

# 鹿児島県紫尾山花崗閃緑岩体中のオートリスとゼノリス

著者	山本 温彦, 根建 心具
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	22
ページ	165-182
別言語のタイトル	Autoliths and Xenoliths in the Shibi-san Granorite Body, Kagoshima Prefecture, Japan
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/00009985">http://hdl.handle.net/10232/00009985</a>

## 鹿児島県紫尾山花崗閃緑岩体中のオートリスとゼノリス

山本 温彦\*・根建 心具\*\*

(1989年9月9日受理)

Autoliths and Xenoliths in the Shibi-san Granodiorite Body,  
Kagoshima Prefecture, Japan

Masahiko YAMAMOTO\* and Munetomo NEDACHI\*\*

### Abstract

Dark inclusions occur in the Shibi-san granodiorite body and in the granodiorite porphyry dike which has been intruded by the granodiorite. Inclusions in the granodiorite body can be texturally classified into the following five varieties: (1) meta-sedimentary rock xenoliths; (2) porphyritic gabbroic rock inclusions; (3) granular quartz gabbroic rock inclusions; (4) porphyritic quartz dioritic rock inclusions; and (5) granodiorite porphyry xenoliths. Inclusions in the granodiorite porphyry dike are mainly composed of quartz diorite porphyritic rocks.

Bulk chemical composition of dark inclusions shows wide variations in both major and trace elements, and are more basic than that of their host granitic rocks. Composition of mafic minerals such as clinopyroxene, amphibole and biotite from inclusions are similar to that from their host granitic rocks, suggesting that dark inclusions have been equilibrated with their host granitic magmas.

It is petrogenetically considered that the porphyritic gabbroic rock inclusions may be a "restitute" derived from a deeper depth, that the granular quartz gabbroic rock inclusions may be a "cognate" formed by earlier crystallization of the granitic magma, and that the porphyritic quartz dioritic rock inclusions will be an "assimilated rock" recrystallized by diffusion and reaction of more basic inclusions and of pelitic xenoliths in the granitic magma. It is also considered that the quartz diorite porphyritic rock inclusions in the granodiorite porphyry dike will be a "cognate" formed by earlier crystallization of the granitic magma.

### まえがき

花崗岩質岩体中には多かれ少なかれオートリスやゼノリスからなる暗色包有物が含まれている。これらの暗色包有物は、マグマが生成されてから、結晶分化作用を起こし、固化するまでの過程の履歴を与えてくれる化石となり得る。

九州外帯の新第三紀中新世の花崗岩質岩体は、岩相変化に乏しく、その中には多かれ少なかれ暗色包有物が含まれている。とくに、四万十累帯の北帯を貫く岩体は、南帯を貫く岩体と比べ、

\* 鹿児島大学理学部地学教室 (Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan).

\*\* 鹿児島大学教養部地学教室 (Department of Geology, Faculty of Liberal Arts, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan).

暗色包有物が量的に多い傾向が認められる。南帯を貫く岩体については山本ほか (1983) と立石ほか (1986) による大隅花崗閃緑岩体中の暗色包有物の報告があるが、北帯を貫く岩体についてはこれまでに詳しい報告がなされていない。

今回、四万十累帯北帯を貫く紫尾山花崗閃緑岩体中の暗色包有物について、種類と化学組成およびマフィック鉱物の化学組成を明らかにしたので、それらの成因についての若干の考察を加えて報告することとする。なお、本花崗閃緑岩体の岩石学的研究は大庭 (1957) および山本ほか (1988) などによって報告がなされている。

### 紫尾山花崗閃緑岩体

紫尾山花崗閃緑岩体は鹿児島県北西部に位置し、四万十累帯北帯の砂岩・頁岩・砂岩頁岩互層などからなる白亜系の堆積岩類を不調和に貫く岩株状岩体である (Fig. 1)。全体として花崗閃緑岩～花崗岩からなるが、大庭 (1957) によって、岩相上、楠八重型と平八重型とに分けられている。楠八重型岩石は普通角閃石－黒雲母花崗閃緑岩～黒雲母花崗岩からなり、均質で、岩体の中心相を構成している。一方、平八重型岩石は普通角閃石包有黒雲母花崗閃緑岩～黒雲母花崗閃緑岩からなり、不均質で、楠八重型岩石の周縁相を構成している。両相の間の関係は互に漸移的であり、両相の岩石とも灰白色、やや斑状、中～細粒で、主成分鉱物は斜長石・カリ長石・石英・黒雲母・普通角閃石からなり、自形のカリ長石の巨斑晶を特徴的に含む。副成分鉱物は単斜輝石・ザクロ石・カミングトン閃石・アクチノ閃石・ジルコン・燐灰石・チタン鉄鉱・磁硫鉄鉱などである。化学組成上、中心相から周縁相に向ってわずかに塩基性かつ aluminous になる変化を示す (山本ほか, 1988)。進入の時代は新第三紀中新世である (13.6 Ma : 河野・植田, 1966 ; 15.0 ± 4.0 Ma : MILLER *et al.*, 1962)。

花崗閃緑岩体の周辺には花崗閃緑斑岩の小岩脈が分布する。岩脈は帯緑灰色、斑状、中粒の角閃石－黒雲母花崗閃緑斑岩からなる。主成分鉱物は斜長石・カリ長石・石英・黒雲母・アクチノ閃石、また、副成分鉱物はジルコン・燐灰石・チタン鉄鉱などである。堀切峠西方の岩脈は花崗閃緑岩体の進入によって接触変成作用を蒙り、岩脈近くの花崗閃緑岩体中には花崗閃緑斑岩のゼノリスが認められる。

花崗閃緑岩体北部の小木場では、アプライト質花崗岩の岩脈が周縁相を貫く。岩脈は優白色、やや斑状、細粒の黒雲母アプライト質花崗岩からなる。主成分鉱物は斜長石・カリ長石・石英・黒雲母、また、副成分鉱物はジルコン・燐灰石・チタン鉄鉱・磁硫鉄鉱などである。

### 暗色包有物の種類

紫尾山花崗閃緑岩体中の暗色包有物を平八重地区の採砂場および堀切峠西方の林道を中心に採取した。暗色包有物は組織と構造から次の5種類に分けられる。

(1) 被進入堆積岩類起源のゼノリス：ホルンフェルス化した砂質岩と泥質岩が主体で、岩体を通して散在するが、中心相と周縁相との漸移部で量的にやや多い傾向が見られる。

(2) 斑状ハンレイ岩質岩石の暗色包有物 (Fig. 2-A)：暗色、極めて細粒の斑状火成岩様組織をもった岩石で、主に斜長石 ( $An_{30-70}^*$ )・単斜輝石・普通角閃石・黒雲母からなる。斑状石英閃緑岩質岩石に伴って産することがある。量的には極めて少ない。

(3) 粒状石英ハンレイ岩質岩石の暗色包有物 (Fig. 2-B)：帯緑灰色、中粒の粒状火成岩組織

\* 斜長石の組成は EPMA の測定による。

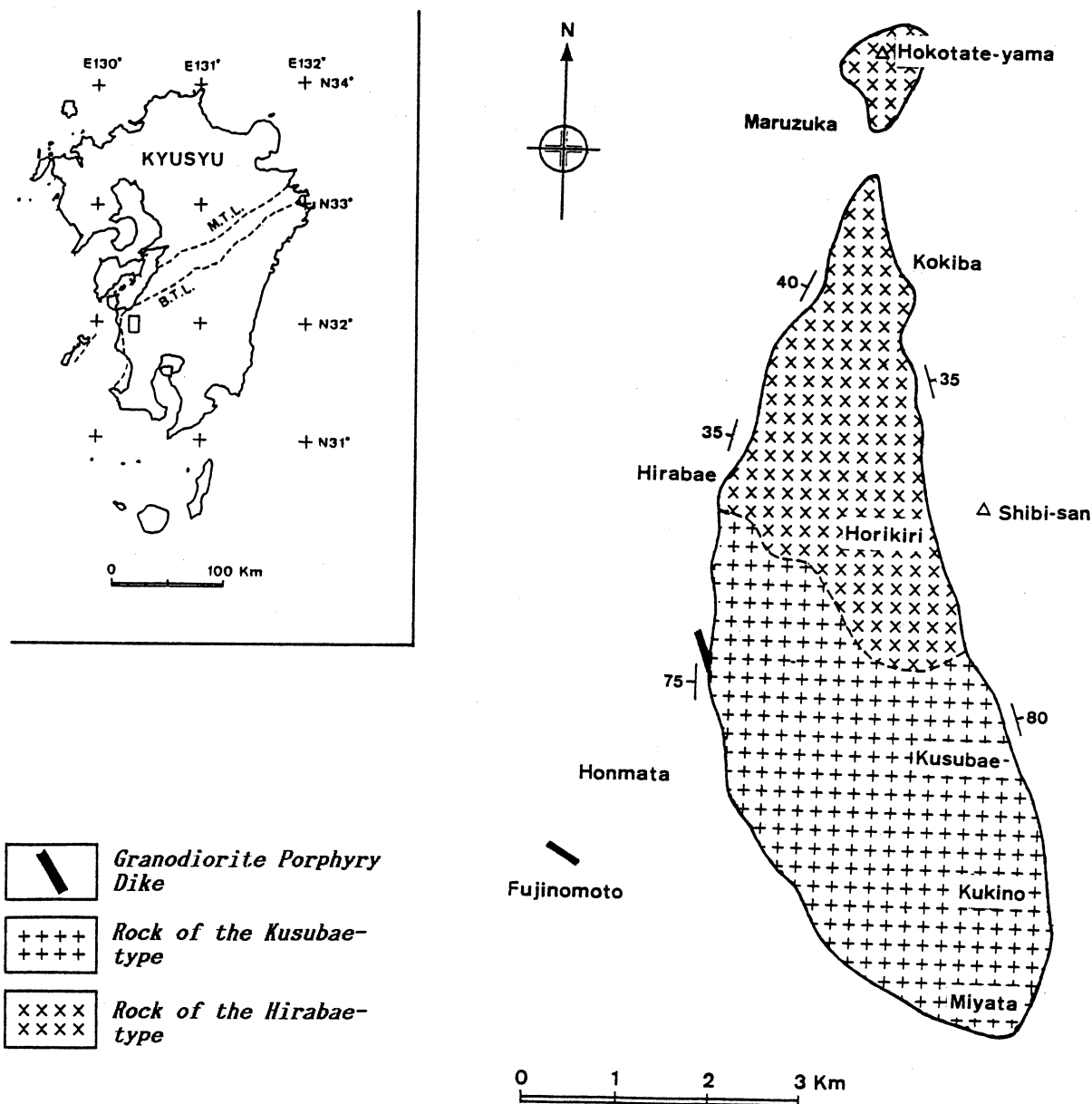


Fig. 1. Index and geologic maps of the Shibi-san granodiorite body, Kagoshima Prefecture (after YAMAMOTO *et al.*, 1988).

をもった岩石で、主に斜長石 (An<sub>9-49</sub>)・石英・普通角閃石・黒雲母からなり、カリ長石・単斜輝石を伴うことがある。量的には少ない。

(4) 斑状石英閃緑岩質岩石の暗色包有物 (Fig. 2-C)：帯緑暗灰色～帯緑灰色、細粒の斑状火成岩様組織をもった岩石で、主に斜長石 (An<sub>15-52</sub>)・石英・カリ長石・黒雲母からなり、単斜輝石・普通角閃石を伴うことがある。暗色包有物の内で量的に最も多い。

(5) 花崗閃緑斑岩岩脈起源のゼノリス：ややホルンフェルス化した斑岩で、岩脈との接触部付近でのみ見られる。

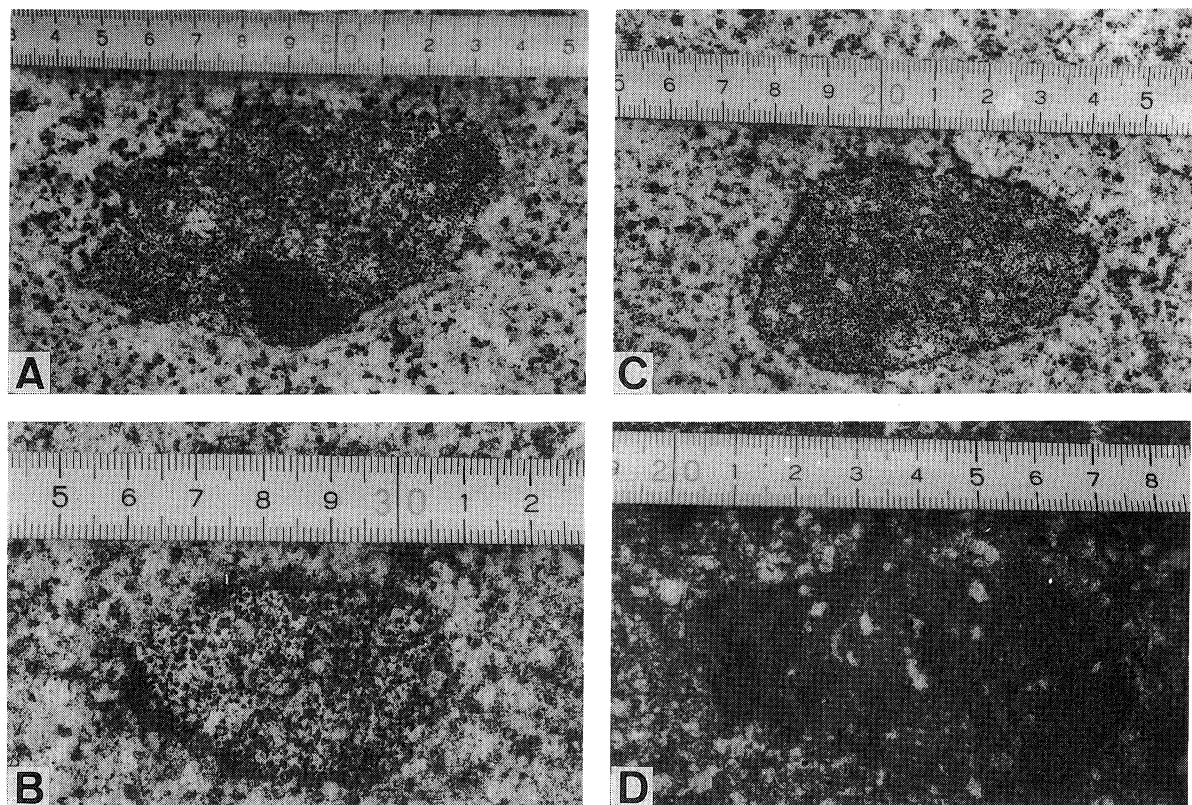


Fig. 2. Photographs showing modes of occurrence of dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body.

- A : Porphyritic gabbroic rock inclusion.  
 B : Granular quartz gabbroic rock inclusion.  
 C : Porphyritic quartz dioritic rock inclusion.  
 D : Quartz diorite porphyritic rock inclusion.

同様に、堀切峠西方の花崗閃緑斑岩の岩脈から暗色包有物を採取した。帯緑暗灰色、細粒の斑状火成岩様組織をもった石英閃緑斑岩質岩石 (Fig. 2-D) で、主に斜長石 ( $An_{37-76}$ )・石英・普通角閃石・黒雲母からなり、カリ長石・単斜輝石を伴うことがある。量的には多い。一方、アプライト質花崗岩岩脈中には暗色包有物はほとんど見られない。

#### 暗色包有物の化学組成

紫尾山花崗閃緑岩体中の代表的な暗色包有物の化学組成およびノルム組成を Table 1 に示す。また、組成変化図を Fig. 3 に示す。

暗色包有物の  $SiO_2$  包有量は、斑状ハンレイ岩質岩石で 47 wt.%, 粒状石英ハンレイ岩質岩石で 49~55 wt.%, 斑状石英閃緑岩質岩石で 55~58 wt.% であり、花崗閃緑岩体の 64~68 wt.% に比べ、極めて低い値を示す。同様に、花崗閃緑斑岩岩脈中の石英閃緑斑岩質岩石で 51~56 wt.%, 花崗閃緑岩体中の花崗閃緑斑岩のゼノリスで 57~58 wt.% であり、花崗閃緑斑岩岩脈の 61~63 wt.% と比べ、低い値を示す。

各酸化物について見ると、花崗閃緑岩体中の暗色包有物は、相対的に total FeO\*,  $Na_2O$  およ

Table 1. Chemical analyses and CIPW norms of dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body, Kagoshima Prefecture

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sp. No	2556X-2	0903X-2	0903X-1	2554X-2	2566X-4	2553X-2	2559X	2557X	1306X	0801X-1	2553X-3
Rock	Gb	QGb	QGb	QGb	QGb	QGb	QD	QD	QD	QD	QD
SiO <sub>2</sub>	46.98	49.60	50.75	52.61	53.84	54.88	54.93	54.97	55.02	56.37	58.08
TiO <sub>2</sub>	1.90	1.74	1.52	1.45	1.39	1.50	1.26	1.64	1.56	1.16	1.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.03	17.14	16.93	16.46	16.97	17.71	16.91	16.57	17.56	17.07	15.57
FeO*	11.86	10.29	10.49	8.69	9.31	7.92	8.48	9.48	7.22	7.40	7.62
MnO	0.27	0.16	0.23	0.18	0.22	0.15	0.17	0.17	0.17	0.12	0.18
MgO	5.96	3.32	3.81	3.23	3.37	2.68	3.01	3.13	2.80	2.32	3.13
CaO	7.95	3.36	4.65	4.12	4.80	4.31	3.95	3.08	3.35	1.69	4.69
Na <sub>2</sub> O	3.13	4.85	4.39	4.50	4.21	4.19	4.29	4.12	4.41	5.53	3.73
K <sub>2</sub> O	3.08	3.47	2.79	2.55	2.37	3.24	2.70	3.78	3.44	2.89	3.38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.14	0.15	0.25	0.23	0.25	0.37	0.18	0.23	0.27	0.20
Total	97.45	94.07	95.71	94.04	96.71	96.83	96.07	97.12	95.76	94.82	97.67
Q	—	—	—	—	—	—	1.44	—	0.49	1.40	4.93
Or	18.20	20.51	16.49	15.07	14.01	19.15	15.96	22.34	20.33	17.08	19.98
Ab	12.95	30.61	34.21	38.08	35.63	35.46	36.30	34.86	37.32	46.80	31.56
An	20.59	14.75	18.25	17.18	20.41	19.75	17.18	14.10	15.12	6.62	15.76
C	—	—	—	—	—	0.07	0.63	0.53	1.04	2.42	—
Ne	7.33	5.65	1.59	—	—	—	—	—	—	—	—
DiWo	7.08	0.42	1.60	0.68	0.79	—	—	—	—	—	2.59
DiEn	3.09	0.14	0.58	0.25	0.29	—	—	—	—	—	1.01
DiFs	3.98	0.29	1.05	0.44	0.52	—	—	—	—	—	1.62
HyEn	—	—	—	4.55	6.84	6.62	7.50	6.36	6.97	5.78	6.79
HyFs	—	—	—	7.86	12.40	12.24	13.81	12.25	11.00	11.90	10.91
OlFo	8.24	5.69	6.24	2.27	0.88	0.04	—	1.01	—	—	—
OlFa	11.71	12.38	12.45	4.32	1.77	0.08	—	2.14	—	—	—
Il	3.61	3.30	2.89	2.75	2.64	2.85	2.39	3.11	2.96	2.20	2.07
Ap	0.67	0.32	0.35	0.58	0.53	0.58	0.86	0.42	0.53	0.63	0.46
Li(ppm)	127	111	106	86	83	96	101	135	93	101	84
Rb(ppm)	166	199	115	122	95	168	224	336	165	227	175
Sr(ppm)	169	139	176	193	217	258	157	128	209	104	188

\*Total Fe as FeO.

Abbreviations : Gb = Gabbro ; QGb = Quartz gabbro; QD = Quartz diorite.

No.1: Porphyritic gabbroic rock inclusion in the granodiorite body.

Nos.2-6: Granular quartz gabbroic rock inclusions in the granodiorite body.

Nos.7-11: Porphyritic quartz dioritic rock inclusions in the granodiorite body.

Table 1. (Continued)

No	12	13	14	15	16	17	18
Sp. No	0802X-1	0802X-6	0802X-2	0802X-5	1307X-2	1307X-1	1308X
Rock	QDP	QDP	QDP	QDP	GdP	GdP	Pelite
SiO <sub>2</sub>	51.11	54.38	54.76	56.11	57.25	57.72	54.18
TiO <sub>2</sub>	1.30	1.26	1.30	1.51	1.25	1.28	0.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.73	16.85	16.38	16.84	16.77	16.79	19.12
FeO*	6.79	7.33	6.60	6.54	6.38	5.87	5.80
MnO	0.18	0.17	0.17	0.13	0.19	0.17	0.09
MgO	5.79	4.83	4.86	4.19	4.24	3.94	2.84
CaO	7.23	6.47	6.20	4.43	5.53	5.46	1.58
Na <sub>2</sub> O	3.50	2.76	2.72	3.03	2.83	2.94	3.03
K <sub>2</sub> O	1.87	2.60	2.69	2.97	2.28	2.11	9.49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.19	0.20	0.19	0.18	0.16	0.21
Total	94.69	96.84	95.88	95.94	96.90	96.44	97.18
Q	—	3.59	5.05	7.47	9.84	11.33	—
Or	11.05	15.37	15.90	17.55	13.47	12.47	56.08
Ab	29.62	23.36	23.02	25.64	23.95	24.88	10.75
An	24.42	25.91	24.54	20.74	26.26	26.04	6.47
C	—	—	—	1.04	0.02	0.13	1.49
Ne	—	—	—	—	—	—	8.07
DiWo	4.26	2.07	2.05	—	—	—	—
DiEn	2.36	1.03	1.08	—	—	—	—
DiFs	1.74	1.00	0.91	—	—	—	—
HyEn	6.41	11.00	11.03	10.44	10.56	9.81	—
HyFs	4.74	10.70	9.37	9.76	10.00	8.98	—
OlFo	3.96	—	—	—	—	—	4.96
OlFa	3.23	—	—	—	—	—	7.28
Il	2.47	2.39	2.47	2.87	2.37	2.43	1.60
Ap	0.44	0.44	0.46	0.44	0.42	0.37	0.49
Li (ppm)	51	49	47	64	48	48	87
Rb (ppm)	53	70	83	92	83	76	193
Sr (ppm)	288	280	268	242	245	255	267

\*Total Fe as FeO.

Abbreviations: QDP = Quartz diorite porphyry; GdP = Granodiorite porphyry.

Nos.12-15: Quartz diorite porphyritic rock inclusions in the granodiorite porphyry dike.

Nos.16-17: Granodiorite porphyry xenoliths in the granodiorite body.

No.18: Pelitic rock xenolith in the granodiorite body.

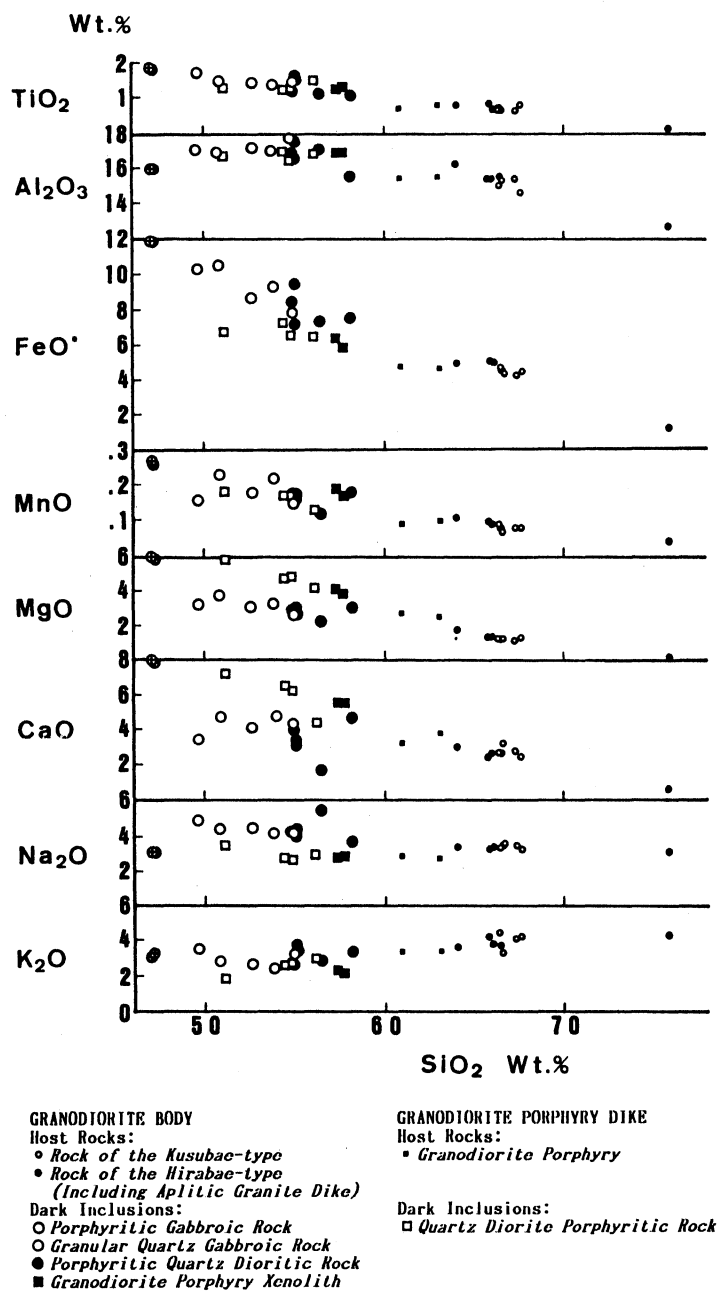


Fig. 3. Variation diagram of oxides against SiO<sub>2</sub> for dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body.

が K<sub>2</sub>O 含有量に富み、MgO および CaO 含有量に乏しい。このことは粒状石英ハンレイ岩質岩石と斑状石英閃緑斑岩質岩石でとくに顕著である。花崗閃緑斑岩岩脈中の石英閃緑斑岩質岩石と花崗閃緑岩体中の花崗閃緑斑岩のゼノリスは、相対的に MgO に富み、total FeO\* に乏しい。

暗色包有物のノルム組成では、斑状ハンレイ岩質岩石でノルム Ne とノルム Di が算出される。また、粒状石英ハンレイ岩質岩石ではノルム Ol とノルム Di が、斑状石英閃緑岩質岩石ではノ



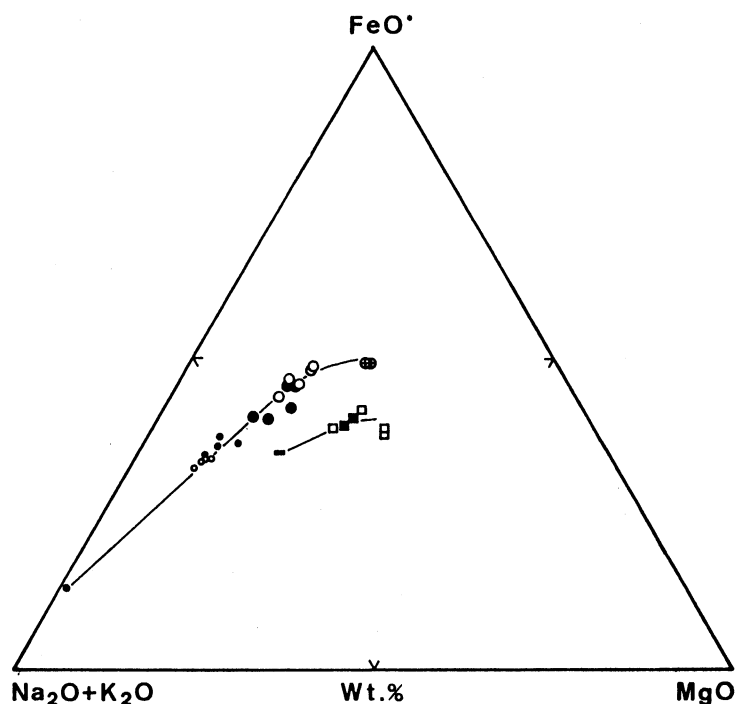


Fig. 4. Total  $\text{FeO}^*$  -  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  -  $\text{MgO}$  triangular diagram of dark inclusions in the Shibisan granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3.

ルム Q とノルム C が算出されることが多い，花崗閃緑斑岩岩脈中の石英閃緑斑岩質岩石ではノルム Q とノルム Di が算出されることが多く，花崗閃緑岩体中の花崗閃緑斑岩のゼノリスではノルム Q とノルム C が算出される。

暗色包有物の total  $\text{FeO}^*$  -  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  -  $\text{MgO}$  三角図を Fig. 4 に示す。Fig. 4 中の 2 本の破線は，花崗閃緑岩体および花崗閃緑斑岩岩脈とそれぞれに含まれる暗色包有物との間を結んだ組成変化曲線を示す。両者ともスムーズな曲線が描ける。山本ほか (1988) が花崗閃緑岩体と花崗閃緑斑岩岩脈について述べたように，暗色包有物についても，花崗閃緑岩体中のものは Fe に富むトレンド (ソレイアイト岩質) を，また，花崗閃緑斑岩岩脈中のものは Fe に乏しいトレンド (カルク-アルカリ岩質) をもち，両者が異なる組成トレンドを示している。

暗色包有物の微量元素として Li, Rb および Sr 含有量を測定した (Table 1)。組成変化図を Fig. 5 に示す。全体的に見て，暗色包有物は Li および Rb 含有量に富み，Sr 含有量に乏しい。このことは花崗閃緑岩体中の暗色包有物でとくに顕著である。

#### マフィック鉱物の化学組成

##### (1) 黒雲母

紫尾山花崗閃緑岩体の暗色包有物中の黒雲母の EPMA 分析を行った。黒雲母の化学組成と構造式を Table 2 に示す。構造式は FOSTER (1960) を参考にして，単位胞を  $\text{O} = 22$  atom として計算した。

暗色包有物中の黒雲母の  $\text{Si} - \text{Mg} / \text{Mg} + \text{Fe}^{+2}$  図を Fig. 6 に示す。花崗閃緑岩体の暗色包有物中の黒雲母は，ferrous biotite の領域にプロットされ，Si 値が 5.32 ~ 5.55 および  $\text{Mg} / \text{Mg} + \text{Fe}^{+2}$

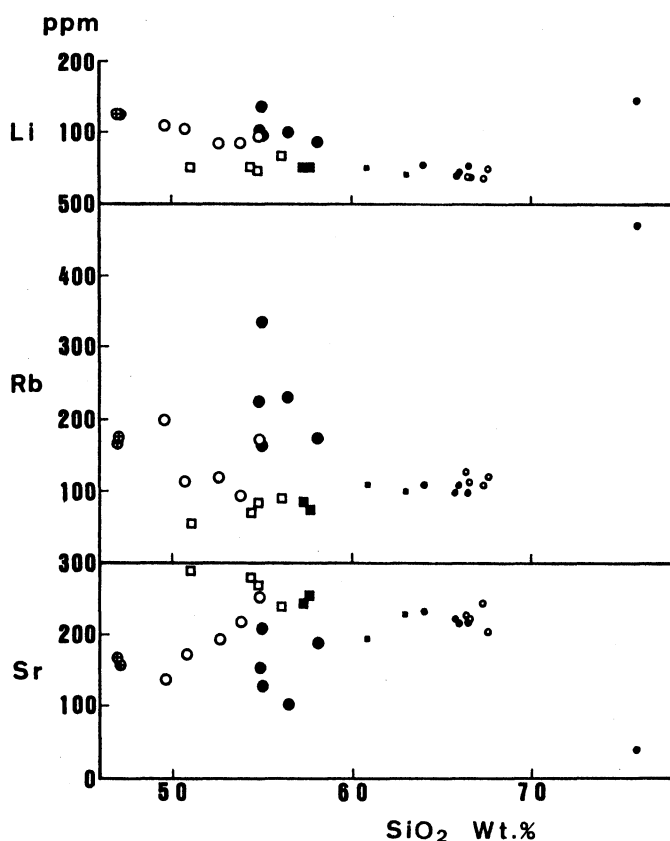


Fig. 5. Variation diagram of Li, Sr and Rb against  $\text{SiO}_2$  for dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3.

比が0.34~0.44で、母岩の花崗閃緑岩中の黒雲母の化学組成と一致する。斑状ハンレイ岩質岩石中と粒状石英ハンレイ岩質岩石中の黒雲母は楠八重型岩石中のものと似ており、また、斑状石英閃緑岩質岩石中の黒雲母は平八重型岩石中のものと似ている。

花崗閃緑斑岩岩脈の石英閃緑斑岩質岩石中の黒雲母は、ferrous biotite と magnesian biotite との境界線上にプロットされ、Si 値が5.41~5.57および  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$  比が0.50~0.52で、母岩の花崗閃緑斑岩中の黒雲母や花崗閃緑岩体の花崗閃緑斑岩ゼノリス中の黒雲母の化学組成とほぼ一致する。

## (2) 角閃石

紫尾山花崗閃緑岩体の暗色包有物中の角閃石の EPMA 分析を行った。角閃石の化学組成と構造式を Table 3 に示す。構造式は LEAKE (1978 a,b) の方法に従い、単位胞を  $\text{O}=23$  atom とし、計算した。

暗色包有物中の角閃石の  $\text{Si}-\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$  図を Fig. 7 に示す。花崗閃緑岩体の斑状ハンレイ岩質岩石中の角閃石は、ferro-actinolitic hornblende の領域にプロットされ、Si 値が7.38~7.46 および  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$  比が0.40~0.42である。また、粒状石英ハンレイ岩質岩石中の角閃石は、ferro-hornblende と ferro-actinolitic hornblende の領域にまたがってプロットされ、Si 値が7.18~7.46 および  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$  比が0.40~0.43である。これらの角閃石を母岩の花崗閃緑岩中の角閃石と比べると、Si 値がやや高いが、 $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$  比は一致している。斑状ハンレイ岩質岩

Table 2. Electron-probe microanalyses and structural formulae (O = 22) of biotites from dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body, Kagoshima Prefecture

No	1	2	3	4	5	6
Sp. No	2556X-2	0903X-1	2554X-2	1306X	0802X-2	1307X-1
Rock	Gb	QGb	QGb	QD	QDP	GdP
SiO <sub>2</sub>	34.74	35.20	35.16	35.31	36.12	36.01
TiO <sub>2</sub>	4.69	4.57	5.14	4.41	5.12	5.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.90	15.15	14.10	14.98	15.31	14.62
FeO*	23.92	24.35	25.27	23.19	18.78	19.54
MnO	0.21	0.23	0.27	0.45	0.37	0.36
MgO	8.20	7.67	7.55	8.95	10.71	10.52
CaO	0.11	0.08	0.05	0.06	0.14	0.06
Na <sub>2</sub> O	0.19	0.22	0.22	0.17	0.15	0.17
K <sub>2</sub> O	8.70	8.53	8.84	8.89	8.90	9.02
Total	95.66	96.00	96.60	96.41	95.60	95.66
Si	5.415	5.461	5.466	5.442	5.481	5.492
Al <sup>IV</sup>	2.585	2.539	2.534	2.558	2.519	2.508
Z Site	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al <sup>VI</sup>	0.153	0.232	0.050	0.163	0.220	0.121
Ti	0.550	0.533	0.601	0.511	0.584	0.615
Fe <sup>+2</sup>	3.118	3.160	3.286	2.989	2.384	2.492
Mn	0.028	0.030	0.036	0.059	0.048	0.047
Mg	1.905	1.774	1.750	2.056	2.423	2.392
Y Site	5.754	5.729	5.722	5.777	5.658	5.666
K	1.730	1.688	1.753	1.748	1.723	1.755
Na	0.057	0.066	0.066	0.051	0.044	0.050
Ca	0.018	0.013	0.008	0.010	0.023	0.010
X Site	1.806	1.768	1.828	1.809	1.790	1.815
Mg/Mg+Fe <sup>+2</sup>	0.379	0.360	0.347	0.408	0.504	0.490

\*Total Fe as FeO.

Abbreviations are the same as those in Table 1.

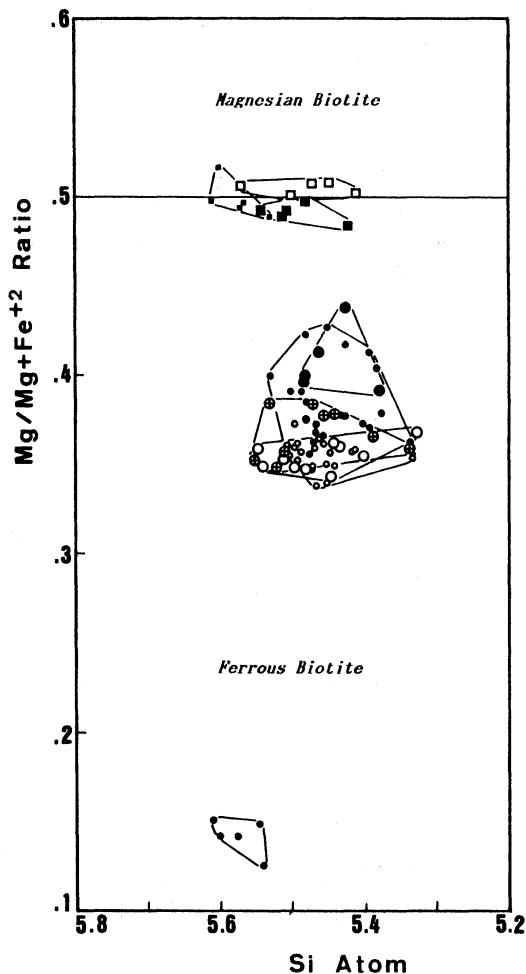


Fig. 6. Relation between Si and  $Mg/Mg+Fe^{+2}$  ratio of biotites from dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3.

石中と粒状石英ハンレイ岩質岩石中の角閃石の  $Mg/Mg+Fe^{+2}$  比は、黒雲母の場合と同様に、楠八重型岩石中のものと似ている。

花崗閃緑斑岩岩脈の石英閃緑斑岩質岩石中の角閃石は、magnesian-hornblende と actinolitic hornblende の領域にまたがってプロットされ、Si 値が6.94～7.34および  $Mg/Mg+Fe^{+2}$  比が0.60～0.64である。これらの角閃石を母岩の花崗閃緑斑岩中の角閃石や花崗閃緑岩体の花崗閃緑斑岩ゼノリス中の角閃石と比べると、Si 値がやや低いが、 $Mg/Mg+Fe^{+2}$  比は一致している。

### (3) 単斜輝石

紫尾山花崗閃緑岩体の斑状ハンレイ岩質暗色包有物中の単斜輝石の EPMA 分析を行った。単斜輝石の化学組成と構造式 (単位胞O=6 atom) を Table 4 に示す。

暗色包有物中の単斜輝石の組成を Fig. 8 に示す。単斜輝石は augite, ferrosalite および ferroaugite の領域にまたがってプロットされ、 $Mg/Mg+Fe^{+2}$  比がほぼ0.50で、母岩の花崗閃緑岩中の副成分単斜輝石の化学組成と一致している。

Table 3. Electron-probe microanalyses and structural formulae (O = 23) of amphiboles from dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body, Kagoshima Prefecture

No	1	2	3	4	5
Sp. No	2556X-2	0903X-1	2554X-2	0802X-2	1307X-1
Rock	Gb	QGb	QGb	QDP	GdP
SiO <sub>2</sub>	48.28	48.23	48.79	49.02	51.68
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.77	0.60	0.61	0.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.31	3.95	3.21	3.87	3.23
FeO*	23.71	22.74	23.13	16.35	15.45
MnO	0.92	0.48	0.80	0.45	0.82
MgO	9.38	8.63	9.20	14.78	13.98
CaO	9.98	11.02	10.65	12.04	11.12
Na <sub>2</sub> O	0.97	0.69	0.75	0.56	0.40
K <sub>2</sub> O	0.34	0.50	0.38	0.31	0.18
Total	97.42	97.01	97.51	97.99	97.15
Si	7.420	7.411	7.467	7.249	7.601
Al <sup>IV</sup>	0.580	0.589	0.533	0.675	0.399
Z Site	8.000	8.000	8.000	7.924	8.000
Al <sup>VI</sup>	0.020	0.126	0.047	—	0.161
Ti	0.061	0.089	0.069	0.068	0.032
Fe <sup>+2</sup>	2.811	2.799	2.811	1.986	1.755
Mg	2.149	1.977	2.099	3.258	3.065
Y Site	5.041	4.911	5.026	5.312	5.013
Fe <sup>+2</sup>	0.237	0.123	0.015	0.036	0.145
Mn	0.120	0.062	0.104	0.056	0.102
Ca	1.644	1.814	1.747	1.908	1.752
X Site	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.289	0.206	0.223	0.161	0.114
K	0.067	0.098	0.074	0.058	0.034
A Site	0.356	0.304	0.297	0.219	0.148
Mg/Mg+Fe <sup>+2</sup>	0.414	0.404	0.415	0.617	0.617

\*Total Fe as FeO.

Abbreviations are the same as those in Table 1.

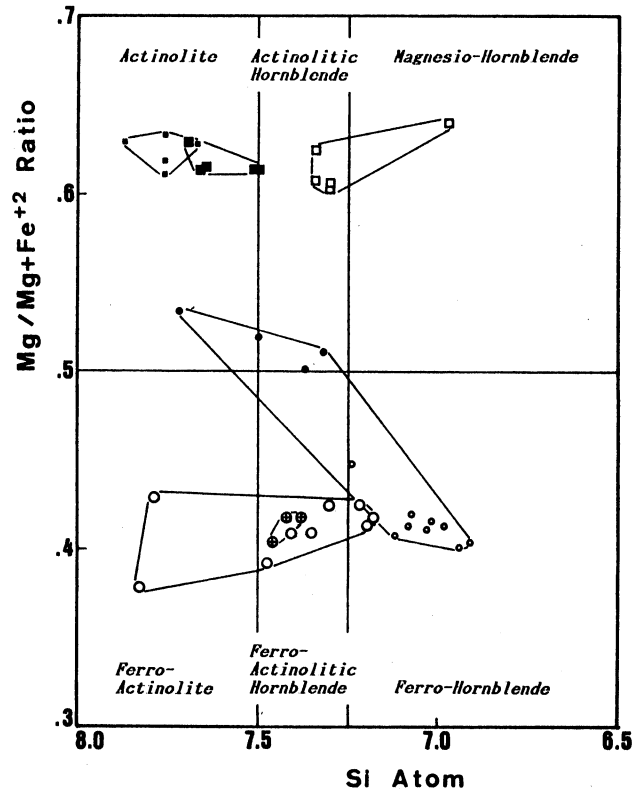


Fig. 7. Relation between Si and  $Mg/Mg+Fe^{+2}$  ratio of amphiboles from dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3.

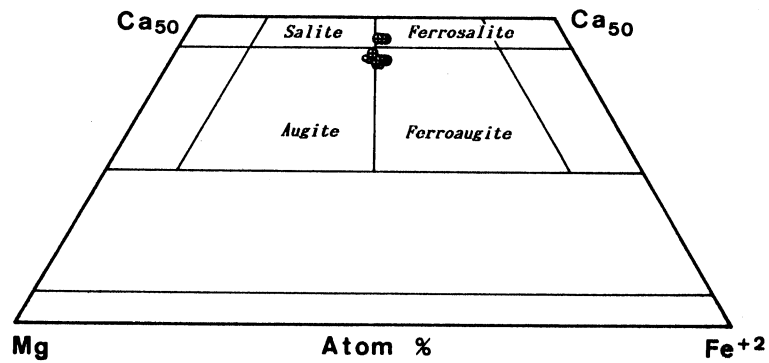


Fig. 8. Composition of clinopyroxenes from dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3.

Table 4. Electron-probe microanalysis and structural formula (O = 6) of clinopyroxene from the dark inclusion in the Shibi-san granodiorite body, Kagoshima Prefecture

No	1	Si	1.966
Sp.No	2556X-2	Al <sup>IV</sup>	0.034
Rock	Gb	Z Site	2.000
SiO <sub>2</sub>	50.73	Al <sup>VI</sup>	0.015
TiO <sub>2</sub>	0.17	Ti	0.005
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.09	Fe <sup>+2</sup>	0.508
FeO*	17.64	Mg	0.479
MnO	0.79	Y Site	1.007
MgO	9.34	Fe <sup>+2</sup>	0.064
CaO	20.16	Mn	0.026
Na <sub>2</sub> O	0.21	Mg	0.060
K <sub>2</sub> O	0.09	Ca	0.837
Total	100.22	Na	0.016
		K	0.004
		X Site	1.007
		Mg/Mg+Fe <sup>+2</sup>	0.486

\*Total Fe as FeO.

Abbrevitons are the same as those in table 1.

## 考 察

花崗岩質岩体中の暗色包有物には被进入岩類のゼノリスとは即座に判定できないものが含まれている。これらの暗色包有物の成因についてはこれまでに種々の報告がなされている。その主なものには、被进入岩類のゼノリス起源とするもの (REESOR, 1958 ; COBBING and PITCHER, 1972 ; HYNDMAN, 1985) ; 同源マグマのコグネイト起源とするもの (DIDIER, 1973) ; 花崗岩質マグマ中に注入した玄武岩質マグマ起源とするもの (WAGER and BAILEY, 1953 ; EICHELBERGER, 1975) 地殻物質の部分溶融による同源マグマのレストタイト起源とするもの (ALBEQUERQUE, 1971 ; WHITE and CHAPPELL, 1977, 1983) などがある。

紫尾山花崗閃緑岩体中の暗色包有物の成因を考察するため、ACF 図と AKF 図を Fig. 9と Fig. 10に示す。参考のため、花崗閃緑岩体中の泥質岩源岩石の化学分析を行い (Table 1) プロットした。また、グラニュライト相~角閃岩相の鉱物共生を実線と破線で示し、花崗岩質マグマの結晶分化作用の方向を点線で示した。なお、ザクロ石の化学組成は中村ほか (1986) の花崗閃緑岩

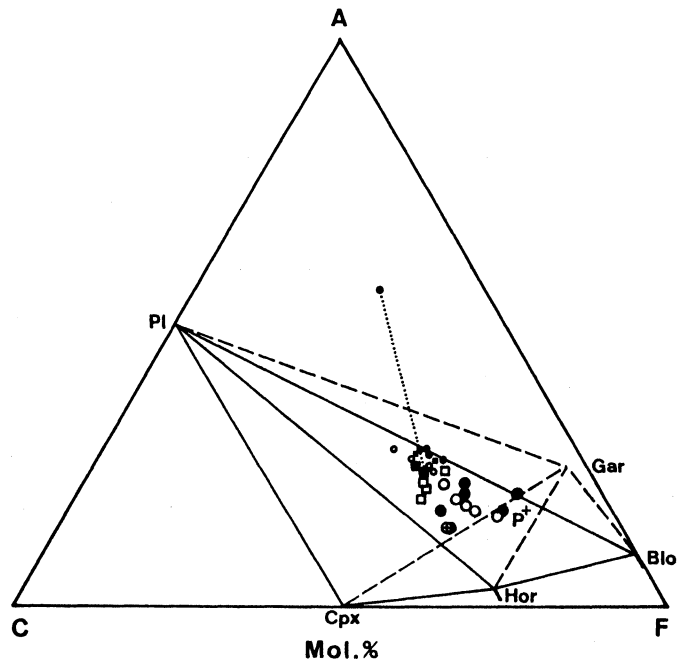


Fig. 9. ACF triangular diagram of dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3. A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O; C=CaO; F=FeO\*+MnO+MgO. Abbreviations: Pl=Plagioclase; Cpx=Clinopyroxene; Hor=Amphibole; Bio=Biotite; Gar=Garnet; P=Pelitic rock inclusion.

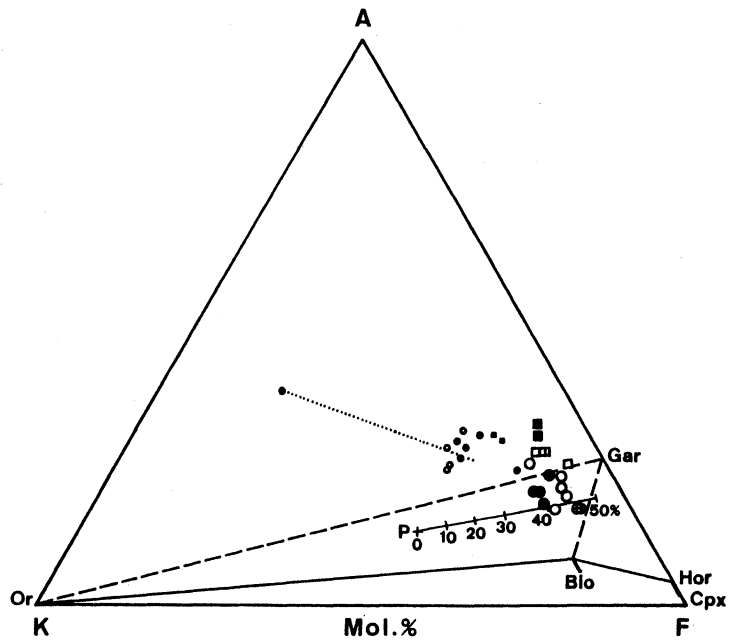


Fig. 10. AKF triangular diagram of dark inclusions in the Shibi-san granodiorite body. The symbols are the same as those in Fig. 3. A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O; K=K<sub>2</sub>O; F=FeO\*+MnO+MgO. Abbreviations; Or=K-feldspar; Cpx=Clinopyroxene; Hor=Amphibole; Bio=Biotite; Gar=Garnet; P=Pelitic rock inclusion.



体中のものを使用した。

花崗閃緑岩体中の斑状ハンレイ岩質岩石は、CaO 包有量が比較的高いので、ACF 図中花崗岩質マグマの結晶分化作用の方向を示した点線の延長線近くにプロットされる。粒状石英ハンレイ岩質岩石と斑状石英閃緑岩質岩石は、CaO 包有量が低いので、ACF 図中泥質岩源岩石の近くから花崗閃緑岩に向ってプロットされる。また、これらの暗色包有物は AKF 図中花崗岩質マグマの結晶分化作用の方向を示した点線の延長線近くの K 成分の低い領域にプロットされる。花崗閃緑岩体中の暗色包有物は、おのおの、斑状ハンレイ岩質岩石が単斜輝石を含みグラニュライト相に相当する岩石、粒状石英ハンレイ岩質岩石が普通角閃石を含み高温の角閃岩相に相当する岩石、および斑状石英閃緑岩質岩石は単斜輝石や角閃石を含まず低温の角閃岩相に相当する岩石と考えられ、ACF 図と AKF 図中規則的に並んでいるように見える。

暗色包有物の微量元素組成は、Li と Rb 含有量が高く黒雲母成分が添加されていること、また、Sr 含有量が低くカリ長石成分が除去されていることを示す。添加された黒雲母成分を取り去っていくと、プロットは ACF 図において C 成分の増加する方向に、また、AKF 図において A 成分の増加する方向に移動する。除去されたカリ長石成分を取り込んでいくと、プロットは AKF 図において K 成分の増加する方向、すなわち、泥質岩源岩石の方向に移動する。泥質岩源岩石から純粋なカリ長石を10, 20, 30, 40, 50 wt.%取り去った組成を AKF 図にプロットする。泥質岩源岩石からこれらの暗色包有物まで組成変化を起こさせるためには、斑状ハンレイ岩質岩石で45 wt.%以上、粒状石英ハンレイ岩質岩石で40 wt.%以上、斑状石英閃緑岩質岩石で35 wt.%以上と多量のカリ長石成分が除去されなければならない。

鉱物の化学組成から見ると、斑状ハンレイ岩質岩石中の斜長石の組成範囲は、 $An_{30-70}$  であるが、その多くは labradorite であり、母岩のものよりかなり塩基性である。粒状石英ハンレイ岩質岩石中の斜長石の組成範囲は、 $An_{9-49}$  であるが、その多くは oligoclase~andesine であり、母岩のものと同じである。斑状石英閃緑岩質岩石中の斜長石の組成範囲は、oligoclase~andesine であり、母岩のものと同じである。一方、これらの暗色包有物中のマフィック鉱物の化学組成は、母岩のものとはほぼ一致しており、花崗岩質マグマと平衡関係にあったものといえる。

グラニュライト相に相当する斑状ハンレイ岩質暗色包有物は、泥質岩源ゼノリスが同化された“同化岩”かあるいは地殻物質の部分溶融による“レスタイト”かである。この岩石が極めて細粒であること、斜長石の組成がかなり塩基性であることなどから判断すると、地下深部から運ばれた“レスタイト”である可能性が強いと考えられる。

高温の角閃岩相に相当する粒状石英ハンレイ岩質暗色包有物は、泥質岩源ゼノリスが同化された“同化岩”かあるいは花崗岩質マグマから形成された“コグネイト”かである。この岩石は粒状であることから判断すると、比較的地下深部における花崗岩質マグマからもたらされた“コグネイト”である可能性が強いと考えられる。

低温の角閃岩相に相当する斑状石英閃緑岩質暗色包有物には多量の斑状カリ長石を包むものがある。また、Fig. 2-A に見られるように斑状ハンレイ岩質暗色包有物に伴うものがあり、両者の斜長石の組成が連続的に変化している。これらのことから判断すると、この岩石は比較的地下浅所において泥質岩源ゼノリスが同化された“同化岩”やより塩基性の暗色包有物が同化された“同化岩”とが混在しているものであると考えられる。

花崗閃緑斑岩脈中の石英閃緑斑岩質暗色包有物は、ACF 図および AKF 図中母岩の近くにプロットされる。しかし、微量元素組成上は、Li と Rb 含有量がやや高く黒雲母成分がわずかに添加されていることを示す。鉱物の化学組成から見ると、斜長石の組成範囲は  $An_{37-76}$  であ

るが、多くは andesine~labradorite であり、母岩のものよりやや塩基性である。マフィック鉱物の化学組成では、黒雲母が母岩のものと同じし、角閃石が母岩のものより Si 値が低くわずかに高温で結晶化したことを示す。以上のことから判断すると、この岩石は花崗岩質マグマから形成された“コグネイト”であると考えられる。

### あ と が き

本報では、紫尾山花崗閃緑岩体中の暗色包有物について、種類と化学組成およびマフィック鉱物の化学組成を明らかにし、それらの成因について若干の考察を行った。

花崗閃緑岩体中には“レストタイト”、“コグネイト”、“同化岩”など成因が異なると考えられる種々のオートリスとゼノリスが包まれる。これらの暗色包有物は、花崗閃緑岩体中に特徴的に見られるカリ長石巨晶や副成分鉱物として見られる逆累帯構造をもつザクロ石（中村ほか、1986）の成因と密接な関連があるものと考えられる。今後、オートリスについては Sr 同位体比などの測定が課題となる。

四万十累帯北帯には塩基性火成岩類が極めて少なく、大分県大野郡緒方町尾平のモンゾニ閃緑岩や鹿兒島県川辺郡笠沙町野間岬の角閃石ハンレイ岩などが主なものである。後者の角閃石ハンレイ岩は花崗閃緑斑岩岩脈のトレンドの延長線上の化学組成をもっている。今後、花崗岩質岩体中の暗色包有物を広域的に調査することが課題である。

本研究の過程においてマフィック鉱物の EPMA 分析は鹿兒島大学 X 線マイクロアナライザー室で行った。本研究の一部に文部省科学研究費補助金（課題番号63540655）を使用した。関係の方々から感謝する。

### 文 献

- ALBUQUERQUE, C.A.R. de (1971): Petrochemistry of a series of granitic rocks from northern Portugal. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **82**, 2783-2798.
- COBBING, E.J. and PITCHER, W.S. (1972): The coastal batholith of Central Peru. *J. Geol. Soc. London*, **128**, 421-460.
- DIDIER, J. (1973): *Granites and Their Enclaves*. Elsevier, New York, 393p.
- EICHELBERGER, J.C. (1975): Origin of andesite and dacite; evidence of mixing at Glass Mountain in California and other Circum-Pacific volcanoes. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **86**, 1381-1391.
- FOSTER, M.D. (1960): Interpretation of trioctahedral micas. *U. S. G. S. Prof. Paper*, **354-B**, 11-49.
- HYNDMAN, D.W. (1985): *Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks (2nd Ed.)*. McGraw-Hill, New York, 786p.
- 河野義礼・植田良夫 (1966): 本邦火成岩の K-Ar dating (V). 西南日本の花崗岩類. *岩鉱*, **56**, 191-211.
- LEAKE, B.E. (1978a): Nomenclature of amphiboles. *Mineral. Mag.*, **42**, 533-563.
- (1978b): Nomenclature of amphiboles. *Can Mineral.*, **16**, 501-520.
- MILLER, J.A., K. SHIBATA, and Y. KAWACHI (1962): Potassium-argon ages of granitic rocks from the Outer of Kyushu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **13**, 70-72.
- 中村淳子・山本温彦・大庭 昇・富田克利 (1986): 南九州における西南日本外帯型花崗岩類のザクロ石の成因的考察. *鹿兒島大理紀要 (地・生)*, No. 19, 1-21.
- 大庭 昇 (1957): 鹿兒島県北西部の紫尾山花崗閃緑岩および捕獲岩類. *鹿兒島大理報*, No. 6, 83-98.
- REESOR, J.E. (1958): Dewar Creek map-area, with special emphasis on the White Creek batholith, British Columbia. *Geol. Surv. Can. Mem.*, **292**.
- 立石賢二・大庭 昇・山本温彦・富田克利・中村淳子・金井敏正 (1986): 南九州, 大隅花崗閃緑岩パソリスに包有されるゼノリスの起源と成因. *鹿兒島大理紀要 (地・生)*, No. 19, 23-44.

- WAGER, L.R. and BAILEY, E.B. (1953): Basic magma chilled against acid magma. *Nature*, **172**, 68-72.
- WHITE, A.J.R. and CHAPPELL, B.W. (1977): Ultrametamorphism and granitoid genesis. *Tectonophysics*, **43**, 7-22.
- (1983): Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, south-eastern Australia. *Mem. Geol. Soc. Am.*, **159**, 21-34.
- 山本温彦・中村俊文・大庭 昇 (1983): 大隅花崗閃緑岩体の分化について. 日本地質学会90年学術大会討論会資料, 環状累帯深成岩と輪状複合火成岩の分化と貫入, 29-36.
- 山本温彦・大庭 昇・富田克利 (1988): 鹿児島県紫尾山花崗閃緑岩体の岩相変化. 鹿児島大理紀要 (地・生), No. 21, 35-49.