

羅臼-知床硫黄火山群の中期-後期更新世噴出物のFT及びK-Ar年代

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

*石塚 吉浩¹、松本 哲一¹

*Yoshihiro Ishizuka¹, Akikazu Matsumoto¹

1.産業技術総合研究所活断層・火山研究部門

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

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

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

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

キーワード：羅臼-知床硫黄火山群、噴火、年代、地質図、千島弧

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

大雪山御鉢平カルデラ形成噴火とその堆積物

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

*安田 裕紀¹、鈴木 桂子¹

*Yuki Yasuda¹, Keiko Suzuki-Kamata¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

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

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

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

カルデラ噴火に伴う低温かつ希薄な火砕性密度流：十和田火山・八戸火山灰の例

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

*野中 建太¹、宮本 毅²

*Kenta Nonaka¹, Tsuyoshi Miyamoto²

1.東北大学理学研究科、2.東北アジア研究センター

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*井澤 慶俊¹、宮本 毅²

*Noritoshi Izawa¹, Tsuyoshi Miyamoto²

1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学東北アジア研究センター

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

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

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：十和田火山、中掬テフラ、石質岩片、構成種分析

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

岩手山松川火山観測施設岩石コア試料の層序と年代

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

*長井 雅史¹、土井 宣夫²、上田 英樹¹

*Masashi NAGAI¹, Nobuo Doi², Hideki Ueda¹

1.防災科学技術研究所 地震・火山防災研究ユニット、2.岩手大学 教育学部

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

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

ボーリングコア試料の概要

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

年代測定の概要

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

ボーリングコア試料の対比

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

キーワード：仙岩地熱地域、火山形成史、ボーリングコア、地すべり

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

秋田県湯沢，第四紀の三途川カルデラの噴火史と地質構造発達史

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

*大木 郁也¹*Fumiya Oki¹

1.秋田大学大学院工学資源学研究所

1.Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

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

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

キーワード：三途川カルデラ、虎毛山層、カルデラ内イグニブライト

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

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

*宮本 毅¹、広井 良美¹、藤野 正義²

*Tsuayoshi Miyamoto¹, Yoshimi Hiroi¹, Masayoshi Fujino²

1.東北大学東北アジア研究センター、2.東日本放送

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

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：池月凝灰岩、鬼首池月テフラ、向町・新庄盆地、鬼首カルデラ

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

蔵王火山, 鳥兜山-横倉山・古熊野岳・中丸山火山体の地質学的・岩石学的研究

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

*佐藤 真¹、伴 雅雄²、及川 輝樹³、山崎 誠子³

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

1.山形大学大学院理工学研究科、2.山形大学理学部、3.産業総合技術研究所

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

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

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

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

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

キーワード: 蔵王火山、安山岩質溶岩、カルクアルカリ系列

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

妙高火山第IV期噴出物の岩石学的研究

Petrologic Study of the Stage IV Eruptives of Myoko Volcano

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

1.富山大学理工学教育部

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

1. はじめに

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

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

2. 第IV期噴出物の層序

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

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

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

3. 噴出物の岩石学的特徴

(1) 記載岩石学的特徴

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

(2) 全岩組成

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

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

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

4. 考察

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

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

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

キーワード：妙高火山、マグマ混合、マグマ供給系

Keywords: Myoko Volcano, magma mixing, magma system

溶岩ドームで構成される三瓶火山4峰の形成過程

The formation process of lava domes in Sambe volcano

*浅野 一平¹

*Ippei Asano¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

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

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

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

キーワード：三瓶火山、デイサイト、全岩化学組成

Keywords: Sambe volcano, dacite, bulk-rock composition

神鍋単成火山群におけるアルカリ玄武岩のマグマプロセス

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

*高橋 峻¹、柵山 徹也²

*Ryo Takahashi¹, Tetsuya Sakuyama²

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

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

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

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

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

キーワード：アルカリ玄武岩、西南日本、岩石学

Keywords: alkaline basalt, Southwestern Japan, petrology

阿蘇-4火砕噴火直前に活動した大峰火山噴出物の化学組成：

メルト包有物組成を用いた阿蘇-4との比較

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

*椎原 航介¹、長谷中 利昭¹、安田 敦²、外西 奈津美²、森 康³

*Kousuke Shiihara¹, Toshiaki Hasenaka¹, ATSUSHI YASUDA², Natsumi Hokanishi², Yasushi Mori³

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

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

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

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

キーワード：大峰火山、高遊原溶岩、大峰スコリア、メルト包有物

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

霧島火山飯盛山の溶岩流地形

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

星野 裕美²、*井村 隆介¹

Hiromi Hoshino², *Ryusuke Imura¹

1.鹿児島大学 大学院理工学研究科、2.鹿児島大学 理学部

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

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

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

キーワード：溶岩流、偽火口

Keywords: lava flow, pseudocrater

池田火砕流堆積物の基盤地形による岩相変化

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

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

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Kobe University Graduate School of Science

[Introduction]

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

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

[Lithofacies of Ikeda pyroclastic flow deposits]

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

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

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

[Grain-size characteristics of ML and LL]

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

[Discussion]

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

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

種子島に分布する幸屋火砕流堆積物の噴出順序

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

*山根 朋巳¹*Tomomi Yamane¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：鬼界カルデラ、幸屋火砕流、火山ガラス、種子島

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

大分県姫島に分布する城山黒曜石溶岩の定置過程

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

*古川 邦之¹、宇野 康司²、堀内 悠³

*Kuniyuki Furukawa¹, Koji Uno², Yu Horiuchi³

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

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

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

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

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

at the final stage of the extrusion.

キーワード：黒曜石、溶岩、脱ガス、火道、姫島

Keywords: Obsidian, Lava, Degassing, Conduit, Himeshima

黒曜石溶岩のマグマ上昇・脱ガス過程

-溶岩構造、岩石組織、含水量分布に基づく考察-

Magma ascent and outgassing processes of obsidian lava

-Insights from structures, textures and water concentration profiles -

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

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

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

Structures of obsidian lava are mainly divided into two regions; obsidian and rhyolite. These are defined based on the differences in appearance of hand specimens and rock texture. Rhyolite has perlitic cracks in the glass and contains some amounts of crystalline materials, namely, spherulite and lithophysae, whereas obsidian includes no such material at all.

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：黒曜石、開放系脱ガス、含水量

Keywords: obsidian, outgassing, water concentration

黒曜石の加熱実験：発泡温度と多孔体（パーライト）組織の分類

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

*和田 恵治¹、弦巻 峻哉¹、池谷内 諒¹、佐野 恭平²、佐藤 鋭一³

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：黒曜石、パーライト、加熱実験、発泡温度、火山ガラス

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

カムチャツカ半島南部，黒曜石溶岩の内部構造

Internal structure of obsidian lavas in the south of Kamchatka Peninsula

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

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

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

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

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

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

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

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

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

キーワード：カムチャツカ半島、黒曜石溶岩、内部構造

Keywords: Kamchatka Peninsula, Obsidian lava, Internal structure

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

*大塚 遼¹、草野 有紀²、金山 恭子³、海野 進⁴

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

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

1.Earth Science Course School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University, 2.Geological Survey of Japan, 3.San'in Kaigan Global Geopark Promotion Office, Natural Green Resources Division, Tottori Prefectural Government, 4.Department of Earth Sciences, Kanazawa University

Large submarine lava with thicknesses >100 m and volumes exceeding a few cubic kilometers are not uncommon volcanic constructs of mid-ocean ridges and around Hawaii Islands, yet details of the physical processes of emplacement of these large lava flows are poorly understood. The V3 Volcanics of the Oman Ophiolite extruded at 90 Ma far off the paleospreading axis as thick lava flows with an areal extent of >11 km by 1.5 km and the maximum thickness >270 m, yielding an estimated volume of several cubic kilometers. The V3 flow was fed by a thick feeder dike in the SW of the flow field and buried off-axial fault-bounded basins. V3 flows consist of massive core sandwiched between columnar jointed lava crusts. V3 flow is divided into the Upper and the Lower flow by the presence of pillow lava with interstitial mudstone. Unlike the Lower flow with massive cores, the Upper flow comprises piled up flow lobes showing dome-like structures with thicknesses varying from 2 m to 20 m. The Upper flow consists at least of seventeen flow lobes along a transect at 6 km from the feeder dike.

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

Yb of the basal crust show increases downflow to ~4.5 km, then decreases to 6 km, high value at 7 km from the feeder dike and decreases further downflow. Because the basal crust is the quenched lava that came to rest first at that place, samples farther away from the feeder were extruded and emplaced later in the eruptive event. The downflow variations show extrusion of differentiated lava in the middle stage of the eruption and less differentiated lava in early and late stages.

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

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

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

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

中米・エルサルバドル、イロパンゴカルデラ起源のテフラと噴火年代

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

*北村 繁¹

*Shigeru Kitamura¹

1. 弘前学院大学社会福祉学部

1. Faculty of Social Welfare, Hirosaki Gakuin University

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

キーワード：TB4テフラ、大規模カルデラ噴火、火山ガラスの化学組成分析

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

確率論的火山危険度評価手法に関する近年の動向調査

The recent trend survey of Probabilistic volcanic hazard assessment methods

*金井 啓通¹、永田 直己¹、藤原 伸也¹、永島 伊知郎²、小山 陽一郎²

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

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

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

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

キーワード：確率論的評価、長期的予測、短期的予測

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