串木野鉱業所の金銀青化製錬

正 会 員 西 村 敏 雄*

正 会 員 福 田 又 雄**

Cyanidation of Gold and Silver Ores at Kushikino Mine

Toshio NISHIMURA and Matao FUKUDA

Kushikino plant had been suspended its production for a long period by the government order, during the war-time, to disorganize gold mining industry and transfer all mining and metallurgical equipments to other base metal mines and plants.

In October, 1950, however, it was rehabilitated to treat 200 t/day and then in October, 1952, was enlarged to 400 t/day capacity.

At present, it can treat 550 t/day of crude ore by the reinforcement of several equipments.

While the capacity was enlarged, the total cost of milling and crushing section was reduced by approximately 5% by arranging to wash all the ores at the crushing plant and the closed circuit crushing facilities for cone crusher.

Study on the feed ball size for mills, application of grooved plate type liner, experiment on low-speed grinding mill, and others were also very effective to minimize the milling cost.

Reagent expenses became about 28% less than that of before by means of adoption of calcium cyanide instead of sodium cyanide.

On the other hand, 10 t/day direct flotation plant was erected in June, 1954 to treat the sulphide ore which contains argentite, pyrrargylite, sphalerite, and pyrites. This showed the applicability to the various kinds of gold ores and proved to reduce the cyanide consumption and to promote the total recovery of gold and silver.

As the result of such rationalizations mentioned above, the efficiency of the plant has been remarkably improved, compared with that of pre-war time, and the production cost has been gradually reduced.

1. 緒 言

第2次世界大戦も漸く深刻な様相を呈し始めた昭和18年4月ついに金鉱業整備命令にて串木野鉱業所も休山の止む無きに立ち到つた。

終戦と同時に諸般の情勢は一変し金山再開の機運も窺取されたが金価格低調のためその実現を見ず、数次に渉る討議の結果漸く24年2月14日串木野鉱業所再開と決定し工事施工に着手、約1年8ヵ月を費し第1期工事を完了25年10月より200t/日の操業を開始した。

工場は戦前の旧製錬所(1,300t/日)の内第2工場(400t/日)跡に建設されたもので設備機械は整備により他事業所に転用されたものを極力回収利用したため2,3の設備を除けばおおむね旧第2工場設備と同様である。

第1期工事に引き続き第2期工事(400t/日)は27年10月完成後、若干の設備の増強により現在550t/日の処理能力を有するに至つた。(31年上期完了)

* 三井金属鉱業株式会社串木野鉱業所長

** 三井金属鉱業株式会社串木野鉱業所製錬課長

一般非鉄金属鉱業が終戦の混乱から逸早く立直りかなり順調な発展を遂げ、中には戦前を遙かに凌ぐ設備および技術の水準を占めたものもあるが金鉱業のみは戦前より引続き約10年の空白期間を有する事、及び金価格の低廉に災され巨額の企業費投入の見込み立たず技術進展の歩調はまことに遅々たるものである。

再開以来約5年、困難なる経済情勢の下に諸般の難点を漸次克服し最近漸く苦しいながらも適正な操業度における一応健全なる操業態勢をとるに至つた。この間の経緯中主なる施策による変化を述べれば次のようである。

2. 破碎操業の合理化について

2.1 水洗並びに閉回路破碎の実施

(1) 概 説：——串木野上部鉱体部分並びに租鉱区鉱は粘土鉱の混入が多く碎鉱機の閉塞を来して、とかく破碎操業の円滑を欠いたため26年上期より第2期工事(400t/日)と並行して粗碎2系統の内1系統に水洗設備を施した。すなわち一次破碎鉱を遊休チューブミル改造のDrum washer (6'×12')にて水洗、水洗液は樋にて摩

第1図 破碎系統図

550t/日 31-4 現在

第2図

全水洗並びに閉回路
破碎実施による効果

鉱場に流送、分級機にて分級し、サンド及び溢流はそれぞれコンカルミル並びにチューブミルに装入するようにした。(27年2月完成)これにより粘土鉱による障害は著しく減少したがその後粘土鉱の混入割合は漸次増加して来たため残り一系統も水洗の必要に迫られ、あわせて破碎産物のサイズ縮小による破碎一摩鉱の経済的操業を計るためコーンクラッシャー排鉱をジャイレックススクリーン(4'×8')にてフルイ分する閉回路操業設備の増強を実施した。(31年3月完成)

(2) 設備費：—設備は遊休資材を利用のため比較的廉価となった。

第1表

1 系統水洗設備			2 系統水洗設備			閉回路破碎設備		
貯液槽	504,119	水	洗給	ドラム	1,187,838	バ	ケ	ツ
バケツエレベーター	1,187,838	給	ドラム	洗	2,283,060	ケ	ツ	エ
ドラムウォッシャー	1,244,809	排	洗	給	1,244,809	ツ	エ	レ
分級機	491,733	鉱	排	洗	350,424	エ	レ	ベ
コンベヤ	2,141,991	の	バ	ケ	134,956	ベ	ツ	エ
送機	350,424	他	ケ	ツ	468,500	エ	レ	ベ
建工	134,956	事	ツ	エ	620,000	レ	ベ	ツ
電		事	エ	レ	124,000	ベ	ツ	エ
計	8,338,930	計	1,600,000	計	2,500,000	計	2,500,000	

(3) 効果：—第2図のように処理鉱量は約7%の増加となり、ボール並びに摩鉱電力原単位はそれぞれ11%10%の低下を示した。

経費は碎摩鉱合計にて、鉱石t当り17円64銭、すなわち約5%の節減となった。

第2表 摩鉱給鉱サイズの縮小

	+1"	+3/4"	+1/2"	-1/2"	計%
水洗施行前	11.1	37.0	26.2	25.7	100.0
1系統水洗施行	3.5	16.2	37.1	43.2	100.0
全水洗並びに閉回路破碎	—	—	10.5	89.5	100.0

2.2 手選法の採用

原鉱中にはズリとして安山岩の混入が認められ(混入率7~8%)これは肉眼的判定が容易なため従来より手選の採用が考慮されていたが全水洗設備完了を機会としてその実施を計り31年6月設備完成操業を開始した。

第3表 手選成績 31.6~7月実績

原鉱量	廢石量	工数	廢石	廢石品位 g/t
t	t	対原鉱%	t/工	Au Ag
21,152	249.3	1.18	143	1.74 0.5 4.0

操業日浅く従業者の不馴れ、設備の不充分等の原因にて未だ充分の成果は揚らぬが漸次成績は上昇しつつある。

手選の収支採算には種々の複雑な要素があるが6~7月の実績より概算するに毎t35円程度の利益を生み、かつ産出ズリはバラスとして売却し得る見込みにて有利に貢献しつつある。

2.3 消耗資材の節約

産金経営の困難性から消耗資材の節約には極力創意工夫を計りつつある。例えばコーンクラッシャー・ライナの如きも外国実例にヒントを得てその形状を改造する事により寿命の延長を計りマントルライナ30%、コーンケーブライナ45%の経費減を得たるを始めとし、或いは廃品シングル・トグル・クラッシャの歯を中央部より磨断、反転再溶接する事により更正を計る等多額の経費節減中である。

3. 摩鉞操業について

摩鉞は1次、コニカルミル(8'×3') 2台,ドル分級機(8'×20') 2台, 2次, チューブミル(6'×14') 2台, パウル分級機(12'×32'×20'φ) 2台にて -200 mesh 摩鉞を実施しているが原鉞の硬度高きため摩鉞経費は多額を要し, 直接製錬費の約40%を占めている状態である。これが経費の節減のため前述のミル給鉞サイズ縮少の他種々なる対策がとられている。

3.1 ミル補給ボールの配合比変化による ボール消費量の節減

28年10月より一次摩鉞における補給ボールサイズの検討を始めた。従来は4" ボールのみを補給していたのを4", 3" 混合補給を実施せるところ, 3" 混合率を増加するにしたがい漸次ボール消費量は減少して来た。しかるに3" の混合率が60%に達した時, 分級機溢流中の +200 mesh 量が增大せるにより3" 混合率を低め4" 50%, 3" 50%の比率で現在に至っている。

3.2 溝型ライナーの使用

往時当所2次摩鉞に使用したペブル・ミル・ライナーは溝型で取替後数日を経ないのにペブルは溝間に隙間無く充填されるため, 硬度の高いペブル自体がライナーの代りとなり, その寿命は1年~1年半を保持した経験があり, さらに America Iron King Mill においても同様溝型ライナーにより寿命の延長を計っている事を知りこれが実施を試みた。

コニカルミル円筒部ライナーにおいて試験した所良好な成績が得られたので, 全面的に使用するよう逐次平型ライナーと取替中である。

すなわち, 寿命は同一でも1枚の重量が軽いので平型

第4図 溝型ライナー

第4表 溝型ライナー成績表(コニカルミル円筒部)

型 式	寿 命	重量/枚	重量割合	t 当価格	1枚単価	価格割合
平 型	カ月 4.8	kg 100	% 63	円 178,000	円 17,800	% 81
溝 型	4.5~5	157	100	140,000	22,000	100

ライナーに比較して約2割廉価となる。

3.3 低速ミルの研究

低速ミルの効果については種々の報告がなされているが, 当所においてもこれの検討を行つた。

第5表 低速ミル成績表 昭. 27.11~28.3.

摘 要	No. 1	No. 1 (低速)
ミル サ イ ズ	8'×3'	8'×3'
回 転 数 rpm	23.2	18.3
対 臨 界 速 度 %	81.8	64.7
給 鉞 サ イ ズ mm	-25	-25
分 級 機 溢 流 サ イ ズ mesh	-35	-35
処 理 能 力 t/d	222	200
消費電力(チューブを含む) kWh/t	30.02	26.80
ラ イ ナ ー 消 耗 kg/t	0.539	0.376
ボール消耗(チューブを含む) kg/t	3.837	3.828

第5表のようにボール消耗については著しい差が現わ

ボール 配合比変化に依る 消費量の節減

第 3 図

れなかつたが電力並びにライナーの消費はそれぞれ 10 %、30%の減少を見た。しかし処理能力が約10%低下する事により坑内出鉱量を賄い切れず止むなく継続実施を中止したが常に考慮されるべき点である。

4. 銀黒鉱の浮選—青化处理

27年下期頃から Au 5g/t、Ag 600g/t 程度の銀高品位鉱（銀黒鉱）が採掘されると銀溶解率は約 2 %の低下を来した。調査の結果銀黒鉱中の濃紅銀鉱、輝銀鉱等の硫化鉱物が青化に難溶なる事に起因するものと判明した。

この対策として取り敢えず銀黒鉱の出鉱抑制、醋酸鉛の増量等により成績の悪化を防止しつつ、三井金属東京研究所並びに神岡鉱業所の応援を得て処理方法を研究した結果、浮選—青化处理が有利と判断されたので 10t/日 銀黒鉱浮選工場の建設を実施し 29年 6 月完成操業を開始した。銀黒鉱浮選の詳細は昨年 10 月本誌「選鉱選炭特集号」に報告したので重複を避けるが順調な操業を遂行している。

第 6 表 浮選工場成績表 30年4~6月実績

鉱種	鉱量 t	品位 g/t		採収率 %	
		Au	Ag	Au	Ag
原精尾	701 16,899 *684.101	3.7 124.3 0.7	524 20,055 42	81.83	92.21

* 青化操業へ

5. 青化石灰の使用

戦前 2, 3 の金銀青化製錬所においては米国及びカナダ製青化石灰を使用し相当の良績を挙げていたが輸入杜絶し、本邦では青化石灰を製造していなかつた関係で一般的には高価な青化ソーダを専用するのが普通であつた。

戦後本邦においても青化石灰の新製品が試作されるに至つたが、これが溶解金銀を再沈澱する事及び有害ガスを発生し悪臭を放つ事等の理由により青化産金メーカーではその使用を躊躇せる現状である。

当所では昔時 American Cyanamid Co. 製青化石灰を試用期間中 Ag 採収率が約 2 %上昇した経験を有する事及び青化石灰使用による経費節減を計るため、その溶解金銀を再沈澱する原因を解明し実用に供すべく研究を施行した結果次の事が判明した。

第 7 表 青化石灰分析表 %

Ca(CN) ₂	NaCl	CaCN ₂	CaO	C	SiO ₂	FeO ₃ +Al ₂ O ₃	CaC ₂	CaS
40.4	33.4	2.8	12.1	4.91	1.16	1.06	1.75	1.44

(i) 青化石灰が溶解金銀を沈澱させる原因は、その

溶解残渣のためではなく溶解時発生する C₂H₂、H₂S 等の還元性ガスによるものである。

(ii) 青化石灰の溶解に際し 40 分以上空気攪拌を行えばそれ等のガスは放散され無害となる。

(iii) たとえ青化石灰により金銀が再沈澱を起した場合で青化液中でも攪拌を継続すれば 48 時間後には完全に溶解する。

以上の結果従来使用の青化ソーダの代用見通しがついたので 30 年 12 月より徐々に青化石灰の实地混合使用を開始した。現場操業において慎重にその影響を監視しつつ次第に青化石灰の使用量を増加したが何等の障害も認められず、その上滓銀品位も 27 年度以降の最低位となつたので 31 年 7 月全面的に切替現在に至っている。

青化石灰の全面的使用の場合の Ca(CN)₂ 原単位は 1.660kg/t、NaCN 換算 0.722kg/t であつて、単価 NaCN 144円/t Ca(CN)₂ 45円/t であるので、28 %の試薬代節減となりまた銀採収率にも滓銀品位の低下により約 3 %

第 8 表 青化成績表

鉱種	上下/14	下/25	下/26	下/27	下/28	下/29	上/30
原銀 { g/t							
Au	4.1	4.3	4.7	4.7	4.9	5.0	5.3
Ag	38	42	53	68	64	63	51
滓銀 { g/t							
Au	0.3	0.3	0.29	0.29	0.31	0.34	0.3
Ag	5.8	5.8	8.7	10.5	10.4	11.6	7.8
通收計率 { %							
Au%	91.8	89.52	93.84	93.28	93.47	94.29	93.65
Ag	84.6	83.60	83.81	83.88	83.49	83.06	85.25

第 5 図 青化石灰使用による滓銀中の銀品位の低下原因

第 6 図
各種原単位表

第 7 図

る。原単位関係も各種合理化の成果が現れボール、ファイナ、電力等逐次下降し戦前より遙かに減少を示している。薬品類に関しては操業条件の変化等により必ずしも漸減の傾向を示さぬものもあるが、主要薬品たる青化試薬は溶液濃度を下げる事により使用量の節約を計り得た。

なお廃液中に逃損する青化分の回収方法を研究中のところ、成案を得たので近く実施の予定である。これにより青化の消耗はさらに減少する見込である。

製錬直接費においても順調なる推移を示し再開初期に比し約33%の節減となった。

思うに金製錬の進歩発達について考えられる主なる要因として設備の改善、技術の進歩、管理組織の強化等が挙げられるが、上述のように当所再開に際しては施設の発展的充実に多額の資金を投入する事は企業採算の上から望み得ず、止む無く戦時転用せる設備を極力回収使用せるものにして、その後引続く金価格の低廉と当所特有の低品位埋蔵鉱量採掘方策は経営の赴く所原鉱品位の上昇、すなわち採掘の敢行及び埋蔵鉱量の確保の採鉱資金等、いわゆる資金の採鉱部門集中を余儀なくされ、製錬設備は既存施設をもつて最大の能率を発揮する様対処せねばならなかつた。

一方技術方面は世界的に保護政策により育成された金鉱業だけに発展への空白も長く、まして戦後出足の遅い日本産金業の発達には S.Q.C. T.W.I. 等の管理方式と企業の組織の力により加速度的に助成されつつあるも、なお時日を要すべく、戦後10年を経た金鉱業はすべての点において一転換期と称する事が出来よう。

の上昇を与えている。

6. 結 言

25年10月、200t/日 操業度にて再開したが従業員の約半数は未経験者で、これ等の教育と引続き 400t/日 処理操業に移行したのは相当の困難があつたが現場関係者が一丸となつて対処しおよそ順調なる経過を収めた。

400t/日 増産並びに以後の処理鉱量増加に際しては、青化液循環ポンプの自動運転化、各貯液槽の液量指示装置、薬液の添加装置等細部の点にまで工夫を凝し、人員の増加を行わず 500t/日 処理程度にて 11.7t/工 の労働生産性を確保せしめた。

青化操業成績は銀黒鉱の別処理、給鉱サイズ縮小による摩鉱操業の安定化、青化石灰の使用等の結果漸次上昇安定化し、戦前最盛期を一段と上廻る良績を示してい