

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

浅部火山性流体挙動の理論的・実験的研究

(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：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-2) 火山噴火予測システム

イ．噴火シナリオに基づく噴火予測

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

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(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

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

火山体浅部におけるマグマあるいは熱水などによって生じる火山性流体挙動の素過程について、モデリングと数値シミュレーション、および室内実験によって調べる。火山噴火の多様性を生むマグマ内揮発性成分の挙動に着目し、気泡成長や脱ガス過程の素過程の解明と、それらのマグマ全体の動態への影響を明らかにする。また、火山活動によりしばしば観測される振動現象のメカニズムを明らかにする。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、開口型火道内のマグマ上昇過程のモデリングを行い、数値計算を行うことで、マグマ物性の上昇過程への影響を明らかにする。マグマの剪断変形実験を行い、変形・破壊したマグマの浸透率と空隙率の測定を行う。

平成 22 年度においては、開口型火道内マグマ上昇過程と火山性地殻変動の関係を明らかにする。また、火道・破碎帯内における火山性流体と火山体の弾性的カップリングをモデル化する。マグマ剪断変形実験を引き続き行い、マグマの破壊条件と脱ガスの関係を調べる。

平成 23 年度においては、揮発性物質を含むマグマの実効的特性をモデルに取り込み、火道振動に対する流体粘性の影響を定量化する。剪断変形実験の結果をもとに、マグマの上昇距離・火道半径と浸透率との関係を求め、火山の噴火様式に対するマグマの流動の効果を明らかにする。

平成 24 年度と平成 25 年度は、平成 23 年度までに数値モデリングおよび室内実験から明かとなる素過程をもとに、実際の火山で得られる地球物理学的観測量、物質科学的分析量を考察し、火道内マグマ挙動の特性を明らかにする。

(7) 平成 23 年度成果の概要：

平成 23 年度は計画課題を中心に火山性流体挙動の素過程に関する研究を遂行した。以下に成果の概要をまとめる。

(1) 物質科学的アプローチによる火山性流体挙動の研究

マグマ内揮発性成分の挙動は、噴火様式・噴火推移の多様性を生み出す重要な素過程の一つである。本年度は、物質科学的アプローチから、以下の研究を遂行した：(a) 近年多くの火山で発見が続いている CO₂ fluxing (深部に潜在する苦鉄質マグマから浅部マグマに二酸化炭素に富む流体が供給される現象) のクロマトグラフィーモデルを構築した。この反応輸送のモデリングにより、斑晶中のメルト包有物に記録される二酸化炭素濃度と含水量から fluxing 現象における流体の供給率や移動様式、さらに噴火準備過程において地表で観測されるガス組成の時間変化を推定することが可能となった。(b) 安山岩質軽石を用いた室内実験を行い、ブルカノ式噴火を発生する安山岩質メルトは、低水蒸気圧下でも粘性に比べ表面張力による発泡組織の緩和が進行し、数十分のごく短時間でも気泡ネットワークが孤立気泡に分断され低浸透性になることを明らかにし、“ ガス溜り ” の形成メカニズムを提案した。(c) これまでの噴火様式の分岐に関する研究をコンパイルした噴火メカニズム系統樹を作成し、過去の火山活動事例における噴火様式の推移を記録した火山地質層序を噴出物の物質科学と組み合わせて詳細に読み解くことから、噴火様式の分岐メカニズムを解明する研究についてレビューを行った。

(2) 開口型火道内における気泡上昇に伴う山体変形のモデリング

ストロンボリ式噴火は、室内実験をベースとして、低粘性中を大気泡が上昇し爆発的噴火を引き起こしていると考えられている。本年度は、このようなモデルが山体変形データとしてどのように表れるか数値的に調べた。低粘性マグマ中を上昇する気泡は上昇に伴う減圧により体積が急増するために、細い火道内でスラグ流となると想定される。そこで、このスラグ流により火道壁に及ぼされる法線応力とせん断応力を求め、山体変形を計算した。その結果、観測点と噴出口の距離に比べて深い火道内を大気泡が上昇する際には山体膨張が起きるものの、大気泡が浅部に近づく噴火直前には山体収縮に転じることが明らかとなった。このような振る舞いから大気泡の位置が推定できるものの、ストロンボリ火山で観測されている傾斜データには山体収縮が認められず、ストロンボリ式噴火メカニズムを再考する必要があることが示唆された。

(3) 飽和多孔質中の固液二相系振動現象のモデリング

火山浅部地殻の浸透率・空隙率は火山現象を支配する重要なパラメータの一つである。特に、火道周辺におけるこのような短波長構造は、火道からの脱ガスや火道内外の弾性カップリングを規定するものであると考えられる。そこで本年度は、前年度まで開発を行ってきた手法を拡張し、飽和多孔質媒質中の亀裂状構造における固液の弾性的カップリングのモデリングを行った。その結果、火山性地震として観測される低周波振動の振動特性は、主に空隙中の間隙圧に敏感であることが明らかとなった。これは多孔質媒質の実効弾性が空隙圧に大きく依存するためである。またこのモデリング結果に基づき 2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震後に観測された阿蘇火山長周期微動の活動変化の解釈を行い、この火山性微動の活動変化が、応力擾乱に伴う浅部火道周辺岩体の間隙圧の変化によるものである可能性を示した。

(8) 平成 23 年度の成果に関連の深いもので、平成 23 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等)：

Yoshimura, S. and M. Nakamura, 2011, Carbon dioxide transport in crustal magmatic systems, Earth Planet.

Sci. Lett., 307, 470-478, doi: 10.1016/j.epsl.2011.05.039.

中村 美千彦, 2011, 火砕堆積物の解析から探る火山噴火のダイナミクス, 地質学雑誌, 117, 329-343, doi: 10.5575/geosoc.117.329.

(9) 平成 24 年度実施計画の概要 :

- (1) これまで研究を進めてきた気泡成長などを取り入れた火道浅部のマグマ上昇モデルと、3 次元の山体地形計算の両者を融合し、観測データと直接比較を行うためのアルゴリズム開発を進める。ストロンボリ火山などの観測データに適用し、火道内マグマ挙動を推定する。
- (2) マグマ中の気泡の連結度と脱ガス様式に対する結晶の効果を明らかにする。ブルカノ式噴火における火道浅部脱ガス過程の深さ・時間パラメータを実験と天然の噴出物の解析から制約する。
- (3) これまで研究を進めてきた固液二相系振動のモデリング結果を用いて、火山性地震・微動の観測データの解釈を行い、浅部火山性流体の挙動およびその時間変化を推定する。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

西村太志, 中村美千彦, 山本 希
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 : 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
電話 : 022-795-6532
e-mail : zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp
URL : <http://www.zisin.gp.tohoku.ac.jp/>

(12) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 西村太志
所属 : 東北大学大学院理学研究科

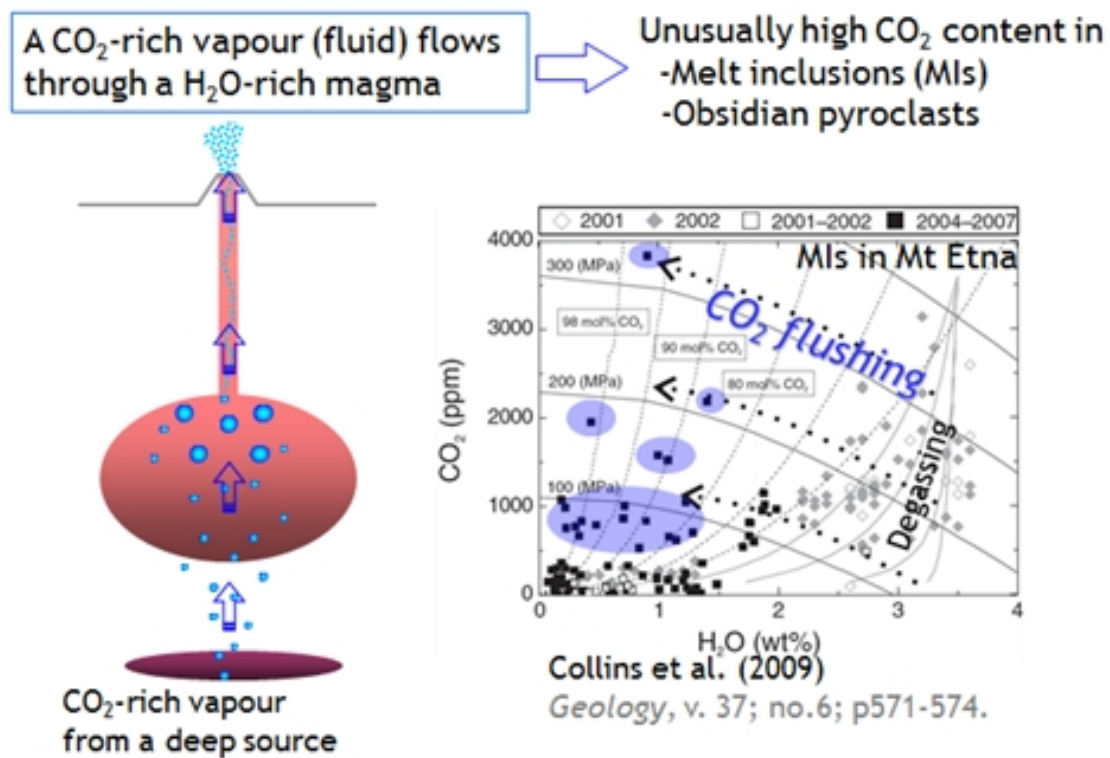


図 1

CO₂-fluxing の概念図 (左) と、fluxing によるメルト 包有物組成の組成変化例 (右)

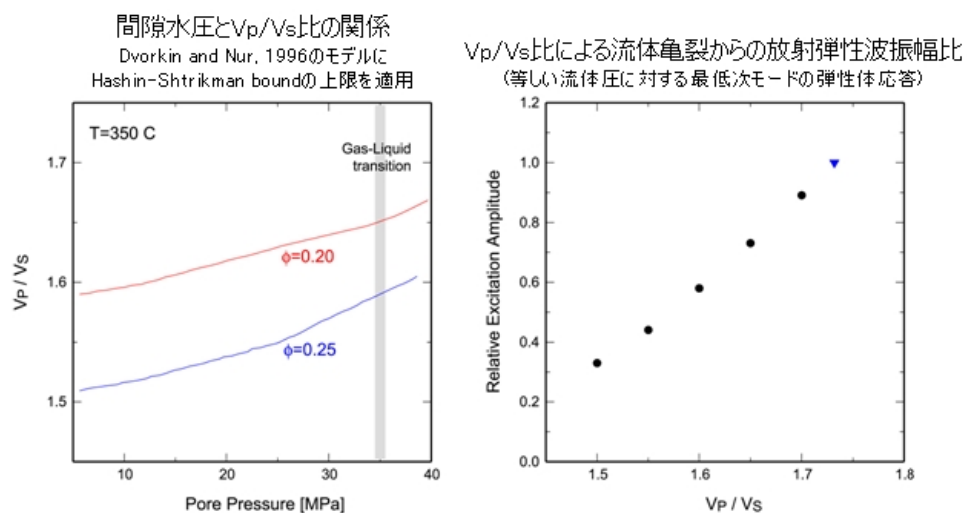


図 2

間隙圧変化と Vp/Vs 比の関係 (左) と 固液二相亀裂振動の弾性波放射の Vp/Vs 比への依存性 (右)