

口頭講演 | S1/R6 合同セッション：火成作用の物質科学/深成岩・火山岩・サブダクションファクトリー

■ 2022年9月18日(日) 9:00 ~ 12:15 | 会場 B351 総合教育研究棟 B棟3F

S1/R6 合同セッション：火成作用の物質科学/深成岩・火山岩・サブダクションファクトリー

座長: 亀井 淳志(島根大学)、川本 竜彦(静岡大学)、浜田 盛久(海洋研究開発機構)、伴 雅雄(山形大学)

[座長]

伴 雅雄: S1R6-01~S1R6-03

川本竜彦: S1R6-04~S1R6-06

浜田盛久: S1R6-08~S1R6-10

亀井淳志: S1R6-11~S1R6-13

9:00 ~ 9:15

[S1R6-01] 白亜紀花崗岩類の年代から見る九州と他地域との関係

*堤之恭¹、谷 健一郎¹ (1. 国立科学博物館地学研究部)

9:15 ~ 9:30

[S1R6-02] 山口県下関市北西部，山陽帯津波敷閃緑岩のマグマ過程と組成的特徴

*大和田 正明¹、松本 理子²、亀井 淳志³ (1. 山口大学・院創成、2. 下関市立菊川中学校、3. 島根大学・院環境)

9:30 ~ 9:45

[S1R6-03] 隠岐島後および北部九州の黒曜石の原産地推定研究

*亀井 淳志¹、飯岡 尚子²、隅田 祥光³、内藤 貴太⁴ (1. 島根大学・総合理工、2. 日本地研株式会社、3. 長崎大学・教育、4. 千葉大学・院理学)

9:45 ~ 10:00

[S1R6-04] 過冷却条件における流紋岩質メルトの結晶化実験

*菅原 維¹、吉村 俊平¹ (1. 北海道大・院理)

10:00 ~ 10:15

[S1R6-05] 鬼界海底カルデラにおけるアカホヤ噴火以降のマグマ供給系進化

*浜田 盛久¹、羽生 毅¹、マッキントッシュ アイオナ¹、テハダ マリアルイザ¹、常 青¹、宮崎 隆¹、上木 賢太¹、ヴァグラロフ ボグダン¹、佐藤 智紀¹、木村 純一¹、田中 聡¹、金子 克哉²、清杉 孝司²、中岡 礼奈²、西村 公宏² (1. JAMSTEC、2. 神戸大)

10:15 ~ 10:30

[S1R6-06] 桜島火山から噴出する火山灰を構成する斜長石の構造状態 (2020年12月~2021年6月)

*松井 智彰¹、立山 剛吉¹ (1. 鹿児島大・教育)

10:30 ~ 10:45

[2Lecture-301-12-7add] 休憩

10:45 ~ 11:00

[S1R6-07] マグマ混合で生成した安山岩の端成分マグマの化学組成決定

*岡田 郁生¹、柴田 知之¹、芳川 雅子¹、石橋 秀巳²、杉本 健³、早坂 康隆¹ (1. 広島大・院先進理工、2. 静岡大・理、3. 地熱エンジニアリング株式会社)

11:00 ~ 11:15

[S1R6-08] 大分県姫島火山群デイサイト中の地殻物質捕獲岩の地球化学的特徴と姫島火山群第四紀マグマ進化過程との関係

*平山 剛大¹、柴田 知之¹、芳川 雅子¹、早坂 康隆¹、DAS KAUSHIK¹、竹村 惠二² (1. 広島大・先進理工、2. 京都大)

11:15 ~ 11:30

[S1R6-09] 東北日本、吾妻山の最新マグマ噴火ユニットをもたらした 浅部マグマの活性化過程

*伴 雅雄¹、菅野 舜¹、佐藤 初洋¹、井村 匠¹ (1. 山形大学)

11:30 ~ 11:45

[S1R6-10] ジルコンメルト包有物を用いた花崗岩質岩体の定置深度見積もり：中新世御内岩体の例

「発表賞エントリー」

*谷脇 由華¹、下岡 和也¹、齊藤 哲¹ (1. 愛媛大・院理)

11:45 ~ 12:00

[S1R6-11] 西南日本愛媛県梶島に分布する珪長質岩の鉱物・全岩化学組成

「発表賞エントリー」

*下岡 和也¹、小北 康弘²、齊藤 哲¹ (1. 愛媛大学、2. 原子力機構)

12:00 ~ 12:15

[S1R6-12] Natural and numerical considerations of water budget of the caldera-forming magmas in Naruko volcano, Northeast Japan

「発表賞エントリー」

*Alexey Kotov¹, Satoshi Okumura¹, Kenji Shimizu², Isoji Miyagi³, Masaoki Uno¹, Noriyoshi Tsuchiya¹ (1. Tohoku Uni, 2. Jamstec, 3. AIST)

白亜紀花崗岩類の年代から見る九州と他地域との関係

堤 之恭・谷 健一郎 (国立科博)

Relations between Kyushu and the other places from a view point of age of Cretaceous granitoids.

Yukiyasu TSUTSUMI* and Kenichiro TANI (Natl. Mus. Nat. Sci.)

New 81 data of zircon U-Pb age were obtained from Cretaceous granitoids in Kyushu, southwest Japan over the past 3 years. The data clarify that the ages of Cretaceous granitoids in Kyushu become older toward both of continental and oceanic sides, from central part of northern Kyushu. Ages of Cretaceous granitoids become younger toward continental side in Chugoku-Shikoku region, southwest Japan, whereas become older toward continental side in Korean Peninsula. Considering paleogeography before Japan Sea opening, these were “fragments” of the aging tendency toward continental side and oceanic side, and the tendency of Kyushu is considered to be the “edge” of the age distribution which has both of them.

九州の白亜紀花崗岩類の年代はRb-Sr全岩年代を中心に議論されてきた。近年ジルコンU-Pb年代が普及し、その報告も増えているが(たとえばMiyazaki et al., 2019), その露出面積に比して十分なデータ量とは言い難い状況であった。そこで、我々は昨年度まで3年間に渡り九州の白亜紀花崗岩類の試料を収集し、計81試料についてジルコンU-Pb年代測定を行い、順次発表してきた(Tsutsumi, 2021; 2022; 堤・谷, 2021a; 2021b, 2022)。その結果について考察する。

花崗岩類の年代は、中部九州では、南端の肥後帯で一部113 Maの貫入岩が存在するが109~108 Maに集中し、北部では106 Maに集中するが、北端の草野花崗岩は98 Maを示した。北部九州では、南部で100~95 Ma, 中部では92 Maまで若くなるが、ここから一転、北部では112~108 Maと、再び古くなる。つまり九州の白亜紀花崗岩は、南(海洋側)から北(大陸側)に向かって単調に若くなるのではなく、北部九州中部を中心として大陸側と海洋側双方に向かって古くなるという年代傾向を持つ。中国・四国地方の白亜紀-古第三紀花崗岩類は大陸側に向かって若くなる傾向を持つ(Iida et al., 2015)が、これは領家-山陽帯が九州まで連続するならば、北部九州中部以南に限定されることを示す。一方、朝鮮半島の白亜紀花崗岩類の年代は、黄海沿岸~北朝鮮にかけて119 Ma~106 Ma, 南東方向に向かうにつれて97~87 Ma, 85~82 Maとなり、半島南東端にあたる慶尚盆地の花崗岩類は76~70 Maを示し、大陸側に向かって古くなる年代傾向を持

つ(Kim et al., 2016)。

日本海形成以前の古地理を考慮すると、朝鮮半島および中国・四国地方は、大陸側および海洋側に向かって古くなる年代傾向それぞれの「断片」であり、九州はその両方を併せ持つ「端」と考えられる(図)。しかしながら、現世に露出する白亜紀花崗岩類の年代傾向のみでの議論は、造構論的見地からは矛盾も多い。これらの矛盾を解消するためには、さらなる地質学的観測事実の蓄積が必要となるであろう。

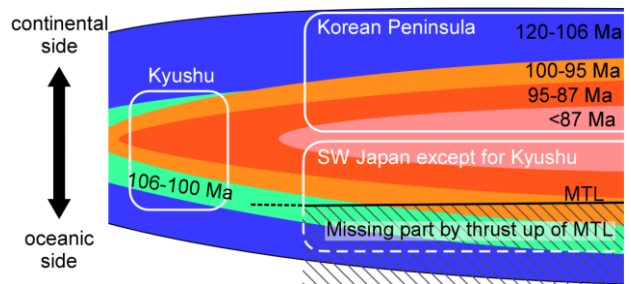


Figure. Schematic age distribution map of Cretaceous granitoids before Japan Sea formation.

Iida et al. (2015) *Island Arc* **24**, 205-220.; Kim et al. (2016) *Lithos* **262**, 88-106.; Miyazaki et al. (2019) *International Geology Review* **61**, 649-674.; Tsutsumi (2021) *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. C* **47**, 13-23.; Tsutsumi (2022) *Island Arc* **31**, e12446.; 堤・谷 (2021a) 地質学会大会, T4-O-2. 堤・谷 (2021b) 鉱物科学会年会, S3-01.; 堤・谷 (2022) 地質学会大会.

Keywords: zircon, age distribution, Cretaceous, Kyushu, Korean Peninsula

*Corresponding author: ytsutsu@kahaku.go.jp

山口県下関市北西部，山陽帯津波敷閃緑岩のマグマ過程と組成的特徴

大和田正明* (山口大・院創成)，松本理子 (下関市立菊川中学校)，亀井淳志 (島根大・院環境理工)

Magmatic processes and geochemical characteristics of Tsubashiki diorite complex, Sanyo belt, Shimonoseki, Yamaguchi Prefecture

Owada, M.* (Yamaguchi Univ.), Matsumoto, S. (Kikukawa Junior high school), Kamei, A. (Shimane Univ.)

The Tsubashiki diorite complex is situated in the Sanyo belt, Yamaguchi Prefecture, southwest Japan. The complex consists mainly of the diorite, quartz diorite, and tonalite, in terms of mineral assemblage and modal compositions. The whole-rock compositions make monotonous trends in variation diagrams, and their Sr–Nd isotopic compositions corrected to 90 Ma deduced from biotite K–Ar dating are homogeneous with the values similar to the bulk earth. The mass balance calculation and Rayleigh fractionation model indicate that the geochemical variations of diorite complex were caused by fractional crystallization from a single parental magma. The Tsubashiki diorite complex geochemically shares the previously activated north Kyushu batholiths rather than the plutonic rocks from the Sanyo belt. It is inferred that the petrogenetic processes partly take over the features from the north Kyushu magmatic activity.

山口県下関市北東に位置する津波敷には、閃緑岩体が分布する。この岩体は津波敷閃緑岩体と呼ばれ、山陽帯に属する。岩体は、閃緑岩から石英閃緑岩そしてトータル岩まで岩相変化に富むことで特徴づけられる。Yamamoto et al. (2000) は、閃緑岩の岩相変化を含水条件下における少量の苦鉄質鉱物の分別結晶作用で説明したが、全岩主成分元素の変化傾向が示されたのみで、鉱物化学組成を加えた定量的な検討は行われていない。そこで本研究は鉱物化学組成を含め、津波敷閃緑岩の形成過程を定量的に評価した。また、記載的特徴、黒雲母 K–Ar 年代および同位体組成の特徴から岩体の位置付けを検討した。

津波敷閃緑岩は下関市北部、津波敷海岸の南北約 1 km にわたり連続して露出し、前期白亜系脇野垂層群を貫く。閃緑岩体は場所によって粒度が変化し、全体に不均質である。しかし、異なる岩相間に貫入関係は認められない。ここでは構成鉱物種とその量比によって、閃緑岩、石英閃緑岩およびトータル岩に区分する。閃緑岩は分布域の北部に、石英閃緑岩とトータル岩は南部に露出する。閃緑岩は等粒状組織を示し、主に角閃石と斜長石を含み、しばしば両輝石を伴う。石英閃緑岩は輝石を欠き、黒雲母と石英を含む。トータル岩は有色鉱物として主に黒雲母を含み色指数は 15 未満で、まれにカリ長石を伴う。全ての岩相に磁鉄鉱とチタン鉄鉱が含まれる。石英閃緑岩から分離し

た黒雲母の K–Ar 年代は 90 ± 2 Ma を示す。ハーカー図では、一連のトレンドを示し、分化した岩石でも K_2O が 3 wt% を超えることはない。εSrI–εNdI 図 (90 Ma で補正) は、また閃緑岩体内で同位体組成に違いはなく、bulk earth 付近にプロットされる。そこで、組成変化の原因を閉鎖系での分別結晶作用と考え、マスバランス計算とレイリー分別モデルで検証した。その結果、両輝石、ホルンブレンドおよび斜長石を分別することで、親マグマの閃緑岩 ($SiO_2 = 53$ wt%) からもっとも分化したトータル岩 ($SiO_2 = 67$ wt%) を形成できることが明らかとなった。

津波敷閃緑岩体は、比較的低い K_2O 含有量 (3 wt% 未満) で、90 Ma の黒雲母 K–Ar を示すこと、不透明鉱物として磁鉄鉱を含むこと、そして bulk earth に近い Sr–Nd 同位体組成を示すことから、山陽帯より北部九州の火成岩類と共通する特徴を持つ。西南日本の火成活動は 110–95 Ma に中北部九州と西中国で活発化した後、数千万年間の不活発期を経て、再び中国地方全域を含む広範囲で活発化する。津波敷閃緑岩体は、2 回目のパルスに活動した岩体であり、かつ最初のステージで活動した北部九州バソリスの特徴を有している。このことは、活発期と不活発期を繰り返すマグマ活動が先行したマグマの性質を一部引き継ぐ形で起こっていたことを示唆する。

Key words: Sanyo belt, Magmatic processes, Magmatic activity, Tsubashiki diorite complex

*Corresponding author: owada@yamaguchi-u.ac.jp

隠岐島後および北部九州の黒曜石の原産地推定研究

亀井淳志* (島根大), 飯岡尚子 (日本地研), 隅田祥光 (長崎大), 内藤貫太 (千葉大)

Provenance study of obsidian from Oki-Dogo and Northern Kyushu, SW Japan

Kamei, A.* (Shimane Univ.), Iioka, N. (Nihon Chiken Co.,Ltd), Suda, Y. (Nagasaki Univ.), Naito K (Chiba Univ.)

The provenance study of obsidian is to estimate the geologic origin of obsidian artifacts excavated from archeological sites. The chemical composition of obsidian is used as one of critical tools that can help trace possible exchange and trade routes by linking artifacts found on sites with their geological sources.

This study has investigated geochemical methods for estimating the obsidian sources of Oki-Dogo and Northern Kyushu. The number of sources examined is a total of 28. First, the Nb and Ti contents of the obsidians are pretty effective in dividing the Oki/Iki origins from the Northern Kyushu origins. The next, Si, Ti, Fe, Mn, Nb, Rb, Sr, Y, and Zr are particularly valuable in classifying the Oki and Iki obsidians. In contrast, Si, Ti, Fe, Mn, Ba, Rb, Sr, and Zr have high functionality in discriminating the Northern Kyushu obsidians. New discrimination diagrams using these elements have been established, making the obsidian artifacts provenance of Oki-Dogo and Northern Kyushu understandable. In addition, we also examined a method for determining the origin of obsidians by clustering technique. This method is able to promptly refine the origins using multiple elements. However, the technique was also shown that the origins of some obsidians could not be narrowed down. The unclear can be resolved by using together the discrimination diagrams described above. The combination of the clustering and the discrimination diagrams seems to be most effective for the rapid and accurate estimation of the obsidian provenance.

原産地推定研究とは、遺跡から出土した石器等のもととなった原石の地質学的産出地を推定する研究である。黒曜石は石器等に用いられる代表的な岩石であり、もとは火山噴出物である。均質なガラス質物質のため元素組成が安定しており、化学分析値による原産地推定が比較的容易である。黒曜石製の遺物の原産地を精度よく推定することは、先史時代の人々の移動や取引などの社会活動を解明する上で重要な情報となる。本研究では島根県隠岐島後および北部九州に得られる黒曜石を化学分析し、これらの原産地推定に資する地球化学的な解析手法を検討した。

研究地域における黒曜石の産出は、隠岐島後の中新世～鮮新世に噴出した久見流紋岩・加茂流紋岩・西郷流紋岩、長崎県壱岐島の中新世～鮮新世に噴出した江角流紋岩・久喜流紋岩・坪/初瀬流紋岩、そして九州北西部に噴出した鮮新世～更新世の亀浦流紋岩・椎葉川流紋岩・有田流紋岩類などに認められる。さらに、これらに関連した時代未詳の堆積層や段丘堆積物の中の礫としても知られる。

北部九州の黒曜石の化学組成による原産地研究は長岡ほか(2003)に網羅的な報告がある。また隠岐と壱岐に関しては隅田ほか(2016, 2018)やSuda et al. (2021)に詳細かつ総括的な報告があ

る。本研究ではこれらに記載された原産地に加え、幾つかの遺跡調査等も含めて76の黒曜石試料を得て波長分散型蛍光X線分析装置による全岩化学分析を実施した。判別法の研究には既存研究の報告データも加えて200試料を扱った。原産地の数は全部で28カ所である。

まず初めの判別では、アルカリ岩と非アルカリ岩で特徴的に異なるNbとTiを用いた区別が効果的であった。これにより、隠岐産・壱岐産の黒曜石と、北部九州産の黒曜石とを明瞭に区分できた。次に、隠岐産・壱岐産の黒曜石ではSi, Ti, Fe, Mn, Nb, Rb, Sr, Y, Zrが各地の原産地推定に有効であり、北部九州産ではSi, Ti, Fe, Mn, Ba, Rb, Sr, Zrが有効であることが認められた。そこで、これらを用いた黒曜石原産地の判別図を作成した。

一方、黒曜石の化学組成を利用した原産地推定には、しばしばクラスター分析も利用される。本研究においても標準化ユークリッド距離を用いたウォード法でのデンドログラム解析を実施した。この手法では、多元素を用いた黒曜石の原産地推定が簡便・迅速に可能であることが示された。ただし、幾つかの原産地には判別困難も認められた。以上の結果より、クラスター分析と判別図分析とを組み合わせた方法が迅速かつ正確な原産地推定に最適と判断された。

Key words: Obsidian, Geochemistry, Provenance Study, Oki-Dogo, Northern Kyushu

*Corresponding author: kamei-a@riko.shimane-u.ac.jp

過冷却条件における流紋岩質メルトの結晶化実験

菅原維・吉村俊平(北海道大学)

Crystallization experiments of supercooled rhyolitic melt

Tamotsu Sugawara*, Shumpei Yoshimura (Hokkaido University)

We conducted crystallization experiments of rhyolitic melt under subsolidus conditions. Results showed that various types of crystals were formed in the sample. A cristobalite layer was formed on the sample surface and a spherulite layer developed inward on the cristobalite layer. Spherulites also formed in the interior of the sample. Vesicularity of the melt increased with time as a result of secondary boiling driven by spherulite formation.

はじめに:珪長質溶岩の内部には結晶度や発泡度が様々に異なる層構造が発達する。また、珪長質溶岩は定置の際に突如爆発を起こしプレー型火砕流を発生させることがある。層構造の形成と爆発は密接に関係している可能性があり、過冷却液体の結晶作用およびそれに起因するメルトの二次沸騰やガス過剰圧の蓄積が支配過程であると考えられている(Fink and Manley, 1987)。しかし、結晶化や二次沸騰がどのような速度で起こり、どのように過剰圧を蓄えるかは定量的に理解されていない。そこで本研究では、溶岩流内部を模擬した過冷却条件で流紋岩質メルトの結晶化実験を行い、結晶化と二次沸騰の起こり方を調べた。

実験手法:実験は石英ガラスチューブ法で行った。流紋岩質ガラス(静岡県カワゴ平溶岩)の角柱と水を石英ガラス管に真空封入し、800–900°C、6–216 hの条件で実験を行った。このとき石英管の内圧が約100気圧になるよう封入する水の量を調節した。

結果:実験産物には結晶と気泡が形成されていた。試料表面にはクリストバル石のみの層、その内側に球顆が横一列に連なった層が形成され、どちらも加

熱時間とともに厚さを増していった。一方、試料の内部のメルト内にも球顆が形成され、体積分率は時間とともに増加した。すべての球顆は斜長石とシリカ鉱物の集合体(単結晶のサイズは幅200–500 nm, 長さ1–5 μm)で構成されていた。試料内部には気泡も形成され、気泡体積分率は時間とともに増加した。また、ガラス含水量は24 hより長い実験では1 wt%(100気圧での平衡溶解度)に維持されていた。気泡体積分率は、球顆の形成によりメルトが二次沸騰すると仮定したときに期待される値にほぼ一致した。

考察:本実験では次のことが起きたと考えられる。まず、出発物質の表面からH₂Oが拡散で溶解しメルトはまもなくH₂Oに飽和した。同時に、試料表面ではクリストバル石の層が形成された。そのすぐ内側では球顆が形成され、層を作った。また、これとは別に試料内部にはメルト中に球顆が形成された。これらの結晶作用が進行することでメルトが二次沸騰を起こし、気泡を形成した。なぜ試料表面にクリストバル石が形成されたのか、なぜその内側に球顆の層が形成されたのか、については現在調査中である。

Keywords: crystallization, cristobalite, spherulite, secondary boiling

*Corresponding author: tamotsu0819@eis.hokudai.ac.jp

鬼界海底カルデラにおけるアカホヤ噴火以降のマグマ供給系進化

浜田 盛久*, 羽生 毅, Iona McIntosh, Maria Luisa G. Tejada, 常 青, 宮崎 隆, 上木 賢太, Bogdan S. Vaglarov, 佐藤 智紀, 木村 純一, 田中 聡 (海洋研究開発機構), 金子 克哉, 清杉 孝司, 中岡 礼奈, 西村 公宏, 島 伸和, 鈴木 桂子, 巽 好幸 (神戸大学)

Evolution of magma plumbing system beneath a submarine caldera after the Akahoya eruption at Kikai volcano

Morihisa Hamada*, Takeshi Hanyu, Iona McIntosh, Maria Luisa G. Tejada, Qing Chang, Takashi Miyazaki, Kenta Ueki, Bogdan S. Vaglarov, Tomoki Sato, Jun-Ichi Kimura, Satoru Tanaka (JAMSTEC), Katsuya Kaneko, Koji Kiyosugi, Reina Nakaoka, Kimihioro Nishimura, Nobukazu Seama, Keiko Suzuki-Kamata, Yoshiyuki Tatsumi (Kobe University)

Kikai submarine caldera in SW Japan has undergone many eruptions, including catastrophic caldera-forming eruptions. It exhibits a double-caldera structure and consists of a giant rhyolitic lava dome (~32 km³) and satellite volcanic cones. We have conducted research cruises to Kikai caldera to unveil its history of eruptions and to monitor its current volcanic activities. We will report analytical results of volcanic rocks dredged from Kikai submarine caldera and satellite volcanic cones, estimate *P-T* conditions of magmas, and discuss evolution of the magma plumbing system.

研究目的

鬼界海底カルデラは、7300年前の巨大噴火であるアカホヤ噴火をはじめとして、大小様々な規模の噴火を活発に繰り返してきた海域火山である。鬼界海底カルデラは二重のカルデラ壁、約32 km³の体積を持つ巨大なカルデラ内溶岩ドーム、および火口丘から成る。火山活動の履歴やマグマの活動状況について明らかにするため、海洋研究開発機構と神戸大学は共同で調査航海を実施してきた。本発表では、カルデラ内の溶岩ドーム及び火口丘から採取した試料の岩石学的研究の成果を報告する。

試料と分析手法

カルデラ内溶岩ドーム及び火口丘の合計14地点から岩石試料をドレッジにて採取した。試料中の斑晶鉱物は斜長石、単斜輝石、直方輝石、磁鉄鉱、イルメナイトであり、副成分鉱物としてリン灰石が晶出している。斑晶鉱物のモードは25 vol.%以下である。発泡度は試料毎に異なるが10~40 vol.%である。それぞれの試料の全岩化学組成を蛍光X線分析装置(XRF)を用いて分析した。また、各斑晶鉱物とガラスの組成を電子プローブマイクロアナライザー(EPMA)を用いて局所分析した。

分析結果と議論

溶岩ドーム及び西側の火口丘から採取してきた試料は、全岩のSiO₂含有量が68~71 wt.%の流紋岩であり、鬼界カルデラにおける「硫黄岳後期」(2200年前以降)の流紋岩質噴出物と同じ化学的特徴を示す。

一方、東側の火口丘から採取してきた試料は、同様に流紋岩ではあるが、「硫黄岳前期」(5200年前から3900年前)と「硫黄岳後期」(2200年前以降)の噴出物の化学的特徴を示すものの合計2種類が含まれている。東側の火口丘は、より古い山体であると考えられる。

試料をドレッジで採取した地点に関わらず、斜長石のコア部分はAn₅₀~An₇₀(組成帯構造あり)、リム部分はAn₄₅~An₅₀である。斜長石コアとメルト包有物の元素分配から、メルトの含水量は1~6重量%と見積もられる。このことは、深度1~8 km(圧力20~200 MPa)における複数のマグマ溜まりにおいて、水に飽和した流紋岩質メルトの結晶分化作用が進行したことを示唆する。単斜輝石の組成はEn₄₂₋₄₅Wo₄₀₋₄₄、直方輝石の組成はEn₆₅₋₆₇Wo₃であり、1気圧の圧力を仮定してLindsley(1983)の輝石温度計に適用すると、750~1000 °C(平均880 °C)という温度が見積もられる。磁鉄鉱の組成はMt₇₀₋₇₃Usp₂₇₋₃₀、イルメナイトの組成はHm₂₀₋₃₀Ilm₇₀₋₈₀であり、Fe-Ti 酸化物地質温度計・酸素分圧計(Andersen and Lindsley, 1988; Andersen *et al.*, 1991)を適用すると、810~900 °Cという温度が見積もられ、輝石温度計による見積もりと誤差の範囲で一致する。酸素雰囲気はNi-NiOバッファーに相当し、島弧マグマとしては典型的な酸素雰囲気である。

本発表では、これらの分析結果に基づき、鬼界海底カルデラにおけるアカホヤ噴火以降のマグマ供給系の進化を議論する。

Keywords: Kikai caldera, Akahoya eruption, post-caldera volcanism

*Corresponding author: mhamada@jamstec.go.jp

桜島火山から噴出する火山灰を構成する斜長石の構造状態 (2020年12月～2021年6月)

松井智彰*・立山剛吉 (鹿児島大・教育)

Structural state of plagioclase within volcanic ash erupted from Sakurajima volcano during December 2020 to June 2021

Tomoaki Matsui*, Tsuyoshi Tateyama (Kagoshima Univ. Educ.)

Plagioclases in ash from Sakurajima volcano were investigated to monitor the volcanic activity. Samples were collected from Dec 2020 to Jun 2021 at Kurokami Elementary, about 5 km east-northeast of Minami-dake crater of the volcano. Plagioclases in the samples were collected by magnetic and heavy liquid separation, and analyzed by X-ray diffraction to estimate their degree of structural order. Diffraction data suggest that the structural state changed with eruption frequency during this period.

本研究の目的は、桜島から噴出する火山灰に含まれる斜長石の構造状態に基づいて物質科学的に火山活動を監視するための効率的な方法を確立することである。火山灰試料は、桜島南岳山頂火口の東北東約 5 km に位置する鹿児島市立黒神小学校で採取した。採取期間は 2020 年 12 月 17 日から約 6 ヶ月間で合計 6 試料を回収した。水洗・乾燥の後、質量を測定し、ロータップ型フルイ振とう機を使用して 62 μm 未満、62~120 μm 、120~250 μm 、250~500 μm 、500 μm 以上の 5 つにフルイ分けして、粒径が 250~500 μm の試料について砂粒組成分析をおこなった。岩片の割合が高いが、構成比が最も高い鉱物は斜長石であり、質量比の高い 120~250 μm の試料について、磁選の後、重液 (ポリタングステン酸ナトリウム水溶液) を用いて比重が大きい鉱物 (輝石類等) と小さい鉱物 (クリストバライト等) を取り除き、斜長石を単離した。この斜長石試料について、粉末 X 線回折装置 (CuK α 線) を用いて $21^\circ \leq 2\theta \leq 33^\circ$ の範囲で測定し、構造状態を推定するために必要な回折線データを得て、Scheidegger (1973) に従って面指数 (1-11), (-201), (131), (220), (1-31) に対応する回折線の角度 (2θ) から $B (= 2\theta_{(1-11)} - 2\theta_{(-201)})$ と $\Gamma (= 2\theta_{(131)} + 2\theta_{(220)} - 2\theta_{(1-31)})$ を求めた。今回の試料採取期間では、2013 年から 2018 年までの一連の調査結果と比べて、 B/Γ プロットの分布において秩序度、化学組成ともに狭い範囲に収まっていた。また、噴火回数が多かった 2 月~4 月の期間に、より秩序度が低い構造状態の斜長石を多く含む火山灰が噴出したことも確認され、斜長石

の構造状態が火山活動を監視する物質科学的指標として有効であることが示された。全岩試料では $3^\circ \leq 2\theta \leq 70^\circ$ の範囲を測定し、COD (Crystallography Open Database) とのコンピューター照合により火山灰に含まれる主な鉱物を同定した。斜長石の化学組成は EPMA を用いて分析し、組成幅が中性長石から亜灰長石まで ($\text{Ab}_{50}\text{An}_{50} \sim \text{Ab}_{10}\text{An}_{90}$) 広く確認された。今回分析した斜長石結晶には組成累帯構造が普遍的に見られた。一般的に火山灰には火成活動における様々な段階における生成物が混在していることから、単離した斜長石の回折線であっても様々な化学組成や構造状態をもつ固溶体の回折線ピークが重ね合わさったものであると認識すべきである。火山灰の全岩組成は蛍光 X 線分析装置を用いて主要 10 元素 (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5) について分析した結果、 SiO_2 成分の質量は 60 (mass%) 前後で、全試料で安山岩質であり、採取期間を通して経時変化などは認められず、桜島火山のマグマ供給系に大きな変化はなかったと推定された。今回の調査では、重液分離により斜長石を単離することによって、これまでより精密に構造状態を推定することが可能になった。また、噴火回数が多い期間に噴出した火山灰中の斜長石がより低い秩序度を示す傾向が確認された。今後も火山灰を構成する鉱物の構造状態に関するデータを蓄積し、地球物理学的観測データの経時変化とも照らし合わせることで、火山活動を監視する新たな視点を提供することになると期待される。

Keywords: Sakurajima, volcanic ash, plagioclase, powder X-ray diffraction, structural state

*Corresponding author: matsui@edu.kagoshima-u.ac.jp

口頭講演

S1/R6 合同セッション：火成作用の物質科学/深成岩・火山岩・サブダクション ファクトリー

座長: 亀井 淳志(島根大学)、川本 竜彦(静岡大学)、浜田 盛久(海洋研究開発機構)、伴 雅雄(山形大学)

2022年9月18日(日) 09:00 ~ 12:15 B351 (総合教育研究棟 B棟3F)

[座長]

伴 雅雄 : S1R6-01~S1R6-03

川本竜彦 : S1R6-04~S1R6-06

浜田盛久 : S1R6-08~S1R6-10

亀井淳志 : S1R6-11~S1R6-13

10:30 ~ 10:45

[2Lecture-301-12-7add]休憩

マグマ混合で生成した安山岩の端成分マグマの化学組成決定

岡田郁生, 柴田知之, 芳川雅子 (広島大・院先進理工), 石橋秀巳 (静岡大・理),
杉本健 (地熱エンジニアリング株式会社), 早坂康隆 (広島大・院先進理工)

Determination of chemical composition of andesite endmember magmas produced by magma mixing

Ikuo Okada*, Tomoyuki Shibata, Masako Yoshikawa (Hiroshima Univ.), Hidemi Ishibashi (Shizuoka Univ.),
Takeshi Sugimoto (Geothermal Engineering Co., Ltd.), Yasutaka Hayasaka (Hiroshima Univ.)

沈み込み帯で卓越する安山岩マグマは、マグマ混合(Sakuyama, 1979)や地殻物質の混染(DePaolo, 1989)の影響を受けている。これらのプロセスは、安山岩マグマを岩石学・地球化学的に非平衡なマグマに変化させる。そのため、玄武岩マグマの成因が玄武岩全岩に対して岩石学・地球化学的に平衡が成り立つことを大前提として詳細に議論されているのに対し、安山岩全岩には平衡を前提とした議論を適用できない場合が多い。そのため、安山岩マグマの成因には未だ不明な点が多い。一方で、斑晶鉱物の化学組成は、安山岩マグマのような全岩では非平衡なマグマ中でも、斑晶とそれらが晶出したメルトとの平衡関係を保持している。近年、高温高压実験データを多変量解析することで、角閃石の主要元素組成から平衡共存メルトの温度、圧力や主要元素組成、さらには、角閃石-メルト間の微量元素の分配係数が計算可能となった(e.g., Ridolfi and Renzulli, 2012; Putirka 2016; Zhang et al., 2017; Shimizu et al., 2017; Humphreys et al., 2019)。本研究では、上述した手法を統合し、角閃石と平衡なメルトの温度、圧力、主要元素・微量元素組成を、角閃石一粒毎に系統的に推定することで、安山岩マグマの成因を詳細に解明することを目指して、九州北東部に位置する第四紀由布火山の安山岩に含まれる角閃石の主要元素・微量元素組成を分析した。

我々は、これまでに、由布火山の安山岩中の角閃石と平衡なメルトの温度、圧力、主要元素・微量元素組成を系統的に推定した(岡田ほか 2021, 鉱物科学会)。由布火山の安山岩中の角閃石は、Leake (1968)の分類に基づくと、パーガサイト(Prg; Si = 5.8–6.2 atomic per formula unit (apfu))とマグネシオホルンブレンド(Mhb; Si = 6.5–7.0 apfu)に分けられる。また、PrgとMhbとの平衡共存メルト(それぞれ以下、melt-Prgとmelt-Mhbとする)の温度、圧力、主要元素・微量元素組成の推定結果から、主に以下の二点が明らかになった:(1) 両メルトはそれぞれ、異なる地球化学的特徴を有し、由布火山下に異なる温度・圧力条件

で存在する;(2) 由布火山の安山岩マグマが生成していく過程で両メルト同士の混合が起きた。

本発表では、由布火山の安山岩マグマを生成したマグマ混合端成分の化学組成を直接的に推定した方法について報告する。マグマは、鉱物とメルトの混合物である。由布火山の安山岩に含まれる主要な斑晶鉱物のうち、Anに富む斜長石、Prg、単斜輝石が苦鉄質マグマ由来、Anに乏しい斜長石、Mhb、斜方輝石が珪長質マグマ由来と考えられている(太田ほか, 1990; 太田・青木, 1991)。そこで、SiO₂量とY濃度の関係において、Anに富む斜長石、Prg、単斜輝石、melt-Prgの混合関係から苦鉄質マグマの取り得る組成範囲を推定した。同様に、珪長質マグマの取り得る組成範囲も、Anに乏しい斜長石、Mhb、斜方輝石、melt-Mhbの混合関係から推定した。この際、斜長石のY濃度を、斜長石-メルト間のYの分配係数が低い(Bindeman and Davis, 2000; Dohmen and Blundy, 2014; Padilla and Gualda, 2016 and reference therein; Iveson et al., 2018)ことから0と仮定した。また、単斜輝石、斜方輝石のY濃度は、分配係数(Bédard, 2014 and reference therein; Brophy et al., 2011; Czuppon et al., 2012)とmelt-Prg、melt-MhbのY濃度を組み合わせることで推定した。なお、SiO₂量は太田ほか(1990)の報告値を用いた。一方で、マグマ混合によって生成されたマグマの化学組成は、元素-元素の関係図上で両端成分の組成を結んだ直線的トレンドを作る。このことに基づいて、推定したマグマの取り得る組成範囲と、由布火山の安山岩全岩のSiO₂量とY濃度の関係を直線近似した線が重なる領域から、苦鉄質端成分マグマと珪長質端成分マグマはそれぞれ、SiO₂≈45 wt. %, Y≈10 ppm、および、SiO₂≈68 wt. %, Y≈21 ppmであると推定した。また、推定した苦鉄質・珪長質端成分マグマのSiO₂量を、他元素とSiO₂の関係の直線近似式に代入することで、他元素の濃度も推定した。本研究は、これまで一意的に決定することが困難であった、マグマ混合端成分を直接的に特定したものであると考えられる。

Keyword: andesite, amphibole, magma mixing, Yufu volcano

Corresponding author: ikuo-okada@hiroshima-u.ac.jp

大分県姫島火山群デイサイト中の地殻物質捕獲岩の 地球化学的特徴と姫島火山群第四紀マグマ進化過程との関係

平山剛大 (広大・理工), 柴田知之 (広大・理工), 芳川雅子 (広大・理工), 早坂康隆
(広大・理工), DAS KAUSHIK (広大・理工), 竹村恵二 (京大)

Geochemical features of crustal xenoliths in dacite of Hime-shima volcanic group,
Oita Prefecture, Southwest Japan,
and their relationship to Quaternary magma evolution processes.

Takehiro HIRAYAMA* (Hiroshima Univ.), Tomoyuki SHIBATA (Hiroshima Univ.), Masako YOSHIKAWA
(Hiroshima Univ.), Yasutaka HAYASAKA (Hiroshima Univ.), Kaushik DAS (Hiroshima Univ.) and Keiji
TAKEMURA (Kyoto Univ.)

The Hime-shima volcanic group (HVG) is composed of seven volcanoes; Omi, Yahazudake, Kane, Ukisu, Shiroyama, Darumayama, and Inazumi volcanoes. HVG is located offshore of Kunisaki Peninsula, western Seto Inland Sea, Oita Prefecture. Granitic and gabbroic xenoliths have been found within dacitic lavas in the HVG (Itoh et al., 1997). The HVG is located near the boundary between the Ryoke and Sangun belts. Hence, the HVG and crustal xenoliths hold the crucial key to constraining the distribution of Ryoke and Sangun belts in Kyushu. We conducted petrography, major and trace element compositional analyses, and zircon U–Pb geochronological analysis to pinpoint which one of the three belts, i.e., the Akiyoshi belt, the Sangun belt, and the Ryoke belt is located directly under the HVG. This also helps to clarify the geological structure of Kyushu, which is covered by volcanic eruptions and is in an uncertain state. We found metamorphic, volcanic, and sedimentary xenoliths in addition to plutonic xenoliths from boulders on the coastline near Kane Lava of the HVG. Lithologically, the basaltic andesite and tuffaceous sandstone were quite similar to those of the basement rocks of HVG. The MORB (mid-ocean ridge basalt) normalized trace element pattern of the basaltic andesite is similar to that of the volcanic rocks from the Futago-yama volcano, which are widely distributed in Kunisaki peninsular. Also, the trace element pattern of tuffaceous sandstone for xenolith from HVG is similar in shape to that of volcanic rocks of Futago-yama volcano, although its concentration is low. The geochemical characteristics of gabbro xenoliths showed a strong similarity to those of the Ryoke belt. From the zircon in the gneiss xenolith, the U–Pb age of ca. 111 Ma is obtained. While the U–Pb ages with high Th/U ratios are obtained from 188 Ma and 195 Ma. These results suggested that the xenoliths from HVG were derived from the rocks of the basement made of the Ryoke belt, and hence, the tectonic zone beneath the HVG is supposed to be the Ryoke belt. It can be pointed out that the distribution area of the Ryoke belt may be more to the north in Kyushu, as the Ryoke belt extends directly below the HVG. We will also discuss whether these crustal xenoliths have influenced the magma evolution process of the HVG.

Keywords: xenolith, volcano, trace element, magma evolution process

*Corresponding author: takehiro-hirayama@hiroshima-u.ac.jp

東北日本、吾妻山の最新マグマ噴火ユニットをもたらした 浅部マグマの活性化過程

伴雅雄・菅野舜・佐藤初洋・井村匠(山形大)

Reactivation processes of shallow magma reservoir in latest magmatic eruption, Azuma volcano

Masao Ban* · Shun Kanno · Motohiro Sato · Takumi Imura (Yamagata Univ.)

Petrologic study of the latest magmatic unit in Azuma volcano was performed to reveal reactivation processes of the shallow mushy magma. The mushy body acquired repeated injections of mafic magmas from depth and partly remobilized. The mobilized part was mixed with the mafic magma to form intermediate magmas. The mobilized and intermediate parts grew over time. When growing front of these reached near the top part of mushy body, these were mixed/mingled and erupted by further injection of mafic magma.

吾妻山は東北日本火山フロントに位置する大型の成層火山である。本研究では吾妻山の最新マグマ噴火ユニット（大穴ユニット）の岩石学的研究を行い、噴出物をもたらした浅部マグマの活性化過程を解明した。大穴ユニットはブルカノ式降下火砕岩からなる。含まれる多数の火山弾は暗灰色と明灰色タイプに分類される。両者共かんらん石直方輝石単斜輝石安山岩で、全岩 SiO₂量は前者は 58-59.5%、後者は 60-63%である。SiO₂組成変化図上では全ての噴出物は直線上にプロットされる。

斑晶は組織・組成に多様性がある。輝石斑晶は、コア組成が低 Mg で外縁部に~80μm の高 Mg 帯を持つものと持たないもの、および高 Mg 単斜輝石のコアにパッチ状に高 Mg 直方輝石と低 Mg 単斜輝石を含むものが認められる。かんらん石斑晶は正累帯タイプと逆累帯タイプのものが認められる。正累帯のものはコアが Fo₈₄ 程度で外縁部が Fo₈₂ 程度、逆累帯のものはその逆の組成を示す。Fo₈₄ 程度の部分にクロムスピネルを包有している。斜長石斑晶は、波動累帯構造にパッチ状構造が重複したコアを持つもの、蜂の巣状構造を示すコアを持つもの、均質なコアを持つものが存在する。

波動累帯構造-パッチ状構造タイプの低 An、高 An 部、蜂の巣状タイプの核部、均質タイプの核部の組成は各々 An₅₅₋₆₅、An₇₀₋₉₀、An₇₀₋₉₀、An₈₀₋₉₀ 程度である。

全岩組成の組成変化図上での直線的变化及び斑晶組織・組成の多様性は主に 2 端成分マグマの混合によって説明できる。その混合によって、組成幅を持つ中間マグマが形成されたと考えられる。端成分マグマは浅部に位置するマッシュ状サイト、および中～深部でかんらん石とクロムスピネルを結晶化した玄武岩質マグマと推定された。

浅部マグマの活性化は、玄武岩マグマの浅部マッシュ状マグマへの注入に始まり、マッシュ内での流動部の形成とその流動部と玄武岩マグマの混合による中間マグマの形成、流動部と中間マグマのマッシュ上部への成長と続き、さらなる深部マグマの注入により主に上部に位置する流動部と中間マグマの混合/混交が起こり噴火に至ったと推定された。

Keywords: mushy body, remobilization, intermediate magma, mixing-mingling, Azuma volcano

*ban@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

ジルコンメルト包有物を用いた花崗岩質岩体の定置深度見積もり： 中新世御内岩体の例

谷脇 由華、下岡 和也、齊藤 哲(愛媛大)

Estimation of emplacement depth of granitoid pluton using melt inclusions in zircon: An example of the Miuchi pluton, Ehime Prefecture

Yuka Taniwaki*, Kazuya Shimooka and Satoshi Saito (Ehime Univ.)

はじめに 花崗岩質マグマの定置深度は、造山帯の構造発達史から個々の花崗岩体のマグマ過程まで、広い範囲にわたる地質現象の理解に欠かせない基本情報である。花崗岩体の定置深度を岩石学的に制約する方法として、角閃石 Al 地質圧力計が広く用いられているが、角閃石を含まない花崗岩類には適用できない問題がある。一方、火山岩類ではガラス包有物の組成分析からメルトの組成を求め、マグマ溜まりの深度が検討されている。したがって、深成岩類についてもメルトの組成を求めることができれば、マグマの定置深度を制約する情報が得られると考えられる。しかしながら、深成岩類にはガラスが含まれないため、直接メルト組成を得ることは困難である。本研究では、新たに花崗岩類に普遍的に含まれる鉱物であるジルコンに着目し、そのメルト包有物の組成解析を試みた。さらに、得られたメルト組成から花崗岩体の定置深度の検討をおこなった。

実験試料・実験手法 本研究では、角閃石を含まない黒雲母花崗岩を主体とする中新世御内岩体を対象とした。御内岩体の野外産状の特徴として、貫入母岩との境界部近傍に見られる発泡痕や、変成岩ゼノリス中に含まれる紅柱石が挙げられ、比較的圧力の低い地殻浅部に貫入した岩体であることが示唆される。メルト包有物の均質化実験はピストンシリンダー型高压発生装置を用いて行った。まずメルト包有物を十分に均質化させるために 1000°C で 1 時間保持した後、840°C で 24 時間保持した。実験後の試料は室温まで急冷させたのち回収し、SEM-EDS で観察・分析を行った。

結果 ジルコンのカソードルミネッセンス像観察より、ジルコンにはコア部とリム部が認められ、メルト包有物はその両者に認められた。EDS 分析から、メルト包有物は SiO₂, Al₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O を含む花崗岩質組成を持ち、SiO₂ 含有量 (74.6~79.9 wt% SiO₂) はジルコンを抽出した試料の全岩化学組成 (71.8 wt% SiO₂) より高い。

考察 ハーカー図において、メルト包有物の組成は岩体の全岩化学組成トレンドの SiO₂ 含有量の高いところに位置する。したがって、ジルコンは結晶成長時に鉱物粒間の分化したメルトを包有物として取り込んだものと考えられるが、このことは偏光顕微鏡観察からジルコンが主成分鉱物粒間に認められることと調和的である。また圧力検討のために、メルト包有物組成をノルム Qz-Ab-Or 図に投影した。多くのメルト包有物はおおよそ 180 MPa 以下を示し、低圧を示唆する御内岩体の野外産状と調和的である。一方で 300 MPa 以上の高い圧力を示すメルト包有物もあり、これらは Qz-Ab-Or 図を用いた圧力見積もりの前提となる石英と長石に飽和したメルトの組成を保持していない可能性が高い。そこで、メルト組成が石英と長石に飽和していたかの自己評価が可能な Rhyolite-MELTS 地質圧力計を用いた圧力検討を行った。その結果、リム部のメルト包有物から 114~80 MPa (N=4) の圧力が得られ、その平均値と標準偏差から御内岩体の固結圧力として 91±13 MPa (深度 3.5km 程度) を見積もった。このように、ジルコンメルト包有物の組成解析により、花崗岩体の定置深度を制約できる可能性がある。

Keywords: melt inclusion, granite, zircon, emplacement depth

*Corresponding author: ytaniwaki.mi03@gmail.com

西南日本愛媛県梶島に分布する珪長質岩の鉱物・全岩化学組成

下岡和也(愛媛大)、小北康弘(JAEA)、齊藤哲(愛媛大)

Mineral and whole-rock chemical composition of felsic rocks distribute on Kajishima, Ehime Prefecture, Southwest Japan.

Kazuya SHIMOOKA*(Ehime Univ.), Yasuhiro OGITA(JAEA), Satoshi SAITO(Ehime Univ.)

1. はじめに 火山弧でのマグマの異常発生期は“フレアアップ”と呼ばれ、近年大陸地殻の成長を解明するための鍵として注目されている。西南日本内帯に分布する珪長質岩類は白亜紀フレアアップイベントで形成され、同位体岩石学研究をはじめとした研究から、その成因として苦鉄質下部地殻の部分溶融が示唆されている(例えば, Nakajima 2004)。しかしながら、そのメカニズムについては未だ明らかになっておらず、化学組成に基づく検討が必要不可欠である。

四阪島梶島は愛媛県北東部に位置し、全島が斑れい岩類により構成され、岩脈状に珪長質岩が分布する。当地域では、斑れい岩類について堀内(1985)による記載岩石学研究や Kagami et al. (1985; 2000)、Okano et al. (2000)による同位体岩石学研究がなされているが、珪長質岩についての研究は極めて少なく、堀内(1985)で僅かに触れられた岩石記載研究に限られる。本研究において、梶島の珪長質岩から新たにポイキリティック組織を見出した。そこで、本発表では、ポイキリティック組織を構成する鉱物について化学組成を明らかにするとともに、珪長質岩について全岩化学組成分析を行い、梶島の珪長質岩の形成過程について議論した。

2.0. 岩石記載 梶島の珪長質岩は野外産状により片状岩相と塊状岩相に大別できる。片状岩相は、異なる斑れい岩相どうしの境界域に岩脈状に産し、岩脈中心部では岩脈の貫入方向と調和的な変形構造を示すが、周縁部では塊状に変化する。モード組成による分類では花崗閃緑岩~花崗岩の組成を示す。鏡下ではカリ長石、斜長石のポーフィロクラストとサブグレイン化した石英・斜長石を観察でき、黒雲母は岩脈の示す変形構造に調和的に配列する。塊状岩相は主に同一の斑れい岩相内部に岩脈状に産し、石英、斜長石、および黒雲母からなり、しばしば他形のカリ長石を含む。モード組成による分類では花崗閃緑岩~花崗岩の組成を示す。

2.1. 塊状岩相内部のポイキリティック組織 ポイキリティック組織は、等粒状組織を呈する塊状岩相中にパッチ状に産し、カリ長石が融食縁を示す

斜長石、球状の石英、自形~半自形の黒雲母を包有する。モード組成による分類ではアダメロ岩の組成を示す。球状石英は、CL像で粒の外形とは非調和な不定形のコアを観察できる。

3. 全岩化学組成 当地域の珪長質岩について、塊状岩相は SiO₂含有量 73.2~75.7 wt%、K₂O 含有量 3.4~5.5 wt%、塊状岩相は SiO₂含有量 72.0~72.9 wt%、K₂O 含有量 0.9~3.0 wt%の組成範囲を示し、ハーカー図上では、岩相ごとに固有の組成トレンドを示す。ジルコン飽和温度計では 770~790°Cの結晶化温度が求められた。スパーダー図や REE パターン上では Sr や Eu 異常が見られない。

4. 鉱物化学組成 塊状岩相中の等粒状組織部とポイキリティック組織部に産する黒雲母と斜長石について組成分析を行い、Mg#(100*Mg/(Mg+Fe)モル比)と An#(100*Ca/(Ca+Na+K)モル比)を算出した。

4.1. 黒雲母 等粒状組織部の黒雲母のコアが Mg#26、リムが Mg#27~26 の組成を示す。ポイキリティック組織部の黒雲母のコアは Mg#63 と 26 のバイモーダルな組成を、リムは Mg#26~25 の一定の組成を示す。

4.2. 斜長石 等粒状組織部の斜長石はコアからリムにかけて An#が単調に減少する(An#62~37)。一方で、ポイキリティック組織部の斜長石は、元素マップ図上で粒外形とは非調和なコアが観察でき、コアが An#67~56、マントルからリムにかけて An#45~37 の不連続な組成を示す。

5. 議論 ポイキリティック組織中の石英や斜長石が示す不定形のコア、鉱物組成の不連続、花崗岩質岩の相図上(Whitney 1975)での温度条件推定によると、ポイキリティック組織部の形成は結晶分化作用のみでは説明できない。一方で、鉱物中の不定形のコアや鉱物組成の不連続は組織の形成プロセスに部分溶融の存在を示唆し、花崗閃緑岩質岩の相図上(Whitney 1975)での温度条件推定もこれを支持する。このことから、梶島に分布する珪長質岩は花崗閃緑岩質岩の部分溶融によって生じたことが示唆される。

Keywords : Cretaceous felsic rocks, Kajishima, Southwest Japan, Mineral and whole-rock chemical composition

*Corresponding author : shimooka19961213@yahoo.co.jp

Natural and numerical considerations of water budget of the caldera-forming magmas in Naruko volcano, Northeast Japan.

Alexey Kotov*¹, Satoshi Okumura², Kenji Shimizu³, Isoji Miyagi⁴, Masaaki Uno¹, Noriyoshi Tsuchiya¹

¹ GSES, Tohoku Univ., ² GSS, Tohoku Univ., ³ JAMSTEC, ⁴ AIST

This study is aimed at establishing the petrological features of the origin of the caldera-forming magmas of the Naruko volcano, as well as estimating the amount of H₂O accumulated in the magma chamber during evolution. Naruko caldera was formed by two eruptions: the Nizaka pyroclastic flow (c. 72 ka) and the Yanagisawa pyroclastic flow (c. 45 ka). The pumice stones of both eruptions are rhyolites (K₂O 1.5-1.8 wt %). Total erupted volume around 12.5 km³. Phenocrysts in the mineral assemblage are plagioclase, hypersthene, quartz, magnetite, and ilmenite, which are immersed in a glassy groundmass. Low-Al Mg-Hornblend occurs as phenocryst in Yanagisawa tuffs but absent in Nizaka tuff.

Volatile concentration in melt inclusion (MI) and groundmass glasses were measured using SIMS. Volatiles content in MIs from Nizaka phenocrysts of 4.3-5.9 wt % H₂O, CO₂ <18 ppm, Cl 1.1-2.0 wt %, S <30 ppm. Volatiles content in MIs from Yanagisawa phenocrysts of 4.5-5.0 wt % H₂O, CO₂ < 20 ppm, Cl 1.2-1.8 wt %, S <40 ppm. Melts from both eruptions are H₂O-saturated. Using VolatileCalc (Newman and Lowenster, 2002) we estimated minimum saturated pressure for the melts of 1-2 kbars. Using several mineralogical barometers, we estimated pressure of 1.0-3.0 kbars for both eruptions. These estimations correspond to shallow magma chamber conditions (2.5-5.5 km depth), which are consistent with geophysical studies (Okada et al., 2014; Ogawa et al., 2014).

Based on several thermometers, Nizaka magmas has been formed under 790-830 °C and oxygen fugacity of ΔNNO to ΔNNO-0.45. However, a significant heating of magmas to a level of 870°C at the early stages of formation initiated the crystallization of specific mineral assemblage of high-Ca plagioclase and High-Mg orthopyroxene and removed amphibole from its stability field. Thus, amphibole was taken out of its field of stability in early Nizaka magmas due to increasing of temperature. The subsequent drop of temperature didn't lead to the resumption of amphibole crystallization, since melts were depleted of Mg. Crystallization of the Yanagisawa magmas also occurred under the influence of heating of more primitive magmas, which is expressed in the rhythmic zoning of minerals and olivine finds, however, the range of temperature variations is narrow between 800-840 °C, in slightly more oxidized conditions (ΔNNO+0.5), which allowed the amphibole to stabilize in the last stages of magma evolution.

We applied Rhyolite-MELTS (Gualda et al., 2012) to modelling equilibrium batch crystallization of the most primitive known rock on the Naruko volcano. The most primitive composition of the basaltic andesite xenolith (54.7 wt% SiO₂) described in (Ban et al. 2005, sample TR-4) was taken as the starting composition. Modeling shows that the crystallization of 75-80 wt % Naruko basaltic andesites to temperatures of 800-810 °C, at a pressure of 1.5-2.0 kbar, QFM+2 and initial H₂O content of 5.0 wt% H₂O successfully reproduces the composition of the Nizaka magmas with a bulk H₂O content of about 4.9-6.0 wt %. In addition to prove the relationship between primitive magmas and Naruko caldera rhyolites, this modeling also allows us to suggest that the volume of water that is accumulated in melts corresponds to only 20 wt % of all H₂O that was obtained during the generation of rhyolites, however, it is not fixed in the compositions of melts due to limited water solubility in shallow conditions.

Based on petrographic data, melt/mineral volume ratios, MELTS results and H₂O content data, we have attempted to estimate the bulk volume of H₂O accumulated in the Naruko magmas. The total amount of H₂O stored in the chamber (dissolved in the melt) is 1.15*10⁹ tons, but bulk amount of H₂O (dissolved in the melt and separated as fluid during fractional crystallization) is 5.74*10⁹ tons. Taking that the time difference between two eruptions is 27 ka, we estimated total water input into the Yanagisawa magma chamber during this time relatively to arc length. Such estimates of the accumulation time are preliminary and probably provide the minimum estimates. But mineralogical futures of the Yanagisawa tuffs allow us to suggest that it is newly formed magma during the period between the Nizaka eruption and Yanagisawa eruption (27 ka). Based on the above, the H₂O input into the upper crust is estimated at 4.82 t/yr/m_(arc_length) based on only accumulation in melt and 29.1 t/yr/m_(arc_length) based on bulk amount of H₂O including separated fluid. Arc length was taken based on assumption that the diameter of the magma chamber equal to the distance between caldera rims (7 km). (Kimura and Nakajima, 2014) estimated the total H₂O flux into the crust in NE Honshu subduction zone is ~13 t/y/m. Regarding this data, we conclude that one caldera-forming magma system can serve as a spot for discharge of the subduction zone by volatiles, i.e., as a place through which more H₂O is realized per unit time than on average accumulates in the island arc.

Keywords: Caldera eruptions, Water content, Water flux, Rhyolite-MELTS

*Corresponding author: kotov.alexey.s1@dc.tohoku.ac.jp