

The genesis of high magnesium andesites and basalts from Shodoshima in the Setouchi district, southwest Japan

*Hidehisa Mashima¹

1.Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

The genesis of high magnesium andesite (HMA) magmas in subduction zones is one of the most important issues of earth science. Results of high pressure melting experiments of peridotites demonstrated that two processes could form HMA magmas in the mantle, partial melting of hydrous peridotites at $P \geq 1\text{GPa}$ and partial melting of anhydrous peridotites at $P \leq 0.6\text{ GPa}$ (Kushiro, 1969, 1972, 1974, 1996; Falloon et al., 1988; Hirose and Kawamoto, 1995; Hirose, 1997; Wood and Turner, 2009) .

The Setouchi HMAs distributed Shodoshima in SW Japan is considered to be formed by a reaction between slab-derived felsic melts and the mantle, a type of flux melting of peridotites (Shimoda et al., 1998; Tatsumi, 2006). The mantle/melt reaction model, however, has an insolvable petrological problem. Results of high pressure melting experiments indicate that the model requires additional processes forming a temperature difference larger than $150\text{ }^\circ\text{C}$ in the mantle at a given pressure to explain the genetic relationships between HMAs and basalts coexisting in Shodoshima (Shimoda et al., 1998). The additional process has not been proposed by researchers advocating the mantle/melt reaction model.

In addition to this petrological incongruity, the mantle/melt reaction model is not consistent with seismic and geologic background of Shodoshima. The model considers that hydrous felsic melts would have been derived from sediments on the subducting Shikoku Basin lithosphere. The deep seismic zone representing the subducting slab, however, is not clear beneath Shodoshima, which implies that the subducting slab would not extend there even at the present day. The Setouchi magmatism occurred at around 14 Ma, which is the post period of the Takachiho Orogeny (20 -15 Ma). During the orogeny, the Shimanto accretional belt was uplifted (Sakai, 1990), which indicates a strong mechanical coupling between the SW Japan lithosphere and the Shikoku Basin lithosphere at that time. Under such a strong mechanical coupling between lithospheres, sediments on the Shikoku Basin would not have subducted effectively in the mantle. Instead, sediments would have been accreted to the SW Japan lithosphere. Sediments on the Shikoku Basin therefore would not have been transported beneath Shodoshima if the subducting slab reached there at that time. These seismic and geologic incongruities erode the confidence of the mantle/melt reaction model for the genesis of the Setouchi HMA magmas in Shodoshima.

Instead, these petrologic, seismic and geologic features indicate that the association of basalts and HMA in Shodoshima would have been formed by multi-stage partial melting of relatively anhydrous source mantle. The basalt magmas would have segregated at $P > 1\text{GPa}$ and the HMA magmas would have finally segregated at $P = 0.5\text{ GPa}$. In the context of the multi-stage partial melting model, geochemical features of the HMAs attributed to subducting sediments would be a result of involvements of accretional oceanic sediments at the base of the crust in the source mantle. This is consistent with results of an integrated seismic experiment across Setouchi implying forearc accretional belts such as the Sambagawa belt and/or the Shimanto belt would extend to the base of the crust beneath Shodoshima (Ito et al., 2009).

Keywords: high magnesium andesite, basalt, multi-stage partial melting

カムチャツカ半島北東部における高Mg安山岩を産出した第四紀火山の起源

Genesis of Quaternary volcanism of high-Mg andesitic rocks in the northeast Kamchatka Peninsula

*西澤 達治¹、中村 仁美^{1,2}、Curikova Tatiana³、Gordeychik Boris⁴、石塚 治⁵、岩森 光^{1,2}

*Tatsuji Nishizawa¹, Hitomi Nakamura^{1,2}, Tatiana Churikova³, Boris Gordeychik⁴, Osamu Ishizuka⁵, Hikaru Iwamori^{1,2}

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

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.Institute of Volcanology and Seismology, FED, RAS, 4.4Institute of Experimental Mineralogy, RAS, 5.Geological Survey of Japan, AIST

島弧火成活動はサブダクションファクトリーの産物で、それは沈み込んだスラブ（物質のインプット）-マントルウェッジ（加工工場）間の熱的・物質的相互作用を含む。島弧マグマの組成は、その物質インプットと相互作用について非常に貴重な情報をもたらす。カムチャツカ半島北東部はそのような相互作用と関係性を調べるうえで理想的な場所である、それは次のような特徴を有する為だ（1）天皇海山列の沈み込み（Davaille and Lees, 2004）（2）沈み込んだスラブ、マントルウェッジと太平洋スラブエッジにかけてのサブスラブマントルとの物質的・熱的相互作用の可能性（Portnyagin and Manea, 2008）。この地域の東海岸沿いに、高-Mg安山岩と比較的初生的な玄武岩を産出する単成火山群が確認されている（East Cones, EC (Fedorenko, 1969)）。我々はこのEC溶岩について全岩主要-微量元素組成分析とK-Ar, Ar-Ar年代測定を含む地球化学的研究を行い、沈み込んだ海山からの寄与の可能性とテクトニックセッティングとの関係について議論する。

EC溶岩の組成は、火山ごとに独立したソースに由来しており、そのソースの違いはスラブ起源流体の量およびまたはその組成の違いによることを示す。マスバランス、含水量、相関係に基づき、我々は溶融温度-圧力条件を推定した、溶融温度・圧力 $\sim 1200^{\circ}\text{C}$, 1.5 GPa, スラブ表面温度 $620-730^{\circ}\text{C}$ （深度50-80 km）。カムチャツカ南部に沈み込むスラブ表面温度と比較すると、EC直下のスラブ表面温度は高く、これは天皇海山列に沿ったプレートの薄化およびまたは沈み込む直前のプルームからの熱的效果による若返り効果によるものと考えられる（Davaille and Lees, 2004; Manea and Manea, 2007）。

K-Ar, Ar-Ar年代測定値は中期更新世で、これはテフラ層序学からの推定年代と一致し（Uspensky and Shapiro, 1984）、2Ma以降現在のテクトニックセッティングに変化したこととも矛盾しない（Lander and Shapiro, 2007）。最もSiO₂含有量が高い高Mg安山岩は最古の年代を示し（ 0.73 ± 0.06 Ma）、これはECのみならずカムチャツカ北東部においても最も古いとみられる（e.g., Churikova et al., 2015, IAVCEI）。一方他のECはより若い年代を示す（ $\sim 0.18 \pm 0.07$ Ma）。これらの結果は以下のことを示す：高Mg安山岩、玄武岩を含むEC溶岩は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の脱水を強めそれによって生じたフラックス溶融によりもたらされた（西澤他, 2014, JpGU; 2015, JpGU）。

キーワード：高Mg安山岩、島弧マグマ、カムチャツカ弧、海山の沈み込み

Keywords: high-Mg andesite, island arc magma, Kamchatka arc, seamount subduction

北海道中央部第四紀大雪火山群の火山地質学的及び岩石学的研究 -特に、活動年代とマグマ変遷について-

Geology and petrology of Taisetsu volcano group, Japan; Evolution of magma and activity ages.

*石毛 康介¹、中川 光弘¹、山崎 誠子²、松本 哲一²

*Kosuke Ishige¹, Mitsuhiro Nakagawa¹, Seiko Yamasaki², Akikazu Matsumoto²

1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星システム科学講座、2.産総研 活断層・火山研究部門
1.Earth and Planetary System Science Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2.GSJ, AIST

大雪火山群は、北海道中央部に位置する大雪-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及び溶岩ドーム群である。これまでの大雪火山群の全域に及び地質学的研究は、国府谷ほか(1966)による図幅調査や勝井ほか(1979)による報告書がある。しかしながら、これらの研究における層序の検討は主に地形の保存状態に基づいており、岩石学的特徴は考慮されておらず、系統的な放射年代測定もほとんど行われていない。その後、岩石学的研究については、個々の短期間の火山活動についての詳細なマグマ変遷が研究されてきた(例えば、佐藤・和田, 2007)が、大雪火山群の全体のマグマ変遷についての研究はほとんど行われていない。一方、放射年代測定については、NEDO(1990)による K-Ar 年代調査が行われたが、得られた年代値は層序と矛盾することが多く、同一層順であっても測定機関ごとの年代値にばらつきがみられ、層序の再検討を行うことはできなかった。そこで本研究では、大雪火山群全体の詳細な地質調査、岩石学的検討及び系統的なK-Ar年代測定を行い、火山体の構造、形成史およびマグマ変遷について明らかにすることを目標とした。

本火山群の活動は、噴出中心、地形の保存状態、岩石学的特徴及び26 試料のK-Ar年代測定結果から古期(ca. 1 Ma~ca. 0.7 Ma)と新期(ca. 0.2Ma~)に区分される。古期は、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。これらの火山体及び火口は南北方向に配列しており、地形の保存状態は悪い。新期には、複数の成層火山や溶岩ドームからなる火山体が火山群中央部~北部に形成された。これらの山体は急峻な地形を呈しており、地形の保存状態が良いことで特徴づけられ、その山体の配列は不規則である。新期の活動は噴火様式の違いに基づいて、Y1,Y2,Y3に細分される。Y1(0.16 Ma~0.06 Ma)では火山群北西部~中央部に成層火山及び複数の溶岩ドームを形成した。Y2(約3万年前)では、大雪火山群において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る、噴煙柱形成と火砕流の流出が発生し、火山群中央部に直径 2 kmの御鉢平カルデラを形成した。Y3(約3万年前以降)では、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。K-Ar年代測定の結果、古期が1.02 Ma~0.66 Maを、新期が0.16 Ma~0.06 Maの年代値を示し、0.66 Ma~0.16 Maを示す噴出物は認められないことがわかった。このことから、古期と新期との間には約50万年程度の活動休止期が存在した可能性が明らかとなった。

大雪火山群噴出物の岩石学的特徴は、特に古期と新期で大きく変化している。大雪火山群の噴出物の岩石は、斑晶として斜長石、単斜輝石、斜方輝石及び鉄チタン酸化物、そして少量のカンラン石、石英斑晶を含むことがある玄武岩質安山岩~デイサイトである。これに加えて古期の岩石は斑晶として角閃石を含まないが、新期の多くの岩石は角閃石斑晶を含む。これら岩石の全岩 SiO₂ 量は母岩では 54-69 wt. %, 苦鉄質包有物では 52-59 wt. %である。全岩化学組成では、古期と新期は母岩では区別できるが、苦鉄質包有物では区別できない。古期の岩石の母岩は新期と比較して、珪長質側でP₂O₅やZr,Nb,Yなどの液相濃集元素の含有量が高い特徴を有する。

各活動期の総噴出量及び K-Ar 年代データに基づいた各活動期の噴出率は、古期は>0.08 km³ /ka, 新期では>0.28 km³ /kaと求められた。古期については、0.82 Ma~0.74 Maの間で噴出率が 0.36 km³ /ky となり、最も高くなる。新期については、Y1は0.20 km³ /ky, Y2は>1.2 km³ /ka, Y3は>0.30 km³ /ka となり、Y2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となる。また、Y1については0.11 Ma~0.09 Maの間で噴出率が 0.76 km³ /ka となり、最も高くなる。大雪火山群では、活動期ごとに噴出率が急激に高くなる期間が存在するようである。また、0.66-0.16 Maの活動休止期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。大雪火山群南方に位置するトムラウシ

火山群でも、ほぼ同時期に長期の活動休止期が報告されていることから、このテクトニクスの変化は北海道中央部の火山活動に広範囲にわたって影響を及ぼしたと考えられる。

キーワード：火山、噴出率、形成史、マグマ変遷、大雪火山群

Keywords: Volcano, Eruption rate, Formation history, Transition of magma, Taisetsu volcano group

恵山火山完新世テフラ堆積物の¹⁴C年代¹⁴C dating for the Holocene tephra deposits at the Esan volcanic complex, northern Japan*三浦 大助¹、荒井 健一²、古川 竜太³、高田 倫義⁴*Daisuke MIURA¹, Ken'ichi ARAI², Ryuta FURUKAWA³, Michinori TAKADA⁴

1.一般財団法人 電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域、2.アジア航測(株)、3.国立研究開発法人 産業総合技術研究所 活断層火山研究部門、4.北海道大学 大学院理学研究院 自然史科学専攻

1.Geosphere Sciences, Civil Engineering Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, 2.Asia Air Survey, Inc., 3.Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan/AIST, 4.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

1. はじめに

水蒸気爆発は、熱源で加圧された蒸気溜りから生成され、マグマ噴火に比べると相対的に小規模な噴火現象である。しかし、人や施設が火口近傍に存在する場合は甚大な被害をもたらす。このことは、2014年の御嶽山噴火により広く一般に認識されるようになった。登山客が多い活火山や、集落や公共インフラ施設などが火口に近い活火山では、水蒸気爆発によって無視できない規模の災害が生じる可能性があり、防災対策において重要な問題と考えられる。

産総研地質調査総合センターでは、火山地質図「恵山」の地質調査を2014年度より開始している。恵山火山では、噴気孔から約1-2km程度の山麓に集落や宿泊施設が立地していることから、水蒸気爆発によって災害を被るリスクが高いと考えられる。従って、水蒸気爆発の危険性を明らかにするため、恵山火山の完新世テフラ堆積物をより正確に調べる必要がある。しかし、これら堆積物の空間分布および噴出年代は、これまで必ずしも明瞭ではなかった。そこで我々は、新たに12試料の¹⁴C年代測定(AMS)を実施し噴出年代を推定した。

2. 恵山火山の完新世テフラ堆積物

恵山火山の完新世テフラ堆積物は、荒井(1998MS)による層序に基づき、地質及び地質年代学的研究によって噴火史が明らかにされている(奥野ほか, 1999; 恵山火山防災協議会, 2001; Miura et al., 2013)。これら堆積物は、古いユニットから新しいものに向かってEsMP, Es-1, Es-2, Es-3, Es-4, Es-5, Es-6と区分されている。EsMPは、恵山溶岩ドーム(Ed)を起源とし、主に溶岩ドーム崩壊型火砕流・火砕サージ堆積物からなる。尤もらしいEsMPの年代値として、火砕流堆積物中の炭化木片から8,648-8,594 cal yBP (1 sigma)が報告されている。Es-1~6は、恵山溶岩ドーム付近を噴出源とする水蒸気爆発の堆積物である。黒色古土壤中に降下火砕物として認められる他、一部には火砕サージ堆積物(Es-3, 4)や泥流堆積物(Es-5)も認められる。これらの水蒸気爆発堆積物に対しては、次の¹⁴C年代値(cal yBP)が報告されている。すなわち、Es-1: 5,909-5,680(直下古土壤, 2 sigma), Es-3: 2,435-2,344(火砕サージ堆積物, 1 sigma), Es-4: 1,894-1,829(直下古土壤, 1 sigma)と636-551(上載古土壤, 1 sigma)。Es-5(AD1846)及びEs-6(AD1874)については、古文書記録に基づいて年代が推定されている。

3. 新たな¹⁴C年代

恵山完新世テフラ堆積物の直下から、新たに12試料の黒色古土壤を採取し¹⁴C年代測定(AMS)を実施した。得られた暦年較正年代値(cal yBP, 2 sigma)から、Es-4以前のテフラを挟む古土壤の年代範囲は以下のように整理することが可能である。Es-1: 5,595-3,984, Es-2: 4,150-3,477, Es-3: 3,341-1,822, Es-4: 681-536。これらの年代値範囲は、上記2.に記した先行研究の年代値と矛盾しない。さらに従来の年代値も含めると、Es-4の噴出年代がより制約され681-551 cal yBPの範囲になると考えられる。

キーワード: ¹⁴C年代測定、水蒸気爆発、完新世、恵山火山Keywords: ¹⁴C dating, phreatic explosion, Holocene, Esan volcanic complex

プリニー式噴火及び水蒸気プリニー式噴火に対する外来水の影響

The effect of external water to plinian and phreatoplinian eruption

*広井 良美¹、宮本 毅¹*Yoshimi Hiroi¹, Tsuyoshi Miyamoto¹

1.東北大学東北アジア研究センター

1.Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

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、その噴火様式は噴出物の特徴のみから判断されており、その代表的な特徴として細粒本質物質に富むことが挙げられる。この細粒粒子の起源には、マグマと外来水の接触による水冷破碎(Houghton et al.,2000)や、マグマ水蒸気爆発による爆発破碎(Self and Sparks,1978)等が考えられてきた。しかし、マグマ-水接触実験(広井・宮本,2012)及び噴出物の全粒度分析(広井・宮本,2015)から噴出物の水冷破碎及びマグマ水蒸気爆発の発生と細粒化は生じておらず、水蒸気プリニー式噴火噴出物の特徴は液相水の凝集効果によってもたらされている(Self and Sparks,1978)ことが明らかになった。

一般に、噴火形態はマグマ-水比によって決定されると考えられており、マグマに関与する外来水が少量である場合にはマグマ噴火が発生するとされている(Wohletz and Heiken,1984)。Koyaguchi and Woods(1996)ではプリニー式噴火で形成される噴煙柱に対する外来水の影響をシミュレーションし、約30wt%の外来水が取り込まれても噴煙柱は湿潤な状態で維持されることを示している。水蒸気プリニー式噴火においても噴煙柱が形成されると考えられていることから、プリニー式噴火と水蒸気プリニー式噴火の境界はこの噴煙柱への外来水の取り込み量上にあると考える事ができる。これを踏まえ、本研究では両噴火様式に対する外来水の影響を考察する。

十和田火山の最新の活動である平安噴火は、二重カルデラ湖の内カルデラ湖を給源とし潤沢な外来水の存在下で一連の活動を生じている。最初の噴出物ユニット0YU-1は外来水との接触を伴うなかで噴出しているが、層相、淘汰度や破碎・分散度等の噴出物の特徴からプリニー式噴火に分類される(広井ほか,2015)。この0YU-1にはカリフラワー状軽石(Heiken,2006)が含まれているが、世界中で数多くプリニー式噴火の報告例がある中、カリフラワー状軽石の報告例は少ない(例えば, Arana-Salinas et al.,2010)。また十和田火山においても給源を同じくする過去のプリニー式噴火噴出物中には含まれていない等、カリフラワー状軽石の形成には普遍的かつ一般的に存在する帯水層よりも多量の外来水を要することが示唆される。しかし、この多量の外来水の存在下で0YU-1がプリニー式噴火を生じていることは、外来水との接触が生じていても、噴煙柱内に取り込まれる外来水の量が多くならなければ水蒸気プリニー式噴火は生じないことを示している。

平安噴火はその後0YU-1に続き水蒸気プリニー式噴火ユニット0YU-2へと推移する。0YU-2はベースサージを主体とするが、多量の細粒本質物質を含み、vesiculated tuffを形成している等、水蒸気プリニー式噴火噴出物の特徴に一致する(広井ほか,2015)。0YU-2は0YU-1よりも噴出率が増大している可能性があり、マグマ-水比は不利となるにも関わらずマグマ水蒸気噴火への推移が生じている。このとき、0YU-1から0YU-2にかけては外来水と接触する以前の本質物質の気泡成長度が連続的に上昇しており、気泡成長度の上昇によってマグマから外来水への熱伝達効率が上昇していると考えられる(広井・宮本,2011)。熱伝達効率が上昇するとより多くの外来水が急熱され蒸気となり、噴煙柱内に取り込まれるため、外来水を多く含んだ噴煙柱を形成する水蒸気プリニー式噴火の発生にきわめて有効に作用すると考えられる。一方で、多くの水蒸気プリニー式噴火噴出物中に高気泡成長度を示す板状火山ガラスが顕著である(Heiken and Wohlets,1985)。これもまた、水蒸気プリニー式噴火の発生に気泡成長度が大きく寄与していることを示唆する。

発泡破碎した珪長質マグマが外来水と接触しても、一般的にはプリニー式噴火を生じ、外来水の量が多い場合には噴出物中にカリフラワー状軽石が含まれる。この十分量の外来水の存在に加え、噴出物の気泡成長度が高い場合にのみ、十分な熱伝達効率を得て多量の外来水を気化し、水蒸気プリニー式噴火が発生し得ると考えら

れる。以上より、本研究では従来の一般的な認識と異なり、外来水の関与のあるプリニー式噴火がごく一般的に起こり得る噴火様式であること、水蒸気プリニー式噴火はマグマ水蒸気爆発及び水冷破碎による細粒化を伴わずプリニー式噴火と同様の初期条件を持ち、十分量の外来水と十分な気泡成長度とが確保された場合にのみ多量の外来水を気化する能力を得て発生するものであることを主張する。

キーワード：水蒸気プリニー式噴火、プリニー式噴火、十和田火山、カリフラワー状軽石、熱伝達効率

Keywords: phreatoplinian eruption, plinian eruption, Towada volcano, cauliflower pumice, heat transfer efficiency

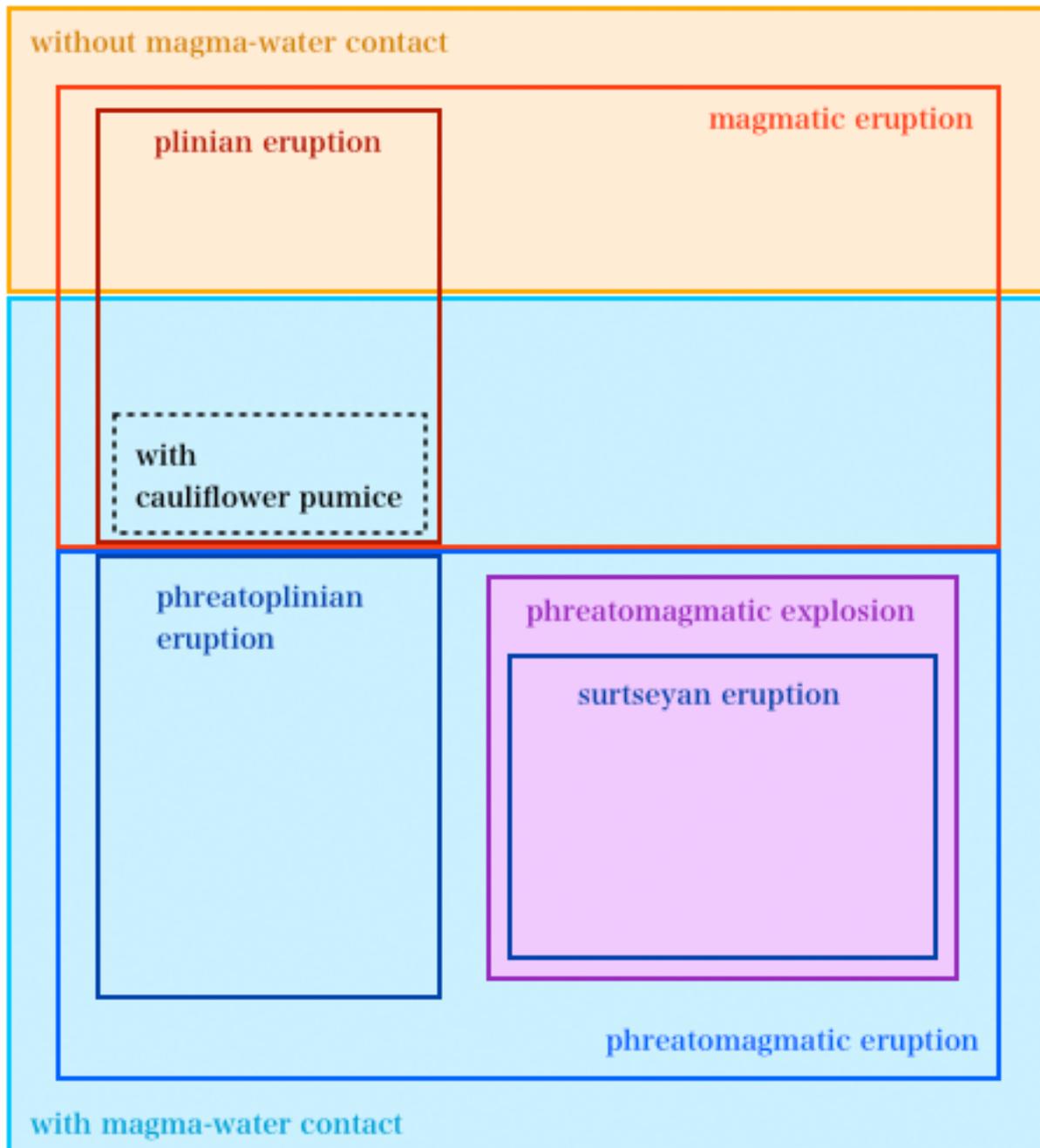


図. 本研究の結論から導かれる外来水の関与と噴火形態及び噴火様式の関係分類図

Fig. The new classification diagram of eruptive style on magma-water contact from this study.

蔵王火山，御釜-五色岳火山体基底部及びその周辺に分布する噴出物の地質学的・岩石学的研究
 Geologic and petrologic study on basal part of the Goshikidake and adjacent lavas of the
 Zao volcano

*西 勇樹¹、伴 雅雄²、及川 輝樹³、山崎 誠子³

*Yuki Nishi¹, Masao Ban², Teruki Oikawa³, Seiko Yamasaki³

1.山形大学大学院理工学研究科地球環境学専攻、2.山形大学理学部地球環境学科、3.産業技術総合研究所
 1.Graduate School of Department of Earth and Environmental Sciences, Yamagata, 2.Department of
 Earth and Environmental Science, Faculty of Science, Yamagata University, 3.Advanced Industrial
 Science and Technology

蔵王火山は東北日本火山フロントの中心部に位置する第四紀成層火山であり、約1Maから現在まで活動を続けている。蔵王火山における最新期活動は約3万年前の馬の背馬蹄形カルデラの形成に始まり、約2千年前から始まった最も新しい活動によって、五色岳（五色岳火砕岩類）が形成された。先行研究から噴出物は主に火砕サージ堆積物と降下火砕物からなることと、5つの地質ユニットに分けられることが報告されている。本研究では五色岳火砕岩ユニット1（五色岳基底部）およびその周辺に分布する噴出物のマグマ供給系を明らかにすることを目的として、地質学的・岩石学的検討を行ったので報告する。

五色岳火山体基底部及びその周辺に分布する噴出物は、五色岳基底部の周辺に分布する振子滝溶岩と五色岳南方溶岩及び火砕岩類（以下、これらを2ユニットの溶岩と称す）と、五色岳基底部（五色岳火砕岩ユニット1）を構成する五色岳南部火砕岩類と五色岳東部火砕岩類（以下、これらを2ユニットの火砕岩と称す）に分類される。なお、五色岳南部火砕岩類と五色岳東部火砕岩類は傾斜不整合によって下部と上部に分類される。振子滝溶岩は、流下距離約750m、幅およそ20~30mの細長い形状を示す。五色岳南方溶岩及び火砕岩類は、下部が凝灰角礫岩、上部は水冷破碎溶岩からなる。五色岳南部火砕岩類は主に火砕サージ堆積物から構成されており、火道角礫岩が露頭で認められる。火道角礫岩は全部で3本あり、幅2~8mで高さ5~8mである。その伸長方向は概ね北東-南西方向で、ほぼ垂直に火砕サージ堆積物を切っているものが主体となっている。五色岳東部火砕岩類は火砕サージ堆積物からなり、五色岳の東部に点々と認められる。層厚の変化が激しく、厚いところで約35m、薄いところで約6mである。成層構造が発達した凝灰岩~火山礫凝灰岩~凝灰角礫岩を主体としていて、火山弾も認められる。

いずれの噴出物も、中間カリウム-カルクアルカリ系列 ($\text{SiO}_2 = 56\text{-}58 \text{ wt}\%$, $\text{K}_2\text{O} = 0.89\text{-}1.02 \text{ wt}\%$) に属し、熔融組織を持つ斜長石、かんらん石、両輝石を含む混合岩からなる。2ユニットの溶岩では、パッチ状構造を持つ斜長石がほとんどであるが、その多くは汚濁帯を持っていない。斜方輝石のコアの組成は、全てのユニットでMg# 65前後である。また、2ユニットの溶岩はMg rich zone の多くは幅約30 μm で、Mg#69の明瞭なピークが認められるが、2ユニットの火砕岩の多くは5 μm 以下で、Mg# rich zone の明瞭なピークが認められない。単斜輝石のコアの組成幅は全てのユニットでMg# 64~70である。斜長石のコアの組成は An_{62-92} と組成幅が広い。2ユニットの溶岩では An_{78} 前後にピークを持ち、また An_{90} 程度に小ピークが見られる。2ユニットの火砕岩では An_{64-66} と An_{76-78} 前後にピークを持ち、 An_{90} 程度に小ピークが見られる。 SiO_2 組成変化図では、どのユニットも概ね一連のトレンドに乗る。2ユニットの溶岩は SiO_2 量が57.5~58wt% にまとまっている一方で、2ユニットの火砕岩は56~57.7wt% である。更に、2ユニットの溶岩と2ユニットの火砕岩のRb/Zrのトレンドはやや異なる。岩石学的な検討から、2ユニットの溶岩と2ユニットの火砕岩は苦鉄質端成分マグマと珪長質端成分マグマの混合によって形成したと考えられる。しかし、2ユニットの溶岩と2ユニットの火砕岩の岩石学的特徴はやや異なる。よって、2ユニットの溶岩と2ユニットの火砕岩を形成した各々の端成分マグマはやや異なっていたと考えられる。しかしながら、各端成分マグマの岩石学的特徴を区別することが難しい。そこで今回は一律して端成分マグマを求めた。MELTSプログラムで検討を行ったところ、珪長質端成分マグマは全岩 SiO_2 約62wt%、温度は約1000 $^{\circ}\text{C}$ 、圧力は約1.7~2.7kb、含水量は約2.5 wt%で、斜長石 (An_{65} 前後)、斜方輝石 (Mg# 65前後)、単斜輝石 (Mg# 68前後) を含み、苦鉄質マグマは全岩 SiO_2 約48~49wt%、温度は約1100 $^{\circ}\text{C}$ 、圧力は2kb以下、含水量は約2 wt%で、斜長石 (An_{90} 前後) とかんらん石 (Fo_{78} 前後) を含んでいたと推定される。

苦鉄質マグマを起源とするかんらん石 (Fo_{78} 前後) と斜長石 (An_{90} 前後) の組成累帯パターンをもとに、マグ

マ混合から噴火に至るまでの時間スケール求めた。その結果、かんらん石では300 ~ 1000日、斜長石は80 ~ 300日であった。また、珩長質マグマを起源とする斜方輝石の滞留時間を求めたところ、1年未満のものから100年以上のものが認められる。より詳細にみると、2ユニットの溶岩は100年以上、五色岳南部火砕岩類は10~100年、五色岳東部火砕岩類は1年未満のものが多いという結果となった。

キーワード：蔵王火山、安山岩質溶岩、火砕サージ、マグマ混合

Keywords: Zao volcano, Andestic lava, Pyroclastic surge, Magma mixing

栃木県北部・福島県南部に分布する中期更新世火砕流堆積物群の層序と高原火山の活動
 Stratigraphical study on the Middle Pleistocene pyroclastic flow deposits, northern
 Tochigi and southern Fukushima Prefectures and the eruptive history of Takahara volcano

*山田 真嵩¹、河合 貴之²、斎藤 はるか¹、笠原 天生¹、西澤 文勝¹、鈴木 毅彦¹

*Masataka Yamada¹, Takayuki Kawai², Haruka Saito¹, Amao KASAHARA¹, Fumikatsu NISHIZAWA¹, Takehiko Suzuki¹

1.首都大学東京都市環境学部、2.国際航業株式会社

1.Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2.KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

○はじめに

栃木県北部から福島県南部に分布する中期更新世火砕流堆積物群の一部である塩原大田原テフラ (So-0T; 鈴木ほか, 2004) は塩原カルデラの形成に伴い噴出した (尾上, 1989) とされ, 火砕流堆積物は矢板丘陵や那須野ヶ原を中心に広く分布している (鈴木, 2000). またSo-0Tの降下火砕物は, 鈴木ほか (2004) により福島会津地域南部, 鈴木ほか (2012) により下北沖コアで見出されている.

このように, So-0Tは広範囲で報告されているが, その層位・年代について複数の見解があり, 正確に定義されていない. その理由として, So-0T付近の層準の指標テフラであるAPms (鈴木・早川, 1990) とKMT (鈴木, 2000) の認定の違いが挙げられる (弦巻ほか, 2013など). そこで本研究では, So-0Tの層位を整理したうえで, その噴出年代を明らかにすることを目的とする. また, 層位の整理にあたり新たに認定したテフラの給源と噴出年代についても検討し, それらを総括した上で高原火山の活動史を検討する.

○火砕流堆積物群の記載

今回, 栃木県矢板市西方の丘陵から火砕流堆積物を3枚記載し, 上位からSo-0T, 塩原片俣第1テフラ (So-KT1; 新称), 塩原片俣第2テフラ (So-KT2; 新称) とした.

So-0Tは大きく下位の降下軽石堆積物と上位の火砕流堆積物に分かれ, 上位の火砕流堆積物は少なくとも上・中・下部に分かれる. 中部の軽石流堆積物は矢板丘陵を中心に厚く堆積し, 北は那須町南部から南は宇都宮市にかけて分布する. 斜方輝石の屈折率は全てのユニットで $\gamma=1.715-1.724$ であり, So-KT1と比べ明らかに低い. 火山ガラスの主成分化学組成の平均重量%は, So-KT1と比べ K_2O が低く, So-KT2と比べ K_2O が高いことから区別される.

So-KT1は下位よりUnit a-dに分かれ, 中でも火砕流堆積物であるUnit bは矢板丘陵東部に広く分布する. 斜方輝石の屈折率は全てのユニットで $\gamma=1.728-1.733$ であり, So-KT2やSo-0Tのそれと比べ高い値を示す. また, Unit bの火山ガラスの主成分化学組成の平均重量%はSo-KT2やSo-0Tと比べ Al_2O_3 が低く, FeOが高い.

So-KT2は主に発泡の良い白色軽石を含む軽石流堆積物で, 矢板丘陵東部に断片的に露出する. 鉱物組成は, 斜方輝石, 単斜輝石, チタン磁鉄鉱の他に, So-KT1, So-0Tには含まれない高温石英や微量の普通角閃石を含む. 火山ガラスの主成分化学組成の平均重量%は, 上位のSo-KT1やSo-0Tと比べ K_2O とCaOが低い.

○火砕流堆積物群の層序および年代

今回, 陸域遠方にてSo-0Tの降下テフラを6地点で確認し, 最北は給源から約110 km北東に離れた福島市南部である. また, So-0TとAPmsの間にあり, 分布, 層厚ともにSo-0Tと類似し, 下郷町鶴ヶ池に産するテフラを沢田降下軽石 (SwdP) と新しく定義する. SwdPは斜方輝石と微量の単斜輝石を含み, 斜方輝石の屈折率が $\gamma=1.718-1.724$ と, So-0Tのそれと類似する.

火砕流堆積物群と他のテフラとの関係は, 上位よりSo-0T, So-KT1, A_2Pm (鈴木・早川, 1990), So-KT2, A_1Pm (380 - 410 ka; 鈴木・早川, 1990; 鈴木, 2000; 町田・新井, 2003) となる. また, So-KT1の下位にBT72 (349 ka; 吉川・井内, 1991; 長橋ほか, 2004) が位置する (河合・鈴木, 2011) が, So-KT2とBT72の上下関係は不明である. なお A_1Pm と A_2Pm の認定は鉱物組成, 斜方輝石の屈折率, さらに A_2Pm ではこれらと火山ガラスの主成分化学組成に基づく.

So-0TとSo-KT1の噴出年代は下位にBT72や A_2Pm が堆積していること, 上位のテフラのFT年代 (渡辺ほか, 1999) から300 - 349 kaと推定される. So-KT2の噴出年代は, 下位に A_1Pm , 上位に A_2Pm があり, A_2Pm は他地域において加久藤テフラ (Kkt, 334 ka; 新井・町田, 2003; 吉川・加, 2001) の下位にある (鈴木・早

津, 1991) ことから334 - 410 kaの間にあると推定される.

○火砕流堆積物群の給源と高原火山の活動史

So-0T, So-KT1, So-KT2の給源は, 各火砕流堆積物が含む本質物の粒径や降下火砕物の粒径・層厚変化から塩原カルデラであると考えられる. 以上の結果と先行研究(井上ほか1994; 奥野ほか, 1997; 弦巻, 2012等)から高原火山の活動史は大きく5期に分かれ, 3枚の火砕流を噴出した活動は全て第2期のカルデラ形成期にあたりと考えられ, その期間は約10万年間以内と考えられる.

キーワード: 火砕流堆積物、高原火山、塩原大田原テフラ、中期更新世、テフロクロノロジー

Keywords: Pyroclastic flow deposit, Takahara volcano, Shiobara Otawara tephra, Middle Pleistocene, Tephrochronology,

日光白根火山噴火史の再検討

Eruptions during 6000 years at Nikko-shirane volcano, Central Japan

*草野 有紀¹、石塚 吉浩¹、及川 輝樹¹*Yuki Kusano¹, Yoshihiro Ishizuka¹, Teruki Oikawa¹

1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター

1.Geological Survey of Japan

栃木県と群馬県境に位置する日光白根火山は、明治年間に発生した1872-73年、1889-90年噴火のほか、過去6000年間に6回噴火したと考えられている。山麓のテフラのうち最上位のテフラ層が、日光白根火山の歴史記録中で最も大規模な1649年噴火に対比されている。このテフラは淡黄色-白色で粘土質な特徴から水蒸気噴火噴出物と推定されていた。本研究では、日光白根火山山頂部と山麓部のテフラの調査、炭素年代測定とテフラ構成物の分析を行い、層序と記載岩石学的特徴を明らかにした。採取したテフラは、水洗後、粒径<250、250-500、500-1000、>1000 μmにふるい分け、250-500 μmの試料について解析した。

山頂から2.7 km東方の山麓部では、火山灰土壤に挟まれる6枚のテフラ層を再確認し、新たに1枚のテフラ層を識別した。これら7枚のテフラ層のうち4枚は日光白根火山起源、3枚は周辺の火山を給源とするテフラである。日光白根火山起源のテフラを奥野（1993）に従って、上位からNks-1, -2, -3, -4と呼ぶ。Nks-1とNks-2の間には、浅間Bテフラと榛名ニツ岳伊香保テフラを確認した。

Nks-1は色調と粒度の変化に基づき、上位からNks-1a（灰白色シルト）、-1b（黄灰色細粒砂）、-1c（褐灰色中粒砂）、-1d（灰白色シルト）に区分した。Nks-1a-1dはいずれも、発泡した淡色ガラス質粒子（以下、軽石）、透明ガラス質粒子、黒色ガラス質粒子、石質岩片、変質岩片と無色・有色鉱物からなる。さらに、Nks-1a-1cには極少量の発泡した黒色ガラス質粒子（以下、スコリア）を伴う。Nks-1は最大16%の軽石を含む。

Nks-2は青灰色火山灰層（細粒砂）で、軽石、透明ガラス質粒子、黒色ガラス質粒子、変質岩片と無色・有色鉱物からなる。Nks-3、-4はそれぞれ、色調の違いから2層を識別でき、下部は黄白色火山灰（シルト）、上部は青灰色火山灰（細粒砂）からなる。上部、下部ともスコリア、軽石、透明ガラス質粒子、黒色ガラス質粒子、石質岩片、変質岩片、無色・有色鉱物で構成される。上部はスコリア、黒色ガラス質粒子、有色鉱物に富み、変質岩片に乏しい。

新たに識別したテフラ層は、Nks-3の下位に位置する茶褐色火山灰層（シルト）である。無色透明な軽石を約15%含み、石質岩片に乏しい点で日光白根火山起源のテフラとは異なる。軽石の石基ガラスの化学組成は浅間Dテフラ（約4.5 ka）に類似する。

山頂部では、地表から7 cm下位に層厚約17 cmのテフラ層を見出した。下部は灰白色、上部は黄褐色の火山灰（細粒砂）で、最上部に最大粒径0.8 cmの岩片を含む。構成物の8割以上は石質岩片、変質岩片と無色鉱物である。発泡したガラス質粒子は含まれない。

以上の結果、Nks-1は最大16%の軽石を含んでおり、1649年噴火はマグマが関与した噴火の可能性が高い。Nks-2-4も軽石とスコリアを含み、マグマ噴火の可能性がある。一方、山頂部で見出したテフラ層には軽石やスコリアが含まれないため、水蒸気噴火によるものと判断した。

新たに見出した山頂部のテフラ層直下の土壌の¹⁴C年代値として、110±20 yrBPが得られた。この暦年代範囲（2σ）は1686-1731（26.7%）、1808-1927（68.7%）calADとなる。従って、このテフラ層は1872-73年、1889-90年噴火のいずれかの水蒸気噴火に相当する噴出物と考えられる。

また、Nks-4直下の土壌の¹⁴C年代値は5590±30 yrBP（2σ暦年代範囲：6414-6301 calBP）であった。この結果は奥野ほか（1994）と調和的である。Nks-3直下に識別した浅間Dテフラは約4.5 kaの噴出物であることから、Nks-4噴火の年代と矛盾しない。

キーワード：日光白根火山、テフラ層、完新世

Keywords: Nikko-shirane volcano, Tephra stratigraphy, Holocene

日光白根火山の歴史時代の噴火

Historical eruption of Nikko Shirane Volcano

*及川 輝樹¹*Teruki Oikawa¹

1.独)産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

1.Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

群馬県・栃木県県境に位置する日光白根火山は、気象庁が常時観測を行っている火山の一つであり、近い将来も活動する可能性がある火山である。最近では、1993～95年に火山性微動が観測され、2011年3月11日の東日本大震災後に本火山周辺の地震活動が活発化している。このように活動的火山であるが、歴史時代の噴火記録のまとめは十分に行われていない。そこで、当時の官報や公文書を基に従来のまとめの再検討を行い、噴火活動の特徴をまとめた。

日光白根火山の歴史時代の火山活動の活発化は、1649年、1872～73年、1889～90年、1952年に認められる。このうち、1952年の活動は噴煙活動の活発化のみで噴火はしていないが、他のすべては噴火している。いずれの噴火も、現在の山頂部で発生した水蒸気噴火であり、新鮮なマグマ物質の放出は認められない。

記録に残るもっとも古い噴火記録は1649年の活動である。この噴火は、鳴動がしばらく続いた後に噴火し、現在の戦場ヶ原に厚く火山灰を降らした。現在戦場ヶ原周辺の表層の土層に広く認められる粘土質火山灰は、層厚や¹⁴C年代値などから、この時の噴火のものと考えられる。

1872～73年の活動は、1872年4月上旬からの噴煙活動が活発化で始まった。その後1873年3月12日に噴火し、噴火と同時に群馬県側にラハールが発生した。河川沿いに流れ下ったラハール堆積物は、一時、片品川を堰き止め、変色水は利根川まで流れ込んだ。

その後は弱い噴煙活動が続いていたが、1889年12月5日と翌年8月22日に噴火した。これら噴火の際も噴火と同時に群馬県側にラハールが発生した。同年10月ごろまで鳴動が認められたようだが、その後噴気・噴煙活動も認められなくなったようである。

1953年の活動は、7～9月にかけて山頂から噴煙があがるようになったが、その後活動は終息した。なお、現在も噴気・噴煙活動が認められない。噴気・噴煙活動が認められるのは、火山活動が活発化する時のみのようである。

これら記録から白根火山の噴火活動のパターンをまとめると以下の2つになる。1. 噴煙活動ないし鳴動が発生し、その後噴火。噴火と同時にラハールが発生し群馬県側の河川を流下。そして終息。2. 噴煙活動の活発化の後、噴火せずに終息。19世紀末の明治に発生した3回の噴火は、噴火と同時にラハール、おそらく火口から直接お湯があふれ出る火口溢流型ラハールが発生し、火山から離れた河川沿いに被害が及んでいる。そのため今後の噴火時にも同様の現象が発生する可能性が高い。日光白根火山の火山災害対策は、火口溢流型ラハールの発生も考慮すべきである。

キーワード：日光白根、噴火、歴史記録、ラハール、水蒸気噴火

Keywords: Nikko Shirane, eruption, historical record, lahar, phreatic eruption

関東北部，赤城火山で約4万年前に相次いだ軽石噴火—鹿沼テフラと清水石質テフラ—

Two eruptive events occurred around 40 ka at the Akagi volcano in North Kanto, NE Japan:

Eruptions of the Akagi-Kanuma and Akagi-Shimizu Lithic Tephra

*南里 翔平¹、鈴木 毅彦¹

*Shohei Nanri¹, Takehiko Suzuki¹

1. 首都大学東京都市環境学部

1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

群馬県中部に位置する赤城山は周囲約25 kmに及ぶ大型の成層火山である。守屋（1968）はこの発達史をはじめて体系的にまとめた。その中で約4.4万年前に噴出した赤城鹿沼テフラ（Ag-KP；青木ほか，2008）の上位に足尾帯由来のチャートや頁岩からなる降下火砕物があることを報告し，これを水沼石質降下火砕岩層（CLP）とした。本研究では守屋（1968）ほかで詳細に明らかにされてこなかった，CLPの分布，層序，構成岩種，噴出量，噴火様式，前後の噴火史を明らかにすることを目的とした。

赤城山東麓の桐生市黒保根町下田沢を流れる清水用水沿いの露頭（赤城山山頂から南東約10 km）では，下位から榛名八崎テフラ（Hr-HP），Ag-KP，CLP，赤城小沼（この）石質降下テフラ（Ag-KLP）がそれぞれ観察できる。この地点におけるCLPは岩相から4つの噴火ユニットに分けることができ，下位から1L，2P，3P，4Lとした。このうち1L，4Lは足尾帯由来と考えられる堆積岩・火成岩（たとえばドレライトなど）の垂角礫が主体である。1Lは平均粒径13 mmの火山豆石を含む単層と，その上位に堆積する平均粒径32 mmの垂角礫層からなる。このことから1Lはマグマ水蒸気爆発の堆積物であると考えられる。2Pは発泡の悪い黄色軽石火山礫からなる。この軽石火山礫の火山ガラス部の主成分化学組成は，下位のAg-KP中のそれらとは明らかに異なり，SiO₂の重量%がAg-KPのそれよりも高いことがわかった。このことから，この軽石はAg-KPの噴火以後，赤城山のマグマだまり内部で結晶分化作用が進行した結果生成されたマグマに由来するものであると考えられる。守屋（1968）はCLPを水蒸気噴火の堆積物としたが，本研究では2Pの存在からこれをマグマ噴火であると考えた。また，2Pは給源から東方に約50 km離れた日光市や鹿沼市など広域に分布していることが確認されたので，プリニー式の噴火であった可能性が高い。3Pは2P中の軽石と同じ組成を持つ軽石と，堆積岩の垂角礫層との互層からなることから，このユニットに関しても2Pに引き続くプリニー式のマグマ噴火であったと考えられる。4Lは層厚9 cmの細粒火山礫層と，その上位に堆積する垂角礫層とからなることから，マグマ水蒸気噴火の堆積物である可能性が考えられる。

CLPは赤城山の類質物や異質物からなる堆積岩主体の堆積物であると考えられてきたが，以上のようにマグマ噴火による本質軽石を伴うことがわかったので，新たに赤城清水石質テフラ（Ag-SLT）の名称を用いることを提案する。Ag-SLTは総噴出量約6 km³に達する。この値はVEI=5に相当し，富士山の宝永噴火（1707年）に匹敵するレベルのプリニー式噴火である。

鈴木（1990）はAg-KPの主体をなす降下軽石堆積物直上に降下火山灰を認めたと，それを覆うCLPまで含めて一連の噴火による堆積物と解釈した。本研究では清水用水の露頭においてAg-KPの降下軽石堆積物直上の降下火山灰層をAg-KP(a)とあらためて定義し，灰噴火に由来すると解釈した。またこれと区別するため，従来の赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）と呼ばれている降下軽石堆積物をAg-KP(p)と再定義した。ところでAg-KP(a)/Ag-SLT(1L)境界付近を詳しく観察すると，有機物に富み，層理が不明瞭で，淘汰が悪い層厚12 cmの地層が存在する。このことから，Ag-KP(a)/Ag-SLT(1L)間にはロームが存在すると考えられる。つまり，Ag-KP(p)のプリニー式噴火後は引き続きAg-KP(a)の灰噴火が発生したが，Ag-SLTの噴火までには，わずかではあるが噴火の休止期があった可能性が示唆される。

引用文献

青木ほか（2008）第四紀研究，47，391-407。守屋（1968）前橋営林局，p64。鈴木（1990）地学雑誌，99，60-74。

キーワード：赤城山、軽石噴火、石質テフラ、Ag-KP、Ag-SLT

Keywords: Mt. Akagi, Plinian eruption, lithic tephra, Ag-KP, Ag-SLT

草津白根火山本白根火砕丘群の完新世の噴火履歴

Holocene eruption history of the Motoshirane Pyroclastic Cone Group, Kusatsu-Shirane Volcano

*濁川 暁、石崎 泰男¹、亀谷 伸子²、吉本 充宏³、寺田 暁彦⁴、上木 賢太⁵、中村 賢太郎⁶

*Aki Nigorikawa, Yasuo Ishizaki¹, Nobuko Kametani², Mitsuhiro Yoshimoto³, Akihiko Terada⁴, Kenta Ueki⁵, Kentaro Nakamura⁶

1.富山大学大学院理工学研究部、2.富山大学大学院理工学教育部、3.山梨県富士山科学研究所、4.東京工業大学火山流体研究センター、5.独立行政法人海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、6.株式会社パレオ・ラボ

1.Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama, 2.Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 3.Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, 4.Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, 5.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Department of Solid Earth Geochemistry, 6.Paleo Labo Co.,Ltd.

I. はじめに

草津白根火山は、群馬・長野の県境に位置する国内有数の活動的火山であり、山頂部には2つの若い火砕丘群（北側の白根火砕丘群と南側の本白根火砕丘群）が形成されている。本火山は1882年以降19回の水蒸気噴火が発生しているが、いずれも北側の白根火砕丘群で発生している（気象庁；2005）。これまでの研究（吉本ら；2013）から、草津白根火山では完新世の噴火様式が隣接する火砕丘で異なると考えられているが、特に本白根火砕丘群の噴火履歴の詳細は明らかになっていない。本研究は、本白根火砕丘群についての噴火履歴の解明を目的とする。今回は、火砕丘群の噴出物層序、全岩及びモード組成解析、山頂域噴出物と山麓テフラ層の対比、放射年代測定から明らかになった噴火履歴について報告する。

II. 本白根火砕丘群構成物の産状

本白根火砕丘群は、南北に並ぶ少なくとも4つの火砕丘から構成される。それらは、南から古本白根火砕丘（新称）、新本白根火砕丘（新称）、鏡池火砕丘、鏡池北火砕丘である（高橋ら、2010）。古本白根、鏡池、鏡池北の各火砕丘の基底には溶岩流（それぞれ石津溶岩、殺生溶岩、振子沢溶岩）が見られ、その上位に火砕丘本体が載る。各火砕丘本体を構成する火砕岩（古本白根火砕岩、鏡池火砕岩、鏡池北火砕岩）は、成層構造が顕著な凝灰角礫岩として産する。また、古本白根火砕丘と鏡池火砕丘の本体には、それぞれ本白根溶岩ドームと鏡池溶岩ドームが陥入し噴出している。また、各火砕丘の表層部は、隣接する火砕丘の火口拡大期爆発により放出された火山弾により覆われている。

東山麓では、国道292号線沿いの標高1780 m地点及び1570 m地点に本火山のテフラが良好に保存された露頭が見られる。この2露頭では、12L火山砂層（4.9 cal ka；吉本ら、2013）をはじめ、複数の示標テフラ層を同定し、他にも火山砂層や炭化材濃集層を複数層確認した（火山砂層と軽石層の名称は早川・由井（1989）に従う）。鏡池火砕丘南東麓のガリー壁では、鏡池火砕丘本体の上位に白～灰色火山灰層と土壌層の互層が見られる。灰色火山灰層や土壌層には、計5層準（下位からK61、…K65層と呼ぶ）に火山弾が着弾している。

III. 岩石学的特徴

本白根火砕丘群の構成物の斑晶組合せは、大部分の岩石が斜長石+単斜輝石+斜方輝石±石英±カンラン石であるが（±；存在しないこともある）、古本白根火砕岩及び本白根溶岩ドームでは角閃石が加わり、鏡池北火砕丘構成物では石英が欠けるなどの多様性も見られる。本白根火砕丘群の構成物の全岩SiO₂量

（wt.%）は、57.7～63.7%の安山岩～デイサイトであり、SiO₂-TiO₂図では火砕丘毎及び噴火期毎に組成範囲と組成変化傾向が明瞭に区別される。また、各火砕丘本体の表層を覆う火山弾は、北側に隣接する火砕丘構成物の全岩組成とほぼ一致する。

IV. 本白根火砕丘群の形成過程と噴火履歴

全岩組成による山頂域噴出物と山麓テフラの対比を行った結果、鏡池火砕丘構成物の全岩及びモード組成が山麓部の12L火山砂層の本質物の全岩・モード組成とほぼ一致した。したがって、鏡池火砕丘の活動は12L層の形

成年代と同時期の約5000年前に起こったと結論される。また、鏡池火砕丘本体の上位の火山弾着弾層のうち、KG2層とKG5層の火山弾は、各々鏡池と鏡池北火砕丘構成物と同じ岩石学的特徴をもち、これらの火砕丘頂部の火口の拡大時に放出された可能性がある。KG5層直下の黒ボクの年代（1.5～1.4 cal. ka）から、約1500年前まで鏡池北火砕丘で活動が起きていたようである。

また、各火砕丘の表層部に北側に隣接する火砕丘に由来する火山弾が見られることから、本白根火砕丘群の活動は、古本白根火砕丘、新本白根火砕丘、鏡池火砕丘、鏡池北火砕丘の順に、南から北へと変遷したと推測される。本白根火砕丘群のうち、鏡池北火砕丘またはその火口が形成された年代は約1500年前であり、本白根火砕丘群では、これまで推定されていた活動年代よりも最近までマグマ噴火が起きていたことが明らかになった。

本研究の年代測定には2014年度（株）パレオ・ラボ研究助成、調査費用には2014年度地震火山災害軽減公募研究助成を使用した。記して感謝申し上げます。

キーワード：草津白根火山、完新世、噴火史

Keywords: Kusatsu-Shirane Volcano, Holocene, eruption history

浅間前掛火山初期の噴火事例の推移復元の手がかり

Clues to Reconstruction of Sequence of Eruptions in the Early Stage of the Asama-Maekake Volcano

*安井 真也¹*Maya Yasui¹

1. 日本大学文理学部

1. College of Humanities and Sciences, Nihon University

The Asama-Maekake volcano has been active for about 10,000 years. Little information, such as the distribution and stratigraphy of the eruptive products including pyroclastic fall deposits, pyroclastic flow deposits, and lava flows, is available for eruptions predating the 12th century owing to the lack of outcrops, especially in the proximal area. However, many pyroclastic fall deposits have been recognized in the distal area, mainly in the southeast direction, in previous studies, indicating that large-scale eruptions occurred repeatedly in the history of the volcano. In this study, the distribution of a pyroclastic fall deposit called Miyota pumice (referred to as As-My hereafter), which is distributed south of the summit crater, was mapped. The C14 ages of the samples of black humus soil that is covered with As-My, were dated to ca. 6400 cal.YBP. These ages are almost the same as that of the pyroclastic fall deposit As-UB distributed on the northern flank. The As-UB contains many fall units and is associated with a small-scale pyroclastic flow deposit in the proximal area. Bulk-rock chemical compositions of the pumice grains from As-My and As-UB were plotted in similar area to those for As-E on a SiO₂-MgO variation diagram. These data suggest that the As-My, As-UB, and As-E are products from eruptions that occurred around 6000 years ago or a single eruption. Although the stratigraphic relation among these deposits distributed in different directions is difficult to determine, the fragmental information described above is expected to be helpful for reconstructing the sequence of eruptions in the early stage of this volcano.

キーワード：降下火砕堆積物、層序、浅間前掛火山

Keywords: Pyroclastic fall deposit, stratigraphy, Asama-Maekake Volcano

浅間前掛火山1783年天明噴火のクライマックス噴火期に何が起きたのか？：吾妻火砕流および鬼押出溶岩の噴火プロセスの詳細

What happened during the climactic stage of Tenmei eruption of Asama-Maekake volcano in 1783AD?: detailed process of the eruption of Agatsuma pyroclastic flow and Onioshidashi lava flow.

*高橋 正樹¹、安井 真也¹

*Masaki Takahashi¹, Maya YASUI¹

1. 日本大学文理学部地球科学科

1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University

The detailed process of eruptions of Agatsuma pyroclastic flow and Onioshidashi lava flow during the climactic stage of Tenmei eruption (1783AD) of Asama-Maekake volcano is reexamined, based on the occurrence of volcanic deposits, their stratigraphy and old documents. The Agatsuma pyroclastic flow deposit comprises four stages: the earliest, early, A-scoria flow and late stages. The pyroclastic flows of the earliest stage and A scoria flow were the column-collapsed type. Those of the early stage were the boilover type and those of late stage were the fountain-collapse type. The Onioshidashi lava flow is clastogenic and consists of three units: L1, L2 and L3. The L1 and L3 are the slope-collapsed (rootless) type; the formation of L1 was synchronous with the last stage of Tenmei pumice fall deposits (21p), which were the climactic sub-Plinian eruption. The L2 is the spatter-fed type, outpouring from the crater of Kamayama welded pyroclastic cone. The earliest stage of Agatsuma pyroclastic flow was small-scale and occurred during the eruption of Tenmei pumice fall deposit around 18:00 in August 3 (corresponding to 10a to 14a). The early stage of Agatsuma pyroclastic flow began during the dormant stage of eruption of Tenmei pumice fall deposit from 16:00 to 18:00 in August 4 (corresponding to 20a). The pyroclastic flow deposits of the early stage with low aspect ratio are abundant in matrix ash, the essential clasts of which are high in SiO₂ (62 to 64wt. %). The A-scoria flow was small-scale and erupted during the eruption of Tenmei pumice fall deposit around 20:00 and 24:00 in August 4. The late stage of Agatsuma pyroclastic flow deposit erupted from 3:00 to 6:00 in August 5 just after the cessation of Tenmei pumice fall deposit. They show high aspect ratio and are relatively poor in matrix ash, the essential clasts of which are low in SiO₂ (61 to 62wt. %). The L1 of Onioshidashi lava flow with relatively high SiO₂ content (60.5 to 64wt. %) began to flow down around 18:00 in August 4 during the eruption of Tenmei pumice fall deposit and continued to 3:00 in August 5. The onset of effusion of L2 with relatively low SiO₂ content (60 to 63wt. %) was around 3:00 in August 5 concurrent with the eruption of late stage of Agatsuma pyroclastic flow. The flowing down of L3 (60.5 to 61.5wt. %) of the Onioshidashi lava formed by the collapse of slope of Kamayama pyroclastic cone was later than 3:00 in August 5.

キーワード：浅間火山、天明噴火、火砕流、火砕成溶岩

Keywords: Asama volcano, Tenmei eruption, pyroclastic flow, clastogenic lava flow

小笠原諸島・西之島溶岩流に溶岩チューブ及び溶岩チューブ洞窟は存在するか？

Lava tubes and lava tube caves are formed in the lava flow of Nishinoshima volcano in Ogasawara islands?

*本多 力¹

*Tutomu Honda¹

1.火山洞窟学会

1.Vulcano-speleological Society

[はじめに] 安山岩質溶岩から構成される西之島は2013年11月20日以来噴火を継続している。先の1973年噴火や今回の噴火のさまざまな報告には「溶岩トンネル(溶岩チューブ)」の存在について言及されているが^{1),2)},ここではその可能性についてビンガム流体としての流体力学モデルに基づき検討してみた。なぜなら、玄武岩溶岩流では溶岩トンネル(溶岩チューブ)は明らかに存在しているが、一方、安山岩溶岩流では溶岩トンネル(溶岩チューブ)は存在しないと言われており今まで世界では報告されていないからである^{3),4)}。

[溶岩チューブと空洞(溶岩チューブ洞窟)形成の流体力学モデル] 図1に検討モデルを示す。Mはヘッド高さ(マグマ圧)、Lは溶岩チューブ長さ、Rは溶岩チューブ半径、 α は溶岩チューブの傾斜角である。(A)火口から溶岩を噴出した溶岩が斜面を下り溶岩チューブを形成する。マグマ圧と重力(強制流)で流動。その後2つの状況(B),(C)を考える。(B)溶岩の供給が止まり、チューブ内の溶岩の流動も停止し、チューブは閉塞された状態となる。(C)溶岩の供給が止まるが、チューブ内の溶岩は重力流(自由流)として流出できる場合はチューブ内に空洞を形成する。

溶岩チューブが形成されるためには溶岩チューブの中にある溶岩が流動する必要がある。一方、溶岩チューブ洞窟が形成されるためには溶岩チューブの中にある溶岩が重力によって抜け出る必要がある。流動する(A)、あるいは抜け出る(C)ためには流れの場の最大(すなわち壁面の)せん断応力が溶岩の降伏強度より大きくなければならない。したがってその限界条件は、流れの場のせん断応力=溶岩の降伏強度、となる。この条件は(A)で溶岩がマグマ圧と重力($M/L>0$)で流動する場合: $\tau_w=(\rho g \sin\alpha + \rho g M/L)R/2 > f_b$, (C)で溶岩が重力のみ($M/L=0$)で流動する場合: $\tau_w=(\rho g \sin\alpha)R/2 > f_b$, 傾斜角度 α とビンガム降伏値 f_b がわかれば限界空洞高さ $H=2R$ が与えられる。ここで τ_w はチューブ壁面のせん断応力、 ρ は溶岩密度、 g は重力加速度である。

[溶岩チューブと溶岩チューブ洞窟の有無の推定] 今回の噴火も珪酸重量分率58~60%前後の安山岩と仮定すると、Huime⁵⁾の珪酸重量分率とビンガム降伏値の相関線からビンガム降伏値は $5 \times 10^4 \sim 10^5 \text{ N/m}^2$,とあたえられる。斜度は国土地理院の「現火口付近最高点での断面比較(2013.12.4~2015.7.28.)」より6度と推定した。

$M/L=1.0$ 及び 0.5 、さらに $M/L=0$ について計算した推定限界溶岩チューブ高さを表1に示す。 $M/L=0$ の重力流の場合、溶岩チューブ洞窟の形成は不可である。一方 $M/L>0$ のマグマによる加圧+重力流の場合、パラメータによって溶岩チューブ形成の可能性はある(表1)。モデルからの推定をまとめると以下である:

(1)安山岩溶岩流の場合その高いビンガム降伏値のために、十分なマグマ圧が付加できる閉じた流路系でないと溶岩チューブはできない。

(2)溶岩チューブが形成されたとしてもマグマ圧が除圧された溶岩チューブからは溶岩は抜け出せず、溶岩チューブ洞窟は形成されない。

[おわりに] 西之島溶岩の SiO_2 の重量%や温度が従来の安山岩とそれほど変わらないのであれば、溶岩チューブ洞窟はおそらく発見できないであろう。ただし、噴火終了後、溶岩チューブ洞窟になれなかった溶岩チューブは潜在している可能性がある。より詳細なデータ(溶岩流厚さ、溶岩チューブ長ささと高さ、地形の斜度、溶岩の物性値)が必要である⁶⁾。噴火終了後、西之島に上陸して行う実地検証が期待される。溶岩トンネル、溶岩チューブの名称を使う場合の定義の明確化も必要である。分類としてActive lava tube, filled(plugged) lava tube 及びDrained lava tube(lava tube cave)の使用を提案する。

[参考文献]

1)青木斌,小坂丈予(1974):海底火山の謎-西之島踏査記,p66,東海大学出版会

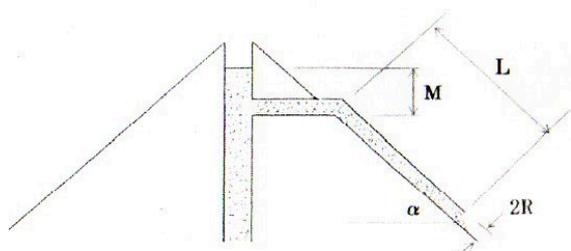
2)森下泰成,小野智三,濱崎翔五,高橋日登美,野上健二(2015):日本火山学会2015年度秋季大会講演予稿集,P85,p183

- 3)守屋似智雄(1983):日本の火山地形,p9,東京大学出版会
 4)本多力,ジョン・テインズレイ(2015):日本火山学会2015年度秋季大会講演予稿集、B3-03,p79
 5)G.Hulme(1974):Geophys.J.R.Astr.Soc.,vol39,p361
 6)本多力(2015):ケイビングジャーナル、No.53,p24

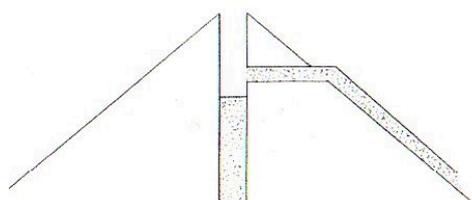
キーワード:溶岩チューブ洞窟、西之島、安山岩溶岩流

Keywords: Lava tube cave, Nishinoshima, Andesite lava flow

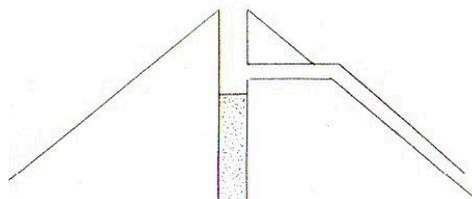
Fig.1 Hydrodynamic Model of Bingham Fluid



(A) Active lava tube: $(\rho g \sin\alpha + \rho g M/L)R/2 > f_B$



(B) Filled lava tube: $(\rho g \sin\alpha)R/2 < f_B$



(C) Drained lava tube: $(\rho g \sin\alpha)R/2 > f_B$

Table1 SiO₂wt% and Lava tube/cave height(Slope angle=6°)

SiO ₂ wt%, Yield strength	Acting pressure : M/L=	Required tube height:H	Comparison with lava thickness:h(<50m)
SiO ₂ 58%: *5x10 ⁴ N/m ²	1.0 (Magna+Gravity)	7m	<h?(Tube formation?)
	0.5 (Magna+Gravity)	13m	<h?(Tube formation?)
	0 (Gravity)	80m	>h(No cave formation)
SiO ₂ 61%: *1x10 ⁵ N/m ²	1.0 (Magna+Gravity)	15m	<h?(Tube formation?)
	0.5 (Magna+Gravity)	26m	<h?(Tube formation?)
	0 (Gravity)	120m	>h(No cave formation)

*G.Hulme(1974):Geophys.J.R.Astr.Soc.,vol39,p361

大山火山の噴火履歴の再検討

Restudy of the eruptive history on Daisen Volcano, SW Japan

*山元 孝広¹*Takahiro Yamamoto¹

1.産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

1.Geological Survey of Japan, AIST

島根県西部の大山火山は、約1Maから活動を開始したアダカイト質の複成火山である。噴火履歴の大枠は津久井（1984）により明らかにされているものの、その定量化にまでは至っていない。特に、大山火山では約5万年前に国内で最大規模のプリニー式噴火である大山倉吉降下火砕物が噴出したが、この噴火が大山火山の長期的な火山活動の中でどのように起きたものかまでは理解されていなかった。そこで大山火山の過去約20万年間の噴火履歴の見直しと放射性炭素年代測定、マグマ噴出量の再計測を行い、新たに積算マグマ噴出量階段図を作成した。噴火履歴の見直しで重要な点は、津久井（1984）の弥山火砕流が、本質物の化学組成の異なる北麓の清水原火砕流と西～南西麓の榊水原火砕流に分けられることである。前者からは18,960-18,740 calBC、後者からは26,570-26,280 calBCの暦年代が得られた。分布と岩質から、前者は三鈷峰溶岩ドーム起源、後者は弥山溶岩ドーム起源と判断され、大山火山の最新期噴火は約2万年前の三鈷峰溶岩ドームの形成であることが明らかとなった。大山火山起源のテフラについても等層厚線図を書き直し、Legros (2000)法で噴出量を計測し直した。従来値よりも噴出量が大幅に大きくなったものは計測し直した約8万年前の大山生竹降下火砕物で、その最小体積は2 km³DREである。更新した階段図からは、大山火山では約10万年前から噴出率が高い状態が続いていたことを示しており、大山倉吉噴火は大山火山のこの時期の活動の中で特異的に大きいわけではない。

キーワード：大山火山、噴火履歴

Keywords: Daisen Volcano, eruptive history

流理構造の発達する厚い流紋岩溶岩の自然残留磁化方向

Direction of natural remanent magnetization of rhyolite lava with clearly marked flow structure

*宇野 康司¹、古川 邦之²、金繁 陽子³

*Koji Uno¹, Kuniyuki Furukawa², Yoko Kaneshige³

1.岡山大学大学院教育学研究科、2.愛知大学経営学部、3.岡山大学教育学部

1.Graduate School of Education, Okayama University, 2.Faculty of Business Administration, Aichi University, 3.Faculty of Education, Okayama University

Volcanic rocks have long been recognized as good recorders of the geomagnetic field corresponding to the time of their formation. Rhyolite lava is a common volcanic rock in continental regions and can also be considered to be a useful source of paleomagnetic data. However, only few studies have focused on paleosecular variation, magnetostratigraphy or plate reconstruction analysis using the remanent magnetization of rhyolite lavas. Being highly viscous, rhyolite lavas often show heterogeneous texture, unlike andesitic and basaltic lavas. Flow structure, one of the characteristics of rhyolite lava, may offer a clue about the changes in the direction of remanent magnetization in rhyolite lava during the development of the structure: heterogeneous texture in rocks may cause the deflection of the remanent magnetization to a direction different from the original one. The disagreement between the observed paleomagnetic direction of rhyolite lava and the expected one may be a function of the development of the flow structure.

In this study, we examined a thick rhyolite lava flow with clearly marked flow structure to assess its ability to records a consistent paleomagnetic direction, using material penetrated by two drill cores.

Progressive thermal demagnetization isolated two natural remanent magnetization components. The remanence was almost unblocked at around 580 degrees C during thermal demagnetization and is inferred to be carried by magnetite. A high-temperature component from each of the two cores yields inclinations that differ from each other. The low-temperature component had those that agreed with each other, and were also consistent with the direction expected from a geocentric axial dipole field. The modification of direction of the high-temperature component may be explained by post-magnetization acquisition tilting. In the case of silicic lava, the low-temperature component may retain directions parallel to the ambient field direction at the time of lava emplacement.

キーワード：流紋岩溶岩、残留磁化、ドリルコア

Keywords: Rhyolite lava, Remanent magnetization, Drill cores

阿蘇-4火砕噴火前に噴出したAso-ABCDテフラの岩石学的特徴

Petrological characteristics of Aso-ABCD tephra which erupted before Aso-4 pyroclastic eruption

杉山 芙美子¹、*長谷中 利昭¹、安田 敦²、外西 奈津美²、森 康³

Fumiko Sugiyama¹, *Toshiaki Hasenaka¹, Atsushi Yasuda², Natsumi Hokanishi², Yasushi Mori³

1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.東京大学地震研究所、3.北九州自然史歴史博物館

1.Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 2.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3.Kitakyushu Museum of Natural History and Human History

阿蘇-4巨大噴火 (89 ka) と阿蘇-3噴火 (123 ka) の間には、何枚かのテフラ (A, B, C, D, , , M, N, α , β , , , η) が記載されている (小野ほか, 1977)。このうちAso-ABCDテフラは最上位に位置し、一連の噴火の産物だと考えられている。長橋ほか (2007) はAso-ABCDテフラ年代を97.7 kaと見積もっている。テフラの等層厚線から給源は阿蘇カルデラ内・中央火口丘群の南側に推定され (小野ほか, 1977)、噴出物の体積は3.5km³と見積もられている (町田・新井, 1992)。阿蘇-4火砕噴火の直前には大峰火砕丘の噴火とそれに伴う高遊原溶岩の流出が起こった。溶岩とそれを覆う阿蘇-4テフラの間に土壌を挟まないで、大きな時間間隙は考えられない。噴出物の体積は2 km³である。阿蘇-4後の中央火口丘群の活動中、最大の珪長質マグマの噴火は3万年前の草千里ヶ浜火山の軽石噴出で、体積は1.4km³ (宮縁ほか, 2003) に過ぎないので、阿蘇-4噴火前のある程度の大きさの噴火が続いたことがわかる。

阿蘇カルデラ東方約20 kmの大分県竹田市荻町野鹿の露頭で阿蘇-4火砕流堆積物直下に層厚3mの降下軽石層と降下火山灰層の互層として露出するAso-ABCDテフラの軽石および火山灰を採集し、岩石記載および全岩XRF分析、鉱物のEPMA分析および鉱物中のメルト包有物のFT-IR分析をした。斑晶鉱物組合せは斜長石、斜方輝石、単斜輝石、マグネタイトで、阿蘇-4に普通にみられる普通角閃石は含まれなかった。軽石の全岩化学組成 (SiO₂ = 63-66 wt.%) はKaneko et al. (2007, 2015) の阿蘇-4ではなく阿蘇-3組成トレンド上にプロットするものが多かった。斜長石や輝石に含まれるメルト包有物組成はSiO₂=70-72 wt.%に集中し、Aso-3の組成とほぼ一致した。斑晶鉱物のコアの組成は、斜長石An40-64、斜方輝石Mg# =70-74、単斜輝石Mg#= 74-81であった。ホストの鉱物組成がAn40-61、斜方輝石Mg#=73-76、単斜輝石Mg#=76-79に対応するメルト包有物の含水量は1.0-4.8 wt.%と見積もられた。

ホスト単斜輝石組成と含水量から見積もられる温度は860-950°C、圧力は1.1-2.7 kbar (Putirka, 2008) であった。マグマ溜りの深度は地表から約3-9 km下となり、この深度は須藤ほか (2006) の草千里マグマ溜り深度6kmと一致する。古川ほか (2006) は阿蘇-3、阿蘇-4間のテフラ組成、推定温度、推定含水量、推定酸素分圧が漸次変化していくことを示したが、本研究ではAso-ABCD組成はAso-3の組成に近いことが分かった。阿蘇-4噴火の9千年前にはAso-4組成のマグマ溜りはまだ存在していなかったか、あるいはAso-ABCDとは独立して相互作用なく成長していたことが考えられる。

キーワード：阿蘇、カルデラ噴火、メルト包有物、Aso-ABCD テフラ、阿蘇-4火砕噴火

Keywords: Aso, caldera-forming eruption, melt inclusion, Aso-ABCD tephra, Aso-4 pyroclastic eruption

桜島火山歴史時代溶岩の斜長石斑晶サイズ分布解析 — マグマ移動・蓄積過程の時間発展と噴火様式・頻度の関係 —

CSD (Crystal Size Distribution) analysis for plagioclase phenocrysts in historical lavas of Sakurajima volcano -The control of magma plumbing system for the eruptive style and frequency-

*山下 俊介¹、寅丸 敦志²

*Shunsuke Yamashita¹, Atsushi Toramaru²

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

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University,

2.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University

In order to obtain insights into roles played by magma plumbing system in the long-term behavior of eruptive activity, we conducted crystal size distribution (CSD) analysis of plagioclase phenocrysts in four historical lavas of Sakurajima volcano, located in southern Kyushu, Japan: Bunmei eruption (1471-76), An-ei eruption (1779-82), Taisho eruption (1914-15), and Showa eruption (1946). Bunmei, An-ei, and Taisho eruptions firstly fell pumice by Plinian eruptions from newly formed flank vents, and subsequently flowed lavas. Showa eruption firstly had fell ash frequently for about three months, and subsequently flow lava from the Showa crater. After Showa eruption, Vulcanian eruptions occurred frequently, indicating the temporal change of eruptive style from large volume Plinian eruptions with lava flows (c.a. 1 km^3 DRE) to small volume frequent eruptions (one event less than 10^{-3} km^3).

In four historical lavas, plagioclase phenocrysts are classified into 3 types. Type-A is represented by the clear texture and lower An content (around An₆₀) in core and rim. Type-B shows the clear texture and higher An content (around An₈₀) in core and lower An content (around An₆₀) in rim, and the sharp compositional contrast between the core and the rim. In addition, the length of rim varies by a wide range as 10-200 μm in all lavas. Type-C has the sieve texture and heterogeneous compositions in core. From above chemical analysis, the magma plumbing system consist of two magma reservoirs (felsic magma chamber and mafic magma chamber) where the crystallization proceeds to form phenocrysts. Type-A crystallizes in the felsic magma chamber in which the compositions gradually changes from felsic to mafic during hundreds years by repeated injections of mafic magmas. Type-B crystalizes in the mafic magma chamber, and the mafic magma continuously injects to the felsic magma chamber.

The CSD plots of both type-A and type-B can be approximated by log-linear CSDs. Slopes of type-A are constant regardless of eruptive ages, and those of type-B become steeper with time, that is, Showa has the steepest slope. From the CSD analysis, the residence time in the felsic magma chamber is nearly constant with time, whereas the residence time in the mafic magma chamber becomes shorter with time, indicating that both mantle-derived mafic magma supply rate and extraction-rate to the felsic magma chamber increase with time. The magmatic behavior such as crystallization and accumulation rates in the felsic magma chamber keeps a constant pace and has no influence on eruptive phenomena. On the other hand, the mafic magma chamber located at deeper level controls the surficial behavior in eruptive phenomena, such as frequency of eruptive events and dominant eruption styles of Vulcanian type, through increasing rates of mantle-derived mafic magma supply.

キーワード：結晶サイズ分布、斜長石斑晶、マグマ供給系

Keywords: Crystal size distribution, Plagioclase phenocryst, Magma plumbing system

7.3 ka鬼界カルデラ噴火に伴い発生した津波：屋久島北東部小瀬田海岸付近におけるイベント堆積物からの制約

Tsunamis generated by the 7.3 ka catastrophic eruption at Kikai caldera, Japan: constrains from tsunami traces around the Koseda coast, NE Yakushima, Japan

*前野 深¹、七山 太²、中川 正二郎³、佐々木 洋之³、面 将道³、下司 信夫²、渡辺 和明²、成尾 英仁⁴、小林 哲夫⁵

*Fukashi Maeno¹, Futoshi Nanayama², Shojiro Nakagawa³, Hiroyuki Sasaki³, Masamichi Omote³, Nobuo Geshi², Kazuaki Watanabe², Hideto Naruo⁴, Tetsuo Kobayashi⁵

1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.屋久島地学同好会、4.武岡台高等学校、5.鹿児島大学

1.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2.Geological Survey of Japan, AIST,

3.Yakushima Earth Science Club, 4.Takeokadai High School, 5.Kagoshima University

Timing and mechanism of volcanogenic tsunamis are important to constrain nature, processes, and hazards of volcanic eruptions in marine and lacustrine environments. In this presentation, we report the event deposits caused by pyroclastic flows and tsunamis during a catastrophic caldera-forming eruption at Kikai caldera, Japan, and discuss their origin. There are some hypotheses on the tsunami generation and propagation during the 7.3 ka eruption at Kikai caldera. Previous numerical simulations showed that huge tsunamis might hit Yakushima Island (e.g., Maeno et al., 2006), but so far no clear and convincing evidence has been found in this region. We investigated traces of the tsunamis caused by this eruption in the northeast of Yakushima Island, and found the deposits, originated from the pyroclastic flow and tsunami event at 7.3 ka, near the Onagawa river mouth at the Koseda coast. Our study includes reinterpretation of a previously studied outcrop (Moriwaki et al., 2006). The deposits at the Koseda coast consist of two major units and lie on a wave cut bench (WB-4) of ~8.4 m above sea level or more. The lower unit is a poorly sorted, ~30-cm gravel bed with sandy matrix, and the upper unit is a massive, 0.3-1-m thick pyroclastic flow deposit from the 7.3 ka eruption. A reworked deposit and a 1-2-m thick gravel bed cover the pyroclastic flow deposit. Based on the outcrop and trench surveys, the lower gravel bed is traceable at least 120 m toward inland and has a similar component to modern beach gravels distributed around the Onagawa river mouth. The matrix of the lower gravel bed also contains pumice clasts (up to a few cm in diameter) originated from the 7.3 ka eruption, as evidenced by glass chemical composition and fibrous texture. The grain-size of the matrix component decreases toward inland. The local observations of Holocene marine terrace distributed in the northeast of Yakushima suggest that the highest sea level phase (+9.7 m) occurred between 7.3 and 5 ka. Thus, we interpret that WB-4 emerged before 7.3 ka, the sea level at 7.3 ka was less than 8.4 m, and a transgression of 1-2-m continued after 7.3 ka. Based on our data and interpretation, we would conclude that gravel in the lower bed was transported from the river mouth to the top surface of WB-4 by a relatively high concentration, energetic current associated with a tsunami at 7.3 ka, and that the timing of the tsunami is constrained after the beginning of the 7.3 ka eruption and before or during the climactic phase that produced large-scale pyroclastic flows.

キーワード：火山性津波、火砕流、鬼界カルデラ、小瀬田海岸、屋久島

Keywords: volcanogenic tsunamis, pyroclastic flows, Kikai caldera, Koseda coast, Yakushima

マイクロライト結晶作用に対する熱境界層の役割：剪断変形実験からの制約

Role of thermal boundary layer on microlite crystallization: constraints from shear-deformation experiments

駒宮 智全¹、*中村 美千彦¹、奥村 聡¹

Chizen Komamiya¹, *Michihiko Nakamura¹, Satoshi Okumura¹

1.東北大学大学院理学研究科地学専攻地球惑星物質科学講座

1.Division of Earth and Planetary Materials Science, Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University

Microlite crystallization in ascending hydrous magmas has been widely believed to be driven by decompression and resulting liquidus temperature increase, because thermal conductivity of magma is low and cooling is less effective for magmas ascending at a common velocity in a conduit. In the thermal boundary layer along conduit walls, however, effect of thermal conduction is imposed on the undercooling produced by decompression, thus microlite nucleation is supposed to be enhanced. The conduit walls may work also as a site for heterogeneous nucleation. In order to evaluate the potential role of thermal boundary layer on the microlite crystallization in ascending magmas, we have investigated experimentally the effect of temperature gradients and shear flow on the textural evolution and crystallization kinetics of trachyandesitic melt using an image furnace. The shear deformation was applied by twisting two rods, fixed to the upper and lower shafts. The rods of alumina were used in Series1 experiments. In Series2 experiments, dacite lava was used for the upper rod. The starting materials were initially heated at a temperature higher than the liquidus temperature for 60-120 minutes, then once quenched and reheated at a run temperature below the liquidus. The difference between the initial heating temperature and the liquidus was defined as superheating, $-DT$. The difference between the run temperature and the liquidus temperature, was defined as supercooling, DT . The experiments were performed at different degrees of superheating ($-DT = 33, 98$ and 233°C), supercooling ($DT < 138^{\circ}\text{C}$) and rotation rates ($0, 0.08$ and 0.8 rpm). In Series 1, run products had high crystal fraction only at low superheating (33°C), in which minute relict crystals worked as a nucleation sites. At higher superheating experiments (98 and 233°C) and static experiments without shear, no crystal was observed in the central part of the run products. On the other hand, the run products of Series2 had high crystal fractions even at a high superheating ($-DT = 233^{\circ}\text{C}$) when the shear rate was high ($> 10^{-1} \text{ s}^{-1}$: 0.8 rpm). The difference between Series1 and Series2 can be summarized as follows. The surface of the rods, both alumina and dacite, induced heterogeneous nucleation of plagioclase. However, the crystals formed on the alumina rod surface were spherite-like, whereas those on the dacite rod surface had a shape similar to natural microlites. The nucleated plagioclase crystals were removed from the rod surfaces by shear flow only from the dacite surface in Series2. The plagioclase crystals were brought to the inside of the samples, resulting in high crystal number density and volume fraction.

Assuming a simple plug flow with conductive cooling from the walls, the thermal boundary layer with $DT=20^{\circ}\text{C}$ can be formed from the conduit wall with a thickness of a few percentage of the conduit radius. The strain rate at which the crystal can be removed from the boundary layer, i.e., 10^{-1} s^{-1} , is achieved near the conduit wall if the ascent rate of magma is higher than $5.0 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$. These rates were observed in some eruptions such as Mount St. Helens. Crystal number density of the eruptive materials may, therefore, include the crystals formed at the thermal boundary layer near the conduit wall as well as the crystals nucleated in the conduit center solely by decompression. The effect of thermal boundary layer crystallization should be considered for number density and morphology of microlites in volcanic rocks.

キーワード：マイクロライト、過冷却、マグマ上昇
Keywords: microlite, undercooling, magma ascent