紀州鉱山の採鉱法

正 会 員 篠 木 八 郎*

Mining as Practiced at the Kishu Mine

Hachiro SHINOKI

The Kishu Mine in the district of Kishu (Wakayama Pref.) was established by the amalgamation of a number of mines located in the near vicinity.

The deposits comprise of fissure-filling veins in the Tertiary sedimentary rocks. The width of the veins varies from 10cm to 4meters, with an average width of approximately 40cm. The dip is 70° to 80°. The country rock consists of comparatively hard sandstone sandy shale, shale and their alternation and, consequently, the walls hold up satisfactory. The principal vein runs about 1,500meters.

Since Shrinkage Stopping Method is suitable for working on such vein structures, this method has been adopted from the beginning. Up to now quite a number of improvements in drilling, blasting, underground transportation, rock drills, bits and so on have been made with the results that today the crude ore mined per month has been doubled and the production efficiency per miner per day about 1.5 times more than that of 1947.

We are presently trying to solve the problems of handling and treating broken ores which tend to harden to a mass.

1. 緒 言

当鉱山は約350年前相当の金を含有する良質の銅山として稼行せられ今日に至っているが、それ以前の歴史は詳かでない。当地区の鉱体は細脈が広範な地区に分布しているので、大規模な鉱山経営は困難とされていたが、細脈群を貫く南北約6kmの隧道及びこれに平行する約3.5kmの隧道が運搬の骨幹となり、現在月間2万tの出鉱を行つている。

当山の母岩は上下盤共に一般に堅硬で鉱脈の走向延長は比較的長く主要脈は2kmに及ぶものもあり、傾斜は70°~80°、脈幅は平均40cm内外で、シュリンケージ採鉱法に適しているので、従来この方法を中心として、種々の採鉱法を行つて来た。現在引續いてこの方法の改善を計り、2,3の操業試験を行つている。

2. 地質鉱床

地質は第三紀層中新世に属する浅海性堆積岩層と、これを貫いて噴出或いは貫入した石英粗面岩類とから成っている。第三紀層は砂岩、頁岩、砂質頁岩及びこれらの互層から成り、走向はN6°E、傾斜は10°SEを示している。石英粗面岩体は幅20km、延長60kmに及び熊野酸性岩の一部で鉱床の生成に関係があると思われる。鉱床は断層裂口充填脈でEW系と、NS系に分けられ

る。EW系は黄銅鉱、黄鉄鉱を主としNS系は黄鉄鉱を主とする含金、銀、石英である。

現在採鉱されているものはほとんどEW系で脈石として石英、方解石が多く、傾斜は70°~80°、走向延長300m~3,000m、傾斜延長は200m程度である。

稼働中の鉱脈は、神光脈・大光脈・木ヤ谷脈・上川脈を主とし20数条に及んでいる。

3. 生産量

生産量は第1表に示す通り、従来月間粗鉱量15,000t、銅品位は1.25%であつたが、昭和31年4月に至り鉱床の特性及び将来の鉱量確保の見地から、従来は採掘対象としなかつた低品位鉱を生かして、いわゆるマズプロ生産

第1表-1 年間生産量表

昭和	粗 鉱 量	Cu 品位	S 品位	平均月当り粗 鉱 量
27年	172,677 t	1.3 %	8.9 %	14,390 t
28	188,878	1.27	7.9	15,740
29	193,794	1.23	7.6	16,149
30	198,376	1.29	7.6	16,531
31	223,950	1.14	7.69	18,662
32年4月~6月	62,919	1.13	8.02	20,973

第1表-2 年間探開出鉱量

昭和	探 開 量	Cu 品位	S 品位
27年	51,001 t	0.89%	6.66%
28	55,620	0.73	6.88
29	40,704	0.66	6.26
30	39,610	0.73	5.81
31	41,604	0.74	5.19

* 石原産業株式会社紀州鉱業所採鉱課長

(生産量=採掘量+探開量)

第1表-3 1人当月間生産量 (S. 32年4月～6月)

	坑内員1人当	全山1人当
月間生産量	40.35t	15.34t

に切替え、月産20,000tとし1工当り作業量を増加して、原単位を引下げる事に成功した。

4. 運搬系統及び設備機械

東西約3km, 南北6kmに亘る坑内操業地域を4採鉱区に区分し、各区はそれぞれ立坑によつて大坑坑(疎水坑道)に連絡し、大部分の操業は大坑坑準以下で行っている。運搬は東西にはほぼ平行に配列する鉱脈群を貫通する隧道が骨幹である。

4.1 切羽運搬

切羽漏斗より2t蓄電車終点まで人力運搬を行い、ズリは一部を採掘跡に充填する。使用鉱車は0.72m³鉄製鉱車、0.64m³鉄製ダンプカーと0.66m³及び0.5m³木製ダンプカーである。

4.2 坑道運搬

蓄電車終点まで集結した鉱車は2t蓄電車によつて各立坑まで運搬する。スキップ立坑においては立坑漏斗までの運搬を行う。

4.3 立坑運搬

スキップ巻上またはケージによつて大坑レベルへ巻上げる。八光立坑ではケージ巻上により上レレベルで自動

転車装置にてオービンに転車する。

4.4 隧道運搬

大坑坑準に巻上げた鉱石またはスキップ漏斗の鉱石を6t電車にて岡本谷(選鉱受入鉱舎)チップラーまで運搬する。八光、上川両区は立坑漏斗を設備しているの、立坑漏斗、チップラー間のダイヤ運転を実施している。両区のズリはダンプカーにてズリ捨場に運搬する。

第2表 立坑巻上設備

	八光立坑	大山谷立坑	湯ノ口立坑	上川立坑	木矢谷立坑
立坑深度(m)	150	100	50	192	60
巻上機(kW)	165	150	190	110	60
巻上型式	ケージ	ケージ	ケージ	スキップ	スキップ
巻上速度 m/min	180	180	180	240	114
最大積載量 t	4	2	4	2	2
月間巻上量 t/月	7,400	4,200	9,135	6,000	3,500

第3表 使用機関車台数

種 類	台 数	備 考
2t蓄電池機関車	8台	坑道運搬用
4t蓄電池機関車	10台	トロリーの補助
6tトロリー機関車	10台	隧道運搬用

5. 採 鉱 法

5.1 鉱脈及び母岩の性質

(1) 脈幅は最少5～10cmより最大400cmに及ぶが平均40cm程度で比較的細脈である。

(2) 傾斜は部分的に50°～60°の緩傾斜もあるが、一般に70°～80°である。

(3) 走向延長は主要脈では2,000mに及び、一般に富鉱部の走向延長は長い。

(4) 脈は網状構造で、上下盤に支脈が発達しているものと、10cm～20cmの高品位細脈で、比較的脈幅のまとまったタイプとに大別される。前者は掘幅1m～1.5mのシュリンケージ法、後者は細脈採鉱(掘幅60cm～80cm)の対象である。

(5) 鉱石は一般に破碎され易く、特に高品位部は粉鉱になり易く、湿式さく岩では切羽内の破碎鉱石が固化する傾向が強く、長期間貯鉱すれば表面が酸化し、選鉱実収率に影響を来す。

(6) 母岩は比較的堅硬な砂岩、砂質頁岩、頁岩等であり、鉱脈付近は一般に珪化作用を受けており、上下盤の保持は概して容易である。

5.2 従来の採鉱法

(1) 小型機使用による細脈掘：細脈(5cm～10cm)、高品位(Cu 10%～20%)の鉱脈を対象として、掘幅縮少の目的で昭和24年より同25年まで実施した。

CC-11、ストーパーの代りに小型さく岩機 ASD-18エアレッジ付きを用いて、シュリンケージ採鉱法を用いた。結果を要約すると、

a. 採掘幅 CC-11 で100cmが60cm迄縮小出来た。

第1図 紀州鉱業所運搬系統図

b. しかし、1工当り起砕量は従来の65%（実績3.5 m/工）に低下した。

c. 破碎鉾石の切羽内で固化の傾向が強く、シュリンケージ法では抜鉾が困難である。等の結果により、特別の場合を除いて中止するに至った。

(2) ラジアルストーピング法

a. 採鉾切羽の集約

b. 穿孔様式の規格化により、未熟練さく岩員も能率を上げ得る。

c. 1人当穿孔本数を増して、採掘ブロックの早期完成を計り、居付を減少する。

d. シュリンケージ切羽に常に一定のさく岩員を稼働させて、切羽面を一様に進行させる。

上記目的で昭和28年に操業試験を実施した。

第2図のように30mブロックにおいて、1人の受持距離を8mとし1切羽に同時に4名のさく岩員が稼働する。さく岩機はTY-40 スーパーを使用し、テイルピースは動かさず、穿孔図のようにジグを使用して穿孔し、全員穿孔終了後電気発破するものである。昭和28年6月～8月迄同一切羽で試験操業の結果の比較をする

点線は発破後 (M. S. B.) の堆積面を示す

第2図 ラジアルストーピング規格図

平面図

側面図

第3図

第4表 ラジアルストーピングと普通穿孔法の操業成績における比較

種別	ラジアルストーピング	普通穿孔法
工本	123.6	112.8
起破	3,534	3,481
本破	3,556	3,521
本破	433	535
本破	1,314,124	1,239,412
本破	20	10
起破	3.52	4.74
本破	29	30
本破	8.17	6.52
本破	8.25	6.69
本破	3.00	2.29

と、第4表のように、1工当りの起砕量の減少と、完全起砕の困難、凹凸面の発生等技術上も種々の難点があるので、この方法は操業には至らなかった。

(3) 無充填採鉾法（細脈採鉾法）：さきに小型さく岩機 ASD-18 による細幅シュリンケージ法は鉾石の固化及び起砕量の低下の点で中止したが、昭和29年掘幅0.6m～0.8m を目標とし、鉾石固化を来さない採鉾法の操業試験を実施した。第4,5図のように打込み（1m 間隙）上に矢木をならべて足場を作り、足場6m ごとに0.5mの間隙を作る。この足場の上で穿孔、発破を行い、破碎鉾石は足場の間隙から落して切羽面と鉾石の距離を2m に保つ。この順序で一足場で3段階の採鉾を行った後、新しい足場を入れてから鉾石を下しつつ、下方の矢木を上足場に置換えて行く。一般シュリンケージ法との比較は第5表のような結果を得た。

第5表-1 普通シュリンケージと無充填採掘の操業成績の比較

	普通シュリンケージ	無充填採掘
掘幅	1.21	0.78
m ³ /工	5.30	5.35
m ³ /工	6.40	4.17
t/工	19.3	13.39

第5表-2 シュリンケージ法と無充填採掘法における比較（t 当）

	シュリンケージ法	無充填採掘法
爆雷	0.798	0.864
素管	1.89	2.097
原矢	0.015	0.029
板	0.021	0.01
洋釘	0.012	0.003
	0.015	0.003

物品費の内の坑木原単位が約2倍になっているが、これはシュリンケージでは採掘完了後、盤留をしながら出鉾しなければならない点を比較すると、大差はないと思われる。当山の細脈掘にはもつとも採用価値の大きい採鉾法である。

5.3 現在の採鉾法

図示の様なシュリンケージ法を採用している。1プロ

第4図 無充填採鉱法規格図

第5図

第6図

第7図 箱漏斗面

ックを30m(高さ)×30m(長さ)を標準区画とする。漏斗は一般に平漏斗であるが、場合により箱漏斗とすることもある。漏斗間隔は4mにする。

採掘は次の順序で行う。

(1) 採鉱準備：ブロック予定区画の坑道天盤を上向きに3階段の発破(高さ2.7m~3m)をした後、鉱石を手積またはローダー積込により搬出する。引続き漏斗付け作業を実施する。

箱漏斗の場合は、第7図に示すように袋打と称して、下盤を、2m³内外盤返してから支柱作業を行う。また平漏斗の場合は第8図に示すような構造で支柱作業を行う。

(2) 穿孔作業：一般に1ブロックに2名のさく岩員を同時に作業させ、始めの一階段は抜鉱を容易にするため、漏斗口の当り取を兼ね、打込や漏斗の破損を防止する等の目的で小発破を行う。その後は第9図に示す様な穿孔配置で1人30孔内外の穿孔を行う。発破後支柱員により人道場をなし、運搬員により一部の抜鉱と足場掘きを行う。さく岩機は主としてTY-40を使用し、とくに天盤の低い場合はOSH-125、ブロック内での盤返しにはレッグ付きTY-14を使用する事もある。タガネは22mm6角中空鋼(スウェーデン製アッサブ鋼)にタングステンカーバイトチップをインサートしたものを使用する。ロッドの長さは70cm, 105cm, 140cmの3番替とし、チップゲージは28mm~38mmの範囲のものを使用する。将来テーパードタッチャブルビットを用いるべく検討中である。使用爆薬は径25mm, 重量100gの竹、藤ダイナマイト及びカーリットを併用し、1孔当り4本を限度として装薬している。

(3) 発破：現在ブロックでは生産及び保安を考慮し、全面的に電気発破を実施している。電気雷管はMSD 10段(0~200m. sec), DSD 14段(0.5~9.5sec)の組合せで24段までの段発が可能であり、不発もほとんど見られない。発破器は50発掛, 200発掛の2種を使用し、50発以上の場合は直並列結線とし、一般に150発内外の同時発破を行っている。第10図は直並列結線の場合である。

(4) 抜鉱：1区画の採掘完了後、支柱員1名、運搬員1名で順次破砕鉱石を抜鉱する。この場合ブロック内で相当量の鉱石を掻き落さねばならないので、保安上ブ

第8図 標準平漏斗

第9図
採鉾穿孔
配置図

第10図
多数発破法

ロック内の盤止を必要とし、支柱員の作業工数及び坑木材の消費量の増大を来している。

(5) 第6表-1,2 は採掘原単位及び爆薬類原単位について表示したものである。

第6表-1 採掘原単位表 (採掘 t 当り)

年 別	火 薬	雷 管	索 材	製 材 品	タガネ材
	kg	個	石	石	kg
S. 28 年	0.7	1.91	0.037	0.010	0.052
S. 31 年	0.64	1.68	0.02	0.006	0.033

第6表-2 爆薬類原単位表 (S. 32.4~S. 32.6)

火 薬	MSD	DSD	6号雷管	導 火 線	STC
kg	個	個	個	m	m
0.619	0.61	0.72	0.29	0.39	0.08

6. 通気・照明

ほとんど自然通気であるが、深部でメタンガス湧出のある八光区では大坑より坑外に通気切上を抜き、坑口に6.5HP×3台の扇風機を設置し、下部下三番坑に6.5HP×2台の局部扇風機を設置して、通気改善を計った。この結果メタンガス、発破後ガスの排除にかなり好結果を見ている。照明具はメタンガスを考慮し、上川区以外は全部アルカリ蓄電池式キャップランプ GSHN 型を使用している。

7. 保 安

採鉾切羽で作業中に落石による手、足等の災害が比較的多いので、盤の軟弱な切羽では落石防止網またはルーフボルトを使用している。

7.1 落石防止網

第11図 落石防止網

落石防止網は蛇籠 (0.13m×0.80m×6.00m:12番線) を2分して1.10m×6.00mとして、これを天盤に密着するように打込みを入れて保持する。採掘切羽で使用するときは、2枚の分割した金網 A, B を張り第7表の工程によって行う、その他、落石防止網は坑内ボーリング座等の凹凸の激しい軟弱天盤の支保に良好であつた。落石防止網は1枚 @1,350円であり、屈曲の多い所では15回位で使用不能となるが、屈曲の少ないときは長期使用が可能である。

第7表 落石防止網作業工程

職 名	第 1 回 目	第 2 回 目	第 3 回 目
サ ク 岩 員	A くりおき	B くりおき	C くりおき
支 柱 員	A を C に移動	A 発 破 B を D に移動	B 発 破 C を E に移動

7.2 ルーフボルト

坑木による保坑困難な厚い上盤亀裂については第12図に示す。ルーフボルトをもつて支保する。この結果採掘作業は容易となりその上、保安上有効な結果を得る事が出来た。第12図に示すように楔部とロッド部は熔接をもつて結合している。操業試験の結果は下記のようなる。

- (1) ボルトが上盤に到達していないものもあつた。
- (2) 剪断応力に対しては熔接部が弱い。

番号	名 称	材 質	数 量	備 考
1	ボルト	SS00-B	A=350m B=250m	
2	楔	SS00-P	600	
3	座金	SS00-P	600	
4	軌金条	SL (15)	600	切断及び穿孔

第12図 30-6型ルーフボルト

(3) 剝離状態の側壁は捻れが加わるので1つの浮石に少くとも、2点以上支持する必要がある。

(4) 板状に発達した広い浮石には十分な効果であげる事が出来た。

8. 将来の改善計画

現行のシュリンケージ採鉱法では「破碎鉱石が固化する種々の問題」、「漏斗の宙吊」、「破碎鉱石一定期間の貯鉱」、「採鉱完了後抜鉱に当ってブロック内作業の危険性」、「盤止め坑木の消費」等種々の問題点があるが、特に当山では固化の問題を解決する事に目標を置いて、次の試験を行っている。

8・1 シュリンケージ採鉱法においてスクレーパーを利用する方法

(1) 目的：a. 採鉱準備のスピード化（ブロック漏斗を2個に節減した）

b. 宙吊りの防止、足場揺の廃止（スクレーパーを使用する事により宙吊りはなくなり、足場揺は不要となる）

c. 坑木類の節約（準備用材の減少、採掘完了後抜鉱に当って作業員をブロック内に入れないので盤止用材は不要となる）

d. 抜鉱の急速化（スクレーパーにより急速出鉱可能）

(2) 適応切羽：掘幅 1.5m 以上、鉱脈走向直線に近い切羽

1. ブロックの中心よりスナッチブロック側を揺く場合はスクレーパーを振替える。
2. エヤーホイスト、スナッチブロックは入道が上るごとに上げて行く。

第13図 シュリンケージ採鉱法におけるスクレーパーの使用

第14図 シュリンケージ採鉱法においてブロック下部を全面に亘って抜鉱する方法

(3) 試験中の成果：ブロック長さ 20m の切羽で実施し、操業に成功したので引続き 30m~60m ブロックで行う予定である。

(4) 試験切羽の概要は第13図のようである。

8・2 シュリンケージ採鉱法においてブロック下部を全面に亘って抜鉱する方法

(1) 目的：a. 従来のブロックは 4m 間隔で漏斗を造つたが、宙吊する漏斗が数々生じた。これが対策として全面抜鉱方式を考えた。

b. 採鉱完了後抜鉱に当って、ブロック内作業及び盤止の廃止による坑木材の節減。

c. 起砕中足場揺作業の軽減。

(2) 適応切羽：8・1 の方法が適用出来ないブロック切羽。

(3) ブロック漏斗、第14図のようである。

上記 8・1, 8・2 の方法を切羽条件に応じて採用出来れば生産及び保安面で相当の効果が期待出来る。