日本海東縁久六島の鮮新世アルカリ玄武岩

Pliocene alkali basalt from Kyuroku-shima
Island, northeast of Japan Sea

福 留 高 明 (Taka'aki Fukudome)*
吉 田 武 義 (Takeyoshi Yoshida)**
長 尾 敬 介 (Keisuke Nagao)***
板 谷 徹 丸 (Tetsumaru Itaya)****
田 上 誠 二 (Seiji Tanoue)*

We obtained a K-Ar age of 3.32 Ma (Pliocene epoch) for an alkali basalt sample from Kyuroku-shima Island in the northeast margin of Japan Sea. The sample is normally magnetized and probably correlates to the Gauss normal epoch. The N-type MORB-normalized incompatible element pattern and the K_2O/TiO_2 ratio indicate that the alkali basalt has a character of typical island arc. The petrography and chemistry of the alkali basalt is similar to those of basalts from present Chokai Volcanic Zone, especially those from Oshima-Oshima volcano. A regional study of Pliocene volcanoes by Shuto (1989) and ours revealed an existence of the lateral variation back then at least within our study area.

I. はじめに

日本海東縁の大陸棚～大陸棚斜面には、北から南へかけて大小の島々が点在するが、青森県鮎作岬の沖合い約 30 km (139°30'04"E, 40°31'54"E) に浮ぶ久六島もそのひとつである (Fig. 1)。久六島とは、長さ 50 m 余、最大幅約 13 m の、北西～南東方向に細長く伸びた形を示す主島 (狭義の久六島、または上の島とも言う) と、そこから東北東へ約 150 m 隔たった所に散在するいくつか (大きいものは 3 つ) の岩礁群の総称である。主島の高さはわずか数 m で、最高点でも約 5 m にすぎない。また、その周囲約 1～2 km は海堆状の浅瀬となっている。

久六島は小島ではあるが、江戸時代の頃より海運史上その名をよく知られていた島であり、この地域のネオ・テクトニクスを知る上で貴重な史料を提供してい

る (山科, 1984)。また、先の 1983 年日本海中部地震では地震による地殻変動量を計測する際の貴重な地点となった (福留ら, 1984; 山科ら, 1985)。さらに、この地震の翌年には、久六島の西方約 1.5 km および 2 km の海底において、活動的な熱水現象が起きていることが発見されている (福留・山科, 1985)。

久六島およびその周辺海底の地質については、Niino (1939) や盛谷 (1968) の報告がある。久六島を構成する岩石はこれまで輝石安山岩ないしデイサイト質の火山碎屑岩類であるとされていた (盛谷, 1968) が、今回、島部を構成する溶岩がアルカリ玄武岩からなることを確認した。さらに、中期中新世と推定されていたそれら火山岩の噴山年代が、K-Ar 年代測定の結果、鮮新世後期であることも明らかとなった。これまで日本海東縁において鮮新世のアルカリ玄武岩の存在が確認された例はなく、今回の結果はこの時代の火山岩

* 秋田大学鉱山学部附属資源地学研究施設
〒010 秋田市手形学園町 1 の 1

** 東北大学教養部地学科
〒980 仙台市青葉区川内

*** 岡山大学地球内部研究センター
〒682-02 鳥取県東伯郡三朝町山田 827

**** 岡山理科大学蒜山研究所分室
〒700 岡山市理大町 1-1

(平成元年 8 月 17 日受付
平成元年 10 月 20 日受理)

石区を復元する上で重要であると考え、ここに報告する。

II. 久六島アルカリ玄武岩の産状および鏡下の特徴

久六島は北海道渡島半島沖から続く奥尻海嶺の南端部に位置し、この南北に延びる隆起帯の一部とみなされる。久六島主島を構成する岩石はすべて火山岩（溶岩および火山砕屑岩類）であり（Fig. 1）、そのうちの細粒凝灰岩薄層（厚さ約 30 cm）の部分に発達する層理面の走向は島の伸びの方向（N60°W）と少し斜交する N84°W で、北へ 36° 傾斜している。この走向方向は、日本海東縁～東北日本弧背弧側の一般的構造方向である奥尻海嶺の伸張方向や、いわゆる油田褶曲方向とも斜交しているが、岩層の露出範囲が非常に限られているためにその地質構造上の意義を論ずることは難しい。

Niino (1939) は、細粒凝灰岩中から海棲珪藻“化石” *Arachodiscus* sp. の産出を報告した。ただし、このグループの珪藻は中新世以降～現世まで生存しており、その存在から時代を特定することは困難である。また、この珪藻は現生種としても産出することから、化石ではなく現在の海水からの混入の疑いもあり得るので、久六島の火山岩類が海底噴出物であるとする証拠ともならない。

火山岩類のうち、Fig. 1 で溶岩とした部分は、通常ブ

ロック化し自破砕状を呈している。肉眼的には黒色の緻密な岩石で、非常に新鮮な感じを与える。この岩石は、Niino (1939) により“含かんらん石普通輝石安山岩の集塊岩”として、また盛谷(1968)により同じく“かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩の集塊岩”として記載されてきた。しかし、まず産状について言えば、マトリックス部がブロック部と同質の岩石碎片からなること、異なるブロック間でも熱残留磁化 (TRM) 方位が一定であること、したがってブロック化が起こったのはキュリー点以上の高温下 (600℃ 以上) であること (IV 節参照) などから、この岩石は“集塊岩”ではなく溶岩流の一部であると判断される。しかも、これらの事実に加えて、水冷を示唆する枕状構造や急冷相が認められないことから、水中溶岩ではなく陸上溶岩（塊状溶岩）である可能性の方が大きい。また、岩質については、後に述べるように、“安山岩”ではなくより苦鉄質な玄武岩であり、しかもアルカリ岩系列に属するものである。

このアルカリ玄武岩の鏡下での特徴は次の通りである。斑晶鉱物は、斜長石 (0.2～1 mm 大)・単斜輝石 (0.1～0.3 mm 大)・かんらん石 (0.1～0.2 mm 大) および微量の鉄鉱 (約 0.1 mm 大) である。また、流状配列する斜長石微斑晶 (約 0.1 mm 大) が認められる。石基はやや結晶度が高く、ネットワーク状に組み合った短冊状斜長石の間を粒状～短柱状の単斜輝石、粒状の鉄鉱や

Fig. 1. Location and geological sketch maps of Kyuroku-shima Island.

褐色のガラスが埋める填間状組織を呈する。まれに、2次鉱物としてごくわずかの炭酸塩鉱物が認められることがあるが、一般にはほとんど変質は蒙っていない。

アルカリ玄武岩のすぐ下位にくる火山碎屑岩類は、細粒凝灰岩(上述)や凝灰角礫岩などからなるが、それらは普通角閃石・黒雲母・普通輝石・斜長石斑晶を有する安山岩質の岩石である(Niino, 1939)。一方、久六島の周囲1~2 kmは平均水深約20 mの海堆状の浅瀬となっているが、原地性の転石によって広く覆われている。今回の調査で久六島の西方約1.5 kmの海底から採取した転石(径20~30 cm大の亜角礫)は、普通輝石含有角閃石安山岩ないし普通輝石含有黒雲母角閃石安山岩であった。斑晶をなす鉱物は、斜長石・普通角閃石・黒雲母および若干の普通輝石で、石英はまったく認められない。これらの安山岩類の噴出年代については、それを指示する直接的な証拠はない。しかし、これらの安山岩類の主成分鉱物の構成が、久六島主島のアルカリ玄武岩に随伴する安山岩質岩石のそれと共通していることからみて、久六島火山岩類と同起源の噴出物である可能性が高い。久六島周辺でのドレッジ調査を行なったNiino (1939)によると、これらの安山岩礫に類した岩石のほかには多くの軽石(pumice)礫も産する。

III. 久六島アルカリ玄武岩の全岩化学組成

Table 1に久六島で採取した溶岩の全岩化学組成を、これまでに報告されている東北本州弧第四紀の渡島大島・目黒・鳥海の各火山からの玄武岩の組成とともに示す。主成分については湿式法、および蛍光X線法と湿式法を組み合わせた(Na_2O と K_2O は蛍光光度法、 FeO は過マンガン酸カリ滴定法、 H_2O 土については重量法を用い、その他の成分については蛍光X線法を用いた)方法により分析を行なった。また、微量成分については光量子放射法により12元素を定量した。主成分組成は2つの異なる分析法の間での目立った不一致は認められない。これらの分析結果をもとに、久六島玄武岩の全岩化学組成上の特徴を以下に述べる。

主成分分析値を SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)および K_2O ダイアグラムにプロットしたものを、Fig. 2に示す。 SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)図において、久六島玄武岩はアルカリ岩系の領域にプロットされる。また、 SiO_2 - K_2O 図において、東北本州弧第四紀火山岩は森吉火山列から鳥海火山列へと K_2O 量が増加し、日本海上に浮かぶ渡島大島火山の噴出物はそれらの中で最も K_2O が高い。

Fig. 2. Alkali contents of the rocks from Kyuroku-shima Island and its adjacent Quaternary volcanoes plotted on Kuno (1966)'s SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) diagram and SiO_2 - K_2O diagram. K, Kyuroku-shima basalt; O, Oshima-Oshima Volcano; ●, Chokai zone; ▲, Moriyoshi zone. Data by Nakagawa (1983), Kawano *et al.* (1961a), Kawano *et al.* (1961b), Koizumi *et al.* (1984), Hayashi *et al.* (1984), Aoki and Fujimaki (1982), Katsui (1954), Yoshii (1966) and Yamamoto (1984).

久六島アルカリ玄武岩はこのうち、渡島大島火山噴出物の示す領域内にプロットされる。

アルカリ玄武岩類における TiO_2 量と $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 比は、それらを生成したテクトニクス場と比較的明瞭な相関を示している。例えば、東北本州弧の背弧側に産する第四紀アルカリ玄武岩類は通常1%前後の低い TiO_2 量と1~2の高い $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 比を持っている(例えば、吉田ら, 1988)が、イントラプレート、特に海洋島のアルカリ玄武岩類は通常2%を越える TiO_2 と0.5前後あるいはそれ以下の低い $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 比を持つ(例えば、BVSP, 1981)。また、例えば、西南日本の隠岐島後に産するアルカリ玄武岩(徐ら, 1987)のうち島弧的性格の強い後期中新世のものは1.5%以下の低い TiO_2 量と2に近い $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 比を有し、一方、イントラプレートの性格を持つ鮮新世~第四紀のものは2.5%を越える高い TiO_2 量と0.6~0.7前後の低い

Table 1. Major and trace element chemical compositions of basalts from Kyuroku-shima Island and three Quaternary volcanoes in the Chokai zone

	Kyuroku-shima basalt		Oshima- Oshima Volcano ¹⁾	Ichinome- gata Volcano ²⁾	Chokai Volcano ³⁾
	(a)	(b)			
SiO ₂ %	51.16	51.29	50.92	50.72	50.99
TiO ₂	0.84	0.90	0.93	1.04	1.01
Al ₂ O ₃	17.65	17.75	18.26	17.02	18.35
Fe ₂ O ₃	3.72	2.56	1.89	1.92	2.83
FeO	4.10	5.49	5.79	6.12	5.61
MnO	0.19	0.18	0.12	0.18	0.16
MgO	4.64	4.73	5.53	7.84	6.36
CaO	9.46	9.35	9.98	9.56	7.67
Na ₂ O	3.23	3.18	3.13	2.66	3.10
K ₂ O	1.93	1.89	1.91	1.30	1.55
H ₂ O(+)	2.27	1.93	0.56	0.99	1.73
H ₂ O(-)	0.61	0.51	0.06		0.35
P ₂ O ₅	0.14	0.25	0.42	0.19	0.26
Total	99.94	100.01	99.50	99.54	99.97
Ce ppm		34.1	33.9	30.3	28.7
Co		22.0	26.2	32.9	27.8
Cr		72.8	70.5	262	
Cs		2.46	2.96	1.69	1.47
Nb		5.6	3.7	2.4	2.9
Ni		32.5	54.0	127	
Rb		53.3	65.6	31.3	41.7
Sc		21.4	19.8	26.9	19.1
Sr		616	585	560	517
Y		27.1	24.9	20.9	23.1
Zn		64	55	77	87
Zr		102	86.6	64.2	106

(a) Wet analysis by T. Hirano, (b) wet, X-ray fluorescence spectrometry and photon-activation analyses. Data 1), 2) and 3) are taken from Yamamoto (1984) and Yoshida and Aoki (1988), Aoki and Yoshida (1986), and Hayashi *et al.* (1984), respectively.

K₂O/TiO₂ 比を持っている。今回分析した久六島アルカリ玄武岩は、1% 以下の低い TiO₂ 量と 2.10~2.30 の高い K₂O/TiO₂ 比を持っており、東北本州弧背弧側の渡島大島火山等に分布する島弧型のアルカリ玄武岩に最も近い組成を有している。

火山岩中の微量元素組成は火山岩が産する地域のテクトニクスによって大きく変化し、主成分組成はほぼ同じであっても、噴出している地域により微量元素、特にインコンパティブル元素の濃度が大きく異なっている場合がある。インコンパティブル元素組成の特徴を表現する際、MORB (中央海嶺玄武岩) による規格化パターン (Pearce, 1983) がしばしば用いられる。Fig. 3 に久六島アルカリ玄武岩についての規格化パターンを、東北本州弧第四紀の背弧側火山である渡島大島・目潟・鳥海火山からの玄武岩についてのパターンとともに示した。

本邦のアルカリ火山岩類についてのインコンパティ

ブル元素濃度あるいは規格化パターンを見ると、東北日本弧の渡島大島・目潟・鳥海といった火山からの玄武岩 (高アルミナ玄武岩からアルカリ玄武岩への漸移型) は島弧に特徴的な性格—MORB に対して LIL 元素に富み HFS 元素に乏しく、また、Nb の負異常をもつ—を示しており、一方、西南日本弧の背弧側の済州島や鬱陵島のアルカリ玄武岩は、海洋島や大陸からのイントラプレートアルカリ玄武岩が示す、Rb 付近にピークのあるスムーズな山形の規格化パターンを示している。

今回分析した久六島アルカリ玄武岩は、Fig. 3 から明らかなようにインコンパティブル元素組成に関して、東北本州弧第四紀の背弧側に産する渡島大島や鳥海火山からの島弧性高アルミナ玄武岩—アルカリ玄武岩と極めて類似し、インコンパティブル元素規格化パターンからはそれらと区別できない。すなわち、Rb における極大と Nb の負異常を示す。また、久六島アルカ

Fig. 3. Abundance pattern of incompatible elements normalized against N-type MORB of Pearce (1983). •, Oshima-Oshima Volcano¹⁾; ○, Kyuroku-shima basalt; +, Ichinome-gata Volcano²⁾; △, Chokai Volcano³⁾. Data sources of 1), 2) and 3) as in Table 1.

リ玄武岩の K・Cs・Nb・Rb・Y・Sr 含有量は、背弧側火山のうち久六島よりも火山フロント側に位置する目潟・鳥海火山に比べてより高く、渡島大島火山とほぼ同程度かあるいは渡島大島火山と目潟・鳥海火山との中間的な値を示す。すなわち、久六島アルカリ玄武岩の全岩化学組成は渡島大島火山噴出物の組成に最も近く、一部元素の濃度は渡島大島火山と目潟火山との中間を示している。以上の傾向は、分化の影響を考慮しても成り立つ。

IV. K-Ar 年代および古地磁気年代

化学分析に用いたものと同一の試料について K-Ar 法による年代測定と残留磁化の測定を行なった。K-

Ar 年代測定用試料は、薄片観察により可能な限り新鮮なものを選び、その中から約 100 g を取り、粉碎した後、Ar 測定用と K 定量用とに 2 分割した。K 定量は、さらに 200 メッシュ以下に粉碎した試料約 200 g を HF と H₂SO₄ で溶解し、炎光分析法により行なった。測定は 2 回行ないその平均値をとった。Ar 測定は、80~100 メッシュの粉碎試料を約 1 g づつに 2 分し、³⁹Ar をスパイクとして用いた同位体希釈法（長尾ら、1984）により各試料について 2 回づつ行なった。測定には岡山理科大学設置の極微量希ガス質量分析計を使用した。測定結果を Table 2 に示す。年代の平均値とその誤差は、長尾らの方法（津久井ら、1985）に基づき、各測定値の算術平均とした。得られた年代値は 3.32 ± 0.64 Ma となり、約 20% の相対誤差を伴う。

久六島玄武岩溶岩の TRM 方位を求めるために、スピナー磁力計 (Princeton Applied Research 社製 SM-2 型) による測定を行なった。測定用試料は、異なる 3 つのブロック (非自破砕部) から計 7 個を採取した。さらに、直径 2.5 cm × 高さ 2.4 cm の円柱形にコア取りし、真空中 (10^{-5} ~ 10^{-6} Torr) において、約 1 時間熱消磁処理した。熱消磁に対して、300~350°C 付近で比較的安定性の高い磁化方位が得られた。また、600°C までの加熱処理による磁化強度減少率は 40% 程度であった。このことは、久六島玄武岩が普通の玄武岩に比べて保磁力のかなり大きい岩石であることと、キューリー点が 600°C 以上にあることを示している。測定結果を Fig. 4 に示す。(a) は未補正のもの、(b) は地層面 (N84°W, N36°N) の傾きを補正したものである。結果は、いずれも正帯磁していることを示すが、傾斜補正を行なったものの方は現在の地球磁場の方位 (図の + 印) の近くにまとまる。また、異なるブロックに由来するにも関わらずすべての試料がほぼひとつの方向を示す。東北日本においては、鮮新世頃の地球磁

Table 2. K-Ar ages of Kyuroku-shima alkali basalt and Sawabe andesite of Otose Formation

Locality	Rock	K(wt.%)	⁴⁰ Ar rad.(10 ⁻⁸ cc/g)	air(%)	Age (Ma)
Kyuroku-shima			21.3±5.6	94.3	(3.15±0.84)
Island	basalt	1.74 ±0.09	23.6±5.9	93.8	3.32±0.64 *
Henashi (west coast of Fukaura Plateau)	two-pyroxene andesite (Sawabe andesite)	1.07	860		
		1.08	870		20.6±2.0 **

* Error is calculated by $\Delta t = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2 + (t_1 - t_2)^2}$ (Tsukui *et al.*, 1985).

$^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$, $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$.

** Analyst: Teledyne Isotopes Co. (USA).

Fig. 4. TRM of alkali basalts from Kyuroku-shima Island.

(a) In situ.

(b) Bedding-corrected.

場方位は現在のそれとほぼ同じかその周辺であったとされているので（西谷・田上, 1988），久六島玄武岩の示す残留磁化方位はもとも傾斜した地形面上で定着したものではなく，水平に近い地形面上で TRM を獲得した後に，現在の地層面が示す傾斜方向に傾動した結果であると解釈される。

今回古地磁気データの得られた層準はわずか 1 枚だけであり，K-Ar 年代値の誤差も大きいので，古地磁気年代を特定することは困難であるが，GAUSS 正帯磁期（3.40～2.48 Ma）に対比される可能性が強い。

対陸岸の深浦台地付近には，中新世前期の火山岩類（大戸瀬層）が広く分布する（盛谷, 1968）。今回，大戸瀬層中部層準の火山岩（沢辺安山岩）についても年代測定を行なった結果， 20.6 ± 2.0 Ma という従来の時代論と符合する年代値が得られた（Table 2）。久六島に露出する火山岩類は，岩相上の類似という理由から，この沢辺安山岩に対比されてきた（Niino, 1939；盛谷, 1968；奥田ら, 1987 など）。しかしながら，既に述べた様に，久六島を構成する火山岩の K-Ar 年代は 3.32 Ma（後期鮮新世）というはるかに若い値を示し，沢辺安山岩と対比することはできない。両者はまったく別の時代の火山活動によるものである。

V. 鮮新世久六島アルカリ玄武岩の帯状配列論的意義

沈み込み帯を特徴づける現象のひとつに，プレート境界を横切る方向での火山岩組成の変化（帯状配列）がある。東北日本弧でも，火山フロント側から背弧側へと第四紀火山の玄武岩類のアルカリ量が増加することが Kuno (1959) によって指摘されて以来，他の元素についても同様の変化が認められ，またその成因に関する多くの議論がなされている（例えば，Kuno, 1966；Miyashiro, 1974；Sakuyama and Nesbitt, 1986；中

川ら, 1988；Ujike, 1988 など）。

高橋・藤縄（1983）や中川ら（1986）によれば，東北本州弧の第四紀火山は火山フロント側から背弧側へ，青麻一恐・奇梁・森吉・鳥海の 4 火山列に区分できる。鳥海火山列については，Kuno (1966) 以来の分帯に見られるように，さらに細分が可能である。区分の仕方はいく通りか考えられるが，例えば，火山フロント側の高アルミナ系列岩を主とする火山と，より背弧側のアルカリ系列岩を主とする火山とに分けることができる。両者の境界線は渡島大島火山と渡島小島火山との間に引かれ（中川ら, 1986），渡島大島火山と久六島西方海底火山（佐藤ら, 1986；吉田ら, 1988）が後者に属し，残りはすべて前者に属する。また，記載岩石学的にも，火山フロント側では斑晶として黒雲母が晶出している場合には石英も共存しているのに対し，より背弧側では黒雲母が晶出しているのに石英を欠くといった特徴が共通的に認められる（吉田, 1989）。これはマグマ中に含まれる H_2O 量やアルカリ元素をはじめとするインコンパティブル元素の量が背弧側へ向かうほど多くなり，マグマの温度がより低温に達したことに対応する（Sakuyama, 1979）。

帯状配列の性格と各境界の位置が地質時代とともにどのように変遷したのかを明らかにすることは，沈み込み帯におけるプレート運動史を復元する上でも重要な研究課題のひとつである。近年，こうした見地から，東北日本弧に分布する第三紀火山岩類について多数の化学分析や放射年代測定がなされてきている。それらによると，少なくとも中期中新世の火山岩は第四紀火山岩と化学組成上の性格がかなり異なり（例えば，吉田ら, 1986；Okamura, 1987），しかも上記のような明瞭な帯状配列を示していないことが明らかになってきた（Ebihara *et al.*, 1984；倉沢・今田, 1986）。また，15 Ma 前後に活動した火山岩類についてはこの時期に起こった日本海拡大事件との関連でその成因が論じられている（倉沢・今田, 1986；高橋, 1986；吉田ら, 1986；周藤, 1989）。後期中新世～鮮新世になると鳥弧横断方向にアルカリ量の水平変化が現われることが指摘されているが（Okamura, 1987；周藤ら, 1988），その場合，東北本州弧全域にわたって火山岩の性格ならびに帯状配列の様式が十分に明らかになっているわけではない。

既に述べたように，久六島アルカリ玄武岩の全岩化学組成は東北本州弧第四紀火山のうち鳥海火山列火山岩に相当するが，そのなかでも背弧側に位置する渡島大島火山噴出物の組成に最も近い。そして，一部の元

素については、渡島大島火山と目黒火山の値の中間値を示している。さらに、久六島火山岩類は、斑晶として黒雲母が晶出しているにもかかわらず石英を欠くという点でも、島海火山列のうちでもより背弧側の火山に相当していることを示している。すなわち、久六島アルカリ玄武岩の組成は、その地理上の位置によって第四紀火山岩組成の帯状配列から予想されるものに対応している。

日本海東縁部では、鮮新世の火山岩は久六島のほかにも下記の場所（海底）から報告されている。

西津軽堆 (41°07'N, 140°02'E): 奥田ら (1987)

普通輝石含有角閃石安山岩

4.28±0.20 Ma K-Ar 年代

まつ海山 (39°32'N, 138°11'E): 上野ら (1971)

普通輝石紫蘇輝石安山岩

4.16±0.16 Ma K-Ar 年代

岩石学的性質については、次のこと以外は不明である。すなわち、西津軽堆からのものは角閃石斑晶を含み、背弧側火山列のいずれかに対比される可能性が高い。まつ海山からの安山岩については 0.7037 という $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が得られているが(上野ら, 1971), この値は東北本州弧背弧側の第四紀火山岩 (例えば, 寒風火山: 0.70270, Nohda and Wasserburg, 1981) と比較して少し高い。

一方、東北日本の陸域には、鮮新世の火山岩は広く分布する。そのうちいくつかは K-Ar 年代値も得られている (木村, 1986; 白田・岡本, 1986; 小林・猪股, 1986; Tsunakawa *et al.*, 1983 など)。火山体分布の東縁が示す鮮新世火山フロントは、第四紀のそれとはほぼ同じ位置が、部分的にわずか (10 km 以下) 東へ張り出していたに過ぎない (大口ら, 1989)。鮮新世火山岩のうち岩石学的性質がわかっているものはごく一部に過ぎないが、鮮新世火山岩も第四紀のものと同様に、フロント側に K_2O に乏しい火山岩が分布し、より背弧側ほど K_2O に富む火山岩が分布するという帯状配列がみられ、各火山岩の性質は各火山体の位置を通る第四紀火山列の火山岩と共通性を持つ (周藤, 1989)。例えば、碓ヶ関・青ノ木森・国見山 (3.6 Ma K-Ar 年代, 木村, 1986)・大名倉山・笹森山などの諸火山岩類は、著しく低い K_2O で特徴づけられるソレライト系列岩である。また、博士山火山岩類 (2.8~2.6 Ma K-Ar 年代, 小林・猪股, 1986) は森吉火山列のものに、北部フォッサマグナの米山火山岩類 (2.8~2.5 Ma K-Ar 年代, Tsunakawa *et al.*, 1983) および海川火山岩類は島海火山列に相当するとされている。久六島における

鮮新世アルカリ玄武岩の存在は、周藤 (1989) が主張している考え—東北日本弧では現在見られるものと類似した帯状配列を鮮新世にまで遡ることができ、その境界の位置も第四紀のそれに近かった—を支持しており、周藤 (1989) が触れていない、最も背弧側の高アルミナ玄武岩とアルカリ玄武岩との境界に関しても、その様な関係が成立していることを示している。

IV. まとめ

(1) 日本海東縁の久六島においてアルカリ玄武岩 (溶岩) が発見された。その噴出年代は、K-Ar 年代値が 3.32 ± 0.64 Ma, 古地磁気年代が GAUSS 正帯磁期と推定されることから、後期鮮新世に属する。

(2) 久六島鮮新世アルカリ玄武岩は、斑晶として、かんらん石・単斜輝石・斜長石・微量の鉄鉱を有する。このアルカリ玄武岩溶岩の直下位には、普通角閃石・黒雲母・普通輝石・斜長石斑晶を有する安山岩質の火砕岩を伴う。また、島の周囲にも同じ鉱物組成を有する安山岩が産し、同起源の噴出物と推定される。

(3) 久六島鮮新世アルカリ玄武岩の組成は東北本州弧第四紀の島海火山列火山岩に相当し、そのうちでも背弧側に位置する渡島大島火山噴出物の組成に最も近い。インコンパティブル元素についての MORB 規格化パターンにおいても渡島大島火山アルカリ玄武岩に最も近く、ともに Rb における極大と Nb の負異常を示しており、西南日本弧背弧側に産するイントラプレート型アルカリ玄武岩から明瞭に区別される。

(4) 久六島におけるアルカリ玄武岩の存在は、東北本州弧第四紀火山岩組成にみられる帯状配列と調和的である。この事実と、これまでに報告されている鮮新世火山岩組成の地理的分布から判断して、東北本州弧においては現在見られるものと類似した帯状配列の存在を少なくとも鮮新世まで遡ることができ、その境界の位置も第四紀のそれに近かったと推定される。

謝 辞 本報告をまとめるに当たっては、木村勝弘 (石油開発技術センター)、田中一夫 (弘前大)、丸山俊明 (東北大)、西谷忠師・山元正継・大口健志・平野次男 (秋田大) の各氏にお世話になった。また、光量子放射化分析ならびに蛍光 X 線分析にあたっては、青木謙一郎・榊本和義・八木益男・中村尚司・山寺 亮・藤巻宏和・石川賢一 (東北大) ほかの方々にお世話になった。なお、本研究の一部に文部省科学研究費補助金 (63460048, 01302017) を使用した。以上の方々ならびに当局に深謝する。

文 献

- Aoki, K. and Fujimaki, H. (1982), Petrology and geochemistry of calc-alkaline andesite of presumed upper mantle origin from Ichinomegata, Japan. *Amer. Mineral.*, **67**, 1-13.
- 青木謙一郎・吉田武義 (1986), 秋田県一の目潟の火山岩と地殻下部由来捕獲岩の微量成分. 東北大核理研研報, **19**, 279-287.
- Basaltic Volcanism Study Project (1981), Basaltic Volcanism of the Terrestrial Planets, Pergamon Press, 1286 pp.
- Ebihara, M., Nakamura, Y., Wakita, H., Kurasawa, H. and Konda, T. (1984), Trace element composition of Tertiary volcanic rocks of north-east Japan. *Geochem. J.*, **18**, 287-295.
- 福留高明・山科健一郎 (1985), 久六島西方海底の熱水活動. 秋田大鉱山学部研報, **6**, 151-157.
- 福留高明・佐藤魂夫・山科健一郎 (1984), 1983 年日本海中部地震後の久六島. 東大地震研彙報, **59**, 533-544.
- 林信太郎・吉田武義・青木謙一郎 (1984), 東北日本島海火山の地球化学的研究. 東北大核理研研報, **17**, 382-390.
- 徐 紅・吉田武義・青木謙一郎 (1987), 隠岐島後に産するアルカリ火山岩類の地球化学的研究. 東北大核理研研報, **20**, 179-201.
- 勝井義雄 (1954), 島海火山帯熔岩の化学成分. 地質雑, **60**, 185-191.
- 河野義礼・青木謙一郎・門脇 淳 (1961), 岩木火山の岩石学的研究. 岩鉱, **46**, 101-110.
- Kawano, Y., Yagi, K. and Aoki, K. (1961), Petrography and petrochemistry of the volcanic rocks of Quaternary volcanoes of northeastern Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III*, **7**, 1-46.
- 木村勝弘 (1986), 東北地方新第三系の放射年代層位. 月刊地球, **8**, 370-375.
- 小林昭二・猪股佳次 (1986), 会津・博士山火山岩層の K-Ar 年代. 地球科学, **40**, 453-454.
- 小泉治彦・吉田武義・青木謙一郎 (1984), 東北本州弧・第四紀月山火山の地球化学的研究. 東北大核理研研報, **17**, 391-401.
- Kuno, H. (1959), Origin of Cenozoic petrographic province of Japan and surrounding areas. *Bull. Volcanol.*, **20**, 37-76.
- Kuno, H. (1966), Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bull. Volcanol.*, **29**, 195-222.
- 倉沢 一・今田 正 (1986), 東北日本第三紀火山岩類のストロンチウム同位体比と日本海拡大との関連. 地質雑, **92**, 205-217.
- Miyashiro, A. (1974), Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. J. Sci.*, **275**, 265-277.
- 盛谷智之 (1968), 深浦地域の地質, 地域地質研究報告 (1/50,000 地質図幅), 地質調査所, 57 pp.
- 長尾敦介・西戸祐嗣・板谷徹丸・緒方惟一 (1984), K-Ar 法による年代測定. 岡山理大森山研究所報告, **9**, 19-38.
- 中川光弘 (1983), 森吉火山の地質と岩石. 岩鉱, **78**, 197-210.
- 中川光弘・霜島 洋・吉田武義 (1986), 青森一恐火山列: 東北日本弧火山フロント. 岩鉱, **81**, 471-478.
- 中川光弘・霜島 洋・吉田武義 (1988), 東北日本弧, 第四紀玄武岩組成の水平変化. 岩鉱, **83**, 9-25.
- Niino, H. (1939), The geology, topography, and marine deposits of Kyuroku-sima and its vicinity, Nisi-tugaru-gun, Aomori prefecture, Northeast Japan. *Jubilee Publication in the Commemoration of Professor H. Yabe, M.I.A. Sixtieth Birthday*, **1**, 589-612.
- 西谷忠師・田上誠二 (1988), 男鹿半島における古地磁気学的研究. 秋田大鉱山地研研報, **53**, 69-75.
- Nohda, S. and Wasserburg, G.J. (1981), Nd and Sr isotopic study of volcanic rocks from Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **52**, 264-276.
- 大口健志・吉田武義・大上和良 (1989), 東北日本弧における新生代火山活動域の変遷. 地質学論集, no. 32, 431-455.
- Okamura, S. (1987), Geochemical variation with time in the Cenozoic volcanic rocks of south-west Hokkaido, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **32**, 161-176.
- 奥田義久・盛谷智之・細野武雄 (1987), 西津軽群海盆海底地質図(及び説明書). 海底地質図, **30**, 地質調査所, 25 p.
- Pearce, J.A. (1983), Role of sub-continental lithosphere in magma. In *Continental basalts and mantle xenoliths* (Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. Eds.), Shiva, 230-249.
- Sakuyama, M. (1979), Lateral variation of H₂O contents in Quaternary magmas of northeastern Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **43**, 104-111.
- Sakuyama, M. and Nesbitt, R.W. (1986), Geochemistry of the Quaternary volcanic rocks of the Northeast Japan arc. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **29**, 413-450.
- 佐藤博明・山野 誠・上田誠也・徳山英一・松田高明・木村政昭・倉本真一 (1986), 日本海盆南東部での第四紀火山の存在について. 火山, **31**, 193-201.
- 周藤賢治 (1989), 日本海拡大説からみた東北日本弧の第三紀火山活動. 地球科学, **43**, 28-42.
- 周藤賢治・滝本俊明・飯井明子・山崎 勉・高橋 努 (1988), 東北日本弧北部中新世火山岩類の全岩化

- 学組成の時間的変遷, 地質雑, 94, 155-172.
- 高橋正樹・藤縄明彦 (1983), 第四紀東北日本弧火山における K_2O 量, Na_2O 量, CaO 量広域的变化の再検討, 三鉱学会 (弘前) 講演要旨集, 30.
- 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介 (1985), 蒜山火山群・大山火山の K-Ar 年代, 地質雑, 91, 279-288.
- Tsunakawa, H., Takahashi, A. and Amano, K. (1983), K-Ar ages of dikes in northeast Japan. *Geochem. J.*, 17, 269-275.
- 上野直子・兼岡一郎・小島 稔・座主繁男・佐藤任弘・岩淵義郎 (1971), 日本海火山岩の K-Ar 年代, Sr 同位体比, K/Rb 比, 島弧と海洋 (浅野周三・Udintsev, G.B. 編), 305-309, 東海大学出版会.
- Ujike, O. (1988), Probable mineralogic control on the mantle metasomatic fluid composition beneath the Northeast Japan arc. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 2037-2046.
- 田田雅郎・岡本金一 (1986), 秋田県南部における新第三紀火山岩類の K-Ar 年代と新第三系の対比, 北村信教授記念地質学論文集, 595-608.
- Yamamoto, M. (1984), Origin of calc-alkaline andesite from Oshima-Oshima volcano, north Japan. *J. Fac., Sci., Hokkaido Univ., Ser IV*, 21, 77-131.
- 山科健一郎 (1984), 久六島の高度について, 東大震研彙報, 59, 545-559.
- 山科健一郎・中村一明・福留高明・佐藤魂夫・田中和夫 (1985), 1983 年日本海中部地震による久六島の沈下, 地震, 38, 81-91.
- 吉田武義 (1989), 東北本州弧第四紀火山岩類の研究, 地質学論集, no. 32, 353-384.
- 吉田武義・青木謙一郎 (1988), 北海道, 渡島大島火山噴出物の微量元素組成, 東北大核理研研報, 21, 268-280.
- 吉田武義・酒寄淳史・青木謙一郎 (1988), 東北本州弧第四紀火山岩組成の広域的变化, 東北大核理研研報, 21, 281-300.
- 吉田武義・佐藤博明・青木謙一郎 (1988), 日本海久六島西方海底火山噴出物の微量元素組成, 東北大核理研研報, 21, 256-267.
- 吉田武義・大口健志・千葉とき子・青木謙一郎 (1986), 東北地方西部の後期白亜紀～中新世火山岩類の地球化学的研究, 東北大核理研研報, 19, 163-177.
- 吉井守正 (1966), 5 万分の 1 地質図幅説明書「渡島小島」, 地質調査所, 13 p.