

南九州，大隈花崗岩閃緑岩バソリスに包有されるゼノリスの起源と成因

著者	立石 賢二，大庭 昇，山本 温彦，富田 克利，中村 淳子，金井 敏正
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要．地学・生物学
巻	19
ページ	23-44
別言語のタイトル	Source and Origin of Xenoliths Contained on Osumi Granodiorite Batholith, South Kyushu, Japan
URL	http://hdl.handle.net/10232/00012447

南九州, 大隅花崗閃緑岩バソリスに包有される ゼノリスの起源と成因*

立石 賢二** · 大庭 昇*** · 山本 温彦***
富田 克利*** · 中村 淳子**** · 金井 敏正*****

(1986年7月1日受理)

Source and Origin of Xenoliths Contained in Ōsumi
Granodiorite Batholith, South Kyushu, Japan *

Kenji TATEISHI**, Noboru ŌBA***, Masahiko YAMAMOTO***,
Katsutoshi TOMITA***, Jyunko NAKAMURA*** and Toshimasa KANAI*****

Abstract

Xenoliths contained in Ōsumi granodiorite batholith of 12-22 Ma in age, South Kyushu, Japan, in which granitic rocks of Hedaōkawa-type, Ōura-type, Hanaze-type and Kōyama-type occupy the main portion, were studied for the mode of occurrence, rock facies, mineral and chemical compositions and associated characteristic minerals. They can be classified into main three groups: hornfels xenoliths composed of pelitic hornfels, xenoliths of metamorphic rock appearance represented by both biotite schist xenolith and gneiss xenolith, and xenoliths of igneous rock appearance, belonging to the intermediate rocks ranging in modal composition from granite to tonalite, characterized by the granoblastic texture and the porphyroblastic texture.

The following facts are particularly noted: the occurrence of the xenoliths of metamorphic rock appearance and the presence of cordierite, spinel and garnet in hornblende-biotite granodiorite of Hedaōkawa-type, that of the xenoliths of igneous rock appearance and the presence of orthopyroxene and cummingtonite in orthopyroxene-cummingtonite-bearing granodiorite of both Ōura-type and Hanaze-type, and that of the xenoliths of metamorphic rock appearance and the presence of garnet in garnet-bearing biotite granodiorite of Kōyama-type. Xenoliths, excluding the hornfels xenolith, and its frequency of appearance differ in different type of host rock, and the presence of characteristic minerals in xenoliths correlate apparently with that of characteristic minerals in its host rocks. Such a fact indicates that these xenoliths and their host rocks have had a close relation in their source and origin, as well as the Ōsumi batholith demonstrates its own heterogeneity. Meanwhile, the hornfels xenoliths are quite the same with pelitic hornfels surrounding the batholith in rock facies and mineral composition. These facts show that the xenoliths of metamorphic rock appearance would have been originated from metamorphic rocks, perhaps, of the compara-

* “大隅花崗閃緑岩体のゼノリスの起源”のタイトルで日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会・日本鉱物学会昭和60年度秋期連合学術講演会(熊本大学)で講演。

** 鹿児島県大島郡知名町, 沖永良部高等学校 Okierabu Senior High School, China, Ōshima-gun, Kagoshima, 891-92 Japan.

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

**** 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科 Department of Ocean Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kagoshima University, Kagoshima, 890 Japan.

***** 滋賀県大津市, 日本電気硝子株式会社 Nihon Denki Garasu Co., Ltd., Ōtsu, Shiga, 520 Japan.

tively high-grade metamorphic facies and the xenoliths of igneous rock appearance from some mafic igneous rocks, at the relatively deep depths, while the hornfels xenoliths from pelitic rocks at the relatively shallow depths.

Thus, the source and origin of the xenoliths and its related host rocks will possibly be considered as follows. At the time when partial melting of source materials took place at the deep depths, selective fusion was made for the source materials, and granitic magma which has composition different in part was formed. Psammitic or felsic materials easily produced granitic magma. Pelitic metamorphic rocks produced a per-aluminous granitic magma from which granitic rocks of the S-type were formed, and garnets which had crystallized as porphyroblast in the source rocks were dispersed as xenocryst into the magma, and some of the rocks were left over as refractory residue. Thus, as seen in rocks of Kōyama-type, the xenoliths of metamorphic rock appearance and its related granitic magma those which are characterized by the presence of aluminous minerals were formed. Meanwhile, some of mafic igneous rocks in the source materials were not melted and were left over as refractory residue. Thus, as seen in rocks of both Ōura-type and Hanaze-type, the xenoliths of igneous rock appearance and its related granitic magma those which are characterized by the presence of orthopyroxene and cummingtonite were formed. Diffusion of chemical components continued between the xenoliths and granitic magma, in which fractional crystallization was progressing. The granitic magma, being different in composition in part, moved up and invaded into the basement complex surrounding the magma chamber at the shallow depths, and made differential movement owing to the temperature gradient, and, perhaps, also to tectonic movements, and captured sedimentary rocks from wall rock during the processes of its upward motion. The captured psammitic rocks were assimilated into the granitic magma itself, while the captured pelitic rocks formed the hornfels xenoliths.

ま え が き

花崗岩体には、一般に、種々の形状・大きさ・色調・組織・鉱物組成および化学組成を有する母岩とは異質の物質が包有される。それらは、これまで捕獲岩・ゼノリス (xenolith) (SOLLAS, 1894; GOODSPEED, 1947), 包有岩・インクルージョン (inclusion), enclave (LACROIX, 1890; DIDIER, 1973) などと称されている。

DIDIER (1973) は、アメリカ合衆国・英国等で、火成岩中に包有される異質岩片に対し広く用いられている inclusion または xenolith に対し、フランス国内で用いられている enclave の使用を提唱し、これに関する成因的分類を行なっている。しかし、enclave の呼称の使用は、フランス以外では必ずしも一般的ではなく、一方、アメリカ合衆国等でよく用いられている inclusion については、DIDIER (1973) も指摘しているように、単結晶内に包有される inclusion と紛らわしいため、この論文では、花崗岩体中に包有される異質岩片をゼノリスと呼ぶことにする。

ŌBA (1962 b) によれば、九州外帯花崗岩類中のゼノリスには、キンセイ石・スピネルなどのゼノクリストやホルンヘルス様物質で特徴づけられる堆積岩起源エピゼノリス (epixenolith, GOODSPEED, 1947) と、紫蘇輝石・mantled plagioclase などのゼノクリストや輝緑岩組織で特徴づけられる火成岩起源の塩基性ハイボゼノリス (hypoxenolith, GOODSPEED, 1947) とが識別されるとされている。

大隅花崗閃緑岩バソリスには、普遍的にゼノリスが包有されている。ゼノリスには、後述するように、主にホルンヘルス外観を呈するもの、変成岩外観を呈するものおよび火成岩外観を呈するものが観察される。便宜上、それぞれホルンヘルス・ゼノリス、変成岩外観のゼノリスおよび

火成岩外観のゼノリスと称することにする。これらのゼノリスの内，変成岩外観のゼノリスはバソリス内のある部分に特徴的に，また，火成岩外観のゼノリスはバソリス内の他の部分に特徴的に包有され，かつ，ゼノリスの種類および出現頻度はバソリス内の場所によって異なり，また，ゼノリスにおける特徴的な鉱物の存在とその母岩における特徴的な鉱物の存在とが対応関係にある。このような事実は，ゼノリスの起源および成因^{へたおかわ}考察上，注目に値する。

本報では，大隅バソリスの主要部分を構成する^{へたおかわ}辺田大川型，大浦型，花瀬型および^{こうやま}高山型の4型の岩石類中に包有されるゼノリスの種類・性状および母岩との関係について述べ，その起源および成因について考察する。

この論文は，主として筆者らの1人立石が鹿児島大学研究科在籍中に行なった研究（立石，1984）に基づいている。この研究の過程で，EPMA分析に関し，協力下さり，かつ有益な助言を与えて下さった鹿児島大学根建心具教授および新山透氏，また，化学分析について協力下さった福元豊氏に感謝する。

大隅花崗閃緑岩バソリス

大隅花崗閃緑岩体（野沢・太田，1967；大庭，1960，1961，1962c；ŌBA，1965；山本ほか，1983；山本・大庭，1983）（Fig. 1）は，K-Ar年代 14 ± 1 Ma（MILLER and others, 1962），22 Ma（河野・植田，1966），Rb-Sr年代12 Ma（早瀬・石坂，1967），南九州，鹿児島県大隅半島南端部に位置し，西南日本外帯型花崗岩類（SHIBATA, 1962）中最大の露出面積を有するバソリスで，基盤岩の暁新世～中新世前期の四万十累層群日向層群に対比される（今井ほか，1980）日南層群を非調和に貫いている。

1. 粒度および特徴的な鉱物によるバソリスの区分

バソリスは，中村（1980）および中村ほか（1982）により，主に粒度およびマフィック鉱物の種類・相対的存在量に基づき，高山型・川口型・大浦型・辺田大川型および花瀬型の5型に区分され，その後山本ほか（1983）および山本・大庭（1983）により^{ほよしだけ}甫余志岳型および国見型の2型が追加区分された（Fig. 1）。これらの岩石学的性質については，山本ほか（1983）および山本・大庭（1983）の報告がある。

辺田大川型は，バソリス西部を占めるやや暗色の中～細粒緑色ホルンブレンド黒雲母花崗閃緑岩（Fig. 1）で，大庭（1961）は，その著しい不均質性が泥質岩コンターミネーションによるものであることを指摘している。大浦型は，バソリス中央北西側および同南側を占める優白質中～粗粒斜方輝石カミングトン閃石含有花崗閃緑岩，また，花瀬型は，大浦型によって囲まれるバソリス中央部の優白質斑状カミングトン閃石含有花崗閃緑岩～花崗岩である。また，高山型は，バソリス東部を占める優白質中粒ザクロ石含有黒雲母花崗閃緑岩で，比較的多量のザクロ石を含有することによって特徴づけられる（Fig. 1）。以下の記載の便宜上，類似の岩相・性質を有する大浦型および花瀬型は，一括して大浦～花瀬型と称することにする。

2. ゼノリスの母岩の岩石学的性質

本報で取り扱われるゼノリスの母岩である大隅バソリスの主要部分を構成する辺田大川型，大浦～花瀬型および高山型のモード分析値をTable 1に，また，化学分析値をTable 2に示す。Q-P1-Kf図（Fig. 2）上，辺田大川型および高山型は花崗閃緑岩のフィールドに，また，大浦

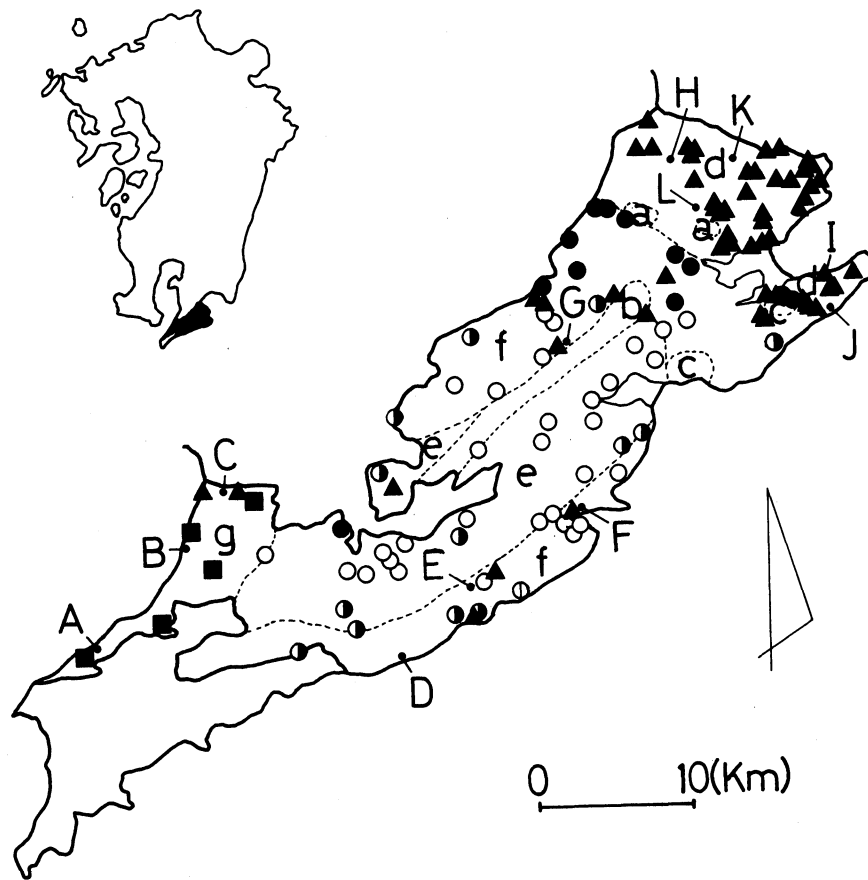


Fig. 1. Locations of granodiorites of Kunimi-, Hoyoshidake-, Kawaguchi-, Kōyama-, Hanaze-, Ōura- and Hedaōkawa-type, and distribution of characteristic minerals in Ōsumi batholith. a~g. — Granodiorites with name of type locality on the basis of grain size and characteristic minerals : a, Kunimi-type ; b, Hoyoshidake-type ; c, Kawaguchi-type ; d, Kōyama-type ; e, Hanaze-type ; f, Ōura-type, ; g, Hedaōkawa-type. A~L. — Localities where xenoliths were collected for modal and chemical analyses and measured for the frequency of appearance.

～花瀬型は花崗閃緑岩～花崗岩，一部トータル岩のフィールドにプロットされる。また，CHAPPELL and WHITE (1977) の ACF 図 (Fig. 3) 上，辺田大川型に属する岩石群の大部分および高山型に属する岩石群のすべては S-タイプのフィールドに，また，大浦～花瀬型に属する岩石群は I-タイプおよび S-タイプの両フィールドにわたってプロットされる。このことは，これらの花崗閃緑岩，特に辺田大川型および高山型花崗閃緑岩が，マグマ生成の過程で，泥質岩による何らかの影響をこうむったであろうことを示唆している。

Table 1. Modal analyses of granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura ~ Hanaze- and Kōyama-type from Ōsumi batholith

Nos. Rocks	1 HED	2 HED	3 HED	4 OUH	5 OUH	6 OUH	7 OUH	8 OUH	9 OUH	10 OUH	11 OUH
Quartz	26.1	27.8	30.0	28.5	30.8	25.5	30.6	28.8	28.8	37.7	30.5
K-feldspar	14.0	12.9	3.6	20.8	25.3	21.2	20.6	22.0	22.9	22.8	21.3
Plagioclase	43.3	43.3	48.8	36.6	29.9	35.9	35.5	35.5	34.1	26.0	36.6
Biotite	14.3	13.7	16.2	12.5	12.6	15.5	12.2	12.2	13.0	12.7	10.6
Hornblende	2.0	1.6	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Cummingtonite	-	-	-	0.2	0.3	-	-	0.1	-	0.1	0.3
Orthopyroxene	-	-	-	-	-	0.4	0.1	0.2	0.4	tr	0.1
Chlorite	0.2	-	0.2	0.6	0.8	0.8	0.5	1.1	0.4	tr	tr
Ore minerals	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3
Others	tr	0.3	0.2	0.3	tr	0.4	tr	0.1	0.3	0.4	0.1

Nos. Rocks	12 OUH	13 OUH	14 OUH	15 OUH	16 OUH	17 OUH	18 KOY	19 KOY	20 KOY	21 KOY	22 KOY
Quartz	31.8	32.2	26.2	24.2	28.0	31.6	28.9	29.6	25.8	25.1	26.9
K-feldspar	23.2	20.7	22.8	22.9	21.1	26.6	17.1	17.8	17.7	21.3	20.1
Plagioclase	32.5	36.9	37.9	39.0	37.8	30.7	39.2	36.8	39.6	37.0	33.7
Biotite	10.8	9.5	11.0	12.6	11.0	10.6	12.4	13.6	14.6	14.1	17.3
Hornblende	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cummingtonite	0.5	0.5	0.6	0.2	0.5	-	-	-	-	-	-
Orthopyroxene	0.3	-	0.6	tr	-	-	-	-	-	-	-
Chlorite	-	-	0.2	0.3	1.1	-	1.5	1.0	0.7	1.1	0.7
Ore minerals	0.5	0.1	0.4	0.6	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.6	0.4
Others	0.1	tr	0.2	0.2	0.1	0.2	0.6	1.0	1.3	0.8	0.9

Analysts. — 1~9, K. TATEISHI; 10~16, T. KANAI; 17~22, J. NAKAMURA. Abbreviations. — HED, granodiorites of Hedaōkawa-type; OUH, granodiorites of both Ōura-type and Hanaze-type; KOY, granodiorites of Kōyama-type.

Table 2. Chemical analyses of granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura ~ Hanaze- and Kōyama-type from Ōsumi batholith

Nos. Rocks	1 HED	2 HED	3 HED	4 HED	5 HED	6 HED	7 HED	8 HED	9 HED	10 HED	11 OUH	12 OUH	13 OUH
References	(7)	(2)	(3)	(3)	(3)	(5)	(4)	(4)	(4)	(6)	(3)	(3)	(5)
SiO ₂	67.20	66.74	66.33	66.57	67.02	67.50	66.57	66.42	62.26	66.81	68.59	69.06	67.88
TiO ₂	0.25	0.38	0.70	0.65	0.76	0.60	0.67	0.54	0.50	0.65	0.70	0.60	0.57
Al ₂ O ₃	15.52	15.87	14.45	15.65	15.19	15.50	15.69	15.77	17.15	14.92	14.67	14.03	15.35
Fe ₂ O ₃	0.48	1.83	0.89	0.70	0.61	0.64	0.50	0.86	0.92	0.87	0.64	0.63	0.42
FeO	4.32	2.50	4.06	3.94	3.95	3.37	3.94	4.06	5.27	3.26	3.38	3.23	2.83
MnO	0.07	0.07	0.06	0.09	0.09	0.01	0.08	0.04	0.04	0.10	0.05	0.11	0.01
MgO	1.70	1.53	2.10	1.89	2.15	1.91	1.89	1.63	2.34	1.79	1.58	1.40	1.64
CaO	2.80	3.43	3.80	3.48	3.76	3.39	3.76	3.24	1.99	3.82	3.51	3.55	3.08
Na ₂ O	3.79	2.83	3.40	2.90	2.80	2.80	3.40	3.30	3.00	2.55	3.10	3.00	2.85
K ₂ O	3.44	4.07	3.40	2.70	3.00	2.82	3.05	3.10	5.50	3.00	3.10	3.34	3.06
H ₂ O+	} 0.81	0.51	0.51	0.70	0.60	1.01	0.70	0.51	1.05	1.22	0.72	0.74	1.23
H ₂ O-		0.17	0.05	0.18	0.10	0.22	0.18	0.05	0.07	0.49	0.14	0.04	0.41
P ₂ O ₅	-	0.13	0.13	0.02	0.03	0.15	0.02	0.13	0.01	0.16	0.03	0.02	0.14
Total	100.38	100.06	99.98	99.47	100.06	99.92	100.45	99.65	100.10	99.64	100.21	99.75	99.47
D.I.	72.9	72.4	70.1	68.0	67.3	69.4	68.8	70.2	70.9	68.5	71.9	73.6	72.5

Nos. Rocks	14 OUH	15 OUH	16 OUH	17 OUH	18 OUH	19 OUH	20 OUH	21 KOY	22 KOY	23 KOY	24 KOY	25 KOY	26 KOY
References	(5)	(4)	(4)	(4)	(6)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(8)	(9)
SiO ₂	66.26	69.63	69.14	67.00	67.81	67.60	66.76	66.76	66.90	67.34	67.78	68.00	67.23
TiO ₂	0.73	0.53	0.60	0.60	0.63	0.54	0.70	0.66	0.66	0.59	0.64	0.62	0.64
Al ₂ O ₃	15.76	14.07	14.10	15.23	14.86	15.48	15.73	15.40	15.73	16.05	15.29	15.73	15.52
Fe ₂ O ₃	1.03	0.56	0.86	0.96	0.68	0.80	0.79	1.12	0.59	0.54	0.42	0.61	0.60
FeO	3.45	3.26	3.51	3.68	3.02	2.84	3.66	3.27	3.66	3.59	3.90	3.53	4.00
MnO	0.13	0.02	0.10	0.08	0.06	0.06	0.07	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	-
MgO	1.48	1.35	1.66	1.50	1.42	1.35	1.58	1.50	1.52	1.43	1.45	1.08	1.31
CaO	3.20	2.98	3.27	3.82	4.06	3.04	3.30	2.98	3.07	3.03	2.83	2.83	2.37
Na ₂ O	3.65	3.30	2.50	3.60	2.65	2.76	3.05	2.84	2.73	2.52	2.18	2.87	3.70
K ₂ O	3.60	3.30	3.10	3.30	3.00	3.60	2.92	3.69	3.45	3.42	3.94	4.24	3.23
H ₂ O+	0.83	0.60	0.55	0.72	1.44	1.19	0.66	1.33	1.25	1.01	1.21	0.15	0.62
H ₂ O-	0.09	0.11	0.05	0.13	0.24	0.18	0.23	0.16	0.18	0.18	0.16	0.40	0.22
P ₂ O ₅	0.04	0.03	0.02	0.03	0.08	0.08	0.14	0.15	0.12	0.15	0.11	0.11	0.30
Total	100.25	99.74	99.46	100.65	99.95	99.52	99.61	99.92	99.94	99.93	99.99	100.25	100.14
D.I.	72.9	75.7	71.4	71.6	69.7	73.6	70.2	72.7	71.2	71.0	71.8	74.7	75.7

References. — (1) KAWANO and others (1966); (2) NOZAWA and TAKAHASHI (1960); (3) ŌBA (1960); (4) ŌBA (193); (5) SHIBATA (1961); (6) SHIBATA and others (1966); (7) SUZUKI (1937); (8) TSUSUE (1973); (9) YAMAMOTO (1976). Rocks HED, OUH and KOY are the same as those in Table 1. D. I. = Norm Q + Or + Ab.

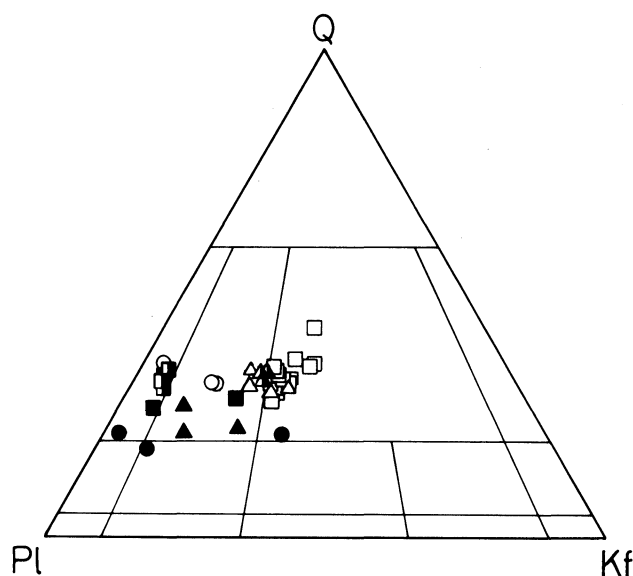


Fig. 2. Plots of granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura~Hanaze- and Kōyama-type and their related xenoliths of igneous rock appearance from Ōsumi batholith on the Q-Pl-Kf diagram. Both granodiorites of Ōura-type and Hanaze-type are expressed in a form of granodiorite of Ōura~Hanaze-type in convenience. Symbols.—Open circles, granodiorites of Hedaōkawa-type ; solid circles, xenoliths of equigranular igneous rock appearance from granodiorite of Hedaōkawa-type ; open squares, granodiorites of Ōura~Hanaze-type; solid squares and half solid squares, xenoliths of equigranular igneous rock appearance and those of porphyritic igneous rock appearance from granodiorite of Ōura~Hanaze-type ; open triangles, granodiorites of Kōyama-type ; solid triangles and half solid triangles, xenoliths of equigranular igneous rock appearance and those of porphyritic igneous rock appearance from granodiorite of Kōyama-type.

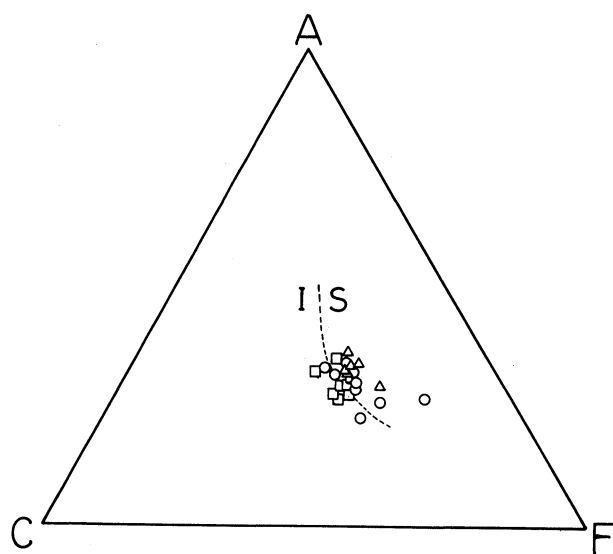


Fig. 3. Plots of granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura~Hanaze- and Kōyama-type on the ACF diagram regarding CHAPPELL and WHITE'S (1974) S-type and I-type. S, a field for the S-type granitic rocks ; I, a field for the I-type granitic rocks. Symbols are the same as those in Fig. 2.

ゼノリスの種類・分布および出現頻度

1. ゼノリスの種類

大隅バソリスに包有されるゼノリスは、産状・組成鉱物および組織・構造などの特徴によってホルンヘルス・ゼノリス、変成岩外観のゼノリスおよび火成岩外観のゼノリスに3大別される (Table 3)。

(1) ホルンヘルス・ゼノリス

大隅バソリスには、泥質ホルンヘルスからなるゼノリス (Plate 1, A) が包有されている。このホルンヘルス・ゼノリスは、帯紫黒色緻密、長径3~15Cmのまる味のない不規則な形態を呈し、まれに原堆積岩の残存葉理構造が認められ、鏡下、主に他形粒状の石英・斜長石および黒雲母からなる granoblastic 組織を呈し (Plate 2, A), 少量のジルコン・白雲母などを随伴してい

Table 3. Classification of xenoliths contained in Ōsumi batholith on the basis of the mode of occurrence

Xenoliths	{	Hornfels xenoliths	{	Biotite schist xenoliths
		Xenoliths of metamorphic rock appearance		Gneiss xenoliths
		Xenoliths of igneous rock appearance		Siliceous xenoliths
				Calcareous xenoliths
				Xenoliths of equigranular igneous rock appearance
				Xenoliths of porphyritic igneous rock appearance

る。

(2) 変成岩外観のゼノリス

大隅バソリスに包有されるゼノリスの中には，黒雲母片岩状のもの，片麻岩状のもの，珪質岩からなるものおよび石灰質岩からなるものが認められる。それぞれ黒雲母片岩ゼノリス，片麻岩ゼノリス，珪質ゼノリスおよび石灰質ゼノリスと称することにする。前2者は，片状～片麻状構造を呈することおよびアルミナス鉱物の存在することが特徴的である。後2者は前2者にしばしば随伴される (Plate 1, C)。これらを一括して変成岩外観のゼノリスと総称することにする。

a. 黒雲母片岩ゼノリス

黒雲母片岩ゼノリスは，長径2～6 Cm，黒灰色を呈し，形状は変化に富むが，球～レンズ状形態を示すものが多い (Plate 1, B・E)。また，黒雲母に富み，広域変成岩に特徴的な片状構造の発達が発著で，DIDIER (1973) の surmicaceous enclave に相当するものである。時には複雑な微褶曲構造を呈するものがある。鏡下，主に黒雲母・キンセイ石・石英・正長石およびケイセン石 (フィプロライト) からなり (Plate 2, B)，少量の不透明鉱物および2次分解鉱物の白雲母を随伴する。

b. 片麻岩ゼノリス

片麻岩ゼノリスは，黒雲母・斜長石などの定向配列による，広域変成岩に特徴的な片麻状構造の発達顕著で (Plate 1, C)，伸長方向に伸びたレンズ状形態を呈するものが多い。長径3～10 Cm のものが多いが，まれに1.5 m に達する大きなものも見られる。このゼノリスと母岩の境界は，しばしば漸移的に見える場合がある。

鏡下，黒雲母・斜長石およびザクロ石・緑色スピネル・ケイセン石などアルミナス鉱物からなるゾーンとゼノリスの母岩の組織・岩質と類似する花崗岩質のゾーンとが，幅1.5～3.0 mm 間隔で交互に平行に並び，縞状構造を形成していることが分かる。また，ザクロ石斑状変晶を有し，porphyroblastic 組織を呈するもの (Plate 2, C) が観察される。ザクロ石は裂開に富み，周縁部に一部緑泥石化した黒雲母および斜長石からなる反応縁を形成している。また，ザクロ石およびケイセン石は，一部または全体が緑色スピネルおよび斜長石によって交代されていることが多い。

c. 珪質ゼノリス

珪質ゼノリスは，辺田大川型の岩石中に多く観察され，明灰～灰緑色を呈し，長径10～20 Cm，形態上，回転楕円体を呈するもの多く，岩質上，チャートに酷似する。黒雲母片岩ゼノリスに随伴されることが多い。鏡下，大部分他形粒状の石英からなり，石英粒子間に少量の緑色ホルンブレンドおよび斜長石が認められ，また，弱い定向配列が認められる。

d. 石灰質ゼノリス

石灰質ゼノリスは、長径5～20 Cm、回転楕円体～レンズ状形態を呈し、母岩との境界面に近い部分では、珪灰石・ザクロ石・黄銅鉱・単斜輝石などスカルン鉱物の生成が認められる(Plate 1, C・D)。ゼノリス内部では、方解石粒子間に点在する形でザクロ石および黄銅鉱が観察される。

(3) 火成岩外観のゼノリス

大隅バソリスには、顕著な自形斜長石の存在および火成岩様組織で特徴づけられるゼノリスが包有される。これを火成岩外観のゼノリスと称することにする。火成岩外観のゼノリスには、granoblastic 組織を呈するものと porphyroblastic 組織を呈するものがあり、便宜上、それぞれ等粒状火成岩外観のゼノリスおよび斑状火成岩外観のゼノリスと称することにする。

a. 等粒状火成岩外観のゼノリス

等粒状火成岩外観のゼノリスは、長径2～50 Cm、多くは10 Cm 前後で、暗灰色細粒、球～回転楕円体状の形態を呈する(Plate 1, E)。母岩との境界は一般に明瞭であるが、まれにゼノリスの周囲がペグマタイト質のゾーンで囲まれていることがある。鏡下、主に斜長石・黒雲母・石英および正長石からなる granoblastic 組織を呈し、副成分鉱物として斜方輝石・カミングトン閃石・ジルコン・リンカイ石・チタン鉄鉱・碲硫鉄鉱および黄銅鉱が認められる。辺田大川型の岩石中におけるこの種ゼノリスには、主成分鉱物の一つとして緑色ホルンブレンドの存在が認められる。また、高山型の岩石中におけるこの種ゼノリスの副成分鉱物には、斜方輝石およびカミングトン閃石の存在は認められない。なお、石英および正長石の存在量はゼノリスによって著しく異なる。

b. 斑状火成岩外観のゼノリス

斑状火成岩外観のゼノリスは、長径2 Cm～2 m、多くは15 Cm 前後、暗灰色中～細粒球～回転楕円体状形態を呈し、porphyroblastic 組織を呈する(Plate 1, F)。母岩との境界は一般に明瞭であるが、大浦～花瀬型の岩石中のこの種ゼノリス中には、その周囲をペグマタイト質のゾーンで囲まれているものがある。鏡下、斑状変晶の自形～半自形斜長石および半自形ないし一部融食された黒雲母と、微粒の斜長石および黒雲母をやや大型の石英および正長石が包む poikiloblastic 組織のマトリックスとからなっている(Plate 2, E・F)。

2. ゼノリスの分布と出現頻度

辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型各花崗閃緑岩分布地域における、長径3 Cm 以上、総数50個以上のゼノリスが観察される碎石場等比較的新鮮な削剥面で、種類ごとにそれらの出現頻度を調査した結果を Table 4 および Fig. 4 に示す。出現頻度は、便宜上、百分率に換算してある。

調査結果から、つぎのようなことが分かる。

i. 辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩における単位面積当たりのゼノリスの出現頻度は、辺田大川型花崗閃緑岩が最高で、大浦～花瀬型花崗閃緑岩が最低である。

ii. ホルンヘルス・ゼノリスは、主に大浦～花瀬型花崗閃緑岩に出現し、辺田大川型および高山型花崗閃緑岩ではまれである。

iii. 石灰質ゼノリスを除く変成岩外観のゼノリスは、高山型花崗閃緑岩で出現頻度高く、辺田大川型花崗閃緑岩がこれに次ぎ、大浦～花瀬型花崗閃緑岩では低い。石灰質ゼノリスは、辺田大川型花崗閃緑岩の一部および大浦～花瀬型花崗閃緑岩で出現するが、高山型花崗閃緑岩には出現しない。

Table 4. Frequency of appearance of various kinds of xenolith in granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura-Hanaze- and Kōyama-type of Ōsumi batholith

Localities	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Host rocks	HED	HED	HED	OUH	OUH	OUH	OUH	KOY	KOY
Hornfels xenoliths	1	-	-	10	2	4	16	-	-
Biotite schist xenoliths, geiss xenoliths and siliceous xenoliths	24	37	36	19	20	14	8	46	55
Calcareous xenoliths	-	-	4	8	2	-	-	-	-
Xenoliths of equigranular igneous rock appearance	70	59	61	33	52	42	39	22	19
Xenoliths of porphyritic igneous rock appearance	-	-	-	21	24	40	35	30	21
Others	5	4	-	9	-	-	2	2	6

The frequency of appearance was measured for xenoliths of more than 3 Cm in major axis and more than fifty in total number on the cutting face of granodiorite and recalculated into per cent. Localities A~I are shown in Fig. 1. Host rocks HED, OUH and KOY agree to those in Table 1.

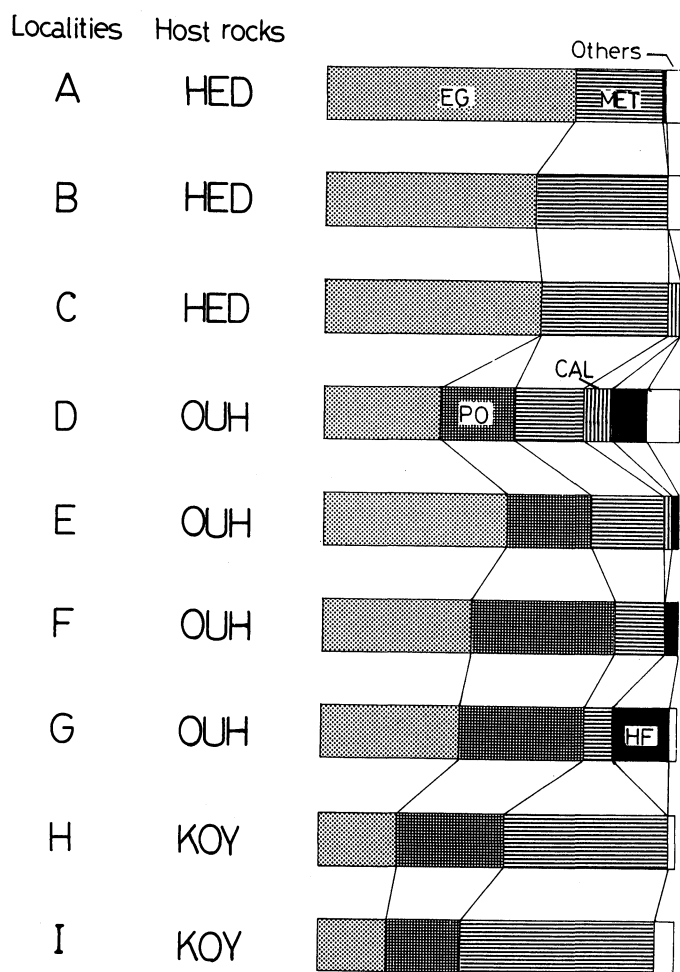


Fig. 4. Histograms showing the frequency of appearance of various kinds of xenolith on the cutting face of granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura-Hanaze- and Kōyama-type in Ōsumi batholith. Localities A~I are shown in Fig. 1. Host rocks HED, OUH and KOY agree to those in Table 1. Abbreviations.— HF, hornfels xenoliths ; MET, xenoliths of metamorphic rock appearance except for calcareous xenolith ; CAL, calcareous xenoliths ; EG, xenoliths of equigranular igneous rock appearance ; PO, xenoliths of porphyritic igneous rock appearance.

iv. 火成岩外観のゼノリスの内、斑状火成岩外観のゼノリスは、辺田大川型花崗閃緑岩では出現せず、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩に出現し、これに対し、等粒状火成岩外観のゼノリスは、辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩に出現し、かつ、この順に出現頻度が低下する。

ゼノリスと母岩の岩石学的性質の比較

1. ホルンヘルス・ゼノリスと母岩の比較

ホルンヘルス・ゼノリスは、辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩の内では主に大浦～花瀬型花崗閃緑岩に出現する。その組織・構造および鉱物組成は母岩と全く異質のものであり、大隅バソリス周辺部日南層群接触変成帯で見られる泥質ホルンヘルスと全く同質のものである。

2. 変成岩外観のゼノリスと母岩の比較

黒雲母片岩ゼノリスおよび片麻岩ゼノリスで代表される変成岩外観のゼノリスに出現する特徴的な鉱物と、その母岩である辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩に出現する特徴的な鉱物とを Table 5 に示す。

Table 5. Associations of characteristic minerals in xenoliths of metamorphic rock appearance, xenoliths of igneous rock appearance and their related host rocks

Host rocks	HED	OUH	KOY
Orthopyroxene	+	+++	-
	-	-	-
	++	+++	-
Hornblende	++++	-	-
	-	-	-
	+++	-	-
Cummingtonite	++	+++	-
	-	-	-
	+++	+++	-
Garnet	+	+	+++
	+	++	+++
	-	-	-
Spinel	+	+	+++
	+++	++	+++
	-	-	-
Cordierite	++	-	-
	+++	-	-
	-	-	-
Corundum	+	-	-
	-	-	-
	-	-	-

Symbols. +++++ very common ; +++ common ; ++ rare ; + few ; - not present. Upper symbols, granodiorites of host rock ; middle symbols, xenoliths of metamorphic rock appearance ; lower symbols, xenoliths of igneous rock appearance. Host rocks HED, OUH and KOY agree to those in Table 1.

辺田大川型花崗閃緑岩においては、変成岩外観のゼノリスとその母岩におけるキンセイ石・スピネルおよびザクロ石の存在、特にキンセイ石の存在が特徴的であり、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩、特に高山型花崗閃緑岩における変成岩外観のゼノリスとその母岩におけるザクロ石の存在が特徴的である。すなわち、各型の岩石中の変成岩外観のゼノリスにおける特徴的なアルミナス鉱物の存在は、その母岩における特徴的なアルミナス鉱物の存在と明らかに対応関係にある。また、変成岩外観のゼノリスの出現頻度の高い辺田大川型および高山型花崗閃緑岩は、ACF 図 (Fig. 3) 上、S-タイプのフィールド側にプロットされ、明らかにパーアルミナスのものである。

3. 火成者外観のゼノリスと母岩の比較

(1) 火成岩外観のゼノリスと母岩の比較

等粒状および斑状火成岩外観のゼノリスに出現する特徴的な鉱物と、その母岩である辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩に出現する特徴的な鉱物を Table 5 に示す。

Table 5 から分かるように、辺田大川型花崗閃緑岩は、緑色ホルンブレンド・カミングトン閃石および斜方輝石、特に緑色ホルンブレンドの存在によって、また、大浦～花瀬型花崗閃緑岩は緑色ホルンブレンドが存在せず、カミングトン閃石および斜方輝石の存在によって、また、高山型花崗閃緑岩はこれらのいずれの鉱物も存在しないということによって、それぞれ特徴づけられる。すなわち、各型の岩石中の火成岩外観のゼノリスにおける特徴的な鉱物の存在は、その母岩における特徴的な鉱物の存在と明らかに対応関係にある。

大浦～花瀬型および高山型花崗閃緑岩の等粒状火成岩外観のゼノリスおよび斑状火成岩外観のゼノリスそれぞれ 3 試料、斑状火成岩外観のゼノリスの認められない辺田大川型花崗閃緑岩については等粒状火成岩外観のゼノリス 3 試料、合計 15 試料についてモード分析を行なった (Table 6)。

Q-Pl-Kf 図 (Fig. 2) 上、火成岩外観のゼノリスは、花崗閃緑岩、花崗岩およびトータル岩の幅広い範囲にわたってプロットされる。これは、主に正長石および斜長石の容量比の差による。また、火成岩外観のゼノリスの斜長石は、ゼノリスを包有する各型の母岩の斜長石に比べ、容量比において大きな値を示す。ただし、高山型花崗閃緑岩の場合、斑状火成岩外観のゼノリスの斜長石容量比は、その母岩の斜長石容量比と大差がない。また、(Q+Kf)-Mf-Pl 図 (Fig. 5) 上、等粒状火成岩外観のゼノリスは、それを包有する各型の母岩に比べ、よりマフィック鉱物に富むことが分かる。これに対し、斑状火成岩外観のゼノリスは、それを包有する各型の母岩に比べ、マフィック鉱物の量はほとんど変わらない。

辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型各花崗閃緑岩に包有される等粒状および斑状火成岩外観のゼノリス合計 15 試料について化学分析を行なった (Table 7)。化学分析は、 $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ については重量法、FeO は容量法、 $\text{TiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ は光電比色法、また、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{total FeO} \cdot \text{MnO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O}$ および K_2O は原子吸光分析法によった。

D. I.-酸化物図 (Fig. 6) 上、火成岩外観のゼノリスとその母岩は、全体としてほぼ同一の酸化物曲線上にのり、いずれも $\text{FeO} \cdot \text{K}_2\text{O}$ に富み、CaO に乏しいという西南日本外帯型花崗岩の特徴 (ŌBA, 1962a; 大庭, 1967) を示す。また、火成岩外観のゼノリスの内、斑状火成岩外観のゼノリスは、その母岩の組成とほとんど変わらないのに対し、等粒状火成岩外観のゼノリスは、母岩に比べ、より塩基性なものであることが分かる。この事実は、火成岩外観のゼノリスの原岩が、本来塩基性のものであったことを示唆している。

Table 6. Modal analyses of xenoliths of igneous rock appearance from granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura~Hanaze- and Kōyama-type of Ōsumi batholith

Nos.	1	2	3	4	5	6	7	8
Localities	A	B	B	D	F	G	E	G
Host rocks	HED	HED	HED	OUH	OUH	OUH	OUH	OUH
Xenoliths	EG	EG	EG	EG	EG	EG	PO	PO
Quartz	12.3	14.2	15.8	23.4	27.3	20.4	28.6	26.2
K-feldspar	6.5	1.9	24.0	16.2	0.6	5.0	4.5	5.3
Plagioclase	49.4	49.4	35.0	41.7	46.4	52.1	51.3	54.2
Biotite	16.2	17.4	17.1	16.5	24.4	18.6	13.4	12.0
Hornblende	13.0	15.0	6.7	-	-	-	-	-
Cummingtonite	0.3	-	-	0.4	0.1	-	0.3	0.3
Orthopyroxene	0.1	0.1	-	0.2	tr	0.4	tr	tr
Chlorite	1.8	1.8	1.3	1.1	0.9	1.7	1.3	1.5
Ore minerals	0.1	tr	tr	0.4	0.2	1.8	0.4	0.3
Others	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	tr	0.1	0.2
Nos.	9	10	11	12	13	14	15	
Localities	G	I	I	I	H	H	I	
Host rocks	OUH	KOY	KOY	KOY	KOY	KOY	KOY	
Xenoliths	PO	EG	EG	EG	PO	PO	PO	
Quartz	25.5	20.7	18.4	15.2	26.7	27.8	27.4	
K-feldspar	4.6	9.0	17.0	9.8	18.5	18.0	19.8	
Plagioclase	51.5	47.6	41.6	45.3	35.1	36.1	38.3	
Biotite	15.9	21.0	21.1	28.0	19.2	17.5	14.3	
Hornblende	-	-	-	-	-	-	-	
Cummingtonite	0.4	-	-	-	-	-	-	
Orthopyroxene	tr	-	-	-	-	-	-	
Chlorite	1.7	0.7	1.3	0.9	0.4	0.5	0.2	
Ore minerals	0.1	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	tr	
Others	0.2	0.5	0.3	0.5	tr	0.1	tr	

Analyst. K. TATEISHI. Localities A, B and D~I are shown in Fig.1 and agree to those in Table 4. Host rocks HED, OUH and KOY agree to those in Table 1. Abbreviations.— EG, xenoliths of equigranular igneous rock appearance ; PO, xenoliths of porphyritic igneous rock appearance.

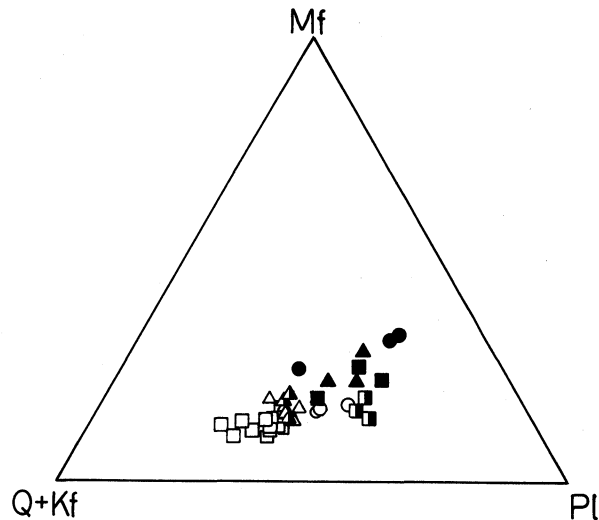


Fig. 5. Plots of granodiorites of Hedaōkawa-, Ōura~Hanaze- and Kōyama-type and their related xenoliths of igneous rock appearance from Ōsumi batholith on the (Q+Kf)-Mf-Pl diagram. Symbols are the same as those in Fig. 2.

Table 7. Chemical analyses of xenoliths of igneous rock appearance from granodiorites of Hedaokawa-, Ōura-Hanaze- and Kōyama-type of Ōsumi batholith

Nos.	Localities	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15								
		HED	EG	HED	EG	HED	EG	OUH	EG	OUH	EG	OUH	EG	OUH	EG	OUH	EG	OUH	EG	PO	EG	KOY	EG	KOY	EG	KOY	EG	KOY	EG	KOY	EG	KOY	EG					
SiO ₂		54.80	54.84	57.76	64.40	61.03	63.30	63.22	64.04	66.06	66.44	56.26	62.14	65.52	64.68	64.58																						
ThO ₂		0.76	1.17	1.00	0.76	0.88	0.96	1.00	1.19	0.75	0.41	0.93	1.09	1.08	0.98	1.03																						
Al ₂ O ₃		15.45	17.07	15.49	15.82	16.52	16.20	15.13	15.86	15.44	15.22	17.64	16.05	15.31	15.51	15.15																						
Fe ₂ O ₃		0.66	1.18	0.60	0.59	0.60	0.75	0.44	0.96	0.91	0.41	0.93	0.41	1.08	0.84	0.43																						
FeO		8.85	8.12	7.81	4.90	5.56	5.10	5.93	4.56	4.35	4.90	7.00	6.31	4.20	4.96	5.91																						
MnO		0.27	0.20	0.20	0.09	0.11	0.11	0.11	0.09	0.08	0.10	0.17	0.15	0.10	0.13	0.12																						
MgO		4.69	3.88	4.02	1.82	1.73	2.47	2.09	1.33	1.32	1.46	2.50	2.45	1.48	1.59	1.81																						
CaO		5.40	4.32	4.76	3.79	3.51	4.32	3.34	2.82	3.24	2.67	3.30	3.95	2.61	3.60	3.87																						
Na ₂ O		3.44	3.68	3.80	3.14	3.63	3.28	3.09	4.01	3.69	3.23	3.75	2.96	3.07	3.37	2.96																						
K ₂ O		2.65	3.84	2.56	3.51	4.03	2.46	3.36	3.83	3.16	3.86	4.47	2.49	3.69	2.82	2.23																						
H ₂ O ⁺		2.18	1.88	2.13	1.14	1.34	1.41	1.56	1.67	1.20	1.54	2.30	1.64	2.07	1.21	1.26																						
H ₂ O ⁻		0.12	0.12	0.12	0.08	0.08	0.08	0.16	0.12	0.08	0.06	0.12	0.12	0.30	0.10	0.08																						
P ₂ O ₅		0.20	0.18	0.11	0.16	0.34	0.10	0.17	0.14	0.12	0.09	0.22	0.09	0.13	0.22	0.13																						
Total		99.47	100.48	100.36	100.20	99.63	100.54	99.60	100.62	100.40	100.76	99.71	99.85	100.33	100.00	99.56																						
D.I.		47.1	54.3	53.6	66.6	67.6	61.5	65.5	72.9	71.4	72.4	61.5	59.7	72.5	67.2	63.2																						

Analyst. K. TATEISHI. Localities A-L are shown in Fig. 1. Host rocks HED, OUH and KOY and xenoliths EG and PO agree to those in Table 1 and those in Table 6.

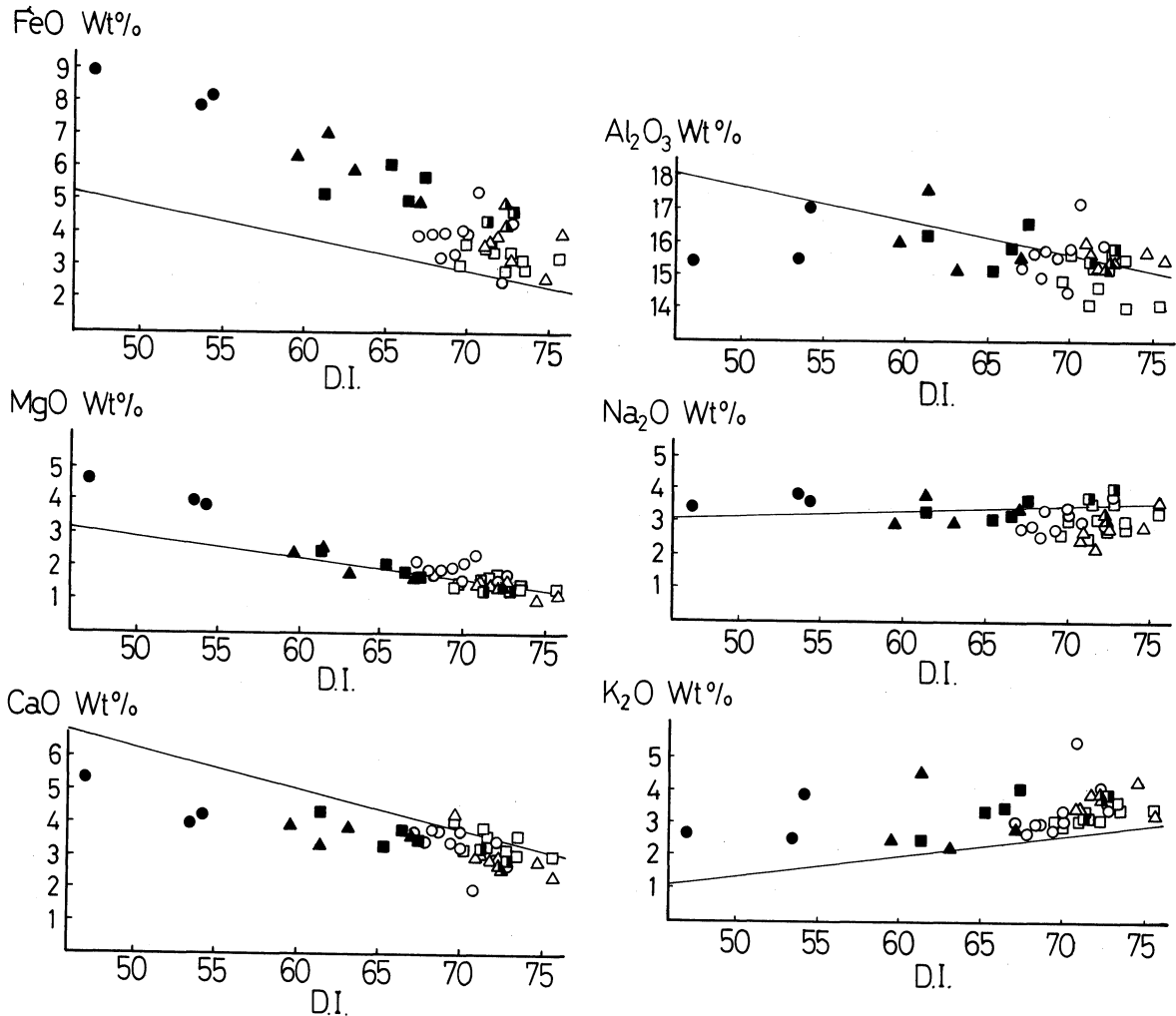


Fig. 6. D.I. -oxides variation diagrams for granodiorites of Hedaokawa-, Oura-Hanaze- and Kōyama-type and their related xenoliths of igneous rock appearance from Ōsumi batholith. The solid lines represent the compositional trend for the average of the Japanese granitic rocks (ARAMAKI and others, 1972). Symbols are the same as those in Fig. 2.

(2) 火成岩外観のゼノリスとその母岩の斜方輝石および斜長石の EPMA 分析

辺田大川型および大浦～花瀬型花崗閃緑岩に包有される火成岩外観のゼノリス中の斜方輝石および大浦～花瀬型花崗閃緑岩中に副成分鉱物として含有される斜方輝石の化学組成を明らかにする目的で EPMA 分析を行なった。

斜長石は、その晶出時のマグマの物理化学的条件を反映した累帯構造を形成する。火成岩外観のゼノリス中の斜長石およびゼノリスを包有する母岩中の斜長石について、それらの晶出時の組成変化のあり方を知る目的で、辺田大川型、大浦～花瀬型および高山型各花崗閃緑岩の斜長石およびそれらを母岩とする等粒状火成岩外観のゼノリス中の斜長石について EPMA 分析を行なった。

EPMA 分析には島津 ARL-EMX-SM を使用した。斜方輝石の分析は、あらかじめ線分析を行ない、コアの位置を確認した上で行なった。補正計算は BENCE-ALBEE (1968) によった。斜長

石の分析は，結晶の伸長方向に平行に，あらかじめコアを通過する線分析を行ない，リムからコアへ0.1 mm 間隔で点分析を行なった。分析はCa, Na および K 3 元素について行ない，湯佐 (1975) の方法に従い，アノーサイト・アルバイトおよびオーソクレス 3 成分重量%を算出した。斜方輝石の化学分析値を Table 8 に，これから作成した Wo-En-Fs 図を Fig. 7 に示す。また，斜長石の化学分析値に基づいて作成した Zoning profile を Fig. 8 に示す。

斜方輝石

大浦～花瀬型花崗閃緑岩の斜方輝石は，化学組成上，わずかに逆累帯を示し，同花崗閃緑岩に包有される火成岩外観のゼノリスの斜方輝石はわずかに正累帯を示す。また，Table 8 および Fig. 7 に関し，大浦～花瀬型花崗閃緑岩を母岩とする斑状火成岩外観のゼノリス中の斜方輝石は，Fe 値 ($100 \text{ Fe}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$) が57～60程度，すなわちフェロハイパーシオン組成で，ゼノリスの母岩中の斜方輝石におけるそれとほとんど変わらないのに対し，大浦～花瀬型および辺田大川型花崗閃緑岩を母岩とする等粒状火成岩外観のゼノリス中の斜方輝石は，Fe 値が18～37で，ハイパーシオンからブロンザイトにわたる幅広い組成を示す。

斜長石

辺田大川型，大浦～花瀬型および高山型各花崗閃緑岩の斜長石は，コアからリムにかけて，いずれも An 50 前後でほぼ均質な組成を示し，リム近くで比較的急激に An 20 前後に減少する (Fig. 8)。斜長石の一部に，コアで An 60 を超えるものが認められる。辺田大川型花崗閃緑岩の斜長石 (Fig. 8, C) や高山型花崗閃緑岩の斜長石 (Fig. 8, H および I) の zoning profile に見られるように，An 値が減少し始める直前に，一時的に An 値が増加する逆累帯を形成するものが認められる。また，等粒状火成岩外観のゼノリス中の斜長石は，コアにおいて，ゼノリスの母岩中の斜長石と同程度ないしやや低い An 値を示し，コアからリムにかけてほぼ連続的に An 値の減少することが分かる。

ゼノリスの起源と成因

これまでに明らかにされた事実から，ホルンヘルス・ゼノリス，変成岩外観のゼノリスおよび火成岩外観のゼノリスの起源および成因について，つぎのように考察される。

1. ホルンヘルス・ゼノリスの起源と成因

ホルンヘルス・ゼノリスは，紫黒色のまろ味のない不規則な形態を呈し，主に石英・斜長石および黒雲母からなり，granoblastic 組織を示し，まれに残存葉理構造が認められるなど，明らかに泥質堆積岩起源のものである。また，このゼノリスは，その組織・構造および組成鉱物において，大隅バソリス周辺部日南層群ホルンヘルス・ゾーンで見られる泥質ホルンヘルスと全く同質のものである。

このような事実から，ホルンヘルス・ゼノリスは，大隅バソリスを形成したマグマが比較的地下浅所に上昇進入の過程で，マグマ周辺部の地質構成物，おそらく大隅バソリス周辺部基盤岩類の日南層群またはこれと近縁の堆積岩類から捕獲されたものと推定される。ホルンヘルス・ゼノリス中に砂質ホルンヘルスのゼノリスが認められないことは，捕獲された原岩の砂質堆積岩類が比較的容易にマグマに同化されたためであると説明される。

Table 8. EPMA analyses of orthopyroxenes from xenoliths of igneous rock appearance and granodiorites of Ōura-Hanze-type

Nos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rocks	OUH	OUH	OUH	OUH	OUH	HED	HED	OUH	OUH	OUH
Host rocks & xenoliths	HOST	HOST	HOST	PO	PO	EG	EG	EG	EG	EG
SiO ₂	50.48	50.41	51.85	51.20	51.41	53.39	53.93	54.72	56.09	56.63
Al ₂ O ₃	0.22	0.75	0.65	0.84	0.50	0.81	0.55	0.91	1.37	1.40
FeO	34.76	33.53	32.83	33.63	34.57	23.41	23.13	26.41	12.73	11.57
MnO	2.49	1.20	1.04	1.31	1.55	0.79	0.67	1.42	0.31	0.28
MgO	12.02	13.42	14.23	13.85	12.71	21.94	21.51	18.39	28.45	29.85
CaO	0.74	0.38	0.39	0.43	0.63	0.74	1.16	1.16	1.17	1.21
Total	100.71	99.69	100.99	101.26	101.37	101.08	100.95	103.01	100.12	100.94
Si	2.003	1.995	2.009	1.991	2.010	1.979	1.998	2.007	2.004	2.008
Al ^{IV}	-	0.005	-	0.009	-	0.021	0.002	-	-	-
Al ^{VI}	0.010	0.028	0.028	0.028	0.023	0.015	0.022	0.018	0.058	0.058
Fe ²⁺	1.154	1.111	1.064	1.094	1.129	0.726	0.716	0.704	0.380	0.343
Mn	0.083	0.040	0.035	0.042	0.051	0.024	0.020	0.022	0.009	0.009
Mg	0.711	0.792	0.822	0.804	0.740	1.211	1.188	1.194	1.515	1.578
Ca	0.031	0.017	0.016	0.019	0.026	0.028	0.047	0.042	0.045	0.047
100 Fe ²⁺ /(Mg+Fe ²⁺)	61.9	58.4	56.4	57.6	60.4	37.5	37.6	37.1	20.0	17.9

Analyst. K. TATEISHI. HOST, host rocks, granodiorites of Ōura-type and Hanaze-type. HED, OUH agree to those in Table 1, and EG and PO to those in Table 6.

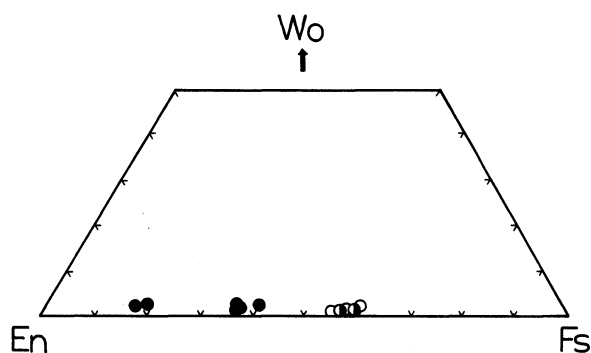


Fig. 7. Plots of the analyzed orthopyroxenes from xenoliths of igneous rock appearance and its related host rocks, granodiorites of Ōura-Hanze-type, on the Wo-En-Fs diagram. Symbols. — Open circles, orthopyroxenes from granodiorite of Ōura-Hanze-type; solid circles and half solid circles, orthopyroxenes from xenoliths of equigranular igneous rock appearance and those from xenoliths of porphyritic igneous rock appearance respectively, from granodiorite of Ōura-Hanze-type.

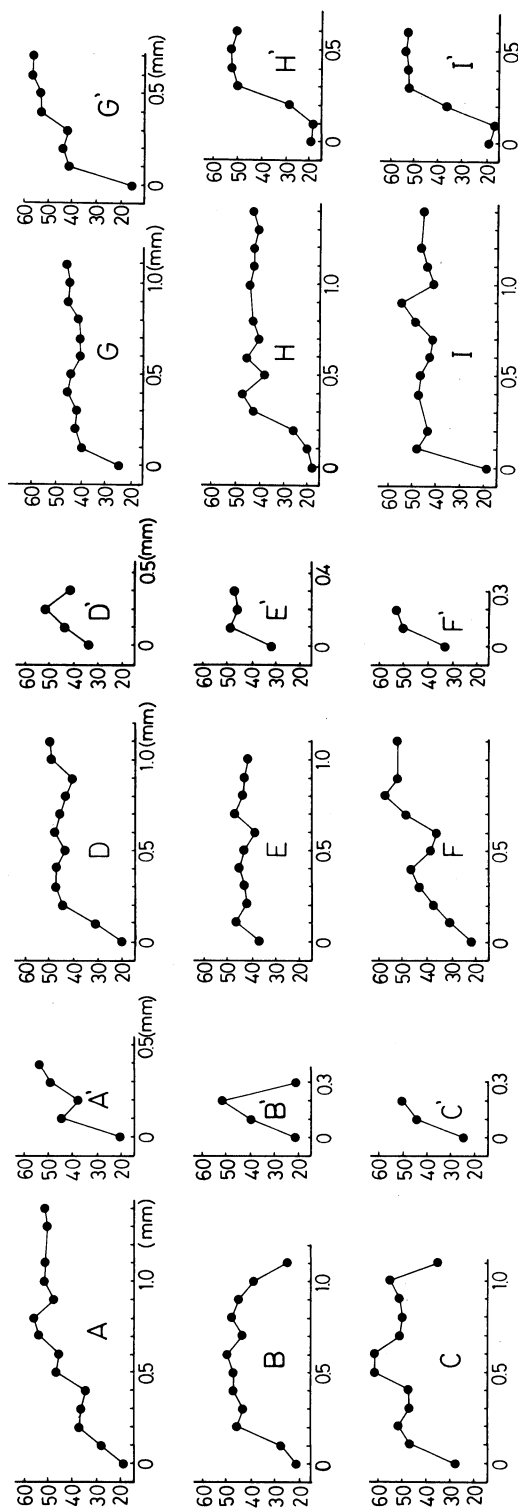


Fig. 8. Zoning profiles for the anorthite content in weight per cent of the analyzed plagioclases from granodiorites of Hedaokawa-, Ōura-Hanaze- and Kōyama-type and their related xenoliths of equigranular igneous rock appearance. A, B and C, zoning profiles for plagioclases from granodiorite of Hedaokawa-type; A', B' and C', zoning profiles for plagioclases from xenoliths of equigranular igneous rock appearance from host rocks A, B and C respectively; D, E and F, zoning profiles for plagioclases from granodiorite of Ōura-Hanaze-type; D', E' and F', zoning profiles for plagioclases from xenoliths of equigranular igneous rock appearance from host rocks D, E and F respectively; G, H and I, zoning profiles for plagioclases from granodiorite of Kōyama-type; G', H' and I', zoning profiles for plagioclases from xenoliths of equigranular igneous rock appearance from host rocks G, H and I respectively.

2. 変成岩外観のゼノリスの起源と成因

水2~5重量%含む泥質物質に関する GREEN (1976) の高圧下溶融実験によれば、4 Kb では花崗岩液と共存する残存相 (residual phase) はキンセイ石・石英・黒雲母・ケイセン石および斜長石であり、10 Kb ではザクロ石・石英・黒雲母・ケイセン石および斜長石であることを明らかにしている。また、同氏は、この2つの残存相は、東部オーストラリアにおける CHAPPELL and WHITE (1974) の S-タイプのキンセイ石含有花崗岩質岩類およびザクロ石含有花崗岩質岩類にそれぞれよく対応していること、前者はおそらく地下25 km 以浅の pelite の部分溶融、また、後者はおそらく地下25 km または以深の pelite の部分溶融によるものと考えている。

大隅バソリスの場合、辺田大川型花崗閃緑岩ではキンセイ石・スピネルおよびザクロ石の存在が、また、高山型および大浦~花瀬型花崗閃緑岩ではザクロ石およびスピネルの存在が特徴的であり、GREEN (1976) の実験結果およびそれに関する考察とほぼ相対するものがある。

大隅バソリス、特に CHAPPELL and WHITE (1974) の S-タイプに属するパーアルミナスの辺田大川型および高山型花崗閃緑岩は、黒雲母片岩ゼノリスおよび片麻岩ゼノリスで代表される変成岩外観のゼノリスに富む (Fig. 4)。また、母岩における特徴的なアルミナス鉱物の存在とその母岩に包有される変成岩外観のゼノリスにおける特徴的なアルミナス鉱物の存在とは明らかに対応関係にある。

このような事実は、変成岩外観のゼノリスが大隅バソリス周辺部または比較的地下浅所の堆積岩類から由来したものではなく、比較的地下深所の、おそらく広域変成岩類に由来したものであろうこと、また、大隅バソリスを形成したマグマ、特に辺田大川型および高山型花崗閃緑岩を形成したマグマと変成岩外観のゼノリスをもたらしした泥質物質とが、比較的地下深所において成因的に密接な関係にあったであろうことを示している。

大隅バソリスのザクロ石および同バソリスに包有される黒雲母片岩ゼノリスのザクロ石について研究を行なった中村ほか (1986) は、高山型花崗閃緑岩のザクロ石のリム組成が、同花崗閃緑岩に包有される黒雲母片岩ゼノリスのザクロ石の組成に近く、また、Mg 値がコアで低くリムで高いという、加納・八島 (1976) の TiO_2 -CaO 図上、明らかに変成岩起源ザクロ石の占めるフィールド側にプロットされ、また、花崗閃緑岩中のザクロ石がケイセン石または黒雲母あるいはこの両者を包有し、黒雲母・斜長石・石英等からなる反応縁を有するなどの事実から、大隅バソリスのザクロ石は MIYASHIRO (1953) および都城 (1955) のいう比較的高圧条件下、比較的地下深所における高変成相を示す泥質変成岩起源のゼノクリストであると考えている。

WYLLIE and TUTTLE (1961a) は、水蒸気圧下、頁岩から花崗閃緑岩組成の液が生成されることを実験的に明らかにし、KOSTER van CROOS and WYLLIE (1968) および WYLLIE and TUTTLE (1961b) は、水のほかにアルカリや揮発性成分が付加されれば、頁岩はさらに一層低い温度で溶融するものであることを明らかにしている。WINKLER and v. PLATEN (1961a, b) は、各種堆積岩類に関する溶融実験の結果、堆積岩類の部分溶融によって花崗岩質液の生成されることを確認している。また、JAMES and HAMILTON (1969) は、メタ堆積岩類の部分溶融に関連して、花崗岩質岩類形成が可能なメカニズムについて論じている。以上のことから、花崗岩質組成のマグマは、化学組成の広い範囲にわたる花崗岩質岩類や種々の堆積岩類のいずれからでも比較的容易に生成されるであろうこと、すなわち、一般的には、大陸地殻物質から生成されるであろうと考えることができる (ŌBA and others, 1984, 1985)。

結局、大隅バソリスにおける変成岩外観のゼノリスの成因は、つぎのように考えられる。比較的地下深所において、泥質物質に富む原物質、おそらく泥質変成岩類が部分溶融を行なった際、

パーアルミナスのマグマが生成され、一部は難溶残存物 (refractory residue) としてマグマ中に残存し、辺田大川型および高山型花崗閃緑岩に見られるように、変成岩外観のゼノリスおよびアルミナス鉱物の存在によって特徴づけられる岩石類が形成された。

3. 火成岩外観のゼノリスの起源と成因

Table 5 に示されるように、辺田大川型花崗閃緑岩とそれを母岩とする火成岩外観のゼノリスにおける緑色ホルンブレンド・カミングトン閃石・斜方輝石の存在、大浦～花瀬型花崗閃緑岩とそれを母岩とする火成岩外観のゼノリスにおけるカミングトン閃石・斜方輝石の存在、また、高山型花崗閃緑岩とそれを母岩とする火成岩外観のゼノリスには上記のいずれの鉱物も存在しないという、火成岩外観のゼノリスにおける特徴的な鉱物の存在・有無は、その母岩における特徴的な鉱物の存在・有無と明らかに対応関係にある。また、D. I.-酸化物図 (Fig. 6) 上、火成岩外観のゼノリスとその母岩は、いずれも西南日本外帯型花崗岩の特徴を示している。このような事実は、大隅バソリスにおける各型の岩石類の形成が、火成岩外観のゼノリスの形成と成因的に密接に関係したものであることを物語っている。

等粒状火成岩外観のゼノリスは、その母岩に比べ、よりマフィック鉱物および斜長石に富み、より塩基性であり、また、斜方輝石の Fe 値は著しく低い。この事実は、等粒状火成岩外観のゼノリスの原岩が、その母岩よりもよりマフィックな火成岩であったことを推定させる。これに対し、斑状火成岩外観のゼノリスは、鉱物組成、化学組成および斜方輝石の Fe 値において、その母岩の場合とほとんど変わらない。もし、火成岩外観のゼノリスがマフィック火成岩起源のものであるとし、また、マフィック火成岩のゼノリスと大隅バソリスを形成したマグマとの間で各種成分の拡散作用が行なわれたものとするれば、斑状火成岩外観のゼノリスは、等粒状火成岩外観のゼノリスに対し、拡散作用のより進んだ段階を示すものと考えられるであろう。

花崗岩質バソリス中のマフィック・ゼノリスの成因については、PIWINSKII (1968) が、“petrogenesis of mafic inclusions” に関して指摘しているように、数多くの説がある。たとえば、アメリカ合衆国カリフォルニア州 Sierra Nevada batholith の中生代花崗閃緑岩類およびトータル岩類中の mafic inclusions (筆者らのマフィック・ゼノリスに相当する) は、産状・外観・組織構造等に関し、大隅バソリス中の火成岩外観のゼノリスに酷似するが、その成因について、BATEMAN and others (1963) は、mafic inclusions がバソリス中に普遍的に包有されているにもかかわらず、貫入岩体バソリスの周囲にその原岩に相当するものが見当たらないことから、地殻の部分的選択的溶融時における難溶残存物であると考えている。

PIWINSKII and WYLLIE (1970) は、Sierra Nevada batholith の mafic inclusions に関する熱水実験の結果、mafic inclusions における黒雲母・ホルンブレンド・斜長石の鉱物組み合わせは、750°~850°C、2 Kb の水蒸気圧の条件下で花崗岩質液と平衡関係にあり、900°C 以上ではホルンブレンド・斜長石の鉱物組み合わせが安定であることを明らかにしており、また、その際の斜長石の An 成分が花崗閃緑岩類および石英モンゾニ岩類中の斜長石の An 成分と同一の成分範囲にあることから、mafic inclusions は結晶作用の進みつつある中性の成分を有するマグマと平衡関係にあったとし、mafic inclusions は、地殻物質が部分溶融によって花崗岩質マグマを生成した際の難溶残存物であると考えている。

大隅バソリスに包有される火成岩外観のゼノリスは、その産状・組織・鉱物組成・化学組成等からみて、ホルンヘルス・ゼノリスの場合のように、比較的地下浅所の側壁岩から捕獲されてきたと考えるには困難がある。むしろ比較的地下深所において原物質が部分溶融を行なった際、原

物質中のマフィック火成岩類の一部は溶解され、一部は難溶残存物としてマグマ中に残存し、現位置に上昇するまでの過程でゼノリスとマグマとの間で拡散作用が続き、現在見るような火成岩外観のゼノリスを形成するに至った、と考える方が合理的であろう。

ま と め

CARMICHAEL and others (1974) は、原物質から溶解してできる液の組成は、原物質の組成、相化学および溶解程度に関与するであろうことを指摘している。WYLLIE and others (1976) は、花崗岩質バソリスがさまざまな原物質からさまざまなメカニズムで生成されるであろうことを示唆しており、また、大陸地殻から花崗岩質マグマが容易に発生すると主張している。

大隅花崗閃緑岩バソリスにおいては、場所によりゼノリスの種類および出現頻度が異なり、また、ゼノリスにおける特徴的な鉱物の存在とその母岩における特徴的な鉱物の存在とが明らかに対応関係にある。すなわち、辺田大川型花崗閃緑岩においては、変成岩外観のゼノリスの存在とその母岩におけるキンセイ石・スピネル・ザクロ石の存在、大浦～花瀬型花崗閃緑岩においては、火成岩外観のゼノリスの存在とその母岩におけるカミングトン閃石・斜方輝石の存在、また、高山型花崗閃緑岩においては、変成岩外観のゼノリスの存在とその母岩におけるザクロ石の存在が特徴的である。このような事実は、大隅バソリスの不均質性を示していると同時に、ゼノリスとその母岩が成因的に密接な関係にあったということを物語っている。

ゼノリスの産状・組織構造・鉱物組成・化学組成および出現する特徴的な鉱物は、変成岩外観のゼノリスが比較的地下深所の、おそらく比較的高変成相の変成岩類から由来したであろうこと、また、火成岩外観のゼノリスはある種のマフィック火成岩類から由来したであろうこと、一方、以上のゼノリスに対し、ホルンヘルス・ゼノリスは比較的地下浅所の泥質岩類から由来したであろうことを示している。

これまでに述べてきたことから、結局、ゼノリスの成因およびこれに関係する母岩の成因は、つぎのように考察されるであろう。

地下深所において原物質の部分溶解が行なわれ、その際、組成を異にする原物質に対して部分的選択的溶解が行なわれ、原物質の組成に対応する部分的相違を有する花崗岩質マグマが形成された。砂質あるいはフェルシク物質は容易に花崗岩質マグマを生成した。

原物質泥質変成岩類は、後にS-タイプの花崗岩質岩類を形成したパーアルミナスの花崗岩質マグマを生成し、原物質中に既存の斑状変晶として含まれていたザクロ石はマグマ中にゼノクリストとして分散し、原物質のあるものは難溶残存物としてマグマ中に残存した。その結果、高山型花崗閃緑岩に見られるように、変成岩外観のゼノリスおよびアルミナス鉱物の存在によって特徴づけられる花崗岩質マグマが形成された。

一方、原物質中のマフィック火成岩類の一部は溶解し、一部は難溶残存物としてマグマ中に残存し、大浦～花瀬型花崗閃緑岩に見られるように、火成岩外観のゼノリスおよびカミングトン閃石・斜方輝石の存在によって特徴づけられる花崗岩質マグマが形成された。

ゼノリスと分化作用の進みつつある花崗岩質マグマとの間で各種成分の拡散作用が続き、花崗岩質マグマは、組成の部分的相違をもったまま地下浅所の被進入岩類中に上昇進入し、かつ、上昇の過程で、温度の部分的相違に基づく、また、おそらく構造運動の影響を受けつつ、差別的運動を行ない、マグマ通路の側壁岩から堆積岩類を捕獲した。捕獲された砂質岩類は花崗岩質マグマに同化され、捕獲された泥質岩類はホルンヘルス・ゼノリスを形成した。

このようにして, 場所によりゼノリスの種類・相対的出現頻度および随伴する特徴的鉱物の異なる, 部分的相違を有する不均質な大隅バソリスが形成されるに至った。

文 献

- ARAMAKI, S., HIRAYAMA, K., and NOZAWA, T. (1972) : Chemical composition of Japanese granites. Part 2. Variation trends and average composition of 1200 analyses. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **78**, p. 39-49.
- BATEMAN, P. C., CLARK, L., HUBER, N., MOORE, J., and Rhinehart, C. (1963) : The Sierra Nevada batholith, a synthesis of recent work across the Central part. U. S. Geol. Survey, Profess. Paper, no. 414-D, p. 1-46.
- BENCE, A. E., and ALBEE, A. L. (1968) : Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *Jour. Geology*, **76**, p. 382-403.
- CARMICHAEL, I. S. E., TURNER, F. J., and VERHOOGEN, J. (1974) : *Igneous petrology*. 739 p. McGraw-Hill Book Co.
- CHAPPELL, B. W., and WHITE, A. J. R. (1974) : Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, **8**, p. 173-174.
- GOODSPEED, G. E. (1947) : Xenoliths and skialiths. *Am. J. Sci.*, **246**, p. 515-525.
- GREEN, T. H. (1976) : Experimental generation of cordierite- or garnet-bearing granitic liquids from a pelitic composition. *Geology*, **4**, p. 85-88.
- 早瀬一一・石坂恭一(1967) : Rb-Srによる地質年代 (I), 西南日本, 岩鉱, **58**, p. 201-212.
- 今井 功・寺岡易司・小野晃司・松井和典・奥村公男(1980) : 50万分の1地質図, 鹿児島. 地質調査行.
- JAMES, R. S., and HAMILTON, D. L. (1969) : Phase relations in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - SiO_2 at 1 kilobar water vapour pressure. *Contr. Mineral. and Petrol.*, **21**, p. 111-141.
- 加納 博・八島隆一(1976) : 酸性マグマ起源の柘榴石—福島県山野川および山形県上田沢産のアルマンデイン. 岩鉱, **71**, p. 106-119.
- 河野義礼・植田良夫(1966) : 本邦産火成岩の K-A dating (V), 西南日本の花崗岩類. 岩鉱, **56**, p. 191-211.
- KOSTER VAN CROOS, A. F., and Wyllie, P. J. (1968) : Melting relationships in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - NaF - H_2O to 4 kilobars pressure. *Jour. Geology*, **76**, p. 50-70.
- LACROIX, A. (1890) : Sur les enclaves du tracyte de Menet (Cental), sur leurs modifications et leur origine. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **III**, p. 1003-1006, cited from DIDIER, J., 1973, *Granites and their enclaves*; The bearing of enclaves of the origin of granites, 393 p., Elsevier Scientific Pub. Co.
- MILLER, J. A., SHIBATA, K., and KAWACHI, Y. (1962) : Potassium-argon ages of granitic rocks from the outer zone of Kyushu, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **13**, p. 712-714.
- MIYASHIRO, A. (1953) : Calcium-poor garnet in relation to metamorphism. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **4**, p. 179-208.
- 都城秋穂(1955) : 火山岩のなかのピラルスバイト・ガーネット. 地質雑, **61**, p. 463-470.
- 中村淳子・山本温彦・富田克利・大庭 昇(1986) : 南九州における西南日本外帯花崗岩類のザクロ石の成因的考察. 鹿児島大学理学部紀要, no. 19, 印刷中.
- 中村俊文(1980) : 大隅花崗閃緑岩の地球化学的研究. 鹿児島大学理学研究科修士論文 (手記).
- 中村俊文・山本温彦・大庭 昇・富田克利(1982) : 鹿児島県大隅花崗閃緑岩体の地質および岩石学的研究. 日本地質学会 89 回総会講演要旨集, p. 411.
- 野沢 保・太田良平(1967) : 5万分の1地質図幅内之浦および同説明書. 地質調査所, 37 p.
- NOZAWA, T., and TAKAHASHI, K. (1960) : On the petrochemistry of Shishigawa granodiorite. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **11**, p. 489-502.
- 大庭 昇(1960) : 南大隅花崗岩. 資源科学研究所彙報, no. 52・53, p. 127-135.
- 大庭 昇(1961) : 大隅花崗岩の岩石化学的研究, 特にその不均質性と片状構造. 資源科学研究所彙報, no. 54・55, p. 191-201.
- ŌBA, N. (1962a) : Petrochemical studies of the Kyushu Outer Zone granites, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **68**, p. 162-171.
- ŌBA, N. (1962a) : Geological and petrochemical studies of the Kyushu Outer Zone granites; the heterogeneity and the contamination-effect. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **68**, p. 255-268.
- 大庭 昇(1962c) : 大隅花崗岩における汚染影響. 資源科学研究所彙報, no. 56・57, p. 148-152.

- ŌBA, N. (1963) : Chemical composition of the Kyushu Outer Zone granitic rocks. *Sci. Rep., Kagoshima Univ.*, no. 12, p. 35-51.
- ŌBA, N. (1965) : The heterogeneity on the Ōsumi granodiorite. *Sci. Rep., Kagoshima Univ.*, no. 14, p. 59-70.
- 大庭 昇 (1967) : 四万十累帯西部の花崗岩質岩類. 柴田秀賢教授退官記念論文集, p. 34-40.
- ŌBA, N., TOMITA, K., YAMAMOTO, M., ISTIDJAB, M., SUDRADJAT, A., and SUHANDA, T. (1984) : Genetical relationship between the 1883 Krakatau pumice flow and granitic fragments from the pumice flow. *Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ.*, no. 17, p. 23-33.
- ŌBA, N., TOMITA, K., YAMAMOTO, M., ISTIDJAB, M., SUDRADJAT, A., and SUHANDA, T. (1985) : Geologic significance of granitic fragments found from pumice flow of 1883 eruption at the Krakatau Group, Indonesia. *Proceed. Fifth Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia (GEOSEA V)*, Kuala Lumpur, Malaysia, vol. 1, p. 51-68.
- PIWINSKII, A. J. (1968) : Studies of batholithic feldspars : Sierra Nevada, California. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 17, p. 204-223.
- PIWINSKII, A. J., and WYLLIE, P. J. (1970) : Experimental studies of igneous rock series : Felsic body suite from the Needle Point pluton, Wallowa batholith, Oregon. *Jour. Geology*, 78, p. 52-76.
- SHIBATA, H. (1961) : Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces : Part 9, Normative minerals. *Sci. Rep., Tokyo Univ. Education, Sec. C*, vol. 8, no. 71, p. 19-32.
- SHIBATA, H. (1962) : Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces : Part 10, Petrographic provinces of Japan. *Sci. Rep., Tokyo Univ. Education, Sec. C*, vol. 8, no. 72, p. 33-47.
- SHIBATA, H., ŌBA, N., and SHIMODA, N. (1966) : Bearing of aluminium in mafic minerals in plutonic and metamorphic rocks. *Sci. Rep. Rep., Tokyo Univ. Education, Sec. C*, vol. 9, no. 86, p. 89-123.
- SOLLAS, J. W. (1894) : On the volcanic district of Carlingford and Slieve Gullion, I : on the relation of the granite to the gabbro of Barnavarve. *Trans. R. Ir. Acad.*, 30, p. 447-512, cited from DIDIER, J., 1973, *Granites and their enclaves ; The bearing of enclaves of the origin of granites*, 393 p., Elsevier Scientific Pub. Co.
- 鈴木 醇 (1937) : 西南日本外帯及び琉球列島に発達せる花崗岩質岩石に就いて. *地質雑*, 44, p. 625-666.
- 立石賢二 (1984) : 大隅花崗閃緑岩の包有物に関する成因的研究. 鹿児島大学理学研究科修士論文 (手記).
- 立石賢二・大庭 昇・山本温彦・富田克利 (1985) : 大隅花崗閃緑岩体のゼノリスの起源. *日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会・日本鉱物学会昭和 60 年度秋期連合学術講演要旨集*, p. 38.
- TSUSUE, A. (1973) : The distribution of manganese and iron between ilmenite and granitic magma in the Osumi Peninsula, Japan. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 40, p. 305-314.
- WINKLER, H. G. F., und PLATEN, H. v. (1961a) : Experimentelle Gesteinsmetamorphose ; IV, Bildung anatektischer Schmelzen aus metamorphisierten Gruwacken. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 24, p. 48-69.
- WINKLER, H. G. F., und PLATEN, H. v. (1961b) : Experimentelle Gesteinsmetamorphose ; V, Experimentelle anatektische Schmelzen und ihre petrogenetische Bedeutung. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 24, p. 250-259.
- WYLLIE, P. J., HUANG, W. L., STERN, C. R., and MAALE, S. (1976) : Granitic magmas : possible and impossible sources, water contents, and crystallization sequences. *Canadian Jour. Earth Sciences*, 13, p. 1007-1019.
- WYLLIE, P. J., and TUTTLE, O. F. (1961a) : Hydrothermal melting of shales. *Geol. Mag.*, 48, p. 56-66.
- WYLLIE, P. J., and TUTTLE, O. F. (1961b) : Experimental investigation of silicate systems containing two volatile components : Part II, The effect of NH₃ and HF, in addition to H₂O on the melting temperatures of albite and granites. *Am. J. Sci.*, 259, p. 128-143.
- YAMAMOTO, M. (1976) : Crystallization of granitic glasses at 700°C and 1 Kb. *Rep. Fac. Sci., Kagoshima Univ.*, no. 9, p. 9-20.
- 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, p. 29-36.
- 山本温彦・大庭 昇 (1983) : 高隈山花崗岩体・大隅花崗閃緑岩体の地質・岩石. *日本地質学会 90 年学術大会巡検案内書*, p. 61-79.
- 湯佐泰久 (1975) : 固溶体鉱物の EPMA 迅速分析法—かんらん石・輝石・長石について. *岩鉱*, 70, p. 141-156.

南九州，大隅花崗閃緑岩バソリスに包有されるゼノリスの起源と成因

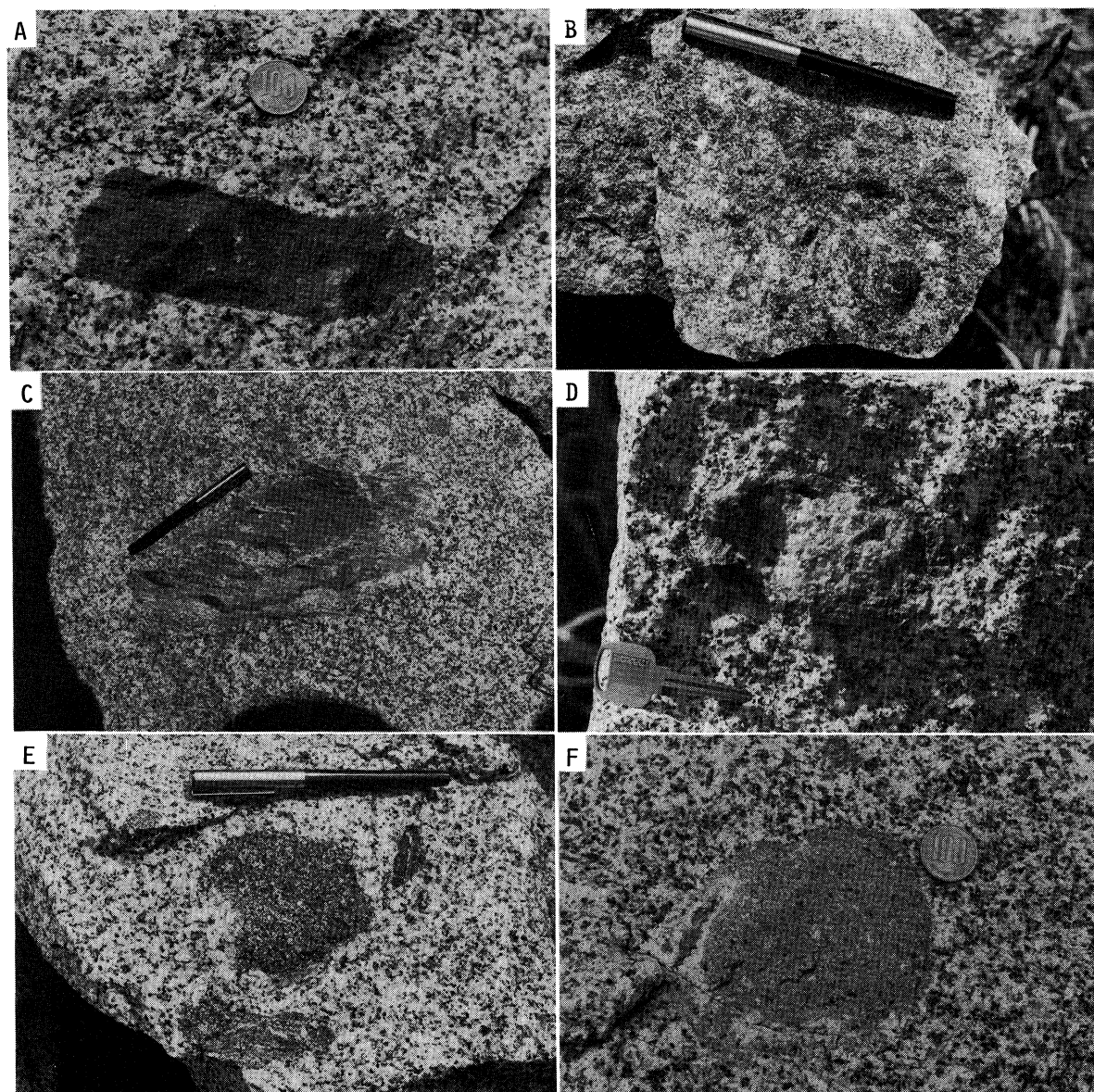


Plate 1. Photographs showing the mode of occurrence of xenoliths in Osumi batholith. Taken by K. TATEISHI.

- A. Irregular shaped hornfels xenolith in granodiorite of Ōura-type. Taken at Funamata, Kōyama-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- B. Orbicular shaped xenoliths of metamorphic rock appearance (MET) (biotite schist xenoliths) in granodiorite of Hedaōkawa-type. Heterogeneous rock facies at the surroundings of the xenoliths is noted. Taken at Ishibashiri, Nejime-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- C. Composite xenolith of metamorphic rock appearance (MET)(gneiss xenolith) accompanied by the calcareous xenolith (CAL) consisting of skarns in granodiorite of Hedaōkawa-type. Taken at Taujidake, Nejime-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- D. Spheroid-shaped calcareous xenolith (CAL) with the outer crust consisting of skarns (SKR) in granodiorite of Hedaōkawa-type. Taken at the same place of C.
- E. Orbicular shaped xenoliths of equigranular igneous rock appearance (EG) showing the granoblastic texture in center and upper left, and lenticular shaped xenoliths of metamorphic rock appearance (MET) (biotite schist xenoliths) in lower left and upper right in granodiorite of Hedaōkawa-type. Taken at Ukizu, Sata-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- F. Orbicular shaped xenolith of porphyritic igneous rock appearance showing the porphyroblastic texture in granodiorite of Ōura-type. Taken at Futamata, Kōyama-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.

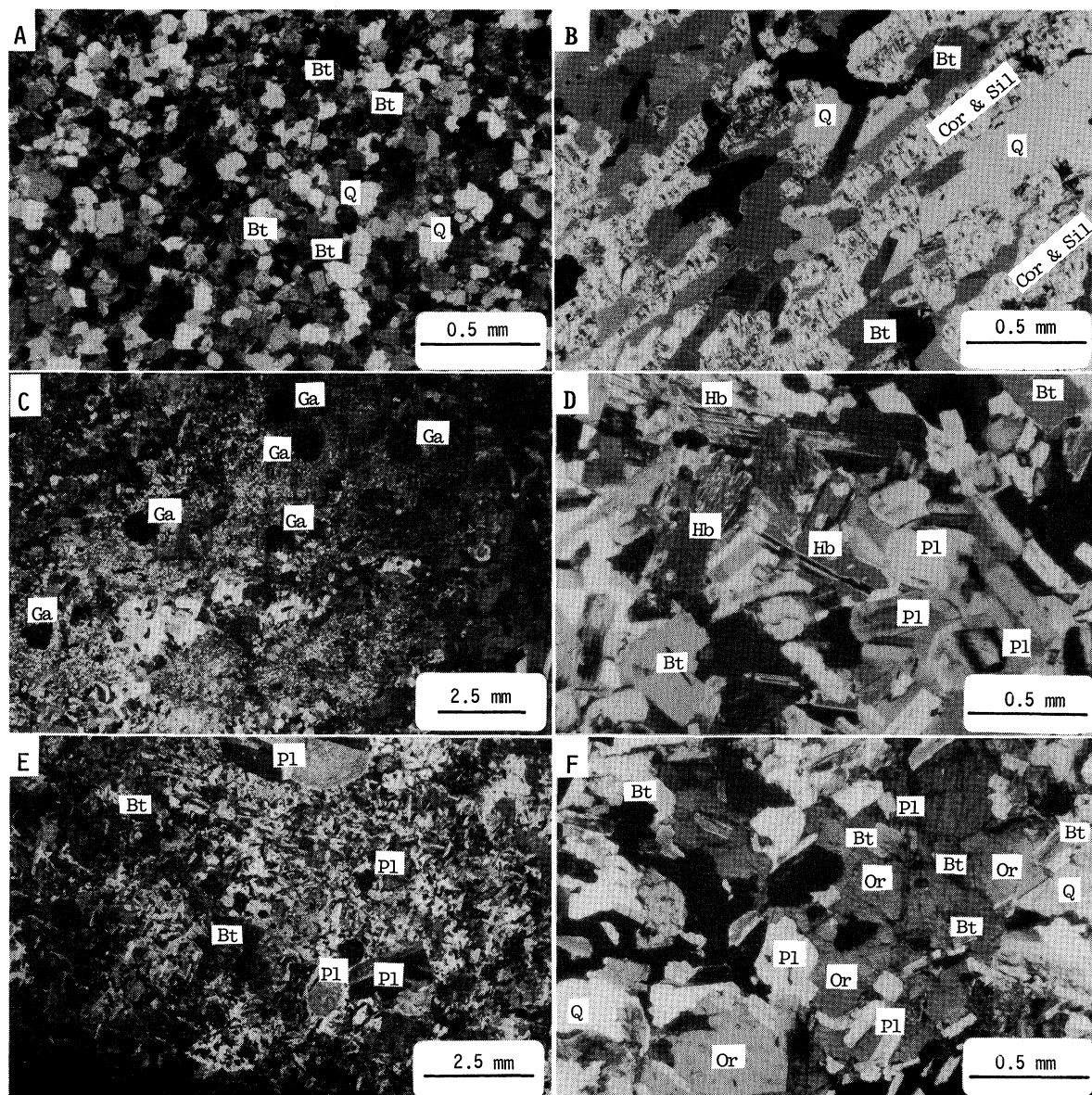


Plate 2. Microphotographs of hornfels xenolith and xenoliths of metamorphic rock appearance and igneous rock appearance. Parallel nicols. Abbreviations. — Q, quartz ; Pl, plagioclase ; Bt, biotite, Hb, hornblende ; Cor, cordierite ; Sil, sillimanite ; Ga, garnet. Taken by K. TATEISHI.

- A. Hornfels xenolith showing the granoblastic texture, collected from granodiorite of Ōura-type at Kanayama, Kōyama-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- B. Xenolith of metamorphic rock appearance (biotite schist xenolith), collected from granodiorite of Hedaōkawa-type at Ishibashiri, Nejime-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- C. Garnet porphyroblasts in xenolith of metamorphic rock appearance (gneiss xenolith) showing the porphyroblastic texture, collected from granodiorite of Ōura-type at Hezuka, Uchinoura-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- D. Xenolith of equigranular igneous rock appearance showing the granoblastic texture, collected from granodiorite of Hedaōkawa-type at Ukizu, Sata-chō, Kimotsuki-gun, Kagoshima Prefecture.
- E. Xenolith of porphyritic igneous rock appearance showing the porphyroblastic texture, collected from granodiorite of Ōura-type at Futamata, Kōyama-chō, Kagoshima Prefecture.
- F. Poikiloblastic texture in the matrix, in which large grains of orthoclase and quartz enclose smaller grains of plagioclase and biotite, of xenolith of porphyritic igneous rock appearance showing the porphyroblastic texture, collected from granodiorite of Ōura-type at the same place of E.

Appendix to Plate 1 and Plate 2. — Futamata 二股 ; Hezuka 辺塚 ; Ishibashiri 石走 ; Kanayama 金山 ; Kimotsuki-gun 肝付郡 ; Kōyama-chō 高山町 ; Nejime-chō 根占町 ; Sata-chō 佐多町 ; Tsujidake 辻岳 ; Uchinoura-chō 内之浦町 ; Ukizu 浮津.