

屋久島花崗岩貫入に伴う接触変成作用の地球化学的研究

石 川 秀 雄

The Geochemical Study of the Contact Metamorphism
Associated with the Intrusion of Yakushima Granite.

Hideo ISHIKAWA

I ま え が き

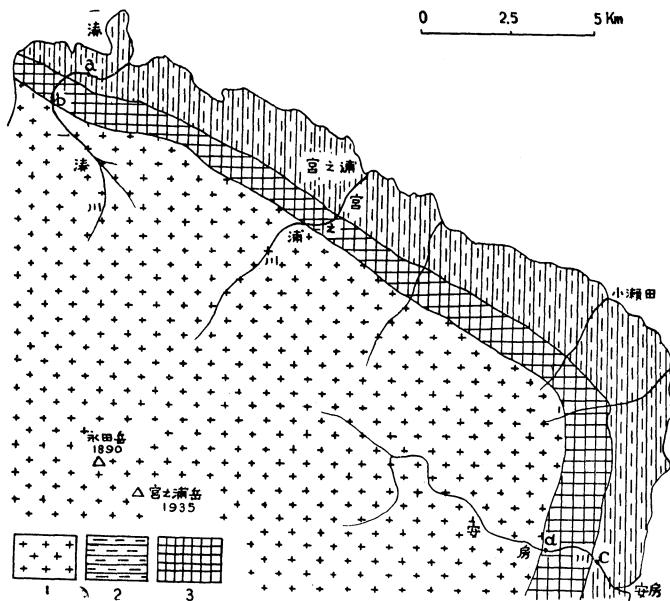
鹿児島県屋久島には熊毛層（新白亜～古第三系？）を貫いて黒雲母花崗岩が広く分布している。この花崗岩の貫入により花崗岩周辺の花崗岩周辺の熊毛層は接触変成作用を受け、ホルンフェルスになっている。

筆者は1958年以来、本地域の花崗岩および変成岩について研究をつづけているが、この度はホルンフェルスおよびその原岩についての地球化学的研究から、花崗岩の貫入に伴う接触変成作用における化学元素の挙動について報告する。

II 地 質 概 略

本地域の地質はかつて半沢（1935）により、その概要が報告された。その後、橋本（1959）の研究によって、さらに地質構造と層序の大意が明らかにされた。以下、地質の概略について述べると、本

島の内部から西海岸にかけて、島中央部には黒雲母花崗岩が広く分布する。この花崗岩は巨大な正長石を含むことで有名であり、本邦ではこのような花崗岩を産することは稀である。この正長石については木下・滝本（1939）、石川・黒田・浜口（1962）によって研究が行なわれた。その結果、この巨大な正長石を含む花崗岩は岩漿の結晶作用の過程における極端な volatile の濃集により、ペグマタイト形成に近い特殊な状態下で形成されたものであることが明らかにされた。花崗岩については柴田・岡田・石川（1960）による研究によって、本邦の他地域の花崗岩に比べ、とくに鉛含有量およびカリウム



第1図 屋久島北東部の地質図

1. 屋久島花崗岩 3. 堇青石ホルンフェルス帯
2. 非変成帯

に対する鉛含有量の高いことが指摘されている。

島の周辺部には頁岩・アルコース・シルト岩および砂岩からなる熊毛層が分布し、花崗岩周辺部において2~2.5kmの中でホルンフェルスになっている。すなわち、非変成の熊毛層より花崗岩体に近づくとつれ、堇青石がスポット状に形成され、堇青石ホルンフェルスとなる。この堇青石ホルンフェルスは黒雲母を含む堇青石・黒雲母ホルンフェルスであるが、花崗岩との接触部付近では白雲母が形成され、堇青石・黒雲母・白雲母ホルンフェルスになる。

花崗岩は熊毛層に対し、非整合的に貫入している(橋本1956)が、ホルンフェルスは一般にやや片状構造を示し、走向N20~50°E、傾斜40~90°SEのものと、走向N40~60°W、傾斜40~90°SWのものが多い。一般にその片理の走向・傾斜は原岩のそれと一致している。

この度の研究の対象になった地域はとくに屋久島北東部のホルンフェルス地帯である(第1図参照)。

III 分 析 法

主成分の定量は大木・大木・柴田(1962)によるイオン交換樹脂による化学分析によった。微量成分の定量には、浜口・黒田・根岸(1959)の方法による複内部標準を用いる発光分析法を採用した。すなわち、粉末にした岩石試料1部に対し、 Sb_2O_3 および金属パラジウムを含む黒鉛粉末2部を加えて陽極励起した。標準試料としては U. S. Geological Survey によって調整されたG—1およびW—1を使用し、試料と同様に処理した検量線作製に供した。使用した分光器は Adam Hilger E₂, 乾板較正は Pfund の鉄アーク (Ion Globule Arc) を用い、二段ステップセクター法により予備曲線を作って行なった。分析線対はつぎの通りである。

Cr 3593.488/Pd 3481.152

V 3183.982/Pd 3481.152

Ni 3414.765/Pd 3481.152

Co 3453.505/Pd 3481.152

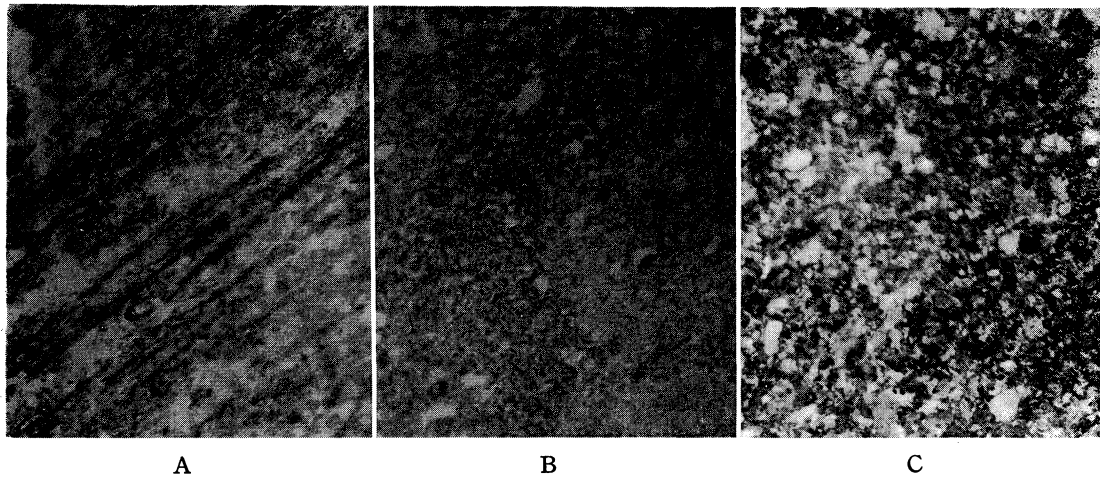
Pb 2833.069/Sb 2877.915

Ga 2943.637/Sb 2877.915

IV 分 析 試 料

分析試料は一湊川流域(第1図 a, b 間)と安房川流域(第1図の c, d 間)の約2kmにわたり採取したもので、なるべく原岩の差異のない同一岩源の頁岩を用いた。No. 1~4 は未変成頁岩、No. 5~17 は堇青石・黒雲母ホルンフェルスで、No. 18~22 は堇青石・黒雲母・白雲母ホルンフェルスである。

顕微鏡観察によれば、未変成頁岩は主に石英・斜長石からなり、そのほか、絹雲母・褐鉄鉱・緑泥石および炭質物が含まれる(第2図A)。堇青石・黒雲母ホルンフェルスになると、石英・斜長石のほか



第2図 非変成岩およびホルンフェルスの顕微鏡写真(×50)

A……非変成頁岩(平行ニコル)

B……堇青石・黒雲母ホルンフェルス(偏光ニコル)

C……堇青石・黒雲母・白雲母ホルンフェルス(偏光ニコル)

か堇青石が **porphyroblastic** に発達してくる。そのほか黒雲母・緑泥石・褐鉄鉱および磁鉄鉱を含んでおり、黒雲母は細粒で **porphyroblastic** に発達した堇青石の輪かくに沿っている。斜長石は粒状でほとんど双晶をしているものはない(第2図B)。堇青石・黒雲母・白雲母ホルンフェルスは鏡下において、完全なホルンフェルス構造を示し、石英・斜長石・黒雲母・堇青石のほか白雲母が黒雲母より形成されている。炭質物はさらに少なくなる(第2図C)。

以上の非変成岩およびホルンフェルスの22試料について、化学分析と分光分析により主成分と微量成分を定量した。

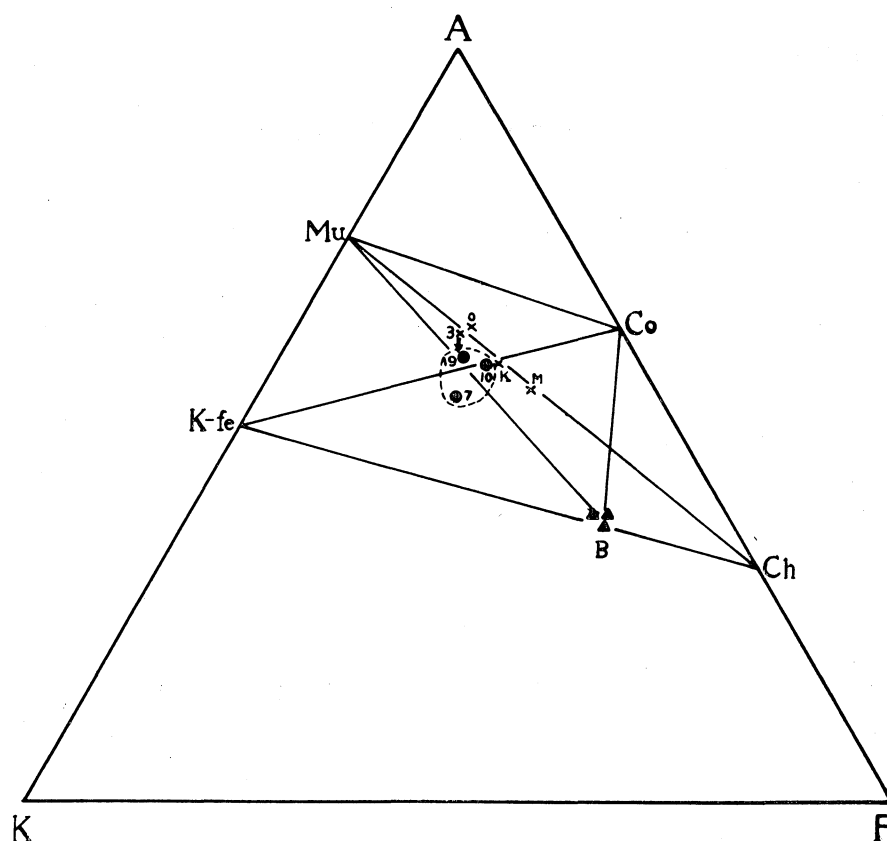
V 分析結果とその考察

(1) 鉱物成分と主化学成分との関係

変成岩の鉱物組合せは岩石の総化学成分によって強く支配されるが、この両者の関係を **AKF** 図についてみてみよう。ここで述べる鉱物組合せは、石英と斜長石がつねに存在している場合のものである。

第1表に示した原岩およびホルンフェルスの主化学成分の重量パーセントから、**Barth** の方法に従って、陽イオンの百分率に計算し、**A** は $(Al+Fe^{IV})-(Na+2Ca)$ 、**F** は $(Fe^{II}+Mn+Mg)$ 、**K** = **K** とし、**A+K+F=100** になるように再び計算したものを **AKF** 図(第3図)に示す。

No. 3 はややシルト質の非変成シルト質頁岩であるが、**AKF** 図において、一般の粘土質岩と大差なく、絹雲母・緑泥石線の上のり、日本古生代粘板岩その他の粘板岩の傾向と一致している。**No. 10**、**19**の堇青石ホルンフェルスは白雲母・堇青石・黒雲母の三角形内に位置し、化学成分と鉱物成分の組合せがほぼ一致する。**No. 7** は白雲母・カリ長石・緑泥石の三角形内に位置するが、期待されるカリ長石は鏡下において検出されない。しかし、全般的な非変成岩より堇青石ホルンフェルスへの成分変化は **AKF** 図中の矢印の方向でほぼ示される。



第3図 屋久島変成岩および非変成岩の鉱物組合せと
総化学成分との関係を示すAKF図

× 3 : 非変成頁岩 ● : 堇青石ホルンフェルス ▲ 粘板岩起源のホルンフェルス中の黒雲母 (山田, 1953)
 × M : 日本古生代粘板岩の平均化学成分 (南, 1935) × K : 秩父古生層粘板岩の平均化学成分 (小出, 1958)
 × O : 木曾山脈北部の粘板岩の平均化学成分 (大木, 1958)
 A : 紅柱石、B : 黒雲母、Ch : 緑泥石、Co : 堇青石、K-fe : カリ長石、Mu : 白雲母

第1表 非変成岩およびホルンフェルスの主化学成分

試料 化学成分	No. 3	No.10	No. 7	No.19
SiO ₂	72.73	68.16	69.00	76.52
TiO ₂	0.35	0.44	0.37	0.16
Al ₂ O ₃	13.95	15.81	14.91	13.28
Fe ₂ O ₃	0.66	0.62	0.81	0.33
FeO	2.27	3.37	3.12	1.53
MnO	0.02	0.02	0.02	0.01
MgO	1.22	1.46	1.05	1.05
CaO	0.90	0.88	1.05	0.94
Na ₂ O	1.92	2.35	2.94	3.20
K ₂ O	2.48	2.65	3.35	1.84
H ₂ O+	2.53	3.53	2.22	1.24
H ₂ O-	0.72	1.00	0.52	0.36
P ₂ O ₅	0.06	0.09	0.04	0.04
Total	99.80	100.38	99.40	100.50

No. 3 ……非変成シルト質頁岩 (大木靖衛分析)
 No. 7, No.10, No.19 ……堇青石ホルンフェルス

(2) 主 化 学 成 分

分析した試料は4つであるが、一般的傾向についてみてみよう。

(A) シリコン・アルミニウム

シリコンにはあまり著しい変化はみとめられないが、ただNo.19はとくにシリコンの量が増加している。この試料は花崗岩との接触部付近よりのもので、珪化作用を受けており、花崗岩よりシリコンの供給があったと考えられる。アルミニウムについて小出(1958)は段戸変成岩類生成の際に、アルミナエマネーションを受けたと述べており、また岡田(1956)は越喜来地方の熱変成岩は花崗岩よりアルミニウムの供給があったとしている。本地域においては一般にホルンフェルスにおいて、やや増加する傾向がみとめられるが、ただNo.19においてやや低くなっている。これはこの岩石が他のホルンフェルスに比べ珪化作用によりシリコンがもっとも多くなっている事実から考えて、おそらく、シリコンが多く供給されたため、シリコンがアルミニウムを置換して結晶格子中に入り、その結果としてアルミニウムが少なくなったと考えられる。

(B) 鉄・マグネシウム

鉄は2価、3価の鉄ともあまり顕著な変化はみとめられないが、2価の鉄および全鉄において、非変成岩No.3よりホルンフェルスNo.10、7でやや増し、No.19において減少している。この傾向は鉄と結晶化学的に性質の近似するクロム・ニッケル・コバルトにも同様の傾向がみられる。マグネシウムにはあまり規則的な変化はみとめられない。

(C) アルカリ

アルカリにおいて、ナトリウムとカリウムはそれぞれ異なった挙動を示している。すなわち、ナトリウムは一般に非変成岩より変成度の高くなるにつれて増すが、カリウムには規則的な傾向はみとめられず、接触部に近い変成度の高い試料で低濃度となっている。一方 K_2O/Na_2O についてみると、一般に変成度の高くなるにつれ減少する。この傾向は段戸変成岩類の場合と同じであり、これについて小出(1958)はアルカリエマネーションの変成帯への付加によるものでエマネーションは花崗岩に由来するとしている。それに対し、加納(1957)は濃集するナトリウムは逆に変成帯の比較的の外側からカリウムと置換交替的に変成帯の内側および接触部にもたらされたと考える方が妥当であるとしている。

本地域の場合、カリウムとナトリウムは互に置換交替的な挙動を示し、**migration**が行なわたことを示しているが、その移動方向については鉛にも関係があるのでつぎの項で述べる。

(3) 微 量 化 学 成 分

第2表に微量成分の分析結果を示し、第4図に一湊・安房両地域における各微量元素の分布を示す。

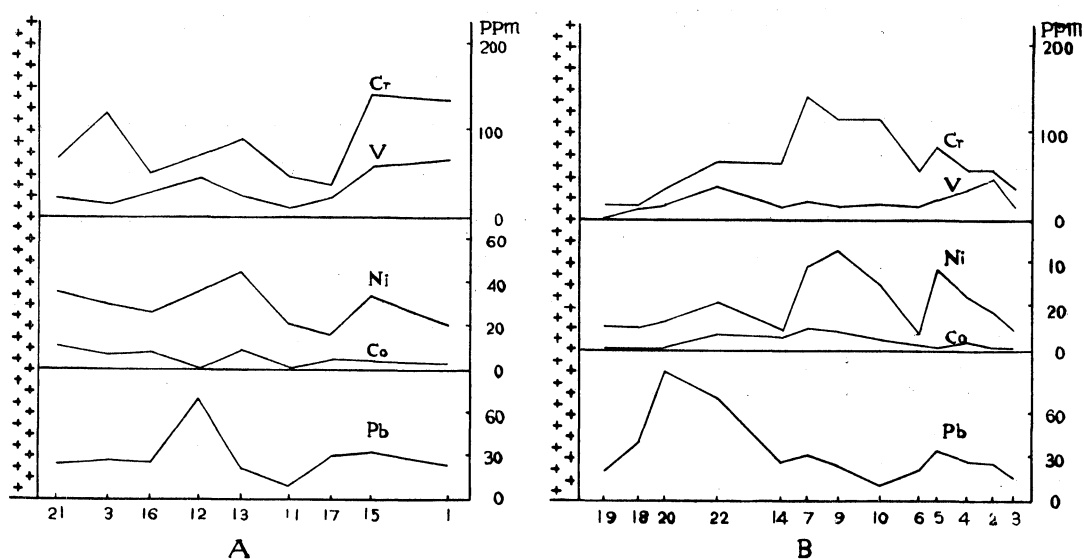
(A) 鉛

鉛は非変成岩よりホルンフェルスにおいて一般に高濃度となっている。とくに一湊地域においてはその傾向は顕著である。しかし、ごく接触部近においてやや低濃度となる傾向は両地域でみとめら

れ、これは如何なる理由によるか興味ある問題である。

平均含有量についてみると、非変成岩では 22ppm を示している。Goldschmidt (1954) は海成の頁岩の平均鉛含有量は 20ppm であるとし、また Shaw (1954) は粘土質岩石において 16.1ppm としているが、これらの値とほぼ近似している。ホルンフェルスでは 堇青石・黒雲母ホルンフェルス 29ppm、堇青石・黒雲母・白雲母ホルンフェルス 47.6ppm であり、非変成岩より 順次変成度の高くなるにつれ、鉛は増加している。

なお、Shaw (1954) も粘土質岩石より結晶片岩、片麻岩へと変成度の 高くなるにつれ、鉛は増加すると述べている。



第4図 安房および一湊地域における Cr・V・Ni・Co・Pb の分布
A…安房地域 B…一湊地域

しかして、本地域の場合はとくにホルンフェルスにおいて鉛は濃縮しており、一方、 Pb/K_2O も同様に 変成度に比例して 順次、値が高くなっている。これは、花崗岩体に 近づくにつれ、すなわち、変成度の 高くなるにつれ、順次ホルンフェルスは花崗岩の 化学的性質に 近似してくることを示している。因みに、本地域の花崗岩の 化学的特徴は、柴田・岡田・石川 (1960)、石川・黒田・浜口 (1962) が明らかにしたように、本邦の他地域の花崗岩に 比べ、とくに鉛含有量が 高く、また Pb/K_2O も高いものである。さらに、さきに述べたナトリウムのこれと同様の挙動を考え合わせると、変成過程において明らかにアルカリエマネーションの影響があったことが示される。しかして、アルカリエマネーションの由来であるが、本地域の非変成岩における鉛は一般の粘土質岩石に 比べ、とくに多くないことから、明らかに花崗岩から由来したものであると考えることができる。

(B) クロウム・ニッケル・コバルト

ニッケルとコバルトは一湊・安房の両地域で互に似た分布をしているが、一湊地域における花崗岩との接触部付近の珪化作用を受けたところで、やや減少している。また、一湊地域ではクロウムとニッケルの挙動は近似している。クロウムは両地域において、かなり異なった変化を示し、はっきりした傾向はみられない。非変成岩、堇青石・黒雲母ホルンフェルスおよび 堇青石・黒雲母・白雲

