

令和元年5月21日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16372

研究課題名(和文) 銅・鉄同位体を用いた本質噴出物と変質噴出物の識別：噴火推移予測の高度化を目指して

研究課題名(英文) Discrimination between unaltered and altered volcanic products based on Cu and Fe isotopic measurements

研究代表者

池端 慶 (IKEHATA, KEI)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：70622017

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：水蒸気爆発噴出物やマグマ水蒸気爆発噴出物に含まれる微細な初生銅鉱物は、マグマ噴火の噴出物に含まれる初生銅鉱物と比較して、その組織や組成に顕著な差異が無いことが明らかとなった。マグマ噴火噴出物に含まれる初生銅鉱物の銅同位体比は、一般的なマグマの示す銅同位体比と類似する。一方、水蒸気爆発噴出物やマグマ水蒸気爆発噴出物に含まれる初生銅鉱物の銅同位体比は、一般的なマグマの示す銅同位体比とは異なり、熱水や天水の影響を受けて変化したことを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果から、火山噴出物に含まれる銅鉱物の銅同位体比は、噴出物の変質の程度を評価する指標になり得ると考えられる。火山噴火の様式の一つであるマグマ噴火の噴出物は、主に未変質な火山ガラスや造岩鉱物からなる。マグマ噴火の前駆現象として、変質噴出物を含む水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発が発生することがある。従って、火山噴出物の変質の程度を把握することができれば、火山噴火推移予測に役に立つことが期待される。

研究成果の概要(英文)：Chemical compositions of tiny primary copper minerals in volcanic products of phreatic and phreatomagmatic eruptions are similar to those in volcanic products of a magmatic eruption. In contrast, Cu isotopic compositions for the tiny primary copper minerals in the volcanic products of phreatic and phreatomagmatic eruptions are different from those (primary magmatic values) in the volcanic products of a magmatic eruption. This suggests that these primary copper minerals in the volcanic products of phreatic and phreatomagmatic eruptions were affected by hydrothermal alteration or weathering.

研究分野：火成岩岩石学・鉱床学・地球化学

キーワード：火山噴出物 マグマ水蒸気爆発 水蒸気爆発

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

火山噴火の様式の一つであるマグマ噴火は、長期間・広範囲に火山噴出物の影響をもたらすことが多いが、その前駆現象として、水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発が発生することがある。また、マグマ噴火が収束する過程で水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発が発生することがある。したがって、火山噴火が開始した後の火山噴火推移予測を高精度で行うことは、火山防災の観点から非常に重要である。また、マグマや既存の火山岩と熱水との反応に伴う元素の移動や濃集を解析することは、鉱床形成機構を理解する上でも極めて重要である。これらを解明するためには、火山噴出物中の火山ガラスや各種鉱物の種類や組織、変質の程度から、マグマの関与の程度や地下熱水系の物理化学的特性を把握する必要がある。岩石や鉱物中の元素の濃度や安定同位体比(硫黄・銅・鉄同位体比等)の高精度分析から、それらの変質の程度、変質時の温度、さらに変質に関与した熱水の特徴や循環過程等に関して有益な知見が得られることが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、噴火日時が既知かつ噴火前後の地球物理学的観測データが良くそろっている火山噴出物試料の構成物の種類や組織を把握した後、主に金属元素や揮発元素の濃度と硫黄・銅・鉄同位体比等を用いて、火山噴出物の変質の程度(本質物と変質物の識別)や熱水変質過程をより定量的に評価することを目的とする。

3. 研究の方法

(1)採集、または気象庁等から提供を受けた火山噴出物試料の構成粒子を実体顕微鏡等で観察する。その後、試料の表面は、各種研磨材を用いて整形・研磨して、薄片(片面、両面)や厚片(エポキシ系樹脂等でマウントしたもの)を作成する。研磨試料を偏光顕微鏡、金属反射顕微鏡、走査型電子顕微鏡(SEM)等を使用して詳細に観察・記載を行い、形態学的特徴、流体包有物の特徴、変質程度、産状等を把握する。

(2)試料の全岩化学組成の分析は、蛍光X線分析装置(XRF)や四重極型誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)、ICP発光分光分析装置(ICP-OES)等を使用して行う。また、火山ガラスや造岩鉱物、関連する変質鉱物、流体包有物の同定、主要・微量元素定量局所分析は、粉末X線回折装置(XRD)、顕微ラマン分光装置、電子線マイクロアナライザー(EPMA)等を使用して行う。熱水変質鉱物に含まれる流体包有物の均質化温度および塩濃度の測定は、光学顕微鏡に設置した加熱・冷却ステージを使用して行う。

(3)試料の各種同位体分析のための前処理と標準試料の調合等は、主にクラス1000のメタルフリークリーンルーム内で行う。硫化鉱物や硫酸塩鉱物の形成温度や硫黄の起源を把握するため、前処理で分離した硫黄は、連続フロー型同位体質量分析システムにより、オンラインで二酸化硫黄に変換する。その後、ガス質量分析計に導入して、硫黄同位体比を測定する。未変質試料、変質試料の銅や鉄の同位体比の高精度測定は、多重検出器型質量分析計(MC-ICP-MS)を使用して実施する。

4. 研究成果

(1)本研究で解析した水蒸気爆発噴出物とマグマ水蒸気爆発噴出物は、遊離火山ガラス、遊離造岩鉱物、岩片、熱水変質鉱物(硫化鉱物、硫酸塩鉱物、粘土鉱物等)を含む。実体顕微鏡観察の結果、遊離火山ガラス、遊離造岩鉱物、岩片は、変質の程度の低いものから、明らかに変質しているものまで多様である。水蒸気爆発噴出物には、自然硫黄や、それが溶融・燃焼したと考えられる粒子を含むことが多いが、マグマ水蒸気爆発噴出物からは自然硫黄の粒子を確認することはできなかった。しかし、マグマ水蒸気爆発噴出物をバルク組成分析した結果、同噴出物に含まれる極めて微細な自然硫黄結晶由来と考えられる自然硫黄成分を検出した。マグマ水蒸気爆発噴出物の水溶性付着性成分の化学組成や硫黄同位体平衡温度等は、水蒸気爆発試料と比較して、高温を示唆した。これらの温度は、マグマ噴火噴出物の示す硫黄同位体平衡温度と比較して顕著に低いことが明らかとなった。

(2)水蒸気爆発とマグマ水蒸気爆発時に開口した噴火口直下の地熱変質帯を噴火前後に直接調査することは困難であるが、地熱変質帯に産する自然硫黄の産状や組成を把握するため、神奈川県箱根山大涌谷の地熱変質帯の火山観測と地質調査を行った。その結果、箱根火山では今まで報告がない、溶融自然硫黄溜りを有する噴気孔の周囲に分布する、黄色や灰緑色の球形、楕円形、不規則形の中実自然硫黄を確認したため、自然硫黄試料を分析・解析した。これらの球状硫黄の色の差異は、主に内部に含まれる異質な鉱物の種類や量に起因することが明らかとなった。このタイプの自然硫黄の形状は、火山湖等の周囲にみられる中空球状硫黄と異なり、溶融自然硫黄溜りを通過する火山ガスにより、溶融自然硫黄が周囲に飛散して急冷する過程で形成されることが分かった。水蒸気爆発噴出物に含まれる、燃焼の影響がみられない様々な形状の固体溶融硫黄粒子の一部は、このような地熱変質帯由来であると考えられる。

(3)水蒸気爆発噴出物やマグマ水蒸気爆発噴出物に含まれる微細な初生銅鉱物は、各種顕微鏡観察や電子線マイクロアナライザー等による化学組成分析では、マグマ噴火の噴出物に含まれる初生銅鉱物と比較して、その組織や化学組成に顕著な差異が無いことが明らかとなった。多重検出器型誘導結合プラズマ質量分析計を使用して測定を実施したマグマ噴火噴出物に含まれる初生銅鉱物の銅同位体比は、一般的なマグマ（火成岩）の示す値と類似する。一方、水蒸気爆発噴出物やマグマ水蒸気爆発噴出物に含まれる初生銅鉱物の銅同位体比は、一般的なマグマ（火成岩）の示す値とは異なり、熱水や天水の影響を受けて変化したことを示唆するため、火山噴出物中に含まれる銅鉱物の銅同位体比は、本質噴出物と変質噴出物とを識別する指標になり得ると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計15件)

Kei Ikehata, Teruyuki Maruoka, Sulfur isotopic systematics during the October 2017 eruption of the Shinmoe-dake volcano, Japan, Applied Geochemistry, 査読有、Volume 102, 2019, 102-107

DOI: 10.1016/j.apgeochem.2019.01.009

Yoji Arakawa, Daisuke Endo, Junya Oshika, Taro Shinmura, Kei Ikehata, High-silica rhyolites of Niijima volcano in the northern Izu-Bonin arc, Japan: Petrological and geochemical constraints on magma generation and supply, Lithos, 査読有、Volume 330-331, 2019, 223-237

DOI: 10.1016/j.lithos.2019.02.014

Kei Ikehata, Minoru Date, Jun-ichiro Ishibashi, George Kikugawa, Kazutaka Mannen, Solid sulfur spherules near fumaroles of Hakone volcano, Japan, International Journal of Earth Sciences, 査読有、Volume 108, 2019, 347-356

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00531-018-1657-z>

池端 慶、丸岡照幸、新燃岳 2017 年 10 月 11 日 - 12 日噴火の降下火山灰の水溶性付着成分と硫黄同位体組成、火山噴火予知連絡会会報、査読無、第 129 号、2018、306-307

https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/Report/129/kaiho_129_39.pdf

池端 慶、伊達みのり、気象庁、硫黄島の地熱帯で 2016 年 10 月に発生した自然硫黄の溶融・燃焼と溶融硫黄の流出について、火山噴火予知連絡会会報、査読無、第 126 号、2018、122-127

https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/Report/126/kaiho_126_22.pdf

池端 慶、高野友希、青ヶ島の噴気帯の現地調査結果(2016 年 4 月 19 日~21 日)、火山噴火予知連絡会会報、査読無、第 124 号、2018、202-207

http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/Report/124/kaiho_124_29.pdf

Yoji Arakawa, Daisuke Endo, Kei Ikehata, Junya Oshika, Taro Shinmura, Yasushi Mori, Two types of gabbroic xenoliths from rhyolite dominated Niijima volcano, northern part of Izu-Bonin arc: petrological and geochemical constraints, Open Geosciences, 査読有、Volume 9, 2017, 1-12

DOI: <https://doi.org/10.1515/geo-2017-0001>

Oktory Prambada, Yoji Arakawa, Kei Ikehata, Ryuta Furukawa, Akira Takada, Haryo Edi Wibowo, Mitsuhiro Nakagawa, M. Nugraha Kartadinata, Eruptive history of Sundoro volcano, Central Java, Indonesia since 34 ka, Bulletin of Volcanology, 査読有、Volume 178, 2016, 1-19

DOI: 10.1007/s00445-016-1079-3

Kei Ikehata, Teruyuki Maruoka, Sulfur isotopic characteristics of volcanic products from the September 2014 Mount Ontake eruption, Japan, Earth, Planets and Space, 査読有、Volume 68, 2016, 1-7

DOI: 10.1186/s40623-016-0496-z

関 琢磨、荒川 洋二、新村 太郎、大鹿 淳也、森 康、池端 慶、阿蘇火山北西部に分布する Aso-4 火砕流堆積物、弁利サブユニットの層序と岩石学的特徴、火山、査読有、Volume 61, 2016, 429-448

DOI: https://doi.org/10.18940/kazan.61.2_429

[学会発表](計12件)

池端 慶、丸岡 照幸、新燃岳 2017 年噴火初期噴出物の硫黄同位体比の特徴、2018 年度 日本地球化学会第 65 回年会、2018

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質マグマの生成・分化過程に関する岩石学的、地球化学的研究、日本地球惑星科学連合 2018 年大会、2018

池端 慶、伊達 みのり、硫黄島の地熱帯で 2016 年 10 月に発生した自然硫黄の溶融と燃焼、
日本火山学会 2017 年度秋季大会、2017

荒川 洋二、関 琢磨、新村 太郎、大鹿 淳也、森 康、池端 慶、阿蘇火山北西部に分布する Aso-4 火砕流堆積物の層序と岩石学、日本火山学会 2016 年度秋季大会、2016

古川 竜太、高田 亮、Oktory Prambada、Kartadinata Nugraha、Wiboyo Haryo、中川光弘、
荒川 洋二、池端 慶、インドネシア、ジャワ中部スンドロ火山の噴火活動史、日本火山学会 2016 年度秋季大会、2016

Kei Ikehata、Teruyuki Maruoka、Mineralogical and geochemical characteristics of the pyroclastic materials from the September 2014 Mount Ontake eruption, Japan、2016 Geological Society of America, Annual Meeting、2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~ikkei-hp/ikkei-index.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし