

# メキシコ工業技術育成事業 メキシコ工業技術育成事業分析報告書

通商産業省 貿易振興局

615  
66.1  
MIT

昭和41年  
11月  
81-105

4

メキシコ選鉱製錬技術育成事業  
メキシコ産鉱石類の試験分析報告書

昭和56年5月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1052675[4]

國際協力	
納入 84. 3. 21	615
出	66.1
發付No. 01134	MIT

## I 概 要

国際協力事業団によるメキシコ選鉱，製錬技術育成プロジェクトの1980年度研修員3名に対する研修を同和鉱業(株)中央研究所において，1980年11月30日から同12月13日の間実施した。

今回，研修員はメキシコより複雑硫化鉱（アランフェス鉱），酸化銅鉱（サンタロサリア鉱），低品位錫鉱石及びセレストライト試料を持参してきておりかつ，これらの鉱石が現在現地において処理試験の対象になっている鉱石であることから研修の対象としてこれらの鉱石を取り挙げることにした。更に新しい選鉱試験手法として国内産複雑硫化鉱を試料とし，小容量連続式浮選試験装置による浮選試験を実施した。

上記鉱石の化学分析値を第1表に示す。

第1表

成分名	Cu	Pb	Zn	Fe	S	Au	Ag
アランフェス鉱	0.21	1.06	9.95	29.53	38.65	-	367.7

成分名	Sn	Fe	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ca	Mg
Sn 鉱石	0.039	2.94	-	5.11	78.54	0.12	0.05

成分名	Cu	Pb	Zn	Fe	S	Co	Ni	Ag
サンタロサリア鉱	2.18	0.01	0.34	5.53	1.11	0.08	0.01	3.4

(分析値は%，Au Ag のみg/T)

※ セレストライトは純粋な結晶である。

この中でSn鉱石については含有Sn品位が極端に低いことから今回の対象から除外した。又，他の鉱石についても，それらが現地の鉱床を代表する鉱石とは言い難く，各試験における考察は当該試料についての範囲内に留めたい。

## II 試験実施結果

### 1. アランフェス鉱

当鉱石は、黄鉄鉱を主体（65%）として閃亜鉛鉱、銀そして少量の方鉛鉱等から成る複雑硫化鉱であり黄鉄鉱が非常に多く又、各鉱物の単体分離性が低いことから選鉱処理が困難とされるものである。

原鉱石を-400メッシュ85%程度に粉碎し、サイクロサイザーによつて分級後、顕微鏡下で観察した結果によれば10 $\mu$ 前後の微粒域に於いても片刃粒子が多く存在し特にPb粒子の単体分離度が低い。

今回はサンプルの量及び時間的な制約から一般的な浮遊選鉱法で、当鉱石の分離性を調べた。その結果を第1-1~4表に示す。（No1~No4）

なおサンプルは-400メッシュ85%に粉碎して用いた。

#### 試験No1及びNo2

ここではSO<sub>2</sub>-Lime法によつて亜鉛鉱物及び硫化鉄を抑制して鉛（方鉛鉱）を回収し、更に温水浮選法によつて鉛と硫化鉄の分離をしようとしたものである。No1とNo2では鉛鉱物に対する捕収剤をかえて試験を行なったがいずれの場合にも鉛鉱物の浮遊性が低く又、温水浮選法によつては鉛と硫化鉄の分離が困難であるという結果が得られた。

亜鉛精鉱については、品位が50%程度に達しておりその回収は困難ではないと考えられる。

#### 試験No3

次に鉛精鉱の採取が困難であることから苛性ソーダを用いて亜鉛鉱物及び硫化鉄を抑制した鉛優先浮選を実施した。この場合、粗選浮鉱中の鉛は品位3.92%分布率61%と粗選段階においてはまずまずの浮遊性を示した。しかし精選段階において鉛は浮きづらく、最終的に鉛精鉛の品位は14%、実収率は20%にとどまった。

#### 試験No4

ついで硫化鉄の含有量が高いことから、まず高pH領域において硫化鉄を抑制して鉛、亜鉛を回収しその後、鉛と亜鉛を分離する方法を試みた。

第1-4表中の鉛・亜鉛精選浮鉱への鉛・亜鉛の回収はある程度達成されたが、鉛と亜鉛を分離する段階で鉛鉱物が回収困難であるという結果が得られ、鉛精鉱としてはPb品位22.86%、実収率24.67%に留まった。

次に試験No3及びNo4に於いてみられた様に、鉛鉱物が精選段階に於いて浮遊しづらいこ

とから、試験№4の鉛精鉱(①)及び鉛精選尾鉱(②)の顕微鏡観察を実施した。その結果鉛精鉱中の方鉛鉱の単体分離度は高いが鉛精選尾鉱中では片刃粒子が多く、しかも微小な形で閃亜鉛鉱もしくは黄鉄鉱と片刃粒子を形成していることがわかった。

一方鉛精鉱中の閃亜鉛鉱、黄鉄鉱の単体分離度はかなり高く、したがって鉛精鉱の品位向上の可能性は充分にあると考えられる。しかし精選尾鉱に分布する鉛は上述の様に微細な片刃が多いことから実収率に関しては多くを期待出来ないと思われる。

ついで試験№4の鉛・亜鉛精選尾鉱についてE P M AによるAg鉱物の調査を実施した。

(写真A-1~3, B-1~2, C-1~3)

その中でAg鉱物としては、テトラヘドライト、アージェンタイトが確認され微小な粒子の他10~30 $\mu$ 程度の比較的粗粒なものも見られた。又こういった中間産物中の鉛は前述の顕微鏡観察と同様、微細な片刃粒子として存在することがわかった。

以上、複雑硫化鉱であるアランフェス鉱について基礎的な調査を行なったが、これらの試験の範囲内では鉛精鉱の採取が困難であると推測される。経済面からはAgの回収方法が重要であるが今回はAgの浮選挙動については触れなかった。

しかし、Agの回収については鉛精鉱の採取が困難な事から一般的な方法である鉛精鉱として回収する考え方に加え、鉛・亜鉛混合精鉱としてAg実収率を高める等の方法も検討すべきであろう。

又、鉛鉱物の単体分離性が低いことは確認されたが浮選最適粒度の検討は実施しておらず、鉛・亜鉛混合精鉱の採取、或いはコストの点も考慮に入れば比較的粗粒での浮選も検討されるべきであろう。

## 2. サンタロサリア鉱

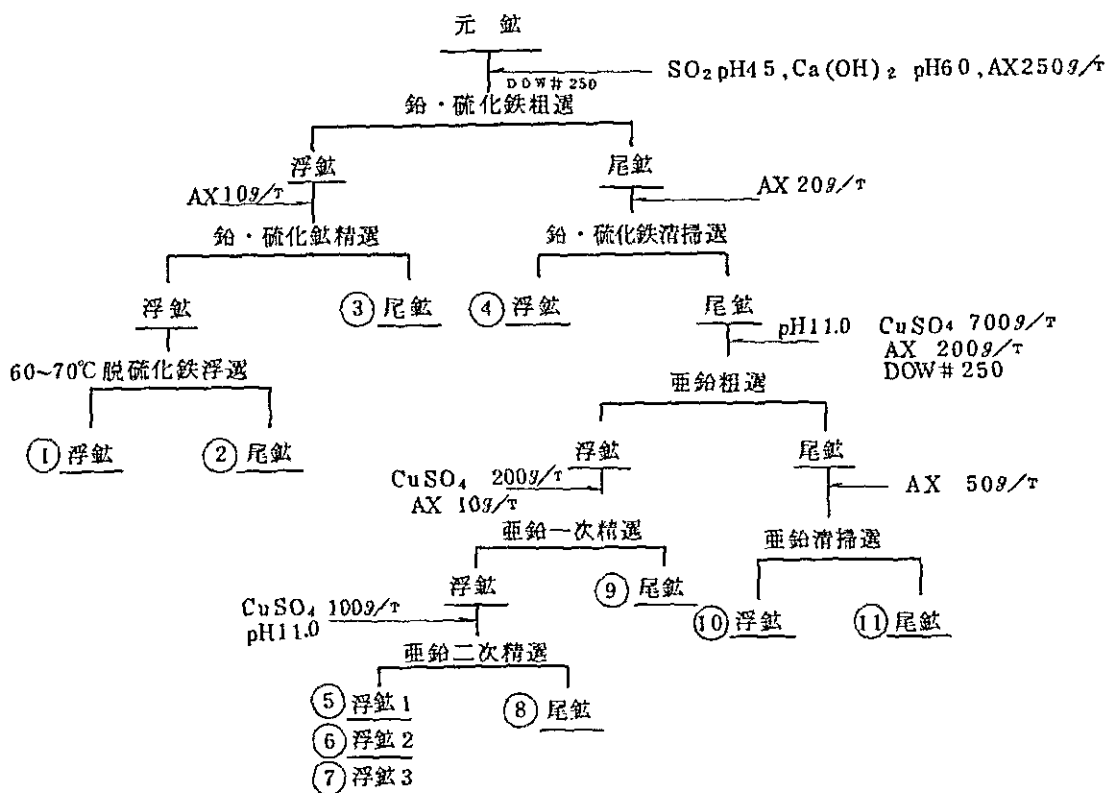
当鉱石は、可溶性銅が含まれる上、珪孔雀石を主とする酸化銅鉱が多いため、選鉱処理が非常に困難とされ浸出法、セグリゲーション法等が検討されている。しかし鉱石中には粘土鉱物が多く製錬手法による場合でもコスト高となり採取率の低下もまぬがれることはできない。これに対して、ここでは鉱石中の鉱物の諸特性を把握し、製錬処理をより効率的にするための前処理法について考察した。

原鉱石の化学分析値は第2-1表に示す通りで、とくにCuについては第2-1図の手順にもとづき形態分析を行ない第2-2表に示した。Cu鉱物の大半が酸化物であるが、硫化物としても4.1.3%含まれ、可溶性のCuはわずか0.5%にすぎない。

アランフェス鉛浮選試験 (No 1)

亜硫酸水 - 温水浮選法

Pb 捕収剤 = アミルザンセート



第1-1表

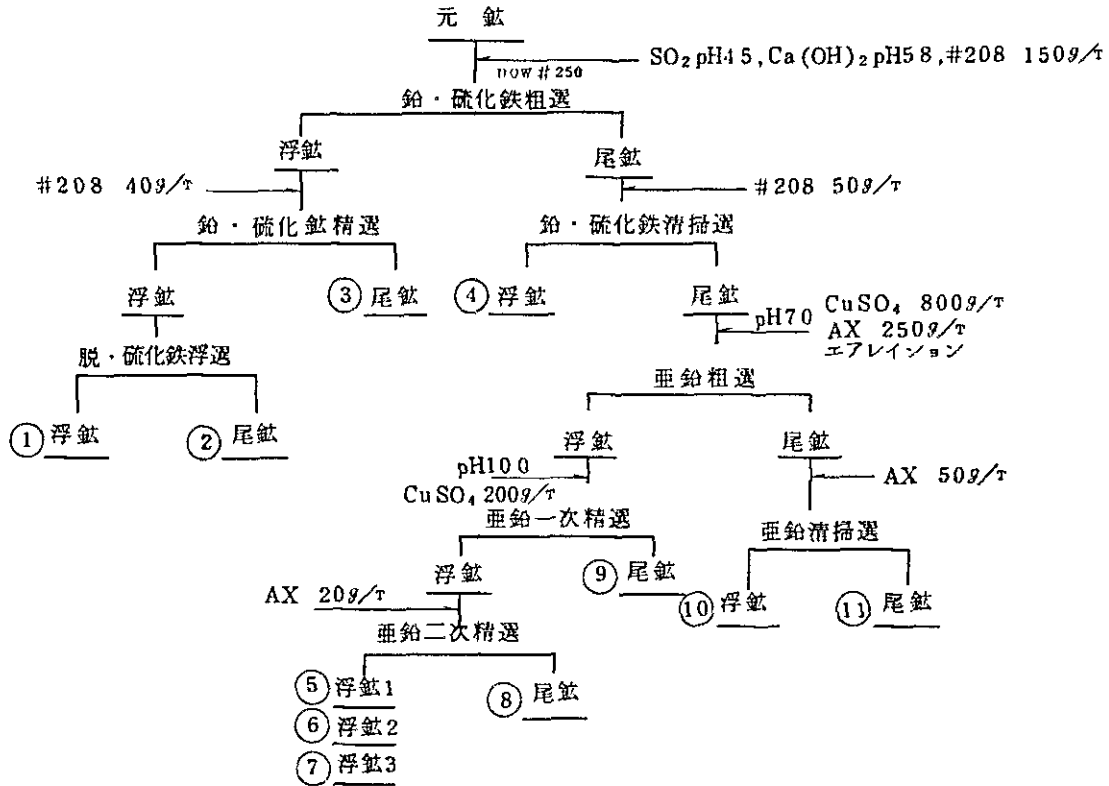
試料名	Wt %	GRADE %				DIST. %			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
元鉛	10000	0.26	1.45	9.65	294.8	10000	10000	10000	10000
① 脱硫浮鉛	330	2.26	6.75	10.53	295.6	2920	1539	360	331
② 脱硫尾鉛	450	0.42	4.37	17.25	237.4	740	1359	805	362
③ 鉛・硫化鉄精選尾鉛	520	0.23	1.59	10.68	287.0	468	571	576	506
④ 鉛・硫化鉄精選浮鉛	250	0.32	3.46	8.91	317.1	3.13	5.98	2.31	26.9
⑤ 亜鉛浮鉛 1	840	0.30	1.10	49.45	84.6	9.86	6.38	43.07	2.41
⑥ 亜鉛浮鉛 2	320	0.19	1.65	39.97	134.7	2.38	3.65	13.26	1.46
⑦ 亜鉛浮鉛 3	170	0.33	2.33	27.48	198.7	2.20	2.74	4.84	1.15
⑧ 亜鉛二次尾鉛	240	0.63	2.95	11.95	286.1	5.92	4.89	2.97	2.33
⑨ 亜鉛一次尾鉛	340	0.44	2.51	4.66	33.33	5.86	5.90	1.64	3.84
⑩ 亜鉛精選浮鉛	310	0.21	1.83	9.53	312.7	2.55	3.92	3.06	3.29
⑪ 亜鉛精選尾鉛	6230	0.11	0.74	1.77	335.2	26.83	31.85	11.43	70.84



アランフェス鉱浮選試験 (No 2)

亜鉛酸水 - 温水浮選法

Pb 捕収剤 = エロフロート # 208

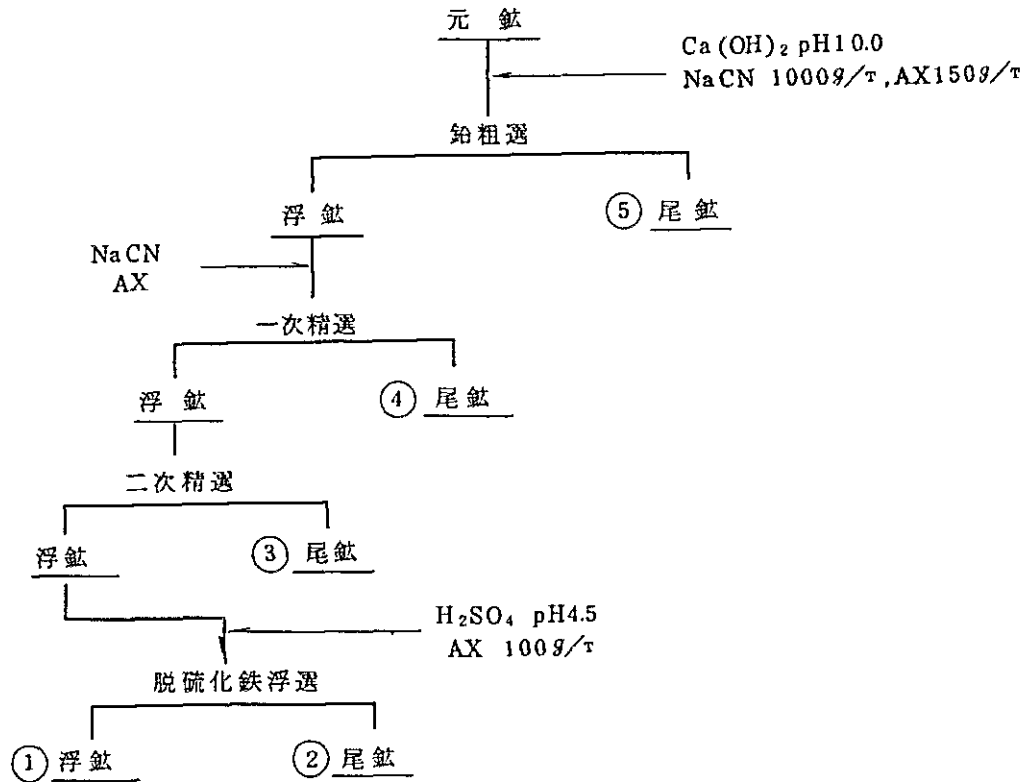


第 1 - 2 表

試 料 名	Wt %	GRADE %				DIST. %			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
元 鉱	100.00	0.33	108	1011	2827	100.00	100.00	100.00	100.00
① 脱 硫 浮 鉱	770	1.38	626	1173	3107	31.84	44.79	8.93	8.46
② 脱 硫 尾 鉱	350	0.21	0.47	15.56	21.46	2.20	1.53	5.39	2.66
③ 鉛・硫化鉄精選尾 鉱	810	0.28	0.60	11.38	27.00	6.80	4.52	9.11	7.74
④ 鉛・硫化鉄精選浮 鉱	3.90	0.45	2.72	9.56	31.95	5.26	9.86	3.69	4.41
⑤ 亜鉛浮 鉱 1	3.10	0.30	0.69	52.96	7.34	2.79	1.99	16.23	0.80
⑥ 亜鉛浮 鉱 2	4.20	0.40	0.95	49.31	9.73	5.03	3.71	20.48	1.45
⑦ 亜鉛浮 鉱 3	4.40	0.49	1.30	40.49	14.43	6.46	5.32	17.62	2.25
⑧ 亜鉛二次尾 鉱	4.20	0.22	1.13	7.19	37.30	2.77	4.41	2.99	5.54
⑨ 亜鉛一次尾 鉱	2140	0.28	0.74	2.04	39.47	17.95	14.72	4.32	29.88
⑩ 亜鉛精選浮 鉱	7.70	0.20	0.91	4.04	37.67	4.61	6.51	3.08	10.26
⑪ 亜鉛精選尾 鉱	31.80	0.15	0.09	2.60	23.62	14.29	2.66	8.18	26.57

アランフェス鉛浮選試験 (No 3)

シアン法による鉛浮選

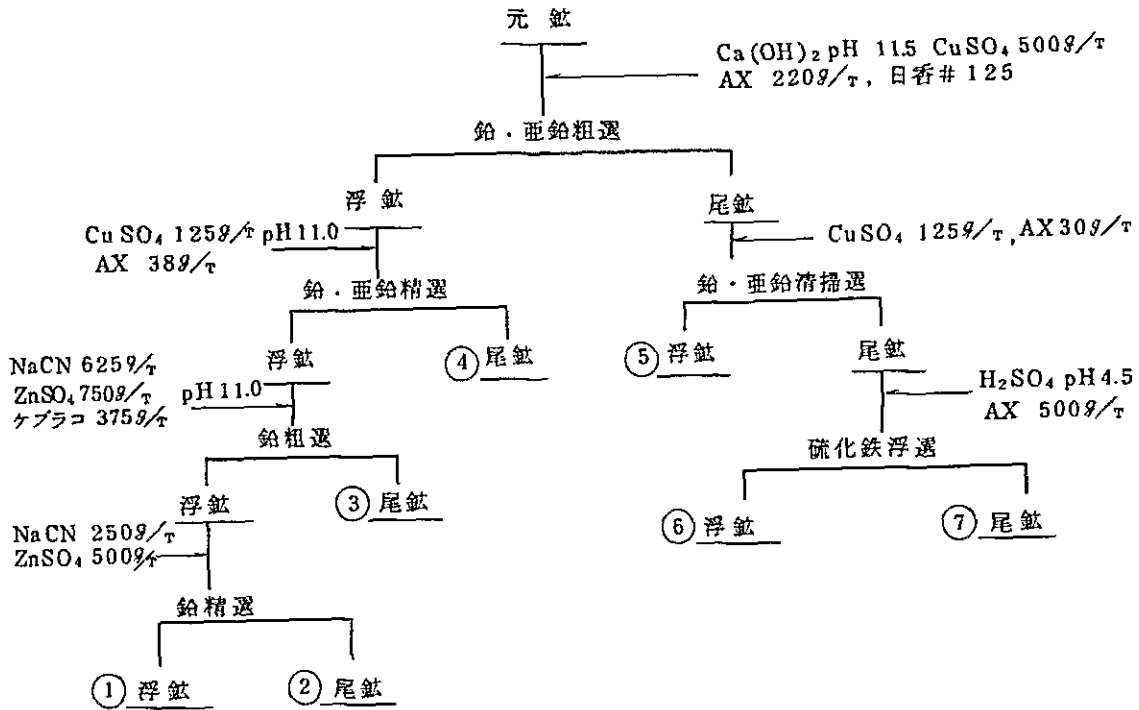


第1-3表

試料名	Wt %	GRADE %				DIST. %			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
元鉛	10000	0.26	0.92	9.81	298.4	100.00	100.00	100.00	100.00
①脱硫浮鉛	0.20	0.81	9.67	26.26	16.79	0.63	2.10	0.54	0.11
②脱硫尾鉛	1.30	0.74	13.87	12.55	26.67	3.76	19.59	1.66	1.16
③二次精選尾鉛	5.30	0.80	5.35	10.37	31.18	16.56	30.81	5.60	5.54
④一次精選尾鉛	7.50	0.30	1.03	10.01	31.99	8.79	8.39	7.65	8.04
⑤粗選尾鉛	85.70	0.21	0.42	9.68	29.65	70.27	39.11	84.55	85.15
二次精選浮鉛	1.50	0.75	13.31	14.38	25.35	4.39	21.69	2.20	1.27
一次精選浮鉛	6.80	0.79	7.11	11.25	29.89	20.94	52.50	7.80	6.81
粗選浮鉛	14.30	0.53	3.92	10.60	30.99	29.73	60.89	15.45	14.85

アランフェス鉛浮選試験 (No 4)

High-Lime 浮選法



第1-4表

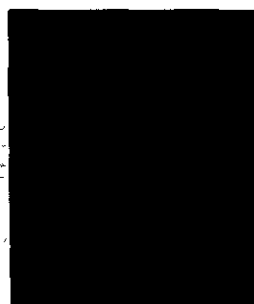
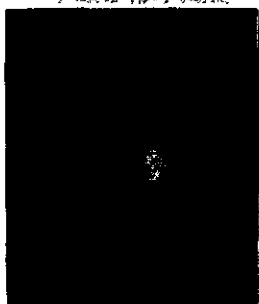
試料名	Wt %	GRADE %				DIST. %			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
元鉛	10000	0.29	1.39	981	3368	100.00	100.00	10000	10000
①鉛精選浮鉛	150	1.36	2286	14.92	21.10	706	2467	228	0.94
②鉛精選尾鉛	480	0.93	526	2287	24.92	1544	1816	11.20	3.55
③鉛精選尾鉛	1730	0.31	113	3698	1731	18.55	1406	6525	889
④鉛・亜鉛精選尾鉛	570	0.29	0.62	310	3547	572	2.54	180	600
⑤鉛・亜鉛清掃選浮鉛	520	0.35	1.64	1237	3120	630	613	6.56	482
⑥硫化鉄浮鉛	4640	0.21	0.97	2.21	4888	3371	3237	10.46	67.33
⑦硫化鉄尾鉛	19.10	0.20	0.15	1.26	14.93	13.22	2.06	2.45	847
鉛粗選浮鉛	630	1.03	945	2098	24.01	2250	4283	13.48	449
鉛・亜鉛精選浮鉛	2360	0.50	3.35	32.71	19.10	4106	5689	78.73	13.38
鉛・亜鉛粗選浮鉛	2930	0.46	2.82	26.95	22.28	46.78	59.43	80.53	19.38
鉛・亜鉛清掃選尾鉛	65.50	0.21	0.73	1.93	38.98	46.93	34.44	12.91	75.80
鉛・亜鉛粗選尾鉛	7070	0.22	0.80	2.70	38.41	53.22	40.57	19.47	80.62

Cleaner tailing of Pb, Zn flotation

Tetrahedrite grain

A - 1

A - 2

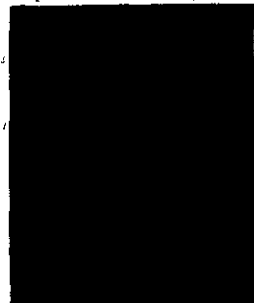
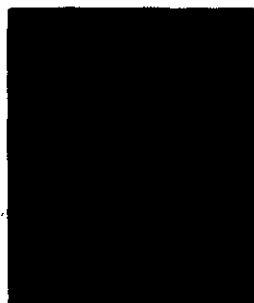
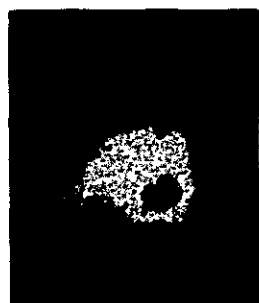


Zn

Pb

Composition

Ag



Cu

Fe

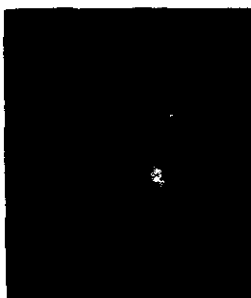
Sb

As

A - 3

Argentite grain

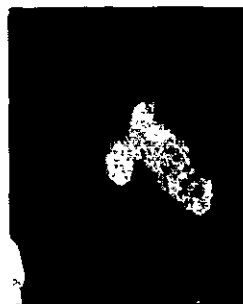
B - 1



S

Ag

Composition



S

Fe

B - 2



Pb

Ag concentration  
around quartz grain

C - 1



Ag

Composition



Cu



Fe

C - 2



Zn



Pb

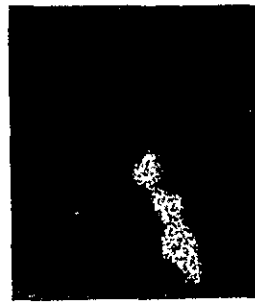
C - 3



Sb



S



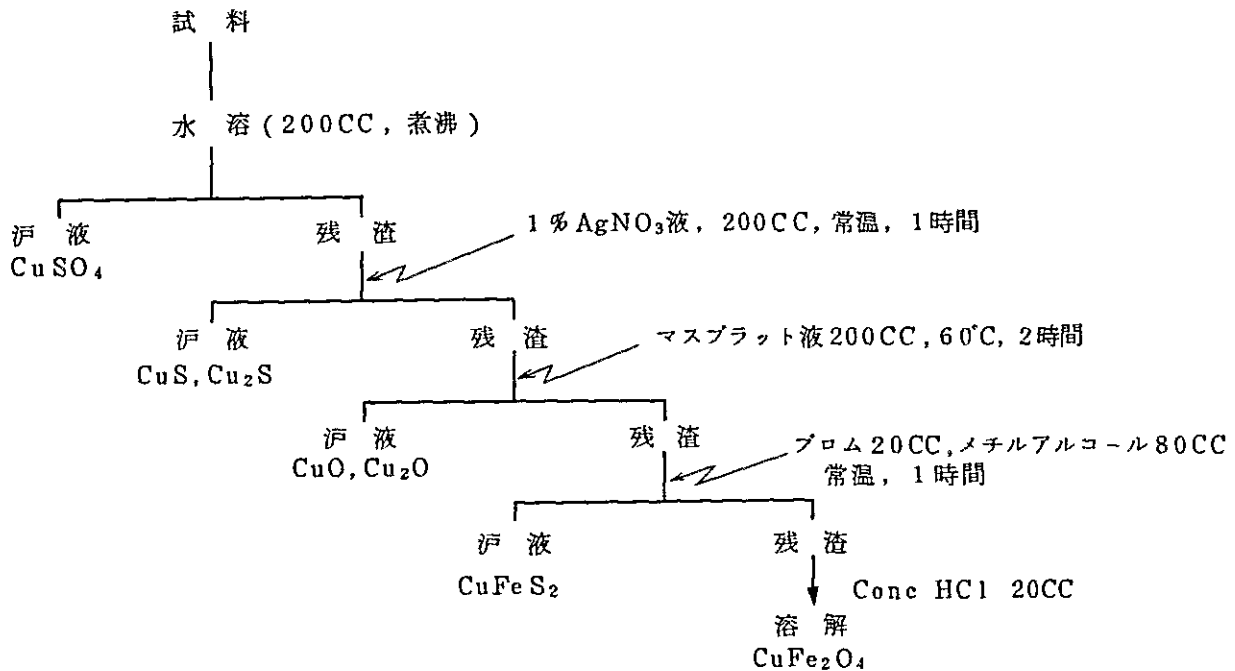
Si

第 2-1 表 原鉱石の化学分析値 (品位%, 但し Ag は g/t)

Cu	Pb	Zn	Fe	S	Ag	Mn	Co	Ni
2.18	0.01	0.34	5.53	1.11	3.4	3.30	0.08	0.01

第 2-2 表 Cu の形態分析値 (品位%, 分布率%)

	CuSO <sub>4</sub>	CuS, Cu <sub>2</sub> S	CuO, Cu <sub>2</sub> O	CuFeS <sub>2</sub>	CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Cu
品位	0.01	0.75	1.17	0.15	0.10	2.18
分布率	0.5	34.4	53.7	6.9	4.5	100.0



第 2-1 図 Cu の形態分析手順

第 2-3 表は、原鉱石を 200 メッシュ以下に湿式粉碎し、高磁力磁選機 (日本エリーズ製) により磁場の大きさを変化させ、その磁場における磁着物を採取分析に供したものである。この結果、磁場の大きさが強くなるにつれ、Cu 品位の向上がみられ、10,000 ガウスでの非磁着物は 1.25 % となった。一方 Mn 鉱物は 6,000 ガウスで Mn 品位 10.65 % の磁着物が得られたが、さらに磁場の大きさが強くなると、Mn 品位は低下し、10,000 ガウスでの非磁着物は 1.23 % と低下している。すなわち銅鉱物は非磁着物に約 80 % 濃集される

のに対し、マンガン鉱物は3,500～9,600ガウスの磁着物に約51%濃集された。

第2-3表 湿式高磁力磁選試験結果

	Wt %	GRADE %		DIST. %		
		Cu	Mn	Cu	Mn	
原 鉱	100.00	1.11	3.23	100.00	100.00	
磁 着 物	3,500 <sup>ガウス</sup>	7.28	0.59	8.11	3.87	18.28
”	6,000	7.11	0.62	10.65	3.97	23.44
”	8,700	6.71	0.79	9.71	4.78	20.17
”	9,600	4.72	1.00	6.06	4.25	8.86
”	10,000	3.41	1.18	4.36	3.63	4.60
非磁着物	70.77	1.25	1.12	79.51	24.65	

6,000ガウスの磁着物についてX線回折によりマンガン鉱物を同定した結果、リョウマンガン鉱 (Rhodochrosite) であることが明らかにされた (第2-2図)。

以上、化学分析および形態分析の結果、銅鉱物の中にも硫化物がかなり含まれることが判ったので、浮選試験を試みた。第2-4表はこの結果を示す。粒度は-200メッシュ約80%で、粘土鉱物を分散させるためpHはソーダ灰を使用し、10.2に調整した。捕収剤 (アミルザンセート: 200 g/t) および起泡剤 (Dow<sup>#</sup>250: 48 g/t) をそれぞれ添加条件付与し、約15分間浮選試験を行なった。この結果30%近いCu品位の銅精鉱が、17.5%の実収率で採取できた。ここで浮遊した銅精鉱を顕微鏡で観察したところ、黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、銅らん等の硫化銅鉱物が確認された。

第2-4表 銅硫化物の浮選試験結果

	重 量 (%)	品 位 (%)		分 布 率 (%)	
		Cu	Fe	Cu	Fe
原 鉱	100.0	2.22	8.56	100.0	100.0
銅 精 鉱	1.3	29.93	8.31	17.5	1.3
尾 鉱	98.7	1.85	8.56	82.5	98.7

100

100

Ⓜ

RIGAKU

CAT.NO.9907C1

100

79H

100

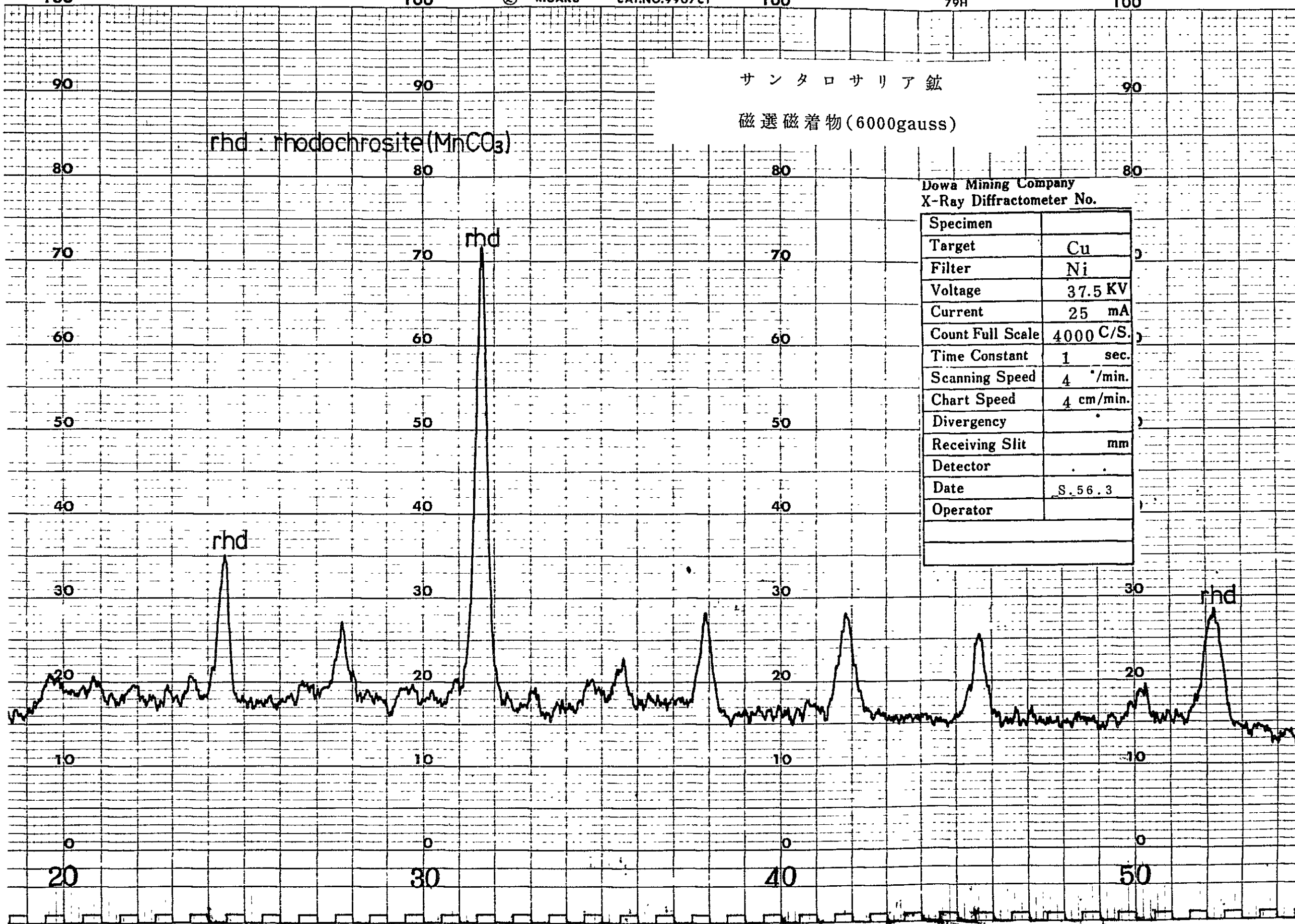
サンタロサリア鉱

磁選磁着物(6000gauss)

rhd : rhodochrosite (MnCO<sub>3</sub>)

Dowa Mining Company  
X-Ray Diffractometer No.

Specimen	
Target	Cu
Filter	Ni
Voltage	37.5 KV
Current	25 mA
Count Full Scale	4000 C/S.
Time Constant	1 sec.
Scanning Speed	4 °/min.
Chart Speed	4 cm/min.
Divergency	
Receiving Slit	mm
Detector	
Date	S.56.3
Operator	



第2-2図 サンタロサリア鉱X線回折チャート



以上、サンタロソリア鉱について当所で行なった試験結果をもとに記述したが、粘土鉱物の多い原鉱石に対しては、製錬処理のための前処理が必要と考えられ、今回供試した試料のように可溶性銅が少ない鉱石であるなら、粘土鉱物に対する分散条件を整えた上、硫化銅鉱物の浮選を行い、さらに酸化銅鉱物の浮選について検討する必要があると考えられる。又、マンガン鉱の回収もあわせ検討すべきであろう。

### 3. セレスタイト ( $\text{SrSO}_4$ )

純粋なセレスタイト試料を-400メッシュ約60%に粉碎し、捕収剤としてAcc#830-100g/t、起泡剤としてDOW#250-60g/tを添加した時の浮遊性をpHを変化させた条件下で試験した。なお、pHの調節には $\text{H}_2\text{SO}_4$ もしくはNaOHを使用した。

その結果は第3-1図に示した。

図によればセレスタイトは、pH4からpH10付近まで広いpH領域にわたって良好な浮遊性を示している、実際の鉱石を扱う場合には種々の脈石鉱物との分離操作が必要であり捕収剤、分散剤等の選定が重要であるが上述した結果から推してセレスタイトの浮選による回収は困難ではないと考えられる。

### 4. 小容量連続式浮選試験装置による浮選試験

国内産複雑硫化鉱である松峰鉱について、小容量連続浮選試験装置(写真参照)による浮選試験を実施した。(写真4-1)

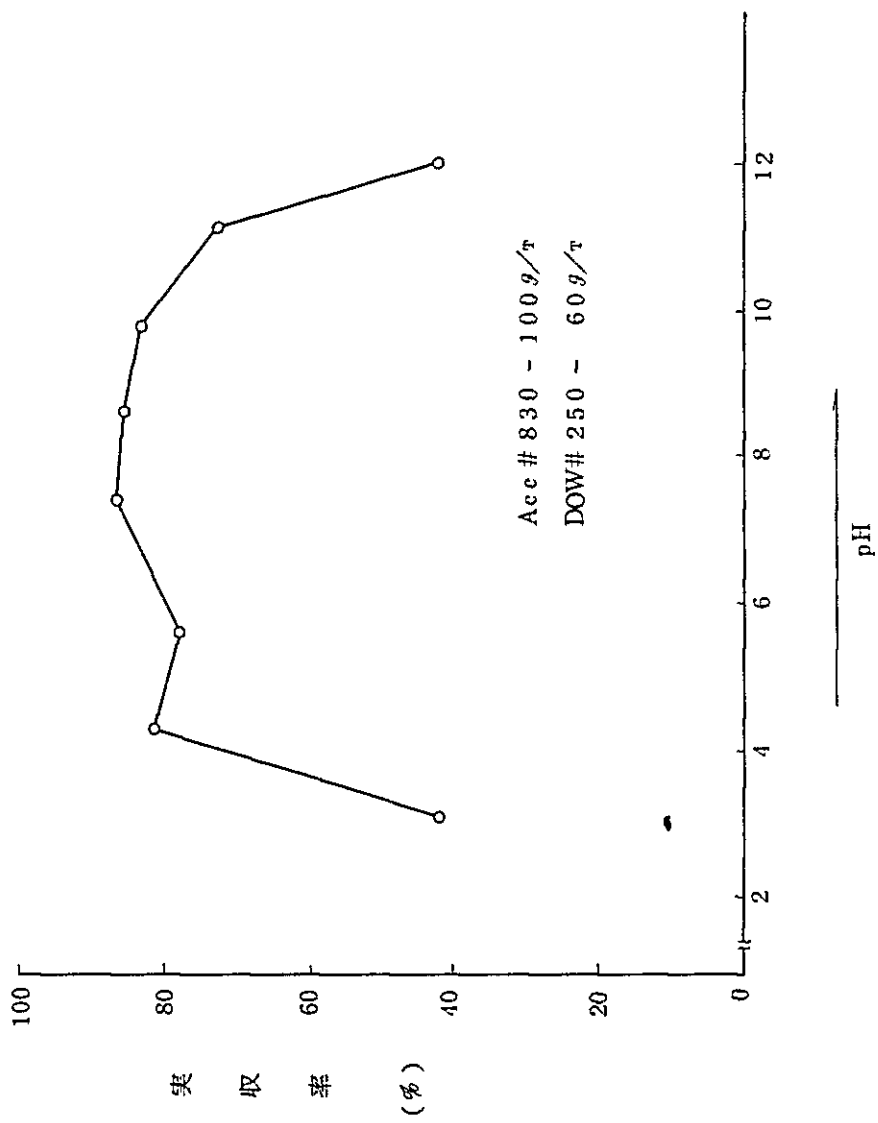
試験は、黄鉄鉱を多量に含有する鉱石から銅、鉛、亜鉛を浮選分離しようとするものである。(第4-1図参照)

原鉱石はボールミルにて-400メッシュ65%程度に磨砕しリバルパーによつて濃度20%のバルブとし $\text{Ca}(\text{OH})_2$ によつてpH1.5に調整した。鉱石は定量ポンプにより200ml/minの流量でコンディショナーに供給される。ここで捕収剤としてアミルザンセート100g/t、起泡剤としてDOW#250を150g/t加え条件付与する。条件付与された鉱石はコンディショナーをオーバーフローして、浮選機へと導かれる。

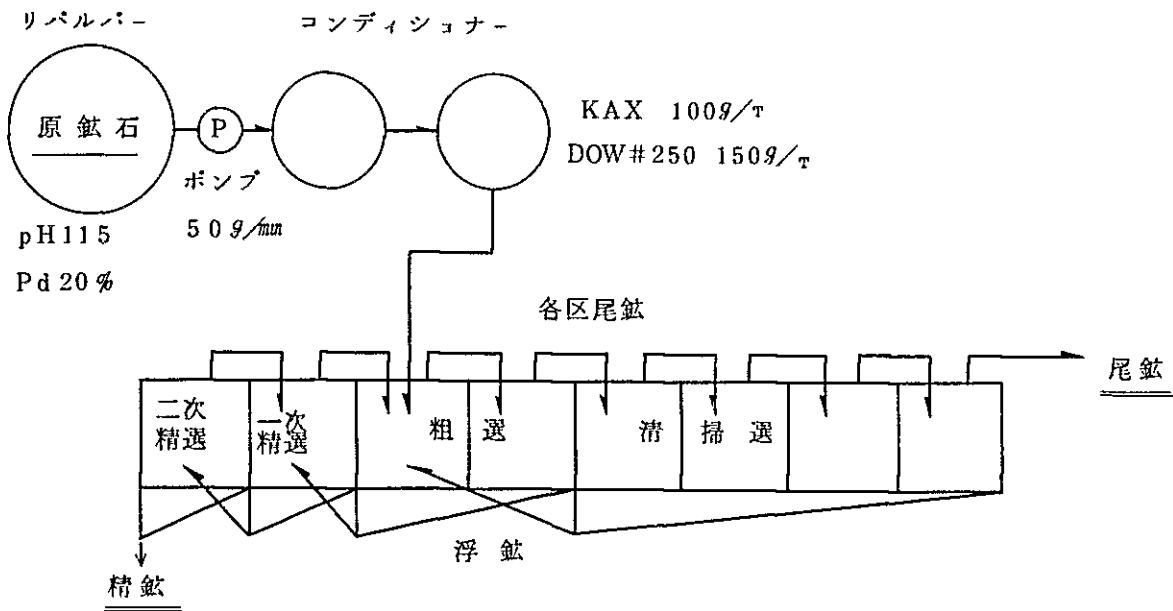
一連の浮選セルは、粗選、清掃選、精選を閉回路で構成し、実操業と同様な浮選分離を行なう。

目的とする銅、鉛、亜鉛は、粗選及び二段の精選を受け、濃縮された状態で回収される。

他方、黄鉄鉱及び脈石鉱物は粗選、清掃選により目的鉱物を除去された後に、尾鉱とに系外へ排出される。試験結果を第4-1表及び第4-2図に示す。



第3-1図 セレスタイトのpH別浮選試験



第4-1図 試験系統図

第4-1表

	Wt %	品位 %				分布率 %			
		Cu	Pb	Zn	Py-S	Cu	Pb	Zn	Py-S
元鉱	1000	312	0.75	3.56	30.13	1000	100.0	1000	1000
精鉱	182	13.72	3.71	17.47	14.21	80.0	89.9	89.1	8.6
尾鉱	81.8	0.76	0.09	0.48	3.367	20.0	10.1	10.9	91.4

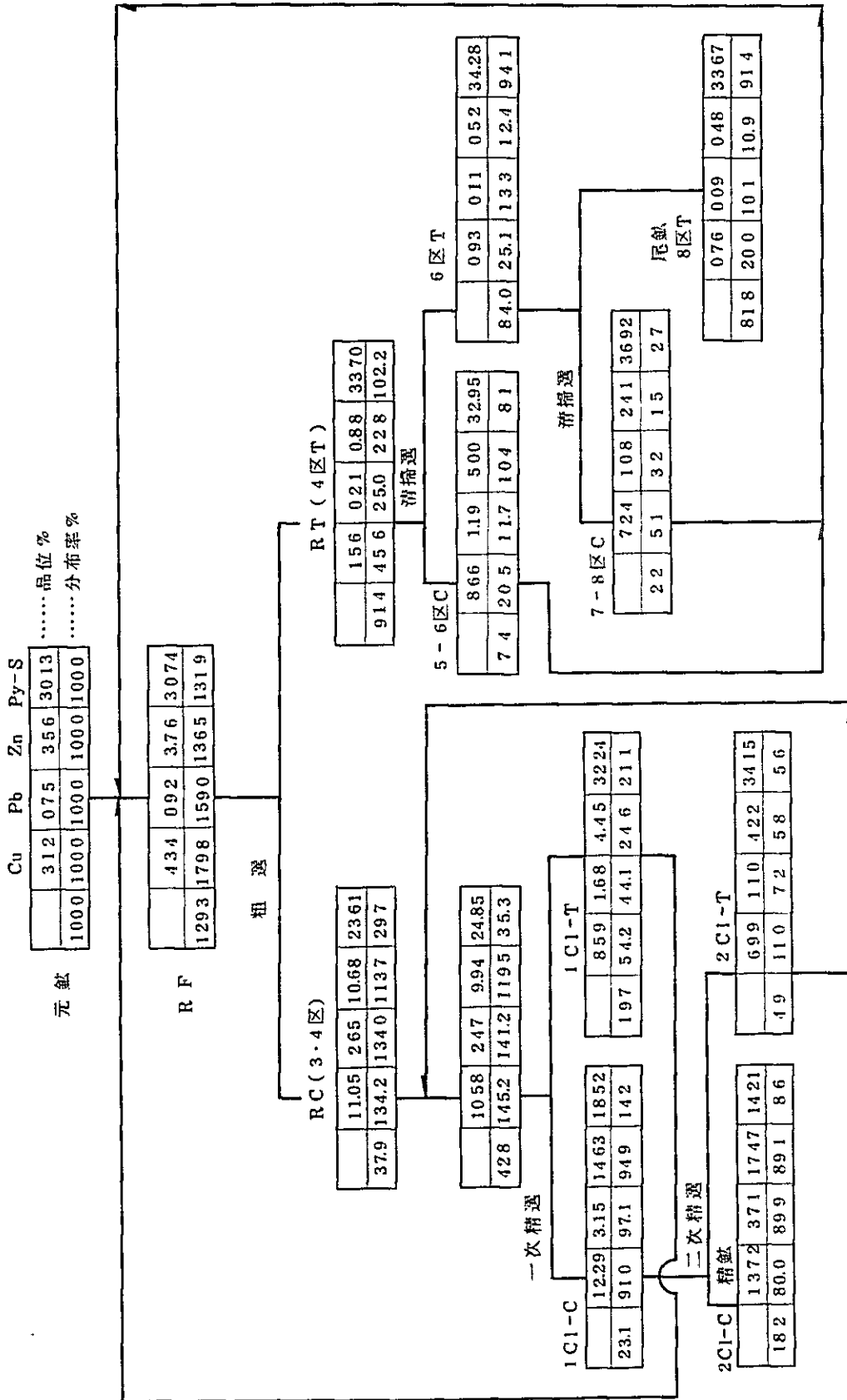
今回は銅の実収率が若干低かったが、全般に良好な分離結果が得られたと云えよう。

従来、実験室等において少量の鉱石を用い浮選分離試験を実施するに当っては、回分式浮選試験に依存せざるを得なかった。(写真4-2)

その場合には、実操業に於いて系統内を循環するいわゆる中間産物の評価が難しくその解決方法としてはサイクルテストと呼ばれる回分式浮選試験の非常に多くの繰り返しを実施していた。

その場合、サンプル量が大量に必要となることに加えて時間、労力も多くを要し試験結果の信頼度という面からも問題が残されていた。

しかし、小容量連続式浮選装置によればそれらの問題が解決され、良好な結果が得られるということが今回の試験で確認された。



第 4 - 2 図 松峰鉱連続浮選バランスシート (Cu, Pb, Zn, セミバルク浮選)

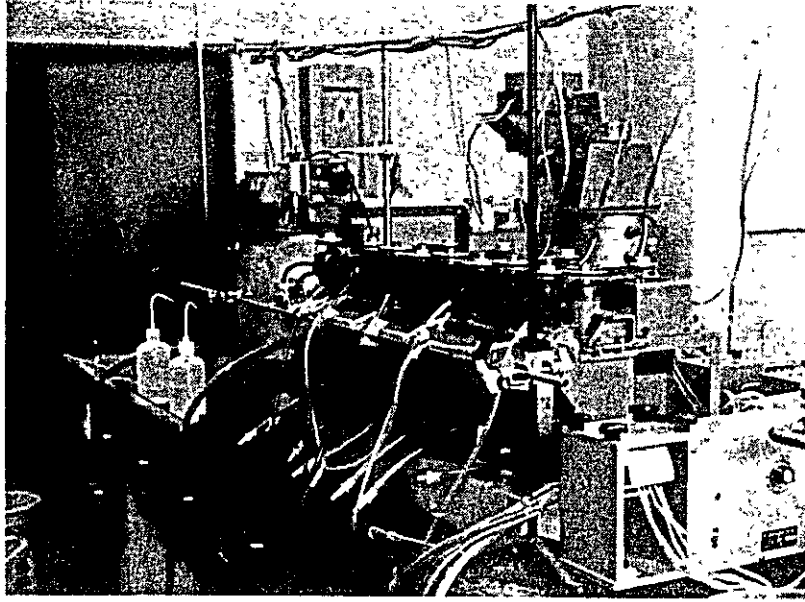


写真 4 - 1 小容量連続式浮選試験装置

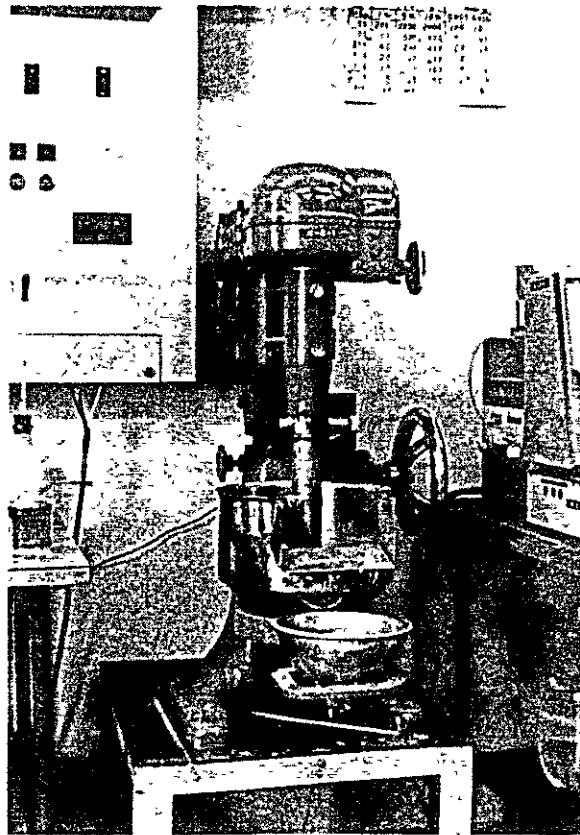


写真 4 - 2 京大式浮選試験機 (回分式)



