

中華人民共和國揚子地台西緣地域
資源開發協力基礎調查報告書

鉍物資源綜合開發調查

第5年次

平成10年3月

JICA LIBRARY



J 1143262 [2]

国際協力事業団
金属鉍業事業団

鉍調査
CR(2)
98-081

中華人民共和國揚子地台西綠地域
資源開發協力基礎調査報告書

鉍物資源総合開発調査

第5年次

平成10年3月

国際協力事業団
金属鉍業事業団



1143262 (2)

は し が き

日本国政府は、中華人民共和国の要請に答え、同国中央南部に位置する揚子地台西縁地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査、ボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することにした。本年度調査はその第5年次あたりに、金属鉱業事業団は4名からなる調査団を編成して現地へ派遣した。

現地調査は平成9年6月24日に開始され、中華人民共和国政府関係機関、中国有色金属工業総公司、西南地質勘査局、同308隊、雲南錫業公司の協力を得て平成10年3月12日予定通り完了した。

本報告書は第5年次の調査結果を取り纏めたもので、最終報告書の一部となるものである。

終わりに、本調査の実施に当たってご協力いただいた中華人民共和国政府関係機関ならびに、外務省、通商産業省、在北京日本国大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成10年3月

国際協力事業団

総 裁 藤 田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 松 山 博 昭

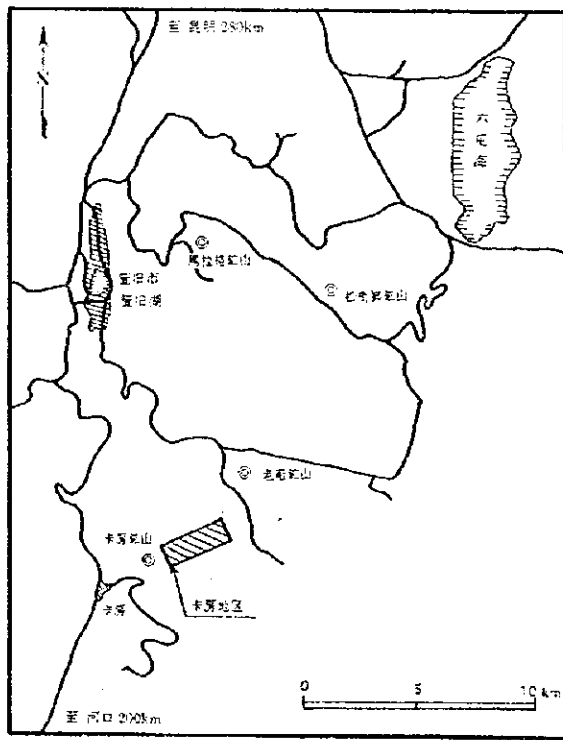
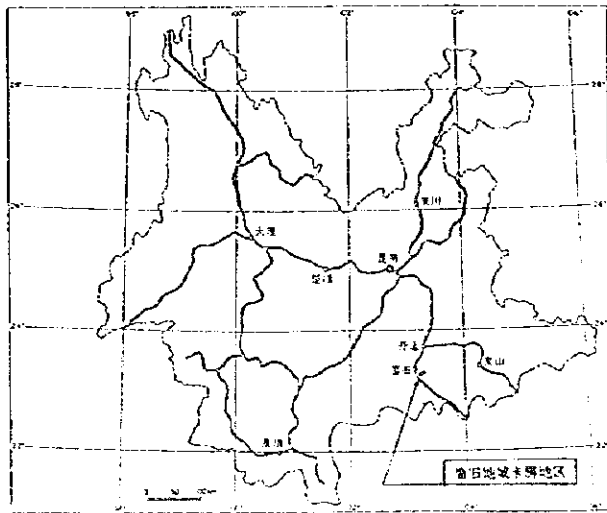
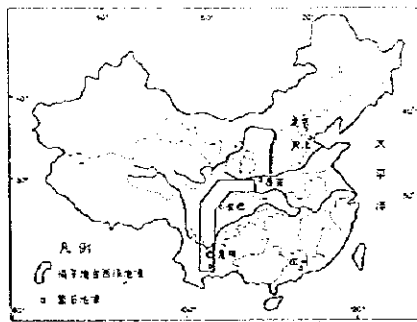


图 1-1 調查地域位置图

要 約

本調査は、中華人民共和国揚子地台西縁地域鉛物資源総合開発調査の第5年次（1997年度）調査として、箇旧地域卡房地区で卡房鉛床の地質及び鉛床の賦存状況を解明し、相手国の資源開発の支援を行うこと、調査期間を通じて相手国機関に対し、技術移転を図ることを目的としている。

本地区は、雲南省東南部に位置し、海拔約 2,150 m から 2,400 m に達する急峻な山岳地形を呈する。これまで、中国有色金属工業総公司西南地質勘査局が、1978 年から 1992 年に地表ボーリング 15 本、7,739.08 m を実施、さらに 1996 年から 1997 年に地表ボーリング 6 本、3,434.32 m、坑内先進ボーリング 4 本、605.23 m を実施し、地表下約 500 m の 1600 ~ 1800mL に銅鉛鉛床の伏在を認めている地区である。

鉛床は、中部三疊系の大理岩（結晶質石灰岩）を主に苦灰岩と変玄武岩を挟在する地層に燕山晩期の花崗岩が貫入して形成された、潜頭性スカルン型銅鉛鉛床である。花崗岩は、断裂・褶曲と三疊系の層理面・節理などに規制され、北東—南西方向に馬の背状の岩体や舌状に三疊系堆積岩類の三方を取り囲むように貫入し、花崗岩中に見掛け上の凹陥構造を形成しており、鉛床の富鉛部はこの凹陥構造内部に胚胎すると考えられる。

卡房地区の凹陥構造の発達と鉛化作用は、241 測線を中心に北東—南西方向に延長するようで、なかでも 240 測線と 245 測線の間、500 m にまとまった鉛床胚胎の可能性が期待される。しかし、これまでの探鉛では、凹陥構造の規模は未確認で、この規模如何で鉛床のポテンシャルが大きく左右されるので、この確認が今後の探鉛の主目標と考えられる。探鉛方法としては、1740 mL 協力坑道掘削の継続と坑内からのボーリング調査が最適と考えられる。

これまで、卡房地区の 1740 mL 協力坑道付近の調査量は極めて少なく、第5年次の坑道調査では、軟弱変玄武岩が当初想定以上に続き、坑道掘削作業能率の著しい低下を来し、当初予定されたボーリング室の設置まで至らなかった。今後の坑道展開・ボーリング室の位置の選定など後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、協力坑道引立て付近の地質状況を見極めることが必要で、そのためには坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。

さらに、鉛床探鉛の坑内ボーリング計画は、鉛況・凹陥構造の形態などの変化に応じて適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

また、卡房地区では、現在の探鉛レベルの他にも凹陥構造の存在が推定されるので、この探査も今後の課題と考えたい。

坑道調査では、断裂帯、軟弱岩盤の掘削に差切工法を採用した坑道掘削技術支援が、支保材としての日本製H型鋼材、鋼矢板など、掘削機器としてのピックハンマーなどの日本国内調達資機材と相まって、掘削作業効率及び坑道維持での効果、さらに作業保安面で重要な役割を果たした。このような坑道掘削技術支援と日本国内調達資機材は、断裂帯及び軟弱岩盤などの掘削に有効であり、今後も多大の成果が期待できる。



目 次

はしがき	
調査地域位置図	
要 約	
目 次	
図表一覧	

第I部 総 論

第1章 序 論	1
1.1 調査の経緯と目的	1
1.2 第4年次調査の結論と提言	1
1.3 第5年次調査の概要	1
1.3.1 調査地域	1
1.3.2 調査目的と内容	1
1.3.3 調査数量	2
1.3.4 調査団の編成	2
1.3.5 調査期間	2
第2章 調査地域の地理	3
2.1 位置・交通	3
2.2 地形	3
2.3 気候・植生	3
第3章 調査地域の一般地質と鉱業の概要	6
第4章 調査結果の総合検討	8
4.1 地質調査	8
4.2 坑道調査	9
第5章 結論及び提言	11

第II部 各 論

第1章 地質調査	15
1.1 調査の概要	15
1.2 一般地質	15
1.2.1 地質概要	15
1.2.2 地層層序	15
1.2.3 地質構造	17

1.2.4 火成岩	18
1.3 鉍化作用	20
1.3.1 鉍床概要	20
1.3.2 鉍床の形態・分類	20
1.3.3 鉍床形成の場	22
1.4 坑内地質調査	23
1.4.1 坑内地質	23
1.4.2 帯磁率	25
1.4.3 裂罅系	25
1.5 まとめ及び今後の調査	33
第2章 坑道調査	35
2.1 調査の概要	35
2.2 坑道掘削	35
2.2.1 断面積	35
2.2.2 作業形態	35
2.2.3 掘削作業概要	43
2.3 日本国内調達資機材ならびにその効果	44
2.3.1 H型鋼材	44
2.3.2 鋼矢板	44
2.3.3 デッキプレート	44
2.3.4 ピックハンマー	44
2.4 破砕帯・軟弱岩盤帯の掘削について	47
2.5 坑道掘削の遅延の主な理由	51
2.6 技術移転について	51
2.7 まとめ及び今後の調査	51

第III部 結論及び提言

第1章 結 論	53
第2章 提 言	54
参考文献	57

図 表 一 覧

第I部 総 論

図 1 - 1	調査地域位置図	7
図 1 - 2	箇旧地域主要鉍山・鉍微分布図	7
図 1 - 3	箇旧地域卡房地区 1740 m L 総合解析図	13
表 1 - 1	箇旧地域老廠地区気象資料統計表	4
表 1 - 2	箇旧市気象資料統計表	4
表 1 - 3	箇旧地域老廠地区降雨量特性統計表	5
表 1 - 4	卡房地区降雨量 (1997.7)	5
表 1 - 5	箇旧地域主要鉍山・鉍微一覧表	6

第II部 各 論

第1章 地質調査

図 2 - 1 - 1	箇旧地域地質概略図	16
図 2 - 1 - 2	箇旧地域卡房地区地質模式層序図	18
図 2 - 1 - 3	箇旧地域卡房地区地質図及び断面図	19
図 2 - 1 - 4	箇旧地域鉍床模式図	22
図 2 - 1 - 5	箇旧地域卡房地区 1740 m L 協力坑道地質図 (1) ~ (5)	26
図 2 - 1 - 6	箇旧地域卡房地区 1740 m L 協力坑道付近地質図	31
図 2 - 1 - 7	協力坑道裂罅系の等集中度曲線図 (下半球へ投影)	32

第2章 坑道調査

図 2 - 2 - 1	調査対象坑道図 (1)	37
図 2 - 2 - 2	調査対象坑道図 (2)	38
図 2 - 2 - 3	坑道掘削計画図 (当初)	39
図 2 - 2 - 4	設計変更坑道掘削計画図	40
図 2 - 2 - 5	坑道掘削実績図	41
図 2 - 2 - 6	卡房鉍山周辺地形図	42
図 2 - 2 - 7	大理岩穿孔パターン	45
図 2 - 2 - 8	支保規格図	45
図 2 - 2 - 9	差切工法模式図 (1) ~ (3)	48
表 2 - 2 - 1	当初調査内容及び数量	36
表 2 - 2 - 2	実績調査内容及び数量	36
表 2 - 2 - 3	坑道掘削工程総括表	36
表 2 - 2 - 4	坑道掘削使用機器一覧表	46
表 2 - 2 - 5	坑道掘削実績及び消耗品使用数量	46

第III部 結論及び提言

図3-1 筒田地域卡房地区 1740 m L総合解析図 55

巻末資料

巻末資料1 筒田地域卡房地区ボーリング座標・実績一覧表（含孔曲測定） 資-1

巻末資料2 ボーリング地質柱状図
（Z K 4、Z K 25802、Z K 26204、縮尺1:200） ... 資-3

巻末資料3 卡房地区ボーリング地質断面図
（ボーリング位置図、258 測線、262 測線） 資-33

巻末資料4 帯磁率測定結果一覧表 資-36

付 図

付図1 筒田地域卡房地区 1740 m L坑道地質図（日中協力坑道） 縮尺1:200

第 I 部 総 論

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1.1 調査の経緯と目的

日本国政府は中華人民共和国政府の要請に基づき、同国揚子地台西縁地域の鉱物資源総合開発調査の実施を決定し、1993年7月21日、本調査の実施に関する口上書を中華人民共和国政府と交換した。これに基づき、同日、国際協力事業団及び金属鉱業事業団と中国有色金属工業総公司は、本調査の実施細則を定め、調印した。

本調査は日本側と中国側が協力して、対象地域内で新鉱床を発見するために、地質状況及び鉱床の賦存状況の調査と評価、さらに、特定の鉱床については開発のためのプレ F/S を実施すること、また、調査に参画する中国側専門家に対し、現地調査業務を通じて技術移転を行うことを目的としている。

1.2 第 4 年次調査の結論と提言

揚子地台西縁地域のうち、箇田地域卡房地区は、地表ボーリングによって地表下約 500 m の 1600 ~ 1800 m L にスカルン式銅錫鉱床の伏在が認められる地区で、鉱床賦存条件(地表下約 500 m) から、坑道掘削と坑内ボーリングの組合せが今後の適切な探鉱方法と考えられた。そして、第 4 年次には 1740 m L の既存坑道を利用して本地区南部から坑内ボーリング位置への坑道掘削が行われた。しかし、途中で老熊洞断裂に遭遇することが予想されたが、本断裂が予想以上に大規模で、掘削を断念せざるを得なくなった。

このような状況から、第 5 年次は、切替え坑道を掘削し、当初予定の位置で坑内ボーリングを行い、さらに、既存資料解析、坑内地質調査・ボーリングコア調査を行って、本鉱床の地質・鉱化作用を解明し、本鉱床のポテンシャル評価を行うことが適切であると提言された。

1.3 第 5 年次調査の概要

1.3.1 調査地域

調査対象地域は、箇田地域卡房地区 (1740 m L) である (図 1-1)。

1.3.2 調査目的と内容

箇田地域卡房地区 1740 m L を対象に、坑内ボーリング調査のための坑道掘削を行うと同時に、坑道地質調査、ボーリングコア調査及び既存資料解析を行い、得られた結果を総合的に検討し、本地区のポテンシャルを評価するとともに、本地区における今後の探査指針を考察することを目的にした。

しかしながら、切替え坑道を掘削し、老熊洞断裂は突破したものの、変玄武岩が予想外

の広がり、協力坑道は当初目的の坑内ボーリング調査位置まで達することができず、本年度の地質調査は、坑内地質調査を行い、卡房鉱床の地質及び地質構造と鉱化作用との関係を把握し、後年度調査計画の見直しを行うに止まった。

1.3.3 調査数量

項 目	数 量	摘 要
坑道調査	160.10 m	
地質調査 坑内地質調査	160.10 m	
ボーリングコア調査	222.38 m、3 本	(過年度実施分： 82.04 m、2 本) (坑内先進分： 140.34 m、1 本)

1.3.4 調査団の編成

日 本 側

・現地作業管理

亀山正義 (金属鉱業事業団)
林 克巳 (//)
中村研治 (//、北京事務所)

中 国 側

段文崗 (中国有色金属工業総公司)
張兆富 (//)
李連拳 (西南地質勘査局)

・現地調査

富沢尚明 (海外鉱物資源開発株式会社)
田中孝次 (三菱マテリアル資源開発株式会社)
小野寺富雄 (//)
木村政志 (//)

楊樹培 (西南地質勘査局 308 隊)
譚木昌 (// 308 隊)
段永生 (// 308 隊)
榮惠峰 (// 308 隊)
李国清 (// 308 隊)
莫国培 (雲南錫業公司)
楊金福 (//)

1.3.5 調査期間

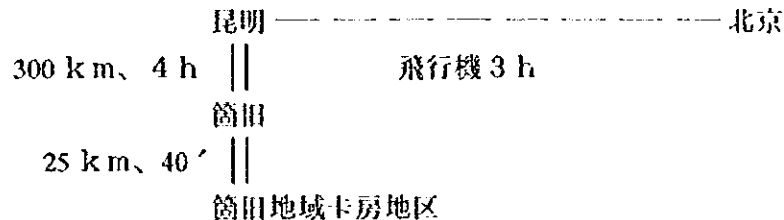
現地調査期間は次のとおり：

作 業	開 始	終 了
坑道掘削	1997年 6月24日	1998年 3月12日
地質調査 (前期)	1997年 7月 7日	1997年12月 4日
(後期)	1998年 2月15日	1998年 3月12日

第2章 調査地域の地理

2.1 位置・交通

調査対象地域は雲南省南東部、箇旧市（海拔高度約 1,720m）の南南東約 20 km に位置する。調査の基地となる箇旧市へは、省都、昆明市より道程約 300 km（高速道路、一部舗装一般道）、約 4 時間で達する。箇旧市から調査対象の卡房地区までは、簡易舗装道約 25 km、車で 40 分で到達する。



2.2 地形

卡房地区は標高 2,150 ~ 2,400 m、比高 250 m に達する山岳地帯に位置する。地表は炭酸塩岩特有のカルスト地形を呈する。本地区の中央部をほぼ東北東-西南西方向に切る老熊洞断裂に沿って、西流する深い谷が形成されている。これに流入する小沢がみられるが、水量は少なく、乾季には枯れることが多い。

2.3 気候・植生

箇旧地域卡房地区に北接する老廠地区（標高 2,350 m 前後）の資料では、降雨量は年間 1,484 mm（過去 19 年間の平均）で、一般に 6 月から 10 月までの雨季にその約 80 % が集中する。一方、乾季は 11 月から翌年の 4 月までだが、11 月から 1 月は霧の発生することが多い。年間平均気温は 12 °C 程度である。卡房地区の居住区・坑外施設は標高 1700 m 前後の平地に位置し、老廠と同様の気象といわれているが、標高が低い分、温暖である。

卡房地区は 1997 年 7 月に 30 年来の集中豪雨に見舞われ、通気立坑より異常出水し、1740 mL の坑道が水没し、作業が約 1 ヶ月間中断された。

箇旧市は標高 1,700 m 程度の南から北に開けた山間盆地で、南西の風を受け難く、老廠・卡房に比較して降雨量がやや多いものの、だいぶ温暖である。

最近の卡房地区の気象資料、老廠地区の気象資料と降雨特性、箇旧市の気象資料を表 1-1 ~ 4 に示す。

本地区の植生は一般に灌木疎林、やぶなどだが、環境保護のため、一部で松の植林が行われている。人家近くの山間低地ではトウモロコシ・野菜などが栽培されている。

表 1-1 箇旧地域老廠地区気象資料統計表

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	
1982	降雨量(mm)	13.1	30.1	20.9	104.7	62.4	256.1	325.7	401.6	109.9	65.1	160.7	17.1	1,597.4	
	蒸発量(mm)	72.8	87.3	201.1	105.1	120.5	60.8	65.8	71.6	44.2	57.8	45.3	44.8	977.1	
	気温(°C)	最高	19.8	17.3	21.1	21.0	24.3	22.3	21.9	22.5	21.6	19.3	16.8	14.3	20.2
	最低	0.6	0.9	7.4	3.0	7.5	9.3	12.3	12.3	10.7	8.0	1.7	-5.4	6.1	
	平均	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
1983	降雨量(mm)	64.6	42.1	62.7	39.3	59.0	87.0	305.1	333.0	145.8	134.6	224.1	43.5	1,541.8	
	蒸発量(mm)	49.3	77.7	0.0	0.0	124.2	69.7	69.4	56.2	48.4	47.7	33.7	69.8	616.1	
	気温(°C)	最高	15.0	14.9	18.2	24.2	24.6	23.3	22.9	23.3	21.5	20.8	18.8	18.0	20.3
	最低	-4.4	2.5	0.7	9.2	8.0	10.8	13.0	10.8	8.3	7.9	0.1	-6.6	5.9	
	平均	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
1984	降雨量(mm)	2.2	11.4	0.8	59.4	114.3	396.8	248.4	181.9	132.0	71.8	2.5	1.0	1,222.5	
	蒸発量(mm)	63.6	110.3	116.6	171.8	105.1	69.2	68.5	70.0	63.3	47.4	66.2	60.1	1,012.1	
	気温(°C)	最高	16.4	18.8	21.8	25.9	22.0	21.8	22.3	23.2	21.5	19.8	19.5	14.3	20.6
	最低	-1.4	0.2	-0.5	10.3	5.7	10.5	11.3	11.8	9.8	4.1	9.5	3.5	3.5	5.9
	平均	8.0	11.0	11.7	14.5	15.5	16.5	15.6	16.5	15.3	12.2	10.8	9.1	13.1	
1985	降雨量(mm)	19.9	3.2	15.9	84.4	171.6	185.5	417.5	246.2	207.5	80.2	197.6	5.9	1,635.4	
	蒸発量(mm)	75.2	60.1	103.9	106.0	106.6	50.4	62.7	69.1	33.5	18.8	14.7	13.7	714.7	
	気温(°C)	最高	16.5	14.1	19.8	22.8	19.3	22.3	22.4	23.5	21.7	18.8	14.7	13.7	19.1
	最低	1.5	-3.9	0.6	5.1	12.4	12.0	11.5	12.3	7.4	4.0	2.9	-2.4	5.8	
	平均	8.7	6.6	11.6	14.0	14.5	16.3	16.1	16.6	14.2	11.9	9.2	6.0	12.1	
1986	降雨量(mm)	19.9	7.9	10.3	200.2	141.4	224.8	165.2	194.8	145.9	178.2	48.2	35.3	1,372.1	
	蒸発量(mm)	75.2	84.2	157.1	161.2	80.0	68.7	50.1	67.4	64.4	52.4	48.2	58.9	967.8	
	気温(°C)	最高	16.5	17.3	21.3	21.5	21.8	21.8	22.3	20.8	21.3	18.8	15.8	15.3	19.5
	最低	1.5	1.0	-9.5	6.0	6.2	7.9	11.9	6.4	6.7	3.5	3.0	0.6	4.6	
	平均	8.7	8.7	10.9	11.1	14.4	15.5	15.9	16.6	13.8	11.4	9.4	7.7	12.0	
1987	降雨量(mm)	42.4	18.0	53.7	69.1	62.2	168.7	319.0	203.8	171.4	33.2	108.3	17.0	1,255.8	
	蒸発量(mm)	47.7	75.9	128.5	109.3	146.5	48.7	55.8	62.8	33.9	72.6	54.8	53.1	895.6	
	気温(°C)	最高	15.3	17.3	18.8	21.5	24.3	22.3	21.8	21.3	20.4	19.5	21.3	13.7	19.8
	最低	0.6	1.6	4.5	5.0	9.3	6.1	11.8	11.4	7.8	5.2	3.7	-0.8	5.6	
	平均	7.1	9.0	10.0	13.7	14.9	16.2	16.5	15.8	14.5	13.6	11.3	5.3	12.3	
1988	降雨量(mm)	15.7	63.8	1.8	52.4	18.3	68.0	370.2	285.3	163.5	153.6	18.8	13.5	1,224.9	
	蒸発量(mm)	46.2	104.4	131.4	128.7	81.0	113.4	55.3	50.3	55.9	28.3	57.7	43.9	896.5	
	気温(°C)	最高	15.3	17.0	20.3	23.3	21.8	24.6	22.3	22.3	21.3	18.8	18.7	14.7	20.0
	最低	0.7	0.7	1.2	6.8	8.8	8.3	12.8	10.5	6.8	6.5	2.5	1.2	5.6	
	平均	7.2	9.9	2.3	14.5	15.4	16.7	16.4	16.0	13.7	12.6	9.3	9.9	12.0	
1989	降雨量(mm)	43.3	10.6	67.6	52.3	170.9	302.6	224.3	148.3	143.8	147.6	10.1	2.7	1,324.1	
	蒸発量(mm)	48.7	76.1	85.6	145.8	102.3	83.7	68.6	81.5	48.5	37.1	50.7	47.7	876.8	
	気温(°C)	最高	15.0	16.6	18.4	24.3	22.3	22.5	22.4	22.3	21.3	19.3	16.2	13.7	19.5
	最低	-2.8	0.2	0.7	6.3	7.8	11.0	12.3	9.3	9.7	4.5	2.7	0.2	5.4	
	平均	6.9	8.2	10.5	13.7	14.4	15.7	16.1	15.6	14.7	12.4	9.5	5.1	11.9	
1990	降雨量(mm)	1.4	53.8	131.9	92.7	339.8	274.5	289.1	123.9	262.6	103.8	37.3	10.5	1,721.3	
	蒸発量(mm)	64.1	69.6	83.1	129.1	59.7	33.1	31.2	100.4	56.0	37.0	48.1	51.8	768.2	
	気温(°C)	最高	14.2	16.3	21.3	21.1	21.3	21.3	21.3	20.3	22.8	21.8	18.3	18.4	19.9
	最低	0.2	1.2	3.2	4.7	4.2	9.4	9.4	11.3	10.8	8.8	7.7	0.1	5.9	
	平均	8.1	8.9	10.3	13.3	13.6	15.8	15.3	15.8	16.9	15.3	13.0	9.2	13.0	
1991	降雨量(mm)	34.0	10.3	41.1	44.5	23.1	219.8	452.4	224.0	111.7	58.2	71.6	46.5	1,337.2	
	蒸発量(mm)	59.2	85.2	125.5	140.1	122.5	49.7	58.3	58.5	54.0	41.9	33.8	44.1	872.8	
	気温(°C)	最高	15.2	17.8	21.4	23.8	21.3	20.8	21.9	22.2	21.3	20.3	16.3	13.7	19.7
	最低	0.7	-0.8	5.2	0.7	9.3	10.3	11.3	12.0	10.3	10.3	2.7	-0.6	6.1	
	平均	8.3	9.2	13.5	14.1	15.2	16.1	16.2	15.9	15.3	12.9	8.9	6.4	12.7	
1992	降雨量(mm)	89.4	90.5	1.4	21.7	181.5	144.2	348.9	93.6	141.4	106.5	54.8	46.2	1,320.1	
	蒸発量(mm)	47.4	54.7	163.0	162.2	149.6	94.1	60.8	58.3	75.5	52.8	58.5	68.2	1,045.1	
	気温(°C)	最高	12.9	12.7	20.3	23.8	22.8	21.8	21.0	21.6	21.8	19.3	16.8	14.7	19.1
	最低	-2.3	0.2	3.2	6.3	9.8	10.8	10.8	6.6	9.8	2.7	-1.8	-0.3	5.0	
	平均	8.5	6.2	12.3	14.7	16.3	16.6	15.3	16.2	15.2	10.7	16.2	6.0	12.9	
1993	降雨量(mm)	38.8	100.0	19.4	56.1	214.8	111.7	142.4	246.0	151.7	65.1	92.2	7.2	1,245.4	
	蒸発量(mm)	44.8	80.0	134.6	136.7	102.7	86.6	58.7	49.5	63.7	41.3	62.4	60.4	921.4	
	気温(°C)	最高	14.2	15.7	20.3	22.3	20.8	22.8	21.3	21.3	21.3	17.3	17.8	17.9	19.4
	最低	-4.8	0.2	4.7	5.2	7.8	11.3	11.8	10.3	7.8	2.7	2.7	-2.3	5.4	
	平均	5.3	8.7	11.5	13.7	14.8	16.6	16.5	25.6	14.6	11.2	10.2	7.2	13.0	

(老廠気象観測点資料)

表 1-2 箇旧市気象資料統計表

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	
1994	降雨量(mm)	11.1	17.3	50.6	51.2	166.0	193.5	187.5	287.2	125.0	64.0	89.0	84.7	1,327.1	
	蒸発量(mm)	132.6	175.8	147.5	223.2	156.0	103.1	144.5	120.9	101.4	115.0	97.5	92.9	1,610.4	
	気温(°C)	最高	21.6	23.3	25.1	28.7	30.1	25.5	27.4	27.7	28.9	24.9	21.4	19.4	25.2
	最低	1.6	6.0	5.2	13.1	9.8	15.3	15.7	14.3	11.3	7.3	8.0	3.1	9.2	
	平均	12.7	14.4	13.9	19.6	19.7	20.0	20.8	19.9	18.9	16.1	13.5	11.6	16.8	
58-89	降雨量(mm)	18.8	26.7	33.6	62.8	103.2	174.3	227.1	201.8	106.9	67.6	56.4	23.9	1,103.1	
	蒸発量(mm)	132.6	149.3	215.5	225.0	211.7	148.7	142.4	135.8	123.2	112.2	103.4	112.4	1,812.2	

(箇旧市気象局資料)

表 1 - 3 箇旧地域老廠地区降雨量特性統計表

年	年間降雨量 (mm)	月間最大降雨量		雨季降雨率(5-10月)	
		(mm)	月	(mm)	%
1955	1,546.5	314.6	7	1,303.6	84
1956	1,594.5	365.3	8	1,457.4	91
1957	1,506.0	356.6	6	1,253.3	83
1958	1,526.3	495.3	7	1,348.3	88
1959	1,815.3	357.7	7	1,354.4	75
1960	1,789.8	486.9	7	1,437.2	80
1961	1,601.6	391.0	7	1,257.6	79
7年間累計	最大値	(59)1815.3	(58.7)495.3	(1956)	91
	最小値	(57)1506.0	(55.7)314.6	(1959)	75
	平均値	1,625.7	395.3	1,344.5	83
1982	1,587.4	401.6	8	1,240.8	78
1983	1,541.8	333.0	8	1,065.5	69
1984	1,225.5	396.8	6	1,145.2	93
1985	1,635.4	417.5	7	1,308.5	80
1986	1,372.1	224.8	6	1,050.1	77
1987	1,255.8	319.0	7	956.3	76
1988	1,224.9	370.2	7	1,058.9	86
1989	1,324.0	302.6	6	1,137.5	86
1990	1,721.3	339.8	5	1,139.7	66
1991	1,437.5	452.4	7	1,089.2	76
1992	1,320.1	348.9	7	1,016.1	77
1993	1,162.4	246.0	8	931.7	80
12年間累計	最大値	(90)1721.3	(91.7)452.4	(1984)	93
	最小値	(93)1162.4	(86.8)224.8	(1990)	66
	平均値	1,400.7	346.1	1,094.9	78
19年間累計	最大値	(59)1815.3	(58.7)495.3	(1984)	93
	最小値	(93)1162.4	(86.8)224.8	(1990)	66
	平均値	1,483.6	364.2	1,186.9	80

(老廠氣象観測点資料)

表 1 - 4 卡房地区降雨量 (1997.7)

卡房鉦山 1997年7月降雨量

日	雨量(mm)	日	雨量(mm)	日	雨量(mm)
1	8.1	12	8.1	23	66.0
2	1.9	13	1.1	24	20.0
3	8.3	14	6.3	25	6.0
4	25.0	15	2.2	26	5.0
5	23.4	16	94.8	27	8.0
6	12.2	17	31.2	28	12.0
7	36.3	18	51.2	29	5.0
8	1.0	19	29.3	30	16.0
9	0.0	20	5.0	31	18.0
10	73.3	21	40.0		
11	127.0	22	32.0	月合計	773.7

(卡房鉦山事務所資料)

第3章 調査地域の一般地質と鋳業の概要

箇田地域は揚子地台の南西端に位置し、大理岩を主とし苦灰岩、変玄武岩を挟在する三疊系が発達する。鋳床は燕山晩期の花崗岩の貫入に伴って形成された大規模な錫石-多金属鋳床である。鋳化関連花崗岩は地表には小規模に露出するのみで、地下に広く伏在している。花崗岩は、断裂・褶曲及び堆積岩類の層理面・節理などで規制され複雑な貫入形態で、鋳床も花崗岩の形態に規制された複雑な形態となっている。

本地域は、古くは「漢書・地理志」にも銀・鉛・錫の鋳産地としての記載があり、2000年を超える開発史を有する。当初は銀の採掘が盛んであったが、その後、銀の採掘は衰え日増しに錫の採掘が盛んになり、清の乾隆年間には錫の需要が増大した。しかし、総合的な錫・多金属の探査開発は1950年代からで、箇田は近代化工業都市として建設されていた。現在、中国有色金属工業総公司(CNNC)傘下の雲南錫業公司(雲錫公司)は、6鋳山、5万人以上の従業員を擁し、鋳山から製錬まで一貫した生産活動を行っている。従業員の33,000人は全民所有制の職員(内、退職者が18,000人)、17,000人は集集体制(請負制)となっている。坑内の従業員は、約5,000人といい、1995年の金属生産量は、錫18,000トン、銅4,600トンで、錫の生産量は全中国の45%を占めるといわれている。その他、箇田市所属の鋳山、多数の民間採掘が行われており、その錫金属生産量は、年間5,000トンという。このため、箇田市は錫で全世界に知られ、中国の「錫都」と称されている。箇田地域の主要鋳山を図1-2、表1-5に示す。

表1-5 箇田地域主要鋳山・鋳徴一覧表

番号	鋳山名	所属	採掘形態	採掘量(ト/日)	鋳床・(鋳種)	選鋳場
1	馬拉格	雲錫公司	露天(砂鋳)	400		箇田
			坑内	150	(酸化鋳)	箇田
2	松樹脚	雲錫公司	坑内	2,000	(酸化鋳)	大屯
			3	老廠	雲錫公司	露天(砂鋳)
坑内	4,000	(酸化鋳、硫化鋳)				大屯、紅鋳子
4	卡房	雲錫公司	露天(砂鋳)	1,300	新山、大坪子	卡房
			坑内	500	紅旗鋳(硫化鋳)	大屯
5	期北山	雲錫公司	露天(砂鋳)	2,000		期北山
6	占山	雲錫公司	露天(砂鋳)	400		占山
			7	黄茅山	箇田市	露天(砂鋳)
坑内	100	(酸化鋳)				
8	革新鋳	箇田市	露天(砂鋳)	N.A.		
			坑内	N.A.	(酸化鋳、硫化鋳)	
9	促進鋳	箇田市	露天(砂鋳)	N.A.		
			坑内	N.A.	(酸化鋳)	
10	前進鋳	箇田市	露天(砂鋳)	N.A.		
			坑内	N.A.	(酸化鋳、硫化鋳)	
11	新建錫鋳	箇田市	露天(砂鋳)	N.A.		
			坑内	N.A.	(酸化鋳、硫化鋳)	

(番号は図1-2中の①~⑪に対応)

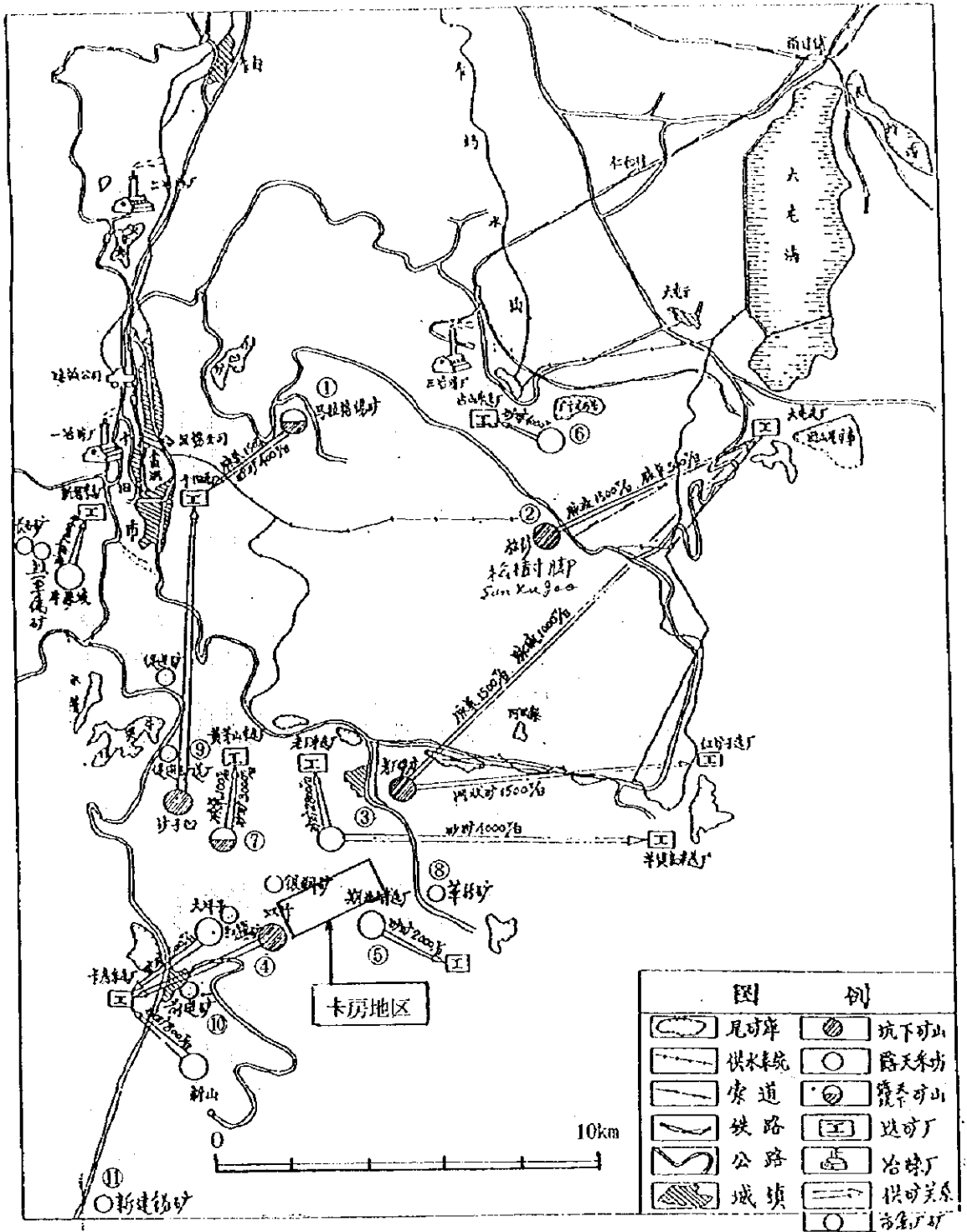


图 1-2 箇旧地域主要鉍山·鉍微分布图

第4章 調査結果の総合検討

4.1 地質調査

調査対象の箇旧地域卡房地区は、中国有色金属工業総公司西南地質勘査局が1978年から1992年にかけて地表ボーリングを行い、地表下約500mの1600～1800mLにスカルン型銅錫鋳床の伏在を認め、新規鋳床胚胎が有望視されている地区である。

第5年次の調査は本地区の地質及び鋳床賦存状況を解明し、新鋳床発見に資するため、第4年次に引き続いて坑内ボーリングのための坑道掘削と地質調査が計画された。

坑道掘削は、中国側が実施した坑内先進ボーリング(ZK4:140.34m)の地質状況を考慮して計画されたが、変玄武岩の分布が予想外に広く、かつ裂隙が発達し、掘削作業は困難を極め、掘進総延長は160.10mに止まり、坑内ボーリング室の設置まで至らなかった。

地質調査は、ボーリングコア調査(1:200)、坑内地質調査(1:200)を行い、卡房鋳床の地質及び地質構造と鋳化作用との関係を把握し、後年度調査計画の見直しを行った。

本地区の地質は中部三疊系の箇旧層卡房部層とこれに貫入したの燕山晩期の潜頭性花崗岩よりなる。

卡房部層は層厚770m以上で、主に大理岩(熱変成で再結晶した粒状結晶質石灰岩で、野外名で大理岩と呼ぶ、以下同じ)よりなり、苦灰質大理岩・苦灰岩を挟み、岩相により5層に区分されている。東西方向の老熊洞断裂が本地区を走る。この断裂の活動は、燕山晩期以前とされているが、現地形に反映していることなどから、主活動は燕山晩期以前としても、その後にも活動してのではないかと考えられる。

潜頭性花崗岩は、全体として北東方向に延び、褶曲・断裂、堆積岩類の層理面・節理に規制されて、堆積岩の三方を取り囲むように馬の背状・舌状の貫入形態を取り、花崗岩の中に見掛け上の凹陥構造をつくっている。本地区に期待される潜頭性スカルン型銅錫鋳床は、この凹陥構造中に胚胎すると考えられている。

花崗岩は主に灰白色・中粒等粒状黒雲母花崗岩だが、貫入頂部や周辺部では、細粒状で粘土化変質作用を受けていることが多く、さらに電気石化、螢石化、グライゼン化、珪化、緑泥石化などの変質作用がみられる。

スカルンは花崗岩と接触する炭酸塩岩中に、接触面・層理面・節理などに規制され、透角閃石を主に、ザクロ石、ベスブ石、アクチノ閃石などのスカルン鋳物、石英・炭酸塩細脈などで構成される。鋳化作用はスカルン及びスカルン化炭酸塩岩中の鋳染状・細脈状・膜状の鋳化と塊状硫化鋳体がみられる。鋳石鋳物は主として磁硫鉄鋳、黄鉄鋳、硫砒鉄鋳、黄銅鋳、錫石で、方鉛鋳、鉄閃亜鉛鋳などを伴う。このうち探掘対象と考えられる鋳種は、銅と錫である。検鏡結果では、銅と錫石の晶出時期は、銅の鋳化作用よりやや早い時期の可能性が考えられる。鋳化部位は、ボーリングコア調査では、銅の鋳化作用はスカルン・スカルン化炭酸塩岩中に多く、錫の鋳化作用は、舌状花崗岩の上・下盤の接触部付近及び馬の背状花崗岩体中の変質部分や石英・炭酸塩細脈にみられる傾向を示す。

卡房地区の潜頭性スカルン型銅錫鋳床のポテンシャルは、花崗岩の凹陥構造の発達・規

模とその内部に胚胎する鉄体の鉄化程度に左右されると考えられる。

1996年度までの地表ボーリング21本、11,091.36mを主とする調査結果から、凹陥構造は、卡房地区では1600～1800mLに想定される。その広がりには241測線を底に、長軸方向両端へ向かって若干浅くなるように、240測線から245測線の間、約500mに発達するようで、さらに鉄化作用も241測線が最も優勢であることから、この500m間が、鉄床ポテンシャルの最も高い部分とみられる。しかし、本区域のボーリングを主とするこれまでの調査では、凹陥構造の奥行き、即ち短軸（測線）方向の規模は確定されておらず、この規模・内部の鉄化程度如何で本鉄床のポテンシャルが左右されるので、この確認が今後の探鉄の主目標の一つと考える。

第5年次の協力坑道掘削当初、坑内先進ボーリング資料から、1740mL協力坑道の地質は、老熊洞断裂を通過後、地質構造は北北東へ緩く傾斜し、起点から100m付近で変玄武岩から大理岩へ変化すると想定していたが、実際は、次のような地質状況であった：

坑道起点(0.00m)から変玄武岩と大理岩、38.30mから老熊洞断裂に入り、粘土帯を挟む角礫偏平化変玄武岩が52.30mまで続いた。その後、掘削終了の160.10mまで節理・裂罅が帯状に走る変玄武岩。この間、92.00mから110.20mまで弱粘土化花崗岩が変玄武岩の産状と調和するように層状貫入、143.00mから151.20mまで向斜状大理岩が変玄武岩上盤に出現している。

このような違いは、坑内先進ボーリングが水平方向ではなく+5°に孔曲りしていたこと、当初の想定したように地層の傾斜が緩い単傾斜ではなく、波状にうねりながら全体として北北東へ緩く落としていることが原因と考えられる。

このように1740mLの協力坑道地質の判断材料に乏しく、今後の坑道展開・ボーリング室の位置の選定など後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、変玄武岩がどのような形態なのかを見極めることが必要で、そのためには現在の協力坑道の引立て付近からの坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。さらに、坑内ボーリング計画は、鉄況・凹陥構造の形態などの変化に応じて適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

卡房地区は、これまでの調査結果でも、1600～1950mLの各所に凹陥構造が確認されているので、1740mLの他に、このような凹陥構造の発達する可能性も今後の探査課題と考えたい。

4.2 坑道調査

坑道調査は、揚子地台西縁地域のうち箇旧地域卡房地区における地質及び鉄床の賦存状況を解明し、中華人民共和国の資源開発の支援を行うために、昨年度（第4年次）に引き続き、卡房鉄山1740mLで坑内ボーリング調査を実施するために坑道を掘削すること、また、本調査に参画する中国側専門家に対して坑道掘削に係わる技術移転を行うことを目的としている。

第4年次の坑道調査に係わる提言で、老熊洞断裂が本調査の阻害要因としてあげられた。このため、第5年次調査に先立ち中国側が先進ボーリングを行い、本断裂突破のための最

適坑道掘削位置として坑道掘削開始点を通気立坑向け坑道分岐点から 489 m とし、老熊洞断裂突破ならびにその後の各測線坑道の展開を計画した。

さらに、第 4 年次の提言では、支保材として日本製 H 型鋼材及びデッキプレート、掘削機器としてピックハンマーの必要性があげられた。デッキプレートについては、予想外の劣悪な地質状況による強度不足から調査途中で鋼矢板に変更したが、これら日本国内調達支援資機材は、坑道掘削技術の支援と相まって、掘削作業効率及び坑道維持での効果はもろんのこと、作業員に対する保安面で重要な役割を果たしたといえる。

また、今年度の坑道調査は 7 月の豪雨で、約 1 ヶ月の水没に見舞われるという予期せぬトラブルがあったものの、坑道掘削工事の阻害要因であった老熊洞断裂を突破することができた。この成果は、前述のような日本の坑道掘削技術及び資機材両面にわたる支援が大きいと考える。

同断裂突破後、予想外の変玄武岩の広がりにも阻まれ、ボーリング調査位置に到達できなかったが、度重なる湧水を伴った小断裂の出現、さらには開削後の荷重に起因する坑道変形に対する保坑を坑道掘削工事と同時併行的に対応しなければならなかったことなど、悪質な自然条件のなか、無災害で工事を遂行できたことは、中国側の努力に加え、日本の支援技術が貢献したところは少なくない。

また、中国側技術者及び作業員と日本側技術者が一体となってこの悪条件に取り組むなかで、前述の日本の技術が移転されたといえる。今年度の数字に現れないこれらの成果は、来年度の大きな技術的背景へと必ずや繋がるもので、今後の多大の成果が期待できると考える。

今後の坑道掘削工事の計画策定に当たっては、1740 m L の地質分布・構造（特に変玄武岩）を正確に把握し、最適な坑道開削位置を検討し、掘削の困難な変玄武岩内での坑道展開は極力避けることが望ましい。

また、1740 m L 協力坑道にみられる掘削後の大きな荷重と湧水による岩盤の膨張などに起因した坑道の狭小化は今なお続いており、この坑道維持に関して、人員ならびに電車が安全に通行できるように保坑作業を継続する必要がある。

第5章 結論及び提言

5.1 結 論

箇田地域卡房地区の鉱床は、大理岩を主とし苦灰岩・変玄武岩を挟在する中部三疊系箇田層卡房部層に貫入した白亜紀燕山晩期の花崗岩に伴って形成された潜頭性スカルン型銅錫鉱床で、地表では三疊系の大埋岩が分布し、谷間・凹みなどの第四系中の砂錫が採掘されている。

鉱化関連の花崗岩は、断裂・褶曲、堆積岩類の層理面・節理などに規制されて、北東-南西方向の馬の背状に貫入するとともに、その上部に舌状にも貫入し、北西から南東へ堆積岩類の三方を囲むように、花崗岩の中にポケット状の凹陥構造を形成するような形態に貫入している。スカルン型銅錫鉱床は、この凹陥構造内部及び舌状花崗岩周囲に胚胎し、富鉱部は、主に凹陥構造内部に胚胎すると考えられる。

スカルンは、花崗岩と接触する炭酸塩岩中に、接触面・節理・層理面などに規制されて形成している。花崗岩は、絹雲母化、粘土化、珪化、緑泥石化などの変質作用を受けている。鉱化作用は、スカルン及びスカルン化炭酸塩岩中の鉱染状・細脈状・膜状の鉱化と、塊状硫化鉱体が見られる。鉱石鉱物は、主として磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、錫石で、方鉛鉱、鉄閃亜鉛鉱などを伴う。

卡房地区の潜頭性スカルン型銅錫鉱床の規模は、花崗岩の凹陥構造の発達とその内部の鉱化程度に左右されると考えられる。そのポテンシャルは、241 測線を中心に 240 測線から 245 測線の間、500 mが期待される。しかしながら、これまでのボーリングを主とする調査では、凹陥構造の深さの規模が確定されておらず、この確認が今後の主目標と考えられる。そのためには、今後も坑道掘削を継続し坑内ボーリングを行うことが最適と考える。

しかしながら、これからの 1740 m L協力坑道レベルの地質状況を判断材料は、極めて乏しく、今後の坑道展開・ボーリング室の位置の選定など後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、現在の協力坑道の先の地質状況を見極めることが必要で、そのためには現在の協力坑道の引立て付近からの坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。

さらに、坑内ボーリング計画は、鉱況・凹陥構造の形態などの変化に応じて適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

また、凹陥構造は、これまでの調査結果でも 1600 ~ 1950 m Lの各所に確認されているので、現在の探鉱レベルの他に凹陥構造発達の可能性もあり、その探査も今後の課題と考えたい。

坑道調査では、断裂帯、軟弱岩盤の掘削に差切工法を採用した坑道掘削技術支援が、支保材としての日本製H型鋼材、鋼矢板など、掘削機器としてのピックハンマーなどの日本国内調達資機材と相まって、掘削作業効率及び坑道維持での効果、さらに作業保安面で重要な役割を果たした。このような坑道掘削技術支援と日本国内調達資機材は、断裂帯及び軟弱岩盤などの掘削に有効であり、今後も多大の成果が期待できる。

5.2 提言

卡房地区の鉦床探鉦に、1740 m Lでの坑道掘削と坑内ボーリング調査の組合せが最適な調査方法と考えられる。中でも、考えなければならないのは、今後の坑道展開・ボーリング室の位置選定などの後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、協力坑道引立て付近の地質状況（変玄武岩の分布）を見極めることが必要である。そのためには、現在の協力坑道の引立て付近からの坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。

さらに、坑内ボーリング計画は、鉦況・凹陥構造の形態などの変化に応じて、適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

また、現探鉦レベルの他の凹陥構造の存在の可能性を探るための探査、ボーリング調査などを検討する。

坑道調査では、断裂帯などに対する差切工法の採用と、支保材としての日本製H型钢材、鋼矢板、掘削機器としてのピックハンマーなどの日本国内調達資機材が、今後とも掘削作業効率及び坑道維持での効果、さらに作業保安面で重要な役割を果たし、後年度の坑道掘削及びボーリング室設置などの作業に多大の成果が期待できると考える。



第Ⅱ部 各 論

第II部 各論

第1章 地質調査

1.1 調査の概要

地質調査は、ボーリングコア調査及び坑内地質調査を行った。

ボーリングコア調査は、前年度実施の地表ボーリングコア（ZK25802、ZK26204）及び坑内先進ボーリング（2K4）を対象に、岩石区分、鉱化作用、変質作用などを肉眼鑑定し、縮尺 1:200 の地質柱状図にまとめた。

地質調査は、日中協力坑道調査を行い、岩石区分、鉱化作用、変質作用などを肉眼鑑定し、調査結果を縮尺 1:200 の天盤坑道図にまとめるとともに、ボーリングコア調査結果、既存資料を併せ検討し、1740 m L の地質解析を行い、坑道掘進に対する地質資料を提供し、さらに今後の坑道掘削計画立案に資するよう努めた。

1.2 一般地質

1.2.1 地質概要

箇旧地域は揚子地台西縁地域の南縁に位置し、中生代晩期の燕山運動が三疊系の地層に強烈な褶曲と断裂を与え、これに大規模なマグマ貫入を伴い、錫多金属鉱床を形成している。

本地域の中部を南北方向の箇旧断裂が走り、本地域を東西に2分している。西側では、斑状黒雲母花崗岩が大きく露出し、大型鉱床は、未発見である。東側では、堆積岩類に複背斜、褶曲及び種々方向の断裂構造が発達し、これらが深部の花崗岩の貫入形態を規制し、馬拉格、松樹脚、高松、老廠、卡房などの鉱床生成区を形成している。

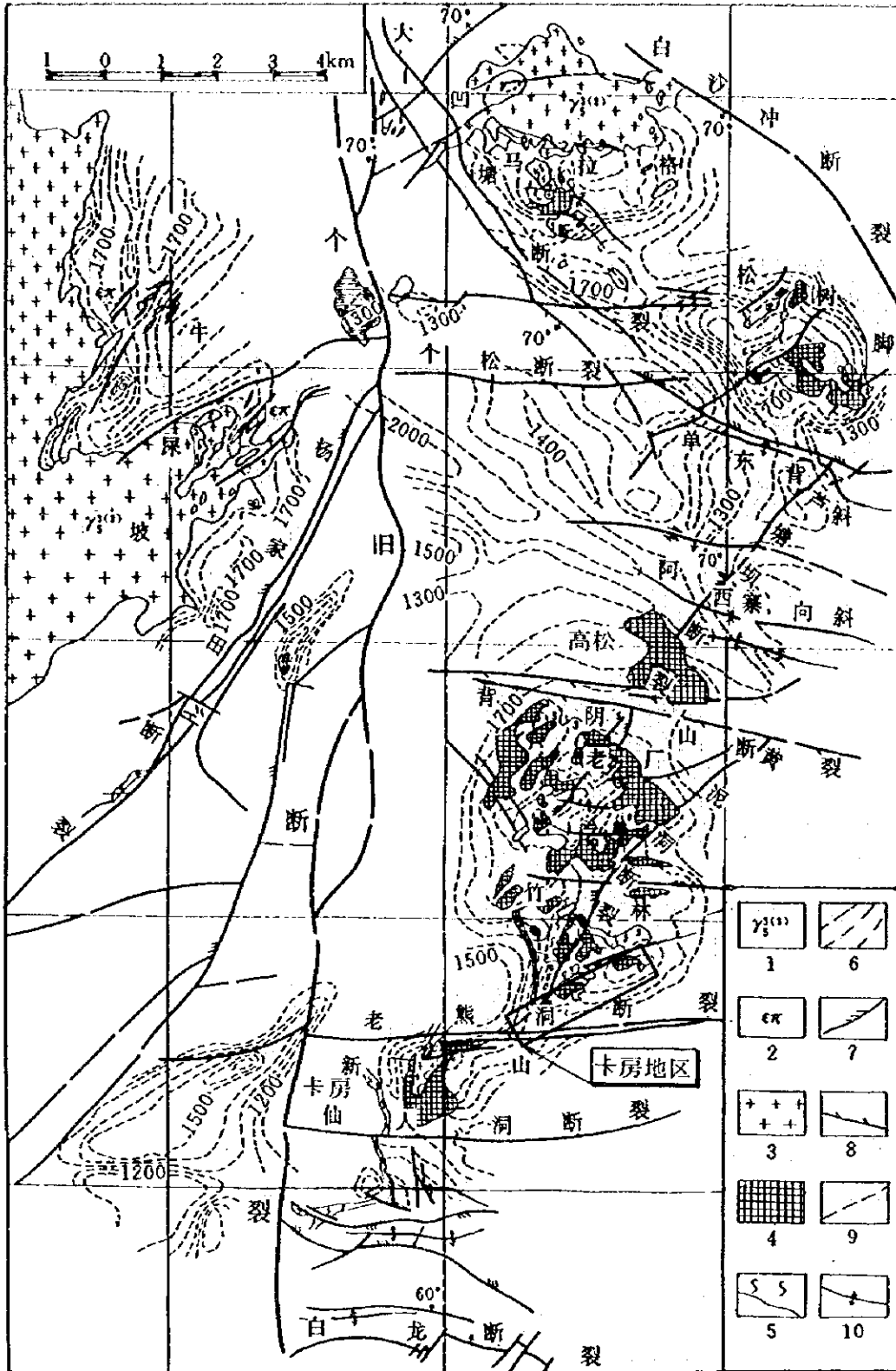
本調査対象の箇旧地域卡房地区は、箇旧断裂東側に位置し、鉱床生成区上では老廠鉱床生成区に位置するが、生産区では卡房採鉱選鉱区に属しているので、箇旧地域卡房地区と呼ばれている（図2-1-1）。

2.1.2 地層層序

箇旧地域卡房地区に分布する主要な地層は、中部三疊系の箇旧層下部卡房部層で、山間盆地及び山腹には第四系が覆っている。下位より各地層を記述する（図2-1-2）：

(1) 中部三疊系箇旧層卡房部層 (T₂g₂)

本層は、整合する5層 (T₂g₁~T₂g₅) に区分される。地表では、主に最上位層が分布し、単純な単斜構造を示すが、ボーリング間の地層対比は、岩相変化が比較的大きく、単純な対比は困難なことが多い。



个旧矿区东部接触带矿床分布图 (中国矿床·中册, P.138)

(据西南冶金地质勘探公司 308 队, 1981 修编)

- 1—中、细粒黑云母花岗岩; 2—正长斑岩; 3—变辉绿岩; 4—锡铜型硫化矿体; 5—无矿砂卡岩; 6—花岗岩等深线; 7—压扭性断层; 8—张扭性断层; 9—性质不明断层; 10—背斜轴线

图 2-1-1 箇旧地域地质概略图

・T₂g₁: 本層は卡房部層最下位層で、本地区の地表には見られず、ボーリングで確認されている。灰色、暗灰色の厚層状大理岩で、中厚層状の泥質大理岩を挟む。下から上へ泥質含有量が減少する。本層の頂部から 60～100m の間に、整合的に層厚 40～60 m の変玄武岩を挟在する。本層の底部は未確認だが、厚度は 100 m 以上と考えられる。1740 m L 協力坑道で見られる地層は岩相から本層に対比される。

・T₂g₁: 本層は本地区の地表には見られず、ボーリングで確認されている。灰色、浅灰色の大理岩と黄褐色の苦灰質大理岩、石灰質苦灰岩の互層で、泥質を含む。層厚は 40～80 m である。

・T₂g₁: 本層は本地区の地表には見られず、ボーリングで確認されている。灰色、暗灰色の大理岩を主に、黄色の泥質大理岩を挟む。一部に海百合化石がみられる。層厚は 70～150 m である。

・T₂g₁: 一部が本地区中部に露出する。ピンク色、紫紅色、褐灰色及び灰白色の層状苦灰岩、石灰質苦灰岩、含苦灰質大理岩と大理岩の互層である。上下 2 箇所に苦灰質岩層が比較的多く、互層がはっきりし、中部層は石灰岩主体となっている。層厚は 110～200 m である。

・T₂g₁: 最上位層で、本地区の地表の大部分に露出する。主に白色ないし灰色の大理岩よりなり、薄い石灰質苦灰岩を挟む。一部に海百合の化石を産する。層厚は 110～240 m である。

(2) 第四系更新統 (Q)

黄色、紅褐色の粘土及び砂質粘土で、箇旧層卡房部層を不整合に覆い、層厚は一般に 0～40 m である。本層は初生鉱床の周辺では、砂錫鉱床を形成している。

1.2.3 地質構造

本地区北西部を東北—南西方向の背斜構造が走り、地表に分布する地層は、一般に走向が北東—南西で、南東方向へ 10～20° 程度の緩い単傾斜を示す。

本地区に発達する主な断裂は、東西方向の断裂で、なかでも顕著なものは、本地区南部を切る老熊洞断裂である。本断裂は全体的にほぼ東西の走向を呈し、長さ約 8 km、北傾斜 65～87° の逆断層と考えられる。断裂面は平直あるいは穏やかな波状の圧縮性断裂で、普遍的に水平擦痕がみられる。活動時期は燕山晚期以前とされているが、現地形に反映していることなどから、その後の多時期にも活動したと考えられる。この他には、ほぼ垂直の拉里黒断裂などがみられる (図 2-1-3)。

1.2.4 火成岩

本地区の地表には、火成岩は露出しないが、ボーリング及び坑道で潜頭性の黒雲母花崗岩の貫入及び変玄武岩の産出がみられる（図2-1-5及び6）。

(1) 変玄武岩

筒旧層卡房部層のT₂gl層中に大理石と整合状に、層厚40～60mの変玄武岩が産出する。胚胎レベルは1700～1800mL前後である。原岩は塩基性火山岩で、燕山晩期の花崗岩の貫入作用と構造作用により、いろいろな程度の変成を受けている。変成鉱物は陽起石、金雲母などが主で、暗緑色を呈し、緻密塊状で、繊維状変晶組織がみられる。節理・層理面に沿ってスカルン化を受け、磁鉄鉱、黄鉄鉱などの鉱染がみられる。

(2) 花崗岩

本地区に産出する花崗岩は、潜頭性で、基本的には北東-南西方向に延びる馬の背状に貫入し、北東に向かって老廠の潜頭性花崗岩につながり、南西に延びて卡房新山の地表に露出するという。花崗岩は、褶曲と断裂、堆積岩類の層理面と節理の規制を受け、馬の背状、舌状に貫入し、堆積岩類の三方を囲むように貫入し、断面でみると見掛け上の花崗岩に凹陥構造を形成している。

花崗岩は灰白色で、主に中粒等粒状黒雲母花崗岩である。貫入頂部と辺部の多くでは、細粒状で、往々にして粘土化変質作用でマフィック鉱物は非常に少なく、雲母の多くは白雲母となっている。局部的には含斑状あるいは斑状花崗岩がみられる。



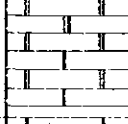

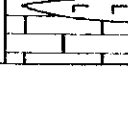
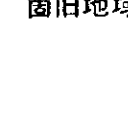
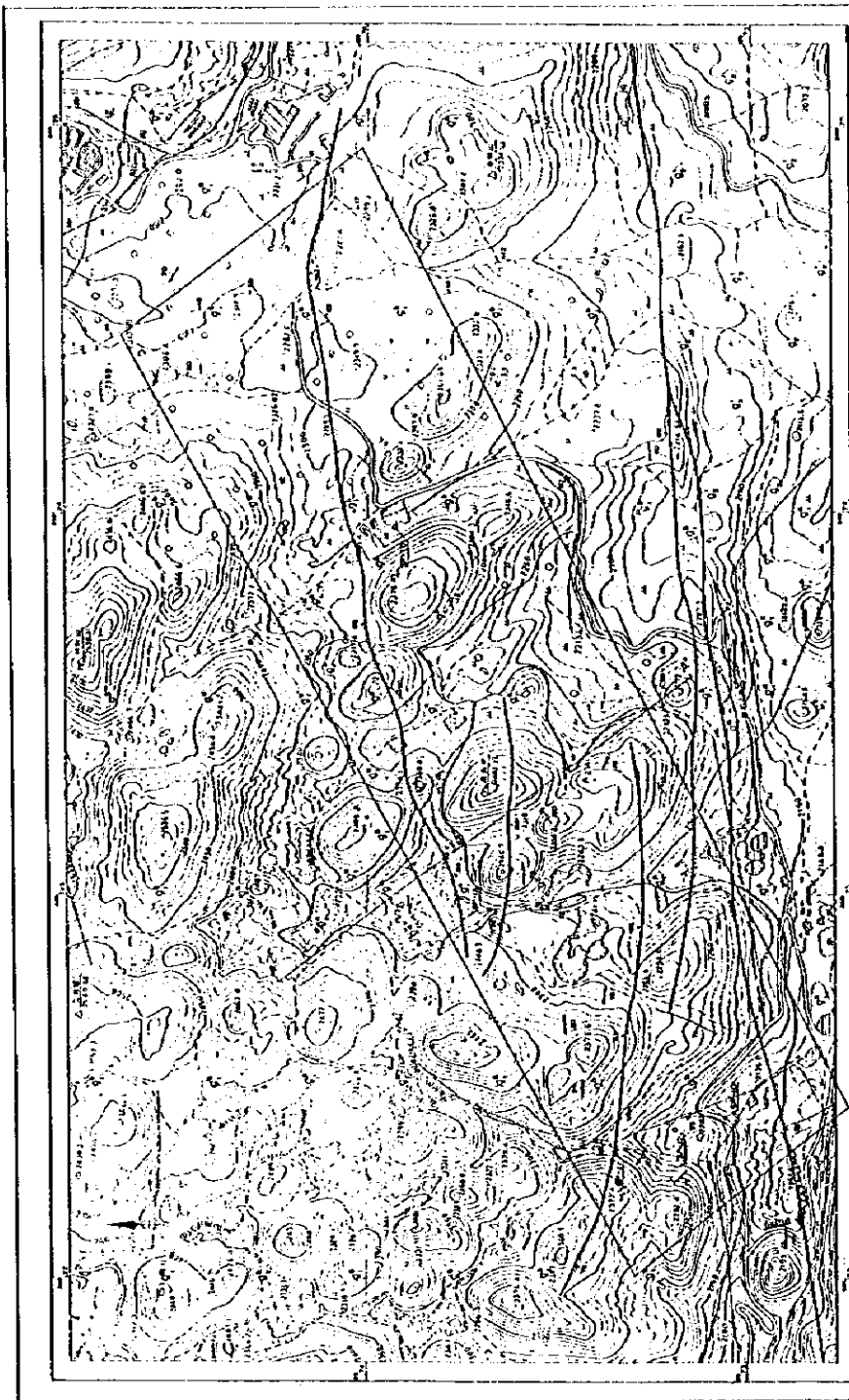
地質時代	地層名		層厚 (m)	模式柱状図	岩相	貫入岩類	鉱床・鉱徴
第四紀	第四系	(Q)	0~40		砂・泥		錫砂鉱床
白堊紀						燕山晩期 花崗岩類	錳銅スカルン、 硫化鉄
中部 三疊紀	筒旧層 卡房部層	T ₂ g ⁷	110~240		白色・灰色大理石、石 灰質苦灰岩（海百合化石）		
		T ₂ g ⁴	110~200		赤桃色苦灰岩、苦灰質 大理石／白色大理石互層		
		T ₂ g ³	70~150		灰色・暗灰色大理石、 黄色泥質大理石		
		T ₂ g ²	40~80		白色大理石、黄色苦灰 岩		
		T ₂ gl	100+		灰色大理石、変玄武岩		(1740mL 協力坑道)

図2-1-2 筒旧地域卡房地区地質模式層序図



凡 例

- | | | | |
|----------------|--------------------------|---|-------|
| ○ | 断层 (砂、灰) | — | 支河、桥梁 |
| Q ₁ | 三叠系 第四层 (粗砂岩) | — | 河流、桥梁 |
| Q ₂ | 三叠系 第四层 (石灰质粗砂岩) | — | 河 |
| Q ₃ | 三叠系 第四层 (石灰岩) | — | 湖 |
| Q ₄ | 三叠系 第四层 (粗砂岩、石灰质粗砂岩、石灰岩) | — | 干涸地区 |

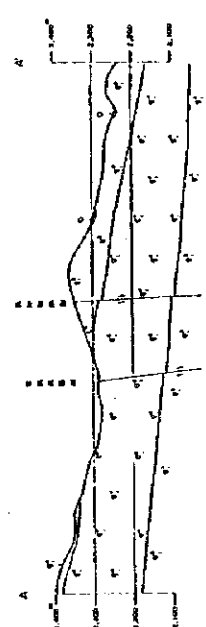


图 2-1-3 筒旧地域卡房地区地质图及剖面图

1.3 鋳化作用

1.3.1 鋳床概要

筒田地域は、筒田市の中心を南北方向に延びる筒田断裂により東西に区分され、本地域に見られる銅・錫鋳床の大部分はその東側に分布する。筒田断層東側の鋳床群として、北から馬拉格、松樹脚、高松、老嶽及び卡房鋳床が知られ、これらが東西 10 km、南北 20 km の範囲に分布し、全体として一大鋳床地帯を形成している (図 2-1-1)。

断裂東側の地表部では、苦灰岩質大理岩を主とする三疊系が広く分布し、北北東-南南西方向の複式背斜が発達する。花崗岩は、主に潜頭性で、地表の露出は小規模である。花崗岩の貫入形態・産状は、この構造に規制されている。より後期の東西方向の 2 次断裂、褶曲などの構造により花崗岩は、さらに規制された分布を示す。鋳床は、花崗岩の貫入に関係し、大理岩を交代して生成された、塊状及び脈状～ネットワーク状鋳床で、地表部には 2 次的に形成された漂砂鋳床 (砂鋳) が分布する。

1.3.2 鋳床の形態・分類

鋳床は、主として上記の三疊系大理岩及び燕山期 (後期白堊紀) の花崗岩との接触部及び周辺の炭酸塩岩中に胚胎するスカルン型銅・錫鋳床で塊状、脈状鋳、網状鋳として産する。主な鋳石鋳物は、磁硫鉄鋳、黄鉄鋳、硫砒鉄鋳、黄銅鋳、錫石、閃亜鉛鋳、方鉛鋳からなり、スカルン鋳物は、透輝石、アクチノ閃石、ザクロ石、透閃石、スフェーン、螢石、ペスプ石などで、その他の脈石鋳物として、石英、斜長石、カリ長石、方解石、ドロマイト、絹雲母、タルク、電気石などが認められる。

鋳石には、花崗岩側から大理岩側へ向かい、次のような産状が見られる。

- (1) グライゼン化花崗岩：錫石、白雲母、螢石
- (2) スカルン鋳：ザクロ石、透輝石、アクチノ閃石、磁硫鉄鋳
- (3) 硫化鋳：磁硫鉄鋳、硫砒鉄鋳、黄銅鋳、閃亜鉛鋳
- (4) 電気石脈：電気石、螢石

その他、地表部には二次的に形成された砂鋳 (錫石) が分布する。

上記のタイプ別鋳石の特徴について以下に述べる。

(1) グライゼン化花崗岩

花崗岩体の周辺部にしばしばグライゼン化が見られ、レンズ状、不規則巣状を呈する。

少量の錫石を含有することがあるが、鋳床としての規模は小さい。鋳物組み合わせとして、石英-カリ長石-白雲母-螢石を特徴とし、電気石、タングステン鋳物を伴うことがある。卡房地区のボーリングコアに見られるグライゼン化の規模は、1 m 以下の場合が多いが、ゾーンとしては断続的に数十 m 間にわたって分布することがある。

(2) スカルン鋳

主に花崗岩と大理岩との接触部に産するが、卡房鋳山の坑内では、変玄武岩と大理岩と

の境界部にもスカルン鉱が生成して見られる。その他、大理岩中に脈状に産することもある。

スカルン鉱物は、主にザクロ石、透輝石、アクチノ閃石からなり、その他、少量の透閃石、ベスブ石、スフェーン、スカポライトを伴う。しばしば、鉱化作用を伴い、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱を鉱染する。スカルン鉱中には錫石の産出は概して希で、錫品位が比較的高い場合でも錫石の存在を確認することは珍しく、多くの場合、Snの起源として錫は Malayaite (CaSnSiO_5) 及び Nordenskiöldine ($\text{CaSn}(\text{BO}_3)_2$)、Schoenfliesite ($\text{MgSn}(\text{OH})_2$)、Varlamoffite ($(\text{Sn}, \text{Fe})(\text{O}, \text{OH})_2$) として存在する他、スカルン鉱物中にも少量の錫が含有するといわれている（例えば、ザクロ石中には 0.1 ~ 1.3% の Sn を含む）。

スカルン帯の幅は、通常 1 m ~ 10 m 程度で、20 m を越えることは少ない。ただし、過去のボーリング探鉱の結果では 50 m に達する場合も見られる (ZK24117)。

(3) 硫化鉱

本地区の鉱床で最も重要な鉱石で、花崗岩と大理岩の接触部及び大理岩中に塊状、脈状、不規則状及びレンズ状をなして産する。鉱石は塊状硫化物及び鉱染状をなし、鉱石鉱物は磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、錫石、灰重石、自然ピスマスからなる他、局部的に閃亜鉛鉱、方鉛鉱、硫砒鉄鉱及び輝銅鉱を伴う。脈石鉱物は石英、方解石、透輝石、アクチノ閃石、透角閃石、ザクロ石、ベスブ石、蛍石などからなる。

鏡下において、黄銅鉱及び磁硫鉄鉱はしばしば密接な共生関係を示し、スカルン鉱物の結晶粒間を充填したり、細脈状に産する。錫石は炭酸塩鉱物中に細粒 (100 μm 以下)、自形を呈し点状存在する。黄鉄鉱や磁硫鉄鉱と共存して見られるも、スカルン鉱物との共生関係は認められない。鏡下での産状より、錫石の晶出時期は、銅の鉱化作用に対しやや早いステージの可能性が考えられる。

硫化鉱の一部は、特に地表部では酸化のため褐鉄鉱化が顕著で、構成鉱物の大部分が鉄酸化物、硫酸鉛、酸化銅鉱物に変わっている。褐鉄鉱化は坑内のかなりの深度まで観察され（例えば、老廠鉱山）、恐らく断層や割れ目沿いに地下深くまで風化が進んだもの（層間酸化鉱床と呼ばれる）と考えられる。

(4) 電気石脈

錫石を含む電気石脈群として鉱床の比較的上部に発達する。老廠鉱山の露天掘り鉱床では北東-南西方向の走向を示し、大理岩中を褐鉄鉱化した脈状硫化物とともに産する。構成鉱物は主に電気石、石英、蛍石、リシア雲母、錫石で、その他に鉄マンガン重石、灰重石、緑柱石を伴う。

(5) 砂鉱

地表のカルスト地形を構成する石林様大理岩の周囲を埋める赤褐色の粘土質土壌及び大理岩中の中の割れ目、節理沿いを充填する粘土中には少量の錫石が含有され、一種の風化残留鉱床を形成する。

本地域の初生鉱床の周辺では高圧水による大規模な採掘から、手掘りによる小規模採掘まで、おびただしい数の砂鉱採掘風景が見られる。構成鉱物は、絹雲母、カオリナイト、褐鉄鉱、ギブサイト、石英及び非晶質粘土などからなる。

1.3.3 鉱床形成の場

箇田の錫多金属鉱床は三疊系堆積岩の層位、地質構造、花崗岩の貫入の三者の有機的な組合せで規制され、次のようにまとめられる(図2-1-4)。

(1) 背突式：上部は背斜構造で下部に花崗岩の小岩株突起がある。岩株に沿う接触帯には常にスカルン型硫化物鉱床が形成され、その外側の成鉱に有利な層位には層間鉱床が形成されている。

(2) 向断層凹陥式：上部は向斜構造で、その軸部に成鉱期あるいは成鉱期前後に縦・横向きの断裂が発達している。下部の花崗岩が凹槽状あるいは盆状を呈し、即ち「向斜・断裂・凹槽」式である。断裂帯及び成鉱に有利な層位に沿って層間鉱床を形成し、花崗岩接触帯にはスカルン硫化物鉱床が賦存する。

(3) 断裂加互層式：成鉱期・成鉱前の断裂が箇田層のドロマイトと石灰岩互層帯を切り、鉱液が層間の滑動構造あるいは破砕帯を充填交代し、層間整合式鉱床を形成する。すなわち、これは互層帯と断裂の交切式である。

(4) 断裂式：鉱液が断裂構造に沿って充填交代し、脈状鉱を形成する。

(5) 断皺式：断裂と急傾斜の岩層を作る撓曲帯(別名：急立帯)中に賦存する層間鉱床である。

(6) 塔松式(凹陥構造)：層間構造あるいは岩性の異なる岩石の境界面(玄武岩・輝緑岩と炭酸塩岩との境界)に沿う花崗岩舌・岩枝状貫入の花崗岩岩株の接触帯に、断面方向で多層にわたる凹陥構造を形成し、この凹陥構造が岩株の四方に発達して似塔松状を呈する。卡房地区の協力調査の対象鉱床は、本形式と考えられている。

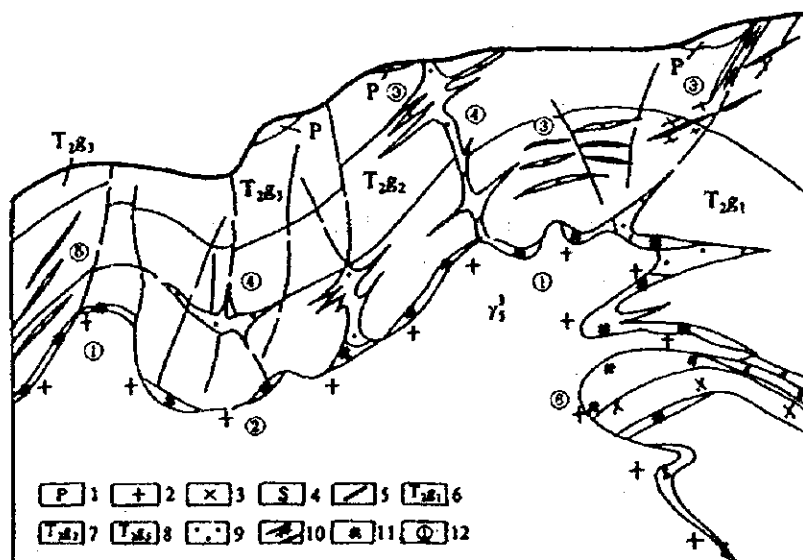


图1-2 个旧矿区构造控矿模式

1. 砂矿; 2. 燕山期花岗岩; 3. 玄武-辉绿岩; 4. 砂卡岩白钨矿床; 5. 断裂; 6. 中三叠统个旧组卡房段地层; 7. 中三叠个旧组马拉格段地层; 8. 中三叠个旧组白泥洞段地层; 9. 层间氧化矿床; 10. 层面细脉带矿床; 11. 接触带硫化矿床; 12. 控矿形式编号
①背突式; ②向断凹式; ③断裂加互层式; ④断裂式; ⑤断皱式; ⑥塔松式

(雲南箇田錫銅多金属鉱床：1996)

図2-1-4 箇田地域鉱床模式図

中国側のこれまでの探鉱結果によれば、卡房地区のスカルン型銅錫鉛床は、花崗岩の貫入過程で特徴的に形成された凹陥構造中に富鉛部が胚胎されると解釈されている。花崗岩の上昇により凹陥構造が形成される好条件として、以下の様な規制条件が、考えられている。

(1) 変玄武岩による規制：箇田層卡房部層最下部の灰色大理岩 (T₂gl) 中に整合に産する変玄武岩は、物理的・地化学的性質において周囲の大理岩とは大きく異なる。そのため、花崗岩の貫入時において容易に交代されず、花崗岩は変玄武岩を避けたように断面上で内側に窪んだ（凹部）構造を形成する。

(2) 大理岩／苦灰岩互層による規制：卡房部層には、大理岩及び苦灰岩の互層が多数存在するが、これら両者にも岩質的（物理的、化学的特性）に差がある。例えば、苦灰岩は一般に脆く、圧力により微細な割れ目を生じやすいが、化学的には安定である。したがって、花崗岩貫入過程では層理面沿いに構造充填され易く、花崗岩の舌状・岩枝状に貫入する。

(3) 泥質大理岩による規制：泥質大理岩は高い可塑性を有するも、孔隙率に乏しい。したがって、節理や割れ目の発達是不十分であり、花崗岩や熱水溶液が上昇侵入する過程ではキャップロックとして存在するため、下盤境界部またはより下位の地層中に貫入が進み易い。

(4) 褶曲構造による規制：花崗岩頂部が背斜構造の軸部付近に位置する場合、凹陥構造は背斜翼部に発達する。

上記のような規制条件により形成された凹陥構造は、鉛床胚胎の場として良好な鉛床生成空間と考えられるが、本年度の調査においては、これらの仮説に対する事実、確認のデータは取れていない。来年度実施予定の坑内ボーリングにより上記仮説を検証し、事実関係を明らかにすることが必要と考える。

1.4 坑内地質調査

1.4.1 坑内地質

第5年次の協力坑道は起点より 160.10 m を掘進している。その坑内地質状況は次のとおりである（付図1、図2-1-5）。なお、区分は坑道天盤中央を目安としている。

・起点 (0.00 m) から 6.00 m：帯緑黒色変玄武岩、節理がやや発達するが、塊状で固い。黄鉄鉛の鉛染が見られる。天盤は変玄武岩であるが、起点付近の右壁の下半分は、下盤の大理岩と調和的に走向 N30° ± E、傾斜 SE20° 程度の境界面が観察される。6.00 m で東

西から東北東方向、垂直の小断裂帯で大理岩と境する。断裂帯は角礫化変玄武岩が粘土質物で膠着されている。

・ 6.00 m から 30.00 m : 灰白色大理岩、 $N30^{\circ} \pm W$ 、ほぼ垂直の節理が発達するが、塊状で固い。走向 $N42^{\circ} E$ 、傾斜 $16^{\circ} SE$ の層理面を示す。

・ 30 m から 38.30 m : 帯緑黒色変玄武岩、 $N30^{\circ} \pm W$ でほぼ垂直の節理と $N70^{\circ} W$ で北急傾斜の断層で角礫状に割れる。坑道奥へ向かって角礫状の度合が強まる。層準的には手前の大理岩の下盤で、 $N40^{\circ} E$ 、 $30^{\circ} SE$ に整合的に境する。しかし、坑道右壁では、老熊洞断裂の影響か、逆転して北傾斜の見掛けを呈する。

・ 38.30 m から 52.30 m : 老熊洞断裂、 $N70^{\circ} E$ で北急傾斜の圧砕帯。その他にも $N70^{\circ} W$ で北急傾斜の断裂、 $N30^{\circ} \pm E$ でほぼ垂直の裂罅も見られる。鏡肌のある偏平化した細礫から中礫サイズの変玄武岩が断層粘土を伴う。断裂全体が脆く、崩れ易い。ピックなどで突くと容易に崩落する。偏平角礫状変玄武岩も脆く、手で容易に細かくできる。41.1 m 付近に見掛け層厚 50 cm 程度のレンズ状灰白色大理岩を断裂方向に取り込んでいる。

・ 52.30 m から 92.00 m : 帯緑黒色変玄武岩、老熊洞断裂帯と異なり、変玄武岩全体が圧砕されていない。しかし、 $N20^{\circ} \pm E$ で北急傾斜の裂罅・圧砕が帯状にまとまって何本も走り、脆い部分と比較的強固な部分とが交互に出現する。88.8 m 付近の左層に幅 30 cm 程度の中程度粘土化した細粒花崗岩が変玄武岩を切る。

・ 92.00 m から 110.20 m : 中程度の粘土化変質した中粒黒雲母花崗岩、黒雲母は緑泥石化している。花崗岩の右側は走向 $N30^{\circ} E$ 前後でほぼ垂直の断層で規制されている。左側は、95 m から 105 m 付近で、緩い波状に変玄武岩と接し、変玄武岩の産状と調和するような層間貫入を呈する。110.20 m で、変玄武岩に $N42^{\circ} W$ 、傾斜 $30^{\circ} NE$ で貫入している状況が見られる。

・ 110.20 m から 143.00 m : 帯緑黒色変玄武岩、 $N20^{\circ} \pm E$ で北急傾斜の裂罅、ほぼ東西方向の断裂などが発達。西北西で北東傾斜の産状が認められる。

・ 143.00 m から 151.20 m : 向斜状灰白色大理岩が天盤から右壁に出現する。下盤の変玄武岩との盤際に幅数 cm 以下、最大 25 cm の暗緑色スカルン化が見られ、黄鉄鉱・黄銅鉱が鉱染する。中国側の分析では、 $Cu0.686\%$ が得られている。大理岩と変玄武岩との境界面は、手前では走向 $N50^{\circ} W$ 傾斜 $23^{\circ} NE$ 、先では $N35^{\circ} E$ 、 $28^{\circ} SE$ と、向斜軸は東落としを呈する。

・ 151.20 m から 160.10 m : 帯緑黒色変玄武岩、比較的固いが、 $N30^{\circ} W$ 、傾斜 $60^{\circ} NE$

及び N52° E、傾斜 60° NW の断層が走り、軟弱部分で角礫ブロック化している。断層の前後関係は、前者を後者が切っている。

1.4.2 帯磁率

坑内地質調査と並行して、坑壁に露出する岩石の帯磁率をほぼ 2 m ごとに測定した（巻末資料 4）。帯磁率は、岩相及び産状に応じて次のような特徴を示す（単位： $\times 10^{-3}$ S.I.）。

・上盤変玄武岩と下盤大理岩との境界面を挟んでの変化：境界面の上下 5、25、50 cm を測定、下盤の大理岩は 5 cm で 0.1 から 0.2 台を示すが、それ以下では 0.0n 台で、大理岩全体は、本地域に分布する筒田層の平均値とほぼ同じ値を示す。上盤の変玄武岩は 2 - 4 台の値で、上下に層準ごとに変化するようである。

・老熊洞断裂を挟んでの変玄武岩の帯磁率の変化：断裂手前の変玄武岩は、平均 3.81 と高い値を示すが、断裂突破後では平均 0.76、そして破砕された部分では平均 0.55 と低い値を示す。さらに老熊洞断裂の粘土帯や粘土化変玄武岩では 0.12 とさらに低い。

見掛け上、同一に見える変玄武岩でも、老熊洞断裂手前と断裂以北では帯磁率には大きな差がある。この差の原因として、老熊洞断裂以北に断裂及び層間貫入している花崗岩の活動に伴う熱水作用による変質による帯磁率の低下が考えられる。破砕程度の強い部分でより低下していることも、熱水が活動し易かった結果かも知れない。

・花崗岩：起点から 92 m 付近に変玄武岩の産状と調和するような層状貫入の花崗岩は中程度の粘土化を呈し、帯磁率はゼロに近い。

1.4.3 裂罅系

坑内地質調査では、坑道掘削と裂罅系との関係を考察するために、裂罅系の測定に努め、ステレオ投影（下半球）して解析した（図 2-1-7）。

裂罅系は、①走向 N28° W 傾斜 60° NE、②走向 N70° E 傾斜 74° N、③走向 N25° E 傾斜 70° NW の 3 箇所ピークがみられる。

①は老熊洞断裂を挟んで坑道全体に発達する NW 系の節理・裂罅である。②は老熊洞断裂帯で、本断裂帯を離れると激減する。③は老熊洞断裂の北側に特徴的に発達する。

これら三者の前後関係は、①が先で、これを切るように NE 系の②と③が走る。②と③との関係は、坑内で直接観察されていないが、③が②の老熊洞断裂北側に多く発達し、遠ざかるに従って減少していることから、②から③が派生していると推定される。

- 凡 例
- + + 花 崗 岩
 - mb 大 理 岩
 - ┌ ┐ 變 玄 武 岩
 - 〃 〃 ス カ ル ン
 - / 走 向 · 傾 斜
 - / 節 理
 - / 裂 罅 · 断 裂
 - △ △ 破 碎 帶
 - ▲ ▲ 黄 鉄 鉱 染
 - ~ ~ 粘 土 化
 - ⊙ 測 量 点

点号	Y	X	Z (大森標高(m))
起算	572968.362	122913.452	1741.500
11-2	572983.361	122926.317	1741.838
11-3	572991.131	122928.339	N.A.
11-1	572955.119	122930.387	1741.795
1-1	573049.115	122931.373	N.A.
1-2	573074.123	122932.978	1745.657
1-3	573097.132	122935.191	1746.217
1-1	573114.495	122933.316	N.A.

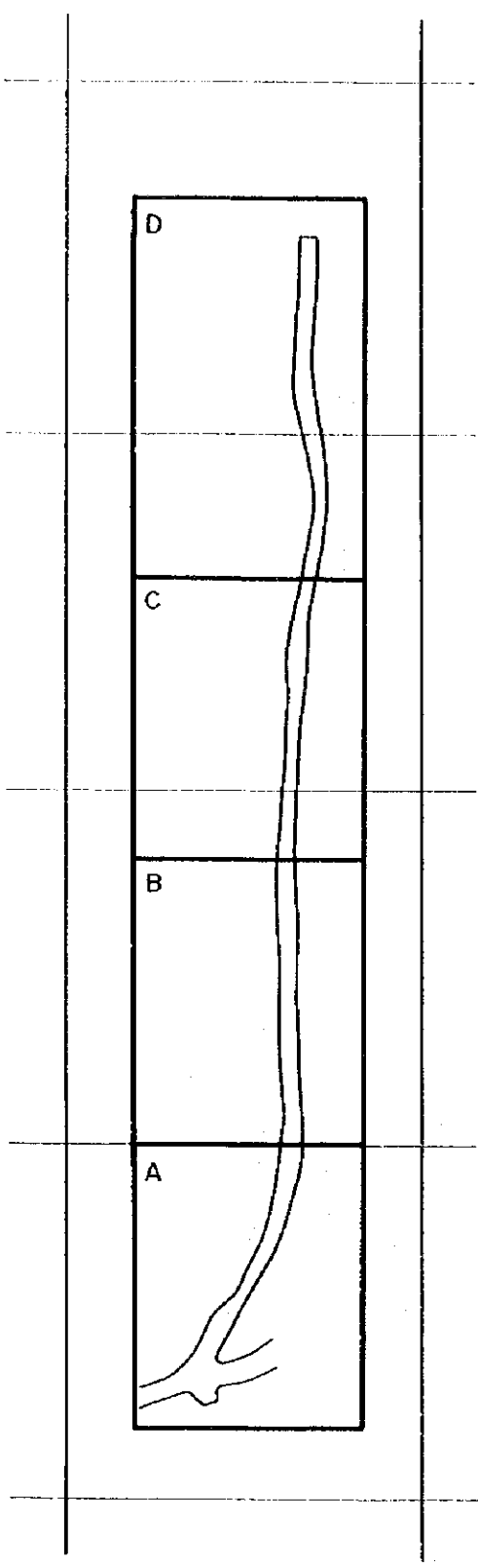


図 2 - 1 - 5 箇旧地域卡房地区1740m L 協力坑道地質図 (1)

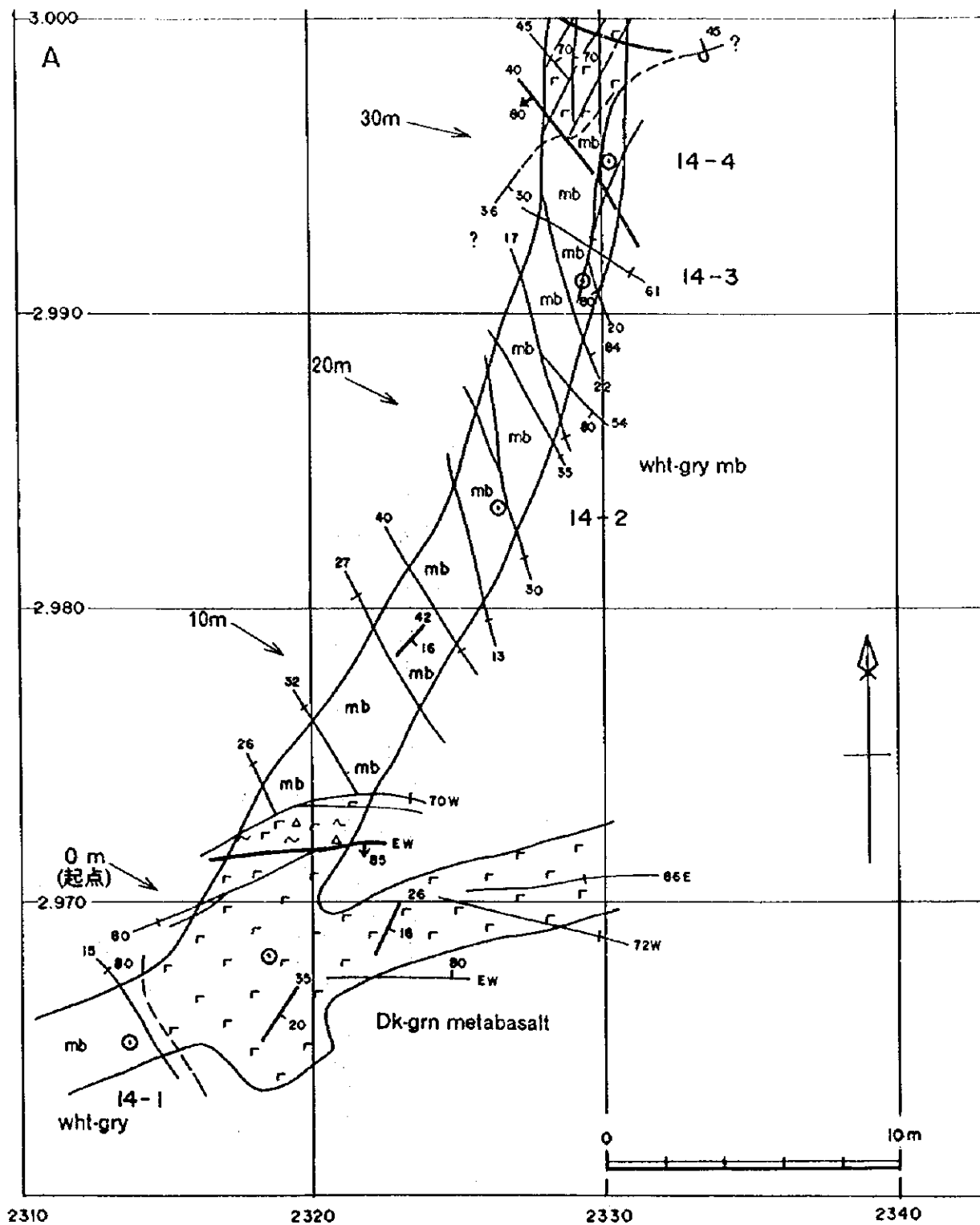


图 2-1-5 筒旧地域卡房地区1740m L 協力坑道地質图 (2)

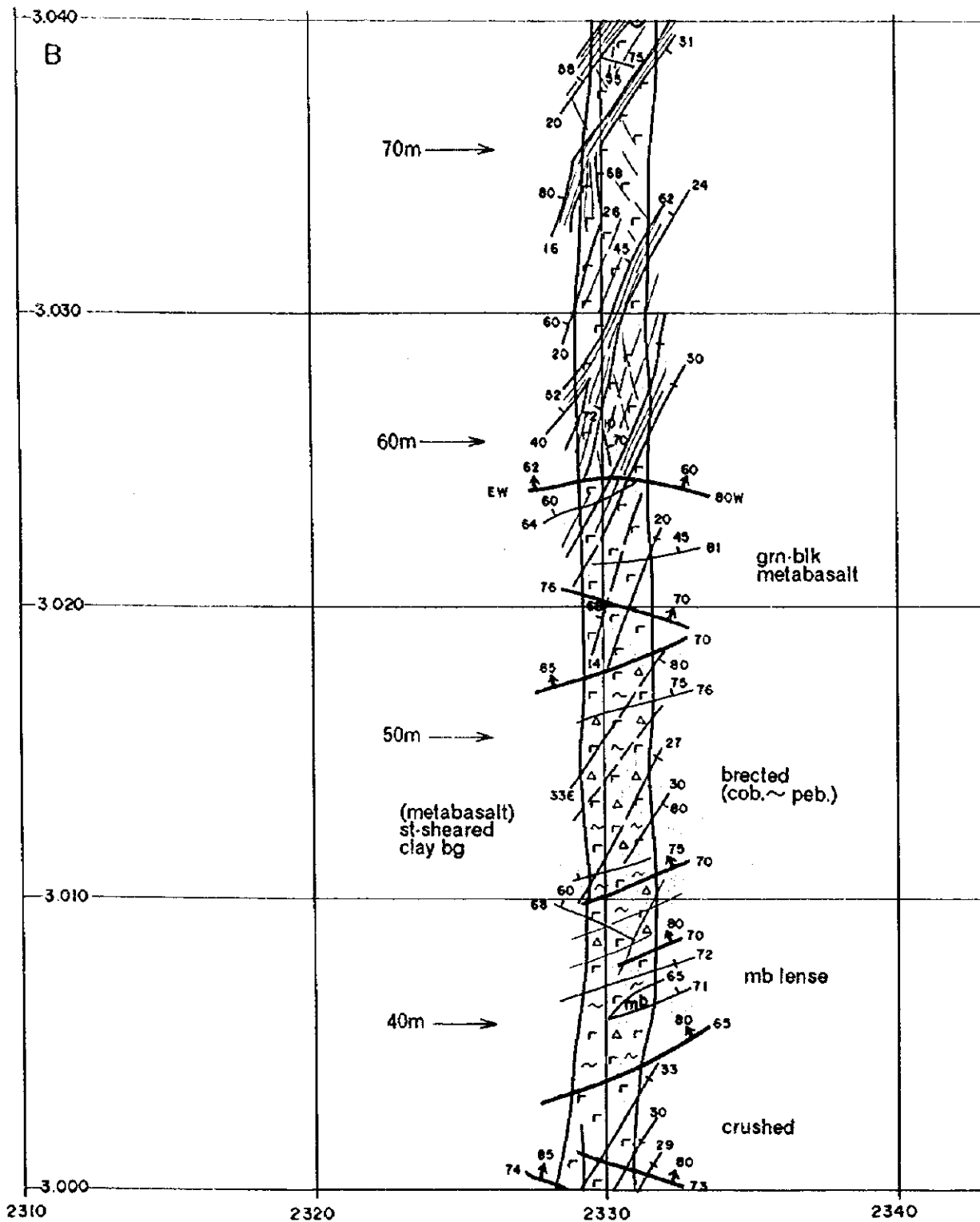


图 2-1-5 箇旧地域卡房地区1740m L協力坑道地質図(3)

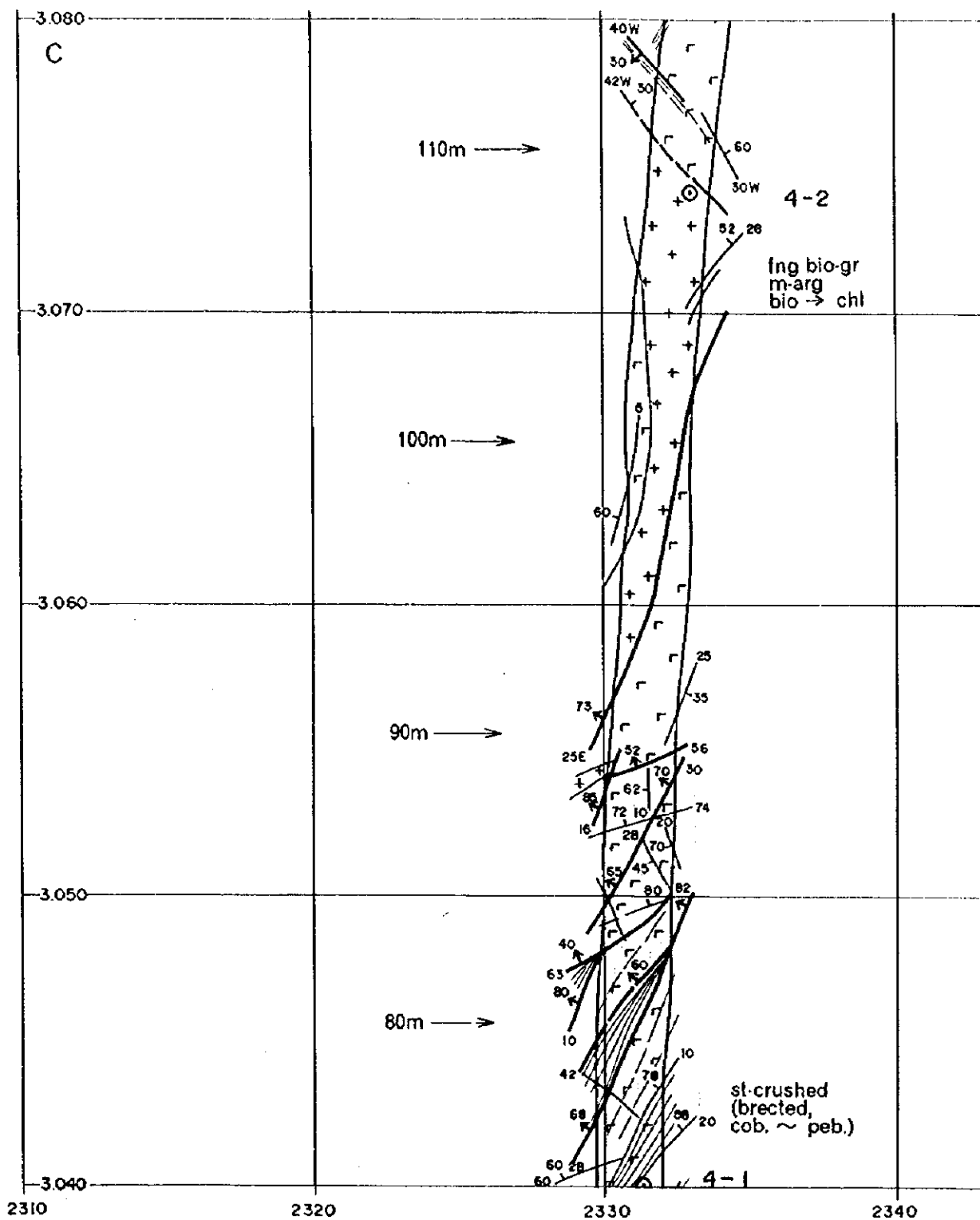


图 2-1-5 筒旧地域卡房地区1740m L 協力坑道地質図 (4)

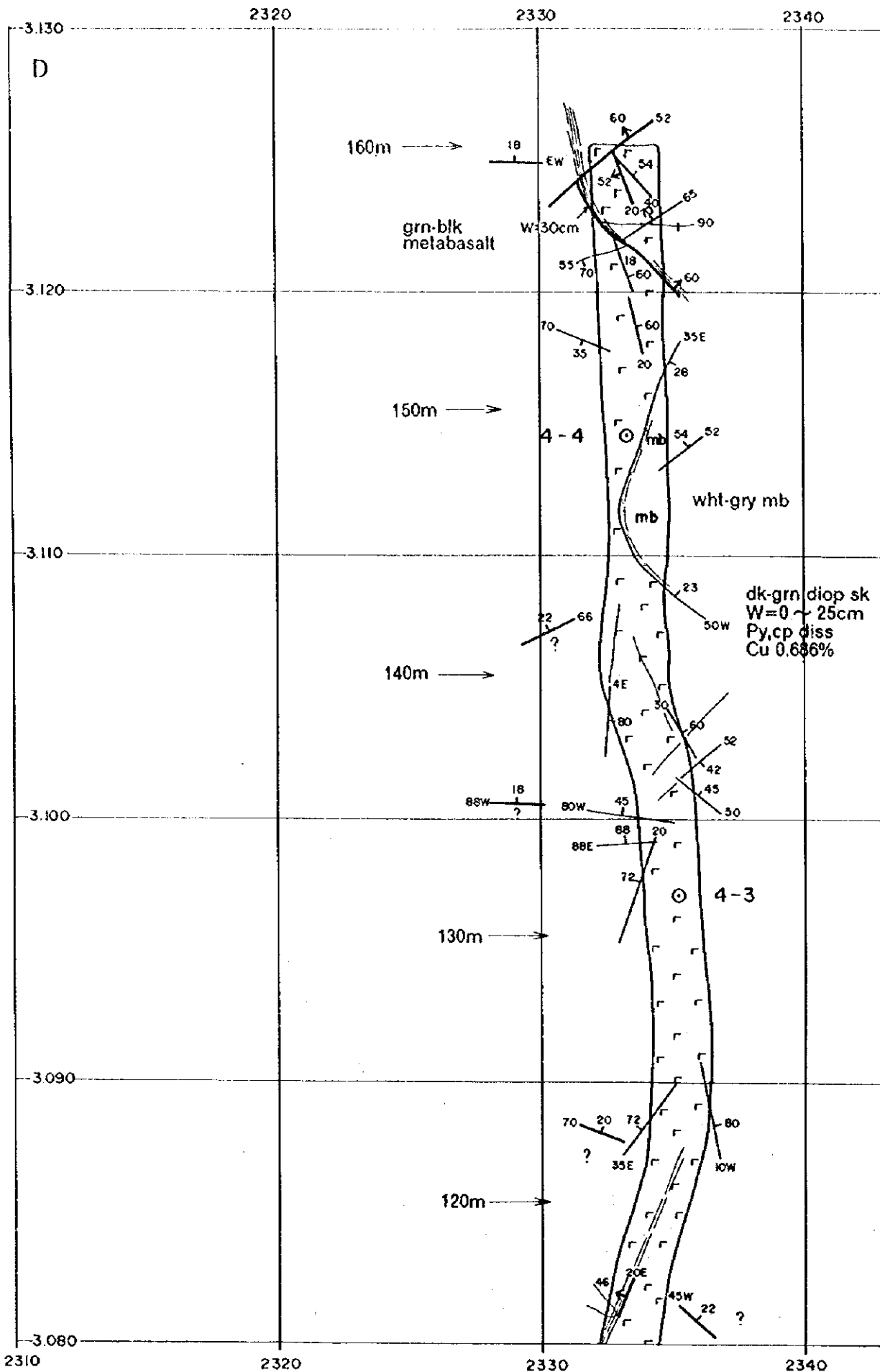


图 2-1-5 筒旧地域卡房地区1740m L 協力坑道地質図 (5)

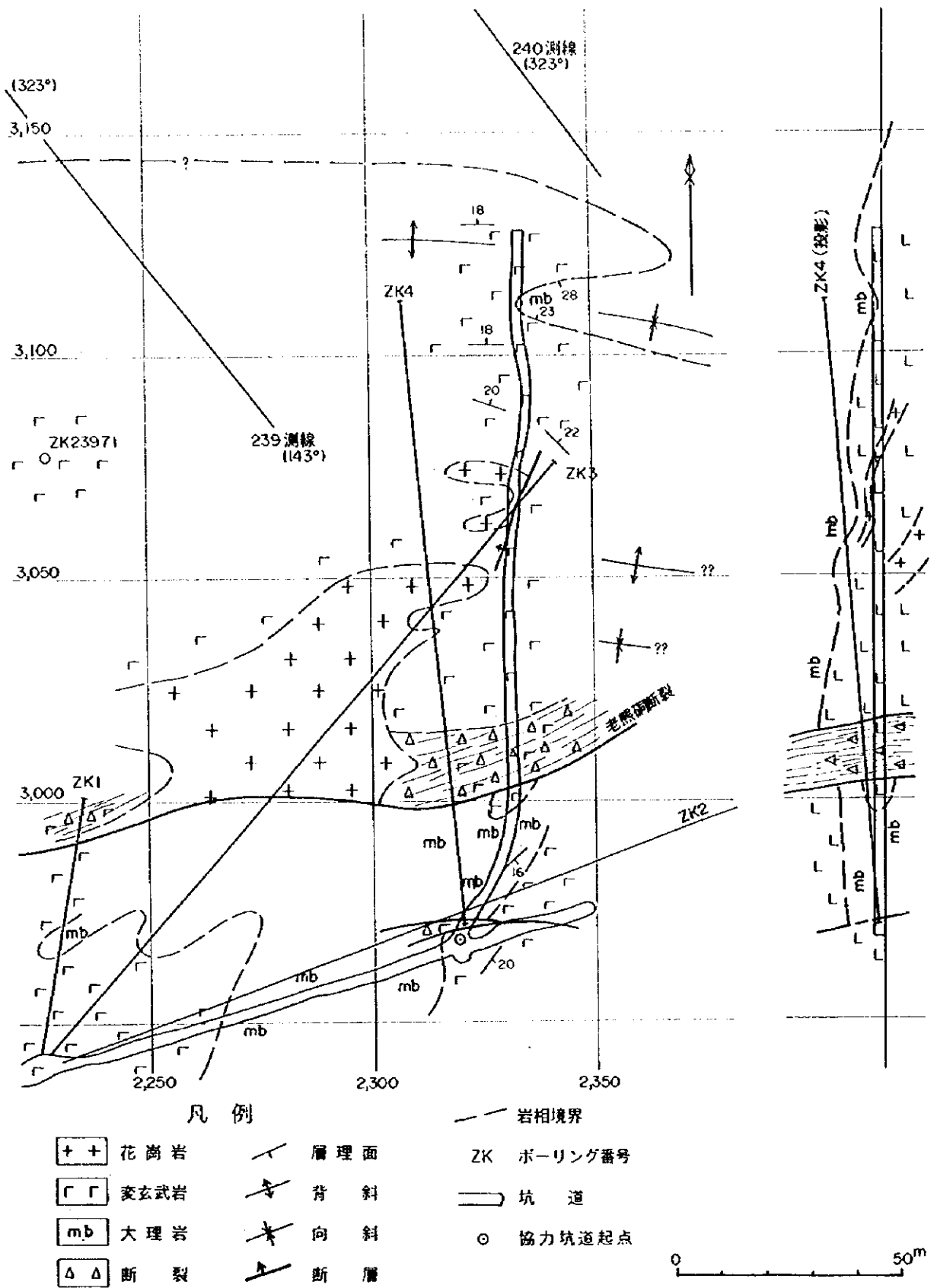
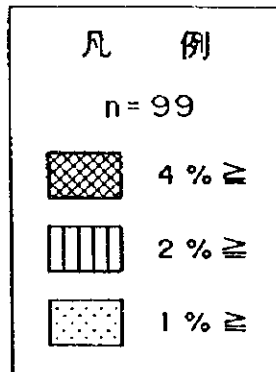
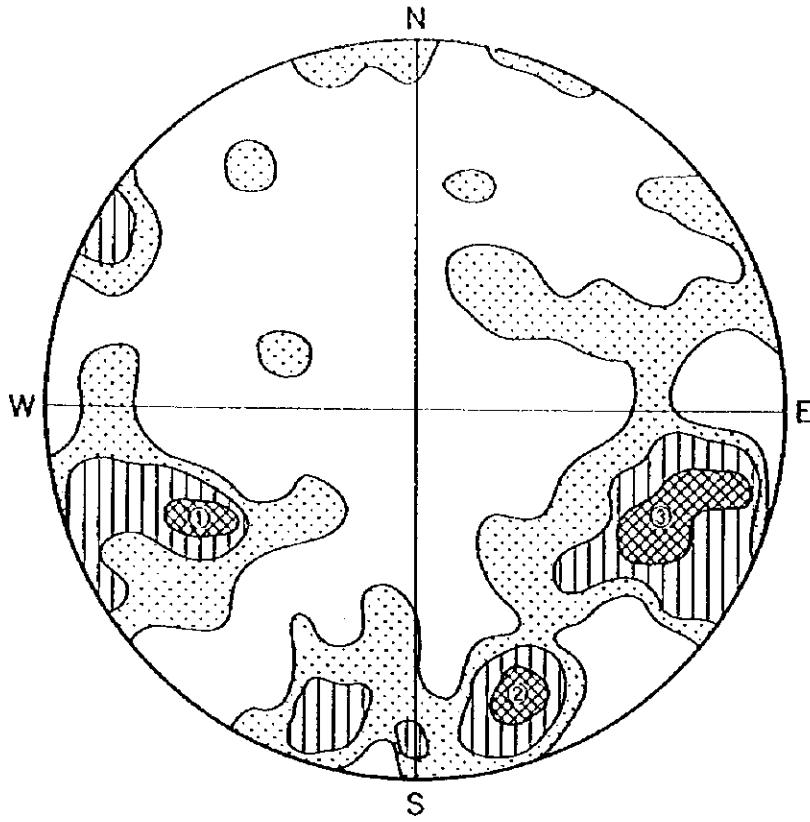


図2-1-6 筒旧地域卡房地区1740m L協力坑道付近地質図



- ① N28° W, 60° N
- ② N70° E, 74° N(老熊洞断裂)
- ③ N25° E, 70° N

図 2 - 1 - 7 協力坑道裂隙系の等集中度曲線図 (下半球へ投影)

1.5 まとめ及び今後の調査

調査対象の筒田地域卡房地区は、中国有色金属工業総公司西南地質調査局が 1978 年から 1992 年にかけて地表ボーリングを行い、地表下約 500 m の 1600 ~ 1800 m L にスカルン型銅錫鉛床の伏在を認め、新規鉛床胚胎が有望視されている地区である。

第 5 年次の調査は本地区の地質及び鉛床賦存状況を解明し、新規鉛床発見に資するため、第 4 年次に引き続いて坑内ボーリングのための坑道掘削と地質調査が計画された。

坑道掘削は、中国側が実施した坑内先進ボーリング (ZK4: 140.34 m) の地質状況を考慮して計画されたが、変玄武岩の分布が予想外に広く、かつ裂隙が発達し、掘削作業は困難を極め、掘進総延長は 160.10 m に止まり、坑内ボーリング室の設置まで至らなかった。

地質調査は、ボーリングコア調査 (1:200)、坑内地質調査 (1:200) を行い、卡房鉛床の地質及び地質構造と鉛化作用との関係を把握し、後年度調査計画の見直しを行った。

本地区の地質は中部三疊系の筒田層卡房部層とこれに貫入したの燕山晩期の潜頭性花崗岩よりなる。

卡房部層は層厚 770 m 以上で、主に大理岩よりなり、苦灰質大理岩・苦灰岩を挟み、岩相により 5 層に区別されている。東西方向の老熊洞断裂が本地区を走る。この断裂の活動は、燕山晩期以前とされているが、現地形に反映していることなどから、主活動は燕山晩期以前としても、その後にも活動してのではないかと考えられる。

潜頭性花崗岩は、全体として北東方向に延び、褶曲・断裂、堆積岩類の層理面・節理に規制されて、堆積岩の三方を取り囲むように馬の背状・舌状の貫入形態を取り、花崗岩の中に見掛け上の凹陥構造をつくっている。本地区に期待される潜頭性スカルン型銅錫鉛床は、この凹陥構造中に胚胎すると考えられている。

花崗岩は主に灰白色・中粒等粒状黒雲母花崗岩だが、貫入頂部や周辺部では、細粒状で粘土化変質作用を受けていることが多く、さらに電気石化、螢石化、グライゼン化、珪化、緑泥石化などの変質作用がみられる。

スカルンは花崗岩と接触する炭酸塩岩中に、接触面・層理面・節理などに規制され、透角閃石を主に、サクロ石、ベスブ石、アクチノ閃石などのスカルン鉛物、石英・炭酸塩細脈などで構成される。鉛化作用はスカルン及びスカルン化炭酸塩岩中の鉛染状・細脈状・膜状の鉛化と塊状硫化鉛物がみられる。鉛石鉛物は主として磁硫鉄鉛、黄鉄鉛、硫砒鉄鉛、黄銅鉛、錫石で、方鉛鉛、鉄閃亜鉛鉛などを伴う。このうち採掘対象と考えられる鉛種は、銅と錫である。検鏡結果では、銅と錫石の晶出時期は、銅の鉛化作用よりやや早い時期の可能性が考えられる。鉛化部位は、ボーリングコア調査では、銅の鉛化作用はスカルン・スカルン化炭酸塩岩中に多く、錫の鉛化作用は、舌状花崗岩の上・下盤の接触部付近及び馬の背状花崗岩体中の変質部分や石英・炭酸塩細脈にみられる傾向を示す。

卡房地区の潜頭性スカルン型銅錫鉛床のポテンシャルは、花崗岩の凹陥構造の発達・規模とその内部に胚胎する鉛体の鉛化程度に左右されると考えられる。

1996 年度までの地表ボーリング 21 本、11,091.36 m を主とする調査結果から、凹陥構造は、卡房地区では 1600 ~ 1800 m L に想定される。その広がりには 241 測線を底に、長軸方向両端へ向かって若干浅くなるように、240 測線から 245 測線の間、約 500 m に発達する

ようで、さらに鉍化作用も 241 測線が最も優勢であることから、この 500 m 間、鉍床ポテンシャルの最も高い部分とみられる。しかし、本区域のボーリングを主とするこれまでの調査では、凹陷構造の奥行き、即ち短軸（測線）方向の規模は確定されておらず、この規模・内部の鉍化程度如何で本鉍床のポテンシャルが左右されるので、この確認が今後の探鉍の主目標の一つと考える。

第 5 年次の協力坑道掘削当初、坑内先進ボーリング結果から、1740 m L 協力坑道の地質は、老熊洞断裂を通過後、地質構造は北北東へ緩く傾斜し、起点から 100 m 付近で変玄武岩から大理岩へ変化すると想定していたが、実際は、次のような地質状況であった：

坑道起点（0.00 m）から変玄武岩と大理岩、38.30 m から老熊洞断裂に入り、粘土帯を挟む角礫偏平化変玄武岩が 52.30 m まで続いた。その後、掘削終了の 160.10 m まで節理・裂隙が帯状に走る変玄武岩。この間、92.00 m から 110.20 m まで弱粘土化花崗岩が変玄武岩の産状と調和するように層状貫入、143.00 m から 151.20 m まで向斜状大理岩が変玄武岩上盤に出現している。

このような違いは、坑内先進ボーリングが水平方向ではなく $+5^{\circ}$ に孔曲りしていたこと、当初の想定したように地層の傾斜が緩い単傾斜ではなく、波状にうねりながら全体として北北東へ緩く落としていることが原因と考えられる。

このように 1740 m L の協力坑道地質の判断材料に乏しく、今後の坑道展開・ボーリング室の位置の選定など後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、変玄武岩がどのような形態なのかを見極めることが必要で、そのためには現在の協力坑道の引立て付近からの坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。さらに、坑内ボーリング計画は、鉍況・凹陷構造の形態などの変化に応じて適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

卡房地区は、これまでの調査結果でも、1600 ~ 1950 m L の各所に凹陷構造が確認されているので、1740 m L の他に、このような凹陷構造の発達する可能性も今後の探査課題と考えたい。

第2章 坑道調査

2.1 調査の概要

本調査は、坑内ボーリング調査に必要なボーリング室の掘削とそのための坑道掘削を行うものである。今年度の坑道掘削工事は、昨年度の老熊洞断裂掘削工事実績を踏まえ、同断裂帯掘削のための各種対策・工法が講じられ、それぞれ一定の成果をあげることができた。また、これらの対策・工法を実施する上で、従来工法における、悪条件下での坑道掘削技術が移転されたといえる。しかし、工事量からみると、予想外の多くの困難に遭遇し、工期を約1ヶ月延長したにもかかわらず5回の設計変更を余儀なくされ、当初計画の掘削総延長 651.5 mに対し、実績総延長 160.1 mという低い達成率にとどまり、ボーリング室の設置まで至らなかった。

2.2 坑道掘削

前述の通り、予想外の多くの困難に遭遇し、当初計画から数次にわたる計画変更を経て、第5年次坑道掘削実績は、主坑道掘削延長 160.1 mであった。掘削坑道の仕様は以下のとおりである。

2.2.1 断面積

- ・主坑道（無支保部）
- ・上部アーチ蒲鋒形、断面積：5.7 平方m（幅 2.4m、高 2.6m、上部アーチ半径 1.3 m）
- ・主坑道（有支保部）
- ・台形型三ツ枠、有効断面積：5.7 平方m（枠内上辺 2.1 m、下辺 2.6m、高さ 2.45 m）
 - 坑道勾配 3 : 1000
 - 坑道起点天盤標高 1743.673 m
 - 坑道掘削方向（対真北） 2°

2.2.2 作業形態

(1) 作業時間

卡房鉱山における通常の作業時間は、3交替 24 時間稼働（各方2時間の切羽への往復移動時間を含む）体制である。しかし、本坑道掘削においては、切羽実稼働時間増を目的に、4方・切羽交替制による切羽 24 時間稼働体制（各方移動時間を含め拘束時間 8 時間）、また、3方・切羽交替制による同体制（各方移動時間を含め拘束時間 10 時間）を一部採用した。

① 通常作業形態（期間：7/1～12/1、3/1～3/5）

- 1 番方 : 0時00分 ~ 8時00分
- 2 番方 : 8時00分 ~ 16時00分
- 3 番方 : 16時00分 ~ 24時00分

表 2-2-1 当初調査内容及び数量

坑道掘削調査工事概要

項目	掘削 (m) (幅)	掘削長 (主坑の掘削距離)	掘削量 (m³)	掘削率 (%)
主坑道 坑道掘削開始点～ 239測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	137m (137m)	3/1,000	35%
239測候坑道分岐点～ 240測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	39m (39m)	3/1,000	5%
240測候坑道分岐点～ 241測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	100m (100m)	3/1,000	5%
241測候坑道分岐点～ 242測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	100m (100m)	3/1,000	5%
242測候坑道分岐点～ 坑道掘削終了点	2.6m×2.4m	59m (59m)	3/1,000	5%
(小計)	-	435m (435m)	-	-
副坑道 239測候 240測候 241測候	2.6m×2.4m 2.6m×2.4m 2.6m×2.4m	68m (68m) 21m (21m) 45m (45m)	3/1,000 3/1,000 3/1,000	28% 32% 32%
(小計)	-	129m (129m)	-	-
坑道合計	-	(564m)	-	-
ボーリング量 239測候 240測候 241測候	(95.2m³) (85.2m³) (85.2m³)	- (11.9m) - (11.9m) - (11.9m)	3/1,000 3/1,000 3/1,000	32% 32% 32%
(小計)	-	(44.7m)	-	-
ポンプ室 坑道掘削開始点～ 239測候坑道分岐点	(143.1m³)	- (26.2m)	3/1,000	-
実圧器室 (通切り部) 240測候～241測候間	(94.7m³)	15m (16.6m)	3/1,000	5%
ポンプ室、実圧器室、 実圧器室合計	-	(41.8m)	-	-
総計	-	(651.5m)	-	-

註) 主坑道の掘削開始点は、1740 m レベルの通気立坑向け坑道分岐点より 439 m 左側とする

表 2-2-2 実績調査内容及び数量

坑道掘削調査工事概要

項目	掘削 (m) (幅)	掘削長 (主坑の掘削距離)	掘削量 (m³)	掘削率 (%)
主坑道 坑道掘削開始点～ 239測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	143m (143m)	3/1,000	2%
239測候坑道分岐点～ 240測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	12.1m (12.1m)	3/1,000	2%
240測候坑道分岐点～ 241測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	0m (0m)	3/1,000	5%
241測候坑道分岐点～ 242測候坑道分岐点	2.6m×2.4m	0m (0m)	3/1,000	5%
242測候坑道分岐点～ 坑道掘削終了点	2.6m×2.4m	0m (0m)	3/1,000	5%
(小計)	-	160.1m (160.1m)	-	-
副坑道 239測候 240測候 241測候	2.6m×2.4m 2.6m×2.4m 2.6m×2.4m	0m (0m) 0m (0m) 0m (0m)	3/1,000 3/1,000 3/1,000	27% 2% 32%
(小計)	-	0m (0m)	-	-
坑道合計	-	(160.1m)	-	-
ボーリング量 239測候 240測候 241測候	(0m³) (0m³) (0m³)	- (0m) - (0m) - (0m)	3/1,000 3/1,000 3/1,000	32% 32% 32%
(小計)	-	(0m)	-	-
ポンプ室 坑道掘削開始点～ 239測候坑道分岐点	(0m³)	- (0m)	3/1,000	-
実圧器室 (通切り部) 240測候～241測候間	(0m³)	6m (0m)	3/1,000	5%
ポンプ室、実圧器室、 実圧器室合計	-	(0m)	-	-
総計	-	(160.1m)	-	-

註) 主坑道の掘削開始点は、1740 m レベルの通気立坑向け坑道分岐点より 439 m 左側とする

ボーリング調査工事概要

測候	孔番号	真北基準 掘削方位	傾斜	掘削長
239	K2K23901	323°	0°	80 m
239	K2K23902	323°	-35°	140 m
239	K2K23903	323°	-50°	90 m
239	K2K23904	-	-90°	50 m
239	K2K23905	143°	-45°	50 m
(小計)	(5孔)	-	-	410 m
240	K2K24001	323°	+30°	70 m
240	K2K24002	323°	0°	120 m
240	K2K24003	323°	-20°	130 m
240	K2K24004	323°	-40°	220 m
240	K2K24005	323°	-60°	200 m
(小計)	(5孔)	-	-	790 m
合計	(10孔)	-	-	1,200 m

ボーリング調査工事概要

測候	孔番号	真北基準 掘削方位	傾斜	掘削長
239	K2K23901	323°	0°	0 m
239	K2K23902	323°	-35°	0 m
239	K2K23903	323°	-50°	0 m
239	K2K23904	-	-90°	0 m
239	K2K23905	143°	-45°	0 m
(小計)	(0孔)	-	-	0 m
240	K2K24001	323°	+30°	0 m
240	K2K24002	323°	0°	0 m
240	K2K24003	323°	-20°	0 m
240	K2K24004	323°	-40°	0 m
240	K2K24005	323°	-60°	0 m
(小計)	(0孔)	-	-	0 m
合計	(0孔)	-	-	0 m

表 2-2-3 坑道掘削工程総括表

調査項目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考
1 調査準備	6/8	6/23									
2 動員(成田～北京～昆明～現地)	6/24	6/30									
3 坑道掘削 主坑道	7/1									3/5	
4 撤収(現地～昆明～北京～成田)										3/8	3/12
5 報告書作成										3/13	3/24
6 結晶											3/24

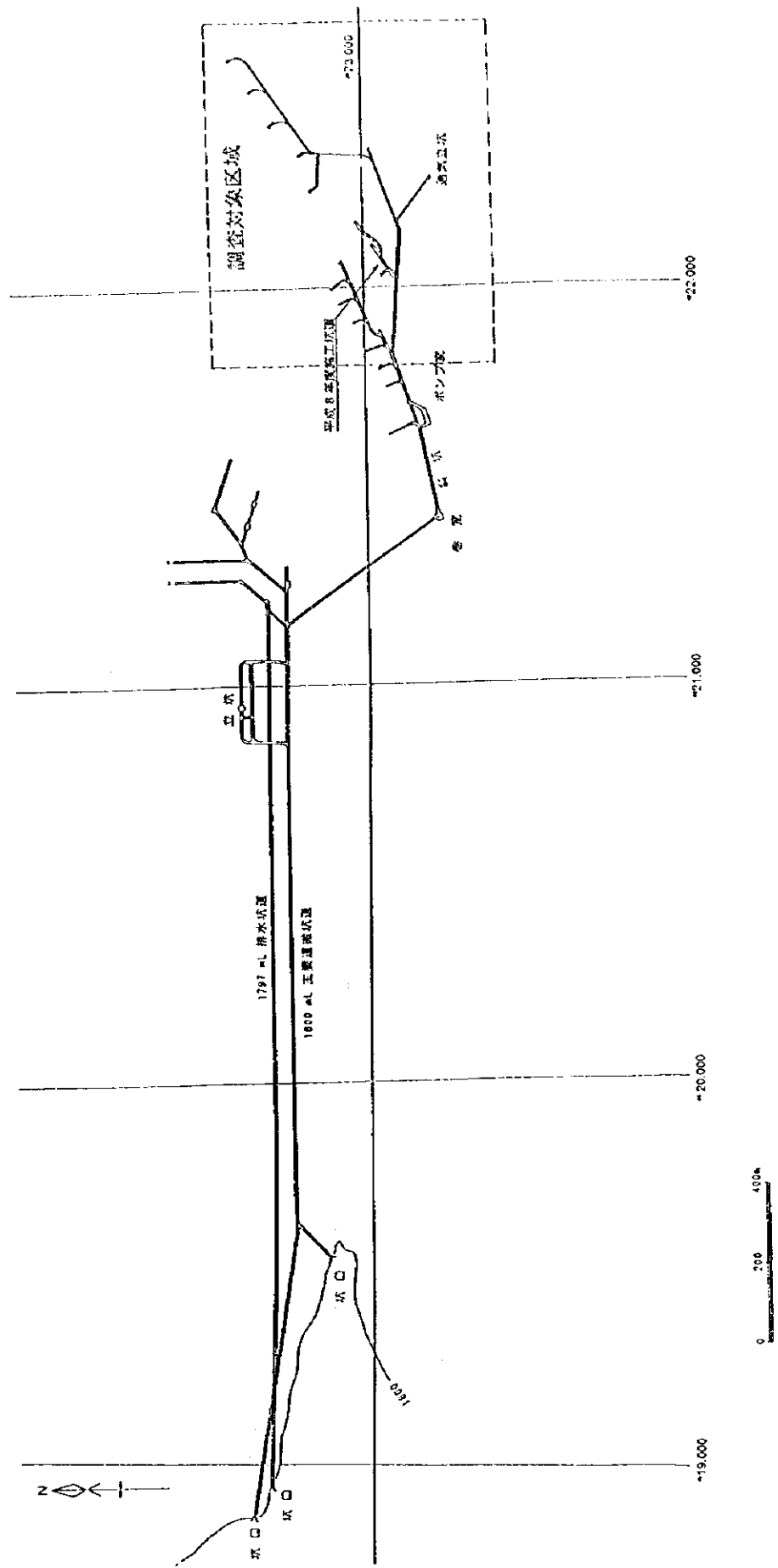


図 2-2-1 調査対象坑道図 (1)

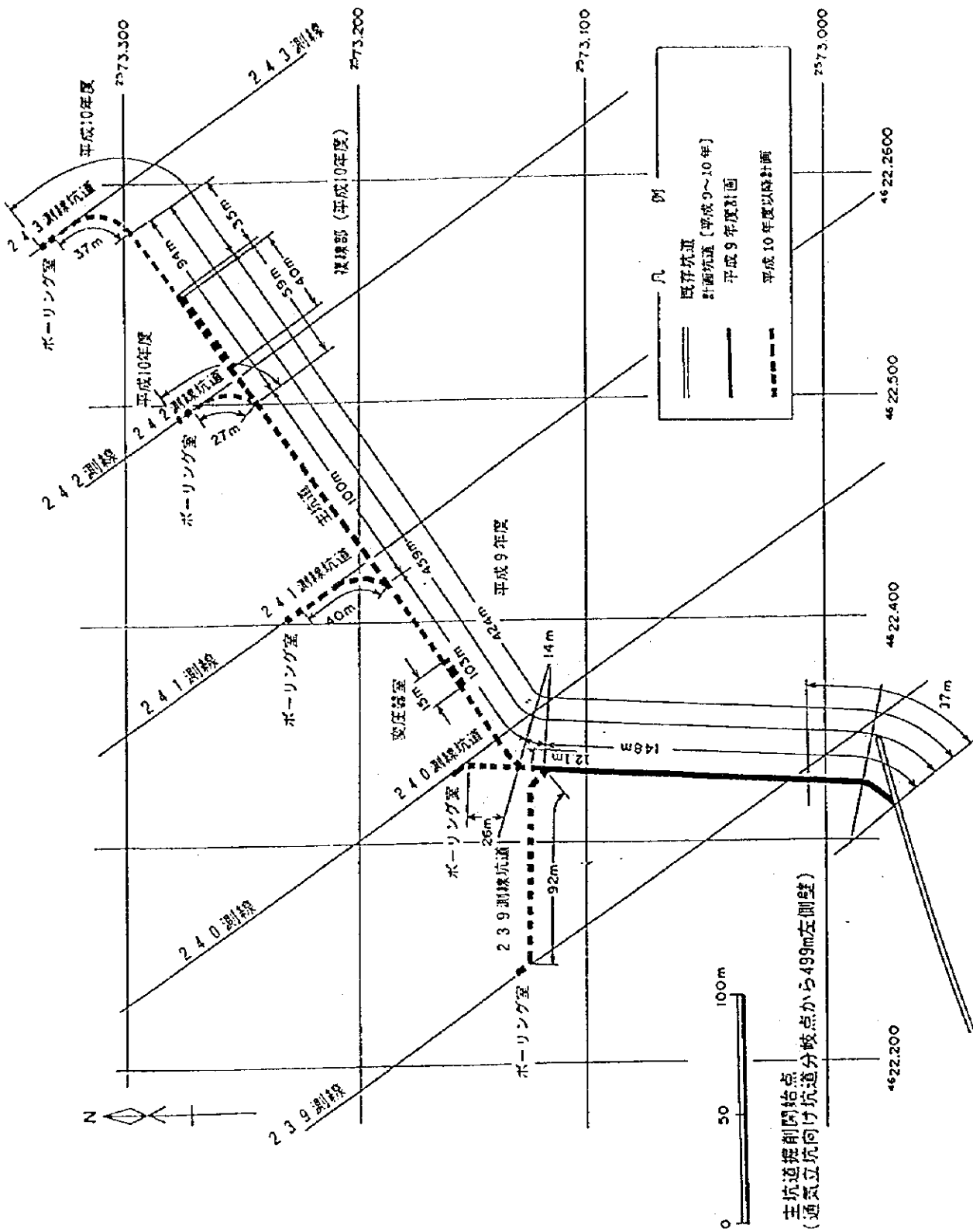


図 2-2-4 設計変更坑道掘削計画図

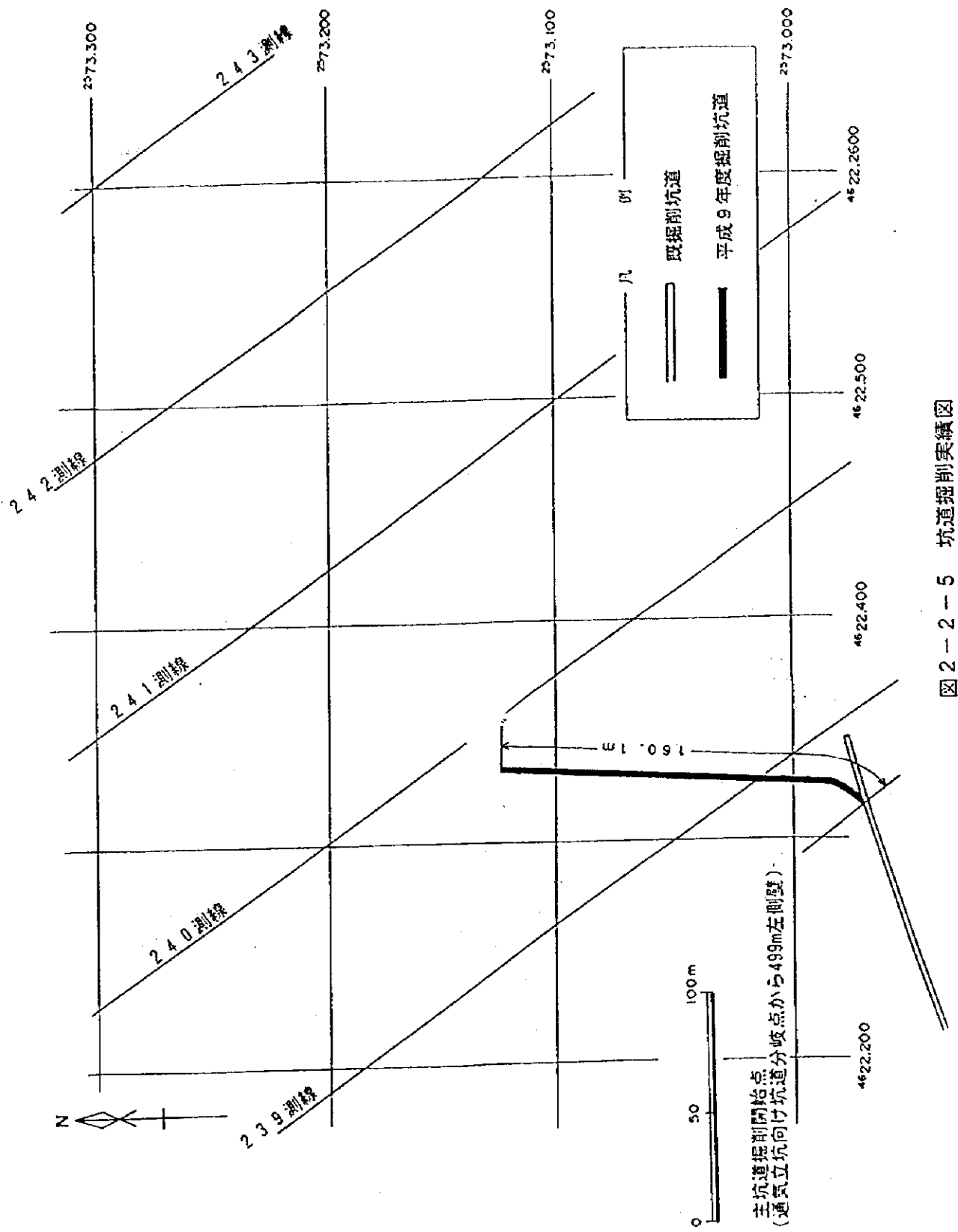


図 2 - 2 - 5 坑道掘削実績図

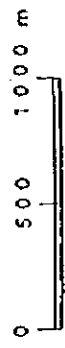
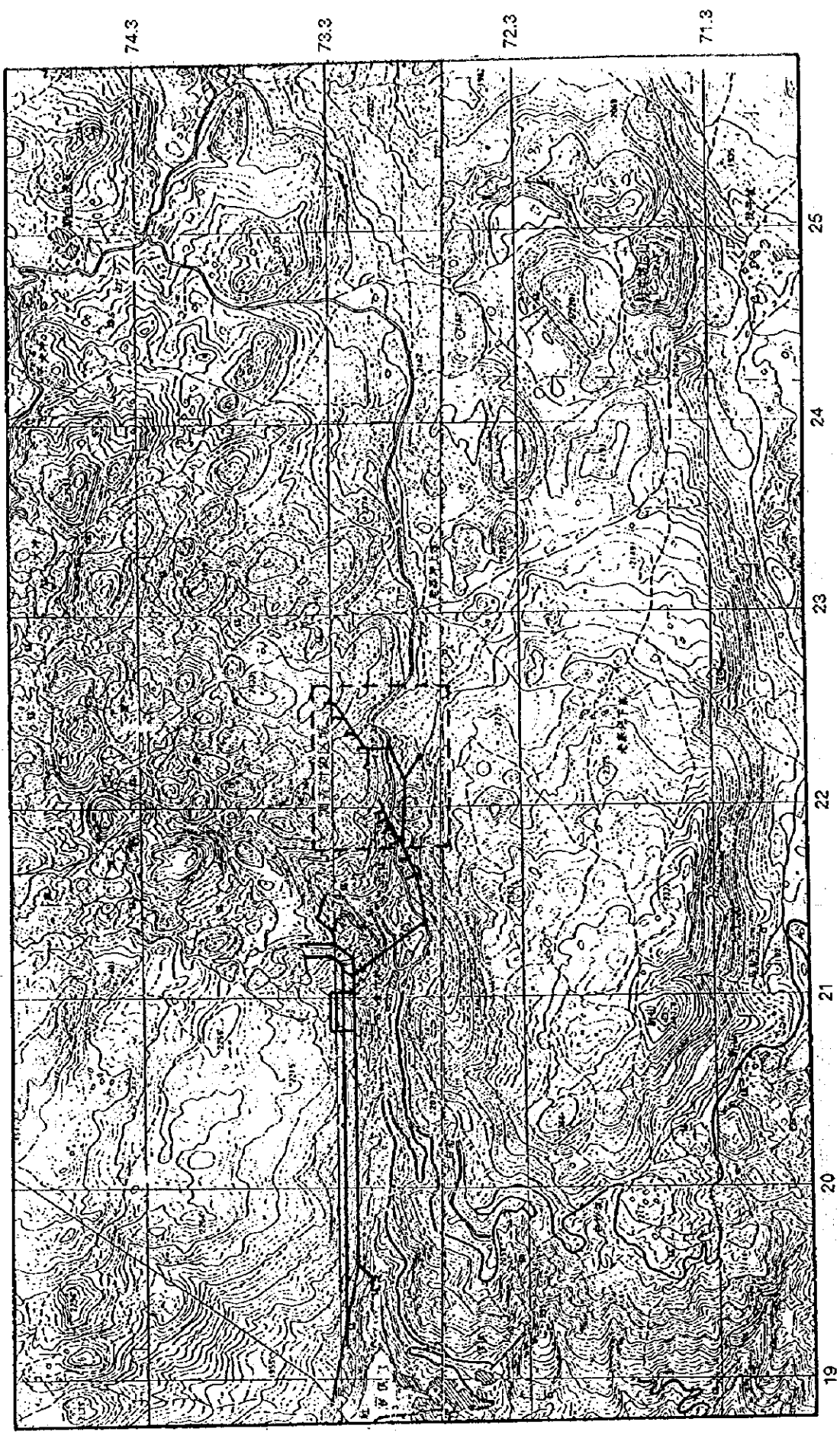
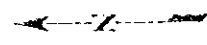


图 2-2-6 卡房鉢山周边地形图

- ② 4方・切羽交代制（期間：12/2～1/19）
- 1番方 : 1時00分～9時00分
 2番方 : 7時00分～15時00分
 3番方 : 13時00分～21時00分
 4番方 : 19時00分～3時00分
- ③ 3方・切羽交代制（期間：1/20～2/28）
- 1番方 : 23時00分～9時00分
 2番方 : 7時00分～17時00分
 3番方 : 15時00分～1時00分

(2) 作業人員

本工事にかかわった人員は次のとおりである。

- ・管理者 : 5名（本掘削工事責任者、他工事兼務）
- ・現場監督 : 各方1名（本掘削工事専属）
- ・掘削作業員 : 各方5～7名（本掘削工事専属）
- ・巻揚機運転員 : 各方1名（1740 mL共通）
- ・操車及び電車運転員 : 各方4名（1740 mL共通）
- ・機電修理員 : 各方2名（1740 mL共通）

2.2.3 掘削作業概要

(1) 各作業概要

- ① 穿孔発破作業：中国製レッグドリルYT-24、26及び28にて穿孔、動力は静圧5.0 kg/cm²、動圧4.6 kg/cm²の圧搾空気をカ房鉦山1800 mLの圧気室より10吋パイプー8吋パイプー6吋パイプと順次パイプ径を下げ、本坑道は4吋パイプにて切羽許へ供給した。

爆薬は、カートリッジ式の硝安爆薬で1本当たり200 g、径35 mm、長さ225 mmであり、雷管は、非電式のノネル雷管8段段発を使用した。

ロッドは、径22 mmの中空六角鋼で、長さ1.2 m、1.5 m、1.8 mの3種類を有し、ビットは、ゲージ35 mm～42 mmのデタッチャブルビットを使用した。

穿孔パターンは無支保部では図2-2-7のとおりで、穿孔長は1.5 mとした。破砕帯・軟弱岩盤帯については後述する。

- ② 積込及び運搬作業：Z-20型の電動ローダにて、1.2 m³のグランビー式鉦車に積み込んだ。

操車は、切羽～本坑道起点間は手押しにて1車ごと入れ替え、本坑道起点～斜坑下間は7 tまたは、3 tトロリー電車で運搬した。

斜坑巻は、2車ずつ1800 mLに巻き上げ7 tトロリー電車で坑外ズリ捨場に搬出した。

- ③ 支保作業：当初、破碎帯・軟弱岩盤帯の掘削に当たっては、冠材に断面係数の大きな日本製H型鋼材（150×150×10×7mm）を、脚材には中国製I型鋼材（140×80×7mm）を使用した三ツ枠を施す計画であったが、脚材として使用していた中国製I型鋼が上載及び側圧により座屈したことから、中国製I型鋼ではその荷重に対し十分な強度が得られないことが判明、脚材もまた日本製H型鋼材に切り替えた。支保規格を図2-2-8に示す。支保作業方法については後述する。

(2) 坑道掘削使用機器及び坑道掘削実績・消耗品使用数量

坑道掘削使用機器、坑道掘削実績及び消耗品使用数量を表2-2-4と6に示す。

2.3 日本国内調達資機材ならびにその効果

日本国内で調達支援した資機材ならびにその効果は、以下のとおりである。

2.3.1 H型鋼材

- ・仕様：150×150×7×10mm、座屈強度114t
- ・数量：当初377m、第1回追加687.5m、第2回追加2,820m、計3,784.5m
- ・効果：掘削後の上載荷重ならびに側圧に対し安定した支持力を持続した。わずかな変形から急激に支持力が低下する中国製I型鋼と対照的である。

2.3.2 鋼矢板

- ・仕様：250×36×5mm
- ・数量：第1回追加1,185m、第2回追加2,750m、計3,935m
- ・効果：本鋼矢板を使用したことにより、前述の差切工法を効率的に安全に実施することができた。強度面のみでなく施工性の面で適切な鋼材の選定であった。

2.3.3 デッキプレート

- ・仕様：614×50×1.6mm
- ・数量：776.2m
- ・効果：側壁の落石防止用支保材として有効であった。

2.3.4 ピックハンマー

- ・仕様：CA7
- ・数量：7台
- ・効果：本ピックハンマーによる掘削は、前述の差切工法に不可欠であり、特に破碎程度の強い老熊洞断裂掘削に威力を発揮した。さらに、掘削後の保坑工事において、追切掘削などに有効であった。

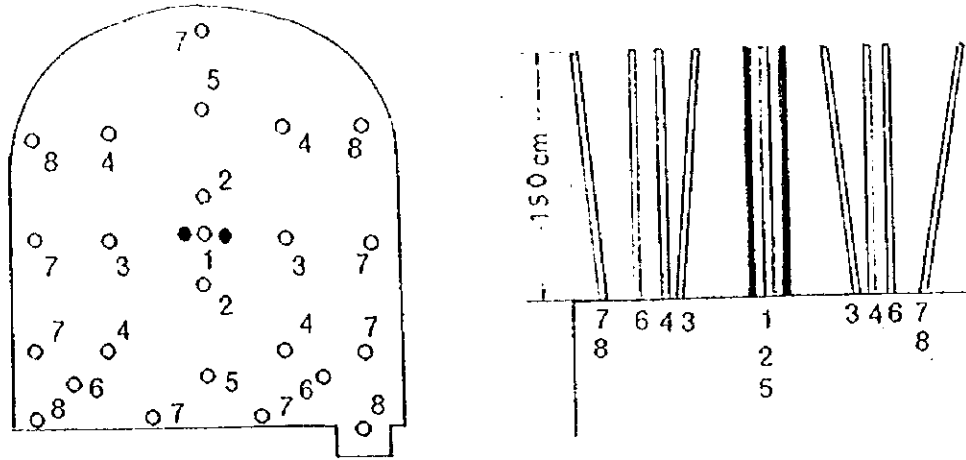


図 2 - 2 - 7 大理岩穿孔パターン

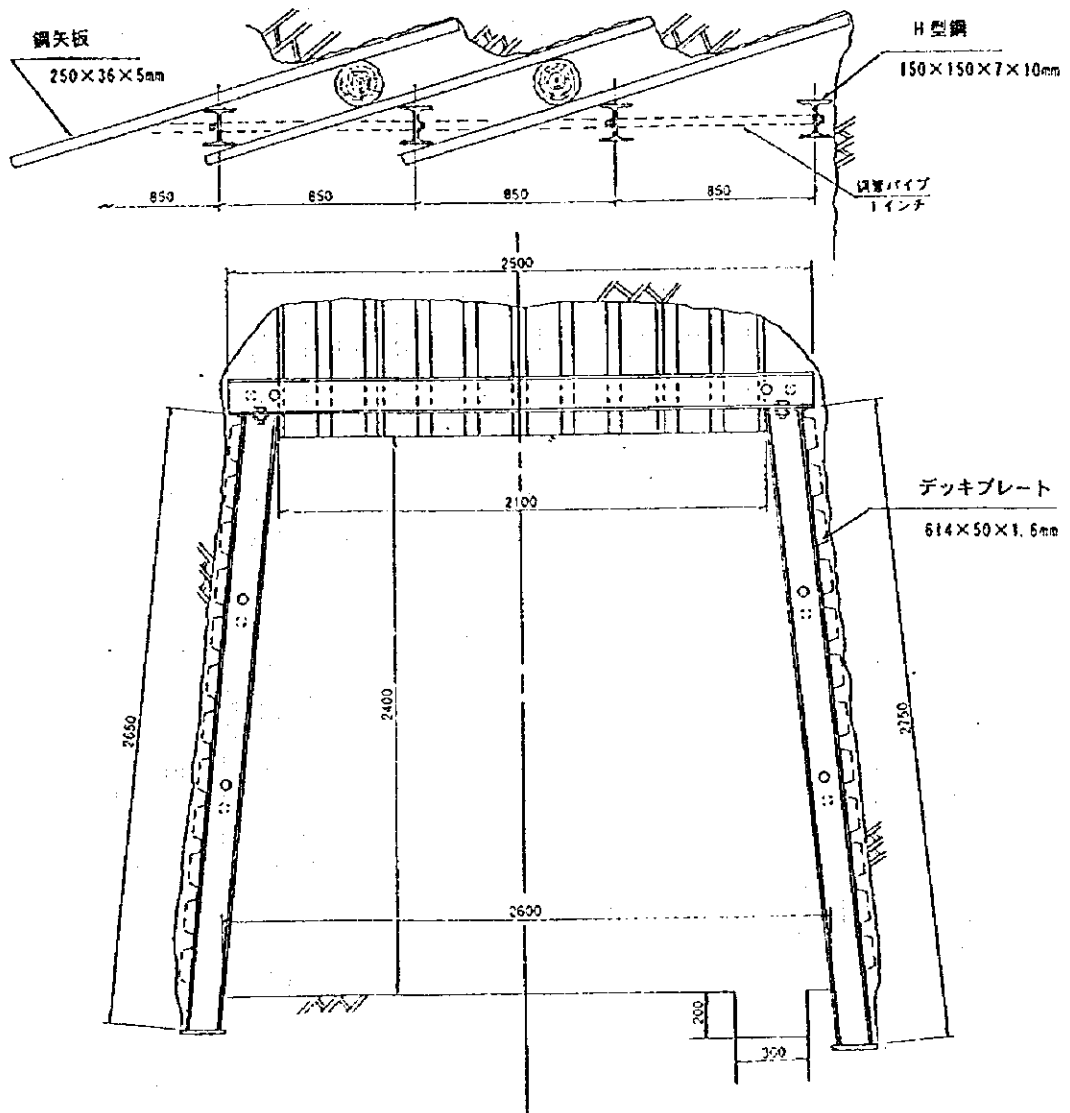


図 2 - 2 - 8 支保規格図

表 2-2-4 坑道掘削使用機器一覽表

区分	品名	型式	仕様	数量	
1740ml 採掘機器	電動ローダ	Z-20	出力10.5kw×2, ハケ斗容量0.2m ³ , 重量3750kg, 作業量30~40m ³ /h, 移動速度79m/s, 昇降速度0.46~1.01m/s	1	
	クランビークル車	KC12-8	容量1.2m ³ , 軌距600mm, 重量1037kg, 外形長2100×幅1050×高1210	50	
	電気機関車	CZK3-6-250	牽引力585kg, 速度7.5km/h, 出力6.6kw, 重量3t, 電圧250V, 電流31.5A	2	
		ZK3-6-250	牽引力1331kg, 速度11km/h, 出力20.6kw×2, 重量7t, 電圧250V, 電流95A	1	
		YI-24	作動圧4~6.4kg/cm ² , 消費圧気量4.5m ³ /min, 打撃数1850回/min, 重量24kg	2	
	さく岩機	YI-28	作動圧4~6.4kg/cm ² , 消費圧気量3.3m ³ /min, 打撃数2100回/min, 重量28kg	2	
		YI-28	作動圧4~6.4kg/cm ² , 消費圧気量3.3m ³ /min, 打撃数2100回/min, 重量28kg	2	
		CA7	重量7kg, 長470mm, 径120mm, 作動圧4~6.5kg/cm ² , 消費圧気量1.2m ³ /min	7	
	1740ml 設備	変圧器	S7-34516	容量315KVA, 高圧:電圧6000V, 電流30.3A, 低圧:電圧400V, 電圧454.5A	1
		整流器	GQA-KY200/27	交流入力:電圧380V, 電流140A, 直流出力:電圧275V, 電流200A, 重量600kg	1
局部扇風機		GK167-Z450	出力7.5kw, 風量246~138m ³ /min, 風圧63~178mm水柱, 電圧380V, 電流15A, 回転数2900rpm, 重量145kg	2	
		ES100-65	出力37kw, 流量100m ³ /h, 揚程80m, 回転数2900rpm	1	
		SL25-100	出力90kw, 流量186m ³ /h, 揚程108m, 回転数2900rpm	1	
電気溶接機		ES425-100	出力90kw, 流量191m ³ /h, 揚程114m, 回転数2900rpm	1	
		BX1-200	電圧79.5V, 電流30~260A, 強制空冷	1	
1800ml 設備	斜坑巻揚機	JIP-12	出力55kw, ドラム径1200mm, ロープ径20mm, 巻取長600m, ロープ破断力27.5t, 回転数725rpm	1	
	変圧器	S7	容量250KVA, 高圧:電圧6000V, 電流24.1A, 低圧:電圧400V, 電圧360.9A	1	
	電気機関車	ZK3-6-250	牽引力1331kg, 速度11km/h, 出力20.6kw×2, 重量7t, 電圧250V, 電流95A	6	
	コンプレッサー	4L-20-8	出力118kw, 排気量21.5m ³ /min, 吐出圧力8kg/cm ³ , 回転数400rpm, 重量3t	2	
坑外設備	鉱車横開け装置	Y132S-6	出力3kw, 電圧380V, 電流7.1A, 回転数960rpm	2	
	コンプレッサー	4L-20-8	出力118kw, 排気量21.5m ³ /min, 吐出圧力8kg/cm ³ , 回転数400rpm, 重量3t	1	

表 2-2-5 坑道掘削実績及び消耗品使用数量

期間		単位	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
作業日数		日	31	31	30	31	30	31	31	28	5	248
掘削長		m	25.4	11.9	8.0	20.2	24.0	33.0	20.5	17.1	0.0	160.1
作業方数		方	93	93	90	93	90	123	112	84	15	793
掘削方数		方	29	65	90	93	90	123	98	82	15	685
稼働率		%	31.2	69.9	100.0	100.0	100.0	100.0	87.5	97.6	100.0	86.4
人員	管理者	人	29	131	99	93	90	185	109	85	15	836
	労働者	人	208	556	516	487	467	810	540	446	75	4,105
	合計	人	237	687	615	580	557	995	649	531	90	4,941
効率	1日当り	m/日	0.82	0.38	0.27	0.65	0.80	1.06	0.66	0.61	0.00	0.65
	1方当り	m/方	0.88	0.18	0.09	0.22	0.27	0.27	0.21	0.21	0.00	0.23
作業時間	穿孔発破	時間	71.2	48.3	0.0	0.0	15.2	68.2	40.8	56.3	0.0	300.0
	積込	時間	71.7	69.0	54.2	81.0	64.0	201.0	168.3	177.0	30.0	916.2
	その他坑内	時間	26.3	272.7	482.8	477.0	460.8	468.8	422.8	422.7	60.0	3,094.0
	坑外	時間	4.8	20.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8
消耗品 使用数量	ビット	個	17	18	0	0	1	3	2	1	0	42
	ロッド	本	19	17	0	0	1	3	2	1	0	43
	爆薬	kg	495.0	268.0	0.0	0.0	12.0	84.2	40.4	36.0	0.0	935.6
	蓄管	ヶ	612	367	0	0	91	375	204	217	0	1,866
	杖木	本	15	72	20	10	50	15	10	25	0	217
	坑木	m ³	0.0	8.9	3.5	2.2	4.4	5.2	4.8	4.9	0.2	34.1
	支保	基	0	23	23	32	31	46	63	44	10	272
	H型鋼	m	0.0	17.5	162.5	130.0	279.0	414.0	57.0	0.0	0.0	1,060.0
	鋼矢板	m	0.0	60.0	75.0	210.0	337.5	505.0	42.5	0.0	0.0	1,230.0
	テフプレート	m	0.0	3.0	28.0	113.0	96.0	152.0	66.0	22.0	0.0	480.0
	差矢レール	m	0.0	155.0	95.0	0.0	0.0	0.0	178.5	447.5	0.0	876.0

2.4 破砕帯・軟弱岩盤帯の掘削について

破砕帯及び軟弱岩盤帯の開削は、従来型の坑道掘削法である差切工法を採用し、主として日本国内調達のパックハンマーを使用した。差切材には、当初日本国内調達デッキプレートを使用する計画であったが、前述のとおり、予想以上に劣悪な地質状況から強度不足が判明し、同様日本国内調達の鋼矢板に切り替えた。

当工法は坑道開削による地山への影響を極力抑えることを目的とし、ピック掘削と鋼矢板の打ち込みを交互に繰り返すことにより、鋼矢板により開削部の天盤を支え、作業員の安全を確保するとともに、開削による崩落を防止するもので、日本国内においては、類似条件下で旧来から採用されている。

しかし、筒田地域においては、悪質な地質条件にあっても、これまでピックハンマーを坑道掘削に使用することがなく、発破で施枠に必要な断面を開削し、その後開削部にレールなどを差込、開削後の崩落岩石を受けつつ施枠するという工法を採用していた。この方法では、発破による初期崩落をくい止めることができないだけでなく、開削後施枠中の2次崩落による作業員への危害が大きな問題であった。

また、本工法を採用するに当たって、枠の建付け作業手順も見直し、従来の建付け空間を確保した後に冠材と脚を同時に建付けるやり方から、冠部を掘削・差切り後、先受け金具とI型鋼により冠材を固定し、天盤をしっかり支持、落石を防止したのち、ズリ処理、片脚ずつ、掘削、ズリ処理、脚入を繰り返し施枠を完了するという作業手順を採用した。これにより、枠建て付け中に天盤からの落石のおそれなくなるなど、保安の向上に貢献した。

本工法は、特に破砕程度の著しい老熊洞断裂(38.3 ~ 52.3 m)掘削時に最も有効であった。その後、破砕程度が弱まる一方、変質玄武岩の岩質が硬化するにつれ、ピックのみによる掘削が困難となり、装薬量を抑制した発破を冠部、脚部と作業手順に合わせて分割使用するに至って発破による初期崩落が発生するようになったが、鋼矢板及び本作業手順による落石防止などの保安向上の効果に変わりはない。

なお、本工法にける1サイクル当たり掘進長、即ち枠間は0.85 mを基準としたが、状況に応じ柔軟に対応した。

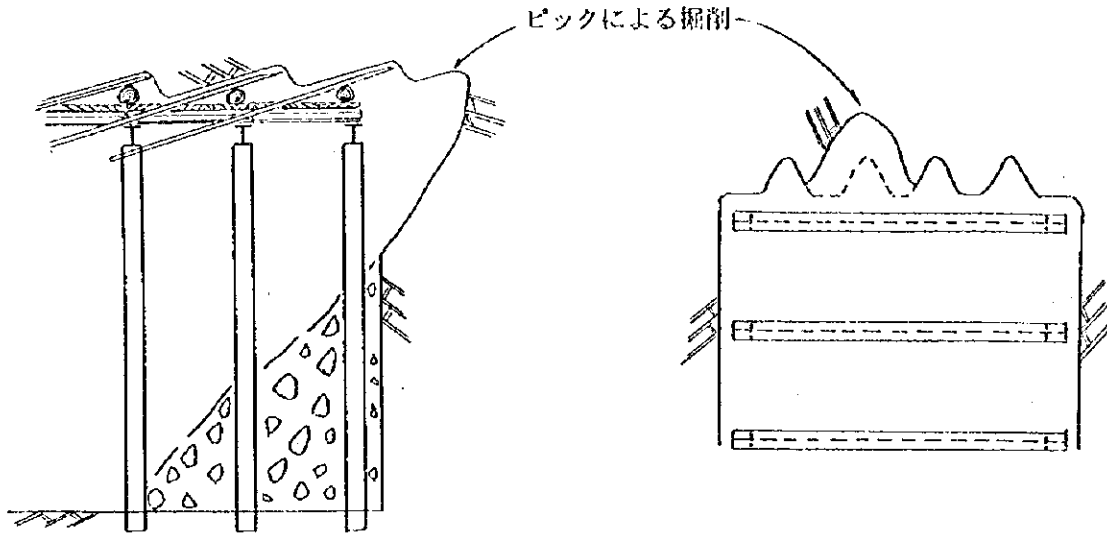
本工法の作業手順は次のとおりである。また、その模式図を図2-2-6に示す。

- (1) ピックによる冠部掘削
- (2) 鋼矢板を手前枠の冠材間から挿入打込み
- (3) (1)、(2)を繰り返し、冠材を固定するのに必要最小限の断面を確保
- (4) 先受金具を利用して冠材を固定
- (5) 電動ローダによるズリ処理
- (6) ピックによる脚部の掘削
- (7) ズリ処理
- (8) 脚建付け
- (9) (6)~(8)を片脚ずつ繰り返す

[側面図]

[平面図]

(1) ピックによる冠部掘削



(2) 鋼矢板を手前枠の冠材間から挿入打込み

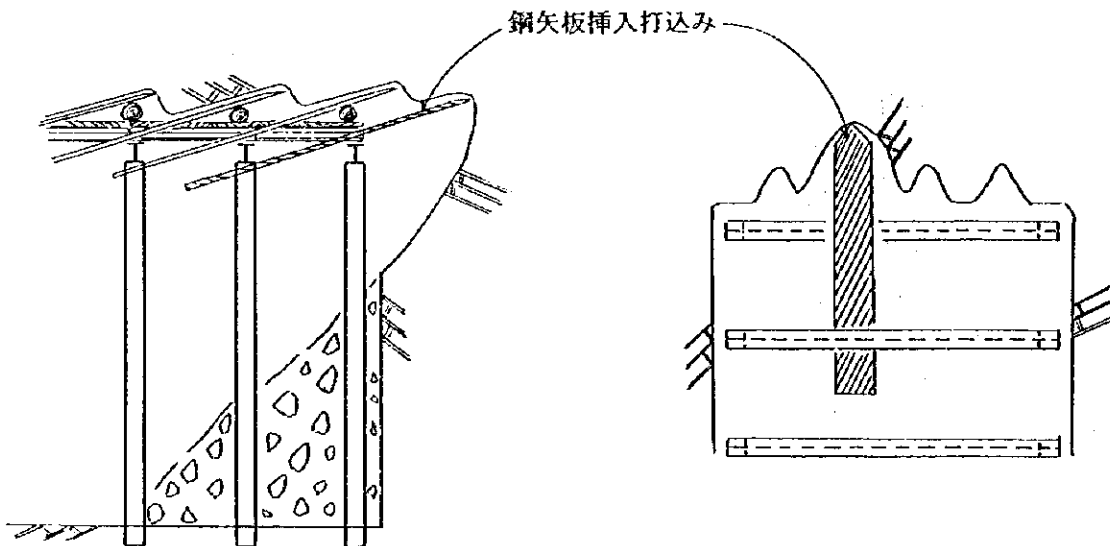
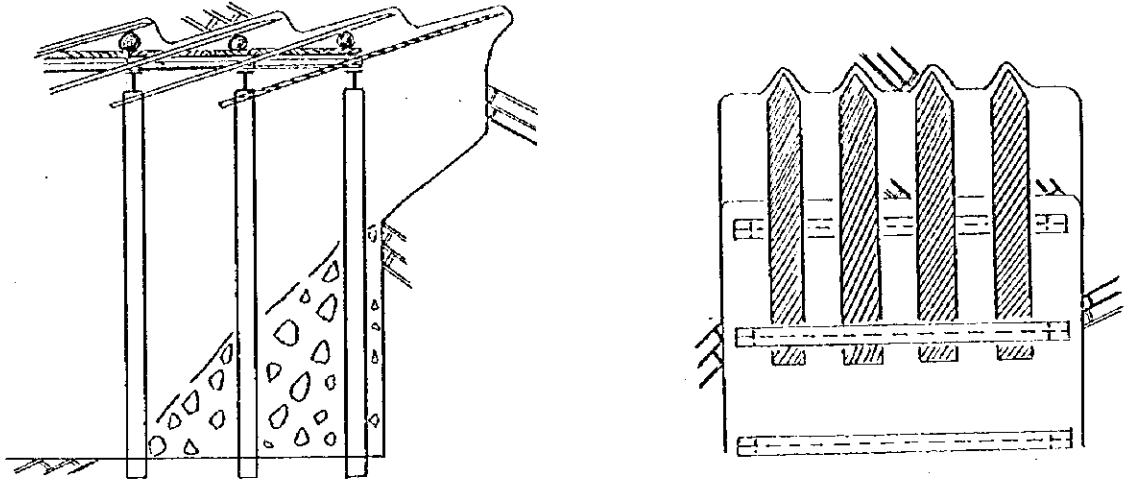


図 2-2-9 差切工法模式図 (1)

(3) (1),(2)を繰り返す、冠材を固定するのに必要最小限の断面を確保



(4) 先受金具を利用して冠材を固定

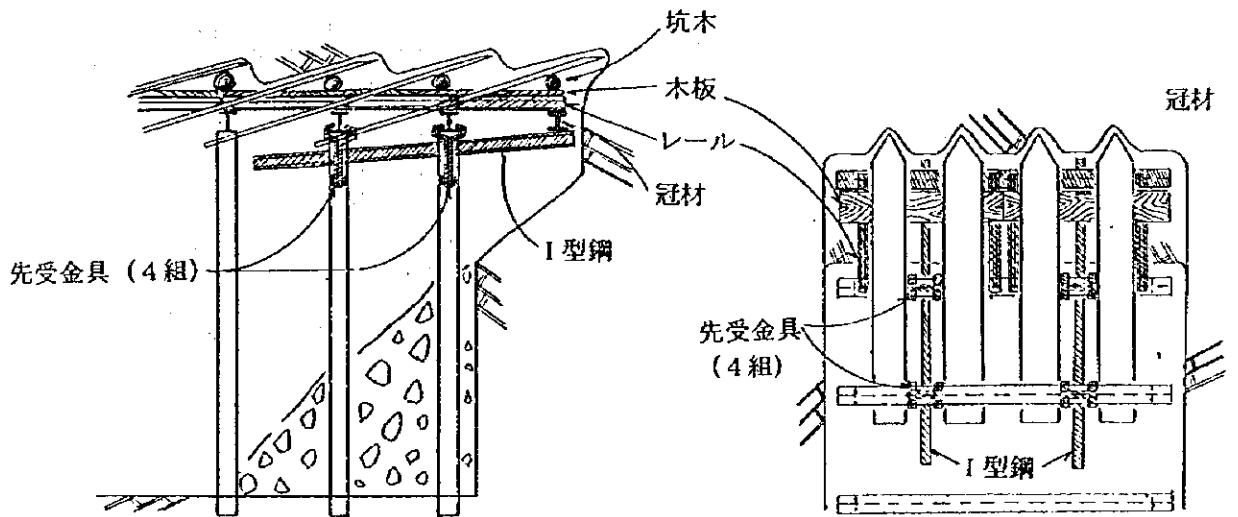
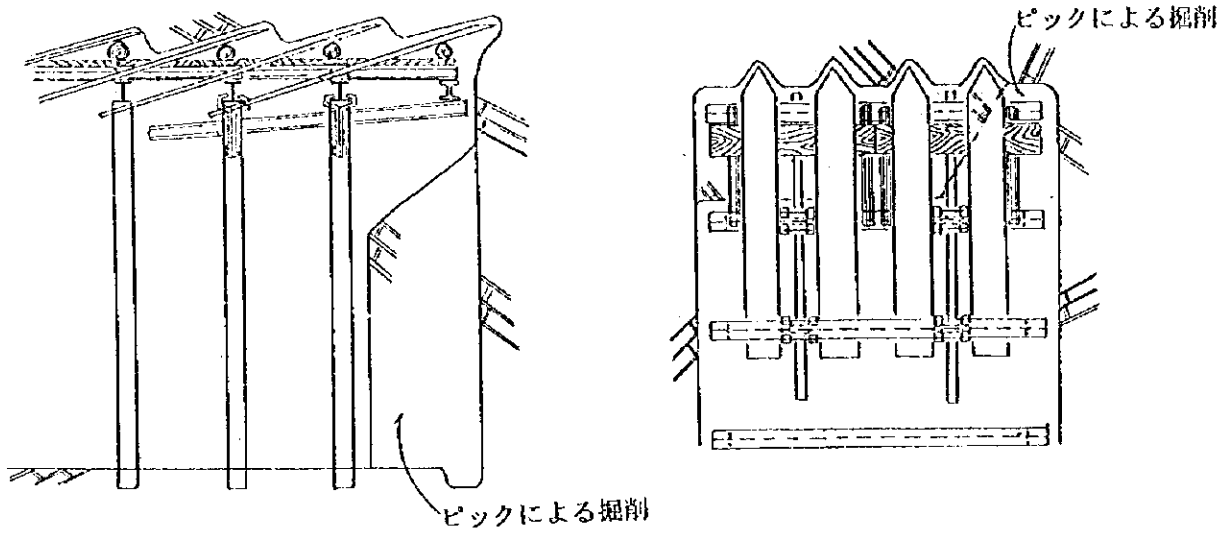
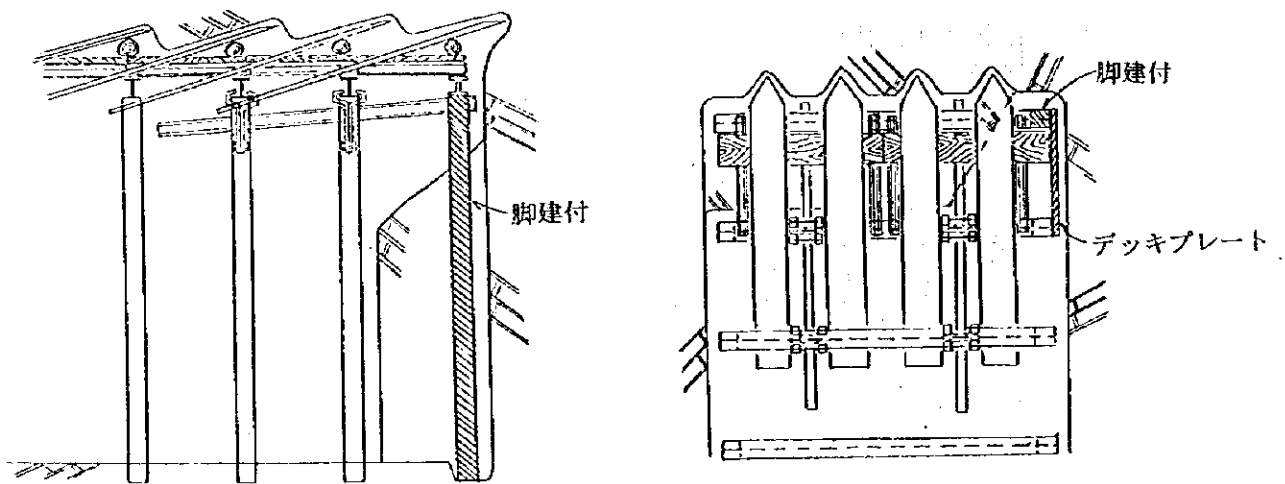


図2-2-9 差切工法模式図(2)

- (5) 電動ローダによるズリ処理
- (6) ピックによる脚部の掘削



- (7) ズリ処理
- (8) 脚建付け



- (9) (6)~(8)を片脚ずつ繰り返す

なお、岩質硬化によりピックによる切込みが困難な場合は、発破を使用した。但し、作業手順は変更していない。また、1発破当たりの孔数は1~3孔とし、装薬量は1孔当り50~100gとした。

図2-2-9 差切工法模式図(3)

2.5 坑道掘削の遅延の主な理由

(1) 変玄武岩帯(軟弱岩盤帯)掘削工事量の大幅増:先進ボーリングなどから予測した以上に変玄武岩帯の範囲が広がった。

(2) 断裂帯掘削における強大な初期荷重:断裂帯掘削において、支保に加わる予想外の極めて大きな掘削後初期荷重の存在が、掘削工事後の間柱補強、柱脚拡幅などの坑道維持作業を増加させ、坑道掘削能率を低下させる要因となった。この原因は坑道掘削に伴う上載荷重に加え、側圧、即ち側壁の押し出しが大きいためで、当初使用していた中国製I型鋼脚材が座屈したことから、中国製I型鋼ではその荷重に対し十分な強度が得られないことが判明、中国製鋼材より約1.6倍の強度を有する日本製H型鋼に変更した。これにより、鋼柱の変形速度は低下したものの、従来工法の弱点である、柱脚の坑道側壁方向に対する支持力の弱さをカバーするには至らず、坑道敷き幅の狭小化を抑制することはできなかった。

(3) 湧水:当初より大理岩接近に伴う湧水は予想していたが、上記(1)と相まって湧水範囲が拡大し、更に、断続的に現れる断層に伴い、予想を上回る湧水が破碎岩石を伴って出水、工事を極めて困難とした。さらに、この湧水が坑道全体を湿潤し、上記(2)と相まって下盤の膨張と坑道の変形を加速した。

(4) 当該区域の水没:1997年7月上旬、雲南省をおそった豪雨のため、坑内排水能力を超える多量の降雨が卡房鉱山が開削中の通気立坑より流入し、1740mL全域が水没。その排水復旧に約1ヶ月を要した。その後、1740mLの排水能力を増強するとともに、水没の原因となった水源を特定し、その水源から独立系統にて域外への排水管を敷設したことから、再発の可能性は極めて小さい。

2.6 技術移転について

今年度掘削工事に当たっては、前年度実績を踏まえ、特に破碎帯・軟弱岩盤帯掘削にかかわる技術の移転に重点が置かれた。前述のとおり、予想を上回る悪条件に日中双方が一体となって取り組む中で日本の技術に対する信頼を得て、上記坑道掘削ならびに保坑に係わる技術の移転がなされたといえる。

2.7 まとめ及び今後の調査

坑道調査は、揚子地台西縁地域のうち箇田地域卡房地区における地質及び鉱床の賦存状況を解明し、中華人民共和国の資源開発の支援を行うために、昨年度(第4年次)に引き続き、卡房鉱山1740mLで坑内ボーリング調査を実施するために坑道を掘削すること、また、本調査に参画する中国側専門家に対して坑道掘削に係わる技術移転を行うことを目的としている。

第4年次の坑道調査に係わる提言で、老熊洞断裂が本調査の阻害要因としてあげられた。このため、第5年次調査に先立ち中国側が先進ボーリングを行い、本断裂突破のための最適坑道掘削位置として坑道掘削開始点を通気立坑向け坑道分岐点から489mとし、老熊洞断裂突破ならびにその後の各測線坑道の展開を計画した。

さらに、第4年次の提言では、支保材として日本製H型鋼材及びデッキプレート、掘削機器としてピックハンマーの必要性があげられた。デッキプレートについては、予想外の劣悪な地質状況による強度不足から調査途中で鋼矢板に変更したが、これら日本国内調達支援資機材は、坑道掘削技術の支援と相まって、掘削作業効率及び坑道維持での効果はもろんのこと、作業員に対する保安面で重要な役割を果たしたといえる。

また、今年度の坑道調査は7月の豪雨で、約1ヶ月の水没に見舞われるという予期せぬトラブルがあったものの、坑道掘削工事の阻害要因であった老熊洞断裂を突破することができた。この成果は、前述のような日本の坑道掘削技術及び資機材両面にわたる支援が大きいと考える。

同断裂突破後、予想外の変玄武岩の広がりにも阻まれ、ボーリング調査位置に到達できなかったが、度重なる湧水を伴った小断裂の出現、さらには開削後の荷重に起因する坑道変形に対する保坑を坑道掘削工事と同時併行的に対応しなければならなかったことなど、悪質な自然条件のなか、無災害で工事を遂行できたことは、中国側の努力に加え、日本の支援技術が貢献したところは少なくない。

また、中国側技術者及び作業員と日本側技術者が一体となってこの悪条件に取り組むなかで、前述の日本の技術が移転されたといえる。今年度の数字に現れないこれらの成果は、来年度の大きな技術的背景へと必ずや繋がるもので、今後の多大の成果が期待できると考える。

今後の坑道掘削工事の計画策定に当たっては、1740 m Lの地質分布・構造（特に変玄武岩）を正確に把握し、最適な坑道開削位置を検討し、掘削の困難な変玄武岩内での坑道展開は極力避けることが望ましい。

また、1740 m L協力坑道にみられる掘削後の大きな荷重と湧水による岩盤の膨張などに起因した坑道の狭小化は今なお続いており、この坑道維持に関して、人員ならびに電車が安全に通行できるように保坑作業を継続する必要がある。

第Ⅲ部 結論及び提言

1944-1945

第1章 結 論

筒田地域卡房地区の鉱床は、大理岩を主とし苦灰岩・変玄武岩を挟在する中部三疊系筒田層卡房部層に貫入した白亜紀燕山晩期の花崗岩に伴って形成された潜頭性スカルン型銅錫鉱床で、地表では三疊系の大理岩が分布し、谷間・凹みなどの第四系中の砂錫が採掘されている。

鉱化関連の花崗岩は、断裂・褶曲、堆積岩類の層理面・節理などに規制されて、北東—南西方向の馬の背状に貫入するとともに、その上部に舌状にも貫入し、北西から南東へ堆積岩類の三方を囲むように、花崗岩の中にポケット状の凹陥構造を形成するような形態に貫入している。スカルン型銅錫鉱床は、この凹陥構造内部及び舌状花崗岩周囲に胚胎し、富鉱部は、主に凹陥構造内部に胚胎すると考えられる。

スカルンは、花崗岩と接触する炭酸塩岩中に、接触面・節理・層理面などに規制されて形成している。花崗岩は、絹雲母化、粘土化、珪化、緑泥石化などの変質作用を受けている。鉱化作用は、スカルン及びスカルン化炭酸塩岩中の鉱染状・細脈状・膜状の鉱化と、塊状硫化鉱体がみられる。鉱石鉱物は、主として磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、錫石で、方鉛鉱、鉄閃亜鉛鉱などを伴う。

卡房地区の潜頭性スカルン型銅錫鉱床の規模は、花崗岩の凹陥構造の発達とその内部の鉱化程度に左右されると考えられる。そのポテンシャルは、241 測線を中心に 240 測線から 245 測線の間、500 mが期待される。しかしながら、これまでのボーリングを主とする調査では、凹陥構造の深さの規模が確定されておらず、この確認が今後の主目標と考えられる。そのためには、今後も坑道掘削を継続し坑内ボーリングを行うことが最適と考える。

しかしながら、これからの 1740 mL協力坑道レベルの地質状況を判断材料は、極めて乏しく、今後の坑道展開・ボーリング室の位置の選定など後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、現在の協力坑道の先の地質状況を見極めることが必要で、そのためには現在の協力坑道の引立て付近からの坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。

さらに、坑内ボーリング計画は、鉱況・凹陥構造の形態などの変化に応じて適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

また、凹陥構造は、これまでの調査結果でも 1600 ~ 1950 mLの各所に確認されているので、現在の探鉱レベルの他に凹陥構造発達の可能性もあり、その探査も今後の課題と考えたい。

坑道調査では、断裂帯、軟弱岩盤の掘削に差切工法を採用した坑道掘削技術支援が、支保材としての日本製H型钢材、鋼矢板など、掘削機器としてのピックハンマーなどの日本国内調達資機材と相まって、掘削作業効率及び坑道維持での効果、さらに作業保安面で重要な役割を果たした。このような坑道掘削技術支援と日本国内調達資機材は、断裂帯及び軟弱岩盤などの掘削に有効であり、今後も多大の成果が期待できる。

第2章 提 言

卡房地区の鉞床探鉞に、1740 m Lでの坑道掘削と坑内ボーリング調査の組合せが最適な調査方法と考えられる。中でも、考えなければならないのは、今後の坑道展開・ボーリング室の位置選定などの後年度調査計画を効率よく立案・実施するためには、協力坑道引立て付近の地質状況（変玄武岩の分布）を見極めることが必要である。そのためには、現在の協力坑道の引立て付近からの坑内先進ボーリングが不可欠と考えられる。

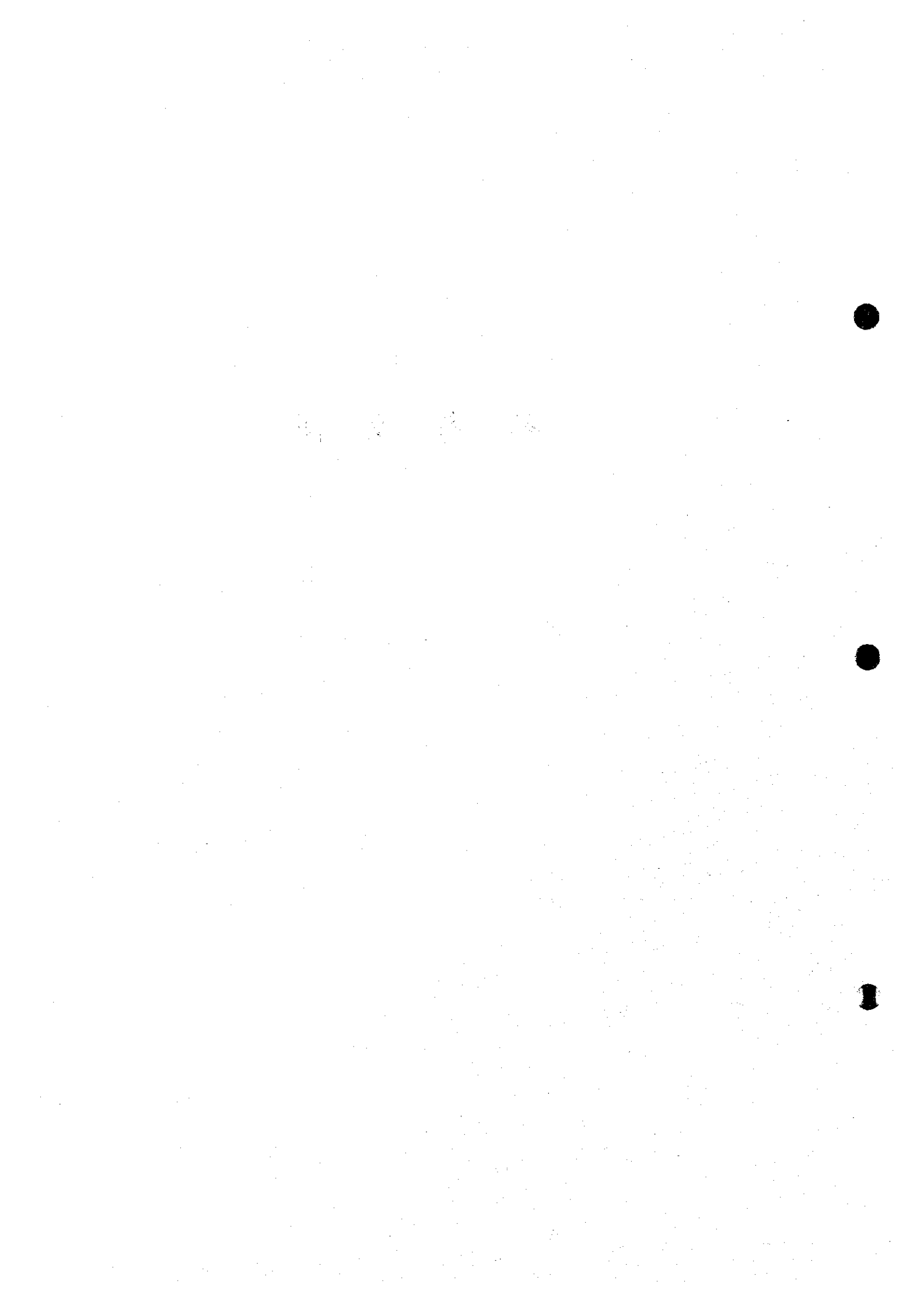
さらに、坑内ボーリング計画は、鉞況・凹陷構造の形態などの変化に応じて、適宜変更できるような柔軟性のある計画としたい。

また、現探鉞レベルの他の凹陷構造の存在の可能性を探るための探査、ボーリング調査などを検討する。

坑道調査では、断裂帯などに対する差切工法の採用と、支保材としての日本製H型鋼材、鋼矢板、掘削機器としてのピックハンマーなどの日本国内調達資機材が、今後とも掘削作業効率及び坑道維持での効果、さらに作業保安面で重要な役割を果たし、後年度の坑道掘削及びボーリング室設置などの作業に多大の成果が期待できると考える。



参 考 文 献



参 考 文 献

1. 全般

地図出版社 (1984) : 中国自然地理集、地図出版社

狩野一憲 (編) (1990) : 日中鋳山川語集、ジャパン・メタル・レビュー社

2. 報告書

国際協力事業団・金属鋳業事業団 (1997) : 中華人民共和国揚子地台西縁地域
資源開発協力基礎調査報告書 鋳物資源総合開発調査 第4年次

3. 中国側提供の資料

中国有色金属工業総公司地質総勘査総局 (1997.5) : 中日合作竹叶山銅錫鋳勘査項目
3月運営会後工作進展状況 (付図一式を含む)。

1997年5月東京開催の日中技術検討会議配布資料。

付図04 : 箇田老廠鋳田竹叶山鋳段銅錫鋳 1740米中段地質設計平面図(1:2,000)

付図05 : 箇田老廠鋳田竹叶山鋳段 1740米中段坑道工程平面図(1:2,000)

付図06 : 箇田老廠鋳田竹叶山鋳段銅錫鋳 239、240、242線地質設計剖面図
(1:2,000)

付図11 : 箇田老廠鋳田竹叶山鋳段銅錫鋳 258、262線地質設計剖面図(1:2,000)

4. 出版物

佐藤興平 (1988) : 中国箇田の花崗岩と錫鋳床. 地質ニュース, 1988.3, No.403.

選鋳設計手冊編委会 (1988) : 選鋳設計手冊. 冶金工業出版社.

中国鋳床編委会編 (1994) : 中国鋳床. 地質出版社.

雲南省地方志編纂委員会 (1995) : 中華人民共和国地方志縦書「雲南省志」卷二十六
冶金工業志. 雲南人民出版社.

鋳山地質手冊編纂委員会編 (1996) : 鋳山地質手冊 (上・下). 冶金工業出版社.

庄永秋・王任重・楊樹培・尹金明編著 (1996) : 雲南箇田錫銅多金属鋳床. 地震出版社.

