

## 大隅降下軽石にみる大規模火砕流噴出の前駆噴火プロセス Precursory eruption for a large ignimbrite eruption; example of Osumi pumice fall deposit from Aira caldera

下司 信夫<sup>1\*</sup>; 宮縁 育夫<sup>2</sup>  
GESHI, Nobuo<sup>1\*</sup>; MIYABUCHI, Yasuo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>産総研 活断層・火山研究部門, <sup>2</sup>熊本大学教育学部

<sup>1</sup>Inst Earthquake Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>Kumamoto University

カルデラ陥没とそれに伴う大規模火砕流の噴出は、それに至る前駆噴火過程を伴っている。前駆噴火過程におけるマグマ噴出がマグマ溜りの減圧をもたらし、その結果マグマ溜りの天井の破壊陥没が生じる。始良カルデラから 29calBP に発生した大規模噴火は、九州島南部の大部分を覆った入戸火砕流を噴出し、この噴火によって現在の始良カルデラの構造が形成されたと考えられている。この噴火の初期には、見かけ体積約 100 立方 km に及ぶ大規模な大隅降下軽石の噴出があった (Kobayashi et al. 1983)。この大規模な降下軽石の噴出によってマグマ溜りの減圧が進行し、カルデラの陥没と大規模な火砕流の噴出をもたらしたと考えられる。我々は、大隅降下軽石の層序に沿った岩相変化を解析することで、巨大火砕流噴火に至るマグマシステムの理解を目指している。大隅降下軽石は、Kobayashi et al. 1983 ですでに報告されているように、全体として上方粗粒化し、その上位を妻屋火砕流や入戸火砕流に直接おおわれる。給源と推定される始良カルデラ南部の桜島付近から分布軸上に約 15km 離れた垂水市大野原林道では層厚は約 10m である。基底から約 2m はやや細粒であり、また基底から約 4.5m に細粒の薄層が挟まれるが、全体としては顕著な堆積ユニットは認められない。基底部では軽石の最大粒径 (MP: 5 個平均) は 3cm、最上部では 8cm に達する。また、石質岩片 (異質岩片) の含有量は約 5% である。異質岩片は、基盤を構成する四万十帯の堆積岩 (頁岩と少量の砂岩) およびごく少量の花崗岩、それを覆っていた先カルデラ火山からもたらされたと考えられる流紋岩~デイサイト溶岩と、安山岩溶岩・スコリア片からなる。基底から上部に向かって、基盤岩由来の岩片に対して表層部に分布していた火山岩類の岩片の比率が上昇する。これらの観察事実から、大隅降下軽石の噴出過程において火道の拡大が進行し、火道の断面の増加による噴出率の増加が大規模な降下軽石の噴出とそれによるマグマ溜りの減圧を促し、カルデラ陥没と大規模火砕流の噴出に至ったと考えられる。

キーワード: 大規模火砕流, カルデラ噴火, 始良カルデラ, 噴火

Keywords: Ignimbrite eruption, caldera-forming eruption, Aira caldera, Eruption

## 始良カルデラ噴火におけるマグマの混合・端成分・起源 Mixing, end-member components and origin of felsic and mafic magmas erupted by Aira caldera-forming eruption

日向 宏伸<sup>1\*</sup>; 巽 好幸<sup>1</sup>; 鈴木 桂子<sup>1</sup>; 谷 健一郎<sup>2</sup>; 木村 純一<sup>3</sup>; 常 青<sup>3</sup>  
HINATA, Hironobu<sup>1\*</sup>; TATSUMI, Yoshiyuki<sup>1</sup>; SUZUKI-KAMATA, Keiko<sup>1</sup>; TANI, Kenichiro<sup>2</sup>;  
KIMURA, Jun-Ichi<sup>3</sup>; CHANG, Qing<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 神戸大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 国立科学博物館地学研究部, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野  
<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kobe University, <sup>2</sup>Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, <sup>3</sup>Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Aira caldera, located in southern Kyushu, is a collapse caldera with ~20 km in diameter and was formed by a caldera-forming eruption occurred at ~29 ky ago. The Aira eruption effused voluminous white pumices basically formed from homogeneous felsic magma. They show the following disequilibrium petrographic features: (1) dark pumice (Arakawa et al., 1998) and banded pumice erupted along with the white pumice, and (2) cores of the plagioclase phenocrysts possess wide compositional range in both An content and Sr isotope composition. These suggest that the Aira eruption was caused not only by the felsic magma but also by the mafic magma, generated from different sources.

The An content of the plagioclase cores ranges from An<sub>33</sub> to An<sub>88</sub>. These phenocrysts can be divided into two types such as high-An (type-A: An >70), low-An (type-B: An <60) based on An contents of their cores and rims. Sr isotope ratios of the type-A and B phenocrysts coincide with those of the dark pumice and the white pumice, respectively. These values are distinct from Shirahama basalt which is assumed to be derived from upper mantle and basement rocks such as the Shimanto sedimentary rocks and the Takakumayama granite. Therefore, the mafic and felsic magmas which crystallized type-A and type-B plagioclase are not simply derived from upper mantle and basement rocks, respectively.

U-Pb dating of the zircon crystals in the white pumice shows concordant ages ranging from 249 to 2517 Ma. The age range is identical to those of the zircons from the basement rocks (Shimanto sedimentary rocks). However, no older zircons in white pumice show overgrowth structure. It is thus likely that older zircon is not source material but one of end-member components.

End-member components for magmas were estimated using element partitioning data (Bindeman et al., 1998; Bindeman and Davis, 2000). The mafic magma (SiO<sub>2</sub> = 59 wt.%, Sr = 391, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0.7066) which crystallized the type-A plagioclase can be derived from mixing between the basement rocks (Shimanto sedimentary rocks) and the basaltic magma (Shirahama basalt) derived upper-mantle. The felsic magma (SiO<sub>2</sub> = 75 wt.%, Sr = 103, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0.7060) which crystallized the type-B plagioclase was derived from the middle-lower crustal rocks based on the Sr isotope ratio. The composition of the dark pumice in the Ito ignimbrite can be explained by mixing between the mafic and the felsic magmas. Therefore, it is possible to propose that a cryptic magma should contribute to felsic magma production in association with Aira eruption.

キーワード: 始良カルデラ, カルデラ噴火, マグマ混合, 端成分, ジルコン, 斜長石

Keywords: Aira caldera, caldera-forming eruption, magma mixing, end-member components, zircon, plagioclase

## 桜島火山安永溶岩中苦鉄質包有物の組織解析に基づく苦鉄質マグマ冷却過程 Cooling process of mafic magma by texture analysis of mafic inclusions in An-ei lava, Sakurajima volcano

山下 俊介<sup>1\*</sup>; 寅丸 敦志<sup>2</sup>  
YAMASHITA, Shunsuke<sup>1\*</sup>; TORAMARU, Atsushi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻, <sup>2</sup>九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門  
<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, 33 Kyushu University, <sup>2</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, 33 Kyushu University

苦鉄質包有物は、苦鉄質成分マグマがほぼ組成の均質化をおこすことなく、周囲のマグマに包有されたものであり、マグマ混合過程での苦鉄質マグマについて多くの情報を保持していると考えられる。本研究対象の桜島火山では、Yanagi et al.(1991)によって15世紀以降の噴出物中の斜長石斑晶コアがバイモーダルな組成分布を示すことなどの根拠により2端成分マグマ混合が示唆されており、また1779年安永噴火の溶岩中に苦鉄質包有物が存在することが知られている。したがって、桜島火山マグマ混合による苦鉄質包有物の冷却過程を解明することを目的として、1779年安永噴火の溶岩中の苦鉄質包有物の試料記載・岩石記載・組織解析を行った。

苦鉄質包有物は一般に10~20cm程度の楕円形状をしており周囲の母岩と明瞭な境界を持っていた。また、斑状組織をもち斑晶鉱物は斜長石・斜方輝石・単斜輝石・磁鉄鉱・少量のかんらん石で、マイクロライトは斜長石・斜方輝石・単斜輝石・磁鉄鉱から構成される。一方、母岩の安永溶岩も斑状組織を有し、斑晶鉱物は斜長石・斜方輝石・単斜輝石・磁鉄鉱で、マイクロライトは斜長石・斜方輝石・単斜輝石・磁鉄鉱から構成される。また、苦鉄質包有物と安永溶岩中の斜長石斑晶は、大きなパッチ状包有物を含むような構造の有無により二種類に分類できる。包有物を有する斜長石は、高An部(An75-90)と低An部(An55-70)が1つの斑晶中に不均質に分布している特徴が見られた。また、包有物を有しない斜長石斑晶は、コアは清澄で1つの結晶での組成幅は小さいが、個々の斑晶は明確に異なる2つの組成グループ(An60程度, An85程度)に属し、苦鉄質包有物は高Anグループの割合が多い。苦鉄質包有物中の斜長石・輝石マイクロライトは著しく伸張しており、母岩中の両マイクロライトは~50 μmであるのに対し苦鉄質包有物中では~300 μmであった。

マイクロライト数密度(MND)から冷却速度を定量的に見積もるため、MND組織解析を行った。その結果、冷却速度は $0.19-4.18 \times 10^{-4}$  K/sと求まった。また、斜長石マイクロライトのコア・リム組成から晶出開始・終了温度を見積もり、その結果、一定の冷却速度を持つと仮定すると苦鉄質包有物中の斜長石マイクロライトの結晶化に要した時間スケールは数日~数十日ということが分かった。さらに、このマイクロライトについて結晶サイズ分布(CSD)解析を行った。そのCSDは片対数で直線的であり、マイクロライトは焼き鈍しを経験していない、もしくは焼き鈍しの効果が影響的ではなかったことを示し、結晶化が終了してから噴火までの時間は無視できるほど短いと考えられる。したがって、苦鉄質包有物中のマイクロライトの結晶化が開始してから噴火までの時間スケールは数日~数十日程度ということが分かった。

キーワード: 桜島火山, 苦鉄質包有物, 組織解析, マイクロライト数密度, マグマ混合過程, マグマ冷却過程

Keywords: Sakurajima volcano, mafic inclusion, texture analysis, microlite number density, magma mixing process, magma cooling process

## 霧島火山群，甕岳火山の発達史—小型成層火山の形成過程— Eruptive history of Koshikidake Volcano of the Kirishima volcanic group - A study on growing stratovolcanoes-

田島 靖久<sup>1\*</sup>  
TAJIMA, Yasuhisa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本工営  
<sup>1</sup> Nippon Koei Co., Ltd.

霧島火山群は、多様な形態の火山から構成される火山群であり、火山体の分類を行うのに良好なフィールドとなる。山頂を中心に裾野が広がる成層火山と似た形態の高千穂峰、御鉢は、井ノ上 (1988)、筒井・他 (2007) によって急成長した発達過程が明らかにされている。この様な推移について、霧島火山群の他の火山においても起きているのか検討をする必要がある。霧島火山群では、飯盛山、甕岳、丸岡山がこれらに近い成層火山の特徴を有しており、高千穂峰、御鉢との比較検証が可能と考えられる。この中でも甕岳火山はテフラと溶岩の関係を明らかにすることができたため、その発達過程について示し火山体形成の比較議論を行う。霧島火山群を起源とするテフラ層の中で、韓国岳—小林テフラ (Kr-Kb) と入戸火砕流堆積物の間に、降下スコリア層があることが知られている。この降下スコリア層は、飯盛山に向かい層厚を増すことより、飯盛山スコリア層と呼ばれていた (遠藤・小林ローム研究グループ, 1969)。一方、Imura (1992) は、同層の等層厚線図より韓国岳が給源であると推定し、韓国岳スコリアと改称した。同層の等層厚線、粒径が甕岳火山に向かい増加することを示し、甕岳-白鳥下湯 1~10 テフラ (Ks-Ss1~Ks-Ss10) と再定義した。次に、甕岳火山を起源とする溶岩は、霧島火山群の北域に広く分布しており (沢村・松井, 1957; 井村・小林, 2001)、火口からの到達距離は 7 km を超える。甕岳溶岩の表面積は約 30 km<sup>2</sup> となり、安山岩溶岩としては規模の大きなものである。2011 年 11 月から始まった西之島において大量の溶岩噴出が継続している現在、大規模な溶岩噴出例としてもその噴火推移を示す必要がある。甕岳火山の活動は、初期に小~中規模のブルカノ式噴火の活動から始まった。Ks-Ss1~Ks-Ss5 は小~中規模の噴火活動を行っていたが、Ks-Ss6 の時に急に大量の溶岩と降下火砕物を噴出する噴火活動に変化した。Ks-Ss1~Ks-Ss6 では噴火毎に短い静穏期があったと考えられるが、Ks-Ss1~Ks-Ss6 間の土壌発達には貧弱であり静穏期間は長くなかったと推定される。城ヶ崎では Ks-Ss7a~Ks-Ss8 間に泥炭層、湖成層が認められることより、数百年以上の静穏期があったと考えられる。その後、Ks-Ss8~Ks-Ss9 は比較的短時間の活動を行い、Ks-Ss10 のブルカノ式噴火で成長を止めた。御鉢火山では、約 1300 年前から活動を開始し、500 年後に山体を成長させた高原スコリア噴火を発生させた (筒井・他, 2007)。高千穂峰の複合火山も、古高千穂—蒲牟田テフラの噴出から 1000 年以内に主たる活動が生じ、高千穂峰—王子テフラでほぼその活動を終えたと考えられている (井ノ上, 1988)。最初期の小~中規模の活動から、前期の急激に山体を成長させる活動に至った。初期の相対的な小規模な活動を経て、急激に成長する火山体の発達過程は、これらの火山に共通した特徴と言え、成層火山の成長には急激に噴出率が上がる時期があると考えられる。

キーワード: 霧島火山群, 甕岳火山, 成層火山, 溶岩, 古加久藤湖

Keywords: Kirishima volcanic group, Koshikidake volcano, strato volcano, lava, Ko-Kakuto lake

## 南島原玄武岩の起源

# The genesis of the Minami-Shimabara basalts erupted at the pre-stratovolcao stage of Unzen

眞島 英壽<sup>1\*</sup>

MASHIMA, Hidehisa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 明治大学黒耀石研究センター

<sup>1</sup>Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

Hydrous components derived from the subducting slab, such as aqueous fluids and hydrous melts, are generally believed to play an essential role in subduction zone magmatism. From the viewpoint of this petrologic concept, the genesis of the Unzen magmatism in west Kyushu, southwest Japan is an enigma. The Wadachi-Beniof Zone beneath Kyushu indicate that the subducted Philippine Sea Plate does not extend to Unzen, which indicates that petrologic models emphasizing the role of slab-derived hydrous components cannot explain the genesis of the Unzen magmatism. In other words, the Unzen magmatism gives us new insights into our understanding of the subduction zone magmatism. The petrogenesis of Unzen, however, has not been well understood yet, since the modern Unzen volcanism is dominated by eruptions of dacite and is devoid of primitive basalt lavas. It is, therefore, impossible to constrain physicochemical conditions of primitive magma genesis using petrologic observations for present magmatic products there. The Minami-shimabara basalts (MSBs) distributed at the southern foot of Unzen erupted at the pre-stratovolcao stage from 4.6 to 1.0 Ma. The genesis of the MSBs would give us some insights into our understanding of the Unzen magmatism.

The MSBs do not show meaningful correlations on the major element oxide vs. MgO diagrams, indicating that magmatic processes the MSBs experienced were complicated. The behaviors of compatible elements such as Ni and Cr, however, indicate that magmatic processes in the mantle would have played essential role in the compositional features of the MSBs. The Mg-Fe-Ni compositions indicate that the MSBs could have been in equilibrium with Fe-rich mantle olivines with Fo = 80 -87. On the normative olivine-quartz-Jd+Ca diagram, the MSB are plotted parallel to the adiabat of melting anhydrous peridotite. These features indicate that multi-stage partial melting at 1.5-0.5GPa would essentially have formed compositional variations of the MSBs. The low pressure where the primitive melts were last in equilibrium with the source mantle is consistent with seismic observations of Unzen suggesting that crustal thinning occurs there.

The normative compositions also indicate that the source mantle would have had relatively low temperature ( $T_p \approx 1300$  °C). The estimated low potential temperature indicates the MSB magmatism would have caused by a passible upwelling induced by the subsidence of the Shimabara Basin. Forcal mechanisms and GPS displacements indicate that dextral transtensional strain of the Amakusa-nada Graven controls these geologic phenomena.

キーワード: 南島原玄武岩, 多段階部分溶融作用, テクトニクス, 右横ずれ

Keywords: the Minami-Shimabara basalts, multi stage partial melting, tectonics, dextral

## 斜長石およびメルト包有物組成からみた阿蘇-4火砕流マグマ溜りの層構造 Zonal structure of Aso-4 magma reservoir as estimated from compositions of plagioclase and melt inclusions

山崎 秀人<sup>1</sup>; 長谷中 利昭<sup>1\*</sup>; 安田 敦<sup>2</sup>  
YAMASAKI, Hideto<sup>1</sup>; HASENAKA, Toshiaki<sup>1\*</sup>; YASUDA, Atsushi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> Graduate School of Science & Technology, Kumamoto University, <sup>2</sup> Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

日本における最大規模の噴火である阿蘇-4火砕噴火は、噴出物の層序学的関係が多くの研究者によって明らかにされており、巨大火砕噴火の推移を研究するのに適している。阿蘇-4火砕噴火第1サイクルの小谷軽石流堆積物(以下、小谷)、肥猪火山灰流堆積物(以下、肥猪)、八女軽石流堆積物(以下、八女)、弁利スコリア流堆積物(以下、弁利スコリア、軽石)の斜長石斑晶、および斑晶鉱物に含まれるメルト包有物の組成をEPMAによって測定し、小谷、肥猪のメルト包有物の含水量をFT-IRによって測定した。

軽石中に含まれる斜長石の組成分布は、単一ピーク(肥猪)から二山ピーク(小谷、八女)に変化し、また単一ピークになる(弁利軽石)。斜長石の組成幅はより時間推移とともに広くなり弁利軽石、スコリアで最大になる。最大ピークの中央値は、An = 35% (肥猪), An45% (小谷, 八女, 弁利軽石), An90% (弁利スコリア)であるが、すべての試料にAn55%組成の斜長石が少量含まれる。コアとリムの組成に顕著な違いは見つからなかった。

軽石の全岩化学組成は肥猪、八女ではSiO<sub>2</sub>=68~70%、小谷はSiO<sub>2</sub>=67~70%、弁利軽石はSiO<sub>2</sub>=66~67%であった。しかし、斜長石、斜方輝石斑晶に含まれるメルト包有物のガラスでは、分析した肥猪と小谷の間で明瞭な違いが認められた。肥猪のメルト包有物はSiO<sub>2</sub>=73~74%の狭い組成領域に分布するが、小谷のメルト包有物は肥猪の組成領域を含み、SiO<sub>2</sub>=71~74%のやや広い組成範囲を示す。椎原(2014)が、カルデラ東方のAso-4Aテフラで同様の関係をもつ2種のガラス組成、すなわちGroup1(SiO<sub>2</sub>=73-74%)、Group2(SiO<sub>2</sub>=71-72.5%)を報告しており、それぞれ肥猪と八女の火砕流堆積物のガラスに対応すると議論した。椎原(2014)の肥猪と八女ガラスが、本論の肥猪および小谷メルト包有物とほぼ同じ組成を示すことから、両者はそれぞれ、同じメルトを代表することが推定された。すなわち、西方に流れた小谷火砕流と東および北西方向に流れた八女火砕流は、ほぼ同じマグマ供給系由来である可能性がある。

含水量は肥猪のメルト包有物は4%以上、シリカにやや乏しい小谷ガラス包有物は2~4%であった。塩素濃度は肥猪のメルト包有物の方が小谷より高いが、硫黄はシリカに乏しい小谷の方がやや高い含有量を示す。

以上をまとめると、肥猪は1つのマグマ液相を、小谷、八女、弁利軽石は2つのマグマ液相を代表すると考えられる。わずかな量のAn55組成の斜長石と平衡なややマフィックなマグマは検出されていないが、噴火前の混合過程の端成分であったことが示唆される。さらに第1サイクルの最後のステージで弁利スコリア(斜長石はAn90)に代表される最もマフィックなメルトが出現した。阿蘇-4の成層マグマ溜りは上部から肥猪メルト、小谷・八女メルト、"An55"メルト、弁利スコリアメルトがあったことが、岩石学的につきとめられた。これらのデータを最も説明しやすいモデルは成層マグマ溜りの上層からの段階的なマグマ混合、排出であろう。

キーワード: 阿蘇-4火砕流, マグマ溜り, メルト包有物, 斜長石

Keywords: Aso-4 pyroclastic flow, magma reservoir, melt inclusion, plagioclase

## 0.4Ma以降における富士火山および隣接する諸火山のマグマ供給系とテクトニクスの進化 Evolution of magmatic plumbing system and tectonics of Fuji and adjacent volcanoes since 0.4Ma.

高橋 正樹<sup>1\*</sup>; 鶴川 元雄<sup>1</sup>  
TAKAHASHI, Masaki<sup>1\*</sup>; UKAWA, Motoo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本大学文理学部

<sup>1</sup>College of Humanities and Sciences, Nihon University

0.4Ma以降の富士火山および隣接する愛鷹, 先小御岳, 箱根, 伊豆東部(天城)などの諸火山のマグマ供給系の進化は, フィリピン海プレート北端部における島弧衝突テクトニクスと密接な関係を有しているものと考えられる。0.4Ma以降の富士火山およびこれらの隣接する諸火山のマグマ供給系の進化史は, Stage-1 から Stage-3 の3期に区分される。Stage-1 (0.40~0.27Ma) では, 玄武岩質~安山岩質の愛鷹, 先小御岳, 箱根, 天城などの成層火山が形成されたが, このステージではフィリピン海プレートは, 駿河トラフと神縄断層からの沈み込み運動を続けていた。Stage-2 (0.27~0.13Ma) では, 丹沢ブロック上に形成された愛鷹および先小御岳の両成層火山の活動がみられ, その下には駿河トラフから沈み込むフィリピン海プレートが沈み込みを続けていた。このステージの箱根火山は, 成層火山群の形成から, 大規模珪長質噴火活動とカルデラの形成, および安山岩質~珪長質の独立単成火山群とそれに関連した平行岩脈群の活動へと変化しており, NNW-SSE 方向に伸びた地溝帯がそれに直交する方向の引張テクトニクス場の下に形成されていた。このステージには, 箱根火山を載せたフィリピン海プレート北端部で丹沢ブロックとの衝突・固着化が進み, 沈み込み運動はほぼ停止していたらしい。そのために, 駿河トラフから西方への沈み込みによって生じた歪は, 箱根火山における地溝帯の形成によって解消されていた可能性が高い。Stage-3 (0.13~現在) に入ると, フィリピン海プレート北端部と丹沢ブロックとの固着化はさらに進行し, 箱根火山地域には, 地溝帯に代わって箱根火山の中心部を縦断するように左横ずれ断層系(丹那・平山断層)が発達するようになり, そのブルアパート部に中央火口丘火山群が形成された。一方, 丹那・平山断層系の東方ブロックは北上するように移動し, そのために天城火山地域は引張テクトニクス場におかれて伊豆東部単成火山群が形成された。神縄断層での固着化が進んだため, 駿河トラフから西方に沈み込むフィリピン海プレートによって生じた歪は, 富士火山直下の深部に開口性割れ目が発達することで解消されるようになった。このことが, 富士火山で大量の玄武岩質マグマが噴出する原因となったものと考えられる。

キーワード: 富士火山, マグマ供給系, テクトニクス

Keywords: Fuji volcano, magmatic plumbing system, tectonics

## 草津白根火山殺生溶岩の斑晶化学組成と微細構造から推定されるマグマ混合と安山岩形成プロセス Multistage magma mixing determined by phenocryst composition and zoning of the Sessho lava, Kusatsu-shirane Volcano

岡本 直也<sup>1</sup>; 押尾 和喜<sup>1</sup>; 上木 賢太<sup>2\*</sup>; 乾 睦子<sup>1</sup>; 野上 健治<sup>3</sup>  
OKAMOTO, Naoya<sup>1</sup>; OSHIO, Kazuki<sup>1</sup>; UEKI, Kenta<sup>2\*</sup>; INUI, Mutsuko<sup>1</sup>; NOGAMI, Kenji<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国土館大学, <sup>2</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 東京工業大学火山流体研究センター

<sup>1</sup>Kokushikan University, <sup>2</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>Tokyo Institute of Technology

本研究では、草津白根山殺生溶岩の斑晶組成と微細構造を用いて、草津白根山の安山岩マグマの形成・結晶化プロセスの考察を行った。本研究の対象とした草津白根火山は群馬県に位置し、約 57 万年前に活動を開始した活火山である(早川・由井、1989)。殺生溶岩は約 5000 年前に本白根山から噴出したと推定されている(吉本ほか、2013)、SiO<sub>2</sub> 含有量 60?63 wt. %の安山岩溶岩である(上木・寺田、2012 など)。本研究では、噴火前の単独のマグマだまりの物理化学環境を制約するために、明らかに一連のイベントで噴出したことが明確であり、噴出時期が明らかになっている殺生溶岩を対象として、一連の噴出物の微細構造の分析を行った。

殺生溶岩に含まれる斑晶鉱物は、斜長石+単斜輝石+斜方輝石+磁鉄鉱土かんらん石であった。かんらん石の Fo 値は 80 前後と、母岩とは非平衡な組成を示し、反応縁を持っていた。このかんらん石と同一のサンプルから、磁鉄鉱と斜方輝石のラメラ状組織を持つシンプレクタイトが確認された。このシンプレクタイトは一般的には、かんらん石の急激な酸化によって生成されると推定されている(たとえば Goode、1974)。このシンプレクタイト内の斜方輝石は、通常の斜方輝石より屈折率が低い特徴を示した。

単斜輝石と斜方輝石ペアのリム組成と輝石温度計(Lindsley、1983)を用いて推定した温度は、700~800 °Cおよび 1000 °Cとなった。1枚の薄片の中でも異なる温度を示す輝石のペアが見られた。1000 °Cを示した斜方輝石と単斜輝石の全主要元素を他の輝石と比較した結果、1000 °Cを示す輝石のリム部分は Al 含有量などで他の輝石とは異なる組成を示す一方、コア部分は低温の輝石とほぼ同じ値を示した。このことから、高温の輝石は、マグマ噴出直前まで温度も化学組成も周囲の輝石とは異なるマグマ内で成長したことがわかる。

EPMAによる組成累帯構造の分析、SEMと偏光顕微鏡による構造と外形の観察に基づいて、斜長石は4種類に分類された。タイプ1の斜長石は自形で An 値が 55?65 のクリアなコアを持つ。タイプ2の斜長石は自形で、An 値が 50?80 のオシラトリーゾーニングを示すコアを持つ。タイプ3の斜長石は汚濁帯からなる An 値が 80?90 のコアと、丸みを帯びた外形を持つ。タイプ4の斜長石は An 値が 55?80 のオシラトリーゾーニングを示すクリアなコアを、汚濁帯からなる An 値が 80?90 のマンテル部が取り囲む構造を示す。すべての斜長石は厚さ~50 μm で An 値が 60~80 のリムを持つ。このリムは石基の微斑晶斜長石と同様の組成を持っており、噴火時の急冷減圧で結晶化した部分だと推定される。タイプ3とタイプ4の汚濁帯部分は他の部分やタイプ1、2と比べて高い MgO と FeO 含有量を持ち、これらの元素の含有量が高いマグマから結晶化したことを示す。タイプ1とタイプ2の斜長石の長軸の長さは~1.5 mm であり、タイプ3、4(~1mm)と比べて大きかった。結晶サイズ分布(CSD)を測定した結果、この境界付近に変曲点が存在することから、タイプ1、2とタイプ3、4の斜長石は異なる物理条件で結晶化したことが示唆される。クリアな斜長石(タイプ1)は低温で分化したマグマでの結晶化を、汚濁帯からなる斜長石(タイプ3)は高温で比較的未分化なマグマでの結晶化を表していると推定される。オシラトリーゾーニング(タイプ2)やダスティなマンテル部(タイプ4)、高温の輝石のリムの存在は、高温マグマとこれらの斑晶が直接反応していたことを示すと考えられる。

これらの斑晶に基づく観察から、草津白根山の殺生溶岩をもたらしたマグマだまりでは複数回のマグマ混合プロセスが起きていたことが示唆される。結晶化が進んだマグマだまりに、かんらん石や高 An 値の斜長石を含む高温マグマが複数回貫入することで、不均質で、結晶に富んだ安山岩質マグマが生成されたと考えられる。

キーワード: 溶岩, 輝石温度計, 結晶サイズ分布, 安山岩, 噴火, 活火山

Keywords: lava flow, two pyroxene geothermometry, crystal size distribution, andesite, eruption, active volcano

## 水蒸気噴火で発生する低温火砕流 - 焼岳大正池噴火 (1915) とその類例 - Low tempter Pyroclastic flow (pyroclastic density current) from phreatic eruption

及川 輝樹<sup>1\*</sup>  
OIKAWA, Teruki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>産総研 活断層・火山研究部門  
<sup>1</sup>GSJ/AIST

水蒸気噴火に伴って発生する低温な火砕流は、それほど珍しい噴火現象ではない。19世紀末以降の我が国においても、磐梯山1888年噴火、安達太良山1990年噴火、十勝岳大正泥流噴火(1926年)、焼岳大正池噴火(1915年)、御嶽山2014年噴火と少なからずの噴火が知られている。そのうち、焼岳大正池噴火の推移を記録や新たに発見した古写真などから復元を行う。

焼岳大正池噴火は、焼岳火山の1907-39年にかけての一連の水蒸気噴火の活動中盤ごろに発生した噴火である。1907-39年の噴火は、山頂部の複数の火口から度々水蒸気噴火が発生したが、大正池噴火は新たに山腹に割れ目火口を開裂して発生した噴火である。噴火は、1915年6月6日の7時35分頃発生した。噴火前、30分くらい地震動が上高地で感じられた。その後7時33分頃に上高地、白骨で特別強い振動を感じ、7時35分頃噴火が発生した。噴火は、南東側山腹に新たに開裂した長さ1kmばかりの割れ目火口から噴煙が横殴りに噴出し、その後上方へ上昇した。横殴りの噴煙が通過した範囲は、樹木の幹枝が折れた激しい損木域となっており、横殴りの火砕サージが発生したのは明らかである。ただし、写真や文字記録から樹木の燃えた痕や炭化は認められないため、比較的低温の火砕サージ(低温火砕流)であると判断される。この火砕サージは、火口から1kmほど走り下り、山麓の梓川まで達した。噴火は、30~40分間続いて段々弱くなり1時間続いた。火砕サージの発生とほぼ同時に、火口からラハールが発生し山腹の各沢を流れ下った。噴火時には降雨などが認められないことから、このラハールは火口からあふれ出た熱水などを起源とするラハールと考えられる。このラハールうち、中堀沢、下堀沢を流れ下ったラハールは、梓川沿いに1kmほどの長さでせき止め、その上流1.9kmほどの長さに達する堰止湖を形成した。ラハールの一部は梓川を流れくんだり、島々(約30km下流)に9時半に達した。約29km下流の梓川用水の堰堤には粉碎された大小(大:径1尺5~6寸、長さ9尺、小:屋根埃くらい)さまざまな樹木片が6日午前10時から午後にかけて多量に流れ着いた。上高地(五千尺ホテル)にて小豆大の火山礫(ラピリ)が降下。上高地に1寸(3cm)ほど降灰。細池尻に3~4寸(9~12cm)降灰したが、遠方への降灰はそれほど顕著でない。同様に低温の火砕流が発生した御嶽山2014年噴火も、テフラの分布は火砕流堆積物を含む火口近傍で厚く、遠方の降下テフラが薄い(少ない)といった傾向が認められる。そのため、火口付近で特異的に厚く分布する水蒸気噴火堆積物は、その噴火の際、低温火砕流が発生した可能性がある。

19世紀末以降に低温火砕流が発生した水蒸気噴火は、噴火の初期にそれが発生している。また、山体崩壊を伴うものともそうでないものに大別される。山体崩壊を伴わないものは、新たな火口形成を伴う爆発的な噴火に伴って発生している。これらの傾向から、低温火砕流の発生は、新たな火口形成に伴い多量の低温の岩片が含まれることで浮力を獲得できない噴煙が重力に引きずられて流れ下ったモデルが想起される。

キーワード: 焼岳, 水蒸気噴火, 大正池, 低温火砕流, 火砕物重力流, 1915

Keywords: Yakedake, phreatic eruption, Taishoike, Low tempter pyroclastic flow, pyroclastic density current, 1915

## 遠方におけるラハール堆積物の堆積相変化 - 鳥海火山の例 - Sedimentary facies changes of lahar deposits in distal area, Chokai volcano, NE Japan

南 裕介<sup>1\*</sup>; 大場 司<sup>2</sup>; 林 信太郎<sup>3</sup>; 片岡 香子<sup>4</sup>

MINAMI, Yusuke<sup>1\*</sup>; OHBA, Tsukasa<sup>2</sup>; HAYASHI, Shintaro<sup>3</sup>; KATAOKA, Kyoko S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 秋田大学大学院工学資源学研究科, <sup>2</sup> 秋田大学国際資源学部, <sup>3</sup> 秋田大学教育文化学部, <sup>4</sup> 新潟大学災害・復興科学研究所  
<sup>1</sup>Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University, <sup>2</sup>Faculty of International Resource Science, Akita University, <sup>3</sup>Faculty of Education and Human Studies, Akita University, <sup>4</sup>Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University

Chokai volcano is an andesitic stratovolcano in northeast Japan. The sector collapse of the volcano occurred about 2,500 years ago. The Kisakata debris avalanche deposit was formed by the collapse to the northern foot of Chokai volcano (Ohsawa *et al.*, 1982). The post-collapse fan (partly volcanoclastic apron) deposits, largely distributed in the northern foot of the volcano, overlies the Kisakata debris avalanche deposit. From geological survey in the proximal area, Minami *et al.* (2015) reported that the post-collapse fan deposits accumulated by a series of debris flows and hyperconcentrated flows, and then concluded that the deposits are originated from several lahar events. However, change in sedimentary facies in the distal area was not well studied. Furthermore the depositional processes changes between the proximal and distal areas of these lahar deposits have not been well understood. This study aims to understand transition of depositional processes with distance, and relationship between geomorphology formed by these lahar deposits and their depositional processes. The volcanic fan can be topographically subdivided into four areas; the steeply-sloping area, the moderately-sloping area, the gently-sloping area, and the very-gently-sloping area. We trenched and cored (by handy geoslicer; Takada *et al.*, 2002) in the distal of volcanic fan (gently sloping area, and very gently sloping area) at a total of 12 sites. Each set of trench and core by the depth of one to two meters from the surface were observed. In the distal area, the lahar deposits are composed of debris flow, hyperconcentrated flow and streamflow facies. These flows are mostly originated from lahar events. The facies variation with distance implies that lahars flowed down as debris flows in proximal areas. Then, they transformed into hyperconcentrated and stream flows, although some reached to the distal area as debris flow. Some lahar reached to the coastline that is 20 km distant from the volcanic edifice as stream flow, where highly populated towns are distributed.

キーワード: ラハール, 鳥海火山

Keywords: Lahar, Chokai volcano

## 本質物質の全粒度分析から見る珪長質マグマ噴火-マグマ水蒸気噴火形態と破碎度の関係

### Relationship between eruptive style and fragmentation derived from the all grain size analysis for juvenile fragments

広井 良美<sup>1\*</sup>; 宮本 毅<sup>1</sup>

HIROI, Yoshimi<sup>1\*</sup>; MIYAMOTO, Tsuyoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大・東北アジア研セ

<sup>1</sup>CNEAS, Tohoku Univ.

#### 1. はじめに

発泡破碎した珪長質マグマが外来水と接触するようなマグマ水蒸気噴火の噴火様式として、水蒸気プリニー式噴火がある。水蒸気プリニー式噴火はこれまで有史における観測例がなく、その噴火様式の認定は噴出物の特徴から判断されている。その代表的な特徴として、マグマ水蒸気爆発による本質物質の爆発破碎のために噴出物が細粒火山灰に富むことが挙げられている (Self and Sparks, 1978)。これに対し、マグマ噴火であるプリニー式噴火噴出物の場合にも遠方に飛散するため堆積物として保存されにくい、細粒火山灰の噴出量は水蒸気プリニー式噴火の場合と大差ないとする主張もある (Hayakawa, 1985; 山元, 1994)。

この2つの噴火形態の相違を示唆する特徴について、複数の噴火事例において噴出物の全粒度分析による細粒火山灰の含有量が求められているが、両者を比較しても一致はしないが明瞭な差異ともとれず、現在まで結論は得られていない (Walker, 1980; 1981 等)。しかしながら、これまで行われて来た全粒度分析は噴出物全てに対して行われており、特に石質岩片と一緒に扱われていることは各噴火毎のマグマの破碎状態を正確に反映しているとはいえず、細粒火山灰の生産量を議論するには問題がある。

よって本研究では、発泡破碎した珪長質マグマにおけるマグマ噴火とマグマ水蒸気噴火との両方が一連の噴火イベント中に起きている噴火事例について、噴出物中の本質物質のみを抽出し、全粒度分析を行うことによって、マグマ噴火とマグマ水蒸気噴火における細粒火山灰の生産量の比較を行った。

#### 2. 研究対象及び手法

今回研究対象とした十和田火山平安噴火は十和田火山における最新の活動で、マグマ噴火とマグマ水蒸気噴火を繰り返しながら火砕流の流出に至る、1日程度で終止した噴火である (広井・宮本, 2010)。平安噴火では噴火を通じて均質な珪長質マグマを噴出しており、噴出物はよく発泡した軽石が主体である。細粒火山灰中にも塊状の火山ガラスがほとんど含まれないことから、マグマは外来水と接触する以前に既に発泡破碎していたことがわかる。

今回マグマ噴火からマグマ水蒸気噴火へ連続的に推移した例として、大湯降下火砕堆積物-1 (OYU-1) 及び大湯火砕堆積物-2b (OYU-2b) について分析を行った。マグマ噴火ユニット OYU-1 は平安噴火における最初の噴出物であり、プリニー式降下軽石堆積物である。給源から南西方向の分布軸を持ち、80km 以遠まで分布が確認できる。噴出量は約 0.21km<sup>3</sup> と見積もられ、石質岩片を多く含むゴマシオ状の噴出物であるが、噴出率は一定で均一な層相を示す。一方マグマ水蒸気噴火ユニット OYU-2b は、OYU-1 の後少量の降下火山灰堆積物を挟んで噴出したベースサージ堆積物である。分布は十和田カルデラリムが低くなる南側に顕著であり、給源から 30km 以内に堆積が確認できる。噴出量は OYU-1 と同程度の 0.27km<sup>3</sup> と見積もられる。

本研究では十和田火山における詳細な調査を行い、OYU-1 及び OYU-2b の isopach 図を作製した。得られた図から複数地点を選び、試料を採取後ふるいわけを行い、SPT 重液及び実体顕微鏡を用いて本質物質、類質-異質岩片、遊離結晶に分離し、各構成物質毎の粒度分布を得た。分離が困難な 250 μm 未満の細粒粒子については測定された粒度分布からそれぞれの含有量の推定を行った。本質物質及び遊離結晶について各粒度毎に等重量線図を作製し、噴出重量を算出した。また結晶法 (Walker, 1980) を用いて飛散・欠損した細粒火山灰量を推定し、本質物質のみの全粒度分布を得た。

#### 3. 結果及び考察

結晶法の結果から、現在欠損していると判断される細粒本質物質量は、それぞれ OYU-1 において現存する本質物質量の約 6 倍、OYU-2b において約 2 倍と見積もられ、総本質物質噴出量に占める 1mm 未満の細粒粒子量はどちらも約 89% と算出された。この結果からは、マグマ噴火とマグマ水蒸気噴火噴出物とで生産される細粒本質物質量はほぼ等量であると言える。発泡破碎した珪長質マグマにおいてマグマ水蒸気爆発により細粒粒子が大量生産されるという特徴は否定されるべきとする山元 (1994) の主張を支持する。また先述の Hayakawa (1985) による、マグマ水蒸気噴火噴出物は外来水の凝集効果によって細粒粒子が近傍に保存されやすいために細粒粒子に富む層相を示すとする主張とも整合的である。降雨を受けたプリニー式噴火であるセントヘレンズ山 1980 年噴火の噴出物はマグマ水蒸気噴火噴出物と同様に細粒粒子に

SVC47-11

会場:303

時間:5月26日 12:00-12:15

富んでおり (Carey and Sigurdsson,1982), これらの主張及び本研究の結果を裏付ける重要な噴火事例であると言える。

キーワード: マグマ噴火, マグマ水蒸気噴火, 破碎度, 全粒度分析

Keywords: magmatic eruption, phreatomagmatic eruption, extent of fragmentation, all grain size analysis

## 火山噴火と地震活動の同時表示の試み その1：日本 Try to draw the volcanic eruptions and earthquake activity in the same figure around Japan Part 1: in and around Japan

石川有三<sup>1\*</sup>  
ISHIKAWA, Yuzo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>産総研

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, AIST

### 1. はじめに

地震活動の解析はいろいろな公開されたツール (例えば Seis-PC) や個人でのソフトも活用されている。これは一般に使える地震カタログ (例えば、気象庁震源カタログ、米国地質調査所の PDE、国際地震センターの地震カタログなど) が流通していることが大きな要因である。一方、火山噴火については文章記載的なものは公開されているが、時空間で活動を表示できるようなデジタル化されたデータはない。ここでは、地震活動と火山噴火の関連性を調べるため、両者を同じ図に表示できるような火山噴火データの作成を試みた。

### 2. データについて

地震活動のデータについては、理科年表の被害地震の表、宇津カタログ、気象庁一元化震源などを使用した。火山噴火については、米国スミソニアン研究所のホームページ (<http://volcano.si.edu/>) に掲載されている噴火履歴の表からデータを作った。

採用した噴火は、噴火年の記載があり、「Confirmed」とされているものだけで、噴火年にプラスマイナスが年のものは不採用とした。月、日の記載が無いものは、噴火開始は1月1日、噴火終わりは12月31日とした。月は記載されているが、日の記載が無いのは、噴火開始は1日、噴火終了は月の末日を代用した。噴火の終わりの記載されていない場合は、噴火開始日だけにした。噴火開始日と終了日の記載のある場合は、その間の期間の毎日噴火したとして扱った。こうすると実際の噴火があった日より多くなる可能性が高いが、噴火日を漏らさないという方針で行った。

時刻は、噴火時刻が不明な場合はすべて0時0分とした。同じ日に複数の火山で噴火があった場合は、Seis-PCでは同じ時刻のイベントは最初の一つしか採用しないため、二つ目以降の噴火には、時刻を1秒毎増やして全てを表示できるようにした。位置情報は、火山の位置を使用し、火口が別に分かっている場合もそれは採用せず、火山の位置のままにした。標高は10m単位でマイナス表示。例えば、富士山の3776mは「-378」としてmの単位は四捨五入した。海底火山で深さが水深で示されている場合はプラスで入力した。マグニチュードは、火山爆発指数 volcanic explosivity index (VEI) を使用した。VEIの記載が無いのは、「ブランク」とした。

火山噴火データは、多量にあるので、第一歩として日本周辺の主な火山を入力した。スミソニアンのデータベース検索で「japan」で検索できた火山を対象として過去の噴火データを入力した。総噴火件数として15万6千件余りになった。

震源については、歴史地震の多くは深さが示されておらず、通常は「0km」として扱われることが多い。しかし、今回は深さが「0km」とすると海底火山の水深より浅くなり深さで火山噴火と震源が区別できなくなる。そのため、震源の深さが示されていない歴史地震や震源の深さが「0km」とされているものは人為的に深さ「9km」と変更した。

### 3. 結果

869年貞観の地震の前後では、870年に富士山、871年に鳥海山が噴火している。1700年からの10年間では、まず1700年に富士山、1702年に白頭山、1703年に浅間山が噴火し、1703年元禄地震が発生。浅間山の噴火は1709年まで断続的に続き、1706年始良火山、1707年支笏火山が噴火し、1707年の宝栄地震発生と続いている。その後、よく知られた富士山噴火が続き、1709年には阿蘇も噴火している。このように地震発生と火山噴火を同時に表示できれば、広域の時系列を簡単に把握できる。今回のデータの中では、沖縄の1922年M7.6の地震のあとに起きた1924年宮古島近海でのVEI4の噴火は、この地域ではどちらも唯一の最大規模の現象であり、関連性に興味を持たれる。

キーワード: 火山, 噴火, 地震, 時系列

Keywords: volcano, eruption, earthquake, database

## 周期的にマグマが供給されるマグマ溜まりに対して果たす玄武岩質下部地殻の役割 Roles of Basaltic Lower Crust for a Periodically Refilled Magma Chamber

柳 喙<sup>1\*</sup>

YANAGI, Takeru<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院理学研究科地球惑星科学教室

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

周期的にマグマが供給されるマグマ溜まりの中の結晶作用で、マントルから供給される玄武岩質マグマは、カルクアルカリ岩系列のマグマを経て、大陸地殻の平均組成を持つマグマに変わると見られる。その様な機能を持つ機械的な仕組みの一つに、組になったマグマ溜まり (Coupled magma chambers) がある。それは、地殻の下部にある下位マグマ溜まりと、地殻の中程にある上位マグマ溜まりで構成される。この機械仕掛の中で進む結晶作用は、カルクアルカリ岩系の火成岩や大陸地殻の起源をうまく説明すると言う意味で重要な機構ではあるが、しかし、その存在が確かめられているわけではない。存在が認知されるためには、今後も、機構の化学的な検討と同時に、物理学的検討を進め、証拠を確実に積み上げていく必要がある。

証拠をもたらす物は火山岩であると分かりながらも、分化機構が複雑であるため、火山岩に対して具体的にどのような調査をすればよいか、その見通しは容易ではない。それを助ける1つの方法は、単純化した系についての簡単なシミュレーションで、マグマ組成の特徴やその分化傾向を予測することである。

ここでは、水を含まない、アルカリ元素の少ないマグマや下部地殻を想定し、マグマ溜まりを地殻の下部に起き、攪拌状態にあるマグマの温度とマグマ溜まりの位置、大きさの時間変化を調べた。この時マグマと地殻との間の熱伝達係数と地殻の融点、厚さを変数として扱い、マグマ溜まりの温度や位置、規模がどう変化するか調べた。その結果について次の4点を挙げる。1. マグマ溜まりの体積が成長するためには、融点の高い下部地殻が必要であること、2. 結晶作用でできる結晶の床への沈殿・堆積と、天井地殻の同化とによって、マグマ溜まりは地表に向かって上昇すること、3. 時間に対し鋸歯状に変化をする温度の各ステップの上下限は、伝達係数と地殻の融点、地殻の厚さに依存するが、重要な点は、下限が、地殻の融点が高い程、また地殻が薄い程、ステップを重ねる毎に上昇し、遂には一定となること、それに対応する変化が、火山岩の組成に確認されること、4. マグマ溜まりの上に乗る地殻が余りに薄くなると、地殻の同化は停止すること、対応する変化は、火山成長の後期の火山岩のストロンチウム同位体比の低下として確認されることである。

キーワード: 再充填マグマ溜まり, カルクアルカリ火山岩, 大陸地殻, マグマ溜まりの熱的進化

Keywords: refilled chamber, calc-alkaline volcanic rocks, continental crust, thermal chamber evolution

## 有珠山・外輪山溶岩のマグマプロセス Magmatic processes for somma-lavas from Usu Volcano

栗谷 豪<sup>1\*</sup>; 田中 真弓<sup>2</sup>; 横山 哲也<sup>3</sup>; 中川 光弘<sup>1</sup>; 松本 亜希子<sup>1</sup>  
KURITANI, Takeshi<sup>1\*</sup>; TANAKA, Mayumi<sup>2</sup>; YOKOYAMA, Tetsuya<sup>3</sup>; NAKAGAWA, Mitsuhiro<sup>1</sup>;  
MATSUMOTO, Akiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院, <sup>2</sup> 京都市役所, <sup>3</sup> 東京工業大学大学院理工学研究所  
<sup>1</sup>Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Kyoto City Office, <sup>3</sup>Graduate School of Engineering, TITECH

有珠火山の主要な山体は、今から1~2万年前に活動した玄武岩~安山岩質の外輪山溶岩によって形成された。そしてその後の長い休止期を経て、1663年以降、珪長質な火山活動が断続的に起きている。有珠山のマグマプロセスについては、例えば Tomiya and Takahashi (1995) や Matsumoto and Nakagawa (2010) などによって歴史時代の珪長質マグマを対象とした研究は数多く行われている一方で、外輪山溶岩については、有珠火山のマグマ供給系やその変遷の理解に重要であるにもかかわらず、あまり検討されていない。これらの中で、大場 (1964) や Fujimaki (1986) はマグマプロセスについての検討を行い、結晶分化作用が支配的であったと結論づけている。しかしながら、これらの研究では解析試料数が限られており、また放射性同位体の制約に基づく検討はほとんど行われていない。そこで本研究では、外輪山溶岩を対象として岩石学的・地球化学的解析を詳細に行うことにより、マグマプロセスを明らかにすることを目的とする。

本研究では、外輪山から約90個の試料を採取して全岩主要元素組成の分析を行い、さらにそれらのうちの約40試料、および下部地殻物質として新たに一ノ目瀉から採取した角閃石岩試料について、微量元素濃度分析と鉛同位体比分析を行った。外輪山試料の全岩 SiO<sub>2</sub> 量は 49.6-54.9 wt.% であり、それらは大きく玄武岩組成 (SiO<sub>2</sub> < 52.0 wt.%) のものと安山岩組成 (SiO<sub>2</sub> > 52.4 wt.%) のものに分けられる。斑晶量は 10-35% 程度であり、玄武岩と安山岩試料の斑晶組み合わせは、それぞれカンラン石+単斜輝石+斜方輝石+斜長石、および単斜輝石+斜方輝石+斜長石である。鉛同位体比は一部の試料を除いて P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> に代表される液相濃集元素の濃度と負の相関がある。また、一ノ目瀉の下部地殻捕獲岩の鉛同位体比は、有珠山の外輪山溶岩よりも有意に低い <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 比や <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 比をもつ。

まず、マグマの進化においてどのようなプロセスが関与していたのかを検討するため、外輪山溶岩の全岩主要元素組成の全データを対象に、主成分分析 (PCA) を行った。その結果、PC1 では SiO<sub>2</sub> や P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> などを含む複数の元素が重要な要素である一方、PC2 では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と CaO の2元素のみが支配的に重要な要素となっていた。PC1 と PC2 の寄与率はそれぞれ 58%、24% であり、この2成分で 80% 以上を占める。PC1 は鉛同位体比や La/Yb 比と非常に良い正の相関を示す。PC2 は鉛同位体比とは有意な相関を示さないが、斜長石の斑晶量と非常に良い相関を示す。これらのことから、PC1 は鉛同位体比の異なった2つの端成分物質の混合プロセスを、PC2 は斜長石斑晶の分離や集積といったプロセスを反映していると考えられる。

PC1 は P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量や鉛同位体比と良い相関を示すことから、低 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量側の端成分としては、相対的に未分化な玄武岩質マグマが考えられる。もう一方の端成分は、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量が高いという分化した特徴をもちながらも、<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb や <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 比が低いという特徴をもつことから、下部地殻の部分溶融メルトが有力である。このことは、実際に一ノ目瀉の下部地殻物質の鉛同位体比が、鉛同位体の組成空間内において、外輪山溶岩が示すトレンドの低 <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 側への延長線上にほぼプロットされることと調和的である。

以上の検討結果から、有珠山外輪山溶岩のマグマは、まずモホ面、もしくは下部地殻内において相対的に未分化な玄武岩マグマと下部地殻の部分溶融メルトが混合し、その後さらに結晶分化作用と斜長石を主とする斑晶の分離・集積が起きながら進化したと考えられる。

キーワード: 有珠山, 外輪山溶岩, マグマプロセス, 下部地殻  
Keywords: Usu Volcano, Somma lava, Magma process, Lower Crust

## 北海道中央部大雪火山群, 旭岳火山の形成史とマグマ変遷 Formation history and magma evolution of Asahidake Volcano of Taisetsu volcanic field, central Hokkaido, Japan

石毛 康介<sup>1\*</sup>; 中川 光弘<sup>1</sup>  
ISHIGE, Kosuke<sup>1\*</sup>; NAKAGAWA, Mitsuhiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻

<sup>1</sup> Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

大雪火山群は北海道中央部, 北東 - 南西方向に延長 80 km に達する大雪 - 十勝火山列の北方に位置する第四紀火山である。その噴火活動は複数の活動期に分けられ, 100 万年前から現在に至るまで安山岩・デイサイトからなる約 20 以上の成層火山や溶岩ドームを形成した (勝井ほか, 1979)。約 3 万年前に大雪火山群の中央に直径 2km のお鉢平カルデラを形成して以降, 主な火山活動はカルデラ南西部で始まり, 熊ヶ岳・後旭岳・旭岳の山体を形成した (勝井ほか, 1979)。このうち活火山である旭岳は, 形成史やマグマ供給系の研究 (例えば, 佐藤・和田, 2007) が活発に行われてきた。しかしながら, これらの研究では熊ヶ岳や後旭岳など周辺火山との層位関係は不明であり, 地質情報に基づいた岩石学的研究は十分に行われてはいない。筆者らは熊ヶ岳・後旭岳を含む旭岳火山の地質学的・岩石学的研究を行い, 本火山の形成史及びマグマの時空変遷の再検討を進めている。

旭岳 (標高 2,291m) は御鉢平カルデラの南西に位置する成層火山で, 西側に多数の溶岩流を流出しているほか標高 1600 m からは火砕丘 (比高 700 m, 直径 3km) を形成している。火砕丘の西側には地獄谷火口と呼ばれる馬蹄形の爆裂火口があり, 現在でも活発な噴気活動がおこっている。旭岳山頂部から東に 1km には熊ヶ岳 (2,210m) の火砕丘と後旭岳 (2,216m) の溶岩円頂丘があり, いずれも旭岳の噴出物に覆われている。旭岳火山の活動は, 山体の違いによって熊ヶ岳活動期, 後旭岳活動期, 旭岳活動期の 3 つに大別される。熊ヶ岳活動期は, 直径 600 m の複合火口をもつ火砕丘を形成した時期で, 溶岩及び降下スコリアからなる噴出物は, 火口の違いによって 3 つのユニットに細分される。噴出量は 0.35km<sup>3</sup> と見積もられる。後旭岳活動期は南麓に溶岩流を流下させた後, 山体上部に分厚い溶岩円頂丘を形成した時期である。噴出量は 0.33km<sup>3</sup> と見積もられる。

旭岳活動期は主にマグマ噴火を行った前期と主に水蒸気爆発を行った後期に区分される。前期噴出物は被覆関係とマグマタイプを基に上部ユニットと下部ユニットに細分される。各ユニットの噴出物は被覆関係および全岩化学組成の差から, 下部ユニットは L-1~L3 噴出物, 上部ユニットは U1~U5 噴出物に細分される。下部ユニットは旭岳山体の下部を構成し, 南麓から西麓にかけて多数の安山岩質~デイサイト質な溶岩を流出した後に火砕流を発生させた。上部ユニットは旭岳山体の上部を構成し, 溶岩流を西麓に流出した後に火砕噴火が卓越する噴火に移行した。旭岳の最新のマグマ噴火は約 5000 年前と考えられている (奥野, 2005)。噴出量は下部ユニットが 4.50km<sup>3</sup>, 上部ユニットが 0.99km<sup>3</sup> と見積もられる。旭岳活動期の後期は本質物質をほとんど噴出しない水蒸気爆発を主とした活動期で, 地獄谷火口が形成した時期である。最新の噴火は 250 年前以降に発生した水蒸気爆発と考えられている (和田, 2003)。

旭岳及び熊ヶ岳, 後旭岳を構成する岩石は, 斑晶として斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石および鉄チタン酸化物を含み, 一部の岩石では少量のカンラン石, 角閃石斑晶を含む安山岩~デイサイトであり, しばしば苦鉄質包有物を含む。旭岳火山の岩石の SiO<sub>2</sub> 量は母岩で 54.7-65.4wt.%, 苦鉄質包有物で 54.0-59.0wt.% であり, 中カリウム系列のカルクアルカリ系列に分類できる。デイサイトは旭岳火山全活動期を通して記載岩石学的特徴及び全岩化学組成にほとんど変化が見られなかった。しかしながら, これらの岩石は特に苦鉄質側岩石の組成で, 山体および活動期間で区別できる。熊ヶ岳活動期の岩石は苦鉄質側で高い Ni 含有量かつ低い Cr 含有量を持つことで, 他の活動期の岩石と明瞭に区別できる。後旭岳活動期と旭岳前期の下部ユニットの岩石の全岩化学組成は類似したトレンドを示し, 苦鉄質側の低 Ni・Cr 含有量で特徴付けられる。旭岳前期上部ユニットは苦鉄質側の岩石は多様である。U-4 火砕岩類の岩石は全活動期を通して特徴的に高い TiO<sub>2</sub> 含有量及び FeO\*/MgO 値を示す。また, U-5 火砕岩類の岩石は玄武岩質安山岩が母岩として出現し, 層序的上位になるにつれて苦鉄質側で Ni・Cr 含有量が増加していく特徴がある。

旭岳の活動では, 従来の研究で指摘されているようにマグマ混合が支配的プロセスである。今回の検討によって, 山体 (火口) および山体での活動期毎に, 特に苦鉄質端成分が変化していることが明らかになった。

キーワード: 旭岳, 形成史, マグマ変遷, 地質学, 岩石学, 大雪火山群

Keywords: Asahidake, Formation history, Transition magma, geology, petrology, Taisetsu volcanic field

## 高 Mg 玄武岩—安山岩から制約するカムチャツカ北東部のスラブとマンツルの温度構造

### Slab-mantle thermal structure beneath northeast Kamchatka Peninsula constrained from high-Mg basalts and andesites

西澤 達治<sup>1\*</sup>; 中村 仁美<sup>2</sup>; Churikova Tatiana<sup>3</sup>; Boris Gordeychik<sup>4</sup>; 石塚 治<sup>5</sup>; 岩森 光<sup>2</sup>

NISHIZAWA, Tatsuji<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Hitomi<sup>2</sup>; CHURIKOVA, Tatiana<sup>3</sup>; BORIS, Gordeychik<sup>4</sup>;

ISHIZUKA, Osam<sup>5</sup>; IWAMORI, Hikaru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構, <sup>3</sup> ロシア科学アカデミー極東支部火山地震研究所, <sup>4</sup> ロシア科学アカデミー実験鉱物学研究所, <sup>5</sup> 独立行政法人産業総合研究所地質調査総合センター

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>Institute of Volcanology and Seismology, FED, RAS, <sup>4</sup>Institute of Experimental Mineralogy, RAS, <sup>5</sup>Geological Survey of Japan, AIST

カムチャツカ半島は、太平洋プレートの北西端の沈み込みに対応する巨大な火山弧である。カムチャツカ半島北部は以下の顕著な特徴がある (I) 太平洋プレートの北端で三重会合点が位置し (II), そこに天皇海山列が沈み込んでいる。その結果、世界で最も活発で巨大な火山群 (Kliuchevskoy Volcanic Group; KVG) と、最長の島弧横断幅 (~ 400 km) が形成され、スラブエッジ付近に産するアダカイトを含め、系統的空間的な火山岩タイプ・組成の変化がみられる (Portnyagin and Manea, 2008; Bryant et al., 2011)。本研究は、火山フロントの北方延長上、半島北東端に分布する単成火山群とその初生的な溶岩を研究することによって、カムチャツカ半島北部直下の物理的-化学的状態を明らかにすることを目的とする。

我々は、Eastern Volcanic Front (EVF) の北部延長上の Kumroch Range 上に分布する単成火山群 (East Cones; EC) の調査とサンプリングを行った。EC はスラブ深度 50-80 km の上に分布し (前弧域) (Gorbatov et al., 1997), スラブエッジから 60-100 km 離れている。海岸線に沿って ~ 60 km の範囲に、約 15 の単成火山が分布する。8 の単成火山において調査・サンプリングに成功し、この地域においては初となる主要-微量-同位体組成、K-Ar 年代データセットを得た。

EC に含まれる鉱物組み合わせは共通であり：かんらん石、単斜輝石、斜長石、磁鉄鉱である。SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量に基づきそれらを 5 つの岩石タイプに分類した：高マグネシア玄武岩 (HMB), 高アルミナ玄武岩 (HAB), 高マグネシア安山岩 (HMA), 玄武岩 (B), 玄武岩質安山岩 (BA)。HAB を除き、EC 溶岩は初生的組成を保持していた (FeO/MgO < 1, Mg# > 0.63)。

全 EC 溶岩は沈み込み帯特有の特徴 (例, LILE に富む一方, HFSE に乏しい) を示し、水の重要な役割を示す。HMB と HMA の含水溶融実験に基づき (Tatsumi, 1982), 初生メルト中の含水量を以下のように見積もった：HMB: 2 wt.%, HAB: 4 wt.%, HMA: 4-7 wt.%, B: 2.6 wt.%, BA: 3.3 wt.%. HREE 組成と上の含水量に基づき、含水溶融関係 (Iwamori, 1998) を用いると、マンツル (1.5 GPa) におけるそれら初生メルトの部分溶融温度は、1100-1200 °C と見積もられた。この溶融温度は、数値計算モデルによる沈み込み帯における平均温度構造と同等である (Iwamori and Zhao, 2000; Manea and Manea, 2007)。これらのデータと、先行研究で求められた付近の地域メルト生成温度-圧力条件をあわせると、先行研究で示唆されているようなスラブエッジからの水平な熱の流れ (大まかに北から南への流れ) (Yogodzinski et al., 2007) を支持しない結果となった。また、スラブ表面温度について、H<sub>2</sub>O/Ce 温度計 (Cooper et al., 2012) を用いて求めた。推定されたスラブ表面温度は 620 ~ 730 °C であった。微量元素・同位体組成と共に、求めたマンツル溶融温度とスラブ表面温度を統一すると、以下のようなモデルが考えられる：沈み込んだ海山による局所的な温度異常がスラブ起源流体 (非スラブメルト) の脱水を強め、前弧域において高マグネシア安山岩、玄武岩を生成するフラックス溶融をもたらした。

キーワード: マンツル温度構造, 島弧火山, 高マグネシア安山岩, スラブ, 海山の沈み込み

Keywords: mantle thermal structure, arc volcano, high-Mg andesite, slab, subducting seamount

## カメルーン北西部, ニオス火山の噴火史 Eruption history of Nyos volcano, northwestern Cameroon

長谷川 健<sup>1\*</sup>; 宮縁 育夫<sup>2</sup>; 小林 哲夫<sup>3</sup>; Aka Festus<sup>4</sup>; Boniface Kankeu<sup>4</sup>; Issa<sup>4</sup>; Miche Linus<sup>4</sup>; Fils Salomon<sup>4</sup>; 金子 克哉<sup>5</sup>; 大場 武<sup>6</sup>; 日下部 実<sup>7</sup>; Gregory Tanyileke<sup>4</sup>; Joseph Hell<sup>4</sup>; HASEGAWA, Takeshi<sup>1\*</sup>; MIYABUCHI, Yasuo<sup>2</sup>; KOBAYASHI, Tetsuo<sup>3</sup>; AKA, Festus<sup>4</sup>; BONIFACE, Kankeu<sup>4</sup>; Issa<sup>4</sup>; MICHE, Linus<sup>4</sup>; FILS, Salomon<sup>4</sup>; KANEKO, Katsuya<sup>5</sup>; OHBA, Takeshi<sup>6</sup>; KUSAKABE, Minoru<sup>7</sup>; GREGORY, Tanyileke<sup>4</sup>; JOSEPH, Hell<sup>4</sup>

<sup>1</sup>茨城大学, <sup>2</sup>熊本大学, <sup>3</sup>鹿児島大学, <sup>4</sup>カメルーン地質調査所, <sup>5</sup>京都大学, <sup>6</sup>東海大学, <sup>7</sup>富山大学

<sup>1</sup>Ibaraki University, <sup>2</sup>Kumamoto University, <sup>3</sup>Kagoshima University, <sup>4</sup>IRGM, <sup>5</sup>Kyoto University, <sup>6</sup>Tokai University, <sup>7</sup>Toyama University

カメルーン北西部のニオス湖では1986年に二酸化炭素の大量噴出が発生し、1746名の犠牲者を出した。災害再発の可能性が危惧される中、湖水爆発のメカニズム解明や防災管理体制の確立・人材育成を目的としたSATREPS「カメルーン火口湖ガス災害防止の総合対策と人材育成プロジェクト」が2011年から開始した。本研究はその一環として、ニオス湖の噴火史を火山地質学的に解明することを目的としている。

ニオス湖周辺の基盤岩は先カンブリア紀の花崗岩類で構成され、これらは主にN-SおよびN70E方向の断層によって切られる。これら基盤岩類はニオス湖岸で絶壁をなして露出する。ニオス湖は、長径約2 km、短径約1.2 kmの南北に伸びたマールである。北東方約1.5 kmには底径約700 m比高約150 mのスコリア丘が存在する。本研究ではこれらを総称してニオス火山と呼ぶ。本火山の年代は地形的な新しさから完新世と考えられるが、いまだ有力な年代値は得られていない。

まず、ニオス湖西岸の基盤岩中に2枚の岩脈を発見した。貫入面はいずれも垂直でN70Eを示す。緑色で変質度が高いことからニオス火山よりも相当古い時代の貫入岩と考えられる。ニオス湖北～東岸では、基盤岩を覆う噴出物が確認できる。下位から凝灰角礫岩 (UnitA-1)、スコリア層 (UnitA-2)、溶岩 (UnitA-3)、ベースサージ (UnitA-4) である。これらの間に再堆積物や土壌層は認められない。UnitA-1は層厚3 m以上。基質支持で角礫の石質岩片に富む。急冷縁を持ち発泡の悪い玄武岩のほか、花崗岩、カンラン岩片を多く含む。北岸で欠き東岸で観察できることから給源をその近傍に求められる (火口1)。UnitA-2は、東岸よりも北岸で厚く、最大層厚10 m。礫支持で分級のよいスコリアからなる。本層には急冷縁を持つ玄武岩質の石質岩片も含まれる。UnitA-3は、湖岸での最大層厚7 mの玄武岩質溶岩である。東岸では湖面水準に露出し、北岸では湖面から20 mほどの高さにある基盤岩およびUnitA-2を覆うことから、その噴出口はニオス湖岸北部の高まりに推定できる (火口2)。UnitA-3は、ニオス湖より北～北東方向へ続く谷に沿って10 km以上の分布が確認できる。UnitA-4は、シルトサイズ以下の細粒物に乏しく、斜交層理が発達するベースサージ堆積物で、北～東岸で厚く堆積し (>30 m)、火口2の周縁約1 kmの範囲に堆積面を形成する。より遠方では基底部に火山豆石を含み、平行葉理の発達した降下火砕物様の堆積物として認められ、広い分布域を示す。本質物質は、発泡が悪い亜角～亜円礫の玄武岩が大部分を占め、遊離結晶も多量に含まれる。花崗岩、カンラン岩片も多く認められる。

スコリア丘 (Fon's scoria cone) からの噴出物 (スコリア層) は、ニオス湖周辺の複数露頭でUnitA-4を覆う。それゆえこのスコリア丘はニオスマールの活動終了後に活動を開始したと判断できる。単純な円錐形のコーンではなく、複雑な形状を持つ。主部は東西に分裂し、南斜面に崩壊地形が認められる。崩壊物と思われる流れ山も南～南西麓に散在する。主部の北東側には、明瞭な火口地形が、主部の構造を一部切るようにして存在する (スコリア丘北東火口)。スコリア丘の噴出物は、スコリア層 (UnitB-1)、火山弾 (UnitB-2) および溶岩 (UnitB-3) が確認できる。UnitB-1の層厚および粒径は、スコリア丘に向かって増加し、分布主軸は西南西である。著しく発泡のよい玄武岩からなる。UnitB-2は、スコリア丘の周縁約500 mの範囲内に散在する玄武岩質の火山弾である。UnitB-1を押しつぶすように定置するのが認められる。火山弾には捕獲岩に著しく富む含むものとそうでないものがあり、前者はスコリア丘北東火口近傍で多産することから給源を同火口に求められる。後者は直径数 mに及ぶものが主部近傍や上記流れ山上に認められることから主部由来と思われる。UnitB-3は、スコリア丘主部の分裂部から、南西方へ数百 m程度流下した塊状溶岩である。

UnitAには急冷縁を持つマグマ片や火山豆石が認められることから、ニオス湖形成噴火ではマグマ水蒸気噴火が起こっていたことが分かる。UnitA-1から-3 (火口1から2) へと、火道はwetからdryで安定した状態へと推移したが、最終的にはUnitA-4で多量のマグマと水が接触して破局的ベースサージを発生し、ニオス湖を形成した。その後噴火中心はスコリア丘に移行し、UnitB-1で主部を形成したが、後に崩壊・分裂し、分裂部からの溶岩流出やスコリア丘北東火口の活動で一連の活動が収束した。噴火を通じて火口域が北東方へと移動し、それに伴って多様な噴出物・噴火様式を見せた火山と結論できる。

キーワード: ニオス湖, 噴火史, マール, スコリア丘, マグマ水蒸気爆発

Keywords: Lake Nyos, Eruption history, Maar, Scoria cone, Phreatomagmatic eruption

## インドネシア、リンジャニ火山の岩石学的研究：マグマ変化から見た西暦1257年カルデラ形成噴火およびその準備過程について

### Petrology of Rinjani volcano, Indonesia: The magmatic processes before and during AD 1257 caldera-forming eruption

中川 光弘<sup>1\*</sup>; 高橋 良輔<sup>1</sup>; 宮坂 瑞穂<sup>1</sup>; 栗谷 豪<sup>1</sup>; Wibowo Haryo<sup>1</sup>; 古川 竜太<sup>2</sup>; 高田 亮<sup>2</sup>  
 NAKAGAWA, Mitsuhiro<sup>1\*</sup>; TAKAHASHI, Ryosuke<sup>1</sup>; AMMA-MIYASAKA, Mizuho<sup>1</sup>; KURITANI, Takeshi<sup>1</sup>;  
 WIBOWO, Haryo<sup>1</sup>; FURUKAWA, Ryuta<sup>2</sup>; TAKADA, Akira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学地球惑星科学, <sup>2</sup> 産総研地質調査総合センター

<sup>1</sup>Department of Earth & Planetary Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan

カルデラ噴火のような大規模噴火では、その噴火準備過程を明らかにすることは、火山深部プロセスを理解するうえで重要なだけでなく、低頻度・大規模噴火災害に対する監視・観測体制を備えるためにも重要である。その際に国内のカルデラだけではなく、異なるテクトニクス場にある海外でのカルデラ噴火事例と比較することは重要な研究手法のひとつである。そのような観点から我々はインドネシアのリンジャニ火山のAD1257年のカルデラ噴火について検討している。このカルデラは大型成層火山が形成後、VEI6クラスの巨大噴火により形成されており、先行する大型成層火山体が存在しない後期更新世からの日本のカルデラ火山とは別のタイプである。

リンジャニ火山は Central Lombok Volcanic Complex(CVL)を覆って、10万年前頃から活動している。その活動は大きく、成層火山活動期、低活動期(先カルデラ期)、カルデラ形成期および後カルデラ期の4つに分けられる。成層火山形成期では0.6km<sup>3</sup>/kyの噴出率であったが、完新世になって低活動期になり0.15km<sup>3</sup>/kyと低下し、約5000年前にはPropok軽石を噴出し、Lembah溶岩を流出している。AD1257年のカルデラ形成期では、プリニー式噴火の後に火砕流が流出して、山頂部に6X7kmのカルデラを形成した。総噴出量はDREで10km<sup>3</sup>以上と見積もられている。カルデラ形成後、カルデラ内で後カルデラ期の活動が継続している。CLVおよび成層火山活動期の岩石はSiO<sub>2</sub> = 44.8~63.7%の組成幅を示すが、玄武岩~玄武岩質安山岩に富む。これらの岩石では玄武岩ではかんらん石、安山岩では輝石が主要なマフィック斑晶であり、デイサイトではわずかに角閃石を含むことがある。低活動期からは岩質が大きく変化し、角閃石デイサイトが主体となり、カルデラ期では角閃石の他にマフィック斑晶として輝石も含まれる。SiO<sub>2</sub>量は低活動期が63.8~66.7%で、カルデラ形成期が62.1~66.2%であり、両者を比較すると低活動期の方がSiO<sub>2</sub>に富んでいる。後カルデラ期はSiO<sub>2</sub> = 55%でかんらん石と輝石をマフィック斑晶として含んでいる。全岩化学組成で見ると、成層火山活動期および後カルデラ期の玄武岩~安山岩、そして低活動期およびカルデラ形成期のデイサイトに2大別できる。両者はハーカー図上において、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、FeO、CaO、K<sub>2</sub>Oなどの主成分元素、そしてV、Rb、Y、Zr、Nb、Ba、Thなどの微量元素で、異なる組成変化経路を描くことで区別できる。また液相濃集元素比やSr同位体比などでも、成層火山活動期・後カルデラ期と低活動期・カルデラ形成期は異なっている。これらのことから、リンジャニ火山に産する玄武岩質マグマの単純な結晶分化では、デイサイト質マグマを生成することはできず、地殻の部分熔融やAFCプロセスが必要である。

低活動期とカルデラ形成期を比較すると、両者は類似した角閃石デイサイト質マグマであるが、ハーカー図で見ると、全ての元素で両者はともに直線的に変化する2つの別のトレンドを描くことで明瞭に区別できる。液相濃集元素のうちK<sub>2</sub>O、RbやBaなどのLIL元素はSiO<sub>2</sub>に対して正の相関を示し、2つの活動期の噴出物はそれぞれ平行な異なる2つのトレンドを描く。同じSiO<sub>2</sub>で比べた場合、カルデラ形成期マグマの方がLIL元素に乏しい。一方、Nb、ZrおよびYなどのHFS元素では、カルデラ形成期の試料はSiO<sub>2</sub>と正の相関をするのに対して、低活動期のそれは負の相関を示す。そのため、珪長質側で両者は類似したNb・Zr濃度を示すが、安山岩に近い組成では低活動期噴出物のNb・Zr濃度は、カルデラ形成期のそれと比べて著しく高くなる。このHFS元素の高いデイサイトは、他のリンジャニ火山噴出物の作る組成分布と大きく異なり、リンジャニ火山では特異な組成を示すといえる。これらの低活動期とカルデラ形成期のデイサイトの化学組成の差を考えると、マグマは共通の初生マグマからの結晶分化や単純な混成作用によって生成されたマグマではない。この解明のためには同位体比のデータが不可欠であり、Sr、NdおよびPbの同位体について現在、分析中である。

リンジャニ火山の更新世末からの噴火推移・様式やマグマの変化を考慮すると、低活動期がカルデラ噴火の準備過程とみなすことができるであろう。この時期には噴出率が低下し、カルデラ形成期と類似のデイサイト質マグマが活動していることも、準備過程にふさわしいであろう。しかしながら低活動期のデイサイトはカルデラ形成期のマグマとは別である。このことから、準備過程ではカルデラ形成期と同じマグマが徐々に生産・蓄積されていくのではなく、時間とともにマグマ組成が変化するプロセスによりデイサイトマグマが蓄積されていたか、あるいは低活動期とは別のプロセスで比較的短期間にマグマが生産・蓄積されたかのいずれかであると考えられる。

# Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SVC47-18

会場:303

時間:5月26日 15:45-16:00

キーワード: カルデラ, カルデラ形成噴火, マグマプロセス, 珪長質マグマ, リンジャニ火山  
Keywords: caldera, caldera-forming eruption, magma process, silicic magma, Rinjani volcano