

# 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<sup>1</sup>、栗谷 豪<sup>2</sup>、中川 光弘<sup>2</sup>

\*Hajime Taniuchi<sup>1</sup>, Takeshi Kuritani<sup>2</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>2</sup>

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SiO<sub>2</sub>量は 58.2 wt.% から 65.3 wt.% の範囲を示すもののSiO<sub>2</sub>=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SiO<sub>2</sub>=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。<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Srおよび<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>PbはSiO<sub>2</sub>の増加とともに高くなる。<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd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、SiO<sub>2</sub> 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SiO<sub>2</sub>=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-SiO<sub>2</sub> 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<sup>1</sup>、中村 仁美<sup>1,2,3</sup>、Tatiana Churikova<sup>4</sup>、Boris Gordeychik<sup>5</sup>、石塚 治<sup>6</sup>、常 青<sup>2</sup>、中尾 篤史<sup>1</sup>、岩森 光<sup>1,2</sup>

\*Tatsuji Nishizawa<sup>1</sup>, Hitomi Nakamura<sup>1,2,3</sup>, Tatiana Churikova<sup>4</sup>, Boris Gordeychik<sup>5</sup>, Osamu Ishizuka<sup>6</sup>, Qing Chang<sup>2</sup>, Atsushi Nakao<sup>1</sup>, Hikaru Iwamori<sup>1,2</sup>

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<sup>1</sup>、古川 邦之<sup>2</sup>、金丸 龍夫<sup>3</sup>、宇野 康司<sup>1</sup>

\*Kotaro Nakai<sup>1</sup>, Kuniyuki Furukawa<sup>2</sup>, Tatsuo Kanamaru<sup>3</sup>, Koji Uno<sup>1</sup>

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回の方角変化はどちらも、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<sup>1</sup>、伊藤 真規<sup>1</sup>

\*Hiroyuki Hoshi<sup>1</sup>, Masanori Ito<sup>1</sup>

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 km<sup>3</sup>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<sup>1</sup>

\*Tsutomu Honda<sup>1</sup>

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 $\rho$ の溶岩流を降伏値 $f_b$ のビンガム流体として角度 $\alpha$ 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。縦孔断面の層状溶岩は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 $1314 \text{ dyne/cm}^2$ 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 $\ell$ 、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): 41<sup>st</sup> 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

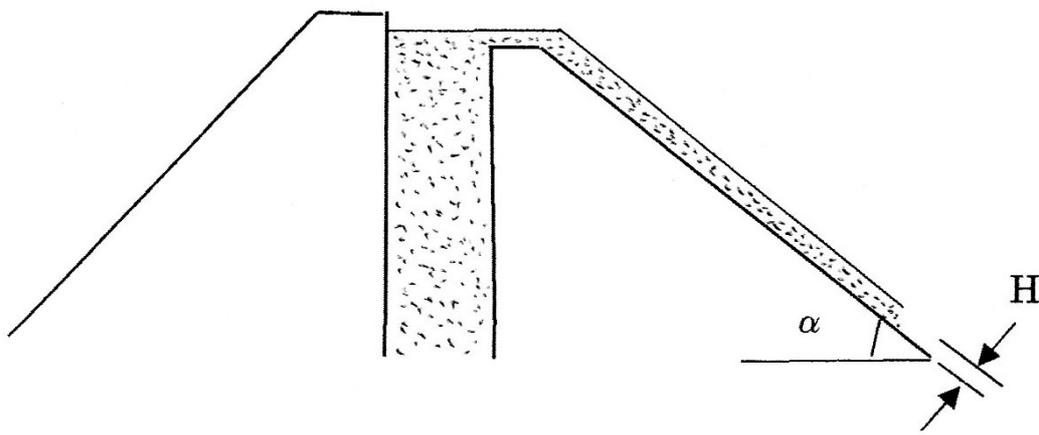


Fig.1 Critical thickness of the lava flow:  $H = nf_B / (\rho g \sin \alpha)$   
 $n=1$ : Free surface flow,  $n=2$ : Flow between parallel plates,  
 $n=4$ : Flow in circular tube

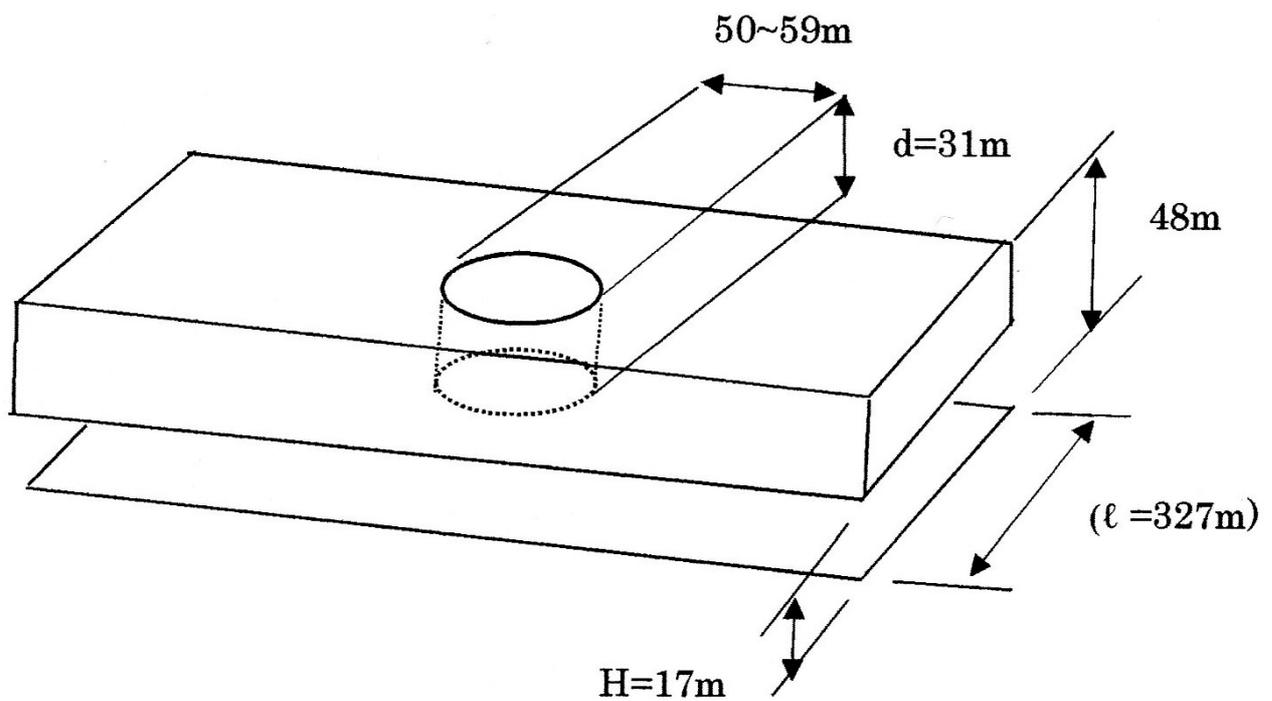


Fig.2 Schematic configuration of Marius Hills Hole

## 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<sup>1</sup>、宇野 康司<sup>2</sup>、中井 耕太郎<sup>2</sup>、金丸 龍夫<sup>3</sup>

\*Kuniyuki Furukawa<sup>1</sup>, Koji Uno<sup>2</sup>, Kotaro Nakai<sup>2</sup>, Tatsuo Kanamaru<sup>3</sup>

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<sup>1</sup>、安井 真也<sup>1</sup>、中川 光弘<sup>2</sup>、武尾 実<sup>3</sup>

\*Masaki Takahashi<sup>1</sup>, Maya Yasui<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>2</sup>, Minoru Takeo<sup>3</sup>

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<sup>1</sup>、宮本 毅<sup>2</sup>

\*Noritoshi Izawa<sup>1</sup>, Tsuyoshi Miyamoto<sup>2</sup>

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 ( $1.86\text{km}^3$ ) と総噴出量 ( $3.04\text{km}^3$ ) 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<sup>1</sup>、中川 光弘<sup>1</sup>、石塚 吉浩<sup>2</sup>

\*Kosuke Ishige<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>1</sup>, Yoshihiro Ishizuka<sup>2</sup>

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<sup>14</sup>C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<sup>14</sup>C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 km<sup>3</sup>DRE/ky以上，約1.5万年前～9,000年前で1.0 km<sup>3</sup>DRE/ky，9,000～5,000年前で0.03 km<sup>3</sup>DRE/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<sup>1</sup>、長谷中 利昭<sup>1</sup>、安田 敦<sup>2</sup>、外西 奈津美<sup>2</sup>、森 康<sup>3</sup>\*Kousuke Shiihara<sup>1</sup>, Toshiaki Hasenaka<sup>1</sup>, ATSUSHI YASUDA<sup>2</sup>, Natsumi Hokanishi<sup>2</sup>, Yasushi Mori<sup>3</sup>

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 km<sup>2</sup>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(SiO<sub>2</sub> = 63~65 wt.%)と大峰スコリアの全岩化学組成(SiO<sub>2</sub> = 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(TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, 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An<sub>52</sub>-An<sub>58</sub>にメインのピークを持ち、An<sub>45</sub>に小さなサブピークをもつような分布を示す。An<sub>45</sub>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SiO<sub>2</sub> = 68~70 wt.%に集中するが、斜方輝石中のメルト包有物で一部SiO<sub>2</sub> = 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SiO<sub>2</sub> = 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(SiO<sub>2</sub> = 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<sup>1</sup>、中川 光弘<sup>1</sup>、小林 恭平<sup>1</sup>、前野 深<sup>2</sup>

\*Akiko Matsumoto<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>1</sup>, Kyohei Kobayashi<sup>1</sup>, Fukashi Maeno<sup>2</sup>

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、 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 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<sup>1</sup>、松本 亜希子<sup>1</sup>、長谷川 健<sup>2</sup>

\*Mitsuhiro Nakagawa<sup>1</sup>, Akiko Matsumoto<sup>1</sup>, Takeshi Hasegawa<sup>2</sup>

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SiO<sub>2</sub>量において、流紋岩からよりSiO<sub>2</sub>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、SiO<sub>2</sub>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、地殻の部分溶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、部分溶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溶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<sup>1</sup>、山下 俊介

\*Atsushi Toramaru<sup>1</sup>, 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<sup>1</sup>、宮城 磯治<sup>1</sup>、鈴木 敏弘<sup>2</sup>、高橋 栄一<sup>2</sup>

\*Masashi Ushioda<sup>1</sup>, Isoji MIYAGI<sup>1</sup>, Toshihiro Suzuki<sup>2</sup>, Eiichi Takahashi<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、鈴木 桂子<sup>1</sup>

\*Yuki Yasuda<sup>1</sup>, Keiko Suzuki-Kamata<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>、中川 光弘<sup>2</sup>

\*Takahiro Yamamoto<sup>1</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>2</sup>

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40～48km<sup>3</sup>DRE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<sup>1</sup>、村田 昌則<sup>2</sup>、水野 清秀<sup>3</sup>、石原 武志<sup>3</sup>

\*Takehiko Suzuki<sup>1</sup>, Masanori Murata<sup>2</sup>, Kiyohide Mizuno<sup>3</sup>, Takeshi Ishihara<sup>3</sup>

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在され、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 km<sup>3</sup>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 km<sup>3</sup>となる。そして白河火砕流堆積物群の累積体積は498 km<sup>3</sup> (DRE: 199 km<sup>3</sup>)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 km<sup>3</sup>/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<sup>1</sup>、工藤 崇<sup>1</sup>、下司 信夫<sup>1</sup>、星住 英夫<sup>1</sup>

\*Shinji Takarada<sup>1</sup>, Takashi Kudo<sup>1</sup>, Nobuo Geshi<sup>1</sup>, Hideo Hoshizumi<sup>1</sup>

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 $325\text{km}^3$ 、平均値では $200\text{km}^3$ 、最小値では $130\text{km}^3$ となった。カルデラ内の堆積物を除いた場合は、 $250\text{km}^3$ (最大)、 $125\text{km}^3$ (平均)、 $50\text{km}^3$ (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 $27\text{km}^3$ (最大)、 $20\text{km}^3$ (平均)、 $13\text{km}^3$ (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 $530\text{km}^3$ (最大)、 $370\text{km}^3$ (平均)、 $200\text{km}^3$ (最小)となった。カルデラ内の堆積物を除いた場合は、 $400\text{km}^3$ (最大)、 $270\text{km}^3$ (平均)、 $140\text{km}^3$ (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