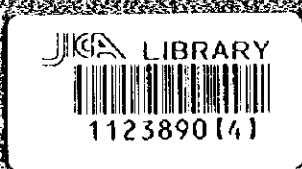


No. 01

# ジンバブエ共和国マコンデ地域 資源開発協力基礎調査報告書

## 総括報告書

平成7年8月



国際協力事業団  
金属鉱業事業団

JICA  
ジンバブエ共和国マコンデ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

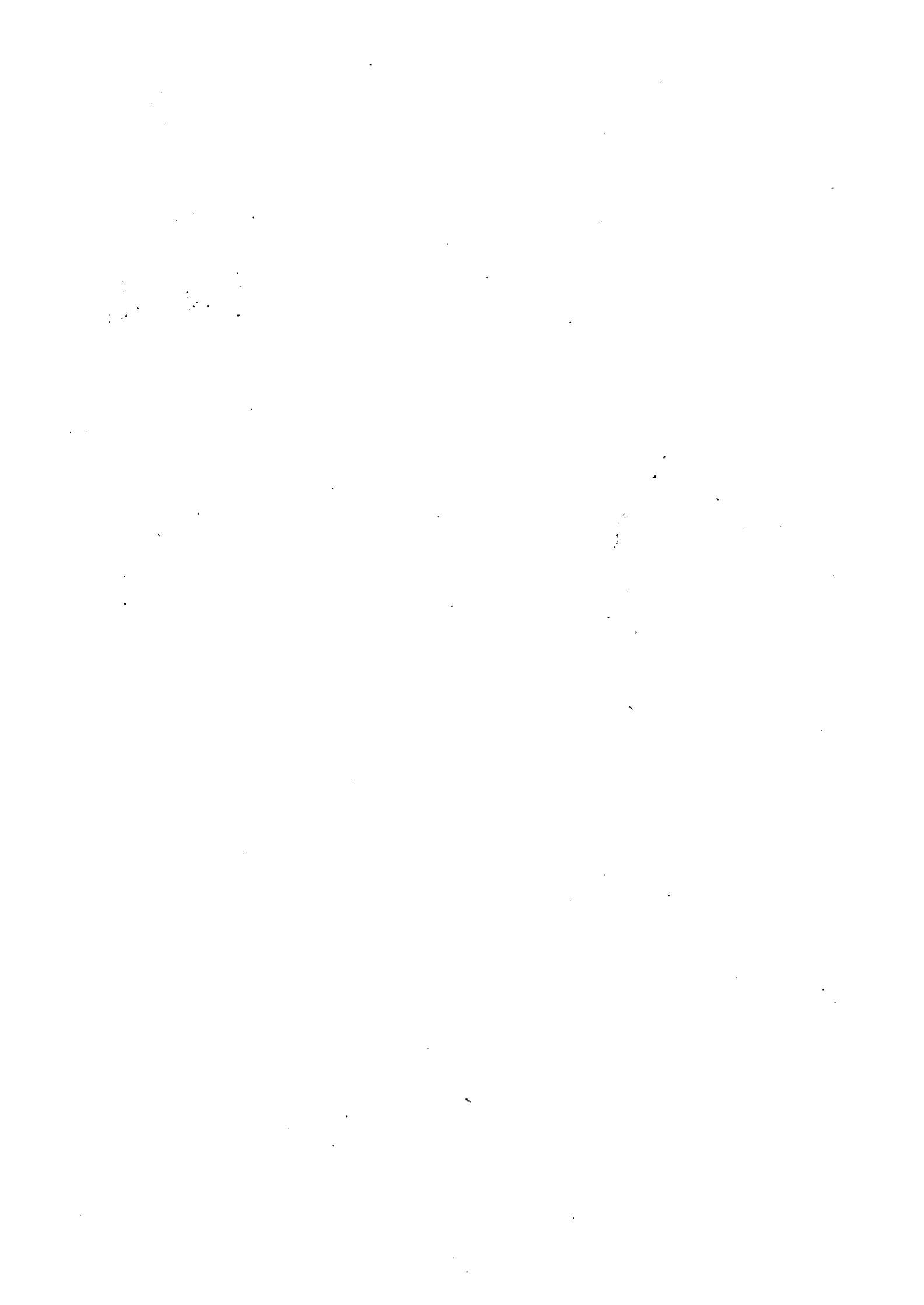
総括報告書

平成7年8月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

534  
66.1  
HPN

総括報告書  
No. 01  
950040

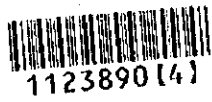


ジンバブエ共和国マコンデ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成 7 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



1123890(4)

## は し が き

日本国政府はジンバブエ共和国政府の要請にこたえ、同国の北部に位置するマコンデ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析、地質調査、地化学探査、物理探査、試錐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。本調査は、平成4年6月から平成7年2月までの3カ年にわたって実施され、ジンバブエ共和国政府機関、鉱山省地質調査局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、3カ年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施に当たってご協力いただいたジンバブエ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ジンバブエ共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

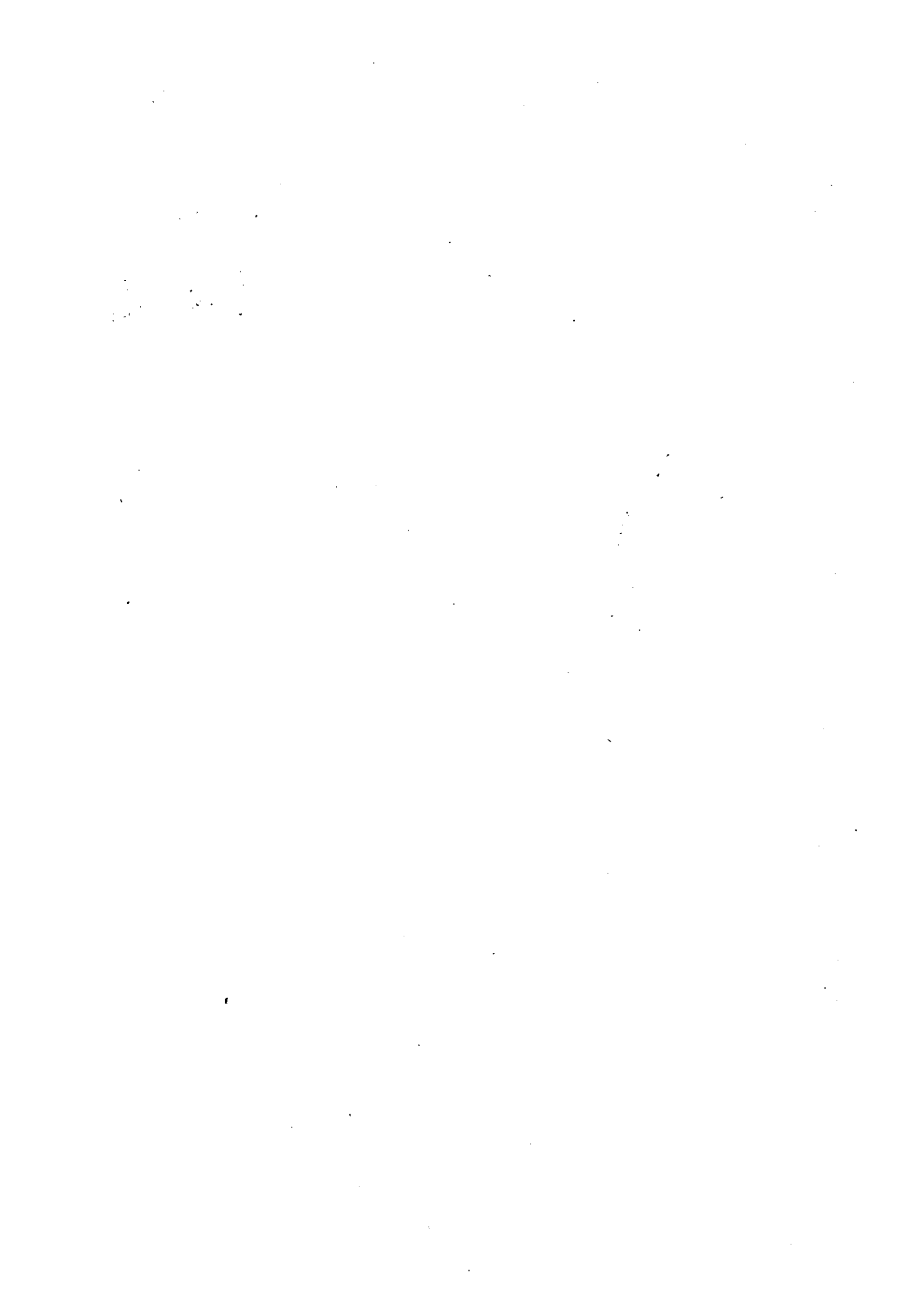
平成7年2月

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



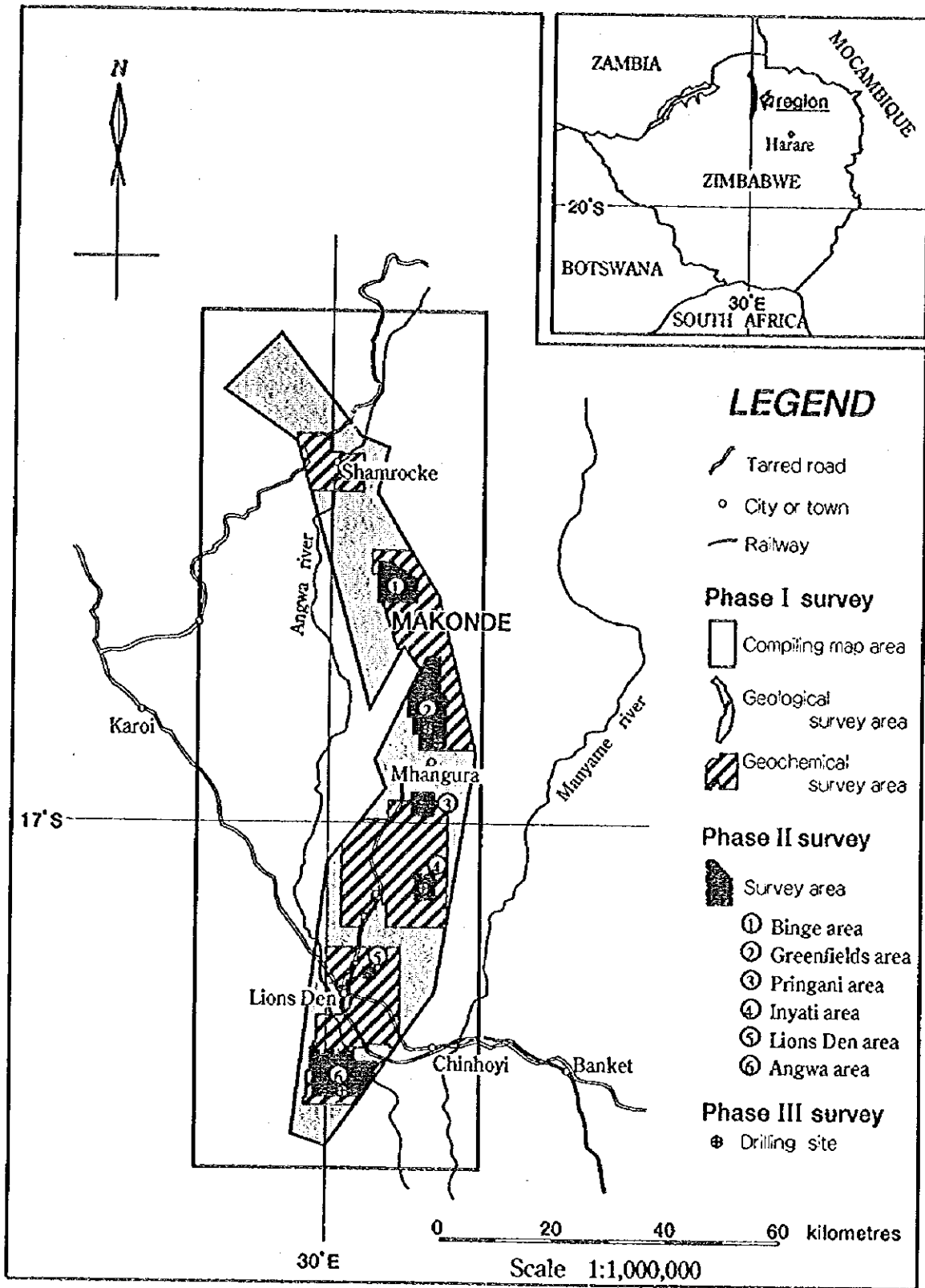
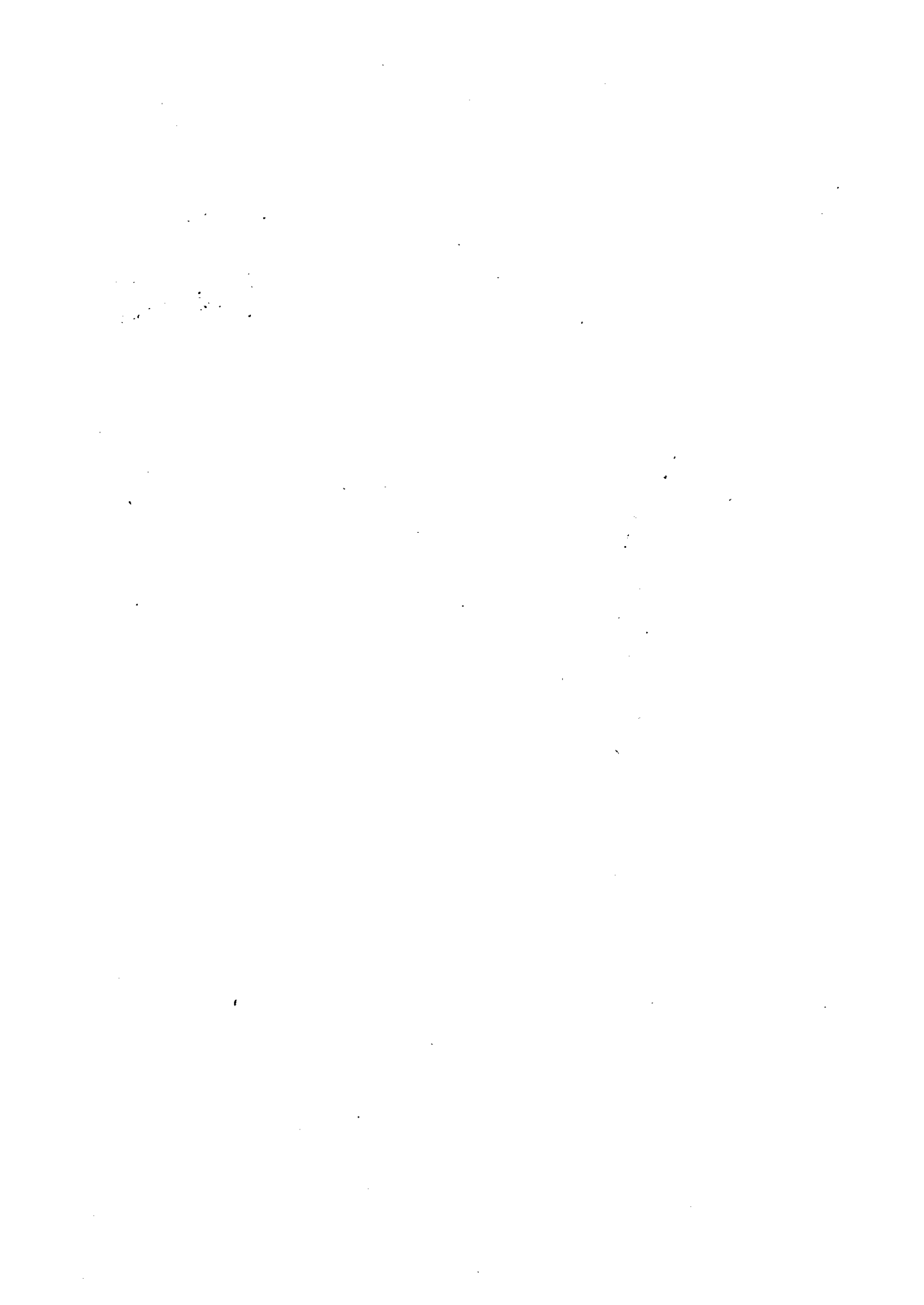


圖 1-1-1 調查地域位置圖





## 要 約

本報告は「ジンバブエ共和国マコンデ地域資源開発協力基礎調査」の3カ年の調査結果を総括したものであり、以下のとおり要約される。

### 1. 調査目的

本調査は、ジンバブエ共和国マコンデ地域において、地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とし、併せて、相手国機関に対して技術移転を図ることを目的として実施した。

### 2. 調査内容

本調査では既存データ解析、地質概査、GPSを用いた土壌地化学探査、既存地化学探査データ解析、物理探査（IP法）及びボーリング調査を実施した。

### 3. 調査結果

第1年次及び第2年次の調査結果により抽出された有望な4箇所のIP異常体が鉱床の存在によるものであることを確認するため最終年度調査では10孔のボーリング調査を実施した。

これらのボーリング調査の結果、MJZM-5号では母岩の葉理に整合的な主として黄鉄鉱、黄銅鉱で構成される細脈状～鉱染状を呈する硫化物の鉱化帯が捕捉できた。また、MJZM-7号及びMJZM-10号では微弱ながら黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱及び黄鉄鉱、閃亜鉛鉱の鉱染帯を把握した。これらの鉱化帯は既知鉱床（ユナイテッドキングダム鉱山、ハンス鉱山）と同一層準にあり、また、類似の鉱物組成を示し、既知鉱床の延長上の鉱化帯を捕捉したものである。一方、これらの鉱化帯の分析結果では特に期待された銀、銅についても最大銀4.7g/t、銅0.45%の品位しか得ることができず、当地域での開発を期待し得る鉱床を捕捉することはできなかった。

今回調査の結果では、微弱な鉱化は認められ、部分的には0.5%Cu前後の銅品位は得られると思われるが、開発可能な銅品位の鉱床は期待困難と考える。

### 4. 将来への提言

第3年次の調査結果とその検討により得られた結論に基づき、下記のことを将来への提言とした。

(1) 本年次調査で捕捉された鉱化帯の分析結果からは経済的に採掘対象となる鉱化帯の捕捉には至らなかったが、地表ではほとんど露頭の見られない広大な地域においても硫化鉱物の鉱化帯を捕捉できたことは今後の鉱床探査に有効な手法を示唆するものとして評価される。

即ち、調査団の採用した手法として

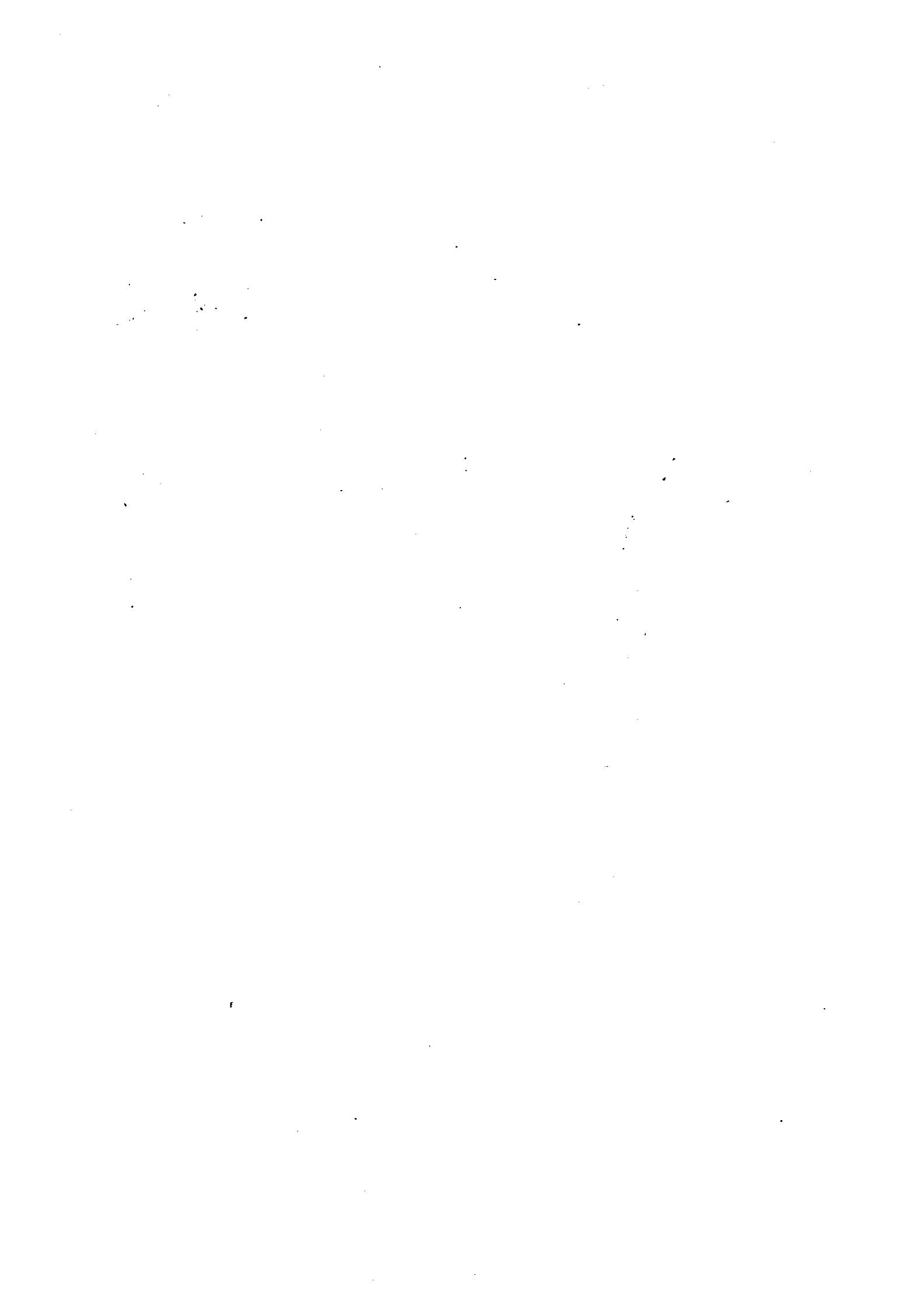
①第1年次：衛星画像解析、既存データ解析、地質概査、GPSを用いた土壌地化学探査概査

②第2年次：既存地化学探査データ解析、物理探査（IP法）

③第3年次：ボーリング調査

の段階的調査法はジンバブエの様な広大な地形を対象とした調査法として有効である。今後同様の地域を対象に鉱床探査を行う場合、本地域で用いた調査手法を採用することを提言する。

(2) 物理探査（IP法）の実施に当たっては、事前に十分な岩石及び鉱石試料の収集と物性測定を行い、鉱石によるIP異常とIP効果を示す岩石によるIP異常を区別できるようにする必要がある。



# 目 次

はしがき	
位置図	
要 約	
第I部 総論	1
第1章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査員	1
第2章 従来調査	6
第3章 調査地域周辺の地質概要	7
3-1 一般地質	7
3-2 地質構造	7
3-3 既知鉱床	8
第4章 調査地域の状況	9
4-1 交通	9
4-2 調査環境	9
第5章 結論及び提言	10
5-1 結論	10
5-2 将来への提言	11
第II部 各論	13
第1章 衛星画像解析	13
第2章 既存データ解析	14
第3章 地質調査	22
第4章 地化学探査	39
第5章 物理探査	58
第6章 ボーリング調査	85
第7章 総合検討	104
第III部 結論及び提言	107
第1章 結 論	107
第2章 将来への提言	108
参考文献	109

図

	頁
図Ⅰ-1-1 調査地域位置図	
図Ⅰ-1-2 マコンデ地域調査フローシート	2
図Ⅰ-1-3 鉱床有望地域抽出フローチャート	3
図Ⅱ-3-1 地質図	23
図Ⅱ-3-2 地質断面図	25
図Ⅱ-3-3 模式層序図	26
図Ⅱ-4-1 地化学探査位置図	40
図Ⅱ-4-2 地化学探査結果総括図	49
図Ⅱ-5-1 地層別、岩相別比抵抗値及び分極率	59
図Ⅱ-5-2 岩石、鉱石試料のIPと見掛比抵抗	60
図Ⅱ-5-3 物理探査測線位置図	63
図Ⅱ-5-4 測定概念図	71
図Ⅱ-5-5 計測方法概念図	71
図Ⅱ-5-6 物理探査シミュレーション結果図	77
図Ⅱ-6-1 ボーリング位置図	86
図Ⅱ-6-2 ボーリング地質断面図(MJ ZM-1)	87
図Ⅱ-6-3 ボーリング地質断面図(MJ ZM-2, 3, 4)	89
図Ⅱ-6-4 ボーリング地質断面図(MJ ZM-5)	90
図Ⅱ-6-5 ボーリング地質断面図(MJ ZM-6, 7)	92
図Ⅱ-6-6 ボーリング地質断面図(MJ ZM-6, 8, 9, 10)	94
図Ⅱ-6-7 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-1)	96
図Ⅱ-6-8 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-2)	97
図Ⅱ-6-9 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-5)	98
図Ⅱ-6-10 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-6)	99
図Ⅱ-6-11 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-7)	100
図Ⅱ-6-12 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-8)	101
図Ⅱ-6-13 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-9)	102
図Ⅱ-6-14 岩石及び鉱石の化学分析ダイヤグラム(MJ ZM-10)	103

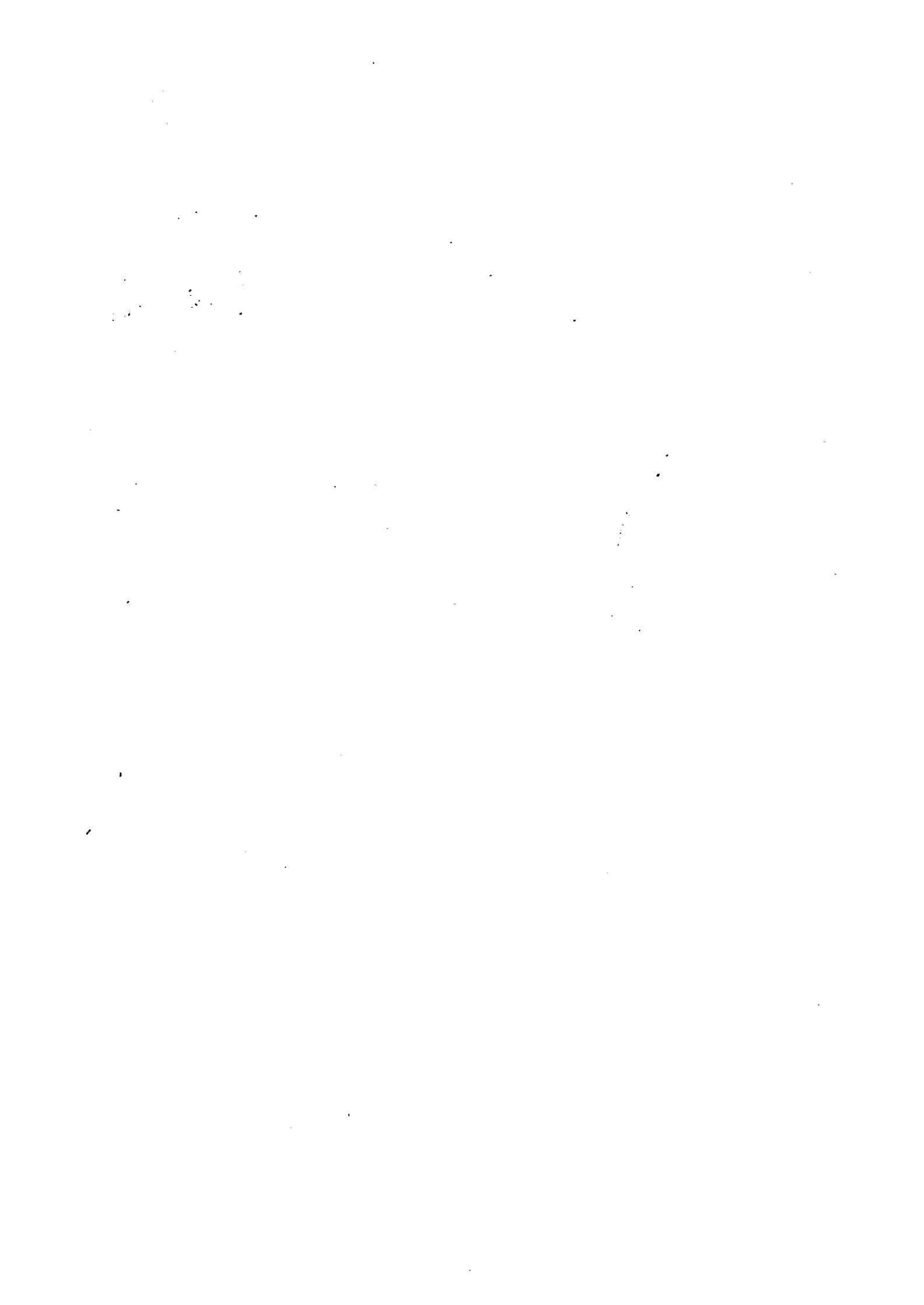
表

表Ⅰ-1-1 年度別調査方法及び調査総括表	4
表Ⅰ-1-2 年度別調査期間及び調査員総括表	5
表Ⅱ-1-1 使用ランドサットデータ一覧表	13
表Ⅱ-2-1 解析資料一覧表	14
表Ⅱ-2-2 層序対比表	15
表Ⅱ-2-3 マゴンディ変動帯の年代層序	17
表Ⅱ-2-4 既往探査一覧表	19

表Ⅱ-3-1	鉍微地調査結果一覧表	32
表Ⅱ-4-1	土地化学探査概査地区一覧表	39
表Ⅱ-4-2	土地化学分析値の基本統計量一覧表	41
表Ⅱ-4-3	土地化学探査精査地区一覧表	45
表Ⅱ-4-4	土地化学探査解析資料一覧表	45
表Ⅱ-4-5	基本統計値及び分析値の帯区分一覧表	46
表Ⅱ-4-6	土壌CO <sub>2</sub> ガス測定結果一覧表	56
表Ⅱ-5-1	物理探査調査法及び内容	61
表Ⅱ-5-2	サンプリングタイム一覧表	71
表Ⅱ-5-3	物理探査概査結果一覧表	72
表Ⅱ-5-4	物理探査準精査結果一覧表	74
表Ⅱ-5-5	物理探査結果総括表	75



# 第1部 総論



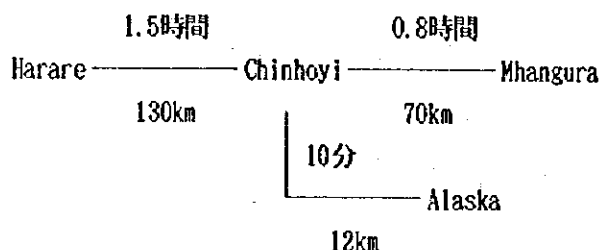


## 第I部 総 論

### 第1章 調査概要

#### 1-1 調査地域及び調査目的

調査対象のマコンデ地域はジンバブエ共和国の北部に位置し、首都ハラレ(Harare)から車による所要時間及び距離は下記のとおりである。調査地域位置図を図I-1-1に示す。



調査地域内にはマングラ鉱山、シャックルトン鉱山等ジンバブエ共和国における主要な銅・金・銀鉱床があり、同様の鉱床の賦存ポテンシャルの高い地域と考えられている。

これらの鉱山は近年生産量が減少しており、これにかわる新鉱床の発見が急務とされている。したがって、ジンバブエ共和国政府は本地域における資源開発協力基礎調査を日本国政府に要請した。

日本国政府はこの要請に応え、平成4年度から3年間調査団を派遣した。

本調査は本地域での新鉱床発見を目的とし、併せてジンバブエ共和国への技術移転を図った。

#### 1-2 調査方法及び調査量

本調査は、マコンデ地域調査フローシート(図I-1-2)及び鉱床有望地抽出フローチャート(図I-1-3)に従って実施した。各年次の調査方法及び作業量を表I-1-1に示す。

#### 1-3 調査期間及び調査員

本調査の各年次の調査期間及び調査員を表I-1-2に示す。

[調査フローシート]

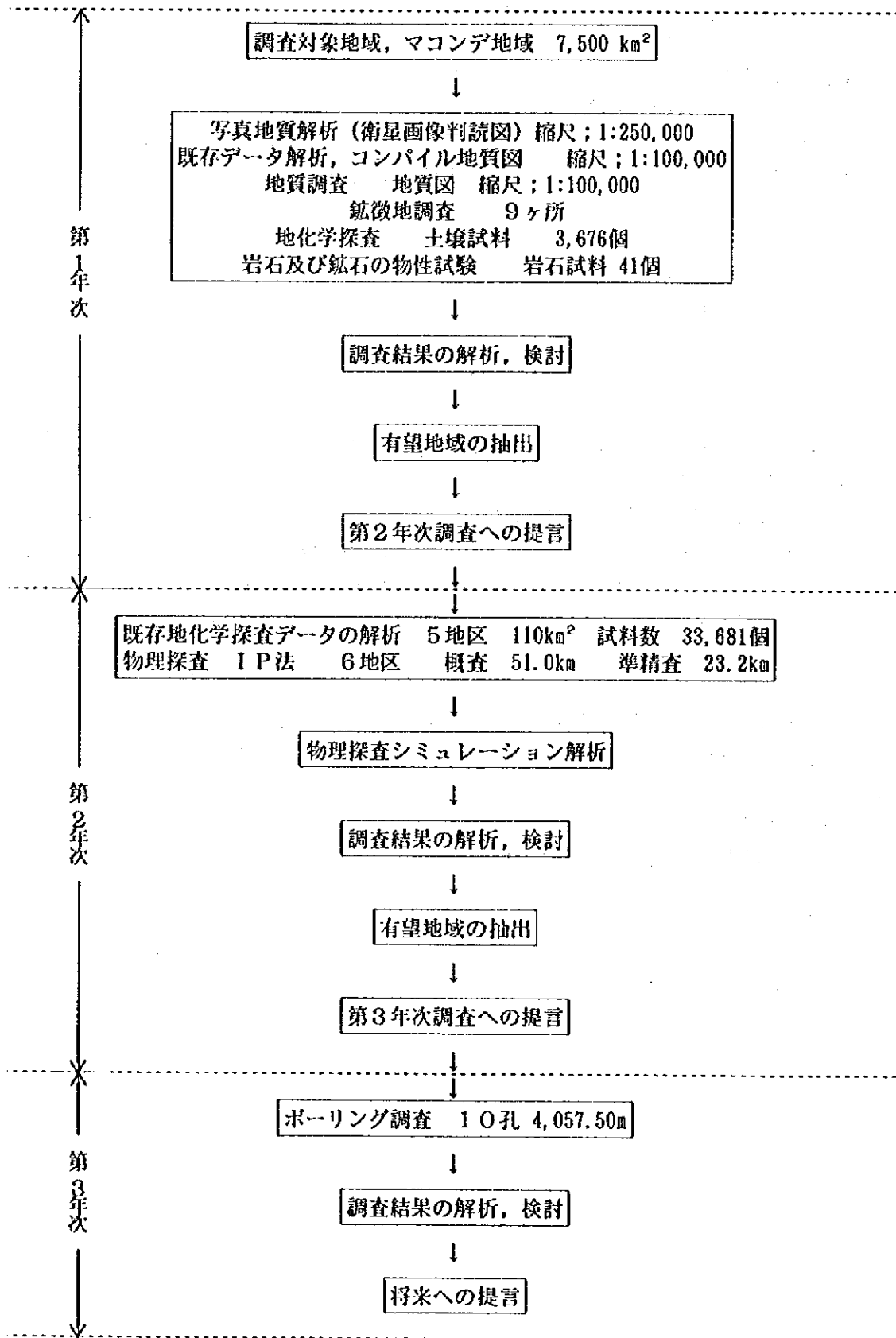


図1-1-2 マコンデ地域調査フローシート

【鉍床有望地区抽出のフローチャート】

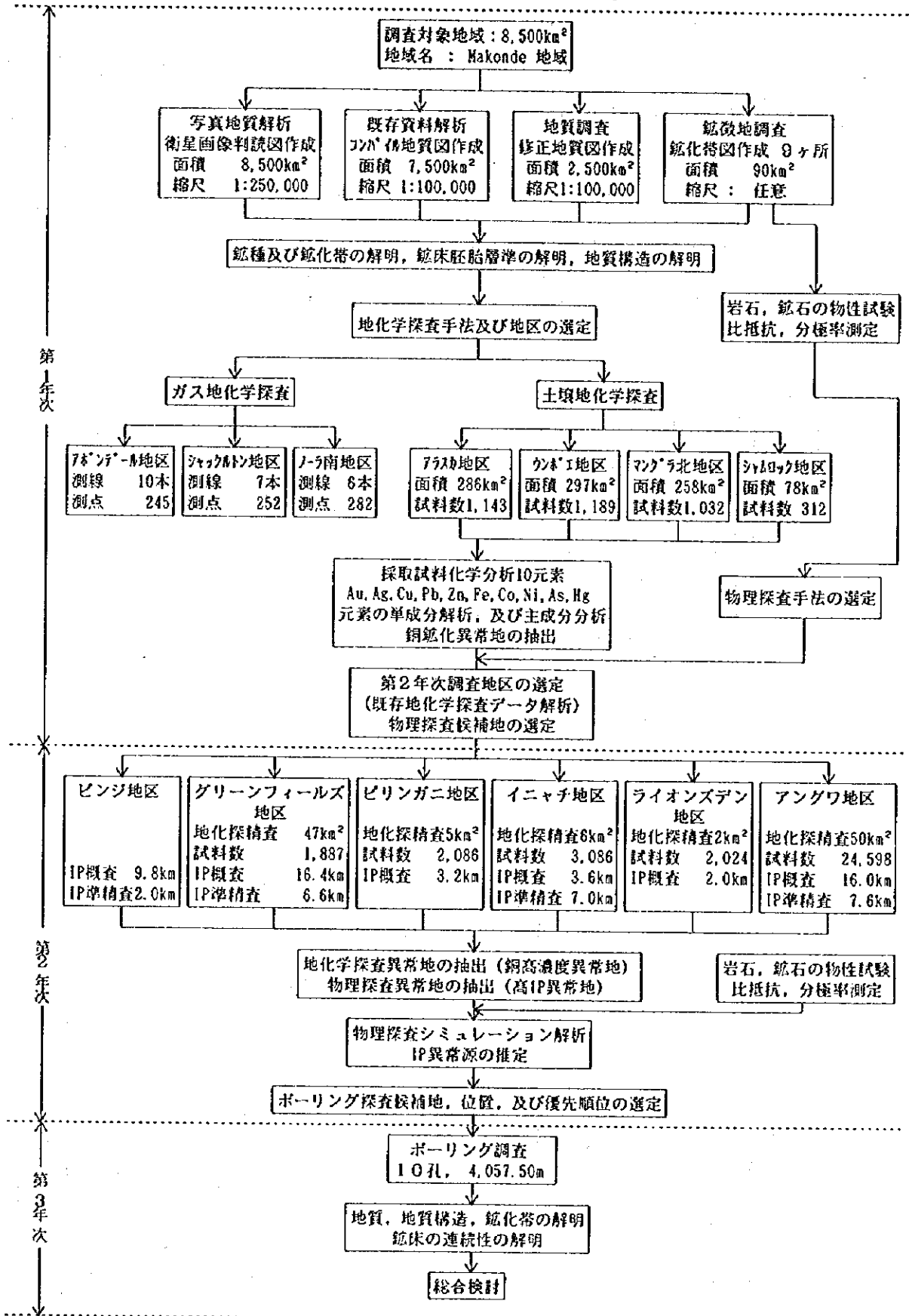


図1-1-3 鉍床有望地域抽出フローチャート

表1-1-1 年度別調査方法及び調査総括表

年 度	平成4年度	平成5年度	平成6年度
調査期間	自1992.6.16～至1993.1.25	自1993.7.1～至1994.2.15	自1994.7.14～至1995.2.20
衛星画像解析	衛星画像判読図 8,500km <sup>2</sup>		
既存データ解析	地質図幅(縮尺10万分の1) 7葉 既往探査報告書 1式 地質文献 1式 空中磁気データ 14葉	既存地化学探査データ解析 グリーンフィールド地区 47km <sup>2</sup> ピリンガニ地区 5km <sup>2</sup> イヤフ地区 6km <sup>2</sup> ライオンズデン地区 2km <sup>2</sup> アツクリ地区 50km <sup>2</sup>	
地質調査	調査面積 概査 2,250km <sup>2</sup> 鉱微地調査(9ヶ所) 50km <sup>2</sup> 踏査延長 概査 100km 鉱微地調査 135km 採取試料数 岩石(薄片用) 50件 鉱石(化学分析,研磨片) 52件 岩石及び鉱石(物性測定) 41件		
地化学探査	調査面積 916km <sup>2</sup> 採取試料数(土壌) 3,676件 測定件数(CO <sub>2</sub> ガス) 781件		
物理探査		対象地区 グリーンフィールド地区 ピリンガニ地区,イヤフ地区 ライオンズデン地区,アツクリ地区 概査:測定延長 51 km 測定回数 656 回 準精査:測定延長 23.2km 測定回数 366 回	
試錐探鉱			10 孔, 4,057.50m
室内試験	岩石薄片観察 50件 鉱石研磨片観察 31件 化学分析 鉱石 52件 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Pt) 土壌 3,636件 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, Co, Ni, As, Hg) 比抵抗,分極率測定 41件	比抵抗,分極率測定 60 件	岩石薄片観察 23件 鉱石研磨片観察 11件 化学分析 鉱石 183件 (Au, Ag, Cu, Fe, Co, Ni, Pt) 岩石 228件 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, Co, Ni, Ni, As, Hg) 比抵抗,分極率測定 122件

表1-1-2 年度別調査期間及び調査員総括表

年 度	平成4年度	平成5年度	平成6年度
調査期間	自1992.6.16～至1993.1.25	自1993.7.1～至1994.2.15	自1994.7.14～至1995.2.20
調査計画及び折衝	外務省 小松二郎 通商産業省 池田真二 国際協力事業団 佐藤 均 金属鉱業事業団 奥村 暁 山本恭久 増田信行 両角春寿	金属鉱業事業団 両角春寿	国際協力事業団 高橋健一 金属鉱業事業団 両角春寿 奥泉洋一
	ジンバブエ地質調査局 Dr. John Lisle ORPEN  Mr. Surrender Mduyiswa Nyahwa NCUBE	ジンバブエ地質調査局 Mr. Surrender Mduyiswa Nyahwa NCUBE Mr. Edson MUSHAYABASA Mr. Fdzanai Bornwell MUPAYA Mr. Jameson RUSHWAYA	ジンバブエ地質調査局 Mr. Surrender Mduyiswa Nyahwa NCUBE
現地調査	同和工営株式会社 西谷義興 柚原備也 菅真 岩谷伸一 今野宏秀	同和工営株式会社 西谷義興 今野宏秀 神宮 宏 棚橋道郎 岩城倉栄 乳井 正	同和工営株式会社 西谷義興 佐々木勝規
	ジンバブエ地質調査局 Mr. Fdzanai Bornwell MUPAYA	ジンバブエ地質調査局 Mr. Fdzanai Bornwell MUPAYA Mr. Jameson RUSHWAYA Ms. Cheneso MUPFUMI Mr. Joseph MADEKENI	ジンバブエ地質調査局 Mr. Fdzanai Bornwell MUPAYA

## 第2章 従来の調査

調査地域及び周辺の地質については鉱山省地質調査局により1,000,000分の1全国地質図、及び100,000分の1地質図が刊行されている。

調査地域の探査資料については、1948年以降1978年までにMessina Transvaal Development Co. Ltd (以下 MTD Co. Ltd. と略称)、Rhodesia Copper Ventures Limited (以下 RCV. Ltd と略称)、Rhodesia Section Trust Exploration Limited (以下 RSTE Ltd と略称)、その他によって占有探鉱権 (Exclusive Prospecting Order, 以下E. P. O. と略称) による30件の鉱床探査が行われてきた。

全国規模の調査としては1983年から1990年にカナダの資金援助、技術協力により空中磁気調査が実施された。1991年にはイギリスの援助で全国重力調査の現地測定が行われた。

学位論文としては地質調査関係 (Mundon, 1987; Shoko, 1985; Viya, 1985; Jacobsen, 1965)、鉱床関係 (Kyle, 1972; Muchenje, 1974; Tsomondo, 1980) のほか博士論文 (Thole, 1974; Master, 1991) がある。

Zimbabwe Mining Development Corporation (以下ZMDCと略称) では1987年以降、マングラ北部からアラスカ南部の地域にかけてのE. P. O. 等の既存調査結果、鉱山内部資料などを再検討し、本地域の探査指針について以下の提言を行っている (Simpson:1990)。

- 1) 鉱床胚胎の場として次の点を指摘している。
  - ・基盤岩-堆積岩の接触部
  - ・原生代の扇状地、河川及び砂州複合堆積物の周期的級化層理
  - ・トラップの役割としての背斜構造
- 2) 鉱床胚胎の地質、構造的環境として次の条件を指摘している。
  - ・原生代の扇状地、河川及び砂州複合堆積物の周期的堆積作用
  - ・堆積物が岩石化作用を受ける前に形成された初期の背斜構造軸の存在
  - ・NE-SW系の堆積盆と斜交する空中磁気及び地化学トレンドの存在
  - ・鉱液の通路として活動した堆積盆に平行な初期の走向断層の存在
- 3) 以上を踏まえて、今後の探査手法及び地区を次のように提言している。
  - ①堆積盆を横切る既知構造トレンドの地質マッピング
    - ・ワリ-シャックルトン-アヴェンデール-ニジリ
    - ・ケニルワース-ハンス-アングワ
    - ・ムニ西部-ムニ-ムンワ
    - ・バルデシア
    - ・グリーンフィールド南北
  - ②空中写真による予察的マッピング、③各種物理探査手法のテスト、④ワリ、ムニ及びケニルワースのボーリング、⑤ムニ及びムニ西部での表層マッピング、⑥バルデシア、ニジリのボーリング

### 第3章 調査地域周辺の地質概要

#### 3-1 一般地質

本地域を構成する地質は、基盤を構成する始生代の片麻岩類、緑色岩類及び花崗岩類とこれらを被覆する原生代のマゴンディ累層群の堆積岩類、火山岩類である。地質図を図II-3-1に示す。模式層序図を図I-3-2に示す。

基盤岩類は、地域北部に分布する黒雲母・角閃石の顕著な片麻岩類と、地域南部に分布する主として苦鉄質岩及び珪長質砂岩よりなる緑色岩類、及びマンガラ鉱山東側～北部及び地域南部に分布する灰白色～桃色の有色鉱物に乏しい新規花崗岩がある。

マゴンディ累層群は下位よりデウェラス層群、ロマグンディ層群、及びピリウィリ層群に大別される。

デウェラス層群は、繰り返し堆積構造を示す堆積岩類を主とし、一部玄武岩浴岩を伴う。その一連の単位となるのは礫岩、斜交層理・級化層理を伴うアルコース、細粒砂岩、一部蒸発岩類を伴う泥質片岩等扇状地堆積物、及びプラヤ性堆積物である。玄武岩は杏仁状組織を示す。本層群は、調査地域中央を南北に連続して分布し、層準規制型銅鉱床を胚胎する。

ロマグンディ層群は、苦鉄岩を主とする下位層と、粘板岩を主とする上位層とに分けられる。下位層は苦鉄岩、珪岩等からなり、一部に鉄分の濃集するあばた状の珪岩を伴う特徴を持つほか、苦鉄質砂岩、粘板岩、千枚岩の薄層を挟在する。本層には苦鉄岩鉱床、小規模の層状鉄鉱層を伴う。上位層は剝離性の発達した白色～暗灰色の粘板岩を主体とする。本層群は調査地域南部ではデウェラス層群の両側で、北部では西側で急峻な山脈を形成し、南北に連続する。

ピリウィリ層群は主に千枚岩、グレーワッケ、石墨質粘板岩、珪岩等からなり、一部に火山岩、及び火山砕屑岩を伴い、ロマグンディ層群を整合的に覆って調査地域西方に広く分布する。

#### 3-2 地質構造

マゴンディ累層群の堆積岩類は、グレートダイク構造に沿って移動した左横ずれ断層によって拡大した地溝帯に堆積したと考えられている。地溝帯拡大に伴い、基盤岩類を起源とする扇状地堆積物やプラヤ成堆積物からなるデウェラス層群を生成し、引き続いて炭酸塩岩や珪質岩等のラグーン堆積物からなるロマグンディ層群下部層によって覆われた。さらに泥質岩、降下火山灰互層起源の剝離性粘板岩からなるロマグンディ層群上部層、及び海進に伴う深海性の堆積物からなるピリウィリ層群が堆積した。

最初の構造運動は、地溝帯拡大に伴う走向断層と、これに伴う平行断層、及び地溝帯と斜交する背斜構造を形成した。この断層及び背斜構造はマゴンディ累層群が圧密固結する以前に生成し、層準規制型鉱染状銅鉱床の鉱液通路、胚胎の場を形成した。

第2回目の構造運動はマゴンディ変動であり、これに伴い調査地域は圧縮の場になり、N-S、NNE-SSW系の褶曲構造と衝上断層を形成した。この変動の年代は1,800Ma～2,000Ma (Pb-Pb法及びRb-Sr法)とされている (Master 1991)。

最終的な構造運動はザンベジ変動で、調査地域北部に顕著な変成作用を及ぼし、シャムロック鉱山地域の褶曲構造を規制した。

### 3-3 既知鉱床

経済的な視点から採掘対象となる金属資源は銅鉱床であり、随伴するAg及びAuが回収されている。その他には、何カ所かで砕石用途の苦灰岩や建材用途の粘板岩が生産されている。

調査地域内では、これまでに9カ所の鉱山及び鉱床が稼行され、アングワ鉱山、シャックルトン鉱山（アヴォンデール鉱床）、及びマンガラ鉱山（ミリアム鉱床）が銅を対象として現在も稼行中である。鉱床位置を図II-3-1に併記する。

これらの鉱床には、大別してデウェラス層群中に胚胎する鉱床群の他にロマグンディ層群中に胚胎する鉱床群がある。デウェラス層群中のアルコース中に胚胎する層準規制型鉱床には、ハンス、アングワ、シャックルトン、アヴォンデール、ノーラ及びマンガラ（ミリアム）の各銅鉱床がある。鉱床生成は、母岩の堆積環境及び地質構造に大きく規制されていたと考えられている（Simpson, 1990）。既存鉱床・鉱徴地の調査結果から鉱床生成の場は、NE-SW方向の背斜構造が重要であると考えられている。ロマグンディ層群中の鉱床には、地域南西部のオールド・アラスカ鉱山及び北部のシャムロック鉱山がある。この他、脈状鉱床のユナイテッドキングダム鉱床がある。



## 第4章 調査地域の状況

### 4-1 交通

首都から調査地までは国道（舗装）と地方道により、雨期（11月～3月）でも通行可能であり、交通事情は良好である。調査地北部のカロイ～シャムロック間は未舗装道路である。サファリ地区では四輪駆動車のみが通行可能であり、雨期の調査は困難である。

### 4-2 調査環境

#### 4-2-1 地形及び水系

調査地域の地形は標高1,100m～1,250mの緩やかな起伏を呈する準平原である。

山系は北部のジェチェネネ（Jecheneene：標高1,478.5m）を最高峰とし、中部のナンガザ（Nangaza：標高1,411m）、地域南部のフニャニ山脈のウンボエ（Umboe：標高1,378.3m）がこれに続く。これらの山系は地質構造に規制されて、南部ではNNE～SSW、北部ではNNW～SSE方向に連なる。

調査地域内の各河川はいずれも西流、北流し、調査地域西側のアングワ川に合流する。アングワ川はさらに北上し、ジンバブエ共和国の北部国境を画するザンベジ川に合流する。

調査地域内の各河川は、雨期にのみ水が流下し、乾期にはところどころに水溜りを形成するのみとなる。

#### 4-2-2 気候及び植生

調査地域の気候は雨期（11月～3月）と乾期（4月～10月）に区分される。最高気温は四季を通じて25℃～28℃と一定である。最低気温は雨期17℃、乾期5℃～10℃を示し、乾期は冷涼である。降雨量は雨期180mm/月、乾期1～5mm/月を示し、乾期の降雨は見られない。

主要な植生は地域により異なる。山岳地では樹高の低い柏類等の広葉樹が生育する。麓野及び平野部ではアカシヤ等豆科の喬木が多く認めらる。水系沿いには椰子、蘇鉄類が繁茂する。針葉樹は牧場内、植林地等にわずかに見られる。

調査地域の南からマングラ筋山北方に広がる平原はウンボエバレー、ドーマと呼ばれ、大規模農場によって占有され、小麦、トウモロコシ栽培、牧草地、放牧地等に利用されている。

## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

本調査では既存データ解析、地質概査、GPSを用いた土地化学探査、既存地化学探査データ解析、物理探査（IP法）及びボーリング調査を実施した。

第3年次までのマコンデ地域に対する調査結果を総合的に検討した結果、次のように結論し得る。

①既存データ解析の結果、本地域はマンガラ北部からアラスカ南部にかけて堆積岩中の銅鉱床を対象に主として地化学探査による調査が活発に行われていた。

②地質概査及び鉱微地調査の結果、本地域に分布する主要な鉱床はデヴェラス層群のアルコース中に胚胎する層準規制型鉱染状銅硫化物鉱床であり、現在稼行中あるいは過去稼行した大規模鉱床は何れもこの種の鉱床である。

③土壤による地化学探査では銅単元素の高濃度帯を抽出するとともに、塩基性岩類の影響を排除するためには銅、鉛、亜鉛、鉄、コバルト、ニッケルの5元素の分析結果を用いた主成分分析の内、第4主成分が有効であると判明した。これらの検討により8地区の土地化学探査銅異常地を抽出した。

④一方、地質概査及び鉱微地調査により得られた試料については岩石及び鉱石の物性試験を行い、本地域の鉱床に対しては物理探査（IP法）が有効であると考えられた。土地化学探査で得られた異常地にIP概査を行い、捕捉されたIP異常に対しては測線を追加してIP準精査を実施した。この結果、チロンボジ、プレンビル、イニャチ及びブラックウッドの4箇所有望なIP異常体の存在が把握された。

⑤これらのIP異常体が鉱床の存在によるものであることを確認するため最終年度の調査では10孔（3,057.50m）のボーリング調査を実施した。

これらのボーリング調査の結果、MJZM-5号では母岩の葉理に整合的な主として黄鉄鉱、黄銅鉱で構成される細脈状～鉱染状を呈する硫化物の鉱化帯が捕捉できた。また、MJZM-7号及びMJZM-10号では微弱ながら黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱及び黄鉄鉱、閃亜鉛鉱の鉱染帯を把握した。

これらの鉱化帯は既知鉱床（ユナイテッドキングダム鉱山、ハンス鉱山）と同一層準にあり、また、類似の鉱物組成を示し、既知鉱床の延長上の鉱化帯を捕捉したものである。

一方、これらの鉱化帯の分析結果では特に期待された銀、銅についても最大銀4.7g/t、銅0.45%の品位しか得ることができず、当地域での開発を期待し得る鉱床を捕捉することはできなかった。

以上を総合的に検討した結果、今回調査の結果では、微弱な鉱化は認められ、部分的には0.5%Cu前後の銅品位は得られると思われるが、開発可能な銅品位の鉱床は期待困難と考える。

## 5-2 将来への提言

第3年次の調査結果とその検討により得られた結論に基づき、下記のことを将来への提言とした。

1. 本年次調査で捕捉された鉱化帯の分析結果からは経済的に採掘対象となる鉱化帯の捕捉には至らなかったが、地表ではほとんど露頭の見られない広大な地域においても硫化鉱物の鉱化帯を捕捉できたことは今後の鉱床探査に有効な手法を示唆するものとして評価される。

即ち、調査団の採用した手法として

①第1年次：衛星画像解析，既存データ解析，地質概査，GPSを用いた土壤地化学探査概査

②第2年次：既存地化学探査データ解析，物理探査（IP法）

③第3年次：ボーリング調査

の段階的調査法はシンバブエの様な広大な地形を対象とした調査法として有効である。今後同様の地域を対象に鉱床探査を行う場合、本地域で用いた調査手法を採用することを提言する。

2. 物理探査（IP法）の実施に当たっては、事前に十分な岩石及び鉱石試料の収集と物性測定を行い、鉱石によるIP異常とIP効果を示す岩石によるIP異常を区別できるようにする必要がある。

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both manual and automated processes. The goal is to ensure that the information gathered is both reliable and comprehensive.

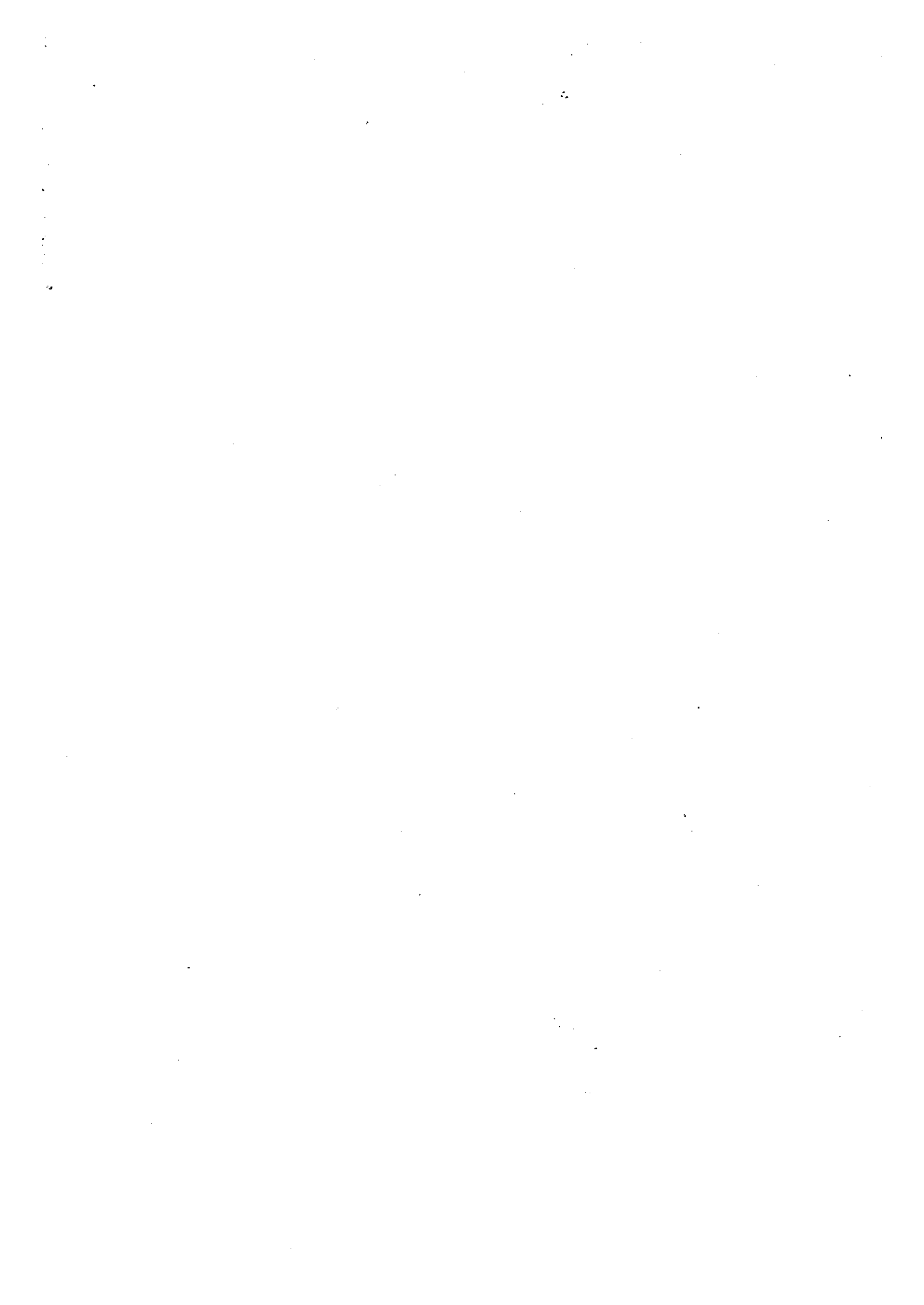
The third part of the document provides a detailed breakdown of the results. It shows that there has been a significant increase in the number of transactions over the period studied. This growth is attributed to several factors, including improved marketing strategies and a more efficient service process.

Finally, the document concludes with a series of recommendations for future work. It suggests that further research should be conducted to explore the long-term effects of the current strategies and to identify new opportunities for growth.

0

0

0





## 第II部 各論





## 第II部 各 論

### 第1章 衛星画像解析

#### 1-1 地域概要

解析対象であるマコンデ地域はジンバブエ北部にあり、東経30度、南緯17度を中心とした地域である。調査範囲は29°50' ~30°15'、南緯16°15' ~17°30'で、東西50km、南北170km、総面積8500km<sup>2</sup>である。

地質的には、アフリカ盾状地に属し、始生代から原生代の地層が広く発達している。

#### 1-2 使用リモートセンシングデータ

判読に使用したランドサットTMデータは以下の通りである。

表II-1-1 使用ランドサットデータ一覧表

軌道フレーム		観測年月日	ID番号	太陽位置		
パス	ロウ			雲量	仰角	方位角
170	71	1984.06.22	5170071008417410	0%	36°	44°
170	72	1984.06.22	5170072008417410	0%	35°	43°
171	71	1984.06.29	5170071008418110	0%	36°	44°

#### 1-3 解析結果

フォールスカラー画像及び地質判読した結果は図・・・及び図・・・に示す。

プロジェクト選定調査の参考資料として、縮尺1:250,000の衛星画像判読図を作成した。作成に際してはランドサットTM画像を写真地質学的手法を用いて判読した。判読に際しては、ジンバブエ地質調査所からこれまでに発行されている縮尺1:100,000及び1:1,100,000の地質図及び説明書を参考にした。判読結果は以下のように要約される。

(1) カルー系と先カンブリア系を境するザンベジ断層が明確に判読された。本地域の鉱物資源は先カンブリア系に胚胎されている。

(2) 対象地域内の始生代に形成された基盤複合岩体の区分とその地域的特徴が判読され、分布状況が明らかとなった。始生界中には断層に伴う金鉱床が知られているが、これは、地域外の東北方にかけて連続する。ザンベジ変成帯と花崗岩中には注目すべき鉱徴は知られていない。

(3) 原生代に形成されたポリウイリ、デヴェラス、ロマグンディの各層群の分布とその地質構造の概要が判読された。特に、層状タイプの鉱床胚胎層であるデヴェラス、ロマグンディの両層群の分布域及び構造の概要が明らかになった。

(4) 本地域の特性として、中央部から南部では南北系の断層と北東-南西系の断層が、北方のザンベジ断層付近では東西系及び北東-南西系が卓越することが判読された。

(5) 本地域の緩やかな地域の発達地区は耕作地の開発が進んでおり、一部に判読の困難な部分も見られた。

## 第2章 既存データ解析

解析資料一覧表を表II-2-1に示す。本調査地域内には1992年現在4カ所の銅鉱山が稼行中であり、E.P.O. (Exclusive Prospecting Order) 探査をはじめとした多数の調査が行われている。

表II-2-1 解析資料一覧表

the literature <sup>1)</sup>	amounts
Geological maps a scale of 1:1,000,000 a scale of 1:100,000	1 sheet 7 sheets
The previous E. P. O. s.	30 (Nos. 4, 5, 6, 20, 21, 35, 42, 43, 61, 62, 71, 74, 75, 80, 82, 83, 101, 106, 122, 137, 152, 249, 297, 351, 377, 396, 414, 422, 507, 514)
Geophysical Survey aeromagnetic maps, a scale of 1: 50,000	14 sheets
Others	9 papers

1) See the reference.

### 1-1 地質及び鉱床

本調査域の地質については、ジンバブエ共和国の地質調査局発行の1,000,000分の1全国地質図 (Stagman, 1978) 及び100,000分の1地質図及び説明書 (Fey and Broderick, 1990; Hahn and Steiner, 1990; Kirkpatrick, 1976; Stagman, 1959, 1961; Tennick, 1976; Wiles, 1961) がある。

#### 1. 地質概説

各図幅の層序対比表を表II-2-2に示す。これらの図幅では、層序対比を行うと上下関係が逆転する場合がある。コンパイルに当たっては、Simpson (1990) の層序区分を基本として、他の図幅との対比し、層序の追加及び削除を行った。

本地域の地質は、下位より始生代の正片麻岩類及び準片麻岩類を基盤として、同じく始生代のブラワヤン層群、シャンヴァイン層群及び先マゴンディ貫入岩類、原生代前期のマゴンディ累層群、グルヴェ複合変成岩、後マゴンディ貫入岩類及びシジャリラ層群、三畳紀の上部カロオ層、及び第四紀堆積物から構成される。

基盤の片麻岩類はコンパル範囲の北部に分布する。トータル岩ないしは花崗閃緑岩組成の正片麻岩、グレイワッケ、アルコース等を起源とするザンベジ断層崖準片麻岩、ウルングエ準片麻岩及びチツンビ準片麻岩から構成される。

ブラワヤン層群は南東に分布する。基底部に縞状鉄鉱層が発達し、変成粗粒玄武岩、枕状溶岩

表 II - 2 - 2 層序對比表

Ages	North West Fey & Broderick(1990)	North East Bahr & Steiner(1990)	Central West Wiles(1981)	Central East Stagman(1986)	Southern West Kirpatrick(1976)	Southern East Stagman(1981)	Southern margin Tenick(1976)	Khangura to Alaska Simpson(1990)
Quaternary/Recent	Recent	Recent	Recent	Recent	Recent	Recent	Recent	Recent
Cretaceous/ Jurassic		Kadzi Beds						
Triassic		Upper Karoo						
		Curve metamorphic Complex						
Lower Proterozoic	Piritiri Group Lomagundi Group Arzillaceous Formation Arenaceous Formation Deweras Group	Lomagundi Group Wagari Formation Kobeka Formation Deweras Group	Intrusive Igneous Rocks (Divided by Meta- sorphic grades)	Lomagundi System Arzillaceous Series Arenaceous Series Deweras Series ? System Piritiri Series	Sijarira Group Lomagundi Group Zhochi Formation Sindia Caves Formation Deweras Group Piritiri Group Chitima Formation Kanyaga Formation Allochthonous Rocks of the Urungwe Klippe	? System Sijarira Series Intrusive Igneous Rocks	Piritiri Group Wafuli Formation Lomagundi Group Wagari Formation Kobeka Formation Deweras Group Arenaceous Formation Volcanic Formation	Post Magondi Intrusives MAGONDI UPPER GROUP Piritiri Group Wafuli Formation Lomagundi Group Wagari Formation Kobeka Formation Deweras Group Multi-colour schist F. Kirian Grit Formation Goberna Hill Volcanic F.
Archaean	Chitumbi Paragneiss Urungwe Paragneiss Escarpment Paragneiss Basement Complex	Younger Granitoids Older Granitoids Mafic/Ultramafic Intrusive Rocks Escarpment Complex Shamvaian Group Coral Hills Bulawayan Group	Intrusive Igneous Rocks Younger Granite Older Granite Shamvaian System Bulawayan System	Intrusive Igneous Rocks Younger Granite Older Granite Shamvaian System Bulawayan System	Intrusive Igneous Rocks Urungwe Group Gneissose Granite	Intrusive Igneous Rocks Shamvaian System Sedimentary Series Bulawayan System Volcanic Series	Intrusive Igneous Rocks Bulawayan Group Felsic Formation	Pre Magondi Intrusives Lamprophyre & Granodiorite Magula (Young) Granite Archaean (Old) Granite Diabase dyke Shamvaian Greenstone Belt

及び玄武岩質緑色岩から構成される。

シャンヴァイン層群は、変成作用を被ったアルコース、グレイワッケ、礫岩、及び細粒の珪質岩から構成される。

先マゴンディ貫入岩類は、地域南東部、東部及び北東部に分布する。蛇紋岩化した超塩基性岩、変成ガブロ及び新期花崗岩と呼称される斑状花崗岩ないしは等粒状花崗岩から構成される。

マゴンディ累層群は、地域中央から西部にかけて広く分布する。下位よりデウェラス層群、ロマグンディ層群及びピリウィリ層群に大別されている。デウェラス層群は、アルコースを主として、礫岩を伴う砂質岩層及び玄武岩質溶岩からなる火山岩層に大別される。アルコースは、細礫岩から粘土質岩まで粒径が変化する。これらの地層はマゴンディ堆積盆と称される地溝帯の拡大に伴う扇状地堆積物、河川堆積物及びプラーヤ成堆積物と考えられている。本層群は、調査地域の銅鉱床の主要胚胎母岩となっている。

ロマグンディ層群は、ムチェカ層及びニャガリ層からなり、デウェラス層群を取り囲むようにして分布する。ムチェカ層は、一部基底礫岩を伴い、苦灰岩、珪岩及び珪灰質岩からなる。ニャガリ層は、山陵砂岩、珪岩、珪長質珪岩、及び剥離性粘板岩からなる。コンパイル範囲内では、ピリウィリ層群は、ウフニ層のみが分布する。下位のロマグンディ層群との境界部では、石墨質粘板岩が分布し、さらにグレイワッケを挟在する千枚岩が広く分布する。一部で珪岩及び砂岩が認められる。

グルヴェ複合変成岩は、調査地域北東の、ザンベジ断層崖沿いに分布する。珪岩を主体とし、黒雲母片岩、及び角閃石片岩を伴う。

後マゴンディ貫入岩類は、黒雲母花崗岩、変成粗粒玄武岩ないしは粗粒玄武岩質岩、角閃岩、ペグマタイト及び石英（-炭酸塩）脈からなる。黒雲母花崗岩はコンパイル範囲の北西のピリウィリ層群中に併入している。粗粒玄武岩、角閃石岩及び石英脈は地域内に広範に貫入している。ペグマタイトは、東部の新期花崗岩中に認められるほか、西部から北西のピリウィリ層群中にも岩脈状に分布する。

シジャリラ層群は、コンパイル範囲の南西部の新期花崗岩分布域に小規模に露出する。

三畳紀の上部カロオ層は、地域北方のアングワ川沿いに小規模に分布する。風成或いは河食成の淘汰の悪い砂岩からなる。

第四紀堆積物は、コンパイル範囲北部のザンベジ断層崖の北の大河沿いの崩壊成扇状地堆積物及び土壌から構成されるものと、南部から中央部の河川沿いに発達する礫、砂、土壌及び沖積堆積物から構成されるものがある。

## 2. 地質構造

マゴンディ変動帯の年代層序を表Ⅱ-2-3に示す。

調査地域は、マゴンディ変動帯に位置し、原生代の堆積物及び火山岩類からなるマゴンディ累層群が南北方向に広く分布する。下位よりデウェラス層群、ロマグンディ層群及びピリウィリ層群に大別される。デウェラス層群は、地溝帯内 (Cooper, 1978) ないしはクラトン内の堆積盆

(Maiden et al, 1984) の堆積物と考えられているが、東縁はNNE-SSW方向の断層に規制されている。上位のピリウィリ層群は西側に行くほど層厚を増し、堆積盆の拡大を示唆している。

マゴンディ変動帯南部の構造解析は、チノイ西方約60kmのコッパー・クィーン地区(Leyshon, 1969), シャックルトン地区 (Treloar, 1988), 及びチノイ地区 (Stowe, 1978) で行われている。三地区とも三つの変形作用の時期が識別されており、NEないしはNNE 方向の褶曲が初期の劈開を形成した主要相 (F1) であるとされている。コッパー・クィーン地区のF2褶曲は、F1と同方向であるが軸面が西に傾斜し、F3はNW方向でF1及びF2褶曲に対して交斜褶曲を形成している (Leyshon, 1969)。チノイ地区では、NW方向の褶曲軸がF2相と考えられ、F3褶曲がNE方向の軸である (Stowe, 1978)。シャックルトン地区では、F1, F2及びF3がそれぞれN10°E, N55°E, 及びN30°E方向であり、NW方向は確認されていない (Treloar, 1988)。

それに対して北部地域では、NNE-SSW~N-S方向の変形作用、NE-SW方向の褶曲構造及びNE-SW方向の横ずれ断層に区別されるが、NW-SE方向の構造は認められていない (Thole, 1974)。

表II-2-3 マゴンディ変動帯の年代順序

Stratigraphy	Age (Ma)	Date	Events	
	650-400	K-Ar mica age(Clifford et al.1967)	Fan-African Zambesi thermal event	
	1659 = 56	K-Ar Piriviri phyllite(Vail et al.1968)	Wagondi metamorphic age	
	1753 = 65			
	1905 = 76	K-Ar Loagundi striped slate(Vail et al.1968)		
	1974 = 76			
	1780 = 286	Rb-Sr Piriviri granulite(Treloar & Kravars, 1989)		
	11890 = 260	Rb-Sr Piriviri enderbite(Treloar & Kravars, 1989)		
	12000-1800	(Treloar & Kravars, 1989)		
	12000-1700	(Hahn & Steiner, 1990)		
Post Wagondi Intrusive rocks	1980 = 80	Rb-Sr WR granitoid(Loony, 1969)	Syn- to post-tectonic granites	
	2153 = 125	Rb-Sr WR Trungve granite(Clifford et al.1967)		
	2150 = 100	Pb-Sr Pegonite and late Granite	Post tectonic granites	
Lower Proterozoic	Wagondi Group { Piriviri Series Loagundi Series Beveras Series	2100 = 200	Pb-Pb Copper Queen massive sulphide(Leyshon, 1969)	Sedimentation ages
		2170 = 100	Rb-Sr lava(Hoehndorf, unpub. data, 1985)	
		2050	(Hoehndorf et al. 1990)	
Pre Wagondi Intrusive Rocks	Younger Granite	2600 = 70	(Hahn & Steiner, 1990)	
	Older Granite	2700	(Wilson et al.1976)	
	Great Dyke	2450 = 16	(Cohen & Spellig, 1984)	
		2514 = 16	(Harrison, 1977)	
	other Dykes	2490 = 120	(Hahn & Steiner, 1990)	
Archaean	Shavayan Series	-	-	Early Proterozoic crust forming event
	Bulanayan Series	-	-	
	Chitibi paragneisses	2360 = 90	Rb-Sr Chipisa paragneiss	
	Trungve paragneisses	2465 = 53	Rb-Sr Kariba paragneiss	
	Escarment paragneisses	-	-	
	Basement Complex	-	-	

### 3. 既知鉱床

経済的な視点から採掘対象となる金属資源は銅鉱床であり、随伴するAg及びAuが回収されている。その他には、何カ所かで碎石用途の苦灰岩や建材用途の粘板岩が生産されている。

調査地域内では、これまでに9カ所の鉱山及び鉱床が稼行され、アングワ鉱山、アヴォンデル鉱床、ノーラ鉱山及びマンガラ（ミリアム）鉱山が銅を対象として現在も稼行中である。

これらの鉱床には、大別してデウェラス層群中に胚胎する鉱床群の他にロマギンディ層群中に胚胎する鉱床群がある。デウェラス層群中のアルコース中に胚胎する層準規制型鉱床には、ハンス、アングワ、シャックルトン、アヴォンデル、ノーラ及びマンガラ（ミリアム）の各銅鉱床がある。鉱床生成は、母岩の堆積環境及び地質構造に大きく規制されていたと考えられている（Simpson, 1990）。既存鉱床・鉱徴地の調査結果から鉱床生成の場は、NE-SW方向の背斜構造が重要であると考えられている。ロマギンディ層群中の鉱床には、地域南西部のオールド・アラスカ鉱山及び北部のシャムロック鉱山がある。

### 1-2 E.P.O. 資料

本調査地域の鉱山活動は長い歴史をもっている。オールド・アラスカ鉱山は、ヨーロッパ人が訪れる前から採掘が行われていた。Cuの探鉱は1940年代から1970年代中頃までは継続的に行われていた。調査にあたってはE.P.O.が設定され探鉱が行われている。これまでに地域内で設定されたE.P.O.は、No. 4, 5, 6, 20, 21, 35, 42, 43, 61, 62, 71, 74, 75, 80, 82, 83, 101, 106, 122, 137, 152, 249, 297, 351, 377, 396, 414, 422, 507, 及び514がある。

個々のE.P.O.の探査一覧表を表II-2-4にそれぞれ示す。E.P.O.は通常3年計画で設定されるが、場合によっては途中での終了や期間の延長が行われている。同一ないしは範囲を絞った地区の調査を継続して行う場合、新たにE.P.O.を設定している。

### 1-3 その他の既存資料

#### 1. 全国調査

空中磁気調査は、CIDA (Canadian International Development Agency) の資金援助とGSC (Geological Survey of Canada) の技術協力を得て、全国規模で行われた。調査結果は50,000分の1の縮尺の全磁気図として地質調査局で発行している。コンパイル範囲内では、1983年5月から同年6月の現地測定された磁気図と1990年10月から1991年2月にかけて測定されたものがある。測定はケンティング社 (Kenting Earth Science Inc. 及びIntra Kenting) によって行われた。測定データは125mの格子に変換され、コンター作図が行われた。大局的には、マゴンディ累層群の地質構造を反映したものとなっている。また、マンガラ、アングワ、ハンス等の比較的浅所に分布する鉱床付近では低磁気異常を示していることは注目に値する。

そのほかに、全国規模の重力調査がイギリスの援助で行われた。現地測定は1991年に終了し、現在解析中である。

#### 2. 学位論文の研究

調査地域でこれまで、学位論文（学士、修士、博士）の研究対象として坑内及び地表調査が行われている。

表II-2-4 既往探査一覽表

EPO. No.	Holder	Duration	Previous EPOs	Metal sought	Remarks
263	Rio Tint Ltd	21. 2. 69- 21. 2. 72		Cu, Ni, platinoids	A continuation of the anomaly in EPO 217 was found.
217	Rio Tint Ltd	15. 3. 68- 15. 3. 71	70	Cu, Ni	Low Cu content in the anomalies.
297	S. A. Manganese Ltd	11. 10. 69- 10. 10. 71		Cu, Ni	Anomalous vanadium mineralisation noted.
377	MDC Ltd	27. 2. 71- 10. 7. 75	6, 21, 35, 43, 74, 75, 76, 101, 137, 152, 278	Cu	The EPOs covered the area around Alaska, Shackleton and Avondale copper mines.
383	Blanket Mine (Pvt) Ltd	27. 3. 71- 26. 3. 73	70, 217	Ni, Au, Cu	Disappointing results.
396	Prospect of Rhodesia(Pvt) Ltd	10. 7. 71- 9. 7. 72		Ni, Cu and precious metals	
411	Blanket Mine (Pvt) Ltd	7. 1. 72- 7. 1. 74	8, 35, 39, 76, 84, 85, 152, 161, 278, 322, 324	Cu, Zn, Pb, Ni and Co	Cu mineralisation too low a grade
414	MDC Ltd	19. 2. 72- 9. 9. 77	3, 4, 5, 6, 16, 20, 21, 35, 42, 43, 71, 74, 75, 76, 82, 83, 101, 106, 137, 152, 351	Cu	Sub economic copper prospect.
514	ISM	18. 10. 75- 9. 9. 77		Cu	
518	Blanket Mine (Pvt) Ltd	29. 11. 75- 28. 11. 76		Au	
507	Nyaschere Copper	5. 7. 75- 18. 2. 77		Cu, Au	
528	Tarrus(Propriety) Ltd	16. 1. 76- 5. 2. 81		Cu, Ni, Co, Arsenic, precious metals	

マゴンディ累層群に関するジンバブエ大学の学士論文及び修士論文は、地質図作成を主としたものが多い (Mundondo, 1987; Shoko, 1985; Vinya, 1985; Jacobsen, 1962)。地質調査と鉱床研究を行ったものとしては、シャムロック鉱山周辺 (Kyle, 1972) 及びマンガラ鉱山周辺 (Muchenje, 1987; Tsomondo, 1980) がある。博士論文としては、シャムロック鉱山周辺 (Thole, 1974) 及びマンガラ～アラスカにかけて詳細な研究 (Master, 1991) がある。

### 3. ZMDCの報告書

1987年からZMDCでは、これまでの既存調査結果を総括して探鉱計画を開始し、シャムロック鉱山周辺 (Simpson, 1988) 及びマンガラ鉱山北部からオールド・アラスカ鉱山南部にかけての地域 (Simpson, 1990) について今後の探鉱指針の提言を行った。現在それに沿った探鉱プログラムが開始されつつある。

マンガラ鉱山北部からオールド・アラスカ鉱山南部にかけて行われたE. P. O. の資料は、1990年8月に「マンガラ北部からアラスカ南部にかけての既存調査及び提言に関する報告」 (Simpson, 1990) にまとめられた。

同報告は、ファイル調査、鉱山内部資料及び鉱山の地質技術者の知識を網羅したもので、鉱床胚胎の場を、母岩の堆積環境と地質構造の観点から次の二つに大別している。

#### 1) ミリアム型鉱床

- ・ 基盤岩-堆積岩の接触部
- ・ 細粒堆積物を伴う扇状地堆積物
- ・ 背斜構造

#### 2) ノーラーシャックルトン-アングワ型鉱床

- ・ 河川及び砂州複合堆積物の周期的な級化層理
- ・ トラップの役割としての背斜構造

広域的な銅鉱床胚胎のポテンシャル再評価にあたって必要な地質環境として、次の点を指摘している。

- 1) 原生代の扇状地、河川、砂州等の形成に関係した周期的堆積作用
- 2) 原生代の堆積物が岩石化作用を受ける前に形成された初期の背斜構造軸の存在
- 3) NE-SW方向の堆積盆を斜交する空中磁気及び地化学トレンドの存在
- 4) 鉱液の通路として活動した堆積盆縁に平行な初期の走向滑り断層の存在

以上を踏まえて、今後の探査手法及び対象地域を次のように提案している。

- 1) 堆積盆を横切る既知構造トレンドの地質マッピング
  - a) ワリ-シャックルトン-アヴォンデール-ニジリ
  - b) ケニルワース-ハンス-アングワ
  - c) ムニ西部-ムニ-ムンワ



d) ヴェルデンシア

e) グリーンフィールド南北。

- 2) 上記で網羅されていない地域の空中写真による予察調査的マッピング。
- 3) 既知鉱体を抽出できるかを判断するための各種物理探査手法のテスト。
- 4) 現在の断面からブランチしていると思われるワリ、ムニ及びケニルワースのボーリング。
- 5) ムニ及びその南のムニ西部のボーリングの場所選定のための詳しい表層マッピング。
- 6) 既知鉱微帯の地表マッピングに基づいたヴァルデンシア及びニジリのボーリング。

#### 1-4. まとめ

本地域は岩石の露出状態が不良のため、1940年代後半から1970年代にかけて行われた探査では、土壌地化学探査が重点的に行われた。化学分析は大部分の試料についてCuのみが行われたが、一部では、Ni, Co, Pb, Zn等についても行われている。当該地区の地化学異常の原因はCuの鉱化作用のほかに、苦鉄質貫入岩及び同質火山岩類によるものがあり、Cuの異常のみからはそれらを区別することは困難であった。したがって地化学異常地については、トレンチ、ピット、ワゴンボーリング、及びダイヤモンドボーリングを行い、異常の原因の確認が行われた。

既存調査結果から、マンガラ北部からアラスカ南部において、堆積岩中のCu異常を示すクレーム地区は54カ所を数える。アラスカ、アングワ、アヴォンデール、ハンス、マンガラ、及びノーラの各地は、既存鉱床の存在する場所であるが、その他にも多数の鉱微地があり、既知鉱床以外にも稼行対象となり得る潜頭鉱床が期待できる。

### 第3章 地質調査

調査地域位置図は図Ⅱ-1-1に示す。

#### 3-1 地質概説

調査地域の地質図を図Ⅱ-3-1に、断面図を図Ⅱ-3-2に、模式層序図を図Ⅱ-3-3に、それぞれ示す。

本地域には、下位より、始生代の基盤岩類、準片麻岩類、ブラワヤン層群、シャンヴァイアン層群及び先マゴンディ貫入岩類、下部原生代のマゴンディ累層群、グルヴェ複変成岩類、後マゴンディ貫入岩類及びシジャリラ層群、三疊紀の上部カロオ層、及び第四紀堆積物が分布している。マゴンディ累層群は、下位からデウェラス層群、ロマゴンディ層群、及びピリウィリ層群の三つに区分されている。本累層群は、地溝帯の拡大によって形成されたマゴンディ堆積盆の堆積物である。

本地域は、マゴンディ造山期、及び汎アフリカザンベジ (Pan-Africa Zambezi) 造山期を通じて、少なくとも3回の変形作用を被っている。最後の変形作用 (汎アフリカザンベジ造山期) は、地域の北部のザンベジ変動帯のみ発達する。

#### 3-2 地質各説

##### 3-2-1 基盤岩類

調査地域の北西のドマ・サファリ地域に広く分布する。

トータル岩から花崗閃緑岩組成の正片麻岩を主体とし、堆積岩起源の準片麻岩を伴う。準片麻岩は、砂岩・頁岩起源と考えられ、露頭では白色珪長質部と黒雲母の濃集部が数cmから数10cm幅で橋状を呈する場合がある。

鏡下では、正片麻岩はgranoblastic組織を呈する緑簾石 (クリノゾイサイト) 黒雲母片麻岩であり、石英、斜長石、正長石及び黒雲母を主とし、鉄鉱物、スフェーン、ルチル、燐灰石及びジルコンを少量含む。準片麻岩はblastopsamitic組織を呈する角閃石緑簾石白雲母片麻岩とgranoblastic組織を呈する緑簾石黒雲母片麻岩がある。前者は、石英、斜長石、正長石、白雲母及び緑簾石からなり、少量ないしは微量の角閃石、鉄鉱物、スフェーン、燐灰石及びジルコンを含む。後者は、石英、斜長石、正長石、黒雲母及び緑簾石からなり、少量ないしは微量の白雲母、鉄鉱物、スフェーン、燐灰石及びジルコンを含む。

##### 3-2-2 準片麻岩類

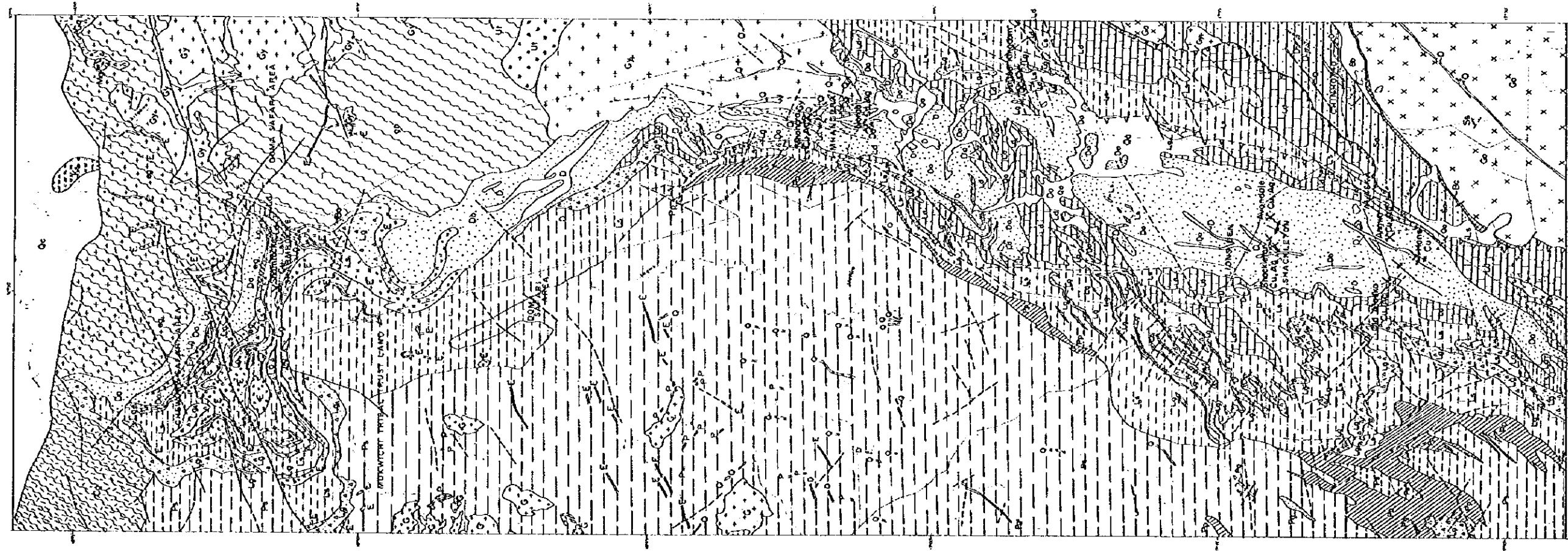
###### 1. ザンベジ断層崖 (Zambezi Escarpment) 準片麻岩

調査地域北方のザンベジ断層崖沿いに分布する。

黒雲母角閃石片麻岩を主とする。アルコース、珪岩及びグレイワッケ起源の堆積岩と考えられる (Fey and Broderck, 1990)。

###### 2. チツンビ (Chitumbi) 準片麻岩

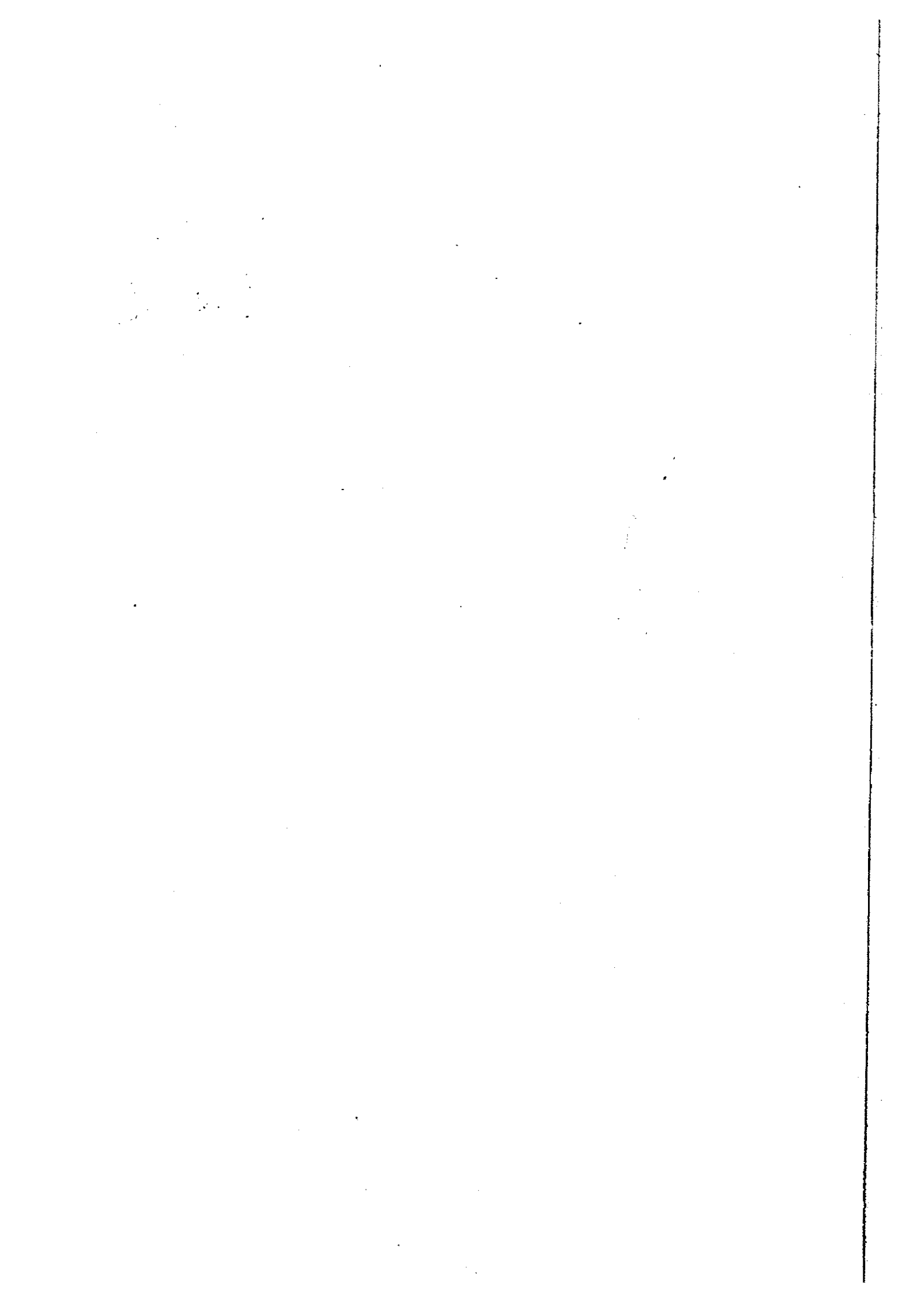




Qa	Soil, sand, gravel and alluvium
Qc	Colluvial fan deposit and soil
Upper Karoo Formation	Aeolian and fluvial sandstone
Sijariza Group	Reddish sandstone
Post-Ragnoldi Intrusive rocks	Quartz vein, quartz-carbonate vein
	Pegmatite, felsite
	Epidolerite, amphibolite, amphibolized troctolite
	Kesadolerite, doleritic rocks
	Biotite granite
Gurue Metamorphic Complex	Muscovite quartzite, feldspathic quartzite, biotite schist, amphibole schist
Lower Proterozoic	Phyllite interbedded with greywacke
Ragnoldi Supergroup	Grit
Infuli Formation	Quartzite, feldspathic quartzite, chert, felsite
Nyagari Formation	Graphitic slate, pyritiferous slate, argillite, greywacke
Xcheka Formation	Striped slate, argillite, phyllite, graphitic slate, quartzite, grits
Arnaecous Formation	Quartzite, feldspathic quartzite
Volcanic Formation	Mountain sandstone, grits
Pre-Ragnoldi Intrusive Rocks	Dolomite, quartzite, biotite bearing quartzite, chert, calc-silicate rock
Shawaian Group	Basal conglomerate
Bulawayan Group	Arkose, argillite, arkose-pebbly conglomerate
Basement Complex	Xain conglomerate
	Massive and amygdaloidal basalt
	Porphyritic granite, even-grain granite
	Keta-gabbro
	Keta ultramafic rock with serpentine or talc
	Metamorphosed arkose, greywacke, conglomerates, siliceous sediment
	Epidolerite, pillow lava, undifferentiated greenstone
	Banded ironstone
	Biotite paragneiss
	Biotite and feldspathic paragneiss partly with calc-silicate inclusion
	Biotite paragneiss, biotite-hornblende paragneiss, hornblende paragneiss
	Orthogneiss
	Anticline with direction of plunge
	Syncline with direction of plunge
	Fault and fracture
	Thrust fault
	Mine, operating
	Mine, closed

0 20 40 60 kilometres

图 1-3-1 地质图



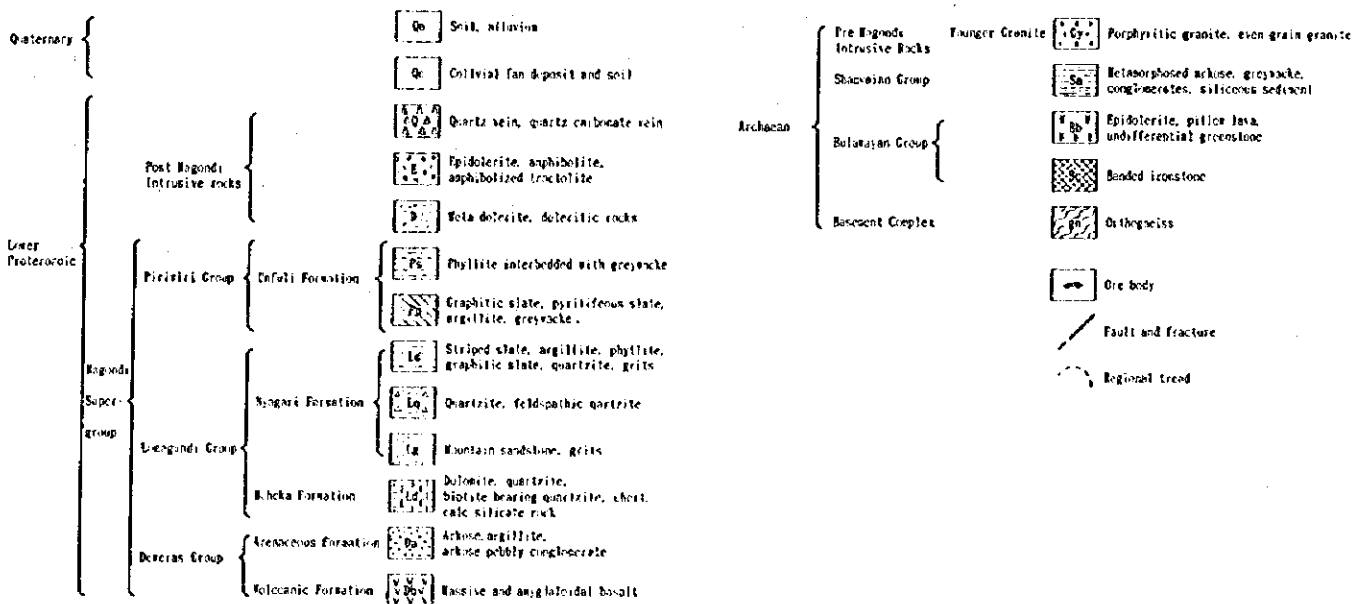
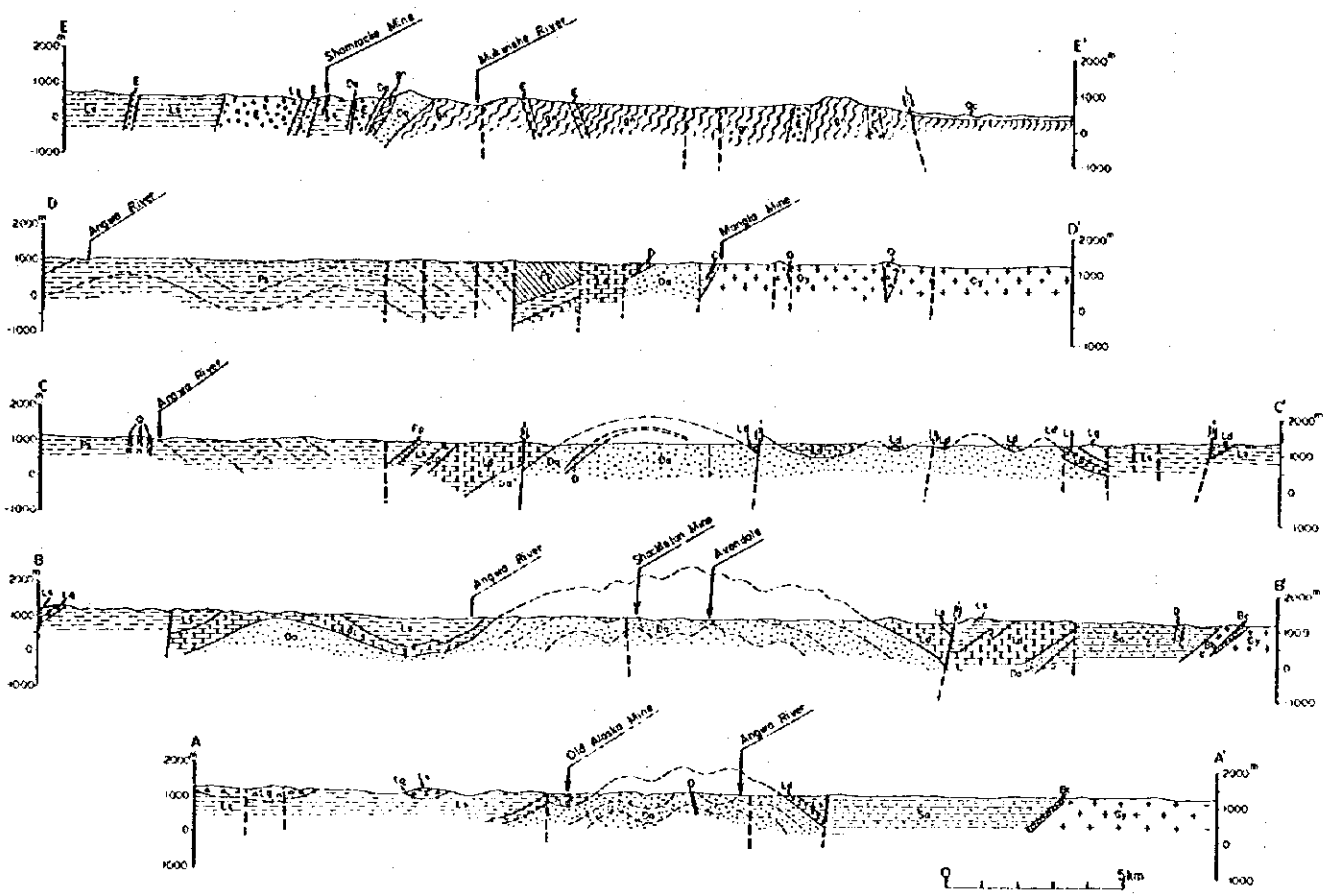


图 II - 3 - 2 地质断面图

Geological time	Group	Formation	Geological column		Rock facies	
			Qs	Qc	Soil, Sand, gravel, alluvium	Colluvial fan deposit and soil
Quaternary						
Triassic		Upper Karoo Formation	Ks		Aeolian and fluvial sandstone	
Lower Proterozoic	Sijarira Group		Ss		Reddish sandstone	
	Curuve Metamorphic Complex		Cq		Muscovite quartzite, feldspathic quartzite, biotite schist, amphibole schist	
	Piriwiri Group	Unfuli Formation	Ps		Phyllite interbedded with greysacke	
			Pg		Grit	
	Magondi Super-group	Lonagundi Group	Pp		Quartzite, feldspathic quartzite, chert, felsite	
			Ls		Graphitic slate, pyritiferous slate, argillite, greysacke	
	Magondi Super-group	Lonagundi Group	Lg		Striped slate, argillite, phyllite, graphitic slate, quartzite, grits	
			Ld		Quartzite, feldspathic quartzite	
	Magondi Super-group	Lonagundi Group	La		Mountain sandstone, grits	
			Lc		Dolomite, quartzite, biotite bearing quartzite, chert, calc-silicate rock	
Magondi Super-group	Deseras Group	Da		Basal conglomerate		
		Dc		arkose, argillite, arkose-pebbly conglomerate		
Magondi Super-group	Deseras Group	Db		Conglomerate		
		Dv		Massive and amygdaloidal basalt		
Archaean	Shanvian Group		Sa		Metamorphosed arkose, greysacke, conglomerates, siliceous sediment	
	Bulawayan Group		Bb		Epidolerite, pillow lava, Undifferential greenstone	
			Bc		Banded ironstone	
	Chitumbi paragneiss		cg		Biotite paragneiss	
	Urungwe paragneiss		ug		Biotite and feldspathic paragneiss partly with calc-silicate inclusion	
	Escarpment paragneiss		eg		Biotite, biotite-hornblende and hornblende paragneiss	
Basement Complex		BR		Orthogneiss		

Post Magondi Intrusive rocks

- Q : Quartz vein, quartz-carbonate vein
- P : Pegmatite, Felsite
- E : Epidolerite, amphibolite, amphibolized troctolite
- D : Metadolerite, doleritic rocks
- G : Biotite granite

Pre Magondi Intrusive Rocks

- Gy: Porphyritic granite, even grain granite (Younger Granite)
- Co: Fine granite, granodiorite, tonalite (Older Granite)
- Yg: Meta-gabbro
- Ut: Meta ultramafic rock with serpentine or talc

图 II - 3 - 3 模式程序图

調査地域外北西縁のザンベジ断層崖沿いに分布する。

黒雲母片麻岩を主とする (Fey and Broderck, 1990)。

### 3-2-3 ブラワヤン (Bulawayan) 層群

調査地域外南部に、後述の新期花崗岩の周縁に沿って分布する。

コンパイル範囲内の本層についてはStagman (1961) により記載されている。基底部をなす縞状鉄層と緑色岩層からなる。縞状鉄層は、一般に黒色を呈し、石英と磁鉄鉱との細かな互層及び級化構造が認められる。緑色岩層は、変質した玄武岩質火山岩類からなる。

### 3-2-4 シャンヴァイアン (Shamvaian) 層群

調査地域外南部のチノイ市付近を中心に、ブラワヤン層群を取り囲むように分布する。

コンパイル範囲内の本層についてはStagman (1961) により記載されている。幾層もの礫岩及び砂岩からなる。大部分の礫は花崗岩であるが、緑色岩や縞状鉄の礫もある。広域変成作用を被り、鉄マグネシウム組成の変化により、黒雲母、緑泥石及び角閃石を生成している。

### 3-2-5 先マゴンディ (Magondi) 貫入岩類

#### 1. 超塩基性岩類

調査地域外中央部東に分布する。多くは基盤岩類と新期花崗岩体の境界部にみられる。

隣接する既存図幅に記載されているChipingabadza複合岩体 (Hahn and Steiner, 1990) の西延長部にあたる。同図幅によれば、暗緑色を呈する中粒塊状岩体である。角閃石化した輝石岩からなり、輝石鉱物は、角閃石、蛇紋石及び緑泥石に交代されている (Hahn and Steiner, 1990)。

#### 2. 変成ハンレイ岩

調査地域外北東縁の基盤岩中に直径1km前後の小岩体として分布する。

本岩体は、Chenjerai (1988) により詳細な記載が行われている。それによれば、周縁部から中心部に向かって中粒から粗粒に変化し、長石斑晶は1cm以上に成長している。鏡下では、角閃石及び長石を主要造岩鉱物として、長石は透輝石化や角閃石化しており、ザクロ石を伴っている。

#### 3. 新期花崗岩類

大きく分けて調査地域外南東及び地域内中央部東側の2カ所に分布している。

調査地域内に確認された本岩類は、桃色を呈する中粒黒雲母白雲母 (ないし白雲母黒雲母) アダメロ岩からなる。

鏡下での特徴は以下のとおりである。マンガラ鉱山北東から採取した試料 (NR57及びSR82) は、hypidomorphic組織を呈し、石英、斜長石及び正長石を主要造岩鉱物として、黒雲母、白雲母、鉄鉱物、スフェーン、ルチル、磷灰石及びジルコンを含む。緑簾石、緑泥石あるいは方解石を伴う場合もある。

### 3-2-6 マゴンディ (Magondi) 累層群

#### 1. デウエラス (Deweras) 層群

##### (1) 火山岩層

調査地域南方のシャックルトン鉱山とオールド・アラスカ鉱山の中間付近に分布する。その他



に地質図上で粗粒玄武岩としたものの一部は本層である可能性がある。

フレダ農場内の玄武岩溶岩は、暗緑色から緑灰色を呈し、杏仁状組織が認められ塊状を呈する。露頭が小規模であり、産状の詳細は不明である。

鏡下では、フレダ農場内の試料は、blastoporphyritic組織を呈し、斜長石及び角閃石を主として、石英、黒雲母、緑廉石、電気石及び鉄鉱物を含むほか、微量のスフェーン、燐灰石及びジルコンを含む。それに対して、地域の南外縁で採取した試料では、角閃石及び黒雲母を欠き、比較的多量の緑泥石及び方解石を生成していることを特徴とする。

## (2) 砂質岩層

南北に長く、調査地域の中央部に広く分布する。

本層は、本地域に分布する銅鉱床の主要胚胎母岩である。肉眼では、南部から中央部では非変成ないしは弱い劈開を伴う弱変成作用を被っている。中央部から北部にかけては、北に向かって変成度が上がっている。南部から中部にかけてはマゴンディ変動帯に属し、北部はザンベジ変動帯に属する。

アルコースを主とし、花崗岩礫を主とした礫岩を挟在する。級化層理及び斜層理が発達していることを特徴とする。マンガラ北方のブレンヴィレ農場内では、本層が先マゴンディ貫入岩類である新期花崗岩を不整合に覆っている産状が認められる。アヴォンデール鉱床の坑内では、粗粒アルコースから頁岩への堆積サイクルが認められ、硬石膏からなる蒸発岩や苦灰岩の薄層も観察できる。本層は扇状地堆積物、プラヤ性堆積物、河川堆積物等と考えられ、堆積サイクルの詳細な検討が行われている (Master, 1991)。

鏡下では、アルコースは、blastosamitic組織を呈し、石英、斜長石及び正長石を主とし、黒雲母ないしは白雲母を随伴するほか、少量ないしは微量の鉄鉱物、スフェーン、燐灰石及びジルコンを含む。調査地域北部の試料では、角閃石及び緑廉石が比較的多量に生成しており、一部では電気石や透輝石が認められる。

## 2. ロマグンディ (Lomagundi) 層群

### (1) ムチェカ (Mcheka) 層

調査地域南部ではデウェラス層群の両翼に、中央部から北部にかけては同層の西翼に沿って分布している。

苦灰岩、珪岩、黒雲母含有珪岩等よりなる。基底礫岩層の分布は本調査地域内では確認されていない。

苦灰岩は、白色から灰色を呈し、細粒から粗粒の炭酸塩鉱物及び石英粒からなる。部分的に級化構造が認められる場合がある。本層の典型的な珪岩は "pock-marked quartzite" と称され、特徴的な褐色から赤褐色の斑点組織を呈する。本層の苦灰岩類の化学組成から見ると、苦灰岩から苦灰岩質珪岩まで幅広い組成を示している (Tennick, 1976; Stagman, 1961)。

鏡下では、苦灰岩は、saccharoidalないしはdecussate組織を呈し、苦灰石のほか、石英を伴い、微量の鉄鉱物、スフェーン及び燐灰石ないしはジルコンを含む。また斜長石及び正長石を少

量含む場合もある。また、シヤムロック鉱山周辺の再結晶化した試料では、フロゴパイトを生成し、トレモライトを伴う場合がある。珪岩試料は、granoblastic組織を呈し、石英の他に、斜長石、正長石及び白雲母を伴う場合と、炭酸塩鉱物を伴う場合がある。また微量の鉄鉱物及びスフェーンを伴う。

## (2) ニヤガリ (Nyagari) 層

デウエラス層群及びムチェカ層を取り囲むように広く分布する。

砂岩、珪岩、粘板岩類及び縞状鉄から構成される。砂岩は“山陵砂岩 (mountain sandstone)” と呼称される。暗灰色塊状で無層理を呈する。珪岩は調査地域外南方から中央部の粘板岩類中に分布し、褶曲した丘陵を形成する。粘板岩類は、“剝離性粘板岩 (striped slate)” と呼称されている。黒色を呈し、層理に斜交する劈開が発達し、自形の黄鉄鉱が散点している。縞状鉄層は、リヴィングトン農場内に認められるが、縞状鉄鉱の転石が散在しているのみで露頭は確認されていない。

鏡下では、砂岩は、石英、斜長石及び正長石を主要造岩鉱物とし、黒雲母及び白雲母を伴う。粘板岩類は、細粒の石英、黒雲母及び石墨を主体とし、少量の斜長石及び正長石からなる。調査地域北部では、十字石やザクロ石が生成している。縞状鉄鉱石の反射顕微鏡観察では、石英を主とする砂岩質部と自形の磁鉄鉱が縞状組織を呈する。磁鉄鉱は粒間沿いに赤鉄鉱化している。

## 3. ピリウィリ (Piriwiri) 層群

本調査地域西方に広く分布する。

石墨質粘板岩、珪岩、砂岩、グレイワッケ、千枚岩等よりなる。石墨質粘板岩は黒色を呈し、葉理構造が発達する。珪岩は粘板岩中に挟在するチャート質珪岩である。砂岩及びグレイワッケは千枚岩中に挟在する。千枚岩は様々な色調や組織を呈する (Tennick, 1976)。

鏡下では、石墨質粘板岩は、石墨、石英、斜長石を主として、正長石、白雲母、鉄鉱物及びスフェーンを含む。千枚岩は decussate組織を呈し、白雲母、緑泥石を主とし、石英、斜長石、角閃石、鉄鉱物、スフェーン及び燐灰石を含む。

### 3-2-7 グルヴェ (Guruve) 複合変成岩

調査地域外北東縁のザンベジ断層崖沿いに分布する。

大理石、長石質からアルコース質珪岩、変成アルコース、変成グレイワッケ及び角閃岩を含む変成堆積物がある (Hahn and Steiner, 1990)。

### 3-2-8 後マゴンディ (Magondi) 貫入岩類

#### 1. 花崗岩

調査地域外北西に数km規模のいくつかの岩体として分布する。

黒雲母花崗岩及び片麻状花崗岩からなるが、両者は記載岩石学的には類似した特徴を持つと考えられている (Wiles, 1961)。

#### 2. 粗粒玄武岩類

調査地域の南部から中央部にかけて分布するブラワヤン層群からピリウィリ層群の各層群中に

貫入している。デウエラス層群中の本岩類の分布は、露頭で確認されたものの他に、空中磁気調査及びE. P. O. による探査結果をもとに作図している。本岩類として地質図に記入したものの一部は、デウエラス層群に属する火山岩層の可能性がある。

暗緑色から暗灰色を呈し、塊状である。

鏡下では、blastoporphyritic組織を呈し、角閃石、斜長石及び石英を主とし、鉄鉱物、スフェーン及び磷灰石を伴い、緑糜石、緑泥石、電気石及び方解石を生成している場合もある。

### 3. 角閃岩類

調査地域の中央部から北部にかけて多数の岩脈ないしは岩床として分布する。

原岩は苦鉄質火山岩と考えられる。地域南方に分布する粗粒玄武岩類と同質であり、変成度の違いによるものと推定される。

鏡下では、粗粒玄武岩類とほぼ同様であるが、角閃石が定方位配列し、石英の量がやや多く、黒雲母を生成していることを特徴とする。

### 4. ベグマタイト

調査地域の北東の片麻岩類中及び地域外西方のピリウイリ層群中に小規模に分布する。

ベグマタイトは石英、正長石、白雲母、電気石、緑柱石等からなる。地域外西方のベグマタイト中には、ブロック状の白雲母を産し、淡青色透明を呈する緑柱石は宝石（アクアマリン）としてsmall workerによって小規模に採掘されている（Wiles, 1961）。

### 5. 石英脈

調査地域中央の先マゴンディ貫入岩類である新期花崗岩中及び地域外西方で脈状に分布する。

乳白色～白色透明の塊状石英からなるが、一部グラノファイヤー様の組織の部分に移化する。Nyamanyoko農場の南西では、暗灰色の金属光沢を呈する赤鉄鉱を主とした鉄酸化物が網状に発達している。

鏡下では、次のとおりである。新期花崗岩中の石英脈のうち、グレン・ビュー農場内の試料（SR78）では、lepidoblastic組織を呈し、石英及び白雲母を主として、少量の鉄鉱物及び磷灰石を含む。マンガラ鉱山西方のアルファA農場内で採取した試料（YR57）は、micro graphic組織を呈するグラノファイヤーである。石英、斜長石及び正長石を主体として、角閃石、鉄鉱物、スフェーン及び磷灰石を含む。

#### 3-2-9 シジャリラ (Sijarira) 層群

調査地域外南東の新期花崗岩分布域に、小規模に認められる。

赤色を呈する砂岩からなる (Stagman, 1961)。

#### 3-2-10 上部カロオ (Karoo) 層

地域外北方のザンベジ断層崖の下に小規模に分布する。

本層は、斜層理構造を呈する砂岩・シルト岩互層とレンズ状の礫岩から構成され、石灰質である (Chenjerai, 1988)。

### 3-2-11 第四紀堆積物

調査地域では泥砂礫からなる扇状地堆積物のほか、調査地域外北方のザンベジ断層崖の下には崩積成堆積物が広く分布している。

### 3-3 地質構造

調査地域の地質構造の履歴については、これまでにいくつかの詳細な研究、検討がなされている (Stagman, 1961; Jacobsen, 1962; Blaiss, 1970; Stowe, 1978; Sutton, 1979; Treloar, 1988; Simpson, 1990; Master, 1984, 1991 etc)。これらの研究は、マングラ付近以南のマゴンディ変動帯及び調査地域北部のザンベジ変動帯を中心としたものである。

マゴンディ累層群に関係した最初の地質構造のイベントは、マゴンディ堆積盆を形成した地溝帯の拡大である。地溝帯は、地域外東方のグレート・ダイクの活動による左横ずれの破砕帯に沿って形成されたと考えられている。地域南部の堆積盆東縁は、ほぼグレート・ダイクに平行なNNE-SSW方向で区画されており、中央部のマングラ北方ではNNW-SSE方向に屈曲している。

デウェラス層群は地溝帯に伴った扇状地堆積物、河川堆積物及びブラヤ成堆積物からなり、堆積時には、いくつかの塩基性火成活動が起こっている。ロマグンディ層群は、沿海性の環境で堆積したと推定されている。ピリウィリ層群は黒海型の水成堆積物で、おそらく大陸斜面や海底扇状地のような環境で堆積したと推定されている (Master, 1991)。

調査地域のほぼ全域はマゴンディ変動帯に位置し、数回の変形作用を被っている。主要構造は調査地域南部と北部とは異なる特徴を示す。

調査地域南部の主要構造は、NNE~NE方向の等斜褶曲及びマゴンディ堆積盆東縁沿いの衝上断層で特徴づけられる。これらの構造はNE-SW方向の右横ずれ断層によって切られている。また地域外西方のロマグンディ層群及びピリウィリ層群中では、NW-SE方向の断層も発達している。

中央部のマングラ付近の始生代の新期花崗岩とデウェラス層群の関係は、坑内では小規模な衝上断層で接しているが、地表では不整合が観察される。

北部では、NNE-SSW~N-S方向の変形作用、NE-SW方向の褶曲構造及びNE-SW方向の横ずれ断層に区分されるが、NW-SE方向の構造は認められていない (Thole, 1974)。

地域の南部のアラスカ周辺から中央部のマングラ周辺にかけての変成度は、黒雲母の生成を頂点とした緑色片岩相である。マングラから北へ向かって角閃石相へと変成度が上昇している。特に北部のザンベジ変動帯内での変成度は顕著に上昇している (Thole, 1974, 1976)。

### 3-4 鉱化作用

#### 3-4-1 鉱山・鉱微地調査

鉱微地調査結果一覧表を表II-3-1に示す。

#### 1. アラスカ地区

##### (1) オールド・アラスカ鉱床

表II-3-1 鉍微地調查結果一覽表

Name of Mine and Mineralized Area	Locality Coordinates	Situation	Type of deposits	Mineralized Metal	Ore reserve	Metal grade	Main ore minerals	Accessory minerals	Gangue minerals	Host rock	Present Production
(1)Hans	17°25.47'S 30°01.95'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	0.3million tons Cu1.0%	AgMax93.5g/t CuMax3.71%	Mal, Bo, Cc Cp			Arkose Conglomerate	
(2)Angwa	17°28.96'S 30°03.37'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	4.5million tons Cu0.95%	AgMax62.6g/t CuMax1.59%	Bo, Cc, Cp	Py, Mt, Hem		Arkose Conglomerate	16,000t/m Cu0.6%
(3)Old Alaska	17°28.87'S 30°00.87'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	5million tons? Cu1.5%	AgMax62.6g/t CuMax1.59%	Mal, Bo, Cc Cp, Py, Cv, Mt, Hem			Lomagundi, G Dolomite	
(4)Shackleton	17°18.08'S 30°02.67'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	6million tons Cu1.2%		Bo, Cc			Arkose Conglomerate	
(5)Avoncale	17°17.86'S 30°04.11'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	4.4million tons Cu0.9%	Ag 11.6g/t Cu 0.45%	Cc	Bo, Cp		Arkose Conglomerate	16,000t/m Cu0.8%
(6)United Kingdom	17°04.67'S 30°11.24'E	closed	qz-cal Vein	Cu, Ag		AgMax5.9g/t CuMax2.6%	Mal, Cc	Cv	Qz, Cal, Hem, krose		
(7)Milliam	16°53.31'S 30°09.59'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au Pt, Pd, Se	60million tons Cu1.0%	AgMax33.2g/t CuMax13.0%	Bo, Cc, Cp	Py, Mt, Hem		Arkose Conglomerate	4,000t/d Cu0.7%
(8)Norah	16°56.21'S 30°09.16'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au	8million tons Cu1.2%	AgMax170g/t CuMax13.0%	Cp, Bo, Cc	Py, Cv, Sph, Mt, Hem		Arkose Conglomerate	
(9)Shamrocke	16°25.78'S 30°09.52'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au	5million tons Cu1.0%	AgMax 8.1g/t CuMax3.47%	Po, Cp	Cub, Sph, Py, Mc, Mt		MetaArkose	
(10)Nyanyayoko Hill	16°50.63'S 30°10.57'E		qz-rt Vein	Au, Ag?	Extension2km	Au0.03g/t Ag4.5g/t		Hem, Mt		Granite	
(11)Rivington	17°00.40'S 30°04.82'E		Banded iron	Fe			Mt, Hem			slate	
(12)Zawi	17°13.88'S 30°01.58'E		Dolomite	Dolomite			Dolomite			Lomagundi, G Dolomite	
(13)Hilltop	17°19.01'S 30°07.74'E		Slate	slate			slate			Lomagundi, G slate	

Abbreviations

Py:pyrite Mc:marcasite Po:pyrrhotite Cub:cubanite Cp:chalcopyrite Bo:bornite Cc:chalcocite Cv:covellite Sph:sphalerite  
Mt:magnetite Il:illmenite Hem:hematite Mal:malachite Qz:quartz Cal:calcite Or:other gangue minerals

位置： チノイ市西方20km CHEZUI HILL麓

現況： 休山中。CHEZUI HILL南麓に鑿坑，及び露天掘（東西約400m，南北約200m）跡現存。

歴史： 有史以前より採掘。近代的な探鉱，開発は1956年～1961年，1977年終掘。

規模： 採掘粗鉱量約500万トン

地質： 下位よりデウエラス層群の礫岩，アルコース，ロマグンディ層群の苦灰岩，苦灰岩質粘板岩～千枚岩，及び苦灰岩質砂岩より構成される。地質構造は，SWにゆるくブランチする主向斜軸に支配され，この中で小規模な背斜及び向斜構造を伴うほか，NW-SEの断層によって切られる。

鉱床： 主としてロマグンディ層群の苦灰岩，砂岩，及び頁岩中に胚胎する。鉱石鉱物は細脈～鉱染状孔雀石のほか黄鉄鉱の仮像を伴う輝銅鉱が特徴的に認められる。この他，黄銅鉱，自然銅，珪孔雀石，コルネタイト，ブランチェアイト，翠銅鉱，赤銅鉱，及び黒銅鉱等が報告されている（Master, 1991）。

露天掘りから得た鉱石の研磨片の顕微鏡観察では細脈状，ないしは網状の孔雀石，外形不定の斑銅鉱，輝銅鉱，板状，葉片状結晶集合体の銅藍，及び微量の黄銅鉱が認められる。孔雀石脈の肥厚部には輝銅鉱が存在し，斑銅鉱は輝銅鉱により，さらに輝銅鉱は銅藍により交代されている。黄銅鉱は斑銅鉱中に筋状，外形不定等の形態を伴って出現する。

## (2) アングワ鉱床

位置： オールド・アラスカ露天掘り東 4km GOLDENVALE Farm

現況： 稼行中。

歴史： 1958年試錐探鉱開始，1965年立坑開削を含む探鉱開始。1973年本格的生産開始。

規模： 埋蔵鉱量450万トン，現在の粗鉱生産量は16,000トン/月。

地質： 下位よりデウエラス層群の礫岩，アルコース，及び泥質岩を単位とする堆積サイクルを示す。構造はN-E系の走向，40-60°N傾斜を示し，緩やかな褶曲を伴う。

鉱床： 鉱床は上下2層に大別される。上位鉱床は泥質岩直下のアルコース中に胚胎し，上盤泥質岩の発達及び連続性に規制される。下位鉱床は下盤礫岩の上部に胚胎する。主要鉱石鉱物は輝銅鉱，斑銅鉱であり，副次的に銅藍，黄銅鉱，及び黄鉄鉱が認められるほか，微量成分として自然銀が報告されている。これらの鉱石はいずれも礫岩，アルコース中に鉱染状，細脈状，または礫岩，砂岩の粒子間隙を埋めて胚胎する。

鉱石の研磨片の顕微鏡観察では外形不定の黄銅鉱，斑銅鉱，輝銅鉱，柱状，外形不定の赤鉄鉱，自形粒状の磁鉄鉱が認められる。黄銅鉱は斑銅鉱と共存する。斑銅鉱と輝銅鉱は文象構造を伴って共生するものと，斑銅鉱の一部が輝銅鉱となっているものがある。磁鉄鉱は赤鉄鉱により交代され，時に全く赤鉄鉱化しているものがある。

## (3) ハンス鉱床

位置： オールド・アラスカ露天掘り南東 3km DICHEAT Farm, PAMANE ESTATE境界

現況： 休山中。旧坑内採掘による地表陥没孔，斜坑口他，設備跡，廃石山現存

歴史： 本鉱山は1974年生産を開始し，1976年休山した。

規模： 粗鉱生産量は30万トンであり、この他10万トンの残鉱量を有している。

地質： 鉱床付近はデウェラス層群のアルコース、泥質岩が分布する。

鉱床： 鉱石は白色～桃色アルコース、緑色泥質岩を母岩とする。鉱石は主に鉱染～細脈状孔雀石のほか、弱い鉱染状の斑銅鉱、輝銅鉱、及び黄銅鉱が認められる。

## 2. シャックルトン、アヴォンデール地区

### (1) シャックルトン鉱床

位置： アラスカ製錬所北北西 9km

現況： 坑内採掘は終了、鉱山設備はアヴォンデール、アングワ鉱床等の鉱石処理のため稼行。

歴史： 1958年土壌地化学探査開始、1961年試錐探鉱開始、1968年探鉱出鉱開始、1972年本格生産開始、1984年8月終掘。

規模： 総粗鉱生産量約600万トン (Cu1.2%) (鉱山資料)。

### (2) アヴォンデール鉱床

位置： アラスカ製錬所北 9km AVONDALE Farm, MANINGWA Farm

現況： 稼行中、本鉱床の鉱石はシャックルトン立坑より出鉱。

歴史： 1975年開発開始、1982年生産開始。

規模： 埋蔵鉱量440万トン、Cu品位0.90%、現在採掘量月産16,000トン (鉱山資料)。

地質： 鉱床付近はデウェラス層群のアルコース、泥質岩が分布し、これらは礫質砂岩～砂岩、上位の細粒アルコース、最上位の泥質岩～石灰質泥質岩から構成される堆積サイクルを繰り返す。地質構造は、NNE-SSW系の小褶曲を繰り返しながら全体としてNE-SW系の緩やかな背斜構造を示す。シャックルトン鉱床西側ではNNW-SSE系の顕著な漸層帯があり、これに沿って粗粒玄武岩質岩脈(Shackleton Dyke)が貫入している。

鉱床： 鉱床は層準規制型銅鉱床であり、上盤泥質岩直下、または上下泥質岩の間に胚胎する。鉱石の研磨片の顕微鏡観察では外形不定の輝銅鉱、斑銅鉱、黄銅鉱、及び柱状の赤鉄鉱が認められる。輝銅鉱、斑銅鉱、及び黄銅鉱は共存し、斑銅鉱が輝銅鉱中に散点する場合もある。

## 3. ウンボエ (ユナイテッド キングダム) 地区

### (1) ユナイテッドキングダム鉱床

位置： チノイ市北40km マングラ鉱山南南東20km INYATI Farm

現況： 休山中。露天掘跡、建物跡基礎コンクリート、及びトレンチ跡現存。

歴史： 本鉱山発見の経緯は不明、1939-1940年小規模採掘。1972年頃トレンチ探鉱及び試錐探鉱を実施したが再開発に至らず今日に至る。

規模： 生産量Cu 2.74ton, Au 1.59kg(1939-1940) (Bartholomew 1990)。

地質： 鉱床付近はデウェラス層群のアルコース、ロマゲンディ層群の珪岩、苦灰岩、及び頁岩が分布する。露天掘の西側にはN-S方向に粗粒玄武岩質岩脈が貫入している。露天掘東側には石英方解石脈が岩脈と平行して貫入している。

鉱床： 鉱床は粗粒玄武岩岩脈と石英方解石脈の接触部に沿って胚胎する鉱脈型鉱床である。

鉱石は孔雀石を主とし、岩脈～石英方解石脈の接触部、石英方解石脈の節理、及び劈開面に沿う細脈のほか、岩脈側に弱い鉱染状の孔雀石、褐鉄鉱、及び赤鉄鉱が認められる。

鉱石研磨片の顕微鏡観察では外形不定の輝銅鉱と、これを一部交代した板状、葉片状銅藍、及び繊維状結晶集合体の孔雀石が認められる。

#### 4. マングラ地区

##### (1) ミリアム鉱床 (マングラ鉱山)

位置： チノイ市北方 70km

現況： 稼行中。露天掘終了、現在ミリアム立坑、東立坑を使用し、坑内採掘実施。

歴史： 1930年代Anglo Americanによって探鉱開始。1940年代RCV Ltd. が探鉱実施。1950年代MTD Co. Ltd. が RCV Ltd. から権利取得し、開発を開始。1956年生産開始。

規模： 埋蔵鉱量約 6,000万トン、品位 Cu1.0%。現在粗鉱生産量日産4,000トン (Cu0.7%, Ag 8.2g/t, Au0.068g/t)、選鉱設備規模 4,500トン/日である。

地質： 鉱床付近は東側に本地区の基盤岩である始生代の花崗岩が分布し、N-S系衝上断層を隔てて西側にデウェラス層群のアルコース、泥質片岩及び緑泥石片岩などが分布する。構造はN-S系、傾斜E50-60°を示し、南北に連続する。

鉱床： 鉱床は扇状地堆積物の特徴を伴う礫岩、アルコース、泥質片岩中に胚胎し、鉱染状、または、破碎帯、泥質片岩の劈開面に生成した石英、微斜長石細脈状鉱石である。

鉱石は主に輝銅鉱、斑銅鉱より成り、黄銅鉱、及び黄鉄鉱を伴うほか、微量の輝水鉛鉱、自然銀、輝銀鉱、閃蒼鉛銅鉱(wittichenite)、閃ウラン鉱、自然金が報告されている (Master 1991)。

地表部 (モーリー南露天掘) では鉱床は強い酸化帯となり、孔雀石の鉱染状、細脈状鉱石となる。

鉱床周辺は、赤鉄鉱の発達で特徴づけられ、鉱体間のアルコースは赤色化しているが、顕著な変質作用を受けていない。

鉱石研磨片の顕微鏡観察では外形不定の斑銅鉱、輝銅鉱、黄銅鉱、柱状の赤鉄鉱、及び自形の磁鉄鉱が認められる。斑銅鉱、輝銅鉱、及び黄銅鉱は共存する。斑銅鉱、輝銅鉱は文象構造を伴って共生するものと、斑銅鉱を交代した輝銅鉱とがある。黄銅鉱はアルコースの粒間を充填するもの、閃亜鉛鉱を包有するものも認められる。

##### (2) ノーラ鉱床 (マングラ鉱山)

位置： チノイ市北方 70km ミリアム鉱床南 5km PLATEAU Farm

現況： 1992年10月終掘。

歴史： 1930年代Anglo Americanによって探鉱開始。1940年代初期RCV Ltd. が開発開始。1950年代中期MTD Co. Ltd. がRCV Ltd. から権利取得し、1972年生産を開始した。

規模： 埋蔵鉱量約800万トン、品位Cu1.2%である。

地質： 本鉱床はミリアム鉱床の南延長部に位置し、鉱床付近の地質はミリアム鉱床地区と同様である。



鉱床： 鉱床はミリアム鉱床に対して層準的に上位に位置し、平行層理、斜交層理を示す細礫～粗粒花崗砂岩、苦灰岩質泥質岩中に胚胎する。鉱床上盤は緑泥石～石英砂岩、緑泥石～石灰岩質片岩であり、特徴的に硬石膏、重晶石、天青石、緑泥石、電気石、硫化物等を含む蒸発岩薄層を伴う。

鉱石は主に輝銅鉱、黄銅鉱より成り、斑銅鉱及び黄鉄鉱を伴う。鉱床は上盤側で明瞭な境界を持つが、下盤側では粗粒砂岩中で漸移的に劣性となり明瞭な境界を示さない。

鉱石研磨片の顕微鏡観察では外形不定の黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、閃亜鉛鉱、板状、葉片状銅藍、及び長柱状～放射柱状赤鉄鉱、自形磁鉄鉱がみとめられる。斑銅鉱、輝銅鉱、及び黄銅鉱は共存する。斑銅鉱、輝銅鉱は文象構造を伴って共生するものがある。また、斑銅鉱を交代した輝銅鉱がある。赤鉄鉱は磁鉄鉱を一部交代したもの、黄銅鉱、斑銅鉱に対して自形をとり、放射状に成長したものが認められる。

## 5. シャムロック地区

### (1) シャムロック鉱床

位置： カロイ市北東80km

現況： 休山中。

歴史： 1950年代後半に発見され、1958-1961年Rand Mines Ltd.が坑内外の探鉱を実施。1960年中頃以降Nyashere Copper (Private) limitedにより開発開始、1972年～1978年まで稼行。

規模： 埋蔵鉱量約500万トン、品位 Cu1%, Ag0.8g/t, Au0.018g/t, 休山時残鉱量約100万トン。

地質： 鉱床付近は石墨質片岩、石英-長石-角閃石片岩、変アルコース、黒雲母-陽起石片岩が分布する。鉱山周辺では約40°SEにプランジする等斜褶曲が顕著である。

鉱床： 鉱床は石墨質片岩中に挟在する細粒石灰質変アルコース中に硫化物鉱染帯として胚胎。鉱石は主に磁硫鉄鉱、黄銅鉱の鉱染帯よりなり、この他少量の硫砒鉄鉱、黄鉄鉱、赤鉄鉱、磁鉄鉱、チタン鉄鉱、ペントランダイト、輝蒼鉛鉱、及び閃亜鉛鉱を伴う。

研磨片の顕微鏡観察では多くの場合外形不定の磁硫鉄鉱と黄銅鉱が共存し、磁硫鉄鉱を交代した白鉄鉱が認められる。この他黄銅鉱中に板状、葉片状に離溶したキューバ鉱、周辺に赤鉄鉱化を伴う磁鉄鉱、自形の黄鉄鉱、チタン鉄鉱、外形不定の閃亜鉛鉱、及び黄銅鉱、閃亜鉛鉱周辺に出現する輝銅鉱が認められる。

### 3-4-2 鉱化作用の特徴

マコンデ地域には層準規制型鉱染状銅硫化物鉱床、石英、方解石脈に伴う銅脈型鉱床、層状鉄鉱床、及び苦灰岩鉱床が分布する。

#### 1. 層準規制型鉱染状銅硫化物鉱床

調査地域内の休山、稼行中のものを含め大規模主要鉱床はいずれもこの鉱床型のものであり、地域南部のオールド・アラスカ、アングワ、ハンス、シャックルトン、及びアヴェンデル各鉱床、地域中部のミリアム、ノーラ鉱床、北部のシャムロック鉱床がこれに属する。

鉱床層準という観点からは、主としてデウエラス層群のアルコースに胚胎するが、例外的にオ

ールド・アラスカ、シャムロック鉱床はロマグンディ層群の苦灰岩、変アルコースに胚胎する。

鉱床胚胎岩相という観点からは、礫岩、級化構造・斜層理を伴うアルコース、及び各種蒸発岩類を挟在する泥質岩を1サイクルとする堆積サイクルがあり、鉱床はこのうちの特に泥質岩直下のアルコース中に胚胎するもの（アヴォンデール鉱床、アングワ上位鉱床、ノーラ鉱床、シャムロック鉱床）、礫岩～アルコースに胚胎するもの（アングワ下位鉱床、ハンス鉱床、ミリアム鉱床、シャックルトン鉱床）が顕著である。ールド・アラスカ鉱床は例外的に苦灰岩、苦灰岩質砂岩～頁岩に胚胎する。

鉱石組織という観点からは、外形不定の斑銅鉱、輝銅鉱、及び黄銅鉱を主要鉱石鉱物とし、母岩の粒間を埋める鉱染状鉱石が一般的であり、層理、劈開、破碎帯に沿う小脈が一部に認められる。特に高品位鉱の場合はこの両者を伴う。このほか副次的鉱石鉱物として銅藍、磁鉄鉱、及び赤鉄鉱を伴う。尚、シャムロック鉱山は例外的に磁硫鉄鉱、黄銅鉱を主要鉱石鉱物とし、少量の黄鉄鉱、キューバ鉱、輝銅鉱、銅藍、閃亜鉛鉱、磁鉄鉱、及びチタン鉄鉱を伴う。また、鉱床は地表部付近で酸化帯を形成し、孔雀石、及び銅藍を主とする鉱染状、細脈状鉱石になる。

鉱石品位という観点からは、Auは小脈部分で1g/t以上と高くなるほかは0.01～0.5g/tである。Agは小脈部分で60g/t以上を示すほかはほぼ1～30g/tの範囲で含まれ、Cuは0.01～3.5%範囲で含まれる。Ni、Co、及びPbは数10ppmである。Znは検鏡で閃亜鉛鉱を確認できるシャムロック鉱山、ノーラ鉱山の一部で1,000ppm以上を示すほかは数100ppmである。Ptは検出限界値(10ppb)付近もしくはそれ以下である。対象鉱種としてはCu、Au、Ag以外は経済的価値を見いだせない。

地質構造という観点からは局部的な背斜軸、あるいは小ドーム状構造の頂部に沿って胚胎するもの（アヴォンデール鉱床）、優勢な断層帯両翼に楔状に発達するもの（シャックルトン鉱床）があり、アングワ鉱床、ハンス鉱床、及びールド・アラスカ鉱床も同様な構造的条件下にある。尚、ミリアム鉱床、ノーラ鉱床、及びシャムロック鉱床については鉱床生成後の変形が激しく明らかではないが、鉱床生成時にはほぼ同様な構造的条件下にあったものと推察される。

関係火成岩という観点からは、何れの鉱床においても付近に粗粒玄武岩質の岩脈が存在するが、鉱床付近以外にも同種の岩脈は多く、関係火成岩と断定するのは困難である。このほか鉱床生成に関与したと思われる酸性火山岩類などの活動は認められない。

以上を要約すると以下のとおりであると思われる。

- ①地溝帯拡大に伴い、礫岩～アルコースなどの多孔質岩石が広範囲に生成した。
- ②海進に伴い、一部蒸発岩類を含む細粒泥質岩類を堆積した。
- ③これら①、②の活動が繰り返し行われ、デウェラス層を形成した。
- ④造山運動により褶曲構造、断層帯、及び破碎帯を形成した。
- ⑤鉱液は断層帯、破碎帯を上昇し、背斜軸に沿って細粒泥質岩類を帽岩として、多孔質岩類中を選択的に通過した。
- ⑥この過程において銅硫化物等を析出し、鉱染状、細脈状鉱石を生成した。
- ⑦鉱床は生成後の褶曲及び断層（マゴンディ変動、ザンベジ変動）の影響を受け、現在の鉱床形

態を形成した。

## 2. 鉱脈型鉱床

鉱脈型鉱床には、石英方解石銅鉱脈（ユナイテッド・キングダム鉱床）及び石英磁鉄脈（Nyama-myako Hill）の2カ所のみが認められた。

前者はデウエラス層群のN-S～NNE-SSW系背斜軸に沿って貫入した東傾斜の粗粒玄武岩岩脈とこれに沿って生成した石英方解石脈であり、岩脈の活動に引き続いて生成された可能性が強い。

一方後者は基盤岩の花崗岩類中に胚胎する石英脈であり、ほぼ南北に連続する。類似の石英脈はNangaza Hill, Guma Hillなどにも認められ、これらは花崗岩の生成末期の張力裂隙に生成したものである。

両者とも規模、品位から発展性、経済的価値ともに認められない。

## 3. 層状鉄鉱床

本鉱床はロマグンディ層群の苦灰岩質頁岩中に胚胎するいわゆる縞状鉄鉱床であり、海洋性盆地に生成した化学的沈澱堆積性鉱床と思われるが、転石群1カ所のみで、その全容は不明である。

## 第4章 地化学探査

### 4-1 土地化学探査概査

#### 4-1-1 目的

本地域でこれまで行われた地化学探査では、複数の成分について分析が行われていても、単成分解析のみが主体で、広域的な多変量解析はなされていない。したがって本調査では、多変量解析等によって当該地域の地化学異常の全体像及びその特徴の検討を試みることにした。

#### 4-1-2 土地化学探査実施地区の選定

地化学探査位置図を図II-4-1に示す。銅鉱床のポテンシャル範囲は、中央部から南部にかけては、デヴェラス層群の分布域、北部では、基盤岩類とデヴェラス層群及びロマグンディ層群の接触部付近と考えられている。

土壤試料採取地域の選定に当たっては、既存資料及び地質調査結果を基にした。選定基準は、

- 1) デヴェラス層群の分布域及びその周辺
- 2) 既存資料から銅資源のポテンシャルが高い地区
- 3) 既存鉱山の採掘、選鉱、精錬等による汚染を受けていない地区
- 4) GPS (Global positioning system) による位置確認が可能な地区

である。

上記理由から選定した範囲は南から、次の4地区である。

表II-4-1 土地化学探査概査地区一覧表

地区	面積	採取試料数
1) アラスカ地区	286km <sup>2</sup>	1,143個
2) ウンボエ地区	297km <sup>2</sup>	1,189個
3) マングラ北部地区	258km <sup>2</sup>	1,032個
4) シャムロック地区	78km <sup>2</sup>	312個
合計	919km <sup>2</sup>	3,676個

#### 4-1-3 試料採取

採取地の現位置の確認は、GPSを用いて行った。試料は、500m間隔(4試料/1km<sup>2</sup>)で採取した。土壤試料採取に当たっては、ツルハシ、スコップ等を用いてA層の土壤を剝土した上、B層より採取した。

#### 4-1-4 指示元素

分析成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, Co, Ni, As, Hgである。

#### 4-1-5 分析値の統計処理

分析結果については、単成分解析及び多変量解析を行った。本調査では、単成分解析にあたっては、各成分の含有量の濃度分布を見るために、幾何平均値から標準偏差(常用対数変換値の標準偏差)の整数倍のずれを閾値とした。すなわち、j成分についての幾何平均値を $m_j$ 、標準偏差を $\sigma_j$ とすると、標準偏差のi倍の濃度コンター値 $I_{ij}$ を、

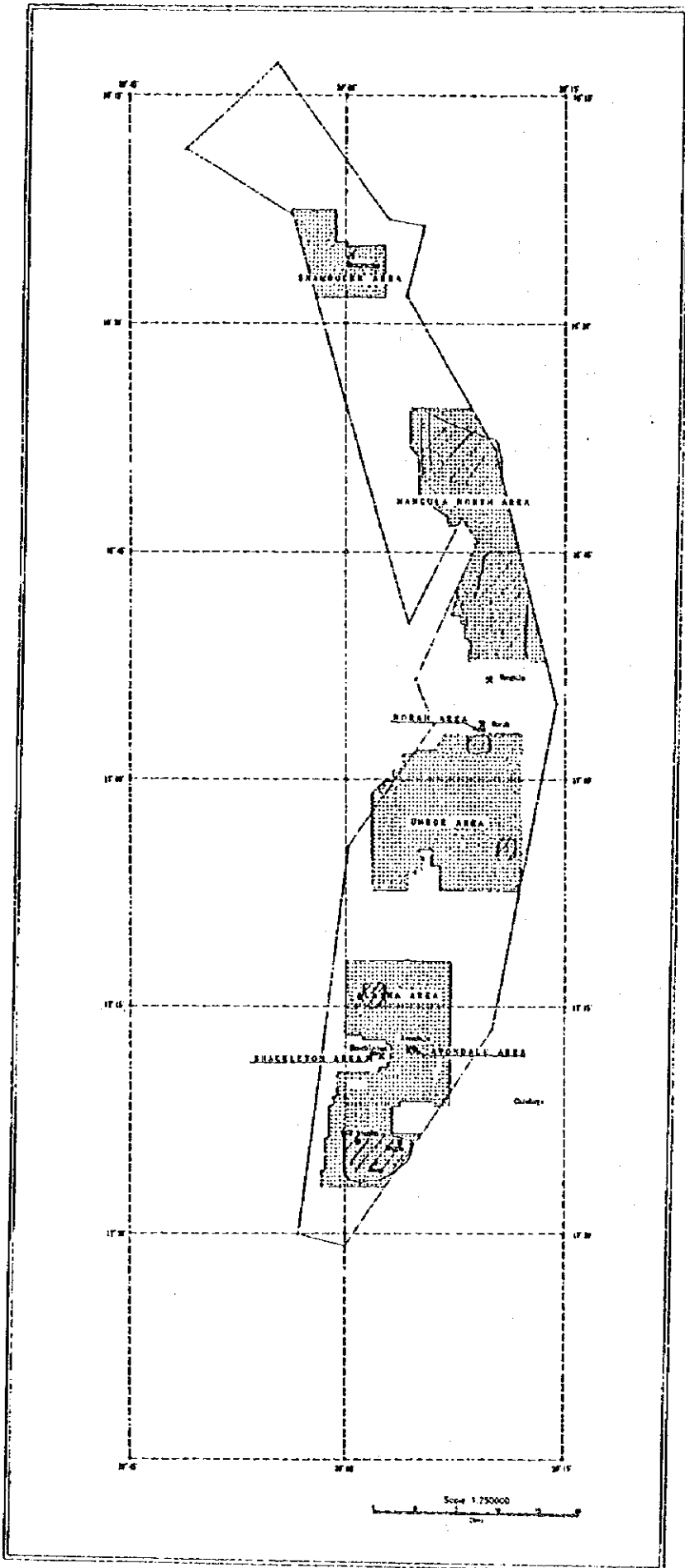


图 II-4-1 地化学探查位置图

$$I_{11} = m_j \times 10^{\sigma_j \times 1}$$

と設定した。

各成分の統計処理にあたっては全域を一括して行った。

主成分分析は、10成分全てを用いて行った場合と検出限界値以下が過半数を越えるAu, Ag, As, 及びHgの4成分を除いた6成分を用いて行った場合の二通りについて処理し、主成分軸の特徴について検討を行うこととした。

#### 4-1-6 土地化学探査異常の評価

##### 1. 単一成分の特徴

幾何平均値, 対数値の標準偏差値等の基本統計値一覧表を表II-4-2に示す。

全域を対象とした単一成分の統計量及び頻度分布の特徴は, 次のとおりである。

表II-4-2 土地化学分析値の基本統計量一覧表

	Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	Co (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)	Hg (ppb)
<u>All samples</u>										
Geometric average	1.4	0.08	26.0	15.3	48.9	2.17	8.0	51.1	2.2	5.6
Standard deviation (logarithm)	0.47	0.32	0.45	0.39	0.55	0.27	0.34	0.26	0.54	0.14
<u>Dewaras Group</u>										
Geometric average	1.8	0.08	20.4	13.2	38.0	1.91	7.2	51.3	2.1	5.8
Standard deviation (logarithm)	0.49	0.32	0.47	0.40	0.55	0.26	0.34	0.26	0.52	0.16
Maximum grade	450	8.5	819	129	6,297	8.58	85	658	151	130
Under detection limit (%)	53.9	79.3	1.4	6.1	2.9	0	3.8	0	71.4	97.8

Au: 検出限界値以上については累積頻度分布では15ppb付近に明瞭な屈曲点が認められるが, この高濃度集団は全体の試料数の1%以下である。また3ppb付近に最頻値を持つ集団がある。3ppbまでの高濃度側の累積頻度は全体の約26%であり, 検出限界値以下の集団のうち少なくとも48%は本集団に属さず, 別の低濃度集団を形成しているものと推定できる。

Ag: 検出限界値以上の累積頻度分布はほぼ直線的となるが, 最頻値は検出限界値である。これは有効数値の桁が0.1ppm刻みであるためなのか, 標準偏差値の大きな幅広い集団であるためなのかは不明である。いずれにしろ, 分析値の母集団の推定は困難である。

Cu: Cuの相対頻度分布は, 8ppm, 13ppm及び40ppm付近に最頻値を持つ3つの集団と検出限界値以下の集団の存在を読み取ることができる。

Pb: 検出限界値以上の累積頻度分布は右下がりの放物線状を示す。頻度分布では5ppm, 15ppm及び25ppm付近に頂部を持つが, このデータだけからは, これらがそれぞれの集団の最頻値(幾

何平均値)であるかは言及できない。

Zn: 累積頻度分布では200ppm付近に明瞭な変曲点が認められ、600ppm前後に最頻値を持つ小集団と45ppm付近に最頻値を持つ大集団に分かれる。

Fe: 頻度分布は、低濃度側に緩い勾配をもつ山型を示す。累積頻度分布は、0.8%、1.6%、及び5%付近に屈曲点をもつ。

Co: 累積頻度分布は低濃度側にブロードな勾配を有し、集団の区別は困難である。

Ni: 頻度分布は、55ppmに最頻値をもつ大集団のほか25ppm付近に頂部をもつ小集団がある。累積頻度分布は、25ppm及び100ppm付近に屈曲点が認められる。

As: 一般に花崗岩中のAs濃度は1ppm前後であり、アルコースが卓越する本地域の場合、検出限界値(2ppm)以下が過半数を占めたものと考えられる。検出限界値以上では40ppm付近に頂部をもつ高濃度集団があるが、40ppm以上の集団は全体の約6%であることから本高濃度集団は全体の12%前後を占めていると考えられる。

Hg: 検出限界値以上の累積頻度分布は、ほぼ直線上にのるものの、全集団の特徴は不明である。

デヴェラス層群分布地域を対象とした場合には、全域を対象とした場合と比較した幾何平均値は、Cuが5.6ppm、Pbが2.1ppm、Znが10.9ppm及びFeが0.26%ほど低い値を示している。その他の成分はデヴェラス層群を対象とした時も全域を対象とした時もほぼ類似した値をとる。

## 2. 二変量解析結果の特徴

全域を対象とした場合の相関係数が0.3以上と比較的高い値を示す組み合わせは、次のとおりである。Cu、Pb、Zn、Fe及びCoについては、お互いに高い相関を示している。そのほかの組み合わせとしては、NiとFeが0.35、NiとCoが0.49、及びAsとZnが0.40がある。Au、Ag、As及びHgについては検出限界値以下が過半数であるために分析値の集団が真の濃度分布を示しておらず、相関係数についての信頼性は乏しい。

## 3. 多変量解析結果の特徴

本調査で分析した10成分のうちAu、Ag、As及びHgに関しては検出限界以下の値が過半数を越えるため、実際の分散を示していない。したがって、以下ではこれらの成分を外した6成分について検討を行う。

寄与率は、第1主成分が53.0%であり全体の特徴の半分以上を説明している。累積寄与率は、第1主成分から第4主成分までで全体の特徴の88.8%を説明しており、以下では第4主成分まで検討を行う。

第1主成分の因子負荷量は、全ての成分に対して正相関しており、相関係数は0.55~0.87と高い値となっている。寄与値から見て、Cu、Zn、Fe及びCoの特性を主に説明していると考えられる。10成分の場合の第1主成分と同様に本主成分は、その構造から土壌の母材となった岩石の性質を強く示徴していると推定できる。

第2主成分の因子負荷量は、Cu、Pb、Zn及びFeに対して負相関し、Co及びNiに対して正相関する。これらのうちNiに対しては0.76と高い正相関である。寄与値からみて本主成分はNiの特性を説明している。

第3主成分の因子負荷量は、Niに対して正相関し、Cu、Zn、Fe及びCoに対して負相関する。これらのうちPbに対しては0.70と高い正相関である。寄与値からみて本主成分はPbの特性を主に説明しているが、Cuも関与している。一般に、苦鉄質岩と珪長質岩の微量元素と比較した場合、Cu、Zn、Fe、及びCoは苦鉄質岩で多く、Pbは珪長質岩で多い。本主成分の固有ベクトルの係数の符号から、本主成分の低得点域は、苦鉄質岩の分布を反映したものと考えられる。

第4主成分の因子負荷量は、Cu、Pb及びNiに対して正相関し、Zn、Fe及びCoに対して負相関している。これらのうちCuに対して0.53と高い正相関している。寄与値から本主成分はCuの特性を主に説明しているが、Feも関与している。

主成分分析結果の寄与値から、Cuの特性をよく説明している主成分は、第1主成分及び第4主成分である。第4主成分の特徴は、固有ベクトルの構造がCuに対して正、Zn、Fe、及びCoに対して負を示す。この構造は、Cuの高濃度異常地に対して、Zn、Fe、及びCoが多い場合は低得点、少ない場合は高得点を与えるもので、Cu鉱化作用と苦鉄質岩の区別の指標として用いることができる。本結果から、本地域のCu-Ag-Au鉱化作用の場所は、Cuが高濃度であり、かつ、6成分を用いた主成分分析の第4主成分が高得点となる場所として抽出可能である。

#### 4. 地区別の特徴

##### (1) アラスカ地区

Cuは、シャックルトン鉱山南方では広範にわたって相対的な高濃度を示している。オールド・アラスカ、アングワ、及びハンスの各既知鉱床付近では、73ppm ( $m \times 10^{2\sigma}$ ) 以上の濃度を示す。アヴォンデール鉱床の露頭部付近では、顕著なCu異常は認められず、本調査の試料採取密度では鉱徴を捕捉していない。そのほかに地質図と対比した場合、オールド・アラスカ鉱山北方等の粗粒玄武岩貫入岩及びデウエラス層群の玄武岩溶岩の分布域でも73ppm以上の高濃度でありよい一致を示す。そのほかの単成分異常としては、Feが本地区の東縁においてデウエラス層群のアルコース側で高濃度となり、ロマゲンディ層群の苦灰岩側で相対的に低濃度となるほか、苦鉄質岩類の分布域では高濃度となっており、岩相の違いをよく反映している。Pb、Zn、Co及びNiの濃度分布は、苦鉄質岩の分布に調和的に高濃度となる場合が多いが、Cuの様に鉱床を直接反映した高濃度ないしは低濃度ハローを形成しているとはいえない。Ag及びAsについては検出限界値以上の値が散点的に分布し、単成分のみからの解釈は困難である。

主成分分析結果の第4主成分の得点分布は、オールド・アラスカ鉱山を中心として $m \pm 2\sigma$ 以上の高濃度域が広範に広がる。Cu単成分で認められたオールド・アラスカ鉱山の北部の苦鉄質岩の分布の高濃度異常域は、本主成分の高得点域から除外されており、Cu高濃度異常の原因をCu鉱化



作用と鉱化作用に関係しない苦鉄質岩とを区別するためのフィルターとして有効と考えられる。

## (2) ウンボエ地区

ユナイテッド・キングダム鉱山付近では、Cu, Au, Ag及びFeが周辺と比較して高濃度となっている。Cuはデウェラス層群のアルコースよりもロマグンディ層群の苦鉄岩の方が高濃度を示す傾向がある。また、アラスカ地区と同様に、苦鉄質岩類の分布域でも高濃度となっている。類似した傾向はFe及びZnについても認められ、それらの濃度分布は地層境界に調和的である。デウェラス層群中のアルコース分布域に注目した場合、Cuは既知鉱山付近を含めて、73ppm以上の高濃度地点が幾つか散見できる。調査地域北西のリビングトン、リバーステール、及びザグレンの農場地内では広範囲に渡って73ppm以上の高濃度帯が分布する。地質図では表現されていないが、過去のE. P. O. 調査 (No. 74及び414) では苦鉄質岩類の分布に対応しているとされ、堆積岩中のCu鉱化作用の可能性は低い。

主成分分析結果の第4主成分の得点分布は、ユナイテッド・キングダム鉱山付近のほか幾つかの場所で $m+2\sigma$ 以上の高得点となっている。これらの高得点地のうちユナイテッド・キングダム鉱山北方及びノーラ鉱山南方はCu高濃度異常と対応している。

## (3) マングラ北部地区

Cu濃度は新期花崗岩の分布域では全般に低濃度であり、顕著な高濃度異常は示していない。デウェラス層群の分布域内で73ppm以上の高濃度以上を示す箇所が広範囲に認められるが、地質図上の粗粒玄武岩貫入岩の分布に対比できない異常が基盤岩及び新期花崗岩との境界部等で幾つか認められる。地区北部のピンジ及びレドゥウィングの両農場内の基盤岩分布域にも73ppm以上の高濃度異常が認められ、付近の地質の検証が必要である。類似した傾向は、Auの高濃度としても認められる。Zn, As及びIgの高濃度箇所は地層の違いによらず散点しており、単成分での解釈は困難である。

主成分分析結果の第4主成分の得点は全般に低く、 $m+2\sigma$ 以上の高得点地は2箇所のみである。苦鉄質岩類の分布に対比された73ppm以上のCu高濃度地は、全て本主成分得点が $m+2\sigma$ 以下である。本主成分得点が $m+\sigma$ 以上の場所のうち、Cu高濃度異常と重なり合う部分が数点で確認された場所は、マングラ北部のチロンボジ〜グリーンフィールド〜ワイルデンにまたがるデウェラス層群の基底部付近、デウェラス層群分布域のチピリ農場内、及び基盤岩類分布域のブレンビル農場、ピンジ農場付近である。そのほかに苦鉄質岩類分布域において幾つか散点している。

## (4) シャムロック地区

Cuは他地区と比較して全般に高濃度を示し、73ppm以上の高濃度異常が散点しているが、シャムロック鉱山周辺の測点では顕著な異常は認められない。他の成分についても同様の傾向である。本地区で行われた過去のE. P. O. 調査において、東西方向に伸長した地化学異常地の幅は数10mで

あり、今回の試料採取間隔では捕捉できていない。

#### 4-2 土地化学探査精査 (既存地化学探査データ解析)

##### 4-2-1 調査目的

本調査では、概査により抽出された銅地化学異常帯に対して、詳細な検討を加えることにより、鉱床賦存の可能性の高い地区を抽出することを目的とした。

##### 4-2-2 対象地区の選定

精査対象地区は概査結果に基づき5地区を選定した。概要は表II-4-3のとおりである。なお、分析資料は対象地区周辺を含めて収集することとし、総計 33,681 個の分析値をコンピューター解析に使用した。

表II-4-3 土地化学探査精査地区一覧表

対象地区	対象面積	対象地区内分析試料数	解析対象分析試料数
1) グリーンフィールドズ地区	47 km <sup>2</sup>	1,684	1,887
2) ピリンガニ地区	5 km <sup>2</sup>	591	2,086
3) イニャチ地区	6 km <sup>2</sup>	1,144	3,086
4) ライオンズデン地区	2 km <sup>2</sup>	551	2,024
5) アングワ地区	50 km <sup>2</sup>	19,085	24,598
合計	110 km <sup>2</sup>	23,055	33,681

##### 4-2-3 収集資料

解析に供した資料は GSD, ZMDC に集積されている土地化学探査分析資料及び解析資料である。解析資料一覧表を表II-4-4に示す。

表II-4-4 土地化学探査精査解析資料一覧表

Collected data	Specification
E. P. O. No. 351, 514 Progress map (scale 1:50,000) Chemical assay maps (scale 1:5,000)	1 sheet 9 sheets (L1WEST, L1EAST, L12WES, L12MID, L12EAST, L13WEST, L13MID, L13EAST, L16WEST)
E. P. O. No. 414 Progress map (scale 1:50,000) Chemical assay maps (scale 1:5,000)	1 sheet 1 sheets (J2)
Mhangura Mine Geochemical Survey Chemical assay maps (scale 1:2,500)	7 sheets
ZMDC Copper soil geochem plan compiled by Simpson. H. (1990)	2 sheets (Figure No. 7, No. 8)

#### 4-2-4 統計処理

地化学探査分析値、座標値はコンピューターに入力し、単一変量解析を行った。探査地区は5地区にわたるが、統計処理は全域を一括して行った。

#### 4-2-5 調査結果

##### (1) 土壤地化学探査異常の特徴

幾何平均値、対数値の標準偏差値等の基本統計値及び分析値の帯区分を表II-4-5に示す。

表II-4-5 基本統計値及び分析値の帯区分一覧表

基本統計値		分析値の帯区分 <sup>*1</sup>	
分析成分 試料数	銅 33,681 個	I帯	$m \times 10^{-\sigma} \sim m$ 11.0ppm $\sim$ 27.8ppm
最大値 最小値	66,000 ppm 5 ppm	II帯	$m \sim m \times 10^{\sigma}$ 27.8ppm $\sim$ 70.1ppm
算術平均値 幾何平均値	52.484 ppm 27.765 ppm	III帯	$m \times 10^{\sigma} \sim m + 10^{2\sigma}$ 70.1ppm $\sim$ 177.1ppm
標準偏差(常数) 標準偏差(対数)	428.478 ppm 2.526	IV帯	$m + 10^{2\sigma} <$ 177.1ppm $<$

\*1 m は幾何平均値,  $\sigma$  は標準偏差(対数)

全域を対象とした銅単一成分の統計量及び頻度分布の特徴は、次のとおりである。

幾何平均値は27.8ppm, 最大値は66,000ppmである。全体の0.35%が検出限界以下の濃度である。相対頻度分布は、25ppm 付近に最頻値を持つ集団と判断されるが、一方、累積頻度分布では概ね100ppm 付近に屈曲点を持ち、急傾斜を示す低濃度集団と緩傾斜を示す高濃度集団に分けられる。対象地区は主としてデウエラス層のアルコースが分布し、ほぼ一様の地質状況を示すことから、高濃度集団は鉱化作用に伴う銅富化作用の存在を示唆するものと思われる。

##### (2) 地区別の特徴と評価

地化学探査結果総括図を図II-4-2に示す。

概査では本地域の Cu-Au-Ag 鉱化作用による異常帯は次の3条件を満たす場所と判断した。

- 1) デウエラス層群アルコースの分布域
  - 2) Cu 単成分の高濃度帯
  - 3) Cu, Pb, Zn, Fe, Co, Ni の6成分を用いた主成分分析の第4主成分が高得点となる場所
- 概査結果を踏まえ、各地区の特徴は次のとおりである。

##### 1. グリーンフィールズ地区

本地区の分析元資料は散逸していたため、既存解析資料を含めて検討を行った。

本地区の Cu 高濃度帯 (Cu>50ppm, Cu>100ppm) はウォルウェホーク農場中南部、チムセンガ農

場北中部、グリーンフィールズ農場西部、ゲドゥルドゥ農場、チロンボツィ農場東部に分布する。

1) ウォルウェホーク農場中南部 : 広範に分布する。高濃度帯はロマグンディ層群苦灰岩及び塩基性貫入岩類の分布に対応する。概査では主成分分析得点が低く、鉍化異常と判断していない。ロマグンディ層群及び塩基性貫入岩類分布域では鉍化作用に関係なく Cu 高濃度帯を示すことが判明している。本高濃度帯は地質状況を反映し、鉍化作用に基づかないものと考えられる。

2) チムセンガ農場北～中部 : 小規模の分布で点在する。高濃度帯はデウエラス層群アルコース及び小規模塩基性貫入岩類の分布に対応する。概査では小規模ではあるが鉍化異常と判断した。本高濃度帯は鉍化作用及び塩基性貫入岩類両方に基づくものと考えられる。

3) グリーンフィールズ農場西部 : 小規模に分布する。高濃度帯はデウエラス層群アルコースと基盤花崗岩類境界部に対応する。本境界部はマンガラ鉍山の鉍床胚胎層準である。概査ではやや広範な分布を示し、鉍化異常と判断した。精査では概査異常帯に対応した小規模高濃度帯を捕捉した。本高濃度帯は鉍化作用に基づくものと考えられる。

4) ゲドゥルドゥ農場 : 広範に分布する。高濃度帯はデウエラス層群中の塩基性貫入岩類の分布に対応する。概査では主成分分析得点が低く、鉍化異常と判断していない。精査ではより広い高濃度帯を捕捉した。本高濃度帯は塩基性貫入岩類に基づくものと考えられる。

5) チロンボツィ農場東部 : 小規模の分布で点在する。主要道西側の高濃度帯は塩基性貫入岩類に対応する。主要道沿いの高濃度帯はデウエラス層群アルコースの最下位から基盤花崗岩類境界部付近に対応し、南北に連続する傾向が見られる。概査では主要道西のやや広範な異常帯と主要道東の小規模の異常帯が認められる。精査の Cu 高濃度帯は鉍化作用及び塩基性貫入岩類両方に基づくものと考えられる。特に東側のアルコースと花崗岩類境界部の高濃度帯は鉍化作用による可能性が強い。

## 2. ピリンガニ地区

本地区の分析元資料は散逸していたため、既存解析資料を含めて検討を行った。

本地区では Cu>50ppm 帯はやや広く分布する。一方 Cu>100ppm 帯は極めて狭い範囲に限定される。高濃度帯はノーラ鉍山南に位置し、鉍化作用に基づくものと考えられる。

## 3. イニャチ地区

本地区では北縁、東縁及び西縁部に広く Cu 高濃度帯が分布する。一方地区中央部には小規模の高濃度帯が点在する。周縁部の広い高濃度帯はロマグンディ層群苦灰岩の分布に対応する。中央部の小規模高濃度帯は塩基性岩脈及び石英脈の分布に対応する。旧ユナイテッドキングダム鉍山は塩基性岩脈と石英脈の境界部に胚胎する。中央部の高濃度帯が塩基性岩脈及び鉍化作用に起因するものと思われるが極めて小規模である。

## 4. ライオンズデン地区

本地区の Cu 高濃度帯 (Cu>70.1ppm) は中央部で NNW～SSE 方向に狭く連続する特徴を持つ。また、Cu>27.8ppm 帯は NS 方向に分枝状に分布する。本高濃度帯は塩基性岩脈の延長部に対応する。本高濃度帯は鉍化作用に基づくものとは考えられない。

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In addition, it is crucial to review the records regularly to identify any discrepancies or errors. This proactive approach helps in catching mistakes early and prevents them from escalating into larger issues. Consistent auditing is a key component of a robust financial management system.

Furthermore, the document highlights the need for clear communication between all stakeholders involved in the financial process. Regular meetings and reports can help in keeping everyone informed and aligned with the organization's financial goals.

The second part of the document provides a detailed overview of the current financial status. It includes a summary of the budget for the current period and compares it against the actual performance. This analysis shows that while there are some areas of overspending, overall the organization is staying within its financial parameters.

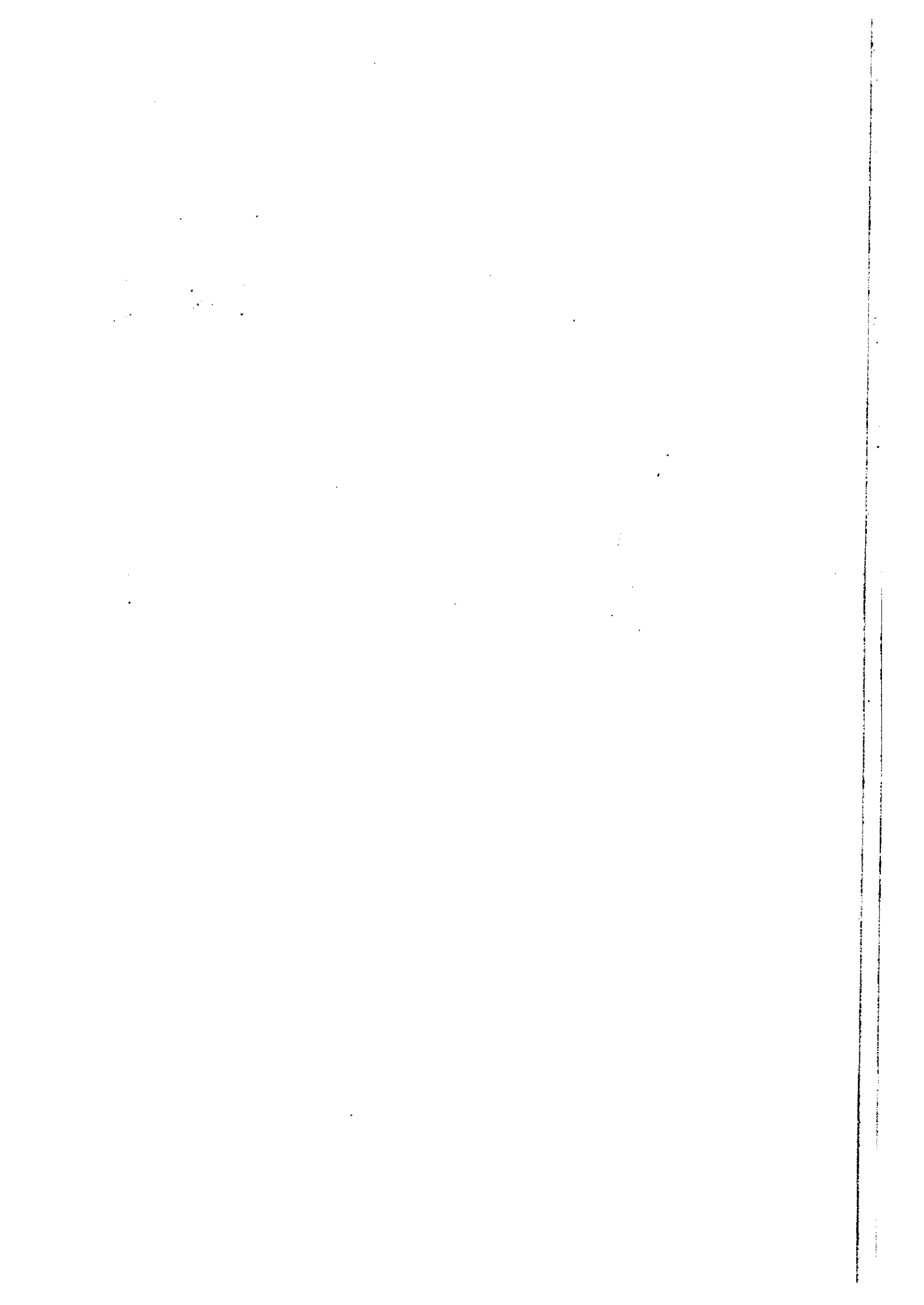
Moving forward, the document outlines several key strategies to improve financial efficiency. These include implementing cost-saving measures, optimizing resource allocation, and exploring new revenue streams. The goal is to ensure long-term sustainability and growth for the organization.

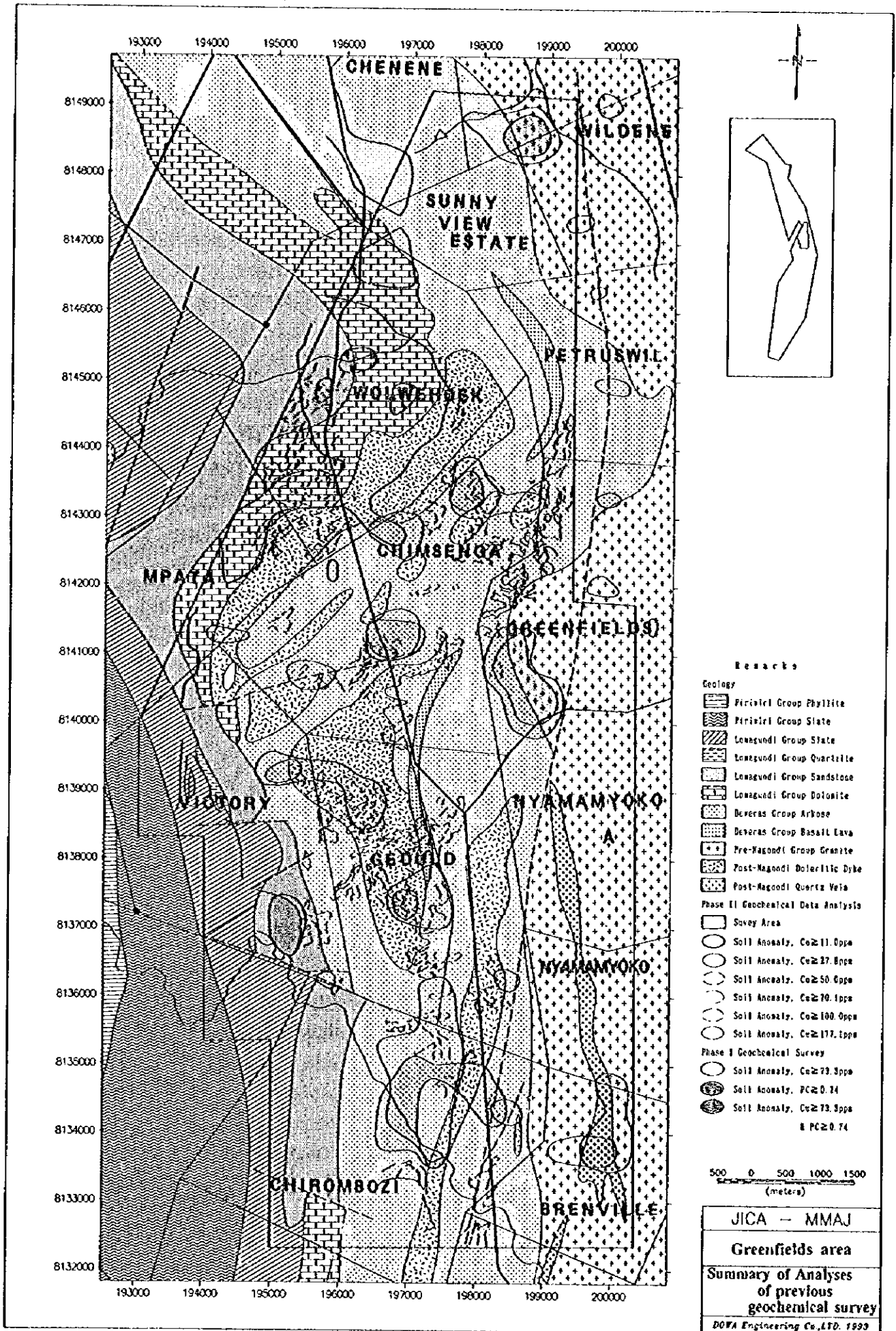
①

②

③







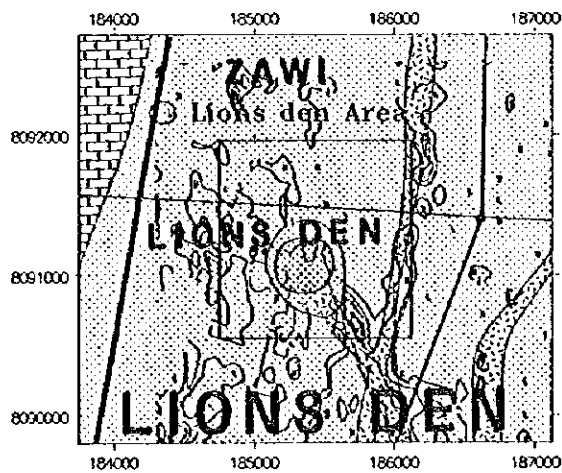
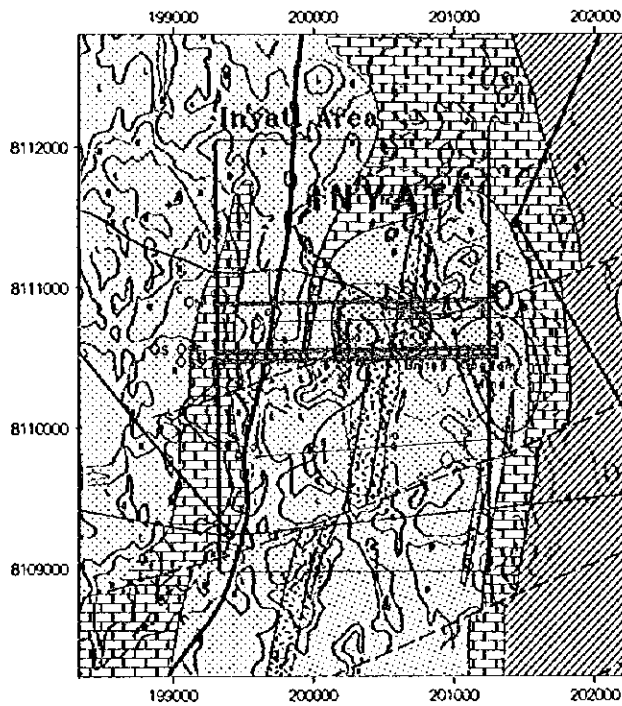
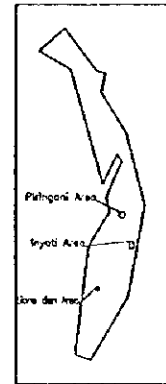
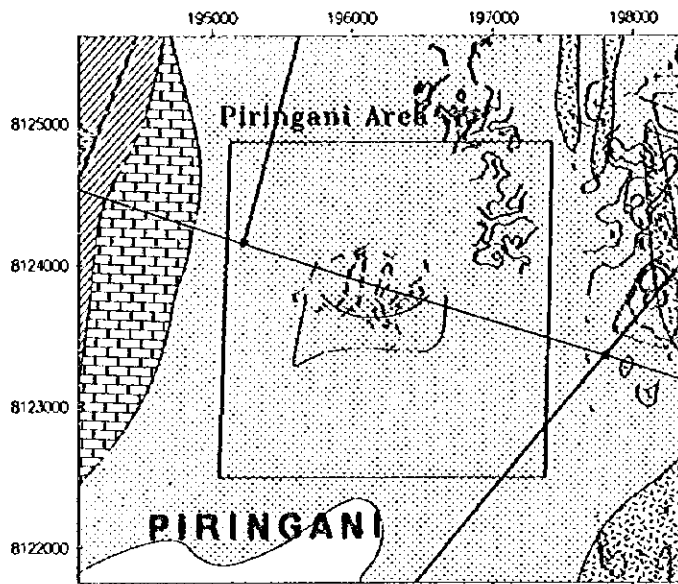
図II-4-2 地化学探査結果総括図



1

2

3



Remarks

Geology

- Lonagundi Group Slate
- Lonagundi Group Sandstone
- Lonagundi Group Dolomite
- Deveras Group Arkose
- Post-Magondi Doleritic Dyle
- Post-Magondi Quartz Vein

Phase II Geochemical Data Analysis

- Survey Area
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  11.0ppm
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  27.8ppm
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  50.0ppm
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  70.1ppm
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  100.0ppm
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  117.1ppm

Phase I Geochemical Survey

- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  73.3ppm
- Soil Anomaly, PC  $\geq$  0.74
- Soil Anomaly, Cu  $\geq$  73.3ppm & PC  $\geq$  0.74

Phase II Geophysical Survey

- Reconnaissance IP Survey Line
- Semi-Detail IP Survey Line
- IP Anomalous Body

250 0 250 500 750 1000 1250  
(meters)

JICA -- MMAJ
Piringani, Inyati, Lions den area
Results of comprehensive analyses
DOWA Engineering Co., LTD. 1993

図II-4-2 地化学探査結果総括図

0

0

0

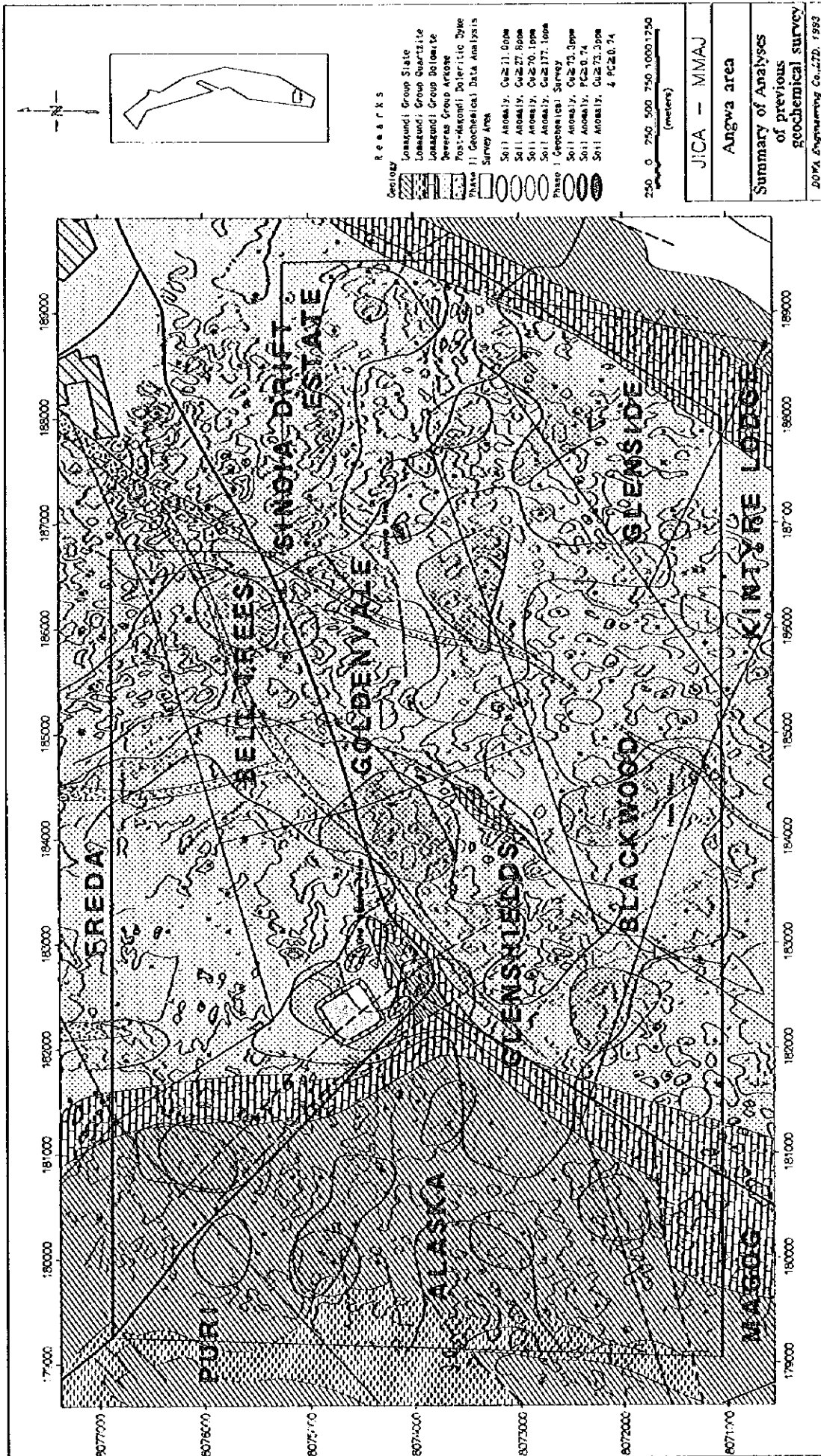


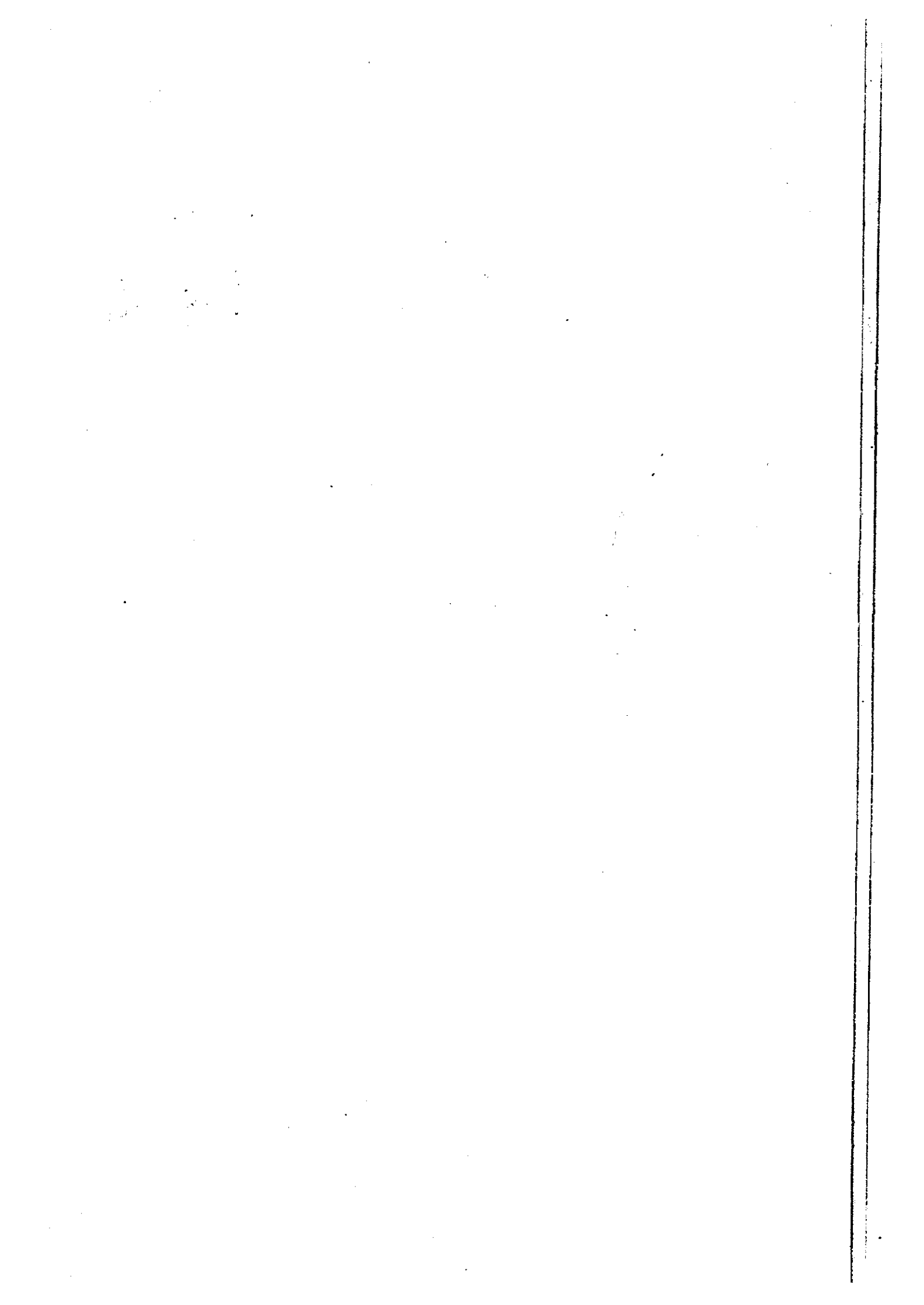
图 II - 4 - 2 地化学探查结果总结图

0

0

0





## 5. アングワ地区

本地区の Cu 高濃度帯 (Cu>70.1ppm) は次の4地区に大別できる。

- 1) オールドアラスカ鉱山周辺の広い高濃度帯 : 高濃度帯はオールドアラスカ鉱山を中心としてグリーンシールズ農場北部, 及びアラスカ農場東部にかけて分布する。高濃度帯は鉱山南の塩基性岩脈及び鉱山西側に広く分布するロマグンディ層群苦灰岩に対応する他, 鉱山周辺には廃石山のみならず農場の中にも鉱山廃石の放置が散見される。Cu高濃度帯はロマグンディ層準苦灰岩, 塩基性貫入岩類, 鉱山廃石, 及び鉱化作用等の複合した要因によるものと考えられる。
- 2) グリーンシールズ農場, ゴールデンベイル農場西部, ベルトゥリーズ農場, フレーダ農場に連続する高濃度帯, 及びフレーダ農場西部の高濃度帯 : この狭く連続する高濃度帯は北部で塩基性岩脈に対応する。南部では対応する塩基性岩脈は見られないが, 岩脈の潜在的延長を示唆していると思われる。鉱化作用による高濃度帯とは考えられない。
- 3) アラスカ製錬所~シノイアドゥリフトエステイツ農場の高濃度帯 : 高濃度帯はアラスカ製錬所から南方シノイアドゥリフトエステイツ農場にかけて広く分布する。高濃度帯は地質及び地質構造に対応する特徴的分布を示さない。製錬所南には製錬廃滓の放置及び排煙無処理放出等が見られる。Cu高濃度帯は地質及び地質構造に対応せずほぼ東西に広く分布する。製錬の影響範囲内とも考えられ, 鉱化作用による高濃度帯と考えることは困難である。
- 4) アングワ鉱山~ハンス鉱山の高濃度帯 : アングワ鉱山からハンス鉱山にかけて中~小規模の高濃度帯が断続する。高濃度帯にはアングワ鉱山, ハンス鉱山を含む。高濃度帯は NE~SW, NNW~SSEの2つの方向性を持つ。これらの方向性は本地区の走向, 褶曲軸方向 (NE~SW), 及び断層方向 (NNW~SSE) に調和的である。概査結果でもアングワ鉱山南及びハンス鉱山北に広範な Cu 高濃度帯, これに重複する主成分分析の高得点域を捕捉している。この高濃度帯は鉱化作用による可能性が強い。

### (3) その他の地化学探査異常。

概査ではグリーンフィールズ地区北部 (ワイルデン農場), ピンジ地区 (チピリ農場, チェチエニニ農場, ピンジ農場, レドウィング農場) に地化学探査異常を捕捉した。これらの異常地には過去に地化学探査の実績がなく, 新たな示徴である。

## 4-3 ガス地化学探査

### 4-3-1 ガス地化学探査実施地区の選定

土壌CO<sub>2</sub>ガス地化学探査地区は, 既知鉱床付近の3地区を選定して行った。選定場所は,

- 1) アヴォンデール鉱床の露頭部……………アヴォンデール地区
- 2) シャックルトン貫入岩 (粗粒玄武岩) 直上……………シャックルトン地区
- 3) ノーラ鉱床の南方……………ノーラ地区

の3カ所である。測点の間隔は, 調査対象とする鉱体の規模から, 測線上の測点間隔20m, 測線



間隔40mを採用した。

#### 4-3-2 測定方法

測定孔は、直径2インチの鉄パイプを約50cm打ち込み、抜き取った後の孔を使用した。

測定は検知管を用いた方法によった。本方法は、CO<sub>2</sub>に反応して変色する試薬を封入した細ガラス管内に、一定量の空気を吸入し、変色した試薬の量を検量図から直読する方法である。一回の測定で吸入した空気量は100mlであり、吸入に要した時間は約4分である。

#### 4-3-3 ガス地化学探査異常の評価

硫化物鉱床が露出している場所の土壌中のCO<sub>2</sub>ガスが非鉱床帯に比較して高濃度となることが知られている (Rose et al., 1979, Lovell et al., 1983, Kravtsov and Reidman, 1965)。土壌中のCO<sub>2</sub>ガスは、植物の繁茂、土壌中の有機物の腐敗、昆虫の生物活動等により発生するほか、炭酸塩鉱物や硫化物の酸化還元反応によって発生すると考えられる。後者の特徴を利用して硫化物鉱床直上の土壌中のCO<sub>2</sub>濃度異常を応用した地化学探査は、ナミビアやアメリカ合衆国アリゾナ州の砂漠地域の鉱床についてこれまでいくつか行われている (Danilova, 1968, Dyck, 1974)。

本調査では、産状の異なる3地区について調査を行った。各地区の土壌ガス中のCO<sub>2</sub>測定結果の基本統計値の一覧表を表II-4-6に示す。

表II-4-6 土壌CO<sub>2</sub>ガス測定結果一覧表

Area	number of lines	number of sites	maximum (%)	minimum (%)	geometric average (%)	standard deviation (logarithm)
Avondale	10	245	0.67	0.07	0.153	0.155
Shackleton	7	252	0.25	0.03	0.063	0.138
Norah	6	284	0.82	0.03	0.083	0.214
whole area	23	781	0.82	0.03	0.092	0.234

以下では、各地区の調査結果について述べる。

##### 1. アヴォンデル地区

アヴォンデル立坑付近を西縁とし、測線方向は過去の調査結果からアヴォンデル鉱床の露頭部と考えられている場所で、鉱床の走向方向に直交するN20°E方向に設定した。

土壌ガス中のCO<sub>2</sub>濃度は、幾何平均値が0.153%であり、大気中の平均濃度 (0.035%) と比較して全般に高濃度である。最高0.67%の高濃度ハローが数箇所認められるが、既存土壌地化学データのCu高濃度帯とは一致せず、鉱化作用に伴う高濃度異常とは判断し難い。むしろ、蟻の地中活

動によるCO<sub>2</sub>濃度の増加に起因すると考える方が妥当である。

## 2. シャックルトン地区

シャックルトン鉱山の西北西約1kmを起点とした範囲である。測線は、鉱化作用に関連したシャックルトン貫入岩にはほぼ直交するN8°E方向に配置した。

土壤ガス中のCO<sub>2</sub>濃度は幾何平均値が0.063%であり、全般に低濃度である。シャックルトン貫入岩（粗粒玄武岩質貫入岩）上で散点的に高濃度ハローは認められるが、そのほかの高濃度ハローと比較した場合、有意な差異とは言い難い。

## 3. ノーラ地区

ノーラ鉱山南方約0.5kmを起点とした範囲である。測線方向はN82°E方向である。

土壤中のCO<sub>2</sub>濃度は幾何平均値が0.083%であり全般に低濃度である。調査地中央部の葦地では、最大0.82%の高濃度帯が広がっているが、鉱化作用に伴う異常と言うよりも葦地に堆積した有機物質の腐敗によるものと考えられる。