

## 鹿児島県大隅花崗岩体における硫化物包有物

石原舜三\*

ISHIHARA, Shunso (1982) Sulfide-rich inclusions in the Osumi granitoid, Kagoshima Prefecture, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 33(6), p. 285-291.

**Abstract:** Sulfide-rich inclusions occur in biotite granite of Miocene granitic body in the southernmost Kyushu. The inclusions, having a granitic texture, are composed of zoned plagioclase, subhedral potassium feldspar, reddish brown biotite and anhedral quartz and pyrrhotite, and minor pale greenish brown amphibole, hypersthene, ilmenite and chalcopyrite. Plagioclase lath may be seen in the core of inclusions. The inclusions appear to be refractory part of mafic igneous rocks, which contained some copper, nickel and sulfur. The other inclusions, on the other hand, are reported to be rich in carbon (up to 11.7%), molybdenum (up to 0.68%) and sulfur. These may be restite of a metalliferous shale. These sulfide-rich rocks in the source materials may be attributed to the general pyrrhotite-rich character of the Osumi granite.

Another type of sulfide-rich inclusions occurs in the westernmost part of the granite. The inclusions are hydrothermally altered and disseminated with Mo-free scheelite, and the sulfides having arsenopyrite-pyrrhotite assemblage are seen as ring around the inclusions. These ore minerals are commonly found in ore deposits of the southern Kyushu, which belongs to an S-type ilmenite-series terrain. The mineralization may be a result of post-magmatic activity of the Osumi granitic intrusion.

## 要 旨

大隅花崗岩体には2種の硫化物に富む包有物がある。一つは岩体のほぼ中央に産出するもので、萬黒鉍床として知られたものであり、消化がよい包有物に多量の磁硫鉄鉍、少量の石墨、黄銅鉍、輝水鉛鉍、ニッケル鉍物などが濃集するものである。この包有物は一般には黒雲母花崗岩の組織と鉍物組合せを有し、一部には苦鉄質火成岩の組織と鉍物組合せが認められる。野外における産状、鏡下観察、鉍石鉍物の組合せから、包有物の一部は苦鉄質火成岩に、多くは含金属頁岩に由来する、マグマ発生母体の難溶性残留物の可能性が指摘された。また、硫黄に富む堆積岩が母体に存在したことが、同花崗岩が全体的に磁硫鉄鉍に富む原因と推定された。

他の一種は岩体西縁に産出し、熱水変質作用を受ける包有物の周辺にリング状に産するもので、磁硫鉄鉍-硫砒鉄鉍の組合せを有する。内部の熱水変質岩には灰重石の鉍染を伴う。灰重石と硫砒鉄鉍は南九州の鉍床にしばしば産出する鉍物であり、この種の包有物の硫化物は主に大隅花崗岩の後マグマ期の熱水鉍化作用の産物と考えられた。

\* 鉍床部

## 1. ま え が き

鹿児島県、大隅半島の最南端、肝属<sup>きもつぎ</sup>山地には、花崗閃緑岩-モンゾ花崗岩質の花崗岩体が分布し、大隅花崗岩と呼ばれている。この花崗岩は西南日本外帯花崗岩類に属し、四万十層群に貫入する。岩体は東北東-西南西に伸長して中新世花崗岩類としては異例の400 km<sup>2</sup>以上の露出面積を有する。大隅花崗岩は黒雲母クロットや若干の変成鉍物で特徴づけられ(大庭, 1960; 野沢・太田, 1967), これはSタイプ花崗岩(WHITE & CHAPPELL, 1977)的な性格を持つものと近年判定された(中田・高橋, 1979)。

大隅花崗岩が保持する今一つの特徴として、磁硫鉄鉍の微晶がかなり普遍的に産出する点が挙げられる。この鉍物は新鮮な切り割りでも比較的短期間に酸化して、褐色の褐鉄鉍ハロを伴うために識別し易いが、これまでの報告では何故か記載されていない。

一方、この事実と恐らく関連するものとして、木下(1944)によって報告された肝属郡内之浦町萬黒の磁硫鉄鉍-石墨鉍床がある。筆者は1958年のウラン概査の過程で、この萬黒鉍床の旧坑口で研を見学することができた。またその途中、大隅花崗岩体の西部で別のタイプの

硫化物に富む包有物を発見した。これらの包有物について記録することは、大隅花崗岩の成因解明の一助となると考えられるので、この報文では野外及び鏡下観察結果について記載する。また、木下(1944)報告書についても紹介したい。観察地点を第1図に示した。

## 2. 木下報告書

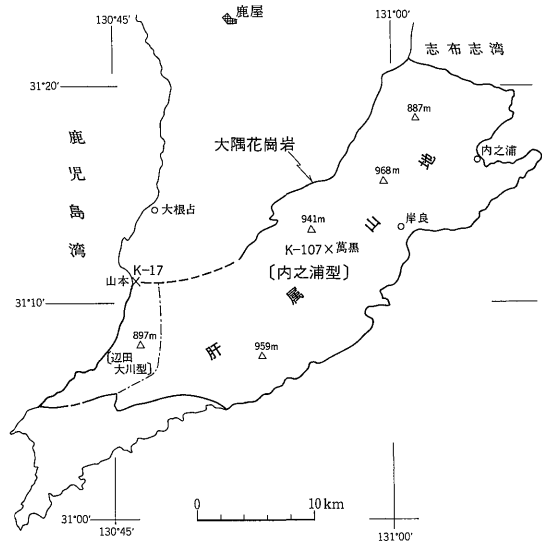
故木下亀城教授による報告書は、戦時の要請で実施された「日本学術振興会学術部の特殊鉱物及鉱床第58小委員会報告」第31号として、謄写印刷で出版された。この文献は入手し難いものであり、かつ当時の鉱床調査報告スタイルを知ることは興味深いので、以下に全文を紹介する。なお、原文は漢字混りの片仮名書きであるが、平仮名に訂正する。

登録番号 鹿児島県試登4880号  
 鉱種名 水鉛, 銅, 黒鉛  
 鉱区位置 鹿児島県肝属郡内之浦町大字串良  
 鉱区坪数 818,800坪  
 試掘権者 鹿児島県鹿屋市中名4816石踊如竹  
 鉱業事務所 鹿児島県肝属郡田代村

(1) 位置及び交通 鹿児島県肝属郡内之浦町大字串良字萬黒にあり。鉱山事務所を田代村に置けるは、米その他の物資配給を田代村に仰げるに依る。事務所の所在地なる田代村は鹿児島湾に臨める大根占町の東方10軒にあり、乗合自動車の便あり。これより鉱山までは行程15軒、徒歩約4時間を要す。途中坂路甚しきには非ざるも途中に荒西山の峠あり車を通せざるを以って、物資の運搬は総て馬背により馬の頭にて2俵を運び、その運賃7円なりと云う。戦前田代より内之浦に通ずる県道開設の計画あり。荒西山の西南2軒の地点まで竣工せるも、大戦の勃発と共に工事を中止せり。現在の県道終点より萬黒を経て岩良に至る間には、特に注意するに足るべき坂路なきを以って、道路の改修には大なる困難なきものと信ず。

萬黒より東海岸の岸良まで8軒なり。このうち岸良より4軒の間は営林局の林用軌道を利用し得るを以って、将来鉱石を搬出するには岸良に出しこより船積するを便とすべし。

(2) 沿革 昭和13年大暴風雨の際山崩を生じ、吉井某露頭を発見せるを以って、金銀重石鉱として出願し試掘の許可を得たり。その後昭和17年1月に至り現鉱業権者の有に帰し、次で18年5月に至り鉱種名を銅水鉛と更正し、更に本年4月18日これに黒鉛を追加して今日に至り。



第1図 大隅花崗岩体と観察地点位置図  
 内之浦型と辺田大川型の分布は大庭(1961)による

(3) 地形、地質及び鉱床 鉱区は大隅半島の南端を占むる佐多山塊の一部を占め、群山重疊のうちにあるも鉱床所在地は岸良川に臨み、地形比較的平坦にして鉱業用地を求むるに困難ならず。又岸良川及びその支流は水量に乏しからざるを以って、容易に鉱業用水を得ること得べし。

地質は一帯に花崗岩質の岩石によって構成せられ、鉱床附近には少々粗粒質の黒雲母花崗岩発達せり。鉱床は他に多く類例を見ざるものにして、走向南北にして東方50度に傾斜する、幅12-13米の岩脈中に大小多数の捕獲岩を有するものなり。捕獲岩は小なるは径1種、大なるも10数種を出でず。其断面は多くは円形又は楕円形なるも稀に扁平にして角立たるものあり。捕獲岩の間隙を充すものは粗粒質の黒雲母花崗岩にして、多くは酸化して赤褐色に着色され、岩盤の両盤をなす黒雲母花崗岩と截然たる境界を示せり。捕獲岩は多く熔蝕され、これを充す黒雲母花崗岩との間に黒鉛、磁硫鉄鉱其他の硫化鉱物を生ぜり。されば萬黒鉱山の鉱石は孰れも捕獲岩の周囲に蛇目様の円を描きて発達するものなるも、其の産出は捕獲岩の熔蝕されて円味を帯びしもの周囲に限り、熔蝕進まずして岩片角立ちたるもの周囲には鉱石を見ること甚だ稀なり。この鉱石に伴い又屢々緑色を帯びたる黒雲母を産す。

露頭は岸良川の河床より15米上方にあり、その上

部は浮石及び輝石安山岩塊を含む火山拋出物によって蔽わる。鉱床は上下10米、延長40米の間探鉱されたり。

このうち露頭及び其の下方3米許りに開坑せる第二坑の鉱石は、黒鉛と磁硫鉄鉱の酸化によって生じたる粉状の赤鉄鉱よりなり、捕獲岩の周囲に黒色の蛇の目を描き、その間隙は赤褐色に汚染せられたる黒雲母花崗岩によって充さるるも、第二坑の下方7米なる第一坑にては鉱石は磁硫鉄鉱を主とし、これに多少の黄銅鉱及び輝水鉛鉱を含むも、多くは経済的に稼行するに足る品位に達せず。例えば東京鉱機合資会社の分析(18年6月29日分析)によれば

第1号 水鉛 0.681% 銅 1.742%

第2号 水鉛 痕跡 銅 痕跡

を含み、又福岡鉱山監督局の分析(18年11月分析)に於ても

	銅 (%)	水鉛 (%)	ニッケル (%)	鉄 (%)	炭素 (%)	コバルト (%)
第1号	0.24	含有せず	0.192	7.00	5.70	—
第2号	0.15	〃	含有せず	7.00	—	—
第3号	0.59	—	0.098	14.2	—	含有せず
第4号	0.35	含有せず	含有せず	7.75	—	—
第5号	0.43	〃	0.012	6.27	—	—
第6号	痕跡	痕跡	含有せず	17.5	—	—
第7号	0.75	〃	—	19.50	11.70	—

を含有するに過ぎざるも、一部には東京鉱機分析第一号の如く稍顕著なる含有品位を示すものあり。之等各種の鉱石を合計して現在確認さるる鉱量は約1,500 吨内外なり。而して上述の鉱石は屢々断層によって横切られ、この断層面に沿いては二次的に沈澱せる沸石の細脈を見ることあり。この沸石を沈澱せる熱水溶液の作用によって鉱床も二次的に変質せるものの如く、磁硫鉄鉱に伴って産出する黒雲母は屢々緑泥石に変化せり。

(4) 操業の概況 露頭の直下に開鑿せる第二坑とその下方7米に開坑せる第一坑との二坑道にて探鉱中なり。

第一坑は坑口より北40度西に向い鉱体中に掘進せるに10米にして、母岩をなす黒雲母花崗岩に逢着せ

り。坑口より6米半の個所より南50度西に分岐せる坑道にても分岐点より2米にして同様の黒雲母花崗岩となれり。然れども坑口より直進せる坑道の引立より北30度東に2米半掘進し、更に其の引立より北60度西に向いて2米掘進せる。いずれも鉱石のみにして未だ母岩に会せず。

第二坑は坑口より南80度西に向い7米掘進せるに、鉱床の下盤をなす黒雲母花崗岩に会せり。依って花崗岩と鉱床との境界を辿って北30度西に向って10米掘進し、その引立より更に北45度東に向い7米の間、鉱石を追いて掘進せり。

上述の如く萬黒鉱山の鉱床は現在迄専ら探鉱を行ひしのみなり。

(5) 意見 萬黒鉱山の鉱床は極めて特異の鉱床にして、本邦にては未だ多く類例を見ざるものなり。即ちその露頭附近にては黒鉛及び粉状赤鉄鉱を主とするも、僅か10米下方の第一坑にては磁硫鉄鉱に多少の黄銅鉱及び輝水鉛鉱を伴うものに変化せり。

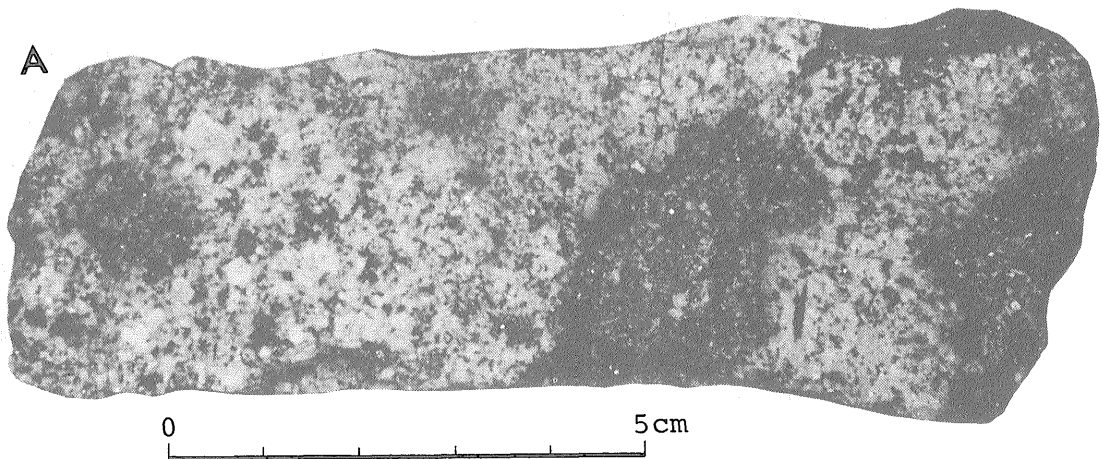
斯の如く僅かに10米にして斯の如き顕著なる鉱況の変化を示すは極めて注意すべき事実にして、更に鉱床の下底にて如何なる変化をなすべきやを先ず確むる必要あり。この目的には岸良川の河床附近より今一条の探鉱坑道を開鑿して、下部の鉱況を知るべき要あり。場合によりてはこの探鉱坑道より一層下部に向いて堅坑を下し、鉱床下底部の状況を確認すべきものなり。

這般の探鉱坑道は延長12-13米にて鉱体に達すべきを以って、約二カ月にて予定の坑道を掘鑿し得べし。此鉱床下部の探鉱に際しては、特に水鉛、銅及びニッケルの分布状況、含有量の多少及び其の変化を明にすべし。目下の所鉱床の下部に於て如何様の鉱況を呈すべきやは、他に類例なき珍奇なる鉱床なるため全く予測し得ざる所なるを以って、将来の計画は上述の事項を明確にしたる後に於て、樹立すべきなり。

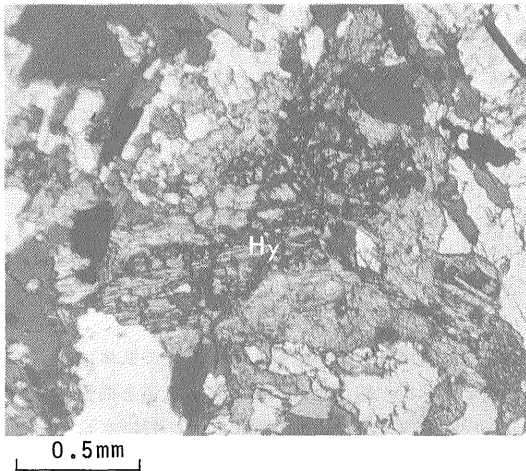
### 3. 萬黒鉱床の鉱石

木下(1944)の報告は、要約すれば、粗粒黒雲母花崗岩中に幅12-13mの岩脈状(N-S, 50°E)の捕獲岩に富む部分があつて、捕獲岩の消化がよいものの周辺に硫化物と石墨とが産出する、と言える。分析値によると、普遍的に多いものはFe(恐らく主に磁硫鉄鉱に由来)であり、石墨は局部的で、Cu, Mo, Niなどは局部的でかつ少量濃集していたものと思われる。

筆者の調査當時には露頭部は夏草に覆われ、旧坑道は



第2図 萬黒鉱床第一坑からの鉱石  
暗色部が磁硫鉄鉱に富む包有物(K-107)



第3図 萬黒鉱床包有物産の角閃石に交代されるしそ輝石(Hy).  
(単ニコル), (K-107B)



第4図 萬黒鉱床, 著しい酸化をうける磁硫鉄鉱  
(単ニコル), (K-107B)

崩落し、木下(1944)の第1坑と思われる最下部坑々口周辺で弱鉱化岩石を観察し得たにすぎない。この岩石(第2図)は直径数 cm 以下の不透明鉱物斑点を伴い、その周囲は現在の風化作用によると思われる褐鉄鉱ハロを伴っている。

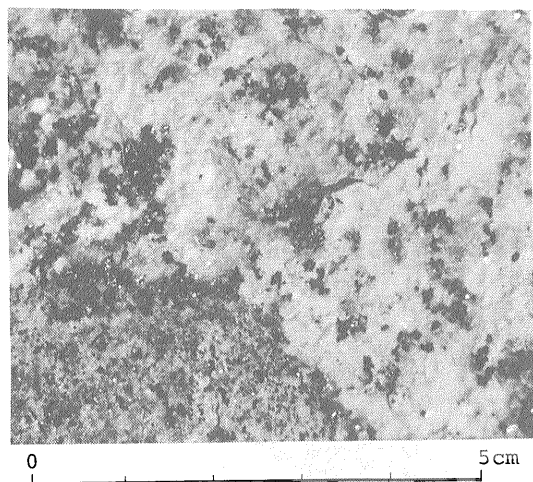
鏡下観察によると、この斑点はリング状の不透明鉱物からなり、その外側は黒雲母花崗岩である。斑点のマトリックスを構成する花崗岩は累帯構造を示す自形斜長石と半自形カリウム長石、これらの間を埋めた石英及びミルメカイト、そして苦鉄鉱物からなる。

苦鉄鉱物は主に半自形の赤褐色黒雲母からなり、少量

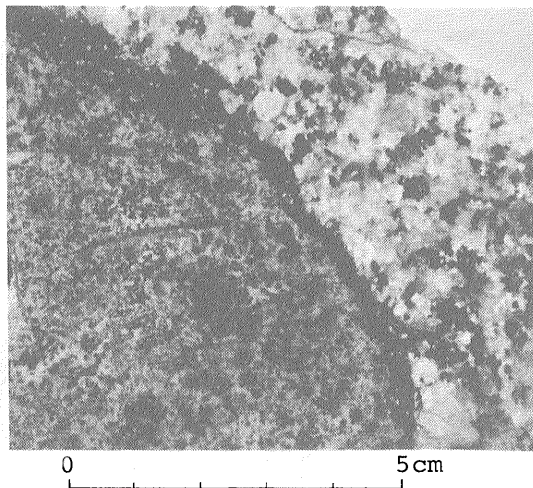
の細粒の二次的淡緑褐色角閃石、微量の輝石、磁硫鉄鉱、チタン鉄鉱からなる。輝石は無色、主として直消光、しそ輝石である。上述の角閃石に交代された産状を呈する(第3図)。

不透明鉱物斑点の外殻でもほぼ同様な構成鉱物がみられるが、石英が卓越し、微量の白雲母と緑色黒雲母を産する点が異なる。また中心核の珪酸塩鉱物組合せも同様であるが、長柱状斜長石が若干目立つ。一部では、カリウム長石が粒状の産状のみられる。一般にこの核は石英に乏しく、モンゾニ岩質である。

不透明鉱物は外殻部に濃集し、反射顕微鏡下でこれは多量の磁硫鉄鉱、微量のチタン鉄鉱と黄銅鉱から構成される。磁硫鉄鉱は粗粒で幅 1 mm に達するものがあり、不規則に伸長するものが多い。割れ目や周縁沿いに風化



第5図A 根占町山本, 若干の硫化物リムを伴う捕獲岩  
捕獲岩は熱水変質をうけない (K-17A)



第5図B 根占町山本, 硫化物リムが卓越する捕獲岩  
捕獲岩は熱水変質をうける (K-17B)

作用に起因すると思われる酸化をうけ, 一部に赤鉄鉱, その外側に白鉄鉱を生じている(第4図). 黄銅鉱は地形で, 磁硫鉄鉱とは相互境界を示す.

不透明鉱物斑点が直径1 cm程度に小さい場合には, 斑点の中心部に不透明鉱物がみられ, その量は磁硫鉄鉱>>チタン鉄鉱>>黄銅鉱である.

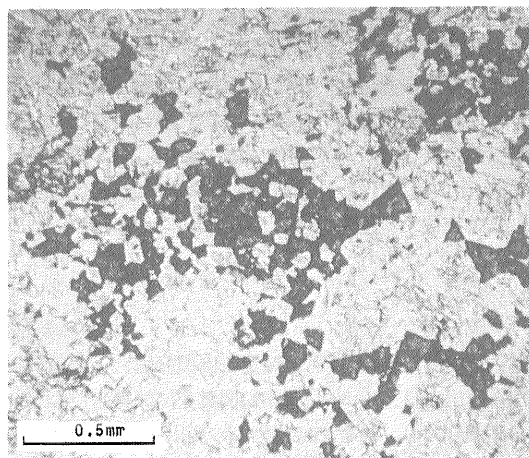
以上の任意に摘出した2個の研磨片の観察によると, 石墨や Mo, Ni 鉱物は観察されなかった. 木下(1944)が記載したように, C, Mo, Ni などは上部の坑道で局部的に産出したものと思われる.

#### 4. 佐多街道のリング状硫化物

鹿児島湾に面する佐多街道, 根占町山本の路傍では, 包有物の周囲を縁どり, 硫化物リングがみられた. この包有物は一般に直径十数 cm 以下, ほぼ円形を示す.

第5図Aに示すものは直径8 cmの包有物で, 若干の磁硫鉄鉱の濃集を伴うものである. 包有物は細粒黒雲母花崗岩質であり, 源岩は砂岩起源と思われるものである. 第5図Bは直径約15 cmの包有物であり, 幅2-12 mmの硫化物の縁どりを有する. 包有物は熱水変質をうけ, 細粒淡緑色岩である. これらの包有物はペグマタイト質な黒雲母花崗岩中に散在する.

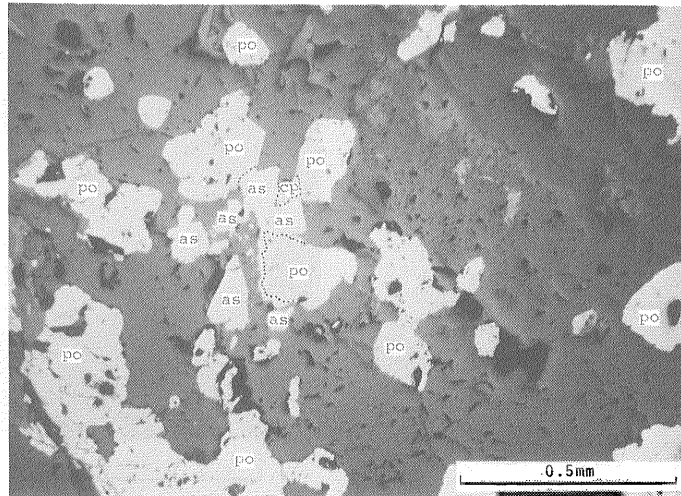
母岩の黒雲母花崗岩は鏡下で赤褐色黒雲母で特徴づけられ, 黒雲母は部分的(約20%)に緑泥石に変質している. 斜長石の絹雲母化もやや著しい. ペグマタイト質部は粗粒の長石類, 石英, 緑泥石化黒雲母から構成され, これら鉱物間隙をみたしてプレーナイト, 石英, まれに



第6図 熱水変質捕獲岩中に他形で産出する灰重石 (暗色鉱物)  
(単ニコル), (K-17B)

は緑泥石が産出する. 時には斧石が肉眼的な美晶として産出する.

包有物は自形の斜長石, 粒状のカリウム長石, 細粒の他形石英及び苦鉄鉱物からなる. 苦鉄鉱物は無色の角閃石, 緑泥石のほか, 珪長質鉱物間隙をみたした緑簾石族鉱物の産出が顕著である. 同様な産状でプレーナイト, また細脈状に沸石が認められる. 一部には鉱染状の灰重石がみられた(第6図). ミネラライトによると, 灰重石は包有物中に広く散在する. その蛍光色は青色で, 純粋な  $\text{CaWO}_4$  に近いものと思われ, 合成灰重石による簡易



第7図 硫化物リングの鏡下写真

as, 磁硫鉄鉱; cp, 黄銅鉱; po または無記号の白色鉱物はすべて磁硫鉄鉱(単ニコル), (K-17B)

鑑定表<sup>1)</sup>では、0.14%Mo 付近の蛍光色を示す。

硫化物リングは反射顕微鏡下において、多いものから磁硫鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱で構成される。磁硫鉄鉱は不規則他形で、微量の黄銅鉱と相互境界でみられる。硫砒鉄鉱はくさび状、四角形などの自形あるいは半自形の結晶(第7図)のほか、磁硫鉄鉱の周囲に産し、また磁硫鉄鉱を交代する産状を示すものがある。

### 5. 成因的考察

大隅花崗岩は大庭(1961, 1962)により、分布の大部分を占める内之浦型(優白色閃雲花崗閃緑岩)と、西端の一部に露出する辺田大川型(細粒閃雲花崗閃緑岩)とに分けられ(第1図)、後者では堇青石の産出その他から粘土質岩の影響を受けたものと解釈された。萬黒鉱床は内之浦型に、根占町の硫化物リングは辺田大川型を母岩とする。

筆者の概査によると、辺田大川型が分布する西海岸では、局部的に混成岩様岩がみられるなどの岩相変化が著しく、かつ電気石ペグマタイトやアプライトが多く観察された。これらは東部ではまれであり、辺田大川型は内之浦型より浅成であろうかと推察される。

萬黒鉱床では局部的な沸石脈はみられるものの(木下, 1944)、一般に熱水変質鉱物が欠除しており、筆者の観察もこれを裏付けている。この包有物はマグマ期に生成したものである。すなわち、ある種の起源物質が高温高

圧のもとで再結晶し、その過程で鉱石鉱物の移動濃集が生じたものであろう。萬黒鉱床の包有物は岩体のほぼ中心部に産出し、壁岩である四万十層群と空間的に無関係であり、それは大隅花崗岩マグマ発生時の難溶性残留物質(restite, WHITE & CHAPPELL, 1977)である可能性が大きい。

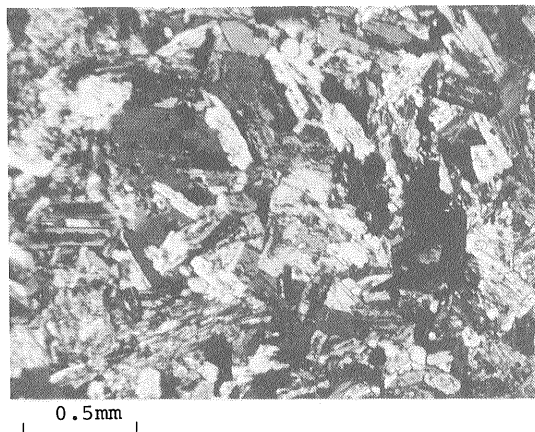
筆者が観察した磁硫鉄鉱に富む包有物では、しそ輝石が認められる。大庭(1961)は内之浦型に局部的にしそ輝石を認め、これは苦鉄質捕獲岩に由来したものと考えた。筆者の試料のうち中核に長柱状斜長石(第8図)が卓越するものは、大庭の考察を支持するものであろう。また、Ni(0.19%以下)やCu(1.7%以下)の産出もこの可能性を支持する。しかし、C(11.7%以下)、Mo(0.68%以下)などは苦鉄質火成岩では一般に濃集せず、C-Mo-Cu-Sなどの濃集は特殊な還元性堆積物である含金属頁岩(metalliferous shale)で認められるものである(浜地, 1961)。したがって、萬黒鉱床の原岩としては含金属頁岩と苦鉄質火成岩の混在物質が考えられる。

四国西部における四万十帯の調査によると、含金属頁岩は発見されておらず(石原ほか, 1981)、またその鉱物学的化学的性質からは四万十層群にその様な頁岩が存在する可能性は少ないものと考えられる。萬黒鉱石の源岩は四万十層群より下位から得られるものであろう。今後の安定同位体などによる研究が必要である。

一方、根占町の硫化物リングは岩体の北西縁で浅成と思われる所に産出し、熱水変質が著しい包有物の周辺で硫化物の濃集が著しい傾向を示す。またその金属元素の

1) Scheelite fluorescence analyzer, Ultra-Violet Products, Inc., CA, U.S.A.





第8図 苦鉄質火成岩組織を示す捕獲岩の中核部  
(直交ニコル, (K-107B))

組合せは Fe-As-W-S であり、萬黒鉄床のものとは明らかに異なっている。W, As などは屋久島や尾鈴山岩体周辺の松尾鉄床で代表されるように、南九州の S タイプ-チタン鉄床系花崗岩帯に特徴的に産出する (TAKAHASHI *et al.*, 1980)。したがって、W, As などは大隅花崗岩質マグマに由来する鉄化作用として認識されるべき性格のものであろう。しかし若干の磁硫鉄鉱が萬黒におけると同様に、未変質の包有物にも伴われる事実は、Fe, S の一部は包有物の原岩にも由来する可能性を示している。

### 結 論

大隅花崗岩には硫化物リングを伴う包有物が産出する。これは同花崗岩質マグマの原岩に、硫黄、炭素、若干の金属元素に富む堆積岩源の物質があって、その難溶性残留物質 (restite) にこれら成分が濃集した結果と考えられる。マグマ発生物質が硫黄に富んでおり、かつ炭素の存在によってマグマが還元されたために、大隅花崗岩は全体的に微量の磁硫鉄鉱を含む性質を持つものと考えられる。

謝辞：木下報告書は櫻井欽一博士にいただいたもので

ある。鏡下観察においては平野英雄博士の協力を得た。両氏に感謝する。

### 文 献

- 浜地忠男(1961) 層状マンガン鉄床に伴う含ウラン鉄床. 地調報告, no. 190, p. 104-112.
- 石原舜三・坂巻幸雄・望月常一・寺島 滋・遠藤祐二(1981) 四国西部における砂岩, 頁岩の K, Na, Th, U の広域的变化. 地調月報, vol. 32, p. 329-342.
- 木下亀城(1944) 鹿児島県萬黒鉄山調査報告. 特殊鉱物及鉄床第58小委員会報告, no. 31, 6 p.
- 中田節也・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, vol. 85, p. 571-582.
- 野沢 保・太田良平(1967) 内之浦地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 37 p.
- 大庭 昇(1960) 南大隅花崗岩. 資源研い報, no. 52-53, p. 127-135.
- (1961) 大隅花崗岩の岩石化学的研究, 特にその不均質性と片状構造. 資源研い報, no. 54-55, p. 191-201.
- (1962) 大隅花崗岩における汚染影響. 資源研い報, no. 56-57, p. 148-152.
- TAKAHASHI, M., ARAMAKI, S. and ISHIHARA, S. (1980) Magnetite-series/ilmenite series vs. I-type/S-type granitoids. *Mining Geol. Spec. Issue*, no. 8, p. 13-28.
- WHITE, A. J. R. and CHAPPELL, B. W. (1977) Ultrametamorphism and granitoid genesis. *Tectonophysics*, vol. 43, p. 7-22.

(受付: 1982年1月5日; 受理: 1982年2月10日)