

（一）凡在本會服務之職員及
（二）凡在本會服務之職員及

總則

附則

中華民國二十九年
一月一日

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

総括報告書

JICA LIBRARY



1096923(6)

23513

平成4年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23513

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、地質調査、地化学探査、物理探査（IP法）及びボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、平成元年度9月から平成4年2月までの3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年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るものである。

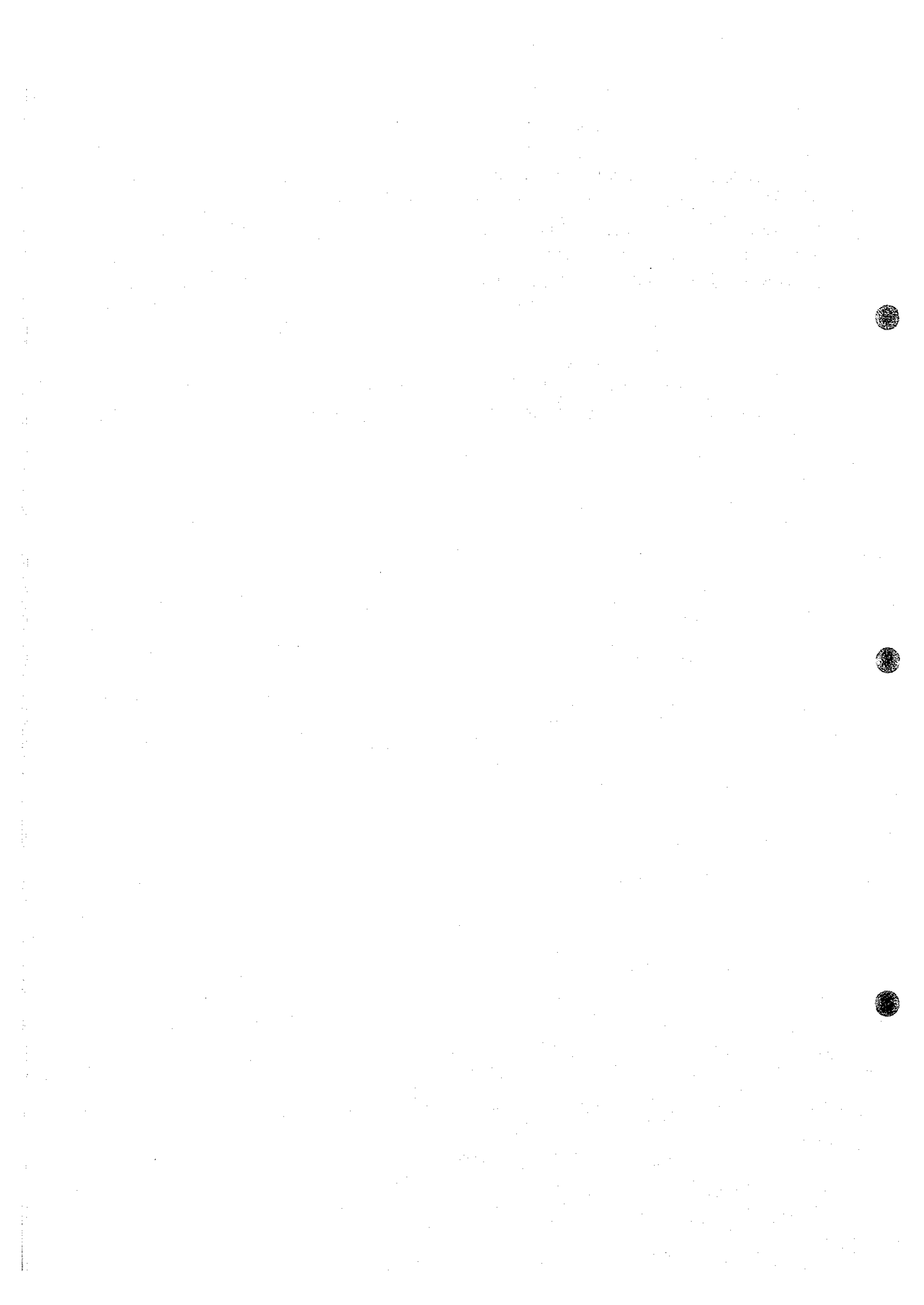
平成4年3月

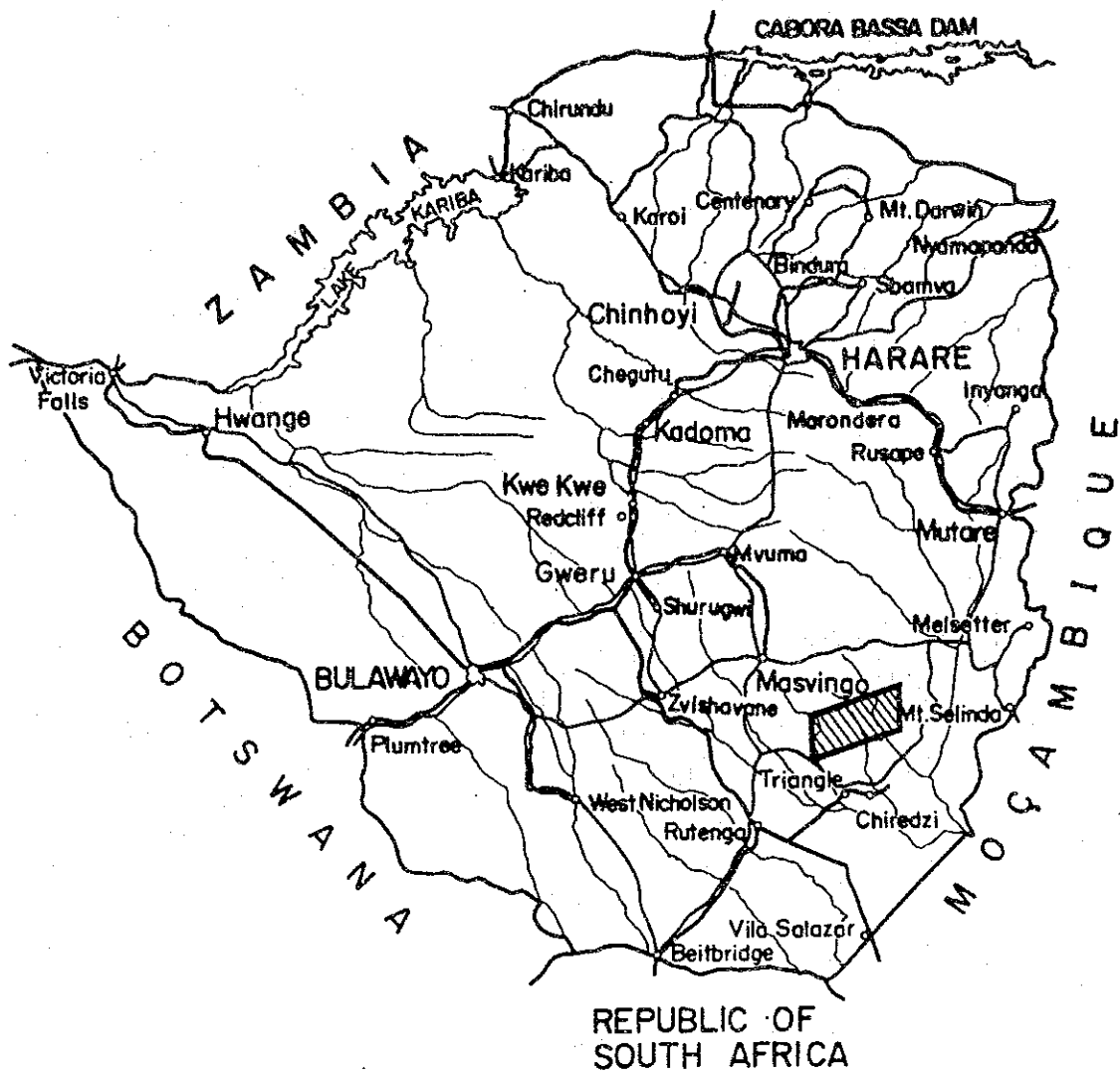
国 際 協 力 事 業 団

総 裁 柳 谷 謙 介

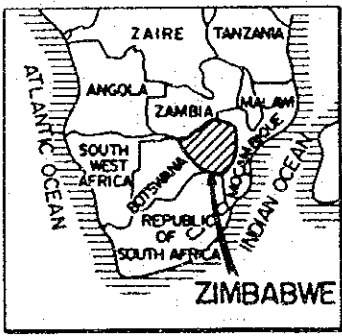
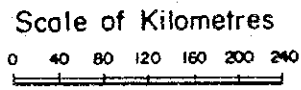
金 属 鉱 業 事 業 団


理 事 長 福 原 元 一



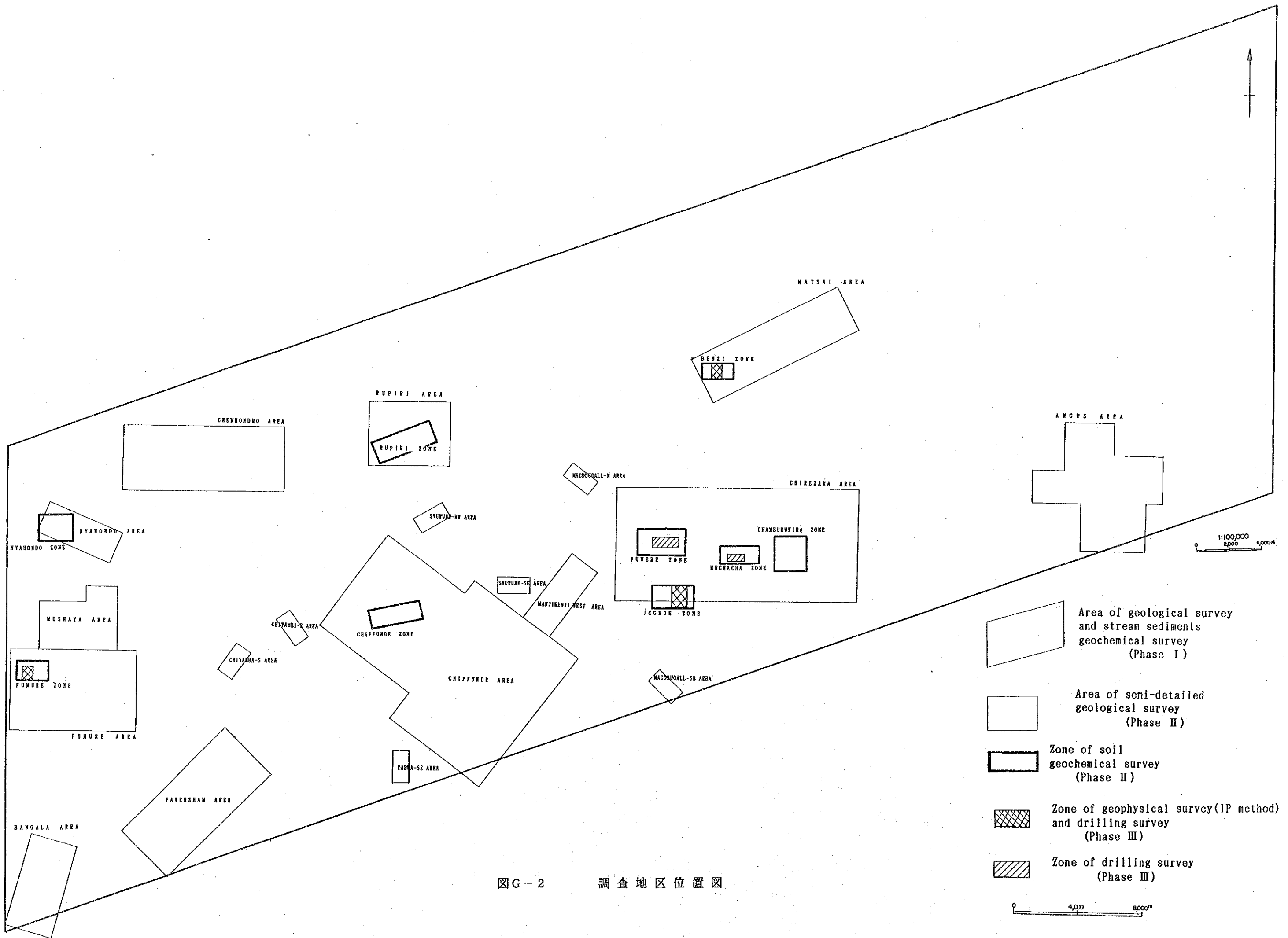


REPUBLIC OF SOUTH AFRICA



 General Survey Area

图G-1 調查位置图



图G-2 調查地区位置图

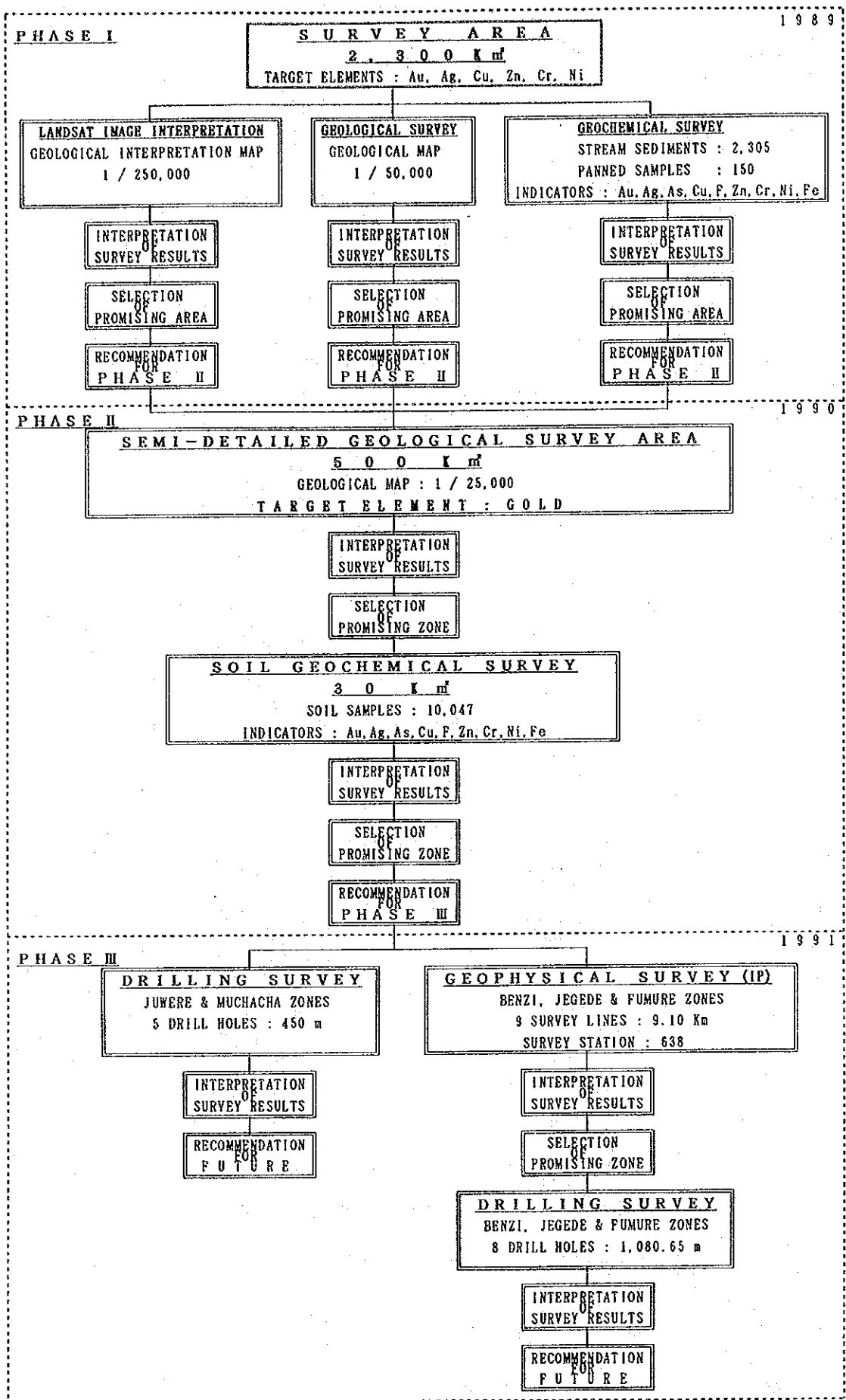


図 G-3 調査レポート

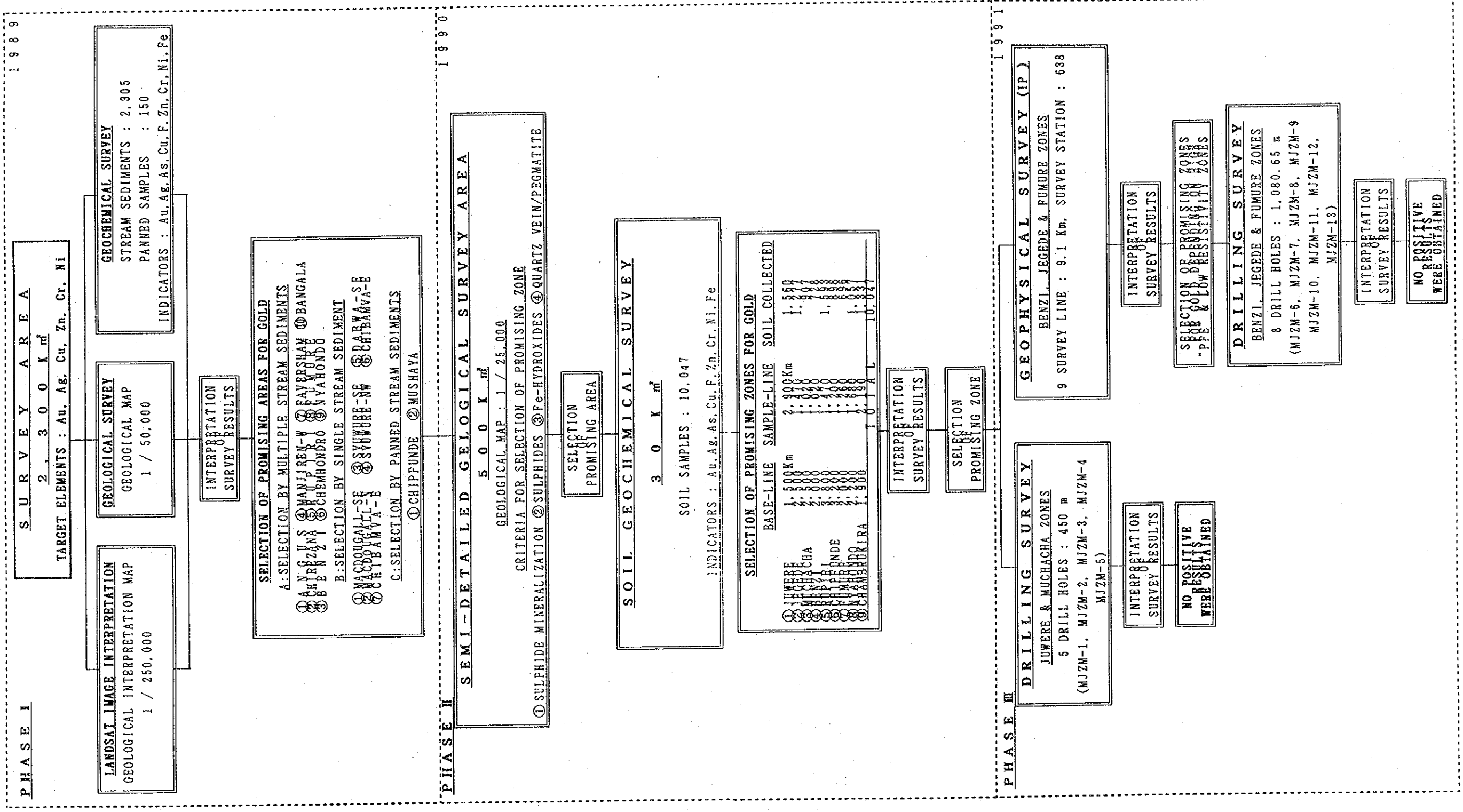


図 G-4 鉱床有望地区 70-7-1

要 約

ジンバブエ共和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の資源開発調査は、平成元年度9月から平成4年2月までの3年にわたって実施された。

この3年間における各調査年次ごとの調査内容と調査量は下記のとおりである。

第1年次調査

第1年次調査としては、下表の現地調査の他に、衛星画像解析による調査地域の地質判読・構造解析等の調査も行い、現地調査結果との比較・検討を実施した。

調査内容及び調査地区	調 査 数 量			
地質調査・地化学探査 (概査) (全域)	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 ハンソック試料
		2,300 km ²	1,200 km	2,305 件

これらの調査の結果、第2年次調査の地質準精査と土壌地化学探査の調査対象地区に、Auの賦存が有望と評価された下記の地区が選定された。

選 定 理 由	調査地区数	面 積 (km ²)
河床堆積物複数異常値帯を対象とした地区	10	349
ハンソック試料異常値帯を対象とした地区	2	137
河床堆積物単異常値帯を対象とした地区	7	14
合 計	19	500

第2年次調査

第2年次調査は次のような仕様で調査が実施された。

調査内容及び調査地区	調 査 数 量 等		
地質調査・地化学探査 (準精査地区)	調査面積	踏 査 延 長	土 壌 試 料 採 取 数
		500 km ²	500 km

実施にあたっては、地質準精査を先行させ、各地区での

- ① sulphides
- ② Fe-hydroxides
- ③ quartz vein/stockwork
- ④ pegmatite quartz & K-feldspar

等の鉱化関連現象の在りかたに注目し、地質調査を行った結果、下記の9地区が土壌地化学探査の対象地区に選定された。

地 区 名	基 線 長	採 取 線 長	土 壌 個 数
JUWERE地区	1,500	2,970	1,560
JEGEDE地区	2,500	1,470	1,277
MUCHACHA地区	2,500	1,020	907
BENZI地区	2,000	1,020	728
RUPIRI地区	3,800	1,470	1,593
CHIPFUNDE地区	3,200	1,200	898
FUMURE地区	2,000	1,260	696
NYAHONDO地区	2,200	1,680	1,057
CHAMBURUKIRA地区	1,900	2,190	1,331
	合 計		10,047個

これらの地区から合計10,047個の土壌試料（B層）を採取し、Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe について分析・解析を実施した。

第3年次調査

第2年次調査結果を検討し、準地質調査と土壌地化学探査結果から、最もAu鉱化作用の賦存の可能性の高いと考えられる次の3地区

- ① Benzi地区
- ② Jegede地区
- ③ Fumure地区

で、硫化鉱物の検出に有効な物理探査（IP法）を下表の仕様で実施した。

第 3 年 次 ・ 調 査 内 容 一 覧 表

調査内容及び調査地区	調査項目及び数量
1 物理探査（IP法）	
① Benzi地区	測線延長 3.00 Km 測定回数 198 本回
② Jegede地区	測線延長 3.80 Km 測定回数 262 本回
③ Fumure地区	測線延長 2.85 Km 測定回数 183 本回

また、地質準精査で確認された、鉱化帯及び地化学探査異常帯に対して、下記の各地区で“ボーリング”調査を実施した。

- ① Juwere地区（MJZM-1、MJZM-2、MJZM-3）
- ② Muchacha地区（MJZM-4、MJZM-5）

一方、物理探査（IP法）の結果、

- ① Benzi地区
- ② Jegede地区
- ③ Fumure地区

では、低比抵抗帯及び高PFE帯が捕捉され、これらの帯に対してMJZM-6～MJZM-13孔からなる“ボーリング”調査を実施した。

調査内容及び調査地区	調査項目及び数量
2 ボーリング調査	
① Juwere地区	孔名 掘進長 傾斜 真北基準方位 MJZM-1 90.00 m -70° 0° MJZM-2 90.00 m -70° 0° MJZM-3 90.00 m -70° 0°
② Muchacha地区	MJZM-4 90.05 m -70° 0° MJZM-5 90.00 m -70° 0°
③ Benzi地区	MJZM-6 150.00 m -60° 0° MJZM-7 150.00 m -50° 0°
④ Jegede地区	MJZM-8 150.30 m -65° 0° MJZM-9 90.00 m -70° 0° MJZM-10 150.00 m -60° 0° MJZM-11 90.00 m -70° 0°
⑤ Fumure地区	MJZM-12 150.30 m -70° 0° MJZM-13 150.00 m -60° 0°

その結果、

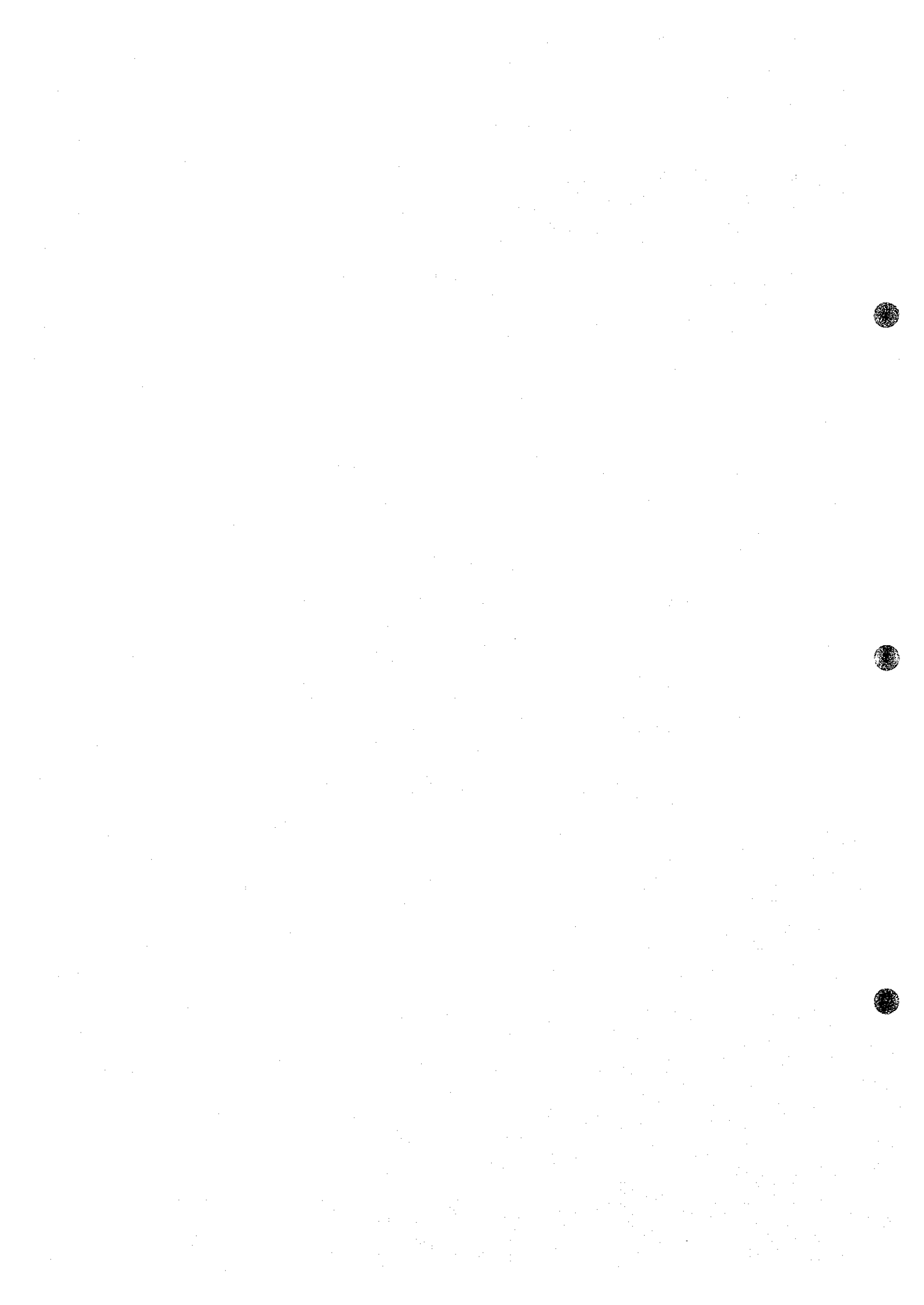
① Jegede地区

② Fumure地区

では、特に優勢な鉱染状・網状及び一部縞状鉱様硫化鉱物の鉱化帯を捕捉したが、Au品位は劣性であり、所期の成果をあげるには至らなかった。

ホーリング調査の調査量は13孔、総掘進長 1,530.65 mであった。

図G-3に調査フローシート及び図G-4に鉱床有望地区フローチャートを示した。



目 次

はしがき	
調査位置図	
調査地区位置図	
要 約	

第 I 部 総 論

	頁
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	3
第 2 章 従来の調査	5
第 3 章 調査周辺地域の地質概要	6
第 4 章 調査地域の状況	8
4-1 交 通	8
4-2 調査環境	9
第 5 章 結論及び将来への提言	9
5-1 結 論	9
5-2 将来への提言	9

第 II 部 各 論

第 1 章 衛星画像解析	11
1-1 調査方法	11
1-2 調査結果	11
1-3 考 察	15
第 2 章 地質概査	19
2-1 地質概説	19
2-2 地質構造	21
2-3 鉍化作用	26
第 3 章 河床堆積物による地化学探査	39
3-1 調査方法	39
3-2 調査結果	40
3-3 考 察	54

第4章 地質準精查	59
4-1 ANGUS地区	59
4-1-1 地質	59
4-1-2 地質構造	59
4-1-3 鉍化作用	59
4-2 CHIREZANA地区	59
4-2-1 地質	59
4-2-2 地質構造	60
4-2-3 鉍化作用	60
4-3 MATSAI地区	65
4-3-1 地質	65
4-3-2 地質構造	65
4-3-3 鉍化作用	65
4-4 MANJIRENJI WEST地区	65
4-4-1 地質	67
4-4-2 地質構造	67
4-4-3 鉍化作用	67
4-5 RUPIRI地区	67
4-5-1 地質	67
4-5-2 地質構造	68
4-5-3 鉍化作用	68
4-6 CHEMHONDORO地区	68
4-6-1 地質	68
4-6-2 地質構造	69
4-6-3 鉍化作用	69
4-7 FAVERSHAM地区	70
4-7-1 地質	70
4-7-2 地質構造	70
4-7-3 鉍化作用	70
4-8 FUMURE地区	70
4-8-1 地質	70
4-8-2 地質構造	72
4-8-3 鉍化作用	72
4-9 NYAHONDO地区	72
4-9-1 地質	73
4-9-2 地質構造	73
4-9-3 鉍化作用	73
4-10 BANGALA地区	73
4-10-1 地質	73
4-10-2 地質構造	73

4-10-3 鉍化作用	73
4-11 CHIPFUNDE地区	74
4-11-1 地質	74
4-11-2 地質構造	74
4-11-3 鉍化作用	74
4-12 MUSHAYA地区	74
4-12-1 地質	74
4-12-2 地質構造	75
4-12-3 鉍化作用	75
4-13 その他の地区	75
4-13-1 地質	75
4-13-2 地質構造	76
4-13-3 鉍化作用	76
第5章 土壤による地化学探査	78
5-1 JUWERE地区	78
5-1-1 試料採取	78
5-1-2 指示元素	78
5-1-3 分析データの解析	81
5-2 JEGEDE地区	83
5-2-1 試料採取	83
5-2-2 指示元素	83
5-2-3 分析データの解析	87
5-3 MUCHACHA地区	89
5-3-1 試料採取	89
5-3-2 指示元素	89
5-3-3 分析データの解析	95
5-4 BENZI地区	99
5-4-1 試料採取	99
5-4-2 指示元素	99
5-4-3 分析データの解析	101
5-5 RUPIRI地区	103
5-5-1 試料採取	103
5-5-2 指示元素	109
5-5-3 分析データの解析	110
5-6 CHIPFUNDE地区	114
5-6-1 試料採取	114
5-6-2 指示元素	114
5-6-3 分析データの解析	117
5-7 FUMURE地区	120

5-7-1	試料採取	120
5-7-2	指示元素	120
5-7-3	分析データの解析	123
5-8	NYAHONDO地区	127
5-8-1	試料採取	127
5-8-2	指示元素	127
5-8-3	分析データの解析	129
5-9	CHAMBRUKIRA地区	129
5-9-1	試料採取	132
5-9-2	指示元素	132
5-9-3	分析データの解析	132
第6章	物理探査 (IP法)	147
6-1	BENZI地区	147
6-1-1	調査方法	147
6-1-2	データ処理	147
6-1-3	調査結果	147
6-1-4	考察	147
6-2	JEGEDE地区	154
6-2-1	調査方法	154
6-2-2	データ処理	154
6-2-3	調査結果	154
6-2-4	考察	156
6-3	FUMURE地区	162
6-3-1	調査方法	162
6-3-2	データ処理	162
6-3-3	調査結果	164
6-3-4	考察	164
第7章	ボリカ'調査	174
7-1	JUWERE地区	174
7-1-1	調査方法	174
7-1-2	地質	174
7-1-3	調査結果	177
7-1-4	考察	178
7-2	MUCHACHA地区	178
7-2-1	調査方法	178
7-2-2	地質	178
7-2-3	調査結果	180
7-2-4	考察	180

7-3. BENZI地区	180
7-3-1 調査方法	180
7-3-2 地質	181
7-3-3 調査結果	181
7-3-4 考察	183
7-4. JEGEDE地区	183
7-4-1 調査方法	183
7-4-2 地質	184
7-4-3 調査結果	186
7-4-4 考察	190
7-5. FUMURE地区	190
7-5-1 調査方法	190
7-5-2 地質	191
7-5-3 調査結果	191
7-5-4 考察	194

第 III 部 結論及び提言

第 1 章 結論	199
第 2 章 将来への提言	199
[参考文献]	201
[添付図表類]	

図 表 一 覧

図 G-1	調査位置図
図 G-2	調査地区位置図
図 G-3	調査フローシート
図 G-4	鉱床有望地区フローチャート
図 2-1-1	衛星画像位置図
図 2-1-2	衛星画像解析による地質単元区分図及び地質構造図
図 2-1-3	リニアメント・ローズダイアグラム
図 2-2-1	地質模式層序図
図 2-2-2	地質構造図
図 2-2-3	Foliationのステレオ投影図
図 2-2-4	地質図
図 2-2-5	地質断面図

- 図 2 - 2 - 6 鉍化帯分布図

- 図 2 - 3 - 1 頻度分布と累積頻度曲線 (Au, Ag)
- 図 2 - 3 - 2 頻度分布と累積頻度曲線 (ハ'ソニガ' 試料; Au, Ag)
- 図 2 - 3 - 3 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 - 4 ハ'ソニガ' 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 - 5 調査結果総合解析図

- 図 2 - 4 - 1 地質図及び地質断面図 (CHIREZANA地区)
- 図 2 - 4 - 2 地質図及び地質断面図 (MATSAI地区)
- 図 2 - 4 - 3 地質図及び地質断面図 (FUMURE地区)

- 図 2 - 5 - 1 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; JUWERE地区)
- 図 2 - 5 - 2 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; JEGEDE地区)
- 図 2 - 5 - 3 濃度分布図 (Au; JEGEDE地区)
- 図 2 - 5 - 4 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; MUCHACHA地区)
- 図 2 - 5 - 5 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; BENZI地区)
- 図 2 - 5 - 6 濃度分布図 (Au; BENZI地区)
- 図 2 - 5 - 7 主成分得点分布図 (BENZI地区)
- 図 2 - 5 - 8 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; RUPIRI地区)
- 図 2 - 5 - 9 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; CHIPFUNDE地区)
- 図 2 - 5 - 1 0 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; FUMURE地区)
- 図 2 - 5 - 1 1 濃度分布図 (Au; FUMURE地区)
- 図 2 - 5 - 1 2 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; NYAHONDO地区)
- 図 2 - 5 - 1 3 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; CHAMBURUKIRA地区)
- 図 2 - 5 - 1 4 調査結果総合解析図

- 図 2 - 6 - 1 測線位置図 (BENZI 地区)
- 図 2 - 6 - 2 見掛比抵抗平面図 (BENZI 地区: 3 Hz, n=3)
- 図 2 - 6 - 3 P F E 平面図 (BENZI 地区: 0.3 Hz/ 3 Hz, n=3)
- 図 2 - 6 - 4 測線B-1断面図 (BENZI 地区)
- 図 2 - 6 - 5 シミュレーション解析図 (BENZI 地区: 測線B-2)
- 図 2 - 6 - 6 シミュレーション解析図 (BENZI 地区: 測線B-3)
- 図 2 - 6 - 7 測線位置図 (JEGEDE 地区)
- 図 2 - 6 - 8 見掛比抵抗平面図 (JEGEDE 地区: 3 Hz, n=3)
- 図 2 - 6 - 9 P F E 平面図 (JEGEDE 地区: 0.3 Hz/ 3 Hz, n=3)
- 図 2 - 6 - 1 0 シミュレーション解析図 (JEGEDE 地区: 測線J-1)
- 図 2 - 6 - 1 1 シミュレーション解析図 (JEGEDE 地区: 測線J-2)

- 図 2 - 6 - 1 2 ヲミル-ツヨク解析図 (JEGEDE 地区 : 測線 J-3)
- 図 2 - 6 - 1 3 測線位置図 (FUMURE 地区)
- 図 2 - 6 - 1 4 見掛比抵抗平面図 (FUMURE 地区 : 3 Hz, n=3)
- 図 2 - 6 - 1 5 P F E 平面図 (FUMURE 地区 : 0.3 Hz / 3 Hz, n=3)
- 図 2 - 6 - 1 6 ヲミル-ツヨク解析図 (FUMURE 地区 : 測線 F-1)
- 図 2 - 6 - 1 7 ヲミル-ツヨク解析図 (FUMURE 地区 : 測線 F-2)
- 図 2 - 6 - 1 8 測線 F-3 断面図 (FUMURE 地区)
- 図 2 - 6 - 1 9 物理探査結果総合解析図 (BENZI 地区)
- 図 2 - 6 - 2 0 物理探査結果総合解析図 (JEGEDE 地区)
- 図 2 - 6 - 2 1 物理探査結果総合解析図 (FUMURE 地区)

- 図 2 - 7 - 1 ホ-リツク位置図 (JUWERE 地区)
- 図 2 - 7 - 2 ホ-リツク地質断面図 (JUWERE 地区 : MJZM-1)
- 図 2 - 7 - 3 ホ-リツク位置図 (MUCHACHA 地区)
- 図 2 - 7 - 4 ホ-リツク位置図 (BENZI 地区)
- 図 2 - 7 - 5 ホ-リツク位置図 (JEGEDE 地区)
- 図 2 - 7 - 6 ホ-リツク地質断面図 (JEGEDE 地区 : MJZM-9)
- 図 2 - 7 - 7 ホ-リツク地質断面図 (JEGEDE 地区 : MJZM-11)
- 図 2 - 7 - 8 ホ-リツク位置図 (FUMURE 地区)
- 図 2 - 7 - 9 ホ-リツク地質断面図 (FUMURE 地区 : MJZM-13)

表 2 - 2 - 1 鉍化帯一覧表 (第1年次)

- 表 2 - 3 - 1 指示元素の統計パラメータ
- 表 2 - 3 - 2 主成分分析結果一覧表 (全地質单元)
- 表 2 - 3 - 3 主成分分析結果一覧表 (ハ-ソツク試料)
- 表 2 - 3 - 4 異常帯の評価表 (Au)

表 2 - 4 - 1 鉍化帯一覧表 (第2年次)

- 表 2 - 5 - 1 指示元素の統計パラメータ (JUWERE地区)
- 表 2 - 5 - 2 主成分分析結果一覧表 (J-ト' 3 ; J-ト' 4 ; J-ト' 5 : JUWERE地区)
- 表 2 - 5 - 3 指示元素の統計パラメータ (JEGEDE地区)
- 表 2 - 5 - 4 主成分分析結果一覧表 (J-ト' 3 ; J-ト' 4 ; J-ト' 5 : JEGEDE地区)
- 表 2 - 5 - 5 指示元素の統計パラメータ (MUCHACHA地区)
- 表 2 - 5 - 6 主成分分析結果一覧表 (J-ト' 3 ; J-ト' 4 ; J-ト' 5 : MUCHACHA地区)
- 表 2 - 5 - 7 指示元素の統計パラメータ (BENZI地区)
- 表 2 - 5 - 8 主成分分析結果一覧表 (J-ト' 3 ; J-ト' 4 ; J-ト' 5 : BENZI地区)

- 表 2 - 5 - 9 指示元素の統計パラメータ (RUPIRI地区)
- 表 2 - 5 - 1 0 主成分分析結果一覧表 (コート'3 ; コート'5 : RUPIRI地区)
- 表 2 - 5 - 1 1 指示元素の統計パラメータ (CHIPFUNDE地区)
- 表 2 - 5 - 1 2 主成分分析結果一覧表 (コート'3 ; コート'5 : CHIPFUNDE地区)
- 表 2 - 5 - 1 3 指示元素の統計パラメータ (FUMURE地区)
- 表 2 - 5 - 1 4 主成分分析結果一覧表 (コート'3 ; コート'5 : FUMURE地区)
- 表 2 - 5 - 1 5 指示元素の統計パラメータ (NYAHONDO地区)
- 表 2 - 5 - 1 6 主成分分析結果一覧表 (コート'5 : NYAHONDO地区)
- 表 2 - 5 - 1 7 指示元素の統計パラメータ (CHAMBRUKIRA地区)
- 表 2 - 5 - 1 8 主成分分析結果一覧表 (コート'4 ; コート'5 : CHAMBRUKIRA地区)
- 表 2 - 5 - 1 9 指示元素の統計パラメータ (全地区)
- 表 2 - 5 - 2 0 異常帯の評価表(λ)

表 2 - 7 - 1 ホーリング位置選定理由一覧表

表 2 - 7 - 2 ホーリング調査結果一覧表

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)から日本人技術者の宿泊地のCHIREDDZIまでの距離は430Kmであり、車による所要時間は約5時間である。

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・キャンプを設営し、調査を行った。

本年度の調査地区は

北西端点	: 東経31° 15'	南緯20° 30'
北東端点	: 東経32° 00'	南緯20° 15'
南西端点	: 東経31° 15'	南緯20° 46'
南東端点	: 東経32° 00'	南緯20° 31'

を基点とする面積2,300 Km²である。

第1年次は面積2,300 Km²全域を、第2年次はこの中の19地区、面積500 Km²の地域を、第3年次はさらに標的を絞り込まれた地区で調査が行われた(図G-2)。

調査目的は第1年次ではRenco鉱床と地質状況が類似している本地域で、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うことを目的とした。

第2年次では調査の対象となった第1年次調査の結果、金鉱床の賦存ポテンシャルの高い地区として抽出された19地区で、地質準精査と土壌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うことを目的とした。

第3年次では第2年次の地質準精査と土壌による地化学探査の結果抽出された5地区として、その内3地区で物理探査(IP法)を、5地区でボリソフ調査をおこない、鉱床賦存状況を把握することを目的とした。

1-2 調査方法及び調査量

第1年次方法

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)フォルスカラ、フルソフ、縮尺25万分の1。
- b)フォルスカラ、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に努めた。画像上でリニアメントの抽出を行った。

地質調査で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。

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。

第2年次方法

地質準精査は地質構造と鉱化作用との関連性を総合的に考察することにより、調査地域における鉱化作用の詳細を把握するために次のような調査法を取った。

踏査にあたっては縮尺5万分の1の地形図を縮尺2.5万分の1の地形図に拡大し、ルートマップを作成した。踏査ルートは、既存資料を十分検討して決定した。また、踏査時には、航空写真も活用した。調査結果は、縮尺2.5万分の1の地質図にまとめた。

地化学探査はこれに先立って実施した地質調査の結果を考慮し、鉱床賦存状況を有効に解明できるよう、試料採取測線を設定することにした。測線は100m間隔とし、測線上での試料採取間隔は30mとした。採取試料はB層土壌とした。

化学分析値は単一変量解析及び多変量解析を実施し、調査地域の地化学異常の特性を把握するように努め、化学分析値は磁気テープに入力した。

第3年次方法

物理探査（IP法）はBenzi地区、Jegede地区及びFumure地区について、鉱微地及び金の地化学異常域の地下深部における異常帯の抽出を行い、ボースリング調査実施位置の選定に必要な情報を得るために物理探査（IP法）を実施した。

イ) 測線設定のための測量は、コンパスまたはスロツテープを用いた開放トラバース測量をおこなった。

ロ) 測線の数、測線延長の長さ及び測定回数は、調査内容一覧表に示した。

ハ) 電極配置は、タポル・ル・タポル配置を採用した。

ニ) 電極間隔は、測線上にて水平距離50mとした。

ホ) 電極隔離係数は、 $N=1\sim 4$ とした。

ヘ) 測定周波数は、0.3 Hz及び3 Hz又はこれと同等の周波数とした。

ボースリング調査はJuwere地区、Muchacha地区、Benzi地区、Jegede地区及びFumure地区において、地下深部における鉱化帯の規模及び鉱況を確認するためこれらの地区でボースリング調査を実施した。

イ) ボースリング孔の掘削にあたっては、ボースリング機械の能力は、予定深度を延長することもあるため、予定深度に対して十分な掘進能力のあるものとした。

ロ) ケツグパイプは最小口径分で予定深度の40%以上を準備した。

ハ) コアの最小口径は、BQ又はBX以上とし、コアの採取とその採取率は表土を除き、全コア採取を原則とした。

ニ) 採取したコアは、上下を明確にしてコア箱に収納し、乾燥した場所に保管した。

ホ) コアを詳細に鑑定し、縮尺200分に1の柱状図を作成し、必要に応じコアの顕微鏡観察を行った。

ヘ) 必要に応じ、地表露頭の調査を行い、着鉱部との精密な対比を行った。

第1年次調査量

第1年次の調査量は下表に示される。

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 ハソソク試料	
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

第2年次調査量

第2年次の調査量は下表に示される。

調査内容及び調査地区	調査数量等		
	調査面積	踏査延長	土壌試料採取数
地質調査・地化学探査 (準精査地区)	500 km ²	500 km	10,047 件

第3年次調査量

第3年次の調査量は下表に示される。

調査内容及び調査地区	調査項目及び数量				
1 物理探査 (IP法)					
① Benzi地区	測線	線延長	回数	長敷数	3.00 Km 3 本 198 回
② Jegede地区	測線	線延長	回数	長敷数	3.80 Km 3 本 262 回
③ Fumure地区	測線	線延長	回数	長敷数	2.85 Km 3 本 183 回
2 ボーリング調査					
① Juwere地区	孔名	掘進長	傾斜	真北基準方位	
	MJZM-1	90.00 m	-70°	0°	
	MJZM-2	90.00 m	-70°	0°	
	MJZM-3	90.00 m	-70°	0°	
② Muchacha地区	MJZM-4	90.05 m	-70°	0°	
	MJZM-5	90.00 m	-70°	0°	
③ Benzi地区	MJZM-6	150.00 m	-60°	0°	
	MJZM-7	150.00 m	-50°	0°	
④ Jegede地区	MJZM-8	150.30 m	-65°	0°	
	MJZM-9	90.00 m	-70°	0°	
	MJZM-10	150.00 m	-60°	0°	
	MJZM-11	90.00 m	-70°	0°	
⑤ Fumure地区	MJZM-12	150.30 m	-70°	0°	
	MJZM-13	150.00 m	-60°	0°	

1-3 調査期間及び調査員

調査年次ごとの調査期間と調査員は下記に示す。

第1年次調査期間及び調査員

・調査期間

調査期間：自平成元年9月4日 至平成2年2月20日

(内、現地調査：自平成元年9月18日 至平成元年11月17日)

・調査員

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 MUGUNBATE	地質調査所

第2年次調査期間及び調査員

・調査期間

調査期間：自平成2年6月20日 至平成3年2月18日

(内、現地調査：自平成2年7月9日 至平成2年10月10日)

・調査員

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	
山本 恭久	金属鉱業事業団	J. L. ORPEN	地質調査局
霜鳥 洋	金属鉱業事業団	N. BAGLOW	地質調査局

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	48	技術責任者	7月9日	10月10日	経験年数：22
児玉 勉	53	地質・地化探調査	7月9日	10月10日	経験年数：34
岩谷 伸一	53	地質・地化探調査	7月9日	10月10日	経験年数：34

現地調査（ジンバブエ共和国）

氏	名	所	属
TAFIRENYIKA	CHIYANIKE	地 質 調 査 所	

第3年次調査期間及び調査員

・調査期間

調査期間：自平成3年6月6日 至平成4年2月20日

(内、現地調査：自平成3年6月9日 至平成3年10月17日)

・調査員

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	
山 本 恭 久	金 属 鉱 業 事 業 団	J. L. O R P E N	地 質 調 査 局
両 角 春 寿	金 属 鉱 業 事 業 団	S. M. N. N C U B E	地 質 調 査 局

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	4 9	技 術 責 任 者	6 月 9 日	1 0 月 1 7 日	経 験 年 数 : 23
藤 田 勝	3 4	物 理 探 査 (I P)	6 月 9 日	7 月 1 2 日	経 験 年 数 : 11
藤 川 真 治	3 0	物 理 探 査 (I P)	6 月 9 日	7 月 1 2 日	経 験 年 数 : 7

現地調査(ジンバブエ共和国)

氏	名	所	属
TAFIRENYIKA P.	CHIYANIKE MPOFU	地 質 調 査 所	

第2章 従来の調査

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。

第3章 調査周辺地域の地質概要

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・K-feldspar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。ガ知石の巨晶、黒雲母を含有する場合もある。ガ知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。

(注：このgneissose granuliteは広義の意味にて使用され、これには狭義のgneissose granulite、charnockite及びenderbiteが含まれる)

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K-feldspar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剥離性の岩石から構成される。本岩の分布はマドカール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。

衛星画像ではフォルスカーの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は厚さ数センチ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。優黒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47°傾斜に区分する

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7°傾斜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。

Limpopo Mobile Beltは前述のようにグラニュイト相の広域変成作用と著しい変形作用を受けたArchaean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。

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770kWのエンジンでは実収率が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 ミルの設置が行われ、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の破碎とミル設備を完成させ、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RTZ (Rio TintoグループZimbabwe子会社) は本鉱区に30ヶ月のオプションの行使を申し出た。このオプション期間中に試錐及び坑内探鉱が行われ、1975年にはオプションが行使された。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さ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。

第4章 調査地域の状況

4-1 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。

HARARE	$\frac{0.7 \text{ 時間}}{50 \text{ Km}}$	BEATRICE	$\frac{1.0 \text{ 時間}}{80 \text{ Km}}$	CHIVHU	$\frac{1.0 \text{ 時間}}{80 \text{ Km}}$	GUTU	$\frac{1.3 \text{ 時間}}{90 \text{ Km}}$	ZAKA	$\frac{1.3 \text{ 時間}}{90 \text{ Km}}$	CHIREDDI
--------	--	----------	--	--------	--	------	--	------	--	----------

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・キャンプを設営し、調査を行った。

4-2 調査環境

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 600 m前後に位置し、地域内の最高峰はDemba(1,059 m)であり、この他に Babaniga(1,037 m) Muromahoto(1,001 m)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、雨期のみに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Lowveltと呼ばれ、サトウキビ等の耕地に利用されている。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

本資源開発調査は下記の調査システムのもとに3年間行われた。

- ① 第1年次：衛星画像・地質概査・河床堆積物地化学探査
- ② 第2年次：地質準精査・土壌地化学探査
- ③ 第3年次：物理探査（IP法）・ホーリング調査

本調査は結果的にはジンバブエ共和国での経済採算にのる金品位 10 g/t の鉱床の捕捉には至らなかったが、地表調査の結果からは、殆ど硫化鉱物の徴候を認めない調査地域で、ホーリング調査の結果、硫化鉱物の鉱化帯を捕捉できたことは、ジンバブエ共和国の主要な金鉱床がすべて硫化鉱物と共生している事実を考えると、新たな金鉱床賦存の可能性を示した意味で、成果と評価できる。このような調査手法を継続して類似の地質環境下で適用することにより、硫化鉱物の鉱化作用、ひいては探査標的とする金鉱床及び他の有用鉱床の捕捉にこぎ着けることが可能と考える。

5-2 将来への提言

3年間の調査結果とその検討によって得られた結論に基づき、次ぎのことを将来への提言とした。

Limpopo Mobile Beltのようなグレートクライト相の広域変成作用と著しい変形作用を受けたArchaeanの変動帯での資源開発調査としては、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Au 10 g/tの鉱化帯の捕捉には至らなかったが、地表調査では殆ど認められなかった硫化鉱物による鉱化帯を捕捉できたことは、ジンバブエ共和国の主要な金鉱床がすべて硫化鉱物と共生している事実を考えると、新たな金鉱床存在の可能性を示した意味で成果と評価できる。

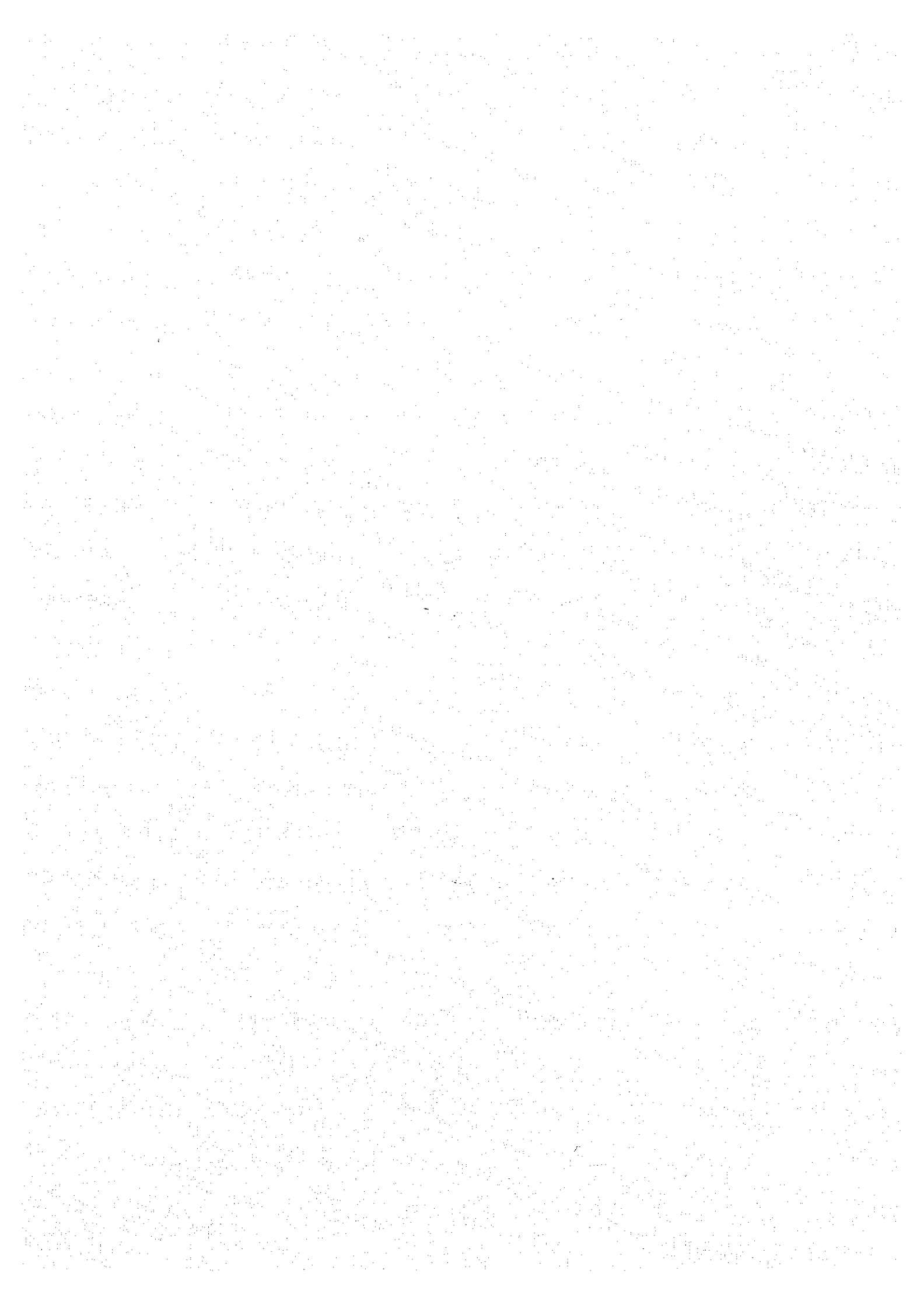
従って、調査団が採用した下記の調査手法

- ① 第1年次 : 衛星画像・地質概査・河床堆積物地化学探査
- ② 第2年次 : 地質準精査・土壌地化学探査
- ③ 第3年次 : 物理探査 (IP法) ・ホーリング調査

は有効だったと考える。

ただ、本地域の気候及び地形的要因から、土壌地化学探査においてはhydromorphic anomalyの形成が促進される環境にあり、地形的凹地、斜面及び土壌と沖積層との境界部に偽の土壌地化学探査異常帯が形成されることがある。よって、物理探査 (IP法) を実施し、硫化鉱物の存在を示徴するIP異常の有無を確認のうえ、ホーリング調査の計画を策定することを提言する。

また、本地域では土壌の発達はそれほど顕著ではなく、多くは厚さ数 m以内である。このような環境のもとでは空中電磁法が広域的な硫化鉱物の賦存ポテンシャルの評価のために適用を検討されるに値する。



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、デジタルマトリックス補正、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) フォルスカナー、フルーツ、縮尺 25 万分の 1
- b) フォルスカナー、サブシーン、縮尺 10 万分の 1
- c) 比画像、サブシーン、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)。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イク・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フトが少ない。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い。

水系模様についてはN-S系のフラクチャー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。

フラクチャーパターンは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、フラクチャーパターン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、画像上では区分が付き難い。

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。

フラクチャーパターン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、そのパターン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。

フラクチャーパターン、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。

フラクチャー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）のフラクチャー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、従ってリッジは少ない。

フラクチャーパターンは不明瞭だが、単元Gfや単元Mgと違ってENE-WSW方向のフラクチャーが比較的よく観察されるが、この方向のものはフラクチャー以外のもの（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。

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に示した。

(2) 地質構造について

リニアメントには、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（50万分の1）で広域に渡って観察した場合には明瞭な一筋のリニアメン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ニアメント群として現れており、他の方向のリニアメン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系のリニアメン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方向のリニアメン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群のリニアメントは、単元Gf及びMgのみに発達し、このリニアメン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。後者のリニアメン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、このリニアメン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ニアメン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系のリニアメントは、連続性がよく、他のリニアメントによって切られていないことから、最も新しいリニアメントである。

これらのことから調査地域のリニアメン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にリニアメントのローズダイグラムを示した。

(3) 衛星画像による鉱化変質帯の抽出

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。1000nmまでが分解能2nm、1000nm以降が4nmである。バンドカットTMはこのうち1, 2, 3, 4, 5, 7の5バンドが該当する。対比は457BGRの画像で行なった。

測定結果は変質鉱物（粘土鉱物）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鉱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

(粘土鉱物の吸収帯)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徐々に上昇し、その後フラットとなる。可視域で低反射率で2200nm(粘土鉱物の吸収帯)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ランドサット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鉱化変質帯の抽出を試みた。

抽出のための対象鉱物種は、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鉱物群に大別した。

①その分子式中にFeを含む鉱物、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鉱物

①については、酸化鉄、水酸化鉄鉱物がバンド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、比画像上では青色として表現される。

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、絹雲母やカリアイト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、将来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。

実際に、本調査で使用したフォルスカー、サッシュ、(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、サッシュ(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)。

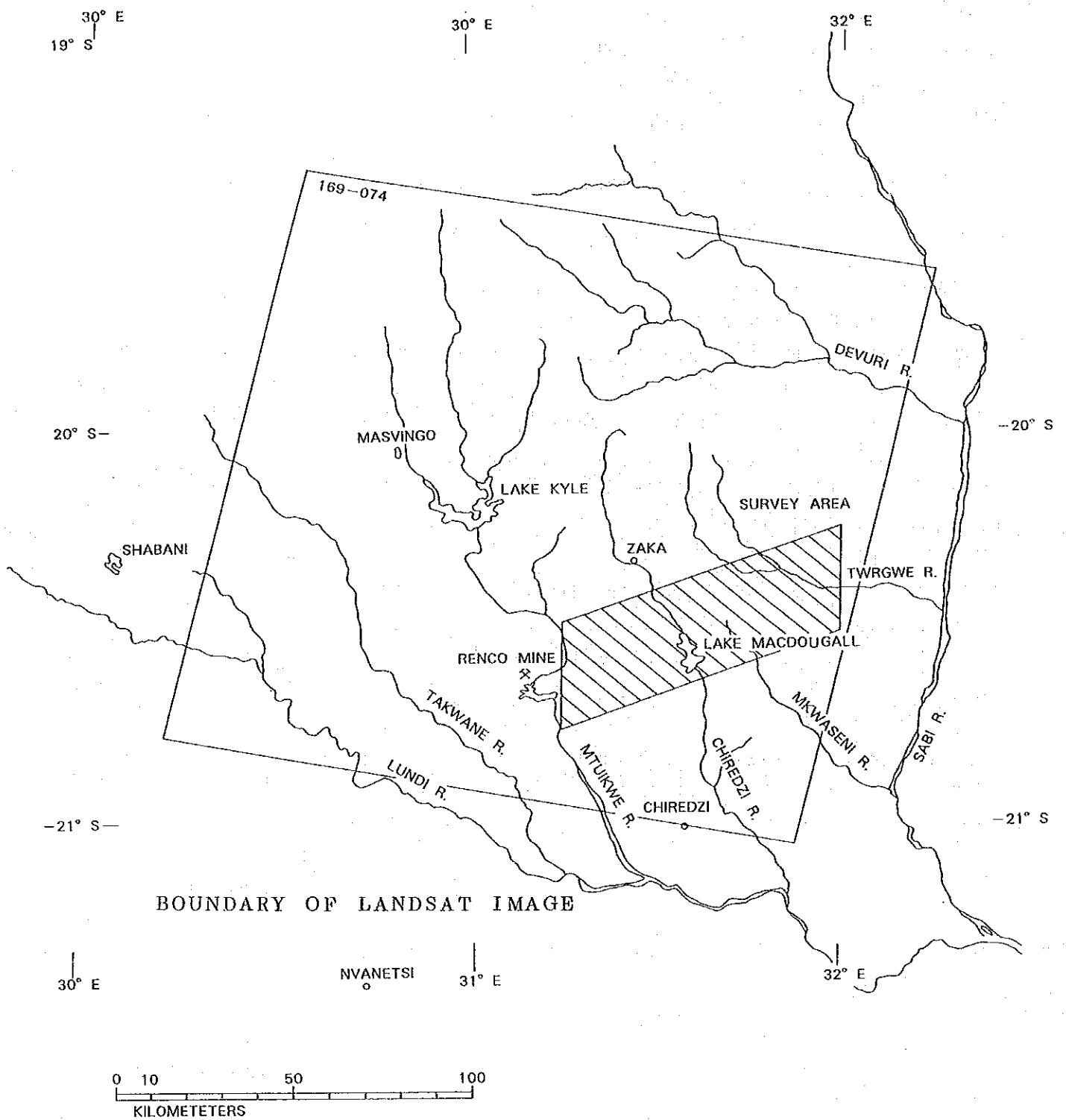


图 2 - 1 - 1 卫星图像位置图

LEGEND

- | | | | | | |
|----|------------------------------|-----|------------------|-----|-------------------------------|
| Gg | Gneissose granulite | ⊖ | Fabric granulite | --- | Lineament |
| Mg | Mafic granulite | --- | | --- | Lineament obscured |
| If | Iron formation | --- | | --- | Lineament inferred to be dyke |
| Pg | Paragneiss | + | | + | Axis of synform |
| | | + | | + | Axis of antiform |
| Gr | Gneissose granite | + | | + | Axis of obscured of synform |
| Do | Dolerite | + | | + | Axis of obscured of antiform |
| | | ⊖ | | ⊖ | Tone or topographic anomalies |
| | Geological boundary | --- | | | |
| | Geological boundary obscured | --- | | | |
| | Lineament with displacement | --- | | | |

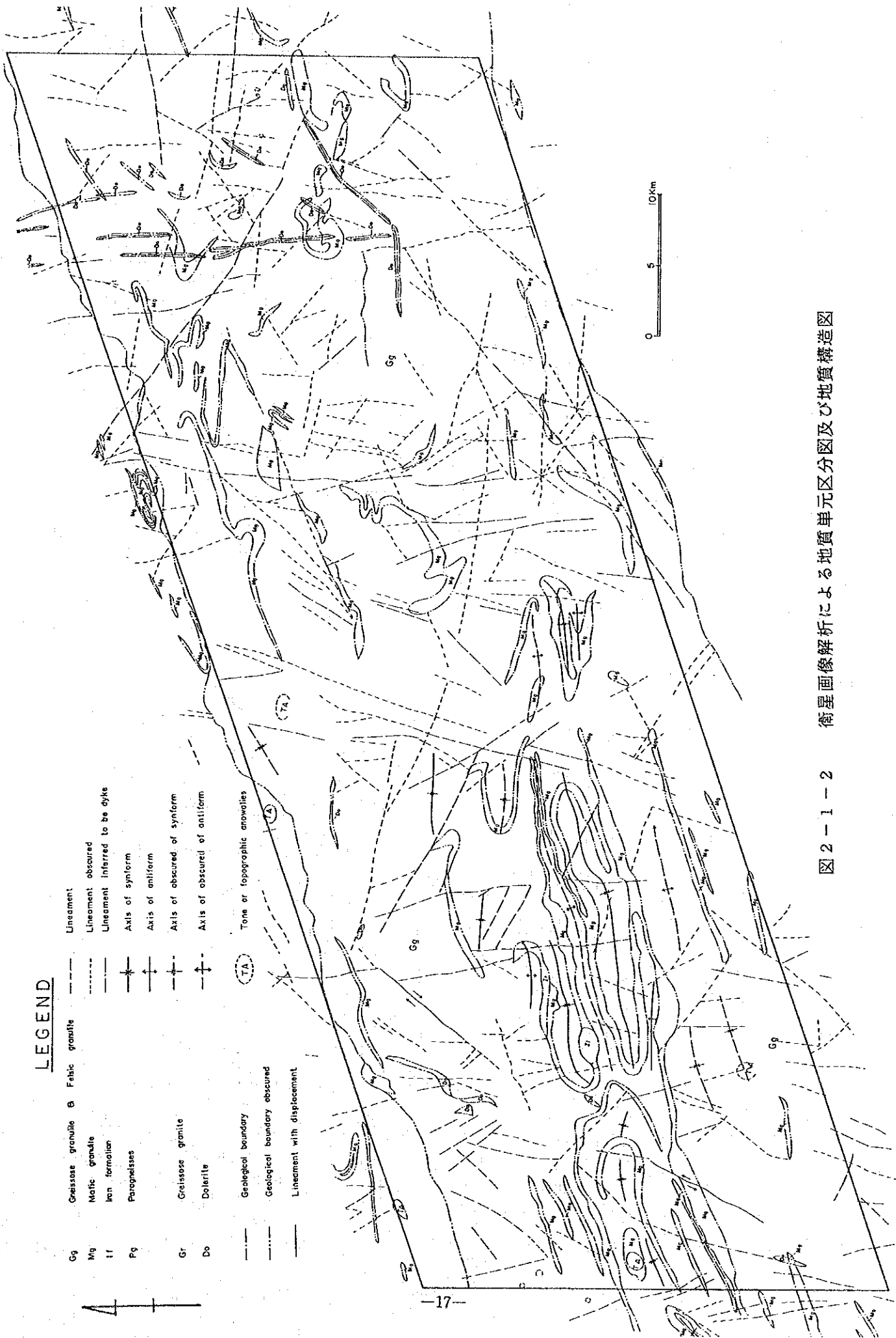
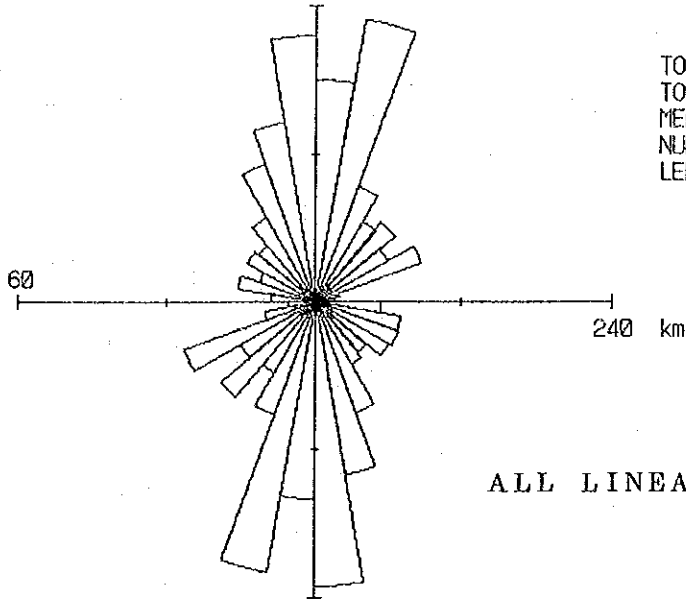


図 2-1-2 衛星画像解析による地質单元区分図及び地質構造図

NUMBER

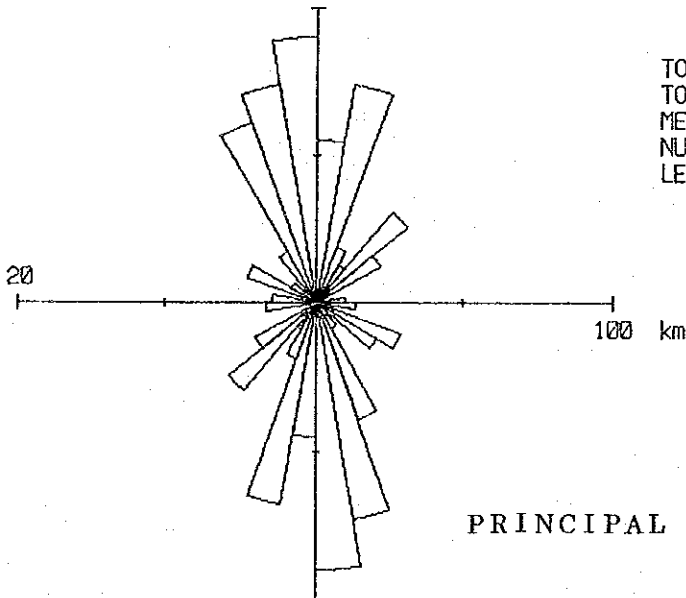


TOTAL NUMBER : 426
TOTAL LENGTH : 1743678 m
MEAN LENGTH : 4093.14 m
NUMBER PER CELL: 23.66667
LENGTH PER CELL: 96870.98 m

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

第2章 地質概査

2-1 地質概説

地質：本調査地域を構成する地質はgneissose granite, gneissose granulite, felsic granulite, mafic granulite, iron formation, dolerite から構成される。

これらの岩石はENE-WSW系のfoliationを持ち、一般的には南傾斜を示し、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では北傾斜のfoliationも認められ、褶曲がこの付近で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。ENE-WSW系に直交するNNW-SSE系にfoliationの集中がある。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。

調査地域を含むジンバブエ共和国の地質模式層序図を図2-2-1に示した。

以下に各岩石の概要を述べる。

Gneissose Graniteは石英+カリ長石+斜長石+黒雲母の鉱物組合せからなり、石英の量比が高い。モード分析結果では調査地域の本岩のモード組成は

石英	84.2%	斜長石	0.6%	輝石	0%
カリ長石	12.8%	黒雲母	2.3%		

局部的には単斜輝石を含むものも認められるが、石英の脈状部に随伴されるものなので、花崗岩質岩とは異なる岩石であろう。一般的に本岩の示す組織は、完晶質等粒状で本岩はより南部に分布するLimpopo Mobile Beltの高度変成岩類に比較してメソ・グレートはやや弱いと判断される。

Gneissose Granuliteは、石英+斜長石+カリ長石+単斜・斜方輝石+黒雲母±ザクロ石の鉱物組合せからなる。

本岩のモード分析による平均鉱物組織は

石英	30.5%	斜長石	38.1%	カリ長石	17.5%
黒雲母	5.1%	輝石類	4.0%	角閃石	0.4%
ザクロ石	0.1%	不透明鉱物	1.2%	その他	3.0%

本岩の組織は、完晶質等粒状のgranoblastic組織を示し、さらにその上にミロニテック変成をうけたものがほとんどである。

Felsic Granuliteは石英+カリ長石+斜長石+±ザクロ石の鉱物組合せからなり、有色鉱物の輝石類を含まないことで特徴づけられる。

本岩のモード分析による平均鉱物組成は下記の通りである。

石英	34.0%	斜長石	29.3%	カリ長石	36.2%
----	-------	-----	-------	------	-------

検鏡した薄片23枚のうちで、輝石類を含むものは2枚あるがレリックである。本岩の組織はIso-granularからRibbon Quartz組織までの各種の組織が見られ、本岩もメソ・グレート変成をうけ、ミソイト状岩石になっている。長石類はP-サイトになっているのが普通である。

Mafic Granuliteは単斜・斜方輝石+角閃石+石英+斜長石±ザクロ石の鉱物組合せからなり、輝石類以外の鉱物は、薄片によっては含まれないことがある。

ABSOLUTE AGE	GEOLOGIC TIME	SYSTEM / GROUP	ROCK TYPES	GEOLOGIC COLUMN	MINERALIZATION
	PLEISTOCENE / RECENT	KALAHARI	ALLUVIUM NEOLIAN SANDS		ALLUVIAL GOLD
	CRETACEOUS - UPPER JURASSIC		ALKALINE VOLCANICS SANDSTONE ETC		
	JURASSIC TRIASSIC PERMIAN	KAROO	RHYOLITE BASALT SANDSTONES, SILTSTONES, ETC. GLACIAL BEDS, COAL MEASURES, MUDSTONES		TUNGSTEN, COPPER
	LATE PRECAMBRIAN	SIJARITRA FENGWE RIVER MADUTI RUSHINGA	SANDSTONES, SHALES, CONGLOMERATE, ETC. LIMESTONE, DOLOMITE & ORTHOQUARTZITE PARAGNEISS, METASEDIMENTS & AMPHIBOLITE		zinc, copper, lead copper
	MID PRECAMBRIAN	KALAPUTESE & KAHIRE MARGO OMAGURDI PIRIWIRI	PARAGNEISS, METASEDIMENTS & AMPHIBOLITE LIMESTONE, SHALE, QUARTZ & BASALT QUARTZ-MICA SCHISTS, ORTHOQUARTZITE, ETC. STRIPPED SLATES & MINOR QUARTZITE DOLOMITE & ORTHOQUARTZITES META-ARKOSE & BASIC METAVOLCANICS PHYLLITE & MINOR QUARTZITES		COPPER COPPER COPPER, lead COPPER, SILVER, GOLD TIN, TUNGSTEN, COPPER GOLD, TANTALUM, manganese lead, zinc
2700 -2600 Ma*		LIMPOPO MOBILE BELT	IRON FORMATION (If) MAFIC GRANULITE (Mg) FELSIC GRANULITE (Fg) GNEISSOSE GRANULITE (Gg)		CHROME, GOLD, TUNGSTEN zinc
3200 Ma 3300 Ma 3500 Ma	EARLY PRECAMBRIAN	BEITSBIDGE SIAMVATAN BULAWAYAN SEBAKWAN	PARAGNEISSSES, HIGH-GRADE SEDIMENTS & ANORTHOSITIC GNEISSSES METASEDIMENTS, FELSIC METAVOLCANICS METASEDIMENTS, FELSIC METAVOLCANICS ANDESITIC & DACITIC METAVOLCANICS BASALTIC METAVOLCANICS WITH METASEDIMENTS ULTRAMAFIC LAVA & INTRUSIONS		copper, magnetite GOLD, SILVER, IRON ORE COPPER, NICKEL, LEAD, ZINC, MANGANESE, TUNGSTEN PYRITE
3600 -3500 Ma		ARCHAIC GRANITIC ROCKS	OLDER GNEISS COMPLEX		

* : METAMORPHIC AGE

MINERAL PRODUCED : GOLD
MINERAL NOT PRODUCED: copper

图 2 - 2 - 1 地質模式層序图

本岩のモード分析による平均的な鉱物組成は下記の通りである。

石英	0 %	斜長石	52.7 %	輝石	39.6 %	角閃石	2.8 %
不透明鉱物	4.0 %	黒雲母	0.1 %				

本岩の組織はisogranular~polygonal~heterogranularとなり、メタソリック変成は比較的弱く受けたものと考えられる。

Iron Formationは石英+不透明鉱物からなる特殊な鉱物の組合せからなる。

本岩のモード分析による鉱物組成は下記の通りである。

石英	67.8 %	不透明鉱物	30.8 %	その他	1.4 %
----	--------	-------	--------	-----	-------

である。組織はribbon Quartz 組織を呈しており、メタソリック変成を強く受け、ミナ付状の岩石になっている。

(iron formationとされたもののうちには、quartziteに分類されるものがあることが第3年次のFumure地区のボーリング調査で判明した。)

Doleriteは貫入岩であり、石英+単斜・斜方輝石の鉱物組合せからなる。鉱物量比は単斜輝石が多いものと、斜方輝石の多いものに区分できる。

本岩のモード分析による鉱物組成は下記の通りである。

石英	0.3 %	斜長石	42.4 %	輝石	29.0 %	カリ長石	0.3 %
黒雲母	0.6 %	角閃石	19.0 %	緑泥石	8.1 %	不透明鉱物	1.5 %

組織はdoleriteに特徴的なintersertal 組織を示す。メタソリック変成は受けていない。

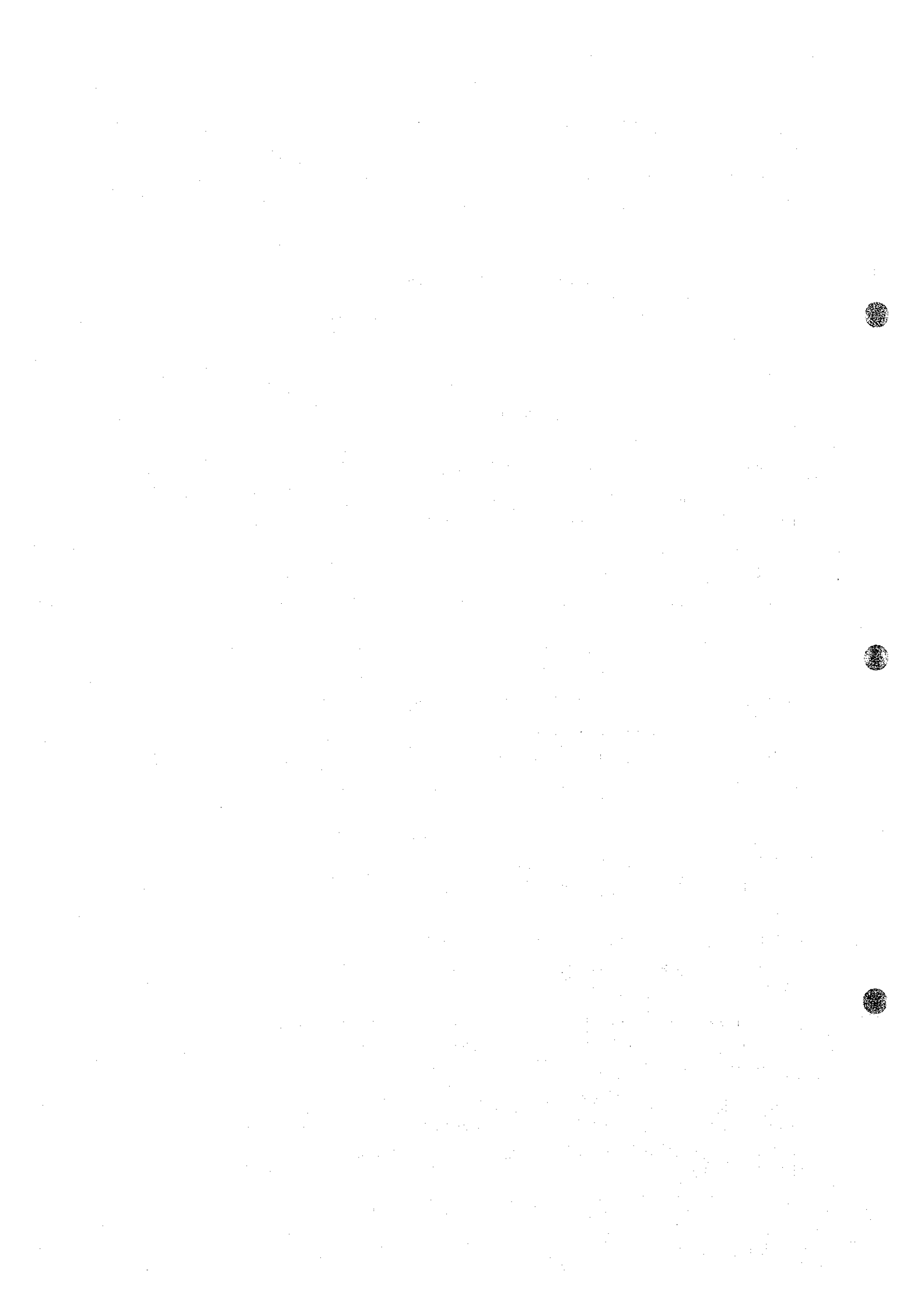
2-2 地質構造

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(図2-2-2)。

調査地域のfoliationの出現の様態は地域で異なる。調査地域を縦断するMurerezi構造線の西部では、NMZで一般的なENE-WSW系のfoliationが卓越している。一方東部ではこの傾向は大きく乱されている。この様子はfoliationについて調査地域の全体像を把握のため、衛星画像から抽出したこれらのfoliationが図2-2-2に示されている。しかし、野外調査で確認された走向・傾斜のステロ投影(図2-2-3)をみるとほぼ両地域とも似たような傾向を示している。これはENE-WSW系に交差するfoliationが一般的には連続性に乏しいため、ENE-WSW系に較べて測定頻度が極端に少ないためであろう。

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系に集中の極大が認められるが(図2-1-3)、調査地域での主要な構造線は、Sazaume-Makambe構造線、Murerezi構造線及びTurwi構造線であり、これらはしばしば構造線の両端で移動のセンスが逆向きと推定されることがあり、このことから調査地域がこれらの構造線により、ブロック化運動をしていると考えられる。調査地域のほぼ中央部はMurerezi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。

調査地域のメタソリック変成の理解(変形の回数とそれらの時期)については研究者間で一致しているわけではない。一般に、ある調査地域で認められる変形の時期を他の地域の変形時期と対応関係をもとめることは難しい。その理由は一連の複数回の変形が起こることによって、それよりも以前の



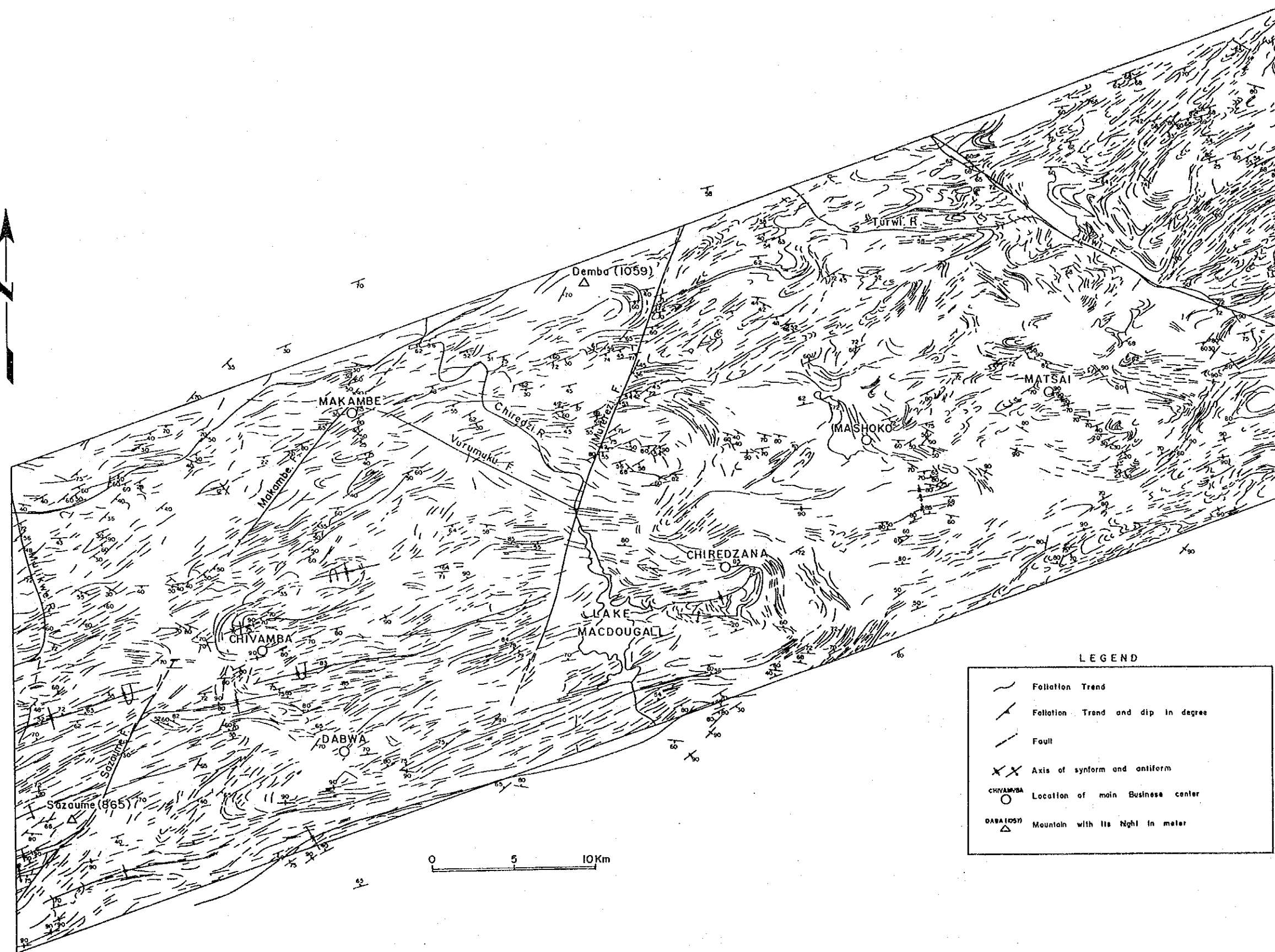
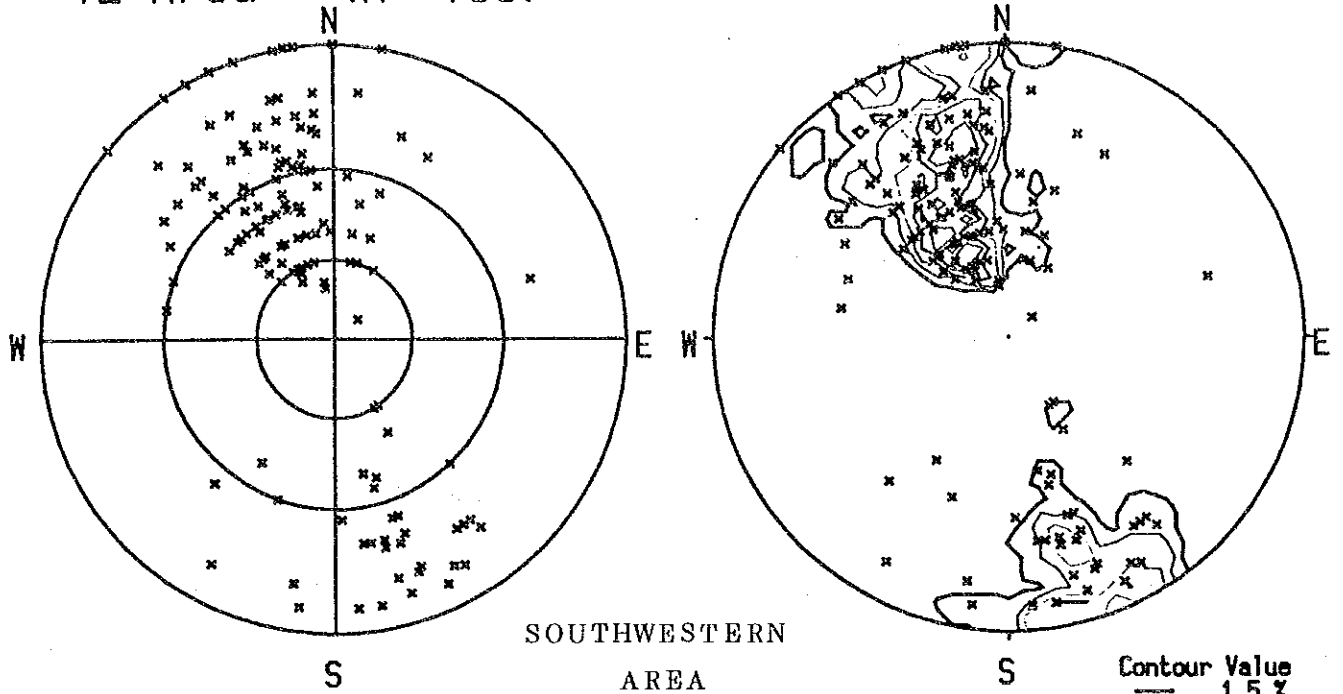


图 2-2-2 地質構造図

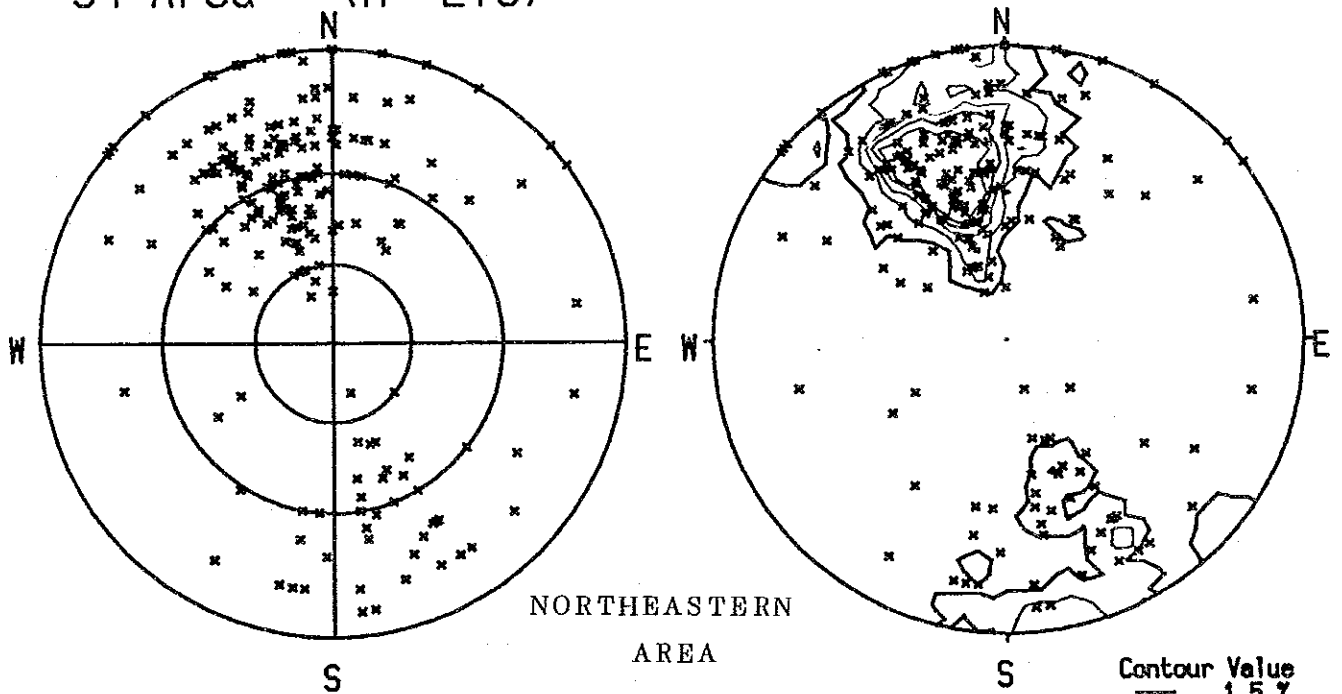
12 Area (n= 165)



SOUTHWESTERN
AREA

Contour Value
 — 1.5 %
 — 3 %
 — 4.5 %
 — 6 %
 — 7.5 %

34 Area (n= 216)



NORTHEASTERN
AREA

Contour Value
 — 1.5 %
 — 3 %
 — 4.5 %
 — 6 %
 — 7.5 %

図 2 - 2 - 3 Foliationの方位投影図

変形を不明瞭にするためである。研究者は、調査時に最も強く記録されている変形を調査地域の最も普遍的変形と認める傾向がある。調査地域においては、Robertson & Du Toit (1981)が指摘するように、少なくとも2回の変形史を認めることができる。

また、ジンバブエ共和国のGreat Dykeの周辺には多くのmafic dykeが知られている(Wilson et al., 1987)。調査地域のdoleriteは東に隣接するUmkondo Formation を貫くdoleriteの延長が存在するとみられ、このdoleriteがソナイト状の変形を受けていないことから、調査地域の変形作用はこのdoleriteの貫入時期 1,700 Ma (Stagman, 1978) より以前と推定できる。これらの総合したものとして図2-2-4及び図2-2-5に調査地域の地質図及び断面図を示した。

2-3 鉍化作用

本調査地域での鉍化帯の出現は概して少ない。調査地域での積極的なこの面での情報の収集とMASVINGO市のMINING COMMISSIONAIREの協力を得て鉍化帯の発掘に努めた結果、下記の鉍化帯を抽出することができた。図2-2-6に鉍化帯分布図、表2-2-1に鉍化帯一覧表を示した。

JEGEDE鉍化帯:マドワカ湖の東方かつMatara Schoolの南方2.5 kmに位置する。母岩はmafic granuliteと考えられるが長石と石英から成る岩石の転石も認められる。しかし、鉍化帯の近くには露頭なく、鉍脈と母岩との直接的な関係は観察できない。鉍脈は強い珪化作用のため風化に耐えているが、周囲は土壌となっている。鉍脈の幅と走向・傾斜はそれぞれ1.2 m, E-W・85 Sであり、石英中に鉍染状あるいは細脈状のlimoniteが認められ、jaspar状を呈する場合もある。局部的には細粒のpyriteが鉍染状及び細脈状で残存している。

規模 3 m (長さ) X 0.6 m (幅) X 1.5 ~ 0.6 m (深さ) の 6 ピットが 30 m X 50 m の範囲に分布している。20~30 mに渡りやや東西に並ぶピットで同様の脈が見られることから脈の連続性は保証できる。案内人によれば、1988年に本鉍化帯からの試料で Au 5.3 g/t を得たという。

鉍石鉍物については、研磨片及び研磨薄片の検鏡結果を総合すると以下の通りである。

研磨片の顕微鏡観察によれば、本鉍化帯の鉍石鉍物は少量のpyrrhotite(径:0.8~0.03 mm), 少量~微量のpyrite(径:0.25~0.03 mm)及び marcasite(径:0.08~0.03 mm), 微量のchalcopyrite(径:0.1

注) 岩石薄片の検鏡による組織の分類はBard(1986)によった。検鏡の結果、調査地域における岩石の組織は、等粒状の組織からテクトニック変成を受けてソナイト状組織をもつものまで認められる。調査地域はLimpopo Mobile Beltと称される地域で、テクトニック変成を強く受けている。変成組織によりその区分が可能と考え、岩石薄片に見られる鉍物の細粒化及び等粒化等に注目して、次の7組織に区分した。

組織区分	テクトニック・グレード
① Isogranular	0
② Polygonal	0
③ Heterogranular	0
④ Framed Porphyroclastic	1
⑤ Protomylonitic	2
⑥ Augenmylonitic	3
⑦ Ribbon Quartz	4

isogranular, polygonal, heterogranular組織は互いにやや異なるが、テクトニック変成は受けていない。従って、鉍物が細粒化していないもので、これをテクトニック・グレード0とした。framed porphyroclastic組織はテクトニック・グレード0の段階の岩石がテクトニック変成を受け、鉍物の粒界において細粒化が始まったもので、これをテクトニック・グレード1とした。protomylonitic組織は、細粒化鉍物がさらに多くなり、原岩の組織が概ね見られなくなる段階である。これをテクトニック・グレード2とした。augenmylonitic組織は原岩中の鉍物が概ね径0.1mm以下に細粒化され、加長石が眼球状にとり残された構造を特徴として細粒化した鉍物の方が多く含まれる段階のもので、これをテクトニック・グレード3とした。ribbon Quartz 組織はaugenmylonitic組織が更にテクトニック変成を受けて石英がソナイト状に配列するようになったもので、これをテクトニック・グレード4とした。

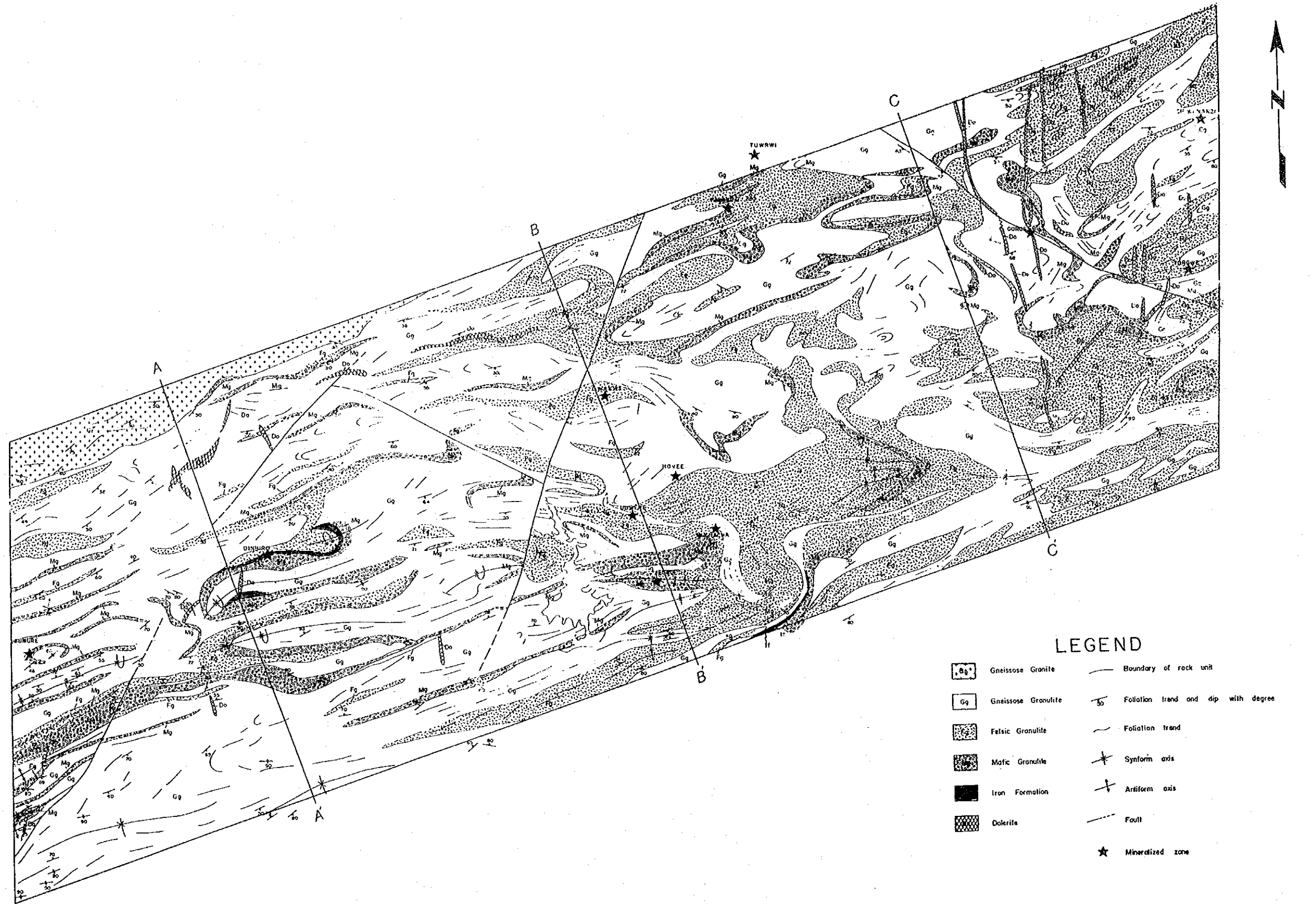


图 2-2-4 地質图

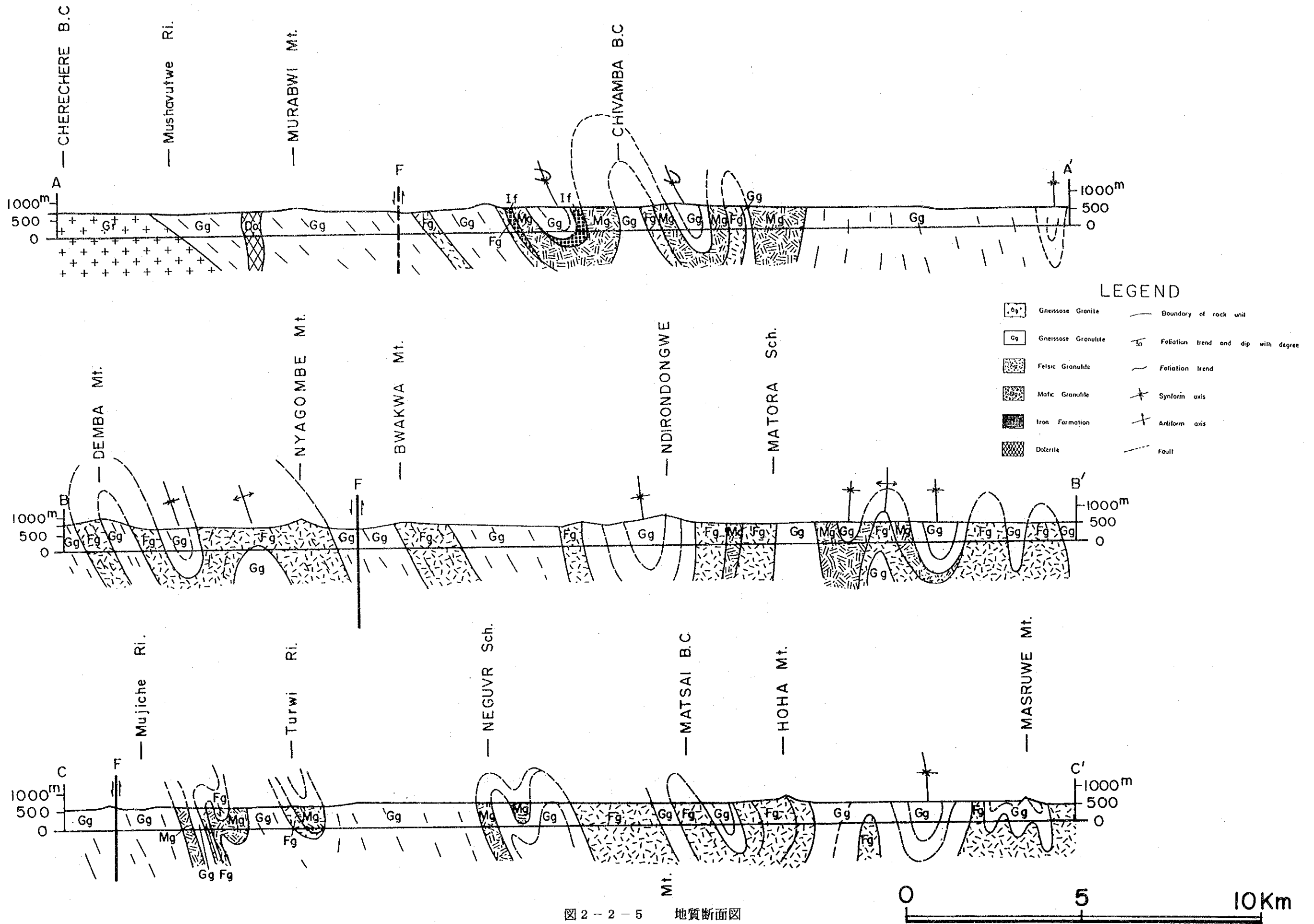


图 2-2-5 地質断面图

~0.01 mm)及びcovellite, 中量のmagnetite-ilmeniteから構成されている。pyrrhotiteは未変質のものも存在するが、多くは変質し、極めて微細なpyrite-marcasiteの集合体や時にはIntermediate pyrrhotite (異方性あり)と推定されるものもある。一部"Birds-Eye Structure"が認められる。pyriteは時にpyrite-marcasite脈として出現することもある。chalcopyriteはpyrrhotiteやpyriteと共生することが多い。covelliteは葉片状集合体を形成し、chalcopyriteの縁辺部に認められることが多い。magnetiteはmagnetite-ilmenite共生体としても出現するが、単独でも出現する。多くの場合Fe-hydroxide化している。

脈石鉱物については、研磨薄片の検鏡結果、脈は多量の石英(径:6~0.3mm)からなり、多分母岩と考えられる部分は斜方輝石(径:1~0.3mm)及び単斜輝石(径:1.5~0.3mm)を含む。斜方輝石の一部はウラ石に変わっている。

本鉱化帯から採取した試料の分析結果を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	12	0.80	763	0.40	367	61	256	207	44
②	6	0.60	67	0.30	228	139	216	99	24

これによれば、本鉱化帯は分析結果上の特徴としては、他の鉱化帯に比較して含有量の高い元素はAs、Cu、Znであり、Auもやや高いといえる。

JUWERE 鉱化帯: マタラ湖の東方かつMatara Schoolの北西方2 Kmに位置する。母岩はgneissose granuliteと考えられる。明確な鉱脈系が認められずその幅と走向・傾斜は明かでないが、ピットでの石英とlimoniteの産状からN-S走向であるらしい。limoniteは石英中に鉱染状あるいは細脈状で認められ、この点ではJEGEDE鉱化帯の産状と似る。局部的には細粒のpyriteが鉱染状及び細脈状で残存している。

規模 3 m (長さ) X 0.6 m (幅) X 1.0 ~ 0.5 m (深さ) の 3 ピットが 20 m 間にほぼN-S方向に配列している。

研磨片の顕微鏡観察によれば、本鉱化帯の鉱石鉱物は微量のpyrrhotite(径:0.8~0.05 mm), pyrite(径:0.05~0.02 mm)、marcasite(径:0.4~0.03 mm), chalcopyrite(径:0.06~0.03 mm)及びcovellite(径:0.01~0.06 mm)から構成されている。pyrrhotiteは未変質のものも存在するが、多くは変質し、極めて微細なpyrite-marcasiteの集合体に変じている。時にはpyriteやchalcopyriteと共生していることもある。pyriteは結晶の集合体を形成することが多いが、pyrrhotiteと共生することもある。chalcopyriteは単独またはpyrrhotiteと共生することが多い。covelliteは葉片状集合体を形成し、chalcopyriteの縁辺部あるいは大部分を交代して生成している。

脈石鉱物については、研磨薄片の検鏡結果は多量の石英(径:6~0.4mm)と中量の角閃石(径:3.5~0.5mm)及び少量の斜方輝石(径:3~0.5mm)が認められる。また、石英の粒間には葉片状あるいは燐片状の緑泥石(径:1~0.3mm)が少量生成されている。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	1461	<0.50	1.00	15.70	324	86	88	258	31
②	97	0.05	1.00	0.20	639	49	194	7	52

分析結果上の特徴としては他の鉱化帯に比較してAu、Bi及びCuが高いことである。

TURWI 鉍化帯: 調査地域の東北部北縁に位置する。母岩は mafic granulite と考えられ、この中に明確な鉍脈系は認められない。しかし、強い珪化帯が認められ、このなかには局部的に極微量のかつ細粒の pyrite の鉍染部分も観察できる。limonite は石英中に鉍染状あるいは細脈状で認められ、その程度は他の鉍化帯に較べて遙かに少ない。

規模 10~30 m (長さ) X 1.0~0.6 m (幅) X 1.0~0.5 m (深さ) の 4 トレンチが 50 m X 50 m の範囲に散在する。各トレンチの延長方向は N-S, E-W 及び NE-SW とばらついている。

鉍化の程度は強いとは考えられず、また硫化物も肉眼的には殆ど認められないことから検鏡のための試料は供しなかった。

分析試料は強珪化岩であった。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	<1.00	<0.50	<1.00	<0.10	22	96	36	630	17
②	<1.00	<0.50	<1.00	<0.10	7	<10	19	326	19

これによれば、分析結果上の特徴としては他の鉍化帯に比較して Cr が高いことである。

PANGANAI 鉍化帯: 調査地域の東北部北縁の近くに位置する。母岩は gneissose granulite と考えられるが、明確な鉍脈系は認められない。10 m X 15 m の範囲に gossan が散在している。gossan は limonite と hematite から成り、しばしば角礫化構造が明瞭であるが、原岩は同定できない。これらの角礫は日本のグリーンツツ地域のエピチマル型鉍脈鉍床に伴われる角礫岩脈 (breccia dyke) と岩相は似る。時に、細粒石英 (径: 1~2 mm) が晶洞に認められることもある。

本鉍化帯は鉍化の程度が強いとは考えられず、また硫化物も肉眼的に認められないことから検鏡のための試料は供しなかった。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	2	0.60	3.00	0.10	15	104	71	630	29

分析結果上の特徴としては他の鉍化帯に比較して Cr が高いことである。

GORGWE 鉍化帯: 本調査地域の東北部、Gorgwe Dip から西方に約 2 km 間に渡り Turwi 川及びその支流に鉍化帯は散在する。母岩は gneissose granulite であり、鉍脈の幅と走向は 0.10 m~1.5 m 及び N30W~N80E と変化に富み、鉍脈も脈状のものから Network 状を呈するものまで多様である。局部的には細粒の pyrite が鉍染状及び細脈状で認められる。本鉍化帯では鉍脈及び Network にはしばしば長石及び石英が伴われることを特徴としている。局部的には緑れん石及び緑泥石も認められる。本鉍化帯では硫化物の絶対量が少ないためか、Gossan は認められない。

研磨片の顕微鏡観察によれば、本鉍化帯の鉍石鉍物は少量の ilmenite-hematite (径: 0.5~0.1 mm) 及び magnetite (径: 0.5~0.05 mm)、微量の pyrite (径: 0.1~0.03 mm) 及び chalcopyrite (径: 0.01~0.001 mm) から構成されている。ilmenite-hematite は難溶共生体を呈している。magnetite は自形あるいは外形不定を呈する。pyrite はしばしば結晶周縁部に Fe-hydroxide を伴う。chalcopyrite は外形

不定で微粒である。

EPMA分析によって本鉍化帯からmillerite(NiS)が認められた。

脈石鉍物については、研磨薄片の検鏡結果は、本鉍化帯の母岩はgneissose granuliteであるが各所における鉍物組成は変化に富んでいる。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	2	<0.50	<1.00	<0.10	18	217	102	<1.00	30
②	2	<0.50	<1.00	<0.10	25	481	68	<1.00	28
③	1	<0.50	<1.00	<0.10	59	527	142	<1.00	64
④	1	<0.50	<1.00	<0.10	45	77	85	353	82
⑤	2	<0.50	<1.00	<0.10	27	161	85	224	20

この表によれば、分析結果上の特徴は、他の鉍化帯に比較してFの含有量が高いことである。

DINHIRO鉍化帯：本調査地域の西部の同名の小山の稜線に、その延長方向と平行して鉍化帯は存在している。母岩はiron formationであり、鉍脈の幅と走向・傾斜は0.30 m~1.5 m<及び N 50 E・7 5 NW である。鉍脈は層状のlimonite及びhematiteからなり、この走向・傾斜は母岩のfoliationと斜交している。その形態は脈状を呈するものが主体をなすが、細部ではnetwork状を呈することもしばしばである。鉍脈及びピットの分布からみて本鉍化帯は単一の脈ではなく、多分平行する複数の脈から構成されるものと考えられる。

研磨片の顕微鏡観察によれば、本鉍化帯の鉍石鉍物は少量のmagnetite-ilmenite(径:1.5~0.1 mm)、Fe-hydroxide(脈幅:2.5~0.03 mm)及び微量のilmenite(径:0.5~0.03 mm)及びpyrrhotite(径:0.3~0.1 mm)から構成されている。magnetite-ilmeniteは離溶共生体を呈し、格子状に離溶しているilmeniteは無変質のままに存在している。pyrrhotiteは楕円形をなし、母岩中に存在している。脈石鉍物については、研磨薄片の検鏡結果、粒径の大きさの不揃いの石英(径:5~0.1mm)のみから構成される。

分析結果上の特徴としては他の鉍化帯に比較してCrとややCuの含有量が高いことである。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	<0.01	<0.50	1.00	0.10	25	14	51	614	23
②	5	<0.50	1.00	0.10	234	32	38	151	16

HOVEE鉍化帯：調査地域の中央部のMukwasini川の上流域に位置している。野外では直接の母岩は不明であるが脈付近にはgneissose granuliteの転石が多い。また、脈の走向(N 40 E)とやや平行してmafic granuliteの露頭が認められる。鉍脈は幅 1.5~3.5 m、石英を基地とし、limonite及びhematiteの縞及び鉍染から主として構成されるが、pyrite及びchalcopyriteの鉍染も残存している。gneissose granuliteは脈の周辺では破碎化を受けた様相を呈し、鉍脈は走向方向に約 20 m は追跡できる。N 35 W 方向の延びをもつ、7 m (長さ) X 2.0 m (幅) X 1.0 m (深さ) のトンネルが掘削されている。

研磨片の顕微鏡観察によれば、本鉍化帯の鉍石鉍物は少量のpyrrhotite(径:1.5~0.03 mm)、微量のpyrite(径:0.2~0.02 mm)、marcasite(径:0.2~0.03 mm)、chalcopyrite(径:0.1~0.01 mm)及び

covellite(径:0.06 mm以下)と中量のilmeniteから構成されている。pyrrhotiteは未変質のものは殆どなく、marcasiteもしくは微小pyrite及びmarcasiteの集合に変じている。多くは変質し、極めて微細なpyrite-marcasiteの集合体や一部"Birds-Eye Structure"が認められる。pyriteは自形を示し、結晶内部に微小marcasiteを含む。marcasiteは殆どがpyrrhotiteからの2次成によるものである。chalcopyriteは外形不定を示し、結晶周縁部はしばしばcovelliteにより交代され、単独あるいはpyrrhotiteと共生している。

covelliteは葉片状集合体を形成し、chalcopyriteの縁辺部に認められることが多い。

ilmeniteは不規則な外形をとり、集合体として出現する。

脈石鉱物については、研磨薄片の検鏡結果では、多量の斜方輝石(径:2.5~0.3mm)・単斜輝石(径:1.5~0.3mm)と中量の石英(径:0.5~0.05mm)及び少量のuralite(径:1.5~0.3mm)から構成されており、鉱物組成は単純である。uraliteは輝石からの変質鉱物である。検鏡結果からは、本鉱化帯の母岩はmafic granuliteと推定できる。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	13	0.06	<1.00	0.10	491	16	552	13	55

分析結果上の特徴としては他の鉱化帯に比較してAu、Cu、Znが高いことである。

MUCHACHA鉱化帯: 調査地域の中央南部のChirezana ヒースセンターの東に位置している。直接の母岩は不明であるが、脈付近にはザ知石を含む mafic granuliteの転石が多い。

鉱脈は幅約 1.5 m、石英を基地とし、limoniteの縞及び鉱染から主として構成されるが、微粒のpyriteの鉱染も残存している。脈の走向は N 80 E であるが、傾斜は明かでない。1.6 m (長さ) X 1.0 m (幅) X 1.0 m (深さ) のピットが掘削されているのみである。

GORGWE鉱化帯以外の他の鉱化帯と鉱化の状況は類似している。

研磨片の顕微鏡観察によれば、本鉱化帯の鉱石鉱物は中量のpyrrhotite(径:3~0.1 mm), 少量~微量のpyrite(径:0.35~0.03 mm)及び marcasite(径:0.3~0.05 mm), 微量のchalcopyrite(径:0.1~0.01 mm)及びcovellite, 少量のFe-hydroxide及びilmeniteから構成されている。pyrrhotiteは未変質のものではなく、多くは変質し、極めて微細なpyrite-marcasiteの集合体に変じている。

一部"Birds-eye structure"が認められる。pyriteは自形を呈する。marcasiteは微小自形結晶の集合体を呈する。chalcopyriteはpyrrhotiteやpyriteと共生することもあり、周縁部はcovelliteによりとり囲まれている。covelliteは葉片状集合体を形成している。ilmeniteは外形不定ときに粒状を呈する。

脈石鉱物については、研磨薄片の検鏡結果、脈そのものは石英から構成されるが、脈に隣接した母岩は、多量の斜方輝石(径:2.5~0.3mm)・単斜輝石(径:5~0.3mm)・uralite(径:2~0.2mm)及び中量のザ知石(径:2~0.2mm)とこれらの間隙を充填して微量の石英(径:0.15~0.05mm)から構成されている。鉱物組成は単純である。uraliteは輝石からの変質鉱物である。本鉱化帯の母岩はmafic granuliteである。

分析結果の抜粋を下記に示す。

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	129	0.70	46.00	1.40	345	57	270	<1	208
②	6	0.50	48.00	0.30	160	17	880	64	42

分析結果上の特徴としては他の鉱化帯に比較してAu、As、Znが高く、ややCuも高い傾向がある。

上記鉱化帯のほかにFUMURE, CHIWANZA, GWAKWA (いずれもAu鉱化帯といわれている) があるも鉱化作用の性格はFe-hydroxideが認められる程度で、鉱化帯の産状は明確ではない。それぞれの鉱化帯からの試料の分析結果を下記に抜粋した。

FUMURE鉱化帯

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	10	<0.50	4.00	<0.50	4	20	21	47	24
②	<1	<0.50	5.00	<0.01	12	<10	26	332	14

分析試料はFe-hydroxideを伴う強珪化作用を受けたものである。

この分析結果によれば、本鉱化帯は他の鉱化帯に比較してCrが高く、一部Auもやや高い。

CHIWANZA鉱化帯

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	<1	<0.50	3.00	<0.01	28	20	22	647	27

分析は強珪化作用を受けた試料について行った。

この分析結果によれば、本鉱化帯もFUMURE鉱化帯と同様、他の鉱化帯に比較してCrが高い傾向が認められる。

GWAKWA鉱化帯

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	1	<0.50	<1.00	<0.10	25	157	37	78	17
②	1	<0.50	1.00	<0.10	13	32	17	5	21

分析は強珪化作用を受けた2試料について行った。

この分析結果によれば、本鉱化帯は、他の鉱化帯に比較して全ての金属元素の含有量が低く、SiO₂の含有量から強い珪化作用を受けているらしい。

調査地域からは外れるが、Renco鉱床からの鉱石試料も分析に供した。

分析結果は下記の通りである。

RENCO鉱床

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	1436	1.50	<1.00	5.30	929	252	108	125	11
②	1497	0.70	<1.00	6.90	2133	<10	71	7	102

分析は母岩の構造がよくわかる試料①と硫化物を多く含む試料②について行った。

この分析結果によれば、本鉱化帯は、他の鉱化帯に比較してAu、Bi、Cuについて高い含有量が注目される。この結果だけからは、硫化物の多少はAu品位には大きく関係していないことが読み取れる。

むしろ、硫化物とCu品位が関連しているかもしれない。

また、Renco鉱床と同様、調査地域からは外れるが、Umkondo鉱床からの試料についても分析を行った。その結果は下記の通りである。

UMKONDO鉱床

	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	F (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)
①	740	<0.5	2	0.1	2751	92	57	<1	19

分析に供した試料はpyriteの鉱染を伴う緻密・堅硬な砂岩である。

この分析結果によれば、本鉱化帯は、他の鉱化帯に比較してAu、Cuについて高い含有量が注目される。

表2-2-1に鉱化帯一覧表を示す。

表 2 - 2 - 1 鉱化帯 一 覧 表

鉱化帯名	鉱化メタル	鉱脈の走向/傾斜 及び脈幅	母岩の地質	主要硫化鉱物
① JEGEDE	Au?	E-W/85S, 1.2m	Mafic Granulite	Po, Py, Mc, Cp, Cv
② JUWERE	Au	N-S/?	Gneissose granulite	Po, Py, Mc, Cp, Cv
③ TURWI	Au?, Cr??	? /?	Mafic Granulite	Po?, Py?
④ PANGANAI	Au?, Cr??	? /?	Gneissose granulite	Po?, Py?
⑤ GORWGE	Au??	N30W~N80E/?	Gneissose granulite	Py, Cp, Mil*
⑥ DINHIRO	Au?, Cu, Cr?	N50E/75NW, 0.3~1.5m	Iron Formation	Po,
⑦ HOVEE	Au, Cu, Zn	N40E/?	Mafic Granulite	Po, Py, Mc, Cp, Cv
⑧ MUCHACHA	Au, Cu, Zn	N80E/?	Mafic Granulite?	Po, Py, Mc, Cp, Cv
⑨ FUMURE	Au?, Cr?	? /?	Mafic Granulite?	? ?
⑩ CHIWANZA	Cr?	? /?	Gneissose granulite?	? ?
⑪ GWAKWA	Au?, Cr?	? /?	Felsic Granulite?	? ?

* : millerite(NiS)

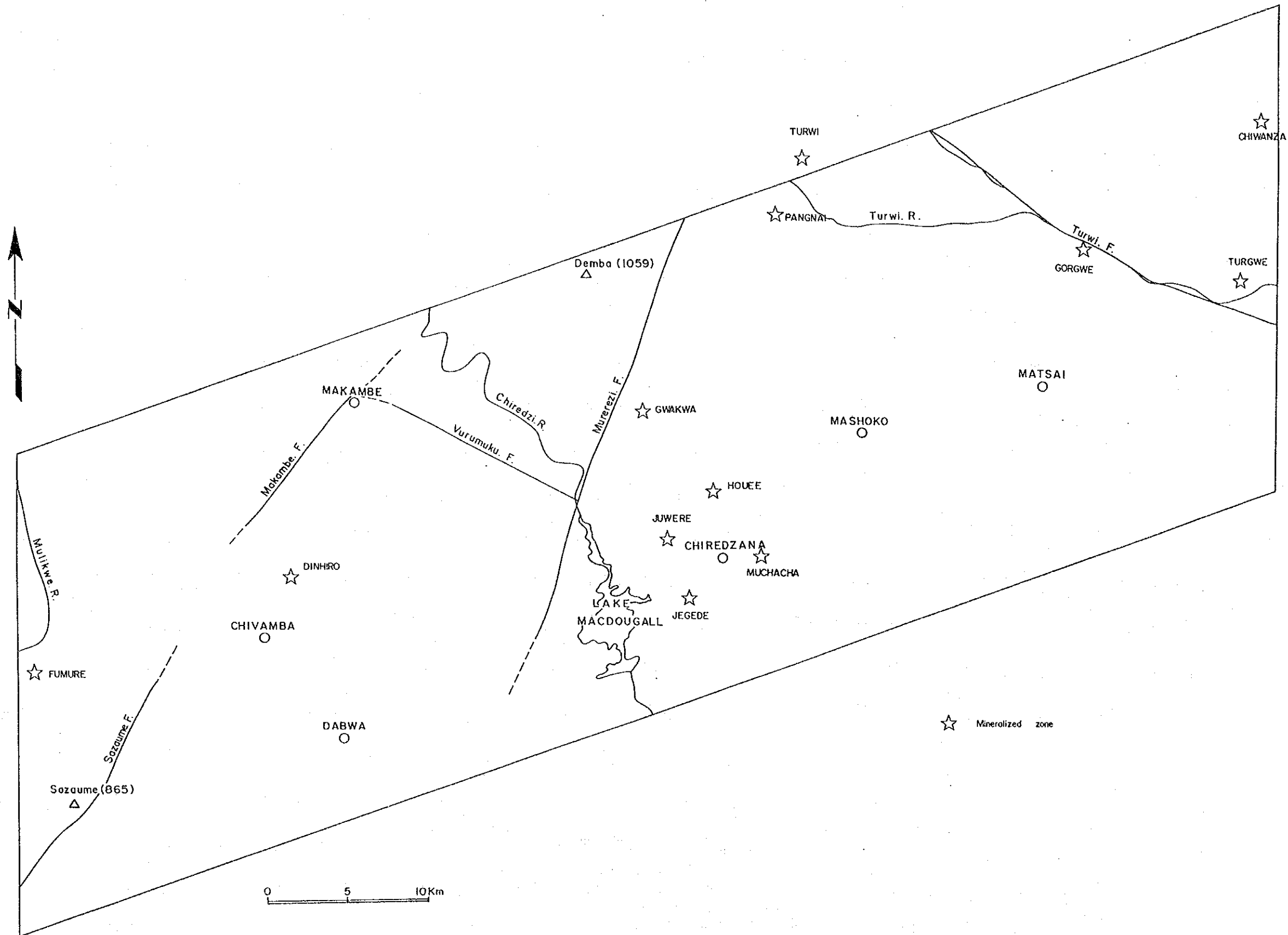


图 2-2-6 鉍化带分布图

第3章 河床堆積物による地化学探査

3-1 調査方法

(1) 試料採取

河床堆積物による地化学探査では、調査地域全域が網羅されるように、前もって設定された試料採取点を地形図で確認しながら採取を行った。調査地域2,300km²から2,305個の河床堆積物と150個のハンキング試料を採取した。試料の採取場所は、沢の岸、中洲、あるいは岩蔭等である。試料は-80メッシュサイズ'のものを約70~80グラム見当を採取した。

(2) 試料の調整及び分析の検出限界

試料は現地(Chiredzi)で重量と試料の内容のチェック及び試料リストの作成後、飯島興産(株)分析センターに空送した。分析の検出限界は下記の通りである。

Au	1	ppb
Ag	0.5	ppm
As	1	ppm
Bi	0.1	ppm
Cu	1	ppm
F	20	ppm
Zn	1	ppm
Cr	1	ppm
Ni	1	ppm
Fe	0.01	%

Au, As, Biについては、検出限界以下の頻度が高いが、これらの指示元素の統計処理にあたっては、検出限界以下の値をそれぞれ0.5 ppb, 0.5 ppm, 0.05 ppm と仮定した。また、その他の検出限界以下の値については限界値の半分を統計処理では適用した。

(3) 分析値の統計処理

本調査で採取された試料2,305個の河床堆積物と150個のハンキング試料について上記10成分について、単一変量解析及び多変量解析を行った。これまで地化学探査データの解析の場合、経験的に地化学試料に含まれる微量元素の含有量の頻度分布は対数正規分布をすることが知られている(Lepeltier, 1969)。従って、ある指示元素の大部分が示す対数正規分布(バックグラウンド母集団)からの偏倚(異常母集団)に注目するのが一般的な異常値の決定法である。地化学探査では通常バックグラウンド母集団と異常母集団の複合したものを取扱うことになり、かつこの両者をいかに実体に即した区分をするかが重要となる。特に、対象とする複合母集団が対数正規分布をする場合にはともかく、それから偏倚しているような母集団を含む場合は特別の配慮が必要である。この問題の解決法としてLepeltier(前出)やSinclair(1976)による累積頻度分布曲線を用いたバックグラウンド値と許容値の決め方が広く適用されている。しかし、本調査では指示元素の値が対数正規分布をするものが多いことから、基本統計量(幾何平均 m 、標準偏差 σ) から許容値及びバックグラウンド値の決定を行った。

6区分した地質単元のうち、

- Dolerite : (コード1)、
- Iron Formation : (コード2)、
- Gneissose Granite : (コード6)

については地質単元としては分布域が狭少であるため、河床堆積物も他の地質単元の影響をうけた

ものが採取される傾向が強くと、主成分分析結果では、全地質単元の結果を適用した。その他

Mafic Granulite : (コト'3)

Felsic Granulite : (コト'4)

Gneissose Granulite : (コト'5)

については試料の個数も多いので、それぞれ個別に結果についてのまとめを行った。

3-2 調査結果

(1) 後背域の地質と指示元素含有量

調査の対象となった河床堆積物中の指示元素含有量は、それが由来した後背域の地質状況及び鉱化・変質作用の程度に左右される。従って、それぞれの地質単元毎の地化学特性を表2-3-1に示す。この表によれば、調査地域における全地質単元と各地質単元のそれぞれの元素の幾何平均値との対比を行った。指示元素ごとの特徴は下記の通りである。ただし、コト'2は個数が4と極端に少ないので下記の議論からは除外した。

Au : 全地質単元の幾何平均値は0.74 ppbであるが、コト'5では0.78 ppbで最も高い。しかし、その差は僅かである。調査地域の本元素について他の地域の地化学特性(Flanagan, 1976; Vinogradov, 1962 : 以下同様)と比較した場合、調査地域のAu含有量は低いと指摘できる。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は1,496 ppbである。

Ag : 全地質単元の幾何平均値は0.52 ppmであるが、コト'6では0.72 ppmで最も高い。しかし、その差は僅かである。調査地域の本元素について他の地域と比較した場合、調査地域のAg含有量は全般的には高いことが指摘できる。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は231.1 ppmである。

Cu : 全地質単元の幾何平均値は11.74 ppmであるが、コト'1では19.68 ppmで最も高い。

調査地域を本指示元素について他の地域と比較した場合、調査地域のCu含有量はコト'6とGraniteではほぼ似た含有量をもつが、全般的には調査地域の本指示元素はかなり低いことが指摘できる。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は202 ppmである。

F : 全岩相の幾何平均値は54.25 ppmであるが、コト'6では93.07 ppmで最も高い。

調査地域の本指示元素について他の地域と比較した場合、全般的には調査地域の本指示元素含有量は低いことが指摘できる。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は527 ppmである。

Zn : 全地質単元の幾何平均値は51.08 ppmであるが、コト'3では62.55 ppmで最も高い。

調査地域の本指示元素について他の地域と比較した場合、調査地域の指示元素の方がやや低含有量の傾向がある。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は1,060 ppmである。

Cr : 全地質単元の幾何平均値は30.90 ppmであるが、コト'3では48.09 ppmで最も高い。

調査地域の本指示元素について他の地域と比較した場合、調査地域の指示元素は地質単元毎にほぼ似た含有量を示すが、後者では岩石種により大きく指示元素含有量が浮動する。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は605 ppmである。

Ni : 本指示元素含有量はCrの地化学的特性とよく似ている。全地質単元の幾何平均値は30.08 ppmであるが、コト'3では42.40 ppmで最も高い。

調査地域の本指示元素について他の地域と比較した場合、調査地域の指示元素はCrの場合と同様に

表 2-3-1 指示元素の統計パラメータ

ROCK NAME	NO. OF SAMPLE	G E O M E T R I C								M E A N (P P H)								T H R E S H O L D (P P M)								M I N I M U M V A L U E (P P M)								M A X I M U M V A L U E (P P M)												
		\bar{x}	σ	C_v	C_x	C_u	C_l	C_n	C_p	\bar{x}	σ	C_v	C_x	C_u	C_l	C_n	C_p	\bar{x}	σ	C_v	C_x	C_u	C_l	C_n	C_p	\bar{x}	σ	C_v	C_x	C_u	C_l	C_n	C_p													
ALL GEOLOGICAL UNIT	2,305	0.74	0.50	0.34	0.05	11.74	54.55	51.05	30.50	30.00	2.03	3.28	1.17	0.06	74.10	393	220	151	14.70	10657	466	324	224	151	14.70	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	6	0.5	0.5	0.5	0.16	684	221.0	34.0	5.00	202	527	1060	605	1672	28.72	
DIORITE	33	0.70	0.63	0.52	0.05	18.08	66.82	55.23	36.07	32.26	1.95	3.68	1.13	0.06	74.10	392	224	151	14.70	10557	466	324	224	151	14.70	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	10	11.0	4.0	3.0	1.04	4	5.9	2.0	0.10	177	459	201	100	200	37.69	
IRON FORMATION	1																																													
MAFIC GRANULITE	1	0.71	1.40	0.90	0.05	14.89	35.46	24.52	37.40	47.64	4.53	3.68	1.13	0.06	74.10	389	223	151	14.70	10877	466	324	224	151	14.70	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	10	10	22.0	15.0	21.0	2.23	2	1.4	0.5	0.05	34	527	713	108	57	7.91
FELSIC GRANULITE	3	0.77	0.57	0.64	0.05	16.35	68.61	52.55	48.03	42.40	3.97	4.15	1.03	0.09	87.20	418	230	150	17.80	9038	442	282	182	148	14.20	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	8	2.0	0.5	1.0	0.33	209	22.6	14.0	0.50	177	494	467	605	395	26.95	
FELSIC GRANULITE	4	0.69	0.41	0.53	0.05	10.27	56.47	34.55	30.52	24.55	2.95	2.71	1.06	0.09	70.10	411	229	141	14.20	1108	466	324	224	151	14.70	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	10	0.5	0.5	0.5	0.21	67	8.6	15.0	0.50	202	478	1060	468	1072	21.59	
GREISSE GRANULITE	1,249	0.76	0.58	0.56	0.05	11.83	49.37	50.35	28.18	28.96	3.44	4.57	1.03	0.09	74.00	393	223	151	14.70	10557	466	324	224	151	14.70	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	9	0.5	0.5	0.5	0.16	684	221.1	34.0	5.00	177	411	390	554	425	42	
GREISSE GRANITE	49	0.55	0.73	0.51	0.05	8.22	59.07	28.79	26.45	31.90	1.68	4.57	1.03	0.09	74.10	393	223	151	14.70	10557	466	324	224	151	14.70	0.5	0.25	0.5	0.05	0.5	10	2.0	0.5	5.0	0.16	2	6.3	1.0	0.10	26	238	88	115	96	6.72	
PAIRED SAMPLES	150	0.92	0.47	1.05	0.07	10.63	54.66	45.83	11.77	38.46	9.42	11.63	1.01	0.12	84.10	708	955	395	293	83.60	0.5	0.25	0.5	0.05	1.0	10	18.0	0.5	4.0	0.87	1510	15.0	7.0	0.90	66	297	66	297	175	312	37.00					

319 : MEAN(+2 STANDARD DEVIATION)
 708 : MEAN(+3 STANDARD DEVIATION)

	As	Be	B	Bi	Cd	Cu	F	Zn	Cr	Ni	Fe
MAFIC ROCK	4.00	0.10	2.00	0.01	100	370	130	200	100	8.56	
INTERMEDIATE ROCK	0.07	2.40	0.01	35	500	72	50	55	5.85		
GRANITE	1.00	0.05	0.25	0.43	12	1,230	85	7	5	1.85	
FELSIC ROCK	4.50	0.05	1.50	0.01	20	600	6	25	8	2.70	
MICA SCHIST	0.30	-	-	-	30	-	70	70	50	4.30	

.. : NO DATA

地質单元毎にほぼ似た含有量を示すが、後者では岩石種により大きく指示元素含有量が浮動することが特徴である。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は1,612 ppmである。

Fe : 全地質单元の幾何平均値は3.08 %であるが、コード3では3.87 %で最も高い。

調査地域の本指示元素について他の地域と比較した場合、調査地域の本指示元素とほぼ似た含有量を示す。

調査地域の本指示元素含有量の最大値は38.72 %である。

AsとBiについては、含有量の殆どが検出限界以下で地化学的特性の把握は難しい。

また、指示元素の累積頻度曲線は調査地域の指示元素の地化学的特性を把握するのに有効であり、特に累積頻度曲線がpositive skewnessを示すかnegative skewnessを示すかで、標的とする鉱化作用の優劣を判断できる場合もある。調査地域のAuについて全地質单元の特徴は下記の通りである。

Au : 図2-3-1に示されるよう一種のpositive skewnessを示している。この図からは3個の母集団から構成されている。すなわち、全体の約74 %、25.5 %及び0.5 %を占める各母集団である。統計的に決定したツイ値は第2母集団の高含有部分(約2%)と第3母集団を含む。

その他にPositive Skewnessを示すものとしては、Ag、As及びBiがある。

一方、150個のハンテック試料についてもほぼ似たような傾向が認められた(図2-3-2)。

(2) ツイ値の決定

ツイ値の決定は累積頻度曲線上でpositive skewnessを示すものが少ないことから下記の基準により異常値及び強異常値に区分した。異常値と強異常値の区分の基準は下記の通りである。

$$\text{異常値} = \text{幾何平均}(m) + \text{標準偏差}(2\sigma)$$

$$\text{強異常値} = \text{幾何平均}(m) + \text{標準偏差}(3\sigma)$$

全地質单元及び各地質单元毎のツイ値(異常値及び強異常値)は表2-3-1に示した。

各地質单元での特性を概述すれば下記の通りである。

Au : 本指示元素のツイ値(ここでは異常値:以下同じ)で最も高い値を示すのはコード5(4.57 ppb)であり、最も低いツイ値を示す地質单元はコード4(2.71 ppb)である。

Ag : 本指示元素のツイ値で最も高い値を示すのはコード3(4.09 ppm)であり、最も低いツイ値を示す地質单元はコード4(1.96 ppm)である。

As, Bi, F, 及びZn : これらの指示元素は地質单元毎に大きなツイ値の違いを示さない。

Cu : コード3が最も高いツイ値(97.2 ppm)を示すが、その他の地質单元は似たツイ値を持つ。

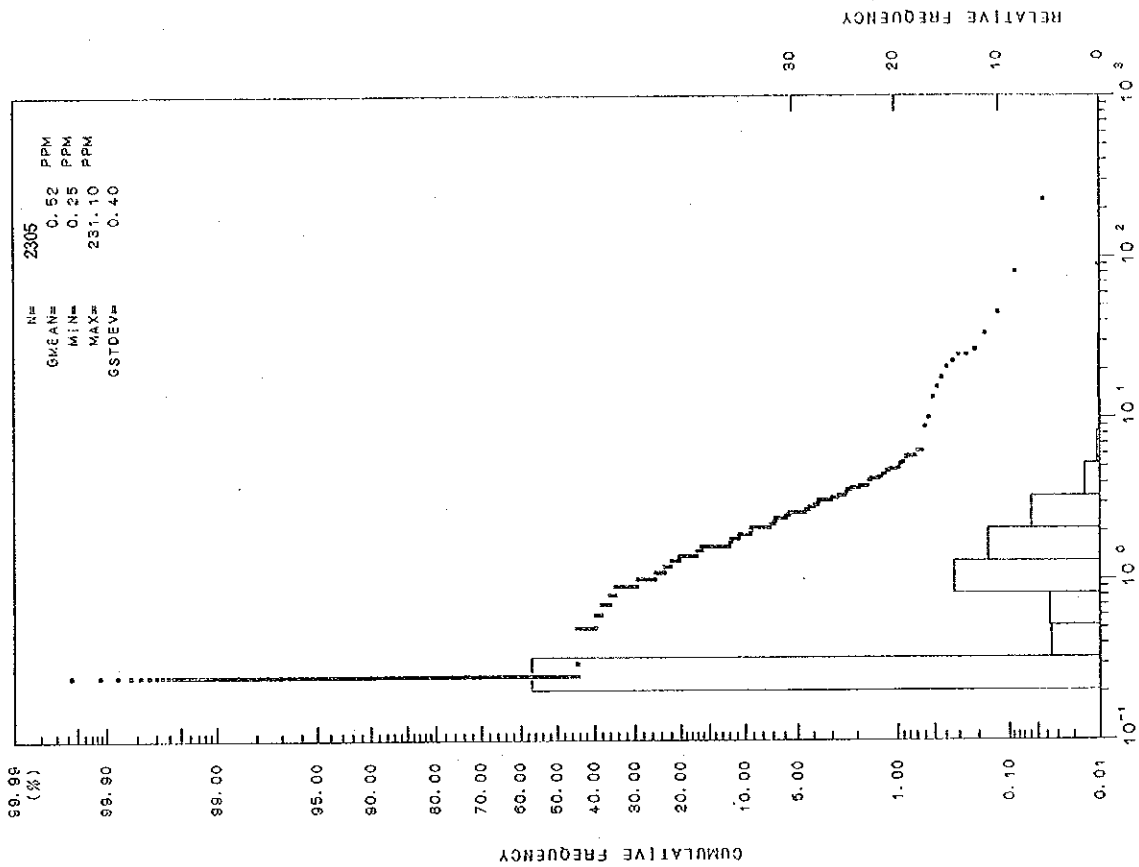
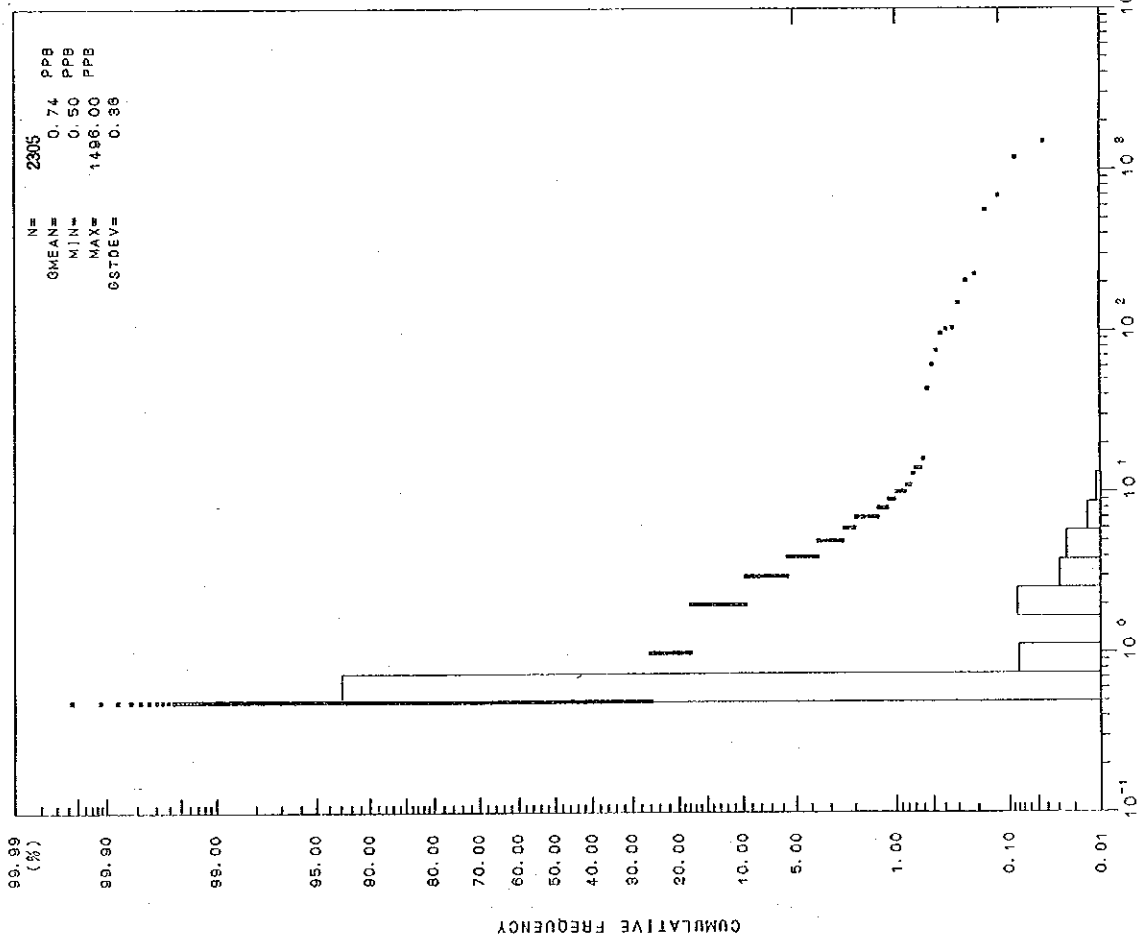
Cr : Cuと同じようにコード3が最も高いツイ値(549 ppm)を示すが、その他の地質单元は似たツイ値を持つ。

Ni : Crと同じくコード3が最も高いツイ値(200 ppm)を示し、その他の地質单元は似たツイ値を持つ。

Fe : CrやNiと同じくコード3が最も高いツイ値(17.8 %)を示す。その他の地質单元は似たツイ値を持つ。上記の通り、コード3で各指示元素のツイ値は最も高くなる傾向が明瞭である。

(3) 指示元素間の相関係数

全般的には各地質单元において各指示元素間の相関係数は小さい。これは各指示元素の濃集が個別の起源を持つ傾向があることを示唆している。各地質单元での指示元素の相関係数から読み取れる中度以上を示す主要な地質单元の概要は下記の通りである。

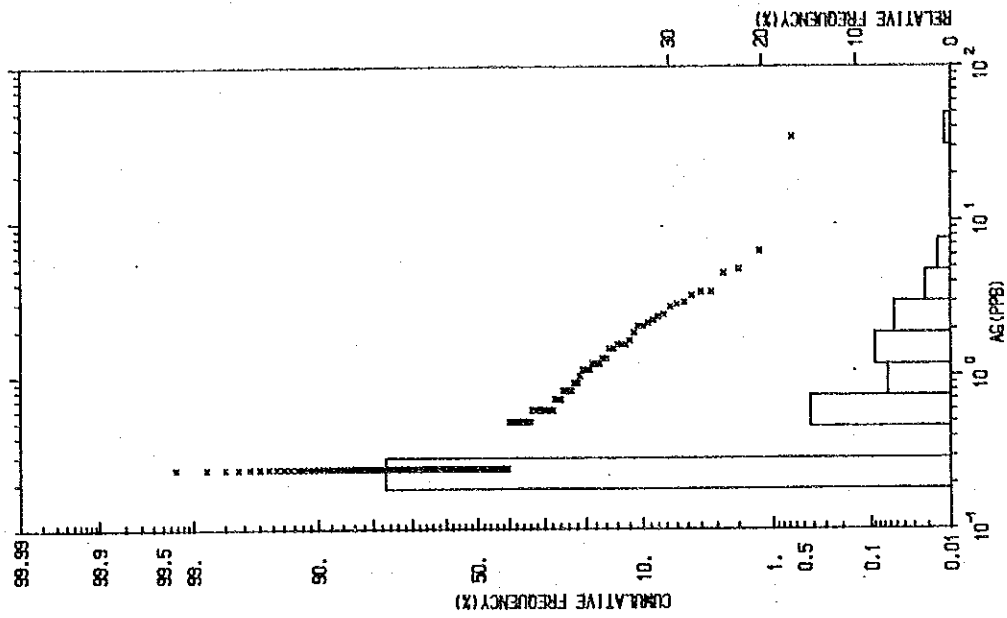


AU(PPB)

AG(PPM)

図 2 - 3 - 1 頻度分布と累積頻度曲線 (Au, Ag)

###:AS.PRN###



###:AU.PRN###

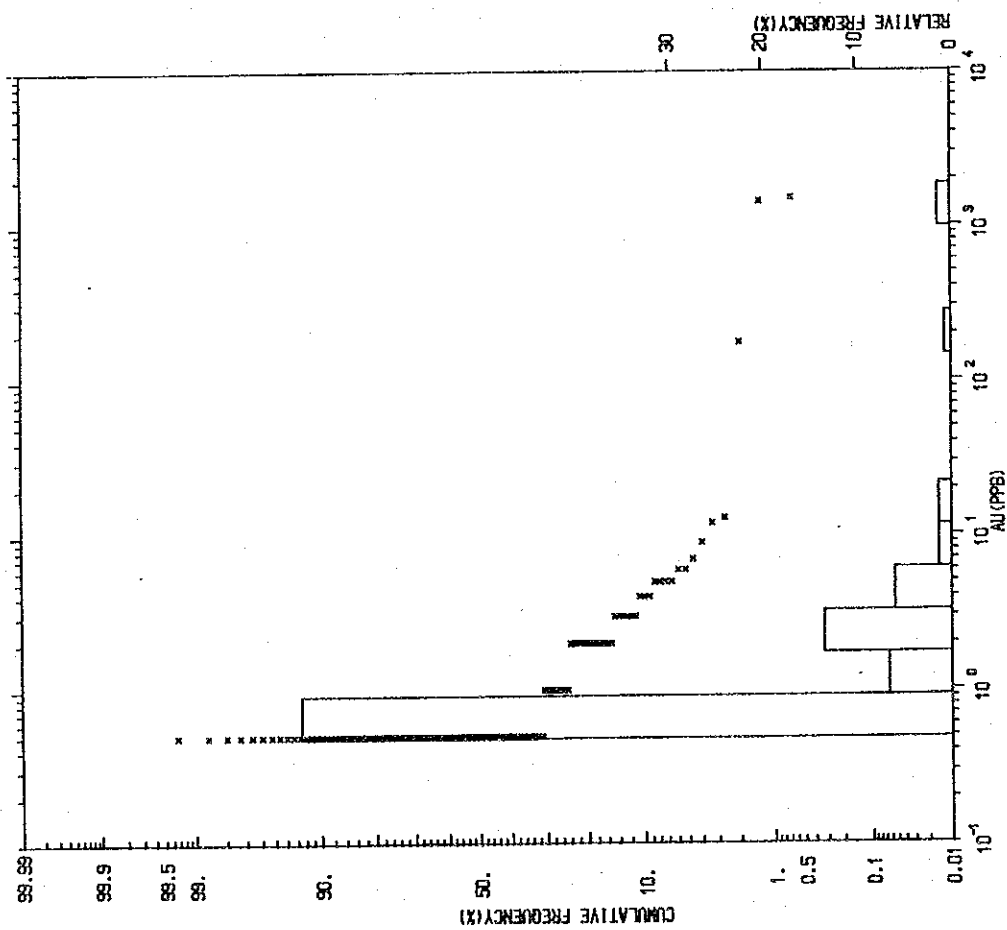


図 2 - 3 - 2 頻度分布と累積頻度曲線 (V'ニソカ) 試料: Au, Ag

全地質单元：Cu-Ni, Cu-Fe, F-Ni, Zn-Fe, Cr-Ni, Ni-Feが中度の相関をもつ。
 これらのうちやや強い相関関係のあるものはZn-Feだけである。

モード3：本モードでは、次の元素間で相関が認められたが、これらのうち強い相関関係を示すものはない。

Ag-Cu, Cu-Ni, Cu-Fe, F-Ni, Zn-Fe, Cr-Ni

モード4：本モードでは、次の元素間で相関が認められた。

Cu-Cr, Cu-Fe, F-Ni, Zn-Fe, Cr-Ni, Ni-Fe

これらのうちやや強い相関関係のあるものはZn-Fe、強い相関関係を示すものはない。

モード5：Cu-Fe, Zn-Fe, Cr-Ni, Ni-Feで中度以上の相関が認められた。これらのうちでもZn-Feは強い相関が認められる。

パソニック試料：本試料についてはAg-Cu, Ag-Zn, Cu-Zn, Cu-Fe, Zn-Feで相関が認められる。特に、Zn-Feは強い相関を示す。

(4) 主成分分析

単一変量解析では抽出できない指示元素間の相関係数を多次元での分布特性から求めることにより、調査地域での地化学異常の性格づけと評価に適用した。

表2-3-2～表2-3-4に全地質单元及びパソニック試料についての主成分分析結果を示した。以下に主成分分析結果を要約する。

全地質单元：調査地域の全般的地化学特性を示すものである（表2-3-2）。この表によれば、第1主成分の全主成分に対する寄与率は約30%であり、全体の3分の1近くを占めるに留まる。第5成分までの寄与率の合計は約73%であり、全成分の変動の大半が説明されることになるが、各指示元素間での相関関係が低いことからこの寄与率は高いとは云えない。第1主成分から第5主成分までの寄与率の変化に注目しても、序々にその率の低下傾向が認められ、調査地域に適用した指示元素は多くの要因により影響を受けているらしいことが推察できる。因子負荷量は変量（指示元素の含有量）の主成分に対する相関係数からなるが、これを見ると、第1主成分では、Cu-Zn-Ni-Feといずれも強い相関(0.70～0.81)をもつ。従って、これらの指示元素の濃集（例えば、鉱化作用）と関連した主成分と解される。

第2主成分では、Agと強い負の相関(-0.78)を持ち、一方、Crと中度の相関(0.58)を持つ。これらの指示元素の濃集の程度は、それぞれ負の低主成分得点あるいは正の高主成分得点として反映される。

第3主成分では、Au-As-Biととの中度の相関(0.56～0.63)で特徴づけられる。従って、これらの指示元素の組合せのがつくる濃集帯では高い主成分得点が期待できる。

第4主成分は、中度のAuとの負の相関及びZnとの正の相関で特徴づけられるが、地化学特性は明瞭ではない。また、その寄与率も約10%と低い。

第5主成分は、中度のAuとの正の相関及びAsとは負の相関で特徴づけられる。従って、第4主成分と第5主成分の因子負荷量の構造から判断して、調査地域のAu鉱化作用（寄与率から推察してその事例

注) 相関係数で示される相関の程度は一般にみとめられている下記の基準によった。

0.00	～	±0.20	ほとんど相関がない
±0.20	～	±0.40	弱い相関がある
±0.40	～	±0.70	中度の相関がある
±0.70	～	±1.00	強い相関がある

は少ない)のあるものは、Zn及びAsとはむしろ逆相関の性格をもつものがあるらしいことが読み取

表 2 - 3 - 2 主成分分析結果一覽表 (全地質單元)

PRINCIPAL COMPONENT	EIGEN-VALUE	CONTRIBUTION RATIO	E I G E N V E C T O R										F A C T O R L O A D I N G										S C O R E	
			Au	Ag	As	Bi	Cu	F	Zn	Cr	Ni	Fe	Au	Ag	As	Bi	Cu	F	Zn	Cr	Ni	Fe	MAXIMUM	MINIMUM
Z1	2.9107	0.2911 (0.2911)	0.05	0.12	0.15	0.11	0.42	0.32	0.41	0.26	0.45	0.48	0.08	0.20	0.25	0.18	0.72	0.55	0.70	0.44	0.77	0.81	5.531	-6.161
Z2	1.3215	0.1321 (0.4232)	-0.04	-0.68	0.01	-0.10	-0.30	0.33	0.03	0.51	0.18	-0.18	-0.05	-0.78	0.01	-0.12	-0.35	0.38	-0.03	0.58	0.21	-0.21	2.808	-4.461
Z3	1.1293	0.1130 (0.5362)	0.50	-0.16	0.57	0.59	-0.11	-0.20	0.01	-0.01	-0.03	-0.05	-0.53	-0.17	0.60	0.63	-0.12	-0.21	0.01	-0.01	-0.04	-0.06	10.705	-1.851
Z4	0.9968	0.0996 (0.6358)	-0.61	-0.32	0.11	0.26	-0.20	-0.07	0.45	-0.31	-0.20	0.24	-0.61	-0.32	0.11	0.26	-0.20	-0.07	0.45	0.31	-0.20	0.24	4.938	-6.399
Z5	0.9077	0.0908 (0.7266)	0.60	-0.27	-0.48	-0.10	-0.11	0.09	0.37	-0.31	-0.15	0.21	0.57	-0.26	-0.46	-0.96	-0.11	0.09	0.36	-0.29	-0.14	0.20	5.537	-4.834
Z6	0.8795	0.0880 (0.8146)	-0.12	0.05	-0.60	0.74	0.08	0.12	-0.16	0.09	0.09	-0.14	-0.11	0.05	-0.56	0.69	0.08	0.11	-0.15	0.09	-0.09	-0.13	12.627	-7.499

れる。本地質単元の頻度分布と累積頻度曲線を図2-3-3に示した。

ハノンガ 試料：試料数（150個）がやや少ないが、以下に分析結果を概述する。分析結果は表2-3-3に示す。この表によれば、第1主成分の全主成分に対する寄与率は29%であり、全体の3分の1以下と低い。第5成分までの寄与率の合計は81%であり、全成分の変動の大半が説明されることになるが、各指示元素間での相関関係が低いことからこの寄与率は高いとは云えない。第1主成分から第5主成分までの寄与率の変化に注目しても、極めて序々にその率が低下する傾向が認められ、指示元素の含有量が、多くの要因の影響下にあることを示唆している。因子負荷量に注目すると各主成分毎の特徴は下記の通りである。

第1主成分では、Ag-Niと中度の相関(0.40~0.65)及びCu-Zn-Feと強い相関(0.82~0.89)をもつ。従って、これらの指示元素の濃集と関連した主成分と解される。

第2主成分では、F-Crと強い相関(0.75~0.77)及びNiと中度の相関(0.66)もつ。これらの指示元素の濃集のは、それぞれ正の高主成分得点として反映される。

第3主成分では、As-Biとの中度の相関(0.55~0.71)で特徴づけられる。従って、これらの指示元素の組合せの濃集は高い主成分得点が期待できる。

第4主成分は、Auとの高い相関(0.83)とAsとの中度の相関(0.46)で特徴づけられる。従って、これらの指示元素の濃集は高い主成分得点として捕捉される。

第5主成分については、Bi-Crで中度の相関が認められるものの、特記できる地化学特性を明かにすることはできない。

ハノンガ 試料の頻度分布と累積頻度曲線を図2-3-4に示した。

(5) 地化学探査異常の評価

調査地域の地化学異常帯はAu, Agの他はAs及びBiが異常値の集中を形成する以外は単元素が単独に散在的異常帯を形成するに留まる。

Au及びAg異常帯と他の指示元素の異常帯との関係の概要は下記の通りである。

Au：本元素の異常帯は下記の13帯が抽出され、それは表2-3-4に示す通りである。

これらの異常帯の地化学的特性の概要は次のように要約される。

I_{Au}：本異常帯にはZnの2異常値、J-ト 4の第4主成分得点(Au-Asと相関が高い：以下同じ)の4異常値、ハノンガ 試料の第4主成分得点の2異常値(Au)が含まれる。これから本異常帯の評価としては、主としてAsを伴い時にはZnをも伴うAu鉱化作用が予想できる。

II_{Au}：Znの2異常値及びFeの1異常値が含まれるに留まる。

III_{Au}：Asの2異常値、Biの6異常値、Znの1異常値、Niの1異常値及びFeの2異常値が含まれる。J-ト 3では第3主成分得点(Zn-Fe)で2異常値及び第5主成分得点(Au-As-Bi)で1異常値、J-ト 4では第4主成分得点(Au-As)で1異常値が含まれる。J-ト 5では第3主成分得点(Au-As-Bi)で2異常値及び第4主成分得点(1Au-As)1異常値が含まれる。

参考までにJ-ト 1の第1主成分得点(As-Bi-Cu-F-Zn-Ni-Fe)では1異常値が含まれる。

IV_{Au}：Biの2異常値とJ-ト 4の第4主成分得点(Au-As)の4異常値が含まれる。一方、ハノンガ 試料(As-Bi)の1異常値及び第4主成分得点(Au)の2異常値が本異常帯中に含まれる。

V_{Au}：Agの1異常値、Biの3異常値、Cuの1異常値、Znの1異常値及びFeの1異常値が含まれる。J-ト 3では第3主成分得点(Zn-Fe)の1異常値が含まれる。また、Gwakwa鉱化帯は本異常帯の近傍に位置

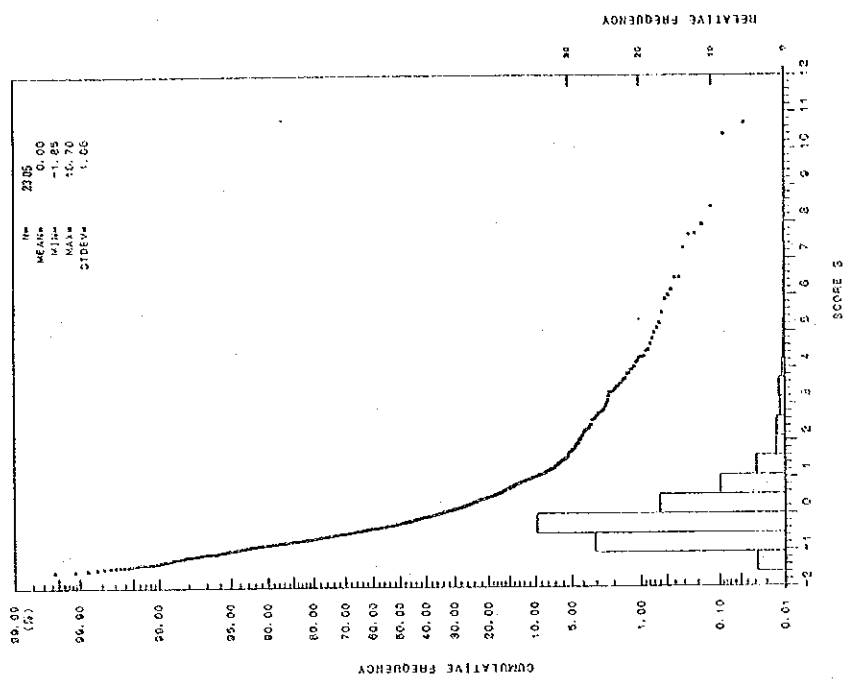
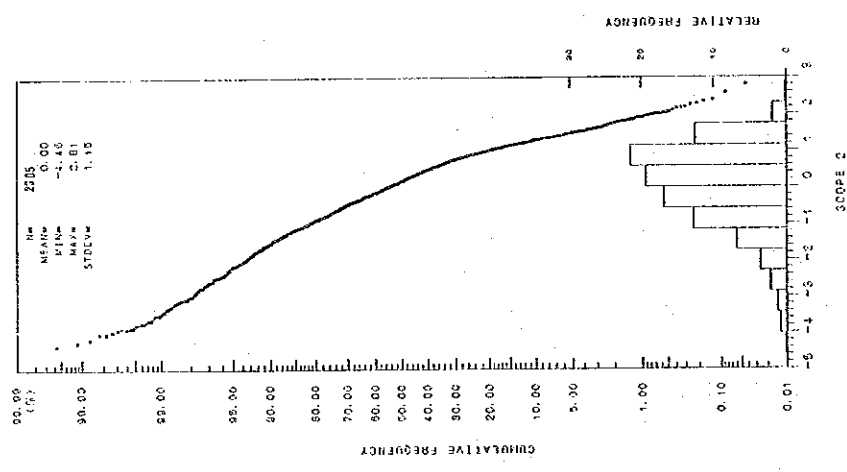
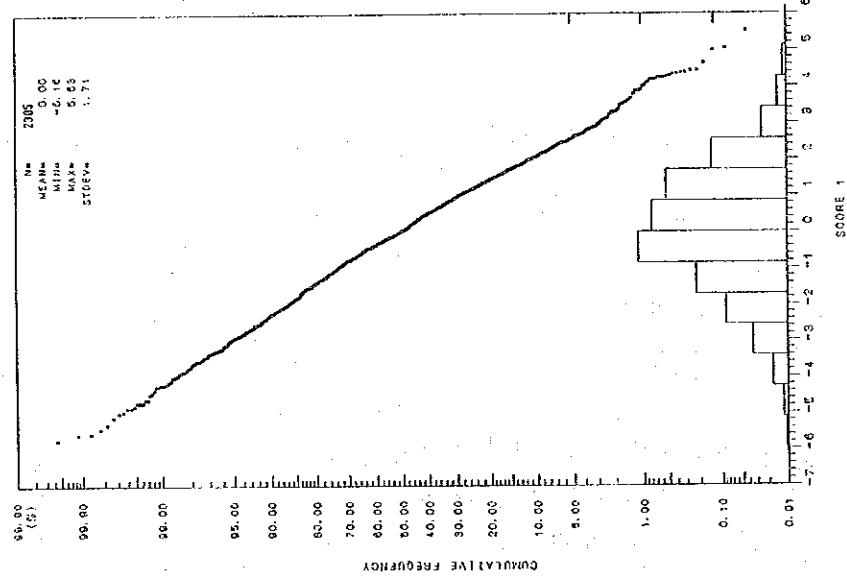


図 2-3-3 全地質单元による頻度分布と累積頻度曲線 (第1~3主成分得点)

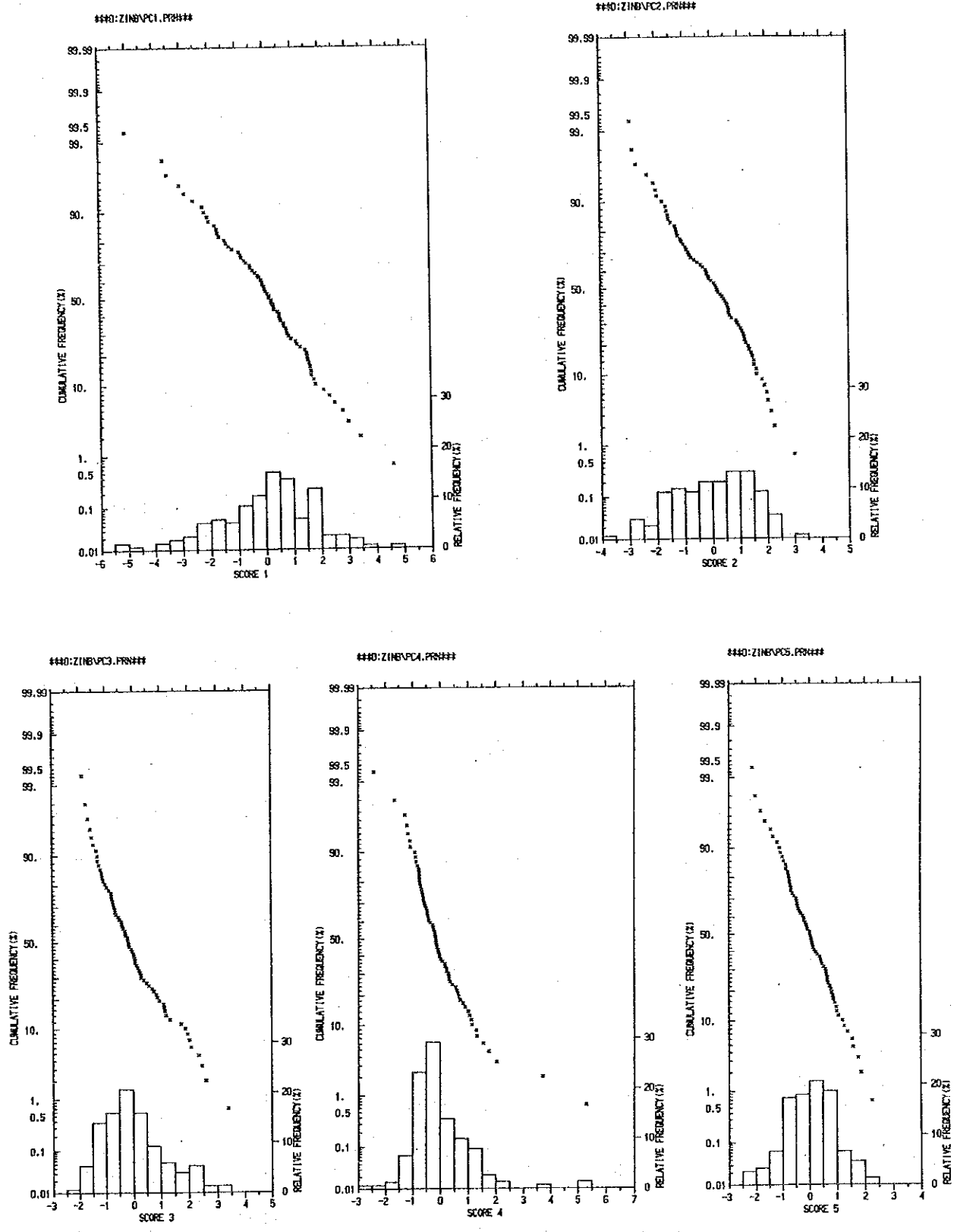


図 2 - 3 - 4 ハニヤク試料の頻度分布と累積頻度曲線 (第1~5主成分得点)

表 2 - 3 - 3 主成分分析結果一覧表 (ハンニガ 試料)

PRINCIPAL COMPONENT	EIGEN-VALUE	CONTRIBUTION RATIO	E I G E N V E C T O R										F A C T O R L O A D I N G										S C O R E	
			Au	Ag	As	Bi	Cu	F	Zn	Cr	Ni	Fe	Au	Ag	As	Bi	Cu	F	Zn	Cr	Ni	Fe	MAXIMUM	MINIMUM
Z1	2.954	0.295	0.09	0.38	0.13	0.02	0.48	0.13	0.52	-0.07	0.24	0.51	0.16	0.65	0.22	0.04	0.82	0.22	0.89	-0.12	0.40	0.88	4.622	-5.021
Z2	1.853	0.185	-0.15	-0.23	-0.12	-0.21	-0.10	0.57	0.01	0.55	0.49	0.03	-0.20	-0.32	-0.17	-0.29	-0.14	0.77	0.01	0.75	0.66	0.04	3.009	-3.777
Z3	1.278	0.128	0.02	-0.37	0.49	0.63	-0.28	-0.14	0.17	0.01	0.30	0.11	0.02	-0.42	0.55	0.71	-0.32	-0.16	0.19	0.02	0.34	0.13	3.409	-2.055
Z4	1.136	0.114	0.78	0.06	0.43	-0.30	0.05	0.01	-0.15	0.10	0.15	-0.23	0.83	0.06	0.46	-0.32	0.05	0.01	-0.16	0.11	0.16	-0.24	5.314	-2.614
Z5	0.861	0.086	0.31	0.24	-0.50	0.46	0.11	-0.31	0.00	0.50	0.11	-0.13	0.29	0.22	-0.46	0.43	0.10	-0.29	0.00	0.47	0.10	-0.12	2.257	-2.290

表 2-3-4 異常帯の評価表(Au)

NAME OF ZONE ANOMALY	DIMENSION	NO. OF ANOMALOUS VALUE	S T R E A M S E D I M E N T S																	MINERALIZED	INDEX OF GEOCHEMICAL ANOMALY*	ORDER OF ANOMALY											
			P R I N C I P A L C O M P O N E N T A N A L Y S I S																														
			I N D I C A T O R S																														
			P A R R E D S A M P L E S																														
			ROCK CODE 3	ROCK CODE 4	ROCK CODE 5	ALL GEOLOGICAL UNIT			As	Ag	Bi	Cu	F	Zn	Cr	Ni	Co	Fe	Zr	Sn	Mo	W	Pb	Bi	Pt	U	Other						
I Au	33x5	19	1	4	1	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25									2	0.71	5
II Au	5x3	3	2																												0.40	12	
III Au	11x9	12	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.35	13		
IV Au	4x8	6	2	4																										0.59	7		
V Au	7x2	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.14	2		
VI Au	16x5	22	2	2	2	1	2	6	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.73	5		
VII Au	3x5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.07	3		
VIII Au	4x3	7	2																											1.58	1		
IX Au	8x4	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.59	8			
X Au	5x4	4	1																											0.54	9		
XI Au	7x4	7	1	3	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.04	4			
XII Au	6x10	7	1	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.45	11			
XIII Au	5x5	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.48	10		

***(A) : This(A) is counted as 2 point for the calculation of "INDEX OF GEOCHEMICAL ANOMALY"

* (B) : Indicator(B) and score(B) possibly indicate Au-mineralization.

These are counted as 1 point for the calculation of "INDEX OF GEOCHEMICAL ANOMALY"

Calculation:

"INDEX OF GEOCHEMICAL ANOMALY" = {(sum of A) + (sum of B)} / extension of anomalous zone(km²)

Z1, Z2, : PRINCIPAL COMPONENT

P.C.A. : PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

1, 2, 3, : NUMBERS OF ANOMALOUS SITES INCLUDED

している。

VI_{Au} : 最も各種元素及び主成分分析結果と関連を強くもつ異常帯である。

Agの2異常値、Asの2異常値、Biの2異常値、Cuの1異常値及びFの2異常値等が含まれる。コト5では第2主成分得点(Au-Ag)では8異常値が、また第3主成分得点(As-Bi)では2異常値及び第4主成分得点(Au-As)では5異常値が含まれ、コト5では、第3主成分得点(Au-As-Bi)では1異常値が含まれる。パソニック試料ではAu及びAgの2異常値、CuとZnの1異常値が含まれる。第1主成分得点(Ag-Cu-Zn-Fe)では3異常値が、一方、第4主成分得点(Au)では1異常値が含まれる。

本異常帯にはJuwere鉱化帯が含まれる。

VII_{Au} : Asの2異常値、BiとZnの各1異常値が含まれる。コト5では第3主成分得点(Au-As-Bi)の2異常値と第4主成分得点(Au)の1異常値が含まれる。

VIII_{Au} : Biの2異常値が含まれる。コト5では第3主成分得点(Au-As-Bi)の1異常値及び第4主成分得点(Au)の2異常値が本異常帯に含まれる。

IX_{Au} : AgとBiの各1異常値が含まれる。コト5では第3主成分得点(Au-As-Bi)の2異常値及び第4主成分得点(Au)の2異常値が含まれる。参考までにコト6では第2主成分得点(Zn-Cr)の1異常値が含まれる。

X_{Au} : Agの1異常値が含まれる。コト5では第2主成分得点(Ag)の1異常値及び第3主成分得点(Au-As-Bi)の1異常値と第4主成分得点(Au)の2異常値が含まれる。

XI_{Au} : Agの1異常値、Asの3異常値及びBiの5異常値が含まれる。コト3では第1主成分得点(Cu-F-Zn-Cr-Ni-Fe)の2異常値及び第5主成分得点(Au)の1異常値が含まれる。コト4では第1主成分得点(Cu-F-Zn-Ni-Fe)の1異常値と第2主成分得点(Au-Ag)の1異常値及び第4主成分得点(Au-As)の1異常値が含まれる。コト5では第3主成分得点(Au-As-Bi)の2異常値が含まれる。パソニック試料ではBiの1異常値を含んでいる。

XII_{Au} : Agの1異常値、Asの2異常値、Biの5異常値、Cuの1異常値及びNiの3異常値が本異常帯中に含まれる。コト5では第3主成分得点(Au-As-Bi)で1異常値が、また第4主成分得点(Au)で3異常値が含まれる。パソニック試料ではBiの1異常値が捕捉された。本異常帯中にはFumure鉱化帯が含まれる。

XIII_{Au} : Agの2異常値とAsの1異常値及びFの1異常値が含まれる。コト5では第3主成分得点(Au-As-Bi)の1異常値が含まれる。

Ag : 本元素の異常帯は下記の7帯が抽出されたが、Auに比較して異常値の集中は劣る。

この他の指示元素の異常値の出現は極めて散在的で、調査地域では有望な地化学異常帯として捕捉することはできなかった。

また、調査地域の河床堆積物の分析結果から抽出された13の異常帯から、下記の選定基準による“地化学異常インデックス”を算出し、有望異常帯の選定と地化学探査結果による順位づけを行った。

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 (河床堆積物及びパソニック試料) 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2-3-4を用いた。

その結果、”地化学異常インデックス”の算出に必要な要素と算出の結果、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 ① (B)	その他得点 ② ③ (C)	”地化学異常インデックス” ((B)+(C)) / (A)
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

さらに異常帯中に含まれる鉍化帯を考慮すると、最終的な有望異常帯の順位は下記の通りと考えられる。

異常帯	”地化学異常インデックス” 値	有望順位
VIII Au異常帯	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
X I Au異常帯	1.04	B
I Au異常帯	0.71	C
IV Au異常帯	0.69	C

Au以外の指示元素と鉍化帯との関係は、指示元素が示す異常値が散在的で、一方鉍化帯でのこれらの指示元素の濃集も弱いことから、特記すべき関連性を見いだすことはできなかった。

(6) 地化学探査異常帯と鉍化帯の関係について

調査地域における鉍化帯からの試料の分析結果から判断する限り、金属元素の濃集の程度は、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、これらの鉍化帯の地化学特性を要約すると下記の通りである。

鉍化帯名	鉍化タイプ	鉍化帯の濃集元素	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?	

これによれば、JUWERE鉍化帯及びFUMURE鉍化帯が異常帯中に含まれるにすぎない

従って、鉍化帯と異常帯の関係は調査地域においては弱いと考えられる。

これは、調査地域内の鉍化帯からの試料の分析結果を基に検討すると、鉍化帯での金属元素の濃集が全般的に弱く、そのために地化学サイクルの過程での希釈により、指示元素の濃度が低く押えられていることのためであろう。