

ジンバブエの英租界と南アフリカ領土 資源割当争論の展開と資源配分

第 9 号

平成 6 年 3 月

国際協力開発機構
金融機関理事会

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

第 2 年 次

27290

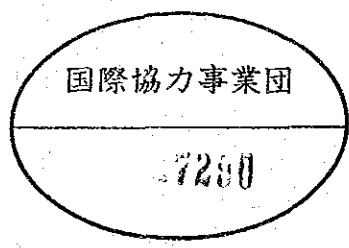
JICA LIBRARY



1118419191

平成 6 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



国際協力事業団

7280

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、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5年度を第2年次とし、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して平成5年7月5日から平成5年9月26日まで現地に派遣した。

現地調査は、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、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

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6年2月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 石川 丘

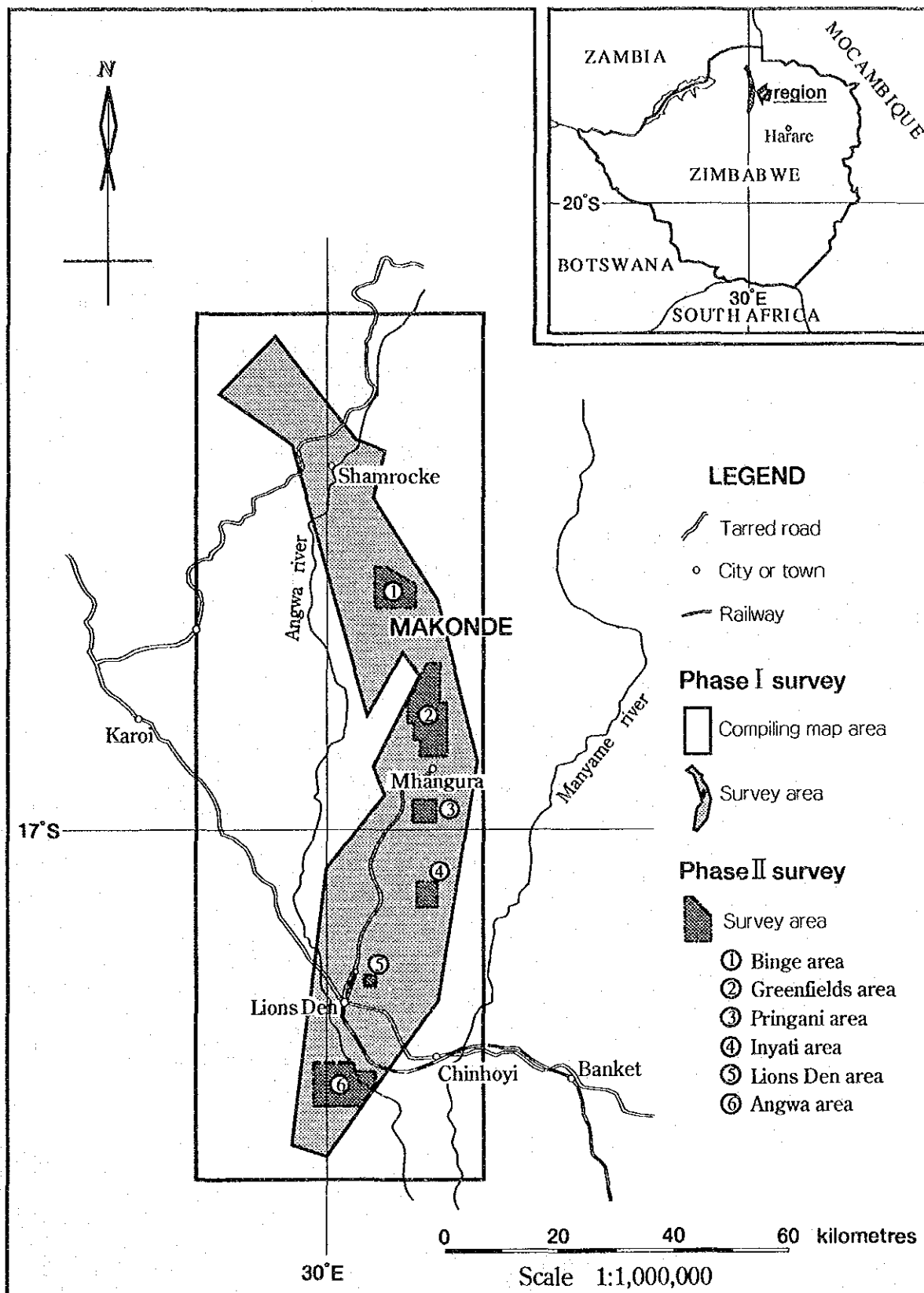


图 1-1-1 調查地域位置图

要 約

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。

第2年次にあたる本年次は、既存データ解析（5地区、110km²）、I P法物理探査（6地区、総測線長 74.2 km）を実施した。

既存データ解析：当地区に関する土壌化学探査分析データ等をコンピューター解析し、第1年次調査結果と併せて検討し、以下の異常地を抽出した。

1. チェチェニニ～ピンジ～レドウィング 地区
2. ワイルデン～チムセンガ～グリーンフィールド 地区
3. チロンボズィ～ブレンビル 地区
4. ピリンガニ 地区
5. イニャチ 地区
6. オールドアラスカ鉱山周辺 地区
7. アラスカ精錬所南部 地区
5. アングワ鉱山～ハンス鉱山 地区

物理探査：第1年次調査地化学探査異常地及び周辺に対し、硫化物鉱床帯捕捉を目的に概査I P探査及び準精査I P探査を実施した。この結果、探鉱候補地として次の地点を抽出した。

1. チロンボズィ（L Line No. 18～19 Station）
2. ブレンビル A（Za Line No. -3 Station）
3. ブレンビル B（Za Line No. 2 Station）
4. イニャチ（Os Line No. 9～Oss Line No. 9）
5. ブラックウッド A（Ys Line No. 9 Station）
6. ブラックウッド B（Y Line No. 13～14 Station）

第1年次及び第2年次の調査結果により、地化学異常域において有望な6箇所のI P異常体の存在が把握された。これらのI P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のボーリング調査の実施が必要と判断される。この目的のために最低限必要と考えられるボーリング調査量及び優先順位は以下のとおりである。

- 優先順位： 1) ブラックウッドA 600m, 2) ブラックウッドB 500m,
3) ブレンビル A 300m, 4) ブレンビル B 400m,
5) イニャチ 200m, 6) チロンボズィ 200m,

なお、上記ボーリング調査により有望な鉱床が捕捉された場合には、鉱量及び品位を把握するための精密ボーリング調査が必要である。

目 次

はしがき
位置図
要 約

	頁
第I部 総論	1
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
1-2-1 第1年次調査の結論	1
1-2-2 第1年次調査の提言	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	2
1-3-3 調査方法	2
1-3-4 調査団の編成	3
1-3-5 調査期間	3
第2章 調査地域の地理	4
2-1 地形及び水系	4
2-2 気候及び植生	4
第3章 一般地質	5
3-1 一般地質	5
3-2 地質構造	5
3-3 既知鉱床	10
第4章 調査結果の総合検討	11
4-1 地質構造, 鉱化作用の特性と鉱化規制	11
4-2 地化学異常と鉱化作用との関係	11
4-3 物理探査異常と鉱化作用との関係	11
4-4 期待鉱床賦存のポテンシャル	12
第5章 結論及び提言	13
5-1 結論	13
5-2 第3年次調査への提言	14
第II部 各論	15
第1章 既存データ解析	15
1-1 調査方法	15
1-1-1 調査目的	15
1-1-2 対象地区の選定	15
1-1-3 採集資料	16
1-1-4 統計処理	16

	頁
1-2 調査結果	16
1-2-1 土壌地化学探査異常の特徴	16
1-2-2 地区別の特徴	18
1. グリーンフィールズ地区	19
2. ピリンガニ地区	19
3. イニャチ地区	19
4. ライオンズデン地区	19
5. アンゲワ地区	19
1-3 考察	27
第2章 物理探査	35
2-1 調査方法	35
2-1-1 調査内容	35
2-1-2 調査測定方法	35
2-1-3 解析方法	46
2-2 調査結果	47
2-2-1 予備調査	47
2-2-2 概査結果	47
2-2-3 準精査結果	62
2-2-4 岩石及び鉱石の物性	95
2-2-5 解析結果	95
2-3 考察	98
第3章 総合解析	119
第Ⅲ部 結論及び提言	129
第1章 結論	129
第2章 第3年次調査への提言	130
参考文献	131

図

	頁
図 I - 1 - 1 調査地域位置図	
図 I - 3 - 1 地質図	7
図 I - 3 - 2 模式層序図	9
図 II - 1 - 1 既往地化学探査位置図	17
図 II - 1 - 2 分析値の頻度分布及び累積度数分布図	18
図 II - 1 - 3 既存データ解析結果図	21
図 II - 1 - 4 既存データ解析結果総括図	29
図 II - 2 - 1 測線位置図	37
図 II - 2 - 2 測定概念図	45
図 II - 2 - 3 計測方法概念図	45
図 II - 2 - 4 見掛比抵抗・分極率断面図 (Avondale)	48
図 II - 2 - 5 概査見掛比抵抗断面図	52
図 II - 2 - 6 概査分極率断面図	57
図 II - 2 - 7 準精査見掛比抵抗・分極率断面図 (C, Cs測線)	65
図 II - 2 - 8 準精査見掛比抵抗・分極率断面図 (Ln, Lc, L, Ls測線)	67
図 II - 2 - 9 準精査見掛比抵抗・分極率断面図 (Za測線)	69
図 II - 2 - 10 準精査見掛比抵抗・分極率断面図 (On, O, Oc, Os, Oss測線) ...	71
図 II - 2 - 11 準精査見掛比抵抗・分極率断面図 (Xn, X, Xs測線)	73
図 II - 2 - 12 準精査見掛比抵抗・分極率断面図 (Yn, Y, Ys測線)	75
図 II - 2 - 13 見掛比抵抗平面図 (n = 1)	79
図 II - 2 - 14 分極率平面図 (n = 1)	87
図 II - 2 - 15 岩石及び鉱石試料の IP と見掛比抵抗の関係	97
図 II - 2 - 16 通電方向の違いによる IP と見掛比抵抗の関係	97
図 II - 2 - 17 2次元シミュレーション解析図	99
図 II - 2 - 18 物理探査解析結果総括図	113
図 II - 3 - 1 総合解析結果図	121

表

	頁
表 I - 1 - 1 調査内容及び数量	3
表 I - 3 - 1 既知鉱床一覧表	10
表 II - 1 - 1 既存データ解析地区一覧表	15
表 II - 1 - 2 解析資料一覧表	16
表 II - 1 - 3 基本統計値及び分析値の帯区分表一覧表	18
表 II - 2 - 1 物理探査方法及び内容	35
表 II - 2 - 2 サンプルングタイム一覧表	45
表 II - 2 - 3 測定装置, 器材一覧表	46
表 II - 2 - 4 概査結果一覧表	62
表 II - 2 - 5 準精査結果一覧表	77
表 II - 2 - 6 岩石物性試験結果一覧表	96
表 II - 3 - 1 物理探査結果総括表	120

第 I 部 総論

第I部 総 論

第1章 序論

1-1 調査の経緯

本調査は平成4年度から3年間継続するもので、今年次はその第2年次にあたる。調査の対象となったマコンデ地域にはマンガラ鉱山、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る。また、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じて、今年次は既存データ解析、IP法物理探査を実施し、本地域での新鉱床発見の為の調査を行うと共に、ジンバブエ共和国への技術移転を図った。

1-2 第1年次調査の結論と提言

1-2-1 第1年次調査の結論

第1年次調査は7,500km²について既存データ解析、2,250km²について地質調査及び919km²について地化学探査を実施した。

既存データ解析では当地域に関するデータから、地質状況及び鉱化作用の特徴を把握するとともにコンパイル地質図を作成した。

地質調査は既存データ解析で判明した地質状況を現地で確認しながら行った。その結果本地域の地質は東部の始生代の片麻岩類、花崗岩を基盤として、その西側に地溝帯の拡大に伴って堆積した原生代の礫岩、砂岩、苦灰岩、粘板岩、及び玄武岩質火山岩から構成される。

鉱徴地調査結果から、主要な鉱床は層準規制型銅鉱床であるが、この他に石英銅脈型鉱床、層状鉄鉱床、及び苦灰岩鉱床が認められる。マンガラ鉱床、シャックルトン鉱床、アヴォンデール鉱床等の縁行可能な大規模鉱床はいずれも層準規制型銅鉱床であり、これらは原生代のデウエラス層群のアルコース、礫岩中に胚胎し、局所的な背斜構造と断層に密接に関係して賦存する。

岩石及び鉱石の物性測定結果から物理探査法として分極率の差異を用いた方法（IP法）が有望と判断された。

土壌による地化学探査結果から鉱床賦存の可能性の高い以下の地区を抽出した。

- 1) アングワ〜ハンス地区
- 2) オールド・アラスカ南西地区
- 3) イニャチ地区
- 4) ピリンガニ地区
- 5) グリーンフィールズ地区
- 6) ワイルデン地区
- 7) チピリ地区
- 8) ピンジ地区

1-2-2 第1年次調査の提言

第1年次の調査結果を踏まえ、第2年次の調査として次のことが提案された。

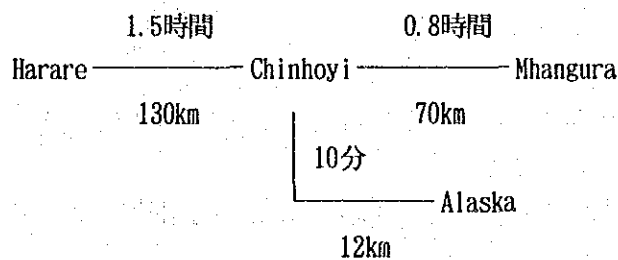
- 1) 既存データ解析：対象地区に対して今年次調査データに Zimbabwe Mining Development Corporation に所蔵される土壌による地化学探査分析データを加え詳細な解析を行う。

- 2) 地質精査：対象地区 鉱化状況及び地質構造の把握を目的としてトレンチ調査を含む地質精査を行う。
- 3) 物理探査：対象地区に対して岩石及び鉱石の分極率の差異を用いた物理探査を実施し、鉱床賦存の可能性を把握する。
- 4) 試錐調査：既存データ解析、地質精査及び物理探査の結果により最も有望と思われる場所に対して、試錐調査を実施し、鉱床賦存状況の確認に努める。

1-3 第2年次調査の概要

1-3-1 調査地域

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)から車による距離及び所要時間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。



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。

本年次の調査地区は、第1年次調査によって選定された1. アングワ地区、2. ライオンズデン地区、3. イニャチ地区、4. ピリンガニ地区、5. グリーンフィールズ地区、6. ビンジ地区の6地区（合計 220 km²）である。

現地調査中は日本人技術者はチノイに宿泊し、作業員は調査地域内で雇用した。カウンターパートはアラスカ鉱山内に宿舎を設置し、調査を行った。

1-3-2 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、鉱床に伴う土壌地化学異常及び物理探査異常を解明することにより新鉱床を発見し、併せてジンバブエ共和国へ技術移転を図ることを目的とした。

1-3-3 調査方法

1. 既存データ解析：対象地区に対して地質調査局 (Geological Survey Department, 以下 GSD と略称)、及びジンバブエ鉱山開発公社 (Zimbabwe Mining Development Corporation, 以下 ZMDC と略称) 等に所蔵される土壌による地化学探査分析データをコンピューター解析し、第1年次調査結果と併せて詳細な解析を行った。

2. 物理探査：第1年次調査地化学探査異常地に対して概査IP探査及び準精査IP探査を実施し、鉱床賦存の可能性を把握した。

調査内容は表I-1-1に示すとおりである。

表1-1-1 調査内容及び数量

調査内容	調査数量
既存データ解析	グリーンフィールズ地区 47 km ²
	ピリンガニ地区 5 km ²
	イニャチ地区 6 km ²
	ライオンズデン地区 2 km ²
	アングワ地区 50 km ²
	計 110 km ²
物理探査	対象：ピンジ地区，グリーンフィールズ地区， ピリンガニ地区，イニャチ地区， ライオンズデン地区，アングワ地区，
	概査：測定延長 51 km 測定回数 656 回
	準精査：測定延長 23.2 km 測定回数 366 回
	室内試験：比抵抗及び分極率測定 60 件

1-3-4 調査団の編成

本調査推進のため，調査計画及び現地調査に参加した調査団員は下記のとおりである。

調査計画及び現地指導監督

日本側		ジンバブエ共和国側	
両角春寿	金属鉱業事業団	SURRENDER MDUNYISWA NYAHWA NCUBE EDSON MUSHAYABASA FADZANAI BORNWELL MUPAYA JAMESON RUSHWAYA	地質調査局 地質調査局 地質調査局 地質調査局

現地調査団

日本側		ジンバブエ共和国側	
西谷義興 (技術責任者)	同和工営(株)	FADZANAI BORNWELL MUPAYA	地質調査局
今野宏秀 (既存データ解析)	同和工営(株)	JAMESON RUSHWAYA	地質調査局
神宮 宏 (既存データ解析)	同和工営(株)	CHENESO MUPFUMI	地質調査局
棚橋道郎 (物理探査)	同和工営(株)	JOSEPH MADEKENI	地質調査局
岩城倉栄 (物理探査)	同和工営(株)		
乳井 正 (物理探査)	同和工営(株)		

1-3-5 調査期間

現地調査は下記の工程で実施された。

- 現地調査 : 1993年7月 5日～9月26日
- 既存データ解析 : 1993年7月 9日～8月17日
- 物理探査 : 1993年7月10日～8月30日
- 総合検討 : 1993年8月31日～9月23日

第2章 調査地域の地理

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 (Jechene : 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。

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°C~28°Cと一定である。最低気温は雨期 17°C, 乾期 5°C~10°Cを示し, 乾期冷涼である。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ガラ鉱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3章 一般地質

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I-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珩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、一部玄武岩溶岩を伴う。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、苦灰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。下位層は苦灰岩、珩岩等からなり、一部に鉄分の濃集するあばた状の珩岩を伴う特徴を持つほか、苦灰質砂岩、粘板岩、千枚岩の薄層を挟在する。本層には苦灰岩鉱床、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、珩岩等からなり、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珩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。

Geological Time	Group	Formation	Geological column		Rock facies		
			Qa	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		
	Gurube Metamorphic Complex		Gq		Muscovite quartzite, feldspathic quartzite, biotite schist, amphibole schist		
	Piriwiri Group	Unfuli Formation	Ps		Phyllite interbedded with greywacke		
			Pg		Grit		
	Magondi Super-group	Nyagari Formation	Pp		Quartzite, feldspathic quartzite, chert, felsite		
			D		Graphitic slate, pyritiferous slate, argillite, greywacke		
		Lozagundi Group	Nyagari Formation	Ls		Striped slate, argillite, phyllite, graphitic slate, quartzite, grits	
				Lq		Quartzite, feldspathic quartzite	
	Deweras Group	Kcheka Formation	Lg		Mountain sandstone, grits		
			Ld		Dolomite, quartzite, biotite bearing quartzite, chert, calc-silicate rock		
Archaean	Shamvian Group	Volcanic Formation	La		Basal conglomerate		
			Da		arkose, argillite, arkose-pebbly conglomerate		
	Bulawayan Group	Chitumbi paragneiss	Dc		Conglomerate		
			Db		Massive and amygdaloidal basalt		
	Urungwe paragneiss	Escarpment paragneiss	Sa		Metamorphosed arkose, greywacke, conglomerates, siliceous sediment		
			Bb		Epidolerite, pillow lava, undifferentiated greenstone		
Basement Complex		Bc		Banded ironstone			
		cg		Biotite paragneiss			
		ug		Biotite and feldspathic paragneiss partly with calc-silicate inclusion			
		Gy		Biotite, biotite-hornblende and hornblende paragneiss			
		Mg		Orthogneiss			
		gn					
		Ut					
		Co					

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)

Mg: Meta-gabbro

Ut: Meta ultramafic rock with serpentine or talc

图 1-3-2 模式层序图

3-3 既知鉱床

調査地域内の既知鉱床一覧を表I-3-1に示す。

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、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）が現在も稼行中である。鉱床位置を図I-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。前者では、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である。既知鉱床には、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合は、NE-SW方向の背斜構造が重要であると考えられている。後者には、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。

表I-3-1 既知鉱床一覧表

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	0.2million tons Cu: 0%	AgMax33.5g/t CuMax3.71%	Mal, Bo, Cc	Cp	-	Arkose Conglomerate	
(2)Angwa	17°23.95'S 30°03.37'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	4.5million tons Cu: 0.95%	AgMax62.6g/t CuMax1.59%	Bo, Cc, Cp	Py, Mt, Hem	-	Arkose Conglomerate	16,000t/a Cu: 0.6%
(3)Old Alaska	17°23.87'S 30°00.87'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	5million tons? Cu: 5%	AgMax62.6g/t CuMax1.59%	Mal, Bo, Cc	Cp, Py, Cv, Mt, Hem	-	Longundi, G Polonite	
(4)Shackleton	17°18.08'S 30°02.67'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	5million tons Cu: 2%		Bo, Cc	-	-	Arkose Conglomerate	
(5)Avondale	17°17.86'S 30°04.11'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag	4.4million tons Cu: 0.9%	Ag 11.6g/t Cu 0.45%	Cc	Bo, Cp	-	Arkose Conglomerate	16,000t/a Cu: 0.8%
(6)United Kingdom	17°04.67'S 30°11.24'E	closed	oz-cal vein	Cu, Ag		AgMax45.9g/t CuMax2.69%	Mal, Cc	Cv	Qz, Cal, Hem	Arkose	
(7)William	16°53.31'S 30°09.59'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au Pt, Pb, Se	6million tons Cu: 0%	AgMax33.2g/t CuMax19.0%	Bo, Cc, Cp	Py, Mt, Hem	-	Arkose Conglomerate	4,000t/d Cu: 0.7%
(8)Norah	16°56.21'S 30°09.16'E	Operating	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Ag	5million tons Cu: 2%	AgMax170g/t CuMax15.0%	Cp, Bo, Cc	Py, Cv, Sph, Mt, Hem	-	Arkose Conglomerate	
(9)Shawrocke	16°25.78'S 30°09.52'E	closed	Stratabound and disseminated ore	Cu, Ag, Au	5million tons Cu: 0%	AgMax 8.1g/t CuMax3.47%	Po, Cp	Cub, Sph, Py, Mc, Mt	-	MetaArkose	
(10)Myanasyoko Hill	16°50.63'S 30°10.57'E		oz-mt vein	Au, Ag?	Extension2km	Au: 0.03g/t Ag: 5g/t	-	Hem, Mt	-	Granite	
(11)Livington	17°00.40'S 30°04.82'E		Banded iron	Fe						slate	
(12)Zawi	17°13.68'S 30°01.58'E		Polonite	Polonite						Longundi, G Polonite	
(13)Hilltop	17°19.01'S 30°07.74'E		Slate	slate						Longundi, G slate	

Abbreviations

Py:pyrite Kc: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 Ot:other gangue minerals

第4章 調査結果の総合検討

4-1. 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

調査地域内には、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）の各鉱床がある。これらの鉱床は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である。

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、北部マンガラ鉱山地区では南北方向のデウェラス層群最下部と基盤岩類の境界部付近が重要であると考えられている。南部アラスカ地区ではNE-SW方向の背斜構造が重要であると考えられている。

4-2. 地化学異常と鉱化作用との関係

今年次既存データ解析結果、及び昨年次地化学探査結果を検討した結果、新鉱床賦存の可能性の高い地区として次の地区を抽出した。

1. グリーンフィールズ地区

- 1) チムセンガ農場北～中部
- 2) グリーンフィールズ農場西部
- 3) チロンボツィ農場東部

2. ピリンガニ地区

3. イニャチ地区

4. アングワ地区

- 1) オールドアラスカ鉱山周辺の広い高濃度帯
- 2) アラスカ製錬所～シノイアドリフトエステイツ農場の高濃度帯
- 3) アングワ鉱山～ハンス鉱山の高濃度帯

この他、昨年次調査結果から今後の検討課題として次の地区を取り上げた。

1. グリーンフィールズ地区北部及び西部（ワイルデン農場、ブレンビル農場）,
2. ピンジ地区（チピリ農場、チェチェニニ農場、ピンジ農場、レドウィング農場）

これらの候補地は何れも本地域の Cu-Au-Ag 鉱化作用による異常帯の次の条件、即ち、

- 1) デウェ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
- を満たす他、鉱化帯、及び鉱化帯の地質構造と調和的な関係を持ち、今後重要な地区である。

4-3. 物理探査結果と鉱化作用との関係

物理探査結果総括表を次に示す。

測線名	比抵抗構造	比抵抗($\Omega \cdot m$)	IP(mV/V)	IP異常体	深度(m)	地質状況
B	2層	上層 25~300 下層 3,000	2.5~10 4.5	-	-	粘板岩, 砂岩 アルコース
C	3層	上層 150~180 中間層 750 下層 4,000	1~7 4~8 12~20	-	-	片麻岩類
L	東高西低	西側 85~450 東側 3,000	1~10 2.8	70mV/V (小規模急傾斜平板状)	浅部~50	アルコース 花崗岩境界付近
Za	中央低	中央 200~500 両側 3,000	0.5~4.5 4.5	300mV/V (水平平板状)	200~350	アルコース 花崗岩境界付近
O	2層	上層 80~500 下層 4,000	1~2 3	150mV/V (小規模急傾斜平板状)	浅部~150	石英脈
Ys	3層	上層 150~300 中間層 750 下層 2,500	3~9 1~8 2~6	200mV/V (急傾斜平板状)	250~深部	アルコース

調査結果から本地区の鉱化作用に基づくIP異常源は約50mv/v以上数100mv/vの分極率を持つものと推定される。これは昨年次試料試験結果のCu品位とIPの関係とも符号する。一方高IP測定値を得ても50mv/v未満の異常源しか想定されず、IP異常パターン（ハの字パターン）を示さない場合は地質の影響が強く、鉱化作用に基づかない場合が認められる。

4-4. 期待鉱床賦存のポテンシャル

総合解析結果図を図II-3-1に示す。

土壤地化学探査によるCu異常帯、及び物理探査IP異常帯を総合的に検討した結果、次の地区が有望と判断した。

1. グリーンフィールズ地区

- 1) チロンボツィ農場東部
- 2) プレンビル農場

2. イニャチ地区

3. アングワ地区

1) アングワ鉱山~ハンス鉱山の高濃度帯

チロンボツィ農場東部~プレビル農場はデウエラス層群の最下位、基盤岩類との境界部付近に位置し、マンガラ鉱山と同様の地質構造的環境下にある。本地区はマンガラ鉱山~ノーラ鉱山に連続する一連の鉱化帯の範囲にあると判断される。

イニャチ地区は地表地化学探査異常と密接に関係しており、地表には小規模ながら石英方解石脈が認められる等、ユナイテッドキングダム鉱山と類似の鉱化作用によると思われる。物理探査結果では南部延長が期待される。

アングワ鉱山~ハンス鉱山帯は本来一連の鉱化帯と判断される。本地区のCu地化学異常、及びIP異常はこの連続する鉱化帯を反映したものであろう。

以上のことから、抽出されたこれら地区においては新鉱床の賦存の可能性が高いと判断する。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

本年次調査として既存データ解析（5地区，110km²），IP法物理探査（6地区，総測線長74.2 km）を実施した。

5-1-1 既存データ解析

解析に供した資料はGSD, ZMDCに集積されている土壌地化学探査分析資料，及び解析資料である。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。

解析結果，及び昨年次地化学探査結果を併せて検討し，次の有望探査候補地を抽出した。

1. ビンジ地区

- 1) チェチェニニ農場
- 2) ビンジ農場
- 3) レドウィング農場

2. グリーンフィールズ地区

- 1) ワイルデン農場
- 2) チムセンガ農場北～中部
- 3) グリーンフィールズ農場西部
- 4) チロンボヅィ農場東部
- 5) プレンビル農場

3. ピリンガニ地区

4. イニャチ地区

5. アングワ地区

- 1) オールドアラスカ鉱山周辺の広い高濃度帯
- 2) アラスカ製錬所～シノイアドリフトエステイツ農場の高濃度帯
- 3) アングワ鉱山～ハンス鉱山の高濃度帯

5-1-2 物理探査

物理探査は地化学探査異常帯に対してIP調査を実施した。その結果次の地区が有望と判断された。

1. グリーンフィールズ地区

- 1) チロンボヅィ農場東部
- 2) プレンビル農場

2. イニャチ地区

3. アングワ地区

- 1) アングワ鉱山～ハンス鉱山の高濃度帯

5-1-3. 次期探鉱候補地

既存データ解析結果，物理探査結果を総合的に検討した結果，次期探鉱候補地として物理探査測線上の次の地点を選定する。

1. チロンボヅィ（L Line No. 18～19 Station）
2. プレンビル A（Za Line No. -3 Station）
3. プレンビル B（Za Line No. 2 Station）

4. イニャチ (Os Line No.9~Oss Line No.9)
5. ブラックウッド A (Ys Line No.9 Station)
6. ブラックウッド B (Y Line No.13~14 Station)

5-2 第3年次調査への提言

第1年次及び第2年次の調査結果により、地化学異常域において有望な6箇所のIP異常体の存在が把握された。これらのIP異常体が鉱末の存在によるものであることを確認するためのボーリング調査の実施が必要と判断される。この目的のために最低限必要と考えられるボーリング調査量及び優先順位は以下のとおりである。

- 優先順位： 1) ブラックウッドA 600m, 2) ブラックウッドB 500m,
3) ブレンビル A 300m, 4) ブレンビル B 400m,
5) イニャチ 200m, 6) チロンボズィ 200m,

なお、上記ボーリング調査により有望な鉱末が捕捉された場合には、鉱量及び品位を把握するための精密ボーリング調査が必要である。

第Ⅱ部 各論

第II部 各 論

第1章 既存データ解析

1-1 調査方法

1-1-1 調査目的

経済的な視点から本地区で稼行対象となり得る金属資源はデウェラス層群中の銅である。本地区の鉱床探査は、1940年代後期から1970年代中期まで継続的に行われた。マンガラ鉱山北部からアラスカ鉱山南部にかけては、詳細な土地化学探査が全域にわたって行われている。これらの探査結果により、アングワ、アヴォンデール及びシャックルトン鉱床が発見された。

本調査では、当該地区の銅地化学異常の全体像及びその特徴を把握し、昨年次調査結果と併せて検討を試みることににより、鉱床賦存の可能性の高い地区を限定することを目的とした。

1-1-2 対象地区の選定

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、デウェラス層群の分布域、北部では、基盤岩類とデウェラス層群の接触部付近と考えられている。

既存データ解析対象地区は昨年次調査結果に基づき5地区を選定した。概要は表II-1-1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 個の資料をコンピューター解析に使用した。

表II-1-1 既存データ解析地区一覧表

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) グリーンフィールズ地区	47 km ²	1,684	1,887
2) ピリンガニ地区	5 km ²	591	3,086
3) イニャチ地区	6 km ²	1,444	3,086
4) ライオンズ・デン地区	2 km ²	551	2,394
5) アングワ地区	50 km ²	19,885	24,386
合計	110 km ²	23,055	33,681

グリーンフィールズ地区はマンガラ鉱山北方延長に位置し、チロンボゾィ(Chironbozi)農場からサニービューエステイツ(SunnyView Estate)農場にかけての地区である。本地区では、基盤の先マゴンデ貫入岩類の花崗岩及びデウェラス層群のアルコースが南北に連続して分布する。昨年次調査では花崗岩及びアルコースの境界部付近に多くの銅地化学異常帯を捕捉した。

ピリンガニ地区はノーラ鉱山南方に位置する。本地区では、デウェラス層群のアルコースが分布する。昨年次調査では2地点で銅地化学異常を捕捉した。

イニャチ地区は、ユナイテッド・キングダム鉱山地区に位置する。本地区中央部では、南北方向にデウェラス層群のアルコース、粗粒玄武岩質岩脈及び石英方解石脈が分布する。昨年次調査では鉱山北側に銅地化学異常を捕捉した。

ライオンズ・デン地区は、シャックルトン鉱山北方に位置する。本地区ではデウェラス層群のアルコース、及び粗粒玄武岩質岩脈が分布する。昨年次調査では1地点で銅地化学異常を捕捉した。

アングワ地区は、アングワ鉱山、ハンス鉱山、及びオールド・アラスカ鉱山を含む地区である。本地区中央部ではデウェラス層群のアルコースが広く分布し、東西の両翼にロマグンディ層群の苦灰岩及び粘板岩が分布する。昨年次調査ではアングワ鉱山～ハンス鉱山地帯、及びオールド・アラスカ鉱山周辺に多くの銅地化学異常を捕捉した。

1-1-3 収集資料

解析に供した資料は GSD, ZMDC に集積されている土壌地化学探査分析資料及び解析資料である。既往地化学探査位置図を図 II-1-1 に示す。解析資料一覧表を表 II-1-2 に示す。試料採取はマンガラ鉱山座標系, 及びアラスカ鉱山座標系によって実施されている。両座標系は各原点であるシュウェルスプリュイツ(Suiwerspruit)及びチェズイ(Chezui)三角点でユニバーサル横メルカトール座標系 (Universal Transverse Mercator Coordinate System, UTM 座標系) に変換し, 座標系を統一した。

表 II-1-2 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)

1-1-4 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。

地化学データ解析においては, 経験的に微量含有量の集団の頻度は対数正規分布することが知られている (Lepeltir, 1969)。実際の地化学データの集団は地化学特性を異にする何種類かの母集団からなることが一般的である。したがって, 指示元素の大部分が示す対数正規分布 (バックグラウンドの母集団) からのずれる部分 (異常集団) に注目するのが一般的な異常値の決定方法である。しかし本調査では, 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 σ_j とすると, 標準偏差の i 倍の濃度コンター値 I_{ji} を,

$$I_{ji} = m_j \times 10^{\sigma_j \times i}$$

と設定した。

なお, 検出限界値は 5 ppm であり, 検出限界以下の分析値については 1 ppm として扱った。また, 探査地区は 5 地区にわたるが, 以下の統計処理は全域を一括して行った。

1-2 調査結果

1-2-1 土壌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表を表 II-1-3 に示す。

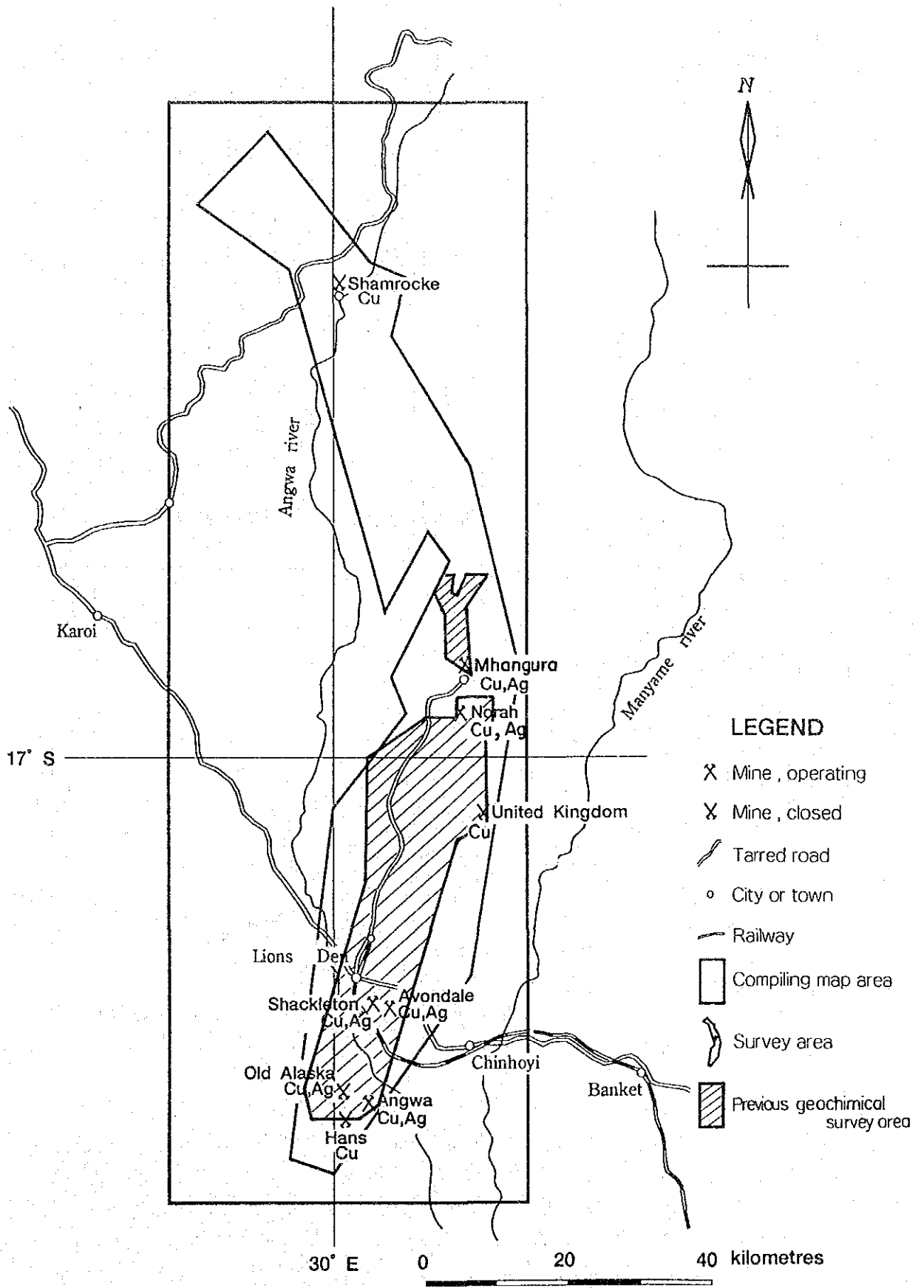


图 II-1-1 既往地化学探查位置图

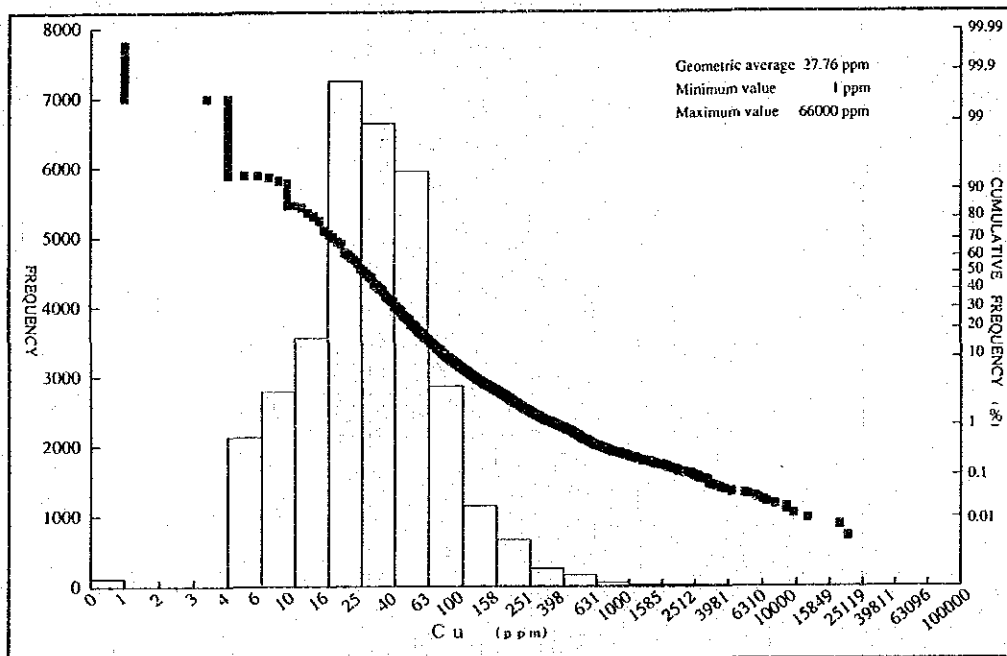
分析値の頻度分布及び累積頻度分布を図II-1-2に示す。

表II-1-3 基本統計値及び分析値の帯区分表一覧表

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

*1 m は幾何平均値, σ は標準偏差 (対数)

図II-1-2 分析値の頻度分布及び累積度数分布図



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ェ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。

1-2-2 地区別の特徴

既存データ解析結果図を図II-1-3に示す。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, チロンボゾ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。

2) チムセンガ農場北~中部 : 小規模の分布で点在する。高濃度帯はデウェ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。

3) グリーンフィールズ農場西部 : 小規模に分布する。高濃度帯はデウェ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鉱山の鉱床胚胎層準である。

4) ゲドゥルドゥ農場 : 広範に分布する。高濃度帯はデウェラス層群中の塩基性貫入岩類の分布に対応する。

5) チロンボゾィ農場東部 : 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ェ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。

2. ピリंगा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。

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鉱山は塩基性岩脈と石英脈の境界部に胚胎する。

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。

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。

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。

3) アラスカ製錬所~シノイアド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

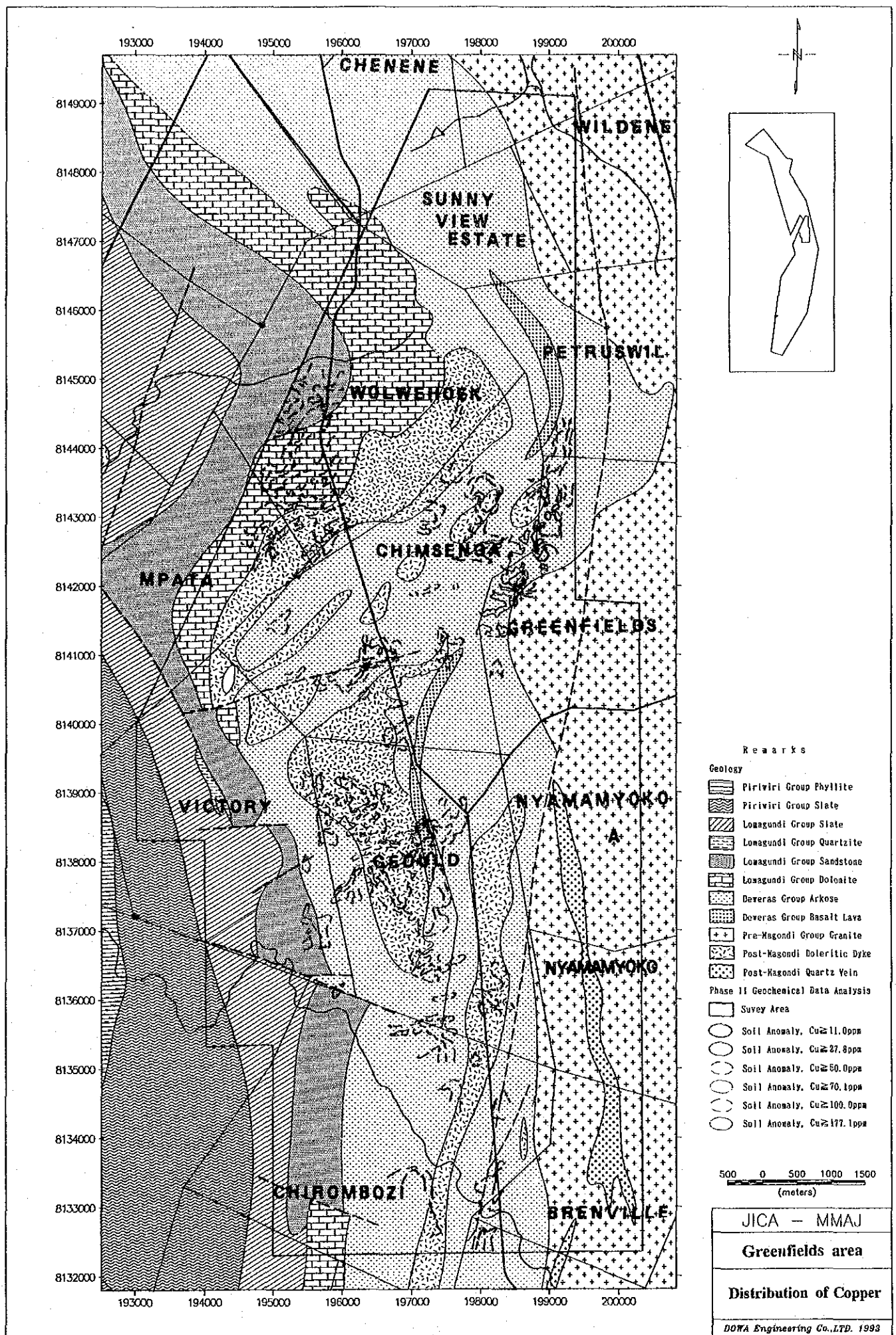
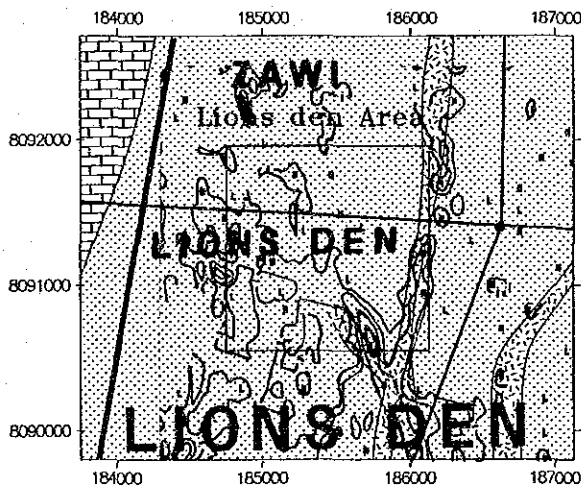
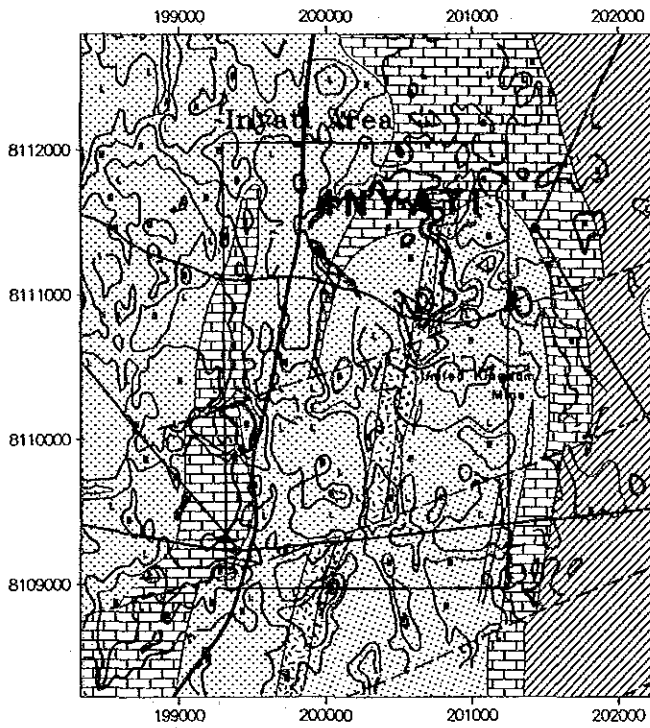
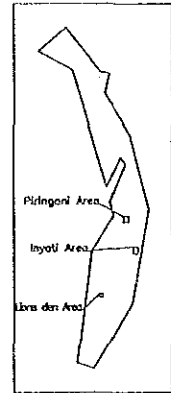
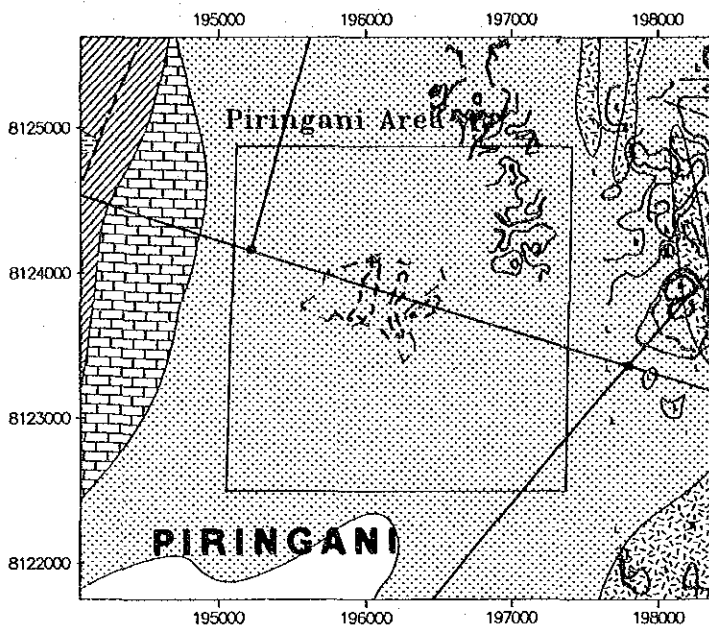


図 II - 1 - 3 既存データ解析結果図 (Greenfields 地区)



- Remarks
- Geology
- Lozagundi Group Slate
 - Lozagundi Group Sandstone
 - Lozagundi Group Dolomite
 - Deveras Group Arkose
 - Post-Magondi Doleritic Dyke
 - 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 177.1ppm

250 0 250 500 750 1000 1250
(meters)

JICA - MMAJ
Pringani, Inyati, Lions den area
Distribution of Copper
DOWA Engineering Co., LTD. 1993

図II-1-3 既存データ解析結果図 (Piringani, Inyati, Lions den 地区)

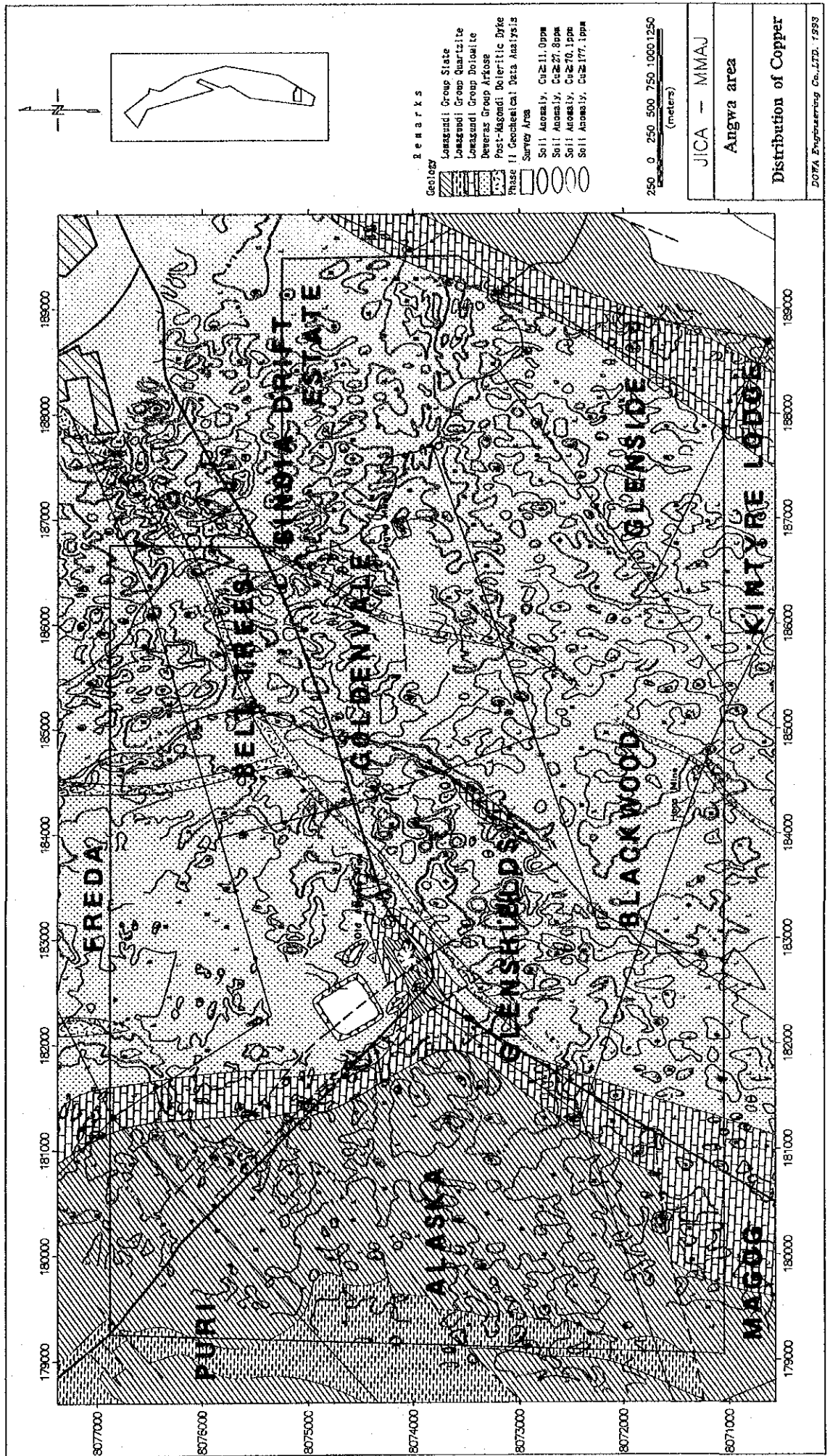


図 II - 1 - 3 既存データ解析結果図 (Angwa 地区)

