

令和元年5月7日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2018

課題番号：15K13595

研究課題名（和文）Phenobubから見たカルデラ噴火直前のマグマだまり

研究課題名（英文）Phenobubble: Clue to magma reservoir just prior to eruptions

研究代表者

寅丸 敦志 (Toramaru, Atsushi)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：50202205

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：斑晶量とPhenobubble量に関して以下のことが明らかになった。1)Phenobubble量は、噴火の推移とともに明瞭な変化を必ずしも示すものではない。2)斑晶量は、時間とともに、増加する場合はしばしばある。3)軽石の見かけ密度はPhenobubble量と斑晶量によって支配されていることが多い。噴火直前のマグマだまりでは、斑晶が下方に濃集し、Phenobubbleの空間分布は、噴火タイプやマグマだまりのサイズに依存している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、phenobubbleに注目した研究がなかったが、この研究により、軽石の見かけ密度がphenobubbleの含有量によって支配されていることが明らかになった。また、phenobubbleは、噴火直前に、マグマだまりの中で、均一に分布していることが多いことも分かった。これらの結果は、噴火直前のマグマだまりの状態を観測から推定し、噴火ポテンシャルの評価や推移の予想を可能にする視点として、phenobubbleが有用であることを示している。

研究成果の概要（英文）：In this study, we revealed the following facts about phenocryst contents and phenobubble contents: 1) It is not common that phenobubble contents systematically change with time in explosive eruptions. 2) The phenocryst contents increase with time in many cases of explosive eruptions. 3) The bulk densities of pumice from explosive eruptions are controlled by the phenobubble contents and phenocryst contents. These results suggest that phenocrysts accumulate in lower level and phenobubbles distribute in magma reservoir prior to the eruptions depending on the eruption style and magma reservoir size.

研究分野：地球惑星科学

キーワード：火山噴火 Phenobubble 斑晶 マグマだまり

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

1. 研究開始当初の背景

研究代表者はこれまで、マグマの上昇に伴う発泡現象の基本的性質について研究し、軽石中の気泡の数密度(BND: Bubble Number Density)から減圧速度を推定する BND 減圧速度計を提案した(Toramaru JVGR 2006)。以来、この手法は、マグマの減圧速度や火道中の上昇速度の推定に広く用いられてきた(例えば Alfano et al BV 2012)。これらの研究において、気泡の核形成は、マグマが火道中を上昇する際に起こるものと想定されていた。その気泡は、軽石中では、非常に小さいサイズ(数~数 100 μm)で大きい数密度を持つ Matrix-bubble と呼べるものである。この"Matrix-bubble"は岩石組織の"石基(matrix または groundmass)結晶"に対応する用語として導入された。天然の軽石では、こうした Matrix-bubble は肉眼では観察できないが、ルーペでようやく見えるぐらいであり、肉眼では一見均一な質感を呈する。一方、そうした均一な中に肉眼でも識別できる気泡(Phenobub または Phenobubble)が存在することが多々あり、場合によっては軽石のかなりな部分を占めていることさえある。こうした比較的大きなサイズの大きい顕在的な気泡は、気泡の合体により形成したものか、あるいはマグマが急激に上昇する以前から存在していた既存気泡である可能性が高い。こうした観察事実と定性的解釈から、申請者は既存気泡を持つマグマが急減圧を受けた場合、どのような条件のときに、新たな気泡の核形成が起こりうるか、という疑問を持った。この「既存気泡を持つマグマ中での気泡核形成」のことを「気泡の二次核形成」と呼ぶ。

研究代表者は、この気泡の二次核形成の問題を数値的に調べ、二次気泡核形成が起こる条件を、既存気泡の数密度とサイズ、及び減圧速度の関数として表現することに成功した。その結果わかった重要な点は、二次核形成が起こる場合、二次核形成によってできる気泡の数密度は、既存気泡のそれに比べて一桁以上大きいということだ。これは気泡組織としては、たくさんの Matrix-bubble の中に、少数の大きな Phenobub が存在している組織に対応している。この研究結果から、研究代表者は、我々が観察するいろいろな軽石の中には、この Phenobub 組織に相当するものが存在することを確信した。もし、既存気泡(Phenobub)が明瞭に特定できれば、それは噴火直前のマグマだまり中で存在していたものであり、噴火をトリガーした直接の駆動力であると考えることが出来る。

2. 研究の目的

"Phenobub"とは、軽石中に肉眼で識別できるサイズの気泡を言い、研究代表者が、結晶組織の斑晶"Phenocryst"に対応するものとして命名した(Toramaru EPSL2014)。軽石中に見られる Phenobub は、噴火直前にマグマだまりの中に既に存在して気泡であると考えており、その体積分率やサイズ分布を知ることによって、噴火直前のマグマだまり中での気泡の存在度、すなわち過飽和度や過剰圧を推定することが出来る。本研究では、この発想に基づき、日本及び国外のカルデラ形成噴火の軽石について、Phenobub の解析を行い、カルデラ形成が起こる場合のマグマだまりの過剰圧を推定する。

3. 研究の方法

研究目的を達成するために、カルデラ形成噴火に伴う前駆プリニー式噴火、および山体崩壊によりトリガーされたプリニー式噴火の堆積物について野外調査とサンプリングを行う。サンプリングは、一回の噴火においても噴出順序を意識して、細かく層序区分し、それぞれについてサンプリングを行う。基本情報として、火砕物の粒度分析および、見かけ密度の測定を行う。粒度分析にはふるいを用いる。粒度分析の後、8 から 16 ミリの粒子を選択し、見かけ密度の測定を行う。見かけ密度に必要な、粒子の体積は、レーザー3D 形状測定システム(「DAVID 3D scanner」と「Hira 3Dviewer」ソフトウェア)を用いる。発泡および結晶組織の観察には、電子顕微鏡を用いる。本研究の目的は、Phenobub がどの程度普遍的に存在するかを確認することであるので、できるだけたくさんの SEM 像写真を撮影し、コレクションする。その結果に基づき、Phenobub の普遍性と多様性について検討する。

4. 研究成果

研究結果として、始良カルデラ形成噴火の前駆プリニー式噴火と、山体崩壊によってトリガーされた米国のセントヘレンズ 1980 プリニー式噴火を示す。

1) 始良カルデラ形成の前駆プリニー式噴火(大隅降下軽石)

a) サンプリング

降下堆積物は斜面に堆積しているため、堆積物最下部から上部に向かうように水平方向(以下、サンプル位置の値は最下部からの水平距離)に 13 層サンプリングを行った。150 cmと 200 cmと 600 cmと 650 cmの間に、厚さ 5 cm程度の細粒層がある。下部細粒層より下を lower layer (L 層)、下部細粒層と上部細粒層の間を middle layer (M 層)、上部細粒層より上を upper layer (U 層)と呼ぶことにする。粒度分析は 12 層、見かけ密度測定は 10 層(各層 10 個、ただし細粒層は 4 個)、組織分析はそのうち 8 層のサンプル(見かけ密度最大と最小のもの 2 個)について行った。

b) 粒度分析

平均粒径は、細粒層で小さくなるが、L 層は M 層および U 層に比べて小さく、全体として逆級化を示す。

c) 見かけ密度分析

平均見かけ密度は、L層とM層内では、下位から上位にかけて 0.8 g/cm^3 から 0.7 g/cm^3 に減少し、U層では 0.8 g/cm^3 でほぼ一定であった。

d) 組織分析

平均発泡度は、下位から上位に向けて 80%前後で推移し、U層の最上部で 77%に減少する様に見える。

平均斑晶量は、L層で約 2%、M層で 3 から 4%、U層では 3%から 7%に急激に増加する。

Phenobub 量(斑晶を除いた部分に占める割合)は、ほぼ 50%で推移するが、U層の最上部では 30%近くにまで減少する。

マトリックスバブル量(斑晶と Phenobub を除いた部分に占める割合)は、全体として 60~65%を推移する。

e) 個々の観測量の間の相関

発泡度と斑晶量の間には相関は無いが、極弱い負の相関があるように見える。発泡度と Phenobub 量の間には明瞭な正の相関がある。発泡度と Matrix-bubble の間の相関に関しては、発泡度が 70~90%の間の主要な部分では、発泡度が変化しても Matrix-bubble 量は 60%程度ではほぼ一定であるが、発泡度が極端に小さいものは、Matrix-bubble 量は 50%と小さく、発泡度が 90%を超えて極端に大きいものは、Matrix-bubble 量は 80%に達する。発泡度と見かけ密度の間には明瞭な負の相関がある。斑晶量と Phenobub 量には負の相関があるが、Matrix-bubble 量とは相関がない。

個々の軽石粒子の見かけ密度の大小と斑晶量および発泡度との関係から、見かけ密度は、全体としては、発泡度によって支配しているが、U層においては、斑晶量の増加と Phenobub 量の減少の両方が合わさって、見かけ密度の他層との違いを左右している。

2) セントヘレンズ 1980 プリニー式噴火

a) サンプルング

3か所でサンプルングを行った。2つの主要なプリニー式噴火の堆積物の境界を示す石質岩片に富んだ層(t4層)が明瞭なサンプルングポイントについての結果を示す。t4層より下位を lower layer (L層)、上位を upper layer (U層)と呼ぶことにする。

b) 粒度分析

火砕物の平均粒径は、L層では、上位に行くに従い減少し、U層ではほぼ一定の値を取るが、最上位では減少する。

c) 見かけ密度分析

平均見かけ密度は、L層では、上位に行くに従い減少し、U層では、ほぼ一定の値を取る。

d) 組織分析

平均発泡度は、L層では、下位から上位に向けて 70%から 80%に増加し、U層では 80~85%のほぼ一定の値を取る。

平均斑晶量(気泡補正後)は、L層からU層下部にかけて、60%から 40%に減少し、上部ではほぼ一定の値を取る。

Phenobub 量は、L層では下部では 40%から 30%に減少し上部で 40%に増加する。U層では 40%のほぼ一定の値を取る。

e) 個々の観測量の間の相関

Phenobub 量と見かけ密度の間には、明瞭な負の相関がある。斑晶量と見かけ密度の間には明瞭な正の相関がある。Matrix-bubble 量と見かけ密度の間には相関はない。以上のことから、見かけ密度は、Phenobub 量と斑晶量によって決定されていると結論付けることができる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

Ohashi, M., Ichihara, M., Toramaru, A., Bubble deformation in magma under transient flow conditions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 364, (2018) 59-75.

Iriyama, Y., Toramaru, A., & Yamamoto, T. (2018). Theory for deducing volcanic activity from size distributions in plinian pyroclastic fall deposits. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*.

[学会発表](計10件)

寅丸敦志、マグマの発泡と結晶化、日本火山学会、2018-09-29、秋田大学手形キャンパス

西脇瑞紀、寅丸敦志、火道を上昇するマグマ内における水の減圧発泡について：粘性を含む核

形成速度の定式化と気泡数密度の再評価、日本火山学会、2018-09-29、秋田大学手形キャンパス

大橋正俊、市原美恵、寅丸敦志、非定常気泡変形のモデル化とその火山学的应用、日本火山学会、2018-09-29、秋田大学手形キャンパス

Toramaru, A., S. Yamashita, Method of CSD for long-term prediction of eruptions at Sakurajima volcano, Cities on Volcanoes 10, 2018-09-01, Naple

Suhendro, I., A. Toramaru, Y. Miyabuchi, T. Miyamoto, STRATIGRAPHY RENEWAL, MAGMA CHAMBER STRATIFICATION, AND CONDUIT PROCESS OF 1815 TAMBORA ERUPTION, Japan Geoscience Union Meeting 2018, 2018-05-29, Makuhari messe, Chiba

Luthfian, A., A. Toramaru, Y. Miyabuchi, GRAIN SIZE DISTRIBUTION AND BULK DENSITY OF PUMICES FROM 1257 AD SAMALAS ERUPTION PYROCLASTIC FALL DEPOSITS, Japan Geoscience Union Meeting 2018, 2018-05-29, Makuhari messe, Chiba

大橋正俊、市原美恵、寅丸敦志、膨張と合体を考慮した気泡サイズ分布時間発展の数学的な取り扱い、日本火山学会、2017-09-29、熊本大学黒髪南キャンパス

大橋正俊、市原美恵、武田志緒里、桑野修、寅丸敦志、硬化過程におけるフォームの変形実験 -Tube Pumice の履歴を探る- JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017-05-28、千葉幕張メッセ

伊野遥、寅丸敦志、1980年5月18日セントヘレンズ山噴火における降下火砕堆積物の岩石組織記載と密度分析、JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017-05-28、千葉幕張メッセ

竹原瑞樹、寅丸敦志、Textural analysis of Blast deposits from the May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017-05-28、千葉幕張メッセ

〔図書〕(計1件)

寅丸敦志(単著)、マグマの発泡と結晶化: 火山噴火過程の基礎、東京大学出版会、480pp, 2019年2月

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：宮縁育夫

ローマ字氏名：Miyabuchi Yasuo

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。