小規模選鉱工場の設計建設と その後の経過について

—田老および大峰選鉱工場建設の経過より—

蒲	生	達	一 *
古	川	久	人 **
石	井	五	郎 ***
檜	森	安	彦 ****

Construction and Practice of a Small Scale Milling Operation

Tatsuichi GAMO, Hisato FURUKAWA, Goro ISHII, Yasuhiko HIMORI

1. 序 言

処理量500 t /日程度の小規模選鉱工場を経済的、合理的にかつ短期間で建設することは、大規模選鉱工場の建設と異なつたむずかしさがある。しかも大工場なみに、選鉱成績の向上と配置人員の縮減のため調節、制御、秤量などの自動化機器を採用し、さらに防寒設備を必要とする場合の、建設費はますます割高となる。

筆者らは、昭和35年6月～36年2月大峰選鉱工場(250 t /日)、昭和36年6月～37年1月田老選鉱工場(700 t /日)の設計建設を実施した。

大峰は処女地の新建設であるが、田老は昭和36年5月の大山火事で焼失した選鉱工場の復旧工事で、被災残存のコンクリート構造物、鉄骨残骸などを利用しなければならぬ制約があつたが、全般的には共通の考え方で設計建設を実施し、8～9ヶ月の短期間で建設を完了した。

2. 共通の考え方

大峰鉱山は、比較的選鉱の容易な鉱石で銅精鉱のみを産し、田老鉱山は、緻密な結晶の複雑硫化鉱から銅、鉛、亜鉛、硫化鉄の各精鉱を採取するため、選鉱工場の規模、方式は当然異なり、両者を同一に論ずることは他少無理な点もあるが、両者に共通な点をあげてみる。

(1) 両鉱山はいずれも寒冷地にあり、冬期の気温は大峰で -20°C 、田老で -12°C 位に下がるため、凍結事故を幾度も経験しており、特に防寒対策について考慮を払つた。また偶然にも両者の建設開始時が6月で、整地土木工事が終り、建築の仕上工事が冬期にかかるため、建築速度はできるだけ早いこと、凍結期中でも工事が容易であること、防火構造であることを条件にした結果、軽量鉄骨およびスレート板、石膏ボードを用いる乾式構造法を採用した。しかし田老においては、工期の関係で被災後の残存鉄骨をそのまま利用した鉄骨コンクリート柱や、一部鉄筋コンクリート構造、中空ブロック壁も併用した。

建物の鉄骨類は、すべて都市の工場で加工製作した上トラック輸送し、現地では突合せ部分の取付のみとして建築速度を早めることにつとめた。

(2) 建物の防寒構造は、第1図の如き参考資料を検討の上決定した。

すなわち大峰では屋根を「亜鉛引鉄板互棒葺、ポリエチレンシート、木毛板、フレキシブルシート」の4種の張り合せ、側壁を「小波スレート、フレキシブルシートまたは大平板」の2重の張り合せとした。田老においては、屋根を「亜鉛引鉄板互棒葺、ポリエチレンシート、木毛板」の3種の張り合せ、側壁は「スレート板」とした。採光は、ポリエチレンプレート2重張天窓と、同一様式の固定窓により、かつ解放できる窓はスチールサッシュとした。破砕場は他工程への粉塵飛散を防止するため仕切壁を設け、極寒地の大峰では暖房効果をあげるため、磨鉱浮選場と接する他工程

受理 昭和39年9月28日 第32回例会における特別講演

* ラサ工業株式会社本社生産部長

** ラサ鉱業・タイ国

*** 田老鉱業所選鉱課長

**** 大峰鉱業所選鉱係長

第1図 各種外壁の熱量流率（新建築Vol 37 No. 5）（K : kcal/m²hC°）の比較

との間にそれぞれ窓付壁を設けた。暖房は大峰は蒸気暖房、田老は熱風暖房を設けた。この結果冬期の室内外の気温差は、従来の2~3°Cから10~15°Cに上昇し、休憩時でも室内温度は零度以下に下らず、凍結事故はほとんどなくなった。

- (3) 主要鉱石搬出坑道地なみより下部に破碎場を階段式に設けるための落差を得ることができない地形なので受入ホッパ、粗碎機は半地下式とし、粗碎機の下部から総延長100mのベルトコンベヤを設け、坑口と同一水準に設けた中碎貯鉱舎まで持ち上げるようにした。したがって受入場、破碎場、磨鉱場はほぼ同一水準で横に広がり、その下部に浮選場、濾過場、精鉱貯鉱舎が1~2段に設けられた半平面式選鉱工場となった。
- (4) 将来の増処理に備えて、建物面積に若干の余裕をとり、大型ジョウクラッシャ、ボールミル、シクナ、精鉱貯鉱舎などの寸法決定については、最小限の補足改善で、大峰は400t/日、田老は1,000t/日、位の増処理可能の含みをもった。ただし大峰においてはその後建物を若干拡張し、ロッドミルを採用し破碎磨鉱工程を改善することにより現在650t/日を処理しており1,000t/日位まで処理可能となった。
- (5) 調節、制御、秤量などの自動化機器の設備はまったく不満足であるが
- (イ) 粗鉱、精鉱の秤量はメリックスケールを設置し流

量の自記、遠隔指示、積算量の印字などの装置をつけた。またボールミル給鉱の制御には、いろいろ精巧な装置があるが、小選鉱工場においては価格的に建設費中に占める機械代の割合が大きすぎ採用しにくいので、田老で考案した機械式コンスタントフィーダ（第2図）で制御し、さらにメリックスケールで総流量を自記し、設定量をはずれた場合警報を発する装置をつけた。

- (ロ) 電動機のスイッチ類は、破碎、磨鉱、浮選など工程別に同一スイッチ板に集約し、電流計、時間計のほか記録式電力計を備え、その記録を電力消費管理のほかに運転状況を知る資料にすることを試みた。

- (ハ) 自記式pHメータを備えたが、将来pH調節剤フィーダに連動させる予定である。

記装については現在次のごとき計画をもっている。

- (1) 工業用テレビによる遠方監視
- (2) 蛍光X線分析器の迅速分析による現場操業管理（昭和39年3月から実施し、精鉱品位の上昇実収率の向上に大きい効果をあげている）
- (3) 磨鉱回路の給鉱量、添加水量の制御
- (4) その他機械装置の無人運転
- (6) 受入ホッパの容積は比較的小さくしたが、粗砕した鉱石を入れる中間ホッパとボールミルピンはともにそ

仕様 ① 300#ウォーム減速機 ② O.A.C.3#リングコーン変速機 ③ コンスタントウェヤー、材質：高力アルミニウム合金
④ モーター：日立0.75kW×4 P ⑤ ギャードモーター：日立、0.4kW×1/30 ベルトフィーダー速度、5m~10m/min
容 量 8t~30t/hr 秤量機ベルト速度 10m/min. ベルト 600×3 P×1.6×1.6 秤量機 佐藤製衡所

第2図 機械式コンスタントフィーダー

容積 63.8m³

第3図 円筒形鋼板製嚢

の容量を大きくし、貯鉱の際シャトルコンベヤにて鉱質を平均化することにした。大峰ではブレンディング効果をあげるため直径に比較して高さの大きな円筒型のビン(第3図)を設けた。田老の場合工期の関係で被災したコンクリート製ビンをもそのまま使用した。

- (7) 小規模選鉱工場でミル給鉱をつくる場合、設備が簡単で効率のよいインペラブレーカを採用し、再破碎は一挙に行なえるように設計した。すなわち一段目の破碎機に、大峰ではSRV25ギャレスクラッシャを、田老では24"×15"シングル・

トグル・ジョウクラッシャを用いたが、後者においてのみ、3呎コーン・クラッシャを予備として設置した。これの産物は、ロータ760mmφ×930mmのインペラ・ブレーカ、2台にリップフロ・スクリーンを前置して給鉱、その産物はフルイ機に繰り返す閉路式として、80%サイズを6~7mmとしている。これらの破碎系へは貯鉱倉から、Vベルト変速機を備えたベルトフィーダー(第4図)で量質とも平均化して給鉱し効果をあげている。

しかし処理量が増加するにつれてインペラブレーカは部品の点検、取り替えが頻繁となり運転効率が低下するので大選鉱工場ではロッドミルなどを採用し処理量を増加するほうが有利であり、現在大峰ではインペラ・ブレーカを廃止し、ロッドミルを採用、ミル給鉱80%サイズを、20mmとし効率をあげている。また田老では前段の破碎機を廃止し、一挙にインペラ・ブレーカに給鉱する方式に変更し、80t/時間を処理しており、さらにロッドミル採用による破碎場の合理化を計画中である。

- (8) 塊鉱の輸送については、バケット・エレベータの芳しい成績を持っていなかったことと、サーペンテックス・コンベヤその他の新型輸送機は工期の関係で検討期間がなく採用しなかった。したがってベルト延長が少々長くなっても全部ベルトコンベヤによることとしたため、大峰18本、田老34本とベルトコンベヤが多くなつた。標準化した箱型フレームを工場生産し、現場

第4図 Vベルト変速フィーダー

24" ベルトフィーダー
① 三木式変速プーリーM L-210
② 300#ウォーム減速機1/45
③ モーター; 0.75kW×6 P
ベルト600×5 P×4.8×1.6

の人員で施行した。

建築土木工事も、大峰では一括元請方式によらず、末端の請負業者に別々に分割請負とし、一部常備もした。田老においては、時間的制約と社宅その他厚生施設の復旧も併行して行なわねばならなかつたので、2～3の元請業者に分割発注し、建築設計も大要を指示依頼した。

では、これをボルト継ぎするだけとし、工期の短縮をはかった。

(9) 計画処理量の割合には、オーバ・サイズのトリコンミルを採用し、セル寸法は自由に選んだ。すなわちセル・ライナ内径で大峰は8呎、田老は9.5呎、回転数は臨界速度の65%とし、ボール運動を改善するためスーパー・ウェブライナを使用した。

(10) 2段分級、2段磨鉱を採用し大峰では180メッシュ・グラインディング、田老では200メッシュ・グラインディングを目標とするが、2段分級機としてセントリフロ分級機を使用した。セントリフロ分級機の機能については、いまだ検討すべき点も多いが、田老ではCu+Pb、Zn+Sp精鉱の-325メッシュ以下の細い分級にも使用している。

(11) 粗粒単体の目的鉱物を早期回収するため、1次磨鉱回路に浮選機を設けた。

(12) 浮選機は比較的槽の深い1,200mm、EW型浮選機を採用し、1槽当たり処理量を大きくとつた。

(13) サンドポンプはすべてワーマンポンプを採用、田老では合計38台を使用している。

(14) 精鉱濾過はシックナを前置した単胞式ドラムフィルタを用いたが、田老では被災した、デスクフィルタも修理して使用している。脱水成績は前者に比べてよくない。

(15) 照明は水銀灯を主とし、補助に蛍光灯、白熱灯を使用し主要箇所の照度は100～180ルクスとした。

(16) 建築単価が比較的高いため、修繕用あるいはこれに類似のスペースはできるだけ少なくし、選鉱工場内の運搬はすべて天井走行クレーンによることとした。

(17) 建設費を下げる手段の一つとして、選鉱機械類のほとんどを自家設計し、部品で購入の上、据付位置で組み立てるなどし、あるものは自家製作も行なつた。機械の組立、据付はすべて田老、大峰の選鉱、工作関係

3. 建設費

建設費は、処理鉱量t/日当たり大峰は、665,000円、田老は、634,000円である。ただし両者とも第1表に示す項目を含んでおり、選鉱関係のみではそれぞれ450,000円、500,000円である。建設工事の諸元は第2表に示すとおりである。

第1表 建設費

	大峰 250 t/日		田老 700 t/日	
	千円/t/日	%	千円/t/日	%
選 鉱	450.7	67.8	497.8	78.6
電 気	163.5	24.6	78.7	12.4
修 繕	8.0	1.2	16.8	2.6
分 析	2.0	0.3	4.1	0.6
暖 房	12.0	1.8	2.8	0.4
積出し(上郷駅)	20.6	3.1	—	—
用 水	7.8	1.2	33.7	5.4
計	664.9	100.0	633.7	100.0

鉱滓堆積場関係含まず

その後増設を続け、現在650t/日となっている大峰の当初以来の累計企業費は、処理量t/日当たり370,000円となっている。

特に建物の土木建築費は選鉱関係工事費の約30%を占めるから、レイアウトに留意し極力余剰な建物面積の縮減に努めるべきであろう。

現在、処理能力当たり建物面積は、大峰3.3m²/t/日田老5.5m²/t/日である。

4. 建設後の経過

建設計画は、社業の要請と鉱況によつて逐次拡大処理の方針に対処して立案、現在大峰においては、きわめて少ない企業費で開発当時の約3倍強の、650t/日処理と

第2表 建設工事諸元

	大 峰	田 老
設 備 馬 力	549kW	3,100kW
建 物 総 面 積	1,841m ²	4,392m ²
鋼 材 建物擁壁	196t	544.2t
設 備	243t	* 443.4t
計	439t	987.6t
セメント 建物擁壁	395t	1,633.2t
設 備	177.5t	592.8t
計	572.5t	2,226t
コンクリートブロック		8,660コ
木 毛 板	1,900m ²	6,286m ²
石 綿 ス レ ー ト 板	1,800枚	1,615枚
石 付 ボ ー ド 及 大 平 板	3,200枚	—
ダ イ ナ マ イ ト		1,144.4kg
稼 働 延 人 員	17,560人	33,812人
工 期	260日	245日

* 機械本体除く

なり、田老も、800 t /日処理が可能なところまで増加している。

建設当初と現在との成績その他の比較を第3～5表に示す。（選鉱工場系統図、機械配置図省略）

第5表

	大 峰		田 老	
	建設当初	現 在	建設当初	現 在
職 員	5	6	9	9
鉱 員（操業）	23	23	54	42
“（管理）	4	9	8	11
計	32	38	71	62

5. む す び

以上、大峰、田老における小規模選鉱工場の設計、建設に当たつての筆者らの経験を述べた。設備の充実と建設費の抑制という楯の両面のような問題と取り組み、でき上がった今日、いろいろと反省すべき点も多く、誠に汗顔の至りである。諸賢のご批評をいただければ幸いである。

この発表は、当社社長吉見巖殿のご承認を得て行なうものであります。両選鉱工場とも、当社専務取締役松村貞三殿のご指導のもと、村井係長、田口主任、その他両鉱山の、選鉱、工作関係の建設に従事された各位、両鉱業所の所長殿はじめ職員御一同の大なるご協力により完成致したもので、各位に心から感謝の意を表わします。

第3表 大 峰 選 鉱 工 場 （1日当たり）

		建設当初						現在								
		鉱量			品位			実収率			品位			実収率		
					Au	Ag	Cu							Au	Ag	Cu
原	鉍	200,000t	1.45	14.5	1.45	100	100	100	650,000	1.35	13.5	1.35	100	100	100	
銅	精 鉍	10,226	22.1	228	26.60	77.9	80.4	93.8	33,572	20.7	221	25.00	79.2	84.6	95.7	
廃	石	189,774	0.3	3.0	0.10	22.1	19.6	6.2	616,428	0.3	2.0	0.06	20.8	15.4	4.3	

第4表 田 老 選 鉱 工 場 （1日当たり）

	建 設 当 初									現 在								
	鉱 量	品 位				実 収 率				鉱 量	品 位				実 収 率			
		Cu	Pb	Zn	S	Cu	Pb	Zn	S		Cu	Pb	Zn	S	Cu	Pb	Zn	S
原 鉱	650,000	0.39	3.30	7.70	16.00	100.	100	100	100	720,000	0.40	2.60	7.80	18.50	100	100	100	100
銅 精 鉱	6,560	25.00	8.00	8.00	36.00	65.0	2.4	1.0	2.3	8,160	25.00	6.00	4.00	33.00	71.0	2.6	0.6	2.0
鉛 精 鉱	27,880	0.90	60.00	11.00	22.00	9.9	78.0	6.1	5.9	23,080	0.40	60.00	11.00	23.00	3.1	74.0	4.5	4.0
亜鉛精鉱	77,340	0.50	1.50	55.00	33.00	15.0	5.4	85.0	24.5	93,450	0.40	2.00	54.50	34.00	12.8	10.0	90.7	23.9
硫化鉄精鉱	124,350	0.05	0.40	0.50	46.00	2.4	2.3	1.2	55.0	183,510	0.13	0.70	0.50	45.00	8.3	6.8	1.6	62.0
混合精鉱	7,000	1.00	20.00	25.00	36.00	2.8	6.5	3.5	2.4	2,470	1.00	15.00	10.00	30.00	0.7	2.0	0.5	0.6
廃 石	406,870	0.03	0.28	0.38	2.52	4.9	5.4	3.2	9.9	409,330	0.03	0.21	0.29	2.47	4.1	4.6	2.1	7.5