

氏 名	さいとう たけし 齋 藤 武 士
学位の種類	博 士 (人間・環境学)
学位記番号	人 博 第 232 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	人間・環境学研究科環境相関研究専攻
学位論文題目	Magnetic petrology of Yufu volcano and Unzen volcano, Japan (由布火山と雲仙火山の磁気学的・岩石学的解析)

論文調査委員 (主 査) 教 授 鎌 田 浩 毅 助教授 石 川 尚 人 助教授 酒 井 敏

論 文 内 容 の 要 旨

近年、日本では雲仙普賢岳の1990-1995年噴火以降、非爆発的珪長質噴火の代表である溶岩ドーム噴火への関心が高まっている。溶岩ドーム噴火は、溶岩ドームの出現・成長とその崩壊による火砕流の発生の2段階からなり、全ての噴火現象は溶岩ドームをその舞台にしている。それゆえ溶岩ドームの内部状態を明らかにすることは火山学的にも、また火山防災の観点からも極めて重要である。しかし、これまでの研究は溶岩ドームよりも溶岩を供給したマグマ溜りとその通り道である火道に集中し、溶岩ドームを対象にした研究は少ない。山頂部に位置する急峻な溶岩ドームといった地形的制約もさることながら、ドーム内部を観察する手法に欠けていたからである。

本論文は、火山岩に普遍的に含まれている鉄チタン酸化物を対象にした新手法 magnetic petrology (磁性岩石学) を確立し、溶岩ドーム内部の高温酸化現象を定量化し酸化モデルを提出した。鉄チタン酸化物は、溶岩ドームのような温度及び酸素雰囲気中で酸化と離溶が起こり、物理的 (構造) にも化学的 (組成) にも変化する。逆に鉄チタン酸化物の構造や組成を解析することで、酸化物が置かれていた状況を推定することができる。この手法は、解析に磁気学的手法と岩石学的手法を併用することから、近年 magnetic petrology として注目を集めている。特に、これまでの岩石学及び磁気学では明らかにすることができなかった溶岩ドーム内部の状態を解明するのに有効である。本論文では、九州の由布火山と雲仙火山の溶岩ドームとその崩壊による火砕流堆積物に含まれる鉄チタン酸化物を対象に磁気学的及び岩石学的解析を行い、手法の有効性を確認するとともに、溶岩ドーム内部の高温酸化現象を定量化し、新しい酸化モデルを提出した。

本論文は4章で構成される。第1章では、研究の背景・意義と申請者の用いた magnetic petrology の基礎的な紹介をした。

第2章では、由布火山の池代火砕流堆積物を対象に磁気学的解析を行った。これまで多くの研究者が軽視してきた残留磁化の獲得起源を、岩石磁気学的実験により詳しく検討し、熱残留磁化と粘性残留磁化の寄与とその程度を定量的に明らかにした。さらに熱残留磁化の消磁温度から火砕流堆積物の定置温度が摂氏220-400度であることを明らかにした。また、異なる磁性鉱物組み合わせをもつことが明らかになった2種類の試料の酸化状態から、溶岩ドームでの酸化状態の違いが試料の分化をもたらした可能性を指摘した。

第3章では、磁気学的研究から示唆された試料の酸化による磁性鉱物の分化を検証するために、池代火砕流堆積物に含まれる鉄チタン酸化物の岩石学的解析を行った。酸化物の詳細な同定を行い、岩石試料が異なる酸化物組み合わせの2タイプに分かれることを明らかにした。この結果は磁気学的解析結果と調和的であり、2タイプの試料の違いは酸化度の違いによって明らかになった。さらに鉱物の離溶形態に基づいて酸化試料の復元を行い、その酸化過程を定量的に明らかにした。また鉄チタン酸化物の地質温度計から、鉱物の最終平衡状態は摂氏800-850度となることが推定され、この状態は溶岩ドーム内部に対応することが明らかとなった。これより、試料の分化をもたらした高温酸化現象は溶岩ドーム内部でおきたことが示唆され、酸化状態の違いは試料のドームでの位置の違い (表面あるいは内部) か、ドームの成長様式の違い (内成的あ

るいは外成的)に起因することが示唆された。

第4章では、由布火山の研究が示唆した酸化状態の違いの原因を検証するために、雲仙火山の1990-1995年噴火の溶岩ドームと火砕流堆積物を対象に磁気学的及び岩石学的解析を行った。雲仙普賢岳の1990-1995年噴火は、多数の研究機関によって詳細な観測が行われ、成長の様式と成長の時期や火砕流発生の様子などについて詳細なデータが得られている。内成的成長を行った溶岩ドームと外成的成長を行った溶岩ドームを起源とする火砕流堆積物から岩石試料を採取し、試料の酸化状態とその過程を同定した。その結果、溶岩ドームの試料は由布火山と同様に酸化していることが明らかになり、由布火山で得られた推測が証明された。また、成長様式の異なる試料間では酸化状態や酸化過程に違いが認められなかった。このことは、酸化状態は成長様式によらず、むしろドームでの位置の寄与の方が大きいという可能性を示すものである。

論文審査の結果の要旨

粘性の高い溶岩が爆発を伴わずに山頂部で噴出及び崩壊をおこなって火砕流を発生させる溶岩ドーム噴火は、雲仙普賢岳の平成噴火で初めて詳細に観察され、近年、急速にその理解が進んでいる。特に岩石学的手法によるマグマ溜りの研究、映像による溶岩ドームの成長と崩壊の研究、地質学的手法による火砕流堆積物の研究は活発に行われ、噴火メカニズムの解明が進んでいる。しかし、溶岩ドーム噴火において極めて重要な溶岩ドームそのものについては、ほとんど研究が行われていない。噴火当時の肉眼観察・記録映像による観測に基づいた研究以外、実際に踏破した地質学的・岩石学的研究や崩壊堆積物に基づく研究などは皆無である。その原因は、山頂部に位置する急峻な溶岩ドームといった地形的制約もさることながら、ドーム内部を観察する手法に欠けていたからである。

本論文は、溶岩ドームを観察する最も効果的な手法 magnetic petrology (磁性岩石学) を新しく提案した。鉄チタン酸化物の高温酸化現象を利用する本論文の手法により、これまでの岩石学が扱う珪酸塩鉱物の研究ではなしえなかった摂氏1000度以下及び高酸素雰囲気下での鉱物の平衡状態の推定が可能である。この手法を用いれば、溶岩ドーム本体の試料のみならず、崩壊堆積物からもドーム内部の状態の推定が可能である。本論文では、この手法を九州の由布火山の研究で確立し、さらに比較研究として雲仙火山にも適用し、ドーム内部の高温酸化現象を明らかにしている。雲仙普賢岳の1990-1995年噴火は、噴火時に詳細な観測が行われ、成長の様式・時期や火砕流発生の様子などの膨大で詳細なデータが得られているため、溶岩ドームの研究を行うのに最適のフィールドである。以上のような本論文に見られる着眼点、問題設定、手法、研究フィールドの選択は、いずれも高く評価できる。

第2章では、九州、由布火山の池代火砕流堆積物を対象に、磁気学的解析によって磁性鉱物を詳細に同定することで、残留磁化における粘性残留磁化の寄与の程度を明らかにした。これまで、磁気学的手法を用いた多くの研究において、磁化の獲得起源は詳細に検討されることなく、火山岩の場合は熱残留磁化起源とみなされていた。しかし、本研究において、粒子サイズの大きいチタノマグネタイトが磁化の担い手である場合には、磁化の一部が粘性残留磁化起源であることが示された。本論文に述べられている研究手法は、火山学において磁気学的手法を適用する際の一つのスタンダードを提示するものとなった。

第3章では、磁気学的解析から異なる磁性鉱物組み合わせを持つことが明らかになった2種類の試料に含まれる鉄チタン酸化物を岩石学的に解析することにより、試料の分化が溶岩ドーム内の高温酸化現象に起因することを明らかにした。この研究では、酸化物の酸化状態の解析から溶岩ドーム内の酸化プロセスを初めて提示し、鉄チタン酸化物を解析する新しい手法が溶岩ドーム研究に有効であることを示した。また本章では、地質学的背景と照らし合わせることで、溶岩ドームの酸化モデルを新たに提出した。

第4章では、由布火山で得られた知見と推察を検証するために、雲仙火山の1990-1995年噴火の溶岩ドームと火砕流堆積物を対象とした比較研究を行った。その結果、溶岩ドームの試料の酸化状態及び酸化過程の詳細な同定から、由布火山の結果と調和的であることが示され、溶岩ドームでの酸化現象が定量的に明らかとなった。また試料間の比較から、酸化状態は成長様式によらず、むしろドームでの位置の寄与の方が大きいことが示された。またこの研究がもたらした鉄チタン酸化物のデータは、今後の溶岩ドーム研究の重要な基礎となることが期待できる。

以上の研究で、申請者の用いる magnetic petrology が、既存の研究手法を補完することが証明され、またその応用的成

果として、ドーム内部の酸化モデルが本論文によって初めて提唱された。今後の溶岩ドーム研究、火砕流の発生メカニズムの研究、また同様の噴火形式の火山における防災において、本論文で達成された手法及び得られた成果は、極めて重要な貢献をもたらすものと考えられる。本研究の地球環境論的意義は大きく、本学位申請論文は、地球科学的視野から自然環境の動態を解明するという環境相関研究専攻地球環境動態論講座にふさわしい内容を備えたものと言える。

よって本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年1月8日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。