

鹿児島県トカラ列島口之島火山の形成史と噴火活動履歴

下司信夫^{1*}・中野 俊¹

Nobuo Geshi and Shun Nakano (2007) Volcanic activity of Kuchinoshima Volcano, Tokara Islands, Kagoshima Prefecture. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 58(3/4), p.105 - 116, 7 figs, 1 table.

Abstract: The eruption history of the Kuchinoshima volcano was reconstructed from the stratigraphical relationship of the volcanic units and tephra. The Kuchinoshima volcano is an andesitic composite volcano on the volcanic front of Ryukyu arc, SW Japan. Kuchinoshima consists of at least 10 hornblende andesitic lava domes on pyroxene andesitic volcanoes older than 0.3 Ma. A series of pumice flow deposits named the Ogachi pyroclastic flow deposit, erupted around 40 ka from the Ueura volcano, which is a composite volcano with some lava domes. After the formation of the Ogochi caldera, at least three lava domes named Yokodake, Minami-Yokodake, Kita-Yokodake were formed. Some pyroclastic flow deposits are associated with the formation of these lava domes, and the pyroclastic flow deposit of Minami-Yokodake was aged ca. 19,000 BP. Iwayaguchi debris avalanche flow deposit was formed around 7.9 ka by a large sector collapse of the Yokodake, Minami-Yokodake and Kita-Yokodake domes. Maedake lava dome was built inside the sector collapse scarp. The Otoshinodaira and Moetake volcanoes and other minor lava domes were formed after the formation of Maedake. The volume of each lava dome is evaluated as less than 0.3 km³. The effusion rate of the Kuchinoshima volcano in the last ca 40,000 years is evaluated as 8.5×10⁴ m³/yr, and this value is much smaller than the average production rate of a typical volcano on the volcanic front of the NE Japan arc and Ryukyu arc. The Moetake volcano is the youngest lava dome on Kuchinoshima Island. Some explosion craters on the Moetake lava dome indicate that the phreatic explosions were repeated from the Moetake volcano. The last eruption was possibly younger than the 18th century.

Keywords: Kuchinoshima, Volcano, eruption, Tokara, Ryukyu arc

要 旨

口之島火山は琉球弧火山フロント上に成長した安山岩質の複成火山であり, 0.3 Ma以降少なくとも10個の角閃石安山岩質溶岩ドームが輝石安山岩質の火山体の上に成長している。軽石流堆積物からなる大勝火砕流堆積物は約4万年前ごろにウエウラ火山から噴出した。大勝カルデラの形成後, 横岳, 南横岳, 北横岳の少なくとも3つの溶岩ドームが形成された。複数の火砕流がこれらの溶岩ドームの形成に伴って発生し, そのうち南横岳から噴出した火砕流堆積物からは1.9万年前の年代が得られている。7,900年前ごろの横岳・南横岳・北横岳の馬蹄形崩壊によって岩屋口岩屑なだれ堆積物が発生した。この崩壊地形の内部に前岳火山が成長した。落しの平, 燃岳火山及びそのほかいくつかの小規模な溶岩ドームが前岳溶岩ドームの形成後に成長した。口之島火山の過去4万年間の噴出率はおよそ8.5×10⁴ m³/yrと見積もられ, こられは琉球弧や東北日本弧火山フロントの代表的な火山に比べてかなり小さい。燃岳火山は口之島の中で最も新しい溶岩ドームである。燃岳

溶岩ドームの山頂部には幾つかの爆発火口が開口しており, これらは前岳溶岩ドーム上で水蒸気爆発が繰り返し発生したことを示している。最新の水蒸気噴火は18世紀以降の可能性がある。

1. はじめに

口之島火山は, 琉球弧の火山フロント上に位置する安山岩質の活火山で, 鹿児島県トカラ列島の口之島を形成する。口之島は周囲12.3 km, 面積13.3 km²の火山島で, 最高点は前岳(628.3 m)である。口之島火山には噴火記録は残されていないが, 燃岳溶岩ドーム頂部に開口している火口からは水蒸気が噴出しており, また周辺の硫黄帯では硫黄の採取が行われていた。また島の南部には複数個所で温泉が湧出しているなど, 熱的活動は現在も継続している。

口之島火山の地質については, 松本・松本(1965), 西村ほか(1993), 西村(1995), 中尾・古山(2003a,b), 下司・中野(2005)による火山体区分と形成史が報告されている。また, テフラ層序と年代については, 西村

¹地質情報研究部門(Institute of Geology and Geoinformation, GSJ, AIST)。

*現所属:地質調査情報センター(Present: Geoinformation Center, GSJ, AIST)。

ほか(1993), 奥野ほか(2004)による報告がなされている。また岩石学的特徴については千葉(1989), 中尾・古山(2003a)による報告がある。しかし口之島火山は離島火山であり, 交通の不便さなどからその地質調査は十分に行われておらず, また近年の噴火記録も残されていないことからその火山活動の特性や活動年代については不明な点が多い。火山活動度の正確な評価や火山防災の観点からも, 当火山の活動履歴についての調査が必要である。筆者らは, 20万分の1地質図幅「中之島」の調査の一環として2005年及び2006年に口之島火山の陸上部の地質調査を行ったので, その結果を報告する。

2. 口之島の構造

口之島火山の海面上に露出する部分は, その地形的な特徴から複数の火山体の集合からなると考えられる(第1図, 第2図A, B)。そのうち, 北端部のフリイ岳火山体及び南端部に分布するタナギ山火山体は口之島火山の陸上部を構成する火山体の中では最も古い火山体である。タナギ山及びフリイ岳火山体を覆って, 複数の角閃石安山岩質の溶岩ドームからなる火山体が発達している。これらの溶岩ドーム群は岩相の違いや相互の被覆関係から, おおむねその形成順序に従ってウエウラ山火山体, セランマ火山体, 横岳火山体, 南横岳火山体, 北横岳火山体, 前岳火山体, ヒキスエ火山体, 鎌倉崎火山体, 落しの平火山体, 及び燃岳火山体に区分される。

タナギ山火山体

南端部に分布するタナギ山火山体は口之島火山の陸上部を構成する火山体の中では最も古い火山体である。口之島南部を構成するタナギ山は水中噴出の火砕岩と考えられる凝灰角礫岩及び溶岩からなる(第2図C)。タナギ山を構成する火山岩は輝石安山岩からなる。松本ほか(2006)はタナギ山の凝灰角礫岩中のブロックから 512 ± 25 kaのK-Ar放射年代を報告している。

フリイ岳火山体

北端部のフリイ岳火山体は厚い溶岩流あるいは溶岩ドームからなり, 南部の向岳から集落付近にかけては強く熱水変質を受けて白色の粘土岩化している。フリイ岳火山体の溶岩は輝石安山岩から構成される。フリイ岳火山からは 0.31 ± 0.12 Maの年代が報告されている(中尾・古山, 2003)。

ウエウラ山火山体

ウエウラ山火山体は, フリイ岳火山体の南側を覆って成長した火山体で, ホトケビラ岳や烏帽子崎などに

露出する複数の溶岩ドームの集合体からなる。ウエウラ火山の北側斜面は, 細かな侵食谷の発達した緩斜面が広がっており, その面上には後述する大勝火砕流が堆積している。またウエウラ山火山体の南側は, 南側に開いた円弧状の崩壊地形によって切断されている(小河内カルデラ)。ウエウラ山を構成する溶岩はいずれも角閃石安山岩からなり, 比較的斑晶量が多い。

セランマ火山火山体

島の南部の前岳・燃岳を取り囲むように露出する, 前岳よりも下位にある溶岩ドーム群を総称してセランマ火山体と呼ぶ。これらの溶岩ドームはその後形成された南横岳, 前岳, 落しの平, 燃岳の各火山体に覆われ, その露出が断片的であるために全体の構造は不明である。いずれも角閃石安山岩の溶岩あるいは溶結した角礫岩からなり, 溶岩ドームであると考えられる。

横岳火山火山体

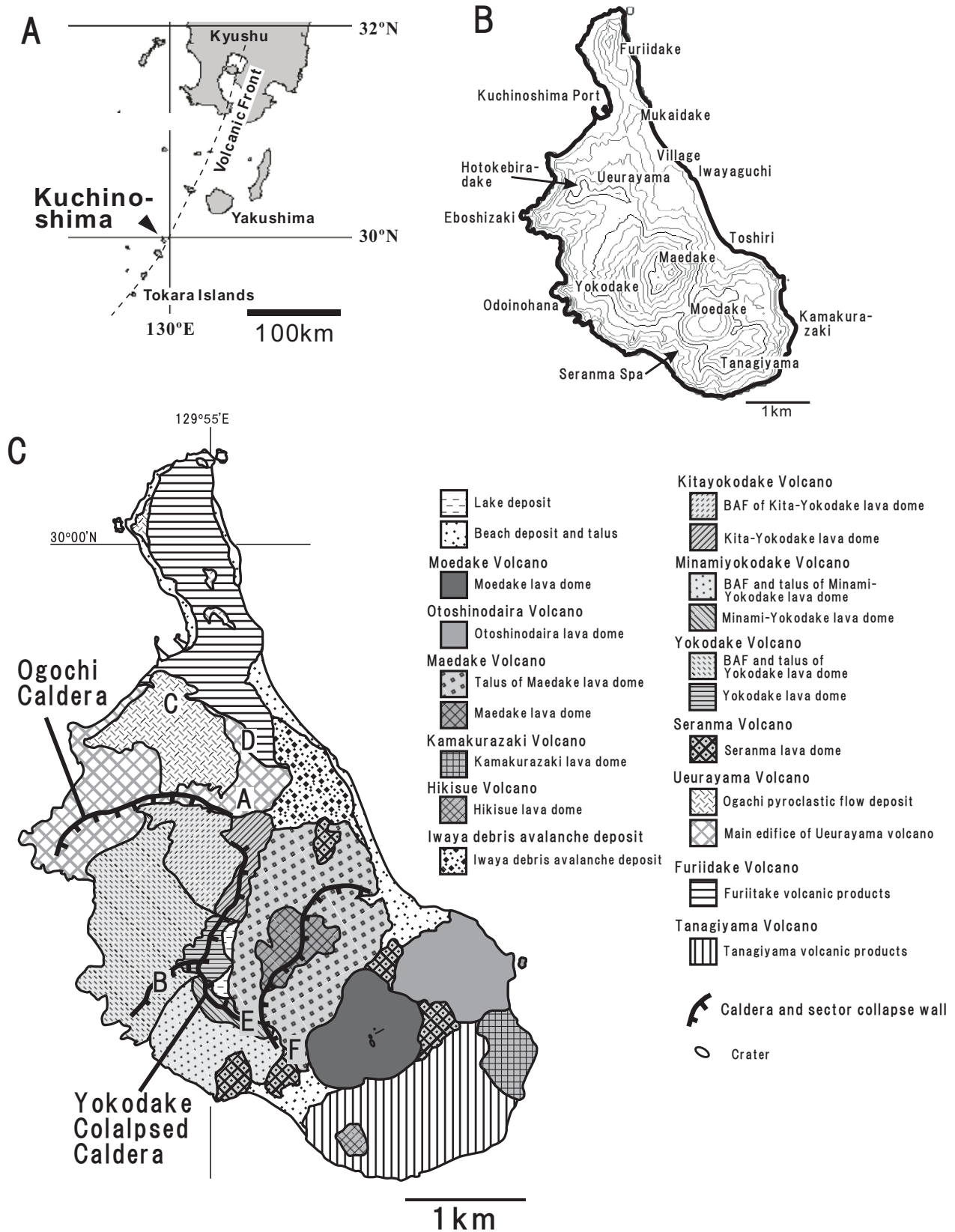
横岳火山体はウエウラ火山体の小河内カルデラ内に成長した火山体で, 溶岩ドームとその基部に発達する崖錐からなる。横岳山頂部は灰色・暗灰色を帯びた安山岩質溶岩からなる。横岳西側の山腹から山麓にかけては崖錐堆積物が厚く発達しており, その内部は赤色に酸化し一部は溶結している(オドイノ鼻付近など)。崖錐堆積物の表面には深い浸食谷が発達している。横岳火山体の南側は, 南側に向かって崩壊した急崖で切断され, その中に南横岳火山体が成長している。横岳火山体を構成する岩石は灰色・緻密な角閃石安山岩である。

南横岳火山体

南横岳火山体は, 横岳火山の南側を覆って成長した火山体で, 溶岩ドームとその南西山腹に発達する崖錐・火砕流堆積物からなる。南横岳火山体を構成する溶岩は灰白色の角閃石安山岩で, 発泡の不均質による縞状構造が発達する。また暗灰色のガラス質の部分がみられる。全体に斑晶量が多く, 斑晶は大型で長柱状の角閃石斑晶はしばしば長さ5 mmに及ぶ。

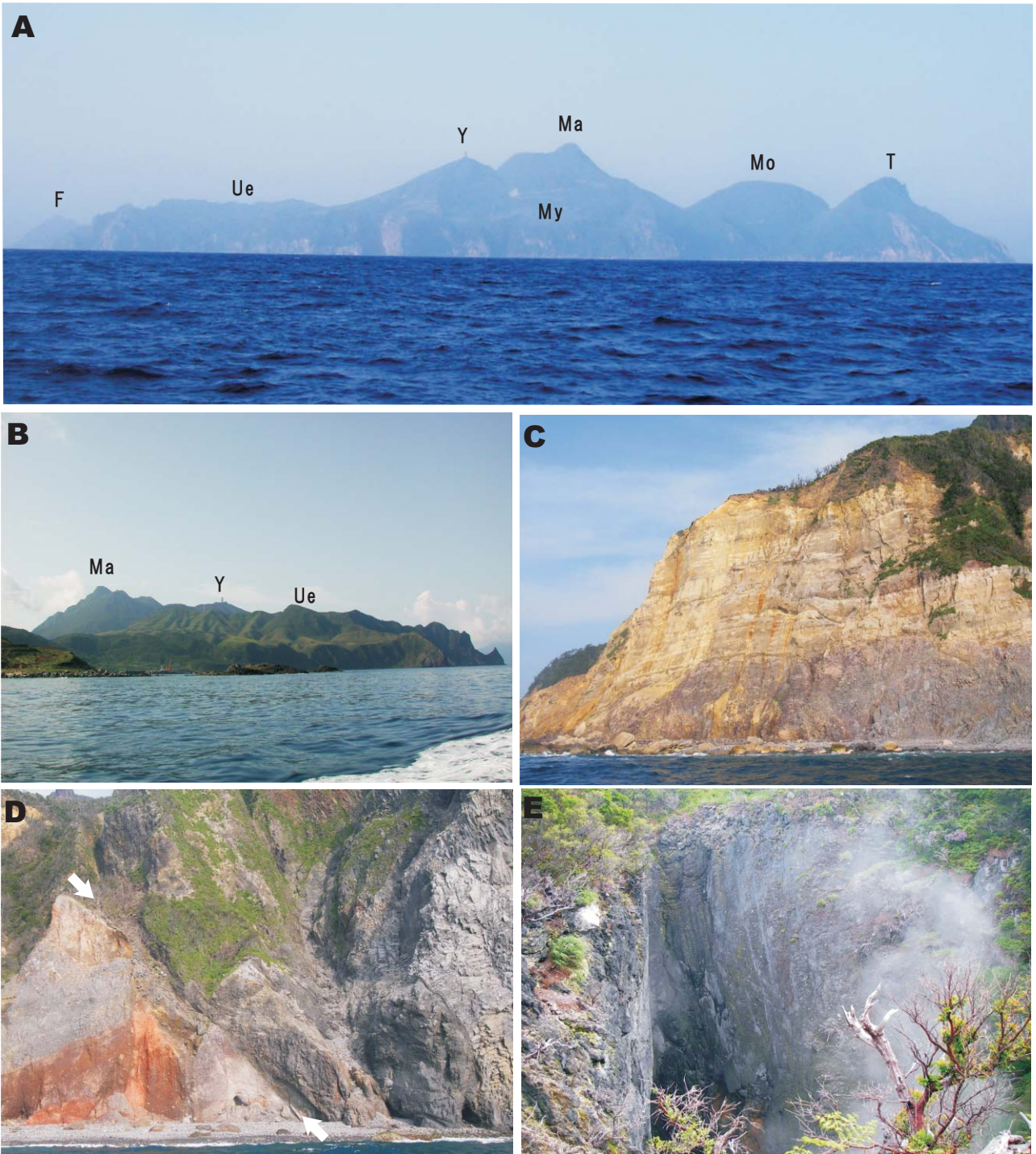
北横岳火山体

北横岳火山体は, 横岳火山体の北側を覆って成長した溶岩ドームとその山麓に発達する火砕流堆積物からなる。北横岳火山体の北西山腹には広くブロックアンドアッシュフロー堆積物が分布しており, その一部は小河内カルデラ縁を乗り越えてウエウラ火山体の北側山腹にも到達している。北横岳火山体を構成する岩石は灰色の角閃石安山岩である。全体に斑晶量が多く, 長柱状の角閃石斑晶はしばしば5 mmに及ぶ。北横岳, 南横岳, 横岳火山体の東側には, 東北東に開いた馬蹄



第1図 A: 口之島火山の位置図。B: 口之島の地形と主要な地名。等高線は50 m間隔。C: 口之島火山の地質概略図。図中のアルファベットA～Fは本文中の露頭位置を示す。燃岳山頂に分布する水蒸気噴火火口の大まかな分布も示す。

Fig. 1 A: Southern part of Kyushu Island indicating the location of the Kuchinoshima volcano. B: Topography of Kuchinoshima volcano with major place names. Intervals of the counters are 50 m. C: Geological map of Kuchinoshima volcano. A-F shows the locality of the outcrop described in the text. Approximate distribution of the phreatic eruption craters on the top of the Moedake lava dome is also shown.



第2図 A: 南西からみた口之島火山の全景. F: フリイ岳, Ue: ウエウラ山, Y: 横岳, Ma: 前岳, My: 南横岳, Mo: 燃岳, T: タナギ山. 南横岳は前岳の手前にある. B: 北西から見た口之島火山. Ma: 前岳, Y: 横岳, Ue: ウエウラ山. 右端遠景は中之島. C: タナギ山の南側海食崖に露出する溶岩流とそれを覆う成層した火砕岩層. D: 鎌倉崎溶岩ドームがタナギ山に貫入している境界部. 矢印で挟まれた部分が貫入境界. 左側のタナギ山の火砕岩は鎌倉崎溶岩ドームの貫入によって境界部が引きずりあげられる変形を受け, また熱により赤褐色に変色している. E: 燃岳溶岩ドームの山頂に開口する水蒸気噴火口. 現在も弱い噴気が見られる.

Fig. 2 A: Southwestern view of the Kuchinoshima volcano. F: Furiidake, Ue: Ueura, Y: Yokodake, My: Minamiyokodake, Ma: Maedake, Mo: Moedake, T: Tanagiyama. B: Northwestern view of the Kuchinoshima volcano. Ma: Maedake, Y: Yokodake, Ue: Ueura. C: Lava and stratified pyroclastic deposit of the Tanagiyama volcano. D: Intrusive contact of the Kamakurazaki lava dome against Tanagiyama volcanic rock. Arrows show intrusive contact plane. Tanagiyama volcanic rock (left part) is deformed by the lava of Kamakurazaki lava dome (right) and appears red by the thermal effect of Kamakurazaki lava. E: phreatic explosion crater at the top of the Moedake lava dome. Weak fumaroles are rising from the bottom of the crater.

形の崩落崖地形(横岳崩壊カルデラ)が認められ、その北東側の山麓には岩屋口岩屑なだれ堆積物(西村ほか, 1993)が分布している。

前岳火山体

前岳火山体は、横岳崩壊カルデラ内に形成された溶岩ドームとその崖錐堆積物からなる火山体で、口之島の最高峰である。前岳火山体は横岳の崩壊によって形成された岩屋口岩屑なだれ堆積物を覆って成長している。前岳火山体の占める面積は約1.5 km²で、比高約600 mの円錐状の火山体を想定するとその体積は約0.3 km³と見積もられる。前岳火山体の山頂部には溶岩が露出しているが、その山腹は広く崖錐堆積物に覆われている。前岳火山体の南部は南東側に向かって大きく崩壊している。前岳火山体を構成する岩石は青灰色・緻密な角閃石安山岩である。

ヒクスエ火山体

ヒクスエ火山体は、タナギ山火山体の溶岩を覆って成長した小規模な溶岩ドームであり、セラナマ温泉南方の海食崖上部に露出する。隣接する他の溶岩ドームとは被覆関係を持たないため、その形成時期は不明である。ヒクスエ火山体を構成する岩石は灰色・緻密な角閃石安山岩である。

鎌倉崎火山体

鎌倉崎火山体は、タナギ山火山体の東部を覆って成長した溶岩ドームである。落しの平溶岩ドームに被覆される。鎌倉崎付近では鎌倉崎火山の溶岩がタナギ山火山噴出物に貫入しているのが観察される(第2図D)。鎌倉崎火山体を構成する岩石は灰色・緻密な角閃石安山岩である。

落しの平火山体

落しの平火山体は、タナギ山火山体、鎌倉崎火山体を覆って成長した溶岩ドームである。その西部は燃岳火山体に覆われる。溶岩ドームの占める面積は約0.68 km²、比高約200 mで、体積は約0.17 km³と見積もられる。落しの平火山を構成する岩石は、灰白色の角閃石安山岩で、やや多孔質である。また直径数10 cmに及ぶ多くの輝石安山岩質包有物を含む。

燃岳火山体

燃岳火山体は、前岳火山とタナギ山火山の間に形成された、口之島火山の中で最も新しい溶岩ドームである。溶岩ドームの占める面積は約0.65 km²で、比高約200 m、体積は0.1 km³である。横岳溶岩ドームは東北東・西南西方向に伸びたひょうたん型をしている。燃岳溶岩ドームの山頂部には直径数10 mから100 m程度

の複数の縦穴火口や割れ目火口が開口している(第2図E)。

燃岳火山体を構成する溶岩は、灰白色の角閃石安山岩及び黒色の軽石質輝石安山岩からなり、しばしばこれらが混合した縞状の溶岩がみられる。燃岳火山の西・南西麓には、同質の安山岩質岩塊からなるブロックアンドアッシュフロー堆積物が局所的に分布している。

3. 噴出物とその層序

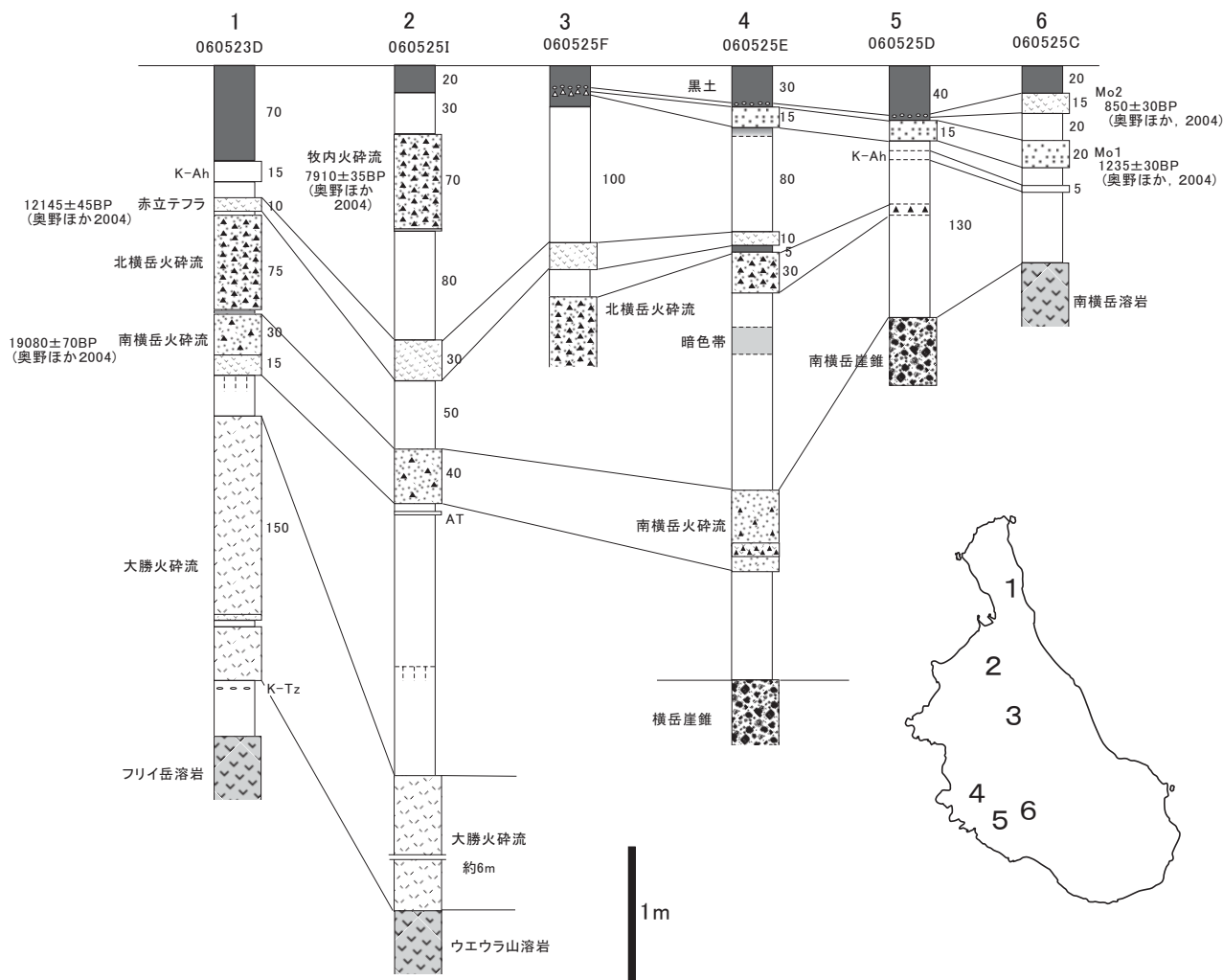
口之島の主に北部から西部にかけての地表直下で観察できるテフラを記述する(第3図)。これらのテフラは主に西村ほか(1993)、奥野ほか(2004)によってその層序及び炭素年代が報告された。

3.1 大勝火砕流堆積物

大勝火砕流堆積物(西村, 1995; 奥野ほか, 2003)は、フリイ岳及びウエウラ火山体の北斜面を覆う軽石質の火砕流堆積物である(第4図A)。大勝火砕流堆積物の層厚は、ウエウラ火山の小河内カルデラ縁の外側では厚いところで10 m以上、フリイ岳西側の山麓で約3.5 mである。大勝火砕流堆積物は薄いローム層(厚さ10 cm以下)を挟んだ複数のユニットからなり、それらの間で本質岩片や異質岩片の量比、本質岩片の岩相などがわずかに異なる。大勝火砕流堆積物のそれぞれのユニットには弱い層理が発達する。大勝火砕流の本質物質は角閃石安山岩質の軽石であり、新鮮なものは白色、風化すると黄色を呈する。大勝火砕流堆積物に含まれる軽石粒子の粒径は5~6 cmのものが多く、大勝火砕流堆積物には、異質物質としてウエウラ火山体を形成する緻密な角閃石安山岩質溶岩片が多く含まれる。異質岩片の量はやや多く、全体の30~40%程度を占める。大勝火砕流堆積物の上位は後述する複数のテフラを挟在する赤褐色ローム層が約3~5 mの厚さで堆積している。また大勝火砕流堆積物直下10~20 cmのローム中には95 kaの鬼界葛原テフラ(町田・新井, 2003)に由来する高温石英が散在している。

3.2 南横岳火砕流堆積物(新称)

南横岳火砕流堆積物は、大勝火砕流堆積物の上位に1~2 mの赤褐色粘土質ローム層を挟んで堆積する、比較的細粒の火砕物を多く含む火砕流堆積物である(第4図B)。これら二つのテフラの間のロームには複数の小規模なテフラが認められるが、その分布は断片的である。本テフラは西村ほか(1993)、奥野ほか(2003)のYK1に相当する。南横岳火砕流堆積物は横岳、ウエウラ及びフリイ岳の火山体を覆っており、南横岳よりも新しい火山体の上には認められない。南横岳火砕流堆積物の層厚は、横岳山腹で約0.8 m、島の北部のフリ



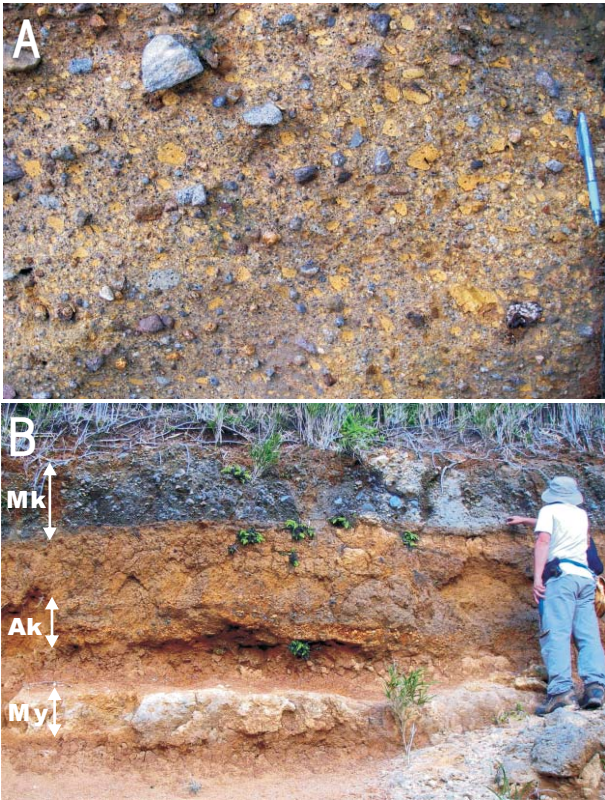
第3図 代表的な露頭におけるテフラ層序.

Fig. 3 Stratigraphy of tephra in representative outcrops.

イ岳山腹で約0.4 mである。南横岳火砕流堆積物は細粒物に富むため全体によく固結しており、露頭では棚状に突出していることが多い。堆積構造ははっきりしないが、部分的に粗粒の火砕物に富むユニットが認められることがある。南横岳火砕流堆積物に含まれる本質物質は、不均質に発泡した岩片や、暗灰色のガラス質の岩片を含むことが特徴である。島の南部ではしばしば直径5～15 cm程度のパン皮状火山弾が含まれる。これらの本質物質の特徴は南横岳を構成する溶岩と共通であり、その層序関係とあわせて本テフラが南横岳の活動に関係する噴出物と考える。奥野ほか(2004)は、YK1の層準から19,080±70 yBPの¹⁴C年代を報告している。また、小河内カルデラ縁北方の地点A(第1図参照)では、南横岳火砕流堆積物の直下の赤褐色ローム層から2.9 kaの始良Tnテフラ(町田・新井, 1976)が検出された。

3.3 北横岳火砕流堆積物(新称)

北横岳火砕流堆積物は、北横岳の西側山麓の、主に小河内カルデラ内を埋めて分布するブロックアンドアッシュフロー堆積物からなる。本テフラは南横岳火砕流堆積物の上位に最大1.5 m程度の赤褐色ローム層を挟んで堆積する。北横岳火砕流堆積物は横岳,南横岳,ウエウラ及びフライ岳の火山体を覆っており、北横岳よりも新しい火山体の上には認められない。北横岳火砕流堆積物の層厚は小河内カルデラ内で10 m以上、ウエウラ山北斜面の小河内カルデラ縁で約0.3 m,島の北部のフライ岳山腹で約0.8 mである。北横岳火砕流堆積物は径10 cm程度の角礫状岩片を多く含み、細粒物からなるマトリックスに乏しいブロックアンドアッシュフロー堆積物である。北横岳火砕流堆積物の本質物質は、灰白色で発泡の悪いガラス質岩片からなり、その岩相は北横岳の溶岩ドームを構成する溶岩と類似する。



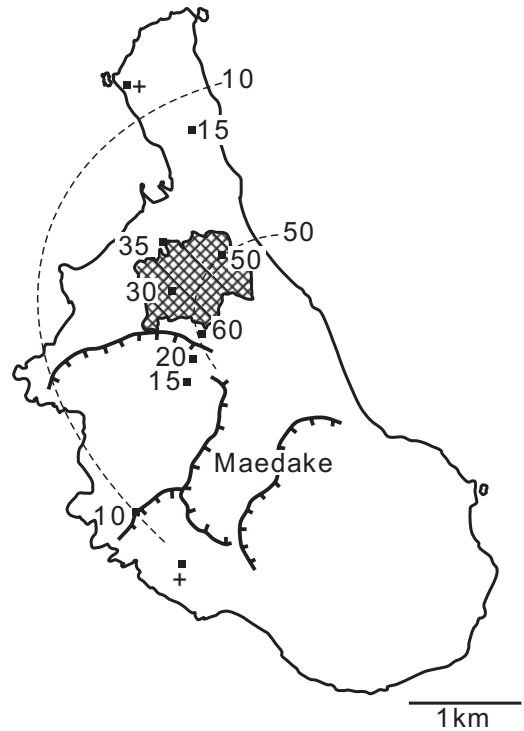
第4図 代表的なテフラ露頭写真. A: 大勝火砕流堆積物. B: 南横岳火砕流から牧内テフラにかけての層序関係.

Fig. 4 Photographs of representative tephra outcrops. A: pumiceous deposit of the Ogachi pyroclastic flow deposit. B: relationship among the Minamiyokodake pyroclastic flow deposit (My), Akadate tephra (Ak), and Makiuchi tephra (Mk).

これら本テフラの分布や岩相，層序から，北横岳の活動に伴って噴出した火砕流堆積物と考えられる。

3.4 赤立テフラ

赤立テフラ (Ak, 奥野ほか, 2004) は北横岳火砕流堆積物の上位に, 約5~10 cmの赤褐色ロームを挟んで堆積する複数のユニットからなる降下軽石層及び降下火山灰層である (第4図B)。本テフラの層厚は小河内カルデラ縁付近で厚く約30~40 cmで, 南北に薄くなる (第5図)。本テフラは構成粒子の種類や粒径から複数の降下ユニットに区分できる。一周道路沿いで最も層厚が厚い地点Bでは, 本テフラの層厚は約60 cmで, 大きく3ユニットに区分できる。下部には黄色軽石を多く含み, 岩片に乏しい厚さ20 cmのユニットが認められる。このユニットには粒径の違いなどによる成層構造が認められる。軽石粒子の直径は5~10 mmのものが多く, 上位のユニットに比べて細粒である。中部のユニットは厚さ約30 cmで赤褐色の軽石粒子からなり, 少量の石質岩片を伴う。軽石粒子の直径は2~3 cmの



第5図 赤立テフラ及び牧内テフラの分布. 数字は各地点における赤立テフラの層厚 (cm). 赤立テフラのアイソパックをあわせて示す. 網目で覆った部分が牧内火砕流堆積物の分布.

Fig. 5 Distribution of Akadate tephra and Makiuchi tephra. Thickness of the Akadate tephra is shown in cm. The hatched area shows the distribution of the Makiuchi pyroclastic flow deposit.

ものが多く, まれに5 cmを超える粒子も含まれる。上部のユニットは厚さ約10 cmで, 緻密な岩片を多く含み, 灰褐色の細粒火山灰を伴う。少量の灰白色の軽石粒子が含まれる。上部ユニットの粒子径は2~3 cmのものが多く, 奥野ほか (2004) は赤立降下軽石の層準から12,145±45 yBPの¹⁴C年代を報告している。

3.5 牧内テフラ

牧内テフラ (Mk, 奥野ほか, 2004) は, ウエウラ火山の北側斜面から口之島集落付近にかけて分布する (第5図), 主にブロックアンドアッシュフロー堆積物からなる火砕流堆積物とそれに伴う降下火砕物層である (第4図B)。牧内テフラの層厚はウエウラ山北斜面 (地点C, 第2図の地点2) で約30~70 cm, 口之島集落南方 (地点D) で2.5 mである。本テフラは赤立降下軽石層の上位に最大1 m弱の黄褐色ローム層を挟んで堆積している。また本テフラの上位は鬼界アカホヤテフラを挟む暗褐色ローム層に覆われる。牧内火砕流堆積物は口之島集落からウエウラ山の北側斜面一帯に広く分布するが, その層厚は東側ほど厚い。

牧内テフラの下部には, 降下テフラと思われる淘汰

の良い火山灰 - 火山礫層とそれに挟まれる降下軽石層が認められる。降下テフラの層厚はウエウラ北斜面の地点C付近で4~5 cm, 口之島集落南方(地点D付近)で約15 cmである。地点Dでは, 降下テフラは10~15 cm厚の赤みを帯びた灰色の火山灰層と, それを覆う厚さ3~5 cmの赤褐色軽石層からなる。軽石の粒径は約5 mmである。

牧内テフラの主部は, 淘汰の悪い火山角礫からなるブロックアンドアッシュフロー堆積物で, これを牧内火砕流堆積物と呼ぶ。構成する粒子の大部分は灰色 - 青灰色を呈する緻密な角閃石安山岩岩片で, やや発泡した白色を呈する岩片が30%程度含まれる。粒子は垂角礫 - 角礫状である。岩片の粒径は, 口之島集落南方(地点D)で10~30 cm, ウエウラ北山腹(地点C)で5~15 cm大のものが多く, 牧内火砕流堆積物は全体に無層理で, 最上部のみがやや細粒である。

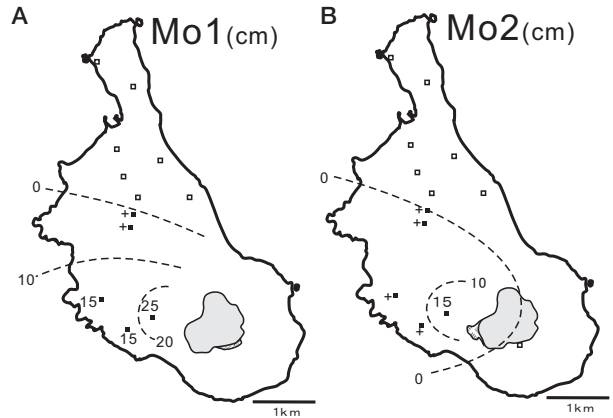
牧内火砕流堆積物には, しばしば多量の炭化木片が含まれる。奥野ほか(2004)は, 牧内火砕流堆積物の層準から7,910±35 yBPの¹⁴C年代を報告している。

3.6 岩屋口岩屑なだれ堆積物

岩屋口岩屑なだれ堆積物(西村, 1995)は, 口之島集落南方の台地を構成する, きわめて淘汰の悪い角礫層である。その分布域が北横岳・横岳・南横岳を切断する崩壊地形(横岳崩壊カルデラ)の下部にあたること, 含まれる岩片がこれらの火山体を構成する岩石と類似すること, またその分布域には流れ山地形と考えられる小丘が分布することなどから, 北横岳・横岳・南横岳火山体の崩壊に伴う岩屑なだれ堆積物と考えられる。

岩屋口岩屑なだれと下位のテフラとの層序関係を直接観察できる露頭はほとんど存在しない。しかし, 岩屋口岩屑なだれ堆積物は前述の牧内火砕流堆積物の分布地域よりも低い地域に分布しているにもかかわらず, 岩屋口岩屑なだれ堆積物の上位には牧内火砕流堆積物が認められないことから, 本岩屑なだれ堆積物は牧内火砕流堆積物よりも上位にあると推測される。岩屋口岩屑なだれ堆積物の上位は前岳の崖錐堆積物に覆われる。

岩屋口岩屑なだれ堆積物は無層理の火山角礫からなり, マトリックスに乏しい。含まれる粒子は角礫状で, ほとんど円磨されていない。ブロックの径は数10 cm程度のもが多いが, しばしば径数m~10数mに及ぶ大型の岩塊が含まれる。岩屑なだれの周縁部ではやや細粒の粒子が多く含まれる。1mを超えるような大型の岩塊にはしばしばジグソークラックが発達している。岩塊の表面は赤色に酸化しているものが多い。集落南方では, 引き伸ばされて変形したローム質のブロックが含まれている。



第6図 燃岳テフラの分布。灰色で示した部分は燃岳溶岩ドーム。Mo 1, Mo2はそれぞれ燃岳テフラ1及び2で, 奥野ほか(2004)のMo1, Mo2に相当する。

Fig. 6 Distribution of the tephra from the Moedake volcano. Mo1: Moedake 1 tephra, Mo2: Moedake 2 tephra of Okuno *et al.* (2004).

3.7 鬼界アカホヤテフラ

口之島島内では, 鬼界カルデラから約7,300年前に噴出した鬼界アカホヤテフラ(K-Ah; 町田・新井, 1978)が認められる。保存の良い地点では, アカホヤテフラは厚さ約5~6 cmの赤褐色ガラス質降下火山灰層として認められるが, 多くの地点では土壤中に散在している。火山灰層として認識できる地点ではしばしば直径5~10 mm程度の火山豆石が含まれている。屋久島・口永良部島にまで到達している幸屋火砕流堆積物(宇井, 1973)は口之島島内には認められない。

3.8 燃岳テフラ

口之島南部の燃岳周辺には, その分布から燃岳から噴出したと考えられるテフラが複数枚分布している(第6図)。このうち, 奥野ほか(2004)は規模の大きな2枚のテフラを下位からMo1, Mo2とした。ここではこれらのテフラをそれぞれ燃岳1テフラ, 2テフラと呼ぶ。

燃岳1テフラ(Mo1, 奥野ほか, 2004)は赤褐色の変質岩片に富むテフラで, 燃岳付近を中心に口之島の南西部に分布する(第6図A)。燃岳から西に1.2 km離れた地点(E)では, アカホヤテフラ層の上位に約10 cm厚の黄褐色ローム層を挟んで, 厚さ約20 cmの成層した赤褐色テフラ層として認められる。含まれる岩片は径約2~3 cmの, 変質して赤褐色を呈する岩片が大多数で, 変質を受けていない灰白色ガラス質の角閃石安山岩岩片が少量含まれる。地点(E)では, 燃岳1テフラは上下2ユニットに区分され, 上位のユニットのほうがやや粗粒である。また下部ユニットには, 炭化木片が多く含まれる。北方に行くにつれて燃岳2テフラの層厚は急速に減少し, 横岳西方では黒土中に細粒の変質

岩片が集中する層として認識できるが、小河内カルデラ縁以北ではほとんど認識できない。奥野ほか(2004)は、燃岳2テフラの層準から $1,235 \pm 30$ yBP (cal AD 760~886 (71.2%)) の ^{14}C 年代を報告している。

燃岳2テフラは(Mo2, 奥野ほか, 2004), 灰白色の軽石質岩片に富むテフラで、主に口之島の南西部に分布する(第6図B)。燃岳2テフラは、燃岳溶岩ドームの西側基部では小規模な火砕流堆積物として認められる。地点(F)では前岳の崖錐堆積物の上位に、厚さ約50 cmの軽石質岩片に富む火砕流堆積物が認められる。火砕流堆積物に含まれる軽石粒子の粒径は15~20 cmのものが多く、灰色-白色の角閃石安山岩質軽石と、暗灰色-黒色の輝石安山岩質軽石が含まれる。また両者が混合した縞状軽石も多く含まれる。異質岩片として、前岳を構成する灰色-青灰色あるいは赤色酸化した緻密な安山岩片が含まれる。基質は淘汰の悪い火山砂-火山灰からなる。また燃岳2テフラの基底には、炭化した植物片が見られる。

燃岳から離れた地点では、燃岳2テフラは降下軽石として分布する。地点(E)では、燃岳2テフラは、燃岳1テフラの上位に約20 cm厚の黄褐色-黒色ロームを挟んで、厚さ約15 cmの降下軽石層として認められる。地点Eでの軽石の粒径は5 cm前後のものが多く、まれに15 cmをこえる大型の軽石も含まれる。本テフラは灰色-白色の角閃石安山岩質の軽石や、黒色の輝石安山岩質軽石からなる。しばしば両者が混在した縞状軽石が含まれる。これらの特徴は燃岳溶岩ドームを構成する溶岩の特徴と共通しており、本テフラが燃岳溶岩ドームの形成に関係して噴出したものであることを示している。灰色-青灰色の緻密な安山岩片が異質岩片として含まれるが、その量は10%以下である。北方に行くにつれて燃岳2テフラの層厚は急速に減少し、横岳西方では黒土中に径1 cm前後の灰色軽石が散在するのが認められる程度である。奥野ほか(2004)は、燃岳2テフラの層準から 850 ± 30 BP (cal AD 1,157~1,264 (94.3%)) の ^{14}C 年代を報告している。この年代から、燃岳溶岩ドームの形成は12~13世紀ごろと推測される。

燃岳近傍では、燃岳2テフラの上位には、黄褐色の変質岩片に富むテフラが局所的に認められる。地点(F)では、燃岳2の火砕流堆積物の上位を覆う厚さ70 cmの黒褐色土壌の中に、黄褐色の細粒テフラが3層認められる。いずれも砂-シルトサイズの粒子からなり、変質岩片に富む。地点Fにおいて燃岳2の火砕流堆積物の上位の土壌中の最も上位にある粘土質テフラ直下から採取した土壌の ^{14}C 年代は 30 ± 30 BPで、暦年補正の結果から判断すると、燃岳の最新の噴火年代は18世紀以降である可能性が高い。燃岳の山頂部にはいくつかの縦穴火口や割れ目火口が開いており、これらの火口の

周囲には、火口の形成に伴って放出されたと考えられる、表面が変質した溶岩塊や、変質を受けた岩片を含む砂礫質テフラが比高数mの高まりを形成している。

4. 口之島の岩石学的特徴

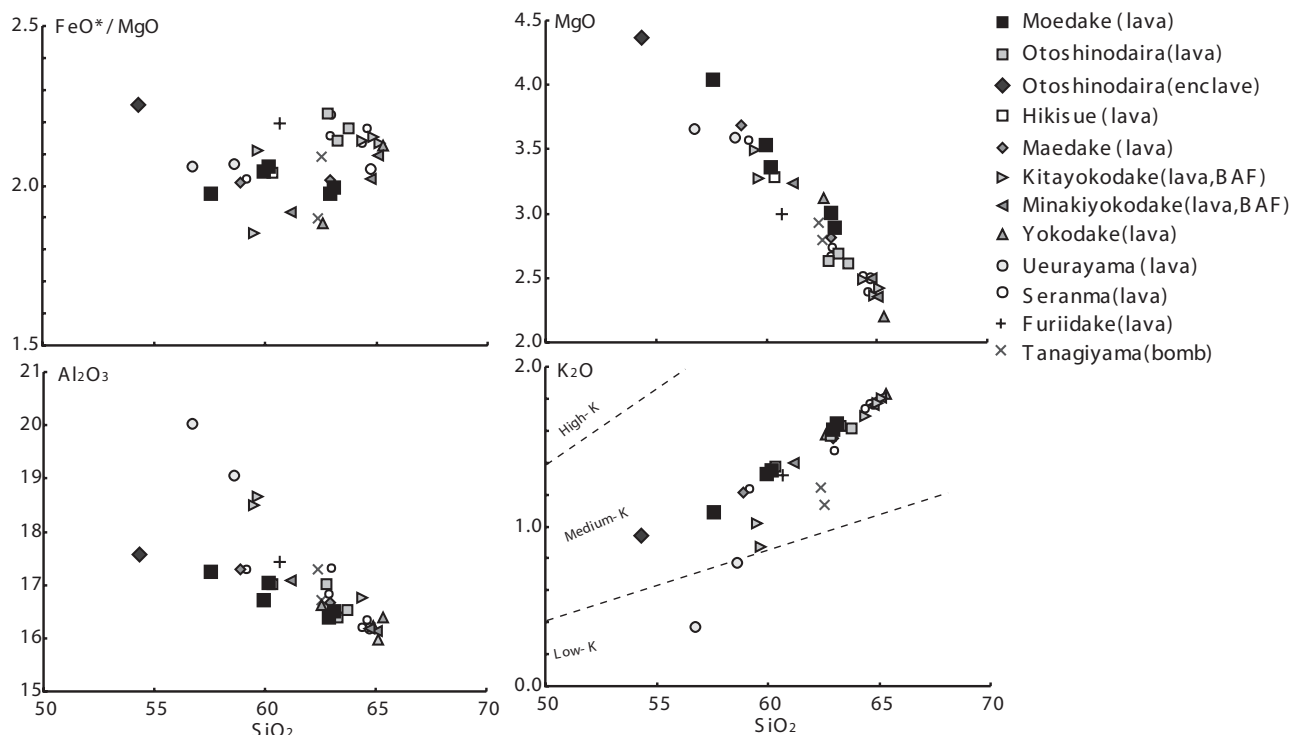
口之島の溶岩は、陸上で最も古いタナギ山・フリイ岳を除き、すべて角閃石斑晶を含む斑晶質の安山岩-デイサイトからなる(第7図)。タナギ山・フリイ岳を含む口之島火山の溶岩の全岩組成は $\text{SiO}_2=56\sim65\%$ で(第1表)、全岩 MgO 、 K_2O に対してはほぼ一連の直線的な組成トレンドを形成している。主要元素含有量からは、火山体の層序に対応するような系統的な時間変化は認められない。全岩 K_2O 量の組成トレンドは、これらの岩石が中カリウム系列に属することを示している(第7図)。全岩 Al_2O_3 量は斜長石斑晶の含有量を反映して、北横岳など一部の噴出物でやや高い傾向が見られる。口之島の溶岩にはしばしば直径10 cm以下の暗色の苦鉄質包有物が含まれる。落しの平溶岩ドームから採取した苦鉄質包有物は玄武岩質安山岩組成を示す。また、燃岳溶岩ドームの溶岩には、やや苦鉄質で暗色を呈する部分がより珪長質の明灰色の部分と縞状に混在する試料が見られ、苦鉄質マグマの混合を示唆している。

5. 考察

5.1 口之島火山の活動履歴と特性

大勝火砕流噴出後、口之島火山では少なくとも6個の溶岩ドームが成長している。このうち、北横岳・横岳・南横岳には北東に開く横岳崩壊カルデラが認められる。また前岳溶岩ドームの南東側にも大規模な崩壊地形が認められる。これらの地形的特長から、口之島火山では溶岩ドームの成長と大規模な崩壊が繰り返されたことが推測される。最新の落しの平、燃岳溶岩ドームには顕著な崩壊地形は認められない。これは、これらの溶岩ドームが比較的平坦な地形をしており、また既存の山体に囲まれた鞍部に成長しているためであると考えられる。口之島内には、大勝火砕流よりも上位に赤立テフラなど比較的小規模な降下軽石層が複数認められるが、これらのテフラの存在は、溶岩ドーム噴火に伴い小規模な軽石噴火が発生したことを示している。

大勝火砕流堆積物と赤立テフラとの間にある2枚の顕著なテフラは、その分布や岩相からそれぞれ南横岳、北横岳の溶岩ドームに対応していると推測される。一方、赤立テフラ・牧内テフラを噴出した火山体は見いだされていない。牧内火砕流堆積物は、ウエウラ山の北斜面から口之島集落にかけて分布しており、その層厚は分布域東側の口之島集落では2~3 mで、西側の高



第7図 口之島火山の噴出物の主要元素組成.

Fig. 7 Major element composition of the Kuchinoshima volcano.

第1表 口之島火山の代表的な岩石組成.

Table 1 Representative rock compositions of the Kuchinoshima volcano.

試料No.	050511B	050511D	050514C	050514G	050513C	050513D	050510C	050510J	050511E	050514K	050514N	050513F	050514I	050513G	050513H	050514J
火山体	タナギ山	タナギ山	フリイ岳	ウエウラ山	ウエウラ山	ウエウラ山	セランマ	セランマ	セランマ	セランマ	セランマ	横岳	横岳	南横岳	南横岳	南横岳
SiO ₂	61.32	61.02	59.37	63.91	54.57	55.77	60.99	61.76	63.54	57.75	63.55	61.13	63.97	63.87	63.61	59.93
TiO ₂	0.67	0.60	0.64	0.51	0.78	0.77	0.59	0.56	0.53	0.66	0.56	0.56	0.47	0.49	0.51	0.57
Al ₂ O ₃	16.38	16.91	17.07	15.98	19.26	18.14	16.77	16.51	16.08	16.86	15.99	16.23	16.05	15.85	15.90	16.73
Fe ₂ O ₃	6.36	6.05	7.15	5.62	8.06	7.84	6.54	6.28	5.71	7.82	5.89	6.37	5.10	5.37	5.53	6.74
MnO	0.14	0.13	0.12	0.12	0.17	0.17	0.15	0.13	0.13	0.15	0.12	0.12	0.10	0.12	0.11	0.13
MgO	2.74	2.87	2.93	2.47	3.52	3.42	2.65	2.62	2.36	3.48	2.49	3.04	2.16	2.31	2.46	3.17
CaO	6.26	6.41	6.57	5.49	6.96	5.98	4.90	5.98	5.29	7.27	5.56	6.21	5.38	5.44	5.55	6.69
Na ₂ O	3.58	3.13	3.35	3.39	3.20	3.03	3.37	3.31	3.48	3.07	3.39	3.05	3.38	3.41	3.34	3.23
K ₂ O	1.11	1.22	1.29	1.74	0.35	0.74	1.43	1.57	1.74	1.21	1.71	1.54	1.79	1.78	1.73	1.37
P ₂ O ₅	0.11	0.07	0.08	0.06	0.10	0.10	0.09	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07
SUM	98.66	98.42	98.58	99.29	96.98	95.95	97.48	98.80	98.92	98.34	99.31	98.32	98.47	98.70	98.80	98.64
試料No.	050510B	050513B	050513E	050514F	050514H	050511C	050510G	050513I	050510E	050510EE	050510H	050510I	050514L	050514M	050514O	050514K
火山体	北横岳	北横岳	北横岳	北横岳	北横岳	ヒキスエ	前岳	前岳	落しの平	落しの平	落しの平	燃岳	燃岳	燃岳	燃岳	
SiO ₂	62.60	64.00	63.71	57.83	57.88	59.29	62.09	57.41	62.38	53.28	60.99	61.65	61.99	58.96	58.65	56.45
TiO ₂	0.55	0.51	0.50	0.72	0.60	0.63	0.56	0.68	0.56	0.88	0.56	0.57	0.56	0.64	0.67	0.72
Al ₂ O ₃	16.31	15.70	15.93	18.08	17.99	16.72	16.44	16.85	16.15	17.22	16.53	16.05	16.21	16.69	16.36	16.91
Fe ₂ O ₃	5.75	5.64	5.56	7.44	6.99	7.32	6.23	8.03	6.30	10.72	6.33	6.46	6.30	7.53	7.84	8.68
MnO	0.12	0.12	0.11	0.16	0.14	0.15	0.13	0.16	0.12	0.19	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16
MgO	2.42	2.38	2.32	3.17	3.40	3.23	2.78	3.60	2.65	4.28	2.56	2.94	2.84	3.29	3.45	3.96
CaO	5.03	5.31	5.51	6.07	7.02	6.90	6.18	7.21	5.97	8.72	5.87	5.90	5.84	6.94	6.96	7.86
Na ₂ O	3.34	3.37	3.34	3.29	2.91	3.31	3.27	3.11	3.38	2.84	3.20	3.29	3.32	3.14	3.14	3.02
K ₂ O	1.65	1.77	1.74	0.85	0.99	1.35	1.53	1.18	1.61	0.93	1.52	1.57	1.62	1.32	1.30	1.07
P ₂ O ₅	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09
SUM	97.83	98.85	98.77	97.67	97.98	98.98	99.29	98.31	99.20	99.14	97.75	98.65	98.89	98.74	98.62	98.91

地上にあるウエウラ山の斜面では1 m以下である。このことから、牧内火砕流の主部は現在の口之島集落付近、あるいはより東側の低部を流下し、一部がウエウラ山の北斜面に溢流したと考えられる。牧内火砕流堆

積物が流下した範囲の地形を考慮すると、その噴出源は横岳崩壊カルデラの中、現在の前岳付近に想定される。牧内火砕流堆積物は緻密な岩片からなるブロックアンドアッシュフロー堆積物であり、成長しつつある

溶岩ドームの崩壊によって発生したと考えられる。これらを考慮すると、横岳火山体の崩壊以前に、横岳崩壊カルデラ内に火山体(先前岳火山と仮称する)が成長し、その成長に伴ってブロックアンドアッシュフローを主体とする牧内テフラが噴出したと考えられる。そして横岳崩壊カルデラの形成に伴いこの先前岳火山は完全に崩壊し、その崩壊地内に前岳火山が成長したと考えられる。奥野ほか(2004)は、牧内テフラのブロックアンドアッシュフロー堆積物から7,910±35 BPの年代を報告し、また前岳火山の一部は7.3 kaのK-Ahテフラに覆われていると報告している。この層序関係と年代測定結果に従うと、牧内テフラの噴出から前岳火山の形成までのイベント、すなわち先前岳の成長、横岳崩壊カルデラの形成、前岳溶岩ドームの形成は600年程度の短い期間内に発生したことになる。

5.2 噴出率

小河内カルデラ内に形成された横岳火山以降の火山体はその火山体が比較的良く保存されているため、その体積と噴出年代からおおよその噴出率を見積もることが可能である。口之島火山の噴出物のほとんどは溶岩ドームとそれに付随する火砕流堆積物・崖錐堆積物であり、遠方に飛散したテフラは噴出量のうちごく少量と思われる。また小河内カルデラ内に形成された火山体はいずれも陸上の基盤の上に成長していると考えられるため、海面下に分布する噴出物はそれほど大きくないと考えられる。これらの過程のもとに口之島火山の平均的な噴出率を見積もる。

7.3 kaのK-Ahテフラよりも上位にあると思われる火山体は、落しの平火山体と燃岳火山体である。これら二つの火山体の体積は合計で0.27 km³であり、これよりK-Ahテフラ以降の噴出率は3.7×10⁴ m³/yrとなる。鎌倉崎火山・ヒキスエ火山体はいずれも時代不明であるが、これらの体積は合計でも0.1 km³以下であると考えられ、これらがK-Ahよりも若いとしても噴出率は5×10⁴ m³/yrを超えない。一方、前岳火山は牧内テフラ(ca 7.9 ka)よりも若く、その体積は0.3 km³程度と考えられる。前岳火山を含めて過去7,900年間の噴出率を求めると8.5×10⁴ m³/yrとなる。なおこの値には崩壊により失われた先前岳火山体は含まれないため、実際の噴出率はこれより大きい可能性がある。また大勝火砕流(約40 ka)の噴出後、小河内カルデラ内に成長した横岳・南横岳・北横岳はその東半分が崩壊しているが、残存している山体の西側部分を延長するとおおよそ半径1.5 km、比高600 mの円錐状の山体が復元できる。この体積は約1.4 km³であり、横岳以降の火山体の総体積は約2 km³となる。これらから求められる大勝火砕流より新しい時代の平均噴出率は約8.5×10⁴ m³/yrとなる。この噴出率は日本の火山フロント上の火山の

平均噴出率(10⁵~10⁶ m³/yr, 小野, 1990)よりもかなり小さい。

5.3 最新の噴火活動

燃岳火山の溶岩ドーム山頂部には複数の火口地形が認められ、周辺には投出された岩塊が散在し、小規模な火砕丘を形成している。また溶岩ドーム近傍では、燃岳溶岩ドームの形成に伴うテフラの上位に熱水変質した岩片を主体とするテフラが複数認められる。これらは燃岳溶岩ドームの形成後、燃岳溶岩ドームで小規模な水蒸気噴火が繰り返し発生していたことを示している。これらのテフラには本質物質と思われる新鮮な岩片がほとんど含まれないことから、直接マグマが関与した噴火活動ではなく、地下の熱水系の活動に関与した噴火活動と考えられる。テフラの分布が断片的であることからその噴出量を見積もることは困難であるが、テフラが確認できた地点は燃岳から数100 m以内で、その層厚も10 cm以下であること、火口近傍(火口縁から数10 m)でも火砕丘の高さは2~3 m程度であることを考慮すると、テフラの体積は高々10⁶ m³程度かそれ以下であろう。また燃岳山頂に開口している最大の火口(第2図E, およそ100×50 mで、深さはおよそ50 m以上の円筒形をしている)の体積は約4×10⁵ m³である。噴出物の大半が火口付近からもたらされた岩片からなることを考慮するとテフラの総量は火口の体積とほぼ同程度であると考えられ、この仮定が正しいとすればひとつの火口からもたらされたテフラは10⁶ m³程度かそれ以下と考えられる。

溶岩ドーム山頂部での水蒸気噴火は多くの溶岩ドームで認められる(例えば焼岳火山: 小平, 1932; 及川ほか, 2001)。このような小規模な水蒸気噴火は溶岩ドームの形成後数千年間にわたって繰り返し発生する場合もある。いずれの場合も、噴出物中にマグマの直接的な関与を示すような急冷ガラスなどの本質物質はほとんど認められないことから、このような水蒸気噴火はマグマの上昇活動ではなく、溶岩ドーム及びその火道内での熱水系の発達過程を反映している可能性がある。これらの水蒸気噴火は一般に規模が小さく、噴出量は10⁷ m³以下であることが多い。口之島火山の燃岳は12~13世紀に形成された溶岩ドームであり、弱い噴気活動が現在も継続していることから、将来同様の小規模な水蒸気噴火が発生する可能性がある。燃岳は口之島南部に位置し、集落の中心部からは約4 km離れているため、このような小規模な噴火が口之島集落の主要部に直接大きな影響をあたえる可能性は小さいと思われるが、このような小規模な水蒸気噴火は顕著な前兆現象を伴わずに突発することがあるため、防災上留意する必要がある。

文 献

- 千葉とき子 (1989) 口之島, 中之島, 諏訪瀬島 (吐喝喇列島) の火山岩の岩石化学, 国立科学博物館専報, **22**, 7-19.
- 下司信夫・中野 俊 (2005) 鹿児島県トカラ列島口之島火山の火山地質, 日本火山学会講演予稿2005, 126.
- 小平孝雄 (1932) 焼岳の最近の活動. 火山, 第1集, **4**, 52-64.
- 町田 洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良Tn火山灰の発見とその意義—. 科学, **46**, 339-347.
- 町田 洋・新井房夫 (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰. 第四紀研究, **17**, 143-163.
- 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, 336p.
- 松本哲一・太田 靖・中野 俊・下司信夫・小林哲夫 (2006) トカラ列島火山噴出物のK-Ar年代および¹⁴C年代. 日本火山学会講演予稿集2006, 217.
- 松本徂夫・松本幡郎 (1965) 鹿児島県トカラ列島口之島の火山地質 (講演要旨), 地質学雑誌, **71**, 366-367.
- 中尾武司・古山勝彦 (2003a) 鹿児島県トカラ列島口之島の火山地質とテフラ. 日本第四紀学会講演要旨集, **33**, 106-107.
- 中尾武司・古山勝彦 (2003b) 鹿児島県トカラ列島口之島の火山地質と火山発達史. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集G017-P006.
- 中尾武司・古山勝彦 (2005) 鹿児島県トカラ列島, 口之島火山の地質と岩石化学. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集G017-P010.
- 西村智博 (1995) トカラ列島口之島火山の地形発達史, 金沢大学文学部地理学報告, **7**, 75.
- 西村智博・奥野 充・守屋以智雄 (1993) トカラ列島口之島火山の噴火史. 日本地理学会予稿集, **43**, 56-57.
- 及川輝樹・奥野 充・中村俊夫 (2002) 北アルプス南部・焼岳火山の最近約3000年間の噴火史. 地質学雑誌, **108**, 88-102.
- 奥野 充・中村良司・西村智博・守屋以智雄・中村俊夫・小林哲夫 (2004) トカラ列島, 口之島火山の噴火史. 日本火山学会講演予稿集2004, 46-46.
- 小野晃司 (1990) 火山噴火の長期的予測. 火山, **34**, S201 - 214.
- 宇井忠英 (1973) 幸屋火砕流—極めて薄く拡がり堆積した火砕流の発見. 火山, **18**, 153-168.

(受付: 2007年2月20日; 受理: 2007年6月21日)