622.61

柵原鉦山坑内運搬の能率上昇について*

正 会 員 井 上 忠 二**
正 会 員 石 田 丈 夫***

On Betterment of Transportation Efficiency at Underground in Yanahara Mine

Cyuji INOUE and Takeo ISHIDA

Underground transportation is one of the most important factors for the operation of a mine which can be divided into two problems-transportation at working faces and main adits transportation.

High efficiency of transportation at working faces, the author concludes, can only be attained either by adopting a well suited method to the transports employed or its opposite.

Described below are the non-pillar overhand inclined long wall slicing method as an example for the former which uses scrapers as its main transports, and the short wall top slicing with Kappe method (accompanied with filling) as one for the latter which uses baby-conveyors as its main transports.

As regards main adits transportation, however, the descriptions are made with examples based upon the comparisons of:

- (1) ordinary mine cars and dump cars.
- (2) cages and skips, and
- (3) belt conveyors and trolley cars.

1. 序 言

柵原鉦山は、下表に示すように、昭和23年には、月産26,241 t を 2,500名の人員で実施していたが、昭和31年上期は月産 55,098 t を 2,733名の人員でなし遂げた。

年 別	出 鉱 量	人 員	1人当能率	備 考
昭和23年	t 26,241	名 2,500	t/人 10.5	年平均
昭和31年	55,098	2,733	20.2	上期平均

すなわち8年間に9%の人員増で110%の生産増を行つたわけで、これは1人当能率で約92%増加したことになる。このことは主とし、第1段階として、昭和26年完成の4万t起業で、主要運搬系統の合理化をなし、(これについては、九州鉦山学会誌¹⁾並びに日本鉦業会誌²⁾に発表)引続き最近柵原本鉦体下部に新しく膨大な新鉦体が発見され、採鉦法その他の改善が行われ増産の一途をたどりつつあるので、多少先の報告と重複する点も

あるが、今日55,000 tの生産を挙げるまで主として坑内の運搬能率上昇に関して行つて来た事項について簡単に述べることにする。

一般に坑内運搬を大別すると、主要運搬坑道における運搬と、坑内採鉦切羽における運搬とに別けられる。

主要運搬坑道の運搬は、鉦床の賦存状態から考えて出鉦する量、運搬する距離及び深さ等を考慮し、その運搬通路の取り方、運搬機械または設備の選び方等の決定が運搬能率に大きく影響するが、採鉦切羽における運搬は、鉦石の性質、上下盤岩石の性質等を考えるとまた益々複雑であるので、我々はこの問題を重要視している。従来ややもすると、採鉦切羽における運搬の上昇といえ、単に強力な機械を使用すれば事足りるというように考え勝ちであるが、これだけでは仲々能率上満足出来る結果が得られず、ほとんど総ての場合が採鉦法と合致した機械を用いるか、または逆にその機械に合致した採鉦法を適用することにより、初めてその効果を挙げている場合が多い事を強調したい。

柵原の場合、柵原本鉦体、新鉦体及び周辺鉦体等のおのその賦存状況が異なつていて、柵原本体は旧鉦体延長約1,000m、幅最大450m、厚さ最大100mあり、新

* 昭和31年11月20日受理 昭和31年秋季大会において講演

** 同和鉦業株式会社柵原鉦業所所長

*** " " 採鉦第二課長

第1図 A

鉱体もほとんどこれに匹敵する状態で、約 20° 位の傾斜でさらに地下深く延びているが、その他の鉱体はこれとは比較にならぬ延長 300m 以下のものである。現在行われている採鉱法は

(i) 残柱式充填水平上向階段掘法

従来から行われている方法で、現在も主にこの方法による

(ii) 分層傾斜無鉱柱採鉱法

(iii) 短壁板式カッパ採鉱法

等がある。本日ここで述べるのは、第1図に示す柵原鉱山地質鉱床図における柵原本鉱体及び下柵原鉱体からの出鉱を主とする主要運搬及び切羽運搬の変遷を説明しよ

うとするものである。

2. 坑内採鉱切羽の運搬

かつては、手盛込に依存していた切羽運搬は逐次機械化が滲透して来るにつれて、ローダー、スクレーパーが使用されて来た。しかし採鉱切羽における機械化は、柵原においてはローダーよりもスクレーパーに重点がおかれ、ローダーは坑道掘進を主とし、一部地並の盛込に使用されている。また最近では、カッパ切羽の新設とともに、ベビーコンベヤーを使用している。現在柵原で使用されている切羽運搬機械類の仕様は第1表のようであり、またそれ等機械を使用した場合の1工当の原単位成績は第2表の如くである。これより手盛、ローダーの1工当りの能率は余り変化していないが、スクレーパーは年とともに能率の上昇が目立っている。

序言にも述べたように、切羽運搬の能率上昇には機械に合致した採鉱法及び採鉱法に合致した機械が必要なので、柵原における一例として、前者の場合分層傾斜無鉱柱法を、後者として短壁式カッパ採鉱法を簡単に述べて見る。

2.1 分層傾斜無鉱柱法

これは、採鉱法を採鉱機械に合致されるように考えられているもので、金属鉱山における切羽運搬機として、もつとも優秀と思われるスクレーパーを如何に能率的に使用するかという点にも配慮されている。この計画の詳細は省略するが、第2図のように 45° の昇向の切羽長 25m の長壁切羽をなしている。

i 段取りの簡素化：——スクレーパー作業において、主としてシーブの位置変更等の段取りに要する時間は案外に多く、これは方形の切羽程多くなるので、掻く距離の長い矩形の切羽、すなわち長壁式の切羽を選んでいくことと、スクレーパー作業に邪魔になる鉱柱を取り除いている。

ii スラッシャーの大型化：——スクレーパー採用の当初には、その移動に1回30工程度を要したので、一時スラッシャーの小型化を考慮したが、当鉱山のように比重の重い鉱石には、自重のあるバケットが必要であり、かつ切羽延長を長くすると、バケットの動く速さが問題になつて来るので、大型のスラッシャーが使用されて来た。現在使用しているのは、ロープスピード 100m/min の 30HP スラッシャー及び 550kg のバケットで 100m/min は、空バケットを引つづるスピードで、実バケットは前にシーブを取りつけ、バ

第1図 B 柵原鉱山鉱床断面図

型 式	製 作 所	馬力	ロープスピード	ロープ径	重 量
ドラム		HP	m/min	mm	t
2	日 立	20	40	14	1.1
3	〃	20	54	14	1.1
2	島 津	30	100	16	1.5
3	インガーソル	20	60	14~16	1.2
2	〃	10	60	12~14	0.4
2	日 立	10	48	10~12	0.5

重 量	製 作 所	容 量	バケツ幅
kg		m ³	mm
150	自 社 製	0.15	900
180	〃	0.15	900
280	〃	0.25	1000
450	東 北 機 械	0.36	735
550	〃	0.42	900

型 式	製作所	馬 力	効 能 理 力	バケツ 容量	空 消 費 量	重 量
太 空 600	太空機械	7.5×2	約1t/2分	0.145 ^{m³}	m ³ /min	1.795 ^t
H L — 3	JOY	7.5×2	〃	0.150	2.8~4.8	1.955
太空 600~B	太空機械	7.5×2	〃	0.145	2~3.4	2.050

型 式	スピード	処理能力	最大傾斜角	馬 力	ベルト幅	重 量
H-72	m/min 4.5	t/h 40	18°	HP 1	mm 300	kg 235
H-96	4.5	40	18°	kW 1	300	295

		単 位	29/上	29/下	30/上	30/下	31/上
盛	手 盛 込	t/工	11.32	13.83	12.86	13.28	12.38
込	機{ローダー	〃	21.46	21.00	20.72	25.48	22.71
	盛{スクレーパー	〃	26.65	30.63	25.12	41.15	46.18
充	機 橋	m ³ /工	13.06	12.68	12.85	13.18	14.17
填	スクレーパー	〃	16.78	11.41	14.02	21.65	24.43

	単 位	31/6	31/7
ペビーコンペーヤー	t/工	14.0	15.1

ケットのスピードを半分の 50m/min で使用している。
550kg のバケットの幅は約 36" なので、これは 1" 当り
約 15kg になっている。

能 率 比 較 表		新 採 鉱 法	第三鉱体平均
	出 鉱 量	930t/切羽	
	作 業 日 数	13日 (26方)	
	1 日 当 出 鉱 量	715t/day	
	1 工 当 出 鉱 量	133t(701)	
	さく岩1台当出鉱量	130t/台	82.81t/台
	t 当 次 薬 量	75g/t	93g/t
	スクレーパー-鉱石盛	100t/台	49.6t/台
	スクレーパー-研かき	50m ² /台	25~30m ² /台

[illegible]

iii スラッシャー設置点の考慮：——スラッシャーが大型化して来るとこれの移設が困難になるが、この採鉱法では、スラッシャーは鉱体の最頂部に設置してある。そうしてシーブでロープを誘導してスラッシャとバケットを結び、運転は信号によっている。所要人員は運転に1名、切羽に信号手1名計2名になつてゐるが、最近遠方操作機が入荷するので、切羽における1名のコントロールにて足り、1人当り能率を上昇し得る。

iv 起砕鉦石の細粒化：——スクレーパーを使用する場合、起砕鉦石を細粒化すれば、二次破碎を少なくするとともに播込能力を上昇することが出来るし、またスクレーパーの能力を充分に発揮させるためには、多量の鉦石を次々に起砕する必要がある。採鉦切羽における発破（追切式発破）の場合、起砕鉦石を細かくするには穿孔長と装薬長との比が問題になり少なくとも穿孔長の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{2}{3}$ を爆薬で満す必要がある。また穿孔配置の不揃が大塊を多くする原因になるので、穿孔を計画的配置場所に実行することにより防いでいる。このことは、1孔当りの装薬量を多くして穿孔数を減少（最小抵抗線を大きくする）出来るので、1切羽当りの穿孔時間を短くすること

第3図 A カッペ採掘図

第3図 B カッペ採掘1週期工程表

とが出来るとし、また最小抵抗線を 0.8m~1.0m にとつていたものを、現在 1.3m~1.4m まで延ばして（もちろん装薬量は多い）小塊を得ることに成功している。もちろん発破法は M. S. D 雷管を使用して細粒化を計っている。

2・2 短壁式カッベ採鉱法

これは採鉱法に採鉱機械を合致させた1例である。これを実施している区域は、柵原鉱山第一鉱体の崩落箇所、かつては、支柱坑道採鉱法を実施していた所であるが、切羽の集約化のために短壁式カッベ採鉱法を採用した。この詳細は昭和31年の日本鋁業協会誌⁹⁾で発表されているので省略するが、第3図のように全面的に破碎されている区域を充填式トップスライシング法で採鉱するためにカッベを利用したものである。この区域は、鉱石の品位も良く、かつ埋蔵量も多いので、最近の増産体勢に順応して、この区域の集約化が計られたわけであるが、崩落地帯と云う条件に制約されて切羽長も13mに、進行距離も30m以内の短かいものになっている。こういう箇所の集約化は、切羽の回転数を早くすべきで切羽盛込を迅速化するために、ベビーコンベヤーを使用している。この切羽は最初着手当時は、天盤に直接破碎鉱石があつたために、切羽全面を一斉発破すると崩落する恐れがあつたので、耳欠式に追切して切羽を進め天盤を鉄柱で受けていた。これが二層目になると、あらかじめ一層目の時充填前にマット及びカッベを敷き込むことが出来るので、1切羽全面の斉発が可能になつている。この切羽の全面斉発が可能になつたので、切羽運搬機械として、ベビーコンベヤーが導入されたのである。

これは切羽面に沿つてベビーコンベヤーを布設出来るので切羽全面に人員を配置することが出来、したがつて1方当りの出鉱量を増加することが出来た。コンベヤー使用前は、鉱車を直接切羽に入れていたので、その時の有効人員配置は3名であつたが、コンベヤーを使用することにより6人乃至7人を配置することが出来、したがつて切羽の1サイクルにおける1日当り出鉱量は、47tから58tにすなわち約23%ベビーコンベヤーの方が増加している。この機械の仕様は、第1表に示す通りで、軽量かつ分解組立が容易であり、1回の移設にわずか20分を要するのみである。

3. 主要運搬坑道の運搬

昭和26年6月に完成した4万t起業によつて柵原鉱山の運搬方法は一変し、いわゆる運搬の合理化が計られている。これに関しては、詳細は日本鋁業会誌に発表しているので省略し簡単に述べると、坑内の主要運搬には、普通鉱車にかわり柵原式ダンプカーを使用し、立坑の運搬には従来のケージ巻の代りにスキップ巻を採用してい

る。また坑内から選鉱場までの輸送は、トロリー電車運搬からベルトコンベヤー運搬になつている。

以下これ等運搬方法の改善によつて、能率面、経費面にどのように変化したかを第4図柵原鉱山運搬系統図について述べて見る。

3・1 普通鉱車による運搬と、ダンプカーによる運搬との比較

これは本鉱体 6L における主要運搬で、1.2 鉱体方面の鉱石をクラッシャー室まで運搬している方法で、普通鉱車 (0.40m³) と、ダンプカー (0.95m³) の場合を比較すると次表のようになる。何れも 4t トロリー電車で運搬している。

内 容	単 位	0.95m ³ ダンプカー運搬	0.40m ³ 普通鉱車運搬
1方当運搬量	t	972	400
1方当所要人員	工	6	5
人 件 費	円/t	5.34	11.30
物 品 費	〃	0.18	0.22
動 力 費	〃	0.38	0.38
工 作 費	〃	3.21	3.04
償 却 費	〃	4.66	6.61
鉱石 t 当直接費	〃	13.77	21.55

以上のようにダンプカーに切替えたことにより t 当り 7.78円安 (36%) になつている。また 0.4m³ 普通鉱車を使用した場合は漏斗抜きに11分を要し、運搬に13分を要しているので、トロリー電車を2台使用しても運搬量をたいして増加することが出来ない。それ故に 0.4m³ 普通鉱車を使用した場合、6L の運搬量は漏斗口その他の増設をしない限り 1方当り 400t に制限されてしまうので、最近の増産体勢をとるためにもダンプカーに切替える必要があつた訳である。

3・2 ケージ巻による運搬と、スキップ巻による運搬の比較

4万t起業前、坑内の鉱石は第3立坑 (6L~0L) 旧第2立坑 (10L~0L) の2つによつて、0L まで巻揚げられていたが、旧第5立坑をスキップ立坑に改造することにより、現在は全鉱石をこのスキップ立坑で取扱つている。スキップ巻運転を行つている巻揚機は 350HP 3相交流誘導電動機によるもので、巻揚深度は 206m、全速の時が 4.7m/s、スキップ容量は 4,000kg の転覆式の

内 容	単 位	ケ ー ジ 巻	スキップ巻
1 方 当 運 搬 量	t	495	1,026
1 方 当 所 要 人 員	工	10	4
人 件 費	円/t	18.00	3.40
物 品 費	〃	0.50	0.40
動 力 費	〃	5.20	4.75
工 作 費	〃	2.50	3.40
鉱石 1 t 当直接費	〃	26.20	11.95

ものであるが、以前は同一の巻揚機で巻揚深度 174m (10L~0L) をケージ巻でしていた。この両者を比較すると次のようである。(前頁表参照)

これによつて判るように、ケージをスキップ巻に変更したことにより運搬量にして約2倍強、経費は $\frac{1}{2}$ 以下にすることが出来た。

3・3 トロリー電車による運搬と、ベルトコンベヤーによる運搬との比較

これは、0L の運搬坑道において、スキップ立坑から選鉱場までの間の約 570m を 0.4m^3 の普通鉱車で 4 t トロリー電車を使用しての運搬と(起業前の方法)、30in のベルトコンベヤー運搬とした時を比較したもので、その結果は次のようになる。

内 容	単 位	30 in ベルトコンベヤー輸送	トロリー電車運搬 (0.4m^3) 鉱車使用
1 方当運搬 鉱量	t	1,026	495
1 方当所要人員	工	5	10
人 件 費	円/t	3.44	13.80
物 品 費	〃	0.54	0.22
動 力 費	〃	1.74	0.38
工 作 費	〃	2.79	3.04
償 却 費	〃	5.39	6.61
鉱石 1 t 当直接費	〃	13.90	24.05

ベルトコンベヤーを使用した場合、輸送費が約 $\frac{1}{2}$ 程度に安くなっているばかりでなく、現在のような月出鉱粗鉱 55,000 t では、ベルトコンベヤーによらなければ、運搬の円滑を期し得ない状態であり、今後月産 60,000 t 以上の増産の場合も決して心配ないことである。

4. 結 言

以上切羽運搬と、主要運搬に分けて柵原鉱山における坑内運搬の能率上昇について、現在までとつて来た方法を簡単に述べたが、なお前述の起砕鉱石の細粒化に対する掘下げた実地的研究及び崩落地帯における能率的な採鉱法等については、それぞれ担当者が研究に専念しているので、別の機会に発表することと思う。

また柵原鉱体下部鉱床発展に伴う柵原鉱山百年の計としての起業計画もすでに進められているが今回は割愛することにする。

参 考 文 献

- 1) 柵原鉱山の坑内運搬の機械化について 九州鉱山学会誌、昭和25年11月
- 2) 柵原鉱山機械化の概要、その成果について 日本鉱業会誌第69巻、第784号、昭和28年10月
- 3) 年柵原鉱山に於ける鉄柱カッパ採鉱法について 第7回現場担当者会議講演録 昭和31

留 学 だ よ り

正 会 員 富 田 堅 二

(前略)

私が6カ月間過ごすことになっている Colorado School of Mines Research Foundation, Inc. というのは、コロラド州立である Colorado School of Mines の中にある利益を目的としない研究財団で、鉱業に關係した委託研究を主にやつていところす。所長の下に Ore Dressing Div., Chemical Div., Special Project Div. の3部門があり、それぞれマネージャの下に Project Engineer と Jr. Project Eng. がおり、その数は各部で100名に満たぬ程度の規模です。建物は学校の実験工場のなかに同居しています。各部の比率から云うと、いろいろな点で、焙焼浸出を含めた選鉱關係が全体の75%を占め、またその中でも時節柄、ウラン關係の仕事が大きな比率になつており、例えば“あるウラン鉱石の各種浸出法に対する適応性の試験”といったような場合には 500~1,000\$ の費用で、4~6週間のうちに極めて迅速にレポートを出しています。この研究費はすべて実費計算で、人件費から物品費、消耗品費に至るまで、各試験研究毎に精密な計算カードが出来ており、中には1カ月に1,000\$ 以内で3カ月間の試験、というように次から次へと絶えることのない、ウラン鉱石の試験研究の中にあつてその一部を担当しながら、実験と文献調査に忙しく毎日を過ごしております。

(中略) 大学の選鉱の授業については、私が講義にも出ず実験ばかりなのでよくわかりませんが、過日、低品位鉄鉱の選鉱の研究をするため米国に來られた英国の Royal School of Mines in London の選鉱の教授である E. Cohen 博士が当校に來られた際、両校の選鉱の授業を比較されたのですが、それによりますと、両校は同じテキストを使用し、同じコースに従っているが、英国の方が若干理論的であり、また英国では学校の実験室で実験するよりも、むしろ実技を知るために毎週現地見学をしているということです。これに対し当地の学生が、“英国では富裕な学生は man-servant を雇つて、それに宿題や実験、あるいはレポート書きをさせ、その間に酒をのみに行つているということだが”と質問したのに答えて“そうした問題は自分の学校ではあまり行つていない”といわれたそうですが、当地の学生諸君が非常によく勉強していることはたしかです。

(編集係註) 富田君は資源技術試験所より昨年10月18日原子力關係の研究に6カ月の予定で留学した。同君より本会に寄せられた書簡を抜き書きしたものである。