

Identification and Geology of Taftan volcano Calderas, Sistan and Baluchestan, Southeast of Iran

Identification and Geology of Taftan volcano Calderas, Sistan and Baluchestan, Southeast of Iran

Biabangard Habib^{1*}
BIABANGARD, Habib^{1*}

¹Department of Geology, Sistan and Baluchestan University of Zahedan, Iran

¹Department of Geology, Sistan and Baluchestan University of Zahedan, Iran

The Taftan volcano, Sistan and Baluchestan province, SE Iran, is above 4050 m sea level and currently dormant, showing fumarolic activity near the summit. This volcano is located in a structural zone along the subduction of Oman oceanic crust below the Eurasia plate. Large volcanic centers including Chah-Shahe, Bazman and Taftan in Iran and Soltan in Pakistan have been developed during the Quaternary. Anjerk and Tamandan are two calderas from of Taftan volcano that identified for the first time. These calderas are mostly composed of pyroclastics, lava flows, ignimbrites and tuffs. Various volcanic eruptions had occurred during these calderas formation. The exposed lava flows and pyroclastics of these calderas mainly consist of andesitic and dacitic in compositions. The geochemical evaluation of the major and trace element compositions indicate the magma erupted from this volcano show a calc-alkaline trend.

Keywords: Taftan Volcano, Makran belt, Anjerk caldera, Tamandan caldera, Geochemical evaluation, Iran

スンダ弧東部ジャワ地域ケルト-ウェリラン火山クラスターのカリウム-アルゴン年代：カルデラを有する火山クラスターとの比較
K-Ar ages of Kelut-Welirang volcano cluster, East Java, Sunda arc: comparison with clusters that hosts large calderas

土志田 潔^{1*}; 高田 亮²; 橘川 貴史³; 竹内 晋吾¹
TOSHIDA, Kiyoshi^{1*}; TAKADA, Akira²; KITSUKAWA, Takashi³; TAKEUCHI, Shingo¹

¹ 電力中央研究所, ² 産総研地調, ³ セレス
¹ CRIEPI, ² AIST, GSJ, ³ Ceres, Inc.

Sunda arc, Indonesia, has many active caldera volcanoes and is well suited for studying the evolution of large caldera systems. Volcano groups are distributed in clusters at Sunda arc. Two adjacent volcano clusters in East Java, Semeru-Tengger and Kelut-Welirang, are compared. Semeru-Tengger volcano cluster consist of Semeru and Tengger-Bromo volcano systems. Tengger-Bromo system has formed Ngadisari and Sand Sea calderas. Kelut-Welirang volcano cluster consists of multiple active volcano groups and has comparable footprint and cumulative volume as Tengger-Bromo. However, large-scale eruptions in the order of 10km³ or greater have not taken place at Kelut-Welirang volcano cluster.

Kelut-Welirang volcano cluster consists of five volcano groups. They are Penanggungan, Arjuno-Welirang, Argowayan, Butak-Kawi-Panderman, and Kelut from northeast to southwest. They are classified as active volcanoes except for Argowayan, and Kelut is currently active. However, their formation ages are not understood.

K-Ar dating is performed in order to determine and compare the long-term activity of the two clusters. Mass fractionation correction method is used for argon measurement, for many of the samples are very young. Samples with crystalline groundmass are selected for dating to obtain precise and reliable age. Groundmass is separated from phenocryst and used for dating.

The active periods and the ages of the volcano groups are identified by K-Ar dating as follows. (a) Argowayan, which consists about half of the volume of Kelut-Welirang cluster, has formed between 1.0-0.8Ma. (b) There was long dormancy in the area of this cluster, and the four volcano groups have formed within the past 0.2 m.y. (c) Kelut has started to form by 0.2Ma, and has repeatedly produced lava domes to present. (d) Much of Butak-Kawi-Panderman has formed around 0.2Ma. The group is considered active, but the long-term eruption rate of the group has decreased substantially since the early stage of edifice building activity at 0.2Ma. (e) Arjuno-Welirang is younger and likely started to form by 0.1Ma. (f) Penanggungan is the youngest volcano group and likely to have formed within the past 0.05 m.y.

The obtained ages allow us to compare Kelut-Welirang and Tengger-Semeru volcano clusters. Although Kelut-Welirang cluster has comparable volume to Tengger-Semeru, it consists of separate volcano groups formed at different ages. The long-term eruption rate for the past 0.2Ma is relatively large, but much of the erupted volume is contributed from new volcano group. In contrast, the volcano edifices of Semeru-Tengger have almost entirely formed from 0.5Ma to present. The eruptive centers are concentrated at Tengger and Semeru, and have repeated active periods.

キーワード: 年代測定, 第四紀, インドネシア, 質量分別補正法
Keywords: age dating, Quaternary, Indonesia, mass fractionation correction method

阿蘇火山中央火口丘群, 完新世火山噴出物の岩石記載, 化学組成と古地磁気層序との対比
Correlation between petrology and magneto-stratigraphy of Holocene volcanic products from Aso central cones

平川 雄一郎^{1*}; 長谷中 利昭¹; 望月 伸竜²; 森 康³
HIRAKAWA, Yuichiro^{1*}; HASENAKA, Toshiaki¹; MOCHIZUKI, Nobutatsu²; MORI, Yasushi³

¹ 熊本大・院・自然科学研究科, ² 熊本大学大学院先端機構, ³ 北九州市立自然史・歴史博物館
¹Grad School Sci & Tech, Kumamoto Univ., ²Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University,
³Kitakyushu Museum of Natural History and Human History

阿蘇中央火口丘群北西域に分布する 6 種類の溶岩 (中岳溶岩, 赤水溶岩, 杵島岳溶岩, 往生岳溶岩, 米塚溶岩, 上米塚スコリア) について, Miyabuchi et al. (2012) や弥頭ら (2013) が古地磁気方位を報告した 25 サイトから火山岩試料を採集した。採集試料について岩石記載と全岩化学組成を行い, 古地磁気方位や ¹⁴C 年代に基づく Miyabuchi (2009) の層序と対応させた。

杵島岳噴出物は古地磁気方位が異なり, 活動時期が約 1000 年違うアグルチネートと溶岩流に分けられるが, それぞれの岩石記載から, 鉱物組み合わせは同一であるが, 石基の組織, 斑晶モード組成, 全岩化学組成が異なることがわかった。アグルチネートは ¹⁴C 年代値から約 4000 年前頃と推定されている杵島岳スコリアと化学組成が一致した。

往生岳溶岩は土壌を挟む 2 枚の溶岩が露頭で確認され, 古地磁気方位も異なるので, 時間間隙を持つ 2 枚の溶岩流 (下位, 上位) に分けることができた。しかし, 岩石記載や全岩化学組成からは違いはみられなかった。

アカホヤ火山灰より若い年代を持つ 6 種類の溶岩は全て同じ斑晶鉱物組合せを持ち, 肉眼観察でも違いはほとんど認められないが, 噴出年代の違いに対応した化学組成の違いを見いだすことができた。また同時噴火の可能性がある溶岩 (杵島岳溶岩, 往生岳溶岩下位, 上米塚スコリア) についても化学組成の違いは SiO₂ で約 1 %程度で, 大きな違いはなかった。完新世の一連の溶岩は共通のマグマ供給系よりマグマが異なる火道を通して噴出した可能性が考えられる。

キーワード: 阿蘇中央火口丘群, 火山噴出物, 完新世, 古地磁気方位, 岩石記載, 化学組成

Keywords: post-caldera central cones of Aso volcano, volcanic products, Holocene, paleomagnetic directions, petrography, chemical compositions

西南日本弧、山口県大津地域に分布する中新世玄武岩類の成因 Magma genesis of Miocene basalts from Ootsu district, Yamaguchi Prefecture, SW Japan arc

東山 陽次¹; 長谷中 利昭^{1*}; 柴田 知之²; 芳川 雅子²; 永尾 隆志³

HIGASHIYAMA, Yoji¹; HASENAKA, Toshiaki^{1*}; SHIBATA, Tomoyuki²; YOSHIKAWA, Masako²; NAGAO, Takashi³

¹熊本大・院・自然科学研究科, ²京都大・院・理・附属地球熱学研究施設, ³(元)山口大・院・理工学研究科

¹Grad School Sci. & Tech., Kumamoto Univ., ²Beppu Geothermal Res. Lab., Kyoto Univ., ³Grad School Sci. & Eng., Yamaguchi Univ.

山口県大津地域の中新世玄武岩類(以下、大津玄武岩類)は、日本海沿岸の角島、油谷島~向津具半島、青海島にかけてそれぞれ独立した溶岩流主体の火山として分布している。大津玄武岩類は、地質層序、岩石記載、全岩化学組成に基づいて、単斜輝石かんらん石玄武岩(COB)とかんらん石玄武岩 Magnetite-Rich type Basalt (MRB) 1・2 とかんらん石玄武岩 Magnetite-Poor type Basalt (MPB) の4グループに細分される。MRB1・2はFeO*やTiO₂に富むのに対し、MPBはSiO₂やAl₂O₃に富む特徴を有する。MRB1・2、COBはアルカリ玄武岩、MPBはソレアイトに区分される。本発表では、大津玄武岩類を対象に地質学的・岩石学的・地球化学的検討から、マグマの成因と起源マンツルの岩石学的性質について議論する。

各グループのかんらん石のMg値は高く、それと平衡にあるメルトは未分化マグマの組成を保持することが推定される。MRB、MPBはマスバランス計算によりそれぞれ異なったいくつかの段階的な分別結晶作用の過程を経たと予想されるが、両者は共通の初生マグマからの分化では説明することはできない。各グループの初生マグマは、MRB1、MRB2、COB、MPBの順に、マンツルとの最終平衡深度が浅くなり、部分溶融度が高くなる。始源マンツルで規格化したmulti trace element plotsでは、大津玄武岩類はLIL元素(Rb, Baなど)に富み、NbやSmには負異常が認められる。かんらん石とスピネルの鉱物組成(OSMA)から、MPBは4グループの中で最もfertileなマンツルに由来したと予想され、その他3グループの枯渇度はほぼ同程度で、ハルツバージャイト的である。また、4グループのLREE/HREE比(例えば、La/Yb比)は異なり、単一の起源マンツルの部分溶融度の違いでは説明できない。B/Nb比はマグマがマンツルから分離した深度が浅くなるに従い増加する傾向をもつ。分離深度が最も浅いMPBは他のグループに比べより沈み込み成分に富んだ起源マンツルに由来したと考えられる。

以上のことから、大津玄武岩類の化学組成の多様性は、マンツルプルームが浅部がより大きく沈み込み帯交代作用を受けたマンツル内を上昇し、それらを同化して組成を変化させ、各グループの初生マグマを順々に生成した結果であると考えられる。

キーワード: アルカリ岩, ソレアイト, ホウ素, 希土類元素, マンツル

Keywords: alkaline rock, tholeiite, boron, rare earth element, mantle

北部フォッサマグナにおけるリフティング-沈み込み帯マグマ活動 Rifting- and subduction-related volcanism of the northern Fossa Magna related to the formation of the Sea of Japan

岡村 聡^{1*}; 稲葉 充²; 吉田 尊智³; 足立 佳子⁴; 新城 竜一⁵; 池田 保夫⁶
OKAMURA, Satoshi^{1*}; INABA, Mitsuru²; YOSHIDA, Takanori³; ADACHI, Yoshiko⁴; SHINJO, Ryuichi⁵; IKEDA, Yasuo⁶

¹ 北教大札幌, ² 石油資源開発, ³ 北教大札幌, ⁴ 新潟大理, ⁵ 琉球大理, ⁶ 北教大釧路
¹Sapporo, Hokkaido Educ. Univ., ²Japan Petroleum Exploration Co., Ltd., ³Sapporo, Hokkaido Educ. Univ., ⁴Faculty of Science, Niigata Univ., ⁵Faculty of Science, Univ. Ryukyus, ⁶Kushiro, Hokkaido Educ. Univ.

北部フォッサマグナ周辺の中新世-漸新世火山岩を対象に、玄武岩質火山岩の岩石化学的性質の時間的・空間的変化を明らかにし、フォッサマグナの形成をともなう日本海の拡大との関連性、陸弧から島弧火山活動の成立過程について考察した。

前期中新世の玄武岩質火山岩は、松川層、大倉層、結東火山岩類に代表され、高 Zr・Nb、高 LREE パターンで、エンリッチした Sr, Nd, Hf 同位体組成のアルカリ玄武岩、高マグネシウム安山岩、未分化玄武岩からなり、東北日本弧の第四紀火山岩には見られないマグマ組成である。これらは、日本海形成以前に存在したエンリッチした大陸リソスフェアマントル起源と考えられる。類似の火山岩は、能登半島の漸新世（高洲山層）-前期中新世火山岩（神和住層、別所安山岩類）にも認められ、糸魚川-静岡構造線より西方におよぶ日本海側の広域において、大陸性リソスフェア起源マグマが活動していたことを示す。さらに大和海盆の Site 794 から採取された前期中新世（22-17 Ma）玄武岩は大陸性玄武岩（J2 lavas; Pouclet et al., 1995）の特徴を示し、北部フォッサマグナ周辺のよりエンリッチした起源物質との共通性を示唆する。

北部フォッサマグナの前期中新世玄武岩の一部は、低 Zr・Nb、低 LREE パターン、低 LIL の低アルカリソレライト玄武岩からなり、より枯渇した同位体組成を示す。同様な玄武岩は、佐渡の前期中新世相川層に貫入するドレライトにも認められる。これらは、大和海盆の Site 794 から採取された玄武岩のうち、大陸性玄武岩に引き続き活動したとされる背弧海盆玄武岩（J3）と類似し、日本海形成をもたらした深部 MORB 様枯渇マントルの湧昇を示唆する。

佐藤ほか（2013）によれば、地震探査に基づく地質構造形成モデルから、北部フォッサマグナ東縁には、北東-南西方向を示す複数の中絶リフト構造が存在し、地殻の薄化、下部地殻の高速度化が見られ、大量の塩基性岩石の併入が推定されている。北部フォッサマグナの前期中新世玄武岩のうち、より枯渇した MORB 様玄武岩はこれら塩基性下部地殻を形成したマグマの噴出相の可能性があり、日本海拡大をもたらした深部アセノスフェアと密接に関連するであろう。同時期に活動したエンリッチ組成の未分化玄武岩は、この中絶リフト構造に近接して分布している。北部フォッサマグナでは、地殻の薄化をともなうリフト形成によって、大陸リソスフェア由来の未分化マグマが噴出しやすい環境にあったと推定される。

中絶リフト域は、日本海拡大後、短縮変形によって逆断層による反転運動に転換したが（佐藤ほか，2013），北部フォッサマグナの後期中新世火山岩類（寺泊層）の一部は、より枯渇した同位体組成を示す低アルカリ火山岩からなることから、MORB 様起源物質に由来するマグマが後期中新世にも引き続き活動したと推定される。

キーワード: フォッサマグナ, 大和海盆, MORB 起源物質, エンリッチマントル
Keywords: Fossa Magna, Yamato Basin, MORB source, Enrich mantle

東北日本背弧および孤内における中期中新世火山活動とテクトニクス The Middle Miocene tectonics and volcanism in the intra-arc and the back-arc region, Northeast Japan

細井 淳^{1*}; 天野 一男²
HOSOI, Jun^{1*}; AMANO, Kazuo²

¹ 茨城大学大学院理工学研究科, ² 茨城大学理学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ²Faculty of Science, Ibaraki University

東北日本には新第三紀の日本海拡大に伴った海底火山噴出物を主体とする地層（グリーンタフ）が広く分布している。これらの堆積物は、直接の観察が困難であり実態の解明が進んでいない海底火山活動や、日本列島の形成過程を知る手がかりを与える重要な地層である。グリーンタフは、古くより層序学的研究を中心に様々な研究が実施され、1990年初期には層序学的研究に基づいたテクトニクスが構築された（Sato and Amano, 1991 など）。しかし堆積学的な観点に基づいた研究はほとんど行われておらず、古火山体や火山噴火様式の実態は不明であった。本研究では当時の島弧内、背弧の代表的なグリーンタフ分布地を対象とし、堆積相解析に基づいた具体的な古火山体、火山活動の解明した。その上でこれらと比較し、中期中新世のテクトニクスについて検討した。

本研究地域は山形県酒田市周辺の出羽山地および岩手県西和賀町周辺の奥羽脊梁山脈であり、それぞれ当時の背弧および島弧内堆積物の代表的な分布地域である。それぞれの中期中新統の火山岩類・火山砕屑岩類を対象に、堆積相解析を実施した。結果、島弧内では15~14Maに流紋岩質の爆発的な火山活動と小規模な溶岩ドームを復元し、背弧側においては15~12Maに玄武岩質の水中溶岩噴泉型火山活動と少量の安山岩質、流紋岩質火山活動が行われたことが解明できた。

細井ほか（2013）は岩手県西和賀町周辺（島弧内）において、15Maを境に、静穏な環境から活発な火山活動が起こる場に変化すると共に、反時計回りの運動と急激な沈降が起こったことを明らかにした。この時の応力は、鉾脈の配列（大槻, 1989）および帯磁率異方性（細井, 2013）からNW-SE方向の引張応力場と考えられる。一方、出羽山地の本研究地域では、玄武岩質火山活動をもたらしたと考えられる岩脈の配列がNE-SW~ENE-SWS方向に配列しており、急激な沈降場であったことと合わせて考えるとNW-SE~NNW-SSE方向の引張応力場であったと考えられる。これは当時の弧内と同様の応力場である。以上を踏まえると、約15Maの日本海拡大時、急激なテクトニックな変化が起こり、その結果NW-SE方向の引張応力場のもとでバイモーダルな火山活動、沈降運動、回転運動が起こったと考えられる。この時の火山活動は背弧では12Ma頃まで継続したのに対し、孤内では約14Maと早期に終了し、静穏な環境へと変化した。このことは、15Maを境にしたテクトニックな変化が、孤内では早期に落ち着いたともと考えられる。

【引用文献】

細井 淳, 2013, 平成24年度深田研究助成報告書, 9-23.

細井 淳ほか, 2013, 堆積学研究, 72, 141-146.

Sato, H. and Amano, K., 1991, *Sedimentary Geology*, 74, 323-343.

キーワード: 中新世, テクトニクス, 背弧, 島弧内, グリーンタフ, 東北日本
Keywords: Miocene, tectonics, back-arc, intra-arc, greentuff, Northeast Japan

新しい岩脈法に遺伝的アルゴリズム組み込み Paleostress analysis of dilational fractures using genetic algorithm

山路 敦^{1*}
YAMAJI, Atsushi^{1*}

¹ 京都大学
¹ Kyoto University

岩脈や鉱脈など (以下, 岩脈), 流体圧で開口した亀裂の方向から, 形成時の応力がわかる. 異なる応力状態で作られた岩脈が混在している場合, 貫入面の極に混合ビンガム分布をフィッティングすることによってクラスター解析し, クラスターごとに 3 本の主応力軸, 応力比, 最大流体圧比が計算することができる (Yamaji and Sato, 2011).

このソフトウェアを公開するために, 遺伝的アルゴリズムを使って計算を高速化することを試みた. EM アルゴリズムを使う従来の方法にくらべて, 計算時間は通常で数分の一になり, また, EM アルゴリズムでは収束しにくかったデータでも遺伝的アルゴリズムなら対処できることが分かった.

キーワード: 実数値遺伝的アルゴリズム, マグマ圧, 混合ビンガム分布, 岩脈, 鉱脈
Keywords: real-coded genetic algorithm, magma pressure, mixed Bingham distribution, dike, vein