

ザンビア共和国  
 燐 鉍 石 開 発 計 画  
 調 査 報 告 書  
 (要 約 版)

1985年

国際協力事業団

鉍計資
██████████
85-93

ザンビア共和国 燐鉍石開発計画 調査報告書 (要約版) 1985年

33 89 77



JICA LIBRARY



1029780[2]

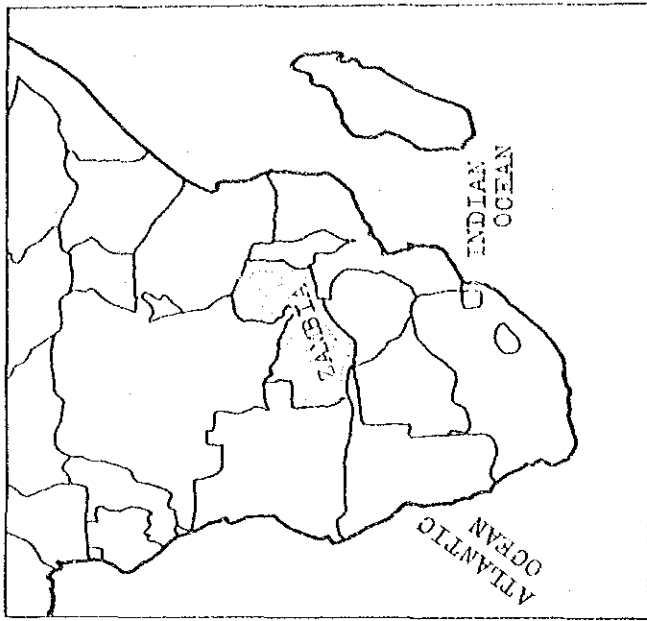


ザンビア共和国  
燐 鉍 石 開 発 計 画  
調 査 報 告 書  
(要 約 版)

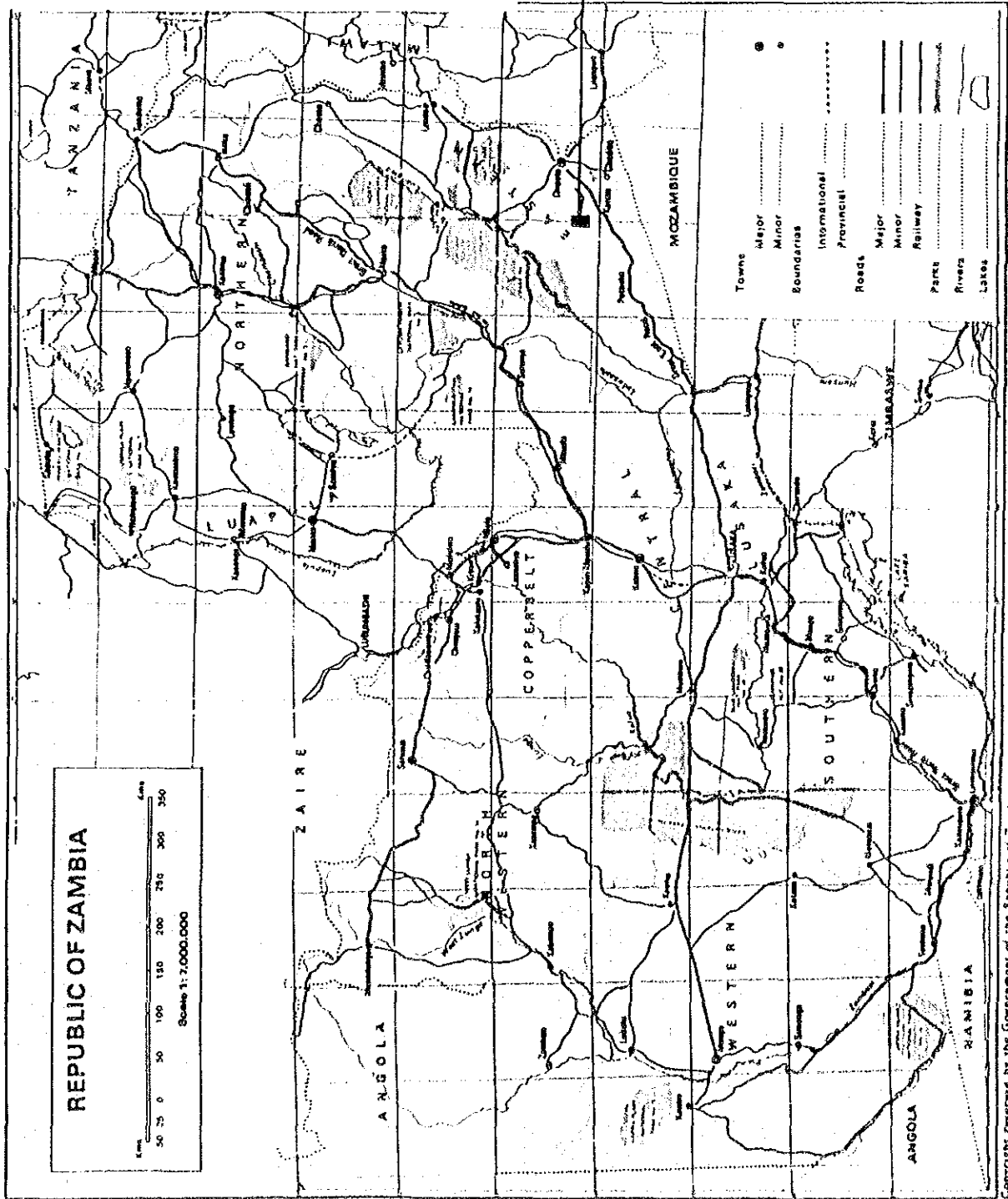
1985年

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 7. 16	533
登録No. 11731	66.9
	MPN



Sinda west PL183  
(Chilembwe)



第 1 圖 七 號 圖

## 要 旨

ザンビア共和国では、農業生産力の増強を国家計画の柱の一つとして打ち出しているが、その一環として鉱工業開発公社の探査部で調査中のチレンブエ燐鉱床に対する技術協力が要請された。

これにもとづき、国際協力事業団は燐鉱石開発計画調査として、野外調査と室内研究を実施し、その結果を基礎として 30% $P_2O_5$ の燐灰石精鉱を、年産 35,000 トンとし、14 年以上にわたって生産するべく採掘計画を策定した。

起業費と操業費の算定にもとづき、財務的および経済的内部利益率が求められたが、これによると、私企業としての利益率は低くなるが、国民経済にもたらされる便益は高いと想定される。

燐灰石鉱業が成立する為には、国内に燐肥工場が存在している事が前提となる。したがって鉱山のみならず、肥料工場まで含めた、燐酸塩工業全体としての総合評価が望まれる。



# 目 次

要 旨		
序 言	.....	1
第 1 章	調査の目的	2
第 2 章	チレンブエの概要	3
第 3 章	マグネシウム探査	5
第 4 章	選 鋳 試 験	6
第 5 章	採 鋳	10
第 6 章	選 鋳	14
第 7 章	補助部門	17
第 8 章	生産計画と人員	24
第 9 章	開発スケジュール	26
第 10 章	起業費・操業費	27
< 参 考 >		
1	財務評価	31
2	経済評価	35



## 序 言

ザンビア政府は、銅モノカルチャーからの脱脚のため農業生産の増強を図っているが、国産肥  
肥料としては硝安が需要の $1/4$ を満たすにすぎず、肥料資源の開発が重視されて来ている。

ザンビア鉱工業開発公社 ( ZIMCO ) の探査部門であるMINEX では1980年以来、燐  
の調査を行って来ているが、その内、もつとも有望なチレンブエ鉱床を対象とした技術協力が  
日本政府に要請された。

これにもとづき、1983年に予備調査が行なわれ、第1段階として、ボーリングを追加して  
鉱量の確度を高めることと、原価のうち輸送費を大きく支配する精鉱品位の上昇をはかる為の  
選鉱試験を実施し、これらの結果がふさわしい場合に、第2段階として採掘計画の策定を行な  
う事が提言された。同時に、現地で硫酸が不足している反面、電力に余裕のあるところから溶  
性燐肥が生産品の候補として考えられ、副原料のマグネサイトの確認を行う事もあげられてい  
る。

1984年6月のS/W締結以来の現地調査およびその後の検討結果につき、以下にその概要  
を報告する。

## 第 1 章 調 査 の 目 的

第 1 ステージでの調査は、

- (1) 計画の主体を占める第 2， および第 4 鉱体の鉱量を把握する事
- (2) 試料採取を行って、日本で選鉱試験を行なう事

を目的とした。その結果、鉱量として 150 万トン以上が見込まれ、試験選鉱においても 30 %  $P_2 O_5$  の磷精鉱が 80 % 以上の採取率で回収出来ると予想されるに至った。

これにもとづき、1984 年 9 月、チレンブエ鉱床の採掘計画の策定を目的とした現地調査を実施したが、その上で採鉱・選鉱および付帯設備の設計と、起業費および操業費の見積りを行って、プロジェクトとしての採算性を検討する事を目的とする。

## 第 2 章 チレンブエの概要

### 2.1 位 置

1 3° 5 9' S      3 1° 4 1' E

### 2.2 交 通

ルサカ東方 4 6 0 km のシンダの北方 3 0 km にキャンプがあり，鉱床は更に北方 9 km の範囲にある。

### 2.3 地 形

ルサンドワ川の最上流部にあり，標高 9 2 0 m ，平坦で高低差 1 0 m 以内の粗い灌木林である。

### 2.4 気 候

平均気温 1 7 °C ，年間降水量 1,0 0 0 mm で，大部分が 1 1 月から 3 月にかけて降る。

### 2.5 地 質

プレカンブリア紀の閃長岩ないしモンゾニ岩よりなっている。

### 2.6 鉱 床

上記岩石中に胚胎した燐灰石鉱床で 2 種がある。

- (a) 石英を脈石とし塊状をなすもの ( 第 1 ， 第 2 鉱体 )
- (b) 角閃石・輝石を伴い扁平なもの ( 第 3 ， 第 4 鉱体 )

### 2.7 探 査 の 概 要

1 9 8 0 年以來，MINEX により地化学探査，物理探査，トレンチ掘削のほか，1 9 8 2 年 第 1 ， 第 2 および第 3 鉱体を対象とした 1 5 孔，計 8 0 5 m の試錐が行なわれた。今回の確認試錐は次表の通り実施した。

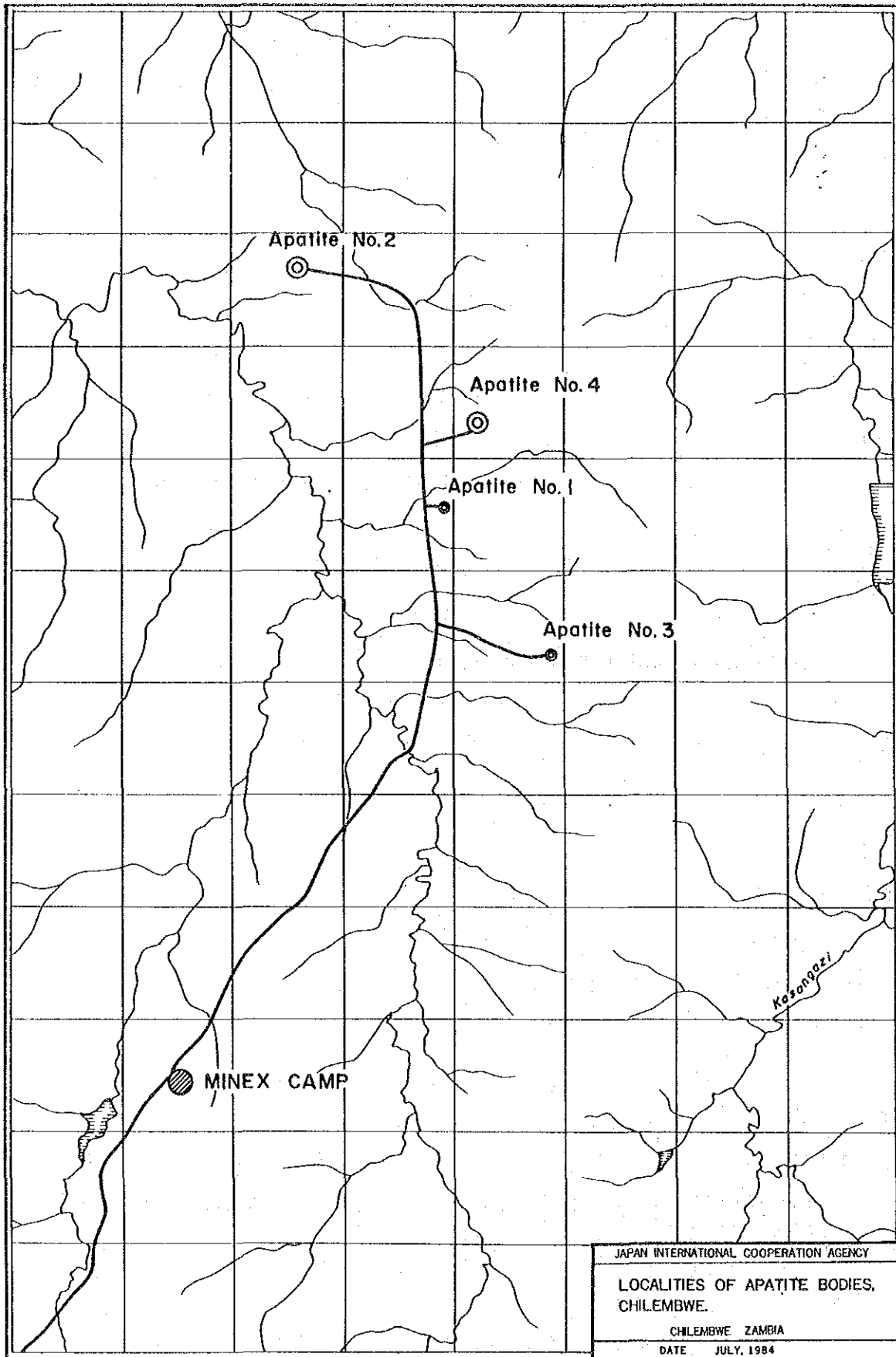


Fig. 2

	計 画		実 績	
	孔 数	延 長	孔 数	延 長
第2鉞体	6	360.0m	10	534.8m
第4鉞体	12	720.0	10	468.7
燐鉞床計	18	1,080.0	20	1,003.5

これによつて計上された鉞量は次の様である。

	鉞量 (1,000t)	品位 ( %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	含有量 (1,000t)
第2鉞体	1,421	12.1	172
第4鉞体	浅部	10.3	11
	深部	9.5	10
	小計	9.9	21
合 計	1,641	11.8	193

### 第 3 章 マグネシウム探査

#### 3.1 調査の目的

溶性燐肥には通常、蛇紋岩を副原料とするが、ドロマイトで置きかえる事が可能で、今回は存在を確認して、溶性燐肥と決った場合の本格調査にむけた資料を整える事を目的としている。

#### 3.2 調査の概要

予察と対象の選定はMINEXによって行なわれ、ルサカ・ドロマイト層中の、カユンドウ・ランチがとり上げられた。南緯  $15^{\circ}32'$ 、東経  $28^{\circ}31'$  にあり、標高  $1,300m$ 、ルサカ南東  $27km$  にある。今回の試錐は次の如く実施された。

対 象	計 画		実 績	
	孔 数	延 長	孔 数	延 長
ドロマイト	3	180.0 m	5	180.0 m

範囲は東西  $100m$ 、南北  $60m$  で、西側では厚さ  $6m$  程度、東側では  $22m$  と東に行く程厚くなっている。この範囲内だけに限定すると  $39\% MgCO_3$  で  $125,000t$  となるが、これは分布の一部にすぎず、結論としてドロマイトの存在を確認したという域を出ない。



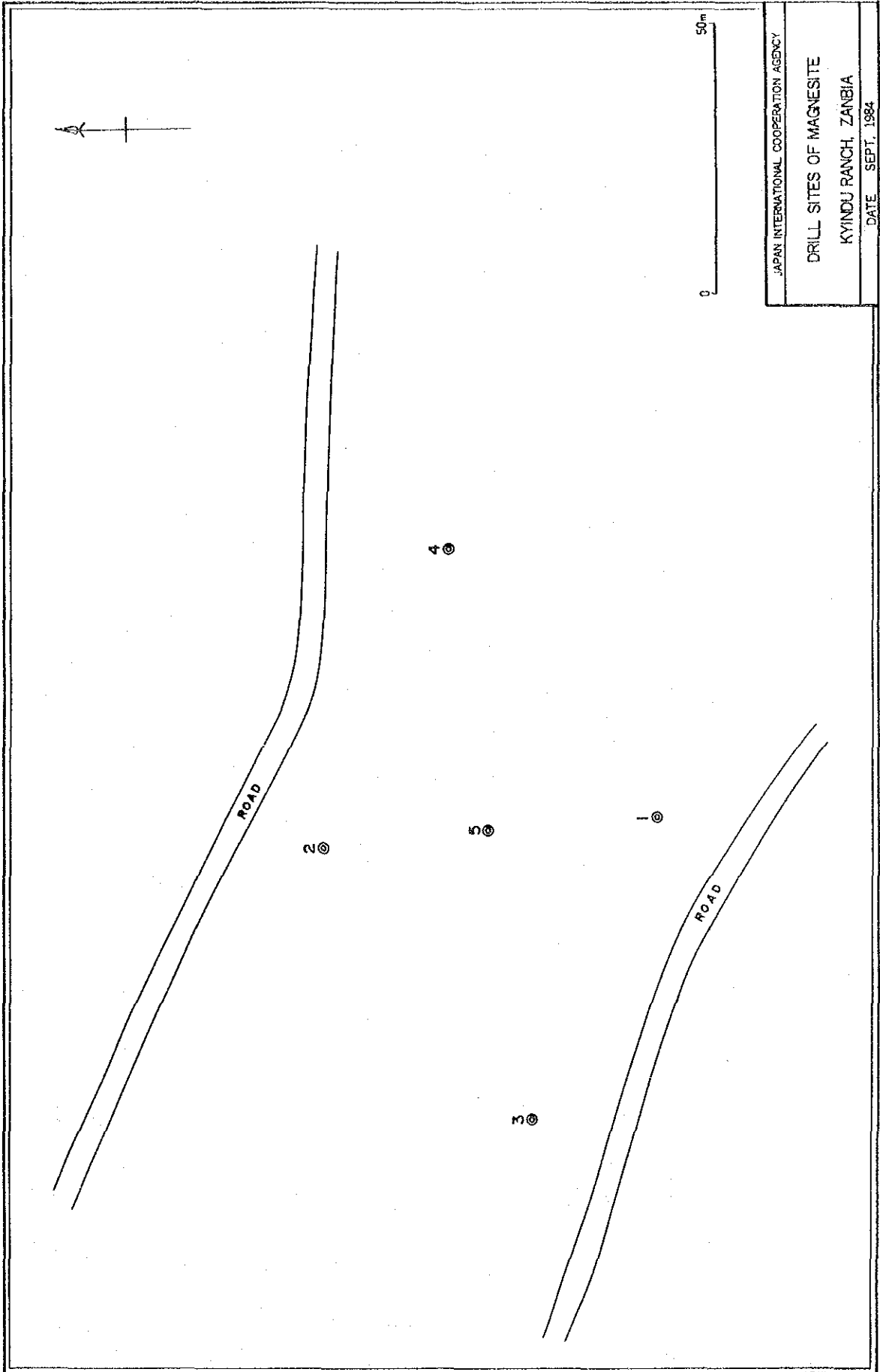


Fig. 3

**Table 3. Dolomite Intersections**

Hole No.	From m	To m	Run m	MgCO <sub>3</sub> %
1	3.75	11.17	7.42	35.85
2	6.25	15.55	9.30	36.67
3	4.00	10.28	6.28	30.18
4	0.00	21.90	21.90	41.37
5	3.00	19.00	16.00	40.25

## 第 4 章 選 鉱 試 験

### 4.1 供 試 試 料

選鉱試験用サンプルは、第 2,4 鉱体のトレンチから約 80kg を採取し、日本に送付、14メッシュ以下に粉砕し試験に供した。

### 4.2 鉱 物 試 験

X線回析の結果、燐の鉱石鉱物は、水酸燐灰石  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  と同定された。

精鉱の完全分析結果を下に示す。(%)

$\text{P}_2\text{O}_5$	T·Fe	$\text{Fe}^{2+}$	S	CaO	MgO	$\text{Al}_2\text{O}_3$
34.8	0.90	0.28	<0.01	48.3	0.93	0.74
$\text{SiO}_2$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$	F	Cl	
12.40	0.22	0.1	<0.01	0.78	0.80	

### 4.3 浮 遊 選 鉱

#### 4.3.1 捕収剤比較試験

5種類の捕収剤を試験した結果、スエーデン国、ケノグララード社製 リラフロート BS<sup>#</sup>130 が最も有効であった。

#### 4.3.2 浮選試験(小試験)

できるだけ粗粒の精鉱を得るために、種々の粗粒採取方式を試みたが、

- ① 28メッシュ以上の粒度のものは浮遊せず尾鉱中に残留し易い。
- ② スライム分は、フロスに“もたつき”現象を生じさせること。

等が判明した。

以上の予備試験の結果から、150メッシュ以下のスライム分を除去したのち、ロッドミルを使用して28メッシュ以下に磨鉱したものを浮選原鉱とする試験を実施した。

更に精鉱品位の上昇を目的として、粗選精鉱を精選する場合、再磨鉱の有無がどのような影響を与えるかを調べた。

結果を次表に示す。

総括浮選成績表

試験 No	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位 (%)				粗選採取率 (%)			
	給 鉍	粗精鉍	精選精鉍	尾 鉍	重 量	粗精鉍	精選精鉍	
再磨鉍しない場合	Z-1	21.31	33.51	34.56	8.49	51.3	80.6	80.0
	2	18.30	27.14	29.56	4.56	60.8	90.2	89.7
	3	12.87	28.08	30.16	1.89	41.9	91.5	91.1
	4	20.47	32.29	34.36	5.54	55.8	88.0	86.8
	5	20.11	33.40	34.72	5.53	52.3	86.9	85.2
	6	16.85	29.71	31.77	4.07	49.9	87.9	84.8
	7	18.23	33.30	35.01	10.12	35.0	63.9	63.4
	8	16.53	26.82	29.59	3.35	56.2	91.9	89.2
再磨鉍した場合	9	21.19	33.41	36.81	8.58	50.8	80.1	78.1
	10	18.48	28.28	36.96	4.36	59.0	90.3	87.2
	11	12.24	24.98	31.20	1.61	45.5	92.8	92.0
	12	20.59	33.65	38.81	7.26	50.5	82.6	79.6
	13	19.73	30.73	35.95	5.38	56.6	89.4	86.3
	14	17.18	30.14	34.42	3.73	50.9	86.1	87.5
	15	19.57	33.24	37.26	5.53	50.7	86.1	85.0
	16	17.89	30.11	37.13	3.54	54.0	90.0	88.0
参 考	F 201	21.56	29.82	—	5.31	66.3	91.7	—
	F 202	21.56	30.30	—	6.09	63.9	89.8	—

Z1&9 (No 2), 2&10 (No 4), 3&11 (Weathered), 4&12 (No 2.3:1No 4), 5&13 (No 2+10%W)  
6&14 (No 4+10%W), 7&15 (No 2+20%W), 8&16 (No 4+20%W), F 201&202 (8min.&5min. Grid)

上表の如く、再磨鉍を行った場合、精鉍品位は30%以上、通常35%に達する。たゞし再磨鉍は-150メッシュ以下の部分の量が約4%増加するという悪影響を伴うことに留意する必要がある。過度の磨鉍とならないようにしなければならない。

#### 4.3.3 中 試 験

4.3.2の試験は原鉍量600g/回という。実験室規模のものであったが、実操業にできるだけ近づけるため、中規模の試験を実施した。

第2鉍体と第4鉍体の混合資料(-14mesh), 27Kgをロッドミルで磨鉍したのち300×300mm FW浮選機(1区)に給鉍して得られた結果を次表に示す。

総 合 成 績

系 統	鉍 種	重 量 (g)	品 位 (%) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	含有量 (g)	採 取 率 (%)	
					W t	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
粗 選	給 鉍	23,877	17.55	4,191	88.4	89.9
	精 鉍	10,630	38.62	4,105	39.4	88.0
	尾 鉍	13,247	0.65	86	49.0	1.9
スライム 浮 選	給 鉍	3,123	15.15	473	11.6	10.1
	精 鉍	1,577	29.17	460	5.9	9.8
	尾 鉍	1,546	0.86	13	5.7	0.3
清 掃 選	給 鉍	13,247	0.65	86	49.0	1.9
	精 鉍	1,590	3.68	58	5.9	1.3
	尾 鉍	11,657	0.24	28	43.1	0.6
総 合	原 鉍	27,000	17.28	4,664	100.0	100.0
	精 鉍	13,797	33.51	4,623	51.2	99.1
	廃 石	13,203	0.32	42	48.8	0.9

上表にみられる如く、粗選精鉍として P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位 38.62% 採取率 88% の好成绩が得られた。

更に、スライム浮選と清掃浮選を追加した総合成績は、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 33.51% の精鉍が、採取率 99.1% で得られている。

4.4 予想選鉍成績

小試験及び中試験の結果、及び可採量計算に基づく予定出鉍品位を併せ考えると、予想される選鉍成績は次の如くなる。

	品 位 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	採 取 率	
		重 量	含有量
給 鉍	11.50	100	100
精 鉍	30.07	33.8	88.4
廃 石	2.01	66.2	11.6

この成績は、中間報告時のものにして採取率が約5%良くなっている。これは、前回報告時には、スライム中の燐は廃石としていたが、遺利の回収を計るためスライム浮選の導入が、中間試験の結果可能であるとの結論を得たためである。

## 第 5 章 採 鋇

生産量の決定に当っては、ザンビア共和国における年間  $P_2O_5$  必要量を 20,000T と推定した。この内約50%を当プロジェクトにより、生産することで計画した。

可採粗鋇品位	11.5%
選鋇採取率	88.4%
必要採掘量	$\frac{20,000^T \times 0.5}{0.884 \times 0.115} \doteq 98,400^T (378.5T/日)$

1日当り出鋇量を400T(260日操業)として、年間出鋇を104,000Tとして計画した。乾期末のマンクワラダム水量は225,000Tと少く、スケールメリットを追求するには、水量が不足である。

選鋇系統内での繰返し水量を最大限に生かすことによって、上記出鋇量を処理することとしている。

(詳細については、第6章選鋇、及び第7.2章用水の項参照)

### 5.1 採掘法

下記理由で露天採掘法を採用した。

- (1) 鋇体が地表付近に賦存する。
- (2) 最大深度が60mと浅い。
- (3) 研捨場がピット近くに得られる。
- (4) 剝土比が経済限界以内である。
- (5) 降雨は、雨期の短期間のみ集中する。

### 5.2 採鋇機械の選定

機械の種類、型式、サイズの選定及び必要台数の決定にあたっては、操業実績から決定した。

又、ピットスケール及び生産量より小型機械を選定した。

### 5.3 最終ピット設計(図5.1～図5.4参照)

下記の事項を基準として最終ピット設計を行った。

(1) 最終ビットスロープは岩盤安定解析のデータが不十分であることから、 $45^\circ$ を採用した。

しかしながら、剝土比の低減をはかり操業費を低下する為に操業過程で斜面安定解析を継続し、 $45^\circ$ より急傾斜とした採掘の可能性を追求する必要がある。

(2) ベンチ高さ及びベンチ傾斜は斜面安定、剝土比 $2.2\text{ m}^3$ ドーザーショベルの容量を勘案して、 $5\text{ m}$ 、 $70^\circ$ とした。

(3) 可採鉱量計算は表5.1に示す如く、第2鉱体および第4鉱体浅所部分を対象とするものとする。総可採鉱量は、 $1,551,000\text{ t}$ 、平均品位 $11.5\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、剝土比 $2.16$ である。

#### 5.4 採鉱計画

採鉱計画は次の3段階に分かれる。

- (1) 準備期 初期剝土
- (2) 第Ⅰ生産期 第2鉱体 $860\text{ m}$ 以上の採掘
- (3) 第Ⅱ生産期 第2鉱体及び第4鉱体の採掘

##### (1) 初期剝土

表土を剝土する期間は、雨期をさけることより1年度より開始し、1年間で完了させ6ヶ月の鉱石を露出させる。剝土量は、初期投資を最小とし、以降の剝土比を均一化することで決定した。

剝土量は $124,000\text{ m}^3$  ( $350,670\text{ t}$ )であり、 $52,000\text{ t}$ の鉱石を含んでいる。

- (2) 第Ⅰ生産期 5年間で予定し、平均品位 $11.5\%$ 、剝土比 $2.1$ である。
- (3) 第Ⅱ生産期 10年間で予定し、平均品位 $11.5\%$ 、剝土比 $1.95$  (8～15年目 $2.1$ 、剝土比 $1.95$  (8～15年目 $2.1$ 、16年目 $1.83$ 、17年目 $0.27$ )である。

現在迄の採鉱データから、第1、第3鉱体、第4鉱体深部の鉱体の存在が確認されている。しかしながらデータが不足であり、これらの鉱体については、当プロジェクトには入っていない。

第1鉱体は剝土比を考えると、ある一定の深さ迄は採掘対象となりうる。又、第3鉱体は巾が狭く、かつ、ダイク状を示しているが高品位である。したがって、品位調整用として上部のみを選鉱にかける可能性を有する。

これらの鉱体は、第2鉱体の採掘過程での斜面安定解析結果によっては、採掘対象となり





Table 5.1 Minable Ore Reserve (No 2 and No 4 shallow Deposits)

( ) Ore grade %

Block	Level	Surface												
		~885L	~880	~875	~870	~865	~860	~855	~850	~845	~840	~835	~830	Total
DDH 6		(17.8)	(12.9)	(7.3)	(9.4)	(15.2)	(13.2)	(13.2)	(13.2)					(13.2)
		23,410	13,770	13,770	13,770	13,770	13,770	13,770	13,770					119,800
DDH 7		(9.7)	(9.4)	(2.7)	(17.1)	(11.4)	(11.4)	(8.6)	(6.7)	(5.3)				(9.2)
		22,630	12,570	12,570	12,570	12,570	12,570	12,570	12,570	12,570				123,190
DDH 9		(13.0)	(11.1)	(16.2)	(19.3)	(13.3)	(12.4)	(20.0)	(14.8)	(11.8)	(7.7)	(9.5)	(10.0)	(13.2)
		41,180	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	25,740	324,320
DDH 11			(11.9)	(8.6)	(8.5)	(5.3)	(11.9)	(8.0)	(11.1)	(9.3)	(9.3)			(9.3)
			15,330	15,480	15,480	15,480	15,480	15,480	15,480	15,480	6,190			129,880
DDH 12					(8.0)	(8.0)	(8.0)							(8.0)
					5,700	5,700	6,040							17,440
II 2			(16.2)	(9.5)	(8.0)	(15.6)					(5.3)			(11.2)
			8,400	16,470	16,470	16,470					5,280			63,090
II 4						(7.0)								(7.0)
						14,880								14,880
II 5			(20.0)	(9.9)	(14.0)	(7.8)	(2.9)	(5.0)	(29.1)	(27.1)	(24.4)	(21.3)	(25.4)	(16.9)
			7,940	19,370	19,370	19,370	19,370	19,370	19,370	19,370	19,370	19,370	21,300	203,570
II 6			(13.2)	(7.2)	(12.6)	(11.9)	(8.8)							(10.6)
			15,780	23,420	23,420	23,420	23,420							109,460
II 7		(16.8)	(7.3)	(8.8)	(15.3)	(14.2)	(9.4)	(13.5)	(10.0)	(16.6)	(12.9)			(12.3)
		9,800	13,880	13,880	13,880	13,880	13,880	13,880	13,880	13,880	13,880			134,720
II 8					(9.6)	(4.8)	(5.1)	(10.6)	(6.4)					(7.3)
					38,130	38,130	38,130	38,130	38,130					190,650
II 10								(5.7)						(5.7)
								11,720						11,720
IV (No 4 Orebody)		(10.0)												(10.0)
		108,260												108,260
Total		(11.8)	(12.1)	(9.4)	(12.4)	(10.0)	(7.9)	(11.2)	(12.7)	(14.6)	(13.3)	(14.6)	(17.0)	(11.5)
		205,280	113,410	140,700	184,530	199,410	168,400	150,660	138,940	87,040	70,460	45,110	47,040	1,550,980T



うる。

## 5.5 操業計画

選鉱に安定した品位鉱量を供給するためには、ベンチ数を増し、品位コントロールを行う必要がある。しかしながら、これには剥土量が大きくなり、初期投資、操業費が大きくなることから、この点を勘案し、3ベンチのみを同時稼行することとした。

又、雨期間の操業不能日(年間30日)に備えて、あらかじめストックヤードに貯鉱することで処理する。

鉱石部分の発破は3日に1回とし、他日は剥岩作業を行い、1日当り400tの粗鉱を生産することとした。

穿孔； 油圧式クローラードリルにつて102mm径の発破孔を掘さく、穿孔パターンは2.35m×3.0mとし、2列穿孔を行う。穿孔は5.71m(サブドリリング0.71mを含む)である。

発破； 使用爆薬はANFOを主体とし、水孔についてはダイナマイトあるいはスラリー爆薬を使用する。

爆薬係数は、2次破碎を含め267g/tとした。

積込； 起砕鉱石及び研は、主として2.2<sup>m</sup>ドザーショベルにてダンプトラックに積込む。

起砕鉱石は、バックホーに装着したブレーカにより400mm以下に破碎し、選鉱に送る。

運搬； 20tリアーダンプトラックにて鉱石は、1次クラッシャープラント、研は、研捨場に運搬する。

運搬路の整備がトラックの維持、タイヤコストの低減をはかる重要ファクターである為、道路整備用として、グレーダー、ブルドーザー、散水車を使用する。

ビット排水； 鉱山地域の降水量は、約1,000mm/年であり、雨期3ヶ月に集中する。初期剥土プレストリップング期は、ビット部分の水は、自然排水を行う。しかし、885m以下はポンプアップが必要であり、ポンプをビット底に設ける。

品質管理； 品位管理が鉱山で最も重要な事項である。研と鉱石の種分け、それぞれのベンチ鉱石品位を明確にする為、穿孔繰紛を前もって分析し、このデータによって実操業の日々の品位管理を行う。

サービス  
車 輜 ; 重機類のメンテナンス, 測量, 監督等操業をスムーズにする為に, サービス  
トラックとピックアップを配置する。

#### 付 帯 設 備

火薬庫 ; 爆薬及び火工品 6 ヶ月分を貯蔵する火薬庫及び火工品庫を作る。

ビット  
ショップ ; 採鉱関係重機類の修理工場を作る。



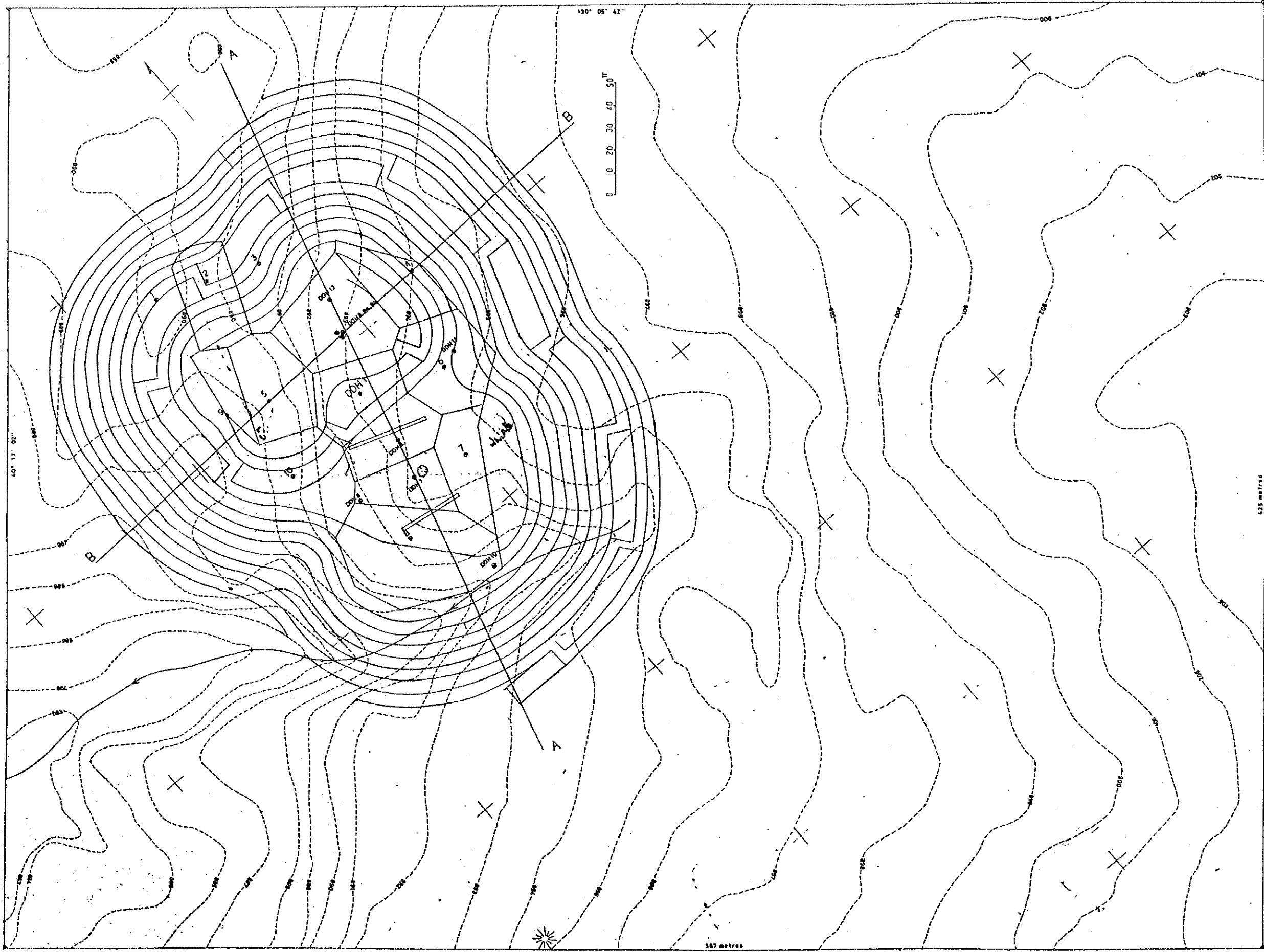
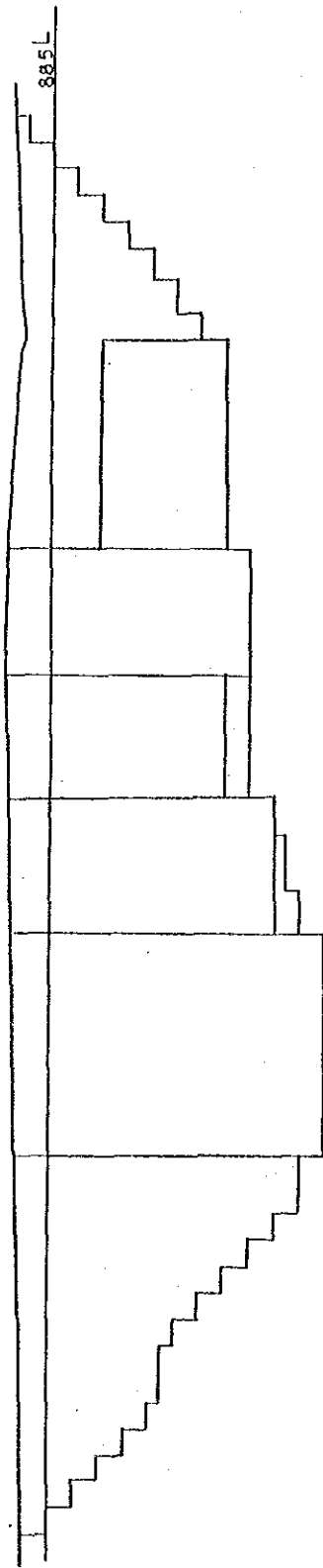


Fig. 5.1 Final Pit Design for No. 2 Orebody. (1)

A—A SECTION



B—B SECTION

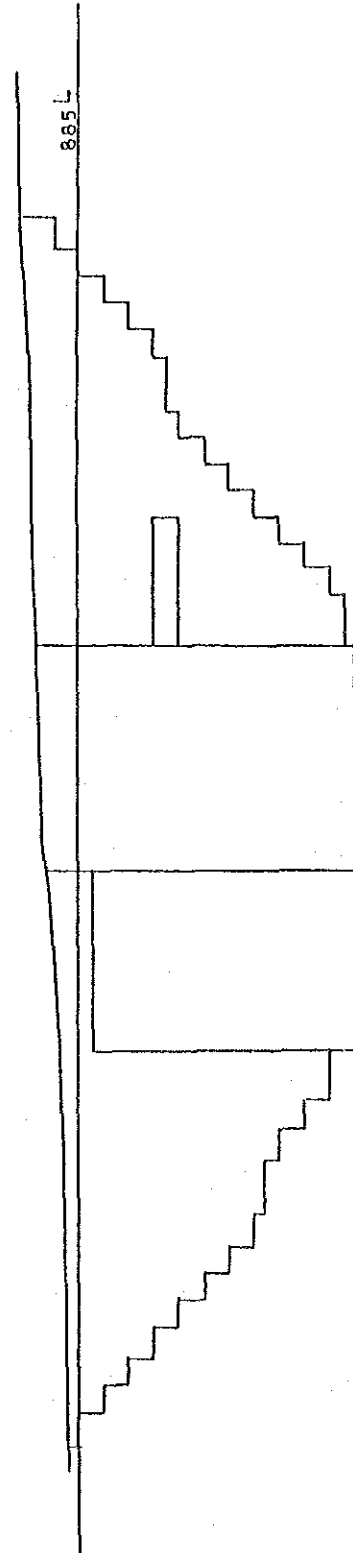


Fig. 5.2 Final Pit Design for №2 Orebody (2)





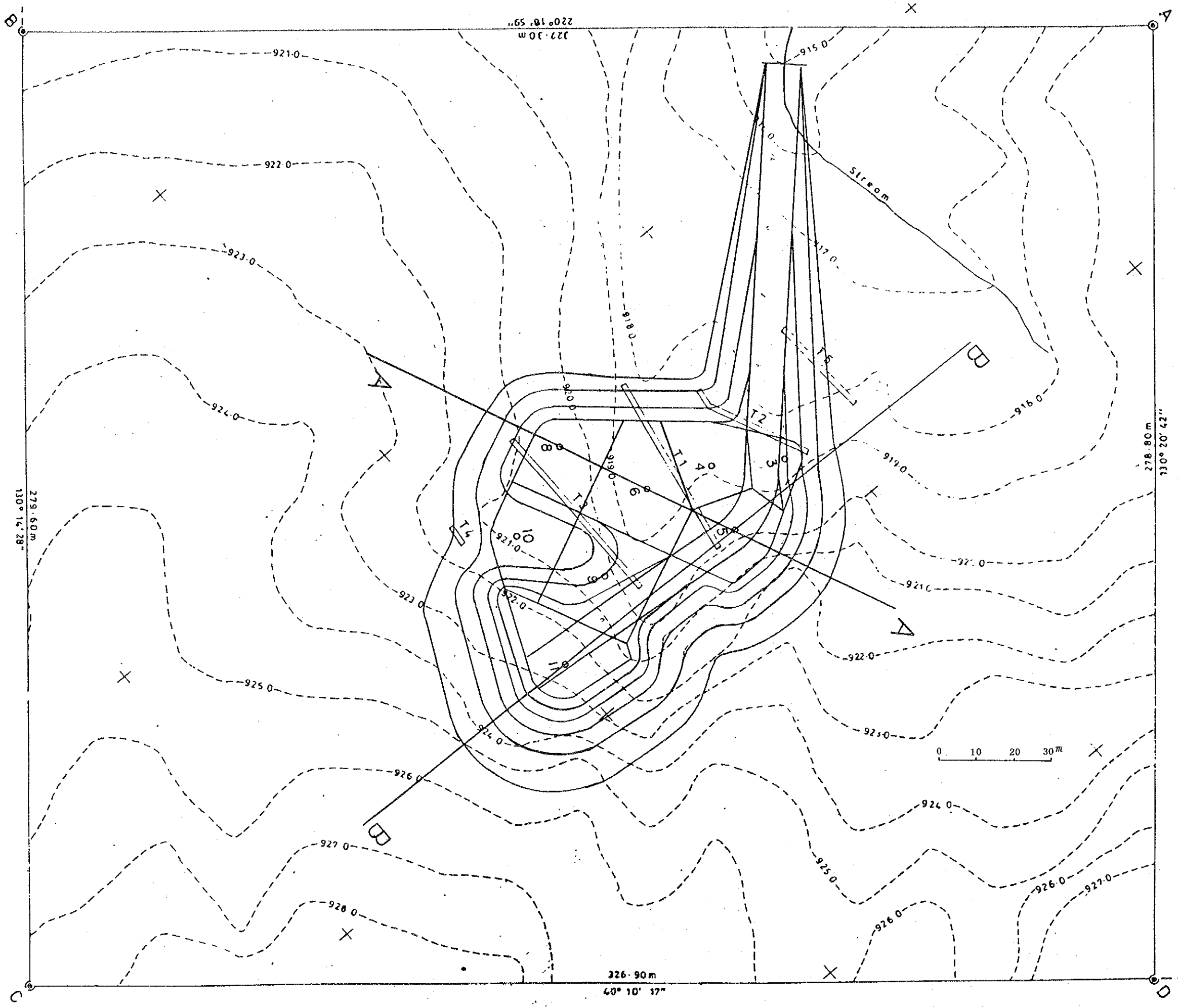


Fig. 5.3 Final Pit Design for No. 4 Shallow Orebody. (1)



A-A SECTION



B-B SECTION

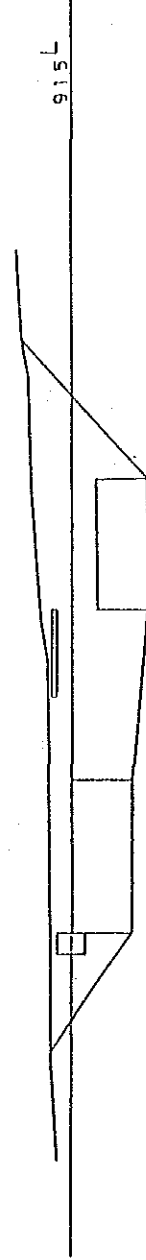


Fig. 5.4 Final Pit Design for No. 4 Shallow Orebody (2)

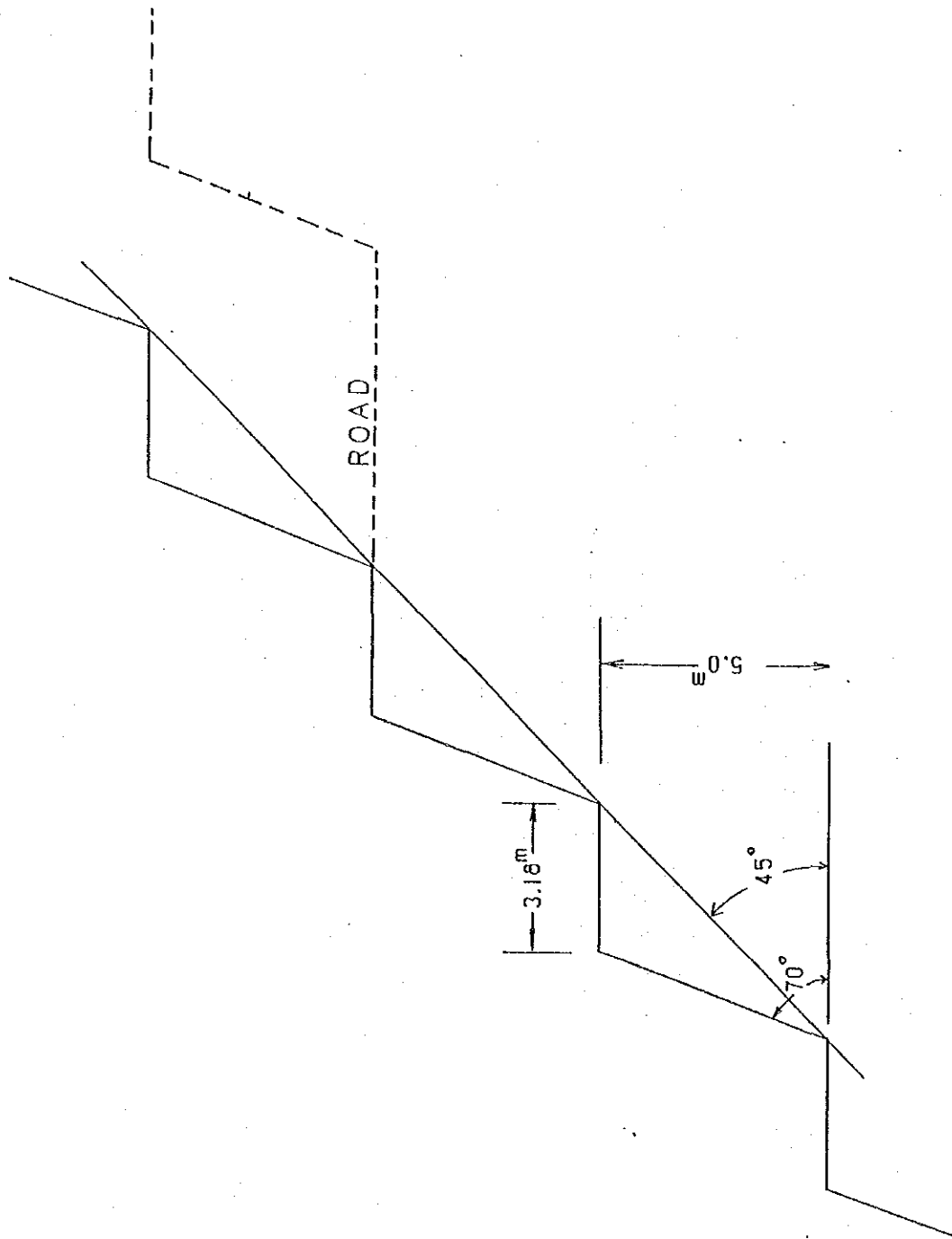


Fig. 5.5 Final Bench Slope

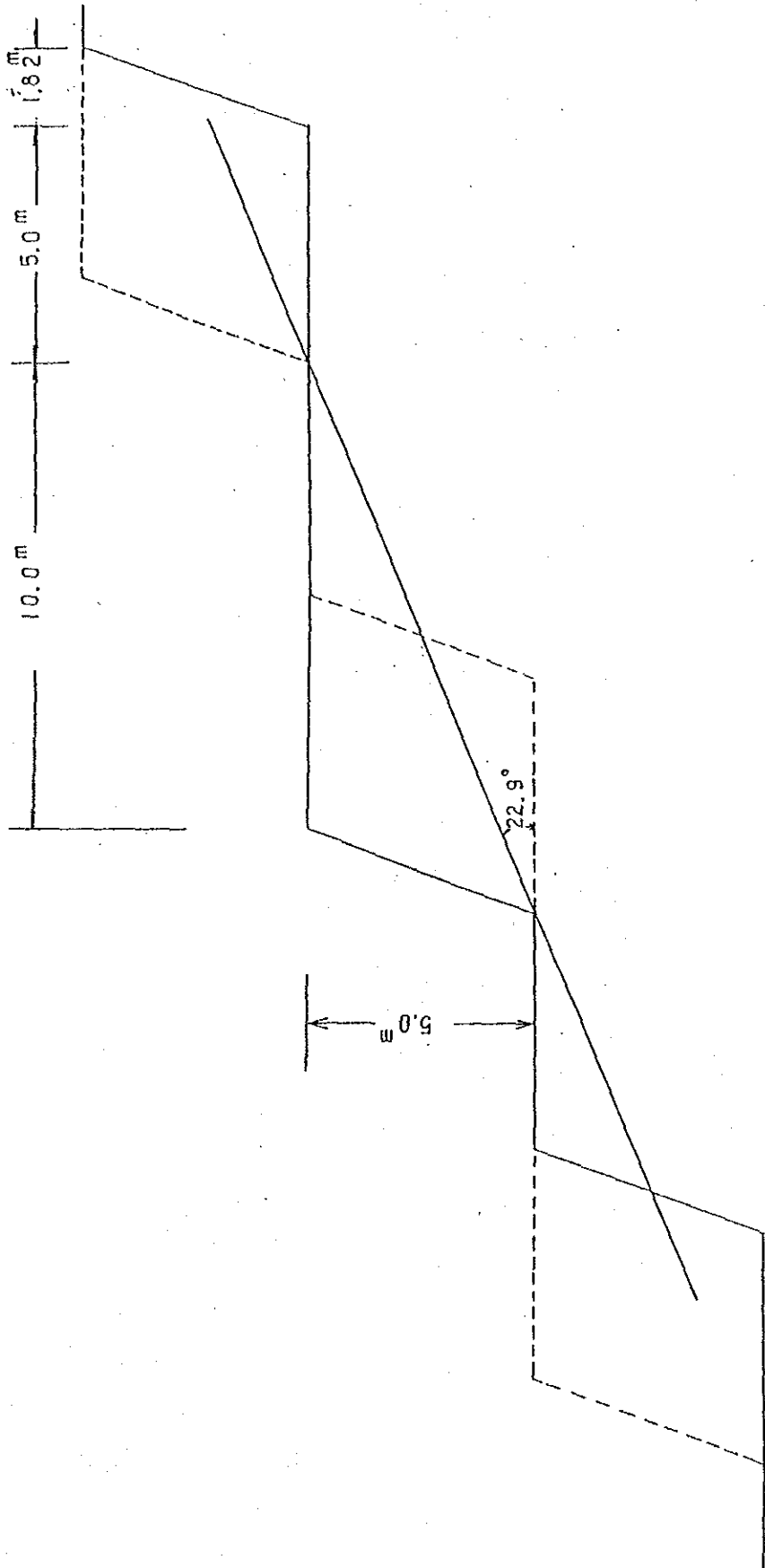


Fig. 5.6 Working Bench Slope

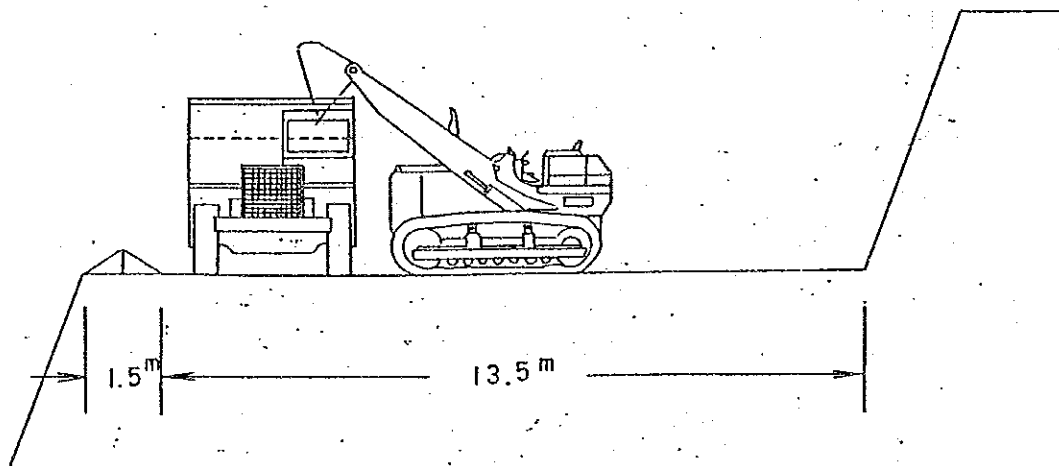
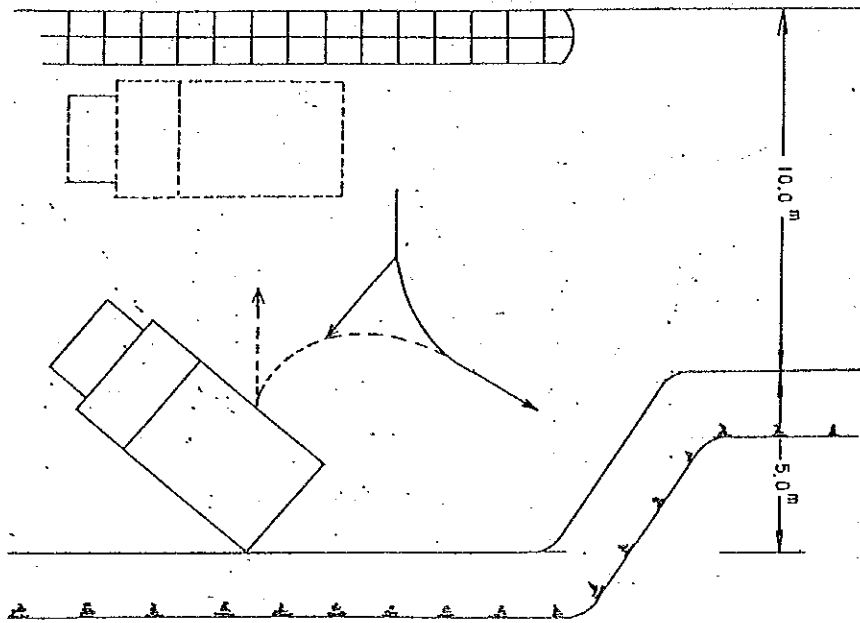


Fig. 5.7 Relationship of Equipment Size, Benchspacing and Operating Room for 20 ton Truck and 2.2 cu.m Dozer Shovel

## 第 6 章 選 鉱

### 6.1 概 要

選鉱場は年間104,000<sup>t</sup>処理，年間操業日数を290日とし全泥単一浮選により， $P_2O_5$ 精鉱を回収することを基本として設計した。

工場の処理能力は，修理などによる休転を考慮して，1日当り最大400tとした。

雨期に採掘不能期間があり，採鉱の操業日数が年間260日となるので，この日数差は，採鉱場と選鉱場の間にストックパイルを設けて調整する。

選鉱工程では，水洗設備を設けて浮選に悪影響を及ぼす1次スライムを除去すること，及び操業費低減のため高濃度で浮選することを留意して設計した。又この地域は用水の確保が困難なため，繰返し用水の割合を大きくする様設計した。

工場の位置は，地形，地盤，風向，最終ピットの位置，堆積場の位置などを考慮して，ピットの南方400m地点とした。

### 6.2 設計の基準

選鉱試験の結果から，浮選濃度およびスライム除去に留意し，又起業費，操業費の低減をはかり，かつ運転し易い工場とするため，以下の事項を設計の基本とした。

- (1) プロセスは出来る限り単純化する。
- (2) 必要箇所の計装を行う。
- (3) 工場の構造は出来るだけ簡素化し，かつ機器のレイアウトは，保守，管理の面から出来るだけ能率的なものとする。
- (4) 機械，設備の易操作性に留意する。

### 6.3 選 鉱 工 程

#### 6.3.1 1 次 破 碎

粗鉱は，ダンプトラックで1次破碎場まで運搬される。これをグリズリーフィーダーで篩別けし，網上を1次クラッシャー破碎し，網下と共に破碎鉱舎へ運ぶ。

#### 6.3.2 2.3 次 破 碎

破碎鉱舎から抜き出した鉱石は，2次スクリーン(60mm目)で篩別け，網上は2次クラッシャーで破碎して3次スクリーンに給鉱する。網下は，2床式水洗スクリーン(15mm



目及び5mm目)に給鉱して水洗する。このスクリーンの+15mm鉱は、3次スクリーンに給鉱する。-15mm~+5mm鉱は磨鉱々舎へ運ぶ。-5mm鉱はスパイラル分級機に給鉱し、この掻上サンドは磨鉱々舎へ運び、分級機オーバーフローは、浮選工程へ流送する。

3次スクリーンと3次クラッシャーは閉回路で破碎し、この網下は磨鉱々舎へ運ぶ。

### 6.3.3 磨 鉱

磨鉱は、ボールミルとスパイラル分級機の閉回路粉碎で粉碎する。

磨鉱産物の80%通過サイズは0.3mmであり、濃度は50%を目標とする。

### 6.3.4 浮 選

浮選系統は、粗選、清掃、精選及びスライム浮選である。

磨鉱産物の浮選は、粗選しその精鉱を精選する。粗選尾鉱はサイクロンで分級し、アンダーフローを清掃選に給鉱し、粗選で品位の低下したオーバーフローは廃石する。又この分級によって、清掃選の給鉱濃度が上昇するため、試薬添加量を減少させることができる。

破碎系統から送られてきた水洗スライムはサイクロンにかけ、アンダーフローをスライム浮選に給鉱し採鉱し採取率の向上をはかった。オーバーフローは、粘土分を含み精鉱品位の低下等の悪影響を与えるため廃石とする。

### 6.3.5 濃縮・脱水

最終精鉱はシックナーで濃縮後、フィルターで脱水する。フィルターケーキは精鉱ヤードに貯鉱し、ショベルローダーでトラックに積込み、秤量した後運搬する。

### 6.3.6 廃 滓 処 理

高濃度で粗粒の清掃選尾鉱は一定流量とするため単独で廃滓ダムに流送し、微粒で流量変動の大きいサイクロンオーバーフロー及びシックナーオーバーフローは別のポンプでダムへ流送する。

## 6.4 鉱量・品位管理

採鉱からの受入鉱量は、1次破碎の給鉱コンベヤーのメリックスケールと鉱舎残鉱から算出する。

精鉱産出量は、トラックスケール及びヤードの残鉱から算出し、廃石量は逆算で求める。

品位は、最終精鉱と最終廃石をサンプリングして品位を求め、原鉱品位は逆算で求める。

## 6.5 選 鉱 用 水

選鉱用水は用水ダムから取水した新水と、廃滓ダムから回収した繰返し用水である。水の少ない地域であるため、繰返し用水の割合を出来る限り大きくした。

廃滓ダムから用水を回収する理由は、①微粒の沈降速度が小さく、シックナーで回収すると非常に大きな設備になる。②ダムに滞留している間に、吸着、分解等で用水中の選鉱剤が減少し浮選への影響が小さくなる。③ダムが比較的選鉱場に近い。ためである。

## 6.6 試 薬

浮選試薬は苛性ソーダ、リラフロート、水ガラスを使用する。苛性ソーダはコンディショナーに添加し、PHメーターで自動制御する。その他の試薬は、浮選場に隣接する試薬室で調整し、定量ポンプを遠隔操作により浮選系へ添加する。

## 6.7 計 装

選鉱場の計装は、必要な個所の監視、指示、記録を行う。

- ① 各鉱舎から抜き出し量測定のための秤量計
- ② 水洗及び磨鉱の水量測定のための流量計
- ③ 浮選工程の鉱液PH測定のためのPH計
- ④ 磨鉱産物の濃度測定のための濃度計

## 6.8 そ の 他

その他の設備として、集じん器、サンプラー、天井走行クレーン、資材置場、事務室等を設置する。

## 6.9 分析・試験室

工場建屋外に設置し、選鉱以外に他の部門でも利用する。

表 6.1 機械明細表

寸法 mm

No	名 称	寸法又は能力	台 数	kw	備 考
1	受入ホッパー	50 t	1		
2	グリズリーフィーダー	900×2400	1	7.5	100 mm 目
3	1次フラッシュャー	900×600	1	55	シングルトッグル
4	ベルトコンベヤー	600	1	11	
5	鉢 舎	300 t	1		
6	エプロンフィーダー	900×3,000	1	2.2	
7	ベルトコンベヤー	400	1	3.7	
8	2次スクリーン	900×1,800	1	5.5	60 mm 目
9	2次クラッシュャー	760×300	1	37	シングルトッグル
10	ベルトコンベヤー	400	3	7.4	
11	3次スクリーン	1200×2400	1	7.5	15 mm 目
12	3次クラッシュャー	900φ	1	55	コーンクラッシュャー
13	ベルトコンベヤー	400	2	3.7	
14	ベルトコンベヤー	400	3	5.2	
15	水洗スクリーン	1200×2400	1	7.5	15 mm, 5 mm 2段
16	分 級 機	600φ×4500	1	2.2	スパイラル
17	ベルトコンベヤー	400	1	1.5	
18	ベルトコンベヤー	400	1	1.5	
19	ベルトコンベヤー	400	1	5.5	
20	鉢 舎	400 t	1		
21	ベルトフィーダー	400	1	1.5	
22	ベルトコンベヤー	400	1	2.2	
23	ボ ー ル ミ ル	2400×1800	1	150	
24	分 級 機	1050φ×6800	1	3.7	スパイラル

No	名 称	寸法又は能力	台 数	kw	備 考
25	ボ ン プ	3/2 W. P	2	3.7/台	
26	コンディショナー	2000 <sup>φ</sup> ×2000	2	5.5/台	
27	粗 選 機	#24FW	8	11/区	
28	ボ ン プ	3/2 W. P	2	5.5/台	
29	サイクロン	200φ	2		
30	清 掃 機	#24FW	6	11/区	
31	ボ ン プ	3/2 W. P	2	2.2/台	
32	精 選 機	#24FW	8	11/区	
33	ボ ン プ	3/2 W. P	2	3.7/台	
34	ボ ン プ	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	2.2/台	
35	シ ッ ク ナ ー	10mφ	1	15+0.4	
36	ボ ン プ	3/2 W. P	2	5.5/台	
37	サイクロン	200φ	2		
38	コンディショナー	2000 <sup>φ</sup> ×2000	1	3.7	
39	スライム浮選機	#21FW	6	3.7×6	
40	ボ ン プ	3/2 W. P	2	3.7	
41	フ ィ ル タ ー	2400×3600	1	2.2+5.5	ブローア、真空ポンプ、汚液ポンプ、附属 5.5      4.5      1.5
42	精 鉱 ヤ ード	600 t	1		
43	ボ ン プ	3/2 W. P×2	4	22/台	2台シリーズ
44	ボ ン プ	3/2 W. P	2	15/台	

Fig. 6.1(1) FLOW SHEET (Crushing)

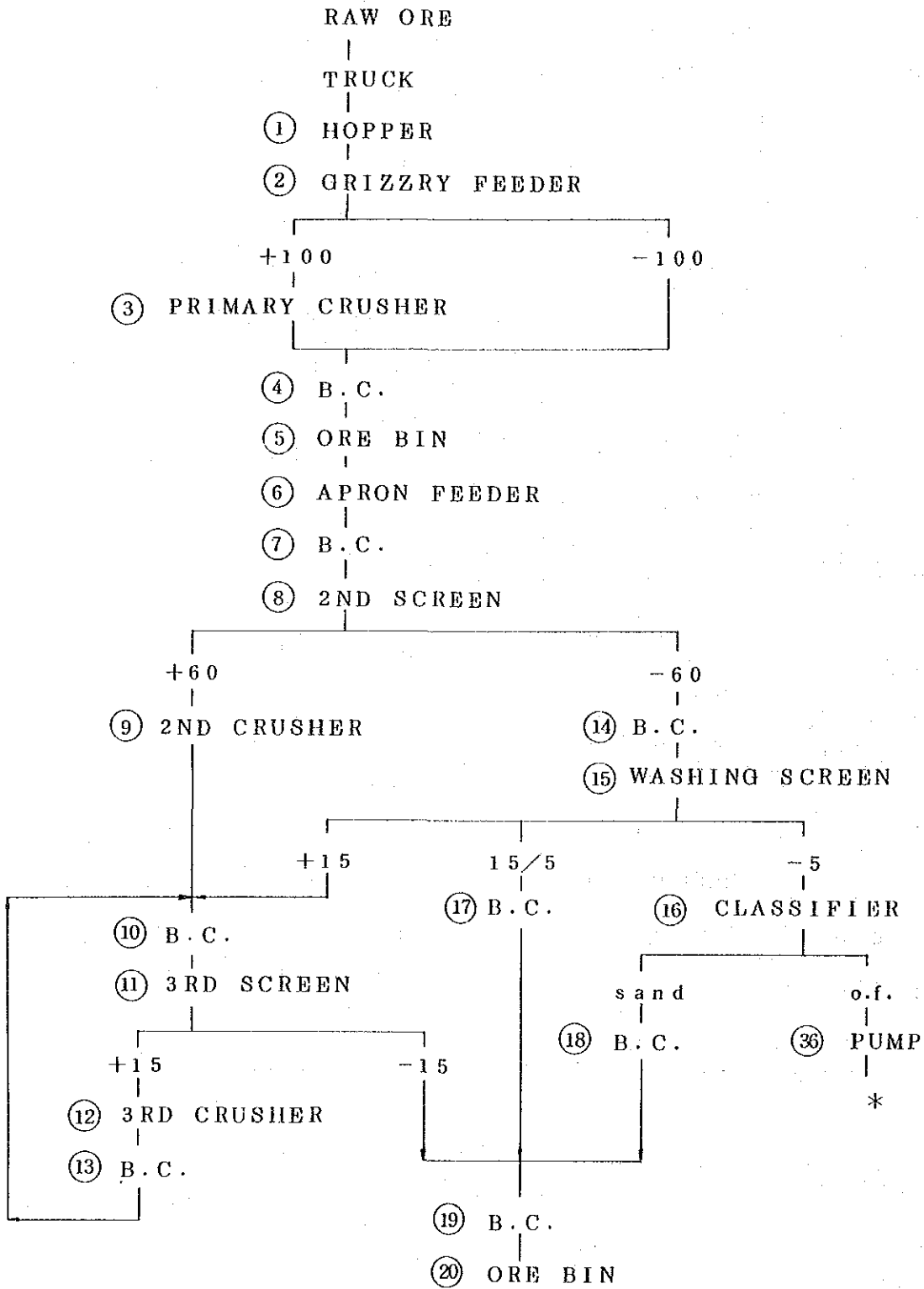
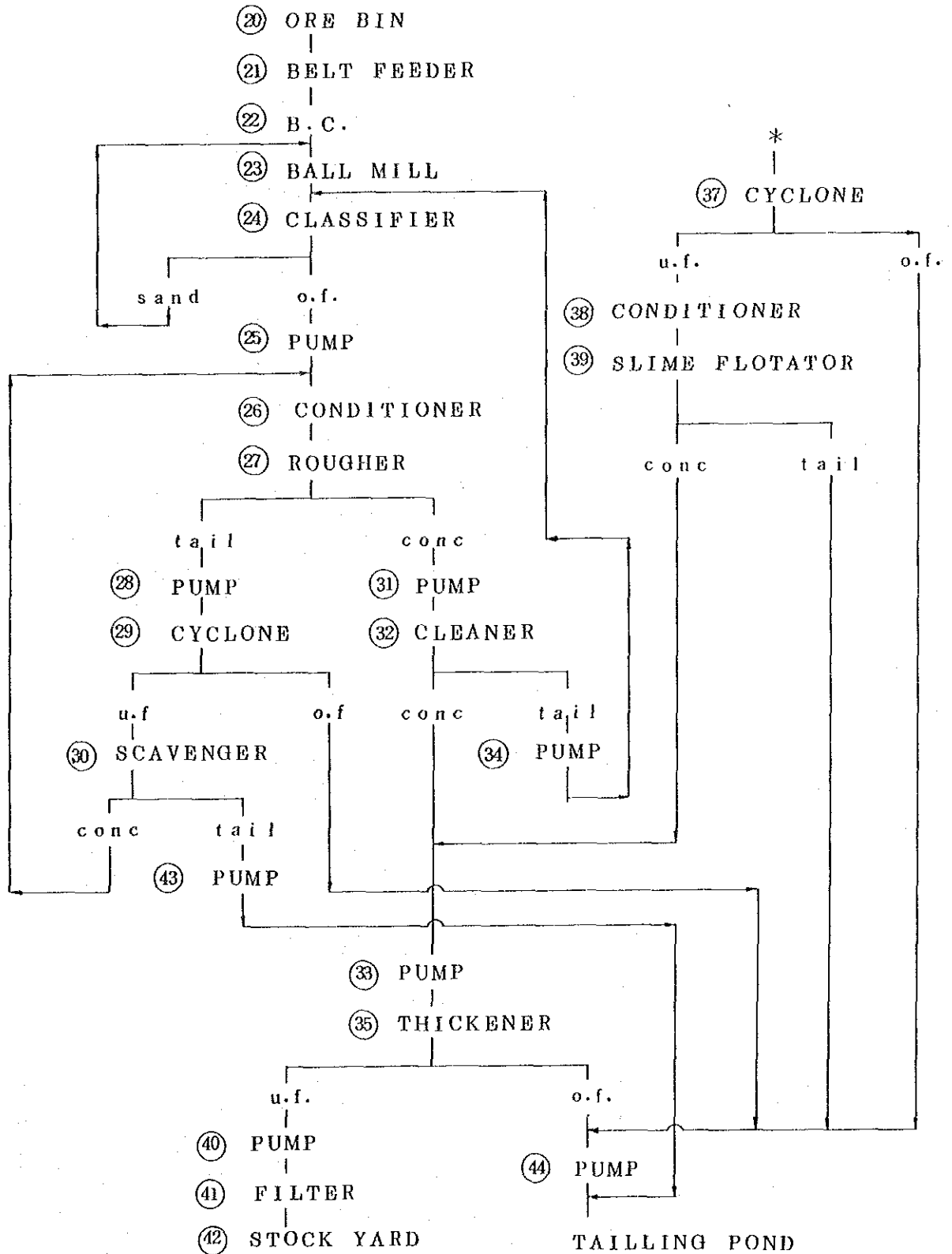


Fig. 6.1(2) FLOW SHEET (Grinding and Flotation)





## 第 7 章 補 助 部 門

### 7.1 電 力

#### 7.1.1 概 要

電力使用箇所は、採鉱、選鉱場などの生産設備、並びに福利施設のある鉱山地域と約 8 km離れた工業用水源のマンクワラダムの 2ヶ所に分れる。マンクワラダムへの送電は、山元の変電所より分岐する。自家発電は、コスト高となるため、対象としなかった。

#### 7.1.2 受 電 設 備

山元より約 40 km離れた電力会社 (ZESCO) カテテ変電所より 33 KVで、山元まで送電線を布設する。

この送電線の維持管理は布設後、ZESCOにより行なわれる。

#### 7.1.3 配 電

- (1) 需要電力 最大需要電力 790KW  
最大負荷 900KVA  
年間需要電力量 3,317,800KWH

で、その 85%が、選鉱場で使用される。

- (2) 使用電圧 カテテ変電所より山元変電所間は 33 KV送電線で結び、変電所にて 6600, 440, 220V に降圧し、各需要端に配電する。

また、マンクワラダム及び社宅地区へは 6600Vで送電、各需要端のトランスで降圧使用する。

- (3) 非常用電源 設備容量が小さく、かつ停電による機械類への影響はないので、非常用電源はもうけない。

#### 7.1.4 買 電 単 価

ザンビア電力会社のタリフにより算出 (1983年5月1日付)

0.015 US\$/kWh (税込単位:税率 12.5%)

年間電気料金 50,900 US\$/年

### 7.2 用水供給設備

#### 7.2.1 概 要

本設備は、工業用水および生活用水を供給するもので、取水、送水、浄水、配水の各設



備によって構成される。

#### 7.2.2 需要量(図7.2.1 用水量フローシート参照)

鉱山全体の1日当り総使用水量は、 $1,820m^3$ であるが、工業用水の一部は繰返し使用するの、必要新水量は1日当り $855m^3$ である。

##### (1) 工業用水

鉱山全体の必要工業用量は $1,700m^3$ で、このうち98%が選鉱場で使用される。

取水源であるマンクワラダムの容量が充分でないため、必要量の57%を場内で繰返し使用する。

したがって、必要新水量は1日当り $735m^3$ となる。

##### (2) 生活用水

1日当り必要量は $120m^3$ で、このうち83%が住宅地区で消費される。

住宅地区の人口は、家族を含め約500名と推定され1人1日最大給水量は $200\ell$ と設定した。

#### 7.2.3 供給方法, 設備

##### (1) 水源 (図7.2.2 配管管路図参照)

用水不足の折、堤内容量の多いことで他候補地より絶対的優位にある、マンクワラダムを取水源としたが、乾期末期の蒸発等による水位低下はまぬがれないため、操業用水は選鉱場内の用水タンク( $1,000m^3$ )に貯水し、最小必要量を選鉱系統内で繰返し使用することにより、まかなえる計画とした。

##### (2) 取水設備

取水点である堤内上流部にて、水中ポンプにより取水し、近傍の用水ポンプ場まで導水する。

##### (3) 送水設備

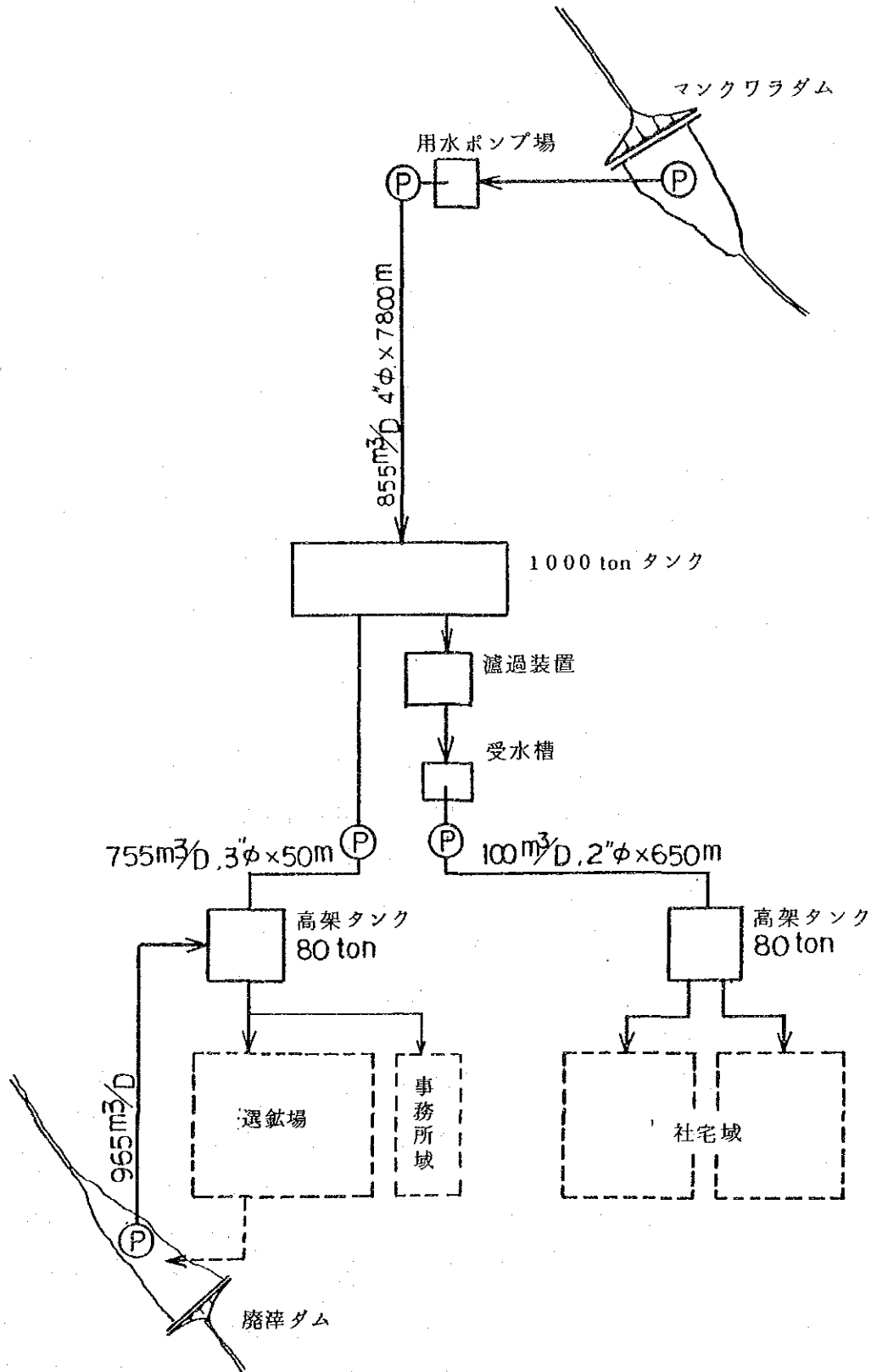
用水ポンプ室から選鉱場内の用水タンク( $1,000m^3$ )まで $7,800m$ を4"φ鋼管にて送水し、浄水設備を経て工業用水は近接の $80m^3$ 高架タンクまで、生活用水は滅菌処理後、 $650m$ 離れた住宅地区内の $80m^3$ 高架タンクまで各々ポンプ揚水する。

##### (4) 浄水設備

砂と砂利を濾材としたコンクリート製の緩速濾過槽を、 $1000m^3$ タンクに隣接して設置する。

生活用水系は濾過後、さらに受水槽にて塩素滅菌処理を行なう。

図7.2.1 用水量フローシート



## (6) 配水設備

配水は、工業用水系と社宅域を主とする生活用水系の2系列とし、各々の専用高架タンクより3"φ鋼管にて自然流下により配水する。

## 7.3 道路工事

### 7.3.1 進入道路（図7.3 進入道路図参照）

国道から山元までの既設道路（巾3.2m、延長3.5km）は、ほぼ地形上の尾根線を通っていること、および最大勾配1.2%程度であることから一部の区間（2km）を除いては、現ルートを補強、拡幅するものとする。

道路規格は、有効幅員5m、砂利敷舗装の1車線とし、200m毎に離合帯を設ける。

### 7.3.2 構内道路

事務所、ピット、選鉱場、火薬庫、堆積場等を結ぶ巾員5mの砂利敷道路を建設する。

総延長 2,500m

### 7.3.3 用水設備道路

取水源となるマンクワラダムまでの進入路および操業期の巡回路として、巾員3mの砂利敷道路4,500mを建設する。

## 7.4 堆積場

当堆積場は、選鉱場から排出される廃さいを沈降堆積させ、放流水の浄化処理を計ることを目的とする他、選鉱用水不足分を補うための貯水ダムとしても併用し、シックナーの機能を持たせるものでもある。

### 7.4.1 位置の選定

堆積場の位置は、選鉱場近傍数箇所が候補に上ったが、次の理由によりルワング河谷あいの選鉱場南西600mの地点に建設することとした。

- (1) 堆積容量が極めて大きく、操業期間の使用に耐える。
- (2) 選鉱場からの距離が最も近く、また高低差も少ないため、パイプ流送および用水返送が容易である。
- (3) 予定地内および付近から適当な築堤材料が得られる。
- (4) 基礎地盤が堅固なため、安定性および貯水性が充分期待できる。

#### 7.4.2 地形および流域

比較的深い谷あいでは、巾7～8m、深さ5m程度の明瞭な流路を形成しており、その流域は80.6km<sup>2</sup>の広範囲におよぶものである。

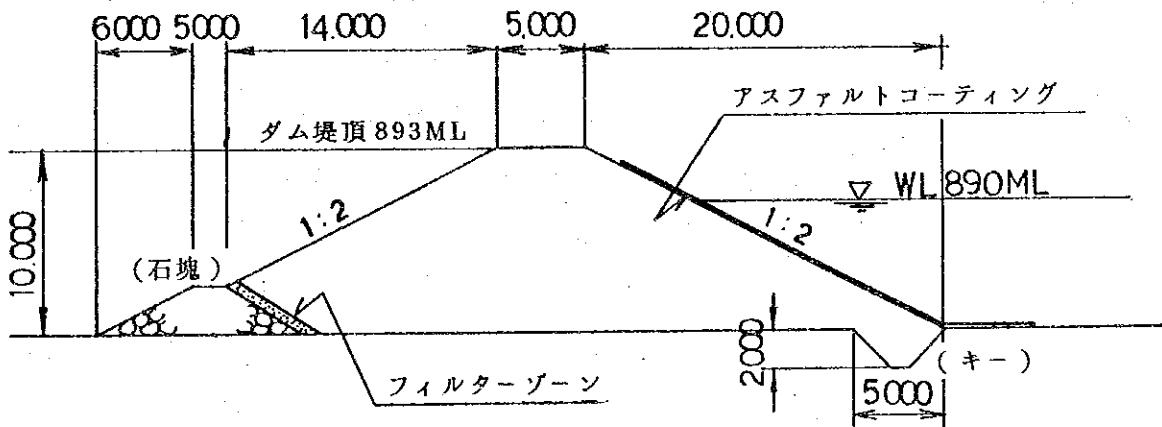
#### 7.4.3 堆積場の型式

当谷あいを締切る一方囲いタイプの均一型アースフィルダムで、これによって出来る大型 Pond 上流端にスラリーを放泥し、890ML まで廃さいを堆積する。

なお内法面にはアスファルトコーティングによる遮水層を施し、より良い貯水効果を期する。

廃滓ダム堤体断面図

SCALE 1/400



#### 7.4.4 築堤計画

廃石量バランスを次のとおりとする。

年間粗斂量 : 104,000 t/年

廃石比 : 66.2%

廃石量 : 68,848 t/年

堤内比容積 : 1.0 とする。

したがって堤内容量は  $68,848 \text{ m}^3/\text{年} \times 15 \text{ 年} = 1,033,000 \text{ m}^3$  に相当するが、築堤は5年おき3期に分け、各年の築堤高さを次のとおりとする。

年 次	堤頂高 (ML)	堆積容量 (m <sup>3</sup> )
1 年	890.5	348,000
7 年	892	688,200
12年(最終時)	893	1,033,100

#### 7.4.5 排水計画

流域内の雨水はすべて堤内に集水、貯溜し、左岸地山を通すコンクリート製開渠(巾3.5m 高1.8m)150mにて下流に放流する。

設計流量は当域近傍のベタウケ、チバタ両地点における降雨データより200年確率降雨量100mm/日を取り、40m<sup>3</sup>/secとした。

#### 7.5 付帯設備

下記の建築物を主体とする他、各所砂利敷(15cm厚)6,000m<sup>2</sup> および工場周辺(2,800m)にはネットフェンスをめぐらす。

名 称	棟 数	大きさ(m)	目 的・用 途
修 理 工 場	1	5 × 30	機械、電気、木工各修理場
重機車輛修理工場	1	9 × 24	
火 薬 庫	2	4 × 5 3 × 4	AN-FO、ダイナマイト、各年分、43t 格納 同化工品庫
倉 庫	1	5 × 30	一般倉庫品
事 務 所	1	10 × 20	事務部門、技術管理部門
食 堂	1	10 × 25	
更 衣 室	1	3 × 6	
燃料払出事務所	1	3 × 4	精鉱トラック他各車輛の給油所
守 衛 所	2	3 × 4	南門、東門各1棟

## 7.6 山元福利施設

### 7.6.1 概 要

鉾山地域内に勤務する作業員とその家族の住宅を主体とする施設で、居住人口はおよそ500名と推定した。

### 7.6.2 鉾山関係者の推定

鉾山関係者数の推定には独身者の比率を従業員の50%とし、家族数は妻および子供4人の計5人として計算した。

### 7.6.3 用 地

住宅地区は、鉾山正門より東300mの地点に、職員地区と従業員地区の2地区に分けて建設する。

用地は6.6haであるが、伐開率を70%とし極力樹木を残す。

### 7.6.4 住 宅

住宅の種類は、職員のうち鉾山長、課長宅用として1戸116m<sup>2</sup>を5棟、またその他の職員用として1戸35.25m<sup>2</sup>を22棟、各1戸建てとする。

また、従業員社宅のうち妻帯者用は1戸26.25m<sup>2</sup>4戸建てを12棟、独身者用は1戸、13.5m<sup>2</sup>、8戸建てを6棟とする。

総棟数 45棟 すべてコンクリートブロック造り

なお、従業員用の生活用水は共用とし、トイレ、シャワー棟として、5棟建設する。

### 7.6.5 サービス施設

サービス機関として次のような施設を建設する。

施設名	棟	面積	備 考
教 会	1	96 m <sup>2</sup>	収容人員120名
小 学 校	3	96 m <sup>2</sup> /棟	収容人員 児童100名
診 療 所	1	96 m <sup>2</sup>	ベット数4、薬局、診療室
Guest-House	1	100 m <sup>2</sup>	外来者の接待および宿泊施設
倉庫・ストア	1	300 m <sup>2</sup>	食料倉庫および生活小物資の供給所
集 会 所	1	200 m <sup>2</sup>	集会・娯楽場、独身者の食堂としても使用する。

#### 7.6.6 上下水道設備

生活用水は濾過滅菌され、高架タンクより3"φ鋼管で各所に給水する。

各戸から排出される下水のうち、雑排水は雨水排水と共に社宅内道路側溝を通し、また汚水は埋設管により社宅地区南3ヶ所に設ける汚水浄化槽まで導水し、処理後南下流のルワンダ河に放流する。

#### 7.7 保全関係

採鉱機械類、選鉱設備の維持修理、用水、電力の管理、道路の維持を行なう部門であり、重機修理工場、電工場、鉄工場、木工場を持ち、各工場に修理用機器を備えている。当部門で大部分の維持修理を行なう。

#### 7.8 総務関係

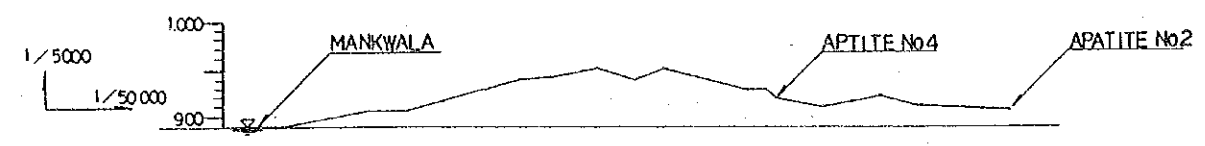
業務、勤労、給与、経理、庶事、警備、教育訓練を行なう部門である。





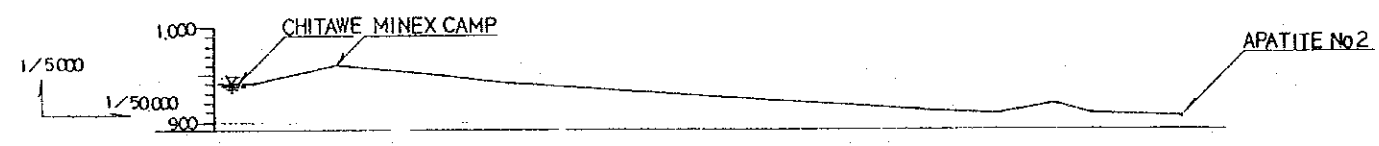
NO.	REVISIONS	DATE	DRAFT	CHK'D	APP'D
1					
2					
3					

MANKWALA - APATITE No 2

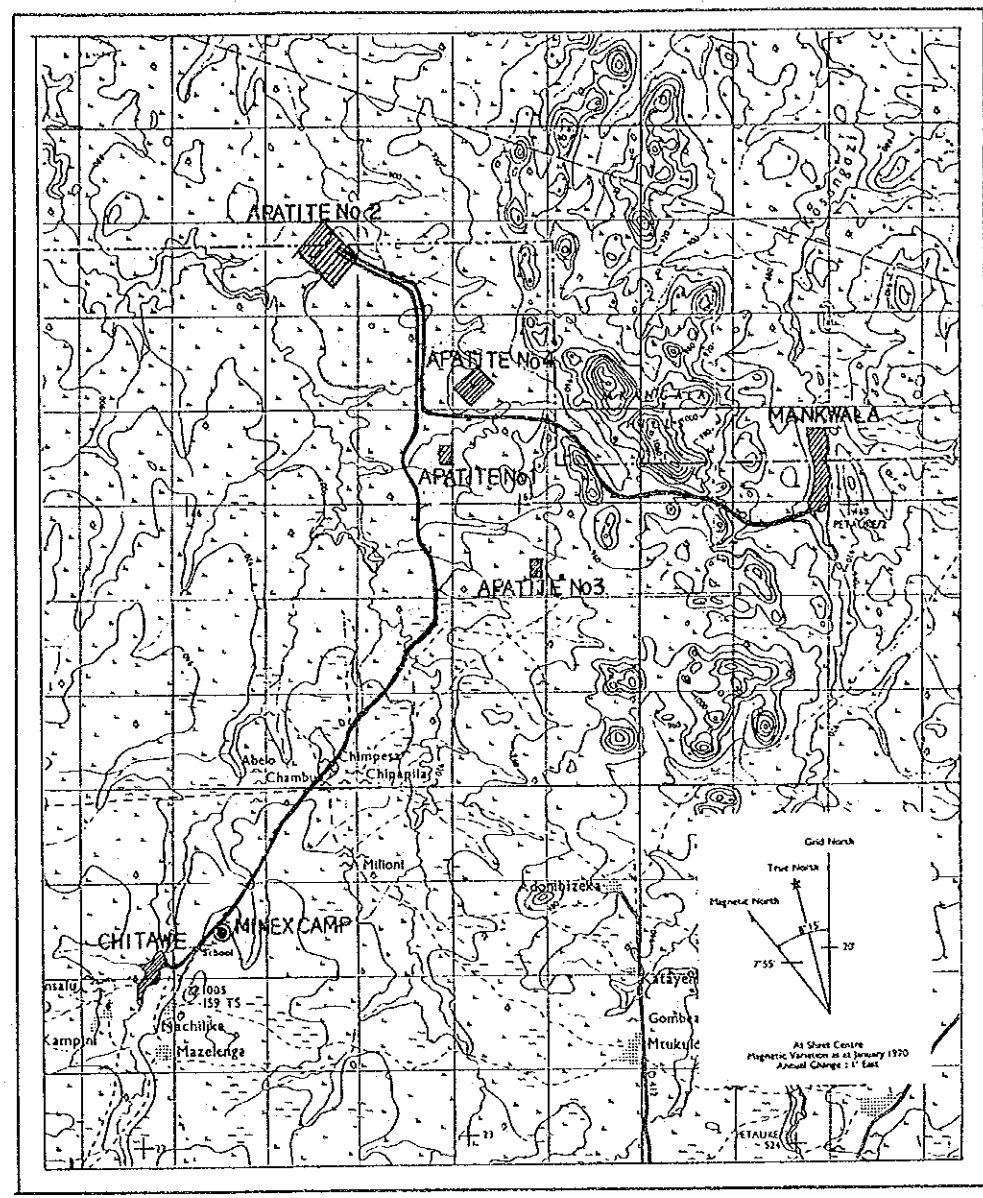


No	DISTANCE (m)	CUMULATIVE DISTANCE (m)	ELEVATION (m)
0	000.0	000.0	890.0
1	200.0	200.0	900.0
2	200.0	400.0	905.0
3	600.0	1000.0	915.0
4	400.0	1400.0	928.0
5	400.0	1800.0	938.0
6	400.0	2200.0	941.0
7	300.0	2600.0	952.0
8	500.0	3400.0	940.0
9	400.0	3800.0	952.0
10	300.0	4100.0	928.0
11	200.0	4300.0	920.0
12	200.0	4500.0	910.0
13	900.0	5400.0	921.0
14	200.0	5600.0	910.0
15	1000.0	6600.0	910.0
16	500.0	7100.0	905.0
17	600.0	7700.0	905.0
18	400.0	8100.0	905.0
19	1000.0	9100.0	905.0

CHITAWA - APATITE No 2



No	DISTANCE (m)	CUMULATIVE DISTANCE (m)	ELEVATION (m)
0	000.0	000.0	942.0
1	900.0	900.0	960.0
2	500.0	1400.0	950.0
3	600.0	2000.0	942.0
4	700.0	2700.0	942.0
5	2000.0	4700.0	913.0
6	700.0	5400.0	910.0
7	500.0	5900.0	921.0
8	200.0	6100.0	910.0
9	800.0	6900.0	910.0
10	200.0	7100.0	910.0
11	700.0	7800.0	910.0
12	600.0	8400.0	910.0
13	400.0	8800.0	910.0
14	1000.0	9800.0	905.0



(NB) TEMPORARY ELEVATION : THE CHITAWA DAMCREST  
EL = 945.000 ML

Fig. 7.2.2 Route Map of Pipe Line

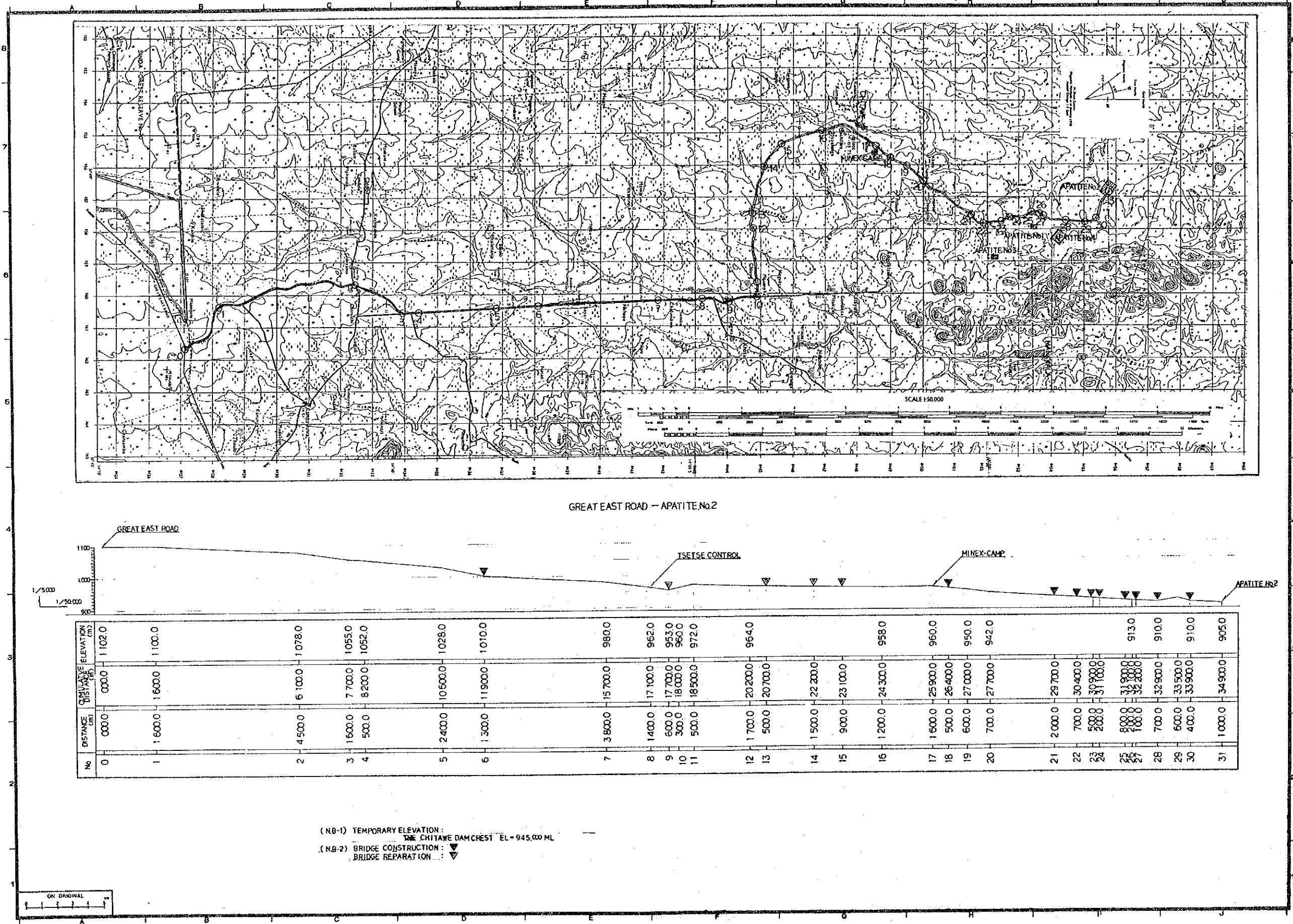


Fig. 7.3 Road Profile



## 第 8 章 生産計画と人員

### 8.1 生産計画

選鉱場は年間104,000 tの粗鉱を処理し、 $P_2O_5$  精鉱を産出する。年間平均粗鉱品位は11.5%  $P_2O_5$  である。

年間平均精鉱量 35,181T (30.07%  $P_2O_5$ )

年間平均含有量 ( $P_2O_5$ ) 10,578T

#### 8.1.1 生産初年度

開発スケジュールによる建設工事，試運転，試験操業（3ヶ月）を行い，生産を開始する。

初期剥土時に6ヶ月分の鉱石が採掘され，3ヶ月の選鉱試験操業を実施することで，選鉱場等の新しい機械設備を当初から円滑に稼働させることが可能と考える。従って初年度より年間104,000 tのフル稼働とした。

#### 8.1.2 操業形態

年間操業日数は，採鉱260日，その他290日とした。操業方数は，採鉱1方，選鉱3方とした。

項 目	採 鉱	選 鉱
年 間 処 理 鉱 量	104,000T (11.5%)	104,000T
1 日 当 " "	400T	360T
年 間 生 産 精 鉱 量	—	35,181T (30.07%)
年 間 廃 石 量	218,400T	68,819T
年 間 操 業 日 数	260日	290日
操 業 方 数	1方	一次破碎 1方 二・三次破碎 2方 磨 鉱 ・ 浮 選 3方
方 当 り 操 業 時 間	8時間	8時間

## 8.2 組織及び人員

組織及び人員の構成は表 8.1 , 図 8.1 に示す。生産活動は全部門とも全て直轄によるものとした。職員, 従業員の部門別の分類は次の如くである。

部 門 別 ( 初 年 度 ~ )

	スタッフ	従業員	計
採 鉱	5	25	30
選 鉱	7	22	29
保 全	4	11	15
総 務	11	32	43
計	27	90	117

但し, 鉱山長は総務に含む。

鉱山操業人員のみを計上しており, ルサカに駐在する経営陣については, 肥料工場と合せ考慮する必要があるため, 本計画には含んでいない。



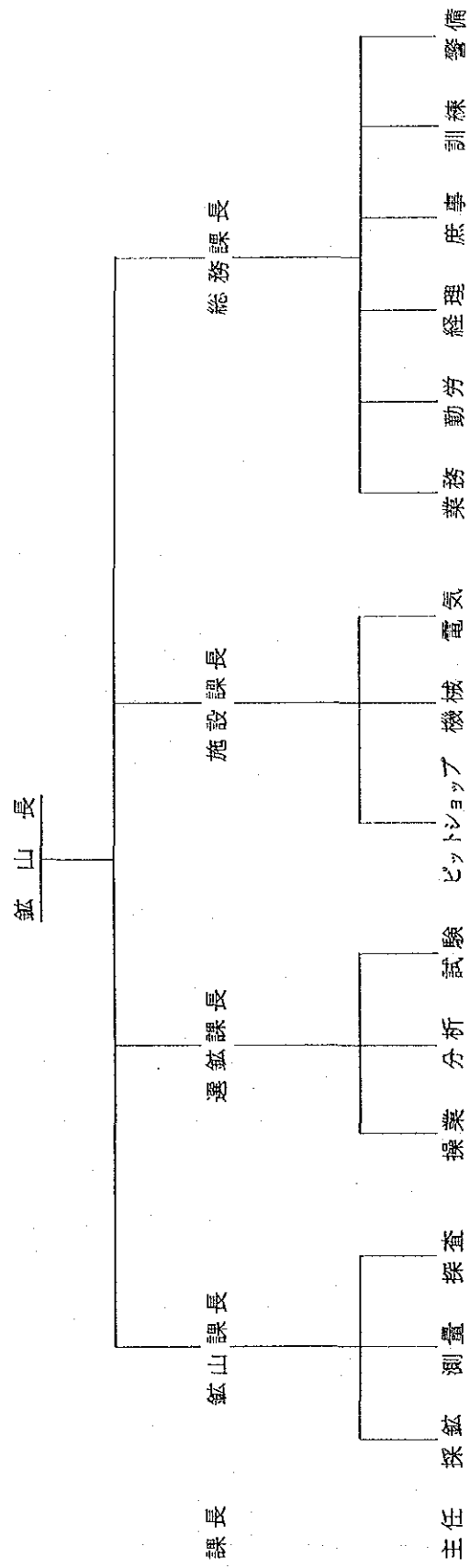


図 8.1 組 織 図

## 第 9 章 開発スケジュール

鉾山開発に要する期間は，表 9.1 工事工程表に示す如く 3 年間である。

但し，この内最初の 1 年間はエンジニアリング，機械重機類の発注等の準備作業に当てられ，本格的工事は 1 年度以降 2 年間で実施される。

土木工事関係は，雨期をさけることとした。

開発スケジュールの主要ポイントは次の如くである。

1 年度	4 月	土木工事開始
1 年度	9 月	初期剝土開始
2 年度	8 月	試運転開始
2 年度	10 月	試験操業開始
初年度	1 月	生産開始

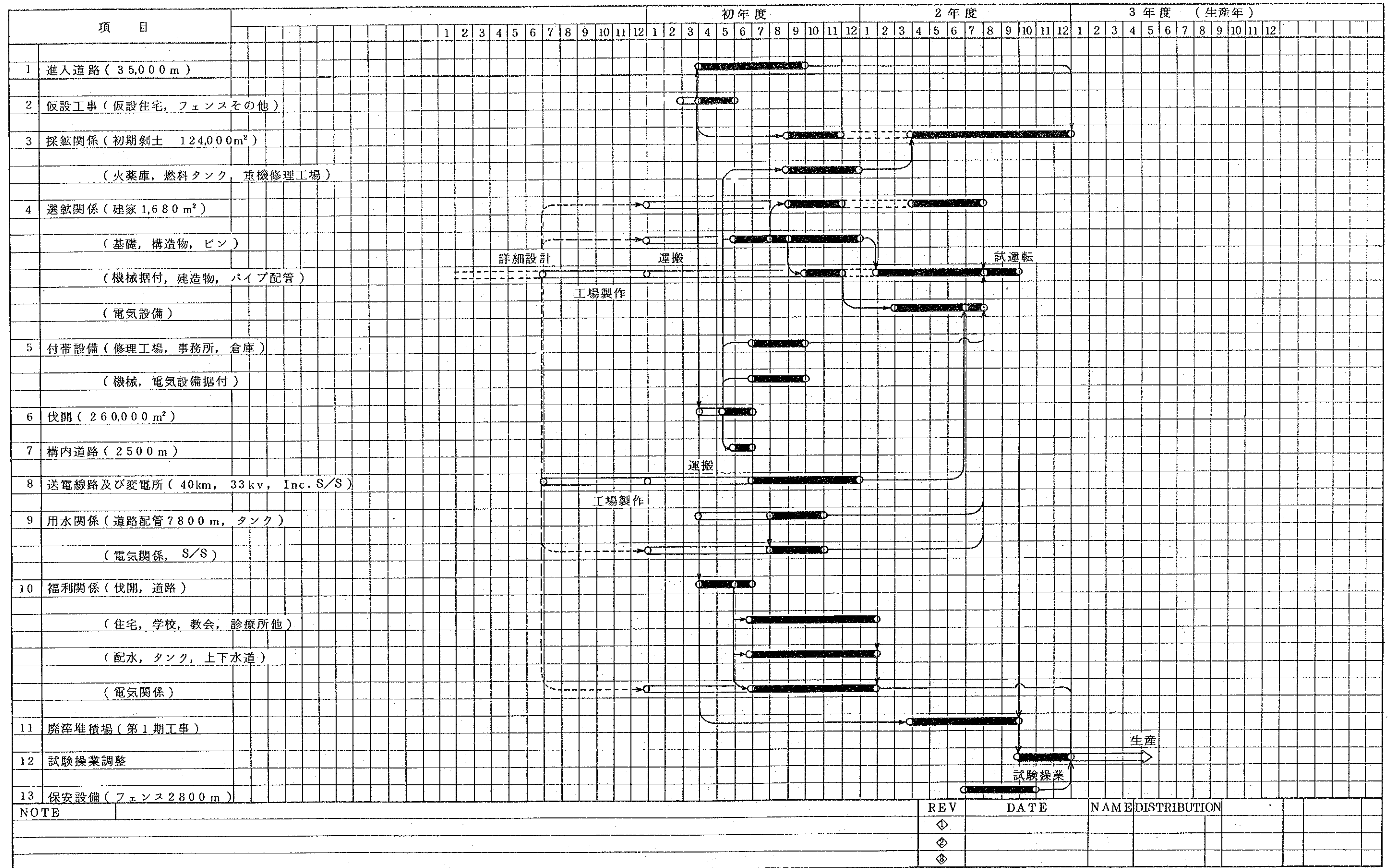
試運転は，2 年度 8 月より 9 月迄無負荷運転 10 月より 12 月まで 3 ヶ月負荷運転を行う。

その間 26,000 T を処理し，操業初年度始めよりの安定操業をはかる。

生産開始時期は，取水源及び廃滓ダムに十分貯水された時期の 1 月とし，操業当初のトラブルをさけることとした。これを基準とし開発スケジュールを作成した。



表9.1 開発スケジュール





## 第 10 章 起業費・操業費

### 10.1 起 業 費

#### 10.1.1 総 括

生産開始迄の起業費総額は次の如くである。

(1) 生産・付帯部門 (採鉱, 選鉱場, 廃滓堆積場, 用水, 電力, 道路等)	9,180.0 千US\$
(2) 福利部門	722.8
(3) 工事共通部門(仮設工事)	51.1
(4) 工事管理, 技術費	858.7
(5) 倉庫品, 機械予備品	780.6
(6) 運転資金	86.2
(7) 予備費(技術費除き10%)	1,119.8
計	12,799.2

倉庫品は操業物品の内輸入品, 購入期間6ヶ月, 現地購入, 期間1ヶ月を見込む。

運転資金は, 操業労務経費の3ヶ月分を見込む。

#### 10.1.2 算定の基礎

適用法規, 就労条件, 賃金, 機械類の購入価格, 物価などはいづれも1984年9月～11月のものをベースとした。

通貨: 為替レートを次の如く, 金額はすべて\$表示

$$\text{US \$ 1.0} = 1.8 \text{ クワッチャ}$$

$$\text{US \$ 1.0} = 245 \text{ 円 (1984年9月)}$$

建設工事: 初期剝土の内, 剝岩作業を除き一切を業者に行わせることとした。

実際の建設工事に従事する者は, 一日平均150名と推定。

機械類の購入: 持込については, Dar es Salarm 港とした。

償 却 対 象

上段 US\$  
下段 K(クワッチャ)

Item	Half Term	1st	2nd	3rd	4th
採	鉦	0.9	1,577.9	108.7	336.8
			58.3		232.2
選	鉦	2,347.6	447.7	128.9	
			817.2		288.3
用	水	245.7			
			219.9		
道	路	1.8			
			502.1		
電	力	383.6		58.6	
			383.5		5.8
廃	滓			4.6	
					175.7
保	全	123.9	224.6		115.7
			187.9		
補	助	3.0	23.3	12.8	
			70.6		
福	利	62.7			
			553.8		106.3
保	安			64.4	
					28.0
仮	設	31.7			
			19.4		
建 設 管 理			60.8		91.9
教 育 訓 練					111.1
計		3,200.9	5,147.0	378.0	1,491.8
予 備 費		320.1	514.7	37.8	149.1
エンジニアリング・ フィー		397.8		83.4	
償 却 対 象 計		3,918.8	5,661.7	499.2	1,641.0

主要物品山元価格；（単位ドル）

軽油	0.56 / ℓ	木材	417 / m <sup>3</sup>
ガソリン	0.75 / ℓ	油脂	1.56~2.89 / ℓ
セメント	72 / t	砕石	17 / m <sup>3</sup>
爆薬	500 / t	砂	12 / m <sup>3</sup>
アソホ	460 / t	コンクリートブロック	34 / 100ヶ

上記物品以外については，ザンビア国は輸入に頼っており，調査国内価格も運賃を含めた持込価格に比べ高くなっている。従って全て持込価格として算出している。

但し，海上，内陸輸送費，保険料として価格の30%を見込んでいる。

### 1.0.2 追加投資及び更新計画

生産開始後における追加投資及び機械等の更新は次のものである。

- (1) 廃滓堆積場の年次かさ上げ計画
- (2) 20tダンプトラック等，機械，車輛類の更新

なお，15年度までの年度別支出見込みは，表1.0.2に示す。

#### 重機車輛更新基準

穿孔機	10,000 Hr
積込機	10,000 "
ダンプトラック	15,000 "
ブルドーザー	12,000 "
サービストラック	150,000 km
ピックアップ	150,000 "
救急車	150,000 "
ライトバン	150,000 "

第10.2表 追加投資及び機器更新

(単位千\$)

年度	追加投資			機器更新			合計
	廃さい堆積場	採鉱機械	計	重機	車両	計	
3	—	13.5	13.5	—	—	—	13.5
4	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	14.6	14.6	14.6
6	—	—	—	—	—	—	—
7	113.8	—	113.8	190.8	41.6	232.4	346.2
8	—	—	—	162.8	14.6	177.4	177.4
9	—	—	—	171.6	—	171.6	171.6
10	—	—	—	347.4	—	347.4	347.4
11	—	—	—	162.8	14.6	177.4	177.4
12	70.7	—	70.7	663.0	32.8	695.8	766.5
13	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	14.6	14.6	14.6
15	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—
計	184.5	13.5	198.0	1,698.4	132.8	1,831.2	2,029.2

### 10.3 操業費

操業費は、鉱石採掘から精鉱生産までの各部門別操業費からなり、山元精鉱生産迄とした。

#### 10.3.1 部門別年間平均操業費

部門別年間平均操業費集計

	3年度～15年度	16年度	17年度
粗 鉱 処 理	104,000 T/年	104,000	69,000
操 業 費	1,148,100 \$/年	1,120,460	638,300
採 鉱	390,420	362,780	135,610
選 鉱	452,040	452,040	299,910
保 全	96,600	96,600	64,090
総 務	158,140	158,140	104,920
経 費	50,900	50,900	33,770
(\$/粗鉱T)	11.04\$	10.77\$	9.25\$
外国通貨払(\$)	44.84%	44.84%	46.50%
現地通貨払(K)	55.16%	55.16%	53.50%

但し、機械車輛類の維持修繕費の物品費は各部門に入る。

### 1 0. 3. 2 算定の基礎

1984年9月～11月のデーターを基礎とした。

通貨；為替レートを次の如くし，金額は全て\$表示

US\$ 1.0 = 1.8 クワッチャ

US\$ 1.0 = 245 円

給与，賃金；就労者の賃金，給与はそれぞれ基本給，社会補償費，ボーナス，退職引当金等を加え下記の通りとした。

#### Staff関係

Mine manager	20 US\$ / 日 × 30 日 × 12 ヶ月 = 7,200 US\$ / 年
エンジニア，課長クラス	15 US\$ × 30 × 12 = 5,400 US\$
Foreman 及び事務主任	11 × 30 × 12 = 3,960
測量士 } Geologist }	12 × 30 × 12 = 4,320
一般従業員	
重機運転 } 機械電気工 }	2,400 US\$ / 年
技術関係	2,100
事務関係	1,700
助手	1,500

#### 買電単価

Section 12 of Electricity Act chapter 811 より 0.015 US\$ / KWH とした。

物 価；主要消耗物品の価格は次の如くである。

軽油	0.56 US\$ / ℓ
ガソリン	0.75 US\$ / ℓ
硝安	460 US\$ / T
ダイナマイト	500 US\$ / T
4' ビット	200 US\$ / ケ
20 T ダンプ用タイヤ	1,172 US\$ / 本
紛砕用ボール	750 US\$ / T
選鉱剤苛性ソーダ	0.33 US\$ / Kg
水ガラス	0.22 US\$ / Kg
リラフロート	2.33 US\$ / Kg

表10.4 操業費集計表

年度	採 鋳	選 鋳	保 全	總 務	電 力 費	合 計	單位 円	
							外国通貨払	現地通貨払
3	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
4	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
5	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
6	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
7	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
8	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
9	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
10	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
11	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
12	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
13	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
14	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
15	390,420	422,040	96,600	158,140	50,900	1,148,100	514,800	633,300
16	362,780	422,040	96,600	158,140	50,900	1,120,460	502,420	618,040
17	135,610	299,910	64,090	104,920	33,770	638,300	296,810	341,490
総計	5,573,850	6,628,470	1,416,490	2,318,880	746,370	16,684,060	7,491,630	9,192,430



参

考



# 1 財務評価

## 1.1 評価方法

他の分野でのプロジェクトと比較する便宜上、ここでは内部利益率法と呼ばれる、1種利率による評価法をとる事とする。内部利益率は各年度の収益または損出額の現価の和をゼロにする割引率である。

非金属鉱業の一般として、精鉱トン当りの価格が低く、特に内陸では輸送費のコストに占める割合が大きくなり、手近な距離の範囲内に市場が得られなければ、企業として成立たない。よって肥料工場は将来、建設されるものとするが、その工場の位置の選定は当レポートの範囲を超える。従って、以下の評価では、製品の販売にかゝる輸送費を除外して、山元渡し精鉱価格でもって検討する。

## 1.2 前提条件

計算にあたって、次の事項を前提とする。

### (1) 資本

建設期間中の金利を除いた場合の起業費は1280万ドルと見積られている。そのうち内貨払いの約80%を自己資本でまかなうものと仮定し、資本金を350万ドルとおく。これは使用総資本の約27%に相当する。

### (2) 借入金

資本金以外の資本は長期借入金でまかなうものとする。条件としては、2年間据置後、15年均等返済とし、ドル・ベースでの金利を4%と設定する。建設期間終了までの据置期間中は複利による金利が借入金に加算される。

### (3) 償却

建設期間終了時より、税法にもとづき、加速償却 Accelerated Depreciation とする。

### (4) 税

建設期間を除き、課税所得に対し45%とする。

### (5) 操業および販売

生産は、第3年目より14年間にわたって、年間104,000トンを処理し、毎年、燐灰精鉱35,000トンを作るものとする。建設期間中に、試験操業として26,000トンが処理されるが、この間の選鉱採取率は、通常期の75%の効率とする。第17年度の残存鉱量

は、69,000トン、精鉱量は23,000トンになる。

#### (6) 販売価格

燐鉱石の価格は非鉄金属と異なって国際基準とされる市場がなく、価格は輸入価格との見合いのもとに地域的に決められるのが一般である。輸入価格との見合いについては輸送費に関連するので、ここではコストおよびフィーについて基準価格を算定する。

コストとしてまず資本勘定を算定する。償却対象資産および運転資金と倉庫品勘定を対象とした投資額を、自己資金と借入金でまかなうものとし、金利4%を用いて2年度末の現価を求める。予想される追加投資分については、同様に2年度末の現価に換算して加算する。第2年度末での投資資本は14,920(×1,000)ドルである。これに4%15年の年賦償却率0.08994を乗じて、年賦償却に必要な金額は、1,342と算出される。

従って1年間に必要とされるコストは、

年賦償却費	1,342	(×1,000)
操業費	1,148	(×1,000)
計	\$ 2,490	(×1,000)

1983年上半期の鉱業部門での税引前売上高利益率は6.47%である事を考慮して、ここではフィーとして原価の8%を算入する事とする。販売価格を高く設定すると輸入品との競合が困難となることと、他の分野の産業と比較する為に8%とした。この場合、精鉱トン当り価格を計算すると、次の様になる。

コスト	$2,490 \div 35$	$=$	\$ 71.14
フィー	$71.14 \times 0.08$	$=$	\$ 5.69
計			\$ 76.83

従って精鉱トン当りの山元収入を\$77と設定する。

#### (7) 除外項目

探鉱費、鉱業権および鉱産税を対象から除外する。収入および原価共、エスカレーションを算定しない。コストのうち操業費の占める割合は46%であり、追加投資分を加算しても47%であるから、コストの上昇分は販価の上昇で吸収しうるとみなす。またサルベージ価格をゼロとする。

### 1.3 内部利益率

この様な前提のもとでのプロジェクトの損益計算書と、内部利益率の計算を表1-3に示す。



表 1-3 損益計算書及び内部利益率計算表(山元収入 \$77/t)

in US \$1,000

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	T
Tonnes, milled (x10 <sup>3</sup> )		26	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	69	1,551
Tonnes of Conc.(x10 <sup>3</sup> )		6 <sup>50</sup>	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	23	519.5 <sup>0</sup>
Capital Funds & Bank Loan	9,941	2,354																12,295
Sale of Products at \$77/t		505	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	1,771	40,006
Total Available	9,941	2,859	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	2,695	1,771	52,301
Operation Expenses		125	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,148	1,120	638	16,807
Interest of Financing			370	346	321	296	272	247	222	197	173	148	123	99	74	49	24	2,961
Depreciation			1,177	1,201	1,226	1,251	1,275	1,300	1,325	1,350	1,374	1,399	858	—	15	—	—	13,751
Taxable Income													566	1,448	1,458	1,526	1,109	6,107
Tax at 45% Net													255	652	656	687	499	2,749
Net Profit													311	796	802	839	610	3,358
Taxable Income+Depreciation			1,177	1,201	1,226	1,251	1,275	1,300	1,325	1,350	1,374	1,399	1,424	1,448	1,473	1,526	1,109	19,858
Investment to be written-off	9,581	2,140	14		15		346	177	172	347	177	767		15				13,751
Working Capital & Inventories	360	594															△ 954	0
Total Investment	9,941	2,734	14		15		346	177	172	347	177	767		15			△ 954	13,751
Tax at a Payable Year														255	652	656	1,186	2,749
Total Required	9,941	2,859	1,532	1,494	1,484	1,444	1,766	1,572	1,542	1,692	1,498	2,063	1,271	1,517	1,874	1,825	894	36,268
Net Inflow	⊖9,941	⊖2,354	1,163	1,201	1,211	1,251	929	1,123	1,153	1,003	1,197	632	1,424	1,178	821	870	877	3,738
Add Interest on Financing			1,533	1,547	1,532	1,547	1,201	1,370	1,375	1,200	1,370	780	1,547	1,277	895	207	901	18,994
Discount Rate at 5.864%																		
Present Value	⊖9,390	⊖2,100	1,293	1,233	1,153	1,100	806	869	824	679	732	394	738	576	381	370	342	0
Capital Funds	3,500																	
Bank Loan, 1st half term	779																	
2nd half term	5,662																	
3rd half term		578																
4th half term		1,776																
Total Carried			9,262	8,644	8,026	7,408	6,790	6,172	5,554	4,936	4,318	3,700	3,082	2,464	1,846	1,228	610	0
Retirement			618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	618	610	9,262



計算の結果は次の様になる。

税 引 前	7.1 %
税 引 後	5.9 %

自己資本を350万ドルとした場合は、自己資本に対する投資利廻りは9.3%に相当する。

#### 1.4 感 度 分 析

センシビリティ判定を目的として、精鉱トン当り山元価格を変更してみると、内部利益率は次の如く変化する。

\$ 65	2.6 %
\$ 70	4.0 %
\$ 77	5.9 %
\$ 85	7.9 %
\$ 100	11.7 %

初期投資のうち、償却対象資産と、倉庫品勘定を変動させると次の様に内部利益率が変化  
する。

+20 %	4.0 %
モデル	5.9 %
-20 %	8.5 %

また、燃料費が20%上昇した場合は、内部利益率が5.5%に低下し、20%下降した場  
合には6.2%に上昇する。

#### 1.5 所 見

チレンブエ・プロジェクトにおいて、ランニング・コストは露天掘の一般的なコストの範  
囲内にある。建設費或いは償却費は、鉱床の規模および地理的な立地条件からやゝ高めであ  
るが、それでも年賦償却費は操業費に対し、11.7%以内と見積られている。操業規模を拡  
大するには、鉱床の規模と使用可能用水量によって制限をうける。

コストに8%のフィーを加算して、山元収入を精鉱1トン当り\$77と仮定すると財務的内部  
利益率は5.9%となる。内部利益率は、燃料価格の昇降によって受ける影響は比較的小さく、  
やはり山元における精鉱収入の影響が最も大きい。

この計算では販売に要する輸送費を計算から除外しているが、肥料プラントの選定位置に



よっては、直接輸入品との競争を余儀なくされる。

しかしながら、燐精鉱を輸入するという事は、外貨を節約しようとする国策に矛盾する訳であるから、肥料工場の採算を検討するに当って、自国産の燐灰石精鉱の値決めについて、工場と鉱山と両者共、成立し得る様に妥結点が求められる様、充分な努力を払わなければならない。

なお、周辺に新鉱床が見出される可能性があり、その場合は重機車輛のみ補充されれば、引継ぎ初期投資なしで開発出来るメリットを含んでいる。

## 2 経済評価

### 2.1 評価方法

財務評価が個々の企業を対象としているのに対し、経済評価は国の経済の立場からプロジェクトを評価する。

財務評価においては、燐肥工場が国内に存在しなければ、燐灰石鋳業が成立し得ないとの立場から、国内に燐肥工場が建設される事を前提としたが、経済評価においても、工場の存在を前提として鋳山の経済評価を、内部利益率法を用いて行い事とする。便益は工場において、国内産原料を用いる為に生ずる価値とみなし、費用としては山元において燐灰石精鋳を生産するまでの費用として両者を比較する。

### 2.2 前提条件

計算にあたって次の事項を前提とする。

#### (1) 便益

燐肥工場において、国内原料がない場合は燐灰石精鋳を輸入しなくてはならない。よって燐鋳業の実施にもとづく便益を、原料を輸入した場合と対比して評価する。

南アフリカのバラボラにおいて、銅鋳業の副産物として産する燐灰石精鋳は36.4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>のものでUS\$40として与えられる。鉄道賃の合計を、トン当たり\$69.16とすると、燐灰石精鋳の国境での価格は

$$\$40.0 + \$69.2 = \$109.2$$

である。これを30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>に換算すると

$$\$109.2 \times \frac{30.0}{36.4} = \$90.0$$

となるから、国産原料30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の1トンにつき、\$90の便益が生ずるものとみなす。

#### (2) 費用

**埋没費用** 経済分析は、新しく加えられるコスト、新しく生ずる便益との対比のもとに行なわれるから、既存の施設に費された費用は埋没費用として計算より除外する。

**資材費用** 国内で調達される物資について、経済分析では消費税相当分として価格の10%を減額する。

労働費用 熟練者に対しては市場機能が働くから、財務評価で用いた給与がそのまま用い得るとする。操業期間中の未熟練者の数は僅かであって、大部分は教育訓練の結果、熟練者とみなし得るが、未熟練者の生産性を向上させ、熟練者とする為に要した教育訓練費は、経済評価の初期投資から除外して労働費用の修正とする。

建設期間中の請負労務費の計算基礎にも未熟練者の給与単価が用いられている。この場合の扱いは次による。最も新しい統計では、1980年の私企業分野における、農林水産業従事者の年間現金収入は、平均K688とされている。この金額を基準として、調査時の外貨交換レートを用いてドルに換算し、請負労務費の基礎とする。ちなみに、年間300日労働とした場合、未熟練者1日当りの賃金は\$1.274となる。

動力線敷設に伴う配線費については、電力会社からの、一括した工事費の形で与えられている。この費用には経済コストから除外出来る項目を当然含んでいる筈であるが、額は明らかでない。ここでは仮に工事費全体の5%が除外出来るものとみなす。

電力料 電力料金から消費税相当額12.5%を控除して費用に計上する。

通貨 輸入に対してはきびしい外貨割当が行なわれていて、公表される交換レートが必ずしも実勢レートを表わしているとは言い難く、係数を乗じて修正する必要がある。今、修正係数をRとし、次式で表わされるものとする。

$$R = \frac{(I+D)+(E+M-S)}{I+E}$$

但し、

I …… 輸入総額

E …… 輸出総額

D …… 輸入税

M …… 鉦産税

S …… 補助金

1983年の値を用いると、

$$I = K 1,382.2 \text{ Million (Provisional)}$$

$$E = K 1,300.8$$

$$D = K 175.3$$

$$M = K 56.5$$

$$S = K 82.6$$

よって

$$R = 1.056$$

となる。この係数を用いて、経済費用のうち、現地通貨による支払相当額を割引いた後に、交換レートを用いて、ドルで表示する。

### 2.3 経済的内部利益率

経済的内部利益率は次の通り、12.8%となる。

	便 益	費 用	フ ロ ー	現 価
1 年		9,533	⊖ 9,533	⊖ 8,451
2 年	590	2,607	⊖ 2,017	⊖ 1,585
3 年	3,150	1,095	2,055	1,432
4 年	3,150	1,081	2,069	1,278
5 年	3,150	1,096	2,054	1,124
6 年	3,150	1,081	2,069	1,004
7 年	3,150	1,427	1,723	741
8 年	3,150	1,258	1,892	723
9 年	3,150	1,253	1,897	641
10 年	3,150	1,428	1,722	516
11 年	3,150	1,258	1,892	503
12 年	3,150	1,848	1,302	307
13 年	3,150	1,081	2,069	432
14 年	3,150	1,096	2,054	380
15 年	3,150	1,081	2,069	339
16 年	3,150	1,056	2,094	305
17 年	2,070	△ 342	2,412	311
				12.8%

## 2.4 感度分析

国境における燐灰石精鉱の30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>のトン当たり価格の変動によって、経済的内部利益率は次の如く変動する。

+20% (\$108)	18.2%
モデル (\$90)	12.8%
-20% (\$72)	6.8%

また、償却対象資産および倉庫品のコストの上昇および下降に伴う内部利益率は次の如く変動する。

+20%	10.0%
モデル	12.8%
-20%	16.9%

財務内部利益率の場合と同様、輸入価格の変化に伴う変動が大きく支配する。

## 2.5 所見

燐灰石鉱業の評価にあたっては、国内に肥料工場があり、且つ国産品について、輸入品の国境より工場までと同じの工場までの搬入費を伴う場合の比較が行なわれている。搬入コストが、経済評価の意味において、輸入品の搬入コストを上廻る場合は、経済的内部利益率はそれだけ低下する。

財務的内部利益率が5.9%であるのに対し、経済的内部利益率は12.8%と求められた。この結果は、私企業としての経営にあまり余裕がないのに対し、国民経済からみた場合は比較的高い水準での便益が期待出来る事を暗示している。私企業として成り立つ事が困難な事態が発生すると、輸入原料に対する関税の賦課なり、国産原料に対する補助金の給付など、国内産業に対する保護を考慮する必要を生ずる可能性がある。

燐灰石の採掘は、燐肥の国内生産の一環をなすものであり、肥料生産のもたらす便益は評価の中におり込まれていない。肥料の国産化に伴う経済的評価は、燐肥工業全体で見直されなければならない、その場合は前提条件ないし除外条項までふみ込んだ総合的な再検討が望まれる。









JICA