

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26800275

研究課題名(和文) 島弧玄武岩マグマの脱ガス過程：二次イオン質量分析法によるアプローチ

研究課題名(英文) Investigation of degassing process of arc basaltic magmas by secondary ion mass spectroscopy

研究代表者

浜田 盛久 (HAMADA, Morihisa)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野・研究員

研究者番号：60456853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：火山岩中の無水鉱物(化学式にHを含まない鉱物)には、ppmオーダーの微量の水素が不純物として含まれている。この水素は、鉱物と共存しているメルトの含水量や、噴火に伴ってメルトから脱ガスする水の挙動の指標として利用可能である。本研究では、火山岩中の無水鉱物の一つである斜長石に着目した。フーリエ変換赤外分光高度計(FTIR)を用いて、東北日本背弧の三ノ目湯火山の斜長石外来結晶中の水素濃度の線分析を行い、地殻中の斜長石が玄武岩マグマに取り込まれてから噴火に至るまでの時間が約2時間であることを見積もった。さらに、斜長石の水素含有量を二次イオン質量分析法(SIMS)により分析する手法を確立した。

研究成果の概要(英文)：Nominally anhydrous minerals in igneous rocks contain trace amounts of hydrogen as impurities, which can be used as an indicator of dissolved H₂O concentration in coexisting melt and degassing process of H₂O during volcanic eruptions. In this project, we focused on hydrogen in plagioclase. Line profiles of hydrogen concentration measured using FTIR across the plagioclase xenocrysts collected from San-no-megata volcano, a rear-arc volcano in the northeast Japan arc, demonstrate that plagioclase xenocrysts coexisted with ascending basaltic magma for about 2 hours just before the eruption. We also developed analytical procedures of hydrogen in plagioclase using SIMS, which ensured us to analyze trace amounts of hydrogen using SIMS.

研究分野：火山岩岩石学

キーワード：無水鉱物の水 島弧玄武岩マグマ 二次イオン質量分析法

1. 研究開始当初の背景

斜長石をはじめとする無水鉱物は、ppm オーダーの水素を不純物として含むことがスポット、背弧海盆といったテクトニックセッティングのマグマ (≤ 1 重量%) と比較して高い含水量を持つ。噴火時には、マグマは水に飽和して脱ガスする。水は、初生メルトの発生から噴火に至る、島弧火成活動に重要な役割を果たしているため、島弧マグマの水の量や挙動を明らかにしておくことは火山学的に重要である。

研究代表者は、本研究課題が採択される以前から、斜長石の水素含有量に着目して島弧玄武岩マグマの含水量の定量化に関する研究を、赤外吸収法により行ってきた。赤外吸収法により斜長石斑晶中の水素を定量化するためには、最低でも約 200 μm の厚さの研磨試料を作成し、その試料中に赤外光を通して分析する必要がある。このため、赤外吸収法においては、鉱物中の数十 μm スケールの水素含有量の不均質性を議論することは困難である。

島弧マグマが噴火時に脱ガスする際には、周囲のメルトの含水量の減少に伴って、共存する無水鉱物からも水素が拡散により失われて、鉱物中の水素含有量に不均質が生じることが予想される。島弧マグマの噴火時の脱ガス過程を明らかにする新しいアプローチとして、無水鉱物の水素含有量の不均質性を明らかにすることを着想した。その着想を具体化するためには、赤外吸収法よりも分析の空間分解能が高い二次イオン質量分析法を用いて無水鉱物の水素含有量を分析する手法を確立することが必要であった。

2. 研究の目的

本研究では、本研究課題が採択される以前から研究代表者が取り組んできた斜長石斑晶中の水素に関する研究をさらに発展させることを目的とした。より具体的には、水に富む島弧玄武岩マグマの噴火時の脱ガス過程を、斜長石斑晶中の水素含有量の不均質性に着目して明らかにすることを目的とした。この目的のため、赤外吸収法よりも水素の分析の空間分解能が高い二次イオン質量分析法 (SIMS) により、無水鉱物 (とりわけ斜長石) 中の微量の水素を定量分析する手法を確立する。

3. 研究の方法

(1) 斜長石斑晶中の微量の水素を、二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いて定量分析するため、濃度標準試料を準備するとともに、分析手法を確立する。

(2) 島弧玄武岩質マグマの噴火によって得られた斜長石中の水素含有量の拡散プロファイルを明らかにすることにより、マグマの脱ガス過程に制約を与える。SIMS を用いて斜長石中の水素を定量分析することを目指

すが、それが実現できない場合には、フーリエ変換型赤外分光光度計 (FTIR) を用いた従来の赤外吸収法による分析を行う。無偏光の赤外光を両面研磨した斜長石に透過させて赤外吸収スペクトルを得ることにより、斜長石斑晶のコアからリムに至る結晶横断方向での水素含有量の相対的な変化を調べる。

4. 研究成果

(1) 研究代表者がこれまでの研究を通じて赤外吸収法により水素含有量を定量化した斜長石を、濃度標準試料として準備した。海洋研究開発機構・高知コア研究所の牛久保孝行博士と清水健二博士の協力を得て、水素含有量が既知であるこれらの斜長石を SIMS で分析して、ppm オーダーの微量の水素が分析可能であるかどうかを検討した。その結果、斜長石の水素濃度と SIMS で得られる水素の二次イオンの強度との間に線形の関係が得られた (図 1)。検量線を引いて斜長石中の微量の水素の濃度を定量分析することが可能であるとの見通しを立てることができた。

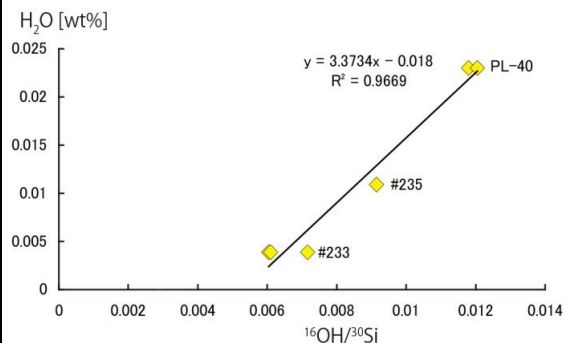


図 1 水素の二次イオンの強度 ($^{16}\text{OH}/^{30}\text{Si}$) と斜長石の水素濃度との関係

(2) 火山岩中の斜長石中の水素の拡散プロファイルを明らかにすることにより、噴火時の脱ガス現象を明らかにできる可能性がある。本研究では、SIMS による斜長石の水素の定量分析法が確立するまでに時間を要したため、代替の手法として FTIR を用いた赤外吸収法により、島弧玄武岩質マグマ中の斜長石の分析を行った。研究対象として取り組んだ火山は、伊豆弧の火山フロント上に位置する伊豆大島火山と、東北日本弧の背弧火山である三ノ目湯火山の斜長石である。

まず、伊豆大島火山 1986 年噴火の例を示す。伊豆大島火山 1986 年噴火は、伊豆大島火山における直近の噴火である。この噴火のうち、山頂火口からのストロンボリ式噴火によって噴出し急冷されたスコリア中の斜長石斑晶に対し、コアからリムに至る結晶横断方向での水素含有量の相対的な変化を調べた。その分析結果の一例を図 2 に示す。斑晶内のリムから 200 ~ 300 μm 内側にかけて水素含有量が減少していると解釈できる。このような水素の拡散プロファイルは、脱ガス

の継続時間が1時間程度であった可能性を示す。

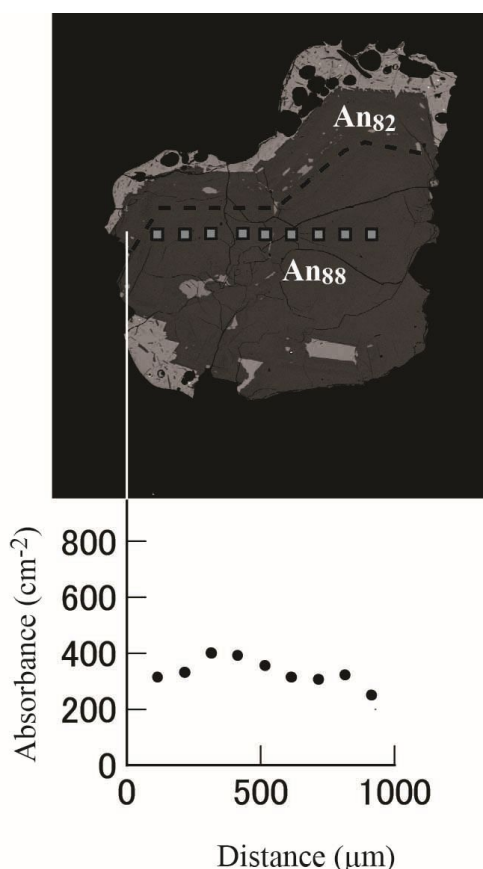


図2 伊豆大島火山1986年噴火の斜長石における結晶横断方向の赤外吸光度の分析例

本分析結果は、1200において、水素を $D = 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ にて斜長石中を1時間拡散させた場合の濃度プロファイルの計算結果に近似している。

次に、三ノ目湯火山の噴火の例を示す。三ノ目湯火山は、20,000~24,000年前に活動したと推定されている火山である。三ノ目湯火山の噴出物は無斑晶質であるが、外来結晶としての斜長石を含む。斜長石のコアの組成は An_{30-35} であり、それぞれのコアの組成は均質である。コアの外側は角がとれてやや丸みを帯びた形状をしており、斜長石が玄武岩質マグマに取り込まれた際に、斜長石の外側が部分的に融けた可能性を示す。リムは An_{60} の汚濁帯（幅は約200 μm ）であり、噴火時に脱ガスしてほぼ無水となった玄武岩質メルトから急激に晶出したと考えられる。

分析結果の一例を図3に示す。斜長石コアの水素含有量は約60 wt. ppm H_2O であり、比較的均質であった。コアの外側（リムから1 mm以内）では、水素含有量が増加し、コアの外側では $\geq 200 \text{ wt. ppm H}_2\text{O}$ に達する。噴火直前に、地殻中の斜長石が $\geq 5 \text{ wt. \% H}_2\text{O}$ 、

1200の高含水量の玄武岩質メルトと約2数時間共存し、その間に含水メルトから斜長石中に水素が拡散していったと解釈される。この分析結果は、Kuritani et al. (2014, Contributions to Mineralogy and Petrology)が議論したような三ノ目湯火山における高含水量メルトを想定することと矛盾しない。

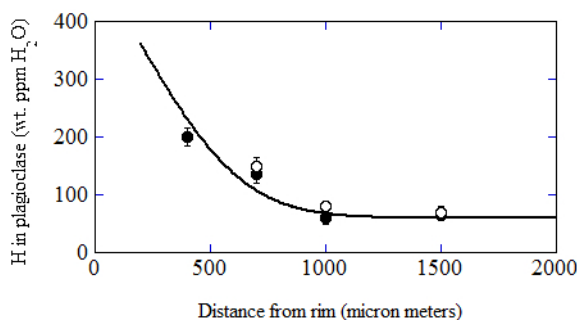


図3 三ノ目湯火山の斜長石における結晶横断方向の水素の分析結果

分析結果は、1200において、水素を $D = 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ にて斜長石中を2時間拡散させた場合の濃度プロファイルの計算結果とほぼ一致する。

上述した事例研究より、島弧玄武岩質マグマが、噴火時に脱ガスを開始してから噴出するまでの継続時間が、1~2時間程度であることが分かった。

本研究課題においては、当初目標として掲げたようには、SIMSを用いて無水鉱物（とりわけ斜長石）の水素含有量を本格的に分析することができなかった。今後も研究を継続することにより、島弧マグマの噴火時の脱ガスの普遍性と多様性を明らかにしていきたい。

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)

Morihisa Hamada, Yuko Okayama, Takayuki Kaneko, Atsushi Yasuda, Toshitsugu Fujii (2014) Polybaric crystallization differentiation of H_2O -saturated island arc low-K tholeiite magmas: a case study of the Izu-Oshima volcano in the Izu arc. Earth, Planets and Space, 査読有, 66:15, DOI: 10.1186/1880-5981-66-15

Estelle Rose-Koga, Kenneth T. Koga, Morihisa Hamada, Thomas Helois, Martin Whitehouse, Nobumichi

Shimizu (2014) Volatile (F and Cl) concentrations in Iwate olivine-hosted melt inclusions indicating low-temperature subduction. *Earth, Planets and Space*, 査読有, 66:81, DOI: 10.1186/1880-5981-66-81

Masashi Ushioda, Eiichi Takahashi, Morihisa Hamada, Toshihiro Suzuki (2014) Water content in arc basaltic magma in the Northeast Japan and Izu arcs: an estimate from Ca/Na partitioning between plagioclase and melt. *Earth, Planets and Space*, 査読有, 66:127. DOI: 10.1186/1880-5981-66-127

〔学会発表〕(計 8 件)

Morihisa Hamada (2016) Diffusive infiltration of hydrogen into plagioclase xenocryst taken by H₂O-rich rear-arc basaltic melt. The 26th Goldschmidt Conference, ポスター発表, 2016 年 6 月 30 日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市).

浜田 盛久 (2016) 岩石学的に見た伊豆大島火山のマグマ供給系. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 口頭発表, 2016 年 5 月 23 日, 幕張メッセ(千葉県千葉市).

Morihisa Hamada (2015) Uptaking of plagioclase xenocryst into H₂O-rich rear-arc basaltic magma. 2015 Fall Meeting of the American Geophysical Union, ポスター発表, 2015 年 12 月 17 日, Moscone Convention Center (アメリカ合衆国カリフォルニア州サンフランシスコ市).

浜田 盛久 (2015) 水に富む背弧玄武岩マグマによる地殻由来の斜長石の取り込み. 日本火山学会 2015 年度秋季大会, 口頭発表, 2015 年 9 月 30 日, 富山大学五福キャンパス(富山県富山市).

浜田 盛久 (2015) 水に富む背弧玄武岩マグマによる地殻由来の斜長石の取り込み. 日本鉱物科学会 2015 年年会, 口頭発表, 2015 年 9 月 27 日, 東京大学本郷キャンパス(東京都文京区).

浜田 盛久 (2014) 岩手火山のメルト包有物の揮発性成分(FとCl)の分析結果から推定される低温スラブの沈み込み. 2014 年度火山性流体討論会, 口頭発表, 2014 年 10 月 4 日, 草津セミナーハウス(群馬県吾妻郡草津町).

Estelle Rose-Koga, Kenneth T. Koga, 浜田 盛久, Thomas Helois, Martin Whitehouse, Nobumichi Shimizu (2014) 岩手火山のカンラン石メルト包有物の F と Cl の含有量が示す低温スラブの沈み込み. 日本鉱物科学会 2014 年年会, 口頭発表, 2014 年 9 月 19 日, 熊本大学黒髪北キャンパス(熊本県熊本市).

浜田 盛久, 岡山 悠子, 金子 隆之, 安田 敦, 藤井 敏嗣 (2014) H₂O に飽和した島弧ソレアイトマグマの結晶分化作用: 伊豆大島における事例研究. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 口頭発表, 2014 年 5 月 1 日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市).

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.jamstec.go.jp/personal/003454.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浜田 盛久 (HAMADA, Morihisa)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野・研究員
研究者番号: 6 0 4 5 6 8 5 3

(2) 研究協力者

清水 健二 (SHIMIZU, Kenji)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・高知コア研究所同位体地球化学研究グループ・技術研究員
研究者番号: 3 0 4 2 0 4 9 1

研究協力者

牛久保 孝行 (USHIKUBO, Takayuki)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・高知コア研究所科学支援グループ・技術研究員
研究者番号: 1 0 7 2 2 8 3 7