

(1) 実施機関名：

九州大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

マグマの発泡過程に注目した噴火履歴・多様性・推移の定量的把握と支配要因の特定

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(4) 地震発生・火山噴火素過程

エ．マグマの分化・発泡・脱ガス過程

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

イ．噴火履歴とマグマの発達過程

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-3) 火山噴火過程

ア．噴火機構の解明とモデル化

イ．噴火の推移と多様性の把握

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究では、これまでのマグマの発泡過程や結晶化過程の研究成果を利用して、選定した火山に対して、まず、1つの噴火において噴出物に記録されているマグマの経験した減圧速度を定量的に把握し、これまでに分かっている規則性を強固なものにすると同時に、マグマの増圧・減圧過程や噴火の推移の支配要因を特定することを目指す。また、比較的単純な単一樣式の噴火（例えば、プリニー式、ブルカノ式、溶岩ドーム）について、噴火の推移を直接取り扱う火道内非定常モデルの作成と簡単な室内実験を試み、火道内部での素過程と火山灰生成や火山ガスの散逸など地表面象の関係を理解する。さらに、噴火履歴の中で噴火の推移の支配要因がどのように変動してきたかを解明し、噴火シナリオのデータベースに資する。本年度は、このような全体の計画を念頭に置き導入的基礎データを収集する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、間欠泉噴火の基礎実験を行う。

平成 22 年度においては、物質科学的観測を用いた噴火の推移・様式・履歴の定量化のためのサンプリングを行なう。間欠泉噴火の周期性に関して実験的検討を行なう。

平成 23 年度においては、噴出物の分析を行い、噴煙柱崩壊に伴う、減圧速度の変化の見積を行う。間欠泉における微動発生機構について室内実験を行い、微動データを収集する。

平成 24 年度においては、マグマの発泡のカイネティックスを組み込んだ非定常火道モデルの理論的検討を行う。また、間欠泉実験の改良と、噴出物の物質科学的データの補足を行う。

平成 25 年度においては、これまでの研究結果を整理し、不足分を補い、噴煙柱崩壊の機構及び間欠泉噴火における噴火様式の遷移機構を理解し、マグマの発泡のカイネティックスのモデル化を行う。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

マグマの発泡過程に注目して噴火様式の遷移を流体力学的に理解するために、気液 2 相流の不安定性を研究した。2 相流の不安定性は、ガスの膨張が支配的な爆発的噴火と、ガスと液体との相対速度が支配的な非爆発的噴火との中間領域で重要になる。火道内の流体を気液 2 相流としてとらえ、1 次元定常流問題を解くことにより基本的な噴火モード（プリニー式と溶岩ドーム）の流れや噴火モードの遷移を調べる研究が数多く行われている。しかし、一方で、このような 2 相間に相対速度がある 2 相流にはボイド波不安定と呼ばれる不安定があることが知られており、このような不安定があれば、プリニー式噴火における破碎位置 (fragmentation level) が定常流の場合と異なってくる可能性もあるし、そもそも定常流の場合の破碎位置を理解するためにもボイド不安定を理解することが重要である。このボイド波不安定は、火山学のコンテクストにおいては Toramaru (1988, GJ, 95, 613-623) において調べられたが、その後あまり研究が無い。そこで、そのボイド波不安定の物理メカニズムをより深く理解するために Toramaru の基礎方程式をさらに簡略化することにより、どのような数学的仕組みで不安定が発生するのかを調べた。その結果、Whitham (1974, “ Linear and nonlinear waves ”) の wave hierarchy の理論を用いると、支配方程式においては 2 階微分部分の波の速さが 1 つしかないために、wave hierarchy の条件を満たさず不安定が発生することが分かった。また、長波長極限と短波長極限における近似式の形を見てゆくと、長波長極限では、形式的には負の拡散によって不安定が起こっていることが分かった。このとき、不安定の成長率は波数の 2 乗に比例する。一方、短波長極限では、形式的には時間と空間が入れ替わったような拡散方程式になっているために不安定が起こっていることが分かった。このとき、不安定の成長率は波数の平方根に比例する。このように、火道内の流れにボイド波不安定の数学的メカニズムを理解することができ、その発生がほぼ不可避であることが分かった。

前年度までに行った火山噴火のアナログ系としての実験間欠泉における噴出量と噴出様式のモデルを用いて、実際の火山噴火の噴出量と噴出様式の間隔を整理した。実験間欠泉モデルにおいては、噴出直前の熱水の過熱度の空間揺らぎが本質的な役割を果たす。すなわち、過熱度の空間揺らぎの平均値と分散が噴出条件によって規定され、分散が大きいほど、全流量で規格化された噴出量が少なく、爆発性も小さくなることが分かった。また、噴出量が全流量に対して少なくなるということは、噴出しないでチャンバー内に残る流体量が多くなることを意味している。間欠泉における熱水の過熱度は、火山噴火のマグマ中の揮発性成分の過飽和度に相当するので、そのことを考慮し、以下の様な推論が導かれる。爆発指数 EI (Explosivity Index) を、一つの噴出 (噴火) の総噴出量に対する破碎物 (火砕物) の割合 ($EI = \text{火砕物} / \text{総噴出量}$) と定義すると、天然の間欠泉では $EI=1$ で、熱水は爆発的に噴出され、チャンバー内は噴出後ほぼ完全に空になる。このことは、多くの間欠泉で予想されていることと一致する。富士山宝永の噴火は $EI=1$ なので、マグマだまりの中にはほとんど残っていないが、富士山貞観の噴火は $EI=0$ なので、ほとんどのマグマがマグマだまりに残っていると予想される。また、桜島の文明・安永・大正の噴火 (典型的安山岩噴火) では、 $EI=0.5$ 程度であり、噴出した量と同じぐらいの量のマグマをマグマだまりに残していたと予想される。さらに、桜島の昭和の噴火では EI はおよそ 0 なので、噴出量よりも一桁多い量のマグマがマグマだまりに残っていると予想される。桜島火山についてのこれら噴出量・噴出様式と残存マグマの量の関係は、地殻変動のデータと整合的である。このように、実験間欠泉において提案されたモデルは、天然の火山噴火の噴火様式と噴出量、及び爆発指数 EI と残存マグマの量に対して示唆を与えることができる。

さらに、本年度は、マグマの粘性による違いが溶岩流の流出機構やマグマの破碎機構にどのように影響を与えるか調べるために、極端に粘性の異なる北海道十勝石沢溶岩とハワイの玄武岩溶岩の野外調査及び試料採取を行い、気泡の存在の不均一構造を用いて溶岩流の特性を整理できる可能性を確認した。この結果と、実験間欠泉モデル及び 2 相流の理論的考察の研究と統合することによって、噴火様式の支配要因の確立が可能であることに見通しが立った。

- (8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
星出 隆志, 寅丸 敦志, 新燃岳 2011 年噴火噴出物から推定されるマグマの発泡・脱ガスプロセス, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会 .
入山 宙, 寅丸 敦志, 新燃岳 2011 年噴火の噴出物に関する基礎記載から見た初期変遷, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会 .
吉瀬 毅, 寅丸 敦志, 噴火強度が変化する原因; 新燃岳 2011 年噴火の噴出物の密度の時間変化に注目した岩石学的研究, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会 .
寅丸 敦志, マグマだまりにおける過飽和度揺らぎによって支配される噴出量・噴火様式・噴火様式推移のモデル, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会 .
- (9) 平成 25 年度実施計画の概要 :
25 年度は, 当初計画から若干変更し, マグマの発泡による噴火の前駆期間における振動現象と不均一構造の発達過程に何らかの関係性を見出し, 現実的に噴火様式の推移や, 噴出量の予想が可能であるための具体的な可能性を探る .
- (10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :
寅丸敦志 吉田茂生
他機関との共同研究の有無: 無
- (11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先
部署等名: 九州大学大学院理学研究院
電話: 092-642-2696
e-mail :
URL :
- (12) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者
氏名: 寅丸敦志
所属: 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門