

論文審査の結果の要旨

氏名 大橋 正 俊

火道中のマグマ流動は、爆発的な火山噴火現象を特徴付ける本質的な物理過程であり、そのダイナミクスを観測事実に基づいて実証的に理解することは、地球惑星科学、特に火山学上の重要課題である。本論文は、爆発的噴火で噴出した軽石中の気泡の変形組織から火道中のマグマ流動様式を解読する新手法について、理論・実験・天然サンプルの分析の観点から総合的に論じたものである。本論文は、以下の全7章からなる。

第1章では、気泡変形の理論モデル・実験・野外観察事実に関する先行研究についてレビューを行い、解決すべき理論的・実験的・地球科学的課題の相互関係を整理した上で、本論文の目的・構成をまとめている。

第2章では、流れ場に置かれた気泡の変形について、Jackson and Tucker (2003)による単一気泡の変形の理論モデルを拡張し、公表されている実験データや天然サンプルの気泡形状を再現する改良版モデルを提案した。さらに、改良版モデルを膨張する軽石中の気泡の変形に適用するための定式化についても議論を展開した。

第3章では、アナログ物質（泡状ポリウレタン）を用いた変形実験およびX線トモグラフィを用いた気泡形状の観察によって、固化しつつある気泡群における気泡変形について議論した。第2章で提案した単一気泡の変形の理論モデルを軽石等の気泡群の変形に適用する際には、複数気泡間の相互作用を考慮する必要がある。本章の実験結果に基づいて、第2章で提案した単一気泡の変形の理論モデルが、適切な平均場近似の下で、気泡群の変形に適用できることを示した。

第4章では、第2章で提案した理論モデルに平均場近似を適用し、爆発的噴火におけるマグマ上昇運動と気泡変形を同時に計算する新たな数値モデルを構築した。さらに、マグマを等温ニュートン粘性流体と仮定した場合、気泡変形に伴う粘性低下を考慮した場合、粘性加熱を考慮した場合の3種のレオロジーモデルについて、このモデルを適用し、各場合におけるマグマ流動様式と気泡変形の関係を調べた。その結果、粘性加熱を考慮した場合、温度上昇に伴う粘性低下によって火道壁付近のマグマに変形が集中し、火道流がプラグ流の速度分布をもつため、火道壁から離れた大部分のマグマにおいては、むしろ気泡の

剪断変形が著しく抑制されることが示された。このことから、軽石中の気泡形状の観察に基づいて、マグマ上昇中の粘性加熱の影響やマグマ流動様式の推定が可能であることが示された。

第5章では、ニュージーランド Taupo 火山の 1.8 ka 噴火の爆発的噴火によって噴出した軽石について、気泡形状の解析を行った。その中で、多数の軽石サンプルに対して統計的に意味のある気泡形状解析を行うために、3D-X 線トモグラフィを用いた気泡形状解析と整合的な簡便 2D 気泡形状解析手法を開発した。この解析の結果、同噴火において、プリニー式噴火と大規模火砕流噴火という噴出率が異なる噴火様式の間で、軽石中の気泡形状に有意な差があることが示された。

第6章では、第4章で開発した火道中のマグマ上昇モデルを第5章で記載した Taupo 噴火に適用し、プリニー式噴火と大規模火砕流の軽石中の気泡形状の違いが、第4章で示されたマグマ上昇中の粘性加熱の影響の違いによって説明できることを実証的に示した。この結果は、気泡形状から爆発的噴火のマグマ上昇における速度分布の違いを実証的に示した世界初の研究成果であり、火山学的意義が高い。

第7章では、第2章から第6章の結果を総括するとともに、これらの結果の火山学的意義を、より一般的観点から議論した。また、本論文で用いた計算手法や解析手法の詳細については、付録としてまとめられている。

以上のように、本論文は、爆発的噴火に伴う軽石中の気泡変形について、現段階で得られる最新の知見を組み合わせ、さらに、既存の理論モデル間の論理的ギャップを独自の実験に基づいて適切に埋めることによって、現実の火山噴火における多様な観測事実を統一的に説明する新しい火道流モデルを構築した総合的研究である。この総合的研究によって、軽石の気泡形状から爆発的噴火におけるマグマ流動様式（速度分布）を実証的に推定する手法が確立され、重要な新知見を得ることができた。これらの成果は、いずれも地球惑星科学、特に火山学の進歩に大きく貢献するものである。

なお、本論文第2章と第4章の一部は、市原美恵氏、寅丸敦志氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となってモデル構築を行ったものである。また、第3章は、市原美恵氏、武田志緒理氏、弘田和也氏、佐藤秀氏、桑野修氏、亀田正治氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験および結果の解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。