

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

鉍物資源総合開発調査

第2年次

平成7年3月

国際協力事業団  
金属鉍業事業団

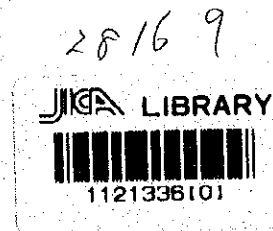
鉍調査
JR
95-064



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

鉍物資源総合開発調査

第 2 年 次



平成 7 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉍業事業団

国際協力事業団

28169

## はしがき

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に答え、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とした。本年度調査は第2年次にあたり、金属鉱業事業団は13名からなる調査団を編成して、現地に派遣した。

現地調査は平成6年8月28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、同公司西北地質勘査局、西南地質勘査局の協力を得て、平成6年12月13日予定通り完了した。

本報告書は第2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ものである。

平成7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 石川 丘

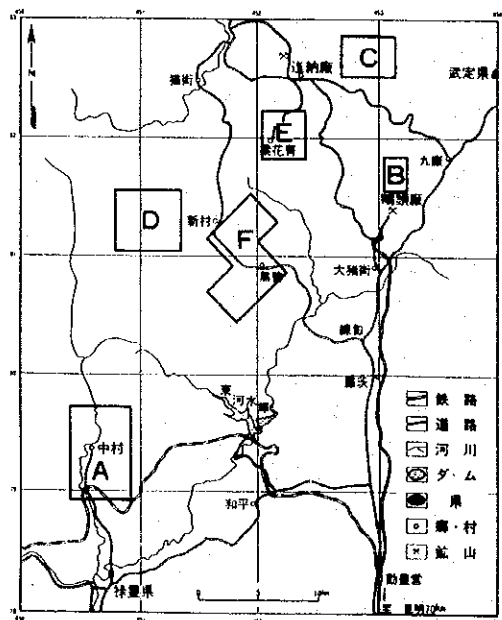
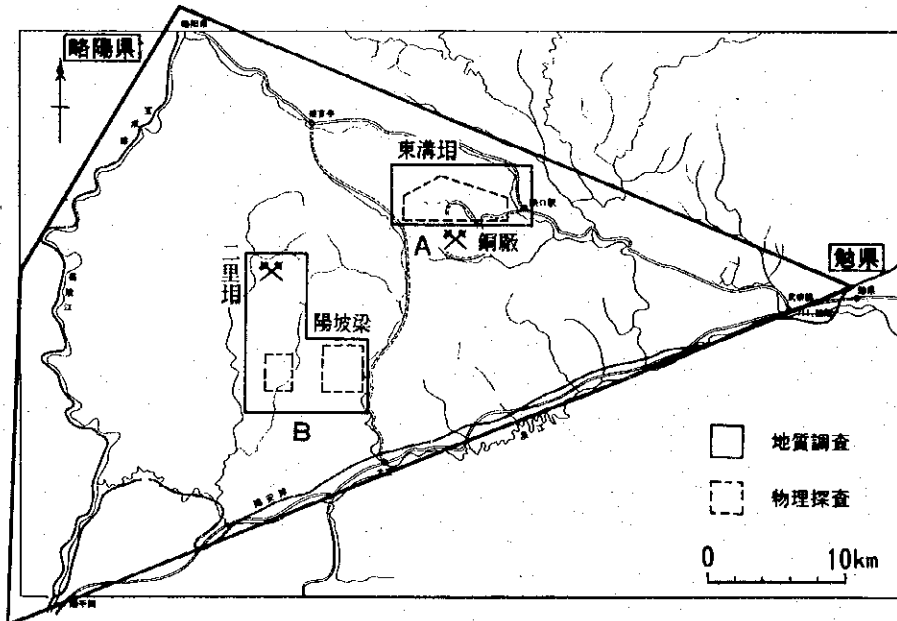
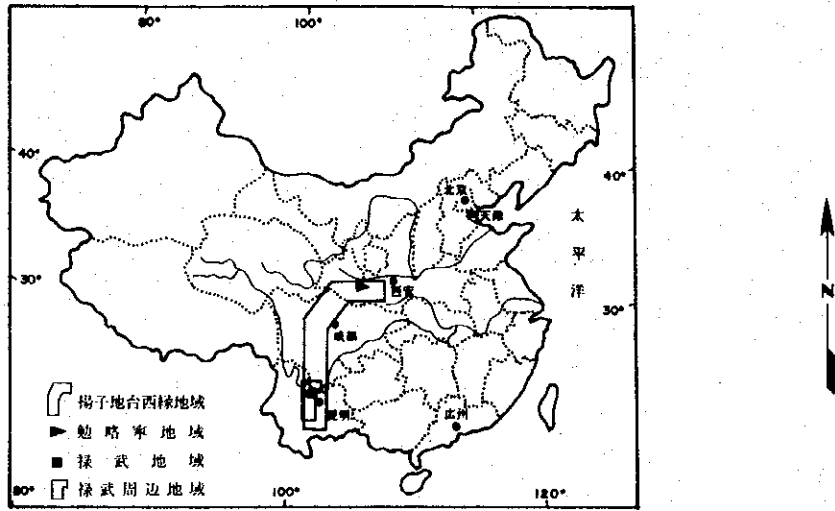


圖 I - 1 調查地域位置圖

# 要 約





## 要 約

本調査は、中華人民共和国揚子地台西縁地域鉱物資源総合開発調査、第2年次(1994年)として、勉略寧・禄武・禄武周辺の3地域を対象とし、今後の探鉱有望地区を抽出し、その最適かつ効率的な調査方法を策定すること、さらに調査期間を通じて相手国機関に技術移転を図ることを目的とした。

勉略寧地域ではA・B両地区(計100km<sup>2</sup>)について地質調査と物理探査が、そして地域全体(1,200km<sup>2</sup>)について既存の地化学探査資料の再解析が行われた。

A地区は原生界中の火山活動に伴う火山堆積型及び鉱脈型の銅・鉛・亜鉛鉱床の胚胎する地区で、これら鉱床の胚胎層準及び鉱化変質に伴う低比抵抗帯が既知鉱床・鉱徴を含み紅土石～秦家砭～陳家坝一帯に延びることが判明した。一方、B地区は原生界中の火山活動に伴う火山堆積変成型銅・鉛・亜鉛鉱床の胚胎する地区で、これら鉱床の胚胎層準及び鉱化変質に伴う低比抵抗帯が銀洞山鉱床区域に認められた。今後の調査はこれらの場所で潜在すると予想される鉱床の三次元的な位置、広がりなどを探る調査が必要で、そのためには地表精査・地化学精査、物理探査(IP法、SIP法など)、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査が望ましい。

勉略寧地域全体の地化学探査再解析では、その異常のほとんどは既知鉱床の分布域に一致し、異常は地表の鉱床に強く影響されていることが判明した。A・B両地区は本地域内で最も有望視されている地区であるので、本再解析からはこれらを越える有望地区の抽出は困難と考えられる。

禄武地域ではA～Fの6地区(151km<sup>2</sup>)で地質調査が行われた。

本地域には原生界中の海底噴気～火山活動に伴う稀鉱山式銅鉄鉱床及び東川式銅鉱床、その後の構造運動による鳳山式銅鉱床が胚胎する。調査した6地区からE(白石岩)及びA(中村)両地区が今後の探鉱を強化すべき地区と考えられる。

白石岩地区は鉱床胚胎層準の昆陽層群が分布し、顕著なバイポール空中磁気異常、地化学探査異常が認められ、稀鉱山式及び東川式鉱床の伏在が考えられる。しかしながら、磁気異常は地表近くの鉄鉱床、地形、地質構造を反映している可能性も考えられるので、まず、この磁気異常の性質・深度などを検証するための調査が必要であろう。このためには、空中磁気再解析、電気探査(CSAMT法、TEM法、IP法など)、重力調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査が望ましい。

中村地区は衝上断層、断層が繰り返し発達し、地質構造は極めて複雑である。衝上断層破砕帯または背斜構造の中心部では角礫岩帯が発達し、銅鉱化を伴う。また背斜東翼の落雪層苦灰岩中に東川式銅鉱床が分布する。本地区では、当面の課題として落雪層苦灰岩中の銅鉱床の下部延長の確認のためのボーリング調査を検討すべきであろう。次段階の調査

として、地質構造の解明、潜頭性鉱床の捕捉、既知鉱体延長部の探鉱を目的として、電気探査(CSAMT法、TEM法、IP法など)、空中磁気調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を行うことが考えられる。

禄武周辺地域(32,000km<sup>2</sup>)ではJERS-1を用いた衛星画像解析、既存資料解析が行われた。

本地域には原生界中の海底噴気～火山活動に伴う鉄銅鉱床、中生界中の堆積性層状銅鉱床が知られ、前者の鉱床の胚胎有望地区として皎平渡地区、四川省地区、小緑江地区、夏洒地区、新街地区が、後者として牟定地区が抽出される。衛星画像解析の今後としては抽出地区の詳細な構造再解析が考えられるが、このためには衛星画像のみならず航空機リモートセンシング、航空写真の併用が望ましい。さらに、既存資料解析では本地域内の既存鉱床の周辺・深部にも鉱量増加のポテンシャルが考えられ、その探査も今後の課題であろう。

以上のような第2年次の調査結果から今後の調査を次のように考える。

勉略寧地域のA地区内の紅土石～秦家砭～陳家坝一帯及びB地区の銀洞山鉱床区域で地表精査・地化学精査、物理探査(IP法、SIP法など)を先行させ、その結果を考慮して検証ボーリング調査を行うことが望ましい。

禄武地域は、白石岩地区では、空中磁気再解析、電気探査(CSAMT法、TEM法、IP法など)、重力調査、地質精査・地化学精査、を先行させ、その結果を考慮して検証ボーリング調査を行うことが望ましい。中村地区では、当面の課題として既知銅鉱床の下部延長確認のボーリング調査を検討すべきであろう。そして次段階の調査として、電気探査(CSAMT法、TEM法、IP法など)、空中磁気調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を考慮したい。

禄武周辺地域では、衛星画像解析で抽出された地区のフォローアップ調査が考えられよう。さらに銅資源の確保・開発という長期観点から既存鉱山、東川鉱山・易門鉱山・獅子山鉱床などの周辺・深部探査、銅資源の有効利用という観点から東川鉱山の湯丹鉱床の未利用低品位鉱石の早期開発の検討なども今後の課題である。

# 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	1
1.2 第 1 年次調査の結論と提言	1
1.3 第 2 年次調査の概要	2
1.3.1 調査地域	2
1.3.2 調査目的と調査内容	2
1.3.3 調査団の編成と調査期間	4
第 2 章 調査地域の地理	5
2.1 勉略寧地域	5
2.2 禄武地域	6
2.3 禄武周辺地域	6
第 3 章 調査地域の一般地質と鉱業の概要	8
3.1 勉略寧地域	8
3.2 禄武地域	8
3.3 禄武周辺地域	8
第 4 章 調査結果の総合検討	9
4.1 勉略寧地域	9
4.2 禄武地域	10
4.3 禄武周辺地域	11
第 5 章 結論及び提言	12
5.1 結 論	12
5.2 提 言	13

## 第Ⅱ部 各論

第1章 勉略寧地域	17
1.1 A地区	17
1.1.1 地質調査	17
1)調査目的及び方法	17
2)調査結果	17
(1)地質	17
(2)鈹化作用	20
3)考察	29
1.1.2 物理探査	30
1)調査方法及び調査数量	30
(1)CSAMT法及びアレイ式CSAMT法の概要	30
(2)AMT法の概要	30
(3)現地測定及び調査数量	31
2)調査結果	32
(1)解析の流れ	32
(2)岩石サンプル測定結果	33
(3)二次元解析結果	35
(4)比抵抗の平面的分布	37
3)考察	37
1.1.3 まとめ及び今後の調査	43
1.2 B地区	45
1.2.1 地質調査	45
1)調査目的及び方法	45
2)調査結果	45
(1)地質	45
(2)鈹化作用	51
3)考察	56
1.2.2 物理探査	64
1)調査方法及び調査数量	64
2)調査結果(東皇溝地区)	65
(1)岩石サンプル測定結果	65
(2)二次元解析結果	65
(3)比抵抗の平面的分布	66

3) 調査結果 (干溝峽地区) .....	66
(1) 二次元解析結果 .....	66
(2) 比抵抗の平面的分布 .....	67
4) 考 察 .....	68
1.2.3  まとめ及び今後の調査 .....	79
1.3  勉略寧地域 .....	80
1.3.1  地化学探査 .....	80
1) 調査目的及び方法 .....	80
2) 調査結果 .....	80
3) 考 察 .....	90
第2章  祿武地域 .....	102
2.1  調査概要 .....	102
2.2  一般地質 .....	104
2.3  鉱床概要 .....	106
2.4  地質調査結果 .....	114
2.4.1  中村 (A) 地区 .....	114
2.4.2  銅廠菁 (B) 地区 .....	118
2.4.3  刺竹菁 (C) 地区 .....	120
2.4.4  平地場 (D) 地区 .....	122
2.4.5  白石岩 (E) 地区 .....	125
2.4.6  黒菁-河尾 (F) 地区 .....	128
2.5  岩石分析結果 .....	163
2.6  考 察 .....	201
2.7  まとめ及び今後の調査 .....	213
第3章  祿武周辺地域 (衛星画像解析)	
3.1  緒言及び調査目的 .....	219
3.2  第1年次調査結果の概要 .....	219
3.3  第2年次解析作業の概要 .....	220
3.4  一般地質 .....	220
3.5  画像処理及び画像作成 .....	228
3.6  画像判読基準 .....	231
3.6.1  フォルスカラー画像 .....	231
3.6.2  立体視画像及びSAR画像の判読基準 .....	242

3.7	画像判読結果	242
3.7.1	地質単元区分	242
3.7.2	地質構造	253
3.7.3	変質帯	257
3.7.4	探鉱有望地域の抽出	257
3.8	現地検証調査	258
3.8.1	調査対象地域及び調査手法	258
3.8.2	現地検証調査結果の概要	258
3.9	まとめ及び考察	264

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	269
第2章	提言	271

文献

## 図表一覽

### 一般

- 図1-1 調査地域位置図
- 図1-2 勉略寧地域
- 図1-3 祿武地域
- 図1-4 祿武周辺地域

### 勉略寧地域

- 図1-1 A地区模式層序
- 図1-2 A地区地質及び断面図(含鉱床鉱徴位置)
- 図1-3 A地区試料採取位置
- 図1-4 東溝坝鉱床露天採掘場スケッチ
- 図1-5 陳家坝鉱床坑道天盤スケッチ
- 図1-6 A地区模式断面
- 図1-7 B地区模式層序
- 図1-8 B地区地質及び断面図(含鉱床鉱徴位置)
- 図1-9 B地区試料採取位置
- 図1-10 銀洞山露頭スケッチ
- 図1-11 黄土舖北西陽坡梁露頭スケッチ
- 図1-12 B地区模式断面
- 図1-13 EDA説明
- 図1-14 頻度分布及びEDA解析
- 図1-15 異常値分布図(1)~(18)
- 図1-16 Cu、Pb、Zn、Au、Ag及びHg異常が重なる点
- 図1-17 Pb、Zn、Au及びAg異常が重なる点
- 図1-18 Cu、Pb、Zn及びAu異常が重なる点
- 図1-19 Hg、As、Sb及びBi異常が重なる点
- 図1-20 解析流れ図
- 図1-21 測点位置図(銅廠地区)
- 図1-22 総合解析断面図(銅廠地区)
- 図1-23 総合解析平面図(銅廠地区)
- 図1-24 測点位置図(東皇溝地区)
- 図1-25 測点位置図(干溝峽地区)
- 図1-26 総合解析断面図(東皇溝地区)
- 図1-27 総合解析平面図(東皇溝地区)
- 図1-28 総合解析断面図(干溝峽地区)

図1-29 総合解析平面図(干溝峽地区)

図1-30 総合解析図(勉略寧地域)

### 祿武地域

- 図2-1-1 祿武地域調査位置図
- 図2-2-1 昆陽リフト帯概要図
- 図2-2-2 祿武地域地質構造図
- 図2-2-3 滇中地域模式柱状図
- 図2-3-1 祿武地域鉱徴地位位置図
- 図2-4-1 中村地区打鉱山周辺スケッチ図
- 図2-4-2 刺竹菁地区玉碗水南部角礫岩体スケッチ図
- 図2-4-3 平地場地区大菁1号鉱体掘場スケッチ図
- 図2-4-4 平地場地区大菁2号鉱体周辺スケッチ図
- 図2-4-5 白石岩地区梁花菁採掘場スケッチ図
- 図2-5-1 岩石試料Cu成分ヒストグラム(1)、(2)、(3)
- 図2-5-2 全岩分析ダイヤグラム(1)、(2)
- 図2-6-1 祿武地域模式層序対比図
- 図2-6-2 粘板岩の破断・褶曲構造
- 図2-6-3 苦灰岩中のスランピング構造
- 図2-6-4 苦灰岩中の藻礁構造
- 図2-6-5 祿武地域地質構造模式断面図
- 図2-6-6 角礫岩の産状
- 図2-6-7 鉱床タイプと地質構造との模式関係図
- 図2-6-8 祿武地域北東部航磁気異常図
- 図2-7-1 中村地区地質図(1)、(2)
- 図2-7-2 銅廠菁地区地質図
- 図2-7-3 刺竹菁地区地質図
- 図2-7-4 平地場地区地質図(1)、(2)
- 図2-7-5 白石岩地区地質図(1)、(2)
- 図2-7-6 黒菁-河尾地区地質図(1)、(2)、(3)
- 図2-7-7 祿武地域地質断面図(1)、(2)
- 図2-9-1 中村地区地化学異常値分布図(1)、(2)
- 図2-9-2 銅廠菁地区地化学異常値分布図
- 図2-9-3 刺竹菁地区地化学異常値分布図



- 図2-9-4 平地場地区地化学異常値分布図(1)、(2)
- 図2-9-5 白石岩地区地化学異常値分布図
- 図2-9-6 黒膏-河尾地区地化学異常値分布図(1)、(2)、(3)
- 図2-10 総合解析図(禄武地域)

禄武周辺地域(衛星画像解析)

- 図3-1 衛星画像解析範囲図(JERS-1)
- 図3-2 構造区分略図
- 図3-3 既存地質図
- 図3-4 JERS-1フォルスカラー画像(P127/R257)
- 図3-5 JERS-1フォルスカラー画像(P129/R258)
- 図3-6 JERS-1フォルスカラー画像(P129/R260)
- 図3-7 JERS-1 SAR画像(P128/R257)
- 図3-8 画像判読フロー
- 図3-9 画像判読結果図(P127/R257)
- 図3-10 画像判読結果図(P129/R258)
- 図3-11 画像判読結果図(P129/R260)
- 図3-12 禄武周辺地域衛星画像解析総合解析図
- 図3-13 フォトリニアメント及び鉱床・鉱徴地分布図
- 図3-14 現地検証調査ルート図
- 図3-15 現地検証調査結果図
- 図3-16 東川地区周辺に抽出された環状構造と鉱床分布

一般

- 表1-1 勉略寧地域気象資料
- 表1-2 禄武地域気象資料

勉略寧地域

- 表1-1 岩石薄片検鏡
- 表1-2 鉱床・鉱徴地一覧
- 表1-3 岩石化学分析結果
- 表1-4 鉱石研磨片検鏡
- 表1-5 X線回折結果
- 表1-6 流体包有物均質化温度・塩濃度測定結果

表1-7 分散流地化学探査分析結果基本統計量

表1-8 EDA解析値

表1-9 調査数量一覧表 (A地区)

表1-10 岩石サンプル比抵抗測定値一覧表 (A地区)

表1-11 調査数量一覧表 (B地区)

表1-12 岩石サンプル比抵抗測定値一覧表 (B地区)

#### 禄武地域

表2-5-1 岩石分析値統計表

表2-5-2 岩石分析値層序別平均値・中央値一覧表

表2-5-3 岩石分析成分相関係数表

表2-5-4 地化学異常値一覧表

表2-5-5 帯磁率測定値統計表

#### 禄武周辺地域

表3-1 禄武周辺地域画像判読結果一覧表

## 卷 末 資 料

### 禄武地域

- 卷末資料2-1 試験試料一覧表
- 卷末資料2-2 岩石分析結果一覧表
- 卷末資料2-3 全岩分析結果一覧表
- 卷末資料2-4 鉍石分析結果一覧表
- 卷末資料2-5 薄片検鏡結果一覧表
- 卷末資料2-6 研磨薄片検鏡結果一覧表
- 卷末資料2-7 X線回折結果一覧表
- 卷末資料2-8 物性値測定結果一覧表
- 卷末資料2-9 帯磁率測定値一覧表
- 卷末資料2-10 薄片顕微鏡写真
- 卷末資料2-11 研磨薄片顕微鏡写真

### 禄武周辺地域（衛星画像解析）

- 卷末資料3-1 現地検証調査範囲の鉍微地概況
- 卷末資料3-2 獅子山鉍山の概況

付 図

勉略寧地域

付図1-1	A地区地質図及び断面図	縮尺 1:10,000
付図1-2	B地区地質図及び断面図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図1-3	A地区試料採取位置図	縮尺 1:10,000
付図1-4	B地区試料採取位置図(1)、(2)	縮尺 1:10,000

禄武地域

付図2-7-1	中村地区地質図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-7-2	銅廠菁地区地質図	縮尺 1: 4,000
付図2-7-3	刺竹菁地区地質図	縮尺 1:10,000
付図2-7-4	平地場地区地質図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-7-5	白石岩地区地質図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-7-6	黒菁-河尾地区地質図(1)、(2)、(3)	縮尺 1:10,000
付図2-7-7	禄武地域地質断面図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-8-1	中村地区試料採取位置図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-8-2	銅廠菁地区試料採取位置図	縮尺 1: 4,000
付図2-8-3	刺竹菁地区試料採取位置図	縮尺 1:10,000
付図2-8-4	平地場地区試料採取位置図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-8-5	白石岩地区試料採取位置図(1)、(2)	縮尺 1:10,000
付図2-8-6	黒菁-河尾地区試料採取位置図(1)、(2)、(3)	縮尺 1:10,000

# 第I部 総論



## 第1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是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。

1994年の調査はその第2年次として実施された。

#### 1.2 第1年次調査の結論と提言

第1年次調査の結果、次の3地域が今後の調査対象として抽出された(図I-1)。

##### 1.2.1 勉略寧地域

陝西省西安市の南西直距離約250kmの勉県、略陽県、寧強県の3県にまたがる面積約1,200km<sup>2</sup>の地域で、比高数百~1,000m、標高2,000m程度の山岳地形を呈する。

本地域は、1950年代からの積極的な探鉱作業により地表近くの鉱床・鉱徴のほとんどは明らかにされ、そのうち、鉄、多金属、含銅塊状硫化鉄鉱、金、マンガン、燐などが政府所属機関及び民間により開発されている。

このように本地域の地表近くの鉱床・鉱徴のほとんどは調査されており、銅を主とする金属鉱床のポテンシャルは潜頭性鉱床に求められよう。そこで、今後の調査は本地域の中でもそのポテンシャルの高いと考えられるA・B両地区で、既知鉱床タイプ・胚胎層準などの性状を把握した上で、同地区内の有望区域を抽出すること、さらに地域全体について潜頭性鉱床のポテンシャルを評価することが望ましい。

##### 1.2.2 禄武地域

雲南省昆明市の北西直距離約60kmの武定・禄豊両県にまたがる約1,000km<sup>2</sup>の地域で、比高数百m、標高2,500m程度に達するなだらかな山岳地形を呈する。

本地域は1950年代後半から積極的に鉱床探査が開始された結果、多くの鉄銅鉱床・鉱徴が認められ、現在、そのうちの大型鉱床は政府関係機関、小型鉱床は民間によりそれぞれ開発されている。

本地域の銅鉱床の胚胎層準は特定の地質単元に限られることが多いので、本地域の銅を主とする鉱物資源ポテンシャルはこれらの地質単元が分布するA～Fの6地区に考えられる。そこで、今後の調査はこれら地区において地質調査を行い、有望区域を抽出することが望ましい。

### 1.2.3 禄武周辺地域

本地域には、層状（含銅）磁鉄鉱鉱床、層準規制型銅鉱床などの既知鉱床があり、これら鉱床は構造運動に伴うブロック化や褶曲化の激しい部分に選択的に胚胎していることが明らかとなった。今後はこれらの特徴を有する本地域で、より精度の高い画像（JERS-1、SPOTなど）を使用して、地質構造の解明に重点を置いた解析を実施すると共に、本地域の既存資料解析を実施し、今後の探査有望地区を評価することが考えられる。

## 1.3 第2年次調査の概要

### 1.3.1 調査地域

調査対象地域は、勉略寧地域のA・B両地区、禄武地域のA～F地区及び禄武周辺地域を対象とする（図I-1）。

### 1.3.2 調査目的と内容

#### 1) 勉略寧地域

A・B両地区（面積合計100km<sup>2</sup>）において、地質調査、物理探査を行い、既知鉱床・鉱徴の鉱床タイプ、胚胎層準などの性状を把握した上で同地区内の有望地区を抽出するとともに、地化学探査（分散流調査）資料の再解析を行い地域全体の潜頭性鉱床のポテンシャルを評価する。

#### 2) 禄武地域

第1年次に抽出された6地区（A地区40km<sup>2</sup>、B地区6km<sup>2</sup>、C地区15km<sup>2</sup>、D地区30km<sup>2</sup>、E地区14km<sup>2</sup>、F地区46km<sup>2</sup>、合計6地区、151km<sup>2</sup>）について、岩相区分・鉱石鉱物・変質区分・地質構造・岩相層序対比などの地質調査を行い、鉱化帯の位置の確認を行い有望地区を抽出する。

#### 3) 禄武周辺地域

面積約32,000km<sup>2</sup>を対象に、衛星画像（JERS-1）を用いて各種画像解析（1/20万）を行い、判読結果と種々の既存資料との比較検討及び現地トールスを行い、今後の探査有望地区を評価する。

#### 4) 総合解析

第2年次の調査結果を総合的に解析し、探鉱有望地区を抽出し、今後の最適で効率的な探査方法を考察する。



5) 調査数量及び分析・試験数量

調査地域・項目	数量	摘要
(1) 勉略寧地域(100km <sup>2</sup> )		
・地質調査	ルート長 150km	
・物理探査(CSAMT法)	259点	
・物理探査(AMT法)	51点	
・物理探査(アレイ式 CSAMT法)	168点	
・地化学探査資料再解析	6,077件	(3件は範囲外のため未解析、1,200km <sup>2</sup> )
・室内試験		
岩石化学分析	303件	(Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Fe, Na, K, Ca, Mn, Mg, Sn, Au, Ag, Mo, Te, As, Sb, Hg, Bi, W, Ba 22成分)
岩石薄片	50件	
鉍石研磨片	55件	
X線回折	55件	
流体包有物	20件	
比抵抗・分極率測定	30件	
(2) 禄武地域(151km <sup>2</sup> )		
・地質調査	ルート長769.5km	
・室内試験		
岩石化学分析	505件	(Cu, Pb, Zn, Ag, Be, Ni, Co, Cr, V, Ti, Sn, Mo, Mn, Fe 14成分)
研磨薄片	30件	
岩石薄片	50件	
X線回折	40件	
全岩分析	20件	
鉍石分析	40件	(Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe 6成分)
鉍石分析	20件	(Cu, Pb, Zn, Ag, Be, Cd, Ni, Co, Cr, V, Ti, Mn, Au, Fe, Mo 15成分)
比抵抗・分極率測定	30件	
(3) 禄武周辺地域		
・衛星画像解析	32,000km <sup>2</sup>	1/200,000

### 1.3.3 調査団の編成と調査期間

第2年次調査団は以下の調査員で構成された。

日本側

中国側

#### ・協定折衝及び現地指導監督

大迫次郎（金属鉱業事業団）

潘家柱（中国有色金属工業総公司）

宮内東洋（"）

崔虎林（"）

山本恭久（"）

劉善方（"）

久保田喜裕（"）

孫肇均（"）

塩川 智（"）

黄 震（"）

西川信康（"）

譚順道（"）

両角春寿（"）

段文崗（"）

横川勝美（"、北京事務所）

#### ・現地調査

富澤尚明（海外鉱物資源開発株式会社）

何伯墀（西北地質調査局）

川上一夫（"）

何典仁（"）

山縣順一（"）

任小華（西北地質調査局 711総隊）

中村仁一（"）

楊沛渝（" "）

児玉 勉（"）

劉篤軒（" "）

高橋幹男（"）

朱智華（西南地質調査局）

何 培明（"）

毛聖傑（"）

福田英一（"）

趙玉山（"）

西川拓也（"）

屈志明（"）

佐藤哲男（"）

王汝興（西南地質調査局 312隊）

田中啓二（大手開発株式会社）

李 楊（" "）

佐々木純一（"）

陳 儀（西南地質調査局）

菊池 晃（"）

以上の外に、中国側の各地質隊から約20名の技術者が現地調査に参加している。

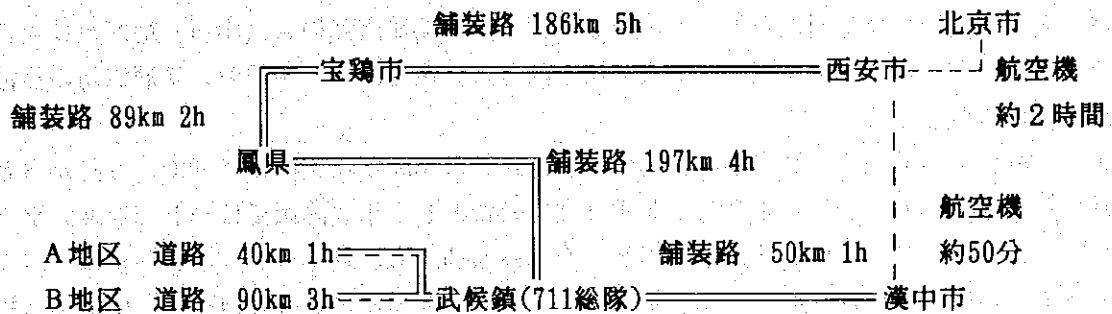
現地調査は1994年8月28日から同年12月13日までの108日間であった。

## 第2章 調査地域の地理

揚子地台西縁地域は中国中部の陝西・甘肅・四川・雲南の四省にまたがり、面積約15万平方kmといわれる地域である。第2年次調査対象の勉略寧地域は本地域の北部、そして禄武地域及び禄武周辺地域は南部に位置している。首都の北京市と調査対象地域への基地となる陝西省西安市とは直距離で約900km、同じく雲南省昆明市とは約2,000km、また、これら両市間は約1,200kmで、それぞれ空路で結ばれている(図I-1)。

### 2.1 勉略寧地域

位置・交通：陝西省南西部、中国の二大大河、黄河と揚子江の分水嶺をなす秦嶺山脈南側の揚子江流域に位置し、行政区画は陝西省漢中地区の勉県、略陽県、寧強県に属する。面積約1,200km<sup>2</sup>で、一般に勉略寧三角地帯と称している。本地域の調査基地となる西北地質調査局711総隊は、この三角地帯の東端に位置する。本地域内の道路は三角地帯の東北縁と南東縁を走る国・省道のほか簡易公路がかなり発達している。

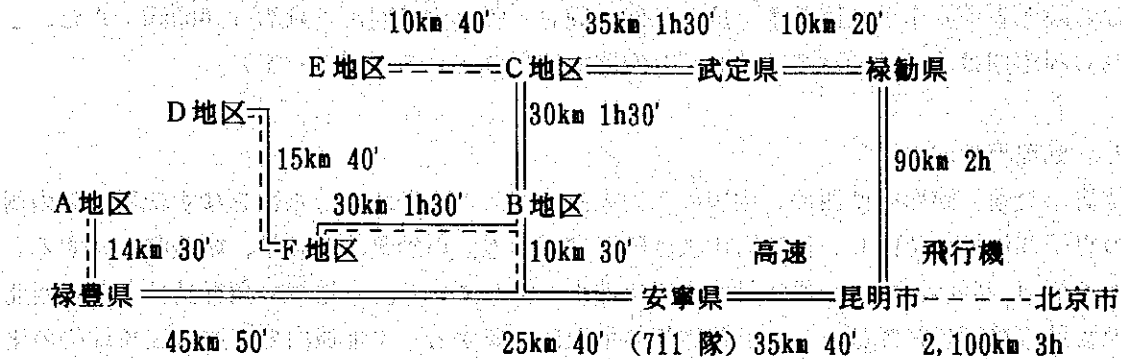


地形・水系：比高数100m、標高1,200-1,900m程度の切り立った山岳地形を呈し、平均斜度30°以上に達する所も希ではなく、特に、苦灰岩地帯は急崖を形成している。本地域内の最低点は三角地帯東端の標高約560m、最高点は西部の龍山(1,956m)である。主要水系は本地域西縁の嘉陵江及び東南縁の漢江で、それ以外には中小河川が発達する。

気候・植生：北亜熱帯湿潤気候区に属する。略陽県は年間平均気温は14℃、12-2月の冬季では0-4℃、7-8月の夏季では21-27℃となっている。年間雨量は613mm(1965)-1,262mm(1981)、平均843mmで、降雨は7-9月に集中している。月間最大雨量は1981年8月に608mmを記録している(表I-1)。11-3月は霜が降りるが、積雪は山間部に多少みられる程度である。山岳部の植生は、苦灰岩などの崖の部分を除き、広葉樹を主とする森林または畑である。河川流域は水田、畑として利用されている。

## 2.2 禄武地域

位置・交通：雲南省中央部、揚子江中流域にあり、行政区画は雲南省楚雄自治州の武定・禄豊両県に属する。雲南省の首都昆明市から調査の基地となる武定県及び禄豊県まで国道が通じている。調査地区へはこれらの幹線道路から簡易公路が分岐・発達しているが、これら両県を直接結ぶ道路はない。



地形・水系：一般に、比高 200-300m、標高1,500-2,500mのなだらかな山岳地形を呈するが、大断裂沿いには急斜面が発達している。水系は本地域南部のA（中村）地区及び東部のB（銅廠菁）地区付近を南流する大河川を除き未発達である。平地部には灌漑用の溜池が多く作られている。

気候・植生：中亜熱帯湿潤気候区に属する。禄豊県の年間平均気温は16.0℃、6月から8月の夏季は21.5℃、12月から2月の冬季は8.8℃である。年間降雨量は328-625mm、平均433.7mmで、8月に多い。武定県の年間平均気温は15.1℃、夏季は20.6℃、冬季は7.7℃である。年間降雨量は678-1133mm、平均910.5mmで、夏季に多い（表 I-2）。山岳部は松（一部ではユーカリ）の植林が盛んで、平坦部は田畑の耕作地、牧草地として広く開墾されている。

## 2.3 禄武周辺地域

北は四川省境の金沙江、南はベトナムを通過し南海へ注ぐ元江、西は牟定、そして東は晋寧にまたがる面積約32,000km<sup>2</sup>の地域である。

地形は山岳部と山間盆地で構成され、北部の標高4,000m以上に達する急峻な山岳地帯から南の海拔500m前後の山地まで変化する。主要河川は地域の地質構造を反映し、南北方向、南東方向のものが多。山間盆地には都市・集落が発達し、舗装された国道網で結ばれている。昆明市付近では高速道路の建設が盛んである。

気候は中～南亜熱帯湿潤気候区に属し、南では砂糖黍などの熱帯性農作物が栽培されている。

表1-1 勉略寧地域氣象資料 (注)1953年~1987年の平均値 出所: 晴陽果氣象資料

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均気温(℃)	1.97	4.65	8.99	14.72	18.65	21.99	23.98	23.62	18.51	13.69	7.99	3.44	13.52
降水量(mm)	4.93	6.50	27.56	52.82	86.48	105.47	183.18	157.46	131.87	59.48	21.58	4.93	842.28
平均相対湿度(%)	62.4	63.1	62.0	64.5	68.6	72.1	78.6	77.8	81.8	80.0	74.3	65.8	68.8

表1-2 祿武地域氣象資料 (注)1988年~1992年の平均値 出所: 祿豐果氣象資料

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均気温(℃)	8.1	10.0	14.0	17.7	20.6	22.0	21.5	20.9	19.9	17.2	12.4	8.3	16.0
降水量(mm)	4.6	6.9	7.1	11.4	44.1	72.7	45.0	81.8	74.0	58.8	19.8	7.5	433.7

(注)1988年~1992年の平均値 出所: 武定果氣象資料

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均気温(℃)	6.8	9.1	12.8	16.6	19.7	21.1	20.6	20.1	19.0	16.2	11.5	7.2	15.1
降水量(mm)	15.7	9.2	12.2	15.2	78.9	159.7	172.2	149.0	131.9	129.3	26.6	10.6	910.5

### 第3章 調査地域の一般地質と鉱業の概要

#### 3.1 勉略寧地域

本地域は揚子地台西縁地域の北部に位置し、始生代晩期の堆積岩起源の変成岩類、原生代後期の海相火山-堆積岩類、原生代晩期震旦系の苦灰岩を主とする堆積岩類及び原生代以降の深部断裂に沿う超塩基性岩類の貫入、ヘルシニア期以降のマグマ活動の発達する地域である。

本地域は秦時代の旧坑や銅製錬跡も多数みられ、銅、鉄の長い鉱業活動史を有する地域であるが、本格的な鉱物資源調査は1950年代からで、陝西省冶金工業局地質勘探公司（西北地質勘探局の前身）、同省地質産局などにより行われている。

この結果、鉄、ニッケル・コバルト、銅、鉛、亜鉛、金、銀、マンガン、燐などの鉱徴が多数確認され、そのうち、魚洞子、楊家垣などの鉄鉱山、劉家坪、東溝垣、陳家垣の多金属鉱山、二里垣、紅土石、秦家砭の含銅塊状硫化鉄鉱山、李家溝金鉱山、黎永管マンガン鉱山、何家岩燐鉱山などが相次いで開山された。

#### 3.2 禄武地域

本地域は揚子地台西縁地域の南部に位置し、原生代の炭酸塩岩、苦灰岩、泥質岩を主とする堆積岩類、古生代以降の砂岩を主とする堆積岩類が分布する地域である。

本地域は清時代の旧採掘跡・探鉱跡や銅製錬跡が多数認められ、古くからの産地帯として知られているが、組織的な鉱物資源探査は1950年代後半からで、冶金工業局地質勘探公司（西南地質勘探局の前身）、雲南省地質産局などが行っている。

この結果、鉄を主とし銅を含む鉱徴が多数認められ、進納廠、鵝頭廠、核桃菁、觀天廠などの産地帯が相次いで開山された。

#### 3.3 禄武周辺地域

本地域は原生代の炭酸塩岩、苦灰岩、泥質岩を主とする堆積岩類、古生代以降の砂岩を主とする堆積岩類、火成岩類が分布する。

本地域の銅を主とする産地帯は原生界中の海底噴気～火山活動に伴う鉄銅産地帯、中生界中の堆積性銅産地帯が知られている。前者には地域北部に位置する東川産地帯、中部の易門銅産地帯・獅子山産地帯、南部の大紅山産地帯（開発準備中）をはじめ多数の小産地帯が分布している。中生界中の堆積性銅産地帯は中部西方の牟定地区に分布している。

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4.1 勉略寧地域

本年度の調査は、第1年次の調査で抽出されたA地区及びB地区(計100km<sup>2</sup>)の地質調査及び物理探査(CSAMT法、アレイ式CSAMT法、AMT法)を行い、鉱床、特に潜頭性鉱床の賦存可能性及びその探査方法を考察した。さらに地域全体についての既存地化学探査資料の再解析を行い、鉱物資源ポテンシャルを探った。

A地区には原生界碧口層群の第2火山サイクルの接官亭層と第3火山サイクルの郭家溝層そして震旦系の断頭崖層が分布する。接官亭層は石英安山岩～安山岩主体の海底噴出溶岩と凝灰岩、泥質堆積岩で、郭家溝層は玄武岩主体の海底噴出溶岩と凝灰岩、泥質堆積岩と少量の苦灰岩で構成され、両者は整合で境する。断頭崖層は主として石灰岩、苦灰岩よりなり、前三者を不整合に覆う。貫入岩類は閃緑岩、超塩基性岩、輝緑岩などが認められる。地質構造要素は褶曲と断層である。褶曲は西北西方向の軸で、地層は北あるいは南へ傾斜し、一部では逆転している。断層は地区全体に発達するが、特に地区中央のものは西北西-東南東-東西方向に延び、一部では蛇紋岩の貫入もみられる。

鉱床は一般に接官亭層中の火山作用に伴う堆積性(一部は鉱脈型)銅・鉛・亜鉛鉱床と考えられ、火山活動が中酸性～塩基性溶岩から石英安山岩質凝灰岩に移る時点で凝灰岩中に、あるいは凝灰岩と苦灰岩との境界付近に胚胎する。鉱化変質は絹雲母化、珪化作用を主とする。このような鉱床には東溝垣・紅土石・秦家砭・陳家垣などが知られ、鉱床胚胎層準も東溝垣付近、紅土石鉱床～秦家砭鉱床～陳家垣鉱床一帯に分布している。

物理探査では、東溝垣鉱床のやや南の地下250-300mを中心とした部分、紅土石鉱床～秦家砭鉱床～陳家垣鉱床一帯の地表から地下150～300mにかけて、それぞれ比較的低い比抵抗帯が検出され、鉱床の潜在する場の可能性が考えられるが、鉱床胚胎層準及び低比抵抗帯の規模から、A地区での鉱床ポテンシャルは紅土石鉱床～秦家砭鉱床～陳家垣鉱床一帯に考えられよう。

B地区はA地区と同様の地層で構成されている。本地区の地質構造は全体としての複背斜構造とこれを切る断層が発達するが、本地区は勉略寧地域全体の地層の走向が西南西から南南西方向に変化する屈曲点に位置するので、地質構造はより複雑になっている。

鉱床は一般に郭家溝層の厚い海底噴出の塩基性溶岩とその上位の凝灰岩との境界付近の凝灰岩中に胚胎する火山堆積変成型銅・鉛・亜鉛鉱床と考えられ、鉱化変質は絹雲母化、珪化、緑泥石化、曹長石化などが認められる。このような鉱床胚胎層準は本地区の南部の銀洞山鉱床から東北東の陽坡梁方面に延びている。しかし、地表の鉱化変質は同鉱床の鉱体上下盤の母岩に強い緑泥石化作用が認められるものの、鉱床延長方向への発展性に乏しい。

物理探査では、銀洞山鉱床下部の地表下500m付近まで低比抵抗層が認められ、同鉱床の

深部への広がりやを反映している可能性を示すが、陽坡梁方面へこれが延びる傾向は認められない。このように、地表の鉱化変質範囲と物理探査の低比抵抗帯はほぼ一致しているものの、銀洞山鉱床では露頭からの鉱床は全て開発済みの状態である。

従って、地質及び物理探査の所見からは、B地区での鉱床ポテンシャルは銀洞山鉱床の深部に考えられよう。

勉略寧地域の地化学探査再解析では、単一成分異常（18成分）及び多成分異常と既知鉱床とを対比させたところ、顕著な異常のほとんどが既知鉱床・鉱徴またはこれらの分布域に一致することが判明した。そのうち、東溝垣鉱床、紅土石鉱床、秦家砭鉱床、陳家垣鉱床のあるA地区及び銀洞山鉱山のあるB地区は、本地域内で最も有望視されている地区であるので、本解析からはこれらを越える有望地区の抽出は困難と考えられる。

今後の勉略寧地域での調査は、A・B両地区で潜在すると予想される鉱床の三次元的な位置・広がりなどを探る調査が考えられ、そのためには地表精査・地化学精査、物理探査、（IP法、SIP法など）、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を行うことが望ましい。

#### 4.2 禄武地域

本年度の調査は、第1年次の調査で抽出されたA～F各地区（計151km<sup>2</sup>）の地質調査を行い、鉱床、特に潜頭性鉱床の賦存可能性を探り、その探査方法を考察した。

本地域は原生界中部の昆陽層群とこれを不整合に覆う震旦系以降の地層よりなる。火成活動は輝緑岩、石英曹長斑岩、流紋岩などが岩脈、岩床、岩株状にみられるが、規模は小さい。本地域は昆陽層群の形成以後、各種造山運動を繰返し被り、極めて複雑で特異な地質構造を呈する。断層と褶曲により昆陽層群は著しく変形・転移・ブロック化し、断裂構造や折畳み背斜軸における圧砕角礫岩化作用、さらに刺穿構造が発達する。

本地域の昆陽層群中には銅を主体とする鉱床・鉱徴が各所に認められる。主要な鉱床タイプは、海底噴気～火山活動による稀鉱山式銅鉄鉱床及び東川式銅鉱床、その後の構造運動による刺穿角礫岩の上昇に伴って形成された鳳山式銅鉱床である。本年度調査の結果、E（白石岩）地区とA（中村）地区が今後探鉱を強化すべき地区と判断される。

白石岩地区は鉱床胚胎層準の昆陽層群の因民・落雪両層が分布し、顕著なバイポール空中磁気異常、地化学探査異常が認められ、稀鉱山式及び東川式鉱床の伏在が考えられる。しかし、磁気異常は、地表近くの緑汁江層苦灰岩中の鉄鉱床、地形、地質構造を反映している可能性も考えられるので、まず、この磁気異常の性質・深度などを検証するための調査が必要であろう。このためには、空中磁気再解析、電気探査（CSAMT法、TEM法、IP法など）、重力調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査が望ましい。

中村地区は北北西系の衝上断層、東北系の断層が繰返し発達し、地層は著しく変形・変位（一部で逆転）・ブロック化され、地質構造は極めて複雑である。衝上断層破碎帯ま



たは背斜構造の中心部では角礫岩帯が発達し、銅鉱化を伴う。また背斜東翼の落雪層苦灰岩中に東川式（一部鳳山式）銅鉱床が分布する。当面の課題として、後者の下部延長確認のためのボーリング調査を検討すべきであろう。次段階の調査として、地質構造の解明、潜頭性銅床の捕捉、既知銅床の延長部の探鉱を目的に、電気探査（CSAMT法、TEM法、IP法など）、空中磁気調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を行うことが考えられる。

#### 4.3 禄武周辺地域

本年度の調査は面積 32,000km<sup>2</sup>を対象にJERS-1の CCTデータを用いて、フォルスカラー画像9シーン、立体視画像4シーン及び SAR画像2シーンの作成・判読、既存資料解析、現地トランスを行い銅床賦存のポテンシャルの可能性を探った。JERS-1の CCTデータはTM及び MMSによる画像と比較して、はるかに高品質で地質判読に適した画像が得られ、より精度の高い地層分布・地質構造の解析が可能であった。

本地域に分布する銅鉱床は、原生界下部層及び中部層（昆陽層群）に稀銅山式、東川式、鳳山式の銅鉱床、中生界の堆積岩中に層状銅鉱床が知られ、特に前者の分布域には多数の断裂構造、褶曲構造及び大小様々な環状構造が発達することが識別された。本年度調査の結果、次の6地区が銅鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区と考えられる。

- 1) 皎平渡地区：ブロック化された原生界の地層が分布し、2箇所層状銅鉄鉱床が小規模に稼行されている。これら銅床を囲む小規模な環状構造も判読され、地質環境が東川地域に類似している。
- 2) 四川省地区：上部始生界～下部原生界の地層が分布し、褶曲構造及び断裂系が判読され、地質条件が東川地域に類似する。
- 3) 小緑江地区：中部原生界の地層が分布し、複雑な地質構造が判読される地区で、禄武地域の南方延長部に当たり、易門銅床群も含む地区である。
- 4) 夏洒地区：大きな環状構造が判読され、その中に中生界の地層と窓状の原生界の地層が分布し、原生界には大紅山銅床などの銅鉄銅床・銅徴が存在する。この環状構造は激しい構造運動及び地塊のブロック化を受けた原生界の構造を現すものと考えられる。
- 5) 新街地区：中生界分布域に大規模な半環状構造が判読され、この構造は夏洒地区と同様に下位の原生界の構造を反映したのと考えられ、そこに銅床胚胎の可能性がある。
- 6) 牟定地区：中生界の地層が発達し、堆積性含銅砂岩型銅床が分布する。

衛星画像解析の今後としては抽出地区の詳細な構造再解析が考えられるが、このためには衛星画像のみならず航空機リモートセンシング、航空写真の併用が望ましい。さらに、既存資料解析では本地域内の既存銅床の周辺・深部にも銅量増加のポテンシャルが考えられ、その探査も今後の課題である。

## 第5章 結論及び提言

### 5.1 結論

#### 1) 勉略寧地域

A地区は原生界中の火山活動に伴う火山堆積型及び鉍脈型の銅・鉛・亜鉛鉍床の胚胎する地区で、これら鉍床の胚胎層準及び鉍化変質に伴う低比抵抗帯が既知鉍床・鉍徴を含み紅土石～秦家砦～陳家坝一帶に延びることが判明した。一方、B地区は原生界中の火山活動に伴う火山堆積変成型銅・鉛・亜鉛鉍床の胚胎する地区で、これら鉍床の胚胎層準及び鉍化変質に伴う低比抵抗帯が銀洞山鉍床区域に認められた。今後の調査はこれらの場所で潜在すると予想される鉍床の三次元的な位置、広がりなどを探る調査が必要で、そのためには地表精査・地化学精査、物理探査（IP法、SIP法など）、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査が望ましい。

勉略寧地域全体の地化学探査再解析では、その異常のほとんどは既知鉍床の分布域に一致し、異常は地表の鉍床に強く影響されていることが判明した。A・B両地区は本地域内で最も有望視されている地区であるので、本再解析からはこれらを越える有望地区の抽出は困難と考えられる。

#### 2) 禄武地域

本地域には原生界中の海底噴気～火山活動による稀鉍山式銅鉄鉍床及び東川式銅鉍床、その後の構造運動による鳳山式銅鉍床が胚胎する。調査した6地区からE（白石岩）及びA（中村）両地区が今後の探鉍を強化すべき地区と考えられる。

白石岩地区は鉍床胚胎層準の昆陽層群が分布し、顕著なパイポール空中磁気異常、地化学探査異常が認められ、稀鉍山式及び東川式鉍床の伏在が考えられる。しかしながら、磁気異常は地表近くの鉄鉍床、地形、地質構造を反映している可能性も考えられるので、まず、この磁気異常の性質・深度などを検証するための調査が必要であろう。このためには、空中磁気再解析、電気探査（CSAMT法、TEM法、IP法など）、重力調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を行うことが望ましい。

中村地区は衝上断層、断層が繰り返し発達し、地質構造は極めて複雑である。衝上断層破碎帯または背斜構造の中心部では角礫岩帯が発達し、銅鉍化を伴う。また背斜東翼の落雪層苦灰岩中に東川式銅鉍床が分布する。本地区では、当面の課題として落雪層苦灰岩中の銅鉍床の下部延長の確認のためのボーリング調査を検討すべきであろう。次段階の調査として、地質構造の解明、潜頭性鉍床の捕捉、既知鉍体延長部の探鉍を目的として、電気探査（CSAMT法、TEM法、IP法など）、空中磁気調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を行うことが考えられる。

### 3) 禄武周辺地域

本地域には原生界中の海底噴気～火山活動に伴う鉄銅鉱床、中生界中の堆積性層状銅鉱床が知られ、前者の鉱床の胚胎有望地区として皎平渡地区、四川省地区、小緑江地区、夏洒地区、新街地区が、後者として牟定地区が抽出される。衛星画像解析の今後としては抽出地区の詳細な構造再解析が考えられるが、このためには衛星画像のみならず航空機リモートセンシング、航空写真の併用が望ましい。さらに、既存資料解析では本地域内の既存鉱床の周辺・深部にも鉱量増加のポテンシャルが考えられ、その探査も今後の課題であろう。

## 5.2 提言

### 1) 勉略寧地域

A地区内の紅土石～秦家砭～陳家坝一帯及びB地区の銀洞山鉱床区域で地表精査・地化学精査、物理探査（IP法、SIP法など）を先行させ、その結果を考慮して検証ボーリング調査を行うことが望ましい。

### 2) 禄武地域

白石岩地区では、空中磁気再解析、電気探査（CSAMT法、TEM法、IP法など）、重力調査、地質精査・地化学精査、を先行させ、その結果を考慮して検証ボーリング調査を行うことが望ましい。

中村地区では、当面の課題として既知銅鉱床の下部延長確認のボーリング調査を検討すべきであろう。そして次段階の調査として、電気探査（CSAMT法、TEM法、IP法など）、空中磁気調査、地質精査・地化学精査、ボーリング調査を複合的に組合わせた調査を考慮したい。

### 3) 禄武周辺地域

衛星画像解析で抽出された地区のフォローアップ調査が考えられよう。さらに銅資源の確保・開発という長期観点から既存鉱山、東川鉱山・易門鉱山・獅子山鉱床などの周辺・深部探査、銅資源の有効利用という観点から東川鉱山の湯丹鉱床の未利用低品位鉱石の早期開発の検討なども今後の課題である。

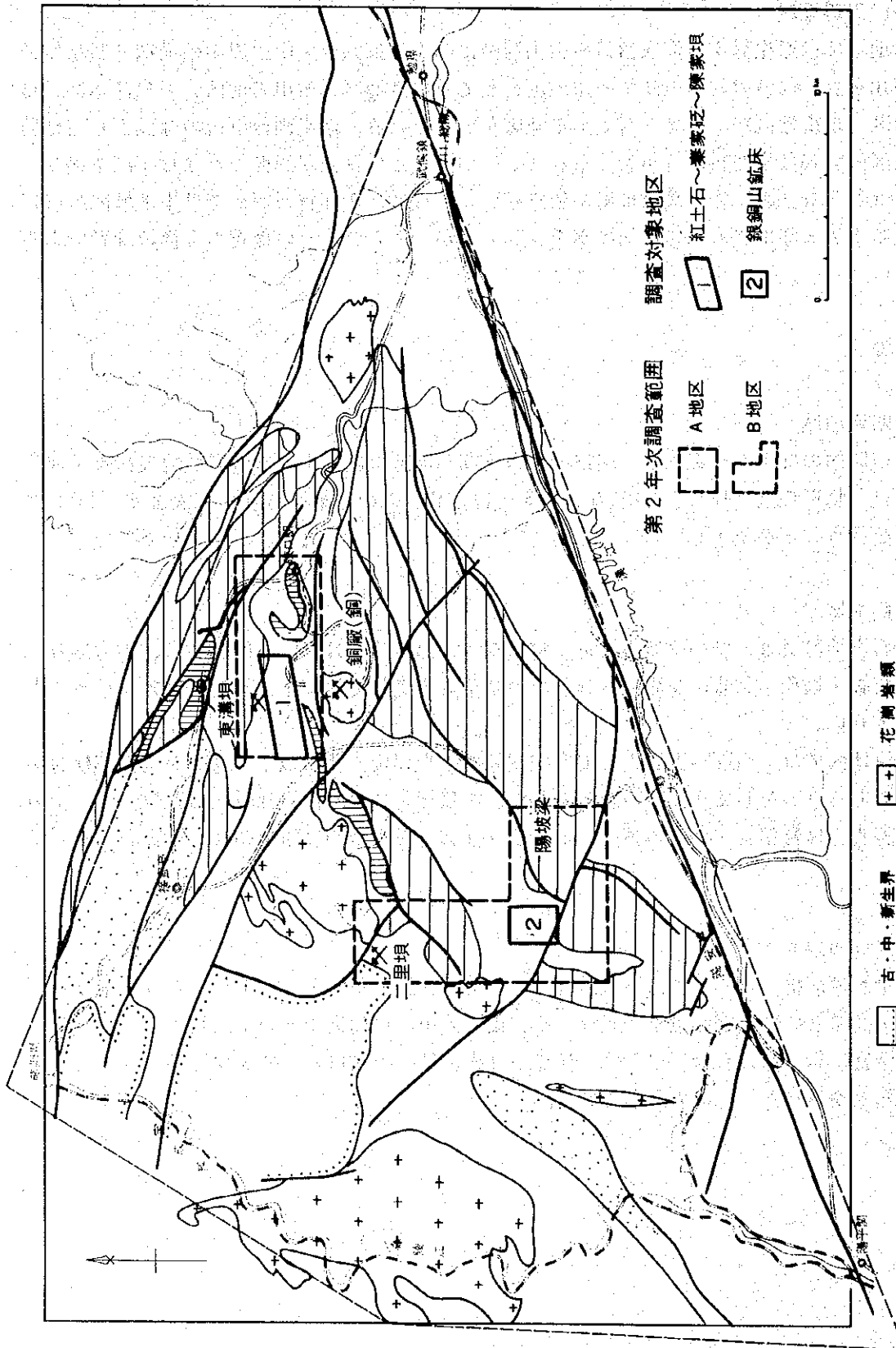
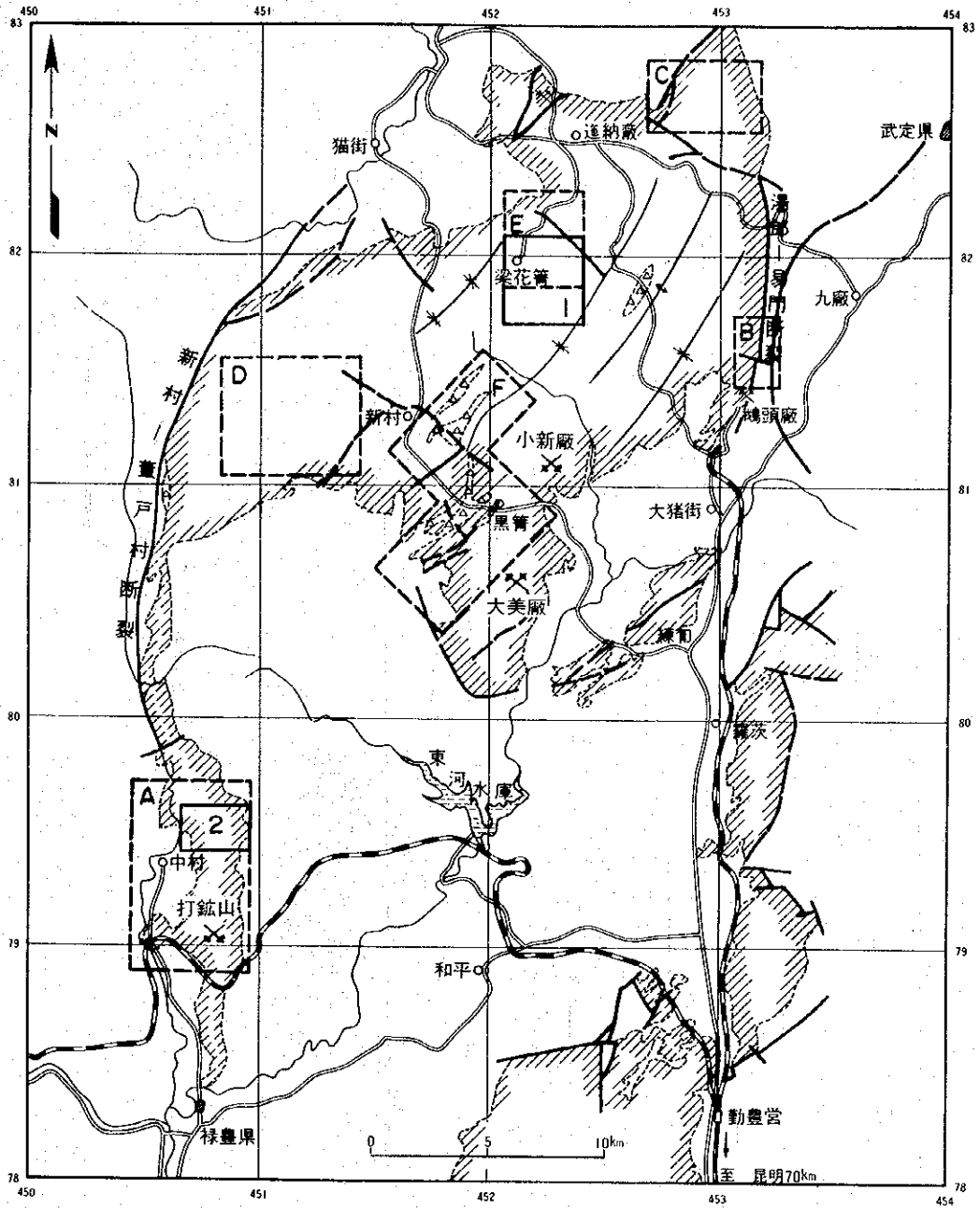
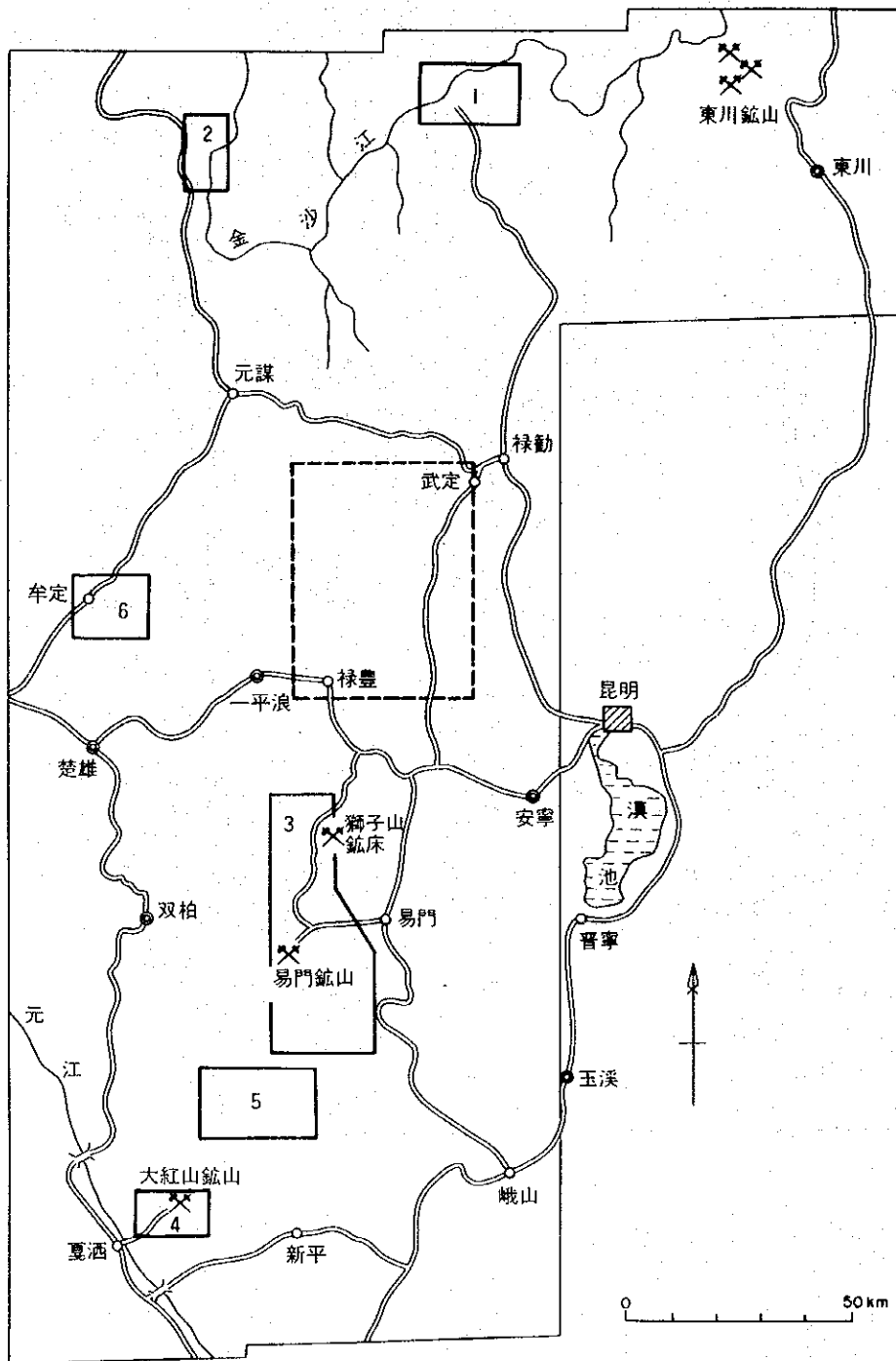


图 I-2 勉略寧地区



- |           |          |         |
|-----------|----------|---------|
| 第2年次調査地区  | 調査対象地区   | 原生界昆陽層群 |
| A. 中村     | 1. 白石岩地区 | 因民角礫岩   |
| B. 銅廠箐    | 2. 中村地区  | 実在断層    |
| C. 刺竹箐    |          | 推定断層    |
| D. 平地場    |          | 背斜軸     |
| E. 白石岩    |          | 向斜軸     |
| F. 黑箐~河屋尾 |          | 稼動鉞山    |
|           |          | 休止鉞山    |

図 I-3 禄武地域



- |   |  |
|---|--|
| <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 抽出地区 | <span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 禄武地域 |
| 1. 皎平渡  | 4. 夏酒  |
| 2. 四川省  | 5. 新街  |
| 3. 小綠江  | 6. 牟定  |

图 I - 4 禄武周边地域

第Ⅱ部 各 論





## 第Ⅱ部 各 論

### 第1章 勉略寧地域

#### 1.1 A 地区

##### 1.1.1 地質調査

###### 1) 調査目的及び方法

調査地区はカウンターパートである中国有色金属工業総公司西北地質調査局をはじめとする中国側の様々な機関により既に詳細に調査され、岩相の分類及び層序の確立がなされている。本年度の調査は、岩相、層序、鉍床、鉍床胚胎層、鉍化変質などのこれまでの調査結果を確認するとともに、流体包有物などを利用した鉍床生成条件の物理化学的調査及び岩石地化学調査などを実施し、潜頭性鉍床の賦存可能性及び探査法を模索することが目的である。同地区においては地下の比抵抗構造を探る物理探査が同時に実施され、地表調査による岩相の分布と地質構造が比抵抗構造に対比される。

調査方法は以下の通りである。

- ① 1/10,000の地形図を使用して調査を実施、調査結果も1/10,000の地形図にまとめる。使用した地形図は中国側が作成したものである。
- ② 地質踏査経路は主として沢沿いとし、調査地域全体での各ルート間の間隔はそれぞれ300m程度とした。ただし、陳家垣、秦家砭、銅廠地区については鉍床密集地区であることからさらに細かい調査密度とした。
- ③ 化学分析用岩石、鉍石、鉍化変質を受けた岩石などを適宜目的に応じ採取した。
- ④ 試料は採取の都度、試験分析を行った。試験分析の実施者は以下の通りである。

岩石の化学分析：西北鉍産地質測試中心

岩石の粉末X線回折：西北地質調査局研究所地質調査分院

流体包有物の均質化温度及び塩濃度測定；同上

岩石の薄片作成及びその鑑定：西北地質調査局711総隊

鉍石の研磨片作成及びその鑑定：西北地質調査局711総隊

- ⑤ 調査員は日本側1名、中国側2名+通訳1名の合計4名を1組とし、2組で調査を行った。

###### 2) 調査結果

###### (1) 地 質

###### a) 地質層序

本地区に分布する地層は、第四紀の河川堆積物などを除けば、いずれも原生代の地層である。下位より碧口層群第二火山旋回の接官亭層、碧口層群第三火山旋回の郭家溝層、そして震旦系の断頭崖層である(図1-1)。これらの地層は概略南より北に向かい郭家溝層、接官亭層、

代	紀	地層	柱状図	構造運動	火成作用	鉱化作用	
新生代	第四紀	崩落・河川堆積物					
				加トニ7構造軸廻； 緩いNE系褶曲	<ul style="list-style-type: none"> <li> 超塩基性岩 (狭口駅)</li> <li> 花崗岩 (195~213my)</li> <li> 閃緑岩 (煎茶嶺では218my)</li> <li> 超塩基性岩</li> <li> 閃緑岩 (銅麻はカレドニア期)</li> </ul>	クロム鉄鉱；五箇橋 鉱脈型Cu鉱床； 銅麻鉄床	
原 生 代	震旦系	断頭崖層		橋子構造軸廻； 斜なNW, NE系 転倒褶曲			
		碧口層群・第三火山旋回	郭家溝層			玄武岩主体の 海底噴出	火山埃積型Fe鉱床； 備家噴鉄床
		碧口層群・第二火山旋回	接官亭層			デイサイト~安山 岩主体の海底噴出	Pb, Zn, Cu, 他 の 層状鉄床； 東溝明, 西溝明, 備家鉄床

図1-1 A地区模式層序  
(柱状図凡例は図1-2に同じ)

断頭崖層の順に分布する(図1-2)。

郭家溝層は調査地区西半分のほぼ中央部を境に南側に分布し、北側にはその下位の接官亭層が分布する。ここでは郭家溝層と接官亭層の関係は直接観察することができず、蛇紋岩を境にした断層を推定した。

郭家溝層は玄武岩主体の海底噴出溶岩及び凝灰岩、そして泥質堆積岩で構成される。郭家溝層は調査地区南部に広く、東西方向に分布する。これは主として塩基性凝灰岩で構成され、小規模の玄武岩溶岩及び苦灰岩層を挟在する。

接官亭層は全体的にみれば、主として石英安山岩～安山岩主体の海底噴出溶岩及び凝灰岩、そして泥質堆積岩で構成される。接官亭層分布域のほぼ中央には、本地区最下位の石英安山岩を主とする溶岩がWNW-ESE方向に延びて分布する。溶岩中には凝灰岩の薄層が挟在される。石英安山岩溶岩の北側及び南側にそれを挟むように上位の凝灰岩が分布する。凝灰岩は石英安山岩から離れるに従い、すなわち上位に向かうに従い成分はより酸性になり、粒度は細くなる。このような岩相分布は調査地区北東部の五間橋西方にも小規模に認められる。さらに凝灰岩の北側には接官亭層最上位の黒色粘板岩が広く分布する。ここでは下位の凝灰岩と上位の粘板岩の間に漸移関係が認められる。陳家垣北東では凝灰岩と上位の粘板岩との関係は断層であると推定される。

いずれの地層中の岩相も安定せず、局部的には塩基性～酸性に渡る様々な成分の岩相を示す。また、接官亭層と郭家溝層の凝灰岩中には数多くの石灰岩/苦灰岩層を挟在する。本層は周囲の凝灰岩より風化に強く、急崖を伴う突出地形として現れている。

最上位の断頭崖層は主として石灰岩/苦灰岩層であり、場所により凝灰岩などを挟在する。断頭崖層は調査範囲北端から北方に向け広く分布する。断頭崖層と前二者との関係は不整合である。

#### b) 貫入岩類

A地区に認められる貫入岩及びその分布地域は以下の通りである。

① 閃緑岩：大きく2岩体があり、一つは調査地区南西部の路家山を中心とする東西約2km×南北約2.5kmの岩体である。この岩体には脈状の銅廠鉱床が胚胎する。もう一つはこの岩体の北に苦灰岩層を挟み、さらにその北側に東西1km×南北約700mの範囲に分布する。これらの岩体中には岩相の変化があり、周縁部では斑状を呈するものもある(TK-17, 26; 図1-3, 表1-1)。これら2岩体はごく近くにあり、あるいは同一のものであるかもしれない。

② 超塩基性岩：地域の中央～中央東部及び北西部にWNW-ESE, ENB-WSW方向の岩脈状に分布する。その幅は東部の岩体で最大400m、延長は西北部の岩体で最大3km以上である。楊家垣北方及び銅廠付近には幅10m以下のもの、延長が100mに満たない岩体が分布する。主として深部に達する断層のような断裂中に貫入しているとみられる。原岩は輝石橄欖岩などとされているが、強く蛇紋岩化あるいは緑泥石化などを受けている。

③ 輝緑岩：東部の五間橋，狭口駅及び楊家垣で囲まれた地域に大岩体（3 km×1 km）が分布する。本岩体の南には蛇紋岩体が，北部には接官亭層の凝灰岩が接する。

④ 斑れい岩：南東部に，最大1 km×300m程度の小規模の3岩体が認められる。いずれも郭家溝層中の貫入岩である。

⑤ 菱美岩あるいは滑美岩：菱美岩は主として菱苦土石からなる岩石であり，滑美岩はそれに滑石が加わったものである。菱苦土石は蛇紋岩，橄欖岩などマグネシウムに富む岩石の変質により生成する場合，変成岩及び堆積岩中に産出する場合などがあるとされている。本地区には蛇紋岩，橄欖岩，そしてマグネシウムを多量に含む苦灰岩が分布しており，菱美岩あるいは滑美岩の生成条件はそろっている。本地区には堆積岩起源のものが多く存在するはずであり，これらは本来なら貫入岩とは区別すべきものである。特に楊家垣北方に広く分布する当岩体は周囲の岩石の分布形態からみて，堆積岩起源のものである可能性が強い。野外では両者の区別はせず，一つのものとして扱った。

#### c) 地質構造

地質構造要素は，主として褶曲及び断層である。

北西部にはWNW-ESE方向に延びる石英安山岩体を軸部とし，南北両翼に凝灰岩を配置した大規模な背斜構造が認められる。軸の長さは4 km以上である。より小規模ではあるが，同様の構造が調査地区北東部の五間橋の西方にも認められる。ここでは軸の長さは2 km以上である。褶曲は折畳まれた複褶曲で，いずれも南側に転倒している。地層の走向傾斜はこれらの構造に支配され，走向は主としてWNW-ESE方向，傾斜は北方である。この褶曲構造は主として接官亭層中にある。

調査地区南半部でも地層は一般的にWNW-ESE走向，北傾斜である。ただし，路家山北部の苦灰岩付近では，地層の傾斜は垂直か，あるいは南に急傾斜している。

断層は全体によく発達している。特に規模の大きいのは中央部でWNW-ESE～E-W方向に延びるもので，一部では断層沿いに蛇紋岩が貫入している。断層の転位は明確ではないが，右回り走向断層の可能性が指摘されている。ENB-WSW方向の断層も規模が大きく，銅廠北で上記断層と交差している。東溝嶺鉍床付近では走向断層が認められているなど更に細かい断層は数多いが，本年度の調査では小規模断層の追跡は行わず，地質図には表現していない。

#### (2) 鉍化作用

##### a) 既知鉍床

A地区内では鉍床及び鉍徴を数多く確認した。主なものは表1-2の通りである。そのうちでも代表的なものは1の東溝嶺，2～8のいわゆる秦家砭鉍床群，9～10の陳家垣鉍床，16の紅土石鉍床，17の五間橋鉍床である。陳家垣の鉍徴はこのほかにもいくつかの点で見られる。そのほか今回の調査では対象にはしていないが，銅廠鉍床，楊家垣鉄鉍床などの比較的大規模の鉍床，そして郭家溝層最上部粘板岩中の黄鉄鉍鉍染がある。ここでは既に詳細に調査報告さ

れている東溝垣鉍床と秦家砭鉍床群及び陳家垣鉍床を対比させ、その違いを検討する。

五間橋の鉍床を胚胎する地域の地質構造は東溝垣、秦家砭鉍床及び陳家垣鉍床が胚胎する地域のそれと類似している。ここでは、地質の分布及び地質構造自体が小規模であり、鉍床の輪郭がほぼ解明されているので、ここではさらに検討はしない。

#### ① 鉍床タイプ

東溝垣鉍床；観察される鉍床の形態は塊状、縞状、鉍染状であり、塊状鉍はレンズ状、複レンズ状、偽層状を呈する（図1-4）。

陳家垣鉍床；観察される鉍床の形態は塊状、鉍脈状及び鉍染状である（図1-5）。

秦家砭鉍床群；観察される鉍床形態は塊状、鉍脈状、鉍染状、（交代鉍床）である。

以上のように、観察される鉍床の形態はいずれの鉍床においても同様である。秦家砭鉍床群中の交代鉍床は記載はあるものの本年度調査では確認していない。

#### ② 構成鉍石（表1-2，4参照）

東溝垣鉍床；方鉛鉍，黄鉄鉍，閃亜鉛鉍，黄銅鉍，四面銅鉍，重晶石；細粒状。

陳家垣鉍床；黄鉄鉍，黄銅鉍，閃亜鉛鉍，方鉛鉍，磁鉄鉍，赤鉄鉍；塊状鉍は細粒のものがあがるが、脈状鉍はむしろ粗粒である。

秦家砭鉍床群；黄鉄鉍，黄銅鉍，閃亜鉛鉍，方鉛鉍；同上。

#### ③ 胚胎層及び母岩

東溝垣鉍床；接官亭層，（安山岩質～）石英安山岩質火山礫～粗粒凝灰岩。

陳家垣鉍床；接官亭層，安山岩質（～石英安山岩質）火山礫～粗粒凝灰岩及び苦灰岩（苦灰岩では脈状あるいは網状）。

秦家砭鉍床群；接官亭層，安山岩質（～石英安山岩質）火山礫～粗粒凝灰岩及び苦灰岩（苦灰岩中の鉍床は脈状）。

#### ④ 鉍化変質タイプ（表1-2，5参照）

東溝垣鉍床；絹雲母化，珪化，炭酸塩化，黄鉄鉍化

陳家垣鉍床；絹雲母化，珪化，黄鉄鉍化

秦家砭鉍床群；絹雲母化，珪化，黄鉄鉍化

#### ⑤ 鉍床形成温度

東溝垣鉍床；邱柱国，徐開礼（1993）によれば，火山堆積鉍化期の後生作用段階で200℃±以上，広域変成鉍化期の第一褶曲～変成作用段階では240～400℃，最高でも450℃を越えない。

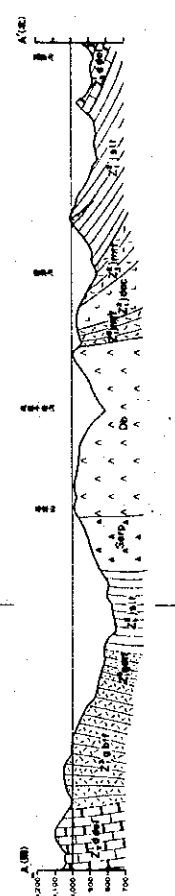
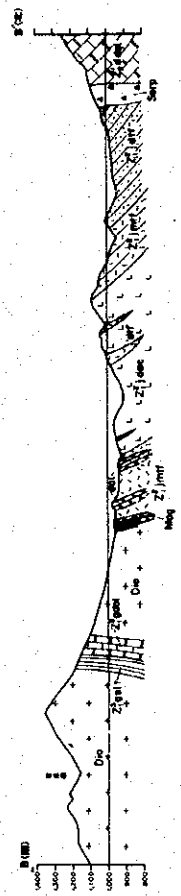
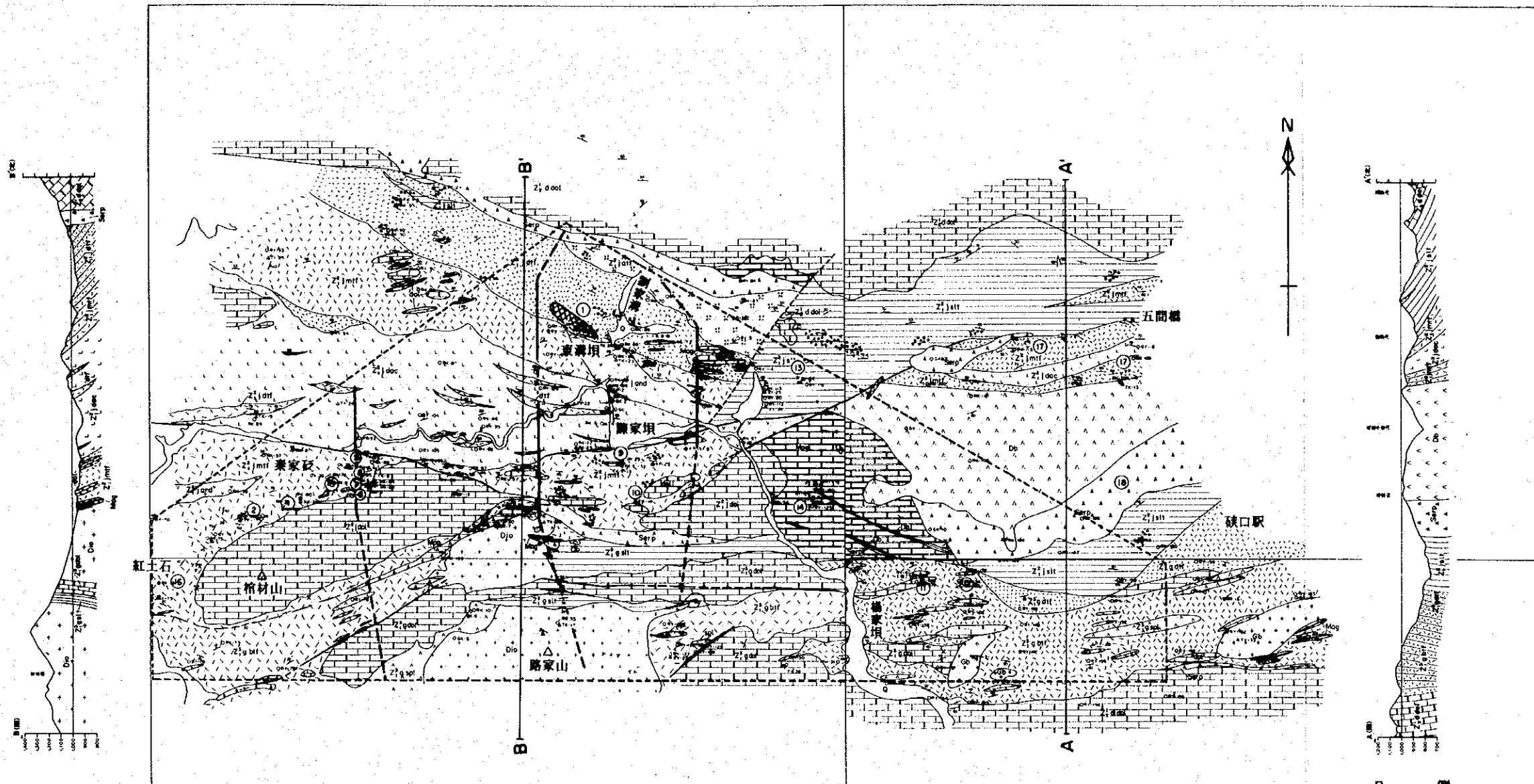
陳家垣鉍床；188℃～382℃（試料は脈状鉍床の黄鉄鉍などを伴った石英で，10件測定，表1-6参照）

秦家砭鉍床群；171℃～361℃（試料は上と同様，試料数は6件，表1-6参照）

東溝垣鉍床の温度を測定した試料については，その種類及び採取位置など不明であるので容

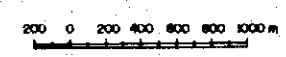






凡例

- 化学分析用岩石試料
- 硝片用岩石試料
- △ 薄片用岩石試料
- ▲ X線回折用試料
- 液体包有物試験用試料
- ◇ 物性測定用岩石試料



- |                     |             |      |
|---------------------|-------------|------|
| Q                   | 河川堆積物       | 第四紀層 |
| Z <sub>1</sub> ddol | 石灰岩及び苦灰岩    | 新羅層層 |
| Z <sub>1</sub> gsit | 粘板岩         | 郭家溝層 |
| Z <sub>1</sub> gdac | 石英安山岩溶岩     |      |
| Z <sub>1</sub> gdtf | 中酸性凝灰岩      |      |
| Z <sub>1</sub> gbtf | 塩基性凝灰岩      |      |
| Z <sub>1</sub> gdol | 苦灰岩         |      |
| Z <sub>1</sub> gspl | 塩基性溶岩       | 後實平層 |
| Z <sub>1</sub> jslt | 粘板岩         |      |
| Z <sub>1</sub> jatf | 酸性凝灰岩       |      |
| Z <sub>1</sub> jdof | 中酸性、細～粗粒凝灰岩 |      |
| Z <sub>1</sub> jmtf | 中～酸性凝灰岩     |      |
| Z <sub>1</sub> jdol | 苦灰岩         |      |
| Z <sub>1</sub> jand | 安山岩溶岩       |      |
| Z <sub>1</sub> jdac | 石英安山岩溶岩     |      |

凡例

- |     |               |
|-----|---------------|
| 貫入岩 |               |
| +   | Gr 花崗岩、花崗閃輝岩  |
| +   | Dió 閃輝岩、石英閃輝岩 |
| X   | Alb 曹長岩       |
| *   | Gb 斑岩         |
| ■   | Mag 糜英岩、滑英岩   |
| ▲   | Serp 蛇紋岩      |
| △   | Db 閃輝岩        |
| □   | Por 中性～酸性斑岩   |
|     |               |
| X   | 主要噴行火山        |
| ●   | 塊状脈床          |
| —   | 脈状脈床          |
| ○   | 賦化浸染帯         |
| ⑤   | 脈床賦地名         |

図1-2 A地区地質及び断面図(含鉱徴位置)  
 図1-3 A地区試料採取位置





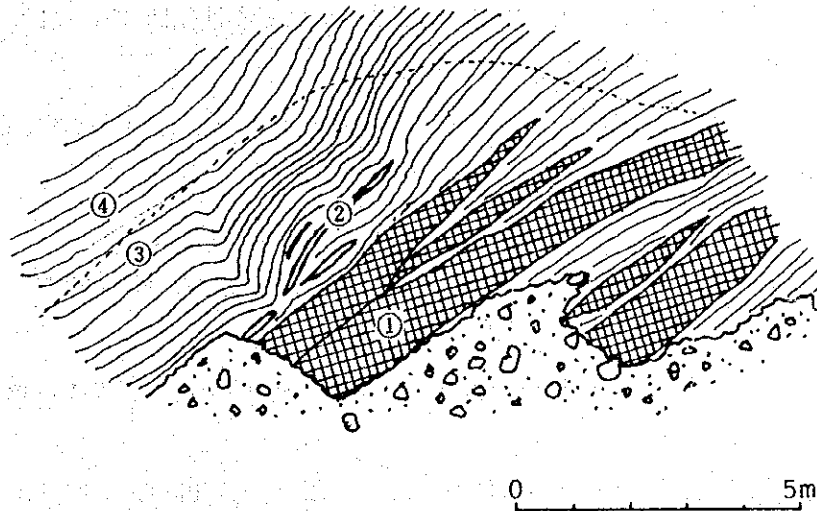


図1-4 東溝垣鉱床露天採掘場スケッチ

①塊状鉱，黄鉄鉱，黄銅鉱，閃亜鉛鉱，及び方鉛鉱からなり，石英，方解石及び重晶石を含む；②主として黄鉄鉱を含む石英で，金品位が高い；③灰色の変質凝灰岩；④暗灰色凝灰岩。③，④の凝灰岩はいずれも塩基性で，③は変質が強い。凝灰岩の走向傾斜はそれぞれN70W,50Nである。

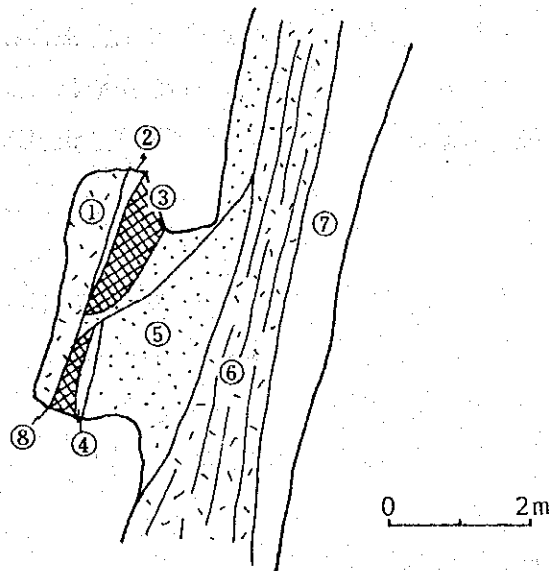


図1-5 陳家垣鉱床坑道天盤スケッチ

①凝灰岩；②石英脈；③黄鉄鉱主体の塊状鉱；④白色粘土；⑤白雲岩，珪化し黄鉄鉱鉱染；⑥凝灰岩；⑦破碎状白雲岩，この白雲岩の右方の縁辺部には黄銅鉱，閃亜鉛鉱をともなう石英脈がみられる；⑧断層。

易に対比することができないが、火山堆積鉍化期及び広域変成鉍化期の第一褶曲—変成作用段階には認められない200℃以下の温度が測定されている。

以上の鉍床地域には含まれないが、紅木溝鉍床の石英脈では、170℃～470℃と幅広い値が、しかも470℃という非常に高い温度が得られている。

#### ⑥ 鉍床規模

東溝垣鉍床；採掘されている鉍床は長505m，厚4.45m，深度150～300m；120鉍体；総鉍量2,332,670t（中国側資料による）。

陳家垣鉍床；鉍床群全体の東西長は約2km，南北幅は約500m，一部は走行長100m，そのほかは不明。

秦家砭鉍床群；鉍床群全体の東西長は約1.3km，南北幅は約300m，一部は走行長100m，そのほかは不明。

#### ⑦ 構造上の位置（図1-6参照）

東溝垣鉍床；東西方向軸を持ち南に転倒した背斜構造の北翼。

陳家垣鉍床；東西方向軸を持ち南に転倒した背斜構造の南翼。

秦家砭鉍床群；東西方向軸を持ち南に転倒した背斜構造の南翼。

以上のように、陳家垣鉍床—秦家砭鉍床群には共通することが多い。しかしながらこれらと東溝垣鉍床の間には以下のような違いがある。東溝垣鉍床では構成鉍石の量比において方鉛鉍が最も多く、黄鉄鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍がそれに続き、金も含まれるのに対し、陳家垣鉍床—秦家砭鉍床群では、黄鉄鉍が最も多く、閃亜鉛鉍、黄銅鉍がそれに続き、方鉛鉍の含有量は少ない。特に顕著な差異は陳家垣鉍床—秦家砭鉍床には鉍脈型鉍床が認められるということである。

#### b) 鉍床母岩の地化学特性

本年度調査中に採取した岩石試料の化学分析に基づく地化学特性は以下の通りである。岩石試料の化学分析値は表1-3に、試料採取位置は図1-3に示す。

東溝垣鉍床帯の試料；RK-68, 69, 72, 73

広域的に東溝垣鉍床と同じ鉍化帯に属する試料；RK-92, 94

陳家垣鉍床帯の試料；RK-76

秦家砭鉍床帯の試料；RK-78～82

中央部東西に延びる石英安山岩溶岩帯の試料；RK-50～63, 74, 77, 86, 87, RY-92, 94～97, 103～107

石英安山岩溶岩の北部に位置する凝灰岩試料；RK-64～73, 88～96, RY-80～91, 93, 101, 102, 107～112

石英安山岩溶岩の南部に位置する凝灰岩試料；RK-75, 76, 78～85, 102, 98～102

東溝垣鉍床帯の試料RK-68, 69, 72, 73のうちRK-68, 69は現在採掘中の鉍床により近い位

置にあり、RK-72, 73は走行方向にそれより離れている。鉍化に関係しない岩相との比較における分析値の特徴は以下の通りである。

① 鉍床近くで高い値を示すのはPb, Au, As, Hgである。特にPbは2.8%及び4.4%を示し、鉍化がそのまま延長しているとも考えられる。Cuは若干ながら高い。

② 離れた位置ではZn, Cu, Ni, Au, As, Ba, Ag, Hg, Fe, Mgが高い。

試料の数が少なく、統計的に述べることはできないが、鉍床を形成する元素がいずれも高異常を示していることがわかる。各点ですべての鉍床構成元素が同時に高異常値を示すのではないのが特徴である。Mgは鉍化とは関係なく、高異常の理由は不明である。東方の超塩基性岩体の貫入に関連しているのかもしれない。

広域的にみて東溝垣鉍床の鉍化帯に属する試料では、やはりCu, Pb, Zn, Au, Ag, As, Hg, Ba, Feに高異常が認められる。しかしながらこれも同様に一点にすべての元素が同時に高異常を示しているのではない。

陳家垣鉍床-秦家砭鉍床帯中の試料でも同様のことがいえる。Cu, Zn, Au, As, Ni, Hg, Feなどに高異常が認められるが、異常は一点にまとまってはいるのではない。各点に比較的共通して異常を示す元素はAs及びHgである。

中央部東西に延びる石英安山岩溶岩帯の試料ではいずれの元素の分析値も低レベルを示している。Znは53~140ppm, Cuは24~152ppm, Pbは10~28ppm, Auは1.3~6.0ppb, Asは1.8~17ppm, Agは0.05~0.11ppm, Hgは0.03~0.09ppm, そしてFeは1.91~5.00%である。この中で、珪化した岩石試料RK-77はAuが240ppb, Asが27ppmという異常を示している。

鉍床の成因と関連しているのかどうか明瞭ではないが、秦家砭地区のNa含有量は東溝垣地区に比較し数分の1程度となっている。

#### c) 鉍床生成モデル

##### ① 東溝垣鉍床

火山活動が中酸性~塩基性溶岩から石英安山岩質凝灰岩に移る時点で凝灰岩中に形成された。鉍床は塊状の高品位部分を中心とし、それをとりまいてより低品位の鉍化ハローがある。鉍床下盤に広く分布する石英安山岩質溶岩は大規模で、西北西-東南東方向に延びる背斜軸部を形成しているが、鉍化をもたらしたと考えられるような黄鉄鉍などの硫化物は認められていない。むしろ、溶岩に挟在する凝灰岩中に磁鉄鉍が存在していることが確認されている。一方、鉍床直下位の中酸性~塩基性溶岩には部分的に黄鉄鉍が鉍染状に認められ、これが鉍化作用に関係していたのではないかと推定される。この溶岩の規模は石英安山岩質溶岩に比較し規模は極めて小さい。凝灰岩中の鉍化は広い範囲にわたり、多段階で、複数の層準に黄鉄鉍などの鉍化と絹雲母化作用、珪化作用などの鉍化変質が認められる。

鉍床形成後、構造運動により現在のような急傾斜を呈するに至っている。

## ② 陳家垣鉍床-秦家砭鉍床群

陳家垣鉍床、秦家砭鉍床のいずれも東溝垣鉍床と同様に塩基性～中酸性の凝灰岩中、及びそれと苦灰岩との境界付近に胚胎する。本鉍床が胚胎する地区の凝灰岩は北より南に向かい粒度が細粒化し、層準は北側が下位、南側が上位と判断される。塊状の同成堆積鉍床(?)と脈状鉍床が混在する。両鉍床の直下には溶岩はみあたらず、鉍化作用に直接関係した溶岩の所在は不明である。鉍化帯と同層準中の溶岩は東方の陳家垣東及び西方の紅土石付近には存在するが、いずれも安山岩質の岩体で、近くには優勢な鉍化作用は認められず、岩体内にも鉍化作用に関係したと考えられる硫化物などの存在は認められない。

両鉍床群には塊状鉍床のほかに上述のように脈状鉍床があり、2段階以上の鉍化作用を被ったことは明らかである。塊状鉍床は同成鉍床であるという証拠は確認していない。また塊状鉍床の構成鉍物は東溝垣鉍床が細粒であって、方鉛鉍が高い量比を示しているのに対し、陳家垣鉍床では黄鉄鉍が主体で、必ずしも細粒ではない。特に、脈状鉍床では極粗粒の閃亜鉛鉍及び黄鉄鉍などで構成された鉍石も存在し、明らかに東溝垣鉍床とは異なっている。ただし、鉍化変質は絹雲母化及び珪化作用が主で、東溝垣鉍床と類似する。

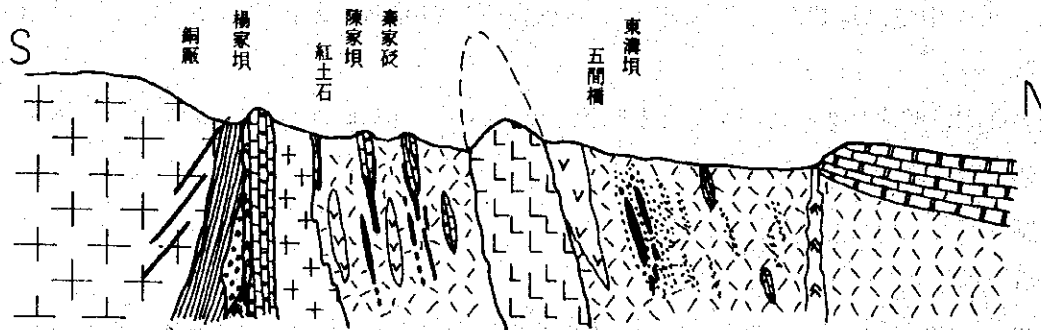


図1-6 A地区模式断面

(地質凡例は図1-2に同じ)

### 3) 考 察

これまでに検討した3つの鉱床あるいは鉱床群を以下のようにまとめられ、有望地区が抽出される。

#### ① 地質層序上の位置の違いについて

今年度調査対象地域となったA地区の中央部陳家垣から西北西方向に延び広く分布する石英安山岩質溶岩があり、これを境に北側及び南側に凝灰岩が分布している。北側の凝灰岩は南から北に向かいその成分を中性からやや酸性に変化させるとともに粒度は細粒化する。一方、南側はその成分はほとんど変わらないものの粒度は北から南に向かい細粒化する。この構造は石英安山岩質溶岩部を軸とする背斜構造と考えられるが、南翼と北翼の岩相は対等には対比されない。特に北側には安山岩質の溶岩がありそれが直接に鉱化作用と関連していると考えられる。南側には直接鉱化作用に関連すると考えられる溶岩は存在していないが、西方の紅土石には強い鉱化作用が見られ、近くに安山岩質溶岩が認められる。

東溝垣鉱床は粗粒～細粒の凝灰岩中に胚胎するが、南翼には粗粒以上の粒度の凝灰岩が分布し、細粒の凝灰岩は分布していない。従って鉱床が胚胎する場合は若干異なっていると考えられる。また、南側では苦灰岩を多く挟在し、その苦灰岩と鉱床とが位置的に関連するが、北側では鉱床と苦灰岩は特に位置的な関連性はない。

#### ② 背斜構造を復元した場合の両鉱床の平面的位置の違いについて

背斜構造を、軸に沿った方向の移動がないとして復元した場合を考えてみると、北側では東溝垣鉱床が鉱化作用の中心であり、南側では紅土石鉱床が鉱化作用の中心であると考えられることもできる。また、東溝垣鉱床と陳家垣-秦家砭鉱床との距離よりも紅土石鉱床と陳家垣-秦家砭鉱床の距離の方が近いので、陳家垣-秦家砭鉱床は紅土石鉱床から強い影響を受けたと考えられることができる。

#### ③ 構成鉱物の違いについて

上記のように東溝垣鉱床の構成鉱物と陳家垣-秦家砭鉱床の構成鉱物は明らかに異なっている。東溝垣鉱床は塊状、縞状の鉛亜鉛鉱を主体とするのに対し、陳家垣-秦家砭鉱床は塊状の黄鉄鉱に鉱脈状の銅鉛亜鉛鉱が追加されている。

#### ④ 鉱床の形成過程の違いについて

上記の構成鉱物の違いから明らかなように、東溝垣鉱床の生成が一つの継続的な火山作用に伴うものであるのに対し、陳家垣-秦家砭鉱床は特定の火山作用との関連性が明瞭ではないうえに異種の複数段階の鉱化作用が考えられる。

#### ⑤ 岩石化学特性の違いについて、異常値の差について

鉱床母岩中の構成主要元素については、鉛の含有量に大きな差がみられ、秦家砭地区の亜鉛の異常が東溝垣地区より高い場所もある。Naの含有量は秦家砭地区が東溝垣に比べ高い。このように岩石化学特性は東溝垣地区と秦家砭地区ではその傾向においても異なっている。

## ⑥ 鉍化変質の強度及びその規模について

鉍化変質の強度も、鉍化変質が認められる地区全体の平面的広がりもほぼ同程度である。以上をまとめると以下の通りである。

陳家垣—秦家砭鉍床群が火山作用に伴う堆積鉍床とした場合、東溝垣、紅土石鉍床と一連のものとも、陳家垣—秦家砭鉍床群が鉍化作用の中心部分であるとは考えられない。むしろ中心部分から離れた縁辺部に位置するとみるのが妥当であろう。あるいは、地下に別の鉍化の中心があるのかもしれないが、これらの鉍床群の主な部分が脈状鉍床であるとするとも紅土石鉍床とは切り放して考えなければならない。このように紅土石鉍床から陳家垣—秦家砭鉍床群一帯が火山堆積性鉍床及び鉍脈鉍床の胚胎の可能性のある区域と考えられる。

### 1.1.2 物理探査

#### 1) 調査方法及び調査数量

電磁法調査としてCSAMT法、アレイ式CSAMT法及びAMT法を実施した。

##### (1) CSAMT法及びアレイ式CSAMT法の概要

CSAMT法は、Controlled Source Audio Magneto Telluricの略称である。人工的にある周波数の電流を流し、その電流によって誘起された電場及び磁場を信号源から遠く離れた場所で受信し、電場・磁場強度からその周波数の見掛比抵抗を求め、地下の比抵抗構造を把握する手法である。

調査方法はMT法理論に基づいており、流す周波数が低いほど信号は地下深く透過するため、周波数を変えて測定することにより浅部から深部までの比抵抗の情報を得ることができる。また、安定した人工の信号を受信するため精度の良いデータを取得することができる利点がある。

アレイ式CSAMT法は、電場を測線上で連続して測定するCSAMT法である。

従来のCSAMT法は1測点のみで電場と磁場を測定し、地下の比抵抗構造を求めることを特徴とした手法であり、測定能率上一般に測点密度が粗く、微細な比抵抗の変化を捕捉するにはやや難点があったといえるが、アレイ式に電場データを細かく取得することにより、局所的な比抵抗異常を検出でき、精度の高い比抵抗構造を得ることができる。

アレイ式CSAMT法の測定では、電位電極を50m間隔に埋設し、電位電極からの信号線を受信機の電極入力端子に接続する。受信機GDP-16/8chでは、1アレイの測定で電場7成分、磁場1成分の同時測定が可能である。

##### (2) AMT法の概要

AMT法は、Audio Magneto Telluricの略称で、CSAMT法では人工的に電流を流してある周波数の信号を受信するが、本手法では太陽の黒点活動あるいは雷放電によって発生する自然の電場・磁場を観測する。低い周波数を観測することにより地下深部の比抵抗構造を解明できるが、自然の信号強度は気候など時間的制約を受けやすく、人工信号源を用いるよりS/N比が悪く、

長時間の測定を必要とする。

測定方法はCSAMT法とやや異なり、自然の信号は電磁波の卓越方向が不明であるため、受信点を中心に電場は水平方向に2方向 ( $E_x$ ,  $E_y$ )、磁場も水平方向に2方向 ( $H_y$ ,  $H_x$ ) 測定する。

### (3) 現地測定及び調査数量

CSAMT法の測点は調査地域を網羅するよう250m～300m間隔で配点した。

流電電極は、測点との距離が5 km以上離れるように調査地域の東側に2箇所設定した。電流電極の間隔は1.5km～1.8kmで、銅板を地表下約50cmの深さに埋設し、電極の接地抵抗が100Ω以下となるようにした。流電電流は最大6.5 Aである。

受信する電場は非分極性の電位電極（鉛-塩化鉛）で受信した。電位電極の位置決定にはコンパスを使用し、電極の接地抵抗は安定した信号を受信できるように原則として10 k Ω以下になるようにした。

磁場は磁場センサーで受信した。センサーは電位電極のほぼ中心に測線と直交する方向に、水平に設定した。

CSAMT法の測定周波数は、ニアフィールドの確認できる下限周波数以上とし、少なくとも4 Hz～4,096Hzの11周波数を含むものとした。8,192Hz, 2 Hz, 1 Hzのデータはばらつきが大きく、一部の測点で測定したのみで大部分の測点では省略した。

アレイ式CSAMT法の測線は、東溝垣、陳家垣、秦家砭などの既存鉱床を含むように南北方向に3測線設定した。

AMT法の測点は、CSAMT法測定の結果により比較的ノイズの少なくデータ品質の良好な測点を中心に配点した。

CSAMT法、アレイ式CSAMT法及びAMT法の測点位置は図1-21に示す。また調査面積及び調査数量を表1-9に示す。

表1-9 調査数量一覧 (A地区)

地域名	調査面積	CSAMT法	AMT法	アレイ式CSAMT法
銅廠地区	20km <sup>2</sup>	126点	24点	4 km (84点)
岩石サブル測定		18個		

なお、測定機は、CSAMT法については日本から持参した米国Zonge社製のGDP-16と中国中南工業大学所有の同型機の2台で測定を行った。アレイ式CSAMT法及びAMT法については日本側の測定機を用いた。



## 2) 調査結果

### (1) 解析の流れ

CSAMT法・AMT法データの解析方法を図1-20に示す。

#### a) 一次元解析

測定された周波数の見掛比抵抗は、真の比抵抗値を表すものではないため、見掛比抵抗曲線からこの曲線に最もよく合う比抵抗構造を求める必要がある。一次元解析は測点の地下の比抵抗構造が横方向に無限に連続した水平多層構造を仮定しており、調査地の概略的な比抵抗値を推定する場合、一般によく用いられる解析手法である。この場合は測点毎の解析になり、隣接した測点のデータは考慮していない。

解析では、見掛比抵抗曲線の変曲点の数から地下の比抵抗の層の数を推定し、任意の比抵抗値を初期値として与え、見掛比抵抗曲線に最もよく合う比抵抗値及びその厚さを最小二乗法による逆解析（インバージョン）で算出した。隣接する測点とほぼ同様な比抵抗構造が得られた場合、測点近傍ではほぼ水平多層構造であると考えられる。逆に隣接する測点と大きく異なった構造が得られた場合、測点間に比抵抗不連続線が存在することになり、断層などが推定される。

本調査地域では、ニアフィールド現象が大半の測点で観測されているが、これは送信電極が受信点から有限の距離にあるためであり、本解析ではAnderson, W.L. (1974) の提唱した解析方法により、ニアフィールド領域では送信電極の座標、各受信点の座標を用いて有限長の送信電極からの流電電流を考慮した一次元解析処理を行なっている。

#### b) CSAMT法データとAMT法データとの結合

本調査地域のCSAMT法データは、測点により異なるが概略32Hz～512Hzよりも低周波数領域でニアフィールドの影響が認められた。ニアフィールド領域のデータは、電場と磁場の位相差が極端に小さくなり、電場・磁場の値が周波数によって変化しなくなる。これらの曲線を画面表示し、同時にCSAMT法とAMT法の見掛比抵抗曲線を表示して、低い周波数帯ではMT法の見掛比抵抗値を、高い周波数帯ではCSAMT法の見掛比抵抗値を採用し、両者の比抵抗値を結合して見掛比抵抗曲線を作成した。両手法の測定は、電位電極は同一地点であるが、磁場センサーの位置がずれている場合がある。従って見掛比抵抗値にギャップが生じた場合は、データ量の多いCSAMT法の曲線にAMT法の曲線をシフトさせてスムーズな見掛比抵抗曲線を得た。

#### c) 二次元解析

結合したデータを用いて測線に沿った二次元解析を実施し、調査地域の比抵抗構造を詳細に解明した。AMT法のデータのない場所ではニアフィールドの領域の周波数を除いたCSAMT法のデータを使用した。二次元解析では、隣接する測点のデータの連続性あるいは変化を考慮しながら地下の比抵抗構造を求めるので、一般に一次元解析より信頼性の高い構造を解明

できる。

二次元解析には、内田・小川（1993：地質調査所）の二次元解析プログラムを使用した。これはMT法の順-逆解析プログラムであり、フォワード（順）計算とインバージョン（逆）計算が独立したプログラムで構成されている。本プログラムを用いる場合、測定値と計算値が一致するまで順計算と逆計算を交互に繰り返すことになる。

逆計算部は、最小二乗法に基づくモデルの反復修正によるが、ABICの最小化法に基づきパラメータがスムーズな分布を成すような平滑化条件を与えられている。また順計算部は、有限要素法を用いている。本プログラムの特徴として、地形データを入力することにより、メッシュを変形させて計算を行うことができ、地形の影響を考慮することができる。

インバージョンのパラメータとしては、TMモードによる計算処理を行い、見掛比抵抗及び位相差を収束因子とした。また解析に当たっては、各格子に与える比抵抗値を均質にして二次元解析用初期モデルを作成し、測定値と計算値が一致するまでフォワード・インバージョン計算を繰り返した。

## (2) 岩石サンプル測定結果

岩石サンプル測定では0.125Hzの矩形波を流して電位差から比抵抗を求めるとともに、高調波（1Hz）の電位差同時に測定することにより分極率（PFE）を求めている。A地区の岩石サンプルの測定結果を表1-10に示す。

最小の比抵抗値は、黒色粘板岩の $500\Omega\cdot m$ であり、最大値は菱苦土岩の $230,000\Omega\cdot m$ である。凝灰岩類は $1,000\sim 6,000\Omega\cdot m$ と比較的小さく、苦灰岩や貫入岩類は $10,000\sim 200,000\Omega\cdot m$ と大きい。苦灰岩は割れ目が発達したGK6では $3,900\Omega\cdot m$ と他の苦灰岩に比べて1/3程度に小さくなっており、割れ目の発達により硬質な岩石ほど比抵抗の低下する割合が大きい。

IP異常は、菱苦土岩が2%~6.5%と比較的大きな値を示しているほか、苦灰岩中でも5%のPFEがGK5で認められる。黒色粘板岩は肉眼で黄鉄鉱が認められるが、PFEは1.4%と小さい。

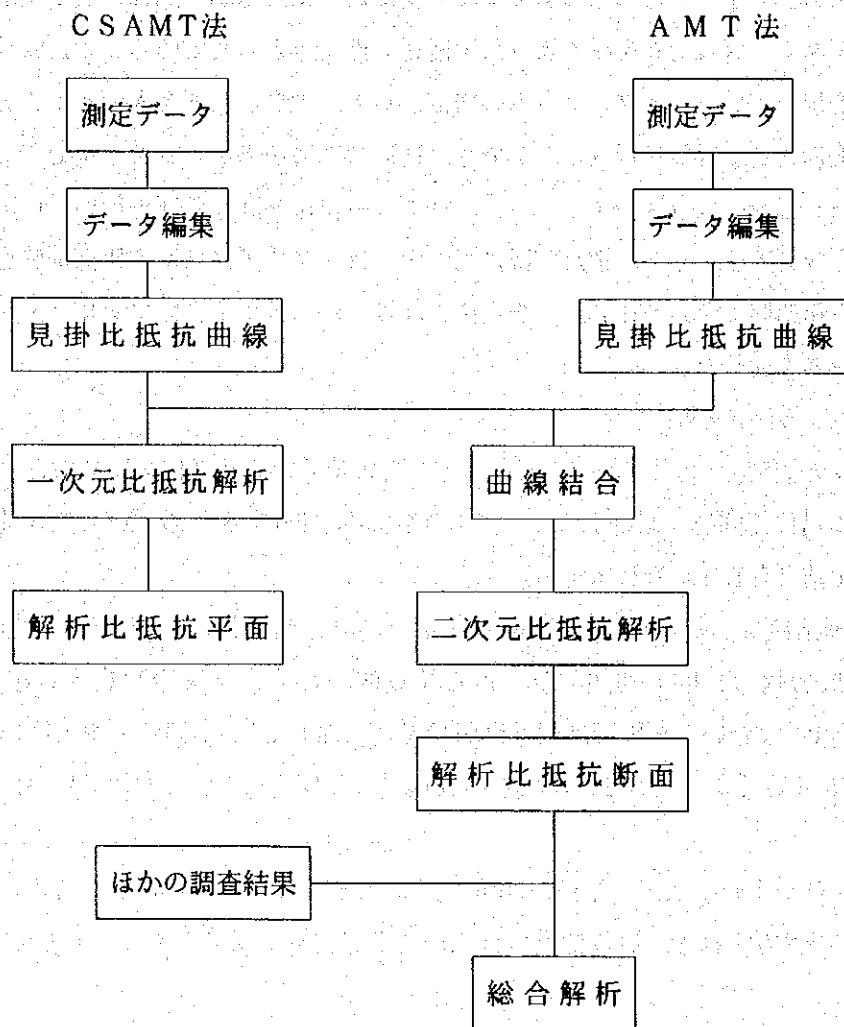


図1-20 解析流れ図

表1-10 岩石サンプル比抵抗測定値一覧表 (A地区)

試料番号	岩種	層理面に対する測定方向*	比抵抗 ( $\Omega \cdot m$ )	IP異常 PFE(%)
GK 1	石英安山岩		42295	0.56
GK 2	中性凝灰岩	平行	1476	0.32
GK 2		直交	6495	1.17
GK 3	苦灰岩		9803	0.89
GK 4	安山岩溶岩		16481	0.29
GK 5	苦灰岩		14489	5.13
GK 6	苦灰岩	平行	3942	-0.78
GK 6		直交	16767	0.16
GK 7	菱苦土岩		236307	2.28
GK 8	酸性凝灰岩	平行	2635	-0.37
GK 8		直交	2458	-0.34
GK 9	塩基性岩		21615	0.12
GK10	菱苦土岩		194012	6.51
GK11	輝緑岩		22588	0.41
GK12	蛇紋岩		7380	-0.05
GK13	黒色粘板岩(含黄鉄 鉱)	平行	503	0.07
GK13		直交	2806	1.43
GY12	石英安山岩	平行	5065	0.17
GY12		直交	7431	0.20
GY13	苦灰岩		18475	-0.17
GY14	塩基性凝灰岩		3106	0.16
GK15	塩基性凝灰岩	平行	4755	-0.17
GK15		直交	5984	0.82
GK16	塩基性凝灰岩		4650	0.06

\*層理や割れ目の多い岩石サンプルについては、電極の接触面を代えて2回測定した。結果は、「層理面に対する測定方向」の項目に「平行」または「直交」と表示している。また、割れ目の少ない岩石サンプルについては上記の項目に何も記載していない。

### (3) 二次元解析結果

二次元解析は、アレイ式CSAMT法を実施した3測線に対して行った。AMT法データは、アレイ式CSAMT法測線の延長上のCSAMT法測点で実施されている場合はCSAMT法データと連結して使用し、アレイ式CSAMT法測線の近傍で実施されている場合はアレイ式CSAMT測点上で測定されたものとみなして解析に用いた。

二次元解析の結果は図1-22に断面図として表現し、地質的な解釈を模式図として併記した。

#### (a) E 測線

秦家砒鉍床を通る測線である。秦家砒鉍床はアレイ式CSAMT法測線の測点No.10~20付近に位置し、棺材山はアレイ式CSAMT測線の南側で測線のほぼ中央に位置する。棺材山北側のアレイ式CSAMT測点No.2付近から北側では全体に高比抵抗層が分布し、その南側では300

$\Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗層が分布する。境界部は顕著な比抵抗不連続線となっており、垂直もしくは $60^\circ$ 以上の北側傾斜と考えられる。

北側の高比抵抗は石英安山岩溶岩の分布域と一致しており、棺材山の苦灰岩は $200 \sim 400 \Omega \cdot m$ の比抵抗と判断される。従ってかなり亀裂に富んでいるものと考えられる。

棺材山南側の低比抵抗は塩基性凝灰岩と考えられ、深度 $1,000m$ 以深の高比抵抗層は閃緑岩に対応しているものと推定される。

秦家砦鉍床付近は $100 \sim 300 \Omega \cdot m$ 程度の比抵抗層となっており、周辺に較べてやや低く、深度 $200m$ 付近まで連続している。秦家砦鉍床は塩基性凝灰岩中に胚胎するが、深部で高比抵抗を呈することからみて、鉍床付近の塩基性凝灰岩は比較的薄く、その深部は石英安山岩溶岩が分布している可能性が高い。

#### (b) I 測線

東溝垣鉍床を通る測線である。東溝垣鉍床はアレイ式CSAMT法測線の測点No.74付近に位置する。

測線中央部のアレイ式CSAMT法測点No.34付近から $70^\circ$ 北側傾斜の比抵抗不連続線が認められるほか、測点No.14の深度 $400m$ 付近を中心とする高比抵抗層の分布が認められる。比抵抗不連続線は北側の塩基性溶岩と南側の塩基性凝灰岩の境界となる断層を表現したものと考えられる。また、深度 $400m$ 付近の高比抵抗層の分布は閃緑岩の岩株を予想させる。

本測線でもっとも低い $150 \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗層が、測点No.24から南側に広がっており、測点No.59まで地表から深度約 $150m$ の間に分布する。この低比抵抗は塩基性凝灰岩及び粘板岩の分布地域と一致するが、E測線と異なり深度 $150m$ 以深から高比抵抗を示していることから、閃緑岩がかなり広く分布している可能性もある。

東溝垣鉍床付近には、測点No.70を中心とした深度 $250m \sim 300m$ を中心とする $250 \Omega \cdot m$ 程度の低比抵抗層があり、幅約 $200m$ 、厚さ $150m$ の規模で楕円形状に分布している。そのほか、北側の測点No.84の地表付近にもほぼ同様の比抵抗層が分布するため、両者をつなぐ南傾斜約 $40^\circ$ の低比抵抗層として抽出される。そのため、測点No.56の尾根を中心として幅約 $1,000m$ 、層厚 $200m$ 程度の高比抵抗層が緩い凹型形状として認められる。本測線は東溝垣鉍山の西側を通過しており、測点No.70深部の低比抵抗が鉍床を反映していると考えられる。この低比抵抗が南落ちの分布をなしていることについては、鉍化帯の分布が南落ちとなっているのか、あるいは地質的に考えられる北側傾斜の鉍化帯が断続的に分布することにより南落ちの低比抵抗分布として表現されているのかは明かでない。

#### (c) K 測線

陳家垣鉍床を通る測線である。陳家垣鉍床は測点No.4付近に位置し、銅廠鉍床（鉄及び銅鉍床）は測点No.76から北側約 $100m$ 付近に位置している。

測点No.30付近に地表浅部から深部に連続する $150 \Omega \cdot m$ 以下の低比抵抗層が垂直に分布す