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３０年度
成果報告書

令和元年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３０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

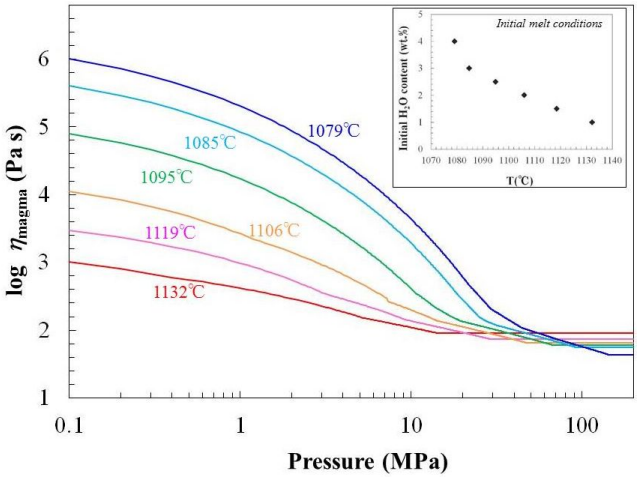


図１　伊豆大島 1986 年噴火の A 火口からのマグマ（A マグマ）と B 火口からのマグマ（B マグマ）の噴火様式の違いを説明するために行われた、減圧に伴うマグマの粘性率変化のシミュレーション結果。２つのマグマは組成は似通っているが、温度と含水量が異なる。高温の A マグマ(赤線）は上昇して減圧してもあまり粘性が増加しないが、低温かつ高含水量の B マグマ（青線）は上昇に伴う減圧による脱水で石基マイクロライトが増加するため粘性が急上昇している。こうした違いが、A マグマがストロンボリ式噴火、B マグマがサブプリニー式噴火をしたという噴火様式の違いを生じる原因となったと考えられる（石橋・種田，2018）[23]。本文 3.1.(2)-(b)-3)（iv）参照。

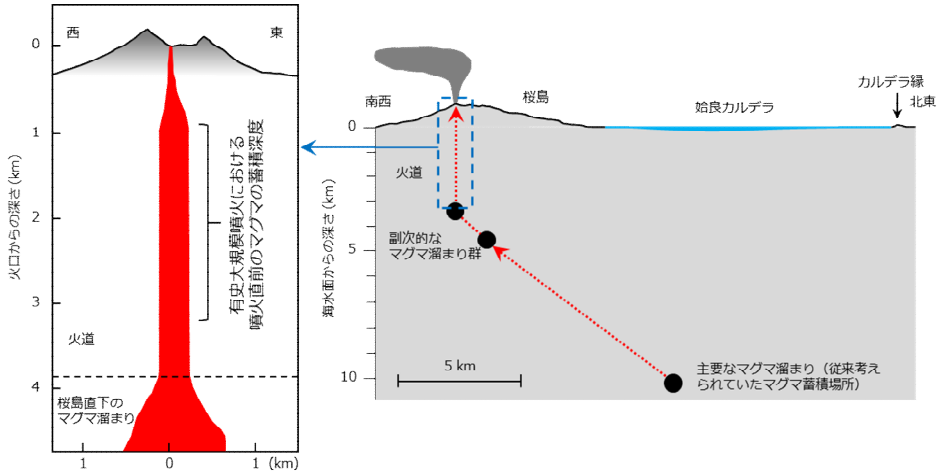


図２　　桜島山頂の火口から桜島直下のマグマ溜まりにかけての拡大図（左）と桜島火山のマグマ供給系（右）。左図の赤い部分がマグマで満たされている領域。桜島火山で歴史時代に発生した三回のプリニー式噴火（大正・安永・文明噴火）の噴出物についての詳細な分析により、これらの大規模噴火を引き起こしたマグマが、姶良カルデラ直下の主要マグマ溜まり（深さ約 10 km）や桜島直下の副次的なマグマ溜まり群（深さ 4～5 km）よりも浅い、火道に相当する深さ（1～3 km）にまで噴火直前に上昇してきていたことが明らかとなった（Araya et al.,2019）[26]。本文 3.1.(2)-(b)-3)（ix）参照。

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３０年度は、３火山でボーリング掘削調査を、４火山でトレンチ掘削調査を実施した。



写真１　有珠山でのボーリング掘削調査（左上）、雌阿寒岳での手掘りトレンチ掘削調査（右上）、阿蘇山での重機トレンチ掘削調査（下）の様子。

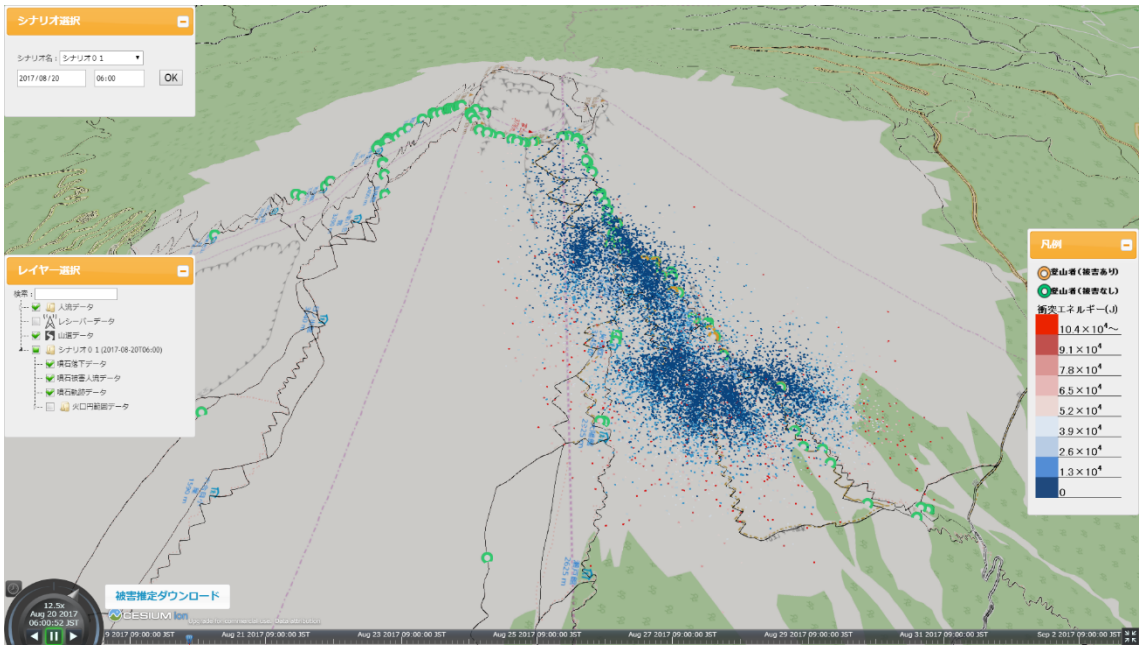


図１　富士山における Ballista による仮想噴石シミュレーションデータと富士山チャレンジ（課題 D3 から提供）による登山者の人流データとの重ね合わせによるリスク評価事例。緑色が各登山者を示し、落下した噴石と同じメッシュ内にいる登山者を黄色い円で示す。青～赤の点が個々の噴石の落下地点を示す。

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。また、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。

これは、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、霧島山・御嶽山のように長期間活動が低下している火山に対してはもちろん、多くの火山での噴火事例の観測データが不足しており、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のが現状である。さらに地球物理学的観測は、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ろう。

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 3 年目にあたる平成 30 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 30 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、来るべき令和元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。

グラビア i
はじめに iv
目次 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統樹の作成 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 155
４．活動報告
４.１　会議録 194
４.２　対外的発表 195
５．むすび 226

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－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究所	主任研究員	東宮　昭彦	
	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学研究院	教授	中川　光弘	３．２
	准教授	栗谷　豪	
	助教	吉村　俊平	
	技術職員	松本　亜希子	
	博士研究員	足立　佳子	
国立大学法人秋田大学国際資源学部	教授	大場　司	
国立大学法人秋田大学教育文化学部	教授	林　信太郎	
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	
国立大学法人熊本大学大学院先端科学研究部	准教授	宮縁　育夫	
国立研究開発法人産業技術総合研究所	副研究部門長	伊藤　順一	
	主幹研究員	山元　孝広	
	研究グループ長	下司　信夫	
	研究グループ長	石塚　吉浩	
	研究員	山崎　誠子	
	研究員	草野　有紀	
	研究員	南　裕介	

	主任研究員	及川　輝樹	
	主任研究員	古川　竜太	
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	長井　雅史	
国立大学法人筑波大学大学院生命環境科学研究科	教授	荒川　洋二	
国立大学法人富山大学大学院理工学教育学部	教授	石崎　泰男	
国立大学法人山口大学大学院創成科学研究科	准教授	太田　岳洋	
国立大学法人神戸大学大学教育推進機構	助教	佐藤　鋭一	
国立研究開発法人防災科学技術研究所火山研究推進センター	副センター長	藤田　英輔	３．３
	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	入山　宙	
国立大学法人東北大学大学院理学研究科	教授	西村　太志	
	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火山噴火予知研究センター	准教授	鈴木　雄治郎	
気象庁気象研究所火山研究部	部長	山本　哲也	
	室長	徳本　哲男	
	主任研究官	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	助教	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) 平成 30 年度業務目的

(2) 平成３０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) 令和元年度業務計画案

(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地震研究所	准教授	安田　敦	yasuda@eri.-tokyo.ac.jp
	技術専門職員	外西奈津美	hokanisi@eri.u-tokyo.ac.jp
	修士１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２年	戸枝百合香	
	学部４年	大河内駿	
	学部４年	岡野百花	
	学部４年	木谷悟郎	
	学部４年	高瀬正義	
	学部４年	福島涼人	
	学部４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	上山尋暉	
国立大学法人静岡大学	准教授	石橋秀巳	ishibashi.hidemi@shizuoka.ac.jp
国立大学法人熊本大学	教授	長谷中利昭	hasenaka@kumamoto-u.ac.jp
	修士２年	川口允孝	
	修士２年	永石良太	
	修士１年	谷崎咲織	
	修士１年	十川翔太	
国立大学法人東北大学	教授	中村美千彦	michihiko.nakamura.e8@tohoku.ac.jp
国立研究開発法人産業技術総合研究所	主任研究員	東宮昭彦	a.tomiya@aist.go.jp
	主任研究員	宮城磯治	miyagi.iso14000@aist.go.jp
山梨県富士山科学研究所	主任研究員	吉本充宏	myoshi@mfri.pref.yamanashi.jp

(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行った。

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行った。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）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、該当する火山について、主としてマグマ混合から噴火に到る時間間隔を明らかにするための研究をおこなう。

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、前年度に引き続き作業をおこなう。項目（ウ）に対しては、データベースにデータの受け入れをおこなうとともに、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) 平成 30 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。項目（ウ）に対しては、メンバーで協議して機器利用と分析データの公開に関するデータポリシーを策定する。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行い、マグマ溜りの環境（温度、圧力、酸素雰囲気、含水量）を明らかにするとともに、これらの火山でのマグマの上昇速度の検討を開始する。また、課題 C-1 の総合推進として、研究集会を実施する。

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、必要に応じてその火山噴出物の分析・解析も実施する。

(2) 平成 30 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、熱力学温度計の計算と図化機能の整備を行った。項目(ウ)に対しては、公開するデータ項目を分析データから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、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火山噴出物を分析し、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のデータを収集した。また、熱力学計算によって個々の火山についてマグマ状態を得るためのソフトウエアを活用する環境の整備を行った。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、波長分散型 (WDS)検出器を追加し、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行い、効率的にデータ解析を行うとともに、Web 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)-v)の作業を行った。

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行った。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行った。

ii) 多数の画像の連結

電子線マイクロプローブで多数の電子線像を連続的に撮影した際に、複数画像の連結を行い１枚のパノラマ画像（図１）にまとめるスクリプトを作成した。大きなサイズの気泡など１枚の写真ではとらえられないような全体的な噴出物粒子の特徴把握に有効であり、利用例は iv)で紹介する。前年度に作成した分析点座標と分析点を含む画像の紐つけを行う機能とあわせて（ウ）のデータ保存環境の整備も兼ねている。

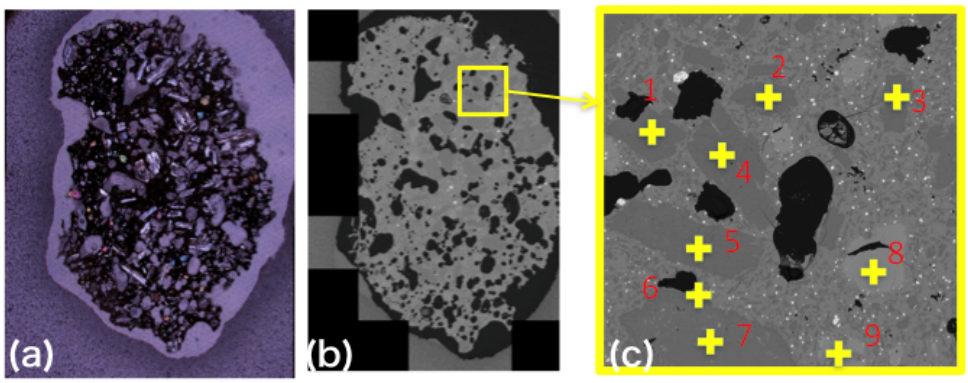


図１　パノラマ画像の例。(a)光学顕微鏡による岩石薄片の cross nicol 像。 (b) 同じ試料の反射電子線像。倍率 40 倍で撮影した画像を継ぎ目無く連結することによって、数ミリサイズの気泡や斑晶の形状が正確に把握できる。(c) 写真(b)の一部の拡大画像。個々の画像は十分な空間分解能（１ピクセルの大きさが約２ミクロン）を有するので、定量分析を行った分析点の記録に利用できる。黄色十字線と数字は、定量分析点位置を、反射電子線像に重ね書きしたもので、反射電子線像と定量分析を連続して実施した場合には、このような分析点の記録画像が自動的に作成される。

iii) スライドマップの作成と画像のデータベース化

分析データを適切に保存し、後年においてもデータの利用が適宜行えるようにするために、電子線画像と薄片上の位置情報の紐つけを行うスクリプトの開発を行った。具体的には、ii)で作成したパノラマ画像をインデックスとして個別の画像にアクセスしたり、個別に取得した電子線画像の位置を薄片上に投影したりする（図２）。データアクセスの利便性を考慮し、 web ブラウザで閲覧するようにデータインデックスを生成するスクリプトを作成した。これにより、保存データとしての質を大きく向上させることができた。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。

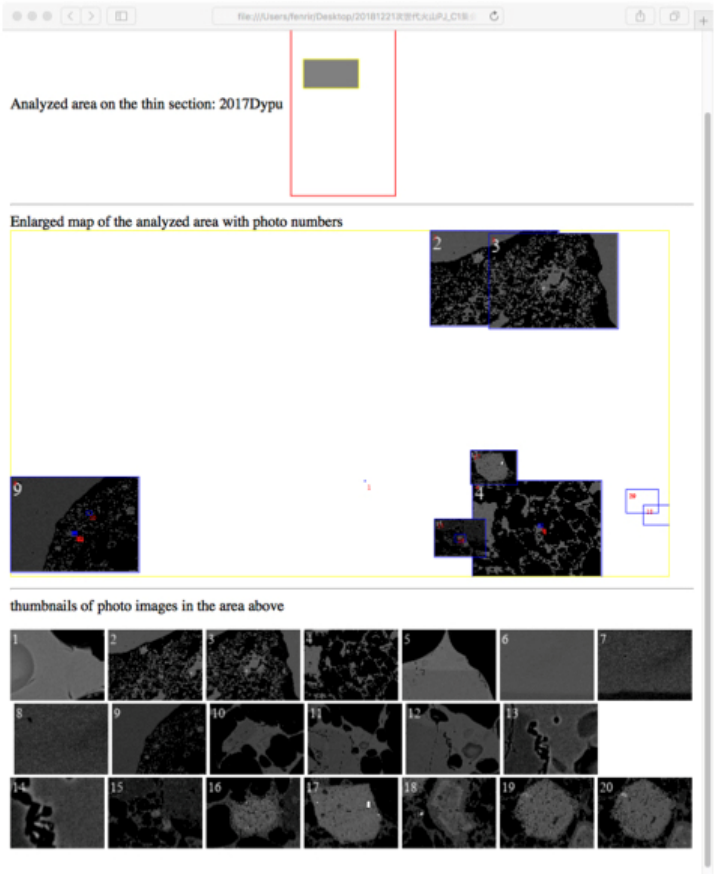


図２　Web 閲覧用のデータインデックスの例。画面上部に薄片内部での画像撮影範囲を表示。画面中部には画像撮影範囲内での各画像の撮影場所を表示（一部は画像のサムネイルを表示）、画面下部には撮影した個別の画像を一定サイズで表示するとともに、拡大画像を別ページで表示するためのリンクを付け加えている。

iv)反射電子線像の自動処理による火砕物の特徴量抽出

噴火の特徴を火山噴出物の電子線像解析から迅速に捉えることができるよう、様々な特徴量を抽出するスクリプトを作成した。気泡量、気泡サイズ分布、石基の結晶度などの諸量は、マグマの上昇速度や破砕深度などを反映して変化すると考えられており、これらを画像から定量的に読み出すことによって、噴火の特徴や推移の把握に役立てられる(図３)。

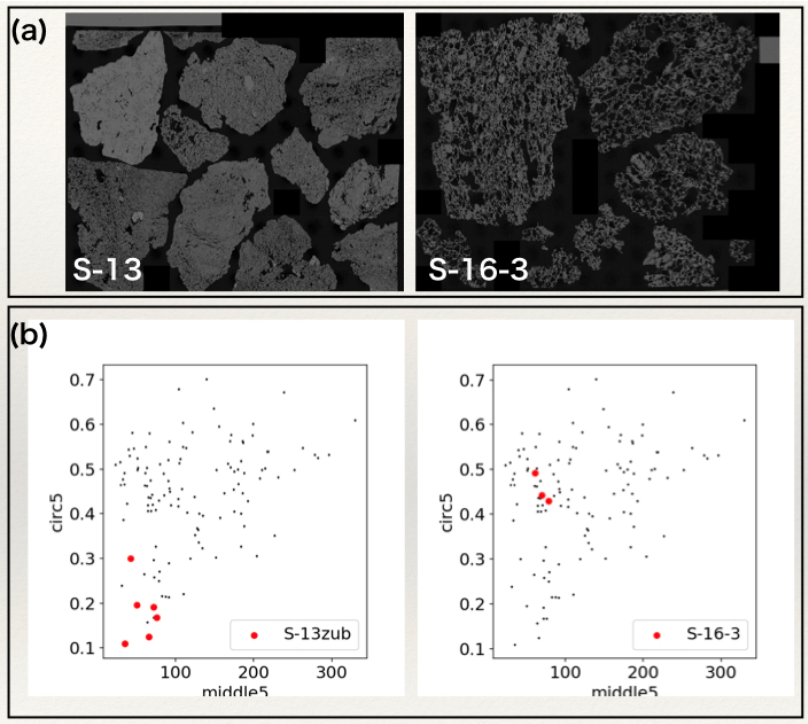


図３　特徴量抽出の例。新富士火山の S シリーズと呼ばれる降下火砕物 17 枚を分析し、その中で S-13 砂沢噴火の噴出物と S-16-3 噴火の噴出物をとりだしてそれらの特徴を比較している。(a) S-13 噴火噴出物と S-16-3 噴火噴出物の反射電子線像。これらを自動解析して、(b) に特徴量抽出を行った。(b) 横軸：気泡径の中央値、縦軸：気泡の真円度。

v)熱力学温度計の整備と評価

同じデータセットを使っても、適用する熱力学温度計が異なるとマグマの温度評価も変わってしまう。使用する温度計の違いから生じるこうした「系統誤差」を防ぐため、本プロジェクトでは分析から温度評価までを自動的に行うシステムを構築している。ただし、どの温度計がより正確かについては、この分野での評価が定まっていないこともあり、一つの温度計に絞って利用環境を整備するのでは無く、比較的よく用いられている複数の温度計を使って、それらの結果を一望して比較できるようグラフ化して表示する機能を設けている（図４）。例えば、磁鉄鉱とイルメナイトの平衡を用いて温度を計算する手法としては ILMAT(Lepage, 2003)[1]と QUILF(Anderson et al., 1993)[2]という２つのプログラムが普及しているが、両者の指示温度は微妙に異なる。鉱物の分析値の同じセットを２つの計算方法で温度に換算すると、およそ 900℃あたりでは２つの方法で求められた温度には差がないが、それより低温になるに従って、ILMAT のほうが高温の評価を与える。こうした作業に伴い、個々の温度計の性質や適用上の注意点などが明らかになってきている。

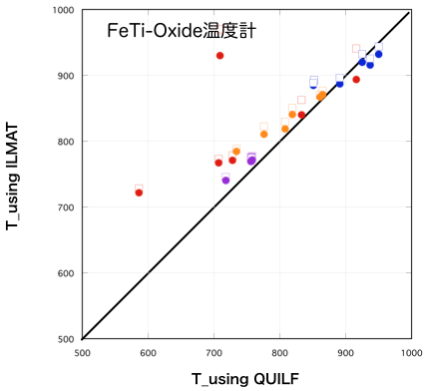


図４　熱力学温度計の計算値の比較例。点の色は試料を採取した火山噴火の違いを表し、系の全岩組成が異なる。

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）

装置利用者および課題参加者と協議して、「次世代火山研究・人材育成プロジェクトにおける岩石・鉱物分析データの取り扱いに関する基本方針（データポリシー）」を策定した。このデータポリシーは、分析・解析データの公開内容とデータの著作権について定めたもので、今後、次世代火山研究プロジェクトが生産する火山噴出物の分析・解析データが有効利用される仕組みを立ち上げるとともに、プロジェクト外部の火山研究者にも分析装置の利用を公開する際のルールとなるものである。

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（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。有珠火山の歴史時代の活動は、1 万年以上という長い休止期間の後、1663 年の大規模噴火（プリニー式；流紋岩質マグマ）で始まり、以後数十年おきに爆発的噴火（典型的には、準プリニー式噴火、火砕流噴火、溶岩ドーム形成；デイサイト質マグマ）を繰り返している（曽屋・他, 2007[3]; Goto et al., 2019[4] など）。

2018 年度は、最も新しい 2000 年噴火の噴出物（デイサイト質軽石 Us-2000pm; 東宮・宮城, 2002）[5]について、噴火直前のマグマ溜まりの温度・圧力（深さ）・含水量等を実験岩石学的に推定することを行った。この手法では、高温高圧実験装置によって実際のマグマ溜まりと同様の温度・圧力において試料（岩石粉末＋水）を融解・相平衡させたのち、試料を急冷・回収する（例えば Tomiya et al., 2010）[6]。高温高圧下で実験産物中に晶出した結晶は天然の岩石試料では斑晶に相当し、実験産物中で融解していた部分（ガラスとして回収される）は天然試料では石基に相当する。実験の温度・圧力等が実際のマグマ溜まりと同じであれば、実験産物中の結晶は天然試料中の斑晶と同じ相と化学組成を再現し、また実験産物中のガラスの組成は天然試料の石基組成と一致するはずである。このようにして、さまざまな条件で実験を行い、実験産物と天然試料を比較することで、マグマ溜まりの温度・圧力を推定できる。有珠火山 2000 年噴出物に関する高温高圧岩石融解相平

衡実験は、東宮（2002）[7] や Suzuki et al.（2007）[8] によって行われている。しかし、マグマ溜まりの温度・圧力条件はうまく制約できていなかった。そこで、これら実験結果を再検討し、追加実験も行った。

今回得られた解析結果をもとに作成した、有珠火山 2000 年噴出物（デイサイト）の相図を図５に示す。これにより、有珠火山 2000 年噴火直前のマグマ溜まりの圧力・温度は約 100～125MPa （深さ４～５km 程度）・ 900～930℃、含水量は４wt.%程度と推定された（水に飽和していることを仮定）。得られたマグマ溜まりの深さは、2000 年噴火当時の様々な地球物理学的観測結果とも整合的である。

これらの成果は、2018 年９月の火山学会秋季大会において学会発表した（大西・東宮，2018）[9]。

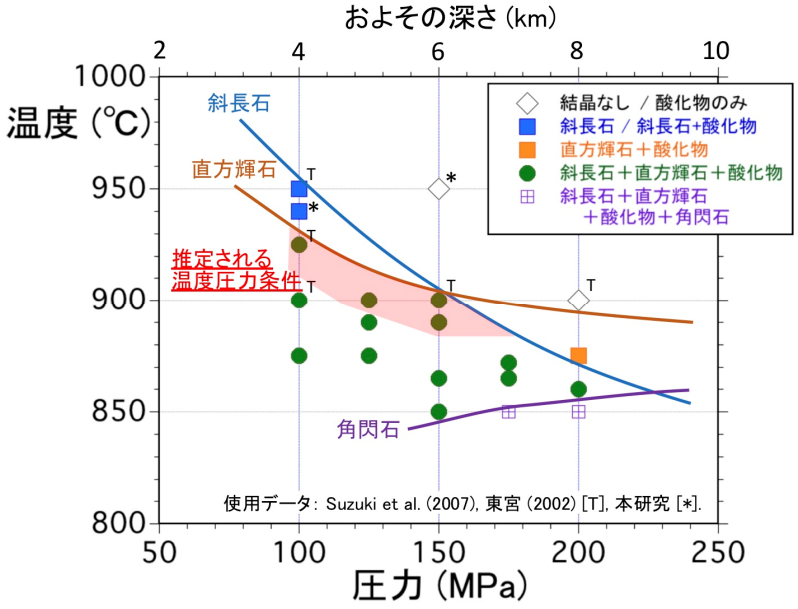


図５　高温高圧岩石融解相平衡実験の結果をもとに作成した有珠火山 2000 年噴出物(デイサイト）の相平衡図。2000 年噴火直前のマグマ溜まりの圧力・温度は、約 100～125MPa （深さ４～５km 程度）・ 900～930℃と推定される。

ii）榛名山（早稲田大学）

榛名火山新期活動と、前年度までの研究状況：新期の活動（45ka～）は、古期の活動後、約 20 万年間の休止期を経て開始した（下司・竹内，2012）[10]。４万５千年前の榛名カルデラを形成する爆発的噴火の後、１万年前までの間に、榛名富士・蛇ヶ岳、相馬山、水沢山の溶岩ドームが生成した。最新の活動は二ツ岳の２回の爆発的噴火・溶岩ドーム形成噴火である。それらは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）[12]を除き存在していなかった。さらに新期噴出物の全岩組成は下司・竹内（2012）[10]や高橋・他（2016）[13]が報告したが、噴火毎・火山体毎の特徴は理解されているとはいえなかった。

H29 年度までは 45～10ka の溶岩を検討した。その結果、この時期にも、二ツ岳伊香保噴火と同様に、マッシュ状珪長質マグマが活動していたこと、それが高温マグマと混合、もしくは高温マグマに加熱されることで噴火に至ったことが判明した。珪長質マグマの含有する鉱物は､45～10ka で斜長石＋斜方輝石＋角閃石＋Fe-Ti 酸化物＋石英であるのに対し、二ツ岳伊香保噴火では石英が存在しない。このことは珪長質マグマのバルクの SiO_2 含有量が、二ツ岳伊香保噴火で相対的に低いこととも調和的であった。これに対し、高温マグマのバルク組成の新期の活動を通じた変化は不明であったので、これを H30 年度の課題の一つにした。また、未着手であった榛名カルデラ形成噴火と二ツ岳渋川噴火について、網羅的に野外調査・サンプリングを実施することを H30 年度の別の課題とした。合計 17 日間の野外調査を実施した。

二ツ岳渋川噴火：既報の露頭に加え、研究代表者が新たに発見した露頭や、研究協力者から紹介された露頭も含め、合計 18 露頭を調査した（図６）。そのうち９露頭にてサンプルを採取した。早田（1989）[14]は、二ツ岳渋川噴火は、水蒸気マグマ噴火で始まり、水蒸気爆発を挟みつつ火砕流の発生を繰り返し、終期に無層理の厚い火砕流堆積物を発生させる活動があったとした。この研究においては、無層理の厚い火砕流堆積物は二ツ岳の東麓～北東麓のみに分布するとされていた。下司・大石（2011）[11]の年代測定により南東麓の榛名白川沿いにも無層理の厚い火砕流堆積物の存在が確認されたので、この地域の露頭も検討した。

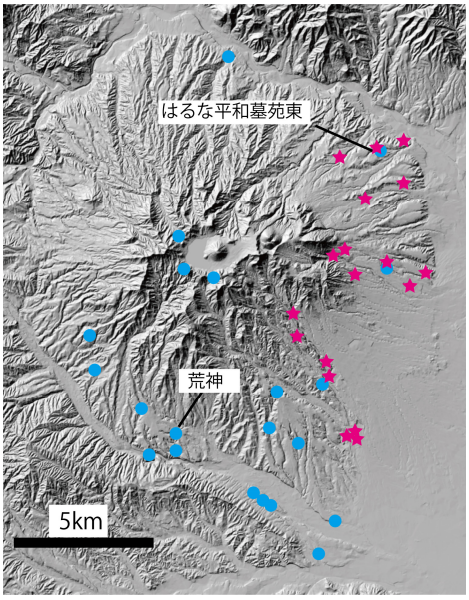


図６　調査地点

９露頭は、A)ブロック・アンド・アッシュ・フロー主体で火山灰を一部挟在させる露頭と、B）細粒火砕物（火山灰～火山礫）の露頭、に分類される。前者が河谷に近い箇所に、後者が離れた箇所に分布する。細粒火砕物の露頭については、合計３箇所で基底部を確認することができた。ブロック・アンド・アッシュ・フローのブロック（軽石状）や、細粒火砕物露頭の火山礫サイズの軽石は、双方とも、白色・灰色・縞状の色彩を呈していた。

火山礫～ブロックサイズの軽石、合計44個の全岩組成はSiO_2=60.6～61.9 wt.%にある(45ka～10kaの溶岩に比べ狭い範囲に集中；図７）。また軽石の色彩・露頭・層位による系統差はない。斑晶組み合わせは、斜長石＋斜方輝石＋角閃石＋Fe-Ti 酸化物であり、斑晶の体積比が高い。全ての斑晶種は集斑晶で共存するので、それらは同一のマッシュ状珪長質マグマからもたらされたといえる。斑晶の組織より、珪長質マグマは噴出前に高温マグマの影響を受けたことが推定された。ブロック・アンド・アッシュ・フローの露頭と細粒火砕物の露頭との間で、本質物質の岩石学的特徴は全く同じである。このことは２種類の堆積物が、共通の火砕流から同時に生成したことを示唆する。雲仙普賢岳の噴火では、流走する火砕流内部での密度成層の発達や、その結果生じる火砕物の層相の側方変化が議論された（Fujii and Nakada,1999）[15]。

榛名カルデラ形成噴火：白川火砕流堆積物（広義）と八崎降下軽石を噴出した。大石・他（2011）[16]は斜長石の屈折率に基づき、火砕流堆積物を、白川火砕流堆積物（狭義）と里見火砕流堆積物に分類した。H30年度の調査では、既報で記載のある20露頭（うち八崎降下軽石１露頭）を調査し（図６）、そのうち12露頭（八崎降下軽石を含む）にてサンプルを採取した。火砕流堆積物については、大多数の地点において、植生やその他の理由により、一部の層準でしか堆積物を観察することができない。例外は、基底と最上部を含む多くの層準を観察することのできる、火山体南麓の荒神露頭（図６）である。H30年度は、白川火砕流堆積物（広義）の本質軽石を検討した。軽石には白色に加え灰色のものも確認された。合計55個の軽石の全岩化学組成分析を行ったところ、SiO_2=61.9～66.3 wt.%であった。また軽石の色彩・露頭・層位による系統差は確認されなかった。斑晶組み合わせは、斜長石＋斜方輝石＋角閃石＋カミングトン閃石＋石英＋Fe-Ti 酸化物であり、斑晶の体積比は高い。二ツ岳渋川噴火と同様の理由により、斑晶は全てマッシュ状珪長質マグマからもたらされたものである。また同様に、噴火の誘発において高温マグマが関与したことも推定された。さらに上記の岩石学的データにより、白川火砕流堆積物（狭義）と里見火砕流堆積物とを、互いに区別することはできないことも明らかになった。

北東麓、はるな平和墓苑東方（図６）にて発見した火砕流堆積物：二ツ岳渋川噴火の堆積物の下位に存在し、白川火砕流堆積物（広義）と岩相が類似していた。上部は侵食を受けているが、コンパクトな露頭であるために基底部から連続観察が可能で、構成粒子の粒径等の岩相変化もある。そのため、この火砕流堆積物の起源を層序学的に検討した。火砕流堆積物の上位約1.8mにバブルウォール型ガラス含む層準を確認した。ガラスの組成は姶良Tn火山灰（29 ka）の報告値と一致した。姶良Tn火山灰の直上でAs-BP(浅間板鼻褐色軽石；20-25ka)も確認した。姶良Tn火山灰から火砕流堆積物最上部までの層厚は、火山体南麓の高崎市十文字付近での結果（下司・竹内, 2012）[10]とも似ている。以上のことから、この火砕流堆積物を白川火砕流（広義）と結論づけた。この露頭の本質軽石は変質が顕著で斜長石が消滅していたが、斜方輝石＋角閃石＋Fe-Ti 酸化物＋石英といった白川火砕流堆積物（広義）と共通する斑晶を確認した。前述の荒神露頭の検討により、榛名カルデラ噴火について噴出マグマの時間変化を確認した場合には、その裏付けを取るのに、この露頭を活用できる可能性がある。

45～10ka 噴火の溶岩に含まれる暗色包有物：榛名富士・水沢山の溶岩４サンプルに確

認された。暗色包有物には様々な成因がある。この暗色包有物については、高温マグマから形成された苦鉄質包有物であることが、ホストより未分化なバルク組成（SiO_2=50.9～55.1 wt.%）や、カンラン石斑晶の存在などにより確認された。またマッシュ状珪長質マグマに由来する結晶が含有されていることや、その体積比に応じて暗色包有物のバルク組成が系統的に変化することも明らかになった。

まとめと今後の課題：二ツ岳渋川噴火の本質軽石の組成は、二ツ岳伊香保噴火における珪長質端成分マグマの組成と非常に良く似ている（図７）。２噴火が 50～100 年以内に起きたことを考慮すると、２噴火の珪長質マグマは、マグマ供給系の全く同一の領域に起源を持つ可能性が高い。これが正しいとすると、二ツ岳渋川噴火の本質軽石は、珪長質マグマが高温マグマに加熱され発生したか、もしマグマ混合が発生していれば高温マグマの混合比は非常に低かったということになる。これは二ツ岳伊香保噴火において、高温マグマの混合の顕著な灰色軽石や溶岩（～58 wt.% SiO_2 ；図７）が噴出していることと対象的である。二ツ岳における２度の爆発的噴火は、二ツ岳伊香保噴火でプリニー式噴火、二ツ岳渋川噴火でスフリエール型の火砕流発生というように、様式が異なり、また噴出物の総量は伊香保噴火が２倍程度大きい（山元, 2013）[17]。今後、斑晶鉱物組成の分析により、50～100 年間のマグマ供給系の進化を調べる。Suzuki and Nakada（2007）[12]は、伊香保噴火の噴出物について、珪長質マグマー高温マグマの相互作用は伊香保噴火の直前に起きたと考えた。しかし今後、斑晶鉱物の元素拡散記録を解読することで、伊香保噴火の産物に記録された相互作用の発生時期を決定し、50～100 年前の渋川噴火との時間的関係も考える。

H30 年度の研究により、二ツ岳渋川火砕流堆積物と白川火砕流堆積物（広義）の本質軽石は、全岩組成により区別が可能であることが初めて分かった。45～10ka 噴火の溶岩の暗色包有物のうち、マッシュ由来の結晶の影響のないものの組成は SiO_2=50.9～52.8 wt.%であり、それは Suzuki and Nakada(2007)[12]が二ツ岳伊香保噴火に対して推定した高温マグマの組成（SiO_2=51.4～52.7 wt.%）とほぼ一致する。約５万年に渡り、供給されている高温マグマの組成に大きな変化がなかった可能性を示唆する。

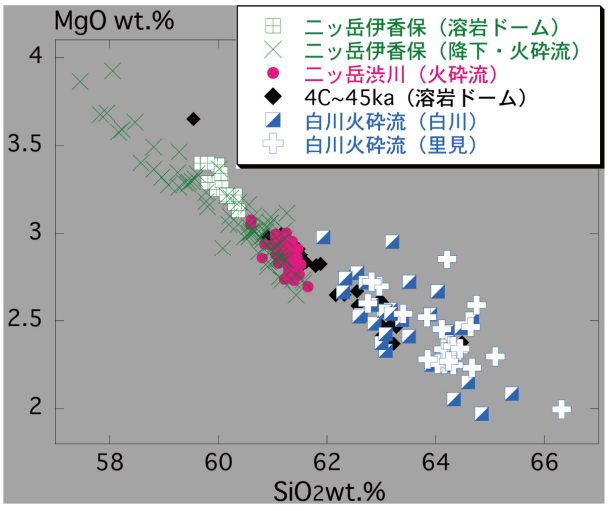


図７　新期榛名火山の噴出物の全岩化学組成

マッシュ状の珪長質マグマに高温マグマが供給され、噴火が誘発されるという現象は、過去約５万年に渡り継続的に起きている。Suzuki and Nakada (2007)[12]は二ツ岳伊香保噴火について、粘性の低下した混合マグマ・加熱された珪長質マグマが、そうでない元のマッシュ状珪長質マグマ本体よりも先に噴出したことを発見した。二ツ岳渋川噴火や榛名カルデラ噴火に関しても､基底部から上位層に向けて連続的に観察できる露頭の試料を(火山灰を含め)を丹念に解析し､似たような時間変化があるのかを確認していく必要がある。

謝辞：大石雅之博士と早田勉博士には、いくつかの重要な露頭を、ご案内いただいた。

iii) 富士山

（ア）富士山宝永噴火の斑レイ岩に見られるカタクレ―サイト状組織の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。これらの斑レイ岩には、粒間にガラスが見られるものもあり、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。本研究では、この宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩300 試料程度について薄片を作製し、その岩石組織観察を行った。その結果、ごく少数ではあるが明瞭なカタクレ―サイト状組織を伴う斑レイ岩捕獲岩を発見した。

本研究の斑レイ岩捕獲岩には、カタクレ―サイト化の程度にバリエーションが見られ、試料全体が破砕しているものから、試料を横切る割れ目に沿う一部分だけ破砕しているものまで確認できる。未破砕部の岩石学的特徴は、通常の斑レイ岩試料と同様であるのに対し、破砕した細粒部では斜長石にキンクバンドやジグソー状の割れ目が見られた。更に、鉱物粒子中に広がる割れ目には、発泡した流紋岩質ガラスが見られることがあり、加えてこのガラスとオリビンの境界には細粒の輝石が形成されていた。この組織は、斑レイ岩の変形の過程で流紋岩質メルトが流入し、鉱物の破砕と同時にメルトとの化学反応も進んでいたことを示唆する。流紋岩質メルトの化学組成は、田中・他 (2016)[18]で報告した斜長石中の流紋岩質メルト包有物の化学組成と一致し、宝永噴火のマグマとは組成が異なる。カタクレ―サイト中に含まれる Fe-Ti 酸化物から見積もられた温度はおよそ 790℃で、他の斑レイ岩捕獲岩と同程度の温度であり、かつ含水の流紋岩質メルトが安定に存在できる温度である。一方でこの温度は、テクトニックな地震が発生する一般的な温度(＜～350℃)よりも高温である。この温度と粒間メルトの化学組成から見積もったメルト含水量は約8wt.%であり、その H_2O 飽和深度は約 11 kmである。この深さは、富士山の地下で低周波微動の発生する領域の最浅部と概ね一致する。また、2011 年３月 15 日に発生した静岡県東部地震の余震域の深さとも同等である。静岡県東部地震の余震域は北東-南西方向の走行を持っており(Fujita et al.,2013)[19]、その北東端は宝永火口直下に位置する。

カタクレ―サイトは一般に、断層運動に伴うせん断によって岩石が脆性破砕することで形成されると考えられている。この考えに基づくと、本研究の結果は、富士山地下でマグマ供給系と断層が互いに切り合っている可能性を示唆する。一方で、この斑レイ岩について見積もられた平衡温度で脆性破壊がおこるためには、通常のテクトニック地震に比べて大きい歪応力が必要と考えられ、テクトニックな断層でこれを実現できるかには疑問が残る。カタクレ―サイトを形成した断層の実態については、今後の継続研究での鉱物化学

組成分析と岩石組織解析によって検討を試みる。以上の成果は、JpGU Meeting 2019 で学会発表予定である。

（イ）斑レイ岩試料の分析による玄武岩質マグマ溜まり環境とマグマの上昇速度の推定（東京大学・山梨県富士山科学研究所）

協力機関である山梨県富士山科学研究所と共同で富士山の焼野西丸尾溶岩流中に捕獲された斑れい岩試料の分析を行い、火山体の地下でマグマの滞留しやすい深度について検討した。深さ数 km 以浅にマグマが結晶化している場がある一方、深部マグマ溜まり近くの深さ 10km から 16 km あたりの複数箇所にもマグマが滞留する場があることがわかった。前者は噴火時に形成された岩脈、後者は深部マグマ溜まりから一旦上昇を開始したものの噴火には至らなかった噴火未遂マグマの存在する場であると考えられる。斑レイ岩が上昇するマグマに取り込まれて地表に現れる条件の計算から、マグマの上昇速度は毎時十数 m を下回らないことが明らかになった。

iv）伊豆大島:伊豆大島 1986 年噴火の玄武岩質安山岩メルトの減圧結晶作用シミュレーション（静岡大学）

伊豆大島 1986 年噴火では、三原山山頂火口（A 火口）と、カルデラ床および外輪山北麓に新しく開いた割れ目火口（B・C 火口）からマグマが噴出したが、A 火口噴火は比較的穏やかなストロンボリ式噴火であったのに対し、B 火口噴火は激しいサブプリニー式噴火であった（A および B 火口からそれぞれ噴出したマグマを A および B マグマと呼称する）。A および B マグマは互いに似た玄武岩質安山岩質の全石基化学組成を有するが、一方で A マグマはマイクロライトに乏しく、B マグマはマイクロライトに富むという違いが見られる。近年の研究では、減圧結晶作用で形成するマイクロライトが火道上昇中のマグマのレオロジーに強い影響を及ぼし、その結果として苦鉄質マグマの破砕がおこり、爆発的噴火が引き起こされるという考えが提示されている(例えば Namiki and Tanaka, 2017[20]; Moitra et al., 2018[21])。これに基づくと、A および B マグマの噴火様式の違いは、マイクロライト結晶作用の過程違いを反映したものと考えられる。では、このマイクロライト結晶作用過程のちがいを引き起こした要因は何であろう？これを検討するため、マグマの熱力学相平衡シミュレーター“rhyolite-MELTS”(Gualda et al., 2012)[22]を用いて、B マグマの全岩化学組成を出発組成とした等温減圧結晶作用シミュレーションを行った。シミュレーションの際、出発圧力は 200MPa、fO_2 条件は Ni-NiO バッファとし、初期メルト含水量を１～４wt.%の範囲で変動させ、温度は各含水量でのリキダス温度(1132～1079℃)とした。
マイクロライト結晶作用のふるまいは温度に依存して変化し、温度低下とともに結晶作用の開始圧力、減圧に対する結晶量増加率と最終的に到達する結晶量が増加した。最終的な結晶量と温度の関係は、A および B マグマそれぞれについて、実際の噴出物の特徴と概ね一致した。また、晶出する結晶相の組み合わせ、順序、晶出量も温度に依存して変化し、その結果として、残液メルトの SiO_2 含有量が低温ほど増加する傾向がみられた。メルトの化学組成、結晶量と温度はいずれもマグマのレオロジーに強い影響を及ぼす要素である。減圧に伴うマグマの粘性率変化を見積もったところ、初期条件では各温度におけるマグマ

の粘性率の差はわずかで、より低温のマグマほど含水量が多いために低粘性であったが、結晶作用の進行とともに紺関係が逆転し、マグマの温度が低いほど粘性率が高くなり、1気圧では 1132℃と 1079℃のマグマの間で３ケタ以上の粘性率差が生じた（**グラビア 図1**）。この粘性率差が、高温の A マグマと低温の B マグマの間での噴火様式の違いを生んだ原因であると考えられる。本研究のシミュレーション結果では、最も低温の場合でも、マイクロライト量が増加する圧力はおよそ 30MPa 以下であった。地殻密度を 2500kg/m^3 として静岩圧換算すると、この圧力は深さ約 1200m に相当する。本研究のシミュレーションは結晶作用のカイネティックな遅れや非平衡の効果を考慮していないので、実際の噴火の際には結晶作用の進行する圧力はより低圧側にシフトする可能性がある。したがって、火道上昇過程でマグマの物性が著しく変化するのは約 1200m よりも浅部に限られると考えられる。以上の結果は、石橋・種田(2018)[23]にまとめて公表済みである。

v) 伊豆東部火山群：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(静岡大学)

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る（大室山を形成した噴火を“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ると考えられ、したがってその噴出物中の斑晶は、形成初期のマグマ供給系の情報を有すると期待できる。そこで、大室山噴火の噴出物に含まれるメルト包有物とそのホスト斑晶鉱物について組織観察・化学組成分析を行い、この単成火山のマグマ供給システムについて検討した。

大室山噴火の噴出物中の斑晶はオリビン・斜長石と微量の石英からなり、輝石・磁鉄鉱斑晶はみられない。オリビン斑晶のほとんどはリム付近を除いて均質であり、リム付近ではノーマルゾーニングを示す。斜長石斑晶のほとんどはコアとリムの間に汚濁帯を持ち、リムはコアよりも An 成分に富む。斜長石コアは清澄なものから蜂の巣状のものまであり、融食構造をしばしば示す。石英は融食構造を示し、石基との境界は輝石で囲まれている。オリビンと斜長石はともに、コア部分にメルト包有物を含む。石基は、オリビン・斜長石の微斑晶と、その間を埋めるマトリクスから構成され、マトリクスはほぼガラス質のものから輝石･斜長石のマイクロライトに富むものまでバリエーションがみられる。オリビン・斜長石の微斑晶はともに粒内で均質であり、斜長石斑晶のリムと微斑晶の組成は同じである。オリビン中のメルト包有物は玄武岩質安山岩～安山岩質組成を示し、安山岩質メルト組成は石基ガラスとほぼ同等である。これに対し、斜長石中のメルト包有物のほとんどが流紋岩質であるが、一部のものは安山岩質までバリエーションを示す。このバリエーションは、流紋岩質組成と石基メルト(安山岩質)組成を端成分とする混合で説明できる。加えて、ホスト斜長石の FeO と K_2O 量から見積もられたメルト組成は、流紋岩質メルト包有物組成と概ね一致することから､斜長石中のメルト包有物に見られる組成バリエーションは、もともと斜長石中に包有物として含まれていた流紋岩質メルトと、割れ目等を通して浸透した石基メルトとの混合によると考えられる。

本研究の結果は、大室山噴火の発生前から、その地下には流紋岩質メルトが存在してい

た可能性を示唆する。東伊豆単成火山群ではじめて珪長質マグマが噴出するのは、約 3100 年前のカワゴ平噴火であり、それ以前に噴出したマグマは玄武岩質～安山岩質のものに限られる。しかし、本研究の結果は、カワゴ平噴火より約 900 年前には既に、同火山群の地下で流紋岩質メルトが存在していたらしい。ただし、カワゴ平火山で噴出した流紋岩質マグマとは岩石学的・化学的性質がやや異なっていることから、その形成過程が異なると考えられる。以上の成果は、JpGU Meeting 2019 で学会発表予定である。

vi）雲仙普賢岳（東京大学,静岡大学）

1991-1995 年噴火の噴出物の EPMA 分析を実施した。この平成噴火は、従来は２つのマグマが混合した活動と考えられていたが、角閃石組成の組成頻度分布から噴火に関与したマグマが３種類あることが明らかになった。現在、３つのマグマの混合した割合やそれぞれのマグマの温度や圧力についての検討を進めており、JpGU Meeting 2019 で発表予定である。

vii）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地質、崩壊岩石の物質科学について現地踏査、試料採集、薄片観察、全岩および鉱物化学分析を行い、岩石、鉱物学的特徴を明らかにした。当地域の K-Ar 年代測定と公表値から 30 万年～80 万年前に先阿蘇の火成活動があったことがわかった。

当地域に産出する先阿蘇火山岩類は全て安山岩組成を示し､鉱物組合せから Ol-Cpx タイプ、Ol-2Px タイプ、Ol-Hb-2Px タイプが認められた（Ol=かんらん石、Cpx=単斜輝石、2Px=単斜輝石＋直方輝石、Hb=角閃石）。本来、逆相関を示す MgO と SiO_2 の関係が成り立たない岩石グループがあった。通常の結晶分化作用で関連づけるのは難しく、多様な起源を持つマグマが活動したことが示唆された。

（イ）メルト包有物分析による阿蘇、後カルデラ期のマグマ溜り深度の推定

上米塚、往生岳のかんらん石に捕獲されたメルト包有物から未分化で硫黄に富むマグマを発見した。完新世噴出物（中岳～米塚、往生～杵島岳）のメルト包有物の大部分が、分化して硫黄に乏しいのとは異なり､深部起源のマグマの存在を示す｡これらの岩石が示す、かんらん石→単斜輝石→斜長石という晶出順序を再現するには、６wt.%近い高い含水量が必要であることがわかった。得られた含水量幅を与えて MELTS で斑晶鉱物の晶出深度を求めたところ３～９km に相当する圧力での結晶分化作用が起こったことが推定された（図８）。

この結果は電磁気探査で得られた草千里ヶ浜火口直下の C1 異常域（２～６km: Hata et al., 2016）[24]地震波および測地データから求めた草千里ヶ浜火口直下の低速度域（３～９km：Sudo and Kong,2001）[25]と整合的である。

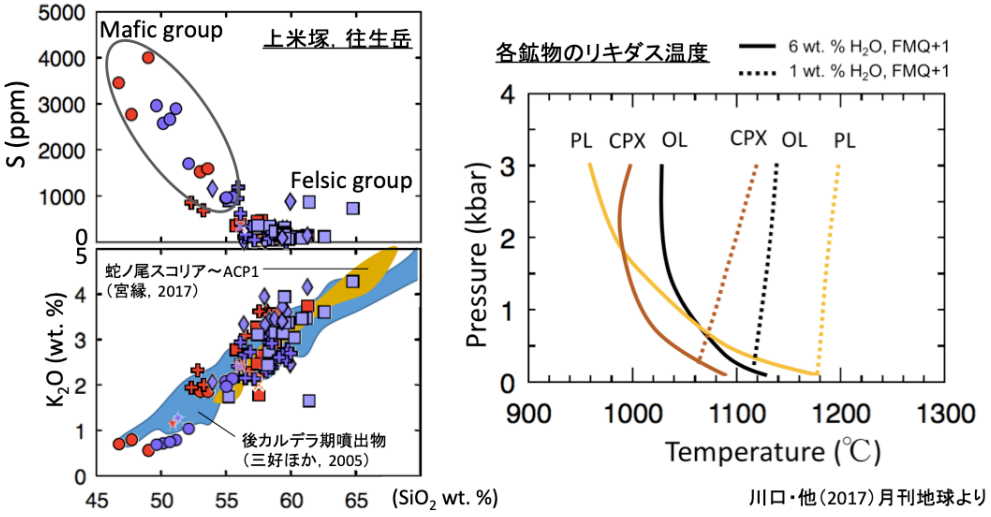


図８　左：阿蘇火山噴出物中の硫黄含有量　右：阿蘇火山噴出物中の鉱物のリキダス温度推定

（ウ）　後カルデラ期の珪長質テフラのメルト包有物組成の変遷

後カルデラ期の珪長質テフラ ACP1 から ACP4（1.0，3.0，5.1，5.4 万年前）について構成鉱物に含まれるメルト包有物およびホスト鉱物の EPMA 分析、FT-IR 分析を行い、メルト組成の変遷、他の時期のメルト組成との比較を行った（図９）。メルト包有物組成は以下の３パターンに分類できた。a）非常にばらつくタイプ（ACP1）、b）直線的なトレンドを示すタイプ、c）狭い範囲に組成が集中するタイプである。

メルト組成の変遷は概ね c）--> a）--> b)、となり、c）均質な組成で安定した珪長質マグマ溜り --> a）地下深部由来の玄武岩質マグマと浅部地殻の多様な反応 --> b)地下深部由来の玄武岩質マグマと浅部の珪長質マグマ溜りの安定した混合、と変わってきたことを示した。

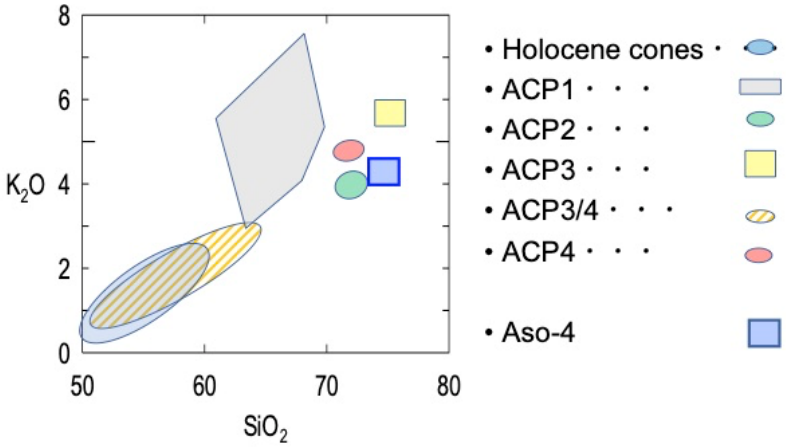


図９　メルト包有物組成の分布パターンの時間変化

viii）霧島山（新燃岳）：2017 年噴火の火山噴出物の分析（常葉大学）→ xiii)参照。

ix）桜島：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）

桜島火山で歴史時代に発生した三回のプリニー式噴火（大正・安永・文明噴火）の噴出物について、斜長石・輝石斑晶に含まれるメルト包有物の含水量を、東大地震研究所において反射法 FT-IR により分析した。その結果、含水量は 1.5～３wt%程度であり、想定されるマグマの初期含水量より明確に低かった（図 10）。これは、いずれの噴火でも、マグマがプリニー式噴火の直前に火道に相当する深さ（１～３km）まで上昇したのち、その圧力で再平衡した結果であると考えられる。実際、斜長石斑晶のメルト包有物は、形成後の明瞭な母結晶の成長が見られ、この部分とメルト組成の化学平衡（分配係数）に斜長石含水量計を適用した圧力は、メルト包有物の飽和含水量の圧力依存性から見積もった値と良く一致する。

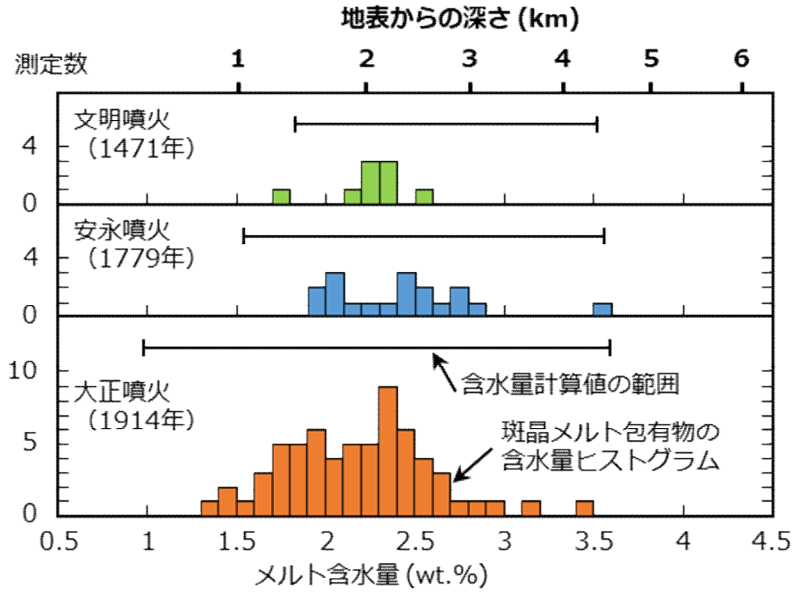


図 10　噴出物の分析から明らかにしたメルト包有物含水量の頻度分布と斜長石の化学組成から計算したメルト含水量の範囲。上側の横軸には含水量から換算した深さを示している。

この深さは姶良カルデラ直下の主要マグマ溜まり（深さ約 10 km）や桜島直下の副次的なマグマ溜まり群（深さ４～５km）よりも明瞭に浅く、噴火直前に多量のマグマが火道相当深度に上昇して来る現象が、桜島のプリニー式噴火においては繰り返し発生していることが明らかとなった（**グラビア　図２**）。この現象を“Pre-charge”と命名して、論文として発表した（Araya et al., 2019）[26]。将来、プリニー式噴火がこれまでと同様のプロセスで発生する場合は、噴火に先立って桜島直下に想定される爆発地震の発生領域に相当する部分に多量のマグマが上昇して来る可能性があり、観測によってこの前駆現象が捉えられる可能性がある。

x）諏訪之瀬島（常葉大学）

前年度に引き続き、斑晶鉱物の EPMA による分析を行った。より長期間にわたるマグマ供給系の時代変化を理解するため、前年度の試料に加えて、1884 年溶岩流、ほぼ同時期のスコリア、約４千年前および２−３万年前の軽石噴火の噴出物についても分析を進めた。

その結果、斑晶鉱物組成（斜長石、両輝石）の噴出物間の比較から、軽石噴火では著しいマグマ混合の認められる場合とほぼ珪長質端成分マグマのみが噴出する場合があることが明らかとなった。前年度の結果も踏まえて判断すると、およそ１万年前以降からマグマの含水量が徐々に低下傾向にあることが示唆された。一方で、数千年前までは混合マグマの組成差が大きく、特に珪長質側の寄与が大きかったのに対して、数千年前以降では珪長質側の寄与が減少したことが分かった（図 11）。すなわち、諏訪之瀬島火山の主要部を構成する御岳火山の数万年間の噴火史上で、An60 を下回るような斜長石を含まず、より Mg# の高い輝石を含む苦鉄質端成分組成に近いマグマが噴出するようになったのは、ちょうど現在のような断続的灰噴火活動を始めたと考えられる約４千年前以降であり、活動様式の変化とマグマ供給系の変化が同時期であったことが示唆された（分析は現在も継続中）。

2019 年度は、小規模な噴火により連続的に火山灰層を堆積させたと考えられる約４千年前以降のテフラ試料の分析を行い、より連続性の高いデータを用いてマグマ供給系の進化過程を解明する予定である。

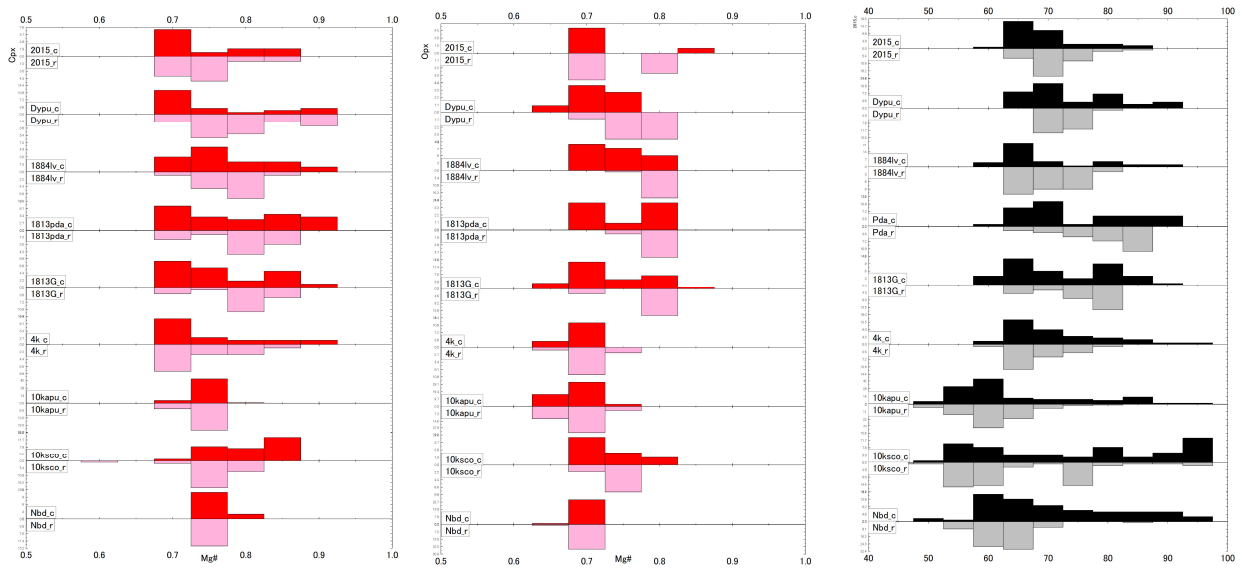


図 11　過去数万年間の代表的な諏訪之瀬島火山噴出物の輝石および斜長石の組成層序変化（左：単斜輝石 Mg#、中：斜方輝石 Mg#、右：斜長石組成 An）の層序変化（上位ほど新しい）

xi）西之島（東京大学）

突発的な噴火への対応として、2017 年西之島噴火のスコリア試料（2018 年 5 月にドローンを使って採取された 2017 年噴火の最終期のもの）の XRF による全岩組成分析と EPMA による局所分析を行った。全岩組成は、2013-15 年時の試料とほぼ同じ組成で、同一のマグマ供給源の関与が示唆される。一方、スコリア試料の石基ガラス組成は、2013-15 年時の試料と比べて SiO_2 量が高く結晶化が進行しており、マグマが温度低下していることをうかがわせるものであった（図 12）。

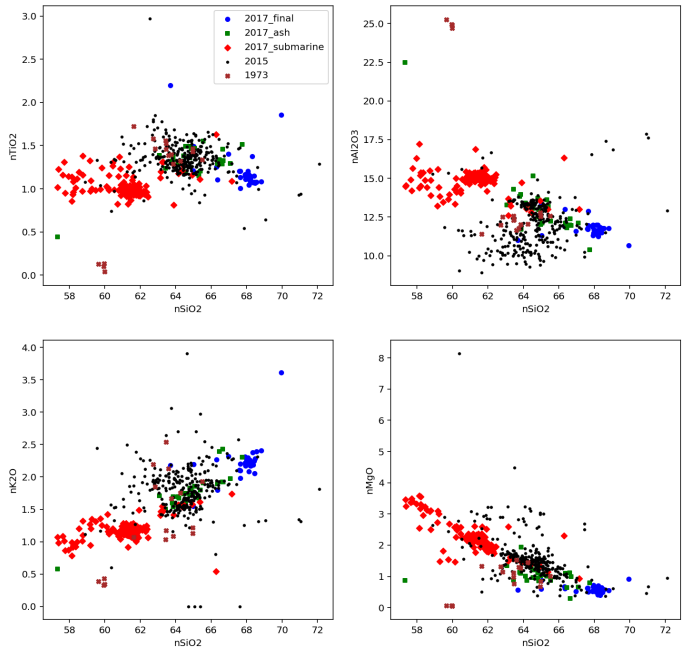


図 12　石基ガラスの組成
青色が 2018 年 5 月に採取された 2017 年噴火の最終期の試料。

xii）解析手法の検討（産業技術総合研究所）

噴火事象分岐予測手法の開発に向け、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）[22]の活用方法を継続して改良した。2018 年度は MELTS のソースコードを入手し、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」の計算を文字ユーザーインターフェースから直接制御できるようにした。従来の MELTS プログラムは X11 ウインドウシステムのグラフィックユーザーインターフェースを介して起動・終了を行なっていたため、数値の入力やメニュー選択などを擬似的に再現する制御スクリプトを使用していた。そのため、計算に使用している PC の CPU の能力ではなく、X11 ウインドウシステムのボトルネックが、MELTS の計算を律速していた。今回の改良によりこのボトルネックが回避されたため、複数の CPU コアを持つ高性能な PC の能力をフルに使うことが可能になった。

中川・他（1988）[27]が記載した東北日本弧の代表的な第四紀玄武岩（12 種類）を対象に MELTS の計算を行ったところ、完了まで 8 日を要した。これは従来の計算方法と比較して約 10 倍の速さである。したがって今年度の改良により MELTS の計算は画期的に高速化されたと言える。X11 ウインドウシステムの不具合に起因するトラブルも避けることができたことも、計算の高速化に寄与した。しかしながら、若干の不具合は残されているため（分別結晶モードの計算を行うと MELTS が落ちる）、引き続きこの問題の原因究明と修正を行う必要がある。中川・他（1988）[27]による東北日本弧の代表的な第四紀玄武岩の計算結果を、温度・圧力平面上に等高線図に描いた（図 13）。ほぼシリカ濃度が同じ（～50wt.%SiO_2）玄武岩質メルトのチタン濃度の温度圧力依存性が、東北日本弧のフロント側から背弧側にかけ

て、系統的に変化していることが示された(図 13)。具体的には、メルトのチタン濃度が高まる圧力がフロント側の火山では高く、背弧側の火山では低い。これらの等高線図と、描画に用いた数値データのテキストファイルを 107881 個のハイパーテキストで相互リンクさせたものを、Nakagawa1988.dmg という名称のアーカイブにとりまとめた。このアーカイブファイルの容量は大きいので(46GB)、もし適切な配布方法があれば、提供を検討する。

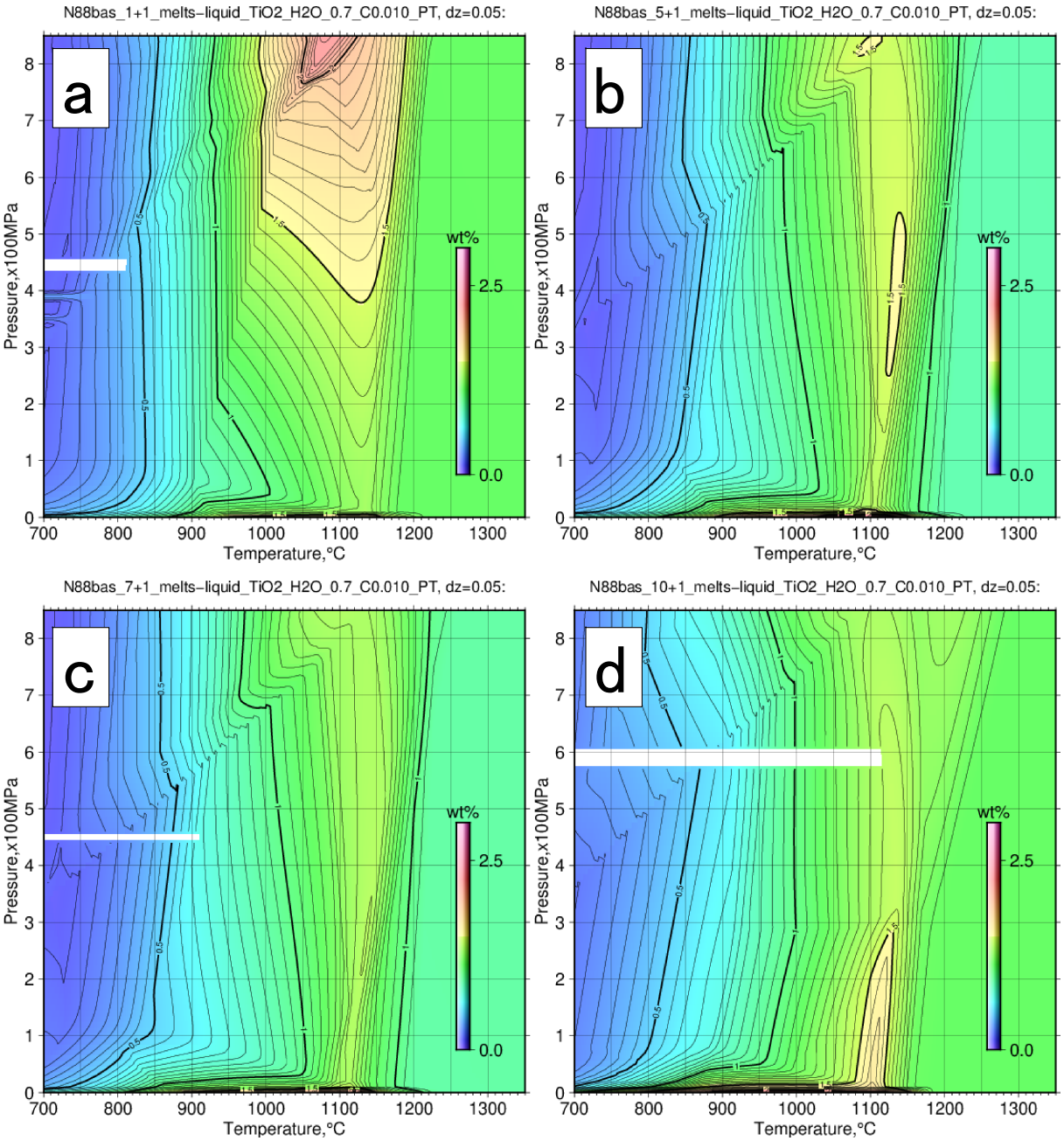


図 13　中川・他(1988)[27]による東北日本弧の代表的な第四紀玄武岩メルトのチタン濃度の温度圧力依存性。a:青麻火山(霜鳥・他, 1983)[28]、b:岩手山(石川・他, 1984)[29]、c:南蔵王火山(酒寄・他, 1984)[30]、d:目潟火山(Yoshida and Aoki, 1984)[31]について結果を示す。全岩含水量は 0.7wt%、酸素分圧は FMQ+1 ログユニットに設定した。縦軸は圧力（x100MPa）、横軸は温度（℃）である。

xiii）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行った。桜島の火山灰については、粒径分離を行って測色測定を行い、データの蓄積を進めた。

また、比較的粗粒な粒径（500-250μ）の測色値と肉眼鑑定に基づく粒子構成比の関係から、主要構成粒子種については、迅速なデータ取得が可能な分光測色分析によって構成比が推定できることを示した（図 14）。なお、今年度は前年度終盤に発生した霧島新燃岳の噴火による噴出物についても同様な解析を行った（火山学会秋季大会で発表、詳細な解析は継続中）。

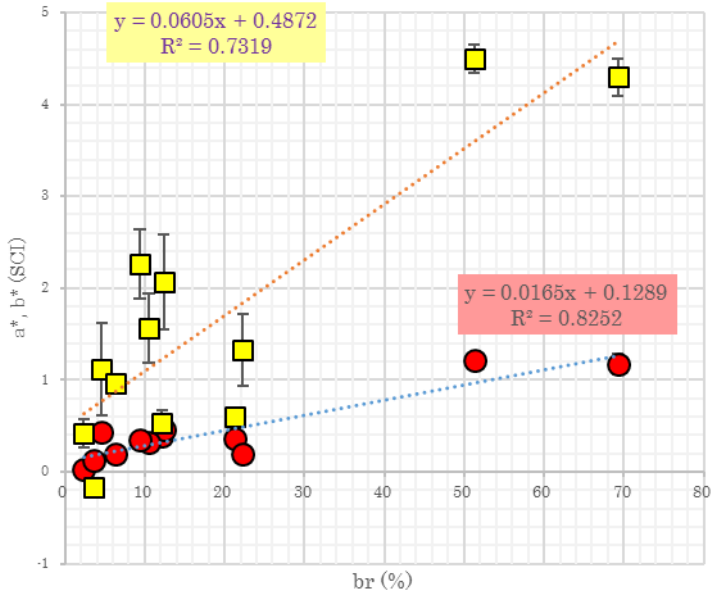


図 14　測色値と粒子比率の関係（br：褐色ガラス質発泡粒子；赤丸:a*値、黄四角:b*値）

(c) 結論ならびに今後の課題

平成 30 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、生産した分析データを活用するためのデータベース化に向けた取り組みを行っていく。調査対象とした 11 火山については順調にデータが集まりつつある。また､解析手法についても検討が進んでおり、計画当初では考慮していなかったデータ解析法が噴火の推移予測に重要なことが示された。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、必要に応じて柔軟に作業内容を拡充して、より信頼性が高く迅速な事象分岐予測ができるよう手法の開発に務める。

(d) 引用文献

[1] Lepage, L.D. (2003) ILMAT: an excel worksheet for ilmenite--magnetite geothermometry and geobarometry, Computers and Geosciences, doi:10.1016/S0098-3004(03)00042-6.

[2] Andersen,D.J., Lindsley, D.H. and Davidson, P. M. (1993) QUILF: A pascal program to assess equilibria among Fe-Mg-Mn-Ti oxides, pyroxenes, olivine, and quartz, Computers and Geosciences, 19 (9), 1333-1350.
[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, 9 p.
[4] Goto, Y., Danhara, T. and Tomiya, A. (2019) Catastrophic sector collapse at Usu volcano, Hokkaido, Japan: failure of a young edifice built on soft substratum. Bulletin of Volcanology, in press.
[5] 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.
[6] Tomiya, A., Takahashi, E., Furukawa, N. and Suzuki, T (2010) Depth and evolution of a silicic magma chamber: melting experiments on a low-K rhyolite from Usu volcano, Japan. Journal of Petrology, 51: 1333-1354. https://doi.org/10.1093/petrology/egq021.
[7] 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, p.75-75.
[8] 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.
[9] 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, p.146-146.
[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] 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.
[13] 高橋 正樹・渡辺 由美子・関 慎一郎・金丸 龍夫・竹本 弘幸 (2016) 榛名火山噴出物の全岩化学組成 ― 分析データ 235 個の総括―. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 51, 179 -219.
[14] 早田 勉(1989) 6 世紀における榛名火山の 2 回の噴火とその災害. 第四紀研究, 27, 297-312.
[15] Fujii , T. and and Nakada, S. (1999) The 15 September 1991 pyroclastic flows at Unzen Volcano (Japan): A flow model for associated ash-cloud surges. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 89(1), 159-172, DOI: 10.1016/S0377-0273(98)00130-9.
[16] 大石 雅之・下司 信夫・下岡 順直 (2011) 斜長石斑晶の屈折率を用いた火山噴出物の識別－榛名火山南麓を中心に分布する噴出物を例に. 第四紀研究, 50(6), 295-308.

[17] 山元孝広（2013）栃木―茨城地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化．地質調査研究報告，64（9/10），283-288.
[18] 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．火山学会秋季大会予稿，
https://doi.org/10.18940/vsj.2016.7
[19] Fujita, E., Kozono, T., Ueda, H., Kohno, Y., Yoshioka, S., Toda, N., Kikuchi, A. and Ida, Y. (2013) Stress field change around the Mount Fuji volcano magma system caused by the Tohoku megathrust earthquake, Japan. Bull Volcanol, 75:679, DOI 10.1007/s00445-012-0679-9.
[20] Namiki, A. and Tanaka, Y. (2017) Oscillatory rheology measurements of particle and bubble-bearing fluids: Solid-like behavior of a crystal-rich basaltic magma. Geophys. Res. Lett., https://doi.org/10.1002/2017GL074845.
[21] Moitra, P., Gonnermann, H. M., Houghton, B. F. and Tiwary, C. S (2018) Fragmentation and Plinian eruption of crystallizing basaltic magma. Earth Planet. Sci. Lett., 500, 97-104.
[22] 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, Fluid-bearing Magmatic Systems. J. Petrol., 53(5), 875-890.
[23] 石橋秀巳・種田凌也（2018）苦鉄質マグマの温度が減圧結晶作用と噴火ダイナミクスに及ぼす影響：伊豆大島 1986 年噴火の玄武岩質安山岩メルトの例．静岡大学地球科学研究報告，45，55-66.
[24] Hata, M., Takakura, S., Matsushima, N., Hashimoto, T. and Utsugi, M. (2016) Crustal magma pathway beneath Aso caldera inferred from three-dimensional electrical resistivity structure. Geophysi. Res. Lett., 43(20): 10,720-10,727, http://hdl.handle.net/2115/65174.
[25] Sudo, Y. and Kong, L. (2001) Three-dimensional seismic velocity structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan. Bull. Volcanol., 63 (5), 326-344.
[26] Araya, N., Nakamura, M., Yasuda, A., Okumura, S. Sato, T. Iguchi, M., Miki, D. and Geshi, N. (2019) Shallow magma pre-charge during repeated Plinian eruptions at Sakurajima volcano, Scientific Reports,
https://doi.org/10.1038/s41598-019-38494-x.
[27] 中川光弘・霜鳥洋・吉田武義（1988）東北日本弧，第四紀玄武岩組成の水平変化．岩鉱，83，9-25.
[28] 霜鳥洋・吉田武義・青木謙一郎（1983）那須火山帯，青麻火山の地球科学的研究．東北大学核理研研報,16，301-308.
[29] 石川賢一・吉田武義・青木謙一郎（1984）那須北帯，第四紀岩手火山におけるマグマの結晶分化作用．東北大学核理研研報，17，330-345.
[30] 酒寄淳史・吉田武義・青木謙一郎（1984）那須北帯，南蔵王火山噴出物の地球科学的研究．東北大学核理研研報，17，346-355.

[31] Yoshida, T. and Aoki, K. (1984) Geochemistry of major and trace elements in the Quaternary volcanic rocks. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III, 16, 1-34.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等　（論文 12 編，発表 43 件）

著者	題名	発表先	発表年月日
Y. Nakamura,H. Ishibashi, A. Yasuda N. Hokanishi, J. Yamamoto	Ultra-magnesian olivine-bearing ultramafic lava blocks within Cenozoic accretionary sediments at Shizuoka, Japan: Implications for young, hot plume activity beneath the western Pacific Plate	Lithos, 324-325, https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.11.009, 315-324	2018
H. Ishibashi, Y. Suwa, M. Miyoshi, A. Yasuda, N. Hokanishi	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	2018
前野 深・安田 敦・中野 俊・吉本 充宏・大湊 隆雄・渡邉 篤志・金子 隆之・中田 節也・武尾 実	噴出物から探る西之島の新火山島形成プロセス	海洋理工学会誌, Vol.24,No.1, 35-44	2018
S.P. Obrochta, Y. Yokoyama, M. Yoshimoto, S. Yamamoto,Y. Miyairi, G. Nagano, A. Nakamura, K. Tsunematusu, L. Lamair, A. Hubert-Ferrari, B.C. Lougheed, N. Hokanishi,A. Yasuda, V.M.A. Heyvaert, M. De Batist, O. Fujiwara, the QuakeRecNankai Team	Mt. Fuji Holocene eruption history reconstructed from proximal lake sediments and high-density radiocarbon dating	Quaternary Science Reviews, 200,395-405	2018
石橋秀巳・種田凌也	苦鉄質マグマの温度が減圧結晶作用と噴火ダイナミクスに及ぼす影響:伊豆大島 1986 年噴火の玄武岩質安山岩メルトの例	静岡大学地球科学研究報告, 45, 55-66	2018
原田智代・飯塚毅・浜田盛久・安田敦・吉本充宏	微量元素・同位体地球化学から読み解く富士火山マグマの化学進化	月刊地球「島弧火山への沈み込んだスラブの影響（上）」, vol. 40, No. 4, 234-241	2018
ハンディニ,長谷中利昭, 柴田知之, Agung Harijoko, 森康, 渡邊公一郎	島弧マグマのモデリングー島弧横断方向におけるスラブ痕跡の変化を解読するー	月刊地球「島弧火山への沈み込んだスラブの影響（下）」, vol. 40, No. 5, 295-301	2018
N. Araya, M. Nakamura, A. Yasuda, S. Okumura, T. Sato, M. Iguchi, D. Miki, N. Geshi	Shallow magma pre-charge during repeated Plinian eruptions at Sakurajima volcano	Scientific Reports, https://doi.org/10.1038/s41598-019-38494-x	2019
A. K. Kurokawa, T. Miwa, H. Ishibashi	A simple procedure for measuring magma rheology	Journal of Disaster	2019

		Research, vol.14, No.5, in press	
F. Maeno, S. Nakada、M. Yoshimoto, T. Shimano, N. Hokanishi, A. Zaennudin, M. Iguchi	Eruption Pattern and a Long-Term Magma Discharge Rate over the Past 100 Years at Kelud Volcano, Indonesia	Journal of Disaster Research, 14, 27-39	2019
S. Nakada, F. Maeno, M. Yoshimoto, N, Hokanishi, T. Shimano, A. Zaennudin, M. Iguchi	Eruption Scenarios of Active Volcanoes in Indonesia	Journal of Disaster Research, 14, 40-50	2019
Y. Goto, A. Tomiya	Internal Structures and Growth Style of a Quaternary Subaerial Rhyodacite Cryptodome at Ogariyama, Usu Volcano, Hokkaido, Japan	Frontiers in Earth Science, 7 (66), 1-14	2019
T.Shimano, A. Yasuda, S. Nakada, M. Iguchi	Spectroscopic colorimetry of volcanic ash for monitoring and reconstructing eruption style	Cities on Volcanoes,Napoli, Italy	2018 年 9 月 2-7 日
嶋野岳人・鈴木由希・前野　深・安田　敦・三輪学央・長井雅史・中田節也	霧島火山新燃岳 2018 年 3 月の火山灰測色値変化について	火山学会 2018 年秋季大会	2018
諏訪由起子・石橋秀巳・外西奈津美・安田敦	角閃石-斜長石共存関係から探る流紋岩質単成火山のマグマだまりプロセス：伊豆カワゴ平火山の例	火山学会 2018 年秋季大会	2018
石橋秀巳・種田凌也・安田　敦・外西奈津美	苦鉄質マグマの噴火様式に及ぼす温度の影響：伊豆大島 1986 年噴火の例	火山学会 2018 年秋季大会	2018
原田智代・飯塚　毅・清水健二・牛久保孝行・浜田盛久・吉本充宏・安田　敦	斑晶鉱物から読み解く富士火山宝永噴火のマグマ進化及び噴火過程	火山学会 2018 年秋季大会	2018
安田　敦・田島靖久・嶋野岳人・金子隆之・吉本充宏・西澤文勝・藤井敏嗣	新富士火山のテフラ対比用データベースの構築について	火山学会 2018 年秋季大会	2018
長谷中利昭・十川翔太・鳥井真之・佐藤源之	南阿蘇村立野地区の先阿蘇火山岩類：阿蘇大橋崩落の地質学的要因	火山学会 2018 年秋季大会	2018
田島靖久・中田節也・長井雅史・長谷中利昭・川口允孝・宮縁育夫・前野深・及川輝樹	霧島火山，2018 年新燃岳噴火の EAI 法による火山灰堆積量	火山学会 2018 年秋季大会、P029	2018
F. Brouillet・長谷中利昭・川口允孝・西山忠男	Disequilibrium features found among Janoo scoria, Akamizu lava and ACP1 tephra, precursory event of Holocene basaltic volcanism of Aso Volcano, SW Japan	火山学会 2018 年秋季大会, P071	2018
岩橋くるみ・安田敦・石橋秀巳・外西奈津美	角閃石斑晶・クリスタルクロットを用いた雲仙平成噴火のプレ噴火過程の制約	火山学会 2018 年秋季大会	2018
川口允孝・長谷中利昭・田島靖久・安田敦・外西奈津美	霧島火山，新燃岳 2018 年噴火噴出物の岩石学的特徴	火山学会 2018 年秋季大会, P070	2018
永石良太・川口允孝・長谷中利昭・鳥井真之・安田　敦・外西奈津美	阿蘇後カルデラ期約 5 万年前のカンラン石に富む降下スコリア中の鉱物・メルト包有物組成	火山学会 2018 年秋季大会, P072	2018
種田凌也・石橋秀巳・外西奈津美・安田　敦	斜長石の組織・化学組成に及ぼす冷却速度の影響:玄武岩質メルトの動的冷却結晶化実験	火山学会 2018 年秋季大会	2018
池永有弥・前野　深・安田　敦	伊豆大島安永噴火における層序の細分化と噴火推移の再検討	火山学会 2018 年秋季大会	2018
辻原諒・小木曽哲・佐野貴司・石橋秀巳	箱根火山 60ka カルデラ形成噴火に伴う火砕流の噴火準備過程	火山学会 2018 年秋季大会	2018
大西里佳・東宮昭彦	有珠火山 2000 年噴火の噴火準備過程	火山学会 2018 年秋季大会	2018

石橋秀巳・諏訪由起子・三好雅也・安田敦・外西奈津美	Aso4 珪長質マグマ中の角閃石-ホストメルト間非平衡	日本鉱物科学会	2018
長谷中利昭・鳥井真之・十川翔太・佐藤源之	南阿蘇村立野地域の先阿蘇火山岩類:構成物から推定した火山活動の特徴	国際火山噴火史情報研究集会(2018-1), 2-42	2018
鳥井真之・北園芳人・長谷中利昭・奥野充・遠田晋次・西山賢一・横田修一郎	南阿蘇村河陽地区における 2016 年熊本地震とテフラ層との関係	国際火山噴火史情報研究集会(2018-1), 2-09	2018
鳥井真之・長谷中利昭・永石良太・遠田晋次・奥野充	テフラ層序にもとづく阿蘇カルデラの活断層と斜面崩壊の編年:熊本地震を例として	国際火山噴火史情報研究集会(2018-1), 1-34	2018
永石良太・長谷中利昭・鳥井真之・川口允孝・安田敦・外西奈津美	阿蘇・後カルデラ期の約 5 万年前のカンラン石に富む降下スコリア 層中の鉱物・メルト包有物化学組成	国際火山噴火史情報研究集会(2018-1), 1-35	2018
十川翔太・長谷中利昭・鳥井真之・森 康	南阿蘇 村立野地域の先阿蘇火山岩類:カルデラ期以降の阿蘇火山噴出物の化学組成との比較	国際火山噴火史情報研究集会(2018-1), 2-43	2018
長谷中利昭・鳥井真之・十川翔太	先阿蘇火山岩類の岩石と年代:カルデラ期への移行は何が要因となったか	国際火山噴火史情報研究集会(2018-2), 1-02	2018
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火山岩類の鉱物化学組成	国際火山噴火史情報研究集会(2018-2), 1-01	2018
永石良太・長谷中利昭・鳥井真之・安田敦・外西奈津美	阿蘇中央火口丘軽石(ACP1 - 4) 組成の時間変化	国際火山噴火史情報研究集会(2018-2), 1-03	2018
川口允孝・長谷中利昭・安田敦・外西奈津美・森康	メルト含有物からみた阿蘇火山玄武岩質マグマの噴火準備過程と揮発性成分含有量	国際火山噴火史情報研究集会(2018-2), 1-04	2018
T. Hasenaka, K. Shiihara, A. Yasuda, N. Hokanishi, Y. Mori	Pre-eruptive magmatic processes leading to Aso-4 caldera-forming eruption	SVC39-03, JpGU	2018
A. K. Kurokawa, H. Ishibashi, T. Miwa	Rheological changes of aphyric basaltic magma based on laboratory experiments of 1986 Izu-Oshima lava	SCG63-P11, JpGU	2018
Y. Nakajima, H. Ishibashi, Y. Kakihata, N. Hokanishi, K. Michibayashi, A. Yasuda	An EBSD study of plagioclase glomerocrysts in Aokigahara lava flow from Fuji volcano, Japan: Implication for their formation process	SVC39-06, JpGU	2018
Y. Suzuki, Y. Toeda, S. Kimura, R. Tanaka	Temporal changes of magmas that caused lava dome forming eruptions in Haruna volcano in past 45,000 years	SVC39-P06, JpGU	2018
Y. Suzuki, K. Taguchi, A. Yasuda	Magma plumbing system in the Yufune-2 scoria eruption, Fuji volcano-Constraints from MELTS calculations and water contents in melt inclusions-	SVC39-05, JpGU	2018
Y. Yanagida, M. Nakamura, A. Yasuda,	Hydrous magma differentiation in deep crust recorded in melt	SVC39-P02, JpGU	2018

T. Kuritani, M. Nakagawa, T. Yoshida	inclusions in hornblende-bearing cumulate xenoliths from Ichinomegata Maar, NE Japan		
Y. Suwa, H. Ishibashi, N. Hokanishi, A. Yasuda	Pre-eruptive magmatic process of silicic monogenetic volcano inferred from amphibole phenocrysts: A case study of Izu-Kawagodaira volcano	SVC39-P04, JpGU	2018
N. Araya, M. Nakamura, S. Okumura, A. Yasuda, D. Miki, M. Iguchi, N. Geshi	Very shallow magma storage depths at Sakurajima Volcano revealed from melt inclusions and plagioclase-melt hygrometer	SVC39-P09, JpGU	2018
R. Oida, H. Ishibashi, T. Miwa, N. Hokanishi, A. Yasuda	Plagioclase-hosted melt inclusions of the 1986 eruption at Izu-Oshima volcano, Japan: Implication for pre-eruptive process	SVC39-P08, JpGU	2018
K Iwahashi, H. Ishibashi, N. Hokanishi, A. Yasuda	Pre-eruptive process of the 1991-1995 eruption at Unzen volcano,Japan : constraints from amphibole phenocrysts	SVC39-P13, JpGU	2018
C. Harada, T. Iizuka, M. Hamada, A. Yasuda, M. Yoshimoto	Chemical evolution of magma at Fuji volcano constrained from geochemistry of the 1707 Hoei eruption	SVC44-P03, JpGU	2018
十川 翔太・長谷中 利昭・鳥井 真之・森 康	立野地域に分布する先阿蘇火山岩類の地質と岩石	SVC43-06, JpGU	2018
F. Brouillet, T. Hasenaka,M. Kawaguchi, T. Nishiyama	Petrological characteristics of Janoo products, a Holocene scoria cone, precursory to the 4-3.3 ka basaltic events in the NW part of Aso central cones, Kyushu	SVC39-P05, JpGU	2018
Y. Ikenaga, F. Maeno, A. Yasuda	Reconstruction of stratigraphy and time-series variation in composition of ejecta of the An’ei eruption, Izu-Oshima	SVC41-28, JpGU	2018
T. Shimano, A. Yasuda	Spectroscopic colorimetry of volcanic ash particles for estimating ash componentry and eruption styles	SVC41-30, JpGU	2018
S. Ohnishi, A. Tomiya	Magmatic conditions prior to the 2000 eruption of Usu volcano, Japan	SVC39-P11, JpGU	2018
安田敦・嶋野岳人	揮発性成分定量による活火山爆発力ポテンシャル評価とマグマ溜まり深度の再決定	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画火山部会	2019 年 2 月 28 日

(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) 令和元年度業務計画案

(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の向上をはかるとともに、分析・解析プラットホーム及びデータベース公開の準備を進める。分析効率の向上のため分光器１台を EPMA 装置に追加し、分析効率の向上をはかる。前年度に引き続き、画像解析機能の強化を行い、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）。

熱力学解析に関わる研究開発や膨大なデータ保管や検索方法についての検討を行う（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とデータベース構築の準備を行う（東京大学）。

(c) 火山噴出物の解析

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を継続する。

1) 有珠山

前年度に引き続き、有珠火山の歴史時代噴火に関する追加分析を実施する（産業技術総合研究所）。

2) 榛名山

前年度に引き榛名火山のマグマ供給系の変化についての検討を行う。榛名火山二ツ岳の２つの噴火については、斑晶組成分析・メルト包有物含水量分析によって、マグマ貯蔵状態や噴火誘発プロセスの解明を行う。榛名カルデラ噴火については、斑晶組成分析・メルト包有物含水量分析に加え、八崎降下軽石の網羅的採取と、その全岩組成分析・薄片観察を行うとともに、新たに北東麓にて発見した火砕流堆積物と白川火砕流堆積物（広義）の比較を行い、榛名カルデラ噴火の推移について検討する（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、新富士火山の代表的な溶岩試料について斑晶組成分析を行い、マグマ溜まりの温度と含水量を調べる（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・解析を行う。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）。

前年度に引き続き大沢火砕流本質岩塊の噴出条件の検討を行う。平成 30 年度分に加え

てデータ蓄積を行い、噴出温度等の推定を行う（常葉大学）

4）伊豆東部火山群

前年度に引き続き、伊豆東部火山群の噴出物の試料分析・解析を行う。本年度は特に、伊豆大室山噴火のスコリアの石基組織解析を行い、マグマの火道上昇プロセスを詳細に検討する（静岡大学）。

5）雲仙・普賢岳

雲仙平成噴火において、前年の研究によってこれまで知られていなかった第三のマグマの関与が明らかになった。そこで、試料の分析を継続し、噴火に関与したマグマ溜まりの温度・圧力環境について再検討を行うとともに、地球物理的手法で決定されたマグマ溜まり深度との対比を行う（東京大学）。

6）阿蘇山

阿蘇４噴火およびその前後の噴火に注目して、一連の阿蘇中央火口丘軽石試料（ACP-１、２、 ３、 ４）、および、後カルデラ期、完新世玄武岩試料の分析・解析を行うとともに、先カルデラ期からカルデラ期へのマグマ供給系の変化について検討する。加えて、現在の後カルデラ期マグマ供給系におけるカルデラ噴火可能性の評価を行う（熊本大学）。

7）霧島山

前年度に引き続き新燃岳 2018 年３月噴出物の解析を行う。桜島における測色値と構成比の関係およびその粒径依存性を参考に同様の分析を進め、噴火推移との対応関係を明らかにする。（常葉大学）。

8）桜島

桜島火山のブルカノ式噴火噴出物のメルト包有物分析を継続し、昭和期（南岳火口）と平成期（主に昭和火口）の噴火の違いやその原因について、地球物理学的観測量もあわせて考察し、爆発のメカニズム（マグマの上昇速度と爆発強度の関係など）を明らかにする（東北大学）。

桜島火山での連続試料採取と噴火の特徴を迅速に把握するためのモニタリング手法の開発を継続する。噴火様式判定手法としてより迅速な測色データ導出法の検討を行う。粒径依存性についてさらに検討し、粒子構成比の連続推定のためのデータ整備を行う（常葉大学）。

9）諏訪之瀬島

前年度に引き続き諏訪之瀬島火山のマグマ供給系の岩石学的検討を行う。約３万年、１万年、４千年前、1813 年、1884 年、20 世紀以降の噴出物の斑晶組成データを整備するとともに、これらを用いて、噴出温度等の推定を行う（常葉大学）。

10）その他

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・解析を行い、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。

(d) 課題の総合推進

7月までに、幾つかの火山について先行してマグマ溜まり環境（温度、圧力、組成、含水量）のとりまとめを行い、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、情報共有を行う。また、今後の研究の方法について意見交換する。12月に開催予定の課題C全体集会に向けた準備を行う。

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３０年度業務目的

(2)　平成３０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) 海外における噴火事例との比較研究
4) マグマ変遷解析センターの整備と分析技術開発
5) 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)　令和元年度の業務計画案

(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
国立大学法人北海道大学大学院理学研究院	教授	中川　光弘	mnakagawa@sci.hokudai.ac.jp
	准教授	栗谷　豪	kuritani@sci.hokudai.ac.jp
	助教	吉村　俊平	shumpyos@sci.hokudai.ac.jp
	技術職員	松本　亜希子	a-matsu@sci.hokudai.ac.jp
	博士研究員	足立　佳子	
国立大学法人秋田大学国際資源学部	教授	大場　司	t-ohba@gipc.akita-u.ac.jp
国立大学法人秋田大学教育文化学部	教授	林　信太郎	shayashi@gipc.akita-u.ac.jp
国立大学法人山形大学理学部	教授	伴　雅雄	ban@sci.kj.yamagata-u.ac.jp
国立大学法人茨城大学理学部	教授	藤縄　明彦	akihiko.fujinawa.volcano@vc.ibaraki.ac.jp
	准教授	長谷川　健	takeshi.hasegawa.paul@vc.ibaraki.ac.jp
国立大学法人東京大学地震研究所	准教授	前野　深	fmaeno@eri.u-tokyo.ac.jp
学校法人日本大学文理学部	教授	高橋　正樹	takahashi.masaki@nihon-u.ac.jp
	教授	安井　真也	yasui.maya@nihon-u.ac.jp
	助教	金丸　龍夫	kanamaru.tatsuo@nihon-u.ac.jp
国立大学法人熊本大学大学院先端科学研究部	准教授	宮縁　育夫	miyabuchi@gmail.com
国立研究開発法人産業技術総合研究所	副研究部門長	伊藤　順一	itoh-j@aist.go.jp
	主幹研究員	山元　孝広	t-yamamoto@aist.go.jp
	研究グループ長	下司　信夫	geshi-nob@aist.go.jp
	研究グループ長	石塚　吉浩	y.ishizuka@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
	研究員	南　裕介	y.minami@aist.go.jp

	主任研究員 主任研究員	及川　輝樹 古川　竜太	teruki-oikawa@aist.go.jp furukawa-r@aist.go.jp
国立研究開発法人防災科学技術研究所	契約研究員	長井　雅史	mnagai@bosai.go.jp
国立大学法人筑波大学大学院生命環境科学研究科	教授	荒川　洋二	yaraka@geol.tsukuba.ac.jp
国立大学法人富山大学大学院理工学教育学部	教授	石崎　泰男	ishizaki@sci.u-toyama.ac.jp
国立大学法人山口大学大学院創成科学研究科	准教授	太田　岳洋	takohta@yamaguchi-u.ac.jp
国立大学法人神戸大学大学教育推進機構	助教	佐藤　鋭一	esato@people.kobe-u.ac.jp

(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 306.6m 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３１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・伊豆大島・草津白根山・白山・御嶽山・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する。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、火山全体の層序の確立を目指す。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。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検討する。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する。それらデータより長期マグマ変遷を明らかにし、噴火履歴との関連を検討する。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り、可能な火山については時間－噴出量階段図の作成に着手する。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、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継続する。さらに、フィリピンのピナツボ火山の 1991 年噴火について、マグマ供給系の進化の時間スケール、および噴火準備過程の時間スケールを明らかにして、国内の巨大噴火事例との比較研究を行う。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。

5) 令和２年度：

最重点火山および重点火山の見直しを行う。新たに選定した最重点火山において、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、引き続き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。最重点火山および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。阿蘇山、鬼界および摩周では特にカルデラ噴火も考慮した噴火事象系統樹を作成する。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。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３０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。まず最重点火山の鬼界において昨年度より実施している深深度のボーリング掘削調査により、噴火履歴、特にカルデラ形成噴火の先行活動の履歴を明らかにする。また、浅間山では昨年度に引き続きトレンチ掘削調査とボーリング掘削調査を実施し、噴火履歴の解明を目指す。有珠山においては、噴火開始時期および山体崩壊発生時期を明らかにするために、ボーリング掘削調査を実施する。また、雌阿寒岳・蔵王山・阿蘇山について、トレンチ掘削調査を実施する。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。「マグマ変遷解析センター」では、引き続き参加・協力機関の研究者・大学院生の利用受け入れるとともに、既存装置を整備し、分析ルーチン手法の確立を行う。さらに、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、国内外の VEI>5 クラスの噴火活動推移についてデータを収集する。また、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３０年度の成果

(a) 業務の要約

最重点火山である鬼界において、深深度ボーリング掘削を実施した結果、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厚さ、構造、そして噴出年代を特定することができ、カルデラ形成噴火の全貌が明らかになった。また、浅間山においては降下火砕物の主軸でのボーリング掘削調査を実施し、昨年度までのトレンチ掘削調査の結果とあわせて、浅間山の完新世の噴火履歴をより高精度に解明した。有珠山では山麓でのボーリング

掘削調査により、山体崩壊の発生時期やその前後の活動の有無について検討した。阿蘇山では、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。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。また、大規模噴火データベースの構築に向けて、国内外の VEI>5 クラスの歴史噴火事例について大規模噴火推移に関する詳細データの収集を実施し、タイプ区分を行った。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「マグマ変遷解析センター」では昨年度導入したフーリエ変換赤外分光光度計真空顕微システムおよび既存装置を用いた、高精度分析手法の確立を行った。また同センターでは、引き続き参加・協力機関の研究者を受け入れた。

(b) 業務の成果

次に今年度の業務の成果について、5 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) 海外における噴火事例との比較研究（北海道大学）
4) 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）
5) 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３０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。なお、当初トレンチ掘削調査を予定していた活火山のうち鳥海山・ニセコ・御嶽山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。

○雌阿寒岳：地質学的調査による噴火履歴解明（産業技術総合研究所・神戸大学・北海道大学）

雌阿寒岳(標高 1,499m)は中マチネシリ、ポンマチネシリ、阿寒富士をはじめとする計 8 つの山体からなる複合火山である(和田，1991)。地質学的研究に基づき雌阿寒岳の活動期はステージⅠ～Ⅲの 3 つに区分され、最新の活動期であるステージⅢはさらに前期と後期に区分される(和田，1991)。一方で、これらの活動期を特徴づける噴出物の、特に山麓部における分布や層序に関しては不明な点が多かった。そのため本調査では、山頂部から山

麓部の 9 地点（図 1 ；18ME1～18ME9）において人力トレンチ調査を実施し（図 2）、火砕堆積物層の直下の土壌について ^{14}C 年代を明らかにすることで火山活動史の再検討を試みた。

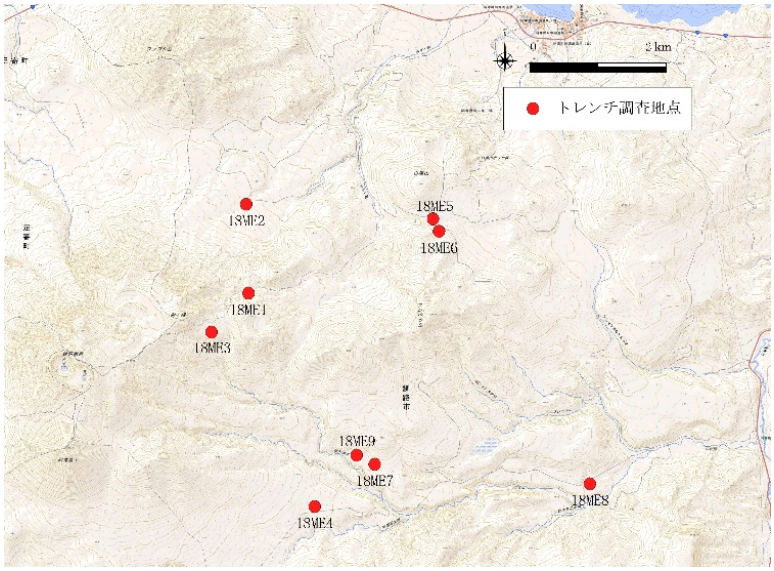


図 1　雌阿寒岳火山で行った 9 ヶ所のトレンチ調査地点。国土地理院地図を使用。



図 2　雌阿寒岳火山におけるトレンチ壁面の全景。(左)18ME1 地点、(右)18ME7 地点。

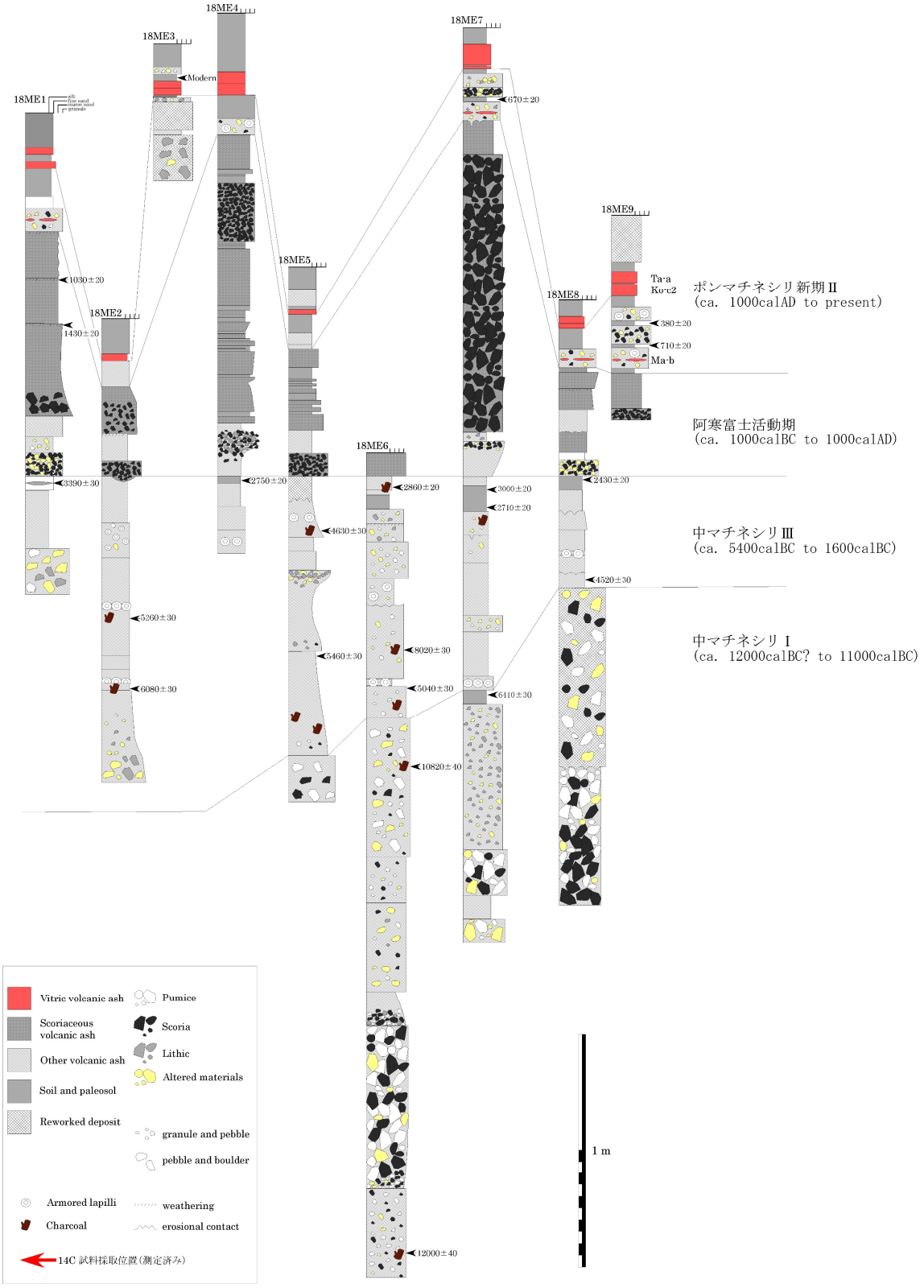


図３　雌阿寒岳火山のトレンチ掘削で認められた火砕堆積物の対比柱状図。
^{14}C 年代測定は本研究で測定。（株）加速器分析研究所による。

本研究では、雌阿寒岳火山を起源とする合計 4 枚の火砕堆積物、及び 2 枚の広域火山灰：北海道駒ケ岳 c2 テフラ（Ko-c2; 青木・町田, 2006）・樽前 a テフラ（Ta-a;青木・町田, 2006）を確認した（図３）。また火砕堆積物中の有機物および狭在する土壌から、計 22 試料の ^{14}C 年代値を得た（表１）。^{14}C 年代値と層相に基づくと、本研究で認められた雌阿寒岳火山を起源とする 4 枚の火砕堆積物は、中マチネシリ I 噴出物、中マチネシリ III 噴出物、阿寒富士活動期噴出物およびポンマチネシリ新期Ⅱ噴出物に対比できる。 以下、それぞれの噴出物を記載する。

中マチネシリ I 噴出物

トレンチ掘削をした 9 点のうち、4 地点（18ME5・18ME6・18ME7・18ME8）において最大層厚 2m 以上の火砕流堆積物とそれに伴う降下軽石層からなる堆積物が確認された(図３)。堆積物はスコリアと軽石を主体とし、堆積層中に含まれる炭化木片から 12,000±40yrBP（暦年校正年代：13,991-13,745calBP（95.4%；2σ）、以下同）の ^{14}C 年代値が得られた。層相の特徴と ^{14}C 年代値から中マチネシリ I 噴出物（和田・他, 1997）に対比できる。

中マチネシリ III 噴出物

トレンチ掘削をした 7 地点（18ME1・18ME2・18ME4・18ME5・18ME6・18ME7・18ME8）において、最大層厚 1m に達する複数枚の火砕サージ堆積物および降下火山灰層を確認した。最下位の火砕サージ堆積物の直下の土壌からは 6,410±30yrBP（7,420-7,277calBP（95.4%））、最上位の火砕サージ堆積物の直上の土壌からは 2,710±20yrBP（2,855-2,761calBP（95.4%））の ^{14}C 年代値が得られた。下位の火砕サージ堆積物の年代値は、中マチネシリ III 堆積物（和田・他, 1997）に対比できる。従って、これまで西山麓の一部のみで確認された中マチネシリ III 堆積物は、少なくとも東山麓に火砕サージとして分布している可能性がある。また、本研究で確認された火砕流・火砕サージ堆積物は約 7,400 年前から 2,800 年前の幅広い年代値を示し、野外においても複数のフローユニットが確認できた。従って、これまで想定されてきた単一の火砕流の噴火イベントではなく、火砕サージを伴う火砕流が 2,800 年前までに数回発生した可能性がある。

阿寒富士活動期噴出物

トレンチ掘削をした 7 地点（18ME1・18ME2・18ME4・18ME5・18ME7・18ME8・18ME9）において、降下スコリア層を確認した。このスコリア層は少なくとも 13 枚の fall unit に細分でき、最大層厚は約 1m である、堆積物直下の土壌からは 2,430±20yrBP（2,694-2,635calBP（16.7%）、2,614-2,593calBP（4.7%）、2,502-2,355calBP（74.0%））の ^{14}C 年代値が得られた。堆積物の特徴と ^{14}C 年代値から、阿寒富士活動期の噴出物に対比できる。本研究において新たに得られた年代値に基づくと、阿寒富士活動期は約 2700 年前以降に開始したことが明らかになった。

ポンマチネシリ新期Ⅱ噴出物

トレンチ掘削をした 7 地点（18ME1・18ME2・18ME4・18ME5・18ME7・18ME8・18ME9）におい

て薄い土壌を挟んでポンマチネシリ火口を由来とする 3 枚の火山灰層が確認できた。最下位の火山灰層（Pon-1）には摩周火山由来の火山灰（Ma-b：約 1,000 年前）がパッチ状に含まれる。従って、阿寒富士の活動は約 1,000 年前までには終了しており、約 1,000 年前には、雌阿寒岳のポンマチネシリと摩周火山で同時に噴火していたことが明らかとなった。

表１　雌阿寒岳火山における ^{14}C 年代測定結果　試料採取層準は図３に示す。

Sample No.	Sample type	Libby Age (yrBP)	pMC (%)	δ13C (‰)	Calendar age (2σ)
18ME1-07	soil	1030±20	88 ± 0.26	-22.24 ±0.26	970calBP - 920calBP (95.4%)
18ME1-12	soil	1430 ± 20	83.66 ± 0.24	-25.09 ± 0.19	1367calBP - 1296calBP (95.4%)
18ME1-20	peat	3390 ± 30	65.54 ± 0.21	-24.91 ±0.43	3696calBP - 3577calBP (95.4%)
18ME2-11	charcoal	5260 ± 30	51.94 ± 0.19	-25.39 ±0.46	6178calBP - 6148calBP (12.8%) 6120calBP - 6039calBP (31.7%) 6032calBP - 5935calBP (50.9%)
18ME2-16	charcoal	6080 ± 30	46.89 ±0.17	-26.39 ±0.36	7148calBP - 7127calBP (3.0%) 7015calBP - 6858calBP (92.4%)
18ME3-2	soil	Modern	107.88 ± 0.29	-25.83 ±0.50	
18ME4-21	soil	2750 ± 20	71.05 ± 0.22	-26.04 ±0.40	2919calBP - 2911calBP (1.5%) 2884calBP - 2776calBP (93.9%)
18ME5-C1	charcoal	4630 ± 30	56.17 ± 0.20	-23.21 ± 0.20	5463calBP - 5373calBP (74.5%) 5333calBP - 5304calBP (20.9%)
18ME5-C3	loam	5460 ± 30	50.67 ± 0.18	-21.02 ± 0.18	6304calBP - 6209calBP (95.4%)
18ME6-C1	charcoal	12000 ± 40	22.45 ± 0.11	-22.38 ± 0.29	13991calBP - 13745calBP (95.4%)
18ME6-C3	charcoal	2860 ± 20	70.03 ± 0.22	-25.22 ± 0.18	3064calBP - 2920calBP (88.6%) 2910calBP - 2885calBP (6.8%)
18ME6-C4	charcoal	10820 ± 40	26.00 ± 0.13	-23.61 ± 0.18	12761calBP - 12681calBP (6.9%)
18ME6-C5	loam	5040 ± 30	53.38 ± 0.18	-21.66 ± 0.17	5899calBP - 5720calBP (95.4%)
18ME6-C6	charcoal	8020 ± 30	36.86 ± 0.14	-22.48 ± 0.21	9009calBP - 8774calBP (95.4%)
18ME7-C1	soil	670 ± 20	92.00 ±0.25	-23.88 ± 0.28	673calBP - 640calBP (55.7%) 591calBP - 563calBP (39.7%)
18ME7-C2	soil	3000 ± 20	68.85 ± 0.21	-24.79 ± 0.23	3321calBP - 3308calBP (2.4%) 3246calBP - 3106calBP (86.4%) 3095calBP - 3077calBP (6.6%)
18ME7-C3	soil	2710 ± 20	71.91 ± 0.22	-21.87 ± 0.20	2855calBP - 2761calBP (95.4%)
18ME7-C5	soil	6410 ± 30	54.00 ± 0.17	-20.98 ± 0.19	7420calBP - 7277calBP (95.4%)
18ME8-C1	soil	2430 ± 20	73.91 ± 0.23	-23.07 ± 0.23	2694calBP - 2635calBP (16.7%) 2614calBP - 2593calBP (4.7%) 2502calBP - 2355calBP (74.0%)
18ME8-C3	soil	4520 ± 30	59.96 ± 0.20	-23.42 ± 0.26	5304calBP - 5212calBP (31.6%) 5192calBP - 5051calBP (63.8%)
18ME9-C1	soil	380 ± 20	95.36 ± 0.27	-22.32 ± 0.22	505calBP - 428calBP (71.4%) 375calBP - 327calBP (24.0%)
18ME9-C2	soil	710 ± 20	91.52 ± 0.24	-21.65 ± 0.29	688calBP - 653calBP (95.4%)

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－K_2O-TiO_2図によるテフラの識別．地質調査所報告．57(7/8)，239-258.

和田恵治（1991）雌阿寒岳におけるマグマの混合と進化．火山，36，61-78.

和田恵治・稲葉千秋・根本靖彦（1997）雌阿寒岳の最近 12000 年の噴火史．日本火山学会講演予稿集 1997 年度 no.2，100-100.

○摩周：野外調査による7,600年前のカルデラ形成噴火推移の検討（茨城大学）

１．はじめに

北海道東部の摩周火山において約 7,600 年前に発生した大規模カルデラ噴火（噴出量約 20 km^3）の噴火推移を詳しく検討した。今年度は特に、これまでに細分した各層（Ma-f7～Ma-f1）の粒度分析と構成物量比分析を行い、噴火様式の推移を定量的に議論した。

摩周火山の主カルデラ形成噴火堆積物は、従来研究により、先行する降下火砕物（下位から Ma-j～Ma-g）とそれを直接覆う火砕流堆積物（以下、堆積物を省略）である Ma-f に区分されていたが、本研究では、Ma-f を岩相の違いにより 7 層に細分した（上位から Ma-f1～Ma-f7）（図４）。Ma-f7 および f6 は、岩相・分布の類似する２つのフローユニットで、谷を埋め堆積する淘汰の悪い灰色軽石流である（図５）。Ma-f5（降下火山灰）と f4（火砕流）は、いずれも白色で火山豆石を多量に含む。Ma-f3 は暗灰色で、著しく細粒物に欠き、軽石のほかにデイサイト質溶岩の角礫を大量に含む特徴を持つ（図６）。基底部にはインパクト・サグ構造を示す同質溶岩の放出岩塊も認められるが、この岩塊を複数定方位サンプリングし、段階熱消磁により古地磁気測定を行った結果、高温成分の磁化方位は揃わず、高温で着弾した証拠は認められなかった。Ma-f3 は、例外なく上位の Ma-f1/2 とセットで認められ、これらは分布域の広さから見て Ma-f の体積の大部分（約 10 km^3）を占める（図５）。Ma-f2 は円摩された軽石に富み、しばしば斜交層理を伴う火砕サージである。Ma-f1 は、広域に分布する火山灰で軽石を含む。

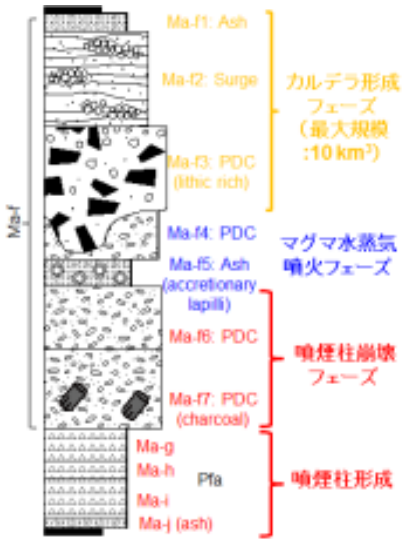


図４　摩周カルデラ形成噴火の堆積物の模式柱状図。

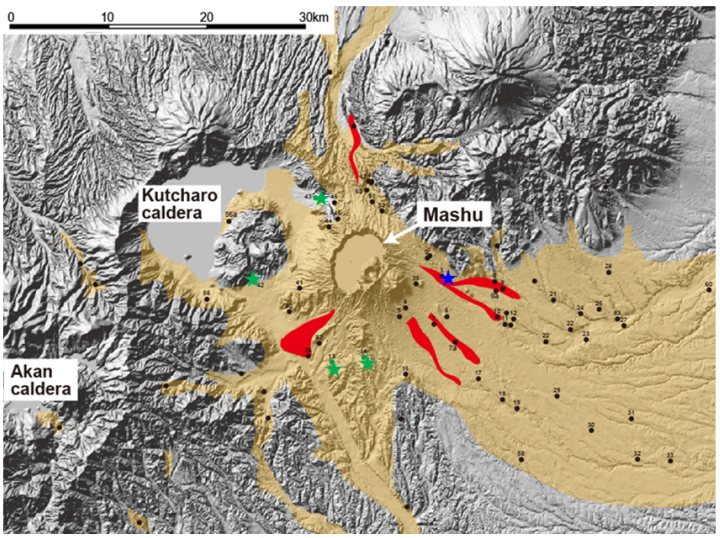


図５　露頭地点と Ma-f を構成する各層の分布図。

２．結果と考察

Ma-f1～-f7 および先行する降下軽石である Ma-i～-g の岩相および構成物量比から、こ

れらは噴火様式の異なる３つのフェーズ、すなわち「噴煙柱崩壊フェーズ」、「マグマ水蒸気噴火フェーズ」、「カルデラ形成フェーズ」からなることが明らかとなった（図７）。摩周火山の主カルデラ形成噴火は、従来考えられていたような、噴煙柱形成～崩壊といった単純な推移ではなく、複数のイベントを経ていたと推定できる。以下に詳細を記す。

Ma-f1～f7 は構成物量比の特徴から、灰色軽石優勢で石質岩片の少ない Ma-f6/7、火山豆石に非常に富む Ma-f4/5、そしてスコリアや石質岩片量が増す Ma-1/2/3 の３フェーズに大別することができる（図７）。Ma-f に先行するプリニー式噴火では、下位（Ma-i）から上位（Ma-g）に向かって、本質物質が白色から縞状、灰色軽石へと変化するが、Ma-6/7 は、直下の Ma-g と構成物量比や礫種が調和的であるなどことから、プリニー式噴火に引き続いて発生した火砕流（噴煙柱崩壊フェーズ）と判断できる。また、噴出量（約 4 km^3）や石質岩片量が比較的少ないことから、このフェーズでは大規模なカルデラ陥没は起きていなかったと推察できる。続く Ma-4/5 では、破砕度が大きく、火山豆石を大量に形成する様式の噴火が発生した（マグマ水蒸気噴火フェーズ）。噴煙柱崩壊後にマグマ噴出率が急減し、外来水（地下水）の割合が急増した可能性が考えられる。その後の Ma-f1/2/3 は、Ma-f の噴出量の大半を占めることや、石質岩片が顕著に増加することなどから、破局的なカルデラ形成を伴ったフェーズと考えられる（カルデラ形成フェーズ）。またこのフェーズにおいて、スコリアの出現が明瞭になることから、新たな苦鉄質マグマの貫入が示唆される。以上のように、摩周火山のカルデラ形成噴火は、従来考えられていたような、単純な噴煙柱形成～崩壊といった推移や、閉鎖系からなるひとつの成層マグマ溜りモデルでは説明できないことが明らかとなった。

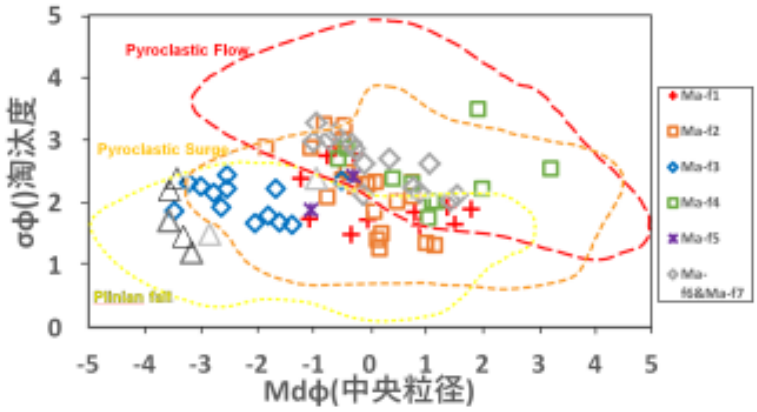


図６　各ユニットの粒度組成図。σ Φ と Md Φ は Fork and Ward(1957)による。Pyroclastic Flow、Pyroclastic Surge、Plinian fall の範囲は Walker(1983)による。

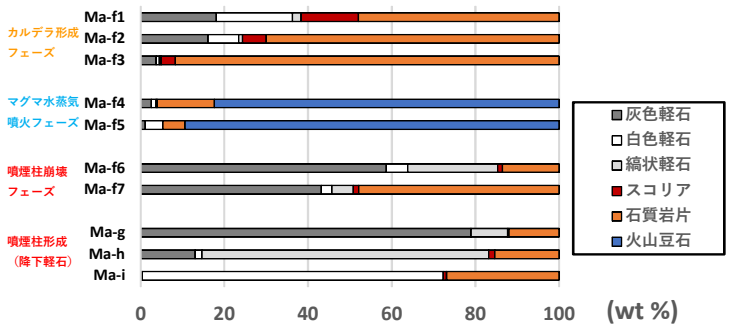


図７　各ユニットの構成物量比。Ma-f1～-f7 および Ma-g～-i の分析値は、それぞれ地点 7a および地点 24 で採取した試料による（図５参照）。

○十勝岳：岩石学的特徴からみる 20 世紀噴火活動のマグマ供給系の変遷　（北海道大学）

1.　はじめに

北海道中央部に位置する十勝岳は、20 世紀に 3 回のマグマ噴火をしている日本屈指の活火山である。気象庁の活火山ランク A に指定されており、充実した観測体制が整えられている。地質学的研究についても、ここ 15 年で大きく進み、火口位置を変えながら爆発的噴火と溶岩流出を繰り返してきたことが分かっている（藤原ほか，2007，2009；石塚ほか，2010）。しかし、20 世紀の活動については、活動推移は分かっているがマグマ供給系については不明な点が多い。そこで本研究では、十勝岳の現状を把握するために、直近の 1988-1989 年噴火および 1962 年噴火に注目し、岩石学的検討によりマグマ供給系および噴火プロセスを明らかにしたので、以下に報告する。

2.　十勝岳 20 世紀の活動

十勝岳の 20 世紀の 3 回のマグマ噴火は、それぞれ特徴が異なる。1926 年噴火は中央火口で始まった。噴煙柱を伴う爆発的な噴火とともに中央火口丘の崩壊が起き、岩屑なだれと泥流が発生した（多田・津屋，1927；上澤，2008）。泥流は 25 km も流れ下って市街地まで達し多くの犠牲者が出た。この噴火の総噴出量は $1.3 * 10^4$ m^3 であった。1962 年噴火では、グラウンド火口の西縁に新たに 62 火口を開き、準プリニー式噴火を起こした。その噴煙高度は 12km まで達し、火山灰は北海道東部を広く覆った（石川ほか，1971）。この噴火の総噴出量は $7.1 * 10^4$ m^3 であり、20 世紀の活動の中では最大規模であった。1988-1989 年噴火は 62-2 火口で起きた。小規模なマグマ水蒸気噴火から始まり、その後ブルカノ式（～ストロンボリ式）噴火が繰り返された。この噴火の総噴出量は $6 * 10^5$ m^3 であった（Katsui et al.，1990）。

3.　1962 年および 1988-1989 年噴出物の岩石学的特徴

1962年および1988-1989年噴出物は、かんらん石含有両輝石玄武岩質安山岩である。1962年噴出物（40-36 vol.%）より1988-1989年噴出物（48-44 vol.%）の方がやや斑晶が多く発泡が

悪い。マイクロライトは、1962年噴出物は細粒で針状であるのに対し、1988-1989年噴出物は板状を示す。斜長石斑晶コア組成は、いずれの噴出物においても、An92-50（An=100*Ca/(Ca+Na+K)）と幅広く、低An斜長石は逆累帯構造を、高An斜長石は正累帯構造を示す(図８)。輝石斑晶において、両噴出物はコア組成に大きな差は見られない（直方輝石：Mg#65-75（Mg#=100*Mg/(Mg+Fe)）・単斜輝石：Mg#70-76)。しかしリム組成では、1962年噴出物は多くがMgに富む逆累帯構造を示すのに対し、1988-1989年噴出物はFeに富む正累帯構造を示すものが増える(図８)。かんらん石斑晶は両噴出物とも少量認められ（＜1 vol.%)、その多くが微斑晶サイズである（＜0.2 mm)。1962年噴出物は、Fo70-78（Fo=100*Mg/(Mg+Fe))のコア組成を持つ(図９a)。いずれもFeに富んだリム組成を示すが、反応縁は認められない。一方1988-1989年噴出物は、コア組成がFo60-77と幅広い。1962年

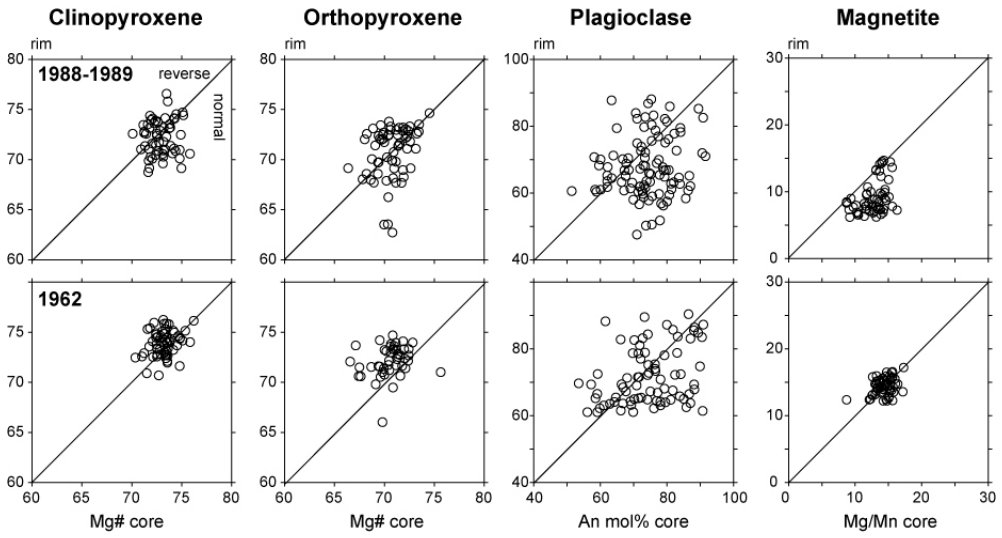


図８　1962 年および 1988-1989 年噴出物中の斑晶鉱物組成コアーリム図。

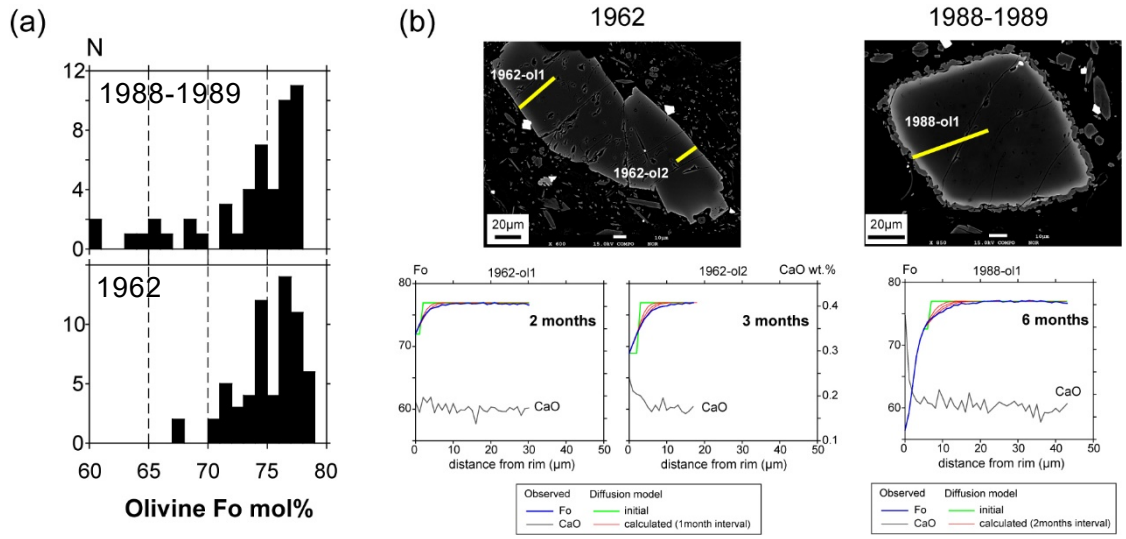


図９　1962 年および 1988-1989 年噴出物中のかんらん石斑晶コア組成ヒストグラム(a)と、高 Fo かんらん石の反射電子像、ラインプロファイルおよび元素拡散時間計算結果（ｂ)。

噴出物と類似したコア組成の斑晶は明瞭な正累帯構造を示し、輝石の反応縁をもつ。Fo＜70の斑晶は、弱い正累帯構造を示すものや累帯構造を持たないものからなり、いずれも厚い輝石のリムをもつ。磁鉄鉱斑晶においては、1962年噴出物はMg/Mn12-18・X'usp(ulvöspinel mol%)0.29-0.39のコア組成を示し、明瞭な組成累帯構造は認められない（図８）。一方、1988-1989年噴出物は、コア組成がややMgに乏しくTiに富んでおり（Mg/Mn9-16・X'usp0.32-0.44)、正累帯構造を示す（リム組成：Mg/Mn6-15・X'usp0.34-0.48)。全岩化学組成SiO_2量は、両噴出物とも53.2-54.3 wt.%と均質で、他の元素においても明瞭な違いは認められない。

4.　マグマ混合とそのタイミング

噴出物中の組成的に非平衡な高 Fo かんらん石（Fo＞75）の存在、斜長石および輝石斑晶の正・逆累帯構造の共存から、1962 年および 1988－1989 年噴出物はマグマ混合の産物であると考えられる。斑晶鉱物組み合わせとその組成の関係から、高 Fo かんらん石を含む玄武岩質マグマとかんらん石を含まない輝石安山岩質マグマが混合したと推定できる。

高 Fo かんらん石はリムに向かって Fe に富むようになる(図９b)。この組成累帯構造は、玄武岩質マグマが安山岩質マグマに注入してから噴火するまでの間に Fe-Mg 間の元素拡散が起きたことを示唆している。そこで、代表的な斑晶の組成プロファイルを用いて元素拡散時間を見積もった。その結果、1962 年噴出物は 2-3 ヶ月程度、1988-1989 年噴出物は 6 ヶ月程度と見積もられた。つまり、1988-1989 年噴火では 1962 年噴火に比べて、玄武岩質マグマが混合してから噴火に至るまでの時間が長かったことを示唆している。

5.　1988-1989 年噴火の安山岩質マグマの特徴

1962 年および 1988-1989 年噴火では基本的には同じマグマ供給系が活動しており、玄武岩質マグマと安山岩質マグマの混合が起きていたと考えられる。しかし、1988-1989 年噴出物には、磁鉄鉱コア組成が 1962 年噴出物のものより低 Mg で且つ明瞭な正累帯構造を示すこと、輝石斑晶に正・逆累帯構造認められ 1962 年噴出物と異なること、といった安山岩

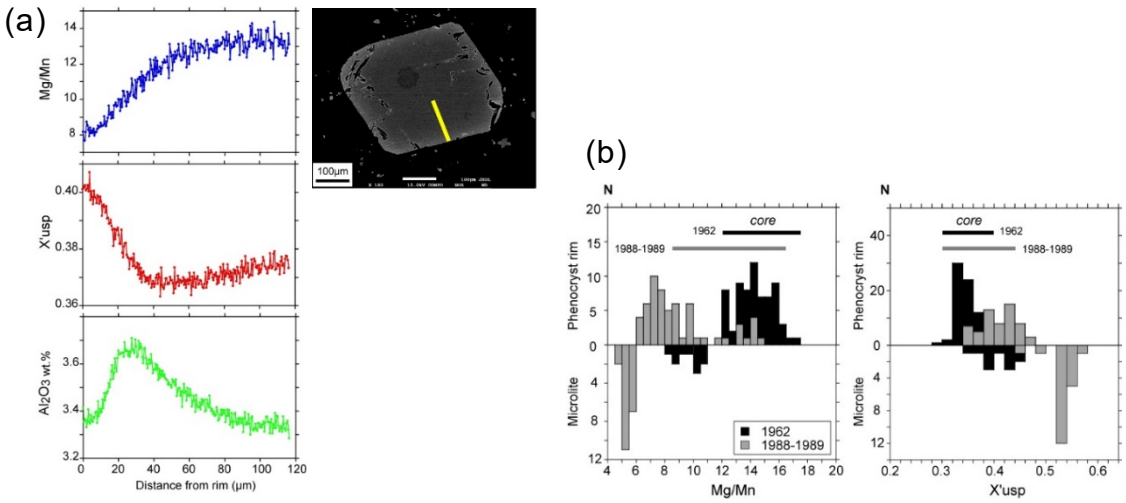


図１０　1988-1989 年噴出物中の磁鉄鉱斑晶のラインプロファイル(a)と、リム組成とマイクロライト組成の比較(b)。

質マグマ由来の斑晶における相違点が認められる。また、1988-1989 年噴出物には、1962 年噴出物には認められない Fe に富み厚い輝石のリムをもつかんらん石斑晶が存在する。

これら相違点・特徴をまとめると、次のように解釈することができる。1962 年噴火後、出残った安山岩質マグマの冷却・分化がはじまった。高 Fo かんらん石は元素拡散が進み Fe に富んだコア組成となり周縁部に輝石のマントルを成長させた。磁鉄鉱斑晶も温度低下に伴い元素拡散が起き、低 Mg 組成となった。輝石斑晶も結晶化により正累帯構造が形成された。このプロセスで唯一説明できない点は、磁鉄鉱が正累帯構造を示すことである。磁鉄鉱斑晶は他の鉱物に比べて元素拡散が非常に速いことから、この特徴はマグマ供給系の 20 年間の変遷ではなく、噴火直前のマグマプロセスを反映していると考えられる。

6. 1988-1989 年噴火の噴火プロセス

1988-1989 年噴出物中の代表的な磁鉄鉱斑晶のラインプロファイルをみると、数十μm の幅で累帯構造を示す（図１０a）。Mg や Ti においては、リムに向かって単純な減少または増加といった変化を示すが、Al_2O_3 においては、リムに向かって一旦増加した後再び減少するという、複雑な累帯構造を示す。従って、磁鉄鉱斑晶に見られる累帯構造は単純な元素拡散ではなく、結晶成長の産物であるといえる。磁鉄鉱斑晶のリム組成とマイクロライトの組成を比較すると、マイクロライトの方が Mg に乏しく Ti に富んでいることが分かる（図１０ｂ）。このことから、磁鉄鉱斑晶の Mg に乏しいリムは、マグマ溜り内ではなく、より浅所で成長した可能性が考えられる。マイクロライトと組成が異なることから、マイクロライト晶出に至る環境ではなかったのであろう。安山岩質マグマがゆっくりと上昇した（そして停滞した）後、噴火直前に再び上昇し噴火に至ったと推測できる（図１１）。この解釈は 1988-1989 年噴火が、ブルカノ式噴火で特徴付けられることと調和的である。

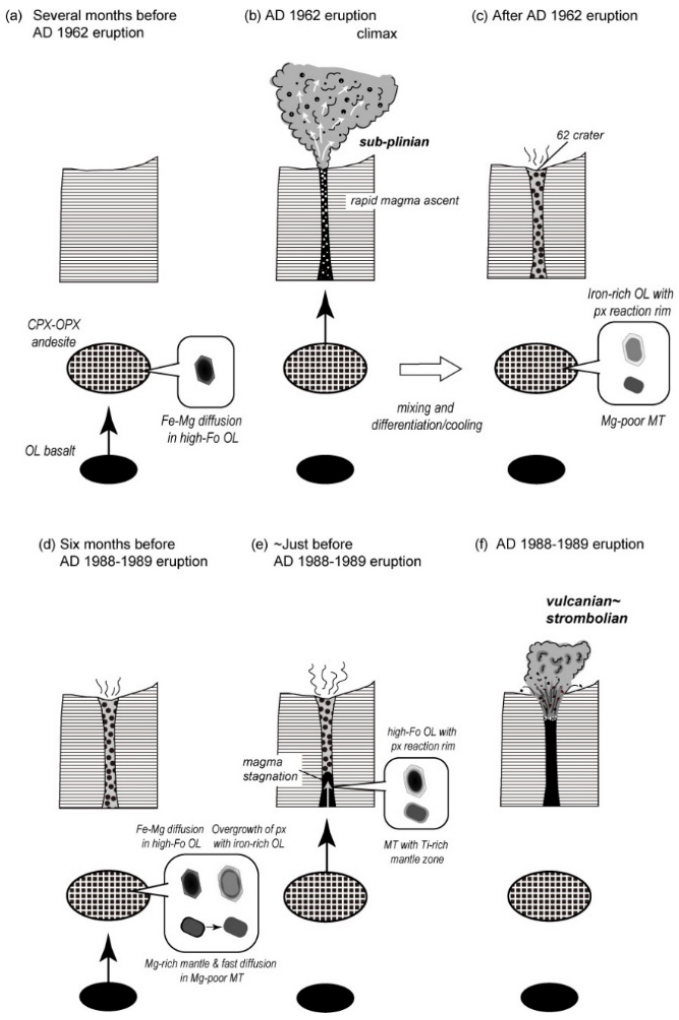


図１１　1962 年および 1988-1989 年噴火のマグマ供給系モデル。

7.　まとめ

十勝岳 1962 年および 1988-1989 年噴出物の岩石学的検討の結果、両噴火とも基本的に同じマグマ供給系が活動しており、安山岩質マグマと玄武岩質マグマの混合が起きていることが分かった。しかし、混合後のプロセスが異なっており、1962 年噴火では、玄武岩質マグマの注入後、数ヶ月で噴火に至り、準プリニー式噴火が起きた。一方、1988-1989 年噴火では、玄武岩質マグマの注入から６ヶ月程度の時間がかかっており、マグマ上昇時には浅所で停滞しブルカノ式噴火に至った。現在も同じマグマ供給系が存在すると考えられ、将来噴火の可能性は注入する玄武岩質マグマが鍵になると考えられる。

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.

Katsui, Y., Kawachi, S., Kondo, Y., Ikeda, Y., Nakagawa, M., Gotoh, Y., Yamagishi, H., Yamazaki, T., Sumita, M. (1990) The 1988-1989 explosive eruption of Tokachi-dake, central Hokkaido, its sequence and mode. Bull. Volcanol. Soc. Japan, 35, 111-129.

多田文男・津屋弘達 (1927) 十勝岳の爆發. 東京帝國大學地震研究所彙報, 2, 49-84.

上澤真平 (2008) 北海道十勝岳火山 1926 年噴火大正泥流堆積物層序の再検討と古地磁気特性. 火山, 53, 171-191.

○地質学的・物質科学的解析に基づく、有珠山の噴火史の再構築　（北海道大学）

（１）地質学的・物質科学的解析に基づく、有珠山歴史時代噴火の活動推移の再検討

1.　はじめに

北海道南西部に位置する有珠山は、1663 年以降活動している日本有数の活火山である（横山ほか, 1973；曽屋ほか, 2007：表２）。17～19 世紀には山頂で爆発的噴火が起きたことが分かっているが、個々の噴火の活動域や溶岩ドームの形成時期については不明な点が多く、山頂で噴火が起きた場合、それに付随する火山災害について検討する上で必要な情報が十分であるとはいえない状態であった。一方最近 20 年の間で、有珠山の歴史時代噴出物に対する物質科学的研究が進み、個々の噴火に由来するテフラの物質科学的特徴が異なることが明らかになっている（例えば、Tomiya & Takahashi, 2005; Matsumoto & Nakagawa,

2010)。そこで、岩石学的特徴を用いた山頂溶岩ドームとテフラの対比により山頂溶岩ドームの形成年代を明らかにし、地形の特徴と合わせることで個々の噴火の活動域・活動推移を推定することを試みた。

表２　有珠山歴史時代噴火史（Matsumoto & Nakagawa (2019)より引用)。太字は改訂点を示す。

Magmatic group *	Eruption	Tephra (volume: km^3 **)	Formation of dome		Vent location	
			Previous	This study	Previous	This study
3	2000	ash and pumice fall (0.001)	CD	CD	NW flank	NW flank
	1977-1978	pumice and ash fall (0.0905)	Usu-shinzan CD ***	Usu-shinzan CD ***	Summit	Summit
	1943-1945	ash fall(phreatic?) (0.004)	Showa-shinzan LD (spine)	Showa-shinzan LD (spine)	E flank	E flank
	1910	ash fall(phreatic?) (0.004)	Meiji-shinzan CD	Meiji-shinzan CD	N flank	N flank
2	1853	pyroclastic flow (0.01) pumice and ash fall (0.35)	Ousu LD	Ousu LD	Summit	**SE summit**
	1822	pyroclastic flow (0.09) pumice and ash fall (0.28)	Ogariyama CD (?)	**New Kousu LD**	Summit	**SW and C summit**
	1769	pyroclastic flow (0.03) pumice and ash fall (0.11)	Kousu LD (?)	**Ogariyama CD****	Summit	**C or SE summit**
	pre-1769	pyroclastic surge (nd) pumice and ash fall (nd)	?	**Old Kousu LD**	Summit	**NW summit**
1	1663	base surge (0.6) pumice and ash fall (1.85) pyroclastic surge and pumice fall (nd)	?	**None**	Summit	**Summit**

nd, no data

CD: cryptodome; LD: lava dome; NW: northwestern; E: eastern; N: northern; SE: southeastern; SW: southwestern; C: central.

* The grouping is after Matsumoto & Nakagawa (2010).

** Data are from Katsui et al. (1981), Katsui et al. (1988) and Kadomura et al. (1988).

*** The Growth of dome had continued until 1984 (Kadomura et al., 1988).

**** This cryptodome might extrude partially.

2.　結果

2-1　山頂カルデラ内の地形判読

山頂カルデラ内には、西から小有珠溶岩ドーム、有珠新山潜在ドーム、オガリ山潜在ドーム、大有珠溶岩ドームが並んでいる。空中写真および赤色立体地図をみると、1977-1978年噴火による火口のほか、南西部および南東部に火口地形が認められ、それぞれ小有珠溶岩ドームおよび大有珠溶岩ドームに一部被覆されている(図１２a, b)。1977 年噴火以前の空中写真によると、これら火口に加え、中央部にも火口のような凹地が認められる（図１２c, d)。この地形は、オガリ山潜在ドームを切っており、小有珠溶岩ドームおよび大有珠溶岩ドームに一部覆われている。

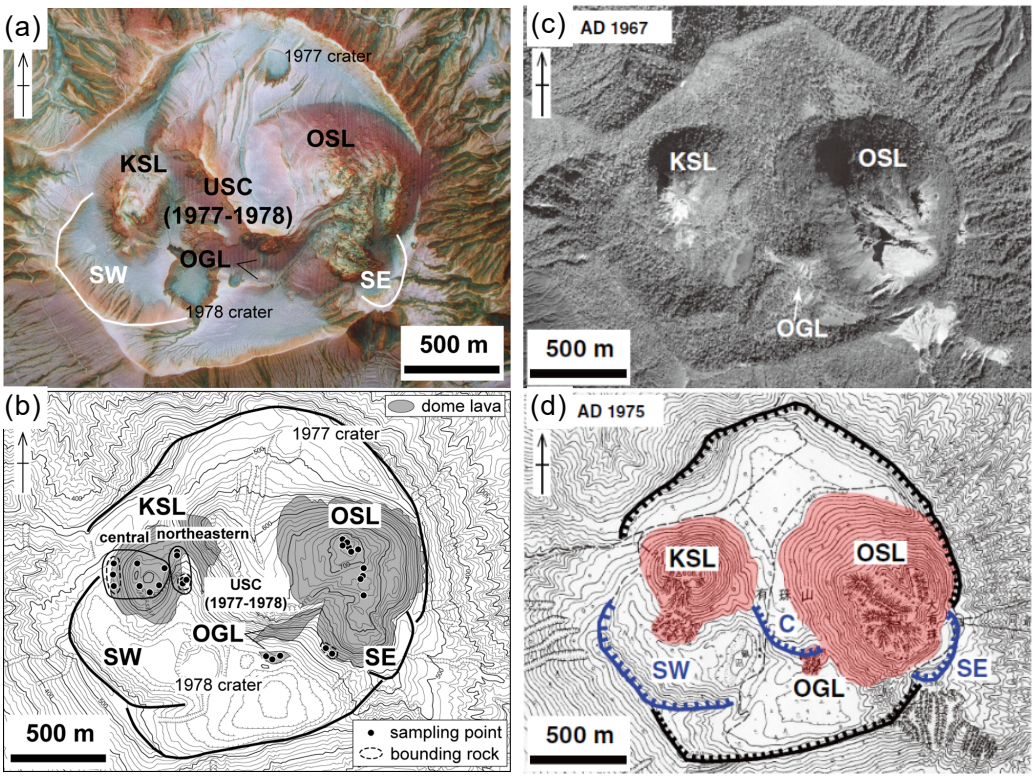


図１２　有珠山山頂地形（Matsumoto & Nakagawa (2019)より引用）。(a)赤色立体地図（千葉，2011)、（ｂ）地形図（国土地理院)、（ｃ）1967 年撮影の空中写真、（ｄ）1975 年出版の地形図（国土地理院)。

2-2　溶岩ドームの岩石学的対比

小有珠・オガリ山・大有珠溶岩ドームは、いずれも斑晶に富んだデイサイトである。主な斑晶鉱物は斜長石・直方輝石・鉄チタン酸化物からなり、小有珠溶岩ドームには石英・角閃石・単斜輝石が少量含まれる。全岩化学組成 SiO_2 量をみると、いずれも 18-19 世紀噴火のテフラ噴出物の組成範囲内に収まっている。TiO_2 のハーカー図で比較すると(図１３)、大有珠溶岩ドームは 1853 年噴出物と、オガリ山潜在ドームは 1769 年噴出物と一致する。一方、小有珠溶岩ドームは採取地点で特徴が異なっており、中央部は 1822 年噴出物と、北東部は pre-1769 年噴出物と一致する。

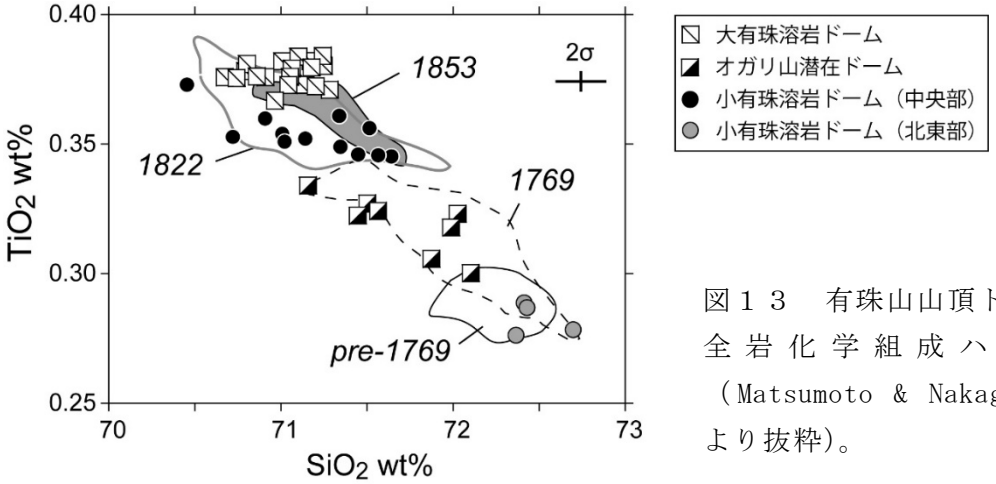


図１３　有珠山山頂ドーム溶岩の全岩化学組成ハーカー図（Matsumoto & Nakagawa (2019)より抜粋)。

3.　議論

3-1　先小有珠溶岩ドームの存在

上述したように、小有珠溶岩ドーム北東部は pre-1769 年噴出物、中央部は 1822 年噴出物の特徴を有することが明らかになった。このことは、小有珠溶岩ドームが従来言われていた 1663 年噴火および 1769 年噴火では形成されていなかったこと示している。しかし、古文書の絵図からは 1799 年には小有珠溶岩ドームが存在していたことは確かである(河野, 1918)。1977 年以前の地形図や空中写真と比較すると、現在の溶岩ドームの北東部は、1977 年噴火以前では溶岩ドームの下部に相当し、有珠新山潜在ドーム形成時に持ち上げられた部分であることが分かった。つまり、小有珠溶岩ドームの下部が pre-1769 年噴出物と、上部が 1822 年噴出物と一致するということになる。これらのことから、pre-1769 年噴火で形成された「先小有珠溶岩ドーム」が存在し、1822 年噴火で破壊・被覆され、現在の「小有珠溶岩ドーム」が形成された、と解釈することができる。

3-2　17-19 世紀噴火の活動推移

山頂溶岩ドーム群の形成年代が明らかになったことで、それぞれの噴火の活動中心を推定することが可能となった。山頂カルデラ内の地形をみると、複数の小規模な火口地形が認められ、それぞれ隣接する溶岩ドームに一部被覆されている(図１２)。このことから、いずれの噴火においても爆発的噴火の後に溶岩ドームが形成されたと推測される。この噴火推移は 20 世紀の活動と類似しており、有珠山の活動の特徴の１つであるといえる。また、17-19 世紀噴火の火砕流・火砕サージ堆積物の分布と火口位置を比較すると、火口位置が堆積物の分布の主軸方向と一致している(図１４)。このことは、火山防災上、非常に重要な事実であるといえる。

4.　まとめ

有珠山の山頂ドーム溶岩とテフラの物質科学的対比を行った結果、1663 年噴火では溶岩ドームは形成されず、それ以後の 17 世紀末～19 世紀の個々の噴火により山頂溶岩ドーム群が形成されたことが明らかになった。また、その結果から推定される各噴火の活動中心と火砕流の分布主軸が調和的であることが分かった。さらに、17 世紀末の噴火により形成された溶岩ドームが、1822 年の噴火活動で破壊され、新たに形成された溶岩ドームによって被覆されたことが明らかになった。以上のように、岩石学的対比は地質学的証拠とあわせることで、噴火推移の再構築や将来起こりうる火山災害についての洞察を得るうえで、有効なツールになるといえる。

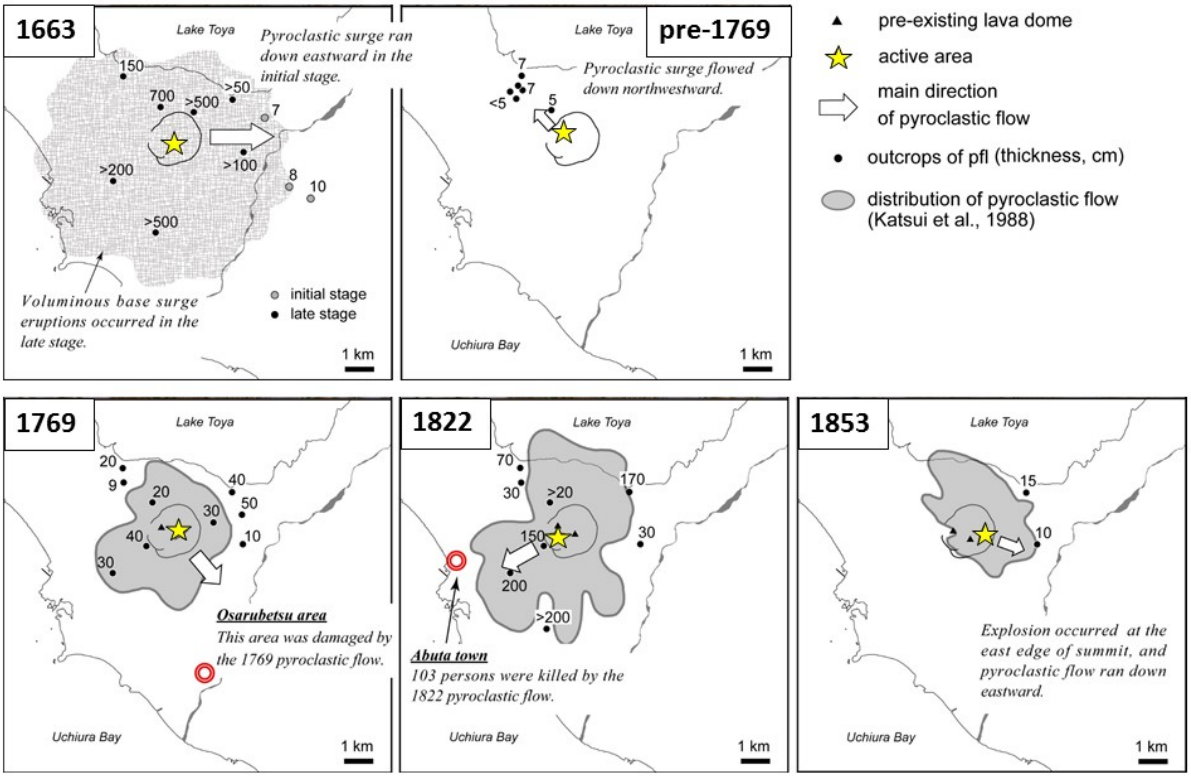


図１４　有珠山 17-19 世紀の山頂噴火活動の活動中心と火砕流・火砕サージの分布の関係（Matsumoto & Nakagawa (2019)より引用）。

（２）ボーリング掘削調査による有珠山の先歴史時代の活動履歴解明

有珠山は約２万年前から活動したと考えられており、玄武岩質マグマの活動により成層火山が形成された。約７千年前の山体崩壊の後、長い休止期に入っていたが、西暦 1663 年に流紋岩質マグマの噴火で活動を再開し、現在まで計９回噴火している（曽屋ほか, 2007）。有珠山の活動史に関する研究は、横山ほか（1973）および曽屋ほか（2007）に代表されるように、系統的な地質調査・古文書記録の解読等が実施されており、特に歴史時代噴火については詳細に分かっている。一方、山体崩壊イベントおよびそれ以前の活動については不明な点が多かったが、最近幾つかの知見が公表されている。Goto et al. (2013)は、既知のテフラである Us-Ka テフラ（山縣, 1996）が有珠山を給源とするものであることを明らかにし、成層火山形成イベントより前の有珠山初期の安山岩質マグマ活動（約 1.8 万年前）があったことを指摘した。一方、藤根ほか（2016）では、岩屑なだれ堆積物上位に相当する湖沼域の堆積物層序の解析から、有珠山の山体崩壊の発生時期が２万年前より古い可能性があることを指摘している。このように、最近新たな知見が出ているものの、年代が矛盾しており混乱しているのが現状である。そこで、有珠山の活動履歴、特に先歴史時代について明らかにするために、有珠山麓においてボーリング掘削調査を実施したのでその結果を報告する。

平成 30 年 11～12 月に有珠山の南西麓約 3 km の地点（標高約 23 m）において、80m 深のボーリング掘削調査を実施した（図１５）。採取されたボーリングコアの柱状図を図１６に、代表的なコア試料の写真を図１７に示す。

表層から 4.6m 深までは火山礫凝灰岩が認められ、3.4m 深に厚さ 5 cm ほどの土壌が存在する（図１７a）。0.5-3.4m 深では平行層理が発達しているが、3.4-4.6m 深には明瞭な堆積構造は認められない。その下位には約 4.6-16.0m 深に溶岩層が存在する（図１７b）。構成する溶岩は緻密～やや発泡した斑晶質安山岩である。緻密な部分にはジグゾークラック構造が認められる。また、下部には発泡の良い部分もあり破砕し赤色化している。その下位からは 80m 深までは、主に砂質シルト層および砂礫層が連続している。砂質シルト層にはクロスラミナが多く認められる。砂礫層の多くは円磨度の高い円礫から構成され、明瞭な堆積構造は認められない。53.7-56.1m 深には、複数の貝殻を含む黒色砂層が認められる（図１７c）。また、60.2-60.6m深には厚さ 40cm の土壌（または泥炭）が介在している（図１７d）。66.2-69.2m深には礫サイズの軽石を含む凝灰角礫岩が存在し、炭化木も認められる（図１７e）。土壌および炭化木の放射性炭素年代測定を実施したところ、3.4m 深の土壌は 320±20 yBP、60.2m 深の土壌は 17,650±60 yBP、66.2m 深の炭化木は 41,240±340 yBP という結果が得られた（表３）。なお、55.7m 深の貝殻は ^{14}C 年代測定の範囲外であった。

以上の岩相の特徴より、本ボーリング調査のコア試料は、表層-4.6m深の「歴史時代噴火の火砕サージおよび火砕流堆積物」、4.6-16.0m深の「山体崩壊に伴う善光寺岩屑なだれ堆積物」、16.0m 以深の「河川堆積物または土石流堆積物」と解釈することができる。岩屑なだれ堆積物の直接的な年代値は得られなかったが、岩屑なだれ堆積物のおよそ 45m 下位にあたる土壌は約 2.1 万年前（暦年較正年代）を示す。このことから、有珠山の山体崩壊は約 2 万年前より新しい可能性が高い。また、53.7-56.1m 深の黒色砂層は貝殻を顕著に含んでおり海成堆積物である可能性がある。この堆積物が海水面の指標になると仮定すると、黒色砂層が堆積した時期は海水準が現在より 30m ほど低かったことになり、その時期はおよそ１万年前に相当する（Nakada et al., 1991；田辺ほか, 2012）。この仮説が正しいのであれば、有珠山の山体崩壊の発生時期は、従来の解釈のように１万年前より新しいということになるかもしれない。

今回のボーリング調査結果より、有珠山の山体崩壊の発生時期は２万年前より新しく完新世である可能性が示唆された。今後は、この可能性を検討するためにコア試料をさらに解析するとともに、周辺の地質調査も実施することで、有珠山全体の活動履歴を明らかにしていく必要がある。



図１５　平成 30 年度有珠山ボーリング掘削調査地点（左）と掘削調査風景（右）。地図は曽屋ほか（2007）より引用。星印：本調査地点、○：藤根ほか（2016）の調査地点。

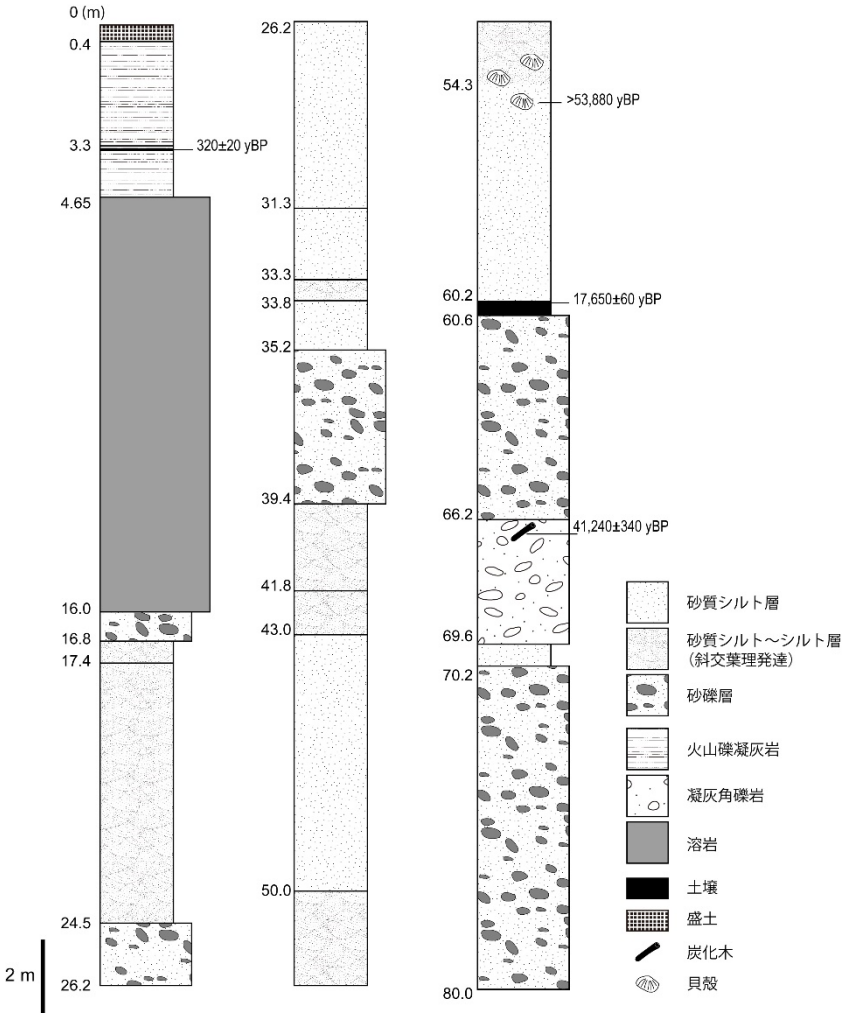


図１６　ボーリングコア試料の柱状図。

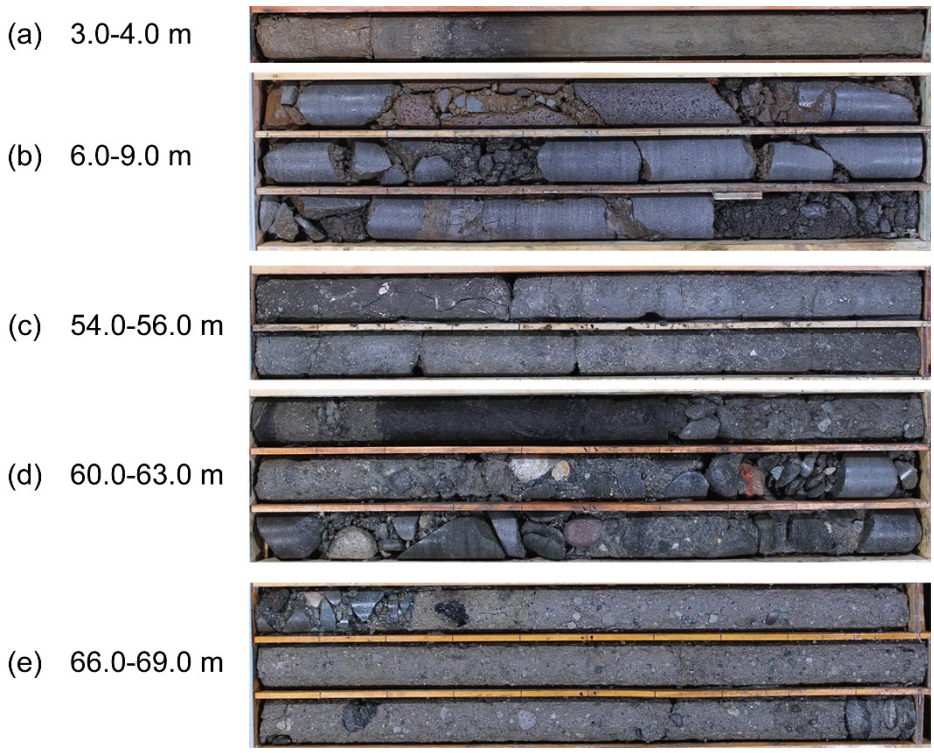


図１７　代表的なコア試料の写真（各写真の左側・上側が上位）。(a)深度 3.0-4.0m。歴史時代噴出物下部。厚さ 5 cm の土壌が介在する。(b)深度 6.0-9.0m。善光寺岩屑なだれ堆積物。(c)深度 54.0-56.0m。黒色砂層。貝殻を多く含む。(d)深度 60.0-63.0m。厚さ 40cm の土壌（または泥炭）が砂礫層を直接覆う。(e)深度 66.0-69.0m。白色～灰色軽石を多く含む凝灰角礫岩。上部に炭化木が認められる。

表３　放射性炭素年代測定結果

Lab. No.	Depth (m)	Analyzed material	$\delta^{13}C$ (‰)	Libby Age (yBP)	Cal. Range BP (2σ)	Probability (%)
IAAA-182073	3.4	Soil	-21.62 ± 0.23	320 ± 20	460-347 338-306	75.2 20.2
IAAA-182081	55.7	Shell	1.84 ± 0.23	> 53,880	-	-
IAAA-182082	60.2	Soil or Peat	-27.27 ± 0.23	17,650 ± 60	21,601-21,076	95.4
IAAA-182083	66.3	Charcoal	-21.47 ± 0.26	41 240 ± 340	45,398-44,089	95.4

全て（株）加速器分析研究所で測定
化学処理工程　Soil/Peat：酸処理，Charcoal：酸-アルカリ-酸処理，Shell：エッチング処理

引用文献

千葉達朗（2011）赤色立体地図でみる日本の凸凹．株式会社技術評論者，135p.

藤根久・遠藤邦彦・鈴木正章・ほか 9 名（2016）有珠山善光寺岩屑なだれの発生年代の再検討―有珠南麓の過去 2 万年間の環境変遷との関連で―．第四紀研究，55，253-270.

Goto, Y., Sekiuchi, Y., Takahashi, S., Ito, H., and Danhara, T. (2013) The 18-19 ka andesitic explosive eruption at Usu volcano, Hokkaido, Japan. Bull. Volcanol.

Soc. Japan, 58, 529-541.
門村浩・岡田弘・新谷融（1988）有珠山その変動と災害．北海道大学図書刊行会，257p.
Katsui, Y., Yokoyama, I. and Morizumi, M. （1981） Usu volcano. In: Y. Katsui (ed.), Field Excursion Guide to Usu and Tarumai volcanoes and Noboribetsu Spa, Volc. Soc. Japan, 1-37.
勝井義雄・河内晋平・新井田清信（1988）有珠山の噴火予測・災害予測および防災の問題．西南北海道における火山災害予測と防災に関する基礎的研究，昭和 62 年度研究成果報告書，22ｐ．
河野常吉（1918）大有珠岳成生に就て田中館理学士に正す．地学雑誌，30，629-635.
Matsumoto, A. and Nakagawa, M. (2010) Formation and evolution of silicic magma plumbing system: Petrology of the volcanic rocks of Usu volcano, Hokkaido, Japan. J. Volcanol. Geotherm. Res., 196, 185-207.
Matsumoto, A. and Nakagawa, M. (2019) Reconstruction of the eruptive history of Usu volcano, Hokkaido, Japan, inferred from petrological correlation between tephras and dome lavas. Island Arc, 28, e12301.
Nakada, M., Yonekura, N., and Lambeck, K. (1991) Late Pleistocene and Holocene sea-level changes in Japan: implications for tectonic histories and mantle rheology. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 85, 107-122.
中川光弘・松本亜希子・田近　淳・広瀬　亘・大津　直（2005）有珠火山の噴火史の再検討：寛文噴火（1663 年）と明和噴火（1769 年）に挟まれた 17 世紀末の先明和噴火の発見．火山，50，39-52.
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.
田辺晋・中島礼・内田昌男・柴田康行（2012）東京低地臨海部の沖積層にみられる湾口砂州の形成機構．地質学雑誌，118，1-19.
Tomiya, A. and Takahashi, E. (2005) Evolution of the magma chamber beneath Usu volcano since 1663: a natural laboratory for observing changing phenocryst compositions and textures. J. Petrol., 46, 2395-2426.
山縣耕太郎（1996）テフラ層序に基づく洞爺火山の噴火史．1996 年度日本第四紀学会春季大会．
横山泉・勝井義雄・大場与志男・江原幸雄（1973）有珠山―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，札幌，254p.

○ニセコ：野外調査によるイワオヌプリ火山の噴火履歴の解明（北海道大学）

1.　はじめに

ニセコ火山群は北海道南西部に位置する第四紀火山群である。約 160 万年前から活動を開始し（NEDO, 1986；古川, 2002MS）、複数の火山体を形成してきた。その中でも、イワオ

ヌプリは最も新しい火山体（以下、イワオヌプリ火山）であり（図１８）、活火山（ランクC）に指定されている。本課題では、イワオヌプリ火山の形成史を明らかにするために、平成29年度より山体を中心とした地質調査を実施している。平成30年度は、トレンチ掘削調査による噴火履歴調査を予定していたが、露出状況の良い露頭が複数発見されたことから、これら露頭の観察によって、活動履歴・噴火推移履歴の詳細を明らかにすることができ、また隣接するニトヌプリの活動との関係についても検討することができた。その成果を以下に報告する。

2. イワオヌプリ火山の形成史

イワオヌプリ火山は、標高 1,116ｍの溶岩ドームを有する火山体であり、北にはワイスホルン、東にはニセコアンヌプリ、西にはニトヌプリが存在する。イワオヌプリ火山周辺では、ニセコアンヌプリおよびニトヌプリにさえぎられるように、平坦な溶岩が南北に広がっており（大場,1960）、その上位にイワオヌプリ火山が存在する（図１８a）。従来、イワオヌプリ火山の定義が曖昧であったが、構成する溶岩の全岩化学組成の特徴（図１８b）から、上述の平坦な溶岩までがニトヌプリ火山、その上に存在する山体がイワオヌプリ火山であると定義する。

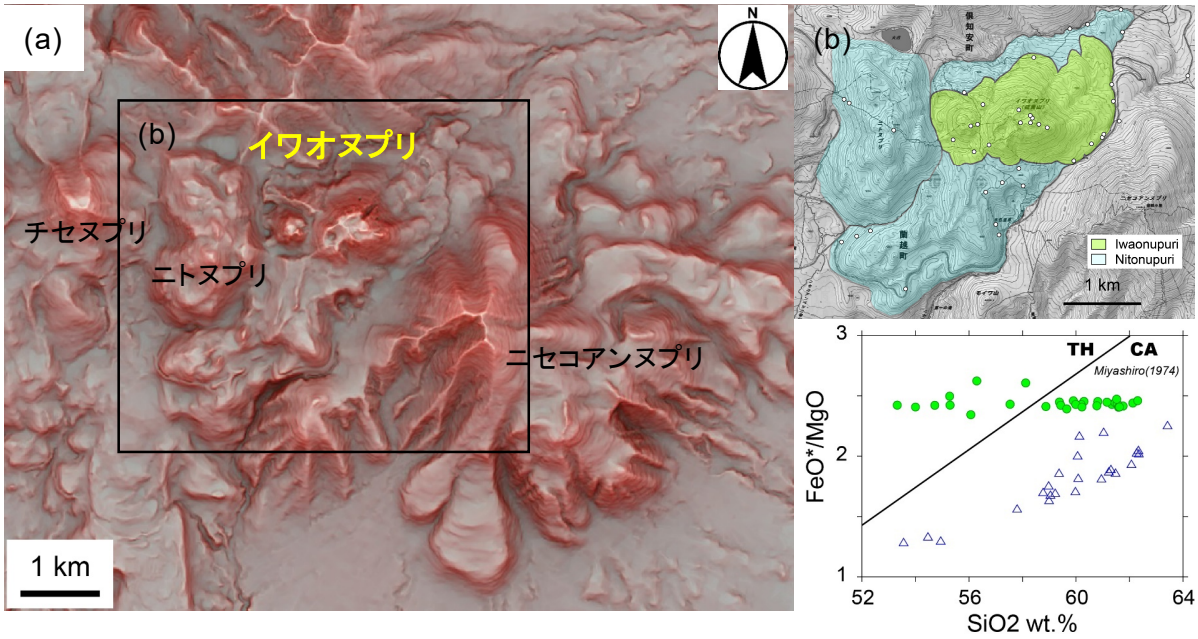


図１８　イワオヌプリ火山周辺の赤色立体地図(a)とイワオヌプリとニトヌプリの区分の定義および全岩化学組成ハーカー図(b)。赤色立体地図はアジア航測株式会社提供。

イワオヌプリ火山西部には、長径約1kmの火口地形が認められ、ニトヌプリ溶岩類を切っている。この火口内に小イワオヌプリ溶岩ドームが存在し、その東方に大イワオヌプリ溶岩ドームが存在する。イワオヌプリ火山山頂付近および南麓には複数の火口地形がみられ、南麓では五色温泉に代表されるように熱水活動が盛んである。イワオヌプリ火山の活動について、被覆関係および噴出中心、マグマの特徴の違いから、小イワオヌプリ活動期・大イワオヌプリ活動期・最新活動期の３つの活動期に区分した（図１９）。

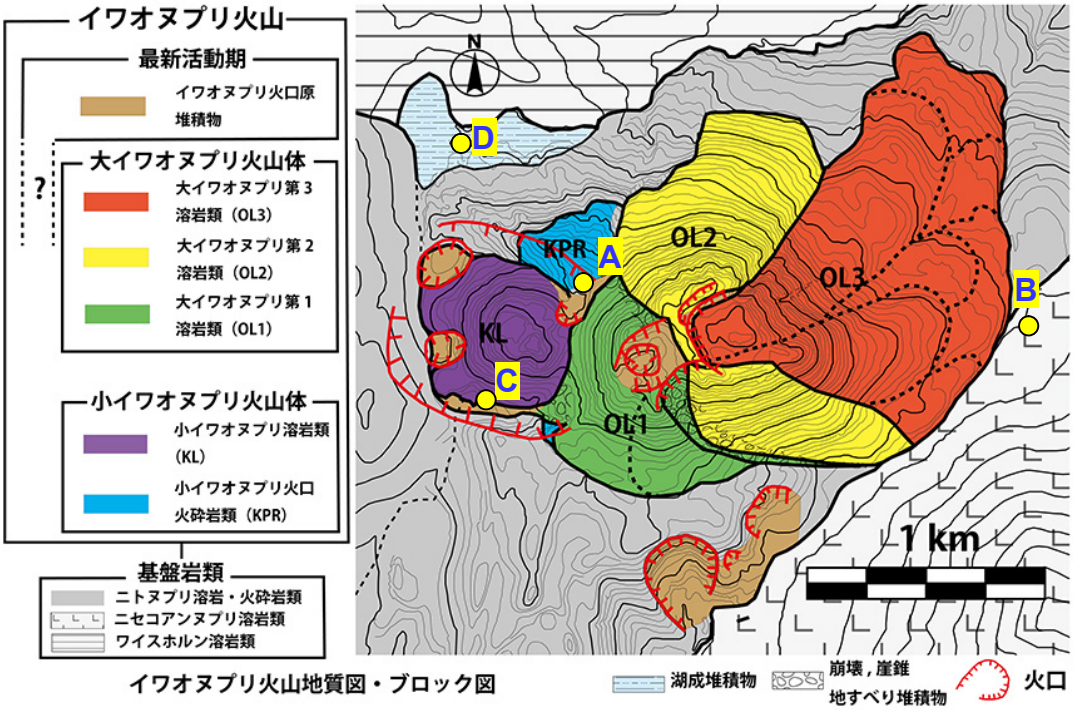


図１９　イワオヌプリ火山地質図。地点Ａ～Ｄは代表的なテフラ露頭の位置を示す。

2-1　小イワオヌプリ活動期

イワオヌプリ火山西部を噴出中心とする活動であり、小イワオヌプリ火砕岩（KPR）および小イワオヌプリ溶岩類(KL)の２ユニットから構成される。KPR は小イワオヌプリ火口を給源とする火砕岩である。東麓約２km の露頭(図１９の地点Ｂ)では、下位より水蒸気噴火堆積物、降下スコリア堆積物、火砕流堆積物、降下スコリア堆積物から構成される（図２０)。火口近傍の露頭(図１９の地点Ａ)では、後述するニトヌプリ火砕岩類を傾斜不整合で覆っており、最下部の水蒸気噴火堆積物は層厚約 3m の複数枚の降下火砕物として、降下スコリア層は複数のサブユニットから構成されることが確認できる（図２０)。明瞭な時間間隙を示す証拠はないことから、一連の活動による噴出物であると考えられる。この降下スコリア層は東方から西方にむかって層厚および構成物の粒径が増大する。東麓約２km の露頭で採取した水蒸気噴火堆積物直下の土壌および火砕流中の炭化木片が、10,910 cal BP および 9,480 cal BP の放射性炭素年代値を示すことから、イワオヌプリ火山は約 9,500 年前に活動を開始したと考えられる。本質物質は、スコリアが主体であり、少量の縞状軽石～軽石が含まれる。KPR の活動の後、小イワオヌプリ火口内では、溶岩主体の活動に移行した（小イワオヌプリ溶岩類：KL)。KL は、基底直径約 500m、比高約 160m の溶岩ドームである（図２１)。ほぼ同心円状の円錐形を示しており、一連の活動によるものであると考えられる。

2-2　大イワオヌプリ活動期

イワオヌプリ東部を噴出中心とする活動であり、３つの噴火ユニットから構成される(図２１)。大イワオヌプリ第１溶岩類（OL1）は、基底直径約 600m、比高約 130m の溶岩ド一

ムである。最も西寄りに位置しており、前述の小イワオヌプリ活動期噴出物を直接覆う。その 0L1 を覆うように大イワオヌプリ第２溶岩類（0L2）が存在する。基底直径約 1.3km の溶岩ドームであり、その分布から噴出中心は現在の山頂火口とほぼ同じ位置であったと推測される。そして、その上部に大イワオヌプリ第３溶岩類（0L3）が存在する。0L1・0L2 とは異なり、複数枚の溶岩流から構成される。これらは、山頂部の火口から流出したとみられ、東～北東麓に分布する（図１９）。この山頂部の火口は前述の複数の爆裂火口の一部を切っているようである。0L1 および 0L2 は、山頂部に複数の爆裂火口および崩壊地形が確認でき、0L3 山頂部の火口はそれらの一部を切っているようである。

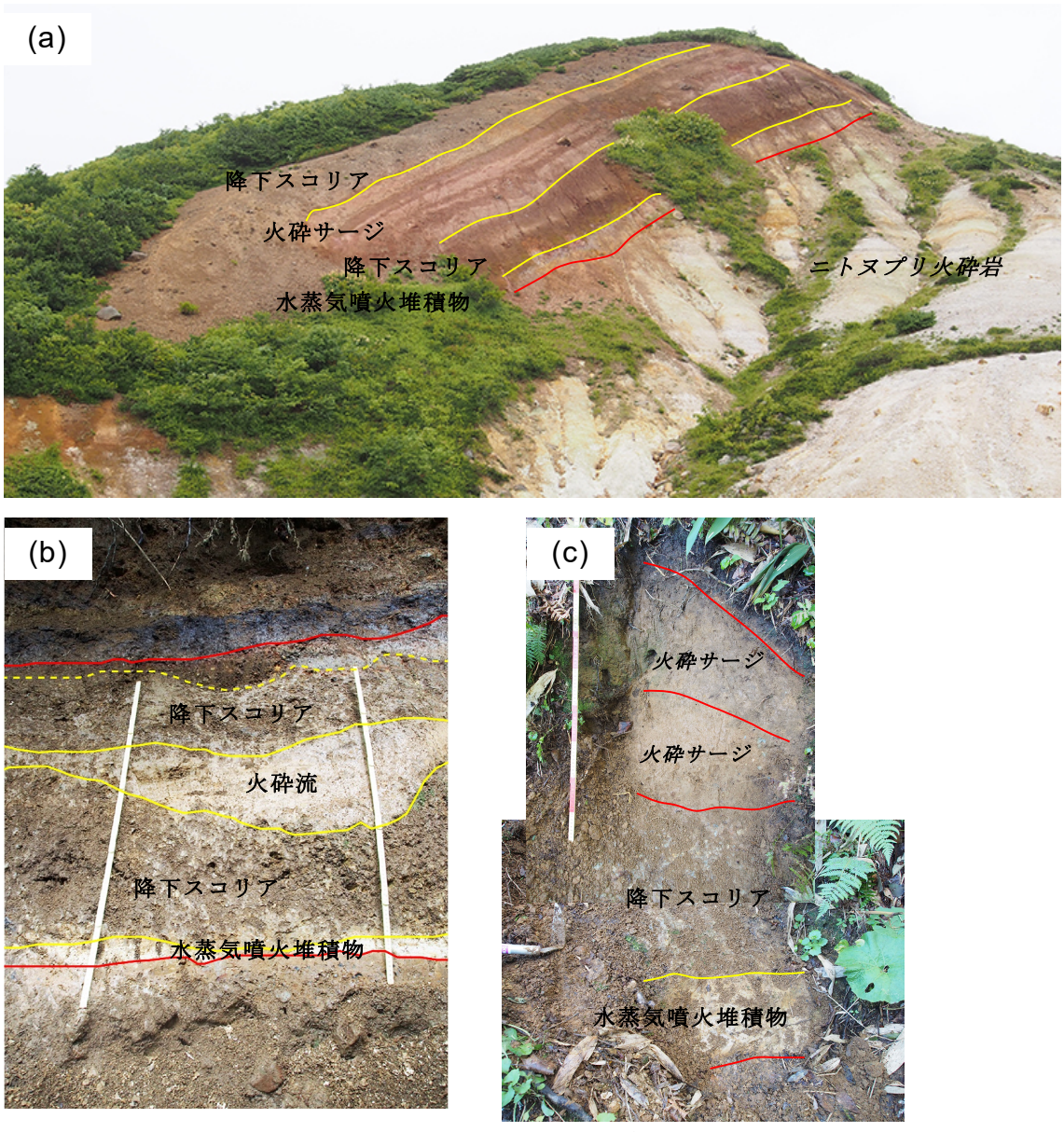


図２０　小イワオヌプリ火砕岩（KPR）の露頭写真。(a)火口近傍（図１９の地点Ａ）、(b)東麓約 2km（図１９の地点Ｂ）および(c)東麓約 3km。赤線は噴火ユニット境界、黄線はサブユニット境界を示す。

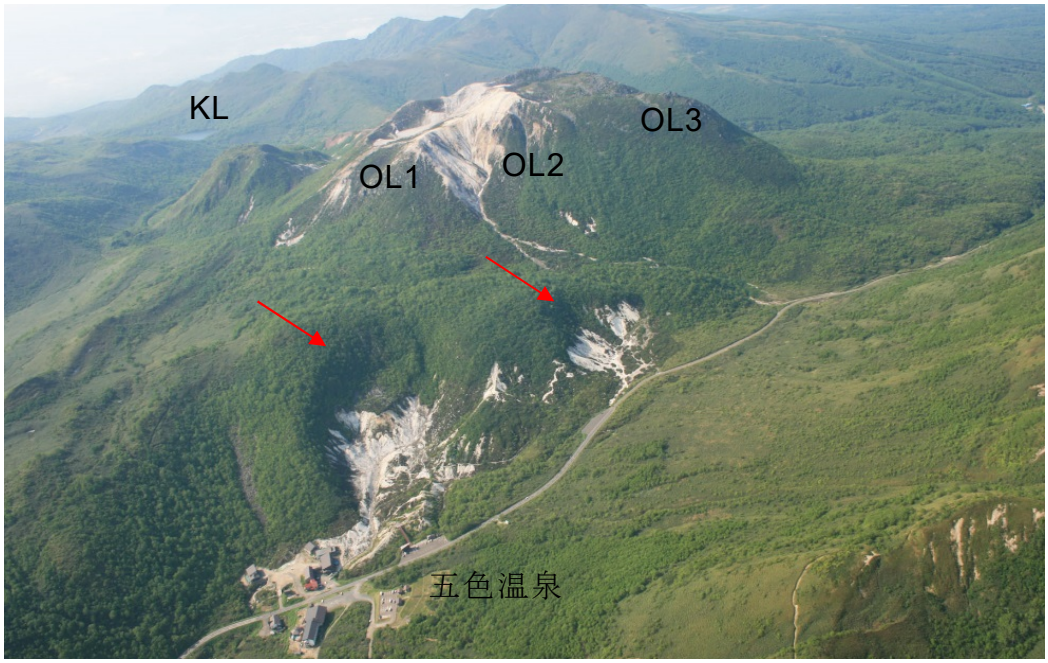


図２１　南東上空からみるイワオヌプリ火山。五色温泉近くに火口地形（矢印）があることが分かる。

2-3　最新活動期

小イワオヌプリ火口内および五色温泉周辺に認められる複数の爆裂火口（図２１）を形成した水蒸気噴火主体の活動である。上述した山頂部の爆裂火口も同時期の活動である可能性が高い。五色温泉周辺では、変質岩片および粘土質火山灰からなる火山角礫岩が表層部を構成しており、火口近傍の爆発角礫岩であると推測される。直上の土壌から Modern の結果が出ていることから、ごく最近の水蒸気噴火であると考えられる。また、後述するように約 360 年前の泥流堆積物も見つかっており、水蒸気噴火主体の活動がごく最近まで継続していると考えられる。

2-4　その他のテフラ層

小イワオヌプリ火口内および東方の鏡沼登山道沿いには、複数のテフラ層が露出する。鏡沼登山道沿いの露頭では、KPR の上位に土壌を挟んで２枚の火砕サージ堆積物が認められる（図２０ｃ）。いずれも火山豆石を含む特徴があり、鏡下において新鮮な火山ガラス片を確認できたことから、マグマ噴火～マグマ水蒸気噴火の産物であると考えられる。直下の土壌からは 3,760calBP の放射性炭素年代値が得られている。また小イワオヌプリ火口内の地点Ｃでは、複数枚の火砕サージ～火砕流堆積物、降下火山灰および泥流堆積物が認められる（図２２・２３）。これら堆積物は明瞭な土壌を挟んでおり、ある一定期間の断続的な活動によって堆積したと思われる。上位の泥流堆積物およびその直下のサージ堆積物（1,020-360 cal BP）には本質ガラスは認められなかったが、下位の火砕サージ～火砕流堆積物（6,440-1,600 cal BP）の多くは、新鮮なマグマ片と思われる岩片が少量含まれる。このことから、下部(1,600 cal BP 以前)はマグマ水蒸気噴火～マグマ噴火によるもの、上部(1,020 cal BP 以降)は水蒸気噴火によるものであると推測できる。KPR が約 9,500 年前

であることを考慮すると、これらテフラ層の多くは KL・OL の溶岩噴出と同時期の噴出物であると推測される。したがって、KPR の爆発的噴火の後も継続して活動し、溶岩噴出だけでなく、火砕サージ・火砕流も伴ったと考えられる。また、地点Ｃの上位の泥流堆積物は、地形から考えると山頂火口から流下してきた可能性がある。

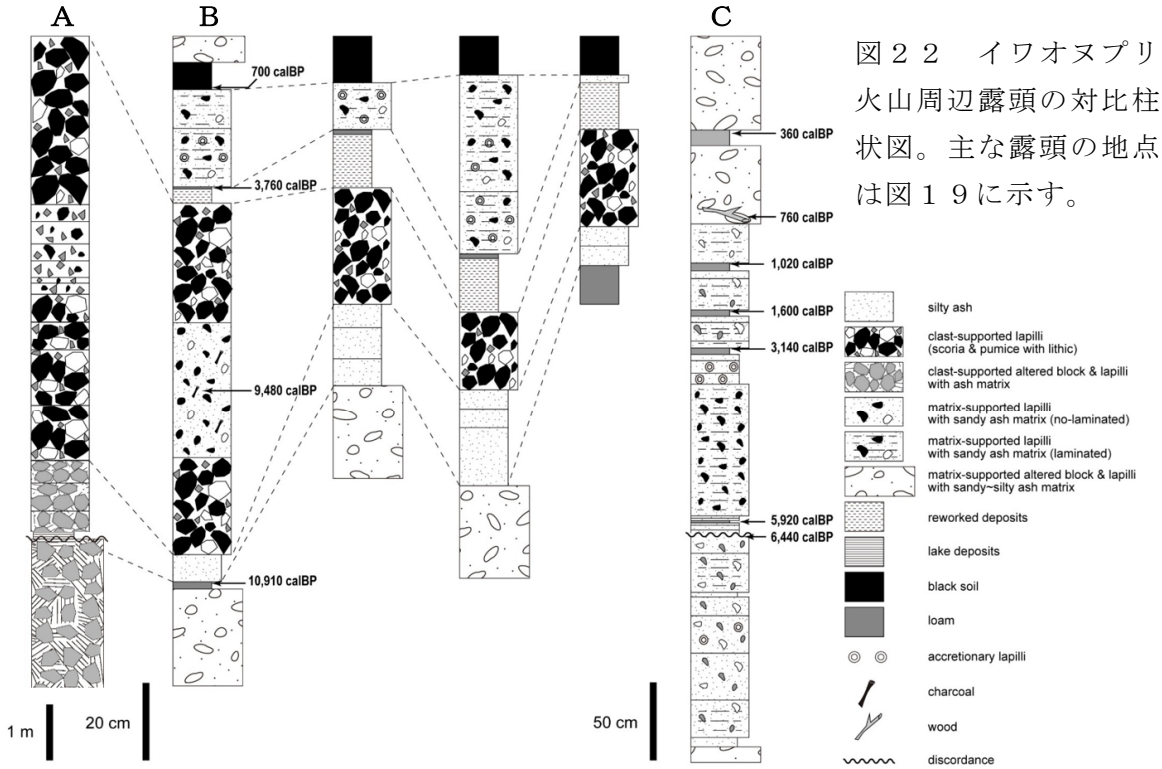


図２２　イワオヌプリ火山周辺露頭の対比柱状図。主な露頭の地点は図１９に示す。

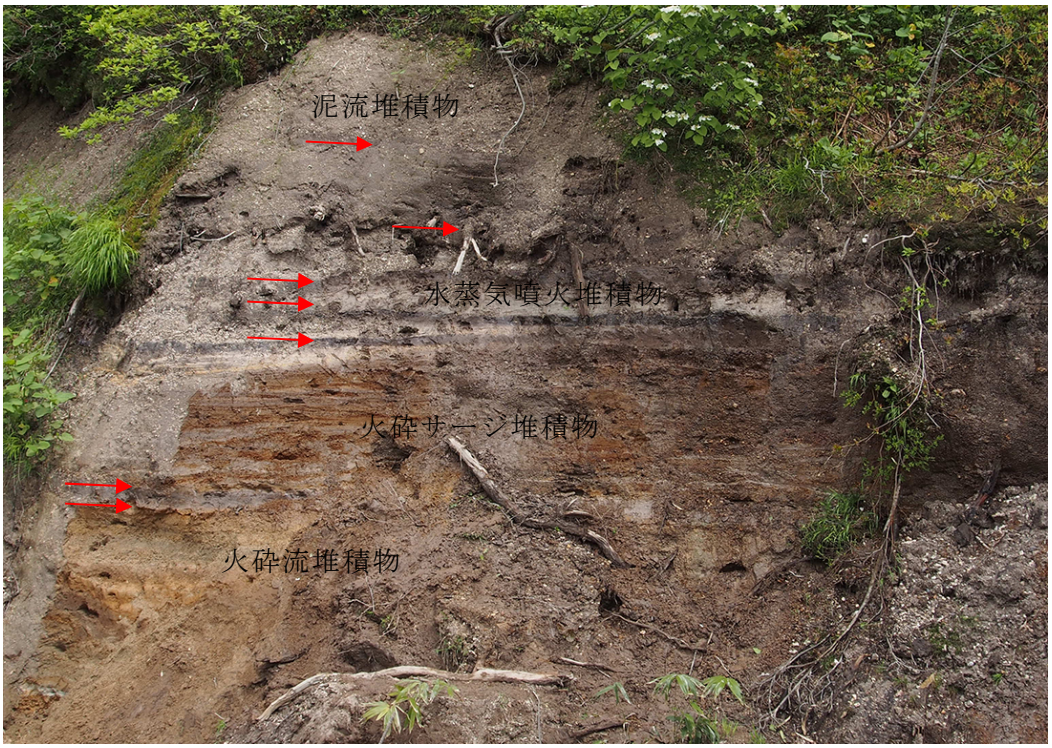


図２３　地点Ｃの露頭写真。赤矢印は年代測定試料採取ユニットを示す。

3.　イワオヌプリ火山の岩石学的特徴

イワオヌプリ火山を構成する岩石は、斑晶質な角閃石含有両輝石玄武岩～デイサイトである。KPR は不均質な縞状組織が認められ、スコリア部分には少量のかんらん石が含まれる。KL および OL は母岩に石英を含む特徴があり、細粒な包有物がしばしば認められる。また、OL1 については、肉眼での色調および斑晶量の違いで 2 タイプの母岩が認識できる。

全岩化学組成は SiO_2＝51.2-68.5 wt.%であり、中カリウム系列のカルクアルカリ岩である（図２４）。不均質な組織が認められた KPR および 2 タイプの母岩が認識された OL1 は組成幅が広い。ハーカー図をみると噴出中心の違いで組成トレンドが異なることが分かる。このことから、イワオヌプリ火山の活動ではマグマの入れ替わりが噴出中心の移動（や噴火様式の変化）をもたらしているのかもしれない。

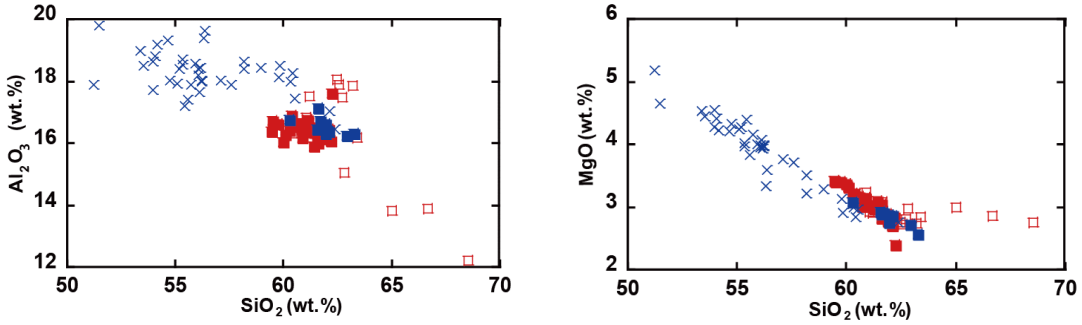


図２４　イワオヌプリ火山全岩化学組成ハーカー図。

×：KPR、■：KL、□：OL1、■：OL2・3。活動期ごとで組成トレンドが異なる。

4.　ニトヌプリ火山の活動

隣接するニトヌプリ火山は、イワオヌプリ火山とともに新しい活動である可能性が指摘されてきた（NEDO, 1986；古川, 2002MS）。昨年度の調査によってイワオヌプリ火山の活動開始時期は明らかになったが、ニトヌプリ火山の活動との時間間隙については不明であった。今年度は、小イワオヌプリ周辺の地点Ｃ・Ｄの露頭観察より、ニトヌプリ火山の末期の活動について検討した。

地点Ｃでは、下位に白色の変質岩片からなる角礫岩層が 30m 超の厚さで堆積している（図２０a）。比較的淘汰が良く水蒸気噴火による降下火砕物であると考えられる。その堆積時期は不明であるが、約 9,500 年前の KPR が傾斜不整合で覆っており明らかな時間間隙があることから、ニトヌプリ火山の末期の活動によるものであると考えられる（以後、ニトヌプリ火砕岩）。また、北西部の地点Ｄでは、層厚 15m超のラピリストーン～凝灰岩層が露出している（図２５）。成層構造を呈しており、多くが変質岩片から構成される。一部の層には花粉が多く含まれており、湖成堆積物である可能性が高い。介在する土壌について放射性炭素年代測定を実施したところ、30,690-41,260cal BP の年代値が得られた。仮にこの湖成層が地点Ｃのニトヌプリ火砕岩の噴出より以前に形成されたものである場合、ニトヌプリ火砕岩に相当するテフラが湖成層の上位に堆積しているはずである。しかし、これら湖成層の上位にはテフラ層は認識できなかった。よって、この湖成層はニトヌプリ火砕岩の活動後に形成されたものであると解釈でき、ニトヌプリ末期の活動は約３万年前にほ

ぼ停止していたといえる。したがって、ニトヌプリの活動停止後、数万年間の静穏期を挟んで、イワオヌプリ火山の活動が開始したと考えられる。

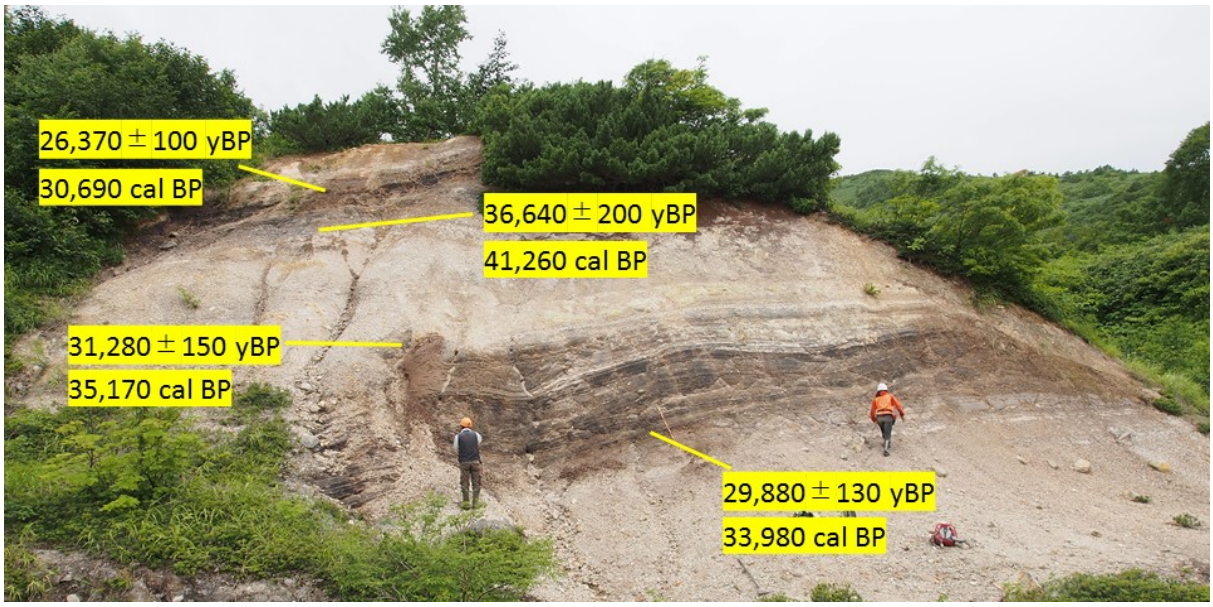


図２５　イワオヌプリ北西部の湖成堆積物（図１９の地点Ｄ）。数値は有機質土壌の放射性炭素年代値を示す。

5.　まとめ

イワオヌプリ火山の地質学的岩石学的検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- イワオヌプリ火山は、噴出中心や噴火様式の違いから、３つの活動期および６つの噴火ユニットに区分される。
- イワオヌプリ火山は、約 9,500 年前の爆発的噴火により活動を開始した。
- その後、溶岩主体のマグマ噴火と水蒸気噴火を繰り返しながら現在の山体を形成した。
- 最近の活動は水蒸気噴火主体であり、直近では数 100 年以内に起きたと考えられる。
- ニトヌプリ火山の活動との間には、数万年ほどの休止期があった。

以上のように、イワオヌプリ火山は非常に新しい火山でごく最近も活動していることが明らかになった。観光地として名高いニセコ地域に位置しており、登山客や観光客に、活動度の高い活火山であることを周知していく必要があると考えられる。

引用文献

古川貴浩（2002MS）ニセコ火山群の末期噴火史と全岩化学組成の時間変化 - 若い火山岩への TL 年代測定の試み - . 北海道大学理学部，卒業論文， p 47.

大場与志男（1960）ニセコ火山群の岩石について．地質学雑誌，66，788-799.

奥野充（2003）ニセコ・イワオヌプリ，大雪山・旭岳，屈斜路・アトサヌプリにおける最新噴火の年代学的研究．北海道における完新世火山の火山活動特性の評価．平成 12 年度～平成 14 年度科学研究費補助金研究成果報告書.

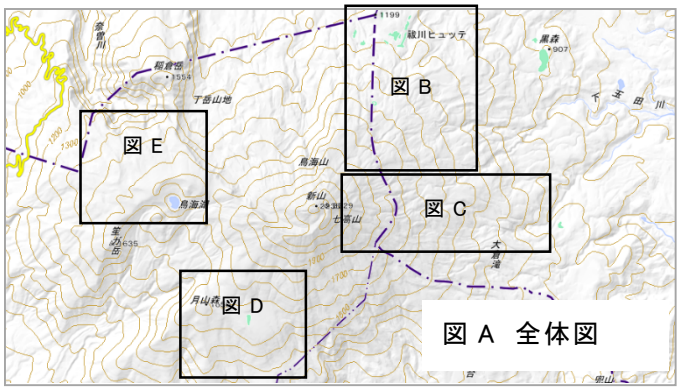
新エネルギー総合開発機構（NEDO）（1986）昭和 60 年度全国地熱資源総合調査（第 2 次）火山性熱水対流系地域タイプ①（ニセコ地域）調査．火山岩分布年代調査報告書.

○鳥海山：野外調査による噴火履歴の解明（秋田大学・山形大学）

（１）小規模噴火を含む完新世における噴火活動史を構築するための地質調査(秋田大学)

1.　背景

鳥海火山は溶岩噴出を主体とし、テフラがほとんど認められない火山であると考えられていたが、林他（2000）や大場他（2012）により、多数の完新世小規模噴火テフラ層が報告された。しかしながら、いずれの報告も一地点（山体北側七合目御田湿原）での報告にとどまっているため、噴火規模や降灰分布を含む詳細な噴火活動史を構築することはできていない。御田湿原での研究結果から、鳥海山起源の火山灰は山麓に分布することがほぼ期待できない。そのため、火山灰層の分布が期待できる山体上部をくまなく探索する必要がある。前年の平成２９年度にはトレンチ一カ所における火山灰層の観察に加え、複数の露頭を見いだして観察した。



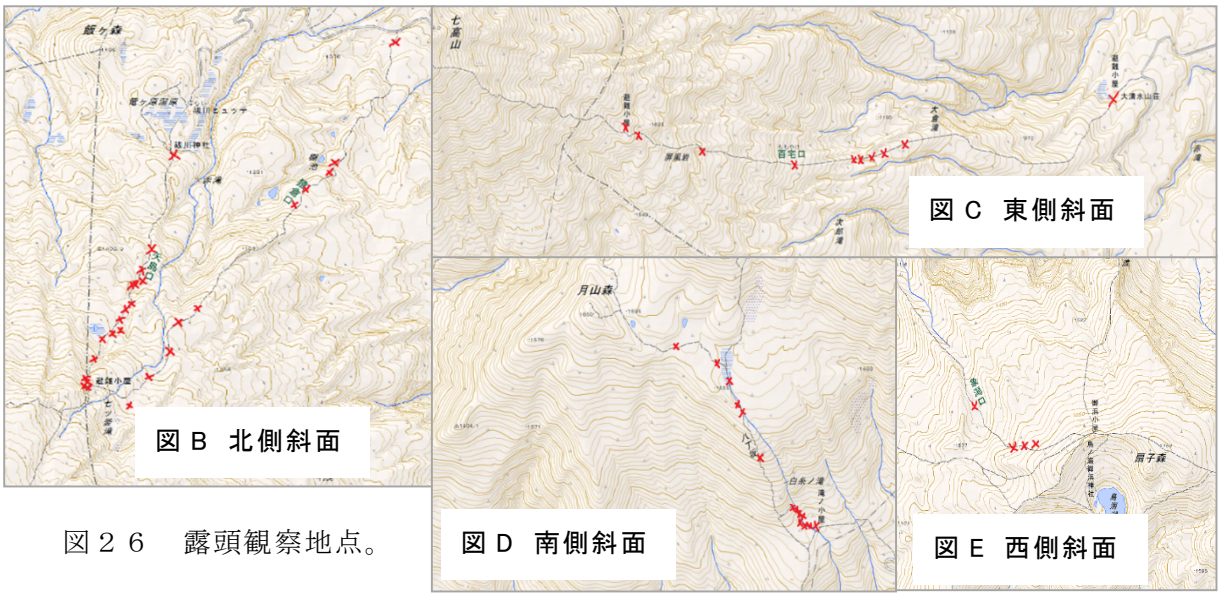


図２６　露頭観察地点。

2.　調査結果

平成３０年度は、火山体上部に分布するテフラ層の探索と記載を徹底して実施した。その結果、複数の登山道沿いにて多数のテフラ露頭を発見した。観察地点数は５６地点にのぼった（図２６）。多くの観察地点において、多数のテフラ薄層が認められた。テフラ層は、色調・粒径から暗灰色砂質、暗褐色砂質、明灰色細粒砂質、白～淡黄～明褐色粘土質火山灰層に分類できる。多くのテフラ層は層厚が数 cm 以内であり、黒色土壌が狭在することが多い。典型的な露頭の写真と柱状図を図２７に示す。

露頭観察結果を基に、代表的な露頭間での火山灰層の対比を試みた。層相（色調、粒径、火山灰組成）が類似する火山灰層が多数重なっているため、野外肉眼観察の結果のみでの対比は容易ではないが、重なりのパターンや特徴的な層を基に、予察的な対比を行った（図２８）。

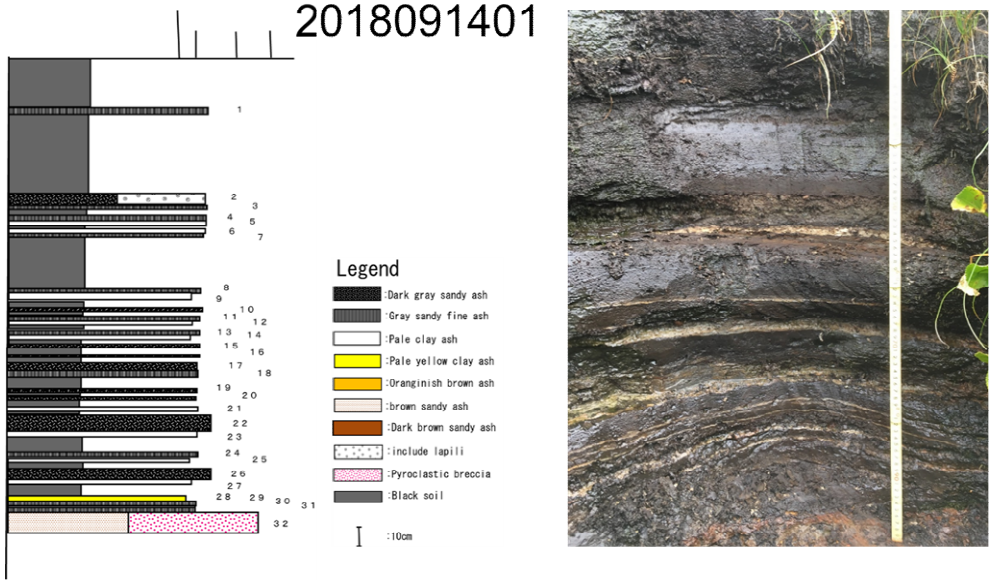


図２７　代表的な露頭の柱状図と露頭写真（猿倉登山道）。

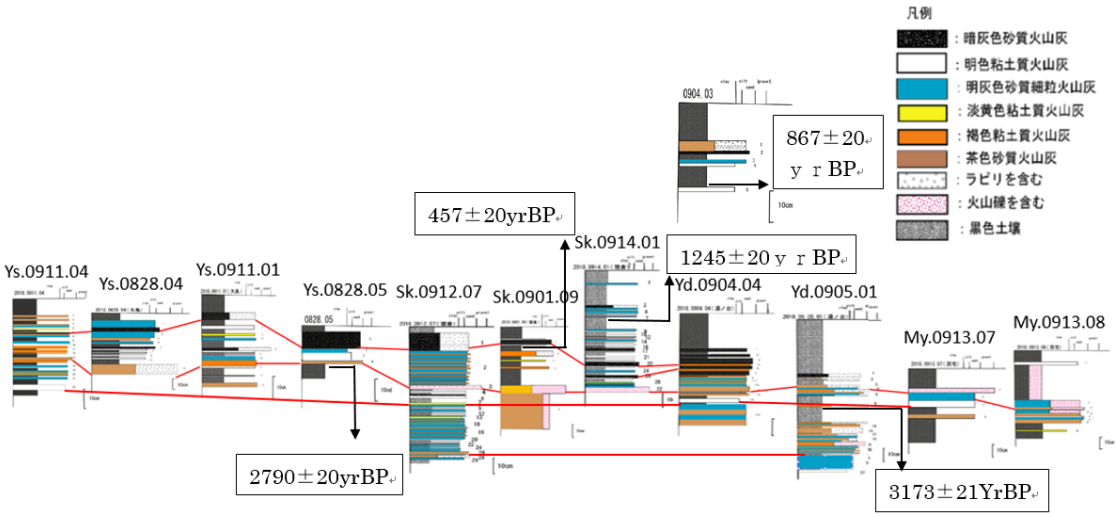


図２８　予察的対比結果。

3.　年代測定

火山灰層直下の土壌試料及び植物片計５試料を採取し、Beta Analytical Laboratory Co. に AMS 年代測定を依頼した。その結果、457±20 yBP、 867±20 yBP、 1,245±20 yBP、2,790±20 yBP、 3,173±20 yBP の結果が得られた。図２８の柱状図対比図には年代測定結果を記入した。一部に年代の逆転があり、対比が不完全であることを示している。

4.　成分分析及び測色分析

採取火山灰試料について（1）実体顕微鏡観察、（2）偏光顕微鏡観察、（3）測色分析を実施した。これらの観察・分析の主な目的は（1）火山灰層の対比、および（2）各層をもたらした噴火の噴火様式の決定である。火山灰試料より、水洗浄及び篩い分けにより 125～250μｍの火山灰を分離した。実体顕微鏡観察により構成物の決定と量比の概算を行った。代表的な試料について研磨薄片を作成し、構成物の詳細観察を行うとともに、判定量的な成分分析を行った。（2）の作業は試料前処理、分析ともに時間がかかるため、測色分析が成分分析に変わる迅速測定となる可能性を検証した。

ここでは、野外観察記載に基づく分類・成分分析・噴火様式と色との関係について、色空間上で識別できるかを検討した。その結果、火山灰試料をそのままで測定した場合には、色空間上で著しく重複するのに対し、125～250μｍの粒子を抽出して測定した場合には比較的領域が分離し、この方法が有効である可能性が見いだされた（図２９）。しかし、測定点数が少ないため、今後の検討が必要である。

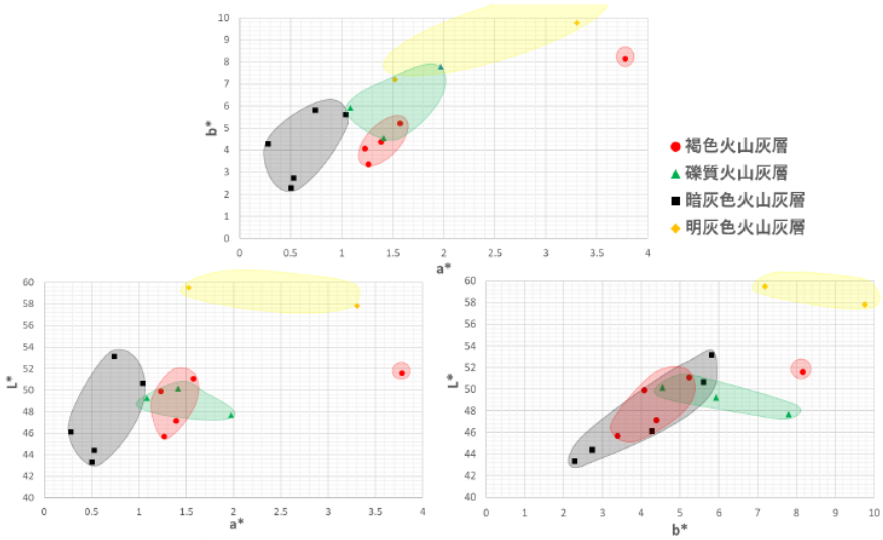


図２９　野外での分類と測色分析の関係。野外での分類は、成分分析とも概ね対応することから、測色分析による成分構成の推定が可能であると考えられる。

（２）鳥海山南山麓部におけるラハールの評価（秋田大学）

2019 年改訂の鳥海山火山防災マップには、鳥海山麓の住民居住地における火山泥流・土石流（ラハール）の危険性が記されており、主要な避難対策の対象となっている。秋田県側の白雪川、子吉川、山形県側の高瀬川、月光川、日向川流域での被害が想定されている。本年度は山形県側にて遊佐町中心部に被災をもたらす可能性が指摘されている月光川流域

において、過去にラハール被害が無かったかについて検証するため、遊佐町立遊佐中学校敷地内にて掘削調査を実施し、採取試料の年代測定を実施した。

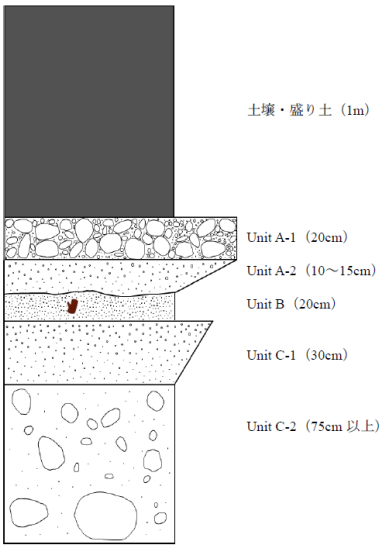


図３０　遊佐中学校式における掘削柱状図。

遊佐中学校での掘削柱状図を図３０に示す。盛り土の他に、5 層が確認された。UnitA-1・A-2・C－1・C-2 は土石流堆積物である。UnitB は河川堆積物である。繰り返し土石流が到達したことがわかる。UnitB 中の木片の AMS 年代を実施したところ、年代は現世（pMC 112.144±0.238）の結果が得られた。同様の結果が上流の土石流堆積物からも得られている（pMC121.74±0.45）。知られている限り、明治以降の近世には噴火に伴うラハールは発生していない。一方、月光川流域は 1875 年、1882 年、1884 年、1885 年、1894 年、1926 年、1931 年、1932 年、1955 年、1958 年洪水に見舞われている。このことから、土石流堆積物は噴火に伴うラハールではなく、これらの洪水によるものであると考えられる。

（３）西鳥海カルデラ形成後の噴火履歴の解明（山形大学）

鳥海山は約６０万年前から活動を続けている活火山であり、成長と崩壊を繰り返している（図３１）。最新の崩壊は紀元前 466 年に発生し、その後に馬蹄形カルデラ（東鳥海カルデラ）内での噴火が多発している。そのひとつ前の崩壊によって西鳥海カルデラが形成された（約９万年前）と考えられており、そのカルデラを埋積した噴出物は約２万年前より古いと推定されていたが、最近の地形学的調査によって、それらの一部が完新世のものである可能性が指摘された。このため噴出物の層序や物質学的特徴を解明する必要が生じた。本年度はカルデラ内の噴出物の層序を全面的に見直した。また調査の際に鍋森山周辺の湿地帯において水蒸気噴火によると考えられるテフラ層が多数発見された。

1.　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を 8 個の地質ユニットに再分類した（図３２）。それらは、下位から、中ノ沢下部溶岩、鳥の海スコリア、中ノ沢上部溶岩、扇子森溶岩ドーム、鍋森湿原アグルチネート、鍋森山溶岩ドーム、前鍋森山溶岩ドーム、万助道溶岩からなる。鳥の海スコリアの上には約 20 cm の火砕サージ堆積物が乗っており、その上に黒色土壌が重なっている。黒色土壌の最下部の炭素 14 年代測定を行ったところ、約 2,700 年前の年代値が得られた。よってこの火砕サージ堆積物は完新世のものである可能性が高い。火砕サージ堆積物を鳥の海スコリアの一部として良いかどうかは今後の課題である。なお、中の沢上部溶岩の溶岩微地形は非常に明瞭に残されており、形成時期が完新世である可能性が高い。

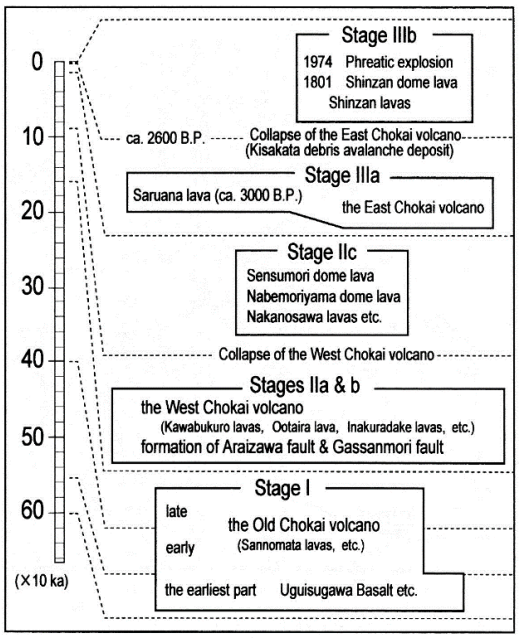


図３１　鳥海山の形成史概要（伴ほか，2001）。

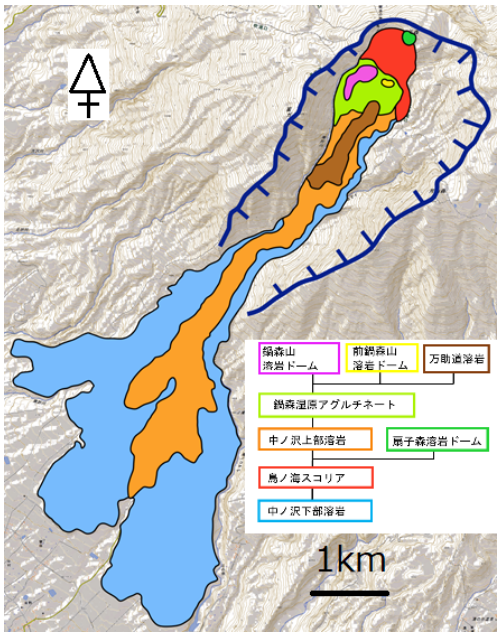


図３２　西鳥海カルデラ内噴出物の分布。

2.　鍋森山東方の湿地帯に産するテフラ層について

鍋森山（図３２）の東方に湿地帯があり、そこに泥炭層が堆積している。本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３３）。

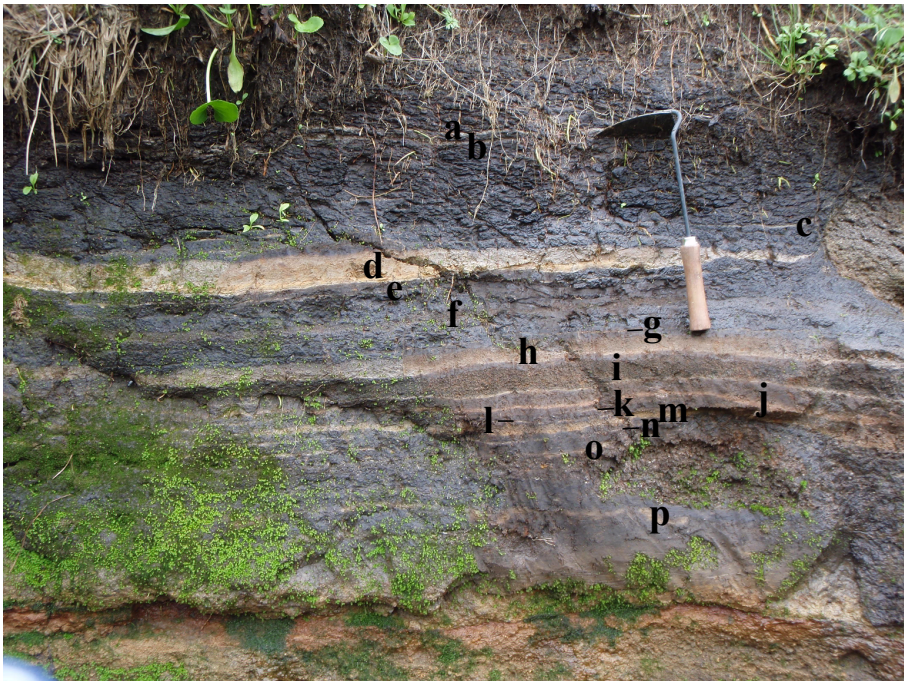


図３３　鍋森山東方湿地帯の泥炭層中のテフラ層。

これらのテフラを上位から MNB-a~p とした。MNB-a~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 と i は上部がスコリア、下部が淡褐色粘土質火山灰、MNB-j~l 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 と 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。MNB-a 及び MNB-p 直下から採取した泥炭層試料について、各々約４千年前と約１万年前の炭素 14 年代が得られた。

○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）

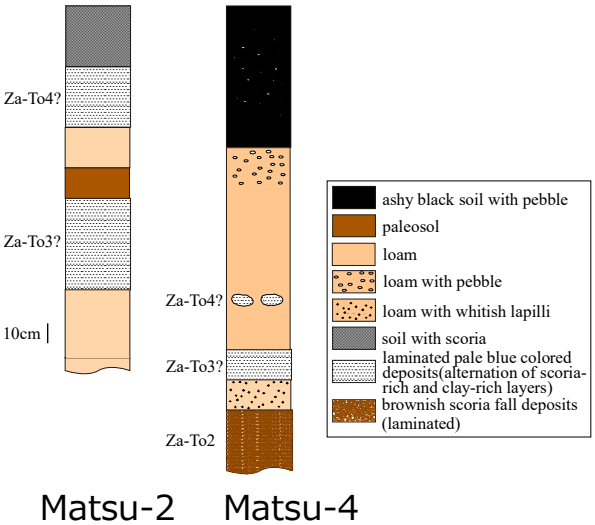
蔵王山最新の活動期は、約 3.5～1.3 万年前、約 9～3 千年前、約２千年前以降に分けられる。これら３つの活動期について実施したことを活動フェーズ毎に以下に記す。

1.　蔵王山約 3.5～1.3 万年前の活動フェーズ

約 3.5～1 万年前のテフラについて、東麓でのテストピット掘削の結果を基に 2 か所（東麓２・４）においてトレンチ調査を実施した。図３４にテストピット掘削の様子およびトレンチ写真を、東麓のトレンチ地点の柱状図を図３５に示す。



図３４　東麓でのテストピット掘削の写真（左）、および東麓２（中）と４（右）のトレンチ写真。



東麓の２地点では、ローム層の中に各々２枚と３枚のスコリア質火山灰層が認められた。層準から考えると、地点２のものは下位から Za-To3・4 に、地点４のものは下位から Za-To2・3・4（Miura et al., 2007）に対比されるものと思われる。

図３５　東麓のトレンチ地点の柱状図。

3.　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。図３６にトレンチの写真を、図３７にトレンチによって現れたテフラ層の柱状図を示す。

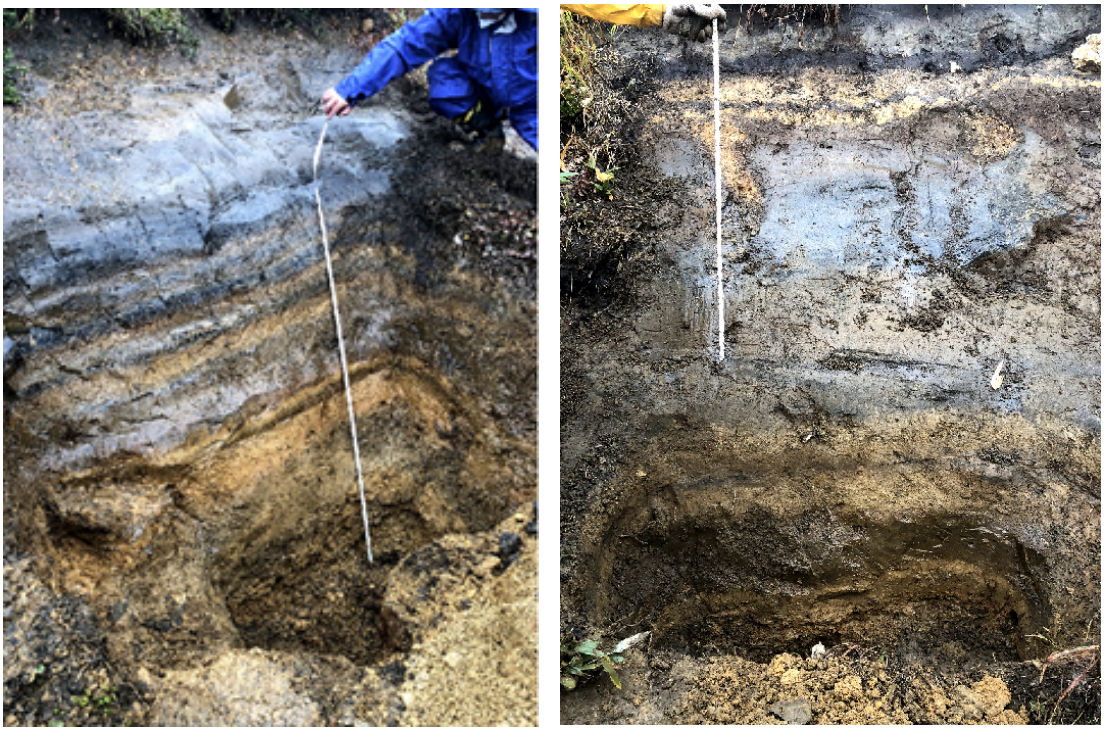


図３６　地蔵山山頂付近のトレンチ写真。

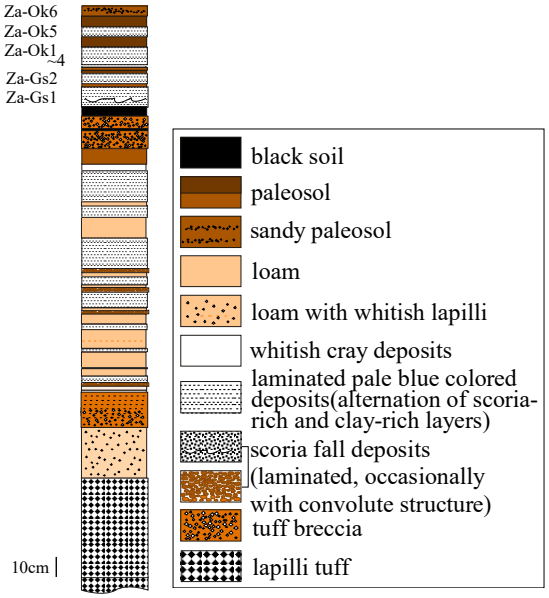


図３７　地蔵山山頂付近のトレンチ調査によるテフラ層の柱状図。

最下位の火山礫凝灰岩層はこの活動フェーズより古い時代のものと考えられる。また、黒色土を挟んで Za-Gs1 の下位にある凝灰角礫岩層より上位の層はこの活動期より新しい時代のものと考えられる。なお、Za-Gs1・2、Za-Ok1～6 は各々五色岳、御釜を火口とするテフラで、約２千年前よりも新しい時期に形成されたと考えている。

上記の間に、この活動フェーズのテフラがローム層の中に少なくとも 10 枚認められた。このうち最下位のものは下部が水蒸気噴火による白色粘土質火山灰からなっている。

4.　蔵王山約２千年間の活動フェーズ

約２千年前以降は五色岳の活動に対応する。昨年度までの研究によってこの活動を９つのフェーズに分けた。それらは、約２千年前からおよそ西暦 800 年の間の 2 フェーズ（Za-Gs1・2 テフラに対応）、およそ西暦 900 年から 1894～1897 噴火までの 7 フェーズ（Za-Ok1~7 テフラに対応）である。Za-Ok1~7 は御釜を噴火口とし、Za-Gs1・2 は御釜よりもやや東に存在した火口からのものと推定される。このうちの Za-Ok4 を除く 8 つのフェーズでは、最下部に水蒸気噴火による噴出物が認められる。本年度は、Za-Ok5~7 の水蒸気噴火噴出物について、体積見積もりと構成物解析を進めた。

また、マグマ噴火噴出物の代表的なものについて物質科学的研究を進め、特に直方輝石の組成類帯を基に滞留時間やマグマ溜内混合プロセスの推定を行った。ここでは五色岳形成初期の噴出物を対象とした。記載岩石学、全岩組成、鉱物化学組成などの岩石学的特徴から、対象とした噴出物は珪長質・苦鉄質の 2 端成分マグマの混合によって形成されたと考えられる。全岩組成、鉱物化学組成を基に、MELTS プログラムを用いて検討し、珪長質端成分マグマは、SiO_2 量は約 60%、980℃、1.4 kb、含水量は 2.3%、苦鉄質端成分マグマは、SiO_2 量は約 48%、1,100℃、約 1.7 kb、含水量は約 1.7%と求まった。累帯構造をもとにすると含まれる直方輝石斑晶は以下の４つのタイプに分類された。それらは均質な homogenous-core タイプ、外縁部に細い高 Mg 帯を持つ thin-darker-zone タイプ、コアから外縁部にかけて Mg 値が緩やかに増加する broad-darker-zone タイプ、波動累帯構造を持つ oscillatory-zoned タイプである。これらのうちの thin-darker-zone タイプおよび broad-darker-zone タイプの代表的な斑晶について Fe-Mg 及び Al の組成プロファイルをもとに滞留時間を推定したところ、thin-darker-zone タイプでは 1.5 年未満、broad-darker-zone タイプでは 2.5～150 年の結果が得られた。

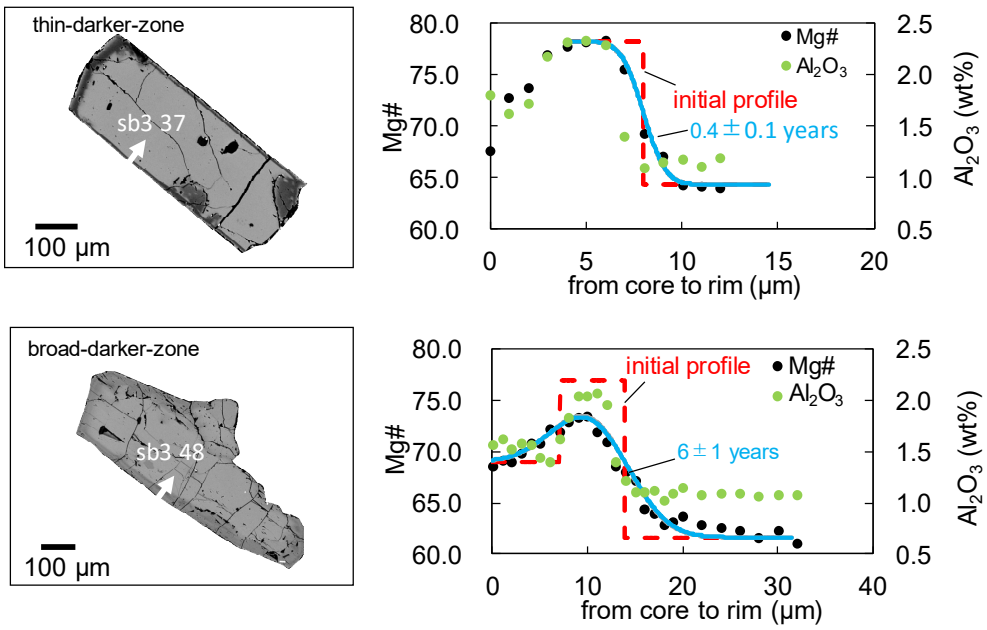


図３８　直方輝石の thin-darker-zone タイプおよび broad-darker-zone タイプの代表的粒子の組成累帯及び拡散プロファイル（Nishi et al., 2019 より抜粋した）。

図３８に両タイプの代表的粒子の組成累帯と拡散プロファイルを示す。broad-darker-zone タイプについては長い滞留時間が得られた。これは、先駆的な苦鉄質マグマの注入とそれに伴う混合マグマ層の形成が開始した時期に相当すると考えられる。一方、thin-darker zone タイプについては 1.5 年未満という短い滞留時間が得られた。これは、噴火直前の苦鉄質マグマの注入のタイミングを示していると考えられる。thin-darker zone タイプに見られる高 Mg 帯は、比較的安定的に存在している混合マグマに苦鉄質マグマが注入した際に形成された、やや苦鉄質な混合マグマからの成長によると考えられる。thin-darker zone タイプのコアは珪長質マグマから結晶化したと考えられる組成を持っているため、やや苦鉄質な混合マグマが珪長質マグマに達し、そこから結晶をはぎ取ったものと考えられる。高 Mg 帯は薄いため、やや苦鉄質な混合マグマはほどなく、安定的に存在する混合マグマに吸収されたと思われる。broad-darker-zone タイプ特に Al の組成累帯において、かつての混合によって形成された thin-darker zone と同等の痕跡を残していることが多いことが明らかとなった。図３９に推定されたマグマ溜内混合プロセスの概念図を示す。

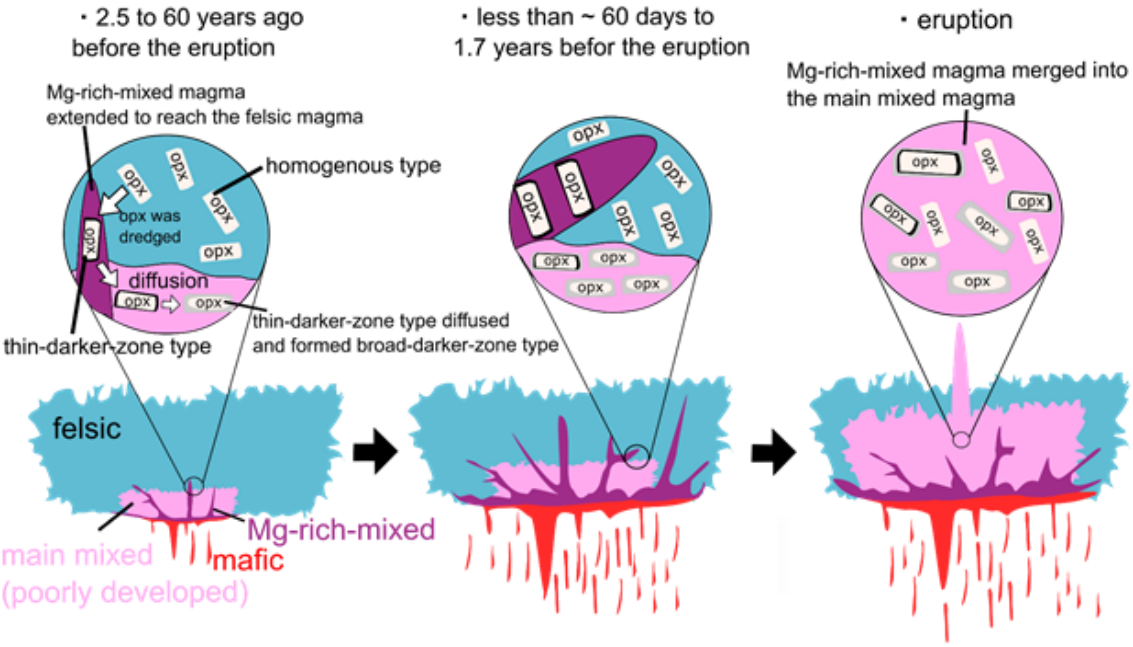


図３９　直方輝石組成累帯を基に推定されたマグマ溜内混合プロセス概念図(Nishi et al., 2019 より抜粋した)。

○栗駒山：野外調査および物質科学的解析による最新期噴火活動の水蒸気噴火の特性（茨城大学）

１．はじめに

栗駒火山では最近千年間に３度の水蒸気噴火を起こしており、江戸時代以降の２度の噴火（西暦 1944 年および 1744 年）ではいずれも火口噴出型火山泥流の発生を伴うことを特徴としている。今年度は、土井宣夫氏の協力のもと、1944 年噴火堆積物と 1744 年（もし

くはその前の１３世紀発生）の水蒸気噴火堆積物を採取し、粒度分析を行った。ほぼ同様の地質環境の元で起こったとされる、規模の異なる水蒸気噴火由来の堆積物に関する粒度特性を比較することで、規模や、水蒸気噴火の様式の差が堆積物に及ぼした結果を確認することが期待できる。具体的には、噴火直前～噴火時における、水蒸気爆発による地下浅部での破砕過程、地表付近での含水堆積物の巻き込み噴き上げ過程、更に地下での破砕粒子と地表構成堆積物との混合過程などに関する情報が、粒度特性という形で集積されていると考えられる。

２．結果と考察

1944 年噴火堆積物は、火口縁の北～東縁の、火口から 10m以内に散在する類質火山岩塊の直下に、火山灰からなる薄層として、腐食層の上にわずかに残存する。本堆積物は 1～4cm厚の茶褐色火山灰層とそれに直接覆われる1.5～5cm厚の乳白～淡黄色細粒火山灰層から成る（図４０左)。2 個の岩塊の直下に残された両層それぞれ 1 試料ずつ、計 4 試料を採取した。また、1944 年噴出物の下位に腐食層を介し、1744 年噴火堆積物が認められる。火口縁では腐食層直下に約 5cm 厚の灰白色細粒火山灰層が認められ、それに被覆されて 2～5cm 厚の茶褐色～赤灰色火山灰層が認められる（図４０右)。試料はこの下部層から採取した。また、火口北方約 60m の地獄谷の谷頭部では腐食層直下に約 15cm 厚の淡灰色火山灰層として確認でき、これも採取した。なお、これは 13 世紀噴出物の可能性も残されている。



図４０　1944 年噴火堆積物（左）と 1744 噴火堆積物（右)。

1944 年噴火堆積物はいずれも 40～70 μm 径と 4 μm 程度の細粒粒子に高頻度を示すバイモーダルな粒度特性の傾向を有する(図４１a･b)が、上位層の１試料では更に粗粒の 300μm 付近に最頻値を示す特性を示す部分も認められた（図４１c)。分析した４試料中２試料では、バイモーダルを示す粒径の中間、10～20 μm 辺りに低頻度部が認められる（図４１a・b)。1744 年噴火堆積物の場合、異なる２地点で採取した試料の粒度特性が互いによく似ている（図４１d・e)。30～70 μm 径と 4 μm 程度の細粒径のところに高頻度を示すが、その中間、10～20 μm 辺りに顕著な頻度低下は示さず、台形に近い頻度分布曲線を描く。この特徴は勘著な低頻度部が中間粒径に認められる 1944 年噴火堆積物とは明瞭に特徴を異にする。

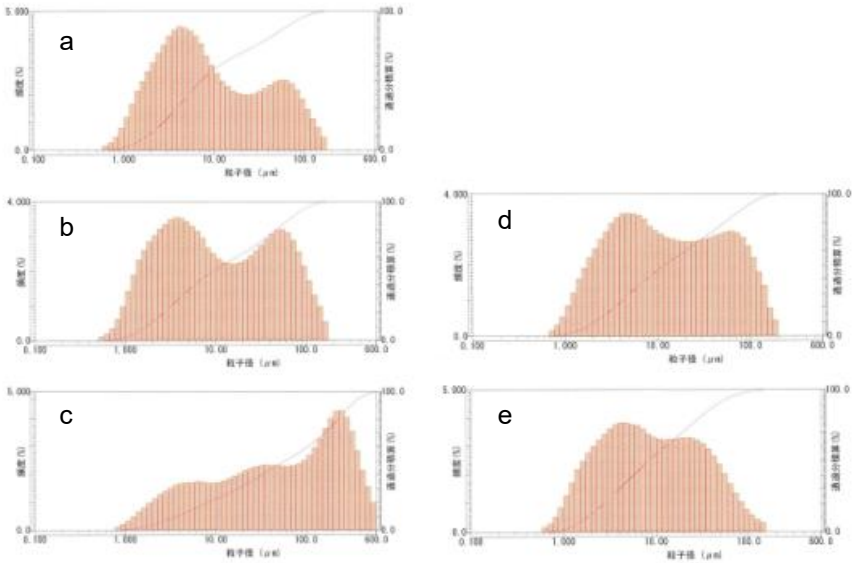


図４１　1944 年噴火堆積物（左）と 1744 年噴火堆積物（右）の粒度特性。

噴火堆積物の粒度特性は、爆発による破砕飛散を被る岩石や地層の破壊強度や粘性、地層構成物に内在する粒度特性や凝集性等の物質のもつ物理的特性と、爆発の強度、圧力解放速度や持続時間など、噴火現象の特性との関連し合った結果の産物と考えられる。今回比較した堆積物はいずれもよく類似した地質環境の元で起きた水蒸気噴火であり、更に火口噴出型火山泥流の発生で特徴付けられるように、両噴火ともに、地表付近では液体水の供給、関与が容易な環境下での噴火現象であったと考えられる。さらに、土井ほか（2017）の記述に依れば、噴火は１回、もしくは１日程度で終息する継続性の乏しい噴火であったと推定される。一般に、均質一様な岩石を１回の爆発で破砕すれば、その破砕粒子はユニモーダルな粒度特性を示すことが期待されよう。バイモーダル、あるいは 1944 年噴火堆積物の１つに見られるようなポリモーダルな粒度特性からは、異なる破砕、あるいは分級などの粒度特性変更過程の帰結を共存、集積させている可能性が指摘できる。

粒度特性データのみから多様な破砕、粒径分布変動過程を解明するのは至難である。しかし、ある１回の噴火イベントに由来する堆積物の粒度特性が互いに類似することは十分にありうることである。本研究に見られた、噴火毎、とりわけ 1744 年噴火での堆積物粒度特性の相互類似は、その可能性を強く支持している。また、1944 年と 1744 年噴火とで、堆積物の示す粒度特性が異なっている事実は、粒度特性が、水蒸気噴火堆積物の同定、識別に有用な基礎データとなり得ることを示している。

1744 年噴火堆積物の粒子頻度分布曲線は台形状を示し、中間粒径の頻度低下は不明瞭となっていた。1744 年噴火が、1944 年噴火よりも大規模で、しかも一連の噴火であったことを考えると､噴火現象が地上に噴出物を放出する時点で内在していた粒度特性上の二元性、例えば、地下浅所での水蒸気噴火発生による破砕、細粒化と、地表に沈積、堆積していた火山灰の粒度特性とが、放出後、移動、堆積までの間に混合、あるいはまた混入による粒度変化、さらには均質化を被った可能性が推測される。

○那須岳：野外調査および構成物分析による茶臼岳火山の噴火史の解明（茨城大学）

１．はじめに

那須火山群のなかでも特に活発な茶臼岳（1,951m）について、地質調査と試料採取そして試料の室内分析を行った。茶臼岳火山は、那須火山群で最新・最高峰の活火山で、約16,000 年前から活動を開始し、有史時代にも複数の噴火記録を残す。有史時代で最大の被害をもたらしたのは、1408～1410 年の噴火（室町噴火）である。古記録「神明鏡」によると、噴火開始時に硫黄が降って那珂川が濁り、1410 年には噴石と埋没によって 180 名以上の犠牲者が出たとされる。しかし、被害が甚大であったにも関わらず、それがどのような噴火推移で、どのような災害を起こしたのかは不明である。そこで我々は、室町噴火堆積物の地質調査と構成物分析・粒度分析・化学組成分析などを行い、噴火推移を詳細に検討した。

茶臼岳火山の噴火史は、山元（1997）および山元・伴（1997）によって概要が明らかにされている。本火山のマグマ噴火は、6 つのユニットから構成され、下位から、約 16,000 年前の CH1、11,000 年前の CH2、8,000 年前の CH3、6,000 年前の CH4、2,600 年前の CH5、そして西暦 1408～1410 年の CH6（室町噴火）である。これらマグマ噴火ユニットの間には、水蒸気噴火のみのユニットも挟在する。マグマ噴火ユニットは、水蒸気噴火ではじまり、ブルカノ式噴火による降下火砕物や火砕流を発生した後、溶岩流出で収束する場合が多く、CH6 もその例外ではない。

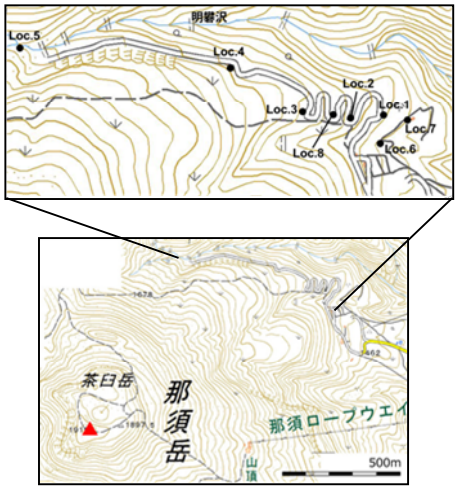


図４２　茶臼岳火山の調査地点。

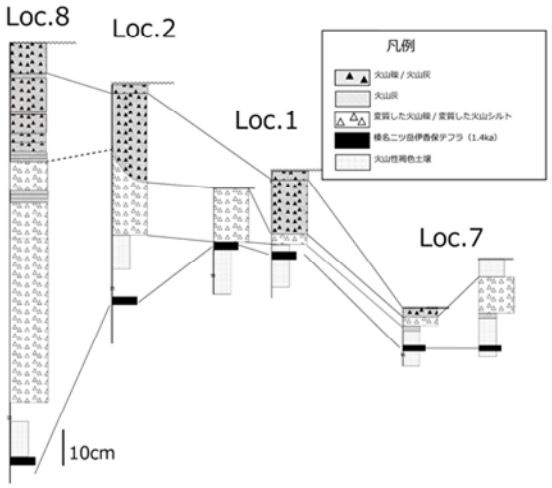


図４３　茶臼岳火山調査地点の柱状図。

２．結果と考察

CH6 の降下火砕物は、給源である茶臼岳山頂から東北東約 1 km にあたる旧登山道入り口付近で連続的に観察できる（図４２および図４３）。CH6 は、下位に鍵層である榛名二ッ岳伊香保テフラ（Hr-FP：1,400 年前）があることで容易に同定できる。模式地の Loc.8 において、層厚約 1 m 前後の CH6 を、色調や粒径・構成物の違いから計 22 のサブユニットに分

けた（下位から 1～22）（図４４）。サブユニット 1～3 は、黄白色で、変質した粘土質火山灰・白色石質岩片からなり、水蒸気噴火堆積物と考えられる。サブユニット 4～8 は、灰白色～褐色で、変質粒子のほかに、砂～細礫サイズの新鮮な安山岩片が少量含まれる。これら安山岩片の量比は上位に向かって 5%→20%程度に増加する（図４４）。サブユニット 9～21 は、主に暗灰色で、変質粒子も含まれるが比較的淘汰がよく、 30%～80%程度の安山岩片が含まれ、同時に清澄な結晶片（斜長石・輝石）も増加する。最上位のサブユニット 22 は、最も厚く（20 cm 以上）、大部分が安山岩片と結晶片からなるブルカノ式噴火堆積物である（図４４）。近隣地点では、このブルカノ式噴火堆積物の上位に、安山岩片と変質粒子からなり斜交層理の発達した流れの堆積物（層厚 50 cm 以上）が認められ、下位層を侵食し、ブロック状に取り込む様子も確認できる。サブユニット 4 以降に含まれる安山岩片は、いずれも両輝石安山岩で、輝石の化学組成（Opx と Cpx の Mg#がそれぞれ 64 および 72 程度）などの岩石学的特徴はすべて一致する。

サブユニット 4～21 に含まれる安山岩片は、ガラス質でフレーク状の破断面をもつ場合が多く、サブユニット 22 のそれと岩石学的特徴も一致することから本質物質の可能性が高い。古記録を加味すると、室町噴火は、1408 年の 2 月に水蒸気噴火で開始したが（サブユニット 1～3）、その後マグマ物質の量比を徐々に増加させながら（4～21）、約 2 年後の 1410 年 3 月にクライマックスのブルカノ式噴火（22）に至ったと考えられる。ブルカノ式噴火堆積物を覆う流れの堆積物は、上述の記載に加え、シルト質の葉理が発達することや、高温の証拠がないことなどから、水流で火砕物が再運搬したラハール堆積物と考えられる。

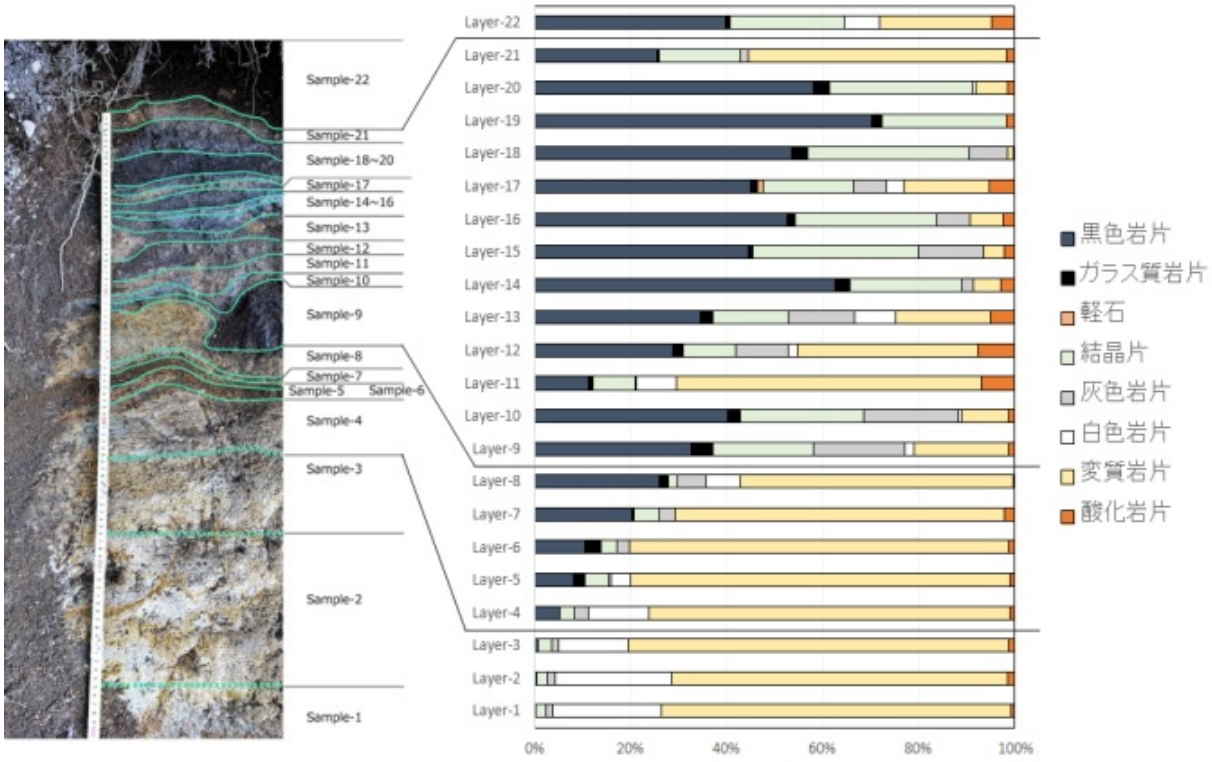


図４４　模式地点（Loc.8）の露頭写真（左）と構成物量比分析結果（右）。

従来報告でもブルカノ式噴火による火砕流堆積物が再移動してラハールが発生した可能性が指摘されているが、その火砕流堆積物は茶臼岳の西部に分布する。当時、主要な街道は茶臼岳の西側にはなく、東側にあったことや、今回、東部でラハール堆積物を見出したことから、室町噴火の埋没災害は、ブルカノ式噴火に関連して茶臼岳東部で発生したラハールが原因である可能性がある。

○浅間山：トレンチ集中掘削調査およびボーリング掘削調査による浅間前掛火山の高精度噴火履歴復元（日本大学）

1. はじめに

浅間火山については、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、平成 28 年以降トレンチ掘削をはじめとする地質調査を行なっている。平成 30 年度はトレンチ 3 か所、ボーリング 1 か所について地質記載を行い、重要露頭と合わせて層序の検討を行った。まず研究背景と、手法について以下に述べる。

最新の大規模噴火である天明噴火（1783 年）のように、地質単位として降下軽石の堆積物を残す規模の噴火では、一連の活動において多くの降下単位がもたらされる傾向がある。天明噴火の降下火砕堆積物（As-A）は、地質調査により火口の３方向に分布することがわかっている（安井・他，1997 など）。江戸時代の噴火で古記録が多く残されているため、As-A は３方向の堆積物が同じ噴火に由来することが古記録からわかる唯一の例である。また個々の噴火に対応する降下単位は細長い分布を示す傾向があり、噴煙が風に強く流される場合が多いことを示している。分布の伸長方向（分布軸）の火口からの方位は噴火時の上空の風向を示すが、実際の分布軸方向は様々であるため、観察地点により出現する層が変化する。つまり任意の地点の層序は噴火史の全貌を表さない。従って、噴火履歴を詳しく復元するためには、卓越風の風下のみならず、広範囲にわたる緻密な調査が必要である。ここでは平成 28 年度以降、浅間火山の東麓の 180 度 16 ヶ所（図４５）でトレンチ掘削調査を実施し、放射性炭素年代測定を組み合わせることで長期間かつ高分解能の噴火履歴復元を試みている。また平成 30 年度は火口の東方で 50 メートルのボーリング掘削を行い、より深部までの情報を得ることができた。特にボーリング地点では厚い岩屑なだれ堆積物が見いだされたため、あわせて報告する。

2. 浅間前掛火山の活動史に関する従来の研究の概要

浅間前掛火山の総括的な火山灰層序を最初に提案したのは Aramaki（1963）である。Aramaki（1963）は浅間前掛火山東麓の降下軽石堆積物層序の調査を行い、上位から A・A’・B・C・D-1・D-2・E・F・G の 9 層に区分した。その後、竹本・久保（1995）は層序の再検討を行い、上位より A・A’・粕川テフラ・B・C・D2・千ヶ滝軽石・御代田軽石・六合軽石・熊川軽石・藤岡軽石の 11 層を識別した。また、六合と熊川の間に広域テフラであるアカホヤ火山灰を認めている。高橋・安井（2013）では、基本的層序は竹本・久保（1995）に準

拠しつつ、千ヶ滝地区の火山灰層断面における黒色土壌の厚さなどを考慮して、試作的な階段ダイヤグラムを作成した。それによれば、浅間前掛火山の降下軽石噴火には3回の活動期とその間の2回の静穏期があり、かつC以降の第3活動期になって噴出量が著しく増大したことが示された。安井(2015)はA・B'・Bを構成する軽石の降下単位の分布を調べ、1回の大規模噴火でも、風向によって単層単位での分布が変化するため、少ない露頭の調査では大規模噴火の全体像を明らかにできないことを主張した。また時代が古くなるほど観察の機会が極端に減るため、堆積物の実態に不明な点が多いことも問題点として指摘される。いずれにしても、これまでの研究結果では、浅間前掛火山の火山灰層序に一致がみられず、正確な火山灰層序を確立するためには、山麓の広範囲の地点で年代を含めた火山灰層序を明らかにし、それらを統合する必要があった。

3. 結果

3-1 トレンチ掘削の調査結果

平成30年度に掘削を行ったトレンチ14～16における調査結果を以下に述べる。

・トレンチ14（石尊山南腹）

掘削地点は火口の南東3.9kmに位置し（図４５）、6.7メートルの深度まで掘削した。表層から約3mまでが天仁噴火の追分火砕流堆積物で、その直下にAs-B軽石、黒色土壌を挟んで厚さ1.5mの御代田軽石（My：安井, 2015参照）を確認した（図４６）。Myの下位に数cmの黒色土壌を挟んで厚さ1.5cmの火山灰層が見いだされた。その直下の黒色土壌からは6,660年の14C較正年代が得られ、さらに下方からはアカホヤ火山灰（7,300年前の鬼界カルデラ由来の広域火山灰）の火山ガラスも検出された。これらの観察結果から縄文前期の頃に相次いで噴火があったことが考えられる。

・トレンチ15　（矢ケ崎別荘地北側）

掘削地点は火口の南東13.5㎞に位置し（図４５）、これまでで最も火口から遠い掘削地点である。5.2mの深度まで掘削を行ったが、上半分に170㎝以上の厚い黒色土壌が特徴的に見られた（図４７）。前掛火山の降下火砕堆積物はAs-AとAs-Bの軽石層のみが地質単位として認識された。黒色土壌中には風化したオレンジ色の軽石が散在するレベルがいくつか見られる。詳しく観察すると、土壌にも褐色がかったゾーンが見られる。地表下約2mの黒色土壌中からはアカホヤ火山灰を検出した。掘削面の下半分は黄褐色の火山灰を主とし、仏岩火山の時期の堆積物とみられる。

・トレンチ16（栗平神社付近）

掘削地点は火口の東北東9㎞に位置し(図４５)､6.4メートルの深度まで掘削を行った。地表より3.3mまで黒色土壌がみられ、その下位は仏岩火山の噴出物（黄褐色の火山灰を主とする層と、火山灰互層）である。火口からの方位に関して本地点は、前年度のトレンチ８（ENE）とトレンチ11（NE）の間にあり、重要な地点である。トレンチ８と比較すると、As-Bより下位の軽石層の枚数が少なく、前掛火山と仏岩火山の噴出物の境界の深度も浅い。As-B'はトレンチ16の方が分布軸に近いためトレンチ８に比べて厚いものの、As-Bの層厚は薄い。図５０の人物が試料を採取しているレベルの黒色土壌の14C年代は約6,600

年前を示し、その下方（地表下 2.7m）よりアカホヤ火山灰を検出した。

3-2　ボーリング掘削調査結果

山頂火口の東南東 5.4 km(万山望北西の長倉山国有林内、標高 1,344m の地点)（図４５）で、 2018 年 9 月 18 日～10 月 5 日に深度 50ｍのボーリング掘削が行われた。得られたコア試料の全体写真（図５３）と柱状図（図５４）を示す。表層から 70 cmは人工土で、その下位約 10m までは軽石を主とする降下火砕堆積物と黒色土壌の互層である。深度 8.2m よりバブルウォール型の火山ガラスが検出された。軽石層直下の土壌の 14C 年代（較正年代）は深度 7.71m が 6,200 calyBP 、9.83m が 9,475 calyBP、深度 15.9m が 23,295 calyBP を示した。これらの 14C 年代より深度 8.2m の火山ガラスは、7,300 年前のアカホヤ火山灰に同定される。既に作成した降下火砕堆積物の等層厚線図（安井, 2015；2017）や周辺露頭との関係も考え合わせると、掘削地点では地表から約 10ｍまでが前掛火山の降下火砕堆積物と考えられ、従来のトレンチ調査地点の中では厚さが最大の地点であることがわかった。

深度 10～23m は軽石質で、粒径や暗灰色の石質岩片の含有量の違いにより成層構造を示す。この間には礫支持の降下軽石とみられる層が複数挟まる。23m 以深はコアの下底の 50.2m まで不均質な岩相を呈し、数メートル以上同じ岩相が続く部分が多い。赤褐色の火山礫と同質の火山灰から成る部分が多いが、多種の礫を含み基質の色調の変化が著しい部分も認められる。また 26～30m まで白色の粘土質の基質中に変質した火山岩を含む部分が特徴的にみられる。ジグソークラックの見られる火山礫や岩塊もある。暗灰色で緻密な溶岩様部も 4 層準に認められるが、それぞれ上下にクリンカーに漸移せず、端は破砕している。深度 38m の溶岩塊の K-Ar 年代は 0.09±0.04Ma を示した。

黒斑火山の東方では、より新しい時代の仏岩火山および前掛火山の火山体と、それらの噴出物が分布するため、10km 以遠に分布する岩屑なだれ堆積物と黒斑山頂部の馬蹄型カルデラの関係が明瞭ではなかった。八木（1936）の地質図には黒斑火山の馬蹄型カルデラの東方の 10km 以内の範囲に“火車岩屑流”の分布が示されているが、堆積物の記載がほとんどなかった。安井・他（2019）は火口の東方の表層部に流れ山地形が発達することと、複数地点で浅間仏岩火山の噴出物の下位に、とう汰の悪い流れ堆積物が広く分布することを記載し、それらの産状が岩屑なだれに特有のものであることを示した。この研究では、流れ堆積物中の溶岩塊の全岩化学組成も、八木（1936）の火車岩屑流を確認したと考えて矛盾しないことが示された。ボーリングコアのうち、23m 以深は岩屑なだれ堆積物に特有の岩相を呈する。ボーリングコア試料の 4 層準に認められる緻密な溶岩塊の全岩化学組成は、黒斑火山の三ツ尾根溶岩グループの組成範囲と一致する。その一つの K-Ar 年代は 0.09±0.04Ma を示した。これらは 23m 以深が黒斑火山に由来することの強い状況証拠となる。ボーリング掘削地点では岩屑なだれ堆積物は 27m 以上の厚さがあり、同様の岩相が数メートル以上連続する場合が多いため、大型の岩屑なだれ岩塊を複数掘削したものとみられる。

4.　まとめ

火口の東方約 180°の広範に及ぶ多数のトレンチ掘削調査による高分解能での噴火史復元を試みた例は世界的にも稀で、地表踏査のみでは得られない多くの情報が得られた。これまで東から東南東麓の範囲は調査が不十分であったため、特に平成 30 年度のボーリング

掘削により降下火砕堆積物の厚さや枚数に関する理解がすすんだ。詳細は安井・他（2019）にまとめられているが、ボーリング掘削地点の火口の東方 5km 付近では地表より約 10m までが前掛火山の噴出物と黒色土壌の互層であることがわかった。その南北の地域においては、仏岩火山の噴出物との境界の深度は、東南東のトレンチ 3 や東北東の浅間牧場付近で約 6m であることが確認された。なお、各種分析結果や層序に関する考察は、別途、学会や学術雑誌にて報告する（Takahashi et al.,2018；Takahashi et al.,投稿中など）。ボーリング掘削地点および浅間牧場では、地表から約 20 数 m 以深に黒斑火山の岩屑なだれ堆積物が見いだされ（安井・他,2019）、八木（1936）の地質図の“火車岩屑流”に相当する。言い換えれば、黒斑火山の山体崩壊以降、火口の東方では 20m 以上の堆積物がもたらされていることがわかった。

5. 今後の課題

平成 30 年度の掘削で得られたボーリングコア試料のうち、前掛火山の時期の土壌層に着目し、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。

謝　辞

平成 30 年度の浅間火山におけるトレンチおよびボーリング掘削調査において、以下の機関や地権者の方々にお世話になりました。林野庁・東信森林管理署、佐久地方振興局、軽井沢町、長野原町、南木山土地管理組合、（株）プリンスホテル、および（株）大日建設。ここに記して深く感謝いたします。

引用文献

Aramaki, S. (1963) Geology of Asama Volcano. Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo sec.2, 14, 229-443.

高橋正樹・安井真也(2013)浅間前掛火山プロキシマル火山地質学及び巡検案内書―浅間前掛火山黒豆河原周辺の歴史時代噴出物―. 火山,58,311-328.

Takahashi M, Yasui M, and Kanamaru T. (2018) High resolution stratigraphy of pyroclastic fall deposits of Asama-Maekake volcano since 10 ka based on trenching and 14C dating: 2 Eruptive history and type of pumice eruption. JpGU meeting, abstract

Takahashi M, Yasui M, and Kanamaru T. (投稿中) Tephra geology of the Asama-Maekake Volcano, Cetral Japan, Revealed by the trenching, and its applications for the Prediction of Volcanic eruptions and the reduction of risks of volcanic disasters. JDR.

高橋正樹・安井真也・金丸龍夫・山下大輔（2019）浅間前掛火山テフラ・トレンチ調査により得られた降下軽石の全岩主化学組成―浅間前掛火山における最近 1 万年間のマグマ主化学組成の時間変化―日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要,54,143-172.

竹本弘幸・久保誠二（1995）群馬の火山灰，みやま文庫．180pp.
八木貞助(1936) 浅間火山（付浅間火山地質図）．信濃教育会．533p.
安井真也（2015)降下火砕堆積物からみた浅間前掛火山の大規模噴火.火山.60，211-240.
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-御代田軽石を中心とした新知見-,火山，vol．62 p．117-134
安井真也・小屋口剛博・荒牧重雄（1997）堆積物と古記録からみた浅間火山 1783 年のプリニー式噴火．火山，41，281-297.
Yasui M, Takahashi M, and Kanamaru T. (2018) High resolution stratigraphy of pyroclastic fall deposits of Asama-Maekake volcano since 10 ka based on trenching and 14C dating: 1 Result of trenching and tephra-stragtigraphy. JpGU meeting, abstract
安井真也・高橋正樹・金丸龍夫（2019）浅間火山火車岩屑なだれ堆積物の再発見―浅間家畜育成牧場と周辺地域の火山地質―　日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要,54,123-142.



図４５　浅間火山山麓における掘削調査地点図（地理院地図使用)。平成 30 年度に実施した掘削調査:地点 14～16 およびボーリング。







図４６　トレンチ 14（左：掘削風景 中：最上部の追分火砕流堆積物　右：追分火砕流堆積物直下の As-B)。

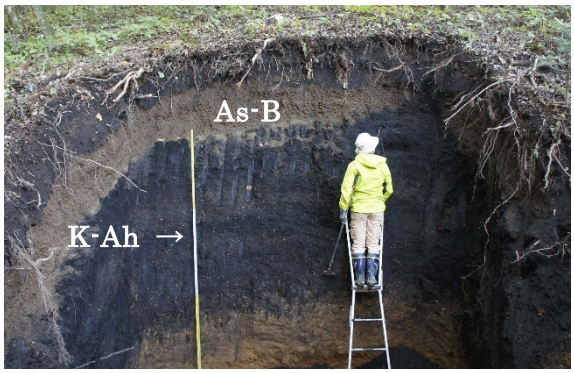


図４７　トレンチ 15 の上半部に見られる厚い黒色土壌(K-Ah アカホヤ火山灰)。



図４８　トレンチ 16 の掘削風景。



図４９　トレンチ16下半分　スケール：3m。



図５０　トレンチ 16 における試料採取風景。



図５１　トレンチ 16 上半分　スケール：3m。



図５２　万山望北西ボーリングの掘削風景。

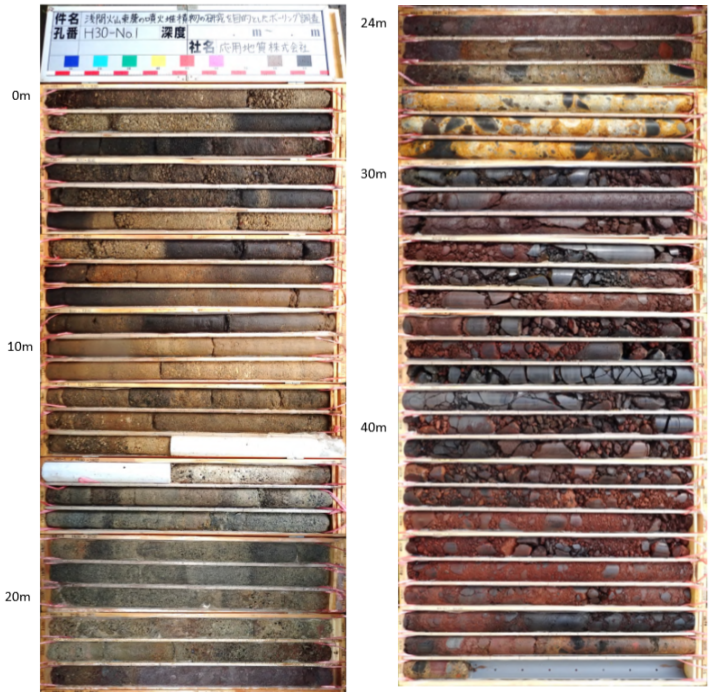


図５３　万山望北西ボーリングコア全体写真。

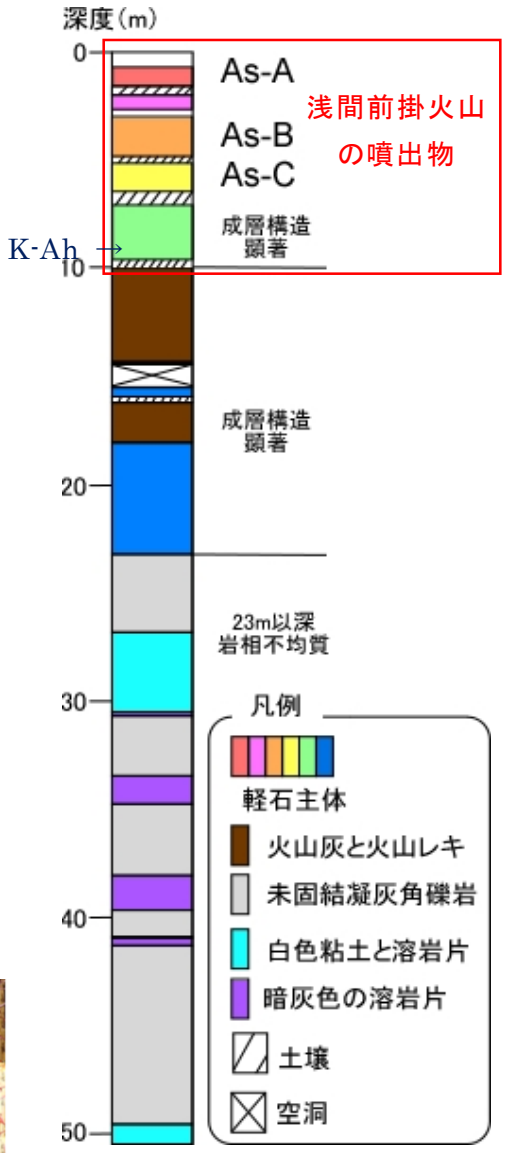


図５４　ボーリングコア柱状図。
(K-Ah: アカホヤ火山灰)

○新潟焼山：テフラ層序調査による噴火履歴の解明（富山大学）

新潟焼山は、新潟・長野県境に位置する活火山である。国内で最も新しい複成火山（活動開始年代 3,000 年前）とされており、有史以降も複数回の噴火を起こしている（早津，2008）。 本火山の活動は第１～５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、火山灰を伴う（早津，2008）。

表４　テフラ層と火山体構成物の対比（早津，2008）。

活動史区分	基本層序	年代	備考	テフラ層
第5期	新期火砕堆積物 大谷火砕流堆積物 II	現在 1974年 1962–3年 1949年 1852年 1773年	噴気活動 水蒸気爆発 水蒸気爆発・硫黄噴出 火砕流の噴出	YK-KGa火山灰層
第4期	焼山溶岩流 大谷火砕流堆積物 I	1361年	溶岩ドームの形成 火砕流の噴出	YK-KGb火山灰層
第3期	前山溶岩流 早川火砕流堆積物	989年	焼山最大規模の火山灰・火砕流・溶岩流の噴出	YK-KGc火山灰層
第2期	?	約2000年～2500年前	マグマ噴火	YK-KGd火山灰層
第1期	前川土石流堆積物	約3000年前	焼山の誕生	YK-KGe火山灰層

本火山を起源とするテフラとしては、焼山―高谷池火山灰層（下位から YK-KGe～YK-KGa）が報告されている。各テフラと火山体構成物とは表４のように対比されている（早津，2008）が、テフラの年代が不明なこともあり、この対比には検討の余地が残る。本研究では、新潟焼山山頂の東方 4～5 km に位置する天狗の庭、高谷池及び黒沢池で YK-KG テフラの調査を行った。

各調査地点において、色調と層準から YK-KGa～YK-KGe に対比される計 5 層のテフラを認定した（図５５）。また、いくつかの露頭では、YK-KGd と YK-KGe の間に、これまでに報告のない 3 層のテフラ（上位から順 YK-KGd/e1～3 と仮称）が見られる。YK-KGe は橙色であるが、他のテフラは淡灰色である。

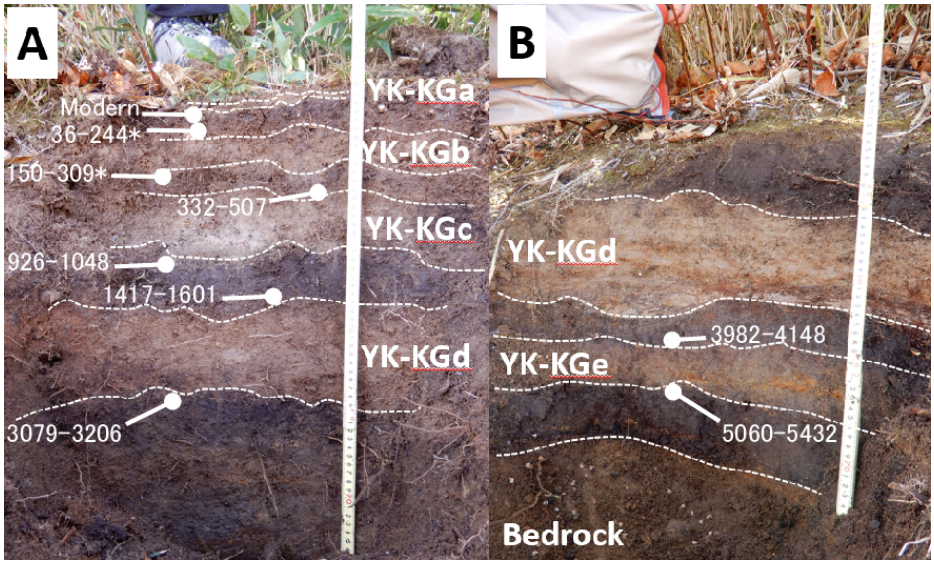


図５５　天狗平で見られる焼山―高谷池火山灰層と土壌の暦較正年代（年代値はいずれも cal.BP であり、2σ で年代幅を表示）。露頭 A は露頭 B の東方 20 m 地点に位置し、露頭 B の上位が見られる。なお、この 2 つの露頭では、YK-KGd/e1～3 は見られない。

全てのテフラに斜長石、石英、角閃石、輝石、不透明鉱物及び火山ガラスが見られる。新鮮な火山ガラスの存在から、いずれのテフラもマグマ噴火によるものと結論できる。また、上記鉱物の多くには火山ガラスが付着しており、いずれの結晶もマグマの斑晶に由来するものと推測される。YK-KGe には基盤岩由来の黒雲母も少量含まれる。

各テフラの給源火山を特定するため、各テフラ中の径 250～500μm の火山ガラスについて、EPMA を用いて化学組成を分析した。火山ガラスの組成は、K_2O 量が 4～6 wt%、TiO_2 量が 0.2～0.4 wt%である。卜部・片岡（2013）は、新潟焼山火山起源のテフラの火山ガラスが近接する妙高火山のテフラの火山ガラスよりも高い K_2O 量をもつことを明らかにしている（図５６）。本研究で分析した全ての火山ガラスは、K_2O-SiO_2 図上で卜部・片岡（2013）が報告した新潟焼山火山起源のテフラの火山ガラスと組成範囲が一致する。そのため、YK-KGa～YK-KGe は全て新潟焼山火山起源のテフラである蓋然性が高い。

テフラ層に挟在する土壌の ^{14}C 年代測定により、新潟焼山火山の噴火履歴の見直しにつながる重要な知見が得られた（図５５）。YK-KGe 直下の泥炭質土壌の暦較正年代（5,060 cal.BP-5,432 cal.BP）から、新潟焼山火山の誕生は、従来考えられていた 3,000 年前よりも古く、約 5,000 年前まで遡れると推測される。また、YK-KGd 直下の泥炭質土壌の暦較正年代（3,066 cal.BP-3,219 cal.BP）から、約 3,000 年前頃のマグマ噴火（火山体噴出物層序に基づく第 1 期活動）のテフラが Yk-KGd であると判断される。Yk-KGc 直下の土壌の暦較正年代（936-1,048 cal.BP）から、本テフラは約 1,000 年前のマグマ噴火（火山体噴出物層序に基づく第 3 期活動）のテフラ層である可能性が高い。今回の分析では、Yk-KGb 直下と直上及び YK-KGa 直下の土壌層からは信頼度の高い年代が得られなかったため、次年度以降には別地域で同じ層位の土壌を採取して年代測定を試みる予定である。

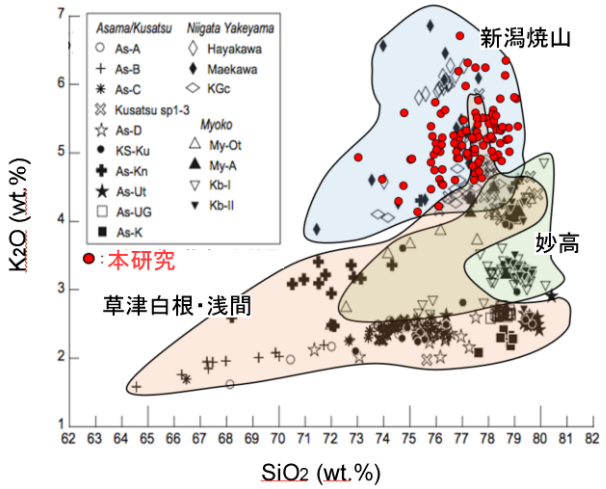


図５６　火山ガラスの組成の比較。卜部・片岡（2013）の原図に本研究で得られた Yk-KGa～Yk-Kge の火山ガラスの組成を点示した。

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, 実業公報社（東京）

卜部厚志・片岡香子（2013）苗場山山頂の湿原堆積物に挟在するテフラ層. 第四紀研究, 52, 241-254.

○白山：野外調査および物質科学的解析による噴火履歴とマグマ供給系の検討（富山大学）

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 年であり、表面的には 350 年以上静穏期を続けている。しかしながら、1999 年にモホ面付近で低周波地震が発生していることや（気象庁資料）、震源分布と地震トモグラフィーの解析から現在の本火山の地下にはマグマ溜りが存在すると推測されることから（平松，2006）、近い将来にこのマグマ溜りが噴火する可能性もある。

本研究では、白山火山群を構成する 3 つの火山体（加賀室火山、火の御子峰火山、白山火山）のうち最も活動年代が新しい白山火山について重点的に調査を進めた。具体的には、①白山火山の高精度地質図作成、②白山火山の山頂部に分布する噴出物（放出岩塊）の噴火年代と定置温度の推定、③ドローンによる放出岩塊の分布調査、④物質科学的解析によるマグマ供給系の解明を試みた。

（１）白山火山の火山体形成史

現地調査で完成した山頂域の地質図（図５７）と既存の年代値から、本火山の形成史が以下のように明らかになった。

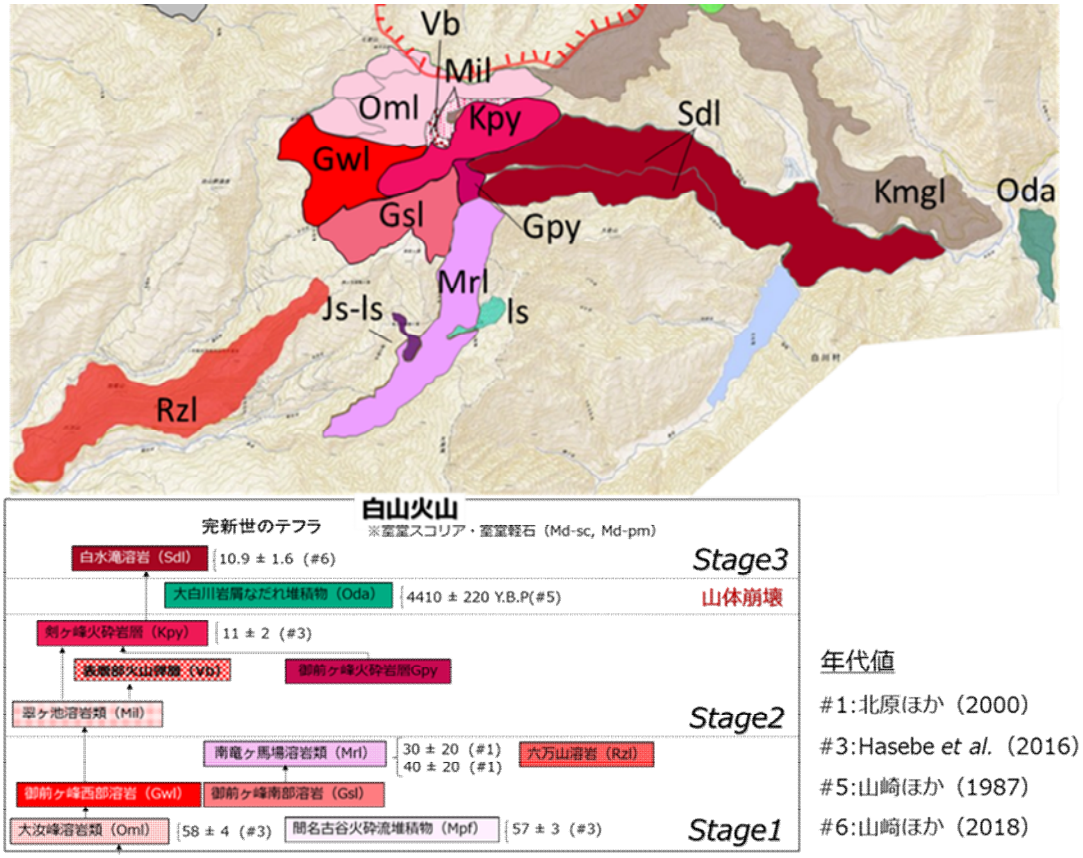


図５７　白山火山の火山地質図（上）と噴出物層序を示すブロックダイアグラム（下）。

Stage 1（約 6～3 万年前）：大汝峰と御前ヶ峰付近を噴出中心として、西方から南方へ

溶岩流（大汝峰溶岩類、御前ヶ峰西部溶岩、御前ヶ峰南部溶岩、南竜ヶ馬場溶岩類及び六万山溶岩）が流出した。東麓にはブロックアンドアッシュフロー堆積物（間名古谷火砕流堆積物）が堆積した。

Stage 2（約 3～1 万年前）：山頂北部の翠ヶ池や現山頂の御前ヶ峰付近を噴出中心とし、翠ヶ池溶岩類、御前ヶ峰火砕岩層、剣ヶ峰火砕岩層が形成された。その後、約 4,400 年前に山頂域で小規模な山体崩壊が発生し、東麓に大白川岩屑なだれ堆積物を堆積させた。

Stage 3（山体崩壊後～現在）：山体崩壊で形成された馬蹄形凹地内から溶岩が流出し、東麓に白水滝溶岩を堆積させた、山頂部では爆発的噴火も繰り返し発生し、多数の爆裂火口とテフラ層が形成された。

（２）放出岩塊の噴火年代と定置温度の推定

白山火山の山頂部に分布する７個の放出岩塊を対象に試料採取を実施し、古地磁気解析を行った。その結果、粘性残留磁化成分を除き安定な一成分が認められた。山頂直下で採取した放出岩塊試料は伏角が負を示したが（図５８a)、その他の試料については、伏角は正を示し、概ね地磁気方向となった（図５８b)。したがって、山頂直下の試料は、マグマが十分に冷却し固結後に、水蒸気噴火により現在の位置に落下したと考えられる。一方、その他の試料については、比較的高温（>500℃）で落下し、現在の位置で冷却したと考えられるため、マグマ噴火起源が示唆される。テリエ法の結果では、およそ 36μT の古地磁気強度を示す放出岩塊が多く認められた。この古地磁気強度を既報の地磁気強度の変化曲線（Sakai and Hirooka 1986; Yoshihara et al. 2003）と対比した結果、4,000-3,000 BC の年代が推定できた。水蒸気噴火を示した試料とマグマ噴火を示した試料が同じ年代のため、同時代に水蒸気噴火とマグマ噴火が発生した可能性が示唆される。また、試料により統計学的に異なる古地磁気強度も得られているため、今後試料を増やして、さらなる検討が望まれる。

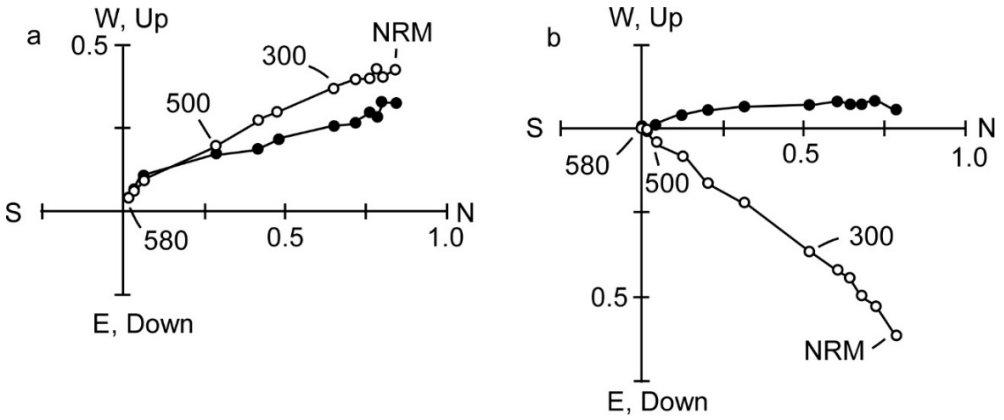


図５８　代表的な段階熱消磁の結果：a）白山山頂直下で採取した放出岩塊試料、b)御前峰より南西に～480 m 地点で採取した放出岩塊試料。黒丸は水平面、白丸は鉛直面への投影を示す。数字は消磁温度（℃）を示す。

（３）ドローンによる放出岩塊の分布調査

白山火山の山頂部には、複数の火口地形が見られ、その周辺には放出岩塊（多くがジョインテッドブロック）が広く分布する。これらの放出岩塊の給源火口を特定するために、ドローン（DJI Phantom 4 pro v2.0）を用いて山頂域の航空写真を撮影し、放出岩塊の粒径分布図を作成した。写真解析から、翠ヶ池火口（古文書では 1042 年に噴火したとされる）の西側に放出岩塊が多く分布することが分かった。当初は翠ヶ池火口の近傍に最大径の放出岩塊が分布すると予想していたが、そのような結果は得られなかった（図５９）。これは、山頂部に複数の火口が存在し、各火口から放出された放出岩塊が混在した状態で山頂域に分布するためと考えられる。

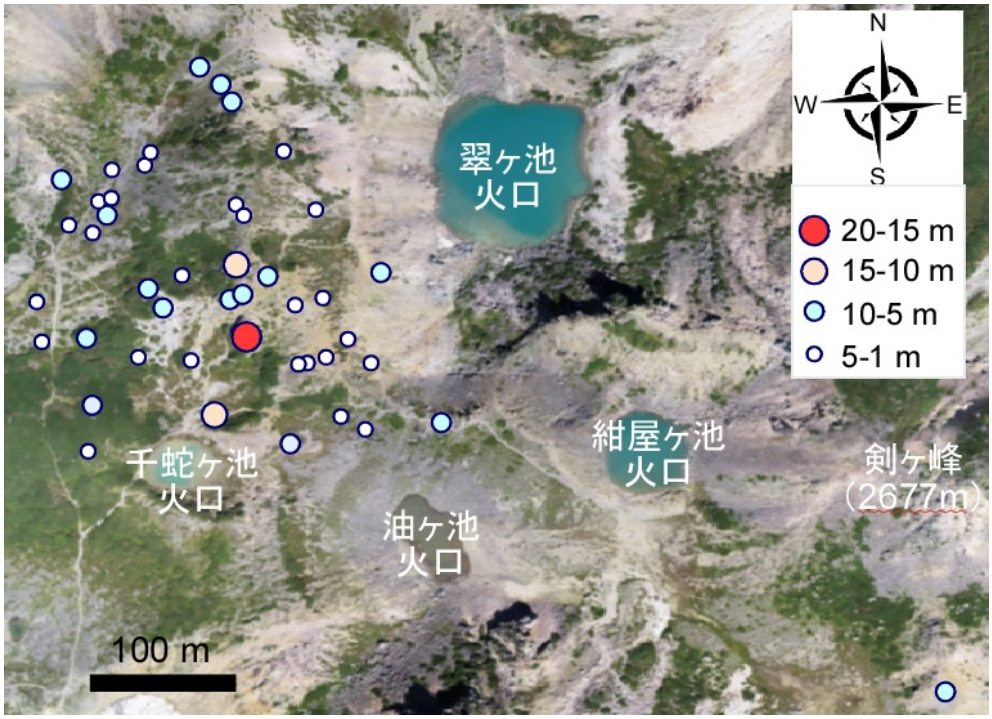


図５９　白山火山山頂部の放出岩塊の分布（長径１ｍ以上のものを点示）。

（４）岩石学的解析によるマグマ供給系の検討

白水滝溶岩（噴出年代約 2,200 年前；北原ほか, 2000）について物質科学的解析を行った。本溶岩は、デイサイトもしくは安山岩質のホスト溶岩（全岩 SiO_2 量 59-63 %）とその中に散在する玄武岩質安山岩（同 55-57 %）の包有岩からなる。斑晶組合せは、ホストが斜長石（Pl）＋角閃石（Amp）＋直方輝石（Opx）＋カンラン石（Ol）＋石英（Qtz）±単斜輝石（Cpx）＋不透明鉱物（opq）、包有岩が Pl＋Amp＋Opx＋Ol＋Qtz＋Cpx＋opq である。ホスト・包有岩とも組成変化図上では直線上に組成が点示され、また、Sr/Y-Y 図では両者ともアダカイトの領域に点示される。

斑晶鉱物の平衡関係の解析より、本溶岩の形成に以下の 3 種類の端成分マグマが関与したことが明らかになった。

①デイサイト質マグマ：Pl（An_{36-56}）・Opx・Amp・Qtz を晶出

②玄武岩質マグマⅠ：Pl（An_{60-78}）・Ol（Fo_{66-78}）・Cpx（Al_2O_3 < 3 wt.%）を晶出

③玄武岩質マグマⅡ：極微量の Pl（An_{85}）・Ol（Fo_{80-88}）・Cpx（Al_2O_3 ≥ 3 wt.%）を晶出

Ridolfi et al.（2010）の角閃石圧力計と Putrika（2008）の輝石圧力計で求められた深度は、デイサイト質マグマが約 5 km、玄武岩質マグマⅠが約 15 km、同Ⅱが約 35 km であり、高橋ほか（2004）や平松（2006）の震源分布解析と地震波トモグラフィーから推測されている本火山の地下のマグマ溜まりの深度（4～5 km、10～14 km 及び 30～40 km）とほぼ一致する。

３端成分マグマの混合過程は現在検討中であるが、非常に複雑なものと推測される。デイサイトと包有岩には、各端成分マグマ起源の斑晶が見られ、３マグマ間の混合で形成されたことは間違いない。一方、安山岩には玄武岩質マグマⅡ由来の斑晶が見られないため、デイサイト質及び玄武岩質マグマⅠの混合物であると判断される。また、白水谷溶岩の高い全岩 Sr 量（アダカイトの特徴の一つ）は、Pl の SrO 量が斑晶コア（0.11-0.17％）に比べ斑晶リム（0.12-0.30％）や石基微斑晶（0.17-0.30％）で高く、斑晶リムでは An 値も増加していることから、斑晶リム及び石基微斑晶形成時、すなわち噴火の直前に、Sr に富む高温の玄武岩質マグマ（おそらく、玄武岩質マグマⅡ）との混合により生み出された可能性が考えられる。

引用文献

平松良浩（2006）地震から探る白山火山の地下．石川県白山自然保護センター普及誌「はくさん」，33，2-7.

北原哲朗・堀伸三郎・小川義厚・前川秀和・石田孝司（2000）新白山火山の層序区分－年代測定結果による検討－.日本火山学会講演予稿集，153.

Putirka, K. D. (2008) Thermometers and barometers for volcanic systems. Rev. Mineral. Geochem., 69, 61-120.

Ridolfi, F., Renzulli, A. and Puerini, M. (2010) Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes. Contrib. Mineral. Petrol., 160, 45-66.

Sakai, H. and Hirooka, K. (1986) Archaeointensity Determinations from Western Japan. J. Geomag. Geoelect., 38, 1323-1329.

高橋直季・根岸弘明・平松良浩（2004）白山火山周辺の三次元地震波速度構造．火山，49，355-365.

山崎正男・富樫茂子・守屋以智雄・清水智，1987，白山火山大白川岩屑流堆積物の中の木片の ^{14}C 年代．火山，32，123-124

山﨑誠子・中野 俊・Miggins Daniel・Koppers Anthony（2018）白山火山最新期の白水滝溶岩に対する 40Ar/39Ar 年代測定の試み.日本地球惑星科学連合 2018 年大会講演要旨，SGL30-09.

Yoshihara, A., Kondo, A., Ohno, M. and Hamano, Y. (2003) Secular variation of the geomagnetic field intensity during the past 2000 years in Japan. Earth. Planet. Sci. Lett., 210, 219-231.

○御嶽山：地質調査による御嶽山の噴火履歴の解明（産業技術総合研究所）

a） 目的と調査位置

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、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６０）。最近では 2014 年に死者行方不明者 63 名をだす水蒸気噴火を行った。そのため、近い将来も同程度の噴火活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。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。本年度は剣ヶ峰から三ノ池周辺にかけての噴出物と、北西麓の剣ヶ峰起源の噴出物の調査を行った。その調査、従来知られていなかった約 1 万年前の噴火活動に関連した可能性のある堆積物を発見した。

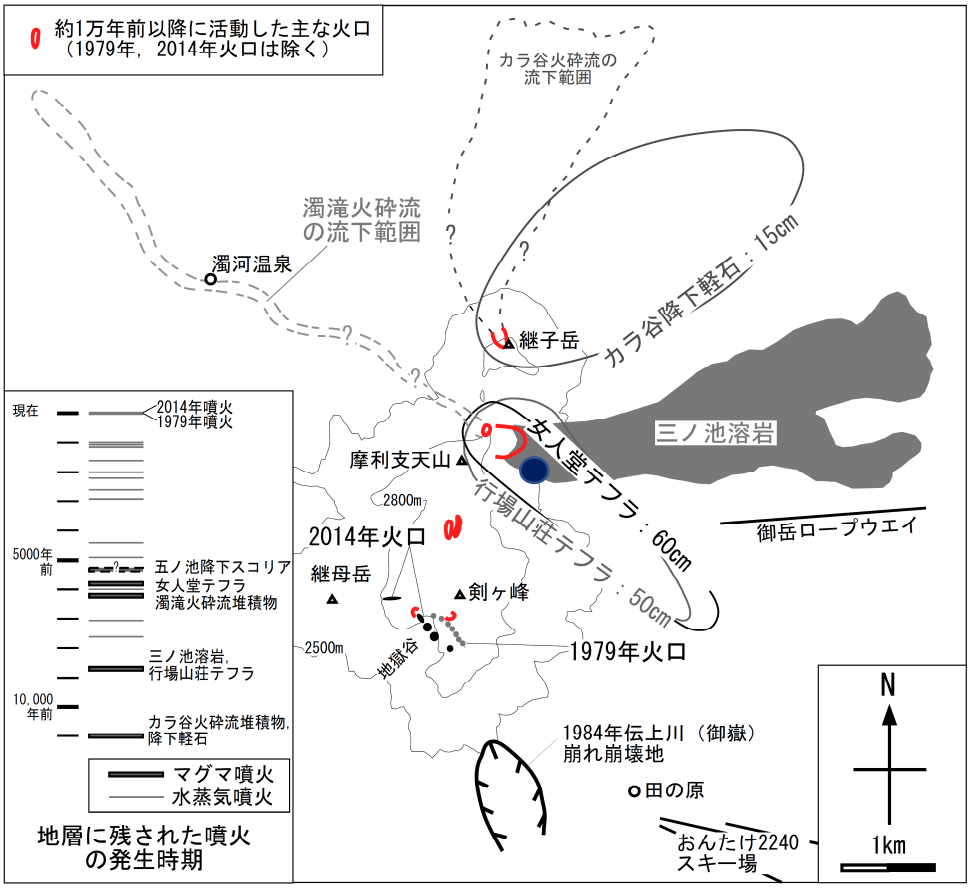


図６０　御嶽（御岳）火山の完新世噴出物の分布と調査地域（及川ほか(2014）に加筆）。青丸の示す位置は発見した露頭の位置。

b） 露頭の概要と層相

2018 年 6 月下旬から 7 月上旬にかけて御嶽山の周辺では豪雨がたびたび降った。特に台風 18 号の接近に伴う 7 月 4 日からの雨は強く、アメダス「御嶽山」（長野県木曽郡王滝村御岳国有林内、標高 2195.0m 地点）の記録では、7 月 4 日午前 0 時から 8 日午前 9 時までの総降水量 886.5mm（そのうち 7 月 5 日の 24 時間で 317.0 mm）の大雨が降った。この一

連の豪雨で御嶽山の山中には多数の新たな露頭が出現した。そのうち、三ノ池下の露頭では、今まで観察例がすくなかった三ノ池溶岩直下の地層が露出しているのを発見した（図６１）。

三ノ池下の露頭は、地形的に三ノ池溶岩の下位に位置し、下位から上位に砂礫層と砂泥層からなる土石流堆積物を挟む湖成堆積物、材化石を多量に含む凝灰角礫層からなる土石流堆積物、三ノ池溶岩と同質の岩石を礫として含む凝灰角礫岩層からなる崖錐性堆積物で構成される層からなる（図６２）。材化石が含まれる土石流堆積物（図６２及び図６３）には多量の材化石が含まれているが、他の湖成層中に挟まる土石流堆積物中には材化石は含まれておらず、木が分解したと考えられるような空隙も認められない。そのため、材化石が含まれる土石流堆積物は、他の土石流堆積物と異なった性質のイベントで発生した可能性が高い。基質が粘土分に富むことや周囲の植生を破壊して流下して堆積したものであることなどから、材化石を含む土石流堆積物は、変質帯の崩壊か水蒸気噴火によってもたらされた噴出物起源の土石流堆積物であると考えられる。周囲には大規模な変質帯は存在しないので、この堆積物は、水蒸気噴火の噴出物が再移動する際に植生を破壊して小さな湖に流れ込んだものである可能性が高い。噴火後の土石流の発生頻度は噴火直後の数年間が著しく高いことが知られているので、この土石流堆積物が水蒸気噴火堆積物起源のものであるとすると、その派生時期は地質学的な時間スケールでは、ほぼ噴火の発生時期に等しいと判断できる。

今後、噴火に関連して発生した土石流堆積物であるかどうかを判断するため、基質の粘土の構成鉱物などの検討を行う。

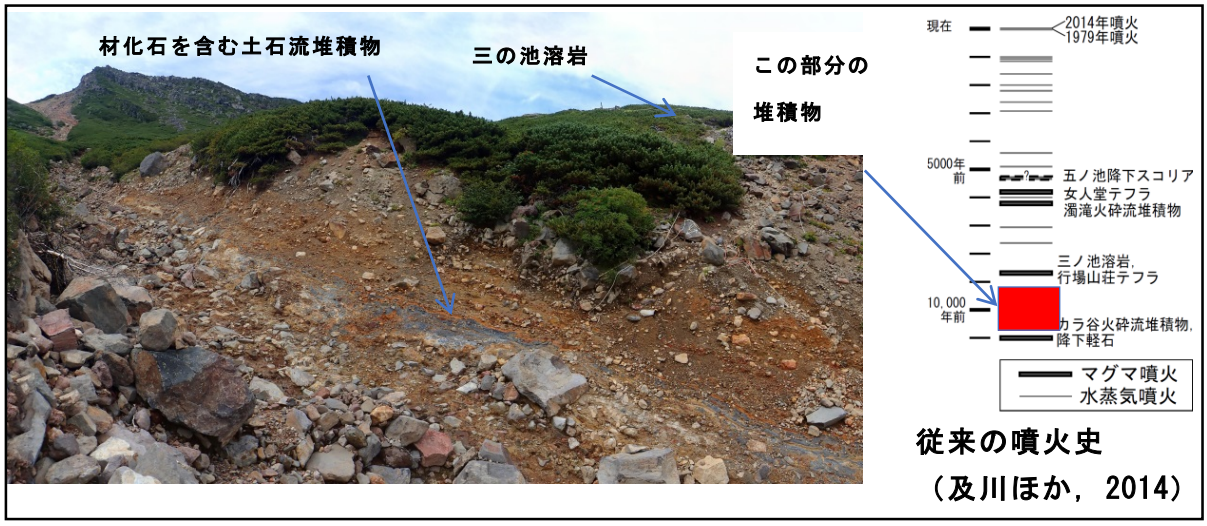


図６１　御嶽火山、三ノ池下の露頭全景。

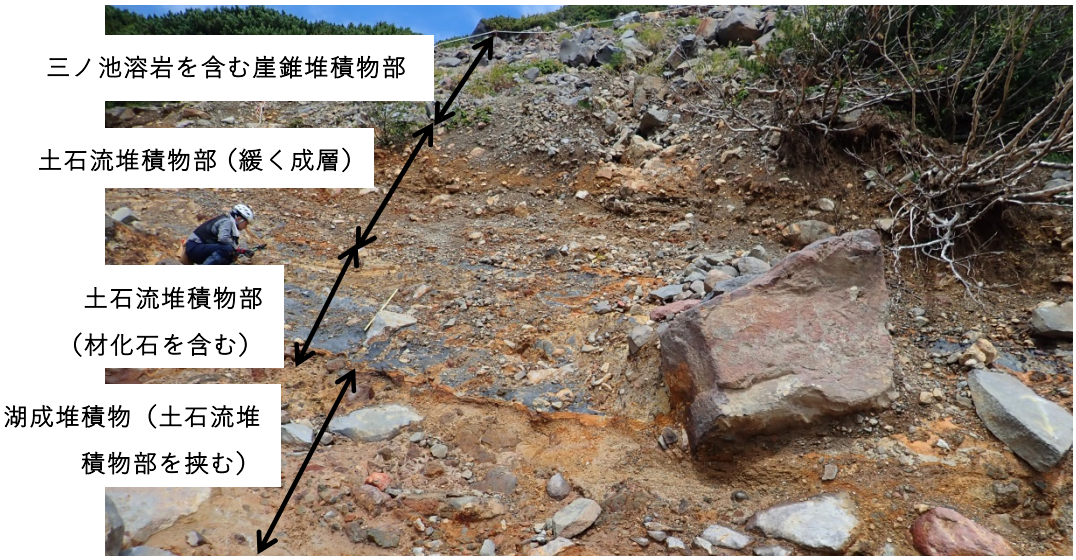


図６２　御嶽火山、三ノ池下の露頭の層相。



図６３　御嶽火山、三ノ池下の露頭に含まれる材化石。

C）土石流堆積物に含まれる材化石の樹種と ^{14}C 年代

三ノ池下の露頭で見いだした土石流堆積物に含まれる材化石を、プレパラート観察し樹種判定を行った結果、同定ができた 8 試料すべてがマツ属単維管束亜属（*Pinus* Subgen. *Haploxylon*）であった。それらのうち 3 試料の ^{14}C 年代測定を行ったところ、いずれも約 11cal ka BP の年代値を示した（表５）。マツ属単維管束亜属は亜寒帯性の針葉樹で、ヒメコマツやハイマツ、チョウセンゴヨウなどがある。サンプル採取地点が標高 2,700m あまりの高所であることから、含まれる材化石はハイマツである可能性が高い。この推測は、植生史の研究からも指摘されている。日本の高山におけるハイマツ帯の形成が完新世以降であるとの結果と矛盾しない。つまり、完新世における多雪化に伴って形成されたハイマツ帯を破壊するようなイベント、おそらく噴火活動直後に発生した土石流によって、本土石流堆積物が形成されたと考えられる。

なお、本土石流堆積物より上位の三ノ池溶岩は、K-Ar 年代測定法により 21±5 ka の年代値が得られていたが（Matsumoto and Kobayashi, 1995）、テフラとの関係から、この溶

岩は約 8.7 cal ka BP に噴出したと推定されている（及川ほか，2014；2015)。今回得られた年代値は、その結果を支持するものであり、三の池溶岩は完新世に流れ出た溶岩であることが明らかとなった。K-Ar 年代値と本結果が異なった原因は、K-Ar 年代を行うには若すぎる溶岩であったため、不確かな K-Ar 年代値が得られたためであると考えられる。

表５　御嶽火山における土石流堆積物に含まれる材化石の ^{14}C 年代測定結果。

試料番号（測定番号）	^{14}C 年代 (yr BP±1σ)	$\delta^{13}C$ (‰)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代範囲	
			1σ 暦年代範囲	2σ 暦年代範囲
San-1 (PLD-36967)	9445±25	-27.12±0.12	10717-10655 cal BP (59.2%) 10618-10606 cal BP (9.0%)	10745-10643 cal BP (74.7%) 10633-10588 cal BP (20.7%)
San-1 (PLD-36968)	9480±25	-22.20±0.16	10755-10695 cal BP (68.2%)	11057-11038 cal BP (2.0%) 10996-10978 cal BP (1.8%) 10787-10657 cal BP (90.9%) 10615-10608 cal BP (0.7%)
San-1 (PLD-36969)	9520±25	-23.28±0.26	11061-11032 cal BP (16.0%) 10996-10974 cal BP (9.9%) 10788-10719 cal BP (42.3%)	11069-10953 cal BP (41.2%) 10866-10847 cal BP (3.0%) 10819-10701 cal BP (51.1%)

引用文献

Matsumoto, A. and Kobayashi, T. （1995） K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the “mass fractionation correction procedure”: application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. Chemical Geology, 125, 123-135.

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.

○阿蘇山：野外調査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 2015 年 9 月 14 日の爆発的噴火

阿蘇火山中央火口丘群の中で唯一活動を続ける中岳では近年、爆発的噴火が複数回起こっている。こうした噴火は火口周辺域の構造物等に被害を与えるなど、防災的に見ても特

筆すべき現象である。平成 30 年度は、阿蘇火山中岳第 1 火口で最近発生した爆発的噴火の中で、2015 年 9 月 14 日噴火に焦点を当て、関連する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。

阿蘇火山中岳第 1 火口では 2014 年 11 月～2015 年 5 月頃に本格的なマグマ噴火が発生し（横尾・宮縁，2015）、その後は湯だまり（火口湖）が再生されるなど比較的穏やかな状況であったが、2015 年 9 月 14 日に大きな空振を伴う噴火が発生した。気象庁の観測によると、同日 9 時 18 分頃から短周期微動の振幅が大きくなり、9 時 43 分に爆発的な噴火が開始したとされている（福岡管区気象台，2016）。



図６４　(A) 中岳第 1 火口南西側火口縁に堆積する噴石。(B) 2015 年 9 月 14 日噴火に伴う最大の噴石（長径 1.6 m）。



図６５　(A) 中岳第 1 火口南西側火口縁における 2015 年 9 月 14 日火砕密度流堆積物。(B) 第 1 火口西北西 2.8 km 地点における降下火山灰。

2015 年 9 月 14 日噴出物は、噴出形態から弾道堆積物、火砕密度流堆積物、降下火砕物の 3 つに分けられる（Miyabuchi et al., 2018）。弾道放出された噴石は火口中心から 500 m 程度の範囲に散在していた（図６４A）。噴石の中で最大のものは 1.6×1.0×0.7 m（第 1 火口中心からの距離約 230 m）であった（図６４B）が、大部分は径 10 cm 以下のものであった。南西側火口縁の 3.5 m^2 の範囲に堆積する全 158 個の噴石を採取して観察した結果、

約半数は新鮮に見える玄武岩質安山岩（おそらく本質物質?）で、残りは変質した噴石であった。噴火時に中岳第１火口南西側縁に設置していた火山灰採取用の容器（直径、深さともに 25 cm）内にあったおもりの上面に大きな損傷はなかったが、下面の一部が溶けている状況が確認できた。また、側面にはおもりに張り付いた噴石もあった。おもりの表面はポリエチレン製（内部はセメント）で、その発火温度は 350˚C 程度である。したがって、容器内に入った噴石（径 5 cm 程度）の温度は 350˚C よりも高かった可能性がある。

火砕密度流堆積物は火口周辺の約 2.3 km^2 の範囲に広がっていたが、最大層厚は 10 cm 以下と薄く、礫成分をほとんど含まない砂質のもので、第１火口南西火口縁では粒径や淘汰度の違いから３つのユニットに区分することができた（図６５A)。層厚分布から火砕密度流堆積物の量は 5.2 万トン程度と概算された。降下火砕物は砂～シルト質の淘汰の良い堆積物であり（図６５B)、現地では火口西方８km 付近まで明瞭に認められた。気象庁によると、降灰域は福岡県南部までの広範囲に及んでいたことがわかっている（福岡管区気象台, 2015)。降下火砕物の量は約 2.7 万トンであり、火砕密度流堆積物と合わせると、この噴火による総噴出量は 7.9 万トン程度になる（Miyabuchi et al., 2018)。

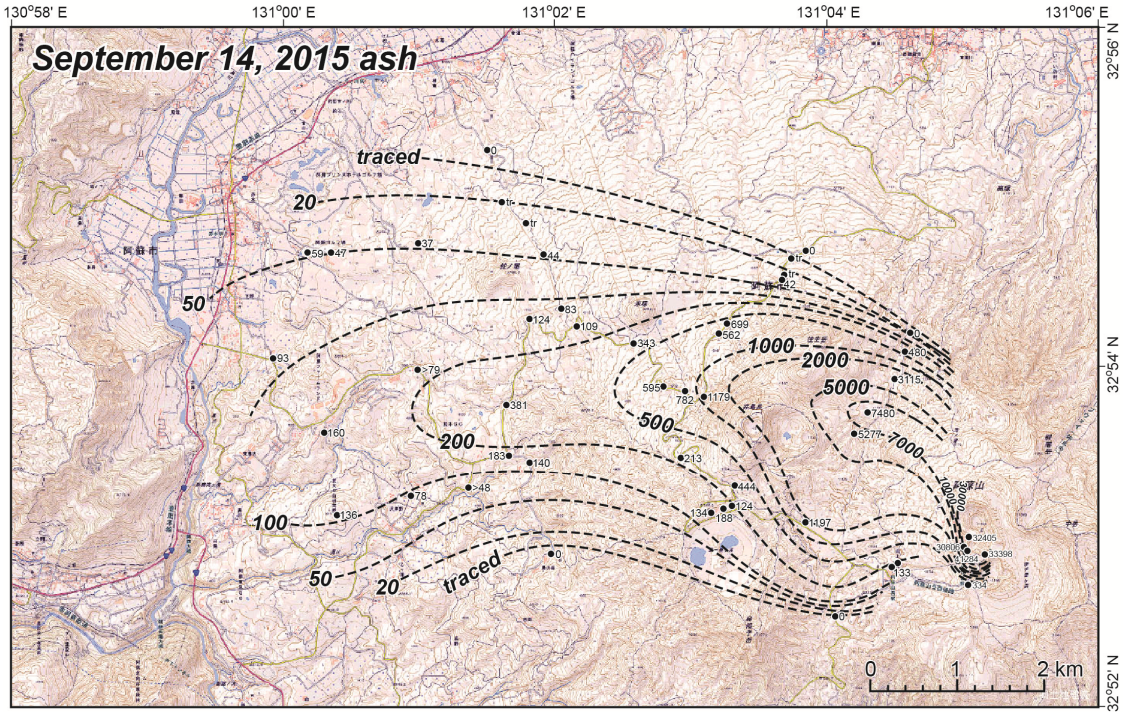


図６６　阿蘇火山中岳における 2015 年９月 14 日噴出物の分布（単位 g/m^2)．９月 15 日の火口調査の結果をもとに火山灰の分布を修正。国土地理院地図（新版）レベル 15 を使用。

現地で採取した火砕密度流堆積物と降下火砕物の試料をふるい分けし、0.125～0.25 mm の粒子を用いて薄片を作製して偏光顕微鏡下で観察した。その結果、4～5 割程度のさまざまな色調の岩片とともに、2～3 割程度の新鮮なガラス片も含まれることがわかった。ガラス片の大部分はほとんど変質が認められない低結晶度の淡褐色ガラスであった（図６６)。

また、EPMA によってガラス片の化学分析を行ったところ、その化学組成は 1979 年や 1989～1990 年、2014 年 11 月～2015 年 5 月の中岳のマグマ噴火に伴う火山灰中のガラスとほとんど変わらないものであった。

今回の噴火はビデオ映像等に記録されている噴煙の状況、弾道放出や火砕密度流の発生、さらに噴出物中に新しいマグマに由来すると考えられる 2～5 割程度の物質の存在から、マグマ水蒸気噴火であったことは明らかである。中岳では 1979 年 9 月 6 日（小野ほか, 1982）や 1990 年 4 月 20 日（池辺ほか, 2008）にも同様の噴火が発生しているが、噴出物量的に見ると、今回の噴火はそれらに比べて 1 桁程度規模が小さいものであった。

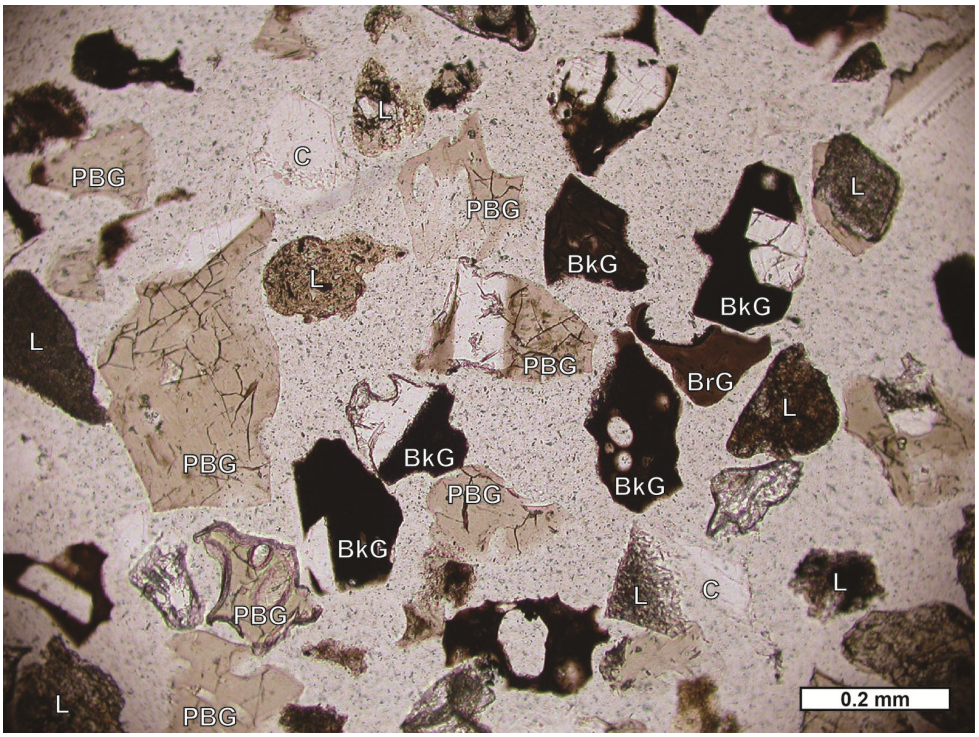


図６７　阿蘇火山中岳 2015 年 9 月 14 日降下火山灰の偏光顕微鏡写真。BkG: 黒色ガラス、BrG: 褐色ガラス、C: 結晶片、L: 岩片、PBG: 淡褐色ガラス。

引用文献

福岡管区気象台（2015）阿蘇山の火山活動解説資料（平成 27 年 9 月）. 15p.

池辺伸一郎・渡辺一徳・宮縁育夫（2008）阿蘇火山中岳 1988～1995 年活動期における噴火様式の変化. 火山, 53, 15-33.

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・下川浩一・曾屋龍典・渡辺一徳（1982）火山噴出物の地質学的・岩石学的研究. 昭和 54 年度特別研究促進調整費「1979 年の御岳山・阿蘇山噴火に関する特別研究」報告書, 科学技術庁研究調整局, 167-189.

横尾亮彦・宮縁育夫（2015）2014 年 11 月から始まった阿蘇火山中岳第一火口の噴火活動（口絵写真解説）．火山，60，275-278.

（２）阿蘇火山における平成 30 年度トレンチ調査報告

阿蘇カルデラのほぼ中央部に位置する中岳は、西暦 553 年以来の噴火記録が存在する、わが国で最も活発な火山の一つである。歴史時代の活動史の概要については、気象庁等によってまとめられているが、各活動期間の噴火推移や水蒸気噴火発生の有無などの詳細は近年を除いて、ほとんどわかっていない。そこで、本研究では、最近数 100 年間の噴火堆積物が比較的良好な状態で保存されている、中岳第１火口西方約 1 km 地点において、噴出物層序を観察するとともに、炭化物を採取して放射性炭素年代測定を実施した。



図６８　中岳第１火口西方約 1 km 地点におけるトレンチ断面（写真右端のスケールの長さは 1 m）。

観察した断面は高さ約２ｍで、色調・粒径・産状などの違いによって、約 150 枚の火山灰層および土壌層に区分することができた。堆積物の大部分は、暗灰色から黒色を呈する砂状の火山灰であり、それらは中岳を代表する噴火様式である灰噴火による産物と考えられる。そうした火山灰層中に、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も観察することができた（図６８）。また、地表には 2016 年 10 月 8 日の水蒸気噴火堆積物（厚さ 4 cm）も認められた。

断面最下部付近の褐色土層層中には多数の炭化物が存在しており、それを採取して放射性炭素（^{14}C）年代測定を実施した。その結果、70±30 年という年代値が得られ、暦年代較正すると西暦 1690～1730 年という 17 世紀末～18 世紀初頭という年代となり、観察地点においては最近約 300 年間に 0.7 cm/年程度の速度で火山灰が堆積していることになる。火山灰層序の詳細と各層の特徴等については現在解析中である。

○鬼界：深深度ボーリング掘削調査によるカルデラ形成噴火の全貌解明および噴火推移・時間間隙の検討（東京大学地震研究所・北海道大学）

南九州鬼界カルデラで7.3 kaに発生した超巨大噴火（鬼界アカホヤ噴火）は、完新世における地球上最大規模の噴火である。鬼界火山の活動履歴やアカホヤ噴火の推移・周囲への影響については、近年次第に理解が進んでいるが、未解決の問題も多く残されている。この鬼界火山において、昨年度末から今年度にかけて、アカホヤ噴火およびその前後の噴火履歴解明を目的として、(1) ボーリング掘削と (2) 露頭に基づく地質調査を実施した。ボーリング掘削は、鬼界アカホヤ噴火に先行する前駆的流紋岩溶岩（長浜溶岩）の活動とさらにそれ以前の活動を明らかにするために実施した。薩摩硫黄島において、北海道大学と共同で2018年1月に開始し、2018年12月末に終了した。一方、露頭地質調査では、鬼界アカホヤ噴火の推移、とくにクライマックス（Stage 2）の詳細な推移の構築と、Stage 1（プリニー式噴火）と Stage 2の時間間隙への制約を与えることを目的とし、踏査やドローンを活用して実施した。以下に (1)、(2) の成果概要を述べる。

（１）鬼界アカホヤ噴火に先行する活動を解明するためのボーリング掘削

薩摩硫黄島の西側台地の基盤を構成する長浜溶岩は、上位の鬼界アカホヤ噴火の一連の堆積物との層序関係から、鬼界アカホヤ噴火に先行する活動で生じた可能性が従来の研究により指摘されていた。長浜溶岩は、海水面上に現れている部分だけでも最大100 mの厚さを有する流紋岩質溶岩流である。ボーリング掘削は、長浜溶岩の厚さがやや薄くなり、溶岩流直下の堆積物も含めて掘削できる可能性が高い薩摩硫黄島西端部の大浦港付近で実施した（図６９）。目標掘削深度は330 mである。掘削地点は海抜約60 m、海底地形をもとにすると溶岩流の海水面下の推定層厚は約100 mである。
当初、2018年度前半のうちに目標深度330 mまで到達する予定であったが、深度200 m付近から軟弱な砂質層が出現し、掘削が難航したため、大きく時間を要することとなった。深度300 m付近からは本格的に掘削孔の維持が困難となり、最終的に2018年12月末、306.6 mで掘削を終了した。深度330 mには到達できなかったものの、長浜溶岩の基底部と、さらにその下位の地層に到達することができ、これらの試料を回収するという目標は達成できた。その結果、長浜溶岩の厚さや構造の詳細、先行する火山活動による堆積物・溶岩流の層序を詳しく明らかにすることができた（図７０・７１）。

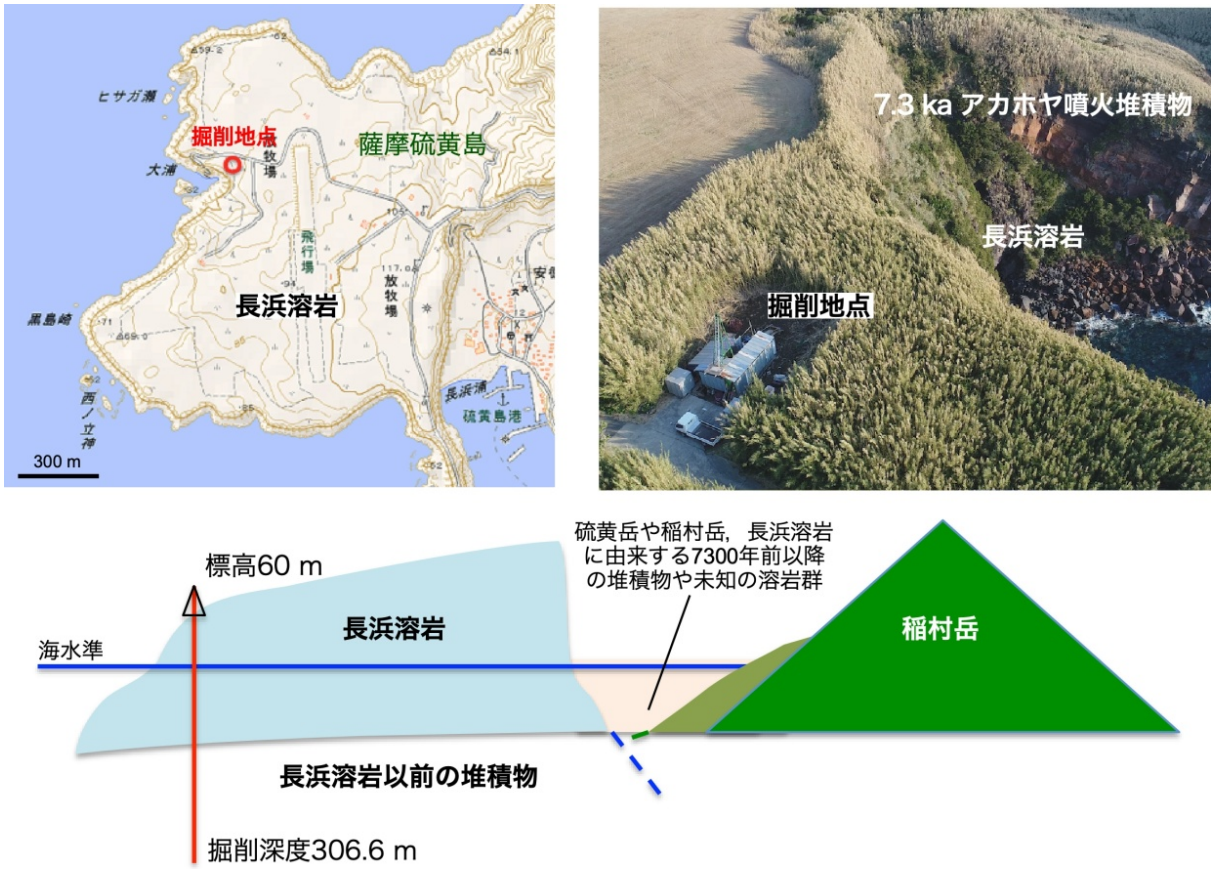


図６９　ボーリング掘削地点とその空撮画像（上）。薩摩硫黄島西側、長浜溶岩およびカルデラ内の模式断面図（下）。

掘削試料の解析の結果、地表から約11 mまでは鬼界アカホヤ噴火およびそれ以降の若いテフラからなるが、それ以深は長浜溶岩に相当する塊状緻密で灰色石質の流紋岩質溶岩（図７０）が深度190 mまで続くことがわかった。したがって、長浜溶岩のこの地点での層厚は約180 mで、このうち下部の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、破砕部主体の流紋岩溶岩となり、水冷を示唆する構造も存在する。一方、溶岩流直下の深度190-230 mは岩層が一変し、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、級化構造のような特徴的な堆積構造は示さずに塊状で、火山砕屑物と生物起源砕屑物の混合物である。さらに下位（230 m以深）には斜長石斑晶に富む複数枚の安山岩質溶岩が存在する。

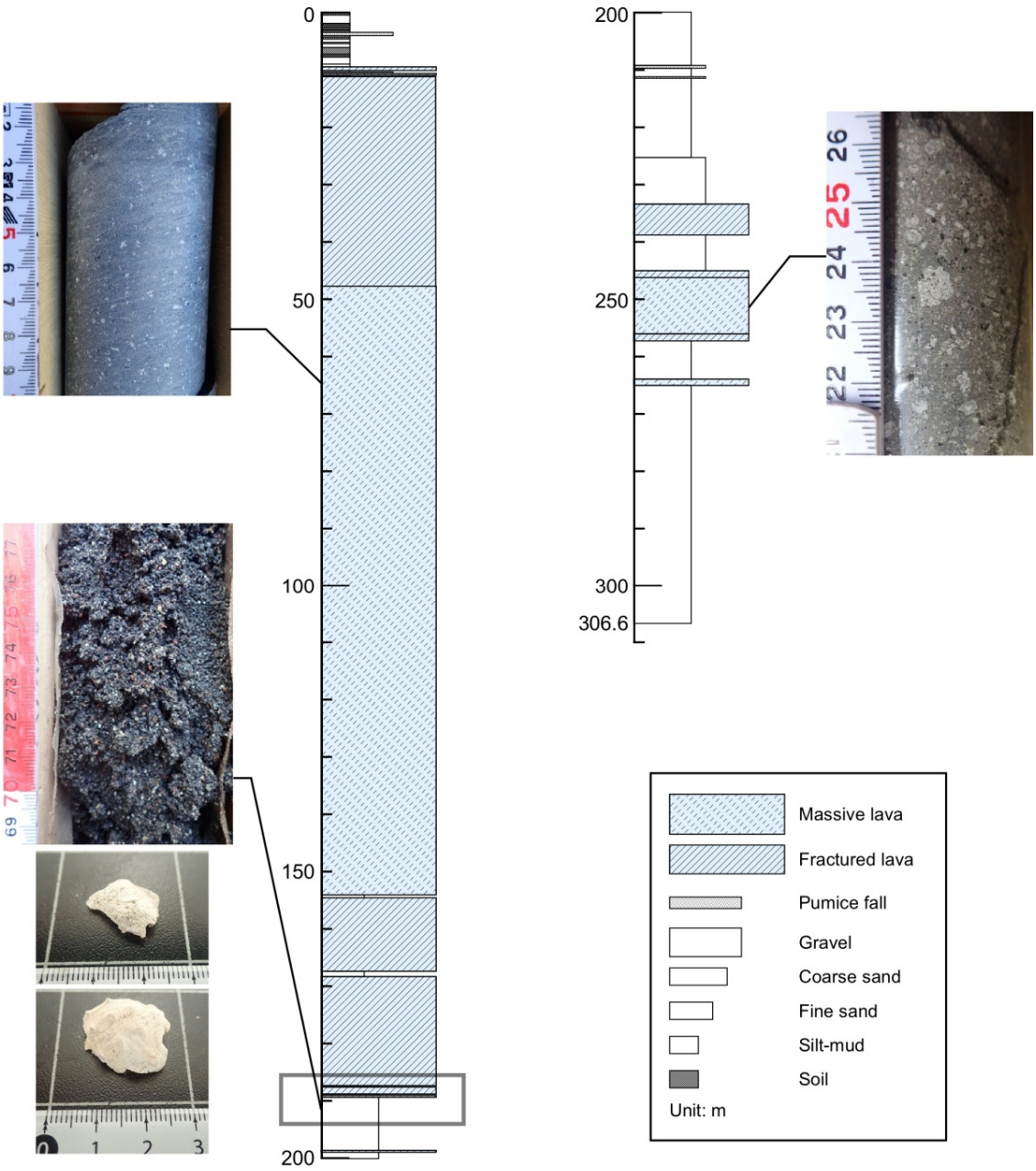


図７０　ボーリングコア柱状図と代表的部分のコア写真。□囲み部分の拡大が図７１。上位から順に、流理が発達した長浜溶岩の塊状部分、長浜溶岩直下の貝殻（左下写真）を含む砂層、斜長石斑晶に富む高MgO安山岩溶岩（全岩化学組成を図７２に示す）。

長浜溶岩に覆われる砂層に含まれる貝殻の^{14}C年代測定を行ったところ、およそ7,000～10,000 calBPの年代値が得られた（図７１）。とくに溶岩直下の深度189.3 mからは6,888-8,331 calBPの値が得られ、鬼界アカホヤ噴火の年代7,300 calBPと近くなる。この結果は、長浜溶岩の活動が鬼界カルデラ噴火に先行する活動（1,000年以内程度）であったことを示している。また、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、砂層が突発的イベントにより生じたものではなく、累進的に堆積したものと解釈できる。7,000～10,000 calBPの年代における海水準は、縄文海進を考慮したとしても現在とそれほど大きくは変わらない。長浜溶岩の火口位置は不明であるが、カルデラ壁付近で最も厚く、西側に向けて層厚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に給源があっ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、アカホヤ噴火の前およそ1000年以内に、現在のカルデラ壁よりも内側に存在した給源から西方へ流出し、砂層が卓越する浅海を流動して海を埋め立て、現在の台地状地形を作り出したと考えられる。薩摩硫黄島島内には、この流紋岩溶岩の活動に伴い噴出したと考えられるテフラが存在しており、それらとの対比により噴火活動の特徴がより明確になることが期待される。

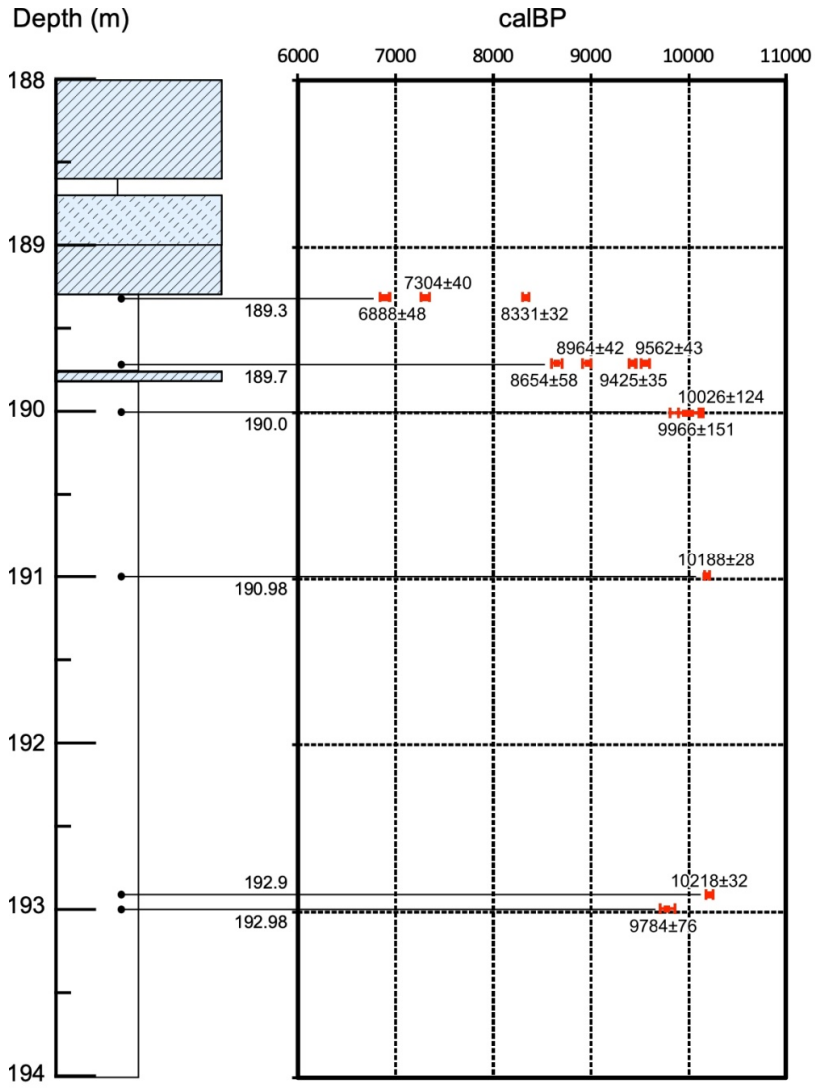


図７１　長浜溶岩直下砂層中の貝殻のAMS ^{14}C年代値（1σ値）と深度との関係。

長浜溶岩より深い深度で回収された溶岩については、全岩化学組成で高MgO値を示す安山岩質溶岩であり、現在の地上に露出する鬼界カルデラの噴出物とは対比できない特徴を持つことも明らかになった（図７２）。ただし、薩摩硫黄島のカルデラ壁内側長浜港付近において2015-2016年に実施したボーリング掘削では、高MgO値を示す類似の溶岩が深度40-70 m付近から採取されている（図７２）。高Mg安山岩と他の噴出物との関係はまだ明確ではないものの、鬼界カルデラのマグマシステムの進化の理解において重要な鍵となる可能性があり、今後さらに詳しく物質科学的解析を進める必要がある。

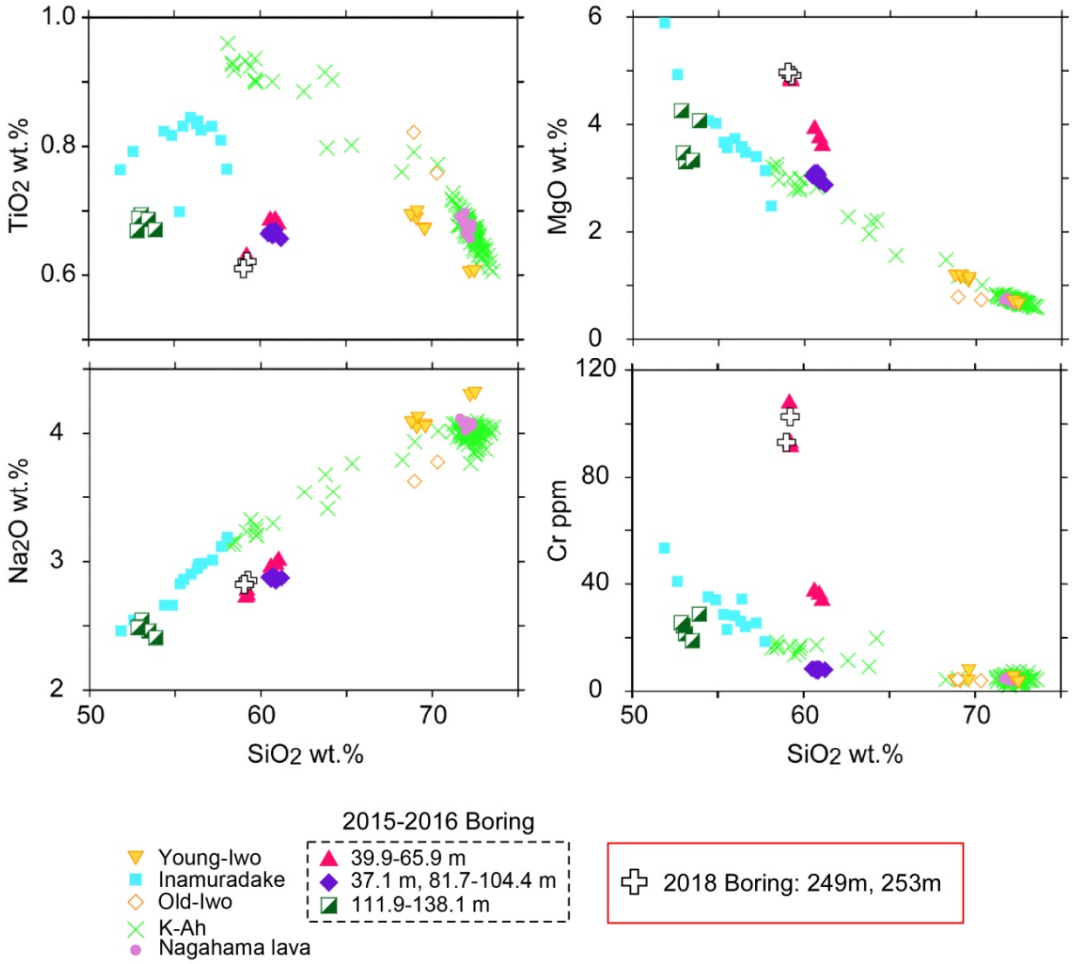


図７２　鬼界カルデラ全体における全岩化学組成の特徴。今回の掘削試料データ（2018 Boring）に加えて、2015-2016 年の掘削試料データも示す。分析は北海道大学。

（２）鬼界アカホヤ噴火の推移を明らかにするための地質学的研究

鬼界アカホヤ噴火のステージ1とステージ2の時間間隙を示唆する地質痕跡に注目してさらに調査、解析を進めた結果、カルデラ近傍の海蝕崖では、ステージ1堆積物上に明瞭なチャネル構造が複数個所で観察されることがわかった。これまで検討してきた堆積物溶結・冷却モデルにもとづくステージ1堆積物の形成時間スケール推定については、少なくと

も数日～1週間と見積もられた。ステージ2堆積物については、礫質及び軽石質堆積物の互層からなる複数の堆積ユニットに区分でき、最上位の軽石質層が最も厚いことがわかった。このことから、クライマックスでは段階的に火道形成・拡大が進行し、その中で最大のものが鹿児島本土など遠方まで到達したと考えられる。観測記録が存在する歴史時代のカルデラ形成噴火では、Stage 1と2の間に明瞭な時間間隙が存在したという報告はなく、クライマックスはカルデラ崩壊とともに一気に進行したようである。鬼界カルデラはより大型のカルデラであり、カルデラ形成噴火がより長時間に及んだ可能性がある。

一方、鬼界アカホヤ噴火に伴い発生した津波の研究も進め、津波発生のタイミングとそのメカニズムについて考察した。従来、カルデラ陥没や火砕流流入仮説が提唱されていたが、噴火に連動して発生した巨大地震に伴う津波であった可能性を指摘した。

○九重山：野外調査および物質科学的解析による九重山のテフラ層序の再検討（山口大学）

１．はじめに

九重火山、特にその東部域は、開析が進んでおらず火山地形がよく保存されている。そのため、地表面に分布するような新規の噴出物を供給した新しい噴火履歴を精度良く求めることができ、地表地形とそこに堆積するテフラ層序から噴火履歴の編年が行われている（例えば、太田，1991；川辺ほか，1997；長岡・奥野，2014；伊藤ほか，2014）。しかし、これらのテフラ層序については、主に層序学的な対比により同定されており、鉱物組合せや火山ガラスの化学組成による対比は不十分である。そのため、九重火山におけるテフラ層序については、若干の混乱もみられる。

そこで、2018 年度は九重火山山麓に分布するテフラについて、各箇所で詳細な露頭の記載を行い、できるだけテフラ層序を細分し、それぞれのテフラについて鉱物組合せを明らかにし、火山ガラスを含むテフラについてはその組成を測定した。この結果に基づいて、九重火山におけるテフラ層序の再検討を試みた。

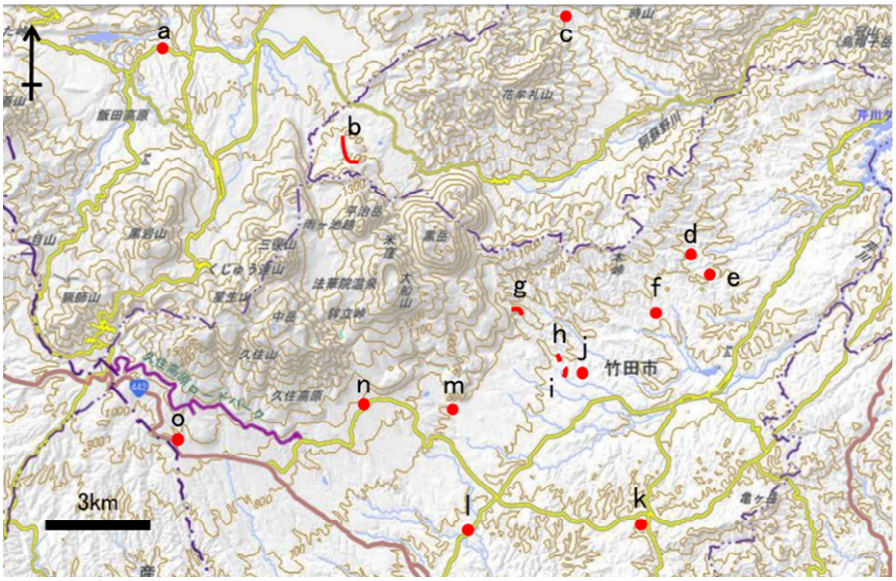


図７３　テフラ層柱状図の位置図。

２．九重火山山麓に分布するテフラ層

九重火山山麓の 15 地点（図７３）において、テフラ層の柱状図（図７４）を作成した。各箇所で確認されたテフラ層について、既往研究のテフラと対比した。その結果、今回の調査で確認されたテフラ層の一覧を表６に鉱物組合せとともに示す。また、これらの総合柱状図を図７５に示す。

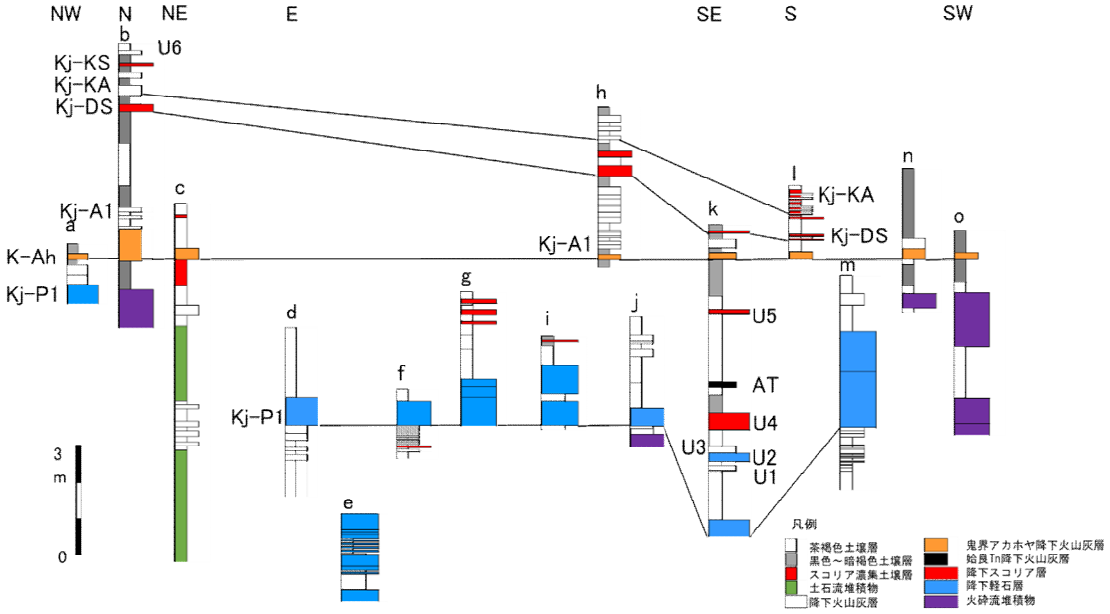


図７４　テフラ層の柱状図。

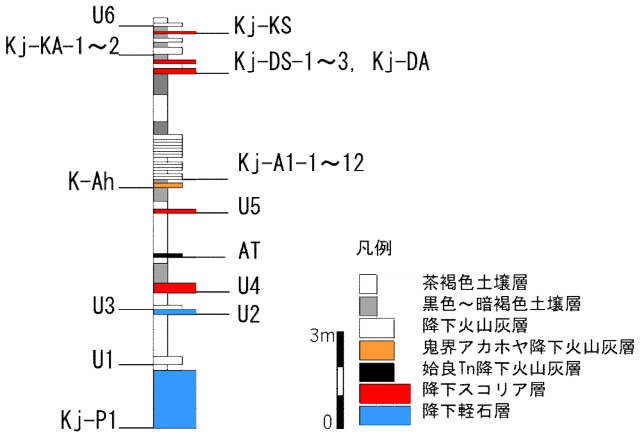


図７５　テフラ層の総合柱状図。

表６および図７５中に示した U1~6 のテフラ層は、既往研究によるテフラ層と対比ができなかったテフラ層である。U4・5・6 はそれぞれ層序的には対応するテフラ層が認められるが、既往研究で報告された鉱物の組合せと今回の観察結果が異なるため、判断することができなかった。また、U1・2・3 については、層序的にも既往研究で報告されたテフラ層との対比が困難であった。

表６　九重火山山麓に分布するテフラ層の一覧。

テフラ名		鉱物組合せ	年代(長岡・奥野,2014)	既往研究による鉱物組合せ
未対比降下火山灰	U6	opx,cpx,qz		黒岳降下火山灰層？（cpx,opx,(hb)、長岡・奥野,2014）
米窪降下スコリア	Kj-KS	opx,cpx	2.2k.y.BP	opx,cpx,ol(太田,1991、長岡・奥野,2014)
米窪降下火山灰	Kj-KA-6	opx,cpx,pl,qz,bt,bw	3.5k.y.BP	cpx,(hb)(長岡・奥野,2014)
	Kj-KA-5	cpx,hb,qz,bw		
	Kj-KA-4	opx,hb,bw		
	Kj-KA-3	opx,qz,bw,pm		
	Kj-KA-2	opx,hb,qz,pl,bt,bw		
	Kj-KA-1	opx,cpx,bt,qz,bw		
段原降下スコリア	Kj-DS-3	opx,hb,qt,bt,pm	4.6k.y.BP	cpx,opx(長岡・奥野,2014)、px,opx,pl,glass(太田,1991)
	Kj-DS-2	opx,cpx,(qz),pm		
段原降下火山灰	Kj-DA	qz,opx,cpx		【新称】
段原降下スコリア	Kj-DS-1	opx,cpx		cpx,opx(長岡・奥野,2014)、px,opx,pl,glass(太田,1991)
A1降下火山灰	Kj-A1-12	pl,opx,cpx,bw	5.3k.y.BP	cpx,opx(長岡・奥野,2014) pl,cpx,opx,hbl,glass(pm)(太田,1991)
	Kj-A1-11	pl,opx		
	Kj-A1-10	pl		
	Kj-A1-9	-		
	Kj-A1-8	pl,opx,cpx		
	Kj-A1-7	-		
	Kj-A1-6	-		
	Kj-A1-5	pl,opx		
	Kj-A1-4	pl,opx,cpx		
	Kj-A1-3	pl,opx		
	Kj-A1-2	pl,opx		
	Kj-A1-1	pl,opx		
鬼界アカホヤ火山灰	K-Ah	cpx	7.3k.y.BP	opx,cpx(町田・新井,2003)
未対比降下スコリア	U5	qz,opx		平治岳降下スコリア？（cpx,opx,ol、長岡・奥野,2014）
姶良AT火山灰	AT	pl,qz,opx,hb	29k.y.BP	opx,cpx(町田・新井,2003)
未対比降下スコリア	U4	opx,cpx,pl		長湯降下スコリア？（cpx,opx,ol,(hb)、長岡・奥野,2014）
未対比降下火山灰	U3	opx,pl		
未対比降下軽石	U2	opx,cpx		
未対比降下火山灰	U1	opx,qz		
九重第1降下軽石	Kj-P1	hb,opx,bt,qz	52k.y.BP	hbl,opx(長岡・奥野,2014)

鉱物名称：　qz：石英　pl：斜長石　opx：斜方輝石　cpx：単斜輝石　hb：角閃石　bt：黒雲母
火山ガラス名称:　bw：バブルウォール型　pm：パミス型

３．テフラ層各論

ここでは、表６に記載したテフラ層のうち、A1 降下火山灰、段原降下スコリア（降下火山灰を含む)、米窪降下火山灰について、詳細を述べる。

3.1　A1 降下火山灰層

本テフラ層については、太田（1991）が 10 層以上、古澤・梅田（2000）が 16 層、長岡・奥野（2014）が 13 層以上確認している。今回は 12 層を確認することができた。いずれの層準もおおむね斜長石、斜方輝石を含み、数枚の層準では単斜輝石の含有も確認された（図７５)。太田（1991）は軽石型の火山ガラスの含有を報告し、古澤・梅田（2000）はブロック状の火山ガラスや微小結晶含有型ガラスの含有を報告している。今回、本テフラ層の最上位の Kj-A1-12 層において、図７５に示すバブルウォール型に近い形態を呈する火山ガラスを確認した。

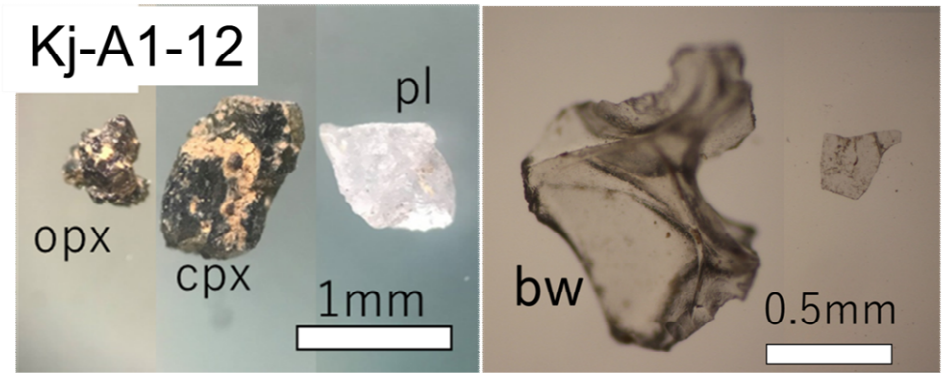


図７６　Kj-A1-12 層の含有鉱物と火山ガラス。

3.2　段原降下スコリア層

本層は 3 層のスコリア層からなると報告されている（太田,1991；長岡・奥野,2014）。今回、図７３・７４の地点 b において段原降下スコリア層のうちの 2 つのスコリア層の間に灰色を呈するシルト質の火山灰層を確認した（図７７）。以降、この火山灰層を段原降下火山灰（Kj-DA）と称する。図７７に示したように上位のスコリア層のほうが下位のスコリア層に比べて、スコリアが農集し層厚も厚いことから、太田（1991）の記載に基づき、下位のスコリア層を DS-1、上位のスコリア層を DS-2 と判断した。いずれのスコリア層も含有鉱物は斜方輝石、単斜輝石である。

また、図７３・７４の地点 1 において、K-Ah の上位に 2 層のスコリア層が認められた。下位のスコリア層には斜方輝石、石英、上位のスコリア層には斜方輝石、普通角閃石、黒雲母、石英が認められ、いずれも火山ガラスを含む。上記の地点 b の 2 層のスコリア層における含有鉱物との対比から、地点 1 の下位のスコリア層が DS-2 と考えられ、上位のスコリア層を DS-3 と判断した。これらのスコリア層中の火山ガラスについて、SEM-EDS により主成分元素含有量を求めた。図７８に示すように、DS-2 層と DS-3 層とでは火山ガラスの SiO_2 含有量が異なり、SiO_2 量に対する各元素の含有量の変化傾向も異なる。DS-3 の SiO_2 量は DS-2 に比べて高く、前期の含有鉱物の組合せの違いとも整合的である。

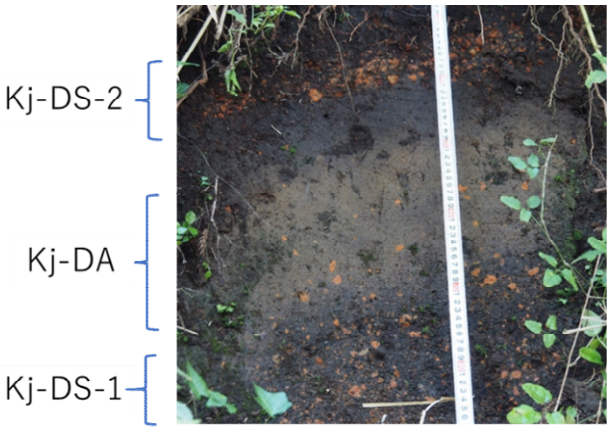


図７７　地点 b の Kj-DS 層と Kj-DA 層。

太田（1991）は段原降下スコリア層が単斜輝石斜方輝石安山岩からなる段原溶岩類の噴出に伴うスコリアであるとしており、特に DS-2 層が段原溶岩類の溶岩流のクリンカー部直上に漸移関係で堆積していることを報告している。今回の検討においても、DS-1 及び DS-2 層の含有鉱物は段原溶岩類と類似しており、火山ガラスの組成も比較的 SiO_2 量が少ないことから、DS-2 層までのスコリア層は段原溶岩類の噴出に伴って噴出したスコリアであると推定される。また、これらスコリア層の間に堆積した DA 層もその含有鉱物は、上下のスコリア層や段原溶岩類と類似することから、段原溶岩類の噴出に伴った火山灰と推定される。

一方、DS-3 層のスコリアは SiO_2 量が、DS-2 に比べて明瞭に高く、構成鉱物も普通角閃石や黒雲母を含むなど DS-2 以下のスコリア層、火山灰層とは異なる。太田（1991）によると、段原溶岩類の火砕丘の米窪火口南縁から黒雲母角閃石デイサイトからなる大船南溶岩が噴出している。DS-3 のスコリアの含有鉱物はこの大船南溶岩の鉱物組合せと類似しており、DS-3 層が大船南溶岩の噴出に伴ったスコリアの可能性が考えられる。

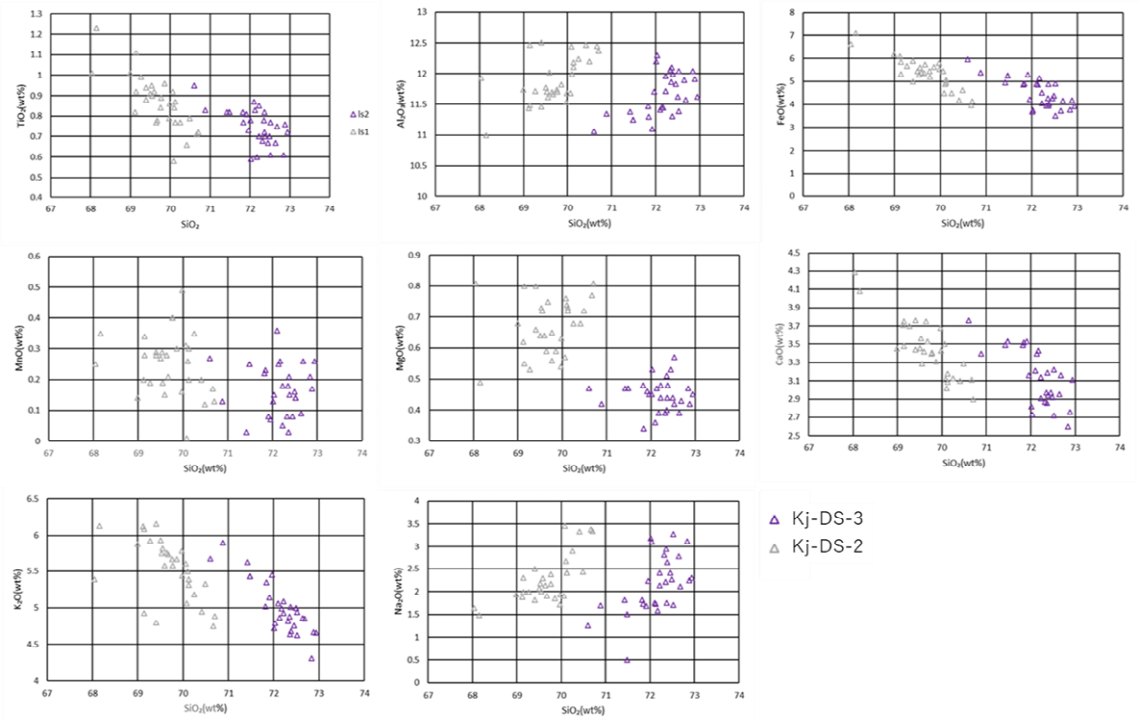


図７８　Kj-DS-2・3 スコリア層中の火山ガラスの主成分元素含有量。

3.3　米窪降下火山灰

図７３・７４の地点 h・l において、米窪降下火山灰層の分布を確認した。それぞれで 3 層及び 4 層の火山灰層を確認した（図７９）。これらをその層序関係と後述する火山ガラスの SEM-EDS による分析結果に基づいて、表６に示した６層に区分した。それぞれの含有鉱物は表６に示すとおりであるが、系統的な鉱物組合せの変化は認められない。

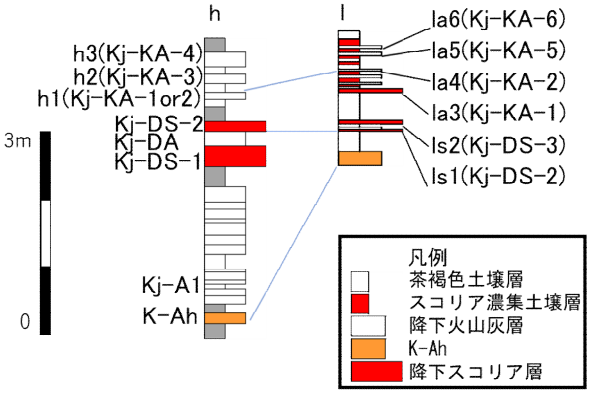


図７９　地点 h・l のテフラ柱状図。

いずれの火山灰層にも火山ガラスが含有されており、これらの主成分元素含有量を SEM-EDS により求めた。下位に相当すると考えられる KA-1(la3)、KA-2(la4)の火山ガラスの SiO_2 量はおおむね 71wt.%以下であり、中位と考えられる KA-3(h2)、KA-4(h3)の火山ガラスの SiO_2 量は概ね 71wt.%以上である（図８０）。上位と推定した KA-5(la5)、KA-6(la6)で火山ガラスの SiO_2 量はバイモーダルな分布を示し、それぞれ下位 2 層の含有量、中位 2 層の含有量に相当する（図８０）。

このような火山ガラスの組成からは、米窪降下火山灰の噴出に関わるマグマは、単一ではなく複数のマグマがかかわった可能性が考えられる。しかし、前述したように鉱物組合せには系統的な変化は認められず、ガラスの化学組成の変化とは一致しない。

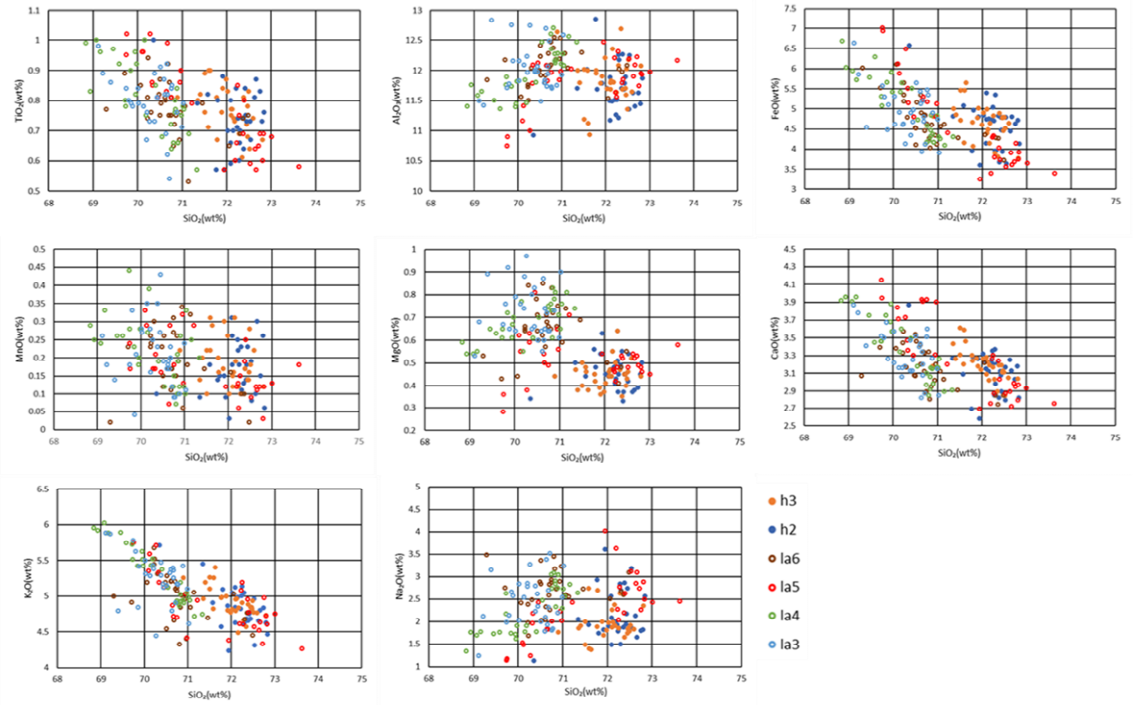


図８０　Kj-KA 火山灰層中の火山ガラスの主成分元素含有量。

４．まとめと今後の課題

九重火山山麓に分布するテフラについて、詳細な露頭の記載を行い、この結果と鉱物組合せ及び火山ガラスの主成分元素含有量から、テフラ層序について再検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

① A1 降下火山灰層(Kj-A1)は少なくとも 12 層準認められるが、いずれもほぼ類似した鉱物組合せを有する。

② 段原降下スコリア層(Kj-DS)はすでに報告されている 3 層のスコリア層とともに、下位 2 層のスコリア層の間に段原降下火山灰層(Kj-DA)を挟在する。

③ 段原降下スコリア層の最上位のスコリア層(Kj-DS-3)は、下位 2 層のスコリア層(Kj-DS1・2)及び段原降下火山灰層(Kj-DA)と鉱物組合せ、火山ガラスの主成分元素含有量が異なる。Kj-DS-3 層は下位の Kj-DS-1・2 や Kj-DA が段原溶岩類の噴出に伴うのに対し、大船南溶岩の噴出に伴うことが推定される。

④ 米窪降下火山灰層(Kj-KA)は 6 層の火山灰層からなると考えられ、それぞれに含有される火山ガラスの主成分元素含有量から、異なったマグマが関与した可能性が考えられる。

上記の結果は、山麓における露頭から採取した試料の分析に基づいており、テフラ層の欠如などによる対比の誤認などの可能性がある。今後は、より保存状態がよく、かつテフラの供給源に近い、坊がつる等のような山体内部の湿地帯において、ハンドオーガーやジ

オスライサーなどにより試料を採取し、より正確なテフラ層序を構築することが必要である。

引用文献

古澤明・梅田浩司(2000)　別府湾コアにおける最近7000年間の火山灰層序―ピストンコア中の火山灰と阿蘇,九重火山のテフラとの対比―.地質学雑誌,108,31-49.

伊藤順一・星住英夫・川辺禎久(2014)　最近5000年の九重火山における水蒸気噴火の発生履歴，火山，59，241-254.

鎌田浩毅(1997)　宮原地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅).地質調査所，127.

川鍋禎久・星住英夫・伊藤順一・鎌田浩毅(1997)　鬼界アカホヤ火山灰以前の九重火山テフラ層序．火山学会講演予稿集，1997，105

長岡信治・奥野充(2014)　九重火山のテフラ層序．月刊地球，36，281-296.

太田岳洋(1991)　九重火山群,東部及び中部域の形成史．岩鉱，Vol.86，243-263.

○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）

昨年の研究の継続として、伊豆弧北部、新島（および式根島）の流紋岩を主体とする火山について、噴火区分等を元に、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.　流紋岩の噴火区分と斑晶鉱物組み合わせ

噴火ユニット区分は、昨年の報告書記載にあるように、時代の古いほうから、地内島、瀬戸山、丸島峰、ジーナカ山、大磯、峰路山、羽伏磯、旗城鼻、赤崎峰、宮塚山、式根島、新島山、(若郷玄武岩)、阿土山、向山である。最も古い地内島火山の噴火の時期は明確ではないが、100 ka 前後から活動が開始され、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ている。流紋岩の斑晶鉱物は主に、斜長石、石英、斜方輝石、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つのタイプに区分できる：斜方輝石―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―黒雲母タイプ(Cum-Bt-type)、黒雲母タイプ(Bt-type)。

これらの流紋岩質噴火ユニットに加え、玄武岩質噴火ユニット（若郷）や安山岩質火砕噴火ユニット(島分沢安山岩)、および北部の阿土山溶岩および火砕岩中には玄武岩質～デイサイト質包有物についても、流紋岩ユニットとの関係等について採取試料を基に検討を行った。

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。ただし、初期の火山では、比較的高い An%を持つ斜長石の存在も認められる。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。これらの減少傾向は、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。

また、合計 13 ユニットの火山と 1 つの玄武岩ユニット、1 つの安山岩火砕ユニットの全岩化学組成分析を行った。その結果、玄武岩は SiO_2 %がおおよそ 50%の組成を示すが、流紋岩類は 73～78%（多くは 75～78%）の高く、また組成幅が狭い結果となった。流紋岩をユニットごとに元素―元素図（ハーカー図等）で見た場合、それぞれのユニット（単成火山）が異なったデータ分布を示すことが明らかとなった。全体的には Opx-Cum-type・Cum-type では Bt-type と比較し、MgO・FeO・CaO に富み、K_2O・Na_2O に乏しい傾向があるが、同じタイプごとでも、データ列が異なることが明らかとなった。同様な傾向はトレース元素等でも見られることが多かった。希土類元素パターン等でも、流紋岩類は多くは類似のパターンを示すが、タイプごと、また火山ごとにわずかな違いがあることが明らかとなった。また、今回は、一部の流紋岩ユニットに特徴的に含まれる玄武岩、安山岩―デイサイト包有物の全岩組成分析も行い、他のユニットとの比較検討を試みた（以下、３に示す)。

3.　流紋岩ユニットにおける包有物について

阿土山黒雲母流紋岩溶岩には玄武岩質包有物、および安山岩―デイサイト質包有物がしばしば含まれている。玄武岩質包有物については、Koyaguchi (1986)により議論されているが、後者については述べられていなかった。また本研究では実施していないが、南部の向山黒雲母流紋岩中には、安山岩―デイサイト質包有物が存在し、苦鉄質マグマと珪長質マグマとの混合（マグマ混合）を示す証拠として議論されてきた（Koyaguchi, 1986)。 本研究では、阿土山の包有物の分析値を加えて、EPMA による斜長石の An 値、かんらん石の Fo 値等の母岩等の組成と比較を行ってみた。分析数が必ずしも充分ではないため、組成の範囲を示したものが、図８１である。包有物のかんらん石の Fo 値は、若郷玄武岩のものに比べ、わずかに高い傾向があり、これは全岩化学組成等の結果（例えば REE）とも一致し、包有物のかんらん石がより primary なマグマからの生成を示唆していると言える。一方、斜長石組成の比較では、阿土山、向山流紋岩の安山岩―デイサイト質包有物は中間組成を示し、玄武岩質マグマと珪長質マグマとの混合で説明ができる。これは、包有物の組織観察からも示唆される。他方、化学組成図（図８２）では、安山岩―デイサイト包有物は、

玄武岩（および玄武岩質包有物）と新島の主体を占める流紋岩との単純な混合での生成は考えにくく、デイサイト組成の親マグマ（SiO_2 ~67-68%：地表では相当岩が未発見）との混合が推定される。これらの混合は、比較的深部で生じ、その混合マグマが上部の流紋岩マグマに混合（ミングリング）した結果が包有物としての産状に現われているものと考えられる。デイサイト質親マグマは、上記混合とは別に、流紋岩質各ユニットへ分化し、その結果、各種の流紋岩ユニットが生成されたものと推測される。

4.　マグマの長期的な変動など

新島火山の最初のマグマの活動が、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。特に 10 ka 以降には時間軸が明確になった部分もあり、噴出物の噴出率（190 x 10^9 kg/ka)なども提示されてきている（吉田，1992)。流紋岩質溶岩に含まれる、斑晶鉱物などの組み合わせや平衡温度の推定などから、新島および近辺の流紋岩類は、低温（および低圧）の条件で生成されたと考えられ、浅所のマグマ溜りからの噴出が推定される。これは、新島の流紋岩質マグマの組成変化とも関連し、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。今後のマグマ活動に関する詳細は現在検討中である。

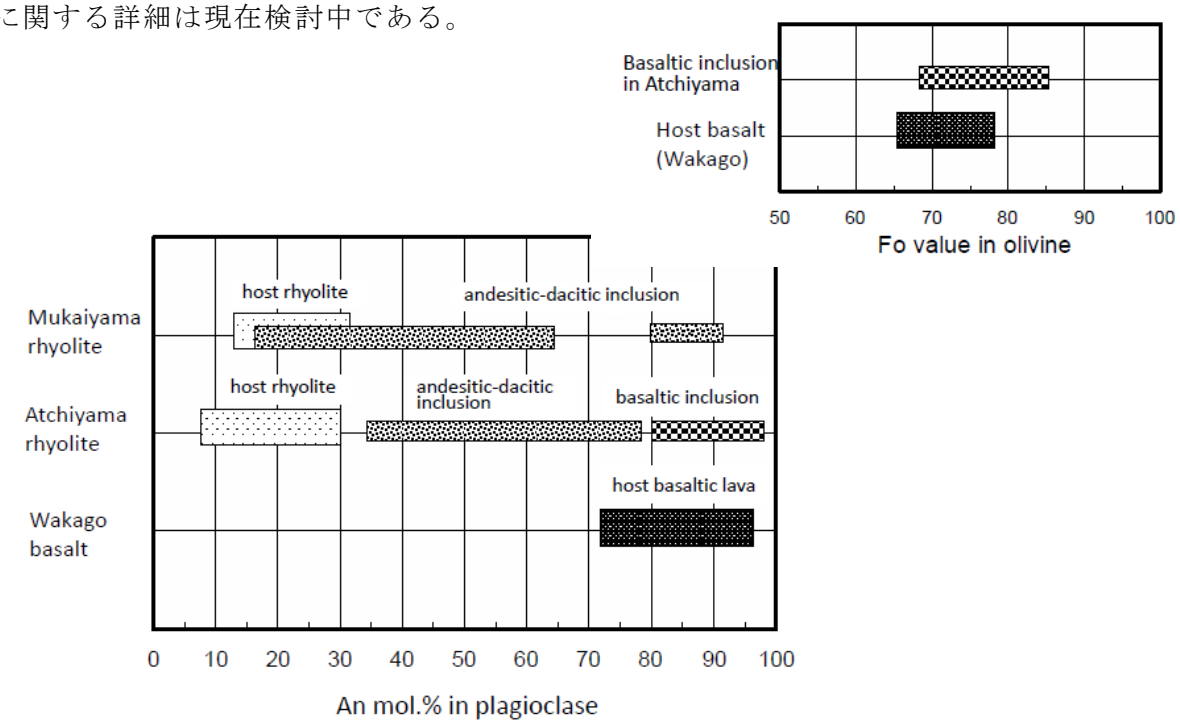


図８１　向山、阿土山における安山岩―デイサイト組成の包有物に含まれる鉱物の化学組成（阿土山産の玄武岩と若郷産のかんらん石の Fo 値、および向山、阿土山流紋岩ユニットにおける包有物の An 組成の比較）（Arakawa et al., 2019)。Koyaguchi (1986)から一部データ引用。

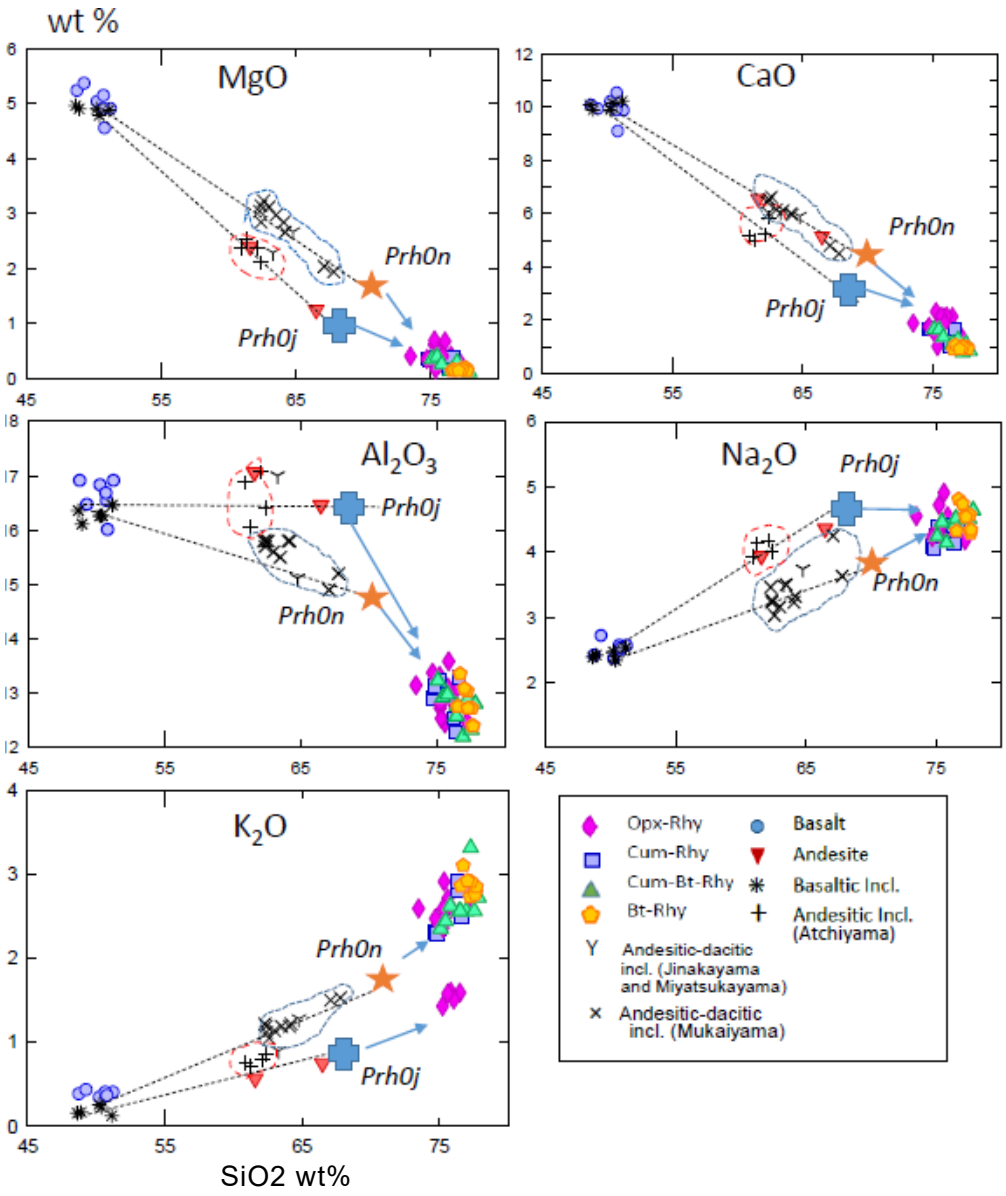


図８２　新島における、流紋岩、および少量の玄武岩、安山岩、さらに安山岩―デイサイト包有物の化学組成図。

安山岩―デイサイト包有物は、玄武岩（および玄武岩質包有物）と主体を占める流紋岩との単純な混合は考えにくく、デイサイト組成の親（Prh0n, Prhoj）マグマとの混合が推定される。Arakawa et al.（2019）から引用。

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。平成29年度までに取りまとめた主要な火砕噴火の事例は表７に示した34事例である。

平成30年度は、主に国内の歴史噴火のうち噴火推移が比較的よく記録されている10噴火（富士1707年、新燃岳1716年、桜島安永1779年、浅間1783年、桜島大正1914年、北海道駒ケ岳1929年、爺爺岳1973年、有珠山1977年、伊豆大島1986年、新燃岳2011年）について噴火推移情報を集積し、噴火推移を再検討したうえでこれまでに収集した国内外の火山における噴火パターンとの比較検討を行った。これらの噴火推移を表現するための「噴火推移図」を作成した。昨年までに作成した噴火推移図は、短時間の噴火極大時のピークを示すには適していたが、継続的な噴火の表現が困難であった。今年度新たに作成した噴火推移図は、昨年度までに試作したものに比較して継続的に噴火している期間がより正確に表現できている。

大規模火砕噴火の推移は、噴火強度が次第に増加して最盛期を迎えるパターンと、噴火開始後比較的速やかに噴火強度の最大に到達し、その後次第に噴火強度が減衰するパターン、および複数の噴火極大を持つパターンが認められる。

図８３に示した事例は、噴火強度が次第に増大し、数日～数か月かけて最盛期を迎えるパターンである。ここでは本タイプをC型（climbing type）と呼ぶ。このパターンには、国内では浅間1783年噴火や、新燃岳1716-17年噴火、伊豆大島1986年噴火など（図８３）が挙げられる。また噴火の初期には、小規模なマグマ水蒸気噴火などが認められることがある。小規模な水蒸気噴火～マグマ水蒸気噴火は、最盛期のプリニー式噴火の数年前から活発化する例も知られている（新燃岳1716年、2011年噴火など）。最盛期の後の噴火推移については記録が欠損している場合が多いため詳細なパターン分けは困難であるが、次第に噴火強度や頻度が低下して終息する場合や、顕著な噴火記録がなく比較的速やかに終息したと考えられる場合がある。噴火開始に先立つ異常現象（地震など）が比較的長期間にわたって継続する場合が多い。

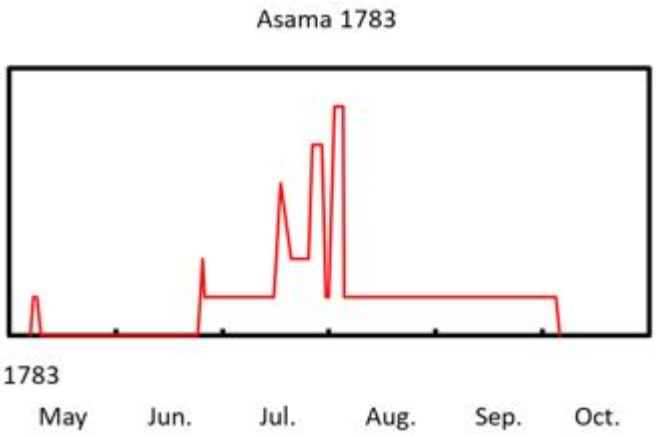


図８３－１　浅間1783年噴火の時間―噴火強度推移図。

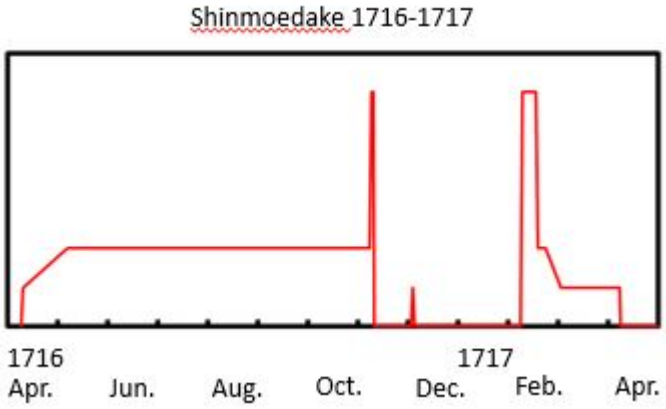


図８３－２　新燃岳1716-1717年噴火の時間―噴火強度推移図（やや長期）。

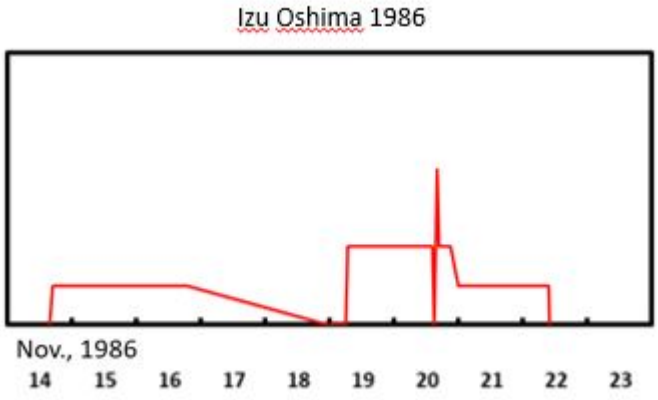


図８３－３　伊豆大島1986年噴火の時間―噴火強度推移図（やや短期）。

図８３　噴火時間推移と強度図（その１）。噴火強度がしだいに増加した後、火砕噴火のクライマックスを迎えるC型の噴火パターン。図の上から、浅間1783年噴火、新燃岳1716-17年噴火、伊豆大島1986年噴火の時間―噴火強度推移。

2つ目のパターンは、噴火の開始直後（半日以内）に噴火の最盛期を迎え、その後噴火強度が減衰するパターンである（図８４）。ここでは本タイプをD型（declining type）と呼ぶ。本パターンに分類された噴火には、次第に噴火強度や頻度が低下して終息する場合や、顕著な噴火記録がなく比較的速やかに終息したと考えられる場合がある。富士宝永1707年噴火、桜島大正1914年噴火、有珠1977－78年噴火などが挙げられる。これらの噴火の場合、先駆する前兆現象、たとえば群発地震の発生は噴火開始から比較的短い継続時間の場合が多い。

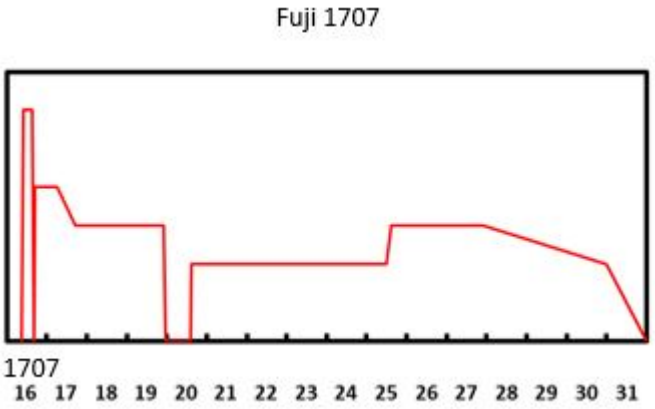


図８４－１　富士1707年噴火の時間―噴火強度推移図。

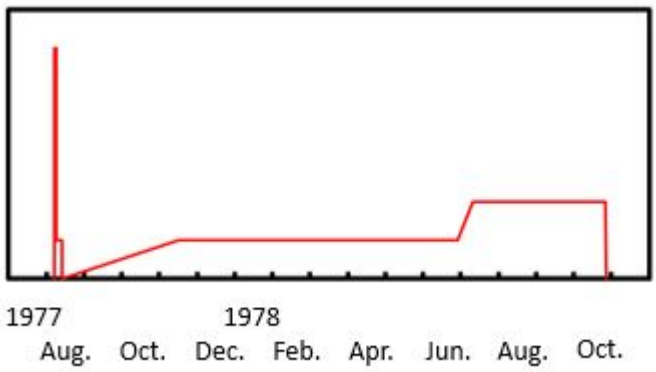


図８４－２　有珠1977-1978年噴火の時間―噴火強度推移図。

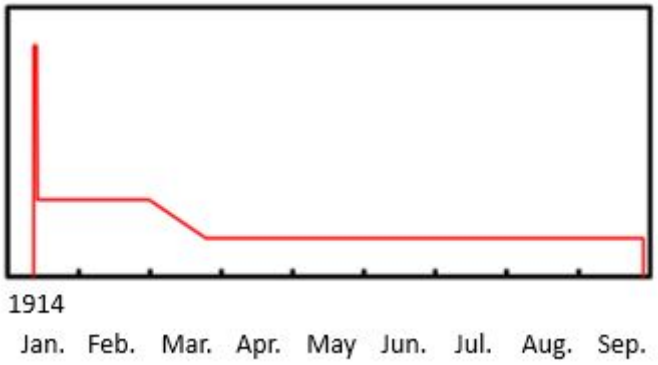


図８４－３　桜島1914年噴火の時間―噴火強度推移図。

図８４　噴火時間推移と強度図（その2）。火砕噴火のクライマックスが噴火の初期にあり、次第に減衰しながら終了するD型の噴火推移。図の上から、富士1707年噴火、有珠1977-78年噴火、桜島1914噴火の時間―噴火強度推移。

上記2種類の噴火タイプのほか、複数回の噴火極大イベントが噴火期間中にみられるタイプがあり、ここではその噴火パターンをM型（Multi-peaks type）とした。また、カルデラ形成噴火については別に区分した。

これらの分類に従って、噴火推移パターンと噴火火口の関係を考察した（図８５）。その結果、新たに火道を形成して噴火する側噴火（割れ目噴火）の場合には、すべての事例（5事例）がD型に区分されたのに対し、活発な噴気活動や噴火がみられる開放型火道からなる中心火道からの噴火（中心噴火）の場合、すべての事例（10事例）がC型あるいはM型に分類された。顕著な活動が見られない閉塞している火道からの中心噴火の場合、D型とC型が拮抗している（13事例）。また、4事例が分類されたカルデラ形成噴火の場合、すべてがC型に区分された。

本年度は、大規模噴火の活動推移に関するデータベース整備として、国内の 10 噴火について噴火推移の文献収集とその再検討を実施するとともに、噴火活動推移をイベントごとに再整理した。それにより比較的頻繁に噴火を繰り返していた山頂火口からの噴火の場合には、最盛期まで次第に噴火が活発化する場合が多く、数 100 年以上の休止期を挟む活動や、新たに割れ目火口を形成して噴火する場合には、噴火開始後ただちに最盛期を迎える活動となる場合が多いことが明らかになった。また歴史時代に発生した 4 事例のカルデラ形成噴火は、すべて次第に噴火が活発化するタイプの噴火によって形成されたことが明らかになった。

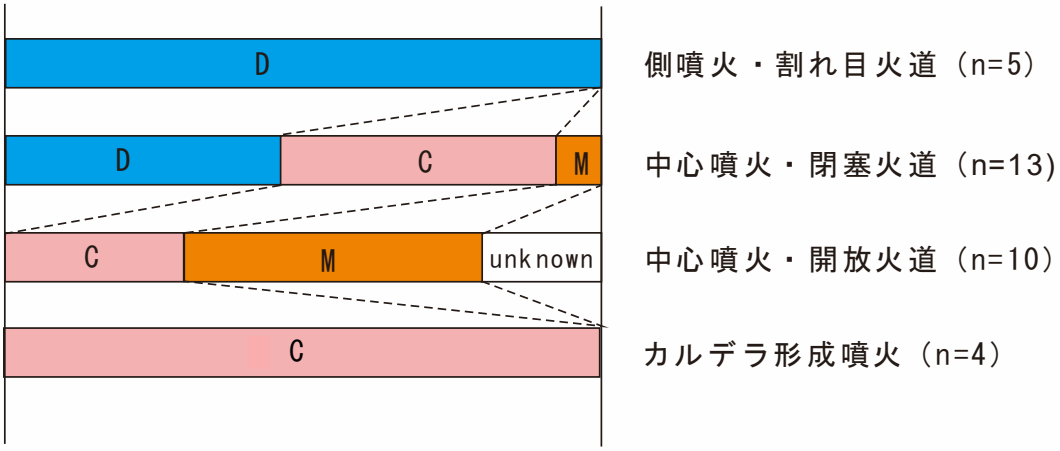


図８５　噴火火口と噴火推移パターンとの関係。C型：噴火強度が数日～数か月かけて増加し最盛期を迎えるパターン。D型：噴火の開始直後（半日以内）に噴火の最盛期を迎え、その後噴火強度が減衰するパターン。M型：噴火の全期間にわたって複数回の同規模の噴火ピークが認められる噴火。

表 7　収集した 34 事例の噴火。

Area	Country	Volcano	Year (AD)	Year end	VEI	Long term	Eruption sequence	magma type	eruption site	openess of crater be	Note
Asia	Japan	Fuji	1707	1708	5	No	decending from peak	intermediate	lateral fissure	closed conduit	preceded by M8.4 earthquake
Asia	Japan	Sakurajima	1779	1782	4	Yes	decending from peak	intermediate	lateral fissure	closed conduit	followed by lava effusion
Asia	Japan	Sakurajima	1914	1914	4	Yes	decending from peak	intermediate	lateral fissure	closed conduit	followed by lava effusion
Asia	Japan	Izu-Oshima	1986	1986	3	Yes	decending from peak	mafic	lateral fissure	closed conduit	preceded by summit eruption
Pacific	New zealand	Tarawera	1886	1886	5	No	decending from peak	mafic	lateral fissure	closed conduit	
Europa	Iceland	Askja	1875	1875	5	No	climing to peak	felsic	summit crater	closed conduit	
north America	USA	Lassen Peak	1915	1915	3	No	climing to peak	felsic	summit crater	closed conduit	preceded by lava effusion
south America	Chili	Chaiten	2008	2008	4	No	climing to peak	felsic	summit crater	closed conduit	followed by lava dome building
Europa	Italy	Vesuvius	1944	1944	3	Yes	climing to peak	intermediate	summit crater	closed conduit	
south America	Chili	Cerro Azul	1932	1932	5	Yes	climing to peak	mafic	summit crater	closed conduit	
Asia	Japan	Usu	1977	1978	3	Yes	decending from peak	felsic	summit crater	closed conduit	followed by crypto-lava dome
Asia	Indonesia	Colo	1983	1983	3	Yes	decending from peak	intermediate	summit crater	closed conduit	
Asia	Japan	Hokkaido Komag	1929	1929	4	Yes	decending from peak	intermediate	summit crater	closed conduit	
Europa	Italy	Vesuvius	79	79	5	No	decending from peak	intermediate	summit crater	closed conduit	Caldera formation
Europa	Italy	Vesuvius	1631	1631	4	No	decending from peak	intermediate	summit crater	closed conduit	
north America	USA	Augustine	1976	1976	4	Yes	decending from peak	intermediate	summit crater	closed conduit	followed by lava effusion
central America	Guatemala	Santa María	1902	1902	6	No	unclear	intermediate	summit crater	closed conduit	preceded by M8.3 earthquake
central America	Mexico	El Chichon	1982	1982	5	No	multipeak?	intermediate	summit crater	closed conduit?	
Asia	Indonesia	Krakatau	1883	1883	6	Yes	climing to peak	felsic		closed conduit	Caldlera formation
Asia	Philippines	Pinatubo	1991	1991	6	No	climing to peak	felsic		closed conduit	Caldlera formation
Asia	Indonesia	Tambola	1812	1815	7	No	climing to peak	intermediate		closed conduit	Caldlera formation
north America	USA	Novarupta	1912	1912	6		unknown	felsic		closed conduit	Caldlera formation
Asia	Japan	Tiatia	1973	1973	4	No	unknown	mafic	lateral fissure	closed conduit?	
north America	USA	St.Helens	1980	1980	5	No	other	intermediate		closed conduit?	Preceded by sector collapse
south America	Chili	Puyehue-Cordor	2011	2012	5	Yes	multipeak	felsic	summit crater	open conduit	followed by lava effusion
Asia	Japan	Kirishima Shinmo	1916	1917	4	No	multipeak	intermediate	summit crater	open conduit	
Asia	Japan	Kirishima Shinmo	2011	2011	3	Yes	multipeak	intermediate	summit crater	open conduit	
central America	Guatemala	Fuego	1974	1974	4	Yes	multipeak	mafic	summit crater	open conduit	
central America	Mexico	Colima	1913	1913	5	Yes	multipeak?	mafic – intermediate	summit crater	open conduit	
Asia	Indonesia	Kelud	1990	1990	4	Yes	unclear	intermediate	summit crater	open conduit	
Asia	Indonesia	Kelud	2014	2014	4	Yes	unclear	intermediate	summit crater	open conduit	preceded by lava dome formation
Asia	Indonesia	Agung	1963	1963	5	Yes	climing to peak	intermediate	summit crater	openess of crater be	preceded by lava effusion
Asia	Japan	Asama	1783	1783	4	Yes	climing to peak	intermediate	summit crater	openess of crater before eruption	
south America	Chili	Hudson	1991	1991	5	No	climing to peak	mafic	summit crater		

3)　海外における噴火事例との比較研究（北海道大学）

１．　はじめに

アバチンスキー火山はカムチャツカ半島南部に位置する大型成層火山である（図８６）。噴火活動が非常に活発であり、最近では 2008 年に小規模噴火が発生している。また、僅か２５km の位置にカムチャツカ半島最大都市のペトロパブロフスク・カムチャツキーがあり、噴火災害が懸念されている火山でもある。このような現在活動している大型成層火山の噴火履歴・噴火推移履歴、マグマ供給系について明らかにすることは、富士山や羊蹄山といった国内の大型成層火山の現状の理解へ繋がり、将来活動およびそれに付随するであろう災害についての新たな知見を得ることが期待できる。アバチンスキー火山の火山学的・社会科学的背景を受け、他の研究プロジェクトとして、アバチンスキー火山に対する日本とロシアの２国間共同研究が平成 29 年度より実施されることとなった。現地研究者と共同で実施できるまたとない機会であり、本課題でも海外事例との比較研究として、アバチンスキー火山を対象に噴火履歴・噴火活動推移調査を実施することとした。



図８６　アバチンスキー火山の位置とペトロパブロフスク・カムチャツキーからみたアバチンスキー火山。（地図は google earth、写真はロシア科学アカデミー火山地震研究所 HP より引用）

２．　アバチンスキー火山の活動

カムチャツカ半島は、千島―カムチャツカ弧の北端に位置しており、北米プレートに太平洋プレートが北西方向に沈み込んでいる。この地域は長期間にわたり火山活動が活発で、その活動変遷および活動域から Sredinny Ridge (SR)・Central Kamchatka Depression (CKD)・Eastern Volcanic Front (EVF) の３つの火山帯に区分される。アバチンスキー火山は EVF に属する活火山である。標高 2,741m の典型的な大型成層火山であり、玄武岩～安山岩質マグマの活動で特徴づけられる。約３万年前の山体崩壊により、馬蹄形カルデラが形成され、その後はそのカルデラ内で活動が継続された。完新世の活動は大きく２つの活動期に区分される。約 7,200-3,500 年前は、安山岩質マグマによる爆発的なプリニー式噴火を繰り返し、頻繁に火砕流を流下させた。約 3,500 年前以降になると、玄武岩質安山岩マグマ主体となり、爆発的噴火と溶岩流出を繰り返し、現在の山体である火砕丘を形成し

た。噴火の記録は西暦 1737 年から残っており、現在まで計 14 回記録されている。最も大規模な噴火は 1945 年の噴火（0.25 km^3：VEI=4）であり、その火砕物はペトロパブロフスク・カムチャツキーにも及んだ。最直近の主要な噴火は 1991 年に起き、山頂火口からの爆発的噴火の後、溶岩噴出に移行し、溶岩が火口から溢れ標高 1,896m まで流下した。また、同時期に泥流も発生しており、約 5km 流下している。

３．　結果と考察

アバチンスキー火山の過去数千年間の噴火史と最新噴火の噴火様式を解明することを目的とし、現地調査を行った。火山体東北麓などで多数のアバチンスキー火山由来のテフラを複数枚確認した（図８７a・８７ｂ）。この結果は、アバチンスキー火山が過去数千年間に非常に高頻度で噴火活動を継続していたこと、その多くが比較的規模が大きかったことを示す。このことは、約 3,500 年間という短い期間で標高 2,700m 超の山体を形成したというこれまでの研究結果と調和的である。また、1991 年噴火については、爆発的なストロンボリ式噴火の後、溶岩流出へと至る噴火推移を確認した（図８７ｃ・８７ｄ）。山頂でのストロンボリ式噴火および溶岩流出を繰り返す特徴は羊蹄山の最新期の活動でも確認されており、大型成層火山の噴火活動推移の共通点であることを確認できた。

限られた日数の野外調査ではあったが、大型成層火山の活動履歴・噴火活動推移の特徴を把握することができた。残念ながら、現地調査は現地の研究者の都合もあり、次年度以降さらに進めるのは難しい状況となっている。今後は現地調査で採取した噴出物について、物質科学的特徴を明らかにし、マグマ供給系と噴火活動推移との関係を明らかにする予定である。また、その結果と国内の成層火山の活動についての共通プロセスを明らかにするために、羊蹄山について最新期の活動の噴火履歴・噴火活動推移履歴の詳細を明らかにしていく。さらに、海外における噴火事例との比較研究として、詳細な噴火推移が分かっているフィリピンのピナツボ火山 1991 年噴火に焦点をあて、物質科学的解析を進める予定である。

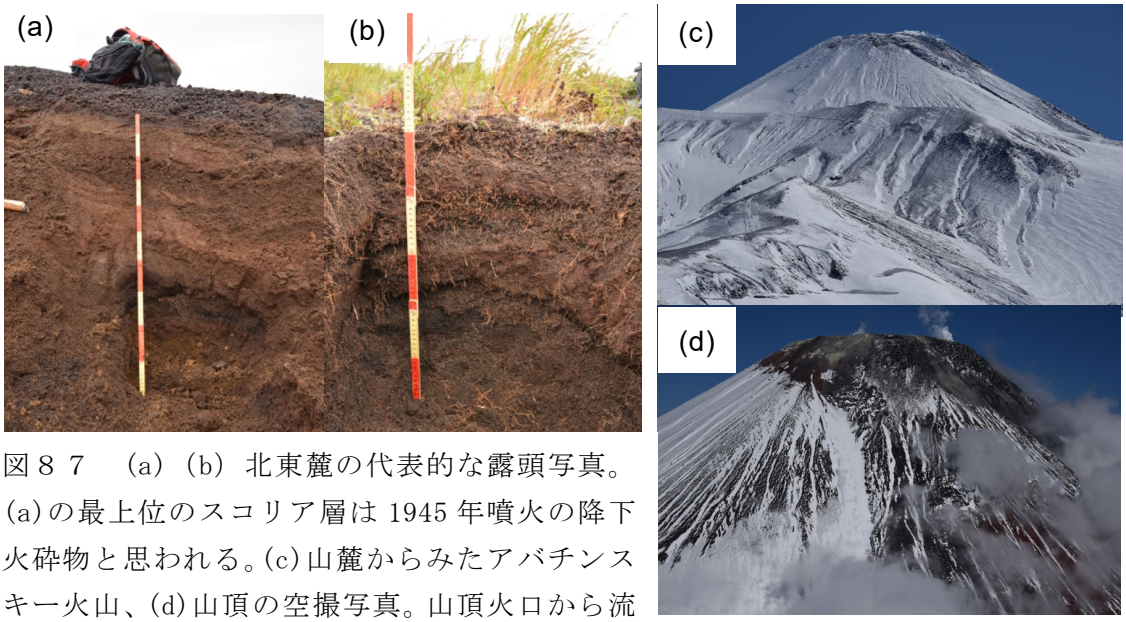


図８７　(a)（b）北東麓の代表的な露頭写真。(a)の最上位のスコリア層は 1945 年噴火の降下火砕物と思われる。(c)山麓からみたアバチンスキー火山、(d)山頂の空撮写真。山頂火口から流下する溶岩流が観察できる。

4)　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）

昨年度に引き続き、北海道大学の既存設備を集約した「マグマ変遷解析センター」を整備し、電子顕微鏡や質量分析装置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の開発・確立を行った。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３機関計１４名の利用があった。以下、本年度開発したマグマ含水量の推定手法および U－Th 放射非平衡の測定法について述べる。

○直方輝石を用いたマグマ含水量の推定方法の開発

かんらん石、輝石、斜長石など多くの斑晶鉱物は、化学式の中に OH 基を含まない無水鉱物である。しかし実際は、マグマ中に存在する水が不純物として結晶中に取り込まれる性質があり、その量はメルト含水量に比例する。そのため、鉱物の含水量を測定することできれば、比例定数（分配係数）からメルト含水量を推定することが可能となり、溶解度則を組み合わせることで、噴火前のマグマの圧力（深度）を推定することができるようになる。本年度、顕微 FTIR を用いて直方輝石斑晶中の含水量測定に着手したので、現状を報告する。

１．直方輝石の赤外吸収スペクトル

予察分析の対象として、46 ka 支笏カルデラ形成噴火の噴出物中の直方輝石斑晶を用いた。図８８は、直方輝石の典型的な赤外吸収スペクトルである。2800~3700 cm^{-1} に複数の吸収ピークが現れており、OH が存在することを確認できる。スペクトルとベースライン（４次多項式）で囲まれる部分の面積（吸光度面積）を測定し、拡張ランベルトベール則と Bell et al.（1995）の定数を用いることで、輝石含水量を計算することができる。

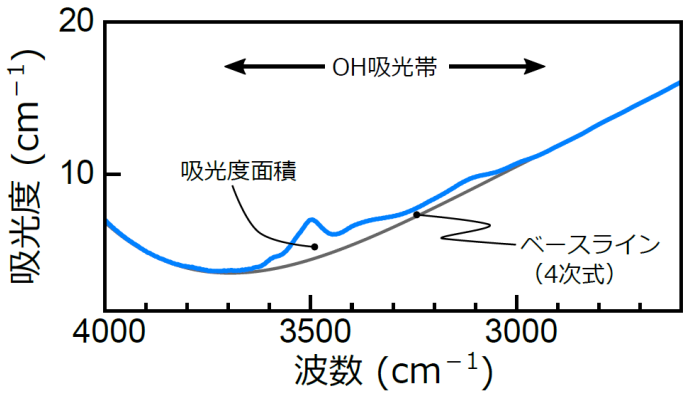


図８８　直方輝石の赤外吸収スペクトル（自然光）。

２．OH 濃度空間不均質の検査

噴火の際、周囲のメルトの脱ガスに伴って輝石斑晶も脱ガスし、斑晶内で OH 濃度分布に不均質が生じる可能性がある。そこで、複数の直方輝石粒子を対象に含水量の空間濃度分布を調べた結果、すべての輝石粒子中で含水量は概ね均質であり、斑晶の周縁部・外縁

部を問わずほぼ一定であることが判明した（図８９）。したがって、直方輝石斑晶は噴火時に脱ガスを経験しておらず、オリジナルのマグマ溜まりの含水量を反映している保持していると考えられる。

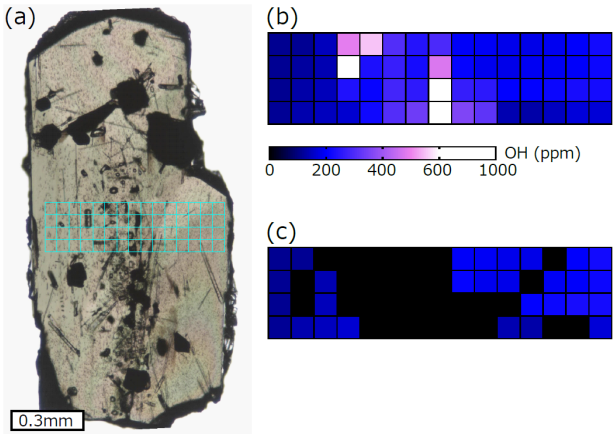


図８９　直方輝石斑晶内の OH 濃度空間分布。(a)：直方輝石中のマッピング分析位置。ビームサイズは 50 μｍ × 50 μｍ。(b)：見かけの OH 濃度。包有物（メルト、鉱物）のあるところは値が高く出ている。(c)：クリアな部分のみの含水量。黒塗りは包有物のある部分。

３．マグマ溜まりの圧力

計 10 個の直方輝石斑晶について両面研磨薄片を作製し、包有物などの異物を含まない部分の含水量を分析した。その結果、直方輝石の含水量は平均 111 ± 29 ppm であった（表８）。直方輝石―メルト間分配係数（0.003, Dobson et al. 1995; Grant et al., 2007）を用いると、メルト含水量は 3.7 ± 1.0 wt%となった。流紋岩質メルトに対する溶解度則（Liu et al., 2005）を用いると、マグマ溜まり圧力は 84 ± 42 MPa となった。圧力の幅は、マグマ溜まりの深さ方向の幅（厚さ）を反映しているものと考えられる。

表８　Opx 斑晶の分析結果。

Opx	OH濃度(ppm)	メルト含水量(wt%)	H_2O飽和圧力(MPa)	飽和深度 (km)	コアのMg#
bibi-9 a01	98.1	3.21	62.5	2.77	47.1
bibi-9 a02	77.2	2.57	41.8	1.85	51.7
bibi-9 a03	113.0	3.78	83.9	3.72	45.9
bibi-9 a04	111.0	3.71	81.1	3.60	48.3
bibi-9 a06	78.5	2.62	43.3	1.92	48.2
bibi-9 a07	107.0	3.57	75.7	3.36	46.5
bibi-9 a08	98.6	3.29	65.3	2.90	44.5
bibi-9 a09	151.0	5.05	141.6	6.28	42.8
bibi-9 y01	170.0	5.67	175.0	7.76	50.7
bibi-9 y02	108.0	3.60	76.9	3.41	45.4

４．発展性

直方輝石斑晶は、苦鉄質マグマ～珪長質マグマまで幅広い組成のマグマに斑晶として含まれる鉱物である。したがって、直方輝石を用いてマグマ含水量を決定する方法を確立しておけば、将来、さまざまな火山に応用することが可能となり、噴火研究が進むと期待される。

○U－Th 放射非平衡の測定法の確立

U－Th 放射非平衡法は、適切な火山噴出物試料に対して適用することで、現在から遡って約 1～40 万年前のマグマプロセスに時間軸を挿入したり、噴出年代の推定を行ったりすることが可能であるため、特に課題Ｃの研究の遂行において非常に有用なツールとなる。そこでマグマ変遷解析センターでは、平成 30 年度は主に U－Th 放射非平衡の測定法の確立を行った。

(1)U－Th放射非平衡の原理

長寿命の放射性核種である ^{238}U から始まる放射壊変は、いくつかの元素を経て ^{206}Pb へと至る。この放射壊変系列において、娘核種の半減期が親核種の半減期よりもはるかに短いという条件を満たす親核種・娘核種のペアについて定常状態が成立していれば、両者の放射能が等しくなる。この場合、岩石やマグマの組成は図９０の equiline 上に乗る（例えば◆印)。しかし、なんらかの過程で親核種と娘核種の分別が引き起こされると放射平衡が崩れる（図９０の A_0, B_0)。そして娘核種の半減期の約 6 倍程度の時間をかけて、再び放射平衡へと戻ろうとする（図９０)。そこで、この「放射平衡への戻り具合」を利用して、年代測定を行うことができる（^{230}Th の半減期は約 7 万 5 千年である)。

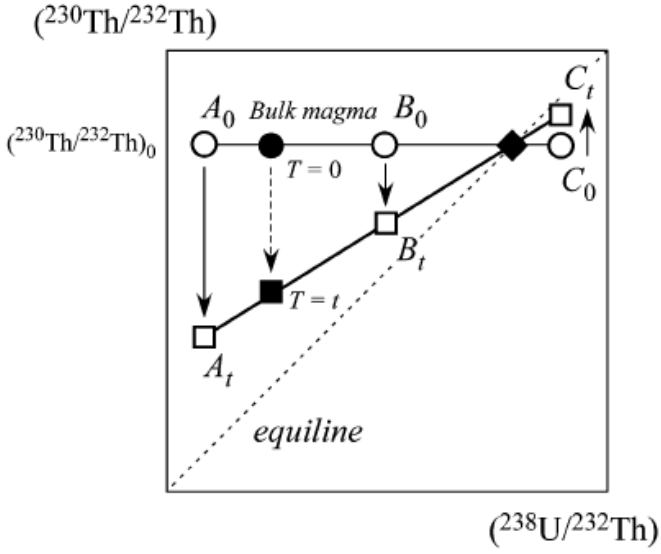


図９０　U－Th equiline 図（栗谷, 2007)。括弧内の比は放射能比を表す。

(2) U－Th 放射非平衡の分析法の確立

U－Th 放射非平衡を測定するためには、対象とする試料（鉱物や全岩など）の $^{230}Th/^{232}Th$ 比（図９０の縦軸）と $^{238}U/^{232}Th$ 比（図９０の横軸）を精密に決定する必要がある。そのためには、珪酸塩試料からの U と Th の化学分離方法の確立、分析装置での Th 同位体比の測定法の確立、分析装置での U/Th 比の測定法の確立、が必要となる。

岩石試料からのUとThの化学分離法については Yokoyama et al. (1999)などに従って確立し、ほぼ100%の回収率が達成されたことが確認された。Th同位体比（$^{230}Th/^{232}Th$）の測定法については、マグマ変遷解析センター（北大）のマルチコレクタ型質量分析計（MC-ICP-MS; Neptune-plus）にRPQフィルターを装着することで、^{232}Thの^{230}Thへのテーリングの効果を低減させた（図９１）。また脱溶媒システム（Aridus）を使用することで、例えば20 ppb のTh溶液試料について、^{232}Thが47Vのビーム強度を得られることが確認できた。その結果、（$^{230}Th/^{232}Th$）比について約0.3%の繰り返し再現性での測定が可能となった。U/Th比の測定法については、スパイク物質を用いた同位体希釈法による測定ができないため、マグマ変遷解析センターの誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS; X-series）で測定する方法についての検討を行った。その結果、例えば JB-3 については0.3665+/-0.0031 (n=10)との結果が得られ、繰り返し再現性は0.9%であった。

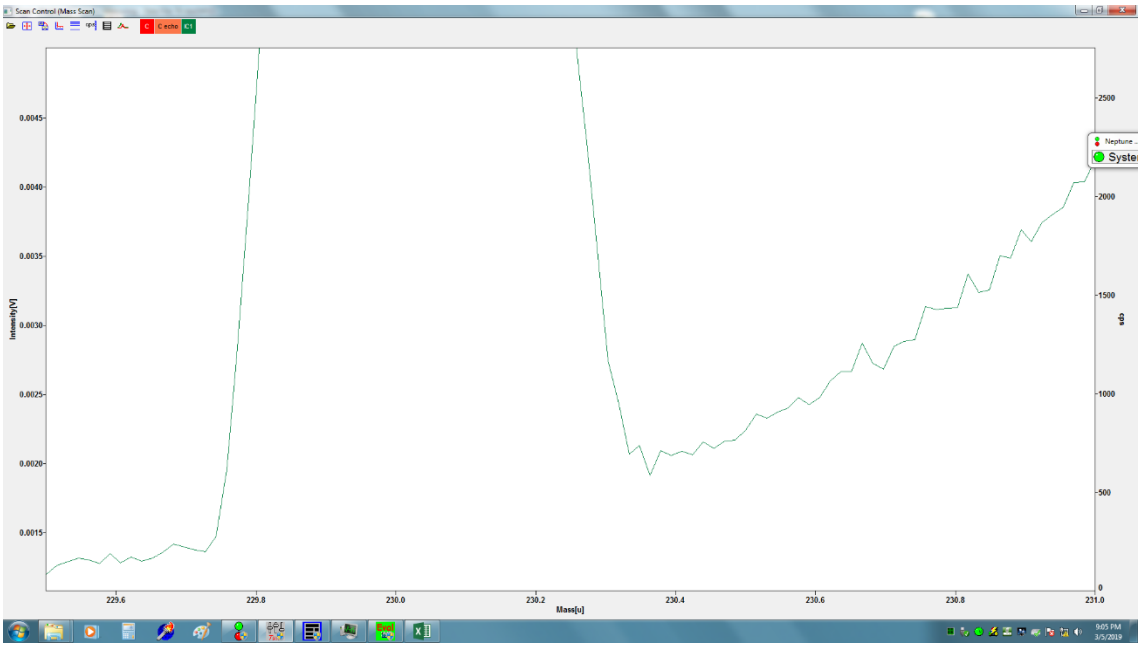


図９１　質量数230付近の mass scan の結果。RPQ-filterの装着により^{232}Thのテーリングが大幅に低減されている。

参考文献

栗谷　豪（2007）ウラン系列短寿命核種を用いた地殻下におけるマグマ進化の時間スケールの解明：研究の現状と課題．火山　52：71-78.

Yokoyama, T., Makishima, A. & Nakamura, E. (1999). Separation of thorium and uranium from silicate rock samples using two commercial extraction chromatographic resins. Analytical Chemistry 71, 135-141.

5) 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。そして関係機関による試料の保管・管理システムとその試料の利活用システム構築のための「第 2 回火山 PJ 地質学分野作業部会」を平成 30 年 4 月 4 日に開催した。次年度以降、各機関で管理しているコア試料を整理し、今後は防災科学技術研究所に集約する方向で具体的に調整していくことが確認された。

(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 全体の研究集会の実施など具体化させることが必要となると考えている。

(d) 引用文献

なし

(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
Oishi, M., Nishiki, K., Geshi, N., Furukawa, R., Ishizuka, Y., Oikawa, T., Yamamoto, T., Nanayama, F., Tanaka, A., Hirota, A., Miwa, T. and Miyabuchi, Y.	Distribution and mass of tephra-fall deposits from volcanic eruptions of Sakurajima Volcano based on posteruption surveys	Bulletin of Volcanology, 80, 42	2018 年 4 月 1 日

及川輝樹・萬年一剛・下司信夫・中野俊	Recent eruptions in Japanese Islands	地質学雑誌, 124, I-II	2018年4月15日
及川輝樹・大場司・藤縄明彦・佐々木寿	水蒸気噴火の地質学的研究	地質学雑誌, 124, 231-250	2018年4月15日
伊藤順一・濱崎聡志・川辺禎久	岩手火山における最近1万年間の爆発的噴火履歴の再検討:水蒸気噴火とマグマ噴火の時空間的関連	地質学雑誌, 124, 271-296	2018年4月15日
Matsumoto, A., Hasegawa, T., Nakagawa, M.	Petrology of the 120 ka caldera-forming eruption of Kutcharo volcano, eastern Hokkaido, Japan: Coexistence of multiple silicic magmas and their relationship with mafic magmas	Journal of Petrology, 59, 771–793	2018年4月
長谷川健・松本亜希子・東宮昭彦・中川光弘	大規模カルデラ形成噴火と活動的後カルデラ火山:北海道南西部, 洞爺カルデラと有珠火山の地質概説および露頭紹介	地学雑誌, 127(2), 289-301	2018年4月
長谷川健・望月伸竜・大岩根尚	堆積物から超大規模噴火の継続時間を読み取る方法	地学雑誌, 127(2), 273-288	2018年4月
中川光弘・宮坂瑞穂・富島千晴・松本亜希子・長谷龍一	支笏湖南方地域の火口近傍堆積物層序からみた46 ka支笏カルデラ形成噴火推移	地学雑誌, 127(2), 247-271	2018年4月
宮坂瑞穂・中川光弘	支笏火山60 ka社台噴火の噴火推移	地学雑誌, 127(2), 229-246	2018年4月

石毛康介・中川光弘・石塚吉浩	北海道中央部, 旭岳の形成史:特に完新世, 後期活動の水蒸気噴火履歴および噴火様式について	地質学雑誌, 124(4), 297-310	2018年5月1日
Kanamaru, T., Suganuma, Y., Oiwane, H., Miura, H., Miura, M., Okuno, J., Hayakawa, H	The weathering of granitic rocks in a hyper-arid and hypothermal environment: A case study from the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica	Geomorphology, 317, 62-74	2018年5月17日
Kaneko, T., Takasaki, K., Maeno, F., Wooster, M.J. and Yasuda, A.	Himawari-8 infrared observations of the June-August 2015 Mt Raung eruption, Indonesia	Earth Planets Space, 89	2018年5月25日
Aka, F.T., Hasegawa, T., Nche, L.A., Asaah, A.N.E., Mimba, M.E., Teitchou, I., Ngwa, C., Miyabuchi, Y., Kobayashi, T., Kankeu, B., Yokoyama, T., Tanyileke, G., Ohba, T., Hell, J.V., Kusakabe, M.	Upper Triassic mafic dykes of Lake Nyos, Cameroon (West Africa) I: K-Ar age evidence within the context of Cameroon Line magmatism, and the tectonic significance	Journal of African Earth Sciences, 141, 49-59	2018年5月
草津白根山降灰・噴石合同調査班（石﨑泰男（代表著者）・石塚吉浩・大場武・亀谷伸子・関口悠子・谷口無我・寺田暁彦・長井雅史・古川竜太・本多亮・前野深・南裕介・簗田高広・吉本充宏）	本白根2018年1月23日噴火の火口及びその近傍での降灰・噴石調査	第141回火山噴火予知連絡会資料(その２), 97-110	2018年6月20日

Oizumi, R., Ban, M. and Iwata, N.	Evolution history of Gassan volcano, northeast Japan arc	Open Journal of Geology, 8, 647-661	2018年7月13日
中川光弘・宮坂瑞穂・三浦大助・上澤真平	南西北海道, 石狩低地帯におけるテフラ層序学: 支笏－洞爺火山地域の噴火履歴	地質学雑誌, 124(7), 473-489	2018年7月
廣瀬亘・川上源太郎・長谷川健・林圭一・渡辺真人	網走地域の地質	5万分の一地質図幅および説明書, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 66p	2018年7月
前野深・安田敦・中野俊・吉本充宏・大湊隆雄・渡邉篤志・金子隆之・中田節也・武尾実	噴出物から探る西之島の新火山島形成プロセス	海洋理工学会誌, 24, 1, 35-44	2018年8月30日
武尾実・大湊隆雄・前野深・篠原雅尚・馬場聖至・渡邉篤志・市原美恵・西田究・金子隆之・安田敦・杉岡裕子・浜野洋三・多田訓子・中野俊・吉本充宏・高木朗充・長岡優	西之島の地球物理観測と上陸調査	海洋理工学会誌, 24, 1, 45-56	2018年8月30日
Kuritani, T., Yamaguchi, A., Fukumitsu, S., Nakagawa, M., Matsumoto, A., Yokoyama, T.	Magma plumbing system at Izu-Oshima Volcano, Japan: constraints from petrological and geochemical analyses	Frontiers in Earth Science, 6, 178	2018年10月30日
Furukawa, K., Uno, K., Kanamaru, T.	Structural variation and the development of thick rhyolite lava: A case study of the Sanukayama rhyolite lava on	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 369, 1-20	2018年11月7日

	Kozushima Island, Japan		
及川輝樹	過去から学ぶ火山災害の実態	建築防災, 491, 3-10	2018年12月1日
伊藤順一	御嶽山噴火の教訓と噴火予測の現状—過去の火山活動から学ぶ危険予知–	日本旅行医学会学会誌, 13 (1), 45-51	2018年12月25日
Nanayama, F. and Maeno, F	Evidence on the Koseda coast of Yakushima Island of a tsunami during the 7.3 ka Kikai caldera eruption	Island Arc, 28, e12291	2018年12月27日
Nishi, Y., Ban, M., Takebe, M., Álvarez-Valero, M. A, Oikawa, T. and Yamasaki, S.	Structure of the shallow magma chamber of the active volcano Mt. Zao, NE Japan: Implications for its eruptive time scales	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 371, 137-161	2019年1月5日
Yoshimura, S., Kuritani, T., Matsumoto, A., Nakagawa, M.	Fingerprint of silicic magma degassing visualised through chlorine microscopy	Scientific Reports 9, 786, doi:10.1038/s41598-018-37374-0	2019年1月29日
Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M.	Eruption pattern and a long-term magma discharge rate over the past 100 years at Kelud Volcano, Indonesia	Journal of Disaster Research, 14, 27-39	2019年2月1日
Nakada, S., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Shimano, T., Zaennudin, A. and Iguchi, M.	Eruption scenarios of active volcanoes in Indonesia	Journal of Disaster Research, 14, 40-50	2019年2月1日

Nakamura, H., Iwamori, H., Nakagawa, M., Shibata, T., Kimura, J., Miyazaki, T., Chang, Q., Vaglarov, B.S., Takahashi, Hirahara, Y.	Geochemical mapping of slab-derived fluid and source mantle along Japan arcs	Gondwana Research, 70, 36-49	2019年2月12日
Arakawa, Y., Endo, D., Oshika, J., Shinmura, T., Ikehata, K.	High-silica rhyolites of Niijima volcano in the northern Izu-Bonin arc, Japan: Petrological and geochemical constraints on magma generation and supply	Lithos, 303-331, 223-237	2019年2月20日
井村匠・大場司・中川光弘	噴出物中の熱水変質鉱物の特徴：十勝岳火山噴出物の例	地質学雑誌，125(3), 203-218	2019年3月1日
高橋正樹・安井真也・金丸龍夫・山下大輔	浅間前掛火山テフラ・トレンチ調査により得られた降下軽石の全岩主化学組成―浅間前掛火山における最近1万年間のマグマ主化学組成の時間変化―	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要，54, 143-172	2019年3月1日
安井真也・高橋正樹・金丸龍夫	浅間火山火車岩屑なだれ堆積物の再発見―浅間家畜育成牧場と周辺地域の火山地質―	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要，54, 123-142	2019年3月1日
宮縁育夫	阿蘇火山におけるマグマ水蒸気噴火堆積物および2016年斜面崩壊に関連する堆積物のX線回折分析	九州大学中央分析センター報告，36, 17-23	2019年3月5日

Matsumoto, A. and Nakagawa, M.	Reconstruction of the eruptive history of Usu volcano, Hokkaido, Japan, inferred from petrological correlation between tephras and dome lavas	Island Arc, 28, e12301	2019年3月14日
[取材対応者] 中川光弘	[マスコミ報道] 地域の話題「雌阿寒岳の火山防災について」講演会取材	北海道新聞　日刊	2018年7月12日掲載
[取材対応者] 及川輝樹	[マスコミ報道] 御嶽山噴火の現地調査に関連したコメント	信濃毎日新聞	2018年9月24日掲載
[取材対応者] 中川光弘	[マスコミ報道] 「1988 年十勝岳噴火から 30 年を迎えて」取材放映	NHK札幌　道内のニュース　18：10	2018 年 12 月 10 日放映
[取材対応者] 中川光弘	[マスコミ報道] 「草津白根山噴火から１年〝ノーマーク火口〟他にも」取材放映	NHK　ニュース 7：00	2019年1月23日放映
[取材対応者] 吉村俊平	[マスコミ報道] 北大、マグマの変化の仕組み解明　気泡つながりガス消滅	日刊工業新聞	2019 年 2 月 1 日掲載
Tsukasa Ohba, Keita Ito, Takumi Imura, and Yusuke Minami	Eruptive products from hydrothermal systems beneath active volcanoes（ポスター発表）	EGU General Assembly 2018, Vienna, Austria	2018年4月13日国際
Syahreza Angkasa, Tsukasa Ohba, Mirzam Abdurachman, Iwan	Altered ash particles mineralogy from Mt. Tangkuban Parahu volcanic products,	EGU General Assembly 2018, Vienna, Austria	2018年4月13日国際

Setiawan, and Mega Rosana	Indonesia: constraint on the sub-volcanic hydrothermal system （ポスター発表）		
林信太郎	ポップコーン爆発実験－突発的な水蒸気噴火のための防災教育用素材－（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内
佐藤鋭一・和田恵治	雌阿寒岳，阿寒富士のマグマ供給システム（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内
和田恵治・佐藤鋭一・石塚吉浩	雌阿寒岳，最近 1000 年間の噴火履歴とマグマ供給系（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内
岸本博志・長谷川健・中川光弘	北海道東部，摩周火山東麓のボーリングコア記載とその特徴（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内
長谷川健・望月伸竜・大岩根尚	鬼界カルデラ形成噴火における時間間隙：古地磁気方位と地磁気永年変化からの推定（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内
西勇樹・伴雅雄・及川輝樹・山﨑誠子	蔵王火山・五色岳南部火砕岩類について（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内
伊藤直人・伴雅雄	蔵王火山、熊野岳山頂溶岩及び火砕岩類における噴火史とマグマ組成変化（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日 国内

前野深	鬼界カルデラにおける 7.3 ka 超巨大噴火のクライマックスに至るまでの時間スケール（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日国内
草野有紀・石塚吉浩	トレンチ調査からみた日光白根山 6 世紀以降の噴出物 （ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日国内
及川輝樹	頻発する水蒸気噴火（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日国内
安井真也・高橋正樹・金丸龍夫	High resolution stratigraphy of pyroclastic fall deposits of Asama-Maekake volcano since 10ka based on trenching and 14C datings -1-：Result of trenching and tephra-stratigraphy, Japan（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日国内
高橋正樹・安井真也・金丸龍夫	High resolution stratigraphy of pyroclastic fall deposits of Asama-Maekake volcano since 10ka based on trenching and 14C dating: 2 Eruptive history and type of pumice eruption （口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日国内

H. Taniuchi, T. Kuritani, M. Nakagawa	Generation of mixed calc-alkaline andesite: A case study at Rishiri volcano, Northern Hokkaido（口頭発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月21日 国際
望月伸竜・長谷川健・中川光弘	支笏カルデラ噴火堆積物の古地磁気学的測定：大規模噴火堆積物の時間間隙の推定へ向けて（口頭発表）	日本地球惑星科学連合2018年大会, 千葉	2018年5月21日 国内
S. Tanoue, K. Ozawa, T. Iizuka, T. Kuritani, M. Nakagawa	Generation condition of primary magmas in the Hidaka metamorphic belt constrained by the Nikanbetsu gabbro complex（ポスター発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月21日 国際
伴雅雄・木村純一・高橋俊郎・鵜沢由香・大場司・藤縄明彦・林信太郎・吉田武義・宮崎隆・Chan Qing・仙田量子・Vaglarov Bogdan・巽好幸	下部地殻マグマプロセス：東北日本第四紀フロント火山の同位体組成からの検討（口頭発表）	日本地球惑星科学連合2018年大会, 千葉	2018年5月21日 国内
前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・Zaennudin, A.・Oktory, P.	インドネシア・スメル火山の噴火履歴と事象系統樹（口頭発表）	日本地球惑星科学連合2018年大会, 千葉	2018年5月21日 国内
中川光弘・前野深・松本亜希子	薩摩硫黄島での火山体掘削調査：鬼界アカホヤ噴火(K-Ah 噴火)の噴火準備過程解明を目指して（口頭発表）	日本地球惑星科学連合2018年大会, 千葉	2018年5月22日 国内

池永有弥・前野深・安田敦	伊豆大島安永噴火における層序の再構築と噴出物組成の時系列変化（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 22 日 国内
荒川洋二・遠藤大介・池端慶・大鹿淳也・新村太郎	伊豆弧、新島火山における流紋岩類のマグマの生成と分化過程に関する岩石学的、地球化学的研究（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日 国内
大場司	ニュース映像から推定した本白根噴火のエネルギー量（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日 国内
栗谷豪・山口梓・福光さゆき・中川光弘・松本亜希子・横山哲也	伊豆大島火山の近年のマグマ供給系（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日 国内
七山太・渡辺和明・重野聖之・石井正之・長谷川健・内田康人・石渡一人	野付崎バリアースピッツの現行過程から読み解く過去と未来（口頭発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日 国内
及川輝樹・前野深・宮縁育夫・長井雅史・嶋野岳人・古川竜太・成尾英仁・中田節也・池永有弥・三輪学央・入山宙・中野俊・石塚吉浩・田島靖久	霧島火山新燃岳 2017 年噴火の降灰量（ポスター発表）	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日 国内
Y. Yanagida, M. Nakamura, A. Yasuda, T. Kuritani, M. Nakagawa, T. Yoshida	Hydrous magma differentiation in deep crust recorded in melt inclusions in hornblende-bearing cumulate xenoliths from Ichinomegata Maar, NE Japan（ポスター発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018 年 5 月 24 日 国際

M. Nakagawa, A. Matsumoto, M. Iguchi	Petrological monitoring of the eruptive activity since AD 2006 of Sakurajima volcano, Japan（口頭発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月24日 国際
A. Matsumoto, M. Nakagawa, M. Amma-Miyasaka, M. Iguchi	Preeruptive magmatic process inferred from compositional zoning of pyroxenes: In the case of Sakurajima volcano, Japan（ポスター発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月24日 国際
Sato, M. and Ban, M.	Pre-eruptive processes of Goshikidake pyroclastic rocks unit 4-5 deposits, Zao volcano, Japan: Zoning profiles of orthopyroxene phenocrysts（ポスター発表）	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月24日 国際
Shibuya, H., Haruta, A., Mochizuki, N. and Miyabuchi, Y.	Paleomagnetic directions of 3-5 ka basaltic volcanoes in the Aso central cone, Kyushu Japan: Further extension of the paleosecular variation curve（口頭発表）	日本地球惑星科学連合2018年大会	2018年5月24日 国際
S. Yoshimura	Eruption dynamics recorded in Cl distribution in glassy lava（口頭発表）	Earthquake Research Institute, University of Tokyo Joint Usage Workshop	2018年5月30日 国際

		International Workshop on Pre-eruptive Magmatic Processes, Tokyo	
Shinmura, T., Arakawa, Y.	Spatiotemporal variations of geochemical characteristics of volcanic rocks from Aso volcano, SW Japan: different magma systems within a caldera（ポスター発表）	AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii	2018 年 6 月 3 日～6 月 8 日 国際
Tatsuo Kanamaru, Kuniyuki Furukawa	Magnetic Petrological Record of Magma Mixing for the Tenmei Eruption of Asama - Maekake Volcano, Japan（ポスター発表）	AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii	2018 年 6 月 7 日 国際
Ban, M., Takahashi, T., Sato, T., Hayashi, S., Ohba, T., Shinjo, R. and Nishi, Y.	Magma plumbing system from BC466 to present in Chokai volcano, NE Japan（口頭発表）	AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii	2018 年 6 月 8 日 国際
Miyabuchi, Y.	Post-caldera tephrostratigraphic framework of Aso Volcano, southwestern Japan（ポスター発表）	INTAV International Field Conference on Tephrochronology “Tephra Hunt in Transylvania”	2018 年 6 月 27 日 国際
T. Kuritani, Q. Xia, J. Liu, D. Zhao, M. Nakagawa	Origin of a transition zone-derived mantle plume at Changbai volcano（ポスター発	Goldschmidt 2018, Boston	2018 年 8 月 16 日 国際

	表）		
H. Taniuchi, T. Kuritani, M. Nakagawa	Generation of calc-alkaline magma controlled by water content of primary magma at Rishiri Volcano, southern Kuril arc（口頭発表）	10th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes, Petropavlovsl-Kamchatsky	2018年8月23日 国際
R. Enoeda, M. Nakagawa	Petrology of Late Miocene to Early Pleistocene volcanic rocks in Takikawa district, Central Hokkaido: Temporal and spatial variation of magma at Kuril-NE JAPAN arc-arc junction（ポスター発表）	10th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes, Petropavlovsl-Kamchatsky	2018年8月23日 国際
西野佑紀・伊藤久敏・長谷川健・菊地瑛彦	栃木県，高原火山におけるカルデラ形成期初期噴出物の年代（ポスター発表）	日本第四紀学会2018年大会，東京	2018年8月25日 国内
Maeno, F.	A time-scale leading to the climactic pyroclastic flow phase in the 7.3 ka caldera-forming eruption at Kikai caldera, Japan（ポスター発表）	Cities on Volcanoes 10, Naple	2018年9月3日 国際
Ikenaga, Y., Maeno, F., and Yasuda, A.	Reconstruction of stratigraphy and time-series variation in composition of	Cities on Volcanoes 10, Naple	2018年9月3日 国際

	ejecta of the An'ei eruption, Izu-Oshima（ポスター発表）		
Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, Zaennudin, A. and Oktory, P.	Eruption history and event tree of Semeru volcano, Indonesia（ポスター発表）	Cities on Volcanoes 10, Naple	2018年9月4日 国際
金丸龍夫・竹内真司・安江健一・廣内大助	岩石磁気学的手法を用いた活断層評価の試み（ポスター発表）	日本地質学会大125年学術大会	2018年9月6日 国内
Hasegawa, T., Miyabuchi, Y., Kobayashi, T., Aka, F.T., Boniface, K., Issa, Nche, L.A., Nguemhe, C.S.F., Kaneko, K., Ohba, T., Kusakabe, M., Tanyileke, G., Hell, J.V.	Eruption history and magma systems of Nyos volcano, northwestern Cameroon（ポスター発表）	Cities on Volcanoes 10, Naples	2018年9月7日 国際
井村匠・大場司・堀越賢太	火砕堆積物中に含まれる非本質火山灰の岩石学的特徴 :吾妻—浄土平火山噴出物の例（口頭発表）	日本鉱物科学会2018年会，山形	2018年9月19日 国内
佐藤初洋・伴雅雄	蔵王火山，五色岳火砕岩類 unit IV-5 の噴火準備過程（ポスター発表）	日本鉱物科学会2018年会，山形	2018年9月20日 国内
中野史明・大場司	鳥海火山北麓にかほ市畑～横森地域に分布する火山麓扇状地堆積物（ポスター発表）	日本火山学会2018年度秋季大会,秋田	2018年9月26日 国内

佐藤鋭一・和田恵治	雌阿寒岳, 阿寒富士のマグマ供給系の時間変化（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年度秋季大会,秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
石峯康浩・吉本充宏・本多 亮石﨑泰男・亀谷伸子・寺田暁彦	草津白根山 2018 年噴火における放出岩塊の初期速度の推定（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
勝岡菜々子・石﨑泰男・寺田暁彦	草津白根火山，太子火砕流堆積物の岩石学的研究 （ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
山本大貴・石﨑泰男	弥陀ヶ原火山地獄谷の火山活動モニタリング （ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
松本弥禄・石﨑泰男	弥陀ヶ原火山第 3 期活動噴出物の地質と岩石 （ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
中島壮太郎・野寺凜・石﨑泰男	妙高火山第 IV 活動期の火山地質学及び岩石学 （ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
藤原寛・石﨑泰男	白山火山群の形成史と岩石学的進化 （ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
鈴木皐暉・石﨑泰男・馬場章・吉本充宏	火砕物の粒度・密度特性から見た富士火山大室山の噴火 （ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
Nche, L.A., Hasegawa, T., Kobayashi, T., Aka, F.T.	Petrographic and geochemical features of tephras from the Kamo monogenetic volcanic group, southern Kyushu, Japan（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年度秋季大会,秋田	2018 年 9 月 26 日 国内

伊藤直人・伴雅雄	蔵王火山、熊野岳山頂溶岩および馬の背溶岩における層序と岩石学的特徴（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
山崎誠子・D.P., Miggins・A.A.P., Koppers・伴雅雄・及川輝樹	蔵王火山最新期溶岩の K-Ar および Ar/Ar 年代（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
千葉達朗・及川輝樹・佐々木寿・平川泰之・宮縁育夫・中田節也	霧島火山新燃岳 2018 年溶岩の形状とその変化 SfM 方式による地形計測の成果（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
宮縁育夫	霧島火山新燃岳 2018 年 5 月 14 日噴出物の分布と特徴（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
田島靖久・中田節也・長井雅史・長谷中利昭・川口允孝・宮縁育夫・前野深・及川輝樹	霧島火山，2018 年新燃岳噴火の EAI 法による火山灰堆積量（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
及川輝樹・長井雅史・中田節也・田島靖久・宮縁育夫・嶋野岳人・三輪学央・入山宙・石塚治・川辺禎久・伊藤順一・前野深・長谷中利昭・川口允孝	霧島火山新燃岳 2018 年噴火のテフラ量（その 1）（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
池永有弥・前野深・安田敦	伊豆大島安永噴火における層序の細分化と噴火推移の再検討（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日 国内
井村匠・大場司・堀越賢太	吾妻—浄土平火山噴出物に含まれる非本質火山灰の岩石学的特徴（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内

林信太郎	秋田駒ヶ岳水蒸気噴火の特性と噴火警戒レベル 1 での防災対応の課題（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
和田恵治・遠藤優磨・佐藤鋭一	雌阿寒岳，螺湾火砕流堆積物の縞状軽石から推定されるマグマ混合の進行過程（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
亀谷伸子・石﨑泰男・石峯康浩・吉本充宏・寺田暁彦	降下堆積物からみた草津白根火山 2018 年噴火の推移と本白根火砕丘群の熱水系（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
石﨑泰男・亀谷伸子・寺田暁彦・吉本充宏・本多 亮・石峯康浩・長井雅史・古川竜太・関口悠子・簗田高広・石塚吉浩・南裕介・前野深	草津白根山 2018 年噴火の火口近傍噴出物（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
吉本充宏・本多 亮・長井雅史・古川竜太・関口悠子・簗田高広・寺田暁彦・石峯康浩・石﨑泰男・亀谷伸子・石塚吉浩・南裕介・前野深	草津白根山 2018 年噴火における放出岩塊の分布（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
柳澤妙佳・藤縄明彦	秋田駒ヶ岳火山，主成層火山形成期の噴火活動及び マグマ供給系（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
伴雅雄・高橋拓也・佐藤昂徳・林信太郎・大場司・新城竜一・西勇樹	東北日本、鳥海山の紀元前 466 年以降のマグマ供給系の変遷（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内

佐藤初洋・伴雅雄	蔵王火山，五色岳火砕岩類 unit IV-5 のマグマ混合プロセス（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・外西奈津美・Zaennudin, A. ・井口正人	インドネシア・ケルート火山におけるプリニー式噴火の推移・物理量の変遷と噴火事象系統樹（ポスター発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
伊藤順一・宮城磯治	岩手火山(薬師岳火山ステージ)における最近 3500 年間のマグマプロセスの変遷史（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日 国内
Reza Firmansyah Hasibuan, T. Ohba, Mirzam Abdrrachman, T. Hoshide	Spatial and Temporal Variations of Tangkil and Rajabasa Volcanoes, Southern Sumatra, Indonesia and Their Lead into Evolution of Magmas since Pliocene（口頭発表）	日本火山学会 2018 年度秋季大会, 秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
Lloyd Singura, Tsukasa Ohba	Unearthing tephra deposit, and petrological trace of subvolcanic magma dynamics of two active intra-caldera volcanoes north of the Rabaul volcanic complex-Papua New Guinea（口頭発表）	日本火山学会 2018 年度秋季大会, 秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
Astiti Anggoro Wati, Tsukasa Ohba	Understanding the 2014 Initial Eruption of Mount Kelud, Indonesia through the Product	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内

	Sequences Revealed in the Western Flank（口頭発表）		
Syahreza S. Angkasa, Tsukasa Ohba	New insight the tephra-stratigraphy of Mt. Tangkuban Parahu, Indonesia into Holocene eruption history（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
谷内元・栗谷豪・中川光弘	利尻火山のアダカイト質マグマの起源（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
中川光弘・松本亜希子・小林卓也	十勝岳の噴火事象系統樹：特に想定火口域と分岐確率算定手法について（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
八塚慎也・奥野充・木村勝彦・宮本毅・長瀬敏郎・菅野均志・中川光弘・金旭・中村俊夫	白頭山 10 世紀噴火堆積物中の炭化樹木の 14C ウイグルマッチング年代（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
長谷川健・北原遼太	那須茶臼岳火山, 1408 年～1410 年噴火（室町噴火）の推移（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
西野佑紀・長谷川健	栃木県北部, 高原火山におけるカルデラ形成期の活動年代とマグマ系（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
宮城磯治・星住英夫・宮縁育夫	阿蘇カルデラにおける最新の珪長質マグマ供給系の深度（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
星住英夫・宮縁育夫・宮城磯治・下司信夫	阿蘇 4 火砕流初期の噴火推移（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内

石塚治・前野深・片岡香子	火山体崩壊のマグマ供給系への影響－浅間山での検討（予報）－（口頭発表）	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日 国内
久野優・太田岳洋	九重火山のテフラ層序 （ポスター発表）	日本応用地質学会平成 30 年度研究発表会，札幌	2018 年 10 月 16 日 国内
鈴木三男・吉川昌伸・小林和貴・佐藤雅俊・戸田博史・石渡一人・長谷川健	西別湿原にヤチカンバはいつから生えていたか（口頭発表）	日本植生史学会第 33 回大会，滋賀	2018 年 11 月 11 日 国内
Tsunematsu, K., Maeno, F. and Nishimura, K.	Application of the pyroclastic flow friction model to the snow avalanches（口頭発表）	International workshop on snow physics, blowing snow and avalanche, Niseko	2018 年 12 月 9 日 国際
大泉涼・武部未来・伴雅雄・岩田尚能	東北日本、月山火山の形成史：直下に存在する断層の活動との関係（ポスター発表）	H30 年度東北地域災害科学研究集会，秋田	2018 年 12 月 22 日 国内
Nche, L.A., Hasegawa, T., Aka, F.T., Kobayashi, T., Nemeth, K.	Petrographic and geochemical characteristics of Kamo monogenetic volcanic group (Southern Kyushu, Japan)（口頭発表）	IAVCEI 5th Volcaic geology workshop, Palmerston North	2019 年 2 月 26 日 国際
Miyabuchi, Y., Iizuka, Y., Hara, C., Yokoo, A. and Ohkura, T.	The September 14, 2015 explosive eruption at Nakadake first crater, Aso Volcano, SW Japan（口頭発表）	IAVCEI 5th Volcaic geology workshop, Palmerston North	2019 年 2 月 26 日 国際

(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) 令和元年度業務計画案

(a) 火山の噴火履歴およびマグマ長期変遷に関する研究

令和元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) 摩周（北海道大学・茨城大学）

数万年にわたる火山全体の噴火履歴を明らかにするために、150m 深のボーリング掘削調査を実施する。

2) アトサヌプリ（北海道大学）

野外調査およびボーリング掘削調査を実施し、爆発的噴火と溶岩ドーム群の関係を明らかにすることで、長期活動履歴の解明を目指す。

3) 雌阿寒岳（産業技術総合研究所・神戸大学・北海道大学）

昨年度に引き続き、山体における手掘りトレンチ掘削調査を実施し、最新期の活動（完新世）のより詳細な噴火履歴を明らかにすることを目指す。

4) 羊蹄山（北海道大学・電力中央研究所）

山麓におけるトレンチ掘削調査を実施し、羊蹄山の最新の活動の噴火履歴を明らかにする。

5) 鳥海山（秋田大学・山形大学）

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拡充する。また西鳥海カルデラ内での地質調査を実施し、完新世の活動履歴を明らかにする。

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。

7) 蔵王山（山形大学）

山体における手掘りトレンチ掘削調査を増やし、より詳細な噴火履歴を明らかにする。

8) 新潟焼山（富山大学）

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、新潟焼山の完新世噴火の様式・推移・規模とマグマ供給系の進化を明らかする。

9) 浅間山（日本大学）

昨年度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、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。

10）日光白根山（産業技術総合研究所）

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。

11）伊豆大島（東京大学地震研究所）

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。

12）白山（富山大学）

これまでの成果を踏まえ、完新世の活動に重点をおき、野外調査および手掘りトレンチ掘削調査を実施し、最新の噴火活動履歴を明らかにする。

13）草津白根山（富山大学）

山頂部を中心として野外調査または手掘りトレンチ掘削調査により、最近の活動の噴火履歴を解明することを目指す。

14）御嶽山（産業技術総合研究所）

山体における手掘り掘削調査と野外調査により、完新世のより詳細な噴火履歴を明らかにすることを目指す。

15）阿蘇山（熊本大学）

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。また、次年度のボーリング掘削調査の候補地を選定する。

16）その他の火山

上記の重点火山に加えて、利尻山・十勝岳・然別・ニセコ・支笏火山（樽前山・風不死岳・恵庭岳含む）・有珠山・恵山・十和田・秋田駒ケ岳・栗駒山・鳴子・吾妻山・那須岳・妙高山・富士山・八丈島・三宅島・新島・阿武火山群・九重山・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。その中でも、妙高山（富山大学）については、状況によって手掘りトレンチも実施する可能性がある。

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）

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。桜島等において、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。地質記録に基づき、噴火推移目撃情報の乏しい噴火の噴火推移図を試作する。

(c) 海外における噴火事例との比較研究

20 世紀最大規模の活動であるフィリピンのピナツボ火山の 1991 年噴火について、マグマ供給系の進化の時間スケール、および噴火準備過程の時間スケールを明らかにして、国内の巨大噴火事例との比較研究を行う。

(d) 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）

噴出物解析のために、北海道大学大学院理学研究院の分析装置等を管理する分析実験室を引き続き「マグマ変遷解析センター」として整備し、個々の装置のルーチン分析手法を確立する。また、高度な物質科学的データを得るために四重極型誘導結合プラズマ質量分析装置を導入する。そして、課題の対象火山噴出物についての分析を継続するとともに、課題 C サブテーマ 2 の参加機関及び協力機関の利用を順次受け入れる。

(e) 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。

(f) 課題全体のとりまとめと研究成果の発信

令和元年秋以降に 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―噴出量図と噴火事象系統樹作成のための方針を立てる。また課題 C 全体の連携に留意し、課題 C-1、C-3 を加えた課題 C の研究集会を開催する。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) 平成 30 年度業務目的

(2) 平成３０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
(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) 令和元年度業務計画案

(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	入山　宙	iriyama@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ンター			
気象庁気象研究所火山研究部	部長	山本哲也	
	室長	徳本哲男	
	主任研究官	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	助教	清杉孝司	

(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

・土石流・泥流シミュレーション：土石流・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) 平成３０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研究を進める．
具体的には，玄武岩質マグマ噴火を対象とした火道流数値モデルを開発する．「c．マグマ物性モデルの構築」と連携し，玄武岩質マグマ特有の物性や素過程を考慮して構築した火道流数値モデルを用いて，これまでの珪長質マグマ噴火を対象とした解析結果と比較して火道流の物理過程がどのように変化するのかを系統的に調べる．さらに，玄武岩質マグマ噴火における火道流の変動過程が観測可能量である周囲地殻変動に与える影響を評価する．

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る．
具体的には，マグマ移動過程シミュレーションについて，ミクロモデル（岩脈進展）の高度化・安定化を行う．また，ミクロモデルとマクロモデル（個別要素法による地殻変動シミュレーション）を境界条件で結合して評価する手法を検討する．これらにより岩脈貫入に伴う地震発生と地殻変動について，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．さらに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シミュレーション手法開発を進める．イタリアで開催される CoV10 に出席し，マグマ移動過程シミュレーションに関する成果発表及び情報収集を行う．

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の構築のための環境整備を引き続き行う．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．前年度までに決定された岩石組織のアニール時間を参考にマグマ溜まりでの温度圧力条件を再現後，その温度圧力条件から 30MPa まで 0.01， 0.1， 1MPa/s の減圧速度で減圧実験を行う．そして得られた実験産物と天然の噴出物を比較することで，神津島 838 年噴火におけるマグマ上昇過程を推定する．
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，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．実験は一度 1250℃でサンプルを溶融させた後，固液二相が共存する 1130℃付近で行う．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する．

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 JMA-RATM による降灰シミュレーションの予備計算結果の点検を行う．平成 31 年度に向け、「b.噴煙柱ダイナミクスモデル」との連携のための設計を行う．

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る．

具体的には，大型計算機を用い様々な噴火タイプ・規模を対象とした大規模数値シミュレーションを行う．特に，ピナツボ級の噴火に伴う噴煙柱と降灰のシミュレーション結果をもとに堆積物分布のデータ解析に着手する．また，ブルカニアン噴火について，桜島を対象とする課題 D2 との連携を踏まえながら検討を行う．さらに，噴煙柱・火砕流ダイナミクスモデルのモデルによる不確定性評価の研究を，イタリア地球物理火山研究所（INGV）協力のもと継続する．

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について検討する．

具体的には，ハザード評価システムでは，富士山噴煙シミュレーションの首都圏降灰評価に対し，人流データの取り込みに着手する．また，溶岩流シミュレーション・噴石シミュレーションについて，予備調査の結果をもとに高度化を図るとともに，フォーミュレーションの見直しを実施し，新たなシミュレーションコードの作成の検討を行う．山形大学・神戸大学の協力を得てこれを実施する．

(2)平成３０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，噴火機構について，火道内における気液固混相流マグマの上昇過程（火道流）に関する数値シミュレーションを実施し，地殻変動観測での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う方向性を定めるとともに，伊豆大島傾斜観測データの解析を行った．また，岩脈成長について，ミクロモデルの安定化を進めるとともに，マクロモデルでの噴火・噴火未遂条件の検討を行い，初期のマグマ溜まり過剰圧が静岩圧の約 10 倍程度が閾値であることなどが分かった.マグマ物性モデルの構築においては，結晶化モデル構築のための発泡・結晶化実験を行い，得られたマグマ減圧速度と石基結晶度が神津島 838 年噴火のマグマ上昇過程を再現することが分かった．また，マグマ粘性実験では非定常状態でのレオロジー特性について静置時間に応じて最大応力（オーバーシュートストレス）の違いがあることが分かった．

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，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の継続案件として，前年度までに行った JMA-RATM

による降灰シミュレーションの予備計算結果の点検を行った．また，噴煙柱ダイナミクスモデルのシミュレーション結果から降灰シミュレーションの初期条件取得に着手し，噴煙から粒子が離脱する位置を抽出した．また，噴煙柱のシミュレーションコードの高度化を進めるとともに，それを用いた様々なタイプ・規模の大規模シミュレーションを実施した．モデルの高度化と計算結果の蓄積により，降灰モデルとの連携準備を進めた．さらに，ハザード評価システム設計のため，溶岩流シミュレーションコード LavaSIM の高速化を検討した．また，噴石シミュレーションコード Ballista と人流データを統合した評価システムを開発するとともに，ハザード評価システムの基本設計を行った．

(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から事象分岐を支配するパラメータの抽出に関する研究を実施した．

研究手法として，マグマ上昇中の発泡，結晶化，脱ガス，粘性増加などの物理過程について，玄武岩質・安山岩質マグマ特有の物性や素過程を考慮した一次元非定常火道流数値モデルを有限差分法によって構築し，噴火遷移過程を計算した（図１a）．さらに噴火遷移中の火道流によって生じる火道内の圧力・応力変化およびマグマ溜まり内の圧力変化がもたらす周囲の地殻変動・地表変位（山体変形）を，有限要素法によって計算した（図１b）．これによって，火道流の変動過程が地殻変動観測データに与える効果を評価することが可能となる．

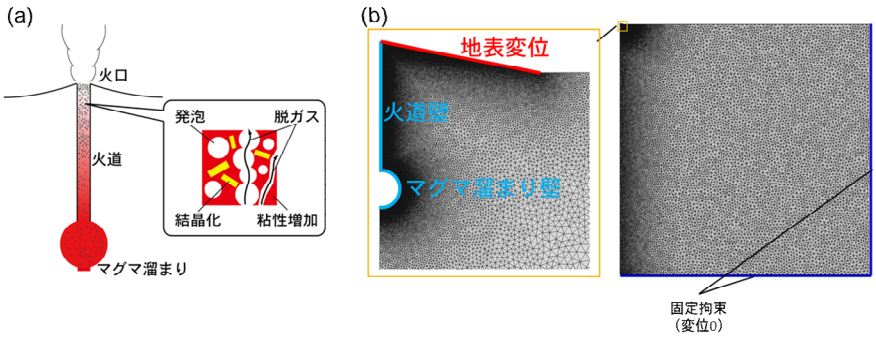


図１　(a)火道流モデルの概念図．(b)火道・マグマ溜まり周囲の弾性モデリング．有限要素法を適用．火道流モデルによるマグマ溜まり壁，火道壁の応力を境界条件として地表の変位・傾斜・ひずみを計算．

本年度は，上述の火道流および地殻変動のモデリング研究において，特に日本の常時観測火山を想定したパラメータ解析を実施した．そのために，まずモデル計算に必要な山体地形およびマグマ溜まり深さなどの，地質条件の適切な設定を行った．山体地形については，常時観測火山 50 火山の主火口を中心とした地形断面データ（国土地理院提供）をコンパイルした（図２a）．現状の地殻変動計算では二次元軸対称の山体地形を考慮しており，地形データを参照して代表的な山体地形を設定した．マグマ溜まりの深さについては，気象研技術報告（2013)による日本における火山活動時の膨張イベントの深さのコンパイルデータに基づき，海抜深さ 3 km を代表的な条件として設定した（図２b）．また，マグマ含水量や温度，粘性，結晶量，結晶成長率，ガス浸透率な

どのマグマ物性に関しても，これまでは主に珪長質マグマを対象としていたものを，常時観測火山でも噴火を多くもたらしている玄武岩質・安山岩質マグマまで対象を広げ，そのパラメータ設定を行った．当初の計画では玄武岩質マグマ噴火の解析に特化していたが，研究を実施するなかで安山岩質マグマによる最新の噴火事例である霧島山新燃岳噴火を対象とした研究が本研究プロジェクト内も含めて進展したため，安山岩質マグマ噴火を対象としたモデル構築にも着手し，新燃岳，桜島のマグマ物性を考慮した数値解析を実施した．また，以後に示す噴火遷移に伴う特徴的な地殻変動パターンは，安山岩質・珪長質マグマを対象とした解析で特に顕著に見られたことから，本報告では主にこれらのマグマを対象とした解析結果について説明する．

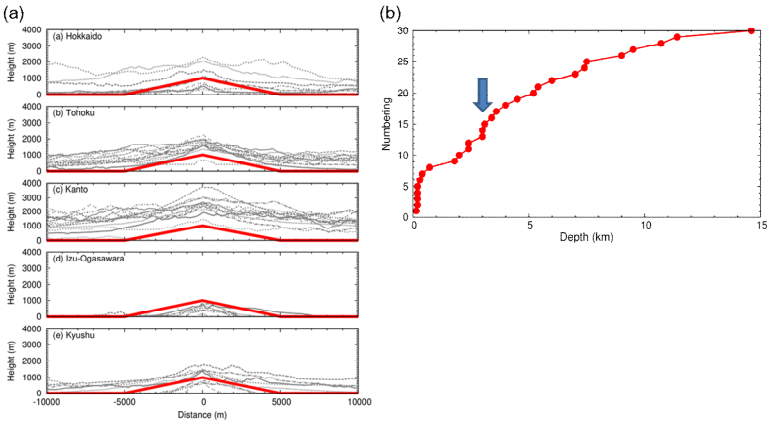


図２　(a)常時観測火山の地形断面図（国土地理院よりデータ提供）と，計算に設定した地形の一例（赤）．(b)日本における火山活動時の膨張イベントの深さのコンパイル（気象研技術報告，2013）と，計算に用いたマグマ溜まり深さ（青矢印）．

本研究では，定常火道流においてマグマ溜まりの圧力と噴出率の関係に負性抵抗がある場合，火道流の力学系が不安定になることに着目し，この不安定化によってマグマ噴出率や火道内の発泡度，過剰圧が急増する過程が爆発的噴火への遷移に相当すると考え，その過程を対象とした火道流解析を実施している．昨年度の成果では，この爆発的噴火への遷移中に、マグマ溜まり圧力がまず最大となってピーク値をとり、その後火道内の浅部における過剰圧がピーク値となり、最後に噴出率が急増してピーク値をとるという特徴的な時系列変化があること示し，またその変化に対応した特徴的な地殻変動が生じ得ることを明らかにした．本年度は，この地殻変動の特徴のパラメータ依存性を整理するために，マグマ溜まり圧力が最大値となるタイミングと噴出率が最大値となるタイミングの間の時間を対象として，火口からの距離に依存して歪や傾斜の時間変化のパターンがどのように変化するのかを系統的に調べた（図３）．その結果，火口近傍域では，噴出率急増直前の火道浅部における過剰圧増加に対応して火口直交方向の歪が増加することがわかった．また，傾斜に関しても，火道内の過剰圧のみを考慮した場合には顕著な変化が見られなかったものの，火道流によるずり応力の効果を考慮した場合には鉛直変位の増加に対応して顕著な傾斜変動が生じることが明らかになった．

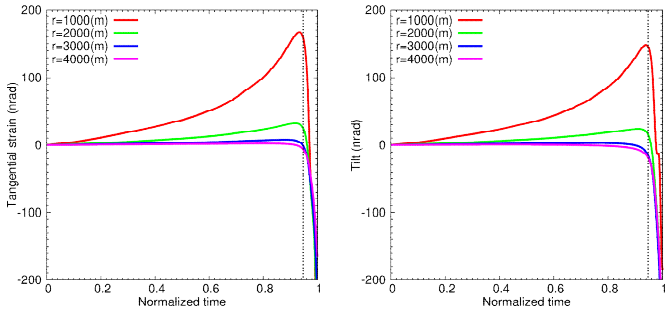


図３　火道・マグマ溜まり周囲の弾性モデリングによる地殻変動（歪および傾斜）の例．マグマ溜まりの圧力，火道のNormal stressおよびshear stressを考慮．時間軸はマグマ溜まり圧力が最大値となるタイミングと噴出率が最大値となるタイミングの間で規格化してある．

本研究ではさらに，歪および傾斜パターンが検知できる観測点位置の条件に制約を与えるために，図４のように規格化時間と火口からの観測点距離の関係における歪・傾斜量の大きさを示したレジームマップを新たに導入した．その結果，噴出率急増直前の歪・傾斜量増加は，火口からの距離が約 1500 m 以内の観測点で検知が可能であることが明らかになった．さらに，このマップを使用することによって，火道流で設定する物性パラメータが地殻変動パターンに与える影響を系統的に調べた．その結果，特にマグマ溜まりにおけるマグマ含水量が，地殻変動のパターンを大きく変化させる重要なパラメータであることが明らかになった．具体的には，含水量が高い場合，噴出率急増直前において歪・傾斜量の増加が火口近傍域で顕著に見られる一方で，低含水量の場合は減少が卓越し，増加パターンが消失してしまう（図４）．この原因を調べるために付加的な解析を実施したところ，低含水量の場合，マグマ溜まり内のマグマ圧縮率が低くなる効果によって圧力減少量が大きくなり，これが歪・傾斜変動量の急激な減少をもたらしていることが明らかになった．本研究で求められた噴出率急増直前の歪・傾斜変化は，爆発的噴火への遷移の直前検知において有効であることを示しており，この検知可能性が含水量というマグマ溜まりにおける蓄積条件に依存している，という新しい知見が得られた．

上記の安山岩質・珪長質マグマを対象とした解析に加え，本年度は玄武岩質マグマに特化したモデル化および数値計算にも取り組んだ．その結果，噴出率が増加する間に火道内が急激に減圧する特徴が明らかとなり，これがこれまでの珪長質マグマ噴火のシミュレーションには見られない特徴的な地殻変動パターンをもたらすことがわかった．

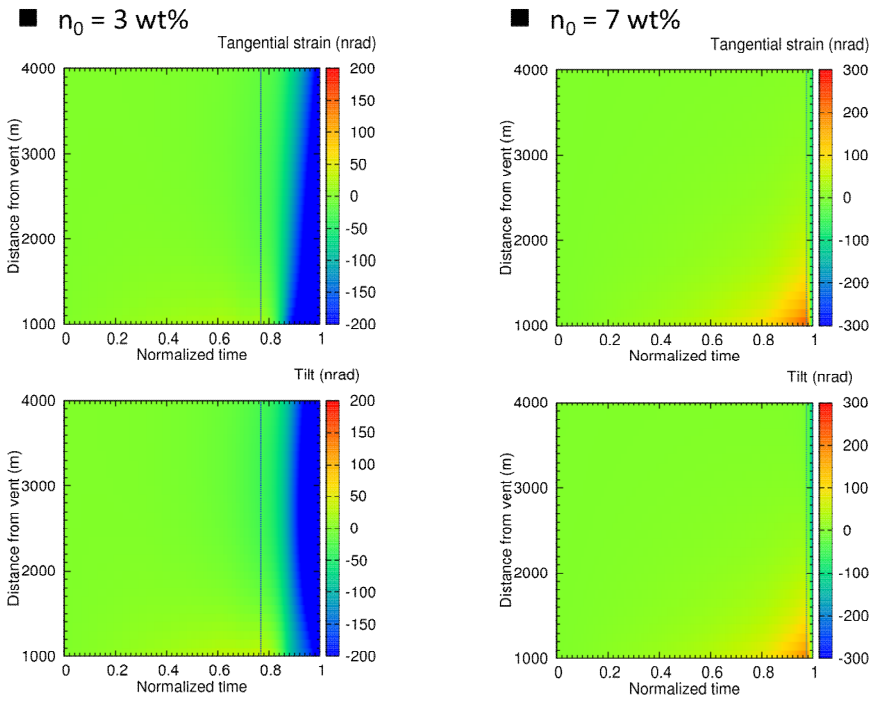


図４　規格化時間と火口からの観測点距離の関係における歪・傾斜量の大きさを示したレジームマップ地殻変動パターンと，その含水量依存性（左側が3wt%，右側が7wt%）．高含水量の場合，火口近傍域で噴出率急増前の顕著な歪・傾斜量の増加が観測される一方で，低含水量の場合は減少が卓越していることがわかる．

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た．

具体的には，マグマ移動過程シミュレーションについて，ミクロモデル（岩脈進展）の高度化・安定化を行った．また，ミクロモデルとマクロモデル（個別要素法による地殻変動シミュレーション）を境界条件で結合して評価する手法を検討した．これらにより岩脈貫入に伴う地震発生と地殻変動について，観測データに照らし合わせて，分岐判断の定量化を進めた．さらに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シミュレーション手法開発を進めた．イタリアで開催される CoV10 に出席し，マグマ移動過程シミュレーションに関する成果発表及び情報収集を行った．

岩脈進展シミュレーション(ミクロモデル)について，今年度はマグマのまわりの弾性変形を割れ目の解析解で表現することを基本方針に掲げて，（１）マグマの流れと調和する弾性変形を計算する方法の高度化，および，（２）岩脈の成長過程を時間とともに追跡する計算方法の改良を実施した（図５）．本作業で改良された解析方法では，マグマの流れを表現するために，ポアズイユ流を拡張した新しい解を用いた．

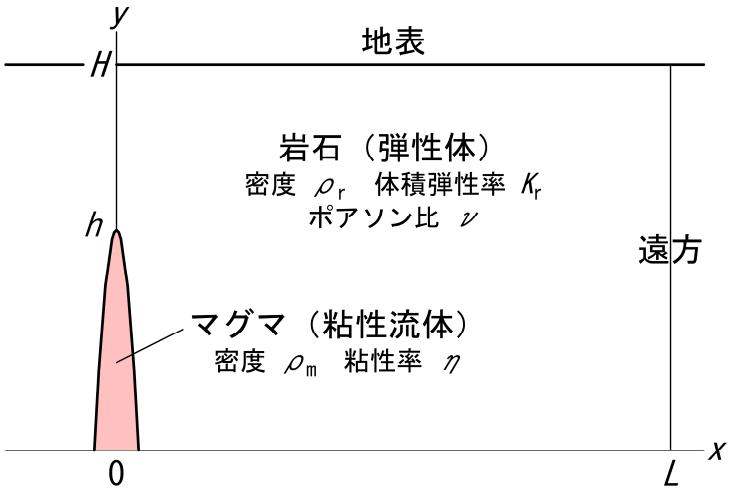


図５　２次元のマグマの貫入を計算するシステム

また，開口割れ目を表現する解析解を活用し，それを重ね合わせて割れ目の形状を表現した（図６）．その結果として，マグマの流れが岩石の弾性変形と円滑に結合され，応力拡大係数と割れ目の拡大速度が解析的に見積もられるようになった．これらの改良によって，岩脈の成長過程が不安定を起こさずに高精度で追跡できるようになった．

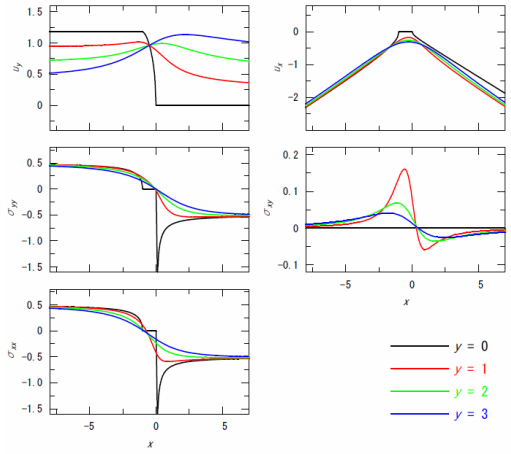


図６　マグマのまわりの弾性変形を記述する解析解．変位(u_y,u_x)と応力(σ_{xx}, σ_{yy}, σ_{xy})の分布を割れ目の面上とその近傍で示す．割れ目に沿って x 軸，それと垂直に y 軸をとっており、y=0,1,2,3 での分布を示している．

計算は，各時間ステップでマグマの流れを岩石の変形と調和させるように決め，その結果を用いて次の時間ステップの条件を準備して，時間ステップを更新する．このステップを繰り返すことで，マグマの貫入過程を時間とともに追跡する．これを実現する計算ステップは下記の通りとなる．

(1)　弾性，粘性，拡大速度などの物理定数，計算の領域 L と H，その分割数 m と n，

割れ目の初期形状，計算の時間刻みなどを入力ファイルから読み込む．

(2)　マグマの貫入を追跡する関数に入って，時間 t, 割れ目先端の位置 h, 割れ目の幅 a などの変数を初期化する．このときに，割れ目の初期形状は解析解ひとつで表現することにする．初期化を終えたら，時間ステップのループに入る．

(3)　時間ステップのループでは，割れ目の形状のデータを使って割れ目の形状を表す係数 k および応力拡大係数 K を求める．腐食破壊と脆性破壊の条件から 2 つの拡大速度 c を計算し，その大きい方を採用する．さらに，マグマの鉛直流速に比例する定数 A を計算して，マグマから岩石に加わる応力 σ_{xy} の境界値を設定する．岩石に加える変位 u_x はマグマと接触する境界条件を用いて割れ目の幅 a の半分として設定する．

(4)　マグマが岩石に加える変位 u_x と応力 σ_{xy} の分布を境界条件として，岩石の弾性変形を計算する．このときに，マグマとの接触面以外の境界条件を用いる．弾性変形の計算によって，岩石からマグマに加わる応力 σ_{xx} が求まる．

(5)　応力 σ_{xx} の分布を用いて，マグマの水平流速の定数 B の分布を求める．この分布を用い，割れ目の幅を記述する解析解の各々について，振幅 C の時間微分を計算する．

(6)　時間ステップのループから抜けて，時間 t を時間刻みの設定量 Δt だけ増やし，c から割れ目先端の位置 h を更新する．

(7)　割れ目先端の位置 h が地表に達したら計算を打ち切る．また，t があらかじめ設定された時間だけ経過したら，入力された jt の値に応じて，計算を終えたり，制御をコンソールに返したり，そのまま計算を継続したりする．この条件で止められない場合や，コンソールから継続の指示が出された場合は，解析解の振幅 C を更新し，必要に応じて h に見合うだけ解析解の数を増やして，(3)にもどる．

本手法を用いた計算プログラムを開発した．マグマが割れ目をつくりながら上昇する過程は，2 つ物理的な原因で駆動される．ひとつは貫入するマグマに加わる圧力であり，もうひとつはマグマと岩石の密度差に起因する浮力である．流入するマグマの圧力が貫入を駆動する場合である．マグマと岩石の間には密度差がなく，マグマには岩石より高い圧力が貫入口（x = y =0 の点）で加わるものとする．岩石との圧力差は無次元量で 1 の一定値（＝10-3Kb：Kb は体積弾性率）とする．システムの大きさは L = 10 km, H = 5 km であり，離散化の格子間隔は Δ x, = Δ y = 0.1 km に設定する．計算の時間刻みは無次元単位で 0.01 である．岩石のポアソン比は 0.25，マグマの粘性率は 1 とする．割れ目先端では腐食破壊のみを考え，定数は cs = 1, Ks = 1, ns = 5 とする．計算例を図 7，8 に示す．

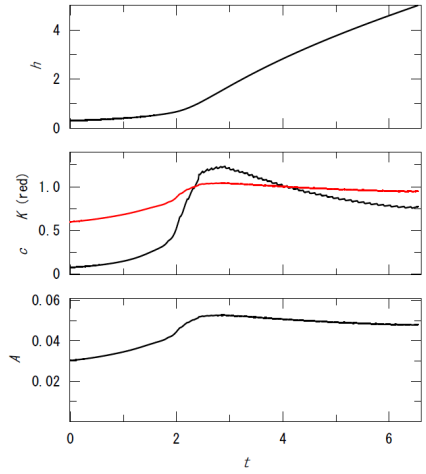


図７　貫入するマグマに一定の圧力差１を加えたときの割れ目の拡大過程．時間 t とともに，上段に先端の高さ h，中段に拡大速度 c と応力拡大係数 K（赤の曲線），下段に流れの振幅 A がどう変化するかを示す．これらの変数の大きさは規格化されている．

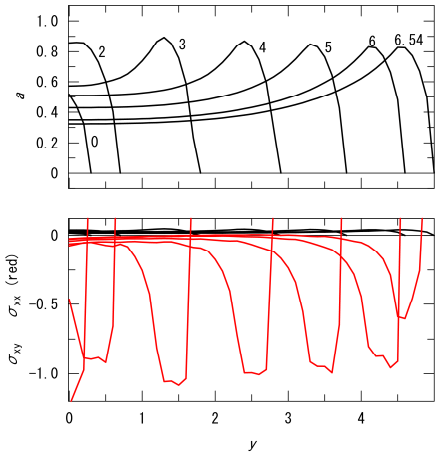


図８　割れ目の状態の時間的推移．割れ目の拡大は貫入口でマグマに加わる圧力差１によって駆動される．上段は割れ目の形状の時間変化（a は割れ目の幅），下段は各々の時間に働く応力 σ xy（黒）と σ xx（赤）の分布の時間変化を示す．上段の図に付した数値は時間である．変数は規格化されている．

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実施した．ミクロモデルで用いた有限要素法では，予め設定されたメッシュに破壊の方向が支配されるが，個別要素法では要素を粘弾性バネで結合し，各時間ステップでの応力および破壊条件を考えることにより破壊の方向をランダムに進展させることができる．10km x 10km x 10km の立方体状の領域に 1,000,000 個の球形の要素を生成する．粒径は乱数で与えるが，それぞれおおよそ 100m 程度のサイズである．これらの粒子は normal および shear 方向に弾性および粘性バネで結合されており，応力が伝達される．その結合が離れる閾値を設定し，これを脆性破壊とみなす．粒子は定義空間内で位置が重ならないように乱数で生成する．地殻を粒子の集

合体として表すため，重力下において静置している状態とすることが必要である．このため，ランダムに生成された粒子に対して，まず重力パッキングを実施し，その後，初期条件・境界条件を設定する．領域の中央部分に周囲と異なる密度やバネ定数を設定した領域を設定し，マグマ領域とする．これらの粒子に先に有限要素法で求められた応力分布を初期の過剰圧状態として設定する．マグマ領域は，計算領域の中心の下方，すなわち，先端が楕円状の深さ 5km 以深の矩形領域とする．なお，先の有限要素法の空間スケールと本個別要素法の空間スケールの相違があるが，有限要素法で進展したクラックのサイズが数 100m 程度となった段階の応力パターンを個別要素法のマグマ粒子に適用する．また，水平方向の境界粒子には広域応力を設定する．本例では X 方向および Z 方向にそれぞれ張力場・圧縮場とした．

シミュレーション結果の例を図９に示す．岩脈が上昇するにつれて矩形状からダイアピル状に変形することがわかる．ある程度上昇したところで一度やや滞留したのちにさらに上昇して表面に到達し噴火に至る場合，また，滞留した状態からそれ以上上昇することなく停止し，噴火未遂となる場合があることがわかる．噴火と噴火未遂の分岐を支配する要因は，岩盤の物性などの static なパラメータや初期条件・境界条件などの dynamic なパラメータがあるが，最も支配的なものは岩脈内マグマの過剰圧である．

岩脈先端での応力集中の度合い，および，これにともなうき裂の進展の可否がマグマの移動を制御している．先端の応力集中の値を幾つか変えて，計算を行った．岩脈先端が地下 5km であると仮定すると，この深さの静岩圧(lithostatic pressure)は約 125MPa となる．これを基準として，初期の過剰圧が静岩圧の 8 倍（1000MPa），16 倍（2000MPa），32 倍（4000MPa）とした計算結果を示す．8 倍のケースでは，岩脈進展が始まるものの 1000s 程度でほぼ停止するとともに，逆に周辺岩盤から押され，下方に戻る傾向が見られる．32 倍のケースでは約 2000s でマグマ粒子は地表に到達し，噴火に至る．16 倍のケースでは，32 倍のケースよりは遅いものの 3000s でもさらに上昇を続ける傾向が見られているため，今後噴火に向かう結果となっている．今回得られた結果から，岩脈先端での応力集中の値によって，岩脈が地表に到達する，すなわち，噴火に至るか，あるいは，噴火未遂で終わるという閾値があることが示されている．この例からは，岩脈貫入が開始する過剰圧は開始点が深さ 5km の場合，その静岩圧の 125MPa の 10 倍程度であることがわかった．なお，この閾値は過大である可能性がある．今回の個別要素法によるシミュレーションでは，１粒子の大きさが 100m 程度と大きいため，このサイズでの応力集中しか取り扱うことができない．そのため過剰な見積もりとなっている可能性がある．実際には数 10cm～数 m スケールでの応力集中がおこると考えられるため，より小さい過剰圧によってき裂進展が開始し，その後，加速的に破壊が進むものと推測される．現時点では計算資源の制約があるが，今後，1m～10m オーダーでの小さな粒子の集合体による数値シミュレーションを実施し，き裂進展の閾値を求める必要がある．平成 29 年度より解析を行っている 2015 年桜島噴火未遂，2000 年三宅島噴火未遂（初期の活動）の観測事例を対象として，今後，初期過剰圧を地殻変動データから推定し比較検討を行う．

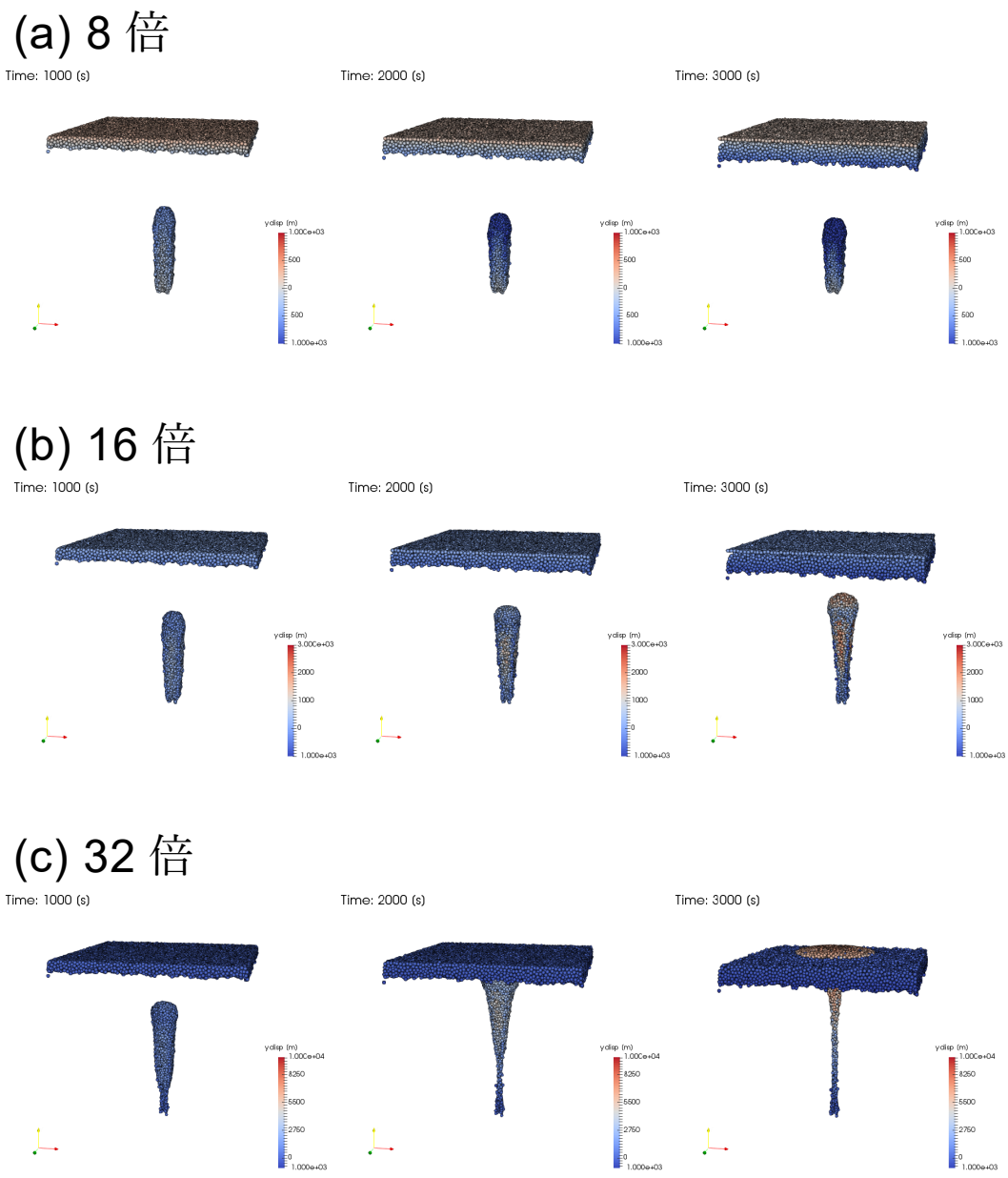


図９　個別要素法による岩脈貫入シミュレーション（マクロモデル）の例．初期過剰圧として，静岩圧比が(a)8 倍，(b)16 倍，(c)32 倍としたもの．およそ 10 倍以下では噴火未遂，10 倍以上で噴火に至ることが分かった．

また，水平方向の広域応力場と初期過剰圧が同程度のオーダーの場合の一例を図１０に示す．初期状態に等方的に分布していたマグマ粒子が，差応力の影響を受けてマグマ貫入の走向が決まることがわかる．また，各応力の比に応じて貫入する走向が系統的にずれることがわかる．特徴的なのは，単に斜行するだけではなくバイモーダルな貫入となる点である．これがさらに上昇すると，地表に到達して２ヶ所から噴火が始まることになる．このような応力場の影響評価は，３次元でのシミュレーションにより実現可能となったものである．

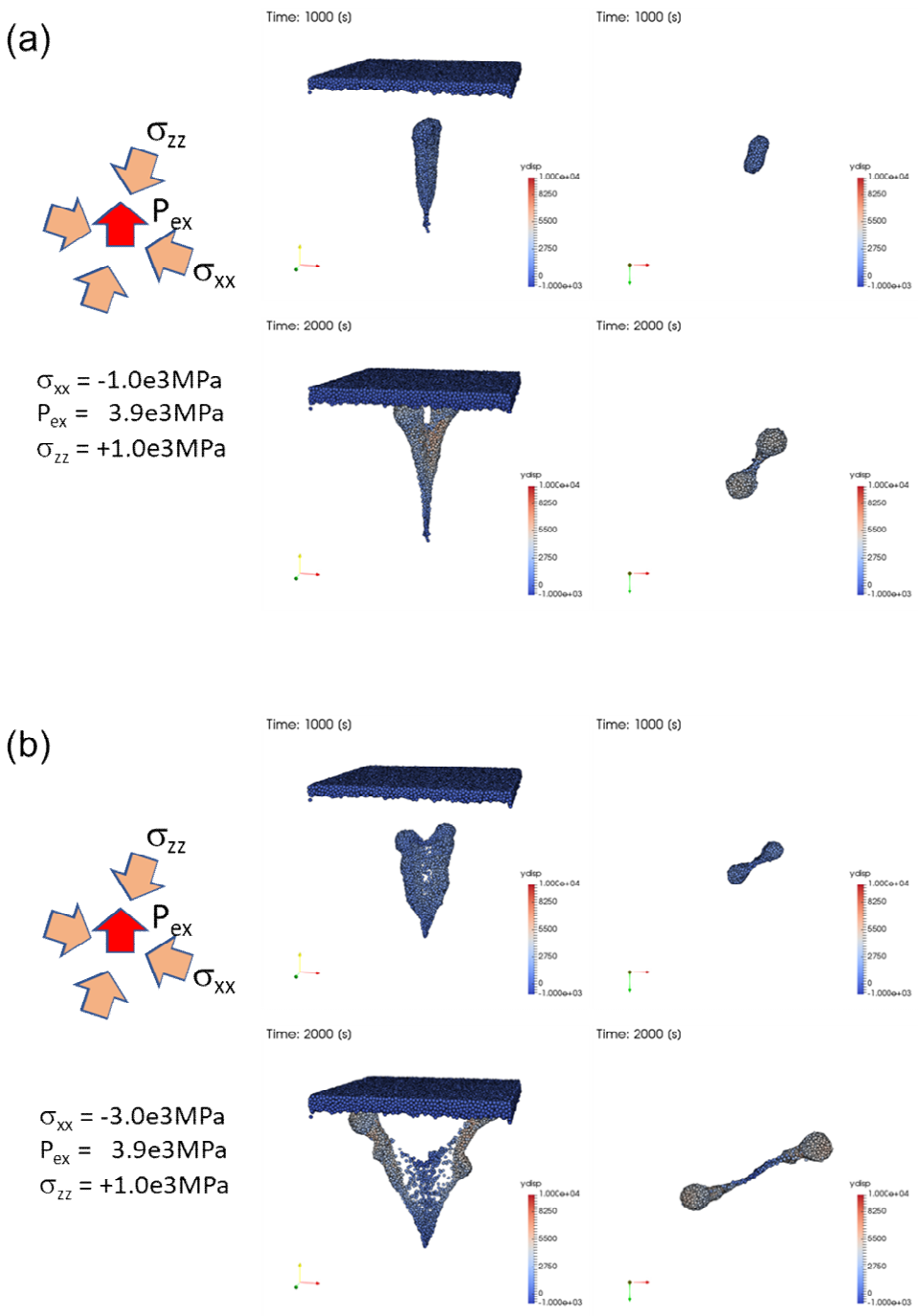


図１０　水平方向の差応力の違いによる岩脈貫入の影響例

2018 年 1 月 23 日に草津白根山の本白根山で水蒸気噴火が発生した．本白根山の近傍に気象庁が設置していた逢ノ峰南東の GNSS 観測点では噴火の前後に北向き約 15cm，鉛直上向きに約 7cm の変位が観測された（図１１）．一方，本白根山からおよそ 2km 離れた青葉山西の GNSS 観測点では，噴火に伴う地殻変動は検出できなかった．これらの観測データから，境界要素法により山体地形を考慮してフォワードモデリングによりの地殻変動源を求めた．その結果，逢ノ峰南東で観測された水平変位と上下変位の比を説明するには，本白根山の火口列の直下に仮定した鉛直ダイ

クでは深さが海抜 700m または，1750m になる必要があることが分かった．さらに，海抜 700m に仮定したダイクでは，逢ノ峰南東と青葉山西の観測点で同程度の大きさの変位が予想されるため，海抜 1750m の鉛直ダイクの方が観測データをより説明できることが分かった(図１２)．この地殻変動源の位置は地表からの深さが 300m 程度のごく浅い場所になる．このとき，ダイクの体積変化量は 3×10^5 m3 であった．

伊豆大島では，予備傾斜観測で得られたデータの整理を進めるとともに，観測データをもとにしたマグマ移動過程と地殻変動シミュレーション手法開発を進めた．伊豆大島の約 1 年の周期的な地殻変動に関する，渡辺（2012）の概念モデル（浅部マグマ溜まりに濃縮した気泡の間欠的な外部への流出による減圧と深部から上昇してきたマグマの発泡による増圧）の一部分について，物理過程をモデル化して数値計算を試みた．

浅部マグマだまりの玄武岩質マグマの中で生じる気泡の上昇と，それで生じる体積膨張と圧力変化に伴う間欠的な気泡の流出過程を，①マグマ溜りからの間欠的な気泡の流出，②減圧したマグマ溜り内部の発泡，③気泡の上昇によるマグマ溜りの体積膨張，④マグマ溜り上部への気泡の濃集というサイクルでモデル化して数値シミュレーションを行い，初期気泡半径，体積分率，気泡の上昇距離に適切な値を仮定した計算により，体積増加量と膨張の持続時間が、概ね観測と同程度の値に再現された．

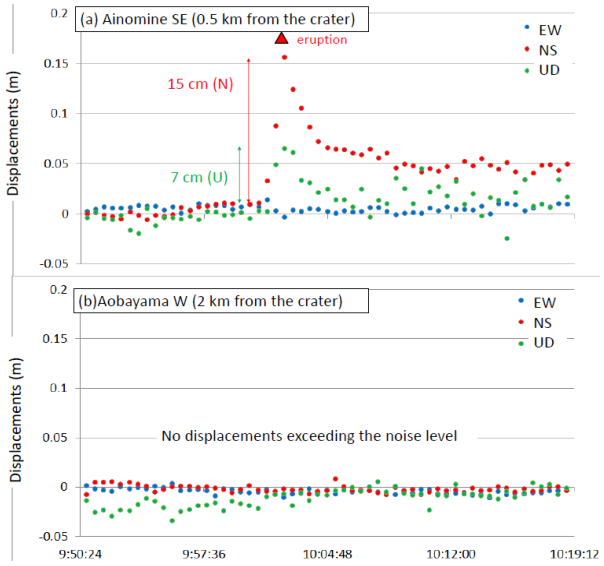


図１１ GNSS キネマティック解析による 2018 年 1 月 23 日の本白根山の噴火前後の逢ノ峰南東観測点と青葉山西観測点の 30 秒ごとの 3 成分変位の時系列．

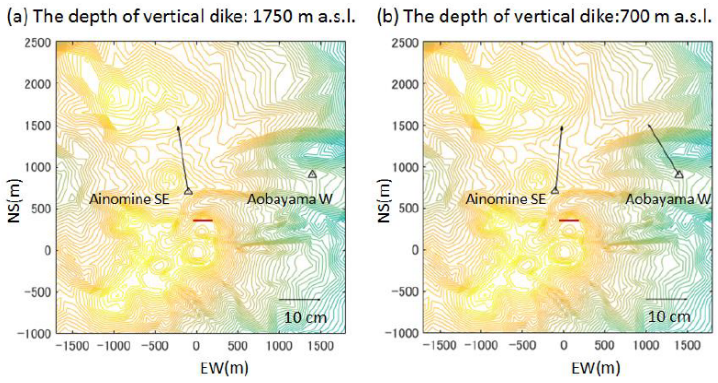


図１２ 本白根山の火口列の直下に鉛直ダイクを仮定したフォワードモデリングで求めた逢ノ峰南東観測点と青葉山西観測点の変位量．ダイクの体積変化量は逢ノ峰南東で観測された北向きの変位を説明できるような値をそれぞれ用いた．

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．

具体的には，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(図１３)．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 30MPa まで 0.01， 0.1，1MPa/s の一定減圧速度で減圧実験を行った．その結果，0.01， 0.1， 1MPa/s の減圧速度に対して，石基結晶度(石英＋長石)はそれぞれ 18，5， 6 vol.%となった．天然の噴出物に含まれる石基結晶度は 4.8-15.1 vol.%であるため(Noguchi et al.，2006)，本研究のマグマ減圧速度は神津島 838 年噴火のマグマ上昇過程を再現していると考えられる．

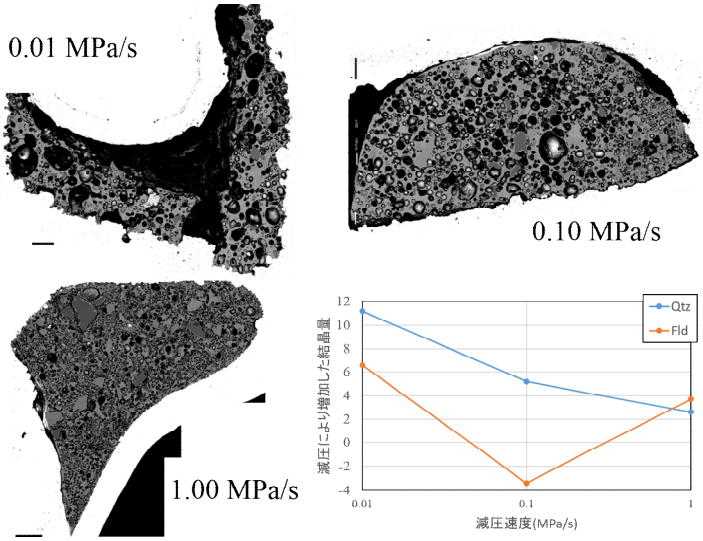


図１３ 実験産物の薄片に関する電子顕微鏡写真と，減圧速度と結晶量(Qtz は石英，Fld は長石)の関係．電子顕微鏡写真横の数字は減圧速度．スケールは 200 μm．

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，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，時間依存性を調べた．実験は一度 1250℃でサンプルを溶融させた後，固液二相が共存する 1130℃付近で行った．東北大学及び静岡大学の協力を得てこれらを実施した．

レオロジーモデルでは，伊豆大島 1986 年噴火の B1 溶岩を例として非定常状態のレオロジーの調査を進めた（図１４）．実験には平成 29 年度中に整備した粘性測定システムを用いた．電気炉中で作成した溶岩にロッドを差し込み，それを回転させることで応力やその時間変化を測定する．この実験は，剪断応力を掛けた試料について静置時間を与えた後にもう一度剪断応力をかける．実験の結果，静置時間とともに最大の応力(オーバーシュートストレス)が大きくなり，その一方で，時間が十分に立てば静置時間に関わらず同じ応力状態になることが分かった．また，実験後の試料を急冷回収してその組織を見ると，静置時間を取った実験では，鉄チタン酸化物の微結晶がクラスタを形成し，長軸方向がランダムになっていることが分かった．

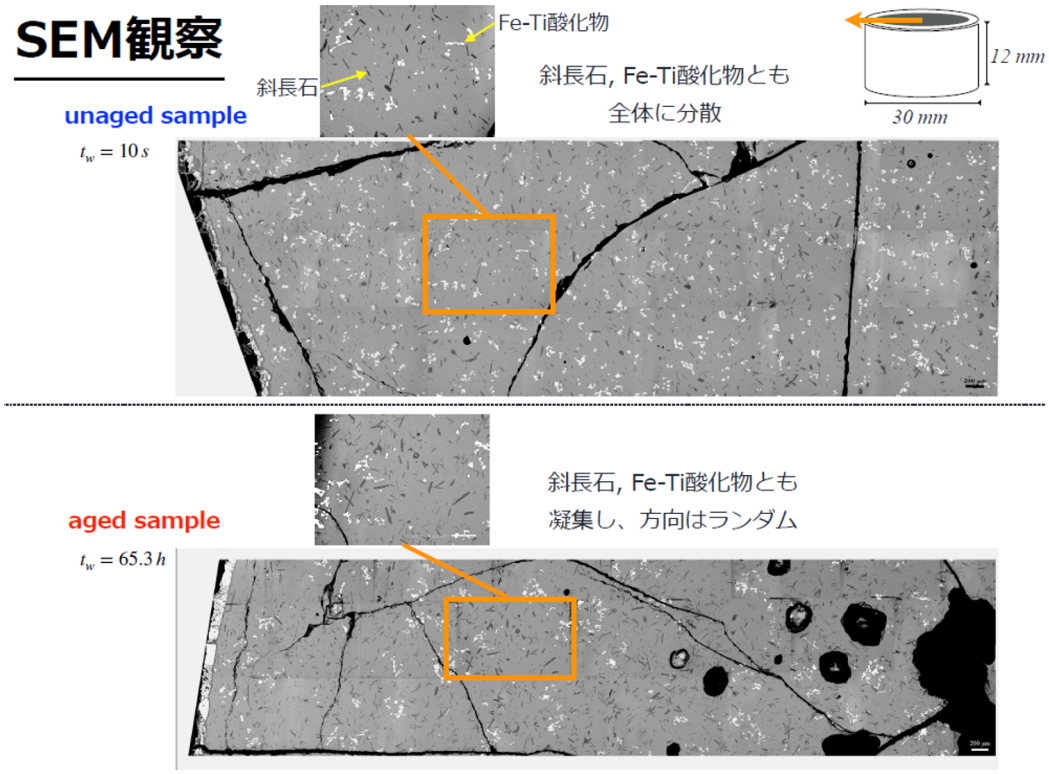


図１４ 静置時間を取った場合(Unaged sample)と取らなかった場合(Aged sample)の実験産物の電子顕微鏡写真．

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，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 JMA-RATM[2)] による降灰シミュレーションの予

備計算結果の点検を行った．点検においては，堆積過程のモデル化・システムへのレーダーデータ利用の検討・首都圏降灰シミュレーションのデータ同化手法の検討を含む．イタリアで開催された CoV10 に出席し，噴火ハザードシミュレーションに関する成果発表及び情報収集を行った．平成 31 年度に向け，「b.噴煙柱ダイナミクスモデル」との連携のための設計を行った．

JMA-RATM を用いた富士山宝永山噴火級降灰シミュレーションでは，2015～2017 年の気象場 1096 事例を適用し，それぞれ 398 時間後の火山灰拡散・降灰の予測を行った．この 3 年間における予想最大降灰量分布を図１５に示す．また，これをもとに東京・大手町（富士山の東北東約 100km）における降灰確率を試算した（図１６）．

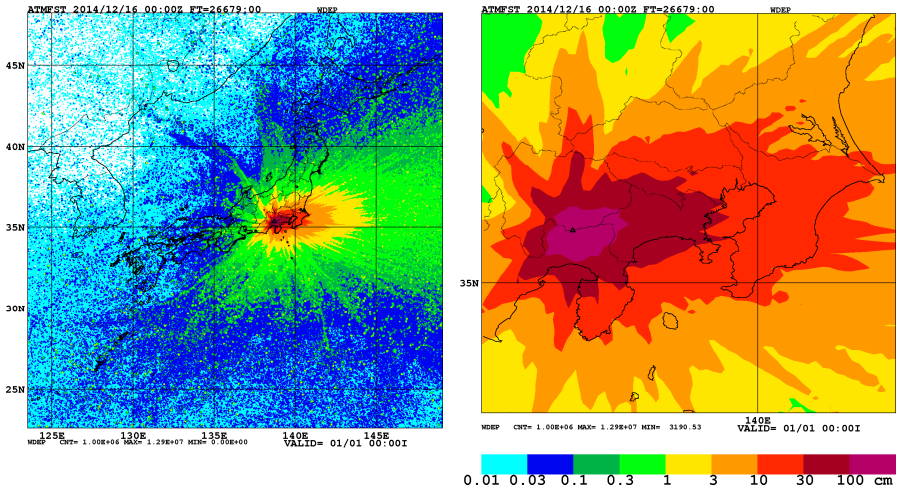


図１５　富士山宝永噴火級降灰シミュレーションによる予想最大降灰量分布(2015-2017 年)．右図は拡大図

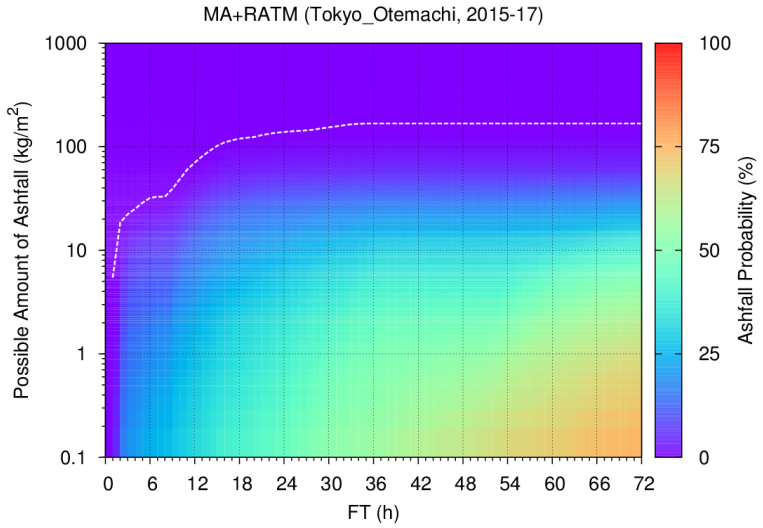


図１６　東京・大手町における降灰確率．噴火発生から 72 時間まで．点線は予想最大降灰量

また，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進めた．レーダーデータを直接システムに入力する「直接的」な手法と，レーダーデータを降灰シミュレーションの初期値として利用し，その予測結果をシステムに入力する「間接的」な手法の 2 通りに分類し，「直接的」手法を火口周辺に落下する粒径の粗い粒子の予測に，「間接的」手法を広域における降灰や大気中の火山灰（細粒）の予測にそれぞれ適用する方向性を定めた（図１７）．本内容を CoV10 にて発表した．

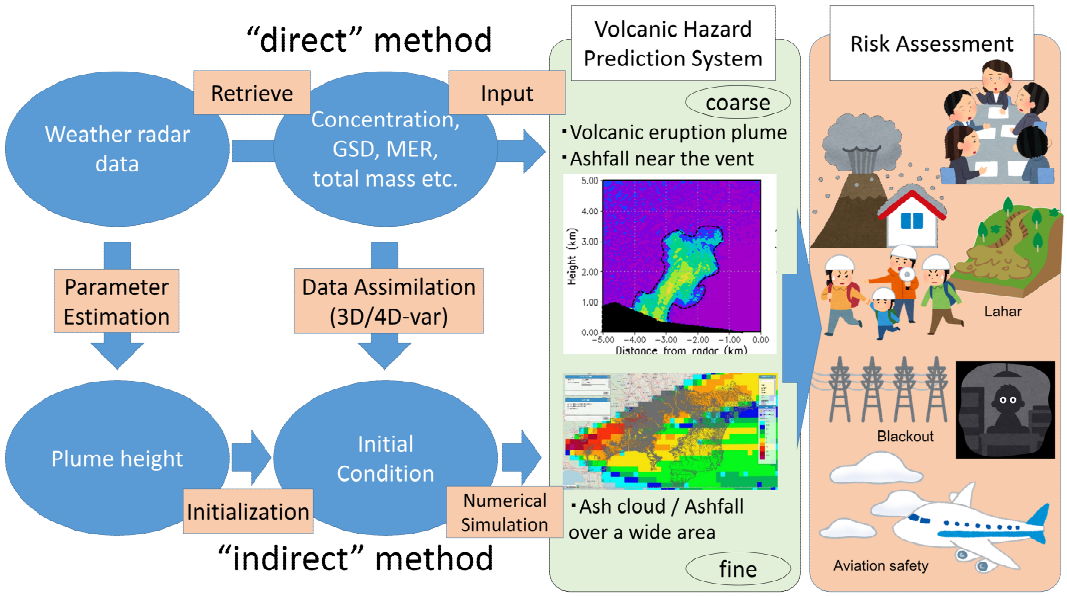


図１７　気象レーダーデータの取り込みにおける直接的・間接的手法の概念図

データ同化手法の検討では，3 次元変分法について仮想的な観測値を用いた性能評価を実施するとともに，4 次元変分法を，阿蘇山 2016 年 10 月 08 日の噴火における降灰事例を対象として、降灰観測を用いて噴煙柱から放出される火山灰の鉛直分布を推定することで、降灰予測の精度が向上することを確認した（図１８）．

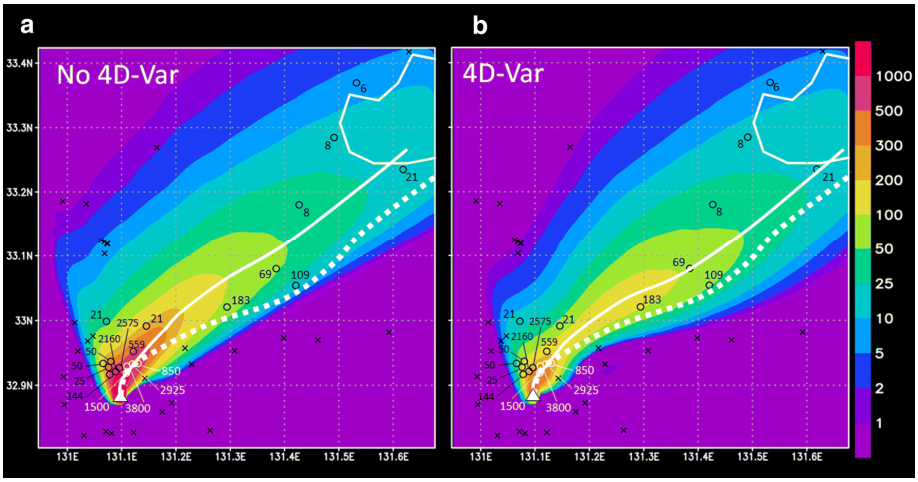


図１８：阿蘇山 2016/10/08 噴火のデータ同化例

降灰シミュレーションの高度化に向け、噴煙柱ダイナミクスモデルのシミュレーション結果から降灰シミュレーションの初期条件取得に着手した。具体的には、噴煙柱ダイナミクスモデルの SK-3D モデル[3]で計算されるマーカー粒子の軌跡を解析し、噴煙から粒子が離脱する位置（落下を開始する位置）を抽出した。今回は、富士山宝永噴火級のシミュレーション 1 事例に対し、解析を実施した。

図１９に、推定された粒子放出位置を示す。噴煙ダイナミクスおよび粒径に依存して、5 つの放出領域に分類されることがわかった。具体的には、弾道放出、噴煙柱放出、噴煙頂放出、傘型領域放出、傘型領域滞在である。降灰シミュレーションで多く利用されている従来の供給源モデル（Suzuki, 1983）と比較すると、従来は粗粒粒子が様々な高度から放出されるように与えられていたのに対し、本解析では、特定の高度から放出されるという明瞭な違いが得られた（図２０）。降灰シミュレーションにおいて、このような粗粒粒子にみられる供給源の改良は、火口近傍での降灰量推定が増大するように改善されることが予想される。

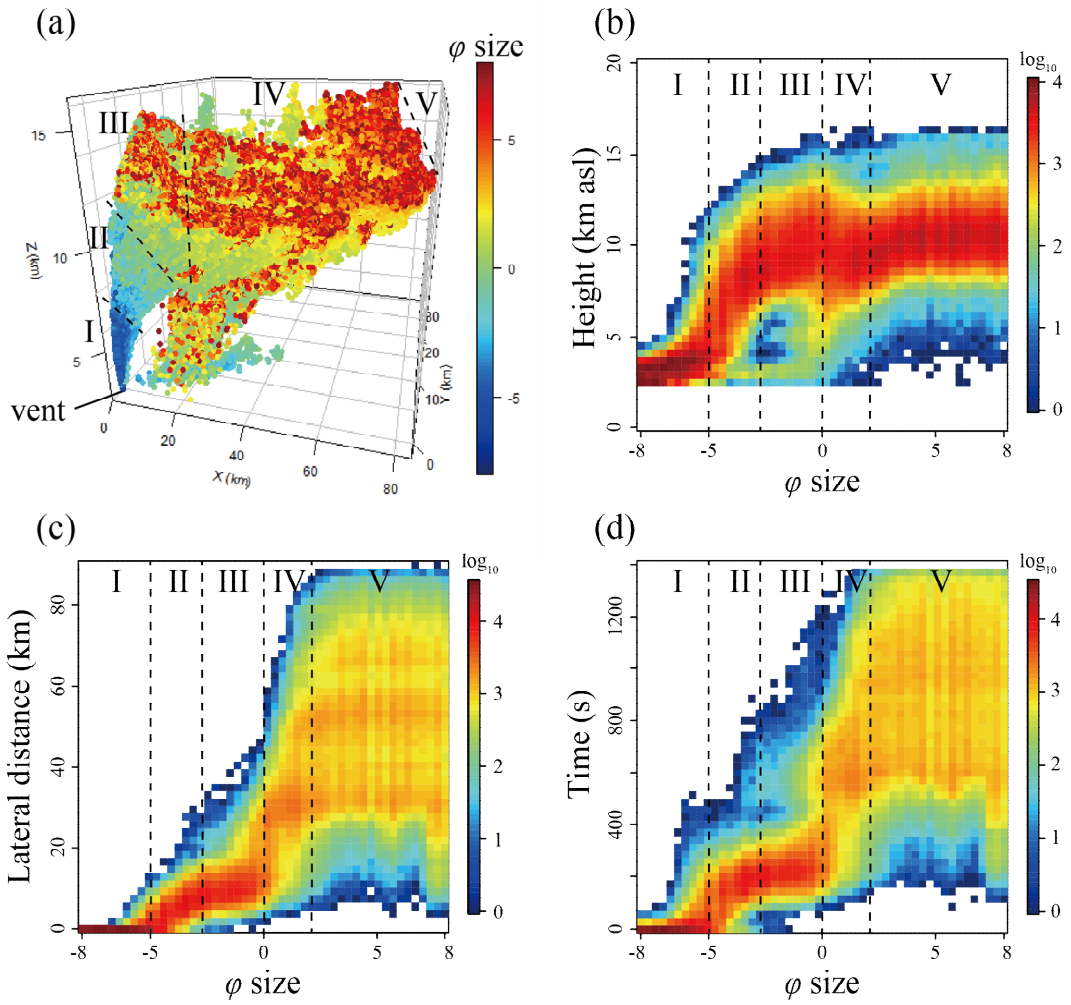


図１９．推定された粒子放出位置．（a）粒子放出位置と粒径の関係．（b)-(d）は，粒子放出の密度分布を表す．（b）粒径と高度の関係．（c）粒径と水平距離の関係．（c）粒径と噴出から放出までに要した時間の関係．図中の I-V は，それぞれ弾道放出，噴煙柱放出，噴煙頂放出，傘型領域放出，傘型領域滞在の放出領域を表す．φは粒径を表す（$\phi=-\log_2(d/d_0)$； d_0=1mm）．

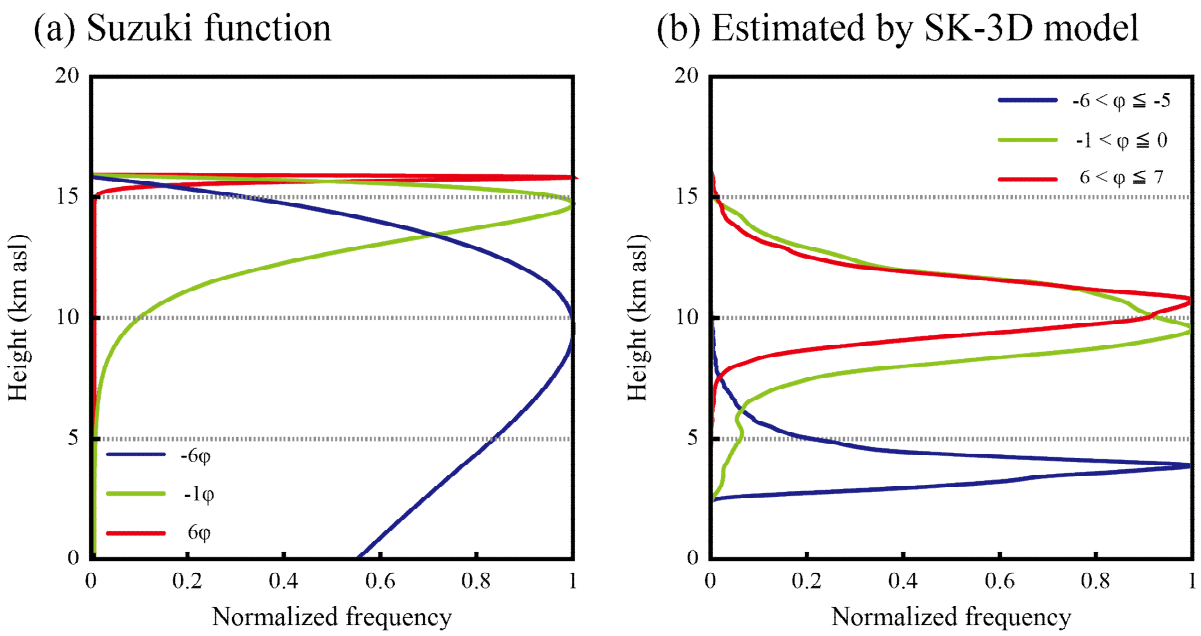


図２０．粒子放出高度の頻度の関係．（a）Suzuki（1983）の関数から得られる粒子放出の確率分布．計算におけるパラメータは，新堀・他（2014）を参考に，λ=1，β=0.017，ρpm=1000（kg m-3），ρa=1（kg m-3），ηa=10-5（Pa s），g=9.8（m s-2），F=1，λ0=0.0662，a=1.257，b=0.400，c=1.100，H=16000（m）を与えた．（b）SK-3D モデルのシミュレーションにより得られた粒子放出の頻度分布．頻度はそれぞれ，ピーク値で規格化した．なお，粒径はφスケールとする．

b．噴煙柱ダイナミクスモデルの開発

火山噴煙数値モデル SK-3D[3)]の高度化と，それを用いた様々なタイプ・規模の大規模シミュレーションを実施した．モデルの高度化と計算結果の蓄積により，降灰モデルとの連携準備を進めた．

モデルの高度化に向け，モデルの不確定性評価を目的としたベンチマーク研究をイタリア INGV グループと共同で進めた．各国で開発されている噴煙ダイナミクスモデルでシミュレーションを行いその計算結果を比較するためには，境界条件の影響を極力少なく安定した計算条件が必要となる．そのため，噴火強度，グリッドサイズ，計算領域を変えた計算を SK-3D によって複数行い，適切な計算条件を検討した．

首都圏の降灰予測に向け，富士山宝永級噴火の長時間シミュレーションを SK-3D を用いて行った．冬型気圧配置が特徴的な実際の気象条件を用い計算を実行した．平成 29 年度には噴火から 30 分後までの再現であったが，平成 30 年度は噴火から 60 分後までの長時間に渡る火山灰輸送を再現した．計算結果より，大気中に滞留する火山灰の空間分布と，地表での降灰分布の時間変化を求めた（図２１）．計算結果を整理・解析することにより，堆積物の最大粒径分布図を作成した（図２２）．数値計算結果で得られた最大粒径分布と宝永噴火堆積物の野外観察で得られた分布を予備的に比較したところ，数値計算結果は野外観察データに比べ，ある地点における最大粒径が系統的に小さいことが判明した．このことは，これまでに推定されていた噴火強度より実際の宝永噴火は大きかったことを示唆しており，初期条件と大気条件の更なる検討が必要となる．

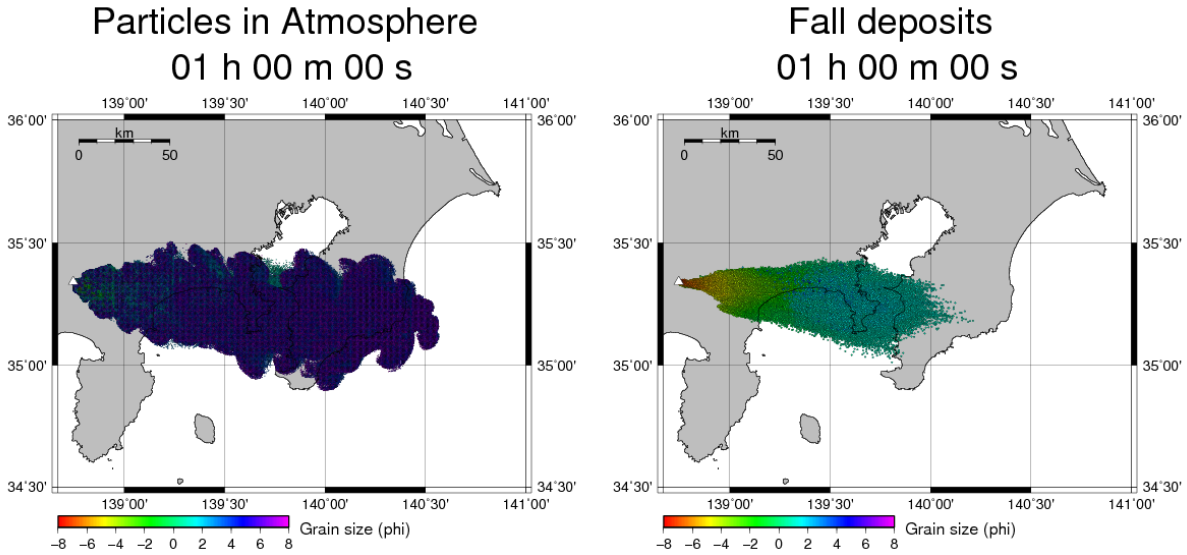


図２１　富士山宝永級噴火シミュレーションによる大気中の火山灰分布と地表における降灰分布（1 時間後）.

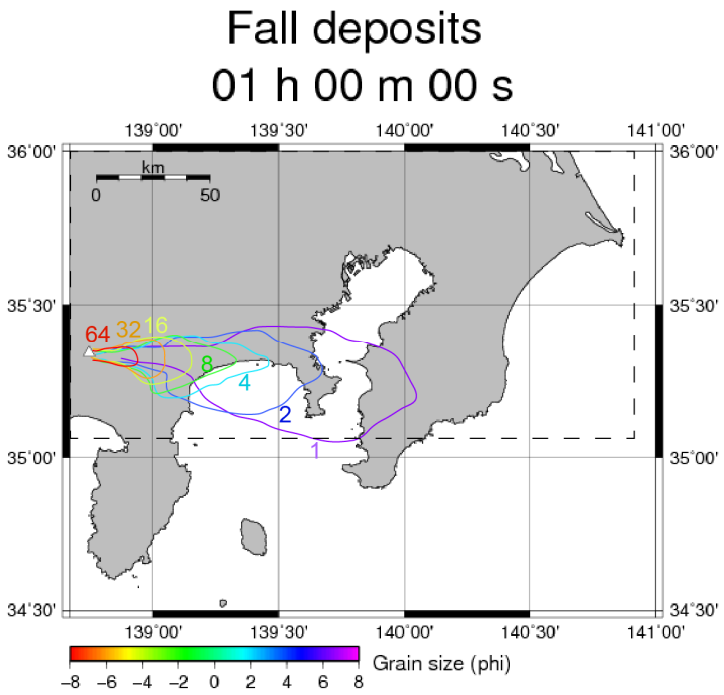


図２２　シミュレーションによる降灰分布（図２１）を基にした最大粒径分布図（単位は mm）.

降灰モデルとの連携準備として，実際の気象条件よりも単純なものを初期条件とした噴煙ダイナミクス・火山灰輸送シミュレーションを実行した．風速を 30 m/s，20 m/s 一定に与え，噴火開始から１時間後までの火山灰挙動を計算し，火山灰の大気中分布と降灰分布について時間発展を求めた（図２３）．高度によって風速と風向が変化する実際の大気条件の場合（図２１）に比べ，火山灰分布は単純で解析しやすい．したがって，降灰モデルに受け渡しやすい粒子データのセッ

トを蓄積できたことになる．

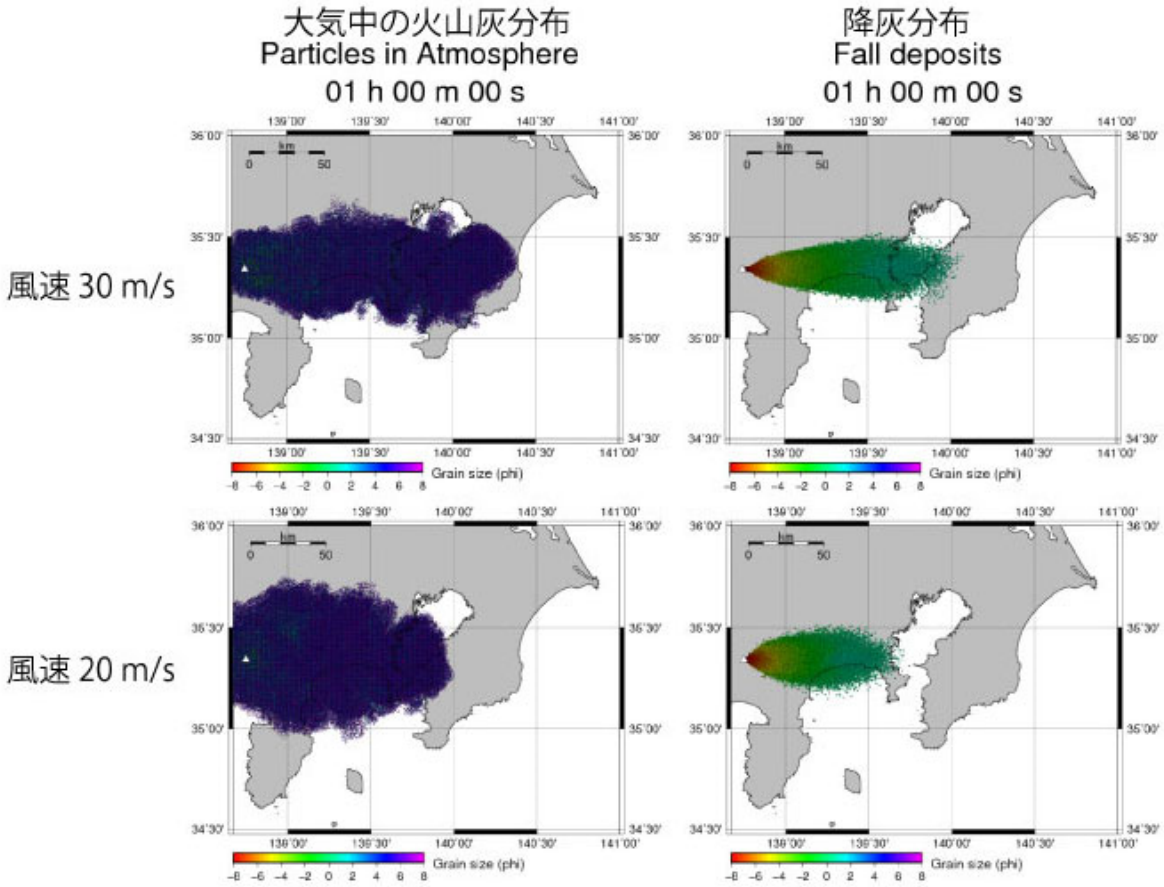


図２３　単純な気象場を用いた富士山宝永級噴火シミュレーション．

富士山宝永級噴火に加え，水蒸気噴火・大規模噴火・ブルカノ式噴火の大規模シミュレーションを SK-3D を用いて実施した．特に，御嶽山 2014 年水蒸気爆発の事象再現のため，温度を変えた大規模シミュレーションを複数行った．その結果，噴出温度による火砕流の有無・噴煙高度に違いが生じることを確認した（図２４）．また，大規模噴火事例としてピナツボ噴火 1991 年噴火の噴煙拡大・火山灰輸送シミュレーションを行い，大気中に拡がる火山灰粒子，および，地表に堆積した火山灰粒子分布を求めた．さらに，グループ D2 と連携し，ブルカニアン噴火シミュレーションの桜島噴火への適用を進め，短時間に放出する火山灰粒子の挙動を解析した．

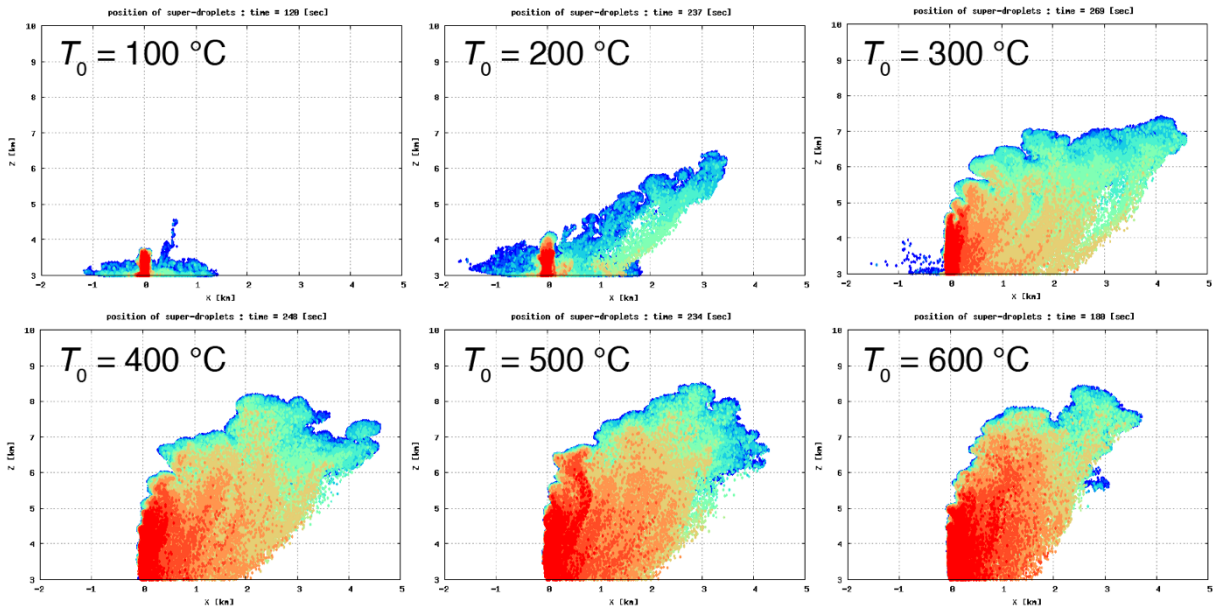


図２４　噴出温度を変えた御嶽山 2014 年噴火シミュレーションによる大気中の大気分布.

ｃ．ハザード評価システムの検討

〇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 LavaSIM[4] 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・移動効果導入の前段階として，プログラムの高速化を行うための性能調査を実施した．富士山での想定溶岩流およびキラウエア火山で 2018 年 6 月に発生した大規模溶岩流をケーススタディとして，性能評価を実施し，プログラム中における計算不安定の原因を突き止め，改善策を得た.

〇噴石シミュレーション

噴石シミュレーションでは，オープンソースの火山岩塊シミュレータプログラム Ballista[5]の高度化を行った．１）メモリーエラーハンドリング，２）入力パラメータの編集機能，３）GIS 機能を用いたデータの入力と出力等について実施した．整備したプログラムは次年度以降のハザード予測システムへ実装する.

〇ハザード評価システム

１）噴石シミュレーション機能追加

防災科研で整備している火山リスクマネジメントシステムにおいて，これまで実施してきた溶岩流シミュレーション・噴煙シミュレーションに加え，噴石シミュレーションの評価機能を追加した．火山ハザードのデータに噴石シミュレーション BALLISTA の出力データ(以下，噴石シミュレーションデータという)を用いる．暴露度・脆弱性のデータとして，課題 D3 より提供された富士山チャレンジ[6]による登山者のビーコンから取得した人流位置情報データを用いた.

具体的に開発する機能としては，噴石シミュレーションデータと人流位置データの RDBMS を構築し，交差判定により，高速で噴石災害評価を行い，その結果を地図に重畳表示できる機能を開発した．噴石シミュレーションでは富士山頂の 2 か所から噴出した噴石が地表への落下地点や絵衝突エネルギーを計算し，時間とともに変化する登山者の位置とのマッチングにより各登山客の被害の有無について 10m メッシュで算出するものである（図２５）．

２）ハザード評価システムの基本設計

各ハザードシミュレーションを統合的に扱うとともに，観測による入力データ，対策情報の提供を含めたハザード評価システムの基本設計を実施した．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化について，フローを検討した（図２６－２９）．次年度以降本基本設計に基づき，実装を進める予定である．

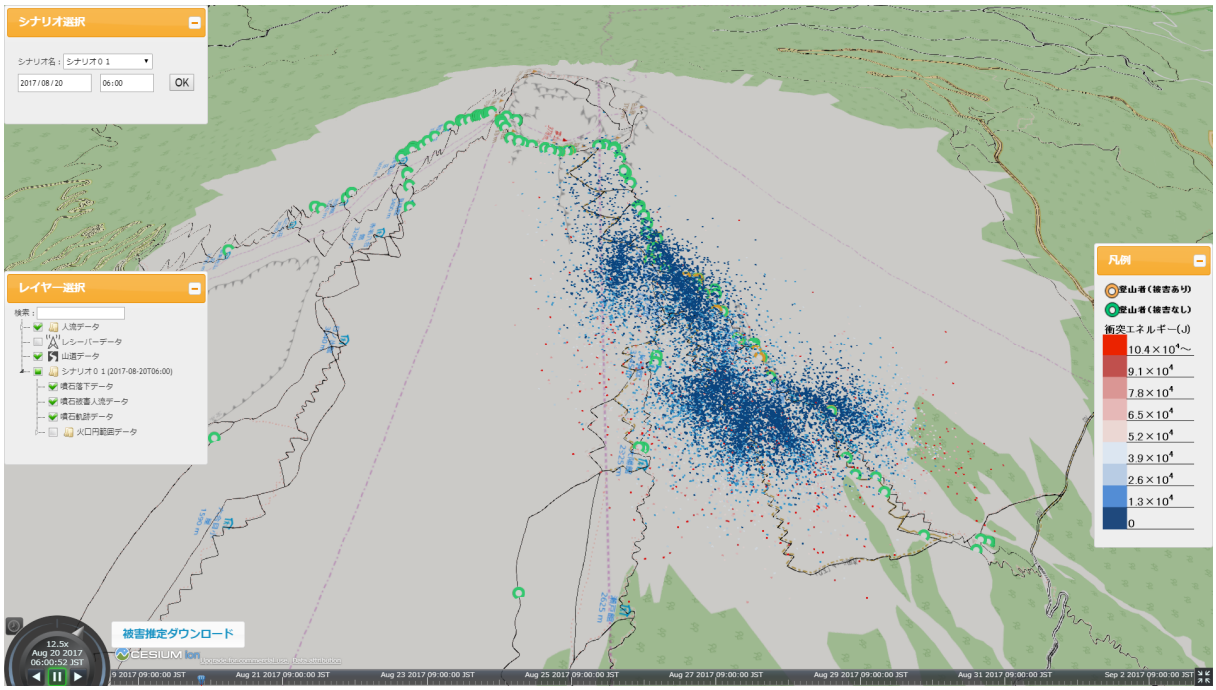


図２５　富士山における Ballista による仮想噴石シミュレーションデータと富士山チャレンジ[6)]（課題 D3 から提供）による登山者の人流データとの重ね合わせによるリスク評価事例．
緑色が各登山者を示し，落下した噴石と同じメッシュ内にいる登山者を黄色い円で示す．青～赤の点が個々の噴石の落下地点を示す．

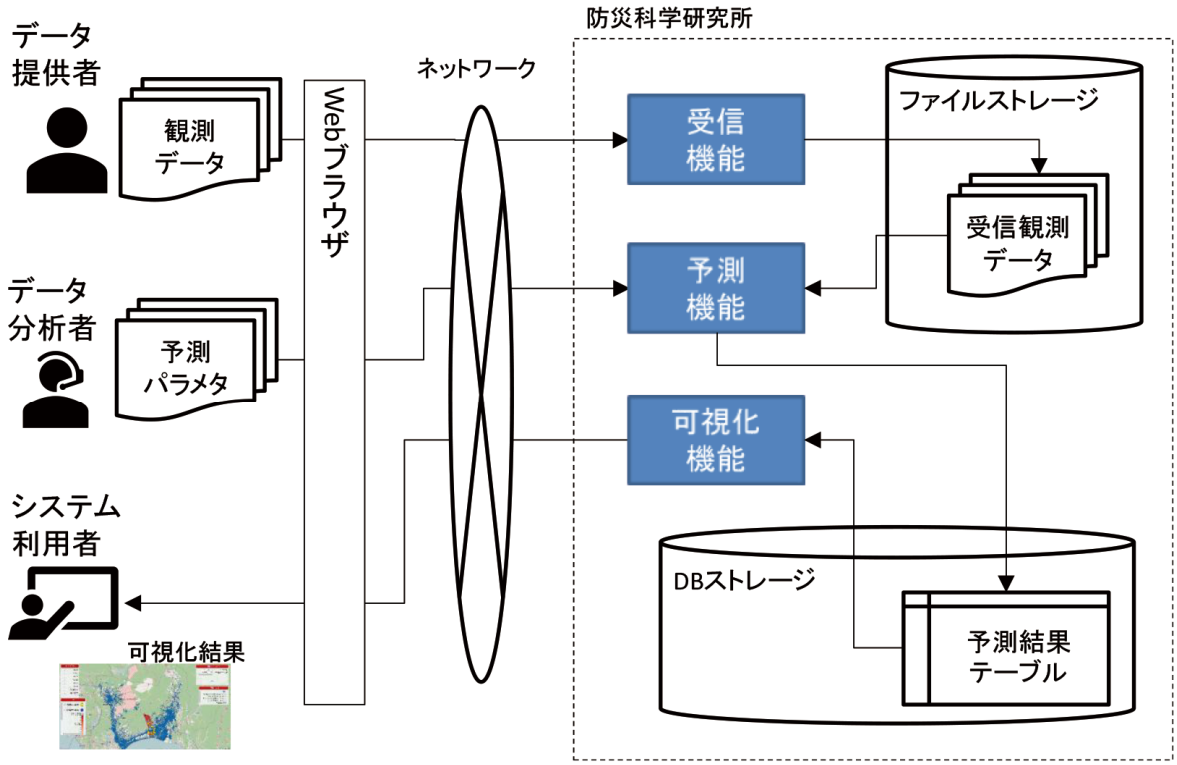


図２６　ハザード評価システムの基本フロー

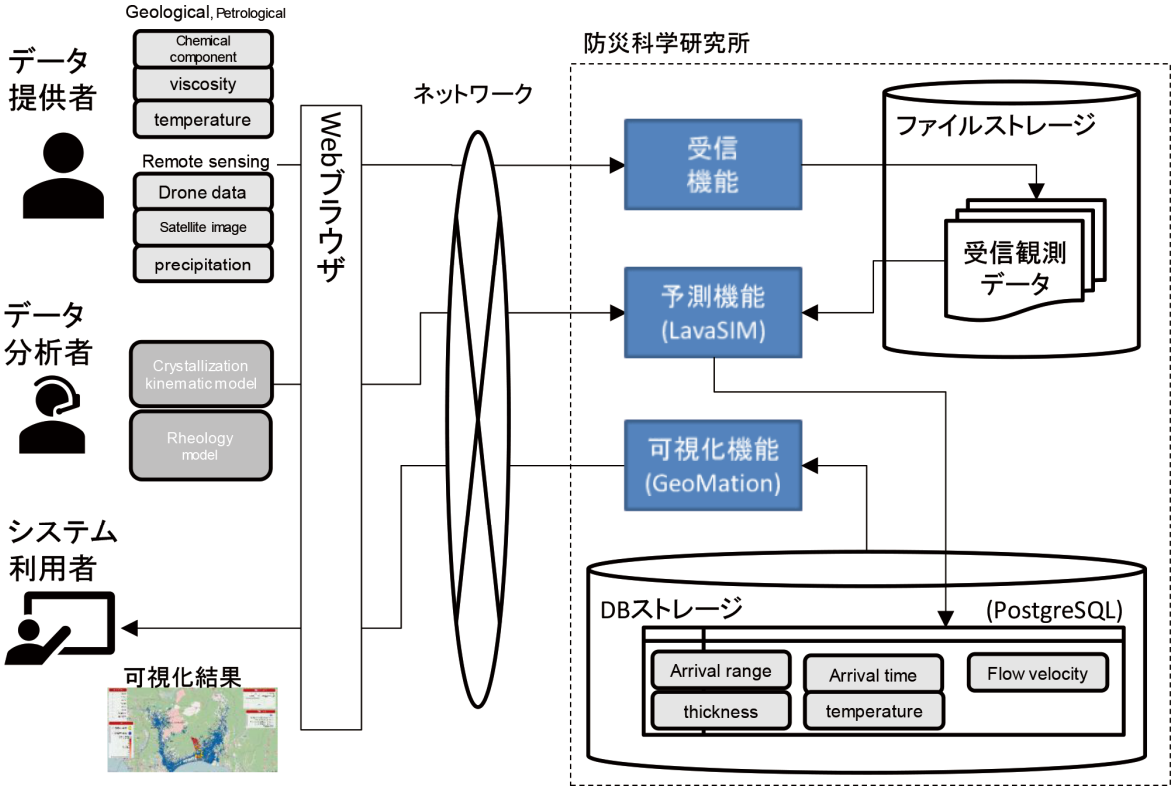


図２７　ハザード評価システム（溶岩流）のフロー

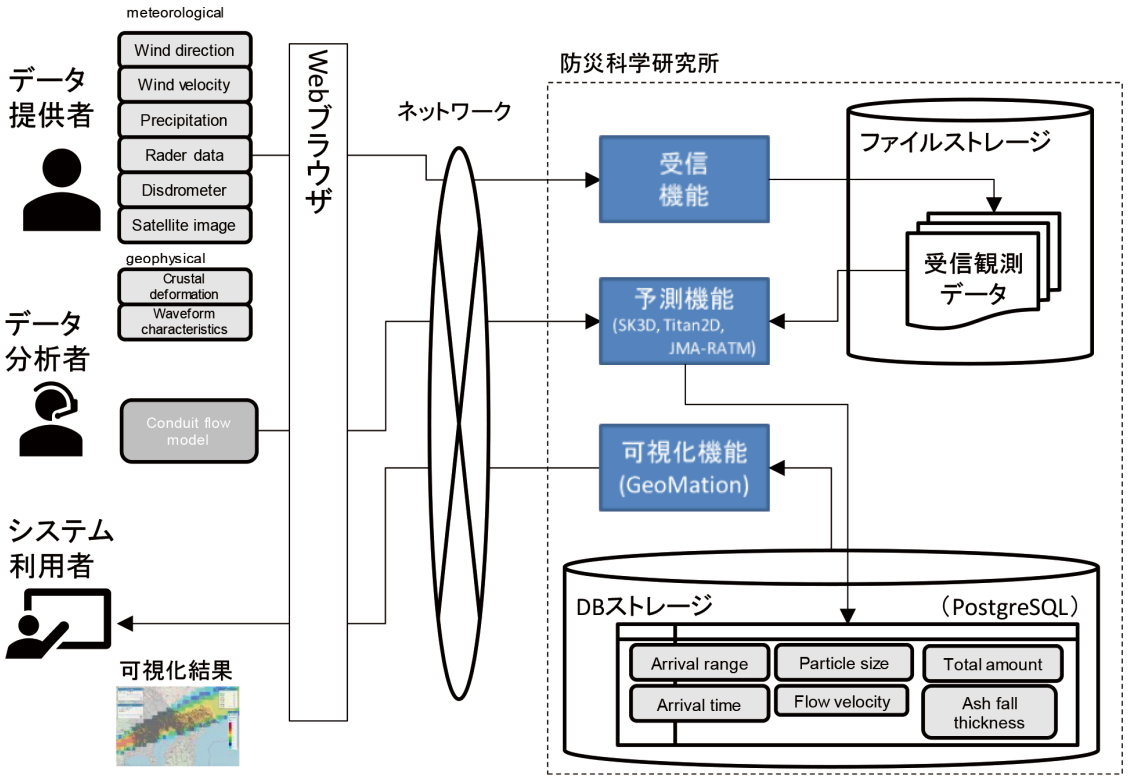


図２８　ハザード評価システム（噴煙・降灰）のフロー

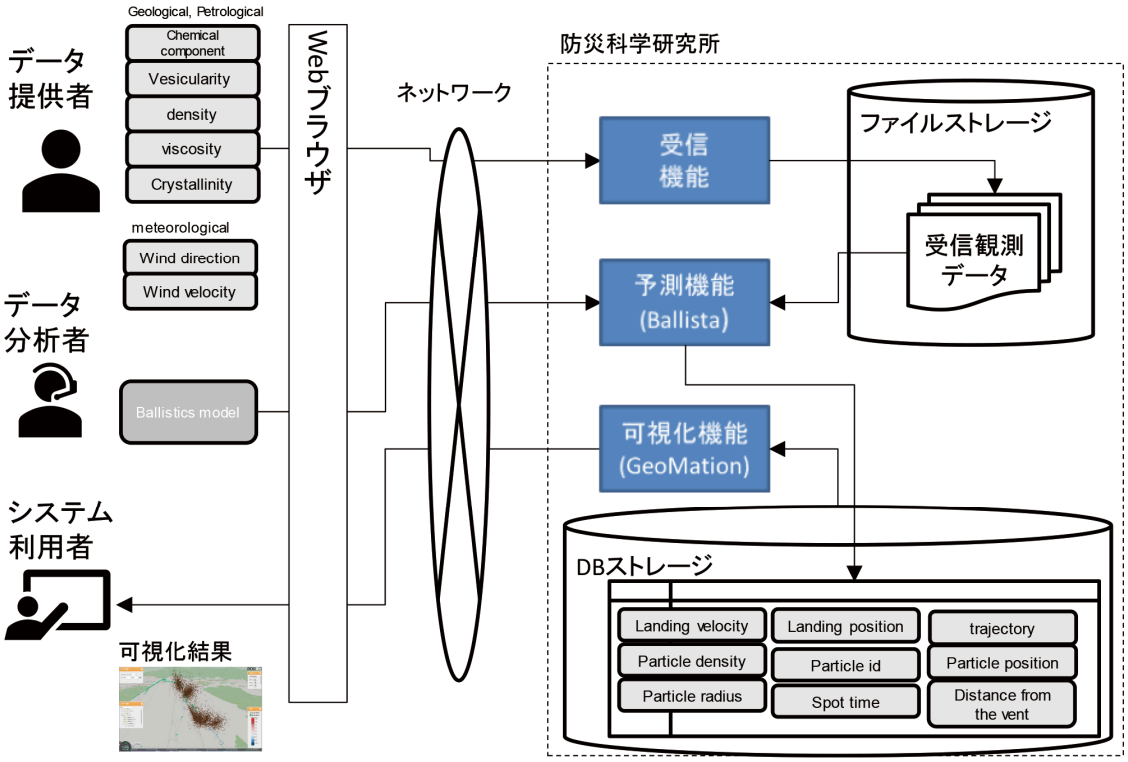


図２９　ハザード評価システム（噴石）のフロー

(c) 結論ならびに今後の課題

事業開始の３年目に入り，各テーマにおいて要素技術の開発が進むとともに，ハザード評価システムの設計に着手した．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実施し，マグマの物性による感度解析が実現されるとともに，実際の観測値との比較を行うことが可能となった.今後さらに課題 C1･C2 との連携を深める．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，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が進んだ．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，噴煙シミュレーションと噴煙柱ダイナミクスの連携の方向性が定まるとともに，降灰が開始する場所の時空間分布が明らかになるなど，高度な降灰・堆積評価を行う基礎理論が構築された．また，噴石シミュレーションと登山者の人流データと連携によるリスク評価のシステムが構築されるとともに，各種ハザードを評価するシステムの検討についても，順調に進捗した．

今後，地下におけるマグマ移動と地表でのハザード評価のため，各種パラメータの連携性を明確にし，システム化することが課題である．

(d) 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) 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.

5) 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.

6) Tanaka, Y., Fukuzaki, A., Yasunaga, R. Hatanaka, M., Yoshimoto, M., Honda, R., Efforts of hiker safety measures utilizing IoT in Mt. Fuji, S02.04, Cities on Volcanoes 10, 2018.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表した時期	国内・外の別
Aika K Kurokawa, Hidemi Ishibashi, Takahiro Miwa, and Futoshi Nanayama	Rheological behavior of water-ash mixtures from Sakurajima and Ontake volcanoes: implications for lahar flow dynamics (論文)	Bulletin of Volcanology, 80:50	2018 年 6 月	国外
Takehiro Koyaguchi and Yujiro J. Suzuki	The condition of eruption column collapse: Part 1. A reference model based on analytical solutions. (論文)	Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123, 7461-7482	2018 年 7 月	国外
Takehiro Koyaguchi, Yujiro J. Suzuki, Kai Takeda, and Satoshi Inagawa	The condition of eruption column collapse: Part 2. Three-dimensional numerical simulations of eruption column dynamics. (論文)	Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123, 7483-7508	2018 年 7 月	国外
鈴木雄治郎	火山の巨大噴火シミュレーション(論文)	Annual Report of the Earth Simulator	2018 年 10 月	国内
Rebecca Coats, Jackie E Kendrick, Paul A Wallace, Takahiro Miwa, Adrian J Hornby, James D Ashworth, Takeshi	Failure criteria for porous dome rocks and lavas: a study of Mt. Unzen, Japan (論文)	Solid Earth, 9, 1299-1328	2018 年 11 月	国外

Matsushima, Yan Lavallée				
Kensuke Ishii	Estimation of emission mass from an eruption plume for the Aso volcano eruption, on October 8, 2016, using a four-dimensional variational method （論文）	Earth, Planets and Space, 70:202	2018年12月	国外
Yujiro J. Suzuki, and Masato Iguchi	Numerical simulations of short-term eruption clouds（口頭）	European Geosciences Union General Assembly 2018, Vienna	2018年4月12日	国外
Takahiro Miwa, Yu Iriyama, Masashi Nagai, and Futoshi Nanayama	Change of falling dynamics of ash particles during transient eruption revealed by high speed camera imaging and grain size analysis（口頭）	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018年5月21日	国内
Tomofumi Kozono and Takehiro Koyaguchi	Effects of conduit pressurization during eruption transition on crustal deformation, S-VC39, （招待講演）（口頭）	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018年5月24日	国内
志水宏行・小屋口剛博・鈴木雄治郎	二層浅水波モデルに基づく火砕流ダイナミクスの数値的研究：流れの形態と堆積構造の変化(口頭)	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018年5月24日	国内
中村仁美・鈴木雄治郎・入山宙・中尾篤史・岩森光	島弧における火成活動・火山噴火プロセスの統合的理解に向けて(口頭)	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018年5月24日	国内
鈴木雄治郎・小屋口剛博	火砕降下物と噴煙ダイナミクスのカップリング計算：ピナツボ１９９１年噴火シミュレーション(口頭)	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018年5月24日	国内
Takahiro Miwa, Nobuo Geshi,	VOLCAT (Visual Observation Laboratory for Capturing Ash Transition) for automatic	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018年9月4日	国外

Jun-ichi Ito, and Toshikazu Tanada.	remote imaging of volcanic ash particle（口頭）			
嶋野岳人，鈴木由希，前野深，安田敦，三輪学央，長井雅史，中田節也	霧島火山新燃岳 2018 年 3 月の火山灰測色値変化について（口頭）	日本火山学会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
三輪学央，下司信夫	結晶破断から始まる低粘性マグマの破砕（口頭）	日本火山学会，秋田	2018 年 9 月 28 日	国内
小園誠史，井口正人，三輪学央，眞木雅之，前坂 剛，味喜大介	桜島噴火における火山灰降下過程の特徴：光学的ディスドロメータによる長期連続観測（口頭）	日本火山学会，秋田	2018 年 9 月 28 日	国内
入山宙・山本哲生・鈴木雄治郎・寅丸敦志	定常速度場における火山噴出物の 2 次元輸送堆積理論（口頭）	地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」	2019 年 3 月 7 日	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とマグマ供給率:二層重力流モデルの数値シミュレーション(口頭)	地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」	2019 年 3 月 7 日	国内
Aika K.Kurokawa, Takahiro Miwa, and Hidemi Ishibashi	Rheological changes of aphyric basaltic magma based on laboratory experiments of 1986 Izu-Oshima lava（ポスター）	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 20 日	国内
川口亮平，奥山哲，木村一洋	草津白根山の 2018 年噴火に伴い GNSS 観測点で捉えられた地殻変動（ポスター）	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 22 日	国内
石川歩，西村太志，青山裕，川口亮平，藤田英輔，三輪学	ストロンボリ火山の山頂小爆発活動 に伴う傾斜変動（ポスター）	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 23 日	国内

央，山田大志，Maurizio Ripepe，Riccardo Genco				
及川輝樹、前野深、宮縁育夫、長井雅史、嶋野岳人、古川竜太、成尾英仁、中田節也、池永有弥、三輪学央、入山宙、中野　俊、石塚吉浩、田島靖久	霧島火山新燃岳 2017 年噴火の降灰量（ポスター）	JpGU Meeting 2018，幕張	2018 年 5 月 23 日	国内
種田凌也，石橋秀巳，三輪学央，外西奈津美，安田敦	伊豆大島火山 1986 年噴火の斜長石中のメルト包有物：プレ噴火プロセスへの示唆（ポスター）	JpGU Meeting 2018，幕張	2018 年 5 月 24 日	国内
Ryohei Kawaguchi, Satoshi Okuyama, Kazuhiro Kimura	Local ground deformation observed with the 2018 eruption at Kusatsu-Shirane volcano（ポスター）	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 3 日	国外
Yu Iriyama, Takahiro Miwa, Masashi Nagai, and Tomohiro Kubo	In situ observation of falling ash by using PARSIVEL disdrometer during the 2018 eruptions at Shinmoe-dake volcano, Japan（ポスター）	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 4 日	国外
Eiichi Sato, Keiichi Fukui, Toshiki	Utilization of weather radar data to volcanic hazard prediction system（ポスター）	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 4 日	国外

Shimbori, Kensuke Ishii, Tetsuo Tokumoto, Yu Iriyama, and Eisuke Fujita				
Kensuke Ishii, Toshiki Shimbori, Eiichi Sato, Tetsuo Tokumoto, Akihiro Hashimoto	Volcanic Ash Data Assimilation System for Atmospheric Transport Models（ポスター）	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018年9月4日	国外
Yujiro J. Suzuki, and Susanna Jenkins	Numerical simulations of eruption clouds for assessing volcanic hazard to cities in Japan（ポスター）	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018年9月2日～7日	国外
久保智弘，宮城洋介，三輪学央，入山宙，長井雅史	室内試験によるSPCとPARSIVEL2の降灰粒度計測の比較（ポスター）	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内
及川輝樹，長井雅史，中田節也，宮縁育夫，田島靖久，嶋野岳人，川辺禎久，伊藤順一，石塚 治，前野 深，三輪学央，入山宙，長谷中利昭，川口允孝	霧島火山新燃岳2018年噴火のテフラ量（その1）（ポスター）	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内
新堀敏基，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	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内

入山宙，石井憲介，佐藤英一，徳本哲男，山本哲也	課題（その２）数値シミュレーションによる降灰確率の試算（ポスター）			
入山 宙，藤田英輔，三輪学央，長井雅史，久保智弘	PARSIVEL2 で観測した霧島山新燃岳 2018 年噴火の降下火山灰（ポスター）	日本火山学会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
藤田英輔	桜島における単色火山性微動（2017 年８月）	JpGU Meeting 2018，幕張	2018 年 5 月 22 日	国内
Eisuke FUJITA, Toshiki SHIMBORI, Yu IRIYAMA, Eiichi SATO , Kensuke ISHII	Quantitative evaluation of ashfall damage around Tokyo Metropolitan area based on the combination between numerical simulation and infrastructure database	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 3 日	国外

(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

名称	機能
噴石に対する時空間データ検索システム	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-RATM 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) 平成 31（令和元）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，「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℃)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．

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に代えて，開発技術実装に向けた実地の場となる緊急観測を実施することあるいは緊急観測に協力することを可能とする．

４．活動報告

４．１　会議録

（１）課題 C-3　研究集会

１．日時：平成 30 年 5 月 28 日（月）　13:00-17:30

２．場所：防災科学技術研究所

３．議事：議題１　一元化システム統合情報ツールでのコンテンツ提供に向けた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の具体的な内容に関する検討

議題２　各システムの完成に向けたマイルストーンの設定

（２）課題 C-2　研究集会

１．日時：平成 30 年 10 月 27 日（土）13：00－18：20

平成 30 年 10 月 28 日（日）9：00－12：35

平成 30 年 10 月 29 日（月）8：00－17：00

２．場所：東京大学地震研究所および浅間山

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

議題３　浅間山現地討論会

（３）課題 C-1　研究集会

１．日時：平成 30 年 12 月 21 日（金）　14：00-17：30

２．場所：東京大学地震研究所

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

（４）課題 C-3　研究集会

１．日時：平成 30 年 12 月 21 日(金)　13：30-17：00

２．場所：防災科学技術研究所東京会議室

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

（５）課題 C 全体研究集会

１．日時：平成 30 年 12 月 22 日（土）　10：00-18：00

２．場所：東京大学地震研究所

３．議事：議題１　課題 C の概要説明

議題２　各サブテーマでのトピックの紹介

議題３　サブテーマ連携についての総合討論

議題４　その他

（６）次世代火山研究推進事業 H30 年度研究集会

１．日時：平成 31 年 3 月 25 日（月）13：00−17：00

２．場所：フクラシア八重洲

３．議事：議題１　各課題からのデータ提供・研究提案

　　議題２　一元化データを活用した研究についての提案

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・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所	発表時期	国際・国内の別
Pre-eruptive magmatic processes leading to Aso-4 caldera-forming eruption	T. Hasenaka, K. Shiihara, A. Yasuda, N. Hokanishi, Y. Mori	SVC39-03, JpGU	2018	国内
Rheological changes of aphyric basaltic magma based on laboratory experiments of 1986 Izu-Oshima lava	A. K. Kurokawa, H. Ishibashi, T. Miwa	SCG63-P11, JpGU	2018	国内
An EBSD study of plagioclase glomerocrysts in Aokigahara lava flow from Fuji volcano, Japan: Implication for their formation process	Y. Nakajima, H. Ishibashi, Y. Kakihata, N. Hokanishi, K. Michibayashi, A. Yasuda	SVC39-06, JpGU	2018	国内
Temporal changes of magmas that caused lava dome forming eruptions in Haruna volcano in past 45,000 years	Y. Suzuki, Y. Toeda, S. Kimura, R. Tanaka	SVC39-P06, JpGU	2018	国内
Magma plumbing system in the Yufune-2 scoria eruption, Fuji volcano-Constraints from	Y. Suzuki, K. Taguchi, A. Yasuda	SVC39-05, JpGU	2018	国内

MELTS calculations and water contents in melt inclusions-				
Hydrous magma differentiation in deep crust recorded in melt inclusions in hornblende-bearing cumulate xenoliths from Ichinomegata Maar, NE Japan	Y. Yanagida, M. Nakamura, A. Yasuda, T. Kuritani, M. Nakagawa, T. Yoshida	SVC39-P02, JpGU	2018	国内
Pre-eruptive magmatic process of silicic monogenetic volcano inferred from amphibole phenocrysts: A case study of Izu-Kawagodaira volcano	Y. Suwa, H. Ishibashi, N. Hokanishi, A. Yasuda	SVC39-P04, JpGU	2018	国内
Very shallow magma storage depths at Sakurajima Volcano revealed from melt inclusions and plagioclase-melt hygrometer	N. Araya, M. Nakamura, S. Okumura, A. Yasuda, D. Miki, M. Iguchi, N. Geshi	SVC39-P09, JpGU	2018	国内
Plagioclase-hosted melt inclusions of the 1986 eruption at Izu-Oshima volcano, Japan: Implication for pre-eruptive process	R. Oida, H. Ishibashi, T. Miwa, N. Hokanishi, A. Yasuda	SVC39-P08, JpGU	2018	国内
Pre-eruptive process of the 1991-1995 eruption at Unzen volcano, Japan: constraints from amphibole phenocrysts	K Iwahashi, H. Ishibashi, N. Hokanishi, A. Yasuda	SVC39-P13, JpGU	2018	国内
Chemical evolution of magma at Fuji volcano constrained from	C. Harada, T. Iizuka, M. Hamada, A. Yasuda, M.	SVC44-P03, JpGU	2018	国内

geochemistry of the 1707 Hoei eruption	Yoshimoto			
立野地域に分布する先阿蘇火山岩類の地質と岩石	十川 翔太・長谷中 利昭・鳥井 真之・森 康	SVC43-06, JpGU	2018	国内
Petrological characteristics of Janoo products, a Holocene scoria cone, precursory to the 4-3.3 ka basaltic events in the NW part of Aso central cones, Kyushu	F. Brouillet, T. Hasenaka, M. Kawaguchi, T. Nishiyama	SVC39-P05, JpGU	2018	国内
Reconstruction of stratigraphy and time-series variation in composition of ejecta of the An ' ei eruption, Izu-Oshima	Y. Ikenaga, F. Maeno, A. Yasuda	SVC41-28, JpGU	2018	国内
Spectroscopic colorimetry of volcanic ash particles for estimating ash componentry and eruption styles	T. Shimano, A. Yasuda	SVC41-30, JpGU	2018	国内
Magmatic conditions prior to the 2000 eruption of Usu volcano, Japan	S. Ohnishi, A. Tomiya	SVC39-P11, JpGU	2018	国内
南阿蘇村立野地域の先阿蘇火山岩類:構成物から推定した火山活動の特徴	長谷中利昭・鳥井真之・十川翔太・佐藤源之	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-1), 2-42	2018	国内
南阿蘇村河陽地区における2016 年熊本地震とテフラ層との関係	鳥井真之・北園芳人・長谷中利昭・奥野充・遠田晋次・西山賢一・横田修一郎	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-1), 2-09	2018	国内
テフラ層序にもとづく阿蘇カルデラの活断層と斜面崩壊の編年:熊本地震を例として	鳥井真之・長谷中利昭・永石良太・遠田晋次・奥野充	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-1), 1-34	2018	国内
阿蘇・後カルデラ期の約 5 万年前のカンラン石に富む降下スコリア 層中の鉱物・	永石良太・長谷中利昭・鳥井真之・川口允孝・安田敦・外西奈津	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-1), 1-35	2018	国内

メルト包有物化学組成	美			
南阿蘇 村立野地域の先阿蘇火山岩類:カルデラ期以降の阿蘇火山噴出物の化学組成との比較	十川翔太・長谷中利昭・鳥井真之・森 康	国際火山噴火史情報研究集会(2018-1), 2-43	2018	国内
Spectroscopic colorimetry of volcanic ash for monitoring and reconstructing eruption style	T. Shimano, A. Yasuda, S. Nakada, M. Iguchi	Cities on Volcanoes, Napoli, Italy	2018年9月2-7日	国際
霧島火山新燃岳2018年3月の火山灰測色値変化について	嶋野岳人・鈴木由希・前野　深・安田　敦・三輪学央・長井雅史・中田節也	火山学会2018年秋季大会	2018	国内
角閃石-斜長石共存関係から探る流紋岩質単成火山のマグマだまりプロセス:伊豆カワゴ平火山の例	諏訪由起子・石橋秀巳・外西奈津美・安田敦	火山学会2018年秋季大会	2018	国内
苦鉄質マグマの噴火様式に及ぼす温度の影響:伊豆大島1986年噴火の例	石橋秀巳・種田凌也・安田　敦・外西奈津美	火山学会2018年秋季大会	2018	国内
斑晶鉱物から読み解く富士火山宝永噴火のマグマ進化及び噴火過程	原田智代・飯塚　毅・清水健二・牛久保孝行・浜田盛久・吉本充宏・安田　敦	火山学会2018年秋季大会	2018	国内
新富士火山のテフラ対比用データベースの構築について	安田　敦・田島靖久・嶋野岳人・金子隆之・吉本充宏・西澤文勝・藤井敏嗣	火山学会2018年秋季大会	2018	国内
南阿蘇村立野地区の先阿蘇火山岩類:阿蘇大橋崩落の地質学的要因	長谷中利昭・十川翔太鳥井真之・佐藤源之	火山学会2018年秋季大会	2018	国内
霧島火山，2018年新燃岳噴火のEAI法による火山灰堆積量	田島靖久・中田節也・長井雅史・長谷中利昭・川口允孝・宮縁育夫・前野深・及川輝樹	火山学会2018年秋季大会、P029	2018	国内
Disequilibrium features found among Janoo scoria, Akamizu lava and ACP1	F. Brouillet・長谷中利昭・川口允孝・西山忠男	火山学会2018年秋季大会, P071	2018	国内

tephra, precursory event of Holocene basaltic volcanism of Aso Volcano, SW Japan				
角閃石斑晶・クリスタルクロットを用いた雲仙平成噴火のプレ噴火過程の制約	岩橋くるみ・安田敦・石橋秀巳・外西奈津美	火山学会 2018 年秋季大会	2018	国内
霧島火山，新燃岳 2018 年噴火噴出物の岩石学的特徴	川口允孝・長谷中利昭・田島靖久・安田敦・外西奈津美	火山学会 2018 年秋季大会，P070	2018	国内
阿蘇後カルデラ期約 5 万年前のカンラン石に富む降下スコリア中の鉱物・メルト包有物組成	永石良太・川口允孝・長谷中利昭・鳥井真之・安田　敦・外西奈津美	火山学会 2018 年秋季大会, P072	2018	国内
斜長石の組織・化学組成に及ぼす冷却速度の影響：玄武岩質メルトの動的冷却結晶化実験	種田凌也・石橋秀巳・外西奈津美・安田　敦	火山学会 2018 年秋季大会	2018	国内
伊豆大島安永噴火における層序の細分化と噴火推移の再検討	池永有弥・前野　深・安田　敦	火山学会 2018 年秋季大会	2018	国内
箱根火山 60ka カルデラ形成噴火に伴う火砕流の噴火準備過程	辻原諒・小木曽哲・佐野貴司・石橋秀巳	火山学会 2018 年秋季大会	2018	国内
有珠火山 2000 年噴火の噴火準備過程	大西里佳・東宮昭彦	火山学会 2018 年秋季大会	2018	国内
Aso4 珪長質マグマ中の角閃石-ホストメルト間非平衡	石橋秀巳・諏訪由起子・三好雅也・安田敦・外西奈津美	日本鉱物科学会	2018	国内
先阿蘇火山岩類の岩石と年代：カルデラ期への移行は何が要因となったか	長谷中利昭・鳥井真之・十川翔太	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-2), 1-02	2018	国内
南阿蘇村立野に分布する先阿蘇火山岩類の鉱物化学組成	十川翔太・長谷中利昭・鳥井真之・森康	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-2), 1-01	2018	国内
阿蘇中央火口丘軽石(ACP1 - 4) 組成の時間変化	永石良太・長谷中利昭・鳥井真之・安田敦・外西奈津美	国際火山噴火史情報研究集会 (2018-2), 1-03	2018	国内
メルト含有物からみた阿蘇	川口允孝・長谷中利	国際火山噴火史	2018	国内

火山玄武岩質マグマの噴火準備過程と揮発性成分含有量	昭・安田敦・外西奈津美・森康	情報研究集会(2018-2), 1-04		
揮発性成分定量による活火山爆発力ポテンシャル評価とマグマ溜まり深度の再決定	安田敦・嶋野岳人	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画火山部会	2019年2月28日	国内

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

発表成果（発表題目，口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会名等）	発表時期	国際・国内の別
Eruptive products from hydrothermal systems beneath active volcanoes（ポスター発表）	Tsukasa Ohba, Keita Ito, Takumi Imura, and Yusuke Minami	EGU General Assembly 2018, 13 April, Vienna, Austria	2018年4月13日	国際
Altered ash particles mineralogy from Mt. Tangkuban Parahu volcanic products, Indonesia: constraint on the sub-volcanic hydrothermal system（ポスター発表）	Syahreza Angkasa, Tsukasa Ohba, Mirzam Abdurachman, Iwan Setiawan, and Mega Rosana	EGU General Assembly 2018	2018年4月13日	国際
ポップコーン爆発実験－突発的な水蒸気噴火のための防災教育用素材－（口頭発表）	林信太郎	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月20日	国内
雌阿寒岳, 阿寒富士のマグマ供給システム（ポスター発表）	佐藤鋭一・和田恵治	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月20日	国内
雌阿寒岳，最近1000年間の噴火履歴とマグマ供給系（ポスター発表）	和田恵治・佐藤鋭一・石塚吉浩	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月20日	国内
北海道東部, 摩周火山東麓の	岸本博志・長谷川健・	日本地球惑星科	2018年	国内

ボーリングコア記載とその特徴（ポスター発表）	中川光弘	学連合 2018 年大会，千葉	5 月 20 日	
鬼界カルデラ形成噴火における時間間隙：古地磁気方位と地磁気永年変化からの推定（口頭発表）	長谷川健・望月伸竜・大岩根尚	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
蔵王火山・五色岳南部火砕岩類について（口頭発表）	西勇樹・伴雅雄・及川輝樹・山﨑誠子	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
蔵王火山、熊野岳山頂溶岩及び火砕岩類における噴火史とマグマ組成変化（ポスター発表）	伊藤直人・伴雅雄	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
鬼界カルデラにおける 7.3 ka 超巨大噴火のクライマックスに至るまでの時間スケール（口頭発表）	前野深	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
トレンチ調査からみた日光白根山 6 世紀以降の噴出物（ポスター発表）	草野有紀・石塚吉浩	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
頻発する水蒸気噴火（口頭発表）	及川輝樹	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
High resolution stratigraphy of pyroclastic fall deposits of Asama-Maekake volcano since 10ka based on trenching and 14C datings -1- ： Result of trenching and tephra-stratigraphy, Japan（口頭発表）	安井真也・高橋正樹・金丸龍夫	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内
High resolution stratigraphy of pyroclastic fall deposits of Asama-Maekake volcano since 10ka based on trenching and 14C dating: 2 Eruptive history and type	高橋正樹・安井真也・金丸龍夫	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 20 日	国内

of pumice eruption （口頭発表）				
Generation of mixed calc-alkaline andesite: A case study at Rishiri volcano, Northern Hokkaido（口頭発表）	H. Taniuchi, T. Kuritani, M. Nakagawa	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月21日	国際
支笏カルデラ噴火堆積物の古地磁気学的測定:大規模噴火堆積物の時間間隙の推定へ向けて（口頭発表）	望月伸竜・長谷川健・中川光弘	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月21日	国内
Generation condition of primary magmas in the Hidaka metamorphic belt constrained by the Nikanbetsu gabbro complex（ポスター発表）	S. Tanoue, K. Ozawa, T. Iizuka, T. Kuritani, M. Nakagawa	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月21日	国際
下部地殻マグマプロセス:東北日本第四紀フロント火山の同位体組成からの検討(口頭発表)	伴雅雄・木村純一・高橋俊郎・鵜沢由香・大場司・藤縄明彦・林信太郎・吉田武義・宮崎隆・Chan Qing・仙田量子・Vaglarov Bogdan・巽好幸	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月21日	国内
インドネシア・スメル火山の噴火履歴と事象系統樹(口頭発表)	前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・Zaennudin, A.・Oktory, P.	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月21日	国内
薩摩硫黄島での火山体掘削調査：鬼界アカホヤ噴火(K-Ah 噴火)の噴火準備過程解明を目指して（口頭発表）	中川光弘・前野深・松本亜希子	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月22日	国内
伊豆大島安永噴火における層序の再構築と噴出物組成の時系列変化（口頭発表）	池永有弥・前野 深・安田敦	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月22日	国内
伊豆弧、新島火山における流紋岩類のマグマの生成と分化過程に関する岩石学的、地球化学的研究（ポスター発	荒川洋二・遠藤大介・池端慶・大鹿淳也・新村太郎	日本地球惑星科学連合2018年大会，千葉	2018年5月23日	国内

表）				
ニュース映像から推定した本白根噴火のエネルギー量（ポスター発表）	大場司	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日	国内
伊豆大島火山の近年のマグマ供給系（ポスター発表）	栗谷豪・山口梓・福光さゆき・中川光弘・松本亜希子・横山哲也	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日	国内
野付崎バリアースピッツの現行過程から読み解く過去と未来（口頭発表）	七山太・渡辺和明・重野聖之・石井正之・長谷川健・内田康人・石渡一人	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日	国内
霧島火山新燃岳 2017 年噴火の降灰量（ポスター発表）	及川輝樹・前野深・宮縁育夫・長井雅史・嶋野岳人・古川竜太・成尾英仁・中田節也・池永有弥・三輪学央・入山宙・中野俊・石塚吉浩・田島靖久	日本地球惑星科学連合 2018 年大会，千葉	2018 年 5 月 23 日	国内
Hydrous magma differentiation in deep crust recorded in melt inclusions in hornblende-bearing cumulate xenoliths from Ichinomegata Maar, NE Japan（ポスター発表）	Y. Yanagida, M. Nakamura, A. Yasuda, T. Kuritani, M. Nakagawa, T. Yoshida	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018 年 5 月 24 日	国際
Petrological monitoring of the eruptive activity since AD 2006 of Sakurajima volcano, Japan	M. Nakagawa, A. Matsumoto, M. Iguchi	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018 年 5 月 24 日	国際
Preeruptive magmatic process inferred from compositional zoning of pyroxenes: In the case of Sakurajima volcano, Japan（ポスター発表）	A. Matsumoto, M. Nakagawa, M. Amma-Miyasaka, M. Iguchi	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018 年 5 月 24 日	国際
Pre-eruptive processes of Goshikidake pyroclastic rocks unit 4-5 deposits, Zao	Sato, M. and Ban, M.	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018 年 5 月 24 日	国際

volcano, Japan: Zoning profiles of orthopyroxene phenocrysts（ポスター発表）				
Paleomagnetic directions of 3-5 ka basaltic volcanoes in the Aso central cone, Kyushu Japan: Further extension of the paleosecular variation curve（口頭発表）	Shibuya, H., Haruta, A., Mochizuki, N. and Miyabuchi, Y.	JpGU-AGU Joint Meeting 2018, Chiba	2018年5月24日	国際
Eruption dynamics recorded in Cl distribution in glassy lava（口頭発表）	S. Yoshimura	Earthquake Research Institute, University of Tokyo Joint Usage Workshop International Workshop on Pre-eruptive Magmatic Processes, Tokyo	2018年5月30日	国際
Spatiotemporal variations of geochemical characteristics of volcanic rocks from Aso volcano, SW Japan: different magma systems within a caldera（ポスター発表）	Shinmura, T., Arakawa, Y.	AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii	2018年6月3日～6月8日	国際
Magnetic Petrological Record of Magma Mixing for the Tenmei Eruption of Asama - Maekake Volcano, Japan（ポスター発表）	Tatsuo Kanamaru, Kuniyuki Furukawa	AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii	2018年6月7日	国際
Magma plumbing system from BC466 to present in Chokai volcano, NE Japan（口頭発表）	Ban, M., Takahashi, T., Sato, T., Hayashi, S., Ohba, T., Shinjo, R. and Nishi, Y.	AOGS 15th Annual Meeting, Hawaii	2018年6月8日	国際
Post-caldera tephrostratigraphic	Miyabuchi, Y.	INTAV International	2018年6月27	国際

framework of Aso Volcano, southwestern Japan（ポスター発表）		Field Conference on Tephrochronology “Tephra Hunt in Transylvania”	日	
Origin of a transition zone-derived mantle plume at Changbai volcano（ポスター発表）	T. Kuritani, Q. Xia, J. Liu, D. Zhao, M. Nakagawa	Goldschmidt 2018 (Boston)	2018年8月16日	国際
Generation of calc-alkaline magma controlled by water content of primary magma at Rishiri Volcano, southern Kuril arc（口頭発表）	H. Taniuchi, T. Kuritani, M. Nakagawa	10th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes (JKASP-2018), Petropavlovsl-Kamchatsky	2018年8月23日	国際
Petrology of Late Miocene to Early Pleistocene volcanic rocks in Takikawa district, Central Hokkaido: Temporal and spatial variation of magma at Kuril- NE JAPAN arc-arc junction（ポスター発表）	R. Enoeda, M. Nakagawa	10th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes (JKASP-2018), Petropavlovsl-Kamchatsky	2018年8月23日	国際
栃木県, 高原火山におけるカルデラ形成期初期噴出物の年代（ポスター発表）	西野佑紀・伊藤久敏・長谷川健・菊地瑛彦	日本第四紀学会2018年大会，東京	2018年8月25日	国内
A time-scale leading to the climactic pyroclastic flow phase in the 7.3 ka caldera-forming eruption at Kikai caldera, Japan（ポスター発表）	Maeno, F.	Cities on Volcanoes 10, Naples	2018年9月3日	国際
Reconstruction of stratigraphy and time-series variation in	Ikenaga, Y., Maeno, F., and Yasuda, A.	Cities on Volcanoes 10, Naples	2018年9月3日	国際

composition of ejecta of the An'ei eruption, Izu-Oshima（ポスター発表）				
Eruption history and event tree of Semeru volcano, Indonesia（ポスター発表）	Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, Zaennudin, A. and Oktory, P.	Cities on Volcanoes 10, Naples	2018年9月4日	国際
岩石磁気学的手法を用いた活断層評価の試み（ポスター発表）	金丸龍夫・竹内真司・安江健一・廣内大助	日本地質学会大125年学術大会	2018年9月6日	国内
Eruption history and magma systems of Nyos volcano, northwestern Cameroon（ポスター発表）	Hasegawa, T., Miyabuchi, Y., Kobayashi, T., Aka, F.T., Boniface, K., Issa, Nche, L.A., Nguemhe, C.S.F., Kaneko, K., Ohba, T., Kusakabe, M., Tanyileke, G., Hell, J.V.	Cities on Volcanoes 10, Naples	2018年9月7日	国際
火砕堆積物中に含まれる非本質火山灰の岩石学的特徴 :吾妻―浄土平火山噴出物の例（口頭発表）	井村匠・大場司・堀越賢太	日本鉱物科学会2018年会，山形	2018年9月19日	国内
蔵王火山，五色岳火砕岩類 unit IV-5 の噴火準備過程（ポスター発表）	佐藤初洋・伴雅雄	日本鉱物科学会2018年会，山形	2018年9月20日	国内
鳥海火山北麓にかほ市畑～横森地域に分布する火山麓扇状地堆積物（ポスター発表）	中野史明・大場司	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月26日	国内
雌阿寒岳, 阿寒富士のマグマ供給系の時間変化（ポスター発表）	佐藤鋭一・和田恵治	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月26日	国内
草津白根山2018年噴火における放出岩塊の初期速度の推定（口頭発表）	石峯康浩・吉本充宏・本多亮・石﨑泰男・亀谷伸子・寺田暁彦	日本火山学会2018年秋季大会，秋田	2018年9月26日	国内
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	2018年	国内

積物の岩石学的研究 （ポスター発表）	男・寺田暁彦	2018 年秋季大会，秋田	9 月 26 日	
弥陀ヶ原火山地獄谷の火山活動モニタリング （ポスター発表）	山本大貴・石﨑泰男	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
弥陀ヶ原火山第 3 期活動噴出物の地質と岩石 （ポスター発表）	松本弥禄・石﨑泰男	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
妙高火山第 IV 活動期の火山地質学及び岩石学 （ポスター発表）	中島壮太郎・野寺凜・石﨑泰男	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
白山火山群の形成史と岩石学的進化 （ポスター発表）	藤原寛・石﨑泰男	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
火砕物の粒度・密度特性から見た富士火山大室山の噴火（ポスター発表）	鈴木皐暉・石﨑泰男・馬場章・吉本充宏	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
Petrographic and geochemical features of tephras from the Kamo monogenetic volcanic group, southern Kyushu, Japan（ポスター発表）	Nche, L.A., Hasegawa, T., Kobayashi, T., Aka, F.T.	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
蔵王火山、熊野岳山頂溶岩および馬の背溶岩における層序と岩石学的特徴（ポスター発表）	伊藤直人・伴雅雄	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
蔵王火山最新期溶岩の K-Ar および Ar/Ar 年代（ポスター発表）	山崎誠子・D.P., Miggins・A.A.P., Koppers・伴雅雄・及川輝樹	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
霧島火山新燃岳 2018 年溶岩の形状とその変化 SfM 方式による地形計測の成果（口頭発表）	千葉達朗・及川輝樹・佐々木寿・平川泰之・宮縁育夫・中田節也	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
霧島火山新燃岳 2018 年 5 月 14 日噴出物の分布と特徴（口頭発表）	宮縁育夫	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
霧島火山，2018 年新燃岳噴	田島靖久・中田節也・	日本火山学会	2018 年	国内

火の EAI 法による火山灰堆積量（ポスター発表）	長井雅史・長谷中利昭・川口允孝・宮縁育夫・前野深・及川輝樹	2018 年度秋季大会，秋田	9 月 26 日	
霧島火山新燃岳 2018 年噴火のテフラ量（その 1）（ポスター発表）	及川輝樹・長井雅史・中田節也・田島靖久・宮縁育夫・嶋野岳人・三輪学央・入山宙・石塚治・川辺禎久・伊藤順一・前野深・長谷中利昭・川口允孝	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
伊豆大島安永噴火における層序の細分化と噴火推移の再検討（ポスター発表）	池永有弥・前野深・安田敦	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 26 日	国内
吾妻―浄土平火山噴出物に含まれる非本質火山灰の岩石学的特徴.（口頭発表）	井村匠・大場司・堀越賢太	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
秋田駒ヶ岳水蒸気噴火の特性と噴火警戒レベル 1 での防災対応の課題（口頭発表）	林信太郎	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
雌阿寒岳, 螺湾火砕流堆積物の縞状軽石から推定されるマグマ混合の進行過程（ポスター発表）	和田恵治・遠藤優磨・佐藤鋭一	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
降下堆積物からみた草津白根火山 2018 年噴火の推移と本白根火砕丘群の熱水系（口頭発表）	亀谷伸子・石﨑泰男・石峯康浩・吉本充宏・寺田暁彦	日本火山学会 2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
草津白根山 2018 年噴火の火口近傍噴出物（口頭発表）	石﨑泰男・亀谷伸子・寺田暁彦・吉本充宏・本多亮・石峯康浩・長井雅史・古川竜太・関口悠子・簗田高広・石塚吉浩・南裕介・前野深	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
草津白根山 2018 年噴火における放出岩塊の分布（口頭発表）	吉本充宏・本多 亮・長井雅史・古川竜太・関口悠子・簗田高広・寺田暁彦・石峯康浩石﨑泰男・亀谷伸子・石	日本火山学会 2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内

	塚吉浩・南裕介・前野深			
秋田駒ヶ岳火山, 主成層火山形成期の噴火活動及び マグマ供給系（ポスター発表）	柳澤妙佳・藤縄明彦	日本火山学会2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
東北日本、鳥海山の紀元前 466 年以降のマグマ供給系の変遷（口頭発表）	伴雅雄・高橋拓也・佐藤昂徳・林信太郎・大場司・新城竜一・西勇樹	日本火山学会2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
蔵王火山，五色岳火砕岩類 unit IV-5 のマグマ混合プロセス（ポスター発表）	佐藤初洋・伴雅雄	日本火山学会2018 年秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
インドネシア・ケルート火山におけるプリニー式噴火の推移・物理量の変遷と噴火事象系統樹（ポスター発表）	前野深・中田節也・吉本充宏・嶋野岳人・外西奈津美・Zaennudin, A. ・井口正人	日本火山学会2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
岩手火山(薬師岳火山ステージ)における最近 3500 年間のマグマプロセスの変遷史（口頭発表）	伊藤順一・宮城磯治	日本火山学会2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 27 日	国内
Spatial and Temporal Variations of Tangkil and Rajabasa Volcanoes, Southern Sumatra, Indonesia and Their Lead into Evolution of Magmas since Pliocene（口頭発表）	Reza Firmansyah Hasibuan・Tsukasa Ohba・Mirzam Abdrrachman・Takashi Hoshide	日本火山学会2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日	国内
Unearthing tephra deposit, and petrological trace of subvolcanic magma dynamics of two active intra-caldera volcanoes north of the Rabaul volcanic complex-Papua New Guinea（口頭発表）	Lloyd Singura・Tsukasa Ohba	日本火山学会2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日	国内
Understanding the 2014 Initial Eruption of Mount Kelud, Indonesia through	Astiti Anggoro Wati・Tsukasa Ohba	日本火山学会2018 年度秋季大会，秋田	2018 年 9 月 28 日	国内

the Product Sequences Revealed in the Western Flank（口頭発表）				
New insight the tephra-stratigraphy of Mt. Tangkuban Parahu, Indonesia into Holocene eruption history（口頭発表）	Syahreza S. Angkasa・Tsukasa Ohba	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
利尻火山のアダカイト質マグマの起源（口頭発表）	谷内元・栗谷豪・中川光弘	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
十勝岳の噴火事象系統樹：特に想定火口域と分岐確率算定手法について（口頭発表）	中川光弘・松本亜希子・小林卓也	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
白頭山10世紀噴火堆積物中の炭化樹木の14Cウイグルマッチング年代（口頭発表）	八塚慎也・奥野充・木村勝彦・宮本毅・長瀬敏郎・菅野均志・中川光弘・金旭・中村俊夫	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
那須茶臼岳火山，1408年～1410年噴火（室町噴火）の推移（口頭発表）	長谷川健・北原遼太	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
栃木県北部，高原火山におけるカルデラ形成期の活動年代とマグマ系（口頭発表）	西野佑紀・長谷川健	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
阿蘇カルデラにおける最新の珪長質マグマ供給系の深度（口頭発表）	宮城磯治・星住英夫・宮縁育夫	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
阿蘇4火砕流初期の噴火推移（口頭発表）	星住英夫・宮縁育夫・宮城磯治・下司信夫	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
火山体崩壊のマグマ供給系への影響－浅間山での検討（予報）－（口頭発表）	石塚 治・前野 深・片岡香子	日本火山学会2018年度秋季大会，秋田	2018年9月28日	国内
九重火山のテフラ層序（ポスター発表）	久野優・太田岳洋	日本応用地質学会平成30年度研究発表会，札幌	2018年10月16日	国内
西別湿原にヤチカンバはいつから生えていたか（口頭発表）	鈴木三男・吉川昌伸・小林和貴・佐藤雅俊・戸田博史・石渡一人・	日本植生史学会第33回大会，滋賀	2018年11月11日	国内

	長谷川健			
Application of the pyroclastic flow friction model to the snow avalanches（口頭発表）	Tsunematsu, K., Maeno, F. and Nishimura, K.	International workshop on snow physics, blowing snow and avalanche	2018年12月9日	国内
東北日本、月山火山の形成史:直下に存在する断層の活動との関係（ポスター発表）	大泉涼・武部未来・伴雅雄・岩田尚能	H30年度東北地域災害科学研究集会，秋田	2018年12月22日	国内
Petrographic and geochemical characteristics of Kamo monogenetic volcanic group (Southern Kyushu, Japan)（口頭発表）	Nche, L.A., Hasegawa, T., Aka, F.T., Kobayashi, T., Nemeth, K.	IAVCEI 5th Volcaic geology workshop, Palmerston North	2019年2月26日	国際
The September 14, 2015 explosive eruption at Nakadake first crater, Aso Volcano, SW Japan（口頭発表）	Miyabuchi, Y., Iizuka, Y., Hara, C., Yokoo, A. and Ohkura, T.	IAVCEI 5th Volcaic geology workshop, Palmerston North	2019年2月26日	国際

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・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所	発表時期	国際・国内の別
Numerical simulations of short-term eruption clouds (口頭)	Yujiro J. Suzuki, and Masato Iguchi	European Geosciences Union General Assembly 2018, Vienna	2018年4月12日	国際
Rheological changes of aphyric basaltic magma based on laboratory experiments of 1986 Izu-Oshima lava (ポスター)	Aika K.Kurokawa, Takahiro Miwa, and Hidemi Ishibashi	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018年5月20日	国内
Change of falling dynamics	Takahiro Miwa, Yu	JpGU Meeting	2018年	国内

of ash particles during transient eruption revealed by high speed camera imaging and grain size analysis (口頭)	Iriyama, Masashi Nagai, and Futoshi Nanayama	2018, 幕張	5 月 21 日	
草津白根山の 2018 年噴火に伴い GNSS 観測点で捉えられた地殻変動 (ポスター)	川口亮平, 奥山哲, 木村一洋	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 22 日	国内
桜島における単色火山性微動(2017 年８月)	藤田英輔	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 22 日	国内
ストロンボリ火山の山頂小爆発活動 に伴う傾斜変動 (ポスター)	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 , Maurizio Ripepe , Riccardo Genco	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 23 日	国内
霧島火山新燃岳 2017 年噴火の降灰量 (ポスター)	及川輝樹、前野深、宮縁育夫、長井雅史、嶋野岳人、古川竜太、成尾英仁、中田節也、池永有弥、三輪学央、入山宙、中野 俊、石塚吉浩、田島靖久	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 23 日	国内
Effects of conduit pressurization during eruption transition on crustal deformation, S-VC39, (招待講演) (口頭)	Tomofumi Kozono and Takehiro Koyaguchi	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 24 日	国内
二層浅水波モデルに基づく火砕流ダイナミクスの数値的研究 : 流れの形態と堆積構造の変化(口頭)	志水宏行・小屋口剛博・鈴木雄治郎	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 24 日	国内
島弧における火成活動・火山噴火プロセスの統合的理解に向けて(口頭)	中村仁美・鈴木雄治郎・入山宙・中尾篤史・岩森光	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 24 日	国内
火砕降下物と噴煙ダイナミクスのカップリング計算 : ピナツボ１９９１年噴火シミ	鈴木雄治郎・小屋口剛博	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 24 日	国内

ュレーション（口頭）				
伊豆大島火山 1986 年噴火の斜長石中のメルト包有物：プレ噴火プロセスへの示唆（ポスター）	種田凌也，石橋秀巳，三輪学央，外西奈津美，安田敦	JpGU Meeting 2018, 幕張	2018 年 5 月 24 日	国内
Local ground deformation observed with the 2018 eruption at Kusatsu-Shirane volcano（ポスター）	Ryohei Kawaguchi, Satoshi Okuyama, Kazuhiro Kimura	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 3 日	国際
Quantitative evaluation of ashfall damage around Tokyo Metropolitan area based on the combination between numerical simulation and infrastructure database	Eisuke FUJITA, Toshiki SHIMBORI, Yu IRIYAMA, Eiichi SATO, Kensuke ISHII	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 3 日	国際
VOLCAT (Visual Observation Laboratory for Capturing Ash Transition) for automatic remote imaging of volcanic ash particle（口頭）	Takahiro Miwa, Nobuo Geshi, Jun-ichi Ito, and Toshikazu Tanada.	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 4 日	国際
In situ observation of falling ash by using PARSIVEL disdrometer during the 2018 eruptions at Shinmoe-dake volcano, Japan（ポスター）	Yu Iriyama, Takahiro Miwa, Masashi Nagai, and Tomohiro Kubo	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 4 日	国際
Utilization of weather radar data to volcanic hazard prediction system（ポスター）	Eiichi Sato, Keiichi Fukui, Toshiki Shimbori, Kensuke Ishii, Tetsuo Tokumoto, Yu Iriyama, and Eisuke Fujita	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 4 日	国際
Volcanic Ash Data Assimilation System for Atmospheric Transport	Kensuke Ishii, Toshiki Shimbori, Eiichi Sato, Tetsuo	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018 年 9 月 4 日	国際

Models (ポスター)	Tokumoto, Akihiro Hashimoto			
Numerical simulations of eruption clouds for assessing volcanic hazard to cities in Japan (ポスター)	Yujiro J. Suzuki, and Susanna Jenkins	Cities on Volcanoes 10, Napoli	2018年9月2日～7日	国際
霧島火山新燃岳2018年3月の火山灰測色値変化について（口頭）	嶋野岳人，鈴木由希，前野深，安田敦，三輪学央，長井雅史，中田節也	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内
室内試験による SPC と PARSIVEL2 の降灰粒度計測の比較（ポスター）	久保智弘，宮城洋介，三輪学央，入山 宙，長井雅史	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内
霧島火山新燃岳2018年噴火のテフラ量（その1）(ポスター)	及川輝樹，長井雅史，中田節也，宮縁育夫，田島靖久，嶋野岳人，川辺禎久，伊藤順一，石塚 治，前野 深，三輪学央，入山 宙，長谷中利昭，川口允孝	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内
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２）数値シミュレーションによる降灰確率の試算（ポスター）	新堀敏基，藤田英輔，入山宙，石井憲介，佐藤英一，徳本哲男，山本哲也	日本火山学会，秋田	2018年9月26日	国内
PARSIVEL2 で観測した霧島山新燃岳2018年噴火の降下火山灰（ポスター）	入山 宙，藤田英輔，三輪学央，長井雅史，久保智弘	日本火山学会，秋田	2018年9月27日	国内
結晶破断から始まる低粘性マグマの破砕（口頭）	三輪学央，下司信夫	日本火山学会，秋田	2018年9月28日	国内
桜島噴火における火山灰降下過程の特徴:光学的ディスドロメータによる長期連続観測（口頭）	小園誠史，井口正人，三輪学央，眞木雅之，前坂 剛，味喜大介	日本火山学会，秋田	2018年9月28日	国内
定常速度場における火山噴出物の 2 次元輸送堆積理論(口頭)	入山宙・山本哲生・鈴木雄治郎・寅丸敦志	地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナ	2019年3月7日	国内

		ミクス・素過程研究」		
大規模火砕流の到達距離とマグマ供給率:二層重力流モデルの数値シミュレーション(口頭)	志水宏行・小屋口剛博・鈴木雄治郎	地震研究所共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」	2019年3月7日	国内

○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（雑誌名等）	発表時期	国際・国内の別
Ultra-magnesian olivine-bearing ultramafic lava blocks within Cenozoic accretionary sediments at Shizuoka, Japan: Implications for young, hot plume activity beneath the western Pacific Plate	Y. Nakamura, H. Ishibashi, A. Yasuda N. Hokanishi, J. Yamamoto	Lithos, 324-325, https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.11.009, 315-324	2018	国際
Amphibole - melt disequilibrium in silicic melt of the Aso-4 caldera-forming eruption at Aso Volcano, SW Japan	H. Ishibashi, Y. Suwa, M. Miyoshi, A. Yasuda, N. Hokanishi	Earth, Planets and Space, 70,137, DOI: 10.1186/s40623-018-0907-4	2018	国際
噴出物から探る西之島の新火山島形成プロセス	前野　深・安田敦・中野 俊・吉本充宏・大湊 隆雄・渡邉 篤志・金子隆之・中田 節也・武尾 実	海洋理工学会誌, Vol.24,No.1, 35-44	2018	国内
Mt. Fuji Holocene eruption history	S.P. Obrochta, Y. Yokoyama, M.	Quaternary Science	2018	国際

reconstructed from proximal lake sediments and high-density radiocarbon dating	Yoshimoto, S. Yamamoto, Y. Miyairi, G. Nagano, A. Nakamura, K. Tsunematusu, L. Lamair, A. Hubert-Ferrari, B.C. Lougheed, N. Hokanishi,A. Yasuda, V.M.A. Heyvaert, M. De Batist, O. Fujiwara, the QuakeRecNankai Team	Reviews, 200,395-405		
苦鉄質マグマの温度が減圧結晶作用と噴火ダイナミクスに及ぼす影響:伊豆大島1986年噴火の玄武岩質安山岩メルトの例	石橋秀巳・種田凌也	静岡大学地球科学研究報告, 45, 55-66	2018	国内
微量元素･同位体地球化学から読み解く富士火山マグマの化学進化	原田智代・飯塚毅・浜田盛久・安田敦・吉本充宏	月刊地球「島弧火山への沈み込んだスラブの影響（上)」, vol. 40, No. 4, 234-241	2018	国内
島弧マグマのモデリング－島弧横断方向におけるスラブ痕跡の変化を解読する－	ハンディニ, 長谷中利昭, 柴田知之, Agung Harijoko, 森康, 渡邊公一郎	月刊地球「島弧火山への沈み込んだスラブの影響（下)」, vol. 40, No. 5, 295-301	2018	国内
Shallow magma pre-charge during repeated Plinian eruptions at Sakurajima volcano	N.Araya, M. Nakamura, A. Yasuda, S. Okumura, T. Sato, M. Iguchi, D. Miki, N. Geshi	Scientific Reports, https://doi.org/10.1038/s41598-019-38494-x	2019	国際

A simple procedure for measuring magma rheology	A. K. Kurokawa, T. Miwa, H. Ishibashi	Journal of Disaster Research, vol.14, No.5, in press	2019	国際
Eruption Pattern and a Long-Term Magma Discharge Rate over the Past 100 Years at Kelud Volcano, Indonesia	F. Maeno, S. Nakada, M. Yoshimoto, T. Shimano, N. Hokanishi, A. Zaennudin, M. Iguchi	Journal of Disaster Research, 14, 27-39	2019	国際
Eruption Scenarios of Active Volcanoes in Indonesia	S. Nakada, F. Maeno, M. Yoshimoto, N, Hokanishi, T. Shimano, A. Zaennudin, M. Iguchi	Journal of Disaster Research, 14, 40-50	2019	国際
Internal Structures and Growth Style of a Quaternary Subaerial Rhyodacite Cryptodome at Ogariyama, Usu Volcano, Hokkaido, Japan	Y. Goto, A. Tomiya	Frontiers in Earth Science, 7 (66), 1-14	2019	国際

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（雑誌名等）	発表時期	国際・国内の別
Distribution and mass of tephra-fall deposits from volcanic eruptions of Sakurajima Volcano based on posteruption	Oishi, M., Nishiki, K., Geshi, N., Furukawa, R., Ishizuka, Y., Oikawa, T.,	Bulletin of Volcanology, 80, 42	2018 年 4 月 1 日	国際

surveys	Yamamoto, T., Nanayama, F., Tanaka, A., Hirota, A., Miwa, T. and Miyabuchi, Y.			
Recent eruptions in Japanese Islands	及川輝樹・萬年一剛・下司信夫・中野俊	地質学雑誌, 124, I-II	2018年4月15日	国内
水蒸気噴火の地質学的研究	及川輝樹・大場司・藤縄明彦・佐々木寿	地質学雑誌, 124, 231-250	2018年4月15日	国内
岩手火山における最近1万年間の爆発的噴火履歴の再検討:水蒸気噴火とマグマ噴火の時空間的関連	伊藤順一・濱崎聡志・川辺禎久	地質学雑誌, 124, 271-296	2018年4月15日	国内
Petrology of the 120 ka caldera-forming eruption of Kutcharo volcano, eastern Hokkaido, Japan: Coexistence of multiple silicic magmas and their relationship with mafic magmas	Matsumoto, A., Hasegawa, T., Nakagawa, M.	Journal of Petrology, 59, 771–793	2018年4月	国際
大規模カルデラ形成噴火と活動的後カルデラ火山:北海道南西部, 洞爺カルデラと有珠火山の地質概説および露頭紹介	長谷川健・松本亜希子・東宮昭彦・中川光弘	地学雑誌, 127, 289-301	2018年4月	国内
堆積物から超大規模噴火の継続時間を読み取る方法	長谷川健・望月伸竜・大岩根尚	地学雑誌, 127, 273-288	2018年4月	国内
支笏湖南方地域の火口近傍堆積物層序からみた46 ka 支笏カルデラ形成噴火	中川光弘・宮坂瑞穂・富島千晴・松本亜希子・長谷龍一	地学雑誌, 127, 247-271	2018年4月	国内

推移				
支笏火山 60 ka 社台噴火の噴火推移	宮坂瑞穂・中川光弘	地学雑誌，127, 229-246	2018 年 4 月	国内
北海道中央部, 旭岳の形成史:特に完新世，後期活動の水蒸気噴火履歴および噴火様式について	石毛康介・中川光弘・石塚吉浩	地質学雑誌，124，297-310	2018 年 5月 1 日	国内
The weathering of granitic rocks in a hyper-arid and hypothermal environment: A case study from the Sør-Rondane Mountains, East Antarctica	Kanamaru, T., Suganuma, Y., Oiwane, H., Miura, H., Miura, M., Okuno, J., Hayakawa, H	Geomorphology, 317, 62-74	2018 年 5 月 17 日	国際
Himawari-8 infrared observations of the June-August 2015 Mt Raung eruption, Indonesia	Kaneko, T., Takasaki, K., Maeno, F., Wooster, M.J. and Yasuda, A.	Earth Planets Space, 89	2018 年 5 月 25 日	国際
Upper Triassic mafic dykes of Lake Nyos, Cameroon (West Africa) I: K-Ar age evidence within the context of Cameroon Line magmatism, and the tectonic significance	Aka, F.T., Hasegawa, T., Nche, L.A., Asaah, A.N.E., Mimba, M.E., Teitchou, I., Ngwa, C., Miyabuchi, Y., Kobayashi, T., Kankeu, B., Yokoyama, T., Tanyileke, G., Ohba, T., Hell, J.V., Kusakabe, M.	Journal of African Earth Sciences, 141, 49-59	2018 年 5 月	国際

本白根 2018 年 1 月 23 日噴火の火口及びその近傍での降灰・噴石調査	草津白根山降灰・噴石合同調査班(石﨑泰男（代表著者）、石塚吉浩，大場武，亀谷伸子，関口悠子，谷口無我，寺田暁彦，長井雅史，古川竜太，本多亮，前野深，南裕介，簗田高広 ， 吉本充宏）	第 141 回火山噴火予知連絡会資料（その２），97-110	2018 年 6 月 20 日	国内
Evolution history of Gassan volcano, northeast Japan arc	Oizumi, R., Ban, M. and Iwata, N.	Open Journal of Geology, 8, 647-661	2018 年 7 月 13 日	国際
南西北海道，石狩低地帯におけるテフラ層序学：支笏－洞爺火山地域の噴火履歴	中川光弘・宮坂瑞穂・三浦大助・上澤真平	地質学雑誌，124，473-489	2018 年 7 月	国内
網走地域の地質	廣瀬亘・川上源太郎・長谷川健・林圭一・渡辺真人	５万分の一地質図幅および説明書，産業技術総合研究所地質調査総合センター，66p	2018 年 7 月	国内
噴出物から探る西之島の新火山島形成プロセス	前野深・安田敦・中野俊・吉本充宏・大湊隆雄・渡邉篤志・金子隆之・中田節也・武尾実	海洋理工学会誌, 24, 1, 35-44	2018 年 8 月 30 日	国内
西之島の地球物理観測と上陸調査	武尾実・大湊隆雄・前野深・篠原雅尚・馬場聖至・渡邉篤志・市原美恵・西田究・金子隆之・安田敦・杉岡裕子・浜野洋三・多田訓子・中野俊・吉本充宏・高木朗充・長岡優	海洋理工学会誌, 24, 1, 45-56	2018 年 8 月 30 日	国内

Magma plumbing system at Izu-Oshima Volcano, Japan: constraints from petrological and geochemical analyses	Kuritani, T., Yamaguchi, A., Fukumitsu, S., Nakagawa, M., Matsumoto, A., Yokoyama, T.	Frontiers in Earth Science, 6, 178	2018年10月30日	国際
Structural variation and the development of thick rhyolite lava: A case study of the Sanukayama rhyolite lava on Kozushima Island, Japan	Furukawa, K., Uno, K., Kanamaru, T.	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 369, 1-20	2018年11月7日	国際
過去から学ぶ火山災害の実態	及川輝樹	建築防災, 491, 3-10	2018年12月1日	国内
御嶽山噴火の教訓と噴火予測の現状—過去の火山活動から学ぶ危険予知–	伊藤順一	日本旅行医学会学会誌, 13 (1), 45-51	2018年12月25日	国内
Evidence on the Koseda coast of Yakushima Island of a tsunami during the 7.3 ka Kikai caldera eruption	Nanayama, F. and Maeno, F	Island Arc, 28, e12291	2018年12月27日	国際
Structure of the shallow magma chamber of the active volcano Mt. Zao, NE Japan: Implications for its eruptive time scales	Nishi, Y., Ban, M., Takebe, M., Álvarez-Valero, M. A, Oikawa, T. and Yamasaki, S.	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 371, 137-161	2019年1月5日	国際
Fingerprint of silicic magma degassing visualised through chlorine microscopy	Yoshimura, S., Kuritani, T., Matsumoto, A., Nakagawa, M.	Scientific Reports 9, 786, doi:10.1038/s41598-018-37374-0	2019年1月29日	国際
Eruption pattern and a long-term magma discharge rate over the past 100 years at Kelud	Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T.,	Journal of Disaster Research, 14, 27-39	2019年2月1日	国際

Volcano, Indonesia	Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M.			
Eruption scenarios of active volcanoes in Indonesia	Nakada, S., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Shimano, T., Zaennudin, A. and Iguchi, M.	Journal of Disaster Research, 14, 40-50	2019 年 2 月 1 日	国際
Geochemical mapping of slab-derived fluid and source mantle along Japan arcs	Nakamura, H., Iwamori, H., Nakagawa, M., Shibata, T., Kimura, J., Miyazaki, T., Chang, Q., Vaglarov, B.S., Takahashi, Hirahara, Y.	Gondwana Research, 70, 36-49	2019 年 2 月 12 日	国際
High-silica rhyolites of Niijima volcano in the northern Izu-Bonin arc, Japan: Petrological and geochemical constraints on magma generation and supply	Arakawa, Y., Endo, D., Oshika, J., Shinmura, T., Ikehata, K.	Lithos, 303-331, 223-237	2019 年 2 月 20 日	国際
噴出物中の熱水変質鉱物の特徴:十勝岳火山噴出物の例	井村匠・大場司・中川光弘	地質学雑誌, 125(3), 203-218.	2019 年 3 月 1 日	国内
浅間前掛火山テフラ・トレンチ調査により得られた降下軽石の全岩主化学組成—浅間前掛火山における最近 1 万年間のマグマ主化学組成の時間変化—	高橋正樹・安井真也・金丸龍夫・山下大輔	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要,54,143-172.	2019 年 3 月 1 日	国内
浅間火山火車岩屑なだれ堆積物の再発見—浅間家畜育成牧場と周辺地域の	安井真也・高橋正樹・金丸龍夫	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀	2019 年 3 月 1 日	国内

火山地質―		要,54,123-142.		
阿蘇火山におけるマグマ水蒸気噴火堆積物および2016 年斜面崩壊に関連する堆積物の X 線回折分析	宮縁育夫	九州大学中央分析センター報告，36，17-23	2019 年3月5日	国内
Reconstruction of the eruptive history of Usu volcano, Hokkaido, Japan, inferred from petrological correlation between tephras and dome lavas	Matsumoto, A. and Nakagawa, M.	Island Arc, 28, e12301	2019 年3 月 14 日	国際

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（雑誌名等）	発表時期	国際・国内の別
Rheological behavior of water-ash mixtures from Sakurajima and Ontake volcanoes: implications for lahar flow dynamics	Aika K Kurokawa, Hidemi Ishibashi, Takahiro Miwa, and Futoshi Nanayama	Bulletin of Volcanology, 80:50	2018 年6 月	国際
The condition of eruption column collapse: Part 1. A reference model based on analytical solutions	Takehiro Koyaguchi and Yujiro J. Suzuki	Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123, 7461-7482	2018 年7 月	国際
The condition of eruption column collapse: Part 2. Three-dimensional numerical simulations of eruption column dynamics	Takehiro Koyaguchi, Yujiro J. Suzuki, Kai Takeda, and Satoshi Inagawa	Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123, 7483-7508	2018 年7 月	国際
火山の巨大噴火シミュレ	鈴木雄治郎	Annual Report	2018 年	国内

ーション		of the Earth Simulator	10 月	
Failure criteria for porous dome rocks and lavas: a study of Mt. Unzen, Japan	Rebecca Coats, Jackie E Kendrick, Paul A Wallace, Takahiro Miwa, Adrian J Hornby, James D Ashworth, Takeshi Matsushima, Yan Lavallée	Solid Earth, 9, 1299-1328	2018 年 11 月	国際
Estimation of emission mass from an eruption plume for the Aso volcano eruption, on October 8, 2016, using a four-dimensional variational method	Kensuke Ishii	Earth, Planets and Space, 70:202	2018 年 12 月	国際

○　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（新聞名・TV 名）	発表時期	国際・国内の別
地域の話題「雌阿寒岳の火山防災について」講演会	中川光弘	北海道新聞　日刊	2018 年 7 月 12 日	国内
御嶽山噴火の現地調査に関連したコメント	及川輝樹	信濃毎日新聞	2018 年 9 月 24 日	国内
1988 年十勝岳噴火から 30 年を迎えて	中川光弘	NHK 札幌　道内のニュース　18：10	2018 年 12 月 10 日	国内
草津白根山噴火から 1 年〝ノーマーク火口〟他にも	中川光弘	NHK　ニュース　7：00	2019 年 1 月 23 日	国内
北大、マグマの変化の仕組み解明　気泡つながりガス消滅	吉村俊平	日刊工業新聞	2019 年 2 月 1 日	国内

○　講演会等の普及活動

発表題目・活動内容	発表者氏名	講演会・展示名	開催時期	国際・国内の別
雌阿寒岳と雄阿寒岳の成り立ちと今後の活動	中川光弘	平成30年度北海道火山勉強会一般講演会，釧路市	2018 年 7 月 7 日	国内
次世代の火山研究を学び、北海道の火山防災を考える	中川光弘	平成30年度道路防災講演会，札幌市	2018 年 9 月 3 日	国内
伝説の湖十和田カルデラの不思議　ジオからみた、八郎太郎と十和田湖誕生の伝説	大場司	日本火山学会公開講座，秋田市	2018 年 9 月 29 日	国内
伝説の湖十和田カルデラの不思議　十和田火山、未来の巨大噴火への防災対応	林信太郎	日本火山学会公開講座，秋田市	2018 年 9 月 29 日	国内
マグマを見よう！カルデラを作ろう！	林信太郎	日本火山学会公開講座，秋田市	2018 年 9 月 29 日	国内
札幌市内の火山を探る	中川光弘	さっぽろ市民カレッジ 2018 秋期講座，札幌市	2018年10月 6 日～7 日	国内
「明治からつなぐ地質の知恵 北海道の地質－北海道命名 150 周年－」における北海道の活火山展示ポスター	石塚吉浩･川邊禎久	地質標本館 2018 年度 特別展，つくば市	2018年11月 20 日～2019 年 2 月 17 日	国内
御嶽山火山防災協議会（長野県側）の火山防災訓練	及川輝樹･伊藤順一	長野県木曽地方振興局（長野県木曽郡木曽町）	2018年11月 27 日	国内
十和田火山の「非常に大きな噴火」－915 年噴火と災害対策の課題	林信太郎	東北地域災害科学研究集会特別講演シンポジウム，秋田市	2018年12月 22 日	国内
北海道における火山・地震災害の歴史と今後への対応について	中川光弘	北海道産学官研究フォーラム　第 5 回防災情報セミナー	2019 年 3 月 20 日	国内

５．むすび

次世代火山研究推進事業は平成 30 年度が 3 年目にあたり、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追加し分析効率が向上された。それに並行して、データ解析用プログラムの整備や、公開するデータ項目を分析データから自動的に抽出する環境の整備に着手している。一方、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。特に桜島では、大規模噴火の前にマグマ溜りから移動して火口下の火道部分に蓄積されていた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ではトレンチ掘削調査とボーリング掘削が本格的に始まった。特に最重点火山の浅間山では、3 年間に行われた多数のトレンチ掘削に加えボーリングも実施され、予想を超える成果があがった。また鬼界においても平成 30 年度にかけての 2 年計画のボーリング掘削が完了し、カルデラ形成噴火に先行した大規模流紋岩溶岩流の全貌を明らかにし、その活動年代も確定した。また本年度では雌阿寒、蔵王および阿蘇でもトレンチを実施し、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・協力機関が着実に地質調査成果を積み上げている。一方で、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、本年度はさらに多くの機関により利用されるようになった。サブテーマ３でも２つのサブテーマ毎に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り地殻変動観測での検地可能性の検討、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で解釈を試みるなど、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進めている。それに加えて、噴煙柱、溶岩流および噴石についても、ハザード評価システムの基本設計を進めている。シミュレーションのために必要なマグマ物性に関しても実験装置が順調に稼動をはじめ、モデル化が具体的に進められている。それに加えて、課題 C は人材育成コンソーシアムの事業にも積極的に協力し、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はそれぞれでの研究課題を推進し、順調に研究が進展していると考えている。しかし一方で、サブテーマ間の連携という観点からは必ずしも十分であったとは言えない。今年度ではサブテーマ毎の研究の深化に重点を置いたと考え、次年度ではまずは課題 C 全体の連携を進めることが重要と考えている。来年度は 4 年目ということで、課題 C だけではなくこのプロジェクト全体での真価が問われることになる。各参加機関および協力機関のより一層の研究推進を期待している。