

北海道北部，利尻火山に産するカルクアルカリ安山岩の岩石学的成因 Petrogenesis of calc-alkaline andesite from Rishiri volcano, northern Hokkaido

*谷内 元¹、栗谷 豪²、中川 光弘²

*Hajime Taniuchi¹, Takeshi Kuritani², Mitsuhiro Nakagawa²

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門

1. Department of Natural History Science, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Natural History Science, Faculty of Science, Hokkaido University

1. はじめに

島弧火山がどのように活動を開始して進化し、その終末を迎えるかを理解することは、長期的な噴火予測に役に立つだけでなく、島弧深部の組成・熱構造の時間変化や島弧地殻の進化の解明につながる。利尻火山は周囲の第四紀火山から約 200 km 離れており、先行する火山活動もないと考えられていることから、火山の一生やその岩石学的成因を検討する上で好都合な火山と言える(石塚・中川, 1999)。

カルクアルカリ安山岩は典型的に島弧に産出し、大陸地殻の平均化学組成と類似する岩石であるが、利尻火山においても活動の最盛期(石塚, 1999)に多量のカルクアルカリ安山岩を噴出している。この安山岩を生成したマグマプロセスを明らかにし、それらから初生的な情報を抽出することができれば、前後に噴出した岩石(例えばアルカリ玄武岩)と比較することにより、利尻火山における火成活動あるいは岩石学的進化がどのような要素に支配されていたのかを連続的に理解することにつながる。また、先行/近接する活動がない場所、あるいは超背弧におけるカルクアルカリ安山岩の成因を、典型的島弧と比較し、その普遍性あるいは特異性を検討することも期待できる。今回はその第一段階として岩石記載・全岩化学組成・鉱物化学組成および同位体組成から与えられる制約を基に、カルクアルカリ安山岩の成因についての考察を行う。

2. 岩石学的特徴

カルクアルカリ安山岩は利尻山の成層火山体を形成しており、溶岩流と火砕物の互層からなる。全岩SiO₂量は 58.2 wt.% から 65.3 wt.% の範囲を示すもののSiO₂=62~64 wt.%の間の組成を示すサンプルは少ない。これ以降、この組成ギャップより苦鉄質なものをA(Andesite)-type、珪長質なものをD(Dacite)-typeと呼称する。A-typeは斑晶鉱物として斜長石>斜方輝石>単斜輝石>かんらん石を含む。また、これらの鉱物の一部あるいは全部の組み合わせの集斑晶がみられる。両輝石と斜長石には逆累帯構造を示すものがあり、斜長石の中心はAn=45から88と幅広い。かんらん石の中心はMg#=64から88で多くは周囲に斜方輝石反応縁を持つ。さらに、斑れい岩ゼノリス、角閃石メガクリスト、マフィックインクルージョンが含まれる。D-typeは斑晶鉱物として斜長石>斜方輝石>単斜輝石を含み、正累帯構造を示す鉱物が支配的である。また、ゼノリスやメガクリストは含まれない。主要元素および微量元素の多くはハーカー図上において概ね直線的なトレンドを示すが、Cr, Ni含有量はSiO₂=59-60 wt.%の範囲において1本の混合トレンドを作らず、Sr含有量はA-typeの苦鉄質側とD-typeで高く、A-typeの珪長質側で低い。LREE/HREE比はA-type<D-typeで、Euの負の異常はA-typeでみられるのに対してD-typeではみられない。⁸⁷Sr/⁸⁶Srおよび²⁰⁶Pb/²⁰⁴PbはSiO₂の増加とともに高くなる。¹⁴³Nd/¹⁴⁴NdはA-typeで高く、D-typeで低い。Putirka (2008)の両輝石温度圧力計を共存する両輝石の組成に適用して求めたマグマ溜まりの温度圧力条件はA-typeでT=970-1000 °C, P=3.6-4.1 kbarであり、D-typeでT=970-980 °C, P=4.1 kbarと、両者の間に有意な差が認められない。

3. 議論

岩石学的特徴は、カルクアルカリ安山岩が苦鉄質マグマと珪長質マグマの混合によって形成されたことを支持する。議論では、これらの端成分マグマの特徴と成因を考察する。

苦鉄質端成分は、SiO₂ vs Ni, Cr のハーカー図が直線的トレンドを示さないこと、かんらん石のモード量がSiO₂=60 wt.%前後で最大となること、かんらん石と斜長石斑晶コアの幅広い化学組成などといった観察事実から、初生的なマグマからの結晶分化などで作られた不均質あるいは複数の玄武岩質マグマであったと考えら

れる。珪長質端成分は、D-typeにマグマ混合の影響を示す岩石学的特徴が無いことから、ほとんどD-type自体が珪長質端成分マグマであったと考えられる。つまり、珪長質端成分(=D-type)と苦鉄質端成分の混合によるA-typeの形成が示唆される。

さて、珪長質側端成分(=D-type)の化学組成と同位体組成はMartin (2005)のHSA(High-SiO₂ Adakite)組成に類似し、同時に比較的高いMgOおよびCr, Ni含有量を持つ。この組成は未分化なアルカリ玄武岩からの結晶分化では得られないことから、地殻の部分溶融か沈み込んだスラブの部分溶融にその起源があると考えられる。まず地殻の部分溶融であるが、利尻島で採取された花崗閃緑岩(上部地殻と想定)のPb同位体比はD-typeに比べて有意に高い。それに対してA-typeに含まれる斑れい岩ゼノリス(下部地殻と想定)のPb同位体比はD-typeに比べ有意に低い。つまり、我々が手にした上部・下部地殻を構成すると思われる岩石の単純な部分溶融では珪長質側端成分を生成することができない。地殻から珪長質側端成分を生成するには、下部地殻の部分溶融に加えて上部地殻の同化などの複数段階の生成分化プロセス、あるいは適切な化学組成と同位体組成を持つ中部地殻の部分溶融などを想定する必要がある。つまり、珪長質側端成分(=D-type)の生成プロセスとしては、1)地殻での複数段階を経るような生成分化、2)適切な組成をもつ中部地殻の部分溶融、3)沈み込んだスラブの部分溶融とマントルとの反応、が考えられる。

キーワード：カルクアルカリ安山岩、マグマ混合、アダカイト、利尻火山

Keywords: Calc-alkaline andesite, Magma mixing, Adakite, Rishiri Volcano

カムチャツカ北東部，海山の沈み込みに起因する，高-Mg安山岩に含まれる超高Ni含有olivineの成因

Genesis of ultra-high-Ni Ol in high-Mg andesite lava triggered by seamount subduction in the northeast Kamchatka

*西澤 達治¹、中村 仁美^{1,2,3}、Tatiana Churikova⁴、Boris Gordeychik⁵、石塚 治⁶、常 青²、中尾 篤史¹、岩森 光^{1,2}

*Tatsuji Nishizawa¹, Hitomi Nakamura^{1,2,3}, Tatiana Churikova⁴, Boris Gordeychik⁵, Osamu Ishizuka⁶, Qing Chang², Atsushi Nakao¹, Hikaru Iwamori^{1,2}

1. 東京工業大学地球惑星科学専攻、2. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、3. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、4. ロシア科学アカデミー極東支部火山地震研究所、5. ロシア科学アカデミー実験鉱物学研究所、6. 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. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Chiba Institute of Technology, ORCeNG, 4. Institute of Volcanology and Seismology, FED, RAS, 5. Institute of Experimental Mineralogy, RAS, 6. Institute of Geoscience and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

カムチャツカ北東部は、(1) スラブエッジ周囲の高温アセノスフェア性マンツルの流入 (Yogodzinski et al., 2001)、(2) 天皇海山列の沈み込み (Davaille and Lees, 2004)、等の極めてダイナミックな過程を内在する。これらのプロセスは、世界で最も活発な火山活動 (Klyuchevskoy Volcanic Group) (Dorendorf et al., 2000) や、北部にかけてのスラブ沈み込み角度の浅化 (Gorbatov et al., 1997) に影響を及ぼしていると考えられている。この前弧域に単成火山East Cone, EC (Fedorenko, 1969) が分布しており、それらは、沈み込む古くて冷たいとされる太平洋スラブ (~100 Ma, Renkin and Sclater, 1988) の深度~60 km直上に位置する。この場合、スラブ起源流体の供給およびそれに伴うマンツル溶融が、前弧域ではなくスラブ深度 100 kmに火山フロントを形成する (Iwamori, 1998)。我々は、EC溶岩が全体的に初生的であるにも関わらず、高-Mg安山岩 (HMA) や未分化な玄武岩を含む岩石タイプのばらつきを示し、その上、それらが限られた領域の (30 km × 60 km範囲) 一過性 (0.73–0.12 Ma) の火成活動によってもたらされたことを発見した。含まれるolivine斑晶もまた、岩石タイプごとに異なる特徴を示す。これまで報告されている島弧火山岩中のolivineの中で (e.g., Straub et al., 2008)、最も高いNi含有量を示す超高Ni含有olivine (Ni ~6300 ppm) がHMA中に見られた。一方、未分化な玄武岩中にはやや高Ni含有olivine (Ni ~2900 ppm) が含まれていた。これらの特徴はカムチャツカ北東地域のダイナミックな過程を反映している。

我々は、HMA、初生的な玄武岩、超高Ni含有olivineの生成条件に基づき、この不可解な前弧域における火成活動の過程を、海山の沈み込みが関与する固有で一時的な条件を考慮しながら議論する。鉱物組み合わせ、斑晶の組成と累帯構造の詳細な精査と共に、沈み込むスラブ、スラブ起源流体、DMM様マンツルとメルトを含む微量元素のインバージョンは、マンツルにおける結晶化の初期段階において、流体経路に沿って様々な度合いでpyroxenite化したソースの溶融に由来する複数の孤立したメルトポケット及び又は脈を示す。比較的暖かい地温勾配 (Manea and Manea, 2007) を伴う沈み込んだ海山に由来するシリカに富む流体が、前弧域における流体の排出とその組成を説明することができる。そのような流体によって不均質に脈を形成したマンツルの溶融が、限られた時空間において様々な初生メルトをもたらした。

キーワード：高-Mg 安山岩、高-Ni olivine、海山の沈み込み

Keywords: high-Mg andesite, high-Ni olivine, seamount subduction

流紋岩溶岩のキュリー温度以下における回転運動—神津島砂糠山溶岩の例—

Rotational deformation of a rhyolite lava flow below the Curie temperature of magnetite: Sanukayama rhyolite lava in Kozushima Island, Japan

*中井 耕太郎¹、古川 邦之²、金丸 龍夫³、宇野 康司¹

*Kotaro Nakai¹, Kuniyuki Furukawa², Tatsuo Kanamaru³, Koji Uno¹

1. 岡山大学教育学部、2. 愛知大学経営学部、3. 日本大学文理学部地球科学科

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

非常に粘性の高い流紋岩溶岩は、厚さが100m以上にもなることが普通で、その大部分がガラス質部から構成されることも多い(例えば Manley and Fink, 1987; 古川・鎌田, 2005)。厚いガラス質が発達するのは、高粘性により結晶化の進行が遅いことが原因だと考えられる。このようにガラス状態が長く続くので、溶岩の流動が長期にわたることが観測されている(Tuffen et al., 2013)。これらのことから、溶岩上部においては冷却してガラス転移温度を下回った後も、溶岩中心部の長期の流動により、変形が続くことが予想される。本研究では、神津島砂糠山に分布する流紋岩溶岩において、ガラス質を中心とする溶岩上部の変形を、古地磁気学的手法により推定する。これは、目撃例のほとんどない流紋岩溶岩の挙動を推定する上で重要である。砂糠山溶岩は、溶岩上部の厚さ150m(一色, 1982)が露出しており、ESR年代で5-7万年前(横山ほか, 2004)である。本研究では、厚さ約80mの溶岩上部ガラス質部から軽石、溶結自破碎角礫、非溶結自破碎角礫、黒曜石、その近傍から灰白色の厚さ1m以内の破碎脈(一色(1982)の灰白色レンズ状岩体)、溶岩内部から結晶質部を採取し、熱残留磁化(TRM)を測定した。TRM測定の結果、主要な磁性鉱物はマグネタイトであった。そのキュリー温度は約580°Cなので、それより低温の変形を検知できる。また成分解析から、溶岩が完全に冷却して以降は現在まで、回転運動が起きていないことが示された。

上部ガラス質部の試料はすべて400°C以上において30°程度の2回のTRM方位の変化がみられた。これはガラス転移温度以下と考えられるので、溶岩上部の固結後、冷却中の高温状態において、2回回転運動が起きたことを意味する。一方、結晶質部と破碎脈ではTRM方位に変化はみられなかった。上部ガラス質のTRM方位変化を回転運動と想定すると、2回の方位変化はどちらも、それぞれ同一軸まわりの回転運動で説明される。このことから、厚さ約80mの上部ガラス質部は、マグネタイトのキュリー温度である580°Cから400°Cまでの間に2回、同一軸まわりの回転運動が起こったと考えられる。一方で、結晶質部と破碎脈はTRM方位に変化がないことから、上部ガラス質部に回転運動が起こった時点では、580°C以上にあったと考えられる。

本研究では古地磁気学的手法により、神津島砂糠山に分布する流紋岩溶岩の定置過程において、キュリー温度以下に冷却固結した上部ガラス質部が、中心部の流動により回転した可能性をとらえた。また、同じガラス質部に位置する破碎脈は他のガラス質部とは異なり、局所的に高温状態にあった可能性が考えられる。

キーワード：流紋岩溶岩、変形、古地磁気、神津島

Keywords: rhyolite lava, deformation, paleomagnetism, Kozushima Island

紀伊半島北部に分布する中新世火砕流堆積物の古流向：帯磁率異方性 (AMS) からの推定

Flow directions of Miocene pyroclastic flow deposits on the northern Kii Peninsula, Japan, inferred from AMS (anisotropy of magnetic susceptibility) measurements

*星 博幸¹、伊藤 真規¹

*Hiroyuki Hoshi¹, Masanori Ito¹

1. 愛知教育大学

1. Aichi University of Education

紀伊半島北部に分布する中期中新世の室生火砕流堆積物は、現存する堆積物の体積が100 km³超に達する大規模な流紋岩質火砕流堆積物である。この火砕流堆積物は奈良県に分布する石仏凝灰岩および大阪府に分布する玉手山凝灰岩と対比され、中期中新世の1500~1400万年前頃に紀伊半島北部が広範囲にわたって火砕流堆積物に覆われたと考えられている。筆者らはこの火砕流の流走方向を探るために、これらの火砕流堆積物の帯磁率異方性 (AMS) を測定した。

筆者らは合計37地点の350試料について帯磁率を測定し、帯磁率の異方性度と形状度を明らかにし、さらに帯磁率主軸 (K1, K2, K3) の方向を決定した。その結果、次の結論を得た。室生火砕流堆積物は全体的に帯磁率異方性度がそれほど高くない。帯磁率楕円体の形状は扁平型が卓越する。帯磁率面構造と帯磁率線構造の方向から、室生火砕流堆積物を堆積させた火砕流は全体として南方から北方へ流れた可能性が高い。しかし局所的にはかなり複雑な流れが発生していたと考えられる。以上の結果は、室生火砕流堆積物の給源火山が室生の南方に位置していたことを示唆する。

キーワード：帯磁率異方性 (AMS)、火砕流堆積物、流向、中新世、紀伊半島

Keywords: AMS (anisotropy of magnetic susceptibility), pyroclastic flow deposits, flow direction, Miocene, Kii Peninsula

月の縦孔Marius Hills Hole下部における溶岩チューブ洞窟の存在可能性

Possible existence of lava tube cave under Marius Hills Hole of the Moon

*本多 力¹

*Tsutomu Honda¹

1. 火山洞窟学会

1. Vulcano-speleological Society

[はじめに]

Haruyamaらによって発見されたMarius Hills Hole(MHH)はその後Robinsonらによりその縦穴断面で複数の溶岩流層が撮像された。その一つの溶岩流層の流動臨界条件(流動停止条件)から溶岩の降伏値を求め、MHHの下部に溶岩チューブ洞窟があるとした場合の洞窟高さを推定し、HaruyamaらおよびRobinsonらが得ている洞窟高さの実測値と比較した。また天井厚さから単純梁モデルを用いて支持可能な洞窟幅を推定した。

[検討モデル]

Fig.1のモデルに示すように、密度 ρ の溶岩流を降伏値 f_b のビンガム流体として角度 α の傾斜した面を重力 g で流れる場合を考える。溶岩流の流動臨界条件は H を溶岩流厚さとする $H = n f_b / (\rho g \sin \alpha)$ で表される。斜面表面上を自由表面をもって流れる場合は $n=1$ 、天井が拘束された無限幅平行平板間内を流れる場合は $n=2$ 、さらに円管内を流れる場合は $n=4$ である(Hulme)。 n が2と4の間では矩形流路断面のチューブ状流れとなる。ここでは、月の溶岩チューブ洞窟が円管内あるいは平行平板間内流れとして形成されたとして、発見された縦穴の深さと整合的かどうか検討を試みた。

[溶岩降伏値と溶岩チューブ洞窟高さの推定]

MHHの縦穴形状はFig.2に示すように、縦穴の深さは48m(Haruyamaら)、内部空洞の高さは17m(Robinsonら)、したがって縦穴天井断面層の層状溶岩をなす全体の厚さは31mである。縦穴断面の層状溶岩は4m~12m厚(平均6m厚)の溶岩層(Robinsonら)からなる。ここでは平均厚 $H=6m$ を使う。Rille-A地域の傾斜角が0.31度(Greeley)、重力加速度 $g=162 \text{ cm/s}^2$ 密度 $\rho=2.5 \text{ g/cm}^3$ で $n=1$ の場合の溶岩流停止条件から、降伏値 1314 dyne/cm^2 が得られる。 $n=2$ の場合 H は12m, $n=4$ の場合24mとなり、実際の空洞高さは17mなので、チューブ形状は横長の矩形断面形状で n は2と4の間にあると考えられる。

[溶岩チューブ洞窟幅の推定]

天井厚さ31mから梁モデルを使って天井が落下しないで耐えうる幅を推定することができる。洞窟幅を ℓ 、溶岩引張強度 $S=6.9 \times 10^7 \text{ dyne/cm}^2$ (Oberbeckら)、天井厚さ d 、として集中荷重モデル(Oberbeckら)では $\ell = ((4/3)Sd / \rho g)^{1/2} = 313 \text{ m}$ 、分布荷重モデル(本多)では $\ell = (2Sd / \rho g)^{1/2} = 327 \text{ m}$ となる。天井がアーチ形状の場合は荷重を圧縮でも受けるので幅はもっと広がるであろう。空洞高さ17m、幅327mの矩形断面チューブ内の溶岩流の流動臨界条件は $n=2$ と $n=4$ の間になる。

[おわりに]

今回の検討で得られた溶岩チューブ洞窟高さの推定値は実測値とおおむね一致する。MHH下に空洞高さ17m、幅327mの矩形断面の溶岩チューブ洞窟が存在する可能性が高いと考えられる。Soodらによる重力計測によりMHH近傍に空洞があることもその存在を示唆している。今後の詳細な研究と探査に大きな期待がかけられる。

参考文献

- 1)Haruyama,J. et al(2009): Geophysical Research Letters, Vol.36,L21206,2009.
- 2)Haruyama,J. et al(2010): 41st Lunar Planetary Science Conference,Abstract 1285,2010.
- 3)Haruyama,J. et al(2012): Moon,Chap6,pp139-163,Springer,2012.
- 4)Robinson,M.S. et al(2012): Planetary and Space Science 69,pp18-27,2012
- 5)Hulme,G(1974): Geophys.J.R.Astr.Soc.,Vol.39,pp361-383,1974.

- 6)Greeley,G(1971):The Moon 3(1971)pp289-314
- 7)Oberbeck,V.R. et al(1969):Modern Geology 1969, Vol. 1, pp. 75-80
- 8)本多力(2002):2002年日本洞窟学会秋吉台大会講演要旨集p34
- 9)Sood,R.et al(2015): 2nd International Planetary Caves Conference (2015)
- 10)Sood,R et al(2016): 47th Lunar and Planetary Science Conference (2016)

キーワード：月の縦孔、溶岩チューブ、溶岩洞窟

Keywords: Vertical pit of the Moon, Lava tube, Lava cave

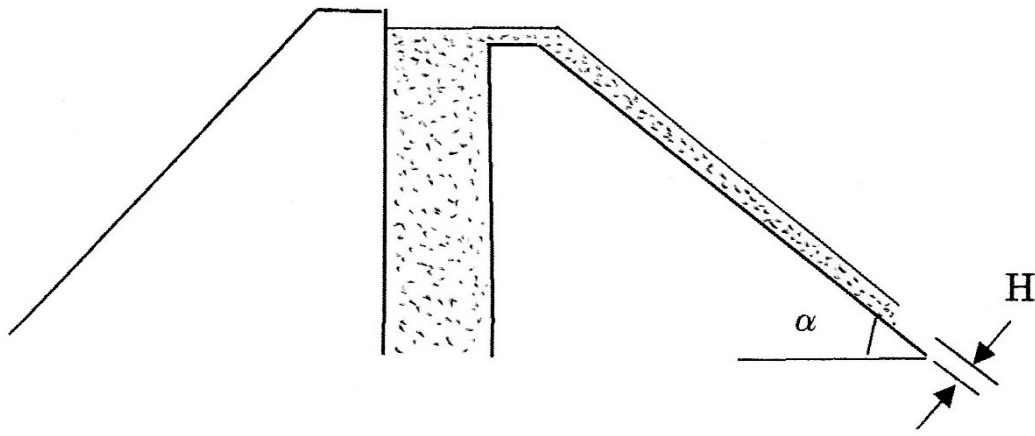


Fig.1 Critical thickness of the lava flow: $H = nf_B / (\rho g \sin \alpha)$
 $n=1$: Free surface flow, $n=2$: Flow between parallel plates,
 $n=4$: Flow in circular tube

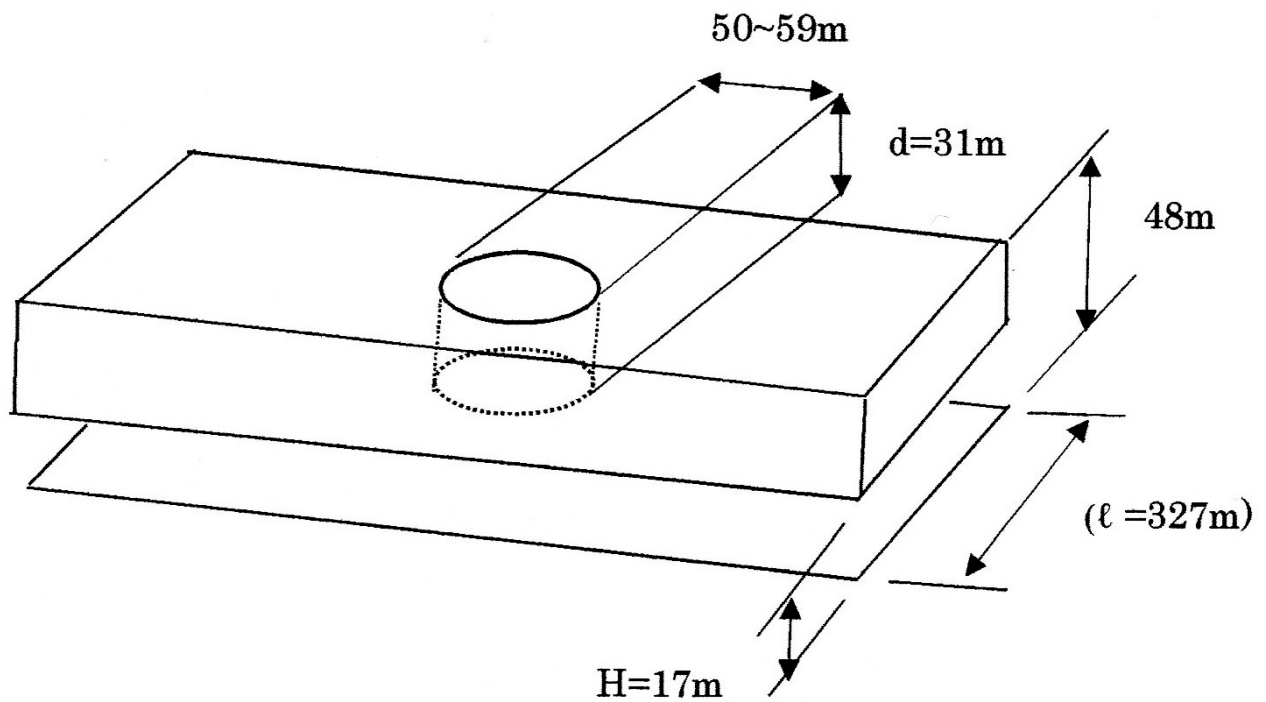


Fig.2 Schematic configuration of Marius Hills Hole

神津島、砂糠山流紋岩溶岩の岩相変化と構造発達過程

Lithofacies and Structural Development of the Sanukayama Rhyolite lava in Kozushima Island, Japan

*古川 邦之¹、宇野 康司²、中井 耕太郎²、金丸 龍夫³

*Kuniyuki Furukawa¹, Koji Uno², Kotaro Nakai², Tatsuo Kanamaru³

1. 愛知大学、2. 岡山大学、3. 日本大学

1. Aichi University, 2. Okayama University, 3. Nihon University

The Sanukayama rhyolite lava (Taniguchi, 1977; Isshiki, 1982; Goto et al., 2014) is distributed along the east coast of Kozushima Island, Japan. The ages are 70+/-5ka (Kaneoka and Suzuki, 1970), 110+/-30ka (Sugihara and Danhara, 2008), 46+/-3 and 68+/-5ka (Yokoyama et al., 2004). The lava is well exposed over 150m in height. The vertical lithofacies are mainly divided into the following three facies and transition zones between them. We describe the lithofacies and discuss the development processes.

*Pumiceous layer (Upper 40m)

Description: This layer is mainly composed of light gray- to pinkish-colored massive pumice with no obsidian. The pumice is partially brecciated into the elongated shape, and the clasts tend to be aligned to nearly vertically. The anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) results show that the pumice was compacted horizontally rather than vertically.

Interpretation: The pumiceous layer was generated from effervescence of the upper part of the lava. The vertical oriented clasts and AMS results are consistent with the diapiric inflation (Fink and Manley, 1987).

*Obsidian layer (Middle 20m)

Description: The layer is composed of massive obsidian with nearly lack of microlites. The ductile-deformed light-colored veins, mainly with a few mm thick (exceptionally 1m thick) and a few to several meters long, are frequently observed. In the microscopic observation, the veins are composed of broken crystals and obsidian clasts.

Interpretation: In this layer, extensive vesiculation and microlite development would be prevented by higher load pressure and faster cooling, respectively, and resulted in the obsidian. The lava fracturing was ubiquitously occurred by flow-induced shear during ductile-brittle transition (Tuffen et al., 2003). The fractures were subsequently healed and deformed. Degassing would be promoted via the pervasive fractures, and the water contents of the obsidian layer would become heterogeneous.

*Crystalline rhyolite layer (Lower 50m)

Description: The layer is composed of light gray-colored crystalline rhyolite. The rhyolite is characterized by high vesicularity and flow banding. The vesicles are spherical shape with <1cm in diameter. The flow banding is defined by the ductile-deformed dark-colored veins, with 0.5mm thick and more than several cm long, and by aligned vesicles along the veins. The microscopic observation shows that the veins are composed of the microlite alignment associated with the surrounding spherulite trail.

Interpretation: The microlites would be developed on the healed fractures due to high heat retention comparing to the upper obsidian under large undercooling condition. Subsequently, the microlites acted as nucleation site of spherulite. The water rejection from the aligned spherulite consequently formed aligned vesicles.

*Pumiceous ~ Obsidian layers (<10m in thickness)

Description: The abundant discontinuous pumiceous layers with a few cm to 1m thick are intercalated in the obsidian. The layers tend to become thick into the upper part. The individual layers are linked each other by the pumiceous network.

Interpretation: The inhomogeneous water contents of the obsidian layer would be resulted in inhomogeneous effervescence. The pumiceous part are flattened by flow-induced shear and accumulated in upper part of the obsidian layer by buoyant force.

*Obsidian ~ Crystalline rhyolite layers (<10m in thickness)

Description: The crystalline rhyolite fragments are scattered within the obsidian layer. In the marginal part of the fragments, the vesicles show spherical shape, and spherulites are not broken at all. This indicates that the spherulites and vesicles were not deformed, and were developed after fragmentation.

Interpretation: The microlite development would induce increasing of viscosity. The high viscous microlite-rich layer would be fragmented by flow-induced shear. The spherulitic growth is subsequently occurred in the fragments as well as lower crystalline layer.

キーワード：流紋岩、黒曜石、脱ガス、スフェルライト、神津島

Keywords: rhyolite, obsidian, degassing, spherulite, Kozushima

浅間前掛火山の噴火イベントと確率論的噴火事象系統樹の試作

Eruption event of Asama-Maekake volcano and the trial proposal of probabilistic event tree of its eruptive sequence

*高橋 正樹¹、安井 真也¹、中川 光弘²、武尾 実³

*Masaki Takahashi¹, Maya Yasui¹, Mitsuhiro Nakagawa², Minoru Takeo³

1. 日本大学文理学部地球科学科、2. 北海道大学大学院理学研究院、3. 東京大学地震研究所

1. Department of Earth and Environmental Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2. Graduate School of Science, Hokkaido University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

浅間前掛火山の噴火イベントには(1) マグマの上昇、(2) 噴火および噴火未遂、(3) 単発的小規模噴火(水蒸気噴火およびマグマ水蒸気噴火)、(4) 単発的中規模噴火(ブルカノ式、ストロンボリ式および灰噴火)、(5) 連続的噴火期、(6) 大規模噴火(プリニー式あるいは準プリニー式)がある。連続的噴火期は、前後に2年以上の休止期を挟み、間に1年以下の休止期を挟みながら、通算で4年以上続く噴火イベントと定義する。噴火様式としては小規模噴火と中規模噴火を含む。大規模噴火は全部で数カ月以内という比較的短期間に生ずるもので、単発的噴火の一種とみなす。単発的噴火では、マグマ溜りへのマグマ供給率が大きくなく、マグマ溜りが一杯になるとマグマ上昇が起きるが、連続的噴火期ではマグマ溜りへのマグマ供給率が大きく、噴火してもマグマ溜りは膨張を続けると推定されている(Murase et al., 2007)。西暦1527年以降の古記録に基づいて以上の噴火イベントを独立事象とみなしてすべて識別し、その回数に基づいて確率論的噴火事象系統樹の試作を試みた。マグマ上昇のイベントは、地殻変動と火山性地震によって知ることができる。GPSによる連続観測が可能となった1996年以降の観測結果によると、2009年までに6回のマグマ上昇事件が起き、そのうち2004年と2009年の2回噴火が生じていて、残りの4回は噴火未遂である(Takeo, 2013など)。これに基づくとマグマ上昇が噴火イベントに繋がる確率は約33%である。噴火が生じた場合、小規模噴火で終わる確率は約22%、中規模噴火になる確率は約78%である。中規模噴火が生じた場合、これが単発的噴火となる確率は約70%、連続的噴火期となる確率は約30%である。さらに、単発的噴火がそのまま終了する確率は約88%、それが大規模噴火に移行する確率は約12%となる。マグマ上昇が生じてからそれが大規模噴火に移行する確率は約2%となる。

キーワード：浅間火山、噴火、噴火事象系統樹

Keywords: Asama volcano, eruption, event tree of eruption

十和田火山、噴火エピソードC（中掬テフラ）噴出物の噴火推移と中湖カルデラの形成過程

Relationship between the sequence of Eruptive episode C (Chuseri tephra) and the forming process of the Nakanoumi caldera, 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, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

青森・秋田県境に位置する十和田火山は、直径11kmの十和田カルデラの内側に直径3kmの中湖カルデラを持つ二重カルデラ火山である。十和田カルデラは約15,000年前に形成されたが、中湖カルデラの形成時期についてはこれまで複数の議論があり、一致した見解は得られていない。

噴火エピソードCは下位から、プリニー式降下軽石堆積物である中掬軽石（CP）、石質岩片に富む降下火山礫堆積物が主体の金ヶ沢軽石（KP）、マグマ水蒸気噴火堆積物である宇樽部火山灰（UA）からなり、後カルデラ期の活動の中では最大規模の噴火である。Hayakawa (1985)は、活動規模とマグマ水蒸気噴火に至った活動推移から、噴火エピソードCが中湖カルデラを形成した活動であると結論付けたが、その詳細については言及されていない。また、中湖周辺を給源火口とした十和田カルデラ形成以降の活動では、噴火様式がマグマ噴火からマグマ水蒸気噴火へと推移する活動を繰り返しており、マグマ水蒸気噴火の発生とカルデラ形成を直接結び付けることが難しい。そのため、噴火エピソードCが中湖カルデラの形成と関連があるかどうかについては議論の余地がある。本研究では、噴火エピソードC噴出物の詳細な解析から噴火層序とその推移を再検討し、中湖カルデラの形成過程との関連を明らかにすることを目的とした。

噴火エピソードCは、マグマ噴火（CP）からマグマ水蒸気噴火（UA）へ活動が推移し、その間に断続的に噴煙柱を形成する活動（KP）が狭在する。CPは堆積物の下部と上部で粒径変化を伴い、噴煙柱の消長が示唆される一方、大部分を占める主部では粒径変化をほとんど伴わないため、噴火強度の変化を伴わない安定した噴煙柱が少なくとも半日以上維持されたと考えられる。CPは石質岩片に乏しいが、主部の最上部において含有量が急増し、引き続くKPでもその傾向が維持される。含まれる石質岩片は火道浅部を構成するものがほとんどであり、深部起源のものは含まれない。CPからKPを通して本質物質である軽石の密度および組成はほぼ一定で、外来水の積極的な関与を示すカリフラワー状軽石も含まれていない。UAを構成する本質物質は黒曜石片を主体とし、発泡粒子や黒曜石と漸移するものも一定数観察された。このことから、CPからKPにかけては外来水の影響が噴煙柱にはほとんど及ばなかったが、UAでその影響が強くなり現れ始めたと考えられる。

噴出物に含まれる石質岩片は、火砕物と火道壁間の摩擦による侵食や火道壁の崩落などによって取り込まれると考えられている (Macedonia *et al.*, 1994)。一方、中湖カルデラのような小型カルデラでは、マグマだまりの深さと環状断層で囲まれるマグマだまり天井の比が大きく、狭い陥没域において高角の逆断層が形成されることで、マグマだまり天井が比較的細かいブロック状に破碎して陥没が進行するピースミール型のカルデラになると考えられている (Roche *et al.*, 2000)。このような陥没に伴うブロック同士の構造運動では石質岩片が効率的に生産され、それらが地下から上昇する固気混相流に取り込まれることで噴煙柱へと供給されることが期待される。CP主部の最上部では、粒径変化を伴わない中で石質岩片量が急増するため、CP中の石質岩片量の急増は噴火強度の変化に由来するものではなく、外的要因によるものであることが示唆され、中湖カルデラ形成開始がその要因であると考えられる。KPが断続的な活動であったことは、個々のブロックの運動による火道閉塞を考えることで説明可能である。さらに、噴火様式の推移は火口に湖水を湛えることができる窪地が形成されたことと整合的である。以上を踏まえ本研究では、噴火エピソードCのCP噴火末期に、中湖カル

デラの形成が開始し、KP、UAと噴火が推移する中で陥没が進行したと結論付ける。

本研究において明らかになった噴火エピソードCの噴火推移は次のとおりである。CPはプリニー式の噴煙柱の消長を1度伴ったのち、安定した噴煙柱を少なくとも半日以上持続させた。噴火の末期には火道付近を構成していた堆積物が崩落しカルデラ形成が開始した。その後、プリニー～サブプリニー式の噴煙柱を形成する断続的な活動であるKPへと推移し、この間にカルデラ陥没が進行した。KPの活動が終息後、深くなった火口には湖水が流入し、その後上昇した発泡の悪いマグマと接触して激しいマグマ水蒸気爆発を発生させ、UAを堆積させた。その後噴火は収束し、一定量の湖水を湛えることができる窪地が形成された。

中湖カルデラのような直径数km程度の小規模カルデラが形成される際には、カルデラ形成噴火の総噴出量に対する前駆噴火の噴出量の割合が高いことが報告されている (Geshi *et al.*, 2014)。本研究ではカルデラ形成開始のタイミングを正確に制約し、噴出量を算出することができた。今回得られた前駆噴火噴出量 (1.86km^3) と総噴出量 (3.04km^3) の比 (0.63) は、先行研究で報告されている小規模カルデラの例

(0.56~0.93) と同等であった。このことは、小型カルデラの形成過程はDruitt and Sparks (1984) に代表されるような一般的な大型カルデラ形成モデルでは説明できないことを示唆しているのかもしれない。

キーワード：十和田火山、中湖カルデラ、噴火エピソードC、ピースミール型カルデラ

Keywords: Towada volcano, Nakanoumi caldera, Eruptive episode C, Piecemeal type caldera

北海道中央部，旭岳の形成史:特に完新世の水蒸気噴火履歴および噴火様式について

Eruptive history of Asahidake Volcano, central Hokkaido: New study of the stratigraphy and eruption ages of the products.

*石毛 康介¹、中川 光弘¹、石塚 吉浩²

*Kosuke Ishige¹, Mitsuhiro Nakagawa¹, Yoshihiro Ishizuka²

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. 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 火山活動研究グループ

1. Earth and Planetary System Science Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Volcanic Activity Research Group

大雪火山群は北海道中央部に位置する第四紀火山で複数の成層火山，溶岩ドーム及び火砕流堆積物からなる（勝井ほか，1979）。3万4千年前の御鉢平カルデラ形成以降，活動の中心はカルデラ南西部に移動し，成層火山と溶岩ドームの複数の火山体を形成した。

旭岳は大雪火山群の中の最も新しい火山体で，現在も活発な噴気活動が続いている活火山である。しかしながら旭岳では中腹までロープウェイが通じ，登山客に加えて一般観光客が多数訪れている。そのため，科学的調査・観測に基づいた，活火山としての旭岳の活動度評価と，それに基づく防災対応が必要な火山のひとつである。石毛・中川（2017）は旭岳の噴火履歴を明らかにし，その活動を主としてマグマ噴火を主体とする前期と，水蒸気噴火からなる後期に二分した。そして前期活動は5,000年前ぐらいまで続き，その後に後期活動に移行したことを示したが，後期活動の詳細については述べていない。その後期活動については，勝井ほか（1979）の研究以降，和田ほか（2001）で噴火履歴が議論され，奥野（2003）で2つの放射年代が測定されている。さらにその後の研究成果を受けて，活火山総覧（気象庁編，2013）に完新世の活動がまとめられているが，その根拠となるデータの公表は進んでいない。

今回，我々は旭岳について完新世，特に石毛・中川（2017）により水蒸気噴火主体とされた，後期活動の噴火履歴と個々の噴火様式を明らかにするために，火山地質学的調査を実施した。その際には，空中写真観察に加え特にレーザー測量による地形データを重視して，火山地形解析を行った。さらに地質調査においては，噴火履歴に時間軸を刻むために，年代測定のための試料採取にも重点をおき，4試料の¹⁴C年代測定を実施した。これらの結果，旭岳においてより精度の高い時間-積算噴出量図を作成に加え，過去5,000年間の水蒸気噴火活動史の特徴を明らかにすることができ，長期の噴火履歴から活動度評価が可能になったので，ここに報告する。

今回，新たに旭岳前期活動の，旭岳西方下部溶岩類（WL）の溶岩および旭岳山頂火砕岩（SU）の降下火砕物直下から，それぞれ木炭と土壌の¹⁴C年代測定用試料を採取した。年代測定の結果，WL及びSUの噴火年代はそれぞれ約1万5千年前と約4800年前という結果が得られた。本研究で得られた年代値に加え，既往研究で報告された年代値を合わせて新たに作成した時間-積算マグマ噴出量図からマグマ噴出率を見積もると，1.5万年前以前は0.2 km³DRE/ky以上，約1.5万年前～9,000年前で1.0 km³DRE/ky，9,000～5,000年前で0.03 km³DRE/kyとなる。そして4,800年前以降は水蒸気噴火主体であり，マグマ噴出率としては0となる。

旭岳の後期活動の噴火堆積物について，石毛・中川（2017）は一括して地獄谷火山碎屑物（JD）と命名したが，今回の調査でJDは，土壌を境に2枚のテフラからなることを確認した。これらについて，本研究では新たに下位から，地獄谷火山碎屑物1(JD-1)，地獄谷火山碎屑物2(JD-2)と命名し，それぞれのテフラ直下の土壌から約2,800年前及び約700年前の噴火年代を得た。JD-1をもたらした噴火は規模の大きな水蒸気噴火で，その噴火シーケンスは初めに小規模な山体崩壊を起こした後，水蒸気噴火を行い，現在の地獄谷爆裂火口を形成した。その後にWC火口群からラハールが発生する活動がおこったと考えられる。我々が認識した旭岳最後の噴火堆積物であるJD-2をもたらした噴火は，小規模な水蒸気噴火で，堆積物の分布から火口位置は地獄谷爆裂火

口や旭岳西火口群ではなく、新たに北西麓火口群で噴火が発生したと考えられる。

以上の結果から旭岳の活動度評価を行うと、旭岳は現在噴気活動が活発ではあるが、この数万年の活動推移の変化をみると、旭岳の火山活動のピークは越えており、火山活動としては末期の状態と考えることができる。最近2,800年間でみても噴火頻度は低い。しかしながらJD-2噴火の事例や多数の観光客や登山者が訪れる現状を考慮すると、防災対応としては、広範囲で小規模な噴火の可能性に留意しておく必要がある。

キーワード：旭岳、水蒸気噴火、噴火様式、噴出率、放射性炭素年代

Keywords: Asahidake, phreatic eruption, eruption style, eruption rate, radiocarbon dating

阿蘇-4火砕噴火直前に噴火した大峰火山

メルト包有物組成からみるマグマ供給系の変遷

Omine volcano erupted just 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火砕噴火直前にカルデラ縁西方5 kmで、大峰火砕丘の形成とそれに伴う高遊原溶岩の流出が起こり、比高200 mの火砕丘と厚さ約100 m、表面積28 km²の塊状溶岩からなる溶岩台地を形成した(渡辺・小野, 1969; 渡辺, 1974)。阿蘇-4軽石と高遊原溶岩は共に普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石デイサイトで似通った化学組成であるが(Watanabe, 1979)、前者が爆発的な噴火を起こしたのに対し、後者は対照的に流出的な噴火を起こしている。

鉱物組み合わせは大峰スコリア・高遊原溶岩共に斑晶の斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物と微斑晶に普通角閃石が確認された。モード組成の結果から、石基が約80%、斑晶が約20%の割合で含有している。斑晶の割合はそれぞれ、斜長石が16%、単斜輝石・斜方輝石が1.5%、不透明鉱物が1%である。斑晶は一方向に揃った流理構造を示す。斜長石はスコリア・溶岩共に数多くが蜂の巣状構造を有している。

高遊原溶岩の全岩化学組成(SiO₂ = 63~65 wt.%)と大峰スコリアの全岩化学組成(SiO₂ = 61~65 wt.%)では組成の違いは見られなかった。阿蘇-4噴出物(山崎ほか, 2015)と比較すると、阿蘇-4のトレンドと一部異なるが、いくつかの元素(TiO₂, Na₂O, MgO)でトレンドから外れるものがあった。

斜長石は清澄なものと同様の蜂の巣状組織をもつものの2種類が確認される。斜長石斑晶組成はAn₅₂-An₅₈にメインのピークを持ち、An₄₅に小さなサブピークをもつような分布を示す。An₄₅の組成をもつ斜長石は蜂の巣状組織をもっており、逆累帯の組成を示す。また、輝石の組成は、単斜輝石のピークがMg# = 78~80でシングルピークをもち、正累帯を示す。斜方輝石はピークがMg# = 75~76で正累帯、逆累帯を示す2種類のものが存在し、両輝石の平衡関係は前者と単斜輝石は平衡なのに対し、後者と単斜輝石は非平衡を示した。

鉱物中のメルト包有物の組成はほとんどがSiO₂ = 68~70 wt.%に集中するが、斜方輝石中のメルト包有物で一部SiO₂ = 72~74 wt.%の組成のものが見いだされた。石基ガラスの組成はSiO₂ = 69~71 wt.%で、シリカに乏しいメルト包有物の組成とほぼ同じである。また、ホスト斜長石のAn組成と斜長石中のメルト包有物の組成から、蜂の巣状組織をもつ斜長石のメルト包有物の組成が、Anに富む斜長石中のメルト包有物の組成トレンドと異なる値を示した。阿蘇-4のメルト包有物の組成(SiO₂ = 71~74 wt.%)と比較すると、斜方輝石に含まれるシリカに富むメルト包有物は同じシリカ組成幅を示すが、全鉄・アルミニウムなど他の組成値が異なる。メルト包有物中の含水量は0.3~3 wt.%で、多くのメルト包有物では1 wt.%かそれ以下であった。阿蘇-4のメルト包有物中の含水量は3~5 wt.%で阿蘇-4の方が高含水量であることがわかった。

高遊原溶岩のSr同位体比はAso-4軽石のSr同位体比とほぼ等しい値をとる(Kaneko et al., 2007; Miyoshi et al., 2013)。このことから高遊原溶岩とAso-4火砕流堆積物は共通の深部起源物質由来であり、異なる起源のマグマや浅部地殻構成物を混成していないことが推察される。大峰スコリアのメルト包有物の測定結果によって、阿蘇-4のメルト包有物とのトレンドの違いから、大峰火山の噴火が阿蘇-4巨大マグマ溜まりとは異なった浅部マグマ供給系で独立して分化したことが推測される。さらに大峰スコリアの斜方輝石のメルト包有物組成において斜長石・単斜輝石と異なる組成を示したことや、斜長石が2つの組成をもち、蜂の巣状組織をもつAnに乏しい斜長石は逆累帯を示すことから、マグマ混合現象が起こったことが考えられる。

キーワード：大峰火山、メルト包有物、蜂の巣状構造

Keywords: Omine volcano, melt inclusion, honeycomb structure

九州南部、7300年前の鬼界カルデラ形成噴火 (K-Ah) の岩石学的研究 Petrological study of the 7.3 ka Kikai caldera-forming eruption (K-Ah), southern Kyushu, Japan

*松本 亜希子¹、中川 光弘¹、小林 恭平¹、前野 深²

*Akiko Matsumoto¹, Mitsuhiro Nakagawa¹, Kyohei Kobayashi¹, Fukashi Maeno²

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. 東京大学地震研究所

1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

九州南部に位置する鬼界カルデラは、日本で最も新しいカルデラ火山であり、約7300年前に鬼界アカホヤ噴火 (K-Ah) を起こした。K-Ah噴火の活動は、時間間隙を挟んで、プリニー式噴火～噴煙柱崩壊型火砕流の流出 (ステージ1) とカルデラ陥没を伴う大規模火砕流噴火 (ステージ2) に分けられる (Maeno & Taniguchi, 2007)。また、K-Ah噴火に先行して、流紋岩質溶岩が流出した (長浜溶岩)。このように、K-Ah噴火の噴火推移の詳細は徐々に分かりつつあるが、岩石学的研究は少なく、カルデラ形成噴火をもたらしたマグマ供給系については明らかになっていない。そこで本研究では、K-Ah噴火のマグマ供給系を明らかにするために、長浜溶岩も含めたK-Ah噴出物の岩石学的・地球化学的検討を行った。

K-Ah噴火の本質物は、主に流紋岩質軽石からなり、ステージ2の上部には不均質な安山岩質スコリアが含まれる。斑晶鉱物組み合わせは、斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄チタン酸化物であり、長浜溶岩も含め共通している。斑晶コア組成をみると、軽石はステージによらず特徴は同じで、Caに乏しい斜長石 (An40-64) とFeに富んだ輝石 (Mg#64-69の斜方輝石・Mg#68-73の単斜輝石) からなり、いずれもやや組成幅が広い。コアーリム図をみると、高An斜長石および高Mg#輝石が正累帯構造を、低An斜長石および低Mg#輝石が逆累帯構造を示している。一方スコリアにおいては、斜長石斑晶はAn64-90が大部分を占め、An48-62の斑晶も少量存在するバイモーダルな組成分布を示す。斜方輝石斑晶もMg#68-74が主体でありMg#65-66がごく僅かに認められる。これら低An斜長石および低Mg#斜方輝石は軽石と同じ無色ガラスに包有されている。単斜輝石斑晶はMg#69-78と軽石中のものより明らかにMgに富むものが多くなる。コアーリム図を見ると、軽石中の斑晶のような顕著な累帯構造は認められない。長浜溶岩中の単斜輝石はK-Ah軽石と類似した組成 (Mg#66-73) を示すが、斜長石はややCaに乏しく (An39-60)、斜方輝石はややFeに富む組成 (Mg#63-68でMg#64にピーク) を示す。全岩化学組成をみると、K-Ah軽石は流紋岩からデイサイトであり ($\text{SiO}_2 = 70.4\text{-}73.6$ wt.%)、多くのハーカー図上において、1本の直線トレンドを描いている。スコリア ($\text{SiO}_2 = 58.1\text{-}69.0$ wt.%) もまた直線的なトレンドを描くが、軽石の組成トレンドとは異なっており、 $\text{TiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ などのハーカー図上では、シリカに乏しいデイサイト質な軽石に収束するようである。長浜溶岩 ($\text{SiO}_2 = 71.7\text{-}72.4$ wt.%) は流紋岩質であるが、 FeO^*/MgO 比やYにおいて、K-Ah軽石とは明らかに異なる。Sr・Nd・Pb同位体組成をみると、K-Ah軽石とスコリアは大よそ類似しているが、軽石の方がスコリアよりやや組成幅が広い。長浜溶岩はK-Ah軽石とほぼ同じ組成を示す。

不均質なスコリアの存在や組成的に非平衡な斑晶の共存から、K-Ah噴火ではマグマ混合が主なマグマプロセスであったと考えられる。全岩化学組成ハーカー図において、軽石・スコリアそれぞれが異なる直線トレンドを描き、デイサイト質軽石付近で収束することから、流紋岩質マグマ・デイサイト質マグマ・安山岩質マグマの3つの端成分マグマが存在していたと考えられる。軽石中の斑晶鉱物に組成幅があり正・逆累帯構造を示すこと、安山岩質マグマが流紋岩質マグマと直接混合していないことから、流紋岩質マグマとデイサイト質マグマは噴火のはるか前に混合し、流紋岩質マグマの下位にデイサイト質マグマが存在するような成層マグマ溜りが形成されていたと考えられる。

レイリー分別モデル計算の結果、安山岩質マグマの結晶分化作用で珪長質マグマを生成することはできなかった。つまり、珪長質マグマは地殻物質の部分熔融で生成された可能性が高い。軽石の幅広い同位体組成は、地殻物質の不均質を反映していると思われる。長浜溶岩は、K-Ah軽石と同位体組成は一致するが、全岩化学組成の一部の元素で大きく異なる特徴を示す。これらの特徴から、長浜溶岩をもたらした流紋岩質マグマ

は、K-Ahの珪長質マグマと同源であるが異なるマグマ溜りを形成していたと考えられる。このように、K-Ah噴火のマグマ供給系では複数の珪長質マグマが存在していることが明らかになった。この特徴は大規模珪長質マグマシステムにおいて共通しているのかもしれない。

キーワード：鬼界カルデラ、大規模珪長質マグマシステム、複数の珪長質マグマ

Keywords: Kikai caldera, large silicic magma system, multiple silicic magmas

大規模珪長質マグマ系の多様性とその成因

Diversity and origin of voluminous silicic magma system

*中川 光弘¹、松本 亜希子¹、長谷川 健²

*Mitsuhiro Nakagawa¹, Akiko Matsumoto¹, Takeshi Hasegawa²

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星システム科学分野、2. 茨城大学理学部地球環境科学

1. Division of Earth and Planetary System Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Science, Ibaragi University

VEIが5以上の大規模珪長質マグマ噴火では、巨大な珪長質マグマ溜まりに、よりマフィックなマグマが貫入して噴火に至ったと解釈されている場合が多い。その場合、貫入したマフィックマグマが噴引き金となり短時間にminglingした両マグマが噴火、あるいは両マグマによって成層マグマ溜まりが形成され、そこから不均質なマグマが噴火する場合が議論されてきた。しかしいずれの場合でも、噴出マグマの主体である珪長質マグマは均質であると考えられている。今回、多くの大規模噴火において詳細にマグマ系について検討した結果、珪長質マグマに多様性が認められたので、その普遍性と成因について議論する。カルデラを形成するような、例えば42ka支笏噴火、120ka屈斜路噴火そして7.3ka鬼界アカホヤ噴火のような大規模噴火では、いずれも珪長質マグマに安山岩～玄武岩質安山岩質のマフィックマグマが混合している。これらの例では噴火の主体である珪長質マグマは流紋岩質であるが、全岩SiO₂量において、流紋岩からよりSiO₂に乏しいデイサイト質までの組成幅が存在する。さらに主成分、微量元素および同位体比のハーカー図では、SiO₂の変化に対して、多くの元素・同位体比は直線的に変化する。しかしながらハーカー図上で認められる珪長質マグマの直線的な変化は、共存するマフィックマグマには連続しない。つまり、流紋岩質からデイサイト質の多様性を示す珪長質マグマに、それらとは別のマフィックマグマが混合していることになる。これらの珪長質マグマに含まれている斑晶鉱物にもやや広い組成幅が存在し、コアとリムの組成に注目すると、正・逆累帯構造の斑晶が共存する。この事実と全岩組成変化を考えると、珪長質マグマは流紋岩質とデイサイト質という2つの珪長質端成分マグマのマグマ混合の産物と考えられる。同位体比から考えて、この端成分マグマは別の起源物質に由来するマグマである。珪長質マグマは共存するマフィックマグマの結晶分化では生じず、広く議論されているように、地殻の部分熔融で生じたと考えられる。地殻物質の不均質性から考えると、部分熔融によって多様な珪長質メルトが生じると考えられる。したがって起源物質が異なる複数の珪長質マグマが発生する可能性は高いが、上記の事例のように明瞭な組成差のある2端成分マグマを生じるためには、起源となる地殻物質に大きな組成差を想定する必要がある。これら珪長質マグマの斑晶の累帯構造を検討すると、上記の3例のカルデラ噴火では、少なくとも噴火の数百年前に2つの珪長質端成分マグマ間での混合が起こっており、マフィックマグマの混合はそれよりもずっと後、噴火の直前に起こっている。これらのことから地殻の部分熔融によって多様な珪長質メルトが生じるが、メルト集積の過程で、まず2つのメルトバッチを作るようで、それらが噴火の数百年前から混合して、大きな珪長質メルト溜まりを形成したと考えられる。一方で、やや小規模でVEIが5程度の噴火、例えば1667年樽前山や1640年北海道駒ヶ岳など、噴火活動期の最初の大規模な珪長質マグマ噴火でも、デイサイト質マグマに玄武岩質安山岩～玄武岩質マグマが貫入している。この場合でも、両火山ではマフィックマグマとは別の多様性が珪長質マグマに認められる。しかしながらその多様性は、より大規模なカルデラ形成噴火と比べて小さい。この規模による珪長質マグマの多様性の違いは、地殻溶融域の大小に起因する可能性がある。

キーワード：珪長質マグマ、マグマ多様性、流紋岩、カルデラ形成噴火、地殻溶融

Keywords: silicic magma, magma diversity, rhyolite, caldera-forming eruption, crustal melting

巨大噴火の長期予測への戦略

Strategy for the long-term prediction of large scale volcanic eruptions

*寅丸 敦志¹、山下 俊介

*Atsushi Toramaru¹, Shunsuke Yamashita

1. 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, Faculty of Sciences, Kyushu University

It is important to understand what factors control when and how much large the next eruption occurs. In the case of relatively large scale eruptions exceeding VEI 4, the eruption is triggered by the overpressure due to the crystallization-induced vesiculation or the magma supply from below. In this talk, we propose the methodology for the long-term prediction of such large scale eruptions, which is controlled by the magma supply from below.

The historical eruptions of Sakurajima volcano, Bunmei, Anei, and Taisho, and Showa eruptions, provide the luckiest cases to investigate the long term behavior of large scale volcanic eruption because the volume of erupted material and eruption ages are exactly determined due to the best exposure of lavas and available documents. Thus, as the summary of geological studies, we have the precise diagram of cumulative volume versus time (so called "step diagram" frequently used in Japanese community). In addition, rich petrological data also show that at least two magmas mixed during the eruption intervals to shift the erupted compositions to mafic through 500 years, suggesting that two magma reservoirs, the upper felsic and the lower mafic reservoirs, exist as the stationary plumbing system beneath the Sakurajima volcano. Our recent CSD (Crystal Size Distribution) study for two types of plagioclase phenocrysts originated from these two endmember magma reservoirs reveals that the crystallization condition including nucleation, growth and settling of crystals in the upper felsic reservoir is nearly constant through the last 500 years, whereas in the lower mafic magma reservoir the supply rate from the mantle increases with time through the last 500 years. The advantage of CSD method allows us to quantitatively evaluate the supply rate of magmas from the mantle. Thus, applying the CSD method to historical eruptions, Sakurajima volcano, we can draw the curve of supply rate on the step diagram. As a result, it is found that the CSD derived-supply rate well explains the eruption times for the past eruptions. In addition, by extending the curve of supply rate to the future time and finding a point of intersection with the cumulative volume curve, we can predict when the next eruption takes place. To obtain a reliable result, we have to improve the estimation of supply rate from CSD data and examine the assumptions such as constant crystal growth rate in the CSD method.

キーワード：長期予測、巨大噴火、階段ダイアグラム、結晶サイズ分布

Keywords: long-term prediction, large scale volcanic eruption, cumulative volume curve, CSD (Crystal Size Distribution)

Aso-4珪長質マグマ 噴火前温度圧力条件の実験的制約

Experimental constraints on pre-eruptive P-T conditions of Aso-4 silicic magma

*潮田 雅司¹、宮城 磯治¹、鈴木 敏弘²、高橋 栄一²

*Masashi Ushioda¹, Isoji MIYAGI¹, Toshihiro Suzuki², Eiichi Takahashi²

1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター、2. 東京工業大学理学院地球惑星科学系

1. Geological Survey of Japan, The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology

Aso4噴火は阿蘇火山において最大かつ最近の大規模カルデラ噴火であり、今後の噴火活動を予測するためには過去の事例を正しく理解することが必要不可欠である。マグマ溜まりの温度・深さ・含水量・酸素雰囲気などの情報を得ることはマグマの化学進化の筋道をたてることができるようになるだけでなく、地球物理学的観測と比較することが可能となる。Kaneko et al.(2007)はAso4噴出物に対し系統的な岩石学的研究を行い、噴火前のマグマ溜まり条件について議論をしたが、いろいろな観測と比較する上で重要となる圧力を決定できていない。本研究は、噴火前のAso-4珪長質マグマの物理化学的条件(温度・圧力・含水量・酸素雰囲気)決めることを目的とする。Aso4A噴出物において珪長質端成分と見なせる組成を持つ軽石(KJ5665: 星住, 私信)を用い、斑晶組み合わせ、組成を内熱式ガス圧装置を用いた高温高圧実験により再現した。

KJ5665は斜長石・斜方輝石・磁鉄鉱・イルメナイト、微量の普通角閃石の斑晶を持つ。これらの斑晶はコア組成頻度を見ると全てユニモーダルな分布をとる。斜長石はおおよそAn30-50の範囲におおよそ収まり、斜方輝石はMg#72-75と狭い範囲に収まる。磁鉄鉱・イルメナイトを用いた酸素雰囲気・温度計(Lepage 2003; Andersen and Lindsley 1985)により、酸素雰囲気はおおよそFMQ+2、温度はおおよそ870~880℃と見積もられた。あらかじめ任意の含水量(2~6wt.%)で含水ガラスを作成し、それらを出発物質にして200・400・700MPa、810~930℃、NNOバッファ下で結晶化実験を行った。含水量の少ない条件では、斜長石・斜方輝石・低温でカリ長石・少量の鉄チタン鉱物が晶出したが、含水量の多い条件では斜方輝石・カリ長石は晶出せず黒雲母が晶出した。斜長石・斜方輝石が晶出し、かつそれらが斑晶コア組成を再現するのは200MPa、900℃で含水量が比較的少ない条件(~2wt.%)であった。しかし、KJ5665において微量ながら含まれる角閃石は今回行った実験において晶出しなかったことから、KJ5665中の角閃石の起源を考える必要がある。

謝辞

本研究は平成 28 年度原子力施設等防災対策等委託費（火山影響評価に係る技術的知見の整備）の成果の一部である。

キーワード：高温高圧実験、阿蘇4、含水融解実験、マグマ溜まり

Keywords: high pressure and high temperature experiments, Aso-4, hydrous melting experiments, magma chamber

小型カルデラの陥没メカニズム：大雪山御鉢平カルデラの例 Collapse mechanism of small calderas: a case study of the Ohachidaira caldera, Hokkaido, 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

In order to elucidate the collapse mechanism of small calderas, we have reconstructed the Ohachidaira caldera-forming eruption and revealed componentry of lithic fragments from the proximal products of the eruption to determine the conduit evolution. The proximal products consist of five units, from base to top: pumice and scoria fall (SK-A), climactic ignimbrite (SK-B), lithic breccia (SK-C), scoria fall (SK-D), and minor ignimbrite (SK-E). A thin fine-ash layer caps SK-C lithic breccia and is overlain by SK-D scoria fall, indicating a short hiatus in explosive activity after ejection of the lithic breccia. All units consist of dacitic pumices, andesitic scorias, and banded pumices as juvenile components. During the eruption, andesitic magma ascended alongside the conduit wall while dacitic magma ascended near the conduit center, since (1) plutonic lithic fragments are coated with scoria rather than pumice indicating that conduit and/or magma chamber walls composed of plutonic rocks attached to andesitic magma, and (2) the juvenile components in SK-A change laterally outward from scoria-rich to pumice-rich, suggesting that scoria clasts ascending alongside the conduit wall were thrown to lower heights and fell on closer to the vent while pumice clasts ascending near the conduit center reached greater heights and were transported farther. The plutonic lithic content is minor in SK-A (0%) and the lower part of SK-B (2%), and increases rapidly in the middle part of SK-B (50%) suggesting a collapse of the roof of the magma chamber. It then decreases gradually in the upper part of SK-B (26%) and decreases sharply in SK-C (2%), which probably means that the collapse propagated upwards. We postulate that SK-C lithic breccia marks conduit collapse that produced abundant lithic fragments, choked the conduit, and stopped the eruption. This hypothesis is further supported by the vertical variation of the volume ratio of pumice to scoria clasts in SK-C.

キーワード：小型カルデラ、陥没メカニズム、御鉢平、岩片構成種、深成岩

Keywords: small caldera, collapse mechanism, Ohachidaira, lithic componentry, plutonic rock

カルデラ陥没を起こすプリニー式噴火の特徴：支笏降下火砕物の例 Characteristics of a plinian eruption producing caldera-collapse: an example of the 40-ka Shikotsu Pyroclastic Fall Deposit, Hokkaido, Japan

*山元 孝広¹、中川 光弘²

*Takahiro Yamamoto¹, Mitsuhiro Nakagawa²

1. 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門、2. 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門地球惑星システム科学講座

1. Geological Survey of Japan, AIST, 2. Department of Natural History of Science, Faculty of Science, Hokkaido University

陥没カルデラ形成噴火では、大規模火砕流の噴出に先行して、プリニー式噴火から始まる事例が多い。では、陥没カルデラを起こすものと起こさないプリニー式噴火は何が違うのか？課題解決のため、カルデラ陥没の典型事例である約4万年前の支笏カルデラ形成噴火のプリニー式降下火砕物を対象にした野外調査と堆積物の粒度分析を実施した。この降下火砕物は支笏カルデラから東南東方向に分布主軸を持ち、襟裳岬まで180kmにわたって堆積物が追跡できる。また、その噴出量は40～48km³DREと、国内最大規模である。

支笏降下火砕物の最大の特徴は、下部と上部で軽石粒子の粒度構成が異なることである。すなわち、下部では軽石粒子は単モードの対数正規分布であるのに対し、上部は複モードの同分布を示している。比較的上層の風速が大きい札幌での11月の高層気象データを仮定すると、上部の粗粒粒子群には30～20km、細粒粒子群には15～10kmの噴煙柱高度が必要となる。また、粗粒粒子群の質量比率は分布主軸沿いで70%前後であるものが、主軸直交方向に北に向かって減少し、25km離れると30%前後となる。このことは両粒子群を噴出した火口が地理的に離れた独立の場所に存在したことを意味している。すなわち、カルデラ陥没を起こした支笏降下火砕物は同時発生した複数のプリニー式噴火の産物で、通常の単一火口からの噴火とは噴火の始まり方がそもそも異なっていたと考えられる。

本研究は、原子力規制庁「平成28年度原子力施設等防災対策等委託費（火山影響評価に係る技術的知見の整備）」の成果の一部である。

キーワード：支笏カルデラ、プリニー式噴火

Keywords: Shikotsu caldera, plinian eruption

白河火砕流堆積物群およびそれに伴う降下火山灰の層序・対比に関する再検討

Re-examination of the sequence of the Early Pleistocene Shirakawa ignimbrites and their identifications in distal areas in Northeast Japan

*鈴木 毅彦¹、村田 昌則²、水野 清秀³、石原 武志³

*Takehiko Suzuki¹, Masanori Murata², Kiyohide Mizuno³, Takeshi Ishihara³

1. 首都大学東京都市環境学部、2. 首都大学東京大学教育センター、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所

1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2. University Education Center, Tokyo Metropolitan University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

東北日本弧南部の会津火山地域は、前期更新世に発生した複数回の大規模火砕流を伴うカルデラ噴火に特徴づけられる。これら噴火により形成された白河火砕流堆積物群の層序学的研究は古くから行われ（吉田・高橋, 1991; 山元, 1999など）、火砕流に伴う降下火山灰の遠隔地への追跡もなされている（黒川ほか, 2008; 村田・鈴木, 2011など）。しかしカルデラ周辺域での火砕流堆積物の層序やそれらに対比された降下火山灰の層序に矛盾する点もある。その理由として、給源となるカルデラ域周辺では火砕流が厚く堆積し、上下の堆積物との層位関係が把握しにくいこと、白河火砕流堆積物群の模式地とされてきた白河地域では火砕流堆積物が丘陵地形を覆い堆積したため、不整合が生じやすいことなどが考えられる。本研究では、同堆積物群がかつての盆地堆積物である七折坂層に挟まれ、その後の相対的隆起と侵食により露出が良好な会津盆地西縁丘陵において、火砕流堆積物の詳細な記載岩石学的特性を明らかにし、層序と火砕流に伴う降下火山灰との対比について再検討した。

その結果6枚の火砕流堆積物、すなわち下位から隈戸、赤井、芦野、西郷、勝方、天栄の各火砕流堆積物を認定した。また、隈戸・赤井の両火砕流間において、関東南部に分布する黒川テフラ（鈴木・村田, 2011）に対比されるガラス質火山灰層を認定した。火砕流に伴う降下火山灰については既往研究どおりに、隈戸、赤井、芦野、勝方の各火砕流堆積物に対比される降下火山灰が関東・新潟地域（一部、東北地域）に分布することを確認した。これらは給源域の火砕流堆積物と遠隔地に分布する降下火山灰とあわせて、それぞれ白河隈戸（Sr-Kmd）、白河赤井-Kd18（Sr-Aki-Kd18）、白河芦野-Kd8（Sr-Asn-Kd8）、白河勝方-U8（Sr-Kc-U8）と定義する。それらの噴出年代を関東の房総・銚子地域において確かめられた微化石層序での層位や古地磁気極性から判断すると、Sr-Kmd: 1.542–1.504 Ma, KK: 1.533–1.485 Ma, Sr-Aki-Kd18: 1.522–1.460 Ma, Sr-Asn-Kd8: 1.219 Ma, Sr-Kc-U8: 0.922–0.910 Maとなる。現段階で知られているSr-Kmd, Sr-Aki-Kd18, Sr-Asn-Kd8, Sr-Kc-U8の分布域から求められる各降下火山灰の体積は約23 km³となる。これらの体積とYamamoto (2011)に基づく火砕流堆積物の推定体積によれば、天栄火砕流を除く各噴火における総噴出量（カルデラ外堆積分の火砕流堆積物と降下火山灰を合算したもの）は、38–173 km³となる。そして白河火砕流堆積物群の累積体積は498 km³ (DRE: 199 km³)であり、Sr-Kmd噴出からSr-Kc-U8噴出にかけての噴出率は0.3 km³/kyr (DRE)となり、日本列島第四紀火山としては平均的である。一方、噴火間隔は30万年～8万年間以下と一定ではない。

引用文献

吉田・高橋 (1991) 地質学雑誌, 97, 231–249. 山元 (1999) 田島地域の地質 (5万分の1地質図幅). 黒川ほか (2008) 新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編, 10, 63–82. 村田・鈴木 (2011) 第四紀研究, 50, 49–60. 鈴木・村田 (2011) 地質学雑誌, 117, 379–397. Yamamoto (2011) Journal of Volcanology and Geothermal Research, 204, 91–106.

キーワード：白河火砕流堆積物群、前期更新世、東北日本、カルデラ噴火、広域テフラ

Keywords: Shirakawa ignimbrites, Early Pleistocene, Northeast Japan, caldera forming-eruption,
widespread tephra

入戸・八戸・阿蘇4火砕流堆積物の分布と噴出量見積り

Distribution and eruptive volume estimation of Ito, Hachinohe and Aso4 pyroclastic flow deposits

*宝田 晋治¹、工藤 崇¹、下司 信夫¹、星住 英夫¹

*Shinji Takarada¹, Takashi Kudo¹, Nobuo Geshi¹, Hideo Hoshizumi¹

1. 産業技術総合研究所

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

大規模～中規模火砕流堆積物の噴火直後の復元分布の推定は、大規模・中規模噴火による影響範囲の見積りや、火砕流の流動堆積機構の解明にとって必要不可欠である。また、火砕流堆積物の噴出量は、噴火の活動度評価や、地球物理学的・岩石学的な定量的評価を行うための重要な基本パラメータの1つである。ここでは、始良カルデラ起源の入戸火砕流堆積物(30ka)、十和田カルデラ起源の八戸火砕流堆積物(15ka)、阿蘇カルデラ起源の阿蘇4火砕流堆積物(90ka; 2016年連合大会で暫定値を発表済み、再推定を実施)を対象に、噴火直後の復元分布図と噴出量推定を行った結果を示す。なお、火砕流に伴う降下テフラ(噴火に先行する降下テフラや火砕流起源のco-ignimbrite ash)の噴出量は今回の推定には含まれていない。

復元分布図の作成は以下の方法で行った。(1) 20万分の1地質図幅、5万分の1地質図幅、表層地質図、各種の出版済み文献等を元に、現存堆積物の分布図を作成、(2) ボーリングデータ(Kunijiban, Geo-station等を利用)、文献データ、地質図を元に、各地点での火砕流堆積物の上面高度、下面高度を読み取り、各地点での火砕流堆積物の層厚を推定、(3) 溶結部については密度を見積り、非溶結部としての層厚に換算(例えば、入戸火砕流堆積物では、非溶結部の密度を $1,000\text{kg/m}^3$ 、弱溶結部を $1,700\text{kg/m}^3$ 、強溶結部を $2,000\text{kg/m}^3$ とし、溶結部では堆積物全体の3割が溶結しているとして、非溶結としての層厚に換算した)、(4) 海域においては、噴火当時の海水準高度(入戸は-100m、阿蘇4は-50m)を考慮し、噴火時の海水準高度を下げた上で、海底地形図を参照し分布図を作成した。その際に、分布限界については、例えば、入戸火砕流堆積物では、AT火山灰のみが分布し火砕流が到達していない地点をコントロールポイントとして、エネルギーコーンモデルを用い、流下方向毎にパラメータを微調整し、分布限界を推定した。この時、火砕流は当時の海面を流走し、エネルギーコーンで推定される分布限界に達した時点で停止するものとし、その後海中に流入し、乱泥流となってさらに海底深部に流れ込み分布域が拡大した部分は考慮していない。入戸火砕流堆積物の分布限界の推定で用いたエネルギーコーンモデルのパラメータは、 $H/L=0.005-0.014$ 、噴煙柱崩壊高度(H_c)= $1050-1200\text{m}$ であった。噴出量推定は、復元分布図を元に5kmもしくは1kmメッシュ毎に、メッシュ内の火砕流堆積物の分布面積にメッシュ内のポイントデータの層厚値(最大、平均、最小)をかけて、それらの総和から算出した。

入戸火砕流の復元分布堆積物の体積(DRE)は、1kmメッシュ内の最大値で計算した場合は 325km^3 、平均値では 200km^3 、最小値では 130km^3 となった。カルデラ内の堆積物を除いた場合は、 250km^3 (最大)、 125km^3 (平均)、 50km^3 (最小)となった。八戸火砕流堆積物の復元分布堆積物の体積(DRE)は、カルデラ内の堆積物を除いた場合、5kmメッシュで 27km^3 (最大)、 20km^3 (平均)、 13km^3 (最小)となった。阿蘇4火砕流堆積物の復元分布堆積物の体積(DRE)は、5kmメッシュで 530km^3 (最大)、 370km^3 (平均)、 200km^3 (最小)となった。カルデラ内の堆積物を除いた場合は、 400km^3 (最大)、 270km^3 (平均)、 140km^3 (最小)となった。堆積物の層厚は当時よりも侵食で一部減少していることを考慮すると、火砕流の噴出量(降下物を除く)は、最大値～平均値程度であると考えられる。今後は、火砕流堆積物の堆積原面をより正確に推定し、それを包含する形で火砕流堆積物の上面地形をうまく復元するとともに、噴火前の基底面の地形を精度良く求めること、海域に流入した火砕流の場合、その分布限界を精度良く見積もることが、大規模火砕流堆積物の噴出量推定において重要になると考えられる(以上の推定値は暫定値であり、今後の検討により値が変わる可能性がある)。

本研究の成果は、原子力規制庁からの平成27年度及び28年度原子力施設等防災対策等委託費「火山影響評

価に係わる技術的知見の整備」として実施したものである。

キーワード：火砕流、分布、噴出量、入戸、八戸、阿蘇4

Keywords: Pyroclastic flow, Distribution, Eruptive Volume, Ito, Hatchnohe, Aso4

摩周火山, カルデラ形成期及び後カルデラ期の火山活動とマグマ供給系 Volcanic activity and magma plumbing system during caldera and post-caldera stage of Mashu volcano, eastern Hokkaido

*和田 恵治¹、中塚 裕、佐藤 鋭一²、岡田 侑也¹

*Keiji Wada¹, Yu Nakatsuka, Eiichi Sato², Yuya Okada¹

1. 北海道教育大学旭川校地学教室、2. 神戸大学大学教育推進機構

1. Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa, 2. Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University

Mashu volcano, characterized by a caldera of 6 x 7 km diameter generated about 7500 years ago, is located at eastern ridge of Kutcharo caldera in the Akan-Shiretoko volcanic chain in eastern Hokkaido (Katsui et al., 1975). Mashu volcano started activities around 35 thousand years ago and has repeated explosive eruptions many times (Sumita, 1990; Hasegawa et al., 2009). Volcanic sequence of caldera stage and post-caldera stage during 14 thousand years has been well studied by Kishimoto et al. (2009) based on previous research of Katsui et al. (1975 and 1986). However, magma plumbing system during caldera stage and the following post-caldera stage, and stratigraphic relationship between post-caldera lavas and tephra deposits have not been cleared by petrological approach. We show plural magma chamber models at the caldera stage and eruptive sequence of post-caldera stage including four lavas. Major caldera formation of tephrostratigraphy of Ma-j, Ma-i, Ma-h, Ma-g, Ma-f (Kishimoto et al., 2009) was reviewed. According to the change of lithic fragments and existence of lithic-rich thin layers between pumice fall deposits, the location of the crater may have changed during the plinian eruptions. The most mafic compositions of bulk and minerals in Ma-g tephra has different compositional trend compared with other eruptive products of caldera-forming series. Ma-f large-volume pyroclastic flow deposit shows a wide compositional variations including the range of all other caldera-forming series products. These suggest existence of two different magma chambers of Ma-j, Ma-i, and Ma-h units and of Ma-g unit. It seems that both of the magma chamber eventually reached the catastrophic eruption of Ma-f unit. During the post-caldera stage (6000?-1000 years ago) magma activity was changed to the new plumbing system based on the bulk chemistry. Kamuishu-island lava dome ($\text{SiO}_2=73.9\text{wt.}\%$) in the center of the caldera erupted at the beginning of a long dormant period after the caldera formation, after that Kamuinupuri small strato-cone was formed in the eastern edge of the caldera. The eruptive sequence of three lavas from Kamuinupuri was deduced by bulk and minerals chemistry. Kamuinupuri northwestern lava ($\text{SiO}_2=68.5\text{wt.}\%$) erupted during the main activity of Kamuinupuri strato-cone formation (Ma-d tephra; $\text{SiO}_2=63.9-69.4\text{wt.}\%$). After the Ma-d tephra activity Kamuinupuri western lava ($\text{SiO}_2=54.5-61.6\text{wt.}\%$) effused. The Kamuinupuri north lava ($\text{SiO}_2=70.6\text{wt.}\%$) can be erupted after the Ma-c tephra layer eruption (2500-1500 years ago). At about 1000 years ago the latest explosive eruptions including plinian fall and pyroclastic flow (Ma-b tephra; $\text{SiO}_2=67.0-69.3\text{wt.}\%$) occurred.

キーワード：摩周火山、カルデラ、マグマ供給系

Keywords: Mashu volcano, caldera, magma plumbing system

富士山・剣丸尾第一溶岩流内の船津胎内樹型群から得られる知見

Investigation on Funatsu Tainai lava tree molds in Kenmarubi-I lava flow

*本多 力¹、立原 弘¹、槇田 但人¹

*Tsutomu Honda¹, Hiroshi Tachihara¹, Tadato Makita¹

1. 火山洞窟学会

1. Vulcano-speleological Society

【はじめに】

船津胎内樹型群は剣丸尾第一溶岩流の中流部内に位置する国の天然記念物であり、日本洞窟学会小川孝徳を中心に周辺の測量と調査が実施され山梨県天然記念物緊急調査報告書¹⁾としてまとめられた。その後NPO法人火山洞窟学会によって調査が継続され²⁾、山梨県記念物重要資料としての新たな樹型も発見されている^{2,3)}。それらの調査の現状の結果から得られた火山学的知見を報告する。

【溶岩流停止厚さと溶岩降伏値】

船津胎内樹型群は多くの樹型を擁するが、Table.1に天然記念物と記念物重要資料として番号付けされている主な縦樹型のリストを示す。縦樹型の深さは2.1m~5.4mの範囲で存在しTable.2に示されるように4m~5m深さが最も多い。この地域の樹木の直径は最大1.9mで、樹木の長さとして21.1m以上が存在していた。縦樹型の深さが溶岩流の厚さHに対応すると考え、この地域の傾斜角度 α がおおよそ8度であるので、 $\rho=2.5\text{g/cm}^3$ 、 $g=980\text{cm/sec}^2$ とし、単純溶岩流(Simple flow)の溶岩流停止条件： $H=f_b/(\rho g \sin \alpha)$ からビンガム降伏値 f_b を推定すると $f_b=6.9 \times 10^4 \sim 1.9 \times 10^5 \text{dyne/cm}^2$ が得られる。珪酸重量分率50.88%(津屋⁴⁾)あるいは51.1%(高田ら⁵⁾)の玄武岩溶岩としては妥当な値と考えられるが、少し高めであるのは温度が低下しているためと考えられる。山下ら⁶⁾が溶岩流末端部で得ている降伏値 $5.0 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5 \text{dyne/cm}^2$ とほぼ一致する。したがって、剣丸尾第一溶岩流は単純溶岩流(Simple flow)^{7,8)}と見なせると考えられる。

【胎内の肋骨状溶岩と表面張力値】

船津胎内樹型群には多くの複合樹型がみられその内部の再溶融⁹⁾によって形成された天井や壁面の溶岩鍾乳および肋骨状溶岩、樹木の木肌の鋳型など様々な胎内樹型現象を観察することができる。溶岩鍾乳や肋骨状溶岩のピッチから溶岩の表面張力を推定することができる¹⁰⁾。すなわち再溶融した液膜の安定性限界条件から、液膜の波動の固有ピッチ $P=2\pi(\gamma/g\rho)^{1/2}$ が得られる。ここで γ は溶岩の表面張力、 g は重力加速度、 ρ は溶岩の密度である。したがって胎内樹型内部の天井からたれ下がる溶岩鍾乳や側壁の凹凸のピッチ P を測ることにより溶岩の表面張力 $\gamma=P^2 g \rho / 4 \pi^2$ を求めることができる。Fig.1に示す船津胎内から得られるピッチはおおよそ $P=3\sim 4\text{cm}$ であり、表面張力として $\gamma=560\sim 990 \text{dyne/cm}$ が得られる。表面張力としては妥当な値である。

【おわりに】

同様な調査検討は、剣丸尾第二溶岩流(珪酸重量分率51.2%⁵⁾)内にある吉田胎内樹型群についても行っており、溶岩降伏値、表面張力値についても、剣丸尾第一溶岩流とほぼ同様な結果が得られている。剣丸尾第一溶岩流、剣丸尾第二溶岩流は単純溶岩流(Simple flow)と考えられ、それに対し複合溶岩流(Compound flow)を示す青木ヶ原溶岩流と比べると、溶岩チューブ洞窟を作れるほどの厚さや流量はなかったと推察される。そのかわり多くの樹型が埋もれずに残されている。この地域には世界最大の複合溶岩樹型が存在している³⁾。引き続き、樹型群の全貌の解明、詳細な内部構造の観察と計測を行ってゆく予定である。

参考文献：

- 1)山梨県天然記念物緊急調査委員会,溶岩洞穴・樹型等調査班,小川孝徳他:山梨県天然記念物緊急調査報告書(1996),山梨県教育委員会,p182-344
- 2)立原弘,槇田但人(1998):1997-1998年樹型年報,NPO法人火山洞窟学会
- 3)立原弘(2011):火山洞窟と溶岩樹型.ケイピングジャーナル,No.43,p15-17

- 4)津屋弘達(1971):富士山の地形・地質.富士山総合学術調査報告書,富士急行,p71
 5)高田亮他(2016):富士火山地質図(第2版)説明書,産業技術総合研究所,地質調査総合センター
 6)山下伸太郎他(2002):剣丸尾溶岩流の流下シミュレーション.地球惑星科学連合講演会,V032-P022
 7)Walker,G.P.L.(1971):Compound and simple lava flows and flood basalts. Bull.Volcanol.35,p579-590
 8)海野進(2007):富士山溶岩流の特性.富士火山,山梨県環境科学研究所,p269-283
 9)本多力(1998):富士山溶岩樹型及びその内壁の再溶融(胎内)発生機構の物理・化学的考察.日本洞窟学会誌第23巻,p29-38
 10)本多力(2015):溶岩チューブ洞窟と溶岩樹型の空洞内部に見る溶岩鍾乳と溶岩石筍から推定される溶岩の表面張力.地球惑星科学連合講演会,SVC46-07

キーワード：溶岩樹型、剣丸尾第一溶岩流、船津胎内

Keywords: Lava tree mold, Kennmarubi-I lava flow, Funatsu tainai

Table.1 船津胎内縦樹型の深さと直径
(文献1)から縦樹型のみを抽出したもの)

船津胎内縦樹型番号	深さ	直径
No. 1	3.0m	1.3m
No. 3	4.9m	0.6m
No. 4	4.9m	0.9m
No. 5	3.0m	1.3m
No. 6	4.0m	1.2m
No. 7	3.6m	0.9m
No. 8	3.9m	1.2m
No. 10	4.3m	1.5m
No. 12	4.3m	0.6m
No. 14	4.9m	0.6m
No. 18	5.4m	1.0m
No. 19	4.8m	0.8m
No. 21	4.0m	1.2m
No. 24	3.0m	1.3m
No. 25	5.2m	0.8m
No. 26	4.6m	0.6m
No. 29	3.3m	1.3x2.7m
No. 38	2.1m	0.9m
No. 39	2.3m	1.6m
No. 40	2.3m	0.3m
No. 41	2.9m	1.6m
No. 42	4.9m	1.3m
記念物重要資料 No. 3	3.9m	1.1m
記念物重要資料 No. 105	2.9m	1.9m

Table.2 船津胎内縦樹型の深さと本数の分布

縦樹型の深さの範囲	樹型の本数
2.0m-2.9m	5
3.0m-3.9m	7
4.0m-4.9m	10
5.0m-5.4m	2

Fig.1 船津胎内の肋骨状溶岩とピッチの計測



日本の異なる沈み込み帯における噴火の頻度と長期的マグマ噴出率の推定

Frequency of volcanic eruptions and long-term magma discharge rate in sub-regions in Japan

*清杉 孝司¹

*Koji Kiyosugi¹

1. 神戸大学自然科学系先端融合研究環

1. Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University

ある地域の平均的な噴火頻度はその地域の火山活動度を評価する上で重要なパラメータである。また、噴火頻度が得られれば、噴火の規模（噴出物質量）を合わせることで長期的なマグマ噴出率を推定することも可能となり、火山を通じた物質循環を理解することにもつながる。一方、噴火頻度の推定は噴火記録の数え落しを考慮する必要がある難しい問題である。噴火記録の数え落しの主要な原因は、歴史記録がないことや、火砕堆積物の浸食・変質、新しい堆積物による被覆、浸食や被覆による給源火山自体の消失、海上への火砕堆積物の堆積、海底噴火などであると考えられる。本研究では、噴火記録が充実している日本列島での火山活動（世界全体の噴火記録の39%）を対象に、地域ごとに噴火記録の数え落しを考慮した噴火頻度の推定と長期的なマグマ噴出率の算出を行った。

分析に用いたデータは北海道地域、東北地域、伊豆地域、中部地域、九州地域で過去約2百万年間に発生した噴火の年代値と噴火マグニチュード(M_2)の値である。これらは町田・新井(2000)、第四紀火山カタログ委員会編(2000)、産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014)、早川(2010)からコンパイルを行った。噴火頻度の計算において、噴火の記録率が時代とともに減少する傾向をモデル化することで噴火の数え落しを考慮した。

各地域について噴火頻度を計算した結果、これらの地域間で噴火マグニチュード2以上の噴火の頻度が10倍以上異なることが明らかとなった。比較的大きな噴火(4 M 6)では、噴火マグニチュードが1つ大きくなるごとに頻度がおよそ10分の1になる。一方、比較的小きな噴火(2 M 4)では噴火マグニチュードが1つ大きくなるごとに頻度は1.6 - 2.5分の1となる。全ての地域で見られるこの傾向は小さな噴火の頻度が大きな噴火の頻度から推定される頻度よりも小さいことを示唆する。これはマグマ溜りが小規模になるほど地下で貫入岩体として固結しやすく、マグマが地表まで到達しにくいことが原因である可能性がある。

得られた噴火の頻度と規模の関係を基に各地域の長期的なマグマ噴出率を求めた。この長期的なマグマ噴出率を各地域の沈み込み帯の長さで規格化すると、九州地域、中部地域、東北地域でほぼ同様の値(2×10^{10} kg/ka/km)となることがわかった。一方、北海道地域と伊豆地域では規格化した長期的マグマ噴出率が他の地域のおよそ3分の1となる。北海道地域では太平洋プレートが北米プレートの下に斜めに沈み込んでおり、同じプレートの組み合わせである東北地域に比べて沈み込み帯に直行する方向のプレート沈み込み速度が小さくなっている。このことが小さな長期的マグマ噴出率の原因である可能性がある。一方、九州地域、中部地域、東北地域で長期的なマグマ噴出率がほぼ同様の値を示すことは、こうしたテクトニクスによる制約があまり重要ではないことを示唆する。また、伊豆地域は比較的大きな噴火($M > 4$)の地質記録が残りにくい島嶼からなるため、これらの噴火頻度を正しく見積もることが困難である。このことが小さな長期的マグマ噴出率の原因である可能性がある。

本研究の結果は、沈み込み帯での火山活動の重要なパラメータを明らかとするものである。一方で、噴火記録の本質的な不均質性のため島嶼部において噴火の頻度を見積もることが困難であることが明らかとなった。この不均質性を補完する海底掘削コアの分析や統計手法の開発はこれからの課題である。

キーワード：噴火データベース、噴火頻度、長期的マグマ噴出率

Keywords: eruption database, frequency of eruption, long-term magma discharge rate

伊豆諸島新島、大峯火砕丘の形成過程

Formation process of the Omine pyroclastic cone in Niijima Island, Japan

*中岡 礼奈¹、鹿野 和彦²、鈴木 桂子¹

*Reina NAKAOKA¹, Kazuhiko Kano², Keiko Suzuki-Kamata¹

1. 神戸大学、2. 鹿児島大学

1. Kobe University, 2. Kagoshima University

伊豆諸島新島の西暦886年噴火は流紋岩質の羽伏浦火砕密度流の噴出に始まり、大峯火砕丘を形成した後、向山溶岩を流出して終息した。羽伏浦火砕密度流堆積物は堆積構造や定置温度、火山灰粒子の形態などから、噴火の際に浅海で高温のマグマが外来水と接触し、爆発的なマグマ水蒸気爆発が発生したとみなせる (Nakaoka and Suzuki-Kamata, 2015)。本研究では羽伏浦火砕密度流堆積物に引き続き形成された大峯火砕丘の噴火様式の推移や成長過程などを明らかにするため、堆積物の特徴や古地磁気などを検討した。

大峯火砕丘は羽伏浦火砕密度流堆積物からなる標高約100 mの台地上に位置する。両者は間に大きな時間間隔を示す風化帯などを挟むことなく、ほぼ連続して形成されたと推定される。火砕丘の比高は約200 m、底径は約2.7 kmである。山頂は向山溶岩に覆われて比較的平坦であるが、その東半分には直径0.4–0.6 kmの火口が少なくとも5つ確認できる。

大峯火砕丘の構成物はブロック～火山礫サイズの黒雲母流紋岩岩片とブロック状～平板状の火山灰粒子からなり、少量の異質岩片を含む。本質岩片は、発泡度が低く、気孔は引き延ばされている。本質岩片の密度は1.6–1.7 g/cm³で、羽伏浦火砕密度流堆積物の軽石の密度0.8–1.3 g/cm³に比べて大きい。これらは、厚さ数10–120 cmの層をなして重なり合っている。それぞれの層は塊状で淘汰が悪く、細粒火山灰に富む。

本質岩片を段階熱消磁すると350–400°C以下で磁化方向が当時の地球磁場方向に揃う。これは本質岩片が350–400°C以下で定置し、その場でさらに冷却する過程で熱残留磁化を獲得したことを意味しており、ブロックサイズの本質岩片は角柱状に割れ、さらに、割れ目に沿ってほぐれていることがあるという観察事実と調和的である。

以上のことから、大峯火砕丘を構成する堆積物は、高温の溶岩と外来水との爆発的反応、もしくは溶岩の重力崩壊によって発生した火砕密度流の堆積物であることが示唆される。羽伏浦火砕密度流堆積物もマグマ水蒸気爆発起源と考えられているが、定置温度は300°C以下 (Nakaoka and Suzuki-Kamata, 2015) で、大峯火砕丘の方が高い。これは大峯火砕丘の噴火では水の関与が少なくなったことを示唆する。それでも火砕粒子が水蒸気に触れて濡れているときは、急傾斜を保持して火砕丘を形成することもある (Aranda-Gomez and Luhr, 1996 ; Kano and Takarada, 2007)。

海の存在が幸屋火砕流の流動・堆積機構に与えた影響: 種子島に分布する堆積物に基づく考察

The effect of open water for flow and depositional mechanisms of Koya pyroclastic flow: an examination from the ignimbrites distributed on Tanega-shima

*山根 朋巳¹、鈴木 桂子²

*Tomomi Yamane¹, Keiko Suzuki-Kamata²

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 神戸大学海洋底探査センター

1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Kobe Ocean-Bottom Exploration Center

幸屋火砕流（宇井, 1973）は、約7300年前（福沢, 1995）の鬼界カルデラ形成に伴った鬼界アカホヤ噴火の際に発生した大規模な火砕流である。鬼界アカホヤ噴火はプリニー式噴火に始まり降下軽石とイントラプリニアン火砕流を発生させ、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、給源近傍の薩摩硫黄島・竹島のほか、周辺の陸地（薩摩半島・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（宇井, 1973; 町田・新井, 1978; 小野ほか, 1982; Maeno and Taniguchi, 2007; 下司, 2009; 藤原・鈴木, 2013）。噴火当時の海水準は現在とほとんど変わらない（例えばTanigawa et al., 2013）ことや堆積物の分布から海上を流走したことは明らかであるが、海の存在が幸屋火砕流に与えた影響は検討されてこなかった。

鬼界アカホヤ噴火噴出物中には、 SiO_2 wt.% = 75前後の“高 SiO_2 ガラス”と SiO_2 wt.% = 65前後の“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両ガラスの量比が垂直方向で変化を見せる（藤原・鈴木, 2013）。このことから、藤原・鈴木（2013）は、火砕流噴火初期には高 SiO_2 ガラスのみからなる火砕流が発生し、噴火が継続していく中で低 SiO_2 マグマが噴出し始めたとした。

本研究では、露頭記載、火山ガラス化学組成分析、層厚・軽石最大粒径測定という手法を用いて、これまで議論に含まれてこなかった種子島の堆積物に基づき幸屋火砕流の流動・堆積機構を議論し、また、海の存在が幸屋火砕流に与えた影響を検討することを目的とした。

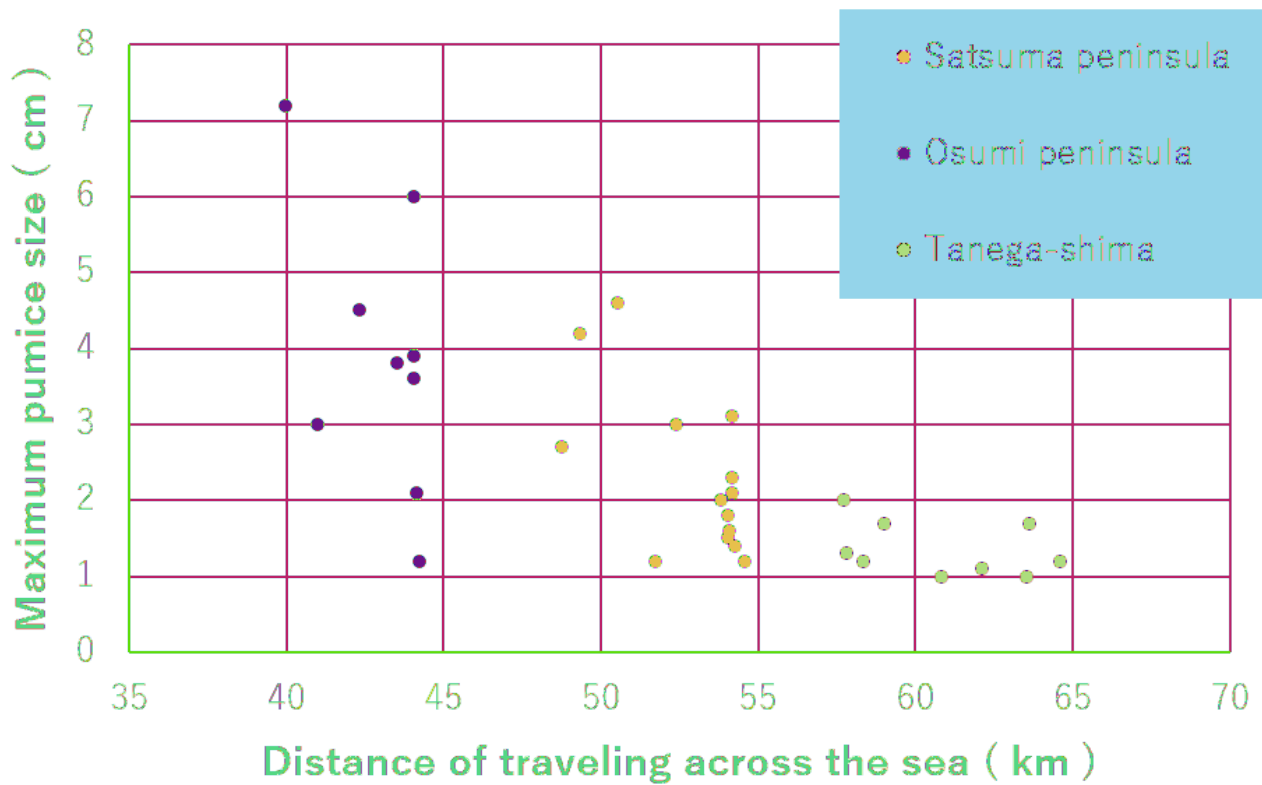
火山ガラス組成分析には、種子島の4地点で幸屋火砕流堆積物の基底部から上位へ一定間隔で採取したマトリックス試料を用いた。分析結果から、基底部からは高 SiO_2 ガラスのみ、上位層準からは低 SiO_2 ガラスが少量混ざるといふ垂直変化が得られた。これは給源近傍や薩摩半島・大隅半島（藤原・鈴木, 2013）と同じ垂直変化であり、火砕流噴火初期に発生した高 SiO_2 ガラスのみを含む火砕流は薩摩半島・大隅半島・種子島に到達・堆積したことが明らかになった。また、最も低 SiO_2 ガラスの含有量比が大きくなると考えられる最上位層準で検出される低 SiO_2 ガラスの量比を見ると、大隅半島に比べて小さいことが分かった。これは、継続する火砕流噴火のより後期に発生した低 SiO_2 ガラスを多く含む火砕流が大隅半島には到達したが種子島には到達しなかったことを示していると考えられ、種子島では大隅半島より層厚が薄いことと整合的である。

軽石最大粒径は一般的な大規模な火砕流堆積物とは異なり、給源からの距離に伴って小さくなる傾向を示さない。しかし、海上流走距離との関係を見ると、海上流走距離が大きくなると軽石最大粒径が小さくなるという比例関係が明らかになった。これより、幸屋火砕流が運搬できる軽石粒径の上限は海上流走距離によって決定されたとみなせる。また、この比例関係から海上を流走する幸屋火砕流の到達限界は約70 kmと推定され、種子島は火砕流の到達限界に近いことが分かった。

以上の議論より、幸屋火砕流は海上流走中に多くの火砕物を落としたことは容易に想像でき、鬼界カルデラを取り巻く海底には広範囲に火砕流堆積物が堆積していると考えられる。

キーワード：鬼界カルデラ、幸屋火砕流、海の影響、火山ガラス、種子島、火砕流の到達限界

Keywords: Kikai caldera, Koya pyroclastic flow, the effect of open water, volcanic glass shards, Tanega-shima, distal limit of pyroclastic flow



新庄・向町盆地における池月凝灰岩（鬼首池月テフラ）の分布

The distribution of Ikezuki tuff (Onikobe-Ikezuki tephra) in Shinjo and Mukaimachi basin, NE Japan

*宮本 毅¹、広井 良美²、藤野 正義³

*Tsuyoshi Miyamoto¹, Yoshimi Hiroi², Masayoshi Fujino³

1. 東北大学東北アジア研究センター、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 東日本放送

1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 2. Graduated school of Science, Tohoku University, 3. HIGASHI NIPPON BROADCASTING CO.,Ltd.

新庄盆地の第四系は、脊梁山脈や出羽丘陵の隆起に伴う盆地の構造発達史とともに多くの研究がなされてきた。盆地を構成する堆積物中には複数層の火砕流堆積物が認められ、最下位の層厚10m以上に達する厚い赤紫色軽石凝灰岩は、鬼首カルデラ起源の池月凝灰岩に対比され（例えば八木・早田, 2002）、約30万年前の年代指標として用いられてきた。松浦（2003）は新庄盆地に分布する火砕物の層序について、鳥越テフラ（池月凝灰岩）の上位に4層の火砕流堆積物（下位より鮭川、泉川、絵馬河、牛潜テフラ）が分布することを明らかにし、脊梁東部の火砕物との対比と池月凝灰岩の堆積年代から、最も新しい活動である牛潜テフラが約20万年前であるとした。一方脊梁東部では池月凝灰岩以降、鬼首・鳴子の両カルデラを起源とした火砕流堆積物が主に3層（下位より下山里、荷坂、柳沢）認められている。新庄盆地の火砕物は約10万年前の毒沢テフラに覆われることから、盆地内には下山里凝灰岩のみが分布する可能性があるが、これまで下山里凝灰岩と対比される火砕物の報告はない。池月凝灰岩の噴出以降、毒沢テフラの降下期まで、新庄盆地周辺域の大規模な火砕流を流出する活動は鬼首・鳴子カルデラに限られ、新庄盆地内に分布する池月以降の4層の火砕流堆積物の対比はあまり進んでいない。そのため発表者らはこれらの給源を明らかにすることを目的として、新庄盆地に加え、脊梁東部からの流路となる向町盆地（向町カルデラ）の野外調査、及び火砕物の物質科学的検討（火山ガラス・鉱物組成分析、軽石の全岩組成分析）を行ってきた。その結果、これまで新庄盆地内において池月凝灰岩とされてきた最下位の火砕流堆積物が池月凝灰岩ではない可能性が判明したため、これについて報告する。従来、新庄盆地内で池月凝灰岩に対比される火砕物を鳥越テフラ・東山火砕流と呼称してきたが、今回混乱をさけるため新たに新庄凝灰岩として議論を進める。

層序の再検討を行った結果、松浦（2003）から一部変更はあるが、礫層を主体とした山屋層の上部において本報告の新庄凝灰岩を最下位として、5-6層の火砕流堆積物が確認された。上位から2層目の絵馬河テフラは複数のフローユニットをもつ変質の著しい火砕流堆積物で、盆地内の全域に分布するが、北部で厚く南部に向かって層厚が薄くなる傾向を示す。最下位の新庄凝灰岩は堆積物上部でレンズ状軽石を含み、盆地内全域において層厚5m以上（最大20m）と厚く分布する。ここで確認された火砕物はいずれも下山里凝灰岩とは物質科学的特徴が一致せず、対比することはできない。

新庄盆地の東側の向山盆地では、一層の厚い礫層の上部に脊梁東部に分布する小野田層中の軽石凝灰岩と対比可能な火砕サージ、及びその上位に池月凝灰岩、下山里凝灰岩の重なりを盆地北部の丘陵部で確認することができた。盆地南部の丘陵は厚い溶結凝灰岩で構成されており、盆地北部の池月凝灰岩と物質科学的特徴が一致する。一方、新庄盆地に分布する新庄凝灰岩上位の火砕流堆積物は向町盆地内で確認されていない。

池月凝灰岩と新庄凝灰岩は一部でレンズ状軽石を含む大規模な火砕流堆積物であるなど層相が一致する。加えてテフラの対比に用いられる火山ガラス組成や重鉱物組み合わせなどよい一致を示し、これまで同一のテフラであると判断されてきた。しかし、本報告では以下の点で両者が異なることを確認した。

1. 層位：脊梁東部の池月凝灰岩直下の火山灰層（小僧テフラ）と新庄凝灰岩直下の火山灰層（西山テフラ）が対比されてきたが、火山ガラス組成を検討した結果、異なる火山灰であることが判明した。また、前述のように両凝灰岩の上位の火砕物も向町盆地と新庄盆地とで一致しない。

2. 重鉱物モード：重鉱物の組み合わせはほぼ同じであるが、新庄凝灰岩中の重鉱物モード組成は、向町・脊梁東部での池月凝灰岩に比べて有意に低い。

3.軽石の全岩化学組成：変質の影響があるため主成分組成はややばらつくが両者を区別可能である。また、変質に強いとされるHFS元素やYで両者は明瞭に区別される。

以上のように池月凝灰岩は、向町盆地までは確認されるが、新庄盆地には分布していないと判断され、池月凝灰岩の流下過程は、向町カルデラの西側カルデラ壁に規制されていたことを示唆する。また、向町盆地内で新庄盆地の火砕物が観察されないことから、新庄盆地の火砕物が池月凝灰岩よりも古い堆積物によって構成されている可能性がでてきた。その場合、新庄盆地内の火砕流堆積物は北部の三途川カルデラからもたらされた可能性とともに、給源として向町カルデラもその候補になりうる。絵馬河テフラはその分布から北側からの可能性があるが、新庄盆地内全域に厚く分布する新庄凝灰岩は向町カルデラ起源であるかもしれない。いずれにせよこの結果は新庄盆地の構造発達史を考える上でも重要であるため、さらなる検討が必要である。

キーワード：池月凝灰岩、新庄凝灰岩、向町カルデラ

Keywords: Ikezuki tuff, Shinjo tuff, Mukaimachi caldera

福島県南部，鎌房山火砕堆積物・岩屑なだれ堆積物の給源

The source of Kamafusayama pyroclastic deposits and debris avalanche deposit, southern Fukushima prefecture, Japan

*関根 大輔¹、長谷川 健¹

*Daisuke Sekine¹, Takeshi Hasegawa¹

1. 茨城大学大学院 理工学研究科 理学専攻 地球環境科学コース
1. Ibaraki University Major in Science Department of Earth Science

1. はじめに

福島県南部に分布する鎌房山火砕堆積物(以下KfPD)は0.59~0.41Ma²⁾³⁾⁴⁾に噴出したデイサイト~安山岩質火砕堆積物である。本堆積物の主要部は、標高1510 mで、南側に急崖を、北側には4kmにおよぶ緩斜面を有する鎌房山を構成する。同地域に広く分布する大規模珪長質火砕流堆積物(白河火砕流群, 約1.51Ma-0.92Ma)¹⁾²⁾⁵⁾⁶⁾と、那須成層火山群(0.54Ma⁷⁾-現在)の中間的な年代と岩質を示すことから、KfPDは本地域における火山活動様式の転換期を理解する上で重要である。しかしその詳しい給源や層序はいまだ不明な点が多い。従来の研究では、分布域と年代から那須成層火山群北部の甲子旭岳が給源と考えられているが、両者間の直接の関係が確認されていないため推測の域に留まっている¹⁾

著者らはこれまで、KfPDの詳細な層序を構築し、それに基づく岩石学的研究を行ってきた。KfPDは1)黒色土壌層を境に、少なくとも2つの噴火ステージ(下位から噴火ステージ1, 2)に区分されること、2)噴火ステージ1の最上位に岩屑なだれ堆積物(新称: 鎌房山岩屑なだれ, KfDa)が認められること、3)各ステージの本質物質の全岩化学組成はK₂Oのハーカー図上でやや異なるトレンドを示すこと、4)両ステージでマグマ混合が起きていること、を明らかにした。(関根ほか, 2016日本火山学会秋季大会要旨)

今回、地質学的データだけでなく、岩石学的データも利用してKfPD給源を検討するため、鎌房山に隣接する甲子旭岳の前期噴出物(甲子火山岩類: Ksv)(1.27Ma~1.45Ma以降)¹⁾⁶⁾、Ksvへ貫入する大白森山溶岩(Osd)(前期更新世)¹⁾、甲子旭岳後期噴出物である甲子旭岳噴出物(Kav)(0.54Ma)⁷⁾、の岩石学的特徴を決定し、マグマ組成の類似性から対比を試みた。またKfDaの溶岩片についても全岩化学組成分析を行った。

2. 野外調査結果

KfPDの両ステージは、火砕流堆積物と降下火砕物からなる複数のユニットで構成される(ステージ1および2は、それぞれ7および13ユニットからなる)。ステージ内のユニット間には土壌層など顕著な時間間隙を示す証拠は認められない。降下火砕物ユニットの詳細な等層厚線を描くことはできないが、これらの層厚は同ユニットで比較した場合、甲子旭岳に向かい厚くなる。KfDaは、凝灰質で白色軽石、灰色軽石、スコリア、凝灰岩礫、溶岩片、花崗岩片を含む基質相と、溶岩の巨礫(最大3.0m)や噴火ステージ1堆積物の岩塊相からなる。KfDaは、鎌房山の山頂から北東部、南西部において認められる。山頂から北東4.0 km地点において、最大層厚(7.0 m)を示す露頭が認められる。

3. 岩石学的特徴

KfPD中の本質物質、Ksv, Osd, KavおよびKfDa中の溶岩片について薄片観察と全岩化学組成分析を行った。いずれの試料も共通して斜長石、両輝石と不透明鉱物が認められるが、これに加えてKfPD, Ksv, OsdおよびKfDa中の火山岩片には石英(一部欠く)が認められる。化学組成は、Ksvが低カリウムデイサイト~安山岩質(SiO₂=55.6-64.8重量%, K₂O=0.21-0.97重量%(以下、「重量」を省略)), Osdが低カリウムデイサイト~安山岩質(SiO₂=60.7-66.2%, K₂O=0.08-0.97%), Kavは低カリウム安山岩質(SiO₂=57.4-57.6%, K₂O=0.42-0.43%), KfDa中の火山岩片は低カリウム~中カリウムデイサイト~安山岩質(SiO₂=59.8-63.7%, K₂O=0.75-1.15%)である。主成分元素のハーカー図上では、KsvはKfPDの噴火ステージ1と類似のトレンドを示す。KfDa中の火山岩片はKfPD(ステージ1および2)と組成領域が類似する。

4. 考察

KfPDは甲子旭岳を中心にして周囲へ広がるように分布していること、降下火砕物ユニットの層厚が甲子旭岳

に向かい厚くなることに加え、ハーカー図上においてKsvとKfPDの噴火ステージ1が類似のトレンドを示す。このことから、KfPD（特に噴火ステージ1）の給源は甲子旭岳の可能性が高いと考えられる。

KfDaに含まれる溶岩片や溶岩岩塊は、崩壊した山体に由来する可能性があるが、Osd, Ksv, Kavのいずれの溶岩とも岩石学的特徴は完全には一致せず給源の特定には至らなかった。

5.参考文献

山元孝広(1999), 2)山元孝広(2006), 3)NEDO, 4)高島勲・久間木恵(2012), 5)鈴木毅彦・村田昌則(2008),

6)村田昌則・鈴木毅彦(2011), 7)伴雅雄・高岡宣雄(1995)

キーワード：鎌房山火砕堆積物、鎌房山岩屑なだれ堆積物、甲子旭岳

Keywords: Kamafusayama pyroclastic deposits, Kamafusayama debris avalanche deposit, Kashiasahidake Volcano

海洋性島弧火山の岩脈群の古応力解析：オマーン・オフィオライトのV2島弧火成活動

Paleostress analysis of dike swarms of the V2 arc magmatism in the Oman Ophiolite

*海野 進¹、草野 有紀²、山路 敦³

*Susumu Umino¹, Yuki Kusano², Atsushi Yamaji³

1. 金沢大学理工研究域自然システム学系、2. 産総研・地質調査総合センター、3. 京都大学・地球惑星科学専攻

1. Department of Earth Sciences, Kanazawa University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Division of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University

The world largest and best preserved Oman Ophiolite provides the entire geological records of intra-oceanic subduction zone formation and arc evolution. The fast-spread oceanic crust consisting of 98-96 Ma MORB-like basalt (V1) was followed by 96-94 Ma arc volcanism (V2) on a shallow dipping subduction zone, most likely resulted from microplate rotation including the spreading axis [1-9]. The V2 volcanism was dominated by arc tholeiitic rocks and terminated with sporadic activities of low-silica boninite. Through the V2 magmatism, the same source mantle shows progressive depletion by stepwise melt extraction, as shown by the lower Nb/Ta ratios for the younger volcanic rocks (V2 boninite < V2 tholeiite < V1)[7]. The V2 arc tholeiitic and boninitic magmas were successfully modelled as the results of progressive remelting of the V1 residual mantle promoted by the high-T hydrous fluid and sedimentary melt liberated from the metamorphic sole as evidenced by the eHf(t) and Sr-Nd isotopic ratios of the amphibolite and metachert in the sole and clinopyroxene separates from boninites [8,10].

Although volcanic stratigraphy and geochemical evolution of the V2 arc magmatism are well constrained, the V2 magma plumbing system is poorly understood. The lower V2 tholeiitic strata are widely distributed over 200 km, however, the upper boninitic rocks show only limited and sporadic distribution with the largest exposure in the north between wadis Hatta and Ahin, where boninitic and tholeiitic volcanic rocks are intimately associated with hypabyssal and plutonic equivalents, such as dikes, gabbro-norite and gabbros. In the north of Wadi Fizh, intense E-W-striking dike swarms that cross cut the N-S-striking V1-stage sheeted dikes are considered to be the feeders of the V2 flows and pyroclastic rocks and have emanated from diorite-gabbro-gabbro-norite-ultramafic cumulate complex, which intruded into and replaced the V1-stage layered gabbros, sheeted dikes and lavas. On the other hand, the V2 feeders in the south of Wadi Fizh are N-S to NW-SE dikes and low-angle sheets, the latter of which locally form intense swarms and were hence interpreted as cone sheets [12]. We investigated the distribution, structure and lithology of the E-W-striking dike swarms to understand the paleostress field and genetic relationships between the dike swarms and the V2 extrusive rocks and the plutonic equivalents. The dike swarms strike mostly in two directions of WNW-ESE and E-W, and forms four dense clusters of dikes 3-4 km in width and every 5 km apart N-S. The most intense swarms consist of 100 % sheeted dikes that appear between the lower plutonic bodies and the upper V2 strata. The paleostress analysis [12] of the E-W dike swarms shows that each swarm of dikes is divided into a couple of group of dikes with different paleostress orientations. All these dikes indicate vertical to steeply dipping maximum compressive stress axis and high magmatic pressure exceeding the minimum compressive stress, indicating intrusions along extensional shear fractures oblique to the minimum stress axis, as shown by the coexistence of dikes with two different orientation.

[1] Umino et al. 1990. Malpas et al. (eds.), *Ophiolites, Oceanic Crustal Analogues*, 375 - 384 [2] Umino et al. 2003. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 8618 [3] Weiler 2000. *Marine Geophysical Res.*, 21, 195 - 210 [4] Ishikawa et al. 2002. *Geology*, 30, 899-902 [5] Miyashita et al. 2003. *Geophys. Geosyst.*, 8617 [6] Kusano et al. 2012. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 1, 32 -33 [7] Kusano et al. 2014. *Geol. Soc. London Spec. Pub.*, 392, 177-193 [8] Kusano et al. 2017. *Chemical Geol.*, 449, 206 -225 [9] Tsuchiya et al. 2012. *Lithos*, 156-159, 120 -138 [10] Umino et al. 2016. *Japan Earth Planet. Sci. Joint MeetingSIT09-11* [11] Lippard et al. 1986. *Geol. Soc. London Memoir*, 11 , Blackwell Sci. Pub. [12] Yamaji 2016. *Island Arc*, 25, 72 - 1157

キーワード：オマーンオフィオライト、V2島弧火山活動、岩脈群、古応力解析、無人岩、沈み込み帯発生
Keywords: Oman Ophiolite, V2 arc magmatism, dike swarm, paleostress analysis, boninite, subduction initiation

The magmatic processes of the latest eruption of Hakusan Volcano

*茨木 柚季¹、海野 進¹

*Yuzuki Ibaraki¹, Susumu Umino¹

1. 金沢大学

1. Kanazawa University

Low-frequency earthquakes were observed for the first time in 1999 at 37 km in depth beneath Hakusan Volcano, which has 400 year-long cyclic activities for the last 1300 years. It is very likely that Hakusan Volcano may have started the next active period. It is critical to understand the current status of the magma reservoirs beneath Hakusan Volcano in order to anticipate the possible styles of the forthcoming eruptions. For this purpose, I studied the latest volcanic products in 17th century of Hakusan Volcano to understand the magmatic conditions.

Hakusan Volcano consists of 4 stratovolcanoes. The latest, Younger Hakusan Volcano began its activity at ca 50 ka. A projectile in the south of the summit craters of the latest eruptions was chosen for detailed analysis of the magmatic conditions.

Together with the disequilibrium phenocryst assemblage, phenocrystic hornblende is decomposed and surrounded by clinopyroxene, orthopyroxene. Rims of orthopyroxene phenocrysts show a wide range, while cores show bimodal compositions. The wide and disequilibrium mineral chemistry and textures, combined with incompatible phenocryst assemblage, led us to conclude the mixing origin for the sample with three magmas: basalt magma, andesite magma, and dacite magma. The plagioclase-hornblende thermobarometry (Holland and Blundy, 1994) was applied to a zoned hornblende with plag inclusions showed the increase in T from 800°C to 950°C without changing P, and then gradual increase in both T and P to 1000°C and 0.9 kb. The final T recorded by the groundmass cpx-opx pairs indicates 1250°C. The above T-P path suggests that the dacite magma was initially highly crystalline near the solidus at 800°C and 7-8 km in depth. The dacite magma was injected by the andesite magma that remelted and remobilized the dacite, both of which were partially mixed together and started to ascend. At a depth of ~2.5 km, the basalt magma was injected into the ascended dacite magma batch and triggered the eruption.

キーワード：白山火山、マグマプロセス、マグマ混合、逆累帯構造、地質温度計

Keywords: Hakusan Volcano, magmatic processes, magma mixing, reverse zoning, geothermometer

北海道東部，雌阿寒岳，阿寒富士の噴火活動とマグマ供給システム Eruption history and magma plumbing system of Akanfuji in the Me-akan volcano, eastern Hokkaido, Japan

*佐藤 鋭一¹、和田 恵治²

*Eiichi Sato¹, Keiji Wada²

1. 神戸大学大学教育推進機構、2. 北海道教育大学旭川校

1. Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University, 2. Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa

Akanfuji, situated in the Me-akan volcano of Eastern Hokkaido, started its eruption ca. 2.1 ka, and its activity continued for 1,100 years. During this period, 17 eruption deposits (Akf-1-Akf-17) can be discerned. The mode of the eruptions of this volcano was mainly of the scoriaceous sub-plinian type. Lava flows are often associated with the scoria eruption. The eruption history of Akanfuji is divided into five stages. In the first stage (Akf-1), scoria fall with many lithic fragments was deposited from northeast to east of the volcano. In the second stage (Akf-2-Akf-3), two larger eruptions occurred and coarse scoria falls were deposited to the northeast. In the third stage (Akf-4-Akf-13), some eruptions occurred and the scoria falls were dispersed in a northeast to southeast direction. This stage is characterized by the finding of orthopyroxene in the deposits. In the fourth stage (Akf-14-Akf-16), three larger eruptions occurred and voluminous scoriae were deposited to northeast (Akf-14) and from southeast to south (Akf-15-Akf-16). In the final stage (Akf-17), fine scoria fall was deposited from northeast to southeast. Akanfuji had erupted basalts through its history. Two types of basalts (types I and II) are recognized on the basis of phenocrysts assemblage. Type I is orthopyroxene (opx) bearing olivine (ol)-crynopyroxene (cpx) basalt and Type II is cpx bearing ol-opx basalt. Both types show mineralogical evidences of magma mixing, which are reaction products such as cpx overgrowth around opx phenocrysts, wide range of core compositions, and coexistence of normally and reversely zoned plagioclase, olivine, and pyroxenes. Zoning profiles of these phenocrysts show timing of magma mixing. We can estimate the time from mixing of the basaltic magmas to the eruption.

キーワード：雌阿寒岳、阿寒富士、マグマ混合

Keywords: Me-akan volcano, Akanfuji, Magma mixing

雌阿寒岳，9000年前の螺湾火砕流堆積物の不均質岩片から推定されるマグマ混合の進行過程

Progress of magma mixing by analysis of heterogeneous fragments from Rawan pyroclastic flow at 9 ka, Me-akan volcano, eastern Hokkaido

*遠藤 優磨¹、和田 恵治¹、佐藤 鋭一²

*Yuma Endo¹, Keiji Wada¹, Eiichi Sato²

1. 北海道教育大学旭川校地学教室、2. 神戸大学大学教育推進機構

1. Earth Science Laboratory, Hokkaido University of Education at Asahikawa, 2. Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University

At Me-akan volcano, eastern Hokkaido, pyroclastic activity of plinian fall and pyroclastic flows including pumice and scoria have occurred at 13000-12000 years ago, forming Nakamachineshiri crater with 1.1 km diameter (Wada, 1989). At about 9000 years ago, pyroclastic flow containing pumice, scoria and heterogeneous juvenile ejecta such as banded pumice was flowed down along the Rawan river southwestern of Nakamachineshiri crater. We call this Rawan pyroclastic flow. We analyzed the chemical composition of groundmass glass and plagioclase phenocrysts and groundmass in two specimens of each pumice, scoria and banded pumice in detail.

The groundmass composition of scoria shows $\text{SiO}_2=61-70\text{wt.}\%$ and has fixed chemical trend, whereas that of pumice concentrates to $\text{SiO}_2=77-79\text{wt.}\%$. The scoria part in the banded pumice varies from $\text{SiO}_2=61-76\text{wt.}\%$ and shows wide compositional range connecting with scoria and pumice compositions. The pumice part in the banded pumice is slightly higher SiO_2 composition (78-80wt.%) than pumice fragment. Plagioclase phenocryst of scoria and pumice shows almost the same bimodal An content distribution of An58-60 peak and An72-92 wide peak. The lower An plagioclase phenocrysts of both scoria and pumice show the same texture, but the high An plagioclase phenocrysts are different origin between scoria and pumice; rapid crystallization from mafic magma for scoria and long storage in magma chamber for pumice.

These results suggest that each magma produced scoria or pumice was already mixed in the single or plural magma chamber, and mafic magma produced scoria was injected into felsic magma produced pumice to mingle and mix in the conduit. Diffusion rate of mafic magma is faster than that of felsic magma, mixing proceeds inside of mafic magma incorporating felsic magma in central part in the conduit, producing the banded pumice.

キーワード：雌阿寒岳、マグマ混合、縞状軽石

Keywords: Me-akan volcano, magma mixing, banded pumice

北海道，滝川単成火山群及び暑寒別火山の岩石学的研究：島弧会合部におけるマグマの時空変遷

Petrology of Takikawa monogenetic volcano group and Shokanbetsu volcano: Temporal and spatial variation of magma at the arc-arc junction

*榎枝 竜之介¹、中川 光弘¹

*Ryunosuke Enoeda¹, Mitsuhiro Nakagawa¹

1. 北海道大学

1. Hokkaido University

滝川火山地域は北海道中部，千島弧と東北日本弧の会合部近傍に位置し，滝川単成火山群（TMV）と，暑寒別火山群，イルムケップ火山といった複成火山から構成される。

これらの火山は中-後期中新世から更新世初頭にかけて活動し，170万年前からは火山活動は停止している（中川ら，1993）。TMVは滝川火山地域の中央部，滝川盆地周辺に分布し，ほとんど玄武岩の溶岩丘，岩脈，岩床である。暑寒別火山群は滝川火山地域西部に位置する複成火山体の集合であり，主に玄武岩～安山岩の溶岩流からなる。イルムケップ火山は滝川地域東部に位置する複成火山体で，主に安山岩の溶岩流からなる。

本地域の火山岩に関する研究は，Oba（1972）および中川ら（1993）によってTMV・暑寒別火山群の玄武岩の全岩主要化学組成分析が，八木ら（1987）および中川ら（1993）によって暑寒別火山群・TMVのK-Ar年代分析がそれぞれ行われている。また，岡村ら（2000）は暑寒別火山群のうち一部の全岩主要，微量元素組成分析，Sr・Nd同位体比分析を行っている。しかし，TMV・暑寒別火山群の全岩微量元素組成，希土類元素組成，同位体比はほとんど明らかになっていない。

本地域には単成火山群がみられるが，これは滝川構造盆地の拡大に伴う引張応力場の下で形成されたと考えられている（中川ら，1993）。本地域の火山岩の地球化学的特徴の空間分布は，千島弧-東北日本弧会合部の後期中新世～鮮新世末期のマグマ活動の時空変遷を反映していると考えられ，島弧会合部のテクトニクスを考える際に重要な制約条件を与えうる。しかしながら，前述の通り本地域における火山岩の地球化学的特徴は一部しか明らかになっておらず，包括的な研究はあまり行われていない。ゆえに，これを明らかにする目的で本地域の岩石学および地球化学的研究を行っている。これまでTMVのうち17の岩体，暑寒別火山群のうち南暑寒，恵岱，雄冬の3火山でサンプリングを行ってきた。今回はこれらの試料の，偏光顕微鏡による岩石記載とXRFによる全岩主成分・微量元素組成について報告する。

TMVのほとんどは斜長石斑晶を含まない単斜輝石かんらん石玄武岩であり，斑晶量は5~15vol.%と幅広く，単斜輝石斑晶は含まれないこともある。まれに斜長石斑晶，斜方輝石，融食形石英を含む安山岩も存在する。南暑寒は山体の上部と下部で全く異なる溶岩がみられる。上部の斜方輝石単斜輝石安山岩は様々なタイプの斜長石斑晶，マフィックインクルージョンをよく包有し，マグマ混合あるいは同化作用の特徴を有する。下部の石英含有かんらん石玄武岩は融食し汚濁帯の発達した斜長石斑晶，単斜輝石のコロナをもつ融食形石英を含む。恵岱は単斜輝石かんらん石玄武岩で，融食し汚濁帯の発達した斜長石斑晶，集斑状組織をよく包有する。雄冬では石英含有単斜輝石かんらん石玄武岩がみられ，融食形石英を含む点以外は恵岱と同様の特徴を有する。

本地域の未分化玄武岩は，暑寒別火山群では液相濃集元素量が比較的狭い組成幅を示し，比較的高いRb/Zr，Ba/Zr比，低いNb/Zr比をもつ。それに対してTMVは液相濃集元素量の組成幅が広く，全体として比較的低いRb/Zr，Ba/Zr比，高いNb/Zr比を示す。これら本地域の玄武岩は様々な液相濃集元素比を示すことから，その多様性は1つの初生マグマの結晶分化作用では生じることはできず，複数の多様な初生マグマに由来するものと考えられる。暑寒別とTMVの玄武岩の組成差に着目すると，前者は低Nb/Zrおよび高Ba/Zr比から

島弧玄武岩的な、TMVは高Nb/Zrおよび低Ba/Zr比から背弧海盆玄武岩に近い性質をもつと考えられる。それらの空間分布は暑寒別火山を中心とした楕円形累帯構造を示し、それは中川ら（1993）の示したシリカ飽和度空間分布と似ている。これは初生マグマ生成時のマントルにおける部分熔融度の差やマントル組成の多様性を反映しているかもしれないが、いずれも暑寒別火山を中心とするプルームが存在したという中川ら（1993）のモデルと矛盾しない。このことを検討し、その成因を深く議論するために、希土類元素や同位体比などの地球化学的データ収集と解析を行ってゆく予定である。

キーワード：単成火山群、暑寒別火山、島弧会合部、玄武岩、マントルプルーム

Keywords: Monogenetic volcano group, Shokanbetsu volcano, Arc-arc junction, Basalt, Mantle plume

北海道南西部ニセコ火山群，イワオヌプリ火山の形成史と活動年代 Formation history and active age of Iwaonupuri Volcano of Niseko volcanic group, southwestern Hokkaido, Japan

*松尾 良子¹、中川 光弘¹

*Ryoko Matsuo¹, Mitsuhiko Nakagawa¹

1. 北海道大学

1. Hokkaido University

ニセコ火山群は、南西北海道火山地域の北端に位置する東西25km、南北15kmにおよび、10以上の成層火山や溶岩ドームからなる第四紀火山群である。これまでのニセコ火山群の地質学的研究は、広川・村山(1955)による図幅調査に始まり、大場(1960)やNEDO(1986, 1987)により行われている。これらの結果からその噴火活動は約160万年前には開始し、西から東へと新しい火山体を形成しながら現在まで活動が継続していることが明らかになった。地形や噴気活動の有無から、イワオヌプリ火山は、ニセコ火山群の中でも最も新しい火山体とされる。奥野(2003)によって、イワオヌプリ起源と考えられるテフラが見出され、その年代として約6000年前の¹⁴C年代値が報告された。しかしながら、奥野(2003)では測定された¹⁴C年代値についての信頼度は低いことを指摘しており、またその噴火の様式や給源火口については明らかにされていない。そこで我々は、ニセコ火山の特に完新世の噴火活動履歴と様式を明らかにすることを目的として、地質学的研究を進めている。

これまではイワオヌプリとニトヌプリの両方が、ニセコ火山群では最も新しい山体として捉えられることが多かった。イワオヌプリ火山及びニトヌプリ火山を構成する岩石は、斑晶として斜長石、単斜輝石、斜方輝石および磁鉄鉱を含む安山岩である。これに加えてイワオヌプリ火山の岩石は斑晶として角閃石を含まないが、ニトヌプリ火山の多くの岩石は角閃石斑晶を含む。また、全岩化学組成では、両火山はハーカー図上で多くの元素でそれぞれ別の組成変化を示していることで区別できる。両者の噴出中心の位置的違い、被覆関係および岩石学的性質から、両者は独立した火山として考えるべきである。よって本研究では、ニトヌプリ火山活動後に活動したイワオヌプリ火山のみを、ニセコ火山の最新の活動期として取り扱う。

イワオヌプリ火山(標高1,116m)は、ニセコ火山群東部に位置し、ニトヌプリ火山活動後、その東側に形成された比高約350m、基底直径約2kmで、火砕丘や複数の溶岩ドームおよび溶岩から構成される火山である。火山体の西側には、直径約800mのイワオヌプリ大火口火砕丘があり、その頂部には直径約1kmのイワオヌプリ大火口が開いている。その火口内部には小イワオヌプリと呼ばれる小型の溶岩ドームが形成されており、それを覆って、大イワオヌプリと呼ばれる山体が形成されている。下部の溶岩ドームと山頂部から東側にかけての複数枚の溶岩から形成されている。さらに、五色温泉火口などの複数の小火口が火山体全域に認められる。イワオヌプリ火山については、被覆関係と噴火様式、噴出中心の違いから、①イワオヌプリ大火口火砕岩類②小イワオヌプリ溶岩ドーム③大イワオヌプリ下部溶岩ドーム④大イワオヌプリ上部溶岩類⑤イワオヌプリ水蒸気噴火火砕岩類の5つのユニットに区分できる。

最初の活動である、イワオヌプリ大火口火砕岩類を形成した活動は、まず水蒸気噴火から始まり、その後はマグマ噴火に移行し爆発的噴火により噴煙柱を形成し、その過程で断続的に火砕流が発生した。この噴火に伴うテフラが奥野(2003)で見出したNslw-1テフラである。このテフラは東方から西方に向かって層厚および構成物の粒径が増大し、イワオヌプリ大火口火砕丘に対比できる。今回新たに試料を採取し、火砕流中の炭化木片からは9480 cal. yBP、テフラ直下の土壌からは10910 cal. yBPの¹⁴C年代が得られた。よってイワオヌプリ火山の活動開始は約9500年前であることが明らかになった。その後は、溶岩ドームの形成や溶岩流出を繰り返し山体が成長した。これらの山体には多くの爆裂火口が形成されており、水蒸気噴火やマグマ水蒸気噴火なども並行して頻発したと考えられる。確認された最後のマグマ噴火は、山頂部から大イワオヌプリ上部溶岩類の流出であるが、水蒸気噴火はその後にも発生している可能性が高い。実際に五色温泉近くでの爆発角礫岩層の年代としてmodernという炭素年代測定結果が得られた。今回の調査では最初期の活動年代は明らかにでき

たが、その後の噴火史についてまだ十分な議論はできない。しかし、9500年前の噴火後の山体の成長と、多数の新しい爆裂火口の存在を考えると、イワオヌプリ火山は完新世を通じて活動した、活動度の高い火山の可能性が高い。

キーワード：イワオヌプリ火山、形成史、活火山、地質学、放射性炭素年代測定、ニセコ火山群

Keywords: Iwaonupuri, formation history, active volcanoes, geology, radiocarbon dating, Niseko volcanic group

支笏-洞爺火山地域・後期更新世のテフラ層序の再検討 Reexamination of late Pleistocene tephras of Shikotsu-Toya Volcanic Field

*宮坂 瑞穂¹、中川 光弘¹、三浦 大助²、上澤 真平²、古川 竜太³、松本 亜希子¹

*Mizuho Amma-Miyasaka¹, Mitsuhiro Nakagawa¹, Daisuke MIURA², Shimpei Uesawa², Ryuta FURUKAWA³, Akiko Matsumoto¹

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. 電力中央研究所地球工学研究所、3. 産業技術総合研究所地質調査総合センター

1. Hokkaido University, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Advanced Industrial Science and Technology

支笏-洞爺火山地域は、千島弧と東北日本弧の会合部に位置しており、洞爺カルデラ・クッタラカルデラ・支笏カルデラの3つのカルデラのほか、大規模成層火山である羊蹄火山や隣接する尻別火山などが存在している。本地域のテフラ層序に関する研究は古くから行われており、記載岩石学的特徴と火山ガラスや斑晶鉱物の屈折率によるテフラの同定、放射性炭素年代値・海洋酸素同位体ステージ・植物珪酸体分析を利用した噴火年代の推定により、約130kaから洞爺火山、約90kaからクッタラ火山、約60kaから支笏火山が珪長質噴火を繰り返していたと考えられている(勝井, 1959; 春日井ほか, 1980; 曾屋・佐藤, 1980; 山縣, 1994; 加藤ほか, 1995; 森泉, 1998; Machida, 1999; 町田・新井, 2003; 佐瀬ほか, 2004など)。しかしながら、根幹となるテフラ層序は1990年代に確立されてから、ほとんど変更されることなく現在に至っている。また最近では分析技術の向上によりガラス組成を用いたテフラの同定が数多く行われるようになり(Kutterolf et al., 2007; Hasegawa and Nakagawa, 2016; Razzhigaeva et al., 2016など)、また羊蹄火山や尻別火山に関するテフラ研究により両火山が50ka頃には活動を始めていたことが明らかになってきた(中川ほか, 2011; Uesawa et al., 2016)。

そこで、支笏-洞爺火山地域のテフラ層序を包括的に再検討するため、支笏湖の南～東側約65 kmまでの広範囲において地表調査を行うとともに、支笏カルデラ形成噴火噴出物(Spfa-1, Spfl)に厚く覆われる地域では平成26年度・平成27年度にボーリング調査を行った(支笏湖東方10 kmおよび25 km地点)。さらに気象庁のボーリングコア(支笏湖南方10 km)、防災科学技術研究所のボーリングコア(支笏湖南南東25 km)についても合わせて観察・記載を行った。テフラの同定にあたっては、支笏-洞爺火山地域の鍵層(Spfa-1 & Spfl, Kt-1, Ssfa & Ssfl, Toya)との層序関係を春日井ほか(1980)、山縣(1994)などと比較検討し、さらに記載岩石学的特徴とガラス組成を用いて給源火山近傍で採取したテフラとの同定を行った。このように支笏-洞爺火山地域のテフラ層序を再検討したところ、本地域では少なくとも27層のテフラが観察され、このうちの6層については従来記載されていなかったテフラである可能性が高いこと、その結果尻別火山の噴火開始年代が従来の50kaから120ka、羊蹄火山と支笏火山が50-60kaから80ka頃まで遡ることが明らかになった。

本研究に関連して測定した支笏-洞爺火山地域の火山岩のK-Ar年代と、今回明らかになったテフラ層序から、本地域の火山活動は以下のようにまとめられる。支笏-洞爺火山地域では、中期更新世から続いた安山岩質の火山活動が0.6-0.5Maには終了し、その後約40万年間の休止期を経て、130kaに洞爺火山、120kaに尻別火山が噴火を開始、110kaには洞爺火山でVEI=7の大規模珪長質噴火が起きた。その後活動は東方へ移動し、2万年程度の休止期の後、クッタラ火山が約90kaに、支笏火山が85kaに噴火を開始した。この時期にクッタラ火山ではVEI=6程度の噴火が頻発したと考えられる。また75ka頃には、支笏-洞爺火山地域の背弧側で羊蹄火山も噴火を始めていた。60ka以降はクッタラ火山・支笏火山が活動の中心となり、45kaにはクッタラ火山でVEI=6、支笏火山ではVEI=7の噴火が相次いで発生した。その後は羊蹄火山と洞爺カルデラ・支笏カルデラの後カルデラ火山の活動が活発になり現在に至っている。このように、支笏-洞爺火山地域では、数万年程度の休止期をはさんで130-110ka, 95-75ka, 60-45kaに火山活動が活発な時期があったことが示唆された。

キーワード：テフラ、後期更新世、支笏-洞爺火山地域、ガラス組成

Keywords: tephras, late Pleistocene, Shikotsu-Toya Volcanic Field, glass composition

蔵王火山、五色岳旧火山体の形成史

Eruption history of pre-Goshikidake, Zao volcano

*西 勇樹¹、伴 雅雄²、及川 輝樹³
*Yuki Nishi¹, Masao Ban², Oikawa Teruki³

1. 山形大学大学院理工学研究科、2. 山形大学地球環境学科、3. 産業技術総合研究所

1. Graduate School of Science and Technology, Yamagata University, 2. Department of Earth and Environmental Science, Faculty of Science, 3. Advanced Industrial Science and Technology

はじめに

蔵王火山は東北日本火山フロントに位置する約100万年前から活動を続けている活火山である。最新期は約3.5万年前の馬の背馬蹄形カルデラ形成に始まった。その中の最新の山体である五色岳は約2千年前から開始した活動によって形成された比高約110 m、底径約850mの火砕丘である。西部に直径約360mの火口湖の御釜を胚胎する。御釜の南東方には概ね円形の旧火口跡が認められる。火山層序学的な研究によって、旧火口から御釜への火口の移動は約800年前と考えられている。五色岳を構成する五色岳火砕岩類は、火砕サージ堆積物やそれに伴う降下火砕堆積物を主体としている。約800年前以降の活動は、水蒸気噴火に始まり、マグマ噴火に移行するという推移を繰り返すことが報告されている。今回は、約2千年～800年前の旧火口からもたらされた噴出物に焦点を当てて検討を行ったので結果を報告する。

五色岳旧火山体

先行研究によって、五色岳火砕岩類は傾斜不整合から5つのunitに分類されている。約2千～800年前の活動はunit1～3に相当する。それらは、山体の北部、東部、南部、御釜の東壁に露出している。本研究では、unit1～3の噴出物で構成される山体を五色岳旧火山体と称す。今回は、露出状況が最も良好な五色岳の南部を対象として、unit1～3の噴出物の火山地質学的な特徴を明らかにし、岩相変化を基に、五色岳旧火山体の形成史について検討を試みた。

unit1

unit1は五色岳旧火山体の基底部を構成する。五色岳山頂から南方約800m地点において約30度南に傾斜し、南東方約900m地点において約35度南東に傾斜する。総層厚は最大約20mである。unit1は岩相の変化からlayer1～7に分けられる。layer1、2は火山礫凝灰岩で、基質は粘土質火山灰で、火山礫は変質が進んでいる。1と2では色調が異なる。layer3、5、7は多数の薄層からなる成層構造が発達し、斜交層理などが特徴的でサグ構造も認められる噴出物である。岩片はまばらに含まれる。基質が3では灰色で5、7では赤褐色である。layer4、6は凝灰角礫岩で、基質の赤褐色～灰色のスコリアの間を同質の火山灰が埋めている。部分的に細粒物が層構造を成しているのが認められる。

unit2

unit2は五色岳山頂から南方約500m（旧火口の南方約100m）で約30度南に傾斜する。南東方方向に向かってせり上がっている。unit2はlayer1～4に分けられる。総層厚は最大20mである。layer1、4は成層構造が発達し、斜交層理などが特徴的でサグ構造も認められる噴出物である。基質は灰色～赤褐色の火山灰で、スコリア質火山弾や火山岩塊が濃集する層も認められる。layer2はスコリア質火山弾や火山岩塊が濃集するアグロメレートである。layer3はラミナが発達した凝灰岩からなる。下部は褐色、上部は白色である。褐色～白色に変質した火山礫をまばらに含む。小さいスコリアも僅かに認められる。

unit3

unit3は五色岳山頂から南方約500m（旧火口の南方約100m）で約30度南に傾斜する。南東方方向に向かってせり上がっている。層厚は最大で約20mである。unit3はlayer1～7に分けられる。layer1、3、5は灰色で粘土質の凝灰岩である。小さいスコリアを少量含む。layer2、4は成層構造が発達し、斜交層理などが特徴的でサグ構造も認められる噴出物である。基質は褐色～赤褐色の火山灰である。火山岩塊や火山弾が濃集する層も認められる。layer6は、南東部で認められ、南西部方向へ向って殲滅する。～2mのスコリア質火山弾が濃集している降下スコリア堆積物である。基質は同質の細粒物である。Layer7はlayer1、3、5及び

layer2、4と同様の岩相を含む。

噴火様式の推移の推定

上記の観察結果を基にすると、unit1のlayer1、2、3、unit2のlayer3、unit3のlayer1、3、5は水蒸気噴火、unit1のlayer4、5、6、7、unit2の1、4、unit3のlayer2、4はマグマ水蒸気爆発、unit3のlayer7は上記の両噴火、unit2のlayer2はブルカノ式に近い噴火、unit3のlayer6は主にスコリア噴火によるものと考えられる。なお、unit1のlayer1、2以外の水蒸気噴火は、一部マグマの関与があった可能性がある。

以上の結果をまとめると、unit1の活動の初期は水蒸気爆発を主体とした活動であり、その後、マグマ水蒸気噴火を主体とした活動に移行したと考えられる。ただし、マグマ水蒸気噴火におけるマグマ寄与率は変動があったと考えられる。unit2の活動では、マグマ水蒸気噴火が繰り返されたのが大きな特徴である。しかし、中頃には、ブルカノ式に類似する噴火と水蒸気噴火（少量マグマ関与あり）が発生したと考えられる。unit3では、水蒸気噴火からマグマ水蒸気噴火に移行する活動が繰り返し、終盤に主にスコリアを放出するストロンボリ式噴火も発生したと考えられる。

火口の位置について

噴出物の走向、傾斜は同一箇所でもばらつきがあるため断定はできないが、それに基づくと旧火口よりやや東方に給源が存在した可能性がある。unit2と3は層を追っていくと旧火口が給源であったことがわかる。五色岳の場合、活動は時間の経過とともに噴出中心が段階的に西方に移ったと考えられる。

キーワード：蔵王火山、五色岳、形成史、火砕サージ堆積物

Keywords: Zao volcano, Goshikidake, Eruption history, Pyroclastic surge

Glaciovolcanic and magmatic evolution of Ruapehu volcano, New Zealand

*Chris Conway¹, Colin Wilson², John Gamble², Graham Leonard³, Dougal Townsend³

1. National Museum of Nature and Science, 2. Victoria University of Wellington, 3. GNS Science

Chronostratigraphic studies of continental arc stratovolcanoes reveal the timing and types of past eruptive behaviour and are therefore crucial for constraining magma evolution models as well as the future eruption potential in these active settings. Such studies can be complicated by complex stratigraphic relationships caused by glaciovolcanism (eruptions in the presence of ice), glacial erosion and sector collapse for edifices that have been glaciated. These issues are relevant to the numerous high-altitude cones that define Earth's continental volcanic arcs. A key example of this is Ruapehu, which is an active andesite-dacite stratovolcano located at the southern end of the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. The growth of the Ruapehu edifice has occurred throughout coeval eruptive and glacial histories since ~200 ka. Here, new high-precision $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and whole-rock major and trace element data for Ruapehu lava flows are integrated with geological mapping and glacier reconstructions. The data provide a high-resolution chronostratigraphic and geochemical framework for investigating processes of ice-marginal lava flow emplacement and magma generation. In particular, the following concepts are addressed in this study: (1) the potential for ice-bounded lava flows to provide paleoclimate information; (2) the role of deglaciation in triggering Holocene sector collapses; (3) the variable extent of crustal assimilation in andesite-dacite magma genesis during the lifetime of a stratovolcano.

Keywords: lava-ice interaction, andesite petrogenesis, Ruapehu volcano

Formation process of plagioclase aggregates of the 1991-1995 eruption at Unzen

*小西 由利子¹、寅丸 敦志²

*Yuriko Konishi¹, 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 Science, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

We conduct the petrographical description, the textural analysis including crystal size distribution (CSD) analyses and chemical analyses for plagioclase phenocrysts which show frequently the aggregate texture in volcanic rocks of the eruption. In this study, to know the basic information before discussing the magmatic system of the 1991-1995 eruption at Unzen, we focus on plagioclase aggregates and their formation process. Plagioclase phenocrysts can be classified into two types on the basis of textural observation using optical microscopes. Type S phenocrysts exist as a Solo crystal without forming aggregates. Type A phenocrysts have the Aggregate texture in which a phenocryst recognized in hand specimen consists of two to several single crystals. The dusty zone can be found in both types. We conduct CSD analyses for type S, type A and component crystals of type A (type A_{comp}). We conduct chemical analyses for cores and rims of type S and type A_{comp}. Results from CSD analyses show that CSD plots of all types follow the exponential distributions. It is remarkable that CSD plots of type S have steeper slopes and smaller maximum crystal sizes than those of type A_{comp} have. Results from chemical analyses also show the difference in core Anorthite (An) contents; type S has broader range (around An 35-60) than type A_{comp} has (around An 40-55). These results suggest the difference in a magmatic system where each type of plagioclase phenocrysts has crystallized. We propose two models that can explain the characteristics of CSD plots and core An content of the plagioclase phenocrysts; the coalescence model and the separation model. Assuming the coalescence model, we suggest that nucleation rate has increased at a certain time and aggregations have occurred at a certain time interval. On the other hand, assuming the separation model, we suggest that the injection of a high-temperature mafic magma including high-An solo crystals has melted country rocks including plagioclase with core An 40-55. We also suggest that fragments separated from country rocks have assimilated with the mafic magma. Because the slight differences in the CSD trends and the compositional ranges between type S and A_{comp}, which has been detected in this preliminary analysis, may be an important clue to discriminate which process is realistic, we will have to conduct more comprehensive and detail analysis including correlations between size and compositions, trace element compositions, etc.

キーワード：結晶サイズ分布、斜長石、集斑晶、雲仙岳

Keywords: Crystal size distribution, Plagioclase, Aggregate, Mt. Unzen

Modeling the chemical evolution of open-system magma chambers using the principles of heat and mass transfer and thermodynamics

*西村 光史¹

*Koshi Nishimura¹

1. 東洋大学

1. Toyo Univ.

A model of the chemical evolution of open-system magma chambers has been developed using the principles of heat and mass transfer, and thermodynamics. Generally speaking, thermal Rayleigh numbers for high-temperature, crystal-poor magma chambers are very large, resulting in vigorous thermal convection (Martin et al., 1987). However, convection is suppressed following ~50% crystallization because of the formation of an interlocking framework of crystals. This study focuses on the earlier convection stage of sheet-like magma chambers, prior to significant crystallization.

The model incorporates the effects of concurrent magma influx (recharge or mixing), roof-rock assimilation, magma extraction, and fractional crystallization. Magma influx affects magma composition and temperature, while the rate of roof-rock assimilation is controlled by convective heat flux from the magma and the effective fusion temperature of the roof rock (Huppert and Sparks, 1988; Koyaguchi and Kaneko, 1999). Crystal settling occurs at the floor of the magma chamber (Martin and Nokes, 1988). Equilibrium phase relations and the partitioning of major elements between mineral phases and coexisting liquid are calculated thermodynamically using the rhyolite-MELTS algorithm (Gualda et al., 2012). Trace element and isotopic variations of the magma are calculated using open-system chemical mass balance equations (Nishimura, 2012).

The model quantifies the evolution paths of major and trace elements, and isotopes within crystals, liquid, magma, and crystal rims. Of note, it also shows that the rate of magma influx strongly affects crystal core-to-rim profiles of trace-element concentrations and isotopic ratios.

キーワード：マグマ溜まり、地球化学モデル、熱物質輸送

Keywords: magma chamber, geochemical model, heat and mass transfer

Magmatic plumbing system of a complex ocean island volcano, Ascension Island, south Atlantic

*Katy Jane Chamberlain¹, Katie Preece², Jenni Barclay³, Jane H Scarrow^{3,4}, Richard J Brown⁵, Jon P Davidson⁵, Darren Mark²

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. SUERC, East Kilbride, UK, 3. University of East Anglia, Norwich, UK, 4. University of Granada, Granada, Spain, 5. Durham University, Durham, UK

Ascension Island, 7°56' S, is an isolated composite volcano in the south Atlantic, lying 90km west of the Mid Atlantic Ridge. Even though Ascension Island is small –only 12 km in subaerial diameter –it has produced a wide variety of eruptive products in its 1-million-year subaerial eruptive history. Volcanic rock compositions range from basalt to rhyolite, following a silica-undersaturated subalkaline evolutionary trend. Yet, while a huge variation in magmatic compositions have been erupted across a limited spatial extent, there is little evidence for magma mixing preserved in erupted deposits.

Here we present extensive whole rock XRF data coupled with EPMA and LA-ICPMS analyses of glass and crystals of samples which span the entire range in compositions erupted throughout Ascension Island's subaerial history. These new geochemical data are coupled with detailed field observations and targeted ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating, which reveal more than 70 explosive pumice-producing eruptions, and more than 40 mafic effusive eruptions have occurred in the last 1-million years. We use these data to construct a robust volcanic history for Ascension Island, including dating its most recent activity, and build a detailed petrological model for the magmatic plumbing system underlying Ascension. These data highlight the role of fractional crystallisation in the production of the range of magmatic compositions found on Ascension Island, and reveals the closed-system nature of the magmatic plumbing system, unlike many other ocean islands, such as Tenerife or Iceland. SIMS-measurements of volatiles in melt inclusions in two zoned fall deposits appear to show this closed-system evolution occurs at depths between 7 and 11 km, i.e. the lower crust. The closed-system and relatively deep nature of magmatic evolution, and the relatively small volumes erupted in single events means that any explosive future activity is unlikely to be preceded by significant precursory signals.

Keywords: Ocean Island Volcanism, Magmatic evolution, Crustal Structure

顕微ラマン分光法を用いた“赤い黒曜石”の組織解析

Raman spectroscopy applied to reveal the oxidation state of the “Red” obsidian from Shirataki, Hokkaido, Japan

*佐野 恭平¹、佐藤 鋭一²、和田 恵治³

*Kyohei Sano¹, Eiichi Sato², Keiji Wada³

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

1. Shirataki-Geopark, 2. Kobe University Institute for Promotion of Higher Education, 3. Hokkaido University of Education at Asahikawa

本研究の目的は、ラマン分光法を用いた組織解析により“赤い黒曜石”の成り立ちを明らかにすることである。黒曜石とは、高粘性マグマが爆発・非爆発的に噴出した際に形成される黒色のガラス質な岩石である。北海道遠軽町白滝地域の赤石山では、赤色の黒曜石を産する黒曜石溶岩がおよそ220万年前に噴出した。黒曜石が赤くなる要因は、一般的には含まれる微小な鉄チタン酸化物結晶の赤色酸化と解釈されている。定性的な説明は赤色酸化でよいのだが、ここで問題となるのは、酸化部の赤色の濃さが均一ではなく、血液のように真っ赤な場合や、オレンジに近い色の場合が存在することである。このような色の違いは、マグマが冷えて固まるまでに経験する、マグマ中の揮発性物質の放出過程（脱ガス過程）の違いによってマグマの酸化・還元状態が変化するためと考えられる（例えばFurukawa et al., 2010）。しかしながら、黒曜石溶岩の脱ガス過程を理解するための物質科学的な情報は十分には得られていない。

本研究では、色の違う白滝産黒曜石に含まれる鉄チタン酸化物マイクロライトについて、神戸大学研究基盤センター所有の日本分光社製レーザーラマン分光分析装置（NRS-7100）を使用し、顕微ラマン分光分析を行った。分析は514 nmレーザーを用いて行った。その結果、“赤い”黒曜石及び“黒い”黒曜石中で2種類のラマンスペクトルを得ることができ、referenceとの比較からマグネタイト及びヘマタイトと同定された。得られたラマンスペクトル及び組織のパターンから、色の異なる黒曜石が噴火中に経験した脱ガス過程について議論する。

キーワード：黒曜石、ラマン分光、組織解析、白滝

Keywords: obsidian, Raman spectroscopy, textural analysis, Shirataki

1980年5月18日セントヘレンズ山噴火における降下火砕堆積物の岩石組織記載と密度分析

Petrographic description and density analysis of fall deposit by the May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens.

*伊野 遥¹、寅丸 敦志²

*Haruka Ino¹, 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 Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

The May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens, Washington, erupted white pumices that have the same composition from 08:32 to 18:15 LT. Characteristics of eruption of Mount St. Helens are represented by the dramatic land slide and subsequent plinian eruptions. Phenocrysts and pheno-bubble textures of fall deposits record state in the conduit just before the plinian eruptions. In this study, correlations between texture of fall deposit and time evolution of eruption are examined. Samples of this study were taken from fall deposits divided into seven layers with 2 cm in thickness. The uppermost layer is referred to as layer 1, layers below are identified by following sequential integers. Measurement of bulk density and description of texture were carried out for white pumices with 8~16mm in radius in each layer. Bulk density was calculated on the basis of bulk volume by 3D image. Thin sections were made for white pumices with the average in mass, bulk volume and bulk density in each layer and the maximum and minimum bulk density in layer 1. Measured bulk density ranges 0.495~1.01g/cm³. Statistical made of bulk density is 0.7~0.8g/cm³ in the intermediate bin for layer 1 and 2, whereas that is in the smallest bin 0.5~0.6g/cm³ and the abundance of pumices monotonically decrease with bulk density for layer 3 and 4. Layers 1 and 2, as well as layers 3 and 4 resemble in bulk density distribution and petrographic texture. Specifically in the petrographic texture, there are more phenol-bubbles for layer 3 and 4. The maximum and minimum bulk densities in **layer 3** are 0.888g/cm³ and 0.505g/cm³, respectively. From backscattered electron images, pumices samples with minimum density include more coalesced bubble than those with maximum one. If we assume the inverse relationship between eruption intensity and pumice bulk density, we can suggest that pumices with the smallest bulk density in layer 4 may be eruption products when the plinian column grew up to the maximum height. We should confirm the trend in texture of pumices by more detail analysis for sufficient numbers of pumices samples with different bulk densities in each layer including bubble size distribution measurement and chemical analysis microlites. Furthermore, from BSD data we should calculate the average bubble nucleation rate and growth rate to infer how bubbles were formed, in addition to the estimation of buoyancy state of the conduit prior to eruptions by pheno-bubble abundance.

キーワード：発泡度、プリニー式噴火、密度、フェノバブル

Keywords: vesicularity, plinian eruption, density, pheno-bubble

Textural analysis of Blast deposits from the May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens

*竹原 瑞樹¹、寅丸 敦志²

*Mizuki Takehara¹, 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府地球惑星科学部門

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

On 18 May 1980 at 08:32 LT, the northern flank of Mount St. Helens (in southern Washington State, USA) collapsed by an M5 earthquake. The landslide caused a giant lateral “Blast” originating from cryptodome. Hoblitt and Harmon (1993) reported two juvenile rock types - gray dacite and black dacite - that are derived from the same cryptodome magma. They are different in bulk density, but their textures have not been analyzed in details. In the present study, therefore, we carry out the textural analysis of two cryptodome dacite - gray dacite and black dacite -, and discuss processes that may have generated two different types of products.

Samples were taken from five layers of deposits at two sites -STOP 6 and STOP 7-. STOP 7 is 45° clockwise from north about 5 km from the vent. STOP 6 is 70° clockwise from north about 10 km from the vent. Samples from three layers, “upper”, “middle”, and “lower” were taken at STOP 6. Samples from two layers “upper” and “lower” were taken at STOP 7. We made a following analysis. (1) Grain size analysis, (2) Component analysis (8-16 mm), (3) Bulk density (8-16 mm), (4) Texture analysis (void and crystal). In analysis of grain size distribution, we sieved the five samples by 2^{-φ} mm metal mesh sieve (φ = 2, 1, 0, -1, -2, -3 -4 -5). As the result, it is found that the average grain size of STOP 6 is larger than STOP 7. On the basis of color and vesicularity of grains, we classified each 8-16mm samples into four types (“gray dacite” , “black dacite” “lithic” , and “others”). As the result, it is found that gray dacite and black dacite occupy 70-80 % in volume at each layer. Also, deposit at STOP 7 include more black dacite than at STOP 6. We measured bulk volume of all particles of gray and black dacites with 8-16 mm at each sites by the 3D scanner, and calculated bulk density. As the result, the density of juvenile dacites shows clear bimodal distribution, with peaks at 1.9 gcm⁻³ (gray dacite) and 2.3 gcm⁻³ (black dacite). We observed the texture (void and crystal) of 8-16 mm gray and black dacite particles that represent each layer by reflection microscope and SEM. As the result, although both of them has microlites (small crystals of 1 μ-30 μm) in groundmass, they have quite different textural characteristics as follows: Gray dacites show uniform distribution of rounded vesicles with various sizes (1 μ-200 μm) whereas black dacites show remarkable heterogeneity in vesicle abundance and morphology, that is void-free regions and void-rich regions consisting of angular voids (0.1-1 mm) surrounded by microlites. In addition, in black dacites cracks develop connecting the void-rich regions regardless of presence of phenocryst and groundmass.

From results of the textural study, we speculate that gray dacites had experienced decompression vesiculation, whereas, black dacites had experienced vesiculation by cooling crystallization before the sudden decompression. We suggest that, a first rising magmas corresponding to black dacites had been cooled and crystallization-induced vesiculation at the location close to the surface, and a magmas beneath the cooled magma in cryptodome, corresponding to gray dacites, had preserved relatively large amount of volatile component. Thus, the landslide made cracks in the black dacite magmas by brittle fracturing and bubbles in the gray dacite magmas by vesiculation. Such differences in volatile contents and history in vesiculation and crystallization result in the textural difference revealed by this study.

キーワード：セントヘレンズ山、クリプトドーム、ブラスト
Keywords: Mount St. Helens, cryptodome, blast