

香川県小豆島産の先新第三紀岩脈岩 8 個の化学組成

氏家 治*

Chemistry of Eight Pre-Neogene Dike Rocks from
Shodo-shima Island, Kagawa Prefecture

Osamu UJIKE

Abstract

Chemical analysis has been made on hornblende doleritic to hornblende porphyritic dike rocks in the Cretaceous granitic basement. These rocks are distinctly different in chemistry from the Neogene calc-alkaline volcanics on the same area. The doleritic rocks are high-alumina quartz tholeiitic in composition and they show a chemical trend of moderate-iron concentration grossly. An exceptional specimen probably contaminated by the wall rocks is of the calc-alkaline character.

1. はじめに

地質学・岩石学の研究において、岩脈状の半深成岩類は、ややもすると軽視されがちである。岩体が小規模でしかも岩体相互間の関係が不明な場合が多いことのほかに、深成岩的な取り扱いをするには岩体内での岩相変化があまりにも乏しいこと、また地下深部の状況を伝える情報源としての斑晶が本来の状態のまま急冷固結されていない可能性があるために、火山岩的扱いにも適していないこと、などがその主な理由であろう。しかしながら、侵食・剝削の進んだ地域においては、基盤岩中の岩脈だけが過去の火山活動を示していることがある。かりにその岩脈が当時の地表まで到達せず、火山体が形成されなかったとしても、火成作用の痕跡としての意義は変わらない。

岩脈岩の総化学組成は、一般には過去のマグマの化学的特性を保持している。そして岩脈の分布状況はその形成時のテクトニクスを反映しているであろうから、岩脈岩類の研究は、マグマの化学的性質とテクトニクスとの関係の解明という観点からも、今後より積極的に進められるべきであろう。

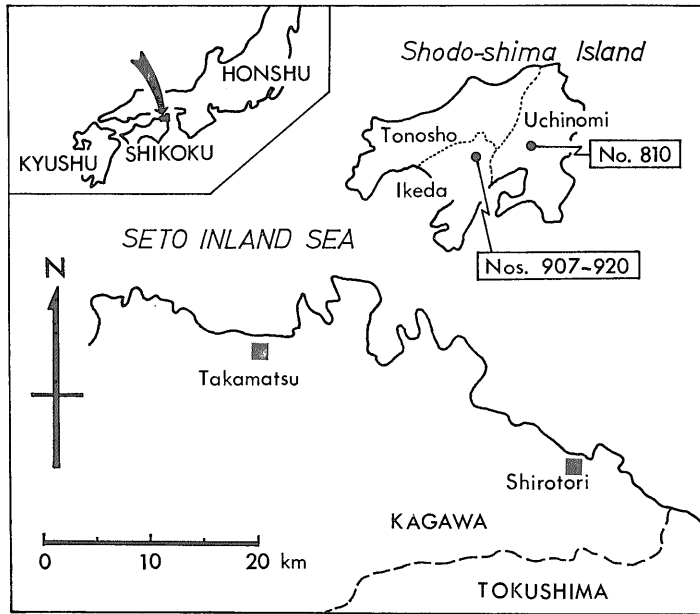
今回研究対象とした岩脈性半深成岩が小豆島に分布していることは佐藤(1936)によって初めて指摘され、「煌斑岩(スペナルト岩)」および「角閃斑岩」として記載されている。この種の岩脈状岩石は小豆島の南南東約 30

km の香川県白鳥町付近(第 1 図参照)にも多数分布しており、現在までに行われた岩石学的研究はもっぱら後者に限られている。おそらく、後者における方が岩脈状岩石の数が多く、しかも海岸沿いに存在しているために露出状況が良好で注目を集めやすいという原因からであろう。ちなみに、後者の岩脈状岩石は、ランプロファイア岩脈として天然記念物に指定されている。この白鳥町付近の岩脈状岩石に対しては、相対立する 2 種の成因説がこれまでに述べられている。すなわち佐藤(1936)および河野・岸田(1940)が白亜紀の花崗岩類¹⁾を貫く火成岩脈としてこれらを記載したのに対し、平山(1951)は花崗岩類の生成以前に存在していた輝緑岩などが交代作用を受けた結果として生じた岩石であると考えた。筆者はこれら岩脈状岩類についての研究にとりかかったばかりなので断定的なことはいえないが、基本的には、これらの岩石は火成岩として取扱われるべきものと判断している(氏家、公表準備中)。

近年の観光開発により多数の自動車道が作られ、それに伴って小豆島でも半深成岩岩脈の産状の観察に適した露頭が現われた。そしてこの種の露頭からかなり新鮮な

1) 当地域を含め四国内帯の深成岩類に言及する時は、それが領家帯に属するのか広島帯に属するのかを明記しさらに岩質についても述べるのが一般には望ましいが、深成岩類そのものは本報告の目的と無関係でありまた不要な煩雑さを避けるためもあり、以下の文中では(白亜紀の)花崗岩類として当地域の深成岩類を一括する。斎藤ほか(1962)に従えば、試料採取地付近の深成岩は“後期白亜紀の黒雲母花崗岩”すなわち広島帯の深成岩であり、白鳥町付近の深成岩は“領家帯の黒雲母花崗岩”とされている。

* 四国出張所



第 1 図 試料採取位置図

Localities of specimens. Nos. 907-920: Road-cuts between Maruyama and Kaitaku, Ikeda Cho. No. 810: A valley 1.45 km distant from the end of the "Blue Line", Uchinomi Cho.

岩石試料を入手したのでその化学分析を行った。今回は、岩脈状岩類のうちで暗色のものすなわち苦鉄質ないしやや珪長質な岩石に限ってその全岩化学組成を報告し、併せて試料の産状と鏡下での観察結果を略述する。

謝 辞

四国通商産業局鉱山部鉱業課の高橋 治・熊谷忠一の両氏には、化学分析に際して、振動ミルと分光光度計使用の便宜をはかっていただいた。また Na_2O および K_2O は東北大学理学部岩鉱教室の大貫 仁助教授と国立科学博物館地学研究部の千葉とき子博士に原子吸光法により定量していただいた。ここに記して深く感謝する。

2. 岩脈の産状

化学分析を行った岩石は、白亜紀の花崗岩類を切る岩脈として香川県の小豆島に分布している(第 1 図)。これら岩脈と次に述べる新第三紀の火山岩類との関係は、野外では不明であるが、少なくともこの岩脈が火山岩類にも貫入している例は認められない。この岩脈岩類はすべて完晶質であり、そこに含まれる苦鉄質珪酸塩鉱物の大部分は含水鉱物である。

同一地域には、新第三紀中新世および鮮新世に噴出した(YAMAGUCHI, 1958)瀬戸内火山岩石区岩類が分布

し、この噴火活動に関連した岩脈も幾つか存在しているが、その構成岩石は記載岩石学的に噴出岩類とまったく同一である。すなわちその石基部分が非顕晶質かつ半晶質で、鏡下において常に流理が認められ、初生石基鉱物はすべて無水鉱物である。故にこれら 2 種の岩脈岩は鏡下で容易に識別できる。本報告では新第三紀の岩脈岩についてこれ以上ふれない。

試料番号 900 番台の試料は、池田町丸山から開拓に至る道路沿いに走向 $\text{N}20^\circ\text{W}-\text{N}15^\circ\text{E}$ で垂直 $\sim 70^\circ$ 東落ちの傾斜を示す、ほぼ平行に散在する岩脈群から採取した。なおこの道路沿い約 4 km の間に存在する岩脈 18 本の平均走向は、 $\text{N}3^\circ\text{W}$ で平均傾斜は 80° 東落ちである。試料 810 は、寒霞溪山頂—内海町猪之谷間の有料自動車道ブルーライン沿いで終点から約 1.45 km 手前の沢(箕ノ川上流)の中に走向 $\text{N}20^\circ\text{W} \cdot 70^\circ$ 東落ちで存在している岩脈の岩石である。

これら岩脈は黒色ないし暗緑色で堅硬であるが、風化の進んだ部分は黄緑色ないし灰緑色を呈しきわめて軟弱となっている。岩脈の幅は 20 cm-5 m ほどで、その長さは 10 m 以上である。周囲の灰白色粗粒の花崗岩類との接触部には幅 2 cm ほどの急冷周縁相が生じており、花崗岩類の固結冷却後に岩脈が貫入したことを示している。両者の境界は一般にきわめて直線的で、あたかもマ

グマが既存岩石の割れ目を満たしたかのように見える。ただし番号 916 の岩脈は花崗岩類との境界が不規則曲線的で激しく枝分かれしており、また花崗岩質岩塊を取り込みあるいは周囲の岩石中への浸み込みが見られるなど、他の岩脈と産状が異なっている。

3. 岩石の記載

岩脈岩はすべて斑状・完晶質である。急冷周縁部においては花崗岩類との接触面と平行な流理が時おり認められる。そして鏡下での鉱物の同定が困難なほどに細粒なことも稀ではないが、初生鉱物の種類は岩脈内の徐冷部におけると同じである。ただし周縁部では岩脈内部に比べて斑晶の量が少なく、また斑晶自体が相対的に小型でむしろ微斑晶と呼ぶのがふさわしい状態のことが多い。すなわち通常は、接触面から岩脈の中心に向けて石基鉱物のみならず斑晶も粒度が単調に増大している。斑晶量は、分析した試料中では 25 vol % 以下である。

野外での産状が特異な試料 916 は、一枚の薄片内においても粒度・色指数の分布が非常に不規則に変化し、鏡下の性状も他の試料と異なっている。このように岩石が不均質なことは、岩脈の貫入後に花崗岩質の壁岩を同化したことを示唆しているのかもしれない。

斑晶として、ふつう 3 mm 以下の卓状斜長石が最も多量に、次いで時に長さが 5 mm を超える柱状の角閃石が多く含まれている。半自形角閃石斑晶が自形斜長石粒をポイキリティックに包有していることがあるが、この逆の関係はまれで、しかもそのような場合には、角閃石が含まれるのは斜長石結晶の周縁部に限られている。苦鉄質岩石中には単斜輝石斑晶も認められるが、分析した試料に限って言えば、単斜輝石はすべてウラライト化している。やや珩長質な試料 810 中では鉄鉱 (イルメナイト?) も斑晶として存在する。斜長石は正の累帯をしており、結晶の中心部はおおむねバイトウナイト質であるが、結晶外縁部で急激に An 成分が減少してオリゴクレイ質の狭いリムが成長していることが多い。角閃石は一般に結晶内部から外部に向けて z 軸の軸色が褐色から濃緑色に移過し、同時に消光角がやや増大する。斜長石・角閃石ともに反復累帯を示すことがある。

角閃石斑晶の周縁部には、明らかに不連続的に屈折率が低くごく淡い緑色のアクチノ閃石質角閃石が生じていることがある。濃緑色角閃石からアクチノ閃石質の部分にかけて劈開や結晶外形などが連続していることが多く、两部分はひき続いて成長したように見える。

石基を構成する初生鉱物は、主として自形ないし半自形の斜長石と角閃石、半自形ないし他形の黒雲母と鉄

鉱、充てん的な石英および少量のアルカリ長石・燐灰石とジルコンである。サブオフィティック状の組織が見られることがあるが、その場合に斜長石結晶の間を充たしているのは主にウラライトであり、緑泥石などの変質二次鉱物を伴っている。

ゼノクリストとして少量の石英が含まれることがあり、その周囲にはやや厚いウラライトの縁どりが認められる。たぶんマグマと石英の反応により単斜輝石粒を主体とする反応縁が生じていたのだろう。

岩脈の内部には、まれに細脈状に緑簾石が生じていることがある。

以上の記載から明らかのように、筆者の検鏡した限りではいわゆる教科書的な煌斑岩 (ランプロファイア、あるいは狭義にはスペサルタイト) の岩脈は存在せず、岩脈岩のうちで苦鉄質のものは角閃石粗粒玄武岩であり、やや珩長質のものは角閃石珩岩である。

ここで注目すべきは、特に苦鉄質な岩石を除けば、輝石よりも角閃石の方がより多量に斑晶として存在していること、および急冷相でも完晶質であり、石基鉱物として輝石を欠き代わりに角閃石が晶出している点である。この事実から、マグマは本質的にやや多量の水を含んでおり、しかも地下のやや深い位置で固化したことが推定できる。瀬戸内岩石区の火山活動に由来する岩脈岩が半晶質なことを考慮すると、これら分析を行った岩脈岩は、当地域の基盤花崗岩類の侵食・削剝が新第三紀におけるほどに進行する以前に貫入・固化したものと思われる。つまり問題としている岩脈は、先新第三紀における、やや水分に富んだマグマの活動の痕跡と考えられる。

4. 岩石の化学組成

通常の湿式化学分析法による岩石の分析結果をその CIPW ノルム組成と共に第 1 表に示す。SiO₂ は 49.2-59.2 wt % の間にあり、常にノルム石英が算出され、岩脈岩の化学組成は、火山岩でいえば玄武岩から安山岩にわたる組成範囲にある。すべての試料が Al₂O₃ にかなり富んでおり (16.6-18.9 wt %), KUNO (1960) の Al₂O₃-(Na₂O+K₂O)-SiO₂ 図による区分に従えば、苦鉄質岩石の組成は高アルミナ玄武岩に相当する。

Na₂O+K₂O 対 SiO₂ の関係図 (第 2 図) での検討では、岩脈岩はすべてハワイのアルカリ岩類とソレイライト系列岩類の境界線 (MACDONALD and KATSURA, 1964) よりもアルカリに乏しい側にプロットされ、これらが少なくとも非アルカリ岩であることが示される。これは、モードおよびノルム組成に常に石英が含まれることと調和的である。

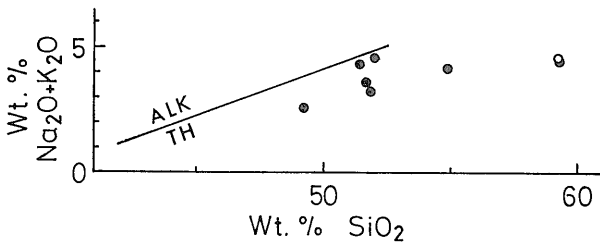
第1表 岩脈岩の化学組成 (wt %)
Chemical compositions (in wt. %) of dike rocks.

	920	918	917	911	907	915	810	916
SiO ₂	49.19	51.38	51.57	51.84	51.99	54.86	59.18	59.20
TiO ₂	1.02	1.01	1.08	1.19	1.34	1.19	1.10	0.86
Al ₂ O ₃	18.94	18.53	18.10	18.54	17.57	17.73	17.30	16.55
Fe ₂ O ₃	1.51	1.22	1.31	1.19	1.90	1.52	0.72	1.53
FeO	7.18	7.75	7.67	8.03	7.77	7.15	6.82	5.56
MnO	0.19	0.25	0.22	0.19	0.18	0.17	0.14	0.14
MgO	6.36	5.13	4.66	4.42	4.08	3.61	1.31	3.09
CaO	10.56	8.30	8.25	9.66	8.77	7.52	6.86	6.45
Na ₂ O	1.84	2.74	2.55	2.38	3.47	3.12	3.26	2.81
K ₂ O	0.70	1.50	1.01	0.76	1.15	1.04	1.29	1.91
H ₂ O+	2.14	2.12	2.44	1.66	1.57	2.10	1.35	1.32
H ₂ O-	0.23	0.30	0.57	0.09	0.16	0.24	0.01	0.19
P ₂ O ₅	0.21	0.20	0.20	0.18	0.30	0.20	0.31	0.22
Total	100.07	100.43	99.63	100.13	100.25	100.45	99.65	99.83
$\frac{\Sigma FeO}{MgO}$	1.34	1.73	1.90	2.06	2.32	2.36	5.70	2.25
SI	36.5	28.2	27.3	26.5	22.4	22.2	9.8	20.9

CIPW norms

Q	1.58	0.69	4.55	4.74	1.18	8.20	15.49	15.00
Or	4.11	8.84	5.95	4.50	6.78	6.12	7.62	11.29
Ab	15.56	23.16	21.54	20.12	29.34	26.36	27.56	23.74
An	41.34	33.16	34.97	37.64	28.97	31.30	28.75	26.91
Wo	4.01	2.51	1.93	3.78	5.24	1.95	1.35	1.50
En	15.77	12.72	11.56	10.96	10.12	8.95	3.25	7.66
Fs	10.60	12.04	11.64	12.16	10.82	10.23	10.38	7.79
Il	1.95	1.92	2.05	2.26	2.55	2.26	2.10	1.64
Mt	2.20	1.76	1.90	1.74	2.76	2.20	1.04	2.23
Ap	0.50	0.47	0.47	0.44	0.71	0.47	0.74	0.54

Analyst: O. UJIKE, except for Na₂O and K₂O determined by T. TIBA (Nos. 907-920) and H. ONUKI (No. 810). Nos. 907, 911, 917, 918 and 920 are hornblende dolerites and Nos. 915, 916 and 810 are hornblende porphyries (see text and Fig. 1 for localities). ΣFeO : Total iron as FeO. SI: 100×MgO/(MgO+ ΣFeO +Na₂O+K₂O), solidification index.



第2図 岩脈岩の (Na₂O+K₂O)-SiO₂ 図

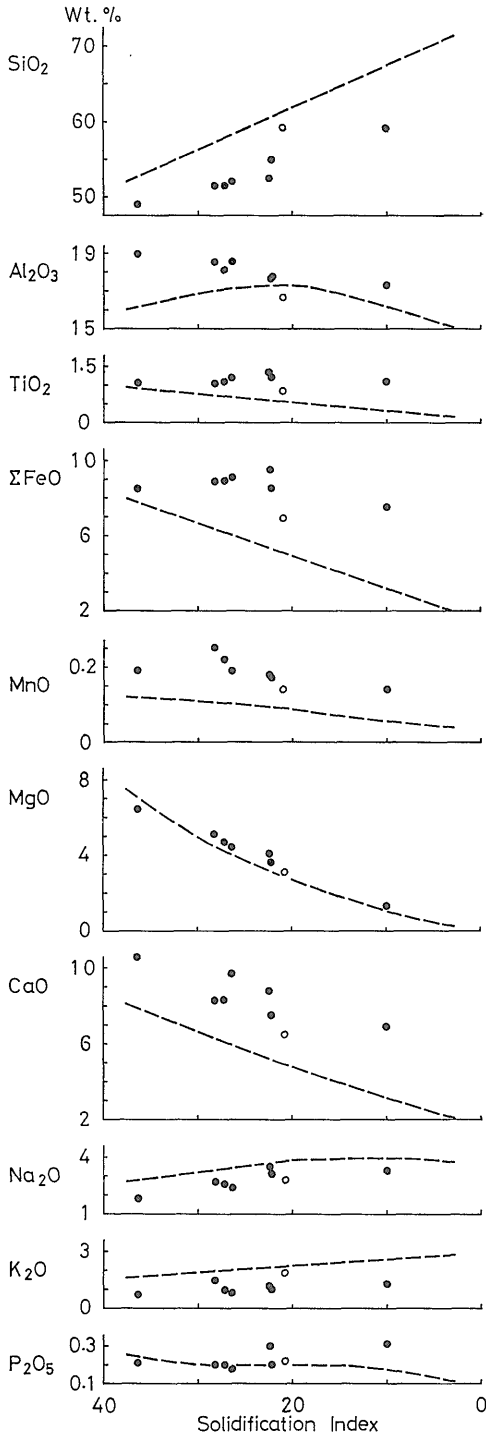
Na₂O+K₂O versus SiO₂ diagram for dike rocks. Diagonal curve: A boundary between fields of Hawaiian tholeiitic (TH) and alkalic (ALK) rocks after MACDONALD and KATSURA (1964). Open circle: Specimen 916 of an unusual occurrence (see text).

横軸に固化指数 (Solidification Index; KUNO ほか, 1957²⁾) を用いた変化図に各酸化物の値をプロットするとおおむね滑らかな曲線を描く (第3図) ので, 岩脈の

2) ただし KUNO ほか (1957) の原著とは異なり, FeO+Fe₂O₃ の代りに全鉄を FeO に換算した値を用いてある。

産状の共通性も考慮すると, これらの岩石は成因的に関連した一連のマグマの固結物として取扱えよう。ただし前述の産状および鏡下での性状の特異な岩石 (試料 916, 図中の白丸) は, 相対的に SiO₂ に富み全 FeO に乏しいなど, 化学組成も他の岩脈岩と少し異なっており, 混成同化作用を多少ともこうむっているように思われる。

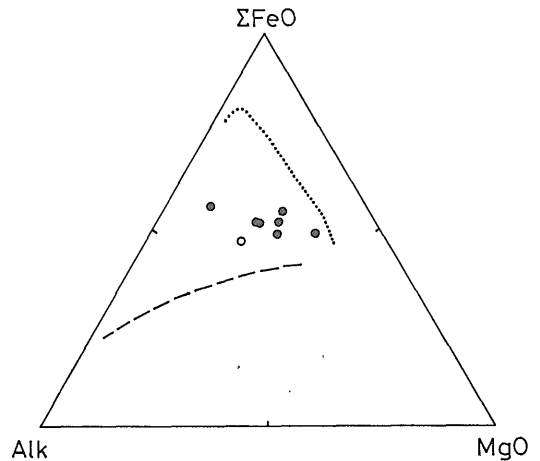
第3図には, 同一地域産の瀬戸内岩石区に属する新第三紀カルク・アルカリ岩系火山岩類の全岩化学組成の平均変化曲線 (UJIKE, 1972) を比較のために破線で描いてある。岩脈状半深成岩類の化学組成が新第三紀のカルク・アルカリ火山岩類と異なっていること, およびその組成変化のしかたも違っていることが一目瞭然である。固化指数の値が同じ場合には, 岩脈岩の方が SiO₂・Na₂O・K₂O に乏しく, Al₂O₃・TiO₂・全 FeO・MnO・CaO に富んでいる。組成変化のしかたについて見れば, 固化指数の減少につれて, Al₂O₃ の量が単調に減少した P₂O₅ の量がやや増



第 3 図 岩脈岩の成分変化図

Oxides versus solidification index diagrams for dike rocks. Solidification index: $100 \times \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{total FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. Broken lines: Average trends of Neogene calc-alkaline volcanic rocks of the same area after UJIKE (1972). Symbols as in Fig. 2.

大する傾向にある点が、火山岩類と違っている。さらに注目すべきは、 $\text{TiO}_2 \cdot \text{全 FeO} \cdot \text{MnO}$ 含有量が単調な変化を示さず、固化指数の減少につれてわずかながら一旦増大したのちにやや減少している点である。すなわちこれらの岩石の化学組成は、固化指数が 20-30 のあたりで鉄分が濃集するソレイイト系列の変化曲線を形成しそうである。

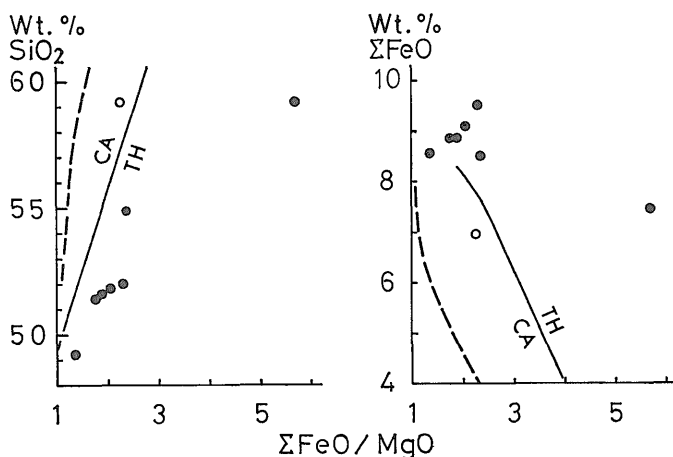


第 4 図 岩脈岩の全 FeO-MgO-($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 図

$\Sigma\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Alk}(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diagram for dike rocks. Dotted line: Liquid line of descent of Skaergaard intrusion after WAGER (1960). Other symbols as in Fig. 3.

全 FeO-MgO-($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 図 (第 4 図) において、岩脈岩類の組成は、全体的に鉄分に富みわずかに左上がりのトレンドを描き、これはソレイイト系列の初期から中期にかけての液相変化曲線に似ている。ただしスケルガード貫入岩体 (WAGER, 1960) の典型的なソレイイト系列の液相変化曲線 (図中の点線) ほどに著しい鉄分の濃集は認められない。しかしながら、岩脈岩類のトレンドが新第三紀の火山岩類の平均組成変化 (図中の破線) と異なっていることは明らかであり、従ってカルク・アルカリ岩のトレンドでないことも明白である。図中に白丸で表わされている試料 916 は、他の岩石に比べてアルカリの頂点寄りにずれてプロットされ、カルク・アルカリ岩の組成である。

ソレイイト系列とカルク・アルカリ系列の区分をより定量的に行う目的で、MIYASHIRO (1974) は全 FeO/MgO 対 SiO_2 および全 FeO/MgO 対全 FeO 図を用いることを提唱した。第 5 図として、これらの図に今回の分析結果を記入して示す。結論的にいえば、通常の岩脈岩はソレイイト系列の領域に、そして同化作用をこう



第5図 岩脈群の SiO_2 - $\Sigma\text{FeO}/\text{MgO}$ および全 FeO -全 FeO/MgO 図
 SiO_2 versus $\Sigma\text{FeO}/\text{MgO}$ and ΣFeO versus $\Sigma\text{FeO}/\text{MgO}$ diagrams for dike rocks. Solid curves: Boundaries between fields of general calc-alkaline (CA) and tholeiitic (TH) rocks after MIYASHIRO (1974). Other symbols as in Fig. 3.

むったらしい岩石 (試料 916, 図中の白丸) は他から離れてカルク・アルカリ岩系列の領域にプロットされている。

PEARCE ほか (1975) の提唱した TiO_2 - K_2O - P_2O_5 関係図では, これら岩脈岩類は非海洋型玄武岩の領域にプロットされる。ただし花崗岩質の基盤岩を貫く産状から当然予想されるとおりの結果なので, ここに図示はしていない。

5. 結 論

野外における産状, 鏡下での観察結果および化学組成に関する知見を総合すると, 問題の岩脈から次のような火成活動が描き出せる。白亜紀以後, 先新第三紀のある時期に, やや水分に富んだ高アルミナ石英ソレイアイト質マグマが当地域下で生じて上昇し, 花崗岩類中に貫入し, 角閃石粗粒玄武岩ないし角閃石玢岩の岩脈として固結した。このマグマは, 貫入時にすでにソレイアイト系列の組成変化が生じており, その化学組成は新第三紀に同地に噴出したカルク・アルカリ岩質のマグマと明らかに異なっている。

文 献

平山 健 (1951) 香川県白鳥本町付近の所謂スペッサルタイト及び文象斑岩について。地質調査所月報, no. 141, 9 p.
 河野義礼・岸田孝蔵 (1940) 香川県白鳥本町付近の

岩脈群を成すスペッサルト岩及び文象斑岩に就て。岩鉱, vol. 23, p. 165-178.
 KUNO, H. (1960) High-alumina basalt. *Jour. Petrol.*, vol. 1, p. 121-145.
 ———, YAMASAKI, K., IIDA, C. and NAGASHIMA, K. (1957) Differentiation of Hawaiian magmas. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, vol. 28, p. 179-218.
 MACDONALD, G. A. and KATSURA, T. (1964) Chemical composition of Hawaiian lavas. *Jour. Petrol.*, vol. 5, p. 82-133.
 MIYASHIRO, A. (1974) Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Jour. Sci.*, vol. 274, p. 321-355.
 PEARCE, T. H., GORMAN, B. E. and BIRKETT, T. C. (1975) The TiO_2 - K_2O - P_2O_5 diagram: A method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts. *Earth Planet. Sci. Letters*, vol. 24, p. 419-426.
 斉藤 実・坂東祐司・馬場幸秋 (1962) 10万分の1地質図幅「香川県地質図」および同説明書。75 p., 内場地下工業, 高松。
 佐藤源郎 (1936) 7万5千分の1地質図幅「高松」および同説明書。56 p., 地質調査所。
 UJIKE, O. (1972) Petrology of Tertiary calc-

- alkaline volcanic rock suite from north-eastern Shikoku and Shodo-shima Island, Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ.*, ser. 3, vol. 11, p. 159-201.
- YAMAGUCHI, M. (1958) Petrography of the Otozan flow on Shodoshima Island, Seto-uchi Inland Sea, Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ.*, ser. D, vol. 6, p. 217-238.
- WAGER, L. R. (1960) The major element variation of the layered series of the Skaergaard intrusion and a re-estimation of the average composition of the hidden layered series and of the successive residual magmas. *Jour. Petrol.*, vol. 1, p. 364-398.

(受付: 1976年7月19日; 受理: 1976年11月22日)