

秋田県明又鉱山産鉱石の単体分離度について

竹内常彦* 島 徹史**

On the Degree of Liberation of the Ores from Akarimata mine. By Tsunehiko TAKEUCHI and Hiromi SHIMA.

Akarimata mine with copper and iron sulphide deposit is in the northern part of Akita Prefecture. This region mainly consists of green tuff, propylite, propylitic tuff breccia, altered andesite of miocene members and sediments of paleozoic with many dykes of andesite and intrusive diorite.

The deposit is shallow-seated fissure filling copper and iron sulphide veins. The ore minerals are mainly pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite and a small amount of sphalerite and magnetite. The mineral paragenesis of this deposit is very interesting because it has the characteristic mineralization of pyrrhotite and the microscopic unmixing ore textures which are known to be found very little in tertiary vein deposit. Of the ore minerals, chalcopyrite contains sphalerite stars and vermicular pyrrhotites, and sphalerite also contains chalcopyrite and pyrrhotite emulsions formed by unmixing. The metallic ores are paragenised, as seen in Fig. 1.

The ores were crushed by gyratory crusher and sized grains were observed under a reflecting microscope to determine the degree of liberation. The liberation ratios of the ores are 44.82% in 48 mesh, 73.85% in 100 mesh, 83.33% in 150 mesh and more than 92% under 200 mesh, as shown in Table 1, Figs. 3 and 4. The ores of Akarimata are more difficult to liberate into monomineral grains than the ores of usual tertiary vein-type deposits. (Received Nov. 24, 1959)

1. 結 言

明又鉱山は秋田県北秋田郡鷹巣町七日市字明又に所在し、中外鉱業株式会社に属する。昭和29年までは主として上部の二次富化鉱石を採掘して来たが、次第に下部の硫化帯に移化すると共に昭和29年20t/day処理の浮遊選鉱場を建設、更に昭和32年には50t/dayに増設され現在なお増産の計画が行われている。本鉱山は大館市のほぼ南方約17km、大日本鉱業株式会社立又鉱山南方約3kmの地点に位置し、奥羽本線鷹巣駅から営林軌道にて約28km、米代川支流小猿部川に沿って遡ること約2.5hr.にて当鉱山に至る。鉱石及び資材の運搬はもつぱらこれによつてゐるが、冬期12月より4月中旬までは積雪1.5mを超えるため徒歩以外の交通は一切杜絶し、鉱石はその間貯鉱される¹⁾。

本報文は昨年未、同鉱山より鉱石の性質及び単体分離度についての調査研究を依頼され実施した結果の概要である。

2. 地 質

本鉱山は地質的には所謂東日本内帯のグリーン・タフ地帯に属し、したがつて鉱山附近は火山岩及び火山砕屑岩類が広く発達している。これらの火山岩及び火山砕屑岩類は第三紀中新世に属するものと考えられ、この第三紀層は鉱床の東方約2km、大湯津内沢上流その他に露出する時代未詳の古期岩層を直接不整合におおつている。

本鉱山附近においては、鉱床の東南方約5kmに位置する竜ヶ森1049.7mを中心として、これより北方及び西方に拡がるドーム状の構造を形成している。即ち地層は一般にN80°E~NSの走向を示し、殆んど常に北方、北西方或は西方へ30~70°程度傾斜している。したがつて北或いは西方へ行くに従い地層の上部が露出する。

古期岩層は前記の様に鉱床の東方大湯津内沢上流、或いは東南方寒沢の上流に露出し、当地域

* 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室、選鉱製錬研究所兼務

** 東北大学大学院理学研究科

1) 現在鷹巣一山元間に自動車道路建設中で本年中に完成の予定である。

の地層の基盤をなしている。主として石墨千枚岩状岩石, 石墨片岩, 粘板岩等からなり, ときに硬砂岩, 珪岩等をこれに伴う。全般的に漆黒色で, 片状或は板状の劈開がよく発達し, 又珪長質鉱物と有色鉱物の互層よりなる分結層がよく発達し縞状を呈することも少くない。本岩層は寒沢上流では黒雲母一角閃石—石英閃緑岩の侵入を受け, その接触部附近では低度の変質を蒙り黒雲母ホルンフェルスを生じている。

この古期岩層の上に直接不整合をもつて接する第三紀層を一応立又層と名付けているが, これは更に岩相上或いは変質の程度により便宜上上部立又層と下部立又層の二部層に分けられる。この上部層及び下部層は一連の堆積作用によるものと考えられ, 本質的にはさほどの差異は認められないが, 主として変質の度合により区分しており, 本鉱床附近にては両者は一部断層, 一部整合の関係で接している。

下部立又層は主として変朽安山岩熔岩, 同質角礫凝灰岩, 緑色凝灰岩及び集塊岩質角礫凝灰岩等からなり, ときにしばしば凝灰質砂岩或いは硬質黒色泥岩を挾有している。本層は鉱床附近, 特にその東部一帯に広く分布しており, 変朽安山岩化作用が顕著で, この変質作用は下部になる程著しい。本層は当鉱床の母岩をなしている。

上部立又層は本鉱床の西方に分布し, 主として変質安山岩熔岩, 緑色角礫凝灰岩, 赤紫色角礫凝灰岩, 凝灰質砂岩及び凝灰質泥岩等からなる。前述の如く上部層は概して下部立又層より変質の度合は弱い。又本層最下部と推定される附近には石炭層及び炭質頁岩層が挟在し, この石炭層は厚さ 20~200cm で膨縮著しく水平的に余り連続しないが, かなり良質の無煙炭を産し, 現在小規模ながら採掘稼行されている。

古期岩層に石英閃緑岩が侵入していることは前記の通りであるが, 第三紀層には随所に普通輝石安山岩, 或いは稀に玄武岩の小規模な岩脈が認められる。

3. 鉱 床

本鉱床は第三紀中新世の下部立又層中に胚胎する浅成熱水性裂罅充填鉱床である。現在明又鉱山として稼行されているのは獅子ヶ沢鉱床群と呼ばれており, 7号鍾, 5号鍾, 及び3号鍾の3本の主要な鉱脈を有している。これらの鉱脈はいずれも脈巾の膨縮が著しく, しばしば両盤側に分岐脈を出し, 脈巾の広い所では 2.8m にも達する。

鉱石鉱物は黄銅鉱, 黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱を主とし, 少量の閃亜鉛鉱及び磁鉄鉱を伴ない, 脈石鉱物としては緑泥石, 石英, 僅量の方解石, 菱マンガン鉱等が認められている。いずれの鉱脈もその内部において縞状構造或いは晶洞構造等の何らの構造をも示さず, 鉱石は不規則塊状であるが, 概して磁硫鉄鉱は各鉱脈を通じてその下盤側によく発達している。本鉱床の特色とも言うべきことは第三紀の浅成熱水性鉱脈でありながら磁硫鉄鉱の鉱化作用が非常に顕著であることで, 顕微鏡的な鉱物共生関係の観察或いはその他の研究から浅成にもかかわらずかなり高温性の鉱床であると推察される²⁾。鉱脈は一般に水平的には右に振れ, 垂直的には傾斜が緩やかになると脈巾が広くなり品位が上昇して富鉱部を形成しやすい傾向を有する。

7号鍾は走向 N50~65°E, 傾斜 60~80°ES の方向性を有し, 走向延長約 350~400m, 傾斜延長 90m 以上, 平均脈巾 1m 程度の規模をもち, 下部になるにしたがい磁硫鉄鉱が多くなり又部分的に磁鉄鉱の産出が認められる。

5号鍾は7号鍾とほぼ平行してこの東南約 200m に位置し, 走向 N45~60°E, 傾斜 70~90°ES でその規模は走向延長約 600m, 傾斜延長 120m 以上, 平均脈巾 0.6~1.0m である。上部は酸化褐鉄鉱帯となり, この酸化帯の下部には部分的に二次硫化富化帯が発達し, 輝銅鉱, 斑銅鉱, 銅藍等を生じているが, 現在は既に殆んど採掘済みである。

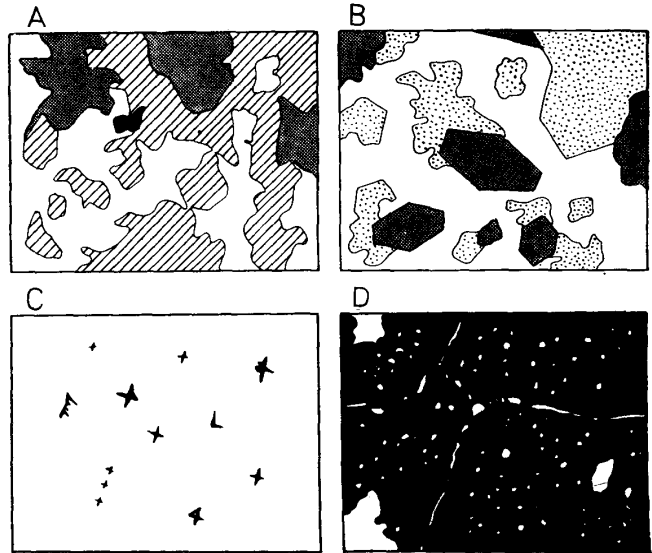
3号鍾は5号鍾よりも更に南方約 200m でほぼこれに平行し N40~50°E の走向と 75°NW の

2) 鉱床及び鉱石の共生関係については現在なお研究及び実験を継続中で近く発表予定である。

傾斜を有し、走向延長約 150m、脈巾平均 0.3~0.6m である。とくに脈巾の膨縮著しく、しばしば断層にて断たれ、前記二鉱脈に較べて遙かに磁硫鉄鉱の鉱化作用が顕著である。

4. 鉱 石

本鉱床産鉱石は既述の如く黄銅鉱、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱を主とし、これに僅量の閃亜鉛鉱及び磁鉄鉱を伴ない、更に方鉛鉱その他の顕微鏡的鉱石鉱物をも部分的には随伴する。鉱石は大略的に黄鉄鉱—黄銅鉱質鉱石と磁硫鉄鉱—黄銅鉱質鉱石の2種類に分けられ、いづれも塊状で第1図 A・B に見られる様に鉱石鉱物及び脈石鉱物が互いに密接に入り組んで共生している。反射顕微鏡下にこれらの鉱石を観察すれば、主要鉱石たる黄銅鉱は不規則なる輪廓をなして発達し、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱或いは閃亜鉛鉱と接し、又しばしばこれらの鉱物を包有する。この黄銅鉱は第1図Cに見られる様に、その内部には更に固溶体の離溶産物であると考えられる2~5 μ 大、ときに20 μ 大の閃亜鉛鉱骸晶、或いは10~20 μ 大の細滴状及び長さ20~40 μ の葉片状磁硫鉄鉱を有している。磁硫鉄鉱は主として黄銅鉱、ときに黄鉄鉱と接して産するが、一般に不規則粒状乃至塊状にて黄銅鉱に充填或いは包有される場合が多い。黄鉄鉱は自形乃至半自形、ときに不規則塊状をなしやはり黄銅鉱と相接して共生するほか、充填状黄銅鉱中に島状に包有されている場合が多い。閃亜鉛鉱は肉眼的にその分布が認められるのはごく一部に限られているが、主として黄銅鉱及び黄鉄鉱と共生し、又その内部には第1図Dに見られる様に離溶産物である懸滴状、葉片状の黄銅鉱及び小滴状の磁硫鉄鉱を有している。



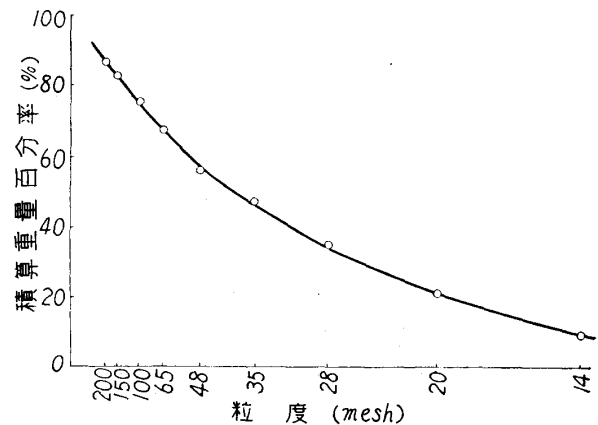
第1図 鉱石鉱物の共生関係
A, B: $\times 150$, C, D: $\times 500$

白色：黄銅鉱 斑点：黄鉄鉱
黒色：閃亜鉛鉱 斜線：磁硫鉄鉱
灰色：脈石

これらの鉱石鉱物は鉱床の上部において二次的变化を蒙り、露頭附近では褐鉄鉱、その下部では銅藍、斑銅鉱、輝銅鉱等が発達し、かかる鉱石を反射顕微鏡で観察すると初生黄銅鉱が銅藍、斑銅鉱及び輝銅鉱に鋸歯状或いは網状、細脈状に交代されている。

5. 破碎及び分粒

単体分離度測定のための研究試料としては明又鉱山の選鉱場で最大 1.5cm 程度に破碎された選鉱元鉱を用いた。これを更に Gyratory crusher³⁾ にて粉碎し 14~270mesh において10個の一連の Tyler 標準篩を用いて篩分した。その結果は第2図に示す通りである。なお粉碎に要した時間は約 15min、試料は約 5kg であつた。



第2図 原鉱の積算篩分曲線

3) 給鉱口：直径 270 mm, 5 HP.

6. 単体分離度の測定方法

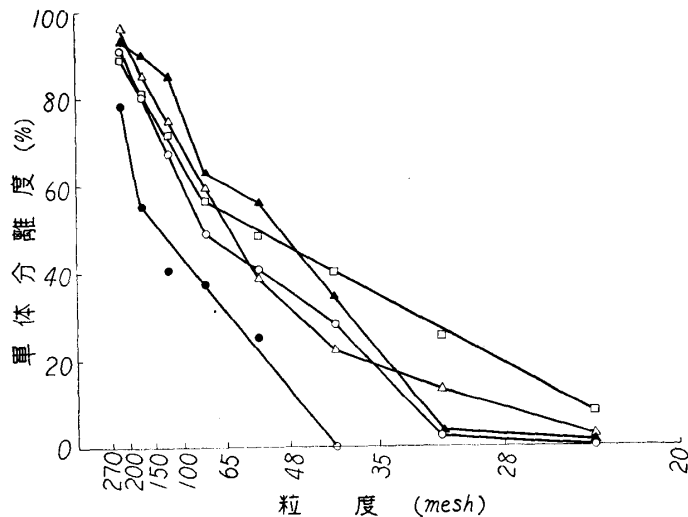
単体分離測定法は筆者等が従来行つて来た方法^{4)~7)}と全く同じで, 分粒した試料をカナダバルサムでガラス枠の中に練込み団鉱をつくりこれを研磨して反射顕微鏡にて観察した. 即ち黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱, 黄銅鉱, 閃亜鉛鉱及び脈石の5種の鉱物⁸⁾について単体或いは共生体を調べ, 共生体の場合は粒子表面を20部分に分けて各鉱物はその何部分を占めるかを目測した. 測定は800~1,400個の粒子について行つた. 各粒度について測定した結果は片刃係数⁹⁾により補正を加え, 表面積が体積に比例するとの仮定の下に夫々の鉱物の遊離粒子数と片刃粒子中のその鉱物の粒子相当数を加えた値に対する遊離粒子数の百分率をもつてその鉱物の単体分離度とし, 観測した全粒子数に対する遊離粒子数の百分率をもつて鉱石全体としての単体分離度とした. 又各粒度における前記5種の鉱物の容積百分率をも測定結果から算出した.

7. 測定結果の考察

以上の方法による測定結果は一括して第1表に表示し, 単体分離度については第3図及び柱状図として第4図に示した通りである.

第1表 粒度別容積並びに単体分離度百分率

鉱物	粒 度 (mesh)							
	20~28	28~35	35~48	48~65	65~100	100~150	150~200	200~270
容積百分率 (%)								
黄鉄鉱	33.57	30.07	32.94	38.23	34.23	36.46	32.08	30.23
磁硫鉄鉱	11.97	11.66	10.41	9.92	11.68	11.59	16.95	15.51
黄銅鉱	4.67	4.90	5.29	5.46	5.84	6.10	6.23	6.34
閃亜鉛鉱	0.41	0.87	0.73	0.89	0.97	0.77	0.86	0.60
脈石	49.14	52.51	50.64	45.48	47.32	45.08	43.87	47.22
単体分離度 (%)								
黄鉄鉱	2.11	13.77	22.16	39.07	59.78	74.54	85.07	96.11
磁硫鉄鉱	0.85	4.61	34.21	56.18	63.54	84.96	89.83	93.92
黄銅鉱	—	4.44	31.01	40.82	47.92	67.23	80.00	91.11
閃亜鉛鉱	—	—	—	25.00	37.50	40.00	55.55	77.78
脈石	8.45	25.10	39.82	48.04	56.81	71.90	80.35	89.05
鉱石全体	4.97	18.19	32.66	44.82	57.90	73.85	83.33	92.01



第3図 各鉱物単体分離度

△ 黄鉄鉱 ▲ 磁硫鉄鉱 □ 脈石 ○ 黄銅鉱 ● 閃亜鉛鉱

鉄鉱の56.18%を除いては黄鉄鉱39.07%, 黄銅鉱40.82%, 脈石48.04%といずれも50%以下の値を

各粒度に含まれる鉱物の容積百分率については第1表に見られるように, 一般に粒度による極端なばらつきは認められない. 唯黄銅鉱のみは細粒になるにしたがいその量が多くなつてはいるが, この容積百分率から算出した鉱石の銅品位は第5図に見られる様に, 各粒度別に分析を行つた銅品位とかなりよく一致する. 又磁硫鉄鉱も概して細粒になる程その量が多い.

単体分離度については第1表及び第3・4図に見る如く, 脈石型鉱床としては単体分離度はあまり容易であるとは言えない. 65meshでは磁硫

4) 竹内常彦, 衛藤重孝: 選研彙, 5 (1949), 15.
 5) 竹内常彦: 選研彙, 7 (1951), 5.
 6) 竹内常彦, 斎藤浩三: 選研彙, 8 (1952), 227.
 7) 竹内常彦, 権藤一徳: 選研彙, 8 (1952), 237.
 8) 磁鉄鉱は本研究試料採取後に発見されたもので, 今回は測定されていない.
 9) Gaudin, A.M.: Principles of Mineral Dressing. (1939), 84.

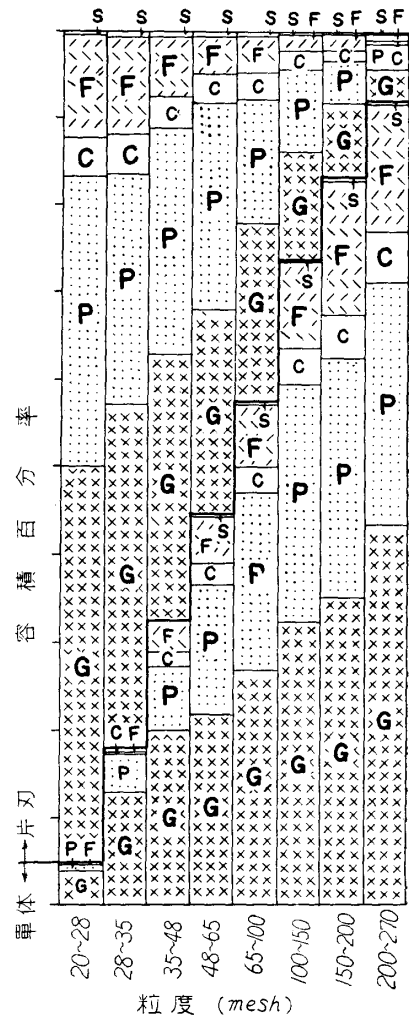
示し、鉱石全体としても 44.82%と非常に分離が悪い。然し一般に 65mesh を境として不連続性が認められ急に分離度がよくなり、200mesh では黄銅鉱 80.00%、鉱石全体として 83.33%に達し、-200mesh では各鉱物が漸く 90%以上の値を示す。各鉱物間においてはそう大きい差異は認められないが粒度の大きい方では概して脈石の分離が比較的よく、細粒においては概して磁硫鉄鉱の単体分離良好で 100~150mesh では独り 84.96%と 80%越す値を示し、以下黄鉄鉱、黄銅鉱或いは脈石と続く。一方片刃粒子の鉱物共生関係を概観すると、一般に黄鉄鉱-脈石の片刃が最も多く、磁硫鉄鉱-脈石、黄銅鉱-脈石、黄銅鉱-磁硫鉄鉱、黄銅鉱-黄鉄鉱、黄鉄鉱-閃亜鉛鉱の順で次第にその数を減ずる。200mesh 以下の細粒においても片刃粒子の鉱物組合せの順位はこれとあまり変わらないが、片刃を構成する鉱物の量比は殆んど 17:3, 8:2, 19:1 と言う様な値を示し、構成鉱物の量比相半ばし単純な曲線で接する様な片刃は殆んど見られない。したがつてより細粒に破碎を行うことにより簡単に単体分離度を著るしく向上せしめることは困難に思われる。

以上の明又鉱山産鉱石の単体分離の難易を試みに以前に測定した他鉱山産鉱石⁵⁾のそれと比較して見ると、木戸ヶ沢、尾小屋、三川等の鉱脈型鉱床の鉱石では 35~48 mesh でそれぞれ 90.8%, 83.5%, 82.2%と既に80%を超える良好な単体分離度を示し、花岡、上北、黒沢、与内畑等の黒鉱々石はそれぞれ 7.5%, 25.0%, 34.0%, 49.1%とかなり低い単体分離度を示すが、明又産鉱石は 32.66%と鉱脈型でありながらむしろ黒鉱の複雑硫化鉱に相当する様な値を示す。既ち一般に鉱脈型のものとは比較的容易に単体分離し、接触交代鉱床の鉱石がこれに次ぎ、黒鉱々石は最も単体分離困難なる傾向が認められるが、当鉱山産鉱石は最も単体分離困難なる部類に属する。

事実明又選鉱場では銅及び硫化鉄精鉱をとつているが、採取鉱物が簡単な鉱脈型鉱石鉱物であるにも拘らず、その実収率を上昇せしめる為に異常な努力が続けられ、従来銅の実収率が70%台以上に昇らなかつたのを、総合優先方式を採用し再磨鉱を行つて-200mesh 97%、-325 mesh 84%に達する微粉末とすることにより最近87%内外の実収率となつている。

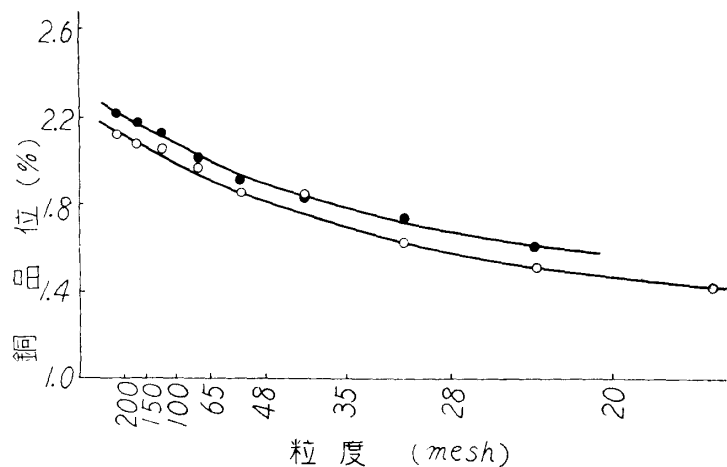
8. 総 括

本報文は秋田県北秋田郡鷹巣町七日市明又鉱山より産する鉱石の産状及び性質、特にその単体



第4図 粒度別単体分離度柱状図

P : 黄鉄鉱 S : 閃亜鉛鉱
F : 磁硫鉄鉱 G : 脈石
C : 黄銅鉱



第5図 分析銅品位と測定結果による計算銅品位の比較

○ 分析銅品位 ● 計算銅品位

分離度に関する研究の概要である。

(1) 鉱床附近の地質は主として第三紀中新世に属する火山岩及び火山碎屑岩からなり上部及び下部立又層と名付けられている。

(2) 鉱床は下部立又層の変朽安山岩及び同質角礫凝灰岩を母岩とする浅成熱水性裂隙充填鉱床である。

(3) 鉱石は黄銅鉱, 黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱を主とし, ときに僅量の閃亜鉛鉱及び磁鉄鉱を伴なう。

(4) 黄銅鉱は顕微鏡的に固溶体の離溶産物である閃亜鉛鉱骸晶, 磁硫鉄鉱の葉片及び小滴をその内部に有し, 又閃亜鉛鉱は同様にその内部に懸滴状黄銅鉱及び微滴状磁硫鉄鉱を有する。

(5) 鉱石を **Gyratory crusher** で粉碎して篩分分析を行つた結果は第2図に示した。

(6) 分粒鉱石につき反射顕微鏡により各鉱物の単体分離度及び鉱石全体の分離度を測定した結果は第1表及び第3・4図に示した。

(7) 本鉱床産鉱石の単体分離は相当に困難で, 鉱脈型鉱床でありながら単体分離最も困難と考えられる黒鉄石のそれに近い値を示す。

(8) 然し第3図及び第4図で見られる様に **65 mesh** から急に単体分離良好となる傾向を見せ, **150~200mesh** では80%以上, **-200mesh** では90%以上の分離度を示す。

最後に本研究の機会を与えられた明又鉱業所長沼倉正志氏および鉱務課長小木曾茂氏に深謝の意を表す。