

## 神津島高処山火山の形成時期

菅 香世子\*・宮崎 裕子\*\*・千木良雅弘\*\*\*・遠藤 邦彦\*\*\*\*・村上 寛史\*\*\*\*\*

(2002年4月9日受付, 2003年10月20日受理)

## Age of Takodoyama Volcano, Kozushima, Izu Islands

Kayoko SUGA\*, Yuko MIYAZAKI\*\*, Masahiro CHIGIRA\*\*\*,  
Kunihiko ENDO\*\*\*\* and Hiroshi MURAKAMI\*\*\*\*\*

Kozushima is located on the Zenisu Ridge which is one of across-arc NE-SW oriented echelon ridges in Northern Izu Arc. The island consists of rhyolitic lava domes, thick lava flows and pyroclastic materials. The eruptive history of the island is not well known.

Takodoyama Volcano is mainly composed of lava dome and is arranged on NW-SE line with Osawa Volcano and Matsuyamahana Volcano. Previous studies showed that these three volcanoes have been formed by the same eruption of 22,000-19,000 yrs BP (about 26-22 cal ka BP) and have deposited Chichibuyama pyroclastic surge deposit A (Cb-A) on Membo Volcano in southern Kozushima. However, this latter clarifies that the pyroclastic flow and surge deposits which appear to form the pyroclastic cone of the Takodoyama Volcano are overlain by AT ash (25,000 yrs BP; about 29 cal ka BP) and are correlated with Chichibuyama pyroclastic surge deposit B (Cb-B) on Membo Volcano. Chemical compositions of the pumice lapilli and essential block in the pyroclastic deposits are the same as those of rhyolitic lavas from Takodoyama Volcano. These data show the pyroclastic deposits and Cb-B on Membo Volcano are derived from Takodoyama Volcano, and Takodoyama Volcano was formed before the deposition of AT ash and is older than Osawa Volcano and Matsuyamahana Volcano.

**Key words:** Kozushima, AT ash, pyroclastic deposit, rhyolite

## 1. はじめに

神津島、新島は、伊豆弧背弧の銭洲海嶺上に生じた流紋岩の火山島であり、どちらも属島を含めて十数個の流紋岩（新島は一部玄武岩）単成火山からなる。神津島、新島および式根島は、2000年三宅島噴火活動と連動して、マグニチュード6級の地震5回を含む激しい地震活動と顕著な地殻変動に見舞われ、一時は噴火が懸念されたにもかかわらず、その噴火史はあまりよくわかってい

ない。

神津島は溶岩ドームおよび厚い溶岩流で構成され、島内には火砕堆積物が厚く堆積している。しかし、溶岩ドームの多くが孤立し、地形的被覆関係が不明であること、溶岩ドーム形成に伴って放出された火砕堆積物の大半が、肉眼的、組成的に類似した黒雲母流紋岩質で、野外および顕微鏡下での識別が困難であることから、正確な単成火山の形成順序がわからない（一色、1982）ので

\* 〒105-0022 東京都港区海岸 2-7-104  
東京都東京港管理事務所  
Tokyo Port Management Office, Tokyo Metropolitan Government, 2-7-104 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, Japan.

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄  
京都大学大学院理学研究科  
Graduate School of Science, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, Japan.  
現所属: 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-6-6  
(株)アイヴィス  
Present address: Ivis, co., 3-6-6 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan.

\*\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄

京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, Japan.

\*\*\*\* 〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40  
日本大学文理学部  
College of Humanities and Science, Nihon University, 3-25-40 Sakurajousui, Setagaya-ku, Tokyo 156-8550, Japan.

\*\*\*\*\* 〒305-0006 つくば市天王台 3-1  
防災科学技術研究所  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 3-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-0006, Japan.

Corresponding author: Kayoko Suga

ある。

一方、神津島では谷口 (1980) が水和層法、福岡・磯 (1980) がフィッション・トラック法、吉田 (1991) が「レスクロノメトリ」、横山・他 (2003) が ESR 法によって、噴火史の解明を目的とした年代測定を行っている。しかし、得られた測定値の精度を層序から検証できないため、特定の単成火山の年代が報告によって異なる場合は、年代値の信頼性を評価できない。また、神津島で  $^{14}\text{C}$  年代が報告されているのは、天上山火山 (一色・他, 1965; 富樫, 1984) および秩父山火砕サージ堆積物 A (一色, 1989) の 2 例のみである。

このたび、神津島高処山火山の火砕堆積物が、 $^{14}\text{C}$  年代で  $24,720 \pm 290$  yrs BP (松本・他, 1987)、較正暦年代で約 29 cal ka BP (奥野, 2002) の始良 Tn 火山灰 (AT) に覆われることが判明した。記載岩石学的、火山灰層位学的手法が噴出物対比の決め手とならない神津島で広域火山灰が検出されたことは、年代値を検証し、噴火史を解明するために有効と考えられるので、以下に報告する。

## 2. 神津島の地質概略

神津島、新島周辺は、本来的には背弧リフト帯でありながら、伊豆衝突帯の影響を強く受けているという、複雑なテクトニクスのもとに置かれている (森田・他, 2000)。神津島を構成する単成火山は、北西-南東に配列

する傾向があり (谷口, 1977)、周辺海域にも北西-南東に配列した小海丘や、同じ方向に伸びた多数の断層が存在する (森田・他, 2000)。この方向は、北部伊豆弧の最大水平圧縮応力軸の方位と一致する。

神津島で得られている最も古い年代は、Kaneoka *et al.* (1970) が黒曜石から得た  $< 0.08$  Ma という K-Ar 年代である。この年代以降、神津島では 1 千~数千年に 1 回の頻度で単成火山が生成されてきたと推定される。

9 世紀の噴火で生成した神津島天上山火山および新島向山火山は、火砕流・火砕サージ堆積物、火砕丘、溶岩の地形を残し、その形成過程と噴火の推移が研究されている (横山・徳永, 1978; 一色, 1982; 伊藤, 1993)。これらの研究成果から、神津島、新島では 1 輪廻の噴火活動でマグマ水蒸気爆発に伴う火砕流・火砕サージ堆積物、火砕丘、溶岩ドーム (または厚い溶岩流) が産出され、その後硬い溶岩が残り、脆い火砕丘は海食で失われると考えられている (東京都, 1990)。神津島では比較的初期の噴火活動で厚い溶岩流が流出し、後にそれらを土台として単成火山が生成したため、後者には海食を免れた火砕丘の一部を残すものが多い。

## 3. 神津島南部の地質と層序

神津島南部の面房火山は、海面上の高さが 100~200 m の紫蘇輝石流紋岩溶岩 (一色, 1982) からなる。面房

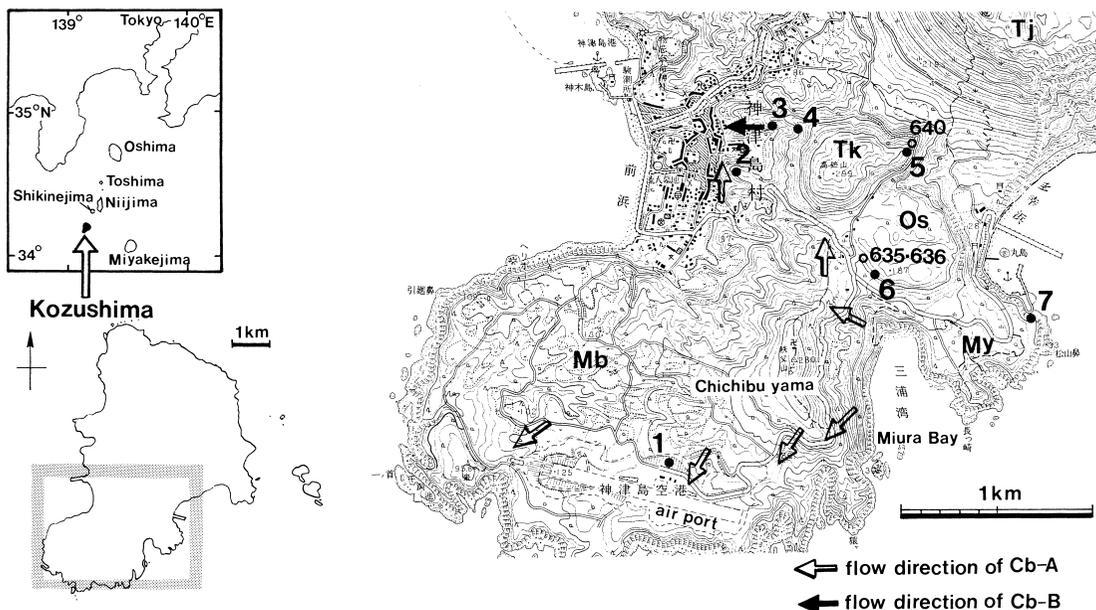


Fig. 1. Localities of outcrops and sampling points, and flow direction of pyroclastic deposits. 1: 25,000 topographic map “Kozushima” published by the Geographical Survey Institute, Japan is used. Tk: Takodoyama Volcano, Os: Osawa V., My: Matsuyamahana V., Mb: Membo V., Tj: Tenjosan V., Cb-A: Chichibuyama pyroclastic surge deposit A, Cb-B: Chichibuyama pyroclastic surge deposit B

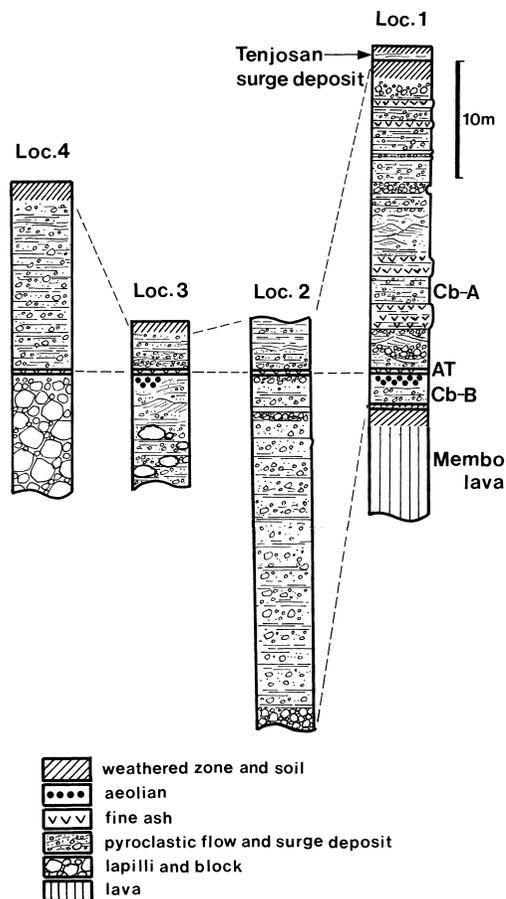


Fig. 2. Columnar sections of outcrops. AT: Aira-Tn ash (25,000 yrs BP), Cb-A and Cb-B are explained in Fig. 1.

火山の年代は約 54 ka (谷口, 1980), 約 40 ka (吉田, 1991), 29.2 ka および 30.8 ka (横山・他, 2003) と、報告によって異なる。面房火山の北東には、黒雲母流紋岩質の高処山、大沢、松山鼻火山の溶岩ドームが北西-南東方向に配列する (一色, 1982) (Fig. 1)。菅・他 (1992) は、1988~1991 年の神津島空港建設工事で出現した露頭の調査によって、秩父山火砕堆積岩 (谷口, 1977)、秩父山火砕堆積物 (一色, 1982) と総称されていた未区分火砕堆積物のうち、面房火山上に分布するものについてその層序を明らかにした。神津島南部の層序は下位から順に、面房溶岩、顕著な黒色土壌、降下火山灰層、土壌、秩父山火砕サージ堆積物 B (Cb-B)、風成砂、AT、土壌、秩父山火砕サージ堆積物 A (Cb-A)、風成砂、黒色土壌 (黒ボク)、天上山火砕サージ堆積物である (Fig. 1 および Fig. 2 の Loc. 1)。

このうち Cb-B は、淡褐色を帯びた発泡の悪い灰白色

火山灰および岩片からなる、成層構造が発達した火砕サージ堆積物で、一部で弱溶結した谷埋型の火砕流堆積物と降下軽石を伴う。Cb-B の層厚は 0~3 m で、上部に厚さ 0~数十 cm の風成砂が堆積し、その上を AT が覆う。AT 上部の軽微な土壌を覆う Cb-A は、発泡の悪い灰白色粗粒火山灰および岩片、淡褐色細粒火山灰からなる成層構造が発達した火砕サージ堆積物で、下部に白色本質岩片を主体とし、大量の炭化木を含む火砕流堆積物を伴う。Cb-A の層厚は 30~50 m で、堆積構造は空港北東方が給源であることを示す。Cb-B、Cb-A の本質物は、どちらも斑晶鉱物として 0.2~1 mm 大 (最大 5 mm) の黒雲母、0.2~1 mm 大の石英、斜長石を含む。

Cb-A に含まれる炭化木の  $^{14}\text{C}$  年代として、19,140 ± 200 yrs BP (一色, 1989), 21,860 + 660, -610 yrs BP, 20,830 + 580, -540 yrs BP (日本工営(株)未公表資料, 東北大学 TH-1550, 1551), 21,020 ± 410 yrs BP (印牧・他, 2000, Gak-16454) が得られている。これらの報告では暦年較正が行われていないが、INTCAL98 (Stuiver *et al.*, 1998) の較正グラフから概算すると、これら  $^{14}\text{C}$  年代の較正暦年代は 26~22 cal ka BP に相当する。菅・他 (1992) は、Cb-A の噴出源を高処山・大沢・松山鼻の 3 火山であると推定したが、Cb-B の噴出源は不明であった。

#### 4. 高処山火山溶岩および同火山西麓の火砕堆積物

高処山火山 (標高 299 m) は溶岩岩尖に近い形状の溶岩ドームである。高処山東部の村道沿いに、(1) 青灰色ガラス質部の流理をもつ灰白色石質流紋岩、(2) 暗青灰色無斑晶質黒曜岩、(3) 石質部、黒曜岩、軽石質部からなる複雑な流理が発達した流紋岩、が露出し、黒曜岩にはしばしば数 mm 大のスフェルライトが含まれる。

独立行政法人防災科学技術研究所は、高処山東部の溶岩ドーム内 (Fig. 1, Loc. 5) に、神津島広帯域地震観測施設を建設した。延長 38 m の本施設の坑道では、1 m 以下の頻度で開口したクラックが発達し、クラック沿いに変色部をもつ灰白色流紋岩が観察された (防災科学技術研究所, 2002)。坑道内で採取した流紋岩の薄片観察では、斑晶鉱物として 0.2~1 mm (最大 2 mm) 大の石英、斜長石、0.2~1 mm (最大 5 mm) 大の黒雲母が認められ、石基は淡褐色のリムと放射状割れ目をもつ、0.3~1 mm 大のスフェルライトで充填される。

高処山の北部および西部は、急傾斜の溶岩ドームとは対照的な約 13 度の緩傾斜の山麓に移行する。この山麓は、火砕物の堆積面を反映した直線的なスカイラインを示し、ガリ侵食を受け、標高 150~200 m の高さで高処山火山の溶岩ドームを取り巻く (Fig. 3a) などの特徴か

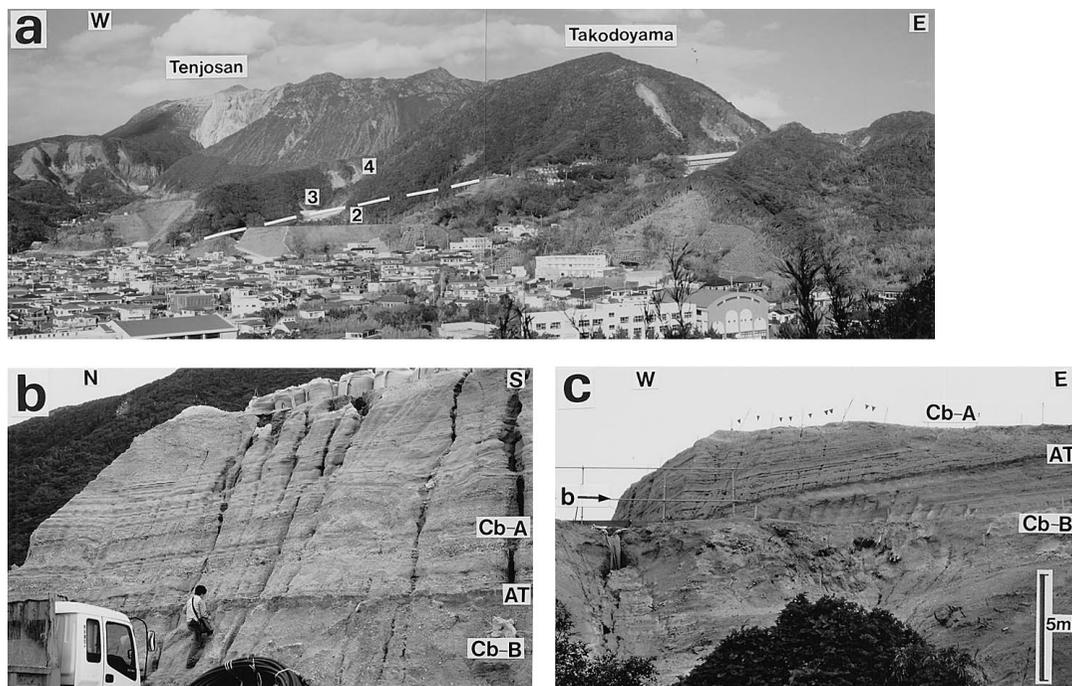


Fig. 3. (a): A view of Takodoyama Volcano. A part of natural slope of Takodoyama (broken line) was cut away for landslide defensive works, and Loc. 2 disappeared. (b) and (c): Pyroclastic flow and surge deposit in Loc. 2. Names of pyroclastic deposits are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

ら、同火山の火砕丘である可能性が指摘できる。

2000年群発地震によって、神津島島内の各所で崖崩れが生じた。高処山西麓と種地区の災害復旧工事現場 (Fig. 1, Loc. 2, 3) では、この火砕丘の可能性のある地形の断面が出現し、下位から順に、黒雲母流紋岩質火砕流・火砕サージ堆積物、風成砂、厚さ20 cmの桃色を帯びた淡褐色降下火山灰層、軽微な土壌、黒雲母流紋岩質火砕サージ堆積物が観察された (Fig. 3b, c)。帯桃色淡褐色降下火山灰は、屈折率1.499~1.501 (日本大学高橋寛徳測定) を示すパブルウォール型火山ガラスからなり、ATと同定される。ATの最上部2 cmは土壌化している。ATの下位および上位の黒雲母流紋岩質火砕堆積物は、ATとの層序関係から、面房火山上で記載されたCb-BおよびCb-Aにそれぞれ対比される (Fig. 2)。以下はと種地区で観察されたCb-BおよびCb-Aについて記載する。

#### 4-1 Cb-B

1枚のフローユニットの厚さが数十cm~1 mの、淡褐色を帯びた灰白色の火砕流および火砕サージ堆積物からなる。これらの間に時間間隙を示す風化帯や土壌は挟まれない。Loc. 2での総層厚は30 m以上 (下限不明) で、地形面と平行に高処山に向かって厚くなる。最上部には

10 cm~2 mの厚さで風成砂が再堆積し、その上を土壌を挟むことなくATが覆う。Loc. 2ではATの下約30 mに、厚さ1.5 m以上 (下限不明) の、灰白色流紋岩角礫からなるクラストサポートのフローユニットが見られた。Loc. 3では東から西への流れを示すデューン構造が観察され、火砕流・火砕サージ堆積物中に、冷却割れ目をもつ1~2 m大の本質黒雲母流紋岩塊が多数含まれる。Loc. 4の崩壊壁では、数十cm~2 m大の流紋岩塊を主体とするルーズな角礫層を直接ATが覆う。

本質岩片は黄白色を呈し、数mm~2 cm (最大10 cm) 大で面房火山のものより粗い。本質岩片の薄片観察では斑晶鉱物として0.2~1 mm (最大2 mm) 大の石英、斜長石、0.2~1 mm (最大5 mm) 大の黒雲母が認められ、石基は清澄なガラスで細かい繊維状発泡を生じている。基質に含まれる火山ガラスには球形気泡を生じた軽石型と、破断面に囲まれた厚みのあるものがあり、石英、斜長石の単結晶には発泡した本質物が付着していることがある。

#### 4-2 Cb-A

単層の厚さが数cm~数十cmの灰白色の火砕サージ堆積物からなる。全体の層厚はLoc. 2で4 m以上 (工事による除去で上限不明)、loc. 4では十数mで、AT上部

Table 1. Chemical compositions of the pumice lapilli and essential block from Cb-B, and rhyolitic lavas from Takodoyama, Osawa and Matsuyamahana Volcanoes. Localities of samples are shown in Fig. 1. Takodoyama rhyolite (Loc. 5) was obtained in the seismograph tunnel of National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

Sample name	Cb-B		Takodoyama lava		Osawa lava			Matsuyama-hana lava	measurement error
	pumice lapilli	block	Loc.5	640*	Loc.6	635*	636*	Loc.7	
Locality (wt.%)	Loc.3	Loc.3	Loc.5	640*	Loc.6	635*	636*	Loc.7	Loc.3,5,6,7
SiO <sub>2</sub>	75.17	75.57	77.67	76.46	77.25	74.43	73.69	76.87	0.39
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.16	0.17	0.17	0.12	0.12	0.12	0.11	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.49	12.74	12.73	12.38	12.92	12.28	12.42	12.87	0.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.06	1.02	1.11	1.18	0.84	0.95	0.97	0.79	0.07
MnO	0.063	0.064	0.063	0.060	0.063	0.060	0.070	0.063	0.002
MgO	0.18	0.20	0.18	0.20	0.10	0.13	0.14	0.13	0.06
CaO	0.93	0.94	0.98	0.93	0.75	0.75	0.75	0.73	0.02
Na <sub>2</sub> O	4.13	4.25	4.32	4.20	4.33	4.15	4.18	4.46	0.02
K <sub>2</sub> O	3.17	3.19	3.16	3.05	3.55	3.54	3.44	3.53	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.020	0.026	0.029	0.02	0.020	0.03	0.02	0.019	0.005
TOTAL	97.37	98.15	100.40	98.65	99.94	96.44	95.80	99.58	-
(ppm)									
Rb	66.7	67.0	63.6		73.0			73.7	1.2
Sr	74.8	76.8	78.7		58.9			57.4	3.9
Y	25.9	25.8	25.5		27.5			27.6	6.7
Zr	85.2	87.5	94.1		72.0			69.2	16.8

\* 荒牧・他(1992)

の軽微な土壌を覆う。Loc. 2では、南北の流向を示すチャンネル構造および南方からの飛来を示すインパクト構造が観察された。この流向は、面房火山におけるCb-Aの流向と矛盾しない(Fig. 1)。本質岩片は新鮮な白色を呈し、面房火山上のものより細粒で、肉眼的にCb-Bより発泡が悪い。薄片観察における本質岩片の特徴はCb-Bとほとんど同じであるが、斑晶斜長石にクラックが発達し、破損した結晶片が含まれる点がCb-Bと異なる。基質の火山ガラスには軽石型、破断面に囲まれた厚みがあるもの、扁平な板状のものがある。

5. 噴出物の化学組成

高処山、大沢、松山鼻火山の流紋岩は記載岩石学的特徴が類似している(一色, 1982)。そこでこれら3火山の溶岩およびCb-Bに含まれる本質岩片の化学組成の分析を行った。分析は(株)パレオ・ラボに委託し、フィリップス社(現パナリティカル社)製の波長分散型蛍光X線分析装置MagiX(PW2424型)を使用して、検量線法による定量分析を行った。分析結果をTable 1に示す。

高処山、大沢、松山鼻火山の流紋岩は、組成的に似通っている。しかし、高処山火山の流紋岩は、大沢・松山鼻火山の流紋岩と比較して、主要成分元素において、わずかにFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaOおよびTiO<sub>2</sub>に富み、K<sub>2</sub>Oに乏しく、微量元素においてSrに富み、Rbに乏しい。この差は測定誤差を考慮しても認められること、主成分については同様の組成差が荒牧・他(1992)の分析結果におい

ても認められることから、有意と考えられる。Cb-B中の本質岩片の組成は高処山火山の流紋岩の組成と一致する。

6. 考察

6-1 Cb-BおよびCb-Aの噴出源

菅・他(1992)が、22~19 ka BP(約26~22 cal ka BP)のCb-Aの給源を高処山・大沢・松山鼻3火山と推定した根拠は、流向との整合性、大沢、松山鼻火山上でCb-Aが確認されなかったことのほか、これら3火山が比較的短期間に形成され、秩父山の円弧状の山稜は、3火山の溶岩流出に先立って形成された火砕丘の火口である(一色, 1982)と考えられていたことによる。一方、標高100~200 mの面房火山上に火砕サージを到達させたCb-Bの給源火山は、面房火山上に位置するかまたは面房火山と近接していなければならない。この条件を満たす黒雲母流紋岩質単成火山は、9世紀に形成された天上山火山を除くと、高処山、大沢、松山鼻火山のみである。しかし、これら3火山が同時生成し、Cb-Aを供給したと考えたために、Cb-Bの給源が見当たらないというパラドックスが生じていた。

本論において、Cb-Bは高処山西麓での層厚が30 mを超え、高処山に向かって層厚と表面高度を増し、堆積物の供給方向が高処山中心部の方向であることが明らかになった。蛍光X線分析の結果は、Cb-Bに含まれる本質岩片が高処山火山の溶岩と同一のマグマに由来すること

を示す。Cb-Bは高処山火山の噴出物であり、同火山直近では火砕丘を形成し、面房火山上の火砕サージ堆積物はその遠方相と解釈できる。Loc. 4のルーズな角礫層は同火山のクランブル角礫であろう。高処山西麓で観察されたCb-Aは、南方からもたらされ、Cb-Bと比較して層厚が薄いことから、単に高処山火山の火砕丘を覆っているだけと考えられる。冷却割れ目を持つ本質溶岩塊を含むこと、火砕流・火砕サージ堆積物がクランブル角礫と同時異相にあることは、Cb-Bの一部が溶岩ドームの成長と並行して発生した火砕流・火砕サージの堆積物である可能性を示す。高処山火山の成長は、火砕丘形成→溶岩ドーム成長→溶岩ドームが火砕丘の火口高度を超える→ドーム崩壊型の火砕流・火砕サージの発生、という経緯をたどったと推定される。火山ガラスの多様な発泡形態から、高処山火山の形成過程では、さまざまな程度でマグマと水との接触が起こったことが示唆される。

以上のことから、菅・他(1992)の報告は修正される。高処山火山は大沢、松山鼻火山とは別に、25 ka BP(約29 cal ka BP)のATが降下堆積する少し前に形成された。一方、大沢、松山鼻火山の溶岩がほぼ同一の化学組成をもつことから、これら2火山は、22~19 ka BP(約26~22 cal ka BP)にCb-Aを噴出した一連の噴火活動で形成されたと推定される。高処山南東部の円弧状の急崖と三浦湾は、ともにこの噴火で形成された火口であり、浅海域でのマグマ水蒸気爆発によってCb-Aが噴出した後、2火山の溶岩ドームが成長したと考えられる。

## 6-2 年代値の検証

高処山火山の年代として、横山・他(2003)はESR法で31.6 ka、谷口(1980)は水和層法で約29 kaを報告している。これらの年代値は高処山火山がATよりやや古いという層序と整合的である。大沢火山の年代は、横山・他(2003)のESR年代が27.9 kaおよび25.8 ka、谷口(1980)の水和層年代が約40 kaである。大沢火山のESR年代は層序と矛盾しないが、水和層年代は層序と大きく矛盾する。Cb-Aについては、横山・他(2003)のESR年代が26.4 ka、印牧・他(2000)の石英粒子を使用したsingle grain法による熱ルミネッセンス(TL)年代が26~30 ka(ピークは28~29 ka)である。Cb-AのESR年代は<sup>14</sup>C年代の較正暦年代とほぼ一致し、TL年代はやや古い。ATの上位という層序からは容認できる範囲にある。一方、松山鼻火山の年代は、谷口(1980)が約40 ka、横山・他(2003)が28.6 kaおよび29.8 kaで、いずれも本論の推定と異なる。横山・他(2003)は、層序的にも松山鼻火山は大沢火山より古いとしており、松山鼻火山の形成時期についてはさらに検討の必要がある。

## 7. ま と め

面房火山上で記載され、ATに覆われる秩父山火砕サージ堆積物Bは、高処山火山の噴出物であり、近接相の火砕流・火砕サージ堆積物は、同火山の火砕丘を構成すると考えられる。すなわち、高処山火山の形成時期は、25 ka BP(約29 cal ka BP)の少し前である。高処山火山のマグマの組成は、隣接する大沢、松山鼻火山のマグマの組成とわずかに異なる。大沢、松山鼻火山は、22~19 ka BPにほぼ同一組成のマグマの活動で同時形成され、秩父山火砕サージ堆積物Aを噴出したと推定されるが、松山鼻火山の形成時期には検討の余地がある。

## 謝 辞

東京都大島支庁神津島出張所、神津島村役場には現地調査でお世話になった。日本工営(株)は年代資料を提供して下さった。(株)パレオ・ラボの藤根 久氏と小村美代子氏には化学分析で、今村美智子氏には薄片作成でお世話になった。防災科学技術研究所鶴川元雄氏は試料提供などで便宜を図って下さり、五洋建設(株)の川本晃氏には本研究にご協力いただいた。東京大学横山 正氏との議論は有意義であった。都立大学鈴木毅彦助教授、匿名査読者および編集委員 雅雄博士の意見は本論の改善に役立った。なお、本研究には平成14年度日本大学文理学部ハイテクリサーチセンター事業費を使用した。

## 引用文献

- 荒牧重雄・大島章一・小野晃司・須藤 茂・伊藤順一(1992) 神津島火山の岩石。「伊豆諸島における火山噴火の特質及び火山防災に関する調査研究資料集(地学編)」, 東京都, 373 p.
- 防災科学技術研究所(2002)「神津島」広帯域地震観測施設建設工事報告書。
- 福岡 久・磯 望(1980) 神津島産黒曜石のフィッシュン・トラック年代(演旨)。火山, 25, 307-308.
- 一色直記(1982) 神津島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 85 p.
- 一色直記(1989) 神津島で見られる秩父山火砕サージ堆積物の<sup>14</sup>C年代とその意義(演旨)。火山, 34, 324.
- 一色直記・小野晃司・平山次郎・太田良平(1965) 放射性炭素<sup>14</sup>Cによる年代測定。地質ニュース, no. 133, 20-27.
- 伊藤順一(1993) 新島向山火山西暦886年噴火—古文書記録との対比—。文部省科学研究費自然災害特別研究, 計画研究「火山災害の規模と特性」(代表者 荒牧重雄), 125-134.
- Kaneoka, I., Isshiki, N. and Zashu, S. (1970) K-Ar Ages of the Izu-Bonin Islands. *Geochem. J.*, 4, 53-60.
- 印牧もとこ・山縣理恵・遠藤邦彦(2000) Single Grain法による火山噴出物のTL年代測定。地球, 22, 681-686.

- 松本英二・前田保夫・竹村恵二・西田史朗 (1987) 始良 Tn 火山灰 (AT) の  $^{14}\text{C}$  年代. 第四紀研究, **26**, 79-83.
- 森田澄人・青池 寛・徳山英一・平 朝彦 (2000) 伊豆・小笠原弧北端部一複合テクトニクス領域と火山及び地震活動一. 地球, **22**, 813-821.
- 奥野 充 (2002) 南九州に分布する最近約 3 万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, **41**, 225-236.
- 菅香世子・小林勝己・印牧もとこ・宮原智也・遠藤邦彦 (1992) 神津島南部の火砕堆積物. 火山, **37**, 71-83.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, F. G., v. d. Plicht, J. and Spurk, M. (1998): INTCAL98 radiocarbon age Calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon*, **40**, 1041-1083.
- 谷口宏充 (1977) 神津島の火山地質. 火山, **22**, 133-147.
- 谷口宏充 (1980) 神津島流紋岩のガラス質石基に見られる水和層とその火山地質学的意義. 火山, **25**, 217-229.
- 富樫茂子 (1984) 神津島天上山火山噴出物中の炭化木の  $^{14}\text{C}$  年代. 火山, **29**, 277-283.
- 東京都防災会議 (1990) 伊豆諸島における火山噴火の特質等に関する調査・研究報告書 (神津島編). 東京都総務局災害対策部, 63 p.
- 横山勝三・徳永 徹 (1978) 伊豆新島向山火山のベースサージ堆積物. 火山, **23**, 249-262.
- 横山 正・島田愛子・梅村崇志・豊田 新 (2003) 神津島流紋岩の ESR 年代測定. 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会予稿集, Q042-P003.
- 吉田 浩 (1991) 神津島単成火山群の噴火史. 地球惑星科学関連学会合同大会日本火山学界固有セッション講演予稿集, 28.

(編集担当 伴 雅雄)