

令和 3 年 5 月 12 日現在

機関番号：82102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K14383

研究課題名（和文）マグマの流動プロセスと火山性長周期地震に与える影響の解明

研究課題名（英文）Study of magma flowing process and the influence on volcanic long-period earthquake

研究代表者

黒川 愛香 (Kurokawa, Aika)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・火山防災研究部門・特別研究員

研究者番号：40784715

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）：1986年伊豆大島噴火の溶岩サンプルを用いたレオロジー実験を行い、マグマは非定常状態においてエイジングをはじめとする時間依存性やヒステリシスを強く示すことを明らかにした。特に実験前取る休息時間の長さや休息時のせん断速度がその後のレオロジー的挙動に大きく影響を与えることがわかった。電子顕微鏡観察からは、十分な休息時間を取ると、完全に静止した場合だけでなく弱いせん断を加えた場合でも結晶クラスターが生成することが確認され、レオロジーと内部構造の変化が関連付けられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実際の火山で流動するマグマのほとんどは非定常状態にあり、その挙動が火山性地震などの現象に繋がる。そこで本研究では実験的手法から非定常状態のマグマレオロジーの詳細を調べた。本研究で明らかになった特徴はマグマや溶岩流の流動開始時や停止時の挙動に関わるものであり、流動距離などを決定づけるため、これらをシミュレーションする際に考慮すべきである。従ってシミュレーションによる噴火現象の予測にも繋がり、今後の研究発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：Rheological experiments using 1986 Izu-Oshima lava unveiled that magma shows pronounced time-dependence such as aging, and hysteresis at unsteady state. In particular, the time and shear rate at pre-rest process affect subsequent behaviors in the rheology. We confirmed that crystal clustering was formed after sufficient pre-rest not only without shear but also with weak-shear. The fact indicates the close relationship between the rheology and the internal structure.

研究分野：火山物理学

キーワード：マグマ レオロジー

1. 研究開始当初の背景

火山では噴火時のマグマ上昇や噴火衰退期のマグマの下降(ドレインバック)、溶岩ドームの生成・破壊など大規模な現象が発生する。これらマグマや溶岩の流動・変形プロセスはレオロジー的特徴に支配される一方、火山性地震や山体の傾斜変化として観測される(Kozono and Koyaguchi, 2012; Kobayashi et al., 2012; Costa et al., 2012)。従って火山現象の根本的な理解には、地震や傾斜などの観測物理量とマグマレオロジーの関係性を明らかにすることが不可欠である。そのため、溶岩ドームの生成・破壊に伴う地震や傾斜変化をマグマの流れ場が粘性の異なる層に分かれることで説明するモデルなども提唱されてきた(Costa et al., 2012)。このように非線形レオロジーに起因した現象を考慮した研究例はあるが、マグマレオロジーは単純化され、実際の非定常状態のマグマが持つ複雑で非線形的な特徴は取り入れられていない。この問題は非定常状態のマグマレオロジーが未解明であることによる。

非定常状態のマグマレオロジーを示した数少ない研究例として、CherVEL et al.(2015)は結晶化に伴う粘性変化を追った。この実験から、粘性は結晶化過程で理論通りに単調増加するのではなく、変動を繰り返すことが示された。このときマグマ中の結晶は不均一に配列することから、粘性変動は結晶配列の変化に起因したと考えられる。実際の火山でマグマがこのような変動を示せば長周期地震の励起に繋がり得るため、その可能性を調べることは火山活動の推移を示す現象として注目される一方、未解明点の多い長周期地震を理解する上でも重要である。

2. 研究の目的

マグマのレオロジー的特徴は、温度や圧力、結晶配列の変化によって劇的に変わる。そのレオロジー変化はマグマの流動に起因した現象である長周期地震の励起に繋がり得る。長周期地震は噴火の前後に多発するため、マグマレオロジーとの関係から実際のマグマの挙動を掴むことが噴火メカニズム解明の要となる。本研究では実験によって非定常状態でのマグマレオロジーの詳細を調べ、長周期地震の励起に繋がり得る特徴を調べる。これらを通して噴火のメカニズムの解明と噴火推移を予測する手がかりの発見に挑戦する。

3. 研究の方法

本研究では非線形マグマレオロジー測定のための実験システムの構築と高精度化、またそれを用いた1986年伊豆大島割れ目噴火B溶岩のレオロジー測定に注力した。得られたレオロジー的特徴の要因を解明するため、異なる条件で急冷した複数の実験サンプルの電子顕微鏡観察も行った。

4. 研究成果

(1) 実験システムの構築および改良

本研究ではまず非定常状態における長時間のマグマレオロジー測定に特化した実験システムを構築し、その内容を Kurokawa et al. (2019) にて公表した。しかし、マグマは結晶を含むと高粘性になり、回転に必要なトルクが増加する。そのため、このシステムでは高いせん断速度での測定中に実験器具が動いてしまう問題があった。そこで本研究の後半では、るつぼが台から動かないように形状設計を改良した。更にこの改良により、高温状態の電気炉からサンプルを迅速に

取り出せる機構ともなった。

(2) 結晶化過程におけるレオロジー変化

1300 でサンプルを完全溶融し，その後温度をメルトと結晶が存在する 1180 まで下げて結晶化させる過程での応力の時間変化を追った．このプロセスにおいて応力は単調増加するのではなく，温度を下げた直後は増加するもののピークを超えると減少し，再度増加することがわかった(図1)．この時間変化は再現性があり，粘性加熱によって一度サンプルの粘性が低下するためだと考えられる．この結果は国内研究集会において発表した．

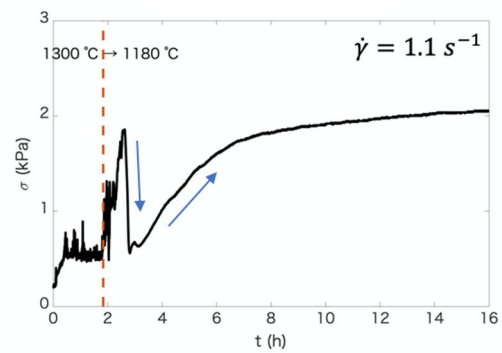


図 1 . 結晶化過程における応力の時間変化

(3) 静置時間の影響

実験では，主にマグマが他の高分子やミセル系と同様にエイジング(時間とともにゆっくりと進む硬化現象)を示すかを調べた．図2(上)のように，サンプルを均一化するためのプレシアリングから測定開始までサンプルを静置する時間(t_w)を長くすると，流動開始時に応力オーバーシュートが発生した．これはマグマでエイジングが見られることを初めて示した結果である．ピーク時の応力値は静置時間が長いほど大きくなるが，オーバーシュート後の定常状態の応力値は t_w によらず一定となった．次に図2(上)で応力オーバーシュートが見られた条件($t_w = 1h$)で，静置時間中のせん断速度を変えて同様の実験を行った．その結果，図2(下)のように静置時間中にゆっくりと流動している場合でも応力オーバーシュートが見られた．このような静止時あるいは流動中のエイジングによる影響は，マグマや溶岩の流れをシミュレーションする際に考慮すべき特徴である．これらの結果は国内学会(JpGU, 2018)や国内研究集会で発表した．

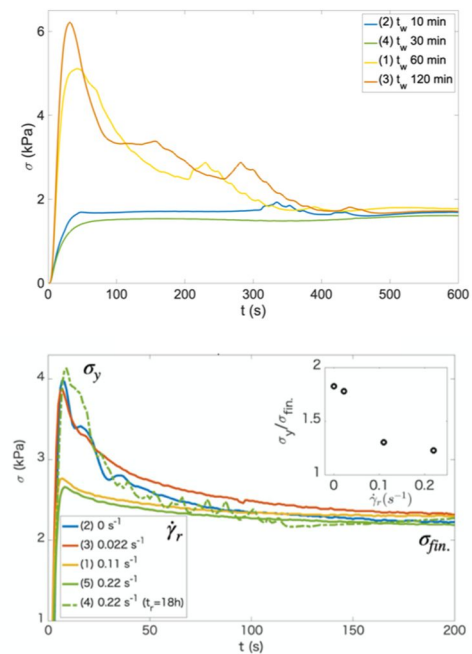


図 2 . 静置時間の効果(上)，
静置時間中のせん断速度の効果(下)

(4) 実験サンプルの内部構造観察

実験で見られたエイジングの要因を探るべく、急冷サンプルの電子顕微鏡観察を行った。図3のようにエイジングしていない場合は鉄チタン酸化物(白色)と斜長石(灰色)の結晶がサンプル内にほぼ均一に近い状態で分布しているのに対し、エイジングした場合は結晶同士が集まってクラスターを形成した。このような内部構造の変化がレオロジーに大きな影響を与えたと考えられる。(3)と合わせた(4)の内容、特にマグマレオロジーにおけるエイジングについては国内外でも初めて着眼したものであり、研究結果には新規性がある。そのため一部は既に国内学会(JpGU, 2018)や国内研究集会で発表しており、詳細な内容については現在論文を執筆中である。

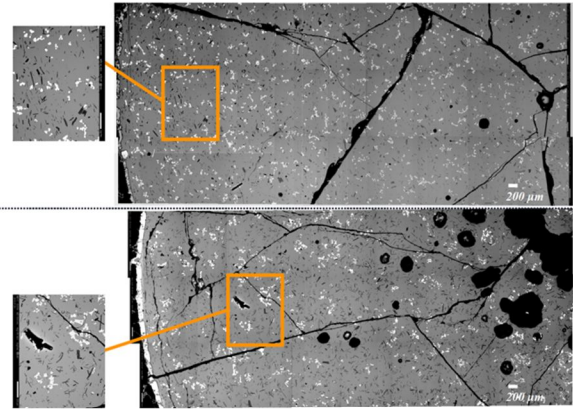


図 3 . 急冷サンプルの SEM 画像
(上 : エイジングしていない場合,
下 : エイジングした場合)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kurokawa Aika K., Miwa Takahiro, Ishibashi Hidemi	4. 巻 14
2. 論文標題 A Simple Procedure for Measuring Magma Rheology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 616 ~ 622
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jdr.2019.p0616	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 黒川愛香、三輪学央、石橋秀巳
2. 発表標題 Rheological changes of aphyric basaltic andesite magma based on laboratory experiments of 1986 Izu-Oshima lava
3. 学会等名 JpGU2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------