

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23710203

研究課題名(和文)火砕物の定置温度・定置時間見積りの新手法開発

研究課題名(英文)Development of a new method for the emplacement temperature estimation of pyroclastic rock.

研究代表者

金丸 龍夫(KANAMARU, Tatsuo)

日本大学・文理学部・助教

研究者番号：40453865

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：磁気特性や色調の変化を利用し、火砕流の定置温度を見積もり、一連の噴火で発生した火砕流の発生時間間隙を推定する新手法を開発した。旧来行われていた温度見積もり方法では、得られない、より高温の火砕流の温度を見積もる事が、条件次第で可能となる。さらに、本研究では、過去の噴火について、分単位の時間メモリを入れることが出来た。

研究成果の概要(英文)：Emplacement temperature and Time scale of emplacement of pyroclastic flow are estimated by newly developed heating method using magnetic properties and colors of the pyroclasts. The estimated temperature of the Agatsuma pyroclastic flow by the heating experiment is about 700 degree celsius. An d interval between certain two flow unit l investigated is about 30 minute by taking into oxidation of FeTi oxide.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：古地磁気 吾妻火砕流 定置温度 浅間火山 火砕流 酸化

1. 研究開始当初の背景

(1)火砕流の定置温度見積もりについて

火砕流がどの程度の温度でその場所に定置したか？を検討することは、火山防災・減災を考える上で重要なテーマである。しかしながら、その発生頻度の低さや、直接観察が困難であることから、それを見積もることは容易ではない。従来、これは、火砕流堆積物に含まれる磁鉄鉱などの強磁性鉱物の磁化のブロッキングという現象を用いて、採取試料の段階熱消磁実験という古地磁気学的方法から求められてきた。しかしながら、この手法では、マグマの温度は 1000 以上であるにもかかわらず、磁鉄鉱などが強磁性から常磁性に変化するキュリー温度が 600 度前後であることから、たとえ本来それ以上の温度で火砕流が定置していたとしても、それ以上の温度である、ということしか知ることができなかった。

(2)近年の新しいアイデア

21 世紀に入り、これまで蓄積された岩石磁気学の知識を火成岩の研究に取り入れることで、火成岩の生成・定置機構の解明を試みる磁気岩石学と呼ばれる手法が目玉され始めた。磁気岩石学の対象となる磁鉄鉱などの FeTi 酸化物は、マグマから比較的早期に晶出し、火山の火道を上昇し、大気に曝露され、定置する過程で、様々な程度で高温酸化を被り、その組織や化学組成を変化させる。これは、条件が整えば、FeTi 酸化物はマグマ溜まりから定置まで、マグマの一生を記録している可能性がある事を示しており、これらの情報は磁気岩石学により抽出できる可能性を秘めている。

(3)調査地域の概要

1783 年に起こった浅間前掛火山天明噴火は、Yasui and Koyaguchi, 2004, Bull. Vol. などの研究により、古記録や記載岩石学的手法により時間単位での噴火の過程が明らかとなっている。この 3 ヶ月に及ぶ一連の噴火イベントでは、その最末期に盛大な噴火のクライマックスを迎えており、一晩のうちに大量のマグマを噴出したと考えられている。この噴火最盛期に、吾妻火砕流の主要部分が噴出している。吾妻火砕流は 50 枚以上のフローユニットが認められる(高橋・安井, 2013, 火山)。実際の吾妻火砕流堆積物は、非酸化部と様々な色調を示す赤色酸化部が明瞭に認められ、しばしばこれらが積層して露出している。これらは、一つのフローユニットが到達し、十分に酸化される前に次のフローユニットが到達することにより、下位のフローユニットの酸化部が十分に酸化されないことにより、フローユニットごとに酸化部が異なる色調を示すに至ったと考えられる。上位のフローユニットに非酸化部が認められるということは、下位のフローユニットが酸化されたのは、上位のフローユニットに被覆さ

れるまでの間である事を示しており、下位のフローユニットの酸化の程度は、到達時の温度とフローユニット間の時間間隙を反映したものであると考えられる。逆に言えば、この酸化条件を再現できれば、吾妻火砕流のフローユニットの時間間隙と、定置温度を見積もることが可能であると考えられる。酸化を検討するには、酸化・還元条件に敏感な FeTi 酸化物を用いるのが最も有効であり、それを抽出するには、磁気岩石学が最も有効であると考えられる。本研究は、このようなことから着想を得、研究を開始している。

2. 研究の目的

本研究は、1. で示したような思想のもと、火砕物の火山学的調査の際、一般的に行われる古地磁気学的方法では推定することが出来ない高温火砕流の定置温度を見積もり、かつての噴火に詳細な時間軸を入れる新たな方法を、岩石の酸化を手がかりに開発することを目的としている。具体的には、浅間前掛火山天明噴火で噴出した吾妻火砕流を対象として、その堆積物の酸化に注目し、岩石学・岩石磁気学の最新の見地に基づき、その噴出から定置時の温度およびその定置に要した時間を見積もることである。

3. 研究の方法

(1)研究方法の概要

研究の方法は、まず野外地質の観察により、本研究の目的に合致する露頭を選び出すことから始められた。地点選定後、天然状態での堆積物の帯磁率および色調の測定、従来の古地磁気学的手法による定置温度見積もり、実験室内でのより詳細な帯磁率および色調の測定、等温残留磁化獲得実験、試料の加熱実験、加熱試料の帯磁率および色調、等温残留磁化獲得実験を行った。

(2)研究の具体的な方法

具体的な方法は、以下である。①～⑥の番号は、上記 3. (1)の各番号に対応する。

既往の文献から調査候補地を選定し、現地調査により、本研究の目的に合致する堆



図 1 古地磁気測定用定方位試料サンプリングの様子。

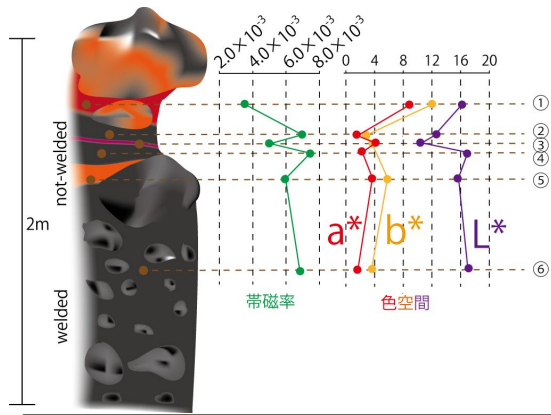


図 2 研究対象とした吾妻火砕流の露頭の模式的スケッチと現地で測定した帯磁率（緑）と土色（赤・黄・紫）。

積物を決定し、記載を行った。現地での帯磁率測定は、Terraplus 製 KT-10、土色の測定は、コニカミノルタ製 SPAD-503 を用いた。後述する層準それぞれに於いて、帯磁率、土色共に 10 回測定を行い、その平均値を求めた。

後述する 4 番層の基質部から、6 個の古地磁気測定用定方位試料を採取し、段階熱消磁実験を行った。試料は、直径 1 インチ、高さ約 2 センチメートルにカットしたアルミパイプを用いて採取され（図 1）、実験室に持ち帰った後、地磁気シールドルーム内でアロンセラミックにより固定された。段階熱消磁には、夏原技研製 DEM-8602 を用い、磁化の測定は、夏原技研製 SMD-88 を用いた。測定データの解析は、夏原技研製 Progress および Direction の各アプリケーションを用いた。

実験室での帯磁率は、Bartington 製 MS2B を用いた。この場合、試料はプラスチックキューブに封入され、5 回繰り返し測定を行いその平均値を求めた。実験室での土色は、セラミック製試料皿に試料を載せ、蛍光灯下で 10 回繰り返し測定を行い、その平均値を求めた。用いた試料は、水簸により植物片などを除去したうえで、1 週間以上室内で自然乾燥させた。等温残留磁化獲得実験は、試料を石英管と石膏により作成した試料容器に封入し、実験を行った。この実験は、著しく酸化した 1 番層、非酸化の 2 番層、中程度に酸化した 3 番層について行った。着磁に用いた磁場は 100mT までが 10mT 段階、100mT 以上は 100mT 段階で 500mT まで変化させ、残留磁化測定を行った。

加熱実験に用いた試料には、非酸化の 4 番層の試料を用いた。加熱には、AS ONE 製プログラム管状電気炉 TMF-300N を用いた。試料はアルミナるつぼに入れ、600、700、800、900、1000、の各温度段階で、1 分、5 分、30 分、1 時間、5 時間加

熱を行い、蒸発皿上で急冷させた。30 分加熱試料については、約 4 時間かけて除冷させる実験も行った。

加熱後の試料について、と同様な実験を行った。

4. 研究成果

(1) 各実験の分析結果

3. の番号①～ について、その分析・測定結果をいかに示す。

図 2 の様に、研究対象とした吾妻火砕流の露頭を酸化・非酸化の繰り返しにより層準に分類した。最上位の酸化部が 1 番層、その下位の非酸化部が 2 番層、以下、奇数番号が酸化層、偶数番号が非酸化層である。酸化層とその直下の非酸化層が一つのフローユニットと考えられる。一つのフローユニットの中で見ると、現地測定の結果、非酸化層よりも酸化層のほうが、赤色の程度を示す a^* 値が高く、帯磁率が低いという傾向が明瞭に認められた。

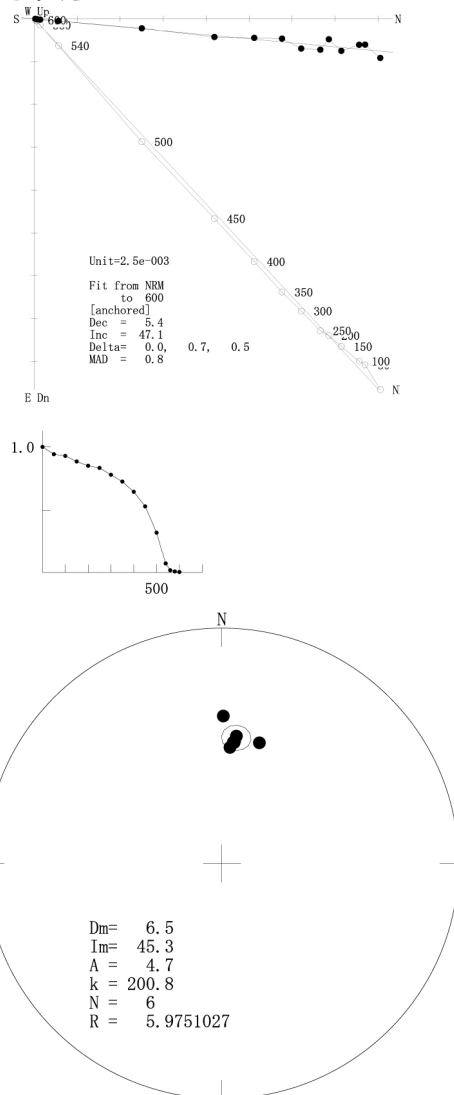


図 3 代表的な段階熱消磁実験結果（上）と 6 試料の分析結果のステレオ投影（下）。

図3に代表的な段階熱消磁実験結果のザイダーベルトダイアグラムと6試料の測定結果と平均方向のステレオ投影を示す。各試料からは、ばらつきの小さいほぼ直線上の分析結果が得られ、560 でほぼ消磁された。かつ、平均方向は概ね真北に近い方向を示している。このことは、この火砕流のフローユニットが560以上の温度で定置したことを示しており、磁性を担う主たる鉱物はチタン磁鉄鉱であることを示唆している。

実験室内での帯磁率および土色の測定結果は、野外での測定結果とほぼ同様な結果を示し、酸化部が非酸化部に比べ高い a^* 値、低いかほぼ同等の帯磁率を示した。野外での測定結果と比べ、その差が小さくなっているのは、試料の湿潤状態に関係している可能性があるが、今回はその検討は行っていない。等温残留磁化獲得実験(図4)では、非酸化部は200mTまでにはほぼ飽和しているが、著しく酸化した1番層は500mT段階では、飽和していない可能性がある。中間的な色味を示している3番層は等温残留磁化もそれらの中間的な傾向を示している。

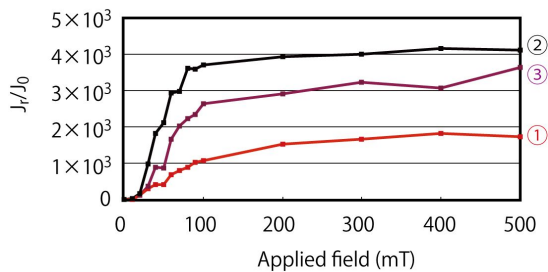


図4 天然試料の等温残留磁化獲得実験結果。は、層準番号を示す。

および 加熱実験を行った試料の土色と帯磁率を図5に示す。赤みを示す a^* 値は、どの温度段階においても時間とともに単調増加する傾向が見られた。黄色みを示す b^* 値は1000を除き加熱後一旦低下し、その後上昇する傾向が確認された。 L^* 値はばらつきが大きいものの概ね増加傾向を示している。帯磁率は、1分加熱試料では全て増加するが、700, 800, 1000で5分加熱試料から減少に転じており、その後ほぼ横ばいの傾向を示す。30分加熱後、除冷した試料については、1000の L^* を除き、急冷した試料に比べ若干高くなる傾向を示した。加熱試料について、等温残留磁化獲得実験を行ったが、測定結果はばらつきが大きく、また飽和後に減少に転ずるなど、理論的にありえない挙動となった。この原因が測定機器にあるのか、試料の作成方法や測定方法にあるのか、今研究期間内に解決することができなかったため、本報告に加熱後試料についての等温残留磁化獲得実験結果を示す事ができなかった。

(2) 実験結果から得られる考察

天然試料では、肉眼で赤色または紫色に見える高温酸化したと考えられる層準は、 a^* 値が大きいくほど、つまり赤いほど帯磁率が低く、等温残留磁化がなかなか飽和しない。このことは、非酸化部が酸化することにより赤鉄鉱が生じていることを示唆する。

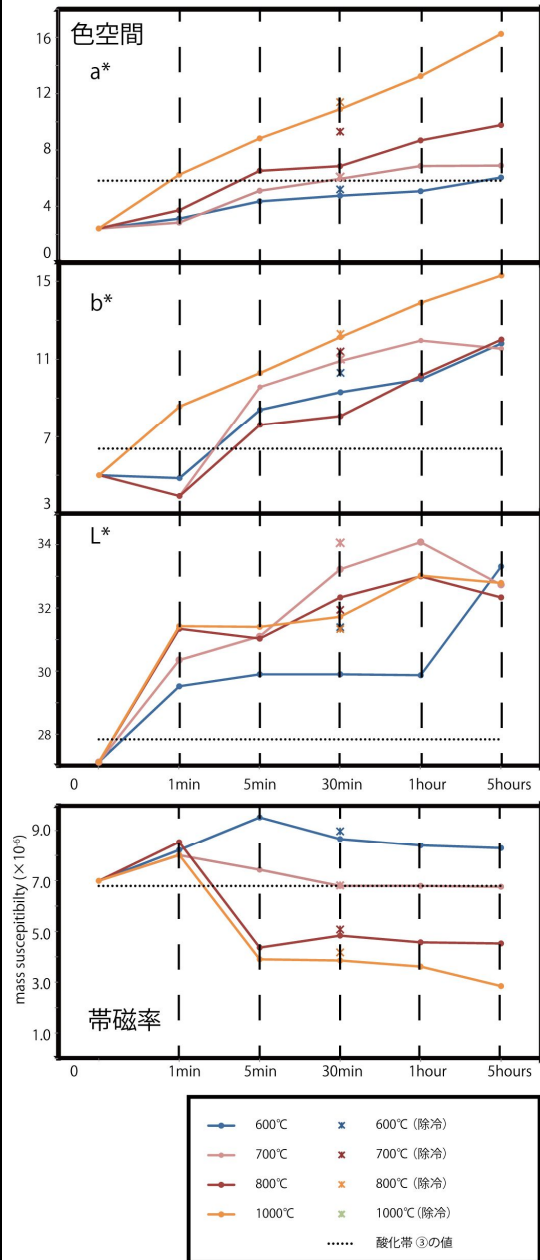


図5 加熱実験試料の土色と帯磁率。

図5に加熱実験の結果を示す。加熱時間が増加するに従い、土色の各パラメータが上昇することは、肉眼での印象とも整合的であり、より強い色味に変化していていることを示している。帯磁率が一旦、上昇し、その後減少に転じるという事は、加熱の比較的早い段階では、酸化によりチタン磁鉄鉱にイルメナイトラメラが生じ、ホスト部分がより純水な磁鉄鉱の組成に近づき、帯磁率が高くな

り、加熱時間が長くなると共に、更に酸化が進行し、赤鉄鉱などのより帯磁率の低い鉱物に変化していている事を表している可能性がある。これは、加熱時間が長くなると、 a^* 値が高くなることや、 b^* がある時間から増加方向は変化するなどの特徴と整合的である。この図では、点線で4番層と同一フローユニットである3番層の測定結果をして示している。加熱実験後試料については、この図を見ると、 a^* 値および帯磁率は、30分加熱試料の値と天然の3番層の試料(酸化部)の値がほぼ同等な値を示している。これは、この3番層と4番層からなるフローユニットが700前後の温度で定置後、30分程度以内で上位のユニットにより蓋をされ、酸化が進行しなかったという可能性を示している。 b^* 値では、5分と30分の間で3番層の値を横切ることなどからも、4番層が3番層になる程度に酸化するのは30分程度であると考えて良さそうである。30分加熱後除冷した試料で、帯磁率がやや高い値を示すのは、除冷の間に低温で安定なマグヘマイトなどが生じているのかもしれない。 L^* 値は明るさを示しており、試料の粒度分布が異なれば、異なる値を示してしまう事が考えられるため、本研究では考慮に入れないこととする。

(3)まとめ

浅間前掛火山天明噴火吾妻火砕流から試料を採取し、加熱実験等を行い、それらの生成物の分析を行った結果、調査を行った地点の吾妻火砕流は、一つのフローユニットが定置してから、30分程度で次のフローユニットが到達した可能性がある事が明らかとなった。また、下位のフローユニットの定置温度は、700前後である可能性が高い。本研究により、過去の火砕流について分単位の時間メモリを示すことができた。さらに、旧来の古地磁気学的手法では得られない、強磁性鉱物のキュリー点よりも高い温度の定置温度を推定することができた。

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3件)

Tatsuo Kanamaru, Yuki Shimizu, Kuniyuki Furukawa, "Emplacement time interval and temperature estimation for the Agatsuma pyroclastic flow, Asama-Maekake volcano, central Japan." IAVCEI Scientific Assembly 2013: Forecasting Volcanic Activity: reading and translating the messages of nature for society, 2013/7/20-24, Kagoshima (Japan)

Tatsuo Kanamaru, Kuniyuki Furukawa, "Magnetic properties of the pyroclastic

deposits of the Tenmei eruption of Asama volcano, central Japan", American Geophysical Union fall meeting 2012, 2012/12/3-7, Sanfrancisco (USA)

金丸龍夫, 古川邦之, 浅間火山天明噴火堆積物の岩石磁気, 日本火山学会 2012 年秋季大会, 2012/10/14-16, エコールみよた, 長野

6. 研究組織

(1)研究代表者

金丸 龍夫 (KANAMARU Tatsuo)

日本大学文理学部 助教

研究者番号: 40453865