

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 13 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21740327

研究課題名（和文） 磁気岩石学的手法による磁性鉱物の結晶化と火山噴火プロセスの研究

研究課題名（英文） Eruption processes inferred from magnetic petrology of FeTi oxides

研究代表者

齋藤 武士 (SAITO TAKESHI)

信州大学・ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点・助教

研究者番号：80402767

研究成果の概要（和文）：雲仙火山、伊豆大島火山の火山噴出物を対象に、磁性を示す FeTi 酸化物を岩石磁気学的手法と岩石学的手法を併用して詳細に解析することで、磁性鉱物の結晶化プロセスを明らかにし、そこから火山噴火プロセスを読み解く研究を行った。マグマが噴火によって地表へもたらされる過程において、磁性鉱物の化学組成や結晶サイズや形状が多様に変化し、その変化から噴火プロセスを復元できることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：In order to clarify the detailed eruption processes, magnetic petrologic analyses were carried out on samples from volcanic deposits of Unzen volcano and Izu-Oshima volcano, Japan. As a result, we found each deposit showed distinct magnetic petrologic characteristics and chemistry, grain size and grain shape of FeTi oxides are sensitive indicators of eruption processes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学，固体地球惑星物理学

キーワード：FeTi 酸化物，噴火，マグマ，樹枝状結晶，岩石磁気，雲仙，伊豆大島

## 1. 研究開始当初の背景

火山の噴火はどのようにして起こるのであるか？どうして同じ火山から異なる化学組成のマグマが噴出したり，また同じマグマでも異なる噴火様式によって噴出したりするのだろうか？火山学はこれらの問題に取り組み続け，ある程度の噴火予知や火山活動の予測が可能になってきた。火山性地震や，諸物理量の観測といった地球物理学的な研究が大きく進展したと同時に，多様な火山噴

出物の解析が進み，物質科学的データから火山固有の噴火様式や，メカニズムを推定することが可能になってきたことも，大きな原因とっていいだろう。

しかしながら，物質科学的側面からの研究は，主に珪酸塩鉱物(SiO<sub>2</sub> からなる鉱物)を中心に行われており，本研究が対象にする磁性鉱物(主に Fe と Ti からなる FeTi 酸化物)に着目した研究はまだまだ少ないというのが現状である。

ところで一方、磁性鉱物は、その名の通り強い磁性を示すことから、古地磁気学者や岩石磁気学者らによって精力的に研究されてきた。岩石磁気学的手法は、岩石に含まれる磁性鉱物の種類や量・形状について定量的なデータを提供してくれる。しかし岩石磁気学は、岩石の示す磁性から過去の地球磁場の情報を抽出することに主目的をおいており、鉱物の成因に関して答えることができない。

研究代表者はこれまで、古地磁気・岩石磁気学の立場から研究を行い、上記の意見を持つに至った(齋藤, 2005)。そこで、磁性の解析に岩石学的解析を加えることで磁性鉱物の成因を明らかにすれば、マグマや噴火プロセスの定量的な情報を抽出できると考え、火山噴出物に含まれる磁性鉱物の研究に取り組んできた(Saito et al., 2004; Saito et al., 2007a and 2007b)。

これらの研究から、磁気学的手法と岩石学的手法を併用して磁性鉱物を解析し、その成因の理解を目指す独自の手法「Magnetic Petrology (磁気岩石学)」を獲得した。本研究計画はこれらの経験と実績を踏まえて立案された。

## 2. 研究の目的

火山噴出物に含まれる造岩鉱物は深部マグマ溜まりで最初の一次片が晶出してから、噴火によって地表にもたらされるまで、周囲の環境の変化に応じて結晶化と再平衡化を行い続ける。特に本研究が対象とする FeTi 酸化物は、珪酸塩鉱物より低い温度でも結晶化・再平衡化を行うことができる。また元素拡散も早いいため、噴火直前あるいは噴火中の急激な条件変化を詳細に記録していることが期待される。

火山噴出物に含まれる磁性鉱物を、結晶化段階が異なると考えられる結晶ごと、あるいは結晶の部位ごとに分けて磁気岩石学的解析を行い、磁性鉱物の結晶化と噴火プロセスの関係を調べることに挑戦する。

そのために必要な岩石磁気学的分析機器を導入し、解析手法の構築と改良を行い、磁性鉱物の精密な解析に必要な方法論を確立する。

諸火山の多様な噴出物に対して、研究を行うことで、手法の有効性について広範に検討する。磁性鉱物の詳細な解析から、磁性鉱物の結晶化プロセスを明らかにし、そこからマグマの成因と噴火プロセスの定量的理解を目

指す。

## 3. 研究の方法

すでに試料採取済みであった雲仙火山の溶岩試料の分析を通して、磁性鉱物の結晶化段階に関して情報を集め、マグマの物理条件の変化がどのように記録されているか調べる。そのために有効な分析方法を検討し、必要な岩石磁気学的分析機器を導入する。信州大学では実施不可能な鉱物分析と一部の岩石磁気学的分析に関しては、高知大学海洋コア総合研究センターの全国共同利用に申請し、必要な分析を行う。

噴火直前、あるいは噴火中のマグマの物理条件変化が顕著で、磁性鉱物に記録が残されていると期待される火山噴出物を選定し、研究を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 雲仙火山歴史溶岩の研究

雲仙火山は 1991-1995 年に噴火し、火砕流を頻発して東麓に大きな被害をもたらした。これは山頂に噴出した溶岩の流動性が低く、流下することなく盛り上がったドームを形成し、その溶岩ドームが崩壊して火砕流を発生させたことによる。しかし、1991 年以前におきた 2 回の歴史噴火(1663 年, 1792 年噴火)では、溶岩は山腹を流下し、火砕流を発生させることはなかった。3 回の噴火で噴出した溶岩の流動性が異なったことが、噴火様式の違いをもたらしたと考えられるが、どの様に違っていたのか、またその原因はどこにあるのか分っていなかった。

そこで歴史噴火溶岩に含まれる FeTi 酸化物を EPMA を用いて詳細に解析したところ、斑晶のコア、リム、マイクロライトで全く異なる化学組成を示した(図 1)。これは、それぞれの結晶や、結晶の部位が晶出するタイミングが異なることを示しており、噴火前から、噴火直前のマグマ溜まりの条件変化を記録していることが確かめられた。

さらに 3 噴火溶岩に含まれる磁性鉱物が異なる化学組成を示すこと、斑晶のコアは共通の化学組成を示すこともわかった。岩石磁気学的解析からも、化学組成の違いに起因するキュリー点の違いが明らかとなった。さらに、残留磁化強度の比較から、含まれる磁性鉱物の量比が異なることがわかった。これらの分析結果から、雲仙火山では、過去約 300 年間の間、地下浅部に低温のマグマ溜まりが安定して存在しており、そこに注入された高温マ

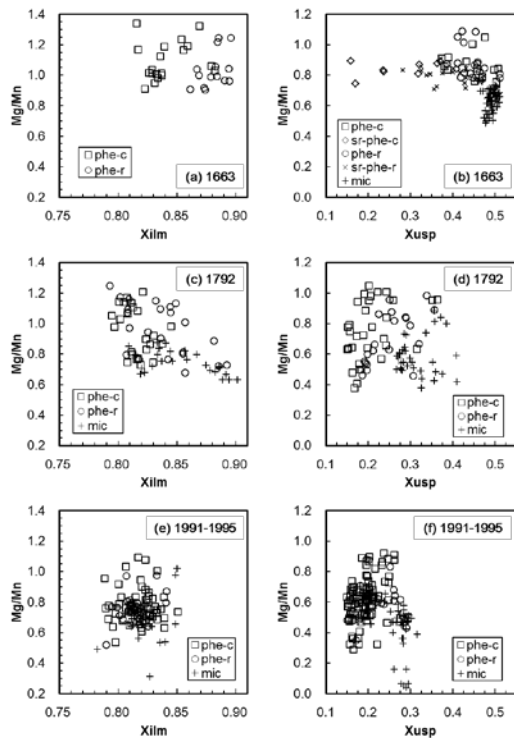


図1 雲仙火山歴史3噴火溶岩に含まれるFeTi 酸化物の化学組成

マグマの相対的な量と、その結果準備された噴火マグマの温度の違いが、各噴火の噴火様式の違いに結び付いたことが示唆された。

この研究を進める中で、①結晶ごと、結晶の部位ごとの情報を詳細に解析するには、EPMAを用いた化学組成分析が有効なこと、②EPMAの分解能(数ミクロン)以下の結晶分析には、岩石磁気学的手法が有効であること、③試料全体の傾向を捉えるうえで岩石磁気学的手法が有効であることがわかった。

本研究で、磁性鉱物を細かく分類し、岩石学的観点と岩石磁気学的観点から解析する本研究の手法が、火山噴出物の解析、さらには噴火プロセスの解明に有効であることを具体的に示すことができた。

この研究成果は現在 *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 誌に投稿中(査読に基づいて改訂中)で、近日中の受理が期待できる。

## (2)伊豆大島火山 1986 年噴火

伊豆大島火山の1986年噴火では、一連の噴火活動の中で多様な溶岩流が流出した。火口から溢れ出るように流れた通常の溶岩流のほかに、火口近傍に着地したスパターが溶結して流動した火砕成溶岩流、さらには地下からの供給が停止して二日後に流動した、二次

溶岩流が流出した。これらの溶岩はほぼ同じマグマに由来しており、流下形態の違いは、マグマの違いではなく、噴火プロセスや冷却過程の違いに起因することが考えられる。そこで磁性鉱物の解析から、溶岩の流出プロセスを明らかにすることを目的に研究を行った。

その結果、火砕成溶岩流や二次溶岩流には、結晶の形が特異な、樹枝状のFeTi 酸化物が多く含まれることが明らかとなった(図2)。樹枝状結晶は、極端に過冷却な状態で急速に結晶が成長した際に形成される。溶結度が低い、スパターの形状が残っている試料には、このような樹枝状結晶が認められたが、強溶結して、スパターの輪郭を残さない試料では、結晶がさらに成長して、樹枝状結晶は認められなかった。このことは、噴泉での冷却過程によって樹枝状結晶が形成され、その後のさらなる冷却によって結晶成長をしなかった場合のみ樹枝状結晶が保存されたことを示唆する。

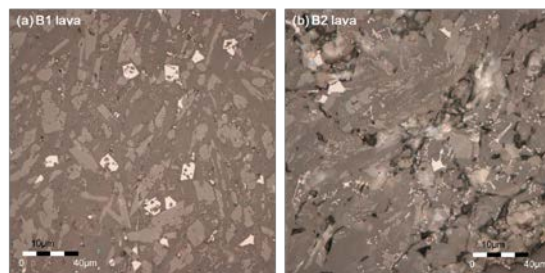


図2 伊豆大島 1986 年溶岩の火砕成溶岩流中の樹枝状 FeTi 酸化物

このような樹枝状結晶が、火砕成溶岩流や二次溶岩流に認められ、通常の溶岩流に認められないことから、磁性鉱物の結晶の形が溶岩流の流下形態の指標となりうる可能性がある。

さらに、これらの樹枝状結晶を含む試料は、特徴的な岩石磁気学的振舞いを示すことも分かった。通常の溶岩流とは大きく異なる、極端にバイモーダルな保磁力分布を持つと考えられ、その原因としては、樹枝状結晶の極端な形状による磁気異方性が考えられる。

本研究の成果はすでに学会で報告済みで、早急に論文化する予定である。

## (3)流紋岩の研究

また、黒曜石と流紋岩の試料採取と分析にも着手し、分析とデータの解析を進めているが、研究をまとめるまでには至っていない。黒曜石や流紋岩は、噴火中、あるいは地表に噴出

した後の流動中のプロセスで、流理を発達させたり、またガラス質部である黒曜石と結晶質部に分かれたりすることが知られている。このような噴出物の解析に、磁性鉱物からのアプローチが有効であろうと研究代表者は考え、研究に着手した。これまでの分析の結果、黒曜石中の微細な結晶や、スフェルライトに包有される結晶、さらには斑晶鉱物とで化学組成が異なり、各結晶化段階での結晶化条件の違いを示していると考えられる。今後さらに研究を進め、流紋岩噴火の噴火・流動プロセスの解明を目指したい。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計6件)

① 齋藤武士, 田辺みのり, 伊豆大島 1986年溶岩の樹枝状チタノマグネタイトと磁気岩石学的特徴. 高知大学海洋コア総合研究センター全国共同利用研究成果発表会, 高知, 2011年3月1日.

② Takeshi Saito, Minori Tanabe, Magnetic Petrology of Clastogenic Lava of Izu-Oshima Volcano, Japan. International Conference of Cities on Volcanoes 6, Tenerife, Spain, 2010年6月1日.

③ 齋藤武士・田辺みのり, 伊豆大島 1986年火砕成溶岩の樹枝状チタン鉄鉱と磁気岩石学的特徴. 日本地球惑星科学連合 2010年大会, 千葉, 2010年5月23日.

④ Takeshi Saito, Minori Tanabe, Magnetic Petrology of Clastogenic Lava of Izu-Oshima Volcano, Japan. 2010 Kochi International Workshop on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, Kochi, Japan, 2010年2月5日.

⑤ 石橋秀巳, 齋藤武士, 諏訪之瀬島明治溶岩の噴火過程: 鉱物・ガラス組成からの制約. 火山学会, 箱根, 2009年10月10日.

⑥ 齋藤武士, 石川尚人, FeTi 酸化物斑晶を欠く Cr スピネル含有安山岩の構成鉱物が示す磁性について. 日本地球惑星科学連合 2009年大会, 千葉, 2009年5月19日.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

齋藤 武士 (SAITO TAKESHI)

信州大学・ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点・助教  
研究者番号: 80402767

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

なし