

ジンバブエ共和国マクドウガル地域 資源開発協力基礎調査報告書

第1年次

平成2年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

ジンバブエ共和国マクドウガル地域
資源開発協力基礎調査報告書

第1年次

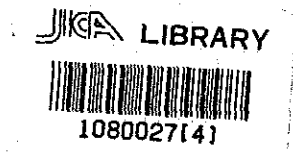
平成2年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

34
66.1
MPN

ジンバブエ共和国マクドウガル地域 資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年次



20570

平成 2 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

20570

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、同国の南部に位置するマクドウガル地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、衛星画像解析、地質調査、地化学探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、平成元年度を第1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元年9月18日から平成元年11月17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るものである。

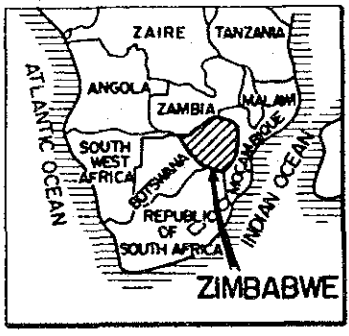
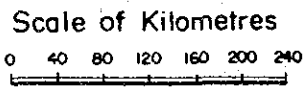
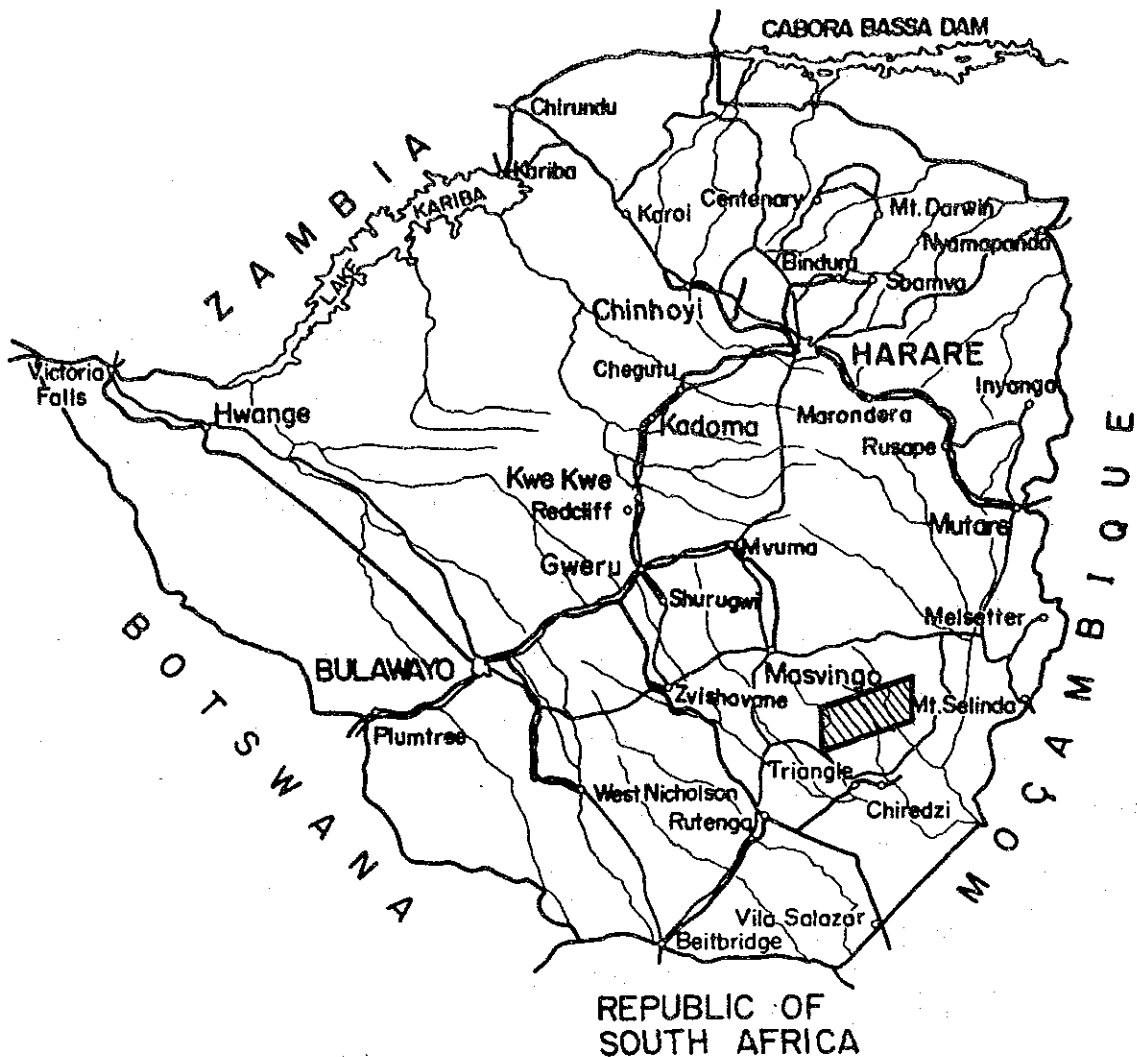
平成2年2月


国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 福原元一



 General Survey Area

图G-1 調查位置图

要 約

ジンバブエ共和国の資源開発調査の第1年次にあたる本年次は衛星画像解析、地質調査及び地化学探査をマドリカ地域の2,300km²について実施した。以下にそれぞれの調査の要約を行う。

衛星画像解析：解析にはCCT(Computer Compatible Tape)を使用した。

これを用いて以下に示すGEOPIC相当画像を作成した。

- a) フォルスカター、フィルム、縮尺25万分の1
- b) フォルスカター、フィルム、縮尺10万分の1
- c) 比画像、フィルム、縮尺10万分の1
- d) フィルム白黒画像、縮尺50万分の1
- e) 比画像(白黒)、フィルム、縮尺20万分の1
- f) 主成分画像、縮尺10万分の1

上記画像を用い、地質単位についての解析を行い、調査地域を6地質単元に区分できた。

地質構造の判読では、調査地域の主要リーメントをその形成順に下記の3分類が可能であった。

- a) ENE-WSW系及びNW-SE系 (旧)
- b) N-S系およびNE-SW系
- c) NW-SE系 (新)

また、鉍化変質帯の抽出を代表的岩石の分光スペクトル測定を基に行い、鉄鉍物とモンモリロナイトや絹雲母を主とする2種類の変質帯を衛星画像上で抽出できた。

本調査を通じて、衛星画像には他の方法にはない広域的な俯瞰性があるため、これを用いて広大な調査地域から容易かつ迅速に地形・地質データを抽出することができ、基礎資料が不足している調査地域の予察的調査に有効であったと結論できる。

地質調査：本調査地域はZimbabwe CratonとKaapvaal Cratonを分けて存在するENE-WSW性に伸長する高度変成岩を有するLimpopo Mobile BeltのNorthern Marginal Zone(NMZ)中に位置している。NMZはZimbabwe Cratonと接触する部分では幅30~40 kmとなる。

本調査地域を構成する地質は

- a) Gneissose Granite : (Zimbabwe Cratonの花崗岩)
- b) Gneissose granulite : (高度変成岩)
- c) Felsic Granulite : (高度変成岩)
- d) Mafic Granulite : (高度変成岩)
- e) Iron Formation : (堆積岩)
- f) Dolerite : (貫入岩)

等である。

本調査地域の地質構造はENE-WSW(N60-70E)系のFoliationで特徴づけられる。Foliationは一般的には南傾斜であるが、調査地域の南部では北傾斜のFoliationも認められる。著しく折り畳まれた褶

曲を呈している。調査地域は主要な構造線により主として47ブロックに区分され、これらは上昇及び下降のブロック化運動を蒙っているとみられる。

調査地域では11鉱化帯が確認できた。これらは一部産状不明の鉱化帯を除き、すべて鉱脈型鉱床に分類されるものである。従って、調査地域の南西に隣接するRenco鉱床とは鉱床型を異にしている。各鉱化帯から採取した試料の分析結果は分析対象にした元素(Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe, 他)すべて低品位であるが、これら鉱化帯のうちでAu品位及びAu鉱化作用に普遍的に随伴される元素(例えば、Ag、As及びBi)の含有量から

- a) JEGEDE鉱化帯
- b) JUWERE鉱化帯
- c) MUCHACHA鉱化帯

等が有望と判断される。

地化学探査：調査地域2,300Km²から2,305個の河床堆積物と150個のハンソク試料を採取した。

Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe について分析を実施し、この結果について、単一変量解析及び多変量解析を行った。分析結果は地質单元ごとの地化学特性を把握するよう努めた。

その結果、最終的には次のAuの7異常帯が抽出された。

- ① I Au異常帯
- ② IV Au異常帯
- ③ V Au異常帯
- ④ VI Au異常帯
- ⑤ VII Au異常帯
- ⑥ VIII Au異常帯
- ⑦ X I Au異常帯

Ag及び他の元素については、調査地域の鉱化帯での含有量そのものが極めて低く、また地化学異常帯の出現もAuに較べてより散在的で、かつ他の指示元素との関連も希薄であることから有望異常帯の抽出には至らなかった。







以上の調査結果を総合的に検討した結果、第2年次の探鉱候補地としては、次頁の7地化学異常帯(一部鉱化帯を含む)が有望と考えられる。

異常帯	”地化学異常インデックス”値	有望順位
VIII Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.58	A
V Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.14	B
VI Au異常帯	”地化学異常インデックス” 0.79	B
VII Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.07	B
XI Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.04	B
I Au異常帯	”地化学異常インデックス” 0.71	C
IV Au異常帯	”地化学異常インデックス” 0.69	C



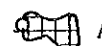





これらに対して地質精査及び土壌による地化学探査を実施し、期待されるAu鉱化帯の確認を行うべきと考える。

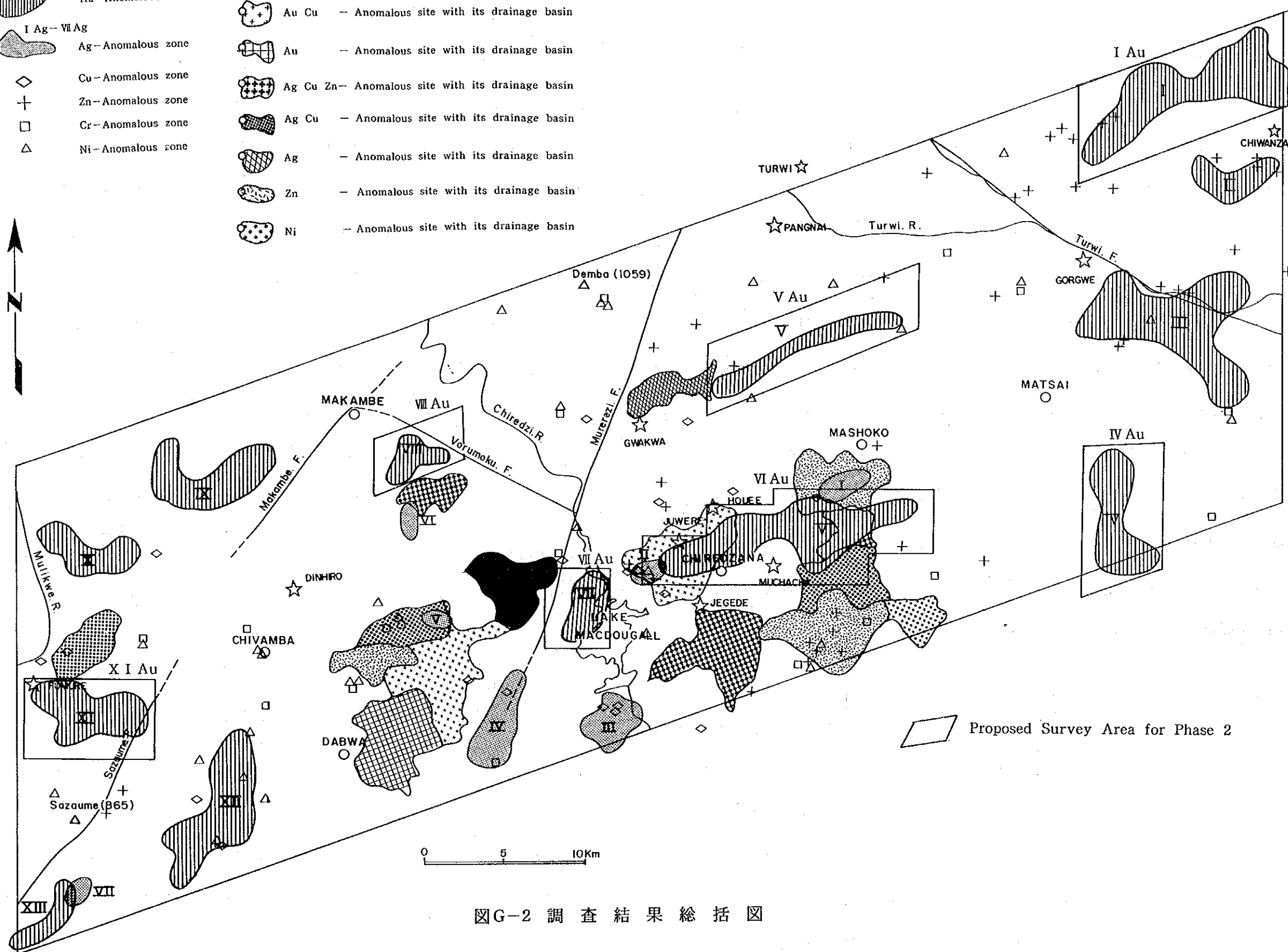
LEGEND

STAREAM SEDIMENTS

- I Au - XIII Au
 Au - Anomalous zone
- I Ag - VII Ag
 Ag - Anomalous zone
-  Cu - Anomalous zone
-  Zn - Anomalous zone
-  Cr - Anomalous zone
-  Ni - Anomalous zone

PANNED SAMPLES

-  Au Ag Cu - Anomalous site with its drainage basin
-  Au Cu - Anomalous site with its drainage basin
-  Au - Anomalous site with its drainage basin
-  Ag Cu Zn - Anomalous site with its drainage basin
-  Ag Cu - Anomalous site with its drainage basin
-  Ag - Anomalous site with its drainage basin
-  Zn - Anomalous site with its drainage basin
-  Ni - Anomalous site with its drainage basin



図G-2 調査結果総括図

目 次

はしがき
調査位置図
要 約
調査結果総括図

第 I 部 総 論

	頁
第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第 1 年次調査の範囲及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	3
第 2 章 調査地域の地理	4
2-1 位置及び交通	4
2-2 地形及び水系	4
2-3 気候及び植生	4
第 3 章 調査地域の既存地質情報	6
3-1 既存調査の概要	6
3-2 調査地域周辺の一般地質	6
3-3 調査地域の地質的位置付け	8
3-4 調査地域の鉱業略史	9
第 4 章 調査結果の総合検討	12
4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制について	12
4-2 期待鉱床賦存のポテンシャルについて	13
4-3 地化学異常と鉱化作用との関係について	14
第 5 章 結論及び提言	17
5-1 結 論	17
5-2 第 2 年次調査への提言	21

第 II 部 各 論

第 1 章	衛星画像解析	23
1-1	調査方法	23
1-2	調査結果	23
1-3	考 察	36
第 2 章	地質調査	40
2-1	調査方法	40
2-2	調査結果	40
2-3	鉱化作用	59
2-4	考 察	68
第 3 章	地化学探査	79
3-1	調査方法	79
3-2	調査結果	80
3-3	考 察	126

第 III 部 結論及び提言

第 1 章	結 論	131
第 2 章	第 2 年次調査への提言	135
	[参考文献]	139
	[添付図表類]	

図 表 一 覧

- 図 G-1 調査位置図
図 G-2 調査結果総括図
- 図 2-1-1 衛星画像位置図
図 2-1-2 (1) 衛星画像解析による地質単元区分図及び地質構造図
図 2-1-2 (2) ランドサット・フォルスカラー画像
図 2-1-2 (3) ランドサット・比画像
図 2-1-3 リニアメント・ローズダイアグラム
図 2-1-4 調査地域の主要岩石の分光スペクトルチャート
図 2-1-5 衛星画像解析による鉍化変質帯分布図
図 2-2-1 地質模式層序図
図 2-2-2 変成岩組織分布図
図 2-2-3 輝石・ザクロ石出現分布図
図 2-2-4 地質構造図
図 2-2-5 Foliationのステレ投影図
図 2-2-6 地質図
図 2-2-7 地質断面図
図 2-2-8 鉍化帯分布図
図 2-2-9 岩石試料採取位置図
図 2-3-1 (1) 頻度分布と累積頻度曲線 (Au, Ag)
図 2-3-1 (2) 頻度分布と累積頻度曲線 (As, Bi)
図 2-3-1 (3) 頻度分布と累積頻度曲線 (Cu, F)
図 2-3-1 (4) 頻度分布と累積頻度曲線 (Zn, Cr)
図 2-3-1 (5) 頻度分布と累積頻度曲線 (Ni, Fe)
図 2-3-2 (1) 頻度分布と累積頻度曲線 (A' ヲニツク 試料; Au, Ag)
図 2-3-2 (2) 頻度分布と累積頻度曲線 (A' ヲニツク 試料; As, Bi, Cu, F)
図 2-3-2 (3) 頻度分布と累積頻度曲線 (A' ヲニツク 試料; Zn, Cr, Ni, Fe)
図 2-3-3 全地質単元による散布図 (Zn-Fe, Ni-Cr, Fe-Cr)
図 2-3-4 地質単元別散布図 (J-ト' 1, J-ト' 3, J-ト' 4, J-ト' 5, J-ト' 6)
図 2-3-5 (1) 全地質単元による頻度分布と累積頻度曲線
(第1~3主成分得点)
図 2-3-5 (2) 全地質単元による頻度分布と累積頻度曲線

(第4～5主成分得点)

- 図2-3-6(1) 地質単元別頻度分布と累積頻度曲線
(J-T'3:第1～2主成分得点)
- 図2-3-6(2) 地質単元別頻度分布と累積頻度曲線
(J-T'3:第3～5主成分得点)
- 図2-3-7(1) 地質単元別頻度分布と累積頻度曲線
(J-T'4:第1～2主成分得点)
- 図2-3-7(2) 地質単元別頻度分布と累積頻度曲線
(J-T'4:第3～5主成分得点)
- 図2-3-8(1) 地質単元別頻度分布と累積頻度曲線
(J-T'5:第1～3主成分得点)
- 図2-3-8(2) 地質単元別頻度分布と累積頻度曲線
(J-T'5:第4～5主成分得点)
- 図2-3-9 *ハ'ソ'ソ'ク* 試料の頻度分布と累積頻度曲線
(第1～5主成分得点)
- 図2-3-10 地化学探査解析結果図
- 図3-1-1 調査結果総合解析図
-
- 表1-1-1 調査内容一覧表
- 表1-3-1 鉍産量
- 表1-4-1 鉍化帯の総括表
- 表1-4-2 Renco鉍床Reef中の元素の最大濃集値
- 表1-4-3 有望地化学探査異常帯(Au)
- 表2-2-1 鉍化帯一覧表
- 表2-2-2 岩石化学分析結果一覧表
- 表2-3-1 指示元素の統計パラメータ
- 表2-3-2(1) 相関係数マトリックス(全地質単元、J-T'1～4)
- 表2-3-2(2) 相関係数マトリックス(J-T'5～6、*ハ'ソ'ソ'ク* 試料)
- 表2-3-3 主成分分析結果一覧表(全地質単元)
- 表2-3-4(1) 主成分分析結果一覧表(J-T'1)
- 表2-3-4(2) 主成分分析結果一覧表(J-T'3)
- 表2-3-4(3) 主成分分析結果一覧表(J-T'4)
- 表2-3-4(4) 主成分分析結果一覧表(J-T'5)
- 表2-3-4(5) 主成分分析結果一覧表(J-T'6)
- 表2-3-5 主成分分析結果一覧表(*ハ'ソ'ソ'ク* 試料)

表 2 - 3 - 6 (1) 異常帯の評価表(Au)

表 2 - 3 - 6 (2) 異常帯の評価表(Ag)

付 録

- A - 1 河床堆積物分析結果一覧表
- A - 2 ハンニグ試料分析結果一覧表
- A - 3 岩石薄片検鏡結果一覧表
- A - 4 研磨片検鏡結果一覧表
- A - 5 研磨薄片検鏡結果一覧表
- A - 6 x線回折結果一覧表
- A - 7 EPMA定量分析結果一覧表
- A - 8 モード分析結果一覧表
- A - 9 ハンニグ試料構成鉱物一覧表
- A - 10 帯磁率測定結果一覧表
- A - 11 岩石顕微鏡写真
- A - 12 鉱石顕微鏡写真

別 添 図 一 覧

第 1 図 河床堆積物及びハンニグ試料の採取位置図(1), (2), (3), (4) 1 : 50,000

第 I 部

總 論

第 1 部 総 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査は平成元年度から原則的には3年間継続するもので、今年度はその第1年次にあたる。調査の対象となったマクドウガル地域はRenco鉱床と地質状況が類似し、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。本年度は衛星画像解析、地質調査と河床堆積物による地化学探査を実施し、本地域での鉱床賦存の可能性についての評価をおこなった。

1-2 第1年次調査の範囲及び調査の概要

調査の範囲は北西端点、東経 $31^{\circ} 15'$ 南緯 $20^{\circ} 30'$; 北東端点、東経 $32^{\circ} 00'$ 南緯 $20^{\circ} 15'$ を基点とする面積 $2,300 \text{ Km}^2$ の地域である。調査地域のほぼ中央にはマクドウガル湖がある。

本年度の調査は衛星画像解析、地質調査及び河床堆積物による地化学探査からなる。

衛星画像解析では、CCT (1984年9月3日撮影) から以下の画像を作成し、地質解析に供した。

- a) フォルスカー、フルーツ、縮尺25万分の1。
- b) フォルスカー、サブーツ、縮尺10万分の1。
- c) 比画像、サブーツ、縮尺10万分の1。
- d) フルーツ白黒画像、縮尺50万分の1。
- e) 比画像(白黒)、フルーツ、縮尺20万分の1。
- f) 主成分画像、縮尺10万分の1。

上記画像を用い、地質単元の区分、地質構造の判読及び鉱化変質帯の抽出に努めた。画像上でリニアメントの抽出を行った。

画像のうち特に、比画像(バンド3/5 4/3 3/1 BGR) は地質及び地質構造を良く反映していると評価できる。また、フォルスカー、サブーツ(バンド2, 3, 4 BGR; 2, 3, 5, BGR) は地質構造の解明に有効であった。

地質調査は衛星画像解析等の結果も参照して、調査地域における地質及び鉱化作用を把握し、鉱床胚胎有望地の抽出に努めた。現地調査にあたっては縮尺5万分の1の地形図を使用し、これを縮尺2万5千分の1の地図に拡大し、ルートマップを作成した。踏査ルートは、衛星画像解析結果及び既存資料を十分検討し、また調査地域の地質構造を考慮して設定した。

また、踏査にあたっては、航空写真及び帯磁率計を活用した。

試料採取及び処理については、調査地における代表的な岩種、岩相及び相互関係を明らかにする試料を十分な配慮をもって採取した。異なった岩種及び同一岩種でも岩相に差異の認められるものは、顕微鏡による検討を行うため薄片作成用に試料を採取した。また、必要に応じてX線回折法による検討を行う試料も採取した。鉱石及び鉱化の認められる岩石については、研磨片による検討及び化

学分析を行うための試料を採取した。

調査ルート長は1,200 km 以上であり、調査地域全域を網羅するように設定した。

地化学探査においては、河床堆積物を採取条件を十分検討して採取した。特に河床堆積物パンニング用試料の採取は、原則として岩盤直上の重鉱物の濃集している地点で行うことにしたが、岩盤の深度が深くこの条件を満たす地点が容易に得られなかったため、重鉱物の濃集している地点で主として採取した。パンニング試料は実体顕微鏡で観察し、金粒と白金の有無の確認と主要構成鉱物の鑑定を行った。化学分析に供した河床堆積物試料は、来年度以降の再分析に備え、粉末試料を1試料につき50グラム以上保存した。

調査内容は、表1-1-1に示す通りである。

表1-1-1(1) 調査内容一覧表

調査内容及び調査地区	調 査 数 量			
	調査面積	踏査延長	地化探試料採取件数	
			河床堆積物	河床堆積物 パンニング試料
地質調査・地化学探査 (概査) (全域)	2,300 km ²	1,200 km	2,305 件	150 件

表1-1-1(2) 調査内容一覧表

分析項目及び成分等	数 量
① 岩石薄片作成	125 件
② 研磨片作成	11 件
③ 研磨薄片作成	21 件
④ 化学分析 7) 岩石 (SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI, Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni: 21成分) 1) 地化学探査試料 (Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe: 10成分)	25 件 525 成分 2,455 件 24,550 成分
⑤ X線回折粉末法	6 件
⑥ EPMA (定量分析)	21 件
⑦ モード分析	22 件

1-3 調査団の編成

本調査推進のため、調査計画、協定の折衝及び調査に参加した調査団員は下記の通りである。

調査計画及び折衝

日本国側団員		ジンバブエ共和国側団員	
平野 英夫*	金属鉱業事業団	N. BAGLOW	地質調査局
霜鳥 洋	金属鉱業事業団		
小笠原 正 継	地質調査所		

* 現在、地質調査所

現地及び国内調査（日本国）

調査団員氏名	年齢	担当業務	出発日	帰国日	備考
和田 富美雄	47	技術責任者	9月18日	11月17日	経験年数：21
児玉 勉	52	地質・地化探調査	9月18日	11月17日	経験年数：33
岩谷 伸一	52	地質・地化探調査	9月18日	11月17日	経験年数：33
山本 平三郎	42	地質・地化探調査	9月18日	11月17日	経験年数：23
風間 敏光	41	地質・地化探調査	9月18日	11月17日	経験年数：17
横山 裕	33	地質・地化探調査	9月18日	11月17日	経験年数：7
田中 壮一郎	31	衛星画像解析	国内業務	国内業務	経験年数：9

現地調査（ジンバブエ共和国）

氏名	所属
TAFIRENYIKA CHIYANIKE	地質調査所
FOBES MUGUMBATE	地質調査所

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

調査地域のマクドウガル地域はジンバブエ共和国の南東部に位置し、首都ハラレ(HARARE)から車による距離及び所要時間は下記の通りである。

	0.7 時間	1.0 時間	1.0 時間	1.3 時間	1.3 時間	
HARARE	— BEATRICE	— CHIVHU	— GUTU	— ZAKA	— CHIREDDZI	
	50 Km	80 Km	80 Km	90 Km	90 Km	

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、交通事情は良好と判断される。

現地調査中は気候条件及びマラリア汚染地域であることを勘案して日本人技術者はChiredziに宿泊し、現地作業員は調査地域内にベース・キャンプ(前半Chivamba南、後半Chiredzana)を設営し、調査を行った。

2-2 地形及び水系

調査地域の地形は構成する岩石の生成年代が古いことを反映して、全体的には緩やかな起伏を呈する準平原化した、波長の長い地形で特徴づけられる。

標高600m前後に位置し、地域内の最高峰はDemba(1,059m)であり、この他にBabaninga(1,037m) Muromahoto(1,001m)が調査地域の北部に位置している。

これらは調査地域を支配するENE-WSWの地質構造に規制されて、この方向に連なり、南下するにつれて徐々に標高を減ずる。

調査地域の水系で主要なものは、Mashavutwe川、Chiredzi川及びTurwi川であり、いずれも南東に流下してジンバブエ共和国の東部国境付近を南下する大河Savi川に合流する。

マクドウガル湖はChiredzi川流域に造られた人造湖で、Mkwesine及びChiredzi南方のサトウキビの灌漑に利用されている。上記の3河川以外の調査地域内の川は、乾期には水が途絶え、雨期のみ水の流下が認められる。従って、河川による侵食程度は貧弱であり、下刻作用の進行程度も弱い。調査地域の南限付近から南に広がる平原はLowveldと呼ばれ、サトウキビ等の耕地に利用されている。

2-3 気候及び植生

調査地域の気候は乾期(4月~10月)と雨期(11月~3月)に区分される。標高が600m前後であることと、緯度が南緯20°程度であることから、雨期の前の10月の気温は高く40°以上に達する。年間の雨量は600~700mmであり、この殆どは雨期に集中するが、そのうちでも特に12月~2月の3ヶ月が多い。

植生の主要なものは Mopane, Mangwe, Baobab, Acacia, Palms であり、全般的には調査地域の植生密度はまばらといえる。管理の行き届いた牧場内では植生の繁茂も良好であるが、それ以外の地区では植生の欠如している箇所もある。

調査地域の内でも標高の高い場所では Monondo の繁茂が認められる。

調査地域の域外、南に広がる Lowveld では灌漑による砂糖キビの大規模農業が営まれているが、調査地域での農業は零細規模に留まる。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既存調査の概要

調査地域においては、E. P. O.による鉱床探査は行われているが、地質調査は殆ど行われていない。Odell(1975)による調査は調査地域の南西部の約10%を覆うに過ぎないが、調査者によって、それまでは区分が十分でなかったLimpopo Mobile BeltとZimbabwe Cratonの地質の相違が明らかとされた。調査地域及びその周辺のこれまでの探鉱の概要は下記の通りである。

E. P. O. (Exclusive Prospecting Order) NO. 299はJohannesburg Consolidated Investment Company Limitedに1969年11月10日付与された。E. P. O. NO. 299は面積540 Km²であり、鉱区はChirezi川とMkwesine川に挟まれてあり、1970年1月5日に地表調査を開始し、1979年2月25日に終了した。土壌サンプルを行い、CuとNiについて原子吸光法で分析した。その結果、CuとNiのバックグラウンド値はGneissの分布域では20ppm及び60ppmであり、一方Doleriteや塩基性岩の分布域では60 ppm及び150~200 ppmを示す。多数のCu異常(200~300 ppm)が広域調査の過程で発見されたが、母岩の岩石特性に由来したものと判断された。

本鉱区は放棄された。

E. P. O. NO. 300はE. P. O. NO. 299 と同時に付与された鉱区である。本鉱区は調査地域の北東端を部分的に覆っている。合計61,700個の土壌サンプルの分析の結果、Turgwe川の北部で多数のCu異常が検出された。この異常帯はRusurgwe Hillから9km連続する(Turgwe Copper Prospects)。

この異常帯に対して、トレンチと試錐探鉱が行われ、1区画だけが鉱区として保持されたが、探査の詳細は不明である。

Turgwe Copper Prospectsの探査のためのE. P. O. NO. 353では11,424個の土壌サンプルについてCu、Ni及びCoを分析した。その他、地質調査、磁気探鉱、トレンチ、試錐及び岩石の分析が行われた結果、Pyroxinite及びPyroxiniteとGabbroの境界部分に鉱化帯が2帯発見されたと報告されている。

E. P. O. NO. 355はTurgwe Copper Prospectsの延長探査のために保持した鉱区である。地質調査及び土壌地化学探査を実施し、異常帯については野外で追跡調査を行った。その結果、有望と考えられる鉱化帯は発見できなかった。

E. P. O. NO. 462はProspecting Venture Limited に1974年2月22日に付与され、予察調査の結果本鉱区の9.6%に相当する面積についてE. P. O. NO. 548が付与された。しかし、最終的には調査期間中には有望鉱化帯は発見できなかった。

本年次の調査期間中、調査地域の最北東端ではRio Tinto による地質調査及び土壌地化学探査が行われていた。

3-2 調査地域周辺の一般地質

一般地質：本調査地域はZimbabwe CratonとKaapvaal Cratonを分けて存在するENE-WSW性のLimpopo Mobile BeltのNorthern Marginal Zone(NMZ)中に位置している。

Limpopo Mobile Beltの規模は600 km X 300 km であり、その東部延長はUmkondo SystemあるいはKaroo Systemにより覆われている。一方、西部延長はBotswanaに達しKalahari SystemのAeolian Sandに覆われる。

NMZはZimbabwe Cratonと接触する部分では幅30~40 kmとなる。

本調査地域を構成する地質は

Gneissose Granite
Gneissose granulite
Felsic Granulite
Mafic Granulite
Iron Formation
Dolerite

等を主とする。

Gneissose Graniteは調査地域の北西縁に分布し、灰色~桃灰色を呈し、花崗岩的な組織を残している片麻岩状岩石である。石英・カリ長石及び斜長石が巨晶で発達し、有色鉱物の含有は僅かとなる。縞状構造はN50° ~70° E 30° ~70° SEと概ね一定方向を示す。本岩はZimbabwe CratonのGraniteの南縁部の岩相を示すものであろう。

Gneissose Granuliteは本調査地域全体に最も普遍的に分布する。緑灰色~灰色を呈し、縞状構造が比較的明瞭に見られる岩石である。野外における肉眼観察では、縞状構造が強く発達する個所と有色鉱物（主として輝石類）が断続的に並ぶ箇所が認められ、調査地域では後者の形態を呈することが多い。本岩は粗粒石英が縞状構造に調和的に入り、縞状構造を示す場所も認められる。一般的には、石英と長石類の中に有色鉱物である輝石類及び角閃石が縞状にのびている岩石である。ザカ石の巨晶、黒雲母を含有する場合もある。ザカ石の巨晶及び黒雲母が形成される帯は、調査地域の北側半分の部分とされるが、その連続性については今回の調査では明らかにできなかった。露頭で測定した縞状構造は、N50° ~70° E 50° ~70° SEの傾斜を一般的に有している。また、縞状構造は褶曲構造を伴うことが認められ、褶曲軸付近では弧を描くようになる。

Felsic GranuliteはGneissose Granulite の中に分布する岩石で、優白質の岩石である。本岩はカリ長石に細脈状あるいは長くのびた楔状の石英が入りピンク色を呈するものと、灰白色の長石が主体で石英が僅かに楔状に入る剝離性の岩石から構成される。本岩の分布はマドカ湖付近から東方に広く認められている。分布は一般的には山地部よりは低地部に認められるもので、本岩での縞状構造の発達は弱い。

衛星画像ではフォーカサーの2、3、4にBGRを与えた画像で乳白色に見える場所に相当する。

Mafic GranuliteはGneissose Granulite Felsic Granuliteの中に幅数百メートルから1キロメートル前後で分布する岩石で、調査地域の南西~中央にかけて帯状に分布する。暗緑色で輝石類の結晶が多くみられる岩石で、風化を受けると野外では赤褐色が進行した土壌を形成することで特徴づけられる。衛星画像では比画像で赤色系の色調で示される部分となる。

Iron Formationは厚さ数メートルの酸化鉄のバンドが幾層にも重なって構成される地質である。表面は酸化して赤褐色となることが特徴的である。酸化鉄の濃集する部分は石英質の岩石で極めて硬質である。本岩の分布幅は狭く数百メートル前後と考えられ、走向方向への連続性については今回の調査地域では判然としない。

Doleriteは岩脈として分布する岩石であり、概ね南-北の方向をもって貫入するものが多いが、一部にはGranuliteのFoliationに調和的に貫入する岩脈もある。優黑色緻密な組織を有する。岩脈であるために分布は狭く、野外における連続性については確認不能の場合が多い。

地質構造：本調査地域の地質構造はENE-WSW(N60-70E)系のFoliationで特徴づけられる。

Foliationは一般的には南傾斜であり、Isoclinal Foldingが調査地域を支配していると考えられる。しかし、調査地域の東部を縦断するZaka RoadではMafic Rocks中に北傾斜のFoliationも認められ、調査地の南縁部では褶曲がやや開いているらしいことを示唆している。

野外ではFoliationが緩やかに変化し、褶曲構造が確認できる箇所は限られているが、衛星画像では褶曲構造が追跡できることが多い。

衛星画像から読み取れるリニアメントは本地域の基本地質構造であるENE-WSW(N60-70E)系に直交するNNW-SSE系に集中の極大がある。ただし、調査地域の地質単元が側方に連続性がよいことから、画像上でも野外調査でもこれらの構造線が地質単元を大きく変位させていることは考えがたい。

多分、調査地域における主要な構造線は、調査地域を西南西から東北東に4ブロックに区分する

Sazaume-Makambe構造線

Murerezi構造線

Turwi構造線

であろう。これらの構造線により、調査地域はブロック化運動を受けていると考えられる。

衛星画像の解析から抽出された構造と野外での地質構造は調和的といえる。

3-3 調査地域の地質的位置付け

Limpopo Mobile Beltは前述のようにグレンジイト相の広域変成作用と著しい変形作用を受けたArcheanの変動帯である。これまでは本Beltの層序の確立も行われていない。また、変成作用の時代も統一的に理解されてはいないが、Coward, et al., (1976)及びHickman(1978)によれば、それは2870 Ma以前と推定している。変成条件は750°C及び5 kilobars以上(Robertson and Du Toit, 1981)と予想している。この後(2700 Ma)に第2回目の変成作用が起こり、この時期はSouthern Marginal Zoneでも変成作用があり、より広域の変成作用と解される。また、本Beltは変形作用も蒙っており、これについては研究者間で合意されてはいないが、少なくとも2回の変形作用が認められている(Robertson and Du Toit, 1981)。

本Beltにおける鉱化作用については、蛇紋岩体に伴うCr鉱床とかEnderbite中に胚胎し、強い褶曲作用を受けたRenco鉱床が特記される程度で、これまでの調査からは鉱化作用に乏しい地域と考えら

れる。これまでCu-Niの探鉱が行われてきたが有望なものは発見されていない。

3-4 調査地域の鉱業略史

(1) 調査地域の鉱業略史

調査地域の鉱業で代表的なものはRenco鉱床に特徴づけられるAu鉱化作用である。調査地域はRenco鉱床とは一連の地質状況が期待されることから、Renco鉱床と同種の鉱床の存在が有望である。また、調査地域の探鉱の略史は既存調査の概要で述べたように探査の対象となったものはCu、Ni、Cr、Co及び貴金属が主なものである。以下にRenco鉱山の鉱業略史について述べる。

高度変成岩が分布するこの地域の鉱業的ポテンシャルは低く評価されていたが、1936年にCoronation MineのH. Hewlettが後にNyajena Goldfieldと呼称されるこの地域を訪れる。そして、ヨーロッパ人が当地に来る以前にすでに現地人により地表近くの酸化帯の採掘が行われたことを知る。

1939年にはRennieとCoventryがRenco Syndicateを設立し、蒸気エンジンを設置して、酸化帯を採掘した。採掘はEdgar、Golden Shower等にも発展したが当時のアマルガムでは実収率が50%程度であり、廃滓処理プラントの設置も行ったが、採算にのる稼行ができず1946年には休山のやむなきに至った。

1957年には、Renco Syndicate NO. 2により350 lb 級の設置が行われ、1961年まで再度稼行された。1963年～1965年のDr A. T. M. Mehliissの予察調査の結果、Gold Fields of South Africa LimitedがRenco鉱山の買山を行い、E. P. O. を取得した。試錐の結果、高品位鉱に着鉱した。

地表下25mまで坑内開発を行った後、鉱区とE. P. O. がAnglo American Mineral Searches Limitedに移管された。しかし、鉱体の不規則な産状と鉱石品位が大きく変動することから結局1969年鉱区はSyndicate (代表: Mr R. D. Kennedy) に売山された。

Syndicateは30 t/dの破碎と選鉱設備を完成させ、重力選鉱と青化法を適用したが、実収率は60%に留まった。

1972年12月にTRZ (Rio TintoグループZimbabwe子会社) は本鉱区に30ヶ月のライセンスの行使を申し出た。このライセンス期間中に試錐及び坑内探鉱が行われ、1975年にはライセンスが行使された。1979年までの試掘期間中に獲得した鉱量の増大はジンバブエ共和国の鉱業史上からも特記するべきものであった。

1982年1月には年間200,000tの出鉱規模をもつ処理設備と750人の鉱員の社宅が完成して、現在に引き続いている。

(2) ジンバブエ共和国の鉱業情勢

ジンバブエ共和国の1988年の鉱業は、1987年と比較して概ね順調かつ上昇局面にある。鉱産物の生産高は\$US540百万に達し、この傾向は1984年から続くものである。また、鉱産物の実際の輸出額は\$US714百万となり、これはジンバブエ共和国国内での加工度の進展を反映したものである。

これらの数字は各鉱産物の浮沈を総合した結果であるが、個別に主要鉱産物をみると次のようになる。Auについては、1987年にZimbabwe Reserve BankのAuの放出があったにもかかわらず、1988年は8.7%の生産額の上昇をみ、\$US209百万に達した。実際に新しいAuプロジェクトが相次いだ。そのうちで

も最も注目されるプロジェクトはFreda-Rebeccaプロジェクトであり、酸化鉱処理により2,000 t/dの操業規模で1,500 kg/yのAu生産が期待されている。これはジンバブエ共和国で最大のAu生産鉱山となる。その他、LonrhoグループのShamba鉱山他の拡張計画、Rio TintoグループのCam and Motor Mineでの廃滓処理及びAnglo-AmericanのIsabella鉱山のヒープリーチングによるAuの回収がある。

Niの生産高が10%増大したことについては、Bindura Nickel Corporationの操業復活が大きく影響している。

一方、Ag及びCuについては、16%の減産となっているが、これはMhanghura Cu Mineの減産とIomagundi精錬所の操業上のトラブルが大きく影響している。

表1-3-1にジンバブエ共和国の1987年及び1988年の鉱産量と鉱産額を示した。

表1-3-1 鉍產量

Mineral Production in Zimbabwe, 1987-88

Commodity	Units	Value**		Value*	
		1987	\$US×10 ⁶	1988	\$US×10 ⁶
Asbestos	t	193,925	58.65	186,581	53.68
Chromite	t	570,298	26.47	561,177	24.89
Coal	t	4,638,759	61.97	4,517,630	58.13
Cobalt oxide	t	110	0.82	126	1.54
Copper	t	18,819	27.61	16,116	35.55
Emeralds (out)	ct	3,769	0.84	3,682	0.75
Emeralds (rough)	kg	1,207	1.91	563	1.29
Gold	kg	14,710	209.71	14,961	208.67
Graphite	t	13,530	2.53	11,441	2.66
Iron ore	t	1,328,393	17.28	1,020,901	13.49
Iron pyrites	t	46,606	1.20	39,659	1.29
Limestone	t	1,536,803	6.65	1,408,244	6.08
Lithium minerals	t	14,959	2.52	15,073	2.44
Magnesite	t	28,991	0.56	30,121	0.70
Nickel	t	10,394	43.84	11,490	108.88
PGMs and selenium	kg	2,660	0.46	2,680	0.66
Phosphate rock	t	154,827	6.87	121,156	5.39
Silver	kg	25,351	9.57	21,953	7.28
Tantalite	t	37	0.42	66	0.42
Tin metal	t	1,038	6.92	855	6.14
Total			486.79		539.91

** Average 1987 exchange rate, Zimbabwe dollar = US-¢ 59.93.

* Average 1988 exchange rate, Zimbabwe dollar = US-¢ 54.98.

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について

それぞれの鉱化帯の産状に多少の違いは認められても、含まれる鉱石鉱物（硫化鉱物と一部酸化鉱物）に注目すると、調査地域の鉱化作用はその特性から次のように各鉱化帯が区分できる。

① JEGEDE, JUWERE, HOVEE, MUCHACHA

これらの鉱化帯ではPyrrhotite, Pyrite, Marcasite, Chalcopyrite及びMagnetite-Ilmenite共生体から鉱石鉱物は構成される。これらの鉱物の出現する量比もほぼ各鉱化帯で一様であり、この点でも鉱化作用そのものが似ていた可能性がある。

② GORWGE

本鉱化帯の硫化物はPyrrhotite, Chalcopyriteであり、EPMA分析結果ではMillerite(NiS)も存在が確認されている。本鉱化帯は、酸化の程度が①の鉱化帯群よりは進んでいないが、鉱物組合せでも①とは少し趣を違えている。鉱化作用も違う可能性が強い。

③ DINHIRO

本鉱化作用の硫化物は極めて単純であり、Pyrrhotiteを認めるのみである。

④ TURWI, PANGANAI

これらについては、①の鉱化帯群に較べて、硫化鉱物の量が極めてすくないか認められないことで特徴づけられる。

⑤ FUMURE, CHIWANZA, GWAKWA

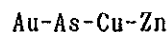
Fe-hydroxideが認められるが、鉱化作用の詳細は不明。

さらに、鉱液は構造線の交錯部分の弱線を通して鉱化帯を形成する例が多いことから、これらの鉱化帯と地質構造との関連について検討した。その結果、主要構造線ともあるいは衛星画像から抽出したリニアメントとも特別の関係を認めることはできない。ただし、図2-2-2に示されるようにミナイト組織との関係では、ミナイト化の低い地域（調査地域の南東中央部）では鉱化帯も地化学異常帯も少ないという傾向を把握したに留まった。

また、調査地域の鉱化作用の特性を把握するため、各鉱化帯から採取した試料の化学分析結果を検討した。その結果、それぞれの鉱化帯の地化学特性が推定できる。

① JEGEDE, MUCHACHA

これらの鉱化帯を特徴づける元素とその組合せは次の通りである。



特に、Asの含有量が他の鉱化帯に比較して高い。

硫化物の組合せと出現頻度は他の鉱化帯と大差はないが、元素の組合せ及び含有量において差が認められる。

② JUWERE

この鉱化帯を特徴づける元素とその組合せは次の通りである。

Au-Bi-Cu

特に、この度の試料ではAu及びBiの含有量が他の鉍化帯に比較して高いのが特徴である。

③HOVEE

この鉍化帯を特徴づける元素とその組合せは次の通りである。

Au-Cu-Zn

本鉍化帯では、Znの含有量は他の鉍化帯に比較して高い。しかし、Znの硫化鉍物は認められていない。

④TURWI, PANGANAI, DINHIRO, FUMURE, CHIWANZA

これらの鉍化帯を特徴づける元素はCrであり、これ以外の元素は他の鉍化帯と比較して高い含有量をもつとは云えない。

⑤GORGWE

この鉍化帯を特徴づける元素はFであり、一部Crの高含有量の場所もある。

⑥GWAKWA

この鉍化帯を特徴づける元素は認められなかった。

これらの検討結果とRenco鉍床産鉍石の分析結果を対比すると、上記の鉍化帯のうち、構成元素の組合せ及びその含有量等から、

JEGEDE鉍化帯

JUWERE鉍化帯

MUCHACHA鉍化帯

がRenco鉍床のReef中での元素の濃集様式と最も類似性が高い。また、GORWGE鉍化帯でのFの比較的高含有量はRenco鉍床と類似のバゲマイトと関連する鉍化作用の可能性が考えられる。

また、調査地域の鉍化帯の鉍化規制については、調査地域の全般を通じて特別の地質産状に規制されたという証拠は乏しいが、胚胎している母岩と鉍化帯という観点から見た場合、調査地域での分布面積が少ないにもかかわらず、Mafic Granuliteを母岩とする鉍化帯が多い。これは地化学探査の結果でも、指示元素についての統計量を見ても、その含有量がMafic Granuliteでバックグラウンド値が高い傾向と符合している。調査地域の鉍化帯はすべて後生的な鉍化作用に関連したものであり、母岩の種類と成因との関係を一義的に議論することはできない。

4-2 期待鉍床賦存のポテンシャルについて

第1年次の調査において、調査地域で確認できた鉍化帯は上記の通り肉眼的な硫化物の存在の類似性からは3区分が可能である。また、化学分析結果から元素含有量に注目するならば6区分が可能である。これらのうちでAu品位、Au鉍化作用に普遍的に随伴される元素(例えば、As及びBi)の含有量から有望と判断されるものは次の鉍化帯である。すなわち

JEGEDE鉍化帯

JUWERE鉍化帯

MUCHACHA鉍化帯

これらの鉍化帯は賦存場所もChirezanat (ツネソク)の近傍に集中し、濃集する元素 (JEGEDE及びMUCHACHA鉍化帯: Au-As-Cu-Zn、JUWERE鉍化帯: Au-Bi-Cu) はやや異なるものの、含まれる硫化鉍物の種類も鉍床の産状もよく似ており、一連の鉍化作用とも見られる。また、これらの鉍化帯のうち、JUWERE鉍化帯は本年次の地化学異常帯のうちでも有望なVIAu異常帯に含まれ、地化学探査の結果からもその有望性が期待できる。従って、これらの鉍化帯を含む地区には同種の鉍化帯がまだ潜在していることが期待できる。表1-4-1に鉍化帯の総括表を示した。

表1-4-1 鉍化帯の総括表

鉍化帯名	鉍化タイプ	濃集元素	地質	地化学異常帯
① JEGEDE	Au?	Au-As-Cu-Zn?-Cr??	Mafic Granulite	
② JUWERE	Au	Au-Bi-Cu-Cr??	Gneissose granulite	VI _{Au}
③ TURWI	Au?, Cr??	Au?-Cr??	Mafic Granulite	
④ PANGANAI	Au?, Cr??	Au?-Cr??	Gneissose granulite	
⑤ GORWGE	Au??	Au?-F-Cr??	Gneissose granulite	
⑥ DINHIRO	Au?, Cu, Cr?	Au-Cu-Cr	Iron Formation	
⑦ HOVEE	Au, Cu, Zn	Au-Cu-Zn	Mafic Granulite	
⑧ MUCHACHA	Au, Cu, Zn	Au-As-Bi?-Cu-Zn-Ni?	Mafic Granulite?	
⑨ FUMURE	Au?, Cr?	Cr	Mafic Granulite?	X I _{Au}
⑩ CHIWANZA	Au?, Cr?	Cr	Gneissose granulite?	
⑪ GWAKWA	Au?, Cr?	?	Felsic Granulite?	

4-3 地化学探査異常と鉍化作用との関係について

調査地域における鉍化作用は、指示元素の濃集の程度から見た場合、全般に低調と云える (表2-2-2)。野外で認められた有望鉍化帯はAu鉍化帯であり、これらの鉍化帯の元素含有量 (表2-2-2) 及び表1-4-1とBohmke & Varndell (1986)によるRenco鉍床のReef中に濃集する元素の最大値 (表1-4-2) との比較・検討を行った。

表1-4-2 Renco鉱床Reef中の元素の最大濃集値(ppm)

Au	1,760	Pb	587
Ag	31.6	Zn	480
Cu	50,000	Co	229
Bi	1,900	As	882
Ni	469	S	38,000
Cr	167	Fe	400,000

その結果、次の鉱化帯がRenco鉱床のReef中への元素の濃集パターンとの類似性が最も大きいと判断される。

- ① JEGEDE鉱化帯
- ② JUWERE鉱化帯
- ③ MUCHACHA鉱化帯

また、河床堆積物の単一変量解析によって抽出された異常帯（I_{Au}異常帯他）と主成分分析及びハ'ソ'ソ'試料の解析にによって抽出された異常値及び調査地域の鉱化作用との関係について検討した。その結果、JUWERE鉱化帯及びFUMURE鉱化帯が地化学異常帯中に含まれるものの、概して両者の関係は薄い。しかし、鉱化帯からの試料の分析結果とこれらの地化学異常帯の元素の濃集様式を比較・検討すると、次のAu異常帯が一般的にAu鉱化作用を示徴する元素群(Ag, As, Bi)との関連に注目すると有望と考えられる。表1-4-3に有望地化学異常帯(Au)を示した。

表1-4-3 有望地化学異常帯(Au)

異常帯名	濃集指示元素 (河床堆積物)	主成分得点異常 (主要元素)	ハ'ソ'ソ'異常 (主要元素)	鉱化帯
① I _{Au} 異常帯	As, Zn	Au-As		
② IV _{Au} 異常帯	Bi	Au-As	As-Bi, Au	
③ V _{Au} 異常帯	Ag, Bi, Cu, Zn	Zn-Fe		
④ VI _{Au} 異常帯	Ag, As, Bi, Cu	Au-Ag, As-Bi, Au-As	Au, Ag, Cu, Zn Ag-Cu-Zn	Juwere鉱化帯
⑤ VII _{Au} 異常帯	As, Bi, Zn	Au-As-Bi, Au		
⑥ VIII _{Au} 異常帯	Bi	Au-As-Bi		
⑦ X I _{Au} 異常帯	Ag, As, Bi,	Au, Au-Ag, Au-As Au-As-Bi	Bi	Fumure鉱化帯

以上の結果から、調査地域の地化学探査の結果抽出された異常帯を構成する元素群の特徴はRenco鉱床のReef中で認められる挙動と似ている。しかし、調査地域で認められる鉱化帯は、野外での産状からはRenco型鉱床とは異なったタイプ（鉱脈型鉱床）に分類されるものである。ただし、調査地域の鉱化帯が一義的にはRenco型鉱床とは関連しなくても、間接的には一連の鉱化作用の産物である可能性も否定できず、この観点からは調査地域でのRenco型鉱床の賦存の可能性も期待できる。この問題については今後の精査により確定できると考える。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

第1年次の調査は下記の通り、結論づけられる。

衛星画像解析：ソフトマップTM(Thematic Mapper)データを用いて以下に示すGEOPIC相当画像を作成した。

- a) フォルスカラ、7バンド、縮尺25万分の1
- b) フォルスカラ、4バンド、縮尺10万分の1
- c) 比画像、4バンド、縮尺10万分の1
- d) 7バンド白黒画像、縮尺50万分の1
- e) 比画像(白黒)、7バンド、縮尺20万分の1
- f) 主成分画像、縮尺10万分の1

上記画像を用い、地質単元の区分、地質構造の判読及び鉱化変質帯の抽出を行った。

その結果、調査地域の地質単元を反映すると考えられる6映像単元に区別できた。

単元：Pg(Paragneisses)

単元：Gf(Gneissose granulite及びFelsic granulite)

単元：Mg(Mafic Granulite)

単元：If(Iron formation)

単元：Do(Dolerite)

単元：Gg(Gneissose Granite)

調査地域において、衛星画像で抽出できるリフトには、N-S系、NE-SW系、NW-SE系及びENE-WSW系があり、これらのうちN-S系ものが最も顕著である。

衛星画像によるリフトの解析結果、調査地域のリフトの形式史を推定した場合、以下の順に発達したと考えられる。

- 1 ENE-WSW系及びNW-SE系(ENE-WSW系褶曲軸形成) (旧)
- 2 N-S系及びNE-SW系(Doleriteの貫入)
- 3 NW-SE系 (新)

調査地域の主要な地点での代表的岩石10個について、分光スペクトルを測定した。

分光スペクトルの測定結果からは、代表的岩石の反射率に関しては、衛星画像の表現態様と整合的であった。このように調査地域の代表的岩石はスペクトル上から区別ができる。このことから、ソフトマップTMでもその相違は識別できると考えられる。今後の調査への活用を期待をもたせる。

また、鉱化変質帯の抽出を代表的岩石の分光スペクトル測定を基に行い、鉄鉱物とモンモリロナイトや絹雲母を主とする2種類の変質帯を衛星画像上で抽出できた。

衛星画像には航空写真にはない広域的な俯瞰性があるため、これを用いて広大な調査地域から容易かつ迅速に地形・地質データを抽出することができ、基礎資料が不足している調査地域の子察的調査に有効であったと結論できる。特に、比画像(バンド3/5 4/3 3/1 BGR)は地質及び地質構造をよく反

映しており、またフォスカー、ワグソフ(バンド 2, 3, 4, BGR; 2, 3, 5, BGR)は地質構造の解明に有効であった。

地質調査：本調査地域はZimbabwe CratonとKaapvaal Cratonを分けて存在するENE-WSW性のLimpopo Mobile BeltのNorthern Marginal Zone(NMZ)中に位置している。

Limpopo Mobile Beltの規模は600 km X 300 km であり、NMZはZimbabwe Cratonと接触する部分では幅30~40 kmとなる。

本調査地域を構成する地質は

Gneissose Granite, Gneissose granulite, Felsic Granulite, Mafic Granulite, Iron Formation及び Dolerite

等である。

Gneissose Graniteは調査地域の北西縁に分布し、花崗岩的な組織を残している片麻岩状岩石である。本岩はZimbabwe CratonのGraniteの南縁部の岩相を示すものであろう。

Gneissose Granuliteは本調査地域全体に最も普遍的に分布する。縞状構造が比較的明瞭に見られる岩石である。露頭で測定した縞状構造は、N50° ~70° E 50° ~70° SEの傾斜を一般的に有している。

Felsic GranuliteはGneissose Granulite の中に分布する岩石で、優白質の岩石である。本岩の分布はマカガム湖付近から東方に広く認められている。

Mafic GranuliteはGneissose Granulite とFelsic Granuliteの中に幅数百メートルから1キロメートル前後で分布する岩石で、調査地域の南西~中央にかけて帯状に分布する。

風化を受けると野外では赤褐色が進行した土壌を形成することで特徴づけられる。

Iron Formationは厚さ数メートルの酸化鉄のバンドが幾層にも重なって構成される地質である。表面は酸化して赤褐色となることが特徴的である。本岩の分布幅は狭く数百メートル前後と考えられる。

Doleriteは岩脈として分布する岩石であり、概ね南-北の方向をもって貫入するものが多いが、一部にはGranuliteのFoliationに調和的に貫入する岩脈もある。

調査地域の地質構造はENE-WSW(N60-70E)系のFoliationで特徴づけられる。Foliationは一般的には南傾斜であり、Isoclinal Foldingが調査地域を支配していると考えられる。しかし、調査地域の南部では北傾斜のFoliationも認められる。

衛星画像から読み取れるリフトは本地域の基本地質構造であるENE-WSW(N60-70E)系に直交するNNW-SSB系に集中の極大が認められるが、調査地域での主要な構造線は、Sazaume-Makambe構造線、Murezezi構造線及びTurwi構造線であり、これらにより調査地域がブロック化運動していると考えられる。調査地域のほぼ中央部はMurezezi構造線とTurwi構造線で画され、相対的に他に較べ上昇ブロックとなっている。

調査地域では11鉱化帯が確認できた。これらは一部産状不明の鉱化帯を除き、すべて鉱脈型鉱床に分類されるものである。従って、Renco鉱床とは鉱床型を異にしている。各鉱化帯から採取した試

料の分析結果は全般的に低品位である。

鉱液は構造線の交錯部分の弱線を通して鉱化帯を形成する例が多いことから、これらの鉱化帯と地質構造との関連について検討した。その結果、主要構造線ともあるいは衛星画像から抽出したリニアメントとも特別の関係を認めることはできなかった。ただし、ミナイト組織との関係では、ミナイト化の低い地域（調査地域の南東中央部）では鉱化帯が少ないという傾向を把握できた。

これらの鉱化帯のうちでAu品位及びAu鉱化作用に普遍的に随伴される元素（例えば、Ag、As及びBi）との親和関係から

JEGEDB鉱化帯

JUWERE鉱化帯

MUCHACHA鉱化帯

等が有望と判断される。

これらの鉱化帯の元素の濃集パターンはRenco鉱床のReef中のそれと似ている。

地化学探査：調査地域2,300km²から2,305個の河床堆積物と150個のバツソカ試料を採取した。

Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe について分析を実施し、この結果について、単一変量解析及び多変量解析を行った。分析結果は地質单元ごとに解析を行うため地質单元を下記の6コードに区分した。

コード 1 : Dolerite

コード 2 : Iron Formation

コード 3 : Mafic Granulite

コード 4 : Felsic Granulite

コード 5 : Gneissose granulite

コード 6 : Gneissose granite

解析の結果、Au及びAg以外の指示元素については、調査地域における指示元素の有望性の判断に有効な累積頻度曲線のパターンもPositive Skewnessを示すものは少なく、また異常値の出現も散在的であることから、有望異常帯の抽出は難しいと結論づけられた。

一方、Auについては13異常帯及びAgについて7異常帯が河床堆積物のAu異常値の集中する異常帯として抽出された。さらに、これらの異常帯から有望異常帯の選定を次の基準により行った。

選定基準：

- ① 異常帯に含まれるAu異常値の個数（1異常値につき得点を2点）
- ② 異常帯に含まれるAu鉱化作用と関連の深い他の指示元素（Ag、As、Bi）の異常値（河床堆積物及びバツソカ試料）の個数（1異常値につき得点を1点）
- ③ 主成分分析の結果、異常帯に含まれるAu及びAu鉱化作用を示徴する主成分得点の異常値の個数

(1異常値につき得点を1点)

④ ①、②、③による総合得点をこれらの異常帯の分布面積で除した、いわゆる”地化学異常インデックス”を算出し、第一次の異常帯の選定を行った。得点の高いほど有望となる。

算出には表2-3-6(1)を用いた。

その結果、高得点をもつ7異常帯を抽出すると下記の通りである。

異常帯	分布面積 (A)	Au異常値得点	その他得点	”地化学異常インデックス” [(B)+(C)] / (A)
		① (B)	②、③ (C)	
① I Au異常帯	65 km ²	38	8	0.71
② IV Au異常帯	32 km ²	12	10	0.69
③ V Au異常帯	14 km ²	12	4	1.14
④ VI Au異常帯	90 km ²	44	27	0.79
⑤ VII Au異常帯	15 km ²	10	6	1.07
⑥ VIII Au異常帯	12 km ²	14	5	1.58
⑦ X I Au異常帯	28 km ²	14	15	1.04

この結果をみると、これらの異常帯は得点により3グループに区分できる。すなわち

異常帯	”地化学異常インデックス”値
1グループ	
VIII Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.58
2グループ	
V Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.14
VII Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.07
X I Au異常帯	”地化学異常インデックス” 1.04
3グループ	
VI Au異常帯	”地化学異常インデックス” 0.79
I Au異常帯	”地化学異常インデックス” 0.71
IV Au異常帯	”地化学異常インデックス” 0.69

ただし、これらには異常帯中に含まれる鉍化帯に対する評価が欠けている。

特に、VI_{au}異常帯は調査地域で最も有望と考えられるJuwere鉍化帯を含むことから、総合評価を高める必要がある。これらのことを考慮すると、最終的な有望異常帯の順位は

異常帯	”地化学異常インデックス”値	有望順位
VIII _{au} 異常帯	1.58	A
V _{au} 異常帯	1.14	B
VI _{au} 異常帯	0.79	B
VII _{au} 異常帯	1.07	B
XI _{au} 異常帯	1.04	B
I _{au} 異常帯	0.71	C
IV _{au} 異常帯	0.69	C

が妥当と思量される。

本年次の有望異常帯の選定にあたっては、圧倒的に優勢な鉍化帯の捕捉がなかったため、また地化学探査の結果も、それだけで鉍化作用の存在を強く示唆する程のもでなかったことから、”地化学異常インデックス”を算出することにした。

5-2 第2年次調査への提言

第1年次の調査結果とその検討によって得られた結論に基づき、第2年次では次の調査を実施することを提言する。

調査対象地域は第1年次調査により抽出された下記の有望地化学異常帯（一部鉍化帯を含む）であり、適用する調査法は

- ① 地質精査
- ② 土壌による地化学探査

である。

調査対象地域の優先順位は下記の有望順位に準ずるものとする。

異常帯	有望順位
VIII Au異常帯	A
V Au異常帯	B
VI Au異常帯	B
VII Au異常帯	B
XI Au異常帯	B
I Au異常帯	C
IV Au異常帯	C

調査の概要は下記の通りである。

地質精査：異常帯内の鉍化帯の賦存状況の精査及び地化学探査に伴うトレンチ内の精査。

地化学探査：土地化学探査の実施。指示元素は第1年次と同様Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe の10元素で不足はない。鉍化帯の規模はそれほど大規模とは考えられないので、調査の順序としては、地化学異常帯の地質精査を先行させ、有望箇所を抽出を行い、これに対して土地化学探査を実施すべきと考える。
第1年次に抽出された地化学異常帯を直接土地化学探査の対象とすることは、調査法としては効率的でない

第 II 部

各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 衛星画像解析

1-1 調査方法

衛星画像は地質調査や鉱床探査にあたり、他の地球科学的調査データ（地質・地化学探査・物理探査結果）との比較・検討に基づき適用されることが多い。

本年次調査でも基本的にはこの方針をとった。解析に使用したCCT(Computer Compatible Tape)は、1984年9月3日撮影のランドサットTM(Thematic Mapper)データ(パス・ロー番号D169-074)である。TMデータは図2-1-1に示されるように、完全に調査地域を覆っている。これを用いて以下に示すGEOPIC相当画像を作成した。作成にあたっては、ジオメトリックな補正、エッジ強調及びコントラストストレッチングの処理を施して、本画像を用い引き続き実施する写真地質学的解析作業に最適な画像とするよう留意した。

- a) フォルスカー、フルソフ、縮尺25万分の1
- b) フォルスカー、サブソフ、縮尺10万分の1
- c) 比画像、サブソフ、縮尺10万分の1
- d) フルソフ白黒画像、縮尺50万分の1
- e) 比画像(白黒)、フルソフ、縮尺20万分の1
- f) 主成分画像、縮尺10万分の1

上記画像を用い、地質単元の区分、地質構造の判読及び鉱化変質帯の抽出を行うことに努めた。また調査地域近傍の鉱山周辺の写真地質的特徴を抽出し、調査地域の写真地質的特徴と対比して、地質調査・地化学探査に資する資料を得るようにした。

1-2 調査結果

衛星画像を用い、地質単元の区分、地質構造の判読及び鉱化変質帯の抽出に努めた。

地質単元の区分及び地質構造の判読にあたっては、地形的な抵抗度の差異、水系の形態・発達密度などに注目して、岩質・構造の解析を行った。その結果、調査地域の地質単元を反映すると考えられる6の映像単元に区別できた(図2-1-2(1))。解析にあたっては抵抗度、フラクチャー・パターン、層理パターン、地質単元の示す塊状・均質の度合、水系パターン、地質単元の側方変化、ディップ・スロープ及びストラクチャー・リッジ等に注目した。

(1) 地質単元

各映像単元の概要は下記のとおりである。

単元Pg(Paragneisses)：抵抗度は相対的に低く従ってリッジが少ない。このため、フラクチャー・パターンも不明瞭である。ただし、N-S系のフラクチャー・パターンが不鮮明ながら観察できる。

層理パターンは表土に覆われているため、あるいは変成岩地域のためか不鮮明で読みとることはできな

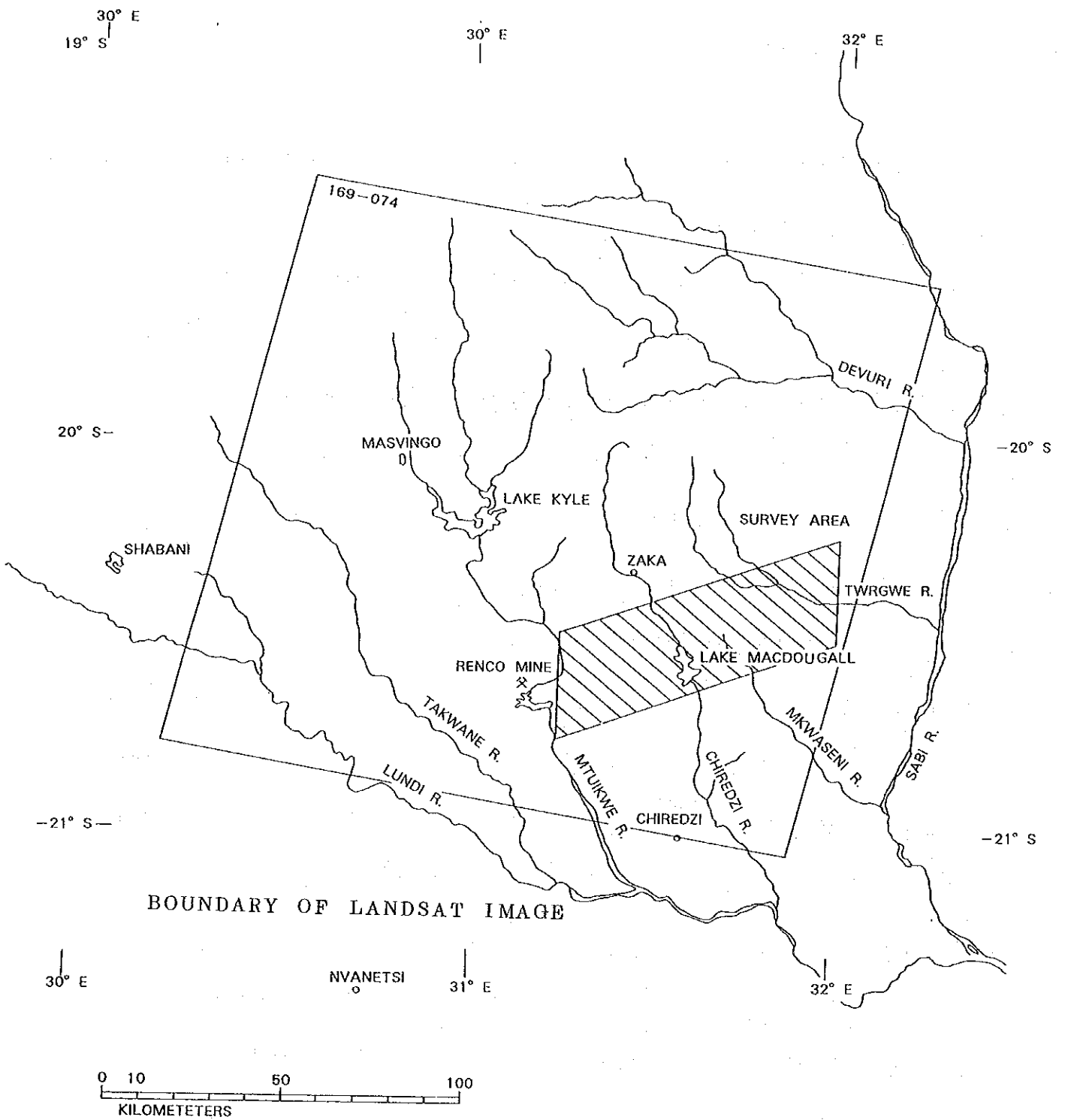


图 2-1-1 卫星图像位置图

い。

水系模様についてはN-S系の μ に規制されたものと、格子状～樹枝状を呈するものがある。本単元と単元Gfとの境は不明瞭であるが、既存の地質図を参考にして画像上の微弱な線状模様を追うことでかろうじて区別ができる。ただし、場所によっては、これ等の境界に水系模様の微弱な変化が観察される。この境界の近傍において、256RGB画像を用い、細かい水系を観察した場合、Gf側は格子状もしくは平行（Foliation 方向に対して直交）な模様を呈することが多いが、Pg側では樹枝状を呈しており、水系模様は僅かながら差が認められる。

単元Gf(Gneissose granulite及びFelsic granulite)：抵抗度は相対的にやや高い。しばしば、向斜軸部がリッジをなしている。

μ はN-S系が最も発達するが、NE-SW系、NW-SE系も存在する。また、ENE-WSW方向にも存在するようであるが調査地域に卓越する Foliation との重複により、 μ の性格の判定は難しくなる。Foliation については、地形的な特性及び僅かな階調の違い（例えば比画像の256RGB）などによって観察されるが、微弱である。

水系模様は調査地域西部の規則的な褶曲の発達する地域では格子状を呈するが東部においては樹枝状を呈している。

本単元として一括した Felsic granulite と Gneissose granulite は、画像上では区分が難しい。

単元Mg(Mafic Granulite)：抵抗度は他の地質単元と比較して中程度である。

μ は本単元の分布が薄い層状もしくは脈状を呈しているためよく観察できないが、単元Gfと同様と考えられる。

Foliation については、本単元内部の細かい構造は不明瞭であるが、単元Gf中の本単元の分布様式によって、その μ を知ることができる。すなわち、大局的にはENE-WSW方向に伸びる。調査地域の西部では東部に対して相対的に波長の長い褶曲を形成し、Foliation の連続性もよい。これに対して東部では、波長の短い褶曲が多いが、その詳細は不明瞭であり、Foliation の連続性も西部よりも劣る。

水系模様については、本単元の分布が薄い層状もしくは脈状を呈し、分布域も狭小のためよく観察できない。多分、単元Gfと同様と考えられる。

本単元は調査地域に分布する地質単元の中では、画像の階調の違いによって一番明瞭に区分できるものの一つである。TMのバンド3を含んだ画像においてよく観察される。特にFe-hydroxideの抽出用によく使われる比画像 Ratio 3/1 の画像によく表されている。

単元If(Iron formation)：抵抗度は普通である。

μ 、Foliation及び水系模様については本単元の分布域が小さいため観察できない。

Foliation も本単元の分布域が小さいため判然としない。

水系模様についても本単元の分布域が小さいため明らかでない。

本単元は画像上での階調的には単元Mgとよく似ている。ただし、本単元の方がわずかに肌目の荒さにおいて違いが見られる。

単元Do(Dolerite): 抵抗度は相対的にやや低い。

ワカチパターンは本単元の分布域が小さいため観察できないが、発達頻度は少ないものと考えられる。水系模様についても本単元の分布域が小さいためよく観察できない。

画像の階調に関しては単元Mgとほぼ同様でありその区分はきわめて難しいが、234RGBの画像において本単元の方がわずかに緑色の彩度が明瞭なことや特徴的な分布パターン（直線的な帯状分布）によって区分を行った。この分布パターンは、主にN-S系（一部N-S～NE-SW系）のワカチ沿いに貫入したもののよう観察される。

単元GfやMgの Foliation方向とは交差する関係にある場合がほとんどである。

単元Gg (Gneissose Granite): 抵抗度は相対的に低く、従ってリフトは少ない。

ワカチパターンは不明瞭だが、単元Gfや単元Mgと違ってENE-WSW方向のワカチが比較的よく観察されるが、この方向のものはワカチ以外のもの（例えば Foliation）を起源とした線状模様である可能性もある。水系模様は樹枝状を呈する。

なお、本単元と単元Gfとの境は明瞭ではないが、図2-1-2(1)には画像上の微弱な線状模様の追跡を行い両者の境界を表現した。

衛星画像の解析による地質単元区分と地質構造を図2-1-2(1)に、また代表的なワカチ及び比画像を図2-1-2(2)及び図2-1-2(3)に示した。

(2) 地質構造について

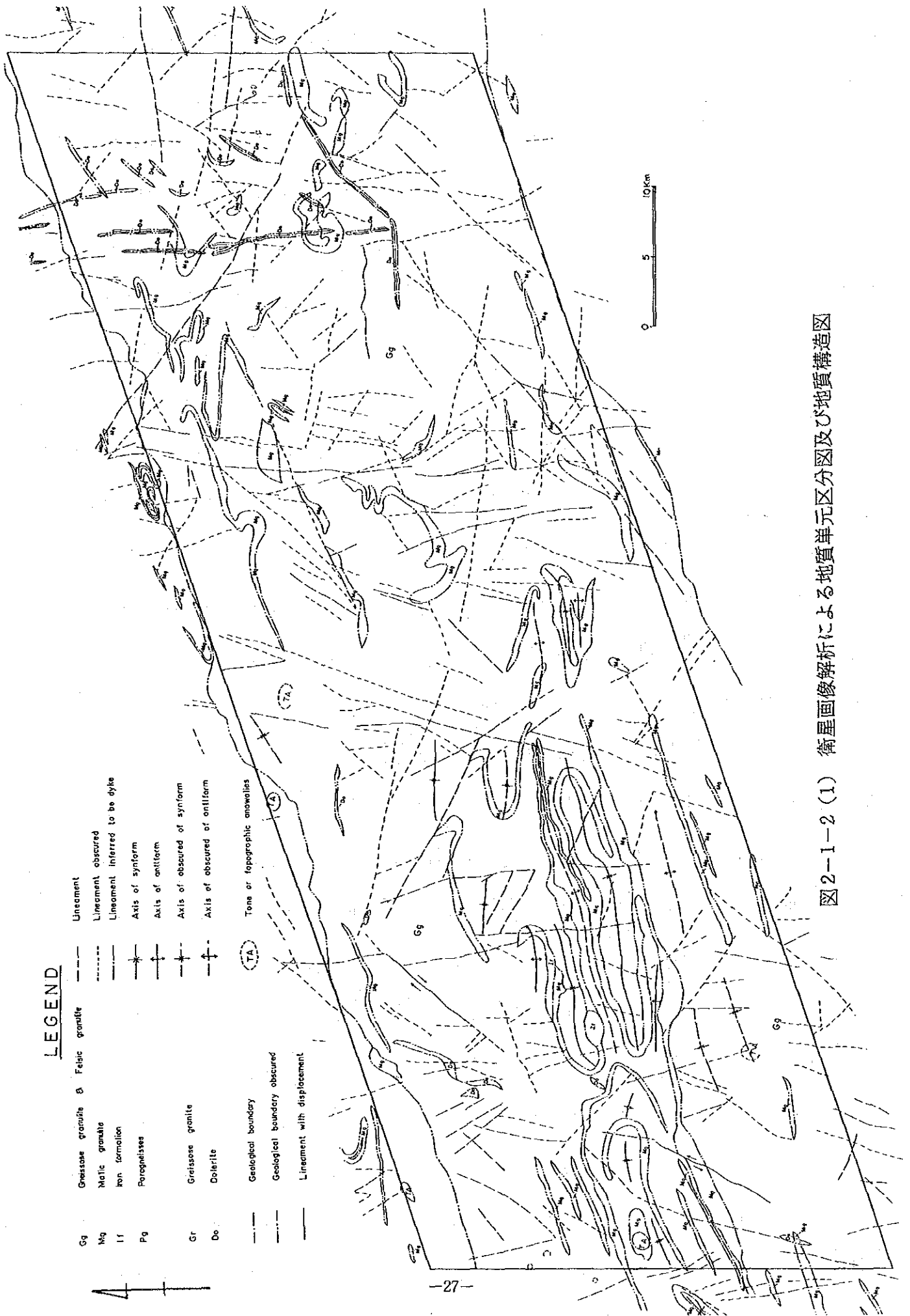
リフトには、N-S系、NE-SW系、NW-SE系及びENE-WSW系がある。これらのうちN-S系ものが最も顕著である。このN-S系ものは、より小縮尺の画像（5万分の1）で広域に渡って観察した場合には明瞭な一筋のリフトとして現れているが、本調査地域のみを対象としたより大縮尺な画像（10万分の1）で観察した場合には複数の相対的に短いリフト群として現れており、他の方向のリフトによって切られていることも多い。本調査地域において、このN-S系のリフト群は地域内の西端に近い部分に1群（一部 Dolerite が貫入）、東側に2群分布する。このうち東端のものは、その多くに Dolerite が貫入している。なお、Doleriteは、NE-SW方向にもわずかに貫入している。

E-W方向のリフトは数多くあると推定されるが Foliationの方向と一致するために抽出は難しい。

調査地域の中央部、マクドウガル湖の北端を横切るNE-SW系の1群のリフトは、単元Gf及びMgのみに発達し、このリフト群を境に西側は比較的規則的な褶曲構造をなすが、東側はより複雑になりその構造が読み取り難くなっている。後者のリフト群に隣接する褶曲軸はENE-WSW方向ではなくややNW-SE方向に向いているこのことから、このリフト群は右ずれのセンスを持っていたかもしれない（単元PgとGfとの境界の断裂、GfとGgとの境界の断裂とこのリフト群を組みにして考え、bookshelf型の断裂の可能性も考えられる。

東端のTurwi川沿いのNW-SE系のリフトは、連続性がよく、他のリフトによって切られていないことから、最も新しいリフトである。

これらのことから調査地域のリフトの形式史を推定した場合、以下の順に発達したと考えられる。



LEGEND

- | | | | |
|----|--------------------------------------|---------|-------------------------------|
| Gg | Gneissose granulite & Felsic granite | --- | Lineament |
| Mg | Mafic granulite | ---- | Lineament obscured |
| If | Iron formation | - - - - | Lineament inferred to be dyke |
| Pg | Porphyroisites | + | Axis of synform |
| | | + | Axis of antiform |
| Gr | Gneissose granite | + | Axis of obscured of synform |
| Do | Dolerite | + | Axis of obscured of antiform |
| | Geological boundary | (TA) | Tone or topographic anomalies |
| | Geological boundary obscured | | |
| | Lineament with displacement | | |

図2-1-2 (1) 衛星画像解析による地質単元区分図及び地質構造図

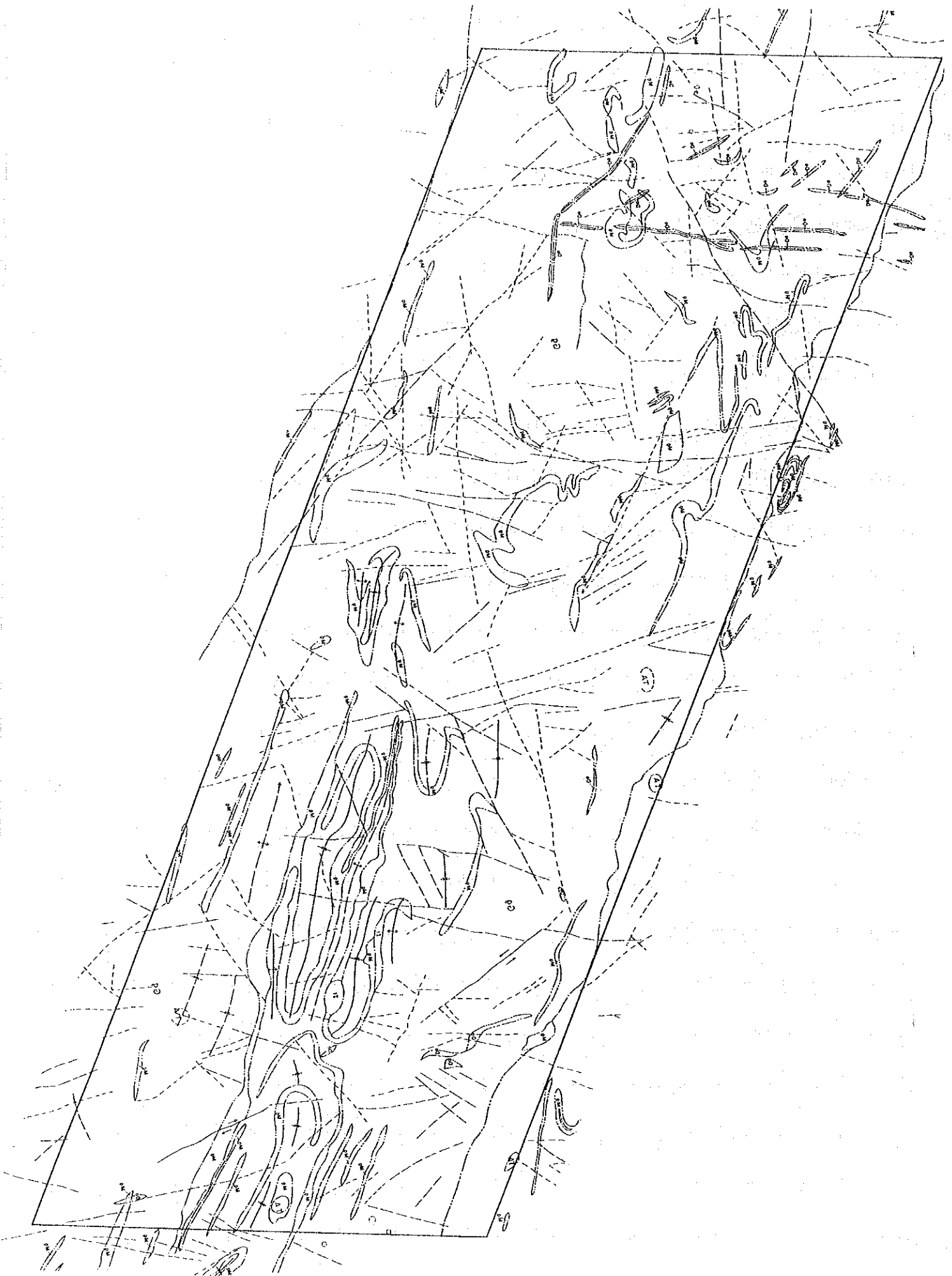




図 2-1-1-2 (2) ランドサット・フットカラー画像

LANDSAT E-50186-07243 03SEP84 D169-74 SUN EL 43 AZ 56 TM 45

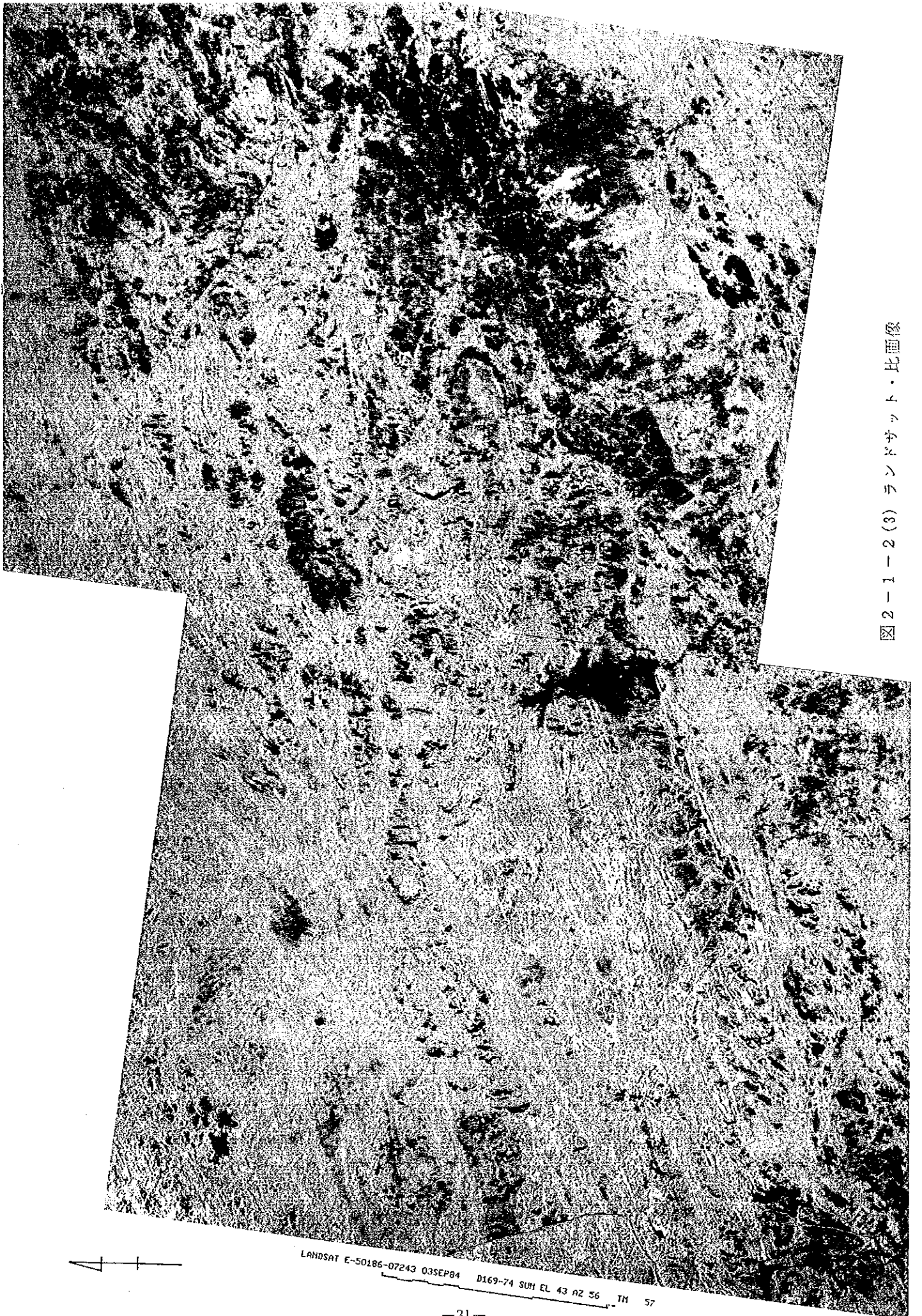
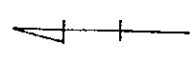
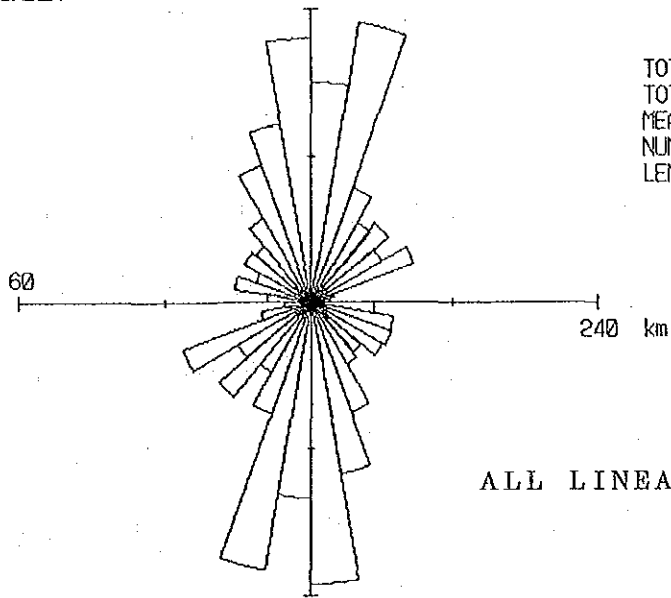


図2-1-1-2(3) ランドサット・比画像



LANDSAT E-50186-07243 03SEP84 D169-74 SUN EL 43 AZ 56 TM 57

NUMBER

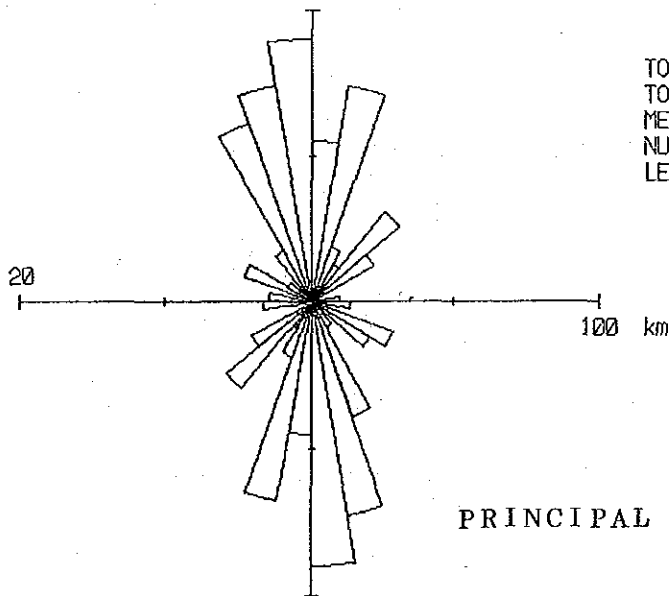


TOTAL NUMBER : 426
TOTAL LENGTH : 1743678 m
MEAN LENGTH : 4093.14 m
NUMBER PER CELL: 23.66667
LENGTH PER CELL: 96870.98 m

ALL LINEAMENTS

LENGTH

NUMBER



TOTAL NUMBER : 108
TOTAL LENGTH : 506643 m
MEAN LENGTH : 4691.139 m
NUMBER PER CELL: 6
LENGTH PER CELL: 28146.83 m

PRINCIPAL LINEAMENTS

LENGTH

図 2-1-3 リニアメント・ローズダイアグラム

- 1 ENE-WSW系およびNW-SE系 (ENE-WSW系褶曲軸形成) (旧)
- 2 N-S系およびNE-SW系 (Doleriteの貫入)
- 3 NW-SE系 (新)

図2-1-3にリファレンスのロスダイグラムを示した。

(3) 衛星画像による鉄化変質帯の抽出

調査地域の主要な地点での代表的岩石を採取し分光スペクトルを測定した。測定は10個について行った。試料は乾燥固体の状態である。分光スペクトルの測定域は350nm～2500nmの計800チャンネルである(図2-1-4)。1000nmまでが分解能2nm、1000nm以降が4nmである。バンドセットTMはこのうち1, 2, 3, 4, 5, 7のバンドが該当する。対比は457BGRの画像で行なった。

測定結果は図2-1-5に示すように変質鉄物(粘土鉄物)はFe-hydroxide、モンモリロナイト等が平原部で見られる。これらは野外でも特別な鉄化作用との関連も認められていないこと及び平原部に限って出現する特徴をもつことから、地表での風化作用でにより形成されたことを示唆している。

分光スペクトルの測定結果(図2-1-4)からは、塩基性岩では一様に反射率が低く画像上で暗くなっていることと整合的である。調査地域の代表的岩石の測定結果上の特徴は

- ・ Doleriteは全般に低反射率でMafic Granuliteと同様分光スペクトルのカーブはフラットである。
- ・ Mafic Granuliteは低反射率で分光スペクトルのカーブは波長に無関係にフラットである。
- ・ Felsic Granuliteの分光スペクトルカーブは山型を呈し、いわゆる岩石の反射スペクトルであり、2200nm(粘土鉄物の吸収帯)で吸収帯を伴うことが多い。
- ・ Gneissose Graniteは分光スペクトルの短波長域から序々に上昇し、その後フラットとなる。可視域で低反射率で2200nm(粘土鉄物の吸収帯)でも吸収は見られない。

このように上記の岩相はスペクトルチャート上から区別ができる。このことは分光スペクトルの測定で岩相を反映した結果が得られるのだからバンドセットTMでもその相違は識別できると考えられる。

調査地域の、上記のスペクトル測定の結果を踏まえて鉄化変質帯の抽出を試みた。

抽出のための対象鉄物種は、調査地域の単調かつ軽微であるらしい変質作用を考慮して、下記の2鉄物群に大別した。

① その分子式中にFeを含む鉄物、例えばFe-hydroxide、緑泥石や緑れん石等

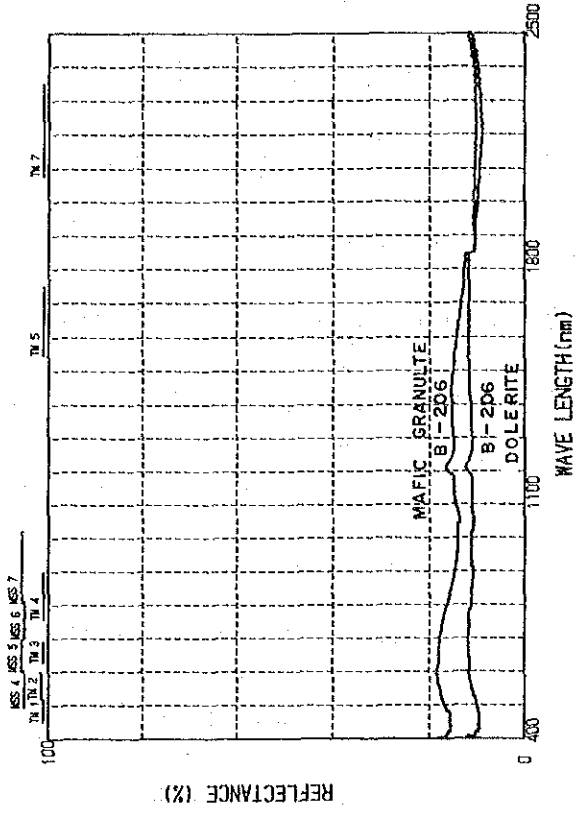
② モンモリロナイト、絹雲母、カリアイト等の粘土鉄物

①については、酸化鉄、水酸化鉄鉄物がバンド1で吸収スペクトルを持つことを利用したものでこれにより3/1のDN値が大きくなりこれに割り当てた色が強く発色する。

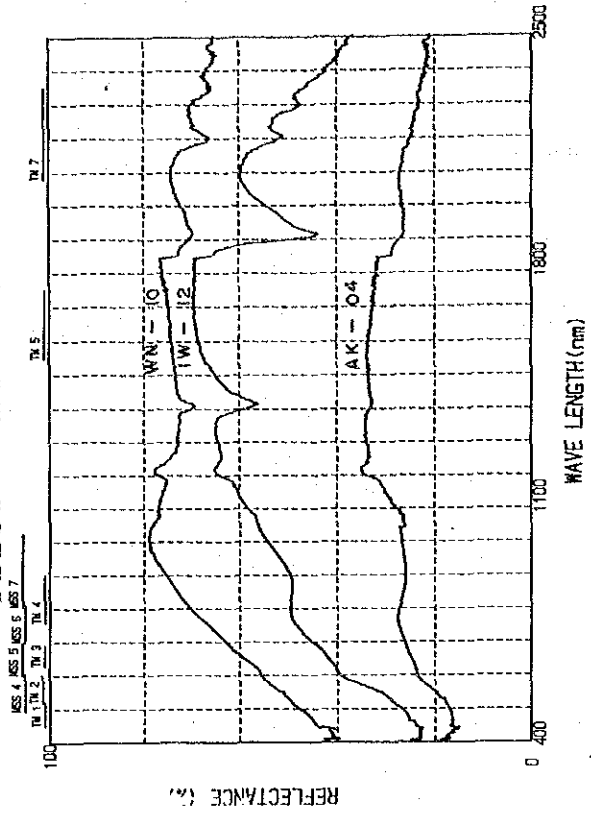
TMの観測波長帯の3バンド/1バンド比で高い値が期待でき、それは比画像上ではRedの強調として表現されることから、赤色を呈する部分に対応していると考えられる。

また、②の場合は一般に5/7でDN値が大きくなり他と区別できる。今回は各比演算を検討の結果、3/5がほぼ同じ挙動を示し、また、植生区分のデータも含むことにより3/5で抽出を行なった。この結果、Blueが強調されることから、比画像(図2-1-2(3))上では青色として表現される。この基準に従っ

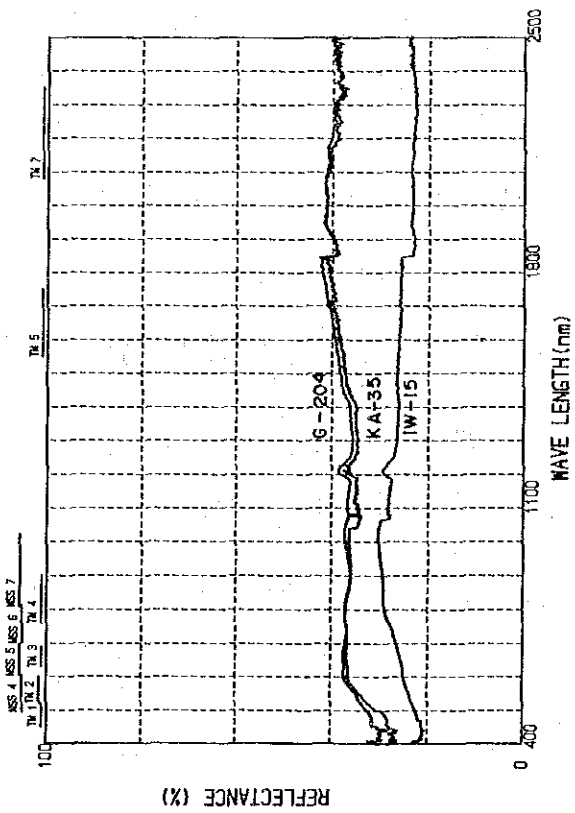
MAFIC GRANULITE & DOLERITE



FELSIC GRANULITE



GNEISSE GRANULITE



DINHIRO & RENCO

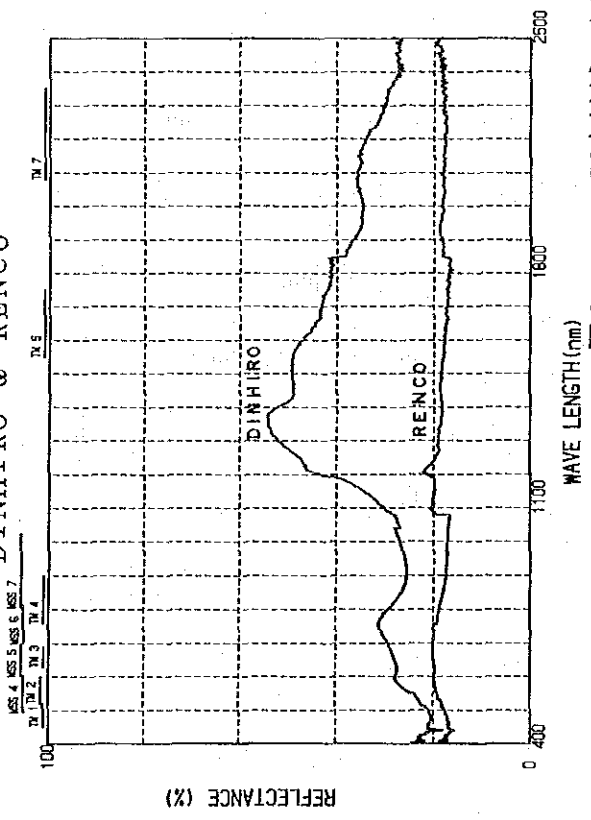


図2-1-4 調査地域の主要岩石の分光スペクトルチャート

て抽出された結果は図2-1-5に示す通りである。

これによれば、①の出現はMafic Granuliteの分布域中に含まれる傾向が強い。

一方、②については主としてGneissose granulite及びFelsic Granuliteの分布域中に含まれるが、地質単位との関係は①ほど明瞭ではない。この②の分布域の岩石の分光スペクトルに粘土鉱物の吸収スペクトルがみられることより、これらの地質単位は植生の相違に加え、モンモリロナイト、絹雲母や加里付の生成が進行しているらしいことを示唆するものであろう。

調査地域の鉱化変質帯の発達は野外調査の結果からは、殆ど認められないが、衛星画像解析からは、変質鉱物種の違いを上記のように2大別する限りにおいて、変質帯の抽出は可能である。

また、これらの変質帯と鉱化帯との関係については、①に関連するものとしては

JEGEDE鉱化帯

JUWERE鉱化帯

PANGANAI鉱化帯

DINHIRO鉱化帯

FUMURE鉱化帯

があり、また②に関連する鉱化帯としては

HOVEE鉱化帯

GWAKWA鉱化帯

がある。

しかし、野外でのこれらの鉱物の成因とその量比については、岩石のX線粉末回折による定量～半定量分析を行うことにより、生成している鉱物種の同定ができ、その成因についての理解を深めることができる。

野外調査の結果からは、調査地域には衛星画像(1:100,000)上で十分に識別可能な規模の既知の変質帯が確認されていないことから、第1年次のこの結果は、第2年次への問題提起の性格を持つものとなった。

解析の方法論的には、比演算のほか主成分分析結果をも変質帯の抽出に適用すべく試みたが、基本的には各主成分において、各波長帯(バンド)の相関が高く(0.80以上)、主成分毎の性格が特定し難いため、変質帯の抽出には有効とはなり得なかった。

本調査で抽出された変質帯と鉱化作用の関連については、野外調査による変質帯の産状・スペクトル測定とX線回折分析により、それを構成する鉱物種の解析結果をまとめて結論づけられるものと考えられる。

また、スペクトル反射率と画像のDN値を直接対比させるデジタルな解析を試みる必要がある。

1-3 考 察

調査地域は比較的雨量が少ないこともあり、植生被覆も少なく、地質・地質構造及び地形判読における判読要素を十分に活用できる地域といえる。

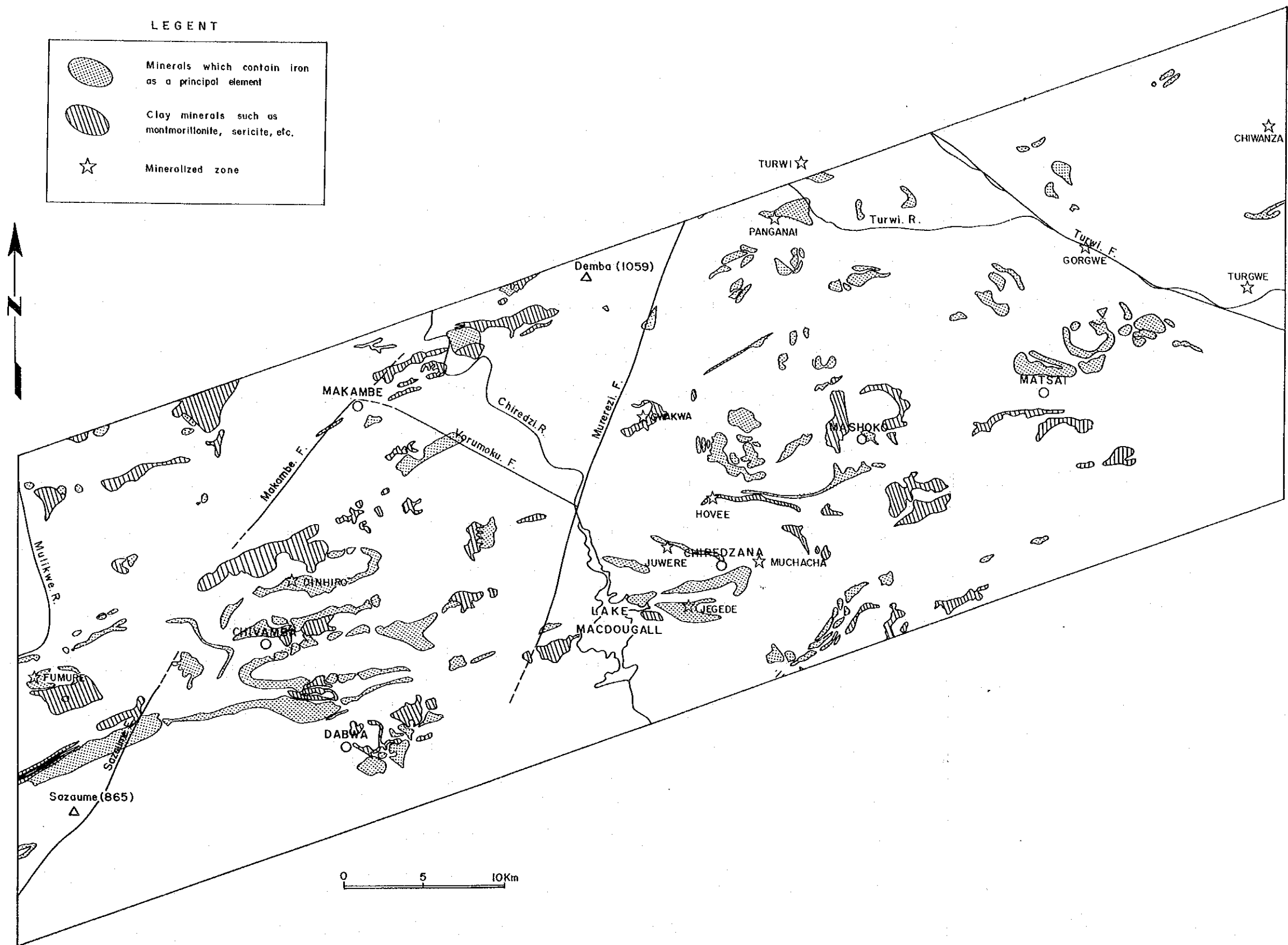


図2-1-5 衛星画像解析による鉍化変質帯分布図

実際に、本調査で使用したフォルスカー、サトウ、(バンド 2, 3, 4 BGR; 2, 3, 5, BGR)からは、調査地域の露岩についての色調や肌合(テクスチャ)の変化、地形的特徴の水系パターン、水系密度、抵抗度、起伏量、谷断面及びFoliationを細かく観察でき、調査地域の複雑な褶曲構造の様式が解明できた。

このように衛星画像には航空写真にはない広域的な俯瞰性があるため、これを用いて広大な調査地域から容易かつ迅速に地形・地質データを抽出することができ、基礎資料が不足している調査地域の予察的調査に有効であったと結論できる。

特に、比画像(バンド 3/5 4/3 3/1 BGR)は地質及び地質構造をよく反映しており、またフォルスカー、サトウ(バンド 2, 3, 4, BGR; 2, 3, 5, BGR)は地質構造の解明に有効であった。

変質帯の抽出については、第1年次調査では大きな成果を得ることはできなかったが、一般的には多くの鉱床は鉱液により形成され、この鉱液は鉱床の形成中に周囲の母岩と反応して、周りに鉱化変質帯を形成することが常である。しかし、変質帯がかならずしも鉱床の形成に関連しているわけでもない。調査地域に近接するRenco鉱床では、鉱床の周囲に認められる変質帯はPegmatiteの貫入によると考えられているが、変質作用の程度と鉱化作用との間には関連が認められない。また、変質帯の発達も鉱床の規模に比して狭小である(Bohmke & Varndell, 1986)。調査地域の鉱化作用も本来的に変質作用を弱い程度に伴うものかもしれない。