

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	Lithos 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	火山, vol. 62, p. 13-22	2016 年 12 月 28 日
Isoji Miyagi	A grooved surface-plate for making a flat polished surface	Earth, Planets,	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）