〔UDC 622. 22〕

Improvement of Mining System in Toyoha Mines Co., Ltd.

by Tetsuichi KAGAWA¹

1. President, Toyoha Mines Co., Ltd., Minami-ku, Sapporo 060

The high appreciation of Japanese Yen since the second half of 1985 has adversely effected the profitability of many metal mines in Japan.

Toyoha mine also has difficulties in returning a profit during the early stage of the highly appreciated Yen period.

To break through this crisis and to give the Toyoha operation a promising future, the following measures were executed.

- (1) Implementation of an effective exploration program following a comprehensive geological study of potential ore bearing formations, and the rapid developments of mining access and associated infrastructure.
- (2) Technical developments for the improvement of mining, milling and flotation operations.
- (3) Rationalization of the administrative and service sections.

Over a five years long period, the following results have been attained, and Toyoha Mines Co., Ltd. has survived.

- (1) An increase in the mineable ore reserve by 5 million tonnes in conjunction with an increase in the grade by a factor of 1.2.
- (2) Total productivity increased by a factor of 1.6. (Underground productivity also increased by a factor of 1.8)
- (3) A 24% decrease in the total operating cost. (including yearly wage increases)
- (4) The ratio of "profit before tax" to "sales" increased to 27.2%.

This paper details both the measures for improving the operating efficiency and the achievements of every section within Toyoha Mines Co., Ltd.

KEY WORDS: Toyoha, Mining Technology of Narrow Veins, Hot Rock Mining Technology, Column Flotation.

1. 緒 言

昭和60年度後半以降の急激な円高のため、豊羽鉱山の収益性は悪化し始めた。この円高傾向はその後継続するものと考え豊羽鉱山の長期安定採掘のための抜本的な対策を実施する必要を感じた。

価格変動に可能な限り柔軟に対応できる鉱山になるため、下記の3課題を主目標にして総合的な体質改善に取り組んだ。

- (1) 新鉱脈発見のための効率的な探鉱および開発
- (2) 採鉱法および選鉱法の改善および高能率化
- (3) 間接部門の効率化

その結果、円高以前の昭和59年度と対比すると平成元年度までに下記の成果を得た。

- (1) 可採鉱量は約500万t増加、またその品位は1.2倍

- (2) 全山生産性は1.6倍(採鉱の生産性は1.8倍)(図1, 2)
- (3) 全山生産原価は24%低下(労務費アップ吸収後)(図3)
- (4) 経常利益率は59年度-6.3%であったが平成元年度は+27.2%と上昇した(価格条件を平成元年度に統一)。以下、その内容について詳述する。

2. 探鉱、開発の効率化

豊羽鉱山では現有の抗内骨格構造からアプローチ可能な地域に対し計画的(北西域から南東域)に探鉱活動を行ってきた。

その結果、その活動範囲がより高温、かつより深部の地域に絞られてきたことにより、その開発方法、期間を考慮すると、今後探鉱活動をより効率的に実施しなければならなくなった。そのため下記の方策を実施した。

(1) 過去のデータおよび経験を集約、解析しその結果を利用して探鉱有望地域を確度高く絞る。

(2) 有望地域の探鉱活動は可能な限り早め着手し、かつ集中的に行う。

(3) 高温岩盤中の坑道掘進方法を改善する(3・4参照)。

上記方策を軸にして精力的に探鉱活動を行った結果、幸いにも

* 平成3年(1991年)3月29日、本会総会にて第65回渡辺賞受賞

1. 正会員 豊羽鉱山(株)社長

キーワード: 豊羽鉱山(株)、細脈採鉱法、高温岩盤採鉱法、コラム浮選

図1 全山生産性の推移

図2 粗鉱生産量の推移

図3 全山生産原価の推移

3年間で信濃鍾、石見鍾および羽前鍾を発見し可採鉱量は約500万t増加した(図4, 5)。

3. 採鉱の改善

豊羽鉱山の特徴として岩盤が高温(60~130℃)であることおよび鉱脈が散在し、その大部分の脈幅は狭い(平均脈幅1.7m)が脈内品位は高いことが挙げられる。加えて脈の傾斜が50~80°、母岩および鉱石のR.Q.D.が大部分は50以上であることから、積込にスラッシャを使用したドローホール方式によるサブレベル採掘法を採用してきた(図6)。しかしこの方法では採掘効率(採掘実収率, 研混入率)および採掘作業の生産性の大幅向上は期待できない。

そのため、採掘法の改善を含め下記方策を実施し、効率化を計った。

3・1 採掘法の改善

上記したとおり採掘法としてサブレベル法(3中段方式-採掘後充填)を採用している。

従来、脈単位に開坑、採掘、運搬作業を行っていたが、採掘の対象となる脈を賦存地域別にグループ化し(図8)、各グループ内の数条の脈を効率よく開坑、採掘、運搬するため、共有のランプ(傾斜8~10°)を導入した。これによりグループ内での採掘作業(開坑、採掘、運搬、付帯)の一連の機械化とその効率化が可能になった。すなわち作業正面およびそこに使用する機械を有効に活用できるようになった。

採掘法では、従来採掘ブロックの鉛直方向の単位を50mとし上部から下部に採掘を進行させていた。これを鉛直方向150m分を下部から50m毎上部に向かって採掘を進行させるように変更した。また起砕鉱石の抜き出し方法をドローホール方式からドローポイント方式に変更、穿孔坑道は3中段方式に拘泥せず脈の形状を考慮して2中段または無中段方式も採用した(図7)。その結果、採掘空洞の充填速度およびその能力が著しく向上するとともに、採掘実収率が向上し、研混入率が低下した。

3・2 機械化の推進とその効率化

脈の形状および脈幅、母岩の強さおよび経済性を考慮すると、作業空間の大きさは当鉱山ではおのずと制限がある。経験的には坑道加背は2.5m×2.3mから3.5m×3.0mの範囲が妥当である。すなわちこのような坑道断面を基準にして下記の効率化を行った。

3・2・1 坑道掘進 穿孔作業はレッグハンマをほぼ全面的に自走式2ブームジャンボに置き換えかつワンマン化した。

積込作業については、タイヤロードをLHD(M6, M7, TORO-300D)に替えた。また高温箇所ではLHDにクーラ付

図4 可採鉱量の推移 (昭和57年を100とした)

図5 可採鉱量の品位の推移 (昭和57年を100とした)

図6 従来のサブレベル採掘法

図7 現在のサブレベル採掘法

キャビンを取り付けた。軌道布設を伴う高温箇所の積込作業では、650# ロードに替えてキャタピラ付シャフロードを使用することによって特にレール布設作業が容易になった。

3・2・2 探掘 探掘作業では、従来使用していた固定式圧
気動長孔さく岩機（M-110）を、所要穿孔長20m以下は自走式長
孔用油圧さく岩機（HMJ）に、20m以上の場合はダウンザホー
ルドリルに置き換え能力向上を計った。

積込作業については、電動スラッシャをLHD（M6，M7，M8）に替え、同時に自走式ブレーカを導入して積込作業を効率的に行うようにした。また高温箇所では運搬距離が短く（150m以内）、それがあがる期間変化しない箇所（採掘跡の充填等）では電動LHDを導入した。

3・3 運搬能力の増強

従来-300 ML 以下の起砕鉱石は、-450 ML に集約しベルトコンベアで-300 ML のスキップ積込設備に運搬していた。

第6立坑の-660MLまでの追加掘削が完了したことから、あ

らたに-635 MLにスキップへの積込設備を作成し、上記のベルトコンベヤによる運搬を廃止した。これにより1万t/月の増産が可能になった。

3・4 高温箇所対策

基本的な高温対策は、必要通気量および冷却水量の確保である。

採掘および開発の中心が南東方向に移動してきたため、通気系統の見直しを行った。南東域の排気系統増強と冷却水送水パイプを3 in管から6 in管に替えることにした。その結果この地域の排気量は $3,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 増加、冷却水量は2倍になった。加えて坑内の通気状況の把握および主要扇風機を効率的に運転するため、地上事務所でリアルタイムにそれらを監視、操作できる通気モニタシステムを開発、設置した。また高温岩盤域で作業を進めるための対策として、まず火薬類の改善を行った。

従来の火薬類は140℃まで使用可能であったが、160℃まで使用可能な火薬類を開発しこれに置き換えた。

高温岩盤域の作業で最も苛酷な作業は積込作業であるが、LH

図8 豊羽鉄山脈分布図

Dにクーラ付キャビンを取り付けることにより解決した。

その他油圧さく岩機2台乗架ジャンボ、電動LHD、シャフロダを採用し可能な限り作業員の負担が軽くなるように努めた。

将来を見通した場合、南東域の超高温部（岩盤温度130～160℃）に独立した通気系統を作成し、そこに約8,000m³/minの通気量を確保することによりこの地域の開発が可能になることが分かった。

現在この工事を鋭意実施中である。

3.5 その他

3.5.1 支保作業の効率化 坑道掘進作業では、無作為に1m間隔で天盤にロックボルトを打設し、落盤、落石の防止およびその後の坑道維持に努めた。これにより坑木および鋼材の使用量は激減するとともに掘進能率の向上および資材搬入の効率化に寄与した。

3.5.2 実労働時間の改善 +40MLに坑道を作成し、第3、第5、第6の各主要立坑を連絡し人員昇降および資材搬入を効率的にした。

また北西域への人車の導入および0MLの火薬取扱所を+40MLに移設したことも実労働時間改善に役立った。これにより実労働時間は330分以上確保できるようになった。

3.5.3 管理、監督の効率化 火薬および部品管理のコンピュータ化を行って、第一線監督者の業務を軽減するとともに、担当範囲の見直しおよびプレーイングマネージャ制度を導入した。この結果、開発工事増にもかかわらず効率的な監督業務が可能になり係員を8名削減することができた。

3.5.4 資材搬入の効率化 上記の連絡坑道作成により、第6立坑を資材搬入専用に変更できるようになったこと、火薬取扱所の+40MLへの移設および軽油のパイプ輸送化により資材搬入は効率化しその要員を5名削減できた。

3.5.5 維持坑道の削減 採掘法の改善により主要坑道を150ML間隔にし、それを鋼材支保等により可能な限り恒久化したことおよび通気斜坑および立坑のモルタル吹付化により、それに必要であった改修要員を大幅に削減（28名）した。

上記改善結果をまとめると表1のようになる。

表1 採鉄成績比較

	昭和59年度	平成元年度	増 減
生産量(千t/月)	39	43	+4
採鉄課人員(人)	332	209	-123
採掘実収率(%)	78	87	+9
研混入率(%)	40.5	31.9	-8.6
総合掘進工程(cm/工)	0.63	0.87	(元年/59年) 1.4倍
総合穿孔工程(t/工)	35	87	2.5倍
総合積込運搬工程(t/工)	92	154	1.7倍
採鉄生産性(粗鉄)(t/人・月)	117	206	1.8倍

表2 掘進用さく岩機的能力比較

	レックハンマ (古河製)	圧気式2ブーム ジャンボ (古河製)	油圧式2ブーム ジャンボ (タムロック製)
さく岩機	322 D	PD-90	HLR 438
ビット径(mmφ)	38	38	38および45
穿孔速度(m/min)	0.3	0.5	1.1
穿孔長(m)	1.2	1.7	2.8
穿孔能力(min/m)	189.1	67.2	39.08

表3 採掘用さく岩機的能力比較

	圧気式架台 (自山製)	油圧式 ジャンボ (古河製)	ダウンザ ホールドリル (インガソ ランド製)
さく岩機	M-110	HD 170	340 A
移動方式	スキッド式	タイヤ式 ディーゼル エンジン 走行	キャタピラ式 電動油圧 走行
ビット径(mm/φ)	50~55	55~75	105~114
穿孔速度(m/min)	0.3	0.7	0.5
穿孔能力			
可能穿孔延長(m)	15	20	100
工 程(t/工)	35	80	120

表4 積込機械的能力比較

	電動ス ラッシャ 55kW (秋木製)	タイヤ ローダ T2H (大空製)	LHD M-6 (川重製)	LHD M-7 (川重製)	LHD 300D (アヲ製)	シャフ ローダ KL-15 (ケムニ製)
バケット 容 量 (m ³)	0.7	0.15	1.5	2.0	3.0	0.18
積 込 能 力 (t/工)	64	42	146	194	291	249

4. 選 鉱 の 改 善

従来当選鉱場の処理能力は6万t/月(25日/月稼働)であったが、近年採掘箇所が南東域に移行するにつれて特にPy-S品位が上昇(設計時の約2倍)し、破碎、摩鉱能力は従来どおりであるが、浮選工程能力が著しく低下し選鉱処理能力は約4万t/月(21日/月稼働)となり、その成績も低下してきた(図9,10)。将来ともこの品位傾向は変わらないと予想されるため、選鉱処理能力増強と成績向上を狙って昭和63年10月に精選系統にコラム浮選機8基を導入、また粗選系統にアジテア48型浮選機46区を増設した。これにより処理能力は5万t/月(23日/月稼働)に、亜鉛精鉱品位は約2%上昇した。また電力費、試薬費の削減が可能になり、トータルとして年間124百万円の改善を行った。また昭和61年以降、効率化および原価低減を目的に下記の改善を行った。

4・1 破碎、摩鉱の省力化

破碎、摩鉱工程を自動化、遠隔化し、これを中央管理室で監視するようになったことにより、1方1名の配置ですむようになり2名削減することができた。

4・2 ろ過、流送の省力化

精鉱脱水および廃滓、坑水処理工程で、フィルタ運休転の自動化、流送ポンプの遠隔監視システムの導入により中央管理室を含めて従来7名/日体制であったものを4名/日体制とした。

4・3 堆積場廃水処理の省力化

廃水処理工程の管理業務のうち、pH、濁度および流量の監視を自動化、遠方監視にし、中央管理室で監視することにより従来1方2名の体制を1方1名体制にした。

4・4 浮選系統の自動化

X線自動分析器およびプロセスコントローラを設置し、浮選系統の自動化を行い、成績の安定とその向上を計った。X線自動分析器は、浮選工程内9カ所に設置し、主としてPb、Zn品位を5分間隔で分析している。

図9 選鉱原鉱品位の推移

図10 選鉱処理量の推移

表5 選 鉱 成 績 比 較

	昭和 59年度	62年度	平成 元年度	(元年度- 59年度)
選 鉱 処理能力(千t/月) (21日稼働/月)	48	42	46 (最大能力 50)	- 2
選 鉱 人 員 (人)	66	51	38	- 28
亜鉛採取率 (%)	95.3	96.1	95.6	+ 0.3
精 鉱 品 位 (%)	56.5	54.9	56.9	+ 0.4
(粗鉱S品位)(%)	(13.8)	(21.3)	(21.7)	
(Py-S品位)(%)	(9.9)	(16.8)	(17.3)	

またプロセスコントローラを用いて、①操業データおよび通信データ(品位分析値)の遠隔指示、②精鉱系コラム浮選機のファジ制御、③粗鉱系試薬添加量の自動調整、④警報の外部出力等を行っている。浮選系統自動化により操業の安定化が進み、亜鉛精鉱品位が0.6%上昇し(平成2年上期実績)、一方浮選剤使用量は8%減少した。コラム浮選機の導入とその他の改善により(表5)のような結果を得た。

5. 間接部門の効率化と改善

5・1 総務関係

経理および購買業務の事務業務を可能な限りコンピュータ化するとともに寮および社宅の統合、病院の廃止、幼稚園の一時休止を行い、管理体制を簡素化した。これにより11名減の15名体制を確立した。

5・2 施設関係

排水系統および冷却水送水系統を地上事務所管理、操作でき

るようにするとともに使用電力量の50%以上をまかなう出力5,000 kWのC重油による自家発電機を設置した。またこの自家発電機の廃熱を利用して冬季は選鉱用水および地上各施設の暖房に、夏季は吸収冷凍機(300冷凍t)との組合せにより冷却水の作成に利用している。自家発電機設置による効果は月額約20百万円になっている。

5・3 探査関係

光波測距器および光波による空洞測量器の導入とこれによる測量データのコンピュータ処理、およびボーラーとダイヤモンドの活用によるショートボーリングの効率化により26名体制を22名体制にした。

6. 結 言

採鉱および選鉱の改善、間接部門の効率化により高温、細脈にもかかわらず、5年間で166名の削減と粗鉱生産量4千t/月の増産を達成し、全山生産性は1.6倍になった。また粗鉱生産量5万t/月の体制もできあがった。同時に脈幅採掘の技術が著しく向上し、従来不採算鉱脈と考えていた鉱脈が採掘可能になるようになった。また円高不況にもかかわらず、精力的に探鉱活動を継続した結果優勢な高品位鉱脈を発見することができた。

現在、より一層効率的な鉱山になることを目指して、信濃鍾の開発、超高温岩盤地域の通気系統作成工事および新しい探鉱地域である南西域の探鉱を精力的に行っている。

謝辞 昭和60年度後半から実施した総合効率化施策を現在まで大過なく遂行できたのは、関係各位の暖かいご協力と各部門の責任者をはじめ全社員の熱意によるものとここに深く感謝の意を表する次第である。

図11 経常利益率の推移

引 用 文 献

- 1) 玉井英晴他：日本鉱業会誌，103〔1190〕，232～234，(1987)
- 2) 玉井英晴他：日本鉱業会誌，104〔1202〕，209～212，(1988)
- 3) 神原 洋他：鉱山地質，39(2)，107～122，(1989)
- 4) 竹村 進他：資源・素材学会誌，105，354～357，(1989)
- 5) 今井哲男他：資源・素材学会誌，105，359～363，(1989)
- 6) 西岡鉱一他：資源・素材学会誌，106，241～246，(1990)