柵原鉱山における下部鉱体の急速開発および

それにとまなう合理化*

(昭和35年度 渡辺賞牌受賞)

正 会 員 西 田 堯**

Rapid Development and Rationalization of the deeper Ore Deposit at the Yanahara Mine

Takashi NISHIDA

At the Yanahara Mine, systematic prospecting for the deeper district was started in 1951. In 1954 huge ore deposit was discovered. Its ore reserve is as much as seventeen million tons at present.

Those days, other ore bodies were of ten suffered from spontaneous combustion and rock falls etc., and the mining condition was growing worse gradually. Under such a situation rapid development of the new ore body came to be the only way to prevent the decrease of production and rise of mining cost.

The developing construction contains many works such as Kabu-shaft sinking, Kabu-skip-shaft sinking, Central shaft sinking, application of new mining method, establishment of new ventilation system, reinforcement of drainage, modification of transportation system for filling materials, reinforcement of man and material shaft etc. They were divided into two periods as follows, that were performed steadily and positively.

1. Prospecting and developing period
2. Mining preparation and the construction to isolate the new deposit from others.

Among them, sinking of Central shaft was started on 29th April 1959, and was accomplished on 3rd March next year. During this period, 483m of sinking and 147m of level-driving were performed, and so 63m of average driving speed per month was obtained as the result. and that, no accident happened through all the time.

As regards mining method, combination of overhand stoping and sub-level stoping was arranged into new type in order to obtain perfect safety, high mechanization, and intensive mining.

As the collective effect, the attitude of monthly production of 40,000 tons from new ore body was established within three years after the discovery. Further more, in 1960 monthly production of 100,000 tons came to be possible from whole mine.

During those days, production from new deposit increased ten times as much, and at the same time whole mine production and its mining cost could be maintained in normal situation.

At present, considerable amount of production-increase is possible, and we have further got the clear indication of the newer ore deposit by dint of those successful constructions.

1. 柵原鉱山の概要

柵原鉱山は岡山県東部を流れる吉井川の中流、山陽本線と気駅北方25kmに位置し、鉱床は発見の順序により、第1鉱体、第2鉱体、第3鉱体とあり、戦前は30~50万tを出鉱していた。昭和20年には現在の同和鉱業株式会社として発足、25年に久木鉱体、26年に下柵原鉱体の発見と続き活発に採掘が続けられてきたが、29年には第3鉱体の南方に鉱量1,700万t、平均品位50% (S)という優秀な大鉱体をあらたに確認するにいたり、これが開発に力を入れ始められ、昭和32年度には粗鉱70万tを生産

している。

付近一帯の地質は変石英閃緑岩の基盤が北から南へゆるやかな傾斜をもつて存在、この上に存在する粘板岩との間に安山岩、流紋岩、輝緑岩、およびこれらの複合帯が存在し、上記の鉱床はこの複合帯の間に胚胎される。鉱床と母岩の境界は比較的明瞭で、境界付近のごく一部に磁硫鉄鉱、磁鉄鉱をとまなう高品位の硫化鉄鉱塊状鉱床があり、中山はほとんどみられない鉱床である。

2. 下部鉱体早期開発の必要性

昭和28年当時はあらたに発見開発された下谷鉱体、下柵原鉱体をくわえて増産の一途をたどっていたが、これ

* 昭和36年4月22日受理

** 同和鉱業株式会社柵原鉱業所副所長

一方これに前後して昭和31年12月第3 鉱体は大崩落をおこし急速な空洞充填を必要とすることになり、昭和32年10月第2 鉱体は大崩落後坑内火災に見舞われ、発生ガスのほか鉱体への影響大きく、ついに密閉するのやむなきにいたり、出鉱は完全に断たれた。ついで昭和33年8月第1 鉱体下部にも坑内火災が発生、それまでのカップ採掘準備は水泡に帰し、出鉱規模が極度に減少しただけでなく、採掘原価も極端に上昇した。昭和33年12月にいたり、第3 鉱体はそれまで出鉱規模を小さくして空洞充

第1図 新旧鉋床關係

填を鋭意実施していたにもかかわらず、ふたたび沈下をおこし、その亀裂頂部は吉井川河底にまで接近するにいたつた。ここで第3 鈹体の出鈹規模は極度に減少し、あらゆる空洞をなくすためスライム充填を主力とする各種の充填作業がしいられた。

第2圖 下部鉤床開兌經過表

以上のように悪条件の連続が柵原全体に与える影響は極めて大きくこのままに推移すれば減産、能率低下、コスト上昇の結果が容易に予想される情勢であつた。この危機を脱する唯一の方法は下部鉱床の急速開発であり、ここに下部急速開発は極めて重要な問題となつた。すなわち上記の不足鉱量を補いながらすみやかに探鉱開発を実施、しかもコスト安の鉱石を生産して全山平均単価を引き下げ、さらに膨大な鉱体の将来をも考慮して安全かつ合理的な開発が必須となつた。

鉱床発見と本鉱体の災害および工事工程の関係を第2図の下部開発経過表に示す。

3. 下部鉱体の探鉱および急速開発工事

3.1 下部立坑の建設

第3鉱体の東南部の深部探査のためのL10、33条探鉱坑道は昭和26年1月に着鉱、続いてL11にも同年11月に着鉱し、さらに下方への発展が期待された。そこでL10～L15間の坑道探鉱と、L15以下のボーリング探鉱の目的を達成するため27年4月より深度90m、断面5.4m×2.4m、3区画の探鉱立坑を掘下り方式で開始、同年12月には立坑完成後わずか3カ月でL15の坑道が着鉱、さらにL15以下の鉱床をもボーリングにて確認しえた。

したがってつぎの昭和29年4月には、L15～L21間の坑道探鉱およびL21以下の探鉱基地設定を目的として同立坑の延長工事が開始された。この工事はL15以上の開発を遅滞させないよう、巻上運転中の立坑作業を中断することなくL15以下の掘下りを実施した(第3図参照)。立坑仕様、掘進成績は第1～2表のようである。

第3表に示すように30年上期には完成前の約3倍に出鉱量は伸び、さらに30年下期には5倍の6,000t/月と増産でき、また探開坑道についても30年上期までは量的変化はないが、完成前の浅部探鉱に対して完成後は深部に

第1表 立坑仕様(下部立坑)

掘進長	掘さく面積	区 画	巻 上 機			巻 上 方 式 (掘 進 中)
			IP	巻 速	索径	
m 185	m 5.4×2.4	m 1,200×1,500 (3区画)	50	m/min 85	mm 18	片巻スキップ方式 (0.46m³)

第2表 掘下り実績表(下部立坑)

掘進速度	所要工数	所要経費	穿孔方式	爆薬量	ズリ取方式	ズリ取率
m/日 1.05	工/m 32.66	円/m 59,400	S-55×2	kg/m³ 1.22	手積 スキップ巻	m³/工 2.09

第3表 下部鉱体における作業実績

	29/下	29/上	29/下	30/上	30/下
探鉱開さく坑道掘進量	100m/月	100	123	113	218
出 鉱 量	300t/月	500	1,223	3,282	6,375
出 籍 人 員	30人/月	50	90	120	185

(注) 29/下 下部立坑完成

第3図

下部立坑開
さく説明図

移行しえたため、下部鉱体の早期開発の役目を充分果たした。そのほか人員、材料輸送の円滑化を計ることができさらに、L21における着鉱および鉱体のスケール確認、L21以下の探鉱基地設定をうるとともに、後になって通気、排水、ズリ処理系統をも担当するなど、多岐にわたり利用され、下部大鉱体開発のいしずえとなつた工事である。

3.2 下部スキップ立坑の建設

1) 下部スキップ立坑; 坑内における坑道探鉱と、地表からの試錐の結果は大鉱床を確認し、もはや探鉱の継続だけによる開発では問題とならず、本腰を入れるべき段階となり、ここに下部開発立坑である同立坑が企画され、29年8月準備工事に着工された。その後地表からの試錐のあいづつ着鉱と、反面31年12月に発生した第3鉱体の崩落などの背景のもとに31年8月に開始された掘下りは突貫工事に移つた。

立坑はL10以上44m、L10以下327m、合計371mの盲立坑で掘さく断面積は4.4m×3.8m、岩盤は石英斑岩、輝緑岩であり築壁をほどこさず、付梓材(注入松材)を吊下方式で延長しながら掘下り開さくした立坑である。

巻上機は350HP複胴巻上機で、掘さくときにもこれを使用、完成後には3.5t積のオーバートーン式スキップの上にケージを取付け、鉱石だけでなく人員、材料の輸送にも使える立坑である。

掘さく方式は1日を4方操業とし、1方を穿孔発破、1方を梓組、残る2方をズリ取作業に分け、1日1ラウンド1.7m掘進を目標とした。穿孔作業は自重約5t、内部に穿孔機器具を収容可能なスカフォード下面を天井代りとし、坑底にニューマテックコラムを立て、ドリフター ASD 31 (オートフィード付) 4台同時稼動し、ケ

ーシングパイプ使用により下向穿孔の能率を高めた。ズリ取作業は主として人力積込によつたが、ごく短期間ではあるが後記中央立坑にて使用予定のシャフトマッカーによる試験的積込みを実施した。巻上は0.8m³のキブル2個を使用して2キブル片巻方式を採用、能率の向上につとめた。

第4表 掘下り実績表（下部スキップ立坑）

a. 掘進成績

	稼働日数	掘進長	1日掘進長	1日掘進率	使用爆薬
掘下り	262日	290.3m	1.11m	1.67m	1.63kg/m ³

b. 所要工数表

職種 単位	さく岩	支柱	盛込	信号員	掘雑	巻運	その他	合計
工/m ³	0.381	0.630	0.640	0.301	0.129	0.380	0.03	6.96
工/m	6.37	10.54	10.70	5.03	2.16	6.35	0.50	41.65

2) 下部スキップ立坑起業効果

a. 出鉱能力の増加

第5表 下部鉱体における作業実績（下部スキップ立坑完成前後）

	31/下	32/上	32/下	33/上	33/下
探鉱開さく坑道掘進量	351.3m/月	326.0	486.0	441.0	568.0
出鉱量	10,701t/月	13,279	22,258	24,406	34,370
在籍人員	235人	259	324	309	374

下部スキップ立坑巻上開始

b. 採掘コストの低減

第6表 下部鉱体採掘費および運搬費推移表（34/下を100とする）

	31/下	32/上	32/下	33/上	33/下
採掘費指数	193	192	114	87	91.8
採鉱能率t/工	2.2	2.5	3.8	4.9	5.1
運搬費指数	145	148	135	110	103
運搬能率t/工	16.6	18.9	17.3	19.4	21.9

c. 人、材輸送の円滑化

d. 通気抵抗の減少による通気条件の上昇

e. L30よりの探開可能

3.3 L21～L30斜坑の建設

下部スキップ立坑建設計画の確立後、この完成までにL21以下L30までのある程度の探鉱、開さくを実施して完成後ただちに活発な開発態勢を樹立する目的をもつて、鉱体の傾斜方向に、しかも鉱体の下盤ぎわから約30mはなれた位置に掘下り斜坑を建設した。

掘さくは1日3方操業とし1方を穿孔発破、残る2方をズリ取作業に配置し、ズリ取は0.46m³容量のボトムダンプスキップによる人力積込とし、1日1ラウンドで2.0m/日の実績をえた。

当斜坑は鉱床傾斜とほとんど同じ傾斜（30°）を持つため、L24、L27の途中のどのレベルにおいても等距離で着鉱し、下盤の安全圏にあるため将来とも人道、通気、排水、ズリ運搬の系路として永久的に大きな役割を果たす

とともに、完成直後も下部スキップと有機的に働いて原価切下、生産増強の効果をあげた。

3.4 そのほかの工事

1) 鉱石運搬方法の合理化：従来主要運搬坑道であるL10では1t鉱車（容量0.39m³）による電車運搬がなされていたが、下部鉱体よりの出鉱増加にともない32年9月グランピーカー（0.95m³）への切替を実施した。

この結果1編成20t牽引から30t牽引に増大し、操作場を変更することなく運搬能力を増大し、またL6における中間運搬を新鉱井の開さくにより廃止した。この結果第6表のように、スキップ立坑の建設とあいまって総合的に大きな成果を得た。

2) 通気系統の整備：従来自然通気にのみよっていたが、深部に発展したため下部スキップ立坑と下部斜坑をそれぞれ入排気経路として、L10に50mm、3,000m³/minの100HP扇風機を設け、開発中の仮通気系統を設定、作業環境の改善に努めた。

3) 排水系統：下部の展開による増加湧水に対してはL30、L21、L12、L6にそれぞれポンプ設備およびタンクを設置、仮排水系統を整備して、下部鉱体よりの湧水量1.5m³/minに対して3m³/minの揚水能力をもたせた。

4. 採 鉱 法

4.1 採鉱法の選定

下部鉱床のL21以上は約200万tであるがL21以下は1,500万tを蔵し、しかも1つの塊をなしている。そこで鉱体もやや分散し、開発時期も早かつたL21以上に数個の試験切羽をもうけ、それぞれにことなつた採鉱法を適用してえられた経験をいかし、L21以下の大鉱体の採鉱法を決定するようにした。なおその決定にあたってはつぎの

- 安全採掘
- 高度の機械化、重力の利用による集約化
- 高度の採集率

を旨とした。すなわち

(i) 切羽ブロックをバンド状に仕切り、地下450mの深度における地圧に耐えるよう、また第2次採掘を容易にするため、1次採掘、2次採掘の比を1:1にすること。

(ii) 採掘幅は20m以内とし、空洞内にふくまれる断層、節理、亀裂などに起因する落石の頻度、スケールを最少限にすること。

(iii) 集約採掘、連続採掘ができて出鉱の制約を受けず断続もないこと。

(iv) 採掘コストが低く、また1次、2次のコストがバランスし、安いこと。

第4図 下部鉱体南部採掘説明図
(第1次採掘)

(v) 可能な限り安全採掘に近いこと。

などを総合的に検討の結果、鉱体を北部と南部に2分し北部は1号から14号までの20m幅の南北バンドに、南部は21条から28条までの10m幅の東西バンドに分割、1つおきに1次採掘部分、2次採掘部分として、北部にはサブレベル採鉱法を、南部には上向充填法(一次)とサブレベル採鉱法(二次)の併用を実施することに決定した。

4.2 南部採鉱法

一次ブロックの10m幅の天井を45°傾斜の半長孔(孔長7m)で後退的に5mスライスを穿孔発破、破碎鉱石は上方レベル(当初はL27)に備えた75HPスクレーパーホイストにより、40m間隔に設けられた主要鉱井に投入され、L30運搬坑道を通じて中央立坑に電車運搬される。一方充填坑道より、40m間隔に設けられた充井を通じて落されたズリは、採掘跡にスクレーパーで拡散充填され、新天井より4mの空隙を残して地ならしされる。このさい鉱井は5mだけ延長して保存坑井とした側壁に接する両側2m幅のズリにはモルタルを流入して固結させ、2次採掘時のズリ混入防止壁を作っておく。以上一連の作業が並行して連続的に西より東にむかつておこなわれ、東端まで行きつくとふたたび西端から一枚上の5m天井が採掘される。以上の作業で1切羽月1万t(2方操業)が可能である。(第4図参照)

2次採掘は第5図のようにサブレベル採鉱法を採用、10m幅のブロック中央に高さ7.5mごとに穿孔坑道を設け各穿孔坑道より50°の傾斜をもつ下向半長孔を穿孔、傾斜したスライスを上方に向つてつぎつぎと発破する。破碎鉱石はあらかじめ下方に設けられた分鉱井を通じてスクレーパー坑道に流出、ここで2次破碎(要すれば)され

第5図 下部鉱体南部採掘説明図
(第2次採掘)

るとともに40m間隔に設けられた主要鉱井に75HPスクレーパーで掻き落される。一方破碎鉱石の堆積が最上の穿孔坑道準に達すると、出鉱により破碎鉱石面が下るにつれてできる空洞を最少限にするため、最上段の穿孔坑道より充填物を投入する。このステージが完了するときは50°に傾斜した10m×10mの面積のスライスを完全に充填をおえたことになり、この際当ブロックに接する両側の一次採掘時の充填ズリは、前述のセメントウォールで保たれ、ズリの混入をふせぐ役目をする。以上の作業が一通り完了するとつぎの(東側の)スライスに移り、切羽全体としては1次同様西より東に進められる。この方法によると穿孔坑における半長孔は繰置することができ、したがって穿孔作業は切羽面から離れた安全鉱柱内で、また積込作業も下盤中の安全なスクレーパー坑ででき、わずかに発破のみが切羽作業となるので半無人採掘と考えることができ、出鉱能力も発破次第ということになるが、スクレーパーの能力にも支配されるので、見積りとしては1切羽月1万t(2方操業)の出鉱が可能である。

4.3 北部採鉱法

第6図のようにサブレベル採鉱法を採用、方式は南部の2次採掘とまったく変らないが、ブロックの幅が20mであるために穿孔坑道を2列設けること、採掘部分の両側が生きたピラーの鉱石面であるために、1スライス分の破碎鉱石が完全に抜きとられたのちに、上方から充填物を投入するので、充填が遅れても、問題でないことが異なる。

北部の2次採掘もやはりサブレベル採鉱法を採用する。南部では一次採掘時にセメントウォールを施行したが、この場合は1次もサブレベルのためそれができず、

第6図 下部鉱体北部採掘説明図
(第1次採掘)

セメントウォールのかわりに両側に3m幅の鉱壁を残し、内側の14m幅のみを2次採掘部分とする。したがって穿孔坑は2列設けるが、スライス幅は7mとする(第7図参照)。

3次採掘は下向のカットアンドフィイル採掘法で高さ2mのスライスに押当留を施行、上方の充填物を支持しながら掘進し、完了後ただちに同坑道を後退式に充填して鉄柱を回収する。以上が完了すれば一段下のスライスにうつる。このようにして全鉱量を支柱採掘で採鉱、このさい下盤ぞいの斜坑を上方半分は充填井に、下方は鉱井に利用し、人道もこれにそつて設ける。

4・4 採鉱法の改正により得られる効果

a. 半無人採鉱法であるため切羽災害はなくすることができる。

b. 南部北部とも1次採掘時には完全な安全鉱柱(2次採掘部分)をもち、2次採掘時は後退式の採鉱法を利用するため、ほとんど完全採掘が期待できる。

c. 集約採鉱、連続採鉱ができるため、切羽数も昭和28年当時の約50切羽からわずか5~6切羽に減少しても、同量の出鉱が可能であり、管理、監督面もきわめて容易となる。

d. 1工当り出鉱量は南部 17.1t/工、北部 22.7t/工(ただし純採掘)と高効率を上げうる。また採掘コストは第7表のごとく全平均(完全採掘した場合)でも34年下期の下部採掘費の75.8%に、3次を残した場合の平均(採掘率91%)は59.7%となる。計画量および単価推移を第7表に示す。

第7図 下部鉱体北部採掘説明図
(第2次採掘)

第7表 下部採掘計画量および単価指数表

対 象 鉱 量	1 次	2 次	3 次
	作業量	作業量	作業量
北部採掘準備内訳	3,503,000 t	2,760,000 t	1,180,000 t
主 要 鉱 井 道	741m	1,609m	
スクレーパー 坑	2,170m	263m	
分 充 入 充 入 坑	1,525m	723m	
分 充 入 充 入 坑	468m	1,260m	
分 充 入 充 入 坑	719m	10,320m	
分 充 入 充 入 坑	1,260m	12,600m ³	
分 充 入 充 入 坑	9,540m		
分 充 入 充 入 坑	18,000m ³		
分 充 入 充 入 坑	288m ³		
分 充 入 充 入 坑	272m ³		
分 充 入 充 入 坑	811m		
分 充 入 充 入 坑	17,506m	14,180m	
分 充 入 充 入 坑	13,283m ³	12,600m ³	
平価均指数	22.8	9.0	239
採掘平均単価指数	36.7	36.7	239
準備平均単価指数	59.5	45.7	

対 象 鉱 量	2,750,000 t	2,790,000 t	
	作業量	作業量	作業量
南部採掘準備内訳	2,750,000 t	2,790,000 t	
主 要 鉱 井 道	615m	580m	
スクレーパー 坑	1,200m	1,200m	
分 充 入 充 入 坑	4,900m	4,900m	
分 充 入 充 入 坑	2,060m	405m	
分 充 入 充 入 坑	1,970m	810m	
分 充 入 充 入 坑	1,620m	7,200m	
分 充 入 充 入 坑		2,250m ³	
分 充 入 充 入 坑		15,185m ³	
分 充 入 充 入 坑		2,250m ³	
平価均指数	11.5	23.1	
採掘平均単価指数	61.0	38.2	
準備平均単価指数	72.5	61.3	

・計画単価指数は上記のようであるが3次は技術的に相当問題があるので全平均単価指数は次のようになる。

	平均単価指数	採掘率
3次採掘に成功した場合	75.8	100%
3次採掘に不能の場合	59.7	91%

北部3次を除く単価指数表平均

平均59.7	北部53.3	1次59.5
		2次45.6
	南部67.0	1次72.4
		2次61.4

第8表 下部鉱体採掘単価指数予想推移表

項 目	期 別	35/下	36/上	36/下	37/上	37/下
北 部	予 定 出 鉱 量 t/月	13,900	20,000	22,000	23,000	23,000
	採掘準備作業量 m ³ /月	187	187	147	136	110
	予 定 単 価 指数	96.5	78.2	67.9	63.6	59.5
	予 定 出 鉱 量 t/月	13,900	17,000	16,650	16,700	16,700
南 部	採掘準備作業量 m ³ /月	54	54	54	49	36
	予 定 単 価 指数	76.7	77.5	77.7	75.7	72.5
	予 定 出 鉱 量 t/月	8,500	8,500	7,500	7,500	7,500
	予 定 単 価 指数	114	114	114	114	114
合 計	予 定 出 鉱 量 t/月	40,400	45,500	46,250	47,200	47,200
経 費	純採掘単価指数	91.5	84.7	78.8	75.8	72.8
	内訳 採掘単価指数	18.5	16.3	14.0	11.7	11.7
合 計	平均単価指数	110.0	101.0	92.8	87.5	84.5

◎単価指数は34/下の1t当り下部鉱床直接採掘費を100としたもの

5) 採掘単価の推移; 採掘単価については、当初は出鉱量の割には準備坑道開さく量が多くなるため、過渡期には単価高とならざるをえないが、採掘の進行につれて、すなわち準備態勢が整うにつれて低減することになり、ついに安定して計画単価に一致するはずである。その予定時期は37年上期であり、それにいたるまでの期別単価推移は第8表に示す通りである。

5. 主要運搬系統の建設および 下部鉱体独立工事

5.1 中央立坑の建設

L21~L24斜坑, L21~L30斜坑, 下部スキップ立坑の建設による全面開発の進捗により, 下部鉱体の全貌があきらかになった。一方既述のように1, 2, 3鉱体の条件悪化による下部鉱体への期待はさらに大きくなった。ここに現スキップ立坑は単なる開発促進立坑であり, L10以上は別の立坑で鉱石を中継しなければならず, また下部スキップは月間巻上能力限度が約40,000tにすぎないのと, 上部スキップは崩落した第3鉱体のダイク中に存在し, 永久設備としても好ましくない。その上, 下部鉱床の発展につれて, 柵原全体の鉱床重心は従来よりも相当南下し, 現在の運搬系統は不合理を増す一方である。そこで

巻上能力の増大

3鉱体からの隔離

運搬系統の合理化

をはかるため中央立坑を建設することとなった。

柵原中央立坑は第8図に示すようにL0以上62m, L0以下542m, 全長604mの地表へ貫通した立坑で, 掘さく断面積は5m×4m, 岩盤は粘板岩, 輝緑岩, 閃緑岩など堅硬な岩石であるため築壁せず, 240mm 角の防腐注入松枠を吊下げ方式で延長しながら掘下り開さくした立坑である。完成後は単胴複巻型 800kW 出力のワードレ

第8図 柵原中央立坑断面図

オナード巻上機を備え, 1日12時間運転で月間70,000tの鉱石巻上能力を有し, 5.5tの底開きスキップの上にケーシングを取付け, 要すれば人員の昇降も可能であり, 坑底における鉱石の定量積込, 巻上運転, および地表のダンプなどの一連の操作は全部自働運転装置で操作される。

掘さくは1日を4方操業とし, 1方を穿孔発破, 1方を粹組, 2方をズリ取作業に充当し, 1日1ラウンド2.5m掘進の計画を立てた。穿孔作業は第9図のように5.5tのスカフォードを坑底より3.5mの位置まで降して, 岩盤との間に揺れ止めのパッキングをほどこして固定し, ニューマテックコラムを立て, TY-145ドリフター(オートフィード, リモートコントロール方式)6台を同時稼働させて穿孔, 下向穿孔に頻発するタケノコ防止には長さ30cmのケーシングパイプの使用により絶大なる効果をあげた。ズリ取作業には第10図のように立坑専用積込機シャフトマッカー(JOY社製)を使用し, 立坑開さくのネックである積込作業を人力の3~4倍の高効率でおこないえた。また1払分のズリ量の99.5%は機械積込がで

第9図 穿孔説明図

上表は毎日、毎巻上ごとに記録したデータの中から1ヵ月につきランダムに5日サンプルし、その全平均値を日の古い順にplotしたものである。

第11図 深度と巻上/サイクル時間表

第9表 掘下り実績表 (中央立坑)

a. 掘進成績表

	稼働日数	掘進長	1日当掘進長	1日当掘進長	使用爆薬
掘下り	254日	483.5m	1.90m	2.44m	
プラット	36日	147.4	4.10	1.70	2.01kg/m ³ 2.80

b. 所要工数表

	さく岩	支柱	盛込	信号員	掘雑	合計
掘下りサイクル作業	2,255.4	2,912.7	2,118.9	1,333.4	176.8	8,797.2
台枠設置作業	180.1	545.0	-	79.1	10.4	814.6
横坑及プラット作業	431.7	242.2	765.8	175.9	6.7	1,622.3
合計	2,867.2	3,699.9	2,884.7	1,588.4	193.9	11,234.1

c. 1m³ (Solid) および 1m 掘進当り所要工数表

	さく岩	支柱	盛込	信号員	掘雑	合計
サイクル作業	0.238	0.307	0.223	0.140	0.018	0.927
台枠作業	4.76	6.14	4.47	2.81	0.37	18.55
全作業	0.303	0.390	0.304	0.167	0.021	1.184
全作業	6.05	7.80	6.08	3.34	0.41	23.68

d. 所要経費表 (1m当り)

貨物	リ処	金品	32,300円/m
ズ工	タ	費	14,600
庄	サ	作	2,760
合	ガ	費	8,260
	ネ	費	8,230
	機	費	3,650
	焼	費	69,800
	計

第10図 ブリ取作業説明図

第12図 運搬系統図

き、後さらえの正味の人力積込はわずか0.5%にすぎないという高度の機械利用ができた。ブリは複巻で、巻上げられるが、巻上時間中坑底の第3のキブルにおいて、これに積込を実施する“3キブル複巻方式”を採用し、全巻上1サイクル時間を短縮するとともに、最深部においての巻上時間と積込時間がバランスするように設計したので、第11図に示すように、ブリ巻1サイクル時間は深度に関係なく常に一定であつた。

、このようにしてえた掘進実績はつぎの第9表のようである。

5・2 中央立坑起業効果

1) 出鉱能力の増強：下部スキップ立坑の能力限度40,000t/月に対して、当立坑は平常運転(1日12時間運転)で約2倍の70,000t/月、能力限度は100,000t/月にも達し、下部鉱体からの出鉱許容度は大幅に上昇、集約採掘の実をあげることができ、また間接的には採掘費の引き下げにも役立つことになる。

2) 運搬系統の合理化によるコスト引き下げ：鉱床重心の移動した現在、中央立坑はほぼ重心付近に位置し、地表では選鉱場前にあたる。したがって運搬経路の短縮のみでなく、L0におけるコンベヤ運転も不要となり、ひいては立坑2本の中継による鉱石積かえの手間をも一掃し、一気に合理化しうる。切換前後の新旧運搬系統は第12図の通りである。

また合理化による新旧運搬系統の運搬距離および運搬費は第10表のように35年上期と同量の53,300t/月を生産した場合、現在より約23%の節減、70,000t/月に増産した場合はじつに34%の運搬費節減ができる。

3) 3鉱体よりの隔離：第3鉱体の東南方約500mに

位置する当立坑は堅硬な岩盤中にあり、各連絡坑道にはすべてダムがほどこされているので、安全面については万全であり、永久設備としての条件は充分である。

4) 通気抵抗の減少; マウスの大きい当立坑の建設により通気抵抗は減少、扇風機の所要出力は第11表のようになった。

したがって扇風機設備の建設費、経常維持運転費共可成りの経費節減ができる。

5) 機材搬出入の円滑化; 下部採掘の機械化、運搬の大型化にともなう大型鉱車、大型機械の搬出入が容易か

つ敏速に行なわれる。

5・3 L30 主要運搬の大型化

L30には従来の4t トロリー電車を10t トロリーに、0.95m³ のグランピーカーを2.23m³ (6t 積) に、編成車両は10車から13車にふやして、1編成の運搬量を30t から78t に増大するとともに、レールゲージも20in から30in に変更して10km/hr から14km/hr にスピードアップし、能力の増大をはかった。また一方操車の簡素化と操車場の節約のために車両編成の前後に各1台の駆動車をつけて、漏斗およびダンプ個所でピストン運転することとし、全線単線にして坑道掘さく費を節減した。この結果1編成1方の運搬能力は1,250t (31,200t/月) となり、運搬能率は従来の360t-km/hr から約3倍の1,090t-km/hr となるが、さらに所要人員は2編成から1編成になるため従来の半分に減らすことができ、総合能率は6倍となる。

5・4 下部鉱床独立工事

第3鉱体は崩落および沈下の結果、吉井川河底にその亀裂の先端が接近した。そこで万全の措置をとるべくあらゆる空洞の充填、およびスライム充填の継続により完全充填がおこなわれ、安定した状態になった。その上ほかの鉱床との連絡箇所にはダムももうけて万全の策がほどこしてある。しかし従来の人員、通気、排水系統などは全部3鉱体中に含まれるか、あるいは通過しており、今なおこれらは機能を發揮しているが、上記のような条件下では永久設備としてふさわしくなく、また永久設備とするためには保坑費がかさむことになる。そこで最少

第 10 表 中央立坑による運搬費の合理化

項 目	切 換 前	切 換 後
坑内運搬量	48,216t-km/月	38,272t-km/月
坑内運搬費	100	79.4
坑外運搬費	100	26.5
L10 坑内運搬費	100	52.6
坑内一次破砕費	100	133
上部スキップ立坑積込費	100	0
L30 漏斗抜立坑積込費	100	100
下部スキップまたは中立坑積込費	100	89.5
下部原立坑積込費	100	100
下部下欄原立坑積込費	100	100
立坑巻上運転費	100	103
合 計	100	77.8

上記表は全山出鉱量53,300t の場合で、各鉱床からの出鉱量は第12図のようである。

第 11 表 通気抵抗比較表

	通 気 抵 抗	扇風機所要馬力
当 下 部 スキップ立坑完成後	92mm	146IP
中 央 立 坑 完 成 後	62	91
	52.5	84

〔ただし下部鉱体に5,000m³/min の通気をする場合〕

第 13 図 運搬、排水、充填、通気系統図

第14図 下部スキップ立坑 (人材立坑)
延長完成前後の人材輸送系統図

限度の支出でこの問題を解決するとともに、あらたな効果を加えて最大の効果をうるためにつぎのような工事を実施した (第13図参照)。

1) 下部スキップ立坑延長工事(人材立坑の建設)；中央立坑は鉱石専用立坑であるので、下部鉱体の要所に各プラットフォームを有する下部スキップ立坑を人員、材料、ズリ巻に供する。しかしながらこの立坑はL10以下に存在するので、L10以上の別の立坑を経由して大迂回しなければ深部に達することができず、そのための歩行距離は往復約2kmにもおよび。これは人員の場合には実働時間減少のもととなり、材料、ズリ輸送にしても非能率的であり、またL10以上の人員立坑は第3鉱体中にあるので安定性を欠く。これらの欠点を一気に解決するために同立坑を坑外まで延長して、人材立坑とすることにした (第14図参照)。

工事はL10以下の立坑作業をとめることなく、L10以上にパイロットの切上りを地表近くまで開さくし、坑外から追切掘下りする方式で、下方との連絡測量はボーリング孔を利用した。

2) 人材立坑の起業効果；a. 稼動時間の増大 新系統では600人/日の昇降に関して延300hr/日の節約となるが、これが100%作業量の増加に結びつけることはできず、50%とみて30,000円/日の節減となる。b. 材料運搬の能率化 コンパートメントが大きくなり、L10における中間運搬が不要になり、下部スキップ立坑 (L10で

第12表 工事前後の排水能力比較表

	合計馬力数	総揚水能力	下部揚水能力
工 事 前	1,890HP	8.0m ³ /min	3.0m ³ /min
排水増強後	3,300	14.5	11.0
清酸分離後	4,430	20.5 清水8.5 酸水12.0	16.5 清水8.5 酸水8.0

の)への積かえがなくなることにより、6.8工/日の作業が不要となり、金額化すれば6,120円/日の節減ができる。

c. 立坑が1本化されるための諸経費の節減

動力費	500円/日
巻上運転費	6,000円/日
巻上機維持費	6,000円/日
合 計	12,500円/日

以上総合的に48,620円/日、すなわち1ヵ月125万円の節減ができるほか、深部から短時間で出入坑できることは保安上、管理上、能率上絶大な利益となる。

・3) 充井系統の整備；下部鉱体は充填探掘法を前提とするので、坑内産出ズリのほかに地表切取ズリを坑内へ輸送し充当する必要がある。下部鉱床は吉井川の下方にあるため、従来3鉱体用に設けられたグローリーホールからの切取ズリを輸送するほかなく、これを能率的に運搬するため、L0、L10、L21にて中継の上深部へズリを配分する。この工事は既設坑道を極力利用したため、新設分は3鉱体隔離のための切上り171m、水平坑道656mにすぎない。

4) 通気系統の整備；下部鉱体は地表よりの深度約450mであるので、地熱の影響もあらわれ、L30では28℃程度の岩盤温度を示している。将来探掘の進むにつれての鉱体酸化、発破、機械類などによる坑内温度上昇を考慮すると、28℃を最高温度とするための所要通気量は5,000m³/minである。したがって総排気立坑の坑口に50mm、5,000m³/min、150HPの扇風機を据え、中央立坑、下部スキップ立坑、藤原立坑と下部立坑の3系統よりL30、またはL21に入気し各切羽を洗ったのち総排気斜坑經由総排気立坑へ排気する。

5) 排水増強および清酸分離；3鉱体遮断時の対策および下部の新湧水対策工事であり、従来下部からの湧水は清水であるが量的に多く、将来ますます増加の傾向にある。しかるに先に設けた仮排水系統は3鉱体を通過しまた能力も過少であるので、ここに排水能力の強化とともに、安全な通路へ切換えることが必須となつた。またさらに将来下部探掘の進捗につれて、下部湧水が酸水に

第13表 鉱体別出鉱量推移グラフ

(単位 t/月)

[illegible]

第 15 表 鉍体別 1t 当り採掘費指数推移表

●指数は 34/下の 1t 当り下部直接採掘費（採/採+採/充+採/その他）を 100 とした数。

●但し物価変動、人件費変更は指数により修正した結果を記載する。

[illegible]

(单位: t/工)

[illegible]

第 17 表 運搬費指數推移表

項 目	28/上	下	29/上	下	30/上	下	31/上	下	32/上	下	33/上	下	34/上	下
1 t 当り運搬費指数	153	160	133	142	160	151	149	145	148	135	110	103	96.2	100

◎指数は34/下を100とする。

(单位 人)

項 目		28/上	下	29/上	下	30/上	下	31/上	下	32/上	下	33/上	下	34/上	下
1	2	317	324	342	343	342	355	354	368	389	349	266	205	134	126
3	2	417	408	414	451	349	345	335	328	317	266	203	206	173	136
久下休	鉦体、下柵原鉦体	123	122	124	119	111	104	83	72	73	63	55	51	52	47
下休	鉦	-	-	-	-	-	-	27	43	42	35	36	35	35	37
下休	木谷石部	102	110	101	78	68	55	66	60	47	22	1	-	-	-
合	ノノノ計	959	964	981	991	990	1,042	1,055	1,028	1,087	1,008	854	829	776	754
運充	搬填	180	198	190	186	181	177	182	178	172	124	118	140	125	108
合	計	78	72	70	71	74	73	65	66	69	83	129	86	-	-
		258	270	260	257	255	250	247	244	241	207	247	226	125	108
総	計	1,217	1,234	1,241	1,248	1,245	1,292	1,302	1,272	1,328	1,215	1,101	1,055	901	862
その他	起業人員	-	-	-	-	-	-	-	85	38	40	50	39	119	149

なつたときのことをもあわせ考えて、安全通路内に清水、酸水の2排水系路を設けて清酸分離を実施、鈹水処理費を減ずるとともに、ポンプ機種をそろえて互換性をもたせ、大型化による設備台数および予備台数の減少、自動運転装置の採用などによる能率化をはかった。

6. 総合効果

下部鉦床発見後の探鉦および建設工事の総合効果はつぎのようである。

1) 急速開発による出鉱量の維持；下部鉱床の発見後

わずか3年にして下部40,000t/月の出鉱態勢が、6年あまりにして全山100,000t/月の出鉱態勢が確立された。深部に存在ししかも膨大な下部鉱床からの出鉱はわずか6年間に10倍余に伸び、これにより本鉱体の出鉱能力低下を充分補いえて、全山的に出鉱ペースを一定に保つことができた(第13表、第14表)。

2) 急速開発による採鉱費の低減; 3 鉱体の火災, 2 鉱体の火災, 1 鉱体の火災などの災害および悪条件の連続による本鉱体の採掘費上昇も, 下部の急速な開発により安価な鉱石とおきかえられ, 採掘費の上昇を防止するのみならず, かねて低下させるのに役立つ(第15表, 第16表)。

3) 合理化による運搬費の低減; 中央立坑, 下部スキップ立坑など時機に応じての合理化により運搬費は第17表のように低減した。また下部スキップ立坑強化の工事により人員, 材料, 輸送関係も合理化される。

4) 最少の人員増加で新鉱体へ移行しえたこと; 人員については建設工事のピークを極力避けるようにつとめたので, 最大 5~6 % 程度の増員はさけられなかったが, その後は合理化による減員に成功したことを第18表に示した。

5) 保安の向上; 建設工事の施行中の変化の多い時期であり, 各鉱体の災害相次ぎ, 危険な復旧作業の多い期

間であつたにもかかわらず, この期間中に97万時間, さらに216万時間無災害の記録を樹立し得て, さらに3 鉱体の完全隔離により, 安全性, 安定性は増大, また採鉱法にも半無人採鉱法を適用したことにより, 切羽災害を最少限にとどめることができた。

6) 今後に予想される効果; a. 下部鉱体の採掘費は37年下期には34年下期の84.5%に低減できる。b. 中央立坑への完全切換後は運搬費を77%に(月産7万tの場合は66%)低減できる。c. 下部スキップ立坑延長工事の完成により稼働時間の増大による能率の上昇が期待できる。d. さらに深部への採鉱が可能になつた。

結 言

膨大な鉱床を開発するのに, 出鉱量, 経費, 能率, 人員などのバランスを失うことなく短期間に遂行でき, 現在では数年前とまったく内容の異なる新柵原への移行を完了し得た。しかも深部への基地を得て, 現在では新々鉱床の徴候をつかむことができた。

以上, 新鉱床の急速開発は無事第一段階を完了したが, これはまったく諸先輩の懇切な御指導と, 部下の協力によるものである。ここに新たな気構えで今後のさらに大なる発展を期したい。

高濃度用アトリションマシン

最近, 産物表面のスライム等の不純物や夾雑物を除く事が問題となつてきた。例えばガラス用珪砂から鉄さびやスライムを除去するとその値段が高くなるのである。また燐鉱石や非金属鉱石の浮選には高濃度で試薬の条件付与を行うことが望ましいが, そういう目的にアトリションマ

シンが有効に使用される。

70~80%固体濃度でスクラビングをすると, 粒子と粒子のアトリション (grain-to-grain attrition) が行われるが, しかし動力消費量は大きくなる。

ここに紹介するのは Denvea Equipment 社の新しいアトリション

マシンである。図に示す様に2区1台からなり, ゴム被覆した逆ピッチのタービンプロペラが上下2個ついている。プロペラは高い効率を挙げる一方, 動力および摩損とキャビテーションを最低にする様に設計されている。なお上下でピッチの大きさもちがっているから, パルプにせん断作用が与えられ, 全体が十分攪拌されるようになっている。

タンクの寸法は11×11in~56×56in (280×280mm~1,250×1,250mm) まであり, 1台の区数は2, 4, 6の各種がある。48×48inおよび56×56in機では密閉減速機による駆動法が採用されている。タービンプロペラとタンクには必要に応じてゴム, ネオプレンまたは耐摩耗性鋼のライナをつけることができる。

Denver Attrition Machine Provides Intense Scrubbing Action at Densitt of 70%~80% Solids: Deco Trefoil, January-February, 1961, 17. より

(鈴木真夫)