

組織解析から見る北海道白滝, 十勝石沢黒曜石溶岩のマグマ上昇過程 Magma ascent process inferred from textural analysis in Tokachi-Ishizawa obsidian lava, northern Hokkaido, Japan

佐野 恭平^{1*}, 寅丸 敦志², 和田 恵治³
Kyohei Sano^{1*}, Atsushi Toramaru², Keiji Wada³

¹九州大学大学院理学府 地球惑星科学専攻, ²九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門, ³北海道教育大学旭川校
¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, ³Hokkaido University of Education at Asahikawa

Formation process of obsidian is poorly understood, while it is thought that gas loss (outgassing) plays an important role. Glass formation needs the high-effective supercooling resulted from a high ascent and decompression rates. However the high-effective supercooling increases magma viscosity, so the rapid ascending process of such a highly viscous magma is an enigma. In this study, we conducted textural and chemical analyses for Tokachi-Ishizawa (TI) obsidian lava, one of Shirataki rhyolite lava, Hokkaido, northern part of Japan, in order to elucidate the magma ascent and outgassing process, and obtain clues to solve the problem.

In Shirataki rhyolite lava area there are monogenetic volcanoes composed of 10 obsidian lava flow units, which were erupted at 2.2Ma. Rhyolite lava area with well-exposed outcrops allow us to observe the internal structure of obsidian lava flow. The stratigraphic sequence of TI lava 50 m in height is a brecciated perlite layer, obsidian layer (7m), banded obsidian layer, and rhyolite layer from the bottom. It is uncertain that brecciated perlite layer is essential. In this study, we define the obsidian and rhyolite based on the difference in appearance of specimen and rock texture, especially crystallinity. Rhyolite has perlitic cracks on glass, and contain the crystalline materials (i.e. spherulite and lithophysae). Banded obsidian layer which is located at the boundary between the obsidian and rhyolite layer, is composed of fine layer of obsidian and rhyolite. Volume fraction of the crystalline materials in rhyolite layer is up to 40 vol.%.

Obsidian in TI lava is almost aphyric, composed of glass (>98 % in volume), rare plagioclase phenocrysts, plagioclase microlites, magnetite microphenocrysts, oxide microlite, and rare biotite. The nanoscale crystals in obsidian glass are identified as plagioclase, based on transmission electron microscope (TEM) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). This type of crystals forms microscopic layering structure in obsidian glass.

Chemical compositions of obsidian glass, plagioclase and magnetite were analyzed by electron microprobe (EPMA). Water content in obsidian glass was determined by Karl Fischer Titration (0.5-0.6 wt.%).

The maximum depth of magma chamber is estimated as <300MPa from the rhyolite-MELTS (Gualda et al., 2012) and petrographic characteristics. Magmatic temperature is calculated as $T = 800-820$ [deg C] from the plagioclase-melt geothermometer (Putirca, 2005). Magma viscosity is estimated as 4.9-8.7 [log Pa s] (Giordano et al., 2008).

We measured length, width and number of oxide microlite based on three-dimensional measuring method (Castro et al. 2003), and oxide microlite number density (N_v [1/m³]) was obtained. From N_v value of oxide microlite, $10^{13}-10^{14}$, and glass chemical compositions, water exsolution rate and ascent rate are inferred as $10^{-8}-10^{-7}$ [wt.%/s], and $10^{-5}-10^{-4}$ [m/s] respectively (Toramaru et al., 2008). These results means that obsidian and rhyolite experienced the same degassing rate, that is, ascent rate. This provides a constraint on the formation process of obsidian.

キーワード: 黒曜石, 流紋岩, 組織解析

Keywords: obsidian, rhyolite, textural analysis

カルデラ形成噴火における複数珪長質マグマの同時生成と成層マグマ溜り：支笏および屈斜路火山を例として

Simultaneous generation of multiple silicic magmas and their zoned magma chamber related to a caldera-forming eruption:

中川 光弘^{1*}, 北川 淳一¹, 若佐 寛子¹, 松本 亜希子¹, 長谷川 健²

Mitsuhiro Nakagawa^{1*}, Jun-ichi Kitagawa¹, Hiroko Wakasa¹, Akiko Matsumoto¹, Takeshi Hasegawa²

¹ 北海道大学地球惑星システム科学, ² 茨城大学理学部地球環境科学コース

¹Earth & Planetary System Sci., Hokkaido Univ., ²Department of Earth Sciences, College of Science, Ibaraki University

カルデラ形成噴火のような大規模噴火では、大量の均質な珪長質マグマが主体であり、それに伴って少量の玄武岩～安山岩質なマフィックマグマが共存し、成層マグマ溜まりを形成し噴火に至ると考えられている。さらにその成因関係としては、マフィックマグマが熱源として地殻物質を溶融させ、珪長質マグマが生じるとするモデルが一般的である。しかしながら多くの大規模噴火では、親子関係のない、独立した複数の珪長質マグマが共存していることが明らかになってきた。本研究では VEI7 クラスの大規模噴火の例として 4 万年前の支笏カルデラ、および 12 万年前の屈斜路火砕流 4 (KpIV) の噴火のマグマ系を検討する。支笏カルデラ形成噴火のマグマは、軽石の斑晶量から肉眼的に容易に区別でき、流紋岩質マグマからなる A タイプ (Aphyric type) と安山岩～デイサイト質マグマからなる P タイプ (Porphyritic type) からなる。初期の噴火では A タイプのみが噴出し、最盛期～末期では A タイプに加えて P タイプも噴出している。この両者には混合関係がなく、それぞれが独立したマグマ溜まりを作っており、それらが同時噴火したと考えられる。さらに A タイプは SiO₂ 量のことなる 2 種の流紋岩質マグマの混合マグマである。この両者は Sr 同位体比で区別でき、両者には親子関係はない。また P タイプマグマは、それぞれ複数の安山岩質マグマとデイサイト質マグマの混合マグマである。したがって支笏カルデラでは、珪長質マグマとして 2 種の流紋岩質マグマと複数のデイサイト質マグマという、3 種類以上のマグマが共存した。それに加えてマフィックマグマとして複数の安山岩質マグマも存在した。屈斜路火山の KpIV 噴火でも噴出したマグマは、珪長質マグマが主体であり、それに少量の安山岩質なマフィックマグマが共存している。珪長質マグマは流紋岩～デイサイトまでの組成幅があり、それらは 2 端成分珪長質マグマの混合物である。さらに 2 端成分マグマは Sr 同位体比でも区別でき、支笏カルデラの場合と同様に、両者には親子関係はない。そしてこの混合マグマに複数のマフィックマグマが貫入して噴火している。このように大規模噴火の主体をなす珪長質マグマは単一ではなく、親子関係のない 2 種あるいはそれ以上の独立したマグマからなる。さらにこれらは大規模噴火前には、成層マグマ溜まりを形成している。珪長質マグマの成因として、マフィックマグマを熱源とした地殻の部分溶融が想定されているが、支笏あるいは屈斜路火山の例を見ると、複数の珪長質マグマをほぼ同時に生成するプロセスでなければならない。地殻の部分溶融の場合、地殻の不均質性から、同位体比および化学組成の異なる地殻物質が同時に溶融し、それらが複数の独立した珪長質マグマとなる場合が想定される。このプロセスは大規模な溶融の場合に特に顕著であることが想定でき、カルデラ形成のような噴火では、普遍的な現象かもしれない。

キーワード: マグマ, 珪長質マグマ, カルデラ噴火, 地殻溶融, マグマ成因論, 成層マグマ溜り

Keywords: magma, silicic magma, caldera-forming eruption, crustal melting, magma genesis, zoned magma chamber

微量元素の主成分分析を用いた東北日本仙岩地域の火成岩の分化経路の解析 Analysis of fractionation process of the volcanic rocks based on principal component analysis with trace element

上木 賢太^{1*}, 岩森 光²
Kenta Ueki^{1*}, Hikaru Iwamori²

¹ 東京工業大学火山流体研究センター, ² 東京工業大学地球惑星科学専攻

¹Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

特に地殻が発達した島弧で火山岩の成因を議論する為には、分化プロセスを制約することが重要となる。全岩組成トレンドや鉱物組成などを解析することによって、結晶分化やマグマ混合の議論が広く行われてきた。主要元素は温度圧力条件による相平衡によって支配される為に非線形の要素を持つが、微量元素はメルト鉱物間の分配係数の温度圧力や含水量への依存性が小さい為、マグマ混合の議論や特定の相のトレーサーとしてよく用いられていて (e.g., Depaolo, 1981)、元素単体や、2元素の比に着目した解析が広く行われて来た。しかし、岩石の化学組成は異なる相の分化や混染など多数の要因によって変化し得るため、複数の元素の関係性を取り扱う多変量解析が重要である。本研究では、主要元素、岩石学などでよく制約されている秋田駒ヶ岳と八幡平火山の噴出物を用いて、主成分分析を用いて微量元素組成の解析を行った。火山群内に近接して分布しているにもかかわらず、主要元素トレンドや組成幅、鉱物組成や構造において対照的な特徴を示すこれらの第四紀火山で、微量元素のバリエーションを支配する要因や主要元素との関係を議論した。

秋田駒ヶ岳では微量元素組成から3つの主成分が分解された。すべての成分は主要元素の含有量と良い相関を示す。関与する元素から微量元素の主成分の支配要因を解析した結果、3つの成分はかんらん石、輝石、斜長石の異なる量比での分別結晶化による異なる3つの分化トレンドを表していることが分かった。この結果は主要元素と鉱物組成を用いた結晶分化モデルと整合的である。岩石学的観察でも大きな非平衡の証拠を示さないため、秋田駒ヶ岳の全岩組成のバリエーションは閉鎖系での結晶化と結晶の分離と移動で説明できる。

八幡平火山でも同様の解析を行った。八幡平火山の主要元素は安産岩からデイサイトの領域にかけてリニアなトレンドを示す。主要元素組成は斜方輝石、単斜輝石と斜長石の cotectic に位置する。一方、鉱物コア組成のバイモダル分布や累帯構造、非平衡な鉱物組成などからマグマ混合の可能性が示唆されている。八幡平火山でも3つの異なる微量元素主成分によって微量元素のトレンドが説明できることが分かった。成分1は、鉱物に分配される元素と液相濃集元素を結びリニアトレンドを示し、主要元素と良い相関を示す。このトレンドは地殻の部分融解または結晶分化で説明できる。成分3はクロムやニッケルに富んだ成分の関与を示し、Ohba et al. (2007) で指摘されたようなマントル由来のメルトの存在を示唆する。成分2として、主要元素とは相関を持たない微量元素成分が存在することが示され、主要元素には現れない組成バリエーションが存在することが分かった。

本研究の結果、微量元素の多変量解析を行うことで、主要元素、鉱物組成や観察を用いた分化トレンドの解析と同様の情報量を抽出して分解することができることが分かった。一方、主要元素とカップリングせず微量元素に影響を及ぼす独立したプロセスの存在が示唆された。

キーワード: 火山岩, 結晶分化, マグマ混合, 第四紀火山, 分化プロセス

Keywords: Volcanic rock, Crystal fractionation, Magma mixing, Quaternary volcano, Fractionation process

北部伊豆小笠原弧・大室ダシ火山の活動史解明 Volcanic history of the Oomurodashi, northern Izu-Bonin Arc

谷 健一郎^{1*}, 宿野 浩司¹, 平原 由香¹, 正木 裕香¹, Nichols Alexander¹, 石塚 治², Fiske Richard S.³, Cashman Katharine V.⁴, Leat Philip T.⁵, Carey Rebecca⁶, McIntosh Iona M.⁷, 尾上 彩佳⁸, 浅越 光矢⁹, 豊田 新⁹
Kenichiro Tani^{1*}, Hiroshi Shukuno¹, Yuka Hirahara¹, Yuka Masaki¹, Alexander Nichols¹, Osamu Ishizuka², Richard S. Fiske³, Katharine V. Cashman⁴, Philip T. Leat⁵, Rebecca Carey⁶, Iona M. McIntosh⁷, Ayaka Onoue⁸, Mitsuya Asagoe⁹, Shin Toyoda⁹

¹ 海洋研究開発機構, ² 産業技術総合研究所, ³ スミソニアン協会, ⁴ ブリストル大学, ⁵ British Antarctic Survey, ⁶ タスマニア大学, ⁷ ダラム大学, ⁸ 静岡大学, ⁹ 岡山理科大学

¹JAMSTEC, ²Geological Survey of Japan/AIST, ³Smithsonian Institution, ⁴University of Bristol, ⁵British Antarctic Survey, ⁶University of Tasmania, ⁷University of Durham, ⁸Shizuoka University, ⁹Okayama University of Science

大室ダシは伊豆大島南方約 20 km に位置する火山フロント上の高まりである。水深 200 m コンターで囲まれる山体の大きさは直径が約 20 km あり、伊豆諸島の八丈島に匹敵する規模である。大室ダシは過去のドレッジ調査で流紋岩質軽石が採取されていたものの（葉室ほか, 1983 震研彙報）、詳細な地質構造は不明であり、また水深約 100 ~ 150 m に広大な平頂部を持つことから活動的な火山とは考えられてこなかった。

しかし 2007 年、調査船なつしま NT07-15 航海において大室ダシ平頂部に存在する直径約 1 km の凹地（大室海穴）に無人潜水艇ハイパードルフィンを用いた潜航調査を実施し（第 719 潜航）、Stand-Alone Heat Flow Meter (SAHF) を用いた地殻熱流量測定を行ったところ、水深約 200 m の海穴底部で高い地殻熱流量（4,200 mW/m²）が観測された。またさらには海穴の南西壁は幾層もの新鮮な流紋岩質溶岩から構成されていることが明らかとなった。

この結果をふまえ、大室ダシの火山地質と火山活動史の解明を目的に、2012 年 7 月 ~ 8 月に調査船なつしま NT12-19 航海を実施した。本航海では未だ詳細な海底地形図が存在しない大室ダシ海域のマルチナロービーム海底地形調査とシングルチャンネル地震波構造探査を行って地形・表層地質構造を解明すると共に、ハイパードルフィン潜航調査を計 10 潜航実施し、地質観察・岩石試料採取・地殻熱流量測定を行った。

その結果、大室ダシの水深 200 m 以深の斜面は玄武岩質・流紋岩質の溶岩・貫入岩・火山碎屑物などの幅広い岩相から構成されていることが判明した。また地震波構造探査から大室ダシ平頂部の下には直径約 8 km の正断層が発達した陥没地形が確認され、埋没したカルデラが存在する可能性が明らかとなった。

大室海穴の東壁・南壁は新鮮な流紋岩質溶岩・軽石のブロックが堆積しており、また海穴周辺の平頂部も同様の溶岩片・軽石で一面覆われていることから、大室海穴を噴火中心として流紋岩質海底噴火が起こり、これらの火山碎屑物が周辺海域に堆積したと考えられる。

大室海穴周辺の新鮮な流紋岩は、大室ダシの平頂部以深の斜面で採取された流紋岩とは全岩化学組成において明瞭に液相濃集元素に富んでおり、同一マグマ起源ではないことが示唆される。

さらには今回の潜航調査によって大室海穴の底部一帯において活発な海底熱水活動を発見した。熱水噴出孔付近において計測した熱水温度は最高で 194 °C に達し、水深 200 m における沸点に近い高温熱水活動であることが判明した。噴出孔周辺ではチムニーやマウンドなどの熱水性沈殿物が確認され、採取に成功した。また海穴底部で SAHF を用いた広域的な地殻熱流量測定を行った結果、2007 年の測定時と同様に底部一帯で最大 29,000 mW/m² に達する非常に高い地殻熱流量が観測された。

これら一連の調査結果は大室ダシが流紋岩質の活火山であることを強く示唆している。また浅海における珪長質海底噴火はマグマ水蒸気爆発によって周辺海域に大きな災害を引き起こすリスクがあることから、今回得られた調査結果を踏まえて今後更なる調査を実施し、大室ダシ火山の噴火履歴を解明する必要がある。

三宅島火山の9-20世紀の噴火史

Eruption history of Miyakejima Volcano, in the 9-20th century

及川 輝樹^{1*}, 下司 信夫¹

Teruki Oikawa^{1*}, Nobuo Geshi¹

¹ 産総研・地質情報

¹ Geological Survey of Japan/ AIST

三宅島火山の八丁平カルデラ埋積後の9世紀以降の噴火史を、テフラ層序、¹⁴C年代測定、野外地質調査を組み合わせ、明らかにした。対象とした期間には、三宅島全島に、風早テフラ（6世紀）、9世紀のAD838の神津島-天上山テフラ、9世紀の雄山溶岩・雄山スコリア、AD886の新島向山テフラ、村営牧場テフラ（14-15世紀）などが全島に分布しており、それらが良い鍵層となって精緻なテフラ層序を編むことに成功した。従来の層序は、特に16世紀以前については、9世紀の向山及び天上山テフラの上位に位置するテフラについて、ただ「噴火す」とのみ記されている記録と対比していた。今回、すべてのテフラに対して¹⁴C年代測定を行うことによって、従来の古記録とテフラの対比は刷新された。多くの歴史記録との対比は誤りであった。9世紀以降は、100年に1~2回の頻度で噴火していたが、19-20世紀は100年に3回の頻度で噴火していた。その他明らかになったことは、9世紀の雄山溶岩・スコリアの噴火以降に200年ほど噴火のない時期があったこと、従来12-14世紀に想定されていた噴火休止期は無かったことなどである。また、9世紀以降すべての期間を通して、山頂噴火と共に規模の大きい山腹噴火をたびたび繰り返してきたことも明らかになった。

キーワード: 歴史噴火, ¹⁴C年代測定, 火山層序, テフラ層序学, 玄武岩質火山, 三宅島火山

Keywords: historical eruption, radiocarbon dating, volcanic stratigraphy, tephrochronology, basaltic volcano, Miyakejima Volcano

マントル起源 Opx を用いた初生マグマ組成の推定：香川県城山地域の HMA を対象として

Estimating accurate chemical composition of primitive magma by using mantle derived Opx: Targeting at the HMA in Kiyama

森里 文哉^{1*}, 飯塚 毅¹, 永原 裕子¹, 小澤 一仁¹

Fumitoshi Morisato^{1*}, Tsuyoshi Iizuka¹, Hiroko Nagahara¹, Kazuhito Ozawa¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ School of science, the University of Tokyo

瀬戸内火山岩帯には高 Mg 安山岩 (HMA) と呼ばれる特殊な安山岩が産出する。Tatsumi (2006) は、岩石学的情報に基づいて瀬戸内火山岩帯の HMA がマントルカンラン岩と平衡な初生マグマであると主張し、融解実験に基づいてその生成条件を推定した。本研究で対象とした香川県城山地域の HMA は、様々な地殻 - マントル過程を経験していることから、これら諸過程の全貌を把握し、マントルから分離した真に初生的な HMA 質マグマ組成を推定することが必要である。

結晶分別作用を経験したマグマから、初生マグマ組成を推定するために、良く用いられるのは、平衡に晶出し分別されたカンラン石組成を分化したマグマに加えていって初生マグマ組成に戻す方法である (Tamura et al., 2000)。この方法では、関与したマントルのカンラン石の組成が未知であるために、その組成を、天然の結晶の組成情報を用いるとしても、仮定する必要がある (Putirka, 2005)。今回瀬戸内火山岩帯に産する HMA 中に、初生マグマ組成をそのリムに記録しているマントル起源の Opx 外来結晶を発見した。この情報を用いて HMA の初生マグマ組成をより正確に推定することができる。

戸内火山岩帯に属する香川県中部の城山 (Sato, 1982) を対象として、野外調査、薄片観察、XRF による全岩化学組成、EPMA による鉱物化学組成測定を行った。

城山地域の中部中新統である讃岐層群は Sato (1982) に従い、流紋岩質凝灰角礫岩およびデイサイト質火山角礫岩とそれらの上位のサヌキトイド溶岩流 (1, 2, 4) で構成されている。溶岩流 4 は斑晶組み合わせおよび全岩組成と外来結晶量によりさらに 3 種に区別できる。溶岩流 1, 2 が無斑晶質であるのに対し、溶岩流 2 はカンラン石と Opx 斑晶に富む。全岩組成分析により溶岩流 2 は HMA 質で Ni や Cr に富み (MgO : 8.6wt%, FeO*/MgO 分子比 : 0.4, Ni : 180ppm, Cr : 560ppm), 五色台のサヌキトイド溶岩流 (逸見ほか, 1976) と類似の結果を得た。

サヌキトイド溶岩流 2 は斑晶として、その中心組成が全岩と平衡な $Mg \# [=100 \times MgO / (MgO + FeO^*)]$ をもつ自形カンラン石と、全岩組成とは非平衡な $Mg \#$ をもつ自形短柱状ないしは他形で縁にカンラン石を伴う Opx を含む。カンラン石は正累帯構造を示し HMA 質のメルトから閉鎖系で晶出したと考えられる。Opx は逆累帯構造を示し、リムにおける高い $Mg \#$ (最大 92.2) と Cr_2O_3 濃度 (最大 1.2 wt%) からマントル由来の外来結晶であり、HMA マグマに取り込まれる前に融解度の高い初生的マグマ中に存在したことがわかる。また CaO を 1.4 wt.% 程度含み、QUILF (Andersen, 2008) を用いた計算により 1100 °C の最低温度が推定される。

Opx リムは初生マグマと平衡であったと考えられるので、HMA の元となった初生マグマ組成を推定した。カンラン石のメルトとの間の Mg-Fe 交換分配係数 (Beattie, 1993) を用いて、HMA と平衡なカンラン石の $Mg \#$ を計算しつつ、カンラン石を HMA に加えていって、Opx リムと平衡になった組成を初生マグマ組成とみなすと、初生マグマでも HMA 質となった。ただし、Opx が晶出する以前により $Mg \#$ の高いカンラン石が分別された可能性があり、より初生的なマグマが存在した可能性は残る。

他地域の HMA 中にも同様なマントル由来の Opx が見出されれば、この手法により初生マグマ組成を推定できる。

キーワード: 高 Mg 安山岩, 瀬戸内火山岩帯

Keywords: HMA, Setouchi Volcanic Belt

巨大カルデラ噴火と前駆噴火産物の岩石学的関係：阿蘇4噴火と始良噴火のケーススタディ

Petrological comparison between products of large caldera-forming eruptions and their precursory events

長谷中 利昭^{1*}, 黒川 聖¹, 山崎 秀人¹, 森 康²

Toshiaki Hasenaka^{1*}, Kiyoshi Kurokawa¹, Hideto Yamasaki¹, Yasushi Mori²

¹ 熊本大・院・自然科学研究科, ² 北九州市立自然史・歴史博物館

¹Grad School Sci. & Tech., Kumamoto Univ., ²Kitakyushu Museum of Natural and Human History

九州のカルデラ火山の巨大噴火の前駆現象, (1) 始良火砕噴火直前の一連のテフラ (2) 阿蘇-4 火砕噴火直前の高遊原溶岩の化学組成と巨大噴火マグマの化学組成を比較検討した (1) 2万9千年前の始良火砕噴火の3500年?1000年前に起った小規模な噴火, 大塚降下軽石, 深港テフラ, 毛梨野テフラ (長岡, 2001) の軽石の化学組成を分析した結果, 始良軽石とほとんど同じ組成であることがわかった. これに対して (2) 8万9千年前の阿蘇-4 噴火直前に流出した高遊原溶岩は, 阿蘇-4 初期の小谷軽石の組成よりは少しシリカに乏しい. 高遊原溶岩, 小谷軽石とも, 短いが明瞭な分化トレンドを示すが, 両者を結晶分化作用で関連づけることは難しい. 阿蘇-4 では噴火サイクル後半でマフィックマグマとシリシクマグマの混合が観察されているが (1) (2) の前駆噴火ともマフィックマグマの噴出は観察されていない.

Hildreth (1981) の概念図は地殻浅所の巨大なシリシクなマグマ溜りと地下深部から供給されるマフィックなマグマの関係をわかりやすく提示している. 非常にまれではあるが, 甚大な被害をもたらす巨大カルデラ噴火の予測をするための作業仮説を作る上で重要なたたき台である. 前述の前駆現象を検討し, Hildreth model に修正を加えてバージョンアップさせていくことは将来の巨大カルデラ噴火予測に備えて必要な作業であると考えられる (1) のケースは地殻浅所のシリシクマグマ溜まり上部の漏れ出しであると解釈できるのに対し (2) のケースは巨大シリシクマグマ溜まりから独立した枝分かれマグマ溜まりからの漏れ出しが起ったと推定した. いずれの場合も地下深部のマフィックマグマの存在は確認されていないが, 熱的な影響は検討する必要がある.

キーワード: 高遊原溶岩, 阿蘇カルデラ, 始良カルデラ, 阿蘇-4 火砕噴火, マグマ供給系, 前駆噴火

Keywords: Takayubaru Lava, Aso caldera, Aira caldera, Aso-4 pyroclastic eruption, magma supply system, Precursory eruption

Caに富む斜長石中の水素の拡散速度の決定 Determination of hydrogen diffusivity in Ca-rich plagioclase

浜田 盛久^{1*}

Morihisa Hamada^{1*}

¹ 東京工業大学地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

目的

かんらん石や輝石といったマントル構成鉱物と比較して、地殻構成鉱物である長石中の水素の拡散に関する研究は非常に限られている。斜長石は、島弧玄武岩に最も普遍的に含まれる無水鉱物の一つであるため、火山岩中の斜長石中の水素の拡散は、島弧玄武岩マグマからの脱ガス現象の指標として応用できる可能性がある。そこで、本研究では、Caに富む斜長石中の水素の拡散実験を行った。また、得られた実験結果を、伊豆大島火山 1986 年山頂噴火の噴出物中の斜長石に適用した。

手法

斜長石中の水素の拡散速度を決定するため、本研究では、内熱式ガス圧装置を用いて、Caに富む斜長石の水熱実験を行った。実験時の圧力は 300 MPa、温度は 1000 から 1200 で、酸素雰囲気は NNO バッファーに制御した。実験時間は、1~10 時間であった。拡散速度を求めるため、本研究では、両面研磨した斜長石の単位厚さ当たりの赤外吸光度が、時間の経過と、斜長石のリムからの距離に応じてどのように変化していくかを調べた。

結果

斜長石結晶中の赤外吸光度のプロファイルから水素の拡散係数を求めた結果、1200 では約 10^{-11} m²/s であり、1000 では約 10^{-12} m²/s であった。これらの結果は、1 気圧 N₂ ガス雰囲気下で斜長石から水素が抜け出す場合の拡散速度の実験的制約 (Johnson, 2003) と調和的である。

応用

1986 年の伊豆大島火山山頂噴火で得られた斜長石斑晶 (組成はおおよそ An₉₀) の水素含有量は、最小で <50 重量 ppm H₂O、最大で 300 重量 ppm H₂O という OH 量のバリエーションを示す (Hamada et al. 2011, *EPSL*)。それぞれの斜長石の結晶内部において、水素含有量はほぼ均質である。山頂噴火におけるマグマの噴出温度 (1100) においては、斜長石中の水素の拡散速度は約 10^{-12} m²/s であることが、本研究での実験から得られた。この拡散速度を用いると、結晶内部に比較的高い水素含有量 (300 wt. ppm H₂O) を有する斜長石は、マグマが上昇を開始してから数時間以内に噴出して急冷されたために、リムの部分だけが水素を失ったと解釈される。実際、1986 年の伊豆大島山頂噴火の冒頭に観測されたマグマ噴出率 ($>2 \times 10^5$ m³/h) から、火道中のマグマ上昇速度は 10³ m/h のオーダーであったと見積もられ、水素含有量のプロファイルから推定されるマグマ上昇速度と整合的である。このように、斜長石結晶中の水素の拡散速度は、水に富む島弧玄武岩マグマが爆発的不噴火をする際のマグマ上昇速度計として有用であると考えられる。

キーワード: 無水鉱物の水, 斜長石, 水素の拡散速度

Keywords: Water in nominally anhydrous minerals, plagioclase, Hydrogen diffusivity

マグマの固相は剛体球近似が可能なのか

Is magma modeled as a hard-sphere suspension or soft-sphere suspension?

黒川 愛香^{1*}, 栗田 敬¹

Aika Kurokawa^{1*}, Kei Kurita¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Magma is known as a complex fluid composed of three phases; silicate-melt, crystals and gases. Generally the rheology of suspension changes drastically depending on the mutual volume fraction from gaseous behavior to solid one. The rheology of magmatic system consisting of crystals and silicate melt has been modeled via hard-sphere suspensions such as a mixture of glass beads and viscous fluid. With respect to such solid-liquid system, [A. A. Arzi, 1978] introduced an important concept, Rheological Critical Melt Percentage (RCMP) 20%, which separates solid behavior and liquid behavior. RCMP is understood as a kind of jamming transition and important value since it predicts freezing rheologically above the thermodynamic freezing point. But even at larger melt percentage than RCMP, another type of significant change in the magmatic rheology has been clarified experimentally. That is the emergence of yield strength at the crystal volume fraction of around 20%. From this critical value to (100% - RCMP), magma behaves as a yield stress fluid. On the other hand, models for simple hard-sphere suspension predict this behavior at much higher volume fraction of approximately 60% e.g. [M. Otsuki et al., 2010]. Thus the range in which hard-sphere suspension behaves as a yield stress fluid is quite limited compared to laboratory-determined magmatic rheology. This is because the shape of silicate crystals in magma is generally elongated, which should be modeled as prolate or oblate ellipsoids with high aspect ratio and crystals in magma can easily form networked structures known as crystal clots, crystal cluster, synneusis, crystal chain and so on even if the particle volume fraction is small. Therefore to estimate effective volume fraction, the excluded volume should be considered [A. P. Philipse, 1996].

In this presentation we discuss whether the hard-sphere suspension is an adequate model for the magma and what are needed for proper modeling. Although individual silicate crystals are hard enough in the time scale of magma dynamics, the networked structure of crystals is quite weak and it easily breaks upon flowing stress. Yield stress emerges during breakage of the network. To look at this behavior, we consider the system should be composed of soft-sphere instead of hard-sphere, where widespread repulsive potential as well as a kind of attractive potential are needed.

We utilized an analog material, a polymer, p-NIPAM to conduct rheology characterization of suspension to see complex behaviors of magma by the deformability associated with the networked structures. In a series of our model experiments, firstly it was revealed that p-NIPAM aqueous suspension has the critical volume fraction, which is almost equivalent to that of magma. This indicates p-NIPAM aqueous suspension can be an analogue of magma to see complicated behaviors in magma caused by networked structures of crystals. At the same time it was found that this suspension has a multiplicity relationship between shear stress and shear rate and this multiplicity and the yield stress are inextricably linked together via aging effect. We consider this should be a universal characteristic for two-phase mixture system such as suspension, which has networked structures. Since magma suspension is known to have the yield stress and the networked structures of crystals empirically, this result indicates that magma can possess the multiplicity, which can trigger self-induced oscillation phenomena.

日本の火山 (第3版) の刊行 Volcanoes of Japan (Third edition) published in 2013

中野 俊^{1*}, 西来 邦章¹, 宝田 晋治¹, 星住 英夫¹, 石塚 吉浩¹, 伊藤 順一¹, 川邊 禎久¹, 及川 輝樹¹, 古川 竜太¹, 下司 信夫¹, 石塚 治¹, 山元 孝広¹, 岸本 清行¹

Shun Nakano^{1*}, Kuniaki Nishiki¹, Shinji Takarada¹, Hideo Hoshizumi¹, Yoshihiro Ishizuka¹, Jun'ichi Itoh¹, Yoshihisa Kawanabe¹, Teruki Oikawa¹, Ryuta FURUKAWA¹, Nobuo Geshi¹, Osamu Ishizuka¹, Takahiro Yamamoto¹, Kiyoyuki Kisimoto¹

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

産業技術総合研究所地質調査総合センターから、200 万分の 1 縮尺の地質編集図「日本の火山 (第 3 版)」が刊行された (中野ほか, 2013)。これは、日本列島の第四紀火山を一覧できる最新の火山分布図であり、概要及び火山リストが小冊子として付属している。1968 年に初版 (一色ほか, 1968) が、1981 年に第 2 版 (小野ほか, 1981) が発行されており、第 3 版は 32 年ぶりの大幅改訂版である。第 2 版出版以後、放射年代測定技術や化学分析技術が飛躍的に進歩し、膨大な年代測定値や化学組成などが蓄積してきた。また、2009 年の国際地質科学連合 (IUGS) による時代区分の定義変更 (第四紀の下限が約 180 万年前から約 260 万年前に変更) に対応したことにより、第 2 版よりも大幅に火山数が増えており、火山数で言えば第 2 版が約 300、第 3 版が約 460 である。

第 3 版の分布図は 20 万分の 1 日本シームレス地質図を基に編集した。基本的に 1 火山・火山群を 1 区分で表現するため、シームレス地質図の地質界線の統廃合を行った。また、2012 年時点で公開されているシームレス地質図は旧来の時代区分に基づくため、西来ほか (2012) に基づき、鮮新世から新たに第四紀に変更されたジェラシアン期の火山抽出作業も行った。

火山群については、時間的、空間的にある程度まとまった活動範囲とみなせる火山の集合体を 1 火山群とした。1 火山あるいは火山群の定義は、これまで初版、第 2 版のほか、既存研究で使われてきた名称・定義を踏襲したもの、新たに区分し直したもの、また、再定義により改称したものがある。特に中部九州では、これまで未整理であったいわゆる豊肥火山岩類については、時代・岩質・分布等に基づき大幅に修正・再定義している。

大規模火砕流を噴出したカルデラ火山については、先カルデラ火山、カルデラ火山、複数の後カルデラ火山に区分した場合がある。活動期に時間間隙がない場合、あるいは詳細が不明で研究例が少ない場合など、これらをまとめて 1 火山として扱った。

海域については、海底噴火地点に加え、変色水や海底熱水活動などの火山現象が確認された地点に限って表示した。噴火記録がない火山は年代測定により第四紀と判明しているものでも省略した。

陸域の火山については、時代再定義により大幅に追加されたが、そのほか第 2 版と比べ、年代測定などにより新規に第四紀と判明したことにより組み入れられたものがある。これは主に西来ほか (2012) に基づく。また、旧来の定義による第四紀火山は、第 2 版のほか、火山学会 1999 年発行の火山カタログや Web 公開が開始されている「日本の第四紀火山」などに基づく。活動年代については多数の未公表データも参照した。

第 3 版のもととなったデータについては、地質調査総合センターが編集する Web 公開データベース「日本の火山」として 2013 年以降、逐次公開予定である (<https://gbank.gsj.jp/volcano/>)。これには 2012 年時点で公開されている「日本の第四紀火山」及び「活火山データベース」が統合、再構築される。

第四紀の下限がさかのぼることにより、より開析された火山が多くなるだけでなく、特に第四紀前半の変動地帯では火山岩が堆積岩中に挟在し、変形している場合も見られるようになる。これらのうち元の火山体の復元が困難な場合は、火山として認定しなかった。また、特に九州地域には給源不明の火砕流堆積物が多数分布するが、これらについては分布図に図示したが火山として認定していない。孤立した分布を示す溶岩岩体の場合は、給源が特定できなくても火山活動中心がそれほど遠方であると考えられず、ほぼ現在の分布域付近に給源があると想定し、1 火山として扱った。

文献:

一色直記ほか (1968) 日本の火山。地質調査所。

中野 俊ほか (2013) 日本の火山 (第 3 版)。産業技術総合研究所地質調査総合センター。

西来邦章ほか編 (2012) 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース。地質調査総合センター速報, no.60 (CD-ROM), 産業技術総合研究所地質調査総合センター。

小野晃司ほか (1981) 日本の火山 (第 2 版)。地質調査所。

キーワード: 日本の火山, 第四紀火山, 火山分布図

Keywords: Volcanoes of Japan, Quaternary volcano, volcano map

大雪火山群の地質と岩石:形成史とマグマ供給系の変遷について

Geology and petrology of Taisetsu volcanic field ; Formation history and Transition of magma

石毛 康介^{1*}, 中川 光弘¹

Kosuke Ishige^{1*}, Mitsuhiro Nakagawa¹

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻

¹Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

北東-南西方向に80km以上つづく大雪-十勝火山列は、千島弧の最南端に位置しており、島弧火山活動が少なくとも後期中新世から続いている。マグマ生成プロセスの時間変化と島弧接合部でのテクトニクスを明らかにするために、我々は本地域の北部にある大雪火山群に注目した。大雪火山群は、2-1Maの大規模珪長質火砕流噴火の後、安山岩質の成層火山および溶岩ドームを形成してきた。先行研究では、大雪火山群の構造と噴火史の概要が報告されているもの(NEDO, 1990; 斎藤 1996MS)。詳細な層序及び岩石学的研究は行われていない。本研究では、大雪火山群の地質及びK-Ar年代測定の予備結果を報告する。

本火山の活動は、噴出中心の時間的な変化や活動形態、岩石学的特徴から5つのステージに分けられる。ステージ1ではいくつかの割れ目火口から安山岩質溶岩を噴出して南北方向に延びる平坦面な火山体を形成した。ステージ2では比較的大規模な成層火山が大雪火山の北西部に形成された。その後、噴出中心は本火山中央部に移動した。ステージ3は多くの溶岩ドームやコーンが形成された。ステージ4では約3万年前に最も爆発的かつ大規模な火砕流をおこし、直径2kmの小型カルデラを形成した。噴出した火砕流は深い谷を埋め、溶結凝灰岩として露出している。カルデラ形成後のステージ5では、活動中心を本火山の南西部に移し、旭岳(2291m)のようないくつかの成層火山を形成した。本火山の最後のマグマ噴火は約5000年前と考えられている。それ以降は水蒸気爆発を繰り返し、多くの火口を形成した。本火山の全ての岩石には、斜長石、単斜輝石、斜方輝石および鉄チタン酸化物が認められる。一部の岩石では、少量の角閃石やカンラン石、石英斑晶を含む。また、しばしば苦鉄質包有物がみられる。全岩化学組成のSiO₂量は、母岩で56.4-68.5wt.%で、苦鉄質包有物では52.2-56.2wt.%である。ほとんどの岩石はSiO₂-K₂O図でmedium-K、SiO₂-FeO/MgO図でCA typeに分類される。これらの岩石は主成分および微量元素の一部において、ステージ間もしくは噴出中心の違いによって区別できるが、不適合元素では大きな違いは認められない。したがって、大雪火山具では最近100万年間にわたって類似した初生マグマが形成され、同じような地殻での分化プロセスを経てマグマが生成されたと考えられる。

今後は多数の年代値を得て、正確な時間軸を与えた火山層序を確立し、それに基づいた大雪火山のマグマ変遷を明らかにする。それらをもとに、島弧会合部におけるマグマ生成・進化モデルを構築することを試みる。

キーワード: 大雪, 火山, マグマ変遷, 形成史, 地質と岩石, マグマ供給系

Keywords: Taisetsu, volcano, Transition of magma, Formation history, Geology and petrology, magma generation processes

大雪火山御蔵沢溶岩の不均質組織にみられるマグマ混合

Magma mixing indicated by heterogeneous texture in the Mikurasawa lava, the Taisetsu volcano, central Hokkaido, Japan

馬場 輝^{1*}, 和田 恵治¹, 佐藤 鋭一²

Hikaru Baba^{1*}, Keiji Wada¹, Eiichi Sato²

¹ 北海道教育大学旭川校地学教室, ² 神戸大学大学教育推進機構

¹Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa, ²Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University

The eruption products of the Taisetsu volcano in central Hokkaido show the heterogeneous structure such as mafic inclusions and banded lavas, caused by magma mixing. The Mikurasawa lava erupted from a vent of outside the Ohachidaira caldera (about 30 Ka) at younger stage (<10-20 Ka) of the Taisetsu volcano. This andesitic host lava has various types of mafic inclusions and both dacitic and mafic elongated parts as banded structure. These heterogeneous structures in the Mikurasawa lava are the most case of characterizing the Taisetsu volcano particularly. The key to elucidate magma mixing processes with petrological technique is to understand the factors of forming heterogeneous structures in the Mikurasawa lava.

The host lava is characterized by coexisting phenocrysts which crystallized from different end-member magmas. The plagioclase phenocryst is classified into three types by An content of the core. Type-A plagioclase phenocryst ($An > 82$) indicates no zoning in the core, but indicates strong normal zoning in the rim. Type-B plagioclase phenocryst ($60 < An < 82$) indicates heterogeneous zoning in the core; the compositional range is from $An = 47$ to $An = 82$. The core composition partially overlaps with that of type-C plagioclase phenocryst. Type-C plagioclase phenocryst ($An < 60$) indicates continuous zoning overall phenocryst; this characters are good agreement with those of the dacitic part. Type-C phenocryst in the host lava indicates reverse zoning in the rim. The augite and orthopyroxene phenocrysts are classified into two types based on Mg# versus Ti and Al content respectively. Using two pyroxene thermometer (Wells, 1977), temperatures of mafic and felsic end-member magmas were estimated 1000 °C and 900 °C.

Mafic inclusions in the host lava are classified into two types by color of interstitial glass; clear glass and brown glass. These inclusions were originated from two kinds of mafic end-member magmas. Each type of mafic inclusions is classified into two sub-types by granularity of groundmass minerals; fine-type and coarse-type.

Heterogeneous structures at the outcrop, phenocrysts compositional variety in the host lava, and diversity of mafic inclusions suggest that three mixed (andesitic, dacitic and mafic) magmas were minglingly erupted and those magmas were precedingly formed at different stage of mixing events in the zoned magma chamber with mush layers injected by two kinds of mafic end-member magmas.

キーワード: 大雪火山, 御蔵沢溶岩, マグマ混合, 苦鉄質包有物

Keywords: the Taisetsu volcano, the Mikurasawa lava, magma mixing, mafic inclusion

オロピリカ川火砕流堆積物：北海道北東部白滝盆地から噴出した大規模火砕流堆積物

The Oropirika pyroclastic flow deposit: Large-scale pyroclastic flow deposit from the Shirataki basin, Hokkaido

長井 雅史^{1*}, 金成太郎², 弦巻 賢介², 柴田 徹³, 杉原重夫², 八幡正弘⁴Masashi NAGAI^{1*}, KANNARI, Taro², Kensuke TSURUMAKI², SHIBATA, Toru³, SUGIHARA, Shigeo², YAHATA, Masahiro⁴¹ 防災科研, ² 明治大学, ³ 東海大学, ⁴ 道総研 地質研究所¹ NIED, ² Meiji Univ., ³ Tokai Univ., ⁴ Geological Survey of Hokkaido

白滝地域は鮮新世～前期更新世の大規模火砕流堆積物群とその給源地域を埋積した成層火山群からなる大雪-十勝火山列の北東端に位置する。この地域には天狗岳火山等の噴出物で一部埋積された長径約 11km の白滝盆地があり、その北東側に隣接して基盤の落ち込みを厚い湖成層や流紋岩溶岩が埋積した直径約 5km の幌加湧別堆積盆地が存在する。これらの盆地状構造の周囲の山地には緩やかな地形面をもつ火砕流堆積物が広く載っている。盆地の成因は爆発的噴火に伴う陥没カルデラと考えられている(山岸, 1976; 山本, 2004) が、噴出物や形成時期の詳細は明らかにされていない。これらの盆地は熱水作用による変質や新期の噴出物による埋没があまり進んでいないことから、火山構造的な陥没地とされた大雪-十勝火山列全体の発達史や構造を考える上で重要なフィールドといえる。今回は調査の結果この地域から噴出したことが明らかになった大規模火砕流堆積物について報告する。

白滝盆地北縁～幌加湧別堆積盆地内外に分布するとされた幌加湧別溶結凝灰岩(国府谷ほか, 1964)のうち、幌加湧別堆積盆地の外側に主に分布する溶結したデイサイト質火砕流堆積物部分をオロピリカ川火砕流堆積物(長井ほか, 2011)と呼ぶことにする。溶結凝灰岩の全岩化学組成は $\text{SiO}_2=65.5-71.5\text{wt}\%$, $\text{K}_2\text{O}=2.1-3.5\text{wt}\%$ で斜長石、石英、斜方輝石(屈折率 $\gamma=1.735-1.737$) の斑晶を 30vol% 程度と多く含む。非溶結部に含まれる軽石状～泡壁状火山ガラスの化学組成は $\text{SiO}_2=77.3-78.5\text{wt}\%$, $\text{K}_2\text{O}=4.3-5.0\text{wt}\%$ 程度である。この堆積物に対比される記載岩石学的特徴、全岩化学組成を持つ火砕流堆積物が白滝～幌加湧別盆地の周辺には広く存在している。さらに、白滝盆地内部の天狗岳火山直下に発見された入れ子状の陥没構造(白滝カルデラ; 八幡ほか, 2003) の下部を埋める厚い溶結凝灰岩もオロピリカ川火砕流堆積物に対比できる。各地の堆積物は日高累層群起源の頁岩・砂岩岩片や少量の火山岩岩片を含むが、幌加湧別堆積盆地の赤石山周辺から北東側のオロピリカ川流域にかけての地域でのみ赤石山産黒曜岩の角礫も含む。このことはオロピリカ川火砕流の給源が赤石山南西方の白滝盆地方面であること、幌加湧別堆積盆地を埋める流紋岩溶岩(K-Ar 年代 2.2-2.1Ma; 杉原ほか, 2011; 和田ほか, 2011) よりも新しいことを示唆している。以上からオロピリカ川火砕流は白滝盆地内の白滝カルデラから噴出した可能性が非常に高く、堆積物が給源から 20-25km の範囲に厚い溶結凝灰岩として残存していることからみて総噴出量が数 10km^3 に達する大規模火砕流噴火であったと考えられる。オロピリカ川火砕流堆積物の噴出年代は直接の FT 年代 ($1.1\text{Ma} \pm 0.1\text{Ma}$) や K-Ar 年代 ($1.17 \pm 0.07\text{Ma}$)、被覆関係の明らかな北見峠火山、ニセイカウシュッペ火山、天狗岳火山の噴出物の K-Ar 年代から 1.2Ma 頃と考えられる。これは火山列南西部から噴出したとされる十勝火砕流堆積物(1.2-1.4Ma 頃) と同時期かやや新しく、噴火様式の大規模珪長質火砕流の噴出から安山岩質成層火山群の形成への移行時期にあたるとみられる。

オロピリカ川火砕流堆積物に対比できる堆積物は白滝盆地内の地表では未発見である。白滝盆地内部では湖成堆積物中に美瑛火砕流堆積物(約 1.9Ma) に対比できる角閃石黒雲母流紋岩質の白滝溶結凝灰岩が露出するので、白滝盆地がオロピリカ川火砕流の噴出前にすでに堆積盆として存在したことは明らかである。周辺地域には雨月沢火砕流堆積物に類似した特徴をもつ古い火砕流堆積物(北見峠での K-Ar 年代 $3.48 \pm 0.06\text{Ma}$) も点在している。白滝盆地や幌加湧別堆積盆地の陥没過程解明にはこれらの噴出物との関係も検討する必要がある。

Keywords: eruptive history, tephra, caldera

十勝岳 1962 年 , 1988-89 年噴火におけるマグマ活動の推移-噴火様式の違いとマグマ供給系-

The transition of Magma Activity between 1962 and 1988-89 eruptions in Tokachidake Volcano, Central Hokkaido

日向 宏伸^{1*}, 和田 恵治¹, 中塚 裕¹

Hironobu Hinata^{1*}, Keiji Wada¹, Yu Nakatsuka¹

¹ 北海道教育大学旭川校地学教室

¹ Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa

Tokachidake volcano, located in Taisetsu-Tokachi volcanic group in central Hokkaido, is one of the most active volcanoes in Japan; recently magmatic eruptions occurred 1926, 1962, and 1988-89. Eruption styles between 1962 and 1988-89 are different; 1962 eruption is characterized by sub-plinian eruption which raised high eruption column, whereas 1988-89 eruption is by magmatophreatic explosion, caused by almost same the basaltic andesite magma as 1962 eruption. We observed groundmass textures and the bubble morphology using polarizing microscopes. Groundmass texture of 1962 scoria is glassy but that of 1988-89 bomb is relatively crystalline. The bubbles in 1962 scoria are mostly rounded in shape and connected each other, showing a porosity of 70.3%, but those in 1988-89 bombs are almost irregular and isolated, a porosity of 38.0%. The compositions of plagioclase phenocryst cores in the 1962 and 1988-89 ejecta range widely from An=92 to An=60. Most of plagioclase phenocrysts in both of ejecta have resorbed texture in the core. The rims in plagioclase phenocrysts in both 1962 and 1988-89 ejecta are reversely zoned, but some plagioclase rims in 1988-89 bomb show two-step reverse zoning. Olivine and titanomagnetite microphenocrysts in 1988-89 bombs are widely ranging in composition. The Cl contents in groundmass glass in 1988-89 bombs were depleted as compared with glass inclusions in phenocrysts, but those in 1962 scoria not depleted. These features suggest that before in both eruptions magma mixing caused by injection of basaltic magma into andesitic magma chamber occurred in common, but in 1962 eruptions since magma ascending velocity was probably fast because of high injection of basaltic magma, degassing was insufficient and explosive eruption was a large-scale. However in 1988-89 eruptions, since magma ascending velocity was slower because of low injection of basaltic magma, sufficient degassing was performed and crystallization was facilitated, resulting in small scale of eruption.

キーワード: 十勝岳, マグマ混合, 噴火様式, マグマ供給系

Keywords: Tokachidake, magma mixing, eruptive styles, magma plumbing system

雌阿寒岳, 中マチネシリ火砕噴火期 の特異な噴火推移とそのマグマ供給系
Characteristic Eruption Sequence and its Magma Plumbing System at the Nakamachi-
neshiri Stage-I in the Me-Akan Volcano

安齋 圭亮^{1*}, 和田 恵治¹
Keisuke Anzai^{1*}, Keiji Wada¹

¹ 北海道教育大学旭川校

¹ Hokkaido University of Education at Asahikawa

Throughout the eruption history of Me-Akan volcano on the Akan caldera, eastern Hokkaido, the largest eruptions occurred about 13000 years ago, which are referred to as Nakamachineshiri eruptive stage-I (Nak-I). Nak-I can be subdivided into two eruption stages. The initial eruptive stage is characterized by pumice-rich pyroclastic flows followed by lava eruptions (Nak-I-E), whereas the following main eruptive stage by continuously eruptive sequence of lava fragment-rich pumice and scoria pyroclastic flows, Plinian pumice and scoria eruption, and pyroclastic flow eruptions (Nak-I-M). This study elaborated multi-stage processes of magma mixing and mingling in the magma plumbing system during Nak-I through mineralogical and petrological analyses of the eruption products. Deposits of Nak-I contain pumice ($\text{SiO}_2=63\text{wt.}\%$), scoria ($\text{SiO}_2=55\text{wt.}\%$) and heterogeneous scoria. The core composition of plagioclase phenocrysts of these scoria and pumice shows a same bimodal distribution of compositions such as low-An plagioclase ($\text{An}=59$) and high-An plagioclase ($\text{An}>70$). This indicates that heterogeneous ejecta were exactly mingling products of both mixed mafic and felsic magmas, which were derived from continuous magma mixing of felsic and mafic end-member magmas in a zoned magma chamber.

キーワード: 雌阿寒岳, 中マチネシリ, 噴火推移, マグマ供給系, 火砕流

Keywords: Me-akan volcano, Nakamachineshiri, eruption sequence, magma plumbing system, pyroclastic flow

北八甲田火山群北部における火山層序とマグマ分化プロセス

Volcanic stratigraphy and magmatic differentiation in the northern Kita-Hakkoda volcanic group

小松 翔^{1*}, 大場 司¹

Sho Komatsu^{1*}, Tsukasa Ohba¹

¹ 秋田大学

¹ Akita Univ.

北八甲田火山群北部, 前嶽, 田茂菰岳, 鳴沢台地において, 踏査により構築した地質層序と採取火山岩の全岩および鉱物化学組成分析結果に基づき, マグマ組成の時間変化と分化プロセスを解明した。本地域に分布する火山岩類を下位から八甲田第2期火砕流堆積物, 寒水沢下部軽石流堆積物, 北八甲田北部玄武岩質安山岩溶岩, 田茂菰岳下部安山岩溶岩, 寒水沢上部軽石流堆積物, 田茂菰岳上部安山岩溶岩, 前嶽溶岩, 鳴沢台地安山岩溶岩, 大崩沢ブロックアンドアッシュフロー堆積物の9ユニットに区分した。層序に従い, マグマ組成の時間変化を検討した。軽石流堆積物は除外した。初期の噴出物は0.4Ma頃の分化したソレライト質玄武岩質安山岩である(北八甲田北部玄武岩質安山岩溶岩)。休止期間(田代平湖成層堆積期)を挟み0.2Ma頃に開始した活動では, 初期に60%SiO₂の安山岩マグマが噴出し(田茂菰岳下部安山岩溶岩, 田茂菰岳上部安山岩溶岩, 前嶽溶岩下部), その後, 低SiO₂のカルクアルカリ玄武岩質安山岩(前嶽溶岩中部)~ソレライト質玄武岩マグマ(前嶽溶岩上部)の活動に推移する。その後60%SiO₂の安山岩マグマの活動に戻る(鳴沢台地安山岩溶岩)。斜長石, 普通輝石, 斜方輝石, かんらん石, 磁鉄鉱が全ての岩石に斑晶鉱物として含まれ, その量比や結晶組織はユニットによって変化する。カルクアルカリ系列安山岩の一部には融食形石英斑晶が含まれる(田茂菰岳上部安山岩溶岩)。ソレライト系列岩の斑晶鉱物には非平衡組織が認められず, 開放系マグマプロセスの痕跡はない。北八甲田火山群のソレライト系列岩の組成変化トレンドは結晶分化トレンドであるとされている。本研究の分析値も同トレンド上に位置することから, 結晶分化作用による組成変化と考えると矛盾はない。カルクアルカリ系列に属する岩石には非平衡鉱物組み合わせが認められ, 開放系マグマプロセスが示唆される。例えば, Mgに富むかんらん石斑晶と融食形石英斑晶の共存や正累帯構造を示す輝石と逆累帯構造を示す輝石の共存が認められる。カルクアルカリ系列の組成変化は, 安山岩(60%SiO₂)とソレライト玄武岩の間で直線的な組成変化を示すことから, 両者の混合が示唆される。層序に従う組成変化は, 混合比が時間とともに変化したためと考えられる。休止期間後の組成変化に着目すると, 初期は珪長質端成分が優勢であり, 最も高SiO₂(60%)の混合マグマが噴出する。その後, 徐々に玄武岩端成分マグマの寄与度が増大し, 塩基性側に向かって組成が変化する。最終的にほぼ純粋な玄武岩質端成分組成に達するが, その後, 高SiO₂(60%)の混合マグマが再び噴出する。

キーワード: 北八甲田火山群, カルクアルカリ系列, マグマ混合

Keywords: Kita Hakkoda Volcanic Group, calc-alkaline series, magma-mixing

岩手県高倉火山列，丸森火山における地質と岩石-ソレイト，カルクアルカリ両系列の成因関係について- Evolutionary Processes of the Coexisted Tholeiitic and Calc-alkaline Magma Series, Marumori volcano, Iwate Prefecture.

土屋 沙垂武^{1*}, 藤縄明彦²

Saabu Tsuchiya^{1*}, Akihiko Fujinawa²

¹ 茨城大・院・理工, ² 茨城大・理

¹Ibaraki university, ²Ibaraki university

はじめに

岩手県高倉火山列は，東北日本の火山密集地域である仙岩地熱地域に位置する，第四紀成層火山列である．本火山列には，北東-南西方向に小高倉，高倉，丸森火山が配列し，この順に活動が推移したと考えられている(照井，2002MS)．高倉火山については，中谷他(2010)により，多様な低アルカリソレイト系列のマグマ供給系とその変遷が検討された．本研究では丸森火山におけるソレイト(TH)，カルクアルカリ(CA)各系列の進化メカニズム及び両系列の成因関係の解明を目的とした．

地質

地形判読，現地調査，岩石学的特徴を加味して丸森火山の地質と層序を明らかにした．本火山噴出物はTH，CA各系列9噴出物ずつに細分できるが，原地形から，すべての溶岩流に対し，単一の噴出中心が推定できる．また，休止期は挟まないが，噴出物の層序と卓越マグマ系列から，TH前期，CA前期，TH後期，CA後期の4期に細分できる．

岩石学的特徴

TH系列の噴出物は例外なく low-K(Gill,1981)である．主成分組成上，一連のトレンドを構成するTH系列は液相濃集元素比で低-LIL/HFSグループと高-LIL/HFSグループに細分でき，前者が $\text{SiO}_2=52-54\text{wt}\%$ ，後者が $\text{SiO}_2=55-60\text{wt}\%$ と組成差が認められる．2グループの噴出物は，同時期に共存する．両グループは互いに異なる液相濃集元素特性を示すが，各グループ内ではおおむねスパイダーグラムの平行性が良い．さらに各グループの噴出物中の斑晶鉱物は，共通して鉱物相毎にユニモダルなコア組成分布を持ち，リムで正累帯構造を示す．

CA系列の噴出物のマフィック側の一部を除き，Gill(1981)の medium-K 安山岩である．全岩の組成変化トレンドは直線的で，TH系列とは明瞭に異なるのは，東北日本那須火山帯に共存するTH,CAの組成変化傾向の一般的特徴と調和する．CA系列に含まれるオートリスの組成はCA溶岩組成よりも SiO_2 に乏しく，シリカ変化図上，ほとんどの元素においてCA系列の描く組成変化トレンドの低 SiO_2 側延長部に点示される．オートリスを含む溶岩は不均質な岩相・岩質を呈す．さらに，オートリスが含まれている溶岩の斜長石コア組成分布はバイモダルであり，An成分に富む粒子には正累帯が，An成分の乏しい粒子は逆累帯がそれぞれ，同一試料内で認められる．更に，非平衡な斜方輝石と単斜輝石の共存も認められる．

TH 系列マグマ供給系

親マグマの異なる2グループのTHが時間・空間的に共存することから，TH質の溜りが2つ同時に存在していたと考えられる．低-LIL/HFSグループのTH系列マグマでは玄武岩組成から次第に分化した組成のマグマを噴出した．高-LIL/HFSグループのTH噴出物はおおむね似かよった組成の安山岩質マグマを噴出し続けた．各グループ内の組成変化を，最小二乗法によるマスバランス計算で検証した．結果は残差 $R^2=0.1$ 以下となり，各グループ内の組成変化メカニズムは斑晶鉱物の結晶分化作用で説明可能である．

CA 系列マグマ供給系

CA系列岩の示す直線的な組成変化トレンドから，2端成分のマグマ混合が示唆される．実際，CA系列岩ではマグマ混合を支持する岩石学的証拠が認められる．それらは例えば，オートリスを多数含む噴出物は，岩石学的に不均質な特徴を有する斜長石コアの組成分布がバイモダルで，正累帯と逆累帯が共存する．1試料内に平衡共存しない輝石が認められる等である．

成因関係

TH系列とCA系列では，液相濃集元素特性が明瞭に異なり，両系列で起源物質が異なることが示唆される．THでは更に起源の異なる2つのマグマ溜りが共存し，両者は SiO_2 でオーバーラップせず，独自に結晶分化作用により進化していく．

SVC53-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 18:15-19:30

CA 系列では、マフィック端成分 (オートリスに類似) とフェルシック端成分 (IM4 におおよそ一致) は、互いに化学特性を異にし、このことから、両端成分では起源物質が異なっていたと考えられる。オートリスのスパイダーグラムのパターンは TH 系列のパターンと類似しており、TH 系列低 LIL/HFS グループのパターンに K_2O を加えることでオートリスのパターンに近づく。オートリスは CA よりも TH と近縁性が高いと言える。丸森火山に共存する TH, CA 両系列は互いに起源を異にし、両系列で互いに独立して組成変化していった。

キーワード: 仙岩地熱地域, ソレライト, カルクアルカリ, 結晶分化作用, マグマ混合

Keywords: Sengan geothermal area, tholeiite, calc-alkali, crystallization differentiation, magma mixing

栗駒山北山腹の東部水蒸気爆発火口群の噴火年代

Radiocarbon age of the phreatic-eruption deposits from the eastern-craters at the northern flank of Kurikoma Volcano

土井 宣夫^{1*}

Nobuo Doi^{1*}

¹ 岩手大学教育学部社会科教育科

¹ Faculty of Education, Iwate University

栗駒山は完新世に山体北山腹で剣岳溶岩とゼツタ沢水蒸気爆発堆積物を噴出した。剣岳溶岩は 7,245 ~ 5,650yBP 間に少なくとも 2 回噴出した。ゼツタ沢水蒸気爆発堆積物の火口は東部、中部、西部の 3 地区とその他の地点に分布し計 47 個が確認されている(土井、2006)が、このうち西部火口群の水蒸気爆発は 7,245 ~ 3,725yBP 間に 4 回あり、その後約 3 千年の噴火休止期を経て 815yBP、120yBP、1944 年に計 3 回噴火している(土井、2012)。

今回、東部火口群のゼツタ沢水蒸気爆発堆積物を検討した結果、少なくとも 6 回の水蒸気爆発による降下火砕堆積物があることが判明した。下位から 1、2 回目の噴火年代は明らかでないが、火山灰の風化が進んでいることからある程度古い年代とみられる。下位から 3 回目(3,710yBP)と 4 回目(2,770yBP)の噴火の後、約 2 千年間の噴火休止期があり、この後歴史時代に 5 回目(730yBP)と 6 回目(145yBP)の噴火がある。

また、東部火口群と西部火口群の水蒸気爆発は類似した噴火史を示し、(1)2,770yBP 以前に 4 回ほど噴火し、(2)その後 2 ~ 3 千年程度休止した後、(3)ともに cal.AD1200 年代に噴火が再開して次に AD1744 年(西部火口群)およびその頃(東部火口群)に噴火している点が注目される。

引用文献: 土井宣夫(2006) 岩手の地学、no.35・36、3-39、土井宣夫(2012) 日本火山学会秋季大会講演予稿集、135。

キーワード: 完新世火山活動, 水蒸気爆発, 放射性炭素年代, 栗駒火山

Keywords: Holocene volcanic activity, phreatic-eruption, radiocarbon age, Kurikoma Volcano

鳥海火山の歴史時代溶岩におけるマグマ混合 - 噴火の時間スケール: かんらん石斑晶の滞留時間による推定

Time scale from mixing to eruption for historical lavas of Chokai volcano: Estimation by olivine residence times

佐藤 昂徳^{1*}, 伴 雅雄², 大場 司³, 林 信太郎⁴

Takanori Sato^{1*}, Masao Ban², Tsukasa Ohba³, Shintaro Hayashi⁴

¹ 山形大・理工, ² 山形大・理, ³ 秋田大・工学資源, ⁴ 秋田大・教育文化

¹Graduate School of Science and Engineering, Yamagata Univ., ²Faculty of Science, Yamagata Univ., ³Faculty of Engineering and Resource Science, Akita Univ., ⁴Faculty of Education and Human Studies, Akita Univ.

鳥海火山は東北日本弧の背弧側に位置する活火山であり、871年から1801年の間に少なくとも3回のマグマ噴火を起こしている。歴史時代のマグマ噴火噴出物については、岩石学的研究によりマグマ混合によって生成されたと考えられている。しかしながら、混合から噴火に至るまでの時間間隔についてはまだ明らかになっていない。今回は、歴史時代溶岩中のかんらん石斑晶のFe-MgおよびNiOの累帯構造に基づいて、時間間隔を推定する。

本研究に用いた試料は、871年から1801年の間に噴出した溶岩である。それらの溶岩は、千蛇谷下部および上部溶岩(AD 871)、荒神ヶ岳下部および上部溶岩、荒神ヶ岳アグルチネート(AD 871-1801の間に噴出したと考えられるが、正確な時期は不明)、新山溶岩ドーム(AD 1801)に分けられる。千蛇谷上部溶岩を除く全ての溶岩は苦鉄質包有物を含んでおり、溶岩と苦鉄質包有物の全岩化学組成は、SiO₂の組成変化図上で一連のトレンドをなす。斑晶組み合わせは全てのサンプルで同様であり、斑晶は苦鉄質マグマ由来のもの(An-rich plg and olv)と珪長質マグマ由来のもの(An-poor plg, opx, cpx, and hbl)に分けられる。母岩、苦鉄質包有物のそれぞれのSiO₂量は、千蛇谷下部溶岩が56-58および51-55%、千蛇谷上部溶岩がおよそ51%、荒神ヶ岳下部溶岩が59-60および52-57%、荒神ヶ岳上部溶岩が62-63および55-58%、荒神ヶ岳アグルチネートが66-69および56-58%、そして新山溶岩ドームが61-62および約54%である。

かんらん石斑晶は半自形を示し、ほとんどの斑晶は周囲に斜方輝石の反応縁を有するが、一部は反応縁を持たないものもある。これらのかんらん石は均質な組成のコアと、正累帯構造を示すリムをもつ。かんらん石のFoはコアで74-79 mol%、リムでは64 mol%である。NiO量はコアで0.02 wt%、リムでは0.002 wt%である。本研究では、マグマ混合後の元素拡散によって上記リムの正累帯構造が形成されたという仮定のもとで、かんらん石斑晶の滞留時間を推定した。

今回はCosta et al. (2008)およびPetry et al. (2004)の方法で求められるFe-Mg、Niの拡散係数を用いた。また、反応縁を持たないかんらん石斑晶について、EPMA分析に基づき累帯構造プロファイルを得、Costa and Chakraborty (2004)の方法によって作成した拡散プロファイルと比較することによって、滞留時間を決定した。得られたかんらん石の滞留時間は、千蛇谷下部溶岩で一ヶ月から一年、千蛇谷上部溶岩で一年から一年半、そして荒神ヶ岳下部溶岩で二ヶ月から八ヶ月である。

キーワード: 鳥海火山, かんらん石, 元素拡散, 滞留時間, マグマ混合

Keywords: Chokai volcano, olivine, diffusion, residence time, magma mixing

高原火山, 富士山における苦鉄質包有物の形成過程

Generation processes of mafic inclusions of Fujiyama volcano in northern part of Takahara volcano, northeast Japan

田島 義之^{1*}, 荒川 洋二², 池端 慶², 金井 啓通¹

Yoshiyuki Tajima^{1*}, ARAKAWA, Yoji², IKEHATA, Kei², KANAI, Hiromichi¹

¹ 筑波大学生命環境科学研究科, ² 筑波大学生命環境系

¹Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

高原火山は栃木県北部, 火山フロント上に位置する第四紀成層火山である。本研究の対象である富士山は, 高原火山北部に形成されたデイサイトからなる溶岩ドームである。高原火山は約 10 万年前に主要な活動を終えたことが推定されていたが(井上ほか, 1994), 富士山に関しては約 6500 年前に形成されたことが新たに示された(奥野ほか, 1997; 高島, 1999)。

苦鉄質包有物が形成される重要な要因の一つとしてマグマ混合が指摘されている(例えば, Eichelberger, 1975; Koyaguchi, 1986)。富士山では苦鉄質包有物の存在が報告されている(池島・青木, 1962)。しかし, 富士山の苦鉄質包有物に関する研究例はなく, その成因などは明らかになっていない。そこで本研究では, 母岩のデイサイト及び包有物の岩石記載, 鉱物及び全岩の化学組成のデータを中心に, これらの包有物の形成及び富士山におけるマグマ混合機構に関して考察を行った。

本研究で採取された苦鉄質包有物は富士山デイサイト($\text{SiO}_2=67.4\text{--}70.4\text{ wt.}\%$)に包有されており, 安山岩組成($\text{SiO}_2=60.7\text{ wt.}\%$)であった。苦鉄質包有物は暗色で径数 cm ~ 数 10 cm, 外形は球形 ~ 楕円形のものがほとんどである。母岩との境界部では, 斑晶が母岩と苦鉄質包有物との双方にまたがって存在していることがある。全ての包有物には気泡が多く含まれる。これらの特徴は他の珪長質火山岩で報告されている苦鉄質包有物と類似し, 包有物が珪長質マグマに取り込まれたときに液体であったことを示唆する(例えば, Heiken and Eichelberger, 1980; Bacon, 1986)。母岩の斑晶は斜長石, 石英, 斜方輝石, 普通角閃石, 鉄チタン酸化物からなり, まれに普通輝石を含む。苦鉄質包有物の斑晶は斜長石, 斜方輝石, 普通輝石, 鉄チタン酸化物からなり, 普通角閃石, 石英を伴うことがある。石基は多くが針状で母岩と比較して粗粒な特徴を示し, 急成長を示唆する(Lofgren, 1980)。

苦鉄質包有物の全岩組成の主要, 微量元素組成は, 富士山デイサイトと, 高原火山において最初期に活動した玄武岩の組成のほぼ中間に位置する。全体的に, 多くの元素組成は, 玄武岩, 苦鉄質包有物, デイサイトで直線的なトレンドを形成する。母岩及び苦鉄質包有物の斜長石斑晶コアの An 組成, 斜方輝石斑晶コアの Mg# は広い組成幅を示す。どちらも低 An(45-65) 斜長石, 低 Mg#(56-62) 斜方輝石と高 An(70-95) 斜長石, 高 Mg#(68-80) 斜方輝石が含まれる。母岩では低 An 斜長石, 低 Mg# 斜方輝石が, 苦鉄質包有物では高 An 斜長石, 高 Mg# 斜方輝石が卓越する。デイサイト中の高 An 斜長石は著しい正累帯構造を示すことがあり, 苦鉄質包有物中の低 An 斜長石, 低 Mg# 斜方輝石には逆累帯構造を示すものが多い。また, Sr 同位体比は苦鉄質包有物の方が母岩と比較してわずかに低い値を示した。これは低い値を持つ玄武岩質マグマとの混合によると考えられる。

以上の結果から, 高原火山の富士山において, 珪長質マグマと苦鉄質マグマの混合が起こっていたことが推定された。珪長質マグマの端成分は母岩である富士山のデイサイト質マグマであったことが考えられ, また苦鉄質マグマの端成分は高原火山最初期噴出物である玄武岩と類似した組成を持つマグマであったことが考えられる。苦鉄質包有物はこれらの端成分マグマの混合で形成された安山岩質マグマが噴出時にデイサイトに取り込まれて形成されたことが示唆される。

キーワード: 高原火山, 富士山溶岩ドーム, 苦鉄質包有物, マグマ混合

Keywords: Takahara volcano, Fujiyama lava dome, Mafic inclusion, Magma mixing

吾妻火山 後カルデラ活動期の地質と岩石-特に吾妻小富士由来の溶岩流について- Geology and Petrology of the Post-caldera Stage Lava flows originated from Azuma-Kofuji cone, East Azuma volcano

尾崎 守^{1*}, 藤縄 明彦²Mamoru Ozaki^{1*}, Akihiko Fujinawa²¹ 茨城大・院・理工, ² 茨城大・理¹Ibaraki Univ., ²Ibaraki Univ.

1. 序論

吾妻火山群は、東北日本弧火山フロント沿いのほぼ中央部に位置する、第四紀成層火山群で、西から西吾妻火山体、中吾妻火山体、東吾妻火山体に大別される。東吾妻火山体のカルデラ内で起こった、完新世最大の噴火によって形成された吾妻小富士の活動は、火砕物の降下と溶岩流出を伴い、約千年間継続した(山元, 2005)。

本研究では、吾妻小富士由来の溶岩流(吾妻小富士溶岩流)を詳細に記載、区分し、その形成史と供給系の変遷を、より高い時間解像度で解明することを目的とした。

2. 地形および地質

溶岩流を、形成ロープの層準、表面微地形の様態の相違から3グループに大別した。さらに、露頭観察を基に17ユニットに区分し、被覆関係を明らかにした。最下位のグループ1は6ユニット(A11-6)、グループ2は6ユニット(Am1-6)、最上位のグループ3は5ユニット(Ah1-5)から成ることが判った。各露頭単位では均質な岩相を呈するものがほとんどで、グループ2の吾妻小富士中部第五溶岩(Am5)のみ、例外的にミングリング構造が認められた。

溶岩の噴出総量はグループ1で $2\text{--}3 \times 10^{-1} \text{DRE km}^3$ 、グループ2で $1.5 \times 10^{-1} \text{DRE km}^3$ 、グループ3で $1 \times 10^{-2} \text{DRE km}^3$ と見積もられ、グループ1から3へと減少したことが判る。

3. 岩石学的特徴

本溶岩流は、全体としてハーカー図上で直線状のトレンドを形成する。グループ1に属する6ユニット中4つ(A11-3, A15)は、 $\text{SiO}_2 = 59\text{--}61 \text{wt.}\%$ (1A)と $62\text{--}63 \text{wt.}\%$ (1D)の二領域にプロットされ、同一ユニットの露頭地点間に最大約5wt.%の組成差が認められる。1Aが前記トレンドの最も苦鉄質側、1Dが最も珪長質側に相当する。A14, 6は全体が1Aの組成を有する。グループ2の前期3ユニット(Am1-3)と後期3ユニット(Am4-6)では、ユニット内での組成差の程度が異なり、後期ユニット中で有意に大きい。グループ3は噴出物全体を通じ、均質である。

岩石記載上も、全岩組成と調和的な特徴が認められる。グループ1の1Aは1Dに比べ有色鉱物、とりわけ、かんらん石に富む。最大0.9mm程度で自形～半自形の斑晶が必ず含まれる。1Dには小型で融食形のかんらん石が稀に含まれるのみである。グループ2の各ユニットには、僅かながらかんらん石が普遍的に含まれる。前、後期でかんらん石を比較すると、後期3ユニット中に見られる斑晶の方がより大きく、自形性が強い。グループ3噴出物中には共通して、融食された最大0.3mm程度の結晶がわずかに見られる。

Am5で認められたミングリング組織部に関し、岩石記載とSEM-EDSによる石基化学組成分析を行った結果、暗灰色部が明灰色部よりもガラス質で、 SiO_2 に富むことが判った。

4. 吾妻小富士溶岩流をもたらしたマグマ供給系

以上の事実より、本溶岩流は、グループ1の苦鉄質部(1A)に相当するマグマと、同じく珪長質部(1D)に相当するマグマを、2端成分とするマグマ混合により、一連のマグマが導かれたと考えられる。グループ2後期ユニット中に認められたミングリング組織や、自形性の強いかんらん石の存在は、この時期に苦鉄質マグマの混入があったことを強く示唆する。よって、噴火変遷およびマグマ供給系の変遷は以下のようにまとめられる。

ステージ(グループ)1; 安山岩質(1A)とデイサイト質(1D)の不均質なマグマの噴出

ステージ(グループ)2 前期; ステージ1活動後、均質化したマグマに由来する

ステージ(グループ)2 後期; 苦鉄質マグマの混入により、不均質化したマグマが噴出

ステージ(グループ)3; 再均質化したマグマの噴出

キーワード: 吾妻火山, 溶岩流, マグマ混合, カルクアルカリ

Keywords: Azuma volcano, lava flow, magma mixing, calc-alkaline

草津白根火山殺生溶岩における斜長石斑晶の粒径分布と化学組成累帯構造 Crystal size distribution of plagioclase phenocryst of the Sessho lava of the Kusatsu Shirane volcano

押尾 和喜^{1*}, 上木 賢太², 乾 睦子¹, 野上 健治²
Kazuki Oshio^{1*}, Kenta Ueki², Mutsuko Inui¹, Kenji Nogami²

¹ 国土館大学理工学部, ² 東京工業大学火山流体研究センター

¹Kokushikan University, ²Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

草津白根火山は水蒸気爆発や硫化水素の放出を中心に、現在でも活発な活動を続ける活火山である。湯釜火口周辺での水蒸気爆発を想定して観測やハザードマップの作成が行われている(上木・寺田, 2012)。しかし、約3000年前には本白根火口から殺生溶岩や石津溶岩など合計0.9km³に及ぶ大量の安山岩の溶岩の流出を伴う噴火が起きていることが分かっており、草津白根山の安山岩質マグマの生成、噴火プロセスや噴火の時間スケールを明らかにすることは重要である。

安山岩溶岩に斑晶として含まれる斜長石の形態や組成は、その結晶化の際の過冷却度やマグマの含水量に敏感であるため(鈴木, 2006 など)、斜長石の形態や組成を解析することでマグマの冷却・上昇プロセスを制約することができる。本研究では、草津白根山の約3000年前の大噴火において流出した溶岩中の斜長石の粒径と化学組成から、安山岩マグマの冷却や噴出プロセスを制約した。

宇都ら(1982)によると、殺生溶岩は約3000年前に本白根火砕丘付近から噴出しを東側に流下した溶岩で北部と南部に分岐しており、最長4.8km、最大幅0.9kmである。本研究では5ヶ所の異なる地点から試料を採取し、EPMAを用いた化学分析を行なった。さらに、斜長石の長軸と短軸の長さを計測し、サンプル毎に斜長石の粒径分布を求めた。

殺生溶岩を校正する安山岩は、斑晶として斜長石、単斜輝石、斜方輝石、磁鉄鉱を含み、希にかんらん石を含む。石基はガラス質である。斑晶の斜長石は、長軸の長さが0.04mm-0.5mmのものが主要である。サンプル採取位置によって、粗粒な結晶が多いサンプルと細粒の斜長石結晶が多いサンプルが確認できた。斜長石斑晶は、長軸が短いものほどアスペクト比の大きい針のように細長い形で存在している。逆に、長軸が長いものほどアスペクト比の小さい四角形に近い形態を示す。

EPMAで斜長石斑晶の組成を分析した結果、斜長石のコア組成はAn#が55から84と幅広い組成を示し、正累帯構造と逆累帯構造の両方が観察された。また、一部のサンプルで発見されたかんらん石は高いMg#(83)を示し、母岩の安山岩質マグマとは非平衡な組成である。非平衡なかんらん石は、草津白根山の安山岩マグマの生成に、玄武岩質マグマの混合プロセスの寄与があった可能性を示唆している。かんらん石はMg#が高く、草津白根山ではマントルから初生的な玄武岩質マグマが供給されていることが示唆される。

本研究の結果、一枚の連続的な溶岩流内でも斜長石の結晶サイズや形態にバリエーションが存在することが分かった。アスペクト比が大きく粒径の小さい斜長石はマグマが過冷却状態に置かれ急速に結晶化したと考えられる一方、アスペクト比が小さく粒径の大きい斜長石は比較的ゆっくりとした冷却速度で成長したと考えられる。マグマだまりで生成されたと考えられる正方形に近く大きな斜長石はいくつかの異なる組成や累帯構造を持ち、斜長石の結晶化と成長の時点で、マグマ溜まりに大幅な組成や温度などの不均質が存在したことを示唆する。過冷却度が高い状態で結晶化したと考えられる細粒斜長石を多く含むサンプルは、浅所の岩脈などでの脱ガスと冷却による結晶化を経験した噴出イベント初期の噴出物であり、細粒斜長石の少ないサンプルは溶岩流の噴出イベントの中期から後期にマグマだまりから直接上昇した部分を表している可能性がある。

キーワード: 溶岩, 結晶サイズ分布, 噴火, 安山岩, 活火山

Keywords: Lava flow, Crystal size distribution, Eruption, Andesite, Active volcano

茨城県北部、瓜連丘陵に分布する粟河軽石層の給源と年代 The source and age of the Awakawa Pumice Bed in Urizura Hills, Ibaraki Prefecture

菊地 瑛彦^{1*}, 長谷川 健¹
Akihiko Kikuchi^{1*}, Takeshi Hasegawa¹

¹ 茨城大学理学部

¹ College of Science, Ibaraki University

茨城県北部、那珂川中流域には、粟河軽石層（以下、AWP）が分布する。AWPは、瓜連丘陵の最上位を構成し、給源不明の火山性二次堆積物とされる（坂本・宇野沢, 1976）。那珂川上流域には、那須火山群や高原火山が分布する。これらの火山を発生源とした場合、AWPは約80km～90km以上を流下したことになる。AWPの給源および年代を解明することは、給源火山や瓜連丘陵の発達史の解明だけでなく、那珂川流域の防災にも貢献できる。本研究では、AWPの給源および年代を、地質学および岩石学的に解明することを目的とする。

AWPは、下位の所貫礫層を削り込んで覆う、層厚約5mの、塊状で淘汰の悪い含角礫軽石層である。均一な堆積構造を保持する火山砕屑岩岩塊相と、円礫・軽石・安山岩質角礫を雑多に含む基質相からなる。岩塊相の最大粒径は、6mである。AWPはこれらの堆積構造から、岩屑なだれ堆積物と考えられる。

より上流の栃木県馬頭には、層厚1mほどの礫層を挟み、余笹川岩屑なだれ堆積物（下位、YDA）および黒礫岩屑なだれ堆積物（上位、KDA）が分布する（山元, 2006）。両者とも、塊状で淘汰の悪い含角礫軽石層で、火山砕屑岩岩塊相と基質相からなる。両者の最大層厚はどちらも5m、含まれる岩塊相の最大粒径はどちらも1mである。さらに上流の黒羽でも、両者の関係が確認できる。YDAは、最大層厚5mで、ジグソークラックが認められる安山岩質岩塊相・火山砕屑岩岩塊相・基質相からなり、含まれる岩塊相の最大粒径は10m（安山岩質岩塊相）である。KDAは、最大層厚4mで、火山砕屑岩岩塊相と基質相からなり、含まれる岩塊相の最大粒径は3mである。また、YDA下位には、軽石質砂礫層が堆積する。

本研究では、各岩屑なだれ堆積物に含まれる安山岩の岩石学的特徴を決定し、対比の手掛かりとした。AWPから粒径10cm以上、黒羽のYDAおよびKDAの基質相から粒径20cm以上の安山岩質角礫を無作為に約20個ずつ採集した（YDAからは、安山岩質岩塊相からも採集）。AWPから採集したサンプルは、輝石安山岩～デイサイトがほとんどで、1試料は石英含有輝石安山岩である。YDAから採集したサンプルは、輝石安山岩～デイサイトが大部分で、2試料は石英含有輝石安山岩、1試料は石英含有カンラン石安山岩である。KDAから採集したサンプルは、輝石玄武岩質安山岩～安山岩がほとんどで、1試料はカンラン石玄武岩質安山岩である。また、全岩主化学組成においては、YDAから採集した大半のサンプルは、SiO₂量58～63wt.%, FeO*/MgOが1.7～2.1の範囲で、AWPから採集したサンプルと組成領域が一致する。一方で、KDAから採集したサンプルは、SiO₂量が59～60wt.%, FeO*/MgOが1.9～2.0の範囲で、一部AWPから採集したサンプルと組成領域が重なるが、その数は3、4サンプルである。

また、YDA下位の軽石質砂礫層の軽石と、高原火山起源の金崎火砕流（KN-pfl）中の軽石は、鉱物組み合わせ、および火山ガラス組成が一致する。

AWPとYDA、KDAの対比を行った。既報の研究をレビューすると、岩屑なだれは、規模が大きいほど流走距離が長くなる傾向がある。また、含まれる岩塊相の最大粒径が大きいほど、岩屑なだれの規模は大きい傾向がある。黒羽と馬頭においては、岩塊相の最大粒径は、YDAが、KDAと等しいもしくはKDAよりも大きい。このことから、黒羽より下流においては、YDAの流走距離は、KDAより大きかったと考えられる。瓜連丘陵には、AWPの上下に岩屑なだれ堆積物は見られないことから、AWPはより流走距離が大きかったYDAに対比できる可能性が高い。また、含まれる安山岩の岩石学的特徴がよく一致することも、この結果を支持する。YDAの給源是那須火山群とされることから、AWPの給源是那須火山群と言える。AWPの給源を那須火山群とし、崩壊高を2,500m、流走距離を那須火山群からAWP模式地までの直線距離（90km）と仮定した場合、岩屑なだれの流動性の大きさを表すH/L値は0.03である。

堆積年代に関しては、黒羽のYDA下位の軽石質砂礫層中の軽石とKN-pflの軽石の鉱物組み合わせおよび火山ガラス組成が一致することから、AWPが流下した年代は、KN-pflの噴出した年代である0.64 ± 0.09Ma（杉原ほか, 2008）よりも新しいといえる。

キーワード: 岩屑なだれ, 那珂川, 那須火山群, 岩石学的特徴

Keywords: Debris avalanche deposits, Naka River, Nasu Volcanic Group, Petrological features

真鶴町で掘削されたボーリングコアに基づく火山層序の再検討

Reexamination of the volcanic sequence based on the borehole core excavated in Manazuru-cho, SE Japan

高須賀 俊文^{1*}, 山下浩之², 萬年一剛³, 藤本光一郎¹

Toshifumi TAKASUKA^{1*}, YAMASHITA, Hiroyuki², MANNEN, Kazutaka³, FUJIMOTO, Koichiro¹

¹ 東京学芸大学, ² 神奈川県立生命の星・地球博物館, ³ 神奈川県温泉地学研究所

¹Tokyo Gakugei University, ²Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, ³Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

箱根火山南東部はおよそ13~23万年前にいくつかの単成火山が活動し形成されたと考えられている。この地域は、露頭調査によって溶岩類の全岩化学組成や層序が研究されているが、ボーリング試料などで深度方向に連続的に調べた研究があまりないため、正確な層序や溶岩流の分布は分かっていない。そこで、本研究では真鶴町岩706番地で掘削されたボーリング試料、真鶴町海岸線の露頭の岩石の記載、全岩主化学組成分析を行い、火山噴出物のユニット区分を行った。

方法は肉眼観察、偏光顕微鏡での薄片観察、XRDによる鉱物組み合わせ、XRFによる全岩化学組成分析を行い、長井・高橋(2007)の岩溶岩・根府川溶岩・江之浦溶岩グループの分析結果との比較を行った。

偏光顕微鏡による薄片観察の結果からコア中の溶岩は無斑晶質安山岩であることが分かった。そしてどの薄片にも斜長石、CPX、OPX、不透明鉱物が確認できた。XRDによる鉱物組み合わせでは主に斜長石、クリストバル石、トリディマイト、CPX、OPX、が確認された。XRFによる全岩化学組成分析では以下の結果となった。長井・高橋が箱根火山外輪山の全岩主化学組成についてまとめており、その結果と比較を行った。深度2.6~13.2mではTiO₂、Fe₂O₃、MnO、P₂O₅に富み、Al₂O₃、K₂Oに乏しい。深度35.2~44.6mではTiO₂、Fe₂O₃、MnO、P₂O₅に富み、Al₂O₃に乏しい。深度54.7~70mではTiO₂、Fe₂O₃、MnO、K₂O、P₂O₅に富み、Al₂O₃に乏しいという特徴がみられた。

コア中に3枚の溶岩が確認でき、溶岩流を伴う噴火が3回あったことがわかった。そして、岩相の違いから上二つが同じ溶岩グループであり、三枚目は異なると考えられた。先行研究との比較により、上部の2枚の安山岩が岩溶岩グループ、最下部の3枚目の安山岩が根府川溶岩グループであると結論づけた。

キーワード: 箱根火山, 溶岩

Keywords: hakone volcano, lava

全岩組成・メルト包有物分析、高圧実験により推測する三宅島火山大船戸期・坪田期のマグマ供給系

Magma plumbing system Ofunato and Tsubota stage in Miyakejima volcano based on high-pressure experiments and melt inclusions

潮田 雅司^{1*}, 高橋 栄一¹, 鈴木 敏弘², 浜田 盛久¹

Masashi Ushioda^{1*}, Eiichi Takahashi¹, Toshihiro Suzuki², Morihisa Hamada¹

¹ 東工大・地惑, ²IFREE, JAMSTEC

¹Earth and Planetary Sci., Tokyo Tech, ²IFREE, JAMSTEC

Miyakejima is an active tholeiitic volcanic island located at about 200 km south of Tokyo in Izu-Mariana arc. Miyakejima is a typical volcano in immature arc crust. For the last 10,000 years of Miyakejima volcano, geologic studies (e.g. Tsukui and Suzuki, 1998), petrologic studies (e.g. Niihori et al., 2003) and geochemical studies (e.g. Yokoyama et al., 2003) were extensively carried out. Tsukui et al. (2001) divided the volcanic activity of the last 10,000 years into four stages: 10-7ka (Ofunato Stage), 4-2.5ka (Tsubota Stage), 2.5ka to AD1154 (Oyama Stage) since AD1469 (Shinmio Stage). Niihori et al. (2003) said products of the Ofunato Stage were basalts and they were relatively primitive. On the other hand, products in Tsubota Stage were andesites and those in the latter two stages were mixed products of basalt and andesite. Precise knowledge of depth, temperature, water content and fO₂ of magma chamber are essentially important in discussing evolution of magma plumbing system. The purpose of this study is to investigate the evolution of the magma plumbing system in Miyakejima in the last 10ka based on high-pressure experiments and petrology. We show that a simple system in the Ofunato Stage developed into a complex one and this accounts for the change in chemical and petrological features in the subsequent stages of Miyakejima volcano.

To understand the evolution of the magma plumbing system, first we studied the magma chamber in Ofunato Stage by high-pressure experiments. Experiments were performed at 1.0, 1.5, 2.0, 2.5kbar with various H₂O content using IHPVs (SMC-2000 and SMC-5000) at the Magma Factory, Tokyo Tech. Based on the experimental results and petrology of products in Ofunato Stage, magma chamber in Ofunato Stage was reconstructed. The magma chamber was located at 5~6km depth (~1.5kbar) and water-rich (~3wt.%) basalt magma crystallized olivine and calcic plagioclase (which is the typical phenocryst assemblage throughout Ofunato Stage). Volatile content (H₂O, CO₂, S and Cl) of melt inclusions were analyzed by FTIR and EPMA. Maximum H₂O and CO₂ content of a melt inclusion in olivine are 3.3wt.% and 160wt.ppm, respectively. The gas saturation pressure of magma indicates that the pressure of magma chamber in Ofunato Stage should be at least ~1.5kbar.

Whole rock compositions in pre-Ofunato, Ofunato and Tsubota stage, some of which were new data, were analyzed by XRF. A series of crystallization trends were calculated using MELTS program (Ghiorso and Sack, 1995), and it is found that andesites erupted in Tsubota Stage can be formed by fractional crystallization of OFS basalt at pressure less than 1.5kbar which corresponds with that of shallow level chamber in the two-layered magma chamber after Shinmio stage (e.g. Amma-Miyasaka and Nakagawa, 2003, 2005; Saito et al. 2005, 2010). Postulated water content in magma (~0.6 wt.%; water-saturated pressure of basalt for this water content is less than 1.0kbar), however, is much lower than in Ofunato Stage (~3 wt.%). Accordingly, it is suggested that magma chamber has been significantly degassed in the shallow level chamber (0.6 wt.% H₂O in magma) during the dormant period (4~7kyBP).

キーワード: 三宅島, マグマ供給系, マグマ溜まり, 高圧実験, メルト包有物

Keywords: Miyakejima, Magma plumbing system, Magma chamber, High-pressure experiments, Melt inclusions

阿蘇根子岳火山に分布する火山噴出物の K-Ar 年代 - 同一カルデラ内における異なるマグマシステム -

K-Ar ages of volcanic rocks from Nekodake volcano in Aso, Kyushu, Japan -different magma systems within a caldera-

新村 太郎^{1*}, 角野浩史², 上田恭裕³, 森 康⁴, 三好雅也⁵, 長尾敬介², 長谷中利昭⁶, 荒川洋二⁷

Taro Shinmura^{1*}, Hirochika Sumino², Yasuhiro Ueda³, Yasushi Mori⁴, Masaya Miyoshi⁵, Keisuke Nagao², Hasenaka Toshiaki⁶, Yoji Arakawa⁷

¹ 熊本学園大学経済学部, ² 東京大学地殻化学実験施設, ³ 三菱商事石油開発株式会社, ⁴ 北九州市立自然史・歴史博物館, ⁵ 福井大学教育地域科学部, ⁶ 熊本大学大学院自然科学研究科, ⁷ 筑波大学大学院生命環境科学研究科

¹Fac. Econ., Kumamoto Gakuen Univ., ²GCRC, The Univ. Tokyo, ³Mitsubishi Corporation Exploration Co., Ltd., ⁴Kitakyushu Mus. Nat. Hist. & Hum. Hist., ⁵Fac. Edu. & Regional Studies, Univ. Fukui, ⁶Grad. Sch. Sci. & Tech., Kumamoto Univ., ⁷Grad. Sch. Life & Environmen. Sci., Univ. of Tsukuba

中部九州に位置する阿蘇火山は、27 万年前から 9 万年前の間に 4 回の巨大なカルデラ噴火をした。現在のカルデラ内にある火山は、最後のカルデラ噴火の後の後カルデラ期に活動した複数の噴出口をもつ火山の集合体（中央火口丘群）であり、根子岳火山はその東端に位置する。根子岳以外の中央火口丘群を形成する火山に関して、詳細な噴出年代が Miyoshi *et al.* (2012) によって報告されている。

位置と地形から根子岳火山は中央火口丘群の一部と考えられていが、小野ほか（1982）は、根子岳火山は中央火口丘群ではなく、カルデラ期以前に活動した火山の噴出物で構成される先阿蘇火山岩類（現在では主として外輪山に分布）の一部であると報告した。その根拠は、1) 分布する火山岩の化学組成が中央火口丘群の火山とは異なり先阿蘇火山岩類に近いこと、2) 層序的に Aso-3 火砕流より下位であること、3) 得られた K-Ar 年代が Aso-1 より古い 59 ± 22 万年前であること等である。その後、板谷・長尾（1988）は根子岳に分布する輝石安山岩から K-Ar 年代として 15 ± 6 万年および 14 ± 4 万年前というデータを得て、これは Aso-3 より古いということと矛盾しないと報告したが、これらは先阿蘇火山岩類の年代よりずっと若い。さらに、松本ほか（1992）は根子岳の火山岩試料の K-Ar 年代測定を同位体分別補正法によって行い、11-8 万年前という年代を報告した。この年代値は Aso-3 より古いという火山層序による解釈と矛盾するが、その原因を火山層序が地形から類推されているために不確かを含むと指摘し、年代データが正しいことを示唆した。また、新村ほか（2011）は根子岳の火山岩の Sr および Nd 同位体比および全岩化学組成が、中央火口丘群とカルデラ形成期および間カルデラ期の火山噴出物と異なり、基盤岩の一つである花崗閃緑岩と先阿蘇火山岩に関連が考えられることを報告した。上田ほか（2011）は、同様に化学組成の傾向の違いと、さらに根子岳に分布する火山岩の多様性を報告した。

以上のように根子岳火山の火山層序は依然不明であり、年代については様々な報告があるがデータは一致していない。阿蘇カルデラ内部で、異なる地球化学的特徴をもつ根子岳火山が、他の火山活動とどのような時間関係にあるかを明らかにすることは、カルデラ直下のマグマ活動に制約条件を与える上で重要である。根子岳火山では層序が確立されていないため、岩石学的特徴や位置関係にできるだけバリエーションがあるように火山岩試料を採取して、K-Ar 年代の測定を試みた。アルゴン同位体比の測定は、東京大学地殻化学実験施設設置の希ガス質量分析装置 MS-IV (VG-5400 を改良) を使用した。試料の放射性起源 ^{40}Ar の含有量は感度法を用いて決めた。試料に含まれる未知の ^{40}Ar 濃度を、測定した $^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 比に同位体分別補正（高岡ほか, 1989）を行って算出した。再現性の確認のために各岩石試料に対して 2 つの測定試料を作成し、それぞれについて Ar 同位体比を測定した。

その結果そのうちの 9 試料について以下のように年代値を得ることができた。

61 ± 27 , 62 ± 39 , 64 ± 6 , 69 ± 6 , 72 ± 65 , 81 ± 39 , 82 ± 7 , 87 ± 70 , 117 ± 94 ka（それぞれ 2 つの測定データの加重平均）

特に 3 試料においては、誤差が 1 年以下という精度の高い年代値である。8 試料の年代の中央値はほぼ 9-6 万年であり、これまで報告されたどの年代よりも若い。根子岳火山は、後カルデラ期に相当する中央火口丘群と同じ時期に活動を行っていたことが判明した。すなわち、後カルデラ期において、同一カルデラ内で、大きく異なる地球化学的特徴をもったマグマ活動が存在していたことになる。根子岳火山では火山層序が確立されていないため、今回測定した年代値が根子岳火山の活動のすべてを代表するとは言い切れない。今後火山体の構造や噴出物の層序を明らかにすることによって、根子岳火山の活動時期についてより明確にする必要がある。

キーワード: 根子岳, カリウム - アルゴン年代測定, 感度法, 阿蘇, 後カルデラ火山活動, 中央火口丘群

Keywords: Nekodake, K-Ar age dating, unspiked method, Aso, post-caldera volcanism, central cones

テフラ層序からみた南千島における完新世の火山活動の評価 Evaluation of Holocene eruptive activity in South Kurile, inferred from Age, Source, and Distribution of tephra

松本 亜希子^{1*}, ナディア・ラディガエバ², 中川 光弘¹
Akiko Matsumoto^{1*}, RAZZHIGAEVA, Nadezda G.², Mitsuhiro Nakagawa¹

¹ 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門, ² ロシア科学アカデミー極東支部太平洋地理学研究所

¹Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Pacific Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

千島弧は世界屈指の島弧火山活動場であり、北海道東部からカムチャツカ半島にわたる数多くの島々からなる。しかしながら、そのような高レベルの火山活動場であるにも関わらず、その活動履歴は明らかになっていなかった。最近、北海道東部および中～北千島列島において、幾つかの系統的な地質調査が行なわれ、千島弧の完新世の火山活動履歴が明らかになってきた(岸本ほか, 2009; 長谷川ほか, 2009; 中川ほか, 2009)。しかし、千島弧全体の火山活動を評価するためには、南千島の活動履歴も明らかにする必要がある。今回我々は、南千島(国後島・色丹島・歯舞諸島)を調査する貴重な機会を得た。本発表では、地質調査に加えテフラの岩石学的特徴と土壌の放射性炭素年代より、南千島の完新世のテフラ層序を明らかにしたので報告する。また、その結果を基に南千島における完新世の火山活動の評価を試みる。

今回の解析の結果、我々は22枚のテフラ層を認識した。そのうち次の5枚のみが南千島の火山に由来すると判断される: メンデレーエフ火山(2500年前)、爺ヶ岳火山(1420年前, 西暦1973年)、給源不明テフラ2層(9230年前および11190年前)。いずれもローカルに分布しており、小規模噴火であったと考えられる。南千島で認められる完新世テフラの大部分は北海道の火山由来であった: 北海道東部(千島弧)、摩周火山および羅臼岳火山; 北海道南西部(東北日本弧)、樽前火山と北海道駒ヶ岳火山。従って、南千島における完新世の火山活動は、北海道東部に比べると明らかに小さかったといえる。噴火年代と規模に着目すると、12-8千年前に摩周火山でカルデラ形成噴火が2度繰り返されたことがわかる。今回の調査ではこの時期の南千島での大規模噴火の証拠は得られなかったが、10千年前に択捉島エルヴィナーヤ・パスト火山においてカルデラ形成噴火があったと報告されている(Braitseva et al., 1995)。これらのことから、千島弧南部全体では、約12-8千年前は火山活動が非常に活発な時期であり、カルデラ形成噴火が繰り返されたと考えられる。しかしながら、その後現在まで、噴火規模は小さくなっている。北海道東部では比較的大規模な珪長質マグマ噴火が千年単位の間隔で繰り返されてきた。一方、南千島においては小規模な珪長質マグマ噴火が3回起きたのみである。従来の研究により、西暦1812年まで爺ヶ岳火山の山頂中央火口において溶岩噴出があったと報告されていることを踏まえると(Nakagawa et al., 2002)、8千年前以降、南千島では苦鉄質マグマによる穏やかな活動が主体であったと考えられる。

キーワード: テフラ層序, 南千島, 完新世の火山活動, 北海道東部

Keywords: tephrostratigraphy, South Kurile Islands, Holocene eruptive activity, eastern Hokkaido

下部地殻溶融により生成するマグマの量, 組成, および生成時間スケール Amount, composition, and generation timescale of magma produced by melting of lower crust

金子 克哉^{1*}
Katsuya Kaneko^{1*}

¹ 京大人環
¹HES, Kyoto Univ.

はじめに 大陸地殻における火山弧やホットスポットでは, 大量の珪長質マグマ活動をはじめとした多様な火成活動が起こる。これらマグマの生成過程に関して, 幅広い組成の多くのマグマが, 地殻の溶融により生成している可能性がある。本研究では, 上記マグマの生成過程の物理的な合理性を検討するため, 地殻中に高温苦鉄質マグマが繰り返し貫入し, 地殻溶融を起こす場合の, マグマ生成量, マグマ組成, 生成時間スケールに関して, 一次元の物理モデルによる検討を行った。

モデルおよび初期条件 地殻溶融過程の一次元物理モデルとして, Koyaguchi and Kaneko (2000) を用いた。地殻中に高温マグマが貫入した場合, 高温マグマを熱源として地殻溶融が起こる (Fig.1)。熱の移動は, 高温マグマの熱対流により上方向に大きく, 上方の地殻は, 臨界メルト分率 (固液混合相全体として対流が開始するメルト分率; 0.5~0.7) 以上の高い部分溶融度まで溶融し (この部分を以降「高部分溶融領域」と呼ぶ), メルトと結晶の混合物は全体として対流し, さらに上方地殻を溶融して, 地殻溶融が急速に進行する (~100 年)。高部分溶融領域の上には, ソリダス以上の温度を持つが, 臨界メルト分率に達しておらず対流を行わない低部分溶融領域がある (Fig.1)。時間とともに, 熱源となった高温マグマ, およびその上の高部分溶融領域マグマは, 自身が冷却結晶化していくため, やがて臨界メルト分率に達して, 対流が停止する。この状態になると, 系全体は, 熱移動が熱伝導により支配され, 時間的な変化がゆっくり進むステージ (>1 万年) に移行する。このステージにあっても, 高部分溶融領域では, 長時間にわたり, 臨界メルト分率付近のメルト分率が維持される。

モデル計算においては, 繰り返し高温マグマが貫入し, その度に上記の溶融結晶化過程が繰り返される。高温マグマは, 繰り返し同一場所に貫入するとした。また, 溶融による固液分離は起こらないことを仮定した。さらに, 地殻溶融過程に影響を与える可能性のある水が, 貫入する高温マグマに含まれる場合についても考察した。含水高温マグマが冷却結晶化すると, 水に飽和し, 水を地殻に供給する。水の移動に関しては, 過飽和分の水が自由水として分離上昇し, 水に不飽和な領域で吸収されるとした。

計算では, 貫入する高温マグマを貫入初期温度を 1250 °C の玄武岩質マグマとし, 貫入を受ける地殻を 1 GPa における 2 %の水を含むハンレイ岩とする。また, 臨海メルト分率を 0.5 と仮定する。パラメータとして, 高温貫入高温マグマの含水量 (2-12 wt.%), 貫入率 (2-30 m/ky), 一回の貫入における厚さ (10-800m), 貫入を受ける地殻の温度 (500-700 °C) の 4 つを変化させて計算を行った。

計算結果および解釈 以下では, 高部分および低部分溶融領域中のメルトは, それぞれ苦鉄質および珪長質メルトであるとする。計算結果の重要な点は以下にまとめられる。

(1) 地殻溶融により生成されるマグマの総生産量は, 高温マグマの貫入率が大きいほど, 地殻の初期温度が高いほど増大する。

(2) 高温マグマ貫入率が 20 m/ky 以上ならば, 数万年間で 10km × 10km の溶融領域で数 10km³ の溶融マグマが生産される。

(2) 地殻の初期温度が高いほど, また, 高温マグマの一回の貫入厚が薄いほど, マグマの総生産量に占める珪長質マグマの割合が増大する。

(3) 高温マグマの含水量は地殻溶融に関して大きな影響を与えないが, 含水量が増えるほど, 地殻溶融マグマの総量が増大し, 珪長質マグマの割合が減少する傾向がある。

モデルの計算結果は, 地殻溶融マグマの生成量, 組成, 時間スケールに様々な示唆を与える。例えば, まとまった量の地殻溶融マグマの生産が数万年であるという結果 (2) は, 天然のカルデラ火山の大規模珪長質噴火が, 数万年の間隔をおいて起こるという事実と整合的である。また, 火山は, 珪長質マグマの活動を主体とする火山, 苦鉄質マグマの活動を主体とする火山など様々な個性を持つが, それらの個性は, 溶融領域の地殻温度や熱源となる高温マグマの貫入率により支配されているのかもしれない。今後は, 天然の火山の岩石学的データを基にしたモデルの検証が必要である。

キーワード: マグマ, 地殻溶融, 大規模珪長質活動, 一次元物理モデル, 苦鉄質マグマ含水量

Keywords: magma, crustal melting, large scale silicic magmatism, one dimensional physical model, water content of mafic magma