

第14表 2kgセグレション試験機による確認試験結果

(1) ケース1. 原鉱量 1.5kg

鉱種	鉱量 (%)	品位		銅採取率(%)		銀採取率(%)		備考
		Cu (%)	Ag (g/t)	順算	逆算	順算	逆算	
原 鉱	100.00	1.39	412	100.0		100.0		
“(逆算)”		(1.36)	(416)		(100.0)		(100.0)	
精 鉱	4.88	24.17	6,550	84.9	86.6	77.5	76.8	
片 刃 2	0.96	0.59	212	0.4	0.4	0.5	0.5	
片 刃 1	2.25	0.21	120	0.3	0.3	0.7	0.6	
尾 鉱	81.89	0.21	112	12.4	12.6	22.3	22.1	
焙 焼 ロ ス				2.0		- 1.0		

(2) ケース2. 原鉱量 1.0kg

鉱種	鉱量 (%)	品位		銅採取率(%)		銀採取率(%)		備考
		Cu (%)	Ag (g/t)	順算	逆算	順算	逆算	
原 鉱	100.0	1.39	412	100.0		100.0		
“(逆算)”		(1.34)	(411)		(100.0)		(100.0)	
精 鉱	4.92	24.47	6,650	86.6	89.6	79.4	79.6	
片 刃 2	0.76	1.13	378	0.6	0.6	0.7	0.7	
片 刃 1	1.77	0.25	120	0.3	0.4	0.5	0.5	
尾 鉱	78.95	0.16	100	9.1	9.4	19.2	19.2	
焙 焼 ロ ス				3.4		0.2		

2kg試験機においては鉱量を減らし、鉱石の昇温速度を早くした方が成績が向上する傾向がみられるが、1.5kgと1.0kgの間には大差はない。

2kg試験機と100g試験機の成績のうちほぼ同一セグレ条件の成績を比較すると

2kg試験機：粗精鉱品位；Cu16.33%，Ag4459g/t

順算採取率；Cu87.5%，Ag80.6%

逆算採取率；Cu90.6%，Ag80.8%

(2kg 試験機テスト ケース 2)

100g 試験機：粗精銀品位；Cu7.85% ， Ag2290g/t

順算採取率；Cu9.37% ， Ag78.4%

逆算採取率；Cu9.27% ， Ag81.2%

(100g 試験機第 2 回 L 9 テスト No - 5)

となり、2kg 試験機は 100g 試験機の成績をほぼ再現しているものと考えられる。

§ 9. む す び

これまで実施して来た石炭をセグレゲーションに利用する一連の試験から次のことが云える。

- (1) 石炭をコークスの代用としてセグレゲーションに利用できる。
- (2) 石炭単味の場合は、その添加量の変動によって、セグレ成績が大きく変動することが考えられ不安定である。
したがってコークスと混合して使用する方が望ましく、石炭の配合比は約 50 % 程度であるが、配合比の詳細の決定はもう少し実験を必要とする。
- (3) 石炭を使用することによって還元剤の添加量を減少でき、5 % 以下でセグレゲーションは可能である。
- (4) セグレ産物の化学分析方法、特に銀に関しては従来の主水法から弗酸法に切替えることが妥当である。この原因として、銀鉱物が珪酸質により表面をカバーしていることも予想されるが、銅と銀のセグレゲーションの仕組みの違い、銀の採取率向上試験（尾鉱中の銀品位の低下）等更に究明する計画である。

以 上

ペルー側カウンターパート

セグレゲーション：ホルヘ・キスベ

メルセデス・ミサリ

分 析：オルガ・バレデス

マリア・ハラ

ベ ル ー 共 和 国

ベレンゲラー鉱 セグレゲーション基礎試験

(第 五 報)

セグレ条件の変更のセグレ成績(特に銀に関する採取率)に及ぼす影響について

昭和62年1月

ベルー酸化鉱処理プロジェクト

向 井 雄

中 尾 正 英

浅 利 金 三

兼 子 弘 司

目 次

§ 1. まえがき	70
§ 2. 試験方法	70
1. 試 料	
2. 試験装置	
§ 3. 試験条件	70
1. セグレ条件変更におけるL27テスト	70
2. セグレーションに対する鉱石の微粉碎の効果	71
3. 石炭とコークスの配合比変更試験	71
§ 4. 試験結果	72
1. セグレ条件変更によるL27テスト	72
2. セグレーションに対する鉱石の微粉碎の効果	75
3. 石炭とコークスの配合比変更試験	78
§ 5. 試験結果の解析	81
1. セグレ条件変更によるL27テスト	81
§ 6. 試験結果の検討	88
1. L27テスト結果	88
2. セグレーションに対する鉱石の微粉碎の効果	90
3. 石炭とコークスの配合比変更試験	91
§ 7. むすび	91

§ 1. まえがき

第一報から第四報に示した基礎試験によってベレンゲラー鉱のセグレ条件は大体把握したが、銀のセグレーションに関しては、

1. 銀の採取率は銅の採取率と高度の正の相関関係が認められるが、常に銀の採取率の方が銅の採取率に比べ約10%程度低いことから、銀・銅の間には違ったセグレーションの適正条件があるのではないか？
2. 銀の採取率計算に用いる分析値に関し、尾鉱中の銀品位が王水法と非酸法で大巾に異なることから鉱石中の銀が微粒子でその周囲を珪酸質で被覆されているのではないか？鉱石を微粉砕することによって銀の採取率を向上できないか？
3. 先に還元剤として石炭とコークスを混合して、コークス単味に比べ遜色ない成績がえられたので、更に混合比使用量を大きく変化させ、これらが成績にどう影響するかを調べる試験。

等の追及を行い、その結果についてここに第五報で報告する。

§ 2. 試験方法

試験に供した試料及び装置は次の通りである。

1. 試料

ベレンゲラー鉱山、エスメラルダ・スル鉱

品位： Cu 1.26 ~ 1.33 %

Ag 410 ~ 470 g/t

2. 試験装置

M.M.S式 100g セグレーション試験機

MS型 浮遊選鉱試験機

§ 3. 試験条件

1. セグレ条件変更によるL27テスト

下記に示す要因、及び水準がセグレ成績、特に銀に対して及ぼす影響を調べるもので

水準の変更は大巾にとった。

L27 テストの要因及び水準

(1) セグレーション温度	800℃	850℃	900℃
(2) セグレーション時間	30分	45分	60分
(3) 硫化鉄鉱(硫黄分)の添加 (対給鉱)	0%	0.5%	1.0%
(4) 塩化剤の種類	NaCl	CaCl ₂	NH ₄ Cl
(5) 塩化剤の使用量 (対給鉱)	0.5%	1%	1.5%

註：硫化鉄鉱の添加を試験の要因に加えたことは

ア 酸化鉄床の下部は硫化鉄床に変る可能性が強く、その移行部分では酸化・硫化鉄の混合物が存在すること。

イ 硫黄の燃焼による炉内の還元雰囲気への影響の概要を知るためである。

2. セグレーションに対する鉄石の微粉碎の効果

(1) 原鉄を-65 mesh に粉碎した試料とこの試料を更に振動ミルによって-200 mesh に粉碎した場合の比較試験

(2) -65 mesh の原鉄でセグレーションを行ってから、浮選により精鉄と尾鉄に分離した後、尾鉄を乾燥して振動ミルで-200 mesh に粉碎、この試料に対し再度セグレーションと浮選を行い、尾鉄品位が低下するかどうかの試験

(二回のセグレーション試験)

3. 還元剤として石炭とコークス配合比変更試験

先の第四報で石炭とコークスをほぼ5.0%ずつ配合しても、セグレ成績がコークス単味に比べ遜色ないことがわかったので更に配合比、使用量を変化して追加試験を行った。

(1) 還元剤配合比

石炭コークス、60;40、80;20

(2) 還元剤の使用量(対原鉄)二回のテスト

6%、5%、4%、

5%、4%、3%

§ 4 試験結果

1. セグレ条件変更による L_{97} テスト

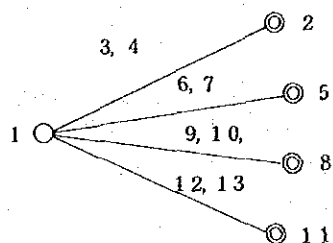
セグレ条件の要因として § 3-(1) に対し、セグレーション温度、セグレーション時間、硫化鉄鉱の添加、塩化剤の種類、塩化剤の量のそれぞれ 3 水準を組合せ実験計画法により 27 回の試験を実施した。

その試験の組合せを示すと次の第 1 表のようになる。

第1表 L₂₇ テスト要因組合せ表

要 因 試験 No.	① 列 温 度	② 列 時 間	⑤ 列 硫化鉄鋳	⑧ 列 塩 化 剤	⑩ 列 同左の量	備 考
1 (26)	800 °C	30'	0	NaCl	0.5%	使用量は 対原鋳 (%)
2 (9)	800 °C	30'	0.5%	CaCl ₂	1.0%	
3 (21)	800 °C	30'	1.0%	NH ₄ Cl	1.5%	
4 (25)	800 °C	45'	0	CaCl ₂	1.5%	
5 (14)	800 °C	45'	0.5%	NH ₄ Cl	0.5%	
6 (4)	800 °C	45'	1.0%	NaCl	1.0%	
7 (13)	800 °C	60'	0	NH ₄ Cl	1.0%	
8 (1)	800 °C	60'	0.5%	NaCl	1.5%	
9 (3)	800 °C	60'	1.0%	CaCl ₂	0.5%	
10 (24)	850 °C	30'	0	NaCl	0.5%	
11 (23)	850 °C	30'	0.5%	CaCl ₂	1.0%	
12 (6)	850 °C	30'	1.0%	NH ₄ Cl	1.5%	
13 (20)	850 °C	45'	0	CaCl ₂	1.5%	
14 (22)	850 °C	45'	0.5%	NH ₄ Cl	0.5%	
15 (5)	850 °C	45'	1.0%	NaCl	1.0%	
16 (11)	850 °C	60'	0	NH ₄ Cl	1.0%	
17 (7)	850 °C	60'	0.5%	NaCl	1.5%	
18 (16)	850 °C	60'	1.0%	CaCl ₂	0.5%	
19 (8)	900 °C	30'	0	NaCl	0.5%	
20 (18)	900 °C	30'	0.5%	CaCl ₂	1.0%	
21 (12)	900 °C	30'	1.0%	NH ₄ Cl	1.5%	
22 (17)	900 °C	45'	0	CaCl ₂	1.5%	
23 (15)	900 °C	45'	0.5%	NH ₄ Cl	0.5%	
24 (10)	900 °C	45'	1.0%	CaCl ₂	1.0%	
25 (27)	900 °C	60'	0	NH ₄ Cl	1.0%	
26 (19)	900 °C	60'	0.5%	NaCl	1.5%	
27 (2)	900 °C	60'	1.0%	CaCl ₂	0.5%	

L₂₇ 線点図



次にその試験結果を示すと第2表の通りである。

第2表 L₂₇ テスト試験結果

原鉱品位： 1.26 % Cu (サンプル 2 ケの平均)
 410 g/t Ag (")

試験 No.	精 鉱			尾 鉱			採 取 率 (%)			
	鉱 量 (%)	品 位		鉱 量 (%)	品 位		順 算		逆 算	
		Cu (%)	Ag (g/t)		Cu (%)	Ag (g/t)	Cu	Ag	Cu	Ag
1	7.38	15.48	4.343	73.99	0.18	134	90.7	78.1	89.6	76.4
2	7.99	15.66	4.277	77.53	0.24	95	99.3	83.3	87.1	82.3
3	13.27	9.23	2.583	67.06	0.19	125	97.2	83.6	90.6	80.4
4	7.71	10.45	2.990	71.84	0.60	255	63.9	56.2	65.2	55.7
5	10.02	10.44	2.550	70.16	0.48	236	83.0	62.2	75.6	66.7
6	13.30	9.20	2.220	70.30	0.19	144	97.1	72.0	90.2	74.5
7	7.61	9.12	2.482	72.18	0.90	322	55.1	46.1	51.7	44.8
8	10.61	9.97	2.890	70.02	0.22	165	84.0	74.8	87.3	72.6
9	8.00	9.70	2.439	72.73	0.60	274	61.6	47.6	64.0	49.5
10	10.20	11.52	3.286	68.71	0.16	121	93.3	81.8	91.5	80.1
11	10.57	9.70	2.922	70.36	0.34	180	81.4	75.3	81.1	70.9
12	12.92	9.18	2.565	67.68	0.27	138	94.1	80.8	86.7	78.0
13	10.07	6.44	1.911	68.22	0.99	342	51.5	46.9	49.0	45.2
14	6.78	14.92	3.818	73.20	0.44	240	80.3	63.2	75.9	59.6
15	8.51	11.40	2.696	73.56	0.52	221	77.0	56.0	71.7	58.5
16	9.47	11.49	3.086	68.91	0.38	178	86.4	71.3	80.6	70.4
17	8.30	13.62	3.386	72.83	0.33	180	89.7	68.5	82.5	68.2
18	13.14	7.44	1.955	67.56	0.60	257	77.5	62.7	70.7	59.7
19	7.32	11.33	3.188	71.85	0.75	248	65.8	56.7	60.6	56.6
20	10.42	10.40	2.893	68.88	0.46	205	86.0	73.5	77.4	68.1
21	7.52	10.62	2.898	71.37	0.75	268	63.4	53.1	59.9	53.3

概要 試験No.	精 鉱			尾 鉱			採 取 率 (%)			
	鉱 量 (%)	品 位		鉱 量 (%)	品 位		順 算		逆 算	
		Cu (%)	Ag(g/t)		Ag(g/t)	Cu (%)	Cu	Ag	Cu	Ag
2 2	8.37	13.24	3.533	70.65	0.46	196	88.0	72.1	77.3	68.1
2 3	9.78	9.23	2.780	68.21	0.56	200	71.6	66.3	70.3	66.6
2 4	6.64	10.59	2.990	72.04	0.93	298	55.8	48.4	51.2	48.0
2 5	8.43	11.26	3.520	68.25	0.46	187	75.3	72.4	75.1	69.9
2 6	12.28	7.98	2.327	64.03	0.62	216	77.8	69.7	71.2	67.4
2 7	18.86	4.23	1.368	60.11	0.80	281	63.3	62.9	62.4	60.4

註(1) 鉱量 (%) は対原鉱、セグレーションは鉱量の焼き減りがあるため、精鉱と尾鉱の合計は100%にならなくて原鉱量より少くなる。

(2) 順算採取率 (%) :
$$\frac{\text{精鉱鉱量} \times \text{精鉱品位}}{\text{原鉱鉱量} \times \text{原鉱品位}} \times 100$$

(3) 逆算採取率 (%) :
$$\frac{\text{精鉱鉱量} \times \text{精鉱品位}}{\text{精鉱鉱量} \times \text{精鉱品位} + \text{尾鉱鉱量} \times \text{尾鉱品位}} \times 100$$

(4) 順算採取率と逆算採取率に差があるのは

$$\text{原鉱鉱量} \times \text{原鉱品位} \neq \text{精鉱鉱量} \times \text{精鉱品位} + \text{尾鉱鉱量} \times \text{尾鉱品位}$$

のためであり

$$\frac{\text{精鉱鉱量} \times \text{精鉱品位} + \text{尾鉱鉱量} \times \text{尾鉱品位}}{100 (\text{原鉱の鉱量} \%)}$$

の式で計算した原鉱の逆算品位は、試験サンプル27ケのうちで

$$\text{Cu} : 1.21 \sim 1.44 \% (\text{原鉱の分析値は} 1.26 \%)$$

$$\text{Ag} : 392 \text{g/t} \sim 443 \text{g/t} (\text{原鉱の分析値は} 410 \text{g/t})$$

と変動しており、その変動は原鉱の分析値を100%とするとCuで96.0%~114.3%、Agで95.6%~108.0%と変動していることから、セグレ条件の比較検討データとしては逆算採取率を用いることが好ましくと考える。

2. セグレーションに対する鉱石の微粉碎の効果

先にセグレ産物の分析法について色々と研究した結果、セグレ尾鉱のAgの分析に関しては、通常の王水法に比べ弗酸と過塩素酸を用いた分析法による分析値が高く出て、この高い分析値を用いると、逆算の原鉱品位計算値がほぼ原鉱品位に合致することから、

弗酸と過塩素酸を用いた分析法が妥当であると判断している。(第四報 § 4にて報告済み)

弗酸と過塩素酸を用いた分析値と王水法の分析値の関係は

$$y = 0.89x + 81 \quad (\text{g/t})$$

y : 弗酸と過塩素酸法の Ag 分析値

x : 王水法の Ag 分析値

で示される。

この現象から尾鉱中に含まれる銀は王水には溶解しないが弗酸と過塩素酸に溶解することから、非常に微粒子でその周囲を珪酸質でカバーされていることも想像され、このことから原鉱を微粉碎すればセグレ成績が向上する可能性もあるので、原鉱を振動ミルで-200 mesh に粉碎した試験と、通常のセグレ試験(-48又は-65 mesh)の尾鉱を原鉱と同じ方法で振動ミルで-200 mesh に粉碎し、この粉碎鉱を原鉱と同じ条件で再度セグレーションを行い、尾鉱品位が低下するかどうかを調べた。

この試験結果を示すと第3表の通りである。

第3表 微粉碎鉱石のセグレゲーション試験結果

摘要 No	鉱種	鉱量 (%)	品位		銅採収率(%)		銀採収率(%)		備考
			Cu(%)	Ag(g/t)	順算	逆算	順算	逆算	
1.	原 鉱	100.0	1.29	436	100.0		100.0		原 鉱サイズ
	” (逆算)		(1.30)	(434)		100.0		100.0	-65 mesh
	精 鉱	15.4	7.85	2,290	93.7	92.7	80.9	81.2	
	尾 鉱	67.9	0.14	120	7.4	7.3	18.7	18.8	
	焙焼ロス				-1.1		0.3		
2.	原 鉱	100.0	1.29	415	100.0		100.0		原 鉱サイズ
	” (逆算)		(1.28)	(405)		100.0		100.0	-200 mesh
	精 鉱	14.7	8.20	2,300	93.4	93.9	81.5	83.6	(振動ミルで
	尾 鉱	71.1	0.11	93	6.1	6.1	15.9	16.4	1分間粉碎)
	焙焼ロス				0.5		2.6		
3.	原 鉱	100.0	1.29	415	100.0		100.0		原 鉱サイズ
	” (逆算)		(1.22)	(414)		100.0		100.0	-200 mesh
	精 鉱	13.3	8.70	2,600	89.7	95.0	83.3	83.5	(振動ミルで5
	尾 鉱	66.8	0.09	102	4.7	5.0	16.4	16.5	分間粉碎)
	焙焼ロス				5.6		0.3		
4.	尾 鉱 (1)	100.0	0.13	86	100.0		100.0		尾 鉱(1)サイズ
	” (逆算)		(0.12)	(83)		100.0		100.0	-200 mesh
	浮 鉱	22.3	0.27	114	46.2	50.1	29.6	30.2	(振動ミルで1
	尾 鉱 (2)	74.9	0.08	77	46.1	49.9	67.0	69.8	分間粉碎)
	焙焼ロス				7.7		3.4		
5.	尾 鉱 (1)	100.0	0.13	117	100.0		100.0		尾 鉱(1)サイズ
	” (逆算)		(0.12)	(112)		100.0		100.0	-200 mesh
	浮 鉱	17.8	0.25	190	34.0	36.8	28.9	30.6	(振動ミルで5
	尾 鉱 (2)	76.5	0.10	102	58.8	63.2	66.7	69.4	分間粉碎)
	焙焼ロス				7.2		4.4		

共通セグレグーション条件

セグレ温度	820℃
セグレ時間	30分
還元剤	石炭；コークス(1；1) 5%対給鉄
塩化剤	NaCl 0.5%

3. 石炭とコークスの配合比変更試験

還元剤として石炭とコークスを配合する試験は第四報に報告しているが、セグレグーションの経費節減の目的で石炭の配合比を増加した場合、その使用量がセグレグーションの成績にどう影響するかを調べる試験を実施した。(2種のサンプル使用)
その結果を第4表に示す。

第4表 石炭とコークスの配合比変更試験結果(その1)

第4表 石炭とコークスの配合比変更試験結果(その1)

摘要 No	鉍種	鉍量 (%)	品位		銅採取率(%)		銀採取率(%)		備考
			Cu(%)	Ag(g/t)	順算	逆算	順算	逆算	
1	原鉍	100.0	1.33	470	100.0		100.0		還元剤量3% (対原鉍%) 配合石炭80) コークス20)
	"(逆算)		(1.27)	(442)		100.0		100.0	
	精鉍	11.2	10.63	3,300	89.8	93.8	78.8	83.8	
	尾鉍	71.9	0.11	100	5.9	6.2	15.3	16.2	
	焙焼ロス				4.3		5.9		
2	原鉍	100.0	1.33	470	100.0		100.0		還元剤量4% 石炭80) コークス20)
	"(逆算)		(1.29)	(458)		100.0		100.0	
	精鉍	11.2	11.00	3,440	93.0	95.6	82.2	84.4	
	尾鉍	71.2	0.08	100	4.3	4.4	15.2	15.6	
	焙焼ロス				2.7		2.6		
3	原鉍	100.0	1.33	470	100.0		100.0		還元剤量5% 石炭80) コークス20)
	"(逆算)		(1.31)	(452)		100.0		100.0	
	精鉍	9.6	12.48	3,800	90.1	91.6	77.6	80.5	
	尾鉍	73.0	0.15	120	8.2	8.4	18.6	19.4	
	焙焼ロス				1.7		3.8		
4	原鉍	100.0	1.33	470	100.0		100.0		還元剤量3% 石炭60) コークス40)
	"(逆算)		(1.27)	(464)		100.0		100.0	
	精鉍	12.4	9.74	3,050	90.9	94.7	80.5	81.6	
	尾鉍	71.0	0.09	120	4.8	5.3	18.1	18.4	
	焙焼ロス				4.3		1.4		
5	原鉍	100.0	1.33	470	100.0		100.0		還元剤量4% 石炭60) コークス40)
	"(逆算)		(1.30)	(462)		100.0		100.0	
	精鉍	10.2	12.15	3,820	93.2	95.5	82.9	84.3	
	尾鉍	72.6	0.08	100	4.4	4.5	15.4	15.7	
	焙焼ロス				2.4		1.7		
6	原鉍	100.0	1.33	470	100.0		100.0		還元剤量5% 石炭60) コークス40)
	"(逆算)		(1.30)	(460)		100.0		100.0	
	精鉍	10.0	12.42	3,880	93.4	95.6	82.6	84.3	
	尾鉍	72.1	0.08	100	4.3	4.4	15.3	15.7	
	焙焼ロス				2.3		2.1		

第5表 石炭とコークスの配合比変更試験結果(その2)

摘要	鉍種	鉍量 (%)	品位		銅採取率(%)		銀採取率(%)		備考
			Cu(%)	Ag(g/t)	順算	逆算	順算	逆算	
1	原 鉍	100.0	1.15	395	100.0		100.0		還元剤量6% 石炭60 コークス40
	"(逆算)		(1.14)	(389)		100.0		100.0	
	精 鉍	9.6	11.02	3,285	92.4	93.4	80.2	81.4	
	尾 鉍	75.2	0.10	96	6.5	6.6	18.3	18.6	
	焙焼ロス				1.1		1.5		
2	原 鉍	100.0	1.15	395	100.0		100.0		還元剤量5% 石炭60 コークス40
	"(逆算)		(1.12)	(389)		100.0		100.0	
	精 鉍	9.6	10.60	3,180	88.3	90.6	77.1	78.3	
	尾 鉍	75.5	0.14	112	9.2	9.4	21.4	21.7	
	焙焼ロス				2.5		1.5		
3	原 鉍	100.0	1.15	395	100.0		100.0		還元剤量4% 石炭60 コークス40
	"(逆算)		(1.10)	(380)		100.0		100.0	
	精 鉍	8.1	12.10	3,550	85.5	89.6	73.1	76.0	
	尾 鉍	75.2	0.15	120	9.9	10.4	23.1	24.0	
	焙焼ロス				4.6		3.8		
4	原 鉍	100.0	1.15	395	100.0		100.0		還元剤量6% 石炭80 コークス20
	"(逆算)		(1.17)	(403)		100.0		100.0	
	精 鉍	11.8	8.90	2,650	91.6	90.4	79.4	77.8	
	尾 鉍	75.0	0.15	119	9.8	9.6	22.6	22.2	
	焙焼ロス				-1.4		-2.0		
5	原 鉍	100.0	1.15	395	100.0		100.0		還元剤量5% 石炭80 コークス20
	"(逆算)		(1.18)	(390)		100.0		100.0	
	精 鉍	9.9	11.20	3,200	96.4	94.3	80.2	81.3	
	尾 鉍	75.1	0.09	97	5.9	5.7	18.4	19.7	
	焙焼ロス				-2.3		1.4		
6	原 鉍	100.0	1.15	395	100.0		100.0		還元剤量4% 石炭80 コークス20
	"(逆算)		(1.13)	(393)		100.0		100.0	
	精 鉍	8.9	12.02	3,600	93.4	94.7	81.5	81.9	
	尾 鉍	75.0	0.08	95	5.2	5.3	18.0	18.1	
	焙焼ロス				1.4		0.5		

§ 5. 試験結果の解析

1. セグレ条件変更による L_{27} テスト

今迄の試験結果から銀の採取率は銅の採取率と高度の相関関係があることがわかっているが、銀の採取率が常に銅の採取率を下廻っていることから、セグレ条件を大巾に変更してみても銀の採取率がどのように変わるかを調べる L_{27} テストを実施した。

L_{27} テストの統計的解析を次に示す。

採用した特性値； Cu、Ag 逆算採取率を四捨五入したもの

例 第 2 表から

試験 No 1	Cu 採取率	89.6 %	→	90
	Ag 採取率	76.4 %	→	76

尚計算に関しては、各試験の上記数字より 27 ケの平均値を差引いた値を使用した。

(試験 27 回の平均採取率 Cu 76 %、Ag 65 %)

例 試験 No 1	Cu 採取率	$90 - 74 = 16$
	Ag 採取率	$76 - 65 = 11$
試験 No 7	Cu 採取率	$52 - 74 = -22$
	Ag 採取率	$54 - 65 = -11$

要因の分類

列番	水 準	1	2	3
A	セグレゲーション温度	800 °C	850 °C	900 °C の 3 水準
B	セグレゲーション時間	30 分	45 分	60 分 "
C	硫化鉄鉱の添加	0 %	0.5 %	1.0 % "
D	塩化剤の種類	Nacl	Cacl ₂	NH ₄ cl "
E	塩化剤の使用量	0.5 %	1.0 %	1.5 % "

試験の要因と特性値をまとめてみると第 6 表のようになる。

第6表 要因のわりつけと特性値

要因	A	B	A×B	A×B	C	A×C	A×C	D	A×D	A×D	E	A×E	A×E	採 収 率			
														Cu		Ag	
列番 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	データー (%)	xi ₁	データー (%)	xi ₂
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90	16	76	11
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	87	13	82	17
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	91	17	80	15
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	65	-9	56	-9
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	76	2	61	-4
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	90	16	74	9
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	52	-22	54	-11
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	87	13	73	8
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	64	-10	49	-16
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	91	17	80	15
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	81	7	71	6
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	87	13	78	13
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	49	-25	45	-20
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	76	2	60	-5
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	72	-2	59	-6
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	81	7	70	5
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	82	8	68	3
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	71	-3	70	5
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	61	-13	57	-8
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	77	3	68	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	60	-14	53	-12
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	77	3	68	3
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	70	-4	67	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	51	-23	48	-17
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	75	1	70	5
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	71	-3	67	2
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	62	-2	60	-5

計 1,996 -2 1,764 9

1,996/27 ≒ 74 1,764/27 ≒ 65

(1) Cuの採取率に関する解析

ア 修正項、 $CF = \frac{T^2}{N} = \frac{(-2)^2}{27} = 0.15 \approx 0$

イ 全変動、 $\sum x_{ij}^2 - CF = 4.152 - 0 = 4.152$

$(16)^2 + (13)^2 + (17)^2 + (-9)^2 \dots - CF$

ウ 偏差2乗和の計算

第6表 偏差2乗和の計算表

No	要因	a (水準1 の和)	b (水準2 の和)	c (水準3 の和)	$a^2 + b^2 + c^2$	$\frac{a^2 + b^2 + c^2}{9} = d$	d-CT	S	備考
1	A	36	24	-62	5,716	635	635	635	A=温度
2	B	59	-40	-21	5,522	614	614	614	B=時間
5	C	-25	41	-18	2,630	292	292	292	C=硫化物
8	D	29	-33	2	1,934	215	215	215	D=塩化物(質)
11	E	-5	0	3	34	4	4	4	E= " (量)
3	A×B	34	32	-68	6,804	756	756	} 766	A×B
4	A×B	7	-3	-6	94	10	10		AとBの交互作用
6	A×C	-11	-22	31	1,566	174	174	} 536	A×C
7	A×C	-47	27	18	3,262	362	362		AとCの交互作用
9	A×D	61	0	-63	7,690	854	854	} 940	A×D
10	A×D	7	-23	14	774	86	86		AとDの交互作用
12	A×E	-15	9	4	322	36	36	} 151	A×E
13	A×E	6	-26	18	1,036	115	115		AとEの交互作用

エ 分散分析による解析

上記偏差2乗和の計算結果を用いて分散分析表を作れば第7表のようになる。

第7表 分散分析表

要因	S	φ	V	プー ル	F ₀	E(V)	
A	635	2	317.5		3.71	$\delta E^2 + 9\delta A^2$	
B	614	2	307.0		3.59	$\delta E^2 + 9\delta B^2$	
C	292	2	146.0	$SE' = 1.198$ $\phi E' = 14$ $VE' = 85.6$			
D	215	2	107.5				
E	4	2	2.0				
A×B	766	4	191.5			2.54	$\delta E^2 + 3\sigma A \times B^2$
A×C	536	4	134.0				
A×D	939	4	234.8		2.75	$\sigma E^2 + 3\sigma A \times D^2$	
A×E	151	4	37.8				
計	4,152	26					

$$F_{14}^2(0.01) = 6.51 \quad F_{14}^2(0.05) = 3.74$$

$$F_{14}^4(0.01) = 5.04 \quad F_{14}^4(0.05) = 3.11$$

いずれの要因にも有意差は認められなかった。

しかし、温度と時間の要因はCuの採取率に関し比較的影響を及ぼす傾向にある。

(2) Agの採取率に関する分析

ア 修正項 $CF = \frac{T^2}{N} = \frac{(9)^2}{27} = \frac{81}{27} = 3$

イ 全変動 $\sum x_i^2 - CF = 2,779 - 3 = 2,776$
 $(11)^2 + (17)^2 + (15)^2 + (-9)^2 \dots - CF$

ウ 偏差2乗和の計算

第8表 偏差2乗和の計算表

No	要因	a (水準1) の和	b (水準2) の和	c (水準3) の和	$a^2+b^2+c^2$	$\frac{a^2+b^2+c^2}{9}d$	d-CT	S	備考
1	A	20	16	-27	1,385	154	151	151	A = 温度
2	B	60	-47	-4	5,825	647	644	644	B = 時間
5	C	-9	32	-14	1,301	145	142	142	C = 硫化物
8	D	17	-16	8	609	68	65	65	D = 塩化物(質)
11	E	-5	11	3	155	17	14	14	E = " (量)
3	A×B	44	32	-67	7,449	828	825	} 852	A×B
4	A×B	14	-8	3	269	30	27		AとBの交互作用
6	A×C	10	-13	12	413	45	42	} 354	A×C
7	A×C	-39	33	15	2,835	315	312		AとCの交互作用
9	A×D	42	-1	-32	2,789	309	306	} 380	A×D
10	A×D	14	-18	13	689	77	74		AとDの交互作用
12	A×E	-22	23	8	1,077	120	117	} 172	A×E
13	A×E	-11	0	20	521	58	55		AとEの交互作用

エ 分散分析による解析

第9表 分散分析表

要因	S	φ	V	プール	F ₀	E(V)
A	151	2	75.5	SE' = 1.278 φE' = 20 VE' = 63.9	5.0*	$\delta E^2 + 9 \delta^2 A$
B	644	2	322.0			
C	142	2	71.0			
D	65	2	32.5			
E	14	2	7.0			
A×B	852	4	213.0	3.3*	$\sigma E^2 + 3 \delta A \times B^2$	
A×C	354	4	88.5			
A×D	380	4	95.0			
A×E	172	4	43.0			
計	2,776	26				

$$F_{20}^2 (0.05) = 3.49$$

$$F_{20}^4 (0.05) = 2.87$$

$$F_{20}^2 (0.01) = 5.85$$

$$F_{20}^4 (0.01) = 4.43$$

セグレ時間と温度×セグレ時間の交互作用、両者に5%の有意差が認められた。

(3) Ag 採取率の推定

Cu については有意差が認められなかったが、Ag についてはセグレ時間、セグレ温度×時間の交互作用に有意差が認められたので、それぞれの母平均とその推定精度を求めグラフ化したのが図1である。

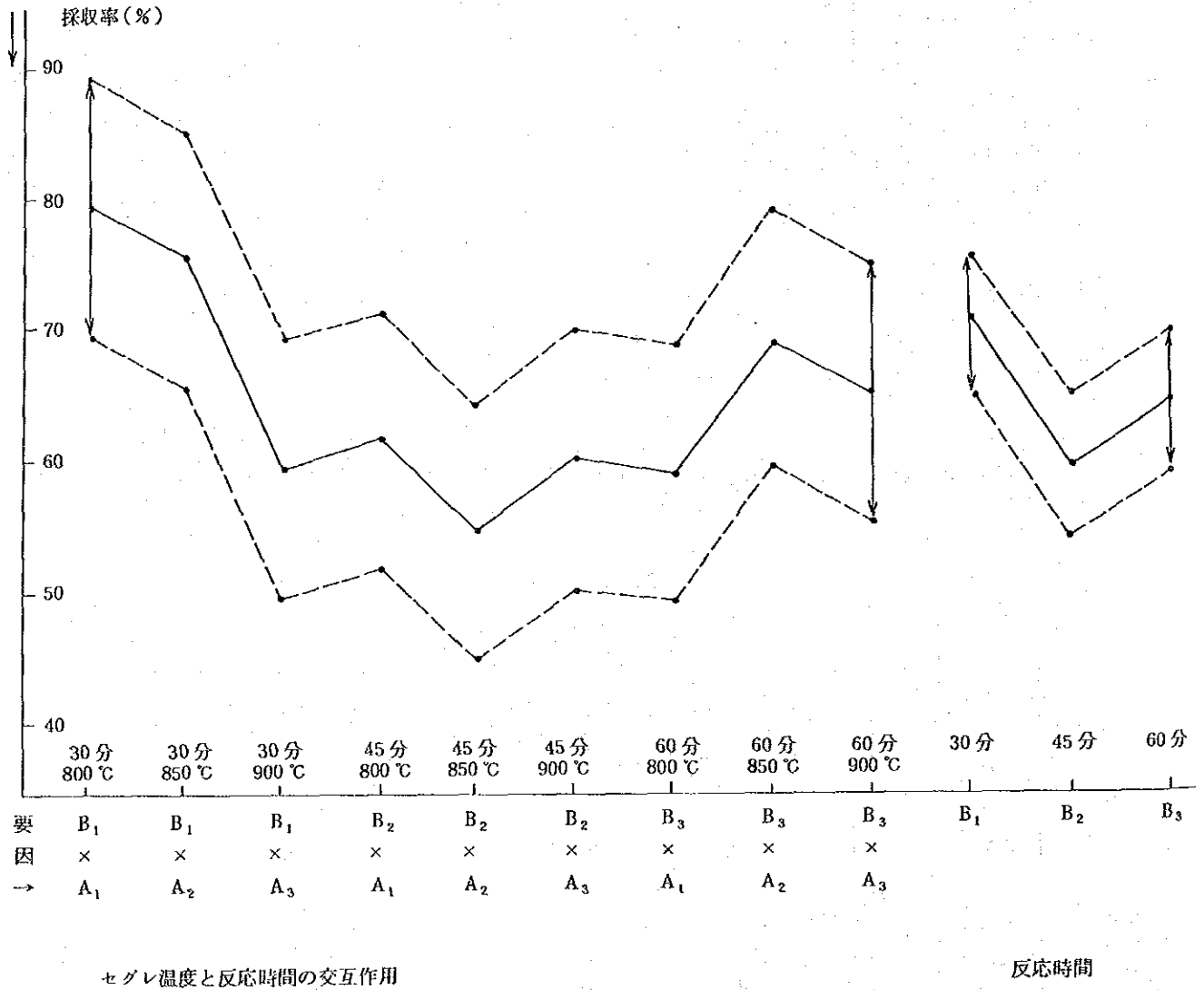


図1 Ag 採取率とセグレ時間及び時間と温度との関係図

たとえばセグレ温度と反応時間の交互作用の母平均は

30分、800℃のとき	(B ₁ × A ₁)	79.3%
30分、850℃	" (B ₁ × A ₂)	76.3 "
30分、900℃	" (B ₁ × A ₃)	59.3 "
5		
45分、800℃のとき	(B ₂ × A ₁)	63.7%
45分、850℃	" (B ₂ × A ₂)	54.7 "
45分、900℃	" (B ₂ × A ₃)	61.0 "
6		
60分、800℃のとき	(B ₃ × A ₁)	58.7%
60分、850℃	" (B ₃ × A ₂)	69.3 "
60分、900℃	" (B ₃ × A ₃)	65.7 "

確率95%の母平均の信頼限界

$$\beta = t(\phi' E', 2) \sqrt{\frac{VE'}{ne}}$$

ne は繰返し段

$$\begin{aligned} \beta &= t(20, 0.05) \sqrt{\frac{63.9}{3}} \\ &= 2.086 \times 4.62 \approx 9.6 \text{ となる。} \end{aligned}$$

又反応時間に対する母平均は

30分のとき	(B ₁)	71.7%
45分	" (B ₂)	59.8%
60分	" (B ₃)	64.6%

確率95%の母平均の信頼限界

$$\beta = t(\phi' E', 2) \sqrt{\frac{VE'}{ne}}$$

$$\begin{aligned} \beta &= t(20, 0.05) \sqrt{\frac{63.9}{9}} \\ &= 2.086 \times 2.66 \approx 5.6 \end{aligned}$$

(4) 銅採取率と銀採取率の相関関係

L₂₇テストの結果から27ヶのデータを用い銅採取率と銀採取率の相関関係を求めたら次のようになった。

$$\begin{aligned} \text{相関係数 } r &= \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \\ &= \frac{2.888}{\sqrt{4.152 \times 2.776}} = 0.851^{**} \end{aligned}$$

(r 表で $\phi 25$ のとき 1% の確率 > 0.4869)

1% の確率で相関関係があることから高度の相関関係があることがわかる。

又その回帰方程式を求めると、

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} = \frac{2.888}{4.152} = 0.696$$

$$0.696(x - 73.9) = (y - 64.6)$$

x : Cu の採取率

y : Ag の採取率

$$\therefore y = 0.696x + 64.6 - 51.4$$

$$\doteq 0.7x + 13.2$$

$$\underline{y = 0.7x + 13}$$

即 Ag の採取率は Cu の採取率の 70% に 13% 加えた和で表示されることになる。

§ 6 試験結果の検討

1. L₂₇テスト結果

今回の L₂₇テストではセグレの条件をかなり大きく変化させ Cu、Ag の成績に及ぼす影響について調べた。

セグレーションの成績は鉱石に含有される銅、銀などの有価金属が塩酸又は塩素と反応した後、還元剤の表面に金属状に還元され、それを浮選で回収する。その採取率でもつ

てセグレーションの成績を表示していることから、還元剤上に多く金属状に折出しても、その雰囲気によって金属状の表面が酸化をうけたりすると浮選による回収が非常にむずかしくなる。

従って、セグレの採取率が低いからといって必ずしも金属折出量が少いとは限らないのである。(折出量が多くても浮遊しないものがある。)

試験結果を解折した結果から次の事が考えられる。

- (1) 銀と銅の採取率には高度の相関関係が認められる。即ち銀の採取率のよい条件は銅についても採取率の高い条件である。
- (2) ベレンゲラー鉱エスメラルダスの鉱石の銀採取率は銅の採取率を下廻り、概略次の式で下される。

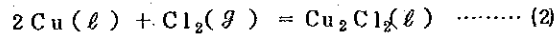
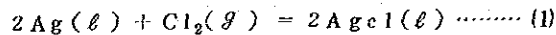
$$y = 0.7x + 13 \quad \begin{array}{l} y: \text{銀の採取率}(\%) \\ x: \text{銅の採取率}(\%) \end{array}$$

- (3) 銀に関してはセグレ時間とセグレ時間×セグレ温度の交互作用の二つの要因が採取率に影響を与えている。

銅の採取率に対しては各要因があまり影響していないことから考えて、銀の場合は銅よりはむしろ低目の温度で反応時間も短くて済むのではなかろうか。

文献 "Thermodynamic Relationship in Chlorine Metallurgy" — (TRANSACTION AIME, JOURNAL of METALS, JUNE, 1950) によると、Ag、Cuの自由エネルギー ΔG° について次の記載がある。

金属メタルについての反応は次式で示され



Agの場合 $726^\circ\text{K} \sim 1.234^\circ\text{K}$ ($453^\circ\text{C} \sim 961^\circ\text{C}$) の範囲

Cuの場合 $703^\circ\text{K} \sim 1.356^\circ\text{K}$ ($430^\circ\text{C} \sim 1.083^\circ\text{C}$)

のとき、次に示す a、b、c、d、e の値が示される。

$$\Delta G^\circ = a + bT + cT^2 + dT \log T + e \quad T^\circ = \text{K}$$

$$\text{Ag}; a = -56.420, b = 75.71, c = 1.78 \times 10^{-3}, d = -19.86 \quad \ell = 0$$

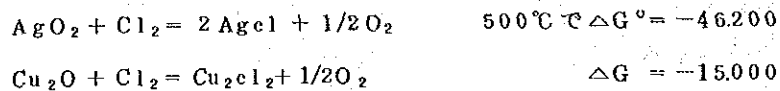
$$\text{Cu}; a = -65.500, b = 86.31, c = 1.74 \times 10^{-3}, d = -20.35 \quad \ell = 0$$

セグレ温度が800℃、850℃のときのAg、及びCuについての自由エネルギー ΔG° を計算すると塩素1モル当り

Ag	800℃のとき	-37.757 cal、	850℃のとき	-37.179 cal、
Cu	"	-37.097 cal、	"	-36.083 cal、

となり大差がない。

次に金属酸化物についての記載では



とあることから、 AgO_2 の方が反応し易いことになる。

しかし、セグレーション反応は同じ雰囲気中で酸化、還元反応が同時に起ることもあり、上記のように単純に説明できないものである。

銀に関するセグレーションは当試験結果から800℃、30分の条件のときが成績良好であったので、更に温度を若干下げ反応時間を30分より短くした場合の試験を行い適正条件を追究する必要がある。

2. セグレーションに対する鉱石の微粉碎の効果

今回の試験では、鉱石を微粉碎することによって銀の採取率の向上はごく僅かであった。

微粉碎そのものは銀鉱物と塩化剤の反応を容易ならしめると考えられるが、微粉碎による鉱石表面積の増加のためセグレーションの雰囲気(還元剤、塩化剤の量、温度、セグレ時間 etc)を微粉碎しない場合と同一で試験することに問題があるのかも知れない。又、鉱石の微粉碎はセグレの後の浮選に悪影響を及ぼすことも考えられ、銀採取率が上昇しないのはセグレによる銀の折出が増加しないのか、増加しても浮選が悪いため結果的に採取率が上昇しないのかのいずれかと考えられる。ともあれ、結果的には採取率が若干しか増加しないので鉱石の微粉碎は次の点から不得策である。

- (1) 粉碎に経費がかかること。
- (2) 焙焼時に粉塵の飛散でロスが多くなり、又集塵装置の設備費が大きくなる。
- (3) 廃さい処理が困難等

3. 石炭とコークスの配合比変更試験

今回の試験によれば、石炭：コークスの配合比を80：20にしても前回テスト（第四報）の石炭：コークス50：50及び66.7：33.3の成績に劣らない結果がえられた。

第10表 石炭：コークスの配合比変更試験比較

前回の試験（第四報）				今回の試験（I）				備 考
石炭配合比（%）	還元剤の量份	Cu採取率	Ag採取率	石炭配合比（%）	還元剤の量（%）	Cu採取率	Ag採取率	
50	4	92.4(%)	79.9(%)	80	3	93.8(%)	83.8(%)	採取率は逆算表示
	5	92.7	81.2		4	95.6	84.4	
	6	85.9	75.6		5	91.6	80.6	
平均		90.3	78.9			93.7	82.9	
前回の試験（第四報）				今回の試験（II）				
66.7	4	95.2	82.3	80	4	94.7	81.9	
	5	92.3	82.4		5	94.3	81.3	
	6	78.1	68.7		6	90.4	77.8	
平均		88.5	74.7			92.8	80.3	

原鉱品位、前回の試験	Cu	1.29 %	Ag	450 g/t
今回 " (I)	Cu	1.33 "	Ag	470 g/t
" " (II)	Cu	1.15 "	Ag	395 g/t

前回の試験と今回の試験で共通していえることは、還元剤として石炭をコークスに混合した場合に還元剤の過剰添加は、セグレーションの成績を低下させている結果が見受けられる。これは石炭がコークス分より早く燃焼し、還元雰囲気が強くなり過ぎる為ではなかろうかと推定している。

この現象はコークスに石炭を加えることにより還元剤の使用量が減少できる可能性が充分あることを示唆し、好ましいことである。

§ 7. むすび

これまで実施してきた試験から次の事がいえる。

- (1) 銅と銀のセグレ成績には高度の相関関係があり、銀の成績を上げるには銅の成績を上げる必要がある。
- (2) 銀のセグレの最適条件は、銅の条件より若干低い温度にあり、しかも反応時間は30分未満のところにあるようである。
- (3) 鉱石の微粉碎による銀採取率の上昇はごく僅かであり、粉碎経費、集塵設備の増強等操業面、投資面で問題があるので得策ではない。
- (4) 還元剤として国産石炭の混合使用は可能であるが、第四報で報じた通り石炭単味は適当でない。

コークスとの混合はセグレ温度、セグレ時間にも関係がありそうなので、安定した成績をうるための混合比は更に追求する。併せて木炭その他炭化度の低い石炭等の混合についても検討する。

石炭をコークスに混合することによって使用量の減少と経費節減が見込まれる可能性が大きい。

以 上

ペルー側カウンターパート

セグレゲーション； ホルヘ キスベ
メルセデス ミサリ

分 折； オルガ バレデス
マリア ハラ

PROCESAMIENTO DE MINERALES OXIDADOS REFRACTARIOS DE

GOBRE Y ELEMENTOS ASOCIADOS

MISION JAPONESA DEL PROYECTO DE SEGREGACION

CONVENIO PERU (INGEMMET) Y JAPON (JICA)

- 1987 -

INDICE

I.	Introducción -----	96
II.	Becas otorgadas a la Contraparte Peruana -----	99
III.	Equipos y maquinarias donadas al Proyecto -----	100
IV.	Proyecto de Segregación en el Perú -----	102
V.	Metodología de pruebas de Segregación -----	103
VI.	Proceso de segregación -----	104
VII.	Pruebas de Segregación -----	105
VIII.	Resultados -----	109
IX.	Investigación propuesta -----	114
X.	Planta Piloto de Segregación -----	115

Cooperación Técnica del Gobierno de Japón en el Procesamiento
de Minerales Oxidados Refractarios de Cobre
y Elementos Asociados

Misión Japonesa de Metalurgia

I. INTRODUCCION

JICA, como agencia oficial del Japón, cuya función principal es extender la cooperación técnica a países en vías de desarrollo tanto social y económico, tiene la finalidad de promover la cooperación internacional basándose en acuerdos alcanzados entre el gobierno japonés y los gobiernos de los distintos países, para tal efecto:

- (1) JICA, ofrece becas a profesionales de los países en vías de desarrollo para su perfeccionamiento técnico en Japón.
- (2) Envía expertos japoneses, a diferentes países.
- (3) Dona equipos y maquinarias de estudio para colaborar en la elaboración de planos y proyecto de desarrollo.

La aceptación de becarios, el envío de expertos y el suministro de equipos, los tres constituyen componentes básicos de los programas de cooperación técnica de JICA. Estos programas se pueden llevar a cabo por separado, pero en interés de una mejor coordinación y eficacia se combinan para formar un esquema de cooperación técnica que se denomina "Cooperación Técnica de tipo Proyecto".

Se sabe que el Perú es un país minero, por sus grandes riquezas de minerales y como exportador de materias primas alcanzado el 40% en la exportación de productos. Véase Cuadro N° "1".

CUADRO N° 1							
Exportaciones FOB, por grupo de Productos (Millones de US\$)							
	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Mineros	1,517	1,795	1,494	1,313	1,578	1,368	1,188
Petróleo y Derivados	652	792	689	719	544	618	648
Agropecuarios	328	226	170	218	196	198	204
Pesqueros	256	195	141	202	79	137	120
Otros tradicionales	133	63	54	79	63	100	89
No tradicionales	810	845	701	762	555	726	717
TOTAL	3,676	3,916	3,249	3,293	3,015	3,147	2,966
Estructura porcentual (%)							
Mineros	41.3	45.8	46.0	39.9	52.3	43.5	40.1
Petróleo y Derivados	17.7	20.2	21.2	21.8	18.1	19.6	21.8
Agropecuarios	8.9	5.8	5.2	6.6	6.5	6.3	6.9
Pesqueros	7.0	5.0	4.3	6.1	2.6	4.3	4.0
Otros tradicionales	3.1	1.6	1.7	2.4	2.1	3.2	3.0
No tradicionales	22.1	21.6	21.6	23.2	18.4	23.1	24.2
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Actualmente cuenta con grandes reservas de minerales, ha biéndose tratado por métodos convencionales, sin embargo aplicando la tecnología de segregación presenta mayor eficiencia. El gobierno del Perú en 1980, atravez del Ministerio de Energía y Minas solicitó la Cooperación Técnica para el tratamiento de minerales oxidados a realizarse en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

La Misión enviada por el Gobierno de Japón, después de realizar profundos estudios encontro los siguientes resultados y beneficios para el desarrollo minero :

- (1) Se halló grandes reservas de minerales oxidados los cuales pueden desarrollarse incluyendo el oro y la plata.
- (2) INGEMMET, como entidad ejecutora de este Proyecto posee capacidad para el desarrollo de estas actividades, debido a que cuenta con infraestructura para la investigación.
- (3) INGEMMET, como institutción de investigación y tencología minera y metalúrgica , da apoyo a la pequeña minería en : Mineralogía, Metalurgia y Análisis Químicos.

Por lo tanto, al desarrollarse el Proyecto de Segregación para el Procesamiento de Minerales Oxidados Refractarios de Cobre y Elementos Asociados, sabemos que se difundirá por todas las empresas mineras.

Por está razón entre ambas partes y según el acuerdo del Record of Discussions de Feb. de 1983 se llegó al acuerdo de firmar un convenio de cooperación técnica por el período de 5 años.

A partir de octubre de 1983, el gobierno de Japón envió expertos y donaciones de equipos y maquinarias, como también beca para los profesionales de la contraparte peruana.

II). - BECAS OTORGADAS A LA CONTRAPARTE PERUANA

Como ya se menciona JICA, ofrece becas para el perfeccionamiento de profesionales y técnicos, para que al regresar a sus países puedan jugar un papel activo, en los esfuerzos de sus estudios para el desarrollo social y económico del mismo.

La entidad ejecutora del Proyecto la cual es el INCE - MMET, está constituido por profesionales que tienen estrecha relación en el desarrollo y estudio, como contraparte peruana a los cuales JICA, otorgó becas desde el año 1984 hasta hoy. Siendo los siguientes :

1. - Ing. Eleuterio León Rodríguez (1984)
Director General de Metalurgia
2. - Ing. Saúl Cárdenas Mandujano (1984)
Jefe (e) de la División de Metalurgia Especial
3. - Ing. Félix Cárdenas (1985)
Director (e) de la Dirección de Metalurgia Extractiva y Especial.
4. - Dr. José Mendoza Delgadillo (1985)
Jefe del Laboratorio de Petromineralogía
5. - Quím. Elvira Pereyra Paredes (1985)
Jefa (e) del Laboratorio de Química Analítica
6. - Ing. Jorge Quispe Bustamante (1986)
Profesional - II

7. - Ing. Quím. Olga Paredes Lujan (1986)
Investigador - I
8. - Ing. Walter Sánchez (1987) Programado
Asesor Técnico del Proyecto de Segregación
9. - Ing. Quím. Rosa Alonzo (1987) Programado
Quím. Asistente.
10. - Ing. Manuel Paz Maidana (1987) Programado
Geólogo.

III). - EQUIPOS Y MAQUINARIAS DONADAS AL PROYECTO

El objetivo del programa es contribuir al progreso económico y social de los países en vías de desarrollo a través del suministro de los equipos necesarios a petición de los respectivos países, para tal fin el principal equipo consiste en :

- 1 - El que hace más efectivo los trabajos de los expertos asignados.
- 2 - El que se necesita por parte de los países en cuestión para continuar el trabajo después de la partida de los expertos japoneses.
- 3 - El que se necesita por los becarios que vuelven a sus países para el desarrollo de sus conocimientos y habilidades adquiridos en Japón.

Después de iniciarse el Proyecto, en el año 1983 hasta la fecha, los equipos donados han cubierto el valor de \$ 2, 500,000 dolares del C.I.F., cuyo equivalente a yenes es 410,000,000. Uno de los mayores proyectos en División del Desarrollo de Cooperación Técnica Minera e Industria de JICA, es el Proyecto de Segregación. Por lo cual el Gobierno de Japón espera que este Proyecto obtenga buenos resultados para el desarrollo y estudio del campo minero en el Perú.

La donación de equipos esta constituido en 2 partes:

- 1)- Laboratorio para pruebas fundamentales
- 2)- Planta Piloto (3T/día), para aplicación y estudio de las pruebas fundamentales

Siendo principales las siguientes:

- 1983 Pre Calentador, Transportador de cadena, Vehículo (Toyota Land Cruiser)
- 1984 Filtro de bolsa, Horno Rotatorio, Molino vibratorio Alimentador de reactivos, Tanque de apagado.
- 1985 Panel de control, Molino, Cargador frontal, Molino autogéno, Cyclon I, II, Elevador de cachos.
- 1986 Equipos de flotación, Materiales para construcción de la Planta Piloto.

IV. - PROYECTO DE SEGREGACION EN EL PERU

El Perú, es conocido como un país eminentemente minero por sus reservas de minerales como : Cu, Pb, Zn, Fe, Ag, Au, W, Sn y otras especies.

Mineralógicamente los minerales de cobre se pueden clasificar como sulfuros y óxidos. Historicamente en el Perú se han desarrollado numerosas investigaciones para el tratamiento de sulfuros de cobre pero en muy pequeña escala para el tratamiento de los óxidos de cobre que existen en el Perú.

Generalmente el tratamiento de los minerales oxidados de cobre es por flotación y lixiviación; pero se tiene el inconveniente que cuando se presenta una matriz de Ca CO_3 en el mineral va a dar lugar a un alto consumo de $\text{H}_2 \text{SO}_4$, implicando mayores costos. El proceso de lixiviación es aplicable solamente para silicatos de cobre con la desventaja de que no es posible recuperar Ag ni Au y por otro lado la flotación de la crisocola es bastante difícil.

Sin embargo, el proceso de segregación es aplicable para ambos tipos de minerales : silicatos y carbonatos, lográndose recuperar Ag y Au como aleación (Ag-Au) ó como mono-metálico (Ag ú Au).

Los expertos japoneses del Proyecto de Segregación hicieron aplicación de este proceso en el tratamiento de minerales oxidados en la Planta de Segregación de la Mina "Katanga" de 50 TM/día de capacidad, ubicada en la Provincia de Chumbivilcas Dpto. de Cuzco; habiéndose obtenido logros en cuanto a :

Aplicación de la Tecnología de Segregación a nivel de Planta Industrial.

En base a estos antecedentes, el Gobierno del Perú solicitó un Convenio de Cooperación Técnica al Gobierno del Japón, para el tratamiento de estos minerales oxidados por el proceso de segregación.

V). - METODOLOGIA DE PRUEBAS DE SEGREGACION

Las pruebas de segregación a nivel fundamental tienen por objeto, dar a conocer los trabajos realizados en equipo, conformado por los Expertos y Contraparte Peruana, para la transferencia de la Tecnología de Segregación; utilizándose para dicho fin el mineral de la Mina Berenguela, mineral constituido por óxidos con alto contenido de Mn, cuarzo, calcita, Ag y Cu; además se caracteriza por presentar una estructura amorfa es decir, no cristalizada.

Este mineral ha sido estudiado anteriormente por diversos procesos metalúrgicos tales como lixiviación y flotación, de los cuales no se conocen buenos resultados. Sin embargo se tienen referencias acerca de los resultados favorables de la aplicación del proceso de segregación, con el mineral de Berenguela siendo necesario realizar mayores investigaciones al respecto.

Por esta razón, hemos visto por conveniente profundizar esta investigación utilizando los parámetros ya estudiados.

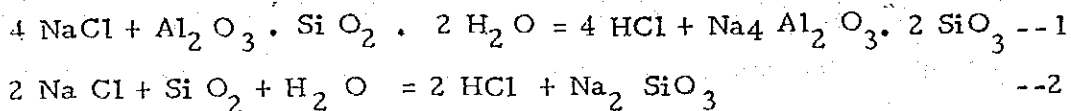
VI). - PROCESO DE SEGREGACION

Segregación consiste en una tostación del mineral con un reductor (Coke ó carbón) y clorurante (Na Cl ú otros).

Según los estudios realizados por diversos investigadores indican que las reacciones del proceso de segregación son bastante complicadas, quedando algunos aspectos por esclarecer, pero teóricamente podemos asumir que las reacciones fundamentales del proceso son 3, siendo las siguientes:

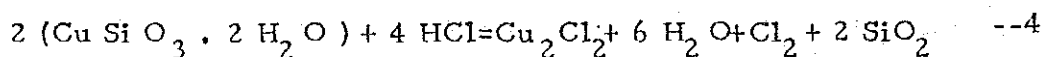
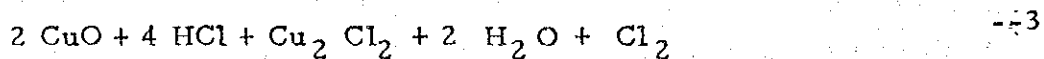
1era. Reacción :

El Na Cl reacciona con la ganga produciendo HCl gaseoso (1,2).



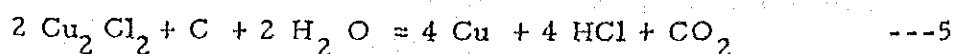
2da. Reacción :

El HCl gaseoso reacciona con el mineral oxidado, produciendo cloruro de cobre gaseoso (3,4).



3ra. Reacción :

Seguidamente el cloruro de cobre gaseoso es reducido a cobre metálico sobre la superficie del reductor (5).



Este cobre metálico es recuperado por flotación obteniéndose un concentrado con alta ley de cobre.

VII). -PRUEBAS DE SEGREGACION (Parte experimental)

Actualmente, los expertos japoneses están realizando la Transferencia Técnica en el tratamiento de minerales oxidados, en las pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio.

Las pruebas metalúrgicas se efectuaron mediante la aplicación de métodos estadísticos, en 2 niveles siendo los parámetros variables : temperatura de segregación, y cantidad de coque y sal con el objeto de lograr óptimas condiciones de segregación.

La flotación del producto segregado se realiza bajo condiciones constantes.

VII). 1

METODO DEL PROCESO DE SEGREGACION

El proceso de segregación ha sido desarrollado por el siguiente Flow-Sheet. Fig. N° 2 y las condiciones de las pruebas se indican en la Tabla N° VII.

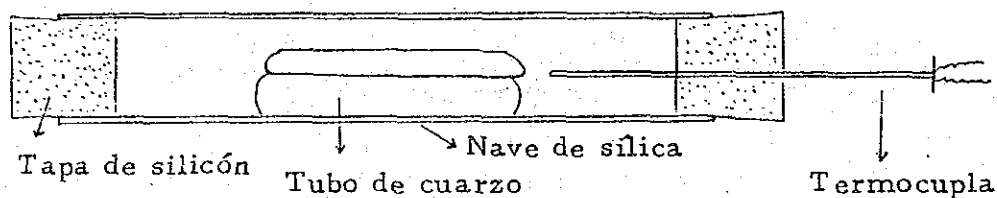
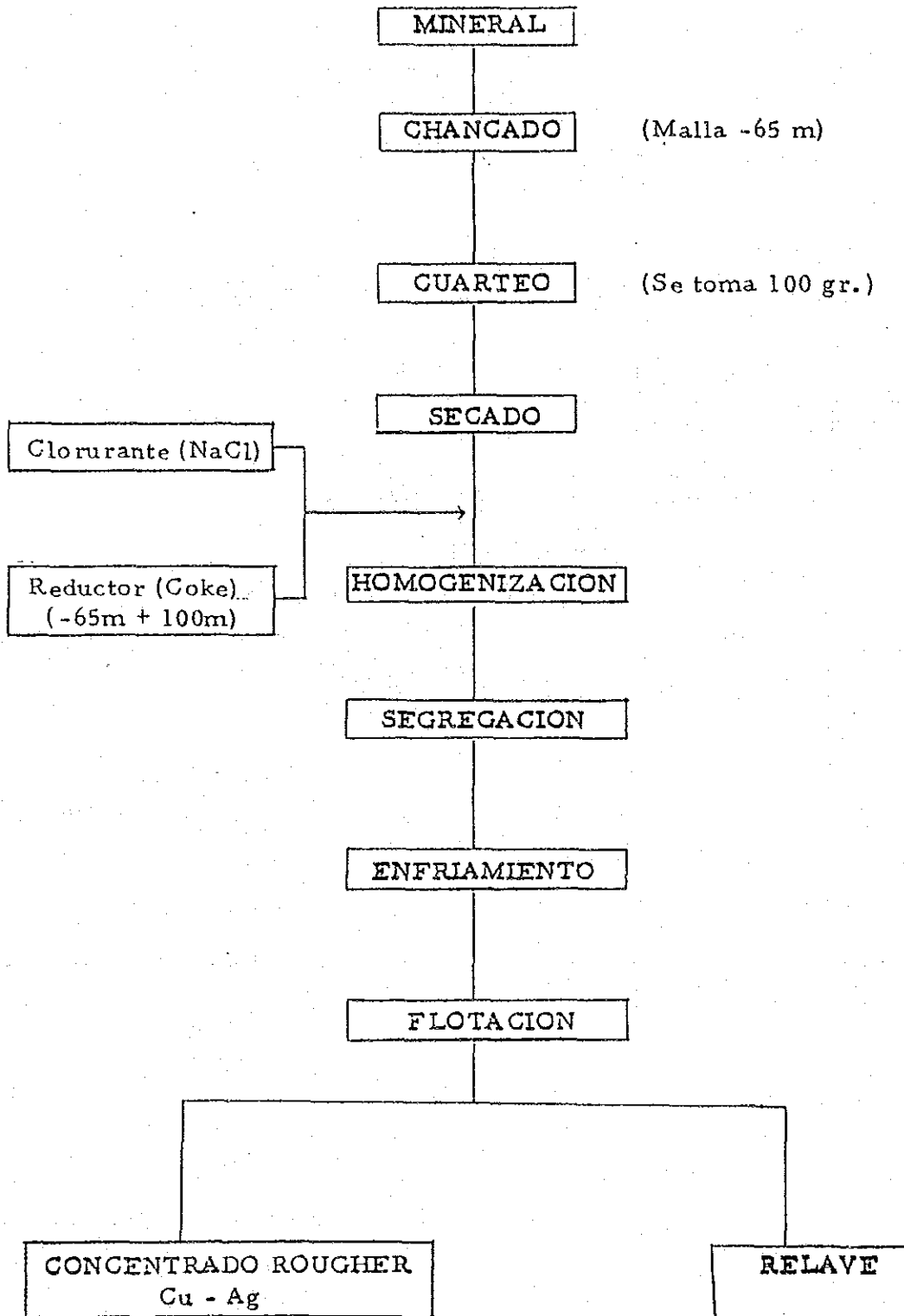


FIG. N°1 HORNO TUBULAR TIPO ESTATICO

El Horno tiene incluido en la parte céntrica un tubo de sílica, en ambos extremos es tapado con tapones de silicón para evitar ambiente oxidante; los gases producidos durante las pruebas de segregación son descargados en el lavador de gases.

La muestra de mineral de -65 mallas mezclado con el coke y el NaCl son cargados en la base de la navicilla de sílica con su respectiva tapa, siendo introducido al interior del tubo de sílica del Horno; por el tiempo de 1/2 hora para producir el producto segregado, luego se retira la navicilla de sílica con bastante cuidado para ser llevado al interior de una cámara de enfriamiento indirecto con agua, para posterior tratamiento por flotación.

FIG N° 2 Flow-Sheet del Proceso de Segregación a nivel de Laboratorio



Las condiciones de las pruebas se indican en la Tabla N° VII - 1 siendo, los parámetros variables, tomados en 2 niveles.

TABLA N° VII-1 CONDICIONES OPERATIVAS

PRUEBAS N°	SEGREGACION			FLOTACION
	Temperatura* (° C)	Clorurante (gr)	Reductor (gr)	
1	700	0.3	5	<u>Colector:</u>
2	700	0.3	10	Amil Xantato 200 gr/T
3	700	0.6	5	Z-200 100 gr /T
4	700	0.6	10	Kerosene 50 gr/T
5	800	0.3	5	<u>Espumantes:</u>
6	800	0.3	10	Aceite de Pino 100 gr/T
7	800	0.6	5	Tiempo de Flotación
8	800	0.6	10	10 minutos.

VII- 2 MUESTRAS UTILIZADAS

Se seleccionarán 4 muestras, de los muestreados en -
Mayo de 1984 en la Mina Berenguela, teniendo en cuenta las
siguientes consideraciones:

TABLA N° VII-2 MUESTRAS UTILIZADAS

Nomén- tlatura	Nombre del punto Muestreado	Carácterística Quím.	Leyes Químicas.		
			Cu%	Ag gr/T	Mn%
A	N° 1	Compósito Min. Perú	1.88	340	17.3
B	N° 18	Alto contenido de Ag	1.58	1,850	22.3
C	Esmeralda Lado Sur.	Alto contenido de Mn	1.40	510	22.8
D	N° 13	Bajo contenido Mn	1.24	34	7.3

VIII. RESULTADOS

El cálculo de Recuperación se hace en función a la relación
del contenido metálico de cabeza (constante) y el producto segregado
(concentrado). La pérdida metálica puede considerarse por las si-
guientes causas:

- Proceso de Segregación
- Manipuleo de la muestra

Siendo la de mayor consideración la ocasionada en el proceso
de segregación. (Vaporización de cobre y plata).

Según los resultados de los análisis de varianza se consideran que los parámetros significantes en el proceso de segregación son los siguientes:

VIII.1)- TEMPERATURA

TABLA VIII-1 Relación entre Temperatura VS Recuperación

Muestra	Recuperación Cu%		Recuperación Ag%		OBSERVACION
	800° C	700° C	800° C	700° C	
N° 1	95.9**	69.7**	91.9**	85.0**	4 pruebas
N° 18	86.1**	58.7**	80.4	76.7	" "
Esmeralda Lado Sur.	.4**	76.0**	78.7*	67.8*	" "
N° 13	80.9*	59.8*	71.5	63.7	" "

** 1%

* 5%

Análisis:

- 1- La recuperación es mayor en 800°C que en 700° C
- 2- De acuerdo a las características químicas del mineral se nota que a la misma temperatura, presentan diferencias en su recuperación.

VIII-2 CLORURANTE

TABLA VIII-2 Relación entre Clorurante VS Recuperación

Muestra \ Temperatura x Clorurante	Recuperación Cu%		Recuperación Ag%		OBSERVACION
	0.6%	0.3%	0.6%	0.3%	
N° 1	89.7*	75.8*	90.8*	86.1*	Promed. 4 muestras
N° 18	79.9*	64.8*	81.7*	75.4*	" "
Esmeralda Lado Sur	78.7**	83.7*	72.3	74.2	" "
N° 13	62.4	78.3	69.0	66.0	" "

** 1%

* 5%

Análisis:

- 1- La recuperación es mayor en 0.6 % que en 0.3% de contenido de clorurante.

VII-3 TEMPERATURA X CLORURANTE

TABLA VII-3 Relación entre Temperatura x Clorurante VS Recuperación

Temperatura x Clorurante Muestra	RECUPERACION Cu%			RECUPERACION Ag%			OBSERVACION
	700 0.3	800 0.3	800 0.6	700 0.3	700 0.6	800 0.6	
N° 1	58.1*	81.3*	93.6*	80.4*	89.5*	91.8*	Promed. 2 muestras
N° 18	48.1*	75.6*	88.0*	68.3**	85.0**	82.5**	"
Esmeralda Lado Sur	70.7**	81.4**	86.8**	69.3	66.2	78.9	"
N° 13	47.3	72.2	77.6	62.6	64.8	69.8	"
						78.5	"
						73.2	"

** 1%

* 5%

Analisis:

- Se observa la interrelación entre temperatura y clorurante, así también, a mayor temperatura como 800° C, la incidencia del clorurante no presenta diferencia, como se observa con 0.3% y 0.6%.
- En minerales con alto y bajo contenido de manganeso, la recuperación no es significativa.

VIII-4 REDUCTOR

- 1.- Con respecto a este parámetro no presenta significancia en ninguna de las muestras estudiadas.

CONCLUSION

- 1- La mayor recuperación se observa en 800° C.
- 2- El contenido del agente clorurante no presenta diferencia con alta temperatura: 800° C, significando la importancia de la temperatura a (5g. y 10g.) de coke.
- 3.- El agente reductor no presenta significancia en el proceso.

Se recomienda realizar pruebas con temperaturas menor y mayor que 800° (temperatura óptima evaluada) para optimizar la temperatura real así también con menor cantidad de Reductor (Coke).

La interrelación entre clorurante y temperatura se debe optimizar con más pruebas.

IX). INVESTIGACION-PROPUESTA

- 1- Variación de parámetros en función a las estudiadas para su optimización.
- 2- Optimizar la recuperación de Ag.
- 3- Estudio de la granulometría del mineral y del reductor.
- 4- Tratamiento previo (Precalentamiento) al proceso de Segregación.
- 5- Evaluación económica de la interrelación entre clorurante y reductor en función a la recuperación.
- 6- Se propone el uso de otros agentes clorurantes y su evaluación respecto a la recuperación.

X). - PLANTA PILOTO DE SEGREGACION

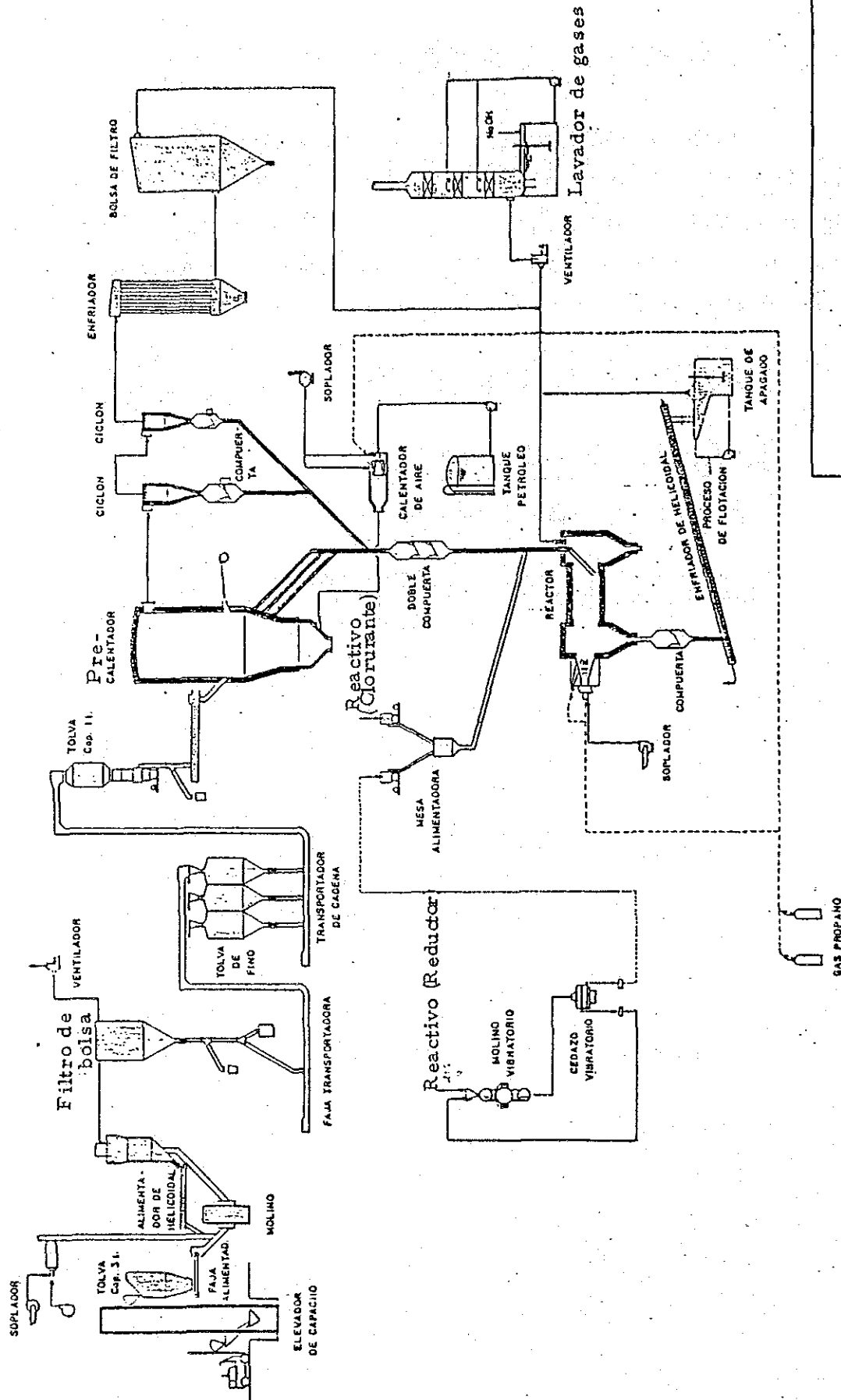
Actualmente la Planta Piloto se está construyendo en la Refinería de Zinc Cajamarquilla, propiedad de MINERO PERU. Se inició en Octubre de 1986 con la cimentación de equipos y en el mes de Marzo del presente año se empezó con el montaje de equipos y maquinarias, será culminada a mediados de este año.

A continuación se muestran los Fflow-Sheets de la PPS.

Fig. N° 1 Sección Segregación

Fig. N° 2 Sección Flotación

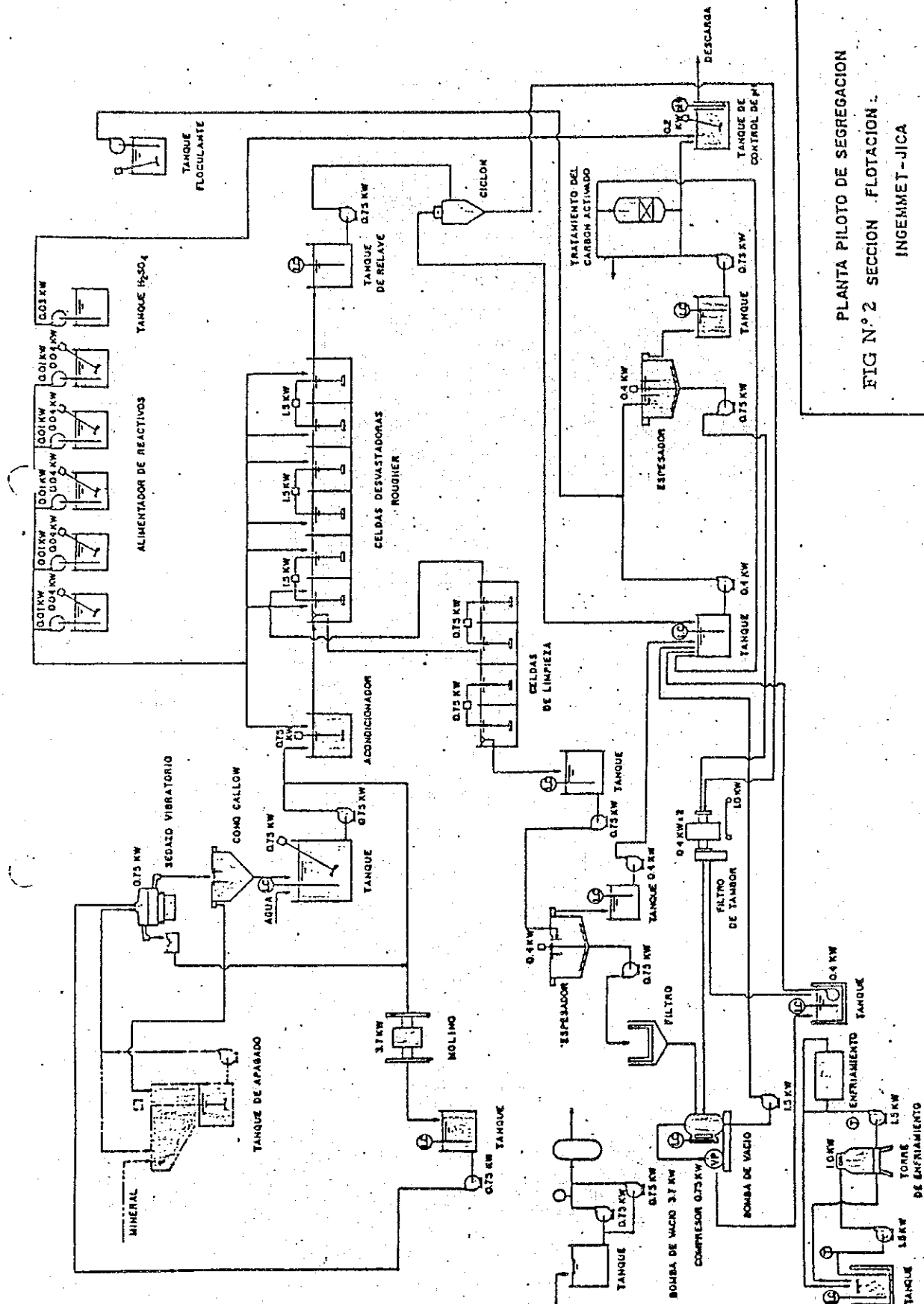
También se adjunta Vista Frontal de la Planta Piloto.



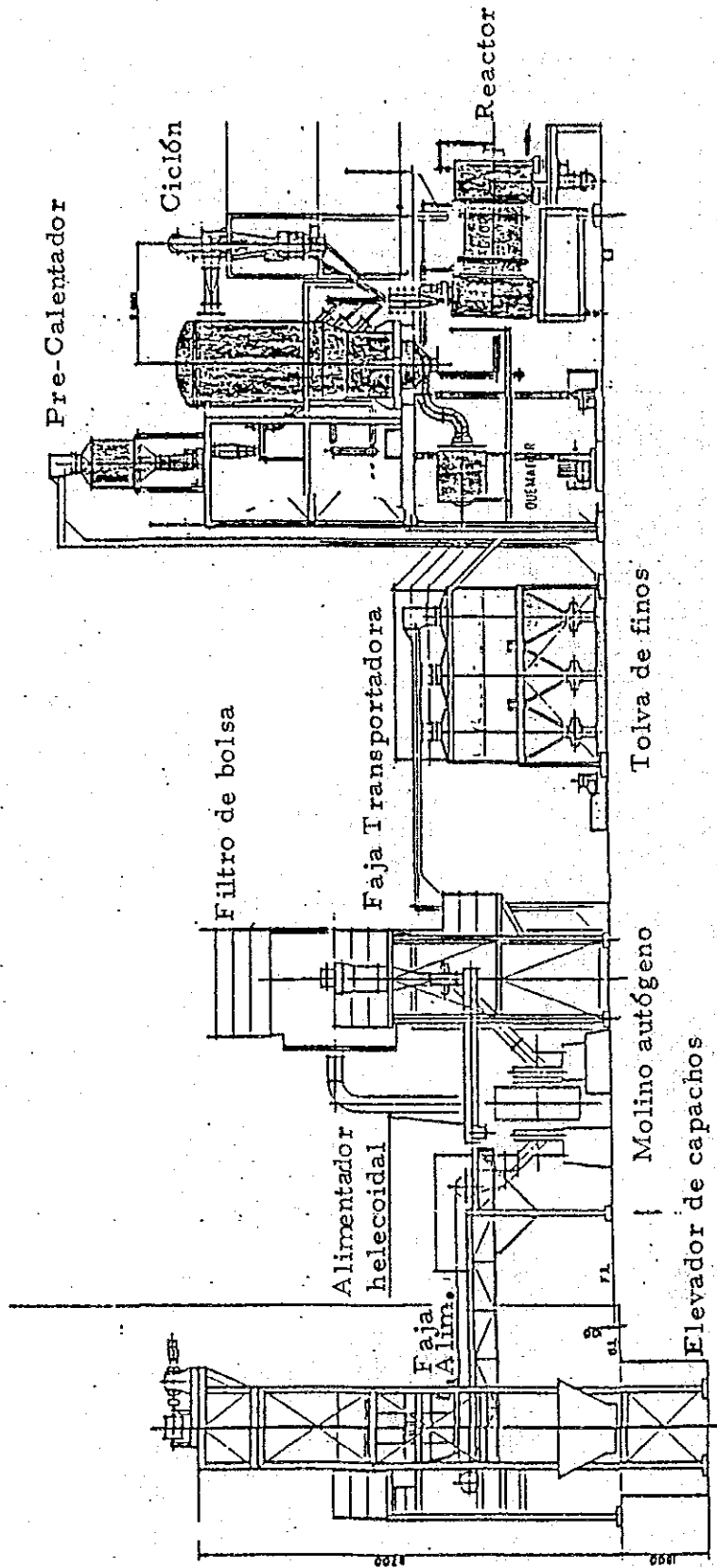
PLANTA PILOTO DE SEGREGACION

FIG. N°1 SECCION SEGREGACION

INGEMMET-JICA



PLANTA PILOTO DE SEGREGACION
 FIG N° 2 SECCION FLOTACION
 INGENHET-JICA



VISTA FRONTAL DE LA PPS

JICA