

外帯S-type珪長質火成岩類中にみられるI-type火成

中田, 節也
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4495884>

出版情報 : 九州大学理学部研究報告. 地質学. 13 (2), pp.163-171, 1980-02-29. 九州大学理学部
バージョン :
権利関係 :

外帯 S-type 珪長質火成岩類中にみられる I-type 火成 岩起源ゼノリス—尾鈴山岩体の場合—

中 田 節 也

I-type igneous xenoliths in S-type felsic igneous rocks
in the Outer Zone of Southwest Japan
—the case of the Osuzuyama igneous complex—

Setsuya NAKADA

Abstract

Two kinds of igneous xenoliths of andesitic composition were found in the granodiorite porphyry in the Miocene Osuzuyama felsic igneous complex in the Outer Zone of Southwest Japan. Both black-coloured lens and crystal clot were found in the rhyolite to dacite welded tuff of the complex. Phenocrysts of the granodiorite porphyry are plagioclase, orthopyroxene and quartz. One of the xenoliths is the Oseuchi type (OsX) composed of plagioclase, orthopyroxene and (\pm) quartz, and the other is the Mimikawa type (MiX) composed of orthopyroxene, augite, subcalcic-augite, pigeonite, plagioclase and devitrified glass. Black lens consists of plagioclase phenocryst, pyroxene (?) and plagioclase microphenocrysts, cryptocrystalline matrix and crystal clot. Crystal clot in the welded tuff, as well as in the black lens, shows the texture of plagioclase-orthopyroxene aggregation. Pigeonite geothermometry gives about 1000°C for MiX, while equilibrium temperature of the host magma had been estimated at about 800°C.

It may be suggested that MiX is a part of quenched andesite magma which was injected into the felsic magma chamber before the eruption, and that OsX is crystal cumulation transported from the bottom of the magma chamber during the agitation by the injected magma (MiX). Black lens may be a part of the andesite magma with some small pieces of OsX, crystal clot.

The granodiorite porphyry of 14 m. y. ago had a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio of 0.7099 and belongs to the S-type (CHAPPELL & WHITE, 1974), while OsX and MiX with low $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios to the I-type. In explanation of the above petrographical and geochemical data for the host rock and xenolith, a possible manner of ascent of the felsic magma is partial zone melting.

Xenoliths similar to OsX and MiX were also found in other felsic igneous complexes of the S-type in the Outer Zone, Southwest Japan.

はじめに

珪長質火成岩類に含まれる火成岩起源ゼノリスは、暗色包有物・苦鉄質包有物・卵形包有物・microenclave などとよばれている。火成岩起源ゼノリスは、珪長質マグマの熱史を知る上で重要な手がかりとなり得る可能性がある。ゼノリスは、それを含む火成岩体が貫入

している基盤岩に由来するものを除いて、これまでに以下の起源が考えられている(例えば, PIWINSKII, 1968)。1) 大陸性地殻物質の溶融残存物。2) 珪長質マグマの生成に関与した苦鉄質マグマの固結物。3) マグマが再移動する以前の急冷周縁相。4) マグマから比較的早期に晶出した結晶沈積物。しかし、これらのゼノリスの成因に関し、中性～珪長質マグマより密度の大きいゼノリスが、地殻深部からゆっくり上

昇するマグマ中で沈まず地下浅所までいかに運ばれるかという問題点がある。

ところで、S-type 珪長質火成岩類 (CHAPPELL & WHITE, 1974; WHITE & CHAPPELL, 1977) は、斑晶状鉱物としてホルンブレンドを含まず黒雲母の他に白雲母・重晶石・ザクロ石などのアルミナに富む鉱物を有し、その全岩化学組成が低 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, $\text{Al}/(\text{Na} + \text{K} + (\text{Ca}/2)) > 1.1$ で特徴づけられ、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初生値が 0.708 以上 (FLOOD & SHAW, 1977 によると 0.706 の S-type もある) の火成岩類のことである。一方、ホルンブレンド・黒雲母を含み、高 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, $\text{Al}/(\text{Na} + \text{K} + (\text{Ca}/2)) < 1.1$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初生値が 0.704 ~ 0.706 の珪長質火成岩類は I-type である。WHITE & CHAPPELL は、組成的特徴と S-type 火成岩類に含まれるゼノリスがホルンブレンドを有しない metasediments であることから、S-type 珪長質火成岩類が metasediments の部分熔融によって生じたマグマに由来すると推定した。

この小論では、西南日本外帯の中新世珪長質火成岩類で S-type に属する尾鈴山酸性岩体の火成岩起源ゼノリスについて記載し、その起源を考察する。また、WHITE & CHAPPELL とは別の立場で外帯 S-type 珪長質火成岩類の成因についても触れる。

本研究は金沢大学・九州大学両大学院在学中に行われたものである。金沢大学山崎正男教授・九州大学種

子田定勝教授には指導を賜った。また、九州大学山口勝助教授・柳 喙博士には論文を読んで議論して頂いた。EPMA 分析にあたっては同広渡文利教授に便宜をはかって頂いた。同位体分析は浜本礼子氏の熱心な助力に負うところが大きい。また、東京大学高橋正樹氏には有益な助言と批判を賜った。以上の方々から謝意を表する。

外帯 S-type 珪長質火成岩類と尾鈴山酸性岩体

中新世の西南日本外帯珪長質火成岩類は、K-Ar 年代値から 14m. y. 前に貫入したと考えられている (柴田, 1978)。これらの火成岩類の組成的特徴は、中田・高橋 (1978) でまとめられている。それによるとほぼ太平洋側に S-type 火成岩体が分布する (第 1 図)。外帯 S-type 珪長質火成岩体内、噴出岩類からなる岩体は尾鈴山・熊野の両岩体で、噴出物はそれぞれほぼ単一の冷却単位を示す (中田, 1978; 荒牧・羽田, 1965)。尾鈴山酸性岩体は火砕流堆積物とカコウ閃緑斑岩* からなる主岩体と、主岩体を取り巻くように分布するいくつかのカコウ閃緑岩岩脈からなる。本酸性岩類はデイサイト〜流紋岩質で、噴出順に本質物質の SiO_2 は乏しくなる。斑晶に斜長石・石英・サニディ

*中田 (1978; 1979) のカコウ斑岩のことである。組成はデイサイトなので、今後、カコウ閃緑斑岩で統一する。



第 1 図 西南日本外帯における中新世珪長質火成岩体の分布。黒丸は典型的な S-type 珪長質火成岩体。半黒丸は S-type 珪長質火成岩類に富む岩体 (中田・高橋, 1979 から引用)。

Fig. 1. Distribution of the Miocene felsic igneous complexes in the Outer Zone of Southwest Japan. Complex of solid circle is S-type, and in the complex of half-solid circle S-type rocks are abundant (after NAKADA & TAKAHASHI, 1979).

ン・黒雲母・斜方輝石を有し、少量の堇青石・珪線石・ザクロ石・アパタイトなどを伴う。以下の議論に必要な斑晶鉱物を記載しておく。斜長石は自形で長さ数 cm 以下、カルスバッド・アルバイト型双晶を示し、複雑な oscillatory ゾーニングをしている。組成 (EPMA 分析による) は $An_{27}-An_{55}$ である。斜方輝石は自形で 2 mm 以下、normal ゾーニングをしめし、 $En_{35}-En_{50}$ である。チタン鉄酸化物はイルメナイトのみで磁鉄鉱は含まれず、他に磁硫鉄鉱が含まれる。

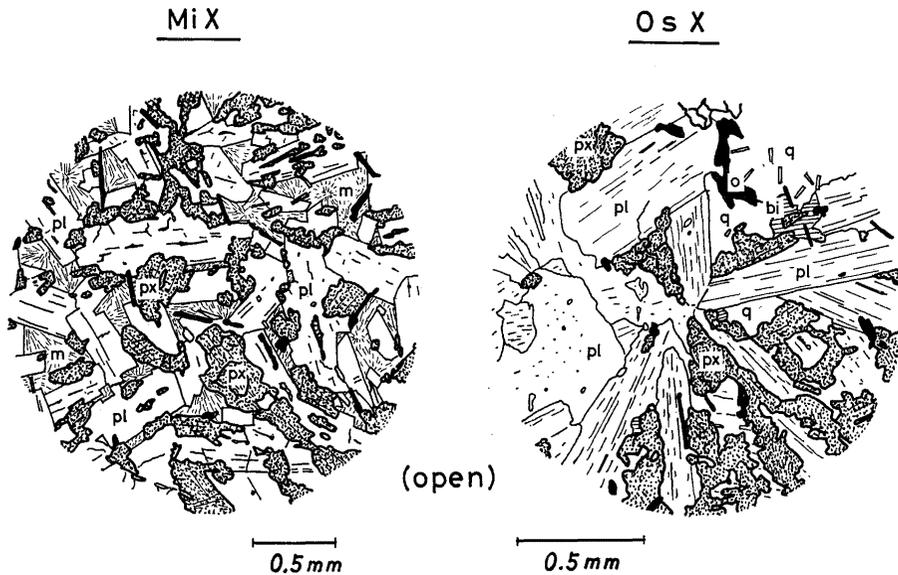
尾鈴山酸性岩類に含まれる火成岩起源ゼノリス

尾鈴山酸性岩類中には、基盤の四万十層群に由来する堆積岩ゼノリスも存在するが、火成岩起源ゼノリスが普遍的に存在する。火成岩起源ゼノリスは、後述するように 2 種類認められる。いずれも径 50 cm 以下の黒灰～黒褐色を呈する腐円体で、カコウ閃緑斑岩体とカコウ閃緑岩岩脈中にみられる。岩脈中のゼノリスは、母岩が徐冷する際に反応して生じたと思われる反応縁を伴う。一方、カコウ閃緑斑岩に先行して噴出した火砕流堆積物中には、本質レンズほどによく伸びた黒色レンズやクリスタル・クロットが認められる。

1) 大瀬内型ゼノリス (OsX: 宮崎県児湯郡木城町大瀬内林道, 海拔 450m 地点)

ゼノリスの核部では、母岩のカコウ閃緑岩よりはるかに細粒 (1 mm 以下) の斜長石・斜方輝石がサブオフィチックからマイクロドレイト組織を示す (第 2 図)。これらの鉱物間を少量の石英と黒雲母が充填している。イルメナイト・磁硫鉄鉱・アパタイトの針状結晶が認められる。斜長石はアパタイトを多量に含み自形～半自形で、輝石を包有している場合がある。また、単純な集片双晶を示し、多くが中間帯で An に富むゾーニング様式を示す ($An_{45}-An_{70}$)。斜方輝石は自形～他形で normal ゾーニングを示す ($En_{45}-En_{80}$)。結晶の粒度・斜長石と斜方輝石の量比はゼノリスによって異なり、斜方輝石がすべて自形の場合もある。反応縁部では黒雲母・石英のポーフィロプラストが生じ、斜長石も斑状になる。斜方輝石の多くは黒雲母に置き換えられている。反応縁部で母岩に近い所では、アルカリ長石が認められる。ゼノリスによっては上述の核部を伴わないものがある。

2) 耳川型ゼノリス (MiX: 宮崎県日向市幸麻^{さいわき}採石場)



第 2 図 尾鈴山酸性岩類中にみられる 2 種類の火成岩起源ゼノリスの顕微鏡スケッチ (下方ニコルのみ)。

Fig. 2. Microscopic sketch of the two kinds of xenolith found in the Osuzuyama acid rock (lower nicol only).

MiX: 耳川型ゼノリス (Mimikawa type xenolith), OsX: 大瀬内型ゼノリス (Oseuchi type xenolith).

pl: 斜長石 (plagioclase), px: 輝石 (pyroxene), q: 石英 (quartz), bi: 黒雲母 (biotite), m: 褐色マトリックス (brown-coloured matrix), o: 不透明鉱物 (opaque mineral).

OsX がカコウ閃緑斑岩体・カコウ閃緑岩脈中で普遍的にみられるのに対し、MiX はカコウ閃緑斑岩体中でのみまれにみられる。MiX とカコウ閃緑斑岩の境界には黒雲母が濃集している場合がある。第2図に示すように、輝石と斜長石がオフィチック組織を示し、その間を脱ハリ作用をこうむったガラス様の褐色マトリックスが充填している。マトリックスはスフェルリチックで隠微晶質である。針状のイルメナイト・磁硫鉄鉱・アパタイトが認められる。容量比は斜長石52%，斜方輝石10%，単斜輝石9%，不透明鉱物3%，アパタイト0.6%，黒雲母0.3%，マトリックス25%である。斜長石の多くは骸晶状で、輝石の微斑晶・イルメナイトを包有する。OsX に比べ、斜長石は包有物が少なく澄んでいる。単純な集片双晶，normal ゾーニング ($An_{40}-An_{65}$) を示す。輝石斑晶は斜方輝石とオージャイトであるが、微斑晶は主にサブカルシクオージャイトとピジョン輝石で、斜長石と連晶をなす場合がある。斜方輝石とオージャイトはC軸に平行な連晶をしめすものが多い。斜方輝石・オージャイトはnormal ゾーニングを示す。斜方輝石に overgrowth しているピジョン輝石は見つかっていない。

MiX にみられるような骸晶状斜長石・サブカルシクオージャイト・ピジョン輝石および脱ハリ作用

をこうむったガラスは、主に斜方輝石・オージャイト・±斜長石を有する高温の安山岩質マグマが急冷して生じたと考えられる。

3) 黒色レンズ (あるいは黒色包有物: 宮崎県日向市細島工業港北東海岸)

強溶結した火砕流堆積物中に、白色を呈する本質レンズとは別に、通常10cm前後の円形～レンズ状の黒色包有物がまれに存在する (中田, 1978)。伸長したものは最大2mに達する。一般に著しく変質しているが、鏡下で石基は隠微晶質・スフェルリチックで黒色を呈する。火砕流堆積物のマトリックスとは明瞭な境界を有し指交している。斑晶として時々融食構造を伴う長さ数mm以下の斜長石、微斑晶として針状または骸晶状の斜長石と粘土鉱物化した輝石が認められる。石英・アルカリ長石・黒雲母の斑晶・微斑晶は認められない。斑晶斜長石は $An_{45}-An_{60}$ の組成幅を持ち、reverse ゾーニングを示す。また、斜長石・輝石 (粘土鉱物) からなるクロット (5mm以下) が含まれている。

4) クリスタル・クロット

火砕流堆積物のマトリックスや本質レンズ中には、主に斜長石・斜方輝石からなる径1cm以下のクロットが普遍的に含まれる。その組織は黒色レンズ中のクロットと同じで、斜長石・斜方輝石が等粒状にあわさ

第 1 表 酸性岩類、ゼノリス、基盤岩類の全岩化学組成とゼノリスに含まれる輝石の化学組成

Table 1. Chemical composition of rocks and pyroxenes.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	65.51	57.62	58.85	61.84	66.51	59.20	48.50	53.71
TiO ₂	0.72	1.10	1.06	0.96	0.57	2.63	0.48	0.39
Al ₂ O ₃	14.82	15.18	16.13	15.21	16.01	15.00	0.65	1.40
Fe ₂ O ₃	5.87*	8.51*	7.23*	8.34*	5.35*	0.39	—	—
FeO	—	—	—	—	—	9.63	29.03**	14.88**
MnO	0.04	0.17	0.15	0.14	0.02	0.22	0.48	0.66
MgO	1.57	5.17	5.02	2.01	2.49	3.33	14.92	28.41
CaO	2.38	7.41	7.70	3.89	1.64	5.80	4.45	0.84
Na ₂ O	2.97	2.63	2.28	3.85	1.54	2.49	—	—
K ₂ O	3.14	1.57	0.45	1.34	3.43	0.30	—	—
H ₂ O	2.24	—	—	3.08	—	0.42	—	—
Total	99.26	99.36	98.87	100.66	97.56	99.41	98.51	100.29

1: Granodiorite porphyry (Gp).

2: Mimikawa type xenolith (MiX).

3: Oseuchi type xenolith (OsX).

4: Altered black lens (or inclusion).

5: Shale, Shimanto Group.

6: Plagioclase-hypersthene-quartz rock, Kumano acid rock (SAWATARI, 1933).

7: Pigeonite in Mimikawa type xenolith.

8: Orthopyroxene in Oseuchi type xenolith.

* Total iron as Fe₂O₃.

** Total iron as FeO.

ていたりオフィチックである。クロットによっては粒径や 2 鉱物の量比が異なる。また、不透明鉱物を多量に含んでいるものや、石英のポーフィロブラストを有するものもある。クロットを構成する斜長石は核部でわずかに reverse ゾーニングを示し、 $An_{45}-An_{65}$ の組成幅を持つ。斜方輝石は normal ゾーニングを示し、 $En_{40}-En_{80}$ である。

クロットの鉱物組成・ゾーニング様式が OsX と似ていることから、クロットは火砕流噴火の際、あるいはそれに先立って粉砕された OsX の一部であると考えられる。また、黒色レンズ中の融食を受けた斜長石斑晶も OsX に由来する可能性がある。

カコウ閃緑斑岩とゼノリスの化学組成上の特徴

カコウ閃緑斑岩(日向市美々津カントリークラブそば)・ゼノリス・基盤岩類(木城町浜口ダム下流の頁岩)の全岩化学成分を MORI *et al.* (1971) に従い JG-1・SY-2 を標準試料とし EPMA で測定した。造岩鉱

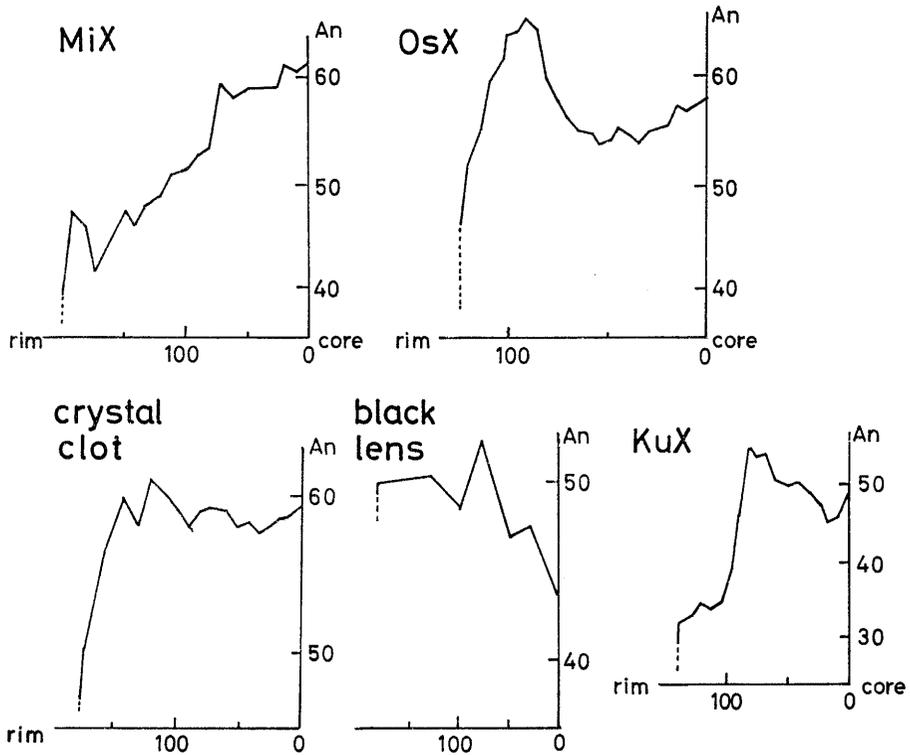
第 2 表 酸性岩類、ゼノリス、基盤岩類の Rb, Sr 定量および Sr 同位体組成値

Table 2. Rb and Sr contents and Sr isotopic ratio of acid rock, xenolith and basement rock.

Rock	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$
MiX	59.5	195.	0.882	0.7059±1
OsX	27.5	214.	0.371	0.7064±3
Gp	117.	173.	1.964	0.7103±1
Shale	155.	145.	3.094	0.7184±3

E&A・SrCO₃ yields $^{87}Sr/^{86}Sr=0.7081±1$.

物の化学組成測定も EPMA による。全岩 Sr・Rb 定量および $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比測定は YANAGI (1975) に従う。EPMA は金沢大学理学部の日立 XMA-5 と九州大学理学部の日本電子 JXA-5A を、質量分析計は九大理学部の日立 RMU-5G・日本電子 JMS 05RB を使用した。実験中の標準試料 E&A・SrCO₃ の $^{87}Sr/^{86}Sr$ は 0.7081±1 であった。詳細は追って報告するが、第 1



第 3 図 EPMA による代表的な斜長石のゾーニング様式。KuX: 熊野酸性岩類中の火成岩起源ゼノリス。

Fig. 3. Electron microprobe traverse across representative plagioclase showing compositional (mol %) zoning pattern. KuX: xenolith in the Kumano acid rock.

表と第2表にそれぞれ主要成分・Sr 同位体組成を掲げた。

カコウ閃緑斑岩の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は高く、全岩化学組成は中田・高橋 (1979) がふれているように典型的な S-type に相当する。第2表に示したカコウ閃緑斑岩の 14m. y. 前の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は 0.7099 で、柴田・石原 (1977) が報告した外帯珪長質火成岩類の 14m. y. 前の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の最高値 (屋久島カコウ岩類の 0.7083) よりも高い。MiX は OsX にくらべて K_2O に富む。MiX・OsX はともに安山岩質で I-type に属し (中田・高橋, 1979 の Fig. 11), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が MiX でより低い。

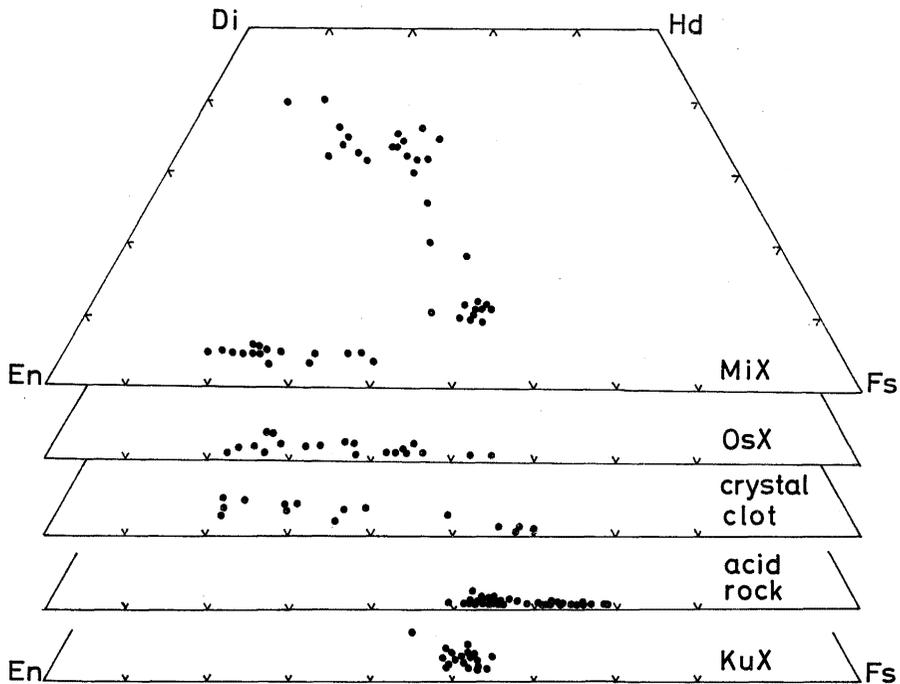
第3図には、MiX・OsX・クロット中の斜長石の典型的なゾーニング様式、第4図には、母岩中のものも加えた輝石の組成を Di-Hd-En-Fs 系に示した。OsX の斜方輝石は MiX 中のものより Ca に乏しく、クロットや母岩中のものと似る。MiX のピジョン輝石の $\text{Mg}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ は 0.55~0.45 であり、ISHII (1975) のピジョン輝石温度計を用いると約 1000°C の温度が得られる。MiX 中のピジョン輝石と OsX 中の斜方輝

石の分析値を第1表にしめた。OsX の斜方輝石は Al_2O_3 に乏しい。

ゼノリスの起源についての考察

上述の火成岩起源ゼノリスが大陸性地殻上部物質に直接由来するとは考えられない。すなわち尾鈴山岩体が貫入している四万十層群日向帯は砂岩・頁岩からなる堆積岩のみである。また、付近の四万十層群神門帯の塩基性岩類は、カンラン石・オージャイト・斜長石を有するガブロか玄武岩 (今井ほか, 1979) で、OsX・MiX の鉱物組成とは明らかに異なる。

尾鈴山酸性岩類の噴出前に zoned magma chamber が推定された (中田, 1978)。すなわち、マグマ溜りの上部のマグマはより分化しており斜長石・石英・黒雲母・サニディンを晶出している。一方、下部のマグマは斜長石・石英・斜方輝石を晶出している。下部ほど斜長石・斜方輝石が多く石英は少ない。総結晶量は下部ほど多い。このことは、尾鈴山酸性岩類をつくったマグマのより早期の晶出結晶が斜長石と斜方輝石であることを示している。この早期に晶出した斜長石・



第4図 Di-Hd-En-Fs 系で示した輝石の組成 (mol %)。"acid rock" で示される輝石は尾鈴山酸性岩類中のもの。

Fig. 4. Composition of pyroxene plotted in Di-Hd-En-Fs system (mol %). Composition of pyroxene in the Osuzuyama acid rock is represented in "acid rock"

斜方輝石からなる沈積物が、マグマに再び取り込まれれば OsX になりうる。前述のように、OsX 中のこれら 2 鉱物の組成は、母岩におけるよりそれぞれ Ca と Mg に富んでおり、より未分化のマグマから晶出したことを示している。ところで、一般に、マグマから晶出した結晶沈積物の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は、そのマグマの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ と同じはずであるが、混成作用と分別結晶作用を同時に行う珪長質マグマにおいては、早期晶出結晶沈積物の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が低くてもかまわない。

上述のゼノリスの起源の問題点は、珪長質マグマに比較して密度の大きいゼノリスを地表近くまで移動させるメカニズムにある。特に、珪長質マグマ溜り中の重力方向へのマグマの組成変化は、主に crystal settling によって生じていると推定されるが、そのマグマ中に密度の大きいゼノリスが浮び続けられるとは考えられない。

最近、珪長質マグマの噴火に先立ち、珪長質マグマ溜り中へ苦鉄質マグマの混入があると報告された（例えば ANDERSON, 1976; SPARKS *et al.*, 1977）。すなわち、苦鉄質マグマの混入によって、 H_2O に関し飽和状態に近かった珪長質マグマが加熱されるため、マグマの H_2O 溶解度が下がり発泡現象がおきる。この発泡現象と混入する苦鉄質マグマによる体積増加が、珪長質マグマの爆発的噴火を引きおこす。主に火砕流堆積物からなる尾鈴山酸性岩類の噴火は、このような苦鉄質マグマの混入が引き金となっておこったとしても手許にある資料と矛盾しない。この場合、MiX は混入した苦鉄質マグマに相当するとみられる。尾鈴山酸性岩類の噴出前に推定されたマグマ溜りの温度は約 800°C （中田, 1979）、MiX のビジョン輝石晶出時の温度は約 1000°C である。したがって、混入したマグマは 200°C 以上急冷したことになり、前述の MiX の急冷組織と対応する。また、黒色レンズは珪長質マグマと同時に放出された固結状態にちかい（急冷した）苦鉄質マグマであり、堆積の重みで伸長したものと考えられる。さらに、苦鉄質マグマの混入することによって、マグマ溜りの底から早期晶出結晶沈積物（OsX）がもたらされたとすると、前述の密度の問題が解決される。このことは、OsX に由来すると考えられるクロットや reverse ゾーニングした斑晶斜長石が黒色レンズ中に存在することによって支持される。ただし、混入した苦鉄質マグマの量が少なく、混入によってマグマ溜り中で生じていた重力方向の変化はほとんど乱されなかったと推定される。

BATEMAN *et al.*, (1963) はシエラネバダ・パソリスの活動末期に貫入した苦鉄質岩脈の組成・組織が、

カコウ岩類中にみられる苦鉄質包有物のそれと区別できないと述べている。このシエラネバダ・パソリスの苦鉄質包有物と苦鉄質岩脈は、珪長質マグマに混入した苦鉄質マグマがゼノリスになり、固結状態の進んだ珪長質マグマに混入した苦鉄質マグマが岩脈になったことを物語っている可能性がある。

尾鈴山酸性岩類は S-type であるのに対し、後から混入したと考えられる MiX は I-type である。一般に、S-, I-両 type の火成岩類が存在する火成岩体においては、S-type 火成岩類が先に貫入する（例えば、WILLIAMS *et al.*, 1975; 高橋, 1980）。これは以下のように考えられる。最初、地殻を上昇する苦鉄質親マグマが主に大陸性地殻上部物質を同化しながら結晶作用を行うので、より泥質物の組成に近い S-type 珪長質マグマになる。それに対し、同じ場所を後から上昇する苦鉄質親マグマは前のマグマの結晶沈積物中を上昇し、直接泥質物質と反応しないため、I-type を維持し珪長質マグマになる。しかし、結晶沈積物がまだ冷却せず充分高温の状態にある時、すなわち時間間隙が短い内に新たなマグマが貫入すれば、より未分化の苦鉄質マグマが S-あるいは I-type 珪長質マグマと遭遇することになる。このように、苦鉄質マグマが通路の組成を反映しながら珪長質になる上昇のメカニズムは、piecemeal stoping を伴う partial zone melting であると推定される。

仮に、尾鈴山酸性岩類をつくった苦鉄質親マグマが MiX の組成に近いとしたら、早期晶出結晶沈積物と考えられる OsX の鉱物組成や斜長石のゾーニング様式が説明できる。すなわち、斜方輝石・オーゾイト・斜長石を晶出していた苦鉄質親マグマは、よりアルミナに富む大陸性地殻上部物質と反応して Al_2O_3 に富むようになるため、An 成分に富む斜長石を晶出する。この結果、液相の CaO が減り、マグマの晶出する輝石は Ca の少ない斜方輝石のみになる。この時の結晶集積物が OsX であるとしたら、OsX の斜長石+斜方輝石の組み合わせと斜長石の内部にみられる reverse ゾーニングが解釈できる。また、OsX が MiX に比べて低 Rb/Sr, 高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ である。これは、MiX の組成に近い苦鉄質親マグマが高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の地殻物質（例えば頁岩; 第 2 表）と反応した後、晶出した結晶の沈積物が OsX であることを物語っている。

他の外帯 S-type 珪長質火成岩類中の火成岩起源ゼノリス

1. 熊野酸性岩類中の火成岩起源ゼノリス。

尾鈴山酸性岩類と産状・鉱物組成が似ている熊野酸性岩類のカコウ斑岩体中のゼノリスは、佐渡 (1933), 原田 (1961) によって報告された。

佐渡 (1933) が「斜長石—紫ソ輝石—石英岩」あるいは「長石—黒雲母—石英岩」と記載したゼノリスの鉱物組成・組織は、OsX と非常によく似ている。また、その全岩化学組成 (第1表) も K_2O に乏しいことで OsX と似ている。著者が採集したこの種のゼノリス (KuX: 熊野市大泊採石場) の斜長石のゾーニング様式と斜方輝石の組成を第3・4図に示した。斜長石は $An_{30}-An_{60}$ で母岩の斜長石 ($An_{10}-An_{45}$; 佐渡, 1933) より An 成分に富み、OsX と似たゾーニング様式を示す。斜方輝石は $En_{45}-En_{55}$ で OsX と同様に Ca に乏しい。

一方、原田 (1961) によって、ハイパーシム・オーサイトを含む輝緑岩状ゼノリスが報告された。それによると、脱ガラス化したマトリックスはふくまれないが、拍子木状の斑晶斜長石が normal ゾーニング ($An_{55}-An_{90}$) を示す。このゼノリスは MiX に相当する特徴をもつ。

2. 屋久島カコウ岩類中の火成岩起源ゼノリス。

屋久島岩体は現在噴出岩類を伴っていないカコウ岩類であり、主に正長石・石英・斜長石・黒雲母と少量の董青石からなる。このカコウ岩類中の火成岩起源と思われるゼノリスは、佐藤・長浜 (1979) が細粒塊状または斑状粗粒暗色包有物と記載している。それによれば、ゼノリスは短柱状斜長石の間を石英と針状のアパタイトが充填する組織を持つ。黒雲母はポイキロプラスチックで、いくつかの粒が直線状配列をなす。アルカリ長石・輝石は含まれない。この組織は OsX や「斜長石—紫ソ輝石—石英岩」と似ており、鉱物組成は OsX の縁部や「長石—黒雲母—石英岩」と同じである。

熊野・屋久島岩体においても、OsX や MiX と同種のゼノリスが存在する。このことは、OsX・MiX を尾鈴山酸性岩類の生成過程で捕獲されたゼノリスとしてのみ起源を考えるのではなく、外帯 S-type 珪長質火成岩類の生成過程で共通に捕獲されうるゼノリスとして、OsX・MiX ゼノリスの起源を考えねばならないことを示している。

KAWACHI & SATO (1978) は、屋久島カコウ岩類をつくった珪長質マグマの liquidus phase が巨晶のアルカリ長石であると考えている。この考えは、尾鈴山岩体のように屋久島岩体でも OsX 型ゼノリスがマグマからの早期晶出結晶沈積物であるという類推を

妨げる。しかし、SWANSON (1977) の実験結果から、 H_2O に不飽和のある過冷却状態においては、マグマ中のアルカリ長石の nucleation site が少なく成長速度が大なので、アルカリ長石の巨晶ができることが示された。また、尾鈴山で推定したマグマ溜りでは、上部だけに出現するアルカリ長石は共存する斜長石に比べてゾーニングの程度が少なくより粗粒である。恐らく、屋久島岩体においても早期に晶出した珪長質鉱物は斜長石であってアルカリ長石ではないと考えられる。

ま と め

尾鈴山酸性岩類中から2種類の安山岩質ゼノリスと黒色レンズが見出された。安山岩質ゼノリスのひとつは、主に斜長石・斜方輝石からなる大瀬内型ゼノリス (OsX) であり、1つは主に斜方輝石・オーサイト・斜長石・脱ガラス化を受けたマトリックスからなる耳川型ゼノリス (MiX) である。後者は、酸性岩類噴出前にマグマ溜りに混入し急冷した安山岩質マグマであり、前者は、尾鈴山酸性岩類をつくったマグマから早期に晶出した結晶の沈積物が、後から混入した安山岩質マグマによってマグマ溜りの底からもたらされたものである。また、黒色レンズは安山岩質マグマの一部で、OsX の破片 (クロット) を含んでいると解釈される。

酸性岩類の 14m. y. 前の $^{87}Sr/^{86}Sr$ は 0.7099 で典型的な S-type に属する。一方、OsX・MiX はいずれも低 $^{87}Sr/^{86}Sr$ で I-type に属する。

外帯 S-type 珪長質火成岩類の内、熊野・屋久島岩体でも、OsX・MiX と鉱物組成・組織のよく似たゼノリスが報告されている。

文 献

- ANDERSON, A. T. (1976): Magma mixing: petrological process and volcanological tool. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1, 3-33.
- 荒牧重雄・羽田 忍 (1965): 熊野酸性火成岩類の中部および南部の地質。地質雑, 71, 494-512.
- BATEMAN, P. C., CLARK, L. D., HUBER, N. K., MOORE, J. G. and RINEHART, C. D. (1963): The Sierra Nevada batholith: a synthesis of recent work across the central part. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 414-D, 46p.
- CHAPPELL, B. W. and WHITE, A. J. R. (1974): Two contrasting granite types. *Pacif. Geol.*, 8, 173-174.
- FLOOD, R. H. and SHAW, S. E. (1977): Two "S-type" granite suites with low initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios from the New England batholith, Australia. *Contr. Mineral. Petrol.*, 61, 163-173.
- 原田一雄 (1961): 三重県鬼ヶ城附近に産出する花崗斑岩中の捕獲岩について。岩鉱, 45, 231-238.

- 今井 功・寺岡易司・奥村公男・小野晃司(1979): 神門地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅). 地質調査所, 44p.
- ISHII, T. (1975): The relations between temperature and composition of pigeonite in some lavas and their application to geothermometry. *Mineral. J.*, **8**, 48-57.
- KAWACHI, Y. and SATO, T. (1978): Orthoclase megacrysts in the Yakushima granite, southern Kyushu, Japan. *N. Jb. Miner. Abh.*, **132**, 136-152.
- 中田節也(1978): 尾鈴山酸性岩の地質. 地質雑, **84**, 243-256.
- (1979): 尾鈴山酸性岩マグマ溜りの大きさと噴出機構. 九大理島原火山観測所研報, No.12, 9-16.
- ・高橋正樹(1979): 西南日本外帯・瀬戸内区における中新世の中性～珪長質マグマの化学組成広域的变化. 地質雑, **85**, 571-582.
- PIWINSKII, A. J. (1968): Studies of batholithic feldspar: Sierra Nevada, California. *Contr. Mineral. Petrol.*, **17**, 204-223.
- 佐藤岱生・長浜春夫(1979): 屋久島西南部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅). 地質調査所, 47p.
- 佐渡道隆(1933): 紀伊熊野酸性火成岩中に認めらるる包裹物の影響の様式に就いて. 地質雑, **40**, 25-35.
- 柴田 賢(1978): 西南日本外帯における第三紀花崗岩貫入の同時性. 地調月報, **29**, 551-554.
- ・石原舜三(1977): 日本の斑岩類および花崗岩類の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初生値. *MAGMA*, no. 49, 50, 60-62.
- SPARKS, S. R. J., SIGURDSON, H. and WILSON, L. (1977): Magma mixing: a mechanism for triggering acid explosive eruptions. *Nature*, **267**, 315-318.
- SWANSON, S. E. (1977): Relation of nucleation and crystal-growth rate to the development of granitic textures. *Am. Mineral.*, **62**, 966-978.
- 高橋正樹(1980): Geology and petrology of the Okueyama felsic plutono-volcanic complex. 東大・理・博士論文.
- WHITE, A. J. R. and CHAPPELL, B. W. (1977): Ultrametamorphism and granitoid genesis. *Tectonophy.*, **43**, 7-22.
- WILLIAMS, I. S., COMPSTON, W., CHAPPELL, B. W. and SHIRAHASE, T. (1975): Rubidium-strontium age determinations on mica from a geologically contrasted, composite batholith. *J. Geol. Soc. Aust.*, **22**, 497-505.
- YANAGI, T. (1975): Rubidium-strontium model of formation of the continental crust and the granite at the island arc. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, [D], *Geology*, **22**, 37-98.