

平成 30 年 4 月 20 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05313

研究課題名(和文) 新しい古地磁気記憶媒体として流紋岩溶岩を利用するための研究

研究課題名(英文) Research to utilize rhyolite lava as a new paleomagnetic recorder

研究代表者

宇野 康司 (Uno, Koji)

岡山大学・教育学研究科・准教授

研究者番号：10510745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：火山岩の自然残留磁化は、プレート運動の定量化、噴火現象の温度など、様々な地球科学的現象に定量的情報を与えるが、流紋岩溶岩の場合、その粘性の高さからしばしば不均一な組織を呈するため、その磁化方向の正確性が阻まれてきたようだ。本研究は、一枚の厚い流紋岩溶岩の自然残留磁化方向の観察を行い、流紋岩が期待される残留磁化方向を記録する能力があるかどうかを検討した。研究の結果、地球磁場方向から期待される残留磁化方向を呈さない流紋岩溶岩が一部に観察され、その一方で多くの流紋岩溶岩試料が期待される方向を呈した。現時点では、この方向の逸脱が流理構造の発達度合に相関している傾向は捉えられていない。

研究成果の概要(英文)：Natural remanent magnetization of volcanic rocks gives quantitative information to various earth scientific phenomena such as plate motion and eruption temperature; however it seems that the accuracy of magnetization direction acquisition of rhyolite has been hampered because of its high viscosity. In this study, we observed the natural remanent magnetization direction of a thick rhyolite lava and investigated whether the rhyolite has the ability to record the expected remanent magnetization direction. Rhyolite lava showing significant deviation from the expected direction of the Earth's geomagnetic field was observed in part, while rhyolite lava samples mostly show similarity in the direction with the expected one. At present, there appears to be no tendency that the deviation in direction correlates with the degree of development of the flow structure.

研究分野：古地磁気学

キーワード：古地磁気学 岩石磁気学 火山学 流紋岩 残留磁化方向 磁化率異方性

1. 研究開始当初の背景

火山岩はその形成時の地球磁場についての優良な記憶媒体として長く用いられてきている。火山岩の古地磁気方向は、その磁化方向の再現性の正確さより、過去の地球磁場方向の復元情報を必要とする多くの研究課題に対して貢献してきている。流紋岩は大陸地域を構成する一般的な火山岩の一つであり、過去の地球磁場の記憶媒体として用いることが可能であるとの提唱は存在していたが、古地磁気層序や地磁気永年変化などの研究に流紋岩溶岩が用いられた例は大変少ない。その理由として、流紋岩溶岩の残留磁化方向の正確性には問題があるとの示唆を与えた研究がいくつか存在していることが影響しているとみられる。これまでに、流紋岩溶岩の溶岩ドーム内の複数の地点から観察された残留磁化方向が地点間でばらつくことを認められたり、一枚の流紋岩溶岩の複数地点から採取された残留磁化方向の一部がその他に対して異なる残留磁化方向を示すことが認められたりしている。流紋岩溶岩は、その粘性の高さから、しばしば流理構造とよばれる不均一な縞状組織を呈する。流紋岩溶岩の特徴の一つでもあるその流理構造が、流紋岩の残留磁化方向の正確性に関するカギを握る可能性が疑われている。岩石内部の不均一な組織が、本来の古地磁気方向を改変してしまうという考え方である。たとえば、変成岩の研究例の場合、残留磁化方向の期待される方向からの隔たりが、片状構造の発達度に相関するという報告が既に存在している。このことは、流紋岩溶岩の残留磁化方向の乱れが、流理構造の発達度に依存している可能性を示す。

2. 研究の目的

例えば、テクトニクスなどを目的とする古地磁気研究の場合、溶岩試料の採取は一定の狭い領域(地点)内にて行われる。この種の研究の場合、複数の地点を設ける際に、同一の溶岩から多くの地点が偏って採取されないように計画される。そのため、いくつかの古地磁気研究が流紋岩溶岩を扱うことがあっても、その磁化方向が流紋岩溶岩内部で乱れる様子の系統性や法則性についてまで指摘されることはなかった。また、いくつかの研究結果から流紋岩溶岩についてその磁化方向の逸脱が指摘されながらもその現象自身が研究対象とされることはなかった。そこで本研究では、一枚の流紋岩溶岩について、採取可能な範囲で可能な限り広域のサンプリングを行い、その残留磁化方向の均一性を観察する。併せて等温残留磁化獲得実験、磁化率異方性の測定、および研磨薄片の観察を行い、溶岩におけるこれらの情報の空間分布と残留磁化方向のそれとを比較する。

3. 研究の方法

この研究課題に対するアプローチは、一枚

の流紋岩溶岩に対して以下の順番で疑問を与えることにより行う。はじめに、一枚の流紋岩溶岩は、水平方向にも鉛直方向にも同一の残留磁化方向を呈するかどうかを観察する。一枚の流紋岩溶岩から残留磁化方向の乱れを認めたら、さらに、次の疑問として、流紋岩溶岩の流理構造が発達する中心部(結晶質部)の上位・下位に位置する黒曜石、軽石(ガラス質部)からも磁化方向の乱れが認められるかどうかの観察を行う。流紋岩溶岩全体の磁化方向の乱れについての空間的な分布を把握した後に、その情報が流理構造の発達度に依存しているかについて議論する。これらの議論を可能とするため、以下のデータについても取得する。等温残留磁化獲得実験および研磨薄片の観察により流紋岩溶岩内部の強磁性鉱物の空間分布を確認する。また、磁化率異方性の測定により磁氣的空間構造についての評価を行う。さらに、流紋岩溶岩の流理構造を定量化するための以下の分析を行う。流紋岩溶岩は主に灰色を呈する部分と、白色を呈する部分とが交互に層をなし、そのため流理構造として認識される。流理構造は、微細空隙部と呼ばれる組織の発達により白色部の体積が徐々に増加するかたちで成長することがこれまでに解明されている。この観点を利用して、流理構造の発達度合を流紋岩中の白色部分の体積分率として定義する。実際の工程としては流紋岩溶岩の研磨した面を画像として取り込んだものを白黒の二階調化処理を行う。二階調化した画像の白色部の面積比を流紋岩中の白色部分の体積分率として認識し、その値を流理構造の発達度を表す数値とする。研究対象とする溶岩としては熊本県阿蘇山、東京都神津島、熊本県小国町に分布する、それぞれ一枚の流紋岩溶岩を対象とした。

4. 研究成果

阿蘇に分布する厚さ約 100 m の高野尾羽根流紋岩溶岩ボーリングコアについて、流理構造の白色部についての記述を行った。その結果をもとに、磁化率異方性との関係を議論した。白色流理部は空隙率が高い部分であり、高野尾羽根流紋岩溶岩では、給源から比較的離れた位置において顕著な発達を確認されている。磁化率異方性の空間構造は、白色流理部の空間構造に支配されることが明らかとなった。この流紋岩は、最上部から深さ約 60 m までの区間においては流理構造の傾斜が大きく、それ以下の深度では流理構造の傾斜が水平に近くなる。一方、磁化率異方性の長軸と中間軸がつくる平面により定義される foliation の傾斜も、最上部から深さ約 60 m までの区間においては傾斜が大きく、それ以下の深度では傾斜が水平に近くなっている。流理構造および foliation の傾斜角度の値は、深度によっては、互いに一致していることが観察された。また、磁化率異方性の主軸の姿勢について、最上部から深さ約 60 m までの

区間においては、長軸が foliation の最大傾斜方向に対して直交している。すなわち、水平を保っていることで特徴づけられる。また、それ以下の深度においては、長軸も中間軸も foliation の面内の任意の方向を有していた。上位層準における磁化率異方性主軸の並びの原因を検証するため、定方位薄片を用いたマイクロライトの配列の観察を行った。その結果、マイクロライトは磁化率異方性の長軸と同一の方向を示していた。この観察より、磁化率異方性の空間構造はマイクロライトの配列、またはマイクロライトの配列をもたらす流動・破壊現象によって支配されることが明らかとなった。この流紋岩溶岩の残留磁化方向は段階熱消磁の結果、一定の伏角値を呈する 450 以上の高温成分と、伏角値にばらつきを持つ 450 未満の低温成分が観察された。この傾向は、白色流理部の発達度合によらず流理構造を呈する層準全てにおいて観察された。段階熱消磁の結果および等温残留磁化の熱消磁実験により主たる残留磁化の担い手はどの層準においても磁鉄鉱であった。これらの観察から、流紋岩の残留磁化は、少なくともこの地域の流紋岩溶岩においては、高温部の残留磁化方向の乱れが白色流理部の発達度合とは関係なく発生し、それは溶岩内部における強磁性鉱物の変化とも関係ないことが示された。

伊豆諸島神津島に分布する厚さ約 140 m の砂糠山流紋岩溶岩から採取した定方位試料を用いて、流紋岩溶岩の結晶質部とその上位に位置する急冷部であるガラス質部の磁化率異方性情報について検討した。砂糠山流紋岩の一地点から採取された結晶質部の磁化率異方性は、阿蘇の高野尾羽根流紋の結果から示唆されたように、流理構造の姿勢と磁化率異方性の foliation とが良い一致を示した。ガラス質部の試料としては黒曜石の一地点から採取されており、その試料からは、結晶質部の流理構造の姿勢に調和する弱い流理が確認される。その磁化率異方性の空間構造は集中度の低い foliation 構造であり、その姿勢は流理構造に対して大きく斜交している。黒曜石の磁化率異方性は流理構造の形成発達とは異なる過程を反映していることが示唆される。この溶岩の残留磁化方向の測定は流紋岩溶岩の結晶質部の一地点とその上位に位置する急冷部であるガラス質部の四地点により行われた。段階熱消磁実験の結果、ガラス質部の全ての地点から三つの異なる残留磁化成分が認定された。それぞれの磁化成分の間は直行免投影図上にて明瞭に一定の角度をつけて区切られるため、これらは溶岩冷却時における地磁気永年変化を反映したのではなく、それぞれ異なる三つの自然残留磁化成分であると認識された。それぞれの磁化成分の方向は全ての地点で似た傾向を示している。この流紋岩溶岩のガラス質部はその定置過程において一様な変形運動を経験したことが推察される。一方、結晶質部

の自然残留磁化記録は主に単成分であった。以上のことから、この流紋岩溶岩のガラス質部はその定置時においてキュリー温度以下で二回の変形運動を経験し、その時点で結晶質部は残留磁化を獲得しない程度に十分に高い温度を維持していたことが推察される。また、ガラス質部の残留磁化情報についての重要な観察の一つに、粘性残留磁化成分を除き最も低温側で獲得した磁化成分については、全ての地点で互いに方向が近いことが挙げられる。この観察から以下のことが結論される。キュリー温度以下において複数回の変形運動を経験している流紋岩溶岩であっても、冷却時の全ての変形運動が終了した後に獲得した磁化成分は地球磁場の方向を正確にとらえているものと考えられる。

熊本県小国町に分布する厚さ約 200 m の山甲川流紋岩の一地点から定方位試料を採取した。この流紋岩溶岩は流理構造の発達度が非常に卓越することで特徴付けられる。自然残留磁化の測定の結果、安定な単一成分の残留磁化が観察された。一つを除く全ての試料についてその年代値から期待される逆極性の磁化を示しており、残りの一つが正の伏角を持っていた。前者の方向は良い一致を示しており、後者に対して約 160° の角度差を示している。この結果は、流紋岩溶岩が外部磁場に平行な磁化方向を獲得する一方で、その方向を大きく乱すことがあるということを示唆する。流理構造の発達度に関する明瞭な違いは試料間に存在せず、また、磁化を担う強磁性鉱物についての違いも観察されない。そのため、流理構造の卓越する流紋岩溶岩について、その残留磁化方向の正確性に影響を与える可能性がある結果が得られたが、少なくともこの地域の流紋岩溶岩においては、その現象の発生の明確な条件についての証拠は得られていない。

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)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. Furukawa, K., Uno, K., 2015, Origin and deformation of high porosity bands in the Takanoobane Rhyolite lava of Aso volcano, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **305**, 76-83, doi:10.1016/j.jvolgeores.2015.09.021 (査読有)

〔学会発表〕(計 8 件)

1. Furukawa, K., Uno, K., Tatsuo Kanamaru, T., Nakai, K., 2017, Vertical Structural Variation and Their Development of the Sanukayama Rhyolite Lava in Kozushima Island, Japan. 2017 American Geophysical Union Fall Meeting. (2017/12/13)
2. 古川邦之, 宇野康司, 中井耕太郎, 金丸

- 龍夫, 2017, 神津島、砂糠山流紋岩溶岩の岩相変化と構造発達過程. 日本地球惑星科学連合 2017 年度連合大会. (2017/5/20)
3. 中井耕太郎, 古川邦之, 金丸龍夫, 宇野康司, 2017, 流紋岩溶岩のキュリー温度以下における回転運動 — 神津島砂糠山溶岩の例 —. 日本地球惑星科学連合 2017 年度連合大会. (2017/5/20)
 4. Furukawa, K., Kanamaru, T., Uno, K., 2016, Formation of tuffisite veins at the rhyolitic conduit and their subsequent deformation. 2016 American Geophysical Union Fall Meeting. (2016/12/16)
 5. 宇野康司, 古川邦之, 金繁陽子, 2016, 流理構造の発達する厚い流紋岩溶岩の自然残留磁化方向. 日本地球惑星科学連合 2016 年度連合大会. (2016/5/22)
 6. 古川邦之, 宇野康司, 堀内悠, 2016, 大分県姫島に分布する城山黒曜石溶岩の定置過程. 日本地球惑星科学連合 2016 年度連合大会. (2016/5/22)
 7. Furukawa, K., Uno, K., Kanamaru, T., 2016, Rhyolite lava fracturing and degassing induced spherulitic growth of Sawajiriwan and Sanukayama lavas in Kozushima Island, Japan. 2015 American Geophysical Union Fall Meeting. (2015/12/15)
 8. 古川邦之, 宇野康司, 金丸龍夫, 2015, 流紋岩溶岩の破碎・脱ガスとスフェルライト形成の関係 — 神津島、沢尻湾溶岩と砂糠山溶岩の例 —. 日本地質学会第 122 回学術大会. (2015/9/12)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宇野康司 (KOJI UNO)

岡山大学・大学院教育学研究科・准教授

研究者番号：10510745

(2) 研究分担者

古川邦之 (KUNYUKI FURUKAWA)

愛知大学・経営学部・准教授

研究者番号：20440620