

## インドネシア、シナブン火山の活動履歴と噴火シナリオ Eruption History and Future Scenario of Sinabung volcano, North Sumatra, Indonesia

吉本 充宏<sup>1\*</sup>; 中田 節也<sup>2</sup>; Zaennudin Akhmad<sup>3</sup>; Prambada Oktory<sup>3</sup>; 外西 奈津美<sup>2</sup>; 高木 菜都子<sup>2</sup>; Hendrasto Muhamad<sup>3</sup>; 井口 正人<sup>4</sup>

YOSHIMOTO, Mitsuhiro<sup>1\*</sup>; NAKADA, Setsuya<sup>2</sup>; ZAENNUDIN, Akhmad<sup>3</sup>; PRAMBADA, Oktory<sup>3</sup>; HOKANISHI, Natsumi<sup>2</sup>; TAKAGI, Natsuko<sup>2</sup>; HENDRASTO, Muhamad<sup>3</sup>; IGUCHI, Masato<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> インドネシア火山地質災害防災局, <sup>4</sup> 京都大学防災研究所火山活動研究センター

<sup>1</sup> Faculty of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup> Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>3</sup> Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Indonesia, <sup>4</sup> Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

インドネシア、北スマトラに位置するシナブン火山は、2010年8月に有史以来初めての水蒸気爆発を行い、2013年9月再び活動を再開し、2014年1月-2月に溶岩崩落型の火砕流を頻発している。

本火山は約7万4千年前のトバ湖を形成したカルデラ噴火の後に成長したと考えられる成層火山である。本火山は、西側に分布する古期火山岩類と、中央部から東側に分布する新期火山岩類からなる。山体を構成する噴出物は、主に、溶岩流、溶岩ドーム、火砕流堆積物、山体崩壊堆積物、および土石流堆積物である。プリニー式噴火によって生じる降下軽石堆積物が認められない。山頂部は厚い溶岩流(ないしドーム)か溶岩尖塔からなり、火口が南北方向に配列している。中腹部には複数の溶岩流が明瞭な地形を作っている。山麓部には溶岩崩落型の火砕流堆積物が火山麓扇状地を形成している。北東側山麓には山体崩壊堆積物が分布している。2010年以前の最も新しい噴火は、9-10世紀の噴火で、山頂部で溶岩ドームおよびスパインを形成し、南東麓に火砕流堆積物を堆積させている。溶岩類は玄武岩質安山岩?安山岩で、安山岩質のものは角閃石斑晶を含む。古期の火山岩類は新期の火山岩に比べてややK<sub>2</sub>O量で富んでいる。山頂のドームおよびスパインは変質を被っているため、新期の火山岩に比べSiO<sub>2</sub>に富み、Na<sub>2</sub>Oに乏しい傾向を持つ。

2010年8月-9月噴火では5回の水蒸気噴火を起こし、終息した。これら噴出物には新鮮なマグマ物質は確認されていない。2013年9月に入って再び水蒸気爆発を頻発した。11月中旬からは火山灰中にマグマ物質の混入が認められ、11月23日のブルカノ式噴火では北東部に軽石が放出された。また、この噴火では噴煙が崩壊して小規模な火砕流が発生している。その後、12月下旬から山頂火口に溶岩が出現し始めた。2014年1月からは火口をあふれ出した溶岩が山体斜面を流下しはじめ、その先端が崩落し、火砕流を頻発している。現時点で火砕流の最大流走距離4.5kmとなっており、9-10世紀の噴火とほぼ同じ規模である。2013年からの活動で噴出した本質物質の化学組成は、角閃石を含む安山岩で新期の火山岩類の組成範囲中でSiO<sub>2</sub>に富む組成傾向をしめす。これらは9-10世紀噴火の組成範囲内にある。

2010年噴火後に提案された地質調査結果に基づく将来起こりうる最も可能性の高いシナリオは、雲仙普賢岳1991-1995噴火やモンセラート島のスプリエール火山1991年?現在噴火と同様の溶岩流ないし溶岩ドームを山頂部に形成し火砕流を頻発させる噴火である。一方、最も可能性の低いシナリオは、プリニー式噴火のような爆発的噴火を起こすことである。2014年2月時点までの2013年-2014年噴火の推移は、提案された噴火シナリオの最も可能性のあるシナリオと同じ経路をたどっている。

Keywords: Indonesia, Sinabung, volcanic eruption, eruption history, Scenario, pyroclastic flow

## カムチャツカ半島北部, 火山フロントの海溝側に分布する未分化な単成火山群の岩石学的研究 Petrological study of monogenetic volcanoes in the fore-arc region of the northern Kamchatka Peninsula

西澤 達治<sup>1\*</sup>; Churikova Tatiana<sup>2</sup>; Gordeychik Boris<sup>3</sup>; 石塚 治<sup>4</sup>; 中村 仁美<sup>1</sup>; 岩森 光<sup>5</sup>  
NISHIZAWA, Tatsuji<sup>1\*</sup>; CHURIKOVA, Tatiana<sup>2</sup>; GORDEYCHIK, Boris<sup>3</sup>; ISHIZUKA, Osamu<sup>4</sup>; NAKAMURA, Hitomi<sup>1</sup>; IWAMORI, Hikaru<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> ロシア科学アカデミー極東支部火山地震研究所, <sup>3</sup> ロシア科学アカデミー実験鉱物学研究所, <sup>4</sup> 産業総合研究所深部地質環境研究コア, <sup>5</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Institute of Volcanology and Seismology Far East Division, Russian Academy, <sup>3</sup>Institute of Experimental Mineralogy, Russian Academy, <sup>4</sup>Research Core for Deep Geological Environments, AIST, <sup>5</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

太平洋プレートの西部は、千島ーカムチャツカ海溝からオホーツクプレート下に沈み込んでおり、北部はアリューシャン海溝からベーリング海プレート下に斜めに沈み込んでいる。両者はカムチャツカ半島中部で交わり、三重会合点を形成している (Eichelberger *et al.*, 2013)。太平洋プレートの北端はトランスフォーム断層になっており、マントルウェッジが北 (ベーリング海方向) に向かって開いていると予想される。

カムチャツカ半島には少なくとも 29 の活火山が分布する。中央部は、北東ー南西方向に長軸をもつ大地溝帯 Central Kamchatka Depression (CKD) で大きく分けられ、CKD に集中する火山 (例えば Kluchevskaya Group, KG) と、CKD より海溝側 (Eastern Volcanic Front, EVF) と背弧側 (Sredinny Ridge, SR) にも火山があり、3 つの火山列があると考えられている。

EVF は北緯 55 度付近 (Kizimen 火山) を北端とし、スラブ上面の等深線とともに西に折れ曲がり、KG に続くようにも見える。しかし、EVF 北方延長上の、Kumuroch 山地にも単成火山群があることが、少なくとも 1960 年代に確認されている (Fedorenko., 1969)。地震面の観測や重力観測から推定された直下のスラブ深度は約 60km (Gorbatov *et al.*, 1997)、地殻の厚さは約 25-30km である (Park *et al.*, 2002)。先行研究によると、それらの火山岩はカンラン石含有玄武岩ー安山岩であり、高い MgO 含有量 (~11.8wt%) と低い FeO/MgO 比 (1 以下) を示す (Uspensky and Shapiro., 1984)。我々は、航空写真の立体視から、Kumuroch 山地に海溝に沿って南北 50km の間に 15 個の単成火山 (ここでは East Cone 火山群、EC と呼ぶ) を確認し、ヘリコプターによる調査を行った。

本研究では、EC のうち、8 火山の溶岩ブロックから採取した火山岩の薄片観察・岩石記載・全岩化学組成分析を行った。得られた火山岩試料 16 個はほとんどが新鮮な玄武岩、玄武岩質安山岩であり、その内 2 つは捕獲岩を含み、1 つは赤色酸化している。含まれる鉱物組み合わせは、カンラン石、単斜輝石、斜長石、不透明鉱物であり、火山ごとに鉱物の割合が異なる。試料の全岩化学組成はいずれも玄武岩ー玄武岩質安山岩のシリカ含有量を持ち、FeO/MgO は全て 2 以下であり、比較的未分化な性質を示す。

MgO 含有量は、同程度のシリカ量を持つ典型的な島弧火山玄武岩と比較すると、4wt% 程度高く、これは CKD に分布する火山の玄武岩質溶岩と似た特徴を示し、高 Mg 安山岩に類似する、もしくは分類される。高 Mg 安山岩は、マントルの比較的水を多く含む条件での溶融 (例えば、H<sub>2</sub>O 不飽和条件下では 1.0GPa, 1100-1250 °C、H<sub>2</sub>O 飽和条件下では 1.5GPa, 1030-1150 °C) で生じると考えられている (巽., 1995; 2003)。

薄片観察では EC の溶岩中に斜方輝石はほとんど見られない、一方で KG に産する溶岩には斜方輝石が含まれており (Churikova *et al.*, 2013)、当地域の Bezymianny 火山の捕獲岩はスピネルハルツバーサイトとの報告がある (Ionov *et al.*, 2013)。これらは、ソースマントルの鉱物構成、ソースマントルの H<sub>2</sub>O 量、生じたマグマ中の H<sub>2</sub>O 量と斑晶晶出温度・圧力条件のいずれか、もしくはそれらの組み合わせに、地域的な違いがあることを示唆する。

EC 単成火山群の成因を他の地域と対比させながら明らかにすることで、特異なテクトニクス場でのマグマ生成について、より明確な制約が課せられると期待される。

キーワード: 島弧, 高 Mg 安山岩, カムチャツカ半島, 三重会合点  
Keywords: arc, high-Mg andesite, Kamchatka Peninsula, triple junction

## 北海道中央部第四紀大雪火山群の火山地質学および岩石学的研究 —噴出率の長期時間変化とマグマの変遷について— Geology and petrology of Taisetsu volcano group, Japan; Evolution of magma and long-term time variation of eruption rate

石毛 康介<sup>1\*</sup>; 中川 光弘<sup>1</sup>; 松本 哲一<sup>2</sup>  
ISHIGE, Kosuke<sup>1\*</sup>; NAKAGAWA, Mitsuhiro<sup>1</sup>; MATSUMOTO, Akikazu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院理学院自然史科学専攻, <sup>2</sup>産業技術総合研究所 地質調査総合センター

<sup>1</sup>Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan, National Institute of advanced Industrial Science and Technology

大雪火山群は、千島弧の最南端に位置する大雪-十勝火山列の北部を構成し、1 Ma 以降に活動した安山岩質の成層火山および溶岩ドーム群を形成してきた。本火山群の全域に及ぶ地質学的研究は国府谷ら (1966) による図幅調査や NEDO (1990) による K-Ar 年代調査についての報告があるが、いずれも古い研究であり、最新の火山学の概念を用いた研究が必要である。我々は、大雪火山群全域の火山地質層序の再検討を行い、さらに噴出物の岩石学的特徴および産業技術総合研究所において新たに 7 試料の試料の K - Ar 年代を明らかにした。その結果、活動の途中で長期の活動休止期が存在し、その後にマグマタイプが大きく変化したことが明らかになった。

本火山群の活動は活動様式、活動時期、噴出中心、岩石学的特徴から 4 つの活動期に区分される。ステージ 1 (1.0~0.75 Ma) では、安山岩質溶岩からなる平坦面状の地形で特徴づけられる、複数の火山体が形成された。これらの火山体は南北方向に配列している。噴出量は約 26 km<sup>3</sup> (DRE 換算、以下略) と見積もられる。ステージ 2 は、下位のステージ 2-1 (0.6 Ma) と上位のステージ 2-2 (0.35~0.05 Ma) の 2 つに細分できる。ステージ 2-1 の噴出物は、火山群中央部にわずかに分布する溶岩流であり、分布が限られているため、その詳細な規模や構造については不明である。一方、ステージ 2-2 は、噴出中心と活動様式の違いで西部グループと中央グループにさらに細分される。西部グループでは、比較的大規模な成層火山が火山群の北西部に形成された。中央グループは火山群の北~北東部に複数の噴出中心が分布し、小型溶岩ドームを形成するとともに溶岩流を噴出した。ステージ 2 の総噴出量は 23 km<sup>3</sup> と見積もられる。ステージ 3 (約 3 万年前) は、大雪火山群では例外的な爆発的な噴火で特徴づけられる。大規模な火砕噴火によって、噴煙柱形成と火砕流の流出が起こった。降下火砕物は山体東部に分布し、降下火山灰は 180 km 離れた北海道東部で確認されている。噴出した火砕流は、北東・南西方向の深い谷に沿って流下し、現在では溶結凝灰岩として露出している。これらの活動によって、直径 2 km の御鉢平カルデラを形成した。噴出量は約 13 km<sup>3</sup> と見積もられる。ステージ 4 (約 3 万年前~現在) では、主な噴出中心が大雪火山群の南西部に移動し、溶岩ドームや成層火山を形成した。旭岳はステージ 4 の中で最も大型かつ最新の火砕丘であり、その山麓から流出した複数の溶岩流が西麓に広く分布している。旭岳には西方に開口した爆裂火口が形成され、そこでは現在でも噴気活動が活発である。このステージでは、御鉢平カルデラ東部の山腹から流走距離が約 6 km のミクラ沢溶岩が流出した。ステージ 4 の噴出量は約 10 km<sup>3</sup> と見積もられる。

各ステージの噴出量および K-Ar 年代データを基に、大雪火山群の階段図を新たに作成した。各ステージの噴出率は、ステージ 1 は >0.07 km<sup>3</sup>/ky, ステージ 2-1 は >0.01 km<sup>3</sup>/ky, ステージ 2-2 は >0.06 km<sup>3</sup>/ky, ステージ 3 は >0.33 km<sup>3</sup>/ky, ステージ 4 は >0.33 km<sup>3</sup>/ky となった。

階段図からは、0.7-0.4 Ma の活動が非常に低調であることが分かり、0.54-0.40 Ma の K-Ar 年代を示す噴出物は認められなかった。つまり、本火山群においては、0.7-0.4 Ma の間は小規模な活動があったかもしれないが、長い休止期であった可能性がある。また、0.4 Ma 以降は噴出率が増え、ステージ 3 で発生した約 3 万年前の大規模火砕流噴火において噴出率が最大に達し、その後のステージ 4 でも高い噴出率を維持しているようである。

大雪火山群噴出物の岩石学的性質は、ステージ間で区別できるが、上記の噴出率の変化に対応して、特にステージ 1 とそれ以降で大きく変化している。本火山群の岩石は、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、石英斑晶を含む安山岩~デイサイトであり、しばしば苦鉄質包有物を含む。ステージ 1 の岩石は斑晶として角閃石を含まないが、ステージ 2 および 3 では 0.3~5% 程度の角閃石斑晶を含むようになる。その後、ステージ 4 では角閃石を含む岩石が極端に少なくなる。これら岩石の全岩 SiO<sub>2</sub> 量は母岩では 56.4-69.1 wt. %, 苦鉄質包有物では 52.7-57.4 wt. % 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。ステージ 1 の岩石は、母岩では高い Zr 含有量を持つことから、他のステージの母岩と明瞭に区別できる。しかしながら、苦鉄質包有物の Zr 量はステージ間では区別できない。一方、ステージ 2 とステージ 3・4 で比較すると、SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O 図や SiO<sub>2</sub>-Rb 図において、母岩は珪長質側で発散する異なるトレンドを示す。これらの 0.7?0.4 Ma の噴出年代において火山活動が低調になったこと、また、その年代を挟んで特に珪長質なマグマが大きく変化したことは、島弧会合部でのテクトニクスの変化を反映していると考えられる。

SVC54-03

会場:411

時間:5月1日 09:30-09:45

キーワード: 火山, 長期噴出率, 形成史, 大雪, 地質と岩石, マグマ変遷

Keywords: Volcano, Eruption rate, Formation history, Taisetsu, Geology and petrology, Transition of magma

## 浅間前掛火山の降下火砕堆積物からみた噴火推移の復元精度 Reconstruction accuracy of eruptive sequence inferred from the pyroclastic fall deposits of the Asama-Maekake volcano

安井 真也<sup>1\*</sup>  
YASUI, Maya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本大学文理学部地球システム科学科  
<sup>1</sup> Dept. of geosystem sciences, Nihon University

浅間前掛火山の降下火砕堆積物に着目して、過去の噴火事例の噴火推移を検討し、その復元精度や火山活動の長期予測の可能性について考える。前掛火山の降下火砕堆積物のうち、A(天明噴火・18世紀)、B'およびB(大治および天仁・12世紀)、C(4世紀)などと呼ばれるものは軽石層を主体とする。時代の古いものでは、六合軽石や、藤岡軽石といった名称のものもある。一方、最近の2009年や2004年噴火は規模が小さく、個々の噴火の痕跡は地質単位としては残されていない。2009年や2004年噴火の堆積直後に採取された火山灰は、主に角張った石質岩片から構成される。天明噴火以降では特に20世紀前半にブルカノ式噴火が頻発したが、A降下火砕堆積物の上位の土壌には石質岩片の粒子が豊富に含まれている。つまり、天明噴火以降、浅間山麓では火山灰・土壌の混合層が形成されつつある。同様の火山灰・土壌混合層はA,B,C,Dの各降下火砕堆積物の下位にも認められるため、過去の大規模噴火のない期間にも、天明噴火以降のようなブルカノ式噴火の活動があったことが示される。一方、大規模噴火の降下火砕堆積物は多数の降下単位から成る場合が多く、主に軽石層から成るが、B', B,E降下火砕堆積物には石質岩片から成る火山灰層も挟まれる。前掛火山の大規模噴火ではブルカノ式噴火とサブプリニー式噴火が断続的に起こる場合もあるらしい。

天明噴火については、A降下火砕堆積物と火口壁層序、それらと火砕流や溶岩流との層位関係、噴出物の層序と豊富な古記録との対応から、細かい時間軸に沿った噴火推移の全体像の議論が可能である(Yasui and Koyaguchi, 2004など)。しかしながら、天明以前の噴火事例になると極端に情報量が減る。B'では火砕流堆積物との層位関係はおさえられるが、B降下火砕堆積物の場合は多数の流下単位から成る火砕流堆積物と降下火砕堆積物の分布方向が異なるために、層位関係が不明である。ただしB降下火砕堆積物には火砕流の灰かぐら由来とみられる火山灰の層が挟在することから、火砕流流出が示される層準が一つある。山頂部の地形やアグルチネートの存在は、天明、大治、天仁の各噴火事例で火砕丘が形成されたことを示唆するが、大規模な火砕成溶岩の流出は天明噴火のみらしい。以上を考慮すると天明、大治、天仁の噴火事例はそれぞれ異なる噴火推移をたどったようである。山体近くでは12世紀以降の堆積物が厚いために、それ以前の堆積物の露出が限定される。CおよびD降下火砕堆積物は大きな分布がつかめる程度であるが、降下単位は複数あるらしい。C降下火砕堆積物は、火砕流堆積物との境界が認められる地点があるが、分布や層序の全体像はわからない。E降下火砕堆積物は、前掛火山の最近の堆積物が分布していない北西山麓においてよく観察でき、降下単位が多いことや火砕流を伴ったらしいことがわかるが、その他の情報に乏しい。

噴火の規模に関して、本研究ではA,A', B', B,C, およびE降下火砕堆積物の等層厚線図を作成した。さらにA,B', Bについては可能な限り降下単位毎の等層厚線図を作成した。これらの図から64cm、16cm、4cmの等層厚線を抽出して異なる噴火や降下単位間で比較した。全層厚の図の64cmの場合は、B, B', C, Aの順に等層厚線の囲む面積が減り、Eが最少である。降下単位別にみると、16cmの場合では、天仁噴火のB-4, B-6, 大治噴火のB'-4は、天明噴火の最盛期のA-21p(0.01km<sup>3</sup> DRE, Yasui and Koyaguchi, 2004)より規模が大きい、B'-1やA'はA-19p(0.003km<sup>3</sup> DRE)より規模が小さいらしい。同様に4cmの場合では、B-2, B-3はA-NNWやNE(0.001km<sup>3</sup> DRE)よりも規模が大きいとみられる。厳密には、風の強さの等層厚線の形状に与える影響や、噴煙の拡大における噴出率の違いの影響、時間経過に伴う堆積密度変化による層厚減少の影響を考慮する必要があるが、64cmの等層厚線が描ける噴火と、最大でも16cmの等層厚線しか描けない噴火あるいは降下単位とでは、噴出量のオーダーが違うということではできただろう。

現時点では、前掛火山の大規模噴火のうち噴火様式や噴出量の時間変化まで議論できるのは天明噴火のみで、それ以前については同様の精度での議論は難しい。また階段ダイヤグラムを作成する場合、特に12世紀以前の噴火事例の総噴出量の見積り精度が極端に落ちることになる。したがって浅間前掛火山の場合は、高頻度で小規模噴火を繰り返す火山に比べて長期的な活動予測が難しいといえる。

## H<sub>2</sub>Oに飽和した島弧ソレアイトマグマの結晶分化作用：伊豆大島火山における事例研究 Polybaric crystallization of H<sub>2</sub>O-saturated island arc low-K tholeiite magmas: A case study of the Izu-Oshima volcano

浜田 盛久<sup>1\*</sup>; 岡山 悠子<sup>2</sup>; 金子 隆之<sup>3</sup>; 安田 敦<sup>3</sup>; 藤井 敏嗣<sup>4</sup>  
HAMADA, Morihisa<sup>1\*</sup>; OKAYAMA, Yuko<sup>2</sup>; KANEKO, Takayuki<sup>3</sup>; YASUDA, Atsushi<sup>3</sup>; FUJII, Toshitsugu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 日本科学未来館, <sup>3</sup> 東京大学地震研究所, <sup>4</sup> 環境防災総合政策研究機構

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>National Museum of Emerging Science and Innovation, <sup>3</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>4</sup>Crisis and Environment Management Policy Institute

**はじめに：**島弧マグマに含まれる数重量%のH<sub>2</sub>Oは、マグマの発生・分化・噴火過程に大きく影響を及ぼすため、その量や挙動を制約することは重要である。本研究では、伊豆弧の火山フロント上に位置する伊豆大島火山から噴出する島弧ソレアイトを例として、火山岩の化学組成と含水マグマ融解実験の既報データを組み合わせることにより、マグマの分化条件（特にH<sub>2</sub>O量）について議論する。

**伊豆大島火山の液組成のバリエーション：**我々は、伊豆大島火山の火山岩の化学組成のデータの中から、液組成を代表すると考えられる無斑晶質火山岩68個のデータを選び出した。火山岩は、液相濃集元素の濃度比の違いから、K/Zr比の低い火山岩(K/Zr<60)とK/Zr比の高い火山岩(K/Zr≥60)の2種類に分類される。これらの2種類の火山岩は、同一の初生マグマからの結晶分化作用によって導くことはできないため、起源マントルが異なるか、またはマントルの部分融解度の違いによって生じたのであろう。本発表ではK/Zrの高い(K/Zr≥60)噴出物のみに焦点を当て、同一の親マグマから結晶分化作用によって導かれた火山岩の組成バリエーションの起源について検討する。

K/Zrの高い火山岩は、高Al/Siトレンドと低Al/Siトレンドという2種類のトレンド、およびそれらのトレンドに挟まれた中間的な組成バリエーションを示す。このことから液は、高Al/Siトレンド上の液と低Al/Siトレンド上の液の混合物であるか、高Al/Siトレンドを導く結晶分化作用と低Al/Siトレンドを導く結晶分化作用との中間的な条件下で導かれたか、のいずれかであろうと考えられる。Hamada and Fujii (2008, *Contrib. Mineral. Petrol.*)による実験的研究によれば、高Al/Siトレンドは~3 wt% H<sub>2</sub>Oの未分化な液から、低Al/Siトレンドはほぼ無水の未分化な液から、それぞれ結晶分化作用により導くことができる。

**島弧ソレアイトマグマの含水融解実験：**島弧ソレアイトマグマは、Caに富む斜長石(An≥90, ただしリムはAn75)を斑晶にもつことが特徴として挙げられる。Hamada and Fujii (2007, *Geochem. J.*)は、伊豆大島火山の比較的未分化な2種類のマグマ(MA43とMA44, MgO~5 wt%)の含水融解実験(1~6 wt% H<sub>2</sub>O)を250 MPaで行い、晶出する斜長石の組成に及ぼすメルトの組成と含水量の効果を調べた。MA43は高Al/Siトレンド上の比較的未分化な液組成、MA44は低Al/Siトレンド上の比較的未分化な液組成を代表している。MA43試料を融解実験した結果、1~6 wt% H<sub>2</sub>Oの条件下で斜長石がリキダス相であり、斜長石の組成は、ほぼ無水の条件下では~An80であったが、含水量の増加に伴ってCaに富み、メルトの含水量≥3 wt%では~An90であった。MA44試料を融解実験した結果、低含水量(≤2 wt%)下では斜長石がリキダス相であったが、さらに含水量が増加すると単斜輝石がリキダス相として晶出した。斜長石の組成は、ほぼ無水の条件下では~An70であり、含水量の増加に伴ってCaに富むが、メルトの含水量~4 wt% H<sub>2</sub>Oで~An80に留まった。すなわち、Caに富む斜長石(An≥90)は、高Al/Siトレンド上の液(MA43)からは含水量≥3 wt%で晶出できるが、低Al/Siトレンド上の液(MA44)からは含水量に関わらず晶出できない。Caに乏しい斜長石リム(An~75)は、高Al/Siトレンド上の液からは晶出できないが、低Al/Siトレンド上の液からは晶出できる。

**結論：**伊豆大島火山の火山岩は、高Al/Siトレンドと低Al/Siトレンド、およびそれらのトレンドに挟まれた中間的な組成バリエーションを示す。高Al/Siトレンドは~3 wt% H<sub>2</sub>Oを含む未分化な液が、低Al/Siトレンドはほぼ無水の未分化な液が、それぞれ結晶分化作用を行うことによって導くことが可能である。我々は、伊豆大島火山の直下で、少なくとも地下4 kmの深度にあるマグマ溜まり(飽和含水量~3 wt%)から地表付近(ほぼ無水メルト)に至る深度においてメルトはH<sub>2</sub>Oに飽和し、深度に応じて飽和含水量の異なる条件下での結晶分化作用が同時進行していると考えられる。このようなH<sub>2</sub>Oに飽和したマグマのpolybaric crystallizationは、島弧ソレアイトマグマの普遍的な特徴であろう。

キーワード: 島弧ソレアイト, 火山フロント, Caに富む斜長石, 伊豆大島火山

Keywords: Island arc low-K tholeiite, Volcanic front, Ca-rich plagioclase, Izu-Oshima volcano

三宅島八丁平カルデラの形成時間-テフラ中の植物痕から推察される噴火間隔  
The change time from magmatic to phreatomagmatic eruption, in the Hachodaira caldera  
eruption at Miyakejima Volcano

及川 輝樹<sup>1\*</sup>; 下司 信夫<sup>1</sup>  
OIKAWA, Teruki<sup>1\*</sup>; GESHI, Nobuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 独) 産業技術総合研究所  
<sup>1</sup>GSJ, AIST

2000年にカルデラ形成を行った三宅島火山は、約3kaに八丁平カルデラの形成に伴い、八丁平スコリアと八丁平火山灰があいついで噴出した。八丁平スコリアと火山灰中には多数の植物痕が認められ、プラント・オパール解析からスキ類であることが明らかとなった。噴火後の植生の存在、八丁平スコリアと火山灰の産状、三宅島の土壌生成速度を考慮すると、八丁平スコリアと八丁平火山灰との噴火間隔は長くても1年未満、おそらく数日以内と考えられる。つまり、スコリアの放出するマグマ噴火の後、カルデラ底が沈降した後、それほど間をおかずに八丁平火山灰を生成するマグマ水蒸気噴火が起こった。このようなカルデラ形成シナリオは、Geshi and Oikawa(2008:JVGR)が2000年カルデラ形成噴火でつくったモデルとの類似性が指摘される。

キーワード: 火山, カルデラ, 三宅島, 噴火, ススキ  
Keywords: volcano, caldera, Miyakejima, eruption, Miscanthus

## 伊豆小笠原弧北部, 三宅島火山先大船戸期噴出物中に分布する軽石 Pumice deposits of the pre-Ofunato stage distributed in northwest of the Miyake-jima volcano, northern Izu-Bonin Arc

南里 翔平<sup>1\*</sup>; 鈴木 毅彦<sup>2</sup>

NANRI, Shohei<sup>1\*</sup>; SUZUKI, Takehiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 首都大学東京・院, <sup>2</sup> 首都大学東京

<sup>1</sup>Graduate student, Tokyo Metropolitan University, <sup>2</sup>Tokyo Metropolitan University

伊豆小笠原弧北部の火山島である三宅島は、東京から約 180 km 南の、北西太平洋に位置している。島の北西部には海食崖が続いており、一色 (1960) はそこで淡橙色軽石凝灰岩の存在を報告している。本研究の目的は、この軽石凝灰岩の分布、層序、堆積構造、岩石学的特徴、鉱物学的特徴を詳細に明らかにすることである。本研究では一色 (1960) の軽石凝灰岩を三宅島先大船戸軽石 (OFP) として再定義した。OFP は島の西部から北部にかけて分布している。OFP は AT テフラ (30 ka; Smith et al., 2013) の下位に位置しており、このことは OFP の噴出年代が 3 万年より以前であることを示している。OFP の中には、火砕流様の堆積構造を示す地点がある。

OFP に含まれる  $K_2O$  と  $FeO$  の関係を見ると、 $K_2O$  が低く  $FeO$  が高い傾向が見られた。津久井ほか (2006) や齋藤・宮入 (2008) の示した伊豆小笠原弧の噴出物に対する同様の関係を見ると、前弧側の伊豆大島や八丈島の噴出物は、 $K_2O$  が低く  $FeO$  が高い傾向を示し、背弧側の新島や神津島の噴出物は反対に、 $K_2O$  が高く  $FeO$  が低い傾向を示している。このことから OFP は新島や神津島から漂着したものではなく、前弧側起源の噴出物であることが考えられる。

本稿では、三宅島火山の 3 万年前の噴火が、現在の三宅島の北西部における軽石噴火に特徴づけられることを明らかにした。現段階では OFP の給源や噴火様式を詳細に明らかにすることはできなかったが、今後、火砕流様の堆積構造が見られた露頭を詳細に調べることで、この 2 つの問題を明らかにしたい。

キーワード: 三宅島, 軽石, 三宅島先大船戸軽石, 伊豆小笠原弧北部

Keywords: Miyake-jima volcano, Pumice, Miyake-jima Ofunato Pumice deposit, Northern Izu-Bonin Arc

## 西之島 2013-2014 年噴火における火山島の形成過程 Formation process of a volcanic island during the 2013-2014 eruption at Nishinoshima, Ogasawara, Japan

前野 深<sup>1\*</sup>; 中田 節也<sup>1</sup>; 金子 隆之<sup>1</sup>  
MAENO, Fukashi<sup>1\*</sup>; NAKADA, Setsuya<sup>1</sup>; KANEKO, Takayuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所  
<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, Univ. Tokyo

日本近海での海底噴火は珍しくなく、海面上に火山体の一部が出現する事例はしばしば報告されている。しかし多くの場合、一時的に陸化しても短期間のうちに浸食により消滅してしまう。新しい火山島が形成されるためには浅海に大量の溶岩が流出し、浸食に耐え得る強固な「島の核」となる部分が形成される必要があるが、そのような条件を満たす比較的規模の大きな海底噴火の発生頻度は高くはない。海域での噴火による陸化過程が詳細に観測・観察されることは極めてまれである。

2013年11月に始まった西之島沖の海底噴火では、溶岩流出が継続し新たな火山島を形成するに至った。新島は1ヶ月半後には西之島と接合し、その後も成長を続けていることから、火山島の誕生と成長の過程に関するさまざまな知見を与える可能性がある。本研究では噴火が確認された直後から、上空からの観察、公開された航空写真や衛星画像（海上保安庁、国土地理院、宇宙航空研究開発機構による）をもとに噴火様式とその推移について解析している。

西之島は大型の海底火山の山頂火口縁に位置するが、2013-2014年噴火は、この山頂火口内の西之島沖南東およそ400m、水深数10mの浅瀬で開始した。新島発見直後には海水が火口に浸入することによりスルツェイ式噴火が発生したが、島の成長とともに火口が海面上に達した後は、ストロンボリ式噴火によるスコリア丘形成および溶岩流出へと噴火様式は移行した。その後主火口はほとんど同一の場所に存在し続け、スコリア丘の麓部から継続的に溶岩を流出し続けている。海に流出した溶岩流は水冷および自破砕により浅海底を埋め立てながら流動していると推定され、分岐を繰り返してほぼ全方位に流れて島を拡大している。溶岩流出とともにスコリア丘頂部ではストロンボリ式噴火が継続していることから、マグマは深部から安定して供給され続けていると考えられる。

噴火前の海底地形データをもとに、溶岩の海への流出量および流出率の時間変化を見積もったところ、流出量は2月初旬までの2ヶ月半でおよそ600万 $m^3$ に達し、流出率は多少の変動を伴うものの $0.5-1 \times 10^5 m^3/day$ 程度でほぼ一定である。この値は、日本国内では西之島以外で最も新しい火山島である昭和硫黄島噴火の溶岩流出期（1935年1-3月）の平均流出率およそ $1 \times 10^5 m^3/day$  (Maeno and Taniguchi, 2006)と同程度である。一方、新旧の海底地形データの差分をもとに前回1973-74年西之島噴火における噴出量はおよそ2400万 $m^3$ と推定されることから、今回の噴火では2ヶ月半で前回のおよそ1/4の噴出量に達したことになる。なお、前回の噴火は水深100m程度から開始し、およそ半年に及ぶ海底噴火のステージの後に新島を形成した。今回の噴火推移や島の成長速度は前回と異なるが、これは今回の噴火が水深数10m以内の浅海域で開始したためと考えられる。2014年2月初旬の段階で、溶岩の浸食は一部に認められるものの島の面積変化への影響はほとんどないように見える。溶岩の流出状況と前回の噴火経緯を考慮すると、西之島は今後さらに面積を拡大していくと推定される。

キーワード: 西之島, 火山島, 溶岩流, スルツェイ式噴火, ストロンボリ式噴火  
Keywords: Nishinoshima, volcanic island, lava flow, Surtseyan eruption, Strombolian eruption

## 小笠原・硫黄島の旧噴火口で2012-2013年に発生した爆発現象に伴う噴出物の岩石学的特徴 Petrological characteristics of volcanic materials ejected during 2012-2013 explosive events on Ioto Island

池端 慶<sup>1\*</sup>; 田村 知也<sup>2</sup>  
IKEHATA, Kei<sup>1\*</sup>; TAMURA, Tomoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学生命環境系, <sup>2</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科

<sup>1</sup>Faculty of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

小笠原硫黄島は東京都区部の南 1250km に位置する北東-南西方向 8.5km、幅 4.5km の火山島である。硫黄島の西部に位置する旧噴火口 (通称: ミリオンダラーホール) では、2012 年 2 月上旬以降、泥や噴石を火口周辺に噴出する小規模な爆発現象が繰り返し発生している (気象庁, 2013)。2012 年 2 月, 2012 年 3 月, 2013 年 2 月, 2013 年 4 月に爆発現象を伴い、火口周辺に放出された泥を採取し、その試料の粒径 250  $\mu$  m-500  $\mu$  m 水洗残渣粒子を、実体顕微鏡と SEM を使用して観察した。

泥試料はいずれも灰色で、その構成物は、遊離鋳物片 (斜長石, 単斜輝石, かんらん石, 鉄チタン酸化鋳物), 比較的新鮮な火山ガラス片, 変質火山ガラス片, 岩片, 変質岩片, 黄鉄鉱集合体からなる (池端・田村, 2013)。泥試料中の変質岩片の比率は 2012 年 2 月の噴出物では高いが、比較的新鮮な火山ガラス片や他の構成物の比率は各爆発間で変化がなかった。SEM 像観察の結果、比較的新鮮な火山ガラス片の表面には、変質によって生じたと思われる小孔が確認された。また BSE 像観察により、火山ガラスの最外部は水和の影響を受けていることがわかった。火山ガラスの内部へ水和が進行する速さは、主に火山ガラスの化学組成, 地下水の化学組成, 堆積時の温度などに依存するため、硫黄島のような地熱活動が活発な場所では火山ガラスの水和の程度が粒子同士で異なることが予想される。そこで、泥試料に含まれる比較的新鮮な火山ガラス片を 400 °C-12 時間加熱し、水和の影響を除去した後に EPMA で分析し、化学組成を決定した。その結果、いずれの比較的新鮮な火山ガラス片も Le Bas et al.(1986) の Total Alkali-Silica 図において、硫黄島に広く分布する粗面岩の領域にプロットされた。また、EPMA で得られた値を主成分元素および微量元素のハーカー図にプロットすると、組成はいずれも EPMA の分析誤差の範囲で一つの領域に収まった。したがって、全試料に含まれる比較的新鮮な火山ガラス片は、旧噴火口の周辺に存在していた火山砕屑物に含まれる比較的均質な化学組成をもつ火山ガラス起源であることが明らかになった。以上の結果、今回の一連の爆発により放出された泥には新鮮なマグマに直接由来する粒子は確認されず、すべて旧噴火口周辺の既存の火山岩, 火山砕屑物やそれらの変質物が水蒸気爆発により放出されたものと考えられる。

海上自衛隊硫黄島航空基地隊硫黄島気象班には試料の採取と現地の情報提供をしていただいた。防衛省, 気象庁ならびに防災科学技術研究所には多方面で便宜を図っていただいた。

キーワード: 硫黄島, 旧噴火口, 泥, 火山ガラス, 水蒸気爆発

Keywords: Ioto Island, the Old Crater, mud, volcanic glass, phreatic eruption

## 阿蘇-4 大規模火砕噴火直前および初期噴出物の鉱物組成 Compositions of minerals in volcanic products from pre- and the early stage of Aso-4 large-scale pyroclastic flow

黒川 聖<sup>1</sup>; 山崎 秀人<sup>1</sup>; 長谷中 利昭<sup>1\*</sup>; 森 康<sup>2</sup>

KUROKAWA, Kiyoshi<sup>1</sup>; YAMASAKI, Hideto<sup>1</sup>; HASENAKA, Toshiaki<sup>1\*</sup>; MORI, Yasushi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科, <sup>2</sup> 北九州市立自然史・歴史博物館

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

大峰スコリア丘形成, それに伴う高遊原溶岩流, 小谷 (おやつ) 火砕流は 9 万年前の阿蘇-4 火砕噴火の直前および開始初期の一連のイベントである。噴出物の全岩化学組成は大峰スコリア丘のスコリア, 62-66 SiO<sub>2</sub> wt. %, 高遊原溶岩, 63-66 SiO<sub>2</sub> wt. %, 小谷軽石, 67-69 SiO<sub>2</sub> wt. % と変化する。大峰・高遊原の組成トレンドは小谷の組成トレンドとはわずかではあるが, 明瞭に異なっている (山崎ら, 2013)。斑晶鉱物組合せは斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 不透明鉱物が共通で, 大峰スコリア・高遊原溶岩では普通角閃石の微斑晶, 小谷軽石では普通角閃石の斑晶が加わる。また斜長石がふるい状組織 (sieve texture) を持つことが特徴である。大峰スコリア, 高遊原溶岩では顕著であるが, 小谷では数が少ない。これらの斑晶鉱物に対して EPMA 分析を行い, 大規模火砕噴火を起こしたマグマ供給系の変化を知る手がかりを求めた。

マグマの組成トレンドの違いに対応して, 鉱物組成でも大峰スコリア・高遊原溶岩と小谷軽石の違いが観察された。高遊原溶岩の斜長石斑晶は An50-An60 のユニモダルな組成分布を持つものに対して, 小谷軽石の斜長石斑晶は An37-An56 の広い組成幅で, 複数のピークを持っている。斜方輝石斑晶の Mg# は高遊原溶岩 74-75 に対して, 小谷軽石 73-74, 単斜輝石, 普通角閃石についても Mg# のわずかな違いが認められる。

角輝石の鉱物化学組成から見積もられる大峰スコリアのマグマの温度は Wells (1977) で約 950 °C、無水での粘性は 10<sup>8</sup>5.6 Pa・s であった。大峰・高遊原溶岩が阿蘇-4 火砕流噴火直前に噴出したのに対して, 阿蘇-2 火砕流噴火直前に流出した玉来川溶岩 (SiO<sub>2</sub>=61 wt.%) のマグマの温度は 1120 °C、無水での粘性は 10<sup>8</sup>3.9 Pa・s が報告されている (小林, 2013)。この粘性の差が高遊原溶岩 (100m 厚, 7km 長) と玉来川溶岩 (10m 厚, 10km 長) のアスペクト比の違いを表していると考えられる。

大峰スコリア・高遊原溶岩に顕著に見られる斜長石のふるい状組織と普通角閃石の微斑晶の成長は大規模噴火前のマグマ供給系の進化に重要な制限を加える。ふるい状組織が斜長石の溶融過程を示しているとするれば, 温度上昇 and/or 水蒸気圧上昇の影響が考えられる。これに対して普通角閃石の微斑晶の成長の原因は, 温度低下 and/or 水蒸気圧上昇を示唆する。高遊原溶岩にはマフィック包有物や斑晶鉱物の逆累帯構造は認められない。従ってマグマ混合や温度上昇の可能性は少ない。どのような物理化学条件の変化があったのかは今後の課題である。

キーワード: 阿蘇-4 火砕流, 高遊原溶岩, 大峰火山, 溶岩流

Keywords: Aso-4 pyroclastic flow, Takayubaru lava, Omine volcano, lava flow

## 溶岩の古地磁気学的推定年代と噴出量からみた桜島・南岳成層火山の形成過程 Forming process of Minamidake stratovolcano, Sakurajima, inferred from paleomagnetic age and volume of lava flows

味喜 大介<sup>1\*</sup>  
MIKI, Daisuke<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所  
<sup>1</sup> DPRI, yoto University

桜島・南岳成層火山を構成する溶岩類のうち、これまで年代が曖昧であった桜島南岳南斜面に分布する有村溶岩の古地磁気学的年代推定を行った。また、南岳起源の溶岩流の体積を推定し、これらを併せて南岳成層火山の形成過程について考察した。有村溶岩の古地磁気方位は偏角  $4.0^\circ$  E, 伏角  $40.5^\circ$  であり、3.1-2.7ka 頃の古地磁気学的推定年代が得られた。その下位の観音崎溶岩の古地磁気学的推定年代は 3ka 頃と考えられる。これらは数百年間のうちに相次いで発生した一連の噴火で流出した可能性が高い。古期南岳の溶岩のうち 3ka 前後に噴出した溶岩の噴出量が大きく、南岳成層火山の主部は 3ka 頃の数百年間にほぼ現在の形にまで急速に成長したと考えられる。天平宝字噴火で噴出した長崎鼻溶岩の体積は約  $0.8\text{km}^3$  と推定され、天平宝字噴火はこれまで考えられていたよりも噴火規模が大きかったと考えられる。天平宝字噴火以降現在に至るまでの新期南岳期にはそれ以前に比べて明らかなマグマ噴出率の増大が認められ、特に安永噴火以降の噴出率が高い。