

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。黒色古土壌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 (直下古土壌, 2 sigma), Es-3: 2,435-2,344 (火砕サージ堆積物, 1 sigma), Es-4: 1,894-1,829 (直下古土壌, 1 sigma)と636-551(上載古土壌, 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試料の黒色古土壌を採取し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壌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

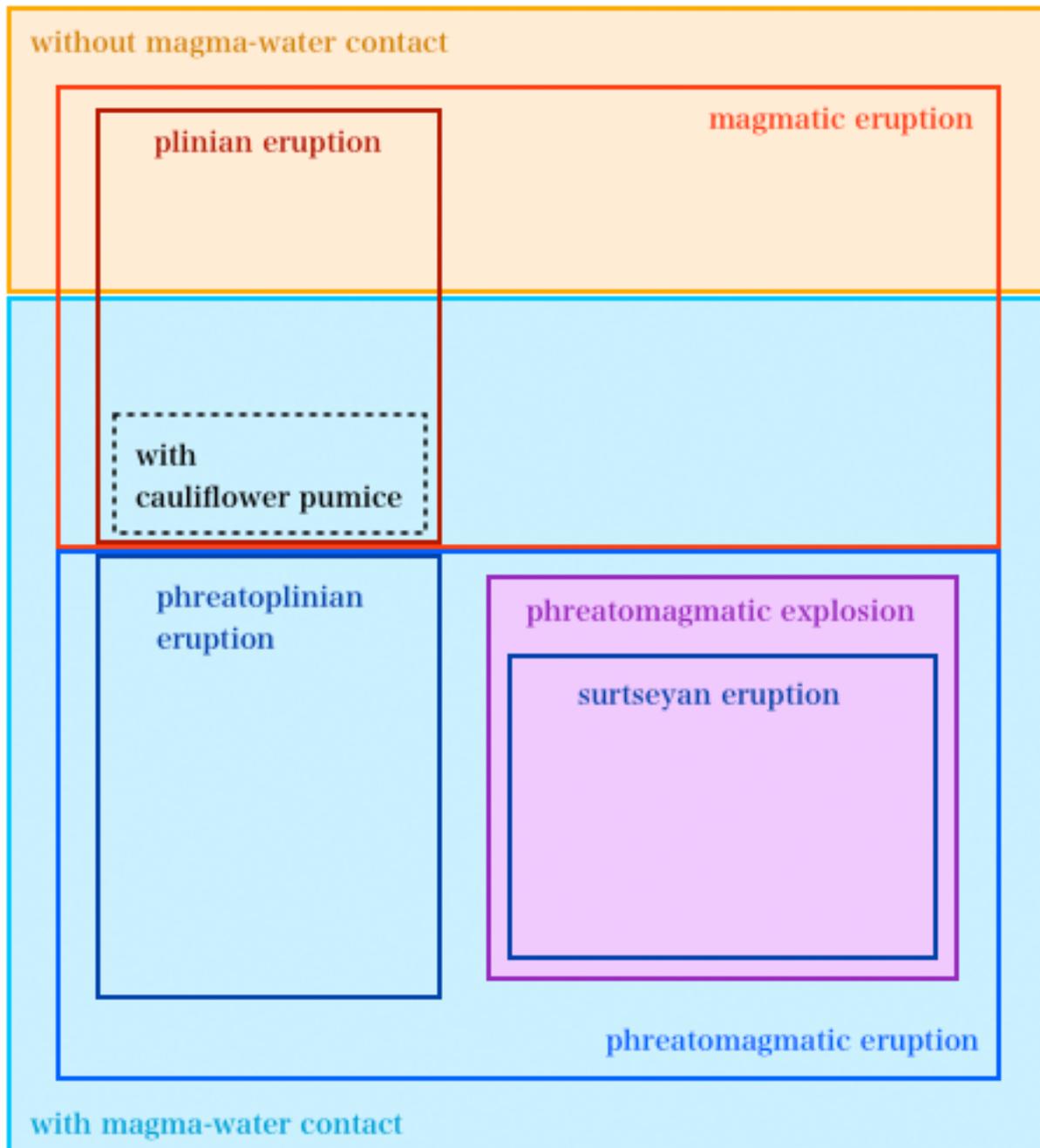


図. 本研究の結論から導かれる外来水の関与と噴火形態及び噴火様式の関係分類図

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 $\text{An}_{62\text{-}92}$ 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 $\text{An}_{64\text{-}66}$ と $\text{An}_{76\text{-}78}$ 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だ，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

*Tsutomu 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

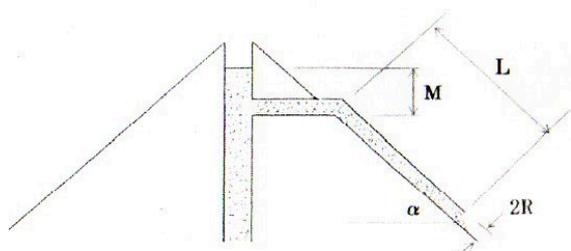
2)森下泰成,小野智三,濱崎翔五,高橋日登美,野上健二(2015):日本火山学会2015年度秋季大会講演予稿集,P85,p183

- 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

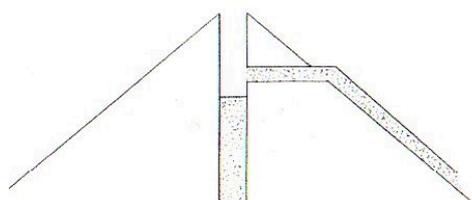
キーワード:溶岩チューブ洞窟、西之島、安山岩溶岩流

Keywords: Lava tube cave, Nishinoshima, Andesite lava flow

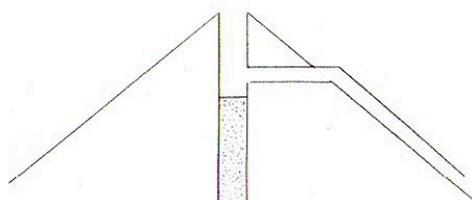
Fig.1 Hydrodynamic Model of Bingham Fluid



(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 km³ DRE) to small volume frequent eruptions (one event less than 10⁻³ km³).

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 10-200μm 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

羅臼-知床硫黄火山群の中期-後期更新世噴出物のFT及びK-Ar年代

FT and K-Ar ages of the Middle to Late Pleistocene volcanic products erupted from Rausu-Shiretoko Io Volcano Group

*石塚 吉浩¹、松本 哲一¹

*Yoshihiro Ishizuka¹, Akikazu Matsumoto¹

1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門

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

千島弧南西の知床半島中央部には知床硫黄山、羅臼岳、天頂山の3つの活火山が並ぶ。これらは半島軸上に火山群をつくり、12kmの範囲に近接して類似した安山岩噴火をしてきた特徴を持つ。19~20世紀に4回の水蒸気噴火の歴史記録を持ち、近年では完新世噴火に時間軸が入りつつある（宮地ほか、2000；斜里町立知床博物館編、2009；Goto et al., 2011）。産業技術総合研究所では、1/5万地質図幅「羅臼」（土居ほか、1970）を改訂する目的で、羅臼-知床硫黄火山群全域で地質調査を行い、長期的な火山活動史に時間軸を入れることを進めている。

1) フィッション・トラック(FT)年代；知床半島中央部オホーツク海側には、羅臼-知床硫黄火山群の溶岩流下位に、時代未詳及び給源不明の安山岩質火砕流堆積物が断片的に露出する（カムイワッカ溶結凝灰岩；勝井ほか、1982）。今回、本火砕流堆積物中のジルコンのFT年代を（株）京都フィッショントラックにてLA-ICP-MS法で測定した。試料から抽出したジルコンの多くは無色透明の均質な晶癖を持つ良好なもので、 0.36 ± 0.10 Ma (1σ)の年代が得られた。この値は、羅臼-知床硫黄火山群最下位の溶岩流のK-Ar年代（0.24 Ma；Goto et al., 2000）と矛盾しない。また本火砕流堆積物の記載岩石学的特徴と全岩化学組成は、羅臼-知床硫黄火山群の溶岩流のそれらと類似する。従って、羅臼-知床硫黄火山群の形成初期に比較的規模の大きな火砕噴火が起こったと考えられる。

2) K-Ar年代；これまで放射年代値が得られていない火山群東山腹の安山岩溶岩流について、産業技術総合研究所で同位体希釈法によるK-Ar年代を測定した。知床硫黄山を給源とする溶岩流から 0.16 ± 0.01 Ma（ケンネベツ川標高405m）、サシルイ岳付近を給源とする溶岩流から 0.05 ± 0.01 Ma（サシルイ川標高100m）の年代が得られた。これら年代と火山群山頂部～西山腹の知床硫黄山及び羅臼岳を給源とする溶岩流のK-Ar年代（0.16 Ma, 0.08 Ma, 0.05 Ma；Goto et al., 2000）を合わせて考慮すると、中期～後期更新世にかけて羅臼-知床硫黄火山群では、知床硫黄山～サシルイ岳～羅臼岳の間で、噴出源を変えながら連続的に火山活動が起きたことを示唆する。この特徴は完新世の噴火に継続している。

キーワード：羅臼-知床硫黄火山群、噴火、年代、地質図、千島弧

Keywords: Rausu-Shiretoko Io Volcano Group, eruption, chronology, geological map, Kurile arc

大雪山御鉢平カルデラ形成噴火とその堆積物

The Ohachidaira caldera-forming eruption and associated deposits, Taisetsu volcano group, Japan

*安田 裕紀¹、鈴木 桂子¹

*Yuki Yasuda¹, Keiko Suzuki-Kamata¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

The Sounkyo member was produced during the Ohachidaira caldera-forming eruption that occurred in the central part of Taisetsu volcano group, central Hokkaido, Japan. At distal sites, the member comprises a pumice-fall deposit and the overlying Sounkyo ignimbrite (about 6.5 km³), previously named Px-type pyroclastic-flow deposit by Sato and Wada (2012). Proximal deposits, occurred around the Ohachidaira caldera, comprise the following pyroclastic sequence from base to top: pumice and scoria-fall deposit (SK-A); ignimbrite (SK-B); lithic breccia (SK-C); scoria-fall deposit (SK-D); and pyroclastic-surge deposit (SK-E). SK-A mantles the land surface, attains a maximum thickness of 60 m in the caldera rim exposures, and shows an outward decrease in thickness, grain-size, and the degree of welding. SK-B is a valley-filling ignimbrite as much as 45 m thick composed mainly of pumice and scoria clasts up to 70 cm in diameter and gray ash matrix with a small amount of lithic fragments, and varies vertically from massive facies (up to 15 m thick) to crudely parallel-stratified facies. SK-C (up to 27 m thick) is massive and poorly sorted, consisting predominantly of coarse lithic blocks, up to 2.6 m in diameter, and subordinately of pumice lapilli, with fines-depleted coarse ash matrix, and varies from clast-supported to matrix-supported. SK-C thickens into topographic depressions, contains abundant rounded pumice clasts, lacks impact structures even beneath meter-sized lithic blocks, and grades downward into SK-B ignimbrite and laterally into a fine-bearing, matrix-supported, lithic breccia, indicating a flow origin. SK-D is locally exposed and has an average thickness of 1 m. SK-E (up to 15 m thick) is a cross-stratified pyroclastic-surge deposit. The grain-size and component characteristics of SK-E are similar to those of SK-B. Field evidence shows that the distal pumice-fall deposit represents a lateral counterpart of SK-A. Hence the Sounkyo ignimbrite might be a distal equivalent of SK-B. The coarse lithic breccia (SK-C) overlies the voluminous ignimbrite (SK-B), implying that a vent widening occurred at the end of the climactic eruption.

キーワード：御鉢平カルデラ、大雪山火山群、カルデラ形成噴火、イグニブライト、石質角礫岩

Keywords: Ohachidaira caldera, Taisetsu volcano group, caldera-forming eruption, ignimbrite, lithic breccia

カルデラ噴火に伴う低温かつ希薄な火砕性密度流：十和田火山・八戸火山灰の例

Occurrence of a low-temperature dilute pyroclastic density current just before the caldera-forming eruption in a water-rich environment : a case study of Hachinohe ash, Towada volcano, NE Japan

*野中 建太¹、宮本 毅²

*Kenta Nonaka¹, Tsuyoshi Miyamoto²

1.東北大学理学研究科、2.東北アジア研究センター

1.Graduate School of Science, Tohoku University, 2.Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

八戸火山灰と八戸火砕流堆積物は、十和田カルデラ形成期最後の活動である噴火エピソードL (13,000 b.p.y.)の噴出物である。十和田カルデラ東麓に広域に分布する八戸火山灰は、細粒火山灰層と軽石層の互層から成り、特に細粒火山灰層は外来水の関与を示唆する火山豆石を含む。一方、噴火エピソードL開始時には、それ以前の二度のカルデラ噴火によって十和田カルデラの前身の陥没地形がすでに存在していたと推定され、大量の外来水の存在が示唆される。これに基づき早川(1983)は、火道を上昇中に発泡破碎した珪長質マグマと大量の湖水の相互作用により水蒸気プリニアン噴火が発生したとした。

従来、多くの水蒸気プリニアン堆積物は水を含む噴煙柱形成による降下堆積物であると考えられてきた (Self and Sparks, 1978; Smith, 1998)。八戸火山灰中の細粒火山灰層も、その分布と粒度の特徴から降下堆積物であると判断されている。しかし、水蒸気プリニアン堆積物では水の関与による凝集物の存在によりその定置過程の判断が難しい。さらにKoyaguchi and Woods (1996)は火道を上昇してきたマグマと外来水とが接触できる環境での噴火では、湿潤な噴煙柱の形成以外にも、マグマ-水比の変化により低温湿潤な火砕流の発生を示唆している。従って、本研究では八戸火山灰の野外調査に基づき、水蒸気プリニアン噴火による降下堆積物とされた細粒火山灰層の定置過程を再検討する。

今回の調査では給源である十和田カルデラの東側45kmまでの地域内において露頭記載を行った。その結果、先行研究と同じく細粒火山灰層は互層する軽石層とあわせて、6つのユニット(下位よりHP1~6)に区分できた。各ユニット内ではより複雑な層相の変化が見出され、特に、最下位の火山灰層HP1は上位(HP1b)と下位(HP1a)の2層に細分された。粒度分析では火山灰凝集物の存在のため、両者の定置様式を判断することは困難な結果が得られたが、層相と堆積構造によりHP1aとHP1bは明確に区別可能である。HP1bは細粒火山灰から成り、火山豆石を含む。また、堆積時の地形を一様に覆っており、上記の特徴から、従来通りHP1bは水蒸気プリニアン噴火による降下堆積物であると考えられる。一方、今回観察した地点においてHP1aは主に粗粒火山灰から成る薄層による弱く斜交した層理を示す。また、HP1aの全層厚は火口から20km以上遠くにおいて最大で50cmであり、噴火開始時の地形面の低所において厚くなる。そして、火口から35km以内の低高度の原地地形面にはしばしば泥炭層とともに横倒しの樹幹を伴い、HP1aはそのような樹幹が造る数十cmの起伏を埋め、ほぼ水平な上面を形成している。樹幹による起伏が層厚を上回る場合は、その起伏に対してHP1aは非対称な堆積構造を示す。以上のHP1aが示す堆積構造は、HP1aが流れ堆積物であることを、さらに、弱く斜交した薄層理は複数の希薄な火砕性密度流(PDC)の発生を示唆している。また、最も遠く45km離れた地点でも同様な特徴を示し、HP1aは遠方まで流下したといえる。加えて、火口から25km離れた地点では未炭化の木片が含まれているが、一方で火山豆石などの液体の水の関与を示す証拠は見出されていない。以上のことからHP1aを形成した希薄なPDCは、流れの途中(~25km)において炭化温度を下回る比較的低温な状態(ただし、>100°C)で堆積したと判断され、この低温な流れの発生に外来水が関与した可能性が高い。先行研究では八戸火山灰の分布範囲は十和田カルデラの東麓に限られることから、この希薄なPDCは指向性をもつ発生機構により生じたのかもしれない。

一般にHP1aと同様な希薄なPDCとしてマグマ水蒸気噴火ではサージ堆積物が認められるが、その分布範囲は火口から最大でも数kmに限られ、規模が全く異なる。HP1aと同様に比較的遠方まで流走した希薄なPDCとして、7.3 ka 鬼界カルデラ噴火 Unit B₁ (Maeno and Taniguchi, 2009)、12 ka Neapolitan Yellow Tuff eruption LM1 (Wohletz et al., 1995)、160 ka Kos Plateau Tuff eruption Unit B (Allen and Cas, 1998)、7.6 Ma Akdag-Zelve ignimbrite eruption Upper / Lower surge series (Schumacher and Mues-Schumacher,

1977) などが挙げられる。これらを形成した珪長質噴火はすべて、浅海域あるいは陸水域で起きたカルデラ形成噴火である。希薄なPDCは大規模火砕流噴出に先行して発生し、いずれの噴火でも希薄なPDCの発生の要因として、火口における外来水の関与が示唆されている。つまり、浅海域あるいは陸水域で起きるカルデラ形成噴火初期における希薄なPDCの発生は普遍的な現象といえるかもしれない。各噴火の希薄なPDCの層相は多様であるが、これは火口におけるマグマ-水比の違いに起因して、多様な層相が形成されることを示唆している。

キーワード：十和田火山、八戸火山灰、水蒸気プリニアン噴火、カルデラ形成噴火、希薄な火砕性密度流

Keywords: Towada volcano, Hachinohe ash, phreatoplinian eruption, caldera-forming eruption, dilute pyroclastic density current

十和田火山、噴火エピソードC（中掬テフラ）堆積物のcomponent analysisに基づく中湖カルデラの形成プロセス

The forming process of the Nakanoumi caldera based on component analysis for deposits of Eruptive Episode C (Chuseri tephra), Towada volcano, NE Japan

*井澤 慶俊¹、宮本 毅²

*Noritoshi Izawa¹, Tsuyoshi Miyamoto²

1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学東北アジア研究センター

1.Department of Earth Science, Gratitude School of Science, Tohoku University, 2.Center for Northeast Asia Studies, Tohoku University

十和田湖を有する十和田火山は二重カルデラ火山であり、外側の十和田カルデラ（直径10km）は、3度の珪長質大規模噴火を経て13,000年前に形成された。内側の中湖カルデラ（直径3km）は後カルデラ火山である五色岩成層火山の山頂カルデラである。五色岩火山の山体は苦鉄質であるが、活動が再び珪長質へと変化するとともに爆発的活動へと移行し、山頂部に逆円錐台形の深いカルデラが形成された。

約6,500年前の噴火エピソードC（中掬テフラ）は下位からプリニー式降下軽石である中掬軽石(CP)、石質岩片に富む降下軽石堆積物である金ヶ沢軽石(KP)、マグマ水蒸気噴火噴出物である宇樽部火山灰(UA)から成り（早川、1983）、総噴出量は約3km³である。Hayakawa(1985)は、石質岩片に富むKPの存在と、マグマ噴火から爆発的なマグマ水蒸気噴火へ活動が移行したことから、噴火エピソードCが中湖カルデラの形成に大きく関与したとしたが、その形成時期には異論もある。

一般に爆発的噴火の噴出物中の石質岩片は、火道や山体を構成する岩石で、マグマ溜りの壁、マグマ破碎深度付近の岩石も含まれる。石質岩片の種類や量の時間発展は、火口の拡大や進展、新たな火口形成を示唆するものと考えられ、噴火様式の変化やカルデラ形成プロセスなどに関連づけて議論されてきた（例えばDruitt, 2014）。以上に基づき本研究では、中掬テフラ中の石質岩片種や量比の時間変化を詳細に検討し（Component Analysis）、中湖カルデラの形成プロセスについて考察を行った。

中掬軽石(CP)は層の下部、上部で粒径変化が認められ、噴煙柱の消長があったことが示唆されるが、大半を占める主部はほぼ様な岩相を示し、時間間隙のない連続事象であったと推定される。金ヶ沢軽石(KP)は、下位からKP1-KP5の5枚のサブユニットに区分され、それぞれ短い時間間隙が存在する。3枚のサブユニット内では、主に類質・異質岩片からなる石質岩片卓越部から軽石卓越部へと漸移するが、この特徴は一般的なプリニー式噴火噴出物では認められないものである。

CP中の石質岩片量は、火口近傍でも主部の大半で10wt%であるが、主部の最上位で石質岩片量が急増する傾向が認められ、最大で40wt%に達する。この石質岩片量の増大とともに軽石の最大粒径(MP)が大きくなる傾向があるが、中央粒径(Mdφ)の変化はない。一方、KP中の石質岩片量は、石質岩片が卓越するKP2L・KP4L・KP5で80wt%以上を占めるのに対し、軽石卓越部（KP2U・KP4U）では40~50wt%で、CP主部上位の岩片が急増する部分と同程度である。

五色岩火山は苦鉄質溶岩と同質のアグルチネイト、その上位の爆発的噴火に由来する珪長質な溶結軽石からなる。また、北東側斜面にはデイサイト質の御倉山溶岩ドームがあり、活動火口的位置によってこれらの石質岩片種が噴出物中で変化すると予想される。五色岩の下位には十和田カルデラ形成以前の溶岩や溶結凝灰岩（八甲田起源）が存在し、さらに深部は必ずしも明らかではないが基盤の粘板岩やチャートなどの堆積岩があると考えられる（秋田県、1973）。CP中の構成岩片種は、岩片量の少ない主部の大半では五色岩の山体を構成する玄武岩質安山岩~安山岩が主体である。一方、岩片量が急増する上位では、褐色の変質岩片や珪化岩が含まれる。KPではCPの上位と類似した玄武岩質安山岩~安山岩岩片と変質岩片が大半を占め、サブユニットによらず一定の構成比を示すが、少量の黒曜石片も含まれる。両降下軽石層を通じて、基盤に由来する岩片は確認されない。

以上のように岩片量・岩片種はユニットの相違に対応するのではなく、CPの上位において変化する。この変化は軽石のMPの変化と対応しており、噴火強度の変化がその原因であるようにも考えられるが、一方でMdφには変化がないなど、さらなる検討の余地がある。

CP・KP中の石質岩片の大部分は五色岩火山を構成する地表付近の岩片で、それよりも深部のものはほとんど含まれない。従って、この活動で放出された石質岩片は既存の山体を破壊することでもたらされたと考えられる。現在の中湖の容積は約 2km^3 であるが、今回得られたCP・KP中の石質岩片の総量は 0.16km^3 であり、噴火エピソードCのみでは中湖を埋め立てることはできない。一方、最新の活動である噴火エピソードA中の石質岩片量は約 0.6km^3 （広井・宮本, 2014）である。また、中湖は十和田カルデラ床よりも200m以上深く、五色岩火山よりも下位の岩石を侵食する必要がある。以上の点から現在の中湖カルデラは単一のイベントで形成されたのではなく、噴火エピソードC以降の複数の活動によって段階的に形成され、噴火エピソードAの際に現在の形となった可能性が高い。

キーワード：十和田火山、中掬テフラ、石質岩片、構成種分析

Keywords: Towada volcano, Chuseri tephra, lithic fragment, component analysis

岩手山松川火山観測施設岩石コア試料の層序と年代

Stratigraphy and radiometric ages of borehole core from the Matsukawa observation well, Sengan volcanic region, Northeast Japan.

*長井 雅史¹、土井 宣夫²、上田 英樹¹

*Masashi NAGAI¹, Nobuo Doi², Hideki Ueda¹

1.防災科学技術研究所 地震・火山防災研究ユニット、2.岩手大学 教育学部

1.Earthquake and Volcano Research Unit, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2.Faculty of Education, Iwate University

防災科研が平成21年度に整備した岩手山松川火山観測施設では孔井式地震傾斜観測装置を設置するため、西岩手山地獄谷火口から北西約5kmの地点(緯度N39.88346° 経度E140.93582° 標高804m)に深度200mの観測井を掘削した。その際、観測井の地質状況の把握のために岩石コア試料の採取を行なった。岩手火山を含む仙岩火山地域の第四紀火山群の研究ではK-Ar年代測定(須藤, 1985など)やテフクロクロノロジー(土井, 1990など)により噴出物の編年が進んでいる。しかし初期の火山体については熱水変質が進んでいることや地表下に埋没している等の理由で情報が不足している。今回得られたコア試料を解析することにより、岩手火山周辺の火山形成史や基盤構造の解明が進むことが期待される。

ボーリングコア試料の概要

松川コア試料は岩相により大きく3つに区分される。上部(深度0m~106.0m)は主に未固結の安山岩質火山角礫岩や凝灰角礫岩からなる。部分的に土壌塊が狭在している。中部(深度106.0m~134.7m)は熱水変質した未固結の安山岩質の凝灰角礫岩・火山角礫岩からなり、黄褐色の基質にはしばしば水平的なせん断構造が発達している。下部(深度134.7m~203.0m)は全体に強く熱水変質した暗灰色や緑灰色の火山岩類からなる。深度148m~150m付近の変質岩には急傾斜なせん断帯が発達している。深度157m~167mは安山岩質の溶岩流もしくは貫入岩からなる。深度約170m以深は固結した緑灰色の火山礫凝灰岩で、ユータキシティック組織の痕跡が認められることから溶結凝灰岩の可能性がある。

年代測定の概要

松川コア中部~上部の試料のK-Ar年代測定を蒜山地質年代学研究所に依頼した。測定には石基濃集試料を用い、³⁸Arスパイクを使用する同位体希釈法により行なわれた。測定結果(重み付平均値)は上部の深度75.3mの火山角礫岩の安山岩岩塊では 0.94 ± 0.03 Ma, 中部の深度121.4mの火山角礫岩中の安山岩岩塊では 1.04 ± 0.07 Maであった。また、上部から採取された腐植質土壌や木片については¹⁴C法による年代測定をパレオ・ラボに依頼した。深度40.2mの試料では 4820 ± 25 yrBP, 42.6mの試料では 4975 ± 25 yrBP, 54.2mでは 5055 ± 20 yrBP, 69.9mでは 5890 ± 25 yrBPであり、暦年較正により約3600~4800cal.BC頃の年代が得られた。

ボーリングコア試料の対比

松川コア下部は変質が強いため不明な点が多いが、一部は玉川溶結凝灰岩類に対比される可能性がある。コア中部と上部に含まれる火山岩岩塊は約1 Ma頃を示し、松川安山岩もしくは八幡平火山群の中倉(丸森)火山に由来する可能性が高い。一方上部に含まれる土塊や木片の年代からコア上部の堆積年代は完新世である可能性が高い。松川コアの掘削地点は「丸森地すべり」地域内に位置している。丸森地すべりの表面微地形を覆う土壌からは 2390 ± 90 yrBPの¹⁴C年代が報告されている(角ほか, 1988)。コア中部にせん断構造が発達することも考慮すると、松川コアの上部から中部までは丸森地すべりの移動体の一部であり、数千年前頃の地すべり発生時に表土や植生を巻き込んだものと解釈することができる。一方コア下部のせん断構造は脊梁山地東縁に発達する逆断層群(松尾断層など)に関係する可能性もあり、運動方向の解析や周辺地域のコア試料等との比較から基盤構造を解明する必要がある。

キーワード: 仙岩地熱地域、火山形成史、ボーリングコア、地すべり

Keywords: Sengan geothermal area, volcanic history, borehole core, landslide

秋田県湯沢，第四紀の三途川カルデラの噴火史と地質構造発達史

Eruptive history and structural development of Quaternary Sanzugawa caldera, Yuzawa, Akita

*大木 郁也¹*Fumiya Oki¹

1.秋田大学大学院工学資源学研究所

1.Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

カルデラ内イグニブライトは、カルデラ外に比べ、カルデラ形成に伴う噴火の始まりや終わり、その後の情報をより完全に記録している。しかしながら、厚いカルデラフィル堆積物により埋積されるため、カルデラ底部へアクセスできないなどの問題点がある。それゆえ、カルデラ内イグニブライトの層序及び地質構造、堆積相を連続的に記載した例は少ない。本研究は、カルデラ内イグニブライトを連続的に観察できる理想的な例として三途川カルデラをとりあげ、そのカルデラ内イグニブライト(虎毛山層)の層序や地質構造、堆積相を記載し、年代測定を行った。その結果、三途川カルデラの噴火史及び地質構造発達史について明らかにした。

秋田県南部に位置する三途川カルデラは、カルデラ形成時に堆積したとされる軽石流堆積物(虎毛山層)により埋積される。虎毛山層は主に結晶に富むデイサイト質の火山礫凝灰岩、ブレッチャ、凝灰岩からなる。全体の層厚は1500m以上である。更新世(1.2 Ma ; K-Ar法)に相当し、女川から西黒沢相当層間の基盤岩を不整合関係に被覆する。本層は5つの岩相からなる。5つの岩相とは、(1)ユータキシティック組織が発達した塊状無層理の火山礫凝灰岩(emLT)、(2)塊状無層理の角礫岩(mlBr)、(3)斜交層理が発達した火山礫凝灰岩(xsLT)、(4)平行層理が発達した凝灰岩(//sT)、(5)遍在的に成層構造を持つ火山礫凝灰岩(dsLT)である。emLTは本層の主体をなし繰り返し分布する。mlBr及びxsLTはemLTの下位に発達し、//sT及びdsLTはemLTの上位と中部にそれぞれ発達する。5つの岩相はシャープまたは漸移的に変化する。これらの岩相の特徴及び接触関係はすべてイグニブライトの岩相を特徴づけるため、本層はイグニブライトのシーケンスからなると判断できる。イグニブライトに先行する降下軽石堆積物が欠如することやイグニブライトの層厚が1500 mを超えること、本層の分布がカルデラ内に限られることから、本噴火は約1.2 Maにマグマ溜まりの天盤崩壊をトリガーとして発生し、プリニー式噴火フェーズのないイグニブライトを形成するフェーズから始まったと考えられる。さらにイグニブライト岩相が繰り返し分布することから、本層は7層の火砕流堆積物(PDC-1 to PDC-7)に識別される。7層の火砕流堆積物の存在より、本噴火で発生した大規模火砕流はwaxingとwaningを繰り返しながら少なくとも7回の火砕流パルスを発生させたと解釈できる。大規模火砕流の給源方向は、イグニブライト中に発達するデューン構造やインブリケーションの方向から推定でき、北東から南西方向であると考えられる。給源方向にある大鳥谷沢では結晶に乏しいことやmlBrが多く狭在することからも支持される。また、虎毛山層は高松岳周辺を中心に環状に分布し、外側へ急傾斜する。この地質構造は高松岳を中心としたドーム状の隆起構造を示唆する。この隆起構造は、後カルデラ期の再生ドームと考えられ、虎毛山層形成後に発達したと考えられる。

キーワード：三途川カルデラ、虎毛山層、カルデラ内イグニブライト

Keywords: Sanzugawa caldera, Torageyama Formation, Intra-caldera ignimbrite

池月凝灰岩（鬼首池月テフラ）火砕流堆積物の噴火過程 Eruption process of pyroclastic flows in Ikezuki Tuff

*宮本 毅¹、広井 良美¹、藤野 正義²

*Tsuayoshi Miyamoto¹, Yoshimi Hiroi¹, Masayoshi Fujino²

1.東北大学東北アジア研究センター、2.東日本放送

1.Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 2.Higashi Nippon Broadcasting Co, Ltd.

はじめに：宮城県北部には鬼首・鳴子カルデラを起源とした火砕流堆積物が多く分布するが、その中で最大規模のものが0.2~0.3Maに噴出した池月凝灰岩（0-Ik：鬼首池月テフラ）である。池月凝灰岩は、脊梁山脈東側にあたる宮城県側では遺跡との関連から詳細に調査がなされ、鬼首・鳴子起源の他のテフラとの関係も明らかにされている。一方、鬼首カルデラの西側には神室山などの地形的高所が存在するため、その分布は制限されるが、向町盆地・新庄盆地において確認されている（八木・早田，2002；松浦，2003）。脊梁東側の池月凝灰岩は、降下火砕物とその上位の厚い火砕流堆積物（以下、池月火砕流）からなる。複数のフローユニットからなる池月火砕流は岩相の相違により溶結した下部層と、溶結程度が低く軽石に富む上部層の2層に区分される（阪口・山田，1988）。火砕流下部層は、鬼首カルデラから約20km内に分布し、谷埋め部分での層厚は100m以上である。上部層は下部層よりも遠方まで達しており、既存の谷を下部層が埋め尽くし、上部層はその上位を遠方まで流下したと解釈されている（阪口・山田，1988）。上下の2層との対応は不明であるが、池月凝灰岩中では火山ガラスの屈折率の鉛直変化が認められる（松浦，2003）。以上のように脊梁東側の池月凝灰岩について多くの知見が得られているが、脊梁西側に流下した火砕流については、その分布を含め不明瞭な点が多い。そのため本報告では、詳細な野外調査に加え、主に火砕流中の火山ガラス組成を用いて向町から新庄盆地にかけての池月火砕流の分布を明らかにし、それを基に池月火砕流の流下・堆積機構について検討を行う。

池月凝灰岩のガラス組成：池月凝灰岩のすべての層序が保存されている脊梁東側の栗原市小僧の露頭において火砕物試料を採取し、FE-SEM-EDSによる火山ガラスの化学組成分析を行った。その結果、火山ガラス組成は、 K_2O 、FeO、 Al_2O_3 で異なる2グループに区分された。この2グループは前述の火砕流上部層（ K_2O -rich, FeO-poor）と下部層（ K_2O -poor, FeO-rich）に対応しており、下位の降下火砕物は下部層と同じ傾向を示した。松浦

（2003）による火山ガラスの屈折率の鉛直変化もこれに対応すると考えられる。以上のように池月火砕流では上下層で火山ガラス組成が異なることから、この相違を利用して両層の分布を確認することが可能である。

向町盆地：盆地南西側は溶結した総層厚100m以上の火砕流堆積物が台地を形成している。盆地北側には砂礫層からなる段丘があり、段丘最上位を厚さ数mの2層の火砕流堆積物が覆っているのが確認された。南西側の溶結火砕流はすべて池月凝灰岩であり、段丘下位の低地を厚く埋めて堆積したといえる。一方、北側の段丘上の火砕流堆積物は池月凝灰岩とその上位の下山里凝灰岩であった。段丘上の池月凝灰岩の出現高度は南側火砕流台地の表面高度（標高290m）とほぼ一致する。岩相と火砕流中の火山ガラス組成から、向町盆地に分布する池月凝灰岩はすべて下部層に相当し、上部層は認められない。

新庄盆地：盆地中央が地殻変動により沈降しているため、盆地東西の丘陵地において火砕流堆積物が観察され、松浦（2003）と同様に池月凝灰岩以降のものが確認された。新庄盆地に分布する池月凝灰岩は下位の降下火砕物を伴い、層厚は最大で60mに達するが、いずれも非溶結である。火山ガラス組成からは上部層・下部層の両層が認められ、上部と下部の境界が明瞭な地点は少ないが、上部層の方が下部層よりも厚い地点も多く認められる。

池月火砕流の流下・堆積過程：池月凝灰岩の火砕流堆積物は、給源である鬼首カルデラの北西側に地形障壁があるため、地形的に低い南西側から向町盆地へ流入した後に新庄盆地へと達したと推定される。新庄盆地への通り道である向町盆地中では火砕流下部層のみで上部層が存在していない。一方で新庄盆地に上部層が到達していることは、宮城県側と同様に下部層が埋めた表面を上部層が流下したためとも考えられるが、脊梁東側ではその流路には下部層の上に厚い上部層が堆積している。そのため、西側でも同様なプロセスを考えた場合、向町盆地内に上部層が残されていないことの説明が難しい。一方で段丘面状に薄い下部層が載り、堆積面の標高が一致していることを考慮すると、これらは台地を造った下部層の堆積上限を示している可能性が高い。以上の池月火砕流の分布について、上部層は下部層上面を流れたのではなく、下部層中に刻まれたチャネ

ル状の（現在の小国川のような）谷を流下して新庄盆地まで達したとすると説明可能であると考えられる。この場合、大量の上部層が新庄盆地に達していることを考慮すると、ある程度深い谷の形成が必要となることから、池月凝灰岩の噴出時には、上部層と下部層の間に時間間隙が存在した可能性が示唆される。

キーワード：池月凝灰岩、鬼首池月テフラ、向町・新庄盆地、鬼首カルデラ

Keywords: Ikezuki Tuff, Onikobe Ikezuki tephra, Mukaimachi and Shinjo basins, Onikobe caldera

蔵王火山, 鳥兜山-横倉山・古熊野岳・中丸山火山体の地質学的・岩石学的研究

Geology and Petrology of Torikabutoyama-Yokokurayama, Old Kumanodake, and Nakamaruyama volcanic edifices in Zao volcano

*佐藤 真¹、伴 雅雄²、及川 輝樹³、山崎 誠子³

*Shin Sato¹, Masao Ban², Teruki Oikawa³, Seiko Yamasaki³

1.山形大学大学院理工学研究科、2.山形大学理学部、3.産業総合技術研究所

1.Department of Earth and Environmental Sciences Graduate School, Yamagata University, 2.Faculty of Science, Yamagata University, 3.Geological Survey of Japan, AIST

蔵王火山は、東北日本火山フロント中部に位置する第四紀成層火山である。その活動は6つのStageに分類されている (Stage I : ca.1 Ma, Stage II : ca.500 ka, Stage III : ca.350-250 ka, Stage IV : ca.250-200 ka, Stage V : ca.130-40 ka, Stage VI : ca.< 35 ka)。本研究ではStage II に形成された鳥兜山-横倉山火山体, Stage III に形成された古熊野岳, 中丸山火山体の3つの火山体を対象として噴出物の地質学的・岩石学的特徴を明らかにすることを目的とし, 野外調査, 鏡下観察, 全岩化学組成分析を行ったのでその結果を報告する。

対象とする火山体を11のユニットに分類し, それらを火山層序学的に大きく3つに分類した(前期:横倉山-鳥兜山溶岩類・五郎岳溶岩・永野北方溶岩・三宝荒神山溶岩・追分溶岩類, 中期:蔵王沢中流溶岩類及び火砕岩類・蔵王沢上流溶岩類及び火砕岩類・仙人沢溶岩類及び火砕岩類・蔵王西部溶岩, 後期:中丸山下部溶岩類・中丸山溶岩類)。前期のものは主に北部に分布する比較的厚い溶岩主体である。中期のものは中央部の山体下部を構成する厚さ10m程度以下の溶岩累重主体である。後期のものは中央部の山体上部を構成する原面の保存状態が比較的良好な溶岩主体の中丸山溶岩類からなる。また前期は主にStage II に相当し, 中期・後期はStage III に相当する。

多くのユニットで含かんらん石単斜輝石斜方輝石安山岩が主体である。前期の全てのユニットで石英が認められ, 一部のユニットはデイサイトである。中期・後期の一部のユニットは玄武岩質安山岩を含む。多くのユニットで斑晶斜長石は塵状包有物などの熔融組織をもつものが目立つ。安山岩~デイサイトのユニットの多くには苦鉄質包有物が認められる。仙人沢溶岩類及び火砕岩類には苦鉄質包有物に加えて, トロクトライトが包有物として認められ, トロクトライトと苦鉄質包有物は接合している部分がある。多くの母岩の石基組織はハイアロオフィティック組織, 苦鉄質包有物はディクチタキシチック組織である。

いずれのユニットも中間カリウム, カルクアルカリ岩系に属す。K₂O-SiO₂ 図で見ると, 前期及び後期は K₂O 量が比較的低いトレンドを示し, 中期はそれよりも高いトレンドを示す。SiO₂量は, 前期が約57-63wt.% (一部, 65wt.%以上), 中期が約57-62wt.%, 後期が約58-63wt.% (一部, 55wt.%)である。他の元素においても各火山体で詳しく見ると何らかの成分でやや組成が異なっている。

キーワード: 蔵王火山、安山岩質溶岩、カルクアルカリ系列

Keywords: Zao volcano, andestitic lava, calc-alkaline series

妙高火山第IV期噴出物の岩石学的研究

Petrologic Study of the Stage IV Eruptives of Myoko Volcano

*野寺 凜¹、石崎 泰男¹、亀谷 伸子¹*Rin Nodera¹, Yasuo Ishizaki¹, Nobuko Kametani¹

1.富山大学理工学教育部

1.Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama

1. はじめに

妙高火山は、新潟県西部に位置する複成火山である。活動開始年代は30万年前であり、最も新しい噴火は1400年前の水蒸気噴火とされている(早津, 2008)。現在でも噴気活動が認められ、気象庁により活火山とされている。本火山は、底径約8 km, 基底からの比高約1300 mの山体を持つ。山頂部には径約2 kmの北東へ開口した馬蹄形凹地と底径約1.5 kmの中央火口丘が見られる。

本研究では、妙高火山において最新の活動期である第IV期の噴出物について岩石記載と全岩化学組成分析を行い、マグマ組成の長期的進化を検討した。

2. 第IV期噴出物の層序

第IV期は、先カルデラ期(4.3万年前～)、山体崩壊を繰り返したカルデラ期(2.1万年前～6000年前)、山体崩壊で形成された馬蹄形凹地内での活動で特徴づけられる中央火口丘期(6000年前～現在)に区分されている(早津, 2008)。

先カルデラ期の噴出物は、シブタミ川火砕流堆積物(42190±380 yBP)、西川谷スコリア流堆積物からなる(早津, 2008)。妙高山南麓の林道の標高1460m地点では、シブタミ川火砕流堆積物の上に西川谷スコリア流堆積物が直接載る様子が認められ、両噴出物は同一の噴火で形成されたことが示唆される。

中央火口丘期の噴出物は、下位より赤倉火砕流堆積物(5510±70 yBP)、大田切川火砕流堆積物(4060±60 yBP)からなる(早津, 2008)。妙高市関山の採石場、標高420m地点で良好な露頭が見られ、土壌層や降下火山灰層を挟んで4層の火砕流堆積物が確認された。下位の2層が赤倉火砕流堆積物、上位の2層が大田切川火砕流堆積物であるとされている(早津, 2008)。

3. 噴出物の岩石学的特徴

(1) 記載岩石学的特徴

斑晶組合せは、シブタミ川火砕流堆積物は斜長石(Pl) + 角閃石(Amp) + 斜方輝石(Opx) + 単斜輝石(Cpx) ±カンラン石(Ol) ±不透明鉱物(Opq)、西川谷スコリア流堆積物はPl ±Opx + Cpx + Ol ±Opq、赤倉火砕流堆積物はPl + Amp + Opx ±Cpx ±Ol + Qtz + Opq、大田切川火砕流堆積物はPl + Amp + Opx ±Cpx ±Ol ±Qtz ±Opqである。角閃石斑晶は、オパサイト縁を持つものと持たないものが共存する。また、シブタミ川火砕流堆積物、赤倉火砕流堆積物、大田切川火砕流堆積物には、非平衡な斑晶組合せや、苦鉄質包有岩が見られる。苦鉄質包有岩の斑晶組み合わせは、Pl ±Amp + Opx + Cpx ±Ol ±Opq である。

(2) 全岩組成

SiO₂量は、50.7～64.4 %の幅を持つ。FeO/MgO-SiO₂図(Miyashiro, 1974)では、ソレライト系列とカルクアルカリ系列にまたがって点示され、FeO/MgO比はほぼ一定である。K₂O-SiO₂図(Peccerillo and Taylor, 1976)では、全て中間K系列に点示される。

各噴出物のSiO₂量は、シブタミ川火砕流堆積物は55.2～62.9 %、西川谷スコリア流堆積物は50.5～52.8 %、赤倉火砕流堆積物は60.3～64.4 %、大田切川火砕流堆積物は56.9～64.1 %である。苦鉄質包有岩のSiO₂量は55.2～57.1 %である。

シブタミ川火砕流堆積物と西川谷スコリア流堆積物、赤倉火砕流堆積物と大田切川火砕流堆積物は、それぞれ、ハーカー図上で直線状の組成変化を示す。中央火口丘期の噴出物は同じSiO₂量の先カルデラ期の噴出物に対し、TiO₂、V、K₂Oの含有量が低く、Al₂O₃、P₂O₅、Sr含有量が高い傾向を持つ。

4. 考察

第IV期活動では、火砕堆積物中の本質溶岩片中に苦鉄質包有岩が見られること、多くの試料に非平衡な斑晶組合せが見られることから、マグマ混合が重要な役割を果たしたことは間違いない。シブタミ川火砕流堆積物と

西川谷スコリア流堆積物、赤倉火砕流堆積物と大田切川火砕流堆積物は、それぞれ、全岩組成変化図において異なる直線状の混合線を作る。このことは、この二つの活動期ではそれぞれ固有の組成を有する珪長質端成分マグマと苦鉄質端成分マグマが噴火活動に関与したことを示唆する。先カルデラ期のシブタミ川火砕流堆積物と西川谷スコリア流堆積物を形成した噴火では、デイサイト質の火砕流から玄武岩質のスコリア流に推移したことが示唆される。この噴火に寄与した端成分マグマの SiO_2 量は、噴出物の全岩組成から、苦鉄質端成分マグマが50.5 %以下、珪長質端成分マグマが62.9 %以上と推測される。一方、中央火口丘期の各噴火に寄与した端成分マグマの SiO_2 量は、溶岩と包有岩の全岩組成から、赤倉火砕流堆積物では、苦鉄質端成分マグマが57.1 %以下、珪長質端成分マグマが64.4 %以上、大田切川火砕流堆積物では、苦鉄質端成分マグマが55.9 %以下、珪長質端成分マグマが64.1 %以上と推測される。

先カルデラ期と中央火口丘期の噴出物では、全岩組成の変化傾向と斑晶鉱物組合せが異なっており、山体崩壊というイベントを挟んでマグマの性質が変化したことが明らかである。このような山体崩壊に伴うマグマ組成の変化は、隣接する黒姫火山においても報告されており（野寺・石崎, 2015）、マグマ供給系の進化過程が両火山で類似している可能性が考えられる。

キーワード：妙高火山、マグマ混合、マグマ供給系

Keywords: Myoko Volcano, magma mixing, magma system

溶岩ドームで構成される三瓶火山4峰の形成過程

The formation process of lava domes in Sambe volcano

*浅野 一平¹

*Ippei Asano¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

Sambe volcano is an active volcano laying astride the volcanic front of the SW Japan arc. The latest eruption of this volcano was *ca.* 3800 ybp and may formed the present volcanic topography showing lava domes with four peaks (Mt. Osambe, Mt. Mesambe, Mt. Kosambe, Mt. Magosambe). The formation process of these topographically isolated four domes has been controversial. In order to access this problem, rocks from these peaks have been analyzed petrographically, which provide the following results:

- (1) Rocks from Osambe and Mesambe are poorer in quartz phenocrysts than those from Magosambe and Kosambe,
- (2) Al_2O_3 , CaO, and Na_2O contents decrease with increasing SiO_2 for all rocks from four peaks, which may correspond the change in the amount of plagioclase phenocrysts,
- (3) Rocks can be divided into 2 groups, the Osambe-Mesambe and the Kosambe- Magosambe groups, based on the difference in K_2O , Sr, Zr and Nb concentrations,
- (4) Osambe and Mesambe rocks can be identified by the SiO_2 and the plagioclase phenocryst contents,
- (5) High-T oxidation is recognized even for rocks that form the valley between peaks, showing the original distribution of these rocks at the kava surface.

These lines of evidence may lead to the conclusion that the four domes formed independently rather than that a large lava dome has been reshaped into four peaks by subsequent eruption and/or erosion.

キーワード：三瓶火山、デイサイト、全岩化学組成

Keywords: Sambe volcano, dacite, bulk-rock composition

神鍋単成火山群におけるアルカリ玄武岩のマグマプロセス

Magma process of alkali basalt magma: a case study of the Kannabe monogenetic volcano group

*高橋 峻¹、柵山 徹也²

*Ryo Takahashi¹, Tetsuya Sakuyama²

1.大阪市立大学理学部地球学科 地球物質学II研究室、2.大阪市立大学大学院理学研究科

1.Science, Osaka City University, 2.Faculty of Science, Osaka City University

西南日本ではユーラシアプレートの下にフィリピン海プレートが沈み込んでいる。そのため、西南日本では基盤岩である山陰花崗岩が活動していた115Ma（今岡ほか，1994）頃から活発な火成活動が起こっており、今もなお数多くの火山が活動している。西南日本の島弧火山の活動の要因は海洋プレートの沈み込みによるマントルウェッジの形成と地下深部での海洋スラブの脱水にある。

山陰・山陽地域では、フィリピン海プレートの沈み込みと日本海背弧海盆の拡大の影響で火山列が形成されている（Kimura *et al.*, 2003）。しかし、Huang *et al.*（2013）によってフィリピン海スラブにはスラブの切れ目が存在することが指摘され、山陰・山陽の火山列の一部は、フィリピン海スラブからの脱水が直接の成因ではない可能性が示唆された。これらの火山列を形成したマグマの起源を探るためには、個々の火山のマグマ生成・分化プロセスの解明が必要となる。そこで、本研究ではHuang *et al.*（2013）で直下にフィリピン海スラブがないとされている神鍋単成火山群を対象に、記載岩石学的及びXRFによる全岩化学組成分析によりマグマプロセスを研究した。神鍋単成火山群は、火山層序から西気火山、大机火山、ブリ火山、太田火山、清滝火山、神鍋火山の6回の火山活動が識別されており（古山，1973；川本，1990）、本研究では太田火山と清滝火山以外の4回の噴火に由来する溶岩試料合計37試料を採取した。川本（1986）は、神鍋単成火山群の全岩化学組成幅は、マグマだまり内におけるかんらん石の結晶分別や斜長石付加作用だけでは説明できないことを指摘した。同様に、高橋（2005）は、かんらん石と斜長石の2成分の連続的な結晶分別だけでは説明できないことを指摘した。地殻内のマグマプロセスは結晶分化作用だけでなく、他に地殻同化やマグマ混合もあるが、これらは先行研究において議論されていない。また玄武岩マグマ分化プロセスの結晶分化作用はかんらん石と斜長石の2成分だけではなく、その他の鉱物が関与する場合がある。本研究では、かんらん石と斜長石に加え、輝石と磁鉄鉱を含めた結晶分別及び全岩化学組成に基づいて地殻同化を検討し、神鍋単成火山群におけるマグマプロセスの解明を試みた。

全岩化学組成に基づく、神鍋単成火山群の火山はMgO含有量に対する主要元素及び微量元素含有量の分布で、火山ごとに異なる組成が見られた。この全岩化学組成幅を地殻同化やかんらん石と斜長石、チタンオーゾナイト、チタノマグネタイトの結晶分別で説明できるかどうか検討した。MgO含有量に対するZr/Y比をみると、神鍋単成火山群の化学組成トレンドは、基盤岩である山陰花崗岩（西田ほか，2013）との同化では説明できない。一方で、結晶分別に関しては、神鍋火山のマグマを親マグマ、その他の火山のマグマを娘マグマとするモデルを考え、かんらん石、斜長石、チタンオーゾナイト、チタノマグネタイトの結晶分別で組成トレンドを説明できるかを検討した。その結果、主要元素であるSiO₂、TiO₂、Al₂O₃、FeO、MgOの元素のトレンドをほぼ理想的に説明することができたため、神鍋単成火山群のマグマプロセスには結晶分別が支配的であったことが示唆された。また、大机・ブリ火山の斜長石斑晶はハニカムストラクチャーを有することや、ブリ火山の斜長石斑晶はダスティゾーンを有するという記載岩石学的特徴が見られたことから、川本（1986）で言われているようなマグマ混合の影響も示唆される。

キーワード：アルカリ玄武岩、西南日本、岩石学

Keywords: alkaline basalt, Southwestern Japan, petrology

阿蘇-4火砕噴火直前に活動した大峰火山噴出物の化学組成：

メルト包有物組成を用いた阿蘇-4との比較

Chemical composition of Omine volcanic products which activated before Aso-4 pyroclastic flow

*椎原 航介¹、長谷中 利昭¹、安田 敦²、外西 奈津美²、森 康³

*Kousuke Shiihara¹, 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.北九州市立自然史・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火砕噴火 (89 ka) 直前にカルデラ縁の西方5 kmで、大峰スコリア (比高200 m) の噴出と、高遊原溶岩 (厚さ100 m, 表面積28 km²) の流出 (90 ka) が起こった。阿蘇-4テフラは土壌を挟まずに高遊原溶岩を覆う。高遊原溶岩の化学組成 (SiO₂=63~65wt.%) の変化トレンドは阿蘇-4のトレンドと一部重なるが、いくつかの元素の組成値が異なっている。大峰スコリアの化学組成 (SiO₂=60~65wt.%) は組成幅があり、高遊原溶岩とほとんど変わらないが、わずかにフェルシックである。

大峰スコリア中の斜長石に含まれるメルト包有物組成は比較的狭い範囲 (SiO₂=67~70 wt.%) に集中し、阿蘇-4、肥猪、小谷サブユニットの軽石に含まれる斜長石・斜方輝石中のメルト包有物組成 (SiO₂=71~74 wt.%) と比較すると、MgO, FeO* (全鉄), TiO₂, P₂O₅に富み、異なる組成トレンドを示した。大峰スコリアのメルト包有物はSO₃の値は阿蘇-4軽石より富むが、H₂O含有量は1~2wt.%のものが多く、最大値は3wt.%、阿蘇-4軽石 (3~5wt.%、最大値は5wt.%) よりも低いことが、対照的である。また、石基ガラスとメルト包有物の揮発性成分を比較すると、Clはほぼ同じであるがSO₃は石基ガラスのほうが少ない。石基ガラスの組成 (SiO₂=69~74wt.%) はメルト包有物よりSiO₂に富むことから、大峰スコリアの鉱物中のメルト包有物が保持している噴火前のマグマ組成が異なっていたと考えられる。また、大峰スコリア中の斜長石中のメルト包有物と斜方輝石中のメルト包有物の組成が異なっている。単斜輝石コアのMg# (78~80) と、斜方輝石コアのMg# (75~76) は平衡から外れた値を示すことから両者は非平衡であり、おそらく斜方輝石が別起源であると考えられる。大峰スコリアの斜長石斑晶組成はAn₅₂-An₅₈でユニモーダルな分布を示した。これに対して阿蘇-4火砕流堆積物の斜長石斑晶組成はユニットごとにユニモーダルからバイモーダルあるいは幅広い組成に変化している。大峰スコリアの斜長石の組成と近い値 (An₅₀-An₆₀) をとるものも少量含むが、大峰スコリアの斜長石斑晶と同じ組成分布を示す阿蘇-4火砕流堆積物のユニットはない。大峰スコリア中の斜長石には清澄なものと蜂の巣状の構造を持つものが存在しており、蜂の巣状構造をもつ斜長石は組成幅が大きいものの、ほとんど違いは見られなかった。大峰スコリアのメルト包有物の分析値は、大峰スコリア丘の噴火、高遊原溶岩の流出が、阿蘇-4巨大マグマ溜まりとは独立したマグマ供給系による可能性を示唆している。

キーワード：大峰火山、高遊原溶岩、大峰スコリア、メルト包有物

Keywords: Omine volcano, Takayubaru lava flow, Omine scoria, Melt inclusion

霧島火山飯盛山の溶岩流地形

Topographic features of the lava flows of Iimoriyama volcano, Kirishima volcanoes, Japan

星野 裕美²、*井村 隆介¹

Hiromi Hoshino², *Ryusuke Imura¹

1.鹿児島大学 大学院理工学研究科、2.鹿児島大学 理学部

1.Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 2.Faculty of Science

本研究では霧島山の北西端に位置する飯盛山の溶岩流の地形について調査研究を行った。

航空写真を用いた地形判読により、飯盛山溶岩流を18のフローユニットに区分し、古い順からA~Rフローユニットと名付けた。溶岩流は飯盛山の北側に広く分布し、南北に直交した溶岩じわ、溶岩堤防が認められる。入佐原、岡元、三堂地区には溶岩流の先端から中部にかけて直径150~225m、深さ5~60mの窪地がみられた。それらの地形及び周辺の堆積物から判断すると、窪地は飯盛山の溶岩流が古加久藤湖に流入して生じた偽火口の可能性がある。

キーワード：溶岩流、偽火口

Keywords: lava flow, pseudocrater

池田火砕流堆積物の基盤地形による岩相変化

Difference of lithofacies of Ikeda pyroclastic-flow deposit based on the basement topography

*山本 望¹、鈴木 桂子¹*Nozomi Yamamoto¹, Keiko Suzuki-Kamata¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Kobe University Graduate School of Science

[Introduction]

The Ikeda caldera was formed by the phreatic eruption, and following fallout pumice and Ikeda pyroclastic flows.

The lag breccia exists near Ikeda caldera. A massive pyroclastic-flow deposit and a laminated pyroclastic-flow deposit occur in topographically lower and higher areas, respectively. In this study, we discuss the influence of the basement topography for sedimentation of the pyroclastic flow.

[Lithofacies of Ikeda pyroclastic flow deposits]

Ikeda pyroclastic-flow deposits vary in the sedimentary structure according to the basement topography. They are classified into two lithofacies.

The first is the massive deposit that is named the massive layer (ML) and ponds in topographic depressions and is widespread. The components are rhyolitic pumice, lithic fragments and volcanic ash. ML is widely distributed in the north, west and south of the caldera. According to the boring data of the south of the caldera, the thickness is about 90~100 m (Kawabe and Sakaguchi, 2005). The massive pyroclastic-flow deposits composed of the lower coarse grained pyroclastic-flow deposit and the upper fine grained pyroclastic-flow deposit (Iwakura et al., 2001)

The second is the stratified or cross-stratified deposit that is named the laminated layer (LL) and is distributed in topographically higher area of the northwest and west of the caldera. The components are rhyolitic pumice, lithic fragments and volcanic ash. LL overlies Kikai-Akahoya tephra and the paleosol lying between them. In near-vent exposure (about 1 km from the caldera rim), LL has the thickness of about 8 m, is rich in coarse pumice, and lacks fine ash. Moreover, it locally contains laterally-discontinuous lenses of coarse pumice and the banding is marked by variations in the content of coarse pumice and the maximum pumice size. At the exposure of 1.5 km from the caldera rim, thickness of LL is about 1 m. The matrix is rich in fine ash. It locally contains thin layer or laterally-discontinuous lenses of coarse ash. At the outcrop of 3 km from the rim, LL contains little pumice, and is rich in fine ash. The thickness and the grain size of LL decrease rapidly with distance from source.

[Grain-size characteristics of ML and LL]

The grain-size characteristics were obtained by sieve analyses of LL (15 horizons of 9 sites) and ML (19 horizons of 13 sites). The cumulative curves of LL overlap with that of ML, and the points of LL and ML in $M\phi$ - $\sigma\phi$ plot are plotted similar area. Difference of grain-size characteristics of ML between upper and lower unit corresponds to that of LL between upper and lower part. Therefore, the grain-size characteristics of LL and ML are similar.

[Discussion]

We propose that LL and ML are heteropic facies of Ikeda pyroclastic-flow eruption on the basis of the following four reasons. First, the pumice which is included in both LL and ML contains hornblende as phenocryst. Second, the components of LL and ML are same. Third, LL and ML do not occur at the same exposures and the both overlie Kikai-Akahoya tephra and underlie Ikedako-Ash.

Ikeda pumice fall deposit exists directly under ML but does not exist under LL because the dispersal axis of the Ikeda pumice fall is eastward. Fourth, sieve analyses showed that grain-size characteristics of LL were very similar to that of ML. Ikeda pyroclastic flow that had been caused by eruption column collapse moved into topographic depressions in response to gravity and deposited ML, because it was dense density current. Simultaneously, dilute flow occurred at the collapsed region at the same time and surmounted topographic obstacles and deposited LL, because it was low density current.

種子島に分布する幸屋火砕流堆積物の噴出順序

Eruptive sequence of Koya pyroclastic-flow deposit distributed on Tanega-shima

*山根 朋巳¹*Tomomi Yamane¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

幸屋火砕流（宇井，1973）は、約7300年前（福沢，1995）の鬼界カルデラを給源とする鬼界アカホヤ噴火時に発生した大規模な火砕流である。鬼界アカホヤ噴火は大規模なプリニー式噴火による降下軽石に始まりイントラプリニアン火砕流を発生、続く幸屋火砕流の噴出で終了した（町田・新井，2003；Maeno and Taniguchi，2007；藤原・鈴木，2013）。幸屋火砕流堆積物は鬼界カルデラ周辺を取り巻く陸域（薩摩・大隅半島、種子島、屋久島、口永良部島）で分布が確認されている（町田・新井，1978；Maeno and Taniguchi，2007）。鬼界アカホヤ噴火の一連の噴出物には、 $\text{SiO}_2 = 75 \text{ wt.}\%$ 前後の「高 SiO_2 ガラス」と $\text{SiO}_2 = 65 \text{ wt.}\%$ 付近の「低 SiO_2 ガラス」の2種類の火山ガラスが含まれ、幸屋火砕流堆積物中では両ガラスの量比が、上下変化を見せる（藤原・鈴木，2013）。藤原・鈴木（2013）では、両ガラスの量比に基づき噴出順序の対比を行い、幸屋火砕流噴火初期の噴出物がカルデラ北方へ到達・堆積したとした。しかし、カルデラ南方の堆積物については、詳細は調べられていない。

鬼界カルデラの南方に分布する幸屋火砕流堆積物は、カルデラの南約30 kmに位置する屋久島では、カルデラに面した北西部では厚く2~3 mを超える地点も存在し、さらに内陸部の山岳地帯でも主に層厚50 cm以下の堆積物が確認されている（下司，2009）。しかし、鬼界カルデラの東~南東約50 kmに位置する種子島では、幸屋火砕流堆積物の層厚は50 cm以下と薄く、標高300 m以下で屋久島と比較し大きな地形による障壁がないにも関わらず、北部で基盤の直上にアカホヤ火山灰が堆積し、幸屋火砕流堆積物が確認できない地点が存在することが指摘されている（藤原・鈴木，2013）。この幸屋火砕流堆積物の欠如に関しては、2015年9月に行った調査でも確認し、北部で5地点、また、新たに中南部でも2地点確認した。

本研究では、種子島における幸屋火砕流堆積物の分布の有無がどのような要因によりもたらされたかを探るため、藤原・鈴木（2013）に基づき種子島の堆積物について噴出順序の対比を試みた。

種子島の幸屋火砕流堆積物の基底部から上位へ一定間隔で試料を採取し、各層順ごとにマトリックス中の火山ガラスを50~200個選び電子線マイクロアナライザー（EPMA）を用いて化学組成を測定し、測定結果のうち SiO_2 を横軸にとり、その組成幅ごとに検出されたガラスの数をヒストグラムで示し、噴出順序を対比した。これまで種子島中部から南部にかけての3地点で幸屋火砕流堆積物の最下位を、うち2地点では最上位も測定した。

その結果、最下位に関しては3地点すべてにおいて高 SiO_2 ガラスのみが検出された。また、最上位に関しては、2地点のうち1地点は高 SiO_2 ガラスのみであったが、もう1地点では低 SiO_2 ガラスが検出された。

以上の結果から、1地点ではあるが最下位に高 SiO_2 ガラスのみ、最上位に低 SiO_2 ガラスが認められる地点が存在することから、種子島も九州島と同様に噴火初期の噴出物が到達・堆積したことが推定され、種子島北部を挟んで南北で到達・堆積した流れの違いはなかったと考えられる。また、カルデラと種子島の間には地形的障壁はなく、島内は比較的平らで標高が低いいため、分布の有無は流れの到達・未到達によるとは考えにくいことから、種子島の幸屋火砕流堆積物の分布の有無の要因は、流れの到達の有無ではなく流れからの堆積の有無によると推定される。

今後、種子島の幸屋火砕流堆積物の対比をより正確に行うため、測定地点を増やし、また下位から上位への連続変化を見るため中位部分の測定も進めていく予定である。

キーワード：鬼界カルデラ、幸屋火砕流、火山ガラス、種子島

Keywords: Kikai caldera, Koya pyroclastic flow, volcanic glass, Tanega-shima

大分県姫島に分布する城山黒曜石溶岩の定置過程

Emplacement process of the Shiroyama obsidian lava in Himeshima Island, SW Japan

*古川 邦之¹、宇野 康司²、堀内 悠³

*Kuniyuki Furukawa¹, Koji Uno², Yu Horiuchi³

1.愛知大学経営学部、2.岡山大学大学院教育学研究科、3.姫島村役場企画振興課おおいた姫島ジオパーク推進協議会

1.Faculty of Business Administration, Aichi University, 2.Graduate School of Education, Okayama University, 3.Oita Himeshima Geopark Promotion Office

The Shiroyama lava is distributed in northwestern part of the Himeshima Island in Oita prefecture, and the K-Ar age is 0.32 ± 0.05 Ma (Kaneoka and Suzuki, 1970). The dark-gray colored dense obsidian is partly developed in the Shiroyama lava (Itoh et al., 1997). Although distribution of the obsidian is restricted in the narrow area of Kannonzaki cape where is northern margin of the lava, the good exposure provides an opportunity to understanding the formation process. The obsidian gradually changes to light-gray colored, highly vesicular rhyolite lava (Itoh et al., 1997) that comprises a large part of the lava. The welded-pyroclastic rocks (Kannonzaki pyroclastic rock; Itoh et al., 1997), which are contacted with the dense obsidian, are also occurred in Kannonzaki cape. In this study, we show the geological characteristics of the Shiroyama lava and discuss about its emplacement process.

The flow direction of the Shiroyama lava, inferred from the topography and flow banding morphology, is from north (Kannonzaki cape) to south. This means that the obsidian is distributed around the source region and was emplaced at the final stage of the extrusion. The internal structure of the obsidian is characterized by pervasive brecciation. The brecciated clasts are commonly elongated in length from a few cm to several tens of cm and frequently show ductile deformation. This means that the brecciation was occurred during ductile-brittle transition temperature. The elongated clasts are aligned nearly vertically, and the foliation is nearly parallel to the plane of contact with the Kannonzaki pyroclastic rocks. In the boundary between the brecciated obsidian and the pyroclastic rocks, the cataclastic zone with <1m in width is developed. The cataclastic materials are composed of both the obsidian and pyroclastic rocks. The foliation and lineation of the cataclasite defined by the alignment of the fragments are consistent with those of the brecciated obsidian. These mean that the obsidian breccia and the cataclasite were formed by shear stress under the same sense.

The vertical-orientated brecciated clasts indicate that the obsidian suffered vertical shear stress. This observation shows that the obsidian corresponds to the ascending magma within the shallow conduit rather than the advancing lava on the land surface. It has been considered that the magma fracturing and brecciation are caused by intense shear at the conduit walls (e.g. Gonnermann and Manga, 2003; Tuffen et al., 2008). The cataclastic zone between the obsidian and the Kannonzaki pyroclastic rocks would be caused by accumulation of the shear stress at the conduit wall. The development of the cataclastic zone in the conduit margin is consistent with observation of the silicic lava extrusions at Unzen and St. Helens volcanoes (Nakada et al., 1999; Pallister et al., 2013). Since the transient fractures within the magma is expected to act as degassing pathways (Tuffen et al., 2003, Okumura et al., 2015), the pervasive brecciation of the obsidian shows that the magma experienced extensive degassing within the conduit. Cabrera et al. (2015) proposed that the formation of the dense obsidian is promoted by magma degassing using the fractures. In the Shiroyama lava, the restricted distribution of the dense obsidian in the conduit may be explained by the extensive degassing due to the magma fracturing and brecciation that predominantly occurred

at the final stage of the extrusion.

キーワード：黒曜石、溶岩、脱ガス、火道、姫島

Keywords: Obsidian, Lava, Degassing, Conduit, Himeshima

黒曜石溶岩のマグマ上昇・脱ガス過程

-溶岩構造、岩石組織、含水量分布に基づく考察-

Magma ascent and outgassing processes of obsidian lava

-Insights from structures, textures and water concentration profiles -

*佐野 恭平¹、佐藤 鋭一²、後藤 芳彦³、和田 恵治⁴*Kyohei Sano¹, Eiichi Sato², Yoshihiko Goto³, Keiji Wada⁴

1.遠軽町白滝ジオパーク、2.神戸大学、3.室蘭工業大学、4.北海道教育大学旭川校

1.Shirataki-Geopark, 2.Kobe Univ., 3.Muroran Institute of Technology, 4.Hokkaido University of education at Asahikawa

Structures of obsidian lava are mainly divided into two regions; obsidian and rhyolite. These are defined 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, whereas obsidian includes no such material at all.

Recent observation on Cordon Caulle (Chile, 2011-12) reported that explosive-effusive hybrid activity (Schipper et al., 2013), and we can consider that these differences are reflecting heterogeneous processes such as vesiculation and outgassing in volcanic conduit, and forms obsidian and rhyolite. In order to reveal such heterogeneous vesiculation and outgassing processes of viscous magmas, we performed water concentration analyses with comparing rock texture of samples from Sanukayama (SN) obsidian lava at Ko-zu island and Akaishiyama (AK) obsidian lava at Shirataki, Hokkaido.

A cross-section of the SN lava shows the following sequence from the bottom up: a lower rhyolite region (SN-LRhy), a lower boundary banded region (SN-LBB: 40 [m]) of obsidian and rhyolite, obsidian region (SN-Ob), upper boundary banded region (SN-UBB) and a clinker region (SN-CL) that is composed of vesiculated rhyolite and fine matrix. The SN obsidian is aphyric and contains microlites of plagioclase, biotite and oxides. Phenocrysts are plagioclase and biotite.

AK lava is characterized by well-growth spherulite. A cross-section of the AK lava is the following sequence from the bottom: lower obsidian region (AK-LOb), lower boundary banded region (AK-LBB), rhyolite region (AK-Rhy), upper boundary banded region (AK-UBB) and Upper obsidian region (AK-UOb). The AK obsidian contains oxide microlite, and no phenocrysts are contained. At AK lava, we can observe flow bands which are composed of the cm-scale spherulites in BB and Rhy regions. Sometimes spherulites include the obsidian particle. We can also observe the tuffisite structure.

The water concentration was determined using Karl Fischer Titration at the Hokkaido University of Education at Asahikawa. First, we powdered rock samples making sure that there were no crystal fragments. Next, we handpicked powders with an accuracy of $\pm 10^{-3}$ g for titration. The samples were heated to 120 [°C] for about 1 h to eliminate all adsorbed H₂O. Finally, we heated the samples to a temperature of 1000 °C to calculate the amount of dissolved water (Westrich, 1987). The titrations were finished when Time-Water amount slope become flat. The duration of analyses was up to 1[h]. Water concentrations in SN samples are following; 0.07 -0.27 [wt.%] in L-Rhy, 0.22 -0.99 [wt.%] in L-BB, 0.01 -0.29 in Ob, 0.01 -0.21 [wt.%] in Ob, 0.08 -3.06 [wt.%] in rhyolite region, respectively. The degree of hydration is higher in clinker region than lower rhyolite. Shields et al. (2016) suggested that the amounts of hydration of rhyolite lava samples have positive correlation with the connected vesicularity. According to their study, connected vesicles were highly developed in upper regions.

Water concentrations in AK obsidian were in the range of 0.01 -0.03 [wt.%], and no systematic change relating to lava structure can be observed. Spherulite shows 1.1 [wt. %] water

concentration. We can consider that this value reflects that flow band structure, which is composed of spherulites, has connected vesicularity.

We compared the water concentration profile with lava structure and rock texture at SN and AK lava. Water concentration profiles give us the useful information to reveal the vesiculation and outgassing processes in obsidian lava.

キーワード：黒曜石、開放系脱ガス、含水量

Keywords: obsidian, outgassing, water concentration

黒曜石の加熱実験：発泡温度と多孔体（パーライト）組織の分類

Foaming temperature and textural classification of vesicular substance by heating experiments of obsidians

*和田 恵治¹、弦巻 峻哉¹、池谷内 諒¹、佐野 恭平²、佐藤 鋭一³

*Keiji Wada¹, Shunya Tsurumaki¹, Ryo Ikeyauchi¹, Kyohei Sano², Eiichi Sato³

1.北海道教育大学旭川校地学教室、2.遠軽町白滝ジオパーク、3.神戸大学大学教育推進機構

1.Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa, 2.Shirataki-Geopark Promotion Department, Engaru town, 3.Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University

黒曜石はほとんどガラスからなりガラス構造中にH₂O成分を含む。高温で加熱するとH₂O成分が発泡し、軟化した緻密な黒曜石ガラス中で気泡が膨張して内部が多孔質な軽量物質（パーライトと呼ばれる）ができる。筆者らはこれまで北海道産黒曜石を電気炉中で加熱して発泡させる実験を行ってきたが、電気炉の温度設定や加熱時間、発泡開始の定義が確立されていなかった。またパーライトの組織観察を十分に行っていなかった。今回、（1）各産地における黒曜石の発泡開始温度とパーライト形成温度の測定、（2）パーライトの組織観察による分類、（3）天然の多孔体試料との組織比較を行ったので報告する。

黒曜石11試料の発泡開始温度の測定においては、径2.5~4mmの黒曜石片10個を磁製皿に入れ、設定温度に昇温させた電気炉中で30分間保持した後に取り出して気泡の有無を実体顕微鏡下で確認して10個すべてが発泡した場合にその黒曜石試料の発泡開始温度（Tf）とした。パーライト形成温度についても同様の実験方法で計測し、10個すべてが完全に発泡してパーライトとなった温度をパーライト形成温度（Tp）とした。これらの加熱実験の結果、赤井川産 Tf =780℃ ; Tp =830℃, 奥尻産 Tf =790℃ ; Tp =850℃, 神津島産 Tf =890℃ ; Tp =950℃, 白滝産（IK露頭） Tf =900℃ ; Tp =1030℃, 十勝三股産 Tf =930℃ ; Tp =1060℃, 置戸産（所山） Tf =990℃ ; Tp =1100℃, 置戸産（北所山） Tf =1010℃ ; Tp =1090℃, 白滝産（十勝石沢露頭） Tf =1030℃ ; Tp =1160℃, 白滝産（球瀬沢露頭） Tf =1060℃ ; Tp =1150℃, 白滝産（西アトリエ） Tf =1070℃ ; Tp =1190℃, 白滝産（あじさいの滝露頭） Tf =1070℃ ; Tp =1190℃であった。

パーライト組織の観察では各産地の黒曜石を1cmキューブ状にしたものをパーライトに作成した。気孔の大きさや形態・数密度から3つのタイプ（A~C）に分類した。Aタイプは気孔の大きさが約1mmであり、1つ1つが独立して球形をなす。表面・断面共に光沢がある。これらは発泡開始温度が990℃以上、及びパーライト形成温度が1060℃以上の6試料である。Bタイプは気孔の大きさが1.5mm~5mmで1つ1つ独立している。気孔は球形~不規則形で歪んだ形状を示す。表面は白灰色だが断面は光沢を示す。これらはTfが900℃~930℃, Tpが1030℃~1060℃の2試料（白滝IK露頭・十勝三股）である。Cタイプは気孔の大きさが<0.5mm未満で数密度も高い。球形をしているが、それぞれが連結している。表面・断面共に光沢はなく、脆くて砕けやすい。これらはTfが890℃以下, Tpが950℃以下の3試料（赤井川・奥尻・神津島）である。

パーライトの気孔組織は、加熱温度や加熱時間・黒曜石の水分量が深く関係し、ガラス構造に基づく物性（ガラス粘度など）も気泡の形状に関係するかもしれない。天然の多孔体（軽石や発泡した黒曜石）の気孔組織と比較すると、気孔の形状や数密度が天然多孔体と異なる。これは、（1）黒曜石がすでに脱ガスした試料で水分量が少ないこと、（2）天然多孔体がマグマ流体の動きの中で気泡が生成し移動や引き伸ばしによってできた形状なのに比して、パーライトは静的な条件のもと、軟化した黒曜石壁を気泡が等方状に膨張したことに起因すると考えられる。

キーワード：黒曜石、パーライト、加熱実験、発泡温度、火山ガラス

Keywords: obsidian, perlite, heating experiment, foaming temperature, volcanic glass

カムチャツカ半島南部、黒曜石溶岩の内部構造

Internal structure of obsidian lavas in the south of Kamchatka Peninsula

*佐藤 鋭一¹、出穂 雅実²、Arei Grebennikov³、佐野 恭平⁴、和田 恵治⁵*Eiichi Sato¹, Masami Izuho², Andrei V. Grebennikov³, Kyohei Sano⁴, Keiji Wada⁵

1.神戸大学大学教育推進機構、2.首都大学東京、3.ロシア科学アカデミー極東支部、4.遠軽町総務部ジオパーク推進課、5.北海道教育大学旭川校

1.Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University, 2.Tokyo Metropolitan University, 3.Far Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 4.Geopark of Shirataki, 5.Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa

カムチャツカ半島南部（北緯 53°2'10"，東経 157°46'30"）には北北東～南南西方向に約 400 m に渡って黒曜石溶岩が露出している。露出部分は全体として層厚が約 30 m であるが、垂直方向に連続しておらず、途中で水平面を挟んで上部・下部にそれぞれ層厚約 15 m で露出している。

黒曜石溶岩の内部構造については、Cas and Wright (1987) が溶岩の中央部に流紋岩層が発達し、その外側を黒曜石層が取り巻き、さらにその外側にあたる表層部に破碎層が発達する構造を示した。このような内部構造は、北海道白滝 (Sano et al., 2015; 和田・佐野, 2015) やニュージーランドのタウポ火山帯 (Stevenson et al., 1994) においても報告されている。

しかしながら、本研究で調査した露頭は複雑であり、上述のような典型的な内部構造とはやや違う構造を示している。上部層では最上部に流紋岩層があり、その下位に発泡した黒曜石層と緻密な黒曜石層が互層している。緻密な黒曜石層は層厚約 3 m で少なくとも 3 層確認できる。緻密な黒曜石層を水平方向にみると厚さ数 10 cm、幅数 10 m の発泡層がレンズ状に入る場合もある。発泡層は全体が発泡しているのではなく、数 cm～数 10 cm の比較的緻密な黒曜石層をレンズ状に挟んでいる場合が多い。発泡層の層厚は 2～3 m 程度で、少なくとも 3 層確認できる。下部層も発泡した層と黒曜石層が互層しているが、黒曜石層については上部層にある緻密な黒曜石層とは異なり、全体的に発泡した部分を多く含んでいる。発泡層は全体的に発泡している。黒曜石層は層厚約 3 m で 3 層確認でき、発泡層の層厚は 2 m 程度で黒曜石層の間に存在する。両者の境界は明瞭ではなく遷移的である。

本研究では、上部層にある緻密な黒曜石 3 層を上から B, D, E, 下部層にある黒曜石層の 1 つを F として岩石試料の偏光顕微鏡観察、EPMA を用いてガラス組成を測定した。さらにカールフィッシャー水分計で含水量の測定を行った。

顕微鏡観察の結果、いずれの黒曜石も斑晶に乏しいが、すべてに共通して斜長石、黒雲母、マグネタイトの斑晶がわずかに含まれ、F についてはイルメナイトも含まれる。石基部分にはマグネタイトのマイクロライトが含まれ、その量については $B > F > E > D$ の関係がある。ガラス組成については横軸に CaO、縦軸に FeO をとったグラフにおいて、B, D, E が明瞭に分類でき、FeO 量には $D > E > B$ の関係がある。F については、D と E の中間的な組成で一部 D と E にオーバーラップしている。含水量は不均質で、 $E (0.5\text{wt.}\%) > F (0.3\sim 0.4\text{wt.}\%) > B (0.2\text{ wt.}\%以下) > D (0.1\text{ wt.}\%以下)$ の関係がある。

以上のように黒曜石層は層毎にガラス組成および含水量が異なっており、異なるマグマ由来と考えられる。しかしながら、ガラス組成の FeO 量は石基マグネタイトの量と負の相関があり、石基マグネタイトとして晶出したためにガラスの FeO 量が減少したとも考えられる。したがって、ガラス組成の違いが単純に異なるマグマ由来にはならいかもかもしれない。マグマの由来については今後さらに検討していく必要がある。

キーワード：カムチャツカ半島、黒曜石溶岩、内部構造

Keywords: Kamchatka Peninsula, Obsidian lava, Internal structure

オフリッジ巨大海底溶岩原の定置・固化過程：オマーンオフィオライトV3溶岩の岩石学的研究
Emplacement and Solidification processes of off-axial large submarine lava field:
Petrology of V3 flow of Oman Ophiolite

*大塚 遼¹、草野 有紀²、金山 恭子³、海野 進⁴

*Ryo Otsuka¹, Yuki Kusano², Kyoko Kanayama³, Susumu Umino⁴

1.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻地球環境学コース、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.鳥取県生活環境部緑豊かな自然課山陰海岸世界ジオパーク推進室、4.金沢大学理工研究域自然システム系

1.Earth Science Course School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University, 2.Geological Survey of Japan, 3.San'in Kaigan Global Geopark Promotion Office, Natural Green Resources Division, Tottori Prefectural Government, 4.Department 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 emplacement of these large lava flows are poorly understood. The V3 Volcanics of the Oman Ophiolite extruded at 90 Ma far off the paleospreading axis as thick lava flows with an areal extent of >11 km by 1.5 km and the maximum thickness >270 m, yielding an estimated volume of several 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. V3 flows consist of massive core sandwiched between columnar jointed lava crusts. V3 flow is divided into the Upper and the Lower flow by the presence of pillow lava with interstitial mudstone. Unlike the Lower flow with massive cores, the Upper flow comprises piled up flow lobes showing dome-like structures with thicknesses varying from 2 m to 20 m. The Upper flow consists at least of seventeen flow lobes along a transect at 6 km from the feeder dike.

Low-T hydrothermal alteration and weathering affected LILE compositions of the V3 flow. However, strong positive correlations among incompatible HFSEs and REEs, and relatively good correlations with Zr show that these elements were less mobile and preserve primary characteristics. V3 flow comprises trachybasalt to basaltic trachyandesite dolerite with intermediate trace element characteristics between OIB and E-type MORB. Whole-rock major and trace element variations through a stratigraphic transect at 8.7 km from the feeder dike show fractional crystallization of augite, plagioclase and magnetite. By contrast, other samples of V3 flow show highly scattered whole-rock compositions, which may be explained by internal mixing of variably differentiated magmas.

Yb of the basal crust show increases downflow to ~4.5 km, then decreases to 6 km, high value at 7 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.

The Lower flow was initially emplaced as a thin sheet of lava, and was inflated to become a thick sheet lava as lava was injected into the core of the flow. Meanwhile, the lava was mainly cooled from above and solidified downward. Yb stratigraphic variation shows decreases from the basal crust to the core at 26 m in stratigraphic height, then increases to the upper crust at 83 m in height and then decreases to the top of the Lower flow at 136 m in height. The Yb concentrations of 2.07 μ g/g in the core are comparable to those of the later flows frozen in the proximal basal crust. It is consistent with the model where the core was formed by the lastly supplied and solidified lava. Besides the lava at height 259 m, the variation in Yb concentration from 145 m in height to the top

of the Upper flow are correlatable to the temporal variation of the extruded lava, consistent with interpretation that the Upper flow formed by welded flows which were emplaced one on top of the other.

N-MORB normalized primitive V3 trace element patterns show LREE enrichment in spite of similar HREE abundances to N-MORB. Geochemical partial melting model of depleted MORB mantle indicates that the primitive V3 trace element compositions can be reproduced by the mixing of melts formed by 0.2 wt% partial melting of garnet lherzolite and 1.5 wt% to 3.0 wt% partial melting of spinel lherzolite.

キーワード：オマーンオフィオライト、巨大海底溶岩流、化学組成変化、定置過程、部分融解、マグマ起源
Keywords: Oman Ophiolite, large submarine lava flow, chemical variation, Emplacement processes ,
partial melting, magma genesis

中米・エルサルバドル、イロパンゴカルデラ起源のテフラと噴火年代

Eruptive dates of tephtras from Ilopango Caldera, El Salvador, C. A.

*北村 繁¹

*Shigeru Kitamura¹

1. 弘前学院大学社会福祉学部

1. Faculty of Social Welfare, Hirosaki Gakuin University

中米・エルサルバドル、イロパンゴカルデラ起源の珪長質テフラ、TB1、TB2、TB3、および、TB4について、偏光顕微鏡観察とEPMA分析から、それぞれの鉱物組成と火山ガラスの化学組成を明らかにした。その結果、4つのテフラは互いに類似した特徴を示す一方、火山ガラスの化学組成のわずかな差異から、それぞれを判別できる可能性が見いだされた。一方、イロパンゴカルデラの約80km北西にあるサンタアナ火山周辺では、サンタアナ火山起源のスコリア層の間にLa Periquera ash、El Refugio ash と呼ばれる細粒火山灰が知られていたが、これらの鉱物組成と火山ガラスの化学組成を分析したところ、それぞれTB2およびTB4に対比されることが明らかとなった。これらのテフラは、これまでおよそ7000年前、30-45kaと推定されていたことから、イロパンゴカルデラは過去4万年程度の間、4回の珪長質テフラの噴火を生じてきたと推定される。

キーワード：TB4テフラ、大規模カルデラ噴火、火山ガラスの化学組成分析

Keywords: TB4 tephra, large caldera eruption, chemical analysis of volcanic glass

確率論的火山危険度評価手法に関する近年の動向調査

The recent trend survey of Probabilistic volcanic hazard assessment methods

*金井 啓通¹、永田 直己¹、藤原 伸也¹、永島 伊知郎²、小山 陽一郎²

*Hiromichi Kanai¹, Naomi Nagata¹, Shinya Fujiwara¹, Ichiro Nagashima², Yoichiro Koyama²

1.国際航業株式会社 技術本部防災部、2.損害保険料率算出機構 リスク業務部

1.KOKUSAI KOGYO CO.,LTD. The engineering department, Disaster section, 2.General Insurance Rating Organization of Japan

火山噴火は一定の周期に基づいて決まった規模の噴火が発生するとは限らず、その噴火が生じるタイミングや規模を中・長期的に評価することは現状として困難である。しかしながら、人命の損失や環境改変、インフラ施設の破壊や産業途絶による経済損失など、火山噴火が社会へ与える影響は甚大であり、火山災害により被るリスクの低減は大きな課題となっている。国外では1960年代から火山災害によるリスクの低減の一環として、統計学に基づいた確率論的評価手法による火山活動予測に関する研究がなされてきた(Wickman, 1966a; Reymont, 1969; Decker, 1986; Connor and Hill, 1995; Marzocchi and Bebbington, 2012など)。日本国内では、2004年に富士山ハザードマップ検討委員会の中で、イベントツリーの概念が採用され、その後定量的に確率を評価する手法の開発、検討が進められてきているが、わが国の火山分野における確率論的評価手法は議論が十分といえる状況とはいえない。一方で、日本のように狭い国土に火山が集中し、かつ地質学的に噴火履歴が精査されている国は他に例がほとんどなく、確率的評価を行える素地はある程度整っているともいえる。そこで、本論では国内外における近年の火山活動に関する確率論的評価の研究事例を収集し、各手法の特徴や傾向を整理し報告することとした。国内で火山の確率論的手法を論じている事例は多くないが、イタリア、ニュージーランドなどの国々では、数多くの確率的評価に関する論文が執筆されていることが分かる。また、近年では、ベイズ推定を用いた手法や、点過程やカーネル密度推定を用いた手法で確率論評価が行われている一方、国や地域によって使用する手法に傾向が見られた。その上で、実際に今後国内の火山に対してハザード評価を実施するに当たり、これらの手法の適否や留意点、課題などを整理検討した。

キーワード：確率論的評価、長期的予測、短期的予測

Keywords: Probabilistic volcanic hazard assessment, long-term prediction, short-term forecast