北海道北部, 利尻火山起源の中～後期更新世溶岩の K-Ar 年代

K-Ar ages of Middle and Late Pleistocene lavas from the Rishiri Volcano, off northern Hokkaido, Japan

植木岳雪* 近藤玲介*

Takeyuki Ueki* and Reisuke Kondo*

2010年5月12日受付.

2010年7月23日受理.

* 産業技術総合研究所地質情報研究部門

Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan

Corresponding author; T. Ueki, gakusetsu-ueki@aist.go.jp

Abstract: K-Ar ages of 0.07 ± 0.02 Ma, 0.09 ± 0.02 Ma, 0.50 ± 0.31 Ma, and 0.09 ± 0.04 Ma were newly obtained for the Ponmoshirito lava dome, Oshidomari pon'yama lava dome, Oshidomari lava and Minamihama lava respectively, from the Rishiri Volcano off north Hokkaido, Japan. Data for three of the lavas (not the Oshidomari lava) confirm an eruptive history in which the initial stage of volcanic activity lasted from 130 to 70 ka.

Key words: Rishiri volcano, Lava dome, K-Ar dating, Pleistocene, Hokkaido

はじめに

利尻火山は北海道北部の日本海上にあり、標高 1,721 m の成層火山体と多数の側噴火噴出物からなる第四紀火山である。利尻火山については、これまでに噴出物の層序・年代・岩石学的記載、火山活動史、火山麓扇状地、氷河地形、道北地方に降下したテフラなどの地形・地質・岩石学的な研究が多数行われてきた (Katsui, 1953; 更別グループほか, 1966; 松井ほか, 1967; 守屋, 1975; 小林, 1987; 柳田・清水, 1992; 三浦・高岡, 1993; 石塚・中川, 1994, 1999; Miura, 1995; Kuritani, 1998, 1999, 2001; 石塚, 1999; 近藤, 2004; Kondo et al., 2007; 植木・近藤, 2008; 近藤・塚本, 2009 など)。石塚 (1999), 石塚・中川 (1999) によれば、利尻火山の活動は 20 万年前以降に開始し、数 1000 年前まで継続した。石塚・中川 (1999) は、噴火様式、噴出中心、岩質によって、利尻火山の活動期を初期、最盛期、末期に大別し、さらに最盛期を C-1 期、C-2 期、C-3 期に細分した (Fig. 1)。また、噴出率、デイサイト質マグマの温度、玄武岩質マグマの起源マントルの枯渇度の変化から、火山活動は全体として単一のマグマダイアピルの上昇・冷却過程を反映しているとした。したがって、北海道北部では利尻火山以外に中期中新世以降の火山活動がなく、利尻火山の活動は現在終了していることか

ら、火山の一生とマグマの進化のモデルを構築するために、利尻火山は最も単純で適していると考えられる。

利尻火山の活動史を制約する噴出物の年代として、活動初期の溶岩ドームから 2 つ、成層火山体の溶岩流から 1 つの K-Ar 年代 (石塚・中川, 1994; 石塚, 1999)、活動最盛期の成層火山体の溶岩ドームから 1 つ、溶岩流から 2 つの K-Ar 年代 (石塚, 1999) が得られている。活動末期の側噴火の溶岩流からは、7 つの ^{14}C 年代 (松井ほか, 1967; 三浦, 1993; 三浦・高岡, 1993; 斎藤ほか, 1996; 赤松ほか, 1997; Kuritani et al., 2007; 植木・近藤, 2008)、1 つの光ルミネッセンス年代 (近藤・塚本, 2009)、1 つの U-Th 放射非平衡による年代 (Kuritani et al., 2007)、1 枚の広域テフラの対比 (石塚, 1999) が得られている (Fig. 1)。しかし、利尻火山の活動開始時期については、最下位の成層火山体の溶岩流の年代と、噴出量と噴出率から活動初期の期間を外挿することによって、最も古くて 20 万年前とされているだけなので (石塚, 1999)、その確度は必ずしも高くない。利尻火山の活動開始時期の確度を高め、より詳細な活動史をたてるためには、特に活動初期とされる溶岩の年代を蓄積することが重要である。そこで、本研究では利尻火山の活動初期の 4 つの溶岩を K-Ar 年代測定に供し、火山活動の開始時期と噴出物の層序を再検討する。

試料採取

石塚・中川 (1999) の利尻火山の活動期に基づき、石塚 (1999) の利尻島とその周辺海域の地質図を簡略化したものを Fig. 2 に示す。K-Ar 年代測定に供した活動初期の 4 つの溶岩は、以下の通りである。

1. ポンモシリ島溶岩ドーム (POD) の溶岩

POD (石塚, 1999) は利尻島北部、利尻富士町富士野の沖にある標高 20 m 強のポンモシリ島を構成する溶岩ドームで、新鮮なデイサイト質の溶岩からなる。ドームの頂部では、溶岩は黒色ガラス質になっており、層厚 120 cm のローム層と層厚 40 cm の腐植土層に覆われている。年代測定用の溶岩の試料は、ドームの南部の海岸付近 (地点 1: 世界測地系で、北緯 45 度 15 分 17 秒、東経 141 度 12 分 31 秒) で採取した。試料は新鮮で、風化・変質していない。斑晶鉱物は最大径 2.4 mm の斜長石、普通角閃石を主体とし、斜方輝石、不透明鉱物を伴う。普通角閃石はオパサイト化している。石基はピロタキシティック組織を示す。

2. 鷺泊^{おしどまり}山潜在円頂丘 (OSD) の溶岩

OSD (石塚, 1999) は利尻富士町本町の南方にある標高 444 m の鷺泊^{おしどまり}山とその周辺にある 3 つの潜在円頂丘の総称で、新鮮なデイサイト質の溶岩からなる。鷺泊^{おしどまり}山の山

Fig. 1. Stages of volcanic activity at Rishiri volcano (after Ishizuka and Nakagawa, 1999) including the ages of lavas and pyroclastics.

頂では、熱変質した中新統の鴛泊層（松井ほか、1967）に覆われて、溶岩が局所的に露出している。年代測定用の溶岩の試料は、鴛泊ポン山の山頂直下の斜面（地点2：北緯45度

13分23秒、東経141度13分12秒）で採取した。試料は新鮮で、風化・変質していない。斑晶鉱物は最大径2.5 mmの斜長石、普通角閃石を主体とし、斜方輝石、黒雲母、不透明

Table 1. Summary of K-Ar data.

Sample	Potassium (wt. %)	Rad. ^{40}Ar (10^{-8} ccSTP/g)	K-Ar age (Ma $\pm 1\sigma$)	Non Rad. ^{40}Ar (%)
POD	1.565 $\pm$ 0.031	0.42 $\pm$ 0.15	0.07 $\pm$ 0.02	95.1
OSD	1.658 $\pm$ 0.033	0.55 $\pm$ 0.14	0.09 $\pm$ 0.02	93.3
OSL	1.653 $\pm$ 0.033	3.24 $\pm$ 1.96	0.50 $\pm$ 0.31	97.3
MIL	1.460 $\pm$ 0.029	0.48 $\pm$ 0.22	0.09 $\pm$ 0.04	96.1

MIL, Minamihama lava; OSD, Oshidomari-pon'yama lava dome;
OSL, Oshidomari lava; POD, Pon'moshirito lava dome

鉱物を伴う。普通角閃石はオパサイト化しており、黒雲母と集斑晶をなす。石基は自形の斜長石が孤立する細粒なインターグラニューラー組織を示す。

3. 鴛泊溶岩 (OSL)

OSL (石塚, 1999) は、利尻島北部の利尻富士町本町の海岸付近のみに露出する安山岩質の溶岩である。層厚は約 10 m である。露出が限定的であるため全体の構造は不明である。年代測定用の溶岩の試料は、模式地 (地点 3: 北緯 45 度 14 分 43 秒, 東経 141 度 13 分 28 秒) で採取した。試料は新鮮で、風化・変質しておらず、発泡孔に富む。斑晶鉱物は最大径 3.0 mm の斜長石を主体とし、斜方輝石、単斜輝石、普通角閃石、不透明鉱物を伴う。普通角閃石はオパサイト化している。石基は褐色ガラスからなるハイアロピリティック組織を示す。

4. 南浜溶岩 (MIL)

MIL (石塚, 1999) は、利尻島南部、利尻町野中から南浜にかけての海食崖の基部のみに露出する安山岩質の溶岩である。層厚は数 m である。火山麓扇状地堆積物と、その上位の降下スコリア堆積物、ベースサージ堆積物からなる野中火砕岩 (石塚, 1999) に覆われる。野中火砕岩の基底部には、3.8 ~ 4.4 万年前の支笏第一降下テフラ (Spfa-1: 勝井, 1958, 1959; 町田・新井, 1992) が挟まれている (石塚, 1999)。露出が限定的であるため全体の構造は不明であるが、利尻火山南麓での側噴火によると推定されている (小林, 1987)。年代測定用の溶岩の試料は、模式地 (地点 4: 北緯 45 度 6 分 29 秒, 東経 141 度 15 分 58 秒) で採取した。試料は新鮮で、風化・変質していない。斑晶鉱物は最大径 1.3 mm の斜長石を主体とし、斜方輝石、単斜輝石、普通角閃石、不透明鉱物を伴う。普通角閃石はオパサイト化している。石基はピロタキシティック組織を示す。

K-Ar 年代測定

溶岩の K-Ar 年代測定は、石基を分析試料として (株) 蒜山地質年代学研究所に依頼した。試料を 60 ~ 80 メッシュサイズ (187 ~ 250 μm) に粉碎し、ハンド磁石と電磁分離器を用いて斑晶鉱物と磁性を持つ鉱物を除去して、石基を分離した。その後、脱イオン水を用いて脱塩処理を行った。カリウ

ムの定量には、2,000 ppm のセシウムをイオン化制御剤に用いた炎光分光法 (長尾ほか, 1984) を適用した。カリウムの壊変定数は、Steiger and Jäger (1977) に従った。アルゴン同位体比の測定には、 ^{38}Ar をスパイクとする同位体希釈法 (長尾ほか, 1984) を適用した。

K-Ar 年代測定の結果を Table 1 に示す。POD の溶岩、OSD の溶岩、OSL、MIL の K-Ar 年代は、それぞれ 0.07 $\pm$ 0.02 Ma (誤差は 1 σ)、0.09 $\pm$ 0.02 Ma、0.50 $\pm$ 0.31 Ma、0.09 $\pm$ 0.04 Ma であった。

K-Ar 年代とその意義

POD の溶岩、OSD の溶岩、MIL の K-Ar 年代は、同じ活動初期に噴出した利尻島北部の富士野溶岩ドーム (FUD) の溶岩の K-Ar 年代 (0.133 $\pm$ 0.008 Ma; 石塚・中川, 1994)、ペシ岬溶岩ドーム (PED) の溶岩の K-Ar 年代 (0.078 $\pm$ 0.005 Ma; 石塚・中川, 1994)、下部成層火山体 (LSD) の溶岩の K-Ar 年代 (0.067 $\pm$ 0.023 Ma; 石塚, 1999) とよく一致している (Fig. 1)。また、MIL の K-Ar 年代は、MIL が Spfa-1 に覆われるという層序と整合的である。石塚 (1999)、石塚・中川 (1999) により利尻火山の活動初期は 13 ~ 7 万年前とされたが、今回、OSL を除く 3 つの溶岩の K-Ar 年代からそれが補強された。

一方、OSL の K-Ar 年代 (0.50 $\pm$ 0.31 Ma) は利尻火山の活動初期のそのほかの溶岩の K-Ar 年代よりも古くなったが、2 σ の誤差の範囲で年代値を比較すれば、OSL は利尻火山の活動初期のそのほかの溶岩よりも有意に古いとは言えない (Fig. 1)。OSL の年代値の誤差が大きくなった理由として、OSL の非放射起源 ^{40}Ar の混入率 (97.3 %; Table 1) が年代測定を行う際の測定装置の限界に近いこと、および OSL が急冷されたガラス質溶岩で脱ガスが不十分であったために、マグマ起源のアルゴンを含んで初期アルゴン保有量が多くなったことが考えられる。特に、噴出時に $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ が大気より高いマグマ起源ガスが大量に混入している場合には年代値が古くなるので (長尾ほか, 1984)、このことが、OSL の年代値が活動初期のそのほかの溶岩の年代値よりも古くなった原因かもしれない。

利尻火山の活動開始時期は最も古くて 20 万年前と推定さ

れているが(石塚, 1999), 13~7 万年前の活動初期の溶岩よりも古いものは, 報告されていない。OSL がそのようなものである可能性については, より精度の高い K-Ar 年代を得ることや, そのほかの年代測定法によって明らかにする必要がある。

謝 辞

利尻町立博物館の佐藤雅彦氏には, 野外調査に当たり便宜をはかっていただいた。稚内自然保護官事務所には, 国立公園内での試料採取を許可していただいた。産業技術総合研究所の古川竜太博士には, 岩石薄片の記載を指導していただいた。以上の方に深く感謝いたします。

文 献

- 赤松守雄・斎藤文紀・池田国昭・横田節哉・羽坂俊一・松本英二・山崎理子(Akamatsu, M., Saito, Y., Ikeda, K., Yokota, S., Hasaka, T., Matsumoto, E. and Yamazaki, N.), 1997, 北海道北部利尻・礼文島における完新世自然貝殻層とその意義。北海道開拓記念館研究紀要(*Bull. Histor. Mus. Hokkaido*), **25**, 1-15.
- 五十嵐八枝子(Igarashi, Y.), 2006, 利尻島の南浜湿原と沼浦湿原における完新世後期の植生変遷。利尻研究(*Rishiri Studies*), **25**, 71-82.
- 石塚吉浩(Ishizuka, Y.), 1999, 北海道北部, 利尻火山の形成史。火山(*Bull. Volcanol. Soc. Japan*), **44**, 23-40.
- 石塚吉浩・中川光弘(Ishizuka, Y. and Nakagawa, M.), 1994, 北海道北部, 利尻火山のデイサイト質溶岩ドーム群の K-Ar 年代。岩鉱(*Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*), **89**, 360-364.
- 石塚吉浩・中川光弘(Ishizuka, Y. and Nakagawa, M.), 1999, 北海道北部, 利尻火山噴出物の岩石学的進化。岩鉱(*Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*), **94**, 279-294.
- Katsui, Y., 1953, Petro-chemical study of the lavas from Volcano Rishiri, Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 4, Geol. Mineral.*, **8**, 245-258.
- 勝井義雄(Katsui, Y.), 1958, 支笏降下軽石堆積物中の化石林について。地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **64**, 379-385.
- 勝井義雄(Katsui, Y.), 1959, 支笏降下軽石について一特に支笏カルデラ形成直前の活動について。火山(*Bull. Volcanol. Soc. Japan*), **4**, 33-48.
- 小林哲夫(Koyayashi, T.), 1987, 利尻火山の地質。地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **93**, 749-760.
- 近藤玲介(Kondo, R.), 2004, 北海道北部, 利尻山豊仙沢の氷河地形と石英を用いた氷河堆積物の OSL 年代測定。駿台史学(*Jour. Hist. Assoc. Meiji Univ.*), no.123, 113-128.
- Kondo, R., Tsukamoto, S., Tachibana, H., Miyairi, Y. and Yokoyama, Y., 2007, Age of glacial and periglacial landforms in northern Hokkaido, Japan, using OSL dating of fine grain quartz. *Quatern. Geochronol.*, **2**, 260-265.
- 近藤玲介・塚本すみ子(Kondo, R. and Tsukamoto, S.), 2009, 北海道北部, 利尻火山西部における OSL 年代測定による古期火山麓扇状地の形成年代。第四紀研究(*Quatern. Res.*), **48**, 243-254.
- Kuritani, T., 1998, Boundary layer crystallization in a basaltic magma chamber: evidence from Rishiri Volcano, northern Japan. *Jour. Petrol.*, **39**, 1619-1640.
- Kuritani, T., 1999, Phenocryst crystallization during ascent of alkali basalt magma at Rishiri Volcano, northern Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **88**, 77-97.
- Kuritani, T., 2001, Repenishment of a mafic magma in a zoned felsic magma chamber beneath Rishiri Volcano, Japan. *Bull. Volcanol.*, **62**, 533-554.
- Kuritani, T., Yokoyama, T. and Nakamura, E., 2007, Rates of thermal and chemical evolution magmas in a cooling magma chamber: a chronological and theoretical study on basaltic and andesitic lavas from Rishiri Volcano, Japan. *Jour. Petrol.*, **48**, 1295-1319.
- 町田 洋・新井房夫(Machida, H. and Arai, F.), 1992, 火山灰アトラス: 日本列島とその周辺[Atlas of Tephra in and around Japan]*. 東京大学出版会(Univ. Tokyo Press), 276p.
- 松井和典・一色直紀・秦 光雄・山口昇一・吉井守正・小野晃司・佐藤博之・沢村孝之助(Matsui, K., Isshiki, N., Hata, M., Yamaguchi, S., Yoshii, M., Ono, K., Sato, H. and Sawamura, K.), 1967, 5 万分の 1 地質図幅「利尻島」および同説明書[Geological sheet map of Rishiritō, scale 1: 50,000 and its explanatory text]*. 北海道開発庁(Hokkaido Development Agency), 25p.
- 三浦英樹(Miura, H.) 1993, 利尻火山の地形発達史一火山体の形成史と火山麓扇状地の編年一。日本地理学会予稿集(*Proc. General Meet. Assoc. Japan Geogr.*), no.43, 64-65.
- Miura, H., 1995, A proposal for the source vent of the Rishiri-Wankonosawa Tephra (Rs-Wn), the Late Pleistocene marker tephra in northern Hokkaido. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, **30**, 133-145.
- 三浦英樹・高岡貞夫(Miura, H. and Takaoka, S.), 1993, 利尻火山から噴出した溶岩流に埋没する木材遺体の ^{14}C 年代と樹種同定の意義。第四紀研究(*Quatern. Res.*), **32**, 107-114.
- 守屋以智雄(Moriya, I.), 1975, 火山麓扇状地と成層凝灰亜角礫層。北海道駒澤大研究紀要(*Jour. Hokkaido Komazawa Univ.*), no.9・10, 107-126.
- 長尾敬介・西戸裕嗣・板谷徹丸・緒方惟一(Nagao, K., Nishido, H., Itaya, T. and Ogata, K.), 1984, K-Ar 法による年代測定。岡山理科大学火山研究所研究報告(*Bull. Hiruzen Res. Inst., Okayama Univ. Sci.*), no.9, 19-38.
- 中川光弘・丸山裕則・船山 淳(Nakagawa, M., Maruyama H. and Funayama, A.), 1995, 北海道第四紀火山の分布と主成分化学組成の広域変化。火山(*Bull. Volcanol. Soc. Japan*), **40**, 13-31.
- 斎藤文紀・井内美郎・池田国昭・横田節哉・羽坂俊一・松本英二・赤坂守雄(Saito, Y., Inouchi, Y., Ikeda, K., Yokota, S., Hasaka, T., Matsumoto, E. and Akamatsu, M.), 1996, 環日本海における地球温暖化の影響評価に関する研究[Study on the Impacts of Sea Level Rise induced by Global Warming]*. 環境庁企画調整局地球環境部環境保全対策課研究調査室(Planning and Coordination Bureau, Environment Agency), 324-340.
- 更別グループ・藤 則雄・朝比奈正二郎(Sarabetsu Research Group, Fuji, N. and Asahina, S.), 1966, 稚内・サロベツ地域の第四系。第四紀研究(*Quatern. Res.*), **5**, 1-12.
- Steiger, R. H. and Jäger, E., 1977, Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- 植木岳雪・近藤玲介(Ueki, T. and Kondo R.), 2008, 利尻火山, 杓形溶岩流の噴出年代: 溶岩直下の腐植質シルト層に含まれる炭化木片の AMS ^{14}C 年代に基づいて。第四紀研究(*Quatern. Res.*), **47**, 349-353.
- 柳田 誠・清水長正(Yanagida, M. and Shimizu C.), 1992, 利尻ーワンの沢軽石層の年代資料。第四紀研究(*Quatern. Res.*), **31**, 37-39.

*English translation from the original written in Japanese