

れた地域であり、鶴頭殿・進納殿などの禄武地域の南方延長部に当たる。易門鉱床群も本地区中に包含される。

④ 夏酒地区：本地区では画像から大規模な環状構造が判読されており、環状構造の内側には原生界下部層の分布及び鉱徴地の存在が知られている。原生界の大部分が中生界に覆われており、その構造が隠されているが、おそらく激しい構造運動及び地塊のブロック化を受けているものと考えられる。

⑤ 新街地区

本地区においては、直径25km程度の大規模な半環状構造が抽出された。中生界の分布域であるため、地表には鉱徴地は認められていないが、夏酒地区同様、下位の原生界中には鉱床が胚胎する可能性がある。

3.8 現地検証調査

3.8.1 調査対象地域及び調査手法

地質単元の判読素図から作成した1/50万のコンパイル図により、上部始生界～下部原生界の分布域を抽出し、これに画像解析から判読された地質構造要素及び既知鉱床・鉱徴地の分布を重ね、鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区を選定した。このうち、第1年次に現地検証を実施した東川地区及び禄武地域を除く下記4地区を現地検証対象地区とした。

① 皎平渡地区、② 四川省地区、③ 小緑江地区、④ 夏酒地区

さらに画像からは抽出されなかったが、既存資料から中生界に胚胎する層状銅鉱床（含銅砂岩）分布域である牟定地区を検証ルートに加えた。

これら対象地区のうち、アクセス、時間、行政的制約により②四川省地区の調査ができなかったため、実際の現地検証は4地区において実施した。調査期間は平成6年11月8～24日であり、日中合同で実施した。

現地検証調査のルートを図3-14、検証結果を図3-15に示した。なお、現地検証に使用する精度の良い地形図が入手できないため、位置確認にはTPC地形図(Tactical pilotage chart)及び携帯用GPS(Global positioning system)を使用した。

3.8.2 現地検証調査結果の概要

(1) 地質単元区分

画像から識別された40の地質単元のうち、主要なものの岩相を観察し、画像再判読のための基礎データを得た。小緑江地区に分布する原生界の小規模な変成岩体及びジュラ系の被覆の一部が読み取れなかった以外は、判読結果と現地調査結果はほぼ一致した。

(2) 地質構造

主要断裂及び主要褶曲について現地検証を行った結果、判読結果との整合性が確認さ

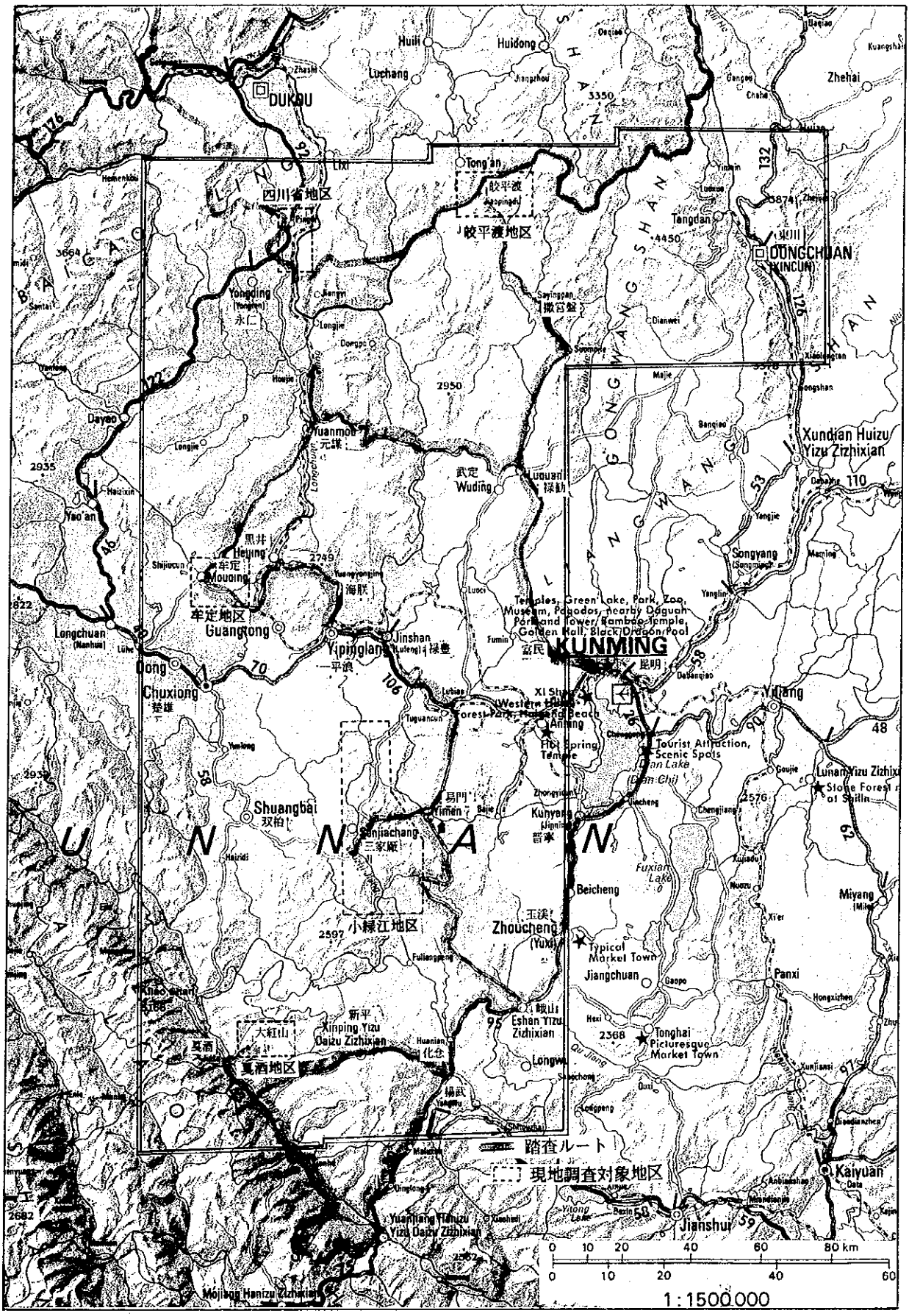


図3-14 現地検証調査ルート図

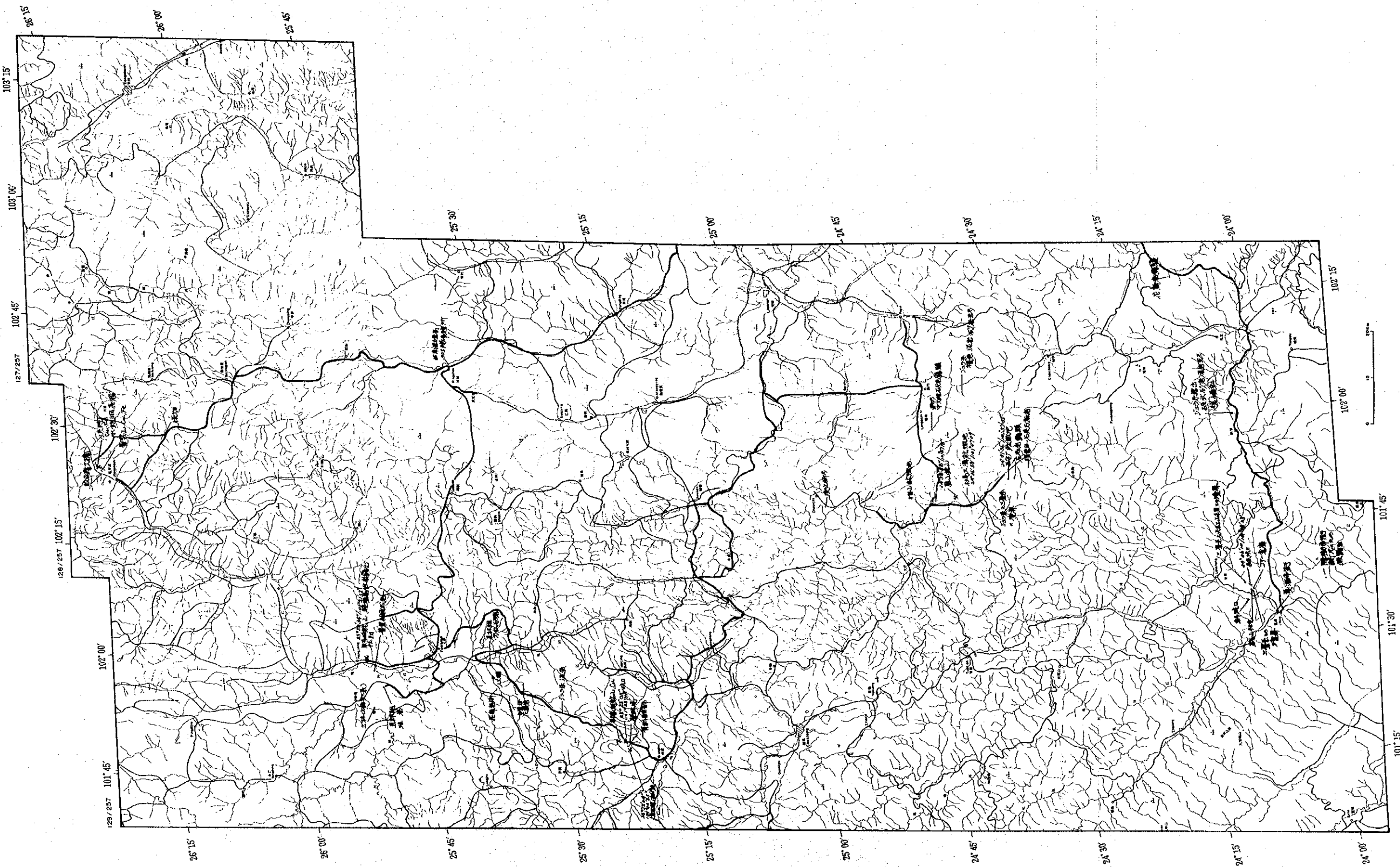


図3-15 現地検証調査結果図

れた。環状構造については夏酒地区の環状構造（長径25km×短径20km）のほかいくつかについて調査したが、規模が大きいため、現地調査では直接は確認できなかった。

(3)地質単元、地質構造と鉍化作用の関係

①皎平渡地区

本地域の鉍徴地としては、四川省との省境となっている金沙江沿いの皎平渡・洪門廠村において、現在民採により稼行されている洪門廠(Hongmenchan)鉍山と雲南省禄勸県及び四川省によって稼行されている筆架山(Bijiashan)鉍山の2つが確認された。

両鉍山とも鉄鉍石（主として磁鉄鉍）を目的とした採掘・開発が行われているが、採掘レベルより下部では黄銅鉍・斑銅鉍・輝銅鉍などの銅鉍物が鉄鉍物と共存する。地質環境及び鉍床タイプが東川鉍床地域と類似しているため、鉄鉍床のみでなく、銅鉍床が胚胎する可能性があると考えられる。

両鉍山の鉍床胚胎層は東川鉍山地域の大菅盤(Dayunpan)層に対比されているが、判読による地質単元区分ではPt₂₋₆であり、東川地域の落雪層に対比される可能性がある。注目すべき点は上記両鉍徴地を囲む直径3km程度の環状構造が識別されることであり、東川鉍床地域同様、これら環状構造を形成した構造運動が鉍化作用に関与している可能性が考えられる。

②小緑江地区

地質構造については、画像から判読した主要断裂のうちのいくつかを現地において確認した。

鉍徴地は西安廠、木場大溝及び梅山の3地点で観察された。いずれも原生界中にみられる黄銅鉍・孔雀石・黄鉄鉍などの小規模な鉍徴である。

このほか、阿百里(Apari)付近においては、最近の磁気探鉍及び地化学探査で強い示徴が得られ、新鉍床の発見が期待されているが、アクセスが悪く現地検証ができなかった。

③夏酒地区

画像から判読された環状構造の内側に分布する下部原生界大紅山層群紅山層の變火山岩、片岩、曼崗河層の大理石などの岩相及び三疊系との不整合関係を確認した。

この環状構造の内縁部付近では、現在、大紅山鉍山（層状鉄・銅鉍床）が中国有色金属工業総公司（CNNC）により開発中である。同鉍床は原生界下部中に胚胎する層状鉍床であり、火山噴気性～火山堆積性とされている。鉍床胚胎層である大紅山層群曼崗河層及び紅山層は、近傍の底巴都、東公などにも分布しているため、これらの地域についても同タイプの鉍床の賦存が期待されている。

④牟定地区

本地区のいわゆる「含銅砂岩」のうち、牟定の北方約10kmにおいてCNNCの雲南

牟定銅鉱が操業する郝家河鉱山、清水河鉱山について現地調査を実施した。両鉱山は中生代白亜系の馬頭山組に対比される石灰質砂岩中に胚胎する層状銅鉱床で、銅鉱物は主として孔雀石と少量の輝銅鉱及び斑銅鉱であるが、平均粗銅品位は低くCu 0.8%である。

このタイプの鉱床胚胎地域には激しい構造運動は認められない。画像から郝家河鉱山及び清水河鉱山の間部には南北系の背斜構造が判読され、両鉱山はこの背斜の両翼部に位置することが明らかとなったが、鉱化作用と地質構造との関連は明らかでない。従って、褶曲構造の詳細な解析をすることにより、鉱床胚胎層準の追跡が可能かもしれない。例えば、郝家河鉱山及び清水河鉱山の南東延長域には同タイプの鉱床である格衣乍鉱山及び老青山鉱山が知られている。格衣乍鉱山の北方約2kmには東西系の背斜構造が画像から判読されるため、この背斜の北翼部においても鉱床層準の連続が期待できる。

このほか、元謀(Yuanmou)北方にある休止中の朱布鉱山(原生界の変成岩中に貫入した超塩基性岩に伴う白金・パナジウム)において、鉱床の母岩となる超塩基性岩を観察した。

以上、画像解析から抽出された探銅有望地区を主体に現地検証調査を実施し、いくつかの鉱徴地や開発中の鉱山を確認できたが、これらの詳細については巻末資料3-1及び3-2として別記する。

3.9 まとめ及び考察

3.9.1 本年度解析作業のまとめ

(1) 本年度は禄武周辺地域について、日本の資源探査衛星JERS-1のCCTデータを用いて、フォールスカラー画像9シーン、立体視画像4シーン及びSAR画像2シーンを作成した。これら画像の判読結果から抽出した地質情報、現地検証結果及び既存資料解析結果により、鉱化作用と地質単元・地質構造との関係を総合的に解析した。

JERS-1搭載のOPSはランドサットのOPSより分解能が高いため、本年度のフォールスカラー画像は第1年次のTM及びMMSによる画像と比較し、はるかに高品質で地質判読に適した画像を作成できた。

(2) これら画像の判読により、既存地質図(1/100万)と比較し、より精度の高い地質単元区分ができた。特に、第1年次にできなかった中生界の細分が可能となり、ジュラ系及び三畳系の地層の分布を詳細に追跡することができたため、結果として、鉱床胚胎層である原生界の分布を適格に把握することができた。

地質構造については、立体視画像及びSAR画像の併用により、従来報告されていない多

数の断裂構造、褶曲構造及び環状構造が判読できた。第1年次の判読では、環状構造としては新街地区の大規模な半環状構造が識別できたのみであったが、本年度は、大小さまざまな環状構造が抽出され、その多くが鉱床賦存地域に発達していることが注目された。

このように、岩相区分、地質構造判読のいずれにおいても、JERS-1データの有効性が証明された。

(3) 判読結果及び既存資料解析により、既知鉱床の胚胎場と同じ地質条件を有し、探鉱ポテンシャルが高い地区として、① 皎平渡地区、② 四川省地区、③ 小緑江地区、④ 夏洒地区、⑤ 新街地区、⑥ 牟定地区の6カ所を抽出した。これらのうち、種々の制約のある四川省地区を除く5地区について現地検証調査を実施し、鉱化作用と地質単元・地質構造との関係の解明を図った。

(4) 判読結果、既存資料解析結果及び現地検証調査を総合的に解析した結果、鉱化作用と地質構造の関係について下記の通り考察された。

- ① 皎平渡地区においては、東川地区同様、激しい構造運動により中部原生界のブロック化が起きており、かつ、洪門廠、筆架山などの銅鉱物を伴う層準規制型の鉄鉱床の存在が知られている。また、両鉱床を囲む小規模な環状構造が判読された。同様に、東川地域においても、3つの環状構造が判読され、既知鉱床群はその外縁部及び周辺部に分布する傾向が認められる(図3-16)。夏洒地区においても、開発中の大紅山鉱床が大規模な環状構造の内側の局所的な隆起部中に位置することが明らかとなった。従って、これら環状構造を形成した構造運動が鉱化作用に関与している可能性が考えられる。

最近、新生代後期の浅熱水性の金鉱床において、陥没性環状構造が鉱化作用と密接に関係するといわれている。これは火山性陥没に伴い形成された弱線部が鉱液の供給及び鉱床胚胎の場となっているという考え方である。

本地域にみられる環状構造は、ほとんどが隆起性のものであり、一般的には下部におけるマグマの進入やダイアピルがその原因といわれている。禄武周辺地域においては地表において貫入岩の発達はそれほど著しくないが、大紅山鉱山においては下部で塩基性岩体の貫入が確認されており、皎平渡地区及び東川地区についても火成岩体が潜在する可能性が考えられる。禄武及びその周辺地域の層準規制型の銅・鉄鉱床については、種々の鉱床タイプがあり、その成因についても、堆積変成性、火山噴気性、火山堆積性、火山源熱水交代作用、気液充填交代作用など種々の説が考えられている。いずれにしても、マグマの進入により形成されたドーム構造に伴う環状弱線部がマグマ起源の鉱液の通路となった可能性が考えられる。

- ② 小緑江地区においては、地質構造は複雑であるが、上記地域のような著しい地塊のブロック化及び環状構造の発達はみられず、褶曲構造は比較的判別しやすい。従って、

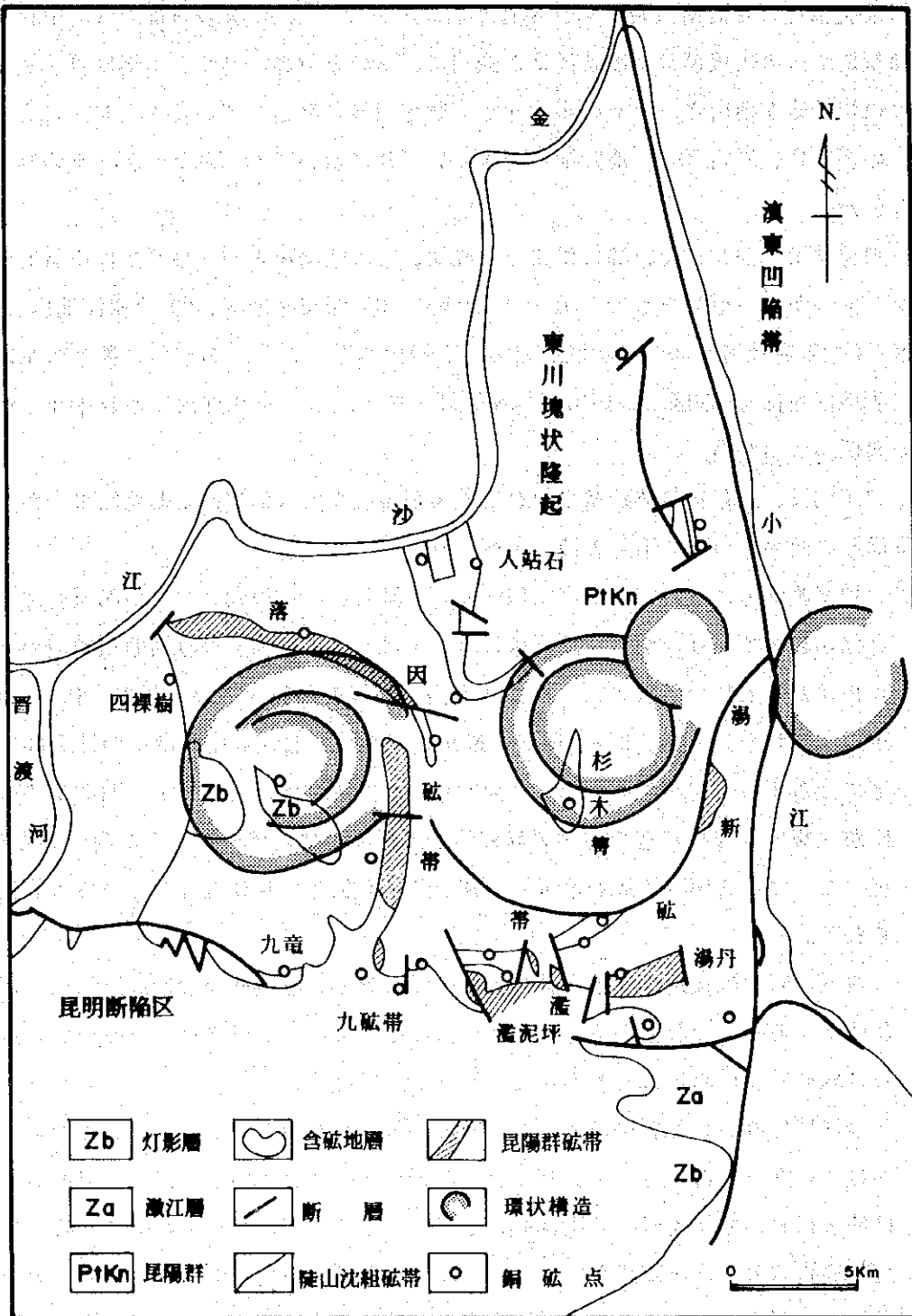


図3-16 東川地区周辺に抽出された環状構造と磁床分布
 (東川磁務局, 1985に加筆)

隣接する中村地域での地質精査結果も併せた詳細な地質構造解析により鉍床胚胎層準の追跡が可能であろう。

- ③ 牟定地区に分布するいわゆる「含銅砂岩」においては、構造運動による地層の擾乱が少ないため、同じく地質構造解析により、鉍床胚胎層準の追跡が可能であろう。

3.9.2 今後の解析作業に係る考察

(1) 本年度の解析により、JERS-1のフォールスカラー画像、立体視画像及びSAR画像を組み合わせた地質単元区分、地質構造判読により、今後の探査活動に資する地質情報が得られることが明らかになった。なお、中国においては、JERS-1は単に資源探査のみならず、農林業、環境分野など広い応用が可能と考えられる。

(2) 本年度は調査地域については、SARデータ及び立体視データが一部でしか取得されなかったため、OPS画像のみから判読を行ったシーンが5シーンある。この範囲についてはSARデータ及び立体視データが取得された段階で、これらを使った再解析が可能である。

(3) 本年度に有望地域と判定した皎平渡地区及び東川地区と類似した地質環境（激しい構造運動と環状構造の存在）を有する地域は、四川省側に連続する。本年度解析範囲の北側のシーンについて衛星画像解析を実施し、中部原生界中の層準規制型銅・鉄鉍床が胚胎するポテンシャルの高い地域の抽出が可能と考えられる。

(4) 衛星画像解析は広域的な探査地域からターゲットを限定する作業には有効であるが、鉍床層準を詳細に追跡するような構造解析を行うには、最適手法とは言い難い。小緑江地区、牟定地区においては詳細な地質構造解析により鉍床胚胎層準の追跡が可能であるが、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あるいは航空写真を併用した解析が必要であり、今後の検討事項となろう。

(5) 勉略寧地域については、第1年次は分解能の低いランドサットMSSによる画像判読を行ったのみなので、あまり有効な地質情報を引き出すことができなかった。現時点では当該地域において使用に耐え得るOPSデータとSARデータの取得が確認されているので、将来はJERS-1データによる精査的な衛星画像解析が可能である。

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 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～陳家垣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、地化学探査、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、顕著なバ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(CSANT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(CSANT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。

第2章 提 言

1) 勉略亭地域

A地区内の紅土石～秦家砦～陳家垣一帯及びB地区の銀洞山鉍床区域で地表精査、地化学探査、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適切と考えられる。

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鉍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鉍山、東川鉍山・易門鉍山・獅子山鉍床などの周辺・深部探査、銅資源の有効利用という観点から東川鉍山の湯丹鉍床の未利用低品位鉍石の早期開発の検討なども今後の課題である。

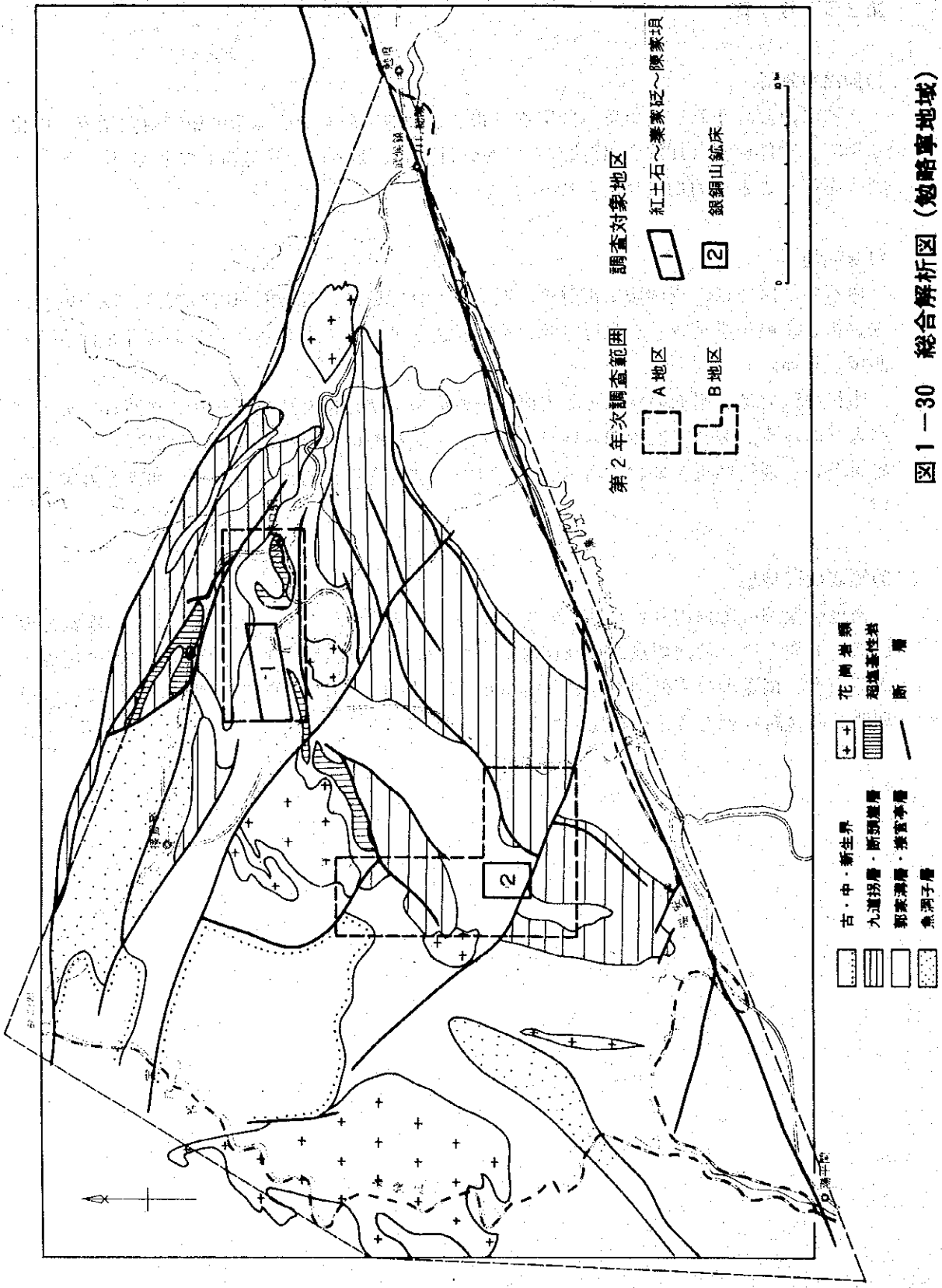
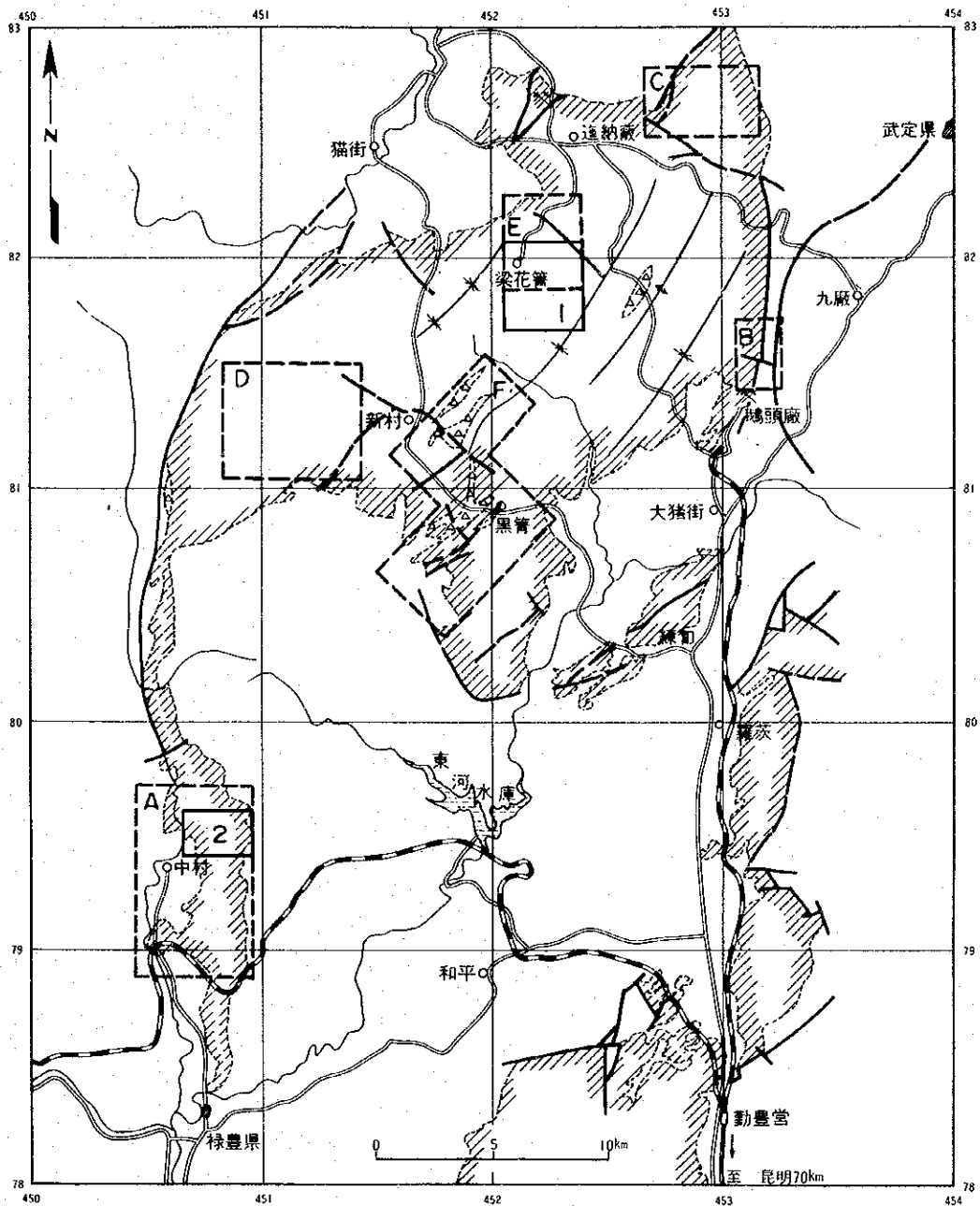


圖 1-30 綜合解析圖 (勉略寧地域)



- | | | |
|-----------|----------|---------|
| 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 | | |

図2-10 総合解析図(禄武地域)

文 献

参 考 文 献

1. 全 般

- 地図出版者 (1984) : 中国自然地理集, 地図出版社
狩野一憲 (編)(1990) : 日中英鉱山用語集, ジャパン・メタル・レビュー社
吉林大学漢日詞典編集部 (1986) : 漢日詞典, 吉林大学
測繪出版社 (1979) : 漢語拼音中国地名手冊 (修訂本 第二次印刷), 測繪出版社
国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1994) : 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・鉱物資源総合開発調査・第1年次

2. 勉略寧地域

- 邱柱国・徐開礼・陶喜森等 (1993) : 陝西略陽『東溝垭』黄鉄鉱金銀多金属重晶石鉱床の地質
特性・生成機構及び模式, 『秦巴金鉱論文集』, 地質出版社
史倫祥・張 蓉 (1993) : 勉略寧地区の碧口層群火山岩の産出構造環境の分析, 中国地質学会
論集第1集『火山, 火山作用及有关鉱産』, 第2届全国火山会議論文集, 地質出版社
内田利弘・小川康夫 (1993) : 平滑化制約付きのMT法二次元インバージョンプログラムの開発,
工業技術院地質調査所研究資料集
国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1995) : 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・総合開発調査 (物理探査) 第2年次
Anderson, W. L., (1974): Electromagnetic Field About a Finite Wire Source, U. S. G. S.,
PB-238-199: US Dept of Comm., NTIS.
Beus, A. A., and Grigorian, S. V., (1975): Geochemical Exploration Methods For
Mineral Deposits, Applied Publishing Ltd..
Kurzl, H., (1988): Exploratory Data Analysis, Geochemical Exploration, 30, p. 309-
322.

3. 禄武地域

- 孫克祥・沈遠仁・劉国慶等 (1991) : 元古宙鉄銅鉱床, 中国地質大学出版社
黎功举 (1991) : 地殼演化与成鉱作用—以川滇地窪系“四層楼”銅鉱床序列為例, 大地構造与
成鉱学, 1991, Vol. 15, No. 4
周国華・劉景芬 (1993) : 雲南迤納廠鉄銅鉱床噴流堆積雜議, 西南鉱産地質, 1993, Vol. 7,
No. 2

4. 禄武周边地域

雲南省地質鉍産局（1990）：中華人民共和國地質鉍産部地質專報—区域地質第21号『雲南省区域地質志』，地質出版社

四川省地質鉍産局（1991）：中華人民共和國地質鉍産部地質專報—区域地質第23号『四川省区域地質志』，地質出版社

肖榮閣（1993）：雲南中生代盆地構造環境，堆積建造与成鉍作用，西南鉍産地質，1993，Vol. 4，No. 4

東川鉍務局・西南冶金地質勘探公司（1985）：東川銅鉍，雲南人民出版社

孫克祥・沈遠仁・劉國慶等（1991）：元古宙鉄銅鉍床，中國地質大學出版社