

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定による火山活動史及び地殻構造発達史の解明—日本周辺海域及び活動的火山に関する研究—

Revealing volcanotectonic history of Philippine Sea region using $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method

石塚治¹⁾

松本哲一¹⁾

Osamu ISHIZUKA

Akikazu MATSUMOTO

¹⁾ 産業技術総合研究所

(概要)

火山岩類の噴出年代を $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定法により精密、正確に決定する技術を確立し、その手法を日本周辺および陸上および海底の火山活動の時空分布解明する研究に適用する。

キーワード :

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定法,地質構造発達史,大陸棚画定調査

1. 目的

フィリピン海海域およびその周辺の小笠原海台や南鳥島周辺海域において、採取された地質試料に関する地球科学的分析データ(特に岩石の形成年代)をもとに、各海域におけるマグマ活動およびマントルダイナミクス等を含めた火成活動史を把握することを目的とする。また本研究は現在国により準備されている国連への我が国の大陸棚限界画定申請のための調査の一環である。日本周辺海域の基盤岩の精密な形成年代を決定することを通じて、国連への提出情報作成をサポートする。

2. 方法

測定用試料として、火山岩のうちもっとも新鮮な石基部分を主に使用した。試料から厚さ約 1mm の板状試料を切り出し、それを軽く粉砕して約 1mm 角の小片にした。その後変質により生じている可能性のある粘土鉱物や炭酸塩鉱物の除去を目的として、3MHCl 中で約 30 分、さらに 4MHNO₃ 中で約 30 分超音波洗浄後、脱イオン水で洗浄した。洗浄時間は、試料の変質程度によって調整した。洗浄後温水中で約 2 日間脱塩処理を行った。乾燥後、顕微鏡下で変質部や斑晶の混入のない試料をハンドピックし、測定用試料とした。

試料はアルミ箔に包み、年代標準試料(フラックスモニタ)とともに、中性子照射用アルミ容器中に各試料の位置を記録しながら、積みかさねて収納した。フラックスモニタとして、米国コロラド州産の Fish Canyon Tuff (FC3)中の sanidine を使用した。年代計算には、この標準試料の年代として 27.5Ma を用いた(Lanphere and Baadsgaard, 2001)。測定の妨害となるアルゴン同位体の補正は、K と Ca をそれぞれ含む合成ガラスを試料とともに中性子照射し、分析することにより行った。試料の中性子照射は、原子力機構東海研究所の JRR4 にて、S パイプを使用し 6 時間照射を行った。またカドミウム箔による熱中性子カットを行った。

アルゴンの同位体比分析は、産業技術総合研究所のレーザ加熱 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定システムにより行った。分析法等については、Ishizuka et al. 2003 に準じた。測定システムは 2007 年度に改造を実施、2008 年度から本格稼働した。最大の違いは、試料加熱に CO₂ レーザを導入したこと、測定を完全自動化したことである。測定に先立ち、試料を真空中にて約 72 時間 100°C で焼きだしを行った。試料の加熱には、CO₂ レーザを用い、レーザビームの径は試料全体が均質に加熱されるように約 3.2mm とした。試料の測定は段階加熱法により行った。ステップごとにレーザの出力を上昇させ、試料が融解を開始するまで出力を上昇させた。各ステップで、レーザの出力を一定として、90 秒間加熱し、測定を行った。試料から抽出精製さ

れたガスは、4個の Zr-Al ゲッター (SAES AP-10) と 1個の Zr-Fe-V ゲッター (SAES ST707) により 10 分間精製された。精製後、VG Isotech 社 (現 GVI 社) 製希ガス質量分析計 VG3600 によりアルゴン同位体比測定を行った。質量分析計の質量分別は標準空気を測定することにより決定した。抽出系、質量分析計をあわせたブランクは、 ^{36}Ar が 4.5×10^{-14} mlSTP、 ^{37}Ar が 2.8×10^{-13} mlSTP、 ^{38}Ar が 2.0×10^{-14} mlSTP、 ^{39}Ar が 4.0×10^{-14} mlSTP、 ^{40}Ar が 1.5×10^{-12} mlSTP であった。ブランクの測定は概ね 3 測定に 1 回の割合で行った。

測定誤差は 1s.d. (one standard deviation) で報告する。年代値の誤差は、同位体比測定の誤差、妨害同位体の補正に関する誤差、および J 値の誤差 (0.5%) を含んでいる。プラト一年代の算出は、プラトを構成する各ステップで得られた年代値の誤差の重みをつけた加重平均により行った。プラトの定義については、Fleck et al. (1977) によるものを採用した。

3. 研究成果

1) パラオ諸島地域の火山岩試料の年代測定

2007 年度に試料採取を行ったパラオ諸島の火山岩類について、その化学的特徴と形成年代を明らかにすることを目的としている。この研究は、基盤岩採取により、九州パラオ海嶺海底部で採取された試料の位置づけ (九州パラオ海嶺の活動史のどの部分に相当するのか) を明らかにすることにつながると同時に、基盤岩採取では必ずしも明らかにならなかった、九州パラオ海嶺の火成活動の時間的変遷を解明できる可能性がある。

17 地点で採取した火山岩試料について、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定実施した。その結果、2430 – 4290 万年前の範囲の年代値が得られた。この年代幅は、大水深事業で九州パラオ海嶺全体から得られた年代幅とよく一致する (Ishizuka et al., 2011)。この結果は、パラオ諸島に露出する火山岩類が、九州パラオ海嶺の活動時期の大部分の時期のマグマ活動を記録していることを示している。その時期は、四国海盆、パレスベラ海盆拡大開始以前、九州パラオ海嶺と一体であったと考えられる伊豆小笠原弧の活動初期から、両海盆の拡大開始時期までに相当する。

現在年代測定を実施した火山岩試料の化学組成、同位体組成分析を進めている。これにより、九州パラオ海嶺ひいては伊豆小笠原弧のマグマ活動の詳細な時間変化が明らかにして、それに伴う熱水鉱化作用の変遷と関連について検討していきたい。

2) 伊豆小笠原弧ベヨネーズ海丘で採取された火山岩試料の年代測定

ベヨネーズ海丘では活発な熱水活動の存在が知られているが、海丘を形成した火山活動の時代は明らかになっていない。そのため、当海丘で採取された溶岩 (09HTBYBMS06 13.8–14.0m) について $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定を行った。試料が極めて若い年代の試料で放射起源 Ar の量が少なく、極めて困難な測定であった。データのばらつきが大きく、精度の高い年代を得ることはできなかった。しかしながら現世とは有意に異なる年代が得られた。各ステップの年代が 2σ の誤差範囲で一致するという定義に基づいたいわゆるプラトーは、 48000 ± 900 年前 (J 値確定前の暫定値) となった。しかしながらアイソクロンプロットの切片は大気同位体と一致しておらず、真のプラトーの定義を満たしてはいない。データを総合的に判断して、約 4–5 万年前に活動したと考えると無理のないデータと考える。今後より多くの試料を測定に用い、さらに条件のよい試料を選択することにより、より精度の高い年代値を得ることは十分可能であると考えられる。

4. 結論・考察

1) 伊豆小笠原弧形成初期の火山活動の時空変遷

今年度得られたパラオ諸島に露出する火山岩類の年代値は、この地域に残された火山活動の記録が、伊豆小笠原マリアナ島弧の活動期間の前半部のほぼ全体をカバーすることを示した。このため本地域の火山岩類の産状及び化学的特徴を明らかにすることにより、伊豆小笠原マリアナ弧に代表される海洋性島弧の誕生から成長へ向かう過程を、信頼できる時間軸を入れて解明できると考える。今後本研究で得られつつある Ar/Ar 年代値とその他の分析結果等を統合して検討していく予定である。

2) 熱水活動を伴う海底カルデラ火山の活動時期

伊豆小笠原地域の熱水活動を伴う海底カルデラについて、初めて火山岩類の年代測定に成功した。その結果、少なくとも約 48000 年前ごろまでは、マグマを噴出する火山活動を起こしていたことが明らかになった。海底カルデラは、近年海底鉱物資源探査のターゲットとして注目を浴びているが、今後探査ターゲットを検討する上で火山岩類の年代が重要な指標の一つに成りうると考えられる。

5. 引用(参照)文献等

Fleck, R.J., Sutter, J.F., Elliot, D.H., 1977. Interpretation of discordant $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age-spectra of Mesozoic tholeiites from Antarctica. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 15-32.

Hickey-Vargas, R., 2005. Basalt and tonalite from the Amami Plateau, northern West Philippine Basin: New early Cretaceous ages and geochemical results, and their petrologic and tectonic implications. *The Isl. Arc*, 14, 653-665.

Ishizuka, O., Uto, K., Yuasa, M., 2003. Volcanic history of the back-arc region of the Izu-Bonin (Ogasawara) arc. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 219, 187-205.

Ishizuka, O., Taylor, R.N., Yuasa, M., Ohara, Y., (2011) Making and breaking an Island arc: a new perspective from the Oligocene Kyushu-Palau arc, Philippine Sea, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 12, Q05005, doi:10.1029/2010GC003440.

Lanphere, M. A., Baadsgaard, H., 2001. Precise K-Ar, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Rb-Sr and U/Pb mineral ages from the 27.5 Ma Fish Canyon Tuff reference standard. *Chem. Geol.* 175, 653-671.