

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^{1*}; 中田 節也²; Zaennudin Akhmad³; Prambada Oktory³; 外西 奈津美²; 高木 菜都子²; Hendrasto Muhamad³; 井口 正人⁴

YOSHIMOTO, Mitsuhiro^{1*}; NAKADA, Setsuya²; ZAENNUDIN, Akhmad³; PRAMBADA, Oktory³; HOKANISHI, Natsumi²; TAKAGI, Natsuko²; HENDRASTO, Muhamad³; IGUCHI, Masato⁴

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

¹ Faculty of Science, Hokkaido University, ² Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ³ Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Indonesia, ⁴ 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K₂O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SiO₂に富み、Na₂O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SiO₂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^{1*}; Churikova Tatiana²; Gordeychik Boris³; 石塚 治⁴; 中村 仁美¹; 岩森 光⁵
NISHIZAWA, Tatsuji^{1*}; CHURIKOVA, Tatiana²; GORDEYCHIK, Boris³; ISHIZUKA, Osamu⁴; NAKAMURA, Hitomi¹; IWAMORI, Hikaru⁵

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

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ²Institute of Volcanology and Seismology Far East Division, Russian Academy, ³Institute of Experimental Mineralogy, Russian Academy, ⁴Research Core for Deep Geological Environments, AIST, ⁵Japan 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、H₂O 不飽和条件下では 1.0GPa, 1100-1250 °C、H₂O 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 H₂O 量、生じたマグマ中の H₂O 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^{1*}; 中川 光弘¹; 松本 哲一²

ISHIGE, Kosuke^{1*}; NAKAGAWA, Mitsuhiro¹; MATSUMOTO, Akikazu²

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

¹Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Geological 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 km³ (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 km³ 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 km³ 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 km³ 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 km³/ky, ステージ 2-1 は >0.01 km³/ky, ステージ 2-2 は >0.06 km³/ky, ステージ 3 は >0.33 km³/ky, ステージ 4 は >0.33 km³/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 SiO₂ 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、SiO₂-K₂O 図や SiO₂-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^{1*}
YASUI, Maya^{1*}

¹ 日本大学文理学部地球システム科学科
¹Dept. 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(0.01km³ DRE, Yasui and Koyaguchi, 2004)より規模が大きい、B'-1やA'はA-19p(0.003km³ 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(0.001km³ 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。

H₂O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 H₂O-saturated island arc low-K tholeiite magmas: A case study of the Izu-Oshima volcano

浜田 盛久^{1*}; 岡山 悠子²; 金子 隆之³; 安田 敦³; 藤井 敏嗣⁴
HAMADA, Morihisa^{1*}; OKAYAMA, Yuko²; KANEKO, Takayuki³; YASUDA, Atsushi³; FUJII, Toshitsugu⁴

¹ 海洋研究開発機構, ² 日本科学未来館, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 環境防災総合政策研究機構
¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²National Museum of Emerging Science and Innovation, ³Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ⁴Crisis and Environment Management Policy Institute

はじめに：島弧マグマに含まれる数重量%のH₂O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H₂O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% H₂O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% H₂O)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% H₂O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% H₂O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% H₂O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H₂O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H₂O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^{1*}; 下司 信夫¹
OIKAWA, Teruki^{1*}; GESHI, Nobuo¹

¹ 独) 産業技術総合研究所
¹GSJ, 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¹の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^{1*}; 鈴木 毅彦²

NANRI, Shohei^{1*}; SUZUKI, Takehiko²

¹ 首都大学東京・院, ² 首都大学東京

¹Graduate student, Tokyo Metropolitan University, ²Tokyo 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^{1*}; 中田 節也¹; 金子 隆之¹
MAENO, Fukashi^{1*}; NAKADA, Setsuya¹; KANEKO, Takayuki¹

¹ 東京大学地震研究所
¹ 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400 m、水深数10 m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 $0.5\text{-}1 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{day}$ 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 $1 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{day}$ (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100 m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10 m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^{1*}; 田村 知也²
IKEHATA, Kei^{1*}; TAMURA, Tomoya²

¹ 筑波大学生命環境系, ² 筑波大学大学院生命環境科学研究科

¹Faculty of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, ²Graduate 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 μ m-500 μ 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¹; 山崎 秀人¹; 長谷中 利昭^{1*}; 森 康²

KUROKAWA, Kiyoshi¹; YAMASAKI, Hideto¹; HASENAKA, Toshiaki^{1*}; MORI, Yasushi²

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 北九州市立自然史・歴史博物館

¹ Grad School Sci. & Tech., Kumamoto Univ., ² 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 SiO₂ wt. %, 高遊原溶岩, 63-66 SiO₂ wt. %, 小谷軽石, 67-69 SiO₂ 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 10⁸5.6 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 (SiO₂=61 wt.%) のマグマの温度は 1120 °C、無水での粘性は 10⁸3.9 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^{1*}
MIKI, Daisuke^{1*}

¹ 京都大学防災研究所
¹ 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° E, 伏角 40.5° 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 0.8km^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。

マイクロライトの形態 -斜長石マイクロライトの projection- Morphology of microlite -projections of plagioclase microlite-

佐野 恭平^{1*}; 寅丸 敦志²; 和田 恵治³
SANO, Kyohei^{1*}; TORAMARU, Atsushi²; WADA, Keiji³

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

At Tokachi-Ishizawa (TI) rhyolite lava, Shirataki, Hokkaido, northern part of Japan, the interior structure transition can be observed, from the outer obsidian layer to the inner rhyolite layer. Thus TI lava is an appropriate target field for correlating textural characteristics with lava interior structure. In order to obtain insights into the magma ascent and outgassing process of viscous magma, we have analyzed oxide microlites of TI rhyolite lava, suggesting that dominant outgassing process is ductile permeable development (Sano et al., 2013 JpGU meeting). However, we have not examined the morphology of microlite. Morphology of crystal is considered to reflect the effective undercooling of the melt and provide the constraint for ascent process and water exsolution processes. In this study, we focused on the morphology of microlites, especially projections of plagioclase microlites. The projections mean localized growth of crystal from plagioclase surface.

In Shirataki, aphyric rhyolite lavas erupted ca. 2.2Ma and composed of 10 flow units. The TI lava is about 50 m in height and stratigraphic sequences from the bottom are a obsidian layer region, a boundary bounded region of obsidian and rhyolite, and rhyolite layer region. The obsidian layer region consists of a single vesicle-free obsidian about 7 m high. The rhyolite layer region consists of rhyolite layers with variable vesicularity, crystallinity and characteristic scales in layer thickness. The boundary banded region, which is located between the obsidian and rhyolite regions, consists of thin obsidian (<10mm in width) and rhyolite. In this study, we define the obsidian and rhyolite based on the differences in appearance of hand specimens and rock texture. Rhyolite has perlitic cracks in the glass and contains some amounts of crystalline materials, namely, spherulite and lithophysae. In boundary banded region, the fraction of obsidian decreases toward rhyolite layer region.

From the examination by scanning electron microscope (SEM) for thin sections from obsidian layer region, boundary banded region and rhyolite layer region, we found the projection texture in all samples. We measured projection length and number density (N_v) of plagioclase microlites for obsidian and rhyolite layer regions. The measurement results show that plagioclase microlites in obsidian and rhyolite layer regions indicate the similar number density. N_v for obsidian layer region is $1.8 \times 10^{11} - 3.5 \times 10^{11}$ [$/m^3$] and $8.2 \times 10^{10} - 3.0 \times 10^{11}$ [$/m^3$] for rhyolite layer region, respectively. However, the length of projection is remarkably different between two regions. The mean values are $2.3 \mu m$ in obsidian layer region, and $8.7 \mu m$ in rhyolite layer region. The transition of mean length can be observed in boundary layer region.

Since the difference of projection length reflects the growth rate (G [m/s]) and growth time (t [s]) according to the theory of crystal growth (Keith and Padden, 1963; Lofgren, 1971; Rao, 2002), we can estimate the degree of effective undercooling at the formation time of projections. Under the assumption that G is constant for the time, the length of projection can be given by Gdt . Assuming the constant growth rate and growth time, the difference in projection lengths indicate that in growth rate, namely, the undercooling. Using experimental values for growth rate and undercooling, it is found that the rhyolite layer region experiences higher undercooling than obsidian layer region by 30 - 70 K. The projection can be formed after the nucleation of plagioclase microlite, which indicate the similar number density in obsidian and rhyolite layer region. Thus projections reflect the different undercooling after the nucleation of microlites. Based on the quantitative analysis of crystal morphology of microlites, we can obtain the insights into the magma ascent process that rhyolite layer region experienced higher undercooling than obsidian layer region.

キーワード: 組織解析, 黒曜石, 流紋岩, 溶岩, 白滝

Keywords: textural analysis, obsidian, rhyolite, lava, Shirataki

微量元素の主成分分析を用いた島弧マグマの分化プロセスの解析 Differentiation process of arc magmas revealed by principal component analysis on trace element composition

上木 賢太^{1*}
UEKI, Kenta^{1*}

¹ 東京工業大学火山流体研究センター

¹ Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

マントルと地殻の岩石の溶融の結果として生成されるマグマの化学組成は、地下の物理化学構造や溶融プロセスを反映している。上昇する過程で冷却、減圧を被り噴出するマグマの組成は、マントル、地殻、地表と、組成も温度圧力も異なる3つの場のプロセスの積分値である。マグマの化学組成は、固体地球に存在度が高く鉱物やマグマの構造を作る主体となる主要元素10元素と、地球上の存在度が小さく鉱物やマグマに微量にしか分配されない微量元素に大別できる。主要元素の挙動は場の温度、圧力と組成に支配され非線形である一方、温度や圧力の指標となる。微量元素は非線形性が弱いためリニアな加算性を仮定することができる。また、主要元素と比較して化学反応時の自由度が高いこと、特定の相への溶解度が桁で変化することから、一度何らかのプロセスで得られた特徴は上書きされづらく、特定の相のトレーサーとして用いることが可能である。以上の特徴から、微量元素は溶融・混合や分別のプロセス履歴に敏感である。以上のような微量元素の性質を考えれば、一連の活動の噴出物や隣接する火山噴出物に着目し多変量解析を用いて解析することで、火山岩の化学組成の多様性そのものもたらずプロセスやその数を抽出することが可能であると考えられる。一般的に火山噴出物の微量元素化学組成は組成-組成プロットにおいて一連のリニアな分布を示すため、主成分分析を用いることが妥当である。本研究は、主要元素や岩石学的に特徴の異なる火山で、微量元素組成に主成分分析を適用した。その結果、書く火山の微量元素の組成幅は3成分で説明できること、そして、微量元素主成分と主要元素との関係に着目することで、マグマ生成・分化プロセスを抽出することができることを示した。さらに大スケールの現象を描像するため、東北日本仙岩地域で、25km-25kmの範囲にまたがる17火山で採取された、262試料の14微量元素について同様の解析を行った。複数の火山の噴出物組成に同様の解析を行うことで、火山岩の化学組成幅は普遍的にマグマ混合、冷却と減圧による結晶分化で生成されることを示した。特に安山岩以上のSiO₂含有量の岩石は、普遍的にマグマ混合で生成されることがわかった。

キーワード: 火山岩, 島弧マグマ, 結晶分化, マグマ混合, 微量元素

Keywords: volcanic rock, arc magma, crystal fractionation, magma mixing, trace element

中国北東部・長白山火山におけるマントル含水量：予察的検討 A preliminary estimation of water content of the mantle beneath Changbaishan Volcano, northeast China

栗谷 豪^{1*}; 奥村 聡²; 横山 哲也³; 伊藤 嘉紀²; 中村 美千彦²; 魏 海泉⁴

KURITANI, Takeshi^{1*}; OKUMURA, Satoshi²; YOKOYAMA, Tetsuya³; ITO, Yoshinori²; NAKAMURA, Michihiko²; WEI, Haiquan⁴

¹ 大阪市立大学, ² 東北大学, ³ 東京工業大学, ⁴ 中国地震局

¹Osaka City University, ²Tohoku University, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴China Earthquake Administration

In northeast China, Cenozoic intraplate volcanic products are widely distributed. Geophysical studies have suggested that the underlying mantle transition zone is remarkably hydrous (Kelbert et al., 2009) and contains remnants of the subducted Pacific slab (Fukao et al., 1992); therefore, the Pacific slab stagnation and its relation to observed magmatism has received growing attention (e.g., Ohtani and Zhao, 2009; Richard and Iwamori, 2010). Beneath the Changbaishan volcanic field, a prominent low-velocity anomaly with a plume-like shape has been imaged in the upper mantle by P-wave tomography, which is suggestive of an upwelling of a mantle plume from the mantle transition zone (e.g., Zhao et al., 2009). In this study, to characterize the nature of the transition zone-derived mantle plume, the water content of the source mantle is estimated for basaltic products from the Changbaishan volcano.

Basaltic scoria samples were collected from a cinder cone, located about 20 km to the northeast of Tianchi volcano. One scoria sample was used for preliminary analysis of glass inclusions in some plagioclase phenocrysts. Basaltic lavas, which occur with abundant mantle xenoliths, were also collected from the outcrop near the cinder cone to know the primitive magma composition at the volcano. The MgO contents of the scoria and the lava are 5.1 wt.% and 9.1 wt.%, respectively. Major element compositions of quenched glass inclusions in the scoria sample were analyzed using EPMA, and the water contents were estimated by the difference of the analytical total of the major element analysis from 100 wt.%. Through calibration using an in-house standard glass sample of known water content, the water contents of the glass inclusions were obtained to be 0.15-3.4 wt.%. The FT-IR analysis was also performed for one glass inclusion of the estimated water content of 0.15 wt.% by EPMA, which yields the total water content of 0.2 wt.%.

Given that 3.4 wt.% represents the original water content of the melt without leakage, the H₂O/K₂O ratio of the melt of 0.90 is obtained. If we assume that the H₂O/K₂O ratio of the melt was not affected significantly by magmatic processes and the ratio is essentially constant in basaltic magmas at Changbaishan volcano, the water content of the primitive magma (2.4 wt.% in K₂O) is estimated to be 2.2 wt.%. The source mantle for the Changbaishan basalts may contain ~0.5% sediment component (Kuritani et al., 2011), and the Ce content of the source mantle is estimated to be ~1.1 ppm using the Ce content of the sediment component of 57.3 ppm (Plank and Langmuir, 1998) and that of the depleted mantle of 0.77 ppm (Salters and Stracke, 2004). If we assume that Ce and H₂O behave similarly during mantle melting (e.g., Michael, 1995), the compositions of the primitive basalt lava (Ce: 70 ppm, H₂O: 2.2 wt.%) yield the water content of the source mantle of ~350 ppm. This estimated water content is significantly higher than that of the normal depleted mantle (~120 ppm; Salters and Stracke, 2004), suggesting that the transition zone-derived mantle plume is hydrous compared with the surrounding ambient upper mantle.

In this preliminary study, we have analyzed only seven glass inclusions in a single sample, and therefore, the water content of ~350 ppm may represent the minimum estimate. It is necessary to increase the number of data by EPMA and FT-IR analyses to more reliably estimate the source water content for the Changbaishan basalts.

キーワード: マントル, 含水量, 中国

Keywords: mantle, water content, China

オマーンオフィオライトのオフリッジ巨大海底溶岩流の岩石学・地球化学 Petrological and geochemical variations within an off-axial submarine large lava flow from the Oman Ophiolite

大塚 遼^{1*}; 草野 有紀¹; 金山 恭子¹; 海野 進¹
OTSUKA, Ryo^{1*}; KUSANO, Yuki¹; KANAYAMA, Kyoko¹; UMINO, Susumu¹

¹ 金沢大学地球学教室

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University

Large submarine lava with thicknesses >100 m and volumes exceeding a few cubic kilometers are not uncommon volcanic constructs of mid-ocean ridges and around Hawaii Islands, yet details of the physical processes of eruption of these large lava flows are poorly understood. The V3 flow of the Oman ophiolite extruded at 90 Ma far off the paleospreading axis as thick lava flows with a minimum areal extent of >11 km by 1.5 km and the maximum thickness >270 m, yielding a minimum estimated volume >1.2 cubic kilometers. The V3 flow was fed by a thick feeder dike in the SW of the flow field and buried off-axial fault-bounded basins with a thick sedimentary cover in ~40 days. The upper V3 flow field consists of compound lobes that merge upstream into larger and thicker sheet-like lava, which grew endogenously as a vast sheet lobe.

Low-T hydrothermal alteration and weathering slightly modified the bulk compositions as indicated by moderate albitization of plagioclase and partial replacement of titanomagnetite and clinopyroxene by titanite and chlorite, respectively. However, strong positive correlations among incompatible HFSEs and REEs and relatively good correlations with major elements besides LILEs and Pb show that these elements were less mobile and preserve primary characteristics. FeO and TiO₂ show moderate increases with a decrease in MgO from 8 to 5 wt%, and then decreases with the decrease in MgO down to 4 wt%. 20-50 times enrichment in Th and depleted HREEs compared to primitive mantle of the V3 flow is similar to differentiated EMORBs.

Whole-rock major and trace element variations through a vertical transect at 8.7 km (T-21) from the feeder dike show fractional crystallization of clinopyroxene and plagioclase, the major phases in the groundmass of the lava, at a pressure of the paleowater depth. The stratigraphic variations show a notable enrichment in MgO and depletion in incompatible elements in the lowermost core, consistent with accumulation of olivine phenocrysts. Enrichment in incompatible elements in the uppermost core of the flow is in accordance with the model that the last solidified, residual melt resided in this horizon.

By contrast, samples collected from the basal crust every 0.5-1 km from the feeder dike, and vertical transects at 6.7 km (T-14) from the dike have whole-rock compositions spread over compositional spaces that could be explained by internal mixing of variably differentiated magmas. Interestingly, incompatible elements like Yb and Ti of the basal crust show increases downflow to ~5 km from the feeder dike and decreases further downflow. Because the basal crust is the quenched lava that came to rest first at that place, samples farther away from the feeder were extruded and emplaced later in the eruptive event. The downflow variations show extrusion of differentiated lava in the middle stage of the eruption and less differentiated lava in early and late stages. Meanwhile, the transect at T-14 is differentiated in the upper and lower crust and less differentiated in the core.

These intraflow variations in the bulk geochemistry indicate supply of less differentiated magma in an early stage of the eruption, which was progressively replaced by mixed magmas of variably differentiated and less differentiated ones toward the end of the eruption. The eruptive sequence of less differentiated to differentiated magmas with increasing FeO suggests extrusion from a density stratified magma chamber with less dense and Mg-rich magma underlain by more dense Fe-rich magma. The internal mixing among variably differentiated magmas with the progress of the eruption and the extrusion of less differentiated magma toward the end of the eruption suggest a renewal of magma toward the end of the eruption caused mixing of newly supplied less differentiated magma with the differentiated magma within the conduit and the lava tubes.

キーワード: オマーンオフィオライト, オブダクション, V3, 巨大溶岩, マグマ組成変化
Keywords: Oman Ophiolite, obduction, V3, Large Lava Flow, chemical variation geochemistry

ハイアロクラスタイトの形成メカニズムの解明 Factors governing fragmentation of submarine lava - mechanism of hyaloclastite formation

梅澤 優美^{1*}; 海野 進¹; 草野 有紀¹; 金山 恭子¹; 北村 啓太郎¹
UMEZAWA, Yumi^{1*}; UMINO, Susumu¹; KUSANO, Yuki¹; KANAYAMA, Kyoko¹; KITAMURA, Keitaro¹

¹ 金沢大学地球学教室

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University

Hyaloclastite is water-lain volcanic breccia embedded in a matrix of glassy clasts by fragmentation of brittle lava under thermal stress. Fluidal basalt lava tends to form coherent flows like pillow lava and sheet flows. In contrast, viscous lava such as andesite and dacite is more likely to form hyaloclastite. This preference of hyaloclastite on lava composition indicates that mechanical response of solidified lava under stress is strongly dependent on composition. Fracturing of lava occurs when the rate of stress accumulation exceeds the rate of stress relaxation and ultimately reaches the mechanical strength of the lava. The rate of stress relaxation decreases with the increase in lava viscosity. Therefore, hyaloclastite is more common in viscous silicic lava.

However, the occurrences of pillow lava of dacite and rhyolite are known from the Ogasawara Islands, Unalaska Island, Oman Ophiolite, etc. Pillow lava is commonly associated with hyaloclastite of the same compositions. These examples demonstrate that factors other than lava composition determines fragmentation of lava. Then, the problem arises what are the governing factors that control the mechanical response of lava under stress. We will address these issues through comparative study on glass, quenched melt, of pillow lava and hyaloclastite of variable compositions spanning from basaltic andesite to rhyolite from the Eocene submarine volcanic strata in Chichijima, Ogasawara Islands.

Samples of glass from these sites were analyzed by EPMA for major elements and by SIMS for water contents. Eruption temperatures were estimated by clinopyroxene-liquid geothermometer of Putirka (2008). Crystal number densities of groundmass plagioclase and clinopyroxene were determined on COMPO images and modal abundance of constituent minerals were determined on element distribution maps of EPMA. Bulk viscosity of lava was estimated by the methods of Giordano et al. (2008) and Pinkerton and Stevenson (1992).

Dacite has phenocrysts of clinopyroxene, orthopyroxene, plagioclase and magnetite. Groundmass consists of clinopyroxene and plagioclase microlites and magnetite set in glass. In dacite glass, there is little difference in melt composition, eruption temperature, crystal number density between pillow lava and hyaloclastite. However, lower water content in hyaloclastite glass than in pillow margin glass yields higher bulk viscosity.

Andesite has phenocrysts of clinopyroxene, orthopyroxene, plagioclase and magnetite. Groundmass consists of clinopyroxene and plagioclase microlites and magnetite set in glass. Clinoenstatite xenocrysts enclosed by orthopyroxene rim are occasionally present. Hyaloclastite is higher in crystal number density and mode of groundmass plagioclase than associated pillow lava. Hyaloclastite glass is lower in Al₂O₃ than associated pillow glass, consistent with preferential crystallization of plagioclase. However, the cpx-saturated melt temperatures show little difference between pillow lava and hyaloclastite. Bulk viscosity estimated for the lava to become hyaloclastite is higher than the lava that formed pillows because of the larger crystal number density in hyaloclastite.

The above observations on dacite glass clearly indicate that water played an essential role in formation of hyaloclastite. Degassing either within the conduit or during flowage through lava tubes raised the bulk viscosity of lava and stress relaxation time, resulted in fragmentation of lava to form hyaloclastite. Although water content was not determined for andesite glass, higher crystal number density and modal amount of plagioclase in hyaloclastite with the same temperature as the coexisting pillow lava can be explained by volatile loss which raised the liquidus of plagioclase and its preferential crystallization, resulted in higher bulk viscosity and fragmentation of lava.

キーワード: ハイアロクラスタイト, 小笠原群島父島, 粘性, 水底溶岩流

Keywords: hyaloclastite, the Bonin Islands Chichijima, viscosity, submarine lava

雌阿寒岳, 阿寒富士の噴火史と噴出物の岩石記載
Eruption history and petrography of Akanfuji in the Me-akan volcano, eastern Hokkaido,
Japan

佐藤 鋭一^{1*}; 和田 恵治²
SATO, Eiichi^{1*}; WADA, Keiji²

¹ 神戸大学大学教育推進機構, ² 北海道教育大学旭川校

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

Me-akan volcano is located in the Akan volcanic field, eastern Hokkaido, and ~250 km inland from the Kuril trench. The volcanic activity of Me-akan volcano began at least a few tens thousand years ago, and eight volcanic bodies with different peaks have been formed.

Akanfuji (1476 m), which is the newest volcanic body in the Me-akan volcano, started its eruptions about 2.5 ka, and the volcanic activity continued for 1,500 years. The eruption products of Akanfuji are composed of scoria fall deposits and lava flows. The scoria fall deposits are distributed from northeast to south from present vent. We described the scoria fall deposits to interpret the complex depositional sequence. As a result, 17 scoria fall layers were recognized for 1,500 years.

Akanfuji had erupted basalts through its history. Two types of basalts (types I and II) are recognized on the basis of phenocrysts assemblage. Type I is orthopyroxene (opx) bearing olivine (ol)-crynopyroxene (cpx) basalt and Type II is cpx bearing ol-opx basalt. They were formed by mixing between different types of basaltic magmas on the basis of the textural and mineralogical evidences.

キーワード: 雌阿寒岳, 阿寒富士, 噴火史, 玄武岩, マグマ混合

Keywords: Me-akan volcano, Akanfuji, Eruption history, basalt, magma mixing

渡島大島火山における AD1741 以前の噴火痕跡の発見 Evidence of eruption episodes before AD1741 of Oshima-Oshima Volcano, Hokkaido, Japan

吉本 充宏^{1*}; 中村 有吾¹; 福原 紘太²; 西村 裕一¹
YOSHIMOTO, Mitsuhiro^{1*}; NAKAMURA, Yugo¹; FUKUHARA, Genta²; NISHIMURA, Yuichi¹

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 北海道大学理学部
¹Faculty of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

北海道南西部に位置する渡島大島火山は 1741-42 年, 1759 年に噴火の記録が残されている。一方, それ以前の活動は歴史記録がなく, 噴火年代や規模は不明である。また, 本火山は, 海洋島火山で無人島であるため, 研究が進んでいなかった。ここでは, 渡島大島火山の噴火履歴を解明するため, 島に上陸して 3 度の地質調査を行い, その結果として最近 3000 年間に複数回噴火した痕跡を確認できたので概要を報告する。

本火山は, 1741 年以降の黒色スコリアに厚く覆われており, 1741 年以降の堆積物が確認できる場所が乏しい。3 回目の調査では, 山頂付近の露頭において山体を広く覆う黒色スコリアの層の下位の地層中に 2 層の白色細粒火山灰層を確認した。これらは火山ガラスの組成から AD1640 年の駒ヶ岳 d 火山灰 (Ko-d) と約 AD940 の白頭山? 苫小牧テフラ (B-Tm) に対比される。

本露頭では Ko-d の上位には土壌層 10cm を挟んで 1741 年以降の噴出物 A (淘汰の良い黒色スコリア層) が層厚 3m 以上堆積している。Ko-d と B-Tm の間には, Ko-d の下位に 3cm の土壌層を挟んで, 層厚 50cm の礫サイズの発泡した新鮮な岩片を含む淘汰の良い降下火砕物層 3 層と細粒降下火山灰層 4 層の互層からなる噴火堆積物 B が確認できる。堆積物 B と B-Tm の間には 8cm の土壌層を挟み, B-Tm の下位は, 層厚 25cm の土壌層を挟んで, 淘汰の良い暗茶褐色スコリアないし黒色スコリアからなる堆積物 C が厚く堆積している。

堆積物 B はその岩相および構成物からマグマ噴火とマグマ水蒸気噴火の堆積物の互層であると考えられる。また, 土壌の形成速度が一定と仮定した場合, 堆積物 B は AD1450 ごろに噴火によってもたらされたと推定でき, 堆積物 C は BC600 年頃と推定できる。一方, これらの堆積物 B および C をもたらした噴火の火山灰は北海道日本海沿岸および奥尻島では確認されていない。本調査の結果, 渡島大島火山は最近 2500 年間に歴史時代の 2 回の噴火を含めて 4 回の噴火活動を行っていたことが明らかとなった。

なお本研究は科研費基盤研究 C 課題番号 24540447 を使用した。

キーワード: 渡島大島, 噴火履歴, 広域テフラ
Keywords: Oshima-oshima, eruption history, tephra

北八甲田火山群北部におけるマグマの組成変化と分化プロセス Compositional variation and magmatic differentiation at the northern Kita-Hakkoda volcanic group

小松 翔^{1*}; 大場 司¹
KOMATSU, Sho^{1*}; OHBA, Tsukasa¹

¹ 秋田大学
¹ Akita Univ.

北八甲田火山群は、約 0.6Ma 以降、複数回のマグマ噴火を起こしたとされる第四紀火山である (工藤ほか, 2004; 村岡・高倉, 1988)。本研究では、約 0.4 – 0.2Ma に活動したとされる本火山群北部において、火山層序を構築し、全岩および鉱物化学組成分析を行った。その結果からマグマの組成変化と分化プロセスを解明した。踏査結果と地形解析結果に基づき本地域の火山岩類を下位から八甲田第 2 期火砕流堆積物、寒水沢下部軽石流堆積物、北八甲田北部玄武岩質安山岩溶岩、田茂范岳下部安山岩溶岩、寒水沢上部軽石流堆積物、田茂范岳上部安山岩溶岩、田代平湖成堆積物、鳴沢土石流堆積物、前嶽溶岩、鳴沢台地安山岩溶岩、大崩沢土石流堆積物、大崩沢ブロックアンドアッシュフロー堆積物の 12 層に分類した。層序を基にマグマ組成の時間変化を解明した。本地域における初期 (0.4Ma) の噴出物は、分化したソレイト質玄武岩質安山岩溶岩である。休止期間を挟み、約 0.2Ma に開始した活動では、初期に SiO₂60% のカルクアルカリ安山岩マグマが噴出し、その後、SiO₂52 – 58% の比較的低 SiO₂ のカルクアルカリ玄武岩質安山岩からソレイト玄武岩の活動に推移する。初期のソレイト質玄武岩質安山岩の活動は、北八甲田北部玄武岩質安山岩溶岩、休止期間後の安山岩の活動は田茂范岳上部安山岩溶岩、低 SiO₂ のカルクアルカリ玄武岩質安山岩～ソレイト質玄武岩の活動は前嶽溶岩、その後の安山岩の活動は鳴沢台地安山岩溶岩にそれぞれ相当する。本地域の火山岩には斜長石、普通輝石、斜方輝石、かんらん石、不透明鉱物が斑晶鉱物として含まれる。これに加えカルクアルカリ系列岩の一部には融食形石英が斑晶として含まれる。ソレイト系列の斑晶鉱物には、非平衡組織が認められ、開放系マグマプロセスの痕跡は無い。北八甲田火山群のソレイト系列岩の組成変化トレンドは結晶分化トレンドであるとされている (佐々木ほか, 1985; Ohba et al. 2009)。本研究の分析値も同一トレンド上に位置することから、結晶分化作用による組成変化と考えて矛盾は無い。これとは対照的にカルクアルカリ系列に属する岩石には、非平衡組織が認められ、開放系マグマプロセスが示唆される。例えば、Mg に富むかんらん石斑晶と融食形石英斑晶の共存や正累帯構造を示す輝石と逆累帯構造を示す輝石の共存が認められる。カルクアルカリ系列の組成変化は、SiO₂60% 安山岩と SiO₂52% のソレイト玄武岩の間でおおむね直線的な組成変化を示すことから両者の混合が示唆される。時間変化に従いマグマの組成が変化することから、マグマの混合比が時間とともに変化したと考えられる。

キーワード: マグマ混合
Keywords: Magma mixing

秋田県湯沢市, 三途川カルデラの火山活動史と地質構造 The volcanic history and geological structure of Sanzugawa Caldera, Yuzawa, Akita pre- fecture

大木 郁也^{1*}; 大場 司¹
OKI, Fumiya^{1*}; OHBA, Tsukasa¹

¹ 秋田大学
¹ Akita Univ.

秋田県南部に位置する三途川カルデラは、約 1Ma 以前に大規模火砕流を伴うカルデラ陥没により形成した。本地域には、カルデラ形成時に堆積したとされる虎毛山層が分布する。虎毛山層は、下位より虎毛山凝灰岩部層、皆瀬川凝灰岩部層からなる。虎毛山凝灰岩部層は、溶結凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩・黒色頁岩・礫岩の互層からなり、層厚は 900m に達する。皆瀬川凝灰岩部層は、火山礫凝灰岩、凝灰岩、礫岩からなり、層厚は 450m に達する。虎毛山層は、8 層の火砕流堆積物 (PDC-1~8)、土石流堆積物 (DF-1)、湖成堆積物 (LD-1) から構成される。これらの層序は、下位より PDC-1, DF-1, LD-1, PDC-2~PDC-8 からなる。各層の厚さは PDC-1 が 20m, DF-1 が 80m, LD-1 が 140m, PDC-2 が 50m, PDC-3 が 250m, PDC-4 が 200m, PDC-5 が 340m, PDC-6 が 160m, PDC-7 が 90m, PDC-8 が 30m である。火砕流堆積物は、塊状無層理の火山礫凝灰岩からなり、軽石と異質岩片を含む。しばしば、炭化木片を含み、脱ガスや柱状節理が発達する。PDC-4, 6 は火砕流堆積物の基底部はグラウンドサージ堆積物からなる。このグラウンドサージ堆積物には、低角斜交層理が発達し、デューン構造が認められる。このうち PDC-6 は、グラウンドサージ堆積物の下位にグラウンドブレッチャーが認められる。このグラウンドブレッチャーは、最大礫径 2.5m の異質岩片を含む基質支持礫岩からなる。また、PDC-1, 3, 4, 8 は特徴的に溶結相を伴う。溶結相には、ユータキシティック組織やスフェルライトが認められる。土石流堆積物 (DF-1) は、層理が発達し、円礫を主体とする礫支持礫岩からなる。礫は平行に配向し、弱く逆級化する。湖成堆積物 (LD-1) は、黒色頁岩及び凝灰質砂岩、礫岩の互層からなる。黒色頁岩にはラミナが発達し、凝灰質砂岩には葉理・層理が発達し、礫岩は塊状無層理である。湖成堆積物 (LD-1) の上位の PDC-2 は、水中環境での堆積を示唆する。8 層の火砕流堆積物の存在は、本地域では火砕流が少なくとも 8 回発生していたことを示唆する。火砕流堆積物 (PDC-4) の流向方向は、グラウンドサージ堆積物のデューン構造から、北東から南西方向であると推定でき、給源位置は滝ノ原火口であると推定した。休止期間を示す湖成堆積物 (LD-1) が虎毛山層中部に狭在し、カルデラ陥没が少なくとも 2 回発生したと推定される。地層の走向は石神山周辺を中心とする半同心円構造をなし、その傾斜は半同心円の外側を向く。この構造は、石神山周辺を中心とするドーム状の隆起構造を示唆する。この隆起構造は、再生ドームであると考えられ、カルデラ中心域にあたる小安岳周辺の基盤岩の高まりの原因の一つである。再生ドームの形成と厚い火砕流堆積物の分布と環状割れ目の存在は、三途川カルデラが Valles 型カルデラである可能性を示唆している。

キーワード: 三途川カルデラ, 虎毛山層, 火砕流堆積物, 再生ドーム

Keywords: Sanzugawa caldera, Torageyama Formation, Pyroclastic density current deposit, Resurgent dome

蔵王火山、馬の背アグルチネート活動期の層序とマグマ組成変化 Stratigraphy and chemical compositions of eruption products in Umanose agglutinate activity, Zao volcano

河野 元^{1*}; 伴 雅雄²; 及川 輝樹³

KAWANO, Gen^{1*}; BAN, Masao²; OIKAWA, Teruki³

¹ 山形大・理工, ² 山形大・理, ³ 産総研・地質情報

¹Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, ²Faculty of Science, Yamagata University, ³Geological Survey of Japan/ AIST

東北日本火山フロント中央部に位置する蔵王火山の最新期活動は、約 3 万年前より始まり現在も継続中である。最新期噴出物は下位から駒草平アグルチネート、馬の背アグルチネート、五色岳火砕岩に分類されている。なお、最新期の開始時に山頂付近に長径 2 km のカルデラ (馬の背カルデラ) が形成されている。本研究では、最新期中の約 8~4 千年前の馬の背アグルチネート活動期のテフラおよび火口近傍相の層序を検討した。また、火口近傍相に含まれる火山弾やスコリア組成の時間変化も検討したのでそれらの結果を報告する。

【テフラ層序】 先行研究では馬の背アグルチネート活動期のテフラとしては Z-To 5~8 が識別されていた。今回の再検討の結果では Z-To 5 について新たに 5 層 (下位より Z-To 5a, 5b, 5c, 5d, 5e) を識別し、結果として、馬の背アグルチネート活動期のテフラ層は 9 層 (Z-To 5a~8) となった。また、テフラ層の間に挟まれる古土壌またはテフラ層中に含まれる葉片の炭素 14 年代測定 (AMS 法) を基に形成年代について検討を行ったところ、Z-To 5a~8 (Z-To 5 は除く) は各々約 8.9, 7.3, 6.0, 5.6, 5.3, 4.7, 3.9, 3.6 ka と推定された。現時点で識別されるテフラは、火口 (五色岳付近) から北方においては Z-To 5a-8 で、西方・東方・南方においては Z-To 5e-7 である。

なお、五色岳の北方および南方において、Z-To 5e と 5d の間に白黄色の広域テフラが残存している。本層は主に軽石型の火山ガラスからなる。その火山ガラスの主成分組成は、十和田中楯火山灰 (To-Cu) とほぼ同じである。このテフラが To-Cu に対比されると考えて、層序的にも問題がない。

【火口近傍相】 馬の背カルデラ壁の一部において、馬の背アグルチネート火口近傍相が良く観察できる露頭がある。この露頭の下部は約 3 万年前の駒草平アグルチネートに属する噴出物からなる。この噴出物には、ガラス状光沢を示す火山弾及びスコリア質火山弾が特徴的に含まれている、厚いアグルチネートが認められる。その上位に馬の背アグルチネート活動期の火口近傍相が乗る。ローム層を挟みながら降下スコリア層 (火砕サージ層を伴う場合もある) が 10 枚以上累重している。

【マグマ組成時間変化】 噴出物はカルクアリカリ岩系の安山岩 (56.0-59.2% SiO₂) である。斑晶は斜長石と両輝石が主体で、かんらん石が含まれる場合がある。斑晶は塵状包有物を含むなどの溶融組織を持つものが多い。ハーカー図上では一連の直線的な組成変化を示している。また、噴出物の SiO₂ 量が上位に向かって増加する変化傾向が 2 回認められた。これは一定の組成をもつ 2 端成分マグマの混合比が時間と共に変化したことを示唆していると考えられる。

キーワード: 蔵王火山, 馬の背アグルチネート, テフラ層序, マグマ進化

Keywords: Zao volcano, Umanose agglutinate, tephra stratigraphy, evolution of magma

吾妻火山, 後カルデラ活動期における噴火史 —カルデラ内噴出物と吾妻浄土平ボーリングコアの対比結果— Eruptive History of Post-caldera Stage, East-Azuma Volcano -Correlation between ejecta intra-caldera and boring core-

尾崎 守^{1*}; 藤縄 明彦²
OZAKI, Mamoru^{1*}; FUJINAWA, Akihiko²

¹ 茨城大・院・理工, ² 茨城大・理
¹Ibaraki Univ., ²Ibaraki Univ.

○序論

吾妻火山は福島—山形県境に位置する第四紀の成層火山である。最近7千年間の噴火は、東吾妻火山のカルデラ周辺、一切経山北部から浄土平の南まで北西—南東方向に伸びた長さ3km、幅1kmの範囲で発生し、降下火砕物を主体とする(山元, 2005)。カルデラのほぼ中央に位置する約6千年前から千年間継続した吾妻小富士の活動では、溶岩の流出も発生した(山元, 2005)。

火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会が中長期的に監視を強化すべきとした全国47火山に対し、2009年、気象庁により、深度100mの調査孔掘削によるボーリングコア採取と各種検層が行われた。吾妻火山もそのうちの1火山である。今回、吾妻火山ボーリングコアとカルデラ内に堆積する噴出物との岩相對比結果に基づき、カルデラ内における噴火史を構築したので報告する。

○ボーリングコアの層序と岩相

ボーリングコア掘削地点は吾妻小富士の北西約500mに位置する。本コアにおいては、採取直後に記載され、層序の概要はすでに報告済みである(火山噴火予知連絡会コア解析グループ, 2011)。このうち深度11.20~1.50mから採取された安山岩質火山岩塊・火山礫層は、吾妻小富士火山噴出物とされる。

対比に用いたのは、深度100.55m~81.07mの安山岩溶岩3試料(下部から順にNo.19~17)と、深度79.90m~14.20mの溶結した凝灰火山角礫岩・火山礫凝灰岩4試料(No.13~10)である。このうち安山岩溶岩(19~17)は、暗灰色を呈し、2~3mm程度の斜長石斑晶が目立ち、稀に包有物を含む。溶結した凝灰火山角礫岩・火山礫凝灰岩(13~10)には、灰色基質中に暗灰色の強く溶結し、レンズ状に引き伸ばされた火山岩塊、火山礫が包有される。

○露頭記載

今回新たに、東吾妻火山のカルデラ内の露頭において、溶岩流3層、火砕流1層を確認した。赤色立体地図(アジア航測株式会社作成)や地形観察から、いずれも吾妻小富士溶岩流(尾崎・藤縄, 2013)よりも下位と推定できる。

溶岩流1は、赤色立体地図や地形観察では確認されないユニットで、林道沿い標高430mの地点に一か所のみ、露出する。露出層厚は約5mである。岩質は緻密で、暗灰色を呈し、2~3mm程度の斜長石がよく目立つ。稀に包有物を含む。

火砕流堆積物は、国道126号線沿いの標高470m付近にて断続的に露出する。露出層厚は最大でも約2.5mである。露頭の上部は、大礫を含む未固結の崖錐堆積物により被覆されるが、境界部は確認できていない。弱溶結した明灰色の基質中に、暗灰色で扁平化した石質岩片を含む。

溶岩流2は、厚い台地状の地形を成し、浄土平爆裂カルデラ(藤縄・鴨志田, 1999)内に広範に分布する。地形判読から、火砕流堆積物の上位と判断できる。林道沿い標高660mの地点では、層厚10m以上で柱状節理が発達する露頭を確認した。同地点では、鴨志田(1991MS)において、吾妻小富士溶岩流に直接被覆されているのが確認されている。緻密で灰色を呈し、輝石が容易に識別できる。

溶岩流3は、カルデラ内南部に堆積・分布し、良く発泡しており、赤灰色を呈する。地形的に溶岩流2の上位にあたり、さらに吾妻小富士溶岩流によって被覆されている。3~5のフローユニットから成り、舌状地形や溶岩堤防も、不明瞭ではあるが識別できる。

○岩相の対比

コアの安山岩溶岩(19~17)と溶岩流1はいずれも暗灰色を呈し、2~3mm程度の斜長石斑晶が目立つ点、包有物を含む点で類似する。一方、溶岩流2や3とは岩相・岩質を異にする。コアの溶結した凝灰火山角礫岩・火山礫凝灰岩(13~10)と火砕流堆積物は、溶結度こそやや異なるものの、灰色基質中に暗灰色石質岩片を包有する点で類似する。溶岩流2・3と類似した溶岩は、コア中には確認できない。この理由として、①コア掘削地点にこれらの溶岩が堆積・分布していなかった、②コア掘削深度よりもさらに下位の噴出物であった、の二つの可能性が考えられる。しかし、露頭では、溶岩流2は、5-6千年前に噴出した吾妻小富士溶岩流に直接被覆される。また、溶岩流3は、不明瞭ではあるが表面微地形が確認され、こちらも吾妻小富士溶岩流により被覆されている。以上から溶岩流2, 3が溶岩流1より上位であることは確実に、②の可能性は否定される。

○対比に基づく噴火史

SVC54-P11

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 1 日 18:15-19:30

コアで確認された溶結火砕岩層は約 20m と厚いため、大規模な火砕噴火に由来する可能性が高い。そのような噴火が発生した場合、給源には凹地形がしばしば残される。地形から判断すると、給源としては浄土平爆裂カルデラが有力である。

溶岩流 1(コア 19~17) は、溶結火砕岩(コア 13~10) よりも下位のため、カルデラ形成以前の噴出物であることになる。

溶岩流 2 や 3 は火砕流堆積物よりも地形的に上位のため、これらはカルデラ形成後に噴出したものと考えられる。

キーワード: 吾妻火山, 浄土平, 噴火史, ボーリングコア, 層序

Keywords: Azuma Volcano, Jododaira, eruptive history, boring core, stratigraphy

草津白根火山殺生溶岩の斜長石斑晶の粒径分布とシンプレクタイト組織 Plagioclase phenocrysts and Opx-magnetite symplectite of the Sessho Lava of the Kusatsu-Shirane Volcano

押尾 和喜^{1*}; 上木 賢太²; 川野 心大³; 乾 睦子³; 野上 健治²

OSHIO, Kazuki^{1*}; UEKI, Kenta²; KAWANO, Munehiro³; INUI, Mutsuko³; NOGAMI, Kenji²

¹ 国土館大学大学院工学研究科, ² 東京工業大学火山流体研究センター, ³ 国土館大学理工学部

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

³Kokushikan University

草津白根火山は、群馬県の北西部と長野県の県境に位置する活火山である。約 57 万年前から活動を続け、溶岩流・火砕流堆積物などからなる(早川・由井,1989)。殺生溶岩は同火山を構成する溶岩流の一つで、約 3000 年前の噴火の際に本白根火砕丘付近から東側に流下したと推定されている(宇都ほか,1983)。溶岩は北部と南部に分岐し、最長 4.8km、最大幅 0.9km で溶岩末端崖の高さは 50~100m 前後であり、これらの数値から推定すると、流出面積は 6.27km² である。SiO₂ の含有量は 60~63wt % の安山岩溶岩である(高橋ほか, 2010; 上木・寺田, 2012)。

斑晶鉱物の化学組成や形態には、形成された時の情報が保持されているため(津根・寅丸,2004 など)、溶岩内に含まれる斑晶鉱物の化学分析や形態の解析を行うことで、噴火前のマグマだまり内がどんな環境だったのか推定することができる。一方、微斑晶や石基は噴火時に結晶化するとされ、過冷却度や冷却過程により形態や組成が変化する(鈴木,2006 など)。斜長石斑晶に着目して粒径の解析や化学組成の分析を行うことで、マグマだまりの化学的不均質や冷却速度の描像を行った。一枚の溶岩流に着目することで斑晶が形成された時のマグマだまり内の環境の多様性を解明できるという利点がある。本研究では、草津白根火山殺生溶岩の上流から下流まで、6ヶ所の異なる地点から試料を採取し、組織の観察を行った。さらに、鉱物モードおよび、斜長石斑晶の粒径分布とアスペクト比(長軸の長さ/短軸の長さ)の推定を行った。また、EPMA および SEM を用いて斑晶鉱物の化学組成の分析を行った。

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り、石基はガラス質である。石基に含まれる斜長石斑晶の長軸の長さは 0.04~4.9mm と多様な大きさを示す。斜長石斑晶・微斑晶は、長軸の長さが短いものほどアスペクト比が大きい値を示し、針状の形を示す。また、一枚の溶岩流でも、粗粒な斑晶に富む箇所と細粒な斑晶に富む箇所が存在する。一方、斑晶モードは、石基 54.2~59.0%、斜長石 33.4~38.1%、磁鉄鉱 2.1~4.2%、輝石 3.0~6.4% の幅となり溶岩流内では均質であった。

SEM および EPMA を用いて化学組成の解析を行った結果、斜長石斑晶の構造としては、正累帯構造、逆累帯構造、振動累帯構造、局所的に An# の値が違うパッチ状累帯構造、同心円状の汚濁帯累帯構造の 5 種類が観察された。単一のサンプル内で 5 種類全て見つかったもの、振動、パッチ状、汚濁帯の 3 種類しか見つかっていないものが存在した。斜長石斑晶は、An#55~84 と一枚の溶岩流内でも幅広い組成を示した。希に発見されるかんらん石は母岩の安山岩質溶岩とは非平衡である高い Mg# (~83) を示す。

複数のサンプルから、opx-magnetite シンプレクタイトが確認できた。直径は 2~4mm で楕円形の形を示し、中心には、50~575μm 程度の磁鉄鉱が斑点状や縞模様で集中し、磁鉄鉱を覆う形で直径 75~975μm 程度の細粒の斜方輝石が塊状で分布していた。斜方輝石は、屈折率やバイレフリンゼンスが低く、同じ薄片に含まれる通常の斜方輝石斑晶とは鏡下で大きく異なる特徴を示す。外縁部には 10~675μm の様々な大きさの斜長石が付着していた。このような構造はかんらん石の急激な酸化によって生じると推定されており(Goode, 1974 など)、殺生溶岩の安山岩マグマの形成中に、急激に酸素雰囲気上昇するイベントが存在していたことを示唆する。

本研究の結果、一度の噴出イベントで流出した溶岩流内では、斑晶量は、すべての地点で均質であり、最終的な到達温度は均質であったことが推定された。一方、溶岩流内でも、斜長石のサイズや化学組成にいくつかの種類があることが分かった。殺生溶岩をもたらしたマグマだまり内部での結晶化の速度、すなわち冷却速度が多様性を持つことが示唆される。また、opx-magnetite シンプレクタイトが存在していたことから、草津白根山の安山岩溶岩の生成プロセスにおいて急激な酸化イベントが起きていたことが示された。

参考文献

早川・由井 (1989) 第四紀研究, 28, 1-17

宇都ほか (1983) 草津白根火山地質図, 地質調査所

高橋ほか (2009) 日本大学文理学部自然科学研究所 研究紀要 No.45 (2010) 205-254

上木・寺田 (2012) 火山 第 57 巻 (2012) 第 4 号 235-251

津根・寅丸 (2004) 火山 第 49 巻 (2004) 第 5 号 249-266

鈴木 (2006) 火山 第 51 巻 (2006) 第 6 号 373-391

Goode (1974) Nature, vol. 248, pp.500-501

SVC54-P12

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 1 日 18:15-19:30

キーワード: 溶岩, 結晶サイズ分布, 噴火, 安山岩, 活火山, シンプレクタイト組織

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

千波火山：気象庁伊豆大島千波崎ひずみ計コアの観察 Boring Core Observation of the Izu Oshima Sembazaki Strain Meter Well.

川邊 禎久^{1*}; 鬼澤 真也²; 小久保 一哉³
KAWANABE, Yoshihisa^{1*}; ONIZAWA, Shin'ya²; KOKUBO, Kazuya³

¹産総研・地質調査総合センター, ²気象研究所, ³気象庁

¹Geol. Surv. Japan, AIST, ²Meteorological Research Institute, ³Japan Meteorological Agency

We report the boring core observations of strain gauge well that Japan Meteorological Agency has been installed in the Sembasaki, Izu Oshima. The location of the well is at 34°42' 20.5168"N, and 139°21' 40.7016"E, and well altitude is 51.2m, and drilling depth is 100m. For deeper than about 70m deep, the core was recovered.

Depth from 70m to 86m is composed of volcanic breccia with thin layers of volcanic ash. Volcanic breccia is solidified and including fragments of various basalt, scoria and altered rocks. Some basalt fragments seems to be the essential with a quench rim. From the surrounding geology, this breccia can be compared to the Senzu Formation that is the product of explosive eruption at shallow sea in the first stage of Izu Oshima volcano.

The core, depth of 86m (below sea level 34.8m) or deeper, is made of fresh aphyric basaltic lava flow. At least 2 flow units can be identified. Both lava flows contain very small amount of plagioclase and clinopyroxene phenocrysts. There is no evidence that is water-cooled to the lava flow.

We performed the whole rock chemical composition analysis for basalt fragment of breccia and lava flows. All specimen have $\text{SiO}_2 = 49.8 \sim 52.9\text{wt}\%$ and significantly lower K_2O content, about 0.2wt%, than the basalts of Izu Oshima volcano, except for one breccia fragment. The lower K_2O content than that of the rock of Izu Oshima volcano is consistent with the characteristics of the old basement volcanoes such as Fudeshima volcano.

In the sea floor of the west of the Izu Oshima, there are Semba spur accompanied by magnetic anomaly. Oshima et.al.(1987) pointed out that the Semba spur might be the older volcanic body and they named it Semba volcano. The height of the sea cliff is gradually increased from Sembasaki toward the north, and the highest around Tsuwai. The distribution of valleys around Tsuwai also shows the discordant rise in the foot of Izu Oshima volcano, and this discordant may lead to the Semba spur. The basalts from the Semba core indicate that the old basement volcano, Semba volcano, is also present in the Izu-Oshima southwest side.

キーワード: 伊豆大島, ボーリング, ボーリングコア, 玄武岩

Keywords: Izu Oshima, boring core, basalt

阿蘇火山、高野尾羽根流紋岩溶岩に発達する破砕性流理の起源と変形過程 Origin and deformation of the clastic flow bands in the Takanoobane rhyolite lava

古川 邦之^{1*}; 金丸 龍夫²; 宇野 康司³
FURUKAWA, Kuniyuki^{1*}; KANAMARU, Tatsuo²; UNO, Koji³

¹ 愛知大学経営学部, ² 日本大学文理学部地球システム科学科, ³ 岡山大学大学院教育学研究科

¹Faculty of Business Administration, Aichi University, ²Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University, ³Graduate School of Education, Okayama University

In this study, we showed that the clastic flow bands, which are developed in the Takanoobane rhyolite lava, were formed by shear fracturing of the high viscous magma within the shallow conduit. The flow bands broke up into the small particle-rich flow lines, which are ubiquitously observed in obsidian lavas.

The Takanoobane rhyolite lava (TR lava) is located at the Aso caldera in the middle of Kyushu Island in SW Japan. The lava is effused at 51±5 ka (Matsumoto et al., 1991). The thickness, estimated volume, and bulk rock chemistry of TR lava are 60-90 m, 0.14 km³ (Miyabuchi et al., 2004), and 71-72 SiO₂ wt.% (Furukawa, 2006), respectively. In this study, we examined two drill cores (AVL1 and AVL4) provided by the Aso Volcanological Laboratory. Both drill holes penetrated the proximal part of TR lava. TR lava is composed of an inner crystalline part and marginal glassy parts.

The black to dark gray colored flow bands within a few millimeters thick are concentrated around the boundary between crystalline part and basal obsidian. The bands are composed of clastic materials with a diameter below a few mm. The clastic materials are composed of glassy lithics and minerals. Some clasts are rounded and fluidal shapes and show different textural occurrences from the surrounding rhyolite. The chemical compositions of the glassy lithics and those of glassy matrix of the surrounding rhyolite are slightly different. Within the bands, the streak texture, which is defined by difference of clasts and microlite contents, is conspicuous.

The differences in texture and chemical compositions between the clasts in the bands and surrounding rhyolite indicate that the clastic bands were not formed by autobrecciation within the lava. These observations indicate that the clastic bands are likely to be formed by shear fracturing of the high viscous magma within the shallow conduit such as Tuffen et al. (2003). The fractures would become pathway of the volcanic gasses, and the clasts were transported by the gas transport. The streak texture within the bands is interpreted as sedimentary structures, which were formed by gas transportation of clasts through fracture system. The rounded and fluidal shapes of the clasts indicate that the fracturing occurred when the conduit magma was enough hot. The clastic bands consequently break up and disappear. The bands show progressive loosening along the individual streak, where will be the structural weakness. Consequently, the streak develops into the individual thin bands. The small particles, such as glass particles, microlites and lithics, are released from margin of the clastic bands to the surrounding rhyolite. Since the high viscosity of the lava inhibits their homogenization, the particles are likely to be aligned along the flow line. The clastic flow bands, originated from shear fracturing, will thoroughly break up via this process. Our results mean that the clastic flow bands developed within silicic lavas is important for understanding of the shallow conduit system of silicic magma.

キーワード: 流紋岩, 溶岩, 流理, 火道, 阿蘇
Keywords: rhyolite, lava, flow band, conduit, Aso

桜島大正溶岩中斜長石斑晶の組織から解明するマグマだまりプロセス Magma chamber processes revealed by textures in plagioclase phenocrysts through Taisho eruptions of Sakurajima volcano

山下 俊介^{1*}; 寅丸 敦志²
YAMASHITA, Shunsuke^{1*}; TORAMARU, Atsushi²

¹九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻, ²九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences

火山噴出物中に見られる組織はその岩石の成因について重要な情報を記録している。特に斜長石斑晶は、多くの火山岩に含まれており、マグマだまりプロセスを理解するために多くの研究がなされている。桜島大正溶岩中の斜長石斑晶は、大きなメルト包有物を含むような構造(ハニカム構造)の有無により二種類に分類でき、この組織を有すものをH-PI、有しないものをC-PIと定義する。また、桜島では有史以降の噴火についてデイサイト質マグマと苦鉄質マグマのマグマ混合が斜長石斑晶の化学組成などにより示唆されている。しかし、組織の違いとの対応関係については言及されていない。したがって、斜長石斑晶についての組織と組成の対応関係は非常に興味深い。また、結晶サイズも結晶の生成環境について本質的な情報を与える。しかし、桜島大正溶岩の斜長石斑晶の結晶サイズ分布の研究は未だなされていない。したがって、化学組成・結晶サイズの二つの側面から斜長石斑晶組織の違いをみることは大変有意義であり、その結果を用いてマグマだまりプロセスを理解することが本研究の目的である。

FE-SEMを用いて組成分析を行った結果、H-PIのコアは高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おり、メルト包有物周縁部は特異に低An部(An40-55)が存在していることが分かった。また、個々の斑晶は組成幅(An74-88)を持つ分布であった。H-PIのリムは均質でコアとは明瞭な境界を持ち、個々の斑晶はAn62程度の組成であった。C-PIのコアは清澄で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(An62程度, An85程度)に属した。C-PIのリムは均質でコアとの境界は明瞭なものとして存在しており、個々の斑晶のリム組成はAn62程度であった。結晶サイズ分布(CSD)の結果、H-PIは比較的直線、C-PIは下に凸な傾向を示すことが分かった。

以上の結果より斜長石斑晶は、組織と組成の観点から、以下の3タイプ(type-H, typeC-1, typeC-2)に分類される。type-Hは、メルト包有物を含み不均質な組成のコアを持つもの、type-C-1は、メルト包有物を含まずAn62程度で均質な組成のコアを持つもの、type-C-2はメルト包有物を含まずAn-rich(An85程度)で均質な組成のコアを持つものである。また、CSDがC-PIとH-PIでは全く異なる傾向を示したことから二つは全く異なる形成過程をとることが示唆される。特にC-PIは下に凸な傾向を示し、これは二つの斜長石斑晶の存在を示唆している(Higgins, 1996b)。桜島では、有史以降の噴火についてデイサイト質マグマと苦鉄質マグマのマグマ混合が示唆されており、混合前後の組成・平衡温度を理解することは組織の成因を理解する上でも大変重要であると考えられる。したがって、Putirka(2008)の斜長石温度計を用いて平衡温度の推定を行い、その結果、デイサイト質マグマは約850℃、苦鉄質マグマは約1050℃と見積もられた。このことは苦鉄質マグマが、マグマ混合によって急激に温度が低下したことを示す。先行研究では、ハニカム構造は急冷による骸晶状成長の結果であると考えられており(Lofgren, 1974)、type-Hは、混合直後に急冷された苦鉄質マグマ中で生成されたと考えられる。また、組成の結果からtype-C-1は混合後の組成が均質化された混合マグマ中で生成された斑晶、type-C-2は混合前の苦鉄質マグマ中に既に存在していた斑晶であると考えられる。

キーワード: 斜長石斑晶, ハニカム構造, 組織解析, 結晶サイズ分布, マグマ混合, 桜島火山

Keywords: plagioclase phenocryst, honeycomb texture, textural analysis, crystal size distribution, magma mixing, Sakurajima volcano