第２章　採鉱部門

２－１　組織と人員配置

２－１－１　組織と人員配置

採鉱関係の組織と人員配置はFig ２－１に示す通りで，大きく分けてラインとスタッフがあり，スタッフの中には地質部門が含まれている。

ラインは，北部採掘と南部採掘に分かれ，その他にブロックケービング採掘がある。また，売鉱業者として坑内上部にLocatarios（ロカタリオス），坑外にVeneros（ベネロス），Lamas（ラマス）があり，区域を決めて採掘し選鉱まで行なっている。

スタッフは，採鉱，地質の技術者集団で組んだプロジェクトチーム，地質係（サンプリング，試錐等），保安係および事務係より編成されている。

その他，付帯部門として建設班，機修工場，材料運搬班，社宅班，盗掘防止班，電気工場，倉庫班，出勤チエック班およびSiglo XX（シグロベインテ）地区の厚生班（学校，映画館，病院関係）があるが，これらは組織上，工作課，本山事務課に所属するもので，機能上採鉱課の管理に入っている。

２－１－２　就業状況

Table 2−1に示す坑内の作業時間は切羽滞在時間で，この後は作業場を離れても良いことになっている。出勤カードは奇数日と偶数日に分かれて２枚あり，交互に使用している。

Table 2−1　Standard Working Time

Term	First Shift	Second Shift	Third Shift
Sunday ~ Friday	7 00 ~ 11:00	15·00 ~ 19:00	23.00 ~ 3·00
	11·30 ~ 14·15	19·30 ~ 22:15	3.30 ~ 6:00
Usual Saturday	7:00 ~ 12:15	12:30 ~ 17:30	18·00 ~ 22:30
Saturday for the Pay Day	7.00 ~ 11·30	12:30 ~ 17:30	18·00 ~ 22:30

日曜日から金曜日までは，各方の昼食時間は３０分で，土曜日はない。昼食は，各作業員の作業現場でとっている。作業員の入坑時間は，１の方で５：３０〜６：００，２の方で１３：３０〜１４：００及び３の方で２１：３０である。職員である区長，職長は作業員と同じ時間に入坑し，出坑時間は次の方との作業打合せ後となり，３交代で勤務している。係長，主任は１の方だけ

で７：００に入坑し，１５：３０～１６：００頃出坑して採鉱課長と打合せを行なっている。

２－１－３　人員の推移及び年令構成

採鉱人員について，過去５年間の推移を各係別に見てみるとTable 2−2の通りである。職員はあまり変動はないが，作業員は若干増加傾向にあったが，１９８１年現在では１９７６年の状態に戻っている。

Table 2–2　Year Long Number of Persons (July 1st. 1981)

[Staff]　(Number of Resistered Persons)

Year \ Section	Siglo XX	Beza	Salvadora	Laguna	Animas	Block Caving	Trans-portation	Total
1976	14	13	15	14	14	22	3	95
1977	13	14	14	12	13	22	4	92
1978	13	14	14	12	13	22	3	91
1979	13	14	13	10	13	19	4	86
1980	12	15	14	12	14	21	4	92
1981	14	12	10	10	14	21	4	85

[Labor]　(Number of Resistered Persons)

Year \ Section	Siglo XX	Beza	Salvadora	Laguna	Animas	Block Caving		Trans-portation	Total
						Preparation of Exploitation	Exploitation		
1976	143	184	134	165	148	89	207	89	1,156
1977	178	184	141	173	155	97	181	94	1,203
1978	178	184	141	173	155	98	181	94	1,204
1979	178	184	141	173	155	98	181	94	1,204
1980	190	180	179	146	155	76	224	87	1,232
1981	156	163	169	137	143	286		95	1,149

採鉱関係の職種は３０数種類に別れており，係別に職種毎の人員構成を見てみるとTable 2−３の通りである。

これで見ると，採掘関係が全体の５４％程度であるのに較べて，運搬関係で全体の３６％も占めているのは，運搬系統の機械化，合理化が進んでいない事を示すものと考えられる。

また，採鉱関係の年令構成を５才幅で係別にみると，Table 2−4の通りである。鉱山の定年は原則として坑内５０才，坑外５５才となっているが，６２才という高年令者も抱えている。最低年令は１８才であるが，高校卒業後１年間は兵役の義務があるため，実際には１９才である。

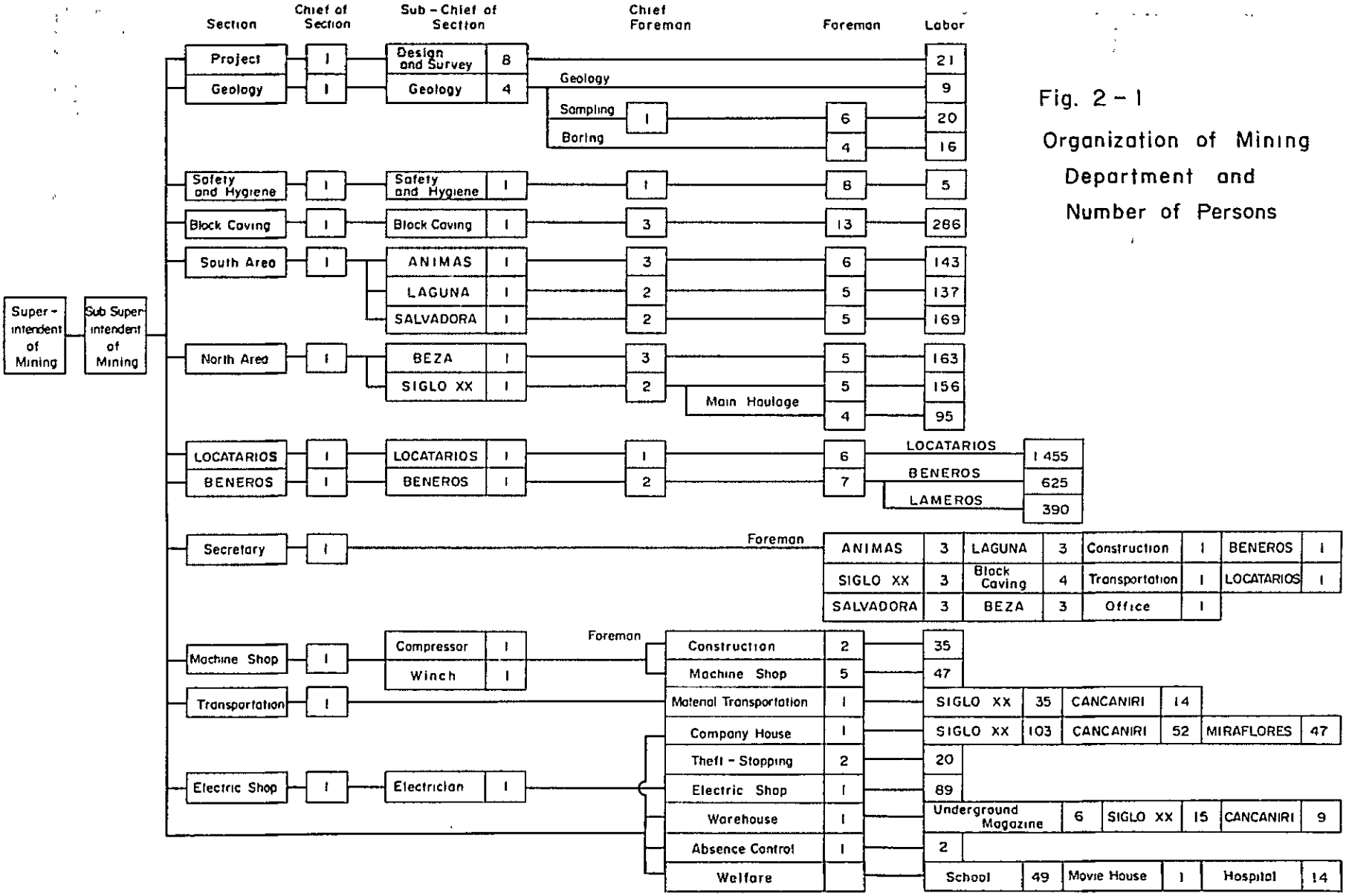


Fig. 2 - 1

Organization of Mining Department and Number of Persons

Table 2–3 Number of Labor

(Jan. 1st, 1981)

(person)

Occupation \ Section	Siglo XX	Beza	Salvadora	Laguna	Animas	Block Caving	Trans-portation	Total
Aceitero	1	1	1	1	1	1	–	6
Aydte. Cañerista	2	4	3	3	3	2	–	17
Aydte. Carrilano	3	3	2	3	2	1	2	16
Aydte. Carrocero Int. Mina	–	–	–	–	1	–	–	1
Aydte. Esp. Cundro	–	–	–	1	–	–	1	2
Aydte. Perforista	17	25	20	24	16	16	–	118
Aydte. Polvorinero	1	1	1	1	1	–	–	5
Brequero nivel 650	–	–	–	–	–	–	24	24
Brequero Bateria	5	–	3	–	1	–	–	9
Brequero Trole	7	10	6	8	7	–	–	38
Cañerista Int. Mina	2	4	3	3	3	2	–	17
Cabecilla Contratista	17	25	20	24	16	16	–	118
Cab. Enmdr. Esp. Cuadro	1	2	1	1	1	–	1	7
Carrero Int. Mina	49	34	28	31	21	30	12	205
Carrilano	3	3	3	3	3	1	5	21
Carrocero Int. Mina	1	1	1	1	1	–	–	5
Chapaletero	–	–	–	–	–	–	3	3
Chasquiri	17	23	20	24	18	6	–	118
Enmaderador	3	2	2	1	2	–	1	11
Enmaderador Cuadro	–	2	1	–	–	–	–	3
Herrero Int. Mina	–	1	1	1	1	–	–	4
Lamero	2	2	1	1	3	37	12	58
Mag-Trole nivel 650	–	–	–	–	–	–	24	24
Maquinista Bateria	5	–	3	–	1	–	–	9
Maquinista Trole	7	10	6	8	7	–	–	38
Muestrero Int. Mina	4	5	4	5	4	–	–	22
Parrillero Int. Mina	4	5	6	10	6	–	–	31
Parrillero Block Caving	–	18	–	–	18	178	–	214
Patachero	2	3	1	1	3	–	–	10
Perforista	17	25	20	24	16	16	–	118
Tarrajero Int. Mina	1	1	1	1	1	1	–	6
Timbrero	–	6	6	3	6	–	–	21
Transporte Mina	3	4	3	3	3	–	–	16
Trolista Int. Mina	–	1	1	1	1	–	–	4
TOTAL	174	221	168	187	167	317	85	1,319

Table 2–4 Number of Person by Age Group

(July 1st. 1981)

[Staff]

(person)

Section \ Age	Over 55	54~50	49~45	44~40	39~35	34~30	29~25	24~20	Total
Siglo XX	–	2	3	4	4	1	–	–	14
Beza	3	1	–	3	2	1	2	–	12
Salvadora	–	2	1	3	1	2	1	–	10
Laguna	1	1	2	1	2	2	–	1	10
Animas	2	2	3	2	3	–	2	–	14
Block Caving	1	2	3	9	5	1	–	–	21
Trans-protation	2	1	1	–	–	–	–	–	4
Total	9	11	13	22	17	7	5	1	85

Average age = 42.7

[Labor]

(person)

Section \ Age	Over 55	54~50	49~45	44~40	39~35	34~30	29~25	24~20	Under 19	Total
Siglo XX	2	2	4	12	19	32	55	30	–	156
Beza	9	9	8	9	27	33	47	21	–	163
Salvadora	1	5	15	7	23	32	46	36	1	166
Laguna	5	14	7	11	23	31	32	15	–	138
Animas	8	6	11	16	30	26	29	20	–	146
Block Caving	4	14	31	49	72	66	40	9	–	285
Trans-portation	6	13	21	6	16	9	22	2	–	95
Total	35	63	97	110	210	229	271	133	1	1,149

Average age = 34 6

これで見ると，職員の平均年令は４２７才であるが，作業員のそれは３４.６才とかなり若くなっている。

２－２　生産量，生産性，生産原価

２－２－１　過去１０年間の推移

Catavi鉱山における過去１０年間（１９７１年～１９８１年）の生産量及び生産性の推移はTable ２－５の通りである。

生産量及び生産性は，１９７１年をピークにして１９７７年で元に戻ってはいるものの全般的に低下傾向にある。錫の平均品位も除々に低下している。

次に，全山能率の坑内能率に対する比率，即ちTable ２－６のB／Aを見るとほぼ横ばい状態で

Table 2–5 Changes for Production and Productivity of Labor from 10 years ago

Year	Production (Ton)	Average Ore Grade (%)	Productivity of Total Labors (ton per man-month)		(B)/(A) (%)
			Underground (A)	Total (B)	
1971	1,630,800	0.50	116 5	31.3	26.9
1972	1,533,432	0.48	105.5	32.5	30.8
1973	1,423,776	0.52	95.3	30 8	32.3
1974	1,443,528	0 44	97.4	31.3	32.1
1975	1,490,244	0.48	105.6	32.5	30.8
1976	1,365,780	0.45	99.2	30.5	30.7
1977	1,610,328	0.42	113.5	35.8	31 5
1978	1,406,136	0.38	98.9	31.9	32.2
1979	1,344,744	0.33	90.7	28.9	31.9
1980	1,356,156	0.32	92 0		

* *Number of efficiency of labor was based on number of actual labors.*

約３０％程度である。日本においてはこの比率は，約６０％程度であるので，坑外部門の人員が多いことを示している。

また，採鉱関係の生産原価の推移は，Table ２－６の通りである。

出鉱トン当りのコストは，１９８０年においては１９７６年に較べ約２倍にもなっている。この原因は，生産量の落ち込みは勿論のことであるが，主に人件費及び供給所差額負担の大幅な増加にあると言える。

２－２－２　採掘法別の生産量，生産性，生産原価の推移

Catavi鉱山における過去５年間の採掘法別の生産量及び生産性の推移は，Table ２－７ に採鉱全体，Table ２－８にシュリンケージ採掘，Table ２－９にブロックケービング採掘，Table ２－１０にブロックケービング採掘準備のそれぞれについて示す通りである。

Table 2–6 Change of Mining Operation Cost

($US)

Item \ Year	1976	1977	1978	1979	1980
Production (Ton)	1,365,780	1,610,328	1,406,136	1,344,744	1,356,156
Salary and Daily Wages	357,125	478,749	741,428	628,022	527,097
Overtime Pay	133,392	169,750	184,627	231,708	206,015
Piece Wages (underground)	769,337	919,442	577,487	1,136,763	1,198,392
Piece Wages (surface)	44,457	15,460	25,483	39,202	37,957
Bonus	249,364	237,283	241,948	357,242	1,340,198
Compensations	52,389	55,504	143,677	219,480	148,239
Direct Labor Costs	1,606,068	1,876,189	2,214,654	2,612,420	3,457,901
Living Compensations	839,335	861,968	878,444	1,076,144	1,623,744
Social Welfare Charges	1,268,503	1,550,640	1,740,600	1,862,001	2,509,705
Indirect Labor Costs	2,107,838	2,412,608	2,619,044	2,938,145	4,133,499
Total Labor Costs	3,713,906	4,288,797	4,833,698	5,550,566	7,591,350
Material Costs	1,292,936	1,335,923	1,341,142	1,519,113	1,931,355
Traveling Expenses	7,800	3,910	8,162	6,972	7,948
Direct Expenses	230,179	189,542	224,893	322,366	342,947
Indirect Expenses (Included power costs)	1,774,818	1,828,903	1,653,517	1,594,063	2,894,632
Total Costs	7,019,639	7,647,075	8,061,412	8,993,080	12,768,232
Cost per Tonnage ($US/Ton)	5.14	4.75	5.73	6.69	9.42

Table 2–7 Changes for Production and Productivity of Underground Labor from 5 Years ago

Item / Year	Monthly Production (Ton)	Number of Labour	Man-shift (monthly)	Efficiency of underground labor		Man-shift per Ton
				Ton per Labour	Ton per Man-shift	
1976	113,815	1,141	29,289	99.73	3.88	0.26
1977	137,470	1,176	33,048	116.83	4.16	0.24
1978	123,336	1,180	32,150	104.55	3.84	0.26
1979	114,878	1,229	31,408	93.47	3.66	0.27
1980	113,777	1,228	32.554	92.64	3.49	0.29

Table 2–8 Changes for Production and Productivity of Underground Labor by Shrinkage Stoping

Item / Year	Monthly Production (Ton)	Number of Labour	Man-shift (monthly)	Productivity of underground labor		Man-shift per Ton
				Ton per Labour	Ton per Man-shift	
1976	41,711	678	17,241	61.51	2.42	0.41
1977	45,572	723	20 187	63.00	2.26	0.44
1978	37,460	747	20,246	53.49	1.97	0.51
1979	34,626	765	19,403	45.29	1.78	0.56
1980	28,627	754	19,844	37.99	1.44	0.69

Table 2–9 Changes for Production and Productivity of Underground Labor by Block Caving

Item / Year	Monthly Production (Ton)	Number of Labour	Man-shift (monthly)	Productivity of Underground Labor		Man-shift per Ton
				Ton per Labour	Ton per Man-shift	
1976	71,095	175	4,473	406	15.89	0.06
1977	86,178	163	4,522	530	19.06	0.05
1978	78,790	163	4,416	484	17.88	0.06
1979	77,106	185	4,679	418	16.48	0.06
1980	84,374	200	5,383	421	15.67	0.06

Table 2–10 Changes for Advance and Development Efficiency by Preparation for Block Caving

Item / Year	Monthly Advance (m)	Number of Labour	Man-shift (monthly)	Development Efficiency		Man-shift per m
				m per Labour	m per Man-shift	
1976	334.2	69	1,763	4.85	0 19	5.27
1977	330 5	80	2,234	4 14	0.15	6.76
1978	238.8	71	1,888	3.38	0.13	7.90
1979	164.6	67	1,684	2.45	0.10	10 23
1980	77.8	58	1,545	1.34	0 05	19.86

Table 2–11 Changes for Mining Operation Costs by Stoping

Item / Year	Shrinkage Stoping			Recovery Stoping of Filling Material		
	Production (Ton)	Ore Grade (Sn %)	Cost ($US/ton)	Production (Ton)	Ore Grade (Sn %)	Cost ($US/Ton)
1976	96,239	0.92	7.06	281,975	0 48	2.10
1977	80,064	0 94	8 14	338,294	0.45	2.23
1978	96,758	0 90	8,93	317,683	0.44	2.54
1979	69,600	0 85	10.72	272,724	0.45	2.99
1980	84,169	0.73	10 67	229,735	0 47	3.19

Item / Year	Development			Others		
	Production (Ton)	Ore Grade (Sn %)	Cost ($US/Ton)	Production (Ton)	Ore Grade (Sn %)	Cost ($US/Ton)
1976	6,409	1.11	25.15	24,455	0.53	2 41
1977	8,170	1.20	39.18	69,541	0.52	1 05
1978	3,861	1.32	57.57	41,124	0 50	2.00
1979	4,627	1.27	64.29	46,175	0 51	2 66
1980	5,052	0.73	62.40	40,312	0.50	4.33

Item / Year	Block Caving			Mini Block Caving		
	Production (Ton)	Ore Grade (Sn %)	Cost ($US/Ton)	Production (Ton)	Ore Grade (Sn %)	Cost ($US/Ton)
1976	859,876	0.53	2.44	85,851	0 47	1.75
1977	1,063,460	0.52	2.28	42,457	0 40	1.54
1978	905,374	0.46	2.74	51,242	0.39	2.34
1979	822,700	0.39	3.47	106,529	0 34	2 48
1980	931,656	0 35	5 10	80,835	0 33	3.67

2－3　採　鉱　法

2－3－1　採鉱法の変遷

Catavi鉱山は,鉱床の母岩が硅化作用を受けているため，岩盤がかなり硬く，坑内はほとんど無支保である。鉱山では，当初シュリンケージ採掘法によって,脈状鉱床の採掘を行ってきた。その後,採掘品位の低下を防止するため，品位の悪い部分を充填に使い高品位の部分のみ出鉱する上向カットアンドフィル採掘法も併せて採用した。カットアンドフィル採掘法は，いつごろまで稼行していたかはっきりしないが，現在では行なわれていない。カットアンドフィル採掘の充填物の品位が，最近全体の採掘品位の低下に伴い，それよりも高い品位となったため充填物回収採掘に移行している。

ブロックケービング採掘法は，シュリンケージ採掘跡の充填用研の採掘法として，１９４６年から始まったが，その後,細脈の集合体を対象に本格的な採掘法として採用されるに至った。

現在の採鉱法は，無充填のシュリンケージ採掘，ブロックケービング採掘及び,充填物回収採掘の３つである。採鉱法別の出鉱量及び切羽数はTable ２－１２の通りである。

Table 2-12　Production and Number of Stopes by Mining Method

(actual data 1981)

Mining Method	Production (%)	Percentage of Production	Number of Stopes
Shrinkage Stoping	104,181	7 7	54
Recovery Stoping of Filling Material	239,343	17.6	32
Block Caving	1,012,491	74.7	7
Total	1,356,015	100.0	93

2－3－2　ブロックケービング採掘

ブロックケービング採掘は，細脈の集合体を対象に適用している。採掘鉱画は大きいもので約7,０００m^2，小さいもので約1,０００m^2程度で，高さは約６０m～１４０m程度となっている。Table 2－13に，１９６０年以降のブロックケービング採掘切羽の推移を示す。現在,採掘中の切羽は７ケ所で，準備中の切羽は４ケ所である。

1）採掘準備

採掘対象鉱画の下部にグリズリ坑道を設け，このグリズリ坑道とＬ６５０の主要運搬坑道の引抜漏斗間に鹿の角状に数本ないし数十本の掘上り（オアパス：1.5 m×1.5 m）を開削する。グリズリ坑道は，既存の坑道を最大限に利用しながら巾2.0 m，高さ2.0 mの加背で開削する。グリズリは１０m間隔に左右千鳥に設け，このグリズリから約１２～１４m上部のアンダーカットレベルまで斜め掘上り（分鉱井）を開削し，この分鉱井を利用してアンダーカットレベル

の水平展開を行なう。岩盤が硬い所では，ケービングを促進するために，アンダーカットレベルから鉱画まわりに縁切り用のシュリンケージ採掘を行ない，更に，鉱画内で坑道式大発破を行なうために，中段坑道を開削している。分鉱井の上端は，直径8.0 mで朝顔形になっている。

Fig. 2－2～Fig. 2－3にブロック5－Dの各レベルの平面図を示す。

グリズリ坑道は，傷みが激しいため，予めコンクリートライニングにより補強している。

2) 採　掘

アンダーカットレベルに崩落して来た鉱石は，分鉱井を通ってグリズリ上に流出し，ここで大塊を張付発破を主とした2次破砕処理しながら鉱井に落される。グリズリは，30 cm間隔で鉄製の角材（12 cm口）を並べたものである。

Fig. 2－4にブロックケービング採掘の模式図を示す。

2－3－3　シュリンケージ採掘

1) 採掘準備

シュリンケージ採掘は，傾斜60°～80°位で幅30 cm～40 cm程度の高品位脈（約5％）に適用している。

採掘鉱画は，スパン40 m～50 m，高さ30 m～35 mである。通押坑道開削後，鉱画の両端に人員通路，材料，投入用の切上りを上部坑道まで開削する。鉱石引抜のため5 m間隔に漏斗を設置し，切上り後水平展開を行なう。また，採掘スパンの中央にも切上りを上部坑道まで上げ，発破用の自由面及び品位チェックに利用している。

2) 採　掘

採掘は，幅0.6 m～0.8 mで起砕鉱を足場としストーパーにより0.4 m間隔に　列上向穿孔を行なう。穿孔長は通常2.0 mである。1スライスの穿孔が完了した後，分割して発破する。起砕鉱石の増量分は漏斗から引抜いて，破砕鉱石の上部は，人力により均しを行ない次のスライスの穿孔作業に移る。

漏斗より引き抜かれた鉱石は，鉱車（1.7トン又は0.75トン）に積み込み，トロリー機関車又はバッテリ機関車（4トン又は2.5トン）で近くの鉱井まで運搬し投入する。

Fig. 2－5にシュリンケージ採掘の模式図を示す。

2－3－4　採掘法別の操業状況

1) ブロックケービング採掘

(1) 作業形態

採掘操業は，3方制で各グリズリを1人のグリズリ員が担当し，グリズリ上の鉱石のか

General				oduction		Difference between Crude Ore to Theoretical Reserve		NOTE
Block No	Reserves of Minable Ore (Dry Ton)	Ore Grade (%)	Sa	Ore Grade (%)	Sn Metal (Sn Ton)	Crude Ore (Ton)	Sn Metal (Sn Ton)	
4-A	313,392	0.73		0 41	3,109 99	+ 453,157	+ 812 99	Finished after exploited drawing over theoretical reserve.
7	4,298,119	0 59	2	0 42	21,927 19	+ 925,071	- 3,315 44	Finished after exploited drawing over theoretical reserve and deficit with Sn metal
4-B	666,344	0 71		0 44	4 668 45	+ 387,169	- 86 25	Finished after exploited drawing over theoretical reserve and deficit with Sn metal
8-B	2,162,715	0 57	1	0 43	12,409 59	+ 687,967	- 126 21	Under exploitation
4	2,847,773	0 62	1	0 61	17,566 81	+ 39,767	- 258 65	Exploited drawing over theoretical reserve
20	344,880	0 42		0 40	949 92	- 104,918	- 493 73	Under exploitation
21	152,852	0.51		0 25	564 74	+ 15,435	- 116 82	Finished after exploited drawing over theoretical reserve and deficit with Sn metal
17	126,108	0 59		0 66	436 00	- 60,289	- 338 89	
18	45,733	0 57		0 43	533 23	+ 77 623	+ 273 88	Finished after exploited drawing over theoretical reserve
4-D	1,069,311	0 53		0 32	1,461 30	- 606,307	- 4,161 65	Under exploitation
5-D	2,053,408	0 44		0 38	1,954 58	- 1,540,748	- 7,088 55	Partly under exploitation and partly under preparation for exploitation
3-F	235,649	0 40		0 32	361 56	- 123,935	- 581.04	Under exploitation
17-A	171,679	0 57		0 44	703 85	- 13,267	- 277.76	Under exploitation
23	671,356	0 51						Under preparation for exploitation
BAYONA	403,048	0 46						Under preparation for exploitation
SAN JOSE	498,278	0.41	2					Under preparation for exploitation
7-A	42,114	0.47						Under preparation for exploitation.

Table 2-13 Transition of Block Caving Stopes

General				Outline of Mining Block							Outline of Preparation for Exploitation							Outline of Others						Production			Difference between Crude Ore to Theoretical Reserve		NOTE
Block No	Reserves of Minable Ore (Dry Ton)	Ore Grade (%)	Sn Metal (Ton)	Area (m2)	Undercut Level	Grizzly Level	Haulage Level	Height (m)	Top Level (m)	Influenced Top Level (m)	No of Cons	No of Grizzly	No of Ore-pass	Horizontal Development (m)	Vertical Development (m)	Total Length of Development (m)	Total Length of Development per Man-shift	Beginning Time of Preparation for Exploitation	Beginning Time of Exploitation	Period of Preparation for Exploitation (Month)	Period of Exploitation (Month)	Other Development (m)	Isolation (m2)	Crude Ore (Ton)	Ore Grade (%)	Sn Metal (Sn Ton)	Crude Ore (Ton)	Sn Metal (Sn Ton)	
4-A	313,392	0.73	2,297.00	1,800	421	431	446	75	345	196	32	16	2	982.40	1,854.60	3,052.00	1.70	Nov 1955	Jul 1959	30	81	215.00	—	766,549	0.41	3,109.99	+ 453,157	+ 812.99	Finished after exploited drawing over theoretical reserve
7	4,298,119	0.59	25,242.63	16,141	471 505	481 516	516 551	102 137	389	Surface	145	88	10	7,736.00	9,560.90	18,683.30	1.16	Nov 1958	May 1963	56	80	1386.40	63.61	5,223,190	0.42	21,927.19	+ 925,071	- 3,315.44	Finished after exploited drawing over theoretical reserve and deficit with Sn metal
4-B	666,344	0.71	4,754.70	3,280	436	446	650	99	337	50	32	20	3	1,110.00	2,755.00	4,348.40	1.32	Oct 1960	May 1967	80	—	463.40	19.84	1,053,513	0.44	4,668.45	+ 387,169	- 86.25	Finished after exploited drawing over theoretical reserve and deficit with Sn metal
8-B	2,162,715	0.57	12,283.38	6,353	471	481	650	121.4	355	Surface	46	23	2	1,962.00	2,687.00	4,649.00	0.73	Aug 1962	Aug 1970	97	—	20.70	—	[a] 2,850,682	0.43	12,409.59	+ 687,967	- 126.21	Under exploitation
4	2,847,773	0.62	17,825.46	7,078	502	516	650	132	370	Surface	42	21	2	1,661.70	2,021.60	3,683.30	0.52	Dec 1965	Aug 1972	80	—	382.60	—	[b] 2,887,540	0.61	17,566.81	+ 39,767	- 258.65	Exploited drawing over theoretical reserve
20	344,880	0.42	1,443.65	1,502	438	470	650	42	396	383	8	6	1	550.10	647.30	1,207.40	0.80	Jan. 1972	Mar 1975	51	—	17.20	84.85	[c] 239,962	0.40	949.92	- 104,918	- 493.73	Under exploitation
21	152,852	0.51	781.56	1,500	398	411	650	46	352	320	8	6	1	340.40	609.80	950.20	0.63	Jan 1972	Sep. 1973	20	—	—	27.36	168,285	0.25	664.74	+ 15,435	- 116.82	Finished after exploited drawing over theoretical reserve and deficit with Sn metal
17	126,108	0.59	774.89	946	501	516	551	90	411	383	8	4	—	217.25	379.00	596.25	0.63	—	Jan 1979	—	—	—	—	65,819	0.66	436.00	- 60,289	- 338.89	
18	45,733	0.57	259.35	551	345	355	650	78	267	235	4	2	1	9.40	116.30	125.70	0.23	Oct 1970	Jan. 1971	4	22	—	—	123,356	0.43	533.23	+ 77,623	+ 273.88	Finished after exploited drawing over theoretical reserve
4-D	1,069,311	0.53	5,622.95	2,517	341	355	650	143	198	Surface	28	14	1	936.30 772.00	1,518.40 1,291.80	[a] 2,454.70 2,063.80	0.56	Nov 1972	Jun 1975	31	—	—	—	[d] 463,004	0.32	1,461.30	- 606,307	- 4,161.65	Under exploitation
5-D	2053,408	0.44	9,043.13	7,000	469	481	650	115	355	320	62	31	3	2,882.40 1,984.00	3,303.40 2,679.50	[a] 6,185.80 4,663.50	0.66	Mar 1975	—	—	—	—	898.00	[b] 512,660	0.38	1,954.58	- 1,540,748	- 7,088.55	Partly under exploitation and partly under preparation for exploitation
3-F	235,649	0.40	942.60	1,401	516	536	650	70	446	411	8	4	1	883.70 349.50	681.00 391.90	[b] 1,564.70 741.40	0.53	Nov 1975	Aug 1977	21	—	—	272.00	[e] 111,714	0.32	361.56	- 123,935	- 581.04	Under exploitation
17-A	171,679	0.57	981.61	1,375	502	516	650	56	446	411	8	4	1	328.40 232.50	502.60 361.00	[b] 831.00 593.50	0.43	Nov 1976	—	—	—	—	—	[b] 158,412	0.44	703.85	- 13,267	- 277.76	Under exploitation
23	671,356	0.51	3,422.04	1,056	271	285	650	91	180	140	8	4	1	177.70 98.00	210.10 422.00	[f] 387.80 520.00	0.05	Oct 1977	—	—	—	—	—						Under preparation for exploitation
BAYONA	403,048	0.46	1,854.02	1,568	506	516	650	95	411	—	14	7	1	352.70 541.50	425.00 426.50	[g] 777.70 968.00	0.62	Nov 1978	—	—	—	—	58.63						Under preparation for exploitation
SAN JOSE	498,278	0.41	2,092.43	2,193	596	610	650	96	500	—	16	8	1	55.40 624.50	33.10 602.50	[h] 88.50 1,226.50	0.56	Oct 1978	—	—	—	—	131.00						Under preparation for exploitation
7-A	42,114	0.47	197.94	838	535	551	650	54	481	—	6	3	1	13.8 99.0	90.30 324.50	[i] 85.40 423.50	0.51	Jan 1979	—	—	—	—	—						Under preparation for exploitation.

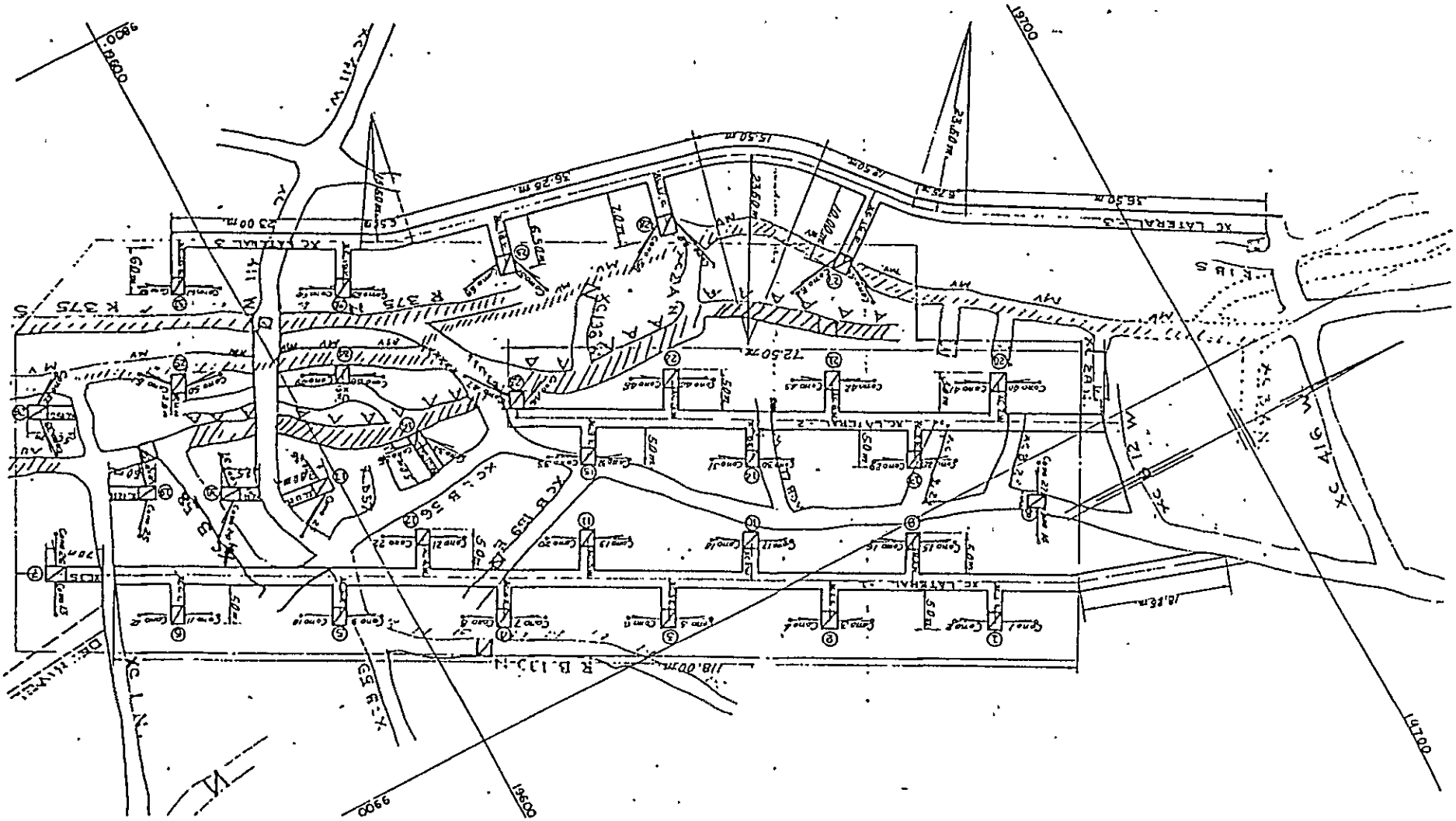


Fig. 2–2 Layout of Drift at Grizzly Level, Block 5–D

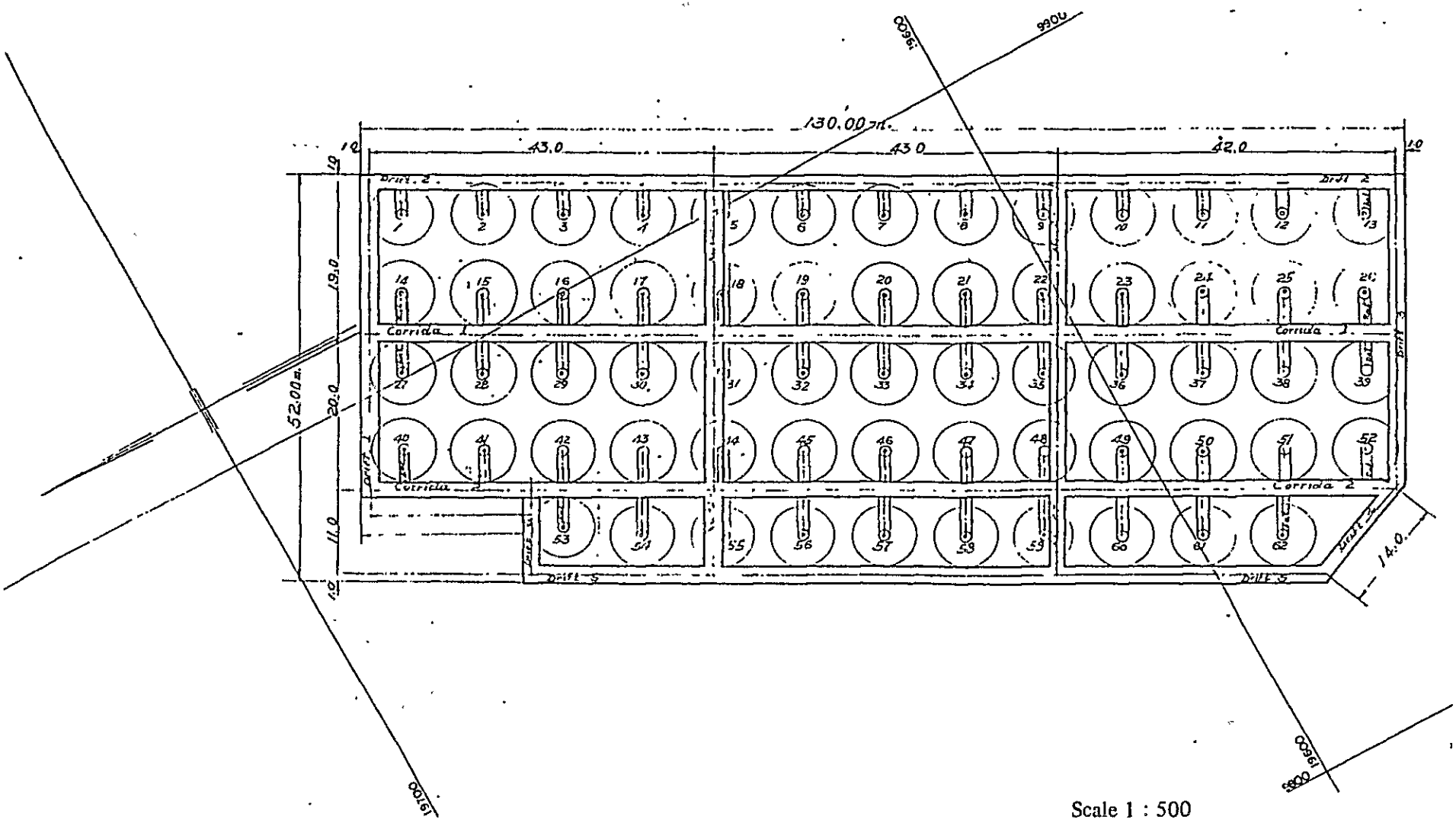


Fig. 2–3 Arrangement of Cones at Undercut Level, Block 5–D

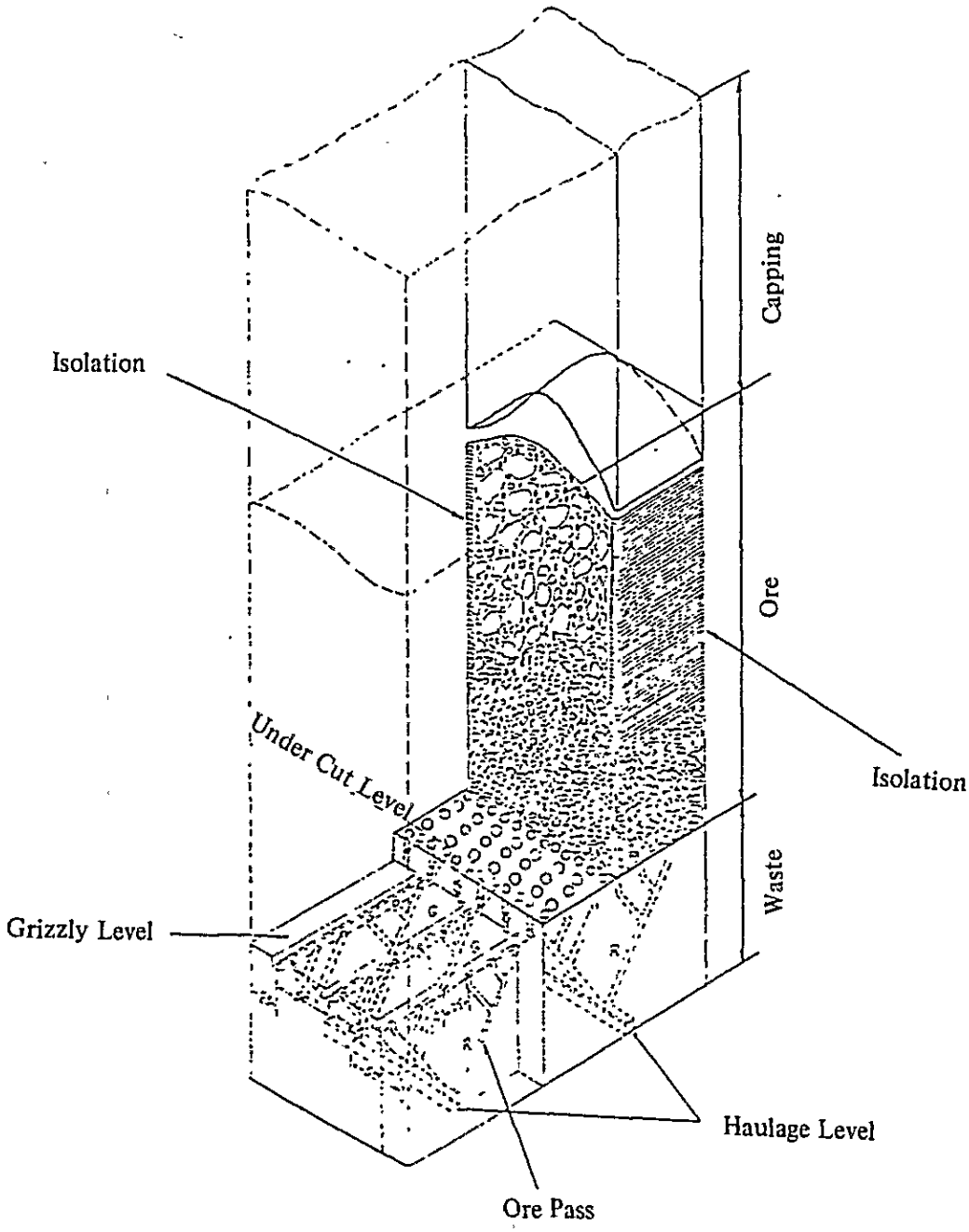
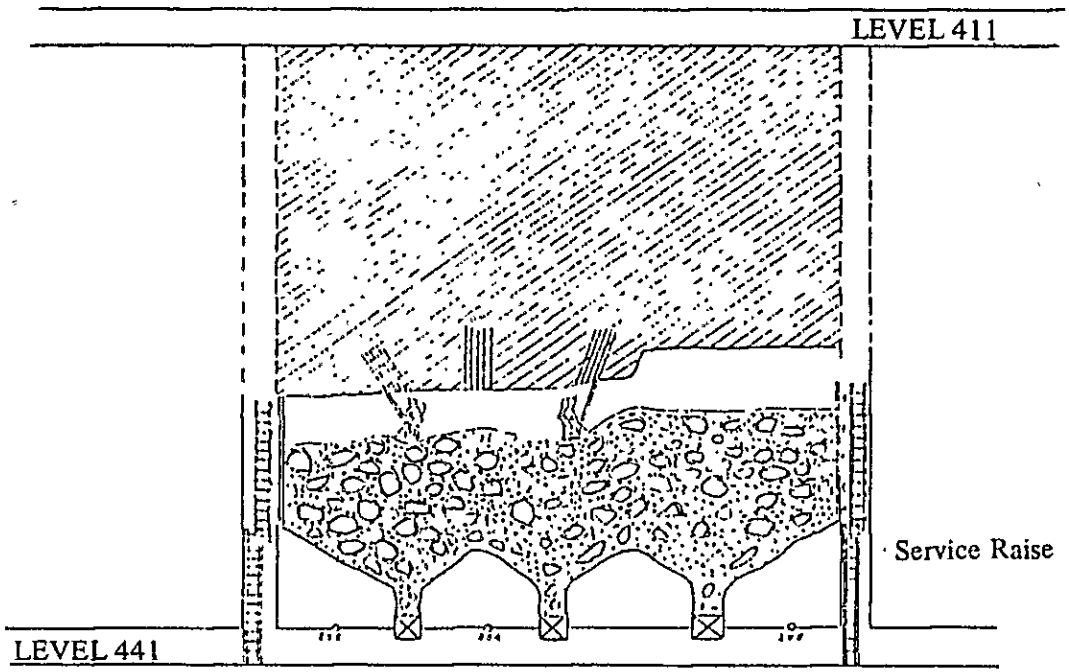


Fig. 2–4 Typical Picture of Block Caving



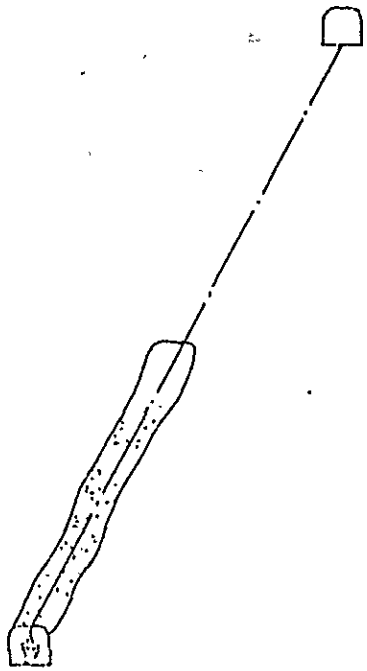
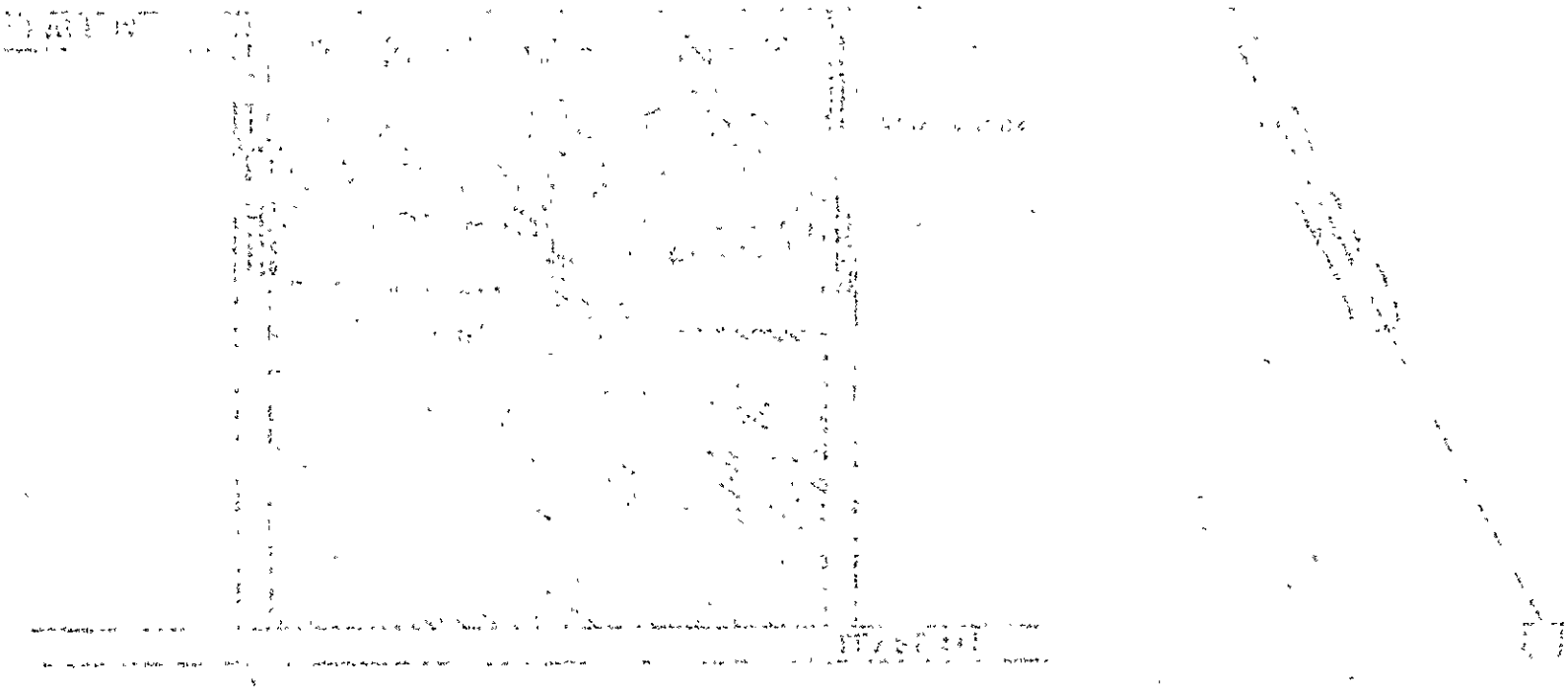


Fig. 2–5 Typical Section of Shrinkage Stopping



き落し作業，発破による大塊の小割作業を行なっている。その他に吊り発破員が数名おり，流れ落ちない大塊の鉱石を発破で落す作業を行なっている。方交代は，１カ月毎に行ない，グリズリ　員は１ケ月毎に担当グリズリ　を変更している。

支柱員は，痛んだグリズリの取替，抜出口附近の天盤支保等を行なう。

(2) 使用機器及び火薬類

削 岩 機……シンカー

小割機械……ビックハンマー

そ の 他……テコ，カギ棒

火 薬 類……大塊の小割発破用としてダイナマイト，アンホ（バラ状），導火線を使用している。

(3) 作業状況

グリズリー間隔が３０*cm*程度なので，比較的小さな塊でも落ちにくく，テコやカギ棒で少しつついてみて，落ちなければすぐに付け発破をしている。付け発破は，ほぼ１５分間隔で行なわれており，その度に作業員全員がサイレンの合図で両側の入気坑に退避して，４～５分間休憩している。グリズリ間隔の規格は２５*cm*～３０*cm*であるが，使用中に徐々に広がり５０*cm*～５５*cm*位になっている所も見られた。全体に塊の大きさが６０*cm*以上のものが約５０％程度はあると見られた。

さく岩機による穿孔小割発破は，希にしかやらないようで，さく岩機にしてもブレーカーにしても，現在の付け発破より肉体的負担が重くなるので監督者が指示しても使用せず中々実効は上っていない。

(4) 火薬類の使用状況

ブロックケービング採掘における火薬類の使用状況はTable ２－１４に示す。

Table 2–14 Powder Factor of each Block Caving

(Data by 1971

Item / Block	Dynamite (Kg/Ton)	AN-FO (Kg/Ton)	Total Powder (Kg/Ton)	Cap (piece per Ton)	Fuse (m/Ton)
(Block Caving)					
4	0.10	1 27	1.37	1.21	0 79
4-B	0 11	1 48	1 59	1.52	0 97
4-D	0.09	1.51	1.60	1.22	0.79
8 B	0.09	1.17	1.26	1.16	0 75
5-D	0 12	2.78	2.90	1.71	1.39
Average	0.10	1.58	1.68	1.31	0.91
(Mini Block Caving)					
3-F	0 03	0 86	0 89	0 59	0.55
17-A	0 10	1.12	1 22	1 48	1.35
20	0 08	1.72	1.80	1 47	1.13
Average	0.07	1 16	1.23	1.14	0 99

本来,火薬の不要なブロックケービング採掘にしては,火薬の使用量は非常に多くなっており,コスト面でも問題である。

2) シュリンケージ採掘

(1) 作業形態

採掘操業は3方制であるが,1の方では,さく岩発破作業が主体で,2,3の方は鉱石搬出作業を行なうという独特の作業形態となっている。

1の方の作業は1グループ4人で親方,さく岩員,さく岩助手,雑役という構成でシュリンケージ切羽と鋼押坑道の開削の2切羽に別れて作業している。

(2) 使用機器

さく岩機　　ストッパー

ビットロッド　　インサート型　六角中空　φ22 mm

1番ロッド……0.6 m

2番ロッド……1.2 m

3番ロッド……1.8 m

4番ロッド……2.4 m

(3) 作業状況

シュリンケージ切羽での作業状況について,さく孔能率を主体に調査してみたが,空気圧が(4㎏程度で)弱いためにさく孔能率があまり良くない事がわかった。Table 2-15にさく孔能率を示す。空気圧が弱いことの原因は前述のように1の方にさく岩作業が集中し空気量の消費が集中,更にコンプレッサー室からの配管延長が長いことによる圧力損失,漏風等のためと考えられる。

Table 2-15 Drilling Efficiency

Hole No.	Drilling Length (cm)	Requirement Time (min)	Drilling Efficiency (cm/min)	Pressure of Compressed Air (Kg/cm2)	Note
1	230	11.6	19.8 *1	4.0	*1 drilling only
2	230	6.6	34.8 *1	4.7	
3	230	11.8	19.5 *2	3.5	*2 Lack of pressure of compressed air at 9:35'.
4	230	9.9	23.2 *3	4.0	*3 Included with positioning and rod change.
Average			24.3		

1方当りの実働時間を6.5時間とすれば,1方当りのさく孔本数は,

6.5時間×60分/時間×24.3 cm/分÷230 cm≒41本

程度となる。この数字は現場の係長の話しとほぼ一致する。又，装薬発破作業は，30本/方程度の能率になっている。シュリンケージ採掘切羽では，採掘スパン50 mの場合ほぼ1ケ月で1スライス2.2 mの採掘が完了している。

従って，1月当りの採掘量は

長さ50 m×幅0.8 m×高さ2.2 m×2.8トン／m³＝246.4トン

程度と推定される。

(4) 火薬類の使用状況

シュリンケージ採掘における火薬類の使用状況を係別にみるとTable 2－16に示す通りである。

Table 2–16 Powder Factor by Shrinkage Stopping

(Data by 1979)

Kinds / Section	Dynamite (Kg/Ton)	AN FO (Kg/Ton)	Total Powder factor (Kg/Ton)	Cap (piece per Ton)	Fuse (m/Ton)
Animas	0.12	0.85	0.97	0.99	1.50
Salvadora	0.09	0.80	0.89	1.16	1.43
Sigio XX	0.13	0.90	1.03	1.22	1.71
Laguna	0.12	1.39	1.51	1.44	1.81
Beza	0.10	0.92	1.02	1.02	1.53
Average	0.11	0.99	1.10	1.15	1.60

これをみると，低価格であるアンホの使用率が90％に達し，コスト面での努力がうかがえる。

爆薬の使用量は，過装薬気味にはなっているが，岩盤の硬いことを考慮すれば，妥当な数字と考えられる。

2－4 採鉱機械設備

採鉱設備として主なものを挙げると，圧気設備，排水設備，通気設備，巻上設備，運搬設備，用水設備及び火薬庫等があり，その他には穿孔機械，積込機械等がある。

全般的には，定置式の機械設備は古い（約50年前）ものが多いが，移動式の機械設備は，比較的新しい機械が使用されている。

2－4－1 現行配置設備の仕様，台数，設置場所

1 圧気設備

圧気設備としてのコンプレッサーの仕様，台数，設置場所はTable 2－17に示す。

Table 2–17 Compressors

No.	Company	Type	Theoretical Capacity (m^3/min)	Actual Capacity (m^3/min)	Efficiency (%)	Condition	Motor			Location	Cooling Method
							Type	Power (H.P)	Voltage (V)		
1	Atlas Copco	ER-9	99.1	70.0	70	Good	Electric	455	550	Cancañiri	Water Cooling
2	"	ER-9	99.1	70.0	70	Good	"	455	550	"	"
3	JOY	TA-50MNA	142.0	99.4	70	Repaired	"	1,000	3,000	"	"
4	Atlas Copco	AR-9	88.3	52.9	65	Normal	Diesel	570	–	"	"
5	Ingersoll -Rand	PRE-2	181.2	108.7	60	"	Electric	825	3,000	"	"
6	"	PRE-2	90.6	54.4	60	"	"	400	3,000	"	"
7	"	PRE-2	181.2	108.7	60	"	"	900	3,000	"	"
8	"	PRE-2	90.6	54.4	60	"	"	400	3,000	"	"
9	"	PRE-2	50.9	30.5	60	"	"	200	440	Animas L411	Air Cooling

インガーリルランド製のコンプレッサー（№5～№9）は，１９２０年代に製造されたもので，古い機械を大切に使用しているのに感心したが，効率が悪いこと，故障，修理に手間のかかる事等から考えると，機械の更新が必要である。

2) 排水設備

排水設備はTable 2－18に示す通りである。

Table 2–18 Pumps

No.	Company	Location	Maximum Capacity of Pump (m^3/hr)	Diameter (in)		Head (m)	P. H. of mine water	Motor	
				Suction	Discharge			H. P.	V
1	Alis Chalman	L 685	20	6	5	35	3.0	100	440
2	"	L 685	20	6	5	35	3.0	100	440
3	"	L 720	20	6	5	35	3.0	100	440
4	"	L 720	20	6	5	35	3.0	100	440
5	"		20	6	5	35		75	220/440

3) 用水設備

用水設備はTable 2－19に示す通りである。

Table 2–19 Equipment of Water Supply

No.	Company	Location	Maximum Capacity of Water Supply (m^3/hr)	Diameter (in.)		Head (mmAq)	P. H of Water	Motor	
				Suction	Discharge			H. P	V
1	Arudorich	Blanca Surface L50	17	3 1/2	9	200	65	24	220
2	〃	Blanca Surface L50	17	3 1/2	9	200	65	24	220

4) 巻上設備

各立坑，斜坑毎に巻上設備の仕様をまとめるとTable 2－20に示す通りである。

Table 2–20 Winding Machines

No	Location	Section	Hoisung Level	Depth (m)	Payload of cage (Ton)	Drum	Rope Diameter (mm)	Motor		Type of Cages
								H P	V	
1	BEZA Shaft	Beza	411	240	4	Single Drum	22	125	230	2-Setp
2	ANIMAS Shaft	Animas	50 (Surface)	333	4	Double Drum	22	150	440	1-Step
3	BLANCA Shaft	Beza	295	116	4	Single-Drum	22	75	220	1-Step
4	MISTICO Shaft	Laguna	125	258	4	Double-Drum	22	121	440	1-Step
5	VICTORIA Shaft	Animas	383	147	4	Single-Drum	22	75	230	1-Step
6	SAN MIGUEL Shaft	Salvadora	383	272	4	Double-Drum	22	200	3,000	2-Step
7	Incline 620～800	Sigro XX	620	180	7	Double Drum	25	300	3,000	Skip
8	MAESTRO Shaft	Sigro XX	650	70	4	Single-Drum	22	40	220	1-Step
9	Incline 411～383	Beza	383	50	3	Single-Drum	19	40	220	Skip

5) 通気設備

通気設備は，設置場所毎の扇風機の仕様及び台数は，Table 2－21に示す通りである。

No.1とNo.10のファンは，稼働していないが，現在修理中なのかただ使用していないのか不明である。

Table 2-21 Mine Ventilation Equipment

No.	Ventilation Level	Location		No. of Fan	Power (H.P.)	Type	Voltage (V)	Theoretical Air-quantity (m^3/min)	Theoretical Air-pressure (mmAq)
		Block	Section						
1	385	4-D	Laguna	1	60	Centrifugal	440	1,132	76.2
2	411	5-D	Beza	1	100	Axial	440	1,698	76.2
3	446	8-B	"	1	60	Centrifugal	440	1,132	76.2
4	481	8-B	"	2	20	Axial	440	566	50.8
5	481	8-B	"	1	150	Axial	440	3,396	76.2
6	516	4	Salvadora	1	215	Axial	440	3,396	76.2
7	516	17-A	"	1	20	Axial	440	566	50.8
8	516	5-D	Siglo XX	1	100	Axial	440	1,698	76.2
9	600	3-D	Animas	1	150	Axial	440	3,396	76.2
10	516	4	Salvadora	1	75	Centrifugal	440	1,132	76.2
11	530	Victoria 3-F	Animas	1	40	Axial	440	311	50.8
12	551	5-D	Beza	1	125	Axial	440	3,396	76.2
13	600	20	Salvadora	1	20	Axial	440	509	50.8
14	600	Victoria 3-F	Animas	1	20	Centrifugal	440	566	50.8
15	650	3-D	"	1	40	Centrifugal	440	1,132	76.2
16	650	Reggia	Salvadora	1	60	Axial	440	1,132	76.2
17	650	4	Ore-Pass No. 1	1	10	Axial	440	170	25.4
18	516	4	Salvadora	2	20	Axial	440	1,019	76.2
19	600	3-D	Animas	1	100	Axial	440	1,698	76.2

6) 運搬設備

運搬設備は，機関車と鉱車が主体でその仕様及び台数をTable 2－22に示す，また，10トン，トロリー機関車の詳細仕様はTable 2－23に示す。

Table 2-22 Haulage Equipment

[Locomotive]

No	Type	Weight (Ton)	Power (kw)	Track Gauge (mm)	Number of Locomotive
1	Trolley	10	25kw x 2	610	11
2	Trolley	8	-	610	9
3	Trolley	7		610	2
4	Trolley	6		610	1
5	Trolley	4		610	23
6	Trolley	2.5		610	7
7	Trolley	1.5		508	13
8	Battery	1.5		508	13
Total					79

[Mine-Car]

No.	Type	Payload (Ton)	Track Gauge (mm)	Number of Mine-Cars
1	Rigid-Car	0.65	508	7
2	"	0.75	508	79
3	"	1.70	610	169
4	Granby-Car	2.00	610	44
5	"	3.30	610	11
6	"	5.00	610	130
Total				440

Table 2–23 Specification of 10 Ton Haulage Locomotive

Motor Power		25 KW x 2
Using Voltage		250 V
Weight		1,700 Kg
Length		4,500 mm
Width		1,048 mm
Height	Max.	2,400 mm
	Min.	1,800 mm
Speed		10.5 Km/hr
Wheel Diameter		680 mm

7) 採鉱機械

採鉱機械では，穿孔機械としてストーパー，レッグドリルがあり，積込機械としてレール式バケットローダーがあるだけで，あまり機械化は進んでいない。

穿孔機械の仕様，台数についてはTable 2－24に，積込機械のそれについてはTable 2－25に示す。

積込機械としては，大型機械はなく日本の大空600－Bクラスの機械ばかりである。

2－4－2 各設備の使用状況

1) 圧気設備

(1) 〔運転状況〕

坑内において圧気を使用するのは，1の方が主体で，2の方，3の方では切羽のエヤーブロー程度である。従って，コンプレッサーの運転は，1の方では全機械をフル運転しているが，2の方，3の方では数台運転しているだけである。

(2) 〔空気圧〕

空気圧は1の方では通常4.8～5.2㎏程度で，2の方，3の方及び，土曜日の比較的圧気の使用が少ない時間では，5.6～7.0㎏程度になっている。

空気圧がかなり低いのは，3,800mの高地であること，機械が古いこと，坑内の配管延長が非常に長く，距離の割には圧気管が小口径（12B）であることが原因である。

鉱山では，近い将来，圧気管の大型化を計画しており，20Bに取替えて切羽元の空気圧を上昇させようとしている。

(3) 〔人　員〕

運転員は，1の方3名，2の方2名，3の方3名となっており，この他に修理員が数名いる。

(4) 〔圧気使用量〕

圧気使用量は，1980年の実績では，月平均約21,065,000㎥で，出鉱トン当りの圧気使用量は，187㎥／トンである。

2) 排水設備

(1) 〔運転状況〕

排水ポンプは，耐酸性で，1台を運転し，1台は予備ポンプとして使用している。

ポンプの運転は自動運転ではなく，工作課所属の機械員が常時見廻って，排水状況を見ながら手動で運転している。送電線の事故で停電した場合には，電力公社（ENDE）からの非常用送電線に切替えて運転できる様になっている。

(2) 〔配管等〕

排水用の配管は，耐酸用として塩化ビニール製のパイプ（8B）を使用しているが，揚程が小さいため強度は間に合う。

ゴムライナーは，Catavi鉱山のゴム工場で製作したものを使用している。

(3) 〔坑内排水量〕

坑内からの排水量は，0.87㎥／分程度で，水質はpH＝1.5～2.0と強酸性である。

3) 用水設備

(1) 〔用水系統〕

用水系統は次のフローシートの通りである。

Table 2–24 Drills

No.	Company	Type	Model	Number of Drills	Number of Stock	Total
1	Atlas Copco	Telescopic	BBC-34-W8	1	0	1
2	Gardnet Denver	Chichala	S-55	7	0	7
3	"	"	S-33	4	0	4
4	SIG	Jack Leg	PLB-23-CL	24	0	24
5	Atlas Copco	"	PH-656-4W	43	0	43
6	"	"	PH 656-4W	13	0	13
7	Ingersoll -Rand	Telescopic	R-38-A	1	0	1
8	"	"	JB-38-C	3	0	3
9	Falcon	"	BBD-46-N	1	0	1
10	SIG	"	PLS-23-95	1	0	1
11	U.S.S R.	Jack Leg	PL-25-L	3	0	3
12	Atlas Copco	"	BBD 90-W	145	3	148
13	"	"	BBD-96-W	19	5	24
14	Gardner Denver	Telescopic	R-104	3	0	3
15	"	"	RB-83	124	0	124
Total				392	8	400

Table 2–25 Loaders

No.	Company	Type	Capacity Bucket (m^3)	Track Gauge (mm)	Number of Loaders
1	Aimco	12-B		508	4
2	"	22-B		508	4
3	Gardner Denver			508	4
4	Atlas Copco	LN-56		508	7
5	U.S.S R.	PPW-18		508	21
Total					40

[illegible]

[illegible]

Catiri　貯水ダム

Ⓟ

用水タンク（コンクリート）　Siglo XX選鉱工場

Ⓟ

Blanca　ポンプ室

Ⓟ

Bismarck　坑道　L50

坑内用水タンク（木製）　L125

切羽

(2) 〔運転状況〕

工作課所属の運転員が常時見廻っており，1台を運転し，1台を予備として使用している。

4) 巻上設備

各立坑，斜坑は，大斜坑L620～L800を除いてすべて人員，材料運搬用に使用している。大斜坑は，開削しただけで現在は水没したままで使われていない。

(1) 〔運転状況〕

坑内の操業は3方制であるので，巻上機運転員を各巻上機に1人／分を配置しており，さらに機械員が各方2名配置され機械の保守点検を行なっている。巻上運転員，機械員共に工作課の所属である。信号員は，各巻上機のケージに常時乗っており，プラットでは速度を落したケージ中から手を伸してスイッチを押し規定の符号により巻上運転員に停止レベルを連絡しながらケージを運行させている。この信号員は採鉱課に所属している。

(2) 〔ロープ〕

巻上用ワイヤーロープは，定規的（2年毎）に取り替えている。

(3) 〔ケージ〕

ケージは，鉄製で墜落防止柵がついているが，運行中立坑枠との間隔が狭く危険な面もあり，構造的にはドアを改善する必要があり，又，どのケージも小型のため材料運搬には不便であると思われる。

5) 通気設備

通気設備は，すべてブロックケービング採掘の切羽で使用されており，主に採掘に伴う粉塵，発破の跡ガスの排除のための排気ファンと，新鮮な空気を送り込む人気ファンだけで，シュリンケージ採掘切羽及び，坑道掘進切羽には使用されていない。

(1) 〔運転状況〕

通気設備の運転状況は，Table 2-26に示す通りで，定格風量に対して所要の性能が出ていないファンがあり，それも特に大型の排気用のファンであることが特徴的である。

また，風圧は定格風圧に対してかなり低くなっており，ファンが効率良く運転されていない。

(2) 〔風門〕

通気設備の中で風門の管理は重要であるが，排気ファンの周辺では比較的良く管理されていたが，入気側についてはかなり粗雑であった。

(3) 〔扇風機〕

扇風機はスウェーデン製が多い。一部の大型ファンは焼損したモーターの巻替，磨耗した羽根の自家製品との取替等を行なっているが，この場合性能の低下が懸念される。

6) 運搬設備

運搬設備としては，鉱石運搬はトロリー機関車と鉱車により，材料運搬は機関車と台車によって行なっている。

機関車と鉱車の使用箇所別台数は，Table 2-27 と Table 2-28 の通りである。また，購入年による分類は５年毎に区切った。

Ｌ６５０の主要運搬では大型の機関車を使用しているが，中段運搬は小断面のための小型の機関車を使用している。購入年による分類からみると，大型の機関車は比較的新しいものが多いが，小型の機関車は２５年前の機械が殆どで更新は進んでいない。

機関車と同様に，主要運搬（Ｌ６５０）坑道では大型の鉱車を使用しているが，中段運搬では，小型の鉱車を使用している。

また，購入年別の分類によると，小型の鉱車は比較的更新しているが，大型の鉱車には２５年前のものが多く，更新は進んでいない。

7) 採鉱機械

穿孔機械は，故障すれば部品を交換していくという方式で修理しているが，すべて輸入機械でしかも種類が多いため，部品が揃っておらず修理不能なものもかなりあった。部品については，Catavi鉱山及びオルロの工作工場で自作していたが，材質・精度の点から，耐久性に問題があるが，輸入品はすぐ手に入らないことから，止むを得ないと思われる。

２－５　開　坑　法

Catavi鉱山の坑内においては，鋤押し坑道，立入坑道が網の目の様に開削されており，その坑道延長は約９００Kmにも達している。

これらの坑道は，大部分の岩盤条件の良い所では無支保で，断層帯等では木製三ッ留又はコンクリート巻立をしており，支保率は全体の約１０～１５％程度となっている。

２－５－１　坑内構造

坑内構造は基本的には，通洞坑と立坑（一部斜坑）の組合せになっている。

Table 2–26 Actual Condition of Operating Fans

No.	Ventilation Level	Block	Air-quantity		Pressure		Arrangement of Fan
			Theoretical (m^3/ min)	Actual (m^3/ min)	Theoretical mm water	Actual mm water	
1	385	4-D	1,132	1,075			
2	411	5-D	1,698	1,528	127	76.2	Blowing
3	446	8-B	1,132	991	127	76.2	Blowing
4	481	8-B	566	510		50.8	Blowing
5	481	8-B	3,396	1,189	127	76.2	Exhaust
6	516	4	3,396	1,755	127	76.2	Exhaust
7	516	17-A	566	453		50.8	Blowing
8	516	5-D	1,698	1,641	127	76.2	Blowing
9	600	3-D	3,396		127		
10	516	4	1,132				
11	530	3-F	566	340		50.8	Blowing
12	551	5-D	3,396	1,528	127	76.2	Exhaust
13	600	20	509	481		50.8	Exhaust
14	600	3-F	566	509		50.8	Exhaust
15	650	3-D	1,132	991	127	76.2	Exhaust
16	650	Reggis	1,132	1,104	127	76.2	Blowing
17	650	4	170	142		25.4	Blowing
18	516	4	566	481			Blowing
19	600	3-D	2,264	1,981	127	76.2	Exhaust

Table 2–27 Classification of Locomotives by Location and Years

Location		Trolley · Locomotive							Battery-Locomotive	Total
		10 Ton	8 Ton	7 Ton	6 Ton	4 Ton	2.5 Ton	1.5 Ton	1.5 Ton	
Animas		–	–	–	–	6	1	1	1	9
Laguna		–	1	1	–	2	–	5	2	11
Salvadora		–	–	–	–	2	–	2	4	8
Beza		–	–	–	–	9	–	3	2	14
Siglo XX		–	2	–	1	3	–	2	4	12
L650 Main Haulage		11	–	–	–	–	–	–	–	11
Siglo XX Machine Shop		–	6	1	–	–	–	–	–	7
Cancañiri Machine Shop		–	–	–	–	–	1	–	–	1
Cancañiri Material Haulage		–	–	–	–	–	3	–	–	3
Siglo XX Man Haulage		–	–	–	–	1	2	–	–	3
Total		11	9	2	1	23	7	13	13	79
Year	1976 ~ 1980	3	–	–	–	2	–	–	7	12
	1971 ~ 1975	8	3	2	1	–	1	–	–	15
	1966 ~ 1970	–	1	–	–	1	–	–	1	3
	1965 ago	–	5	–	–	20	6	13	5	49

Table 2–28 Classification of Mine Cars by Location and Years

Location		0.65 Ton	0.75 Ton	1.70 Ton	2.00 Ton	3.30 Ton	5.00 Ton
Animas		1	9	47	–	–	–
Laguna		1	26	23	–	11	–
Salvadora		2	16	25	–	–	–
Beza		1	8	57	5	–	–
Siglo XX		2	20	17	39	–	130
Total		7	79	169	44	11	130
Year	1976 ~ 1980	3	40	49	5	–	–
	1971 ~ 1975	4	39	120	–	11	8
	1966 ~ 1970	–	–	–	1	–	22
	1965 ago	–	–	–	38	–	100

[illegible]

Table 2–29 Classification of Drills by 5 Years

Company	Type	Years				Total
		1976 ~ 1980	1971 ~ 1975	1966 ~ 1970	1965 ago	
Atlas Copco	Telescopic	1	–	–	–	1
Gardner Denver	Chichala	–	3	–	4	7
"	"	–	–	4	–	4
SIG	Jack Leg	22	2	–	–	24
Atlas Copco	"	11	6	11	15	43
"	"	2	2	2	7	13
Ingersollrand	Telescopic	–	–	–	1	1
"	"	1	1	1	–	3
Falcon	"	–	–	1	–	1
SIG	"	–	1	–	–	1
U.S.S R.	Jack Leg	3	–	–	–	3
Atlas Copco	"	90	51	4	3	148
"	"	24	–	–	–	24
Gardner Denver	Telescopic	–	–	1	2	3
"	"	22	66	34	2	124
Total		176	132	58	34	400

Table 2–30 Classification of Loaders by Location and Years

Location		AIMCO	AIMCO	Gardner Denver	Atlas Copco	U.S.S R.	Total
		12–B	22–B		LN-56	PPW-18	
Animas		–	–	–	1	5	6
Laguna		1	–	–	1	1	3
Salvadora		1	–	1	1	–	3
Beza		–	–	2	3	7	12
Siglo XX		2	4	1	1	8	16
Total		4	4	4	7	21	24
Year	1976 ~ 1980	–	4	–	6	14	24
	1971 ~ 1975	1	–	–	–	7	8
	1966 ~ 1970	3	–	1	1	–	5
	1965 ago	–	–	3	–	–	3

[illegible]

[illegible]

通洞坑としては３つの主要レベルがある。Ｌ３８３のPatiño坑では，脈に対してほぼ直角に入っており，Ｌ４１１のCancañiri坑及びＬ６５０の Siglo ＸＸ 坑では，脈に対して平行に入り鉱体内に入って，立入坑を設けている。

立坑は，現在使用しているものが７本あり比較的岩盤条件の良い所で，かつ主脈から離れた所に設けられている。

各レベル間の垂直距離は，上部（Ｌ４１１以上）では１５～２０ｍ，下部（L411～L650）では３５ｍ又は５０ｍとなっている。

1) 主要坑道

主要坑道は，Ｌ６５０の Siglo ＸＸ 坑で，坑口から約１７００ｍはほぼ直線である。主要坑道の加背は，幅3.0ｍ×高3.0ｍのアーチ形断面で，中間に複線部が約２００ｍあり，その加背は幅6.0ｍ×高3.0ｍとなっている。坑口部約１００ｍと断層帯約５０ｍはコンクリート巻立を行なっているが，その他は殆ど無支保である。

Fig. ２－６に主要坑道の断面図を示す。

2) 立　坑

立坑の断面は，すべて短形でその大きさは立坑によって少しずつ異なる。

新ベサ立坑を例にとると，掘削断面が3.79ｍ×2.60ｍで，この中に立坑枠を井桁に組み，ケージ間は，1.57ｍ×1.55ｍの大きさである。立坑枠の間隔は，1.8ｍで２０cmの角材（米国より輸入）を使用している。

巻室の大きさは，長さ6.0ｍ×幅6.40ｍ×高さ3.50ｍで巻上機から，ヘッドシーブまでの距離は２０ｍとなっている。

立坑関係の図面をFig. ２－７からFig. ２－９に示す。

3) 鉱　井

鉱井の大きさは，ほぼ1.5ｍ×1.5ｍで，急傾斜（５０°～６０°の角度）のものが多く，数本の鉱井を１グループにして下部で集約し，Ｌ６５０の漏斗数を少なくしている。

2－5－2　水平坑，立坑等の掘削方式及び能率

1）水平坑

水平坑の開削は，すべてレール方式で，作業グループ毎に切羽を持っており，2名1組で1方のみ作業している。軌道延長の際は軌道工2人が来て，研搬出の際は，運搬班の電車運転員2名が来て共同で作業が進められる。

(1) 掘削方式

掘削方式はバーンカット工法により，1発破進行長を長くして掘削能率を上げるという方式を採用している。

各作業について，L650での運搬能力増強のための大加背坑道開削を例にとって説明する。

(i)〔穿孔発破作業〕

穿孔発破作業は2日間にわたって行なわれる。最初の日に心抜発破を行ない，次の日に外周発破を行なっている。穿孔パターンは，バーンカット法で，1発破穿孔長は2.3 m，1発破進行長は2.0 m～2.2 m程度となっている。

心抜孔は，4本で，1番ロッドと2番ロッドで2.3 mの孔を穿孔し，すべての孔に爆薬を装填する。穿孔配置はFig. 2－11の通りである。また，心抜発破後の状況はFig. 2－12の通りで，この場合①，②が雷管不良で不発となり，③，④のみ起砕されていた。

心抜発破の起砕研は，少し後方にはねて，引立でさく岩ができる足場を作っている。

穿孔径は，1.2 mのインサートロッドでφ40㎜，2.4 mではφ38㎜である。

次に外周発破では，心抜発破による起砕状況を見ながら次段の穿孔を行なう。全体の穿孔配置はFig. 2－13に示す通りである。

さく岩員がさく岩機を準備中に軌道工2名により軌道延長を行ない，穿孔作業に入った。

穿孔，発破のサイクルタイムは，Table 2－31に示す通りで穿孔開始後，2時間17分掛って，ℓ＝2.3 mの孔を20本穿孔し，装薬後発破完了まで約5時間を要した。孔掃除は，アンホ装填用ホースを使って行なったが，心抜孔の傍の孔は孔荒れがひどく，再穿孔を行なった。装薬は，導火線のついた親ダイナマイトを各孔に1本づつ挿入し，心抜の横と，踏前の孔には増しダイナマイトを数本入れた。これは，心抜が完全でなかったこと，踏前が重いことから当然の処置と言えよう。

アンホの装填は，アンホの50 Kg入の袋に吸込口をさし込むだけの簡単な装填機により行なった。

火薬の使用量は，約3.0 Kg／m³程度であった。さく岩作業中，数分間圧気圧が2.5㎏にまで落ちさく岩作業が1時不能になったが，これは，圧気設備から非常に離れた切羽であったこと，この時間帯にさく岩作業が集中したためと思われる。

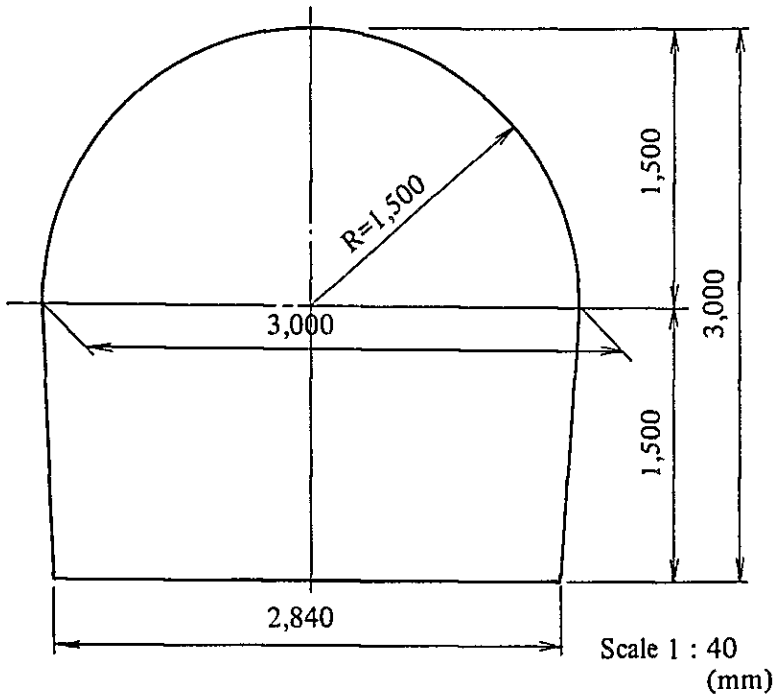


Fig. 2–6 Section of Main Level (L650)

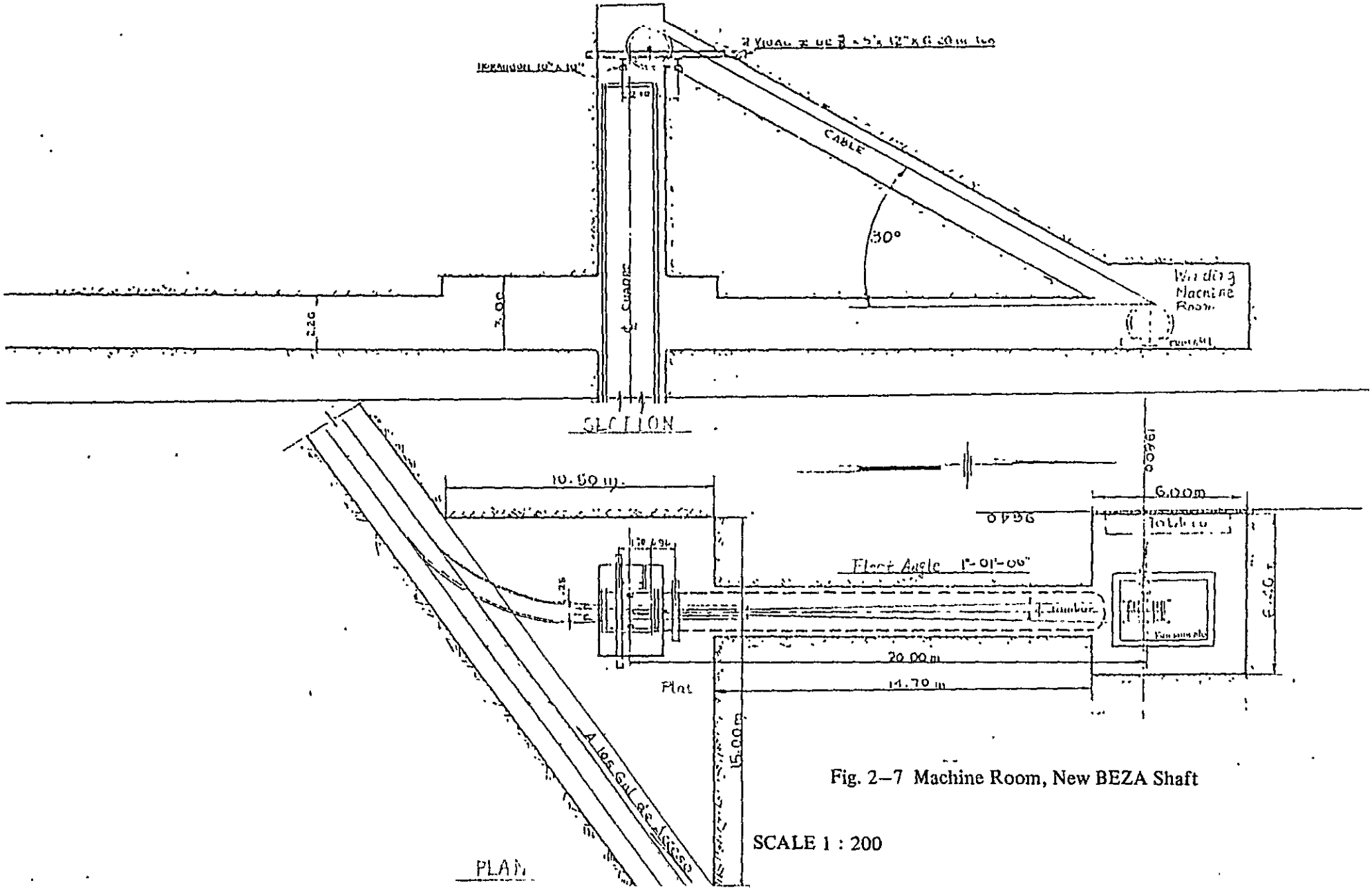


Fig. 2–7 Machine Room, New BEZA Shaft

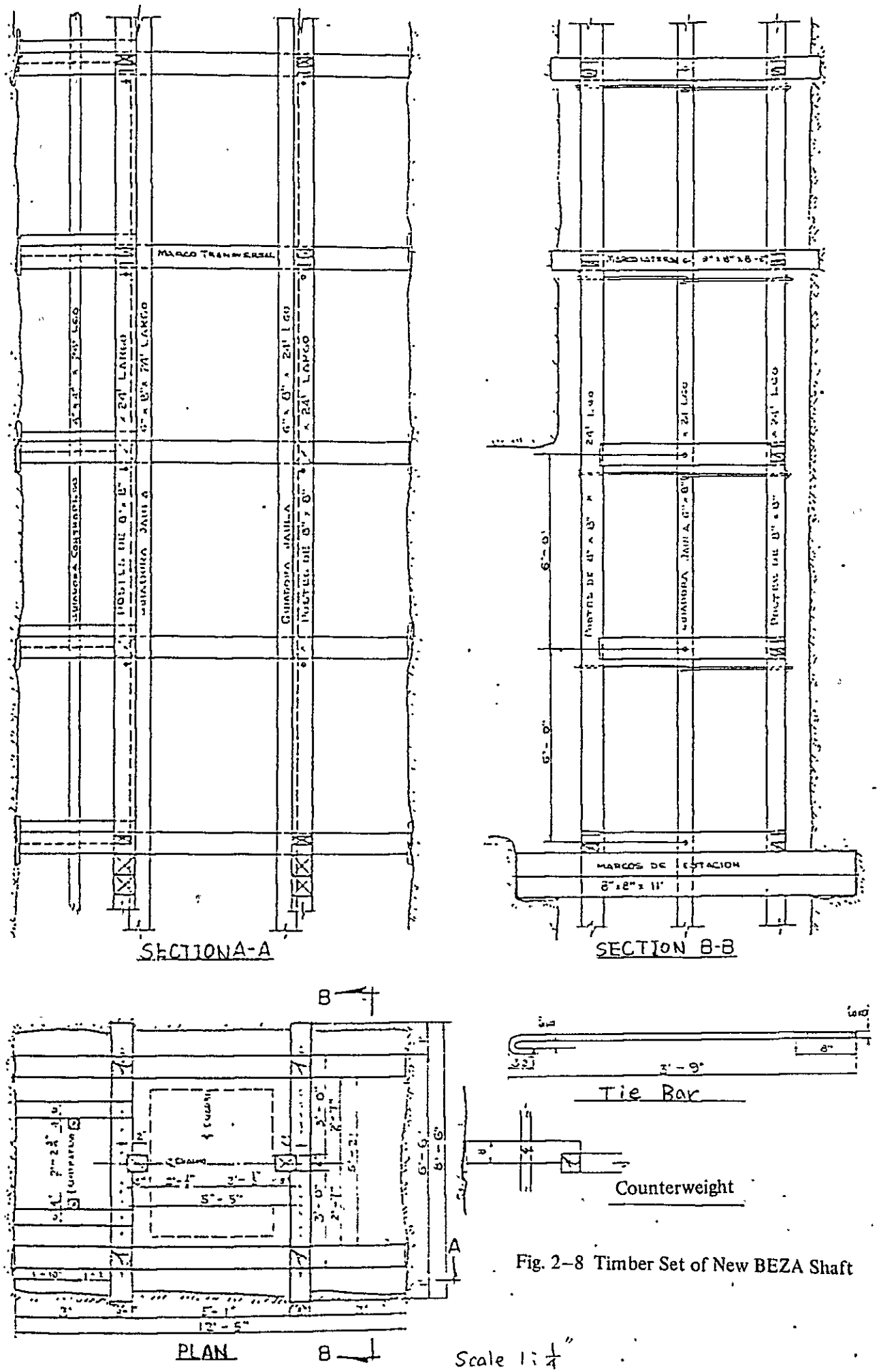


Fig. 2–8 Timber Set of New BEZA Shaft

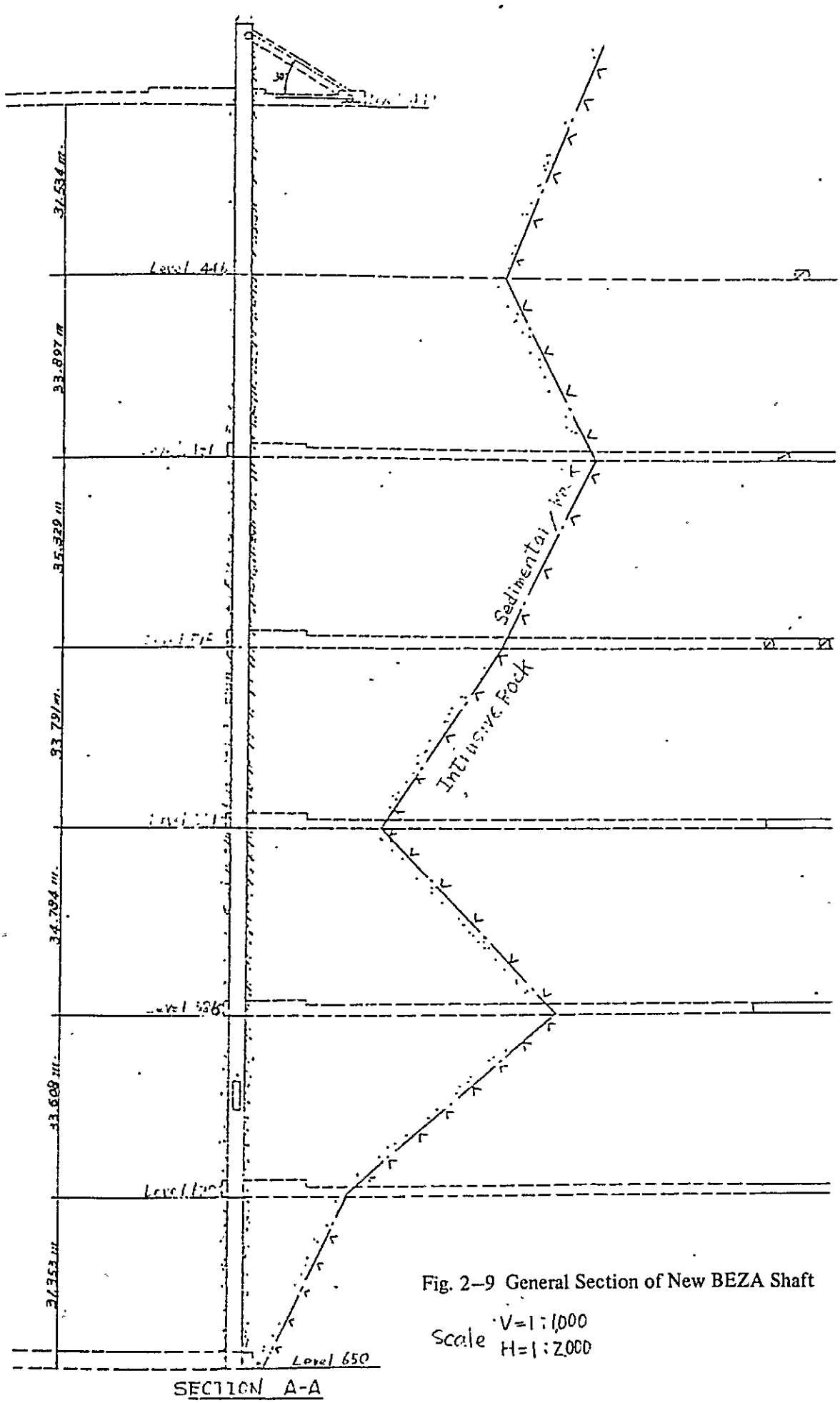


Fig. 2–9 General Section of New BEZA Shaft

Scale V=1:1,000
H=1:2,000

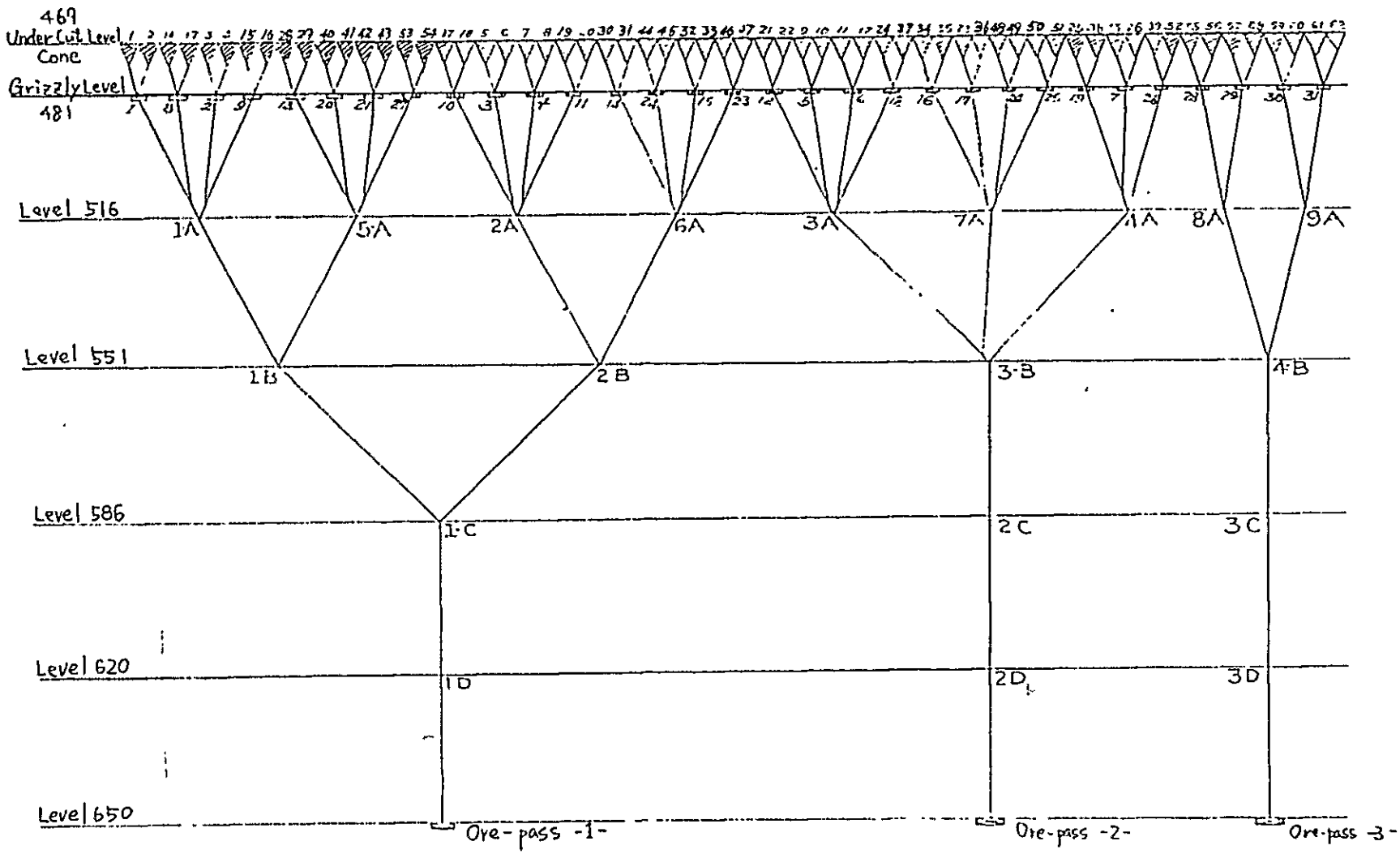


Fig. 2–10 Typical Arrangement of Ore-Pass, Block 5–D

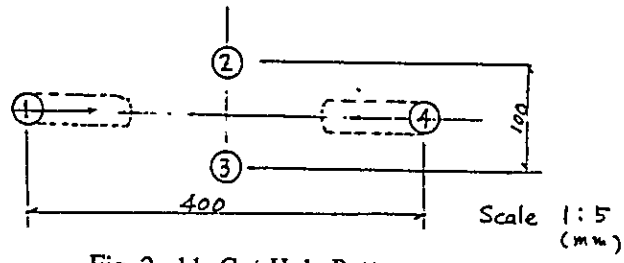
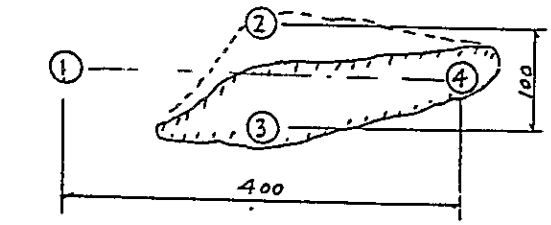


Fig. 2–11 Cut Hole Patter



Blasted Part

Fig. 2–12 State of Cut Hole after Cut Blasting

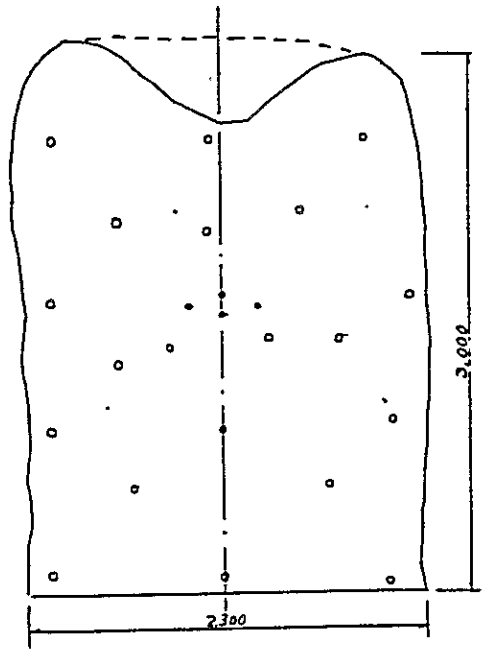
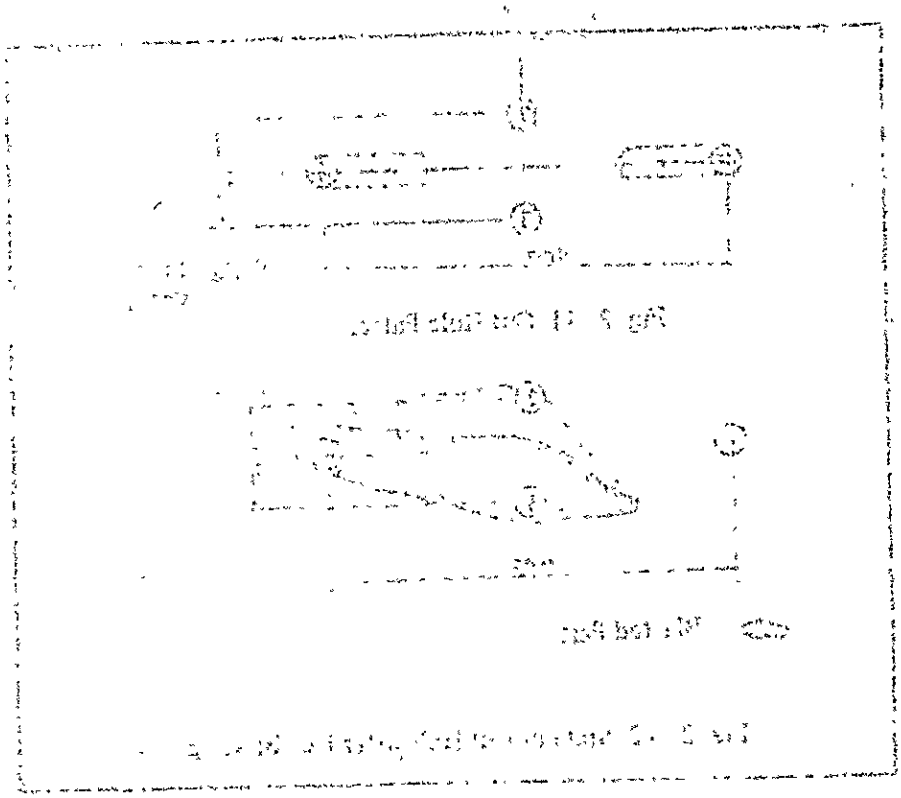


Fig. 2–13 Drilling Pattern of Drifting <650



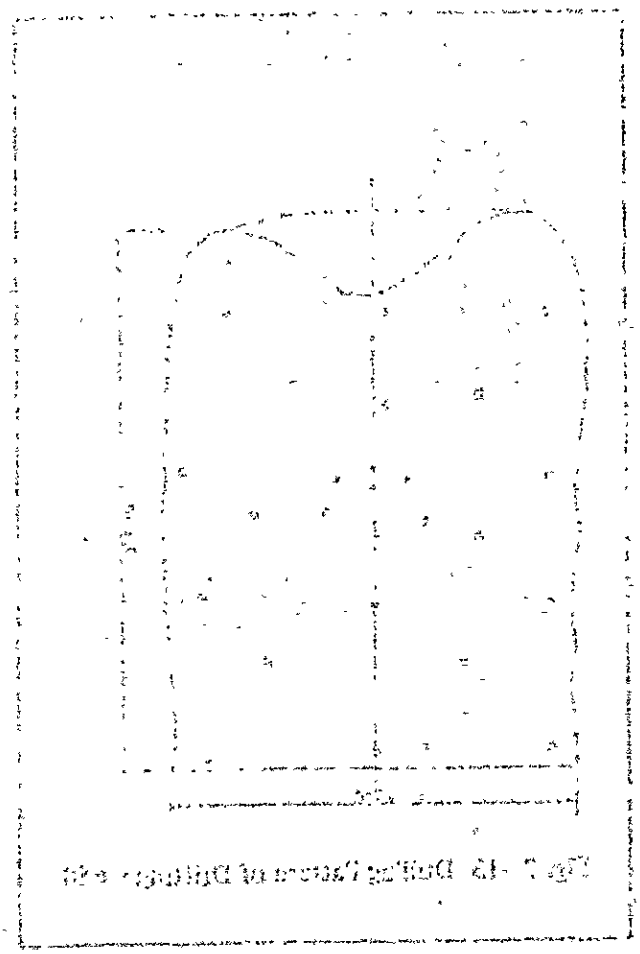


Table 2–31 Cycletime of Drilling and Blasting

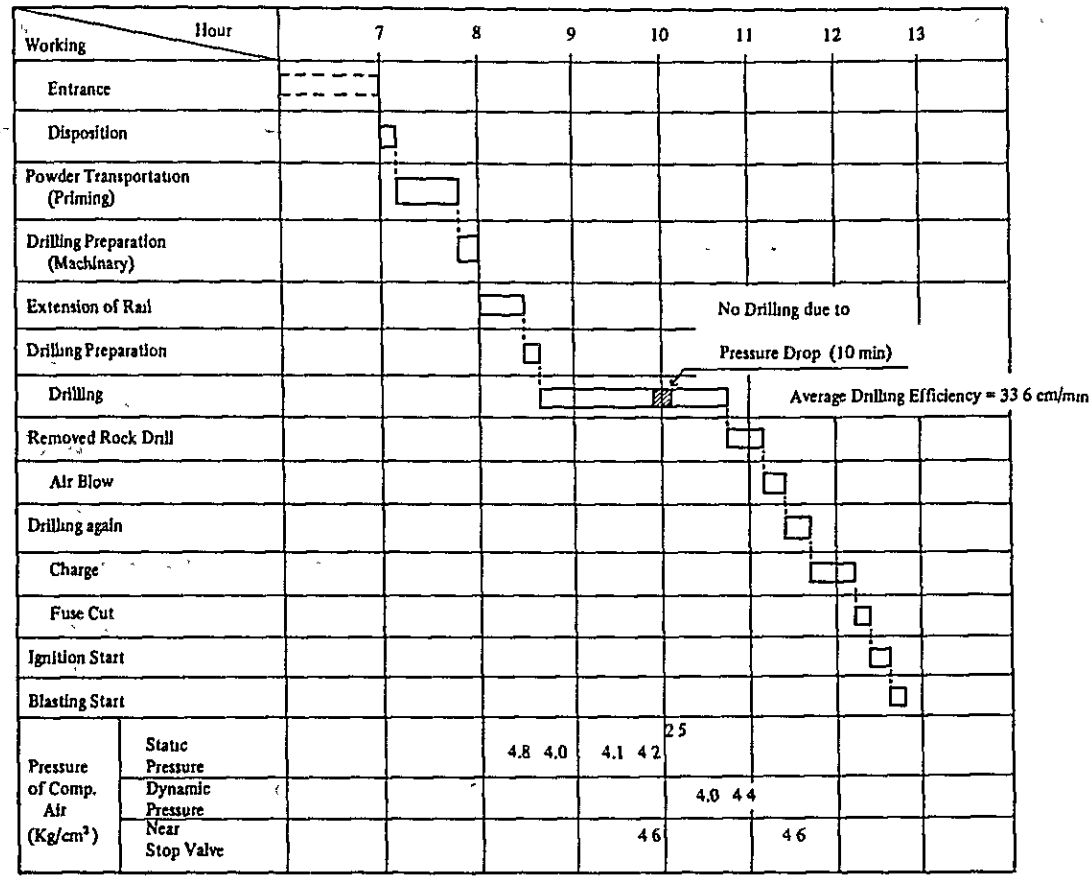
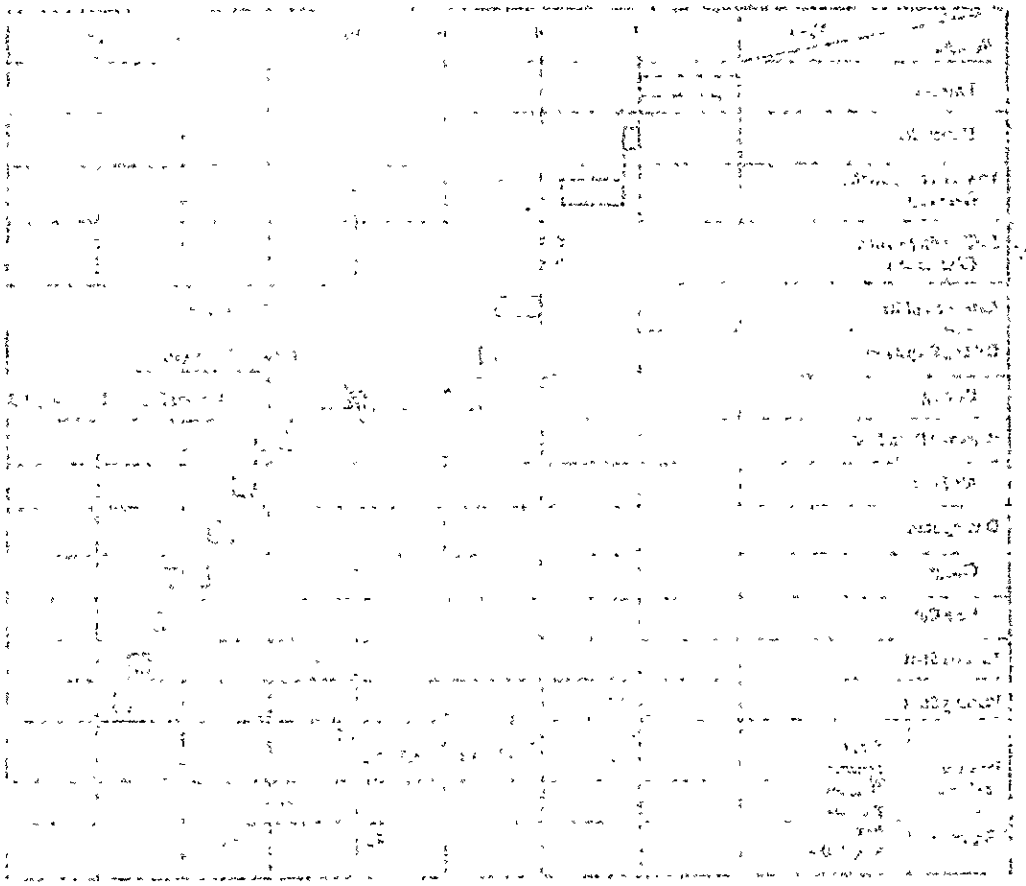
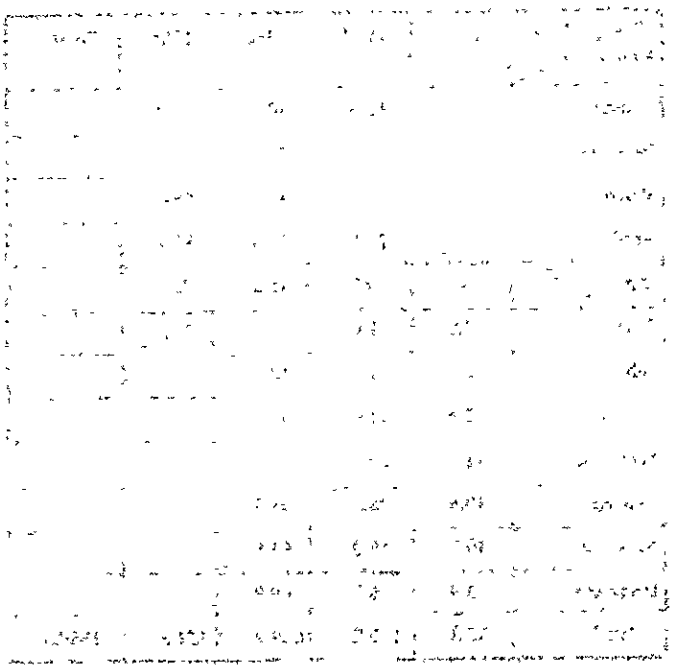


Table 2–32 Drifting in L650

(unit: m)

Month \ Year	1978	1979	1980	1981	Total
January	–	16 4	30 0	71.0	
February	–	–	22.9	91.6	
March	–	9 8	47.2	58.8	
April	–	21.3	60 6	82.7	
May	–	9.8	45.2	73.2	
June	2.0	2.0	67.2	74 5	
July	6.9	12.1	18 2		
August	7.9	21 8	44.1		
September	18.1	23.1	72.6		
October	19.8	28.3	98.5		
November	19.7	19.0	93.5		
December	3.9	6.2	69.9		
Total	78.3	169.8	669.9	451.8	1369 6





(ii) 研搬出

発破による起砕は良好で，研搬出はレール式ロッカーショベル（空動）により鉱車（1.7トン積）に積み込み，手押しで機関車の入れる所まで運搬する。その後，機関車で替1線まで運搬している。

起砕研量は，1発破で約74トンであるが研搬出能率が悪いため約2日間を要している。

2) 掘進能率

掘進能率は，1発破当りの所要日数から算定してみると，次の様になる。

1発破進行長……	2.0 m～2.2 m
心抜発破	1日
外周発破	1日
研搬出	2日
所要日数	4日
月間稼働日数	28日／月
出勤率	78％
日間サイクル数	5.5サイクル／月
月間掘進長	11～12 m／月

また，Table 2－33にL650での坑道掘進状況を示す。

Table 2–33 Advancing of New BEZA Shaft Sinking (unit : m)

Year / Month	1977		1978		1979	1980	1981	Total	
	Pilot Raise	Ripping	Pilot Raise	Ripping	Ripping	Ripping	Ripping	Pilot Raise	Ripping
January	–	–	10.6	–	–	10.1	15.0		
February	–	–	–	–	–	9.1	11.2		
March	–	–	–	–	–	13.0	10.0		
April	–	–	–	–	–	13.5	9.2		
May	5.8	–	2.4	–	–	13.0	7.0		
June	8.0	–	10.6		–	13.0	12.0		
July	10.6	–	5.7		–	–			
August	2.4	–	6.0		10.0	–			
September	11.0	–	8.1	6.5	–	13.6			
October	7.9	–	–	7.5	–	10.0			
November	8.0	–	–	7.7	–	14.1			
December	–	–	–	11.3	–	12.2			
Total	53.7	–	43.4	33.0	10.0	121.6	64.4	97.1 m	229 m

(3) 使用機械

さく岩機	レッグドリル（アトラスコプコBBD－90W）	1台
積込機	レール式ロッカーショベル（ソ連製）	1台
運搬機	電車（トロリー式　4トン）	1台
	鉱車（1.7トン横倒し型）	10台

ビットロッド

コロマント社1.2m（ビット径φ40mmインサート）

2.4m（ビット径φ38mmインサート）

(注) 1981年6月現在では，掘進切羽の数は各所から立入を切り両側に開いて8ケ所で同時作業を行なっていた。

2) 立　坑

立坑の開削は，まず小さい立坑を上向きに掘削し，これを導坑として研を落し込みながら拡幅を行ない，下向きに掘り下っていく方式である。

導坑掘削においては，盤張り足場を使用しての切上りが主体であるが，その他，レイズクライマーを使用したり，全断面掘削機械（ツルマッグ，独製）を使用している。

切拡げ掘削においては，導坑を自由面として発破し，起砕研を人力で導坑に落し込んでいる。この切拡げ掘削がある程度進んだ後，上から木枠で立坑枠組を行なっている。

(1) 掘削方式

立坑開削については，L411からL650での新ベサ立坑開削工事を例にとって説明する。

(i) 〔導坑掘削〕

L411からL551の間の導坑掘削は，レイズクライマーにより発破工法で1.5m×1.5mの寸法で掘削している。発破法はバーンカット方式で，1発破穿孔長は2.4m，穿孔本数は心抜が5本，周辺孔が14本の合計19本である。

まず最初に心抜発破を行ない，次に周辺の追切り発破を行なう。穿孔はストーパーにより，1番ロッド（0.6m），2番ロッド（1.2m），3番ロッド（1.8m），4番ロッド（2.4m）のインサートロッド（φ22m六角中空型）を使用している。

1発破進行長は，約2.0 m～2.2 m程度である。

火薬はダイナマイトとアンホを使用し，導火線に点火している。Fig.2－14 に穿孔配置図を示す。

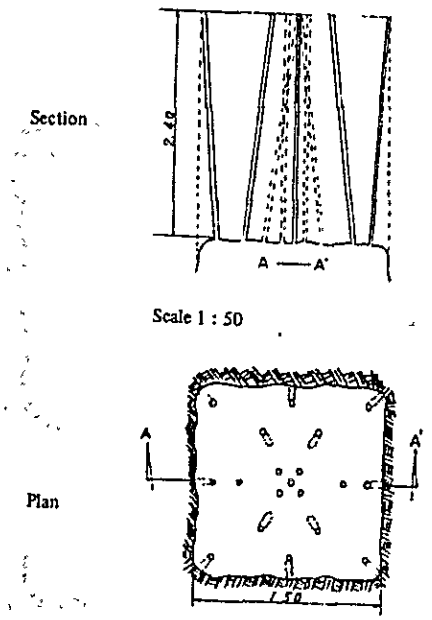


Fig. 2–14 Drilling Pattern of Raise

この掘削は1方のみで，人員は3名配置されている。

レイズクライマーは，スェーデンのアリマック社製のクライマーで，空動型である。この型は日本でも使用されているが，空動型は古い型で，現在では電動型が主流となっている。

この導坑掘削においては，岩盤条件が良くすべて無支保である。

又，L551～L650の間は，掘上掘削機（油圧式）により直径1.5 mの掘削を行なっている。この機械は，西独製で，L551から下向きにφ250 mmのパイロット孔を掘削し，L650に貫通後，直径1.5 mのカッターで下から上向きにリーミングを行なう方式である。この機械の能力は，250 mの立坑掘削が可能であるという事であるが，機高が約5 mもあり，掘削室は相当大きなものが必要である点が欠点と思われる。

この機械の運転は，ラバスにいるドイツ人技師が1週間に1日来て運転するだけという，非常にのんびりしたものであった。

(ii) 〔切拡げ掘削〕

切拡げ掘削は，L411から下向きに行なう。導坑を自由面として，周辺孔の穿孔発破をして，3.8 m×2.6 mの大きさに切拡げを行なっている。

1発破穿孔長は2.4 mで，1番，2番，3番，4番ロッドを使用している。使用ロッドは，

径２２㎜の六角中空で，ビット径φ３６㎜のインサートダイヤである。

１発破進行長は２０～２２ｍ程度で，火薬はダイナマイトとアンホを使用し，導火線発破は作業員の退避が危険なため，特別に電気雷管を使用し電気発破を行なっている。Fig．２－１５に穿孔配置図を示す。

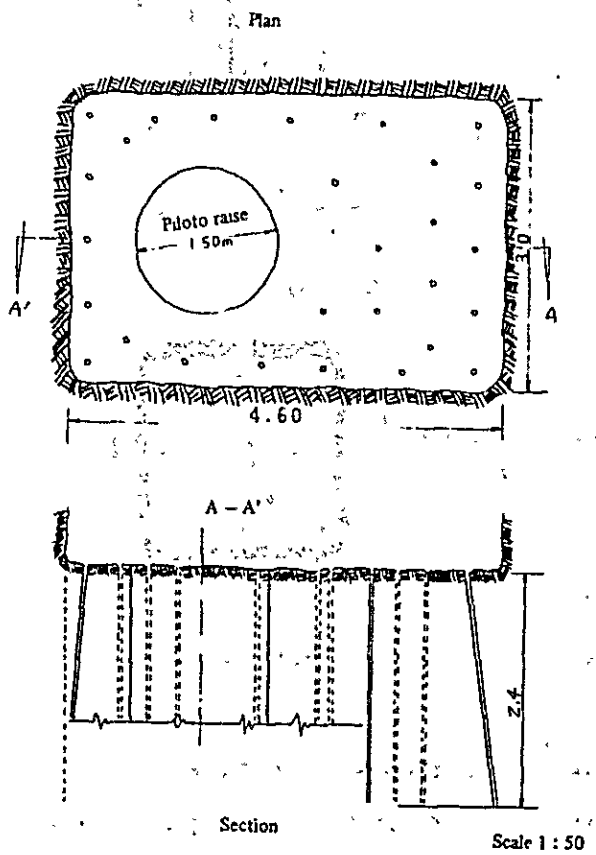


Fig. 2–15 Drilling Pattern of Shaft Sinking

発破後，人力で導坑に起砕研を落し込んでいる。この切拡げ掘削でも岩盤条件が良く，無支保である。この掘削も１方のみで，人員は３名配置されている。

(iii) 〔立坑枠組〕

立坑枠組は，Ｌ４１１～Ｌ４８１間を実施中で，２０㎝角の木枠（長さ7.4ｍ物カナダ産松）を1.8ｍ間隔で，加工しながら組立てている。枠は，岩盤を掘り込んでくさびで固定している

木枠や材料の運搬は，立坑口の傍に空動（５HP）のホイストを取付け，ウィヤーロープに吊るして搬入している。

この作業は１方で，人員は４名配置されている。

(2) 掘削能率

掘削能率についてはデータがないので，新Beza立坑の掘削進行状況をTable２－３３に示す。

１９７７年，１９７８年のＬ６５０～Ｌ５５１間の導坑掘削は，掘上掘削機による掘削実績で，Ｌ４１１～Ｌ５５１の間の掘削実績は，データがない。

2－6　運搬，通気，排水

2－6－1　運　搬

坑内での運搬作業には，鉱石運搬，研運搬，材料運搬，及び，人員運搬がある。鉱山においては生産量の確保，資材供給能力，入・出坑時間の短縮による切羽内実働時間の確保等の点からみて，運搬は重大な要素である。

1)　鉱石運搬

シュリンケージ切羽で採掘された鉱石は，中段運搬を行なって下部の鉱井に投入される。ブロックケービング切羽からの採掘鉱石は，直接オアーパスを通って下部の鉱井に投入される。下部の鉱井は，すべてＬ６５０の主要運搬坑道まで連絡されており，そこに貯った鉱石は，鉄製漏斗から人力で抜き出して鉱車に積み込まれる。

中段運搬は，４トン又は1.5トン級のトロリー機関車及びバッテリー機関車と，1.7トン又は0.75トンの鉱車との組合合わせで行なっている。

Ｌ６５０の主要運搬坑道では，10トンのトロリー機関車に，５トンの鉱車を１３輌を連結して１列車としている。

Table 2−34に主要運搬坑道での１０トントロリー機関車の運行状況（１９８１年７月分のデータ）を示すが，これでみると，１日当りの延べ運行数は相当変動しており，平均は約６４回/日である。これを１週間単位でみると，水曜日，木曜日，金曜日でピークに達し，土曜日，日曜日，月曜日では運行回数が低くなっている。これは，出勤率とも関連している。又，１日当りの機関車の平均稼働台数が７台／日であることから，機関車の故障，修理が常時４台行なわれていることになる。

また，坑内での積み込み運搬の所要時間が２時間以上の回数をとり出してみると，平均で6.5回／日にもなり１０台に１台の割で鉱石引抜きに手間取っていることがわかる。更に，坑内での荷卸し所要時間が１時間以上の回数をとり出してみると，平均で１0.1回／日にもなり６回に１回の割で選鉱受入での手持ちが生じていることがわかる。

１列車には，運転員と運転員助手の２名が搭乗する。鉱石積込みには，積込員が各方４名おり，２人１グループで各鉱井での積込み作業を行なっている。

坑外では，坑口から約２００ｍの所に秤量があり，トラックスケールで１車毎に計量し，鉱車の自重を差し引いた値を記録している。また，すぐ傍で１列車毎の鉱石のサンプリングを行なっているが，細かいものだけをスコップで取り４分法で2/4を取り１サンプルとしている。これらの作業は，計量員１人／方，サンプル員２人／方の人員で３方制で行なっている。

Fig. 2−16に主要運搬系統図を示す。

2) 研運搬

研運搬は，主に探鉱坑道の研，及び開坑坑道の研である。

Ｌ６５０より上部の研については，近くの研坑井に投入され鉄製漏斗から人力で抜き出し鉱車に積み込まれる。

Ｌ６５０における坑道掘進では切羽近くに１列車を配車し，積み込み後坑外の研捨場まで８トン又は６トンのトロリー機関車で運搬している。

又，坑内で旧坑に捨てる場合もある。

3) 材料運搬

坑内で消費する資材は，主要資材置場修理工場があるＬ４１１のCancañiri坑口と，L650のSiglo ＸＸ 坑口とから坑内に運搬され，各立坑及び斜坑を経由して立坑，斜坑プラッド付近の材料置場に貯蔵される。

主要資材のうち，ダイナマイトは一度Ｌ６５０の坑内火薬庫に収め，その後，各切羽近くの取扱所まで運搬されるが，坑木，セメント等については，指定された切羽近くの立坑プラッドまで直接運搬される。アンホ，導火線（雷管付）は坑外の製造工場から直接取扱所に運ばれる。

材料運搬には，材料運搬専用台車を使用しているが，中段では，鉱車，一輪車又は人力で運搬している。

材料運搬系統図はFig. 2－17に示す通りである。

4) 人員運搬

作業員の入坑口は，Ｌ４１１のカンカニリ坑，Ｌ３８３の Patiño 坑及びＬ６５０のSigloＸＸ坑の３ケ所に別れ，それぞれに機関車と人車が配置されており，定時に運行している。

(i) Ｌ６５０ SigloＸＸ坑：１００人乗人員列車，４トントロリー機関車

(ii) Ｌ４１１ Cancañiri坑 １００人 〃 〃

(iii) Ｌ３８３ 〃 ５０重 〃 〃

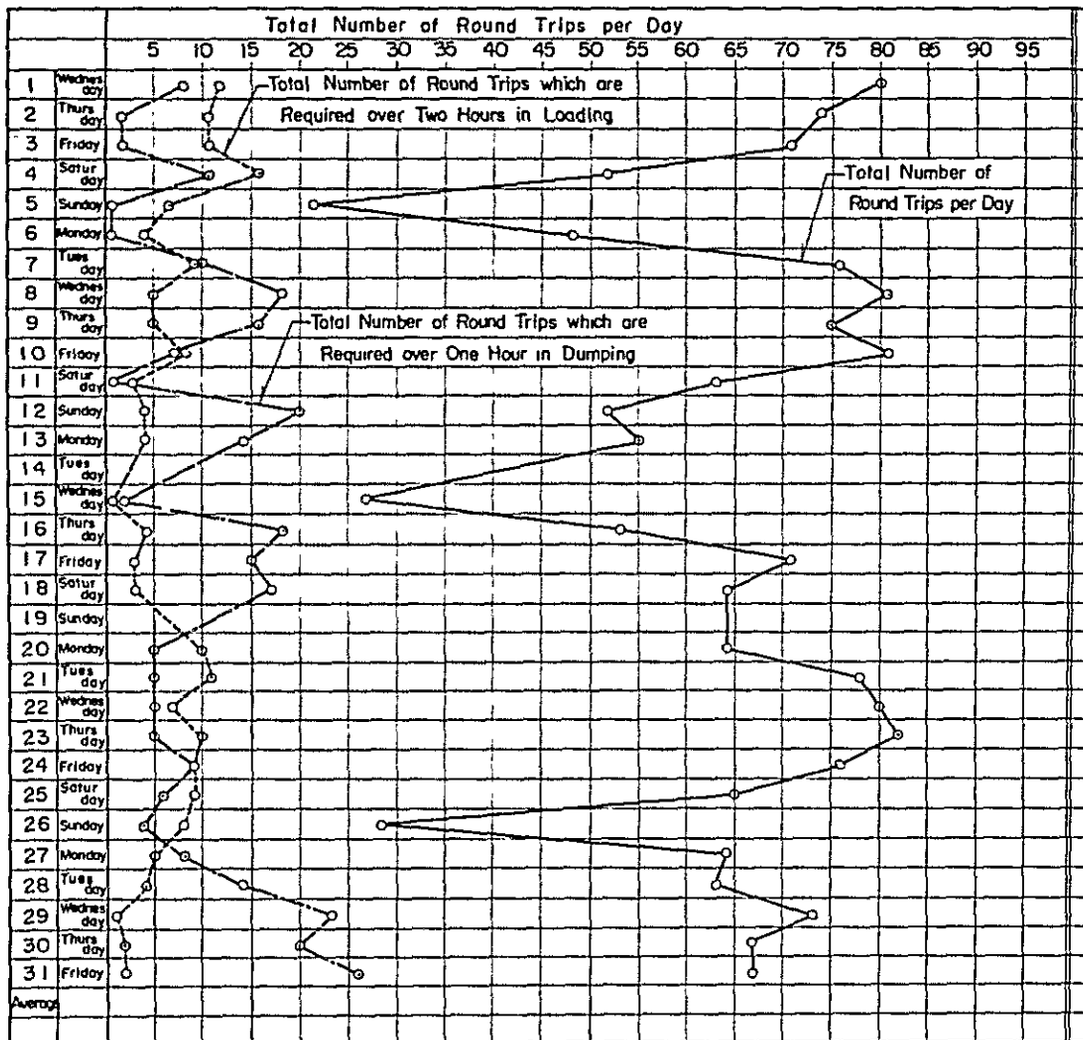
各切羽への人員運搬は，殆ど各地区の立坑，斜坑によっている。

２－６－２ 通 気

Catavi鉱山で行なわれている坑内通気の基本的なシステムは自然通気で，新鮮な空気を通洞坑から引き込み，立坑の途中で各切羽に分配している。

ブロックケービング採掘切羽では，ファンを利用した強制通気により，発破の跡ガス，粉塵等で汚れた空気を排除するシステムを採用しているが，シュリンケージ採掘切羽では，自然通気となっており，更にエヤーブローを使用している。

Table 2-34 Number of Round Trip of Main Haulage (Z650) (July, 1981)



		Item	Total Number of Round Trips per Day	X 1	X 2	Number of Round Trips
1	Wednesday		80 time	12 time	8 time	8
2	Thursday		74	11	2	7
3	Friday		71	11	2	8
4	Saturday		52	16	11	7
5	Sunday		22	7	1	5
6	Monday		48	4	1	6
7	Tuesday		76	9	10	8
8	Wednesday		81	5	18	8
9	Thursday		75	5	16	8
10	Friday		81	8	7	8
11	Saturday		63	3	1	7
12	Sunday		52	4	20	5
13	Monday		55	4	14	6
14	Tuesday	Strike	—	—	—	—
15	Wednesday		27	1	2	3
16	Thursday		53	4	18	7
17	Friday		71	3	15	8
18	Saturday		64	3	17	7
19	Sunday	Holiday	—	—	—	—
20	Monday		64	10	5	6
21	Tuesday		78	11	5	8
22	Wednesday		80	7	5	8
23	Thursday		82	10	5	8
24	Friday		76	9	9	8
25	Saturday		65	9	6	8
26	Sunday		28	8	4	3
27	Monday		64	5	8	7
28	Tuesday		63	4	14	7
29	Wednesday		73	1	23	8
30	Thursday		67	2	20	8
31	Friday		67	2	26	8
Average			63.9 time/day	65 time/day	101 time/day	70

X 1 Total Number of Round Trips which are Required over Two Hours in Loading
X 2. Total Number of Round Trips which are Required over One Hour in Dumping

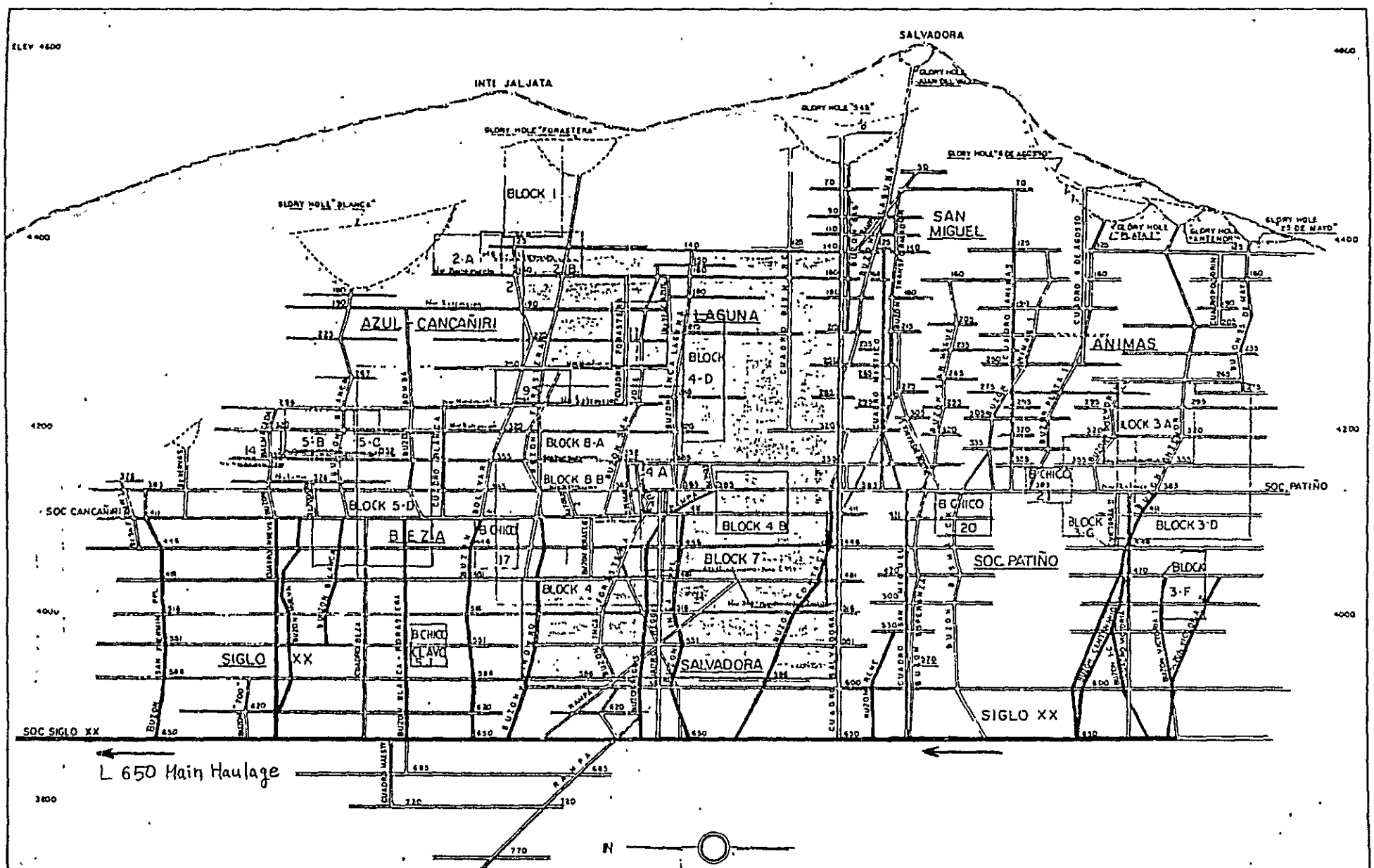


Fig. 2–16 System of Main Haulage

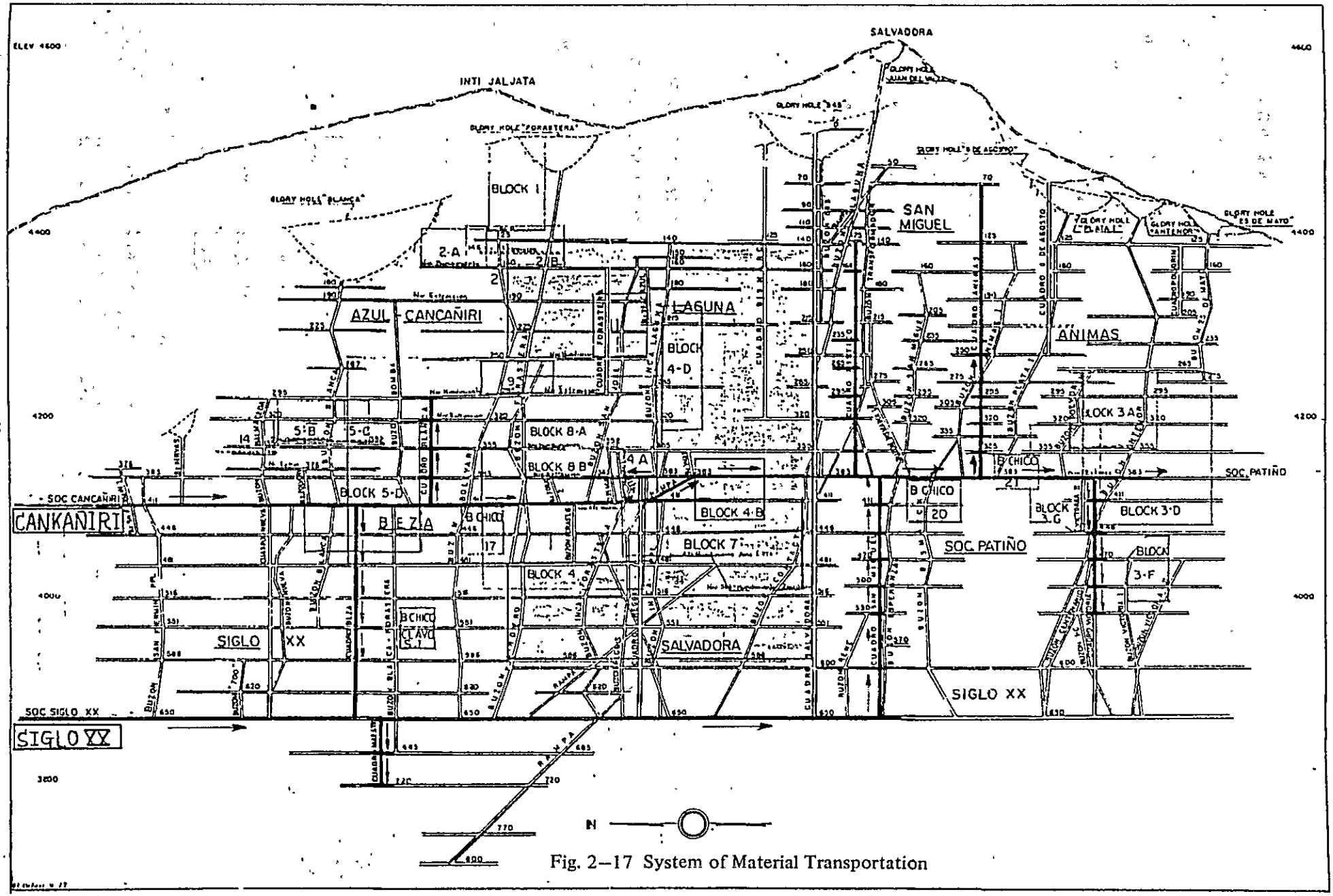


Fig. 2–17 System of Material Transportation

1) 全体の通気

主要入気坑としては，４つの通洞坑即ち Azul 坑（Ｌ２９５），Patiño 坑（L３８３），Cancañiri坑（Ｌ４１１），Siglo ＸＸ 坑（Ｌ６５０）があり，その他にBeza坑（L３５５）及びBismarck鉱井（地表～Ｌ３８３）がある。

排気坑としては，Salvadora 立坑（Ｌ０～不明），Animas 立坑（Ｌ５０～Ｌ３８３），Transformador 坑（Ｌ５０）があり，その他，ブロックケービング採掘跡の地表陥没箇所より排気が出ている。Salvadora 立坑は，採掘の影響を受け壊れかかっており，中の様子は不明である。

Fig. 2－18に入排気坑の位置を示す。

鉱山全体の主な入排気坑を対象に通気量調査を行なった結果は，Table 2－３５に示す通りがある。併せてCatavi鉱山自体で実施した通気量測定結果を示す。

坑内の平均気温は，大略１０℃～１５℃程度である。

Table 2－３５の測定結果からみると，入気量の合計は3.６６.７㎥／分となり，排気量の合計は９３３.３㎥／分であるから入気量と排気量の差は，どこからか逃げているものと思われる。

特にブロックケービング採掘跡では，地表の割目から水蒸気の立ちのぼるのが見られる。従って，旧本脈採掘跡等から広い範囲に立って少しづつ排気しているものと想定される。今回の測定結果での入気量は，Catavi鉱山自体で測定した風量7.０３２㎥／分の約半分にしか達せず，この差は，何らかの原因があると思われるがはっきりしない。

従って，全体の入排気量は握めず，また，坑道配置が複雑で錯綜しており，全体の通気系統の把握は困難で，通気網計算は不可能である。

Table 2-35 Actual Air-quantity of Main Ventilation

Location	Level	Temperature (°C) Dry	Temperature (°C) Wet	Average Velocity of the Air Flow (m/sec)	Sectional Area (m²)	Air-quantity (m³/min)	Arrangement of Air Flow	Measurement Air-quantity in Catavi (m³/min)
Sigro XX	L650	4.5	3.0	1.66	7.91	785.7	Intake	1,362
Cancañiri	L411	7.3	2.5	2.16	7.51	973.3	Intake	1,650
Azul	L295	3.8	0.4	1.88	4.14	467.0	Intake	630
Beza	L355	4.5	0.9	1.58	4.77	452.2	Intake	1,020
Salvadora	(L0) ground	9.9	7.2	0.49	6.63	194.9	Exhaust	-
Animas	(L50) ground		-	2.07	3.10	385.0	Exhaust	-
	L384	5.7	3.0	1.16	4.05	281.9	Intake	1,500
Transformador	L50	16.5	15.1	1.97	2.99	353.4	Exhaust	-
Patiño	L383			0.91	12.95	707.1	Intake	870

2) ブロックケービング採掘切羽における通気

ブロックケービング採掘切羽での通気は，発破の跡ガス，粉塵等で相当空気が汚れるので，自然通気では間に合わず大型のファンによって強制通気を行なっている。

新鮮な空気は，前記の入気源から扇風機で，各ブロックのグリズリレベルの坑道に吹き込まれ，発破の跡ガスと粉塵は各グリズリから鉱井を経由して，下のレベルの排気坑道にあるファンで吸い出し，排気専用の水平坑道，立坑を経由して旧坑の中に排出される。

ブロックケービング採掘切羽の通気系統の一例をブロック5－Dの切羽で示すとFig. 2－19の通りである。このブロック5－Dにおいて，通気量測定を実施した結果は，Table 2－36の通りである。

Table 2–36 Actual Air-quantity in BLOCK 5-D

No.	Location	Level	Average Velocity of Air Flow (m/sec)	Sectional Area (m^2)	Air-quantity (m^3/min)	Arrangement of Air Flow	Note
①	Flont of Fan for Exhaust	L551	7.0	3.40	1,428	Exhaust	Exhaust from L481
②	Flont of Fan for Blowing	L411	3 6	3.91	845	Intake	L295 → L411 → L481
③	Flont of Fan for Blowing	L411	3.09	3.16	586	Intake	L295 → L411 → L481
④	Flont of Fan for Blowing	L516	6.78	3.24	1,318	Intake	L650 → L516 → L481
⑤	Shaft-mouth for Blowing	L481	5.6	4.32	1,451	Intake	L516 → L481
⑥	Shaft-mouth for Blowing	L481	0 71	2.73	116	Intake	L411 → L481
⑦	Shaft-mouth for Blowing	L481	2.31	3.0	416	Intake	"
⑧	Shaft-mouth for Blowing	L481	4 24	3.1	789	Intake	"
⑨	Rear of Fan for Exhaust	L551	419 m/min	3.41	1,433	Exhaust	Checked by Low-speed Anemometers

この表からみると，L411の入気量が1.431 m^3／分（②＋③），L516からの入気量が1,318 m^3／分（④）あるのに対して，L551での排気量が1,428 m^3／分（①）しかなく，約半分の入気はブロックケービング採掘跡が旧本脈跡へ逃げているものと考えられる。

また，L551での排気ファンの定格風量が3,396 m^3／分であるのに対して，1,428 m^3／分の能力しか出ていない。そこで，風圧，負荷電流，羽根の形状等について調査した。

調査の結果はTable 2－37に示す通りである。

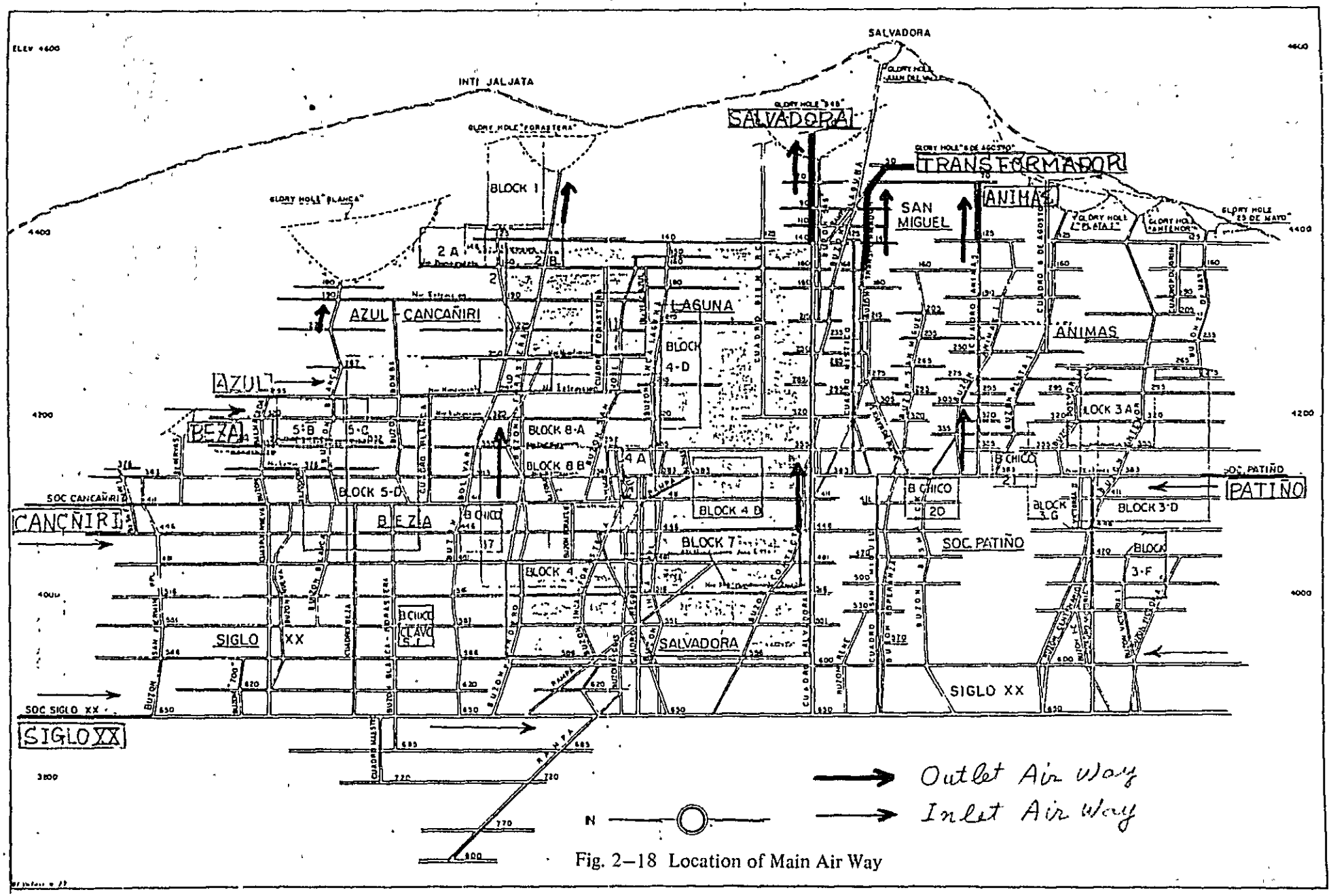


Fig. 2–18 Location of Main Air Way

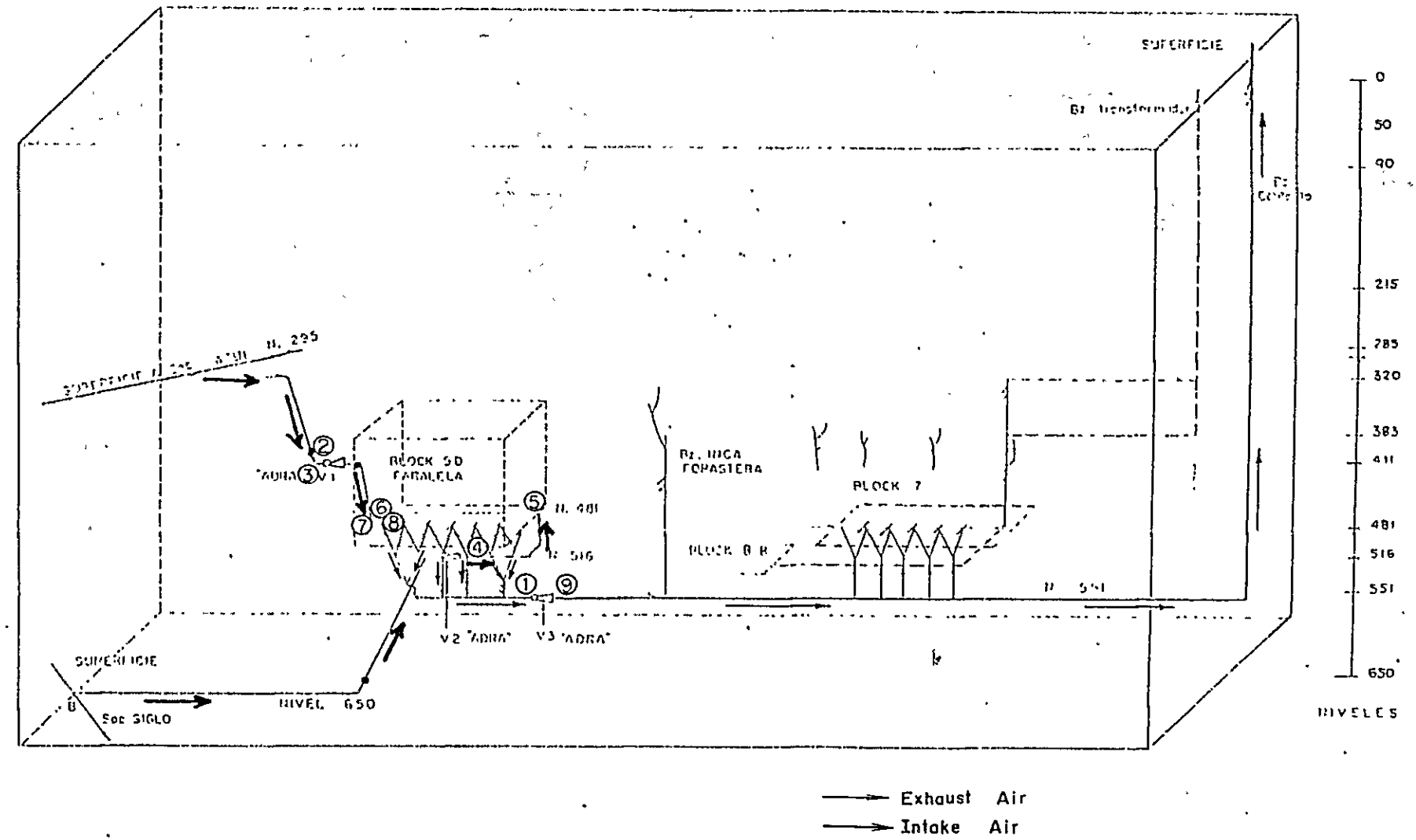


Fig. 2–19 Ventilation System of Block 5–D

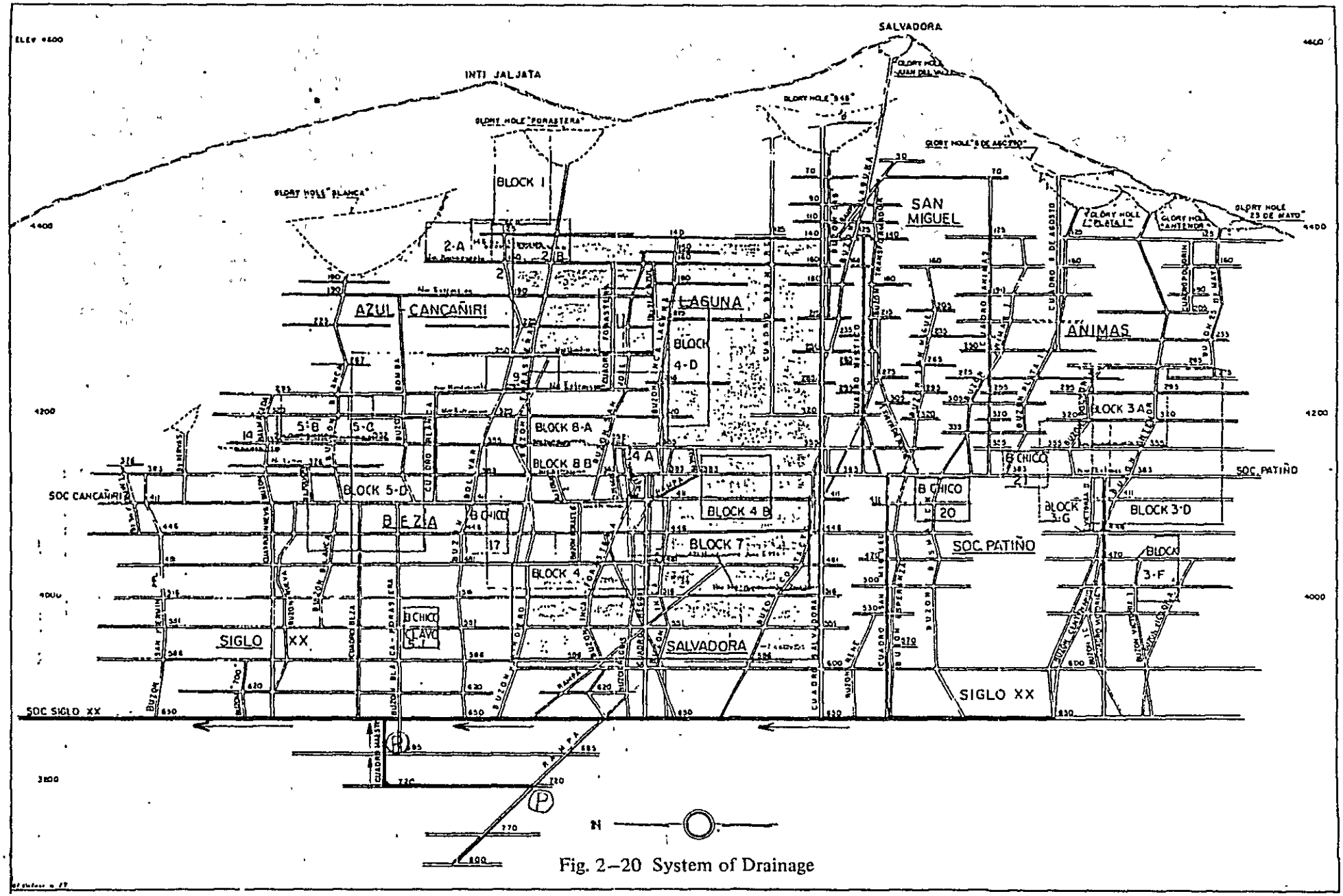


Fig. 2–20 System of Drainage

Table 2–37 Actual Performance of Exhaust Fan No. 1

Item	Air-quantity (m^3/min)	Air-pressure (mmAg)	Voltage (V)	Loading Electric Current (A)	Note
Theoretical	3396	127	440	150	
Actual	1428	60.3	440	100	

調査の結果，風量，風圧，負荷電流ともに低格値を下廻っていたが，この原因は次のようなことが考えられるが，はっきりしない。

1) Catavi鉱山製のアルミ鋳物羽根の粉塵による磨耗

2) 焼損したモーターをカタビで巻線替えしたが，結線ミスによる回転数の低下（極数増）……（この点回転数の実測が不可能であったため，判定できないのが，残念であった。）

しかし，回転数が半減すれば，動力は$1/2^3 = 1/8$に減る筈であるから，この点からは，100Aの電流値は多過ぎ矛盾している。

坑外にある新品の同型扇風機によって，性能を確認しようと計画したが，帰国間際で時間がなくて実施できなかった。

2－6－3 排 水

Catavi鉱山全体の湧水量は少なく，大部分は，深部（L650以下）の開発に伴うものである。下部では，黄鉄鉱の鉱染地帯が多いため，水質は酸性が強くPH1.5～2.0という強酸性になっている。

排水量は，0.87m^3／分（5215m^3／時）で，L720のポンプ座からL685に中継してL650の排水溝に流し，坑外へ自然流送をしている。

Fig.2－20に排水系統図を示す。

又，この強酸性の排水は，Siglo XX 選鉱工場での浮選工程の用水に使用している。

更に下部の再開発のため，1980年2月にポンプの故障のため水没した下部斜坑に，大型の排水ポンプを設置して排水する計画がある。

2－7 就業管理と賃金形態

2－7－1 就業管理

1) 作業番割

職種には請負職種と本番職種とがあり，請負職種の者は4名で1つのグループを構成し，1組の切羽を担当する。（従って，1組の切羽で，他の請負グループが働くことはあり得ない）

グループの構成は次のようである。

(a) 職長（さく岩出身）44.25ペソ／工
支柱員 ……41.35
さく岩助手 ……39.85
盛込員 ……35.65

(b) 職長（支柱出身）…44.25ペソ／工
さく岩員 ……41.35
さく岩助手 ……39.85
盛込員 ……35.65

Catavi鉱山では，岩盤が硬く，さく岩と発破作業が坑内の基幹作業であるため，さく岩員の賃金が，技術を要する支柱員とともに最高のランクにある。金額は職種別の基本給（本番賃金）である。

1組の切羽としては，シュリンケージ採掘切羽，水平鏈押坑道，切上作業などがあり，4人の請負員が常に何れかの切羽で働けるよう工夫している。

これらの請負組は1の方に出勤し，さく岩発破を行なう。2の方又は3の方では，別の本番職種が来て破砕された鉱石や研の搬出を行なう。1の方で請負グループが搬出をした場合は，請負単価×作業量として出来高給を支払う。

4名の組員は職種にとらわれず，切羽内では，さく岩，支保搬出を行なう。同様に本番職種も職種以外の仕事につくことが多い。

2) 出勤チェック

(1) 出勤状況

坑内入坑時間は2－1－2に述べた如くである。

出勤カードは奇数日用と偶数日用の2枚に分れ，色分けされている。朝入坑後，坑内見張で出勤カード員から自分の当日のカードを受取り（円形の本人認識票と引替），担当職長に提出する。職長はカードにサインをし，番割帳に切羽毎に氏名を記入する。出坑する際はカードを受取り，出勤カード員に渡して円形認識表を受取って帰る。次方の出勤カード員は，前方のカードを持って事務所に戻り，事務所内にて出勤チェックを行ない賃金計算の基礎資料とする。出勤カード員も3方交代勤務である。

作業時間割

5°30	入坑（電車）
6°00	坑内見張着，昨日の工具，火薬類についての苦情申出。
7°00	番割をうけて，当日の工具，火薬を受領しておく。
11°00	午前中終業，昼食
11°30	午後の作業開始
14°15	出坑（電車）

(2) 出勤率

採鉱部門の出勤状況は次のようで，坑内員の出勤率は８０％を割っている。坑外員の８４％と云う数字はほゞ正常な値である。

（１９８０年月間平均工数）

		無断欠勤	休日仮申請	年休	病欠	公用	欠勤計	実働工数	合計
坑内	工数	2,501	1,384	799	2,286	104	7,074	24,576	31,650
	%	7.9	4.4	2.5	7.2	0.3	22.4	77.6	100
坑外	工数	646	253	669	653	22	2,243	12,073	14,316
	%	4.5	1.8	4.7	4.6	0.2	15.7	84.3	100
平均	%						20.3	79.7	

坑内員では無断欠勤が最も多く，２番目が病欠である。坑外員は年休，無断欠勤，病欠とほゞ同程度である。

２－７－２　賃金形態

1) 職種別基準賃金

主要職種の基準賃金をTable 2－３８に示す。

Table 2–38 Classification of Basic Wages

(1 $US per 24.51$b)

Staff	$b/Month	Labor	$b/Man-shift	Labor	$b/Man-shift
Superintendent	22,100	Crew-Foreman	44.25	Signalman	35.65
Chief of Section	11,880	Driller	41.35	Boringman	44.25
Sub-Chief of Section	9,720	Carpenter	41.35	Support-Boringman	41.35
Chief of Foreman	2,463	Support-Driller	39.85	Samplingman	31.60
Foreman	1,911	Lamero	38.25	Trackman	39.85
Secretary	1,335	Locomotive-Operator	39.85	Guarder	32.90

2) 請負職種と本番職種の扱い

４名１組からなる請負グループは，さく岩，支柱，搬出等すべて請負作業として働くが，当月の作業が延びないときは「失敗」として本番給（職種別基準賃金）が支払われる。即ち

作業出来高×請負単価 ＜ 本番給×月間稼働工数

の場合が「失敗」となり，この変更は事務所で自動的に行われる。

本番職種の者は，単価の付いている請負作業をしても，本番賃金しか支払われない。

3) 請負作業と単価表

請負作業（出来高給）は，坑内外で広く採用されているが，坑内では次のような作業が請負となっており，ノルマが決められている。

(i) 坑道掘進（水平，斜坑，切上，立坑開削）

(ii) シュリンケージ採掘，ブロックケービング採掘

(iii) 単独作業（支柱，漏斗作成，グリズリー取付，旧坑取明，研取，電車運搬，切羽充填，追切，等）

請負単価の改訂は毎年行なわず，組合の要求に対する力関係で決まるようである。現行の単価は殆んど１９７８年協定のものであるが，ブロックケービング採掘単価のみ，1979年１０月に改訂され２０％程度上昇した。同時に総べての請負作業の出来高給に，一率に２０％の割増をつけることが協定された。

これが，１９８０年に坑内関係のコストが他部門に比し急激に上昇した原因となっている。

主なる請負作業の単価をTable２－３９に示す。

これらの中でブロックケービングの単価は従来A単価のみであったが，１９７９年１０月に全ブロックの出鉱量が月間６９,００１トンを越えたらB単価を使うように改訂された。実質的には，4,０００ｔ／日×２５日／月＝１００,０００トン／月で，常にB単価を使っている。

4) 賃金支払形態

(1) 本番職種……職種別基準賃金×工数＋諸手当　残業・夜勤・出勤ボーナス，家族，年休等

(2) 請負職種……　各種請負作業×単価＋諸手当（　　）

請負職種の場合は全請負制であり，グループとしての出来高給を各人の職種別基準賃金の比によって分配する。諸手当中，残業，公出は２５％増，又，1週間のうち6日間出勤すれば日曜日分支払われる。出勤ボーナスは８～１２ペソ／工が別途加算される。

(3) 平均的月間収入

請負作業	(1)ブロックケービング係	３９０人×２0.2工／月		2,０３４ペソ／月
	(2)アニマス係	７２人×１9.2工／月		2,４１３ペソ／月
諸手当	年休，日曜手当		260ペソ／月	
	出勤ボーナス	１９０		1,７５０ペソ／月
	補完ボーナス	1,３００		
				3,７８４ペソ～4,1６３ペソ／月

Table 2–39 Price of Piece-work

	Horizontal Development (2.13m x 2.44m)			Hard Rock	Medium Rock	Soft Rock
1	Advance Length	0.00 ~ 10.00m	$b/m	146.65	131.96	117.32
		10.01 ~ 15.00m	"	161.93	142.06	129.84
		15.01 ~ 30.00m	"	183.33	164.97	146.65
		over 30.01m	"	219.97	197.96	175.99
	Raise (1.5 m x 1.5 m)			Hard Rock	Medium Rock	Soft Rock
2	Advance Length	0.00 ~ 10.00m	$b/m	146.65	131.96	117.32
		10.01 ~ 15.00m	"	183.33	164.97	146.65
		over 15.01m	"	219.97	197.96	175.99
	Shaft Sinking (4.0 m ~ 2.0 m)			Drilling and Blasting	Mucking	
3	Advance Length	0.00 ~ 10.00m	$b/m	687.43	687.43	
		⋮		⋮	⋮	
		30.01 ~ 40.00m		916.60	916.60	
	Bonus Wages	10.01 ~ 20.00 m	10 %			
		20.01 ~ 30.00 m	15 %			
		⋮	⋮			
		over 40.01 m	25 %			

4 Shrinkage Stopping ($b/m³)

Width of Stop (m)	Development Area 0 ~ 80 m²			80.01 m² ~ 120 m²		
	Hard Rock	Medium Rock	Soft Rock	Hard Rock	Medium Rock	Soft Rock
0.6	80.34	71.87	63.92	110.43	99.40	88.33
0.7	61.51	54.99	48.92	84.59	76.11	67.66
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1.20	24.66	22.07	19.62	33.90	30.44	27.11

5 Block Caving ($b/Ton)

Tonnage per Man-shift	Tonnage of Total Block Caving	
	A. 0 ~ 69,000 Ton	B. over 69,001 Ton
14 ~ 15	4.14	5.38
19 ~ 20	7.67	9.97
24 ~ 25	9.44	12.27
29 ~ 30	10.10	13.13

Table 2–40 Production Planning of 6 Years

(Ton)

Year / No. of Stop	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Block Caving						
4	325,107	325,107	324,009	156,004	124,802	124,802
5-D	296,722	354,457	456,009	504,010	456,009	456,009
8-B	103,793	89,336	0	0	0	0
3-D	174,460	144,820	51,272	0	0	0
17-A	80,336	80,336	74,402	60,001	0	0
3-F	67,400	71,804	78,005	57,604	57,604	0
20	41,625	45,193	45,601	45,601	45,601	0
4-D	Low Grade	Low Grade	Low Grade	0	0	0
Mini Block Caving				B.C 3-A, 3-G 53,860	B.C 3-A, 3-G 53,860	0
Bayona	Under Preparation	49,500	100,800	100,800	126,000	150,004
Laguna 23	Under Preparation	41,625	80,640	80,645	80,640	80,640
Plata 24	Under Preparation	Under Preparation	100,800	100,800	151,205	223,209
San José	Under Planning	Under Preparation	(198,000)	(100,800)	(100,800)	0
"	Under Preparation	31,224	61,388	69,600	74,404	127,204
8-C	Under Planning	Under Preparation	(198,800)	(100,800)	(100,800)	0
7	–	–	–	77,636	76,801	76,801
Beza	Under Planning	Under Planning	Under Preparation	62,401	126,000	134,257
Central	Under Planning	Under Preparation	Under Preparation	Under Preparation	Under Preparation	(145,600)
Paralela	Under Planning	Under Preparation	Under Preparation	Under Preparation	Under Preparation	
Production beyond Planning	(683,693)	(639,599)	(573,289)	(450,702)	(814,677)	(657,612)
Sub-Total	1,089,443	1,233,852	1,372,926	1,372,926	1,372,926	1,372,926
Open-cut	0	0	139,074	643,074	643,074	643,074
Shrinkage Stopping	398,561	278,148	0	0	0	0
Desmonte	336,000	504,000	504,000	0	0	0
Total	1,824,004	2,016,000	2,016,000	2,016,000	2,016,000	2,016,000
Ore Grade (%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Sn Metal (Ton)	6,052.34	6,522.52	6,411.31	6,515.52	6,515.52	6,515.52

これに対し，実質賃金は，供給所の食費補助が2,１００ペソ／月程度発生しているから，凡そ6,０００ペソ／月・人～6,３００ペソ／月の税引前賃金を得ていることになりこのCatavi地域としては，非常な高給取りになっている。

2－8　山元における諸計画

山元においては，新規計画例えば新しい鉱画の採掘計画，立坑の切替計画，運搬能力の増強計画等について，毎年経済性，工程について検討を進め計画書を作成している。ここでは，最近Catavi鉱山で計画されたもの（現在実施中のものも含めて）について，開坑，採掘，操業計画に分けて紹介する。

2－8－1　開　坑

1) 新Beza立坑とBlanca脈の残鉱採掘計画（１９７７年１２月作成）

(1) 概　要

現在のBeza立坑は相当古くから使っているもので，Siglo XX坑口から2,４５０mの所にある。垂直高さは２５０mで，Ｌ６５０からＬ４１１までである。Siglo XX区とBeza区への通路となっている。又，ブロックケービング切羽No.4，８－Ｂ，５－Ｄ「Paralela」及び，Salvadora区の各レベルにつながるので，この立坑の役割は非常に大きい。以前行なったBlanca脈とSan Fermin脈の採掘のため大きな側圧を受けている所が見られ，この立坑を維持するためすぐにも補強が必要である。又，立坑の軸方向に相当の変位を起しており，中間レベル（Ｌ４４６～Ｌ５５１）の立坑壁面で変形しているのが見られる。

San José脈とSan Fermin脈の残鉱採掘を実施する場合，ケービングの影響が立坑上部に及んで，立坑自体が破損して来る。

以上の様な危険性があるので，すぐ残鉱採掘を行なうために新しい立坑を建設する必要性がある。

〔新立坑の概要〕

a) ２５０m（Ｌ６５０～Ｌ４１１）の長さの立坑である。（立坑に附属した色々な作業が必要である。）

b) 3.８m×2.６mの大きさの立坑である。

c) ケージは１つで，２階建である。

d) ４つのレベルで，連絡坑道延長は合計で８０３mとなる。

e) ヘッドシーブまでのロープ斜坑は２０mとなる。

f) 各レベルでのプラット及び巻上室の切拡げ量は合計で2,５４０m³となる。

〔設備〕

新しい立坑のすべての施設は,San Miguel立坑と似ており，圧縮空気用配管，高圧線，電話線を含んでいる。

次に，必要な主要資材の数量を示す。

60ポンド（27Kg）レール		400 m
40	レール	1,070 m
30	レール	2,650 m
トロリー線		2,057 m
配　管　8B		250 m
〃　6B		300 m
〃　4B		1,200 m
〃　2B		2,050 m
高圧線		300 m
電話線		500 m

(2) 目　的

選鉱工場への鉱石供給のため，現在の立坑区域に残っている鉱石を採掘できるよう新しい立坑を建設する。又，北部鉱床（Siglo XX 区とBeza区）の採掘操業のための通路を維持する。

(3) 適　用

新しい立坑を建設した後，鉱量139,013トン，品位0.8％，錫量1110.14トンにも達する鉱石を採掘できる。そして，48％の実収率を考慮すれば，

1110.14×0.48＝53287 Snトン

となる。

これをポンド重量に換算すれば

53287トン×2,204.62ポンド／トン＝1,174,769.68 Snポンド

となる。

(4) 鉱石の価値

ベサ立坑の区域にある鉱石の採掘とポンド当り4.75ドルの建て値を考慮すれば，全体の価値は，

1,174,769,68 Snポンド×4.75ドル／ポンド＝5,580,156ドル

となる。

(5) コスト

作　業	数　量	単 価(ドル)	金 額(ドル)
立　坑	250m	1500.00	375,000
主要坑道(L650, L411)	732m	145.17	106,264
連絡坑道(各レベル)	803m	76.65	61,550
ロープ斜坑	20m	157.80	3,156
切 拡 げ	2,540m³	7.95	20,193
計			566,163
予 備 費	20%		113,233
合　計			679,396

(6) 償却と利子

投資総額　679,396ドル

利子を年6%とすれば　121,707ドル/年

償却期間7年では　851,949ドル

(7) コストと利益の比較

シュリンケージ採掘と二次採掘の経済性

錫金属量(計算上)　1110.14トン

綜合実収率　48%

建　値　4.75ドル/Snポンド

生産高　5,580,156ドル

操業コスト

シュリンケージ採掘

採　掘	28,410トン ×	3.94ドル/トン	=	111,935ドル
粗　選	28,410トン ×	1.77 〃	=	50,286 〃
精　選	11,364トン ×	5.55 〃	=	63,070 〃
Regalia	486,582ポンド ×	1,1020ドル/ポンド	=	536,213 〃
製錬費	486,582ポンド ×	0,8923 〃	=	434,117 〃
管理費	486,582ポンド ×	0,6706 〃	=	236,302 〃
税　金	486,582ポンド ×	0,3528 〃	=	171,666 〃
計				1,603,589ドル

二次採掘

採　掘	114,902トン ×	2.23ドル/トン	=	256,231ドル
粗　選	114,902トン ×	1.77 〃	=	203,376 〃

精　選	45,961トン × 5.55 〃	= 255,083 〃
Regalia	737,137ポンド×1.1020ドル/ポンド	= 812,325 〃
製錬費	737,137ポンド×0.8923 〃	= 657,747 〃
管理費	737,137ポンド×0.6706 〃	= 494,324 〃
税　金	737,137ポンド×0.3528 〃	= 260,062 〃
計		2,939,148ドル
操業コスト計		4,542,737ドル
立坑開削費		851,949 〃
コスト合計		5,394,686ドル
生産高		5,580,156ドル
利　益		185,470ドル

計画の採算性　$\frac{5,580,156}{5,394,686} = 1.03 > 1$

工事工程

1977年12月30日現在での工事進渉状況は，全体の71.11%となっている。

機械設備	未
その他の設備	未

投資額

1977年11月30日まで	128,448.70ドル
1977年12月～1978年12月まで	575,000 〃
合　計	703,448.70 〃

(8) 注意事項

この計画の実施を急がなければ，北部鉱床区域での採掘操業を継続できなくなるという危険性がある。

又，コストの中に機械の費用を含んでいない。更に，導坑切上りを実施するための全断面掘削機の運転費用を考慮していない。

2) 主要運搬坑道計画－L650（1980年12月作成）

(1) 概　要

L650レベルでの現在の運搬坑道の大きさは，1日当り7,000～7,500トン程度の量を鉱車で運搬するための坑道及び通路としては限界である。このため，1,728 mの延長で，

断面が3.0 m×3.0 mの現在ある唯一の坑道に平行して坑道を設ける計画の実施が必要となってきた。

実際の作業は，2切羽4人の作業員で実施されており，現在までに918 m掘進している。

(2) 目　的

この新しい坑道によって，大型ブロックケービング「Central」と「Paralela」の計画も含め大量の鉱石運搬が可能になる。

(3) 適　用

新しい運搬坑道の開削によって，ブロックケービングCentral（南側）の鉱量25,772,361トン，品位0.33%，錫量85,719.61トンの大型採掘のための鉱石運搬が可能になるだろう。

選鉱の粗選，精選での実収率を50%で考えると，

85,719.61トン×0.5＝42,859.80　Snトン

となる。これをポンド重量に換算すれば，

42,859.80トン×2,204.62ポンド／トン＝94,489,583　Snポンド

となる。

(4) 鉱石の価値

このブロックの採掘により得られる錫は，1981年の操業での建値を，5.65ドル／ポンドとすれば，

94,489,583 Snポンド×5.65ドル／ポンド＝533,866,144ドル

の鉱石価値がある。

(5) 採掘準備

Catavi鉱山の経理で算定したコストで試算してみると次の様になる。

運搬坑道開削	810 m	×145.80ドル／m＝	118,098ドル
水平及び垂直展開	11,208 m	×125.58　〃　＝	1,405,501　〃
コーンの追切り	42,224 m³	×10.73ドル／m³＝	453,063　〃
ピラーの追切り	28,286 m³	×10.73　〃　＝	303,509　〃
周辺追切作業	34,200 m³	×14.38　〃　＝	491,796　〃
計			2,773,967ドル
予備費	20%		554,793　〃
補強費	12,000 m³	×51.50ドル／m³＝	618,000　〃
機械と設備費			250,000　〃
採掘準備計			4,196,760ドル

(6) 償却とコスト

投資総額	4,196,760ドル
年間6％の利子とすれば	996,311ドル/年
5年間では	4,981,554ドル

操業コスト

採　掘	25,772,361トン × 5.31ドル/トン		=136,851,237ドル
粗　選	25,772,361トン × 4.02 〃		=103,604,891 〃
精　選	10,308,994トン × 8.74 〃		= 90,100,170 〃
Regalia	94,489,583ポンド × 0.6235ドル/ポンド		= 58,914,255 〃
製錬費	94,489,583ポンド × 2.0832 〃		=196,840,699 〃
管理費	94,489,583ポンド × 0.4233 〃		= 39,902,950 〃
計			626,214,202ドル

(7) 採算性

操業コスト	626,214,202ドル
開発コスト	4,981,554 〃
コスト計	631,195,756 〃
鉱石の価値	533,866,144 〃
損　失	97,329,612 〃

プロジェクトの採算性

$$\frac{\text{鉱石の回収価値}}{\text{開発，採掘に要するコスト}} = \frac{533,866,144}{631,195,756} = 0.846 < 1$$

作業工程

1980年12月31日現在で64％完了しており，1982年までに終了する。

1980年	918 m
1981年	810 m
計	1,728 m

投資額

1980年12月31日まで	230,967.22ドル
1981年1月～12月	184,000 〃
計	414,967.22

2－8－2　採　掘

1)　ミニブロック"San José"の開発計画（１９７７年１２月作成）

この計画書においては，サブレベルケービング採掘を採用した場合と，ブロックケービングを採用した場合それぞれについて経済性を検討しており，ブロックケービング採掘が優れているという結論が出されている。

<サブレベルケービングによる場合>

(1)　概　要

ミニブロック"San José"は，Salvadora脈の西に位置し，硬砂岩（グレイワッケ）と角礫岩（ブレッチャー）の接触部に賦存する鉱床である。区域は Siglo ＸＸ に属する。

規模	長さ	５１ｍ	コーンの数	１６ケ所
	幅	４３ｍ	グリズリの数	８ケ所
	高さ	１００ｍ	切上り他	１２ケ所
	面積	2,１９３ｍ²	体積	219,300ｍ³

ブロックケービングとサブレベルストーピングに共通の採掘準備を実施する。

(2)　目　的

ミニブロックの開発によって，選鉱へ供給するための充分な鉱石を確保でき，鉱山の生産量が増加する。

(3)　適　用

地質部門で作成した鉱量計算によれば，次の通りである。

鉱　量	５２４,５０３トン
品　位	0.４６％Sn
錫　量	２４１2.７１トン

選鉱での平均実収率４４％を考慮すれば，

２４１2.７１トン×0.４４＝１０６１.５９Snトン

となる。これをポンド重量に換算すると，2,３４０,４０２Snポンド　となる。

(4)　鉱石の価値

１９７８年の操業での錫の建値ポンド当り 4.７５ドルにより以下の様な鉱石の価値となる。

2,３４０,４０２ポンド×4.７５ドル／ポンド＝１１,１１６,９０９ドル

(5)　採掘準備

経理部門で作成した採掘原価のデーターから，ブロック"San José"の採掘準備に要する費用を算定すると，次の通りである。

水平展開	９０２ｍ×７6.６５ドル／ｍ＝	６９,１３８ドル
垂直展開	５０７ｍ×５2.６０　〃　＝	２６,６６８　〃

コーンの追切	3,280m³×	7.95ドル/m³=	26,078ドル
ピラーの追切	4,110m³×	7.95 =	32,674 〃
周辺追切	4,200m³×10.65	=	44,730 〃
計			199,286 〃
予備費	20%		39,857 〃
合　計			239,143ドル

(6) 機械と設備

穿孔機械及び，付属品，扇風機と電気設備に必要な電気材料を含む。

穿孔機GD-DH99	2台	7,942ドル
ガイドシェル	2台	5,088 〃
リモートコントロール	2台	506 〃
シャンクロッド 1½″	2本	62 〃
カップリング CL-51600VA	90ケ	1,110 〃
ロッド 1¼″ HEX 4FTCL	50本	1,610 〃
ビット 2½″	25ケ	932 〃
〃 2¾″	25ケ	1,059 〃
ビット 3¼″	25ケ	1,425 〃
小計		19,734 〃
通気用設備		7,500 〃
材料及び付属品		3,000 〃
労務費		2,500 〃
計		32,734 〃
予備費	20%	6,547 〃
機械設備　計		39,281 〃
採掘準備　計		239,143 〃
採掘準備総計		278,424 〃

(7) 償却と利子

投資総額	278,424ドル
1年間の利子6%とすれば	
償却期間5年として	66,098ドル/年
5年間で	330,489

(8) コストに対する利益の比較

錫量（計算上）　2,412.71トン

選鉱実収率	44%
建　値	4.75ドル/ポンド
生産額	11,116,909ドル

操業コスト

採　掘	524,503トン	×	4.10ドル/トン	=	2,103,257ドル
粗　選	524,503トン	×	1.77 〃	=	928,370 〃
精　選	264,516トン	×	5.55 〃	=	1,368,164 〃
Regalia	2,340,402ポンド	×	1.102ドル/ポンド	=	2,579,123 〃
製錬費	2,340,402ポンド	×	0.8923 〃	=	2,088,341 〃
管理費	2,340,402ポンド	×	0.6706 〃	=	1,569,473 〃
税　金	2,340, 02ポンド	×	0.3528 〃	=	825,694 〃
計					11,462,422 〃

(9) 損益勘定

操業コスト	11,462,422ドル
開発コスト	330,489 〃
コスト総計	11,792,911 〃
生産額	11,116,909 〃
損　失	676,002 〃

プロジェクトの収益性

$$\frac{\text{回収可能な鉱石の価値}}{\text{採掘，開発に必要な全コスト}} = \frac{11,116,909}{11,792,911} = 0.94 < 1.$$

結論　　不可

<ブロックケービングによる場合>

ブロックケービングのシステムを使って，ミニブロックの採掘準備を実施する。

(1)，(2)，(3)，(4)については，サブレベルケービングによる場合と同じである。

(5) 採掘準備

経理部門で作成した採掘原価のデーターからブロック "San-José" の採掘準備に要する費用を算定すると，次の通りである。

水平展開	586m	×	76.65ドル/m	=	44,917ドル
垂直展開	399m	×	52.60 〃	=	20,987 〃
コーンの追切	3,280m³	×	7.95ドル/m³	=	26,076 〃
ピラーの追切	4,110m³	×	7.95 〃	=	32,674 〃
周辺追切	13,090m³	×	10.65 〃	=	139,408 〃

コヨーテ	380m×52.37ドル/m＝	19,900ドル
小計		283,962 〃
予備費	20%	56,792 〃
計		340,754 〃

(6) 機械と設備

扇風機とモーター設備の機械と電気付属品を含む。

コスト

通気設備		7,500ドル
材料及び付属品		2,000 〃
労務費		1,500 〃
小計		11,000 〃
予備費	20%	2,200 〃
計		13,200 〃

機械設備計	13,200ドル
採掘準備計	340,754 〃
採掘準備合計	353,954 〃

(7) 償却と利子

投資総額　353,954ドル

1年間の利子6%とすれば

償却期間5年として　84,029ドル/年

5年間で　420,143ドル

(8) コストに対する利益の比較

錫　量（計算上）	2,412.71トン
実収率	44%
建　値	4.75ドル/ポンド
生産額	11,116,909ドル

操業コスト

採　掘	524,503トン ×	2.12ドル/トン	＝	1,111,946ドル
粗　選	524,503トン ×	1.77 〃	＝	928,370 〃
精　選	246,516トン ×	5.55 〃	＝	1,368,164 〃
Regalia	2,340,402ポンド×	1.102ドル/ポンド	＝	2,579,123 〃
製錬費	2,340,402ポンド×	0.8923 〃	＝	2,088,341 〃

管理費	2,340,402ポンド×0.6706ドル/ポンド	=	1,569,473ドル
税、金	2,340,402ポンド×0.3528 〃	=	825,694 〃
計			10,471,111 〃

(9) 損益勘定

操業コスト	10,471,111ドル
開発コスト	420,143 〃
コスト総計	10,891,254 〃
生産額	11,116,909ドル
利　益	225,655 〃

プロジェクトの収益性

$$\frac{\text{回収可能な鉱石の価値}}{\text{採掘，開発に必要なコスト}} = \frac{11,116,909}{10,891,254} = 1.02 > 1$$

結論　可

2) ブロックケービング「5－D」(残りの⅓)の開発計画(1980年12月作成)

(1) 概　要

ブロックケービング「5－D」は，採掘終了したブロック5－B，5－C，14の南西に位置し，北19500～19700と南9800～10,000の区画にある。垂直方向の影響は，355～L481の間に制限されている。平均的な採掘鉱画は，以下の通りである。

長さ	122m
幅	53m
高さ	116m
面積	6,460m²
コーンの数	60ケ所
グリズリの数	30ケ所

ブロックケービング「5－D」の開発は，1975年3月に始まり1981年12月30日まで以下のような進行状況である。

水平展開	90%
垂直展開	92%
コーン及びピラーの追切	78%
ブロック周辺追切	85%
補強	80%

北部地区では，全体の⅔の鉱画は崩落すると考えられたが，残りの⅓は，主要鉱井№2の受け持ちで，グリズリは№6，7，18，19，24，25，26，30，31 の9ケ所である。この部分の採掘は，Blanca 立坑に影響を与えるので，Beza区への影響を防ぎ減少させるため，周辺追切りの高さを増し旧採掘跡や旧坑に添って崩落帯を形成するよう考慮した。

工程表によると，1981年12月に破砕を終了する予定である。

(2) 目　的

ブロックケービング「5－D」の採掘によって，Catavi鉱山の生産を通常のリズムに保ち，採掘予定鉱量を超えて生産しているブロック8－Bにかわる切羽となる。そうすれば，選鉱への鉱石供給が止まるという事態を避けることができる。

(3) 適　用

このブロックの基礎的な資料は，地質部門で計算されている。ブロックケービング「5－D」の可採鉱量は2,161,482トンで，品位0.44％Sn，錫量で9,519トンである。選鉱での実収率50％を考慮すると，

9,519トン×0.5＝4,759.50トン

となる。これをポンド重量に換算すると，10,492,889 Snポンドとなる。

(4) 鉱石の価値

もし，1981年の操業時に建て値がポンド当り5.65ドルであるとすれば，10,492,889ポンドの採掘により全体の価値としては

10,492,889ポンド×5.65ドル／ポンド＝59,284,823ドル

となる。

(5) 採掘準備

1981年におけるブロック「5－D」の残りの⅓の採掘準備に要する費用は，経理で保存されている実績コストを基にして計算している。それによれば，以下に述べる様な投資が必要である。

水平展開	150m×145.80ドル／m	＝21,870ドル	
垂直展開	100m×68.21ドル／m	＝6,820 〃	
コーンの追切	200m³×10.73ドル／m³	＝2,146 〃	
ピラーの追切	700m³×10.73 〃	＝7,511 〃	
周辺追切	800m³×16.51 〃	＝13,208 〃	
コヨーテ	300m×125.58ドル／m	＝37,664 〃	
小計		89,220 〃	
予備費	20％	17,844 〃	
補強工事	600m³×51.50ドル／m³	＝30,900 〃	
合計		137,964ドル	

(6) 機械と設備

扇風機（1,698 m^3／分）

変圧器，配電盤，ケーブル等を含む。

コスト

機械費	15,000ドル
設備費	20,000 〃
材料費	30,000 〃
労務費	15,000 〃
予備費	19,000 〃
機械設備計	99,000 〃
採掘準備計	137,964 〃
合　計	236,964ドル

(7) 償却と利子

投資総額　236,964ドル

1年間の利子6％として

償却5年とすれば　56,255ドル／年

5年間で　281,276ドル

(8) コストに対する利益の比較

錫量（計算上）　9,519トン

選鉱実収率　50％

建　値　5.65ドル／ポンド

生産額　59,284,823ドル

操業コスト

採　掘	2,161,482トン	×	5.31ドル／トン	＝11,477,469ドル
粗　選	2,161,482トン	×	4.02 〃	＝ 8,689,158 〃
精　選	864,593トン	×	8.74 〃	＝ 7,556,543 〃
Regalia	10,492,889ポンド	×	0.6235ドル／ポンド	＝ 6,542,316 〃
製錬費	10,492,889ポンド	×	2.0832 〃	＝21,858,786 〃
管理費	10,492,889ポンド	×	0.4223 〃	＝ 4,431,147 〃
計				＝60,555,419ドル

(9) 損益勘定

操業コスト　60,555,419ドル

開発コスト　281,276 〃

コスト総計　　60,836,695ドル

生産額　　59,284,823ドル

損　失　　1,551,872ドル

(10) プロジェクトの収益性

$$\frac{\text{回収可能な鉱石の価値}}{\text{採掘，開発に必要な全コスト}} = \frac{59,284,823}{60,836,695} = 0.974 < 1$$

ブロック「5－D」の開発予定とコスト

1981年1月～5月

月	掘進長 (m)	コーンの追切 (m³)	補強 (m³)	ピラーの追切 (m³)	周辺追切 (m³)	コスト (ドル)
1月	2.2	969	106	54	116	8,279.57
2月	7.4	698	186	60	151	11,277.25
3月	20.1	973	141	16	263	13,856.89
4月	16.8	965	171	91	155	13,749.68
5月	51.9	719	61	36	24	12,184.38

2－8－3　大型ブロックケービング

Catavi鉱山では，将来の大型ブロックケービング採掘に関する計画について，その可能性を検討した報告書が1981年10月に完成したので，ここにその抜粋を紹介する。

1) 結　論

(1) B案（トラックレスマイニング）によるブロックセントラルでの採掘準備と採掘のコストは，今回，提出された報告書の中の他の案よりも安い。その採掘コスト（償却費含む，金利含まず）は，選鉱工場受入口までトン当り（湿量）5.4ドルである。

(2) 地質的評価による鉱石の品位は，錫で0.20％である。

(3) 選鉱工場に供給される1日当り12,000トン（乾量）の操業に対する経済分析によると，全々採算がとれないという結果になっている。

(4) この計画の感度分析で判明した事は，錫の実収率が828％以上になる場合と，選鉱工場の処理コストがトン当り（乾量）4.46ドル以下に収まる場合に利益を出せることである。

(5) 錫の建値は，出鉱品位0.20％，選鉱実収率25％の場合には，ポンド当り24.1Sでないと採算に合わない。

(6) 最低の採算品位は，金利の支払いがなければ錫で0.414％が限界である。

(7) 結局，Catavi鉱山でのブロックケービング採掘計画は，鉱脈が低品位であること，選鉱

実収率が悪いことのため採算に合わない。

2) 概　要

Catavi鉱山の鉱山経営を維持するために，Siglo XX 坑内の主要ブロックでの採掘計画が提案された。1974年から自主的に研究した結果，対象ブロックはブロックParalelaとブロック Central で，細かな地質的評価と採掘計画を通して真の可能性を知るため，1979年から特に注目していた。

この報告書では採掘計画に焦点を合わせ，地質的評価により前もって決められた鉱画での開坑，採掘準備及び採掘の計画図と，機械の選定及び投資価値の判断が盛り込まれている。この他に，各要素を変動させて，この計画の経済分析と各種の感度分析がなされている。

3) ブロックケービングにおける採掘方法の検討

ブロックケービング法は，各種のレベルで構成されており，主なものはアンダーカットレベル，グリズリレベル（採掘レベル）及び，運搬レベルである。

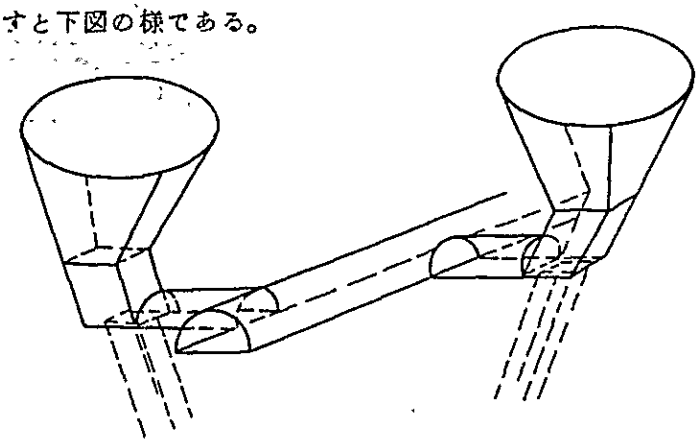
主要ブロックの概要は，次の通りである。

	ブロックCentral	ブロックParalela
アンダーカットレベル	L551	L481
グリズリレベル	L567	L497
運搬レベル	L650	L650
採掘面積	75,848m^2	55,313m^2
鉱　量	40,000,000トン	17,000,000トン

ここで，破砕鉱石を運搬レベルに落すまでの方法について，各種の案について検討してみた。以下，各検討案を説明する。

〔A案〕

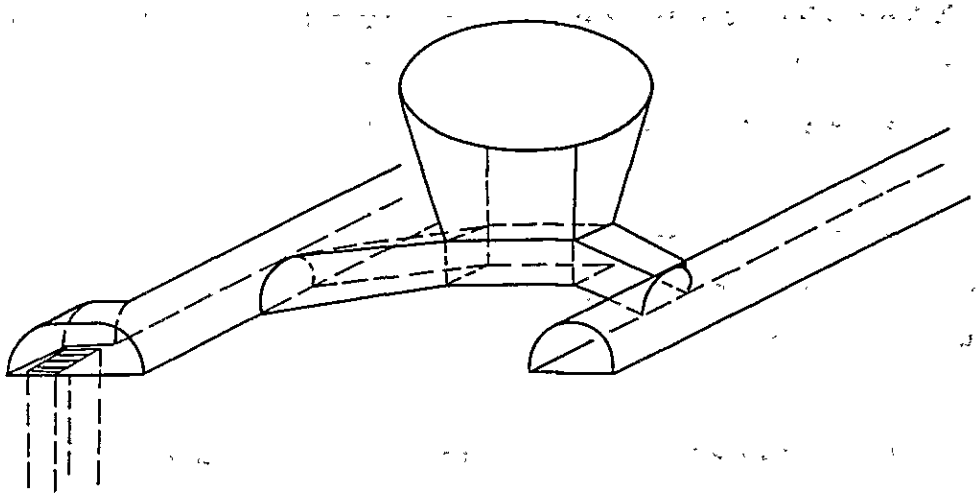
この案は，今までのブロックケービング採掘に適用してきた従来法である。グリズリレベルから傾斜45°，長さ6mの切上りを上げ，次に，アンダーカットレベルに達するまで垂直に掘り上がる。その後，この垂直部は直径10mのコーンの形になるまで切り拡げを行なう。A案を模式的に表わすと下図の様である。



〔B案〕

この案では，フインガー掘上りと従来法のオアパスの大部分がなくなる。ここでは，直径12 m以上のコーンと，コーンからオアパスまでの鉱石運搬のための機械が必要である。更に，小割機械も使用される。

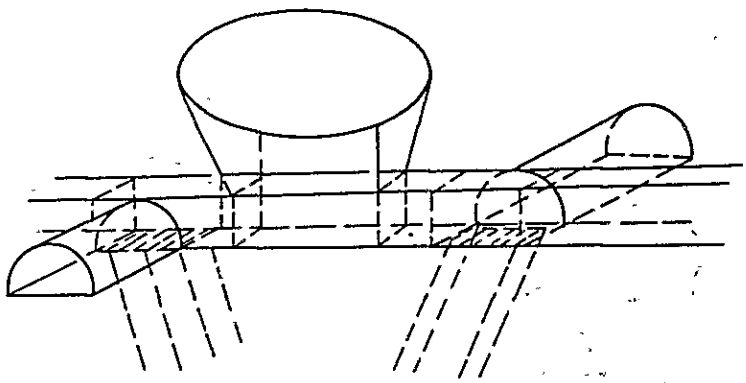
B案を模式的に示すと下図の様である。



〔C案〕

この案は，コーンの間にグリズリを配置するもので，A案とB案との組み合せである。鉱石は，直接重力でオアパスに落す。また，インパクト型の小割機械も使用される。

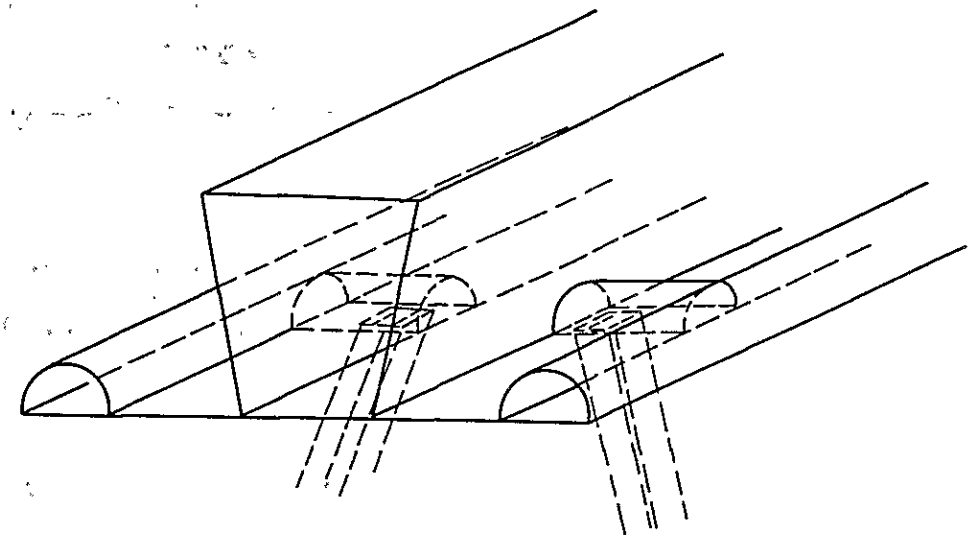
C案を模式的に示すと下部の通りである。



〔D案〕

この案では，各列のコーンはその場所で溝状の形となって無くなる。つまり上部が広い台形を逆さにした断面で連続している。

D案を模式的に示すと下図の通りである。



以上の検討結果より，A案とD案を除き，B案とC案に絞って細かな検討を行なった。

4) B案（トラックレスマイニング）

B案においては，バケット容量3.8 m^3のフロントエンドローダー「スクープトラム」を使用し，又，岩石を扱いやすい大きさに砕くためインパクト型の小割機械を使用する。

コーンは上部で直径１２ mとし，W3.6 m×L１０ mの坑道（立入坑道）と連絡しており，採掘レベルでコーンの底を作ることになる。立入坑道は長さ１４ mあり，45°の角度で運搬坑道と交わっている。LHDは，この坑道を通ってコーンの底に入っていく。鉱井を約１００ m毎に運搬坑道に設ける。これらの鉱井は，ブロックCentralではL６２０に，パラレラではL５８３に集合され，L６５０又は主要運搬坑道に連絡している。

掘削数量は次の通りである。

		ブロックCentral	ブロック Paralela	計
開　坑	水平展開	15,442 m	14,520 m	29,962 m
	垂直展開	4,727 m	4,606 m	9,333 m
採掘準備	コーンの数	１４０ケ所	１１２ケ所	２５２ケ所
	コーンの追切	84,000 m^3	67,200 m^3	151,200 m^3
	縁切用 シュリンケージ 切羽数	１６ケ所	８ケ所	２４ケ所
	〃 採掘量	37,100 m^3	18,320 m^3	55,420 m^3
	ピラーの追切	726,000 m^3	525,000 m^3	1,251,000 m^3

	ブロックCentral	ブロックParalela	計
シュート組立	21ケ所	16ケ所	37ケ所
補強工事	3,484m^3	2,786m^3	6,270m^3

5) C案（組み合せ法）

コーンとコーンの間に運搬坑道からコーンの底の位置まで立入坑道を掘削し，さらにコーンの底に向ってコーンの下幅と同じ大きさで運搬坑道に平行に坑道を掘削する。コーンとコーンの間にグリズリを設ける。ここで，インパクト型の小割機械を導入し，吊り発破員を減らし玄能の使用をなくす。

掘削数量は次の通りである。

		ブロックCentral	ブロックParalela	計
開　坑	水平展開	19,014m	15,081m	34,095m
	垂直展開	13,775m	15,335m	29,110m
採掘準備	コーンの数	204ケ所	154ケ所	358ケ所
	コーンの追切	119,544m^3	90,244m^3	209,788m^3
	縁切用 シュリンケージ 切羽数	16ケ所	8ケ所	24ケ所
	〃　採掘量	37,100m^3	18,320m^3	55,420m^3
	ピラーの追切	715,901m^3	518,363m^3	1,234,264m^3
	シュート組立	37ケ所	23ケ所	60ケ所
	補強工事	3,538m^3	2,222m^3	5,760m^3

6) 採掘準備期間と所要人員（B案の場合）

〔ブロックCentral〕	期間(月)	人員(人)	穿孔機械の台数
L650 運搬坑道	14	18	3
L620 連絡坑道	28	24	4
L586 連絡坑道	15	4	1
L567 採掘坑道	39	50	10
L551 アンダーカット坑道	38	40	9
	39	136	27
予　備（20%）	8	28	5
計	47	164	32

ブロックCentralの採掘準備には，約4年を要する。

7) 実施計画のコスト

借入金の支払い金利を計算に入れないで，B案とC案のコストを比較してみると，次の通りである。

	B 案 (千ドル)		C 案 (千ドル)	
	ブロック Paralela	ブロック Central	ブロック Paralela	ブロック Central
探鉱	2,278	1,400	2,278	1,400
開坑	5,324	5,964	6,235	7,632
採掘準備	12,133	16,439	12,388	18,135
機械設備	10,545	10,545	8,745	8,745
通気設備	4,965	6,301	5,567	6,695
採掘	47,260	112,094	88,910	206,851
通気（運転）	1,510	9,076	1,376	7,269
運搬	15,300	36,289	15,300	36,289
予備費(10%)	9,931	19,811	14,080	29,301
運搬まで含めたトン当りコスト	6.43 ドル/トン	5.40 ドル/トン	9.11 ドル/トン	7.99 ドル/トン

以上より，B案が経済的に有利である。ブロック Central は，採掘準備に4年，採掘期間10年である。ブロックParalela評価は，ブロック Central を採掘中に行なう。

2－8－4　生産計画

1)　中期生産計画

Catavi鉱山では，3年を1単位とした中期生産計画を，副所長の指導により，採鉱課，プロジェクト係が作成している。Table 2－40 にその実例を示すが，4～6年後の計画は単なるアイデアの段階のようで，ブロック Central の採掘計画まで，生産予定に組み込まれているが，実現性は乏しい。全般的にみると，錫の生産量を維持しようと努力している。

2)　年間生産計画

Cataviの操業年度は1月から12月までの歴年であるため，採鉱課長は翌年の操業計画を年末に作成する。この場合，基礎となるのは，中期3ケ年計画である。

3)　月間生産計画

毎月の生産計画は，各係長が区長と年間生産計画に基いて，打合せ検討した結果を前月下旬に採鉱課長に呈出する。採鉱課長は各係の生産計画を綜合的に検討し，修正したものを副所長，所長に呈出，承認を得る。採鉱課・事務係では係別総合生産予定表を作成する。

2－9　岩石試験

2－9－1　概　要

鉱山における採鉱法を検討する場合，岩盤の力学的性質を把握する必要がある。そこで，Catavi鉱山から持ち帰ったボーリングコアを岩石試料として，岩石試験を実施した。

試験は，比重，弾性波速度，ヤング率，ポアソン比，一軸圧縮強度及び,圧裂引張強度について実施した。

なお，試料の状態は全て気乾状態とし，試験は山口大学工学部資源工学科の試験室で行なった。

2－9－2　試験方法

1)　試料の作成

各々のコアを互いに平行となる様に垂直に木枠の中で固定し，セメントで固めた後ボーリングしコアを採取した。このコアを上下の面が互いに平行となる様カッターで削り，上下面が5／100㎜　以内の平行度に収まる様にした。

2)　比重測定

この測定はＪＩＳに従ったが，小さな試料しか得られなかったので有効桁数は，2ケタ程度である。

3)　一軸圧縮試験

この試験では，寸法，形状はＩＳＲＭ（国際岩の力学学会）の基準に従い，Ｌ（長さ）とＤ（直径）の比Ｌ／Ｄを2.5＋αとした。

4)　圧裂引張試験

この試験では，寸法，形状でＩＳＲＭ（国際岩の力学学会）の基準に従い，Ｌ（長さ）とＤ（直径）の比Ｌ／Ｄを0.5～1.0とした。

5)　弾性波速度測定

この測定は，Wavetekのpulse generaterで２００KHzの波を一方のPZT－7素子に送り込み，もう一方のＰＺＴ－7素子で受信した波形をＤＭ703トランジェント・レコーダに記憶させる。このデータをコンピュータにディジタル量のまま転送し，プリンタにて記録した結果より到着時間を読み取った。最小の読み取り時間は，５０ms（５０×10^{-9} sec）である。

6)　ヤング率およびポアソン比

この測定では，試験片側面に箔ゲージ（foil gauge）を軸方向歪用（Axial strain）に３０㎜，円周方向歪用（Radial strain）に１０㎜を各２枚ずつ接着しておき，一軸圧縮試験中にディジタル歪計で自動測定記録した。

その結果をコンピュータおよびプロッタを用いて図化し，直線域の傾きよりヤング率およびポアソン比を求めた。

2－9－3　岩石試験結果

岩石試験結果は，Table 2－41に示す通りで，No.2の値だけ他の値と較べ非常に大きな数字になっている。

その値を除けば，圧縮強度は７８０～1,１２０kg/cm²，引張強度は７２～１３０kg/cm²，弾性波速度は，4,０００～4,５００ m／sec となっており，岩盤が比較的硬い方であると言える。

Table 2–41　Results of Tests in Rock Mechanics

Sample	Kinds of Rock	No. of Boring by Catavi Mine	Test Piece Size (mm) In Compression	Test Piece Size (mm) In Tension	Specific Gravity	Velocity of Elastic Wave (m/sec)	Tensile Strength (kg/cm²)	Compressive Strength (kg/cm²)	Young's Module EX10⁵ (kg/cm²)	Poissons's Ratio
1	Quartz -Porphyry	DDH 845-366 L650	D=29.70 L=62.90	D=29.70 L=36.45	2.64	4,500	77 6	780	3.26	0.25
2	Siliceous Sandstone	DDH 782	D=29.30 L=59.80	D=29.70 L=11.15	2.76	5,710	272 4	4,510	8 82	0.19
3	Quartz -Porphyry	DDH 798 L551 A205'		D=14 10 L=10 95	2.8	–	129.6	–	–	–
4	Quartz -Porphyry	DDH 802 A185 L551	D=13.90 L=32.20	D=14 00 L=10 70	2.6	4,100	94.9	1,120	3.58	0 22
5	Sandstone	DDH 782 A285 L551		D=13.95 L= 8.85	3.0	–	72.4	–	–	–
6	Sandstone	DDH 782 'A205' L551	D=13 95 L=30.25	D=14 10 L=10 25	2.9	4,400	82.7	790	3.18	0.29

2－10　売鉱業者

1. Catavi鉱山には，鉱区内で鉱山の許可を得て原始的な方法で錫を採取し，高品位精鉱として鉱山に売鉱して生計を立てているグループが2,５００名程いる。（ボリビヤの殆んどの錫鉱山に居る）。彼等は坑内外で働いているが，その生産物は外部鉱（オトロス・フェンテス）と総称され，直轄生産量の５０～７０％に達している。現在ではCatavi鉱山にとって生産の重要な役割を担っている。

2－10－1　組織と人員

売鉱業者の種類は次のようで，それぞれが数名～１０名のグループに分れている。

(1) Locatarios（坑内で高品位細脈を採掘）

(2) Lamas （重選尾鉱からの錫回収）

(3) Veneros ㋑坑外で地表近くの高品位脈採掘

㋺漂砂鉱床の採掘

(4) Cooperativa（コオペラティーバ）（その他の零細グループ）

これらのグループを監督・管理するための組織が採鉱課の中に有り，係長以下２０人に達する。又，生産物を買取の為の組織（評量，品位分析等）が Victoria 選鉱工場にある。

	直轄				売鉱業者
	係長	主任	分任	職長	
Locatarios	1	1	1	6	1,486
Veneros	1	1	2	7	639(Veneros) 390(Lamas) 計2,515

Catavi鉱山としては，この監督組織により，無許可者の就労禁止（人員の制限），直轄切羽からの盗掘防止に努めるとともに個人別の出勤をチェックし，鉱石買入れ代金の個人別配分計算までコンピューターでやっている。又，ポータブルコンプレッサーを貸与するなど，売鉱業者に相当の援助を与えている。

Locatarios の採掘している坑内切羽は鉱床の上部で凡そレベル３００以上にあり，直轄切羽として高品位脈を採掘した残りとか支脈など，劣悪な条件の脈を稼行している。

従って，Laguna，Animas 等の坑内直轄係の切羽と混在していることになり，Locatarios は自分達の切羽の入口に鉄扉を設け，錠をして夜間に他者からの盗掘を防いでいる。

２－10－２ 生産量とその推移

売鉱業者の年度別生産量は次の如くである。数字は販売可能な精鉱中の含錫量である。

Table 2–42 Production of Locatarios by Years (Sn Metal Ton)

Year	Locatarios (A)	Catavi Mine (B)	Total	(A)/(B) (%)
1980	1,662	2,288	3,950	72.6
1979	1,409	2,525	3,934	55.8
1978	1,431	2,959	4,390	48.4
1977	1,616	4,198	5,814	38.5
1976	1,876	3,542	5,418	52.9
1975	2,137	3,968	6,105	53.8

Table 2-43 Production of Lacatarios

(Ton)

Year	High Grade Ore (Concentrate)			Low Grade Ore (Crude Ore)		
	Amount of Concentrate	Ore Grade (Sn %)	Sn Metal (Ton)	Amount of Crude Ore	Ore Grade (Sn %)	Sn Metal (%)
1980	2,606 8	37.67	981.9	5,233	1.33	69.9
1979	2,132.9	33.74	719.2	8,075	1.21	97.7
1978	2,207.8	32.74	722 8	13,423	1.19	159.2
1977	2,669.2	34.19	912.5	10,792	1.26	136.0

Table 2－43から判るように，直轄の生産量が元鉱品位の低下により減少して来た現在，売鉱業者の生産する錫量の比率は年々高まり，Cataviが鉱山にとって重要な地位を占めて来た。

Table 2-44 Production of Other Locatarios by Years

(Sn Metal Ton)

Year	Veneros	Lamas	Cooperativa
1980	448.6	89.2	38.8
1979	580.5	–	–
1978	280.8	–	–
1977	319.3	–	–
1976	309.3	–	–

2－10－3　採取法

1) 坑内採掘（２９５レベルの実例について記述する）

(1) グループ：№１５；人員３５名，切羽１ケ所：切羽は細脈を下り，狭い所でさく岩員１名，助手１名で穿孔していた。最初に　部分を発破し次に鉱脈を発破し，切羽選別し袋詰で搬出する。

- 高品位鉱：Sn ３～４％；手動ジグ選鉱場へ
- 低品位鉱：Sn 0.7～1.4％；Victoria選鉱工場へ

(2) グループ：№１３；人員２８名，切羽１ケ所

№１５の近くにあり，さく岩用水は４～５ℓのポリ容器に入れて搬入したものを，切上りの上部にあるタンクに入れて搬入したものを切上りの上部にあるタンクに入れて圧力を得ている。

(3) グループ：ドローレス；本坑と離れた位置にあるドローレス坑では坑口にコンプレッサー室を持つ。米国インガーソル社製で，３台のうち最も新しいものが１９０５年３月製造，モーター６０Hz，１２５HP，ＧＥ製，他の２台は小型で更に古くコンプレッサーの原型とでも言うべきもの。（何れも大きな皮ベルト駆動）

ここの坑内では，人力巻上機で深さ７０ｍの小さな立坑をロープにぶら下って昇降し，下部の脈を採掘している。

2) 坑外採掘

(1) 脈採掘

地表で作業する中で，山腹の高品位脈を１５～２０ｍの下部まで溝を切るように採掘しているグループをVenerista（ベネリスタ）と呼んでいる。彼等は保安帽もかぶらず，ほゞ坑内と同様の切羽で危険を侵して作業している。

サン・ペドリータ：人員３名，切羽１ケ所，脈幅５０～６０cm，亜鉛，黄鉄鉱を含む。

(2) 漂砂鉱床採掘

Catavi から５Km離れたUncia 地区にある広大な漂砂鉱床では，現在８０名近くが数名ずつのグループに分れて錫の採取を行なっている。漂砂鉱床は全体としては0.０１％の低品位であるが，Uncia 部落に近い所で，地下８～１０ｍ附近にある比較的高品位の砂層中をモグラの如くトンネルで掘進んでいる。

直径６０cm位の小さな手巻立坑（人員昇降，鉱石巻上）で巻上げられた鉱石は水路に設けた手動ジグで比重選鉱し，３０～５０％程度の高品位精鉱として鉱山に売却している。

(3) 重選尾鉱採取

Siglo ＸＸ にある重液選鉱場の尾鉱は未だ錫を0.17％程度含んでいるので，これを手動ジグに掛けて錫を回収しているのが Lamas である。彼等は手動ジグを並べた手製の選鉱場に尾鉱を引き込み精鉱を生産している。

3) 選鉱法

坑内で袋詰された高品位鉱（４～２５％）は，Siglo XXの事務所の上部にあるLocatariosの選鉱工場で高品位精鉱と低品位鉱に分けられる。

ここではすべて手製の手動機械による原始的な方法で精鉱を生産しているが，消費物品は０で，エネルギーコストも不要だから，生産コストは格段に安い筈である。

低品位の尾鉱でも直轄の採掘する鉱石より幾倍高いため選鉱元鉱として売鉱している。

重選工場尾鉱から錫を回収するLamasは，元々細粒を扱うので手動クラッシャーは無いが，手動ジグ以下は同様である。

漂砂鉱床で働くVenerosも，手動ジグのみを使って精鉱を得ている。

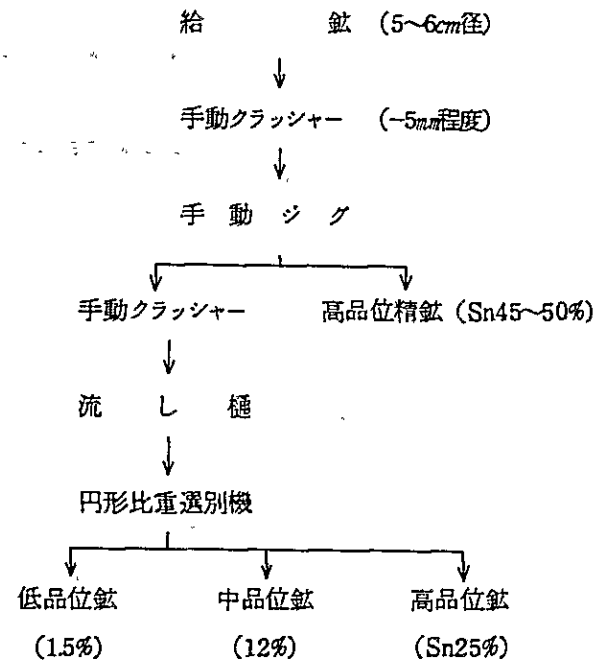


Fig 2－21

2－10－4　売鉱条件

売鉱業者の生産した低品位鉱は選鉱場で，高品位鉱は買入所で，重量，水分，品位を測定し建値と品位に応じた代金が計算される。買入価格の概略をTable 2－45に示す。

Table 2–45　General Remarks of Purchase Price

High Grade Ore (1981)			Low Grade Ore (1980)		
Sn Price　$US 6.5=14.32 $US/Kg			Sn Price　$US 5.30=11.68 $US/Kg		
10%	8.40 Sb/Kg	0 34 $US/Kg	1.0%	17.68 $US/Ton	* 21.68 $US/Ton
20	41.21	1.68	1.5	27.90	34.22
30	72.36	2.95	2.0	39.14	48.00
40	107.03	4.37	2 5	49.49	60.69
50	140.86	5.74	3.0	59.84	73.38

(注1) * の欄は錫価格を 6.5 S／16 とし，買入価格に $\frac{6.50}{5.30}$ の比率を乗じたもの。

(注2) 高品位鉱はKg当り，低品位鉱は ton 当りの鉱石代金である。

買入価格は上表のとおりであるが，これを含有錫価値と比較してみると次のようになる。

鉱石品位	鉱石価値(SUS／t)	買入価格(SUS／t)	比 率 (%)
40%	5,728	4,370	76.3
2%	286.4	48.0	16.8

低品位鉱（Sn2%）は選鉱元鉱として処理するため，その費用と選鉱実収率（約50%）とを考慮しても非常に安く買入れていることが判る。

2－10－5　現状解析

売鉱業者から買入れた高品位鉱に係る鉱山の直轄部門のコストと収支は次頁のTable2－46に示す如くで，1981年度の予算は赤字であるが，1～6月の実算累計は4,400 SUS の黒字となっている。

Table 2–46 Average Prices on Concentrate of Locatarios

Average Metal Price $US 6.500

Changed by $b. 24.51 per $US. 1.00 Date of Aug. 1981

Ore Grade (%)	Price per Kg $b.	$b.
10	8.40	3.280
15	24.80	3.282
20	41.21	3.116
25	56.79	3.114
30	72.36	3.714
35	90.93	3.220
40	107.03	3.452
45	124.29	3.314
50	140.86	3.316
55	157.44	3.314
60	174.01	3.314
65	190.58	3.314

Table 2–46 からみると，売鉱業者の１人当り収入は8,４００ペソ／月，直轄は食費補助を含めて6,４００ペソ／月で，売鉱業が採鉱物品費を，この内から支出することを考慮しても大差のない実質収入を得ていることが判る。

Catavi鉱山としての最終損益は，売鉱業者から買入れた分については，錫１トン当り 6.4 US$ の利益，直轄生産分については，１1,3１5US$/tの大きな損失となっている。このことからも売鉱業者を廃止できないことが判る。

2－11　考察と提言

生産コストに占める採鉱コストのウェイトは，非常に高い。中でも，人件費が大きな割合を占めている。従って，コストダウンの最も効果的な施策は，生産性向上に基づく人件費の削減である。生産性の向上は，鉱床条件に合った合理的な生産体系を作ることである。

Catavi鉱山における採鉱部門の最大の課題点は，鉱石品位の低下に伴ない低品位鉱を如何に低コストで生産するかということであり，大規模なブロックケービング採掘法を既存の設備，鉱床条件を考えずに，導入したことが問題である。

採掘切羽のみが大規模，大量生産方式で，グリズリ以後は従来の鉱脈鉱床採掘の小規模生産方式であることに大きなネックが発生している。

2－11－1　採掘法

坑内採掘の主力は，ブロックケービング法によっているが，ここで問題となるのは，鉱体が非常に堅硬で，しかもクラックが少なく1 m～2 m径以上の大塊が大量に発生して，2次破砕に多くの工数と火薬を必要としていることである。即ち，

(1)　鉱石の強度が大きく自砕しない（Table 2－4 1参照）

(2)　クラックが少なくケーブし難い

ことから，Catavi鉱山では，ブロックケービング採掘法は適しないと判断される。

ブロックケービング採掘は，元来，大規模鉱床で上盤，鉱石共に亀裂が発達していてケーブし易い鉱床に適した採掘法で，穿孔作業を殆んど必要とせず，作業の主体は下部レベルでの抜鉱と鉱石運搬にあり，火薬と労力が僅少で済む高能率，低コストの採掘法である。

しかるに，Catavi鉱山は大規模鉱床であるが，前記(1)，(2)の自然状態にも拘らず，それに逆った採掘法がとられている。

(1)　ケーブし難い鉱体を無理にケーブさせるため，鉱画周辺をシュリンケージ採掘して縁切りを実施し，更に鉱体内に坑道を開削して坑道式大発破を行ない鉱石を破砕，ケーブさせている。全体からみると，多くの穿孔発破を行なっている。

(2)　ドローポイント口，グリズリ上には数多くの大塊が見られ，これら大塊の処理に多くの労力と火薬を用い，火薬量は他の採掘法に比べて非常に多い。

(3)　大規模採掘であるにもかかわらず，グリズリ目が非常に小さい（250 mm～300 mm）グリズリ目を大きくすると，次の点で支障を来たし対策を必要とする。

(i)　オアパスが小さく，鉱石がかみ合って閉塞する。

(ii)　漏斗口では，大塊を抜き出し難い。

(iii)　選鉱の小型クラッシャーでは，大塊を受け入れられない。

現在Catavi鉱山では，ブロックケービング採掘にディゼルエンジン型積込機械を採用した大

Table 2–47 Prices for Crude Ore Tonnage of Locatarios

Average Metal Price $US 5.30

Ore Grade	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.70	9.92	10.29	10.66	11.04	11.41	11.78	12.15	12.52	12.90	13.27
0.80	13.64	13.84	14.04	14.25	14.45	14.65	14.85	15.05	15.26	15.46
0.90	15.66	15.86	16.06	16.27	16.47	16.67	16.87	17.07	17.28	17.48
1.00	17.68	17.95	18.21	18.48	18.74	19.01	19.27	19.54	19.80	20.07
1.10	20.33	20.48	20.63	20.77	20.92	21.07	21.22	21.37	21.51	21.66
1.20	21.81	22.08	22.34	22.61	22.87	23.14	23.41	23.67	23.94	24.20
1.30	24.47	24.61	24.75	24.89	25.03	25.18	25.32	25.46	25.60	25.74
1.40	25.88	26.08	26.28	26.49	26.69	26.89	27.09	27.29	27.50	27.70
1.50	27.90	28.10	28.31	28.51	28.71	28.92	29.12	29.32	29.52	29.73
1.60	29.93	30.14	30.35	30.56	30.77	30.98	31.19	31.40	31.61	31.82
1.70	32.03	32.32	32.61	32.90	33.19	33.48	33.77	34.06	34.35	34.64
1.80	34.93	35.14	35.34	35.55	35.76	35.97	36.17	36.38	36.59	36.79
1.90	37.00	37.21	37.43	37.64	37.86	38.07	38.28	38.50	38.71	38.93
2.00	39.14	39.35	39.55	39.76	39.97	40.18	40.38	40.59	40.80	41.00
2.10	41.21	41.42	41.62	41.83	42.04	42.25	42.45	42.66	42.87	43.07
2.20	43.28	43.49	43.69	43.90	44.11	44.32	44.52	44.73	44.94	45.14
2.30	45.35	45.56	45.76	45.97	46.18	46.39	46.59	46.80	47.01	47.21
2.40	47.42	47.63	47.83	48.04	48.25	48.46	48.66	48.87	49.08	49.28
2.50	49.49	49.70	49.90	50.11	50.32	50.53	50.73	50.94	51.15	51.35
2.60	51.56	51.77	51.97	52.18	52.39	52.60	52.80	53.01	53.24	53.42
2.70	53.63	53.04	54.04	54.25	54.46	54.67	54.87	55.08	55.28	55.49
2.80	55.70	55.91	56.11	56.32	56.53	56.74	56.94	57.15	57.35	57.56
2.90	57.77	57.98	58.18	58.39	58.60	58.81	59.01	59.22	59.42	59.63
3.00	59.84	60.05	60.25	60.46	60.67	60.88	61.08	61.29	61.50	61.70

Table 2–48 Cost Balance on Concentrate of Locatarios

from Jan. to Jun. 1981

($US)

	Estimate	Results	Cost per lb
Accepted Concentrate (Ton)	1,799.8	1,606.5 *	
Average Ore Grade (Sn %)	39.44	43.27	
Sn Metal (Ton)	710.0	695.2	
Sn Metal (lb)	1,564.4	1,532.6	
Sn Metal Price ($US/lb)	6.0	5.46	
Proceeds	9,386,388	8,372,086	5.460
Direct Labor Cost	121,941	101,610	0.066
Indirect Labor Cost	96,274	87,797	0.057
Material Cost	53,977	39,278	0.026
Cartage Cost	19,542	30,104	0.020
Purchase Cost *	5,948,395	4,872,199	3.177
Finance Cost	382,508	219,248	0.143
Common Cost	47,795	30,383	0.020
Administration Cost	117,567	110,955	0.072
Others	141,190	104,724	
Production Costs	6,929,189	5,596,298	3.650
Production Profit		2,775,788	
Production Charge	1,249,482	808,145	0.527
Total Freightage	411,811	367,827	0.240
Smelting Cost	1,242,649	1,087,885	0.709
Loss and Others	489,441	507,512	0.331
Sales Costs	3,393,383	2,771,369	1.807
Total Costs	10,322,572	8,367,668	5.457
Final Profits	Δ 936,184	4,419	0.003

* There is special income $US194,978 as purchase cost of low grade ore about 1.5%

Table 2–49 Analysis of Final Profits

		Locatarios		Catavi Mine	Note
		High Grade Ore	Low Grade Ore		
Sn Metal (Ton)		695.2	( )	1,139.9	The tonnage of low grade ore
Proceeds ($US)		8,372,086		12,464,682	is included with Catavi Mine
Direct Production Cost ($US)		724,099		20,839,302	
Purchase Cost ($US)		4,872,199	194,978	included (Direct Labor Cost 4,206,432; Living Compensation 2,778,358) Total 6,984,790	
Production Profit ($US)		2,775,298		Δ 8,374,620	
Sales Costs ($US)		2,771,512		4,523,178	
Total Costs ($US)		8,367,668		25,362,480	
Final Profits ($US)		4,419		Δ12,897,798	
Number of Labor		2,500		4,500	
Wage per Man-Month	$US/Month	*1 338		*2 259	*1 $\frac{(4,872,199 + 194,978) \div 6}{2,500}$
"	$b/Month	8,400		6,400	*2 $\frac{6,984,790 \div 6}{4,500}$
Profit per Sn Metal Ton	$US/Ton	6.4		Δ 11,315	

型切羽を考えているが，前記の各問題点の解決にはならず，能率向上，生産性の向上に結びつかないと考えられる。これは，ただ鉱井の数を減らすのに役立つだけであろう。

結局，問題となるのは，グリズリ上における大塊処理を減らすことで，改善施策としては，

(1) グリズリ目を大きくする。（それに伴ない鉱井断面の大型化，選鉱受入破砕機の大型化が必要となる。）

(2) 採掘切羽内で大塊を発生させない。

の２点に集約される。

大塊の発生を少なくする方法としては，採掘鉱画での穿孔発破を今よりもっと範囲，量とも多くし，切羽で小さく砕くことが考えられる。すなわち，中段坑道を設け長孔穿孔発破を，できるだけ広い範囲に実施してケービング鉱石を小さくすることである。

上記のような鉱床条件を考慮すれば，サブレベル採掘法の採用を考えるべきである。この方法によれば，

(1) 起砕鉱石が小さく破砕される。

(2) 大塊も発生するが，量的に少ないと予想される。

(3) 前記の(i)(ii)(iii)に述べた種々のトラブルが解決できる。

ただし，穿孔に要する工数，さく岩機，ビット・ロッド等が増加するが，現在の縁切り用採掘，坑道式大発破等に多大の工数と火薬を使っていることを考えると，増加量は小さく能率向上，コスト低減の効果が大きく現われると予想される。

２－11－２　運搬系統

1) Ｌ６５０トロリー電車運搬

(1) 現　状

現在，Ｌ６５０における電車運搬では，１０トントロリー電車により，５トン鉱車１３輌を引しているが，次の諸点からその運搬能力が１００％活用されていない。

(i) 選鉱場の故障ストップによる受入停止

(ii) 鉱石が大塊で漏斗からの抜出が困難

(iii) オアーパスの宙吊りによる鉱石不足

(iv) トラックスケールによる全車輌の評量のための低速走行

電車の運行状態は２－６－１に述べた如く，７列車が平均６４回／日運行して，１06,000ｔ／月の鉱石を運んでいる。（１９８１年7月実算）

１0'6,000ｔ／月÷２９日／月＝3,655ｔ／日

3,655ｔ／日÷６４回／日＝５７ｔ／回（１列車５７ｔ，積荷率８８％）

最大運搬量は８２回／日であるから，５７ｔ／回×８２回／日＝4,674ｔ／日　となる。これ

を運行記録から検討すると（坑口を運行時間の基準とする）

最少坑内所要時間（入・出坑・積込）		＝	３０分（実測値）
〃 坑外 〃 （評量・ダンプ）		＝	１５分（ 〃 ）
入・出坑列車の待合せ等の余裕		＝	１０分（推定値）
合 計			５５分／回
１方当り実働時間	６時間	＝	３６０分
１日当り（３方）	３６０分×３	＝	1,080

１日当り７台の電車の延べ運行回数は

1,080分÷５５分×７台 ＝ １３７回

１日当り運行量＝１３７回×５７＝7,809≒7,800トン／日

理論的には，１日当り7,８００トンの運搬能力があることが判る。現状では平均６４回／月，3,600トン／日 程度の実績運搬量であるから，約半分の電車で間に合うことになる。７台の電車を４～５台に減少させれば，坑内外における手持時間が減って１台当りの実稼働時間＝実運搬量は増加し，運搬コストの低減が可能となろう。

又，整流器容量の不足から電圧降下を生じて，坑口で電車を停車させることも無くなると期待される。

(2) 復線化工事完成後の運搬能力推定。

現在，山元で工事を進めているＬ６５０の復線工事が完成した場合の運搬能力を次のような仮定条件のもとで，運行ダイヤグラムを用いて検討してみた。

仮定条件

(i) 坑口から秤量器，選鉱場受入グリズリ を廻って来る所要時間を１５分とする。

(ii) 坑内の積込時間を１５分とする。

(iii) 走行速度を１２Km／ｈとする。

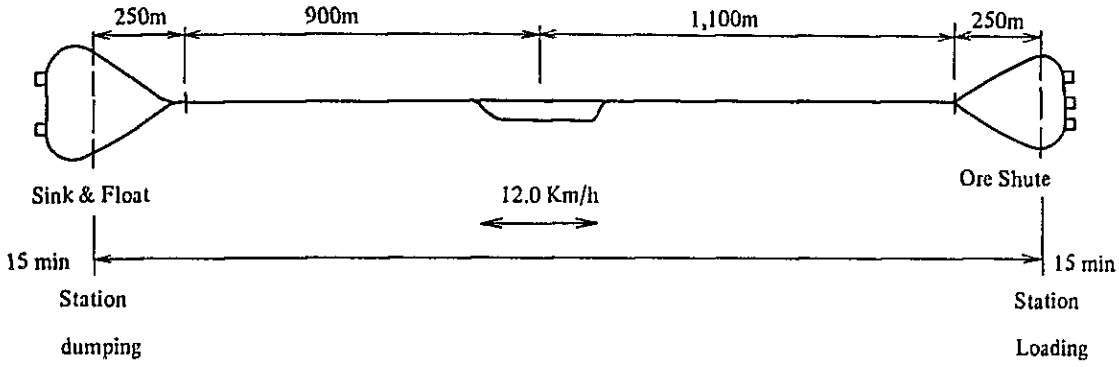
(iv) (i)及び(ii)の時間は，両端駅における停車時間と考えてダイヤグラムを作る。

(v) 坑口で各列車の出発間隔は２分毎とする。

(vi) 坑内での鉱石積込作業は，漏斗口の配置からみて，７台の列車が同時に行なえず，４台と３台の２グループに分れて運行することとした。

こうして出来たものが第２－２２図と第２－２３図であるが，ここで注意すべきことは，鉱石積込作業を円滑に行なうことが，最も重要だと言うことである。そのため，坑内の漏斗口の前は複線化しており，他の電車が自由に通過できるようにしておかないと，次々と電車が手待となって計画通りの運行ができないことになる。従って，本線を復線化した場合，漏斗部の復線

1) Present



2) After double tracking

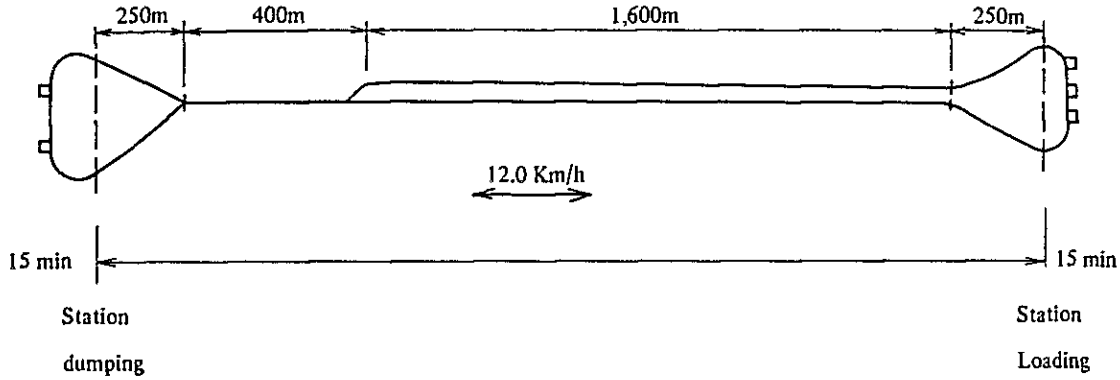


Fig. 2–22 Track of L650, Main Hanlage Level

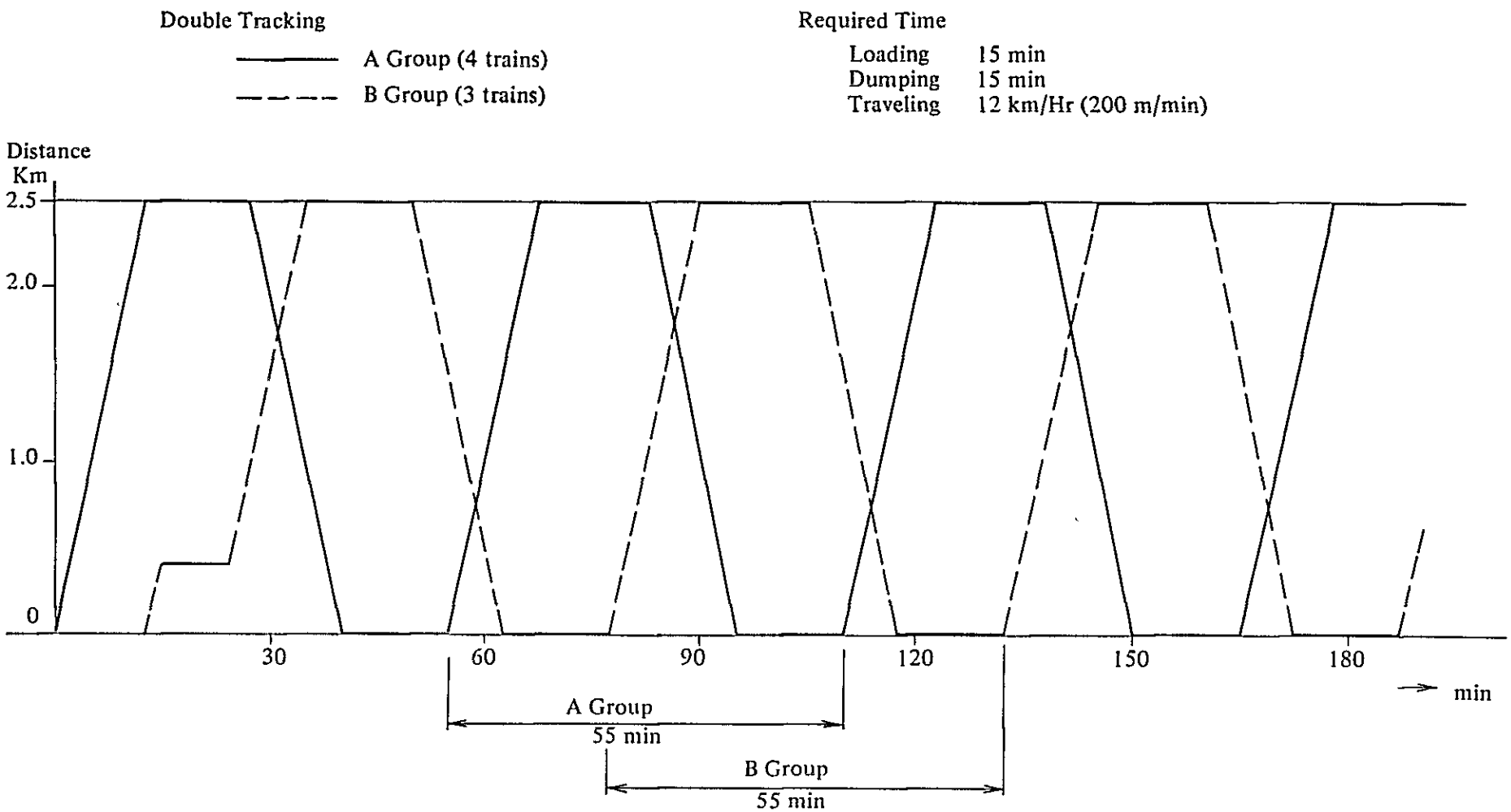


Fig. 2–23 Diagram of Round Trips

化を必らず実施することが重要である。

運行ダイヤグラムによれば，１列車のサイクルタイムは５５分である。従って，7台の電車による運搬能力は7,８０９トン／日となる。

３６０分×３方／日＝1,０８０分／日

（1,０８０分÷５５分）×７台＝１３７回／日

１３７回／日×５７ t／回＝7,８０９ t／日

以上の理論的運搬能力は，鉱石積込と選鉱場の受入が常に順調であった場合の値であり，実際に運行した場合の能力は７０％程度に下る。従って，復線化完成後

(a) 現在の出鉱量と同じ場合；電車数を減少させる

(b) 出鉱量を倍増する場合；鉱車・電車の大型化

が必要な対策となろう。(b)の場合でも鉱石の積込時間が種々のトラブルで長くなると計画通りの運搬能力が発揮できないので，採掘法を改善して，大塊を無くして鉱車への積込能率を向上させることが重要である。

(3) ベルトコンベアーによる運搬

L６５０の電車運搬をベルトコンベアー方式に変更することについて検討してみた。その場合

(i) 坑内１次クラッシャーが必要となる。

(ii) クラッシャー上部に集約鉱井を設ける必要があり，更に各切羽鉱井から集約鉱井への横待運搬が必要となる。

(iii) コンベアー新設には多額の（４～５億円）建設費が掛る。

(iv) 長大コンベアー（約3,０００ m ）のベルト保全が困難である。

などのように，大きな問題点があり，(ii)の点からも人員むしろ増加するから，列車方式で能率向上を検討するのが特策であろう。

(4) 立坑運搬系統

Catavi鉱山における人員材料運搬用の立坑は，次のような特徴がある。

(i) すべての立坑が単ケージ・カウンターウエイト方式である。

(ii) ケージの寸法が小さい。約1.５ m ×1.５ m 。

(i)については，水平坑道のレベル間隔が不規則で（１５～５０ m ）１本の立坑につき約１０レベルあり，通常の両ケージ式にすると，停止位置が複雑すぎて運行不能になるから止むを得ない事である。

(ii)については，昔は坑内で大型機械を使わなかった為と思われるが，現在開削中の新Beza立坑も従来と全く同じ寸法であることは理解に苦しむ。ケージは大型化して，運搬能力の増大を計画すべきであった。

2－11－3　通気問題

1)　錯綜した坑内構造

Catavi鉱山の坑内構造は鉱脈を追掛けて展開してきたものであるだけに，非常に複雑で入り組んでいるから，総合的な坑内通気系統の確立は不可能である。只部分的に，ある採掘区域のみを対象にした（例えば現在のブロックケービングのように）通気系統は作ることが出来る。

現在最も必要なものは，大型の排気坑道である。ブロックケービング切羽には大型局部扇風機を設置してあるが，排気坑道が坑外に直接通じていないため，充分な風量が流れていない。

全体的な風の流れからみると，主要入気坑道は最下部のＬ６５０主要運搬坑道とし，主要排気坑道はこれより３５０ｍ上部の Azul 坑（Ｌ２９５），又は最上部の Transformador 坑（Ｌ５０）などが適当であろう。大型排気坑道に扇風機を設置して吸出する場合，途中の群小坑道から風を吸込まない為に，枝坑道の密閉が多数必要となろう。

2)　ブロックケービング切羽の通気

現在ブロックケービング切羽については，実態の項で述べたように，各切羽が独立した入排気扇風機を持っており，作業レベルであるグリズリレベルの発破跡ガスと，粉塵の排除に努めているが，余り効果が上っていない。その理由は次の２つと考える。

(i)　グリズリ目が殆ど常時大塊で閉塞し，風が流れない。

(ii)　下部レベルにある吸出し扇風機の能力不足又は性能低下で，負圧が小さく吸出し効果が少ない。（これは排気坑道の不備にも，直接関係がある。）

これを改善するため，Oruroの安全衛生センターでは，グリズリ　の中間に吸出し専用の坑井を開削して常に粉塵や発破の煙が排除できるように考えているが，その効果は期待できる。この場合も，扇風機の整備，排気坑道の改善が必要であることは言うまでもない。

2－11－4　操業管理

1)　さく岩，発破作業の１の方への集中

Catavi鉱山では，さく岩作業が１の方に集中しているがその理由としては次のような事項が考えられる。

(i)　請負グループ毎に切羽が固定していること。

(ii)　１の方には，課長以下の上級監督者が全員入坑するため，作業の監督が行届くこと。

(iii)　生産量が少しだった開山当初の作業方式の名残り。

さく岩作業を１の方に集中することによる不利な点は圧気の消費量が集中して，圧力低下が大きく，さく岩能率が低下して，作業員も不満を言う程になっている。

通常の鉱山では，機械設備の設置台数を減らし，稼働率を高めるため，作業量を各方に分散させている。Catavi鉱山でもさく岩作業を1，２の方（又は1,2,3の方）に分散することにより，

現状のコンプレッサー台数で間に合し，しかも，1方当りの所要風量が減るから空気圧低下も減少し作業能率が上昇する。(Catavi鉱山では空気圧低下の対策として，圧気配管の大口径化，コンプレッサー台数の増強を計画している。)

但し，発破作業を各方で行なうと，火薬取扱所の扱員も各方に必要となり，数量把握の責任が分散されて，問題を起す可能性があるから，予め対策を要する。

2) 職種と作業

作業員はそれぞれ職名を持っているが，本番職種は，職名にとらかれず，色々な作業のアンホの運搬，坑道の清掃等)を交代制で割当てられているが，これは多能化，高能率化の意味からも好ましい形である。

3) 各種データーの集積

探査部門での鉱量，品位関係，採鉱部門での生産量品位関係などのデーターは，類似のデーターが沢山あり選択に迷う。データーの種類が多いことは，これを作成する人員も多くなるから，本当に必要なデーターは何であるかを検討し，不必要なものは省き，類似のものは統合することが必要であろう。

次に各年度又は長期の作業計画が多量にあるが，計画の基礎となる要素については，もう少し詳細な分析が必要であろう。例えば，ブロックケービング法とサブレベル法について比較検討をしているが，主体となるべき夫々の採掘能率，採掘コストについては，作業内容を分解し，詳細に検討したものでなく，結論のみ示してあったが(採掘コストはブロックケービングが大巾に安い)，これでは正しい比較はできない。

又，L650の主要運搬坑道の増強計画についても，漏斗抜の実態を良く把握してコンピューターによる多数の列車の運行シュミレーションをやってみることが必要である。

2－11－5　売鉱業者

Catavi鉱山では，売鉱業者達を一種の厄介物としてみていたが，現実には鉱山の増収に大変役立っている。彼等の中では特に坑内で働いているLocatariosに将来への問題点が多い。鉱山で指摘しているのは次の諸点である。

(i) 鉱量が枯渇してきて限界まできている。

(ii) 初歩的な技術しか持っていない。

(iii) 機械と附属設備が古い。

(iv) 生産性が低い。

(v) 管理コストの上昇。

(vi) 貧弱な組織に対し社会的な負担が大きい。

(vii) 販売条件の悪化

我々が調査した限りでは，近代的な技術は持っていないにしても，比重選鉱のやり易い粗粒錫鉱物を産出する高品位脈を対象に，安価に採掘し，選鉱しているから，捨てたものではない。現在の最大の問題は(i)の鉱量で，鉱山は彼等の為には探鉱していないが，早急に細脈で良いから高品位の脈を発見することが急がれる。

2－11－6　開坑作業

開坑作業の能率が低い。この問題は2つに分けて考える必要がある。1つはさく岩，発破，搬出などの要素作業の能率であり，もう1つは1日当り,あるいは1ケ月当りの掘進長をいかにして大きくするかと云う作業システムの問題である。

前者については，使用するさく岩機，積込機，電車，鉱車等によって自ら定まってくる。ここで問題となるのは発破作業を芯抜孔と周囲孔に分割しているため，さく岩，発破等の準備作業，排煙待ちなどの時間が2重となって能率を下げていることである。その理由は芯抜がバーンカット方式のため，雷管不発等で完全に起才しない事があるが，その場合でも次の周囲孔の発破のとき補助芯抜を追加できる。

と考えられるが，これは芯抜孔をVカットやピラミッドカットにすれば，芯抜発破がより確実になり，周囲孔と同時に発破でき，掘進能率が向上する。

今後Catavi鉱山として研究，実施する必要があるのは後者の掘進システムの改善である。通常,鉱山では立坑開削や長距離掘進の場合には所謂「急速掘進」システムにより，全工事を出来るだけ短期間に完成させるため，非常な努力を払うが，Catavi鉱山の場合この考え方が不足している。

急速掘進システムの場合は

1)　1日24時間を完全に使う。

2)　1日を3方又は4方に分割して，3チーム又は4チームの作業員が連続して作業を行なう。

3)　さく岩機，積込機，鉱車等の機械類は新型の大型機を用いる。

などの対応策が必要である。このシステムを採用すると，大勢で同一作業を協同で行ない，全体の出来高給を分配することになるが，これは現在までの慣習と全く異なり，技能者の養成とともに作業員の教育が必要である。

第３章　選鉱部門

３－１　概　要

現在，Catavi鉱山では，Sn品位約0.3％の鉱石を約５０００Ton／日の出鉱量で採掘している。この粗鉱を処理する選鉱工場としては，Siglo XX にある重液選鉱工場とVictoria選鉱工場の２選鉱工場を有している。

Siglo XX 選鉱工場は，主として水洗破砕工程と重液選鉱工程とから成り，坑内より搬出された粗鉱を処理して，予選精鉱を回収している。予選精鉱のSn品位は約0.45％であり，Sn実収率は約７５％である。その他，当工場では，スライム処理工程を有しており，テーブル及び浮選にて，一部，Snの回収を行なっている。

Siglo XX 選鉱工場から産出された予選精鉱は，貨車によって約５Km離れたVictoria選鉱工場へと運搬される。

Victoria 選鉱工場では，上記予選精鉱を粉砕し，一部ジグによって Sn の回収を行なった後，粒度別にテーブルによって Sn を濃縮回収している。これら比重選別によって Sn の濃縮された鉱石は，更にロッドミルによって粉砕され，脱硫化物浮選を受けて，最終的な Sn 精鉱として産出される。

当工場の処理能力は，約2,５００ton／日で，Sn 品位約４０％の精鉱を６０％の実収率で回収している。

一方，Siglo XX 選鉱工場の重選廃石及びVictoria 選鉱工場の粗粒系テーブル廃滓は各々坑外に堆積され，又，両選鉱工場の微粒廃滓は近郊のKenko 湖に送られ堆積されている。

当鉱山では，長年にわたってKenko湖に堆積された微粒廃滓を対象として，１９７０年より，Snの回収を実施している。そして，その回収設備としては，Kenko 選鉱工場と呼ばれる浮選工場を保有している。

Kenko 選鉱工場では，浚渫船により，旧微粒廃滓を浚渫し，分級工程で浮選適合粒度に整えた後，浮選によって Sn 精鉱を回収している。

しかし，当鉱山の Sn 生産量は，粗鉱品位の著しい低下に伴って年々減少傾向にある（Fig. ３－１）。加えて，操業形態の改善がなされていないことから，過剰人員をかかえ，更に，操業コストの高騰によって，採算性は悪化する。

一方，現有設備は，永年工程，機種の更新があまり行なわれず老朽化している。又，従来からの生産第一主義的な考え方から，保全 体制が充分でなく，機械的トラブルの頻度 が，操業の不安定要因となっている。

機器の更新の必要性については，現地サイドにおいても認識されており，一部主要機器の更新の計画も進められている。

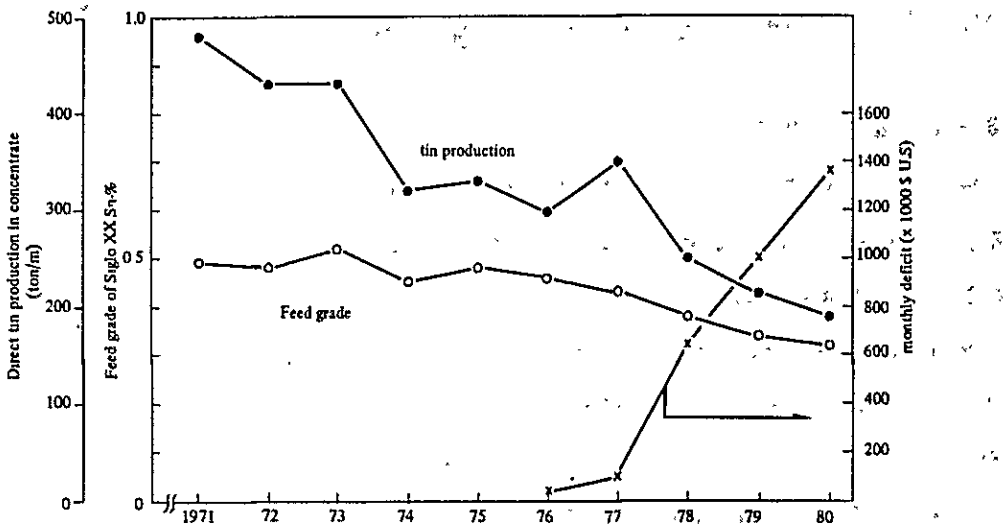


Fig. 3−1 Feed Grade and Tin Production

しかしながら，前述の採算性の悪化に対しては，いくらかの機器の更新のみでは，もはや対応しきれない困難があり，更に現在採掘を行なっている鉱石の枯渇という深刻な問題を目前に控えている。

従って，現時点における最も重要な課題としては，現有設備工程の改善ということではなく新たな処理対象鉱種の選定と，それについての選鉱処理技術を確立することが第一にとり挙げられるべきものであろう。

こうした緊急かつ困難な状況の下に，今回調査団としては，従来より坑外に堆積されているSiglo XX 選鉱工場のDesmonte（デスモンテ重選廃石），Victoria選鉱工場のColas Arenas（コーラス・アレーナス粗粒系テーブル廃滓）及びBlock Central（ブロック・セントラル－未開発坑内低品位鉱体の呼称）を試験対象として取り挙げ，それらについて選鉱技術に関する基礎的試験を実施した。

Table 3－1に現在報告されている当鉱山の保有鉱量を示す。この内Colas Lamasの一部は，Kenko選鉱工場の処理対象となっている。

Table 3−1 Reserves of Catavi Mine

	Min. ton	Sn %	Fino ton
Vetas	443,472	1.52	6,757.71
Vetas en Blocks	115,399	2.08	2,398.34
Puentes	44,338	2.88	1,275.16
Taqueos	–	–	
Block Caving	3,255,329	0.39	12,797.36
Block Chicos	89,698	0.40	363.14
Existencias	103,478	0.92	948.04
Total Mina	4,051,714	0.61	24,539.75
Desmontes	21,961,820	0.27	59,845.16
Veneros	297,249,015	0.01	30,558.49
Relaves	32,262,227	0.37	118,686.20
Total Superficie	351,473,062	0.06	209,089.85
Gran Total	355,524,776	0.07	233,629.60

3－2　Siglo XX選鉱工場

当工場での主たる処理鉱石は，ブロックケービングにより採掘される低品位鉱とシュリンケージ法による高品位鉱であり，一日約５０００トンの鉱石を処理している。主な工程は水洗破砕と重液選鉱の工程で，破砕磨鉱コストを低くするために，比較的粗粒の状態で予備選鉱を行なっている。水洗破砕過程に於いて生じた細粒については，ミネラルジグ及び分級機にて Sn の回収を行ない，更に微粒なスライムからも，テーブル及び浮選にて Sn の回収を行なっている。

処理元鉱の Sn 品位は約 0.3 %，回収される予選精鉱の Sn 品位は約 0.45 %である。一方 Sn 実収率は７５%程度であり，Victoria選鉱工場へ送られる鉱量は，当工場の予選によって約½に軽減されている。

3－2－1　組織・人員

当工場では６名の技師を含めて７８名の月給員及び２６４名の日給鉱員で操業及び機器の補修作業が行なわれている。その組織の概要を Fig 3－2 に示す。

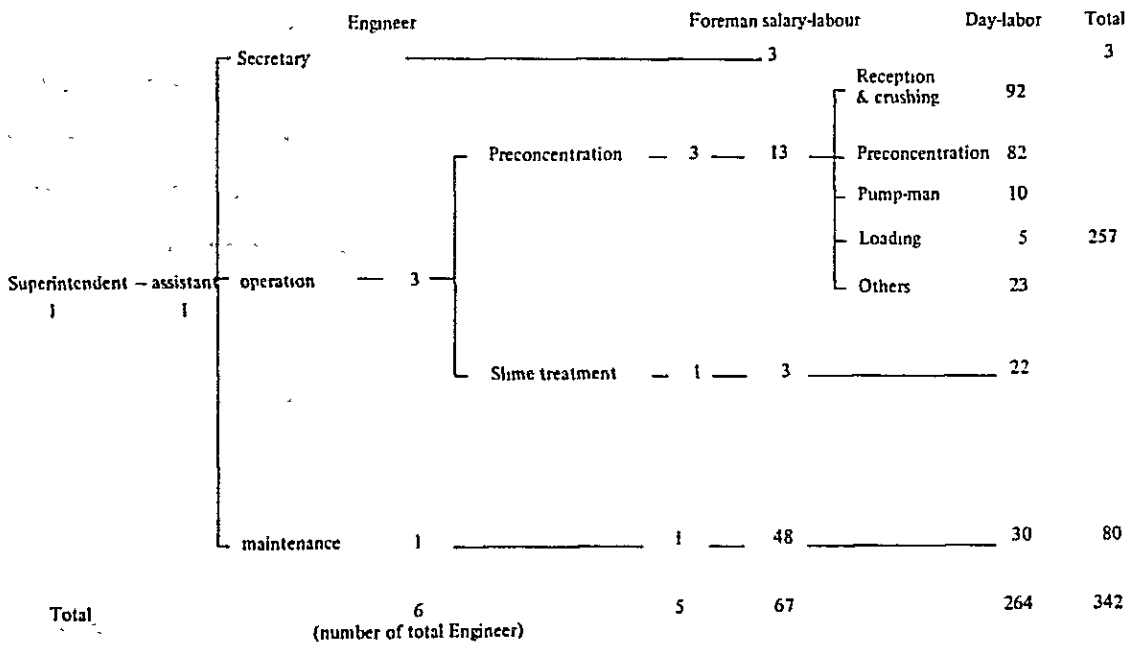


Fig. 3–2 Organization of the Sink & Float Plant

3－2－2　選鉱成績

1980年における当工場の選鉱成績をTable 3－2に示す。

Table 3-2　Metallurgical Balance of Siglo XX Sink & Float Plant (1980)

	Weight		Grade	Sn.	Distribution
	Ton / Y	%	Sn-%	Ton / Y	%
Feed	1,283,515	100 0	0.32	4,151.1	100 0
Fines	347,141	27.0	–	–	–
Feed of S & F	936,374	73.0	–	–	–
Sink	290,141	22.7	–	–	–
Desmonte	646,233	50.3	0.16	1,045.8	25.2
Preconcentrate	637,282	49.7	0.49	3,105.3	74.8

* Preconcentrate = Fines + Sink

3－2－3　選鉱工程及び設備

1)　受入れ及び破砕工程

受入れ設備は3系統保有している。まず，ブロックケービング法により採掘された鉱石は，10インチ目のグリズリを通して粗鉱ビンに受け入れられ，3インチ網目の5′×12′ローヘッドスクリーンに給鉱される。網上は13インチジャイレトリークラッシャー2台にて破砕され，網下と共に，一旦貯鉱舎に，貯えられる。次に鉱石は，ベルトコンベアーによって抜き出され，5′ø×10′のドラムウオッシャーにて水洗される。水洗を受けた鉱石は，⅜インチ網目の5′×12′ローヘッドスクリーンでふるい分けられ，網上は2次破砕系統へ，網下は分級系統へと送られる。

2次破砕系統は，2台のサイモン5½′型コーンクラッシャーと，1½インチ及び⅜インチ網目のローヘッドスクリーン各4台から成り，粗粒部を閉回路破砕しながら，最終的に1½～⅜インチ産物及び－⅜インチ産物に分粒している。

1½～⅜インチ産物は，ビンに貯えられ重選元鉱とされる。一方，－⅜インチ産物は，ジグに給鉱され，富鉱部は分級系統へ送られ，脈石は廃石とされている。

分級系統は，1次分級機として，9′×28′×6′のドラッグ分級機2台，2次分級機として6′×18′×4′のドラッグ分級機を1台備えており，サンドを予選精鉱として，2段に回収し，2次分級機オーバーフロは，スライム処理工程へ送っている。

以上が主系統の概略であり，ブロックケービング法により採掘された鉱石は，処理鉱量全体の約75％を占めている。その他の鉱石の大部分は，シュリンケージ法によって採掘されている。

ジュリンケージ法により採掘された鉱石は１０インチ目のグリズリを持った別の粗鉱ビンに受け入れられる。粗鉱ビンより抜き出された鉱石は，３インチ網目の5′×12′ローヘッドスクリーンに給鉱され，網下は主系統のドラムウォッシャに送られる。又，網上は，１３インチジャイレトリークラッシャー２台にて破砕された後，主系統の２次破砕系統へ送られている。なお，この系統は，最近，予備破砕機として，ソ連製の2′×3′ジョークラッシャーを設置している。

これらの系統に加えて，若干高品位の雑鉱を対象に，小規模な受入れ破砕系統があり，破砕のみで，Victoria選鉱工場に鉱石を送っている。

2) 重液選鉱工程

破砕工程に於いて１½～⅜インチに整粒された鉱石は２台の10′ø×13′コーン型重選機に給鉱される。重選メジウムとしてはフェロシリコンを使用しており，重液見掛け比重は，約２.４である。

重液沈鉱は２台の１㎜×１０㎜網目，4′×14′ローヘッドスクリーン上で水洗され，予選精鉱として貯鉱ビンへ送られる。

重選浮鉱も，同様の４台のローヘッドスクリーン上で水洗され，廃石として，空中索道にて坑外に堆積される。

重選産物の水洗により生じたパルプは，重液メジウム回収系統へ送られる。この系統では，濃縮・分級用にサイクロン及びスパイラル分級機を使用し，又，フェロシリコン回収設備としては，粗粒用に４台の湿式ベルト磁選機，細粒用に８台の湿式ドラム磁選機を備えている。そして回収された重液メジウムは，スパイラル分級機にて，脱スライムを受けた後，重選機に繰返される。一方，最終非磁着物は，用水回収系統へ送られる。

本工程での Sn 実収率は約６０％であり，元鉱に対する Sn の分布率は約３０％である。

又，重選メジウム回収工程でのフェロシリコンの回収率は約６０％である。

3) スライム処理工程

水洗破砕工程では，対処理元鉱比約6.5％のスライムが生ずる。このスライムを対象として，当工場は，浮選及びテーブルによる Sn の回収工程を有している。

本工程では，まず，送られてきたスライムをスパイラル分級機２台によって，粗粒部と細粒部とに分ける。粗粒部は更に，１４台の４インチサイクロンによって濃縮され，サイクロンオーバーフローは，用水回収系統へ送られる。アンダーフローに対しては，まず，ザンセートＺ－１１による硫化鉄浮選が行なわれ，尾鉱に対して Sn 浮選が行なわれる。Sn 浮選は Aeropromoter８６０を捕収剤として，酸性回路で行なわれ粗選には，Denver １８型浮選機８区，精選には，Denver １５型浮選機６区が用いられている。精選浮鉱は Sn 精鉱として採取され，精選尾鉱及び粗選尾鉱からは，更に，テーブルによって Sn が回収されている。

スパイル分級機からの細粒部に対しては１３台のDeister（ダイスター）テーブルが設けられており，Snが回収されている。

テーブル尾鉱は硫化鉄浮選浮鉱と共に，最終尾鉱として，開渠によりKenko湖に送られている。

なお，現在は，硫酸不足のため，Sn浮選系統は休転しており，保有するテーブルの割り振りを行なって，粒度別にテーブル操業によるSnの回収を行なっている。

4) その他の設備

当選鉱工場では，処理鉱量1 ton当たり約3.6 m^3の用水を使用しており，その内，回収水の使用率は約７０％である。

新用水は，坑内及び近郊の河川等から，ポンプにより送られ，４系統を有する。送られてきた新用水は，当選鉱工場の上方にあるコンクリート製用水槽に貯えられ，自然ヘッドで，各工程に送られている。

用水回収設備としては，直径６０フィート，５０フィート，５０フィート，３０フィートの計４台のシックナーを備えており，回収された水の性状によって，上記用水槽，或いは直接に種々工程に送られている。

その他，廃石の坑外堆積用設備としては，2,７００m及び８００m長の空中索道を有している。

参考のためFig３－３に当選鉱工場のバランスシート（１９７４）を示しておく。

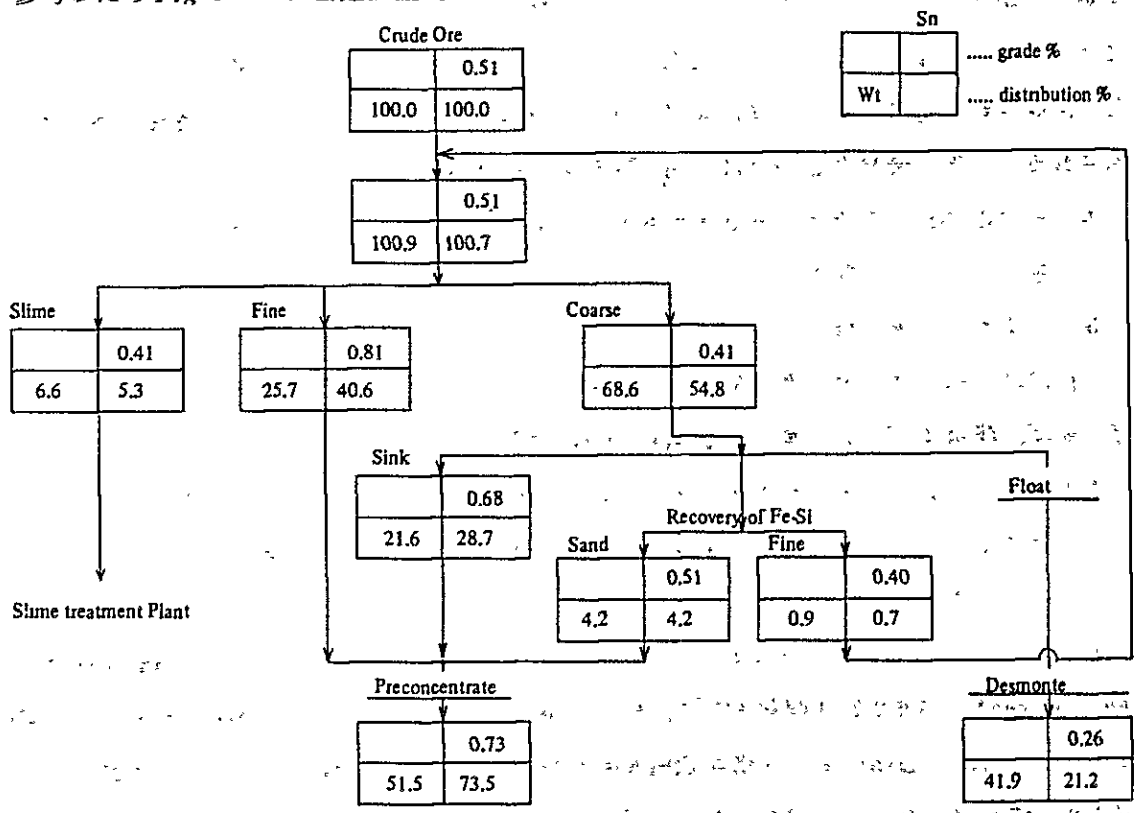


Fig. 3–3 Balance Sheet of Sink and Float Plant (1974)