

淡路島の花崗岩類の全岩組成と鉱物組成  
—西南日本内帯白亜紀花崗岩類の帯状配列との関連性—

高橋 浩\*

TAKAHASHI Yutaka (1995) Major element geochemistry and mineral chemistry of granitic rocks in Awaji Island — Implications for the zonal distribution of Cretaceous granitic rocks, Inner Zone of Southwest Japan —. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 46 (1), p. 23-40, 12figs., 3tables.

**Abstract :** Major element geochemistry and mineral chemistry of granitic rocks in Awaji Island, Inner Zone of Southwest Japan, were investigated by using XRF and EPMA.

Granitic rocks in Awaji Island are divided into eleven bodies and also classified into three age groups (Granitic Rocks I, II and III), based on their petrographic characters and intrusive relations.

Bulk chemical compositions of these rocks represent linear trends on the Harker's diagram. In detail, the Granitic Rocks I has broad range of SiO<sub>2</sub> content, while Granitic Rocks II and III have relatively higher SiO<sub>2</sub> contents.

Chemical compositions of plagioclase, biotite and hornblende are similar to those reported from granitic rocks of Ryoke and Sanyo Belt in Chubu and Chugoku districts: The mineral compositions are strongly related to bulk chemical compositions, indicating bulk chemical constraints on mineral compositions.

Solidus pressures of the Granitic Rocks II were estimated from hornblende geobarometry. The Granitic Rocks II are massive hornblende-biotite granodiorite, located to the south (Sumoto Granodiorite) and north (Nojima Granodiorite) of the Granitic Rocks I. The result of geobarometry indicates that the ranges of solidus pressures of the Sumoto and Nojima Granodiorites overlap with each other. This result supports a conclusion drawn from geological features that these two granodiorite masses were emplaced at a similar level.

The Granitic Rocks I are mylonitized granites, so called Older Ryoke Granites, which suggest deeper facies of the Ryoke Belt. The field relations combined with mineralogical studies suggest an anticlinal structure of the granitic rocks in Awaji Island, in which deeper facies at the central part sandwiched by shallower facies in the south and north.

要 旨

淡路島の全ての花崗岩体の代表的な試料について、全岩の主成分化学組成及び主要造岩鉱物の主成分化学組成を測定した。淡路島の花崗岩類は、岩体相互の貫入関係

から11岩体に区分され、大きく3時期のグループ(花崗岩類I, II, III)にまとめられている。全岩化学組成は、ハーカー図上で、花崗岩類I, II, III全体として一つの

Keywords : Awaji Island, Ryoke Belt, Sanyo Belt, granite, plagioclase, biotite, hornblende, hornblende geobarometer, geochemistry

\* 地質部

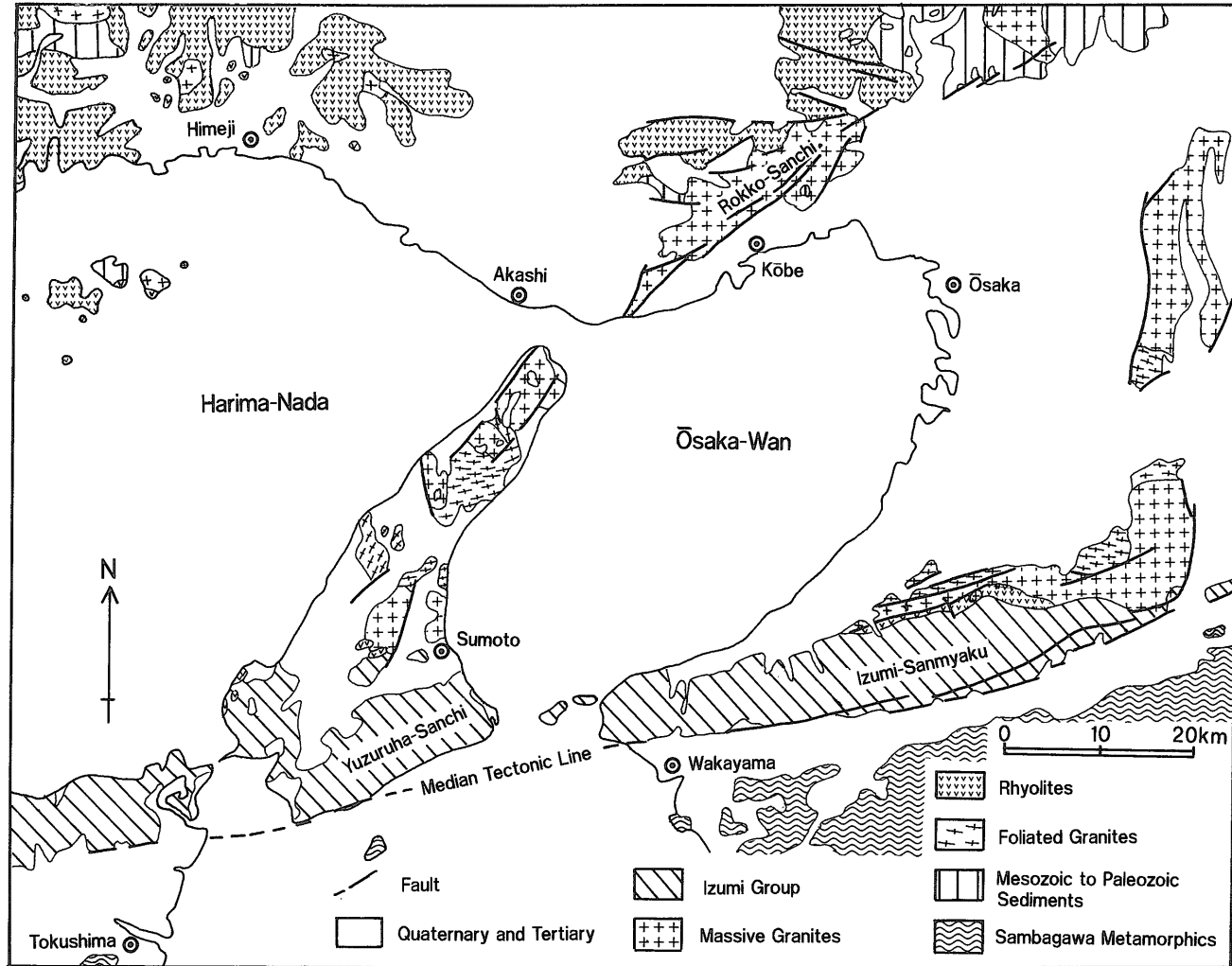


Fig. 1 Simplified geologic map of pre-Tertiary basement rocks in Awaji Island and its vicinities.  
 Compiled after Hirokawa *et al.* (1973), Tanaka *et al.* (1982), Masaoka (1982), Tsukuda *et al.* (1982), Tsukuda *et al.* (1985), Sangawa *et al.* (1983), Itihara *et al.* (1986), Mizuno *et al.* (1990) and Takahashi *et al.* (1992).

トレンドを示す。しかし、個別にみると、花崗岩類 I は低 SiO<sub>2</sub> から高 SiO<sub>2</sub> までの広い組成範囲を有し、花崗岩類 II, III は、両者をあわせて花崗岩類 I よりも相対的に高 SiO<sub>2</sub> の組成を有する。斜長石、黒雲母及び角閃石の化学組成には全岩組成との相関関係が認められ、これらの鉱物組成が全岩組成に依存していることを示している。角閃石圧力計を用いて、花崗岩類 II (洲本花崗閃緑岩、野島花崗閃緑岩) の固結時の圧力を求めた。結果は、洲本花崗閃緑岩が高压側にまともまっているものの、両者の値は重複している。したがって、両岩体の定置深度はほぼ等しいと考えられ、これは地質学的状況とよく調和する。花崗岩類 II は、花崗岩類 I の南と北に分かれて分

布し、花崗岩類 I は塑性変形を被った、領家帯の深部相を構成すると考えられている岩石に相当する。すなわち、淡路島の先第三紀基盤岩類は中央部に深部相が、その南と北でより浅部相が分布した背斜構造を成している。

1. はじめに

淡路島には、西南日本内帯白亜紀花崗岩類の主要構成岩石(いわゆる古期領家花崗岩類、新期領家花崗岩類及び山陽帯の花崗岩類)がそろって分布しており、これらの岩体相互の関係と放射年代に基づいて、淡路島における火成活動史及び構造発達史が編まれている(高橋・服部, 1992; 高橋, 1992)。しかし、これまでに淡路島の花

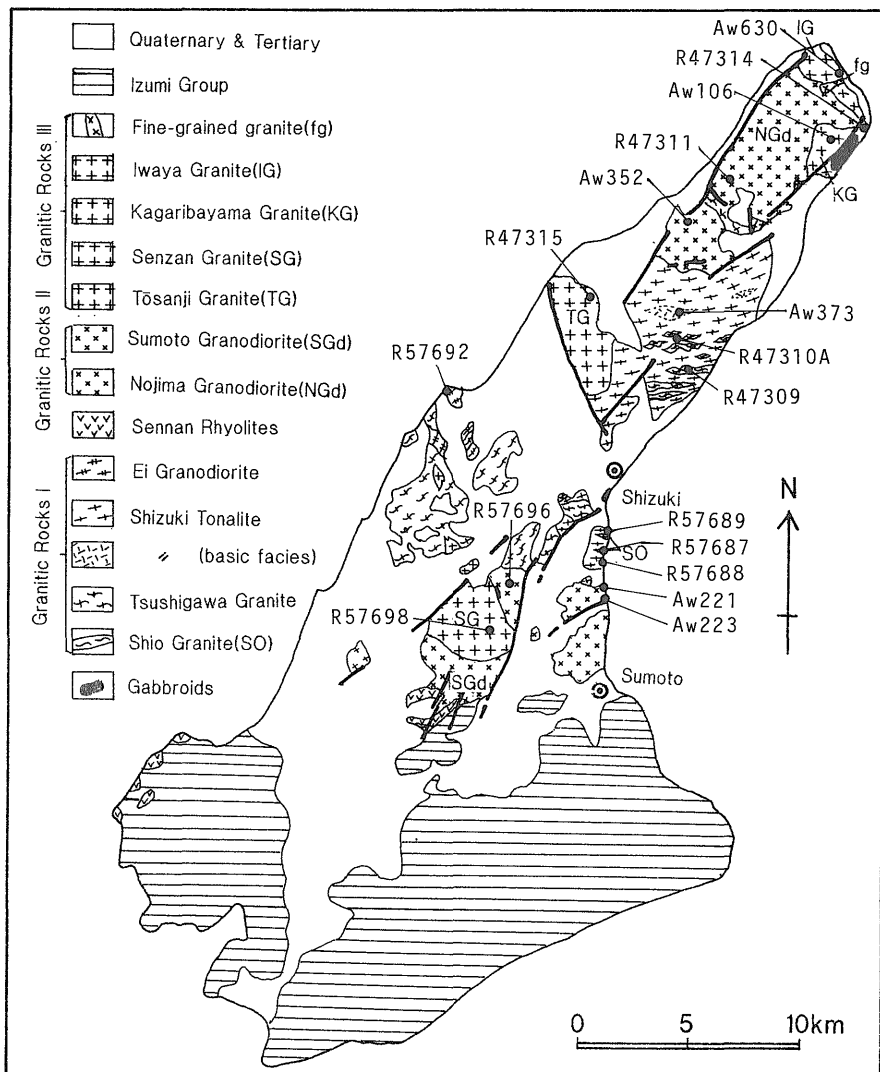


Fig. 2 Geologic map of pre-Tertiary basement rocks in Awaji Island, with locations of samples studied.

崗岩類の化学分析値は報告されておらず、火成活動の化学的側面からの検討はなされていなかった。

中部地方から紀伊半島にかけての領家帯の花崗岩類は、中央構造線よりにフォリエーションの発達したいわゆる古期領家花崗岩類が分布し、その北側に塊状のいわゆる新期領家花崗岩類が分布する帯状配列をなす(Hayama & Yamada, 1980). しかし紀伊半島より西側では、古期領家花崗岩類は南北を新期領家花崗岩類にはさまれる形で、中央構造線から離れて分布する。このような帯状配列の乱れは、淡路島の花崗岩類においても認められる(Fig. 1). 今回、淡路島の全ての花崗岩体について、全岩主成分化学組成と主要造岩鉱物の主成分化学組成を測定した。本論では、測定結果を報告し、淡路島における白亜紀火成活動の化学的性格を火成活動史及び構造発達史と併せて検討し、紀伊半島以西における領家、山陽帯の花崗岩類の帯状配列に関する議論の一助としたい。

2. 地質概説

淡路島は、西南日本内帯の最南部に位置しており、島の南端を中央構造線がかすめている(Fig. 1). 淡路島の先第三紀基盤を構成する岩石は、主として白亜紀に形成された花崗岩類であり、花崗岩類の南縁に少量の泉南流紋岩類(市原ほか, 1986)が分布する(Figs. 1, 2). これら火成岩類の分布域の南側には、白亜紀末期の海成層である和泉層群が、花崗岩類及び泉南流紋岩類を不整合に覆って分布する。

淡路島の花崗岩類は、諏訪・濡木(1968), 藤田・前田(1984), 中島ほか(1985), 中島ほか(1986), 水野ほか(1990), 高橋ほか(1992)及び高橋・服部(1992)によって岩体区分と岩石記載がなされている。本論では、高橋・服部(1992)の岩体区分に従う。

淡路島の花崗岩類は、岩体相互の貫入関係から 11 岩体に区分され、大きく 3 時期のグループ(花崗岩類 I, II, III)にまとめられている(高橋・服部, 1992). 花崗岩類 I は強弱の差はあるものの塑性変形し、フォリエーションの認められる岩石であり、いわゆる古期領家花崗岩類に相当する。花崗岩類 I に分類される岩体は、塩尾花崗岩・都志川花崗岩・志筑トータル岩・江井花崗閃緑岩である(Figs. 2, 3). 花崗岩類 II は、花崗岩類 I の北方と南方に分かれて分布し、それぞれ花崗岩類 I に対して貫入し、一部で接触変成を与える塊状の花崗閃緑岩であり、いわゆる新期領家花崗岩類に相当する。花崗岩類 II に分類される岩体は、野島花崗閃緑岩及び洲本花崗閃緑岩である。花崗岩類 III は、花崗岩類 I 及び花崗岩類 II に貫入する塊状花崗岩類からなるが、花崗岩類 II に対しては接触変成作用を与えていない。花崗岩類 III は、東山寺花崗岩・先山花崗岩・篝場山花崗岩・岩屋花崗岩・細粒花崗岩の各岩体である。淡路島中央南部に少量分布する泉南流紋岩類は花崗岩類 II の洲本花崗閃緑岩に貫入され、熱変成を受け、再結晶している。泉南流紋岩類と花崗岩類 I との関係は分布が離れているため確認できない。花崗岩類の産状及び岩石記載は、藤田・前田(1984),

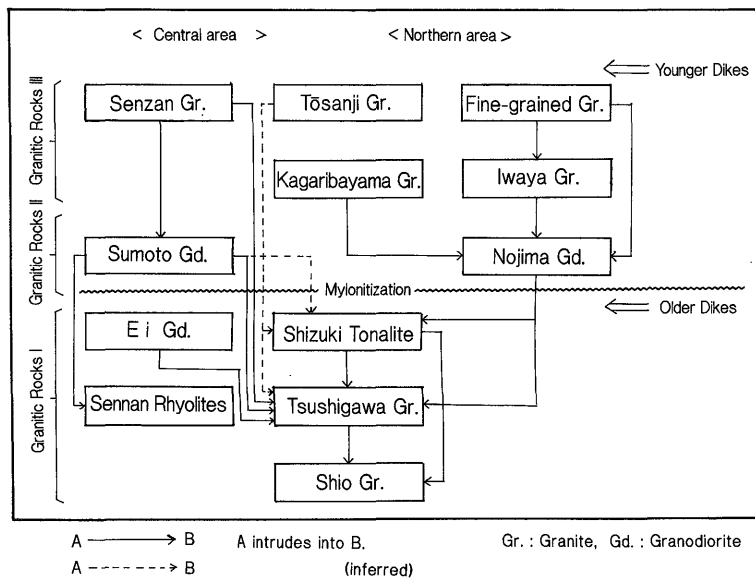


Fig. 3 Mutual relationships of granitic rocks in Awaji Island.

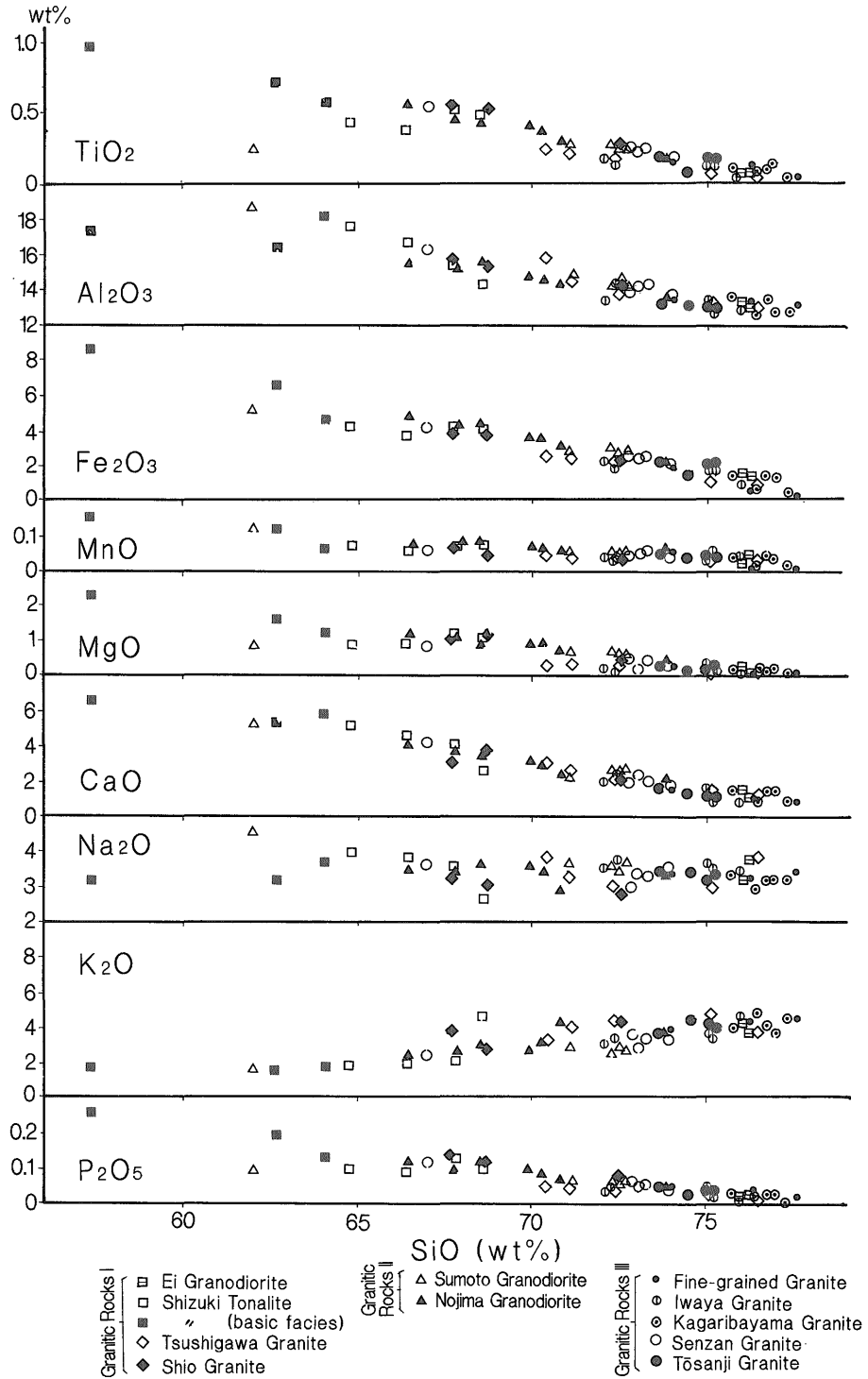


Fig. 4 Variation diagrams of major oxides versus SiO<sub>2</sub> for Granitic Rocks I, II and III.

水野ほか(1990), 高橋ほか(1992)及び高橋・服部(1992)で既に報告されているが, 今回分析値を示した試料のうちこれまでに記載のなかったものについては, 付録に簡単な記載を記す。

### 3. 全岩化学組成

淡路島の花崗岩類すべて(花崗岩類 I, II, IIIの11岩体からの51試料)について, 蛍光 X線分析法により, 全岩主成分10元素を測定した。分析は, 地質調査所のフィリップス社製PW1404型XRF装置を使用し, Sc/Mo管球を用い, 40kv, 75mAで定量分析を行った。分析結果をハーカー図(Fig. 4)及びノルム An-Ab-Or 三角図(Fig. 5)に, 各岩体の代表的分析値を Table 1 に示す。

ハーカー図(Fig. 4)では, 花崗岩類 I, II, IIIの全てが, どの元素酸化物に対してもほぼ直線的なトレンドを示している。花崗岩類 I の塩尾花崗岩, 都志川花崗岩, 志筑トータル岩, 江井花崗閃緑岩は, それぞれ, SiO<sub>2</sub> 67.7—72.5%, 70.4—76.4%, 57.3—68.6%, 76.0—76.2%の

組成範囲を有し, 志筑トータル岩は比較的低 SiO<sub>2</sub> 側の範囲にプロットされ, 江井花崗閃緑岩は高 SiO<sub>2</sub> にまとまった組成を示す。花崗岩類 II の洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩は, それぞれ, SiO<sub>2</sub> 62.0—72.7%, 66.5—73.8%の組成範囲を有し, 相対的に中程度の SiO<sub>2</sub> 値を示す。花崗岩類 III(東山寺花崗岩, 先山花崗岩, 箆場山花崗岩, 岩屋花崗岩, 細粒花崗岩)は, 先山花崗岩の1試料を除けば相対的に高 SiO<sub>2</sub> 側(SiO<sub>2</sub> 72.1—77.6%)にまとまった組成範囲を有する。大局的にみると, 花崗岩類 I, II, IIIの順, すなわち活動が若くなるにつれ SiO<sub>2</sub> 量が増加する傾向が認められる。花崗岩類 I は, 強弱の差はあるものの塑性変形し, フォリエイションが発達し, 再結晶が認められる(高橋・服部, 1992)。しかし, Fig. 4 に示す関係はこうした変形と再結晶が全岩組成にほとんど影響しなかったことを示す。

ノルム An-Ab-Or 図(Fig. 5)では, 花崗岩類 I (塩尾花崗岩, 都志川花崗岩, 志筑トータル岩, 江井花崗閃緑岩)が相対的に低 Ab 側の, 花崗岩類 III(東山寺花崗岩,

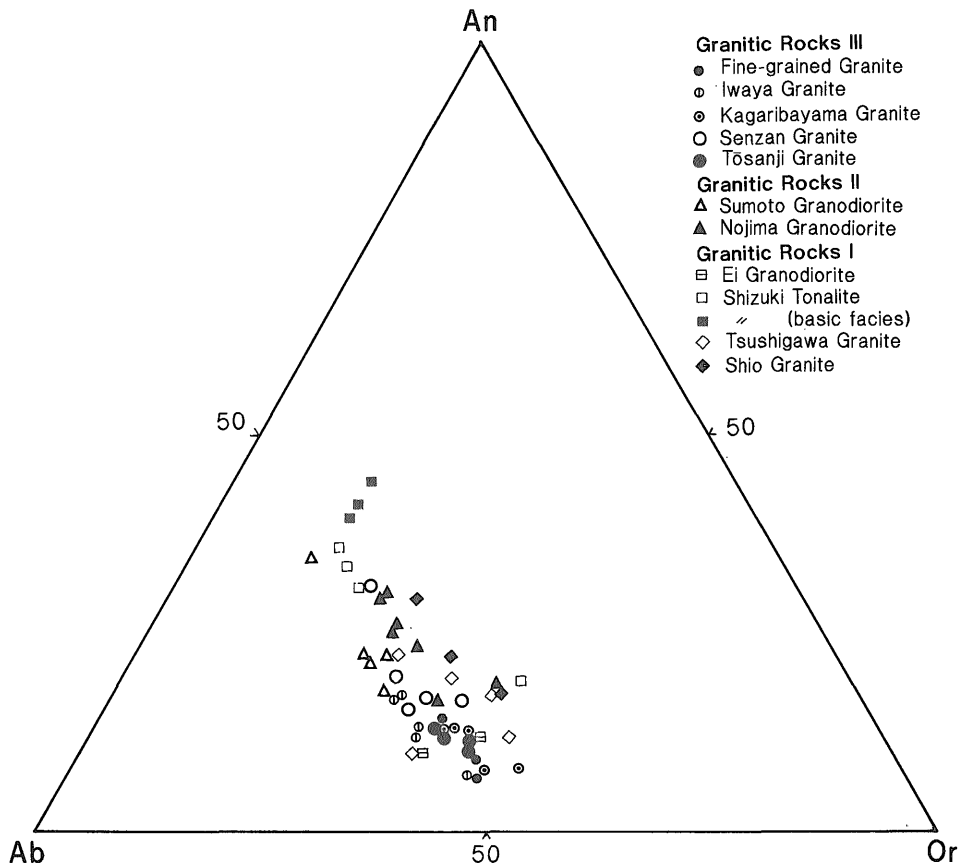


Fig. 5 Ternary diagram of normative Anorthite(An)-Albite(Ab)-Orthoclase(Or) for Granitic Rocks I, II and III.

Table 1 Representative whole rock chemical compositions of Granitic Rocks I, II and III.

SO : Shio Granite, TS : Tsushigawa Granite, ST : Shizuki Tonalite, Stb : Shizuki Tonalite basic facies, NGd : Nojima Granodiorite, SGd : Sumoto Granodiorite, TG : Tōsanji Granite, SG : Senzan Granite, KG : Kagaribayama Granite, IG : Iwaya Granite, FG : Fine-grained Granite.

Rock type	Granitic Rocks I							Granitic Rocks II				Granitic Rocks III				
	SO	TS	TS	ST	ST	STb	EGd	NGd	NGd	SGd	SGd	KG	IG	TG	SG	FG
Sample No.	R57687	R47309	R57688	R47310A	R57689	Aw373	R5769	47311	Aw352	Aw221	R57696	Aw106	R47314	R47315	R57698	Aw630
SiO <sub>2</sub>	72.49	71.13	70.36	64.83	67.69	62.65	76.22	66.45	69.95	72.52	72.66	75.68	72.39	73.63	73.27	73.97
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.23	0.26	0.46	0.55	0.73	0.10	0.56	0.42	0.28	0.28	0.13	0.17	0.20	0.24	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.41	14.78	15.92	17.64	15.43	16.31	13.08	15.48	14.79	14.33	14.20	13.64	14.30	13.34	14.27	13.78
FeOt	2.32	2.49	2.50	4.24	4.22	6.79	1.53	4.94	3.70	2.84	2.87	1.46	2.06	2.18	2.51	2.01
MnO	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.12	0.04	0.08	0.07	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05
MgO	0.47	0.32	0.25	0.94	1.18	1.59	0.08	1.18	0.90	0.62	0.63	0.21	0.24	0.30	0.47	0.26
CaO	2.29	2.61	3.10	5.29	4.10	5.39	1.25	4.20	3.32	2.69	2.71	1.61	2.19	1.70	2.09	1.74
Na <sub>2</sub> O	2.91	3.32	3.85	3.97	3.58	3.17	3.82	3.55	3.58	3.51	3.76	3.40	3.90	3.50	3.31	3.38
K <sub>2</sub> O	4.50	4.00	3.30	1.86	2.21	1.61	3.92	2.54	2.92	2.85	2.77	4.11	3.45	3.83	3.48	3.86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.05	0.05	0.10	0.13	0.19	0.02	0.12	0.10	0.07	0.07	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05
Ig. loss	0.40	0.48	0.69	0.71	0.50	0.98	0.21	0.63	0.32	0.60	0.48	0.45	0.60	0.00	0.73	0.67
Total	100.19	99.45	100.32	100.11	99.66	99.53	100.27	99.73	100.07	100.36	100.49	100.76	99.38	98.78	100.49	99.95

FeOt:total Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

先山花崗岩, 篝場山花崗岩, 岩屋花崗岩, 細粒花崗岩)が相対的に高 Ab, 低 An 側の組成範囲を有している。また, 花崗岩類IIの洲本花崗閃緑岩と野島花崗閃緑岩は, それぞれ, 花崗岩類Iの南と北に分布する塊状の花崗閃緑岩であるが, 両者を比較すると, 南側に分布する洲本花崗閃緑岩の方が高 Ab 側の組成範囲を有している。

4. 造岩鉱物の化学組成

淡路島の花崗岩類のすべて(花崗岩類I, II, IIIの11岩体からの18試料)について, 主要造岩鉱物(斜長石, 黒雲母, 角閃石)の主成分化学組成を測定した。分析は, 地質調査所の波長分散型 EPMA (JCSA 733)で, 自動分析プログラム QN9 を用いて行い, 分析法は奥村・曾屋(1976)に従った。

4.1 斜長石

分析結果を An-Ab-Or 図(Fig. 6)に示す。一枚の薄片につき2粒以上の斜長石の core と rim の測定を行い, 同一粒の core と rim の分析値を直線で結んである。前述のように花崗岩類I, II, IIIは大局的にみると, この順に SiO<sub>2</sub> に富むが, 斜長石の組成もこの順に An 成分が減少する傾向が認められる。花崗岩類Iのうち, 江井

花崗閃緑岩はきわだって SiO<sub>2</sub> に富む全岩組成を有するが, 斜長石も An 17-25% の組成範囲で, 他の花崗岩類Iに属する岩体の斜長石に比べ著しく低い An 組成を示す。また, 塩尾花崗岩中の斜長石は, core と rim の組成差が小さく, 鏡下でも顕著な累帯構造を示さない。花崗岩類IIの洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩中の斜長石は正累帯構造を示し, 共にほぼ等しい組成範囲を有する。花崗岩類IIIは, 全体として相対的に低い An 組成を示すが, 篝場山花崗岩中の斜長石(An 16-42%)は, 他の花崗岩類IIIに属する岩体の斜長石に比べ灰長石成分に富む。この斜長石組成は, 花崗岩類IIに分類される野島花崗閃緑岩に類似する。また, 岩屋花崗岩及び細粒花崗岩の一部の斜長石の core で高 An 組成を示すものが存在する。

Fig. 7は, 縦軸に斜長石の An 組成を, 横軸に全岩の CaO/(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)値(重量比)を取り, 分析値をプロットしたものであり, 1試料の分析値の中で An 組成の最高のもので最低のものをプロットし直線で結んである。破線は斜長石の An 組成の全岩組成の変化に対するトレンドを示したものであり, 斜長石の An 組成の最小値と全岩の CaO/(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)値との間には相

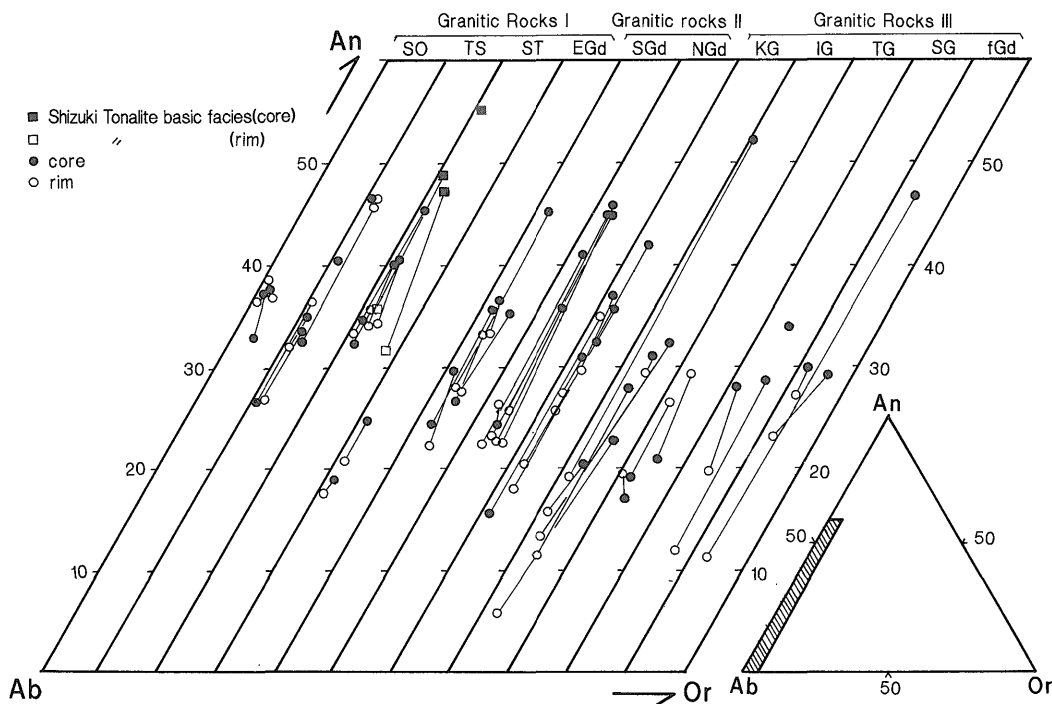


Fig. 6 Chemical compositions of plagioclase in Granitic Rocks I, II and III, plotted on ternary diagram of Anorthite(An)-Albite(Ab)-Orthoclase(Or). Compositions of core and rim in a same crystal are connected with a line.



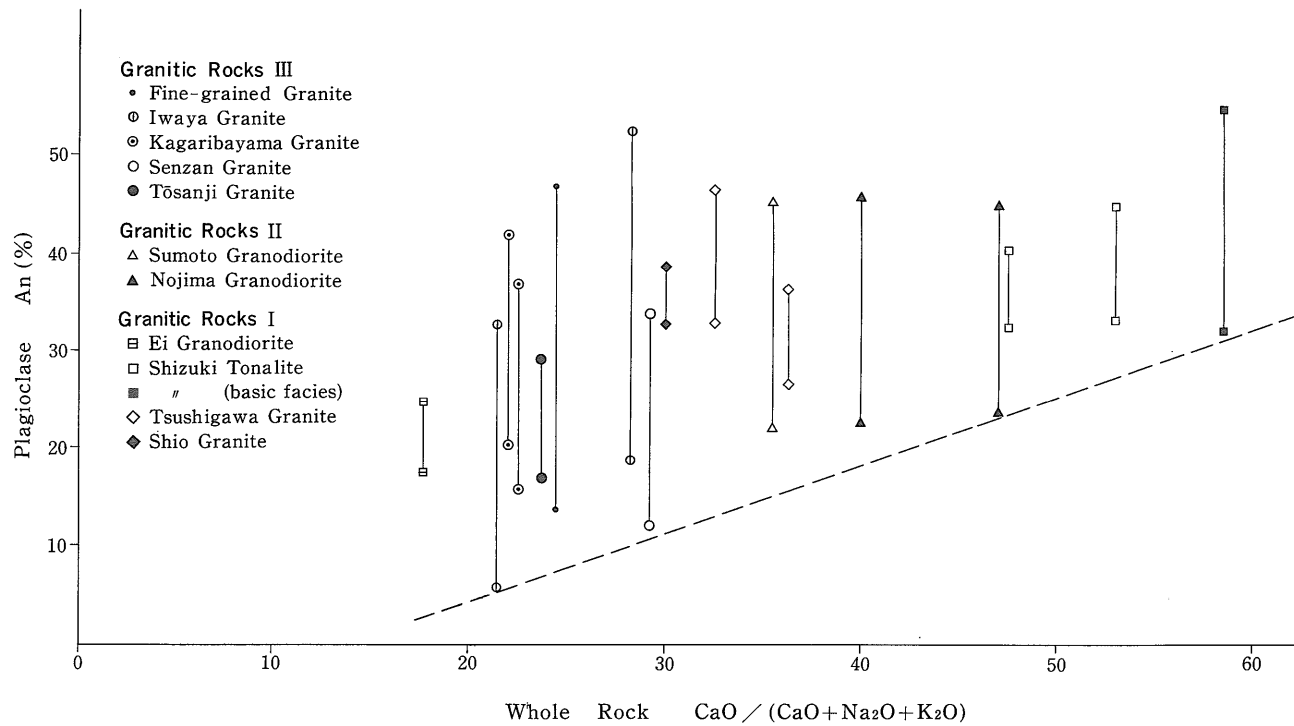


Fig. 7 Relationship between anorthite content of plagioclase and  $\text{CaO}/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  of whole rock chemical composition (weight percent ratio). Broken line represents the trend of minimum An contents as a function of whole rock  $\text{CaO}/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ .

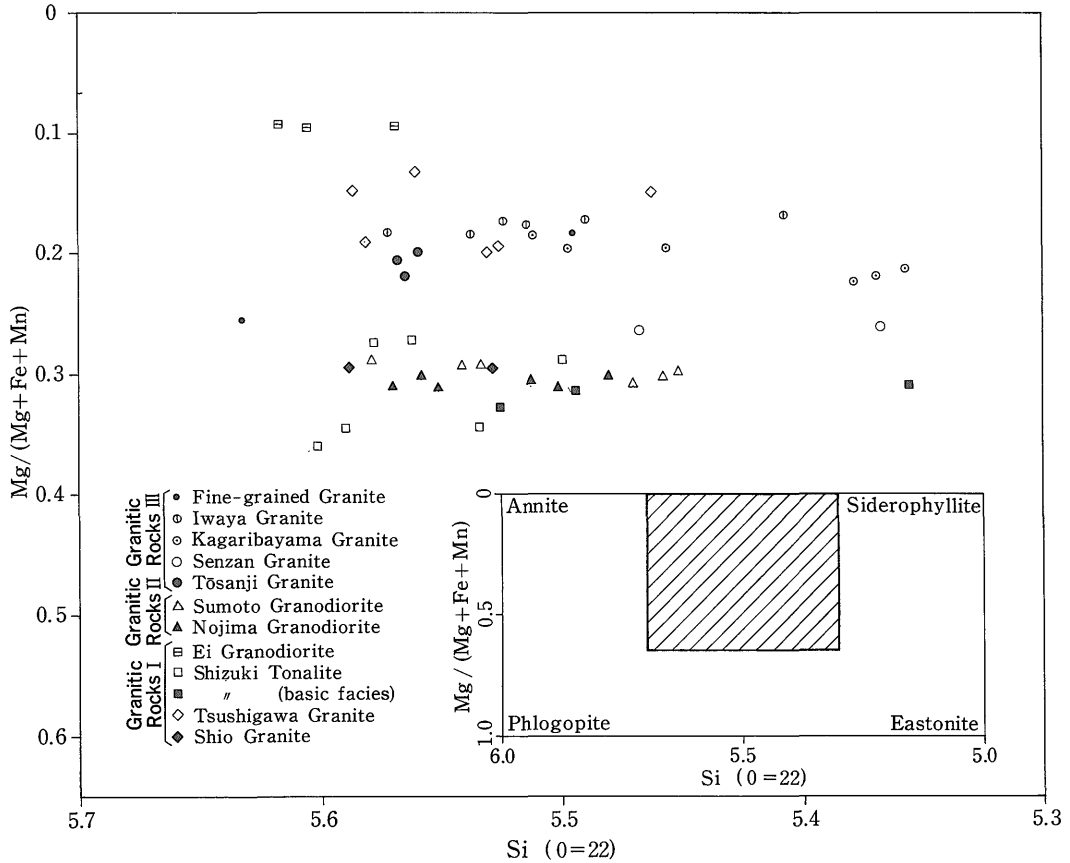


Fig. 8 Chemical compositions of biotite in Granitic Rocks I, II and III plotted on Mg/(Mg+Fe+Mn) versus Si diagram (atomic ratio, based on O=22).

関が認められる。

#### 4.2 黒雲母

分析結果を Mg/(Mg+Fe+Mn)-Si 図(Fig. 8)に、代表的な分析値を Table 2 に示す。花崗岩類 I (塩尾花崗岩, 都志川花崗岩, 志筑トータル岩, 江井花崗閃緑岩) 中の黒雲母は、全体として Mg/(Mg+Fe+Mn), Si とともに相対的に広い組成範囲を有する。花崗岩類 I の中では、志筑トータル岩中の黒雲母は高 Mg/(Mg+Fe+Mn) 側の、江井花崗閃緑岩中の黒雲母は低 Mg/(Mg+Fe+Mn) 側の組成範囲を有する。花崗岩類 II の洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩中の黒雲母の Mg/(Mg+Fe+Mn) 値は、ともに 0.3 前後のまとまった組成範囲を有する。花崗岩類 III (東山寺花崗岩, 先山花崗岩, 篝場山花崗岩, 岩屋花崗岩, 細粒花崗岩) 中の黒雲母は、全体として相対的に広い Si 値を示すが、Mg/(Mg+Fe+Mn) 値は 0.2 前後にまとまっている。花崗岩類 III の中では先山花崗岩中の黒雲母は低 Si, 高 Mg/(Mg+Fe+Mn) 側

の、岩屋花崗岩中の黒雲母は低 Mg/(Mg+Fe+Mn) 側の組成範囲を有する。角閃石を含む岩石は、花崗岩類 I の都志川花崗岩, 志筑トータル岩, 花崗岩類 II の洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩であり、角閃石と共存する黒雲母は共存しないものと比べ Mg/(Mg+Fe+Mn) 値の高いものが多い。しかし、塩尾花崗岩中の黒雲母は角閃石と共存しないが Mg/(Mg+Fe+Mn) 値は相対的に高く、都志川花崗岩中の黒雲母は、角閃石と共存するが Mg/(Mg+Fe+Mn) 値は相対的に低い。

Fig. 9 は、縦軸に黒雲母の Mg/(Mg+Fe+Mn) 値 (core の平均値) を、横軸に全岩の MgO/(MgO+FeO<sup>+</sup>+MnO) 値 (モル比) をとり、分析値をプロットしたものである。黒雲母の Mg/(Mg+Fe+Mn) 値と全岩の MgO/(MgO+FeO<sup>+</sup>+MnO) 値との間には明瞭な 1 : 1 の相関が認められる。

#### 4.3 角閃石

角閃石は、花崗岩類 I の都志川花崗岩, 志筑トータル

Table 2 Representative chemical compositions of biotite in Granitic Rocks I, II and III. Abbreviations are the same as those in Table 1.

Rock type	Granitic Rocks I						Granitic Rocks II				Granitic Rocks III				
	SO	TS	TS	STb	ST	EGd	SGd	SGd	NGd	NGd	KG	IG	TG	SG	FG
Sample No.	R57687	R47308	R57688	Aw373	R47310A	R57692	Aw221	Aw223	R47311	Aw352	Aw106	R47314	R47315	R57698	Aw630
SiO <sub>2</sub>	35.42	34.80	34.77	34.67	34.85	23.94	34.33	35.11	34.75	35.10	33.43	33.84	34.42	34.36	34.93
TiO <sub>2</sub>	3.14	3.67	3.32	3.03	4.31	2.38	3.13	3.09	3.83	4.14	2.65	3.15	3.34	3.34	1.61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.89	14.51	14.77	15.37	14.49	14.66	14.35	14.21	14.18	13.66	17.16	13.84	13.86	16.72	14.39
FeOt	25.78	29.79	30.29	25.97	26.66	32.74	27.60	27.19	26.32	26.79	27.42	31.20	29.21	27.69	28.24
MnO	0.43	0.47	0.39	0.44	0.29	0.88	0.47	0.43	0.31	0.27	0.81	0.64	0.56	0.69	0.71
MgO	6.25	4.23	2.99	6.78	6.21	1.98	6.87	6.32	6.71	6.65	4.41	3.79	4.75	5.67	5.65
CaO	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	0.02	0.15	0.02
Na <sub>2</sub> O	0.10	0.11	0.03	0.10	0.09	0.05	0.16	0.11	0.26	0.17	0.08	0.04	0.11	0.06	0.04
K <sub>2</sub> O	9.22	9.23	9.58	8.54	8.95	8.73	8.99	9.18	9.13	9.13	9.10	8.61	8.73	8.08	9.45
Total	96.27	96.84	96.17	94.93	95.88	95.39	95.94	95.65	95.50	95.92	95.07	95.19	95.00	96.76	95.04
Cations per 22 oxygens															
Si	5.529	5.531	5.586	5.494	5.499	5.568	5.458	5.578	5.513	5.551	5.357	5.523	5.566	5.367	5.632
Al <sup>IV</sup>	2.471	2.469	2.414	2.506	2.501	2.432	2.542	2.422	2.487	2.449	2.643	2.477	2.434	2.633	2.368
Al <sup>VI</sup>	0.451	0.250	0.384	0.364	0.194	0.402	0.146	0.239	0.164	0.096	0.600	0.186	0.208	0.445	0.366
Ti	0.368	0.439	0.401	0.360	0.511	0.294	0.375	0.369	0.457	0.492	0.319	0.387	0.406	0.392	0.195
Fe	3.367	3.959	4.070	3.441	3.519	4.491	3.670	3.612	3.491	3.543	3.676	4.259	3.950	3.616	3.808
Mn	0.056	0.063	0.053	0.059	0.038	0.122	0.063	0.057	0.041	0.036	0.110	0.088	0.077	0.091	0.097
Mg	1.455	1.002	0.715	1.602	1.461	0.485	1.628	1.498	1.587	1.567	1.053	0.992	1.146	1.319	1.358
Ca	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.001	0.001	0.002	0.002	0.014	0.004	0.025	0.003
Na	0.030	0.035	0.010	0.031	0.027	0.017	0.050	0.034	0.079	0.053	0.025	0.014	0.033	0.017	0.013
K	1.836	1.871	1.964	1.727	1.801	1.826	1.824	1.859	1.847	1.842	1.860	1.793	1.801	1.610	1.943
Total	15.570	15.625	15.602	15.589	15.556	15.643	15.762	15.669	15.667	15.631	15.645	15.733	15.625	15.515	15.783

FeOt:total Fe as FeO

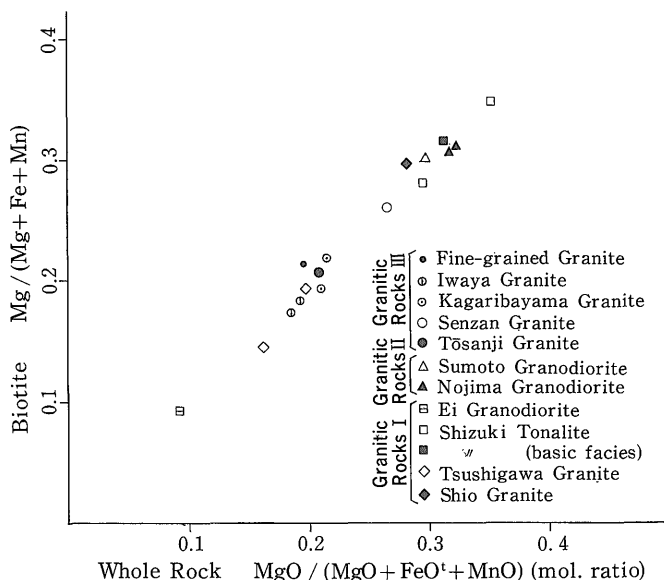


Fig. 9 Relationship between Mg/(Mg+Fe+Mn) of biotite and MgO/(MgO+FeO+MnO) of whole rock (molar ratio, total Fe as FeO).

岩及び江井花崗閃緑岩の一部、花崗岩類IIの洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩中に含まれており、先山花崗岩の一部を除いて花崗岩類III中には存在しない。分析結果を Leak (1978)の Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>)-Si 図(Fig. 10)に、代表的な分析値を Table 3 に示す。1枚の薄片につき2粒以上の角閃石の core と rim について測定し、同一粒の core と rim を直線で結んである。花崗岩類Iの都志川花崗岩中の角閃石が最も Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>), Si とともに乏しく、ferro-edenitic hornblende—ferro-pargasite の組成を示す。志筑トータル岩中の角閃石は、都志川花崗岩中の角閃石に比べ Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>), Si とともに富んでおり、ferro-edenite—ferro-edenitic hornblende 及び ferro-hornblende の領域に集中する。また、花崗岩類IIの洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩中の角閃石は、両者を比較すると野島花崗閃緑岩中の角閃石の方が洲本花崗閃緑岩中のものよりも Si に富み、Na+K に乏しく、野島花崗閃緑岩は ferro-edenite 及び ferro-hornblende の、洲本花崗閃緑岩は ferro-edenite—ferroan-pargasitic hornblende の領域にプロットされる。角閃石の組成累帯パターンは、rim でより高 Si 組成を示すものが一般的であるが、都志川花崗岩では逆に rim でより低 Si 組成を示すものが認められる。

Fig. 11 は、縦軸に角閃石の Mg/(Mg+Fe+Mn)値(coreの平均値)を、横軸に全岩の MgO/(MgO+FeO+MnO)値(モル比)をとり、分析値をプロットしたもので

ある。黒雲母同様、角閃石の Mg/(Mg+Fe+Mn)値と全岩の MgO/(MgO+FeO+MnO)値の間にも明瞭な相関が認められる。

## 5. 考 察

### 5.1 花崗岩類Iと花崗岩類II, IIIの化学組成の比較

塑性変形し、フォリエーションの認められる都志川花崗岩及び志筑トータル岩(花崗岩類I)は、塊状の野島花崗閃緑岩(花崗岩類II)に捕獲され、熱変成を受け再結晶している(水野ほか, 1990; 高橋, 1992)。一方、花崗岩類IIIは、花崗岩類I及びIIに貫入しているが、花崗岩類IIには接触変成を与えていない(水野ほか, 1990; 高橋ほか, 1992)。したがって、花崗岩類IIとIIIの活動時期は近接したものであり、花崗岩類Iと花崗岩類II及びIIIの間には、活動時期の間隙が存在するはずである。

全岩化学組成をハーカー図(Fig. 4)で見ると、花崗岩類I, II, III全体としては、直線的なトレンドに乗っている。しかし、花崗岩類Iは、SiO<sub>2</sub> 57.3—76.4%の広い組成範囲を持つに対して、花崗岩類IIは相対的に中程度の SiO<sub>2</sub> 値(62.0—73.8%)、花崗岩類IIIは1試料を除いて高い SiO<sub>2</sub> 値(72.1—77.6%)を有している。つまり、花崗岩類Iでは、火成活動はより未分化なものから分化の進んだものまで揃っているのに対して、花崗岩類II及び花崗岩類IIIは、両者を併せて、花崗岩類Iより相対的に分化の進んだ組成を有している。

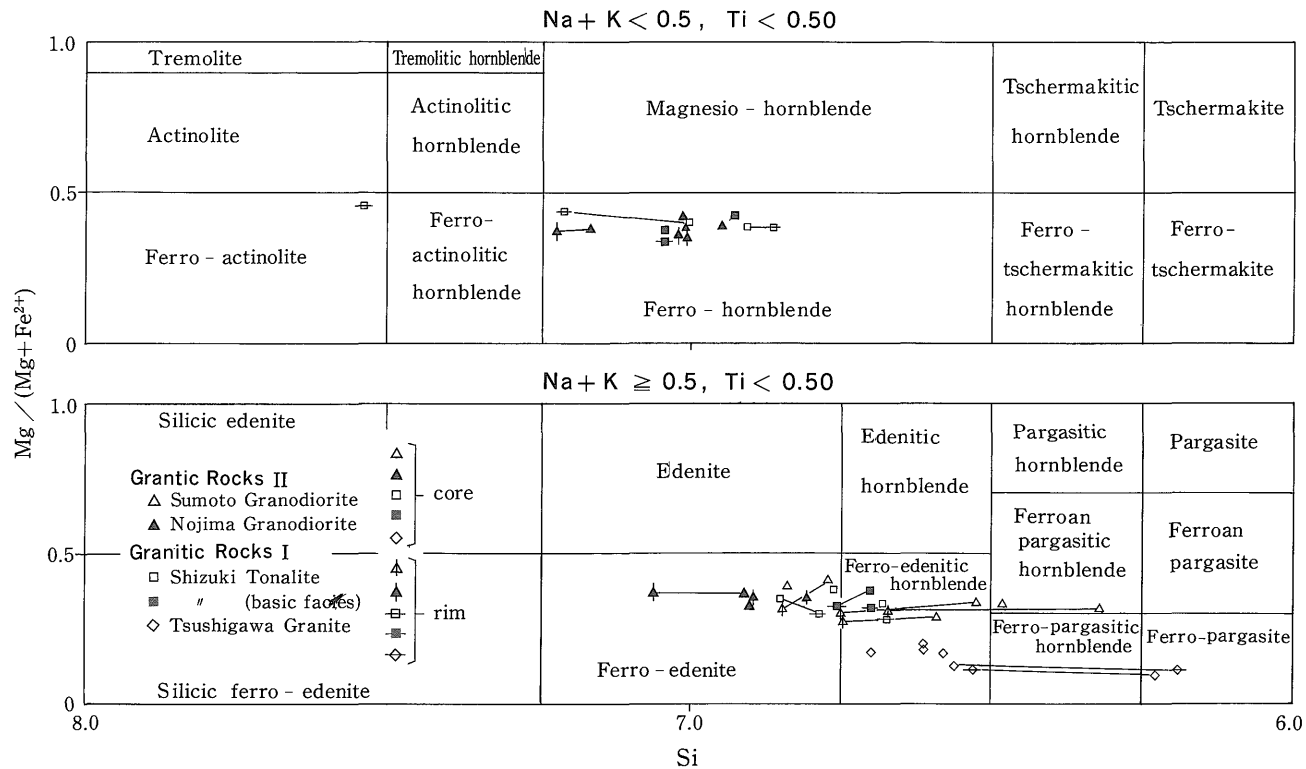


Fig. 10 Chemical compositions of amphibole in Granitic Rocks I and II plotted on  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ -Si diagram (atomic ratio based on O=23). Compositions of core and rim in a same crystal are connected with a line.

Table 3 Representative chemical compositions of amphibole in Granitic Rocks I and II. Abbreviations are the same as those in Table 1.

Rock type Sample No.	Granitic Rocks I					Granitic Rocks II			
	TS R47309	TS R57688	STb Aw373	ST R47310A	ST R57689	SGd Aw221	SGd Aw223	NGd R46311	NGd Aw352
SiO <sub>2</sub>	41.61	41.15	45.45	43.66	45.82	42.22	43.52	45.46	47.03
TiO <sub>2</sub>	1.34	1.62	1.30	1.05	1.39	0.24	1.24	1.00	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.73	10.13	8.19	7.53	8.21	8.14	8.04	6.76	5.93
FeOt	27.19	28.31	20.57	22.86	21.83	26.50	23.88	23.52	23.53
MnO	0.93	0.91	0.66	0.54	0.62	0.76	0.82	0.72	0.85
MgO	3.38	2.37	8.59	6.85	7.94	5.62	6.32	7.29	7.90
CaO	10.56	10.67	11.18	12.12	11.39	11.24	10.54	10.74	10.53
Na <sub>2</sub> O	1.51	1.27	0.72	1.23	0.96	1.13	1.34	1.16	1.05
K <sub>2</sub> O	1.28	1.49	0.52	0.70	0.77	0.75	0.70	0.71	0.56
Total	97.53	97.92	97.18	96.54	98.93	96.60	96.40	97.36	97.71
Cations per 23 oxygens									
Si	6.619	6.562	6.928	6.849	6.911	6.745	6.845	7.036	7.218
Al <sup>IV</sup>	1.381	1.438	1.072	1.151	1.089	1.255	1.155	0.964	0.782
Al <sup>VI</sup>	0.442	0.465	0.400	0.241	0.371	0.277	0.336	0.269	0.291
Ti	0.160	0.194	0.149	0.124	0.157	0.028	0.146	0.116	0.038
Fe	3.617	3.775	2.622	2.999	2.754	3.540	3.141	3.044	3.020
Mn	0.126	0.123	0.085	0.072	0.079	0.103	0.109	0.095	0.110
Mg	0.802	0.564	1.951	1.602	1.786	1.337	1.483	1.682	1.807
Ca	1.800	1.823	1.825	2.037	1.841	1.923	1.776	1.781	1.731
Na	0.466	0.392	0.212	0.375	0.280	0.351	0.407	0.349	0.314
K	0.259	0.302	0.101	0.139	0.148	0.153	0.141	0.140	0.109
Total	15.672	15.638	15.345	15.589	15.416	15.712	15.539	15.476	15.420

FeOt:total Fe as FeO

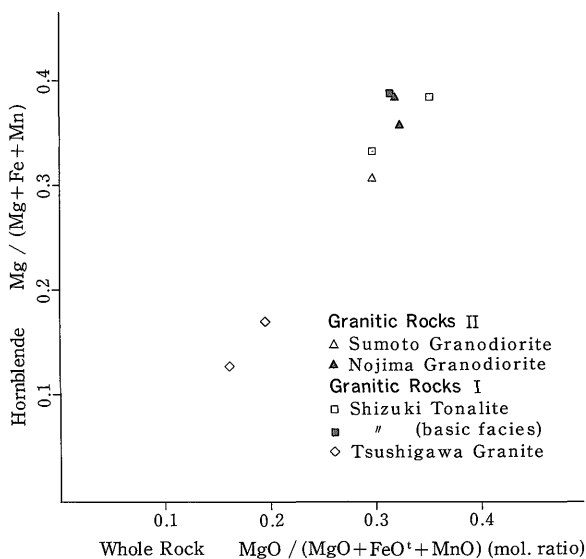


Fig. 11 Relationship between Mg/(Mg+Fe+Mn) of hornblende and MgO/(MgO+FeO'+MnO) of whole rock (molar ratio, total Fe as FeO).

花崗岩類 I を詳しくみると、最初に塩尾花崗岩( $\text{SiO}_2$  67.7—72.5%), 続いて都志川花崗岩( $\text{SiO}_2$  70.4—76.4)の酸性火成活動が生じ、次に、より低  $\text{SiO}_2$  の志筑トナール岩( $\text{SiO}_2$  57.3—68.6%)及びより高  $\text{SiO}_2$  の江井花崗閃緑岩( $\text{SiO}_2$  76.0—76.2%)が活動している。志筑トナール岩と江井花崗閃緑岩の関係は、両者の分布が離れているために不明であるが、両者とも都志川花崗岩を捕獲し、塑性変形作用を被り、更に花崗岩類 III による熱変成を受けていることから、活動時期はほぼ同じであると判断できる(高橋ほか, 1992; 高橋・服部, 1992)。つまり花崗岩類 I では、最初に高  $\text{SiO}_2$  の火成活動が生じ、次に低  $\text{SiO}_2$  から高  $\text{SiO}_2$  までの広い組成範囲の火成活動が生じていたことになる。

斜長石の An 組成と全岩の  $\text{CaO}/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  値との間には相関関係が認められ(Fig. 7), 斜長石の組成は全岩組成に依存していることを示している。黒雲母の  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn})$  値と全岩の  $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^{\text{t}}+\text{MnO})$  値及び角閃石の  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn})$  値と全岩の  $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^{\text{t}}+\text{MnO})$  値との間にも明瞭な相関関係が認められる(Figs. 9, 11)。同様の関係は西南日本内帯の領家帯から山陽帯にかけての花崗岩類に広く認められており(Czamanske *et al.*, 1981; 田結庄ほか, 1979; Kanisawa, 1975; Honma, 1974), 黒雲母及び角閃石の組成も共存鉱物よりも全岩組成に強く規制されていることを示している。塩尾花崗岩中の、角閃石と共存しない黒雲母の高い  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn})$  値や、都志川花崗岩中の、角閃石と共存する黒雲母の低い  $\text{Mg}/$

( $\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn})$  値も、全岩組成の規制が強く働いたことを示している。

## 5.2 角閃石圧力計による洲本花崗閃緑岩と野島花崗閃緑岩の定置深度の見積りとその構造的意味

中部地方から紀伊半島にかけての領家帯の花崗岩類の帯状配列は、紀伊半島より西側では乱れて、古期領家花崗岩類は中央構造線から北に離れ、その南側に塊状の新期領家花崗岩類が分布している(Fig. 1)。淡路島においても、古期領家花崗岩類に相当する花崗岩類 I の南側と北側に新期領家花崗岩類に相当する洲本花崗閃緑岩と野島花崗閃緑岩(花崗岩類 II)が分布する(Fig. 2)。両者の角閃石の K-Ar 年代は、それぞれ、89.6Ma, 87.7Ma で、ほぼ同時である(高橋, 1992)。つまり、紀伊半島より西側では、白亜紀後期に、いわゆる古期領家花崗岩類を挟んで南と北で、同時期に同質の火成活動が生じていたことになる。

高橋(1993)は、花崗岩類に有効な地質圧力計として注目されている角閃石圧力計のレビューを行った。角閃石圧力計の対象となるのは、角閃石(広い意味でのホルンブレンド)、黒雲母、斜長石(オリゴクレースイアンデシン)、正長石、石英に加えてスフェン、磁鉄鉱、チタン鉄鉱の中の 2 相からなるカルクアルカリ質の花崗岩類であり、固結後に再結晶や変質を被っていないことが必要である。また、明らかな浅所進入相を呈する岩石にも適用できない。高橋(1993)はまた、中国地方の花崗岩類に角閃石圧力計を応用し、地質学的状況と調和的な圧力見積り、すなわち、領家帯、山陽帯、山陰帯の順に推定定

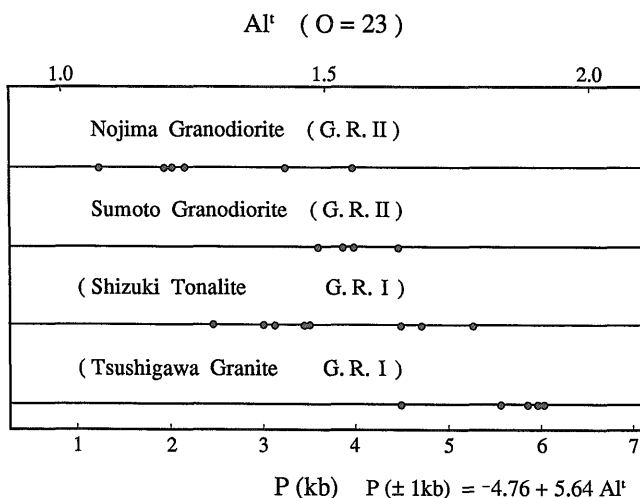


Fig. 12 Application of hornblende geobarometer to granitic rocks in Awaji Island.  $\text{Al}^{\text{t}}$ : total Al in hornblende based on O=23. P: pressure, G. R. I: Granitic Rocks I, G. R. II: Granitic Rocks II.

置深度が浅くなるという結果を得た。淡路島の花崗岩類 II に属する洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩は上記の条件を満たしており、角閃石圧力計の適用が可能である。洲本花崗閃緑岩及び野島花崗閃緑岩中の角閃石の全 Al 量(O=23)は、リムで、それぞれ、1.491—1.633, 1.073—1.552 である (Table 3)。この値に Hollister *et al.* (1987) の地質圧力計の式 ( $P = -4.76 + 5.64Al^{\dagger} \pm 1kb$ ; P: 圧力,  $Al^{\dagger} : O = 23$  とした全 Al 量) を適用した。彼らの経験式は、3—5kb の中間的圧力領域をカバーしており、Hammarstrom & Zen (1986) の圧力計よりも精度が高いと考えられる。その結果、洲本花崗閃緑岩と野島花崗閃緑岩固結時の圧力はそれぞれ、3.6—4.5kb, 1.3—4.0kb と求められた。相対的に洲本花崗閃緑岩の方が高圧側にまとまっているもの (Fig. 12)、両者の値は重複しており、洲本花崗閃緑岩と野島花崗閃緑岩の定置深度がほぼ同じであったことを示している。比較のために花崗岩類 I の都志川花崗岩及び志筑トータル岩中の角閃石の全 Al 量も同図に示す。花崗岩類 I の都志川花崗岩及び志筑トータル岩はマイロナイト化作用を被り再結晶し、角閃石には緑色のリムが形成されているので、角閃石圧力計を適用することは出来ないが、参考のため、コアの組成を示した。大局的には、都志川花崗岩、志筑トータル岩、洲本花崗閃緑岩、野島花崗閃緑岩の順に全 Al 量が減少しているように見える。洲本花崗閃緑岩の南側には流紋岩溶結凝灰岩 (泉南流紋岩類) が分布しており (Figs. 1, 2)、洲本花崗閃緑岩は泉南流紋岩類に貫入し、熱変成を与えている (高橋ほか, 1992)。また、淡路島北方の六甲山地では、花崗岩類 III の岩屋花崗岩に対比される六甲花崗岩が流紋岩質凝灰岩 (有馬層群) に貫入している (Fig. 1; 笠間, 1968)。一方、花崗岩類 I は、塑性変形シフォリエーションの発達した領家帯の深部相を構成すると考えられている岩石である (Okudaira *et al.*, 1993)。つまり、大局的にみると、淡路島においては、島の中央部に深部相が存在し、その南と北により浅部相が分布する背斜構造をなしていると思なすことができる。このことは、紀伊半島以西の領家帯全域についても言えそうであり大変興味深い。

## 6. ま と め

1) 淡路島の花崗岩類の全岩化学組成は、花崗岩類 I (古期領家花崗岩類に相当)、花崗岩類 II (新期領家花崗岩類に相当)、花崗岩類 III (山陽帯花崗岩類に相当) 全体として一つのトレンドを示す。しかし、個別にみると、花崗岩類 I は低  $SiO_2$  から高  $SiO_2$  までの広い組成範囲を有し、花崗岩類 II, III は、両者を併せて花崗岩類 I よ

りも相対的に高  $SiO_2$  の組成を示す。

2) 花崗岩類 I においては、初期に高  $SiO_2$  の塩尾花崗岩及び都志川花崗岩が活動し、続いて低—中  $SiO_2$  の組成範囲を有する志筑トータル岩及び高  $SiO_2$  組成の江井花崗閃緑岩の活動が生じた。

3) 斜長石、黒雲母及び角閃石の組成は各岩体とも全岩組成との相関が認められ、これらの鉱物組成が全岩組成に規制されていることを示している。

4) 花崗岩類 II の洲本花崗閃緑岩と野島花崗閃緑岩は、花崗岩類 I の南と北ではほぼ同時に活動した塊状の花崗閃緑岩であるが、角閃石圧力計を用いて求めた両者の固結時の圧力は、洲本花崗閃緑岩が高圧側にまとまっているものの重複した値を示す。花崗岩類 I は、領家帯の深部相を構成すると考えられている特徴的な岩石であり、淡路島の先第三紀基盤岩類は、中央部に深部相、その南と北で、より浅部相が分布した背斜構造を成している。

謝辞：蛍光 X 線分析にあたり、同位体地学課長の富樫茂子博士並びに岩石地質課の中野 俊氏に御教示いただいた。EPMA 分析にあたり、情報管理普及室長の奥村公男氏並びに地質標準課長の牧本 博氏に御教示いただいた。岩石地質課長の久保和也博士並びに北海道支所の高橋裕平博士には原稿を読んでいただき有益な助言を頂いた。更に地質標準課の奥山康子博士には丁寧な査読と議論をしていただいた。以上の方々に対して感謝いたします。

## 文 献

- Czamanske, G. K., Ishihara, S. and Atkin, S. A. (1981) Chemistry of rock-forming minerals of the Cretaceous-Paleocene batholith in Southwestern Japan and implications for magma genesis. *Jour. Geophys. Res.*, vol. 86, p. 10431-10469.
- Hammarstrom, J. M. and Zen, E-an (1986) Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. *American Mineralogist*, vol. 71, p. 1297-1313.
- Hayama, Y. and Yamada, T. (1980) Median Tectonic Line at the stage of its origin in relation to plutonism and mylonitization in the Ryoke Belt. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 18, p. 5-26.
- 広川 治・服部 仁・猪木幸男・一色直記・坂本亨・寺岡易司・上村不二雄・山田直利・



- 小野千恵子(1973) 50 万分の 1 地質図幅「岡山」. 地質調査所.
- Hollister, L. S., Grissom, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H. and Sisson, V. B. (1987) Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressures of solidification of calc-alkaline plutons. *American Mineralogist*, vol. 72, p. 231-239.
- Honma, H. (1974) Chemical features of biotites from metamorphic and granitic rocks of the Yanai district in the Ryoke Belt, Japan. *J. Japan. Assoc. Min. Econ. Geol.*, vol. 69, p. 390-402.
- 藤田和夫・前田保夫(1984) 須磨地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所. 101p.
- 市原 実・市川浩一郎・山田直利(1986) 岸和田地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所. 148p.
- Kanisawa, S. (1975) Chemical composition of hornblendes of some Ryoke Granites, Central Japan. *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, vol. 70, p. 200-211.
- 笠間太郎(1968) 六甲山地の花崗岩類. 地質雑, vol. 74, p. 147-158.
- Leak, B. E. (1978) Nomenclature of amphiboles. *American Mineralogist*, vol. 63, p. 1023-1052.
- 政岡邦夫(1982) 近畿地方金剛山地及びその周辺の領家花崗岩類. 地質雑, vol. 88, p. 483-497.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩(1990) 明石地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 90p.
- 中島和一・政岡邦夫・田結庄良昭・枕田康弘(1985) 淡路島中央部の領家帯一特に花崗岩類の区分と相互関係について一. 地球科学, vol. 39, p. 124-135.
- ・—————・小笹誠二・森鼻隆夫・田結庄良昭・天野啓三(1986) 淡路島北部の領家花崗岩類. 地球科学, vol. 40, p. 227-237.
- Okudaira T., Hara I., Sakurai Y. and Hayasaka Y. (1993) Tectono-metamorphic process of the Ryoke belt in the Iwakuni-Yanai district, southwest Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 42, p. 91-120.
- 奥村公男・曾屋龍典(1976) 自動 EPMA による珪酸塩鉱物の定量分析. 鉱物学雑, vol. 12 特別号, p. 116-124.
- 寒川 旭・杉山雄一・衣笠善博(1983) 50 万分の 1 活構造図「京都」. 地質調査所.
- 諏訪兼位・瀧木輝一(1968) 淡路島の領家帯. 地球科学, vol. 22, p. 11-19.
- 田結庄良昭・本間弘次・田崎耕市(1979) 東中国における花崗岩類の造岩鉱物の化学組成. 地質学論集, 第 17 号, p. 99-112.
- 高橋裕平(1993) 角閃石中の Al 量—花崗岩類に有効な地質圧力計. 地調月報, vol. 44, p. 597-608.
- 高橋 浩(1992) 淡路島の花崗岩類の K-Ar 年代—特にマイロナイト化作用の時期について—. 岩鉱, vol. 87, p. 291-299.
- ・服部 仁(1992) 淡路島の花崗岩類—特にフォリエイションを有する花崗岩類について—. 地調月報, vol. 43, p. 335-357.
- ・寒川 旭・水野清秀・服部 仁(1992) 洲本地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 107p.
- 田中啓策・山田直利・坂本 亨・吉田史郎・宮村学(1982) 50 万分の 1 地質図幅「京都」, 第 4 版. 地質調査所.
- 佃 栄吉・寒川 旭・衣笠善博(1982) 50 万分の 1 活構造図「高知」. 地質調査所.
- ・—————・水野清秀(1985) 50 万分の 1 活構造図「岡山」. 地質調査所.

(受付: 1993 年 12 月 17 日; 受理: 1994 年 7 月 26 日)

付 録

分析値を示した試料のうち、これまでに記載のなかったものにつき簡単な岩石記載を行う。

花崗岩類 I

Aw373

[岩石名] 石英閃緑岩(志筑トータル岩塩基性岩相)

[産地] 兵庫県津名郡津名町興隆寺

斜長石(50.3%), 石英(24.5%), 黒雲母(14.6%), 角閃石(10.1%), カリ長石(0.2%)からなり, 副成分鉱物としてチタン鉄鉱, 黄鉄鉱, ジルコン, りん灰石, 褐れん石を含む。

斜長石は自形一半自形で正累帯構造を示す。石英は他形, 波動消光が顕著で, 不規則な形態で多結晶化しているものが多い。黒雲母は半自形一他形で, 褐色(Y-Z)を呈する。角閃石は自形一半自形, 柱状で, 核部で緑褐色縁部で緑色(Z)の累帯構造を示す。カリ長石はごく少量のものが粒間充填状に産する。

花崗岩類 II

Aw221

[岩石名] 角閃石黒雲母花崗閃緑岩(洲本花崗閃緑岩)

[産地] 兵庫県洲本市平安浦

斜長石(48.6%), 石英(37.3%), カリ長石(10.2%), 黒雲母(2.9%), 角閃石(1.0%)からなり, 副成分鉱物としてジルコン, 褐れん石, 緑れん石, りん灰石, スフェン, チタン鉄鉱, 黄鉄鉱を伴う。

斜長石は自形で, 正の波動累帯構造を示す。石英は他形で, 波動消光を呈する。カリ長石は他形で, 粒間充填状に産する。黒雲母は自形一半自形で, 褐色(Y-Z)を呈する。角閃石は自形, 柱状で, 緑褐色(Z)を呈する。

AW223

[岩石名] 角閃石黒雲母花崗閃緑岩(洲本花崗閃緑岩)

[産地] 兵庫県洲本市平安浦

石英(57.2%), 斜長石(30.6%), 黒雲母(6.1%), カリ長石(5.9%), 角閃石(0.2%)よりなり, 副成分鉱物としてジルコン, りん灰石, 褐れん石, スフェン, チタン鉄鉱, 黄鉄鉱を伴う。

石英は他形で, プール状に集合するものが多い。斜長石は自形で, 正累帯構造を示し, 核部が汚濁しているも

のが多い。黒雲母は半自形で, 褐色(Y-Z)を呈する。カリ長石は他形で, 粒間充填状に産する。角閃石は半自形で, 緑色(Z)を呈する。

Aw352

[岩石名] 角閃石黒雲母花崗閃緑岩(野島花崗閃緑岩)

[産地] 兵庫県津名郡北淡町長島

石英(48.1%), 斜長石(27.2%), カリ長石(12.3%), 黒雲母(6.5%), 角閃石(5.7%)からなり, 副成分鉱物としてチタン鉄鉱, 黄鉄鉱, スフェン, りん灰石, ジルコンを伴う。

石英は他形で, プール状に産するものが多い。斜長石は自形で, 正累帯構造を示す。カリ長石は粒間充填状に産するが, 細粒自形の斜長石, 角閃石及び黒雲母を包有する。黒雲母は自形一半自形で, 褐色(Y-Z)を呈する。角閃石は自形一半自形, 柱状で, 緑褐色(Z)を呈する。

花崗岩類 III

Aw106

[岩石名] 黒雲母花崗閃緑岩(篝場山花崗岩)

[産地] 兵庫県津名郡東浦町楠本

石英(43.9%), 斜長石(37.6%), カリ長石(14.8%), 黒雲母(3.6%)からなり, 副成分鉱物として不透明鉱物, ジルコンを含む。

石英は他形で, 波動消光を呈する。斜長石は自形で, 正累帯構造を示す。カリ長石は他形で, パーサイトが認められる。黒雲母は半自形で, 褐色(Y-Z)を呈する。

Aw630

[岩石名] 細粒黒雲母花崗閃緑岩(細粒花崗岩)

[産地] 兵庫県津名郡淡路町岩屋

石英(34.4%), 斜長石(34.4%), カリ長石(25.8%), 黒雲母(5.4%)からなり, 副成分鉱物として不透明鉱物, ジルコンを伴う。

石英は他形で, 弱い波動消光を呈する。斜長石は自形で, 正累帯構造を示し, 核部の汚濁しているものが多い。カリ長石は他形で, パーサイト組織を呈する。黒雲母は自形一半自形で, 茶褐色(Y-Z)を呈する。