

中華人民共和國  
廣西大廠銅坑鉍山近代化計畫

調查報告書

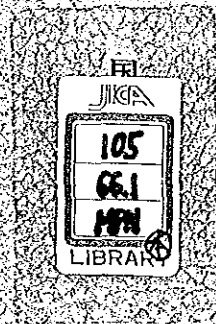
昭和62年9月

國際協力事業團

鉍計資  
C.R. (3)  
87-151

中華人民共和國  
廣西大廠銅坑鉍山近代化計畫  
調查報告書

昭和62年9月



中華人民共和國

廣西大廠銅坑鉍山近代化計畫

調查報告書

JICA LIBRARY



1041560E2J

昭和62年9月

國際協力事業團

国際協力事業団	
受入 月日 '88.3.14	105
登録No. 17283	66.1
	MPN

## 序 文

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国広西大廠銅坑鉍山近代化計画のフェージビリティ調査を行なうこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、三井金属資源開発株式会社 大田光弘氏を団長とする各分野の専門家からなる調査団を編成した。

調査団は、1987年 3月 2日から1987年 3月31日までの間、現地調査を実施し、同調査で得られた現地の諸情報ならびに収集した資料の検討、解析などの国内作業を行なった。

本報告書は、これらの成果を取りまとめたものである。本報告書が広西大廠銅坑鉍山の近代化計画の推進に役立つとともに、中華人民共和国の社会的、経済的発展に寄与し、ひいては、同国と我国の経済交流、友好親善をより一層深めることに貢献できれば幸いである。

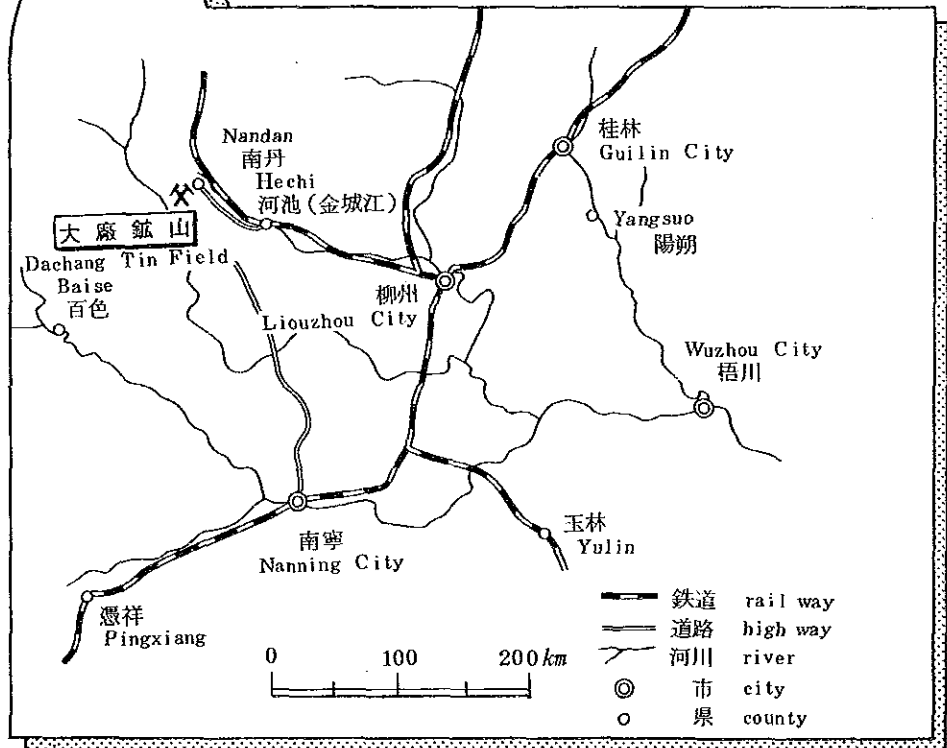
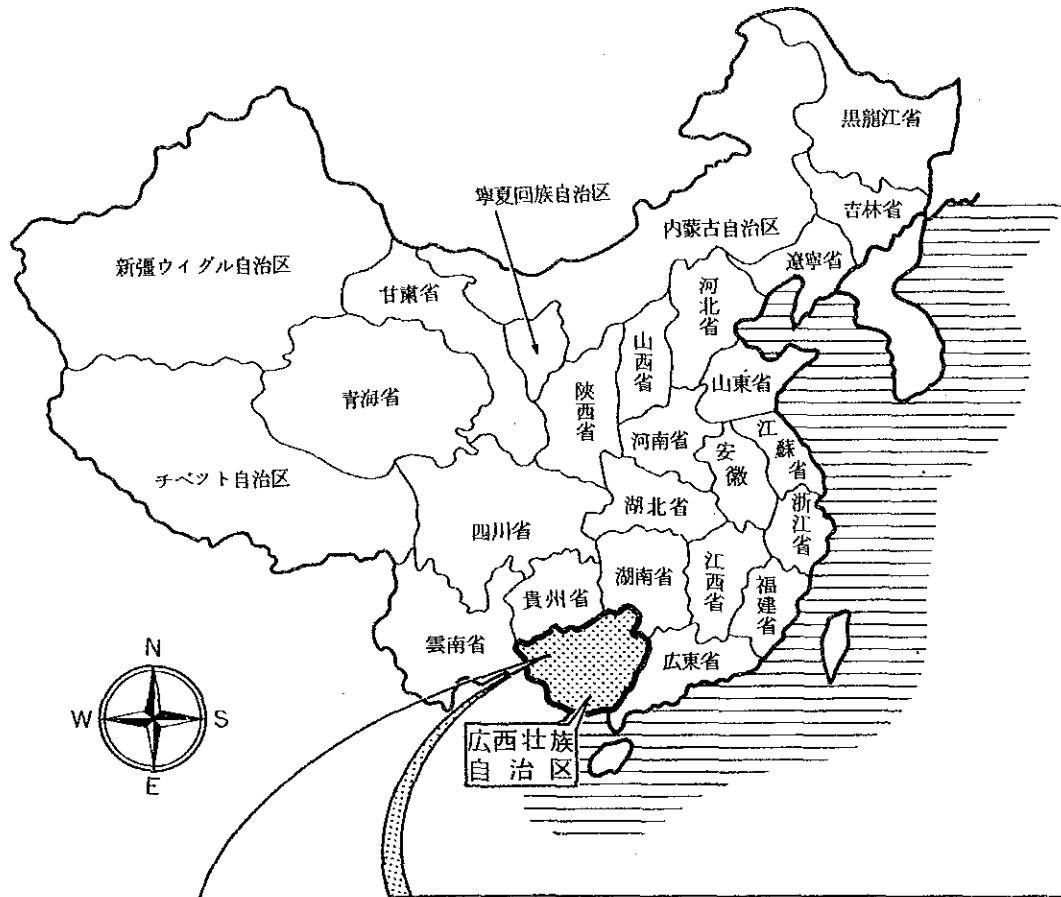
終りに、本調査の任に当られた団員各位の御努力に敬意を表すとともに、調査に際し、多大のご協力をいただいた中華人民共和国政府、国家経済委員会、有色金属工業総公司、在中華人民共和国日本国大使館、外務省および通商産業省の関係各位に対し、深く感謝の意を表すものである。

1987年 9月

国 際 協 力 事 業 団  
総 裁 有 田 圭 輔

有田圭輔





大廠鉍山位置図



## 目 次

I. 大廠銅鉍山細脈帶型鉍體概要 .....	1
(中国側提供資料に基づく)	
1. 位置・交通・気候他 .....	1
2. 地質・鉍床 .....	3
2-1. 広域地質・鉍床概要 .....	3
2-2. 鉍床近傍の地質および地質構造 .....	7
2-3. 細脈型鉍体の鉍量計算（中国側計算） .....	18
2-4. 岩盤特性 .....	20
3. 探 鉍 .....	21
3-1. 出鉍量・品位 .....	21
3-2. 探鉍法 .....	22
3-3. 開 坑 .....	24
3-4. 採 鉍 .....	26
3-5. 切羽運搬 .....	28
3-6. 運 搬 .....	30
3-7. 通 気 .....	32
3-8. 排 水 .....	34
3-9. 給気・給水 .....	34
3-10. 作業別人員配置および主要採掘機械設備 .....	35
3-11. 主要原単位物品および電力 .....	37
4. 坑内火災 .....	39
4-1. 火災発生原因と状況 .....	39
4-2. 火災対策と効果 .....	41
4-3. 火災の現状 .....	42
5. 管理体制 .....	45



II.	大廠銅坑鉍山採鉍部門の問題点	47
	(細脈体型鉍体)	
1.	現地調査	47
1-1.	中国側より定時された問題点(事前調査時)	47
1-2.	現地調査の実施	48
2.	現地調査で明らかとなった問題点	51
2-1.	坑内火災について	51
2-2.	出鉍不調について	54
2-3.	地質における問題点	67
III.	大廠銅坑鉍山の近代化(改善)計画(案)	69
	(細脈度型鉍体)	
1.	近代化(改善)計画の方針	69
2.	当面の緊急改善策	71
2-1.	通気網の改善	71
2-2.	開坑(抽出坑道設計)	71
2-3.	採鉍(穿坑および発破)	72
2-4.	切羽運搬	73
2-5.	地質	73
3.	採鉍法の近代化(改善)計画	75
3-1.	坑内火災の鎮火	75
3-2.	採鉍法の変更	79
4.	管理体制	107

IV.	大廠銅坑鉍山近代化（改善）計画（案）実施スケジュール	117
	（細脈帯型鉍体）	
1.	実施スケジュールの基本的な考え方	117
2.	大型機械導入による各作業の高能率化および 大型機械の必要台数と必要稼働切羽数	119
3.	大廠銅坑鉍山近代化（改善）計画（案）実施スケジュール	125
V.	大廠銅坑鉍山近代化（改善）計画（案）に要する経費	131
VI.	結論と勧告	147

添付資料

添付資料 1	薄片顕微鏡写真	151
" 2	X線回折チャート	159
" 3	研磨片顕微鏡写真	163
" 4	岩質頁岩および細脈帯型鉍石の自然発火性試験	171
" 5	岩石強度試験	175
" 6	埋蔵鉍量および可採粗鉍量計算	181
" 7	サブレベルストーピング法における 空洞と鉍柱の安定性の検討	211
" 8	トラックレス坑道掘進の合理化	219
" 9	立坑開さくの機械化（レイズボーラー）	229
" 10	坑内トラック運搬の能率試算	235
" 11	焼鉍（石）灰分析試験	237
" 12	その他導入機械（中国側希望）	241

## 添付図一覧表

第 1	図 (1)	大廠銅坑鉍山細脈帯型鉍体地区地表地質平面図	
"	(2)	"	No. 0 レベル地質平面図
"	(3)	"	No. 1 レベル "
"	(4)	"	No. 2 レベル "
"	(5)	"	No. 3 レベル "
"	(6)	"	No. 4 レベル "
"	(7)	"	No. 5 レベル "
"	(8)	"	5 9 5 m 準 "
"	(9)	"	5 7 0 m 準 "
"	(10)	"	5 0 5 m 準 "
第 2	図 (1)	大廠銅坑鉍山細脈帯型鉍体	0 号線 地質断面図
"	(2)	"	2 号線 "
"	(3)	"	4 号線 "
"	(4)	"	6 号線 "
"	(5)	"	8 号線 "
"	(6)	"	10 号線 "
"	(7)	"	12 号線 "
"	(8)	"	14 号線 "
"	(9)	"	16 号線 "
"	(10)	"	18 号線 "
"	(11)	"	20 号線 "
"	(12)	"	A 線 "
"	(13)	"	B 線 "
第 3	図 (1)	大廠銅坑鉍山細脈帯型鉍体鉍量計算鉍画図	( I 号 鉍 体 )
"	(2)	"	( I 号 上 盤 鉍 体 )
"	(3)	"	( II 号 鉍 体 )
"	(4)	"	( II 号 下 盤 鉍 体 )
第 4	図	採鉍準備 (穿孔作業) 進捗状況	
第 5	図	稼働中抽出坑道の導入口位置とその状況調査	

第 6 図	(1)	大廠銅坑鉦山通気網調査 (地表)	
"	(2)	"	(No. 0 レベル)
"	(3)	"	(No. 1 レベル)
"	(4)	"	(No. 2 レベル)
"	(5)	"	(No. 3 レベル)
"	(6)	"	(No. 4 レベル)
"	(7)	"	(No. 5 レベル)
"	(8)	"	(5 9 5 m 準)

第 7 図	(1)	基本開坑計画 (地表)	
"	(2)	"	(No. 4 レベル)
"	(3)	"	(No. 5 レベル)
"	(4)	"	(5 9 5 m 準)
"	(5)	"	(5 7 0 m 準)
"	(6)	"	(5 5 0 m 準)
"	(7)	"	(5 2 5 m 準)
"	(8)	"	(5 0 5 m 準)
"	(9)	"	(4 5 5 m 準)

第 8 図 基本通気計画 (近代化計画改善後)

第 9 図	(1)	基本開坑計画図	(No. 4 レベル)
	(2)	"	(No. 5 レベル)
	(3)	"	(6 1 3 m 準)
	(4)	"	(5 9 5 m 準)
	(5)	"	(5 8 4 m 準)
	(6)	"	(5 7 0 m 準)
	(7)	"	(5 5 0 m 準)
	(8)	"	(5 4 0 m 準)
	(9)	"	(5 2 5 m 準)
	(10)	"	(5 0 5 m 準)

第 10 図 切羽別鉦体断面図



1. 大廠銅坑鉍山細脈帶型鉍體概要  
(中国側提供資料に基づく)



# I. 大廠銅坑鉍山細脈帶型鉍体概要 (中国側提供資料に基づく)

## 1. 位置・交通・気候他

大廠錫鉍山は広西壮族自治区北西部の南丹県に位置し、広西壮族自治区の首都南寧市の北方約250 Kmにある。鉍山地域は漢・壮・瑶の少数民族の住む山岳地帯にあり、首都南寧より武鳴、都安を経て自動車で約7時間のところにある。県都南丹は北に46 Kmの距離にあり、東は83 Kmで金城江に至り、黔桂鉄道と連絡している。

大廠錫鉍山地域は現在中国第2位の世界的な錫鉍床胚胎地域で、標高500～1,000 mの起伏の大きな山岳地帯にあり、約30 Km<sup>2</sup>の範囲に数個の鉍床群が賦存している。

気候は温暖・湿潤の亜熱帯性気候で、年間平均気温は16～18℃であり、春は多霧、夏は多雨、冬は氷雪は少なく、年間の気温変化は少ない。

12月～1月の気温は10℃程度で、最低気温は-3℃である。7月～8月の平均気温は26℃、最高気温は35℃である。

雨は5～8月に多く、この期間の1日平均降雨量は19mm、最大降雨量は155mm/日で、年間降雨量は1,100～1,600mmである。

季節風は春季には南東方向に、秋季は北西方向に吹く。多年のデータによる平均風速は1.4～1.8m/秒である。





## 2. 地質・鉱床

### 2-1. 広域地質・鉱床概要

大廠銅坑鉱山を含む大廠鉱床田地域は、江南楯状地の南西縁にあって、カレドニアン・バリスカン・インドシニアン（三疊紀）およびヤンシャニアン（ジュラ紀～白亜紀）の造山運動の痕跡を残す、いわゆる Shan 構造帯内に存在する。

大廠鉱床田地域の地質層序は次表のとおりである。

第 I - 1 表 大廠 鉱 床 田 地 域 地 質 層 序 表

[G・Tanelii ほか (1985) による]

第四紀	
沖積層, 岩屑: 錫の残積成鉱床および砂鉱床	
.....	不整合
中部三疊紀	
T <sub>2</sub> : 石灰質, 頁岩質フリッシュ	
.....	不整合
中部～上部二疊紀	
P <sub>3</sub> : チャート質石灰岩	
P <sub>2</sub> : 粗粒珪岩質砂岩	
.....	不整合
石炭紀	
C <sub>3</sub> : 塊状石灰岩	
C <sub>2</sub> : 層状石灰岩	
C <sub>1</sub> : 石灰質礫岩	
.....	不整合
上部デボン紀	
D <sub>3</sub> <sup>3</sup> : 黒色頁岩・泥灰岩	
D <sub>3</sub> <sup>2</sup> : 縞状・レンズ状石灰岩	
D <sub>3</sub> <sup>1</sup> : 珪岩	
.....	整 合
中部デボン紀	
D <sub>2</sub> <sup>2</sup> : 頁岩・泥灰岩	
D <sub>2</sub> <sup>1</sup> : サング礁石灰岩	
.....	整 合
下部デボン紀	
D <sub>1</sub> : 泥灰岩・頁岩を挟む石墨質砂岩	

大廠鉍床田付近には、第 I - 1 表・第 I - 1 図に示すように、デボン紀から三疊紀に至る厚さ 7, 0 0 0 m 以上の堆積岩類が露出している。これらは主として頁岩・泥灰岩および石灰岩からなり、砂岩・珪岩を伴っている。これらの堆積岩類は、主として南北方向に進入したヤンシャニアンの花崗岩類に貫入され、一部熱変成を蒙っている。花崗岩類としては、大廠鉍床田中部鉍化帯に露出する龍箱蓋黒雲母花崗岩 (K - A r 法年代 1 0 7 M a) のほか、銅坑鉍床を含む西部鉍化帯には花崗斑岩 (K - A r 法年代 9 7 M a) および閃緑ヒン岩の岩脈が分布しており、年代測定結果から白亜紀の貫入と考えられる。

本地域内には、造山運動に伴う褶曲と断裂構造が発達している。

本地域の主要構造は、衝上断層によって特徴づけられる北西—南東方向の複背斜構造であり、これと平行に主要断層系が発達している。これら北西—南東系構造を切って北東—南西系正断層と小規模な南北系断層が見られる。大廠鉍床田の鉍化作用は上記の衝上断層とこれを切る断層および褶曲構造に規制されている。

G・Tanelli ほか (1985) によると大廠鉍床田地域の既知鉍化作用は次の 4 グループに分けられる。

- ① 錫石+銅・鉄・鉛・亜鉛硫化物および複硫塩
- ② 亜鉛・銅スカルン
- ③ アンチモニー・タングステン鉍脈
- ④ 錫・鉄酸化物の残積成鉍床および砂鉍床

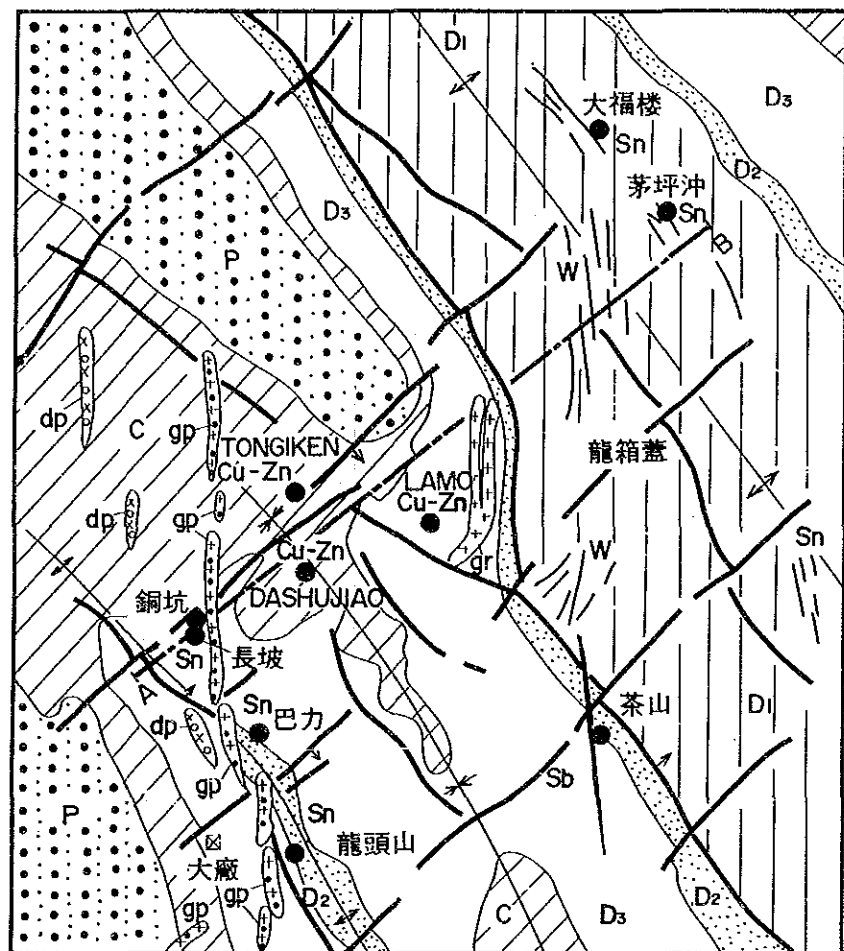
上記のうち④を除く主要な初生鉍床は上部デボン紀榴江層群下部層 ( $D_3^1$ ) の珪質岩、上部層 ( $D_3^2$ ) の縞状石灰岩・扁豆状石灰岩と同車江層群 ( $D_3^3$ ) の炭質頁岩・泥灰岩中に胚胎し、白亜紀の花崗岩質貫入岩体の周囲に分布している。

大廠鉍床田地域の主要鉍化作用は、①の錫石+硫化物・複硫塩グループであり、龍箱蓋黒雲母花崗岩岩体の西側には長坡鉍山・銅坑鉍山・巴里鉍山および龍頭山鉍山の脈状・網状・層状鉍体が分布し、東側では大福樓鉍山の南東に錫石+硫化物鉍脈群が発見されている。

亜鉛・銅スカルン鉍化作用は龍箱蓋黒雲母花崗岩岩体の潜頭した西側貫入面に沿って生じ、Lao鉍山・Tongiken鉍山およびDashujiao 鉍山が移動している。

アンチモニー・タングステン鉍化作用は、龍箱蓋東部の南北系鉍脈群に相当し、南端部の茶山鉍山でアンチモニーを対象に採掘されている。

# 第 I - 1 図 大廠鉍山地域地質図及び地質断面図

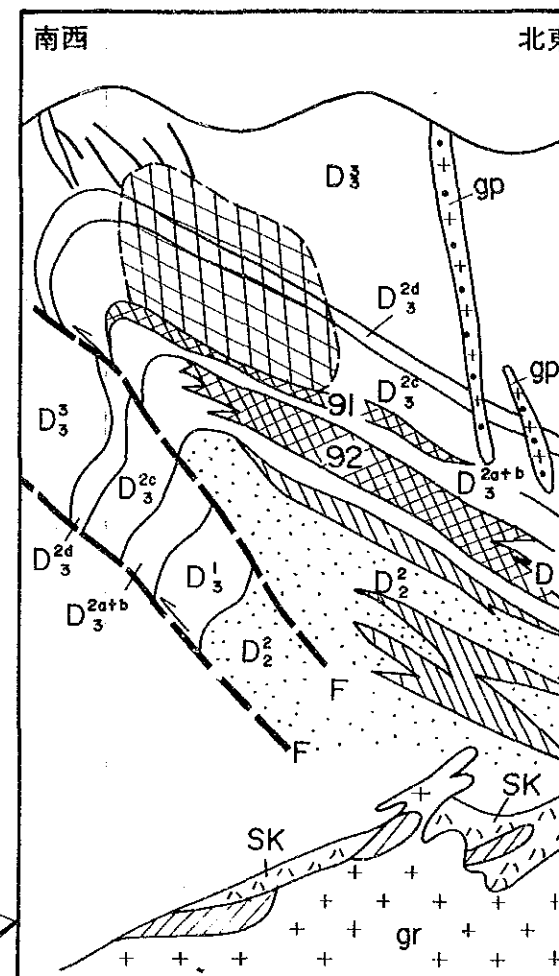


原図 G. Tanelli, P. Lattanzi (1985) に加筆

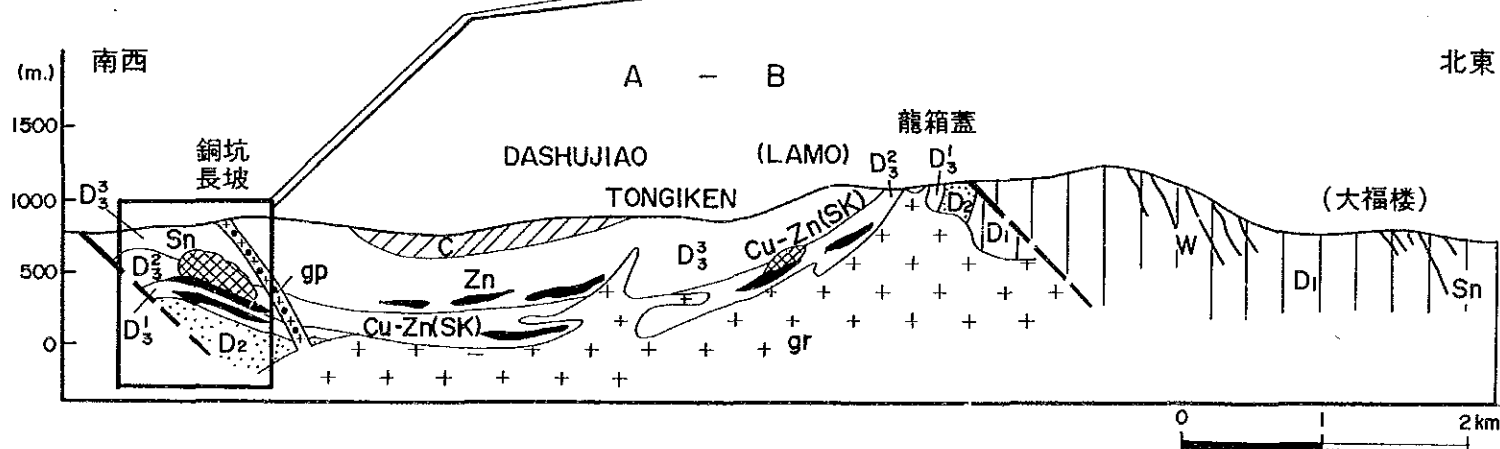


- 凡例
- P 二疊系
  - C 石炭系
  - D<sub>3</sub> 上部デボン系 (D<sub>3</sub><sup>1</sup> ~ D<sub>3</sub><sup>3</sup>)
  - D<sub>2</sub> 中部デボン系
  - D<sub>1</sub> 下部デボン系
  - gr 黒雲母花崗岩
  - gp 花崗斑岩
  - dp 閃緑玢岩
  - 断層
  - 背斜軸
  - 向斜軸
  - 鉍山
  - 塊状
  - 網状
  - 脈状
- Sn = 錫 Sb = アンチモニー  
 Cu = 銅 Zn = 亜鉛  
 W = タングステン  
 SK = スカルン

## 拡大図 (鉍床概念図)



215地質探査隊原図に加筆



- 凡例
- D<sub>3</sub><sup>1</sup> - D<sub>3</sub><sup>3</sup> 上部デボン系
  - D<sub>2</sub><sup>2</sup> 中部デボン系
  - gr 黒雲母花崗岩
  - gp 花崗斑岩
  - F 断層
  - 鉍脈型錫鉍体
  - 細脈帯型錫鉍体
  - 層状, 細脈状, 網状交代錫鉍体
  - 亜鉛鉍体
  - 亜鉛・銅鉍体
  - SK スカルン



## 2-2. 鉱床近傍の地質および地質構造

### (1) 地質（添付図第1図～第2図参照）

大塚銅坑鉱山は南西側に隣接する長坡鉱山とともに、長坡複背斜構造の東翼に分布する上部デボン紀の榴江層群および同車江層群の地層中に賦存している。

調査対象となった細脈帯型鉱体（以下、細脈鉱体と略称）の母岩は、第1-2表に示すように下位から上位に $D_3^2c$ （小扁豆状石灰岩）・ $D_3^2d$ （大扁豆状石灰岩）・ $D_3^3a$ （泥灰岩・頁岩）および $D_3^3b$ （炭質頁岩）で構成されている。さらに上位の $D_3^3c$ （砂岩・頁岩・泥灰岩）にも弱い鉱化作用が及んでいると考えられるが、今回の調査では確認していない。

また、銅坑東部に貫入しているといわれるヤンシャニアンの花崗斑岩も今回の調査では確認していない。

現地調査での観察および採取した試料の薄片検鏡結果（第1-3表）とX線回折結果（第1-4表）等に基づいて、鉱体母岩の岩種毎の特徴を以下に述べる。

#### a) $D_3^2c$ （小扁豆状石灰岩）

本岩は白色～灰白色を呈し、厚さ3cm以下の石灰岩と灰色～灰褐色泥灰岩の薄層が互層して縞状層理を示す。石灰岩薄層は膨縮して扁豆状・レンズ状となることが多い。一般に、層理面での剥離は少なく塊状である。

試料7-2（595m準）は、鏡下では再結晶度の高い細粒石灰岩で、絹雲母の卓越した薄層を介在する（第1-3表参照）。構成鉱物は大部分細粒他形の方解石よりなり、少量の絹雲母・微量の不透明鉱物および炭質物と考えられる黒色不透明物質を伴っている。方解石は局部的に斑状・小レンズ状の粗粒結晶も見られるが、大部分は粒径0.01mm以下の細粒他形を呈し、均質な等粒状組織を示す。本試料はほぼ均質な成層構造をなすが、原岩組織の反映と考えられる絹雲母よりなる薄層が縞状を呈して介在する。

本試料のX線回折では、多量の石英・方解石と少量の絹雲母・黄鉄鉱が検出されている（第1-4表参照）。

細脈鉱石を含む試料7-10（595m準）は、鏡下では中量の黄鉄鉱および微量の閃亜鉛鉱を含有する細粒石灰岩で原岩の堆積構造が残存するものの、全体に再結晶度は高い。本試料は主として等粒状を呈する細粒他形の方解石よりなるが、均質ではなく、より微細な石英・方解石・緑閃石よりなるレンズ状薄層を縞状に介在する。上記石灰岩の堆積構造とは不調和に黄鉄鉱の濃集部が賦存し、少量ながら閃亜鉛鉱を随伴する。

第1-2表 大廠銅坑鉍山地質層序表

時代		地層名	層厚	岩相	地層間の関係	火成活動	鉍体胚胎層準			
古生代	上部	同車江層群	D <sub>3</sub> <sup>3c</sup>	80m+	砂岩・頁岩・泥灰岩	整合	↑ 花崗岩・花崗斑岩(白亜紀)	鉍脈型錫鉍体 細脈帶型錫鉍体 層状・細脈状・網状錫鉍体 垂鉛鉍体		
			D <sub>3</sub> <sup>3b</sup>	60~130m	炭質頁岩	整合				
			D <sub>3</sub> <sup>3a</sup>	50~100m	泥灰岩・頁岩	整合				
	下部	江層群	D <sub>3</sub> <sup>2d</sup>	10~20m	大扁豆状石灰岩	整合, 逆断層				
			D <sub>3</sub> <sup>2c</sup>	90~110m	小扁豆状石灰岩	?				
			D <sub>3</sub> <sup>2b</sup>	10~20m	細縞状砂質岩・石灰岩	?				
			D <sub>3</sub> <sup>2a</sup>	10~25m	縞状石灰岩・泥灰岩	?				
			D <sub>3</sub> <sup>1</sup>	50~70m	珉質岩	?				
			中部	デボン紀	D <sub>2</sub> <sup>2b</sup>	30~50m			珉質岩・石灰岩・頁岩	

第1-3表 薄片検鏡結果一覽表

番号	試料番号	採取場所	岩石名	地層名	基質						岩片							備考
					石英	方解石	絹雲母	緑レン石	閃亜鉛鉱	不透明鉱物	黒色不透明物質	微小岩片	石英	方解石	絹雲母	ルチル	ジルコン	
1	7-2	595m準	小扁豆状石灰岩	D <sub>3</sub> <sup>c</sup>	・	◎	△			・ (黄鉄鉱?)	・ (炭質物?)							絹雲母薄層を介する
2	5-4	No.5レベル	大扁豆状石灰岩	D <sub>3</sub> <sup>d</sup>	・	◎	△				・ (炭質物?)						泥灰岩々々片を包有する	
3	4-9	No.4レベル	泥灰岩	D <sub>3</sub> <sup>a</sup>	○	○	○			・ (黄鉄鉱)	△ (炭質物?)					△ (炭質物?)		
4	4S-3	No.4レベル	炭質頁岩	D <sub>3</sub> <sup>b</sup>	◎		◎			△ (黄鉄鉱)	△ (炭質物?)							珪質砂岩々々片を包有する
5	20-2	地表	炭質頁岩	D <sub>3</sub> <sup>b</sup>	△	△	△				○ (炭質物?)							同質頁岩々々片を包有する
6	7-10	595m準	小扁豆状石灰岩 (細脈鉄石を含む)	D <sub>3</sub> <sup>c</sup>	△	◎		△		○ (黄鉄鉱)								
7	4-6	No.4レベル	泥灰岩 (細脈鉄石を含む)	D <sub>3</sub> <sup>a</sup>	○	◎	◎			△ (黄鉄鉱)								

◎…多量 ○…中量 △…少量 ……微量



第1-4表 X線回折結果一覧表

番号	試料番号	採取場所	岩石名	地層名	X線回折結果										
					石英	方解石	アンケライト	絹雲母	緑泥石	角閃石	石膏	黄鉄鉱	白鉄鉱	閃亜鉛鉱	
1	7-2	595m準	小扁豆状石灰岩	D <sub>3</sub> <sup>c</sup>	◎	◎		△				△			
2	5-4	No.5レベル	大扁豆状石灰岩	D <sub>3</sub> <sup>d</sup>	△	◎		△	△						
3	4-9	No.4レベル	泥灰岩	D <sub>3</sub> <sup>a</sup>	◎	○		○				△			
4	4S-3	No.4レベル	炭質頁岩	D <sub>3</sub> <sup>b</sup>	◎			○				△		△	・
5	20-2	地表面	炭質頁岩	D <sub>3</sub> <sup>b</sup>	◎			○							
6	7-10	595m準	小扁豆状石灰岩 (細脈鉄石を含む)	D <sub>3</sub> <sup>c</sup>	○	◎	△?	・		・?		△	△	△	・
7	4-6	No.4レベル	泥灰岩 (細脈鉄石を含む)	D <sub>3</sub> <sup>a</sup>	◎	◎		○					◎	△	△

◎…多量 ○…中量 △…少量 ・…微量

本試料のX線回折結果では、多量の方解石、中量の石英、少量の炭酸塩鉱物（アンケライト？）・黄鉄鉱・白鉄鉱、微量の絹雲母・角閃石（？）および閃亜鉛鉱が検出された。

b)  $D_3^2d$ （大扁豆状石灰岩）

本岩は灰色～灰白色を呈し、厚さ数cm以下の扁豆状～レンズ状石灰岩と灰色～黒灰色泥灰岩との不規則な互層よりなる。一般に層理面の発達は弱く塊状であるが、石灰岩と泥灰岩との境界部で剥離しやすい。本岩は下位の $D_3^2c$ を整合的に覆うが、しばしば境界面に沿って逆断層が発達して、方解石を主とし、錫石・硫化鉱物を伴う鉱脈を胚胎している。

試料5-4（No.5レベル）は、鏡下では泥灰岩岩片を包有する細粒石灰岩である。構成鉱物は方解石よりなり、細粒他形の等粒状組織を呈するが、局部的に小レンズ状・細脈状方解石の粗粒結晶集合体が形成されている。泥灰岩は石灰岩よりも微粒で、多量の絹雲母のほか微量の石英および炭質物と考えられる微量の黒色不透明物質よりなっている。

本試料のX線回折結果から、多量の方解石のほか少量の石英・絹雲母・緑泥石が検出されている。

c)  $D_3^3a$ （泥灰岩・頁岩）

泥灰岩の岩質は細粒・緻密・やや軟質で、灰色～黒灰色を呈し、一部に黒灰色緻密な炭質頁岩と灰白色石灰岩の薄層を挟在している。本岩は石灰質で、希塩酸によって発泡が見られる。通常、5cm～数十cmの単位で層理面が発達している。下位の $D_3^2d$ との境界は整合的に漸移する。

試料4-9（No.4レベル）は、鏡下では層状組織の発達する比較的均質な泥灰岩で珪質砂岩の岩片を含有する。泥灰岩は主として絹雲母・石英および方解石よりなり、層理面と平行に微粒の不透明鉱物が斑点状の小集合体を形成して配列している。全体に弱い炭酸塩化を受けている。砂岩岩片は、主として石英よりなり、粒間を絹雲母・方解石・黄鉄鉱が充填するほか、微量のルチル・ジルコン・電気石が認められる。

本試料のX線回折結果から、多量の石英、中量の方解石・絹雲母、少量の黄鉄鉱・石膏が検出された。

細脈鉱石を含む試料4-6（No.4レベル）は、鏡下では絹雲母化および炭酸塩化を著しく受け、絹雲母卓越部・方解石卓越部および石英一方解石卓越部が縞状に成層する。この層状組織は原岩の構造および組成を反映しているものと考えられる。本試料中には少量の粗粒自形の黄鉄鉱が点在する。

本試料のX線回折結果から、多量の石英・方解石・黄鉄鉱、中量の絹雲母および少

量の白鉄鉱が検出された。

d)  $D_3^{3b}$  (炭質頁岩)

本岩は、黒灰色の緻密・やや軟質な頁岩で、下部で泥灰岩を挟在する。通常、数cm以下の単位で層理面が発達している。工業分析の結果、4個の試料で固定炭素が2.9~6.0%を示した。下位の $D_3^{3a}$ との関係は整合で、下部ではこれと指交関係にある。試料4S-3 (No.4レベル)は、坑内における平均的炭質頁岩で固定炭素2.9%・可燃性硫黄2.5%を含有する。鏡下ではやや多孔質なシルト質頁岩で炭質物と考えられる黒色不透明物質を多数含有する。構成鉱物は、自形~他形を呈する微粒石英とその粒間を埋める羽毛状・葉片状の絹雲母を主としている。

X線回折結果からは、石英・絹雲母のほか少量の石膏・黄鉄鉱および微量の白鉄鉱が検出された。

研磨片の検鏡結果によると、本岩は少量の自形~半自形黄鉄鉱(粒径0.1~1.0 $\mu$ m)を鉱染状に含んでいる(第I-6表参照)。黄鉄鉱の一部は白鉄鉱によって交代され、細粒の脈石や閃亜鉛鉱様鉱物を含有している。

試料20-2(地表)は固定炭素4.9%・可燃性硫黄8.0%を含有する。鏡下では、粘板岩状の層状組織の発達した炭質頁岩で、主として石英・絹雲母よりなり、層理面と調和的に配列する細長い同質頁岩々片を包有している。このほか炭質物と考えられる黒色不透明物質が紐状または縞状に配列する。

本岩のX線回折結果からは、多量の石英と中量の絹雲母が検出された。

研磨片の検鏡結果から、本岩は少量の炭質物のほか細脈状~鉱染状にPb-Sb-S系鉱物・硫鉄ニッケル鉱・黄錫鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱およびチタン鉱物を胚胎している。炭質物は数 $\mu$ m~80 $\mu$ mの大きさを鱗片状~粒状を呈し、中には光学的異方性を示し、石墨に近いものも認められる。

e)  $D_3^{3c}$  (砂岩・頁岩・泥灰岩)

本層は主として黒灰色の千枚岩質頁岩よりなり、灰白色細粒砂岩・灰色緻密泥灰岩・黒灰色石灰岩および灰色チャートを挟在する。本層は銅坑坑内には分布せず、細脈鉱体上方の地表部で下位の $D_3^{3b}$ を整合的に覆って分布している。

(2) 地質構造

大廠銅坑鉱山付近のデボン系はN20°W方向の軸を有する長坡複背斜構造の東翼に位置し、鉱床区域内には褶曲構造と断裂構造が発達している。

銅坑坑内においても、北西方向へ沈降する軸を持つ向斜構造および背斜構造が想定され、これらは長坡複背斜構造の一部と考えられる。すなわち、各レベルの6号~8号探鉱線付近には向斜軸、14号~16号探鉱線付近には背斜軸が想定され、これらの

褶曲構造によって地層は北または北西へ通常 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 傾斜するS字形の波曲構造を示している。

断裂帯は長坡複背斜構造の軸部およびその翼部を切り、軸にほぼ直交して発達している。断裂帯の走向は北東-南西で、南東へ $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 傾斜し、その規模は、延長1,400m、幅300~400m、深さ450mに達する。この断裂帯と褶曲構造翼部の層間のズレ部が銅坑鉍山および南西に隣接する長坡鉍山の重要な鉍床胚胎構造を形成している。

### (3) 鉍床

大廠銅坑鉍床は、長坡複背斜構造の東翼に発達した褶曲構造と北東-南西系断裂帯および層間のズレ部との交会部に位置している。黄民智ほか(1985)によると南西に隣接する長坡鉍床は、垂直方向に上部から下部へ鉍脈型錫鉍体-細脈帯型錫鉍体-層面ヒ型錫鉍体-層状・細脈状錫鉍体-層状・網状錫鉍体-亜鉛鉍体-亜鉛・銅スカルン鉍体の順に配列している。大廠銅坑鉍床の場合も、ほぼ同様な鉍体配列を示すものと推定される。

G・Tanelli ほか(1985)は、下位の層状の錫石+硫化物鉍体が学問的・経済的に最も重要としており、大廠鉍山地域の鉍化作用を上部デボン紀における錫および多金属の堆積環境での同生的な濃集と白亜紀における再流動、さらに、ヤンシャニアン酸性マグマ活動後期における追加の元素導入で説明している。

今回の調査では、鉍脈型錫鉍体の一部と細脈帯型錫鉍体(細脈鉍体と略称)だけを見る機会を得た。細脈鉍体は、現在までに北東-南西方向の走向を示すほぼ平行して隣接する2つの主要鉍体が開発され、南側からI号鉍体、II号鉍体と呼ばれている。さらに、I号鉍体の上盤側およびII号鉍体の下盤側にもいくつかの小規模な鉍体が確認されている。主要鉍体の規模・性状は次表のとおりである。

第I-5表 主要鉍体の規模・性状一覧表

鉍体番号	規 模			鉍 体 賦 存 標 高 (m)	地 山 かぶり厚 (m)	性 状	
	走向延長 (m)	鉍 体 幅 (m)	傾斜延長 (m)			走 向	傾 斜
I	最大 530 平均 425	最大 65 平均 30	最大 203	464~705	65~160	東部 N32°~42° E 西部 N30°~40° E	SE 上部74°~90° 下部60°~70°
II	最大 640 平均 463	最大 80 平均 35	最大 234	461~717	50~115	東部 N40°~48° E 西部 N25°~40° E	SE 上部77°~86° 下部53°~70°

注) 平均数値は概4レベル・595m準・570m準および505m準の平均値である。

細脈鉍体は複雑な分岐・会合を繰返す密集した細脈で形成され、単一細脈の走向・傾斜は鉍体全体の構造と一致する。細脈の密度は場所により著しく変化するが、中国側資料ではその平均密度は約7条/mである。脈幅は、一般に、0.5~3cm(最大脈幅1m)、延長は5~30mである。層理面を切るこれらの急傾斜脈のほか、No.5レベル等では、泥灰岩等の層理面に沿って胚胎した層面ヒ(最大幅0.7m)が発達している(第I-2図(B)参照)。

坑内東側の背斜軸と西側の向斜軸に挟まれる褶曲構造の翼部に相当し、層理面の走向と細脈鉍体の走向がほぼ一致する部分では、鉍体の厚さが肥大し、層面ヒも発達して富鉍体を形成する傾向が認められる。

細脈鉍体の品位は非常に不均質なのが特徴である。第I-2図のスケッチに示した2つの抽出坑道は同一探鉍線上にあって、その高低差は僅か10mであるにもかかわらず、品位変化が著しい。すなわち、No.5レベル・530N抽出坑道(延長49m)での平均品位は錫:2.16%、亜鉛:6.38%であるのに対し、直上部にあたるNo.4レベル・430N抽出坑道(延長39m)の平均品位は錫:0.88%、亜鉛:4.25%に品位低下する。

細脈鉍体全体の平均品位は、中国側資料によると錫:0.56%、亜鉛:2.76%であり、鉍体の上盤側が低品位で下盤側が高品位、上方部が低品位で下方部が高品位という特性を持っている。

鉍物組成は比較的複雑で、今回の鉍石試料・炭質頁岩試料の研磨片検鏡結果から黄鉄鉍・硫砒鉄鉍・磁硫鉄鉍・白鉄鉍・閃亜鉛鉍・黄錫鉍・錫石・黄銅鉍・硫鉄ニッケル鉍・閃安鉛鉍・Pb-Sb-S系鉍物・Pb-As-S系鉍物およびPb-(Bi·Sb·As)-S系鉍物を確認した(第I-6表参照)。

なお、鏡下における光学性およびEPMA定性分析により、Pb-Sb-S系鉍物はZinkenite、Pb-As-S系鉍物はDufrenoyite、Pb-(Bi·Sb·As)-S系鉍物はKobelliteの可能性がある。このほか、文献では、方鉛鉍・輝安鉍・毛鉍およびFranckeite等が報告されている(黄民智ほか、1985)。

主要脈石鉍物は方解石・石英であるが、黄民智ほか(1985)は少量の電気石・絹雲母・螢石・石膏・カリ長石および緑泥石を報告している。

鉍石鉍物および脈石鉍物の組成・性状については、今後もさらに検討し、鉍物の生成順序、累帯配列等を明らかにして、将来の探鉍指針とする必要がある。

鉍化作用に伴う母岩の変質作用は、試料数が少なく明瞭ではないが、検鏡結果・X線回折結果から炭酸塩化・絹雲母化・黄鉄鉍化・白鉄鉍化および珪化が認められ、将来の探鉍指針になると考えられるので、今後も詳しく検討する必要がある。





第1-6表 研磨片検鏡結果一覧表

番号	1		2		3		4	
	試料番号	70-2	3-16-2	4S-3	20-2	探取場所	No. 4レベル	地
鉱石・岩名	略号	記	事	量	記	事	量	記
閃安鉛鉱	B1			○				
Pb-Sb-S系鉱物 (Zinkenite?)	Zk		針状~長柱状 PyやSp中の割目充填				△	鉱染状 Pn、Stanと共存
Pb-As-S系鉱物 (Dufrenoyllite?)	Du	△	Koと共存					
Pb-(Bi·Sb·As)-S系鉱物 (Kobellite?)	Ko	△	斑状 Duと共存					Duと共存
硫鉄ニッケル鉱	Pn						△	鉱染状 Zk、Stanと共存
黄錫鉱	Stan	△	Sp中、SpとDuの境界部 Pyの割目充填	△			△	鉱染状 Zk、Pnと共存
錫石	Cs	△	Pyの割目充填					
閃亜鉛鉱	Sp	○	斑状	○				
黄銅鉱	Cp	△	Sp中				△	Zkと共存
黄鉄鉱	Py	◎	粗粒、斑状	◎			△	他形、鉱染状 15~80μm
磁硫鉄鉱	Po	○	粗粒、斑状					
硫砒鉄鉱	Asp	◎	粗粒、自形、斑状					
白鉄鉱	Ms	△	Pyの一部を交代					
チタン鉱物	Ti						△	点在 鱗片状、粒状 数μm~80μm
炭質物	C						△	

◎...多量 ○...中量 △...少量 ·...微量



### 2-3. 細脈帯型鉍体の鉍量計算（中国側計算）

地表ボーリングおよび坑道探鉍の結果に基づき、1962年、215地質探査隊によって埋蔵鉍量が計算された。その後、No.4レベル以上の埋蔵鉍量については、坑道開さくおよび採掘の進展に伴って、銅坑鉍山により鉍量の修正が毎年実施されている。細脈帯型鉍体についての全体的な鉍量評価においては、この埋蔵鉍量計算結果が評価の基本資料となるので、以下にその概要を述べる。

#### (1) 鉍量計算基準および鉍体範囲決定原則

錫の限界品位を0.15%とし、鉍体の平均錫品位が0.3%以上のものを工業鉍体（稼行対象）としているが、平均錫品位が0.15~0.29%の場合でも亜鉛品位が4%以上の時には工業鉍体とされる。

鉍脈の最小可採幅は、急傾斜鉍体は1m、緩傾斜鉍体で1.8mである。鉍体と研部との境界は不明瞭なので1m間隔で採取された試料の分析結果で鉍体範囲を決定しており、抽出坑道において錫の平均品位が0.3%以上の範囲が鉍体と見なされる。

鉍体中の厚さ4m以上の中石（錫品位0.15%未満）は研として鉍体から除外される。この研の範囲は、研が抽出坑道に単独に存在する場合は上下・左右に隣接する抽出坑道の間までを研範囲とし、研が隣接する抽出坑道にも存在する場合は併合して研範囲とし、鉍体から除外される。

以下に、No.0レベル・No.1レベル・No.2レベル・No.3レベルおよびNo.4レベルで鉍量計算に算入された試料数とそれらの試料中の最高錫品位を示す。

第1-7表 鉍量計算算入試料数および最高錫品位

レベ ル	試 料 数 (個)	最高錫品位 (%)
No.0 レベル	335	8.91
No.1 レベル	1,421	6.34
No.2 レベル	1,631	9.06
No.3 レベル	2,656	13.50
No.4 レベル	2,187	9.98

なお、中国においては錫の工業鉱量は下記のクラスに分類される。

- A級鉱量……幅 10 m × 高さ12 m以内の網度で確認されたもの
- B級鉱量……幅 50 m × 高さ50 m ”
- C級鉱量……幅100 m × 高さ100 m ”

(2) 埋蔵鉱量計算

No.4レベル以上については各レベル毎に埋蔵鉱量が計算され、A級鉱量に分類される。これらの鉱量は、地質探査隊の実施したボーリング資料のほか、抽出坑道開さくに伴う大量の資料に基づき、幅10 m×高さ12 mの網度で計算されるため、探査精度が高く、鉱量計算の正確度も高い。No.4レベル以上の埋蔵鉱量は、採掘の進展に応じて毎年1回計算される。

No.4レベル～595 m準間の埋蔵鉱量は、地質探査隊の実施したボーリング資料のほか、No.5レベルおよび595 m準の開坑によって得られた資料に基づき計算されている。

鉱量は、No.4レベル～No.5レベル間がA級またはB級鉱量に分類され、No.5レベル～595 m準間はB級鉱量に分類される。

1962年、215地質探査隊は595 m準以下について幅60～80 m×高さ60～120 mの網度で坑道探鉱を実施し、BまたはC級鉱量を計上した。595 m準・570 m準および505 m準で実施した探鉱坑道の累計総延長は6,700 mに達する。

埋蔵鉱量は、各レベル・各中段における鉱体の水平断面積と平均品位に基づき計算されている。なお、鉱石比重は2.94、研比重は2.70としている。

1986年末現在における505 m準以上の細脈鉱体埋蔵鉱量は次表に示すとおりである。

第1-8表 細脈帯型鉱体埋蔵鉱量(中国側計算)

1986年末現在

レベル	埋蔵鉱量(千t) (A+B+C)	品位(%)			金属量(t)		
		錫	鉛	亜鉛	錫	鉛	亜鉛
No.2(663.5)	151	0.33	0.61	1.04	502	925	1,573
No.3(650.5)	462	0.35	0.56	1.73	1,632	2,577	7,976
No.4(635.5)	1,264	0.52	0.71	2.58	6,449	8,976	32,600
5 中段(595)	2,611	0.57	0.53	2.69	14,873	13,868	70,363
6 中段(570)	2,002	0.60	0.72	3.02	12,039	14,327	60,412
9 中段(505)	4,011	0.61	0.56	3.15	24,491	22,395	126,334
合計	10,501	0.57	0.60	2.85	59,986	63,068	299,258

### (3) 可採粗鉍量計算

細脈鉍体はサブレベルケーピング法（崩落採鉍法）により採掘されており，設計上の鉍石損失率および品位貧化率はともに25%，可採率は75%である。

しかしながら，多年に亘る採掘実績は，採鉍技術とともに採鉍全般における管理が不十分であったため，実際の鉍石損失率・品位貧化率はともに悪化して高くなっており，鉍産資源の有効利用に重大な影響を与えている。

鉍石損失率および品位貧化率（研混入率）の実績は，「3-2. 採鉍法」（1）の『サブレベルケーピング法の適用と鉍石損失率および研混入率』中の第I-11表に示す。

### 2-4. 岩盤特性

中国側資料による鉍石および母岩の一軸圧縮強度は次表のとおりである。

第I-9表 岩種別一軸圧縮強度（中国側資料）

岩石名	一軸圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
細脈鉍石	1,260
泥灰岩	1,177
板状泥灰岩	1,197
大扁豆状石灰岩	1,150
小扁豆状石灰岩	1,220

鉍石の一軸圧縮強度は1,260～1,562 kg/cm<sup>2</sup>で比較的堅い。また，周囲の母岩については，上盤の炭質頁岩の傾斜が緩く，層理面に沿った割目が発達しており，天盤が剥落し易いほかは比較的堅固である。これら母岩の一軸圧縮強度は922～1,652 kg/cm<sup>2</sup>である。

### 3. 採 鋳

#### 3-1. 出鋳量・品位

細脈鋳体の当初設計による生産規模は、日産 4,000 t (3方/日操業体制；年間出鋳量 1,320 千 t) であり、操業ライフは13年であったが、本格操業に入った1984年からの細脈鋳体の出鋳実績は計画を下回っており、実際のライフは延長の傾向にある。

中国側提供資料に基づく1984年～1986年の細脈鋳体の出鋳実績は下表のとおりである。

第I-10表 細脈帯型鋳体出鋳実績

年度 項目	単位	1984 (実績)	1985 (実績)	1986		
				(実績)	(計画)	
出 鋳 量	操業日数	日	303	312	319	330
	掘場出鋳 (1日当り)	千 t (t/日)	256 (845)	414 (1,328)	287 (899)	705.5 (2,139)
	*その他	千 t	106	94	57	70.0
	合計 (1日当り)	千 t (t/日)	362 (1,196)	508 (1,627)	344 (1,079)	775.5 (2,350)
品 位	錫 (Sn)	%	0.48	0.46	0.80	0.295
	亜鉛 (Zn)	%	1.66	2.08	2.54	1.200
	鉛 (Pb)	%	0.42	0.53	0.46	0.435

\*：その他鋳量の内訳は、開さくにもなう本番鋳および高品位の下部層状鋳体からの出鋳である。(ただし、1986年の計画には層状鋳体からの出鋳は含まれていない)

### 3-2. 採 鋇 法

#### (1) サブレベルケーピング法の適用と鋇石損失率および研混入率

採掘の主力は上部の細脈鋇体で、古くよりシュリンケージ法による採掘が行われている模様であるが、1981年よりトラックレスマイニングを採用したサブレベルケーピング法（崩落採鋇法）を適用し、大規模採掘を行っている。

1986年末現在、採鋇量は215万t、出鋇量は158万tに達している。

細脈鋇体の設計上の可採率および鋇石損失率・品位貧化率（研混入率）は、それぞれ75%および25%であるが、多年にわたる採掘実績によれば、採鋇技術とともに採鋇全般における管理が不十分であったため、鋇石損失率および品位貧化率はともに悪化して高くなっている。

中国側提供資料による各レベルでの実績鋇石損失率および研混入率を以下に示す。

第I-11表 レベル別鋇石損失率および研混入率実績

レ ベ ル	工業鋇量 (千t)	鋇 石 損 失 率 (%)				研混入率 (%)
		設 計*1	未回収*2	採 掘*3	計	
No.0レベル	182	3.5	15.1	45.2	63.8	31.9
No.1レベル	560	0.1	9.1	33.3	42.5	29.1
No.2レベル	768	4.6	7.1	39.2	50.9	

\*1：切羽運搬坑道および坑井の保護ピラー等、設計段階で可採範囲から除外したもの

\*2：操業上の理由（岩盤脆弱、火災影響等）により採掘できなかったもの

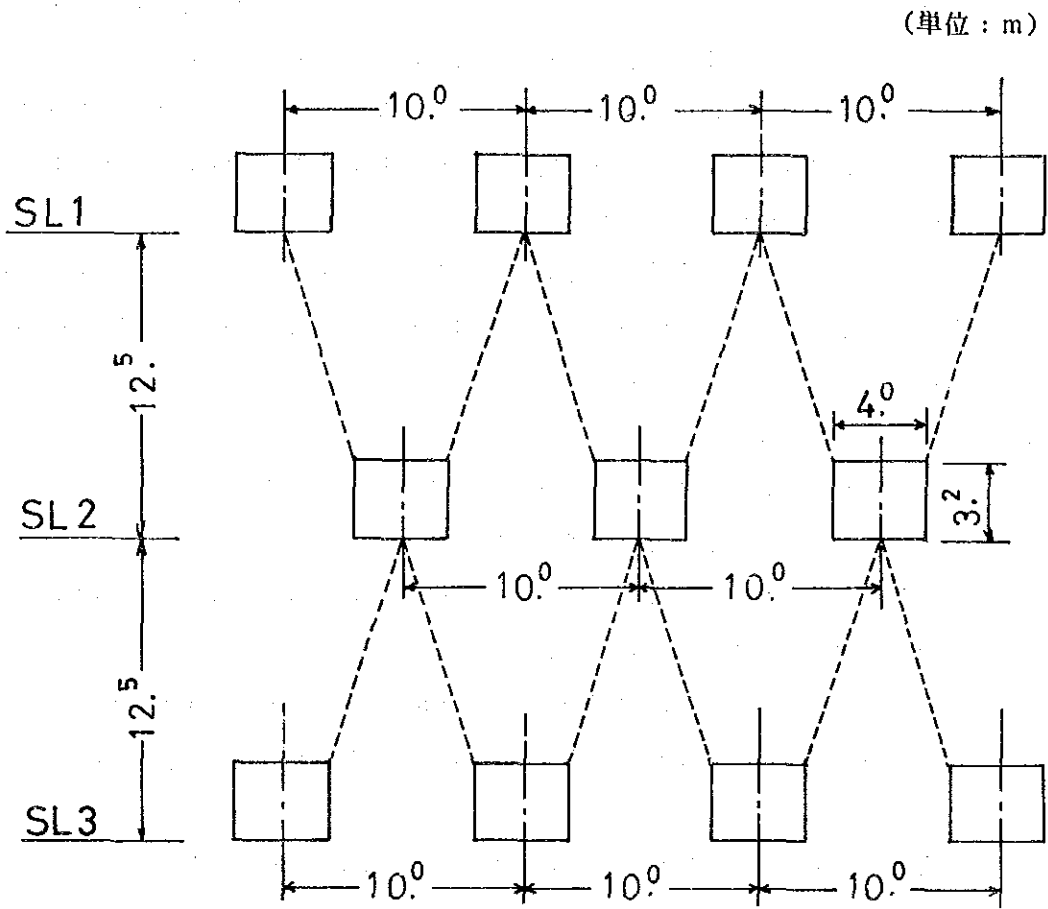
\*3：研の早期混入等により計画どおり抽出できなかったもの

#### (2) サブレベルケーピング法における各諸元

設計による採掘レベル間隔は12～13mである。抽出坑道は鋇体の走向に直角に設けられ、坑道間隔は10mで、上下レベルの抽出坑道は、いわゆる「品」字形の千鳥方式に開さくされる。

坑道断面規格は、切羽運搬坑道：幅4.0m×高さ3.5m、抽出坑道：4.0m×3.2m、発破自由面を確保する切割坑道は3.0m×3.0mである。

大廠銅坑鉍山における抽出坑道配置および抽出鉍量範囲断面（設計）を下图に示す。



第 1 - 3 図 大廠銅坑鉍山における抽出坑道配置および抽出鉍量範囲断面

### 3-3. 開 坑

#### (1) トラックレス坑道（切羽運搬坑道・抽出坑道および斜道）の開さく

坑道掘進は主としてレッグドリルとロードホールダンプの組合せで行っており、レッグドリルの穿孔径は40mmφで、使用空気圧は6～7kg/cm<sup>2</sup>である。

1発破当りの穿孔長は1.8～2.0mで、穿孔本数は40～45本である。火薬は2#岩石爆薬（硝安系爆薬）を使用しており、非電気式の導爆雷管により起爆している。坑道掘進の速度は一般に20～25m/月である。

また、坑道掘進用穿孔機械として電気式全油圧ジャンボ（2ブーム）および空動さく岩機搭載ジャンボ（1ブーム）を各1台保有しているが、現在、細脈鉱体の開坑には使用されていない模様である。

#### (2) 主要運搬坑道の開さく

レッグドリルとレールローダー（700型級）の組合せで行っている。

#### (3) 立坑（鉱石・研および通気立坑等）の開さく

595m準～No.1レベル（一部はNo.0レベルまで）間に、鉱石・研および通気用立坑が数多く開さくされてきた。

鉱石立坑（1#～15#OR）は約60m間隔に、研立坑（1#～6#WR）は約100m間隔で、その他通気用の立坑等（1#～12#）は適宜鉱床の上・下盤に配列されている。

現在、立坑開さくはほとんど行われていないが、50m以上の長い立坑は鳥籠方式（吊缶巻揚）で開さくされている。この方式での最大立坑開さく長は90mで、月間の開さく能力は30～50mである。

50m以下の立坑は普通方式（木材による足場積上げ）により開さくしており、月間の開さく能力は20～25m（1m/日）程度である。

また、穿孔機械には掘進用のレッグドリルを使用している。

#### (4) 開坑用人員配置（No.5レベル 開坑クルー）

さく岩工	3	人/方	
発破 工	1	”	
運搬 工	2	”	（ロードホールダンプ運転）
修理工	1	”	
計	7	人/方	

(5) 支保

岩盤は比較的堅固で、一般に支保は不要であるが、軟弱岩盤個所には長さ2.0mの全面接着タイプのロックボルト（接着剤：セメントモルタル）を施しているほか、セメント吹付やコンクリートライニング等も施工している。

(6) 開坑量の計画と実績

1984～1986年での坑道掘進計画量と実績は以下のとおりである。

第1-12表 坑道掘進計画量と実績

年 度	*計画量 (m)	実 績 (m)
1984	3,200	4,418
1985	3,443	3,814
1986	4,658	2,518

\*：この開坑量は銅坑鉱山全体のものと思われる。

(7) 開坑の進捗状況

細脈鉱体は595m準で大きく上下に二分されており、現在採掘対象となっている上部ブロック（595m準以上）については骨格構造を決める基本開坑は終了している。

現在、切羽開坑は、No.5レベルの切羽運搬坑道および抽出坑道の開さくをほぼ終了しており、現在のサブレベルケーシング法による出鉱態勢を続ける場合には開坑遅れはない。

また、下部ブロックについては、主要トラックレス斜道（人員および資機材搬入路）は595m準までしか開さくされておらず、505m準～595m準を結ぶ各種立坑（鉱石・研および通気立坑等）もまだ開さくされていない。



### 3-4. 採 鉱

#### (1) 長孔穿孔

採鉱のための発破孔は長孔穿孔専用機械により直接抽出坑道地並から上向に扇形穿孔を行っている。

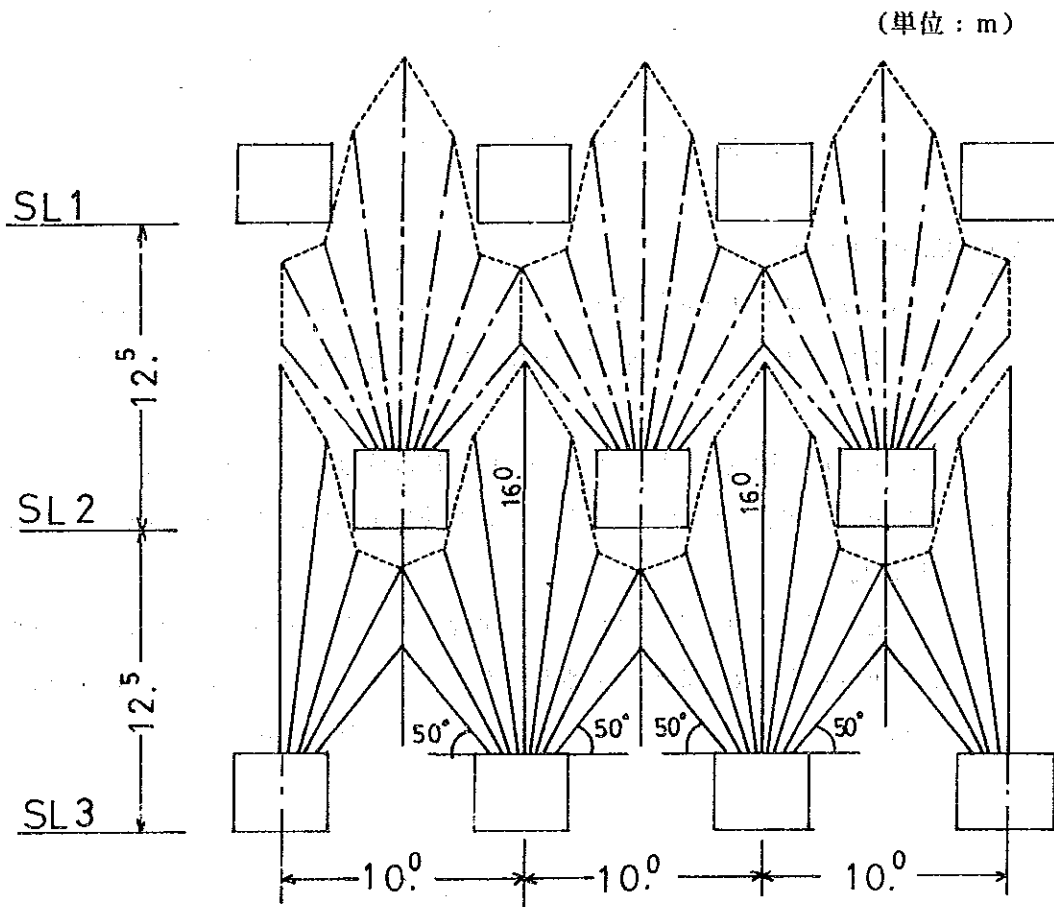
穿孔径は一般に65mmφで、1列に9~10本の穿孔を行う。穿孔々長は短いもので3.5~5.0m、長いもので15~16mである。最小抵抗線（穿孔列間隔）は1.6~1.8mで、1回に2列ずつ発破を行う。また、穿孔径が100mmφの場合には最小抵抗線（列間隔）は2.5mで計画している。

穿孔機械設備には台車搭載型（空気動自走式）とスタンド型（人手でセット）があり、穿孔時は各機械に2~3人/方が配番されている。

穿孔能率は、65mmφの穿孔径で45~55m/方、100mmφの穿孔径で15~20m/方である。

#### (2) 標準穿孔配置

大廠銅坑鉱山における標準穿孔配置（設計）を下図に示す。



第1-4図 大廠銅坑鉱山における標準穿孔配置

### (3) 発 破

火薬は、2 # 岩石硝安爆薬（粉状）を加圧式火薬装填器（容量 50 kg, 空気圧 3 ~ 4 kg/cm<sup>2</sup>）で導爆線を添えて装薬し、非電気式の導爆雷管により起爆しており、1 列同段の斉発方式で発破している。

発破の起砕粒度は、発破設計上は 600 mm 以上の大塊は生じないことになっているが、実際には 600 mm を越える大塊が出てくる。この大塊発生割合は 5 % 程度であり、多少高くなることもある。

また、火薬装填・発破作業用に火薬装填器を搭載した自走式の外国製火薬装填車を 1 台保有しているが、まだ実際には現場で使用していない。

○現地調査時に No. 3 レベルで装薬発破作業に立ち合い、装薬発破調査を行った。

調査結果は次のとおりである。

調査箇所： 343 S 抽出坑道

装薬孔長： 145 m（2 列 19 本；うち 1 本は孔口より 2 m で孔荒れで装薬不能）

火薬使用量： 約 400 kg（装填ロス 5 ~ 6 % を含む）

作業人員： 6 ~ 7 人

所要時間： 2.5 ~ 3.0 時間（\* 発破孔の温度測定等準備作業を含む）

\*：探鉱線 8 号 ~ 12 号間の南側（S）抽出坑道は高温（50℃以上）範囲内にあるので、火薬装填前に発破孔の温度を測定することになっている。

調査時は、装填ホースの先端に取付けた温度計がこわれ、結果的には温度測定できなかったが、装填ホースの先端部を手で触ったところ常温であったので、そのまま火薬装填を開始した。

### (4) 探鉱準備（穿孔作業）進捗状況

現在、抽出坑道の開さくの終わっている No. 4 レベルに穿孔機械 6 ~ 7 台を搬入し、穿孔作業を実施している。

添付図第 4 図「探鉱準備（穿孔作業）進捗状況図」に示すように、No. 4 レベルの全範囲のうち約半分程度の範囲で穿孔作業が終了しており、探鉱準備遅れはない。

### 3-5. 切羽運搬

#### (1) 作業形態

細脈鉱体は通常3～5鉱画が稼動しており、10～15切羽で鉱石抽出作業が行われている。

発破で起砕された鉱石(研)の積込・運搬は、主としてバケット容量3.8m<sup>3</sup>のロードホールダンプで行う。

切羽で600mmを越える大塊が出てきた場合には、ロードホールダンプで他の抽出準備坑道に運び、1回に集中して小割発破を行い処理している。小割発破は張付発破により行い、通常1日1回実施している。

バケット容量2.0m<sup>3</sup>の小型ロードホールダンプも保有しているが、現在はあまり使用されていない。

#### (2) 作業人員および能率

ロードホールダンプ1台に3人配番され、鉱石抽出作業・破碎作業およびその他作業(導入口高詰り処理)を行う。

切羽運搬の作業能率は200～250t/台・方である。

#### (3) 出鉱量管理

細脈鉱体の採掘対象鉱量は、抽出坑道開さく後、坑道サンプリングを行い、その分析結果および上段レベル品位を参照して、高品位部・低品位部および研部に分けられる。

この区分により、

「採掘鉱量に対し、

- ・高品位部(錫品位0.3%以上)は100%の抽出量
  - ・低品位部(0.15～0.29%)は80%の抽出量
  - ・錫品位0.15%未満の場合は20～30%の抽出量
- と決め、予定鉱量を抽出したら終了する」

という抽出鉱量管理を行っている。

ただし、焼鉱(石)灰の早期流下・混入により出鉱品位が低下した場合は、予定鉱量に達しない場合でも抽出は中止する。

第II-15図に「大廠銅坑鉱山抽出鉱量管理図」の一例を示す。

(4) 主要機械の稼働状況

ロードホールダンプの稼働状況は次のとおりである。

第1-13表 ロードホールダンプの稼働状況

(単位：H)

年 度	稼 働 時 間	休 転 時 間	合 計
1984	2,396	4,359	6,755
1985	2,741	4,717	7,458
1986	2,427	5,253	7,680

(5) 稼働切羽の現況

現在、No.3レベルで鉍石抽出作業を実施中であるが、添付図第5図の「稼働中抽出坑道の導入口位置とその状況調査」に示すように、No.3レベルの抽出坑道の約半分以上が抽出を終了している。

### 3-6. 運 搬

#### (1) 人員および資材の運搬

人員の入出坑および資材の搬入は、主要トラックレス斜道（地表～595m準の間、約1,500m）と2#立坑（地表770m準～305m準）経由で行う。

トラックレス斜道は自動車の通行が可能であり、人員輸送車・資材運搬車・ロードホーダンプ・さく岩ジャンボおよび人員は斜道を経由して、直接採掘切羽に進入する。

2#立坑には1デッキ4m×1,47mのダブルデッキのケージが設備されており、人員・資材の同時運搬が可能である。

#### (2) 鉱石運搬（595m準水平運搬）

抽出坑道レベルで鉱石立坑に投入された鉱石は、595m準の空動式漏斗で6m底明け式鉱車に積込まれ、主要鉱石坑井に運搬・排鉱される。

595m準の鉱石運搬は設計能力4,000t/日で、トロリー電車2台と6m底明け式鉱車10車を1トレーンとして、2トレーンの3方操業で計画されている。運搬距離は860mで、1サイクルの所要時間は37分である。

1984年の本格操業以来、595m準の鉱石運搬は実際には1トレーンしか使用していない。この場合の実績運搬能力は850～1,500t/日であり、最大運搬時には設計能力（4,000t/日）を越えることもある。

また、主要鉱石坑井の貯鉱容量は次のとおりである。

595m準～430m準間	: 4,000t
430" ～392"	: 1,000"
計	5,000t

#### (3) 研運搬（595m準水平運搬）

抽出坑道における抽出研および開坑に伴う開さく研は、各レベルで研立坑に投入され、595m準の手動式漏斗で2m横明け式鉱車に積込まれ、主要研坑井に運搬・排石される計画となっている。

595m準の研運搬は設計能力800t/日で、トロリー電車1台と2mグランビー鉱車12車の1トレーン（3方操業）で計画されており、運搬距離は860mで、1サイクルは37分であるが、本操業ではまだ実際の研運搬は行っていない。

主要研坑井（研ビン）の容量は次のとおりである。

595m準～392m準間	: 1,000t
--------------	----------

#### (4) スキップ立坑運搬

鉱石は430m準で主要鉱石坑井から引抜かれ、クラッシャーで300mmサイズに破碎され、貯鉱ビンに入る。その後、392m準で電磁フィーダーによりベルトコンベア

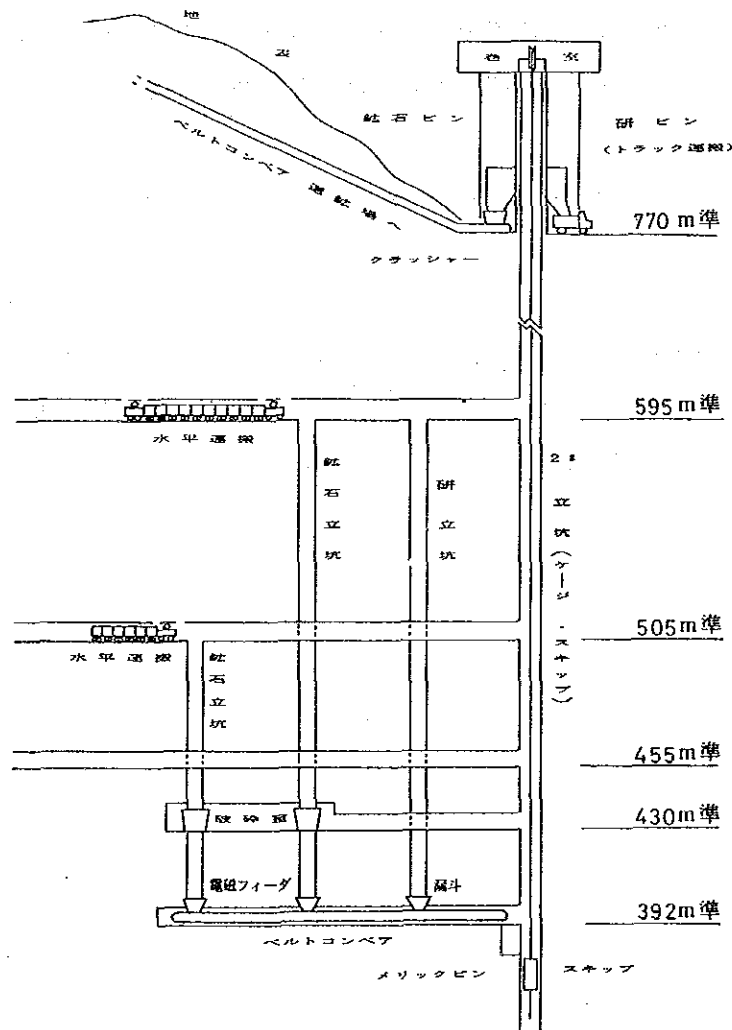
に引出され、計量ビン（現在は容量16t）に運ばれた後、20tスキップに積込まれる。

スキップに積込まれた鉱石は、ケーベ式巻上機（JKM×4型）で地表まで巻上げられ、巻上櫓内の貯鉱舎（容量700t）に入る。巻上櫓の下にはφ2100コーンクラッシャーが設置されており、鉱石は-75mmまで破碎され、延長700mのスチールベルトコンベアで選鉱場へ送られる。

研は、坑内研ビンからクラッシャーを通さずに直接ベルトコンベアに引出され、計量ビンを経由して20tスキップに積込まれ、地表まで巻上げられた後、巻上櫓内研ビン（容量300t）に入る。櫓内研ビンからは直接トラック積みされ、研処理する計画となっている。

(5) 運搬系統模式図

鉱石および研の運搬系統を以下に模式図で示す。



第1-5図 細脈帯型鉱体鉱石および研の運搬系統模式図

### 3-7. 通 気

#### (1) 通気系統の基本計画

上部細脈鉞体部の通気は強制吹込式通気を採用している。新鮮な空気は2#通気立坑を經由して入り、595m準の主要中段坑道に至る。通気はさらに、595m準から5#・9#および10#の各入気立坑を經由して各採掘レベルの切羽を洗い、1#・6#および7#の各排気立坑を通して、687.5m準(No.0レベル)に至り、4号採鉞線上にある排気立坑から地表に排気される。

#### (2) 主要扇風機

坑内(上部細脈鉞体部)の必要通気量は $145\text{ m}^3/\text{秒}$ 、必要負圧は $225\text{ mm}$ 水柱であり、2#通気立坑地表部にTOB2-21No.28型軸流扇風機( $1,000\text{ KW}$ )2台を設置し、1台運転により風量 $167\text{ m}^3/\text{秒}$ 、扇風機圧力 $225\text{ mm}$ 水柱を確保している。

#### (3) 火災発生後の通気系統の変更

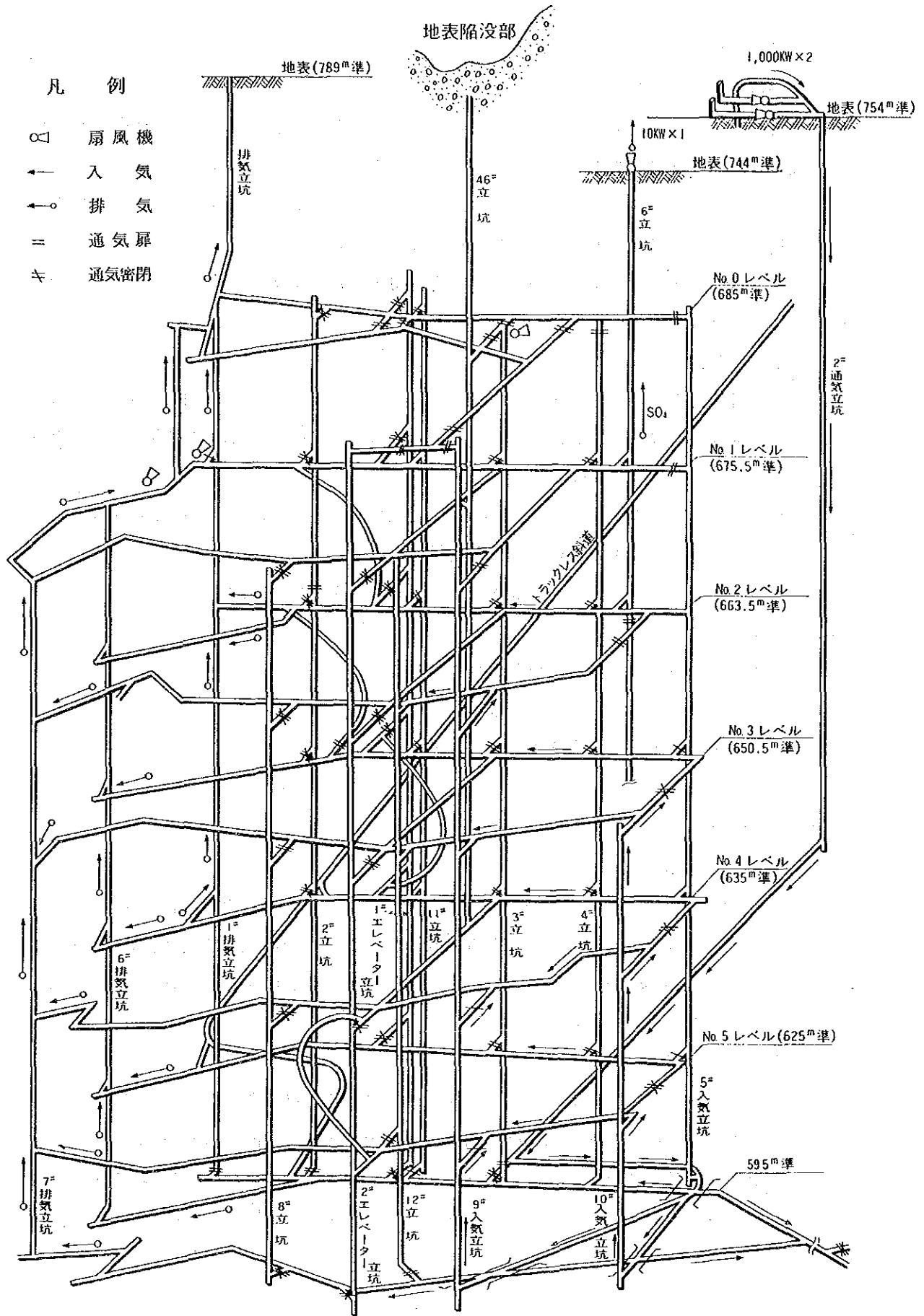
火災域の空気遮断のための坑道密閉、および通気扉の設置を実施した他、火災域で発生した有害ガスが密閉不十分な立坑を流下してくるため、稼働レベル(現在はNo.3レベル)の各立坑下に局部扇風機を設置して強制吹込みを行い、切羽へのガス流入を防いでいる。

なお、上部細脈鉞体部の通気系統(計画)は次頁の通気系統図に示すとおりである。

#### (4) 現状の通気系統

現地調査結果によれば、通気の流れは基本的には計画どおりであるが、採掘の進展(採掘レベルの下段への移行)とともに通気の流れが変わっている部分がある。

現状の通気網調査結果ならびに問題点については、添付図第6図「大廠銅坑鉞山通気網調査」およびII.2-1.(1)の「通気網における問題点」に詳述のとおりである。



第1-6図 大廠銅坑鉱山細脈帶型鉱体 坑内通気系統図



### 3-8. 排 水

#### (1) 坑内排水系統および排水量

各採掘レベルの坑内水は水抜孔・排水側溝等を通して流下し、505m準の水倉に集水され、2#立坑を経由して坑外の800t水バックに揚水される。

坑内（上部細脈鉱体部）には優勢な地下水脈（湧水帯）はなく、505m準以上の平均坑内排水量は4,160 $m^3$ /日、最大排水量は27,400 $m^3$ /日である。

坑内水の水源としては給水廃水（さく岩機用水等）・雨水の浸透および火災鎮火のための地表注水の浸透等が考えられる。

#### (2) 主要排水設備

主要排水設備は2#立坑505m準のケージプラットフォーム付近にある。同準の水倉容量は2,400 $m^3$ 、揚水ヘッドは290.8mで、水質は酸性である。（調査時には、坑外バック放水管口でpH6程度であった）

排水ポンプは耐酸性200D-43×9型タービンポンプ（揚水量280 $m^3$ /時、ヘッド330m、440KW）が6台据付けられている。

排水管の管径は275mmで、排水管は2系統準備されている。

#### (3) 坑内排水実績

最近の坑内排水実績量は次のとおりである。

1985年： 1,281千 $m^3$ （平均2.44 $m^3$ /分）

1986年： 1,391千 $m^3$ （平均2.65 $m^3$ /分）

### 3-9. 給気・給水

#### (1) 給気および給水系統

両系統とも、それぞれ2#立坑口にある水バック（坑内排水用：容量800t）ならびにコンプレッサー室から2#立坑を経由して595m準の主要坑道に主要配管が布設されており、595m準より5#・9#等の通気立坑を通して各採掘レベルにさく岩用水および圧縮空気が供給される。

#### (2) 空気圧縮機設備

コンプレッサーは550KW（吐出圧8kg/cm<sup>2</sup>、吐出量100 $m^3$ /分）が4台および455KW（吐出圧8kg/cm<sup>2</sup>、吐出量82 $m^3$ /分）が2台設置されている。

現状の操業でのコンプレッサーの運転状況は、操業不調のため圧縮空気使用量が少なく、550KWおよび455KWコンプレッサー各1台の常時2台の運転となっている。

3-10. 作業別人員配置および主要採掘機械設備

(1) 作業別人員配置（作業方別）と機械の組合せ

銅坑鉱山における作業別人員配置（作業方別）と使用機械の組合せは以下のとおりである。

第I-14表 作業別人員配置および使用機械

作 業	使 用 機 械	人 員 配 置 (人)
掘 進	7655型(YT-24型) レッグさく岩機2台 +CT-6000型(LF-4・1型) ロードホールダンプ	さく岩員 3 発破員 1 切羽運搬員 2 修理員 1 } 7
長孔穿孔	YQ-90型さく岩機搭載CZZ-700型台車	採鉱員 2
長孔発破	AF-100型火薬装填機	発破作業員 11
切羽運搬	CT-6000型(LF-4・1型) ロードホールダンプ	切羽運搬員 3
運 搬	ZK10-7・62/250型電車2台 +6m底明け鉱車10台	積込員 5 電車運転員 3 発破員 1 } 9
鉱石巻上	JKM4×4のケーベ式巻上機+20tスキップ	立坑巻上員 9

(2) 主要採掘機械設備

銅坑鉱山（全体）で保有する主要採掘機械設備は次頁の一覧表に示すとおりである。

第I-15表 主要採掘機械設備一覧

種 類	型 式	台数	記 事
(坑道掘進) レックドリル	7655型, YT-24型	18	
油圧ジャンボ	H832C	1	2ブーム, ATLAS COPCO (電気)
ジャンボ	L832C		1ブーム, " (")
(切上)	JO2-4-8	4	切上能力90m、40m/月
(長孔採鉱) 台車搭載型	CTC141, CZZ-700	7	中深孔用, 45~55m/方
"	TJ-25	6	"
スタンド型	YQ-100	6	大孔用, 15~20m/方
(火薬装填) 装填機	AF-100	3	
火薬装填車	TM-40	1	フランスローダー (ジゼル)
(切羽運搬) ロードホール	CT-6000	16	フランスローダー, 3.8m <sup>3</sup>
ダンプ	LF-4・1	6	西独製, 2.0m <sup>3</sup>
(局部扇風機)	軸流ファン	40 ~ 50	2.2Kw~2.8Kw
(トラックレスサービス車) 人員輸送車	TM-40	2	フランスローダー, 20人乗り
材料運搬車	"	1	"
工作整備車	"	1	"
潤滑油運搬車	"	1	"
(電車)	ZK10-T62型	7	10tトロリー電車
(鉱車) 6m <sup>3</sup> 鉱車	底明け式鉱車	25	鉱石運搬用
2m <sup>3</sup> "	グランビー鉱車	20	研 "
(試錐機)	KD-100	2	能力100m, (空動)

3-11. 主要原単位物品および電力

中国側提出資料による主要原単位物品および電力の使用実績は以下のとおりである。

第I-16表 主要原単位物品および電力使用実績

項目	単位	使用実績			記事	
		1984年	1985年	1986年		
採 鉱	火薬	g/t	344	366	363	採鉱量(千t) 84 394 85 705 86 347
	坑木類	m/千t	0.05	0.04	0.18	
	ビット	Kg/千t	2.1	1.9	4.8	
	ロッド	Kg/千t	15.2	20.3	89.9	
	雷管	ヶ/千t	16.2	12.1	61.7	
掘 進	火薬	g/t	1,173	1,129	989	掘進量(千m) 84 39 85 33 86 20 * 研比重 2.70
	坑木類	m/千t	2.90	0.85	1.38	
	ビット	Kg/千t	14.7	10.6	7.9	
	ロッド	Kg/千t	84.8	85.9	68.5	
	雷管	ヶ/t	0.86	0.61	0.67	
電力	kwh/t	37.4	23.5	47.5	採掘電力	
(総起砕量)	(千t)	(510)	(805)	(405)		



## 4. 坑内火災

### 4-1. 火災発生原因と状況

#### (1) 火災の発生原因

1972年、上部細脈鉱体南部の101Nブロックの採掘にサブレベルケーシング法の適用をはかり、採掘を開始した。1975年、101Nブロックの出鉱量は20万t（採鉱量30万t、未回収鉱量10万t）に達し、採掘稼行範囲は5,000m<sup>2</sup>と広範囲に及んだ。

このため、採掘範囲の天盤部が7.25m準まで抜上がり、1976年々初には地表部に貫通した。これに伴って、鉱体上方部に厚さ50～70mにわたって分布している炭質頁岩（炭分6%、硫黄分4%）が崩落・堆積し、頁岩中の炭分と硫化鉱物（特に黄鉄鉱）中の硫黄分が酸化・蓄熱を起こし、燃えはじめた。

#### (2) 火災発生状況

火災は、先ずNo.0レベルの8号～10号探鉱線間（025～029坑道付近）で発生し、逐次火災範囲が広がっていった。地表部貫通直後は噴煙の発生量は少なかったが、時間の経過とともに発生ガス量が多くなり、ガス濃度も濃くなってきた。

火災発生個所に近いNo.0レベルおよびNo.1レベルの一部の区域では発破孔の孔温が100℃前後に上昇（最高196℃）し、亜硫酸ガスが作業場にも流れ込んできたため、採鉱・出鉱作業が進められなくなった。

また、地表と貫通した7.10m準の坑道は有害ガスが充満し、坑内温度は41℃に上昇した。地表では亜硫酸ガス等の有害ガスが生産現場や居住生活区に流れ込み、環境を汚染した。

火災の発生ガスには炭酸ガス（CO<sub>2</sub>）のほか多量の亜硫酸ガス（SO<sub>2</sub>）や一酸化炭素ガス（CO）、硫化水素ガス（H<sub>2</sub>S）等の有害ガスが含まれている。

火災発生時の主なガスの測定濃度は次のとおりである。

○亜硫酸ガス濃度（ガス濃度単位：ppm）

地表陥没域（157）、4号孔（84）、坑内2～5中段（70）、  
025坑道（77）

○一酸化炭素、炭酸ガス濃度

坑内2～5中段：一酸化炭素（10ppm）、炭酸ガス（0.6～1.0%）

#### (3) 火災範囲の拡大

1975年の101Nブロック地表部貫通以降もサブレベルケーシング法による採掘の進展に伴い地表の陥没は進み、火災域も広がっていった。

地表陥没域の陥没時期と陥没面積および噴煙状況は次のとおりである。

第1-17表 地表陥没域の陥没時期と陥没面積および噴煙状況

陥没域番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
陥没時期	1969	1979	1976	1979	1981	1985.3 1986.3	1985.4	1985.6	1985.6	1985.6	1986.4	1986.8
陥没面積 (m <sup>2</sup> )	1,350	11,000	1,350	1,750	1,050	3,000	400	300	200	600	150	1,260
陥没域 噴煙状況	未噴煙	有噴煙 1979	有噴煙 1976	未噴煙	未噴煙	有噴煙 1986	有噴煙 1985	有噴煙 1985	未噴煙	有噴煙 1985	有噴煙 1986	有噴煙 1986

## 4-2. 火災対策と効果

### (1) 火災対策

火災対策として鉱山は次の対策を実施してきた。

- ① 地表部からの大量注水 (鎮火対策)
- ② 火災域の空気遮断のための坑道密閉 ( " )
- ③ 陥没火災域の覆土密閉 ( " )
- ④ 通気系統の整備, 高圧大容量扇風機による吹込式強制通気の採用  
(発生ガスの切羽への流下防止対策)

### (2) 火災対策の実施経過とその効果

鎮火対策として主に鉱山が実施してきた大量注水工事の経過および効果は次のとおりである。

- ・ 1976年 101Nブロック地表貫通により火災発生, 地表から煙霧噴出。
- ・ 1978年 地表からの注水により火災噴煙消失。(注水量: 15千 $l$ )
- ・ 1979年 再び煙霧発生し, 坑内岩盤温度上昇。
- ・ 1981年6月 再度地表部から注水により岩盤温度低下し, 煙霧減少。  
~1982年12月 (注水量: 420千 $l$ , 含石灰水・食塩水)
- ・ 1984年4月 再度火災煙霧発生し, 地表に大量噴出。
- ・ 1984年 地表部から注水するも火災範囲拡大。  
~1986年12月 (注水量: 400千 $l$ , 含石灰水・食塩水)

また, 陥没域への注水および覆土密閉の効果は以下のとおりである。

第I-18表 鎮火対策(注水および覆土密閉)とその効果

陥没域番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
陥没域 噴煙状況	未噴煙	有噴煙 1979	有噴煙 1976	未噴煙	未噴煙	有噴煙 1986	有噴煙 1985	有噴煙 1985	未噴煙	有噴煙 1985	有噴煙 1986	有噴煙 1986
鎮火措置法	—	注水 71密閉	注水 水力覆土	—	—	注水 免破覆土(2)	注水 免破覆土(1)	覆土	—	—	注水 水力覆土	注水 水力覆土
鎮火効果		1983年 煙消失	煙消失			煙消失	煙消失 有蒸気	煙消失		煙極少		1986年 煙消失



#### 4-3. 火災の現状

火災発生以来、地表からの注水・坑道密閉および陥没火災域の覆土密閉等の鎮火対策の実施により、火勢は一時的に弱まったことはあったが、採掘の進展とともに1984年以降、火災範囲は拡大してきており、現在も多量の鉱石や鉱体上部にある炭質頁岩が燃えている。

##### (1) 現状の火災範囲

現在、地表での火災範囲は4#～12#の陥没区域間で総面積約2万㎡に及んでいる。レベル的には地表よりNo.0レベルもしくはNo.1レベル付近までの範囲が燃えている。

各採掘レベルにおける火災による高温域（孔温が50℃以上の区域）をまとめると次のとおりである。

第1-19表 火災による高温域と火焼鉱（灰）影響範囲

レベル名	高温域範囲 (面積)	火焼鉱(灰)影響範囲 (面積)
No.0レベル	下盤・025～029坑道 (520㎡)	下盤・024～029坑道 (700㎡)
No.1レベル	上盤・122～131坑道 (3,890㎡)	上盤・120～132坑道 (4,000㎡)
No.2レベル	上盤・226～235坑道 (1,840㎡)	上下盤219～237坑道 (7,000㎡)
No.3レベル	上盤・326～335坑道 (3,150㎡)	上下盤316～342坑道 (13,000㎡)

##### (2) 地表部温度とガス濃度

現在、地表陥没部6#・7#および46#立坑付近での岩盤（表土）温度は300℃以上となっている。現地調査時に測定した排気立坑、6#立坑および地表旧坑（4号探鉱線南側）からの噴出ガス濃度は次のとおりである。

第1-20表 地表部噴出ガス濃度の測定結果

(ガス濃度単位：ppm)

測定箇所	亜硫酸ガス (SO <sub>2</sub> )	一酸化炭素 (CO)	硫化水素 (H <sub>2</sub> S)	炭酸ガス (CO <sub>2</sub> )	窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> )	アルシンガス (As <sub>2</sub> H <sub>3</sub> )
排気立坑口	500 > スケールアウト	520	—	1.1%	—	—
6#立坑排気口	110	50	—	*	—	—
地表旧坑 (4号探鉱線南側)	40	60	*	*	*	*

\* 未測定。また、濃厚なガスが噴出している46#立坑は、周辺通路が危険なためガス測定できなかった。

### (3) 坑内状況

#### a) 坑内温度

坑内の岩盤および坑道・作業切羽の温度は鉱石等の燃焼により上昇しており、現在、高温箇所の岩盤温度は65℃、坑道・作業切羽箇所の温度は33℃となっている。

また、とくに作業切羽での温度が高いのは高温の火焼鉱（灰）の流下が原因となっている。

現地調査時、通気網調査のために進入したNo.2レベル（既採掘済）には60℃以上の高温部があったが、現在稼行中のNo.3レベルでは25～30℃程度でとくに高温である箇所はなかった。

銅坑鉱山では、熱電対式またはガラス棒状温度計を高温孔にセットして発破孔の温度測定を定期的に行っている。

温度測定頻度は次のとおりである。

- ・1981年上半期 測定1回
- ・1981年6月～ 大量注水後3ヶ月間1回/週測定、以後半月に1回測定
- ・1983年～ 1月に1回測定

\* 1982年にはNo.0レベルで発破孔の温度が高いため装填火薬の自爆事故があった。

現在、8号～12号探鉱線間の火薬装填作業前にはガラス棒状温度計で発破孔の孔温測定を実施している。

#### b) 坑内各レベルの有害ガス状況

- ・No.0, 1レベル坑道： とくに高温範囲の坑道は亜硫酸ガス等の有害ガスが岩盤より直接発生しており、人の進入は不可能である。
- ・No.2レベル坑道： 上下盤の坑道（未密閉の鉱石立坑、研立坑およびトラックレス坑道を含む）には亜硫酸ガス等の有害ガスが上部より流下している。

現地調査時点のガス濃度測定結果は次のとおりである。

##### ○3#立坑（12号探鉱線上北側）

亜硫酸ガス（SO<sub>2</sub>）： 300ppm以上（スケールアウト）

一酸化炭素（CO）： 1,050ppm

##### ○11#立坑（10号探鉱線上南側）

亜硫酸ガス（SO<sub>2</sub>）： 300ppm以上（スケールアウト）

一酸化炭素（CO）： 500ppm

- ・No.3レベル坑道： 8#立坑，4#，11#，12#，5#，13#，6#の  
鉾石立坑・研立坑およびNo.1，No.2エレベーター立坑は上部  
レベルより亜硫酸ガス等の有害ガスが流下してくる。

こうした有害ガスの流下に対処するため，鉾山では地表部からの大量注水や坑道密閉（空気遮断と通気系統整備）を行うとともに局部扇風機の設置により有害ガスの切羽への侵入を防いでいる。

#### (4) 地表への影響

火災により発生する有害ガスは草木類に甚大な悪影響を与えている。火災区域近辺では野菜類に黄斑点ができ，枯れ死にいたるものもある。付近の生産区・生活区の人々は朝夕を問わず臭味のある有害ガスに悩まされており，せきがでたり，眼や喉に刺すような痛みをおぼえている。

雨季には地表陥没部が揉め上りやすく，揉め上った後で特に火災ガス煙の噴出が激しくなる。

## 5. 管理体制

銅坑鉱山の総人員は3,000人で、そのうち採鉱課『坑口』には1,400人がいる。  
 鉱山の組織は、鉱部（本部）～車間（課）～工区（係）の3段階となっている。

銅坑鉱山の管理体制は次のとおりである。

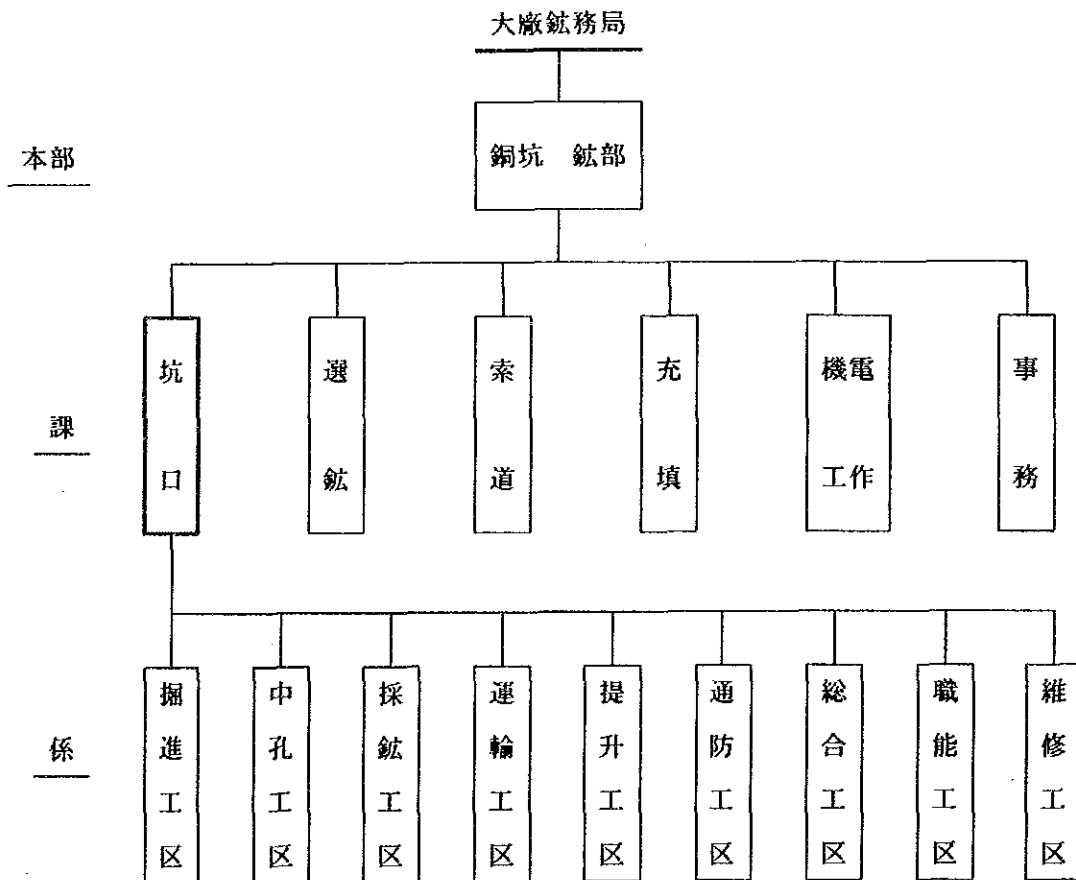
操業の管理は生産担当の副鉱長が生産管理本部－採鉱課生産管理室のラインで行っており、  
 採鉱課生産管理室は主任1人と室員2人／方で構成されている。

技術・設計管理は鉱山の主任技師が担当し、本部技術室－採鉱課技術係で行っている。  
 また、長孔の採鉱計画および10t以下の発破計画は採鉱課技術係が担当している。

機電関係の管理は機電担当の副鉱長・副主任技師が担当し、機電工作本部－採鉱課機電  
 工作係で行っており、ここでは鉱山全体の機械類の日常修理・点検および加工・製作も担当  
 している。

このほか、補助管理部門として経営管理・福利厚生（含産婦人科・幼稚園）および労働  
 人事管理組織があり、それぞれ担当の副鉱長が管理している。

以下に鉱山の管理体制を示す。



第1-7図 大廠銅坑鉱山の管理体制



II. 大廠銅坑鉍山採鉍部門の問題点  
(細脈帯型鉍体)



## Ⅱ. 大廠銅坑鉍山採鉍部門の問題点 ( 細脈帯型鉍体 )

### 1. 現地調査

#### 1-1. 中国側より提示された問題点 ( 事前調査時 )

大廠銅坑鉍山では上部細脈帯型鉍体 ( 細脈鉍体 ) にサブレベルケーシング法の適用をはかり、1972年より採掘を開始した。

1976年、坑内採掘空洞が崩落を起こし、地表部まで貫通した。このとき、鉍体上部にある炭質頁岩が自然発火を起こし、坑内火災が発生した。

鎮火対策として、坑道密閉による空気遮断の他、地表からの大量注水等を行ってきたが、火勢は衰えることはあっても完全に鎮火せず燃え続け、今日に至っている。

最近では火災範囲は拡がる一方であり、その影響は坑内生産だけでなく、地表の立木や住民にも悪影響を及ぼしている。

さらに、企業体質等にも問題があり、生産計画4,000t/日 ( 粗鉍生産量 ) に対し、実際には1,900t/日しか生産されていないのが現状である。

具体的な問題点は以下のとおりである。

#### (1) 火災による操業への影響

- a) 火災によって炭質頁岩および鉍石が燃えており、その焼鉍 ( 石 ) 灰が抽出鉍石中に早期に混入して、研混入率の増大・鉍石回収率の低下を招いている。
- b) 火災による坑内温度の上昇、燃焼ガス (  $\text{SO}_2$  ,  $\text{CO}$  ,  $\text{CO}_2$  ,  $\text{H}_2\text{S}$  ) の切羽への流入、焼鉍 ( 石 ) 灰による粉じんの発生等作業環境が悪化し、生産能率が低下している。

#### (2) 火災による地表への影響

地表陥没跡・地表部亀裂および排気立坑等により排出される噴煙中に高濃度の有害ガス ( 主として  $\text{SO}_2$  ガス・ $\text{CO}$  ガス ) が含まれており、火災区域近辺の住民および農作物に悪影響を及ぼしている。

#### (3) その他の問題点

鉍山の管理体制が遅れており、労働生産性が低く、生産コストが高い。このため、経済効率が低い。



1-2. 現地調査の実施

現地調査は中国側より提示された問題点の状況調査と情報収集に主眼点をおき、昭和62年3月2日～3月31日（30日間）にわたって実施した。

(1) 調査者

日本側調査団

太田光弘	総括兼採鉍担当
福元勝治	地質 "
西尾政義	採鉍 "

中国側メンバー

李任寅	大廠鉍務局	副総工程師
趙安華	"	主任工程師
張堪定	長沙鉍山研究院	採鉍工程師
劉林芝	長沙有色設計研究院	"
游象賢	大廠鉍務局	"
李昌玊	"	"
騰紹珠	"	地質工程師

(通訳)

李玉姬	長沙鉍山研究院
黄升培	貴州鋁廠

注) なお、現地での調査報告会には、以下の銅坑鉍採鉍改造研究委員会（実施細則で決めた「採鉍改善検討グループ」）のメンバーも参加した。

黄杰初	大廠銅坑鉍長	肖桂武	坑口付鉍長
王慶階	" 付鉍長	許自淇	
劉義恩		吳春華	基本建設課長
梁宗荃	副主任工程師		
周世康			
江学寬	労働組織課長		
周明強	經濟師		
廖繼松	通気課長		
鄧応輿			

(2) 現地調査項目

現地調査は下記の項目により行った。

a) 坑内火災

- ①火災の現状調査（地表噴煙調査）
- ②坑内通気網と有害ガス発生状況調査
- ③燃焼物（炭質頁岩）の賦存状況調査

b) 出鉱不調

- ④坑内火災による操業への影響
- ⑤開坑（抽出坑道計画と現状）
- ⑥採鉱（穿孔および発破計画と現状）
- ⑦切羽運搬（移動切羽現況と出鉱品位および抽出量管理状況）
- ⑧運搬系統（鉱石運搬および研運搬）
- ⑨圧気・給水系統
- ⑩通気・排水系統
- ⑪その他

c) 地質

- ⑫地表および坑内地質状況調査
- ⑬対象鉱画評価（鉱量計算基準等）
- ⑭鉱石および岩石のサンプリング（日本国内試験用）
- ⑮その他


※ 調査結果については、「I. 大廠銅坑鉱山細脈帯型鉱体概要」に記述済みである。

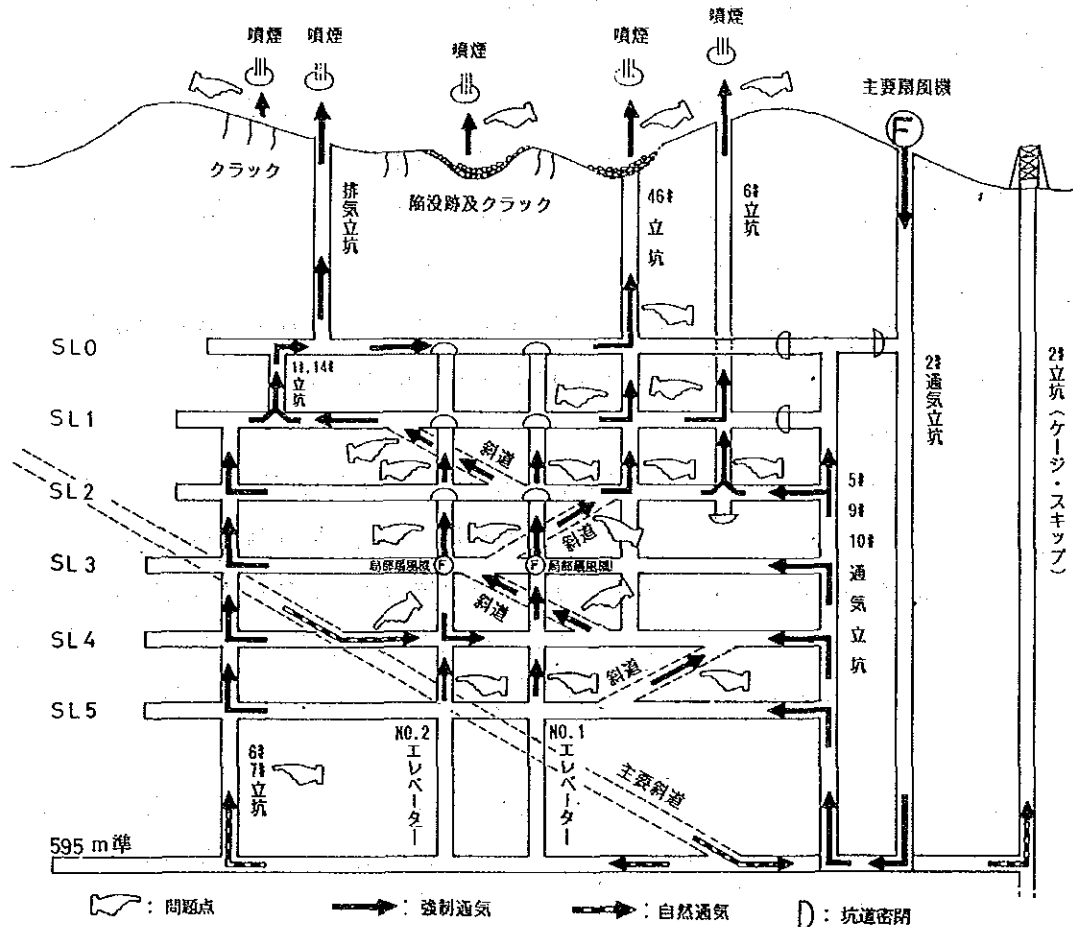


## 2. 現地調査で明らかとなった問題点

### 2-1. 坑内火災について

#### (1) 通気網における問題点

地表の噴煙・坑内通気網（各レベルにおける通気の流れ）および有害ガスの発生状況と問題点（印で指摘）の詳細については添付図第6図「大廠銅坑鉦山通気網調査図」に示すとおりであるが、簡単に模式図で表わすと以下のとおりである。



第Ⅱ-1図 大廠銅坑鉦山細脈帯型鉦体通気系統模式図と問題点

通気網調査で判明した主な問題点は次のとおりである。

- ① 各所の密閉が不十分であり、2#通気立坑より強制吹込みされた通気はNo.2レベル以上の旧採掘跡を通り、ガスを伴って、排気立坑・46#立坑・6#立坑・地表陥没跡および陥没に伴う岩盤亀裂から噴煙となって地表に排出されている。

また、地表部に貫通していると思われる旧立坑付近や地表部の旧探査坑付近からの

噴煙も強い。

すなわち、強制吹込式通気が「うちわ」、排気立坑等の噴煙個所が「煙突」の役目を果たし、坑内火災の火勢を煽る結果となっている。

- ② とくに、No.3レベル～No.2レベル～No.1レベルを連絡しているトラックレス斜道の通気量が多く、No.2レベル以上の斜道通気は濃いガスを伴って排気立坑へ導かれ、排気立坑より排出されている。
- ③ No.1エレベーター・No.2エレベーターは、機械設備がNo.0レベルに放置されたままになっているが、火災鎮火後に再利用を計画しているためNo.3レベル～595m準間は開放されている。  
また、No.1レベルおよびNo.2レベルではエレベーター立坑の連絡口は密閉されているとのことであったが、通気がある以上密閉不十分と考えられる。
- ④ 2#通気立坑に設置してある主要扇風機が停止すると有害ガスが9#立坑・No.2エレベーター立坑・3#立坑等を通して流下してくる。
- ⑤ No.3レベルのNo.1エレベーター立坑口に設置してある局部扇風機が停止するとガスが流下してくる。(局部扇風機の停止後17分でガスが流下し、SO<sub>2</sub>ガス濃度は30ppmであった)
- ⑥ No.3レベルにおいて、4#研立坑および11#鉍石立坑には常に有害ガスが流下してきている。このガスの流下を抑えるため局部扇風機で強制吹込みを行っているが、十分にガスの流下を抑えきれていない。(立坑前通路SO<sub>2</sub>ガス濃度5～10ppm)
- ⑦ No.4レベルでは旧掘場(長坡鉍山)へ流れる通気量が大である。この通気(漏風)が火災にどのように影響しているか不明であるが、銅坑鉍山の計画通気網を乱している。
- ⑧ 冬期間は主要斜道よりの自然通気がNo.4レベルで入気となり、強制通気網を助長する形となるが、夏期間には逆にNo.4レベルの切羽を洗った通気が主要斜道へ排気され、計画通気網を乱している。
- ⑨ 排気立坑である7#立坑(595m準～No.1レベル間)の排気量が小さい。No.1レベルで坑道破壊等による通気抵抗の増大が心配される。

## (2) 炭質頁岩(燃焼物質)鉍体範囲内出現の問題点

銅坑鉍山の坑内火災の発火メカニズムは次のように考えられる。

崩落採鉍法の採用→地表部炭質頁岩の崩落堆積→酸化蓄熱→自然発火  
また、炭質頁岩は硫化鉍(黄鉄鉍等)も含んでおり、硫化鉍の酸化熱も自然発火を助長したものと考えられる。

添付図第1図～2図「大廠銅坑鉍山地質平・断面図」に示すように、こうした炭質頁

岩は、No. 4 レベル以下の坑内にもNo. 4 ～No. 5 レベル間の鉱体範囲北部に分布しており、採掘方法によっては新たな坑内火災発生の可能性も考えられる。

一方、No. 5 レベル以下の鉱体範囲は炭質頁岩の層準から外れており、炭質頁岩が出現する可能性は少ないが、泥灰岩中にも炭質頁岩が挟在するので留意する必要がある。

## 2-2. 出鉱不調について

### (1) 坑内火災による操業への影響

- ① 電力不足により2#通気立坑主要扇風機が3日間停止したが、この間、稼動切羽（No.3レベル・No.4レベル・No.5レベルおよび595m準）にガスが流下してきて作業が全面ストップした。
- ② 2#通気立坑主要扇風機が運転していても、切羽の通気が不十分な個所では亜硫酸ガス濃度が5～10ppm程度ある。（No.3レベルにおける4#研立坑および11#鉱石立坑付近）
- ③ ロードホールダンプで鉱石抽出作業（切羽運搬）中、導入口に鉱石と一緒にガスが流下することがある。（作業の一時中止）
- ④ 粉体となった焼鉱（石）灰が抽出早期に流下し、可採率の低下と研混入の増大を招いている。
- ⑤ 高温範囲（8号～12号探鉱線）の抽出坑道では焼鉱灰が流下して、作業場温度が上昇する。（中国側の説明によると作業場温度は33℃程度まで上昇する）

### (2) 開坑

#### a) 抽出坑道の基本設計と現状

サブレベルケービング法においては研混入率と鉱石回収率が問題となる。研混入率を最小にして回収率を最大にするため、一般的には、模型実験または実規模実験等により破碎された鉱石および研の流動特性を把握して、抽出坑道間隔・レベル間隔およびその他の諸元の設計を行っている。

大廠銅坑鉱山における基本設計では、抽出坑道間隔は10m、レベル間隔は12～13mで、上下レベルの抽出坑道はいわゆる「品」字形の千鳥方式となっている。起砕鉱石および研の流動特性は不明であるが、各諸元とも一般的に行われている諸元の範囲内であり、問題はないと考えられる。

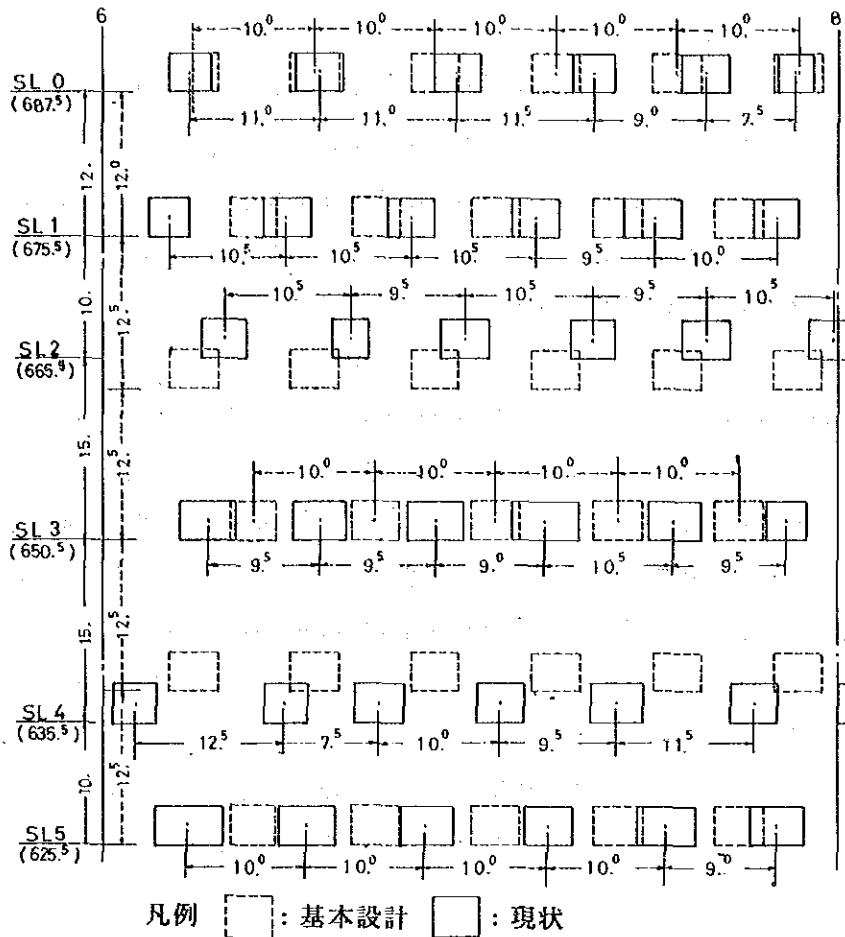
しかし、実際の抽出坑道の配置は、第Ⅱ-2図に示すように設計どおりの規則的配列にはなっていない。（実績は南（S）側、6号～8号探鉱線間の抽出坑道配置）

第Ⅱ-3図および第Ⅱ-4図を同一条件で比較してみると、実際に抽出される流動楕円体（抽出角度73°と仮定）内の研混入および鉱石回収範囲に大きな差があることがわかる。（SL4-SL5間の未回収鉱石は回収可能）

この場合、鉱石回収範囲を大きくするために抽出量を増せば（流動楕円体大）研混入が増大する。

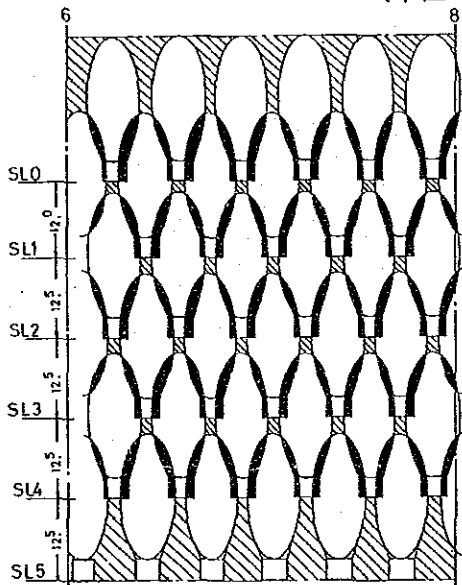
また、流下研が焼鉱灰のような粉体の場合には研混入増大・回収率低下の傾向がより顕著となる。

(単位：m)



第Ⅱ-2図 大廠銅坑鉱山における抽出坑道配置（基本設計と現状）

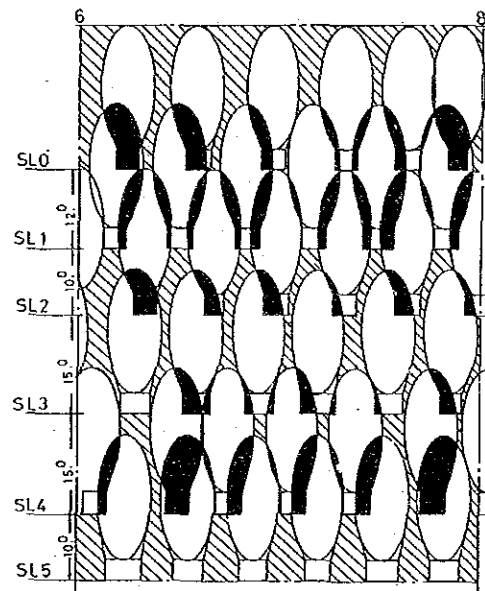
(単位：m)



凡例 ■：研混入 ☒：未回収鉱石

第Ⅱ-3図 基本設計における  
研混入と鉱石回収範囲

(単位：m)



第Ⅱ-4図 実際の抽出坑道配置における  
研混入と鉱石回収範囲



b) 切羽運搬坑道の設計

運搬坑道は各レベルとも鉱体に近く（一部は鉱体の中）計画されている。従って、採鉱発破の影響を受け易く、坑道天盤が高落ちする等岩盤の損傷が著しく、不安全的な状態となっている。このため採掘順序に柔軟性がなくなっているとともに、鉱体中の運搬坑道付近は保護ピラーとして採掘不能鉱量（設計損失鉱量）となっており、鉱石回収率（可採率）の低下につながっている。

(3) 採 鉱

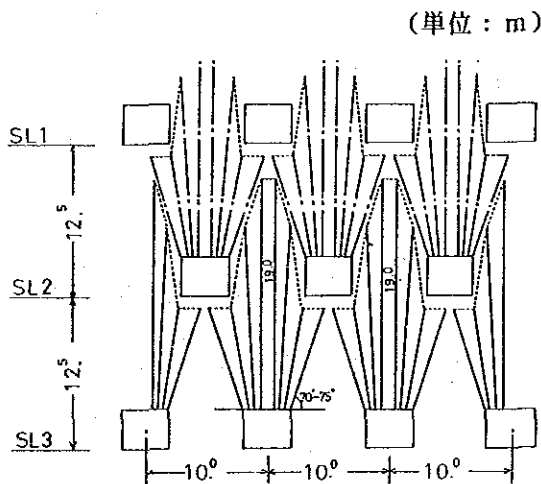
現地調査の結果、添付図第5図「稼動中抽出坑道の導入口位置とその状況調査」に示すように、多くの導入口で発破後、空洞となっていることが判明した。

発破が不首尾に終わっていることについては、穿孔配置・発破自由面・最小抵抗線・装薬状況および発破孔の質（傾斜・方向等）などに問題があると考えられる。

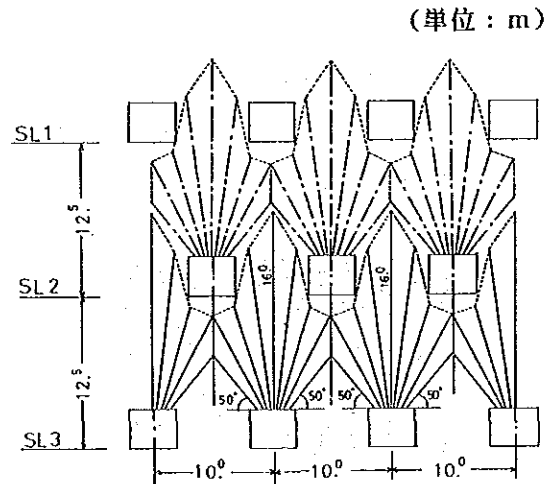
発破後空洞となった場合、現状では残留孔に再度装薬発破して揉ましているが、それでも揉めてこない場合はそのまま後退している。これは可採率の低下につながっている。

a) 穿孔配置

サブレベルケーシング法を採用している一般的な外国の鉱山および大廠銅坑鉱山における標準穿孔配置図を第II-5図および第II-6図に示す。



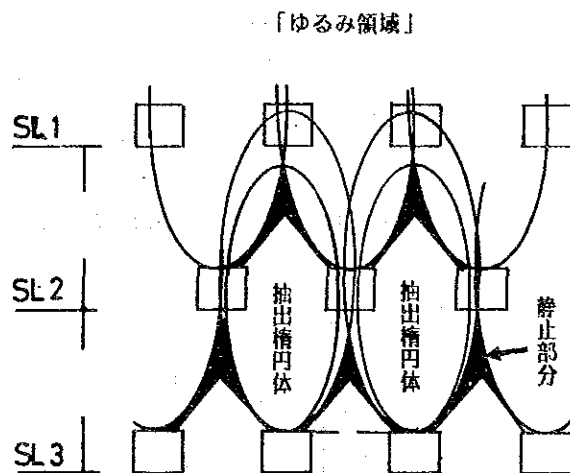
第II-5図 一般的な外国鉱山における標準穿孔配置



第II-6図 大廠銅坑鉱山における標準穿孔配置

第Ⅱ-5図および第Ⅱ-6図を比較すると基本的には大差はないが、大廠銅坑鉦山で使用している穿孔機械の最大穿孔能力が15～16m程度と制約があり、これをカバーするために側壁側に50°の穿孔を実施している。

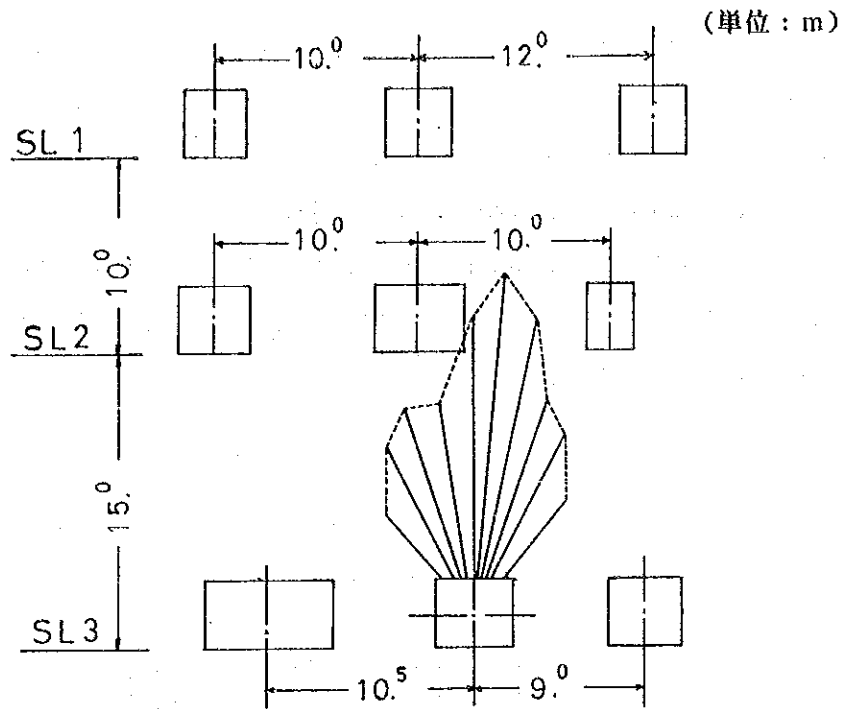
しかし、抽出楕円体は模型実験等で判明しているように70～75°以上のコーン形状となるのが通常である。従って、第Ⅱ-7図に示すように「ゆるみ領域」の範囲外は静止部分となるため、発破自由面が不十分となる。このため、50°の穿孔は発破効果に疑問が残る。



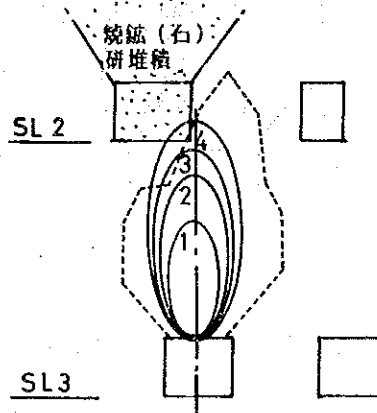
第Ⅱ-7図 抽出楕円体ゆるみ領域および静止部分

343S抽出坑道での実際の穿孔状況を次頁の第Ⅱ-8図に示すが、前述したように、抽出坑道が規則的に配列されていないため、無理な穿孔配置となっている。

また、発破が効果的に行われたとしても、6号～8号探鉦線間は焼鉦（石）灰の流下範囲であり、次頁の第Ⅱ-9図に示すように抽出の流動楕円体がSL2（No.2）レベルに到達した時点で焼鉦（石）研が流下し、それ以後の鉦石抽出は不可能となることが想定される。



第Ⅱ－8図 大廠銅坑鉱山における実際の穿孔配置例(343S)



第Ⅱ－9図 段階別抽出楕円体

b) 発破自由面

サブレベルケーピング法においては、起砕鉱石の抽出に伴い鉱床の上盤および上部の被覆岩盤が連続してケーブし、空間を形成しない。

鉱石抽出後は、抽出楕円体の周囲に形状が相似の「ゆるみ領域」が形成されるが、このルーズな研部が発破自由面となっている。従って、「空間」とは異って発破効果は悪く、ゆるみが不十分な場合には発破が不首尾に終ることが多い。

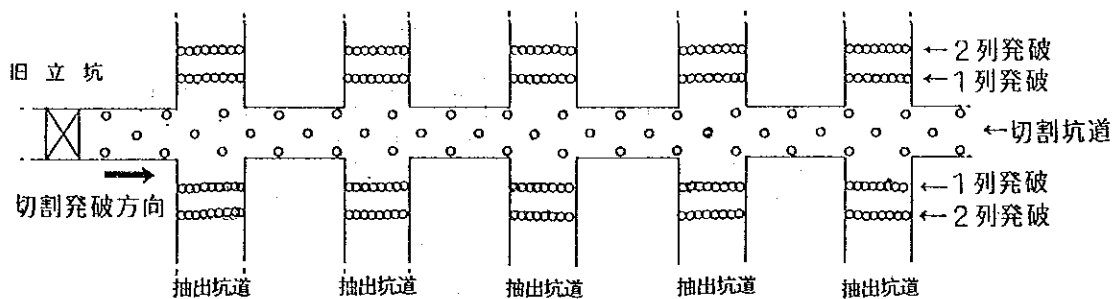
大廠銅坑鉱山の場合には、鉱体の低品位部分は発破起砕量の20～30%程度しか抽出しないが、これでは「ゆるみ領域」範囲が小さく、後の発破に十分な自由面が得

られない。

大廠銅坑鉍山では、通常、I号・II号鉍体間の研部または低品位部に3.0m×3.0mの切割坑道を開さくし、切上（スロット）を上がった後、長孔発破を行い、この面を発破自由面として抽出坑道の発破を実施しているが、切割坑道の長孔発破自由面は、旧立孔等を利用して行っており、孔数も少なく十分な発破効果が得られていないと考えられる。（現地調査時、最初の抽出段階での空洞箇所が散見された）

この切割坑道の発破が不首尾の場合は、その後の抽出坑道の発破自由面が不十分となり、発破不首尾に終わることになる。

第II-10図に切割坑道および抽出坑道の発破孔穿孔配置を示す。



第II-10図 切割坑道および抽出坑道穿孔配置

### c) 最小抵抗線と発破孔の質

最小抵抗線（発破孔列間隔）は、一般的には鉍石の質（発破効果の大小）・起砕粒度・孔径および火薬の性状と爆速などの条件によって決められる。

大廠銅坑鉍山の場合には、最小抵抗線は65mmφ孔径で1.6～1.8m、100mmφ孔径では2.4～2.5mで計画されているが、実際には65mmφ孔径で1.1～1.9m、100mmφ孔径で2.0～3.0mとバラツキが大きい。

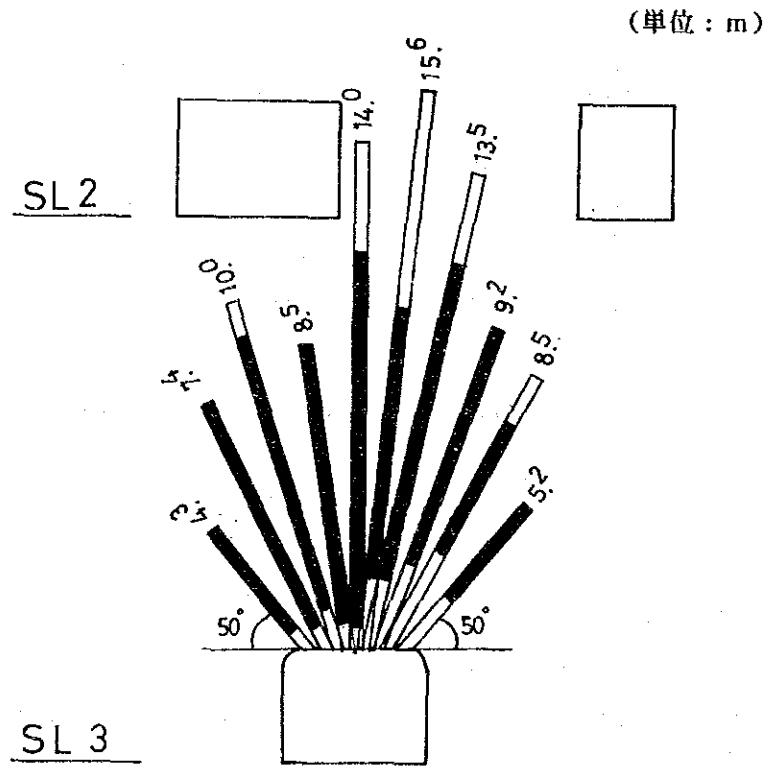
さらに、発破孔列が平行になっていた場合にも発破不首尾（発破後空洞）の問題があり、また、切羽運搬時に1m以上の塊鉍が多く発生し、高詰り等の問題を引き起していることなどから「最小抵抗線が大きすぎる」・「発破孔の質が悪い」等の問題があると推測される。

d) 装薬・発破

343S抽出坑道での発破孔の装薬状況を第Ⅱ-11図に示すが、孔荒れによる装薬不能孔があり、発破効果に問題が残る。(後日の調査では発破個所は空洞となっており、発破は不首尾であった)

また、口元装薬残孔長が0.5~0.7mと口元まで装薬過多の発破孔があったが、この場合には発破により導入口のアゴ部が高落ちし、鉍石抽出作業が困難となり、鉍石回収率が低下する。

さらに、発破効果を上げるためには装薬後、詰めもの(タンピング)を実施するのが通常であるが、調査時は詰めもの装填を実施しなかった。



第Ⅱ-11図 抽出坑道(343S)における火薬装薬状況

#### (4) 切羽運搬

##### a) 出鉱切羽の現状

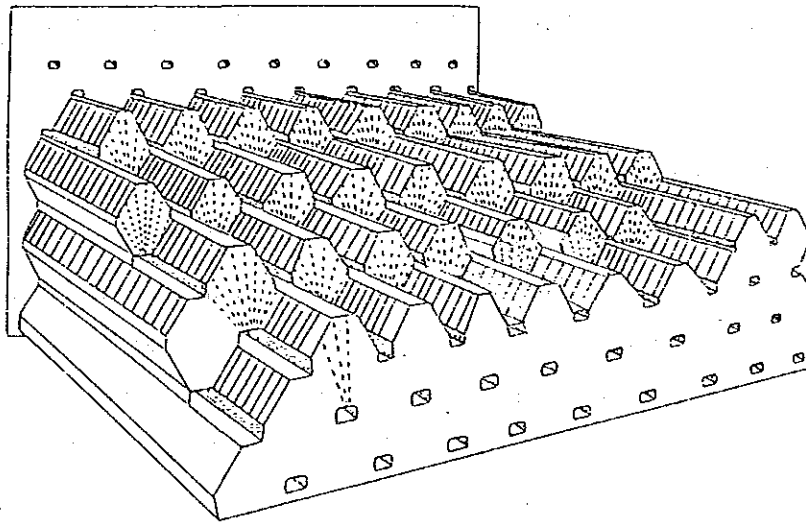
出鉱切羽の現状を添付図第5図「稼動中抽出坑道の導入口位置とその状況調査」に示すが、空洞処理待・大塊破碎待および不安全状態処理待（発破後の抽出坑道天盤高落ち等）の「処理待切羽」が多い。

導入口の位置は第Ⅱ-12図に示すように同じレベルにおいては同列の場合が通常である。広い範囲で均一に抽出すれば高詰り事故等が防げるだけでなく、研混入を少くし、可採率を上げることができるからである。

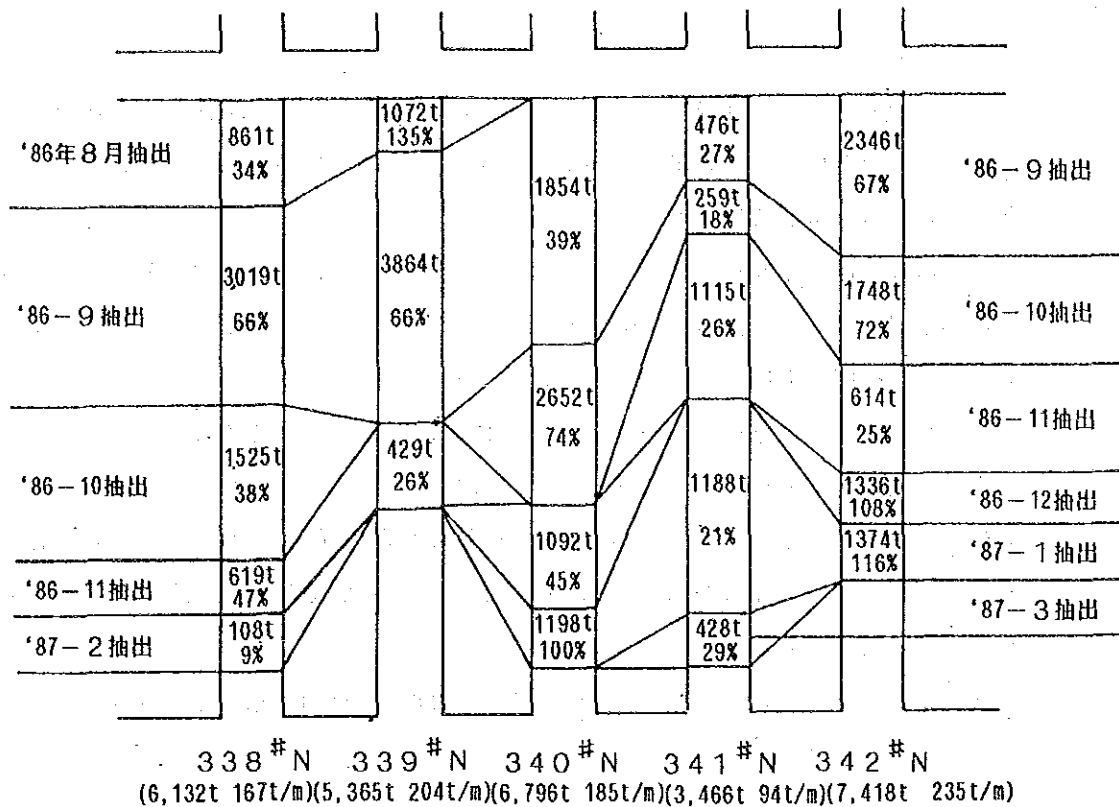
しかし、大廠銅坑鉱山における導入口の位置は隣接切羽とそろっていない。

また、大塊が導入口に詰った場合、そのまま詰った状態で揉めてくる所から抽出している形跡がある。この場合には抽出楕円体の形状が変り（小さくなる）可採率が低下する。このため、鉱石抽出（切羽運搬）時に大塊破碎作業を迅速に行うことが必要であるが、破碎用ジャンボ等の設備がない。

次頁第Ⅱ-13図に大廠銅坑鉱山の抽出坑道別鉱石抽出実績と抽出時期の一例を示す。



第Ⅱ-12図 サブレベルケービング抽出状況模式図



第II-13図 大廠銅坑鉍山における抽出坑道別鉍量・可採率および抽出時期実績

b) 抽出鉍量管理および研処理

サブレベルケーピング法の特徴は、起砕鉍石が未発破鉍石と接する面以外は側壁・上面ともケーブした研によって囲まれ、柱状に堆積していることである。

従って、鉍石抽出の初期段階では研混入なしで鉍石抽出が行われ、抽出が進み抽出楕円体が大きくなるにつれて側壁および上面の研を引き込む。このため、抽出鉍量の管理が重要となってくるが、一般的には、抽出鉍量とサンプリング品位を併用して抽出終了時点を決定している。

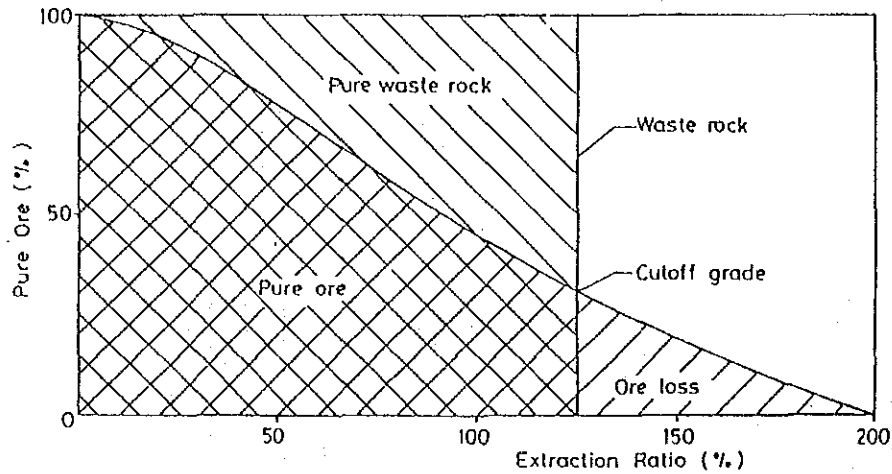
第II-14図に抽出量と研混入・可採率の関係を表わす抽出曲線（理論概念図）を示す。

大廠銅坑鉍山においては、抽出坑道開さく終了後、坑道サンプリングを行い、その分析結果によって高品位部・低品位部および研部に分けている。

この区分により、採掘鉍量に対し錫品位0.3%以上の高品位部は100%抽出、0.15~0.29%の低品位部は80%抽出、0.15%未満の研部は20~30%の抽出量と決めている。こうした抽出鉍量管理により、予定抽出量に達すれば鉍石

と思われる場合でも抽出を中止している。

また、抽出中に焼鉱（石）研の混入が多くなった場合には予定抽出量に達する前でも抽出を終了する。（可採率の低下）



第Ⅱ-14図 抽出曲線（理論概念図）

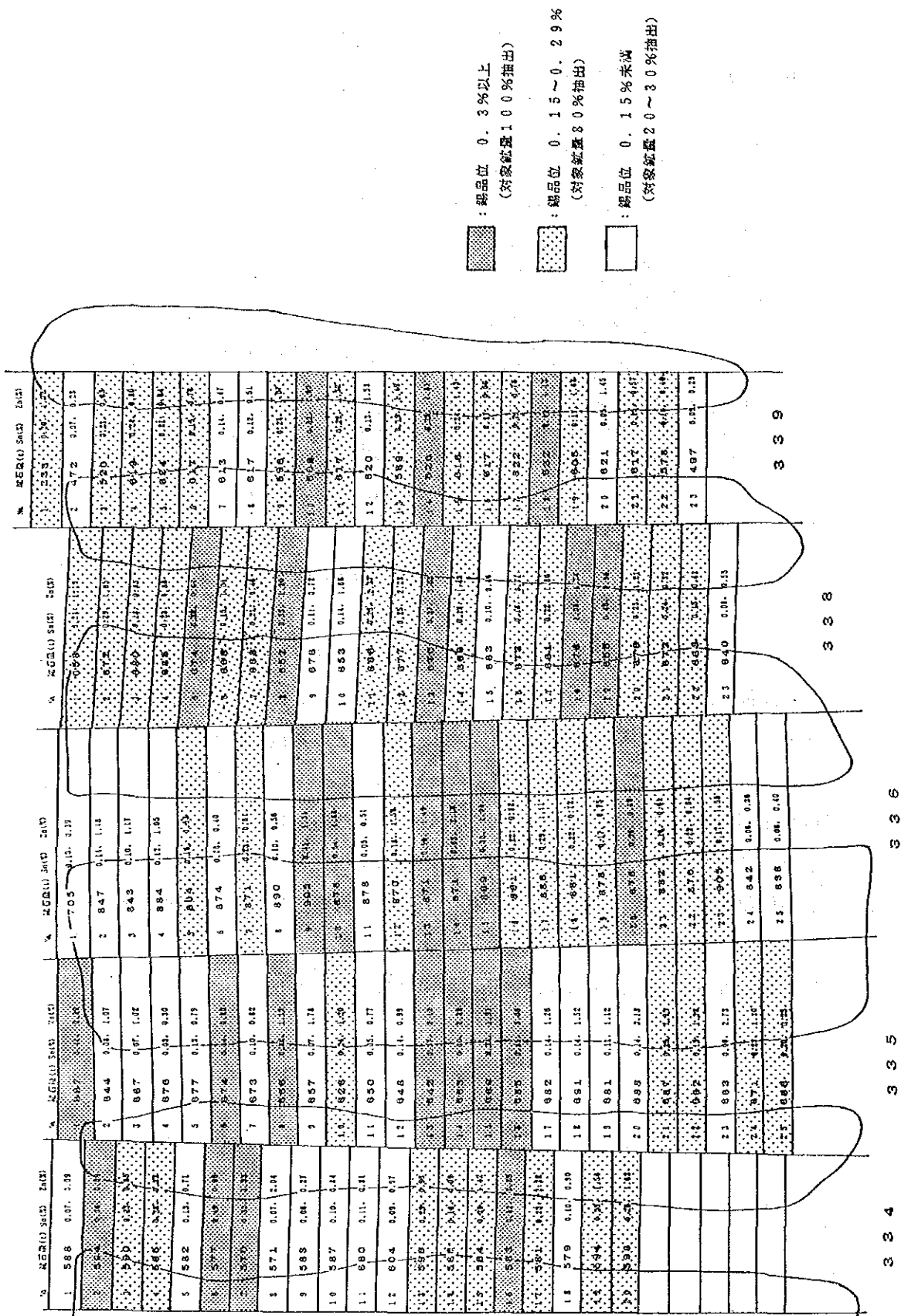
この「抽出鉱量管理」の問題点は、大廠銅坑鉱山の鉱量計算基準によって研処理すべき錫品位0.15%未満のものについて、研処理をしないで発破自由面確保のために20~30%程度の研量を「鉱石」として抽出している点である。

前述したように、抽出量が少ない場合には「ゆるみ領域」も小さくなり、十分な発破自由面の確保が期待できず、次回の発破効果に問題が残る。

また、サブレベルケーピング法を採用している鉱山においては、研処理を行いながら鉱石回収率の向上をはかるのが一般的であるが、大廠銅坑鉱山では研処理を行っていない。

次頁の第Ⅱ-15図に大廠銅坑鉱山の抽出鉱量管理図を示す。





第 15 図 大廠銅坑鉍山抽出鉍量管理図

(5) 運搬（鉱石および研運搬）

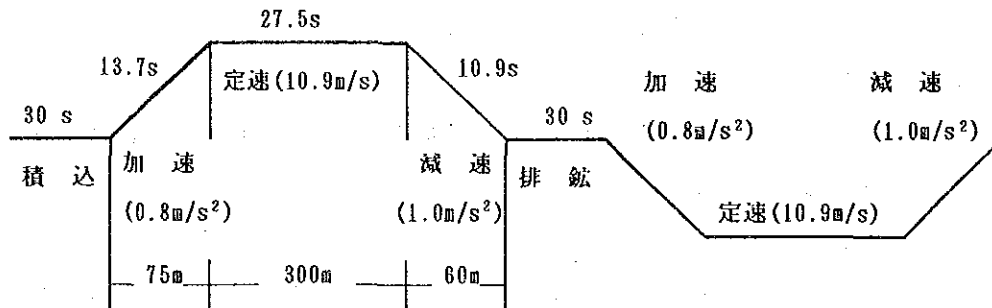
a) 鉱石運搬系統

鉱石運搬系統は概要に述べたとおりであり、現在のところ、出鉱量（運搬量）が少ないためとくに問題は発生していないが、坑内破碎機的能力およびスキップ積込設備能力（ベルトコンベアへの給鉱設備等）の問題が懸念される。

○スキップ巻上能力からの検討

・巻上対象鉱量	細脈鉱帯型鉱体	4, 0 0 0 t / 日
	層状 鉱 体	1, 3 0 0 "
	研 処 理 量	8 0 0 "
	計	6, 1 0 0 t / 日

・スキップ運転モード



・合計 1 サイクルタイム 1 6 4 秒

・1 日当スキップ稼働時間 1 4 時間 / 日

(1 の方: 7 H, 2 の方: 7 H, 3 の方: 機械保全)

$$(14 \text{ H} \times 60 \text{ 分} \times 60 \text{ 秒}) / 164 \text{ 秒} = 307 \text{ 回}$$

$$307 \text{ 回} \times 20 \text{ t} = 6,140 \text{ t / 日} > 6,100 \text{ t / 日}$$

スキップ巻上能力からの検討では十分に巻上処理できる計算となるが、現地調査時においては1 サイクルに5分（300 秒）程度かかっていた。これはメリックへの給鉱待時間が大きい（ベルトコンベアへの給鉱に問題がある）ためと考えられる。

b) 研運搬系統

研運搬系統は概要に述べたとおりであるが、研の場合、破碎設備がないためベルトコンベアへの給石設備口（漏斗口）での高詰り等のトラブルが考えられる。



## 2-3. 地質における問題点

### (1) 地質資料・データ

- ① 銅坑の採掘開始に先立ち、215地質探査隊が実施した探鉱ボーリングおよび探鉱坑道の資料が大廠鉱務局および銅坑地質課になく、採掘開始以後の探鉱・探鉱計画に活用されていない。

すなわち、大廠鉱務局の属する有色金属工業会社と地質探査隊との組織が異なり、交流も少ないことが探鉱・探鉱の支障になっている。

- ② 銅坑地質課が現有する地質関係図面としては、No.0レベル～No.5レベルの抽出坑道スケッチ（縮尺：1/100）・各レベル地質概要図（縮尺：1/1,000）・No.0レベル～No.4レベル品位分布図（縮尺：1/200）および各号地質断面図（縮尺：1/1,000）がある。

これらは採掘に最低限度必要なものに限られており、詳細地質図等はない。このため、長年の探鉱・探鉱の進展に応じて蓄積された地質データが次の探鉱・探鉱計画に活かされていない。

### (2) 探鉱法および開坑計画

- ③ 細脈鉱体の場合、採掘対象となる工業鉱体の形状は非常に不規則で、各レベルで著しく変化する。このため、坑道計画はできるだけ鉱体形状を確認した後に行うことが望ましい。

しかしながら、現在開坑中のNo.5レベルの場合にはNo.4レベルおよび595m準の鉱体範囲からNo.5レベルの鉱体範囲を推定し、これに沿って開坑計画を立案・実施している。このため、計画坑道ではカバーできず、後々採掘困難な鉱体が見つかる可能性がある。

- ④ No.5レベルの抽出坑道530N付近には錫品位1%以上の富鉱部が形成されている。この富鉱部の採掘に可採率が低く、研混入率の高いサブレベルケーシング法の適用は不適當であり、こうした高品位部も低品位部と同じ採掘法が適用されているのは問題である。

### (3) 抽出鉱量管理

- ⑤ No.5レベル以上の埋蔵鉱量計算は毎年1回行われているが、抽出坑道毎の可採粗鉱量が計算されていない。このため、適切な出鉱管理・品位管理が出来ていない。

- ⑥ 鉱石抽出完了時点の決定は、前述のように抽出鉱量の管理が主体であり、肉眼鑑定およびサンプリングによる判定は、ほとんど行われていない模様である。



### III. 大廠銅坑鋁山の近代化（改善）計画（案）

（細脈帯型鋁体）



### Ⅲ．大廠銅坑鉍山の近代化（改善）計画（案） （細脈帯型鉍体）

#### 1. 近代化（改善）計画の方針

現地調査結果における問題点と原因をまとめてみると次のとおりである。

- |          |                                                    |
|----------|----------------------------------------------------|
| ①坑内火災    | 崩落採鉍法の適用（炭質頁岩の崩落→蓄熱→発火）<br>通気系統不備                  |
| ②鉍石回収率低下 | 崩落採鉍法と焼鉍灰による研混入の増大・研処理系統の不備・<br>抽出坑道設計計画と実情とのギャップ等 |
| ③保安      | 火災による有害ガスの発生・流入と焼鉍灰による粉塵発生・<br>坑内温度の上昇             |
| ④出鉍不調    | 開坑・採鉍（穿孔および発破）・切羽運搬等                               |

問題点①～③の根本的な対策は坑内火災の完全鎮火と採鉍法の変更とによるが、これらは不可分である。

すなわち、現状のサブレベルケーシング法を継続しながら坑内火災を鎮火することは地表からの空気遮断が困難であり、たとえ、一時的に火勢が衰えたとしても再発する可能性が大きいので問題の解決にはならない。

また、採鉍法の変更については新しい採鉍法のための準備期間が必要となる。

しかし、一方では中央（国家計画委員会→中国有色金属工業総公司→南寧公司→大廠鉍山）から出鉍の要請があるため、改善のために操業を一時停止することができないという中国側の事情もあるため、下記のように2段階の改善策を実施する方針とする。

##### （1）当面の緊急改善策

現状のサブレベルケーシング法による出鉍をつづけながら、通気系統の改善（主として坑道密閉）を実施して火災の影響を減ずるとともに、開坑・採鉍および切羽運搬作業の改善を行い、出鉍体制を建て直す案を実施する一方、将来の採鉍法改善のための準備（基幹開坑・採鉍）を急ぐ。

##### （2）採鉍法の改善（近代化計画）

早期に採鉍法の切換えを行うため、全体の採掘計画に影響を与えない範囲で主要鉍体（Ⅰ号・Ⅱ号）の一部および周辺鉍体の早期開さく・出鉍を行い、4000t/日の出鉍体制が準備できたところでサブレベルケーシング法による採掘を中止する。（段階的な増産を目指す）





## 2. 当面の緊急改善策

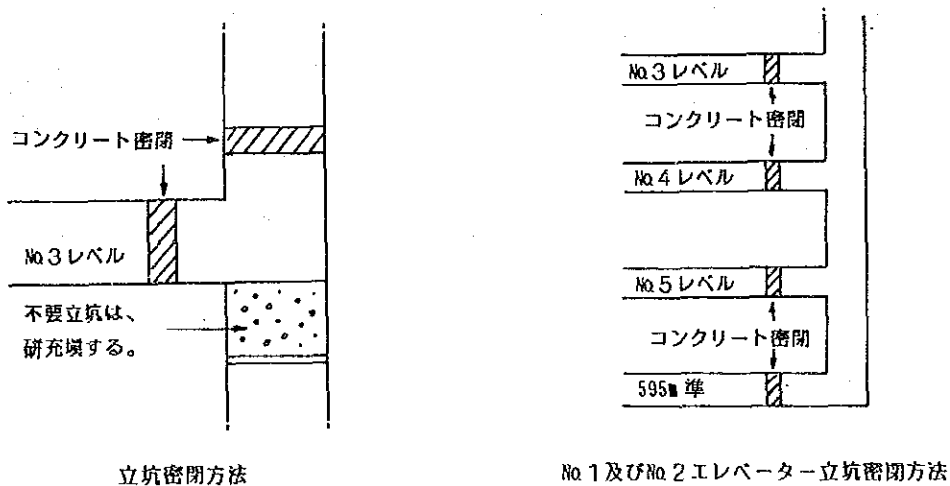
### 2-1 通気網の改善

坑内の坑道（立坑）密閉が不十分なため、有害ガスの流下による作業への悪影響だけでなく、坑内火災の火勢を煽る結果になっていることは問題点としてⅡ. 2-1 (1) 通気網における問題点①で述べたとおりである。

したがって、基本的には、現在の稼働レベルであるNo.3レベルで各所の完全密閉をし、火源へ向かう坑内からの通気を遮断し、坑内火災個所と現稼働レベルとを完全に分断することが肝要である。これにより坑内火災の作業に及ぼす影響は緩和されるし、火災の勢いは衰える。

具体的には、

- ① No.3レベル以上に通じている立坑の完全密閉を実施し、No.3レベル以上に通気がないようにする。（第Ⅲ-1図参照、コンクリート密閉2～3段方式が望ましい）
- ② No.1およびNo.2エレベーター立坑をNo.3レベル以下の各レベルで完全密閉する。
- ③ No.3レベル～No.2レベルの切羽連絡斜道を完全密閉する。（コンクリート密閉）
- ④ 旧掘場への漏風をなくすため連絡口を密閉する。（とくにNo.4レベル）
- ⑤ 主要トラックレス斜道～切羽進入通路に扉を設け、通気を遮断する。



第Ⅲ-1図 立坑密閉

### 2-2 開坑（抽出坑道設計）

- ① 現在、No.5レベルまでの抽出坑道開さくがほぼ終了している段階であり、修正の余地があまりないが、No.4レベルおよびNo.3レベルの抽出坑道配置を考えて修正できる個所は修正する。
- ② 発破自由面確保のために必要なスロット切上を各所に設計する。（スロット切上は極力、錫品位0.15%未満の研部を採掘しないように設計する）

### 2-3 採鉱（穿孔および発破）

① 最初の段階である切割坑道発破は、後の抽出坑道の発破効果を上げるためにも完全に行わなければならない。

従って、穿孔々数を増やすとともに最小抵抗線（列間隔）を1.2～1.5 m程度にする。（第Ⅲ-2図参照）

② 抽出坑道の最小抵抗線（孔列間隔）は1.6～1.8 mとなっているが、問題点で指摘したように大きすぎる。

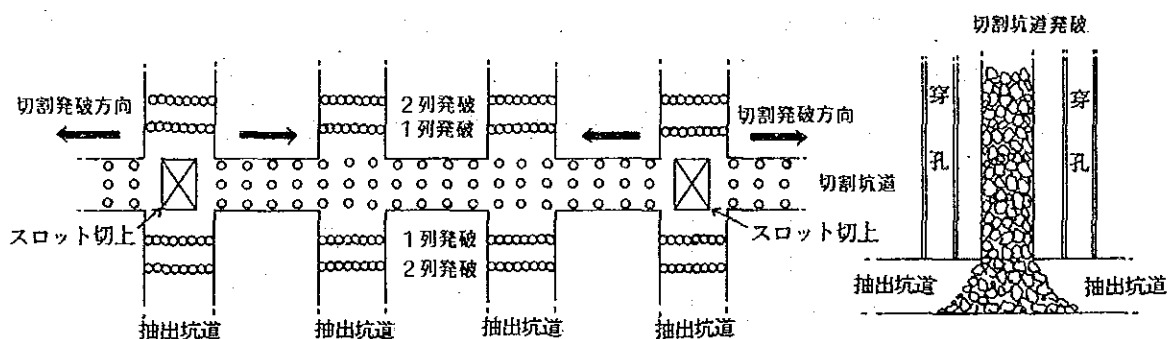
従って、現状の穿孔列の間に5本程度の補助孔を追加穿孔する。

③ 穿孔した孔への装薬は完全に行う。（事前の孔掃除の実施・適正装填ホースの選定）

④ 発破後の導入口の天盤高落ちを防ぐため、口元装薬は孔口残長が1.5～2.0 m程度とする。

⑤ 50°発破孔は抽出範囲から外れており、発破効果も悪いので中止する。

⑥ 発破孔の質を上げるため、機械をセットした段階で角度・方向等チェックする。



第Ⅲ-2図 切割坑道および抽出坑道穿孔図（平・断面図）

### 2-4 切羽運搬

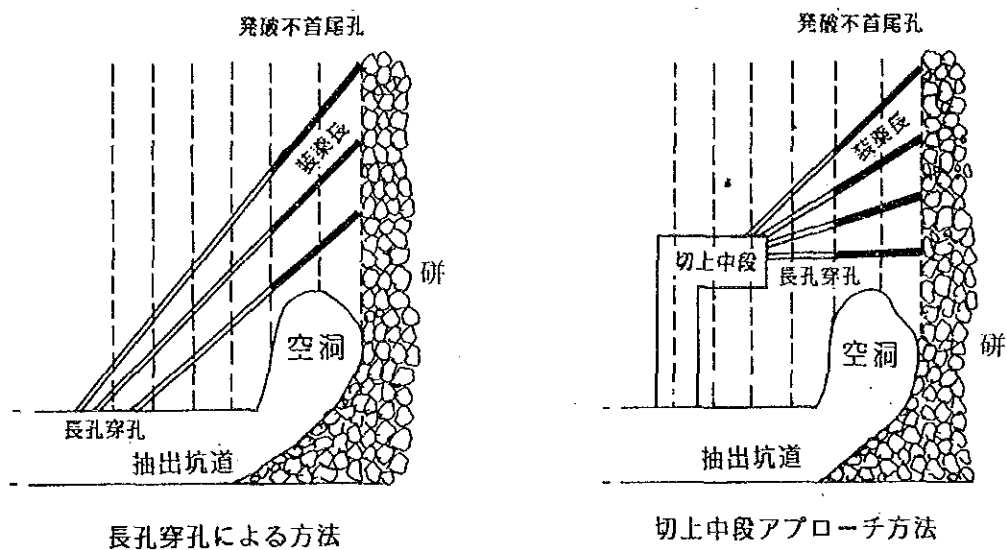
① 導入口の位置を隣接切羽とできるだけ揃えて均一出鉱を行う。

② 導入口に大塊が詰った場合、すぐ破碎して導入口全面より抽出する。（破碎ジャンボ設備の導入）

③ 研処理を実施する。（とくに、切割坑道および抽出坑道の低品位部においても後の発破効果を上げるため、十分量抽出する）

④ 抽出を終了するとき、抽出鉱量管理だけでなく、品位鑑定の地質員のチェックの判断のもとで終了する。

- ⑤ 発破不首尾で空洞になったものについては、残留孔に再度装薬し、発破する。それでも採めない場合は、空洞採ましのため空洞に向かって後方より穿孔を行って発破するか、切上および中段によるアプローチも検討する。（第Ⅲ－3図参照）



第Ⅲ－3図 空洞採まし方法

## 2-5 地 質

- ① 各レベルの抽出坑道が完成したところで品位分布図を作成し、抽出坑道ごとの可採粗鉍量を計算して採鉍計画を立てる。（現状の抽出管理表では不十分）
- ② 各レベル（中段）を開発する場合は、既存の水平坑道または斜道を利用してボーリング等で予め探鉍を実施し、鉍体範囲を確認した後坑道設計する。  
ただし、基本坑道の開さくがほぼ終了しているNo.5レベルの場合は、鉍体範囲の確認のため、立入（水平）ボーリングを実施し、必要ならば坑道設計変更する。  
（とくに、1号・Ⅱ号鉍体周辺部の小規模鉍体群の把握が急務である）



### 3. 採鉱法の近代化（改善）計画

#### 3-1 坑内火災の鎮火

当面の緊急対策としての通気網の改善策（主として坑内密閉）では、火災の影響は緩和されるが、根本的な鎮火対策とはならない。すなわち、現在使用している排気立坑は、緊急対策後においても、No.0・No.1・No.2レベルで火災切羽とつながっており、これを完全密閉することは保安上からも不可能であること、さらに、サブレベルケーシング法を継続しているかぎり、地表陥没および地表亀裂が発生し、これ等を通じて火源への酸素の供給があるためである。

従って、以下の改善策を実施する。

#### (1) 通気系統の変更

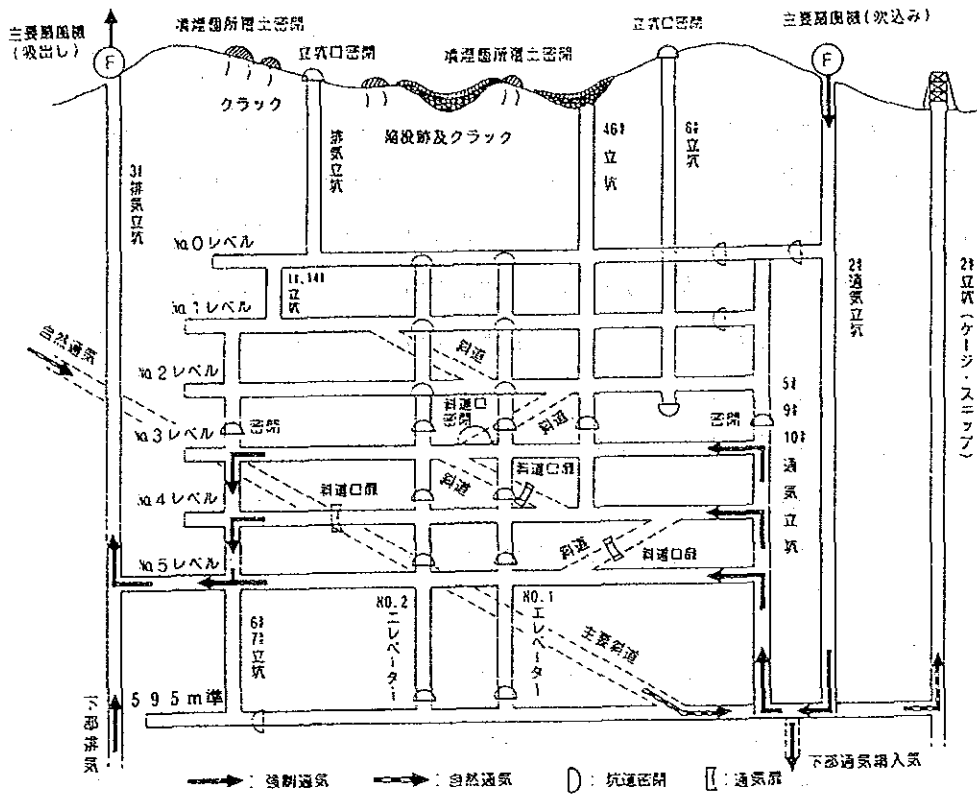
考えられる変更案の内容および問題点は下表のとおりである。

第Ⅲ-1表 通気系統変更案

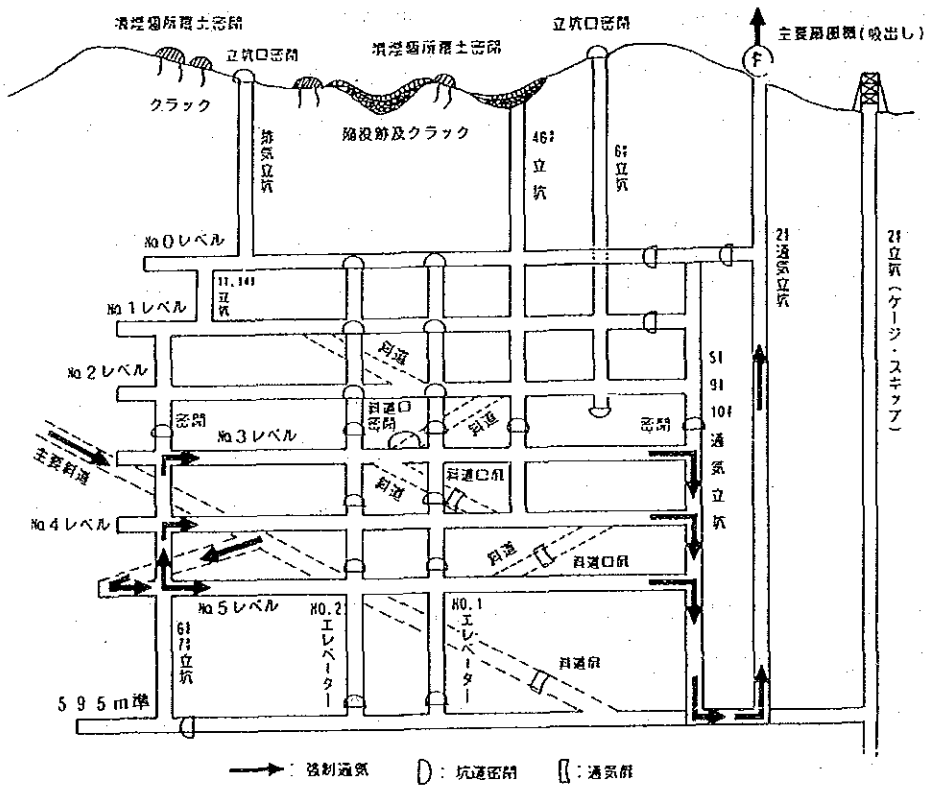
案	通気方法	問題点
A	2#通気立坑入気～基幹斜道排気 (主要扇風機により2#通気立坑強制吹込み)	人員が通行する斜道への排気は、中国法規に抵触するので不適
B	2#通気立坑入気～3#通気立坑排気 (主要扇風機により2#通気立坑強制吹込み)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通気切替坑道 (No.5レベル) 240m必要</li> <li>505m準以下の層状鉱体の通気網を乱す心配あり。</li> </ul>
C	基幹斜道入気～2#通気立坑排気 (主要扇風機により強制吸出し)	<ul style="list-style-type: none"> <li>切羽が負圧となり、旧坑への坑道密閉が不十分な場合は、有毒ガスを引き込むおそれがある。</li> <li>準備開坑 (No.5レベルで、基幹斜道～No.6およびNo.7立坑への連絡坑道) 260m必要</li> <li>主要斜道の風速が大きくなる。</li> </ul>

これ等の3案を比較検討した結果、B案が最も簡単・現実的であると考えられるが、中国側の希望もあり、C案も併せて検討する。

通気系統変更後の通気系統模式図（595m準以上、全体計画は後述）を次頁に示す。



第Ⅲ-4-(1)図 通気系統模式図 (B案)



第Ⅲ-4-(2)図 通気系統模式図 (C案)

(2) 地表密閉と覆土

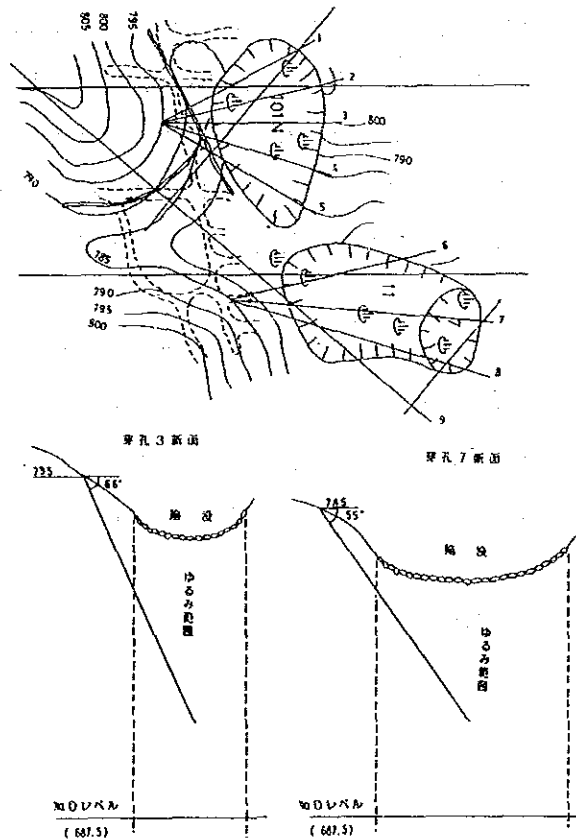
- ① 595m準以上の通気系統を変更した時点で、現在の排気立坑および6#立坑の坑口密閉を実施する。
- ② サプレベルケーピング法による採掘を中止し、地表陥没が静止した時点で、46#立坑および各所岩盤亀裂等、噴煙のある箇所を一つずつ確実に覆土・密閉する必要がある。

覆土には、地表々土（含地表岩破碎）のほか、選鉱尾鉱のサイクロンアンダー等の利用およびセメント吹付け等も考えられる。

- ③ 中国側の提案した「ボーリング機械による火源への穿孔とセメントモルタル注入」についても検討してみる必要があるが、

- 噴煙箇所は広範囲に亘っており、現状の火災範囲が特定できない
- 地表地形が急峻でボーリング機械の設営が困難である
- 穿孔中の保安の問題
- また、穿孔できてもケーピングによる岩盤ゆるみ帯へのセメントモルタルの注入量は多くなり、経費および時間がかかる

等の諸問題が発生し、実現性に乏しい。



第Ⅲ-5図 セメントモルタル注入孔穿孔例



④ 地下空洞の位置と規模の測定と処置方法（中国側希望）

a. 電気探査法（比抵抗法）

地表上の任意の地点（推定空洞の大きさより小さい測定間隔）で、その地点の見掛比抵抗値を測定し、見掛比抵抗分布図を作成する。

地下空洞および岩盤ゆるみ領域（崩落箇所）は、高比抵抗値で測定される。あらかじめ測定された岩石の比抵抗値をもとに、モデル計算とシュミレーションにより空洞の位置と大きさを推定する。

b. 地震探査法（屈折法）

地表の測線上に発破をかけ、火薬の爆発によって起こる地震波の初動を測定し、地震波速度から、その位置を測定する。

大きさについては、周辺の測定回数を増すことによって推定できる。

c. 地震探査法（浅層反射法）

地表の測線上で、機械による打撃振動を与え、反射してきたすべての反射波を測定、解析し、空洞の位置と大きさを推定する。（モデル計算とシュミレーション）

注）モデル計算を行う場合には、岩盤が均質であるという条件が前提となるが、大廠銅坑鉱山の地表測定位置には、地表貫通崩落箇所が多くあり、ゆるみ領域をどのように評価するかによって、空洞の位置および大きさの特定の精度が左右される。

d. 空洞を特定できたら、空洞の崩落予想範囲外から、大型機械などによる穿孔を行い、発破による強制崩落により空洞を充填する。穿孔を利用して充填物を投入する方法も考えられるが、サブレベルケーシング法を継続すれば、再び空洞が発生する。

⑤ 火源（坑内火災）の位置とその温度測定（中国側希望）

○ 地温探査法

地表下 1m 深地温を測定して地表温度分布図を作成し、高温中心部を推定する。

あらかじめ岩盤の熱伝導率を測定しておき、モデル計算およびシュミレーションによって火源の深さ、大きさおよび温度を推定する。

注）ゆるみ領域（崩落部）および火源に通じている岩盤亀裂の評価が問題となるが、電気探査法による比抵抗分布図と組み合わせて解析すれば、より信頼性のある結果も期待できる。

### 3-2 採鉱法の変更

#### (1) 近代化計画対象鉱画の岩盤状況

##### a) 炭質頁岩層の分布とその性質

炭質頁岩層は添付図第1図・第2図に示すように、細脈帯型鉱体地区の地表部および銅坑坑内の主として上部レベルに分布している。

炭質頁岩は炭質物を普遍的に含有するほか、黄鉄鉱・白鉄鉱をはじめとする燃焼性硫化鉱物を鉱脈状・鉱染状に包有するため、坑内火災の原因（発火および類焼の主要燃料）と考えられる。

採鉱法改善の対象範囲内（No.4レベル以下～505m準）では、No.4およびNo.5レベルにおいて鉱体範囲内北西部に出現しており、採掘方法によっては新たな坑内火災発生の可能性がある。

No.5レベル以下の鉱体範囲は炭質頁岩の層準から外れているが、泥岩中にも炭質頁岩が挟在するので留意する必要がある。

以下に、炭質頁岩の分析・試験結果を示す。

第Ⅲ-2表 炭質頁岩の分析・試験結果

試料名	20-2 地表炭質頁岩	4S-3 平均的頁岩	3S-4 高品位頁岩	4S-1 高品位頁岩
採取場所	地表	No.4レベル	No.3レベル	No.4レベル
工業分析（無水ベース）				
水分 %	(0.3)	(0.8)	(1.0)	(1.0)
灰分 %	88.1	91.3	89.1	89.5
揮発分 %	7.0	5.8	4.9	6.1
固定炭素 %	4.9	2.9	6.0	4.4
発熱量（無水ベース）				
Kcal/Kg	1400	1030	1240	1210
硫黄分（無水ベース）				
全硫黄 %	8.1	2.6	0.8	1.6
不燃性硫黄 %	0.1	0.1	0.5	0.1
燃焼性硫黄 %	8.0	2.5	0.3	1.5
元素分析（無水ベース）				
灰分 %	88.1	91.3	89.1	89.5
炭素 %	3.3	1.7	7.1	5.2
水素 %	0.3	0.3	0.3	0.4
酸素 %	0.2	4.0	3.0	3.1
窒素 %	0.1	0.2	0.2	0.3
硫黄 %	8.0	2.5	0.3	1.5

また、炭質頁岩および鉍石の自然発火性の試験結果については以下のとおりである。

第Ⅲ-3表 炭質頁岩および鉍石の自然発火性試験結果

試料名	20-2 地表炭質頁岩	4S-3 平均的頁岩	3S-4 高品位頁岩	4S-1 高品位頁岩	3S-4 70-2 高品位頁岩+鉍石
粒度 (mm)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
水分 (%)	0.3	0.8	1.0	1.0	
かさ比重 (g/ml)	1.45	1.37	1.46	1.42	
(60℃) 酸素吸収速度 K値 (ml/g·hr)	0.193	0.138	0.108	0.091	
酸素吸収速度 A (ml/ml·hr)					
CO <sub>2</sub> 発生量 (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	
熱伝導率 λ (Kal/m.h.℃)					
A/λ					
昇温試験 50℃→98℃ (hr)	50.8~96.4℃ 360hr			50.4~ 97.1℃ 180hr	51.51~97.50℃ 121hr
着火温度 (℃)	>400	>400	>400	>400	>400

○ 炭質頁岩についての考察

- 酸化による昇温速度は、通常の石炭に比べてきわめて遅いが、着実に上昇している。(添付資料4参照)
- 着火温度試験では、試験装置の限界温度 400℃まで上げたが着火しなかった。
- 今回の酸化昇温試験においては、坑内No.4レベルまで採取した高品位頁岩の方が、地表炭質頁岩より酸化昇温速度が早いとの結論が出た。また、高品位頁岩+硫化鉍石の混合資料(混合比3:1)の酸化昇温速度はさらに早い傾向にある。これは、それぞれの酸化の相乗効果のためと考えられる。
- 今回の試験結果では、炭質頁岩の自然発火は起きにくいと判断されるが、現実の坑内火災は、地表部炭質頁岩の自然発火が原因と考えられており、No.4レベル以下の炭質頁岩も現在の崩落採鉍法を採用しているかぎり新たな自然発火の可能性があると考えられる。

b) 採掘対象鉱体内の岩盤特性

現地調査においてサンプリングを実施した岩盤の強度試験結果は次のとおりである。

第Ⅲ-4表 岩石強度試験結果（試験方法および条件は添付資料5参照）

試料番号	7-1	7-2	5-4	4S-3	7-10
岩石名	泥灰岩	小扁豆状石灰岩	大扁豆状石灰岩	炭質頁岩	細脈帯鉱石
採取場所	595m準	595m準	No.5 レベル	No.4 レベル	595m準
見掛比重	2.69	2.72	2.72	2.63	2.76
*圧縮強度 (平均)	kg/cm <sup>2</sup> 1.186	1.509	961	2.062	1.445
引張強度 (平均)	kg/cm <sup>2</sup> 157.3	106.4	127.9	209.0	114.4
ヤング率	kg/cm <sup>2</sup> ×10 <sup>5</sup> 2.65	×10 <sup>5</sup> 5.76	×10 <sup>5</sup> 5.29	×10 <sup>5</sup> 3.39	×10 <sup>5</sup> 5.90
ポアソン比	0.18	0.28	0.15	0.19	0.23

\* この圧縮強度は一軸圧縮試験によるものである。

○ 考察

層理およびクラックの影響を極力少なくするため、試験片を小さくして試験を実施したが、強度的には比較的硬岩に分類される。

また、中国側提供資料に比較して、一般に一軸圧縮強度が大きくなっているが、これは、深部の方がより堅固な岩盤となる傾向を現わしているものと考えられる。

以下に、中国側提供資料における一軸圧縮強度および日本側で実施した一軸圧縮試験での一軸圧縮強度の対比表を示す。

第Ⅲ-5表 岩石一軸圧縮強度（日中対比）

岩石名	一軸圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	
	中国側	日本側
細脈帯型鉱石	1,260	1,445
泥灰岩	1,177	1,186
大扁豆状石灰岩	1,150	961
小扁豆状石灰岩	1,220	1,509
炭質頁岩	—	2,062

(2) 近代化計画対象鉱画範囲と対象埋蔵鉱量

a) 採掘対象範囲

現在の開坑・採鉱状況から判断して、No. 5 レベル～505 m 準間の I 号・II 号・III 号および上下盤周辺の群小鉱体を採掘対象とする。

b) 対象埋蔵鉱量

中国側より提示された資料をもとに、No. 4 レベル～455 m 準間の細脈帯型鉱体について計算した。

なお、中国側要望により近代化計画採掘対象外の No. 4 レベル～No. 5 レベル間鉱量・505 m 準以下鉱量および錫品位 0.15～0.29% の低品位鉱量についても計算した。(計算基準および手法の詳細については添付資料 6 参照)

埋蔵鉱量の計算結果は次のとおりである。

第Ⅲ-6表 高品位鉱(錫0.3%以上)埋蔵鉱量  
(No. 4 レベル以下～455 m 準)

鉱体名	鉱量 (千 t)	品位 (%)		金属量 (t)	
		錫	亜鉛	錫	亜鉛
		I 号	5.562	0.62	2.98
I 号上盤	34	0.40	1.55	135	521
II 号	5.904	0.64	2.89	37.647	170.813
II 号下盤	499	0.42	1.63	2.107	8.134
計	11.999	0.62	2.88	74.219	345.473

第Ⅲ-7表 低品位鉱(錫0.15～0.29%)埋蔵鉱量  
(No. 4 レベル以下～455 m 準)

鉱体名	鉱量 (千 t)	品位 (%)		金属量 (t)	
		錫	亜鉛	錫	亜鉛
		I 号	438	0.15	1.22
II・III 号	820	0.18	1.94	1.490	15.944
計	1.258	0.17	1.69	2.134	21.284

第Ⅲ－8表 大廠銅坑鉍山細脈帶型鉍体、日本側・中国側鉍量比較表  
 (但しNo.4レベル以下～505m準の高品位鉍量対比)

レベ ル	日 本 側 計 算			中 国 側 計 算			鉍量・金属量 日中比率		
	* 鉍量および品位	金 属 量 (t)		鉍量および品位	金 属 量 (t)		鉍 量 日本側：中国側	金 属 量	
		錫	亜鉛		錫	亜鉛		錫	亜鉛
							日本側：中国側	日本側：中国側	日本側：中国側
NO.5レベル (NO.4レベル～NO.5レベル間)	( <u>0.61 2.65</u> ) 1.030	(6.219)	(27.383)	—	—	—	—	—	—
595m準 (NO.5レベル～595m準間)	( <u>0.69 2.87</u> ) 2.471	(17.060)	(70.804)	—	—	—	—	—	—
NO.5レベル+595m準 (NO.4レベル～595m準間)	<u>0.67 2.80</u> 3.501	23.339	98.187	<u>0.57 2.69</u> 2.611	14.873	70.363	1.34 : 1	1.67 : 1	1.40 : 1
570m準 (595m準～570m準間)	<u>0.57 2.76</u> 2.392	13.752	65.899	<u>0.60 3.02</u> 2.002	12.039	60.412	1.19 : 1	1.14 : 1	1.09 : 1
505m準 (570m準～505m準間)	<u>0.58 2.92</u> 4.715	27.125	137.836	<u>0.61 3.15</u> 4.611	24.491	126.334	1.18 : 1	1.11 : 1	1.03 : 1
合 計	<u>0.61 2.85</u> 10.608	64.216	301.922	<u>0.60 2.98</u> 8.624	51.403	257.109	1.23 : 1	1.25 : 1	1.17 : 1

\*  $\frac{\text{錫品位(\%)} \times \text{亜鉛品位(\%)}}{\text{埋蔵鉍量 (千t)}}$

(3) 細脈帯型鉍体採掘法の選定と可採粗鉍量

a) 坑内採掘法の分類

坑内採掘法は、安全性・経済性および金属実収率を追及して決定されるが、鉍床の賦存状態・規模および鉍石ならびにそれを取り巻く母岩の力学的性質も千差万別であり、こうした鉍床を採掘するためにとられる採掘法の種類はきわめて多岐にわたっている。

現在、採掘法の最も一般的な分類法は空洞維持の立場からの分類である。下表に代表的採掘法の分類とその特徴を示す。

第Ⅲ-9表 坑内採掘法の分類(代表的採掘法と特徴)

分類	代表的な採掘法名	適用する鉍床の形態・条件等	経済的要因				大規模採掘の難易			環境的要因			充填の有無	
			生産性	開坑量	可採率	研砕入率	機械性	集約採掘	出鉱調整	切羽通気	地表沈下	自然発火	有	無
空洞採掘法	ルームアンドピラー法	鉍石・上下盤とも堅固 あまり厚くない緩傾斜の層状鉍床	◎	◎	×	○	◎	◎	○	○	○	△	無	
	シュリンケージ法	鉍石・上下盤とも堅固 急傾斜の層状、脈状鉍床	△	○	○	△	×	△	○	△	△	×	無	
	サブレベルストーピング法 (空洞無充填放置)	鉍石・上下盤とも堅固 急傾斜の塊状、脈状の 大規模鉍床	◎	△	○	△	◎	◎	◎	◎	△	△	無	
充填採掘法	サブレベルストーピング法 (採掘後急速充填)	採掘期間中の空洞を維持 できる鉍石・母岩の強度 必要	◎	△	○	△	◎	◎	◎	◎	○	△	有 (集中充填)	
	上向充填採掘法	比較的軟弱な岩質および 不規則な鉍床に適用可能	○	△	◎	◎	○	○	○	○	◎	○	有 (常時充填)	
	下向充填採掘法	鉍石・母岩とも軟弱な 鉍床にも適用できる	×	△	◎	◎	△	△	△	△	◎	○	有 (常時充填)	
ケーシング法	サブレベルケーシング法	鉍石・母岩ともに軟弱な 場合にも適用できる。 大規模で規則的な急傾斜 鉍床が望ましい	◎	×	×	×	◎	◎	△	△	×	×	無	
	ブロックケーシング法	同上	◎	△	×	×	◎	◎	△	○	×	×	無	
支柱採掘	スクエアセット法	軟弱岩盤鉍床にも適用 できる	×	△	○	△	×	×	△	△	○	△	無	

◎特に優れている ○優れている △普通 ×劣っている

b) 細脈帯型鉍体適用採掘法の選定

大廠銅坑鉍山の地質状況・鉍床形態および母岩の強度特性をまとめると以下のとおりである。

- ① 燃焼物質である炭質頁岩が鉍体中および鉍体上部に出現している。
- ② I号・II号鉍体は大規模、III号および周辺鉍体は小規模で、いずれもかなり不規則である。

③ 岩盤特性は、比較的堅固であるが、層理およびクラックが発達しており、大きな空洞は形成できない。

従って、坑内火災の再発防止・安全性および経済性等を考慮した場合、充填採掘法（充填式サブレベルストーピング法および上向充填採掘法の組合せ）の採用が最も適切である。

c) 近代化計画対象鉱画可採粗鉱量

① 可採率および研混入率の設定

日本におけるサブレベルストーピング法および上向充填採掘法の実績を参考にし、以下のように設定した。（神岡鉱業㈱栃洞鉱山）

- ・ 大規模鉱体（Ⅰ号・Ⅱ号鉱体）：可採率 90%，研混入率 10%
- ・ 中規模 “（Ⅲ号 鉱 体）： “ 85%， “ 15%
- ・ 小規模 “（上下盤群小鉱体）： “ 70%， “ 20%

② 可採粗鉱量総括表

第Ⅲ－10表 大廠銅坑鉱山細脈帯型鉱体可採粗鉱量集計表

レベ ル	埋蔵鉱量 (千t)	平均 可採率 (%)	平均研 混入率 (%)	可採 粗鉱量 (千t)	品位 (%)		可採金属量(t)	
					錫	亜鉛	錫	亜鉛
595m準 (No.5レベル ～595m準間)	2.889	89	10	2.881	0.55	2.45	15.938	70.498
570m準 (595m準～ 570m準間)	2.855	89	11	2.844	0.46	2.34	13.031	66.482
505m準 (570m準～ 505m準間)	5.013	89	11	5.002	0.49	2.54	24.745	127.099
合 計	10.757	89	11	10.728	0.50	2.46	53.715	264.080

注) 本表の鉱量には低品位鉱を含む。



(4) 近代化計画 (採鉱法改善) の基本 …………… 計画 (1)

a) 適用採掘法および採掘切羽幅・鉱柱幅についての基本的な考え方

- ① 大規模鉱体である I 号・II 号鉱体は、一次と二次に分けて採掘する。一次採掘はサブレベルストーピング法 (採掘後充填式)、二次採掘には上向充填採掘法を適用する。
- ② III 号鉱体および上下盤周辺の小規模鉱体はサブレベルストーピング法および上向充填採掘法により採掘する。
- ③ 大規模鉱体 (I 号・II 号鉱体) 採掘における切羽幅および鉱柱幅の設定は基本的には、切羽および鉱柱の配列を鉱体走向方向に直角とし、一次採掘時の切羽幅は 15 m、鉱柱幅 (二次採掘) は 20 m とする。  
(添付資料 7 および添付図第 7 図参照)
- ④ I 号・II 号鉱体の一次採掘では、505 m 準～No. 5 レベル間 (約 120 m) を 570 m 準で 2 ブロックに分け、2 段階に分けて採掘を行う。1 次抽出レベルは 505 m 準、2 次抽出レベルは 570 m 準に設定する。

b) 開坑計画 (添付図第 7 図参照)

① 基幹斜道

鉱体外北側に 2 本の基幹斜道を開さくする。

- ・基幹斜道 I : 従来の主要斜道を延長 (595 m 準～505 m 準)
- ・基幹斜道 II : 20 号探鉱線周辺 (No. 4 レベル～505 m 準)

② 中段 (サブレベル) ・切羽開坑

各サブレベルおよび抽出坑道の開さくは、この基幹斜道より掘進する。

③ 中段 (サブレベル) 坑道間隔 (垂直) の設定

サブレベルストーピングにおけるサブレベルの間隔は、鉱体の形態 (幅・傾斜および膨縮等) ・鉱石および母岩の強度並びに穿孔機械能力等の条件により設定されるが、一般的には 15～30 m 程度である。

最近、大口径の長孔穿孔を利用し、サブレベル間隔を大きく (50 m 以上) とって、中段開坑量を減らす目的で V・C・R 法が採用されてきているが、この方法を採用するには、岩盤が強固であることおよび採掘レベル間の鉱体の膨縮が少ないこと等の条件の他、大口径長孔穿孔技術および適切な発破技術が必要となる。

大廠銅坑細脈帯型鉱体は不規則であり、とくに垂直方向での膨縮が激しく、採掘レベル間隔を大きくすると、可採率の低下および研混入の増大をまねく結果となる。

従って、中段（サブレベル）坑道間隔を第Ⅲ-11表のように設定する。

第Ⅲ-11-(1)表 中段（サブレベル）坑道間隔

摘 要	坑道レベル	レベル間隔 (m)	記 事
抽出レベル	505m準		1次抽出
S L 1	525m準	20 (505m~525m)	
S L 2	550m準	22 (525m~550m)	
S L 3	570m準	22 (550m~570m)	旧坑道利用 2次抽出
S L 4	595m準	28 (570m~595m)	〃
S L 5	No.5 レベル	30.5 (595m~No.5レベル)	〃

④ 開坑量総括表

第Ⅲ-12-(1)表 近代化計画（案）開坑量総括表（計画(1)）

種 別	名 称	作業別	No.4レベル	No.5レベル	595m準	570m準	550m準	525m準	505m準	455m準	計		記 事		
											m	m <sup>2</sup>			
基 道 開 削	下盤基幹斜道Ⅰ (595m準~505m準)	斜坑	水平		150	120	150	120			540	7,560	4.0×3.5(断面)		
														23	40
	下盤基幹斜道Ⅱ (No.4レベル~505m準)	斜坑	水平	145	180	150	120	150	120			865	12,110	〃	
															75
	上下盤坑道	水坑	水平			240	595			446		1,281	17,934	〃	
															547
	I・II号間坑道	水坑	水平			508	375	490	485	338		2,195	30,744	〃	
															433
	研立坑	水坑	水平	15			210					225	3,150	〃	
															94
	OR, WR向坑道	水坑	水平				94	237	238	200		928	12,992	〃	
															448
	主要運搬坑道	水坑	水平								75	90	860	2×2	
															65
	立坑開削	人跡坑	立坑	切上		15						581	1,395	1.750mmφ	
145															
研立坑	充立坑	立坑	切上								1,405	19,670	〃		
														90	538
計	水坑	切上			145	90	538	933	2,329	1,403	1,189	2,065	795	9,342	130,788
計	水坑	切上			380	716	1,248	2,634	1,703	1,429	2,467	1,426	12,005	153,868	
															117
切羽開坑	坑道掘進	Vカット坑道	水坑	水平		103	2,759	19	69	2,008		4,956	69,384	〃	
															200
立坑	スロット切上	水坑	水平		2,439	2,159	2,049	1,898	—		8,545	149,538	5×8.5		
														675	528
計	水坑	切上			2,742	5,035	2,248	2,189	2,951	2,951	15,145	241,938	〃		
														675	528
計	水坑	切上			3,417	5,563	2,571	2,763	3,359	3,359	17,673	252,050	〃		
														675	528
合 計			380	718	4,503	8,359	4,274	4,192	5,828	1,428	29,678	405,858			

⑤ 坑道掘進（斜道および水平）

大廠銅坑鉦山の坑道掘進は、レッグドリルとロードホールダンプの組合せで行っているが、月間の進行長は20~25m程度と低能率である。近代化計画では、ディーゼル駆動のジャンボとロードホールダンプの組合せによるトラックレス方式とし、クルーシステム作業により高能率をめざす。（添付資料8参照）

⑥ 立坑開さく

採鉦法の変更によって大廠銅坑鉦山の坑内下部の骨格構造が大きく変わる。鉦石立坑・研立坑および通気立坑等の立坑開さくが必要となってくる。

大廠銅坑鉦山の立坑開さく技術には、レッグさく岩機による普通切上方式（最大能力50m以下、月間進行長20m）と、吊缶方式（最大能力90m、月間進行長40m）があるが、吊缶方式は、ほぼ垂直に近い切上にしか使用できない。

近代化計画においては、鉦石立坑および通気立坑の開さくのほか、充填立坑（約145m）の開さくを予定しており、立坑開さくスピード・開さく能力増大のため、レイズボーラーの導入を計画する。（添付資料9参照）

(5) 近代化計画（採掘順序とサブレベル間隔の変更） …… 計画(2) （中国側希望）

① 近代化基本計画（計画(1)）との相違点

- I号・II号鉦体の採掘は、最初にNo.5レベル～570m間を採掘（1次および2次）し、終了後570m～505m間を採掘する。
- 鉦石主要運搬坑道は、505m準（No.5～570m採掘）及び455m準（570m～505m採掘）とする。
- 中段（サブレベル）間隔を以下のように設定する。

第Ⅲ-11-(2)表 中段（サブレベル）坑道間隔

順序	摘要	坑道レベル	レベル間隔 (m)	記事
前半 採掘	抽出レベル	570m準		旧坑道利用
	SL 1	584m準	14m (584m～570m)	
	SL 2	595m準	11m (595m～584m)	
	SL 3	613m準	18m (613m～595m)	
後半 採掘	抽出レベル	505m		
	SL 1	525m	20m (525m～505m)	
	SL 2	540m	15m (540m～525m)	
	SL 3	555m	15m (555m～540m)	

注) 570m～555m間は水平ピラーとして残し、1次採掘終了後、2次採掘とする。

- 通気系統は、中国側の希望によりC案（基幹斜道入気～2#通気立坑排気）を採用して、開坑計画を作成した。

② 計画(2)の長所および短所

長所： ・最初に570m準以上を採掘するため、本格出鉦時期が6ヶ月早まる。

（計画(1)の場合28ヶ月、計画(2)の場合22ヶ月）

- ・サブレベル間隔が小さいため、鉱床の膨縮に対応しやすい。
- ・サブレベル間隔が小さいため、採鉱用穿孔長が小さくなる。

(大塚銅坑鉱山保有の採鉱機械が活用できる。)

短所： ・中段(サブレベル)数が多いため総開坑量が増す。

(29,678m→37,336m 25.8%増)

- ・570m～555m間を水平ピラーとして残すため、水平ピラーの可採率が低下する。(85～90%→70%程度)

③ 開坑量総括表

第三-12-(2)表 近代化計画(案)開坑量総括表(計画(2))

種別	名称	1次開坑										2次開坑						合計				
		No.4レベル	No.5レベル	619m準		595m準		570m準		505m準		570m準	555m準	540m準	525m準	505m準	455m準	計		m	㎡	
				m	㎡	m	㎡	m	㎡	m	㎡							m	㎡			
基 坑	基幹斜道 I	斜坑			74	93					167	2,358	100	100	100	134		434	6,076	601	2,414	
		水平			65						65	910		95				95	490	109	1,400	
	基幹斜道 II	斜坑	145	80		74	93				592	5,488	100	100	100	134		434	6,076	426	11,564	
		水平	75	85							160	2,240								180	2,240	
	上盤坑道	水平			750		655	700	420		2,525	35,350		490	619	582		1,685	23,590	4,210	58,940	
	下盤坑道	水平			780		618	580			2,018	28,292		580	555	655	700	2,510	35,140	4,528	63,892	
	扇立坑向坑道	水平		50				172			222	3,108								222	3,108	
	OR-VB向坑道	水平		40			69				109	1,528		73	41	27	143	284	3,976	393	5,502	
	通気切替坑道	水平					330				330	4,620									330	4,620
	主要運搬坑道	水平															795	795	11,180	795	11,180	
開 立 坑	扇立坑 (No.1~No.3)	立坑							270	270	648									270	648	
	(No.4)	立坑							65	65	156									65	156	
	(No.5~No.7)	立坑													150	150	360		150	360		
	扇立坑 (地盤~No.5)	立坑		155							155	372								155	372	
	(No.5~570m準)	立坑						55		55	182									55	182	
	W-R (No.1.2)	立坑						110		110	264									110	264	
	W-R (No.3.4)	立坑													180		180	312		180	312	
	計	斜坑	145	60		148	165				539		200	200	200	263		858			1,427	
		水平	75	175	1,530	65	1,782	1,432	420	5,429			1,178	1,219	1,274	849	795	5,369			10,738	
		切上		155				165	835	855						130	150	740			935	
計	220	410	1,580	213	1,918	1,597	755	6,642		85,401		1,378	1,419	1,542	978	945	6,457	87,180	15,100	172,554		
切 羽 開 立 坑	Vカット坑道						954			954	13,498					955		955	13,370	1,919	26,866	
	抽出坑道			85	21	22	2,680			2,808	39,312			15	31	2,026		2,072	29,003	4,820	68,320	
	アプローチ坑道			562	121	301	62			1,046	14,544		320	318	542			886	12,404	1,952	27,048	
	サブレベル坑道			2,492	2,456	2,133	495			7,576	132,580		2,108	2,079	1,915			6,102	105,785	18,678	239,855	
	スロット切上			225	330	152	220			927	3,704			228	276	396		900	3,600	1,827	7,308	
計	水平			3,139	2,598	2,456	4,201			12,394			2,428	2,412	2,194	2,581		10,015		22,409		
	切上			225	330	152	220			927			228	276	396		900			1,827		
	計			3,364	2,928	2,608	4,421			13,321	283,740		2,428	2,640	2,470	3,377		10,915	165,167	24,236	358,507	
合計		220	410	4,894	3,141	4,526	6,018	755	19,961	283,740	200	3,406	4,059	4,012	4,350	945	17,372	252,317	37,336	541,481		

## (6) 大廠銅坑鉍山細脈帶型鉍体適用採掘法の概説

### a) サプレベルストーピング法

大廠銅坑鉍山細脈帶型鉍体の近代化計画では、大規模なⅠ号・Ⅱ号鉍体の一次採掘およびⅢ号鉍体の採掘に、サプレベルストーピング法を適用する。

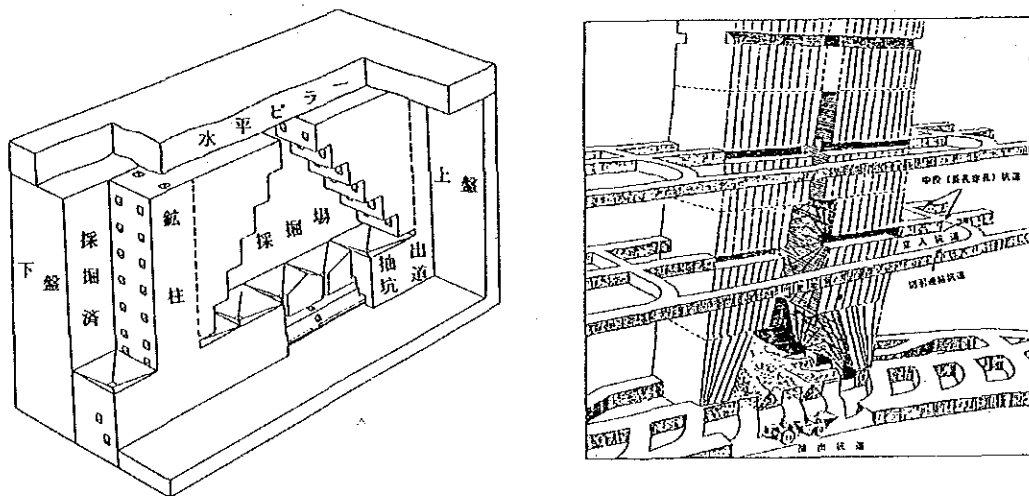
この採鉍法の基本は、設定された鉍画に、ある垂直間隔で数本の平行なサプレベルを開き、この坑道から発破孔を穿孔し、自由面近くの鉍石を起砕する。このとき、切羽面は第Ⅲ-6図に示すように逆の階段状になるように保ちながら後退させ、鉍石は重力により落下させ下方より抜き取るというものである。

従って、この採掘法を有効に適用するためには鉍画はある程度の高さで奥行きが必要であり、鉍床の形としては大きな塊状のものか、ある程度の厚さを持ち破碎された鉍石が下方に自然に流れ得るような急傾斜（約 $50^\circ$ 以上）の脈状のものに適している。

また、採掘跡は一般に大空洞となり発破による衝撃も大きいことから、研の混入や大塊の発生を防止し、無支柱でこの空洞の安定を維持するだけの周辺岩盤の強度が必要である。このため、上下盤・鉍石ともに比較的堅固で弱面などが少ない岩盤でなければならない。

この採掘法の特徴は、大規模で集約採掘ができるため、高い生産性と比較的安い採掘費にあるといえる。また、採掘跡には人が立入らず、作業はサプレベル坑道や抽出坑道などに限られるため比較的安全な採掘法である。しかしながら切羽での鉍石の品位調整が困難であることや二次採掘を行っても採掘実収率は約 $80\%$ であまり高くない。

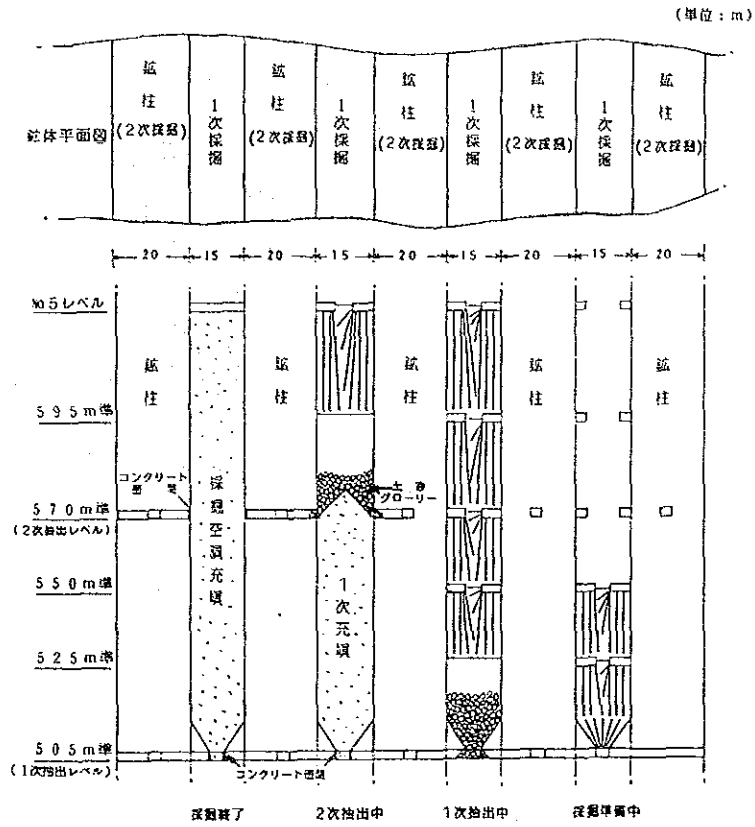
従って、サプレベルストーピング法は、品位は中～低品位でも比較的均質で大規模な鉍床に適していることになる。



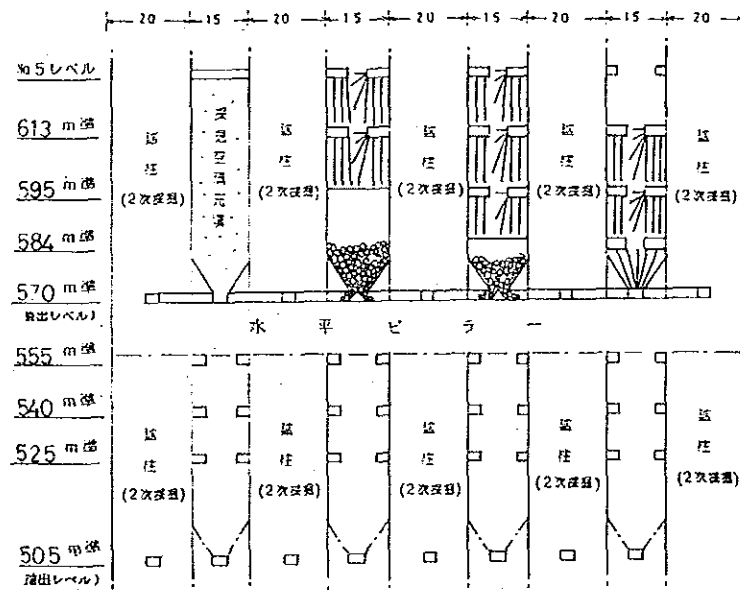
第Ⅲ-6図 サプレベルストーピング法の概念図

① サブレベルストーピング法による一次採掘

細脈帯型鉱体（主にⅠ号・Ⅱ号鉱体）のサブレベルストーピング法による一次採掘の模式図を以下に示す。



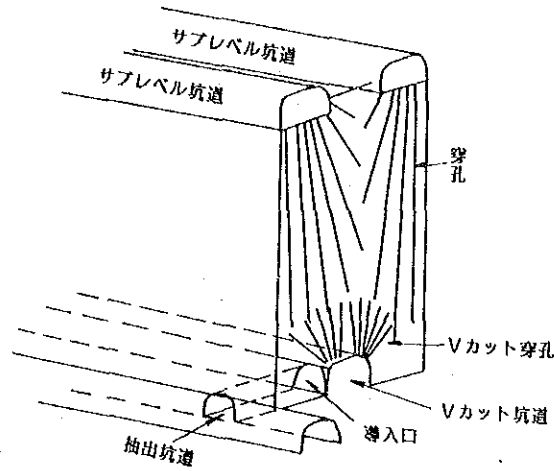
第Ⅲ-7-(1)図 サブレベルストーピング法による一次採掘模式図（計画(1)）



第Ⅲ-7-(2)図 サブレベルストーピング法による一次採掘模式図（計画(2)）

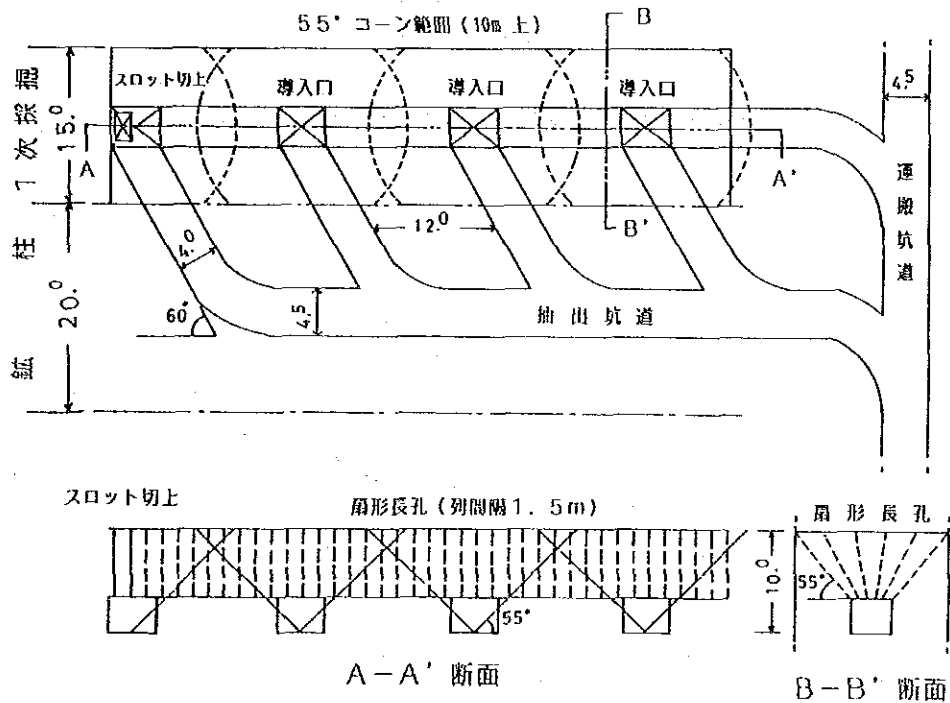
② 抽出坑道および導入口の設計 (Vカット)

1次抽出坑道 (505m準) および導入口の具体設計および概念図を以下に示す。



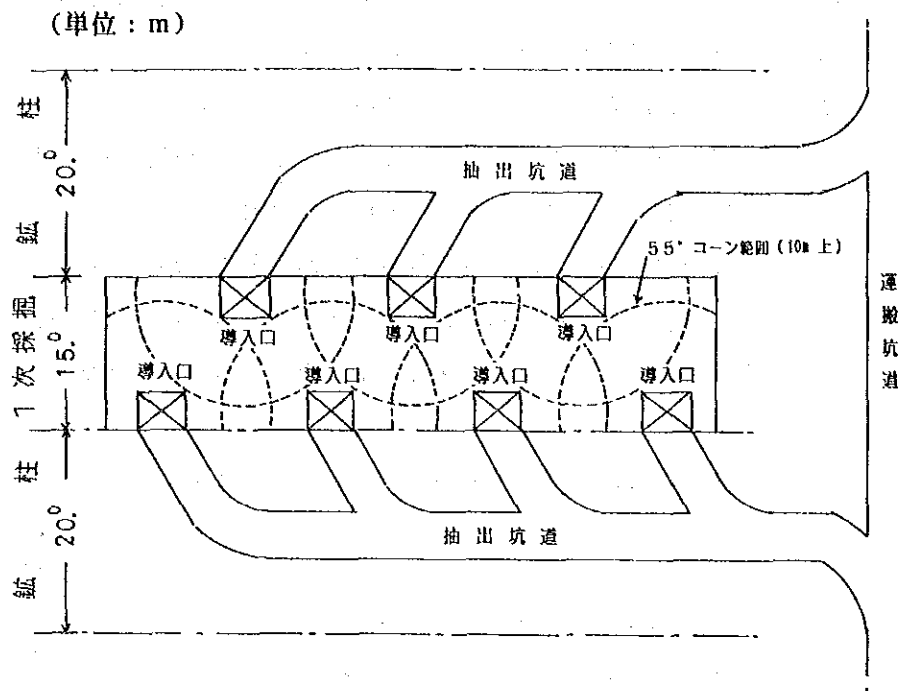
第Ⅲ-8図 抽出坑道・導入口・Vカット坑道概念図

(単位：m)



第Ⅲ-9図 一次抽出坑道 (505m準) および導入口設計図

2次抽出坑道（570m準）の導入口（研グローリー）設計図を以下に示す。



第Ⅲ-10図 2次抽出坑道（570m準）および研グローリー設計図



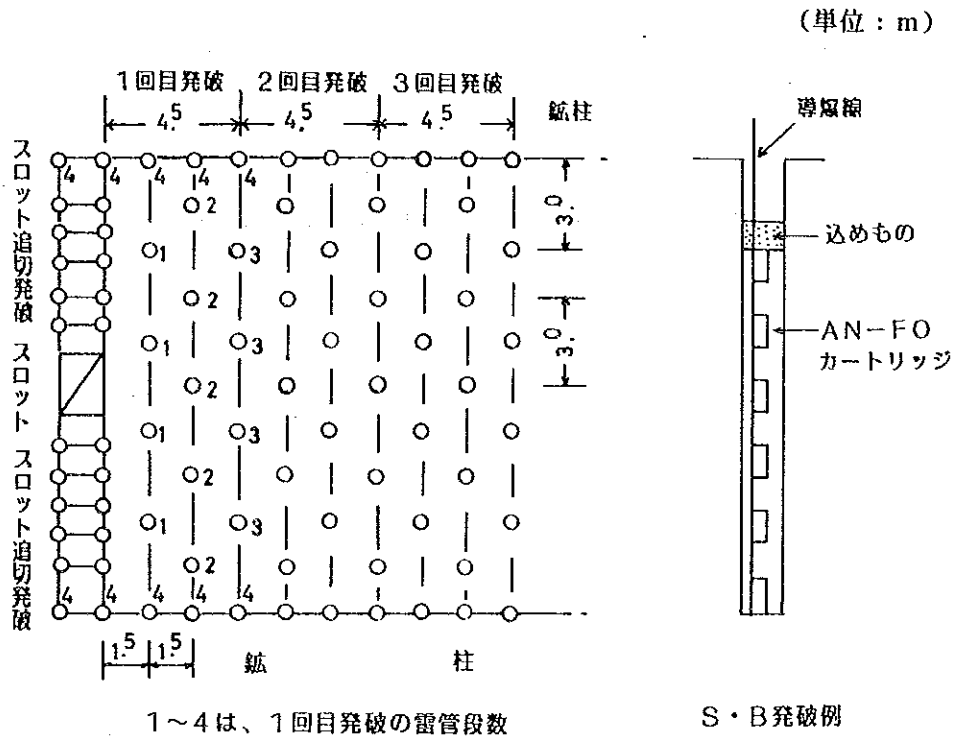
③ 長孔穿孔と発破

各サブレベルで長さ20～30mの下向きの扇型長孔を穿孔する。基本的には、孔間隔30m、最小抵抗線（列間隔）1.5mの千鳥式の穿孔配置とし、穿孔径は65mmφ（大廠銅坑鉾山で使用しているビット径）とする。

穿孔で最も重要なことは、長孔の穿孔・発破により鉾柱を損傷しないことであり、特に鉾柱側の穿孔には正確な穿孔技術が要求される。

装薬・発破については、7～8割装薬を標準とするが、鉾石の起砕粒度をみながら調節する。また、鉾柱側の発破孔の装薬については、鉾柱を損傷しないようにカートリッジAN-FOと導爆線の組合せによるスムーズプラスティング法によるコントロール発破が望ましい。

以下に穿孔配置および発破順序・スムーズプラスティング法装薬図を示す。



第三 - 11 図 穿孔配置・発破順序およびS・B法装薬図

穿孔機械については、20～30mの下向長孔穿孔となるため、十分な穿孔能力を有する油圧式の長孔穿孔機械を導入する。

抽出坑道でのVカット用の上向穿孔については、現在、大廠銅坑鉾山で保有している長孔穿孔機械CTC141またはCZZ-700を使用する。

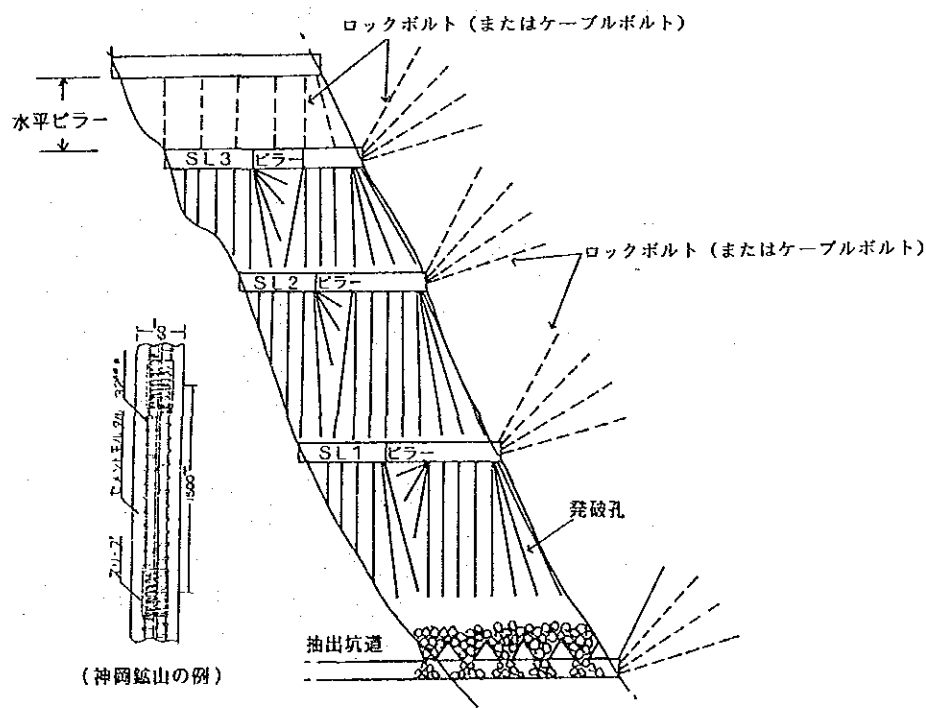
b) 脆弱な上下盤を持つ鉱体へのサブレベルストーピング法の適用

サブレベルストーピング法は、基本的には、採掘空洞を無支保で維持できる岩盤強度が必要である。

大蔵銅坑鉱山の場合には、前述の検討でサブレベルストーピング法の適用は可能と考えられるが、 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の傾きをもつ層理面が鉱柱強度にどのような影響を与えるかは、実際の採掘が進行し、鉱柱の応力ひずみを測定しないと判明しない。

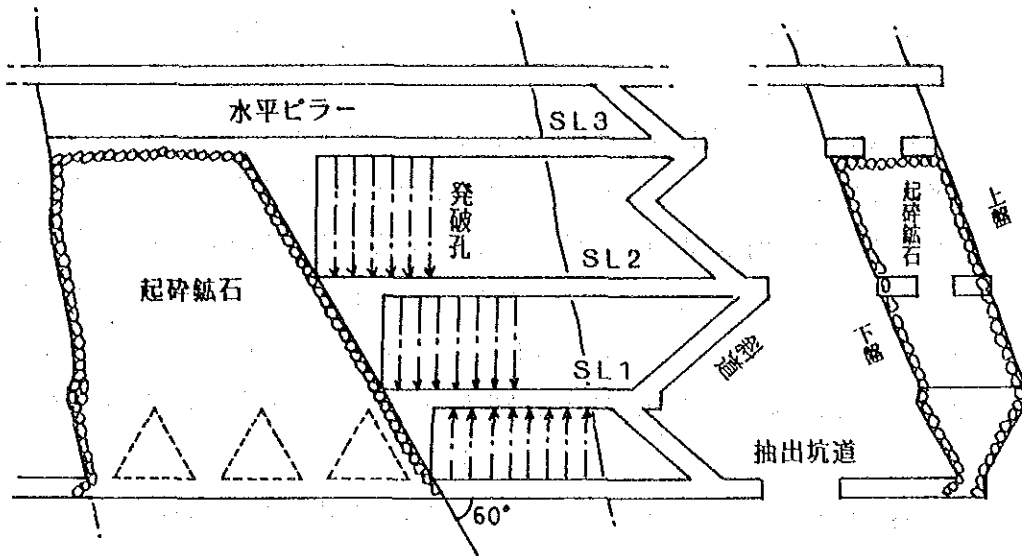
日本の各鉱山においては、上下盤の崩壊が心配される場合は、あらかじめ長尺のロックボルト（またはケーブルボルト）を打込んで上下盤の補強工事を実施する他、早期急速充填や起砕鉱石の貯鉱（発破増量分だけを抽出し残りを貯鉱）を行うことによって、上下盤を押さえる方法もとられている。

上述のロックボルト（またはケーブルボルト）打設による岩盤補強工事の事例を模式図で以下に示す。



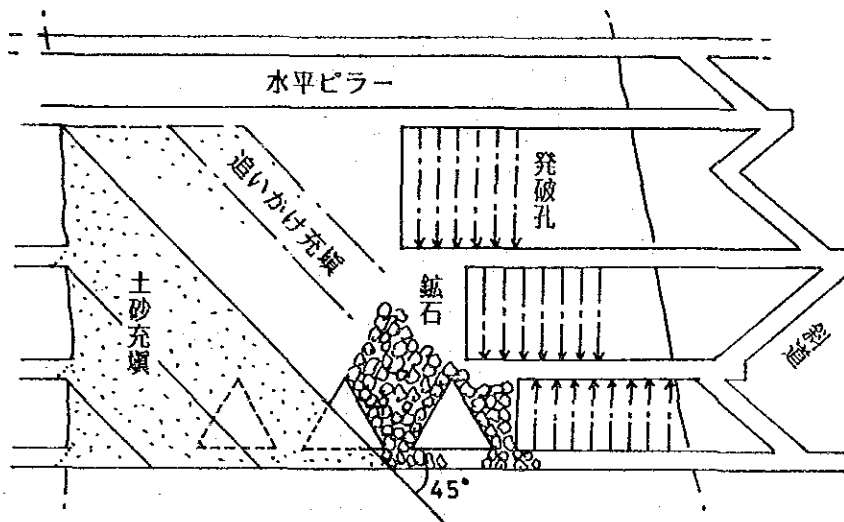
第Ⅲ-12図 ロックボルト（またはケーブルボルト）による岩盤補強工事

注) ケーブルボルト打設の場合、根付け固定後、 $20 \sim 30 \text{ t}$ の張力をかけた状態で、セメントモルタルを注入し、固定する。



起砕鉱石の貯鉱で脆弱な上下盤を押える方法  
 (神岡鉱山, 柗洞鉱の一例)

第Ⅲ-13図 貯鉱方式サブレベルストーピング法



土砂の追いかけて充填で脆弱な上下盤を押える方法  
 (神岡鉱山, 柗洞鉱の一例)

第Ⅲ-14図 追いかけて研充充填方式サブレベルストーピング法

c) 上向充填採掘法（カットアンドフィル法）

大規模なⅠ号・Ⅱ号鉱体の周辺に散在する群小鉱体およびⅠ号・Ⅱ号鉱体の二次採掘に上向充填採掘法を適用する。

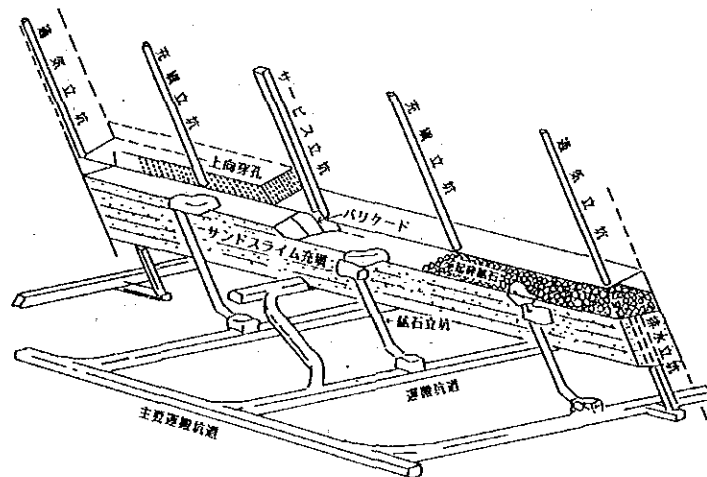
この採掘法は、鉱体の一部を採掘搬出し、採掘後の空間を全部または部分的に研・選鉱廃滓等で充填した後、再び鉱体の一部を採掘・充填することが基本となっており、この採掘・充填サイクル作業を繰返して鉱体を採掘する方法で、切羽の進行は下から上へと移行する。

上向充填採掘法は、一般に鉱床条件（規模・傾斜形状の変化等）に敏速に対応することができ、鉱石の回収率は一般的に85～100%程度ときわめて高い。

さらに、採掘空間が比較的小さく、この空間を迅速に充填するので、大規模な崩落等の事故も少なく、比較的軟岩盤にも適用できるという長所を持っている。

しかしながら、反面、必要な時期に充填材が準備されていなければならないこと、充填中は出鉱ができないこと等の操業上の欠点のほかに、常に新しい岩盤（天盤・側壁）露出面の下で作業を行うので、浮石災害発生の危険性がつきまとう等保安上の問題がある。

以下に上向充填採掘法の模式図を示す。



サンドスライム充填による上向充填採掘法



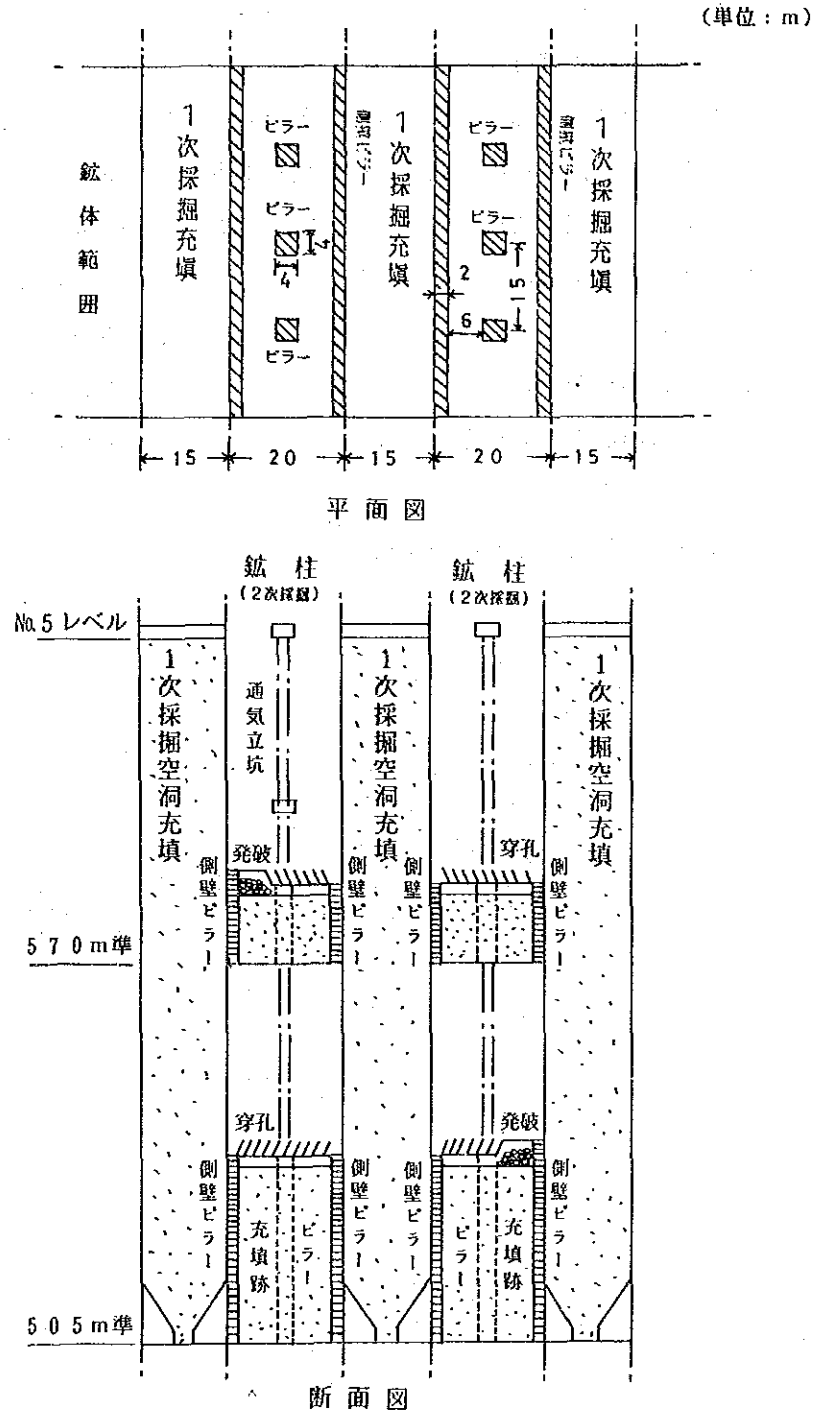
研充填による上向充填採掘法

第Ⅲ-15図 上向充填採掘法（カットアンドフィル法）模式図

① 上向充填採掘法による二次採掘

大規模なⅠ号・Ⅱ号鉱体の一次採掘はサブレベルストーピング法により採掘するが、残された鉱柱の二次採掘には上向充填採掘法を適用する。

細脈帯型鉱体Ⅰ号・Ⅱ号の上向充填採掘法による二次採掘（鉱柱採掘）模式図を以下に示す。



第三-16図 上向充填採掘法による二次採掘模式図

② 二次採掘における鉱石回収率について

一次採掘跡の充填材が研やサンドスライム等のそれ自体が強度をもたない場合には、鉱柱内に応力が集中していると考えられるべきである。従って、鉱柱を二次採掘する場合には、天盤のロックボルティング施工のほか、隣接切羽からの研の流入を防ぐための側壁ピラー（1.5～2.0 m程度）や天盤保持のための切羽内ピラー（4 m×4 m程度）の設置を考慮しなければならない。

仮に、鉱柱（幅2.0 m×長さ6.0 m）に対し、側壁ピラーを2 mとし、切羽内にピラー（4 m×4 m）を設けた場合、鉱柱の回収率は76%となる。

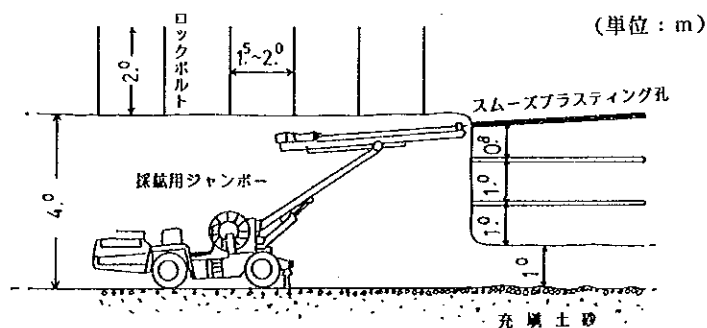
③ 上向充填採掘法における岩盤制御（密充填方式とスムーズプラスティング法）

上向充填採掘法の一般的な概念図は第Ⅲ-15図に示すが、上向充填採掘法による採掘後の空間天盤高さは約5 m程度となる。従って、天盤等に浮石が発生した場合、浮石等の処置が困難となる。

このため、浮石等の発生し易い軟弱岩の場合には、1回のサイクル採掘厚を確保しながら採掘後の天盤高を調整（低く）できるようにするため、採掘空間をできるだけ密充填（残隙間0.8～1.0 m）し、この充填面を足場として水平穿孔を行い、穿孔・発破・切羽運搬の短サイクルによる採掘方式が最近適用されている。この密充填方式では、採掘空間の充填は一連の採掘作業が終了した時点でまとめて行われる。

また、密充填方式では水平穿孔を行っているため、最終仕上がり水平孔にスムーズプラスティング発破法を採用することによって岩盤の損傷を抑えることができるが、さらに、ロックボルティング施工と組合せれば、きわめて安全に採掘することができる。

しかし、穿孔・発破・切羽運搬の短サイクル作業の繰返しであり大量出鉱等出鉱調整ができないことおよび採掘能率が低いこと等の欠点もある。現在、水平ピラーの回収などに、この方法の適用例が多い。



第Ⅲ-17図 密充填採掘方式とスムーズプラスティング法模式図

d) 他の採掘法による鉱柱の二次採掘

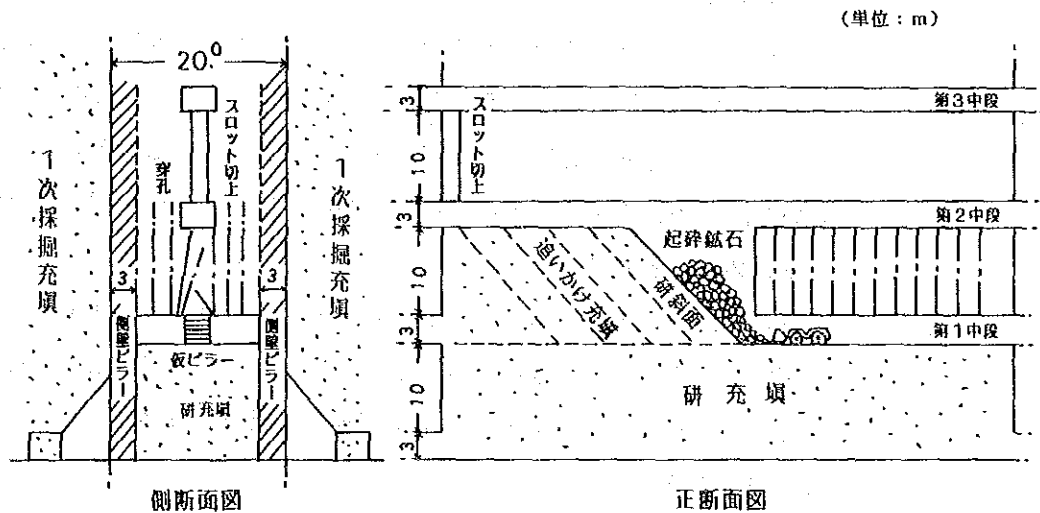
比較的高い回収率で確実に鉱柱採掘（二次採掘）を行うには、前述した充填採掘法（カットアンドフィル法）の適用が望ましいが、能率面で問題がある。

神岡鉱山で軟弱岩盤および鉱柱回収に適用された採掘法（2例）について以下の模式図で紹介する。

① リルストーピング採掘法（カットアンドフィル法の変形）

1回の採掘高さを10m程度とする。採掘空洞に上段より研による追いかけ充填を実施し、その充填斜面上に発破で起砕貯鉱された鉱石を下段レベルで抽出する。下段レベルは3m程度の天盤高なので、岩盤状況に応じてロックボルト・支柱打設または仮ピラー設置等の安全対策がとれる。鉱石と研との安息角の違いで、ある程度の鉱石回収率の低下および研混入がある。

以下に鉱柱の二次採掘に適用した場合の模式図を示す。



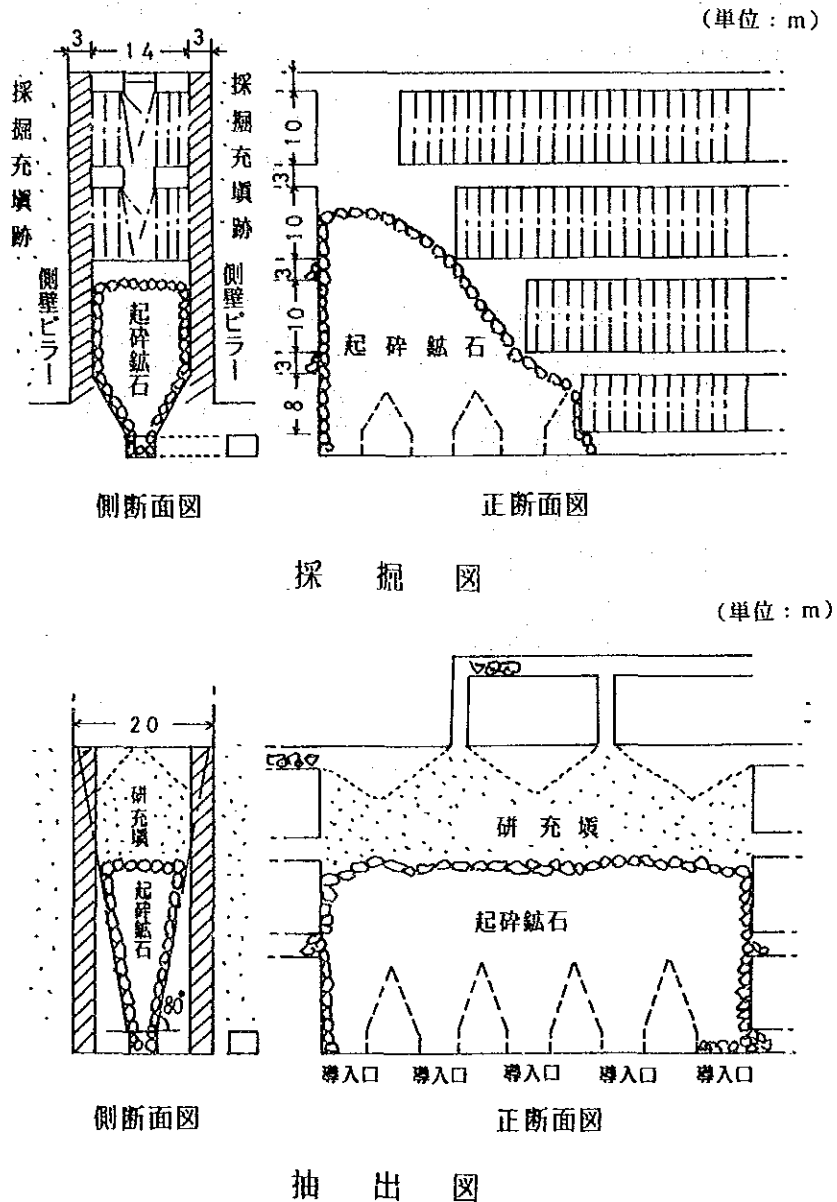
第Ⅲ-18図 リルストーピング法による鉱柱採掘模式図

② 追いかけ充填式サブレベルストーピング法（神岡鉱山栴洞鉱実績）

両側を充填土砂ではさまれた20mの鉱柱を採掘するために実施された方法で、貯鉱式サブレベルストーピング法で側壁を保持しながら採掘した後、抽出坑道で鉱石抽出を行う。

鉱石抽出により生じた空間は、研の急速充填を行う。起砕鉱石と充填研の境界面を乱さないように、各導入口でユニフォームドロワーイング（均一抽出）を確実に実施する。

本法による鉱柱の実績回収率は、約71%であった。



第Ⅲ-19図 神岡鉱山栴洞鉱，鉱柱（9#31号VP）採掘模式図



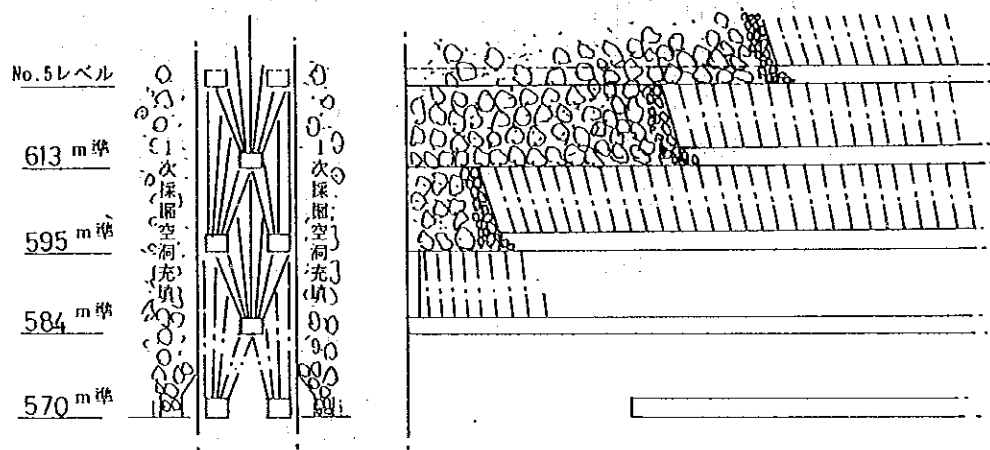
③ サブレベルケーシング法（中国側希望）

中国側では、坑内火災が鎮火した場合は、鉦柱の2次採掘を従来実施してきたサブレベルケーシング法で実施したい希望を持っている。

この方法は、すでに鉦体の上・下盤に坑道が開削されているので、開坑量が小さくてすむ。カットアンドフィル法に比べて、岩盤崩落の危険性が少ないこと、および充填が不要である等の利点を持っている。

しかし、大塚銅鉦山における実績では、研混入の増大と可採率の低下が著しい。鉦柱採掘の場合は、ピラーの両側が充填研によって囲まれているので、その傾向がさらに助長されることになる。また、坑内火災については前述したように炭質頁岩が採掘対象鉦画に出現しており、坑内火災の再発が懸念される、等の問題もあり、サブレベルケーシング法の適用は不味であると考ええる。

サブレベルケーシング法による鉦柱回収断面模式図を以下に示す。



第Ⅲ - 20 図 サブレベルケーシング法による鉦柱回収断面

e) 切羽運搬

① 切羽運搬機械は、大廠銅坑鉍山保有のCT-6000でまかなう。

② 破砕用ジャンボ

塊鉍破砕用1ブームジャンボ(ディーゼル駆動)を導入する。

f) 充 填

充填採掘法でもっとも重要なことは、必要な時期に必要な量の充填材を確保することである。もし充填が遅れた場合は、出鉍量の確保ができないばかりでなく、空洞崩壊の危険性もある。従って、充填系統の確立が重要となってくる。

① 充填材の基本的な考え方

群小鉍体に適用する上向充填採掘法の充填材は、開坑研およびサブレベルケーシングにおける抽出研をあてる。

I号およびII号鉍体の一次採掘(サブレベルストーピング法)後の充填材は、研充填またはセメント混入のサンドスライム充填とする。サンドスライム充填は、水を含むと不安定となり、二次採掘時の側壁ピラーの破壊等により採掘切羽内に大量に流入してくる危険性がある。このため、3~5%程度のセメントを混入して固化させれば、たとえ側壁ピラーが崩落しても研混入は防げる。ただし、数パーセントのセメント混入では大きな強度は期待できない。

III号鉍体および二次採掘の充填材は、研またはサンドスライム(セメント混入不要)のどちらでもよいが、切羽連続出鉍のためには研充填が望ましい。

② 大廠銅坑鉍山における充填設備

従来、大廠銅坑鉍山細脈帯型鉍体にはサブレベルケーシング法を適用しており、充填設備は不要であったが、現在、下部層状鉍体採掘のために充填プラント設備(サンドスライム+セメント混入設備)を建設中である。

しかし、細脈帯型鉍体の採掘については、この充填プラント設備の利用を考慮していないので充填プラントを利用する場合、設備能力不足となる。サンドスライム充填を主として考えるならば、充填設備の増強が必要である。特に、一次採掘後セメントモルタルの充填による人工ピラー方式を考える場合には、充填設備の増強が是非とも必要となる。

③ 研充填計画

近代化計画においては、研充填を主体とし、研充填のための立坑をNo.4レベルから地表まで開さくし、地表研を充填材とする。さらに、No.4レベル以下に充填立坑を延長し、必要なレベルで研抽出ができるように計画する。No.4レベル~地表間は約145m、地表貫通位置は3#排気立坑付近とする。(詳細は添付図第7図基本

開坑計画参照)

また、地表採土の他、選鉱廃石（比重選鉱廃石）のトラック運搬も考えるべきであろう。

g) 通 気

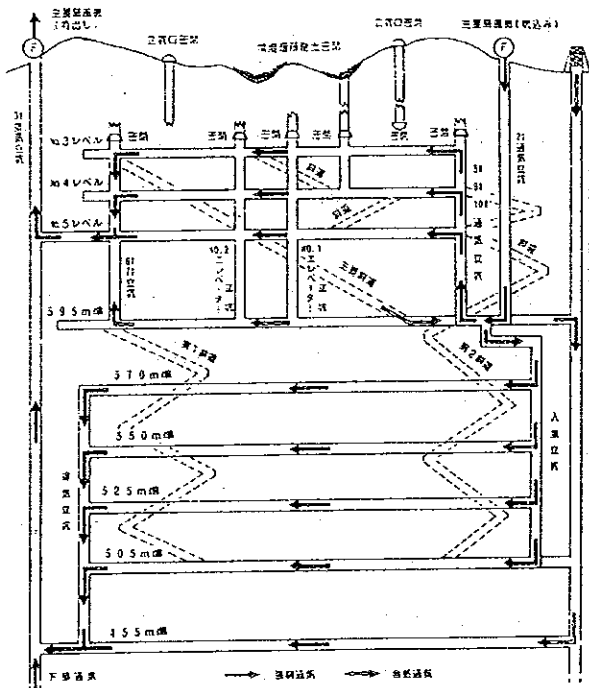
緊急対策で示した通気系統を595m準以下も含めた細脈帯型鉱体全体の通気系統にも適用する。すなわち、595m準以下の入気系統は505m準～590m準間に入気立坑を開さくし、2#通気立坑につなぐ入気系統とする。

この入気立坑よりの通気は各レベルの切羽を洗い、排気立坑（570m準～455m準）を通り、3#排気立坑に排気される。（B案）

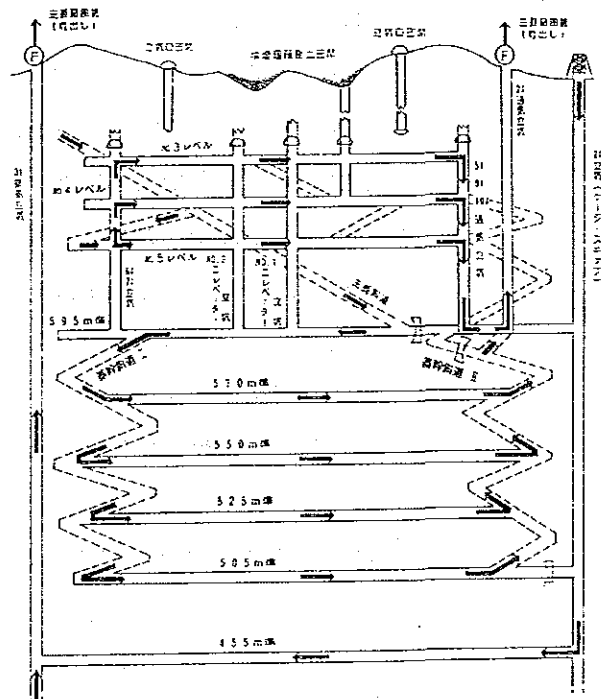
なお、595m準以上の通気系統は緊急対策で述べた通気系統と同様とする。

C案については、基幹斜道Ⅰを入気とし、各レベルの切羽を洗った通気は、基幹斜道Ⅱを通して2#通気立坑に排出される。

以下に改善後の通気系統の模式図を示す。



第Ⅲ-21-(1)図 改善後の通気系統模式図 (B案)



第Ⅲ-21-(2)図 改善後の通気系統模式図 (C案)

## h) 運 搬

### ① 鉍石運搬

595m準以下の採掘鉍石の主要運搬レベルは455m準とする。鉍石立坑は、北側（細脈帯型鉍体下盤）に3本、南側（細脈帯型鉍体上盤）に2本とし、いずれも鉍体範囲から離れた所を開さくする。立坑間の距離は180～200mとする。

鉍石運搬は、大廠銅坑鉍山で現在行われているトロリー電車2台+6m底明け式鉍車10台の組合せで行うものとする。

鉍石立坑の位置と立坑長を下表に示す。（詳細は添付図第7図基本開坑計画参照）

第Ⅲ-13表 新鉍石立坑の位置および立坑長

鉍石立坑名	立坑長(m) (455m準～570m準)	位 置	スキップ立坑 までの距離	記 事
No.1 OR	1 1 9	10号探鉍線北側	約1,000m	75°
No.2 OR	1 1 6	16号 " "	約 850m	85°
No.3 OR	1 1 5	22号 " "	約 650m	90°
No.4 OR	1 1 6	14号 " 南側	約 650m	85°
No.5 OR	1 1 5	20号 " "	約 500m	90°

### ② 研運搬

開坑により発生する開さく研およびサブレベルケーシング抽出研は、カットアンドフィル切羽を早期に準備することによって、できるだけ充填材として消費するが、余剰研は、595m準または455m準で土砂運搬を行い、スキップで坑外へ搬出する。

### ③ 鉍石トラック運搬の検討

455m準の鉍石立坑～スキップ立坑間の平均距離は約700mである。この程度の距離では坑内トラック運搬方法がきわめて高能率である。

トラック運搬の仕様・能率試算を添付資料10に示す。

## 1) 排 水

細脈帯型鉍体下部においても坑内湧水はあまり出現しないと考えられるので、現状の排水系統で十分である。もし、開坑中の坑内湧水があればグラウティングによる止水を行うべきである。



## 4. 管理体制

組織・人員・管理体制については、現地調査期間が短かったため、収集した情報も少なく、組織がうまく機能しているかどうかの把握も不十分であったうえ、鉱山の状況；習慣；社会体制の違い等があり、以下に述べる問題点と改善点については、大廠銅坑鉱山に役立つものかどうか不明であるが、現在の日本の鉱山における一般的な管理体制と比較しながら提言を行うこととする。

### 4.1 大廠銅坑鉱山における管理上の問題点

#### (1). 管理組織上の問題点

大廠銅坑鉱山の管理組織は、「I, 大廠銅坑鉱山細脈帯型鉱体概要, 5. 管理体制」で述べたように、

鉱部（本部）～車間（課）～工区（係）の3段階になっている。課は、坑口（採鉱）を含め8課、坑口（採鉱）課は、掘進係など9係に分れている。

このように細分化された管理組織は、一見、管理体制がととのっているようにみえるが、実際は、「セクショナリズムにおちいる」「過剰管理となる」「課（係）内の調整が困難となる」、等人員、機械、施設および技術等の総合的な有効活用の面で劣ることになる。

更に、大廠銅坑鉱山のように、それぞれの段階で、正規長（坑長、課長、係長）のほか、付長（付鉱長、付課長、付係長）が配属されている場合には、必然的に管理者が増えることになる。

#### (2). 非生産部門の比率が高い。又、生産部門の中での主作業率（直接生産に携っている人員の比率）が低い。

大廠銅坑鉱山の人員は約3,000人であるが、生産部門と非生産部門の人員比率は約6：4、更に生産部門における主作業率は約50%である。

すなわち、3,000人のうち、約1,200人が補助管理部門であり、更に生産部門1,800人のうち、直接生産人員は、900人となり、直接生産に従事する人員は、わずか全体の約30%にすぎない。

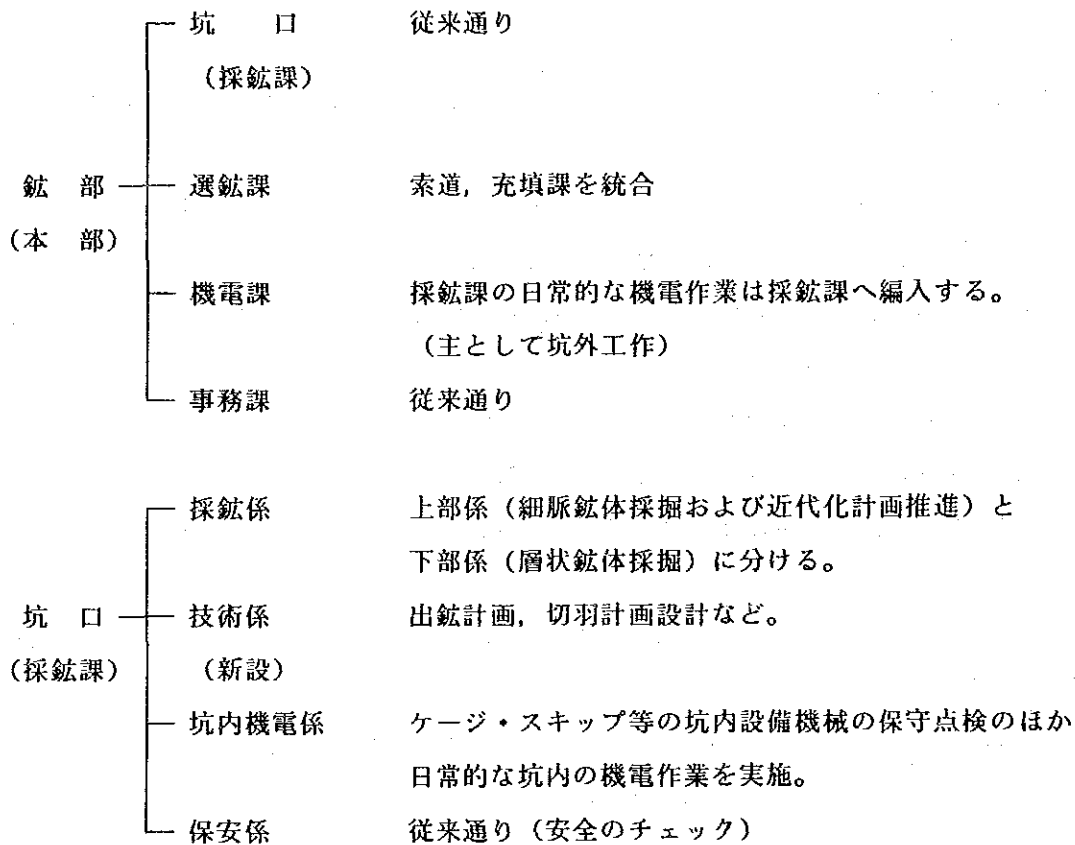
#### (3). 学校（幼稚園、小学校、中学校）、病院および商店（デパート）等の経営および管理も鉱山が行っている。

## 4.2 改善案

### (1) 組織の簡素化

日本の鉱山においても、以前は組織の細分化がなされていたが、前述の欠点を修正するために、共通項をもつ課（係）の統合などの組織の簡素化がなされた。これによって、管理職および補助管理部門等非生産部門の人員圧縮が可能となった。

以下に、大廠銅坑鉱山の組織の簡素化の一案を示す。



### (2) 生産部門における主作業率のアップ

主作業率をアップさせるには、まず、雑作業の内容、何故その作業がでてきたのか、その作業をなくせないか、その作業の能率アップができないか、等の分析を行なう必要がある。

大廠銅坑鉱山における雑作業の内容を十分把握していないので、有効な改善案を提言できないが、一般的には、生産部門で行われる各作業の品質管理を十分行なえば、その後の無駄な作業が省かれることが多い（例えば、スムーズプラスティング発破法による、浮石除去作業減、留付作業減等）。更には、使用機械の日常点検実施、早期修理実施等によって、修理工数減を図る等、作業教育が大切である。

(3) 学校、病院および商店の独立経営、管理

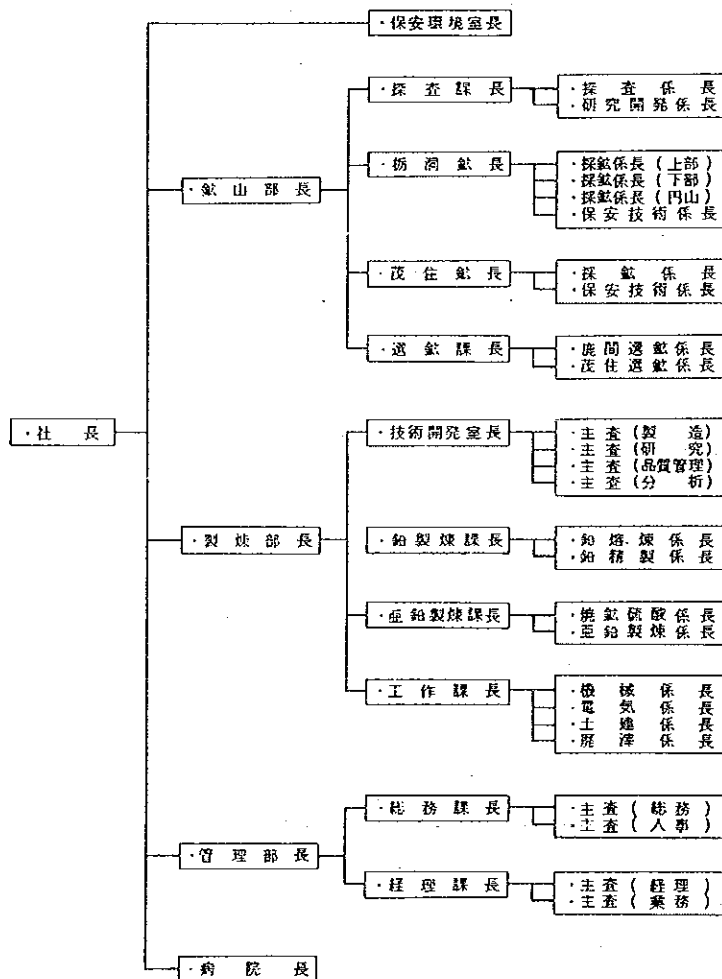
日本でも、以前は、鉱山町という特殊環境のところでは、学校、病院および商店などを経営、管理していた鉱山も多い。しかし現在では、ほとんど地方行政に移管されている。

中国の社会体制から、「独立経営、管理」という考え方が適切かどうか疑問であるが、「鉱山管理」という面からみれば、鉱山の本業以外の経営・管理は、明らかに異質であり、鉱山管理に与える負担も大きい。

4.3 日本の鉱山における組織・管理体制の一例

日本と中国の鉱山管理方法については、鉱山の状況・習慣・社会体制の違い等があり、単純にその優劣を比較することはできない、従って、日本の鉱山の一例（神岡鉱業所隣における探査・採鉱および選鉱における組織・人員と操業管理体制）を提示して中国側の参考に付す。

(1) 神岡鉱業隣組織

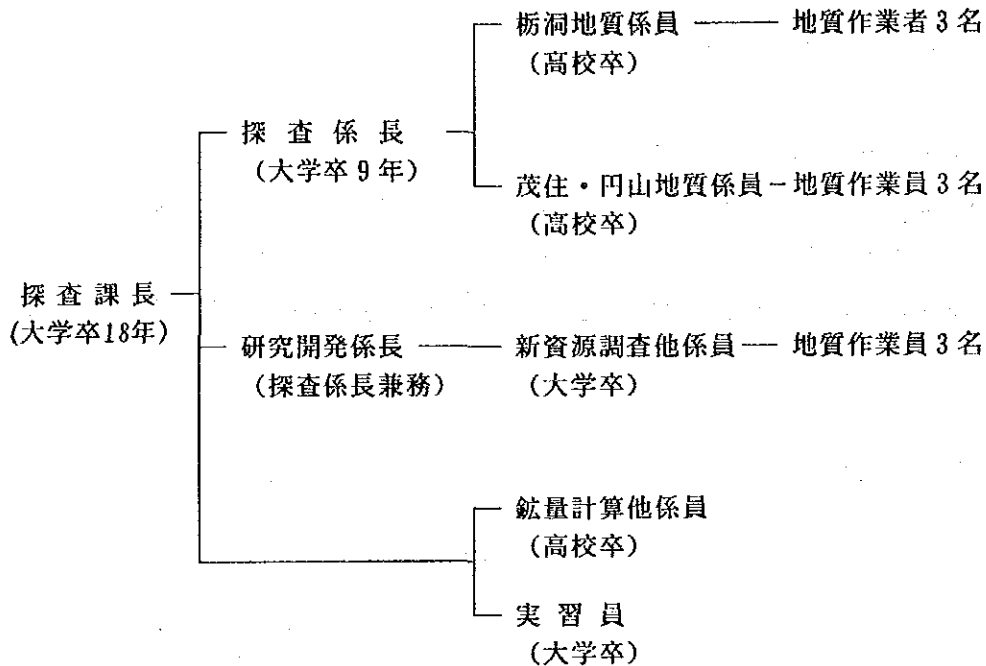


第Ⅲ－22図 神岡鉱業(株)管理組織図



(2) 探査課

a) 組織および人員



人員： 管理職 2 名，係員 5 名，作業員 8 名，合計 15 名

b) 業務内容

①探査課

- 探鉱活動・鈾量計算などの総括
- 探鉱長期計画・予算の策定

②探査係

- 主として既知鈾床周辺（栃洞・茂住）の調査研究，探鉱（坑道・試錐）計画と実施状況調査（昭和62年度予算；坑道探鉱 2,750m・試錐探鉱10,000m）
- 開坑・採鉱へのRecommendation（切羽巡回）
- 鈾量計算

③研究開発係

- 新鈾床発見のため最新の知識・技術を導入し，斬新なアイデアで広域にわたり調査研究の実施
- 国策に沿う資源探査の一環として広域調査・精密調査の実施（昭和62年度予算；精密探鉱 400m・試錐探鉱 850m）

- 新資源（金・レアメタル・陶石など）の調査研究・探鉱（地表試錐）
- 技術コンサルタント分野（温泉・土木地質・サンシャイン計画等）の諸調査
- 地質・鉱物基礎調査
- 鉱区関係業務

c) 操業管理のための各種会議と参画メンバー

①長期計画会議（年単位，不定期）

3年～5年の長期展望に立ち，課の方針および探鉱計画を作成し，上申する。

参画メンバーは，係員以上。

②予算会議（6ヶ月予算）

6ヶ月単位の探鉱予算・人員予算および経費予算を作成し，上申する。

参画メンバーは，係員以上。

③C・A (Check and Action)会議（1回/月）

前月の操業実績（作業量および経費）を取りまとめ，課長会議で探査課長が報告する。実績の取りまとめと対策協議は係員以上で実施。

④係員会議（1回/月）

係員以上で1ヶ月間の作業目標，保安上の問題，その他の打合せを行う。

⑤グループ会議（2回/月）

作業の標準化・簡素化・システム化などを目的にテーマを取り上げ，係員および作業員で会議を持つ。

⑥グループミーティング（毎朝）

係員および作業員間で，1日の作業面および保安面について打合せを行う。

⑦ 探鉱係との打合せ会議

1回/年の鉱量計算会議（可採率・研混入率）のほか，1回/月のリコメン会議（探鉱・探鉱現場検討会議）を行う。

- 可採率会議参画者：探査課長，探査係長，担当地質係員

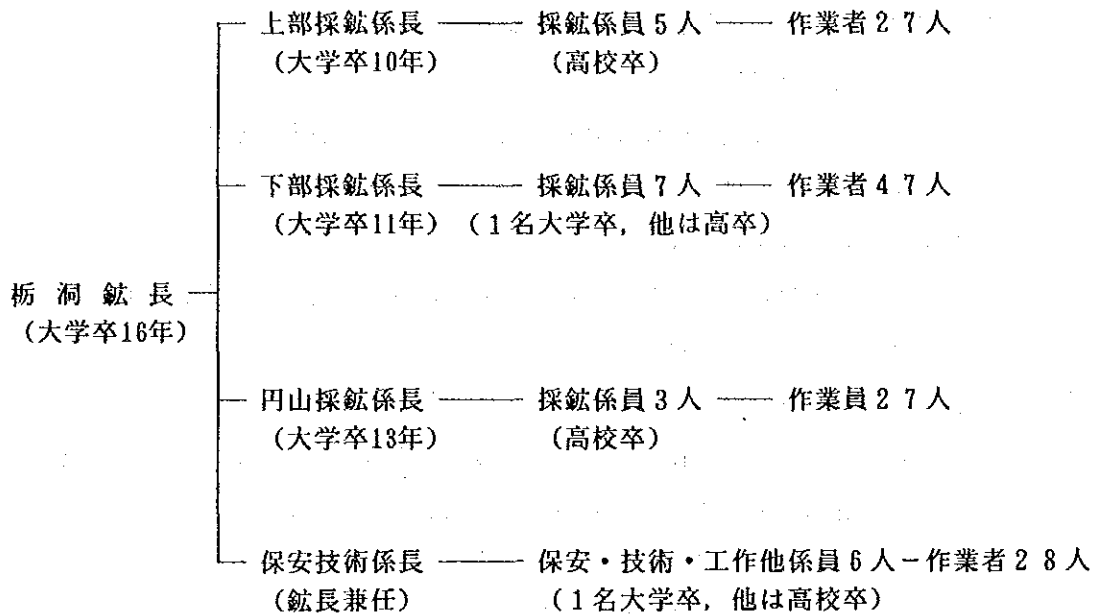
鉱長，担当探鉱係長，担当探鉱係員

- リコメン会議：探査課長，探査係員，地質作業員

探鉱係長，探鉱係員

(3) 柝洞鉦 (出鉦量 3,700 t / 日)

a) 組織および人員



人員： 管理職 4 人，係員 21 人，作業者 129 人，合計 154 人

b) 業務内容

- ① 鉦長は柝洞鉦全体の総括
- ② 係長は担当係の総括
- ③ 採鉦係員のうち、各係に 1 名の生産管理係員がおり、各係全体の出鉦計画・開坑計画等の立案のほか、毎日の出鉦量・品位管理を行っている。(前日の選鉦成績のフィードバック)
- ④ その他の採鉦係員は、受持区域の人員配番および作業管理(探開坑量・出鉦量・出鉦品位・作業者の保安面等)を行う。
- ⑤ 保安技術係のうち技術係員は、鉦長の指示を受けて技術改善または新技術導入のための基礎試験を行う。

保安係員は、鉦全体の保安推進のための計画立案のほか、災害集計等保安に関する業務を行う。

工作係員は、鉦全体の機械の整備を担当し、特に定期点検・機械の更新計画を立

案実施する。

c) 操業管理のための各種会議と参画メンバー

①長期計画会議（年単位，不定期）

3年～5年の長期展望に立ち，栃洞鉱の方針（出鉱量・品位・人員および経費）を計画立案し，上申する。とくに技術革新のための新技術・新機械の導入等を長期計画に折り込む。

参画メンバーは，鉱長，採鉱保安技術係長，各係の生産管理担当係員，技術係員。

②予算会議（6ヶ月予算）

各係で，6ヶ月単位の作業量・人員・経費予算を作成し，上申する。

参画メンバーは，係長および生産管理係員が主となる。

③C・A (Check and Action)会議（1回/月）

前月の鉱全体の操業実績（出鉱量・品位・経費）を取りまとめ，課長会議で鉱長が報告する。また，各係毎には係長が担当係の実績を取りまとめ，対策(Action)とともに鉱長に報告する。

参画メンバー，社長，各担当部長，各課課長。

④係員会議（1～2回/月）

各係で，前月の操業実績をチェックし，翌月の目標・対策をたてる。鑑定作業（作業実績量のチェックと作業者の能率給決定）のほか，作業番割りを行う。

参画メンバーは，係長および係員。

⑤グループ会議（1回/月）は探査課と同じ。

⑥保安関係会議（1回/月）

全山保安委員会（各課の作業代表の保安委員・各課課長以上で構成）の保安方針・目標に基づき，鉱の保安対策を協議する。

鉱保安委員会さらに，その後，各係毎に保安常会（係全員参加）を実施するほか鉱長と各係係員との保安対話（1回/月）も行う。

⑦操業成績報告（毎日）

前日の操業成績（出鉱量）について生産管理係員が取りまとめ係長へ報告，係長は鉱長へ報告する。

⑧番割り（毎日作業前）

作業開始前に係員と作業員間で，作業および保安の打合せを行う。（10分～20分）

⑨作業者ミーティング（毎日作業前）

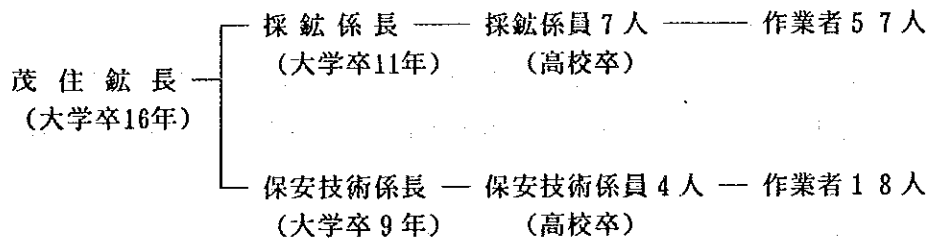
番割りを受けた後，番割作業関係のある作業者間で作業・保安の打合せ・確認を行う。

⑩他係との会議

探査課との会議は前述のとおり。

(4) 茂住鉱（出鉱量 800 t / 日）

a) 組織および人員



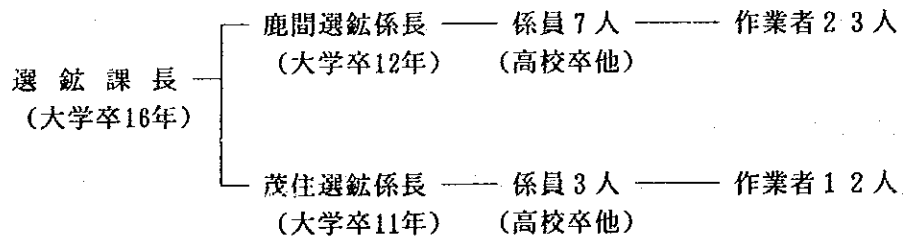
人員：管理職 3 人，係員 11 人，作業者 75 人，計 89 人  
（茂住鉱の場合は資材，事務係（6 人）も含む。）

b) 作業内容は栃洞鉱とほぼ同じ。

c) 操業管理のための会議および参画メンバーも栃洞鉱とほぼ同じ。

(5) 選鉱課（鹿間選鉱場:3.700 t / 日；3 交替，茂住選鉱場:800 t / 日；2 交替）

a) 組織および人員



人員：管理職 3 人，係員 10 人，作業者 35 人，計 48 人

b) 業務内容

- ① 前日の選鉱操業成績は、処理鉱量・精鉱量については翌朝、品位については夕方集計され、栃洞鉱・茂住鉱へ連絡される。
  - ② 日常の操業管理はテレビ監視による遠隔操作およびコンピューター制御（茂住選鉱はパソコン制御）による自動化等により行っており、人員の縮少は勿論、操業成績の向上・安定に寄与している。
- c) 操業管理のための会議および参画メンバーは各課とほぼ同じ。



IV. 大廠銅坑鉍山近代化（改善）計画（案）  
実施スケジュール

（細脈帯型鉍体）





## Ⅳ. 大廠銅坑鉍山近代化（改善）計画（案）実施スケジュール （細脈帯型鉍体）

### 1. 実施スケジュールの基本的な考え方

#### （1）坑内火災対策

- ① 緊急対策で計画した坑内各所の坑道密閉を、通気系統の変更（No.5レベルで3#排気立坑へ連絡）前に完了させる。（準備期間：4～5ヶ月）
- ② 細脈帯型鉍体の通気系統変更のため、No.5レベルで坑道開さくを行い、現在の下部層状鉍体用3#排気立坑と細脈帯型鉍体用の6#・7#排気立坑の連絡を行う。
- ③ 595m準以上の通気系統変更が完了した時点で、地表部において、現在の細脈帯型鉍体用排気立坑口および6#排気立坑口を密閉する。
- ④ 地表陥没跡および岩盤中のクラック等からの噴煙箇所への覆土密閉については、現状のサブレベルケーシング法を継続するかぎり、地表陥没が進行し、保安上および鎮火効果の上からも問題があるため、採鉍法の切替後に実施する。

#### （2）採鉍法の近代化（改善）作業実施の条件

- ① 早期に採鉍法の切替を行うため採掘準備作業（基幹開坑および切羽開坑）は、大型機械の導入や開坑クルーの多数投入をはかり、集中作業・高能率作業により採鉍法の切替工期の短縮をめざす。
- ② 採鉍（一次採掘および二次採掘）についても大型機械を導入する。ただし、カットアンドフィル法に使用する採鉍用ジャンボには、坑道掘進用ジャンボを転用する。（ガイドセルの取替が必要）
- ③ 大廠銅坑鉍山の保有する機械類をできるだけ活用する。

#### （3）近代化実施スケジュール

- ①近代化計画の基本計画（計画(1)）スケジュール  
（最短スケジュール）
- ②近代化計画の基本計画（計画(1)）スケジュール  
（ペースダウンスケジュール）
- ③近代化計画（計画(2)）スケジュール



## 2. 大型機械導入による各種作業の

### 高能率化および大型機械の必要台数と必要稼働切羽数

#### (1) 坑道掘進作業（斜道および水平）

一次採掘の主力採掘法であるサブレベルストーピング法は、採掘切羽の進行が下から上へと向う上向採掘法である。従って、出鉱を早めるためには早期に505m準（1次抽出レベル）に到達し、採掘準備作業（抽出坑道・Vカット坑道の開さく等）を開始しなければならない。

このため、大型機械の導入により坑道掘進作業の高能率化をはかる。（添付資料8参照）

##### ① 機械の組合せ

掘進用ジャンボ+ロードホールダンプ+AN-FO装填車

##### ② 作業能率（ジャンボ1台当り）

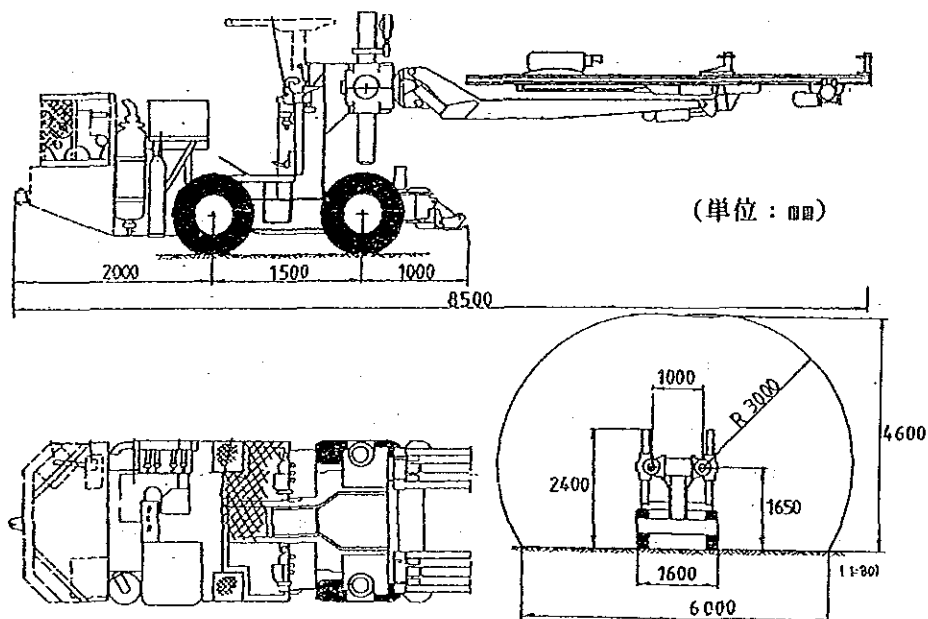
斜道掘進（1個所持ち）：60m/月とする。（神岡鉱山実績）

水平掘進（"）：80m/月とする。（"）

##### ③ 坑道掘進用機械必要台数

- ・坑道掘進用ジャンボ：18台（スケジュール表より）
- ・ロードホールダンプ：9台（ジャンボ2台に対し、LHD1台）
- ・小型AN-FO装填車：6台（ジャンボ3台に対し、装填車1台）

##### ④ 坑道掘進用ジャンボの仕様（ディーゼル駆動、空気動さく岩機搭載）



第IV-1図 坑道掘進用ジャンボの仕様

(2) 立坑開さく作業

① 立坑開さく方式

100m以上の長距離切上および65m以上の傾斜切上の開さく用に、レイズポラー（BM-100，立坑径1,750mmφ）を1台導入する。

75m以下の垂直切上は、立坑開さくスケジュールの関係から、大廠銅坑鉦山の切上方式（吊缶方式）により開さくする。また、30m以下のスロット切上りは普通方式による開さくとする。

② レイズポラーによる立坑開さく作業能率（日本における深度150m級立坑開さくの平均実績）

立坑開さくスピード：50m/月

準備・撤収作業：0.5ヶ月（機械搬入・組立・撤去・搬出）

機械仕様については、添付資料9に示すとおりである。

(3) サプレベルストーピング法（I号・II号鉦体の一次採掘）長孔穿孔作業

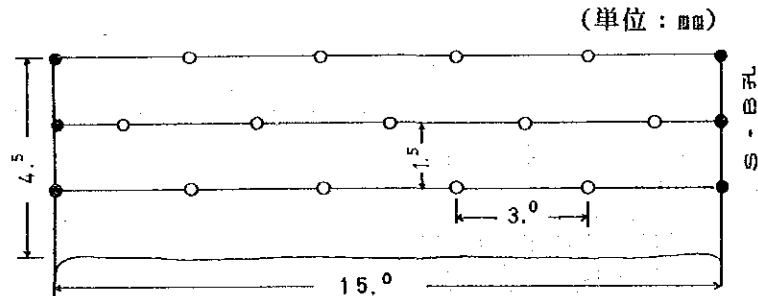
① 全油圧式さく岩機搭載の長孔穿孔機械の導入

各サプレベルより25～30mの下向長孔穿孔を行うため、長孔穿孔能力のすぐれた全油圧式さく岩機搭載の穿孔機械を導入する。（走行はディーゼル駆動）

長孔穿孔能率は空気動さく岩機と比べ約2倍である。

② 長孔穿孔機械の採鉦能力（試算）

長孔穿孔作業能率：75m/方・台（神岡鉦山における油圧さく岩機の65mmφ穿孔実績）



$$15\text{m} \times 4.5\text{m} \times 2.94\text{t/m}^3 (\text{比重}) \div 19\text{m} \approx 10.45\text{t/m}$$

$$10.45\text{t/m} \times 75\text{m} \approx 780\text{t/方} \cdot \text{台}$$

③ 長孔穿孔機械の導入台数

※

$$4,000\text{t/日} \div (780\text{t/方} \cdot \text{台} \times 3\text{方/日} \times 0.7) \approx 2.44\text{台}$$

※機械稼働率

従って、予備機を含め4台を導入する。