

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540564

研究課題名(和文) マグマ溜まりにおける噴火誘発過程の解明

研究課題名(英文) Research on the magmatic processes that trigger volcanic eruptions

研究代表者

東宮 昭彦 (TOMIYA, Akihiko)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・主任研究員

研究者番号：30357553

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：噴火誘発過程の解明のため、地球物理学的観測データが豊富な霧島山新燃岳2011年噴火を選び、詳細な岩石学的分析を行なうとともに、分析結果を観測データと比較した。軽石に含まれていた結晶の微小領域(数十ミクロン以下)の構造を調べたところ、噴火数日前に高温マグマが混合したこと、その際にマグマ溜まり内部がかき混ぜられたことが噴火を誘発したこと、この混合過程は地殻変動や地震活動の観測からは検出困難であったこと、などを明らかにできた。

研究成果の概要(英文)：We analyzed eruptive products of the 2011 eruption of Shinmoedake, Kirishima volcanic group, Japan, in order to investigate the magmatic processes that triggered the volcanic eruption. The eruption is suitable for such investigation because we have abundant geophysical observations; e.g., seismicity and crustal deformation. We found that the crystals in the products recorded pre-eruptive magmatic processes as chemical zoning within several tens of microns from the crystal rims. We revealed that (1) high-temperature magma mixed into a pre-existing magma several days before the eruption; (2) an overturn of the pre-existing magma chamber was the trigger of the eruption; and (3) the overturn could not be detected both by seismicity and crustal deformation.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：マグマ混合 マグマ注入 タイムスケール 磁鉄鉱斑晶 元素拡散 霧島山新燃岳2011年噴火 マグマ溜まり 軽石噴火

1. 研究開始当初の背景

(1) 火山の噴火は、地下のマグマ溜まりに蓄積されていたマグマが何らかの原因で上昇することで始まるが、この原因の詳細についてはあまりよく分かっていない。噴火機構を理解することは、火山学の中心的課題であるばかりでなく、噴火の時期・規模などを正しく予測し、火山災害を低減するためにも極めて重要である。

マグマ溜まりへ深部から新たに高温のマグマが注入されることで噴火が誘発された、と考えられる例が近年多く報告されている。特に、蓄積マグマが結晶を多量に含む場合、固液混合流体としてのマグマの粘性が著しく高いため、単独では上昇・噴火が困難である。こうした場合、高温で結晶の少ないマグマが注入して低粘性の混合マグマを形成し、この混合マグマが先駆的に上昇してマグマの通り道を切り開くことで噴火が始まるのではないかと考えられている。この先駆噴火のあと、蓄積マグマ本体が続けて上昇することで、大規模な噴火(プリニー式噴火)が発生し得る。

(2) マグマ溜まりに蓄積されていた低温マグマと注入された高温マグマの間には、流体力学的、熱的、物質的(ガス成分の移動も含む)といった様々な相互作用が考えられる。これらは、マグマの粘性、熱伝導率、元素拡散係数、といった物性に支配されている。従って、実際にどのようなプロセスが進行しているかを判断する際に、マグマ注入から噴火までのタイムスケールがもし分かれば、大きな制約条件に成り得る。

噴火直前過程に対応する数日から数年のタイムスケールの推定には、磁鉄鉱斑晶の累帯構造(各元素の拡散プロファイル)の解析が有効である。研究代表者は、有珠山、樽前山、北海道駒ヶ岳といった火山において、マグマ注入から噴火までのタイムスケールの推定を行ってきた。

2. 研究の目的

噴火の誘発要因を調べるため、噴火の直前にマグマ溜まり内部でどのようなマグマ過程が起きていたかを解明する。特に、既存のマグマ溜まりへの高温マグマの注入が誘発過程として有力であることから、マグマ注入から噴火開始までのタイムスケールの推定をまず行う。さらに、このタイムスケールがマグマの物性やマグマ溜まりの条件等とどのように関連しているかを調べる。それによって、マグマ溜まり内で起きている噴火誘発過程としてどのようなものが可能かを明らかにする。

3. 研究の方法

研究対象として適切な噴火を選定し、その噴出物の岩石学的分析を行う。試料の化学組成、

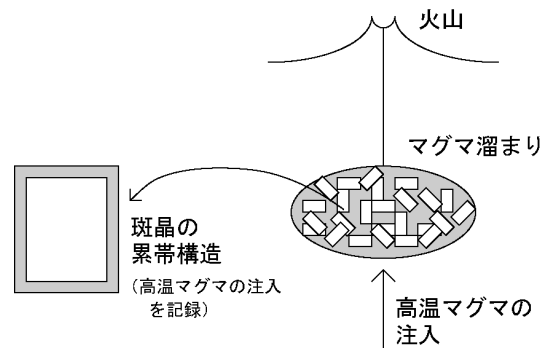


図1：マグマ溜まりへの高温マグマ注入と斑晶の累帯構造の変化。

含まれる斑晶の種類・組成・量比および累帯構造(図1)といった岩石学データを取得する。

具体的には、まず岩石試料を光学顕微鏡等により観察し、試料の概要(斑晶の鉱物種や量比等)を把握する。次に、EPMA(電子線マイクロアナライザ)により電子顕微鏡観察し、鉱物や火山ガラスの化学組成分析等を行う。最も重要なデータは、磁鉄鉱斑晶の累帯構造である。これを解析し、高温マグマの注入から噴火までのタイムスケール(拡散時間)を推定する。

なお、本研究課題申請後の2011年1月、霧島山新燃岳で比較的規模の大きな噴火が発生した。この噴火は、様々な地球物理学的観測が行われ、岩石学的分析結果とこれらの観測データを組み合わせて詳細な解析を実施することのできる希有な機会である。そこで、本研究ではこの新燃岳噴火を主たるターゲットとして詳細な事例研究を行う方針とした。

4. 研究成果

霧島山新燃岳で2011年1月に発生した準プリニー式の軽石噴火について、そのマグマ過程を精密に議論できた。噴出物中の斑晶鉱物の組織や化学組成の分析を行った結果、低温マグマ(デイサイト~安山岩組成)が蓄積されていたマグマ溜まりに、軽石噴火の直前に高温マグマ(玄武岩~玄武岩質安山岩組成)が混合していたことが明らかになった。この混合で生じた低粘性の混合マグマが、本噴火の主たる噴出物を構成した。高粘性の蓄積マグマ本体が続けて上昇することはなく、大規模噴火(プリニー式噴火)には至らなかった。

磁鉄鉱斑晶の化学組成や累帯構造等から、高温マグマと低温マグマの混合が起きたタイムスケールについて、噴火の数日以上前、数日前、数時間前以内、という少なくとも3段階があったことを推定した。そしてそれぞれ、高温マグマの深部からの注入、顕著なマグマ混合、マグマの上昇、に対応すると結論した(図2)。この結果を、噴火当時の地殻変動データと比較した。地殻変動は噴火の1

年以上前から始まっており、深部からの高温マグマの注入はこのときから始まっていたであろう。しかし、注入開始直後はマグマ噴火に至らず、密度の大きい注入マグマはマグマ溜まりの下層に溜まって、密度成層構造を形成したと考えられる。

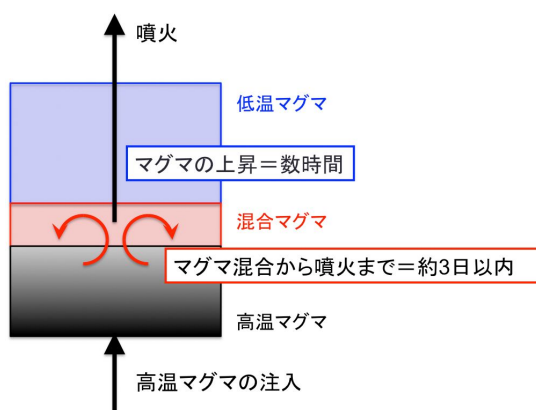


図2：新燃岳 2011 年輕石噴火直前のマグマ過程。

もっとも顕著なマグマ混合が起きたのは、噴火の数日前であった。これが噴火を直接誘発した過程に対応する。このとき、地殻変動には特筆すべき変化がなかった。つまり、このマグマ混合過程は地下のマグマ溜まりにおいて顕著な体積変化(圧力変化)を伴っていないことが分かった。このことは、噴火直前に生じた噴火誘発過程を理解するうえで極めて意義深い。なぜなら、一般的に噴火直前にはマグマ溜まりの圧力が顕著に増加するものと信じられていたからである。

可能なメカニズムとして、温度・組成の異なるマグマが成層した状態(成層マグマ溜まり)が何らかのきっかけでオーバーターンするような過程を提唱した(図2)。本研究により、噴火準備過程の物理モデルに大きな制約条件を課すことができ、将来の火山防災にも資する知見を得られたと考えられる。

また、地殻変動データ(マグマ溜りの体積変化)から見積もられるマグマ噴出量および噴出率(単位時間当たりの噴出量)について、過去の様々な噴火の噴出量・噴出率と比較した。その結果、霧島山新燃岳 2011 年噴火では、爆発的噴火(激しい噴火)と溶岩流出噴火(穏やかな噴火)の噴出率の差が他の噴火よりも小さいという特徴を持つことが分かった。このことは、爆発的噴火と溶岩流出噴火がどのように推移するかについての新たな知見を与えるものである。

本研究の予察的結果は、気象庁・火山噴火予知連絡会にも報告している。当時まだ噴火活動が継続中であった新燃岳の火山活動の評価に資することができ、火山防災という社会的観点からも貢献できた。また、全国の火山関係博物館を巡る火山巡回展においても、本研究結果は紹介され、広報普及(アウトリ

ーチ)活動という観点からも貢献できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

Akihiko TOMIYA, Isoji MIYAGI, Genji SAITO, & Nobuo GESHI (2013): Short time scales of magma-mixing processes prior to the 2011 eruption of Shinmoedake volcano, Kirishima volcanic group, Japan. *Bulletin of Volcanology*, 75:750 (Vol.75, No.10), 19pp.

doi:10.1007/s00445-013-0750-1.

T. Kozono, H. Ueda, T. Ozawa, T. Koyaguchi, E. Fujita, A. Tomiya & Y. J. Suzuki (2013) Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoedake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations. *Bulletin of Volcanology*, 75:695 (Vol.75, No.3), 13pp. doi:10.1007/s00445-013-0695-4

東宮昭彦・斎藤元治・下司信夫・宮城磯治 (2013) 新燃岳 2011 年 1 月準プリニ

ー式噴火のマグマ過程とその時間スケール. 火山噴火予知連絡会会報, no.110, p.192-197. http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/Report/110/kaiho_110_33.pdf

[学会発表](計10件)

Akihiko TOMIYA, Isoji MIYAGI, Genji SAITO, & Nobuo GESHI: Timing of Magma Mixing Prior to the 2011 Eruption of Shinmoedake, Japan: On the Relationship Between Magma Injection, Magma Mixing, and Eruption Triggering, *アメリカ地球物理学連合 2013 年秋季大会*, モスコニセンター(アメリカ, サンフランシスコ), 2013/12/13

Akihiko TOMIYA, Isoji MIYAGI, Genji SAITO, & Nobuo GESHI: Short time scales of pre-eruptive magma mixing processes: petrographic evidence from the 2011 eruptions of Shinmoedake volcano, Kirishima volcanic group, southern Kyushu, Japan, *IAVCEI2013*, かがしま市民福祉プラザ(鹿児島市), 2013/07/24

T. Kozono, H. Ueda, T. Ozawa, T. Koyaguchi, E. Fujita, A. Tomiya and Y. J. Suzuki: Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoedake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations. *アメリカ地球物理学連*

合 2012 年秋季大会, モスコニセンター (アメリカ, サンフランシスコ), 2012/12/3

小園誠史・上田英樹・小澤拓・小屋口剛博・藤田英輔・東宮昭彦・鈴木雄治郎: 傾斜変動データと SAR 衛星画像に基づく 2011 年霧島山新燃岳噴火におけるマグマ噴出過程の把握. 日本火山学会, エコールみよた (長野県), 2012/10/14
Akihiko TOMIYA, Isoji MIYAGI, Genji SAITO, & Nobuo GESHI: Short time scales of pre-eruptive magma mixing processes: petrographic evidence from the 2011 eruptions of Shinmoedake volcano, Kirishima volcanic group, southern Kyushu, Japan. AOGS - AGU (WPGM) Joint Assembly (招待講演), リゾートワールド・コンベンションセンター(シンガポール), 2012/8/17

Vinet Nicolas, 大石雅之, 下司信夫, 篠原宏志, 東宮昭彦: Dynamics and timescales of magma ascent in the shallow conduit of Shinmoedake volcano, Japan, deduced from ash texture, JpGU Meeting 2012, 幕張メッセ (千葉市), 2012/05/24

東宮昭彦・斎藤元治・下司信夫・宮城磯治: 新燃岳 2011 年噴火直前の高温マグマ注入過程: 磁鉄鉱に着目した解析. 日本火山学会 2011 年秋季大会, 旭川市大雪クリスタルホール (北海道), 2011/10/3

宮城磯治・斎藤元治・下司信夫・東宮昭彦・石塚 治: 霧島火山新燃岳 2011 年噴火マグマ溜まりの収支. 日本火山学会 2011 年秋季大会, 旭川市大雪クリスタルホール(北海道), 2011/10/3

大石雅之・下司信夫・及川輝樹・西来邦章・古川竜太・中野 俊・東宮昭彦・篠原宏志・Nicolas Vinet: 霧島火山新燃岳 2011 年噴火による細粒火山灰の構成粒子記載とその変化. 日本火山学会 2011 年秋季大会, 旭川市大雪クリスタルホール(北海道), 2011/10/2

大石雅之, 下司信夫, 及川輝樹, 西来邦章, 古川竜太, 中野 俊, 東宮昭彦, 篠原宏志: 霧島火山新燃岳 2011 年噴火火山灰の構成粒子とその時系列変化, 日本第四紀学会, 鳴門教育大学 (徳島県), 2011/08/26

〔図書〕(計 1 件)

及川輝樹・筒井正明・田島靖久・芝原暁彦・古川竜太・斎藤元治・池辺伸一郎・佐藤公・小林知勝・下司信夫・西来邦章・東宮昭彦・宮城磯治・中野俊・渡辺真人 (2013): 「第 3 回火山巡回展霧島火山-ボラ(軽石)が降ってきた! 新燃岳の噴火とその恵み-」, 地質調査総合センタ

ー研究資料集, no. 578, 産総研地質調査総合センター.
<https://www.gsj.jp/researches/openfile/openfile2013/openfile0578.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東宮 昭彦 (TOMIYA, Akihiko)
独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・主任研究員
研究者番号: 30357553

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

竹内 晋吾 (TAKEUCHI, Shingo)
一般財団法人電力中央研究所・地球工学研究所・地圏科学領域・研究員
研究者番号: 50397030