徳島県剣山地方みかぶ緑色岩類の岩石学的研究*

森 清 寿 朗**

Petrological study on the Mikabu green rocks from the Kenzan district,
Tokushima Prefecture.

Toshiro MORIKIYO**

Abstract In the northern part of the Kenzan district, the Mikabu green rocks are exposed as a narrow zone between the Sanbagawa zone and the Chichibu zone. The Mikabu green rocks, which are composed mainly of basaltic lavas, gabbros, ultramafic rocks and hyaloclastites, are considered to be the products in relation to the geosynclinal volcanism. Although these rocks have suffered pumpellyite-actinolite facies metamorphism, primary minerals such as clinopyroxene and hornblende have been preserved.

Chemical analyses of the relic minerals and whole rocks were performed by electron microprobe and the wet method. Magma types of these igneous rocks have been discussed on the basis of these analyses. There are two types of rocks, alkaline and non-alkaline (olivine tholeiitic).

The remarkable difference between the basalts and the gabbros has been recognized in their bulk chemical compositions with respect to the TiO_2 content and FeO/MgO ratio. It can be attributed to that the gabbros may be cumulus phases of the basaltic magma.

はじめに

近年, 古生代~中生代の地向斜火成活動によって生成された塩基性岩類の研究が著しく進展している. その研究の目的の 1 つは, 変成作用をうけ, 再結晶しているそれらの岩石の原岩の岩石学的性質を明らかにすることである. 一方, 現在の各種の岩石区 (海嶺, 海洋島や島弧など) から産する火山岩類には, それぞれ異なった化学的特徴があることが知られてきた. そのことから, 緑色岩類の岩石化学的性質と, 現在の各種の岩石区の火山岩類のそれとを比較して, 緑色岩類の生成した環境を推定する研究もおこなわれている (SUGISAKI *et al.*, 1972; BARRON, 1976; HYNES, 1976 など).

筆者は徳島県剣山北部に分布するみかぶ緑色岩類について, 原岩の岩石学的性質を明らかにするために研究をすすめてきた. まだ, 今後の研究に残された問題が多い

が, 今までに得られたいくつかの事実を報告して, 今後のみかぶ緑色岩の研究の一助としたい.

本研究をすすめるにあたり, 前東京教育大学牛来正夫先生, 岡山大学温泉研究所田崎耕市先生には終始御指導いただいた. 信州大学黒田吉益先生には草稿を読んでいただき種々の御助言をいただいた. 猪俣道也博士および城南高校加治敦治氏には, みかぶ帯の地質について多くの御教示と御援助をいただいた. 信州大学藤田敬氏には図の清書をしていただいた. 以上の方々に厚く感謝する. なお, 研究の一部に文部省科学研究費を使用した.

地質の概略

剣山地方のみかぶ帯は, 南北約 2 km の幅で, 東北東から西南西に帯状に分布する (第 1 図). みかぶ帯は主に塊状溶岩とハイアロクラスティック・シルトストーン***からなり, チャートの薄層を有する. はんれい岩質岩・超塩基性岩も出現する. チャートおよびハイアロクラス

1979 年 3 月 30 日 受理

* 日本地質学会第 85 年学術大会 (清水) にて講演.

** 信州大学理学部地質学教室. Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto, 390 Japan.

*** 従来, 凝灰岩とよばれていたものであるが, 河内ほか (1976) にしたがって, 上記のように記述する.

第1図 剣山北部みかぶ帯付近の地質図。

タイトの傾斜は局部的には乱れるが、ほとんど北傾斜(60°前後)を示していて、みかけ上南部が下位の単斜構造を示す。秩父帯の砂岩泥岩互層も北傾斜である。調査地域のほぼ中央の黒松谷にそって、南北にのびる断層が推定され、これを境にして走向が大きく変わっている。

みかぶ帯の北に分布する三波川帯は主として泥質片岩からなるが、調査地域の北部法正谷付近に、東西にのびる背斜構造があり、その軸部にみかぶ緑色岩類に類似した塩基性片岩が露出している。三波川帯とみかぶ帯とは断層関係にあり、断層付近の泥質片岩およびみかぶ緑色岩類は破碎されている。

秩父帯はみかぶ帯の南方に分布し、断層でみかぶ帯と接している。みかぶ帯のすぐ南側に分布する秩父帯の岩石は、赤紫色と濃緑色の特徴的な色調のハイアロクラスティック・シルトストーンおよびそれらの薄層を縞状に有するチャートである。さらに南方では、チャートおよびグレイワック質砂岩と泥岩の互層が卓越するようになる。三波川帯・みかぶ帯・秩父帯は当地域ではいずれも断層で境されているため、この3帯の層序的關係を明らかにすることはできない。

前述のように、みかぶ帯は主として塊状溶岩とハイアロクラスタイトからなるが、枕状構造をもつ溶岩やピロープレッチャは少ない。はんれい岩は小岩体として点在するほか、みかぶ帯の南縁部に東西によく連続する比較的大きな岩床状岩体として産出する。泥質岩は、黒松谷断層の西側の地域にうすく分布するが、東側の地域では

ほとんど存在しない。チャートの薄層も各所で認められるが、連続性はきわめて悪い。超塩基性岩は、幅数mの小岩体として数ヶ所で認められる。岩質は角閃石を含んだウェールライトであり、ハルツバーチャイトのテクトナイトは認められない。チャート・枕状溶岩・はんれい岩・超塩基性岩がそれぞれ特定の層準に露出するということはみられない。

岩石の記載

みかぶ帯の火成岩類は、三波川変成作用をうけているため、パンペリー石—アクチノ閃石相を示す鉱物組合せに再結晶しており、原岩の組織や初生鉱物を正しく知るのは困難である。玄武岩質溶岩やハイアロクラスタイトに普通に認められる変成鉱物は、緑れん石・曹長石・緑泥石・アクチノ閃石・絹雲母・スフェン・不透明鉱物であり、アルカリ角閃石やパンペリー石は一部の岩石にのみ認められる。また、三波川帯との境界に近い玄武岩中には、スティルプノメレンを多量にふくむ岩石が認められる。はんれい岩中の変成鉱物は、緑れん石・曹長石・緑泥石・アクチノ閃石・絹雲母・スフェン・不透明鉱物であり、玄武岩質溶岩やハイアロクラスタイトと異なってパンペリー石が普通に産出する。

(1) 玄武岩

ほとんどすべての玄武岩は溶岩流と考えられ、塊状溶岩が多い。塊状溶岩では斑晶～微斑晶単斜輝石は残存している場合が多いが、斜長石は曹長石や緑れん石からな

る拍子木状の仮像として認められるだけである。単斜輝石は砂時計構造を示すものが多い。単斜輝石の結晶の一部または全部がエジル輝石になっているものもある。チタン輝石は数ヶ所の玄武岩から認められた。枕状溶岩は、石基が樹枝状の急冷単斜輝石からなり、斑晶としてかんらん石と斜長石（両者とも仮像）が認められる。しばしば微小な自形のクロムスピネルの残晶がかんらん石の内部や石基に産出する。確認できる玄武岩類の斑晶組合せは、かんらん石+斜長石、単斜輝石、単斜輝石+斜長石である。

(2) はんれい岩

はんれい岩には、前述のように、チャート中にうすい岩床として貫入している小岩体と南縁部の比較的大きな岩床状岩体とがある。一般に粗粒であるが、岩体の周辺部にむかって著しく細粒となるものもある。そのような岩体では、単斜輝石の累帯構造も著しい。残存鉱物は単斜輝石で、斜方輝石や転移したビジョン輝石は発見されていない。角閃石は少量ふくまれることがあり、ふつうは褐色であるが、緑色であることもある。火成起源と思われるスフェン* が認められることもある。エジル輝石は単斜輝石の縁やわれ目にそって、また単斜輝石が曹長石脈に接する部分に生成しているが、その産状からみて火成起源のものではなく、変成時に生成したものと考えられる。

(3) ピクライト質角閃石はんれい岩

この岩石は小さな岩脈状岩体として産出し、後で述べるように全岩化学組成が MgO に富んでいることで、前述のはんれい岩から区別される。残存鉱物は褐色角閃石と単斜輝石であり、変成鉱物の緑泥石と透角閃石がたいへん多い。また、アルカリ角閃石が生成している。曹長石・石英は認められない。

(4) ウェールライト

ウェールライトはレンズ状の小岩体として産出する。蛇紋石化が著しく、かんらん石は残存していないが、単斜輝石・褐色角閃石・雲母（かなり緑泥石化している）が認められる。単斜輝石や角閃石は不規則な大型の結晶で、丸いかんらん石の結晶を包有している。

残存鉱物の化学組成

剣山地域のみかぶ緑色岩類に残存する鉱物は、玄武岩では単斜輝石・クロムスピネルであり、はんれい岩では単斜輝石・角閃石・スフェンなどである。それらの鉱物

* スフェンがチタン鉄鉱などの変質物である可能性もあるが、ここに記載したものは自形の結晶で、単斜輝石に透入している組織を示すものである。

第1表 残存単斜輝石の化学組成。 * $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0.09\%$, ** $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0.05\%$.

	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	061601	basalt	081602	basalt	040102	basalt	081408	basalt	081301	gabbro	081404	gabbro	082904	gabbro	081604	micro gabbro	032101	picritic hb gabbro
SiO ₂	48.75	51.35	51.28	51.30	47.42	47.58	52.37	51.22	51.85	52.03	52.34	52.40	52.29	52.92	49.42	49.53	50.93	50.88
TiO ₂	1.88	0.98	0.89	0.82	3.55	3.02	1.37	1.39	0.42	0.48	0.28	0.30	0.37	0.30	0.74	0.85	0.61	0.57
Al ₂ O ₃	6.01	4.30	3.74	3.66	6.88	5.13	4.10	4.08	4.17	3.81	2.78	2.89	2.91	1.88	4.77	4.81	4.95	5.28
FeO	7.38	5.27	4.93	4.94	10.79	12.44	8.05	8.07	6.01	6.13	5.27	5.46	7.06	6.25	8.85	9.13	5.67	5.83
MnO	0.16	0.08	0.02	0.02	0.19	0.30	0.31	0.31	0.04	0.04	0.11	0.12	0.17	0.20	0.06	0.08	0.02	0.02
MgO	13.84	15.34	15.81	15.37	10.97	10.95	16.39	16.24	16.13	16.01	15.84	15.95	15.21	15.75	13.18	13.20	14.58	14.68
CaO	21.12	21.50	22.64	22.61	19.53	18.14	17.52	17.85	20.85	21.16	22.21	22.23	21.08	22.01	21.64	21.19	22.29	21.79
Na ₂ O	0.39	0.47	0.30	0.27	0.95	1.13	0.82	0.78	0.20	0.20	0.21	0.24	0.37	0.15	0.37	0.42	0.27	0.29
Total	99.53	99.29	99.61	98.99	100.28	98.69	100.93	99.94	99.67	99.86	99.04	99.59	99.46	99.46	99.12*	99.26*	99.32	99.34
Numbers of elements on the basis of O=6																		
Si	1.813	1.895	1.891	1.902	1.782	1.827	1.904	1.888	1.905	1.911	1.937	1.931	1.937	1.957	1.863	1.865	1.885	1.881
Ti	0.053	0.027	0.025	0.023	0.100	0.087	0.037	0.039	0.012	0.013	0.008	0.008	0.010	0.008	0.021	0.024	0.017	0.016
Al	0.264	0.187	0.162	0.160	0.305	0.232	0.176	0.177	0.180	0.165	0.121	0.126	0.127	0.082	0.212	0.213	0.215	0.230
Fe	0.230	0.163	0.152	0.153	0.339	0.399	0.245	0.249	0.185	0.188	0.163	0.168	0.219	0.193	0.279	0.287	0.175	0.180
Mn	0.005	0.002	0.001	0.001	0.006	0.010	0.010	0.010	0.001	0.001	0.004	0.004	0.005	0.006	0.002	0.003	0.001	0.001
Mg	0.769	0.844	0.869	0.849	0.786	0.626	0.888	0.892	0.883	0.876	0.874	0.876	0.840	0.868	0.741	0.741	0.804	0.809
Ca	0.844	0.850	0.894	0.898	0.786	0.746	0.582	0.705	0.820	0.832	0.881	0.878	0.837	0.872	0.874	0.855	0.884	0.863
Na	0.028	0.034	0.021	0.020	0.069	0.084	0.058	0.056	0.014	0.014	0.015	0.017	0.027	0.011	0.027	0.031	0.020	0.021

第2図 単斜輝石の Ca-Mg-Fe 図.

—— 玄武岩中の単斜輝石の組成範囲, ----- はんれい岩中のもの, ピクライト質角閃石はんれい岩中のもの, LeBas (1962) によるアルカリ岩と非アルカリ岩の境界, —— (上側) 鳥羽超塩基性岩体の単斜輝石のトレンド (NAKAMURA, 1971), —— (下側) 黒内山超塩基性岩体 (田崎, 1967).

の化学分析を EPMA を用いておこなった. 使用した装置は岡山大学温泉研究所の JXA5A および信州大学理学部の JXA50A で, 補正計算は BENCE & ALBEE (1968) の方法にしたがい, α 値は NAKAMURA & KUSHIRO (1970) およびそれを取り出し角 35° に再計算したもの (日本電子・未公表) を使用した.

(1) 単斜輝石

残存単斜輝石は, 多くの場合変形したり断片になっているので, EPMA で分析する場合, 1つの結晶粒の中心部と周縁部を考慮して分析することをせず, ランダムに分析をおこなった. ただし, 砂時計構造をもつ輝石は各セクターごとに分析した. 輝石の分析結果を第1表*, 第2図に示した. 玄武岩中の斑晶~微斑晶単斜輝石は, 透輝石質普通輝石からサーラ輝石で, それは, 一例 (081408) を除き, Ca-Mg-Fe 図上で鳥羽超塩基性岩体 (NAKAMURA, 1971) 中の単斜輝石の結晶作用のトレンド上にプロットされる. はんれい岩中の単斜輝石は, 玄武岩中の輝石のトレンド上にのるものもあるが, それよりもやや Ca にとぼしく玄武岩中のものとは少し異なった結晶作用のトレンドをもつものもある.

(2) 単斜輝石から推定される原岩のマグマ系について

Ca 輝石の化学組成が母岩のマグマ系を決めるうえで有効であることは, 最初に KUSHIRO (1960) によって示され, その後も多くの研究がおこなわれた (LeBas, 1962; 丸山, 1976; 高沢・平野, 1977). 緑色岩類の研究においては, 変質による全岩化学組成の変化が考えられるために, 残存単斜輝石の化学組成から母岩のマグマ系を推定することが最も確実と思われる (橋本, 1965).

* 113 個の分析値のうちの代表例.

第3図 単斜輝石の Si-Al 図.

凡例は第2図と同じ. ---- 丸山 (1976) によるアルカリ岩と非アルカリ岩の境界.

前述のように, 玄武岩中の微斑晶単斜輝石は, 砂時計構造をしている場合が多い. そしてその化学組成は1つの結晶内の各セクターによって異なり, 丸山や LeBas の図でそれぞれちがった領域にプロットされる. このような場合や丸山の図で漸移帯にプロットされる場合は, 高沢・平野の方法を用いてマグマ系を判断した. また, 斜長石が単斜輝石と共存するかどうかで, 単斜輝石の Al_2O_3 含量が異なるといわれている (BARBERI *et al.*, 1971). 当地域の緑色岩中には, 岩石の記載の項で示したように, 斜長石は拍子木状の仮像として認められるので, 単斜輝石と共存していたと考えられる. 以上のことを考慮して, 単斜輝石の組成を丸山の図 (第3図) や LeBas の図 (第2図) にプロットして判断したマグマ系は次のとおりである.

(a) 玄武岩溶岩には, 非アルカリ岩もあるが, アルカリ岩が卓越する. このことは, 後述するように全岩化学組成で高いノルム ne をもつ岩石が多いことからもうらづけられる. 全岩化学組成がかんらん石ソレライト (YODER & TILLEY, 1962) である玄武岩の単斜輝石の組成は非アルカリ岩の領域にプロットされる.

(b) はんれい岩の場合, 全岩化学組成からはすべてに少量のノルム ne が算出されるが, 単斜輝石はアルカリ岩の性質を示すものと, 非アルカリ岩の性質を示すものがある. 非アルカリ岩の性質を示す単斜輝石にもエジル輝石が生じており, 変成時の交代作用 (WATANABE, 1975) が考えられる. つまり, はんれい岩類には, アルカリ岩系とそれに近い非アルカリ岩系の2つのタイプがあった.

(c) ピクライト質角閃石はんれい岩は, アルカリ岩系に属する.

このように, 剣山地域のみかぶ緑色岩には, アルカリ

岩質のものと非アルカリ岩質(かんらん石ソレライト質)のもの、2つのタイプが認められる。

第2表 角閃石の組成と C.I.P.W. ノルム (SP. 082904).

	1	2	C.I.P.W.norm		
SiO ₂	43.93	44.31			
TiO ₂	1.50	1.85			
Al ₂ O ₃	9.99	9.78	or	1.11	1.11
FeO	12.95	13.11	ab	10.49	9.96
MnO	0.18	0.11	an	16.41	15.30
MgO	13.67	13.38	ne	4.83	5.68
CaO	10.67	11.17	di	29.71	32.66
Na ₂ O	2.29	2.42	ol	29.99	28.21
K ₂ O	0.19	0.22	il	2.88	3.49
Total	95.37	96.35			
O=23					
Si	6.608	6.612			
Al	1.392	1.388			
Al	0.379	0.332			
Ti	0.170	0.207			
Fe	1.629	1.636			
Mn	0.022	0.014			
Mg	3.065	2.976			
Ca	1.720	1.786			
Na	0.699	0.700			
K	0.037	0.041			

第3表 クロムスピネルの化学組成 (SP. 033101).

	1	2
TiO ₂	0.45	0.43
Al ₂ O ₃	25.42	25.72
Fe ₂ O ₃	6.87	7.69
FeO	11.60	11.59
MnO	0.26	0.26
MgO	16.54	17.07
Cr ₂ O ₃	37.74	38.17
Total	98.88	100.93
O=32		
Ti	0.082	0.076
Al	7.225	7.164
Fe ⁺³	1.247	1.367
Fe ⁺²	2.339	2.290
Mn	0.053	0.052
Mg	5.943	6.010
Cr	7.196	7.132

Fe₂O₃ は O=32 として stoichiometry から計算。

(3) 角閃石

角閃石は一部のはんれい岩・ピクライト質角閃石はんれい岩およびウェルライトに産出する。はんれい岩中の角閃石は緑色であることも褐色であることもあるが、後2者は褐色角閃石である。分析した角閃石ははんれい岩中のもので、組成は第4図に示した。この角閃石は鳥羽超塩基性岩体の角閃石はんれい岩中のものとよく似ているが、やや Na に富んでいる。角閃石の組成について、C.I.P.W. ノルムを計算すると、ne が約5%算出され、SiO₂ に不飽和な性質を示している。

(4) クロムスピネル

クロムスピネルは樹枝状単斜輝石からなる急冷組織の

第4図 角閃石の Si—Alz—(Aly+Fe³⁺+Cr+2Ti) 図。

○ 剣山地域のはんれい岩中の角閃石 (Fe³⁺=0)

△ 鳥羽超塩基性岩体のはんれい岩中のもの

□ 黒内山超塩基性岩体(田崎・猪俣, 1974)のはんれい岩中のもの (Fe³⁺=0).

Tr トレモラ閃石, Ts ツェルマク閃石,

Ed エデン閃石, Pa パーガス閃石。

第5図 クロムスピネルの Fe³⁺-Al-Cr 図。

○ 剣山地域の玄武岩中のもの。1 大西洋中央海嶺 (SIGURDSSON & SCHILLING, 1976), 2 フィリピン海 (RIDLEY *et al.*, 1974), 3 大西洋底 (FREY *et al.*, 1974), 4 太平洋底 (MYERS *et al.*, 1975), 5 イースト島 (GUN *et al.*, 1970), 6 嶺岡(田崎, 1975), 7 ハワイ・キラウエア (EVANS & WRIGHT, 1972), 8 グアム(白木ほか, 1977)。—— 海嶺性ソレライト (1~3), ---- アルカリ岩 (4~6), 島弧および海洋島ソレライト。

第4表 全岩化学組成と C. I. P. W. ノルム.

	061601	081408	081602	081401	033102	081601	081402	033103	061606	081604	082904	081301	081404	032101
	basalt	basalt	basalt	basalt	basalt	basalt	basalt	basalt	hyalo-	micro-	gabbro	gabbro	gabbro	pic.hb
									clastite	gabbro				gabbro
SiO ₂	41.65	45.35	39.79	43.45	41.09	42.27	41.45	43.95	37.91	44.75	46.05	47.55	47.46	40.99
TiO ₂	2.79	2.47	2.59	2.79	2.57	2.47	2.54	2.74	3.11	0.77	0.85	0.79	0.82	1.05
Al ₂ O ₃	15.33	15.37	17.07	17.25	14.40	16.44	16.41	14.84	16.56	16.36	15.20	16.57	15.49	12.27
Fe ₂ O ₃	8.86	8.94	9.58	5.36	10.41	8.35	7.44	8.60	10.60	3.69	3.12	2.76	4.41	2.59
FeO	5.16	4.33	5.10	7.21	4.81	5.60	6.44	5.48	6.40	7.60	7.37	7.25	5.32	9.61
MnO	0.17	0.16	0.20	0.15	0.21	0.16	0.18	0.19	0.22	0.19	0.16	0.15	0.15	0.12
MgO	6.83	6.53	6.39	7.47	7.33	6.94	6.92	6.91	5.59	10.00	8.01	7.25	9.27	16.17
CaO	10.55	11.73	13.49	9.43	14.43	11.88	11.03	11.01	14.09	10.42	12.90	10.09	8.89	11.25
Na ₂ O	2.22	2.42	1.88	3.07	2.17	3.04	2.29	2.76	2.12	2.40	2.26	3.59	3.48	1.27
K ₂ O	0.61	0.24	0.64	0.31	0.16	0.27	1.00	0.44	0.40	0.14	0.48	0.33	0.53	0.15
H ₂ O(+)	4.32	2.82	3.47	3.54	3.15	3.32	3.75	2.88	3.39	3.91	3.29	3.21	3.98	5.19
H ₂ O(-)	0.93	0.11	0.26	0.12	0.12	0.12	0.14	0.14	0.12	0.13	0.17	0.18	0.11	0.18
P ₂ O ₅	0.04	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	0.05
Total	99.46	100.47	100.48	100.15	100.85	100.85	99.72	99.94	100.51	100.36	99.90	99.72	99.91	100.89
or	3.90	1.67	3.90	1.67	1.11	1.67	6.12	2.78	1.27*	1.11	2.78	2.23	3.34	1.11
ab	17.30	20.97	2.10	23.59	4.19	12.58	10.49	20.45	-	20.71	17.30	27.79	28.84	3.67
an	32.26	31.15	37.83	33.93	30.04	31.43	33.10	27.81	35.88	34.77	31.15	29.20	26.15	28.65
ne	1.42	-	7.67	1.70	7.95	7.39	5.40	1.99	9.94	0.14	1.42	1.99	1.14	3.98
di	19.22	23.53	25.88	11.92	35.57	23.74	19.68	23.28	30.25	15.26	28.60	18.51	16.09	23.86
hy	-	4.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ol	14.08	7.66	11.02	16.16	9.67	12.18	13.94	12.15	9.05	21.49	12.30	14.68	18.34	32.64
mt	6.25	5.79	6.48	5.56	6.48	6.02	6.25	6.25	7.41	5.09	4.63	4.17	4.40	3.94
il	5.61	4.86	5.16	5.46	5.01	4.86	5.01	5.46	6.07	1.52	1.67	1.52	1.67	2.12

C. I. P. W. ノルムは、当地域のはんれい岩の代表的な (3 個の平均) Fe₂O₃/FeO 値である 0.43 に、2 価と 3 価の鉄の比をそろえ、かつ総和が 100% になるように計算した値である。

* カリオフィライト。

発達した溶岩のなかにもみ残存する。それは自形の微晶として石基や斑晶かんらん石中に包有されて産出する。クロムスピネルの化学組成を第3表と、第5図に示したが、海嶺性ソレイト中のクロムスピネルときわめて似た組成をもっている。このことは、みかぶ緑色岩の原岩の化学的性質を推定するうえで、注目すべきことと思われる。

全岩化学組成

緑色岩類の全岩化学組成を第4表に示した。分析には方解石や緑れん石の脈のない試料を用い、分析方法は Al₂O₃ をのぞいて杉崎・田中 (1971) にしたがった。Al₂O₃ は、R₂O₃ として重量法で求めたものから Fe₂O₃ と TiO₂, Mn₂O₄ をひいて求めた。これらの岩石の化学組成には次のような特徴がある。

(a) Fe₂O₃/FeO 値は、玄武岩類ではたいへん高いが (Fe₂O₃ > FeO), はんれい岩類では低い。

(b) 玄武岩類の SiO₂ 値は低く、ノルム ne が数% 算出される。ハイアロクラスタイトの SiO₂ 値は玄武岩よりも低い。

(c) TiO₂ 値および FeO*/MgO 値は玄武岩とはん

* FeO+0.9 Fe₂O₃

第6図 緑色岩の SiO₂-Fe₂O₃/FeO 図。

○ 玄武岩・ハイアロクラスタイト

● はんれい岩

ピクライト質角閃石はんれい岩は除外してある。

れい岩類では顕著な差が認められる。すなわち、玄武岩類は比較的高く、はんれい岩類は低い。

(1) 二次的な全岩組成の変化について

当地域の緑色岩にも、他地域と同様に二次的に形成された石英や緑れん石の細脈が多く認められる。したがって、これらの岩石の噴出や貫入の後に、岩石の総化学組

第7図 緑色岩の TiO_2 - FeO^*/MgO 図。

○ 玄武岩, ● はんれい岩, ハイアロクラスタイトとピクライト質角閃石はんれい岩は除外してある。・ 海嶺および海洋底, ▽ 海洋島 (ハワイ) のソレアイト, ▼ 海洋島 (ハワイ) のアルカリ岩。引用データは, CARMICHAEL *et al.* (1974) および牛来 (1973) による。—— MIYASHIRO (1973, 1974) により示された海嶺性および島弧ソレアイトのトレンド, - - - - - 同じくカルクアルカリ岩のトレンド。

TH ソレアイト, CA カルクアルカリ岩。

成が変化していることは十分に考えられる。玄武岩類の高い $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 値は、海底での風化や変成作用の時の酸化の結果と思われる。その組成変化を検討するために、 SiO_2 - $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 図に分析結果をプロットしてみた (第6図)。この図から、酸化のすすんだ岩石 (玄武岩類) は低い SiO_2 値をもち、酸化の程度の小さいもの (はんれい岩類) は高い SiO_2 値をもつ傾向のあることが読みとれる。このことは、玄武岩類とハイアロクラスタイトの SiO_2 が、海底風化等による酸化の進行にともなって溶脱していき、それらの岩石が異常に高いノルムネをもつようになったことを示すものと考えられる。したがって、酸化のすすんだ緑色岩のマグマ系を全岩化学組成のみから求めることは、問題があると思われる。

(2) 玄武岩類とはんれい岩類の組成のちがいについて

第7図は、MIYASHIRO (1974) によって提唱された TiO_2 - FeO^*/MgO 図に、分析した緑色岩の化学組成を示したもので、比較のために、海嶺および海洋底、ハワイを例とした海洋島、それに島弧からの火山岩の代表的な分析値も示してある。この図からも、玄武岩類とはんれ

い岩類は異なっていることがわかる。また、当地域の玄武岩類は海嶺性ソレアイトよりやや TiO_2 に富んでいる。このような玄武岩類とはんれい岩類の全岩組成のちがいは、はんれい岩類が玄武岩質マグマの早期晶出物 (とくにかんらん石と斜長石) の集積相である可能性を示唆している。しかし、そのことを具体的に論じるには、まだ資料が不足している。

文 献

- BARBERI, F., BIZOUARD, H. and VARET, J., 1971: Nature of clinopyroxene and iron enrichment in alkali and transitional basaltic magmas. *Contr. Mineral. Petrol.*, **33**, 93—107.
- BARRON, B. J., 1976: Recognition of original volcanic suite in altered mafic volcanic rocks at Sofala, New South Wales. *Amer. Jour. Sci.*, **276**, 604—636.
- BENCE, A. E. and ALBEE, A. L., 1968: Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *Jour. Geol.*, **76**, 382—403.
- CARMICHAEL, I. S. E., TURNER, F. J. and VERHOOGEN, J., 1974: *Igneous Petrology*, 373—426. McGraw-Hill Book comp.
- EVANS, B. W. and WRIGHT, T. L., 1972: Composition of liquidus chromite from the 1959 (Kilauea Iki) and 1965 (Makaopuhi) eruptions of Kilauea volcano, Hawaii. *Amer. Mineral.*, **57**, 217—230.
- FREY, F. A., BRYAN, W. B. and THOMPSON, G., 1974: Atlantic ocean floor: geochemistry and petrology of basalts from leg 2 and 3 of Deep-Sea Drilling Project. *Jour. Geophys. Res.*, **79**, 5507—5527.
- 牛来正夫, 1973: 火成作用—その地球史における展開. 231—307, 共立出版.
- GUN, B. M., COY-YLL, R., WATKINS, N. D., ABRANSON, C. E. and NOUGIER, J., 1970: Geochemistry of an oceanite-ankaramite-basalt suite from East Island, Crozet Archipelago. *Contr. Mineral. Petrol.*, **28**, 319—339.
- 橋本光男, 1965: 緑色片岩の残留単斜輝石の組成の問題. 地質雑, **71**, 470—472.
- HYNES, A., 1976: Magmatic affinity of Ordovician volcanic rocks in northern Maine, and their tectonic significance. *Amer. Jour. Sci.*, **276**, 1208—1224.
- 河内洋佑・LANDIS, C. A.・渡辺暉夫, 1976: ハイアロクラスタイト. 地質雑, **82**, 355—366.
- KUSHIRO, I., 1960: Si-Al relations in clinopyroxenes from igneous rocks. *Amer. Jour. Sci.*, **260**, 267—288.
- LEBAS, M. J., 1962: The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parantage. *Ibid.*, **260**, 267—288.
- 丸山茂徳, 1976: 四国東部秩父帯中の沢谷緑色岩コンブ

- レックスの化学的性質. 地質雑, **82**, 183—197.
- MIYASHIRO, A., 1973: The Troodos ophiolitic complex was probably formed in island arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **19**, 218—224.
- , 1974: Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Amer. Jour. Sci.*, **274**, 321—355.
- MYERS, C. W., BENGE, A. E., PAPIKE, J. J. and AYUSO, R. A., 1975: Petrology of an alkali-olivine basalt sill from Site 169 of DSDP Leg 17: the central Pacific. *Jour. Geophys. Res.*, **80**, 807—822.
- NAKAMURA, Y., 1971: Petrology of Toba ultrabasic complex, Mie prefecture, central Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, [2], **18**, 1—51.
- and KUSHIRO, I., 1970: Compositional relations of coexistential relations of coexisting orthopyroxene, pigeonite and augite in a tholeiitic andesite from Hakone volcano. *Contr. Mineral. Petrol.*, **26**, 265—275.
- RIDLEY, I. W., RHODES, J. M., REID A. M., JAKEŠ, P., SHIH, C. and BASS, M. N., 1974: Basalts from Leg 6 of the Deep-Sea Drilling Project. *Jour. Petrol.*, **15**, 140—159.
- SIGURDSSON, H. and SCHILLING, J-G., 1976: Spinel in Mid-Atlantic Ridge basalts: chemistry and occurrence. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **29**, 7—20.
- 白木敬一・湯佐泰久・黒田 直・石岡孝吉, 1977: マリアナ島弧グアム島玄武岩のクロムスピネル. 地質雑, **83**, 49—57.
- 杉崎隆一・田中 剛, 1971: 同時処理による岩石の大量分析法と標準岩石の分析. 同上, **77**, 453—463.
- SUGISAKI, R., MIZUTANI, S., HATTORI, H., ADACHI, M. and TANAKA, T., 1972: Late paleozoic geosynclinal basalt and tectonism in the Japanese Islands. *Tectonophysics*, **14**, 35—56.
- 高沢耕一・平野英雄, 1977: Ca-輝石中の Al_2O_3 量と母岩のマグマ系との関係についての考察. 地質雑, **83**, 583—594.
- 田崎耕市, 1967: 北関東山地の超塩基性岩の単斜輝石. 岩鉱, **57**, 137—144.
- , 1975: 嶺岡帯, ピクライト玄武岩のクロムスピネル. 地質雑, **81**, 399—406.
- ・猪俣道也, 1974: 北関東山地, 単斜輝石かんらん岩の金雲母とパーガス閃石. 岡山大温泉研報告. no. 43, 1—13.
- WATANABE, T., 1975: Aegirine-augite and sodic augite from the Sambagawa and the Chichibu belts in the Oshika district, central Japan, with special reference to Na-metasomatism. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, [4], **16**, 519—532.
- YODER, H. S. Jr. and TILLEY, C. E., 1962: Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. *Jour. Petrol.*, **3**, 342—532.