スリメダン鉱山における露天採掘

正 会 員 奈 良 勲*

Open Pit Mining Method is adopted at Sri Medan Mine

Isao NARA

Sri Medan Iron Mine is situated in Johore State, Malaya. This mine is discovered by Mr. K. Ishihara in 1919 and out put amounted to about 10 million tons during the years from 1919 to 1941.

On account of the World War II, the mine was closed in 1941. However, its bauxite ore was mined on a small scale by the Japanese Army.

In 1952, the mine was reopened, and since then, its products have been sold to the Japanese Mills.

The deposits are composed of primary and secondary ore made up chiefly of hematite.

Owing to the under mentioned conditions, the open pit mining method has to be adopted,

- (a) Lack of skillful mining labourers.
- (b) The mechanization is easy and high efficiency can be expected.
- (c) High extraction of ore can be expected.

1. 緒 言

マラヤの鉄鉱石は戦前戦後を通じて全量日本に供給され、最近の実績で示すと1955年度の生産量は約150万tであつたが、鉄鉱山の開発の進展と日本の需要増とにより逐次増加、1959年度には約386万tに達した。当スリメダン鉱山の生産量は、マラヤの鉄鉱石生産量の1割強を占め、1955年より1959年までの5カ年間に約130万tを生産した。以下当山の概要と採掘法について述べようと思う。

2. 位置、気候、風土、治安状況

当山はマラヤ国ジョホール州バトバハ市（人口5万余）の西北方約130milに鉱山事務所、採鉱場がある。（北緯1°50′ 東経102°50′）シンガポール、クアラランプール、マラッカより自動車ですれぞれ約2時間、3時間、1時間半で到達し交通至便である。気候は熱帯性で四季の変化はないが、11月から翌年2月までは雨季となる。雨量は月間最大300mm程度であり、東海岸のように季節風（モンスーン）の現象がないので、年中荷役は可能である。治安状況は独立後日なお浅いが、民族意識は高揚し、平静で心配はない。

3. 沿 革

1919年（大正8年）石原広一郎氏により発見され、最盛時日本人50人、現地人4,000人を擁して、年生産量最大75万tを記録した。1941年資金凍結により休山するに

至つたが、その間に約1千万tの鉄鉱石を日本に供給した。1941年以後当山の機械装置は英国軍により撤去され、船舶も離散していたが、第2次大戦中は日本軍が進駐して船舶等を整備し、バトバハなどでボーキサイトを採掘したことがある。1952年馬來亜鉄務有限公司が設立され、1955年より生産を再開し、現在に至っている。

4. 生産実績

再開後の年度別生産実績を示すと第1表の通りである。

第1表 年度別生産実績

年 度 別	スリメダン生産量 (t)	品 位 (%)
1955年	167,989	62.33
1956	239,862	62.22
1957	316,604	61.30
1958	249,327	61.09
1959	332,793	60.92

5. 概 況

5.1 地質鉱床

当山付近は厚さ数mのローム層が被覆し、地質構造の細部は不明であつたが、開発の進展に伴いその全貌が明瞭となり、大きく3地域に分けて考えられるようになった。すなわち

(1) 地域のほぼ中央部を占め、北西～南東に走る安山岩体。

(2) (1)の安山岩体の西南側を占め、灰白色凝灰岩質岩石を主体とし、礫岩頁岩を伴うもの。

(3) 地域の北東部を占め、灰白色凝灰岩質岩石を主

* 豊羽鉱山株式会社豊羽鉱業所採鉱課長

第2表 初 生 鉱 床

鉱体名	形 状	走 向	傾 斜	巾 (m)	Fe 品 位(%)	延長 (m)	母 岩
No. 2	レンズ状 塊状	不 明	不明	40	64	60	安山岩
No. 3	板 状	N30°~40°W	-90°	10	63	160	〃
No. 5 A	〃	N50°W~E.W	-90°	10	65	105	集塊岩
No. 5 B	塊 状	不 明	不明	20	66	70	安山岩
No. 7	板 状	N20°W~N.S	-90°	40	61.3	300	集塊岩
No. 40	レンズ状 塊状	不 明	不明	25	64	120	安山岩

第3表 二 次 鉱 床

鉱体名	走 向	傾 斜	延長 (m)	巾 (m)	厚 (m)	Fe 品 位(%)	備 考
No. 1	N60°E	NW5°~10°	250	100	1	62	主要部採掘完了
No. 3 B	N50°E	NW10°	30	30	2.5	61	〃
No. 4	N45°E	SW10°	100	100	1.5	60	ほぼ採掘完了
No. 6	N60°W	SW10°	100	100	1.5	63	〃
No. 7	N50°E	SW10°	150	80	2.5	63	主要部採掘完了
No. 20	N30°W	NE30°	100	70	1	65	中央部採掘済
No. 40	N60°W	SE10°~15°	150	200	2	64	〃
No. 44	N50°W	SW10°	110	140	2	61	採 掘 完 了
No. 60	N.S	E10°	50	50	2.5	64	〃
No. 80	N.S	E10°	150	100	1.5	63	主要部残存
No. 120	N.S	E10°	100	100	1	60	ほぼ採掘完了

第4図 No. 7 鉱体断面図

第5図 X-Y 線 断 面

第6図 No. 7 鉱床全景

加えて、さらに物理探鉱を行うため準備中である。

5-3 水洗選鉱

当山の二次鉱床の鉱石の性状は、粘土、土砂を混え、採掘中に選別することが困難なので、品質向上をはかるため、昭和31年6月モニターから圧力水を噴射させる処理能力300t/日の Chute Type Washing Plant を完成、同年11月-10mmの粉鉱採取を目的とした Cyclone Separator を設備した。さらに昭和33年8月 Washing Plant を増設し、現在の処理能力は800t/日である。この結果、従来廃棄されなければならなかった低品位鉱から有利に鉄鉱石が回収され、その品位は61%前後を確保し、大いに成果をあげている。1957年以降の水洗選鉱成績を第4表に示す。

第4表 水 洗 選 鉱 成 績

年 度 別	粗 鉱			精 鉱	精 鉱 率
	一次鉱床	二次鉱床	計		
1957年	2,592 t	60,372 t	62,964 t	52,177 t	82.86%
1958年	16,244	84,109	100,353	85,032	84.73
1959年	20,511	46,398	66,909	59,849	89.44
計	39,347	190,879	230,226	197,058	85.59

5-4 運搬船積

当山の生産品は、シンパンキリ河の入江に設けられた積込場で、Belt Feeder, Belt Conneyor, Hopper を経て、艀に積込まれる。艀の積高は80~120tで、2~3隻ずつ艀船によつて河口まで約26mil、さらに海上2~3mil 沖まで艀航され、本船に荷役される。

5-5 人 員

人員は本社21名、輸送事務所342名、採掘場577名、総計919名である。

6. 露 天 採 掘

6-1 概 説

当山の採掘は、坑内経験者の得難いこと、実収率が大きいこと、機械化の容易性等を考慮して、露天採掘法を採用している。以下剝土と採掘に分けて記述する。

6-2 剝 土

操業再開当初は、旧石原時代に剝土された箇所もあり剝土量は僅少ですんだが、採掘の進展と増産により、二次鉱床の埋蔵鉱量は漸減し、出鉱の大部分をNo. 7 鉱床

第7図 剝土状況を北方高地より望む

第8図 西側の剝土状況

スクレーパー、ブルドーザを主とし一部エスカベータによる (1959.1月)

にもとめねばならぬ実情となつたので、昭和33年後半より剝土の主力を No. 7 鉱床に指向し、海面下 120ft まで採掘可能にするため、大規模な作業を実施している。この計画の剝土総量は約 650 万 cy で、昭和35年11月に完了するよう鋭意努力中である。第5表に1956年5月以降1959年12月までの剝土作業と第6表に昭和34年度鉱床別剝土作業の成績を示した。

第5表 年 度 別 剝 土 量

期 間	1956年5月～1957年3月	1957年4月～1958年3月	1958年4月～1959年3月	1959年4月～1959年12月	合 計
剝土量(cy)	1,012,827	1,370,771	2,290,384	2,246,142	6,920,124
採掘量(t)	328,135	356,420	309,864	240,647	1,235,066
cy/t	3.09	3.85	7.39	9.33	5.60

(注) cyは破碎された土量をいう。

第6表 昭和34年度鉱床別剝土量

	No. 7	No. 4	No. 1	No. 40	No. 3	No. 80	No. 44	計
剝土量(cy)	2,497,004	83,388	14,157	94,515	188,041	38,057	470	2,915,632
各切羽剝土量/全量(%)	85.6	2.9	0.5	3.2	6.4	1.4	-	100

No. 7 鉱床の剝土は前記のように大規模な作業であり、従来稼働させていた剝土機械としては、Scraper 10台、Excavator 9台では工期短縮を計るためには不十分であるので、新たに Euclid (325HP, 容量 21cy) 3台、Tournapull (186HP, 容量 12.5cy) 3台、Tournatozer (186HP) 2台、Tournapull (210HP, 容量14cy) 1台を購入し、さらに採掘、剝土兼用として Tournarocker

(186HP, 容量 22t) を14台増設した。以下簡単に機械組合せによる作業について触れてみよう。

(a) Excavator と Dumptruck または Tournarocker の組合せによる作業。

Bench の高さ 5～6m (スリメダンにはマラヤ国鉱業法により、Bench の高さ最大 20ft の制限を受けている) で、作業機械の編成は Excavator 1台、Dumptruck 4～5 台または Tournarocker 3台である。この編成による作業は、長距離の運土を効果的に行うときに用いている。昭和34年度の実績は、Excavator 台当剝土量 360cy, Dumptruck 台当運搬量 88cy, Tournarocker 台当運搬量 142cy であった。

(b) Scraper による作業

Scraper により直接表土の掘き、運土を行い、補助作業として Bulldozer を用い硬質部の掘り起し、砕捨場の整地を行う。この方法は運搬速度が遅いため、廃土捨場が近距離にもとめられる場合か、平面的に拡りのある剝土作業のみに適する。昭和34年度の実績は、Scraper 台当 234cy であった。

(c) Euclid, Tournapull による作業

これは昨年購入し、Scraper 同様掘きと運搬とをかね行うことができる機械である。運搬速度が早いので、遠距離のところに捨土をする場合に適する。昭和34年度の実績は、台当 801cy であった。(剝土量とは実容積でなく、すべて破碎量で示した)。

6.3 採 掘

旧石原時代は、主としてグローリーホールによる採掘を行っていたが、再開後は次に述べる Benching Stopping, Breast Stopping による露天掘を実施している。すなわち、採掘の主力は運搬路を基準として、高さ 10ft の Bench を設けて採掘するいわゆる Benching Stopping であるが、各所に散在する二次鉱床の採掘には、Breast Stopping が採用されている。

(a) Benching Stopping

採掘切羽の排水を容易にするため、基準運搬路に近接して集水池を設け、これより通常 10ft の高さの Bench を設けて採掘を行う、当山の代表的採掘法である。現在 No. 7, No. 3 鉱床に採用されている。せん孔作業は原則として Wagon Drill を用いて行い、積込運搬作業は Excavator と Tournarocker の組合せで行われるが、鉱体と母岩の境界に近づくとき、できるだけ品位をあげるため手積を実施することがある。

(b) Breast Stopping

Breast Stopping は二次鉱床の中央付近のできるだけ低い位置に運搬路を設け、これを中心として鉱体外周へ採掘していく方法である。積込作業は手積で行っている。

第9図 Euclid 剥土機

第10図 No. 7 鉱体採掘作業状況

る。第7表に鉱床成因別出鉱比率の推移を示した。

第7表 鉱床成因別出鉱比率

年 度 別	1955年	1956年	1957年	1958年	1959年
二次鉱床よりの出鉱量/総出鉱量	63.6%	55.1%	42.1%	29.0%	21.0%
No. 7 出鉱量/総出鉱量	18.8	37.0	37.6	53.0	66.5

6・4 さく岩発破

大発破採掘には Wagon Drill 10台を稼働させ、小発破二次破碎用にはジャックハンマーを用いている。圧縮機はすべてディーゼルエンジン駆動のポータブル型を使用し、各切羽間の移動を容易にしている。切羽における動圧は 70 lbs/m² 前後である。人員配置は Wagon Drill 1台につき3名、圧縮機は2台に1名ずつである。Wagon Drill は、約 10ft 長の垂直孔を1方当り 6〜7 本せん孔している。ビットはビットゲージ 3in W.C. クローステーパー型、ロッドは 1 $\frac{1}{4}$ in 中空鋼である。ジャックハンマーのせん孔は、ビットゲージ 1 $\frac{5}{8}$ 、1 $\frac{1}{2}$ 、1 $\frac{7}{16}$ in W.

第11図
スウェーデン
Atlas 製超
大型ワゴン
ドリル

C. 一文字型、ロッドは $\frac{7}{8}$ in 中空六角鋼を用いて行っているが、二次鉱床の採掘量漸減のため、現在はほとんど使用されていない。昭和34年度の Wagon Drill の成績を示すと、台当本数 6.9本、台当延長 56ft、1孔当せん孔長 8.1ft であった。

発破作業は発破班を設け、係員の指揮のもとに発破専用車にて各切羽を回り、午前、午後各1回ずつ発破が行われている。再開当初の発破作業は、治安状況が悪かったため、武装警官 7〜8 名の立会が必要であったが、最近では治安が回復したので、村駐在の警官1名の立会で行われている。使用爆薬はすべて英国製品の Gelatine Dynamite (高ニトログリセリン 60% 以上) で、前述の大発破用には 60×300mm (2 $\frac{1}{2}$ lbs)、二次破碎には 15×150mm ($\frac{3}{8}$ lbs) を用いている。雷管はアルミニウム管体 6号、導火線は白色防水塗料塗布の緩燃導火線である。導爆線は白色防湿の燃焼速度 20,000ft/sec のものが使用されている。昭和34年度の実績は、t 当爆薬量 0.261 lbs であった。