九州東部, 臼杵-八代構造線沿いの臼杵川石英閃緑岩の同位体年代とその地質学的意義[†]

Isotopic ages of the Usukigawa quartzdiorite along the Usuki-Yatsushiro Tectonic Line in eastern Kyushu and their geological significance[†]

Abstract

高木秀雄* 柴田 賢**
鈴木和博*** 田中 剛***
上田 寛****

Hideo Takagi*, Ken Shibata**,
Kazuhiro Suzuki***, Tsuyoshi Tanaka***
and Kan Ueda****

1996年9月17日受付.

1996年11月25日受理.

* 早稲田大学教育学部地学教室.

Institute of Earth Science, School of
Education, Waseda University, Tokyo
169-50, Japan

** 名古屋文理短期大学.

Nagoya Bunri College, Inazawa, Aichi 492,
Japan

*** 名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学.

Department of Earth and Planetary
Sciences, Graduate School of Science,
Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan

**** 岩谷産業(株)名古屋支社.

Iwatani International Co., Nagoya 460, Japan

K-Ar and Rb-Sr age determinations were carried out on the Usukigawa quartzdiorite and associated metamorphic rocks along the Usuki-Yatsushiro Tectonic Line in eastern Kyushu, Southwest Japan. The Usukigawa quartzdiorite is composed of hornblende-biotite quartzdiorite to tonalite, and those in the western area of the body are strongly mylonitized. K-Ar hornblende ages of four samples of the Usukigawa quartzdiorite range from 252 to 272 Ma. Rb-Sr whole-rock isochron for four quartzdioritic rocks and three aplitic rocks gives an age of 275 ± 56 Ma with an initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio of 0.7040. On the other hand, K-Ar hornblende age of amphibolite which is intercalated as a small lenticular body along the northern boundary fault of the quartzdiorite is 124 Ma.

The results of age and initial Sr isotope ratio of the Usukigawa quartzdiorite suggest that this Permian granitoid is correlative to the Kinshozan quartzdiorite which forms a nappe structure on the Mikabu green rocks in the Kanto Range, and is also correlative to the granitic clasts in the Usuginu-type conglomerate in South Kitakami belt. On the other hand, the K-Ar hornblende age of amphibolite and lithology of pelitic gneiss which is intercalated along the southern boundary fault of the quartzdiorite suggest that these high-grade metamorphic rocks are correlative to the Oshima metamorphic rocks in the Maana belt in western Shikoku and the Yorii metamorphic rocks in Kanto Range, and also correlative to the Takanuki metamorphic rocks in the Abukuma belt.

The correlation of rocks mentioned above and close association and occurrence of three rock types; Permian granitoid, Early Cretaceous high-grade metamorphic rocks and Late Cretaceous terrigenous sediments strongly suggest that the rocks of South Kitakami and Abukuma belts remain as a nappe on the Sambagawa metamorphic rocks in both Kanto and eastern Kyushu.

Key words : Usukigawa quartzdiorite, Oshima metamorphic rocks, K-Ar age, Rb-Sr whole-rock isochron age, Usuki-Yatsushiro Tectonic Line, Kyushu

はじめに

日本列島におけるペルム紀花崗岩類として、御荷鉾緑色岩の上にナップとして存在する関東山地の金勝山石英閃緑岩(小野, 1983; 高木・藤森, 1989)や、中部地方の御荷鉾帯に隣接する戸台構造帯の異地性岩体として存在する兵越花崗岩(柴田ほか, 1993)などが知られている。これらの年代値と Sr 同位体初生値が南部北上帯のペルム系に広く分布す

る薄衣式礫岩中の花崗岩礫(以下薄衣花崗岩礫)の値と一致することから、これらのペルム紀花崗岩類は薄衣花崗岩礫の供給源をなしていたものと推定され、南部北上帯構成要素が領家帯と三波川帯の間に挟まれて、ナップとして西南日本に存在していることが提唱された(柴田・高木, 1989)。同様に西南日本外帯に分布し、ペルム紀に近い年代値を有する花崗岩として、247 Ma という角閃石の K-Ar 年代値が臼杵川火成岩類(松本, 1936 命名)より報告されている(柴田ほか, 1979)。この臼杵川火成岩類は臼杵-八代構造線沿いに分布す

[†] 日本地質学会第103年学術大会(仙台)にて講演.

Fig. 1. Pre-Cenozoic geological sketch map of eastern Kyushu. Simplified after Teraoka et al. (1992), Fig. 4.

る。その北には後期白亜紀陸源堆積物である大野川層群が分布する。本層群は佐賀関半島の三波川変成岩類の構造的上位に、佐志生断層を境界として位置することが明らかにされている(寺岡, 1970; 山北ほか, 1995)。一方、臼杵川火成岩類の南側には秩父帯と黒瀬川帯構成岩類が分布している(Fig. 1)。従来この火成岩体は黒瀬川帯古期岩類に帰属が求められていたが、三波川帯の南縁(御荷鋤構造線付近)に位置するという産状は、むしろ関東山地北縁部の金勝山石英閃緑岩と似ている。そこで、本論では臼杵川火成岩類に着目し、そのK-ArおよびRb-Sr全岩アイソクロン年代測定の結果を報告し、その地質学的意義について考察する。なお、臼杵川火成岩類はその大部分が石英閃緑岩〜トータル岩とそれらを原岩とするマイロナイトから構成されることから、ここで改めて臼杵川石英閃緑岩と命名する。また、筆者らは本岩の化学

組成についても検討しているが、その結果は稿を改めて他の地域のペルム紀花崗岩類の結果と一緒に報告する予定である。

地質概説

臼杵川石英閃緑岩体は臼杵市の南西に位置し、臼杵川に沿って分布する延長8 km余、幅500 m前後の北東-南西に延びた狭長な岩体である(Fig. 2)。北縁は上部白亜系大野川層群と北傾斜の断層(北縁断層)で接し、南縁は秩父帯に分布する上部白亜系田野層群と断層(南縁断層)で接する。北縁断層と南縁断層は石英閃緑岩体南西縁で合体し、臼杵-八代構造線として延びている。上述のように臼杵川火成岩類は従来黒瀬川帯のメンバーとして扱われており、その北縁断層が秩父帯の北縁をなす臼杵-八代構造線とみなされてきた(寺岡ほか, 1992)が、本論では後に述べる理由から南縁断層を臼杵-八代構造線とみなす。

臼杵川石英閃緑岩体西側では主に泥質千枚岩からなる生(はる)原変成岩が断層で接して北側に分布する。その片理はWNW-ESE走向を示し、岩体の延長方向と斜交する。生(はる)原変成岩については190 Maという白雲母K-Ar年代が報告されている(寺岡ほか, 1992)。

臼杵川石英閃緑岩体は地域地質研究報告「臼杵」(神戸・寺岡, 1968)にも示されているように、家野付近を遷移境界として、その北東側3分の1がほとんど未変形の石英閃緑岩からなり、一方南西側3分の2はマイロナイト化が進んでおり、一部はウルトラマイロナイトになっている。また、北縁断層や南縁断層沿いではカタクレサイト化している。石英閃緑岩体にはしばしばアプライトまたはペグマタイト脈が貫いており、馬代の白馬溪では角閃石岩のゼノリスが認められる。

岩体西側の大工川付近の北縁断層沿いには角閃岩の小岩体(もんせ)が、また岩体東側の門前付近には南縁断層沿いに泥質片麻岩の小岩体がレンズ状に挟み込まれている。南縁断層付近の泥質片麻岩は葉片状カタクレサイトとなっている。

マイロナイト化した岩体西側では顕著な面構造、線構造が発達する。面構造の走向は岩体の延長方向(N50°E)にほぼ調和的で、NE~ENE走向、傾斜は北に中角度~高角度のものが多く、南傾斜のものも存在し、比較的閉じた褶曲が想定される(Fig. 2)。

岩石記載

1. 臼杵川石英閃緑岩

(1) 石英閃緑岩(Fig. 4a): 未変形の石英閃緑岩は主成分鉱物として斜長石、ホルンブレンド、石英からなり、副成分として磷灰石、ジルコン、不透明鉱物とそれにしばしば共生するスフェンなどが認められる。全体に変質が進んでおり、黒雲母は完全に緑泥石+ぶどう石に変質しており、斜長石(粒径2~5 mm)は絹雲母化やソーシユライト化が進んでいる。そのほか、二次鉱物としてパンペリー石(Fig. 4a)が、脈鉱物として緑簾石、ぶどう石、曹長石などが存在する。ホルンブレンド(粒径1~4 mm)は比較的変質を免れており、

Fig. 2. Geological map of the Usukigawa quartzdiorite along the Usuki River. Equal area projection (bottom right) shows the plots of mylonitic foliation (○) of the quartzdiorite and of schistosity (●) of Shonoharu metamorphic rocks.

部分的に劈開に沿って緑泥石化している程度である。多色性はX=淡緑褐色、Y=緑色、Z=緑色～帯青緑色である。石英(粒径1~2mm)は波動消光が比較的強く、また部分的にルチルの針状結晶を包有する。

Table 1に各試料2枚ずつの薄片についてカウントされた合計4,000ポイントのモード分析結果を、Fig. 3にQ-K-PおよびMafic-Q+K-P三角図を示す。変質鉱物としての斜長石中の微粒な絹雲母やソーシュライト、および変質生成物としての曹長石は斜長石としてカウントし、斜長石を部分的に置き換えたり脈として発達する緑簾石は緑簾石としてカウントした。Maficは角閃石+緑泥石または黒雲母+緑泥石の値である。なお、比較のため、本岩体南方石場ダムの黒瀬川帯から採取した三国花崗岩類*のデータ1試料(Fig. 1)と、酒井ほか(1993)による三国花崗岩類8試料のモード組成範囲をあわせて示す。Fig. 3に示されているように、臼杵川石英閃緑岩は石英閃緑岩～トータル岩の組成範囲を示し、三国花崗岩類は花崗閃緑岩～花崗岩の組成範囲を示す。

(2) マイロナイト (Fig. 4c, d): 臼杵川石英閃緑岩体西側

* 宮地ほか(1963)により大分県三重町三国峠に分布する黒瀬川帯の花崗岩に対し三国圧砕花崗岩類と命名されたものにつき、命名上圧砕という語を入れるのは好ましくないと判断し、本論では三国花崗岩類と呼ぶことにする。

Table 1. Modal analyses (4000 points) of the Usukigawa quartzdiorite (4, 8, 12, 13, 102) and Mikuni Granites (31).

Sample No.	4	8	12	13	102	31
Quartz	13.3	10.9	13.9	9.8	13.4	32.7
Plagioclase	48.0	55.6	52.1	58.4	54.8	50.0
K-feldspar	Tr	-	-	-	-	11.9
Biotite	-	-	-	-	-	0.2
Hornblende	21.2	22.6	27.8	22.8	19.2	-
Accessories	0.1	Tr	Tr	0.1	Tr	Tr
Opaque	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5	Tr
Sphene	0.1	0.2	Tr	0.3	0.1	Tr
Epidote	8.8	1.1	0.8	0.2	0.8	Tr
Chlorite	5.8	8.9	4.3	6.9	9.9	5.2
Prehnite	2.3	0.4	0.5	1.0	0.7	-
Pumpellyite	Tr	Tr	Tr	Tr	0.1	-
Carbonate	0.1	Tr	Tr	Tr	0.5	Tr
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Rock type	Tn	Qd	Tn	Qd	Qd	Gd

に広く分布するマイロナイトの大部分は石英閃緑岩～トータル岩を原岩とし、一部にアプライト由来のものがある。淡灰緑色を呈し、片理が発達する。ポーフィロクラストとして斜長石、角閃石、緑簾石、石英、燐灰石などが残存し、アプライト由来のものは白雲母も存在する。基質部は石英、絹雲母、

Fig. 3. Q-K-P and Mafic-Q+K-P diagrams of the Usukigawa quartzdiorite (●) and Mikuni Granites (▲). Broken line in the Q-K-P diagram shows the area of eight modal plots of the Mikuni Granites after Sakai et al. (1993).

アクチノ閃石、ソーシュライト由来の緑簾石のほか一部に曹長石を含む。副成分鉱物としては燐灰石、ジルコン、不透明鉱物などが存在する。変質鉱物として緑泥石、絹雲母、緑簾石のほか脈鉱物として石英、カリ長石、ぶどう石などが存在する。

石英はその形態的特徴による分類から、最大粒径（長径）が1~2 mm でしばしばポーフィロクラストを構成し、アスペクト比が4~10 程度の粒界に凹凸があるSタイプ（Fig. 4 d）と、粒径が10 μ m 前後の基質部を構成するFタイプが共存しているものが多く、多角形をなすPタイプは細粒なもの（40 μ m 程度）がわずかに存在する程度である。Sタイプの石英の波動消光は強い。角閃石は原岩のものに比べ色の淡いものが多く、一部アクチノ閃石化している。斜長石は曹長石化が進んでおり、またソーシュライトを構成する微粒緑簾石集合体（Fig. 4 c）が帯状にシームをなして石英とfluxion bandを形成している。以上のような石英のタイプや原岩と比較した鉱物の変化は、本マイロナイトが低温（緑色片岩相低温部）で変形したことを示す。

石英の形態ファブリックやシアバンド、角閃石のフィッシュ型形態の配列などから想定される剪断のセンスは左ずれを示す試料のほかに右ずれを示す試料も存在し、一定しない。

(3) アプライト：アプライトは石英、カリ長石、斜長石、白雲母を主成分とし、副成分としてジルコンを含む。また、緑簾石、緑泥石、絹雲母、ぶどう石などを変質鉱物として含む。一部に曹長石化が進んだ石英-曹長石岩と呼ぶべきものも存在する。

2. 高度変成岩

(1) 角閃岩（Fig. 4 b）：角閃岩は大工川付近の北縁断層に沿ってレンズ状に小岩体として存在する。また、神戸・寺岡（1968）によると、馬代付近にもその存在が報告されている。肉眼では暗緑色を呈し、一部に縞状をなすものがある。鏡下では、角閃石のネマトプラスティックな配列組織が認められる。構成鉱物は斜長石、角閃石のほか副成分として不透明鉱物、燐灰石、ジルコンからなる。変質が進んでおり、黒雲母は完全に緑泥石+チタン鉱物に置き換わっている。斜長石も絹雲母化、曹長石化が進んでいる。また、ぶどう石、緑泥石、炭酸塩鉱物などが脈鉱物として存在する。一方角閃石は比較

的新鮮で、X=淡褐色、Y=Z=帯緑褐色でやや色は淡い。

(2) 泥質片麻岩（Fig. 4 e, f）：片麻岩は門前付近の水ヶ城山登山道入口付近の道沿いの露頭の上に存在し、南縁断層沿いに挟まれたレンズ状小岩体をなすものと考えられる。泥質片麻岩または片岩と呼ぶべき岩相を示し、ざくろ石-黒雲母片麻岩（Fig. 4 e）とざくろ石-ホルンブレンド-黒雲母片麻岩（Fig. 4 f）が確認された。ざくろ石は最大粒径3 mm で不規則な形態をなし、細かい割れ目が多い。黒雲母は粒径0.1~0.3 mm で、片理に沿って弱く配列している。そのほか0.6 mm 以下の石英、斜長石、および少量のカリ長石から構成され、それらは粒状集合体をなす。ホルンブレンドを含むタイプは縞状構造が発達し、ホルンブレンド（最大長径3 mm）やざくろ石（最大長径2 mm）も伸長して片理を作っている（Fig. 4 f）。ホルンブレンドはX=淡緑褐色、Y=緑色、Z=緑色~帯青緑色の軸色を示す。

EPMAによる分析の結果、ざくろ石-黒雲母片麻岩（試料番号：11 A）中のざくろ石3個の組成範囲は、コアで $\text{Alm}_{74-78} \text{Sps}_{8-11} \text{Pyr}_{8-9} \text{Grs}_{3-8}$ 、リムで $\text{Alm}_{66-70} \text{Sps}_{7-8} \text{Pyr}_{6-8} \text{Grs}_{15-20}$ となり、コアからリムに向かって、MgおよびMnの減少とCaの顕著な増加が認められる（Table 2）。

K-Ar および Rb-Sr 年代測定

1. 方法

今回 K-Ar 年代測定の対象とした試料は、石英閃緑岩4試料（試料番号：4, 8, 12, 18）と角閃岩1試料（試料番号16）である。未変形の石英閃緑岩（4, 8, 12）はいずれも水ヶ城山登山道沿い（馬代北方250 m 付近）で採取したものであり、マイロナイト（18）のみ大工川南方の試料である。一方角閃岩は前述の大工川の試料である。各試料は粉碎され80~100 メッシュに分級し、アイソダイナミックセパレーターと重液を用いて角閃石を分離した。K-Ar 年代測定はテレダイン・ジャパン（株）に依頼した。測定誤差は1 σ で示した。壊変定数は次の通りである： $^{40}\text{Ar}\lambda_{\beta}=4.962\times 10^{-10}/\text{年}$, $^{40}\text{Ar}\lambda_{\epsilon}=0.581\times 10^{-10}/\text{年}$, $^{40}\text{K}/\text{K}=0.01167 \text{ atom}\%$ 。

Rb-Sr 全岩アイソクロン年代測定の対象とした試料は、石英閃緑岩~トーナル岩4試料（試料番号：4, 8, 12, 18）にアプライト3試料（試料番号：1, 6, 33B）を加えた7試料である。また、比較のため、三国花崗岩類1試料（試料番号31）

Fig. 4. Photomicrograph of the Usukigawa quartzdiorite and associated rocks. a: Usukigawa quartzdiorite (sample No. 4), b: amphibolite (sample No. 16), c and d: mylonitized quartzdiorite (sample No. 18), e: garnet-biotite gneiss (sample No. 11A), f: garnet-hornblende-biotite gneiss (sample No. 11B). H: hornblende, P: plagioclase, Pp: pumpellyite, S: saussuritic aggregate, Qs: S-type quartz, G: garnet. a, b, d: crossed polarizers, c, e, f: plane-polarized light, scales=1 mm.

についても対象とした。

Rb と Sr の定量は XRF を用い、Sr 同位体組成は名古屋大学の質量分析計 (SECTOR 54-30, VG ISOTECH) により測定した。本測定期間中の NBS-987 の測定値は $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710245 \pm 0.000011$ (1σ , $n=4$) である。上記 7 試料のアイソ

クロン年代については York (1966) による方法で計算した。誤差は $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比については $\pm 5\%$ (1σ), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比については $\pm 0.01\%$ (1σ) で見積もり、年代と Sr 同位体初生値の誤差は 2σ で示した。壊変定数は $^{87}\text{Rb}\lambda = 1.42 \times 10^{-11}/\text{年}$ である。なお、本論で引用される古い年代値は、すべて上記の壊

変定数を用いて計算し直したものである。

2. 結果

K-Ar 角閃石年代測定結果を Table 3 に, また Rb-Sr 全岩分析値を Table 4 に示す。また, 臼杵川石英閃緑岩とそれに伴うアプライト全 7 試料より得られた全岩アイソクロン図を Fig. 5 に示す。

石英閃緑岩～トータル岩の K-Ar 角閃石年代は 252～272 Ma の年代範囲を示す。その中で未変形の 3 試料の値 (266～

272 Ma) は良い一致を示すのに対し, マイロナイトのみ誤差範囲に含まれるものの若干若い値 (252 Ma) を示すのは, 変形に伴う角閃石のアクチノライト化もしくは変質が原岩より

Table 2. End member molecules (mol.%) of garnets (G1, G2, G3) from the garnet-biotite gneiss (No. 11 A) along the southern marginal fault of the Usukigawa quartzdiorite body.

	G1-C	G1-R1	G1-R2	G2-C	G2-R	G3-C	G3-R
Alm	78.1	69.5	65.5	75.9	66.6	74.2	70.3
Sps	10.6	8.5	8.3	10.4	7.0	8.4	7.6
Pyr	8.1	6.6	6.4	8.3	8.3	9.0	6.5
Grs	3.2	15.4	19.8	5.4	18.1	8.4	15.6

C : core, R : rim.

Fig. 5. Rb-Sr whole-rock isochron diagram of the Usukigawa quartzdiorite.

Table 3. K-Ar ages on hornblendes from the Usukigawa quartzdiorite and associated amphibolite.

Sample No.	Rock	Mineral	K (%)	⁴⁰ Ar rad (10 ⁻⁶ mlSTP/g)	Atm. ⁴⁰ Ar (%)	Age (Ma)
4	Quartzdiorite	Hornblende	0.31, 0.31	3.45	23.2	268 ± 13
				3.50	13.0	
				3.48	10.2	
8	Quartzdiorite	Hornblende	0.30, 0.30	3.32	11.9	266 ± 13
				3.38	17.1	
				3.33	11.1	
12	Tonalite	Hornblende	0.34, 0.34	3.96	8.6	272 ± 14
				3.82	9.1	
				3.85	8.6	
18	Mylonite	Hornblende	0.42, 0.41	4.43	28.3	252 ± 13
				4.30	28.6	
16	Amphibolite	Hornblende	0.73, 0.73	3.63	21.3	124 ± 6
				3.66	22.7	
				3.60	23.0	

Table 4. Rb-Sr analytical data of the Usukigawa quartzdiorite and Mikuni Granites (31).

Sample No.	Rock	Rb (ppm)	Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
1	Aplite	23.0	148.9	0.447	0.70571
4	Quartzdiorite	20.9	329.5	0.184	0.70475
6	Aplite	26.2	193.1	0.393	0.70543
8	Quartzdiorite	26.0	382.2	0.197	0.70487
12	Tonalite	23.4	344.8	0.197	0.70475
16	Amphibolite	28.7	434.9	0.191	0.70614
18	Mylonite(QD)	19.4	489.8	0.115	0.70429
31	Granodiorite	77.0	232.0	0.961	0.71219
33B	Aplite	28.3	281.6	0.291	0.70502

Fig. 6. Age distribution diagram of the Permian and Early Cretaceous granitic and metamorphic rocks occurring as allochthonous bodies (nappes) in the Mikabu belt and as clasts in conglomerate. Initials, H: hornblende, B: biotite, M: muscovite, Z: zircon.

References are: (1) Shibata et al. (1979), this paper, (2) Shikano et al. (1990), Takeda et al. (1993), (3) Shibata et al. (1993), (4) Ono (1985, 1990), Takagi et al. (1989), Shibata and Takagi (1989), (5) Ono (1983), Takagi et al. (1989, 1992), Shibata and Takagi (1989), Hayama et al. (1990), (6) Takagi et al. (1992), (7) Takagi et al. (1995), (8) Shibata (1973), Shibata and Takagi (1989), Hada and Yoshikura (1991).

進んでいることによるものと考えられる。一方、角閃岩中の角閃石の K-Ar 年代は 124 Ma という値が得られた。

Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は 275 ± 56 Ma という値が得られた。この値は角閃石の K-Ar 年代と調和的である。Sr 同位体初生値は 0.70396 となった。なお、今回アイソクロンを引くためにアプライトも一緒に含めたが、露頭観察のみからアプライトが石英閃緑岩と同時期の貫入岩であるという保証を得るのは難しい。しかしながら、石英閃緑岩体には場所を問わずしばしばアプライトが認められ、周囲に他の花崗岩体が認められないことや、アプライトを除いても誤差は大きなもののほとんど同じ勾配のアイソクロンが引けることから、アプライトは石英閃緑岩の固結末期に貫入したものと考えられる。一方、三国花崗岩類 1 試料のプロットは臼杵川石英閃緑岩について得られたアイソクロンから大きくはずれる結果となった。

考 察

今回、臼杵川石英閃緑岩の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代および K-Ar 角閃石年代から、本岩がペルム紀の貫入岩体であることが明確になり、山本博達氏の試料について決定された 247 Ma という角閃石年代の報告 (柴田ほか, 1979) を支持する結果となった。この臼杵川石英閃緑岩の南に分布する黒瀬川帯の三国花崗岩類は、四国黒瀬川帯の三滝花崗岩類に対比されている (宮地ほか, 1963)。従来黒瀬川帯の古期花崗岩類について Rb-Sr 全岩アイソクロン法により得られた Sr 同位体初生値は、九州西部の八代花崗岩について 0.7037 (年代

値は 345 Ma: Nohda, 1973) と 0.7032 (年代値は 400 Ma: Yanagi, 1975) というかなり低い値が知られている。そこで初生値を 0.704 として今回採取した三国花崗岩類の Rb-Sr 年代を求めると、598 Ma という値が得られ、黒瀬川帯の古期花崗岩類としては古すぎる。一方、四国大樽谷の三滝花崗岩類について 0.7055 (年代値は 397 Ma: 柴田, 未公表資料)、三滝花崗岩類の黒雲母アイソクロンについて 0.7076 (年代値は 364 Ma: 石坂, 1972)、というやや高い初生値が報告されている。そこで、初生値を 0.707 と高めに仮定すると 379 Ma という値が得られる。したがって、臼杵川石英閃緑岩は、四国の三滝花崗岩類や九州の三国花崗岩類などの黒瀬川帯の古期花崗岩類とは切り離して考えるべきであることが明らかとなった。

今回得られたペルム紀の年代値 (252~275 Ma) と低い Sr 同位体初生値 (0.7040) の組み合わせは、関東山地北縁の金勝山石英閃緑岩 (250~277 Ma, 0.7038~0.7043: 小野, 1983; 高木ほか, 1989; 柴田・高木, 1989) や中部地方の兵越花崗岩類 (204~252 Ma, 0.7041: 柴田ほか, 1993) の値と一致し、それらは、南部北上帯薄衣花崗岩礫 (245~278 Ma, 0.7042~0.7047: 柴田, 1973; 柴田・高木, 1989) と対比されている (Fig. 6)。特に金勝山石英閃緑岩とは年代や初生値のみならず岩質も酷似しており、アプライト~ベグマタイトを密接に伴う点 (高木・藤森, 1989) などでも一致する。また、両者ともパンペリー石を含んでおり、弱変成の履歴を有している。

一方、臼杵川石英閃緑岩に伴われる角閃岩の K-Ar 角閃石

年代 (124 Ma) は、四国西部三瓶地域の真穴帯に伴われる高度変成岩 (大島変成岩) の泥質片岩中の白雲母や、角閃岩中の角閃石の K-Ar 年代 (92~122 Ma: 鹿野ほか, 1990; 武田ほか, 1993), および関東山地北縁の跡倉-金勝山ナップに伴われる寄居変成岩 (高木, 1991) - 花崗岩類複合岩体の角閃石年代 (92~113 Ma: 小野, 1985, 1990; 高木ほか, 1989) とほぼ一致する (Fig. 6).

南縁断層に沿って産出する泥質片麻岩については、ざくろ石の組成からみると、大島変成岩や寄居変成岩の泥質片麻岩~泥質片岩 (Pyr 成分が 10~29%: 高木, 1991, 武田ほか, 1993) よりも Pyr 成分が低い。一方、関東山地の金勝山石英閃緑岩や中部地方の兵越花崗岩などのペルム紀花崗岩類に伴われるホルンフェルスと比較すると、粒径はかなり大きく、肉眼的特徴は異なる。大島変成岩の珪長質部では Pyr 成分の低いざくろ石も報告されている (武田ほか, 1993) ことと、岩相の類似性から、この泥質片麻岩も大島変成岩に帰属する可能性が高いと思われる。

寄居変成岩や大島変成岩は、その年代、Sr 同位体初生値、原岩構成から阿武隈帯の竹貫変成岩に対比されている (柴田・高木, 1989; 小野, 1990; 高木, 1991; 高木・柴田, 1996)。したがって、臼杵川石英閃緑岩体に伴う高度変成岩は、その年代から四国西部の大島変成岩体の西方延長に相当するものと考えられ、その帰属は阿武隈帯に求められる。

冒頭にも述べたように、臼杵川石英閃緑岩は三波川結晶片岩の構造的上位に佐志生断層を境界として覆っている上部白亜系 (セノマニアン~サントニアン: 寺岡ほか, 1992) 大野川層群分布域の南縁に存在し、その南には臼杵-八代構造線を境に黒瀬川帯構成岩類や白亜系を断層で挟在する秩父帯が存在する。この関係は、関東山地北縁や四国西部真穴帯の構造関係と同様であり、注目される。すなわち、関東山地では御荷鉾帯の構造的上位にナップをなす上部白亜系跡倉層 (跡倉ナップ) と、さらにその構造的上位に金勝山ナップが分布し、それらの多重ナップは御荷鉾構造線を境に南側の秩父帯や黒瀬川帯 (緑色岩メランジュ: 平島, 1984; 竹内・牧本, 1995) と接している。

一方、四国西部真穴帯では御荷鉾帯と黒瀬川帯との間にナップを構成すると考えられている上部白亜系真穴層と、その境界断層に挟在されて前期白亜紀大島変成岩が伴っている (武田ほか, 1993)。真穴帯の構成要素やその変形様式が跡倉ナップのそれと類似することについては、従来から指摘されている (小林, 1994; 武田, 1995)。跡倉層や真穴層の時代については明確ではないが、跡倉層 (中の萱層を含む) からはギリヤーク~浦河統を示唆する二枚貝やアンモナイトが報告されており (新井ほか, 1963)、大野川層群に対比可能である。臼杵川石英閃緑岩体周辺には御荷鉾帯構成岩類は知られていない。ただし、宮崎・吉岡 (1994) および寺岡・宮崎 (1995) は佐賀関半島南部の佐志生断層に沿った海岸に石英閃緑岩およびマイロナイトの存在を報告している。筆者らの観察によると、これらの岩石は臼杵川石英閃緑岩と異なり、(1)ホルンブレンドが褐色 (Z 軸色) を呈し、変形の弱いものは石英がほとんど含まれておらず、岩質的にはガブロに近い

こと、(2)斜長石は完全に曹長石化し、またアクチノ閃石や緑簾石が成長しており、弱変成が進んでいること、(3)蛇紋岩を伴うこと、などから、御荷鉾緑色岩に属する可能性が高い。したがって、御荷鉾緑色岩類が佐志生断層以南の大野川層群分布域の下盤に存在している可能性がある。

以上述べてきたように、関東山地北縁と九州東部においてペルム紀石英閃緑岩+前期白亜紀高度変成岩類+上部白亜系の3つの地質体の組み合わせと、その構造的下に御荷鉾緑色岩が存在する (または想定される) という各々の構造関係が極めてよく似ている点は注目に値する。地質概説で述べたように、臼杵-八代構造線を臼杵川石英閃緑岩体の南縁断層に当てはめる理由は、ここにある。つまり、臼杵-八代構造線は、御荷鉾構造線の延長である。このような類似点は、関東山地と九州東部の両地域に限られる現象ではなく、もともとナップ構造をなしながら西南日本に連続していたものが、削剥レベルの一致で 800 km 離れた三波川帯の両端部に残存することになったと考えられる。この両端部が島弧-島弧会合部に近接することと、削剥が他地域に比べて進行しなかったこととの間に関係があるのかもしれない。逆に最も削剥レベルの深い (削剥が進行した) 地域が、関東と九州東部のほぼ中間に位置し、領家帯と四万十帯が MTL で接している紀伊半島中部であることは、たとえば磯崎ほか (1992) によりすでに議論されている通りである。今回の年代測定結果から、ペルム紀の南部北上帯構成要素と前期白亜紀の阿武隈帯構成要素が九州まで延びているという結論が導かれる。その検証と具体的な接合過程の解明については、今後の研究に委ねなければならない。

今後は、臼杵川石英閃緑岩の拡がりや跡倉層との対比などの観点から、大野川層群に多量に含まれている花崗岩礫の年代を決定することが、当面の課題として挙げられよう。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、研究当初地質調査所宮崎一博氏には露頭状況についてご教示いただいた。大分県立四日市高校堀田秀俊氏には現地を案内していただいた。以上の方々に感謝の意を表する。なお、本研究は文部省科学研究費 (課題番号 07640601) の補助を受けた。

文 献

- 新井房夫・端山好和・林 信悟・井部 弘・神沢憲治・木崎喜雄・金 今照・高橋 洵・高橋武夫・武井規明・戸谷啓一郎・山下昇・吉羽興一, 1963, 群馬県下仁田町の跡倉礫岩を中心とする地質学的研究。地球科学, **64**, 18-31。
波田重熙・吉倉紳一, 1991, 黒瀬川テレーンの“薄衣式礫岩”に含まれる花崗岩質岩礫の U-Pb 年代。日本地質学会第 98 年学術大会演旨, 133。
端山好和・柴田 賢・内海 茂, 1990, 関東山地北縁の 2・3 の岩石の放射年代。地質雑, **96**, 319-322。
平島崇男, 1984, 関東山地北東部、寄居地域の緑色岩メランジュ。地質雑, **90**, 629-642。
石坂恭一, 1972, 黒瀬川構造帯の火成岩・変成岩の Rb-Sr 年代。地質雑, **78**, 569-575。
磯崎行雄・橋口孝泰・板谷徹丸, 1992, 黒瀬川クリップの検証。地質雑, **98**, 917-941。
神戸信和・寺岡易司, 1968, 臼杵地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 63 p。
小林健太, 1994, 関東山地跡倉ナップと四国西端部真穴ナップの類似

- 性. 構造地質研究会 1993 年度冬の例会演旨, 33.
- 松本達郎, 1936, 大野川盆地の地史学的研究 (I, II). 地質雑, 517, 758-786, 518, 815-852.
- 宮地貞憲・富田 達・野田光雄, 1963, 大分県三重町・本匠村の先カンブリア紀岩類. 九大教養部地研報, 10, 21-37.
- 宮崎一博・吉岡敏和, 1994, 佐賀関地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 40 p.
- Nohda, S., 1973, Rb-Sr dating of the Yatsushiro granite and gneiss, Kyushu, Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 20, 140-144.
- 小野 晃, 1983, 関東山地, 金勝山石英閃緑岩の K-Ar 年代. 岩鉱, 78, 38-39.
- 小野 晃, 1985, 関東山地皆野町山形の角閃岩相の變成岩類と K-Ar 年代. 地質雑, 91, 19-25.
- 小野 晃, 1990, 関東山地北縁部の三波川帯に阿武隈變成岩類の発見. 日本地質学会 97 年学術大会演旨, 575.
- 酒井 彰・寺岡易司・宮崎一博・星住英夫・坂巻幸雄, 1993, 三重町地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 115 p.
- 柴田 賢, 1973, 氷上花崗岩および薄衣花崗岩礫の K-Ar 年代. 地質雑, 79, 705-707.
- 柴田 賢・高木秀雄, 1989, 関東山地北部の花崗岩類の年代, 同位体からみた中央構造線と棚倉構造線との関係. 地質雑, 95, 687-700.
- 柴田 賢・高木秀雄・稲崎富士・内海 茂, 1993, 赤石山地, 青崩峠地域の戸台構造帯の花崗岩類とその放射年代. 地質雑, 99, 135-144.
- 柴田 賢・内海 茂・中川忠夫, 1979, K-Ar 年代測定結果-1. 地調月報, 30, 675-686.
- 鹿野久米豊・板谷徹丸・中村栄三, 1990, 愛媛県八幡浜市大島の變成岩の鉱物組み合わせと K-Ar 年代値. 岩鉱, 85, 19-26.
- 高木秀雄, 1991, 寄居變成岩-関東山地北縁部の異地性變成岩体. その 1. 泥質片麻岩中のざくろ石の化学組成について. 早稲田大教育学学術研究-生物学・地学編一, 40, 9-25.
- 高木秀雄・藤森秀彦, 1989, 関東山地北縁部の異地性花崗岩体. 地質雑, 95, 663-685.
- 高木秀雄・朴 容世・益子竜行・田中秀実・小泉雅一・板谷徹丸・坂 幸恭, 1995, 関東山地, 山中地溝帯三山層中の花崗岩礫の K-Ar 年代. 地質雑, 101, 648-658.
- 高木秀雄・柴田 賢, 1996, 古領家帯の復元. テクトニクスと變成作用-原 郁夫先生退官記念論文集, 創文, 211-219.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂・藤森秀彦, 1989, 関東山地北縁部の花崗岩類の K-Ar 年代. 地質雑, 95, 369-380.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂・山田隆司, 1992, 関東山地北縁部, 跡倉層中の花崗岩礫の K-Ar 年代. 地質雑, 98, 971-974.
- 武田賢治, 1995, 四国西端部の真穴帯と黒瀬川帯. 日本地質学会第 102 年学術大会見学旅行案内書, 31-46.
- 武田賢治・槇坂 敏・板谷徹丸・西村祐二郎, 1993, 四国西端部三瓶地域の真穴帯一構成と地体構造的位置づけ. 地質雑, 99, 255-279.
- 竹内圭史・牧本 博, 1995, 関東山地跡倉ナップ, 緑色岩メランジュ中の角閃岩塊の K-Ar 年代. 地調月報, 46, 419-423.
- 寺岡易司, 1970, 九州大野川盆地付近の白亜紀層. 地調報告, no. 237, 1-87.
- 寺岡易司・宮崎一博, 1995, 九州大野川盆地の上部白亜系と基盤岩類. 日本地質学会第 102 年学術大会見学旅行案内書, 97-112.
- 寺岡易司・宮崎一博・星住英夫・吉岡敏和・酒井 彰・小野晃司, 1992, 犬飼地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 129 p.
- 山北 聡・伊藤谷生・田中秀実・渡部弘樹, 1995, 古期中央構造線としての佐志生断層の前期漸新世における top-to-the-west 斜め衝上運動. 地質雑, 101, 978-988.
- Yanagi, T., 1975, Rubidium-strontium model of formation of the continental crust and the granite at the island arc. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., ser. D*, 22, 37-98.
- York, D., 1966, Least squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Phys.*, 44, 1079-1086.

(要 旨)

高木秀雄・柴田 賢・鈴木和博・田中 剛・上田 寛, 1997, 九州東部, 臼杵-八代構造線沿いの臼杵川石英閃緑岩の同位体年代とその地質学的意義. 地質雑, 103, 368-376. (Takagi, H., Shibata, K., Suzuki, K., Tanaka, T. and Ueda, K., 1997, Isotopic ages of the Usukigawa quartzdiorite along the Usuki-Yatsushiro Tectonic Line in eastern Kyushu and their geological significance. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 103, 368-376.)

九州東部, 臼杵-八代構造線沿いに分布する臼杵川石英閃緑岩とそれに伴う變成岩類について, 年代測定が行われた. 臼杵川石英閃緑岩の K-Ar 角閃石年代は 252~272 Ma, Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は 275±56 Ma, Sr 同位体初生値は 0.7040 となった. 一方, 石英閃緑岩体に伴われる角閃岩の K-Ar 年代は 124 Ma となった. これらの結果は, 臼杵川石英閃緑岩が関東山地の金勝山石英閃緑岩と対比でき, 南部北上帯構成要素であること, また, 石英閃緑岩に伴われる角閃岩や泥質片麻岩は, 四国西部真穴帯の大島變成岩や関東山地の寄居變成岩と対比でき, それらは阿武隈帯の構成要素であること, を示唆している. これらの岩石の対比と, ペルム紀花崗岩類+前期白亜紀高度變成岩+後期白亜紀陸源堆積物の密接な関係と産状は, 南部北上帯と阿武隈帯の岩石が, 関東山地と九州東部の三波川變成岩類の上にナップとして残存していることを示している.