894 calBP (1.4%)
180802002-2-1	soil	-28.17 ±0.34	1830 ± 20	79.62 ± 0.22	1812-1733 calBP (68.2%)	1822-1711 calBP (95.4%)
180802006-2	soil	-29.52 ±0.40	3210 ± 30	67.08 ± 0.21	3449-3397 calBP (68.2%)	3475-3376 calBP (95.4%)
180802006-4	soil	-28.17 ±0.33	2340 ± 20	74.69 ± 0.22	2358-2341 calBP (68.2%)	2425-2390 calBP (5.2%) 2382-2327 calBP (90.2%)
180802007-5	soil	-26.21 ±0.35	60 ± 20	99.20 ± 0.27	244-231 calBP (12.4%) 131-117 calBP (10.3%) 68-36 calBP (45.6%)	255-223 calBP (21.5%) 138-96 calBP (19.0%) 83-31 calBP (54.9%)
180802003-2	soil	-27.40 ±0.29	270 ± 20	96.68 ± 0.25	421-411 calBP (12.1%) 316-292 calBP (56.1%)	429-378 calBP (31.5%) 320-285 calBP (62.3%) 166-157 calBP (1.6%)

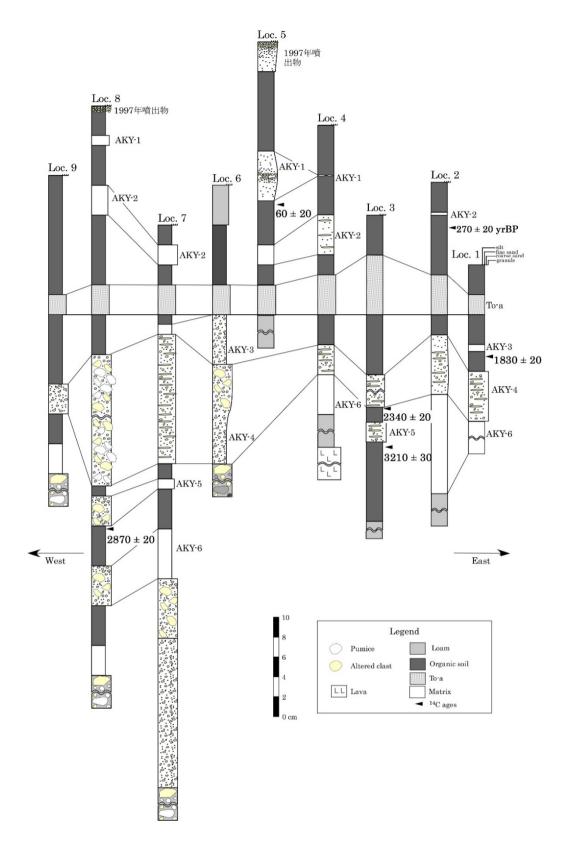


図28 秋田焼山火山で認められた火砕堆積物の対比柱状図。図中の14C年代はLibby age。

○秋田駒ケ岳:更新世末期から完新世の噴火履歴と噴火様式の解明(北海道大学・株式会社エンバイオ・エンジニアリング)

1. はじめに

秋田駒ケ岳は東北地方北部、岩手・秋田県境に分布する仙岩火山地域の南西端に位置する活火山である。本火山は 1970 年にはマグマ噴火が起こり、溶岩を流出した。最近では 2017 年以降、地震活動がやや活発となり山頂付近での熱活動の上昇傾向が続いている。蔵王山や吾妻山と共に、東北地方では近い将来の噴火活動が危惧されている火山のひとつである。本火山の形成史については須藤・石井(1987)の研究により概要が明らかにされ、成層火山体形成期、北部および南部カルデラ形成期および後カルデラ形成期の3つに大別された。その後、和知ほか(1997)により更新世末期から現在までのテフラ層序の概要が明らかにされた。一方、北部カルデラについては山体崩壊壁であり、カルデラは南部カルデラのみが形成されたことが明らかになった(土井ほか、1997)。それらを受けて、藤縄ほか(2004)ではテフラと山体の対比が試みられ噴火史をまとめた(図 2 9)。これまでの研究によるカルデラ形成期以降の噴火史・山体形成史の主な問題点は以下のとおりである。

- (1) 10世紀初頭から約1,000年間の静穏期は事実か。
- (2) カルデラ形成噴火の推移と様式が明らかになっていない。
- (3)後カルデラ活動期の噴火履歴・噴火様式および噴出量が明らかになっていない。 上記の問題点を解明することを目的として、2019年度より地質調査を開始した。その結果、 上記(1)に関して新たな知見を得たので報告する。

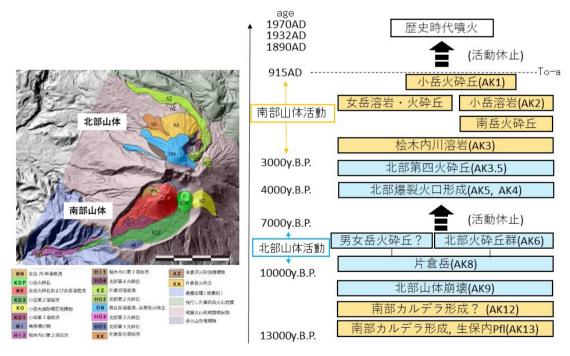


図29 秋田駒ケ岳のカルデラ形成期以降の地質図と噴火史(藤縄ほか(2004)を改変)。 AK-1~13 は和知ほか(1997)によるテフラユニット。後カルデラ期については北部山体から流出した溶岩流の分布が過少評価の可能性がある。また南部カルデラでは桧木内溶岩と南岳火砕丘の活動時期を再検討する必要がある。

2. 最近 1,000 年間の噴火履歴の再検討

南部カルデラは約1万3千年前に形成され(和知ほか,1997)、その後約3,000年前から女岳と小岳が活動を開始し、約1,000年前からは19世紀まで休止期であったと考えられている(藤縄ほか,2004)。これによるとカルデラ底を埋積している多くの溶岩流(図30)は3,000~1,000年前に活動したことになる(図29)。

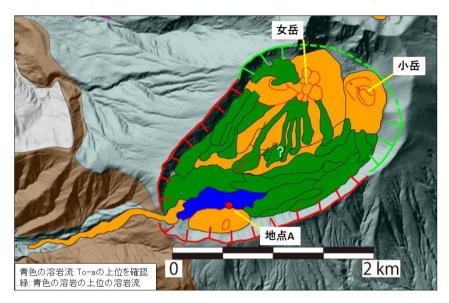


図30 南部カルデラと、小岳および女岳より流出した溶岩の分布。地点 A の産状を図31に示した。緑色で塗色した溶岩流は、青で塗色した溶岩流(図31)より新しい溶岩流。

今回、カルデラ内南部(図30)で小岳溶岩流の直下の土壌層において複数のテフラ層を見出した(図31)。ここでは最下位に1万2千年前のAk-12(和知ほか,1997)に対比される火砕流堆積物(新発見)、その上位には約30cmの土壌層があり、その中に約3,500年前頃の水蒸気噴火由来と考えられるテフラ層が2枚認識された。そしてその上位の土壌層の最上部の約5cmの部分、つまり小岳溶岩流直下の土壌には径1~2m程度の軽石が散在していた。この軽石はガラス組成分析から、十和田火山の西暦915年噴火の産物であることがわかった(To-aテフラ)。この結果、図30の地点Aに分布する溶岩流は1,000年前より新しいことが明らかになった。この溶岩流は、カルデラ底を埋積する溶岩流の中では比較的下位に位置し、直接の被覆関係や、溶岩流表面地形の保存状況の比較から、この溶岩流よりも新しいと判断される溶岩流が多数存在すると考えられる(図31)。地形的に判断して、これらの溶岩流の多くは小岳から流出したと考えるが、並行して女岳からも溶岩が流出していると推定できる。1970年の溶岩流出噴火は1,000年間の休止期の後の本格的マグマ噴火ではなく、同様の噴火は最近の1,000年間の間に継続していたことが明らかになった。

3. まとめと今後の課題

今年度の研究によって、秋田駒ケ岳では従来考えられていたような19世紀までの約1,000年間の静穏期は存在せず、その間も活発な噴火活動が継続していたことが明らかになった。また図31で明らかになった1万2千年前の活動に対比される火砕流の発見は、カルデラ形成噴火推移の解明にとって重要である。次年度以降、さらに調査を進めてゆく。また、再検討した噴火履歴にもとづき、マグマ系の時間変遷の検討も並行して進める必要がある。

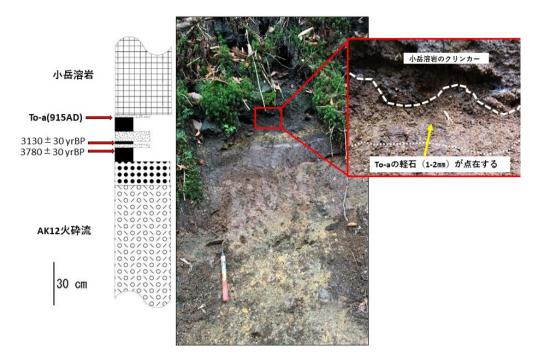


図31 地点 A(図30)での露頭写真と柱状図。ここでは上位から小岳溶岩流、2枚の降下火山灰層そして約1万2千年前の火砕流(Ak-12火砕流)が認められ、それぞれの間には土壌層が認められる。そして溶岩直下の土壌には十和田aテフラが混じっている。

引用文献

土井宜夫・菅野康隆・東野桂一・越谷信・矢内桂三 (1997) 秋田駒ケ岳起源の先達川岩屑 なだれ堆積物について. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集,807.

藤縄明彦・巖嵜正幸・本田恭子・長尾明美・和知剛・林信太朗(2004)秋田駒ケ岳火山, 後カルデラ活動期における噴火史:火山体構成物と降下テフラ層の対比.火山,49, 333-354.

須藤茂・石井武政(1987) 雫石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所、142p.

和知剛・土井宜夫・越谷信(1997)秋田駒ケ岳のテフラ層序と噴火活動.火山,42,17-34.

〇鳥海山:トレンチ掘削調査および野外調査による完新世噴火活動史の解明 (秋田大学・山形大学・産業技術総合研究所)

(1) トレンチ掘削による東鳥海山最近約5,000年間の活動史の解明

1. はじめに

鳥海山の最近の火山活動史を解明するために、鳥海山の山体上の4地点において手掘り掘削を行った。既往研究(林ほか,2001;大場ほか,2012)および2018年度までの調査から、鳥海山の爆発的噴火による火山灰は遠方に到達せず、火山体の上部にのみテフラ薄層が堆積していることが分かっていることから、2019年度は比較的標高の高い地点4カ所を、

山頂をとりまくように選択した。これらの地点は、山頂から西方の鳥海湖の湖畔 (2019072501)、北東方向の猿倉登山道七ツ釜滝付近の湿原 (2019081901)、東方の百宅口登山道大倉滝付近 (2019082101)、南方の滝ノ小屋付近 (2019082201) である。これら4地点を図32に示す。本調査では、最小で1m×1m、深度0.7m、最大2m×2m、深度1m10cmの手掘りトレンチ掘削を行った。各地点では、検土杖により、掘削可能で火山灰層の存在が確認できた地点を掘削した。年代決定のため、テフラ層に狭在する土壌及び木片試料を採取し、加速器質量分析法(AMS法)による放射性炭素年代測定を行った。年代測定は山形大学高感度加速器質量分析センターでおこなった。

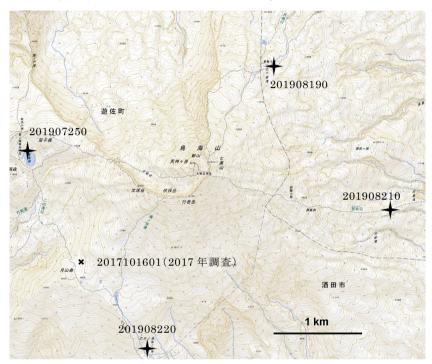


図32 2019年度鳥海山掘削地点。2017年度調査地点も示す。

2. トレンチ調査結果

調査結果を図33に示す。北斜面の2019081901ではテフラ層の保存が良く、合計32層のテフラが確認された。この地点より有機土壌試料5試料と木片1試料を採取し年代測定を行った。歴史記録と比較すると、最上位または第2層のテフラは1801年噴火の可能性が高い。第2層の直下の土壌からは44±20yBPの年代が得られた。第8層がTo-aであり、その下位の年代値とは整合的である。土壌の発達速度も過去4,600年間は大きな変化がなかったようである。また、粗粒な火山礫層が60cm深と100cm深に認められる。それぞれ直下の土壌から約2,400年、4,600年の年代が得られている。60cm深の火山礫層は木片を多く含む。一方、東斜面の掘削地点2019082101では、比較的古い堆積物が認められた。風化火山灰層中に含まれる炭質物は約5,000年を示し、その下位には厚いスコリア層が2層認められる。南斜面の2019082201では、生木の濃集層が産し、その年代は約830年である。その上下に火山灰薄層が複数認められる。鳥海湖湖畔での掘削では、最上部の土壌中に2層の火山灰層が認められ、その下位は火山岩塊相であった。

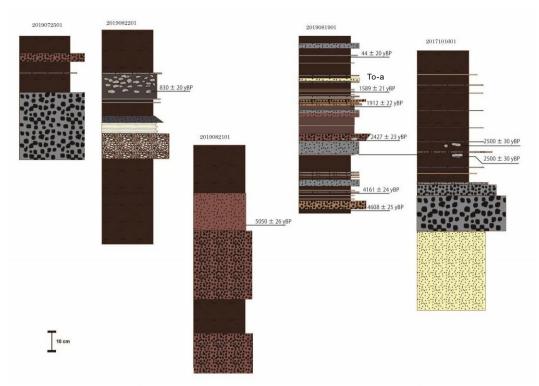


図33 2019年度掘削調査結果。右端の柱状図は2017年度掘削結果。

北斜面の 2019081901 では多数の火山灰が産し、良好な調査結果が得られた。この結果を模式層序とすることで、今後火山活動史を詳細に解析できると考えられる。年代値と To-a の層準は矛盾無く、噴火年代も精度良く決定できる。とりわけ約 2,500 年前の粗粒な火山礫層は、2017 年度に山体南西部での調査結果で産した火山砂層と対比でき、木片を多く含む特徴も類似する。これは象潟岩屑なだれを生じた山体北部の山体崩壊に伴う堆積物と考えられる。この火山礫の直下には細粒粘土質火山灰薄層と砂質火山灰層が認められることから、山体崩壊をもたらした噴火の推移も解明できる。小規模噴火から砂質火山灰を生じるマグマ噴火に推移の後、火山礫層を生じる噴火が起きている。2018 年度の踏査では、この層に対比できる地層が複数地点で観察されており、これらの精査により 2,500 年前の噴火について詳細が解明される。その他の火山灰層は大部分が薄層である上に、層相や構成物が互いに類似している。そのため同定と対比が容易ではないが、火山灰成分分析の効率化や色分析と行った火山灰同定方法の開発を進めながら火山灰同定の精度を上げ、かつTo-a や 2,500 年前の火山礫層を鍵層とすることで東鳥海山の過去 5,000 年以降の噴火活動史を構築できるものと考えられる。

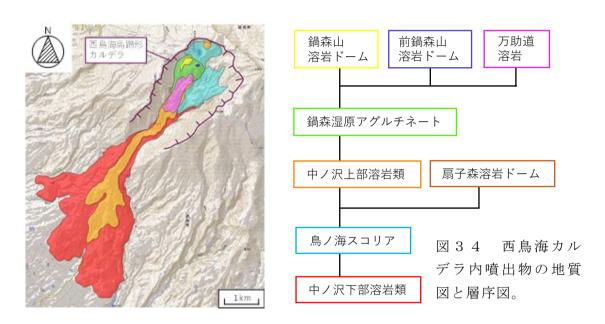
(2) 西鳥海山カルデラ形成以後の活動史の解明

1. はじめに

鳥海山の西鳥海カルデラ内噴出物は約2万年前より前に形成されたと考えられてきた (伴ほか,2001)が、最近になって少なくともその一部は完新世のものである可能性が考 えられるようになり再検討を進めている。2017年度に調査に着手し、2018年度は噴出物の 層序の概要を明らかにした。2019年度はこれまでの結果を踏まえ、層序を確定させた。以 下に層序の概要と最新の噴出物について述べる。

2. 西鳥海カルデラ内の噴出物の層序の見直し

西鳥海カルデラ内の噴出物は下位から、中ノ沢下部溶岩類(溶岩流主体でブロックアンドアッシュフロー堆積物も含む)、扇子森溶岩ドーム、鳥ノ海スコリア(降下スコリア)、中ノ沢上部溶岩類、鍋森湿原アグルチネート、その上位の万助道溶岩、鍋森山溶岩ドーム、前鍋森山溶岩ドーム、前鍋森山溶岩ドーム、前鍋森山溶岩ドームの新旧関係は不明である。噴出物の総体積は約8 km³である。



まず、カルデラ底の北縁部から溶岩流出を主体とする活動が始まった(中ノ沢下部溶岩類)。活動中に溶岩ドームの形成と崩壊も発生した。噴出物の体積は全体の9割ほどを占める。その後、流出口付近に扇子森溶岩ドームが形成された。次に、鳥海湖を火口とする爆発的な活動が起こり、鳥ノ海スコリアが作る火砕丘が形成された。その後、鳥ノ海スコリアの火砕丘南西部の部分崩壊で形成された凹地の中からの活動が開始した。溶岩(中ノ沢上部溶岩類)が流出し、その後、ストロンボリ式の噴火により鍋森湿原アグルチネートからなる小山体が形成された。小山体形成末期に山体北部を破壊して溶岩が流出し、山体の外周を反時計方向に回り最終的に南方へ流下した。鳥ノ海スコリア〜鍋森湿原アグルチネートの体積は総体積の約1割である。小山体を貫いて、鍋森山、前鍋森山両溶岩ドームと万助道溶岩が形成された。これらの体積は総体積の約1%である。

上記火砕丘と小山体の境界部に認められる湿地帯に厚さ約80 cm の泥炭層が認めら、その下部の試料について約1万年前の ¹⁴C 年代値が得られた。なお、泥炭層中に多数のテフラ層が認められるがその起源については検討を要する。

岩石は暗灰色~灰色の溶岩または黒色のスコリアからなる。斜長石・単斜輝石・直方輝石・かんらん石・普通角閃石斑晶は全ての噴出物に含まれる。鳥ノ海スコリア・中ノ沢上部溶岩類・扇子森溶岩ドームはかんらん石斑晶に、鍋森山溶岩ドーム・前鍋森山溶岩ドーム・万助道溶岩は普通角閃石斑晶に富む(図35)。ほとんどの溶岩に、ディクチタキシチック組織を示す苦鉄質包有物が認められ、またスコリアの一部のものは縞状組織を示す。

苦鉄質包有物は、かんらん石と普通角閃石斑晶を含むもの (タイプ A) と含まないもの (タイプ B) がある (図 3 6)。

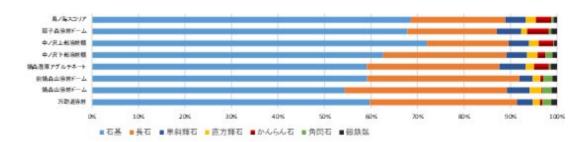


図35 西鳥海カルデラ内噴出物のモード組成図。



斑晶組み合わせ

斜長石・カンラン石・ 普通角閃石・単斜輝石

* 斜長石は<mark>溶融組織</mark>を もつものが目立つ



斑晶組み合わせ

斜長石・単斜輝石・ 直方輝石

*斜長石は<u>清澄</u>な ものが目立つ

図36 西鳥海カルデラ内噴出物に含まれる2種の苦鉄質包有物。

3. 最新の活動

a) 鳥海湖南方に分布する鳥海湖火砕サージ堆積物及び鳥海湖降下火砕堆積物

鳥ノ海スコリアによって構成される火砕丘の南部のリム及び斜面に火砕サージ堆積物が分布する。またその上位には降下堆積物が分布している。各々、鳥海湖火砕サージ堆積物、鳥海湖降下堆積物と呼称する。代表的な露頭写真と柱状図を図37に示す。ここでは下位の鳥ノ海スコリアを覆って鳥海湖火砕サージ堆積物が堆積しており、それを鳥海湖降下堆積物の2次移動堆積物が不整合に覆っている。その上位には土壌が不整合に堆積している。土壌の最下位からの試料について、BC543~BC407年の14C年代値が得られた。



土壌
- BC543~BC407(2 σ)
鳥海湖降下堆積物
(再移動)
- 鳥海湖火砕サージ堆積物
- 鳥ノ海スコリア(赤色降下スコリア層)

20cm

鳥ノ海スコリア(黒色降下スコリア層)

図37 鳥海湖火砕サージ堆積物と鳥海湖降下堆積物の代表的露頭及び柱状図。

b) 鍋森山東方の湿地帯に産するテフラ層

鍋森山の東方に湿地帯があり、そこに泥炭層が堆積している(図38左)。2018年度の調査によって泥炭層の中に多数のテフラ層が挟まれているのが発見された(図38右)。これらのテフラを上位から $MNB-a \sim p$ とした。 $MNB-a \sim e$ は淡褐色火山灰、MNB-f はスコリアからなり、MNB-g は褐色火山灰、 $MNB-h \cdot i$ は上部がスコリア、下部が淡褐色粘土質火山灰、

MNB-j~1 は淡褐色火山灰、MNB-m は特徴的な黄褐色を示す火山灰、MNB-n は淡褐色火山灰、MNB-o・p は粘土質火山灰からなる。なお、泥炭層の下位にも数枚の火砕岩層が認められる。本年度はこれらの層を系統的に採取し、鏡下での観察を進めた。

MNB-a・d・f・p 直下から採取した泥炭層試料について、各々約4千年前、約6千5百年前、約6千8百年前、約1万年前の ¹⁴C 年代が得られた。泥炭層の下位に赤色火砕岩が認められる。この火砕岩と鳥ノ海スコリア最上部の赤色部との対比は今後の課題である。



図38 前鍋森山北部の湿地帯(左)とそこで観察されるテフラ群(右)。

c) 鳥海湖北東部火口群

鳥海火山西部山腹にある鳥海湖の湖岸からこれまで記載されていなかった新たな火口群を発見した。これを鳥海湖北東火口群と命名した。この火口群は鳥海山7合目の鳥海湖の北東岸に分布する。火口群は10個以上の小火口からなり、火口の直径は6mから16mで、北西一南東方向に配列する傾向がある。鳥海湖北東火口群は、小火口が列をなして分布する他の火山の水蒸気噴火による火口列と類似する。また、小規模な地形の割には、地形は新鮮であり、完新世のものであることは確実である。したがって、非常に若い水蒸気噴火火口の可能性があり、防災上重要である。

引用文献

伴雅雄・林信太郎・高岡宣雄 (2002)東北日本弧,鳥海火山の K-Ar 年代—連続的に活動した3個の成層火山,火山 46,317-333.

林信太郎・毛利春治・伴雅雄 (2001)鳥海火山東部に分布する十和田 a 直下の灰色粘土質 火山灰一貞観十三年 (871年)の火山灰. 歴史地震, 16.

大場司・林信太郎・伴雅雄・近藤梓・葛巻貴大・鈴木真悟・古木久美子(2012) 最近 4500 年間の鳥海火山の噴火活動―湿原堆積物に保存された火山灰層の解析―. 火山 57, p. 65-76.

○蔵王山:トレンチ掘削および野外調査による五色岳の噴火履歴の解明(山形大学)

本年度はトレンチ掘削調査および野外調査を実施し、蔵王山の最新の活動期について噴火履歴を再検討した。蔵王山の最新の活動期は、約3.5~1.3万年前、約9~3千年前、約2千年前以降に分けられる。これら3つの活動期について活動フェーズ毎に以下に記す。

a) 蔵王山約3.5~1.3万年前の活動フェーズ

前年度に各テフラ層の対比に困難が発生したため、2019 年度は模式地を設定し、各テフラ層の特性を明らかにした(図 3 9)。なるべく多くのテフラが同時に観察でき、またテフラの風化の程度が少ない場所として、青根温泉から東南東約 5 km地点の私有地内を模式地として選定した。約 $3.5 \sim 1.3$ 万年前の活動によるテフラ層は、これまでの研究では $Za-To1 \sim 4$ の 4 枚が認められていた(Miura et al., 2007 など)。それらに対比される 4 枚に加え、従来の Za-To3 に対比されるテフラの下方に新たに 2 枚のテフラ層が認識された。上位より Za-To3 も 3 とし、従来の 3 とし、従来の 3 を 3 とってる。 3 においているものでは、 3 とってる。 3 においているものでは、 3 とってる。 3 とってる。 3 とってる。 3 にこれる。 3 にいているといる。 3 にいているといる。 3 にいているといる。 3 にいているといるといるといるといるといるといるといるといるといるといるといるには、 3 とってるのには、 3 には、 4 には、

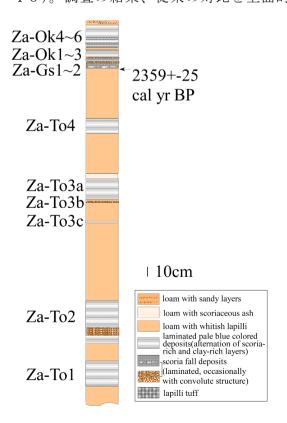


図39 東麓の模式地における柱状図。



図40 東麓でのトレンチ写真。

b) 蔵王山約9~3千年前の活動フェーズ

約 9~3 千年前の噴出物について、地表での調査を進めると共に1か所においてトレンチ調査を実施した。その結果、従来認められていない水蒸気噴火テフラ層を少なくとも 3 枚認定した。図41にトレンチの写真を、図42にトレンチによって現れたテフラ層の柱状図を示す。



図41 御田の神付近のトレンチ写真。

スコリア質火山灰層は上位の 2 枚については層準と岩相から、各々伴ほか(2015)の 2a-To7 と 2a-To6 に対比される。その下位の 2 層は、各々2a-To5c あるいは 2a-To5d と 2a-To5a に対比される可能性が高い。その下方に厚く堆積しているスコリア質火山灰層はクロスラミナが発達しており再堆積によるものと考えられる。 その直上の土壌について約 1 万年前の 14C 年代測定結果が得られた。よって、これより下位は、この活動フェーズより古い時代のものと考えられる。

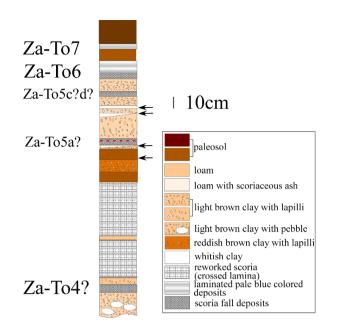


図42 御田の神のトレンチ調査によって得られたテフラ層の柱状図。

c) 蔵王山約2千年間の活動フェーズ

約2千年前以降、特に火口が御釜に移動して以降のテフラ層 $Za-0k1\sim7$ について層序時間変化を詳しく検討した。その結果噴火推移を、 $A-1\cdot A-2\cdot B-1\cdot B-2$ の4つに類型化できた。

A-1 には Za-0k1・3 が相当する。水蒸気噴火からマグマ噴火に至った。噴火の中盤に準プリニー式噴火も発生した。

A-2 には $Za-0k2 \cdot 5 \cdot 6$ が相当する。水蒸気噴火からマグマ噴火に至った。マグマ噴火の規模は Za-0k2 と 5 では中期が大きかった。 Za-0k6 は小規模噴火が繰り返されたものと思われる。

B-1にはZa-0k4が相当する。水蒸気噴火を経ずにマグマ噴火が繰り返し発生した。なお、御釜南方の露頭においてのみ、最下位に水蒸気噴火によるテフラの可能性がある層が見出された。これについては、再度調査を行う必要がある。

B-2 には Za-0k7 が相当する。水蒸気噴火のみ発生した。マグマ性の物質も噴出したと考えられる。

この間の噴出物については、マグマ供給系の構成と噴火に至るプロセスについて解明を進めた。地下約 6km 付近に位置する安山岩質マグマ溜りに深部由来の玄武岩質マグマが注入を続け、噴火に至ったと考えられる。玄武岩質マグマは分化程度が多様なものが注入した。噴火に直結する注入は数か月前以内から程度が増したらしい。それ以前の~30年前頃にも注入は継続していたと考えられる。

〇日光白根山:野外調査およびトレンチ掘削調査による噴火履歴解明(産業技術総合研究所)

a) 目的と調査位置

日光白根火山は、群馬・栃木県境に位置する標高 2,578 m の活火山である。2017 年度に

は、地表露頭がほとんど存在しない山頂部の6地点において人力トレンチ調査を行い、火砕堆積物層序を記載した。その結果、6世紀以降の降下火砕堆積物とその噴出年代を明らかにした(草野・石塚、2020)。今年度は、6世紀以前の火砕堆積物の記載と、それらの山頂部との対比を目的として、日光白根山山麓の人力トレンチ調査4地点及び地表踏査3地点を実施した。調査地点を図43に示す。

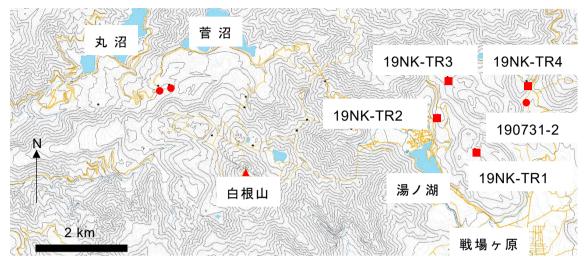


図43 日光白根火山周辺における R01 年度調査地点。 赤丸は地表踏査、四角は人力ピット調査地点。

b) 地質調査及びトレンチ掘削地点における層序、対比及び放射性炭素年代測定結果

人力トレンチ調査及び ¹⁴C 年代測定試料を得た地点の堆積物柱状図を、図 4 4 に示す。 本調査では、日光白根火山由来の 6 枚の降下火砕堆積物、 2 枚の外来火山灰及び 1 枚の給源不明の降下火砕堆積物を確認した。上位から、日光白根火山由来の Nks-A 降下火砕堆積物、Nks-B 降下火砕堆積物、浅間 B (As-B) テフラ、Nks-C 降下火砕堆積物、榛名二ツ岳伊香保(Hr-Fp)テフラ、Nks-2、Nks-3、Nks-4(奥野、1993)及びこれまで記載されていない給源不明の降下火砕堆積物である。これらの日光白根山の東山麓で確認した降下火砕堆積物は、層序と層相および下位の土壌の ¹⁴C 年代測定に基づいて対比を行った(図 4 4)。

Nks-2 は3地点で確認した。これらは、層厚3 cmの明灰色-赤灰色火山灰層として、Hr-Fpの下位に2-3 cmの土壌を挟んで堆積する。Nks-3 は、層厚2-8 cmの明灰色-黄灰色火山灰層として、4地点で確認した。Nks-4 は層厚15 cm及び9 cmの黄褐色火山灰層として、2地点で確認した。

なお、19NK-TR4 と 190731-2 地点で確認した給源不明の降下火砕堆積物と、Nks-4 との層序関係は明らかではない。また、この堆積物は日光白根火山から 7 km 東方の地点で層厚約 35 cm と厚く、これまでの白根山周辺の調査から、日光白根火山由来とは考えにくい。この給源不明の降下火砕堆積物の下位の土壌の ^{14}C 年代は、4,480 ± 30 yrBP であった(表 4 ; 試料番号 19073102-C01)。

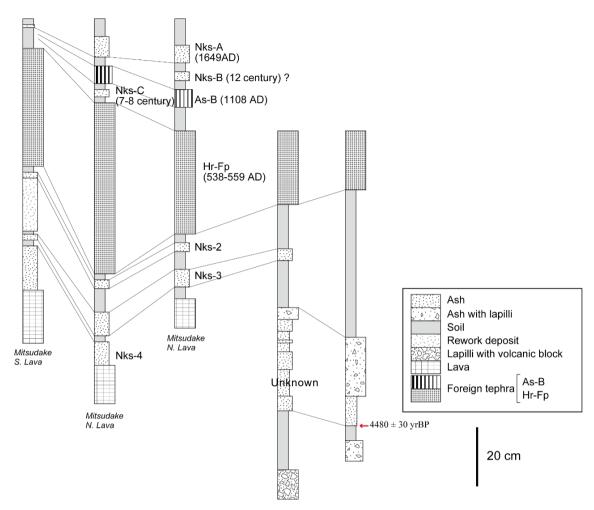


図44 日光白根火山東山麓のトレンチ調査及び露頭調査地点の柱状対比図。 赤矢印は土壌の¹⁴C 年代値(表4参照)を示す。

c) 山体近傍構成物との対比結果

本調査で得られた白根山山麓の火砕堆積物について、山体近傍で確認された堆積物(草野・石塚、2020)との比較分析を実施した。比較には露頭記載のほか、火砕堆積物の実体鏡下観察結果も使用した。その結果、日光白根火山由来のNks-2及びNks-3について等層厚線を推定した(図45・46)。

Nks-2 は、Hr-Fp との層序関係と、Nks-2 の下位の土壌と山体近傍で確認された火砕流堆積物中の木炭の 14 C 年代値(表 4 ; 試料番号 170608-2-2)がほぼ同じであることから、山頂溶岩に対比される。この木炭の年代値に基づけば、噴出年代は 3,040 ± 20 yrBP となる。Nks-2 の分布の主軸は北西方向に延びる。

Nks-3 は、白根山頂から東方にかけて狭い範囲で分布するように見えるが、山頂部から山麓にかけての層厚変化に乏しいため、推定された等層厚線は確認地点の分布に規制されている可能性がある。噴出源は白根山山頂部と考えられるが、山体構成物との対比は今後の課題である。

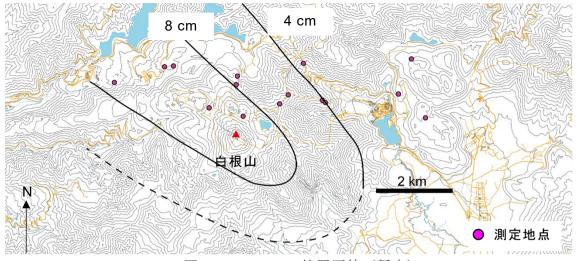


図45 Nks-2の等層厚線(暫定)。

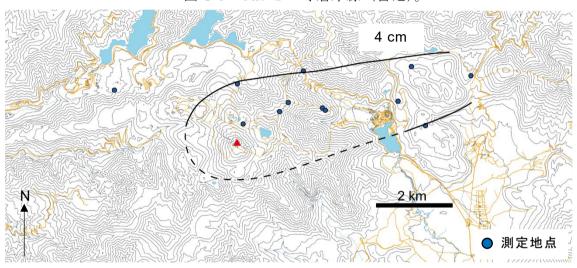


図46 Nks-3の等層厚線(暫定)。

表 4 日光白根火山東山麓及び山頂部における放射性炭素年代測定結果。

試料番号 (測定番号)	試料形態	¹⁴ C 年代 (yrBP)	δ ¹³ C (‰) (AMC)	暦年較正値 (2σ)
19073102-C01	Soil	$4,480 \pm 30$	-22.79 ± 0.20	5289-5037 cal BP(92.0%)
(IAAA-190472)				5005-4981 cal BP(3.4%)
170608-2-2	Charcoal	$3,040 \pm 20$	-23.17 ± 0.20	3340-3286 cal BP(30.3%)
(IAAA-170428)				3270-3168 cal BP(65.1%)

(株) 加速器分析研究所測定

d) まとめ

日光白根火山山麓で、人力トレンチ調査4地点及び地表踏査3地点を実施し、6枚の日光白根火山由来の降下火砕堆積物、2枚の外来火山灰及び1枚の給源不明の降下火砕堆積物を確認した。給源不明の降下火砕堆積物の下位の土壌から4,480 ± 30 yrBPの¹⁴C年代を得た。また6世紀以前の日光白根火山由来の降下火砕堆積物について、山体近傍で確認された堆積物と対比し、等層厚線を推定した。

引用文献

草野有紀、石塚吉浩(2020)トレンチ調査に基づく日光白根火山 1400 年間の噴火履歴. 地質調査研究報告,71,1-18.

奥野 充(1993) 日光白根山の噴火史. 日本地理学会予稿集, 44, 66-67.

○浅間山:トレンチ掘削調査および野外調査による浅間火山の高精度噴火履歴復元(日本 大学)

1. はじめに

浅間火山では、約1万年前より現在まで活発な活動を続ける浅間前掛火山の高分解能での噴火履歴の復元を主目的とし、多数地点でトレンチ掘削調査による地質記載を実施し、降下火砕堆積物直下の土壌の放射性炭素年代測定を組み合わせた手法を試みている。2018年度までのトレンチ掘削に関するデータは高橋ほか(2020)を参照されたい。また、これまでに実施した重機トレンチ18ヶ所およびボーリング掘削の結果に基づいた浅間前掛火山の大規模噴火の噴火履歴の復元について論文を投稿中である。令和元年度は、特に南麓の層序を検討するため、重機トレンチ2か所、人力トレンチ2か所の掘削調査を行った。ここでは図47のトレンチ17、18およびM1地点での掘削調査について報告する。



図47 東方からの浅間火山鳥瞰図と掘削調査地点(地理院地図3D使用、高さ方向の強調2.4倍)。1~18:重機トレンチ、M1およびM2:人力トレンチ、DR:ボーリング掘削。

2. 調査結果

・重機トレンチ17(日本大学軽井沢研修所)

山頂火口の南東約 11.5km、標高 944m の日本大学軽井沢研修所の別館わきで、5.3m の深度まで掘削した(図 4 8 a・b)。掘削面の上半分の厚い黒色土壌(泥炭質)には複数の降下火砕堆積物が認められた(図 4 8 b)。天明噴火の As-A の分布軸はより北方にあるため、ここでは As-A の層厚は数センチ程度でレンズ状の産状であった。その下の厚さ 24 cmほどの

明瞭な軽石層は天仁噴火の As-B であり、既作の等層厚線図から推定される層厚と矛盾がない。以上が歴史時代の噴火の痕跡である。As-B より下位の黒色土壌には 2 枚の軽石層 (NU-1, NU-2) が見られた。NU-1 と NU-2 の間からはアカホヤ火山灰(K-Ah)が検出され(図 4 8 c · d)、NU-1 と NU-2 直下の土壌の放射性炭素年代測定からは縄文時代早期~中期の間にもたらされたことがわかった。NU-3 の軽石層より下は、 $2\sim1$ 万年前に活動した仏岩火山の噴出物である。NU-4 は非常に細粒で、泥サイズ(1/16mm 未満)の粒子が 58%も含まれている。NU-5 は火山灰の互層であり、その下位にも軽石層が認められた。なお掘削地点の地下には、北方 1km ほどにある離山溶岩ドームの活動時の噴出物があると予想されるが、今回の掘削ではその深度まで到達しなかった。

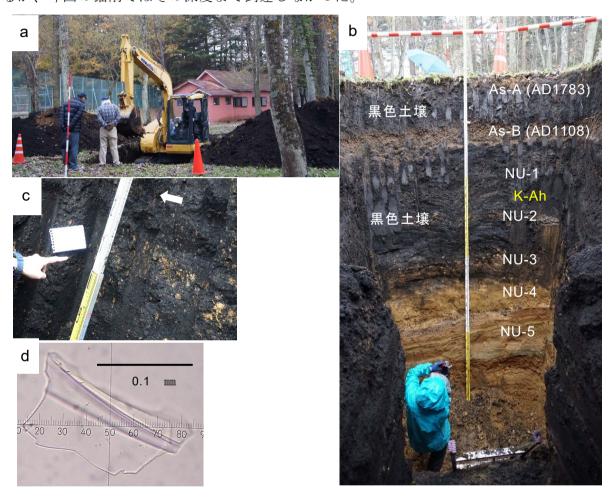


図 4 8 (a) トレンチ 17 の掘削風景、(b) 掘削面の全景 (スケール 5 m)、(c) NU-2 の軽石層 (矢印はアカホヤ火山灰の検出レベル)、(d) アカホヤ火山灰の火山ガラスの顕微鏡写真。

・重機トレンチ 18 (石尊山南南西の国有林林道沿い)

掘削地点は火口の南 4.4km、標高 1,292m に位置し(図 4 7)、4.5m の深度まで掘削した(図 4 9)。表土の下に追分火砕流堆積物と As-B が認められ、その下位を SSW1~5 にわけた。SSW1 は黄褐色の粗粒軽石から成り、10 cm大の粗大な軽石も含まれる。SSW2 は火山灰に富む暗灰色の土壌で、橙色の軽石を少量含む。SSW3 は上方より、褐色の粗粒軽石層、灰色の成層した火山灰層、淡黄色の中粒軽石層から成る。SSW3 は既作の等層厚線図の層厚と層位から御代田軽石(My:安井,2017)に対比される。その下位の黒色土壌(SSW4)には

橙色の軽石が少量散るが、下位の褐色火山灰(SSW5)との境界は漸移的である。SSW5 は基質支持で、褐色火山灰と中粒の軽石から成る。SSW4 からバブルウォール型火山ガラス(アカホヤ火山灰)を検出した。



図49 トレンチ18の全景(スケール5 m)。

・人力トレンチ M1 (東北東山腹斜面)

掘削地点は火口の東北東 2.7 km、標高 1,571m に位置し (図 4 7)、表層から As-A の上面までの約 25 cmの土壌を観察した (図 5 0 a)。暗灰色の火山灰を主とし、角張った石質岩片の火山レキが散在する産状であるが、詳しく観察すると粒度の違いから 6 層ぐらいにわけられる。中央部やや下方が上下より粗く、~3 cm大のレキも見られた。その上位は対照的に非常に細粒である。天明噴火以降の中小規模噴火については記録も豊富である (例:宮崎、2003)。堆積物と記録の照合を試みるために試料を採取した (図 5 0 b)。また M1 地点近くの深いガリー内壁においても崖錐を掘削して、歴史時代の大規模噴火の堆積物の火口近傍相の調査を行った (図 5 1)。

3. 結果のまとめと今後の課題

図47に矢印で示した山頂火口の南東方向の山麓では、従来、降下火砕堆積物の層序の検討が十分ではなかった。トレンチ17と人力トレンチM2地点は類似の層序を示し、その延長方向に能登(1975)や新井(1979)がD軽石を記載した千駄木遺跡がある。これらの地点間の堆積物の対比については、安井ほか(投稿中)で議論した。またトレンチ18では火口の南方へ分布する御代田軽石の他、南西方向に分布する軽石層(SSW1)も新たに見出され、前掛火山の南麓での降下火砕堆積物の層序を検討する手がかりが得られた。

また、人力トレンチ M1 地点における天明噴火以降に形成された火山灰土壌の試料と、2018年度のボーリングコア試料のうちの前掛火山の時期の土壌部分について、深度毎に含まれる火山灰粒子から噴火の痕跡を読み解く作業を開始した。これにより明瞭な地層を残さない中小規模の噴火活動についても実態解明をすることが今後の課題の一つである。

引用文献

新井房夫 (1979) 関東地方北西部の縄文時代以降の指標テフラ層. 考古学ジャーナ

ル, 157, 41-52.

宮崎務(2003)浅間火山活動記録の再調査 東京大学地震研究所彙報. 78, 283-463, 586. 能登健(1975)千駄木岩陰遺跡. 日本考古学年報, 26, 50.

高橋正樹・安井真也・金丸龍夫(2020)浅間前掛火山高分解能テフラ層序学のための降下 テフラ・トレンチ掘削プロジェクト 2016~2018 年成果報告ー地質記載・¹⁴C 年代・軽 石全岩化学組成一.日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要,55.93-153.

安井真也 (2017) 浅間前掛火山 12 世紀以前の噴火履歴復元の手がかり一御代田軽石を中心 とした新知見一. 火山. 62, 117-134.





図50 人力トレン チ M1 地点の天明噴火 以降の火山灰土壌。

- (a) 掘削面の様子、
- (b) 採取試料。



図51 M1 地点近くのガリー内壁 の調査風景。

○草津白根山:トレンチ調査および野外調査による噴火履歴の解明(富山大学)

草津白根火山は、群馬県北西部に位置する活火山である。本火山では有史以降水蒸気噴火が繰り返し発生しており、2018年にも水蒸気噴火が起きている(気象庁編,2013)。同

火山における噴火事象系統樹の作成のためには、小規模噴火を含む詳細な噴火履歴を解明することが必要である。また、北側には志賀火山が隣接しており火山群(草津白根火山群)を構成していることから、これらの長期噴火履歴とマグマ変遷の関係を明らかにすることも重要である。そこで本研究では、(1)草津白根山の完新世の活動解明のためのテフラ調査、および(2)隣接する志賀火山の活動履歴解明のための野外調査および物質科学的検討を行った。以下にそれぞれの概要・成果を述べる。

(1) 草津白根山の完新世のテフラ層序

草津白根山では、砂防工事に伴う大規模トレンチの観察、山頂域での手掘りトレンチ調査および東麓の表層露頭調査を行い、完新世テフラ層序の構築を目指した。

ロープウェイ山麓駅周辺の大規模トレンチでは、基底部に土石流堆積物、その上位に少なくとも 10 層のテフラ層(早川・由井(1989)の指標テフラ 13D と 14W を含む)が観察された(図 52)。本トレンチで見られるテフラ層は、層厚が数 $cm\sim20$ cm 程度である。他の地点に見られるテフラとの比較から、本トレンチで層厚が 10 cm 以上のテフラ層は全て本白根火砕丘群起源であると推測される。

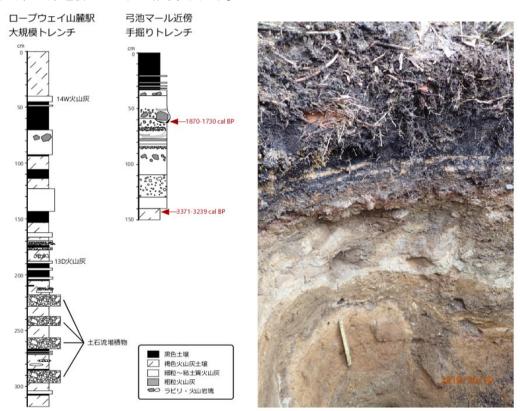


図52 ロープウェイ山麓駅周辺の大規模トレンチ及び弓池南方での手掘りトレンチで作成した柱状図(左)と手掘りトレンチの全景写真(右)。

弓池マールの近傍で実施した手掘りトレンチ調査では、火砕サージ堆積物と火山灰層の 互層からなる層厚 110 cm のテフラ層と、その上位の 4 枚の水蒸気噴火テフラ薄層が確認 された(図 5 2)。トレンチ基底部の土壌から 3,371~3,239 cal BP、火砕サージ堆積物の 直下の土壌から 1,870~1,730 cal BP という年代値が得られた。火砕サージ堆積物中の岩 塊は弓池火砕堆積物(亀谷ほか,2020)と一致することから、この堆積物は弓池マールで発生した噴火によるものと判断される。

本研究では、東麓の国道 292 号線の標高 1,890 m 地点で採取したテフラ層について岩石磁気分析を行った(図 5 3)。その結果、本質物を含むテフラ(12L 火山砂層)では帯磁率が 0.0005 より高く、本質物を伴わず、淡褐色~白色で変質岩片を含む粘土質火山灰(第 2 図の層準 1~7 及び 10・11 から採取したテフラ層)では帯磁率が 0.0005 より低いことが明らかになった。本火山には、噴火様式が特定できていないテフラ層が多く存在するが、テフラ層の帯磁率が噴火様式判断の基準として使える可能性があることを本研究では示すことができた。

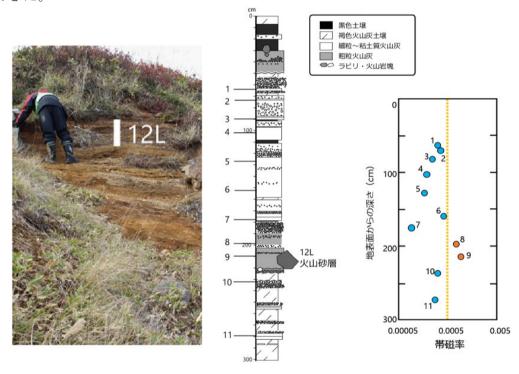


図53 国道292号線の標高1,890 m地点の露頭写真(左)、柱状図(左)及びテフラ層の 帯磁率(右)。

(2) 志賀火山の噴火層序と物質科学的特徴

志賀火山噴出物の層序と岩石学的特徴

志賀火山は4つの溶岩流から構成される。地形判読による被覆関係から、本火山の噴出物は、噴出順に旭山溶岩(AL)、鉢山溶岩(HL)、おたの申す平溶岩(OL)、志賀溶岩(SL)に区分される(鉢山は火砕丘の形態を有するため火砕物が主要構成物と考えられるが、現地調査では溶岩しか確認できなかったため鉢山溶岩と命名した)。噴出中心は、ALとHLが鉢山付近、OLとSLは志賀山付近である。

噴出物の岩質は、安山岩[~]デイサイトである。斑晶組合せは、斜長石 (P1) +直方輝石+単斜輝石 \pm カンラン石 (01) \pm 石英 (Qtz) + 不透明鉱物で、HL のみ Qtz を含まない。全噴出物でマグマ混合を示唆する組織 (例えば、汚濁帯をもつ P1) や斑晶組合せ (Qtz と 01 の共存)が見られる。全岩 Si02量は、AL が 61.3 \sim 64.1%、HL が 58.0 \sim 60.0%、OL が 59.1 \sim 62.2%、

SL が 59.2~61.8%である。組成変化図上では、噴出中心ごとに固有の直線的変化傾向をもち、ALとHL、OLとSLが同一組成変化直線上にのる。噴出物全体で見たときには、全岩組成がデイサイト側で収束し、安山岩側で発散するため、本火山の活動には単一のデイサイト質端成分マグマと2つの苦鉄質端成分マグマが関与したとすると、噴出物の岩石学的特徴がうまく説明できる。

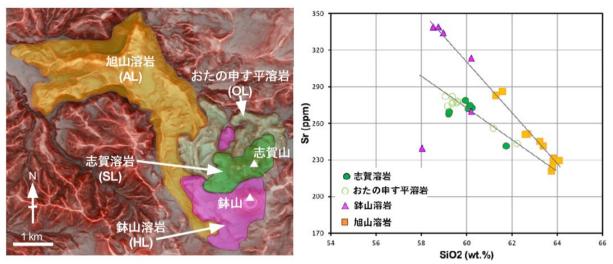


図54 志賀火山の地質図(左)と志賀火山噴出物の全岩化学組成(右)。

最新の噴火年代

志賀山山頂部には複数の火口地形が見られ、火口壁沿いの登山道では、地表付近に白色のテフラ層が少なくとも 2 層確認できる(図 5 5 の ST1 と ST2)。これらのテフラには安山岩片やスコリアが類質岩片とともに、カオリン鉱物、石英、クリストバライト、ミョウバン石、雲母粘土鉱物が産することから、水蒸気噴火によるテフラ層と考えられる。本研究により、下位のテフラ層の直下の土壌から約 $460\sim300$ 年前という 14 C 年代(暦年代)が得られた。この年代値から、これまで活火山とはされていなかった志賀火山が活火山であり、最近 500 年間に 2 回噴火を起こした可能性が極めて高いことが明らかになった。

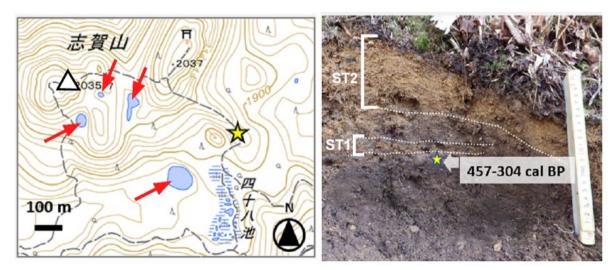


図 5 5 志賀山山頂部に見られる多数の火口(左,赤矢印先)と同図☆地点に見られる 2層の白色テフラ層と年代値(右)。

引用文献

電谷伸子・石崎泰男・勝岡菜々子・吉本充宏・寺田暁彦(2020)草津白根火山,白根火砕丘群,弓池マールおよび逢ノ峰火砕丘の岩石学的特徴.地質学雑誌,126,157-165. 早川由紀夫・由井将雄(1989)草津白根火山の噴火史.第四紀研究,28,1-17. 気象庁編(2013)44. 草津白根山.日本活火山総覧(第4版),気象庁,645-672.

○伊豆大島:野外調査に基づく大規模噴火の推移・履歴の解明(東京大学地震研究所)

伊豆大島は、伊豆小笠原マリアナ弧の北端に位置する火山島である。最近は1986年に噴火を起こしており、将来噴火が懸念される火山の一つである。過去の噴火履歴については地質学的調査や古文書の記録などによって明らかになっている。本研究では、その中でも数百年おきに繰り返す大規模噴火(Yシリーズ)の活動履歴および噴火推移解明のための研究を進めている。令和元年度は、伊豆大島の典型的な大規模噴火である安永噴火(Y1)および15世紀噴火(Y4)について地質調査を行い、テフラおよび溶岩流の層序を火口近傍から遠方の広範囲で再構築し、層序毎の噴出物の化学分析を進めた。

最も新しい安永噴火(Y1)について、層序の再構築を進め、噴火推移について以下の新たな知見を得た。(1)安永噴火の爆発的噴火ステージに由来するテフラは大きく3つのユニットに区分できること、(2)初期のマグマは低斑晶量であるが次第に斜長石斑晶に富むようになり、その変化がステップ状であること、(3)爆発様式(噴出率、噴煙高度)がユニット毎に異なり岩石組織もそれに対応して変化すること、などの噴出マグマや噴火推移の詳細が明らかになった(図56)。とくに、主要な降下スコリア層の上部ユニットについては、古文書から流出時期が制約されている溶岩流との層序関係から、1778年11月中旬に噴出したことが明らかとなり、従来の考えよりも半年ほど遅く、しかも短期間でクライマックスに至った可能性があることがわかった。また、新たな等層厚線を用いて爆発的噴火ステージの噴出量を見積もったところ、従来の見積もりより3倍近く多くなる可能性があることがわかった。さらに、安永噴火(Y1)に加えて15世紀噴火(Y4)についても調査を進め、Y1と同様に、初期に低斑晶量マグマが噴出し、次第に斜長石斑晶に富むという推移の特徴を有していることがわかった。Y1噴火で得られた新知見については、学会で発表を行った。

なお、当初トレンチ掘削を予定していたが、露頭調査により噴火推移に関する有用な情報が多く得られ、掘削を実施するにあたり、より慎重かつ適切に場所を選定する必要が生じたため、本年度はトレンチ調査を見送ることとした。令和2年度以降の実施を予定している。

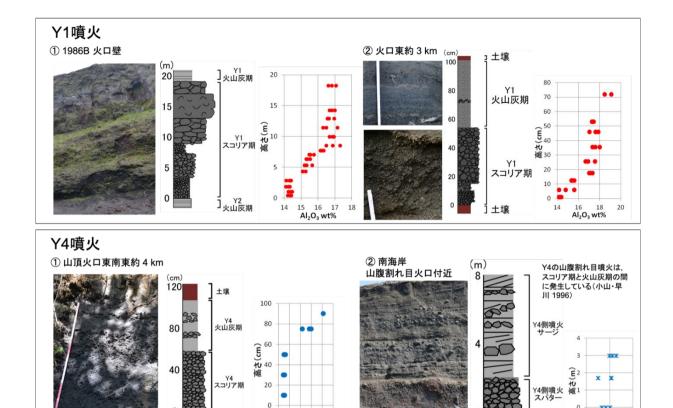


図 5 6 伊豆大島 Y1 および Y4 噴火の露頭写真、柱状図および化学組成変化。それぞれ代表的な 2 地点のものを示す。全岩化学組成が噴火推移とともに系統的に変化していることがわかる。とくに Y1 噴火では、粒径が大きく変化するレベルで組成のジャンプが認められる。 Al_2O_3 量の変化は、ほぼ斜長石斑晶の含有量の変化で説明できる。

15 Al₂O₂ wt%

14 15 16 17 18 19

○新島:伊豆弧、新島火山における噴火の変遷と長期予測(筑波大学)

昨年度までの研究の継続として、伊豆弧北部、新島、式根島、および神津島の流紋岩を 主体とする火山について、噴火区分等を基に、噴火の時系列(概略)と地域的なマグマの 比較、また斑晶鉱物の化学組成や全岩組成などを元にマグマの時代変化等について比較検 討を行った。

1. 流紋岩の噴火区分の再検討

噴火ユニット区分は、昨年の報告書記載にもすでに述べているが、地内島の噴火(~100ka)に始まり、いくつかの噴火を経て、式根島、(若郷玄武岩)、阿土山火山(856 y)、向山火山(886-887 y)まで断続的な噴火により形成されてきたと推測される。流紋岩の斑晶鉱物は主に、斜長石・石英・直方輝石・カミングトン閃石・普通角閃石・黒雲母から成り、それらの組み合わせから、4つのタイプに区分した:直方輝石一カミングトン閃石タイプ

(Opx-Cum-type)、カミングトン閃石タイプ(Cum-type)、カミングトン閃石一黒雲母タイプ (Cum-Bt-type)、黒雲母タイプ(Bt-type)。これらの噴火ユニットの多くにはカミングトナイトが含まれることが特徴である。一方神津島の噴出物等にはカミングトナイトは初期の噴出物のみで、それ以降は黒雲母がマフィック斑晶鉱物として含まれる場合が多い点が新島等とは異なっている。

2. 斑晶鉱物の化学組成、および全岩化学組成の特徴

斜長石のコアーリムの An mol. %は、地内島火山 (Opx-Cum-type)で30-45 にピークを持ち、噴出の時代と共に An %は下がり、向山火山 (Bt-type)で、18-22%となる。同様な傾向はカミングトン閃石と黒雲母の Mg#にも現れ、噴出の順序(あるいは組み合わさる鉱物種)と共に、減少傾向を示す(例えば Arakawa et al., 2019)。これらの減少傾向は、生成されるマグマ温度・圧力の時系列での減少に対応していると考えられる。これらの結果は追加試料でも同様な結果となり、大きな違いは確認できなかった。

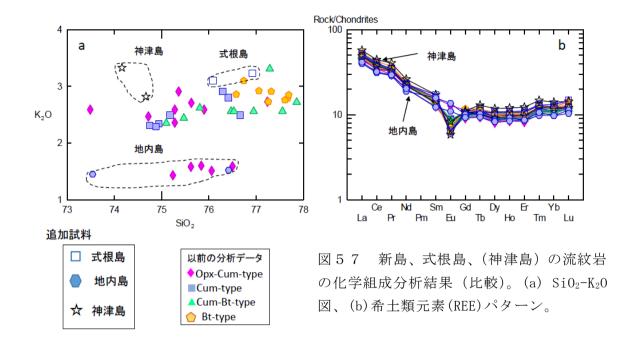
令和元年度は、上記結果を検証するために、全岩化学組成分析値の欠如していた、新島南東部の式根島(EPMA 分析結果は報告済み)、また分析データが限定されていた新島本島に隣接した地内島、および試料は少ないが神津島の流紋岩の元素組成分析を行った。その分析結果を図に示した(SiO $_2$ -K $_2$ O:図 5 7 a)。記号を変えて、追加分析結果を線で囲んである。まず、式根島の黒雲母流紋岩(Bt-type)2試料は同じタイプの流紋岩である阿土山、および向山ユニット(黄色記号)に近接した領域にプロットされるが、わずかに低い SiO $_2$ 値、高い K $_2$ O 値を示す。また、この周辺域での最初の活動になる地内島流紋岩(Opx-Cumtype)の追加2試料は、以前の分析結果と同じ分布(1試料は SiO $_2$ 値が低い(73.4%)であり、他の Opx-Cum-type 流紋岩(紫色で示す)とは明らかに異なっていることがわかる。また、比較対象として、神津島の噴火の中で初期に活動したとされる面房流紋岩(Opx-(Cum)-type)の2試料の分析を実施した。同じタイプの新島、地内島ユニットと比較し、低い SiO $_2$ 値、高い K $_2$ O 値を示している。これらの分析結果からは、各流紋岩のタイプ、および同じタイプでもユニットにより元素組成に違いがあることがわかった。これらの結果を総合すると、ある限定された地域の流紋岩質マグマでも、噴火ユニットごとに組成のわず

かに異なる親マグマから結晶分化等で形成されたという可能性が考えられる。この考えは伊豆弧における隣接した噴火ユニットでもその生成や分化が異なるという研究例(例えば、東伊豆単成火山の岩石の研究例として、鈴木他(2000)や Nichols et al. (2012) など)とも調和的である。

一方、希土類元素(REE)は、全体的には類似のパターンを示し、大きな違いはないように見える。追加分析結果(図57b)からは、以前の分析結果とほぼ一致する傾向が読み取れるが、それぞれわずかな違いがあるように見える。地内島のユニットは、以前の分析結果と同様、Eu の負異常がみられないなだらかな右下がり(軽希土類元素から重希土類元素)のパターンを示している。また、詳細には、地内島のデータは他のタイプの流紋岩に比べ、Eu を除く他の元素にやや乏しいことがわかる。式根島の追加試料は他の黒雲母流紋岩のデータとほぼ一致している(図ではわかりにくい)。神津島の追加試料(Opx-Cum-type)は、他の新島周辺のユニットに比べ、わずかに高い REE 量を示し、Eu の負異常も大きいことがわかる。神津島の結果は、新島における REE パターンと岩石タイプの比較において違いが確認できた。これらの REE 分析結果から、全体的なパターンの類似性を考えると、研究を行った地域の流紋岩の起源物質、およびその後の生成・分化のプロセスの類似性を示していると考えることができる。一方で元素濃度分析の結果の違いはそれぞれの噴火ユニットのわずかな起源や生成過程(生成条件)の違いを反映しており、火山、および各噴火ユニット独自の生成プロセスが存在するという考えとは矛盾はしない。

3. マグマの長期的な変動など

追加試料分析結果等を考慮すると、この地域のマグマの活動が、少なくとも 50 ka 以前には始まっており、それ以降、断続的に噴火を続けてきたこと、特に 10 ka 以降には時間軸が明確になった部分もあり、噴出率(190×10⁹ kg/ka)(例えば、吉田, 1992)などもすでに提示されている。本研究では、それを大きく改変する結果ではない。新島、式根島、神津島などにおける斑晶鉱物の組み合わせや平衡温度の推定からは、他地域の流紋岩(特に 0px-Cpx 主体の流紋岩など)に比べ低温(および低圧)の条件で生成され、浅所のマグマ溜りからの噴出が推定される。これは、調査地域の流紋岩質マグマの組成変化とも密接に関連し、時代と共に、わずかずつ浅所で低温のマグマの生成・噴出が生じたものと考えられる。今後のマグマ供給系やマグマ活動に関する詳細は今後検討する必要がある。



○三宅島:野外調査および物質科学的解析に基づく坪田期の噴火履歴とマグマ長期変遷の 関係解明 (茨城大学)

1. はじめに

三宅島火山の活動は、噴火様式やマグマ組成を基に、約10~4 kaの大船渡期(約7~4 kaの静穏期含む)、坪田期(約4~2.5 ka)、雄山 I 期(約2.5~1.3 ka)、雄山 II 期(約1.3 ka~AD 1469)、新澪期(AD 1469~AD 1983)に区分される。雄山期以降の噴火層序は比較的詳しく研究されているが、それより前については噴出物の記載例が少ない。特に坪田期は、静穏期後、現在まで続く活動の最初期にあたり、特徴的に安山岩を噴出するなど、本火山の中長期的噴火推移やマグマ変遷を理解する上で重要と言える。そこで、坪田期のうち未区分噴出物が多い島南部を中心に(図58・59)、地質記載と本質物質の全岩化学組成分析を行った。

2. 坪田期噴出物の地質・岩石と考察

三宅島南部地域では、水平方向に約3 km、高さ約10~60 mの海食崖に連続的に噴出物が露出する(図60のA~R)。坪田期噴出物は、上位の八丁平噴出物(約2.5 ka)と 14 C 年代値(未公表)を指標に特定でき、これらを地形・層相・本質物質の岩石学的特徴から5つに区分した(下位から 14 C 下位から 14

TbS-1 は降下スコリアとそれを覆う火砕サージ堆積物からなる。層厚の増加方向やサグ構造の方向および堆積構造から判断される流向から、鶴根マール付近に給源を持つと推定できる。降下スコリア中の炭化木から 3,240 \pm 30 yBP の ¹⁴C 年代が得られている。TbS-2・3 は暗灰色の溶岩である。TbS-4 は灰色と黒色部からなる不均質な溶岩で、直下の土石流堆積物中の炭化木片から 2,600 \pm 30 yBP の ¹⁴C 年代が得られている。TbS-5 は灰色の溶岩であ

る。本質物質の多くは斑晶量 6 vol.%以下で、斑晶鉱物組合せは主に斜長石、単斜輝石、直方輝石、不透明鉱物であるが、TbS-3 にはごく少量のかんらん石が含まれる。TbS-4 の灰色部と TbS-5 は安山岩(SiO₂=58-59 wt.%)で、それ以外は玄武岩質安山岩(SiO₂ = 52.9-54.8 wt.%)である。全岩 Mg#は、安山岩が 31.2~32.9、玄武岩質安山岩は 36.8~43.2 である。津久井・鈴木(1998)で記載された噴出物と本研究の TbS1~5 を合わせて、4,000~2,500 yBP の期間に少なくとも 1 1 回の噴火が認められることから、坪田期の噴火の頻度は約 0.73 回/100yr 以上と推定され、この値は他の活動期に比べると低い(例:新澪期:約 2.53 回/yr)。

新堀ほか (2003)は、大船渡期を除く活動期において、全岩 Mg#が、初期に最も高く、その後は時間経過に伴って減少するサイクルを見出した (図 6 0)。その中で坪田期は、安山岩主体 (55.9~63.2 wt.%) で低い全岩 Mg#値 (28.9~38.8) であると報告している。今回の新しいデータをこの変化傾向図にプロットすると、これらは最大で 43.2 の全岩 Mg#値を示し、雄山期初期へと整合的に Mg#が減少する傾向が見て取れる。このことから、従来の坪田期後期にあたる時期 (約 3,300yBP~2,600yBP) は、マグマ変遷サイクルから見ると、雄山期初期に再定義される可能性がある。今後は調査地域を広げ、14C 年代値と岩石学的データを収集し、本火山の中長期的マグマ変遷の全容を明らかにしたい。

引用文献

新堀ほか (2003) 火山, 48, 387-405. 津久井・鈴木 (1998) 火山, 48, 387-405.

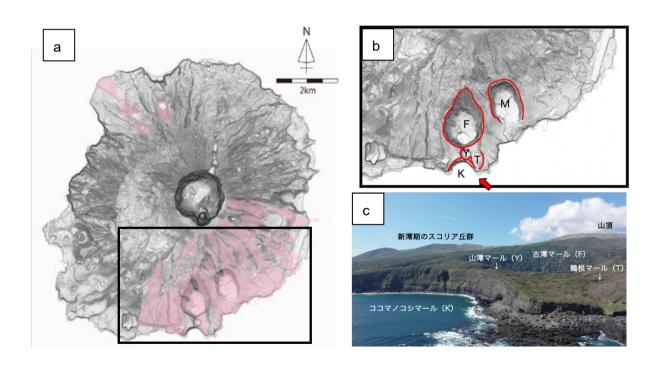


図58 a) 三宅島の傾斜量図. ピンクは坪田期未区分噴出物。b) 左図□の拡大図。F: 古澪 (大路池) マール (以下、マールを)、Y: 山澪、K: ココマノコシ (仮称)、T: 鶴根、M: 水溜り。矢印は c) の撮影方向。c) マール群の空撮。

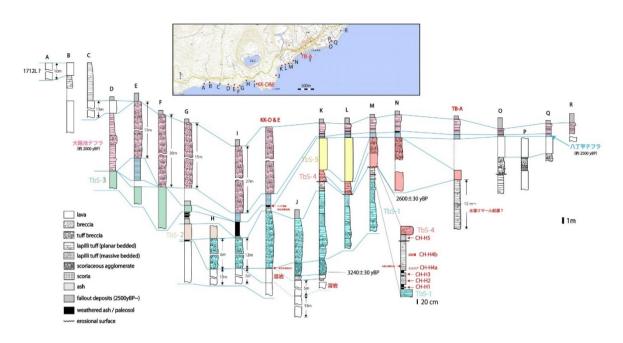


図59 調査地域の対比柱状図。

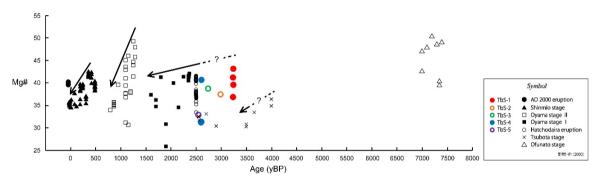


図 6 0 全岩 Mg#値の時間変化 (新堀ほか, 2003 に基づく)。TbS-2・3・5 の年代は土壌の厚さなどから概算。

○新潟焼山:地表調査及びトレンチ掘削調査による噴火履歴の解明(富山大学)

1. はじめに

新潟焼山は、新潟・長野県境に位置する活火山である。同火山の活動は第 I~V 期に区分されており、各活動期の噴出物は溶岩流と火砕流を主体とし、火山灰も伴う(早津,2008)。 2018 年度には、新潟焼山火山東方の高層湿原(高谷池~天狗平)で、同火山起源のテフラ層を計 8 層確認した。本年度には、これらのテフラ層を東方の妙高火山方面に追跡し、より広域的にテフラ分布を調査した。また、代表的なテフラについては ¹⁴C 年代測定も行った。

2. 本研究で得られた新たな知見

2018年度には、新潟焼山火山起源のテフラの模式地(早津,2008)とされる高谷池~天 物平で調査を行い、8層のテフラ層を確認した。これらのうち3層は連続性が非常に悪い

ため、既存テフラがリワークしたものと判断される。残りの 5 層(上位から順にテフラ A ~ E と仮称)については、それぞれ焼山 - 高谷池火山灰層の YK-KGa~YK-KGe(早津, 2008)に対比される。昨年度に行った 14 C 年代測定により、テフラ E (YK-KGe) が従来考えられていた年代よりも 2,000 年古い約 5,000 年前のテフラであることが明らかにされている。

妙高火山に近づくに伴い、テフラ A~E は漸減もしくは消失し、妙高火山起源と考えられるテフラ層が目立つようになる。本年度の調査では、妙高火山山頂の南方に位置する南地獄谷の近傍において、計 9 枚の灰色もしくは橙色のテフラ層(上位から順にテフラ M1~M9と仮称)が保存された好露頭を見出した(図 6 1)。M8 直下、M4 直下、M2 直下および M1 直下の泥炭質土壌から、それぞれ、3,460-3,372 cal. BP、3,159-2,978 cal. BP、1,990-1,882cal. BP、501-321cal. BP という 14 C 年代(暦年)を本研究で得た。

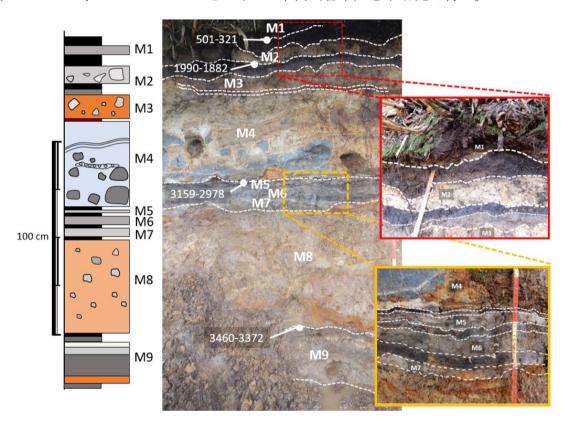


図 6 1 妙高火山南地獄谷近傍の手掘りトレンチで見られたテフラ層。中央写真中の数値は暦較正年代(単位は cal. BP)である。

テフラ M1 は、軽石を含むという特徴がテフラ B (YK-KGb) と類似しており、堆積年代も 500 年前頃と推測されることから、新潟焼山火山の第 IV 期噴火 (1361 年噴火) のテフラと推測される。テフラ M2 には新鮮な火山ガラスが見られ、最大粒径 15 cm の火山岩塊を伴うことから、妙高火山で発生したマグマ噴火のテフラと推測される。テフラ M3~6 は火山ガラスを含まず、変質岩片と粘土鉱物が主体であることから、水蒸気噴火のテフラと判断される。これらのテフラは層厚も厚いため、露頭近傍の地獄谷で最近 3,000 年間に発生した水蒸気噴火のテフラである可能性が高い。テフラ M7~9 については、新鮮な火山ガラスや本質物と考えられるデイサイト~安山岩片が含まれるため、妙高火山で起きたマグマ噴火のテフラである可能性が高い。また、テフラ M9 は、直上の土壌の年代が 3,500 年

前頃に堆積していることから、約5,000年前の大田切川火砕流(早津,2008)の発生時に 堆積した降下テフラ層である可能性が考えられる。

引用文献

早津賢二(2008)妙高火山群:多世代火山のライフヒストリー. 424p, 実業広報社, 東京.

○白山:地表調査及びトレンチ掘削調査による噴火履歴の解明(富山大学)

1. はじめに

白山火山群は、石川・岐阜県境に位置する活火山である。史料に残る本火山群の最後の 噴火は1659年の水蒸気噴火であり、表面的には350年以上静穏期を続けている。

本年度の調査では、白山火山群を構成する3つの火山体のうち、最も活動年代が新しい 白山火山について、手掘りトレンチと自然露頭におけるテフラ層の調査、¹⁴C年代測定、本 質物の物質科学的解析を行った。

2. 本研究で得られた新たな知見

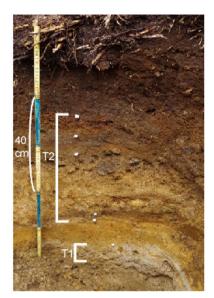
テフラ層の調査を、山頂周辺の自然露頭9地点と、白山東方の大倉山付近(大倉山避難小屋の西方約100 m地点)の手堀トレンチ1地点で実施した。

自然露頭では、1地点で最大10層のテフラ層を確認した。これらのうち最下層のテフラ層は、本質物としてスコリアを産し、複数枚の降下ユニットからなるという岩相の特徴から、南龍テフラ(遠藤, 1985)に対比される。その上位にもスコリアを伴うテフラ層が2層確認できるが、既知テフラとの対比は現在検討中である。

手堀りトレンチでは、計2層のテフラ層(T1、T2と仮称)を確認した(図 6 2)。テフラ T1 はラピリサイズの類質岩片を伴う白色粘土質火山灰層である。本テフラは山頂周辺の自然露頭では確認できていないため、主に山頂から東方に分布域をもつテフラ層と考えられる。テフラ T2 は、ラピリ〜火山岩塊サイズの本質スコリアを伴い、複数枚の降下ユニットから構成されるという岩相の特徴から、山頂域に広く分布する南龍テフラに対比される。テフラ T2 直下の土壌層から 2,998 cal BP-2,869 cal BP という暦年代が得られたため、T2 の堆積年代は 3,000 年前以降と推測される。この年代は、南龍テフラから報告されている年代(遠藤、1985)とも整合的である。また、T2 の本質物の全岩組成は、山体崩壊(約4,500 年前)以降に白山火山で噴出した溶岩の組成領域内に点示され、このことも T2 が約4,500 年前以降のマグマ噴火により形成されたテフラであることを示している。

引用文献

遠藤邦彦(1985)白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程.白山高山帯自然史調査報告書,11-30.



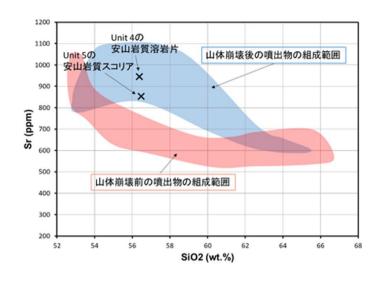


図62 手掘りトレンチで見られたテフラ層(左)とT2の本質物の全岩組成(右)。右図のUnit 4と5は、テフラT2の降下ユニットにつけた名称である。

○御嶽山:野外調査およびトレンチ掘削調査による噴火履歴の解明(産業技術総合研究所)

1. はじめに

中部地方に位置する御嶽(御岳)火山は、約78万年前から活動を開始した大型の成層 火山で、古期と新期の活動に大別される。約10万年前から活動を開始した新期御嶽火山 の活動は、現在も続いており、完新世にも複数回のマグマ噴火を含む活動を行っている(図 63;例えば、及川ほか、2014;及川ほか、2015)。そのため、近い将来も同程度の噴火活

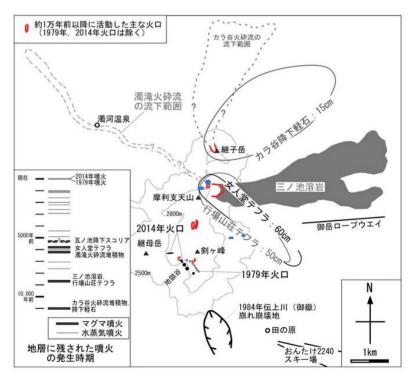


図63 御嶽(御岳)火山の 完新世噴出物の分布(及川 ほか,2014に加筆)。青丸は b)でふれる図64露頭の位 置。青線の示す位置は、黒谷 火口。

動を行う可能性が高く、活動履歴を基に火山活動のリスク評価を行う必要がある。しかし、 完新世の火山活動がそれ以前より活発であるか否かは明らかでない。本研究では、御嶽火 山の今後の活動評価に資するデータを得るために、火口近傍の山体上部において最近数万 年間の活動を対象とした地質調査を行うとともに年代測定を行う。

本年度は完新世における噴火活動を評価するために、およそ1万年間の噴出物の調査を行うと共に、その1つ前の活動期の一の池火山噴出物の調査を行った。さらに新期御嶽山の細かい活動時期を明らかにするための地質調査と年代測定を行った。なお、本項では、14C年代値にはBP、それを暦年較正した値はcal BPをつけて区別して表記する。

2. 完新世の噴出物の調査

完新世の噴火史は、及川ほか (2014)・及川ほか (2015) などの速報的な研究があるが、その詳細は十分明らかになったとはいえない。今回、山体東側の黒沢口登山道8合目と9合目の登山道沿いの 2,480m 付近にて新たな露頭を発見し、テフラの記載を行うとともに14C年代測定も行った (図64)。

新たな露頭では、最下位にスコリア流堆積物である黒岩テフラが分布し、その上の浸食面を挟まずに土層が重なり、その土層中に行場山荘テフラ、女人堂テフラ(テフラ名は、及川ほか(2014,2015))、粘土質テフラが重なる。なお、行場山荘テフラと女人堂テフラは、共に完新世のマグマ噴火に伴うテフラであり、その年代は約9 ka (cal BP)、約6 ka (cal BP)とされており、特に行場山荘テフラは、完新世で最大のマグマ噴火の噴出物である、三ノ池溶岩の流出に伴って降下したテフラと推定されている(及川ほか,2014,2015)。また、水蒸気噴火の噴出物と推定される粘土質テフラの年代は、新たに測定した直下の土層の 14 C 年代値(図 6 4)から約 4ka (BP)と推定される。なお、約4千年前の水蒸気噴火テフラは、東麓で初めて確認されたもので、今までは南東麓の田ノ原登山道沿いにのみしか確認されていなかった。

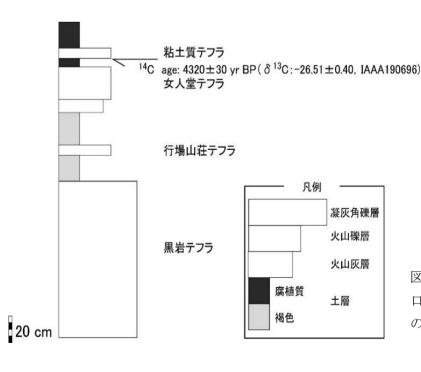


図 6 4 御嶽火山、黒沢口登山道標高 2,480m 地点の柱状図。

本露頭は、標高 2,480m と高所に位置することから、完新世以前の最終氷期においては、周氷河ないし氷河環境下に置かれたと考えられる。そのため、その時期の未固結のテフラ層が、層として保存される可能性は大変低い。そのため、未固結のテフラ層であるが、層として保存されている最下位の黒岩テフラは、層序から約9千年前より古いのは確かであるが、完新世に噴出した可能性が高い。さらに、このスコリア流は分布から黒沢口登山沿いの標高 2,700m 付近の割れ目火口、黒岩火口起源であることがわかっている。

このように、御嶽山東麓に分布する、マグマ噴火由来の完新世テフラの層序が明確になり、かつ山体南東側の田の原登山道のみでしか見つかっていなかった、約4千年前の水蒸気噴火テフラが見つかった。これらの成果は、水蒸気噴火テフラの規模の推定や完新世テフラの層序や分布を明らかするうえで重要な発見である。

3. 一の池火山の分布

完新世の活動評価を行うため、その1つ前の活動期である一ノ池火山噴出物の詳細な分布・層序を明らかにした(図65)。従来の研究では、一ノ池火山噴出物の分布は研究者間で異なっていたが、山頂部を詳しく調査することで、正確な分布を明らかにした。今後、年代測定などを行い、活動期間を明らかして、噴出率などを求める予定である。それらのデータを基に、完新世の活動がそれ以前より活発化どうかなどの活動評価を行う。

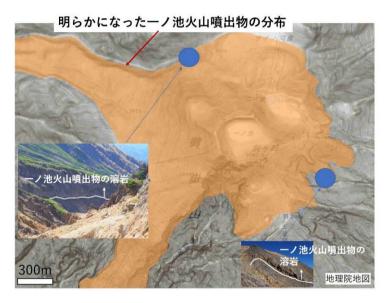


図65 御岳火山、一ノ池火山噴出物の分布(オレンジ部分)。 基図は地理院地図(国土地理院)を使用。特に東側の分布が、山田・小林(1988)及び竹内ほか(1998)と木村(1993)などの従来の研究が異なっていたが、今回の調査で分布が明確になった。

4. 新期御嶽山の火山活動の時期

約10万年前から始まった新期御嶽山の火山活動は、現在も継続しているが、初期のほうが活発であったことが指摘されている。そのため、最近1万年程度の火山活動が、直近の数万年間火山活動と比べて同程度であるか、それとも低調であるかなどは明らかになっている。御嶽山の完新世の火山活動が活発であるか否かは、完新世の噴出率などのデータと、それ以前の活動期のデータを比較して評価する必要がある。そのような目的で、現在、地質調査とあわせて K-Ar および Ar/Ar 年代測定を行い、過去数万年程度の御嶽山の噴出率の変化の詳細などを明らかにしようとしている。

まだ予察的であるが、地質調査と年代値を基にした新期御嶽山の火山活動期および山体

区分は、図 6 6 のように区分される。約 1 0 \sim 5 万年前までに山体の大部分が形成された後、約 4 \sim 2 万年前に、山体の北側と南側で活動があった。その後、完新世に山体のやや北寄りで活動があったとまとめられる。今後、層序と関連づけた年代測定をさらに行い、詳細を明らかにする予定である。

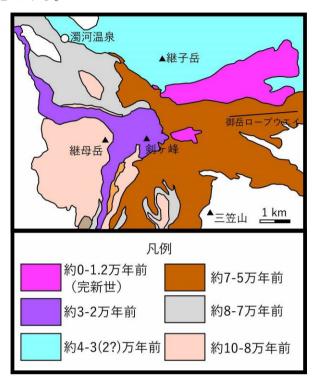


図66 新期御嶽火山の活動年代に基づく山体区分図 (予察)。

5. まとめ

御嶽火山において、完新世の火山活動に関連する新たな露頭を発見し記載を行った。また、完新世の火山活動の1つ前の活動期で形成された一ノ池火山噴出物の詳細な分布を明らかにした。更に、地質調査とあわせて K-Ar・Ar/Ar 年代測定を行い、活動年代に基づく山体区分を検討した。

引用文献

- 木村純一(1993)後期更新世の御岳火山:火山灰層序学と火山層序学を用いた火山活動史 の再検討.地球科学,47,301-321.
- 及川輝樹・鈴木雄介・千葉達朗 (2014) 御嶽山の噴火-その歴史と 2014 年噴火. 科学, 84, 1218-1225.
- 及川輝樹・鈴木雄介・千葉達朗・岸本博志・奥野充・石塚治(2015)御嶽山の完新世の噴火史. 日本火山学会 2015 年度秋季大会講演予稿集, 102-102.
- 竹内誠・中野俊・原山智・大塚勉 (1998) 木曽福島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 94p.
- 山田直利・小林武彦(1988)御嶽山地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所,136p.

〇九重山:地下水水質による九重火山の山体内部の地質構造と火山活動の推定に関する検討(山口大学)

1. はじめに

火山はその山体に大量の水を貯えており山麓部には多く湧水池が分布している(Yamamoto,1995)。また、火山周辺ではマグマ活動に由来する熱水の上昇もみられる。そのため火山体の地下水や熱水には化学的な多様性がみられる(太田,2006)。上記の多様性は、マグマ由来の熱水や火山ガスが影響していると考えられる。浅間山北麓において、湧水の水温の形成には風穴や火山活動が関与すると報告されている(鈴木ほか,2007)。岩手山全体では、水質により地下水が分類されている(佐藤ほか,2000)。チェジュ島においては、地下水中の微量元素含有量に基づき噴出物によって水質形成機構が異なることが報告されている(Koh et al.,2016)。しかし、これらの研究では、水-岩石反応に基づく火山体の地下水における水質形成モデルは検討されていない。一方、batch-leaching 試験とPHREEQC を用いたシミュレーションから地下水水質は周辺の岩石(鉱物組み合わせ)との水-岩石反応の結果として形成されると報告されている(Ohta et al.,2019)。

山下・太田(2017)では、九重火山東部域における水-岩石反応過程を検討した。九重火山では、その中部域においては現在も噴気活動が盛んであり、全域にわたり多様な熱水や湧水が分布する。そこで、地下水水質から火山体の地質構造と火山活動を推定する手法の構築の基礎研究として、九重火山全域に分布する湧水や熱水の水質分析結果について多変量解析を行い、各湧水・熱水の水質形成過程について検討した。

2. 九重火山における湧水、熱水の水質の特徴

図 6 7 及び表 5 に示した 1 4 箇所の湧水・熱水・温泉水・河川水について、それぞれ複数時期に採水し、水質を分析した。分析項目は、pH、EC(電気伝導率)、水温、ORP(酸化還元電位)および主要イオン濃度($Na^+ \cdot K^+ \cdot Ca^{2+} \cdot Mg^{2+} \cdot SO_4^{2-} \cdot HCO_3^- \cdot C1^-$)である。

全採取試料の主要イオン濃度の分析結果を、トリリニアダイアグラムに示す(図 6 8)。 熱水試料 No. 1、冷泉あるいは温泉水試料 No. 13・14、温泉下流の河川水試料 No. 10 は、 I 型に分類され、その他の試料の大部分は循環型地下水(II型)の特徴を有する。No. 4 のみ I型とII型の間の中間型(V型)に分類される。

図69に全試料のpHとECとの相関を示す。図中のシンボルは、図68でII型に分類される試料を白抜きで、I型およびV型に分離された試料を塗潰しあるいは線で示した。大部分の試料が弱酸性~中性を示し、II型の試料はNo.11を除いてECが約50mS/m以下を示す。熱水試料No.1、温泉水試料No.14と深層地下水試料No.11で高いECが観測された。

I 型に分類される No. 1 は酸性、No. 13・14 は弱酸性を示すが、同じ I 型でも No. 10 は分析試料中でも最も高い pH を示す。炭酸泉である試料 No. 5・7・8 は II 型の中でも pH が低く弱酸性を示す。

飯田火砕流堆積物中の湧泉試料 No. 2・3、一番水溶岩からの湧水試料 No. 4、大船東溶岩沿いの河川水試料 No. 6 など酸性噴出物内あるいはそれに近接して分布する湧水や河川水は、中性を示し EC も低い。



図67 試料採取位置図。

表 5 採取試料一覧。

No.	試料名	種類	湧出地の地質	備考
1	小松地獄	熱水(自噴)	飯田火砕流堆積物	
2	池山水源	湧泉	飯田火砕流堆積物	
3	山吹水源	湧泉	飯田火砕流堆積物	
4	一番水	湧水	一番水溶岩	
5	今水	湧水	岳麓寺溶岩	炭酸泉
6	今水川	河川水		
7	よいやな	湧水	黒岳溶岩ドーム	炭酸泉
8	黒嶽荘	湧水	黒岳溶岩ドーム	炭酸泉
9	男池	湧泉	男池溶岩	
10	鳴子川	河川水		法華院温泉下流
11	ボーリング孔	深層地下水(自噴)	湯沢山溶岩/台の山溶岩	
12	水抜き孔	浅層地下水	湯沢山溶岩/台の山溶岩	
13	寒の地獄	冷泉	寒の地獄火砕流堆積物/	
13	2007 NO 30A	7 11 25%	飯田火砕流堆積物	
14	赤川温泉	温泉	久住山溶岩	

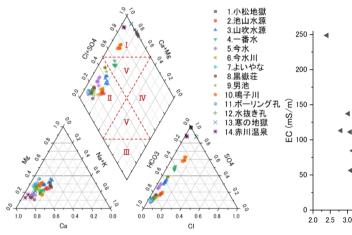


図 6 8 湧水等のトリリニアダイアグラム。I:温泉水・化石水、II:循環滞型地下水、III停滞型地下水、IV:海水起

源、V:中間型。

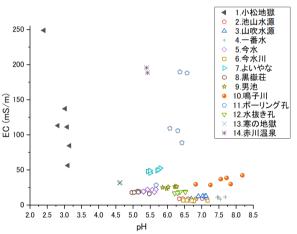


図69 湧水等の pH-EC 図。

3. 多変量解析による湧水・熱水の分類と水質形成過程の推定

前章で述べた各熱水・湧水・河川水の水質から、多変量解析手法を用いた分類と水質形成過程の推定を試みた。用いた解析手法は、主成分分析とクラスター分析である。

主成分分析とは、複数の変量からなるデータを少数の総合特性値(主成分)に要約するための手法である(清水,2015)。総合特性値は元の変量に係数を掛け、それらを足し合わせて生成され、主にサンプルの特徴づけのために利用され、新たなサンプル間の特性をつかむことが可能となる(清水,2015)。

クラスター分析とは、各サンプルを多次元の空間上に並べて布置し、その布置の仕方により、サンプル間の距離の近いものから融合し、その構造を評価する手法である(清水、2015)。クラスター分析のアルゴリズムは、多変量の距離を計算した分類距離行列を基準に、サンプル間を統合処理しており、クラスター分析された分類結果およびその過程が樹状図(デンドログラム)により表示される。

3. 1 主成分分析結果

(1) 主要イオン濃度による分析

採取した全試料の主要イオン濃度に対して主成分分析を行った。分析の結果得られたイオン濃度の指標のパイプロットと因子負荷量の散布図を図70に示す。

パイプロット図から、第1主成分 (PC1: X 軸方向) は Na・K・Ca・Mg が大きな正の値を、NO $_3$ が負の値をとることがわかる。これは、第1主成分の正の方向は水-岩石反応によるこれらの陽イオンの溶出を示し、負の方向は人為汚染による影響を表していることを示唆する。一方、第2主成分 (PC2: Y 軸方向) は F・C1 が大きな正の値を示しており、ガス成分の影響を反映していると考えられる。

因子負荷量の散布図では、No. 11 ボーリング孔試料が大きな正の PC1 値を示しており、水-岩石反応の影響が大きいことが推定される。また、No. 1 小松地獄試料の PC2 が正の方向に大きいことから、この試料の水質はガス成分の影響を受けていると考えられる。この2 試料は主要イオン濃度が高いが、他の試料はこの2 試料に比べてイオン濃度が低いため、因子負荷量の散布図では原点付近に集中し、詳細な検討を行うことは困難である。

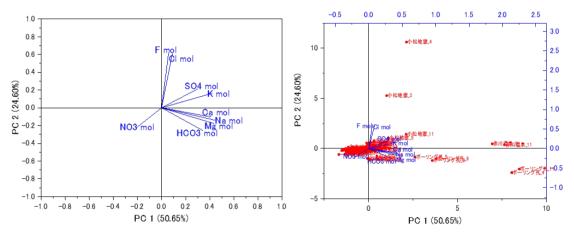


図 7 0 主要イオン濃度に対する主成分分析結果。(左)パイプロット図 (右)因 子負荷量散布図。

(2) 主要イオン濃度比による分析結果

採取した全試料の主要イオン濃度比に対して主成分分析を行った。分析の結果得られた イオン濃度の指標のパイプロットと因子負荷量の散布図を図71に示す。

パイプロット図において、第1主成分では正方向に HCO_3 と NO_3 が大きく、負の方向に SO_4 が大きいことから、第1主成分は火山ガスと人為汚染の影響を表していると考えられる。一方、第2主成分では $Na\cdot K$ が大きな正の値を、 $Ca\cdot Mg$ が大きな負の値を示すことから、第2主成分は $Na\cdot K$ が大きな正の値を、 $Na\cdot K$ が大きな正の値を、 $Na\cdot K$ が大きな正の値を、 $Na\cdot K$ が大きな正の値を、 $Na\cdot K$ が大きな負の値を示すことから、第2主成分は $Na\cdot K$ が大きな正の方向はフェルシック鉱物の溶解を、負の方向はフィック鉱物の溶解を示すと推定される。

上記から因子負荷量の散布図において、第1象限はフェルシック鉱物の溶解の卓越、第2象限は $H_2S \cdot SO_2$ を主体とする火山ガスの影響とそれによるフェルシック鉱物の溶解および硝酸による人為汚染の影響を、第3象限は $H_2S \cdot SO_2$ を主体とする火山ガスの影響とそれによるマフィック鉱物の溶解を、第4象限はマフィック鉱物の溶解の卓越を、それぞれ示している。

No.1 小松地獄は、第2象限の SO₄ の負荷量線の延長にあることから、 $H_2S \cdot SO_2$ ガスが強く影響していると考えられる。No.10 鳴子川と No.13 寒の地獄も第2象限の SO₄ 負荷線上に分布するため、 $H_2S \cdot SO_2$ ガスの影響が推定される。No.2 池山水源、No.3 山吹水源、No.4 一番水は第1象限の PC1 が0に近い位置に分布することから、火山ガスの影響が少なく、フェルシック鉱物の溶解に卓越した水質と言える。No.6 今水川は第1象限の PC1・PC2 ともに大きな値をとる位置にあり、フェルシック鉱物の溶解と硝酸による人為汚染の影響が考えられる。No.7 よいやな、No.9 男池、No.11 ボーリング孔、No.12 水抜き孔は第3・第4象限の PC1 が0付近に分布することから、火山ガスの影響が少なく、マフィック鉱物の溶解に卓越すると考えられる。No.5 今水、No.8 黒嶽荘は第4象限に位置し、 CO_2 ガスの影響とそれに伴うマフィック鉱物の溶解によると推定される。

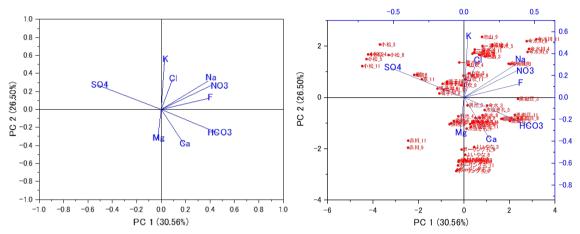


図 7 1 主要イオン濃度比に対する主成分分析結果。(左)パイプロット図 (右) 因子負荷量散布図。

3.2 クラスター分析結果

採取した全試料の主要イオン濃度を対象に、群平均およびユークリッド距離を用いたクラスター分析を行った。分析結果のデンドログラムを図72に示す。

図72から、九重火山における湧水、熱水等は、13のクラスターに分けることができる。前節の主成分分析結果と合わせると、クラスター $1\cdot 2\text{-C}\cdot 4\cdot 6$ は $\text{H}_2\text{S}\cdot \text{SO}_2$ ガスの影響を受けた熱水や温泉水、クラスター 3 は CO_2 ガスの影響を強く受けた湧水、クラスター 2-A はフェルシック鉱物の溶解に卓越した水質の湧水・河川水で、2-A-2 には人為汚染の影響がみられる。クラスター $2\text{-B}\cdot 2\text{-D}\cdot 3\cdot 5\cdot 7$ は主にマフィック鉱物の溶解の影響を受けた水質の湧水であり、クラスター $2\text{-B}-1\cdot 2$ および 3 では CO_2 ガスの影響が程度は異なるが、認められるものである。

3. 3 湧水・熱水の分類と水質形成過程

以上の九重火山における湧水、熱水等の水質に関する多変量解析の結果から推定される 分類とそれぞれの水質形成過程は表 6 に示すとおりと推定される。表から、水-岩石反応に よる鉱物の溶解が水質形成において卓越する場合は、湧出する箇所の噴出物の SiO₂ 量と推 定される溶解鉱物が調和的であることがわかる。

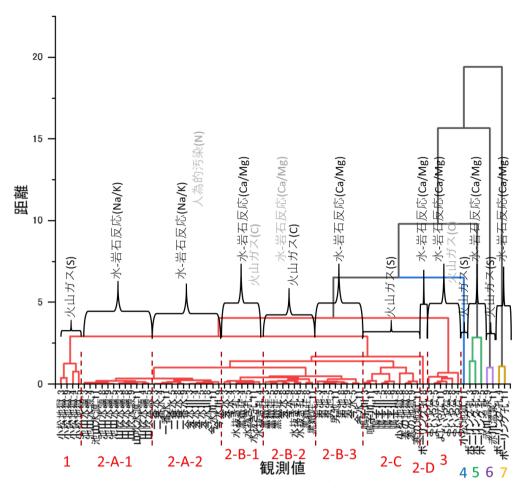


図72 クラスター分析結果を表すデンドログラム。

表 6 九重火山の湧水・熱水の分類と水質形成過程。

クラスター	試料No.	水質形成過程	地質	
2-A-1	2,3	フェルシック鉱物の溶解	飯田火砕流堆積物(66)	
2-A-2	4,6	フェルシック鉱物の溶解+人為汚染	一番水溶岩(61-66)/大船東溶岩(61-66)	
2-B-3	9,(5)	_	男池溶岩(57)	
2-D	11	- -マフィック鉱物の溶解		
5	11		湯沢山溶岩(60)/台の山溶岩(60)	
7	11	_		
2-B-1	5,12	- -マフィック鉱物の溶解+CO₂の混入	岳麓寺溶岩(60)/湯沢山溶岩(60)/台の山溶岩(60)	
3	7	- マノイ ブノ WA70 07 台2 14 15 10 12 00 7 16 7 (黒岳溶岩ドーム(60)	
2-B-2	8,(5),(12)	CO ₂ の混入+マフィック鉱物の溶解	黒岳溶岩ドーム(60)	
6	14	H_2S , SO_2 の混入+マフィック鉱物溶解	久住山溶岩(59)	
1	1		飯田火砕流堆積物(66)	
2-C	(1),10,13	_ H ₂ S,SO ₂ の混入	寒の地獄火砕流堆積物/飯田火砕流堆積物(66)	
4	1	_	飯田火砕流堆積物(66)	

試料No.の() は観測回数が少ないことを表す 地質の() 内の数字はおおよそのSIO₂wt.%を表す

4. まとめ

九重火山に分布する湧水、熱水、温泉水等の主要イオン濃度について、主成分分析およびクラスター分析を行い、これら水試料の分類と水質形成過程の推定を試みた。その結果

は以下のとおりである。

- ① 九重火山の湧水、熱水等は、推定される水質形成過程から7タイプに分類される。
- ② 水-岩石反応が主な水質形成過程のタイプでは、湧出地に分布する噴出物の SiO₂ 量と 推定される溶解鉱物が調和的である。
- ③ 炭酸泉ではすべて CO₂ ガスの混入が予測される。
- ④ トリリニアダイアグラムで I 型に分類される試料は、すべて $H_2S \cdot SO_2$ ガスの混入が推定される。

引用文献

- Koh, Dong-Chan, Chae Gi-Tak, Ryu Jong-Sik, Lee Seung-Gu, Ko Kyung-Seok (2016) Occurrence and mobility of major and trace elements in groundwater from pristine volcanic aquifers in Jeju Iskand, Korea. Applied Geochemistry, 65, 87-102.
- 太田一也 (2006) 雲仙火山の温泉とその地学的背景,日本地熱学会誌,第 28 巻,第 4 号,337-346.
- Ohta, Takehiro, Hattori, Shuichi, Kikuchi, Yoshihiro, and Shimofusa, Dai (2019) Experimental and Numerical Study of the Groundwater Quality in Altered Volcanic Rock Area, IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, Volume4.
- 佐藤努・安原正也・風早康平・高橋正明・丸井敦尚(2000) 岩手山の湧水の主要化学組成による分類,日本水文化学会誌,第30巻,第1号,23-32.
- 清水功次(2015) 実務に役立つ多変量解析の理論と実践,149-199.
- 鈴木秀和・田瀬則雄(2007)浅間山北麓における湧水温の形成気候と地域特性,日本水文科学学会誌,第37巻,第1号,9-20.
- Yamamoto, S. (1995) Volcano body springs in Japan, Kokon-shoin, Tokyo, 264p 山下慧・太田岳洋 (2017) 九重火山東部における地下水水質と火山地質との関係性につい て,日本応用地質学会平成 29 年度研究発表会応援論文集.
- ○阿蘇山:2019 年噴火対応およびトレンチ掘削調査による阿蘇山の噴火履歴の解明(熊本大学)
 - (1) 阿蘇火山中岳における 2019 年マグマ噴火に先行する火山活動

阿蘇火山中央火口丘群の中で唯一活動を続ける中岳はわが国を代表する活火山であり、近年では2014年11月~2015年5月にかけてマグマ噴火(Miyabuchi & Hara, 2019)や2015年9月~2016年10月には複数回の爆発的噴火が発生している(Miyabuchi et al., 2018)。令和元年度は、中岳第1火口における2019年の火山活動に焦点を当て、小規模な噴火活動に伴う噴出物について現地調査を行って火山地質学的特徴を明らかにしたので、その結果を報告する。

阿蘇火山中岳では2019年7月26日以降、ほぼ連続的なマグマ噴火が発生しているが、

それに先行して同年 4 月 16 日から複数回のごく小規模な噴火が認められた。なかでも 5 月 3 日~5 日には噴煙が 2,000 mまで上昇して阿蘇カルデラ南方域にまで降灰が観察されるイベントが発生した。 5 月 4 日~5 日にかけて現地調査を行った結果、このイベントに伴う火山灰は、中岳第 1 火口から南南東方向と南西方向に 2 つの主軸をもって分布することがわかり(図 7 3)、噴出物量は 700 トン程度と概算された。当時の気象データから、南南東方向への火山灰の分布は噴火初期にあたる 5 月 3 日 15~18 時頃の風向(北風)を、また南西方向への飛散は 3 日 20 時以降の風向(北東風)を反映していると考えられた。

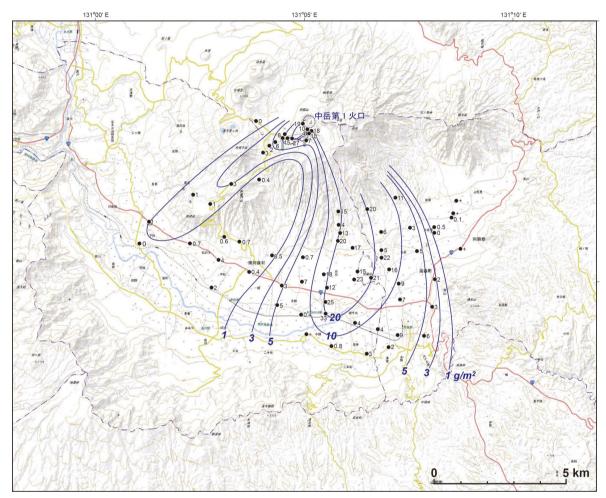


図 7 3 阿蘇火山中岳における 2019 年 5 月 3 日~5 日噴出物の分布(単位 g/m^2)。地理院地図レベル 14 を使用。

噴火のごく初期(5月3日15~18時頃)に噴出した火山灰と3日20時以降の火山灰は現地での産状が全く異なり、前者は全体的に灰色を呈し、0.25 mm以下の粒子を主体とする細粒火山灰で、径0.8 mm以下の大きさに凝集した粒子(火山豆石)が顕著に認められた。一方、後者は0.5 mm以下の粒子を主体としているが、シルトサイズ以下の細粒物質を欠く、さまざまな色調の粒子からなる火山灰であった(図74)。

採取した火山灰試料の偏光顕微鏡観察 $(0.125\sim0.25 \text{ mm} \text{ m} \text{ b})$ を行った結果、両火山灰ともに、 $8\sim9$ 割程度はさまざまな程度に変質したガラス片や岩片からなることがわかっ

た。一方、今回の火山灰にはほとんど変質しておらず、新鮮に見えるガラス片も認められた(図 75)。その割合は 5 月 3 日 15~18 時噴出の火山灰で 2%、5 月 3 日 20 時以降の火山灰で 4%程度であった。こうした見かけ上新鮮なガラス片は、新しいマグマから供給された本質物質と考えられるが、詳細については今後詳しく検討する必要がある。

この活動以降もごく小規模な噴火が断続的に発生し、7月26日以降のマグマ噴火に向けて、新鮮なガラス片の割合が漸増していく傾向が認められ、マグマ噴火発生前から、ごく少量ながら本質物質の噴出が検出された。



図74 阿蘇火山中岳から2019年5月3日~5日に噴出した火山灰の産状。左写真は南阿蘇村白川付近で採取した火山灰(5月3日15~18時頃に噴出)、右写真は中岳第1火口南西0.9 kmで採取した火山灰(5月3日20時以降に堆積)。

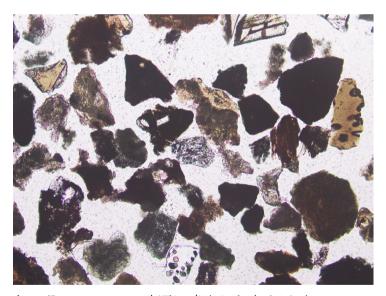


図 7 5 2019 年 5 月 3 日 15~18 時頃に噴出した火山灰 (0.125~0.25 mm 粒子) の偏光顕微鏡写真。

(2) 阿蘇山における令和元年度トレンチ調査報告

阿蘇山の噴火履歴を明らかにするため、阿蘇火山中央火口丘群北斜面において、噴出物層序を観察するトレンチ調査を行うとともに、埋没土壌層や炭化物を採取して放射性炭素年代測定を実施した。

今回掘削を行った地点は、最近約1万年間の火山灰の主要噴出源である中岳の北東約2.7 km 地点に位置している。また、阿蘇火山では3,000~4,000 年前に杵島岳や往生岳といった火山も噴火しており (Miyabuchi, 2009)、掘削地点はそれらの火山群にも近接していることから、噴出物が良好に保存されていると考えられた。

観察した断面は高さ 4 m 程度で、その上半分には灰色~褐色を呈する火山灰層のほか、 赤褐色あるいは黒色の降下スコリア堆積物(最大のものは厚さ 45 cm に達する)が認めら

れた(図76)。また、そうした火山 灰層中には白色や黄色などを呈し て、おそらく水蒸気噴火に伴うと推 定される堆積物(写真中の黄色矢印) も8層以上存在していた。一方、断面 の下半分は灰色~暗灰色の砂層から なり、それは洪水や土石流による堆 積物と考えられた。

観察断面の火山灰層中には何枚か の埋没土壌層のほか、炭化物が認め られ、それらを採取して放射性炭素 (14C) 年代測定を実施した。その層準 と年代を図76の写真中に示してい る。得られた ¹⁴C 年代を暦年較正する と、3,600~4,000年前となった。し たがって、阿蘇火山では 3,600~ 4,000 年前頃の時期に断続的な灰噴 火(小野ほか, 1995)のほか、厚い降 下スコリアをもたらす準プリニー式 噴火、さらに水蒸気噴火などの火山 活動が高頻度で発生していることが 明らかとなった。噴出物層序の詳細 と各層の給源火山については現在解 析中である。



図76 阿蘇火山中央火口丘群中岳北斜面におけるトレンチ断面。

引用文献

Miyabuchi, Y. (2009) A 90,000-year tephrostratigraphic framework of Aso Volcano, Japan. Sedimentary Geology, 220, 169-189.

Miyabuchi, Y. and Hara, C. (2019) Temporal variations in discharge rate and component characteristics of tephra-fall deposits during the 2014-2015 eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano, Japan. Earth, Planets and Space, 71, 44.

Miyabuchi, Y., Iizuka, Y., Hara, C., Yokoo, A. and Ohkura, T. (2018) The September 14, 2015 phreatomagmatic eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano,

Japan: Eruption sequence inferred from ballistic, pyroclastic density current and fallout deposits. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 351, 41-56.

小野晃司・渡辺一徳・星住英夫・高田英樹・池辺伸一郎 (1995) 阿蘇火山中岳の灰噴火と その噴出物.火山,40,133-151.

○鬼界:ボーリング掘削調査、野外調査および物質科学的解析に基づく噴火履歴・推移の 解明(東京大学地震研究所・北海道大学)

南九州の鬼界火山において、長期的な噴火活動の履歴を明らかにするために、地質学的、物質科学的研究を進めている。とくに、7.3 kaに発生した超巨大噴火(鬼界アカホヤ噴火)とそれに至るまでのプロセスについて重点的に取り組んでいる。2018年度には、薩摩硫黄島西部の台地を構成する「長浜溶岩」の上面からボーリング掘削を行い、海底堆積物を含む全長306.6 mのコア試料を得た。流紋岩質の長浜溶岩は、鬼界アカホヤ噴火の一連の堆積物との層序関係から、この噴火の前駆的活動で噴出した可能性が従来の研究により指摘されていた。しかし、この溶岩は海水面上に現れている部分だけでも最大100 m以上の厚さを有し、主要部は海水面下に存在するため、溶岩流の全体像、噴出様式や年代の詳細については不明であった。今年度は、長浜溶岩を含むボーリングコア試料の層序・構成物の記載、解析、化学分析、年代測定を進め、長浜溶岩の流動過程や噴出年代、先行する火山活動による堆積物や溶岩の特徴の解明を目指した。

コア試料の層相、岩相の解析の結果、柱状図(図77a)に示すように層序および構成物の特徴が明らかになった。地表から約11 mまでは鬼界アカホヤ噴火および以降の若いテフラからなるが、それ以深は長浜溶岩(塊状緻密で灰色石質流紋岩質溶岩)が深度約190 mまで続く。掘削地点での長浜溶岩の層厚は約180 mで、このうち下部130 mは現在の海水準より低い位置に存在する。深度149 m(溶岩流基底まで約40 m)以深では黒色ガラス質で所々スフェルライトが晶出し、破砕部が主体となり、水冷を示唆する構造も存在する。溶岩流直下の深度190~230 mでは岩相が一変し、貝殻を含む粗粒砂質層が主体となり、部分的にテフラ層も挟在する。砂層は塊状で比較的淘汰が良く、火山砕屑物と生物起源砕屑物の混合物である(図78)。

長浜溶岩の直下及びより深部の海成砂層に含まれる多数の貝殻の¹⁴C年代測定を行なった結果、長浜溶岩直下 (189.3~189.5 m) の7試料について、6,300~8,300 cal yBPの年代が得られた (図 77b・77c)。すなわち、この溶岩を噴出した火山活動は、アカホヤ噴火とほぼ同時期、層序的には極めて近い直前の時期に起こったと考えられる。長浜溶岩直下の砂層約1 m程度は、深いほど古い年代を示すことから、砂層が時間をかけて累進的に堆積したと解釈できる。この頃の海水準は、縄文海進を考慮したとしても現在と大きくは変わらない。溶岩流はカルデラ壁付近で最も厚く、西側に向けて標高を減じていることから、現在のカルデラ内に相当する場所から噴出したと考えるのが自然である。これらのことから、長浜溶岩はアカホヤ噴火の前に、現在のカルデラ壁より内側の給源から西方へ流出し、

主に砂からなる浅海を流動し海を埋め立て現在の台地状地形を作り出したと考えられる。 コア試料の溶岩の厚さを考慮し、現存する長浜溶岩の体積を推定したところ、0.5 km³程度 であることがわかった。

長浜溶岩は、斑晶に乏しい両輝石流紋岩で、鉱物組み合わせはアカホヤ噴火と同じである。厚さ方向に数m-10 m毎に行った全岩化学組成分析では、 $Si0_2$ 含有量 $^{\sim}72$ wt%で基本的に均質であるが、浅部の方がややFe0 * /Mg0に富むという特徴がある。また、長浜溶岩の他の陸上部分も含め、アカホヤ噴火と比較すると、Fe0 * (Fe0 * /Mg0) やYなどの元素(比)で長浜溶岩の方が富み、アカホヤ噴火と明瞭な違いがある(図 79)。斑晶コア組成についても、長浜溶岩において直方輝石がややFeに、斜長石がややNaに富み、両者で違いがある。このように岩石学的特徴は、長浜溶岩の方がアカホヤ噴火のマグマよりもやや分化していることを示し、長浜溶岩の浅部でこの特徴がより明瞭になる。

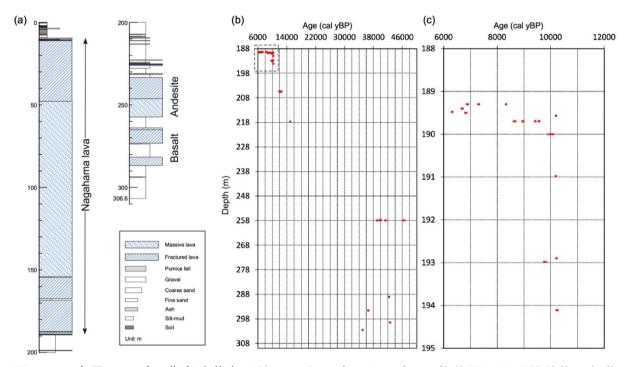


図77 鬼界カルデラ薩摩硫黄島西端におけるボーリングコア柱状図および堆積物の年代値。(a) 層序のまとめ。上位から順に、流理が発達した長浜溶岩、長浜溶岩下の貝殻を含む砂層および挟在するテフラ層、斜長石斑晶に富む高Mg0安山岩溶岩および下位の玄武岩、最下位の砂層。(b) 長浜溶岩より深部の砂層に含まれる貝殻の 14 C年代(2σ 値)。(c) 長浜溶岩下の砂層の 14 C年代(2σ 値)の拡大。長浜溶岩直下約1 mはデータにばらつきがあるが、7.3 cal kaのアカホヤ噴火とほぼ同じ頃の年代を示す。AMS年代測定値は、0xCal v4.3.2 Bronk Ramsey(2017)にてMarine13 marine curve(Reimer et al 2013)を使用し、marine100%で較正している。

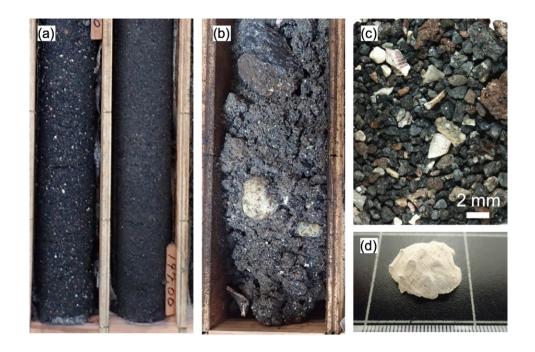


図78 (a) 長浜溶岩の下位、深度 197-198 m付近の黒砂層。白い斑点は貝殻片。(b) 深度 193 m付近の砂層。直径 2 cm程度の貝殻を含む。(c) 深度 217.8 mの砂層を構成するスコリア、新鮮な溶岩片、変質岩片および貝殻片。(d) AMS 年代測定に用いた貝殻のうちの一つ。定規の目盛は 1 mm。

ボーリングコア深部の堆積物については、193 mでおよそ $9,800 \sim 10,200 \text{ cal yBP}$ 、206 m でおよそ $12,000 \sim 12,500 \text{ cal yBP}$ 、218 mでおよそ15,000 cal yBPの年代値が得られた(図 7.7 c)。長浜溶岩直下から深度220 mまでの堆積物には複数のテフラ層が挟在しており、15,000年前頃からアカホヤ噴火に至るまでの火山活動やマグマの特徴の変遷について、今後の分析により詳しく明らかにできる可能性がある。

さらに深部では、 $234\sim257$ mで安山岩、 $263\sim288$ mでは玄武岩が出現した(図 7 7 a)。玄武岩の上下に相当する $257\sim300$ mの砂質堆積物では $35,000\sim46,000$ cal yBPの年代値が得られたが(図 7 7 b)、この値の妥当性については検討の余地がある。安山岩は、斜長石斑晶に富み、全岩化学組成で高Mg0値を示し、現在の地上に露出する鬼界カルデラ噴出物とは対比できない特徴を持つ(図 7 9)。ただしカルデラ壁付近で2015-2016年に別事業で実施したボーリング掘削では、類似の溶岩が深度100 m付近から採取されている。玄武岩についても、やや高いMg0、やや低い $Ti0_2$ を示し、稲村岳など地上の噴出物とは異なる特徴を有する。高Mg安山岩と他の噴出物との関係はまだ明瞭ではないが、鬼界カルデラのマグマシステムの進化の理解において鍵となる可能性がある。ボーリング掘削の成果の概要については学会で発表を行った。

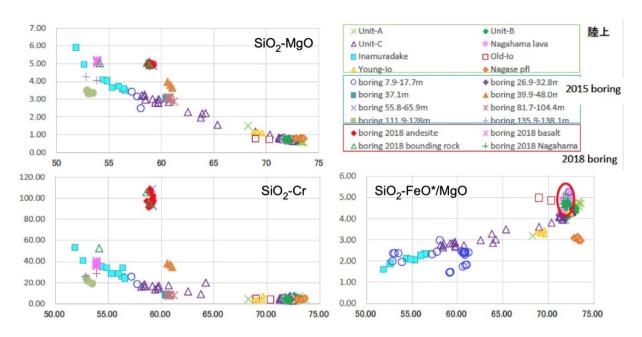


図79 鬼界カルデラ全体における全岩化学組成の特徴。鬼界アカホヤ噴火(Unit A-C)と長浜溶岩では、多くの元素で両者はほぼ一致するが、Fe0*/Mg0やYなど微量元素の特徴では明瞭な違いが認められる。深度220 m以深の安山岩は高いMg0やCrで特徴付けられ、陸上に噴出している他の安山岩や玄武岩とは明瞭に異なる特徴を有する。

○最重点火山および重点火山の見直しと課題 C 連携研究の開始

以上をはじめとする4年間の成果を踏まえ、集中的に調査を実施する最重点火山・重点火山の見直しを行った(図80)。最重点火山については、新たに雌阿寒岳・伊豆大島を選定した。雌阿寒岳については既に複数機関による連携研究を始めており、新たな噴出物を発見するなどの多くの成果が得られている。伊豆大島については、課題C全体のテーマとして連携研究に着手し(研究集会を開催:後述)、次年度以降に展開していく予定である。浅間山および鬼界については、十分な進捗があったので、今後は重点火山とし、成果のとりまとめを進める予定である。また、重点火山については、2018年に噴火した草津自根山、これまでの調査により最近まで継続的に活動していることが判明したニセコ・秋田駒ケ岳など、防災上重要な火山を新たに追加した。今後はこれら26火山を中心として噴火履歴調査およびマグマ変遷の解析を進めていくが、注視すべき火山の見落としがないように、他火山についても並行して調査を進める予定である。

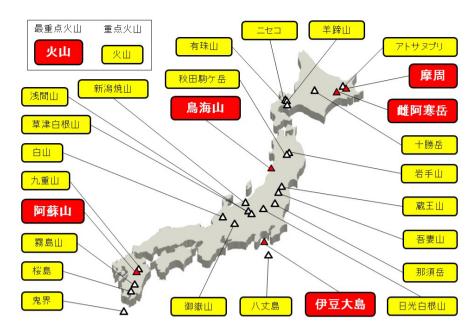


図80 課題C2における第2次最重点火山および重点火山。

2) 大規模噴火データベースの整備(産業技術総合研究所)

大規模噴火のより定量的な時間推移を明らかにするために、歴史記録が残る VEI=3 程度よりも大きな火砕噴火の推移を文献情報から取りまとめ、前年度までの結果と合わせて解析を行った。今年度は、噴火推移が文献記録から正確に把握できる国内外の歴史時代の噴火について18事例を集積し、統一的な基準に基づき噴火推移図を作成した(図81・82)。

今年度に作成した噴火推移図は、噴火前後の長期的・短期的な推移を評価するため、対象とする噴火の前後200年、3年、90日および7日間の活動の推移図をそれぞれの噴火に対して作成した。活動推移図の作成に必要な時系列の噴火現象情報について、出版された論文を対象として文献調査を行い収集した。ただし、2010年代の火山噴火では補完的情報としてスミソニアン博物館Global Volcanism Project (GVP) のレポートを参照しているほか、調査対象の噴火前後200年間の噴火履歴は、それぞれ同GVP(海外の火山)と気象庁有史以降の火山活動(国内の火山)を参照している。

また本年度の研究では、噴火事象を定量的に評価し統一的基準で噴火推移図に図示するため、数値-1~7で表される火山活動強度指数(Volcanic Unrest Classification(VUC))を定義した。VUC は未噴火状態と噴火状態を同時に扱う定性的な指標であり、あくまで火山活動の相対的変動を図示するものである。

VUC 短い表現 典型的な現象例

-1 関係不明な特記事象 1960年チリ地震 (Mw. 9. 5)

0 活動なし 目視で異常見つからず

1 ゆるやかな変状 地震活動が多めの状態

急激な変状 2 有感の群発地震の発生 3 弱い噴火 溶岩の噴出・灰噴火など 桜島 1954 年以降の間欠的なブルカノ式噴火 4 小さい噴火 有珠山 1977 の散発的なサブプリニー式噴火 5 やや大きな噴火 大きな噴火 6 Vesuvius 79ADプリニー式噴火の最盛期 Novarupta からの VTTS 火砕流の噴出 7 巨大噴火

ここで定義した VUC は、時刻スケールの噴火現象について記述した特定記録・データに与えられる火山活動レベルであり、VUC $1\sim2$ は火山活動に関連する非噴火現象、VUC $3\sim5$ は"Small to moderate eruptions" (Bonadonna et al., 2015)、VUC 6-7 は典型的なプリニー式噴火から大規模火砕流を噴出するような cataclysmic な噴火現象に対応する。火山活動に関連する現象がなかった/終了した場合は VUC 0 とし、火山活動との直接の関連はわからないが噴火推移等の理解に有用と考えられる現象については VUC -1 とした。噴火の有無と現象の定常・非定常性によって VUC $1\sim4$ を判別する。また VUC $5\sim7$ の識別は、主に噴煙高度を用いる。

調査対象とした噴火について、出版された文献情報に基づきその噴火推移をまとめた。 論文が未発表な 2010 年以降の一部の噴火では、スミソニアン博物館 Global Volcanism Program (GVP) の Bulletin Reports を参照し補足した。文中に登場する Volcanic Explosivity Index (VEI)の数値は同 GVP の Volcanoes of the World (VotW)データベース による。長期では火山のテクトニクス的背景や、火山全体の特徴、対象とする噴火に1年 以上先立つ現象などに言及している。短期では対象の噴火の直前(およそ1年以内)現象 について述べている。噴火概要では噴火開始から噴火終息までの経緯、噴出物の特徴や体 積についてとりまとめた。

調査対象とした噴火のうち、大規模噴火の発生以前に、数10年おき以下の頻度で継続的な活動がみられた事例として、Calbuco 2015、Puyehue-Cordón Caulle 2011、Usu 1977、Augustin、Colima が挙げられる。一方、大規模な火砕噴火に至るまで数 100 年以上にわたって顕著な前兆活動がみられない事例として、Chaiten 2008、Pinatubo 1991、El Chicho 1982、Novaruputa 1912、Krakatau 1883、Fuji 1707 などが挙げられる。特に、19世紀以降の VEI>6 の大規模噴火は今回の事例研究では取り上げなかった Tambora 1815 年噴火も含めて、すべて顕著な前兆現象がなく、短期間(数か月)の不安定化ののちに大規模な火砕噴火に移行したことが明らかになった。

さらに、1年以内の活発化ののち大規模噴火に移行した事例としては、Asama 1783、Askja 1875、Krakatau 1883、Cerro Azul 1932、Augustine、Pinatubo 1991、Puyehue-Cordón Caulle 2011 などが挙げられる。一方、数日程度の異常前兆現象のあと、すみやかに大規模火砕噴火に移行した事例は、Vesuvius 79、Fuji 1707、Novaruputa 1912、Colima 1913、Sakurajima 1914、Agung 1963、Usu 1977、El Chichon 1982、Chaiten 2008、Calbuco 2015などがあげられる。

大規模火砕噴火の発生に至る過程はさまざまであるが、噴火活動が不活発な休眠状態の 火山が急激に活発化し、数か月以内、場合によっては数日で大規模なプリニー式噴火を発 生させる事例が過半数を占めることが明らかになったことは、防災上重要な知見である。

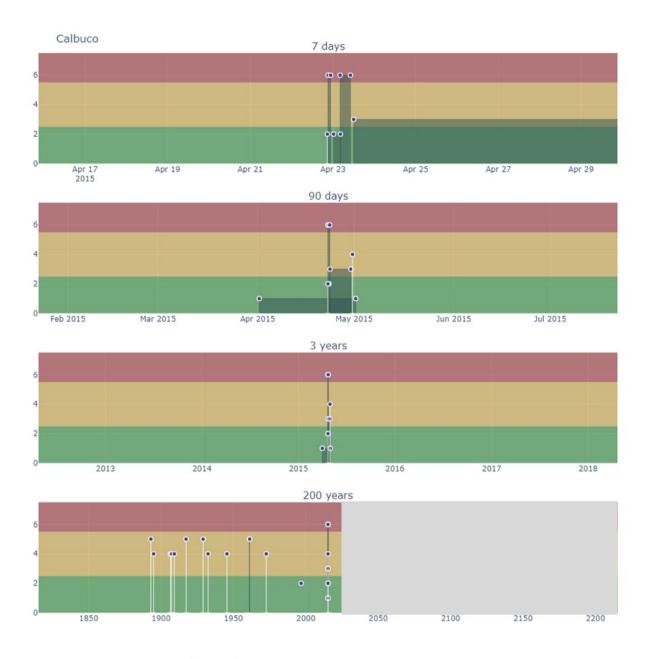


図81 Calbuco2015年噴火の噴火推移図。

上から、噴火開始前後7日間、90日間、3年間および200年間。200年間の噴火推移図の右半分(灰色部)は2020年以降となるため表示できない。短期間の噴火前兆現象は極めて乏しいが、長期間でみると小規模な活動が数10年おきに続いていたことがわかる。



図82 今回収録した噴火の前後200年間の活動推移一覧。

噴火前から比較的活動のみられる噴火と、事前に目立った活動がなく突然開始する事例が みられる。発生後の推移についても、短期間で終了する事例と噴火が継続する事例がみら れる。灰色部は2020年以降(未来)。

引用文献

Bonadonna, C., M. Pistolesi, R. Cioni, W. Degruyter, M. Elissondo and V. Baumann (2015) Dynamics of wind-affected volcanic plumes: the example of the 2011 Cordón Caulle eruption, Chile. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, doi: 10.1002/2014JB011478.

3) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発(北海道大学)

平成31年度(令和元年度)は微量元素分析の高速・高精度化のために、誘導結合プラズマ質量分析装置を「マグマ変遷解析センター」へ新たに導入した。また、昨年度に引き続き、電子顕微鏡での分析精度の向上や、全真空型フーリエ変換赤外分光光度計顕微システムを用いた超低濃度揮発性成分の分析法を発展させた。また、参加機関の研究者・大学院生の利用受入れを継続し、本年度は1機関計15名の利用があった。以下、本年度新たに導入した誘導結合プラズマ質量分析装置の概要について述べる。

○誘導結合プラズマ質量分析装置の導入

マグマ変遷解析センターでは、火山岩試料の微量元素濃度を測定する誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) について、従来の Thermo Fisher Scientific 社の X-series から同社の iCAP RQ への更新を令和元年12月に行った (図83)。



図83 マグマ変遷解析センターに設置された ICP-MS(iCAP RQ)。

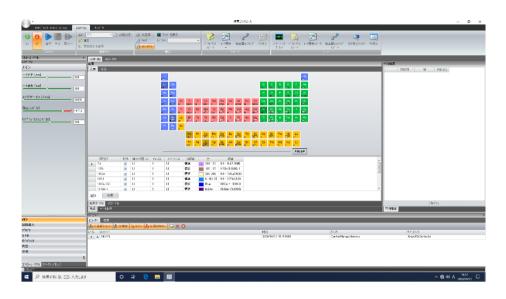


図84 装置のオペレーション画面。従来のものより操作性が向上している。

装置の設置後、種々のセットアップや試運転を行い、令和2年2月から本格的に稼働を開始した。本装置はチューニングがほぼ自動化され(図84)、分析結果の解析が容易であるなど、操作性が向上している。また図85に10回の繰り返し測定の結果を示すが、従来のX-series と比較してシグナルが安定しており、また感度が大幅に向上(約5倍)していることが確認された。その一方で、従来の装置と比較して試料溶液の移動時間が長いため、測定時間が長い(より多くのアルゴンを消費する)という問題点が明らかとなった(約7分/試料)。この点については、令和2年度にオプションの試料導入装置を追加導入することで解決する予定である。また令和2年度には、HFS 元素の濃度を高精度で測定する手法を新たに導入し、酸分解法による微量元素濃度測定について、HFS 元素とそれ以外の元素を別ルーチンに分けて、それぞれを高精度で分析する方法に改良する計画である。

2	No		 日付 / 時刻	ラヘル	7	111Cd +=	113In -⊏	115In +⊐	203TI +⊐	205Tl +□	232Th +□	238U -
		1	2020/04/20 13:21:59	BG		31	33	42	236	108	15	1
		2	2020/04/20 13:28:49	In-TISTD		37	36,614	840,626	268,795	646,350	101	4
		3	2020/04/20 13:35:42	JB-3-3		1,985	636,431	59,137	656,159	27,187	282,558	110,34
•		Т			1	2,002.2	633,747.2	58,963.8	644,340.0	26,468.0	277,506.3	109,484
<u></u>					2	1,979.2	639,491.3	59,113.6	655,776.6	27,291.8	282,955.0	108,907
•					3	1,983.2	636,355.6	59,184.9	659,980.6	27,460.2	279,442.5	109,937
÷-					4	2,041.2	640,670.5	59,146.6	655,427.3	27,152.5	284,294.8	111,06
•					5	1,941.2	639,446.9	59,489.4	666,959.2	27,664.6	282,807.8	110,70
ė.					6	1,971.2	633,803.3	58,926.6	657,641.8	27,361.9	281,390.1	110,04
•					7	2,065.2	635,265.9	59,460.2	655,752.1	26,941.0	283,266.9	109,75
ė.					8	2,039.2	636,637.7	59,090.4	655,770.6	27,325.9	285,246.7	110,78
•					9	1,975.2	632,659.3	59,210.0	653,631.7	27,091.4	283,713.2	110,68
					10	1,848.1	636,233.2	58,784.9	656,314.6	27,114.4	284,954.6	112,12
		Т			平均:	1,984.6	636,431.1	59,137.0	656,159.4	27,187.2	282,557.8	110,34
				RS	SD [%]:	3.1	0.4	0.4	0.9	1.2	0.9	
					SD:	61.3	2,712.4	220.4	5,583.2	326.0	2,463.9	91
		Т					. °.	0 0	0	- 0		
L						~ , °°		QQ	o°oooo	~ം~ം	°°°°°	~°°°°

図85 繰り返し測定(10 サイクル)の例。

4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築(防災科学技術研究所・北海道大学) 本課題の研究手法の1つであるボーリング掘削調査のために、国立研究開発法人防災科

学技術研究所(協力機関)とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を引き続き実施した。令和元年度には防災科学技術研究所にコア収納庫の設置が認められ、令和2年度に完成する。完成後、各機関で管理しているコア試料を防災科学技術研究所に集約する予定である。

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度、各参加機関および協力機関は、それぞれの研究課題について精力的に研究を行い、上記のとおり多くの成果を得ることができた。全体として予想どおりに、順調に研究が遂行していると考えられる。次年度以降も、まずは個々の機関の研究成果の積み重ねが必要であるが、対象火山が多く現状の研究体制ではそれぞれの火山で十分な成果を得ることは容易ではない。協力機関の追加や基礎的地質調査の外注などの検討に加えて、重点火山の見直しを行うことでの研究の集中が重要であろう。さらに人材育成コンソーシアムと連携し、地質・物質科学の博士課程大学院生を育て、RAとして本サブ課題に参画させることも重要である。それに加え、今後は C-2 課題内での協力体制を更に強化し、参加機関および協力機関で、サブ課題全体の研究成果と今後の研究の方向性を共有することが重要である。そのために令和元年度からは C-2 課題の HP を立ち上げた。それに加えて、サブ課題 C-1 と C-3 との連携も本格化させ、課題 C 全体の 2 日間の研究集会を実施した。今後は研究集会を活発化させ、課題 C 全体の連携をさらに進展させることが必要となると考えている。

(d) 引用文献

なし(各成果で記述)

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Gu, XY., Wang, P	Low water content in	Earth and	2019年4月3日
Y., Kuritani, T.,	the mantle source of	Planetary Science	
Hanski, E., Xia, Q	the Hainan plume as	Letters, 515,	
K. and Wang, QY.	a factor inhibiting	221-230	
	the formation of a		
	large igneous		
	province		
伴雅雄・及川輝樹・山崎	近代的噴火観測事例	火山, 64, 131-138	2019年4月3日
誠子・後藤章夫・山本	のない火山での噴火		
希・三浦哲	推移予測: 蔵王火山の		

	例		
Miyabuchi, Y. and Hara, C.	Temporal variations in discharge rate and component characteristics of tephra-fall deposits during the 2014-2015 eruption of Nakadake first crater, Aso Volcano, Japan	Earth, Planets and Space, 71, 44	2019年4月15日
Kuritani, T., Xia, QK., Kimura, JI., Liu, J., Shimizu, K., Ushikubo, T., Zhao, D., Nakagawa, M. and Yoshimura, S.	Buoyant hydrous mantle plume from the mantle transition zone	Scientific Reports, 9, 6549, doi:10.1038/s4159 8-019-43103-y	2019年4月25日
Kaneko, T., Maeno, F. and Yasuda, A.	Observation of the eruption sequence and formation process of a temporary lava lake during the June - August 2015 Mt. Raung eruption, Indonesia, using high-resolution and high-frequency satellite image datasets		2019年6月1日
Albert, P.G., Smith, V.C., Suzuki, T., McLean, D., Tomlinson, E.L., Miyabuchi, Y., Kitaba, I., Mark, D.F., Moriwaki, H., SG06 Project Members and Nakagawa, T.	Geochemical characterisation of the Late Quaternary widespread Japanese tephrostratigraphic markers and correlations to the Lake Suigetsu sedimentary archive	Quaternary Geochronology, 52, 103-131	2019年6月1日

	(SG06 core)		
田島靖久・中田節也・長	霧島火山群,えびの高	火山、64、147-151	2019年6月30日
井雅史・前野深・渡邉篤	原硫黄山の 2018 年 4	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
志	月の小噴火		
前野深	アナク・クラカタウ島	 地理, 64, 14-21	2019年7月1日
HI ZI IK	でおきた山体崩壊と	元生,01,11 21	
	津波(特集崩れる火		
	山過去に学び次に備		
	A		
Imura, T., Minami,	Hydrothermal	Minerals, 9, 462,	2019年7月29日
Y., Ohba, T.,	Aluminum-Phosphate-	doi.org/10.3390/m	
Matsumoto, A., Ambas,	Sulfates in ash from	in9080462	
A. and Nakagawa, M.	the2014	1113000402	
n. anu wakagawa, M.	Hydrothermal		
	eruption at Ontake		
	Volcano, Central		
	Honshu, Japan		
Nakagawa, M.,	Comparative	J. Disaster Res.,	2019年8月1日
	_		2019 平 6 月 1 日
Matsumoto, A.,	petrological	14, 766-779, doi:	
Kobayashi, K. and	studies of 1962 and	_	
Wada, K.	1988-1989 eruptions	. p0766	
	of Tokachidake		
	Volcano, Japan: a		
	case study for		
	understanding the		
	relationship		
	between eruption		
	style and magma		
A 1 0 0 0 0 11	processes	T 1 .	0010 # 0 11 1
Angkasa S.S., Ohba,	Tephra-stratigraphy	Indonesian	2019年8月1日
T., Imura, T.,	and Ash Componentry	Journal on	
Setiawan, I. and	Studies of Proximal	Geoscience	
Rosana, M. F.	Volcanic Products at		
	Mount Tangkuban		
	Parahu, Indonesia:		
	An Insight to		
	Holocene Volcanic		
	Activity		
Miura, D., Furukawa,	Late Pleistocene -	J. Disaster Res.,	2019年8月1日

canol. 2019年8月14日
Res.,
り学会 2019年8月20日
り学会 2019年8月20日
8-349, 2019年9月4日
/j.lit
5197
2019年9月30日
al,
-200
<u>v</u>

	evidence		
	岩手火山,一本木原岩	火山, 64, 153-167	2019年9月30日
			, ,,
	ウィグルマッチング		
	年代と崩壊堆積物の		
	特徴:活火山における		
	小規模な表層崩壊堆		
	積物		
Amma-Miyasaka M.,	Stratigraphy and	Quaternary	2019年11月11日
Miura, D., Nakagawa,	chronology of	International,	
M., Uesawa, S. and	silicic tephras in	doi.org/10.1016/j	
Furukawa, R.	the Shikotsu-Toya	. quaint. 2018. 11. 0	
	volcanic field,	19	
	Japan: Evidence of a		
	Late Pleistocene		
	ignimbrite flare-up		
	in southwestern		
	Hokkaido		
Kaneko, T., Maeno,	The 2017	Earth Planets	2019年12月19日
F., Yasuda, A.,	Nishinoshima	Space, 71, 140	
Takeo, M. and	eruption: combined		
Takasaki, K.	analysis using		
	Himawari-8 and		
	multiple high-		
	resolution		
	satellite images		
高橋唯・荒川洋二・中村	室戸ユネスコ世界ジ	熊本学園論文集【総	2019年12月20日
有吾・新村太郎	オパークのジオサイ	合科学】2019年、25	
	トにおける室戸半島	巻、p41-49	
	層群佐喜浜メランジ		
	ュ中に含まれる塩基		
	性火成岩類について		
Taniuchi, H.,	Generation of calc-	Lithos, 254-255,	2019年12月31日
Kuritani, T. and	alkaline andesite	105362,	
Nakagawa, M.	magma through	doi:10.1016/j.lit	
	crustal melting	hos. 2019. 105362	
	induced by		
	emplacement of		
	mantle-derived		

	water-rich primary		
	magma: evidence from		
	Rishiri Volcano,		
	southern Kuril Arc		
Toyomaki, H., Yabe,	Factors associated	Chemosphere, 247,	2020年1月13日
J., Nakayama, S. T.,	with lead (Pb)	125884,	
Yohannes, Y. B.,	exposure on dogs	doi:10.1016/j.che	
Muzandu, K.,	around a Pb mining	mosphere. 2020. 125	
Liazambi, A.,	area, Kabwe, Zambia	884	
Ikenaka, Y.,			
Kuritani, T.,			
Nakagawa, M. and			
Ishizuka, M.			
Miyabuchi, Y. and	Vegetation history	Journal of	2020年1月29日
Sugiyama, S.	after the late	Quaternary	
	period of the Last	Science, 35, 304-	
	Glacial Age based on	315	
	phytolith records in		
	Nangodani Valley		
	basin, southern part		
	of the Aso caldera,		
	Japan		
草野有紀・石塚吉浩	トレンチ調査に基づ	地質調査研究報告,	2020年2月28日
	く日光白根火山 1400		
	年間の噴火履歴	,	
 亀谷伸子・石﨑泰男・勝	草津白根火山, 白根火	地質学雑誌, 126,	2020年3月1日
岡菜々子・吉本充宏・寺	砕丘群, 弓池マールお	157-165	
田暁彦	よび逢ノ峰火砕丘の		
1 . , , ,	岩石学的特徴		
 前野深・吉本充宏	西之島の噴火による	小笠原研究, 46,	2020年3月1日
	地形・地質・噴出物の	37-51	
	特徴とその変化	01 01	
高橋正樹・安井真也・金	浅間前掛火山高分解	日本大学文理学部	2020年3月5日
向備正倒·女开兵也·並 丸龍夫	能テフラ層序学のた	自然科学研究所研	
/ JUHE/N	能 / / / 層 / 子 り た め の 降 下 テ フ ラ・ト レ	日 然 科 子 切 元 が 切 関 究 紀 要 55, 93-153	
	ンチ掘削プロジェク	プ゚パト゚女 ðð, ðð ⁻ 100 	
	ト 2016~2018 年度成		
	果報告 一地質記載・		
	14C 年代・軽石全岩化		

	学組成—		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	チューリップ TV	2019年5月29日
石崎泰男	「弥陀ヶ原火山に導		放映
	入される噴火警戒レ		
	ベルについて」の取材		
	放映		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	NHK ニュース お	2019年9月24日
及川輝樹	「"正しく恐れる"火	はよう日本	放映
	山学者の思い」御嶽山		
	2014 年噴火とその後		
	の調査についての取		
	材		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	NHK	2019年10月5日
安井真也	NHK ブラタモリ「浅間		放映
	山~江戸時代の大噴		
	火!衝撃の1日に何が		
	あった?~」		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	室蘭民報社	2019年10月30日
中川光弘	有珠山の研究成果紹		掲載
	介 洞爺湖町で火山		
	勉強会 大学教授ら4		
	氏講演		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	毎日新聞	2019年12月19日
中川光弘	有珠山、1万5000年間		掲載
	眠っていた 江戸時		
	代に「覚醒」ドーム形		
	成 北海道		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	共同通信グループ	2020年1月27日
前野深	タール火山噴火につ	NNA	放映
	いてのコメント		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	テレビユー山形	2020 年 2 月 5 日
伴雅雄	今そこにある災害		放映
	火山災害 取材・放映		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	山形新聞	2020年3月11日
伴雅雄	「山形県の災害リス		掲載
	ク」県内の火山動向を		
	注視 取材・報道		
[取材対応者]	[マスコミ報道]	長野県御嶽山噴火	2020年3月31日
山岡耕春・及川輝樹	御嶽山・噴火の実態	災害対応記録集	掲載

[取材対応者]	[マスコミ報道]	秋田さきがけ新聞	2019年毎月第4日
林信太郎	さきがけ子供新聞	THE CONTINUES	曜放映
	地球の不思議		
上野健太・中川光弘	北海道東部, 摩周火	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	山の 1000 年前の Ma-b	連合 2019 年大会,	国内
	噴火の火山地質学的	千葉	
	研究:特に噴火様式の		
	変化について (ポスタ		
	一発表)		
石毛康介・中川光弘	北海道東部, 雌阿寒	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	岳, 1.4万年前の中マ	連合 2019 年大会,	国内
	チネシリ噴火の噴火	千葉	
	推移とマグマ供給系		
	の変遷 (口頭発表)		
田次将太・中川光弘	南西北海道,第四紀狩	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	場火山群の地質学・岩	連合 2019 年大会,	国内
	石学的研究:山体形成	千葉	
	史とマグマ変遷の解		
	明 (ポスター発表)		
佐藤鋭一・和田恵治・南	トレンチ調査による	日本地球惑星科学	2019年5月26日
裕介・石塚吉浩・中川光	雌阿寒岳の噴火史の	連合 2019 年大会,	国内
弘·足立佳子	再検討(ポスター発	千葉	
	表)		
南裕介・中川光弘・佐藤	掘削調査からみた雌	日本地球惑星科学	2019年5月26日
鋭一・和田恵治・石塚吉	阿寒岳ポンマチネシ	連合 2019 年大会,	国内
浩·足立佳子	リにおける過去 1000	千葉	
	年間の火山活動史(ポ		
	スター発表)		
神尾匠真・古川邦之・金	キュリー温度以下に	JpGU-AGU Joint	2019年5月26日
丸龍夫・宇野康司	おける流紋岩溶岩の	Meeting 2019,	国内
	変形:神津島砂糠山溶	Chiba	
	岩 (口頭発表)		
高橋正樹・安井真也・金	Evolution of	JpGU-AGU Joint	2019年5月26日
丸龍夫	magmatic chemistry	Meeting 2019,	国内
	for the Asama-	Chiba	
	Maekake volcano		
	since 10ka revealed		
	by whole-rock		
	chemical analysis of		

	pumice obtained by		
	the trenching of		
	air-fall tephra		
	deposits (口頭発表)		
南裕介・中川光弘・佐藤	掘削調査からみた雌	日本地球惑星科学	2019年5月26日
鋭一・和田恵治・石塚吉	阿寒岳ポンマチネシ	連合 2019 年大会	国内
浩・足立佳子	リにおける過去 1000		
	年間の火山活動史(ポ		
	スター発表)		
佐藤鋭一・和田恵治・南	トレンチ調査による	日本地球惑星科学	2019年5月26日
裕介・石塚吉浩・中川光	雌阿寒岳の噴火史の	連合 2019 年大会	国内
弘・足立佳子	再検討(ポスター発		
	表)		
及川輝樹・吉本充宏ほ	御嶽山 2014 年噴火に	日本地球惑星科学	2019年5月26日
カュ	よる投出岩塊の分布	連合 2019 年大会	国内
	(ポスター発表)		
佐藤初洋・伴雅雄	蔵王火山, 五色岳火砕	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	岩類上部における噴	連合 2019 年大会	国内
	火準備過程 (ポスター		
	 発表)		
和田恵治・佐藤鋭一・佐	摩周火山,過去 14000	日本地球惑星科学	2019年5月26日
野恭平・岡田侑也	年間におけるマグマ	連合 2019 年大会	国内
	供給系の変遷 (ポスタ		
	- 一発表)		
金田泰明・長谷川健	上 北海道南西部, 濁川火	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	山のカルデラ形成期	連合 2019 年大会,	 国内
	 噴出物の岩石学的特	千葉	
	徴(ポスター発表)		
渡部将太・長谷川健	那須火山群,二岐火山	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	の地質と岩石(ポスタ	連合 2019 年大会,	国内
	一発表)	千葉	
集田翔平・長谷川健	北海道東部,摩周火山	日本地球惑星科学	2019年5月26日
	における7.6kaカルデ	連合 2019 年大会,	国内
	ラ形成噴火の推移(ポ	千葉	
	スター発表)		
Nche, L.A., Hasegawa,	Geologic and	日本地球惑星科学	2019年5月26日
T., Kobayashi, T.,	petrologic study of	連合 2019 年大会,	国内
Nemeth K. and Aka,	the Kamo monogenetic	千葉	
F. T.	volcanic field,		
1.1.	, or came treru,		

	0 11 "		
	Southern Kyushu,		
en la len at a la coma e	Japan (ポスター発表)	H 1. 1010 -15 -15 -15 -15 -15 -15 -15 -15 -15 -15	
田村智弥・中川光弘 	ピナツボ火山 1991 年	日本地球惑星科学	2019年5月27日
	噴火の岩石学的研究	連合 2019 年大会,	国内
	~マグマ供給モデル	 千葉 	
	の検討~(口頭発表)		
安井真也・高橋正樹・金	浅間黒斑火山の火車	日本地球惑星科学	2019年5月27日
丸龍夫	岩屑なだれ堆積物の	連合 2019 年大会,	国内
	再発見 (口頭発表)	千葉	
前野深	隔絶された火山島,西	日本地球惑星科学	2019年5月27日
	之島の成長と進化(口	連合 2019 年大会,	国内
	頭発表)	千葉	
Arakawa, Y., Endo,	A series of	JpGU-AGU Joint	2019年5月28日
D., Oshika, J.,	cummingtonite-	Meeting 2019,	国際
Shinmura and T.,	bearing rhyolites in	Chiba	
Ikehata, K.	Niijima, Izu-Bonin		
	arc, Japan:		
	petrological and		
	geochemical		
	constraints(口頭発		
	表)		
谷内元・栗谷豪・横山	Hydrous felsic magma	JpGU-AGU Joint	2019年5月28日
哲也・中村栄三・中川光	generated by	Meeting 2019,	国際
弘	unmixing of slab-	Chiba	
	derived		
	supercritical		
	liquid: evidence		
	from Rishiri		
	Volcano, Kuril Arc		
	(口頭発表)		
前野深・金子隆之	アナク・クラカタウ火	日本地球惑星科学	2019年5月28日
	山 2018 年 12 月 22 日	連合 2019 年大会,	国内
	火山体崩壊・津波イベ	千葉	
	ントの推移(口頭発		
	表)		
前野深	火山噴出物の解析に	日本地球惑星科学	2019年5月29日
	もとづく噴火物理パ	連合 2019 年大会,	国内
	ラメータの推定 -噴	千葉	
	火ダイナミクスの理		

	解進展に向けて-(ロ 頭発表)		
Yoshimura, S.,	Mechanism of	JpGU-AGU Joint	2010年5月30日
	volatile transport	Meeting 2019,	国際
		Chiba	凹际
Nakawaga, M.		CIIIda	
	silicic magmas upon		
T1 V W	mixing(口頭発表)	T OU AOU T : 4	0010 /
Ikenaga, Y., Maeno,	Time-series	JpGU-AGU Joint	
F. and Yasuda, A.	variation in the	Meeting 2019,	国際
	textures of ejecta	Chiba	
	of the An'ei		
	eruption, Izu-		
	Oshima (ポスター発		
	表)		
Ohashi, M., Ichihara,	The textural	JpGU-AGU Joint	
M., Maeno, F.,	analysis of pumice	Meeting 2019,	国際
Kennedy, B. and	from the Plinian	Chiba	
Gravley, D.	eruption of Taupo		
	volcano:		
	implications for		
	tube pumice (ポスタ		
	一発表)		
三浦大助・古川竜太・荒	恵山火山南麓の後期	日本地球惑星科学	2019年5月30日
井健一	更新世一完新世テフ	連合 2019 年大会,	国内
	ラ堆積物:トレンチ調	千葉	
	查結果報告(口頭発		
	表)		
Yoshimura, S.	Chlorine mapping	JSPS Japanese-	2019年6月1日
	analysis as a new	German graduate	国際
	tool to explore	externship	
	degassing processes	International	
	of volatile rich	Workshop on	
	silicic magma(口頭	" Volatile	
	発表)	Cycles"	
Tsunematsu, K.,	Application of the	IUGG General	2019年7月13日
Maeno, F. and	Pyroclastic Flow	Assembly 2019,	国際
Nishimura, K.	Friction Model to	Montreal, Canada	
	Snow Avalanches (□		
	頭発表)		

Takebe, M., Nishi, Y.	Evolution of the	27th IUGG General	2019年7月15日
and Ban, M.	Magma Feeding System		国際
	of the Komakusadaira	Montreal Canada	
	Pyroclastics in Zao		
	Volcano, Northeast		
	 Japan Arc(口頭発表)		
吉村俊平	塩素を利用した火山	日本鉱物科学会	2019年9月21日
	噴火メカニズムの研	2019 年年会,福岡	国内
	究 (口頭発表)		
大場司, 星出隆志, 井	中央モンゴルハンガ	日本鉱物科学会	2019年9月21日
村匠、ナツァグドルジ	イ山地ハルグイット	2019 年年会,福岡	国内
ムンフエルデネ	- ウストルゴイ火山		
	のアルカリ岩台地状		
	溶岩の地 質と岩石		
	(口頭発表)		
足立勝美・柵山徹也・石	清風海山玄武岩の岩	日本火山学会 2019	2019年9月25日
井輝秋・ 栗谷豪・中川	石学的·地球化学的特	年秋季大会,神戸	国内
光弘	徴 (ポスター発表)		
松本亜希子・中川光弘・	大規模珪長質噴火の	日本火山学会 2019	2019年9月25日
前野深・長谷川健	先行活動一鬼界	年秋季大会,神戸	国内
	7.3ka 噴火および		
	屈斜路 120ka 噴火の		
	例- (ポスター発表)		
谷内元・栗谷豪・中川光	利尻火山の噴出物の	日本火山学会 2019	2019年9月25日
弘・北川宙・小林桂・中	K-Ar および Ar/Ar	年秋季大会,神戸	国内
村栄三	年代と火山発達史(ポ		
	スター発表)		
藤原 寛・石﨑泰男・清	白山火山の山頂域に	日本火山学会 2019	2019年9月25日
水祐輔・川崎一雄	みられる火山岩塊の	年秋季大会,神戸	国内
	定置温度と年代(序		
	報) (ポスター発表)		
松本弥禄·石﨑泰男	弥陀ヶ原火山におけ	日本火山学会 2019	2019年9月25日
	る火砕成溶岩の成因	年秋季大会,神戸	国内
	(ポスター発表)		
中島壮太郎 • 石﨑泰男	妙高火山中央火口丘	日本火山学会 2019	2019年9月25日
	期の火山地質学及び	年秋季大会,神戸	国内
	岩石学的研究(ポスタ		
	ー発表)		

	T		1
ファイズ ウイルダン	テフラ層序からみた	日本火山学会 2019	2019年9月25日
ムハラッド・石﨑泰男	新潟焼山火山噴火履	年秋季大会,神戸	国内
	歴 (ポスター発表)		
勝岡菜々子・石﨑泰男・	草津白根火山,太子火	日本火山学会 2019	2019年9月25日
長井雅史・寺田暁彦	砕流堆積物の岩石学	年秋季大会,神戸	国内
	的研究(ポスター発		
	表)		
佐藤鋭一・和田恵治・南	雌阿寒岳, 阿寒富士の	日本火山学会 2019	2019年9月25日
裕介・石塚吉浩・中川光	噴火活動とマグマ供	年秋季大会,神戸	国内
弘	給系 (口頭発表)		
佐藤初洋・伴雅雄	蔵王火山,御釜火口活	日本火山学会 2019	2019年9月25日
	動期における噴火準	年度秋季大会	国内
	備過程 (口頭発表)		
宮縁育夫・飯塚義之・大	阿蘇火山中岳 2019 年	日本火山学会 2019	2019年9月25日
倉敬宏	5月3日~5日噴出物	年秋季大会	国内
	の分布と構成物(口頭		
	発表)		
永塚弘樹・藤縄明彦	鬼首カルデラ起源,下	日本火山学会 2019	2019年9月25日
	山里凝灰岩の示す岩	年度秋季大会,神戸	国内
	相上および岩石学的		
	特徴について (ポス		
	ター発表)		
山本大貴・石﨑泰男	弥陀ヶ原火山地獄谷	日本火山学会 2019	2019年9月26日
	の火山活動モニタリ	年秋季大会,神戸	国内
	ング(2)(ポスター発		
	表)		
村上翔大·石﨑泰男	志賀火山の形成史(ポ	日本火山学会 2019	2019年9月26日
	スター発表)	年秋季大会,神戸	国内
高橋正樹	斑晶岩石学とマグマ	日本火山学会 2019	2019年9月26日
	溜りプロセス 研究	年秋季大会、神戸	国内
	史と現状の課題 (口		
	頭発表)		
松本亜希子・中川光弘・	大規模珪長質噴火の	日本火山学会 2019	2019年9月26日
前野深・長谷川健	先行活動-鬼界 7.3ka	年秋季大会,神戸	国内
	噴火および屈斜路		
	120ka 噴火の例- (ポ		
	スター発表)		
林信太郎・伴雅雄・ 大	鳥海山西部, 鳥海湖北	日本火山学会 2019	2019年9月26日
場司	西岸から新たに発見	年秋季大会,神戸	国内
<u>L</u>	1	l .	i .

	された火口群につい		
	て(速報)(ポスター		
	発表)		
久次米晃輔·伴雅雄·林	鳥海山、西鳥海カルデ	日本火山学会 2019	2019年9月26日
信太郎・大場司	ラ内の噴出物の層序	年秋季大会,神戸	国内
	と岩石学的特徴(ポス		
	ター発表)		
横山光・青山裕 佐藤	高等学校地学及び地	日本火山学会 2019	2019年9月26日
公・萬年一剛・三好雅也	理の教科書における	年秋季大会,神戸	国内
林信太郎・山口珠美・増	火山に関する正しい		
渕佳子	記述を目指して(ポス		
	ター発表)		
伊藤順一・川邊禎久・高	東京都青ヶ島火山ボ	日本火山学会 2019	2019年9月26日
田亮	ーリングコアに基づ	年秋季大会,神戸	国内
	 く火山層序の確認(口		
	頭発表)		
杉下七海・伴雅雄・常松	蔵王火山 1895 年噴火	日本火山学会 2019	2019年9月26日
佳恵・佐々木寿	 の投出岩塊の噴出速	 年度秋季大会	 国内
	度および噴出角の推		
	定(ポスター発表)		
佐藤鋭一・和田恵治・南	雌阿寒岳, 阿寒富士の	日本火山学会 2019	2019年9月26日
裕介・石塚吉浩・中川光	噴火活動とマグマ供	年度秋季大会,神戸	国内
弘	給系 (口頭発表)		
和田恵治·石田滉人·佐	雌阿寒岳, 中マチネシ	日本火山学会 2019	2019年9月26日
藤鋭一•遠藤優磨	リ火砕噴火期 I・II の	年度秋季大会,神戸	国内
	噴火推移とマグマの		
	変遷(ポスター発表)		
前野深・中川光弘・松本	鬼界カルデラ長浜溶	日本火山学会 2019	2019年9月27日
亜希子	岩の掘削と噴火年代	年秋季大会,神戸	国内
	 推定(口頭発表)		
中川光弘・松本亜希子・	十勝岳, 1962 年と	日本火山学会 2019	2019年9月27日
小林恭平・和田恵治	1988 - 1989 年噴火	年秋季大会,神戸	国内
	の比較岩石学: 噴火様		
	式とマグマプロセス		
	の関係の理解のため		
	の事例研究(口頭発		
	表)		
Syahreza S. Angkasa•	Stratigraphy and	日本火山学会 2019	2019年9月27日
大場司・井村匠	Componentry	年秋季大会,神戸	国内
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		1 , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	I — · · ·

	Г	Т	1
	Analysis of the		
	Proximal V		
	olcanic Succession		
	of Tangkuban Parahu		
	V olcano, West Java,		
	Indonesia (口頭発		
	表)		
川嶌弘之介・伴雅雄・常	蔵王山東麓、濁川・遠	日本火山学会 2019	2019年9月27日
松佳恵・片岡香子	刈田地域のラハール	年秋季大会,神戸	国内
	堆積物一堆積過程・発		
	生要因・年代について		
	(ポスター発表)		
星住英夫・宮縁育夫・宮	阿蘇4/3間降下テフラ	日本火山学会 2019	2019年9月27日
城磯治・下司信夫・宝田	と阿蘇4火砕流初期の	年秋季大会,神戸	国内
晋治	噴火推移(口頭発表)		
宮城磯治・須田泰市・星	阿蘇カルデラの珪長	日本火山学会 2019	2019年9月27日
住英夫・斎藤元治・宮縁	質マグマ生成におけ	年秋季大会,神戸	国内
育夫・下司信夫	る浅所脱ガスの重要		
	性 (口頭発表)		
藤縄明彦・柴田翔平・土	栗駒火山1944年,1744	日本火山学会 2019	2019年9月27日
井宣夫	年水蒸気噴火堆積物	年度秋季大会,神戸	国内
	の層相と粒度特性(口		
	頭発表)		
Yamasaki, S.,	Comparing 40Ar/39Ar	AGU Fall Meeting	2019年12月10日
Miggins, D.P. and	and Unspiked K-Ar		国際
Koppers, A.A.P.	Geochronology for	Francisco	
	Zao Volcano, NE		
	 Japan (ポスター発表)		
Miyabuchi, Y.,	The September 14,	International	2020年1月15日
Iizuka, Y., Hara, C.,	2015	Workshop on the	国際
Yokoo, A. and Ohkura,	phreatomagmatic	Mechanism of	
T.	eruption of	Phreatic	
	Nakadake first	Eruption, Hakone	
	crater, Aso Volcano	1,	
	(口頭発表)		
久野優・太田岳洋	鉱物組合せと火山ガ	国際火山噴火史情	2020年1月25日
八八 区 八日山口	ラス組成による九重	報研究集会 2019-	国内
	火山におけるテフラ	2, 鹿児島	1 1 1
		2, 121/LEU	
	個川ツ州州 一村に		

段原降下スコリアと	
米窪降下火山灰につ	
いて一(口頭発表)	

- (f) 特許出願、ソフトウエア開発、仕様・標準等の策定
 - 1) 特許出願なし
 - 2) ソフトウエア開発 なし
 - 3) 仕様・標準等の策定なし

(3) 令和2年度業務計画案

(a) 火山の噴火履歴およびマグマ長期変遷に関する研究

令和2年度は前年度に行った事前調査の結果をもとに、最重点火山・重点火山を中心と した計15火山において、ボーリング掘削およびトレンチ掘削調査を実施する。主な火山 の実施計画を以下に示す。

1) アトサヌプリ(北海道大学・茨城大学)

ボーリング掘削調査 (50m 深) およびトレンチ掘削調査を実施し、数万年にわたる火山 全体の噴火履歴を明らかにするとともに、摩周の活動との関連についても検討することで、 北海道東部地域の長期活動履歴の解明を目指す。

2) 雌阿寒岳 (産業技術総合研究所・神戸大学・北海道大学)

山麓部での重機トレンチ掘削を実施し、最新期の活動の噴火履歴および噴出物の分布の詳細を明らかにすることを目指す。

3) 羊蹄山(北海道大学·電力中央研究所)

約50m深のボーリング掘削調査を実施し、これまでのトレンチ掘削調査および野外調査 結果を合わせることで、羊蹄山の最新の活動の噴火履歴を明らかにする。

4) 有珠山(北海道大学)

有珠山の成層火山形成期の開始時期および山体崩壊の発生時期を明らかにするために、 野外調査および約100m深のボーリング掘削調査を実施する。

5) 鳥海山(秋田大学·山形大学·産業技術総合研究所)

最新の噴火履歴を明らかにするために、野外調査に加え、山体での手掘り掘削調査を引き続き拡充する。また西鳥海カルデラ内での地質調査および物質科学的解析を進め、完新世の活動履歴およびマグマ変遷を明らかにすることを目指す。

6) 秋田焼山 (産業技術総合研究所)

山体における手掘りトレンチ掘削調査および山体近傍の地質調査を実施し、完新世の活

動履歴および噴火推移履歴を明らかにすることを目指す。

7) 秋田駒ケ岳(北海道大学・株式会社エンバイオ・エンジニアリング)

野外調査に加え、山体における手掘りトレンチ掘削調査を行い、カルデラ形成以後の完新世のテフラ層序を明らかにする。また溶岩流とテフラ層序との関係について検討し、カルデラ形成以後のマグマ変遷の検討を行う。

8) 蔵王山(山形大学)

最近数万年間の噴火活動履歴の詳細を明らかにするために、山体における手掘りトレン チ掘削調査を拡充する。

9) 栗駒山(秋田大学)

山体での手掘りトレンチ掘削調査および野外調査を実施し、栗駒山の最近の噴火履歴の 詳細を明らかすることを目指す。

10) 浅間山(日本大学)

これまでの成果をとりまとめて、物質科学的解析を実施し、浅間前掛火山の高分解能噴火史の解明を目指す。また、1783年以降の活動に焦点をあて、引き続きトレンチ掘削調査を実施し、噴火履歴・噴火推移の情報を得ることで、より精密な時間-噴出物量図を作成する。

11) 伊豆大島 (東京大学地震研究所·産業技術総合研究所)

完新世の噴火履歴および活動推移に関する地質データを得るために、沿岸域の地形地質 調査および陸域の地質調査を実施する(産業技術総合研究所)。

また、歴史時代噴火に焦点をあてトレンチ掘削調査を実施し、野外調査結果を合わせる ことで、伊豆大島の最近の大規模噴火履歴および噴火推移履歴を明らかにする(東京大学 地震研究所)。

12) 草津白根山および志賀火山(富山大学)

山体近傍の地質調査および手掘りトレンチ掘削調査を実施し、完新世の活動履歴および 噴火推移履歴を明らかにする。

13) 白山(富山大学)

野外調査および手掘りトレンチ掘削調査を実施し、完新世の噴火活動履歴を明らかにする。

14) 九重山(山口大学·北海道大学)

野外調査および山体における手掘り掘削調査を実施し、特に完新世の噴火履歴の詳細を明らかにすることを目指す。

15) 阿蘇山(熊本大学)

引き続き、2019年から続く噴火対応を行うとともに、最近の活動履歴を明らかにするために、阿蘇火山中央火口丘の周辺地域においてトレンチ掘削調査を実施する。

16) その他の火山

上記の重点火山に加えて、利尻山・摩周・十勝岳・ニセコ・支笏火山(樽前山・風不死岳・恵庭岳含む)・吾妻山・那須岳・新潟焼山・妙高山・鷲羽火山・富士山・東伊豆単成火山群・八丈島・三宅島・新島・御嶽山・横岳(八ヶ岳)・焼岳・阿武火山群・由布鶴見岳・霧島山・桜島・鬼界についても地表踏査を実施し、噴火履歴とマグマ変遷の解明を目指す。

また、重点火山の見落としを避けるために、他の活火山についても噴火履歴やマグマ変

遷に関して検討を行う。そして、地質調査により得られた高精度噴火履歴に基づいて噴出物を採取し、物質科学的解析を開始する。基礎的な解析は各参加機関で行うが、高精度解析を必要とした場合は、北海道大学の「マグマ変遷解析センター」で行う。これら成果をとりまとめ、最重点火山・重点火山の見直しを検討する。

(b) 大規模噴火データベースの整備(産業技術総合研究所)

産業技術総合研究所(再委託)では、海外事例を中心に噴火推移文献データの収集を行い、コンパイルした情報から噴火推移データ集の作成を進める。また、桜島・北海道駒ケ岳・樽前山などの国内のプリニー式噴火が発生した火山において、噴出物と噴火推移との対応を調査し、先史時代の噴火についての噴火推移とりまとめ方法を検討する。

(c) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発(北海道大学)

北海道大学大学院理学研究院の関連した分析装置等を集中管理する分析実験室を「マグマ変遷解析センター」として引き続き整備し、昨年度導入した誘導プラズマ結合質量分析装置について分析手法の開発に取り組む。また、個々の装置のルーチン分析手法を確立し、参加機関・協力機関の研究者・大学院生を随時受け入れる。

(d) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築(防災科学技術研究所・北海道大学) 本課題の研究手法の1つであるボーリング掘削調査のために、引き続き国立研究開発法 人防災科学技術研究所(協力機関)とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システム の構築を行う。また、各機関で管理しているボーリングコア試料を防災科学技術研究所へ 順次集約を始める。

(e) 課題全体のとりまとめと研究成果の発信

令和2年秋以降に C-2 課題の研究集会を開催する。個々の火山の成果についてより深く 議論を行い、成果をとりまとめ、時間一噴出量図と噴火事象系統樹作成のための方針を立 て、個々の火山での作成に着手する。また、昨年度より開始した課題 C-1・C-3 との連携研 究の対象である伊豆大島について、年度内に課題 C全体の研究集会を開催する。サブ課題 間の情報を整理し、どのように連携・提供していくかを議論し、今後の研究計画、成果と りまとめ、発信方法についての方針を立てる。そして、噴火事象系統樹や噴火事象分岐判 断手法の開発に関しての成果と必要な情報を他課題と共有するために、次世代火山研究推 進事業全体のシンポジウム開催を呼びかけ、全課題共通の項目として検討を行うことを提 案する。

3. 3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 10か年の年次実施計画
- (e) 令和元年度業務目的

(2) 令和元年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果 サブテーマ①地下におけるマグマ移動シミュレーション サブテーマ②噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願, ソフトウエア開発, 仕様・標準等の策定

(3) 令和2年度の業務計画案

(1)業務の内容

(a) 業務題目

課題 C 火山噴火の予測技術の開発 サブテーマ 3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立研究開発法人	副センター長	藤田英輔	fujita@bosai.go.jp
防災科学技術研究所	主任研究員	三輪学央	miwao@bosai.go.jp
火山研究推進センター	契約研究員	黒川愛香	kurokawa@bosai.go.jp
	契約研究員	長井雅史	mnagai@bosai.go.jp
	契約研究員	志水宏行	s-hiro@bosai.go.jp
国立大学法人東北大学	教授	西村太志	
大学院理学研究科	准教授	小園誠史	
	准教授	奥村 聡	
国立大学法人東京大学	准教授	鈴木雄治郎	
地震研究所火山噴火予知研究セ	准教授	前野 深	
ンター			
気象庁気象研究所火山研究部	室長	小久保一哉	
	室長	新堀敏基	
	主任研究官	鬼澤真也	
	主任研究官	佐藤英一	
	研究官	石井憲介	
	研究官	川口亮平	
国立大学法人静岡大学理学部地	准教授	石橋秀巳	
球科学科			
国立大学法人山形大学理学部	准教授	常松佳恵	
国立大学法人神戸大学先端融合	講師	清杉孝司	
研究環			

(c) 業務の目的

火山噴火とそれに伴う火山災害は、複雑な物理的・化学的な要素の組み合わせにより発生する現象であり、これらを総合的に評価することによって、火山噴火予知・推移予測、災害推定などについて精度の高い情報発信が可能となる。複雑な現象を総括的に解明するために、数値シミュレーションは有効な手段である。火山観測データや実験データから得られる帰納的情報と理論から導出する演繹的情報を相互にフィードバックさせて、より高度で精度の高いモデルを構築する。

本委託業務では、サブテーマ①火山噴火予知・推移予測に資する「地下におけるマグマ 移動シミュレーション」及びサブテーマ②火山災害軽減のための「噴火ハザードシミュレ ーションの開発・高度化」を実施する.

サブテーマ①では、地下におけるマグマの移動過程、気液二相系としての流動様式と噴火様式についての解釈を行い、噴火に至るまでの事象分岐の判断基準について体系的に整理する。特に火道流のモデル化、岩脈貫入現象のシミュレーションを開発し、噴火事象分岐判断のための基準を構築する。また、室内実験を実施し、マグマ移動過程に影響を与える物性についてのモデルを構築し、シミュレーション化する数値モデルの高度化を行う。

サブテーマ②では、噴火発生時における降灰・噴煙・火砕流・溶岩流・土石流・泥流・噴石などの多様な火山現象に対して一元的に定量化を行うとともに、現象を支配するパラメータを体系化し、噴火ハザードを高精度で評価可能なシステムを作成する。降灰ハザード予測モデルの開発においては、主に大都市圏などの広域における降灰シミュレーションと脆弱性データベースの融合によるリスクの定量評価が可能なものを目指す。これは本テーマ内の噴煙柱ダイナミクスモデルの開発から降灰シミュレーションの初期条件を取得することや、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトの次世代火山研究推進事業課題 Dサブテーマ 2(リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発)による、より稠密な降灰評価との連携を行うことにより精度の向上を図る。噴煙柱ダイナミクスモデルの開発では、過去の事象の検証を踏まえた上で高度化を行う。溶岩流シミュレーションでは、既存モデル(LavaSIM)を発展させ、クラスト移動の解析が可能なものを開発する。土石流・泥流・火砕流・噴石については既往モデルの検証とこれをもとにした高度化を検討する。

サブテーマ①・②を踏まえ、火山活動から火山災害発生までの事象系統樹の分岐に定量的パラメータを与え、火山噴火発生確率の算定に寄与する.事象系統樹の分岐判断については「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について(建議)(平成25年11月8日科学技術・学術審議会決定)に基づく地震火山観測研究」で創出されている成果、特に火山ごとの分岐についての観測事例をベースにして、数値シミュレーションによる予測と定量的な比較を進めるとともに、議論を通して知見を共有する.

数値シミュレーションにより作成する判断基準は、現象を支配するパラメータの整理と 現象分岐の閾値の抽出により実現する.数値シミュレーションによるパラメータと、観測・ 実験により得られる情報を体系化し、事象系統樹の各分岐ノードにおける判断基準として 取り込むことにより実装化を図る.

- (d) 10か年の年次実施計画(過去年度は、実施業務の要約)
 - 1) 平成28年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- ・噴火機構シミュレーション:
- ・マグマ移動過程シミュレーション:岩脈貫入に伴う応力場把握(マクロ)
- ・物性モデルの構築:結晶実験・レオロジー実験の環境整備

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル検討(首都圏影響対象)
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:噴煙柱ダイナミクスモデル検討
- ・ハザード評価システム: 噴煙評価システム検討 (既往システム参照)

2) 平成29年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- ・噴火機構シミュレーション:
- ・マグマ移動過程シミュレーション:クラック進展シミュレーション(ミクロ)
- ・物性モデルの構築:実験の環境整備と、結晶化カイネティクスと火山性流体レオロジーのモデル検討

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル予備計算(プロトタイプ)
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:噴煙柱ダイナミクスモデル高度化
- ・溶岩流シミュレーション:大規模・高速溶岩流技術設計
- ・噴石シミュレーション:噴石評価システム検討
- ・ハザード評価システム:首都圏降灰評価システム設計

3) 平成30年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- ・噴火機構シミュレーション:
- ・マグマ移動過程シミュレーション:ミクロ・マクロモデルの統合
- ・物性モデルの構築:結晶化カイネティクスモデル検討・火山性流体レオロジーモデル検討

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル予備検証(プロトタイプ)
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:降灰モデルとの連携開始
- ・溶岩流シミュレーション:大規模・高速溶岩流技術開発
- ・噴石シミュレーション:噴石評価システム設計
- ・ハザード評価システム:首都圏降灰評価システム開発

4) 平成31年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- マグマ移動過程シミュレーション:観測データによる検証
- ・物性モデルの構築:結晶化カイネティクスモデル検討・火山性流体レオロジーモデル検討

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル改良(噴煙モデルとの連携)
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:降灰モデルとの連携
- ・溶岩流シミュレーション:大規模・高速溶岩流技術設計
- ・噴石シミュレーション:噴石評価システム開発
- ・ハザード評価システム:首都圏降灰評価システム運用

5) 令和2年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- ・マグマ移動過程シミュレーション:空間分解能の高度化
- ・物性モデルの構築:観測データによる検証

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル本計算
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:既往火砕流モデル検討
- ・土石流・泥流シミュレーション:既往土石流・泥流モデル検討
- ・ハザード評価システム: 噴石・溶岩流評価システム運用

6) 令和3年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- ・マグマ移動過程シミュレーション:パラメータ感度解析
- ・物性モデルの構築:観測データによる検証

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル本検証
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:噴煙・火砕流モデル高度化・検証
- ・ 十石流・泥流シミュレーション: 十石流・泥流モデル高度化・検証
- ・ハザード評価システム:火山ハザード評価システム運用・高度化(首都圏降灰・噴石・溶岩流)

7) 令和 4 年度:

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

- ・マグマ移動過程シミュレーション:岩脈貫入・移動条件の定量化
- ・物性モデルの構築:システムへの組み込み

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

- ・降灰シミュレーション:降灰ハザード予測モデル評価
- ・噴煙・火砕流シミュレーション:噴煙・火砕流評価システム
- ・ハザード評価システム:火山ハザード評価システム運用・高度化(降灰・噴石・溶岩流)

8) 令和5年度:

- ・火山ハザード評価システム運用・高度化(全事象)
- ・マグマ移動過程評価システム開発および事象分岐評価手法の開発

9) 令和6年度:

- ・火山ハザード評価システム運用・機能評価
- ・マグマ移動過程評価システム評価および事象分岐評価手法の開発

10) 令和7年度:

- ・一元化システム統合
- ・情報ツールでのコンテンツ提供

(e) 令和元年度業務目的

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

a. 噴火機構シミュレーション技術開発

噴火形態を支配する火道内流のメカニズムから事象分岐を支配するパラメータの抽出に関する 国内の常時観測火山を対象とした研究を実施する.

具体的には、「c. マグマ物性モデルの構築」、課題 C-1 の「火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発」と連携し、これらの課題で蓄積されている常時観測火山のうち安山岩質マグマ火山に関連するマグマ物性パラメータをこれまでに構築した火道流数値モデルに入力し、非爆発的噴火から爆発的噴火への事象分岐に関する解析を実施する。さらに、火道流の変動過程がもたらす山体変形を、火山の地形効果を考慮したうえで計算し、地殻変動観測による事象分岐の検知可能性を評価する。本年度は、噴火が頻発し観測点が充実している桜島火山を主な対象として解析を進める。

b. マグマ移動過程シミュレーション技術開発

地下におけるマグマの移動に伴う破壊の進展と火山性地震・地殻変動との関連性を引き続き調べ、システム化への検討を行う.

具体的には、マグマ移動過程シミュレーションについて、個別要素法を適用し、岩脈進展に伴う地表面での地殻変動量を提示し、観測量と対応する手法を開発し、観測データに照らし合わせて、分岐判断の定量化を進める。噴火・噴火未遂分岐判断のため、各パラメータへの依存性を検討する。また、伊豆大島における観測データをもとにしたマグマ移動過程と地殻変動のシミュレーション手法開発を進め、地殻変動データから変動源の時空間変化を調べる。

c. マグマ物性モデルの構築

マグマ溜りから地表までの上昇過程における結晶化モデルの構築の実験を引き続き行う.また、火山性流体のレオロジーモデル構築の予備実験を引き続き実施する.

具体的には、水熱合成減圧実験装置と連続減圧シリンジポンプを用い神津島 838 年噴火噴出物を対象に発泡・結晶化実験を行う. 初期条件 730℃130MPa から大気圧まで 0.01, 0.1, 1MPa/s の減圧速度で減圧実験を行い、結晶化モデルを構築、火道流モデルへの適用を検討する

マグマ粘性測定については、1986年伊豆大島噴火の溶岩サンプルを具体例として、引き続きモデル化に必要な結晶とメルトの混合物レオロジーの速度、温度、時間依存性を調べる。固液二相領域にある温度条件(約 1130 $^{\circ}$ C)を中心に実験を進める。また、得られたレオロジー則の溶岩流モデルへの適用を検討する。東北大学及び静岡大学の協力を得てこれらを実施する。

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

a. 降灰ハザード予測モデルの開発

大都市圏 (特に首都圏) を対象とした降灰ハザード予測の評価のためのシステム開発を継続し、 システム化への検討を行う.

具体的には、大都市圏(特に首都圏)を対象とした降灰ハザード予測の評価のためのシステム 開発を継続し、前年度までに行った降灰シミュレーション・モデル(JMA-RATM)の新しい移流拡 散モデル(JMA-ATM)への改良を始める。また、「b. 噴煙柱ダイナミクスモデル」による噴煙放出の初期条件を取り込み、降灰評価を高度化する手法の開発に着手する。気象研究所の協力を得てこれを実施する。

b. 噴煙柱ダイナミクスモデルの開発

火山近傍の火山灰大気拡散と降灰を対象とした噴煙柱ダイナミクスモデルの開発を続け、システム化への検討を行う.

具体的には、噴煙柱ダイナミクスと火山灰輸送を同時に解く SK-3D モデルを大型計算機において実行する. 降灰ハザード予測モデルとの連携を見据え、噴出条件と噴煙高度、火山灰放出高度、堆積物分布の関係について様々な噴火規模・大気条件のシミュレーションを行う. 特に、富士山1707 年宝永噴火規模の火山灰挙動に関して、より単純な大気風の条件を与えたシミュレーションを行い、火山灰サイズと到達距離の関係を系統的なパラメータスタディをもとに解析する. シミュレーション結果からは、降灰ハザード予測のシステム化に必要な供給関数の推定を行う.

c. ハザード評価システムの検討

多様な火山ハザード現象を評価するシステムの設計を進め、導入に着手する.

具体的には、首都圏を対象とした噴煙評価、各火山の火口周辺を対象とした噴石被害評価のシステム化について、計算実施や結果表示の体系化を進める、噴石被害評価のシステムについては、その数値計算部分を改良し、その内容をカナダで開催される IUGG で発表する.

また、溶岩流シミュレーションについて高速化を進めるとともに、新たなコード開発を検討する. 新たに、火砕流・ラハール(火山泥流)・火山性津波に関する計算手法の開発について検討を始める. 山形大学・神戸大学・東京大学地震研究所の協力を得てこれを実施する.

なお、研究期間中に国内の火山で、噴火の予兆が把握された場合もしくは噴火が発生した場合において、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトのプロジェクト・リーダーが当該火山を対象とした緊急観測の実施を決定した際は、上記①、②に示される技術開発の一環として、その計画の一部もしくはその全てを、開発技術実装に向けた実地の場となる緊急観測の実施あるいは緊急観測への協力に代えて実施することを可能とする.

(2) 令和元年度の成果

(a) 業務の要約

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーションでは、桜島を代表とする安山岩質の火山を対象として、火道内における気液固混相流マグマの上昇過程(火道流)がもたらす地殻変動観測の数値シミュレーションを実施し、観測による検知可能性について評価を行った。マグマ移動過程については噴火未遂事例について観測データとシミュレーションから解釈を行った。また、岩脈成長について、ミクロモデルの計算手法の改善を進めるとともに、マクロモデルでの噴火・噴火未遂条件の検討と地表での地殻変動の定量化を行った。

サブテーマ②: 噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化では, 降灰評価について, 新しい移流拡散モデル (JMA-ATM) の開発着手, 気象レーダーデータを噴火ハザード予測シ

ステムに利用する方法の検討,噴煙柱から放出される火砕物の鉛直濃度分布に基づく同化の検討,噴煙シミュレーションと噴煙柱ダイナミクスの連携による降下粒子の評価など,高度な降灰・堆積評価を行う基礎理論の構築を実施した。また,噴石・溶岩流・火砕流シミュレーションの高度化と,定量的なリスク評価およびその確率表現に向けての整備を行った。また、火山ハザード評価システムの実装に着手した。

(b) 業務の成果

サブテーマ①:地下におけるマグマ移動シミュレーション

a. 噴火機構シミュレーション技術開発

噴火形態を支配する火道内流のメカニズム ¹⁾から事象分岐を支配するパラメータを抽出することを目的とした研究について、本年度は常時観測火山のうち安山岩質マグマ火山、特に桜島火山を対象とした解析を実施した.桜島火山噴火のマグマ物性・地質条件を考慮した火道流数値モデルに基づき、火道流の定常解および噴出率の急増を伴う火道流の時間発展変動を計算し、さらにその火道流の変動過程がもたらす山体変形を計算することで、桜島における大正噴火級の爆発的噴火の検知可能性を検証した.以下ではその詳細を説明する.

火道流モデルの解析においては、桜島の1914年大正噴火に関するマグマ物性・地質条件の推定 データを参照してパラメータ設定を行った. 重要なマグマ物性の一つであるマグマ粘性について は、これまで用いてきた珪長質マグマの一般化モデルとは異なる、メルト組成の岩石学的観測デ ータに基づくより定量的な粘性モデルを適用した、結晶化成長のモデルを規定するパラメータで ある結晶成長速度に関しては、「c. マグマ物性モデルの構築」において組成依存性が指摘されて いることから、その知見に基づき幅広いパラメータ領域のもとで解析を行った。また、マグマ溜 まりの深さは地球物理学的観測に基づき固定した一方で、体積については火道流の変動に影響を 与え得ることからその依存性を調べた.まず、火道流モデルに基づき、火道流ダイナミクスを規 定する定常火道流におけるマグマ溜まり圧力 P と噴出率 O の関係を求めた (図1の実線). その 結果,低・高噴出率側に dP/dQ > 0 となる安定領域が存在する S 字型の曲線が幅広い結晶成長速 度のもとで得られた、一方で、低噴出率側の安定領域が、珪長質マグマの場合に比べて相対的に 狭くなることがわかった、これは、マグマ粘性の増加で鉛直方向脱ガスが効率的になって火道流 が安定化する効果が抑えられることが要因となっていると考えられる.さらに,噴出率側の安定 領域における火道流を初期条件として、マグマ溜まりへのマグマ流入率を dP/dQ < 0 の不安定領 域に設定した場合の火道流の時間発展変動を計算し、噴出率の急増を伴う火道流の遷移過程を再 現した(図1の破線).この遷移過程はマグマ溜まりの体積に依存して変化し、体積が大きいほど マグマ溜まり圧力の変化量は小さくなり、また遷移の時間スケールは長くなることがわかった. この遷移過程においては、火道内でのマグマ発泡度と過剰圧が急増し、特に過剰圧についてはマ グマ溜まり過剰圧が増加して減少に転じた後、火道浅部の過剰圧が局所的に増加する特徴がある (図2). また, 流動するマグマによって火道壁にもたらされるせん断応力も, 浅部でマグマが加 速する効果によって遷移中に急増する(図2d). これらの過剰圧およびせん断応力の増加は噴出 率急増の直前に生じる.

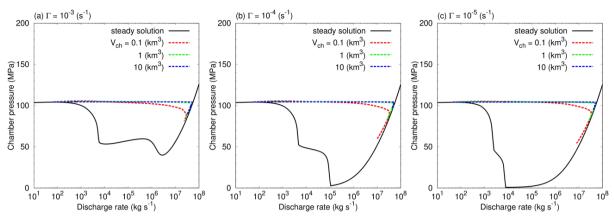


図 1 桜島噴火のパラメータに基づく,定常火道流におけるマグマ溜まり圧力と噴出率の関係 (実線) と,噴出率の急増を伴う火道流の時間発展変動 (破線)の解析結果. Γ : 結晶成長速度, $V_{\rm ch}$: マグマ溜まり体積.

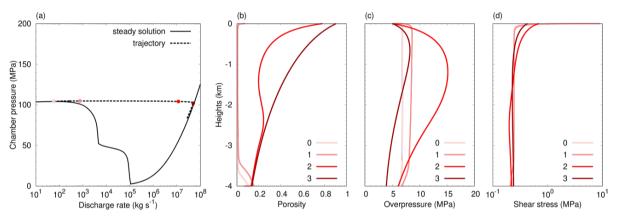


図 2 火道流の遷移過程における火道内流動分布の変化. (a) の各点におけるマグマ発泡度(b), マグマ過剰圧 (c), 火道壁にはたらくせん断応力 (d) の分布を示している. $\Gamma=10^4$ (s⁻¹), $V_{\rm ch}=1$ (km³).

火道流がもたらす山体変形の計算として、本研究ではまず昨年度までに開発した二次元軸対称の弾性体を考慮した有限要素法に基づくモデルの解析を行った。桜島の山体地形を単純化した高さ 1 km, 半径 5 km の円錐形山体を仮定し、弾性体内部に設定した火道およびマグマ溜まりの壁に火道流解析から得られた圧力(垂直応力)あるいはせん断応力を境界条件として入力することで、地表変位とそれに基づき計算される傾斜・歪を出力した。山体変形の特徴を系統的に調べるため、マグマ溜まり過剰圧が最大値をとってから噴出率が最大値になるまでの時間で規格化した時間のもとで傾斜および歪の変化量を調べた。昨年度の成果と同様に、桜島噴火を対象とした場合においても、火口からの距離が約 1500 m までの範囲においてのみ、火道浅部の過剰圧増加とマグマ加速に由来する噴出率急増直前の傾斜及び歪の増加が検知されることがわかった(図 3 e-h)、一方で、マグマ溜まりの減圧と火道浅部の増圧の競合効果によって、噴出率急増の直前ではないが微小な傾斜・歪の増加がより広範な領域で確認された。また、せん断応力による山体変形の影響を調べるために、垂直応力とせん断応力をどちらも入力した場合(図 3 e-h)と垂直応力のみを入力した場合(図 3 a-d)の計算を実施し、系統的な比較を行った。その結果、特に傾斜についてはせん断応力の影響を強く受けて大きく変化することが確認された。さらに、傾斜・歪変化の結

晶成長速度・マグマ溜まり体積依存性を調べた結果、変化の定性的な特徴は共通している一方で、結晶成長速度が大きい、またマグマ溜まり体積が大きいほど傾斜・歪の変化量が大きくなることが明らかになった(図4). これは、結晶成長速度が大きいほど浅部のマグマ粘性が高くなることで浅部過剰圧が大きくなる効果と、マグマ溜まり体積が大きいほどマグマ溜まり過剰圧の減少量が小さくなり、浅部過剰圧増加を相殺する影響が小さくなる効果に起因している. 以上のように、爆発的噴火への遷移検知に有効な傾斜・歪の特徴的変化量は、結晶成長速度とマグマ溜まり体積というマグマ物性や地質条件に強く依存して変化し得ることが明らかになった.

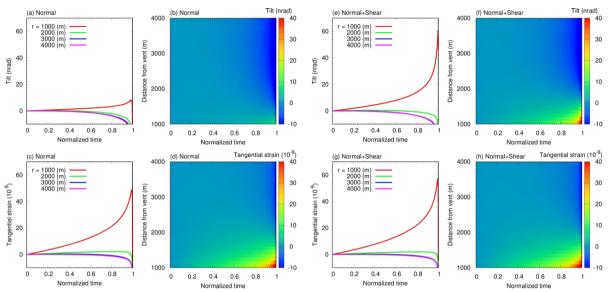


図3 二次元軸対称弾性体モデルに基づく、火道流の時間発展変動によって生じる地表における傾斜 (a,b,e,f) 及び歪 (c,d,g,h) の計算結果. (a-d) 垂直応力のみ入力; (e-f) 垂直応力とせん断応力をどちらも入力した場合. r は火口からの距離を表す. $\Gamma = 10^{-4} (s^{-1})$, $V_{ch} = 1 (km^3)$.

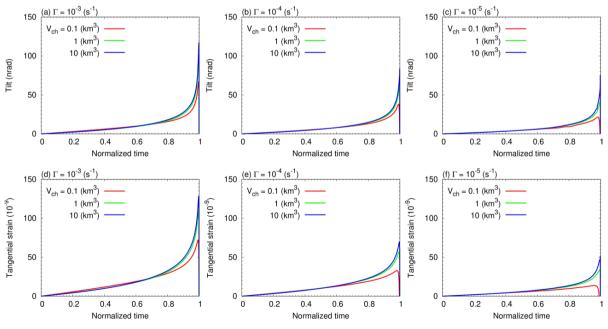


図4 二次元軸対称弾性体モデルの計算における,傾斜 (a-c) 及び歪 (d-f) 変化の結晶成長速度 (Γ) ・マグマ溜まり体積 (V_{ch}) 依存性.

本研究ではさらに、山体変形の計算について、従来の二次元軸対称モデルから、実際の山体地形を考慮した三次元の有限要素法モデルへの拡張を行った。国土地理院発行の5mメッシュ数値標高モデルに基づき桜島の山体地形を考慮しつつ、計算領域境界の影響を低減するための山体サイズに対して十分に大きい弾性体モデルを作成し、南岳火口直下に火道及びマグマ溜まりを設定した(図5)。これによって、噴火遷移中の火道流の変動に伴い、既存の気象庁傾斜観測点(あみだ川 AMD、瀬戸 SET、横山 YOK)において観測され得る傾斜変化を計算することが可能となった。解析の結果、二次元軸対称モデルの解析から推測されたように火口から2km以上離れた既存の観測点では噴出率急増直前の傾斜変化を捉えることは難しいが、噴出率急増の直前ではない微小な傾斜変化が捉えられ、火口方向が隆起する傾斜変動の特徴が明らかになった(図6)。三次元モデルでは計算負荷の制約上広範なパラメータ解析まで至っていないが、二次軸対称モデルと整合的な結果が得られ、信頼度の高いモデルを構築することに成功した。今後、更なるパラメータ解析によって、既存観測点による噴火検知の実現可能性について評価することが可能となった。

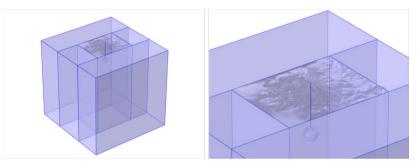


図5 桜島の山体変形計算のための三次元弾性体モデル.

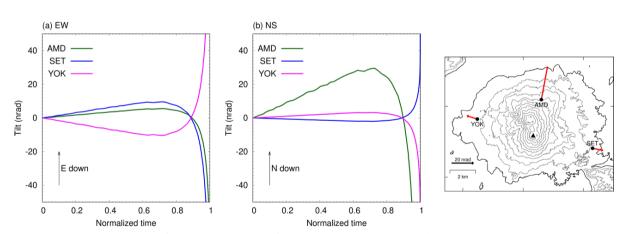


図 6 三次元弾性体モデルに基づく、火道流の変動がもたらす気象庁傾斜観測点における傾斜変 化の計算結果. (a) 東西成分, (b) 南北成分. 右図に各観測点における傾斜ベクトルを示す.

b. マグマ移動過程シミュレーション技術開発

地下におけるマグマの移動に伴う破壊の進展と火山性地震・地殻変動との関連性を引き続き調べた.

具体的には、これまでに得られた破壊進展のモデルにおいて未解決であった3つの課題について検討を行った.

(1) 岩脈先端部における解の発散の制御機能

岩脈先端部およびその上部において応力が大きくなり、これが割れ目内部の流体領域に影響を及ぼしてマグマの流れを計算するうえで不安定を生じる.これを改善するために、解析解と数値解の重ね合わせにおいて開口による貫入面での変形は解析解で表現する手法を採用した.また、数値解には貫入面以外(地表等)の境界条件を満たすように解を補正する機能を持たせ、境界条件によって貫入面で生ずる応力の変化を見積もることができるようにし、解析解と数値解を完全に分離するようにした.

(2) 割れ目拡大速度に応じた時間刻みの可変化機能

マグマの貫入によって割れ目先端で破壊が進む速度は、破壊様式やマグマの物性によって大きく変化する.この変化に追従するように、計算の時間刻みを自動的に調整する機能を付加した.この機能は、割れ目の伸びる長さがほぼ一定となるように時間刻みを変えることによって実現した.なお、腐食破壊から脆性破壊への移行、また、マグマの破砕などの急激に拡大速度が変化する時間を予め予測し、その時間で計算を打ち切り、新しい条件で計算を再開する機能を含めるものとした.

(3) マグマの物性変化の取り込み機能

マグマの上昇過程において重要な物性変化である、減圧によるマグマ中の揮発性成分の発泡効果を取り込む機能を持つものとした. 発泡によりマグマの密度が急激に減少し、上昇を加速する. また、気泡を含むマグマの実効粘性は低下する.

以上3つの課題を満たすように計算方法を改善し、その方法に基づく計算プログラムを開発して効果を検証した。

代表的な計算例を示す。この計算ではマグマの貫入口 (y=0) で岩石の圧力に加えて 1 $(5x10^7 \text{ Pa}, 500 気圧)$ の圧力が保持されており、それが貫入の駆動力となっている。最初 (t=0) に長さ 0.5 km の割れ目が存在しており、それが種になって割れ目がどう伸びるかを追跡する。

計算結果における特徴的な変数の時間変化を図7に図示する. 図の上段で h は割れ目先端の位置(貫入口からの距離、km)、a。は貫入口の割れ目の幅(単位は m)である. 中段は割れ目の拡大速度 c と応力拡大係数 K (K。との比),下段は流れの強さ A と気体成分の体積の割合 ϕ である. c と A の値がマグマの粘性率などに依存して大きく変わる.

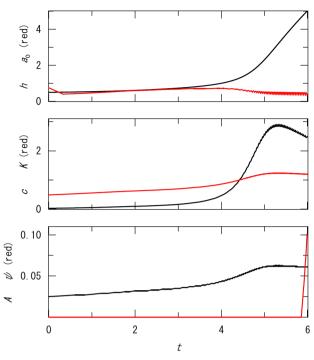


図 7 マグマ先端の位置 h, 貫入口の割れ目の幅 a。, 先端の拡大速度 c,応力拡大係数 K,流れの強さ A,気体成分の体積の割合を時間 t の関数として示す.

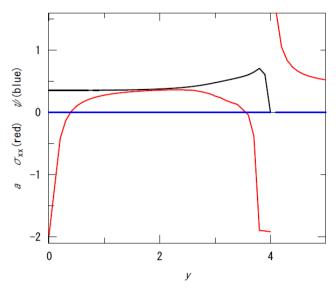


図8 マグマの先端が h=4 の位置に達したとき(t=5.61)の割れ目の厚さ a (黒), マグマに 岩石から垂直にはたらく応力 σ_{xx} (赤), マグマ中の気体成分の体積の割合 ϕ (青) の分布.

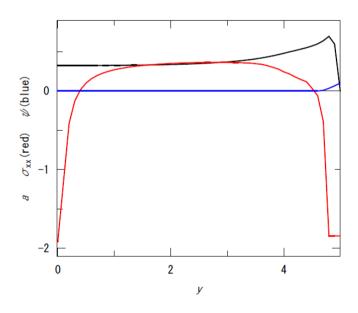


図9 マグマの先端が地表 (h=5) に達したとき (t=5.99) の割れ目の厚さ a (黒), マグマに 岩石から垂直にはたらく応力 σ_{xx} (赤), マグマ中の気体成分の体積の割合 ϕ (青) の分布.

図8と図9によれば、割れ目の幅は先端付近ではふくらんでいるが、それ以外ではほぼ平坦である。マグマから岩石に働く応力は、ほとんどの場所で張力であるが、貫入口と先端部では圧縮力になっている。貫入口付近の圧縮は貫入するマグマに加えた圧力に対応する。先端部の圧縮力は先端部でマグマに強い圧力がはたらいていることを意味し、それが割れ目をふくらませ、割れ目の拡大を駆動するものと理解できる。割れ目の外側の未破壊領域(y が h より大きい範囲)では岩石に強い張力が働いており、その大きさが応力拡大係数で表現される。この張力のために先端部が破壊され、割れ目が拡大するのである。図8によると、割れ目の外側ではたらく張力は内部の圧縮力と明確に切り離されており、内部に染み出していない。図7の ϕ の変化にみられるように、割れ目の先端が地表に近づくと、気体成分が発泡する。図9によれば、発泡は深さが0.5 km

程度より浅い場所で生じている。しかし、通常の想定で 1 気圧の圧力から予想されるのは破砕が起こるほど高い ϕ の値であり、計算結果はそれよりずっと小さい。先端部の付近では岩石からマグマに強い圧力がかかっており、それが発泡を抑制し、気相の膨張も抑えると推測される。

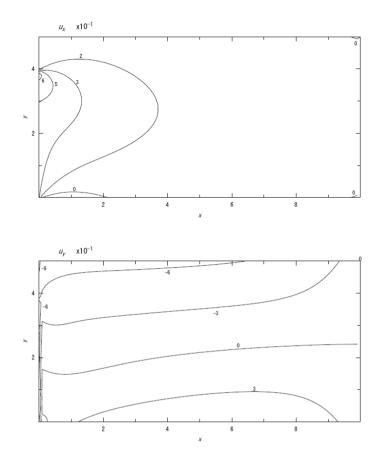


図 10 マグマの先端が h = 4 の位置に達したとき(t = 5.61; 図 8 に対応する時点)の水平変位 u_x (上)と鉛直変位 u_y (下)の分布.

図8と同じくhが4の位置にあるときに、岩石の内部で変位(u_x , u_y)がどう分布するかを図10に示す。マグマの貫入のために、先端付近には岩石を押し出す方向に変位が生じている(上)。鉛直方向の変位(下)は、地表付近では沈降、下面では降起傾向である。

これらの結果をもとに、下記のことが分かった.

- ・マグマの貫入は、割れ目の拡大が始まると急速に加速するが、地表に近づくと減速に転ずる.
- ・割れ目の拡大は、先端部にふくらみができると加速を始め、拡大速度はふくらみの状態に制御される.
- ・貫入過程で気体成分の発泡が始まっても、貫入に伴う岩石からの圧力で発泡が抑えられ、破砕は起こりにくい.
- ・拡大機構が腐食破壊から脆性破壊に転移すると、拡大速度は一息に急増するが、地表に達する 前に振動を伴いながら減少する.これらの知見はあくまでも計算の試行段階で得られたものであ り、その妥当性についてはさらに詳しく究明する必要がある.

岩脈貫入シミュレーション(マクロモデル)では、上記ミクロモデルによる岩脈と弾性体の境界における応力分布を初期値として、粒子(個別要素)で表した山体内の岩脈進展と地殻変動についての計算を引き続き実施した。個別要素法における地下のマグマ進展にともなう地表面の地殻変動について H30 年度に得られた結果、すなわち噴火・噴火未遂における初期増圧依存性に対応する地表粒子の変位分布の可視化を行った(図11). 地下でのマグマ上昇・岩脈貫入に対応する地表粒子の移動パターンは複雑な様相を呈するが、実際の地形モデルや観測点との位置関係に対応する粒子を特定して比較することが可能である。ただし、現在は粒子数が最大1,000,000 個であり、さらに桁数をあげたうえで評価を行うことが、より精密な比較をするために必要である。

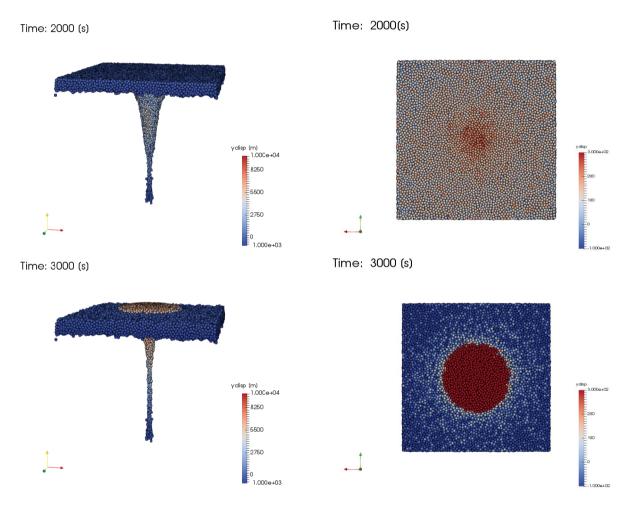


図11 個別要素法による地下におけるマグマ進展シミュレーションにより推定される地表の変位パターン例(鉛直方向変位). 3000s は噴火後.

伊豆大島における観測データをもとにしたマグマ移動過程と地殻変動のシミュレーション手法の開発を進めた. 境界要素法により山体地形を考慮した地殻変動を求めるプログラムの開発進め、ボアホール内に設置された観測点の変化量を計算できる機能を加えた. また, 伊豆大島の 10m メッシュの数値標高データ (DEM) に基づいて, 境界要素法で地殻変動の計算を行うための地形モデルを作成した. 地形の効果, 観測される傾斜計データに与える影響を, 観測点間の標高差の大きい御嶽山を対象として, 調べた結果を火山学会で発表した.

c. マグマ物性モデルの構築

マグマ溜りから地表までの上昇過程における結晶化モデル構築のための室内実験と火道流モデルへの適用の検討を行った。また、火山性流体のレオロジーモデル構築の室内実験を実施した。

水熱合成減圧実験装置を用い神津島 838 年噴火噴出物を対象に発泡・結晶化実験を行った. 前年度までに決定された岩石組織のアニール時間(72 時間)を参考にマグマ溜まりでの温度圧力条件 (730℃, 130MPa)を再現後, その温度圧力条件から大気圧付近(約 0.2MPa)まで一定減圧速度で減圧したところ, 実験産物の発泡度が 80%を越え崩壊し, 結晶組織解析が難しいことが分かった. そこで, 昨年度までで得られた最終圧力 30MPa の実験結果を用いて, 神津島マグマの平衡結晶度 β_{eq} と結晶成長率 Γ を調べ, 先行研究の減圧結晶化実験から見積もった値と比較した(図 1 2). その結果, 珪長質マグマの圧力による平衡結晶度変化は β_{eq} =0.552exp(-0.021P)と表され, 一方, 苦鉄質マグマでは β_{eq} =0.6373exp(-0.008P)と平衡結晶度が系統的に高くなることが分かった(図 1 2a). また, 結晶成長率 Γ は, 一般的にマグマ温度の低下と SiO2 量の増加とともに減少するが, 最も低温な神津島マグマのみ高くなることが分かった(図 1 2b). このことは, 神津島マグマの実験では, リキダス以下の低温条件でのアニールにより結晶の種が形成され結晶成長が比較的容易に起きたことを示唆する. Kozono and Koyaguchi (2012)の火道流モデルによると, 平衡結晶度 β_{eq} と結晶成長率 Γ が高いと, マグマ溜り圧力一定条件で非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移に関する臨界マグマ供給率が大きくなる. 以上から, 珪長質マグマの方が苦鉄質マグマよりも非爆発的噴火から爆発的噴火への臨界マグマ供給率が小さく, 噴火遷移が起こりやすいと考えられる.

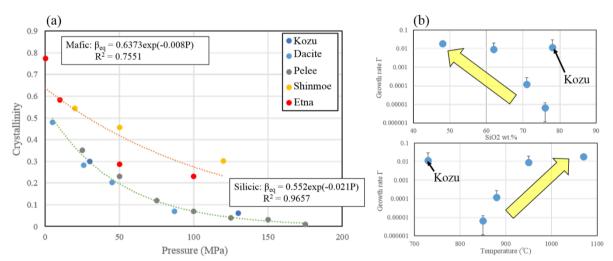


図12(a)平衡結晶度の圧力変化. 寒色系が珪長質マグマ, 暖色系が苦鉄質マグマによる減圧実験を示す, (b)結晶成長率のSi02及び温度変化. 神津島マグマは高い結晶成長率を示す.

マグマ粘性測定については、引き続き 1986 年伊豆大島噴火の B1 溶岩サンプルを用いて行った。より安定した高温状態を実現するため、実験システムは SiC 発熱体を搭載したマッフル炉を導入して改良した。平成 30 年度の研究からマグマレオロジーは測定前の状態によって異なる挙動を示す結果が得られたので、本年度は実験前にサンプルを静置させるプロセス(静置時間)での条件が後続する本実験に与える影響について主に調べた。

実験はサンプルを1300℃で完全溶融させた後、固液二相が共存する1180℃で行った。完全溶融後、電気炉上部の穴からロッドを炉内のサンプルに挿入し、一定のせん断速度で回転させて応力値を測定した。図13に静置条件が本実験に与える影響を示す。1時間静置すると、完全静止

の場合だけでなく有限のせん断を加えた場合でも応力にオーバーシュートや変動が出現した. せん断速度が大きくなるとこれらは不明瞭になるが,長い静置時間(18 時間)を置くことでオーバーシュートと応力変動は出現した.従って静置時間と静置中のせん断速度が,マグマのレオロジーを決める要因であると言える.このことは,実際のマグマや溶岩も完全に停止していない状態でも内部で流れを妨げるプロセスが進行する可能性を示唆しており,モデルを構築する上で重要な特徴だと考えている.本年度もこれらの研究は東北大学及び静岡大学の協力を得て実施した.

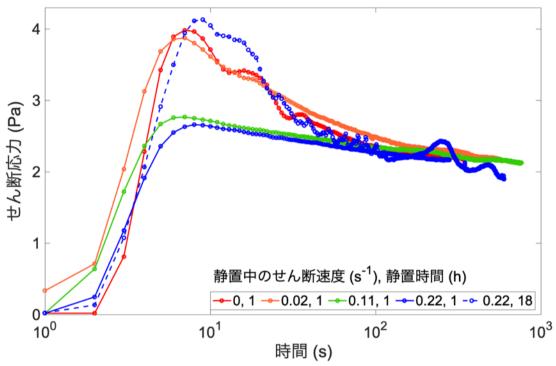


図13 様々な静置条件(静置中のせん断速度と静置時間)でのせん断応力の時間変化.本実験はせん断速度0.11s-1で行った.

サブテーマ②:噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

a. 降灰ハザード予測モデルの開発

大都市圏(特に首都圏)を対象とした降灰ハザード予測の評価のためのシステム開発を継続した.

具体的には前年度まで降灰シミュレーションの予備計算に使用してきたプロトタイプ $(JMA-RATM)^{2)}$ を更新するために、新しい移流拡散モデル (JMA-ATM) の開発に着手した。また前年度に着手した「b. 噴煙柱ダイナミクスモデルの開発」との連携について、SK-3D モデルの計算結果を初期条件として、開発中の JMA-ATM (モデル地形なしのドライモデル) による降灰シミュレーションを試行した.

富士山宝永噴火の最初のステージを想定して、従来の Suzuki1983 と SK-3D モデルに基づく初期条件(図14)で ATM 計算を比較した結果、火山礫より大きな粒子の落下範囲と落下時刻に大きな違いが出ること、予想降灰量は、風の鉛直シアが小さい本事例では大局的には変わらないが、降灰分布の主軸方向とそれに直交する方向で特徴的な差異があること(図15)を確認した.

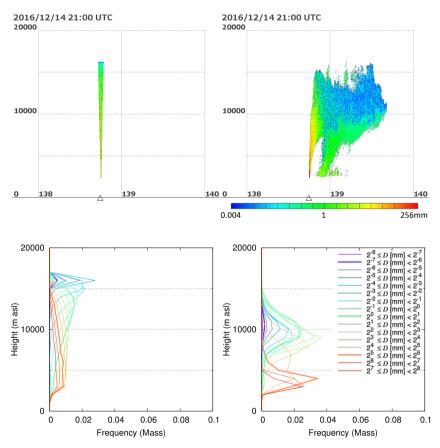


図14 初期分布(東西断面)と質量供給率(鉛直分布)の比較.(左)Suzuki1983,(右)SK-3D モデルによる. 粒径に関する質量分布として対数正規分布を仮定した場合. いずれも最高噴煙高度は合わせており,頻度は総噴出量で規格化した.

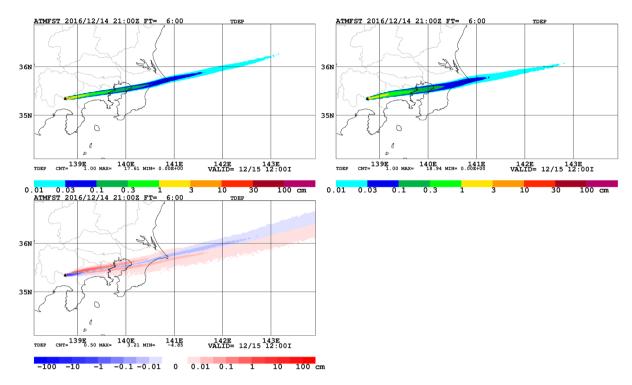


図 1 5 予想降灰量の比較. (左) Suzuki 1983, (右) SK-3D モデルによる初期条件 (図 1 3) からの JMA-ATM (地形なしのドライモデル) による降灰シミュレーションの試行結果 とその差分 (下: SK3D-Suzuki 1983). 噴火開始時刻: 2016 年 12 月 15 日 06 時,噴出率: $1.0\times10^7~{\rm kg/s}$,噴火継続時間 961 ${\rm s}$ を仮定した 6 時間後の予測. 大気場は気象庁メソ析値を使用. 出力格子間隔は 2 ${\rm km}$.

また、引き続き、気象レーダーデータを噴火ハザード予測システムに利用する方法の検討を行った. 具体的には、気象研究所で観測・解析しているデータを例に、特にリトリーブ部分とパラメータ推定部分について、検討を進めた(図 1 6). 検討の結果、気象レーダーデータを"直接的に"噴火ハザード予測システムへと利用する方法については、リトリーブ結果の検証が重要であるとの結論に至った. 本内容を IUGG2019 にて発表した.

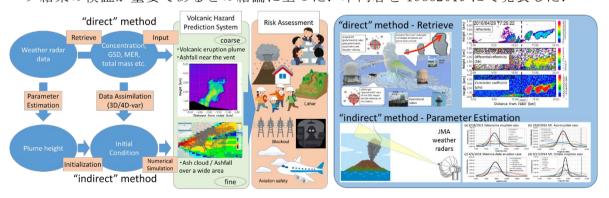


図16 気象レーダーデータの取り込みにおける直接的・間接的手法の概念図と実例

データ同化手法の検討では、降下火砕物観測を用いて、噴煙柱から放出される火砕物の 鉛直濃度分布に同化する問題について取り組んだ.この問題は移流拡散堆積系の逆問題と して線形の逆問題で近似でき、線形逆解析手法の一つである特異値解析を用いると、逆解 を求めると同時に解の不確実性についても定量化できる. そこで, 本課題では, 特異値解析を用いて本逆問題の数理構造を調べた.

本逆問題における逆解の不確実性は、正則化に伴う(真値に対する)解像度の低下と観測誤差の伝搬に起因するものである。前者はモデル解像度行列を用いて定量化することができ、後者はモデル共分散行列を用いて定量化することができる。図17に本逆問題の解析結果の例を示す。

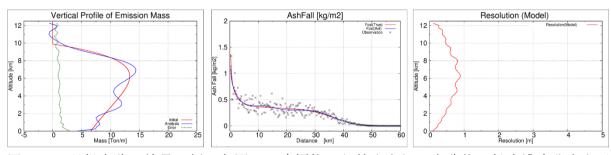


図17 理想実験の結果の例. 左図は、噴煙柱から放出される火砕物の鉛直濃度分布を示す;真値(赤線)、逆解(青線)、モデル共分散行列の対角成分(緑点線). 中図は、真値から計算された降下火砕物分布(赤線)及びそれにランダムな誤差を加えた仮想的な観測値(×)、逆解から計算された降下火砕物分布(青線)を示す. 右図は、逆解の解像度を示す.

b. 噴煙柱ダイナミクスモデルの開発

火山近傍の火山灰大気拡散と降灰を対象とした噴煙柱ダイナミクスモデルの SK-3D³⁾と,システム化への検討を行った. そのために, SK-3D を用いた大規模シミュレーションを実施し,モデルの高度化と計算結果の解析を進めた.

システムに掲載するデータ取得のため、富士山1707年宝永噴火と同程度の火山噴火シミュレーションを実行した。シミュレーションには九州大学情報基盤研究開発センターのスーパーコンピュータシステムITOと海洋研究開発機構の地球シミュレータを利用した。空間を2~3億グリッドで分割し流体計算を行うと同時に、火山灰に模した数百万個のトレーサー粒子計算を行った。大型計算機においてはMPIを用いて500~1,000並列で実行した。火山灰輸送と堆積は噴火規模に加え大気の風に強く依存するため、風速を変化させた計算を行った。その結果、噴火条件が同じでも風速が異なると、噴煙高度・噴煙形状・火山灰放出高度・堆積分布に違いが生じることを捉えた。

風速が弱い場合,噴煙は最高高度が 15km 程度まで達した(図 18). 高度 10km 程度で噴煙は水平方向に傘型噴煙として拡大した. 傘型噴煙の拡大の勢いは大気風よりも強く,風上も含め全方向に拡大した. 図 18 の色付きプロットで示されるように,粒子サイズによって噴煙内部での存在領域は異なった. 粒径が $-5\sim-6$ ϕ ($32\sim64$ mm)のような粗い粒子は,噴煙の最上部に達することなく噴煙柱の途中までしか存在しなかった(図 18 a, b). 火山灰粒子は噴煙柱から離脱し,火口付近へと降下した. 粒径が $-3\sim-4$ ϕ ($8\sim16$ mm)の場合,火山灰粒子は噴煙最上部に達した(図 18 c, d). 風上側の傘型噴煙へは進入せず,風下側に広がった.噴煙柱から離脱した火山灰は,風下側に流されて火口から 10km 程度の地表面に堆積した.粒径が $3\sim-2$ ϕ ($0.125\sim4$ mm)の場合,火山灰は噴煙最上部に達した後に風上・風下両方の傘型噴煙に進入した(図 18 e-i). この場合,傘型噴煙の

広い領域から火山灰が離脱し、風下側に堆積した。 さらに細かい 4ϕ (< 0.0625mm)の火山灰粒子は噴煙柱・傘型噴煙の全領域に存在した(図18k). 噴煙から離脱することなく噴煙内に滞留した。

風速が大きい場合,図18の場合とは噴煙挙動が異なった(図19,20).噴煙柱は風によって風下側に傾き,風上側への傘型噴煙は形成しなかった.風速が10m/s の場合は噴煙高度が15km程度だったが,風速が20m/s の場合は13km,30m/s の場合は10kmと,風速が増すにしたがって噴煙高度が低下した.火山灰粒子の存在領域も風速によって変化した.風速が20m/s の場合, $-4\sim-6$ の粒子は噴煙上部に達することなく,噴煙柱の途中から離脱して降下した(図19a-c). $-1\sim-3$ の粒子は,噴煙上部まで達するものの,そこから噴煙内部を風下側に降下し,そのまま噴煙から離脱した(図19d-f).3 \sim 0 ϕ と言った細かな粒子になると,風下側への傘型噴煙内を輸送され,火口から20km以上の遠方で噴煙から離脱した(図18g-j).非常に細かい粒子になると噴煙の全領域に滞留し存在した(図19k).これらの変化は連続的であった.さらに風速30m/sと大きい場合も20m/sと似たような傾向が示された(図20).

以上のように、火山灰粒子が噴煙内のどこに存在し、どの高度から離脱して降下するかの情報を取得することができ、システムに載せるための基礎データとなる。加えて、高度によって風速が変化する場合のシミュレーションも実施した。また、これらの連続噴火シミュレーションの他に、ブルカノ式噴火を模擬した瞬間的爆発噴火シミュレーションを実施し、グループD2と連携した。瞬間的爆発噴火シミュレーションの結果からは、噴火継続時間と噴煙高度の関係において、ブルカノ式・プリニー式のスケーリングの他に、遷移状態が存在することを捉えた。

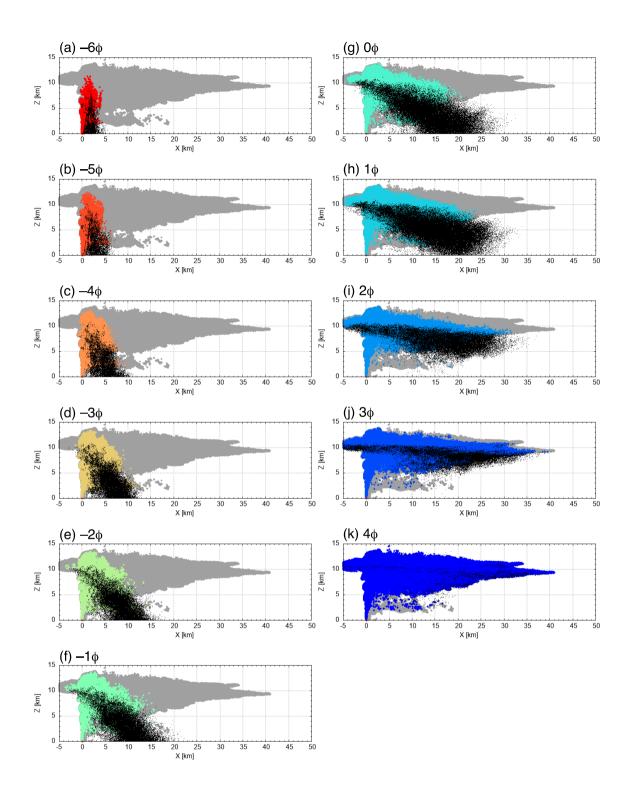


図18 風速 10m/s の大気場における火山灰輸送シミュレーション. 噴火開始後 40 分後での, 噴煙断面におけるサイズ毎の火山灰粒子分布を示す. 色付きプロットは噴煙内部の火山灰粒子で, 黒点は噴煙から離脱した粒子を表す.

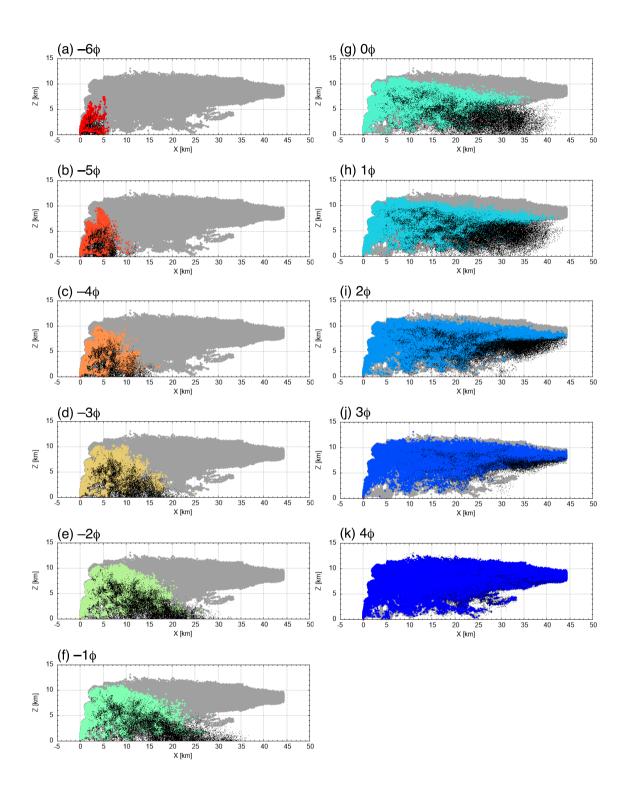


図19 風速 20m/s の大気場における火山灰輸送シミュレーション. 噴火開始後 30 分後での, 噴煙断面におけるサイズ毎の火山灰粒子分布を示す. 色付きプロットは噴煙内部の火山灰粒子で, 黒点は噴煙から離脱した粒子を表す.

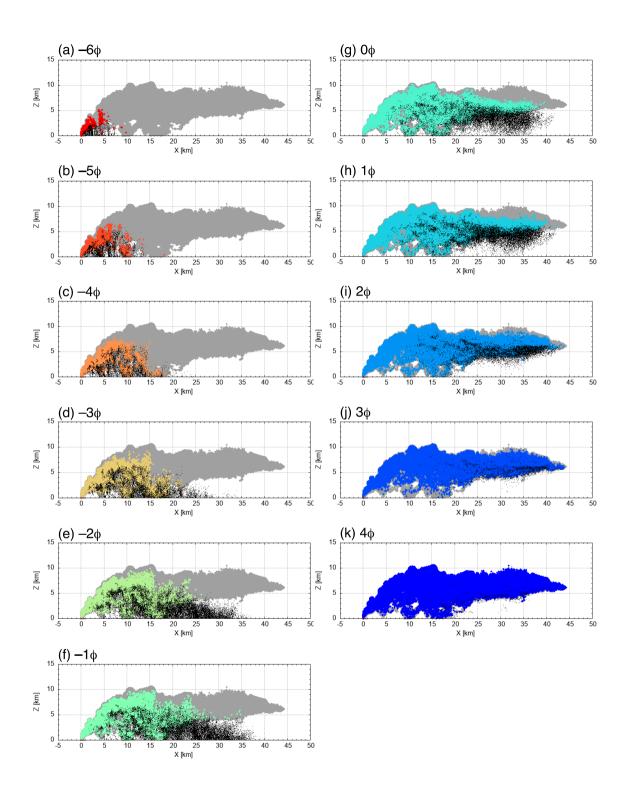


図20 風速30m/sの大気場における火山灰輸送シミュレーション. 噴火開始後20分後での,噴煙断面におけるサイズ毎の火山灰粒子分布を示す. 色付きプロットは噴煙内部の火山灰粒子で,黒点は噴煙から離脱した粒子を表す.

c. ハザード評価システムの検討

○噴石シミュレーション

噴石被害評価のシステムについては、入力および出力のフォーマットを Moving Feature 形式に変更し、出力されたシミュレーション結果を別途得られた人流データと合わせて、どの時点・地点で被害が出るかを推定するシステムを開発した。このような現象予測のシミュレーションと人流データを合わせて被害推定を行うシステムは世界的にも珍しいため、国際学会(IUGG2019)でそのシステムの使用方法や意義などをポスターにて発表した。

○溶岩流シミュレーション

溶岩流シミュレーションでは、3次元溶岩流シミュレーションコード LavaSIM⁵⁾ において、粘性 関数の速度依存性効果の導入、および、溶岩トンネル計算のためのクラスト形成・移動効果導入 のため、プログラムの高速化のため性能調査を実施した。特に防災科研において新たに導入された防災情報イノベーションプラットフォーム(スーパーコンピューター)における計算の高速化 について方向性を得た。富士山での溶岩流および冷却効果の検証を行った。その成果は富士山火山防災対策協議会 富士山ハザードマップ検討委員会(改訂版)の検討で活用された。キラウエア火山で 2018 年 6 月に発生した大規模溶岩流について、現地調査を実施し、溶岩流を噴出した火口調査、米国地質調査所ハワイ火山観測所、ハワイ郡およびハワイ州の危機管理局を訪問し、溶岩流対策についての知見も取得した。

○火砕流シミュレーション

火砕流シミュレーション手法の開発に向けて、溶岩ドーム崩壊型火砕流の既存数値モデル、および、噴煙柱崩壊型火砕流の既存数値モデルを検証・改良について検討した.

溶岩ドーム崩壊型火砕流のシミュレーションについては、火砕流底部に形成される高粒子濃度 領域の振る舞いを再現するために、高濃度粒子流のオープンソースコード TITAN2D⁶⁾が多くの先行 研究で使用されている. TITAN2D がどのような噴火・地形条件のハザード予測に適用できるのかに ついて検証すること、さらに、その条件以外でも適用可能な TITAN2D の改良モデルを開発するた め、本年度は TITAN2D の上位互換モデルに相当するオープンソースコード faSavageHutterFOAM 7) のインストールおよびテスト計算に着手した.

また、噴煙柱崩壊型火砕流を対象として、低濃度領域と高濃度領域の両者のダイナミクスと相互作用を考慮した既存の SKS-1D モデル⁸⁾について改良を始めた、火砕流の大規模実験⁹⁾との比較による数値モデルの検証に着手し、数値計算結果が実験結果に非常に良く一致することを確認した。

○ハザード評価システム

ハザード評価システムは、各火山災害のハザードの評価にあたって、それぞれ扱う予測モデルが異なるものの、計算に使用するパラメータやデータ処理のフローを共通化することで統合を容易にすることを目的として開発するものである。また、シミュレーション結果をデータベース化することにより、これらのアンサンブル平均などによる確率的な評価を将来的に実現するための基盤として整備するものであり、本年度実装を開始した。これまでに整備した溶岩流・噴煙および噴石の各ハザードについての入力・計算実施・可視化・出力およびデータベースを統合的に行

うためのインターフェースを作成し、防災科研の防災情報イノベーションプラットフォームにインストールした。本システムでは、(1)受信機能・(2)計算機能・(3)可視化機能から構成される(図 2 1)。 Input メニューからは、それぞれのシミュレーションコードの実行に必要な地形などの各種データ、計算の初期条件などのアップロードを実施する(図 2 2)。 Analysis メニューからは、各設定によるシミュレーションの実行スクリプトを防災情報イノベーションプラットフォームに投入する。その計算結果は、Tools メニューによるデータベース操作による将来的な確率評価の基礎データとなる。また、Viewer メニューにより、GIS 上での投影などによるハザード評価の定量的な情報を可視化することができる(図 2 3 - 2 5)。

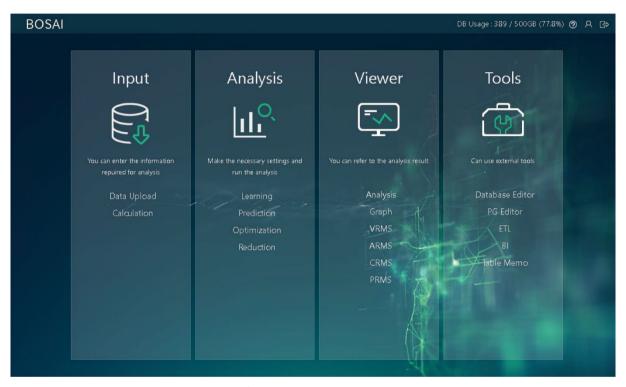


図21 ハザード評価システムのトップ画面

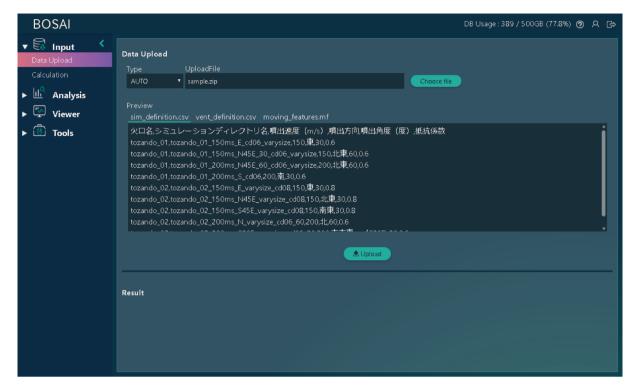


図22 ハザード評価システム データアップロード画面

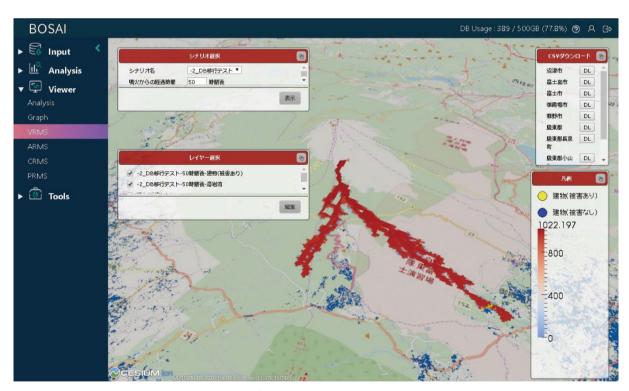


図23 ハザード評価システム(溶岩流)

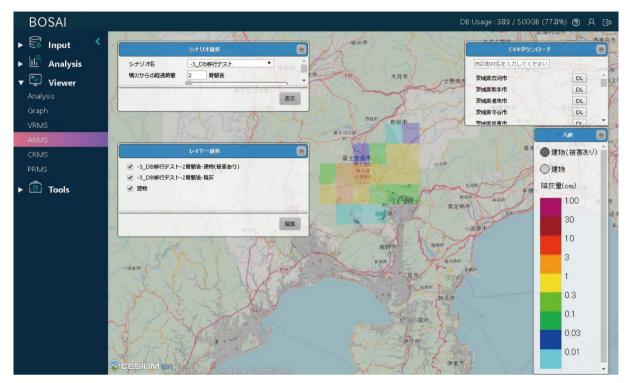


図24 ハザード評価システム (噴煙・降灰)



図25 ハザード評価システム (噴石)

(d) 結論ならびに今後の課題

事業開始の中間年度(4年度)に入り、要素技術の統合とハザード評価システムの実装を開始した。地下におけるマグマ移動シミュレーションでは、噴火様火道流モデルによる火道およびマグマ溜まりの圧力から周辺の地殻変動量を有限要素法によるシミュレーション

を安山岩質マグマの火山に適用した.マグマ移動過程シミュレーション技術開発では、ミクロ・マクロスケールでの岩脈貫入に関するシミュレーションの連携をもとに、地殻変動観測データとの比較に着手し、より定量的な噴火・噴火未遂の事象分岐の基準となるパラメータの抽出をさらに進める.マグマ物性モデルの構築では、整備した装置を活用した実験研究を進め、モデル化を推進する.

噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化では、新しい移流拡散モデル(JMA-ATM)の開発着手、気象レーダーデータを噴火ハザード予測システムに利用する方法の検討、噴煙柱から放出される火砕物の鉛直濃度分布に基づく同化の検討、噴煙シミュレーションと噴煙柱ダイナミクスの連携による降下粒子の評価など、高度な降灰・堆積評価を行う基礎理論が構築された。また、噴石・溶岩流・火砕流シミュレーションの高度化と、定量的なリスク評価およびその確率表現に向けての整備を行った。

(e) 引用文献

- 1) Kozono, T., Koyaguchi, T., Effects of gas escape and crystallization on the complexity of conduit flow dynamics during lava dome eruptions, J. Geophys. Res., 117, B08204. doi: 10.1029/2012JB009343, 2012.
- 2) 新堀敏基,火山灰輸送:モデルと予測,火山,61,399-427,doi:10.18940/kazan.61.2_399,2016.
- 3) Suzuki, Y. J., T. Koyaguchi, 3-D numerical simulations of eruption column collapse: Effects of vent size on pressure-balanced jet/plumes, J. Volcanol. Geotherm. Res., 221-222, 1-13, doi:10.1016/j.jvolgeores.2012.01.013, 2012.
- 4) Tsunematsu, K., Chopard B., Falcone, J., Bonadonna, C., A numerical model of ballistic transport with collisions in a volcanic setting. Comput Geosci 63:62-69, 2014.
- 5) Hidaka, M., Goto A., Umino, S. Fuijta E., VTFS project: Development of the lava flow simulation code LavaSIM with a model for three-dimensional convection, spreading and solidification, Geochem., Geophys. Geosystems, Vol.6: DOI: 10.1029/2004GC000869, 2014.
- 6) Patra, A.K., Bauer A.C., Nichita, C.C., Pitman, E.B., Sheridan, M.F., Bursik, M.,
- Rupp, B., Webber A., Stinton, A.J., Namikawa, L.M., Renschler, J. Volanol. Geotherm. Res., https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.06.014, 2005.
- 7) Rauter, M., Kofler, A., Huber, A., Fellin, W. faSavageHutterFOAM 1.0: depth-integrated simulation of dense snow avalanches on natural terrain with OpenFOAM. Geosci. Model Dev., 11, 2923-2939, 2018.
- 8) Shimizu, H.A., Koyaguchi, T., Suzuki, Y. J., The run-out distance of large-scale pyroclastic density currents: A two-layer depth-averaged model, J. Volanol. Geotherm. Res. 381, 168-184., 2019.
- 9) Lube, G., Breard, E.C.P., Cronin, S.J., Jones, J. Synthesizing large-scale pyroclastic flows: Experimental design, scaling, and firstresults from PELE. J.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

(I) 成果の編义発表 <u>著者</u>	題名	発表先	発表した時	国内・外の
W 1 0			期	別
Kondo, G., Aoyama, H., Nishimura, T., Ripepe, M., Lacanna, G., Genco, R., Kawaguchi, R., Yamada, T., Miwa, T., and	Gas flux cyclic regime at an open vent magmatic column inferred from seismic and acoustic records (論文)	Scientific Reports, 9, 5678.	2019 年 4 月	国外
<u>Fujita, E</u>				
Tsunematsu, K., Ishii, K., and Yokoo, A.	Transport of ballistic projectiles during the 2015 Aso Strombolian eruptions (論文)	Earth Planets Space 71, 49	2019年4月	国外
Wallece, P.,				
Kendrick, J., Miwa, T., Ashworth, J., Coats, R., Utley, J., De Angelis, S., Mariani, E., Biggin, A., Kendrick, R., Nakada, S., Matsushima, T., and Lavallée, Y.	Petrological Architecture of a Magmatic Shear Zone: A Multidisciplinary Investigation of Strain Localisation During Magma Ascent at Unzen Volcano, Japan (論文)	Journal of Petrology, 60, 791-826.	2019 年 4 月	国外
Fujita, E., Iriyama, Y., Shimbori, T., Sato, E., Ishii, K., Suzuki, Y., Tsunematsu, K.,	Evaluating Volcanic Hazard Risk Through Numerical Simulations (論文)	Journal of Disaster Research, 14, 604-615	2019年6月	国外

and Kiyosugi, K.				
Kozono, T., Iguchi, M., Miwa, T., Maki, M., Maesaka, T., and Miki, D	Characteristics of tephra fall from eruptions at Sakurajima volcano, revealed by optical disdrometer measurements (論文)	Bulletin of Volcanology, 81, 41.	2019年6月	国外
Kurokawa, A. K., Miwa, T. and Ishibashi, H.	A Simple Procedure for Measuring Magma Rheology (論文)	Journal of Disaster Research, 14, 616-622.	2019年6月	国外
Ueda, H., Yamada, T., Miwa, T., Nagai, M., and Matsuzawa, T	Development of a Data Sharing System for Japan Volcanological Data Network (論文)	Journal of Disaster Research, 14, 571-579.	2019 年 6 月	国外
<u>Miwa, T</u>	Measurement of H2O molecule and hydroxyl concentrations in hydrous rhyolitic glass by UV-Vis-NIR dispersive micro- spectrophotometry (論 文)	Journal of Disaster Research, 14, 780-785.	2019 年 8 月	国外
Shimizu, H. A., Koyaguchi, T., and Suzuki, Y. J.	The run-out distance of large-scale pyroclastic density currents: A two-layer depth-averaged model (論文)	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 381, 168-184	2019年9月	国外
Suzuki, Y. J. and Iguchi, M.	Determination of the mass eruption rate for the 2014 Mount Kelud eruption using three-dimensional numerical simulations of volcanic plumes	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 382, 42-49	2019 年 9 月	国外

Miwa, T., Iriyama, Y., Nagai, M., and Nanayama, F.	Sedimentation process of ashfall during a Vulcanian eruption as revealed by high- temporal-resolution grain size analysis and high-speed camera imaging (論文)	Progress in Earth and Planetary Science, 7, 1- 16.	2020 年 1 月	国外
Suzuki, Y. J., Costa, A. and Koyaguchi, T.	The control of vent geometry on the dynamics of volcanic plumes (ポスター)	EGU General Assembly 2019	2019 年 4 月	国外
Miwa, T., and Geshi, N.	Magmatic aggregate of basaltic ash particles (ポスター)	JpGU Meeting 2019	2019年5月	国内
<u>Fujita, E.</u>	Subsurface Magma Migration Simulation by 3D Discrete Element Method (ポス ター)	27th IUGG General Assembly	2019年7月	国外
Miwa, T., Okumura, S., and Shimano, T.	Decompression-induced crystallization of rhyolitic magma during the 838 eruption at Kozu Island, Japan (ポスター)	27th IUGG General Assembly	2019 年 7 月	国外
Suzuki, Y. J., Costa, A., and Koyaguchi, T.	Simulating dynamics of explosive very large eruptions (ポス ター)	27th IUGG General Assembly	2019年7月	国外
Tsunematsu, K., Fujita, E., Kubo, T., Miyagi., Y., Yoshimoto, M., Honda, R., and Tanaka, Y.	Ballistic risk assessment of climber movement on mountains	27th IUGG General Assembly	2019 年 7 月	国外

Kozono, T., Iguchi, M., Miwa, T., Maki, M., Maesaka, T., and Miki, D	Characteristics of tephra fall from eruptions at Sakurajima volcano, revealed by optical disdrometer measurements (口頭)	AGU fall meeting 2019	2019 年 12 月	国外
Shimizu, H. A., Koyaguchi, T., and Suzuki, Y. J.	The run-out distance of a two-layer model for large-scale pyroclastic density currents (口頭) (招待 講演)	AGU fall meeting 2019	2019 年 12 月	国外
石川歩・西村太志・青山裕・川口亮平・藤田英輔・三輪学央・山田大志・リペペ マウリツィオ・ゲンコリカルド	ストロンボリ火山の山 頂小爆発に伴う傾斜変 動の圧力源推定(ロ頭)	日本地球惑星科学連合大会 2019	2019 年 5 月	国内
川口亮平・斎藤直 子・鬼澤真也	水位変動・地震観測に 基づく立山カルデラ新 湯の地下構造の推定 (ポスター)	日本地球惑星科 学連合大会 2019	2019年5月	国内
小園誠史・井口正 人・三輪学央・真 木雅之・前坂剛・ 味喜大介・西村太 志	光学式ディスドロメータによる降灰測定:噴煙観測におけるレーダーパラメータへの制約(ロ頭)	日本地球惑星科 学連合大会 2019	2019年5月	国内
長井雅史・中川正二郎・入山 宙・三輪学央・棚田俊收・上田英樹・中田節也	口永良部島火山 2018-19 年噴火降下火砕物の産 状と分布(ポスター)	日本地球惑星科 学連合大会 2019	2019 年 5 月	国内
西條祥・小屋口剛 博・鈴木雄治郎	降下火砕物インバージョンに向けた火砕物供 給源モデルの開発(ポ スター)	日本地球惑星科学連合大会 2019	2019年5月	国内

志水宏行・小屋口剛博・鈴木雄治郎	大規模火砕流の到達距離に対する温度の影響: 二層重力流モデルによる数値シミュレーション(口頭)	日本地球惑星科 学連合大会 2019	2019 年 5 月	国内
藤田英輔・吉本充 <u>弘</u>	富士山溶岩流シミュレ ーション―河口湖・山 中湖への流入効果― (口頭)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
<u>川口亮平</u>	境界要素法に基づく火 山周辺の気象庁傾斜計 データの評価の検討 (ポスター)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
小園誠史・上田英 樹・小澤 拓・小 屋口剛博・山崎雅	霧島山新燃岳における 2011, 2018 年噴火間の マグマ蓄積条件の変化 (口頭)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
<u>松野千裕・小園誠</u> 史	玄武岩マグマ噴火の準 備過程に関する1次元 火道流モデルの数値的 研究(ポスター)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
三輪学央・下司信 夫・伊藤順一・棚 田俊收・井口正人	VOLCAT による降灰その 場自動観察(口頭)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
長井雅史・小澤拓・上田英樹・入山宙・山田大志・棚田俊收・三輪学央・小林哲夫	小笠原硫黄島火山 2018 年9月12日の噴火イベ ントと再生ドーム形成 活動(口頭)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
新堀敏基・鈴木雄 治郎・入山宙・石 井憲介・佐藤英 一・藤田英輔	移流拡散モデルによる 大規模噴火を想定した 降下火砕物予測の課題 (その3)噴煙ダイナミク スモデルに基づく初期 条件(ポスター)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内
常松佳恵・瀬尾和 <u>哉</u>	火山岩塊の空力学的特性と飛翔メカニズムの研究 (口頭)	日本火山学会秋 季大会 2019	2019年9月	国内

(g) 特許出願, ソフトウエア開発, 仕様・標準等の策定

1)特許出願なし

2) ソフトウエア開発

名称	機能
火山ハザード評価システム	噴石シミュレーションによる計算結果を火山リスク
	マネジメントシステム (VRMS) 上の HADB にインポート
	し,人流データとの交差判定を行い,GIS 上に表示す
	る.
dikelas.exe	有限要素法による岩脈成長シミュレーション計算プ
	ログラム
SK-3D. sh	噴煙柱シミュレーション SK-3D の出力データを JMA-
	ATM の入力条件へ変化するためのスクリプト

3) 仕様・標準等の策定なし

(3)令和2年度業務計画案

- ①地下におけるマグマ移動シミュレーション
- a. 噴火機構シミュレーション技術開発

噴火形態を支配する火道内流のメカニズムから事象分岐を支配するパラメータの抽出に関する国内の常時観測火山を対象とした研究を実施する.

具体的には、昨年度課題C内の連携テーマとして議論された伊豆大島について、1986年噴火や過去の歴史噴火を対象とし、これまでに観測されている溶岩流出や爆発的噴火などの多様な噴火様式を火道流数値モデルによって再現する。モデル構築においては、伊豆大島のマグマ供給系に関する岩石学的・地球物理学的知見に基づき、マグマ物性や地質条件に関する構成方程式のパラメータを設定する。また、火道流の変動過程がもたらす山体変形を計算し、伊豆大島における地殻変動による事象分岐の検知可能性を評価する。

b. マグマ移動過程シミュレーション技術開発

地下におけるマグマの移動に伴う破壊の進展と火山性地震・地殻変動との関連性を引き続き調べ、 システム化への検討を行う.

具体的には、マグマ移動過程シミュレーションについて、個別要素法などにより、岩脈進展に伴う観測量と対応する手法を開発し、分岐判断の定量化を進める. 噴火・噴火未遂分岐判断のため、各パラメータへの依存性の検討を継続して実施する. マグマ移動に伴う地殻変動のシミュレーション手法の開発として、境界要素法により地形の形状を考慮した地殻変動計算手法の開発を進め、その内容についてIAVCEI2021で発表を行う.

c. マグマ物性モデルの構築

マグマ溜りから地表までの上昇過程における結晶化モデル構築を引き続き行い、その噴火分岐への影響を検討する.また、火山性流体のレオロジーモデル構築の実験を引き続き実施する.

具体的には、水熱合成減圧実験装置と連続減圧シリンジポンプを用い神津島838年噴火噴出物と桜島1914年噴火噴出物を対象に減圧結晶化実験を行う. その結果に基づき結晶化モデルを構築、火道流モデルとの関連を整理することで、噴火分岐への影響を検討する.

マグマ粘性測定については、1986年伊豆大島噴火の溶岩を例として、応力制御系での測定も行えるように実験系を改良し、モデル化に必要な結晶とメルトの混合物レオロジーの応力、速度、温度、時間依存性を調べる。貧酸素条件下でのレオロジー測定のための実験システムを構築する。また、得られたレオロジー則の溶岩流モデルへの適用を検討する。東北大学及び静岡大学の協力を得てこれらを実施する。

②噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

a. 降灰ハザード予測モデルの開発

大都市圏(特に首都圏)を対象とした降灰ハザード予測の評価のためのシステム開発を継続し、 システム化への検討を行う.

具体的には、大都市圏(特に首都圏)を対象とした降灰ハザード予測の評価のためのシステム開発を継続し、前年度までに行った「b. 噴煙柱ダイナミクスモデル」による噴煙放出を初期条件とする新しい移流拡散モデル(JMA-ATM)の開発を進める。また、JMA-ATMの初期条件を適切に与えることを目的として、降下火砕物の形状・密度の粒径依存性について調査し、その内容をIAVCEI2021で発表を行う。気象研究所の協力を得てこれを実施する。

b. 噴煙柱ダイナミクスモデルの開発

火山近傍の火山灰大気拡散と降灰を対象とした噴煙柱ダイナミクスモデルの開発を続け、システム化への検討を行う.

具体的には、噴煙柱ダイナミクスと火山灰輸送を同時に解くSK-3Dモデルを大型計算機において実行する.降灰ハザード予測モデルとの連携を見据え、噴出条件と噴煙高度、火山灰放出高度、堆積物分布の関係について様々な噴火規模・大気条件のシミュレーションを行う.特に、富士山1707年宝永噴火規模の火山灰挙動に関して、より単純な大気風の条件を与えたシミュレーションを行い、火山灰サイズと到達距離の関係を系統的なパラメータスタディをもとに解析する.シミュレーション結果からは、降灰ハザード予測のシステム化に必要な供給関数の推定を行う.

c. ハザード評価システムの検討

多様な火山ハザード現象を評価するシステムの設計を進め、導入を進める.

具体的には、噴煙・降灰ハザード評価、噴石ハザード評価、および溶岩流ハザード評価の機能の 高度化に加え、火砕流ハザード評価の機能追加に着手する. 溶岩流ハザードシミュレーション開 発については、粒子法の導入を検討する. 火砕流ハザードシミュレーション開発について、国際 ワークショップでの実験との比較によるモデル検証およびモデル間比較を通して、現有の噴煙柱 崩壊型火砕流モデル、および、溶岩ドーム崩壊型火砕流モデルの問題点を、火砕流ハザード評価の観点で調査する。また、現有の噴煙柱崩壊型火砕流モデルを基に、「大規模火砕流のハザード予測システム」を開発する。さらに、現有の噴煙柱崩壊型火砕流モデルを様々な噴火条件の影響を評価できるモデルへ改良することにより、様々な噴火様式に対応できる「大規模火砕流ハザード評価システム」へ拡張する。ラハール(火山泥流)・火山性津波に関する計算手法の開発について検討を進める。

山形大学・神戸大学・東京大学地震研究所・富士山科学研究所の協力を得てこれを実施する. また、これらの成果についてIAVCEI2021で発表する.

なお、研究期間中に国内の火山で、噴火の予兆が把握された場合もしくは噴火が発生した場合において、次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトのプロジェクト・リーダーが当該火山を対象とした緊急観測の実施を決定した際は、上記①、②に示される技術開発の一環として、その計画の一部もしくはその全てを、開発技術実装に向けた実地の場となる緊急観測の実施あるいは緊急観測への協力に代えて実施することを可能とする.

4. 活動報告

4. 1 会議録

(1) 課題 C 全体研究集会

1. 日時:令和元年 12 月 20 日 (金) 13:00-17:20

令和元年 12 月 21 日 (土) 9:00-12:00

2. 場所:防災科学技術研究所

3. テーマセッション 玄武岩質マグマ噴火への課題 Cの取り組み

(1) 伊豆大島

(2) その他の玄武岩質火山

(2) サブ課題 研究集会

1. 日時:令和元年12月21日(土) 13:00-15:00

2. 場所: 防災科学技術研究所

3. 議事:議題1 各参加機関・協力機関の研究成果報告

議題2 次年度計画についての総合討論

(3) 次世代火山研究推進事業 令和元年度研究集会

1. 日時: 令和2年2月15日(十) 13:00-18:00

2. 場所:東京大学地震研究所

3. 議事:議題1 各課題の4年目中間報告

議題2 各課題の7年目達成目標

議題3 課題間連携についての総合討論

議題4 その他

4.2 対外的発表

○学会等における口頭・ポスター発表

3.1 火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発

発表成果(発表題目,口頭·	発表者氏名	発表場所(学会	発表時	国際・
ポスター発表の別)		名等)	期	国 内
				の別
榛名カルデラ形成噴火のマ	岡野百花・鈴木由希	JpGU(幕張メ	2019	国内
グマ―里見火砕流堆積物か		ッセ)		
らの示唆―				
榛名カルデラ形成噴火のマ	木谷悟郎・鈴木由希・	JpGU(幕張メ	2019	国内

	T	<u></u>	1	ı
グマー白川火砕流堆積物か	大石雅之	ッセ)		
らの示唆―				
榛名火山ニッ岳渋川噴火、細	丸山照頼・鈴木由希	JpGU(幕張メ	2019	国内
粒火砕物の産状と岩石学		ッセ)		
榛名火山二ッ岳渋川噴火、ブ	鈴木由希・福島涼人	JpGU(幕張メ	2019	国内
ロック・アンド・アッシュ・		ッセ)		
フロー堆積物の産状と岩石				
学				
桜島火山ブルカノ式噴火前	坂内野乃・中村美千	JpGU(幕張メ	2019	国内
のマグマプロセス:岩石学・	彦・安田 敦・奥村 聡・	ッセ)		
地球物理学の連携研究	新谷 直己・井口正人・			
	 味喜 大介・下司信夫			
諏訪之瀬島火山におけるマ	嶋野岳人・安田 敦	JpGU(幕張メ	2019	国内
グマ供給系と噴火・休止様式		ッセ)		
の変遷				
クリスタルクロットを用い	岩橋くるみ・安田 敦	JpGU(幕張メ	2019	国内
たプレ噴火プロセスの制約:		ッセ)		
雲仙平成噴火の例				
南阿蘇村立野に分布する先	十川翔太・長谷中利	JpGU(幕張メ	2019	国内
阿蘇溶岩の層序と化学組成	昭・鳥井真之・森 康	ッセ)		, , , ,
阿蘇中央火口丘群起源のテ	永石良太・長谷中利	JpGU(幕張メ	2019	国内
フラに含まれる鉱物のメル	昭・鳥井真之・安田	ッセ)		, , , ,
ト包有物から推定したマグ	 敦・外西奈津美			
マ供給系の変遷				
霧島火山, 2018 年新燃岳噴	田島靖久・中田節也・	JpGU(幕張メ	2019	国内
火の EAI 法による火山灰堆	長井雅史・前野 深・	-		
積量推定手法-数少ない観	 及川純・及川輝樹・宮			
測値からの分析方法	 縁育夫・長谷中利昭・			
	川口允孝			
Melt inclusion study on the	Hatada, R.,	JpGU(幕張メ	2019	国内
eruption process of Izu-	Ishibashi, H.,	ッセ)		
Omuroyama monogenetic	Yasuda, A.,			
volcano, Japan.	Hokanishi, N.			
Kinetic delay of crystal	Oida, R., Ishibashi,	JpGU(幕張メ	2019	国内
growth controls	H., Yasuda, A.,	ッセ)		
plagioclase-basaltic melt	Hokanishi, N.			
apparent disequilibrium.				
富士山宝永噴火の斑レイ岩	石橋秀巳,針金由美	JpGU(幕張メ	2019	国内
捕獲岩に見られるカタクレ	子,安田 敦,外西奈	ッセ)		
	1 , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	/	<u> </u>	

一サイト状組織	津美			
榛名カルデラ形成噴火のマ	岡野百花・鈴木由希	日本火山学会	2019	国内
グマー里見火砕流堆積物か		秋季大会(神戸		
らの示唆―		大学)		
榛名カルデラ形成噴火のマ	木谷悟郎・鈴木由希	日本火山学会	2019	国内
グマー白川火砕流堆積物か		秋季大会(神戸		
らの示唆―		大学)		
榛名火山二ッ岳渋川噴火、細	丸山照頼・鈴木由希	日本火山学会	2019	国内
粒火砕物の産状と岩石学		秋季大会(神戸		
		大学)		
榛名火山二ッ岳渋川噴火、無	鈴木由希・福島涼人	日本火山学会	2019	国内
層理の厚い火砕流堆積物の		秋季大会(神戸		
産状と岩石学		大学)		
火山灰採取装置 SATSUMA	嶋野岳人・安田 敦・	日本火山学会	2019	国内
による噴出物モニタリング	井口正人	秋季大会(神戸		
の進展		大学)		
火山灰測色値と地球物理デ	嶋野岳人・日野英逸・	日本火山学会	2019	国内
ータとの時系列相関解析 -	安田 敦・井口正人・	秋季大会(神戸		
桜島昭和火口 2009-2015 年	上木賢太・桑谷 立	大学)		
活動について-				
新富士火山の噴火準備アイ	諸澤直香・安田 敦・	日本火山学会	2019	国内
ムスケールの制約	外西奈津美	秋季大会(神戸		
		大学)		
次世代火山研究推進プロジ	安田 敦・外西奈津美	日本火山学会	2019	国内
エクト,分析・解析プラット		秋季大会(神戸		
ホームの石基組織解析機能		大学)		
について				
クリスタルクロットを用い	岩橋くるみ・安田	日本火山学会	2019	国内
たプレ噴火過程の制約:雲仙	敦・石橋秀己	秋季大会(神戸		
平成噴火の例		大学)		
阿蘇火山における玄武岩質	岡野百花・鈴木由希	日本火山学会	2019	国内
マグマ存在深度の岩石学的		秋季大会(神戸		
制約		大学)		
横ずれ断層端部に形成され	木谷悟郎・鈴木由希・	日本火山学会	2019	国内
た阿蘇火山 熊本地震での	大石雅之	秋季大会(神戸		
断層変位と火山の関係		大学)		
富士山宝永噴火の斑レイ岩	丸山照頼・鈴木由希	日本火山学会	2019	国内
からクレーサイト捕獲岩		秋季大会(神戸		
		大学)		

玄武岩質メルトの結晶作用	鈴木由希・福島涼人	日本火山学会	2019	国内
と分化の非平衡過程		秋季大会(神戸		
,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		大学)		
BSE 像解析に基づく OPX の	坂内野乃・中村美千	日本火山学会	2019	国内
Mg#ゾーニングの定量: 箱根	彦・安田 敦・奥村 聡・	秋季大会(神戸		
東京軽石の例	新谷 直己・井口正人・	大学)		
	味喜 大介·下司信夫			
噴出物の岩石学・組織学から	嶋野岳人・安田 敦	次世代火山 PJ	2020	国内
探る噴火準備過程・規模決定		令和元年度研		
要因		究集会(東大地		
		震研)		
地震に伴うテフラ層の変形	岩橋くるみ・安田 敦	国際火山噴火	2019	国内
パターンとその成因:熊本地		史情報研究集		
震と北海道胆振東部地震と		会 (2019, No.		
の比較		1) (福岡大学)		
南阿蘇村立野地域における	十川翔太・長谷中利	国際火山噴火	2019	国内
先阿蘇溶岩の連続性:予察調	昭・鳥井真之・森 康	史情報研究集		
查報告		会 (2019, No.		
		1) (福岡大学)		
阿蘇カルデラ壁西縁に分布	永石良太・長谷中利	国際火山噴火	2019	国内
する先阿蘇火山岩類の溶岩	昭・鳥井真之・安田	史情報研究集		
層序	敦・外西奈津美	会 (2019, No.		
		2) (福岡大学)		
阿蘇カルデラ壁西縁に分布	田島靖久・中田節也・	国際火山噴火	2019	国内
する先阿蘇火山岩類溶岩の	長井雅史・前野 深・	史情報研究集		
化学組成	及川純・及川輝樹・宮	会 (2019, No.		
	縁育夫・長谷中利昭・	2)(福岡大学)		
	川口允孝			
阿蘇黄土(リモナイト)の岩	Hatada, R.,	日本地質学会	2019	国内
石学的特徴	Ishibashi, H.,	第 126 年学術		
	Yasuda, A.,	大会(山口大		
	Hokanishi, N.	学)		
伊豆大島 1986 年噴火の斑レ	Oida, R., Ishibashi,	日本鉱物科学	2019	国内
イ岩捕獲岩中のメルト包有	H., Yasuda, A.,	会 2019 年年会		
物	Hokanishi, N.	(九州大学)		

3. 2 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統 樹の作成

30 + D H / 30 + B H	7V. +- +V FT - F1	3% + 10 -c / 3% A	3V 11-1-	1 17 ty
発表成果(発表題目,口頭・	発表者氏名 	発表場所(学会	発表時	国際・
ポスター発表の別)		名等)	期	国内
				の別
北海道東部,摩周火山の	上野健太・中川光弘	日本地球惑星	2019年	国内
1000 年前の Ma-b 噴火の火		科学連合 2019	5月26	
山地質学的研究:特に噴火様		年大会, 千葉	日	
式の変化について(ポスター				
発表)				
北海道東部, 雌阿寒岳, 1.4万	石毛康介・中川光弘	日本地球惑星	2019年	国内
年前の中マチネシリ噴火の		科学連合 2019	5月26	
噴火推移とマグマ供給系の		年大会,千葉	日	
変遷 (口頭発表)				
南西北海道, 第四紀狩場火山	田次将太・中川光弘	日本地球惑星	2019年	国内
群の地質学・岩石学的研究:		科学連合 2019	5月26	
山体形成史とマグマ変遷の		年大会, 千葉	日	
解明 (ポスター発表)				
トレンチ調査による雌阿寒	佐藤鋭一・和田恵治・	日本地球惑星	2019年	国内
岳の噴火史の再検討(ポスタ	南裕介・石塚吉浩・中	科学連合 2019	5月26	
一発表)	川光弘・足立佳子	年大会, 千葉	日	
掘削調査からみた雌阿寒岳	南裕介・中川光弘・佐	日本地球惑星	2019年	国内
ポンマチネシリにおける過	藤鋭一・和田恵治・石	科学連合 2019	5月26	
去 1000 年間の火山活動史	塚吉浩・足立佳子	年大会, 千葉	日	
(ポスター発表)				
キュリー温度以下における	神尾匠真・古川邦之・	JpGU-AGU	2019年	国内
流紋岩溶岩の変形:神津島砂	金丸龍夫・宇野康司	Joint Meeting	5月26	
糠山溶岩 (口頭発表)		2019, Chiba	日	
Evolution of magmatic	高橋正樹・安井真也・	JpGU-AGU	2019年	国内
chemistry for the Asama-	金丸龍夫	Joint Meeting	5月26	
Maekake volcano since		2019, Chiba	日	
10ka revealed by whole-				
rock chemical analysis of				
pumice obtained by the				
trenching of air-fall tephra				
deposits (口頭発表)				
掘削調査からみた雌阿寒岳	南裕介・中川光弘・佐	日本地球惑星	2019年	国内
ポンマチネシリにおける過	藤鋭一・和田恵治・石	科学連合 2019	5月26	
去 1000 年間の火山活動史	塚吉浩・足立佳子	年大会	日	
(ポスター発表)				

11.1/イ部本にトフ州町中	上 恭始		0010 F	団み
トレンチ調査による雌阿寒	佐藤鋭一・和田恵治・	日本地球惑星	2019年	国内
岳の噴火史の再検討 (ポス	南裕介・石塚吉浩・中	科学連合 2019	5月26	
ター発表)	川光弘・足立佳子	年大会	日	
御嶽山 2014 年噴火による投	及川輝樹・吉本充宏ほ	日本地球惑星	2019年	国内
出岩塊の分布(ポスター発	カゝ	科学連合 2019	5月26	
表)		年大会	日	
蔵王火山, 五色岳火砕岩類上	佐藤初洋・伴雅雄	日本地球惑星	2019年	国内
部における噴火準備過程(ポ		科学連合 2019	5月26	
スター発表)		年大会	目	
摩周火山,過去 14000 年間	和田恵治・佐藤鋭一・	日本地球惑星	2019年	国内
におけるマグマ供給系の変	佐野恭平・岡田侑也	科学連合 2019	5月26	
遷 (ポスター発表)		年大会	日	
北海道南西部, 濁川火山のカ	金田泰明・長谷川健	日本地球惑星	2019年	国内
ルデラ形成期噴出物の岩石		科学連合 2019	5月26	
学的特徴 (ポスター発表)		年大会,千葉	目	
那須火山群, 二岐火山の地質	渡部将太・長谷川健	日本地球惑星	2019年	国内
と岩石 (ポスター発表)		科学連合 2019	5月26	
		年大会, 千葉	日	
北海道東部, 摩周火山におけ	柴田翔平・長谷川健	日本地球惑星	2019年	国内
る 7.6ka カルデラ形成噴火		科学連合 2019	5月26	
の推移 (ポスター発表)		年大会, 千葉	日	
(2019) Geologic and	Nche, L.A.,	日本地球惑星	2019年	国内
petrologic study of the	Hasegawa, T.,	科学連合 2019	5月26	
Kamo monogenetic volcanic	Kobayashi, T.,	年大会,千葉	日	
field, Southern Kyushu,	Nemeth K. and Aka,			
Japan (ポスター発表)	F.T.			
ピナツボ火山 1991 年噴火の	田村智弥・中川光弘	日本地球惑星	2019年	国内
岩石学的研究 ~マグマ供		科学連合 2019	5月27	
給モデルの検討~(口頭発		年大会,千葉	日	
表)				
浅間黒斑火山の火車岩屑な	安井真也・高橋正樹・	日本地球惑星	2019年	国内
だれ堆積物の再発見(口頭発	金丸龍夫	科学連合 2019	5月27	
表)		年大会,千葉	日	
隔絶された火山島,西之島の	前野深	日本地球惑星	2019年	国内
成長と進化(口頭発表)		科学連合 2019	5月27	
		年大会, 千葉	日	
A series of cummingtonite-	Arakawa, Y., Endo,	JpGU-AGU	2019年	国際
bearing rhyolites in	D., Oshika, J.,	Joint Meeting	5月28	
Niijima, Izu-Bonin arc,	Shinmura, T. and	2019, Chiba	日	
	, i. uild	1 -010, 011100	l , .	

Japan: petrological and	Ikehata, K.			
geochemical constraints (口 頭発表)				
Hydrous felsic magma	谷内元・栗谷豪・横山	JpGU-AGU	2019年	国際
generated by unmixing of	哲也・中村栄三・中川	Joint Meeting	5月28	
slab-derived supercritical	光弘	2019, Chiba	日	
liquid: evidence from				
Rishiri Volcano, Kuril Arc				
(口頭発表)				
アナク・クラカタウ火山	前野深・金子隆之	日本地球惑星	2019年	国内
2018年12月22日火山体崩		科学連合 2019	5月28	
壊・津波イベントの推移(口		年大会, 千葉	日	
頭発表)				
火山噴出物の解析にもとづ	前野深	日本地球惑星	2019年	国内
く噴火物理パラメータの推		科学連合 2019	5月29	
定 -噴火ダイナミクスの理		年大会, 千葉	日	
解進展に向けて-(口頭発表)				
Mechanism of volatile	S. Yoshimura, S.,	JpGU-AGU	2019年	国際
transport from mafic to	Matsumoto, A. and	Joint Meeting	5月30	
silicic magmas upon mixing	Nakawaga, M.	2019, Chiba	日	
(口頭発表)				
Time-series variation in	Ikenaga, Y., Maeno,	JpGU-AGU	2019年	国際
the textures of ejecta of the	F. and Yasuda, A.	Joint Meeting	5月30	
An'ei eruption, Izu-Oshima		2019, Chiba	日	
(ポスター発表)				
The textural analysis of	Ohashi, M.,	JpGU-AGU	2019年	国際
pumice from the Plinian	Ichihara, M., Maeno,	Joint Meeting	5月30	
eruption of Taupo volcano:	F., Kennedy, B. and	2019, Chiba	日	
implications for tube	Gravley, D.			
pumice (ポスター発表)				
恵山火山南麓の後期更新世	三浦大助・古川竜太・	日本地球惑星	2019年	国内
ー完新世テフラ堆積物:トレ	荒井健一	科学連合 2019	5月30	
ンチ調査結果報告(口頭発		年大会,千葉	日	
表)				
Chlorine mapping analysis	Yoshimura, S.	JSPS	2019年	国際
as a new tool to explore		Japanese-	6 月 1	
degassing processes of		German	日	
volatile rich silicic magma		graduate		
(口頭発表)		externship		

		International		
		Workshop on		
		" Volatile		
		Cycles"		
Application of the	Tsunematsu, K.,	IUGG General	2019年	国際
Pyroclastic Flow Friction	Maeno, F. and	Assembly	7月13	
Model to Snow Avalanches	Nishimura, K.	2019,	日	
(口頭発表)		Montreal,		
		Canada		
Evolution of the Magma	Takebe, M, Nishi, Y.	27th IUGG	2019年	国際
Feeding System of the	and Ban, M	General	7月15	
Komakusadaira		Assembly,	日	
Pyroclastics in Zao		Montreal		
Volcano, Northeast Japan		Canada		
Arc (ポスター発表)				
塩素を利用した火山噴火メ	吉村俊平	日本鉱物科学	2019年	国内
カニズムの研究(口頭発表)		会 2019 年年	9月21	
		会,福岡	日	
中央モンゴルハンガイ山地	大場司・星出隆志・井	日本鉱物科学	2019年	国内
ハルグイット-ウストルゴ	村匠・ナツァグドルジ	会 2019 年年	9月21	
イ火山のアルカリ岩台地状	ムンフエルデネ	会,福岡	日	
溶岩の地 質と岩石(口頭発				
表)				
清風海山玄武岩の岩石学的・	足立勝美・柵山徹也・	日本火山学会	2019年	国内
地球化学的特徴(ポスター発	石井輝秋・ 栗谷豪・中	2019 年秋季大	9月25	
表)	川光弘	会, 神戸	日	
大規模珪長質噴火の先行活	松本亜希子・中川光	日本火山学会	2019年	国内
動 - 鬼界 7.3ka 噴火および	弘・前野深・長谷川健	2019 年秋季大	9月25	
屈斜路 120ka 噴火の例-		会, 神戸	日	
(ポスター発表)				
利尻火山の噴出物の K-Ar	谷内元・栗谷豪・中川	日本火山学会	2019年	国内
および Ar/Ar 年代と火山発	光弘・北川宙・小林桂・	2019 年秋季大	9月25	
達史 (ポスター発表)	中村栄三	会,神戸	日	
白山火山の山頂域にみられ	藤原 寛・石﨑泰男・清	日本火山学会	2019年	国内
る火山岩塊の定置温度と年	水祐輔・川崎一雄	2019 年秋季大	9月25	
代 (序報) (ポスター発表)		会,神戸	日日	
弥陀ヶ原火山における火砕	松本弥禄・石﨑泰男	日本火山学会		国内
成溶岩の成因(ポスター発		2019 年秋季大	9月25	
表)		会,神戸	日	
1		△ , 11/	Г	

妙高火山中央火口丘期の火	中島壮太郎・石﨑泰男	日本火山学会	2019年	国内
山地質学及び岩石学的研究		2019 年秋季大	9月25	
(ポスター発表)		会,神戸	日	
テフラ層序からみた新潟焼	ファイズ ウイルダン	日本火山学会	2019年	国内
山火山噴火履歴(ポスター発	ムハラッド・石﨑泰男	2019 年秋季大	9月25	
表)		会,神戸	目	
草津白根火山,太子火砕流堆	勝岡菜々子・石﨑泰	日本火山学会	2019年	国内
積物の岩石学的研究(ポスタ	男・長井雅史・寺田暁	2019 年秋季大	9月25	
一発表)	彦	会,神戸	日	
雌阿寒岳, 阿寒富士の噴火活	佐藤鋭一・和田恵治・	日本火山学会	2019年	国内
動とマグマ供給系 (口頭発	南裕介・石塚吉浩・中	2019 年秋季大	9月25	
表)	川光弘	会,神戸	日	
蔵王火山,御釜火口活動期に	佐藤初洋・伴雅雄	日本火山学会	2019年	国内
おける噴火準備過程(口頭発		2019 年度秋季	9月25	
表)		大会	日	
阿蘇火山中岳 2019 年 5 月 3	宮縁育夫・飯塚義之・	日本火山学会	2019年	国内
日~5 日噴出物の分布と構	大倉敬宏	2019 年秋季大	9月25	
成物 (口頭発表)		会	日	
鬼首カルデラ起源,下山里凝	永塚弘樹・藤縄明彦	日本火山学会	2019年	国内
灰岩の示す岩相上および岩		2019 年度秋季	9月25	
石学的特徴について (ポス		大会,神戸	日	
ター発表)				
弥陀ヶ原火山地獄谷の火山	山本大貴・石﨑泰男	日本火山学会	2019年	国内
活動モニタリング(2)(ポス		2019 年秋季大	9月26	
ター発表)		会,神戸	目	
志賀火山の形成史(ポスター	村上翔大・石﨑泰男	日本火山学会	2019年	国内
発表)		2019 年秋季大	9月26	
		会,神戸	日	
斑晶岩石学とマグマ溜りプ	高橋正樹	日本火山学会	2019年	国内
ロセス 研究史と現状の課		2019 年秋季大	9月26	
題(口頭発表)		会,神戸	日	
大規模珪長質噴火の先行活	松本亜希子・中川光	日本火山学会	2019年	国内
動-鬼界 7.3ka 噴火および	弘・前野深・長谷川健	2019 年秋季大	9月26	
屈斜路 120ka 噴火の例-		会,神戸	日	
(ポスター発表)				
鳥海山西部,鳥海湖北西岸か	林信太郎・伴雅雄・大	日本火山学会	2019年	国内
ら新たに発見された火口群	場司	2019 年秋季大	9月26	
について (速報) (ポスター		会,神戸	日	
発表)				

鳥海山、西鳥海カルデラ内の	久次米晃輔·伴 雅	日本火山学会	2019年	国内
噴出物の層序と岩石学的特	雄・林信太郎・大場司	2019 年秋季大	9月26	
徴 (ポスター発表)		会,神戸	日	
高等学校地学及び地理の教	横山光・青山裕 佐藤	日本火山学会	2019年	国内
科書における火山に関す る	公・萬年一剛・三好雅	2019 年秋季大	9月26	
正しい記述を目指して ※	也 林信太郎・山口珠	会,神戸	日	
(ポスター発表)	美・増渕佳子			
東京都青ヶ島火山ボーリン	伊藤順一・川邊禎久・	日本火山学会	2019年	国内
グコアに基づく火山層序の	高田亮	2019 年秋季大	9月26	
確認 (口頭発表)		会,神戸	日	
蔵王火山 1895 年噴火の投	杉下七海・伴雅雄・常	日本火山学会	2019年	国内
出岩塊の噴出速度および噴	松佳恵・佐々木寿	2019 年度秋季	9月26	
出角の推定 (ポスター発表)		大会	日	
雌阿寒岳, 阿寒富士の噴火活	佐藤鋭一・和田恵治・	日本火山学会	2019年	国内
動とマグマ供給系(口頭発	南裕介・石塚吉浩・中	2019 年度秋季	9月26	
表)	川光弘	大会,神戸	日	
雌阿寒岳,中マチネシリ火砕	和田恵治・石田滉人・	日本火山学会	2019年	国内
噴火期 I・II の噴火推移とマ	佐藤鋭一・遠藤優磨	2019 年度秋季	9月26	
グマの変遷 (ポスター発表)		大会,神戸	日	
鬼界カルデラ長浜溶岩の掘	前野深・中川光弘・松	日本火山学会	2019年	国内
削と噴火年代推定(口頭発	本亜希子	2019 年秋季大	9月27	
表)		会,神戸	日	
十勝岳 ,1962 年と 1988	中川光弘・松本亜希	日本火山学会	2019年	国内
- 1989 年噴火の比較岩石	子・小林恭平・和田恵	2019 年秋季大	9月27	
学: 噴火様式とマグマプロ	治	会,神戸	日	
セスの関係の理解のための				
事 例研究 (口頭発表)				
Stratigraphy and	Syahreza S.	日本火山学会	2019年	国内
Componentry Analysis of	Angkasa・大場司・井	2019 年秋季大	9月27	
the Proximal Volcanic	村匠	会, 神戸	日	
Succession of Tangkuban				
Parahu V olcano, West				
Java, Indonesia (口頭発				
表)				
蔵王山東麓、濁川・遠刈田地	川嶌弘之介・伴雅雄・	日本火山学会	2019年	国内
域のラハール堆積物一堆積	常松佳恵・片岡香子	2019 年秋季大	9月27	
過程・発生要因・年代につい		会, 神戸	日	
て一 (ポスター発表)				
阿蘇 4/3 間降下テフラと阿蘇	星住英夫・宮縁育夫・	日本火山学会	2019年	国内
	<u></u>		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	·

4 火砕流初期の噴火推移(口	宮城磯治・下司信夫・	2019 年秋季大	9月27	
頭発表)	宝田晋治	会,神戸	日	
阿蘇カルデラの珪長質マグ	宮城磯治・須田泰市・	日本火山学会	2019年	国内
マ生成における浅所脱ガス	星住英夫・斎藤元治・	2019 年秋季大	9月27	
の重要性 (口頭発表)	宮縁育夫・下司信夫	会,神戸	目	
栗駒火山 1944年, 1744年水	藤縄明彦・柴田翔平・	日本火山学会	2019年	国内
蒸気噴火堆積物の層相と粒	土井宣夫	2019 年度秋季	9月27	
度特性 (口頭発表)		大会, 神戸	日	
Comparing 40Ar/39Ar and	Yamasaki, S.,	AGU Fall	2019年	国際
Unspiked K-Ar	Miggins, D.P. and	Meeting 2019,	12 月	
Geochronology for Zao	Koppers, A.A.P.	San Francisco	10 日	
Volcano, NE Japan(ポスタ				
一発表)				
The September 14, 2015	Miyabuchi, Y.,	International	2020年	国際
phreatomagmatic eruption	Iizuka, Y., Hara, C.,	Workshop on	1月15	
of Nakadake first crater,	Yokoo, A. and	the	日	
Aso Volcano(口頭発表)	Ohkura, T.	Mechanism of		
		Phreatic		
		Eruption,		
		Hakone		
鉱物組合せと火山ガラス組	久野優・太田岳洋	国際火山噴火	2020年	国内
成による九重火山における		史情報研究集	1月25	
テフラ層序の再検討一特に		会 2019-2, 鹿	日	
段原降下スコリアと米窪降		児島		
下火山灰について―(口頭発				
表)				
成による九重火山における	久野優・太田岳洋	Hakone 国際火山噴火 史情報研究集	1月25	国内

3. 3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

発表成果(発表題目,口頭・	発表者氏名	発表場所(学会	発表時	国際・
ポスター発表の別)		名等)	期	国 内
				の別
Suzuki, Y. J., Costa, A. and	The control of vent	EGU General	2019年	国際
Koyaguchi, T.	geometry on the	Assembly	4 月	
	dynamics of volcanic	2019		
	plumes (ポスター)			
Miwa, T., and Geshi, N.	Magmatic aggregate	JpGU Meeting	2019年	国内
	of basaltic ash	2019	5月	

	particles (ポスタ			
	—)			
Fujita, E.	Subsurface Magma	27th IUGG	2019年	国際
r ujita, D.	Migration	General	7月	固冰
	Simulation by 3D	Assembly	1)1	
	Discrete Element	Assembly		
	Method (ポスター)			
Miwa, T., Okumura, S., and	Decompression-	27th IUGG	2019年	国際
Shimano, T.	induced	General	7月	国队
Sillinano, 1.				
		Assembly		
	rhyolitic magma during the 838			
	eruption at Kozu Island, Japan (ポス			
	Island, Japan (ポス ター)			
Suzuki, Y. J., Costa, A., and	Simulating	27th IUGG	2019年	国際
Koyaguchi, T.	dynamics of	General	7月	四例
Royaguem, 1.	explosive very large	Assembly	1)1	
	eruptions (ポスター)	Assembly		
Tsunematsu, K., Fujita, E.,	Ballistic risk	27th IUGG	2019年	国際
Kubo, T., Miyagi., Y.,	assessment of	General	7月	国例
Yoshimoto, M., Honda, R.,	climber movement	Assembly	1)1	
and Tanaka, Y.	on mountains	Assembly		
Kozono, T., Iguchi, M.,	Characteristics of	AGU fall	2019年	国際
Miwa, T., Maki, M.,	tephra fall from		12月	
Maesaka, T., and Miki, D	eruptions at	meeting 2019	12/1	
Macsaka, 1., and Miki, D	Sakurajima volcano,			
	revealed by optical			
	disdrometer			
	measurements (口頭)			
Shimizu, H. A., Koyaguchi,	The run-out distance	AGU fall	2019年	国際
T., and Suzuki, Y. J.	of a two-layer model	meeting 2019	12月	- N.
	for large-scale	mooving not	1 - / ,	
	pyroclastic density			
	currents(口頭)(招待			
	講演)			
 石川歩・西村太志・青山裕・	ストロンボリ火山の	日本地球惑星	2019年	国内
川口亮平・藤田英輔・三輪学	山頂小爆発に伴う傾	科学連合大会	5月	
央・山田大志・リペペ マウ	斜変動の圧力源推定	2019		
央・山田大志・リペペ マウ	斜変動の圧力源推定	2019		

川口亮平・斎藤直子・鬼澤耳 水位変動・地震観測に	リツィオ・ゲンコ リカルド	(口頭)			
世			日本地球惑星	2019年	国内
# 湯の地下構造の推定 (ポスター) 小園誠史・井口正人・三輪学 大介・西村太志				•	
定(ボスター)		 新湯の地下構造の推			
小園蔵史・井口正人・三輪学					
央・真木雅之・前坂剛・味喜 大介・西村太志 一夕による降灰測定: 噴煙観測におけるレーグーパラメータへの制約(口頭) 科学連合大会 科学連合大会 5月 5月 長井雅史・中川正二郎・人山 宙・三輪学央・棚口俊板・上 田英樹・中田節也 口 永 良 部 島 火 山 2018-19 年 噴火降下 火砕物の産状と分布 (ポスター) 日本地球惑星 2019年 2019 2019年 5月 西條祥・小屋口剛博・鈴木 治郎 降下火砕物インバー ジョンに向けた火砕 物供給源モデルの開 発(ボスター) 日本地球惑星 2019年 5月 2019年 5月 志木宏行・小屋口剛博・鈴木 健治郎 大規棲火砕流の到達 取離に対する温度の 影響: 二層重力流モ デルによる数値シミ ュレーション一何口調 山中湖への流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 2019年 9月 2019年 9月 藤田英輔・吉本充弘 富士山溶岩流シミュ レーション一河口湖・山中湖への流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 教業大会 2019 9月 2019年 9月 国内 数率大会 2019 9月 川口亮平 境界要素法に基づく 火山周辺の気象庁傾 検討(ポスター) 日本火山学会 (別のの解析の 検討(ポスター) 2019年 9月 国内 3 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化(口頭) 日本火山学会 2019年 9月 2019年 9月 国内 3 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化(口頭) 日本火山学会 2019年 4 秋季大会 2019 9月 国内 3 2015年 9月		· ·	日本地球惑星	2019年	国内
大介・西村太志 噴煙観測におけるレーダーパラメータへの制約 (口頭) 2019 2019年 図内の制約 (口頭) 長井雅史・中川正二郎・入山宙・三輪学央・棚田俊牧・上田美樹・中田節也 口水良部島火山日本地球惑星 2019年 図内学連合大会 5月 2019 2019年 図内の機样・小屋口剛博・鈴木雄 (ボスター) 日本地球惑星 2019年 国内学連合大会 5月 2019年 図内の機能をデルの開発 2019年 図内の機能をデルの開発 2019年 図内の影響:二層重力流モデルによる数値シミュレーション (口頭) 日本地球惑星 2019年 国内が表する温度の影響:二層重力流モデルによる数値シミュレーション (口頭) 日本火山学会 5月 2019年 国内が表する温度の 別様を大会 2019年 図内の流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 2019年 国内が表す大会 2019年 国内の流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 2019年 国内が表す大会 2019年 国内の流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 2019年 国内の統計が表示とより 2019年 図内が表す大会 2019年 図内が表す大会 2019年 図内が表す大会 2019年 図内が表す大会 2019年 図内が表す大会 2019年 図内のマグマ蓄積条件の変化 (口頭) 日本火山学会 2019年 国内 3月 図内のマグマ蓄積条件の変化 (口頭) 日本火山学会 2019年 国内 3月 図内のマグマ蓄積条件の変化 (口頭) 日本火山学会 2019年 図内 3月 図内のアグマ蓄積条件の変化 (口頭) 日本火山学会 2019年 図内 3月 図内のアグマ蓄積条件の変化 (口頭) 日本火山学会 2019年 図内 3月 3月 図内 3月				•	
長井雅史・中川正二郎・入山 宙・三輪学央・棚田俊收・上 田英樹・中田節也 口 永 良 部 島 火 山 2018・19 年噴火降下 火砕物の産状と分布 (ポスター) 日本地球惑星 2019年 科学連合大会 5月 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 月かいによる数値ショ コレーション (口頭) 藤田英輔・吉本充弘 富士山溶岩流ショ レーション―河口湖・ 山中湖への流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 秋季大会 2019年 9月 2019年 国内 外季大会 2019年 9月 川口亮平 境界要素法に基づく 火山周辺の気象庁傾 斜計データの評価の 検討(ポスター) 日本火山学会 39月 2019年 9月 国内 外季大会 2019 9月 小園誠史・上田英樹・小澤 務島山新燃品におけ る 2011, 2018年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化(口頭) 日本火山学会 2019年 9月 2019年 国内 秋季大会 2019 9月 国内 秋季大会 2019 9月 松野千裕・小園誠史 玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する 1 次元火道流モデルの 日本火山学会 2019年 9月 2019年 9月 国内 秋季大会 2019 9月					
長井雅史・中川正二郎・入山 宙・三輪学央・棚田俊牧・上 田英樹・中田節也 口 永 良 部 島 火 山 2018・19 年噴火降下 火砕物の産状と分布 (ポスター) 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本地球惑星 2019年 日本火山学連合大会 影響: 二層重力流モデルによる数値シミ ュレーション (口頭) 2019年 日本火山学会 2019年 月本火山学会 2019年 9月 国内 3 1 1 2 2 3 4 3 4 3 4 3 4 3 4 3 4 4 4 6 5 7 4 4 4 6 7 6 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	7 777				
長井雅史・中川正二郎・入山 宙・三輪学央・棚田俊牧・上 田英樹・中田節也 口 永 良 部 島 火 山 2018-19 年噴火降下 火砕物の産状と分布 (ボスター) 日本地球惑星 2019年 科学連合大会 2019年 科学連合大会 5月 2019年 国内 5月 西條祥・小屋口剛博・鈴木雄 治郎 降下火砕物インパー 物供給源モデルの開 発(ポスター) 日本地球惑星 2019年 経済の到達 野・二層重力流モデルによる数値シミュレーション (口頭) 2019年 科学連合大会 5月 2019年 5月 藤田英輔・吉本充弘 富士山溶岩流シミュレーション一河口湖・山中湖への流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 2019年 利手データの評価の検討(ポスター) 2019年 9月 川口亮平 境界要素法に基づく火山周辺の気象庁傾斜計データの評価の検討(ポスター) 日本火山学会 9月 2019年 9月 小園誠史・上田英樹・小澤 務島山新燃岳におけ る 2011, 2018年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化 (口頭) 日本火山学会 秋季大会 2019 9月 2019年 9月 松野千裕・小園誠史 玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する 1 次元火道流モデルの 日本火山学会 秋季大会 2019 9月 2019年 9月		 の制約 (口頭)			
田・三輪学央・棚田俊牧・上 田英樹・中田節也 2018-19 年噴火降下 火砕物の産状と分布 (ポスター) 日本地球惑星 2019年 国内 海(ポスター) 2019 日本地球惑星 2019年 国内 海(ポスター) 日本地球惑星 2019年 国内 発(ポスター) 日本地球惑星 2019年 国内 発(ポスター) 日本地球惑星 2019年 国内 発(ポスター) 日本地球惑星 2019年 国内 影響:二層重力流モデルによる数値シミュレーション(口頭) 日本火山学会 2019年 国内 リーション―河口湖・山中湖への流入効果 ー(口頭) 日本火山学会 2019年 国内 教計データの評価の検討(ポスター) 日本火山学会 2019年 国内 外番ナデータの評価の検討(ポスター) 日本火山学会 2019年 国内 別は、ポスター) 日本火山学会 2019年 国内 り月 日本火山学会 2019年 国内	長井雅史・中川正二郎・入山		日本地球惑星	2019年	国内
田英樹・中田節也				•	
西條祥・小屋口剛博・鈴木雄 降下火砕物インバー 日本地球惑星 2019年 国内 科学連合大会 5月 2019 意 (ポスター)					
西條祥・小屋口剛博・鈴木雄 降下火砕物インバー ドラッとに向けた火砕 物供給源モデルの開発 (ポスター) を					
	 西條祥・小屋口剛博・鈴木雄		日本地球惑星	2019年	国内
物供給源モデルの開発 (ポスター) 2019 2019 三本水宏行・小屋口剛博・鈴木 大規模火砕流の到達 距離に対する温度の影響: 二層重力流モデルによる数値シミュレーション (口頭) 日本火山学会 2019 年 国内 秋季大会 2019 国内 1 日本火山学会 2019 年 国内 1 大元火道流モデルの 1 日本火山学会 2019 年 国内 1 日本 1 日			_	•	
売水宏行・小屋口剛博・鈴木 大規模火砕流の到達 田本地球惑星 2019年 国内 野響: 二層重力流モ デルによる数値シミュレーション (口頭) 日本火山学会 2019年 国内 3月 日本火山学会 2019年 国内 3日本火山学会 2019年 国内 3月 米季大会 2019 年 国内 3日本火山学会 2019年 国内 3日本					
歴離に対する温度の 影響: 二層重力流モ デルによる数値シミュレーション (口頭)					
影響: 二層重力流モデルによる数値シミュレーション (口頭) 2019 藤田英輔・吉本充弘 富士山溶岩流シミュレーション一河口湖・山中湖への流入効果ー(口頭) 日本火山学会 9月 川口亮平 境界要素法に基づく火山周辺の気象庁傾斜計データの評価の検討(ポスター) 日本火山学会 9月 小園誠史・上田英樹・小澤 霧島山新燃岳におけ石・小屋口剛博・山崎雅 3 2011, 2018 年噴火間のマグマ蓄積条件の変化(口頭) 日本火山学会 2019 9月 松野千裕・小園誠史 玄武岩マグマ噴火の準備過程に関する 1次元火道流モデルの 日本火山学会 2019 年 国内 9月	志水宏行・小屋口剛博・鈴木	大規模火砕流の到達	日本地球惑星	2019年	国内
藤田英輔・吉本充弘富士山溶岩流シミュ レーション (口頭)日本火山学会 2019年 国内 水季大会 2019 年 国内 小型 ・ 水季大会 2019 年 国内 ・ 水型 ・ 水型 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	雄治郎	距離に対する温度の	科学連合大会	5月	
藤田英輔・吉本充弘 富士山溶岩流シミュレーション一河口湖・山中湖への流入効果 山中湖への流入効果 ー (口頭) 日本火山学会 2019 9月 川口亮平 境界要素法に基づく火山周辺の気象庁傾斜計データの評価の検討(ポスター) 日本火山学会 2019 9月 小園誠史・上田英樹・小澤 7番・小屋口剛博・山崎雅 霧島山新燃岳における 2011, 2018 年噴火間のマグマ蓄積条件の変化(口頭) 日本火山学会 2019 月 松野千裕・小園誠史 玄武岩マグマ噴火の準備過程に関する1次元火道流モデルの 日本火山学会 2019年 国内 3月 株季大会 2019 9月		影響: 二層重力流モ	2019		
藤田英輔・吉本充弘富士山溶岩流シミュレーション一河口湖・山中湖への流入効果ー(口頭)日本火山学会 大季大会 201919月川口亮平境界要素法に基づく大山周辺の気象庁領 斜計データの評価の検討(ポスター)日本火山学会 9月2019年 国内 9月小園誠史・上田英樹・小澤 拓・小屋口剛博・山崎雅霧島山新燃岳における 2011, 2018 年噴火間のマグマ蓄積条件の変化(口頭)日本火山学会 9月2019年 国内 9月松野千裕・小園誠史玄武岩マグマ噴火の準備過程に関する 1次元火道流モデルの日本火山学会 2019年 国内 9月		デルによる数値シミ			
レーション一河口湖・山中湖への流入効果 一(口頭) 秋季大会 2019 9月 川口亮平 境界要素法に基づく 火山周辺の気象庁傾 斜計データの評価の 検討(ポスター) 日本火山学会 秋季大会 2019 2019年 9月 小園誠史・上田英樹・小澤 拓・小屋口剛博・山崎雅 霧島山新燃岳におけ る 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化(口頭) 日本火山学会 秋季大会 2019 2019年 9月 松野千裕・小園誠史 玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する 1 次元火道流モデルの 日本火山学会 秋季大会 2019 2019年 9月 国内		ュレーション(口頭)			
山中湖への流入効果 一 (口頭) 日本火山学会 段界要素法に基づく 火山周辺の気象庁傾 斜計データの評価の 検討 (ポスター) 日本火山学会 秋季大会 2019 年 9月 2019年 9月 国内 9月 小園誠史・上田英樹・小澤 拓・小屋口剛博・山崎雅 霧島山新燃岳におけ る 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化 (口頭) 日本火山学会 9月 2019年 9月 国内 9月 松野千裕・小園誠史 玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する 1 次元火道流モデルの 日本火山学会 秋季大会 2019 9月 2019年 9月 国内 9月	藤田英輔・吉本充弘	富士山溶岩流シミュ	日本火山学会	2019年	国内
一(口頭) 日本火山学会 2019年 国内		レーション―河口湖・	秋季大会 2019	9月	
川口亮平 境界要素法に基づく 日本火山学会 2019年 国内 火山周辺の気象庁傾 秋季大会 2019 9月 日本火山学会 2019年 国内 2018年 100		山中湖への流入効果			
火山周辺の気象庁傾斜計データの評価の検討 (ポスター)秋季大会 20199月小園誠史・上田英樹・小澤 霧島山新燃岳におけ 石・小屋口剛博・山崎雅5 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件の変化(口頭)日本火山学会 9月松野千裕・小園誠史玄武岩マグマ噴火の準備過程に関する1次元火道流モデルの日本火山学会 2019年 国内 秋季大会 2019		一 (口頭)			
斜計データの評価の 検討 (ポスター)日本火山学会 2019年 1日本火山学会 32011, 2018年噴火 1日のマグマ蓄積条件 の変化 (口頭)日本火山学会 9月松野千裕・小園誠史玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する1 次元火道流モデルの日本火山学会 32019年 9月2019年 9月	川口亮平	境界要素法に基づく	日本火山学会	2019年	国内
検討 (ポスター)		火山周辺の気象庁傾	秋季大会 2019	9 月	
小園誠史・上田英樹・小澤 拓・小屋口剛博・山崎雅霧島山新燃岳におけ る 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化 (口頭)日本火山学会 9月 9月松野千裕・小園誠史玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する1 次元火道流モデルの日本火山学会 9月2019 年 9月		斜計データの評価の			
拓・小屋口剛博・山崎雅る 2011, 2018 年噴火 間のマグマ蓄積条件 の変化 (口頭)秋季大会 20199月松野千裕・小園誠史玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する 1 次元火道流モデルの日本火山学会 秋季大会 20192019 年 9月		検討 (ポスター)			
間のマグマ蓄積条件 の変化 (口頭)日本火山学会 日本火山学会 2019年 2019年 9月 次元火道流モデルの	小園誠史・上田英樹・小澤	霧島山新燃岳におけ	日本火山学会	2019年	国内
の変化 (口頭) 玄武岩マグマ噴火の 日本火山学会 2019年 国内 準備過程に関する1 次元火道流モデルの 3 月	拓・小屋口剛博・山崎雅	る 2011, 2018 年噴火	秋季大会 2019	9 月	
松野千裕・小園誠史玄武岩マグマ噴火の 準備過程に関する1 次元火道流モデルの日本火山学会 秋季大会 2019 9月2019年 9月		間のマグマ蓄積条件			
準備過程に関する1 秋季大会 2019 9月 次元火道流モデルの		の変化 (口頭)			
次元火道流モデルの	松野千裕・小園誠史	玄武岩マグマ噴火の	日本火山学会	2019年	国内
		準備過程に関する1	秋季大会 2019	9 月	
数値的研究(ポスタ		次元火道流モデルの			
		数値的研究(ポスタ			

	—)			
三輪学央・下司信夫・伊藤順	VOLCAT による降灰	日本火山学会	2019年	国内
一・棚田俊收・井口正人	その場自動観察(口	秋季大会 2019	9月	
	頭)			
長井雅史・小澤拓・上田英樹・	小笠原硫黄島火山	日本火山学会	2019年	国内
入山宙・山田大志・棚田俊收・	2018年9月12日の	秋季大会 2019	9月	
三輪学央・小林哲夫	噴火イベントと再生			
	ドーム形成活動(口			
	頭)			
新堀敏基・鈴木雄治郎・入山	移流拡散モデルによ	日本火山学会	2019年	国内
宙・石井憲介・佐藤英一・藤	る大規模噴火を想定	秋季大会 2019	9月	
田英輔	した降下火砕物予測			
	の課題(その 3)噴煙ダ			
	イナミクスモデルに			
	基づく初期条件(ポ			
	スター)			
常松佳恵・瀬尾和哉	火山岩塊の空力学的	日本火山学会	2019年	国内
	特性と飛翔メカニズ	秋季大会 2019	9月	
	ムの研究 (口頭)			

○学会誌・雑誌等における論文掲載

3. 1 火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発

掲載論文(論文題目)	発表者氏名	発表場所 (雑誌	発表時	国際・国
		名等)	期	内の別
Heat source of the 2014	Miyagi, I., Geshi,	Bull. Volcanol.	2020	国際
phreatic eruption of	N., Hamasaki, S.,	82 (33) 1-17		
Mount Ontake, Japan.	Oikawa, T., and			
	Tomiya, A.			
Plagioclase-hosted melt	Hatada, R.,	Journal of	2020	国際
inclusions as indicators	Ishibashi, H.,	Mineralogical		
of inhibited rhyolitic	Suwa, Y., Suzuki,	and		
melt beneath a mafic	Y., Hokanishi, N.,	Petrological		
volcano: a case study of	Yasuda, A.	Sciences (in		
the Izu-Omuroyama		press)		
monogenetic volcano,				

Japan.				
Evidence for a 'third'	Iwahashi, K.,	J. Volcanol.	2020	国際
endmember of the Unzen	Ishibashi, H.,	Geotherm.		
1991–1995 eruption from	Yasuda, A. and	Res., 396,		
amphibole thermometry	Hokanishi, N.	https://doi.org/		
and crystal clots		10.1016/j.jvolg		
		eores.2020.106		
		833		
Transition of magma	Hasenaka, T.,	Proceedings of	2019	国際
plumbing system of Aso	Nagaishi, R.,	the 2019		
volcano as deduced from	Torii, M., Yasuda,	International		
mineral and melt	A., Hokanishi, N.	Conference on		
inclusion data		Climate		
		Change,		
		Disaster		
		Management,		
		and		
		Environmental		
		Sustainability,		
		Kumamoto,273		
		-281.		
Pumice-Bearing	Handini, E.,	Proceedings of	2019	国際
Pyroclastic Density	Hasenaka, T.,	the 2019		
Current Deposits in the	Torii, M., Okuno,	International		
Southeastern Flank of	M., Harijoko, A.,	Conference on		
Merapi Volcano: An	Togawa, S.,	Climate		
Evidence for Past Violent	Bangun, A.S.,	Change,		
Eruption.	Reka, D.S.	Disaster		
		Management,		
		and		
		Environmental		
		Sustainability,		
		Kumamoto,246		
		-253.		
Geological and Chemical	Togawa, S.,	Proceedings of	2019	国際
Composition of Pre-Aso	Hasenaka, T.,	the 2019		
Volcanic Rocks	Torii, M., Mori, Y.,	International		
Distributed in Minami-	Yagi, K.	Conference on		
Aso Village, Tateno		Climate		

District V		Claran		
District, Kyushu		Change,		
		Disaster		
		Management,		
		and		
		Environmental		
		Sustainability,		
		Kumamoto,857		
		-863.		
Tephra Stratigraphy for	Torii, M.,	Proceedings of	2019	国際
Establishing Active	Nagaishi, R.,	the 2019		
Faults History in the	Hasenaka, T.,	International		
Western Part of Aso	Toda, S., Okuno,	Conference on		
Caldera, Sw Japan.	M.	Climate		
		Change,		
		Disaster		
		Management,		
		and		
		Environmental		
		Sustainability,		
		Kumamoto,321		
		-325.		
富士火山焼野溶岩に捕獲	安田敦・馬場章・藤	火山, 64, 2, 83-	2019	国内
された斑れい岩について:	井敏嗣・外西奈津	101		
その起源とマグマ供給系	美			
についての考察				
火成オリビン中の微量元	石橋秀巳	静岡大学地球科	2019	国内
素に関する近年の研究動		学研究報告,46,		
向		9-17		
, ,		\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \		

3. 2 噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成

掲載論文(論文題目)	発表者氏名	発表場所(雑誌	発表時	国際・国
		名等)	期	内の別
Low water content in the	Gu, XY., Wang,	Earth and	2019年	国際
mantle source of the	PY., Kuritani, T.,	Planetary	4 月 3	
Hainan plume as a factor	Hanski, E., Xia,	Science	日	
inhibiting the formation	QK. and Wang,	Letters, 515,		

of a large igneous	QY.	221-230		
province	Q. 1.	221 200		
近代的噴火観測事例のな		火山, 64, 131-	2019年	国内
い火山での噴火推移予測:	山崎誠子·後藤章	138	4 月 3	
蔵王火山の例	夫・山本希・三浦哲	130		
Temporal variations in	Miyabuchi, Y. and	Earth, Planets	2019年	国際
discharge rate and	Hara, C.	and Space, 71,	4月15	四例
component	mara, C.	44	日	
characteristics of tephra-		44	н	
fall deposits during the				
2014 - 2015 eruption of				
Nakadake first crater,				
Aso Volcano, Japan				
Buoyant hydrous mantle	Kunitani T Vi-	Scientific	2019年	国際
	Kuritani, T., Xia, QK., Kimura, J		4月25	当际
plume from the mantle		Reports, 9,	日 日	
transition zone	I., Liu, J.,	6549,	Н	
	Shimizu, K., Ushikubo, T.,	doi:10.1038/s41 598-019-43103-		
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			
	Zhao, D., Nakagawa, M.	У		
	Nakagawa, M. and Yoshimura, S.			
Observation of the	·	J Volcanol	2019年	国際
Observation of the	Kaneko, T.,		6月1	当际
eruption sequence and	Maeno, F. and	Geotherm Res,		
formation process of a	Yasuda, A.	377, 17-32	日	
temporary lava lake				
during the June-August				
2015 Mt. Raung				
eruption, Indonesia,				
using high-resolution				
and high-frequency				
satellite image datasets	All and DC	Onatoria	9010年	
Geochemical	Albert, P.G.,	Quaternary	2019年	国際
characterisation of the	Smith, V.C.,	Geochronology,	6月1	
Late Quaternary	Suzuki, T.,	52, 103-131	日	
widespread Japanese	McLean, D.,			
tephrostratigraphic	Tomlinson, E.L.,			
markers and correlations	Miyabuchi, Y.,			
to the Lake Suigetsu	Kitaba, I., Mark,			
sedimentary archive	D.F., Moriwaki,			

(SG06 core)	H., SG06 Project			
(BGGG CGTC)	Members and			
	Nakagawa, T.			
霧島火山群,えびの高原硫	田島靖久・中田節	火山, 64, 147-	2019年	国内
黄山の 2018 年 4 月の小噴	也・長井雅史・前野	151	6月30	
火	深・渡邉篤志		日	
アナク・クラカタウ島でお	前野深	地理, 64, 14-21	2019年	国内
きた山体崩壊と津波(特	133.3 pi	, , , , , , , , , , , , , , ,	7 月 1	
集 崩れる火山 過去に学			日日	
び次に備える)				
Hydrothermal	Imura, T.,	Minerals, 9,	2019年	国際
Aluminum-Phosphate-	Minami, Y., Ohba,	462,	7月29	
Sulfates in ash from	T., Matsumoto, A.,	doi.org/10.3390	目	
the2014 Hydrothermal	Ambas, A. and	/min9080462		
eruption at Ontake	Nakagawa, M.			
Volcano, Central				
Honshu, Japan				
Comparative	Nakagawa, M.,	Journal of	2019年	国際
petrological studies of	Matsumoto, A.,	Disaster	8 月 1	
1962 and 1988-1989	Kobayashi, K. and	Research, 14,	日	
eruptions of Tokachidake	Wada, K.	766-779, doi:		
Volcano, Japan: a case		10.20965/jdr.20		
study for understanding		19.p0766		
the relationship between				
eruption style and				
magma processes				
Tephra-stratigraphy and	Syahreza S.	Indonesian	2019年	国際
Ash Componentry	Angkasa, Tsukasa	Journal on	8 月 1	
Studies of Proximal	Ohba, Takumi	Geoscience	日	
Volcanic Products at	Imura, Iwan			
Mount Tangkuban	Setiawan, Mega F.			
Parahu, Indonesia: An	Rosana			
Insight to Holocene				
Volcanic Activity				
Late Pleistocene -	Miura, D.,	J. Disaster	2019年	国際
Holocene Volcaniclastic	Furukawa, R, and	Res., 14, 755-	8 月 1	
Ejecta Along the	Arai, K.	765	日	
Southern Apron of the				
Esan Volcanic Complex,				

Japan				
Lahar record during the	Minami, Y., Ohba,	J. Volcanol.	2019年	国際
last 2500 years, Chokai	T., Hayashi, S.,		8月14	
Volcano, northeast	Saito-Kokubu, Y.		日	
Japan: Flow behavior,	and Kataoka, K.	106661		
sourced volcanic activity,	·			
and hazard implications				
阿蘇火山の降下テフラ被	檜垣大助・李学強・	日本地すべり学	2019年	国内
 覆斜面における豪雨によ	 林郁真・鄒 青穎・	会誌	8月20	
る斜面崩壊の発生場の地	 木村誇・林信太郎・		日	
形条件	 佐藤剛・後藤聡			
テフラ層厚分布を考慮し	木村誇・後藤聡・佐	日本地すべり学	2019年	国内
た斜面安定解析による崩	藤剛・若井明彦・林		8月20	
壊危険地の抽出:-阿蘇	信太郎・檜垣大助		日	
カルデラ北東部地域にお				
ける検討事例-				
Magma generation	Kuritani, T.,	Lithos, 348-	2019年	国際
conditions at the Akita-	Kanai, C.,	349, 105197,	9 月 4	
Komagatake volcano,		doi:10.1016/j.li	日	
Northeast Japan arc:	Nakagawa, M.	thos.2019.1051		
implications of across-		97		
arc variations in mantle				
melting parameters				
Deformation of rhyolite	Uno, K.,	Geophysical	2019年	国際
lava crust associated	Furukawa, K.,	Journal	9月30	
with intermittent inner	Nakai, K.,	International,	日	
flow of lava:	Kamio, T. and	220, 1, 190-200		
palaeomagnetic evidence	Kanamaru, T.			
岩手火山,一本木原岩屑な	伊藤順一	火山, 64, 153-	2019年	国内
だれ堆積物の 14C ウィグ		167	9月30	
ルマッチング年代と崩壊			日	
堆積物の特徴:活火山にお				
ける小規模な表層崩壊堆				
積物				
Stratigraphy and	Amma-Miyasaka	Quaternary	2019年	国際
chronology of silicic	M., Miura, D.,	International,	11月11	
tephras in the Shikotsu-	Nakagawa, M.,	doi.org/10.1016	日	
Toya volcanic field,	Uesawa, S. and	/j.quaint.2018.		
Japan: Evidence of a	Furukawa, R.	11.019		

Late Pleistocene				
ignimbrite flare-up in				
southwestern Hokkaido				
The 2017 Nishinoshima	Kaneko, T.,	Earth Planets	2019年	国際
eruption: combined	Maeno, F.,	Space, 71, 140	12 月	
analysis using	Yasuda, A., Takeo,	Space, 11, 110	19日	
Himawari-8 and	M. and Takasaki,		10 H	
multiple high-resolution	K.			
satellite images				
室戸ユネスコ世界ジオパ	高橋唯・荒川洋二・	熊本学園論文集	2019年	国内
ークのジオサイトにおけ	中村有吾・新村太		12 月	
る室戸半島層群佐喜浜メ	郎	2019年、25巻、	20 日	
ランジュ中に含まれる塩		p41-49	- ,	
基性火成岩類について		PII IO		
Generation of calc-	Taniuchi, H.,	Lithos, 254-	2019年	国際
alkaline andesite magma	Kuritani, T. and	255, 105362,	12 月	
through crustal melting	Nakagawa, M.	doi:10.1016/j.li	31 目	
induced by emplacement	,	thos.2019.1053		
of mantle-derived water-		62		
rich primary magma:				
evidence from Rishiri				
Volcano, southern Kuril				
Arc				
Factors associated with	Toyomaki, H.,	Chemosphere,	2020年	国際
lead (Pb) exposure on	Yabe, J.,		1月13	
dogs around a Pb mining	Nakayama, S. T.,	doi:10.1016/j.c	日	
area, Kabwe, Zambia	Yohannes, Y. B.,	hemosphere.20		
	Muzandu, K.,	20.125884		
	Liazambi, A.,			
	Ikenaka, Y.,			
	Kuritani, T.,			
	Nakagawa, M.,			
	Ishizuka, M.			
Vegetation history after	Miyabuchi, Y. and	Journal of	2020年	国際
the late period of the	Sugiyama, S.	Quaternary	1月29	
Last Glacial Age based		Science, 35,	日	
on phytolith records in		304-315		
Nangodani Valley basin,				
southern part of the Aso				

caldera, Japan				
トレンチ調査に基づく日	草野有紀・石塚吉	地質調査研究報	2020年	国内
光白根火山 1400 年間の噴	浩	告, 71, 1-18	2 月 28	
火履歴			日	
草津白根火山, 白根火砕丘	亀谷伸子·石﨑泰	地質学雑誌,	2020年	国内
群, 弓池マールおよび逢ノ	男・勝岡菜々子・吉	126, 157-165	3 月 1	
峰火砕丘の岩石学的特徴	本充宏 • 寺田暁彦		日	
西之島の噴火による地形・	前野深·吉本充宏	小笠原研究, 46,	2020年	国内
地質・噴出物の特徴とその		37-51	3 月 1	
変化			日	
浅間前掛火山高分解能テ	高橋正樹 • 安井真	日本大学文理学	2020年	国内
フラ層序学のための降下	也・金丸龍夫	部自然科学研究	3 月 5	
テフラ・トレンチ掘削プロ		所研究紀要 55,	日	
ジェクト 2016~2018 年		93-153		
度成果報告 一地質記載・				
14C 年代·軽石全岩化学組				
成一				
御嶽山・噴火の実態	山岡耕春·及川輝	長野県御嶽山噴	2020年	国内
	樹	火災害対応記録	3 月 31	
		集	日	

3. 3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

掲載論文(論文題目)	発表者氏名	発表場所 (雑誌	発表時	国際・国
		名等)	期	内の別
Kondo, G., Aoyama, H.,	Gas flux cyclic	Scientific	2019年	国際
Nishimura, T., Ripepe,	regime at an open	Reports, 9,	4 月	
M., Lacanna, G., Genco,	vent magmatic	5678.		
R., Kawaguchi, R.,	column inferred			
Yamada, T., Miwa, T.,	from seismic and			
and Fujita, E	acoustic records			
Tsunematsu, K., Ishii,	Transport of	Earth Planets	2019年	国際
K., and Yokoo, A.	ballistic	Space 71, 49	4 月	
	projectiles during			
	the 2015 Aso			
	Strombolian			
	eruptions			
Wallece, P., Kendrick, J.,	Petrological	Journal of	2019年	国際

D/C: . /D A 1 /1 T	A 1. '4 4	D. (1	4 日	
Miwa, T., Ashworth, J.,	Architecture of a		4 月	
Coats, R., Utley, J., De	Magmatic Shear	791-826.		
Angelis, S., Mariani, E.,	Zone: A			
Biggin, A., Kendrick, R.,	Multidisciplinary			
Nakada, S.,	Investigation of			
Matsushima, T., and	Strain			
Lavallée, Y.	Localisation			
	During Magma			
	Ascent at Unzen			
	Volcano, Japan			
Fujita, E., Iriyama, Y.,	Evaluating	Journal of	2019年	国際
Shimbori, T., Sato, E.,	Volcanic Hazard	Disaster	6 月	
Ishii, K., Suzuki, Y.,	Risk	Research, 14,		
Tsunematsu, K., and	Through	604-615		
Kiyosugi, K.	Numerical			
	Simulations			
Kozono, T., Iguchi, M.,	Characteristics of	Bulletin of	2019年	国際
Miwa, T., Maki, M.,	tephra fall from	Volcanology,	6 月	
Maesaka, T., and Miki, D	eruptions at	81, 41.		
	Sakurajima	,		
	volcano, revealed			
	by optical			
	disdrometer			
	measurements			
Kurokawa, A. K., Miwa,	A Simple	Journal of	2019年	国際
T. and Ishibashi, H.	Procedure for	Disaster	6月	
i. did isiiisdsiii, ii.	Measuring	Research, 14,	0 /1	
	Magma Rheology	616-622.		
Ueda, H., Yamada, T.,	Development of a	Journal of	2019年	国際
Miwa, T., Nagai, M., and	Data Sharing	Disaster	6月	□ M
Matsuzawa, T	System for Japan	Research, 14,	J / J	
manauawa, 1	Volcanological	571-579.		
	Data Network	011 010.		
Miwa, T	Measurement of	Journal of	2019年	国際
1V11Wa, 1	H2O molecule and	Disaster	8月	当例
	hydroxyl	Research, 14,	0 /1	
	concentrations in	780-785.		
	hydrous rhyolitic			
	glass by UV-Vis-			

NITD 1:			1
1			
spectrophotometr			
У			
The run-out	Journal of	2019年	国際
distance of large-	Volcanology	9月	
scale pyroclastic	and		
density currents:	Geothermal		
A two-layer	Research, 381,		
depth-averaged	168-184		
model			
Determination of	Journal of	2019年	国際
the mass eruption	Volcanology	9 月	
rate for the 2014	and		
Mount Kelud	Geothermal		
eruption using	Research, 382,		
three-	42-49		
dimensional			
numerical			
simulations of			
volcanic plumes			
Sedimentation	Progress in	2020年	国際
process of ashfall	Earth and	1月	
during a	Planetary		
Vulcanian	Science, 7, 1-		
eruption as	16.		
revealed by high-			
temporal-			
resolution grain			
size analysis and			
high-speed			
camera imaging			
	The run-out distance of large-scale pyroclastic density currents: A two-layer depth-averaged model Determination of the mass eruption rate for the 2014 Mount Kelud eruption using three-dimensional numerical simulations of volcanic plumes Sedimentation process of ashfall during a Vulcanian eruption as revealed by high-temporal-resolution grain size analysis and high-speed	micro- spectrophotometr y The run-out distance of large- scale pyroclastic density currents: A two-layer depth-averaged model Determination of the mass eruption rate for the 2014 Mount Kelud eruption using three- dimensional numerical simulations of volcanic plumes Sedimentation process of ashfall during a Planetary Vulcanian eruption as revealed by high- temporal- resolution grain size analysis and high-speed	micro- spectrophotometr y The run-out distance of large- scale pyroclastic density currents: A two-layer depth-averaged model Determination of the mass eruption rate for the 2014 Mount Kelud eruption using three- dimensional numerical simulations of volcanic plumes Sedimentation process of ashfall during a Planetary Vulcanian eruption as revealed by high- temporal- resolution grain size analysis and high-speed The run-out Journal of 2019 年 Volcanology and Geothermal Research, 381, 168-184 Geothermal Geothermal Research, 382, 42-49 2019 年 Pogress in 2020 年 1 月 1 月 1 月

○ マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果	対応者氏名	報道・掲載機関	発表時	国際・国
		(新聞名・TV 名)	期	内の別
「弥陀ヶ原火山に導入	石崎泰男	チューリップ TV	2019 年	国内

	1	T		
される噴火警戒レベル			5 月 29	
について」の取材放映			日	
「"正しく恐れる"火山	及川輝樹	NHKニュース おはよ	2019 年	国内
学者の思い」御嶽山		う日本	9 月 24	
2014 年噴火とその後			日	
の調査についての取材				
NHKブラタモリ「浅間	安井真也	NHK	2019 年	国内
山~江戸時代の大噴			10 月 5	
火!衝撃の1日に何が			日	
あった?~」				
有珠山の研究成果紹介	中川光弘	室蘭民報社	2019 年	国内
洞爺湖町で火山勉強会			10月30	
大学教授ら4氏講演			日	
有珠山、1万5000年間	中川光弘	毎日新聞	2019 年	国内
眠っていた 江戸時代			12月19	
に「覚醒」ドーム形成			日	
北海道				
タール火山噴火につい	前野深	共同通信グループ NNA	2020 年	国際
てのコメント			1 月 27	
			日	
今そこにある災害 火	伴雅雄	テレビユー山形	2020 年	国内
山災害 取材·放映			2月5日	
「山形県の災害リス	伴雅雄	山形新聞	2020 年	国内
ク」県内の火山動向を			3 月 11	
注視 取材・報道			日	
さきがけ子供新聞 地	林信太郎	秋田さきがけ新聞	2019 年	国内
球の不思議			毎月第	
			4日曜	

○ 講演会等の普及活動および防災貢献

発表題目・活動内容	発表者氏名	講演会・展示名	開催時	国際・国
			期	内の別
弥陀ヶ原火山地獄谷の 火	石崎泰男	富山市民大学	2019 年	国内
山活動の状況と長中期噴			5 月 23	
火予測			日	
立山地獄谷でいま起きて	石崎泰男	富山市科学博物館	2019 年	国内
いること、 これから起こ		開館 40 周年記念	7 月 21	
ること		特別展「タテヤー	日	

		I	П	1
		モ火山局」講演会		
浅間北麓ジオパークガイ	高橋正樹	嬬恋村 浅間山ジ	2019 年	国内
ド研修会		オパーク推進協議	8月4日	
		会事務局		
御嶽山火山マイスターネ	及川輝樹	長野県木曽地域振	2019 年	国内
ットワーク主催講演会お		興局講堂(長野県	9月7日	
よびフィールドワーク「御		木曽町)	および	
嶽山のひみつ~お山のお			9月8日	
いたち 登って調べた御				
嶽山の成り立ち~」				
蔵王の火山の歴史と現状	伴雅雄	雪氷研究大会	2019 年	国内
		2019, 山形, 公開	9月9日	
		講座		
地質情報展 2019 やまぐち	川邉禎久・ 山	山口大学吉田キャ	2019 年	国内
「火山噴火実験」「山口の	﨑誠子	ンパス大学会館	9 月 21	
火山」			日 ~ 23	
			日	
有珠山 最新の研究成果	中川光弘	北海道火山勉強会	2019 年	国内
と火山活動の現状		一般講演会,洞爺	10月26	
		湖町	日	
鳥海山・飛島をもっと知ろ	林信太郎	にかほ市ジオ学講	2019 年	国内
う!		座	11月17	
			日	
産総研実験教室「シースル	森田雅明・古	東京都大田区立清	2019 年	国内
一火山実験」	川竜太・田中	水窪小学校	11月27	
	明子		日	
Investigation on volcanic	前野深・井口	インドネシア・ス	2019 年	国際
activity and sector	正人·Kasbani	ンダ海峡津波「国	11月28	
collapse inducing the	ほか	際緊急共同研究•	日	
Sunda Strait tsunami in		調査支援プログラ		
Indonesia		ム (J-RAPID)」シ		
		ンポジウム(ジャ		
		カルタ、インドネ		
		シア)		
浅間北麓ジオパークガイ	高橋正樹	嬬恋村 浅間山ジ	2019 年	国内
ド研修会		オパーク推進協議	11月30	
		会事務局	日	
由利本荘市とジオパーク	林信太郎	放送大学秋田学習	2019 年	国内
- 地震,火山,対置の恵み		センター	12 月 3	
	I .	l .	l .	

	T	T	Τ	
について考える			日 ~ 7	
			日	
土木学会地盤工学委員会	及川輝樹	(公社)地盤工学会	2019 年	国内
主催 地盤工学セミナー			12月20	
「突発的な噴火に対し火			日	
山工学は何ができるか」				
「御嶽山の突発的な噴火				
と被害」				
公開講座「もしも噴火が起	林信太郎	遊佐町生涯学習セ	2020 年	国内
こったら~改訂・鳥海山火		ンター 2 階 大会	2月1日	
山防災マップを読む~」		議室		
弥陀ヶ原火山地獄谷での	石崎泰男	2019 年度弥陀ヶ	2020 年	国内
今後の調査計画(地質・岩		原火山研究会	3 月 17	
石分野)				
玉殿溶岩:弥陀ヶ原火山の	松本弥禄(富	2019 年度弥陀ヶ	2020 年	 国内
最後のマグマ噴火噴出物	山大)	原火山研究会	3 月 17	□1.1
の地質学的・岩石学的特徴			日	
UAV とタイムラプスカメ	山本大貴(富	2019 年度弥陀ヶ	2020 年	 国内
ラを用いた地獄谷の火山	山大)	原火山研究会	3 月 17	园1.1
活動モニタリング				
硫黄山南・西火口及び周辺	九州大学・東	第 144 回火山噴火	2019 年	 国内
の地熱・熱水活動(資料提	京大学地震研	新 144	7月2日	园 ()
出)	究所・大阪市	1 7 7 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
Ш/	立大学・日本			
	立入子・日本 工営(株)			
浅間山 2019 年 8 月 7 日噴	東京大学地震	火山噴火予知連絡	2019 年	 国内
大直後の上空観察	東京八子地長 研究所		8月9日	〒1
				F. H
浅間山 2019 年 8 月 7 日噴	東京大学地震	火山噴火予知連絡 _へ	2019 年	国内
火火山灰の堆積状況と構	研究所 	会	8月10	
成粒子の特徴	去去 1. ※ II. 彦	Att 4 A M Int I . I . note: I	日 2010 年	
西之島における 2013 年以	東京大学地震	第 145 回火山噴火	2019 年	国内
降の噴出物の化学組成変	研究所	予知連絡会 	12月24	
化(資料提出)	N PR	the control of the co	日	r
浅間山 2019 年 8 月 7 日噴	浅間山降灰合	第 145 回火山噴火	2019 年	国内
火,8月25日噴火による	同調査班	予知連絡会	12月24	
降灰分布(資料提出)			日	
本白根火砕丘群の噴火履	富山大学	火山噴火予知連絡	2020 年	国内
歴 (資料提出)		会第4回草津白根	1 月 21	
		山部会	日	

5. むすび

次世代火山研究推進事業は平成31年度(令和元年度)が4年目にあたる。昨年度に引き続き、それぞれのサブテーマの参加機関および協力機関が、各々の研究テーマについて、当初の計画通りに研究が実施されており、その結果として課題C全体として着実な成果を上げていると評価できる。

サブテーマ1では、平成28年度に東大地震研に導入された、研究の軸となるFE-EPMA については波長分散型分光器をさらに追加し分析効率が向上された。また、データ解析用 プログラムの整備や、公開データ項目の自動抽出機能の整備を進めている。そして、各参 加・協力機関はそれぞれが対象とする10火山について、特定噴火の物質科学的解析を進 めており、いくつかの重要な成果が報告されている。特に榛名山では、4万5千年前以降 の複数の噴火について比較検討し、苦鉄質マグマの注入量が多い場合に爆発的噴火を起こ している可能性があることを明らかにするなど、噴火事象分岐の解明にとって重要な成果 が得られている。サブテーマ2では、引き続き野外調査に加え、トレンチ掘削調査とボー リング掘削調査を展開し、多くの成果が得られている。特に最重点火山の摩周およびアト サヌプリでは、ボーリング掘削調査を実施し、自然露頭では観察困難な、最近3万5千年 間の活動によるテフラを採取することに成功した。また鬼界においても昨年度に掘削が完 了したボーリングコア試料の詳細な解析を行い、カルデラ形成噴火以前に複数の特徴的な マグマ組成の活動があったことを明らかにした。また本年度は、計12火山でトレンチ掘 削調査を実施し、新たな知見が得られている。その他の火山についても各参加・協力機関 が地質調査や物質科学的解析を実施し、新知見が明らかになるなどの成果を積み上げてい る。一方、北大において設置されている「マグマ変遷解析センター」では、本年度は高速 高精度解析を行うべく誘導結合プラズマ質量分析装置を導入し立ち上げた。サブテーマ3 では、2つのサブテーマについて研究が進捗している。マグマ移動シミュレーションでは、 噴火機構についてシミュレーションによる地殻変動観測での検地可能性の検討、マグマ移 動過程における噴火未遂事例について観測データとシミュレーションからの解釈、岩脈成 長についてマクロモデルでの噴火・噴火未遂条件の検討と地表での地殻変動の定量化など、 噴火事象分岐判断のための具体的な検討を行っている。一方で、噴火ハザードシミュレー ションでは、富士山宝永噴火ケースに関して、降灰リスク評価を行うシステム構築を継続 している。そして、噴煙柱、溶岩流および噴石についても、シミュレーションの高度化と、 定量的なリスク評価およびその確率表現に向けての整備を行っている。また、火山ハザー ド評価システムについて、インターフェースを作成し、防災科研の防災情報イノベーショ ンプラットフォームにインストールするなどの実装に着手している。

課題 C 全体の連携に関しても今年度では大きな進展があった。まず、課題 C のホームページを作成し、一般向けに公開した。そして、課題 C の統合的な研究を推進するために、伊豆大島を対象とした課題 C 全体の研究集会を開催し、特定の噴火をターゲットとする連携研究を開始した。それに加えて、課題 C では人材育成コンソーシアムの事業にも積極的に参加・協力し、実習や講義を担当している。さらに、インターンシップとして学生の受け入れや、人材育成コンソーシアムの修了者を RA として雇用し、研究の推進と火山研究人材の育成も図ってきている。

以上のように、各サブテーマにおいてそれぞれの研究課題を推進し、順調に研究が進展しているだけでなく、昨年度までの課題であったサブテーマ間の連携についても開始しており、十分な成果・進捗があったと言える。次年度では、この連携研究をはじめとする各サブ課題の成果について、課題 C 全体で議論し、課題 C としての今後の方針を検討することが重要であると考えている。そのためにも、各参加機関および協力機関のより一層の研究推進が必要不可欠であるが、これまでの進捗を見る限り十分な成果が出るであろうと期待している。