

北海道東部, 雄阿寒火山の形成史

玉田 純一***・中川 光弘*

(2009年3月9日受付, 2009年6月24日受理)

Eruption History of Oakan Volcano, Eastern Hokkaido, Japan

Jun-ichi TAMADA*** and Mitsuhiro NAKAGAWA*

Oakan volcano is one of the post-caldera volcanoes of Akan caldera, and its eruptive history has not yet been clarified well. In order to reveal the structure of volcanic edifice and eruptive history with possible age data, we carry out not only geological survey but also tephrochronological study around the volcano. We identify 10 tephra units, nine of which are wide-spread tephros from other volcanoes in Hokkaido and Baitoushan volcano. Only one tephra unit (Oafa) from Oakan volcano has been recognized, but the other nine tephros can be used as good time markers for understanding the activity of the Oakan volcano.

The volcanic activity can be divided into two main stages: the early stage (E stage) and late one (L stage). Although most of the edifice of the E stage is covered by eruptive materials of the L stage, several lava flows are distributed on the southern flank. After the formation of the edifice, sector collapse of its southern part occurred and formed a debris avalanche deposit on the flank. The edifice and the debris avalanche deposit of the E stage is covered by Meakan tephra (NaPS: ca. 1.3 ka), which indicates that the activity of the E stage had terminated before 1.3 ka. After a certain period of dormancy, the activity of the L stage started, which can be divided into two sub-stages: L-1 and L-2. During the L-1 stage, lava effused from four crater areas, and the Futatsudake cone was formed at one of these areas. Based on petrological features of these lavas, the L-1 stage could be divided into L-1-1 and L-1-2 groups. Oafa tephra layer recognized at the flank was derived from the cone (L-1-2) judging from its isopach and isopleth maps, and also from its petrological features. The tephra layer is sandwiched between Ma-f (ca. 6.6 ka) and Ta-c2 (ca. 2.5 ka) tephros. Considering thickness of soils between Oafa and these two layers, we estimate that eruption age of Oafa is about 5 ka. Although Oafa can be correlated with the activity of L-1-2 group, it seems that the activity of L-stage began around 5 ka, because there existed no obvious time interval between L-1-1 and L-1-2 groups. Thus, the dormancy period between the early and late stages can be estimated to be about 8000 years. In the L-2 stage, eruption centers moved northeast to construct the summit (Oakandake) pyroclastic cone, in which four craters were formed. At the same time, lava flows repeatedly effused from the cone to widely cover the north to southeast flank. Based on the location of eruption centers and the time sequence of these lava flows, the activity of L-2 stage can be divided into four groups: L-2-1 to L-2-4. The youngest crater at the summit cone of L-2 stage was formed before 1 ka, because it is covered by Ma-b tephra (ca. 1.0 ka). This suggests that the latest magmatic activity of L-2 stage occurred before 1 ka. Although no eruptive activity was recorded, weak fumarole activity at the north crater on the mid flank was reported. Our study reveals frequent eruptions of Oakan volcano during Holocene, and suggests that the volcano must be considered as an active volcano.

Key words: Oakan volcano, Akan caldera, tephrochronology, eruption history, active volcano

* 〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
北海道大学大学院理学院自然史科学専攻
Department of Natural History Sciences, Graduate
School of Science, Hokkaido University, N10 W8
Kitaku, Sapporo 060-0810, Japan.

*** 現所属, 〒550-0013 大阪市西区新町1丁目33-20

株式会社モンベル
Mont Bell Co. Ltd., Shinmachi 1, Nishiku, Osaka
550-0013, Japan.

Corresponding author: Mitsuhiro Nakagawa
e-mail: mnakagawa@mail.sci.hokudai.ac.jp

1. はじめに

北海道東部、阿寒-知床火山列南西端の阿寒カルデラ内には雄阿寒火山や雌阿寒火山などの、後カルデラ火山が分布している (Fig. 1), その中でも南西部に位置する雌阿寒火山は、完新世の活発な噴火履歴が明らかになっている活火山であり、現在も噴気活動を続け、小規模な水蒸気噴火も頻発している (気象庁, 2005). 雄阿寒火山については、佐藤 (1965) によって山体形成史および構造が報告され、その後和田 (1988) によって活動区分の

再検討が行われた. 佐藤 (1965) によると、本火山は初期の活動で火砕物 (Oa-b および Oa-a) を噴出し、その後の溶岩流出によって現在の山体を形成したとされる. そして Oa-b からは $11,720 \pm 220$ yBP の ^{14}C 年代が得られ (佐藤・垣見, 1967), その後に活動したとされる雄阿寒火山体は完新世に形成された可能性が高いと考えられた. しかし佐々木・他 (1971) は Oa-b が雌阿寒火山起源であることを指摘しており、活動年代を示す指標は不確かな状態になっている. 一方山体には、複数の爆裂火口や新鮮

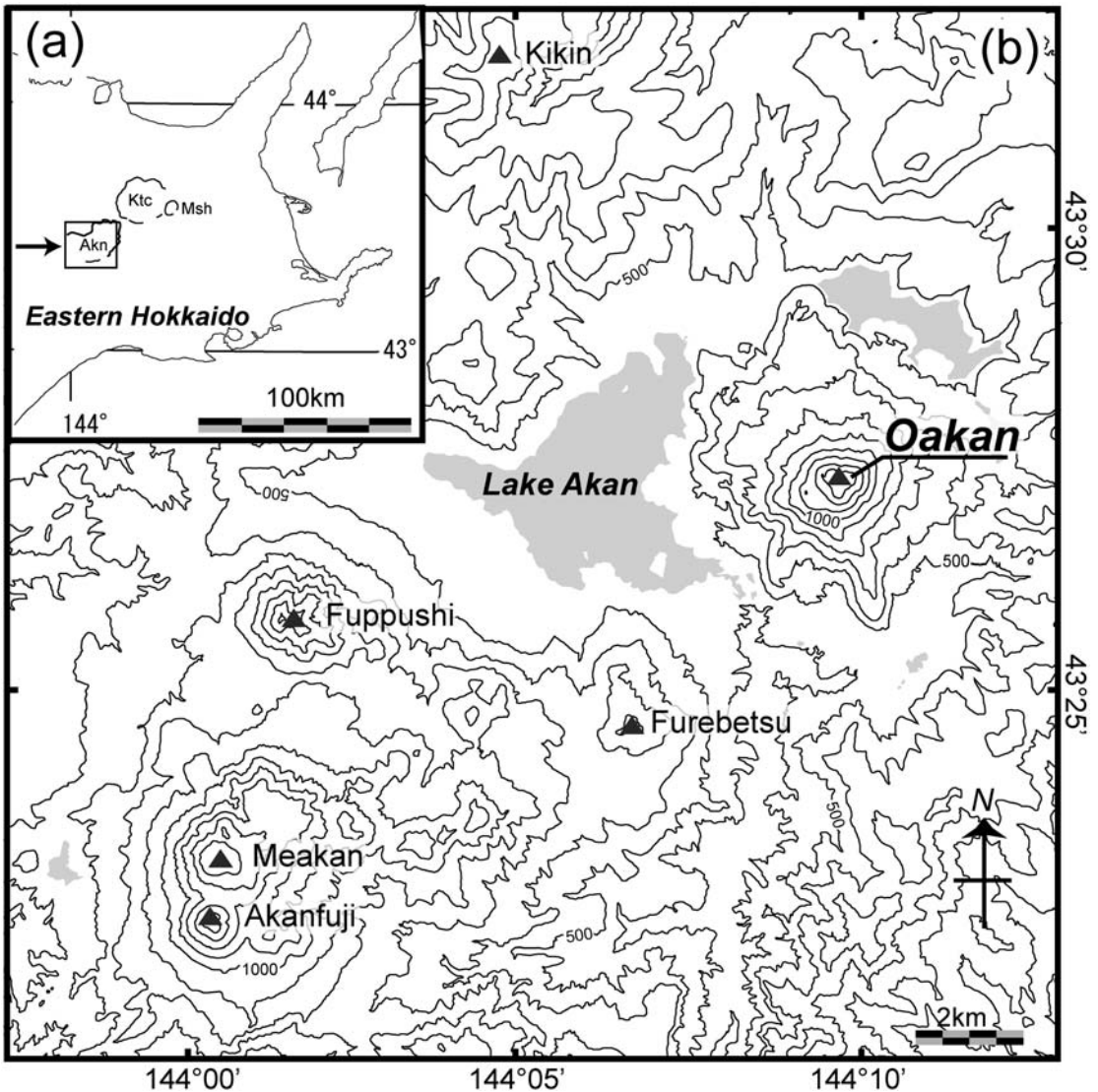


Fig. 1. (a) Map showing the locality of three calderas in eastern Hokkaido: Akan (Akn), Kutcharo (Ktc) and Mashu (Msh). The extent of figure (b) is shown by the arrow and square. (b) Generalized topographic map of central area of Akan caldera. Triangles represent post Akan caldera volcanoes in this area. Contour lines are 50 m intervals. Lakes are also shown by shaded pattern.

な溶岩流の地形が良好に保存されていることや（和田，1988），山体北側の標高約 800 m 地点では微弱な噴気活動が認められることから（勝井，1994；佐藤，1965），活動年代が新しい可能性がある。しかしながら，和田（1988）が地形から判断した溶岩層序により，活動区分が行われているものの，年代や岩質の時間変化を含めた噴火史についてはわかっていない。したがって，雄阿寒火山の詳しい活動履歴，具体的な活動年代および噴火様式を再検討する必要がある。

今回，我々は雄阿寒火山に関して，山体地質調査，山体および周辺地域のテフラ調査を新たに行い，さらに空中写真観察および岩石学的な情報を加えて噴出物を対比し，山体構成物の地質区分とテフラ層序を検討した。その結果，雄阿寒火山の新たな噴火史を確立し，完新世に活発に噴火を繰り返した活火山であることを明らかにしたので，ここに報告する。また，これまで検討が不十分であった本火山噴出物の活動時期毎の岩石学的特徴や時

間変化にもついても概要を述べるが，詳細な岩石学的議論については次報で述べる。

2. 研究方法

本研究ではまず，空中写真による地形的特徴および溶岩流等の被覆関係の判読を行った（Fig. 2）。その結果を基に現地調査を実施し，野外での産状および被覆関係を確認し，火山体の地質区分および層序を検討した。なお，地質区分の決定の際には岩石記載および全岩化学組成の特徴を考慮した。さらに，火山灰編年学的手法によって本火山の活動年代を明らかにするために，山体および周辺の半径約 10 km の範囲でテフラ調査を行った。テフラ層の識別・同定には，室内で得られた記載岩石学的特徴および全岩化学組成あるいは火山ガラス組成の特徴も活用した。

各活動期の代表的な試料についてはモード組成分析を行った。モード組成はモードカウンターを用いて 1 枚の

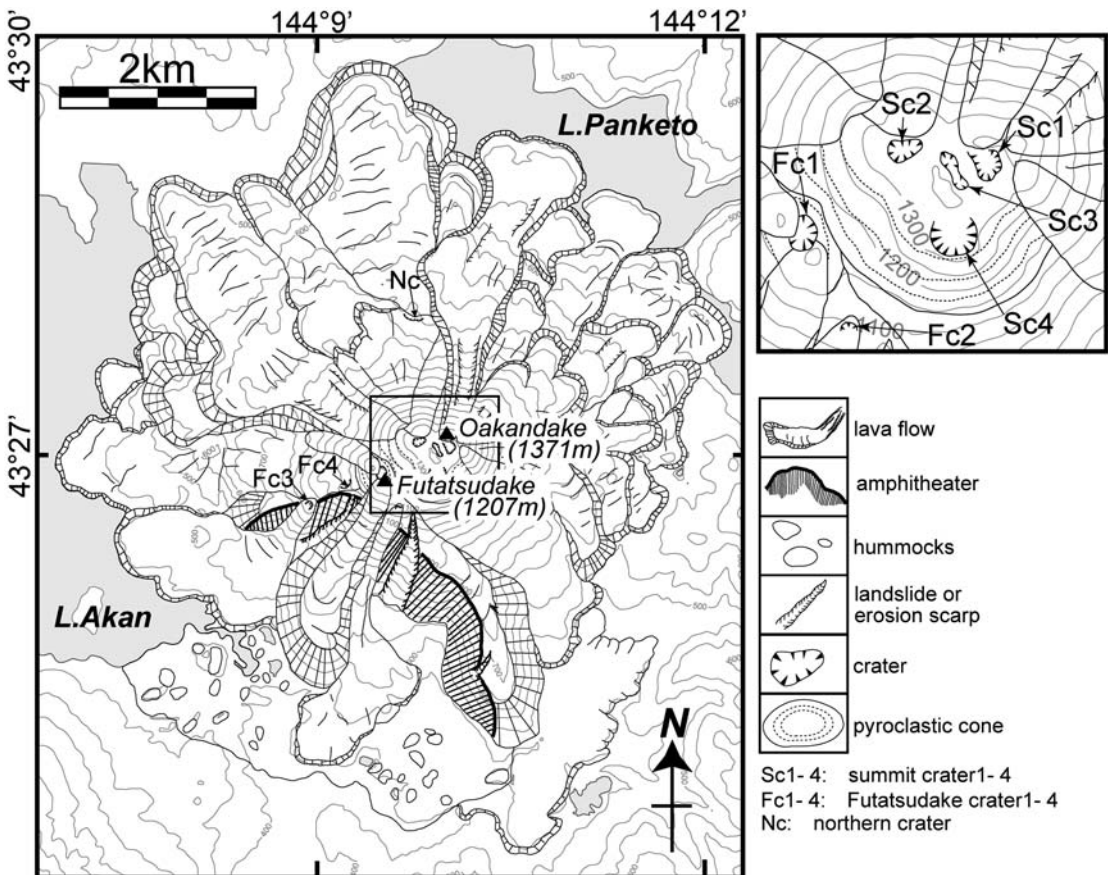


Fig. 2. Geomorphological map of Oakan volcano. Surface structure, characteristic volcanic topography, and localities of craters are shown. Contour lines indicated by thin lines are 50 m intervals.

薄片につき 2,000 ポイント以上カウントした。全岩主成分化学組成分析の際には新鮮な試料を選んだ。同一試料中に岩質の異なる部分が共存するものは、異質部分をできるだけ分別して、それぞれを粉碎した。粉末試料の重量が 2 g を超えるものは融剤で 1:2 に希釈し、2 g に満たないものは 1:10 に希釈したガラスビードを作成した。分析は、北海道大学理学部の XRF (スペクトリス社製 MagiX Pro) で測定した。また、融剤比 1:2 でガラスビードを作成した試料のうち 10 試料について融剤比 1:10 でガラスビードを作成して測定し、融剤比 1:10 試料の分析値との整合性を確認した。

テフラは鉱物組み合わせや火山ガラスの形状観察を行い、さらに火山ガラスの主成分化学組成を分析した。火山ガラス組成分析は、北海道大学理学部の SEM-EDS システム (JEOL-JSM-T330+LINK ISIS) を用いて、石井・他 (2008) と同様の手法で行った。

3. 地形概説

雄阿寒火山 (標高 1,371 m) は基底直径約 6 km、基盤の標高は約 450 m で、山体の比高は約 900 m 以上の成層火山である (Fig. 2)。山体中腹から山麓には多数の溶岩流が累重している。山頂部は雄阿寒岳 (標高 1,371 m) と、その南西約 1 km にある二ツ岳 (1,209 m) に分かれ、それぞれの山頂部は火砕丘の地形を呈する。雄阿寒岳山頂部の火砕丘 (以下、山頂火砕丘) には 4 つの火口、そして二ツ岳火砕丘およびその周辺に 4 つの火口が形成されている。それぞれの火口から流出した溶岩流が山体表面の大部分を覆う。これらの溶岩流には、溶岩堤防や溶岩じわなどの明瞭な表面微地形が火口付近から山麓まで連続的に続き、多数のロープの被覆関係が容易に識別できる。また、北側に流下した溶岩上の標高 800 m 付近には、不明瞭な火口地形 (Nc) が 1 つ認められる (Fig. 2)。

一方南部には、溶岩じわや溶岩堤防などの表面微地形がほとんど認められない、侵食を受けた古い溶岩がつくる山体が露出している (Fig. 2)。この古い山体には山体崩壊による、径約 3 km で南側に開口した、馬蹄形の崩壊地形が認められる。崩壊地形の南麓には岩屑なだれ堆積物が分布し、そこには直径約 20~150 m、比高約 10~30 m の流れ山が点在する。

4. 地質概説

雄阿寒火山の主な基盤岩類は新第三系の湖畔層、阿寒層群、新第四系のパンケ溶結凝灰岩、古阿寒湖層からなる (佐藤, 1965)。それに加えて、1.3 Ma 以前から 0.34 Ma 以降まで、長期にわたる阿寒カルデラ形成時に繰り返された大規模火砕噴火の堆積物 (長谷川・中川, 2007) が、

基盤岩として分布していることが推定される。阿寒カルデラ形成後、カルデラ内で後カルデラ火山の活動が始まり、フレベツ岳、フップシ岳、雌阿寒岳および雄阿寒岳が形成された (佐藤, 1965)。

雄阿寒火山の活動を、溶岩流の被覆関係、溶岩流の侵食の差からも推定される活動間隙、さらに岩石学的な特徴をもとに、前期 (E 期: Early stage) および後期 (L 期: Late stage) に大別した (Fig. 3)。前期活動では玄武岩質安山岩およびデイサイトの溶岩流からなる成層火山 (前期火山体) が形成された。前期噴出物を被覆関係および明瞭な斑晶モードおよび全岩化学組成の差から、E-1 と E-2 期噴出物に細分した。そして、前期火山体形成後に、山体南部が大規模に崩壊し、岩屑なだれが発生した。その後、後期活動が始まり、前期山体の北部を完全に覆い山体が成長した。後期活動は溶岩流出を主体としたが、噴出中心では降下火砕物により小規模な火砕丘が形成された。後期は溶岩流の被覆関係および噴出中心の位置により、二ツ岳付近を噴出中心とした L-1 期と、それより新しい山頂火砕丘を中心とした L-2 期の活動に区分した。溶岩流の表面地形や火口地形の保存状態はいずれも良好であるが、特に L-2 期噴出物で良好であり、ロープ地形に加え、溶岩じわや溶岩堤防が明瞭な溶岩流が多い。それぞれの活動期の噴出物は溶岩流の被覆関係、噴出火口の違い、および全岩化学組成差から、古い順から L-1-1 と L-1-2 期噴出物、そして L-2-1 から L-2-4 期噴出物に細分した。最近北山腹の標高約 800 m 付近で、微弱な噴気活動が行われているという報告がある (佐藤, 1965)。

5. 地質各説

5-1 前期噴出物

(1) E-1 期

E-1 期溶岩 (E-1: 新称)。南山麓に分布する平均層厚約 10 m の細かいロープ地形が発達した塊状溶岩である。南山麓では被覆関係から最下位に位置し、溶岩流表面地形の侵食も雄阿寒火山では最も進んでいる。本溶岩について和田 (1988) は山頂から流下した溶岩の一部としたが、岩質からそれとは区別される。岩石は、主に石英含有斜方輝石単斜輝石かんらん石玄武岩質安山岩である。山腹では後期の溶岩流に覆われ詳細な分布は不明である。

(2) E-2 期

E-2 期溶岩 (E-2: 新称)。山体南部に分布する最大層厚 200 m 以上に及ぶ厚い溶岩で、北側では大部分が後期活動期噴出物に覆われ詳細は不明である。和田 (1988) は本溶岩を第 1 期溶岩の一部と第 2 期前期溶岩の一部に分けたが、これらの溶岩は記載岩石学的特徴 (Table 1) や

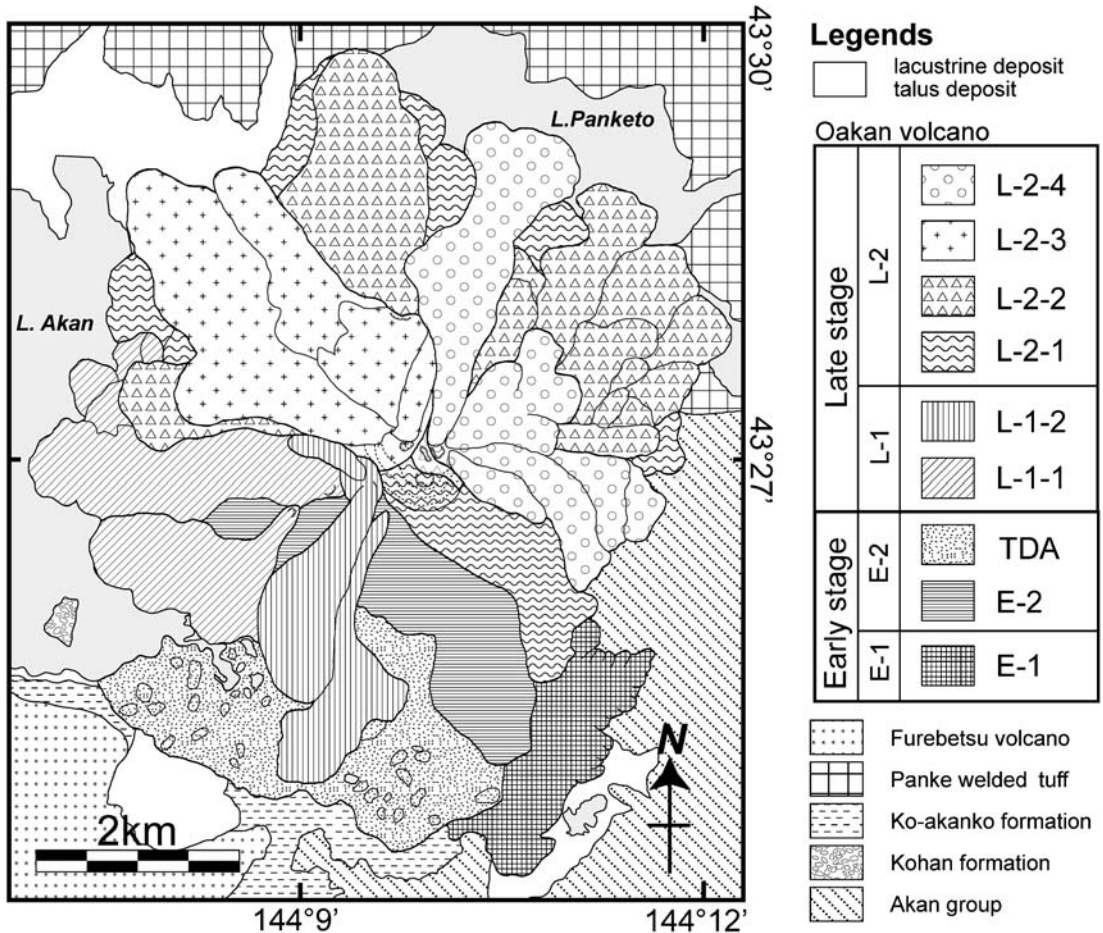


Fig. 3. Geological map of Oakan volcano and surrounding area. E-1: E-1 lavas; E-2: E-2 lavas; TDA: Takiguch debris avalanche deposit; L-1-1: L-1-1 lavas; L-1-2: L-1-2 lavas and pyroclastics; L-2-1: L-2-1 lavas and pyroclastics; L-2-2: L-2-2 lavas and pyroclastics; L-2-3: L-2-3 lavas and pyroclastics; L-2-4: L-2-4 lavas and pyroclastics.

全岩化学組成が類似している (Fig. 6). そこで本研究では、これらの溶岩を E-2 期溶岩として一つの地質区分にまとめた。岩石は、主にかんらん石含有単斜輝石斜方輝石安山岩からデイサイトで、新鮮な部分では石基部分が灰白色、風化が進んだ部分では赤褐色を呈する。また、E-2 期溶岩には南側に開いた崩壊地形が約 3km に渡って認められ、その一部が後期の溶岩流に覆われている。

滝口岩屑なだれ堆積物 (TDA: 和田 (1988) を再定義)。本堆積物は地形と分布から判断して、E-1 期と E-2 期の溶岩により前期火山体が形成された後、大規模な山体崩壊に伴って生じた岩屑なだれによる堆積物である。和田 (1988) が記載した岩屑なだれ堆積物に相当する。TDA は溶岩およびアグルチネート岩塊と、それらが破碎されて生じた基質で構成される。南山麓では流れ山が分布

し、その一部が阿寒湖水門付近の小島群を構成する。岩塊は、かんらん石含有単斜輝石斜方輝石安山岩からデイサイト、もしくは石英含有単斜輝石斜方輝石かんらん石安山岩から玄武岩質安山岩と多様である。本堆積物は基盤岩または E-1 期溶岩を覆い、後期活動期の溶岩に覆われる。

5-2 後期噴出物

(1) L-1 期

L-1 期噴出物は L-1-1 溶岩 (L-1-1: 新称) および L-1-2 溶岩類 (L-1-2: 新称) に細分される。噴出中心は二ツ岳を中心とする 4 つの火口で、それらは前期山体の山体崩壊壁に沿って配列しているようである (Fig. 2)。

L-1-1 溶岩 (L-1-1: 新称)。本ユニットは、二ツ岳第 3 および 4 火口から西山麓に流下した最大層厚約 60 m の

2枚の溶岩流からなり、和田(1988)の第1期の一部と第2期前期溶岩の一部に相当する。溶岩中には直径20cm以下のほぼ球状の玄武岩質の包有物が含まれる。溶岩の母岩は発泡の悪い石英普通角閃石含有斜方輝石かんらん石単斜輝石安山岩であるが、包有物は比較的発泡の良い単斜輝石斜方輝石かんらん石玄武岩質安山岩である。L-1-1溶岩はL-1-2溶岩類およびL-2期の溶岩に覆われる。

L-1-2溶岩類(L-1-2:新称)。本ユニットは二ツ岳第1および2火口を給源とする3枚の溶岩流および降下火砕物からなり、和田(1988)の第2期噴出物の一部に相当する。南側に流下した溶岩は、前期山体に形成された山体崩壊壁を流下し、滝口岩屑なだれ堆積物を覆い、最大層厚約150mの厚いロープを構成している。降下火砕物は二ツ岳第1火口周辺に分布し、地形的に判断して比高約140mの火砕丘を形成している。溶岩中には、径20cm以下の玄武岩質包有物が普通に含まれる。溶岩の母岩は発泡の悪いかんらん石斜方輝石単斜輝石安山岩、もしくは石英含有単斜輝石斜方輝石安山岩で、包有物は比較的発泡の良いかんらん石斜方輝石単斜輝石安山岩である。本溶岩類はL-2期噴出物に覆われる。

(2) L-2期

L-2期噴出物は溶岩流と降下火砕物からなる。溶岩流は和田(1988)の第1期溶岩の一部と第2期溶岩の大部分に相当する。降下火砕物は、複数の火口から噴出し山頂火砕丘を形成している。L-2期の溶岩は石英含有かんらん石単斜輝石斜方輝石安山岩からデイサイト、もしくは石英含有単斜輝石斜方輝石安山岩からデイサイトと変化に富むが、4つに細分した地質区分による系統的な差は認められない。なお、北山腹に火口地形が認められる(北火口, NC)が、その火口を給源とする堆積物は認められなかった。

L-2-1溶岩類(L-2-1:新称)。本ユニットは、山頂第4火口付近を給源とする溶岩流、および火砕丘を形成する降下火砕物からなる。溶岩流は、平均層厚100m以下で、山体の北、西、東の山麓および南東部に分布する。溶岩流には少なくとも8枚のロープが認識され、前期噴出物およびL-1-1溶岩を覆う。地形判読によれば、火砕物は二ツ岳の火砕丘を覆う。

L-2-2溶岩類(L-2-2:新称)。本ユニットは、山頂第3火口付近を給源とする降下火砕物および溶岩流からなる。火砕物は火砕丘地形を形成しており、地形的にL-2-1火砕丘を覆い、L-2-3火砕丘に覆われる。溶岩流は、平均層厚40m以下で、山体北および東側に分布する。溶岩流は表面地形の保存状態がよく、少なくとも13枚のロープが認められる。地形判読によれば、これらはL-1期の溶岩およびL-2-1溶岩を覆い、L-2-3およびL-2-4溶

岩類に覆われる。

L-2-3溶岩類(L-2-3:新称)。本ユニットは、山頂第2火口を給源とする溶岩流および火砕丘からなる。溶岩流は、平均層厚70m以下で、山体北西側に分布し、少なくとも3枚のロープが認められる。また、表面地形の保存状態がよく、溶岩堤防や溶岩じわが観察される。地形判読によれば、これらの溶岩はL-1-2、L-2-1、L-2-2溶岩を覆い、L-2-4溶岩に覆われる。火砕丘はL-2-1およびL-2-2火砕丘を覆う。

L-2-4溶岩類(L-2-4:新称)。本堆積物は、山頂第1火口を給源とする溶岩流と火砕物からなる。雄阿寒岳山頂部では溶岩丘およびその崖錐が露出するほか、一部にアグルチネートが認められるが、露出が限られており詳細は不明である。これらの山頂部に分布する噴出物はしばしば硫気変質を受けて白色を呈する。溶岩流は、平均層厚50m以下で、山体北側および南東側に分布し、少なくとも6枚のロープが認められる。これらの溶岩は山頂部から山腹にかけてL-2-3、L-2-2溶岩類を覆い、山麓でL-1-1溶岩を覆う。

北火口。北火口(NC)は北山腹の標高約800m、L-2-3溶岩上に認められる不明瞭な円形の地形に対応する。空中写真では本火口付近には植生が認められない。現在でも積雪時には火口付近が融雪しており、地熱活動が続いていると推定される。佐藤(1965)が報告した北山腹における弱い噴気活動は、この北火口の活動に対応する。

6. テフラ各説

本研究の結果(Fig. 4)、表層から約2mまでの間に10回の噴火によって堆積したテフラを認識した。調査地点をFig. 4に、代表的な地点での柱状図をFig. 5に示す。本研究では、腐食土壌や風化火山灰質土壌など、噴火のない静穏期を示す地層で挟まれた各テフラを、上位よりa~j層と定義した。この章では下位のj層から順に記述する。

(1) j層

本層は白色軽石および少量の火山岩片の間を白色火山灰が埋める淘汰の悪い堆積物で、火砕流堆積物と判断できる。地点2では層厚は50cm以上に及び、上部10cmが斜交葉理が発達した再堆積層となり、上位のi層に覆われる。本層は雄阿寒岳の山体上では認められなかった。軽石は斑晶鉱物に斜長石、両輝石、鉄チタン酸化物を含む。

(2) i層(一部が佐藤(1965)のOa-bに相当)

本層は層相からi-1、i-2の2層に細分できるが、その間には土壌を挟まず一連の噴火堆積物と考えられる。下位のi-2層は複数の火山灰層が成層するサージ堆積物

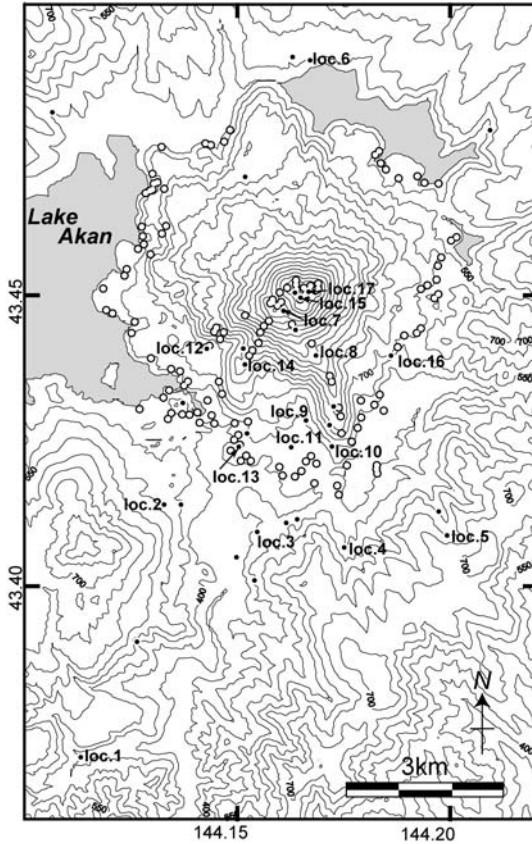


Fig. 4. Localities of tephrastratigraphic sections (closed circles) and sampling sites of lavas and pyroclastics (open circles). Numbers indicate the locations of the columns in Fig. 5. Contour lines are 50 m intervals.

で, 粗粒砂サイズのスコリア, 安山岩質岩片主体で, 細粒物に乏しい. 地点2での層厚は4 cmである. 上位の i-1 層は白色軽石, スコリア, 縞状軽石, 安山岩質岩片からなる降下火砕物で, 調査域西方で厚くなる. 地点1での層厚は95 cmで, 本層の軽石とスコリアを含む層厚15 cmの風化火山灰質土壤に覆われる. 本質物の最大粒径は6 cm, 平均粒径は2.5 cmで, 斑晶鉱物は斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, カンラン石, 鉄チタン酸化物である. 地点11では前期噴出物の上位に認められ, 後期噴出物上の上位にはどの地点においても認められない. 地点11では8 cmの腐植土を介して h 層に覆われる.

本層は層準および層相から判断して, 佐藤 (1965) が雄阿寒岳起源とした Oa-b テフラと同一と考えられる. また, 上位の風化火山灰質土壤は, 層序と記載的特徴から佐藤 (1965) の Oa-a 層に相当する. しかしながら, これらは雄阿寒岳に近づいても層厚と粒径が増大しない.

(3) h 層

本層は灰褐色軽石および褐色軽石の粒間を褐色火山灰が埋める, 著しく風化した火砕流堆積物である. 地点10での層厚は23 cmで, 軽石の粒径は0.3-1.5 cmである. 軽石は発泡が悪く, ほとんど斑晶を含まない. 地点10では, 上位に5 cmの暗褐色の風化火山灰質土壤層を挟んで g 層に覆われる. 本層は雄阿寒岳の前期噴出物上を覆っている地点はあるが (例えば地点9, 10), 後期噴出物上では認められない.

(4) g 層

本層はスコリア, 白色軽石, 縞状軽石および安山岩質の類質岩片からなる降下火砕物である. 調査地域では雄阿寒岳南部および南麓に分布し, 地点8や10ではE1期噴出物上に認められるが, 後期噴出物上では認められない

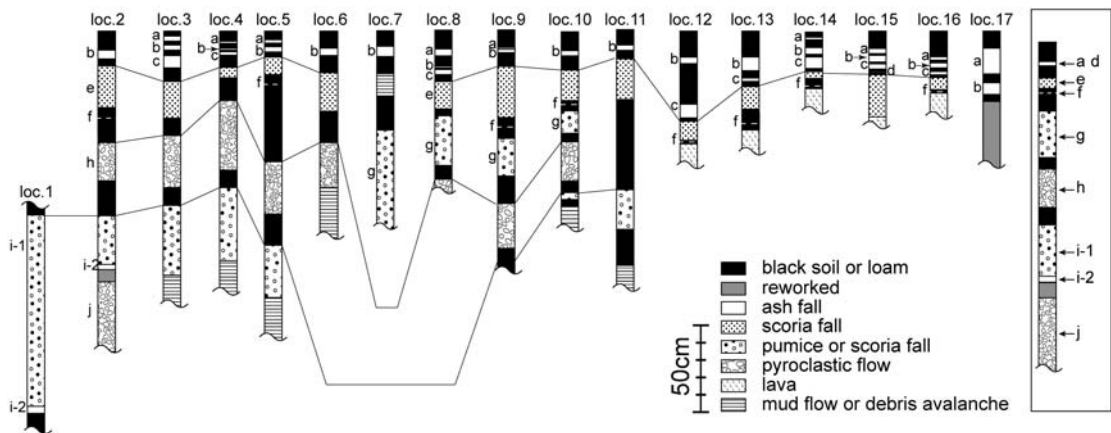


Fig. 5. Columnar sections of representative sites and the schematic stratigraphy of tephra layers (right side figure). Ten layers from a to j are identified. Location of each column is shown in Fig. 4.

Table 1. Modal compositions of phenocrystic minerals for representative samples of each stage.

	sample No.	stage	type	Phenocryst(mode%)									Groundmass	
				Pl	Opx	Cpx	Ol	Qz	Hb	Opq	subtotal	mode%	texture	
L2-4	Oa-18	L-2-4	lava	21.8	6.0	6.8	0.2	-	-	-	0.5	35.4	64.6	In
L2-3	Oa-17	L-2-3	lava	26.2	2.6	3.9	0.2	tr	-	-	1.0	34.0	66.0	In
L2-1	Oa-19	L-2-1	lava	23.9	2.4	5.1	0.1	-	-	-	1.4	32.8	67.2	Hyp-In
L2-2	Oa-20	L-2-2	lava	22.2	3.7	3.6	-	tr	-	-	1.0	30.5	69.5	Hyp
L1-2	Oa-14	L-1-2	Inclusion	17.8	5.2	5.1	0.2	-	-	-	1.9	30.2	69.8	In
L1-2	Oa-16	L-1-2	lava	24.0	2.4	5.1	tr	tr	-	-	1.3	32.8	67.2	Hyp-In
L1-1	Oa-9	L-1-1	Inclusion	6.0	0.5	1.5	3.0	-	tr	-	1.0	12.0	88.0	In
L1-1	Oa-13	L-1-1	lava	23.4	1.9	2.3	0.3	0.5	tr	-	0.8	29.3	70.7	Hyp-In
E2	Oa-3	E-2	lava	20.3	4.6	5.4	-	-	-	-	1.9	32.1	67.9	Hyp
E2	Oa-4	E-2	lava	26.9	3.2	5.3	tr	-	-	-	1.1	36.6	63.4	Hyp-In
TDA-b	Oa-5	TDA	Inclusion	10.0	1.2	1.8	0.5	tr	-	-	0.2	13.7	86.3	In
TDA-a	Oa-6	TDA	lava	22.3	2.0	2.0	1.0	-	-	-	0.4	27.7	72.3	In
TDA-a	Oa-8	TDA	lava	31.8	3.9	4.6	-	0.2	-	-	1.2	41.8	58.2	Hyp-In
E1	Oa-1	E-1	lava	7.5	0.7	1.4	3.6	tr	-	-	0.1	13.2	86.7	In
E1	Oa-2	E-1	lava	11.9	1.9	4.3	3.4	0.2	-	-	0.4	22.1	77.9	In

Abbreviations. Pl: plagioclase; Opx: orthopyroxene; Cpx: clinopyroxene; Ol: olivine; Qz: quartz;

Hb: hornblende; Opq: opaque mineral

かった。他のテフラに比べ粗粒であり、二ツ岳付近に向かい層厚を増し、粗粒になり、地点10では層厚は12cm、最大粒径2.5cm、地点7では層厚は60cm以上で最大粒径は14.0cmとなる。地点10では上位に12cmの腐植を含んだ風化火山灰質土壌を挟み、f層に覆われる。スコリアおよび軽石は発泡が悪く、角のある多面体で表面に開口割れ目が認められることがある。本質物の斑晶鉱物は斜長石、斜方輝石、単斜輝石、カンラン石、不透明鉱物である。

(5) f層

本層は、地点10で層厚10cmの黄褐色風化火山灰質土壌中に、散在する細粒火山灰として認識され、明瞭な層厚は認定できなかった。そのためFig.5では土壌中の薄層として示した。発泡の良い細粒火山ガラス、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、黒色岩片、白色岩片が含まれる。火山灰質土壌の上位に5cmの腐植土壌を挟み、e層に覆われる。本層は雄阿寒岳の前期および後期噴出物上に認められる(例えば地点14, 16)。

(6) e層

本層はスコリアおよび安山岩の岩片からなる降下スコリア堆積物である。調査域全体に分布し、層厚は山体より南東に向かい、15cm以下から30cm程に厚くなる。スコリアの粒径は山頂部および山体北側で最大1.5cmである。地点5での層厚は10cmで、上位に7cmの腐植土壌を挟み、b層に覆われる。山体では全活動期の溶岩上の土壌の堆積状態の良い地点、および山頂第2, 3火口底で認められる。スコリアは角のある紡錘形で、発泡が良く、斑晶量はやや少ない。

(7) d層

本層は細粒な白色火山灰層で、主に細粒火山ガラスからなり、二次的に混入したと考えられる石質岩片を含む。地点15では層厚1cm以下で、連続性が悪くレンズ状に

堆積する。上位に1cmの土壌を挟み、c層に覆われる。

(8) c層

本層は淡褐色の降下火山灰層で、2mm未満の白色軽石、発泡の良い軽石型の火山ガラス、遊離斑晶、安山岩質の石質岩片からなる。遊離結晶は斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物である。地点15での層厚は5cmで上位に3cmの腐植土壌を挟み、b層に覆われる。山体では全域に分布し、山頂第1火口底では再堆積して40cm以上の厚さを有する。

(9) b層

本層は細粒な黄褐色の降下火山灰層で、軽石型の火山ガラスに富み、斜長石、単斜輝石、斜方輝石の遊離結晶を含む。地点14での層厚は4cmで、上部1-2cmが風化して褐色を呈する。上位に2cmの腐植土壌を挟み、a層に覆われる。

(10) a層

本層は細粒な白色の降下火山灰層で、軽石型もしくはバブル型の火山ガラスに富み、斜長石、単斜輝石、斜方輝石の遊離結晶を含む。本層は表層土中にレンズ状に認められ、地点14での層厚は最大1.5cmで、3cmの表層土が覆う。

7. 岩石学的特徴

7-1 岩石記載(山体構成物)

雄阿寒岳溶岩は玄武岩質安山岩〜デイサイトで多様であるが、前期および後期の活動期の、それぞれの初期と後期の噴出物の岩質が異なる(Table 1)。各活動期初期のE-1期、L-1-1溶岩および滝口岩層なだれ(TDA)の玄武岩質安山岩岩塊は、斑晶量がやや少なく、かんらん石斑晶に富む特徴がある。それ以外の溶岩およびTDAの安山岩からデイサイト岩塊は、斑晶に富み、マフィック斑晶では輝石斑晶に富みかんらん石斑晶に乏しい。前者

のうち L-1 期の溶岩および TDA の安山岩岩塊には、苦鉄質包有物が普通に含まれる。

(1) 活動期初期の玄武岩質安山岩～デイサイトおよび TDA の玄武岩質安山岩

斜長石、かんらん石、斜方輝石、単斜輝石、鉄チタン酸化物、石英を斑晶として含み、斑晶量 12.0～29.3% である。L-1-1 期の安山岩およびデイサイトには稀に角閃石斑晶が認められる。

斑晶鉱物の斜長石は、モード組成で 7.5～23.4% 含まれ、自形から半自形の柱状で最大 3.0mm、累帯構造をもつものが多い。結晶内に汚濁帯や蜂の巣状構造を有するものと、清澄なものが認められる。かんらん石はモード組成で 0.3～3.6% 含まれ、最大 0.8 mm の自形から半自形もしくは融食形で、スピネルを包有するものが多い。単斜輝石は 1.4～4.3% 含まれ、最大 2.0 mm の半自形である。斜方輝石は 0.7～2.0% 含まれ、最大 1.5 mm の自形～半自形で、単斜輝石に厚く囲まれることがある。これらの輝石は、しばしば斜長石を伴った集斑晶をつくる。また、結晶内に鉄チタン酸化物を包有することがある。鉄チタン酸化物はモード組成で 0.1～0.8%、0.1 mm 程の粒状である。石英はモード組成 0.5% 以下で、最大 2.5 mm で融食形を示す。L-1-1 溶岩の一部に特徴的に含まれる普通角閃石は、0.2 mm 以下の柱状で、モード組成 0.1% 以下である。石基は半晶質で不均質なハイアロピリティック～インターサータル組織を示す。針状の斜長石・斜方輝石・単斜輝石・不透明鉱物を褐色のガラスが埋める。

(2) 活動期後期の玄武岩質安山岩～デイサイトおよび TDA 安山岩～デイサイト

斜長石、斜方輝石、単斜輝石、かんらん石、および鉄チタン酸化物を斑晶として含み、石英斑晶が認められることがある。斑晶量は 30.2～41.8% と、前述の (1) より多い。

斑晶鉱物の斜長石は、モード組成で 20.3～31.8% 含まれ、自形から半自形の柱状で最大 3.0mm、累帯構造をもつものが多い。汚濁帯や蜂の巣状構造を有するものと、清澄なものが共存して認められる。単斜輝石は 3.6～6.8% 含まれ、最大 1.4 mm の半自形である。斜方輝石は 2.4～6.0% 含まれ、最大 1.8 mm の自形～半自形で、厚く単斜輝石に囲まれることがある。これらの輝石は、しばしば斜長石を伴った集斑晶をつくる。また、結晶内に鉄チタン酸化物を包有することがある。かんらん石はモード組成で 0.2% 以下含まれ、最大 0.6 mm の半自形から他形で、細粒な斜方輝石の反応縁をもつものが認められる。鉄チタン酸化物は、モード組成で 0.5～1.9%、0.1 mm 程の粒状である。石英はモード組成で 0.2% 以下含まれることがあり、最大 0.8 mm で融食形を示す。石基

は半晶質で不均質なハイアロピリティック～インターサータル組織を示す。針状の斜長石・斜方輝石・単斜輝石・不透明鉱物を褐色のガラスが埋める。

(3) 苦鉄質包有物

包有物は玄武岩質安山岩で母岩より苦鉄質であり、斑晶鉱物として斜長石、かんらん石、斜方輝石、単斜輝石、鉄チタン酸化物を含む。これらの斑晶鉱物の記載岩石学上の特徴はそれぞれの母岩と同じであるが、L-1-1 期溶岩の包有物は母岩と比較して斑晶量が少ない (Table 1)。石基は半晶質でインターサータル組織を示し、斜長石・斜方輝石・単斜輝石・不透明鉱物を褐色のガラスが埋める。これら石基鉱物の粒径は母岩のそれよりも粗粒である。

7-2 全岩化学組成

Table 2 に代表的な試料の全岩化学組成を、Fig. 6 にハーカー図を示した。雄阿寒岳の溶岩の SiO₂ 含有量は 55.0～65.4 wt.% で、包有物は母岩より苦鉄質であり、52.5～56.5 wt.% である。各活動期で比較すると、E-1 期が SiO₂ 含有量は 55.0～56.1 wt.% と狭い組成幅を示すのに対して、それ以外の活動期では SiO₂ が 55% 前後から 64～65% のデイサイト組成までと広い組成幅を示す。各元素のハーカー図上では、各活動期の岩石は直線的な組成多様性を示す。活動期の間で化学組成を比べた場合、同じ SiO₂ 量で比較して、E-1 期と L-1-1 期の岩石は他の活動期の岩石と比べて、特に玄武岩質安山岩領域で MgO に富み Al₂O₃ に乏しいことで明瞭に区別できる。さらに E-2 期の岩石は、同じ SiO₂ 量で比較すると、他の活動期の岩石と比べて SiO₂ > 60 wt.% で、Na₂O、MnO および TiO₂ にやや富み、K₂O に乏しい。また L-1-1 期の岩石は SiO₂ > 59 wt.% で、TiO₂ および Na₂O に乏しいことで、他の活動期の岩石と区別できる。

7-3 テフラの火山ガラス組成

テフラの火山ガラス組成は、e 層は安山岩質、g 層は安山岩～デイサイト・流紋岩質、それ以外の層はデイサイト～流紋岩質である (Fig. 7)。この中で g 層は、ハーカー図上で直線的な変化傾向を示す。また e、g 層以外のデイサイト～流紋岩質火山ガラスも、層毎に以下のような特徴が認められ、化学組成で区別が可能である。ハーカー図上において、d 層は CaO に乏しく K₂O に富む点で他と明瞭に区別できる。i 層も高い K₂O 量を示し、流紋岩質である点で特徴づけられる。a 層、b 層、f 層および j 層は SiO₂ 量や他の元素量でも類似しているが、a 層と f 層が他の 2 層と比べて、やや K₂O に富む。

Table 2. Whole-rock major elements composition of representative samples.

Sample Unit	Oa-1 E1	Oa-2 E1	Oa-3 E2	Oa-4 E2	Oa-5 TDA	Oa-6 TDA	Oa-7 TDA	Oa-8 TDA	Oa-9 L1-1	Oa-10 L1-1
ig.loss (wt.%)	-0.09	-0.03	0.38	1.04	-0.16	-0.15	0.30	0.16	0.09	0.85
SiO ₂ (wt.%)	54.61	56.10	62.35	63.22	52.57	58.13	64.92	65.50	52.67	60.09
TiO ₂	0.70	0.66	0.63	0.63	0.78	0.69	0.55	0.54	0.65	0.63
Al ₂ O ₃	16.17	15.76	16.37	16.06	17.80	16.65	15.78	15.62	16.19	16.24
FeO*	8.42	8.01	6.29	6.20	9.89	7.65	5.37	5.15	8.72	7.13
MnO	0.16	0.15	0.13	0.13	0.18	0.15	0.12	0.11	0.17	0.15
MgO	6.79	6.87	3.20	3.20	6.24	4.50	2.70	2.53	8.15	5.15
CaO	8.92	8.95	6.22	5.97	9.76	7.90	5.58	5.34	10.12	7.57
Na ₂ O	2.48	2.43	3.14	3.08	2.26	2.74	3.29	3.26	2.14	2.69
K ₂ O	0.91	1.02	1.59	1.64	0.55	1.19	1.87	2.02	0.54	1.37
P ₂ O ₅	0.10	0.09	0.10	0.12	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10
total (wt.%)	99.27	100.05	100.01	100.24	100.11	99.70	100.27	100.15	99.42	101.11

Sample Unit	Oa-11 L1-1	Oa-12 L1-1	Oa-13 L1-1	Oa-14 L1-2	Oa-15 L1-2	Oa-16 L1-2	Oa-17 L2-3	Oa-18 L2-4	Oa-19 L2-1	Oa-20 L2-2
ig.loss (wt.%)	0.26	0.58	0.25	0.18	0.35	0.29	-0.21	0.17	-0.08	0.00
SiO ₂ (wt.%)	61.46	65.28	65.12	55.39	58.66	62.14	58.42	59.87	62.23	64.11
TiO ₂	0.60	0.54	0.51	0.68	0.66	0.61	0.68	0.63	0.60	0.58
Al ₂ O ₃	15.87	15.17	15.32	16.99	17.11	16.50	16.87	16.22	15.97	15.52
FeO*	6.52	5.50	5.12	8.51	7.52	6.21	7.67	6.84	6.42	5.87
MnO	0.13	0.12	0.11	0.16	0.15	0.12	0.15	0.14	0.13	0.12
MgO	4.49	3.15	3.00	5.49	4.61	3.33	4.23	3.88	3.55	3.11
CaO	7.21	5.44	5.58	9.58	8.43	6.54	7.94	7.25	6.76	5.87
Na ₂ O	2.81	3.02	3.09	2.27	2.62	3.06	2.78	2.87	2.96	3.07
K ₂ O	1.56	2.03	2.07	0.91	1.17	1.62	1.23	1.45	1.65	1.89
P ₂ O ₅	0.09	0.09	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.06
total (wt.%)	100.75	100.31	100.01	100.06	101.00	100.22	100.06	99.24	100.35	100.21

Note. FeO*: total iron as FeO. TDA represents debris blocks in Takiguchi debris avalanche.

The rocks of TDA are derived from both E-1 and E-2 stages.

8. 議 論

8-1 テフラの給源対比と雄阿寒岳テフラの発見

(1) 火山ガラス組成によるテフラ対比

調査地域に分布するテフラの給源火山の検討にあたって、テフラの層序や岩相の対比に加え、火山ガラス組成を用いて検討した。給源の明らかなテフラの火山ガラス組成に関しては既存のデータを（岸本・他, 2009; 町田・新井, 2003; 徳井, 1989; 和田, 未公表; 和田・他, 2001; 吉本・宇井, 1998）、特に雌阿寒岳に関しては山体近傍の模式的な露頭で採取した粒径 5 cm 以上の粗粒本質物の火山ガラス組成を新たに測定して比較した。TiO₂-K₂O 図を代表として示す (Fig. 8)。その結果、g 層を除く 9 層が雄阿寒岳以外の火山を給源とするテフラであることが判明した。その対応関係を表と層序図に示す (Table 3, Fig. 9)。隣接する屈斜路・摩周火山に由来するテフラについて検討した結果、j 層が屈斜路軽石流堆積物 IV (KpIV)、h 層が摩周軽石流堆積物 f (Ma-f)、そして c 層が摩周降下軽石層 b (Ma-b) に対比された。阿寒カル

デラ内の雌阿寒岳に由来するテフラについては、i 層が中マチネシリ外輪山形成期のテフラで i-2 は中マチネシリ火砕流 1 (NaPf-I)、i-1 は中マチネシリ降下軽石スコリア (NaPS) に、そして e 層は阿寒富士を起源とする Me-b に対比された。南西北北海道の火山に由来するテフラについては、f 層が樽前降下軽石 c2 (Ta-c2)、b 層は北海道駒ヶ岳 c2 (Ko-c2)、a 層は樽前降下軽石 a (Ta-a) に対比された。日本以外のテフラについては、d 層が中朝国境に位置する白頭山を給源とする白頭山-苫小牧テフラ (B-Tm) に対比された。

この中で佐藤 (1965) が雄阿寒起源とした Oa-b テフラにあたる i-1 層は、火山ガラス組成による検討で、佐々木・他 (1971) の指摘どおり雌阿寒岳起源であることが確認された。なお佐藤 (1965) が記載した Oa-a テフラについては、層序と岩相から i 層の上位の風化火山灰質土壌層に対比されると考えられる。この風化火山灰質土壌層は、雄阿寒岳近傍で層厚が厚くなる、あるいは構成物が粗粒になるという事実は認められない。さらに、稀に

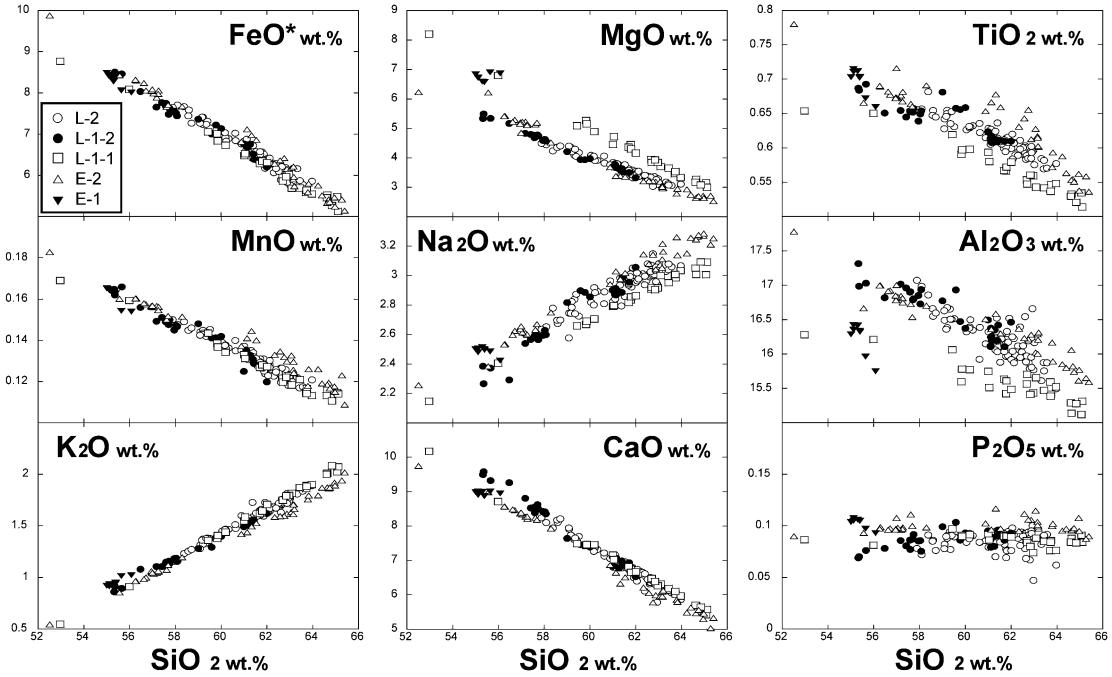


Fig. 6. Harker diagrams of whole-rock major elements compositions of lava samples from Oakan volcano. Localities of sampling points for analyzed samples are shown in Fig. 4.

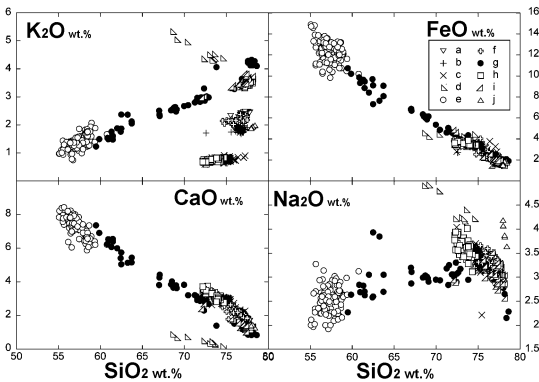


Fig. 7. Selected Harker diagrams for chemical compositions of volcanic glass for tephra layers in Fig. 5.

i-1 層と同質の軽石やスコリアを含むことから、Oa-a テフラも雄阿寒岳ではなく雌阿寒岳起源であると考えられる。

(2) 雄阿寒降下火砕物層の発見

今回の調査で見いだされたテフラのうち、g 層は火山ガラス組成で給源火山が決定できず、これまでその存在が知られていないテフラである。g 層は雄阿寒岳近傍で粗粒な降下火砕物であり、その層厚および粒径は雄阿寒

岳に向かい増加する (Fig. 10) ことから、g 層の給源火山は雄阿寒岳であると考えられる。

以上から、g 層を雄阿寒降下火砕物 Oafa と新称する。Oafa は風化火山灰質土壌を挟んで約 7,000 年前の Ma-f を覆い、約 2,500 年前の Ta-c2 に覆われている。それらのテフラと Oafa との間の土壌の厚さをもとに、土壌の成長速度が約 7000~2500 年前の間で一定と仮定すると、Oafa は約 5,000 年前の噴出物であると推定できる。

8-2 Oafa の活動期の対比

Oafa の層厚と粒径は、雄阿寒岳山頂ではなく L-1-2 期噴出物の給源火口である二ツ岳第 1 火口に向かって増加する傾向にある (Fig. 10)。したがって Oafa は L-1-2 期に対比される可能性が高い。このことは Oafa が E-2 期噴出物を覆うこと、そして L-2 期噴出物上では Oafa が認められないことも調和的である。さらに Oafa の岩石学的性質を後期活動噴出物と比較するために、粒径 2 cm 以上の Oafa の本質物の全岩化学組成を求めた。山体を構成する溶岩と Oafa の全岩化学組成を比較すると、FeO/MgO-K₂O 図で、Oafa は L-1-1 溶岩とは明瞭に区別できる。さらに Oafa は L-1-2 期溶岩や L-2 期溶岩と同じトレンド上に乗るが、FeO/MgO や K₂O の組成幅では L-1-2 期溶岩と酷似している (Fig. 11)。また前述した Oafa の斑晶鉱物組み合わせも L-1-2 期溶岩と同じであ

る。したがって岩石学的にも Oafa は L-1-2 期の噴出物であると判断できる。

8-3 雄阿寒火山の噴火史

(1) 広域テフラと雄阿寒噴出物の層序関係

雄阿寒岳の山体には、他火山を給源とする噴出年代既知のテフラが堆積しており (Fig. 5, Table 3), 山体構成

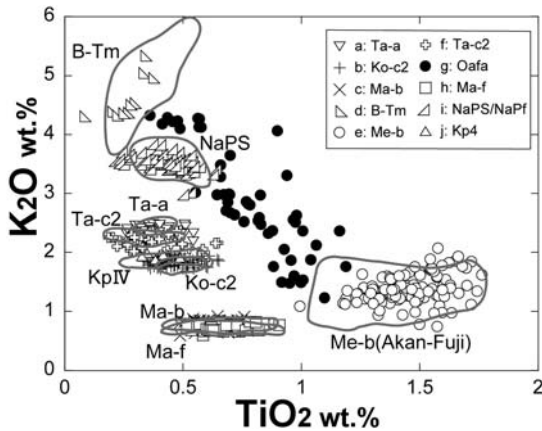


Fig. 8. TiO_2 versus K_2O diagram for volcanic glass of the tephra layers in Fig. 5. Compositional ranges of well-known tephras are also shown. Most layers except for Oafa can be correlated with the tephra from distal and Me-akan volcanoes. Data sources of each tephra layers from other volcanoes are as follows; Ta-a and Ko-c2 after Furukawa *et al.* (1996) and Yoshimoto and Ui (1998), Ma-b after Wada *et al.* (2001) and Kishimoto *et al.* (2009), Ta-c2 and Ma-f after and Kishimoto *et al.* (2009), B-Tm after Machida and Arai (2008) and Wada *et al.* (2001), Me-b after Wada (unpublished data), and KpIV after Hasegawa and Nakagawa (2007). Compositional fields of Nakamachineshiri somma stage tephra from Meakan volcano is drawn based on glass compositions of proximal samples of NaPS. Tephra names and their source volcanoes are shown in Fig. 9.

物とそれらテフラの被覆関係から噴火年代を推定することができる (Fig. 12).

まず前期活動であるが、E-2 溶岩および滝口岩屑などが NaPS (ca. 13 ka) に覆われていることから、前期活動および前期山体の崩壊は 13,000 年前より古いと考えられる。しかし前期活動の開始時期については前期噴出物の下限が確認できていないため不明である。L-1 期の活動年代に関しては、本研究により Oafa と対比された L-1-2 期は、約 5,000 年前の活動と結論づけられる。L-1-1 期については、その溶岩流は L-1-2 溶岩と表面地形に大きな差が認められないために、両者の間に大きな時間間隙は存在するとは考えにくい。したがって、L-1-1 期も含めた L-1 期の活動は約 5,000 年前の活動としても大きくは間違っていないであろう。このことは、L-1 期の溶岩がいずれも Ta-c2 (ca. 2.5 ka) を含むロームに覆われるが、そのローム中に Ma-f (ca. 6.6 ka) が認められなかったこととも矛盾していない。L-2 期に関しては、溶岩流の被覆関係から最末期の噴出物と考えられる L-2-4 溶岩が Ta-c2 に覆われており (地点 16), 多くの L-2 期溶岩が約 2500 年前までに流出したといえる。一方で山頂第 1 火口の火口底には Ma-b の二次堆積物が確認できるが、それより下位のテフラは認められない。したがって、山頂火口群の活動は溶岩流出後も継続した可能性があるが、その活動も Ma-b の噴出した約 1,000 年前には完了したといえる。

(2) 噴火史

これまでの検討から雄阿寒岳の活動は以下のようにまとめられる。

前期活動期では 13,000 年前までに、主に溶岩流出によって成層火山が形成された。E-1 期にはかんらん石斑晶に富む苦鉄質マグマが流出し、その後は E-2 溶岩に代表されるデイサイトマグマが活動を繰り返した。露出する溶岩ローブの形態から推定される前期の活動中心は、現在の山頂とほぼ同じ地点だと考えられる。円錐形の山体を仮定し、露出する溶岩の標高から推定したところ、

Table 3. Result of correlation of tephra layers and their ages.

layer	Name	volcano	^{14}C age(yBP)	age	age data source
a	Ta-a	Tarumai		AD 1739	Katsui and Ishikawa (1981)
b	Ko-c2	Hokkaido-komagatake		AD 1694	Furukawa <i>et al.</i> (1997)
c	Ma-b	Mashu	980±100	ca. 1.0 ka	Katsui <i>et al.</i> (1986)
d	B-Tm	Baitoushan		ca. 10 ka	Machida and Arai (2003)
e	Me-b	Meakan (Akan fuji)	2,070±80	ca. 2.0 ka	Katsui <i>et al.</i> (1976)
f	Ta-c2	Tarumai	2,490±70	ca. 2.5 ka	Furukawa and Nanayama(2006)
g	Unknown	Unknown			
h	Ma-f	Mashu	6,510±70, 6,730±60	ca. 7.4 and 7.6 ka	Kishimoto <i>et al.</i> (2009)
i-1	NaPS	Meakan (Nakamachineshiri)		ca. 13 ka	Wada (1988)
i-2	NaPf- I		13,520±240		Katsui <i>et al.</i> (1976)
j	Kp. IV	Kucharo		ca. 115-120 ka	Machida and Arai (2003)

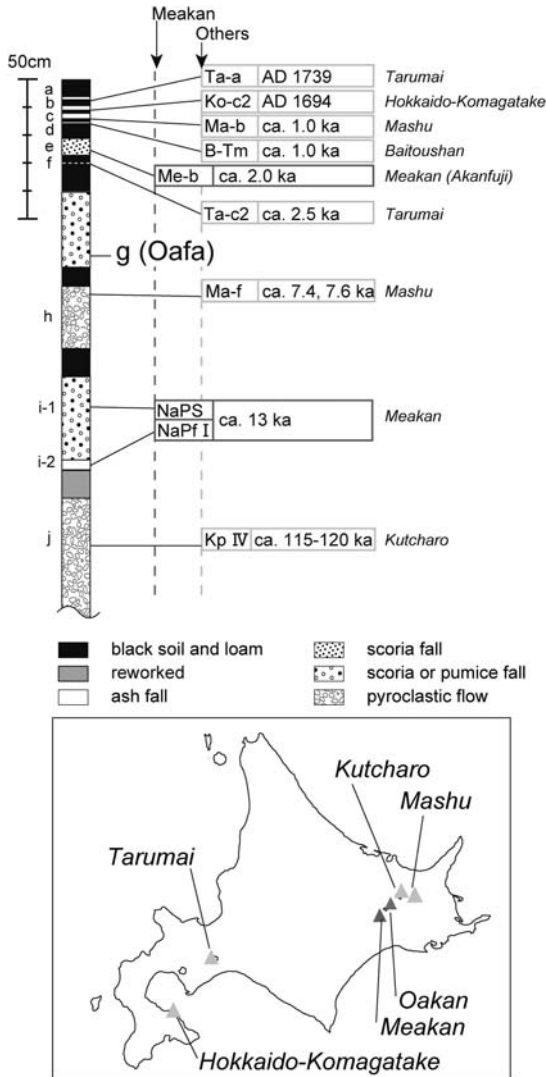


Fig. 9. Results of correlation of tephra layers. Tephra names and their ages are also shown. Seven tephra layers were derived from the volcanoes in Hokkaido, which are also shown in the figure. B-Tm tephra was from Baitoushan volcano located at the boundary of China and North Korea. Data sources of eruption ages of each layer are listed in Table 3.

前期山体は標高約 1,100 m、体積は約 4.7 km³である。その後、山体南側で山体崩壊が発生し、それにともない岩層なだれが南麓に流下した。

前期活動後、8,000 年以上におよぶ休止期をはさみ後期活動が開始した。L-1 期では E2 溶岩上の崩壊壁付近にニツ岳火口群が形成され、約 5,000 年前に溶岩流と Oafa が噴出した。L-1 期初期には、かんらん石に富む玄

武岩質安山岩を包有した L-1-1 溶岩が山体西部に流下した。その後、大きな時間間隙を挟まずにニツ岳第 1 火口で噴火が発生し、Oafa が山体南東部に噴出して、ニツ岳の火砕丘を形成した。引き続きニツ岳火口付近から溶岩流が南部に流下して、前期山体・崩壊地形の一部を覆った。L1 期の活動の後、山頂部での活動が開始し、雄阿寒岳火口群より L2 期の溶岩流が山体北部、および東部の広い範囲を覆った。山頂からの溶岩流は約 2,500 年前までに流出し、山頂火口群は水蒸気爆発などで、少なくとも 1,000 年前以前には形成されたと考えられる。後期山体の体積は、Oafa の体積も含めて、約 6.5 km³ DRE (Dense Rock Equivalent) と見積もられた。

最近では、本火山体北側の標高約 800 m 地点の北火口では微弱な噴気活動が認められた (佐藤, 1965; 勝井, 1994)。また、積雪期には北火口付近、および雄阿寒岳火口群の北西側で部分的に融雪しており、これらの地域では周囲より高温の状態が継続していると考えられる。

8-4 雄阿寒岳の活動の特徴

雄阿寒岳の活動の特徴は、まず全活動期を通して主に溶岩流出主体であった点である。次に、前期と後期の活動の間に約 8,000 年間の休止期が存在することも特徴である。

L 期では溶岩流の噴出中心では火砕丘が形成されることが多く、その噴火はストロンボリ式で溶岩流出を伴ったと考えられる。その一方で、広範囲に降下火砕物を堆積させたり、火砕流の発生を伴うような大規模な爆発的噴火は認められない。このような雄阿寒岳の活動様式の特徴は、火砕流の発生や広範囲に降下火砕物を堆積させるなど、爆発的噴火も交えて多様な噴火を行ってきた雌阿寒岳の形成史 (池上・和田, 1994; 勝井, 1994; 和田・他, 1988; 和田・他, 1997; 横山・他, 1976) とは大きく異なるものである。また、雌阿寒岳では活動期によって噴出中心を移動させ、それぞれで火山体を形成したのに対して、雄阿寒火山の後期活動では噴出中心は現在の山頂から半径およそ 1.5 km の範囲に集中し、大きな噴出中心の移動がなかった点も特徴である。

活動したマグマは玄武岩質安山岩からデイサイトまで多様な化学組成を持ち、全岩化学組成の SiO₂-K₂O 図ではいずれの活動期でもほぼ同一直線上のトレンドをとる。したがって前期と後期では、8,000 年間の休止期があったにもかかわらずマグマの大きな変化はなかったようである。一方、SiO₂-MgO 図で見ると、前期および後期活動の初期の E1 および L1-1 で高 Mg マグマが活動して、その後は低 Mg マグマの活動に移行する共通した傾向が認められる。これらのマグマ供給系の特徴やその成因の詳細については別報で論ずる。

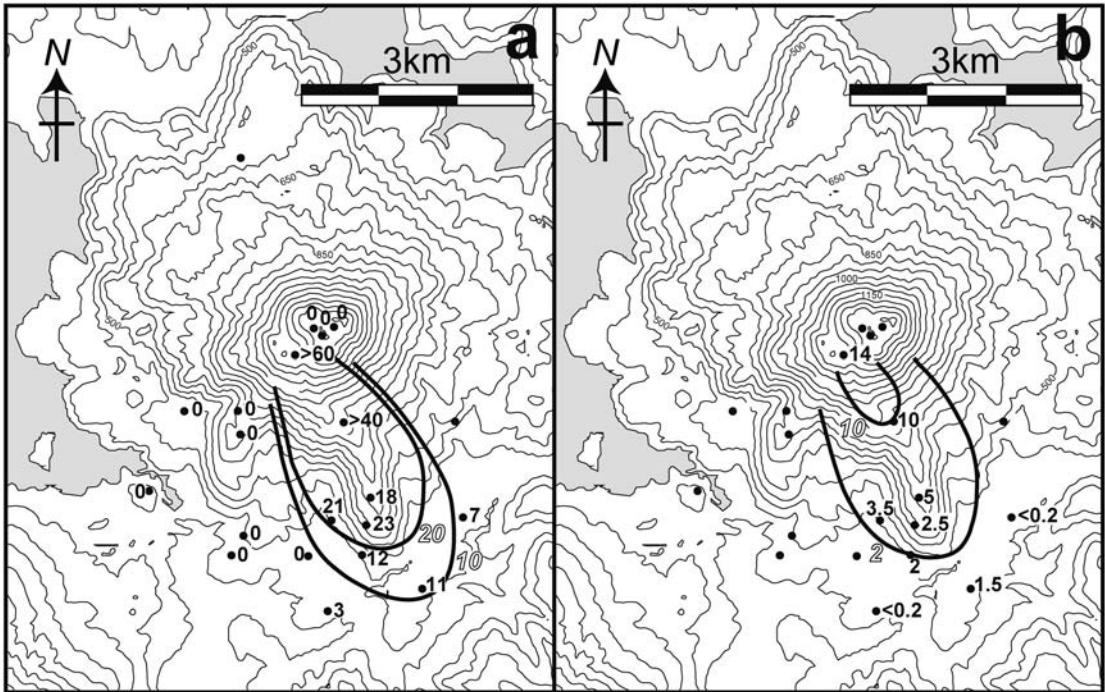


Fig. 10. Isopach map (a) and isopleth map (b) of the Oafa tephra. Numbers are thickness (cm) of tephra layer (a) and maximum grain size (cm) of juvenile materials (b).

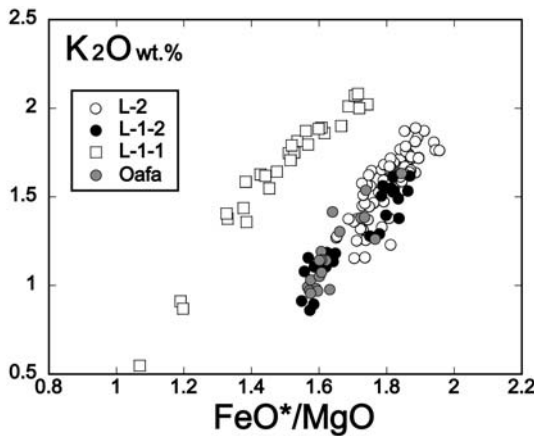


Fig. 11. FeO^*/MgO - K_2O diagrams for the rocks of the L stage (L-1-1, L-1-2 and L-2) and Oafa. Compositional variation of Oafa tephra is the same as that of L-1-2 rocks.

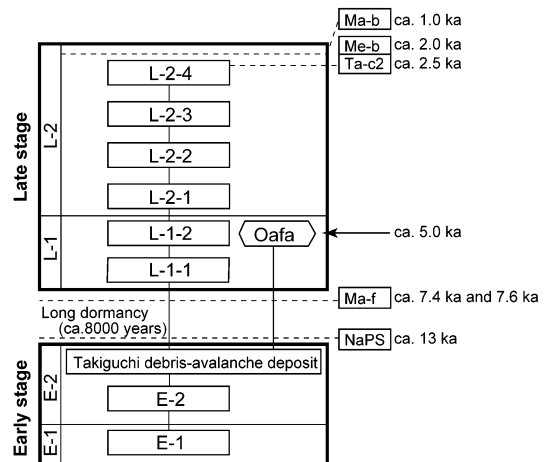


Fig. 12. Summary of eruptive history of Oakan volcano. Time markers by tephra are shown. Tephra names are the same as those in Fig. 9. Square box shows lava flows and debris avalanche deposit. Hexagonal shows tephra layer.

9. ま と め

本報告で明らかとなった雄阿寒火山の形成史と噴火の特徴は以下のようにまとめられる。

1) 雄阿寒火山の活動は、前期活動期と後期活動期の

2期に大分され、両者の間には8,000年以上の休止期が存在する。それらの活動は溶岩流出を中心とし、テフラを広範囲に分布させるような規模の大きい爆発的噴火は

認められない。

2) 前期活動の開始年代は明らかではないが, 山体形成後に, 1.3 万年前より以前に山体崩壊を起こし岩屑なだれが発生した。

3) 後期活動期は約 5,000 年前頃開始し, 現在のニツ岳周辺を噴火中心とする L-1 期と, その後に活動した現在の山頂部周辺を噴火中心とする L-2 期に細分される。

4) 今回発見した雄阿寒岳起源のテフラ (Oafa) は L-1 期の後半の活動である L-1-2 期の噴出物であり, その噴出年代は上下の他火山由来のテフラの年代および土壌の厚さから約 5,000 年前と推定される。

3) 約 1,000 年前までには雄阿寒岳山頂部での噴火活動は終了したが, 北斜面中腹の北火口では微弱な噴気を伴う熱活動が継続したようである。

5) 前期および後期活動では, その初期にカンラン石斑晶に富み MgO 量の高いマグマが, そしてその後にかんらん石斑晶に乏しく MgO 量の低いマグマが活動した。

本研究によって雄阿寒岳は完新世に噴火を繰り返して山体が成長してきたことが明らかになった。さらに最近でも地熱活動が認められることから, 雄阿寒火山は気象庁の定義による活火山であると結論できる。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 環境省阿寒国立公園自然保護官事務所, 森林管理署, および財団法人前田一步園には, 現地調査の許可をいただき種々のご便宜をはかっていただいた。国土地理院には土地利用条件図「阿寒」に関する調査に同行させていただき, 特に船を使つての雄阿寒岳西麓部のサンプリングの機会を与えていただいた。北海道教育大学旭川校の和田恵治教授と北海道大学 (当時) の岸本博氏には未公表の火山ガラスデータの使用を快諾いただいた。北海道大学の長谷川健博士には現地調査に同行していただき, 地質学的データのとりまとめで, 同じく松本亜希子博士には機器分析および岩石学的検討でのご助言をいただいた。さらに山形大学の伴雅雄准教授, 信州大学の三宅康幸教授および匿名の査読者によって, 本稿は大きく改善された。この研究では北海道受託研究「北海道の火山に関する研究」および東京大学地震研究所共同研究 (B) の研究費を使用した。以上の方々および諸機関に感謝する次第である。

引用文献

古川竜太・吉本充宏・山縣耕太郎・和田恵治・宇井忠英 (1997) 北海道駒ヶ岳火山は 1694 年に噴火したか?—北海道における 17~18 世紀の噴火年代の再検討—, 火山, **42**, 269-279.

古川竜太・七山 太 (2006) 北海道東部太平洋沿岸域における完新世の降下火砕堆積物, 火山, **51**, 351-371.
長谷川健・中川光弘 (2007) 北海道東部, 阿寒カルデラ周辺の前—中期更新世火砕堆積物の層序, 地質雑, **113**, 53-72.

池上宏樹・和田恵治 (1994) 雌阿寒火山阿寒富士の噴火史, 日本火山学会 1994 年度秋季大会講演予稿集, 126.
石井英一・中川光弘・齋藤 宏・山本明彦 (2008) 北海道中央部, 更新世の十勝三股カルデラの提唱と関連火砕流堆積物: 大規模火砕流堆積物と給源カルデラの対比例として, 地質雑, **114**, 348-365.

勝井義雄 (1994) 阿寒の地形・地質, 「阿寒国立公園の自然 1993, III 阿寒の自然環境」, 前田一步園財団, 263-314.

勝井義雄・石川俊夫 (1981) 樽前山の活動史, 噴出物調査および Disaster Map と災害評価, 文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果自然災害科学総合研究班報告書「噴火災害の特質と Hazard Map の作成およびそれによる噴火災害の予測の研究」(代表者: 下鶴大輔), 9-13.

勝井義雄, 横山 泉, 岡田 弘, 西田泰典, 松本佳久, 川上則明 (1986) アトサヌプリ・摩周 (カムイヌプリ) 一火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策—, 北海道防災会議「北海道における火山に関する研究報告書第 10 編」, 104p.

岸本博志・長谷川 健・中川光弘・和田恵治 (2009) 最近約 1 万 4 千年間の摩周火山のテフラ層序と噴火様式, 火山, **54**, 15-36.

気象庁 (2005) 雌阿寒岳, 日本活火山総覧 (第 3 版), 33-44.

町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺, 東京大学出版会, 170p.

佐藤博之 (1965) 5 万分の 1 地質図幅「阿寒湖」および同説明書, 地質調査所, 82p.

佐藤博之・垣見俊弘 (1967) 5 万分の 1 地質図幅「弟子屈」および同説明書, 北海道開発庁, 67p.

佐々木龍男・片山雅弘・天野洋司・後藤計二・上坂昌司・赤木仰哉・矢沢征士 (1971) 雄阿寒火山 b 層の噴出源について, 昭和 46 年度試験成績書, 北海道農試化学部, 10-12.

徳井由美 (1989) 北海道における 17 世紀以降の火山噴火とその人文環境への影響, お茶の水地理, **3**, 27-33.

和田恵治 (1988) 雄阿寒火山カルクアルカリ岩のマグマ混合, 岩鉱, **83**, 273-288.

和田恵治・日野智明・春藤大雅 (1988) 雌阿寒火山降下軽石スコリア層の発見と不均質マグマの混合過程, 北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告, **23**, 9-20.

和田恵治・稲葉千秋・根本靖彦 (1997) 雌阿寒岳の最近 12000 年の噴火史, 日本火山学会講演予稿集, 100

和田恵治・中村瑞穂・奥野 充 (2001) 旭岳表層にみられる広域火山灰の化学組成とその給源火山の決定, 北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告, **35**, 9-18.

横山 泉・勝井義雄・江原幸雄・小出 潔 (1976) 雌阿寒岳—火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策—, 北海道防災会議「北海道における火山に関する研

究報告書第5編」, 138p.

崩壊. 火山, **41**, 137-148.

吉本充宏・宇井忠英 (1998) 北海道駒ヶ岳 1640年の山体

(編集担当 伴 雅雄)