

佐賀県東松浦玄武岩中のアルカリ輝石及びリーベック角閃石

石橋, 澄
福岡大学理学部地学研究室

<https://doi.org/10.15017/4495923>

出版情報：九州大学理学部研究報告．地質学．13（2），pp.209-216，1980-02-29．九州大学理学部
バージョン：
権利関係：



佐賀県東松浦玄武岩中のアルカリ輝石 及びリーベック角閃石*

石 橋 澄**

Riebeckite and alkali-pyroxene from Madara-jima island,
Saga Prefecture, Northern Kyushu

Kiyoshi ISHIBASHI

Abstract

Alkali-pyroxene and alkali-amphibole are main constituent minerals in alkali volcanic rocks. Since the minerals record the condition of magma as compositional zoning in a single crystal or as different paragenesis of rock-forming minerals, we can pursue a condition of their magmas.

In Madara-jima island, olivine and clinopyroxene crystallize side by side from early to later stage. The composition of olivine ranges from hyalosiderite to fayalite. The clinopyroxene, however, shows remarkable compositional zoning. The augite grades into aegirine from core to margin in a single crystal.

The zoning shows that the substitution is changed from $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 \rightarrow \text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ to $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 \rightarrow \text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ in clinopyroxene solid solution as the differentiation is proceeded.

Riebeckite is formed as a reaction rims around fayalite, aegirine, oxyhornblende, magnetite and hematite in alkali rhyolite. This evidence seems to suggest that water pressure in magma increases at this stage. The variation of oxygen and water partial pressures in magmas from several localities around Sea of Japan is discussed in this paper.

1. ま え が き

アルカリ輝石及びアルカリ角閃石は中性～酸性アルカリ火山岩類に出現する主要な造岩鉱物である。これらの鉱物はマグマの組成や揮発性成分の状態を鋭敏に反映しているので揮発性成分の動向を知る重要な手掛りを与える。本研究は主に佐賀県東松浦郡馬渡島に分布する酸性～中性アルカリ火山岩類に含まれるアルカリ輝石及びリーベック角閃石と鉄かんらん石の反応関係、及び同島周辺地域の玄武岩～ミュージアル岩中のかんらん石—単斜輝石—角閃石の反応関係と揮発性成分の動向について考察を行う。この研究を行なうに当たり九州大学理学部種子田定勝教授からは火山岩類の揮発性成分に関して色々お教をいただいた。今御退官

にあたりこの拙文をささげて感謝の意を表わしたい。また九州大学生産科学研究所の山崎達雄教授と甲斐辰次氏には造岩鉱物の XMA による検討に御協力をいただいた、記して謝意を表わす。

2. 一 般 地 質

マダラジマ
佐賀県東松浦郡馬渡島は東松浦郡呼子より海上約15 kmの所にある小さな島で主として中性～酸性アルカリ火山岩よりなる(第1図)。熔岩流の間には極部的に固結度の低い礫層やシルト層が存在する。本島に分布する火山岩類は数枚から10数枚の熔岩流からなり、いずれも下位に火山砕屑物を挟んでいる。これらの熔岩流は下位より次3つの岩型に区分することが出来る。

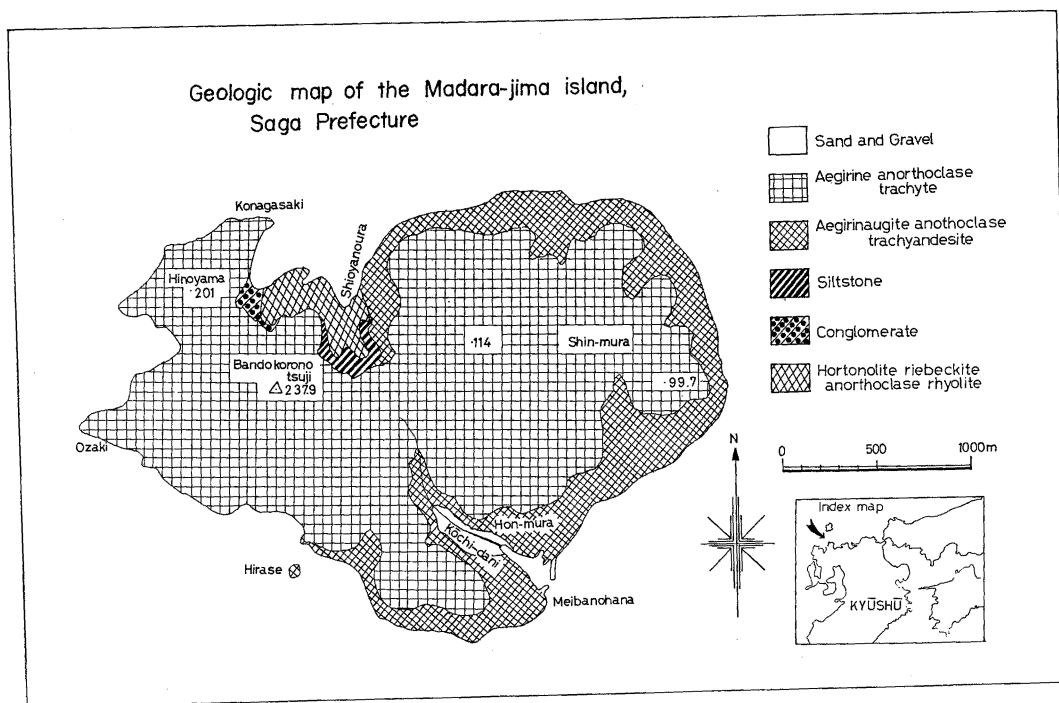
- 1) Hortonolite riebeckite anorthoclase rhyolite
- 2) Aegirinaugite anorthoclase trachyandesite
- 3) Anorthoclase trachyte

これらの火山岩類の基盤は本島には露出していない。

昭和54年7月3日受理

*1977年度鉱物学会にて講演(於東京教育大学)

**福岡大学理学部地学研究室



第 1 図 佐賀県東松浦郡馬渡島の地質図
Fig. 1. Geologic map of the Madara-jima, Saga Prefecture.

しかし火山岩に含まれる捕獲岩類から推定すると多分東松浦半島や老岐島と同様第三紀の堆積岩層およびそれ以前の古期岩類からなると考えられる。

3. 母岩及び有色鉱物の記載

馬渡島に産する火山岩類の化学組成については小林ら (1955), 石橋 (1971) 等の報告があり, また造岩鉱物については青山 (1942), Aoki (1963), 石橋 (1971) 等の研究が行なわれている。ここでは重複をさけるために鉄かんらん石, エジリン及びリーベック角閃石を含む母岩と各有色鉱物について記述する。

a) Hortonolite riebeckite anorthoclase rhyolite

本岩は淡青白色～淡白色を示し比較的軟弱な岩石である。海岸付近では石基部が風化に弱いため斑晶のアノソクレス結晶が岩石の表面より突出している。斑晶鉱物として An_{20-30} 位の組成を示す斜長石, アノソクレス, Fa_{60-73} の組成を示すかんらん石, 淡黄緑色を呈する細粒のアルカリ輝石及び黒褐色～濃紺色のリーベック角閃石が存在する。また捕獲結晶かも知れない酸化角閃石とヘスティングサイト状角閃石の結晶が散在する。石基は自形のアノソクレス, エジリン, リーベック角閃石, 磁鉄鉱, 赤鉄鉱及び石英等からな

りほぼ完晶質の岩石である。

この熔岩流の中にはアノソクレス-鉄かんらん石-エジリン-リーベック角閃石の粗大結晶を含む同源捕獲岩が含まれている。岩石の全岩組成は第 1 表 No. 1 に, また同源的捕獲岩の組成は No. 2 に示す。

b) Aegirinaugite anorthoclase trachyandesite

本岩は緻密堅硬な岩石で暗灰色～暗青黑色を呈す。アノソクレスと少量のエジリン普通輝石の斑晶が散点的に存在する。斑晶として An_{40} 位の組成を示す斜長石, アノソクレス, Fa_{28-55} の組成を示すかんらん石, 緑黑色を示すエジリン普通輝石～エジリンを含む。石基として斜長石, アノソクレス, かんらん石, エジリン, チタン鉄鉱, 磁鉄鉱を含む完晶質の岩石である。本岩の全岩分析値は第 1 表 No. 3 に示す。

c) かんらん石

かんらん石は馬渡島に産するすべての火山岩に斑晶及び石基鉱物として存在する。石基にリーベック角閃石を多量に含むものでは, かんらん石を欠く場合がある。石基かんらん石は自形～粒状を示すが, 斑晶では著るしく融蝕を受け湾入や不規則な外形を示す。程度の差はあるがいずれも累帯構造を示し, それは外部程 Fa 成分に富む形式である。しばしば結晶全部がイ

第 1 表 馬渡島産火山岩類の化学組成

Table 1 Bulk Chemical composition of rocks from Madara-Jima

No.	1	2	3
SiO ₂	70.31	62.17	58.74
TiO ₂	0.15	0.54	0.60
Al ₂ O ₃	15.30	17.83	18.24
Fe ₂ O ₃	1.87	2.71	3.57
FeO	0.66	2.28	1.73
MnO	0.09	0.12	0.15
MgO	0.04	0.73	0.77
CaO	0.27	1.95	2.70
Na ₂ O	6.37	6.16	5.28
K ₂ O	4.27	4.02	3.96
H ₂ O+	0.62	0.94	1.82
H ₂ O-	0.21	0.35	1.66
P ₂ O ₅	0.03	0.12	0.24
Total	100.19	99.92	99.46

No. 1 : Hortonolite riebeckite anorthoclase rhyolite (石橋, 1971)

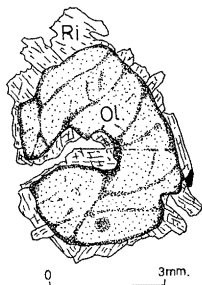
No. 2 : Hortonolite riebeckite anorthoclase syenite (cognate xenolith of No. 1) (This paper)

No. 3 : Aegirinaugite anorthoclase trachyandesite (This paper)

デンサイト化したり、割目や外縁部が赤鉄鉱化や黄褐色化したりしている。かんらん石と単斜輝石（アルカリ輝石を含む）とは反応関係は認められずお互に平行晶出を行っている。一方かんらん石とリーベック角閃石とは反応関係にあり常にかんらん石の外縁部が濃紺青色～濃青紫色のリーベック角閃石に包まれている（表 2 図）。第 1 表 No. 2（母岩）に含まれるかんらん石の化学組成は第 2 表に示す。

d) アルカリ輝石

アルカリ輝石は斑晶および石基鉱物として馬渡島の



第 2 図 鉄かんらん石とリーベック角閃石の反応関係

Fig. 2. Reaction relation of olivine and riebeckite in alkali-rhyolite.

Ol: fayalite

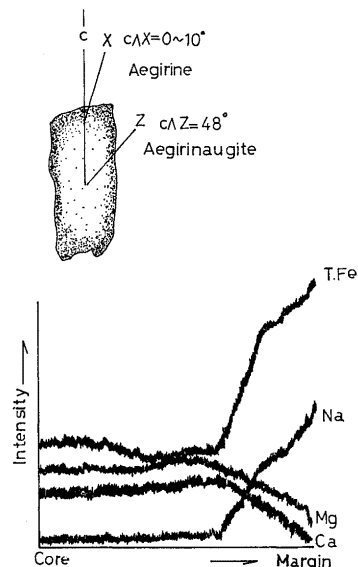
Ri: Riebeckite

第 2 表 馬渡島産かんらん石の化学組成と原子比

Table 2 Chemical composition and atomic ratios of olivine from Madara-Jima (石橋, 1971)

SiO ₂	32.18	Si	1.019
TiO ₂	0.33		
Al ₂ O ₃	0.94	Ti	0.009
Fe ₂ O ₃	5.19	Al	0.018
FeO	57.24	Fe ⁺	0.134
MnO	nd.	Fe ⁺	1.511
MgO	4.61	Mg	0.219
CaO	0.00		
Na ₂ O	nd.	O = 4.000	
K ₂ O	nd.		
H ₂ O+	nd.		
H ₂ O-	nd.		
P ₂ O ₅	<0.01		
Total	100.04		

火山岩類に含まれる。斑晶にはチタン普通輝石も含まれるが、その外縁部は草緑色～淡黄緑色を呈するエジリン普通輝石に移化している。また内部がエジリン普通輝石で外縁部がエジリンになっているものも認められる（第 3 図）。この様な累帯構造を示すアルカリ輝石を XMA で線分析を行なった結果を第 3 図に示す。第 3 図から明らかなように内部から外部に向かって Ca (Mg, Fe²⁺)→NaFe³⁺ の置換が進んでいることを示し



第 3 図 累帯構造を示す単斜輝石とその XMA による線分析結果

Fig. 3. Zoning of aegirinaugite to aegirine in clinopyroxene and scanning profile of Fe, Mg, Ca and NaKα by XMA.

第 3 表 馬渡島産エジリン普通輝石の化学組成と原子比

Table 3 Chemical composition and atomic ratios of aegirinaugite from Madara-Jima				
SiO ₂	51.92	Si	1.942	2.000
TiO ₂	0.61	Al	0.058	
Al ₂ O ₃	2.57			
Fe ₂ O ₃	6.47	Al	0.054	0.989
FeO	6.92	Ti	0.018	
MnO	0.38	Fe	0.184	
MgO	10.69	Mn	0.013	
CaO	17.44	Mg	0.504	1.000
Na ₂ O	2.85			
K ₂ O	0.12	Mg	0.087	
H ₂ O+	0.11	Ca	0.701	
H ₂ O-	0.06	Na	0.207	
P ₂ O ₅	<0.01	K	0.005	
Total	100.14	O=6.000		

ている。アルカリ輝石はリーベック角閃石と反応関係にありアルカリ輝石の外縁部を包んでリーベック角閃石が生じている。母岩（第1表 No. 3）に含まれる累帯構造（外部がエジリンで内部がエジリン普通輝石）を示すアルカリ輝石の化学組成を第3表に示す。

e) リーベック角閃石

リーベック角閃石はアルカリ流紋岩およびその中に含まれる同源的捕獲岩に含まれ、斑晶及び石基鉱物として産出する。この他アルカリ流紋岩中にはヘスティングサイト状角閃石酸化角閃石等が少量含まれているが、これらは外縁部がオパサイト化したり、斜長石、単斜輝石や磁鉄鉱等に分解されているので捕獲結晶の可能性が高い。リーベック角閃石は特徴的な濃紺紫色～青紫色の多色性を示し、複屈折は極めて小さい。岩石中に集合して墨流し状を示す場合がある。リーベック角閃石はかんらん石、アルカリ輝石、酸化角閃石、ヘスティングサイト状角閃石及び鉄鉱類のすべてと反応関係にある。アルカリ流紋岩で最も反応が進んでいるものと考えられる岩石の石基有色鉱物はほとんどリーベック角閃石で占められている。第1表 No.1 及び No.2 の母岩に含まれるリーベック角閃石の化学組成をそれぞれ第4表の No. 1, No. 2 に示す。

4. かんらん石とアルカリ輝石との関係

宍岐および東松浦半島地域のかんらん石及び単斜輝石の光学的性質ならびに化学組成については AOKI (1964), 石橋 (1971) によって報告されている。第3表の馬渡島産エジリン普通輝石（図中の番号1）を含めてそれらの組成を MgO-T. FeO-Alk の三角図に点示すると第4図を得る。第4図には同時にかんらん石

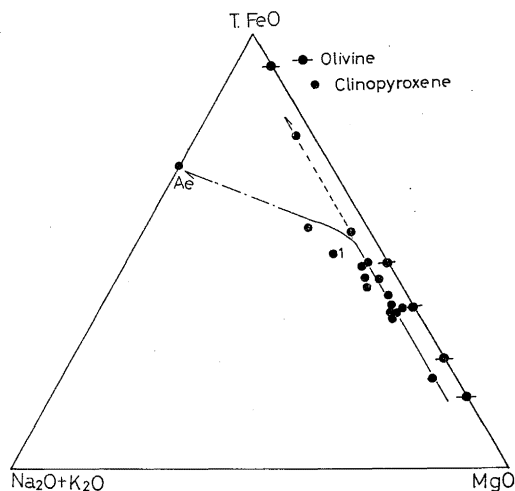
第 4 表 馬渡島産リーベック角閃石の化学組成と原子比

Table 4 Chemical composition and atomic ratios of reibeckite from Madara-Jima					
No.	1	2	1	2	
SiO ₂	49.45	50.81	Si	7.901	8.028
Ti ₂ O ₃	1.29	0.77	Al	0.099	—
Al ₂ O ₃	1.22	1.19			
Fe ₂ O ₃	14.40	15.38	Al	0.131	0.227
FeO	21.78	20.14	Ti	0.153	0.095
MnO	1.23	1.12	Fe	1.726	1.820
MgO	0.53	0.35	Fe	2.877	2.654
CaO	0.45	0.43	Mn	0.163	0.085
Na ₂ O	5.96	6.38			
K ₂ O	1.28	1.36	Ca	0.077	0.066
H ₂ O+	1.25	1.17	Na	1.841	1.953
H ₂ O-	0.96	0.74	K	0.268	0.284
P ₂ O ₅	<0.01	<0.01			
Total	99.80	99.84	OH	1.323	1.232
			O	22.677	22.768

No. 1 : 石橋, 1971

No. 2 : This paper

の組成も点示されている。かんらん石は各分析値及び母岩中での累帯構造から明らかなように玄武岩の分化と共に急速に Fa 成分に富むようになる。ミュージアル岩～粗面安岩組成で Fa₆₀₋₇₀ に達し、最終分化物と考えられる馬渡島アルカリ流紋岩中には Fa₉₀ の鉄か



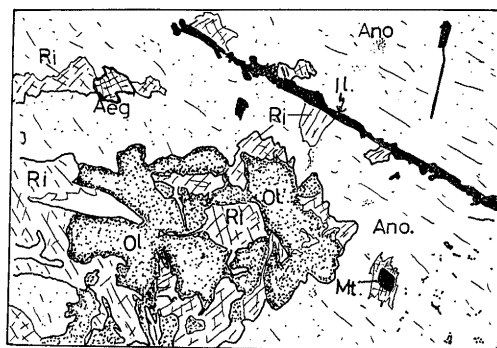
第 4 図 東松浦玄武岩中のかんらん石及び単斜輝石の MgO-T. FeO-(Na₂O+K₂O) 三角図

Fig. 4. MgO-T. FeO-(Na₂O+K₂O) triangular diagram for olivine and clinopyroxene from the basaltic rocks of Higashi-matsuura area.

かんらん石斑晶が含まれる。一方単斜輝石の方には鉄の濃集は徐々に行なわれ、母岩が玄武岩からミュージアル岩組成へ変化するときの中に含まれる単斜輝石は $Wo_{42} En_{42} Fs_{16}$ から $Wo_{41} En_{38} Fs_{21}$ 位に達する。母岩の組成が粗面安山岩に達すると東松浦半島地域の単斜輝石は $MgO-T.FeO$ 結合線にはほぼ平行に進んでいたものが $MgO-T.FeO$ 結合線より離れ始め、 $T.FeO-Alk$ 結合線の方へほぼ垂直に進化し始める。この時期の単斜輝石の斑晶は中心部がやや淡赤紫色～淡褐色を示すチタン普通輝石であるが、その外縁部がしばしば草緑色～黄緑色で強い多色性を有するエジリン普通輝石に変化している。母岩の組成が粗面安山岩からアルカリ流紋岩組成へ向うと、その中の単斜輝石はエジリン普通輝石からエジリンへと向う（第3図）。

5. 単斜輝石とリーベック角閃石との関係

東松浦半島地域の単斜輝石は母岩の全組成にわたって含まれているので母岩の組成と単斜輝石の組成変化との対応が明瞭に追跡出来る。これに対してリーベック角閃石は分化の末期と考えられるアルカリ流紋岩にのみ産出する。このため玄武岩～粗面安山岩組成時の単斜輝石～角閃石関係は不明である。アルカリ流紋岩中のリーベック角閃石はかんらん石、アルカリ輝石、鉄鉱類と液との反応によって生成しており、前記鉱物を包んでその外縁部に明瞭な反応縁を形成している（第5図）。この他にアルカリ流紋岩には捕獲結晶や団塊状集合物としてヘスティングサイト～アルペドソン角閃石状鉱物が含まれている。それらの鉱物はいずれも



第5図 馬渡島産アルカリ流紋岩中の有色鉱物の反応関係

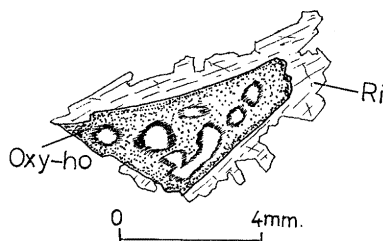
Fig. 5. Reaction relation of mafic minerals in alkali rhyolite from Madarajima.

Aeg: Aegirine, Ano: Anorthoclase
Il: Ilmenite, Mt: Magnetite
Ol: Olivine, Ri: Riebeckite

外縁部がオパサイト化を受け磁鉄鉱、斜長石、石英等に変化していたり結晶全体が深紅の酸化角閃石に変化している（第6図）。リーベック角閃石は常にこれら変化を受けた角閃石の外縁部に生成しており、ヘスティングサイト～アルペドソン角閃石状鉱物と直接平行連晶することはない。斑晶リーベック角閃石は清透でほとんど変質を受けてない、また石基には極めて新鮮で多量のリーベック角閃石が存在している。このことはリーベック角閃石はマグマから安定に晶出したことを物語っている。

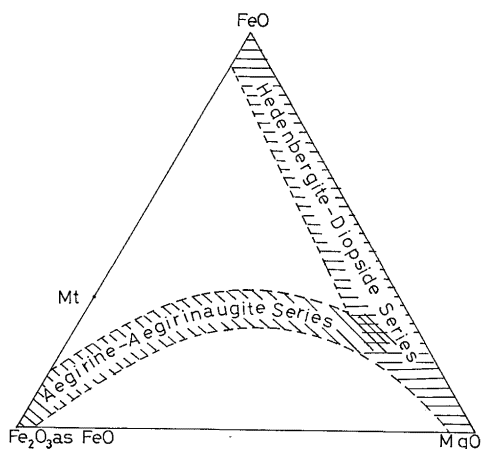
6. アルカリ岩類の結晶作用に伴う酸素分圧及び水蒸気圧の変化

東松浦半島地域の玄武岩～粗面安山岩の中には磁鉄鉱及びかんらん石は常に含まれているので Liquidus 温度では磁鉄鉱の安定領域内の酸素分圧であったに違いない。玄武岩～粗面安山岩に含まれる鉱物のうち鉄に関係のあるものとして、かんらん石、単斜輝石及び磁鉄鉱の3種である。磁鉄鉱の安定領域内であるから鉄は Fe^{+2} 及び Fe^{+3} の状態で存在し、この時の Fe^{+2}/Fe^{+3} はその時の酸素分圧によって決まる。一方 Fe^{+2} はかんらん石、単斜輝石及び磁鉄鉱の三者とも含まれ、それぞれ Fe_2SiO_4 , $CaFe^{+2}Si_2O_6$ 成分として結晶内にとり入れられ苦土かんらん石→鉄かんらん石の方向へ、単斜輝石は透輝石→ヘデンベルグ輝石の方へ進化する。磁鉄鉱は余り組成変化しないので Fe^{+3} の増減は岩石中の磁鉄鉱の量の増減として表現される。東松浦半島地域の玄武岩～粗面安山岩の中に共存する単斜輝石とかんらん石の $Fe^{+2}/Mg+Fe^{+2}$ はかんらん石の方が大きいので硅酸塩の方に配分される Fe^{+2} は Fa 成分としてより多くかんらん石の方へ取り入れられ急速に鉄に富んだかんらん石の方へ進化する、これに対し単斜輝石の進化は遅れる（第4図）。



第6図 酸化角閃石とリーベック角閃石の産状
Fig. 6. Mode of Occurrence of Oxyhornblende and riebeckite.

Oxy-ho: Oxyhornblende
Ri: Riebeckite

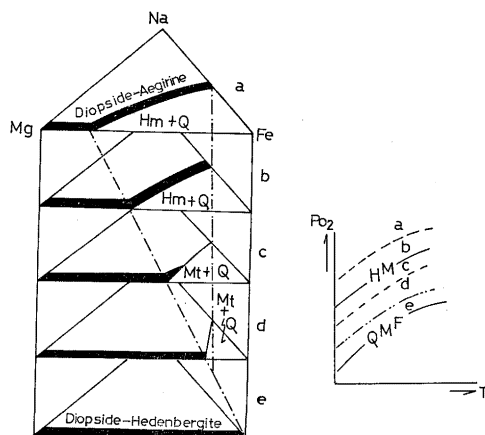


第 7 図 単斜輝石の $\text{MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3^*$ 三角図
Fig. 7. $\text{MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3^*$ triangular diagram of clinopyroxene.

* Fe_2O_3 is express as FeO

かんらん石は構造的に Fe^{+3} を余り含まないのでマグマ中の Fe^{+3} は単斜輝石と磁鉄鉱に分配される。単斜輝石中の Fe^{+3} は $\text{CaFe}_2^{+3}\text{SiO}_6$ 及び $\text{NaFe}^{+3}\text{Si}_2\text{O}_6$ 分子として固溶しているものと考えられる。第 7 図は分析された単斜輝石を $\text{MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3^*$ 三角図に点示し、その成分範囲を示している。第 7 図から明らかなように $\text{CaFe}_2^{+3}\text{SiO}_6$ 成分は透輝石～ヘデンベルグ輝石を通じてほぼ 10% 以下である、一方 $\text{NaFe}^{+3}\text{Si}_2\text{O}_6$ 成分は普通輝石附近から急速に増加し Fe_2O_3 端成分の方向え向う。この様に単斜輝石に Fe が濃集していく過程に明瞭な 2 つのコースが認められる。マグマ中の $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ はマグマ中の酸素分圧によって支配される。マグマ中の酸素分圧が高くなれば $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ は小さくなると共に磁鉄鉱の安定領域が広がる。この様な点を考慮して単斜輝石の進化の概念図を第 8 図に示す。酸素分圧が比較的低い条件でマグマが分化すると少量の磁鉄鉱と共にかんらん石は苦土かんらん石から鉄かんらん石まで、単斜輝石は透輝石からヘデンベルグ輝石へと進化するだろう (第 8 図 e)。酸素分圧が次第に高くなると、磁鉄鉱の量が増加し、かんらん石は苦土かんらん石から鉄ホルトノライト附近、単斜輝石は透輝石から鉄サーライト附近までしか進化しなく各々の Fe^{+2} の端成分に近いものは出現しなくなるだろう (第 8 図 d, c)。更に高い酸素分圧 (第 8 図 a, b) では赤鉄鉱、苦土かんらん石及び透輝石となるであろう、しかしアルカリに富んだマグマの場合 Fe^{+3} とアルカリが反応して $\text{NaFe}^{+3}\text{Si}_2\text{O}_6$ を生

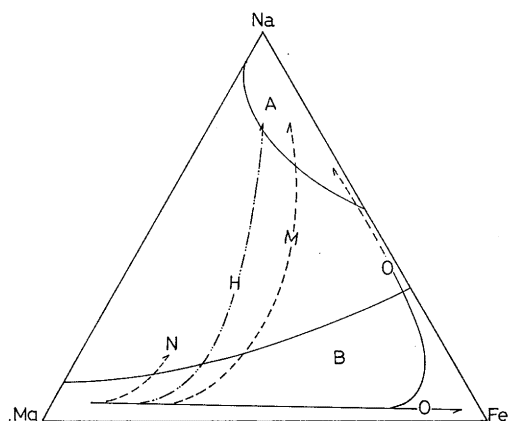
* Fe_2O_3 を FeO に換算して示している。



第 8 図 酸素分圧の差異による単斜輝石の晶出経路の変化の概念図

Fig. 8. Tentative diagram of cause of crystallization for clinopyroxene under different Oxygen partial pressure.
a, b: High Oxygen partial pressure. Crystallization cause of clinopyroxene is diopside to aegirine with hematite.
c, d: Low oxygen partial pressure. Crystallization cause of clinopyroxene is diopside to ferroaugite with magnetite.
e, Lower oxygen partial pressure. Crystallization cause of clinopyroxene is diopside to hedenbergite.
HM: curve for magnetite-hematite assemblage at 1 bar total pressure.
QMF: Curve for quartz-magnetite-fayalite assemblage at 1 bar total pressure.

成し、これが透輝石に固溶する、このため透輝石—エジリン系列の単斜輝石が生成する。 $\text{NaFe}^{+3}\text{Si}_2\text{O}_6$ - NaAlSiO_4 - $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (YAGI, 1963) の合成実験結果によればエンジリンは Fe_2O_3 と液の反応によって生成される。以上の様な事から第 4 図で単斜輝石が Mg-Fe 結合線から離れ始める時期は Liquidus 温度で酸素分圧が赤鉄鉱—磁鉄鉱共存線 (H-M 線) に達したことを示している。第 9 図は日本各地に産する単斜輝石の進化経路を示している、図から明らかなように単斜輝石が Mg-Fe 結合線から離れ始める位置が地域によって異っている。すなわち根室半島地域 (N) は単斜輝石が最も T. Fe に劣しい期時からエジリンの方へ進化を始める、この事は分化の早期からマグマ中の酸素分圧が高かったためと考えられる。一方隠岐島後 (O) では単斜輝石は透輝石からヘデンベルグ輝石



第 9 図 環日本海アルカリ岩類に含まれる単斜輝石の進化経路

Fig. 9. The courses of crystallization in clinopyroxene of alkali rocks from Circum Japan Sea region.

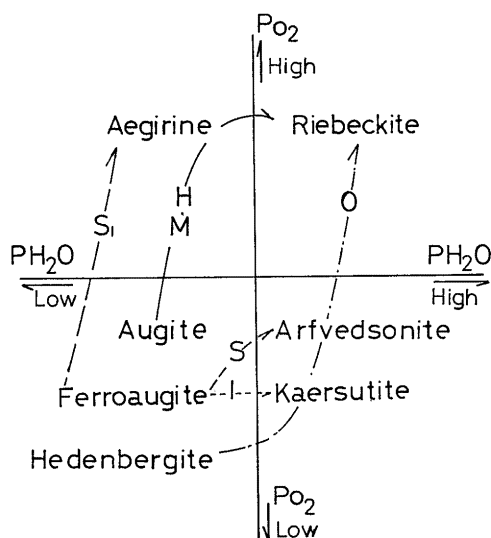
N: Nemuro area (YAGI, 1968).

H: Higashimatsuura area

(This paper)

M: Morotsu area (YAGI, 1953).

O: Oki island (UCHIMIZU, 1966)



第 10 図 マグマの結晶作用に伴う酸素及び水蒸気分圧の変化の概念図

Fig. 10. Tentative diagram of concentration of volatile elements (O_2 and H_2O) into magma during crystallization.

S_1, S , Shidara area (Sawai et al. 1979).

I., Iki island (Aoki, 1964).

H, M, O are the Same as Fig. 9.

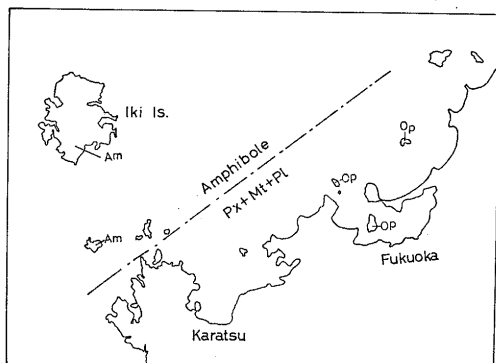
へと進化した後、エジリンの方向へ向う。すなわち早期—中期にかけて酸素分圧が低く保たれ末期 (Quartz rhyolite) に酸素分圧が上昇したものと考えられる。

他の地域のもの (H, M) は根室地域と隠岐島後地域の中間の状態であったと考えられる。

リーベック角閃石は 2,000bar の流体圧下でも初相をもたず磁鉄鉱—赤鉄鉱—錐輝石—石英に分解される (ERNST, 1962)。一方ケルスート角閃石の様に初相を持つ角閃石も水蒸気圧が低くなると、かんらん石、輝石、斜長石、磁鉄鉱 (赤鉄鉱) に分解される。すなわち角閃石が含まれているものは、角閃石が含まれないものに比べると水蒸気圧 (P_{H_2O}) は高かったものと考えられる。前にも述べた様に単斜輝石に於て酸素分圧 (P_{O_2}) が高い場合には透輝石—エジリン系列、酸素分圧が低い場合は透輝石—ヘデンベルグ輝石系列の輝石が生成されるので、角閃石 (水の圧力) を加味すると第 10 図の様な区分が可態である。すなわち酸素分圧 (P_{O_2}) と水蒸気圧 (P_{H_2O}) が共に低い場合はヘデンベルグ輝石、酸素分圧が高く水蒸気圧が低い場合はエジリンが生成される。一方酸素分圧が低く、水蒸気圧が高い時はアルベドリン石 (ケルスート角閃石)、酸素分圧と水蒸気圧の双方とも高い場合はリーベック角閃石が生成されるものと考えられる。第 10 図に日本各地のアルカリ岩類の酸素分圧及び水蒸気圧の相対的变化の概念図を示した。第 10 図で矢印の方向は岩石の分化の方向を示している。すなわち隠岐島後地域 (O) は分化の早期には酸素分圧、水蒸気圧の双方とも低く、中期には酸素分圧は低く水蒸気圧が高くなり、更に晩期になると酸素分圧及び水蒸気圧の両方とも高くなる様なコースをたどっている。これに対して東松浦半島地域 (H) や諸津地域 (M) は早期には水蒸気圧は低く酸素分圧は中程度、中期には水蒸気圧は低く酸素分圧が上昇し、末期には酸素分圧、水蒸気圧の双方が高くなる様なコースをたどっている。

SAWAI ら (1979) によると設楽北部の粗面岩岩脈に於て、岩脈の一般的部分はフェロオージャイトからエジリンへ進化している (S_1)。一方粗面岩の同源の捕獲岩ではフェロオージャイトからアルベドリン石へと進化している (S)。すなわち粗面岩の同源の捕獲岩が粗面岩マグマの早期分化物と考えるならば、早期には酸素分圧及び水蒸気圧が低い状態から酸素分圧が低く水蒸気圧が増加した状態に達し、更に粗面岩の一般的部分が貫入する時期には酸素分圧が高く水蒸気圧が低い状態に達したものと考えられる。

角閃石が晶出後、温度が上昇したり水蒸気圧が低下



第 11 図 福岡—唐津地域のアルカリ岩類に含まれる角閃石及びオパタイトの分布地域
Fig. 11. Occurrence of amphibole and opacite in alkali rocks from Fukuoka to Karatsu.

Op: Rocks contain opacite
Am: Rocks contain amphibole
Dotted line is boundary of opacite rocks and of Amphibole ones.

したりした場合には角閃石はかんらん石、輝石、斜長石及び鉄鈹類に分解される（オパタイト化）。北九州地域の玄武岩にも角閃石の仮像を示す磁鉄鈹の集合体が含まれている。また岩石の化学組成をみると北九州地域の玄武岩～粗面安山岩は他地域のものに比べると著しく $T.FeO$ に富んでいる（OJI, 1961）。第 11 図に角閃石（Am）及び角閃石の仮像（Op）を含む火山岩類の産地を示した。第 11 図から明らかな様に角閃石の仮像をもつ玄武岩類は北九州の陸地に近い方に分布し、角閃石を含む玄武岩は日本海側に分布している。すなわち日本海側の玄武岩マグマが水蒸気圧が高

い状態で噴出したのに対して陸地側のものは水蒸気圧が低下し、角閃石がオパタイト化を受けて後に噴出したものと考えられる。

引用文献

- AOKI, K. (1963): The kaersutite and oxykaersutites from alkali rocks of Japan and Sarrounding areas. *Jour. Petrol.*, 4, 198-210.
AOKI, K. (1964): Clinopyroxenes from alkaline rocks of Japan. *Am. Mineral.*, 49, 1199-1223.
青山信雄(1942): 唐津市高島産玄武岩中の巨斑晶。地質雑, 49, 206-207.
ERNST, W. G. (1962): Synthesis, stability relations, and occurrence of riebeckite and riebeckite-arfvedsonite solid solutions. *Jour. Geol.*, 70, 689-736.
石橋 澄(1971): 東松浦半島地域および生月島産玄武岩類の岩石化学。九大理研報, 10, (3), 177-221.
小林 勇・今井 功・松井和典(1955): 1/5 万図幅説明書「呼子」。地質調査所, pp.28.
OJI, Y. (1961): Petrology of the Cenozoic basaltic rocks of Western San-in and Northern Kyushu, Japan. *Bull. Fukuoka Univ. Education*, special vol. 1-89.
SAWAI, M. and SHIMAZU, M. (1979): A Trachyte dyke in the Northern part of Shidara area, Aichi Prefecture, Japan. *Jour. Jap. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, 74, (2), 68-78.
UCHIMIZU, M. (1966): Geology and petpology of alkali rocks from Dogo, Oki Islands. *Jour. Fac. Sci., Tokyo Univ.*, 16, 85-159.
YAGI, K. (1953): Petrochemical studies on the alkalic rocks of the Morotsu, district, Sahalin. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 64, 769-810.
———(1968): Petrology of the Alkalic dolerites of the Nemuro peninsular, Japan. *Geol. Soc. Am. Memor* 115.
———(1963): Liquidus data on the system acmite-nepheline-diopside at 1 atmosphere. *Carnegie Inst. Washington Year Book* 62, 98-99.