

令和元年6月19日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17841

研究課題名(和文)正しいK-Ar年代値とは何か？—アルゴン初期値の質量分別に関する検討

研究課題名(英文)What is "reliable" K-Ar age data? --An examination about initial Ar ratio

研究代表者

山崎 誠子 (Yamasaki, Seiko)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター活断層・火山研究部門・研究員

研究者番号：90555236

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：K-Ar年代値の正確度を高めるために、前提条件の一つであるアルゴン初期値について検討した。従来年代測定には用いない歴史溶岩試料を系統的に採取し、K-Ar年代測定用およびAr/Ar年代測定用希ガス質量分析計を用いてアルゴン同位体組成分析を実施し、若い火山岩試料の分析においては質量分別補正が必要であることを確認した。また、既報の火山ガスや温泉水についての希ガスデータについて再検討し、それらには質量分別の効果よりマントル起源ガスとの混合の影響が大きいことがわかった。質量分別の効果を検討するための ^{38}Ar の測定データが未だ少ないため、今後、測定精度の向上を図った上での再検討が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火山の活動評価において、これまで測定困難だった数万年前の高精度年代測定が最近強く求められている。数万年前の年代値がより精確に測定できるようになることは、地球年代学の発展に大きく貢献できるだけでなく、火山の活動評価手法の発展に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：To obtain reliable (accurate) K-Ar ages for young lavas, we examined one of the assumptions on K-Ar dating, initial argon isotope composition. We measured argon isotopes for historical lavas and confirmed that the mass fractionation correction is necessary on K-Ar (and Ar/Ar) dating for young lavas.

Compiled argon isotope data for volcanic gas and hot spring water showed that the effect of mixing between atmospheric argon with mantle argon is more significant than mass fractionation. However, data with ^{38}Ar isotope is not enough reported or obtained, further examination is required with precise measurements.

研究分野：地球年代学

キーワード：K-Ar年代測定 火山岩 アルゴン初期値 質量分別

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

K-Ar 法は火山の噴火履歴を知る上で最も広く利用されてきた年代測定法であり、近年 Ar/Ar 法とともに高精度のデータが得られるようになって来ている。しかし、誤差を小さくする高精度化だけでなく、中心値の確からしさを評価する、という高確度化を進める必要がある。

伝統的な K-Ar 年代測定法では、初期アルゴン同位体比を現在の大気中アルゴンの組成と等しいと仮定され年代値が算出されていた(例えば、Dalrymple and Lanphere, 1969)。つまり、マグマにもともと含まれていたアルゴンガスは噴出時に完全に放出され、冷却固化までの間に大気と平衡状態になり、大気中アルゴン組成を獲得した、とするものである。しかし、ほぼ初期値とみなせる非常に若い溶岩(歴史溶岩)を対象とした研究において、Ar 同位体組成が大気の組成からずれる場合があることが指摘され、そのずれは大気値を通る理論的な質量分別直線上に分布することがわかっている(Matsumoto and Kobayashi, 1995)。より古い試料については、初期値を現在の大気組成と等しいと仮定する従来法においても、放射起源 ^{40}Ar 蓄積量が多いため計算上初期値のずれを無視できるが、数十万年程度より若い火山岩に対しては、初期値のずれが年代値に大きく影響する。そこで 1980 年代後半に、質量分別直線を用いて初期値を補正する感度法が開発され、その有効性も示されてきている(例えば、山崎ほか, 2014)。それでも未だ質量分別が起こるメカニズムについては解明されておらず、マグマだまりから噴出、固結までの脱ガス過程の特徴を含めて、初期値の変動幅と傾向を詳細に検討することが重要である。

2. 研究の目的

いくら誤差が小さく精度のよい年代値であっても、求められる前提条件を満たしていない場合、得られた数値は意味のないものになる。K-Ar 年代測定において、数十万年前より若い試料を対象とする際には、アルゴン初期値の質量分別補正が必要であることが明らかにされているが、(1)実際に初期値がどの程度ばらつくのか、(2)質量分別が起こるメカニズム、については明らかにされていない。そこで本研究では、通常年代測定の対象とされない非常に若い試料や噴出後に急冷した試料についてアルゴン同位体組成と岩石学的特徴との関連を明らかにし、変動傾向とメカニズムについて議論する。

3. 研究の方法

(1) 溶岩試料の系統的採取

脱ガス・冷却・固結様式が異なると考えられる歴史溶岩試料を系統的に採取する。対象火山として、歴史的な溶岩流出の事例が多く、岩石学的研究も進んでいるイタリアのストロンボリ火山とエトナ火山、また、国内では草津白根山、浅間山、阿蘇山、西之島火山とする。

(2) アルゴン同位体分析

採取した試料について、ガラスや斑晶、石基等に分離、調製し、アルゴン同位体組成を測定する。分析は感度法 K-Ar 年代測定用の希ガス質量分析計を用い、通常より大気混入率が高く誤差が大きくなることが予想されるため、真空ライン内での前処理法を最適化し、複数回の測定によりデータを評価する。本研究実施中には、オレゴン州立大学での在外研究の機会も得られたため、Ar/Ar 年代測定用の希ガス質量分析計による試験的測定も実施した。

(3) 岩石区の特徴解析および火山ガス・温泉水データとの比較

試料の薄片を用いて、岩石学的特徴を明らかにし、アルゴン同位体組成との関係を議論する。また、既報の火山ガスや温泉水の希ガスデータにより、アルゴンの質量分別の影響や同位体の変動傾向、質量分別のメカニズムについて議論する。

4. 研究成果

(1) フィレンツェ大 L. Francalanci 教授とイタリア国立地球物理学火山学研究所の R. Corsaro 博士、京都大学の田上高広教授の協力のもと、ストロンボリ火山及びエトナ火山において、噴火後 30 年未満の非常に若い試料を採取した。エトナ火山では、同じ溶岩流で複数点の試料を採取した。また、ストロンボリ火山については、通常年代測定に不適とされる発泡した試料も比較のために採取した。さらに、日本の火山については、草津白根山、浅間山から歴史記録のある溶岩試料、阿蘇火山及び西之島火山においては昨年からの噴火による岩石試料を分取した。

(2) 2016 年 11 月より、1 年間研究所内のプログラムにより米国オレゴン州立大学にて在外研究を進めることとなり、当初今年度予定していた感度法 K-Ar 年代測定用の希ガス質量分析計によるアルゴン同位体分析を計画通り進めることができなかった。それに代わって、Ar/Ar 年代測定用の希ガス質量分析計による歴史溶岩のアルゴン同位体分析を初めて実施し、段階的な加熱によるアルゴン同位体組成の傾向を明らかにした。若い火山岩試料に対しては、Ar/Ar 年代測定においても初期値の質量分別補正が必要な結果が得られ、現在、補正法について、共同研究者と検討を進めている。両手法の比較検討結果については、国際・国内学会で発表するとともに、九重および蔵王の火山岩についての K-Ar 年代測定について、論文を公表した(山崎ほか, 2016; S.Sato et al., 2018)。

(3) 火山ガス・温泉水に関する既報の希ガス同位体データを用いて、アルゴン同位体組成のばらつきについて再検討を実施し、質量分別の効果よりも、高いマントル起源の希ガスと大気との混合の効果が主であることを明らかにした。ただし、質量分別の効果を検討するための ^{38}Ar 微小ピークの測定データが未だ少ないため、今後、測定精度の向上を図った上での再検討が必要である。質量分別に関する概念や、火山ガス・温泉水に関する既報の希ガス同位体データの再検討結果については、山崎（2016）において公表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- 山崎誠子、K-Ar 年代測定における初期 Ar 同位体比について、フィッション・トラック ニュースレター、査読無、29、2016、11-13
- 山崎誠子、星住英夫、松本哲一、九重火山群中西部の発達史—感度法 K-Ar 年代に基づく再検討—、火山、査読有、61 巻、2016、519-531
- S. Sato, M. Ban, T. Oikawa, S. Yamasaki, Y. Nishi, Exploring the Base of Volcano: A Case study of an Active Stratovolcano, Mt. Zao, NE Japan, IntechOpen Volcanoes, 査読有, 2018, 35-51, DOI: 10.5772/intechopen.71677.
- Y. Nishi, M. Ban, Y. Takebe, A. Ivarez-Valero, T. Oikawa, S. Yamasaki, Structure of the shallow magma chamber of the active volcano Mt. Zao, NE Japan: Implications for its eruptive time scales, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 査読有, 371, 2018, 137-161
- 山崎誠子、オレゴン州立大学における Ar/Ar 年代測定—産総研 K-Ar 年代との比較研究—、ESR 応用計測、査読無、36 巻、2018、46

〔学会発表〕(計 9 件)

- 西勇樹、伴雅雄、及川輝樹、山崎誠子、蔵王火山五色岳形成開始前後の噴出物のマグマ溜まり、日本火山学会 2016 年度秋季大会、2016 年 10 月
- 佐藤真、伴雅雄、高野徹、及川輝樹、山崎誠子、第四紀火山、冷水山火山の岩石学的特徴、日本火山学会 2016 年秋季大会、2016 年 10 月
- 佐藤佳子、武部義宜、山崎誠子、熊谷英憲、岩田尚能、伴雅雄、蔵王火山の気ガス同位体比の変遷—最新期の火山とその周辺—、日本地球惑星科学連合大会、2017 年 5 月
- S. Yamasaki, H. Hoshizumi, D. Miggins, A. Koppers, S. de Silva, A. Matsumoto, Reconstruction of the Growth History of Kuju Volcanic Complex, Southwest Japan: Estimation of Magma Discharge Rates by Unspiked K-Ar and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating, IAVCEI 2017 Meeting, 2017 年 8 月
- K. Sato, Y. Takebe, S. Yamasaki, H. Kumagai, N. Iwata, M. Ban, The noble gas isotope anomaly in the newest-stage products of Zao volcano, NE Japan, IAVCEI 2017 Meeting, 2017 年 8 月
- S. Sato, M. Ban, Y. Nishi, T. Oikawa, S. Yamasaki, Temporal change of magma plumbing system in flourish time of Zao volcano, NE Japan, IAVCEI 2017 Meeting, 2017 年 8 月
- 山崎誠子、オレゴン州立大学における Ar/Ar 年代測定—産総研 K-Ar 年代との比較研究—、フィッション・トラック研究会、2018 年 2 月
- 山崎誠子、中野俊、D. Miggins, A. Koppers, 白山火山最新期溶岩に対する $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定の試み、地球惑星科学連合大会、2018 年 5 月
- 山崎誠子、D. Miggins, A. Koppers, 伴雅雄、及川輝樹、蔵王火山最新期溶岩の K-Ar および Ar/Ar 年代、日本火山学会 2018 年度秋季大会、2018 年 9 月

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：Lorella Francalanci (フィレンツェ大学)

ローマ字氏名：Lorella Francalanci (Univ. of Florence)

研究協力者氏名：田上高広（京都大学）
ローマ字氏名：Takahiro Tagami（Kyoto Univ.）

研究協力者氏名：Rosa Anna Corsaro（イタリア国立地球物理学火山学研究所）
ローマ字氏名：Rosa Anna Corsaro（INGV）

研究協力者氏名：Daniel P. Miggins（オレゴン州立大学）
ローマ字氏名：Daniel P. Miggins（Oregon State Univ.）

研究協力者氏名：Anthony A.P. Koppers（オレゴン州立大学）
ローマ字氏名：Anthony A.P. Koppers（Oregon State Univ.）

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。