18in MS Sub-A 浮選機と

No. 21 FW 浮選機の性能について

准 会 員   中 村 信 一 郎*

On the Capabilities of the 18in. MS Sub-A Flotation Machine and the No. 21 Fahrenwald Machine

Shin-ichiro NAKAMURA

Two types of flotation machines are being used as a rougher in the same plant at Ashio Copper Mine; the aged MS Sub-A machine is being replaced step by step with the new Fahrenwald machine. We are going on with a series of tests to investigate the effects of the reconstruction and find out more effective usage of the new machine.

The objects described in this paper are included in those tests. They are:—

1. Power tests of one cell about the two machines.
2. Testing of the shapes of impellers.
3. Aeration test with a testing machine.
4. Comparative test of the powers of the two machines.
5. Comparison of the staying state of the pulp between the two machines.

As the results of these tests, some characteristics of the two machines have been revealed though the differences of the capabilities between the two left obscure.

1. 緒 言

足尾鉬業所銅選鉱工場では現在粗選機として 18in MS Sub-A 機と No. 21 FW 機の 2 種類を使用している。老朽した MS Sub-A は徐々に FW によつて更新されつつある。我々はこの改修工事の効果を検討すると共に新たに設置された FW の合理的使用方法を見出さんがため一連の試験を続けている。この報文で述べる次の事項もそれらの試験の一部をなすものである。

- 1) 両機種 1 セルについての性能試験
  - 2) FW 機のインペラ形状試験
  - 3) 空気混和効果試験
  - 4) 両機種 1 ステージの浮選比較試験
  - 5) 両機種 1 ステージのパルプの滞留状態の比較測定
- 結果として当初企図した MS Sub-A と FW の比較については何等決定的結論を得られなかつたが、両機の性能について幾つかの特質を明らかにし得た。

2. No.21 FW 機の性能試験**

2.1 試 験 方 法

試験機として通常の状態で操業中の粗選機の第 2 区を選び第 1 表に示す検定条件における平均気泡量、泡沫分

散度、銅夾収率、所要電力を推計学的方法により解析した。

第 1 表 FW 機試験の検定条件

因 子	記号	水 準	
		1	2
空気吹込の有無	A	有	無
インペラ回転数	R	370 rpm	320 rpm
インペラミッドプレートの間隙	S	10 mm	5 mm
処理鉬量或はパルプ流量	W	16.6t/h* 8.3t/h** 46m ³ /h	7.3t/h* 3.4t/h** 24m ³ /h

* 全試験期間中の平均値

** 標準偏差の不偏推定値

その他の浮選条件は次の通りである。

- 1) 鉬石の性質 主なる有価鉬物 黄銅鉬, 黄鉄鉬
主なる母岩 石英粗面岩, 珪岩
プライマリー・スライム含有量 10~15%
比 重 2.7 前後
- 2) 磨 鉬 粒 度 +48mesh 17~23%
-200mesh 36~43%
- 3) パルプ濃度 25~32%
- 4) パルプ比重 1.18~1.25
- 5) 試薬使用量 高砂 5 号浮選油 45~55g/t
協和 K. A. Xanthate 20~25g/t
- 6) pH 7.3~7.5
- 7) モーター電圧 190~210V

* 古河鉬業株式会社足尾鉬業所選鉱課

** 日本鉬業協会第五回選鉱現場担当者会議講演

インペラの磨耗状況 (オ1型)

第2表

試験 条件		A ₁																R ₂			備考
		R ₁								S								S ₂			
		S ₁				S ₂				* 6枚のフーレードの長さの平均								S ₂			
		W ₁	W ₂	W ₁	W ₂	W ₁	** 最も短くなったフーレードにつき測定した							W ₂	W ₁	W ₂					
試験	番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1日1回1の方にて行う			
平均気泡量 a	1	33	35	31	38	27	32	34	28	31	21	30	25	27	20	19	21	午前午後に分けて合計5回測定した			
	2	32	35	34	37	26	33	34	28	30	22	31	25	28	20	19	21				
	3	32	35	31	39	29	34	31	27	27	25	32	25	28	20	21	23				
	4	34	35	32	39	29	33	30	27	31	26	31	24	26	20	21	22				
	5	34	31	32	41	28	32	30	27	29	26	32	24	27	20	21	21				
cm ³ /min・cm ²	平均	33.0	34.2	32.0	38.8	27.8	32.8	31.8	27.4	29.6	24.0	31.2	24.6	27.2	20.0	20.2	21.6				
泡沫分散度 d	1	0.8	1.2	0.9	1.8	1.4	1.0	1.1	2.0	1.1	1.0	0.9	2.3	0.9	1.2	0.9	1.5	平均気泡量の各欄に対応する			
	2	1.0	1.2	0.9	2.2	1.0	0.9	1.0	1.7	1.0	1.0	0.9	1.9	0.8	1.2	1.1	1.6				
	3	0.9	1.2	0.9	1.0	1.3	1.1	1.1	1.7	0.9	1.2	0.9	1.6	0.9	1.2	1.0	1.8				
	4	0.9	1.4	1.0	1.3	1.1	1.2	1.1	1.3	1.0	1.0	1.3	1.0	0.9	1.2	1.3	1.5				
	5	1.1	1.5	1.9	1.1	1.0	0.9	1.2	1.5	1.0	1.0	0.8	0.8	1.1	1.2	1.4	1.2				
	平均	0.94	1.30	1.12	1.48	1.16	1.02	1.10	1.64	1.00	1.04	0.96	1.52	0.92	1.20	1.14	1.52				
精鉱品位 c %	1	13.2	17.3	15.3	14.7	13.5	9.8	16.9	12.6	17.3	9.3	13.0	10.7	11.9	12.6	13.5	13.10	40分間隔で試料採取、午前午後2個にまとめた			
	2	17.4	13.5	24.3	9.2	13.3	11.0	22.5	14.6	13.5	13.7	11.8	10.0	17.2	16.1	16.5	10.4				
	平均	15.3	15.4	19.8	12.0	13.4	10.4	19.7	13.6	15.4	11.5	12.4	10.4	14.6	14.4	15.0	11.8				
銅実収率 e %	1	32	42	39	34	63	40	27	22	32	59	26	38	28	29	45	36	精鉱品位の各欄に対応する			
	2	24	63	37	32	34	38	36	40	32	36	27	52	35	36	51	37				
	平均	28.0	52.5	38.0	33.0	48.5	39.0	31.5	31.0	32.0	47.5	26.5	45.0	31.5	32.5	48.0	36.5				
所要電力 w	kw	4.6	4.8	4.2	4.4	3.7	3.7	3.1	3.0	4.5	4.4	5.4	4.3	4.3	3.4	3.4	3.6	1方の平均値			

8) インペラの磨耗状況 第1図参照

9) 試験機(2区)の W₁の場合 0.84% Cu* 0.11%**
給鉱品位 W₂の場合 0.70% Cu* 0.08%**

空気の吹込はスタンド・パイプ上部を密閉してパイプ内に送風する方法を採った。気泡量の測定は1lのメシリンダーに水を満して逆さにバルブ中に立て、気泡中の空気により置換される時間を測って cm³/min・cm² を算出した。平均気泡量は6個所の測定点における気泡量の平均である。(第1図参照)

また泡沫分散の度合を定量的に取扱いたため、次の様に泡沫分散度なるものを定義した。

a: 平均気泡量

b: 最も気泡の多い測定箇所における気泡量

c: 最も気泡の少ない測定箇所における気泡量

とすれば

$$\text{泡沫分散度} = \frac{a}{b-c}$$

2.2 測定結果

測定の結果は第2表に示した通りである。

第1図
FW 機試験条件

* 全試験期間中の平均値 ** 標準偏差の不偏推定値

- 1) Taggart: Handbook of Mineral Dressing 1945
- 2) 河山鉱業所: 第3回全国選鉱現場担当者会議講演
- 3) 奥津泰: 工場における推計学の問題とその解き方, 昭和28年

2.3 測定値間の相関関係

相関関係の確認されたものは電力と平均気泡量だけである。これはかなり明確に線型回帰している(第2図参照)。

第2図 FW 機試験相関図

2.4 要因分析

試験日数の経過と共にインペラの磨耗が目立ち(第1図参照)この影響は無視出来ないと考えられたから(第3図参照), インペラの磨耗度を用いて各測定値の相関要因分析を行った。この結果は第3~6表に相関要因分析表として示した。

以上の分析の結果検定により有意と判定された条件を第7表に示した。

上記要因分析の結論の妥当性を検討するため追試験を行った所、実収率に対する結論以外は再確認された。また空気吹込の平均気泡量に及ぼす効果を調べるため吹込の有る場合と無い場合につき新しいインペラを用いてそれぞれ10回の気泡量測定試験を行い、65.9±4.5† 及び 56.8±4.32† cm³/min・cm² を得た。しかしこの時の送風

第3図 インペラ磨耗度と測定値の関係

第3表 インペラ磨耗度 δ を用いた平均気泡量 α の相関要因分析表

要 因	S_a	S_t	C	f	C^2/S_t	$S_a - C^2/S_t$	f	V	F_0
A	5513	211	-1077	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$A + \text{Error}$	7047	574	—	9	4009	3038	8	—	**
$(A + E) - E$	—	—	—	—	—	2037	1	2637	14.2
R	2328	1	-24	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$R + \text{Error}$	3862	364	-464	9	591	3271	8	—	**
$(R + E) - E$	—	—	—	—	—	2270	1	2270	15.9
S	2	31	-7	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$S + \text{Error}$	1536	394	-447	9	507	1029	8	—	—
$(S + E) - E$	—	—	—	—	—	28	1	28	$F_0 < 1$
W	138	49	-82	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$W + \text{Error}$	1672	412	-522	9	661	1011	8	—	—
$(W + E) - E$	—	—	—	—	—	10	1	10	$F_0 < 1$
$A \times S$	45	209	98	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$A \times S + \text{Error}$	1579	572	-342	9	204	1375	8	—	—
$(A \times S + E) - E$	—	—	—	—	—	374	1	374	2.61
$A \times W$	1106	281	-565	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$A \times W + \text{Error}$	2640	652	-1005	9	1549	1091	8	—	—
$(A \times W + E) - E$	—	—	—	—	—	90	1	90	$F_0 < 1$
$R \times S$	248	341	-291	1	—	—	—	—	—
Error	1534	363	-440	8	533	1001	7	143	—
$R \times S + \text{Error}$	1782	704	-731	9	759	1023	8	—	—
$(R \times S + E) - E$	—	—	—	—	—	22	1	22	$F_0 < 1$

** 1%危険率で有意

量を測定したら 40m³/h に達していた。気泡量の増加分はこの3~4%位であり、残りの大部分はフィード・パイ

† 95%信頼度の平均値の信頼限界

第4表 インペラ磨耗度 δ を用いた泡沫分散度 d の相関要因分析表

要 因	S_a	S_t	C	f	C^2/S_t	$S_a - C^2/S_t$	f	V	F_0
A	33	211	-83	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	55	184	6	30.7	—
$A + \text{Error}$	273	549	55	8	—	267	7	—	—
$(A + E) - E$	—	—	—	—	—	83	1	83	2.7
R	18	1	2	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$R + \text{Error}$	258	339	140	8	58	200	7	—	—
$(R + E) - E$	—	—	—	—	—	16	1	16	$F_0 < 1$
S	564	31	131	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$S + \text{Error}$	804	369	269	8	196	608	7	—	**
$(S + E) - E$	—	—	—	—	—	424	1	424	13.8
W	885	49	208	1	—	—	—	—	—
Error	204	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$W + \text{Error}$	1125	387	346	8	309	816	7	—	**
$(W + E) - E$	—	—	—	—	—	632	1	632	20.6
$S \times W$	264	25	-81	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$S \times W + \text{Error}$	504	363	57	8	9	495	7	—	*
$(S \times W + E) - E$	—	—	—	—	—	311	1	311	10.1
$A \times S$	1	209	-11	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$A \times S + \text{Error}$	241	547	127	8	29	212	7	—	—
$(A \times S + E) - E$	—	—	—	—	—	28	1	28	$F_0 < 1$
$A \times W$	3	289	30	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$A \times W + \text{Error}$	243	627	168	8	45	198	7	—	—
$(A \times W + E) - E$	—	—	—	—	—	14	1	14	$F_0 < 1$
$R \times S$	14	341	69	1	—	—	—	—	—
Error	240	338	138	7	56	184	6	30.7	—
$R \times S + \text{Error}$	254	679	207	8	63	191	7	—	—
$(R \times S + E) - E$	—	—	—	—	—	7	1	7	$F_0 < 1$

* 5%危険率で有意

第5表 インペラ磨耗度 δ を用いた銅実収率 e の相関要因分析表

要 因	S_a	S_t	C	f	C^2/S_t	$S_a - C^2/S_t$	f	V	F_0
A	1	211	-14	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	563 = 81
$A + \text{Error}$	1430	439	488	6	543	887	5	—	6.95
$(A + E) - E$	—	—	—	—	—	563	1	563	—
R	4	1	-1	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$R + \text{Error}$	1433	229	501	6	1096	337	5	—	—
$(R + E) - E$	—	—	—	—	—	13	1	13	$F_0 < 1$
S	121	31	-60	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$S + \text{Error}$	1550	259	442	6	754	796	5	—	—
$(S + E) - E$	—	—	—	—	—	472	1	472	5.83
W	273	49	116	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$W + \text{Error}$	1702	277	618	6	1379	323	5	—	—
$(W + E) - E$	—	—	—	—	—	-1	1	-1	$F_0 < 1$
$A \times R$	1	29	3	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$A \times R + \text{Error}$	1430	257	505	6	992	438	5	—	—
$(A \times R + E) - E$	—	—	—	—	—	114	1	114	1.41
$A \times S$	553	209	-341	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$A \times S + \text{Error}$	1982	437	161	6	59	1923	5	—	*
$(A \times S + E) - E$	—	—	—	—	—	1599	1	1599	19.7
$A \times W$	49	289	118	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$A \times W + \text{Error}$	1478	517	620	6	744	734	5	—	—
$(A \times W + E) - E$	—	—	—	—	—	410	1	410	5.06
$R \times S$	43	341	120	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$R \times S + \text{Error}$	1472	569	622	6	680	792	5	—	—
$(R \times S + E) - E$	—	—	—	—	—	468	1	468	5.78
$R \times W$	1369	81	-333	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$R \times W + \text{Error}$	2798	309	169	6	92	2706	5	—	**
$(R \times W + E) - E$	—	—	—	—	—	2382	1	2382	29.4
$S \times W$	225	25	74	1	—	—	—	—	—
Error	1429	228	502	5	1105	324	4	81	—
$S \times W + \text{Error}$	1654	253	576	6	1311	343	5	—	—
$(S \times W + E) - E$	—	—	—	—	—	19	1	19	$F_0 < 1$

ブ等より損失しているものと思われる。

2.5 結 論

この試験の結論として次の事が云える。

- 1) インペラの回転数を上げると気泡量も増加する。

第6表 インペラ磨耗度 ϕ を用いた所要電力 w の相関要因分析表

要 因	S_{20}	S_i	C	f	C^2/S_i	S_{20}/S_i	f	V	F_0
A	20	211	65	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
A+Error	86	439	-24	6	13	85	5	—	—
(A+E)-E	—	—	—	—	—	54	1	54	6.97
R	441	1	-10	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
R+Error	507	229	-99	6	43	464	5	—	—
(R+E)-E	—	—	—	—	—	433	14.33	—	**
S	25	31	-27	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
S+Error	91	259	-116	6	52	39	5	—	—
(S+E)-E	—	—	—	—	—	8	1	8	1
W	16	49	-28	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
W+Error	82	277	-117	6	49	33	5	—	—
(W+E)-E	—	—	—	—	—	2	1	2	$F_0 < 1$
A×R	3	29	-8	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
A×R+Error	69	257	-97	6	37	32	5	—	—
(A×R+E)-E	—	—	—	—	—	1	1	1	$F_0 < 1$
A×S	31	209	-80	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
A×S+Error	97	437	-169	6	65	32	5	—	—
(A×S+E)-E	—	—	—	—	—	1	1	1	$F_0 < 1$
A×W	31	289	-93	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
A×W+Error	97	517	-182	6	64	33	5	—	—
(A×W+E)-E	—	—	—	—	—	2	1	2	$F_0 < 1$
R×S	25	341	-94	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
R×S+Error	91	569	-183	6	59	32	5	—	—
(R×S+E)-E	—	—	—	—	—	1	1	1	$F_0 < 1$
R×W	0	81	0	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
R×W+Error	66	309	-89	6	26	40	5	—	—
(R×W+E)-E	—	—	—	—	—	9	1	9	1.16
S×W	0	25	0	1	—	—	—	—	—
Error	66	228	-89	5	35	31	47.75	—	—
S×W+Error	66	253	-89	6	31	35	5	—	—
(S×W+E)-E	—	—	—	—	—	4	1	4	$F_0 < 1$

第7表 FW 機 試 験 結 論

平均気泡量に対する結論

結論	有 意 條 件		平均気泡量の平均 cm ³ /min cm ²
	空気吹込の有無	インペラ回転数 rpm	
1	有	370	33.3
2	有	320	29.5
3	無	370	28.5
4	無	320	22.8

泡沫分散度に対する結論

結論	有 意 條 件		平均泡沫分散度
	インペラの間隙 mm	処 理 量 t/hr	
1	10	16.6±2.9	1.04
2	10	7.3±1.2	1.13
3	5	16.6±2.9	1.07
4	5	7.3±1.2	1.52

銅実収率に対する結論 I

結論	有 意 條 件		平均銅実収率 %
	空気吹込の有無	インペラの間隙 mm	
1	有	10	51.5
2	有	5	31.8
3	無	10	29.4
4	無	5	37.5

銅実収率に対する結論 II

結論	有 意 條 件		平均銅実収率 %
	インペラ回転数 rpm	処 理 量 t/hr	
1	370	16.6±2.9	30.7
2	370	7.3±1.2	45.2
3	320	16.6±2.9	44.2
4	320	7.3±1.2	30.2

所要電力に対する結論

結論	有 意 條 件		平均所要電力 kW
	空気吹込の有無	インペラ回転数 rpm	
1	有	370	4.30
2	有	320	3.29
3	無	370	4.84
4	無	320	3.77

しかし泡沫分散は低下する恐れがある。

2) 泡沫分散はプレートの間隙を狭めるか給鉱量を減ずる事により向上する。特にプレート間隙狭く給鉱量少ない場合はこの傾向に拍車を掛ける様である。

3) 電力消費はインペラ回転数に強く影響を受ける。給鉱量、プレートの間隙等の影響はこの試験の範囲内では現われない。

4) 主としてインペラの回転数で気泡量を調節する場合、この試験の範囲内では電力消費は気泡発生量に比例して増減するとみてよい。

5) スタンド・パイプ上部より空気を吹込む方法は極めて効率悪く、フィードパイプよりの空気の損失を防がなければ実用の対象にならない。

またこの試験から次の事が考察される。

1) 平均気泡量が增大しても実収率の向上は目立たない様である。

2) 泡沫分散度、平均気泡量、実収率の間に何等かの重相関関係が存在するかも知れない。これを確めるには相当多くの試験を必要とする。

3) インペラの磨耗はこの試験の範囲内では平均気泡量を減ずるが泡沫分散には影響を与えない様である。

3. 18in MS Sub-A 機の性能試験

3.1 試 験 方 法

FW 機の場合と同じく操業中の粗選機第2区で試験し、第8表の検定条件の下で同様に平均気泡量、泡沫分散度、実収率、所要電力を測定し解析を行った。

第8表 MS Sub-A 機試験検定条件

因 子	記号	水 準	
		1	2
吹込空気量	A	多	少
インペラ回転数	R	エアパイプのバルブ全開 370 rpm	エアパイプのバルブ半開 320 rpm
処理量	W	10 t/h	5 t/h

その他の浮選条件はFW機試験の場合とほとんど変わらない。ただしこの試験では新しいインペラを使用した。また気泡量の測定はセル内12個所で行った。したがってこの場合の泡沫分散度は12個所の平均気泡量を気泡量の最も多い2個所の平均気泡量と最も少ない2個所の平均気泡量の差で除して算出した。

3.2 測 定 結 果

第9表に示す通りである。

第9表 MS Sub-A 機試験測定値

試験条件		A ₁								A ₂							
		R ₁				R ₂				R ₁				R ₂			
		W ₁		W ₂		W ₁		W ₂		W ₁		W ₂		W ₁		W ₂	
繰返		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
a	平均気泡量	62	73	91	72	72	60	63	66	58	66	72	65	53	49	47	65
d	沫分散度	1.01	1.38	1.02	1.16	1.64	1.05	0.58	1.74	1.61	1.16	1.36	1.38	1.10	1.14	1.12	1.14
f	給品品位	0.65	0.80	0.76	0.66	0.54	0.81	0.69	0.80	0.77	0.77	0.71	0.75	0.57	0.79	0.73	0.56
c	精製率	28.06	18.13	29.17	25.12	22.19	25.30	26.57	23.02	22.43	24.25	22.10	22.93	24.18	25.61	19.33	21.93
e	Cu実収率	36	35	36	39	41	49	44	46	50	17	20	29	32	38	27	40
w	消費電力 kW	3.6	4.1	4.0	4.1	3.4	3.2	2.4	3.3	3.9	4.1	3.9	4.0	2.8	3.3	2.5	3.1

第10表 第9表に基づく分散分析表

平均気泡量 a の分散分析表

要因	S.S	f	V	F ₀
A	441	1	441	6.5*
R	441	1	441	6.5*
W	144	1	144	2.1
A×R	7	1	7	—
A×W	1	1	1	—
R×W	73	1	73	1.07
A×R×W	47	1	47	—
E	544	8	68	—
T	1698	15	—	—

* 5%危険率

銅実収率 e の分散分析表

要因	S.S	f	V	F ₀
A	333	1	333	5.25*
R	189	1	189	2.98
W	18	1	18	—
A×R	10	1	10	—
A×W	39	1	39	—
R×W	7	1	7	—
A×R×W	24	1	24	—
E	726	8	68	—
T	1346	15	—	—

泡沫分散度 d の分散分析表

要因	S.S	f	V	F ₀
A	116	1	116	—
R	204	1	204	—
W	218	1	218	—
A×R	1313	1	1313	1.03
A×W	202	1	202	—
R×W	6	1	6	—
A×R×W	30	1	30	—
E	10275	8	1280	—
T	12364	15	—	—

所要電力 w の分散分析表

要因	S.S	f	V	F ₀
A	1	1	1	—
R	370	1	370	33.6**
W	7	1	7	—
A×R	4	1	4	—
A×W	1	1	1	—
R×W	19	1	19	1.73
A×R×W	4	1	4	—
E	88	8	11	—
T	494	15	—	—

** 1%危険率で有意

機の場合と同じく何等の関係も検出されない。

3.3 要因分析

各測定値について行つた要因分析の結果は分散分析表として第10表に示した。

第4図 MS Sub-A 機試験相関図

3.4 結論

この試験の結論は次の様である (第11表及び第4図参照)。

1. インペラ回転数を上げると気泡量、消費電力共に増加する。
2. 送風量を増すと気泡量が増加し実収率も向上する。
3. 平均気泡量、泡沫分散度、実収率の間には FW

4. FW 機のインペラ形状試験

4.1 試験方法

インペラの形状により電力と気泡量及びインペラ自身

第5図 試験インペラの磨耗状態

の磨耗がどの程度影響を受けるかを、FW 粗選機の最終の2区 (15, 16区) で試験した。短時日で結果を知るため自製の3mm鉄板で作ったインペラを用いた (第5図)。試験開始時、100時間目、190時間目、290時間目に

第11表 MS Sub-A 機試験結論

平均気泡量に対する結論

結 論	有 意 条 件		平均気泡量平均の値 cm ³ /min cm ²
	送 風 量	インペラ回転数 rpm	
1	多	370	74.5
2	多	320	65.3
3	少	370	65.3
4	少	320	53.5

銅実収率に対する結論

結 論	有 意 条 件		実収率の平均値 %
	送 風 量		
1	多		40.8
2	少		31.6

電力に対する結論

結 論	有 意 条 件		所要電力の平均値 kW
	インペラ回転数 rpm		
1	370		3.96
2	320		3.00

気泡量，電力，インペラ重量を測定した。測定時には15, 16区のインペラを互いに入れ替えて測定し，機差の影響を小さくする様に努めた。

4.2 測定結果

第12表に測定値の平均値のみを示す。

第12表 インペラ形状試験測定値

	水 平 型					コ ニ カ ル 型				
	平均気泡量 cm ³ /min cm ²	泡沫分散度	電力 kW	φ* mm	重量 kg	平均気泡量 cm ³ /min cm ²	泡沫分散度	電力 kW	φ* mm	重量 kg
開 始 時	—	—	—	150	12,000	—	—	—	150	12,100
100 時間目	55	1.6	5.4	—	11,200	44	1.7	3.9	—	11,500
190 時間目	53	1.8	5.3	139	10,300	44	1.7	3.6	143	10,600
290 時間目	25	1.3	3.6	128	9,500	28	1.2	3.0	130	10,000

インペラ破損につき 290時間目以後は中止した

* 6枚のブレードの長さの平均

別に行った平均気泡量，泡沫分散度の分散分析の結果，水平型とコンカル型で有意差の検出されたものは 100時

第6図 試験機による平均気泡量と実収率および精鉱品位の関係

* 5%危険率

間目，190時間目における平均気泡量のみである*。電力については更めて解析する迄もなくコンカル型が低く出ているのは明瞭である。

4.3 考 察

1. コンカル型は水平型に比し平均気泡量が少なくなる（約20%減）が消費電力も減少する（約30%）。もしこの程度の気泡量の差で実収率に有意差変動を与えないものとすれば（次の空気混和効果試験参照）電力の低い分だけコンカル型の方が経済的である。

2. 重量の減少は水平型がやや多い様である。290時間目で，水平型は21%，コンカル型は17%軽くなっている。

3. 290時間目には水平型，コンカル型の差はほとんどなくなっている。

5. 空気混和効果試験

5.1 目 的

前記 FW 機及び MS Sub-A 機の性能試験では気泡量と実収率の相関関係は検出されなかった。気泡量の相当大きな変動に対しても実収率は有意変動していない。この理由として，現場試験であるため未知またはアンコントロールの要因によるいわゆる偶然的変動が大き

い（したがって試験数をもつと増やさなければ検出は無理である）か，或いは実際に気泡量，実収率の関係図における頭打ちの状態にあるか，

のいずれかが考えられる。この事を更に検討するための階梯として偶然的要因のはるかに少ない試験機による空気混和効果試験を行った。

5.2 試験方法

試験機として三菱鉱業研究所製の700g用FW型試験機を用い，気泡量はインペラ回転数と吸気管エアコックにより調節した。各条件での浮鉱試験が終つたらパルプを抜かないで直ちにその条件における気泡量を測定した。気泡量の測定は100ccのメスシリンダーを用いてスタンドパイプ周辺3個所において前記性能試験の如く

第13表 浮選比較試験検定条件

因 子	記号	準 準	
		1	2
機 種	M	No.21 FW	18in MS Sub-A
パルプ流量	W	0.22 m ³ /min*	0.43 m ³ /min*

* 全試験期間中の平均値

固体濃度27%，固体比重2.7とすれば
パルプ 0.22 m³/min=鉱石 4.3 t/h
パルプ 0.43 m³/min=鉱石 8.4 t/h

第7図 サンプル採取箇所

第14表 浮選機要項

メ 槽 の 寸 法	一 大 塚 工 場	18 in	足 尾 製 作 所
		MS Sub-A	
		m m m	m m m
		0.90×0.90×1.40	0.95×0.95×1.10
1 槽 当 有 効 容 積 m³		0.8	0.7
インペラの径 mm		460	500
インペラ回転数 rpm		320	370
インペラ周速 m/min		460	580
インペラプレートの間隙 mm		25~40**	5~10
グリッドの有無		有	有
スキンマー回転数 r.p.m.		11.7	11.8

* 気泡の容量をも差引いた

** インペラミッドラインの間の間隙

行い、3個所の平均値をこの場合の平均気泡量とした。
その他の浮選条件は現場に準じた。

5.3 試験結果

平均気泡量と実収率及び精鉱品位の関係を第6図に示した。この図によれば平均気泡量が7~8 cm³/min・cm²以上になると実収率は頭打ちの状態になっている。実際の操業現場でもこれと似た曲線が存在するかどうか、もし存在するとすれば7~8 cm³/min・cm² 附近の彎曲点の現われる位置、或いは機種による特性曲線の相違等を今後調べて行き度い。

6. MS Sub-A 機と FW 機 の浮選比較試験

6.1 試験方法

インペラその他の磨耗部分の比較的似かよった状態にある1号 MS Sub-A 機

* 標準平均

** 母標準偏差の95%信頼限界

左8区と2号 FW 機左8区で実収率、精鉱品位を比較した。検定要因として機種の外に処理量(パルプ流量で規正した)も考えた。これは直列、並列の比較も同時に行いたかつたためである。

これ等浮選機は勿論機内繰返しをやつていない。試験は1日1回1の方で行い、パルプ流量は両機共それぞれ3回チェックした(第15表参照)。サンプル採取は30分間隔に行い採取箇所は第7図に示した通りである。操業条件は前記の性能試験の場合と変らない。試験期間中の給鉱銅品位は1.11%*(0.16≤σ<0.27)**であつた。

両機の主要項目は第14表の通りである。

6.2 試験結果

測定結果は第15表に示した。第15表に基づき分散分析を行つた結果を第16表に示す。

6.3 考 察

1. 精鉱品位は機種にかかわらず4.3 t/h 処理の方が高く出る。当初で問題になっていた4 t/h を8区で処理する並列の場合と、8 t/h を16区で処理する直列の場合を考えると、前者が有利である。
2. 実収率については何等有意差が検出されなかつた。この試験の範囲では何とも云えない。
3. 機種による差は検出されなかつたが、セルの有効容積を考えた場合 FW の方が僅かに優つているかも知れない。
4. この試験期間中随時両機1区当りの消費電力をチェ

第3図 MS Sub-A 機のパルプ滞留状態(約4 t/h 処理の場合)

第15表 浮選比較試験測定値

繰 返	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均値	パルプ流量m³/min
M ₁	※ W ₁	Cu 実 収 率 %	83.3	85.6	91.1	90.5	89.0	86.0	91.9	86.6	84.1	90.9	88.5
		Cu 精 鉱 品 位	17.0	15.6	12.3	11.5	13.9	13.6	10.9	15.4	16.9	13.1	13.5
M ₂	※ W ₂	Cu 実 収 率 %	90.8	88.1	87.8	89.3	90.1	91.6	75.3	86.3	92.2	87.0	88.1
		Cu 精 鉱 品 位	9.8	10.4	9.5	13.7	12.9	15.3	15.4	11.6	8.5	10.1	11.4
M ₂	W ₁	Cu 実 収 率 %	87.1	85.7	92.7	89.3	87.8	87.5	71.9	84.5	92.2	89.3	87.3
		Cu 精 鉱 品 位	17.9	13.7	14.8	19.3	15.2	13.0	11.6	12.4	13.7	13.6	14.6
M ₂	W ₂	Cu 実 収 率 %	89.3	89.8	89.5	90.6	91.3	94.6	80.3	88.6	90.2	87.0	89.5
		Cu 精 鉱 品 位	12.0	11.7	15.2	12.8	11.3	10.3	10.4	7.9	13.3	11.7	11.6
													0.22
													0.031
													0.018
													0.035

※ W₁ は4区分を、W₂ は8区分を示す

※※ 平均値

※※※ 標準偏差の不偏推定値

第9図 MS Sub-A 機のパルプ滞留状態
(約 8 t/h 処理の場合)

第10図 FW 機のパルプ滞留状態(約 4 t/h 処理の場合)

第16表 浮選比較試験分散分析表

実収率の分散分析					精鉱品位の分散分析				
要因	SS	f	V	F ₀	要因	SS	f	V	F ₀
M	0	1	0	—	M	512	1	512	—
W	8	1	8	—	W	7178	1	7178	12.8*
M×W	20	1	20	—	M×W	227	1	227	—
E	837	40	21	—	E	22451	40	561	—
T	865	43	—	—	T	30368	43	—	—

* 1%危険率で有意

ックしたが、両機共 4.8~5.5 kW (MS Sub-A はブローワーの電力を含む) を示し有意な差は認められなかった。

7. MS Sub-A 機と FW 機のパルプ滞留状態の比較測定

7.1 試験方法

操業中の粗選機給鉱口に飽和食塩水を注入し、2, 4, 6, 8 区のパッフルボックスでパルプの電気伝導度の経時変化を測定した。電極としては径 7mm の銅棒を使用し、

第11図 FW 機のパルプ滞留状態(約 8 t/h 処理の場合)

極間隔 30cm にしてパルプ中に 20cm 挿入した。この電源として 1.5V の乾電池を用いた。

7.2 測定結果

測定結果は第 8~11 図に示した。同一条件で数回の測定を繰返したがパルプ流量さえ一定であればほとんど同じ様な曲線を得た。各図とも 4, 6, 8 区で得た曲線はいわゆる正規分布曲線とみて差支えない。したがってこれらの平均と標準偏差を比較してパルプ滞留状態の優劣を判定

出来る。平均の大きいものは浮選機有効容積の大きい事を示し、標準偏差の小さいものは短絡するパルプの少ない事を示すだろう。電流は FW 機の方が MS Sub-A より高い値を示し、測定値のバラツキも大きい。これは FW 機のパッフルボックスが M.S. Sub-A の木製に対し鉄製である事による。電極の直ぐ近くに鉄板があるため電気伝導度は高くなり、電極の僅かの動揺(鉄板からの距離の変化)もミリアンメーターに敏感に現われた。なお注入食塩の量を種々に変えて試験した所、同一条件の下では電流の値こそ低く出たが、平均、標準偏差の同じ様な曲線を得た。

以上の事を考慮すると次の 4 つのパルプ滞留状態図の間には大きな相異点を見出し得ない。この試験では実施しなかつたが必要とあれば標準偏差につき分散分析を行う事によりパルプの短絡の程度を定量的に判定し得るだろう。

8. 総 括

18in MS Sub-A 機と No. 21 FW 機につき単区の性能試験、インペラ試験、1ステージの浮選比較試験、パルプ滞留状態の比較測定、及び試験機による空気混和効果試験を行い、次の主な知見を得た。

1. 両機ともインペラ回転数を上げる事により気泡量が増加する。

2. FW 機の場合、この試験の範囲内では発生気泡量と消費電力は一次直線の関係にある。

3. FW 機では、処理量を少なくした場合、インペラとフードプレートの間隙を狭めた場合は、共に泡沫の

分散が良くなる。

4. インペラの形状は気泡量と消費電力に大きな影響を与える。

5. 両機とも4 t/h 処理の方が8 t/h 処理より使用方法としては優っている。

6. パルプの滞留状態は両機とも同じ様である。

7. F. W. 型試験機では或る程度以上気泡量が増えても浮選成績は向上しない。

終りにこの試験を行うに当り、種々有益な助言を賜った当選鋁課甲斐課長、加藤技師補、増田啓氏、生沢元一氏に深謝の意を表する。

製品紹介

連続式回転真空濾過機

連続式濾過機として工業的に広く用いられるものであつて金属鋁山の選鋁機械として欠く事の出来ないものである。化学工業用としては顔料、澱粉、製糖、製油、パルプ、曹達、火薬、人造肥料、塗料、醬油、農業等多汎に涉っている。構造と取扱については衆知の事であるから述べないが、附属機械として

1. 真空ポンプ、2. 真空槽、(モイステアトラップ共) 3. 空気圧縮機、4. 空気槽、5. 排液ポンプ等が必要とする。

ドラム型真空濾過機要目表

	胴 径 (mm)	胴 長 (mm)	濾過面積 (m ²)
1.	1,000	×1,000	3.0
2.	1,200	×1,200	4.5

3.	1,500	×1,500	7.0
4.	1,800	×1,800	10.0
5.	1,800	×2,400	13.5
6.	2,400	×2,400	18.0
7.	2,400	×3,000	22.5
8.	3,000	×3,000	28.0

第1図 松尾式フレンチアス・バキュームフィルタ

第2図

ディスク型真空濾過機要目表

ディスク径 (ft)	ディスク数	濾過面積 (ft ²)
420	5	100
520	4	120
520	5	150
620	4	200
620	5	250
620	6	300
620	8	400

(松尾工業株式会社提供)