

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28年度
成果報告書

平成29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28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。

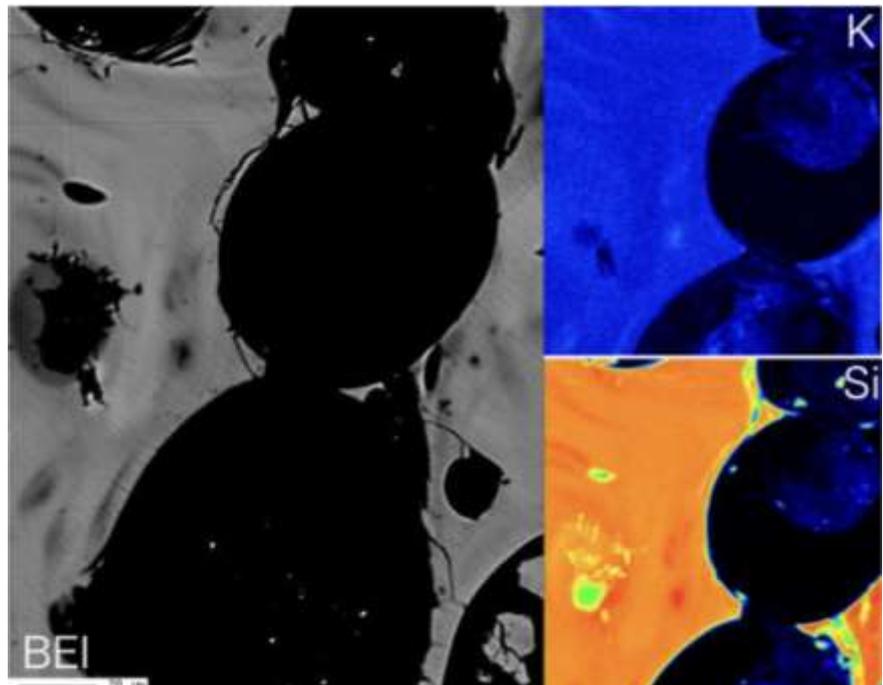
グラビア

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



写真1. 東京大学地震研究所に2017年3月に設置された火山噴出物の分析・解析用のフィールドエミッション型電子線マイクロプローブ (FE-EPMA)。微小領域の高精度定量分析によって、火山の物質科学研究を牽引することが期待されている。

写真2. FE-EPMA で撮影した伊豆大島1986年噴火の噴出物。ゼノリスの結晶粒間に組成の異なるメルトが存在し墨流し状に混合している。FE-EPMAの高い空間分解能によって、細長く引き伸ばされた組成不均質が明瞭にとらえられており、元素の拡散プロファイルを調べることによってマグマの混合から噴火に至るタイムスケールを導くことができる。



JpGU 2017にて、石橋・他「伊豆大島1986年噴火の安山岩質メルトを含む斑レイ岩ゼノリス」で発表予定。

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研究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する。平成28年度では浅間山と南西北海道で実施された。



写真1 浅間山東南東山麓でのトレンチ調査の様子。

黒色土壌に挟まる降下火砕堆積物の個々の地層の厚さや特徴を詳しく観察・記載し、室内分析や年代測定用に軽石粒子や土壌の試料採取を行う。



写真2 南西北海道でのボーリング掘削調査の様子（左）とボーリングコア写真（右）。南西北海道は比較的積雪が少なく、ボーリング掘削調査が可能であったため、南西北海道の活火山の噴火履歴を検討するために、これら火山の東方（千歳市）において実施した。

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

写真 1 防災科学技術研究所に導入した水熱合成減圧実験装置。本装置での実験を踏まえて、溶岩流や泥流などのシミュレーションに組み込む粘性の物理モデルを構築する。

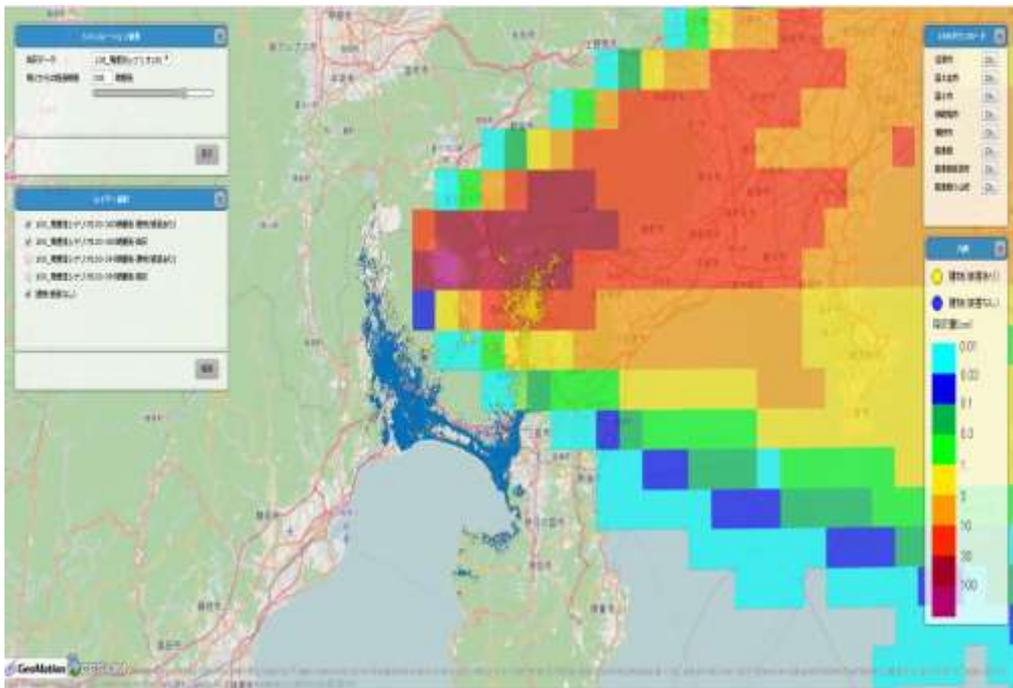


図1 宝永噴火ケースの降灰シミュレーションの火山リスクマネジメントシステム (VRMS) 導入。富士山周辺の自治体における建物分布 (青い点) に対し、宝永噴火と同様な噴火が発生した際に降灰の影響を受ける建物分布を黄色い点で示している。

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、個々の火山について、将来の噴火を予測することが現在の火山研究の重要課題の 1 つとなっている。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り、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に成功している。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。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。そのような火山に対しては、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初年度である平成 28 年度の成果を報告する。初年度は開始時期が遅いために、十分な成果があったとは言えないかもしれない。しかし初年度を第一歩として、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平成 29 年度以降の研究を推進していきたいと考えている。

グラビア	i
はじめに	iv
目次	v
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	14
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	31
4. 活動報告	
4.1 会議録	48
4.2 対外的発表	48
5. むすび	58

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・解析プラットフォームを整備し、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、主として地質学の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	准教授	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	
	准教授	栗谷 豪	
	助教	吉村 俊平	
	技術職員	松本 亜希子	
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	
国立大学法人熊本大学教育学部	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	
	主任研究員	及川 輝樹	
	研究員	山崎 誠子	
	研究員	草野 有紀	
	主任研究員	古川 竜太	
	主任研究員	宮城 磯治	
	主任研究員	東宮 昭彦	

国立研究開発法人防災科学技術研究所 国立大学法人筑波大学大学院生命環境 科学研究科	契約研究員 教授	長井 雅史 荒川 洋二	
国立大学法人富山大学大学院理工学教 育学部	准教授	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 主任研究員 契約研究員 契約研究員	藤田 英輔 三輪 学央 黒川 愛香 長井 雅史	3. 3
国立大学法人東北大学大学院理学研究 科	教授 准教授 助教	西村 太志 小園 誠史 奥村 聡	
国立大学法人東京大学地震研究所数理 系研究部門	助教	鈴木 雄治郎	
気象庁気象研究所火山研究部	部長 室長 室長	山里 平 徳本 哲男 高木 朗充	
	主任研究官 主任研究官	新堀 敏基 鬼澤 真也	
	研究官 研究官	佐藤 英一 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	講師	石橋 秀巳	
山梨県富士科学研究所火山防災研究部	非常勤研究員	常松 佳恵	

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 28 年度業務目的

(2) 平成 28 年度の成果

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

(3) 平成 29 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.u-tokyo.ac.jp
	技術専門職員	外西奈津美	hokanisi@eri.u-tokyo.ac.jp
学校法人早稲田大学	講師*	鈴木由希	yksuzuki@waseda.jp
	修士1年	坂井剛善	
	修士1年	戸枝百合香	
学校法人常葉大学	准教授	嶋野岳人	shimano@fj.tokoha-u.ac.jp
	学部4年	厚見昂央	
	学部4年	佐野駿也	
	学部4年	藁科晋平	
	学部3年	佐藤竜馬	
学部3年	杉山千晴		
国立大学法人静岡大学	准教授	石橋秀巳	shishib@ipc.shizuoka.ac.jp
	修士2年	天野大和	
	修士1年	井上智未	
	修士1年	菅野拓矢	
	学部4年	辻原諒	
	学部4年	諏訪由起子	
学部4年	小川友唯		
国立大学法人熊本大学	教授	長谷中利昭	hasenaka@sci.kumamoto-u.ac.jp
	修士2年	椎原航介	
	修士1年	川口允孝	
	学部4年	永石良太	
国立大学法人東北大学	教授	中村美千彦	nakamm@m.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.isol4000@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

* 2017年4月～准教授

(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・解析プラットフォーム」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・解析プラットフォ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か年の年次実施計画

- 1) 平成28年度：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に整備する解析用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、解析対象とする火山について、文献の収集や噴火事象の選定をおこなうとともに、火山噴出物試料の採取に着手した。
- 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、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環境を構築する。データ解析量の増加に応じて解析用PCを1台追加する。項目(ウ)に対しては、前年度に引き続きデータサーバーの仕様について検討する。項目(エ)に対しては、該当する火山について、主としてマグマ溜りの環境(温度、圧力、酸素雰囲気、含水量)を明らかにするための研究をおこなう。
- 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、主としてマグマの上昇速度を明らかにするための研究をおこなう。

4) 平成 31 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) 平成 32 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) 平成 33 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・解析プラットフォーム利用の受け入れを開始する。

7) 平成 34 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・解析プラットフォーム利用を受け入れる。

8) 平成 35 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・解析プラットフォーム利用を受け入れる。

9) 平成 36 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・解析プラットフォ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) 平成 37 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・解析プラットフォーム利用を受け入れる。

(e) 平成 28 年度業務目的

成果到達目標（ア）に対して、火山噴出物分析に最適な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選定し東京大学地震研究所に設置する。火山噴出物の分析に最適な測定条件を決定する作業に着手する。項目（イ）に対しては、メンバー全員で協議してデータ解析に用いる熱力学プログラムを選定する。また、それらの解析プログラムを実行するための解析用 PC の立ち上げをおこなう。項目（ウ）に対しては、メンバー全員で協議して公開すべき分析データの仕様について検討する。項目（エ）に対して、解析対象とする 11 火山（有珠山、榛名山、富士山、伊豆大島、伊豆東部火山群、鶴見岳・由布岳、雲仙岳、阿蘇山、桜島、霧島山、諏訪之瀬島）について、文献の収集をおこない先行研究について把握するとともに、本課題で解析対象とする噴火事象の選定をおこなう。適当な火山噴出物については、順次、火山噴出物試料の採取に着手する。

(2) 平成 28 年度の成果

(a) 業務の要約

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、噴火の鍵となる要素を理解し、それらを対象とする火山の火山噴出物から読み出す作業が必要となる。そのためには大量の火山噴出物を高精度で分析し、そのデータから噴火の鍵となる要素を選び出さなければならない。それを実現するための道具として、火山噴出物の迅速かつ高精度分析にすぐ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を東京大学地震研究所に導入し、装置の立ち上げ作業をおこなった。また、データ解析の効率化のために標準となるデータ解析用プログラムを選定した。加えて、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、試料採取と分析に着手した。

(b) 業務の実施方法

東京大学は分析装置の設置と立ち上げをおこなうとともに、参加機関と協議して整備する解析プログラムの策定と分析・解析データの利用に向けたデータベースの検討に着手する。各参加機関は本課題が対象とする 11 火山の中から、課題の遂行に適当な噴火を選定し、先行研究等の文献データの収集や試料採取を開始するなど、次年度以降の試料分析やデータ解析の準備をおこなう。

(c) 業務の成果

成果到達目標（ア）に対して、東京大学では、火山噴出物の分析に最適な分析機器（フィールドエミッション型電子線マイクロプローブ）の機種選定をおこない、東京大学地震研究所に設置して分析装置環境整備をおこなった。現在、面分析などの簡単な分析が行える状態にあり、引き続き、火山噴出物の分析に最適な測定条件の決定作業を行なっている。

項目（イ）に対しては、東京大学では、解析システムとして UNIX 型の OS をもつ PC を選定し、分析機器とのネットワーク接続をおこなった。加えて、解析システムに組み込む機能について課題参加機関と検討し、主要な熱力学解析プログラムを選定した。また、産業技術総合研究所では、マグマの力学的解析ツールである MELTS プログラムの制御スクリプトの改良をおこなった。加えて、マグマの含水量を推定するのに有効な分析技術を確認し公開した²⁾。

項目（ウ）に対しては、東京大学が中心となって、課題参加機関と保存すべきデータの仕様についての協議をおこなった。

項目（エ）に対しては、解析対象とする 11 火山（有珠山、榛名山、富士山、伊豆大島、伊豆東部火山群、鶴見岳・由布岳、雲仙岳、阿蘇山、桜島、霧島山、諏訪之瀬島）を決定し、マグマ溜り深度や温度・圧力について検討している先行研究の文献収集をおこなうとともに、本課題で解析対象とする噴火事象を選定し、適当な火山噴出物について採取に着手した。具体的には、早稲田大学では、マグマ溜り環境の検討用として、霧島山新燃岳享保噴火の調査・サンプリング、榛名山渋川噴火、榛名カルデラ噴火の予備調査をおこなった。常葉大学では、諏訪之瀬島 1813 年噴出物の調査をおこなうとともに、あらかじめ採取してあった桜島の最近の噴出物、古富士火山滝の上溶岩、新富士火山大沢火砕流の試料について予備分析をおこない、マグマ溜り環境の検討に着手した。静岡大学では、伊豆カワゴ平噴火の試料分析を開始しマグマ溜りの温度と深度の検討に着手するとともに、富士山 S18 スコリア噴火の試料の予備分析をおこない、上昇するマグマの温度と発泡深度との関係の検討に着手した。また、すでに先行して分析を開始していた鶴見岳についての分析結果をとりまとめ、マグマ溜りの温度や深度を決定した¹⁾。熊本大学では、阿蘇杵島岳、往生岳、上米塚、阿蘇大峰火山、高遊原溶岩、阿蘇草千里ヶ浜火山の試料採取と予備分析をおこない、マグマ溜りの状態変化についての検討に着手した。また、比較データとして最新の阿蘇火山噴出物の採取と分析を行った。東北大学では、有史以降の桜島火山噴

出物のメルト包有物分析をおこない、マグマの温度、圧力、含水量の時代変化を捉える研究を開始した。産業技術総合研究所では、有珠山の歴史時代噴火の文献調査をおこない、噴火様式とマグマの状態についての検討を深めた。富士山科学研究所では、大室山スコリアを採取するためのトレンチ調査をおこなった。この大室山スコリア噴火は、富士山の側火山としては最大規模の噴火をしており、富士山のマグマの時代変化を把握するための試料としては欠かすことができないと考えられており、今後、課題参加機関で様々な分析が行われる予定である。

(d) 結論ならびに今後の課題

平成 28 年度の目標はおおむね順調に達成できている。年度後半の研究開始となったため、十分な成果はまだ上げられていないが、いくつかの打ち合わせや会議によって研究対象とする火山噴火や取り入れる解析方法を明確にすることができたため、平成 29 年度以降におこなうべき作業がはっきりとした。予定していた火山噴出物試料の採取も順調に行われており、平成 29 年度にはそれらの採取試料について順次、本格的な分析作業に入って、マグマ溜りの温度・圧力環境等を明らかにしていく予定である。

(e) 引用文献

- 1) Shiho Nagasaki, Hidemi Ishibashi, Yukiko Suwa, Atsushi Yasuda, Natsumi Hokanishi, Takahiro Ohkura and Keiji Takemura, Magma reservoir conditions beneath Tsurumi volcano, SW Japan: Evidence from amphibole thermobarometry and seismicity, *Lithos* vol. 278-281, pp. 153-165, 2017.
- 2) 下司信夫, 宮城磯治, 斎藤元治, エネルギー分散型エックス線分析装置による火山ガラス含水量の簡易定量法, *火山*, vol. 62, No. 1, pp. 13-22, 2017.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Nagasaki, S., Ishibashi, H., Suwa, Y., Yasuda, A., Hokanishi, N., Ohkura, T. and Takemura, K.	Magma reservoir conditions beneath Tsurumi volcano, SW Japan: Evidence from amphibole thermobarometry and seismicity	<i>Lithos</i> vol. 278-281, p.153-165	2017 年 1 月 24 日
下司信夫・宮城磯治・ 斎藤元治	エネルギー分散型エックス線分 析装置による火山ガラス含水量 の簡易定量法	<i>火山</i> , vol. 62, p. 13-22	2016 年 12 月 28 日
Isoji Miyagi	A grooved surface-plate for making a flat polished surface	<i>Earth</i> , <i>Planets</i> ,	2016 年 12 月 8 日

		Space, vol. 69, p. 1-3	
鈴木由希	石基結晶組織を用いたマグマダイナミックスの研究～レビューと今後の展望	次世代火山研究プロジェクト課題C研究集会	2016年12月22日
石橋秀己	玄武岩質マグマの噴火ダイナミックスに及ぼす減圧結晶作用の影響	次世代火山研究プロジェクト課題C研究集会	2016年12月22日
Shimano, T., Nakada, S., Suzuki, Y., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Zaennudin A. and Iguchi M.	Quantitative color spectroscopy of ashfall samples as an indicator of eruption styles: Comparison of vulcanian and strombolian eruptions in Indonesia and in Japan	Cities on Volcano 9	2016年11月24日
新谷直己, 中村美千彦, 奥村 聡, 安田 敦, 井口正人, 味喜大介	メルト包有物から制約する桜島火山歴史時代噴火のマグマ蓄積深度	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 桜島課題研究集会	2017年1月6日
長谷中利昭	阿蘇における珪長質マグマの噴火度評価	国際火山噴火史情報研究集会	2017年1月21日
椎原航介, 長谷中利昭, 安田 敦, 外西奈津美, 森 康	阿蘇-4 火砕噴火直前に噴火した大峰火山:メルト包有物組成からみるマグマ供給系の変遷	国際火山噴火史情報研究集会	2017年1月21日
川口允孝, 長谷中利昭, 安田 敦, 外西奈津美, 森 康	阿蘇における浅部マグマ溜りへの高S濃度マグマ供給の証拠	国際火山噴火史情報研究集会	2017年1月21日
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	2017年3月2日

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 29 年度業務計画案

成果目標項目（ア）に対しては、東京大学地震研究所に平成 28 年度に本課題によって導入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本体に、エネルギー分散型（EDS）検出器を追加し、分析効率の向上をはかる。また、東京大学が中心となって、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。さらに項目（イ）に対しては、東京大学が中心となって、平成 28 年度に選定した熱力学計算式を組み込んだ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 環境を構築する。具体的には、分析値から温度・圧力を自動的に計算する機能と組成の基本データをグラフィカルに表示する機能の整備をおこなう。また、産業技術総合研究所が中心となって、MELTS プログラムの解析システムへの組み込みをおこなう。さらに、常葉大学が中心となって、大量の試料を効率良く分析する手法について検討をおこなう。

項目（ウ）に対しては、前年度に引き続きデータサーバーの仕様について参加機関全体で検討する。

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、雲仙岳、阿蘇山、桜島、霧島山、諏訪之瀬島について、主としてマグマ溜りの環境（温度、圧力、酸素雰囲気、含水量）を明らかにするための研究をおこなう。具体的には以下の作業を予定している（括弧内は主たる担当）。

・有珠山

歴史時代噴火に関する未公表データの整理と追加分析（産業技術総合研究所）

・榛名山

溶岩ドーム群の試料分析・解析（早稲田大学）

渋川噴火、榛名カルデラ噴火の調査（早稲田大学）

・富士山

大室山噴火大室山スコリア調査（富士山科学研究所）

大室スコリアの分析・解析（富士山科学研究所・東京大学）

湯船噴火の試料分析・解析（早稲田大学）

- 大沢スコリアの分析（常葉大学）
- 1707年噴火の試料分析・解析（静岡大学）
- 北東麓テフラトレンチ調査（富士山科学研究所）
- ・伊豆大島
 - 1951年噴出物の分析・解析（東京大学）
 - 1986年噴火の試料分析・解析（静岡大学）
- ・伊豆東部火山群
 - 伊豆カワゴ平火山噴火の試料分析（静岡大学）
- ・雲仙岳
 - 平成噴火の試料分析・解析（静岡大学）
- ・阿蘇山
 - 阿蘇中央火口丘第1軽石のガラス包有物の追加分析とMELTSを用いた状態解析（産業技術総合研究所）
 - 米塚、往生岳、中岳の試料分析・解析（熊本大学）
 - 草千里ヶ浜火山の試料分析・解析（熊本大学）
 - 阿蘇-4テフラの試料分析・解析（熊本大学）
 - 地震崩壊地の調査による未分析試料の採集（熊本大学）
- ・桜島
 - 最近の噴出物採取（常葉大学）
 - 有史以降の火山噴出物のメルト包有物分析・解析（東北大学）
- ・霧島山
 - 新燃岳享保噴火の調査と分析（早稲田大学）
- ・諏訪之瀬島
 - 1813年噴出物の分析（常葉大学）
 - 20世紀以降の噴出物の採取・分析（常葉大学）

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

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28年度業務目的

(2) 平成28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) 気象庁コアを用いた噴火履歴解析
 - 3) 大規模噴火DBの構築
 - 4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築
 - 5) マグマ変遷解析センターの立ち上げと分析技術開発
- (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、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成29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
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
国立大学法人熊本大学教育学部	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 研究グループ長	山元 孝広	t-yamamoto@aist.go.jp
		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
	主任研究員	及川 輝樹	teruki-oikawa@aist.go.jp
	研究員	山崎 誠子	yamasaki.seiko@aist.go.jp
	研究員	草野 有紀	y.kusano@aist.go.jp
	主任研究員	古川 竜太	furukawa-r@aist.go.jp
	主任研究員	宮城 磯治	miyagi.iso14000@aist.go.jp
	主任研究員	東宮 昭彦	a.tomiya@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	准教授	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

(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) 主として地質学の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。

(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する。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、年度後半から掘削を開始する。一方、浅間山では山体周辺10ヶ所でのトレンチ掘削集中調査を実施する。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。また重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施する。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開始する。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・大学院生の利用を随時受け入れる。また、高度な物質科学的データを得るためにフーリエ変換赤外分光光度計に顕微システムを1台導入する。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。

3) 平成30年度：

鬼界ではボーリング掘削を継続して300mまで掘削するとともに、阿蘇山、鳥海山および摩周でもボーリング掘削調査を実施する。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調査も実施する。また重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施する。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、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。

4) 平成31年度：

最重点火山では研究の進捗を考慮し追加のボーリングを実施する。浅間山、阿蘇山については噴火履歴と代表的噴火の噴火推移をとりまとめ、さらにマグマ変遷を明らかにする。鳥海山についても噴火履歴と噴火様式について検討する。また重点火山に見落としがないかの検討を全国で実施する。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。鬼界および摩周においては、それぞれの巨大噴火の推移と先行噴火の実体を明らかにし、その間のマグマ系の構造と変遷について復元する。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調査も実施する。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。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) 平成32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) 平成33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) 平成34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) 平成35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) 平成36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) 平成37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28年度業務目的

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とりまとめと基礎的な地質調査を中心に実施するとともに、最重点火山である摩周、鳥海山、浅間山（日本大学）、阿蘇山（熊本大学）、鬼界（東京大学）については、来年度以降のボーリング掘削・トレンチ掘削地点の選定を行う。浅間山については、トレンチ掘削調査も実施し、噴火履歴の解明を目指す。また、南西北海道での活動的火山（有珠山など）の噴火履歴を明らかにするため、千歳市において浅深度のボーリングを実施する。また、産業技術総合研究所を中心として、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う。そして、大規模噴火データベースの構築のために、桜島火山や浅間山といった軽石噴火を中心に、噴火推移の復元のための噴出物の層序及び分布調査を実施し、個々の大規模噴火の推移についての事例データを取得する。また課題責任機関である北海道大学は、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行う。さらに、噴出物解析を効率よく行うための施設として、北海道大学の既存設備を集約し、フーリエ変換赤外分光光度計を新たに導入することで、「マグマ変遷解析センター」を立ち上げ、分析ルーチン手法の確立を行う。

(2) 平成28年度の成果

(a) 業務の要約

本課題の主目的である「中長期噴火予測」を実施するためには、個々の火山の長期噴火履歴に基づく高精度な時間一噴出物量図（階段図）とそのマグマ変遷を明らかにする必要がある。そのために本年度は、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った。そして、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、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。また、気象庁コアをベースとし、全国各地の火山の噴火履歴を明らかにした。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。

(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

本年度は最重点火山・重点火山を中心に地表踏査を行い、ボーリング掘削およびトレンチ掘削地点を選定し一部実施する予定であったが、開始時期が冬期であり、予定通り実施することができなかった。地表踏査が可能であった火山・地域のうち、浅間山と北海道千歳市においてトレンチ掘削およびボーリング掘削を実施し、噴火履歴を検討した。また、その他の火山においては、山麓調査を中心に実施し、これまでの研究成果のとりまとめと評価を行った。その結果を基に、6火山（鬼界・浅間山・鳥海山・蔵王山・日光白根山・恵山）において来年度のボーリング掘削およびトレンチ掘削地点を選定した。以下に成果があった実施事項の詳細をまとめる。

a) 浅間山：トレンチ掘削調査（日本大学）

浅間山の噴火履歴およびマグマ長期変遷を明らかにすることを目的として、噴煙由来の降下火砕堆積物が数多いと予想される方角の東南東山麓の千ヶ滝山の手地区山林において、トレンチ掘削による地質調査を実施した。掘削面の観察により、浅間山の過去約1万年間の噴火によってもたらされた降下火砕堆積物を多数確認することができた。採取した試料について実験室で顕微鏡観察などを行い、構成粒子や広域火山灰（火山ガラス）の有無などを確認した。また堆積物間の黒色土壌の試料について放射性炭素年代測定を実施した。これらの検討結果を総合して、各層をもたらした噴火時期や、過去約1万年間の火山活動

の活発・不活発な時期についての考察をした。また 6300 年前や 8300 年前頃に起きた噴火の堆積物からは、天明噴火のように断続的な噴火を繰り返した痕跡を見出すことができた。これまでの地表付近を中心とした地質調査では、新しい時代の大規模噴火によってもたらされた堆積物が厚く堆積しているため、より古い時代に関する情報は極めて乏しかったが、今回の調査から、火山体に比較的近い山麓斜面でのトレンチ調査が火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に有効であることがわかった。

b) 南西北海道：ボーリング掘削調査（北海道大学）

南西北海道は、重点火山としている有珠山をはじめ、北海道駒ヶ岳・樽前山・恵庭岳など、多くの活動的火山が存在している。そこで、南西北海道の活動的火山の噴火履歴を明らかにするために、冬期でも比較的積雪の少ない北海道千歳市において、浅深度のボーリング掘削を実施した。その結果、この地域では約 4 万年前の支笏カルデラ形成噴火堆積物が厚く堆積しており、その上部に恵庭岳由来の降下軽石堆積物が約 2m の厚さで認められた。その他の火山（有珠山・樽前山など）については、目視で判断できるような堆積物は認められなかったが、恵庭岳噴出物上位の土壌部分に介在している可能性が高く、今後検討していく必要があると考えられる。今回のボーリング掘削調査により、本地域の基盤となる地質の分布が明らかになり、今後のボーリング・トレンチ掘削調査地点の選定に重要な情報を得ることができた。

c) 鬼界：噴火履歴構築とボーリング掘削地点の選定（東京大学）

鬼界（薩摩硫黄島および薩摩竹島、鹿児島県三島村）において噴火堆積物の地質調査を行ったほか、当該火山におけるボーリング調査（北海道大学と共同で実施予定）の準備を進めた。具体的には、地質調査については、7300 年前の超巨大噴火による一連の堆積物と、7300 年前から現在に至るまでに成長した火山体（硫黄岳、稲村岳）の噴火堆積物を対象とし、それらの層序、堆積構造、構成物等について検討し、噴火履歴構築に必要なフィールドデータを収集した。ボーリング調査については、次年度中に薩摩硫黄島で掘削を開始することを目標に、現地での地点の選定と掘削予定地を所有する三島村との打ち合わせを実施した。また、鬼界カルデラを含めた九州の火山における従来の地質・岩石学的研究に関する問題点についても検討・整理した。とくに噴火事象系統樹作成の上で重要となる個々の噴火の噴出量については、データ及びその精度の評価が不十分な火山が多く、今後、鬼界も含め、限られた露頭の堆積物データをもとに噴出量を定量的に評価する手法について検討する必要がある。

d) その他の火山における基礎的研究（北海道大学・秋田大学・山形大学・茨城大学・東京大学・日本大学・熊本大学・産業技術総合研究所）

本年度は、各参加機関が担当する最重点火山・重点火山を中心に、これまでの研究成果のとりまとめと評価を行った。また、地表踏査が可能な地域においては、山麓を中心に地質調査を行った。さらに重点火山の見落としを避けるために、全国の活火山においても研究成果のとりまとめを行った。その結果を基に、鳥海山・蔵王山・日光白根山・恵山にお

いて来年度のトレンチ掘削地点を選定した。その他の火山についても、来年度以降の掘削調査地点の選定の準備を行った。

2) 気象庁コアを用いた噴火履歴解析（産業技術総合研究所）

国内の活火山に対する噴火系統樹作成時に活用される噴火履歴情報を得るために、気象庁が活火山(29 火山)から採取したボーリングコア(計 32 本)の岩層、岩質等の観察を行うと共に、放射性炭素年代測定や噴出物の化学組成分析を行った。その結果、鶴見岳・伽藍岳において、火砕流に関連する堆積物を認め、その放射性炭素年代から有史時代の噴火活動と判断された。栗駒山においては、二回の水蒸気噴火堆積物と溶岩流を確認した。溶岩流は地すべり地塊の一部を覆って氾濫した可能性が考えられた。また、岩手山において、西岩手カルデラ北西部山麓を覆う小規模火砕流を認め、その岩質から西岩手中央火口丘形成期に噴出したものと推定された。十和田においては、山頂部の溶岩ドーム形成に関係すると思われるブロック・アンド・アッシュタイプの火砕流を初めて確認した。十勝岳においては、これまで未確認の水蒸気噴火堆積物と火砕流を確認した。火砕流の噴火年代は明確ではないが、およそ 800~1000 年前と推測された。

3) 大規模噴火 DB の構築（産業技術総合研究所）

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 VEI が 6 以上の「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。今年度に情報収集を行った噴火は、阿蘇 3 噴火、屈斜路羽幌噴火、阿多噴火、阿蘇 4 噴火、支笏第一噴火、始良入戸噴火、鬼界アカホヤ噴火、池田湖噴火、摩周 F 噴火の 9 噴火である。これらの噴火について、既存公表文献の収集および文献からの噴火推移情報・噴出物層序情報および分布情報の抽出を実施した。これらの噴火について、約 130 文献を収集し、その中に掲載された噴出物分布図および噴火層序図を抽出した。

4) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築（防災科学技術研究所・北海道大学）

本課題の研究手法の 1 つであるボーリング掘削調査のために、国立研究開発法人防災科学技術研究所（協力機関）とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築準備を行った。

5) マグマ変遷解析センターの立ち上げと分析技術開発（北海道大学）

噴出物解析を効率よく行うための施設として、北海道大学の既存設備を集約し「マグマ変遷解析センター」を立ち上げ、分析ルーチン手法の確立を行った。また、フーリエ変換赤外分光光度計を平成 29 年 3 月に導入・整備を行った。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成 28 年度は実施期間が短く、冬期であったため、十分な地質学的成果が得られなかった。また、物質科学的解析も予察的な結果しか得られていない。しかし、浅間山および

南西北海道においてはトレンチ掘削およびボーリング掘削を実施することができ、来年度以降の業務計画を立てる指標とすることができた。また、いくつかの火山においてはトレンチ掘削およびボーリング掘削地点を選定するに至り、来年度実施できる見込みとなった。マグマ変遷解析センターの整備も順調に行われており、各参加機関においても物質科学的解析の準備を進めている。平成 29 年度以降は、噴火履歴・マグマ変遷解明のための物質科学的解析も本格的に実施する予定である。

(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
Yoshimura, S., Nakamura, M. and Yurimoto, H.	Carbonate ions in high-SiO ₂ rhyolite observed in fluid-melt equilibrium experiments	Geochemical Journal	2016 年 12 月 26 日
下司信夫・宮城磯治・斎藤元治	エネルギー分散型エックス線分析装置による火山ガラス含水量の簡易定量法	火山, vol. 62, p. 13-22	2016 年 12 月 28 日
Kuritani, T., Sakuyama, T., Kamada, N., Yokoyama, T. and Nakagawa, M.	Fluid-fluxed melting of mantle versus decompression melting of hydrous mantle plume as the cause of intraplate magmatism over a stagnant slab: Implications from Fukue Volcano Group, SW Japan	Lithos, vol. 282-283, p. 98-110	2017 年 1 月 23 日
Arakawa, Y., Endo, D., Ikehata, K., Oshika, J., Shinmura, T. and Mori, Y.	Two types of gabbroic xenoliths from rhyolite dominated nijima volcano, northern part of Izu-Bonin arc: petrological and geochemical constraints	Open Geoscience, vol. 9, 1-12	2017 年 1 月
石毛康介・中川光弘	北海道中央部、大雪火山群旭岳グループの後期更新世～完新世火山活動史	地質学雑誌, vol.123, 73-91	2017 年 2 月
Ban, M., Takebe, Y.	Eruption histories of Zao and Azuma volcanoes and	Bulletin of the Earthquake Research	2017 年 3 月

Adachi, T., Matsui, R. and Nishi, Y.	their magma feeding systems of recent activities.	Institute Univ. Tokyo. Vol. 91, 25-39.	
高橋正樹・関根英正・矢島有紀子・金丸龍夫	日光火山溶岩ドーム群の全岩主化学組成—分析データ205個の総括—	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要,52,135-179	2017年3月
宮縁育夫	阿蘇カルデラ北西部, 蛇ノ尾火山の噴出物と噴火年代	火山, vol. 63, p.1-12	2017年3月31日
長谷川健・中川光弘・宮城磯治	アトサヌプリのボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.9-11	2017年3月
和田恵治・佐藤鋭一・石塚吉浩	雌阿寒岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.12-16	2017年3月
和田恵治・佐藤鋭一・石塚吉浩	大雪山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.17-20	2017年3月
上澤真平・石塚吉浩・中川光弘	十勝岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.21-24	2017年3月
古川竜太	樽前山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.25-28	2017年3月
後藤芳彦・古川竜太・中川光弘	倶多楽のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.29-32	2017年3月
宝田晋治・吉本充宏	北海道駒ヶ岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.33-35	2017年3月
三浦大輔・古川竜太	恵山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.36-39	2017年3月
佐々木実・伊藤順一	岩木山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.40-42	2017年3月
工藤 崇・佐々木実・田中明子	十和田のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.43-50	2017年3月

宝田晋治・佐々木実・田中明子	八甲田山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.51-58	2017年3月
大場 司・伊藤順一	秋田焼山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.59-62	2017年3月
伊藤順一・長井雅史	岩手山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.62-64	2017年3月
藤縄明彦・林信太郎	秋田駒ヶ岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.65-67	2017年3月
林信太郎・藤縄明彦・吉川純・伊藤順一	栗駒山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.68-70	2017年3月
及川輝樹・西勇樹・伴 雅雄	蔵王山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.71-73	2017年3月
藤縄明彦・山田和輝・柳澤妙桂	安達太良山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.74-76	2017年3月
山元孝広・中村洋一	磐梯山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.77-79	2017年3月
山元孝広・伴雅雄	那須岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.80-82	2017年3月
山元孝広・草野有紀・佐々木実	日光白根山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.83-85	2017年3月
中野 俊・石崎泰男・田中明子	弥陀ヶ原のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.86-92	2017年3月
及川輝樹・竹下欣宏	焼岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.93-94	2017年3月
及川輝樹・竹下欣宏	御嶽山(山頂部)のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.95-96	2017年3月

及川輝樹・竹下 欣宏・田中明 子・山崎誠子	御嶽山(長野県側)のボーリン グコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.97-102	2017年3月
吉本充宏・山元 孝広	富士山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.110-112	2017年3月
萬年一剛・長井 雅史	箱根山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.113-115	2017年3月
津久井雅志・川 邊禎久・下司信 夫	三宅島のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.116-119	2017年3月
津久井雅志・川 邊禎久・下司信 夫	八丈島のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.120-122	2017年3月
小林哲夫・星住 英夫	鶴見岳・伽藍岳のボーリング コア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.123-125	2017年3月
宮縁育夫・星住 英夫	阿蘇山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.126-128	2017年3月
星住英夫・中田 節也	雲仙岳のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.129-131	2017年3月
下司信夫・小林 哲夫	霧島山のボーリングコア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 - p.132-133	2017年3月
川邊禎久・小林 哲夫・前野 深	薩摩硫黄島のボーリングコ ア	気象庁火山観測ボーリン グコアの解析-平成 28 年 度 成 果 報 告 書 -	2017年3月

		p.134-137	
Maeno, F., Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M.	A sequence of the 2014 Plinian event and a long-term magma discharge rate at Kelud volcano, Indonesia (口頭発表)	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11 月22日
Ohba, T., Minami, Y. and Imura, T.	Hydrothermal alteration inferred from volcanic ash of hydrothermal and magmatic-hydrothermal eruptions: Examples from Ontake and Tokachi, Japan (ポスター発表)	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11 月24日
Imura, T., Ohba, T., Minami, Y. and Nakagawa, M.	Hydrothermal alteration process preserved in hydrothermally altered rocks in volcanic products of Tokachidake volcano, central Hokkaido, Japan (ポスター発表)	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11 月24日
Minami, Y., Ohba, T., Hayashi, S. and Kataoka, K.S.	Proportional variation of debris flow, hyper- concentrated flow, and stream flow deposits in a volcanic fan and the relationships with geomorphological features in Chokai volcano, NE Japan (ポスター発表)	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11 月24日
宮縁育夫	阿蘇火山中央火口丘群の噴 火史研究の現状と課題(口頭 発表)	次世代火山研究プロジェ クト課題C研究集会	2016年12 月22日
前野深	噴火履歴解明・推移予測にお ける地質学的課題(口頭発 表)	次世代火山研究プロジェ クト課題C研究集会	2016年12 月22日

中川光弘・松本 亜希子・井口正 人	桜島火山噴火活動の岩石学 的モニタリング：2015 年噴 火活動について（口頭発表）	災害の軽減に貢献するた めの地震火山観測研究計 画 桜島課題研究集会	2017年1月 7日
中川光弘	地質および物質科学的デー タに基づく低頻度大規模火 山現象およびその準備過程 の研究（口頭発表）	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	2017年3月 2日
中川光弘	噴火履歴及び観測事例に基 づく噴火事象系統樹の試作 （口頭発表）	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	2017年3月 2日

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成29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

平成29年度は前年度に行った事前調査の結果をもとに、最重点火山である鬼界・浅間山・鳥海山、重点火山である蔵王山・日光白根山に恵山を新たに加え、ボーリング掘削およびトレンチ掘削調査を本格的に開始する。具体的には以下を実施する。

1) 鬼界（東京大学・北海道大学）

300mのボーリング掘削を行い、地表踏査だけでは困難であったカルデラ形成噴火の先行活動から最盛期までの詳細な噴火履歴の解明に取り組む。

2) 浅間山（日本大学）

平成29年度の最重点火山として、山体近傍の計10か所においてトレンチ掘削を実施し、集中的な調査を行う。そして、山体全方向での噴火堆積物層序を明らかにしたうえで、浅間山の噴火履歴および噴火様式を解明する。それと同時に放射性炭素年代測定を多数行い、詳細な時間軸を入れることで、精密な時間-噴出物量図の作成を目指す。

3) 鳥海山（秋田大学）

最新の噴火履歴を明らかにするために、山体で手掘り掘削を試みる。

4) 蔵王山（山形大学）

山体における手掘り掘削により詳細な噴火履歴を明らかにすることを目指す。

5) 日光白根山（産業技術総合研究所）

山体における手掘り掘削により詳細な噴火履歴を明らかにすることを目指す。

6) 恵山（産業技術総合研究所）

山麓でのトレンチ掘削を行い、最近 1 万年間の噴火履歴を明らかにする。

その他の最重点火山・重点火山については、引き続き野外調査を行い、特に最重点火山である阿蘇山（熊本大学）・摩周（北海道大学・茨城大学）については、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。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。

(b) 大規模噴火 DB の構築（産業技術総合研究所）

大規模噴火の活動推移に関するデータを得るために、海外における歴史噴火事例（ピナツボ山、クラカタウ、カトマイ等）データを収集する。

(c) 海外における噴火事例との比較研究

国内の火山だけでなく、海外の火山の噴火事例との比較も重要であることから、海外研究機関と連携し、比較研究を開始する。平成 29 年度は富士山や羊蹄山など巨大成層火山の活動履歴・推移の比較研究として、最近も活発に活動しているロシア・アバチンスキー火山を対象に、ハザードマップおよび噴火事象系統樹の作成に関してロシアカムチャッカの ISV と共同研究を開始する。

(d) ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築（防災科学技術研究所・北海道大学）

本課題の研究手法の 1 つであるボーリング掘削調査のために、引き続き国立研究開発法人防災科学技術研究所（協力機関）とともに、ボーリングコア試料の保管・管理システムの構築を行う。

(e) 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フーリエ変換赤外分光光度計に顕微システムを導入する。そして、課題の対象火山噴出物についての分析を開始するとともに、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。

(f) 課題全体のとりまとめと研究成果の発信

年度内に課題 C サブテーマ 2 課題の研究集会を札幌で開催し、情報共有を行い研究方針と次年度の研究計画について議論を行う。特に研究が進展している火山（浅間山など）では、中長期予測および噴火事象系統樹の試作・改訂を行う。

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28年度業務目的

(2) 平成28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、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成29年度の業務計画案

(1)業務の内容

(a) 業務題目

課題 C 火山噴火の予測技術の開発

サブテーマ 3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立研究開発法人 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	fujita@bosai.go.jp
	主任研究員	三輪学央	miwao@bosai.go.jp
	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
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	
	助教	奥村 聡	
国立大学法人東京大学 地震研究所数理系研究部門 気象庁気象研究所火山研究部	助教	鈴木雄治郎	
	部長	山里 平	
	室長	徳本哲男	
	室長	高木朗充	
	主任研究官	新堀敏基	
	主任研究官	鬼澤真也	
	研究官	佐藤英一	
	研究官	石井憲介	
	研究官	川口亮平	
	講師	石橋秀巳	
国立大学法人静岡大学 理学部地球科学科 山梨県富士山科学研究所 火山防災研究部	非常勤研究員	常松佳恵	

(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（マイクロ）
- ・物性モデルの構築：実験の環境整備と、結晶化カインेट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：マイクロ・マクロモデルの統合
- ・物性モデルの構築：結晶化カインेट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：結晶化カインेट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) 平成32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agma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) 平成33年度：

- サブテーマ①：地下におけるマagma移動シミュレーション
- ・マagma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) 平成34年度：

- サブテーマ①：地下におけるマagma移動シミュレーション
- ・マagma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) 平成35年度：

- ・火山ハザード評価システム運用・高度化（全事象）
- ・マagma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) 平成36年度：

- ・火山ハザード評価システム運用・機能評価
- ・マagma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) 平成37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28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

噴火遷移に重要な役割を果たす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について、既往研究のレビュー及び担当者が開発した数値モデルによるこれまでの解析結果の整理を実施する。これに基づき、噴火分岐を支配する本質的なマグマ物性や地質条件などのパラメータを抽出する。また、玄武岩質噴火を対象とした火道流モデル開発に向けて、その噴火現象に関する研究のレビュー及び情報収集を実施する。

b. マグマ移動過程シミュレーション技術開発

岩脈成長シミュレーションにて、腐食破壊・脆性破壊・粘性流動の関連について調べる。また、噴火未遂現象の観測データ事例を整理し、噴火・噴火未遂の分岐を支配する観測パラメータの抽出に着手する。さらに、気象庁気象研究所（以下「気象研」という。）の協力を得て火山性地殻変動モデル開発のための予備傾斜観測を伊豆大島において実施する。

c. マグマ物性モデルの構築

マグマ物性モデル構築に向けた環境整備と実験試料採取を行う。マグマ上昇に伴う発泡・結晶化過程を再現するための水熱合成減圧ユニットや、マグマ粘性測定に用いる高温電気炉と粘度計を設置し、実験環境を整える。また、発泡・結晶化実験については、環境整備に向けて、類似の装置を有する東北大学で予備実験を行う。さらに、マグマ粘性測定に用いる岩石の試料採取を伊豆大島にて行う。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設計を行う。具体的には、気象研で開発されている降灰シミュレーションのための領域移流拡散モデル（JMA-RATM）により首都圏への降灰評価を行うための設計を行う。また、この出力ファイルを防災科学技術研究所で開発している火山リスクマネジメントシステム（VRMS）へ適用するためのデータ変換プログラムの作成を行う。さらに、VRMSにおける脆弱性データベース作成に着手する。気象研の協力を得てこれらを実施する。

b. 噴煙柱ダイナミクスモデルの開発

本サブテーマで使用する火山噴煙の数値モデルにおける、実際の噴火事例の再現性を確認する。具体的には、大型計算機を用いた大規模数値シミュレーションを行い、それらの計算結果とこれまでに蓄積した数値シミュレーション結果で検証可能な計算セットを揃える。1991年ピナツポ噴火、2011年霧島山新燃岳噴火、2014年インドネシア・ケルト噴火、2015年チリ・カルブコ噴火の事例に関し、観測データと数値計算結果が比較可能な物理量について整理する。その上で、数値モデルの再現性について定量化する。

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、溶岩流・噴石等のシミュレーション技術開発とそのハザード評価についての情報収集・研究打合せを行う。山梨県富士山科学研究所の協力を得てこれを実施する。

(2)平成28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、火山噴火様式の推移が生じる要因や噴火分岐の臨界条件についての解析結果を整理した。また、玄武岩質マグマによる噴火過程に関する情報収集を行った。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とともに、伊豆大島において予備傾斜観測を開始した。また、岩脈成長について、解の安定性に関する理論的・技術的検討を行った。また、大地震による応力変化と火山の誘発について調べた。

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、富士山宝永噴火ケースの降灰シミュレーションと富士山周辺（静岡県側）の建造物データベースと連携し、降灰リスク評価を行うシステム構築を開始した。噴煙柱のシミュレーションコードの高度化を開始するとともに、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、噴石シミュレーションコード Ballista について検討を行った。

(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

火道内マグマ混相流・マグマ溜まりシステムのモデル (Kozono and Koyaguchi, 2012) に基づき、マグマ物性や地質条件をパラメータとし、噴火様式の指標となる火口からの噴出率や、噴火推移中の観測によって捉えられる可能性があるマグマ溜まり火道内の圧力変化を計算する解析を実施した。特に噴火分岐の臨界条件について、結晶化モデルの依存性から検討を開始した(図1)。また、玄武岩質マグマによる噴火を繰り返しているハワイのキラウエア火山の研究を推進しているハワイ大学を訪問し、玄武岩質マグマにおける噴火様式に関する情報をより多く収集した。

■ 爆発的噴火遷移への臨界マグマ供給率

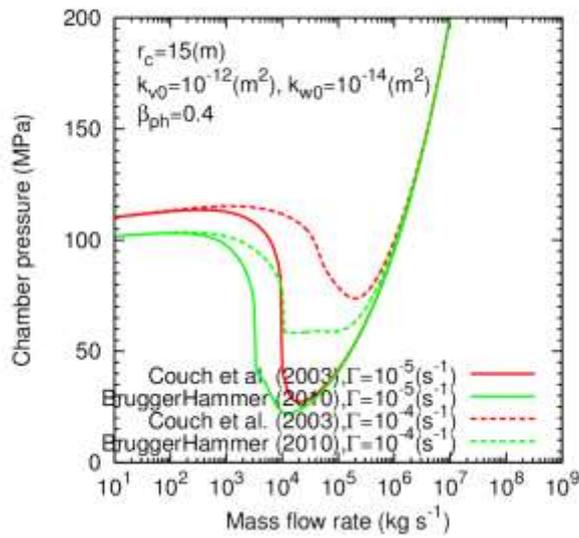


図1 噴火分岐の臨界条件の結晶化モデル依存性 (Γ: 結晶成長率)

b. マグマ移動過程シミュレーション技術開発

岩脈貫入と噴火未遂の事例として 2000 年三宅島と 2015 年桜島について着目し、地震波データの解析を行い、マグマの上昇に伴う地震相関の時間変化についての知見を得た (図 2~4)。この結果は個別要素法による岩脈貫入シミュレーションによるマグマのダイアピル化とそれに伴う地震発生の特徴と整合的であることがわかった。世界の大地震の発生直後に発生した火山噴火事例を調べた結果、大地震から距離 200 km、発生から 5 年間に火山の噴火する確率が高まることがわかった。遠方の火山は影響を受けないことから、大地震の発生に伴う火山体の静的応力変化によりマグマが上昇を開始する可能性があることがわかった。また、フィレンツェ大学を訪問し、玄武岩質マグマ噴火の貫入現象に関する観測事実とモデル化についての情報を収集した。

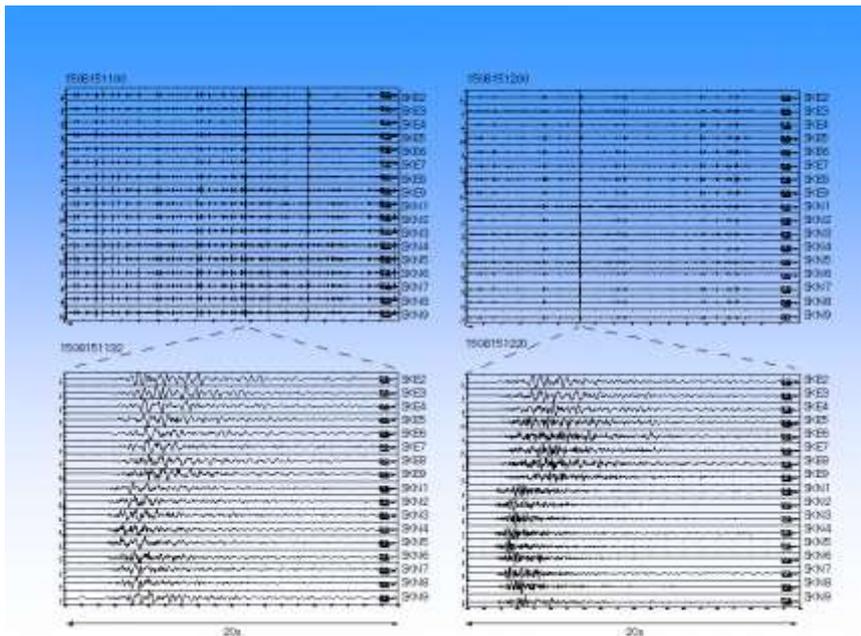


図2 2015年8月15日桜島の岩脈貫入に伴うアレイ地震観測波形例

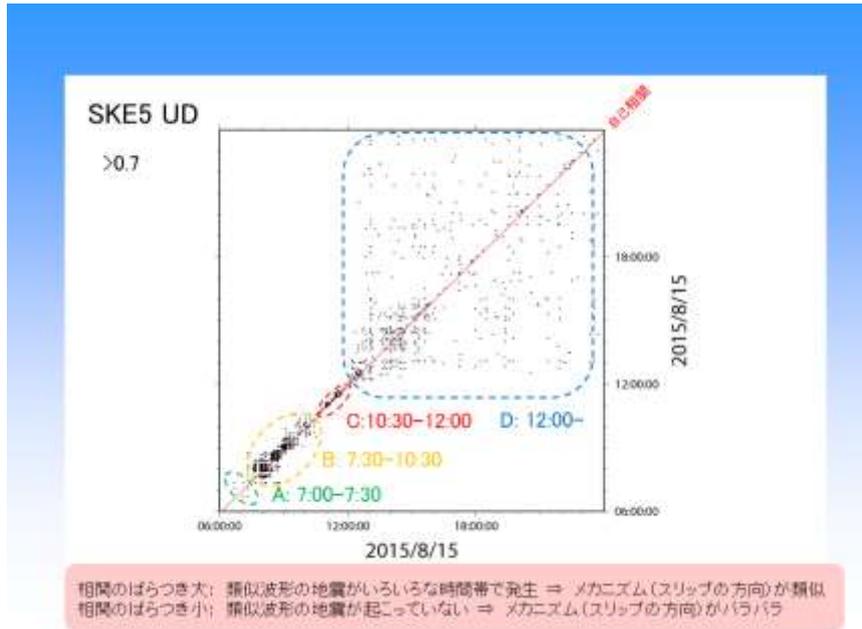


図3 相互相関係数の時間変化

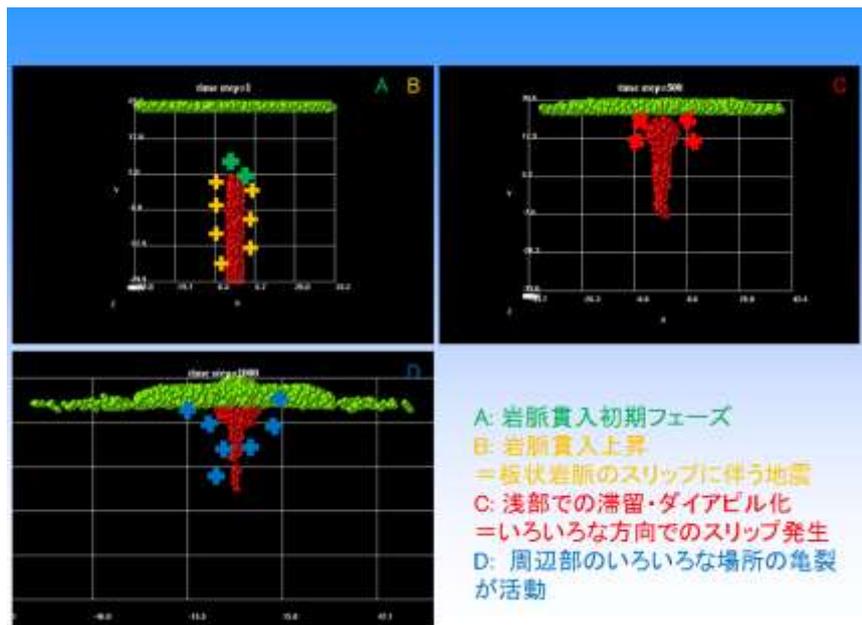


図4 岩脈貫入シミュレーションからの解釈

また、伊豆大島にて気象研の観測局舎に地表設置の気泡式傾斜計を設置して予備傾斜観測を開始した(図5~6)。同局舎内で観測されている温度データなどから観測環境変化に対する傾斜計の応答特性を調べる。得られた情報により同タイプの傾斜計によって観測されたイタリア・ストロンボリ火山の溶岩流出イベント前後の傾斜変動データの検討などに利用する。



図5 伊豆大島に設置した傾斜計

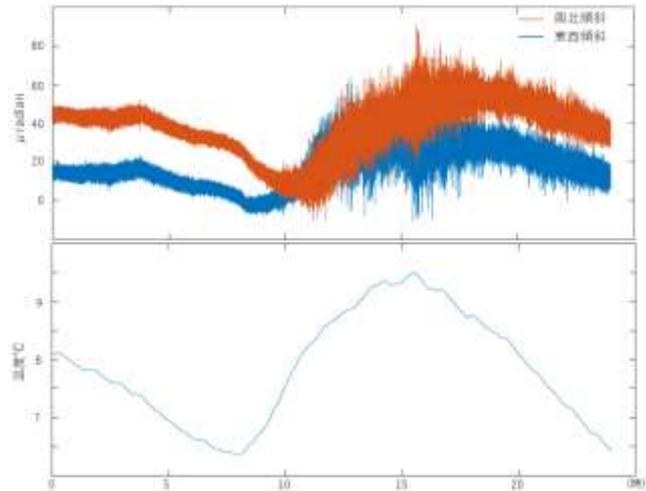


図6 伊豆大島で観測された傾斜計データ

岩脈成長シミュレーションについて、既に防災科学技術研究所（以下「防災科研」という。）で開発を進めている手法について改善策を検討した。解に不安定が生ずるのは、先端の破壊速度の急激な増加に岩石の弾性変形とマグマの粘性流動の計算が精度よく追従できないためと推測され、破壊に関する定数に現実的な値の制限をはずして破壊速度を可変にし、この仮説を確認した。また、解析の時間ステップを十分に短くして、岩脈の進行の幅を小さくする対策を検討した。現状のプログラムでは、岩脈の先端がメッシュの位置と一致する必要があるために、岩脈の進行の幅を任意に設定できない。この制約をなくすため、メッシュのつくり方に柔軟性を増す可能性や、岩脈の先端をメッシュの中間におく可能性などについて検討した。

岩脈内を流れるポアズイユ流を仮定し、簡略化して考察すると岩脈が上昇する解は、下記条件を満たす場合となる。

$$g\rho_r(H - y_m) < p_m < p_o - g\rho y_m \quad (1)$$

であり、この条件を満たす p_m が存在するためには

$$p_o > g\rho_r H + g(\rho - \rho_r)y_m \quad (2)$$

となる。ここで、 g は重力加速度、 p_o は岩脈の開始点（マグマだまりの位置） $y = 0$ でマグマに働く圧力、 ρ_r は地殻の密度、 H は岩脈が拡大を始める深さである。

解の存在性の確認のため適切な物性値を仮定し、マグマ圧力と岩石圧力、およびその差圧について検討を行った（図7）。式（2）を満たす範囲で、岩脈が上昇する解が存在するための必要条件は満たされており、いったんき裂が発生した場合にはき裂長さに応じて差圧が増加し、加速的に成長することが可能である。この定式を桜島について考察した（図8）。密度は深さ 10 km で 2600kg/m³、深さ 5 km で 2500kg/m³、地表付近で 2400kg/m³ 程度である。マグマが例えば深さ 20 km 以上にあり密度 2500kg/m³ であれば深部から上昇した後に深さ 5 km 付近で式（2）を満たさず上昇力を失い、それまでの進展速度が失われると思われる。

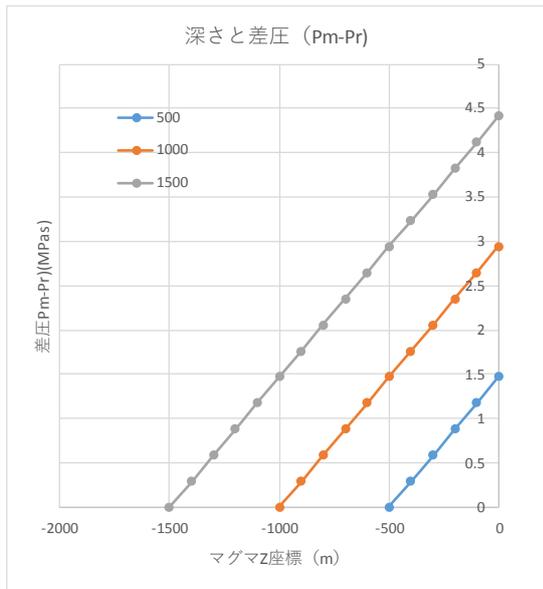


図7 マグマと岩石の差圧

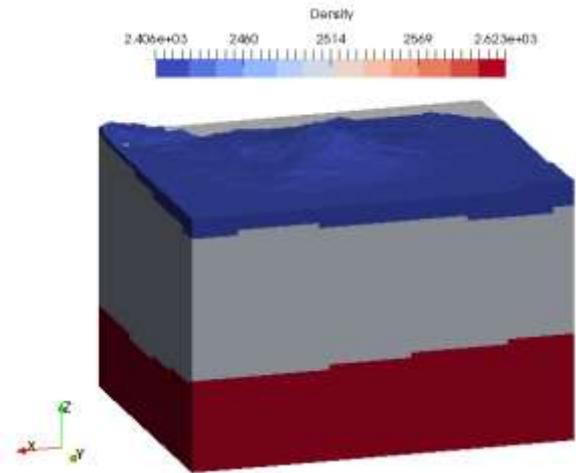


図8 地殻における密度分布
(桜島近傍深さ 10km)

従来開発してきた手法における解の不安定性は、上昇の必要条件的には問題がないため、粘性（動圧）や破壊形態を連成して解いていることによるものと考えられ、その確認を行った。岩脈進展長に対する岩脈成長速度の推移をみると、いくつかの問題点があることが分かった(図9)。動圧を考慮、1回の計算ループにおける進展速度の増分量設定が大きい時に、岩脈が閉塞し、計算停止した。この時、収束途中で岩脈幅が細くなった直後にき裂先端部が閉じてしまい以後の計算が停止した。岩脈幅が細くなったために動圧が過大になったためと思われる。動圧を導入したケースでは速度増分（時間増分も同様）が大きいと円滑な計算を行えないことがわかった。

岩脈成長速度の推移

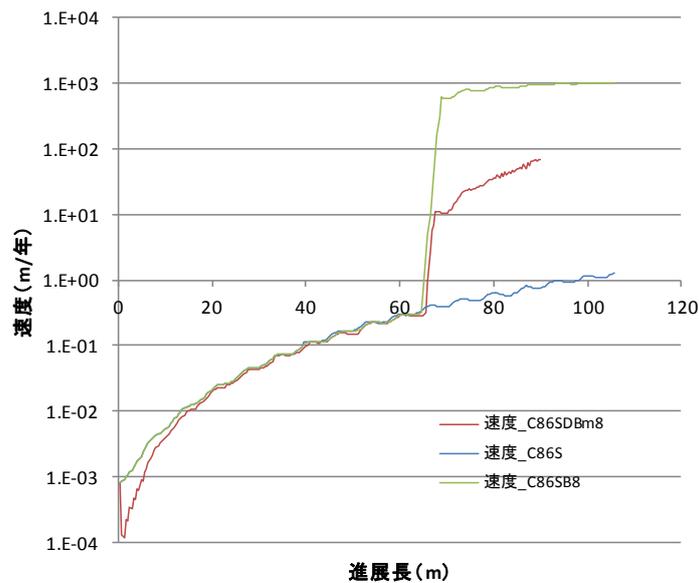


図9 脆性破壊、動圧が応力拡大係数と進展速度に与える影響

これらの考察の結果、下記の解不安定防止策を組み込む機能を今後加えることとした。

1. 動圧や破壊速度に応じて十分に小さい時間増分を設定する機能
2. 非線形荷重である動圧に対する変位を高精度に計算する機能

c. マグマ物性モデルの構築

水熱合成減圧実験装置およびマグマ粘性測定装置の導入を開始した。また、発泡・結晶化実験について東北大学で予備実験を行った。水熱合成減圧実験装置（図10）およびマグマ粘性測定装置（図11）を導入し、今後の実験方針について検討を行った。



図10 水熱合成減圧実験装置



図11 マグマ粘性測定装置

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

領域移流拡散モデル(JMA-RATM)を用いて、富士山宝永噴火ケースの降灰シミュレーションを実施するとともに、出力結果を防災科研で開発しているVRMSへ入力するためのデータフォーマット変換を行った。富士山宝永噴火のシナリオを火山リスクマネジメントシステム(VRMS)に取りこみ、富士山周辺(静岡県側)の建造物データベースと連携し、降灰リスク評価を行うシステム構築を開始した(図12)。

降灰シミュレーションデータは OGS® Moving Feature Encoding Extension: Simple Comma Separated Values (CSV) 形式に変換され、防災科研の防災情報システム上の HADB(Hitachi Advanced Data Binder)にインポートし、建物形状データとの交差判定を行う機能を整備した。また、これにより被災建物数の時間変化を CSV 形式で出力できる機能を整備した。

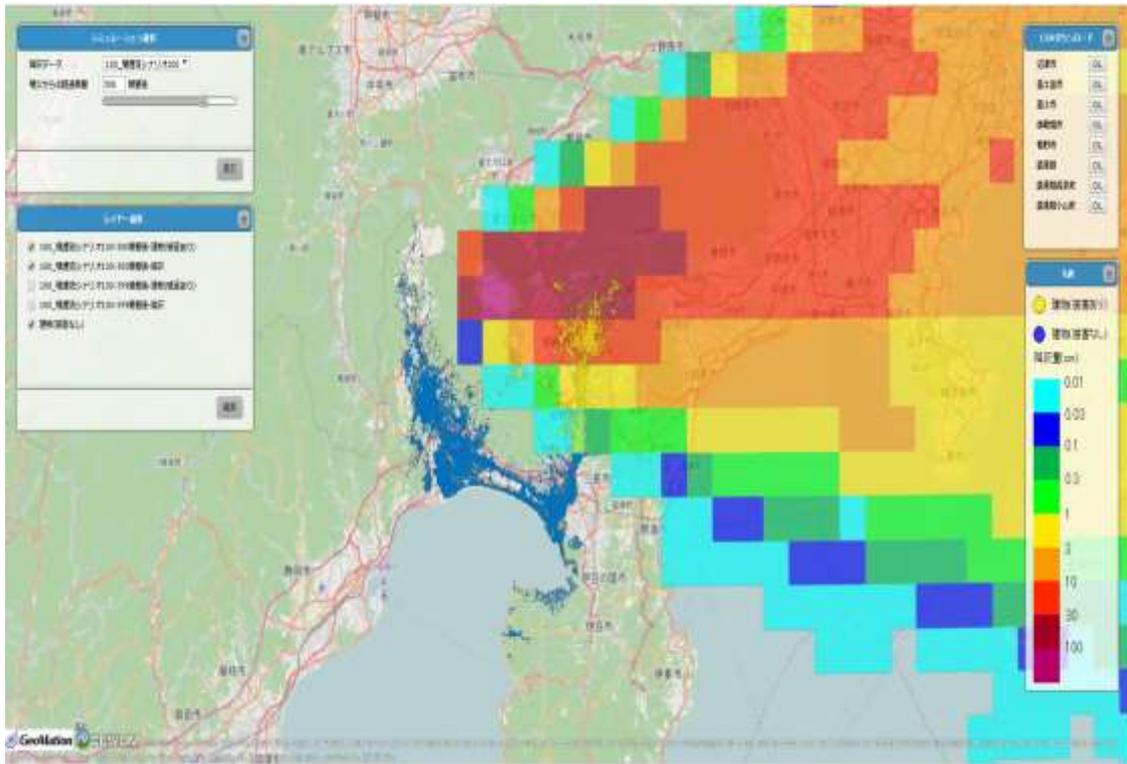


図 1 2 宝永噴火ケースの降灰シミュレーションの火山リスクマネジメントシステム（VRMS）導入

b. 噴煙柱ダイナミクスモデルの開発

研究計画に挙げた 3 つの噴火事例に関し、大規模計算を行って数値シミュレーション結果を揃えた。火口での噴出率や温度を与えた計算を行い、噴煙高度や噴煙の拡大速度・降灰分布を結果として得た。これらの結果は観測データとの予備的な比較を実施することで、検証可能であることを確認した。INGV-Pisa を訪問し、本サブテーマで作成している噴煙柱のシミュレーションコードと INGV が開発しているコードの比較・検証方法について詳細を決定した。具体的には、火口での噴火条件、大気条件、境界条件を厳密に一致させた計算を行い、時間・空間平均や噴煙内乱流のスペクトルを同一の操作で取得することで、計算手法の特性を調べることを同意した。また、INGV-Pisa が開発している火砕流のシミュレーションコード、実験による数値コードの検証状況についての情報収集を行った。

c. ハザード評価システムの検討

溶岩流シミュレーションについて、防災科研開発の LavaSIM による富士山剣丸尾溶岩流への適用事例をベースに方向性を検討した。シミュレーションの結果は、地形データと計算格子のメッシュサイズに依存するが、数値拡散と地形データのどちらが計算結果の相違に影響を及ぼしているか、また、どのくらいサイズのメッシュを使用すべきかについて、異なる地形メッシュと計算格子サイズのパターンを組み合わせることによって、地形メッシュサイズの影響を検討した。この結果、計算格子サイズによる数値拡散と地形データのメッシュサイズによる両方の効果が同じくらい溶岩流シミュレーションの精度に影響していることが分かった（図 1 3～1 4）。

24時間計算した場合の面積差分

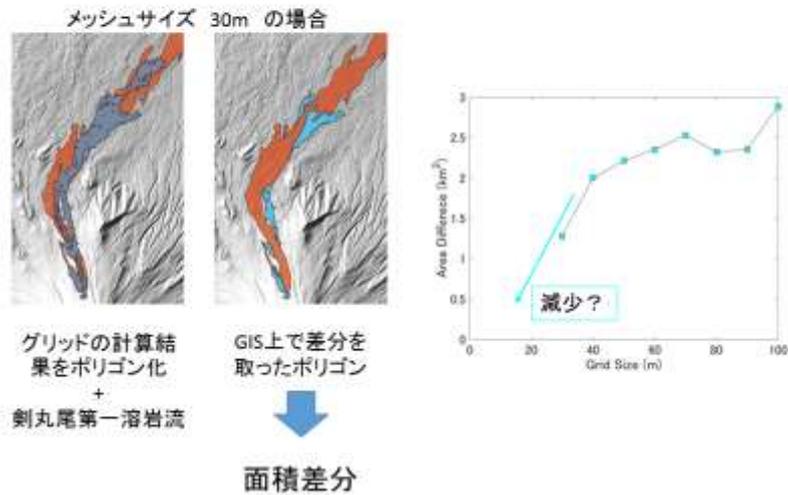


図 1 3 溶岩流シミュレーションコード LavaSIM による富士山剣丸尾溶岩流の再現による面積差分

数値拡散 vs 地形？

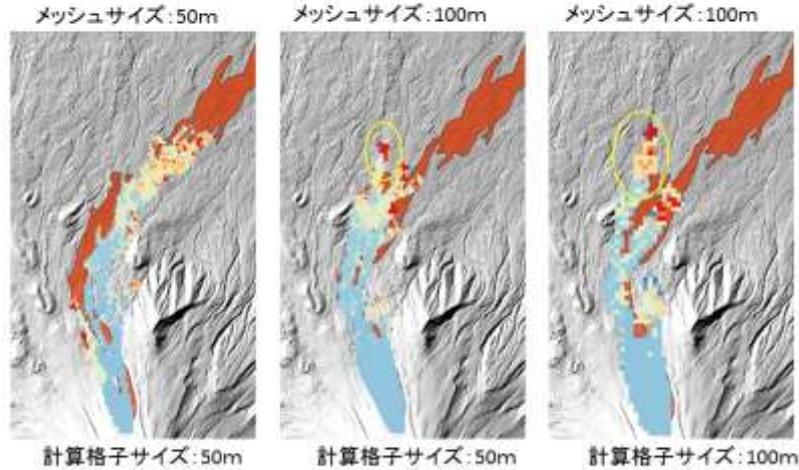


図 1 4 メッシュサイズ・計算格子サイズによる溶岩流シミュレーション結果の相違

また、噴石シミュレーションコード Ballista の導入を検討した。溶岩流シミュレーションコード LavaSIM の改造方針について方向性を検討する。噴石シミュレーションコード Ballista について改良方針およびインターフェース作成方針について検討を開始した。

(c) 結論ならびに今後の課題

事業開始の初年度にあたり、環境整備や予備調査を基本として実施した。地下におけるマグマ移動シミュレーションでは、噴火様式の遷移過程を再現する火道流モデルを開発し、数値計算を実施することにより、噴火様式推移の特徴や臨界条件を抽出することが可能となった。今後、このモデルをもとに、噴火様式の推移前後に現れる山体変形を計算するアルゴリズム開発を行う。また、素過程モデルの重要性が指摘されたことから、本課題における「マグマ物性モデルの構築」との連携を深め研究を推進していく。マグマ移動過程シミュレーション技術開発では、観測を進めるとともに、マイクロ・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を行い、事象分岐の基準となるパラメータの抽出を行う。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、首都圏降灰ハザード予測の評価のためのシステム開発の目途が立った。噴煙柱ダイナミクスモデル化においては、基礎となる情報の収集や設計が実現された。これらを統合するハザード予測システムの検討についても、予備的な整理が実現できた。

(d) 引用文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 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) 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.
- 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.

(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
藤田英輔	噴火未遂:2000年三宅島と2015年桜島の比較(口頭)	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画桜島課題研究集会	2017/1/6
石井憲介	気象レーダー等を用いた桜島噴煙観測～観測データを利用したデータ同化手法の検討～(口頭)	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画桜島課題研究集会	2017/1/7
常松佳恵	画像解析から得られる火山岩塊放出のダイナミクス(口頭)	研究集会「阿蘇山の噴火活動・マグマ水蒸気爆発を理解する」	2017/2/28
石井憲介	火山灰データ同化システムの開発状況(口頭)	「降水と噴火」研究会(鹿児島大学)	2017/3/10
佐藤英一	火山噴煙レーダー状況(口頭)	「降水と噴火」研究会(鹿児島大学)	2017/3/10

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

名称	機能
降灰に対する時空間データ検索システム	降灰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HADDBにインポートし、建造物データとの交差判定を行い、GIS上に表示する。

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成29年度業務計画案

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、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について、爆発的噴火への分岐開始条件が、マグマ物性モデルや玄武岩質マグマ噴火を対象としたモデルに依存してどのように変化するかを系統的に明らかにする。また、その分岐開始を地殻変動観測によって検知する方法を調べるために、火道流と地殻変動を統合した数値モデルのシミュレーションに着手する。

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、岩脈成長シミュレーションにて、腐食破壊・脆性破壊・粘性流動のカップリングについて研究を進める。また、噴火・噴火未遂の分岐を支配する観測パラメータの抽出を行う。さらに、気象研の協力を得て火山性地殻変動モデル開発のための予備傾斜観測を伊豆大島において継続する。

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開始する。

具体的には、1) マグマ上昇に伴う発泡・結晶化過程を再現するための自動減圧シリジポンプを整備し、国内火山(神津島等)を例に一部実験を開始する。2) マグマ粘性測定については、予備実験として標準溶液を用いた測定を行い、データの取得方法を確立する。また高温下における電気炉の長時間稼働試験と岩石の融解実験から実験装置の最適化を図る。東北大学及び静岡大学の協力を得てこれらを実施する。

サブテーマ②：噴火ハザードシミュレーションの開発・高度化

a. 降灰ハザード予測モデルの開発

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

具体的には、VRMSにおける脆弱性データベース作成について首都圏のデータを取り込むとともに、気象研で開発されている降灰シミュレーションのための領域移流拡散モデル(JMA-RATM)により首都圏への降灰評価を進める。気象研の協力を得てこれらを実施する。

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る。具体的には、大型計算機を用いた大規模数値シミュレーションを行い、これまでに得られている人工衛星画像や野外調査データとの比較を行いモデルの検証を行う。特に、1991年フィリピン・ピナツボ噴火、2014年インドネシア・ケルト噴火、2015年チリ・カルブコ噴火事例に関し、前年度に整理した比較可能な物理量について精査する。特に、1991年ピナツボ噴火事例を対象に、数値シミュレーション結果を基にした噴煙拡大スケーリング則の抽出に着手する。また、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、イタリア地球物理学火山学研究所(INGV)の協力を得て実施する。

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、溶岩流・噴石等のシミュレーション技術開発とそのハザード評価についての情報収集・研究打合せを行う。山梨県富士山科学研究所の協力を得てこれを実施する。

4. 活動報告

4. 1 会議録

(1) 課題C 各サブテーマ 打ち合わせ

1. 日時：平成28年12月22日(木) 9:30-12:00
2. 場所：東京大学地震研究所
3. 議事：議題1 サブテーマごとの参加機関研究計画打ち合わせ
議題2 その他

(2) 課題C キックオフミーティング

1. 日時：平成28年12月22日(木) 13:00-18:00
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

(3) 次世代火山研究推進事業 全体キックオフシンポジウム

1. 日時：2017年1月27日(金) 13:00-18:00
2. 場所：東京大学地震研究所
3. 議事：議題1 プロジェクト全体概要
議題2 各課題の概要紹介
議題3 質疑
議題4 課題間の情報共有や研究体制についての全体討論
議題5 その他

4. 2 対外的発表

○学会等における口頭・ポスター発表

3. 1 火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発

発表成果(発表題目, 口頭・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
Quantitative color spectroscopy of ashfall samples as an indicator of eruption styles: Comparison of vulcanian and strombolian	Shimano, T., Nakada, S., Suzuki, Y., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N.,	Cities on Volcano 9	2016年 11月24 日	国際

eruptions in Indonesia and in Japan (口頭発表)	Zaennudin, A. and Iguchi, M.			
石基結晶組織を用いたマグマダイナミックスの研究～レビューと今後の展望 (口頭発表)	鈴木由希	次世代火山研究プロジェクト課題C研究集会	2016年12月22日	国内
玄武岩質マグマの噴火ダイナミクスに及ぼす減圧結晶作用の影響 (口頭発表)	石橋秀己	次世代火山研究プロジェクト課題C研究集会	2016年12月22日	国内
メルト包有物から制約する桜島火山歴史時代噴火のマグマ蓄積深度 (口頭発表)	新谷直己, 中村美千彦, 奥村 聡, 安田 敦, 井口正人, 味喜大介	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 桜島課題研究集会	2017年1月6日	国内
阿蘇における珪長質マグマの噴火度評価 (口頭発表)	長谷中利昭	国際火山噴火史情報研究集会画 桜島課題研究集会	2017年1月21日	国内
阿蘇-4 火砕噴火直前に噴火した大峰火山:メルト包有物組成からみるマグマ供給系の変遷 (口頭発表)	椎原航介, 長谷中利昭, 安田 敦, 外西奈津美, 森康	国際火山噴火史情報研究集会画 桜島課題研究集会	2017年1月21日	国内
阿蘇における浅部マグマ溜りへの高S濃度マグマ供給の証拠 (口頭発表)	川口允孝, 長谷中利昭, 安田 敦, 外西奈津美, 森康	国際火山噴火史情報研究集会画 桜島課題研究集会	2017年1月21日	国内
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 (口頭発表)	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	2017年3月2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
A sequence of the 2014	Maeno, F.,	Cities on	2016年	国際

Plinian event and a long-term magma discharge rate at Kelud volcano, Indonesia (口頭発表)	Nakada, S., Yoshimoto, M., Shimano, T., Hokanishi, N., Zaennudin, A. and Iguchi, M.	Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	11月22日	
hydrothermal alteration inferred from volcanic ash of hydrothermal and magmatic-hydrothermal eruptions: Examples from Ontake and Tokachi, Japan (ポスター発表)	Ohba, T., Minami, Y. and Imura, T.	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11月24日	国際
Hydrothermal alteration process preserved in hydrothermally altered rocks in volcanic products of Tokachidake volcano, central Hokkaido, Japan (ポスター発表)	Imura, T., Ohba, T., Minami, Y. and Nakagawa, M.	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11月24日	国際
Proportional variation of debris flow, hyper-concentrated flow, and stream flow deposits in a volcanic fan and the relationships with geomorphological features in Chokai volcano, NE Japan (ポスター発表)	Minami, Y., Ohba, T., Hayashi, S. and Kataoka, K.S.	Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile	2016年11月24日	国際
阿蘇火山中央火口丘群の噴火史研究の現状と課題 (口頭発表)	宮縁育夫	次世代火山研究プロジェクト課題C研究集会	2016年12月22日	国内
噴火履歴解明・推移予測における地質学的課題 (口頭発表)	前野深	次世代火山研究プロジェクト課題C研究集会	2016年12月22日	国内
桜島火山噴火活動の岩石学	中川光弘・松本亜	災害の軽減に	2017年1	国内

的モニタリング:2015年噴火活動について(口頭発表)	希子・井口正人	貢献するための地震火山観測研究計画 桜島課題研究集会	月7日	
地質および物質科学的データに基づく低頻度大規模火山現象およびその準備過程の研究(口頭発表)	中川光弘	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	2017年3月2日	国内
噴火履歴及び観測事例に基づく噴火事象系統樹の試作(口頭発表)	中川光弘	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	2017年3月2日	国内

3.3 シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発

発表成果(発表題目,口頭・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
噴火未遂:2000年三宅島と2015年桜島の比較(口頭発表)	藤田英輔	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 桜島課題研究集会	2017年1月7日	国内
気象レーダー等を用いた桜島噴煙観測～観測データを利用したデータ同化手法の検討～(口頭発表)	石井憲介	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 桜島課題研究集会	2017年1月7日	国内
画像解析から得られる火山岩塊放出のダイナミクス(口頭発表)	常松佳恵	研究集会「阿蘇山の噴火活動・マグマ水蒸気爆発を理解する」	2017年2月28日	国内
火山灰データ同化システムの開発状況(口頭発表)	石井憲介	「降水と噴火」研究会(鹿児島大学)	2017年3月10日	国内

火山噴煙レーダー状況（口頭発表）	佐藤英一	「降水と噴火」研究会（鹿児島大学）	2017年3月10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
Magma reservoir conditions beneath Tsurumi volcano, SW Japan: Evidence from amphibole thermobarometry and seismicity	Nagasaki, S., Ishibashi, H., Suwa, Y., Yasuda, A., Hokanishi, N., Ohkura, T. and Takemura, K.	Lithos vol. 278-281, p.153-165	2017年1月24日	国際
エネルギー分散型エックス線分析装置による火山ガラス含水量の簡易定量法	下司信夫・宮城磯治・斎藤元治	火山, vol. 62, p. 13-22	2016年12月28日	国内
A grooved surface-plate for making a flat polished surface	Miyagi, I.	Earth, Planets, Space, vol. 69, p. 1-3	2016年12月8日	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
Carbonate ions in high-SiO ₂ rhyolite observed in fluid-melt equilibrium experiments	Yoshimura, S., Nakamura, M. and Yurimoto, H.	Geochemical Journal	2016年12月26日	国際
エネルギー分散型エックス線分析装置による火山ガラス含水量の簡易定量法	下司信夫・宮城磯治・斎藤元治	火山, vol. 62, p. 13-22	2016年12月28日	国内
Fluid-fluxed melting of mantle versus decompression melting of	Kuritani, T., Sakuyama, T., Kamada, N.,	Lithos, vol.282-283, 98-110	2017年1月23日	国際

hydrous mantle plume as the cause of intraplate magmatism over a stagnant slab: Implications from Fukue Volcano Group, SW Japan	Yokoyama, T. and Nakagawa, M.			
Eruption histories of Zao and Azuma volcanoes and their magma feeding systems of recent activities.	Ban, M., Takebe, Y, Adachi T, Matsui, R. and Nishi, Y.	Bulletin of the Earthquake Research Institute Univ. Tokyo. Vol. 91, 25-39.	2017年3月	国内
北海道中央部, 大雪火山群旭岳グループの後期更新世～完新世火山活動史	石毛康介・中川光弘	地質学雑誌, vol.123, 73-91	2017年2月	国内
日光火山溶岩ドーム群の全岩主化学組成—分析データ205個の総括—	高橋正樹・関根英正・矢島有紀子・金丸龍夫	日本大学文学部自然科学研究所研究紀要,52,135-179	2017年3月	国内
阿蘇カルデラ北西部, 蛇ノ尾火山の噴出物と噴火年代	宮縁育夫	火山, vol. 63, p.1-12	2017年3月31日	国内
アトサヌプリのボーリングコア	長谷川健・中川光弘・宮城磯治	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.9-11	2017年3月	国内
雌阿寒岳のボーリングコア	和田恵治・佐藤鋭一・石塚吉浩	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.12-16	2017年3月	国内
大雪山のボーリングコア	和田恵治・佐藤鋭一・石塚吉浩	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成	2017年3月	国内

		果報告書 - p.17-20		
十勝岳のボーリングコア	上澤真平・石塚吉 浩・中川光弘	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.21-24	2017年3 月	国内
樽前山のボーリングコア	古川竜太	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.25-28	2017年3 月	国内
倶多楽のボーリングコア	後藤芳彦・古川竜 太・中川光弘	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.29-32	2017年3 月	国内
北海道駒ヶ岳のボーリング コア	宝田晋治・吉本充 宏	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.33-35	2017年3 月	国内
恵山のボーリングコア	三浦大輔・古川竜 太	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.36-39	2017年3 月	国内
岩木山のボーリングコア	佐々木実・伊藤順 一	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.40-42	2017年3 月	国内
十和田のボーリングコア	工藤 崇・佐々木	気象庁火山観	2017年3	国内

	実・田中明子	測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.43-50	月	
八甲田山のボーリングコア	宝田晋治・佐々木 実・田中明子	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.51-58	2017年3 月	国内
秋田焼山のボーリングコア	大場 司・伊藤順 一	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.59-62	2017年3 月	国内
岩手山のボーリングコア	伊藤順一・長井雅 史	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.62-64	2017年3 月	国内
秋田駒ヶ岳のボーリングコ ア	藤縄明彦・林信太 郎	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.65-67	2017年3 月	国内
栗駒山のボーリングコア	林信太郎・藤縄明 彦・吉川 純・伊 藤順一	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.68-70	2017年3 月	国内
蔵王山のボーリングコア	及川輝樹・西 勇 樹・伴 雅雄	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成	2017年3 月	国内

		果報告書 - p.71-73		
安達太良山のボーリングコア	藤縄明彦・山田和輝・柳澤妙桂	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.74-76	2017年3月	国内
磐梯山のボーリングコア	山元孝広・中村洋一	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.77-79	2017年3月	国内
那須岳のボーリングコア	山元孝広・伴 雅雄	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.80-82	2017年3月	国内
日光白根山のボーリングコア	山元孝広・草野有紀・佐々木実	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.83-85	2017年3月	国内
弥陀ヶ原のボーリングコア	中野 俊・石崎泰男・田中明子	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.86-92	2017年3月	国内
焼岳のボーリングコア	及川輝樹・竹下欣宏	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.93-94	2017年3月	国内
御嶽山(山頂部)のボーリン	及川輝樹・竹下欣	気象庁火山観	2017年3	国内

グコア	宏	測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.95-96	月	
御嶽山(長野県側)のボーリ ングコア	及川輝樹・竹下欣 宏・田中明子・山 崎誠子	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.97-102	2017年3 月	国内
富士山のボーリングコア	津久井雅志・川邊 禎久・下司信夫	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.116-119	2017年3 月	国内
箱根山のボーリングコア	津久井雅志・川邊 禎久・下司信夫	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.120-122	2017年3 月	国内
三宅島のボーリングコア	小林哲夫・星住英 夫	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.123-125	2017年3 月	国内
八丈島のボーリングコア	宮縁育夫・星住英 夫	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成 果報告書 - p.126-128	2017年3 月	国内
鶴見岳・伽藍岳のボーリング コア	星住英夫・中田節 也	気象庁火山観 測ボーリング コアの解析-平 成 28 年度成	2017年3 月	国内

		果報告書 - p.129-131		
阿蘇山のボーリングコア	下司信夫・小林哲夫	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.132-133	2017年3月	国内
雲仙岳のボーリングコア	川邊禎久・小林哲夫・前野 深	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.134-137	2017年3月	国内
霧島山のボーリングコア	津久井雅志・川邊禎久・下司信夫	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.116-119	2017年3月	国内
薩摩硫黄島のボーリングコア	津久井雅志・川邊禎久・下司信夫	気象庁火山観測ボーリングコアの解析-平成28年度成果報告書 - p.120-122	2017年3月	国内

5. むすび

平成28年度から始まった本研究課題では、実際には年度後半からの開始となり、それぞれのサブテーマでは本格的な研究を実施することができなかった。特にサブテーマ2の研究の基本となる野外調査、トレンチ掘削調査およびボーリング掘削が冬季間であったため、ほとんど実施できなかった。しかしながら、個々のテーマおよび課題C全体でのミーティングが行われ、サブテーマ内での研究テーマ、手法および取りまとめに関して議論が進み、また課題全体での相互理解と連携が確認された。それに加えサブテーマ2では、重点火山の選定や研究手法の検討に関して、各参加機関およびサブ課題全体で有意義な議論が実施され、また北大において「マグマ変遷解析センター」が実質的に立ち上がりルーチン分析手法も確立できた。また、サブテーマ1では研究の軸となるF E - E P M Aが東大・地震

研に導入・整備され、噴出物解析を実施できる体制が整った。そしてサブテーマ3では、マグマ移動シミュレーションおよび噴火ハザードシミュレーションの開発を開始した。このように、平成28年度は準備段階として位置づけることができ、その点では順調に始動していると考えられる。そして平成29年度からが本格的な研究開始となり、まずは個々のサブテーマでの研究が展開されることを期待している。