白亜紀吉舎火山岩類および周辺花崗岩類の Rb-Sr アイソクロン年代とその地質学的意義

Rb-Sr isochron ages of Cretaceous Kisa Volcanics and granitoids in the central Chugoku district, Southwest Japan, and their geological significance

Abstract

松本一郎*
沢田順弘**
加々美寛雄***

*Ichiro Matsumoto**
*Yoshihiro Sawada***
*Hiroo Kagami****

1993年6月11日受付.
1994年4月5日受理.

* 同和工営株式会社資源事業部.

Dowa Engineering Co., LTD. 5-10-5,
Shimbashi, Minato-ku, Tokyo 105, Japan

** 島根大学理学部地質学教室.

Department of Geology, Faculty of Science,
Shimane University, Matsue 690, Japan

*** 岡山大学地球内部研究センター.

Institute for Study of the Earth's Interior,
Okayama University, Misasa, Tottori 682-02, Japan

In the northern part of Hiroshima Prefecture, the Cretaceous igneous rocks are divided into the Kisa Volcanics, the Takada Rhyolites and granitoids. The Kisa Volcanics consist of rhyolite, dacite and andesite lavas, and pyroclastics. The Takada Rhyolites, which erupted immediately after the Kisa Volcanics, is composed mainly of rhyolitic pyroclastic rocks.

Rb-Sr whole rock isochron ages of the Kisa Volcanics and the Nishikawa-Udo Granodiorites, which intruded into both the Kisa Volcanics and the Takada Rhyolites, are 83.9 ± 13.2 Ma (initial Sr isotopic ratio: 0.70743 ± 0.00058) and 84.4 ± 6.3 Ma (0.70568 ± 0.00025), respectively. The Mitsugauchi Granodiorite, which intruded into the Kisa Volcanics, has a Rb-Sr whole rock-mineral isochron age of 80.4 ± 2.8 Ma (0.70595 ± 0.00022).

High-magnesian andesites (HMA) occur in the Kisa Volcanics. Considering the widespread association of HMA with felsic igneous rocks in the Inner Zone of Southwest Japan, HMA probably plays an important role in the genesis of voluminous felsic magmas.

Kinoshita and Ito (1986) and Nakajima et al. (1990) proposed that the ages of the Cretaceous granitoids in the San'yo Belt become younger from west to east, caused by the oblique subduction of a ridge with transform faults. However our study, coupled with recent data (e.g. Sawada and Itaya, 1993; Sawada et al., 1994), revealed that geochronological polarity in the granitoids of the San'yo Belt is not clear, but there are at least two groups consisting of igneous rocks with different ages (85-80 Ma and 110-90 Ma).

Key words: Kisa Volcanics, Takada Rhyolites, Cretaceous felsic rocks, Rb-Sr isochron age, high magnesian andesite, Inner Zone of Southwest Japan

は じ め に

西南日本内帯では白亜紀から第四紀に至るまで断続的に火成活動が認められる。なかでも中国地方には白亜紀から古第三紀にかけての火成岩類が広く分布している (Fig. 1)。これら白亜紀～古第三紀火成岩類は中国地方西部地域では下位より関門層群, 周南層群, 匹見層群, 阿武層群に区別されている (村上・今岡, 1986)。一方, 中国地方中部地域の火山岩類は下位の吉舎火山岩類と上位の高田流紋岩類に区別されている (吉田, 1961)。本論文で報告する中国地方中部地域には花崗岩類および主に火砕流堆積物からなる高田流紋岩類が広く分布しており, 苦鉄質～珪長質の溶岩と火砕岩からなる吉舎火山岩類が局所的に分布する。これらの火成岩類のうち, 花崗岩類については Rb-Sr アイソクロン年代が報告されて

いるが (Takagi et al., 1989; Kagami et al., 1988; 中島・白波瀬, 1987 など), 高田流紋岩類や吉舎火山岩類についての報告はない。

高田流紋岩類は広域的な分布を示し, また吉舎火山岩類からは高マグネシア安山岩を含む多種多様な火山岩類が報告されており (松本, 1990; 松本ほか, 1990), これら火山岩類の年代を明らかにすることは白亜紀～古第三紀火山岩類の火山層序を組み立てる上での基礎資料となる。加えて, 大規模珪長質深成活動と火山活動との関連や火成活動の造構場を明らかにする上でも重要である。

本論文では, 吉舎火山岩類とそれを貫く深成岩体の, Rb-Sr 全岩 (一部 Rb-Sr 全岩・鉱物) アイソクロン年代を報告するとともに, 高マグネシア安山岩マグマと大規模珪長質マグマの活動時期の関連性や西南日本の白亜紀火成活動の年代

Fig. 1. Map showing the distribution of the Cretaceous igneous rocks in the Chugoku district and the study area.
 MTL: Median Tectonic Line
 Line A-A' shows the boundary between the Ryoke and San'yō Belts.
 Line B-B' shows the boundary between the San'yō and San'in Belts.

的ポラリティーの問題について議論する。

地 質

広島県下に分布する白亜紀火山岩類を吉田 (1961) は下位の吉舎火山岩類と上位の高田流紋岩類に区分した。吉舎火山岩類は中性〜珪長質岩を主とする溶岩、岩脈、火砕岩からなる火山岩類であり、高田流紋岩類はその大部分が珪長質火砕流堆積物からなる。吉舎地域においては吉舎火山岩類と高田流紋岩類との間には火山活動の長い休止期を示すような大規模な侵食や風化帯、酸化帯は認められず、地質構造上も大きなギャップを示さない (松本, 1990)。これら火山岩類は岩相の類似性と深成岩類との地質学的関係から西中国地方に分布する火山岩類に対比されており、吉舎火山岩類は周南層群に、高田流紋岩類は匹見層群および阿武層群にそれぞれ対比されている (例えば, Imaoka and Nakashima, 1983)。

Table 1 に吉舎町周辺の層序を、Fig. 2 に吉舎町周辺の地質図を示した。吉田 (1964) は模式地の吉舎火山岩類を下位より小国層、迫谷層、吉舎層に分け、吉舎層を覆う高田流紋岩類を岡田山層とした。竹田 (1967) はこれらの火山岩類について再検討し、下位より小国層、切田層、丸田層に分け、丸田層より上位の高田流紋岩類を岡田山層と呼ん

だ。松本 (1990) は丸田層を下位より中辻流紋岩層、川之内凝灰岩層、敷地凝灰岩層、矢井流紋岩層、芋ヶ畑安山岩層の5部層に分け、岡田山層を3つの異なる岩相に区分した。また、丸田層芋ヶ畑安山岩層からは高マグネシア安山岩が報告されている (松本ほか, 1990)。丸田層と岡田山層を貫く花崗岩〜花崗閃緑岩質のボス状深成岩体は西川岩体と呼ばれている (吉田, 1964)。松本 (1990) は西川岩体の近くに分布するストック状岩体を海渡岩体と名付けたが、ここでは西川岩体および海渡岩体を西川・海渡花崗閃緑岩体と呼ぶ。吉田 (1964) は庄原地域に分布する吉舎火山岩類相当層に対して坊地ヶ峠層と命名し、上位に重なる高田流紋岩類を須川層とした。坊地ヶ峠層は花崗岩〜花崗閃緑岩質の深成岩体によって貫かれている。本論文ではこの深成岩体を三河内花崗閃緑岩体 (新称、後章に詳述) と呼ぶ。Fig. 3 に庄原地域の地質図を示した。

吉舎火山岩類の化学的性質

全岩化学分析は島根大学の日本電子社製蛍光 X 線分析装置 (JXA-60S7) を用い、小林ほか (1981) および市川ほか (1987) の方法により行った。

吉舎火山岩類は大きくソレライト系列とカルクアルカリ系

Table 1. Stratigraphy of the Cretaceous System in the Kisa area.

竹田(1967)				松本(1990)							
地 層		層 厚	岩 相	南 東 部 地 域				北 部 地 域			
吉 舎 層 群	高田 流紋岩層	岡田山層	500m+	岡田 山層		凝灰角礫岩		火山礫凝灰岩(A) (斑状結晶に乏しく、斑状斜長石結晶に富む)		火山礫凝灰岩(B) (斑状結晶に富み、石英、カリ長石の斑状結晶に富む)	
						部 層	層 厚	岩 相	部 層	層 厚	岩 相
		丸田累層	1200m	丸 田 累 層	芋ヶ畑 安山岩層	200m±	デイサイト ～安山岩溶岩	芋ヶ畑 安山岩層	200m±	南東部に同じ	
		切田累層	500～ 600m		矢井 流紋岩層	200m+	流紋岩～デイサイト 溶岩を主体として少 量の凝灰岩を伴う	矢井 流紋岩層	500m+	南東部に同じ	
					川之内 凝灰岩層	300m±	デイサイト質凝灰岩 及び凝灰質泥岩	敷地 凝灰岩層	200m+	流紋岩質 凝灰岩	
		小国累層	900m+		中辻 流紋岩層	200m+	流紋岩 ～デイサイト溶岩				

列に分けられる。また、カルクアルカリ系列は層序と化学組成の相違から、比較的全 FeO/MgO の低いグループ (CA1) と、全 FeO/MgO の高いグループ (CA2), および SiO₂ が 69 wt.% 以上のグループ (CA3) に分けられる (Fig. 4)。芋ヶ畑安山岩層の火山岩類は CA1 に属すが、より苦鉄質のものは Shiraki (1981) の定義 (Manson (1967) の玄武岩平均値 6.6 wt.% 以上の MgO をもつ安山岩 (SiO₂ > 53wt.%)) に従えば高マグネシア安山岩 (HMA) に分類される (Table 2)。また、Cr 含有量が高いことも HMA の化学組成の特徴と調和的である。なお、試料番号 MA4 の CaO 量は 2.80 wt.% (揮発成分を除くと 2.91 wt.%) と異常に低い、曹長石化作用などの変質作用を受けたために、低くなったものと考えられる。

年代測定したユニットおよび測定試料の記載

年代測定に用いた試料は吉舎地域では吉舎火山岩類矢井流紋岩層中の流紋岩溶岩および西川・海渡花崗閃緑岩体から採取したものであり、庄原地域では三河内花崗閃緑岩体から採取したものである。採取地点は Fig. 2 および Fig. 3 にそれぞれ示した。以下、年代測定したユニットおよび測定試料について記載する。

(1) 矢井流紋岩

本層は流紋岩～デイサイトの溶岩を主とし、凝灰岩～凝灰角礫岩を挟在する。溶岩は一般に斑状組織を示すが、斑晶は少なく、斜長石 (0.5～2.0 mm, 自形), 角閃石 (0.5 mm±, 自形) がまれにみられる程度である。また、流理構造の顕著なものや、自破碎構造を示すものも観察される。

年代測定に用いた試料は塊状の流紋岩溶岩 4 試料 (Y1, Y2, Y3, Y4) と塊状のデイサイト溶岩 1 試料 (Y5) である。これら流紋岩溶岩およびデイサイト溶岩はともに灰緑色～灰色を呈し、極わずかに斑晶として斜長石 (1.0 mm±, 自形), 長柱状角閃石 (0.5 mm±, 自形) を含む。これらの試料は鏡

下において大部分の有色鉱物が緑泥石化などの変質から免れている比較的新鮮なものを用いるようつとめ、主岩相を中心に岩相の多様性をもたせるように試料を選んだ。

(2) 西川・海渡花崗閃緑岩体

報告地域には、小規模なものを除くと 2 つの深成岩体がある。一つは 3 km × 3 km のボス状の西川花崗閃緑岩体であり、他の一つは約 1.5 km × 0.7 km のストック状の海渡花崗閃緑岩体であり、両者とも岡田山層中に貫入している。西川花崗閃緑岩体はごく一部で均質な岩相を示すものの、全般に不均質であり、花崗閃緑岩を主とするがアダメロ岩、石英モンゾ閃緑岩、および石英閃緑岩を含み、岩相変化に富む (Fig. 5)。海渡花崗閃緑岩体は比較的均質で肉眼的には西川花崗閃緑岩体の均質な部分と類似した岩相を示す。鏡下では西川花崗閃緑岩体、海渡花崗閃緑岩体ともに斜長石 (0.2～1.0 mm, 自形), カリ長石 (0.2～1.0 mm, 自形～他形), 石英 (間隙充填的, 他形～半自形), 角閃石 (0.5～2.0 mm, 自形), 黒雲母 (0.2～2.0 mm, 自形) が主成分鉱物としてみられる。

年代測定に用いた試料は中粒角閃石黒雲母アダメロ岩 (N1), 中粒黒雲母角閃石花崗閃緑岩 (N2, N3, N5, N8), 細粒黒雲母角閃石花崗閃緑岩 (N4, N6, N7) である。これらの試料は鏡下において大部分の有色鉱物が緑泥石化などの変質から免れている比較的新鮮なものを用いるようつとめ、岩相の多様性をもたせるように試料を選んだ。

(3) 三河内花崗閃緑岩体 (新称)

本岩体は吉舎火山岩類坊地ヶ峠層に貫入しており、坊地ヶ峠層との境界部では急冷周縁相が幅十数 m にわたり形成されている。主成分鉱物は石英 (0.5～2.0 mm, 自形～他形), 斜長石 (0.5～10.0 mm, 自形～半自形), カリ長石 (0.5～10.0 mm, 自形～他形), 角閃石 (0.5～2.0 mm, 自形), 黒雲母 (0.2～5.0 mm, 自形) である。一般的に中粒等粒状組織を示すが坊地ヶ峠層との境界部付近などでは斑状組織を示すなど不均質な岩相を呈する。

Fig. 2. Geological map of the Kisa area. The numbers refer to the location of the analysed sample.

Fig. 3. Geological map of the Shoubara area.

Table 2. Chemical compositions of high magnesian andesites from the Kisa Volcanics.

	Kisa-HMA (MA 4)	Kisa-HMA (MA 25)	J B 1 a m. v. (p. v)
(wt%)			
SiO ₂	54.53	53.10	51.71(52.61)
TiO ₂	0.81	0.63	1.32(1.31)
Al ₂ O ₃	18.13	17.69	14.50(14.64)
Fe ₂ O ₃	6.13	6.05	8.94(9.18)
MnO	0.16	0.05	0.15(0.15)
MgO	8.10	7.47	8.08(7.82)
CaO	2.80	4.86	9.22(9.31)
Na ₂ O	3.18	3.77	2.56(2.76)
K ₂ O	2.62	1.90	1.41(1.47)
P ₂ O ₅	0.18	0.06	0.26(0.26)
LOI	2.85	2.78	
Total	99.49	98.36	98.15(99.51)
FeO*/MgO	0.68	0.73	1.00(1.06)
(ppm)			
Nb	16	13	24(27)
Zr	199	181	141(144)
Y	26	21	22(25)
Sr	345	523	442(443)
Rb	106	90	42(41)
Ni	70	88	135(140)
Cr	244	283	386(415)

Total Fe as Fe₂O₃FeO* = Fe₂O₃ × 0.9

m.v. : measured value by XRF (mean value : n=25)

p.v. : proposed value by Ando et al. (1987)

Fig. 4. AFM diagram of the Kisa Volcanics. Broken line shows a boundary between pigeonitic rock series (P) and hypersthene rock series (H) (Kuno, 1950).

Th : tholeiitic series group

CA1 : calc-alkaline series group 1

CA2 : calc-alkaline series group 2

CA3 : calc-alkaline series group 3

Fig. 5. Modal composition of quartz-K-feldspar-plagioclase of the plutonic rocks in the study area. Classification and nomenclature are after IUGS (1973).

分析に用いた試料は本岩体の代表的な岩相を示す中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。本試料からは全岩試料を1試料と同試料から分離した斜長石、カリ長石、黒雲母をそれぞれ分析用試料として用いた。

分析 方法

吉舎火山岩類矢井流紋岩および西川・海渡花崗閃緑岩体の全岩試料のRbとSrの分析については、島根大学のJEOL社の蛍光X線分析装置(JXA-60S7)を用い、市川ほか(1987)の方法により行った。測定に際しては地質調査所の標準試料JG-1aをあわせて分析したが、その平均値はRb=

Table 3. Rb and Sr concentrations and Sr isotope ratios of the Kisa Volcanics, Nishikawa-Udo Granodiorites and Mitsugauchi Granodiorite.

Sample	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\pm 2\sigma)$
Yai Rhyolites of Kisa Volcanics				
Y1, Whole rock	163	136	3.469	0.71144 (0.00002)
Y2, Whole rock	150	149	2.914	0.71089 (0.00001)
Y3, Whole rock	154	152	2.932	0.71112 (0.00002)
Y4, Whole rock	156	109	4.143	0.71236 (0.00004)
Y5, Whole rock	119	162	2.126	0.70991 (0.00002)
Nishikawa-Udo Granodiorites				
N1, Whole rock	184	139	3.831	0.71023 (0.00004)
N2, Whole rock	148	57	7.517	0.71442 (0.00004)
N3, Whole rock	147	169	2.517	0.70864 (0.00001)
N4, Whole rock	119	223	1.544	0.70758 (0.00001)
N5, Whole rock	138	192	2.080	0.70824 (0.00004)
N6, Whole rock	152	71	6.198	0.71339 (0.00001)
N7, Whole rock	114	296	1.114	0.70674 (0.00003)
N8, Whole rock	111	289	1.111	0.70725 (0.00002)
Mitsugauchi Granodiorite				
M1, Whole rock	95	219	1.254	0.70745 (0.00002)
M2, Plagioclase	23	521	0.126	0.70607 (0.00001)
M3, K-feldspar	277	56	14.441	0.72204 (0.00004)
M4, Biotite	459	36	37.316	0.74937 (0.00005)

182±2.8 ppm, (2σ mean, N=22), Sr=182±3.6 ppm (2σ mean, N=22)であり, Ando et al. (1987) の報告値は標準偏差の範囲内にある. 三河内花崗閃緑岩体の全岩および鉱物試料の Rb・Sr 濃度と Sr 同位体比測定は, 加々美ほか (1982), Kagami et al. (1987, 1989) の方法により, 岡山大学地球内部研究センターのフィニガン・マツ社の MAT 261 表面電離型質量分析計を用いて行った. Rb/Sr 比の測定誤差は約 3% と見積もった. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は, $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ で規格化した. 測定期間中における標準試料 NBS987 の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の平均値は 0.710255 ± 0.000022 (2σ mean, N=8) であった. 年代は ^{87}Rb の壊変定数として $1.42 \times 10^{-11}/\text{年}$ (Steiger and Jäger, 1977) を用い, York (1966) の計算式で求めた.

測定結果

測定結果を Table 3 に, またアイソクロン図を Fig. 6 に示した. 吉舎火山岩類矢井流紋岩層の流紋岩溶岩全岩 5 試料の $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比は 2.1~4.1 と幅が狭いこともあって誤差が大きいもののアイソクロン年代として $83.9 \pm 13.2 \text{ Ma}$ (2σ) (Sr 同位体比初生値: 0.70743 ± 0.00058 (2σ)) を得た. 西川・海渡花崗閃緑岩体の全岩 8 試料からは $84.4 \pm 6.3 \text{ Ma}$ (2σ) (Sr 同位体比初生値: 0.70568 ± 0.00025 (2σ)) のアイソクロン年代が算出された. この年代は近似的に花崗閃緑岩マグマにおける分別作用が終了した年代であると考えられる. 三河内花崗閃緑岩体のアイソクロン年代は全岩, 斜長石, カリ長石, 黒雲母を用いたものであるが, $80.4 \pm 2.8 \text{ Ma}$ (2σ) (Sr 同位体比初生値: 0.70595 ± 0.00022 (2σ)) の値を得た. この年代は上記の鉱物が冷却過程でそれぞれの閉鎖温度 (約 300–350 度; Dodson and McClellan-Brown, 1985) 以下になった時のものであるが, 岩体は岩脈状でその規模はさほど大きくはない (Fig. 3) ことから形成年代は鉱物年代と大きくはかけ離れて

Fig. 6. Diagrams showing Rb-Sr whole rock isochron of the Nishikawa-Udo Granodiorites (A) and the Yai Rhyolites from the Kisa Volcanics (B), and Rb-Sr whole rock-mineral isochron of the Mitsugauchi Granodiorite (C). IR: initial Sr isotopic ratio.

いないと考えられる.

考察

吉舎火山岩類と高田流紋岩類の年代

吉舎地域における白亜紀火成岩類は, 吉舎火山岩類とそれを覆う岡田山層およびこれらを貫く西川・海渡花崗閃緑岩体に区分される. 上述のように Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は吉舎火山岩類が $83.9 \pm 13.2 \text{ Ma}$, 西川・海渡花崗閃緑岩体が $84.4 \pm 6.3 \text{ Ma}$ で, 誤差は大きいものの年代値は誤差の範囲内で重なっており, 吉舎火山岩類と岡田山層の間には活動の長い休止期を示すような地質構造上のギャップ, あるいは酸化帯, 風化帯, 侵食の形跡は認められないという地質学的関係とも調和的である. また, 吉舎火山岩類と岡田山層はコールドロンを示すような断層は認められないものの, 半ベースン構造をしており, 西川・海渡花崗閃緑岩体は中央深成岩体様の分布を示すことから火山岩類とともにコンプレックスを形成していた可能性が高い (松本, 1990). 岡田山層は珪長質火砕流堆積物によって特徴づけられ, 広域的に分布する高田流紋岩類の一部と考えられるので, 少なくとも中国地方中部では苦鉄質~中性岩を伴う吉舎火山岩類と高田流紋岩類の間

には活動の時間的間隙がなかったものと推察される。ただし、Sr 同位体比初生値をみると、西川・海渡花崗閃緑岩体が 0.70568 ± 0.00025 であるのに対し、矢井流紋岩が 0.70743 ± 0.00058 であり、明らかに異なる。このことは火成活動の時期は接近していたものの、両者の起源物質は異なったものであったと考えられる。

中国地方中部の花崗岩類の放射年代は、岡山市から津山市にかけて分布する花崗岩類と小豆島の花崗岩類からそれぞれ 84.0 ± 3.7 Ma と 82.1 ± 3.0 Ma (Kagami et al., 1988), 広島県の光守花崗岩体と伊久利谷花崗岩体からそれぞれ 80.4 ± 3.3 Ma と 83.4 ± 4.4 Ma (Takagi et al., 1989), また、岡山県中部の賀陽花崗岩体から 81.2 ± 5.5 Ma (高木, 1991) という Rb-Sr 全岩および全岩・鉱物アイソクロン年代値が報告されており、ここで報告した火山岩類および花崗岩類の年代と誤差の範囲内で一致している。つまり、広島県東部から岡山県西部に至る地域における山陽帯の花崗岩類の一部は火山活動と密接に関連したものであり、その活動は $84 \sim 80$ Ma の間にあったといえる。一方、中島・白波瀬 (1987) は広島花崗岩類の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代として 92.8 ± 4.0 Ma の値を、高木 (1991) は岡山県中部の有漢花崗閃緑岩体から 92.0 ± 6.5 Ma の値を報告したが、この値は上記の花崗岩類の年代値と比較して一部誤差の範囲で重なるものの 10 Ma 程度古い値を示す。すなわちこのことは広島県から岡山県にかけての白亜紀珪長質火成活動は少なくとも $84 \sim 80$ Ma を中心とするものと $93 \sim 92$ Ma を中心とするものの 2 時期あった可能性がある (Fig. 7)。また、Fig. 7 においては南北方向の火成活動の時期の変化をみるために中央構造線からの距離と年代の関係を示したが、山陽帯内の本地域においては明瞭な年代学的ポラリティーは認められなかった。

白亜紀高マグネシア安山岩の年代とその意義

高マグネシア安山岩を含む吉舎火山岩類のアイソクロン年代はすでに述べたように 83.9 ± 13.2 Ma であるが、海渡岩体 (84.4 ± 6.3 Ma) の貫入を受けていることと誤差から考えて、年代は $97 \sim 78$ Ma の範囲となる。西南日本内帯の各地から白亜紀の高マグネシア安山岩が報告されている。すなわち関門層群 (今岡・村上, 1979; 今岡ほか, 1989), 吉舎火山岩類 (松本ほか, 1990; 本研究), 泉南層群 (山田・村上, 1978), 美濃・丹波帯の岩脈類 (Suzuki and Shiraki, 1980; 木村・貴治, 1993) である。

高マグネシア安山岩は高含水量、高温の条件下の上部マントルで生成されと考えられている (白木・黒田, 1977; Kushiro and Sato, 1978; Tatsumi, 1982; Umino and Kushiro, 1989)。その生成モデルとして、拡大直後の熱い海洋プレート下への海洋プレートの沈み込み、形成直後の海洋プレートの沈み込み、含水マントルウェッジ中への MORB 起源ダイアピルの貫入等が考えられている (Shiraki et al., 1978; Crawford et al., 1986, 1989; Tatsumi, 1982; Tatsumi and Maruyama, 1989)。白亜紀高マグネシア安山岩の放射年代をみると、関門層群の角閃石 K-Ar 年代が 105.2 ± 3.3 Ma, 106.7 ± 3.3 Ma (Imaoka et al., 1993), 吉舎火山岩類が $97 \sim 78$ Ma, 丹波帯の岩脈中の角閃石 K-Ar 年代が 108 ± 5 Ma

Fig. 7. Map showing Rb-Sr isochron age of the felsic rocks in the San'yo Belt in the central Chugoku district. Straight line on the map showing the distance from MTL.

Data sources :

- Hiroshima Gr.; Nakajima and Shirahase (1987)
- Mitsumori Gr.; Takagi et al. (1989)
- Nishikawa-Udo Gds.; This study
- Yai Rhyolites of Kisa Volcanics; This study
- Ikuridani Gr.; Takagi et al. (1989)
- Mitsugauchi Gd.; This study
- Ukan Gd.; Takagi (1991)
- Kayo Gr.; Takagi (1991)
- Granites from the Okayama region; Kagami et al. (1988)
- Granites from Shodo-shima; Kagami et al. (1988)

(木村・貴治, 1993), 美濃帯の高マグネシア・スペッサルタイトと活動時期が一致する貝月山花崗岩の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代が 96.4 ± 4.8 Ma (沢田ほか, 1994) である。白亜紀高マグネシア安山岩の分布域は 500 km 以上に及ぶ広域的活動であるが、その活動時期には明瞭な年代的ポラリティーは認められず、少なくとも関門層群と丹波帯の岩脈は同時期

のものである。背弧側にリフティングを伴うような運動があり、含水マントルウェッジ中へのダイアビルの貫入によって高マグネシア安山岩マグマが生成された可能性は否定できないが、このことを支持する積極的証拠はない。後期白亜紀には拡大直後のクラ・太平洋プレートが西南日本を含むユーラシアプレートの下に沈み込んでいたとする考えがあるが (Maruyama and Seno, 1986), 拡大直後の熱い海洋プレートの沈み込みによって高マグネシア安山岩マグマが生成された可能性は高い。

今岡ほか (1989) は高マグネシア安山岩が珪長質火成活動の先駆的活動であることを指摘した。吉舎地域においても、吉舎高マグネシア安山岩の活動の直後に大規模な珪長質火成活動がみられる。また美濃帯の岐阜県春日村の高マグネシア・スペッサルタイトの一部はバソリス状の貝月山花崗岩中に貫入している。しかし、一方では同花崗岩由来と推定される珪長質ペインによって貫入を受けている (Suzuki and Shiraki, 1980) ことから、高マグネシア・スペッサルタイトの活動は花崗岩の活動時期に近接していたものと考えられる。つまり、本報告や美濃帯の岐阜県春日村の例などから、白亜紀の西南日本内帯では大規模珪長質マグマの活動に先行して高マグネシア安山岩が活動するという傾向がみられる。このことは高マグネシア安山岩の成因のみならず、大量珪長質マグマの生成を考える上で重要であると考えられる。

山陽帯の白亜紀火成活動の年代に東西方向の年代的ポラリティーはあるか?

西南日本内帯における白亜紀の花崗岩類の年代が西から東にかけて若くなることが指摘され (寺岡, 1977; Shibata and Ishihara, 1979), 木下・伊藤 (1986) や Nakajima et al. (1990) はその原因を海嶺の斜め沈み込みに求めた。また、Nakajima et al. (1990) は丹波帯にみられる 100–90 Ma の花崗岩類を例外的なものと考え、トランスフォーム断層によってずれた小規模な ridge segment の先行的沈み込みによるものか、または形成直後の海山の沈み込みによるものとした。しかしながら、その後特に美濃・丹波帯から 110–90 Ma の年代を示す火成岩類がいくつか報告された。すなわち木村・貴治 (1993) は丹波帯の高マグネシア安山岩岩脈の角閃石 K–Ar 年代として 108 ± 5 Ma を、美濃帯、犬山の玄武岩シートの全岩 K–Ar 年代として 90.1 ± 4.5 Ma と 84.3 ± 4.2 Ma を報告した。後者の玄武岩は変質しており、Ar の兆散を考えると貫入年代はこの値より古くなることが予想される。また、沢田・板谷 (1993) は比叡花崗岩の一部から 97–96 Ma の黒雲母 K–Ar 年代を報告した。さらに沢田ほか (1994) は琵琶湖周辺の花崗岩類と湖東流紋岩類の Rb–Sr 全岩 (Rb–Sr 全岩・鉱物) アイソクロンから、白亜紀珪長質火成活動は 80 Ma 前後と 100–90 Ma の 2 時期あったことを指摘した。つまり 110–90 Ma の年代を示す火成岩類は近畿地方から中部地方にかけて広域的に分布する可能性があることから、例外的な小規模なクラスターとしては扱えないことになる。すなわち、従来考えられてきた山陽帯における東西方向の年代的ポラリティーは不明瞭なものであり、広島県から岐阜県にかけての白亜紀火成活動は若干の年代誤差はあるものの、少

なくとも 110–90 Ma を中心としたものと 85–80 Ma を中心としたものの 2 時期あった可能性が高い。

山陽帯における 2 時期の火成活動、山陽帯から山陰帯にかけての南北方向の年代的ポラリティー、さらに高マグネシア安山岩の存在から要請される生成場の束縛条件を踏まえて、ユーラシア大陸東縁における白亜紀から古第三紀にかけての広域的なテクトニクスと火成活動との関連について考えていく必要にせまられている。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、島根大学の岩石鉱物学ゼミと岡山大学地球内部研究センターの同位体岩石学ゼミの方々にはさまざまなご助言、ご討論をしていただいた。また、岡山大学地球内部研究センターの河本由美さんには Sr 同位体組成分析にあたり大変お世話になった。以上の皆様に厚くお礼申し上げます。

文 献

- Ando, A., Mita, N. and Terashima, S., 1987, 1986 values for fifteen GSJ rock reference samples, "Igneous rock series". *Geostandard Newsletter*, 11, 159–166.
- Crawford, A.J., Beccaluva, L., Serri, G. and Dostal, J., 1986, Petrology, geochemistry and tectonic implications of volcanics dredged from the intersection of the Yap and Mariana trenches. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 80, 265–280.
- , Falloon, T.J. and Green, D.H., 1989, Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites. In Crawford, A.J., ed., *Boninites and related rocks*. 1–49.
- Dodson, M. H. and McClelland-Brown, E. M., 1985, Isotopic and palaeomagnetic evidence for rates of cooling, uplift and erosion. In Snelling, N.J., ed., *The chronology of the geological record*. Geol. Soc., Blackwell Sci. Publ., Oxford, 315–325.
- 市川博之・酒井利啓・渡辺暉夫・飯泉 滋, 1987, ガラス円盤を使った珪酸塩岩石中の微量元素の蛍光 X 線分析装置 (Rh 管球) による定量分析. 島根大地質研報, 6, 161–169.
- 今岡照喜・村上允英, 1979, 西中国地域の後期中生代～古第三紀火山岩類の岩石化学. 地質学論集, no. 17, 259–272.
- Imaoka, T. and Nakashima, K., 1983, Temporal and spatial variation of magmatic susceptibility of Cretaceous to Neogene igneous rocks from the central and western Chugoku Province, Japan. *Jour. Sci. Hiroshima Univ., Ser. C*, no. 8, 1–30.
- 今岡照喜・関 達也・中島和夫, 1989, 白亜紀関門層群の玄武岩質安山岩に含まれるクロマイトとクロム・エンディオブサイト. 白木編「日本の高マグネシア安山岩」, 119–124.
- Imaoka, T., Nakajima, N. and Itaya, T., 1993, K–Ar ages of hornblends in andesite and dacite from the Cretaceous Kanmon Group, Southwest Japan. *Jour. Min. Pet. Econ. Geol.*, 88, 265–271.
- IUGS Subcommission, 1973, Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*, 18, 26–30.
- 加々美寛雄・岡野 修・須藤 宏・本間弘次, 1982, MAT260 による Sr 同位体比測定及び Rb・Sr 定量分析. 岡山大温泉研報, 52, 51–70.
- Kagami, H., Iwata, M., Sano, S. and Honma, H., 1987, Sr and Nd isotopic compositions and Rb, Sr, Sm and Nd concentrations of standard samples. *Tech. Rep. ISEL*, 4, p. 16.
- , Honma, H., Shirahase, T. and Nureki, T., 1988, Rb–Sr whole rock isochron ages of granites from northern Shikoku and Okayama, Southwest Japan: Implications for the migration of the Cretaceous to Paleogene igneous activity in space and time. *Geochem. Jour.*, 22, 69–79.

- , Yokose, H. and Honma, H., 1989, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios of GSJ rock reference samples; JB-1a, JA-1 and JG-1 a. *Geochem. Jour.*, **23**, 209-214.
- 木村克己・貴治康夫, 1993, 美濃-丹波帯に貫入する高マグネシア安山岩および玄武岩シートの K-Ar 年代. 地質雑, **99**, 205-208.
- 木下 修・伊藤英文, 1986, 西南日本の白亜紀火成活動の移動と海溝のもぐり込み. 地質雑, **92**, 723-735.
- 小林英夫・渡辺暉夫・飯泉 滋, 1981, 珪酸塩岩石主成分元素の蛍光 X 線による全自動分析. 島根大理学紀要, **15**, 115-124.
- Kuno, H., 1950, Petrology of Hakone volcano and the adjacent areas, Japan. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **61** 957-1019.
- Kushiro, I. and Sato, H., 1978, Origin of some calc-alkali andesite in the Japanese Islands. *Bull. Volcanol.*, **41**, 576-585.
- Manson, V., 1967, Geochemistry of basaltic rocks: major elements. In Hess, H.H. and Poldervaart, A., eds., *Basalts: The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition*. vol. 1, 215-269.
- Maruyama, S. and Seno, T., 1986, Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese Island. *Tectonophysics*, **127**, 305-329.
- 松本一郎, 1990, 広島県吉舎町周辺の白亜紀火成活動. 島根大地質研報, **9**, 55-63.
- ・沢田順弘・加々美寛雄, 1990, 広島県白亜紀吉舎火山岩類一特に高マグネシア安山岩について一. 日本地質学会第 97 年学術大会演旨, 421.
- 村上允英・今岡照喜, 1986, 西中国および周辺地域の酸性～中性火成活動. 山口大学教養部紀要, 419p.
- 中島 隆・白波瀬輝夫, 1987, 広島県中央部山陽帯花崗岩類の Rb-Sr 全岩年代. 岩鉱, **82**, 395-400.
- Nakajima, T., Shirahase, T. and Shibata, K., 1990, Along-arc lateral variation of Rb-Sr ages of Cretaceous granitic rocks in southwest Japan. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **104**, 381-389.
- 沢田順弘・板谷徹丸, 1993, 琵琶湖南部後期白亜紀環状花崗岩質岩体の K-Ar 年代—巨大コールドロンにおける冷却史—. 地質雑, **99**, 975-990.
- ・加々美寛雄・松本一郎・杉井完治・中野聰志・周琵琶湖花崗岩団研グループ, 1994, 琵琶湖南部白亜紀環状花崗岩体と湖東コールドロン. 地質雑, **100**, 217-233.
- Shibata, K. and Ishihara, S., 1979, Rb-Sr whole-rock and K-Ar mineral ages of granitic rocks in Japan. *Geochem. Jour.*, **13**, 113-119.
- Shiraki, K., 1981, Boninite and sanukite. *Recent Progr. Nat. Sci. Japan*, **6**, 84-88.
- 白木敬一・黒田 直, 1977, 無人岩再訪. 地質雑, **86**, 174-190.
- Shiraki, K., Kuroda, N., Maruyama, S. and Urano, H., 1978, Evolution of the Tertiary volcanic rocks in the Izu-Mariana arc. *Bull. Volcanol.*, **41**, 548-562.
- Steiger, R. H. and Jäger, E., 1977, Subcommission on geochronology: Convection on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- Suzuki, K. and Shiraki, K., 1980, Chromite-bearing spessartites from Kasuga-mura, Japan, and their bearing on possible mantle origin andesite. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **71**, 313-322.
- 高木哲一, 1991, 岡山県中央部賀陽花崗岩中の苦鉄質鉱物の晶出条件. 日本地質学会第 98 年学術大会演旨, 261.
- Takagi, T., Kagami, H. and Iizumi, S., 1989, Petrography and geochemistry of two contrasting I-type granites, the Mitsumori and Ikuridani granites, San'in Belt, Southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **95**, 905-918.
- Tatsumi, Y., 1982, Origin of high-magnesian andesites in the Setouchi volcanic belt, southwest Japan, II. Melting phase relations at high pressures. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **60**, 305-317.
- and Maruyama, S., 1989, Boninites and high-Mg andesites: tectonics and petrogenesis. In Crawford, A.J., ed., *Boninites and related rocks*. 50-71.
- 竹田史郎, 1967, 広島県双三郡吉舎町付近の後期中生代火山岩類. 地質雑, **72**, 137.
- 山田直利・村上允英, 1978, 泉南層群高マグネシア安山岩. 三鉱学会昭和 53 年秋季連合学術講演会演旨集.
- 寺岡易司, 1977, 領家・三波川両帯における白亜紀堆積盆. 秀敬編「三波川帯」, 広島大学出版研究会, 419-431.
- York, D., 1966, Least-squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Phys.*, **44**, 1070-1086.
- 吉田博直, 1961, 中国地方中部の後期中生代の火成活動. 広島大学研報, **8**, 1-31.
- , 1964, 白亜紀火山岩類. 広島県地質図説明書, 73-86.
- Umino, S. and Kushiro, I., 1989, Experimental studies on boninite petrogenesis. In Crawford, A.J., ed., *Boninites and related rocks*. 89-111.

(要 旨)

松本一郎・沢田順弘・加々美寛雄, 白亜紀吉舎火山岩類および周辺花崗岩類の Rb-Sr アイソクロン年代とその地質学的意義. 地質雑, **100**, 399-407. (Matsumoto, I., Sawada, Y. and Kagami, H., 1994, Rb-Sr isochron ages of Cretaceous Kisa Volcanics and granitoids in the central Chugoku district, Southwest Japan, and their geological significance. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **100**, 399-407.)

広島県北部の白亜紀火成岩類は吉舎火山岩類, 高田流紋岩類および花崗岩類からなる. Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は吉舎火山岩類が 83.9 ± 13.2 Ma (Sr 同位体比初生値: 0.70743 ± 0.00058), 吉舎火山岩類と高田流紋岩類を貫く西川・海渡花崗閃緑岩体が 84.4 ± 6.3 Ma (0.70568 ± 0.00025) である. 吉舎火山岩類とその上位の高田流紋岩類との間には地質学的, 年代学的にみて時間的間隙はない. また, 庄原地域で吉舎火山岩類相当層中に貫入する三河内花崗閃緑岩体の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代として 80.4 ± 2.8 Ma (0.70595 ± 0.00022) の値が得られた.

吉舎火山岩類には高マグネシア安山岩が含まれており, その存在は当時の造構場および大量珪長質マグマとの関連を考える上で重要である. 広島県以東の白亜紀火成活動は少なくとも 85-80 Ma と 110-90 Ma の 2 時期ある可能性があり, 活動年代が西から東に若くなるという従来の考えは再考を要する.