

第4章 空中磁気探査

II-4-1 目的と手法

空中磁気および空中放射能（ γ 線）法により、調査地域の磁性岩体及び放射性岩体の分布を把握し、表層堆積物下部の地質構造を解明することにより、鉱床胚胎の期待される有望な地質構造の箇所を抽出することを目的とする。表層堆積物は中生代～第三紀のCalcreteであり、これに被われている地域は調査地域の北東側で、全体の3/4以上の面積を占める。Calcreteに被われている地域であっても、一部、すでに民間鉱区が設定されている地域も含まれる。

今回の手法はセシウム磁力計を用いた高感度空中磁気探査である。データの取得をより高精度に行うため、飛行高度を低空に取り、ライン間隔を狭くした。地球磁場の日変化に対する補正、磁気嵐の検出を行うため地上に磁気観測基地を設けプロトン磁力計により測定を行った。

II-4-2 調査仕様

- (1) Fig. II-3-1 に示す調査範囲において、磁気データおよび放射能データを取得した。
- (2) 飛行測線方向は、原則として、南北方向に設定した。
- (3) 測線間隔は200mを標準とした。
- (4) タイ・ラインは2.5km間隔を標準とした。
- (5) 航空機は軽飛行機を使用した。
- (6) 飛行高度は、航空機および曳航する測定機器の安全を確保できる範囲内で一定の対地高度を保った。測定機器の対地高度は80mを標準とした。
- (7) 航法はGPS-ピデオ・トラッキング併用法を用いた。
- (8) 飛行に際しては、人工ノイズ、気候状態および磁気嵐の影響が最小限になるよう配慮した。

飛行航跡図をFig. II-4-1 に示す。飛行測線の境界座標点をTable II-4-2 に掲げる。

調査数量は 総測線長 27,518 km (タイラインを含む) および水平サンプル間隔は 9m以内とした。

II-4-3 調査機器

使用した機器の一覧表を Table II-4-2 に示す。空中磁力計について以下に簡単な補足を述べる。

- (1) 配置：磁力計は航空機の後尾に取り付けられた細長い棒の先端に設置される。(巻末写真) センサーと航空機の距離が近いため、自動的に航空機に起因する誘導磁場を補正している。
- (2) 原理および性能：セシウム磁力計は光ポンピング磁力計の1つで、センサーにセシウム133を用いたものである。動作原理は地球磁場の強度によって変化するセシウムのゼーマン単位幅を巧みな方法によって交流電気信号に変換することである。この信号の周波数はラモール周波数と呼ばれ、地球磁場の大きさに比例するため、周波数を計測することで地球磁場を測定できる。

Table II-4-1 Specifications of Equipment

機器	メーカー	形式	仕様・性能	数量
空中磁気測定システム	Scintrex	H8 型 セシウム磁力計	ゲイムックルンク : 20,000nT (69,972Hz) ~100,000nT (349,860Hz) 磁化傾度 : 50,000nT/m程度迄 感度 : 0.005nT (10回/秒時)	1台
空中放射能測定システム	Exploranium	GPX-2048,256 γ線検出器	NaI結晶 : 2048in3-下方 256in3-上方 絶対精度 : 8%	1組
	Exploranium	GR-820-3 γ線スペクトロメーター	チャンネル数 : 256; この内K40, Bi214 Th208の3チャンネルを使用	1台
地上固定局磁気測定システム	Geometrics	G856-Xプロトン磁力計	使用チャンネル : 1回/30秒	1台
高度計測システム	Intellisensor	AIR-DB-2B型 デジタル気圧計/高度計	動作範囲 : -700m~4206m RMS感度 : ±0.01mbar (0.1m) 海面レベル	1台
	Sperry	Sperry 200-A型 レーダー高度計	相対精度 : 高度 ±3' (±1m) ; 0~30m ±3% ; 30~152m	1台
航行確認システム	National	AC-7450 S-VHS	同時記録 : 飛行記録	1台
	Panasonic	Video system	磁気データ	1台
航行確認システム	Garmin	Differential GPS SRVY II システム	感度 : ±100m (航行時) : 3-10m (SRVY II による補正)	1組
	Cessna	Cessna Titan 404	仕様 : エンジン2機搭載 性能 : 搭載燃料2400ℓ (9時間分) 搭載重量8400lbs データ取得時のスピード : 260~300Km/hr	1機

機器	メーカー	形式	仕様・性能	数量
IP 送信機	IRIS インストールソフト	IP-L型 時間領域 ; プログラム専用	出力 : 1μA~100μA max10V	1台
IP 受信機	SCINTREX	IPR-12型 時間領域 ; プログラム専用	仕様 : 8チャンネル, 14ビット Input Range : 50μV~14V	1台
電極		白金線		1式
磁化率計	Geofyzika Brno Czechoslovakia	KAPPAMETER model KT-5	精度 : 0.01×1E-3 SI 測定範囲 : 0.00~999×1E-3 SI	1台
	Bison	Model-3101A	精度 : 1×1E-6 cgs 測定範囲 : 0~100,000×1E-6cgs	1台

Table II - 4 - 2 Boundary Points of the Survey Area

	XTM	YTM	緯 度			経 度		
			度	分	秒	度	分	秒
1	131410W	303956N	19	15	0.000S	17	45	0.000E
2	131608W	331632N	19	00	0.000S	17	45	0.000E
3	105284W	331800N	19	00	0.000S	18	00	0.000E
4	78962W	331931N	19	00	0.000S	18	15	0.000E
5	52640W	332026N	19	00	0.000S	18	30	0.000E
6	26320W	332081N	19	00	0.000S	18	45	0.000E
7	26280W	304410N	19	15	0.000S	18	45	0.000E
8	26240W	276738N	19	30	0.000S	18	45	0.000E
9	52481W	276681N	19	30	0.000S	18	30	0.000E
10	78723W	276585N	19	30	0.000S	18	15	0.000E
11	104965W	276451N	19	30	0.000S	18	00	0.000E
12	105126W	304126N	19	15	0.000S	18	00	0.000E

II-4-4 データ処理と解析手順

データ処理および解析を行うフローチャートをFig. II-4-2 に示す。

次に磁気解析について必要な基礎的な知識とフローチャートの専門用語について解説を行う。

II-4-4-1 岩石の磁性

岩石の磁性は帯磁率と残留磁化の2つの量によって表される。帯磁率とは岩石の磁化され安さの度合いであり、大きいほど磁化されやすく、この磁化は地球磁場によって誘導される。また、磁性を持つ岩石が熱的な変化や化学的な変化を受た場合、その時の地球磁場の方向に磁化されることがあり、これを残留磁化という。岩石全体の磁化とは誘導磁化と残留磁化とのベクトル和である。

$$M = R + \kappa H$$

M：岩石全体の磁化

R：残留磁化

κ ：帯磁率

H：地球磁場強度

このRと κH の比のことをKönigsberger比 (Q比) と呼び、火山岩の熱残留磁化では2~20程度と大きく、堆積岩の堆積残留磁化の場合は1以下と小さい。また、熱残留磁化は極めて安定であり、数千万年から数億年間大きく変化しないと考えられる。このため、第三紀以前の貫入岩などで現在の地球磁場方向とは大きく異なった方向の磁気異常が見られることがある。

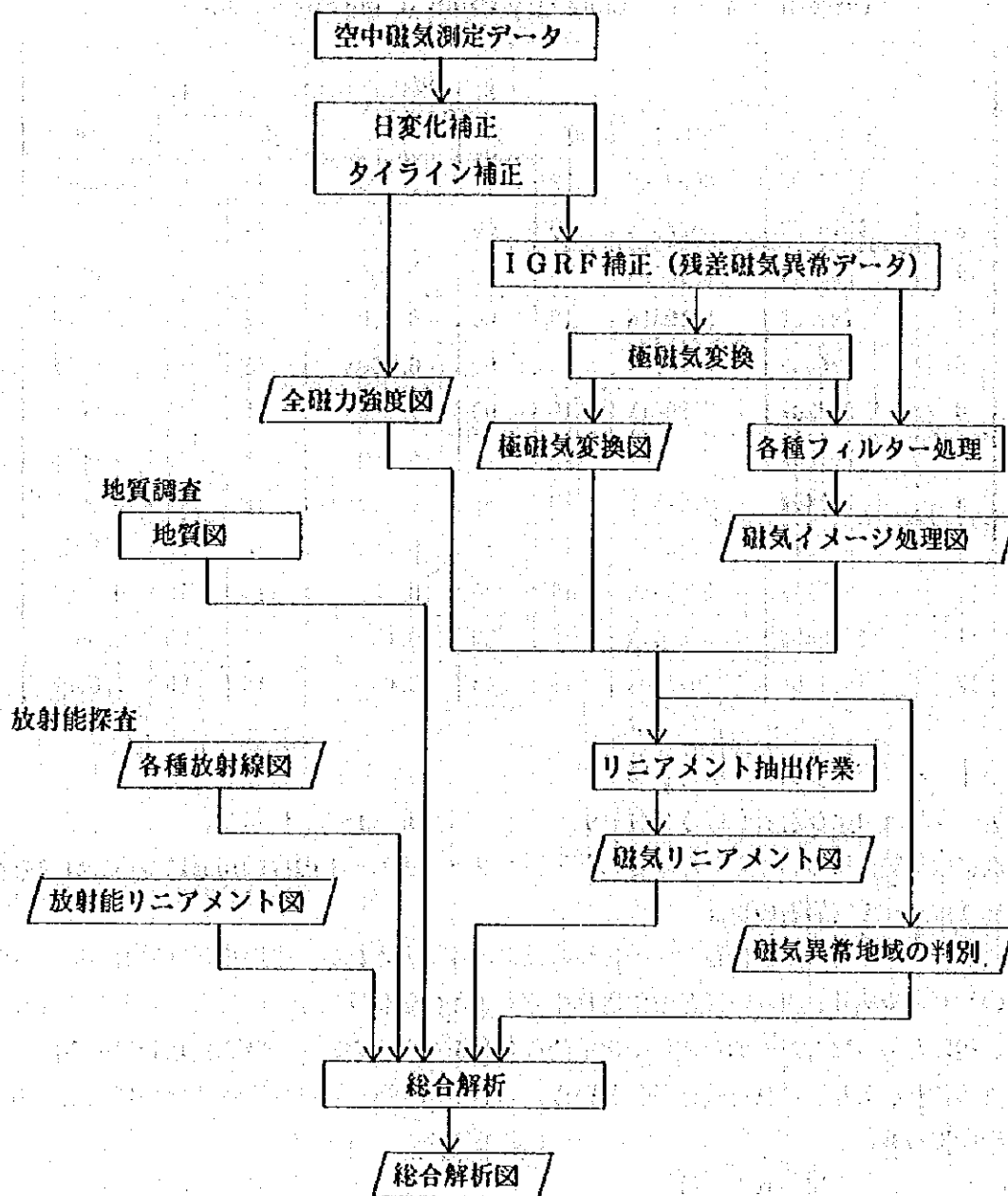


Fig. II - 4 - 2 Flow Chart of the Aeromagnetic Survey

II-4-4-2 磁気異常

磁気異常は地表下の磁性岩体の地域的不均一によって生ずる。磁性岩体を構成する岩石の磁性は岩石中に含まれる磁性鉱物の量が多いほど強い。磁性鉱物はMagnetite, Titanomagnetite, Pyrrhotiteなどである。次に磁気異常の持つ特徴を列挙する。

- (1) 磁気異常の正負パターンは緯度によって変化し、両極では正または負のピークのみとなる。
- (2) 北半球と南半球とでは正負のパターンが逆になる。
- (3) 一般に磁性岩体の深度が浅ければ短波長が、深ければ長波長の成分が卓越する。
- (4) ナミビアにおける地球磁場の伏角は -60° 、偏角は -10° 程度であるので、誘導磁化による磁気異常のパターンは磁性岩体の北側に正、南側に負のピークを持つ。

なお、磁気探査で観測される全磁力は磁性岩体による磁気異常成分と地球磁場が重なったものであり、磁気解析には通常、全磁力から標準地球磁場 (IGRF) の大きさを引いたものを用いる。

II-4-4-3 IGRF (国際標準地球磁場)

全地球規模の標準磁場のことであり、世界的な磁気観測結果を8次の球関数展開式で近似したものである。なお、地球磁場は経年変化するので、最近は5年ごとに更新される。

II-4-4-4 極磁気変換

両極以外の場所では、磁気異常は正負の極を持つので磁性岩体の位置を特定しにくい。このため、あたかも、その地点が北極に位置する様な数学的な操作を行って、磁性岩体の直上に磁気異常のピークが現れるようにすると定性的な解釈が行い易くなる。この操作を極磁気変換と呼ぶ。しかし、残留磁化が強く、かつその方向が現在の地球磁場方向と大きく異なる磁性岩体が多い地域には適用できない。

II-4-5 測定結果と解析

II-4-5-1 測定結果

全磁力コンター図、極磁気変換図、陰影処理図をそれぞれ、Fig. II-4-3 Fig. II-4-4 Fig. II-4-5 に示す。これらの図面では5分毎に緯線、経線が引かれており、総合解析では東西方向に西から東へAからLまで、北から南へ1から6までの区画座標で位置を表している。

II-4-5-2 解析結果

調査地域のかなりの部分が厚いCalcreteに被われており、磁気探査は地質構造を考える上で非常に有効である。これまで得られた図からリニアメントを抽出し、Fig. II-4-6に示した。調査地域は測定結果から得られた磁気的特徴にしたがって、つぎの様に3つに区分できる。

- (1) 基盤岩および浅部に基盤岩が分布する地域
- (2) Damara系の堆積岩が厚く堆積する地域
- (3) Karoo Basaltに被われた地域

これらを横切って、様々な幅と長さを有する磁気リニアメント群 (ドレライトと考えられ

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

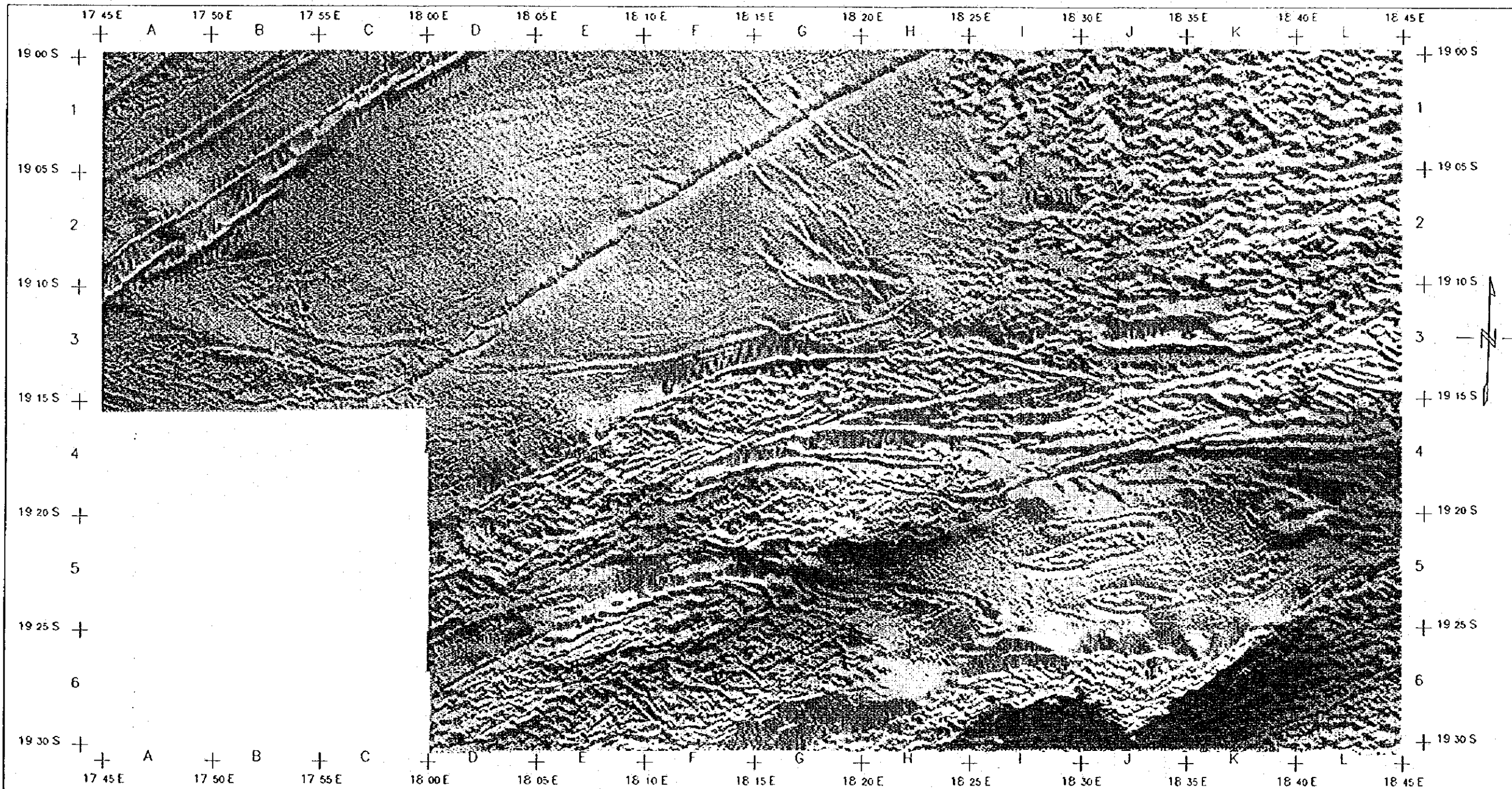
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...



Scale 1:250000
 5000 0 5000 10000 15000
 (metres)

Fig. II - 4 - 5
 MAGNETIC IMAGE PROCESSING PRODUCT
 OTAVI MOUNTAINLAND PROJECT
 (MARCH 1996)
 M. M. A. J.

る)が幾つが見られる。このリニアメントの中で断層を伴うものが見られる。地域南東部では磁気パターンが短波長の浅部構造を示しており、露岩地帯のパターンから基盤岩が分布すると考えられる。基盤岩上部には薄いDamara系が堆積している。基盤はENE-WSW系のリニアメント(断層)を境に落ち込み、北西側では長波長のドーム構造を示す。この深部基盤の上に、Damara系が厚く堆積している。Damara系堆積岩の帯磁率は全体的に低い、僅かなコントラストからターゲットである層境界を追跡できる。

II-4-6 物性測定

II-4-6-1 目的および数量

主な層準の代表的な岩石、および各鉱床の鉱石について物性測定を行った。測定した項目は帯磁率、分極率、比抵抗値の3項目である。帯磁率を測定したサンプル数は75個であり3項目全てを行ったサンプル数は34個である。なお、分極率、比抵抗値の測定は時間領域法で行った。この様なサンプルの物性はミクロ的であり、ばらつきは避けられないが、ある程度測定数がまとまった場合、結果は大まかな傾向を反映しているものと考えられる。またサンプルが現位置の状態にないため、完全な再現性はない。

II-4-6-2 使用機器およびサンプル処理

(1) 帯磁率測定

使用した帯磁率計は小型軽量のKAPAMETERとバイソン磁化率計の2台である。性能などはTable II-4-1に示す。KAPAMETERはフィールド測定、サンプル測定両用に作られた高感度な帯磁率計である。サンプル測定では大きな形状を必要とする。このため、小さなコアサンプルはバイソンの帯磁率計を使用した。測定後、サンプルの表面粗さ補正、形状補正を行い帯磁率をSI単位に換算した($1\text{SI}=4\pi\text{cgs}$)。

(2) IP・比抵抗値測定

使用した機器をTable II-4-1に示す。分極率、比抵抗測定用のサンプルは、約5cm立法に整形し、約一日間水道水に浸した後、測定を行った。コアサンプル以外は3方向について測定を行った。使用機器のチャンネルに対応するサンプリング時間と幅を以下に示す。

チャンネルNo.	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Width(msec)	20	40	40	80	80	140	140	230	230	360	360
Mid-Point(")	60	90	130	190	270	380	520	705	935	1230	1590

II-4-6-3 測定結果と解析

(1) 測定結果

帯磁率の測定結果をTable II-4-3に示す。また、比抵抗・IP値の測定結果をTable II-4-4に示す。各値は原則的に3方向の幾何平均値である。この表ではM4からM14までのチ

Table II - 4 - 3 Geophysical Properties of Samples (1)

Sample No.	Rock, Mineral name	Form. code	Physical properties		
			Mag. sus. *1E-3 SI	Resistivity $\Omega \cdot m$	IP(MI2) mV/V
101	Calcrete	Tk	0.03		
102	Calcrete	Tk	0.09		
103	Calcrete	Tk	0.04	1,904	2.11
104	Calcrete	Tk	0.05	910	0.00
105	Dolerite	Jd	31.06		
106	Dolerite(core)	Jd	* 25.50	28,338	7.28
107	Sandstone(pseudo aplite)	Md	0.04	5,189	2.55
108	Fine sandstone	Md	* 0.37	22,149	12.66
109	Fine sandstone	Md	* 0.56	19,021	1.44
110	Medium sandstone (fine pyrite)	Md	* 0.27	13,621	3.00
111	Brn silt phyllite	Md	0.19		
112	Shale(fine pyrrholite)	Md	* 1.29	20,249	11.04
113	Shale	Md	* 0.44	10,783	18.87
114	Sandy chert	Md	0.05		
115	Blk calc sandstone	Nt	0.01		
116	Phyllite	Nt	0.60		
117	Blk dolomitic shale	Nt	0.10		
118	Calc blk shale	Nt	0.03		
119	Black shale	Nt	0.01	1,868	0.56
120	Red to grey oolitic chert	Nt	0.03	13,295	6.49
121	Blk chert	Nt	0.03		
122	Dolomite	Nt	0.01		
123	Msv dolomite	Nt	0.01		
124	Dolomite	Nt	0.41		
125	Dolomite	Nt	0.04		
126	Dolomite chert alt gry brn dol	Nt	0.04		
127	Fractured dolomite	Nt	0.03		
128	Sericite dolomite	Nt	0.07		
129	Dolomite	Nt	0.08	14,048	0.93
130	Dolomite with calcite	Nt	0.02		
131	White dolomite	Nt	0.01	21,403	1.12
132	Dark dolomite	Nt	0.10	16,056	0.51
133	Dolomite(carbonaceous)	Nt	0.01	24,196	3.42
134	Calc sandstone	Na	0.05	9,640	9.38
135	Shale	Na	0.44	894	1.40
136	Black shale	Na	0.12		
137	Shale	Na	0.04	8,866	1.69
138	Calcitized dolomite or limestone	Na	0.29		
139	Limestone	Na	0.04	29,154	-0.37

* Bison magnetic susceptibility meter

Tk:Kalahari Formation Td:Karoo Dolerite Md:Mulden Group Nt:Tsumeb Subgroup Na:Abenab Subgroup

Table II - 4 - 3 Geophysical Properties of Samples (2)

Sample No.	Rock, Mineral name	Form. code	Physical properties		
			Mag.sus. $\times 10^{-3}$ SI	Resistivity $\Omega \cdot m$	IP(MI2) mV/V
140	Calc silicate rock	Nc	0.01		
141	Dolomite limestone blk shale alt.	Nc	0.00		
142	Chlorite schist with Cu mineral	Nc	0.77		
143	Calc silicate chlorite schist	Nc	0.19		
144	Arkose sandstone	Nn	0.09		
145	Sandstone iron formation	Nn	2.10		
146	Arkose sandstone-conglomerate	Nn	0.08		
147	Arkose sandstone	Nn	0.06	14,322	4.51
148	Banded fragmental folded limestone	Nn	0.01	25,282	0.01
149	Mica schist	Mgr	21.32		
150	Psammitic schist	Mgr	0.20	3,218	4.32
151	Amphibolite schist	Mgr	1.80	2,239	1.37
152	Predamara basement granite	Mgr	1.12		
153	Drk red quartzite	Mgr	3.33		
154	Gneissose sandstone	Mgr	15.96		
155	Plagioclase porphyritic granite	Mgr	1.00	2,568	4.82
156	K-feldspar porphyritic gneiss	Mgr	26.00		
157	Aplitic facies	Mgr	1.74		
158	Basic intrusive?	Mgr	1.29		
159	Basic dyke rock (boulder)	Mgr	0.72		
160	Basic dyke rock	Mgr	5.29		
161	Green hornblende rock	Mgr	3.74		
162	Chalcocite ore	Ore	2.68	19.30	231.98
163	Chalcocite ore	Ore	0.36	9050.82	11.08
164	Chalcopyrite-bornite ore	Ore	0.39	40.56	508.59
165	Chalcopyrite in sandstone	Ore	0.12	174.00	249.92
166	Chalcopyrite-galena ore	Ore	0.05	93.30	315.11
167	Galena-sphalerite ore	Ore	0.09		
168	Galena in host rock	Ore	0.03	3,412	39.29
169	Galena ore	Ore	0.09	118.6	549.16
170	Galena ore	Ore	0.09	224	543.88
171	Pb-Zn type mineralisation MVT	Ore	0.03		
172	Vanadium mineral	Ore	0.04	10,203	1.31
173	Vanadium mineral in calcite	Ore	0.15		
174	Fe-Mn ore	Ore	2.51		
175	Malachite in quartz vein	Ore	0.26	104.2	240.47

Nc: Chuos Formation Nn: Nosib Group Mgr: Grootfontein Basement Complex

Table II - 4 - 4 Acquired Values of Resistivity and IP of Samples

Sample No.	Rock/Mineral name	Electric property (Each value is 3D geometric mean except core sample date and negative value)													
		Resistivity $\Omega \cdot m$	M=4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
103	Calcrete	1903.73	10.82	8.83	7.27	6.11	5.11	4.18	3.37	3.03	2.11	1.69	1.39		
104	Calcrete	910.43	2.26	1.07	1.31	1.09	0.78	0.53	0.34	0.13	0.00	-0.05	-0.12		
106	Dolomite core	28337.65	33.01	27.89	25.65	19.75	16.37	13.47	11.01	8.98	7.28	5.87	4.68		
107	Sandstone(pseudo-aplite) core	5189.46	13.41	11.17	9.33	7.73	6.31	5.12	4.11	3.25	2.53	1.98	1.51		
108	Fine sandstone core	22148.67	64.74	54.89	46.33	38.43	31.46	25.39	20.32	16.08	12.66	9.83	7.59		
109	Siltstone core	19021.47	7.28	6.03	5.08	4.17	3.35	2.67	2.10	1.63	1.44	0.89	-0.33		
110	Medium sandstone (fine pyrite) core	13621.29	12.56	10.59	9.04	7.61	6.38	5.32	4.42	3.65	3.00	2.47	2.02		
112	Shale(fine pyrrhotite) core	20249.29	37.65	33.31	29.43	25.59	22.03	18.74	15.84	13.26	11.04	9.13	7.53		
113	Shale core	10782.58	86.84	73.90	62.80	52.44	43.44	35.64	29.10	23.48	18.87	15.05	11.96		
119	Black shale	746.51	7.67	6.57	5.63	4.71	3.89	3.11	2.49	2.14	1.71	1.33	0.96		
		5056.89	4.31	3.38	2.71	2.14	1.65	1.25	0.93	0.69	0.48	0.35	0.21		
3		963.33	3.51	2.51	1.81	1.34	0.95	0.66	0.44	0.34	0.21	0.17	0.22		
avg		1367.51	4.83	3.82	3.03	2.38	1.83	1.36	1.01	0.80	0.56	0.43	0.36		
120	Red to grey oolitic siltstone	13295.14	21.10	18.73	16.67	14.59	12.67	10.87	9.22	7.76	6.49	5.39	4.41		
129	Dolomite	14047.84	6.81	5.44	4.43	3.54	2.78	2.15	1.69	1.25	0.93	0.68	0.48		
131	White dolomite	21402.93	4.43	3.75	3.29	2.82	2.41	2.02	1.69	1.38	1.12	0.89	0.71		
132	Dark dolomite	16056.16	4.55	3.53	2.82	2.32	1.99	1.69	1.42	1.12	0.91	0.76	0.64		
133	Dolomite(carbonaceous)	24196.29	14.82	12.74	11.07	9.42	7.83	6.45	5.31	4.24	3.42	2.71	2.03		
134	Calc sandstone	9640.32	53.53	44.46	36.92	30.07	24.27	19.37	15.36	12.05	9.38	7.24	5.84		
135	Shale	494.12	13.53	10.84	8.84	7.11	5.71	4.11	3.02	2.02	1.32	1.04	0.59		
2		596.69	20.14	16.78	13.99	11.56	9.23	7.36	6.32	4.58	3.68	2.52	2.03		
3		2418.46	10.25	7.68	5.75	4.16	2.94	2.04	1.39	0.91	0.57	0.33	0.17		
avg		894.38	14.08	11.18	8.92	6.99	5.33	3.98	2.98	2.03	1.40	0.96	0.59		
137	Black shale	3865.54	17.90	13.71	10.59	8.02	6.00	4.43	3.27	2.35	1.69	1.19	0.82		
139	Limestone	29154.30	0.20	-0.12	-0.25	-0.42	-0.35	-0.38	-0.41	-0.42	-0.37	-0.33	-0.29		
147	Arkose sandstone	14321.55	16.72	14.53	12.61	10.78	9.20	7.81	6.53	5.46	4.51	3.69	3.04		
148	Banded fragmental folded limestone	23283.91	1.53	1.04	0.77	0.55	0.37	0.24	0.13	0.06	0.01	-0.03	-0.06		
150	Panthalite schist	3218.47	15.88	13.81	12.08	10.43	8.88	7.51	6.30	5.25	4.32	3.56	2.89		
151	Amphibolite schist	2239.29	7.48	6.15	5.18	4.26	3.47	2.79	2.24	1.76	1.37	1.05	0.78		
155	Plagioclase porphyritic granite	2568.26	19.87	17.08	14.76	12.51	10.54	8.75	7.21	5.86	4.82	3.89	3.12		
162	Chalcoite ore	14512.85	19.30	15.71	12.94	10.78	9.20	7.81	6.53	5.46	4.51	3.69	3.04		
1		8561.02	16.71	14.56	12.78	11.06	9.52	8.13	6.91	5.82	4.91	4.11	3.42		
2		5967.42	105.27	94.30	83.91	73.26	63.25	54.01	45.76	38.45	32.11	26.66	22.06		
3		9050.82	-36.66	-32.43	-28.72	-25.02	-21.63	-18.49	-15.69	-13.21	-11.08	-9.24	-7.67		
avg		40.56	53.39	89.43	86.21	81.16	76.62	69.37	63.45	57.08	508.59	447.95	390.12		
164	Chalcopyrite-bornite ore	61.13	928.64	896.59	860.77	817.43	770.41	719.57	668.00	615.40	564.00	513.93	466.76		
165	Chalcopyrite in sandstone	58.73	968.60	937.50	902.46	859.59	812.49	760.78	707.52	652.14	597.39	543.09	491.53		
2		1467.13	159.87	124.90	111.26	97.71	85.23	73.76	63.55	54.36	46.33	39.27	33.19		
3		174.00	501.07	471.75	442.13	409.47	376.46	343.07	310.84	279.42	249.92	222.13	196.72		
avg		62.09	845.34	808.44	766.45	714.85	658.57	597.98	537.55	477.55	421.33	369.04	322.49		
166	Chalcopyrite-galena ore	57.97	689.38	647.00	601.22	548.55	494.68	440.77	390.25	342.84	300.30	262.00	228.37		
2		275.63	660.12	617.50	570.79	515.88	458.55	400.04	344.64	292.93	247.32	207.63	174.27		
3		93.30	727.29	686.11	640.72	587.03	530.60	472.42	416.59	363.33	315.11	271.79	234.13		
avg		341.55	112.48	101.98	92.15	81.97	72.24	64.36	56.36	46.41	39.29	32.90	27.33		
168	Galena in host rock	118.59	452.82	439.66	411.72	383.83	354.16	324.16	294.16	264.16	234.16	204.16	174.16		
169	Galena ore	223.70	833.84	796.81	759.81	722.81	685.81	648.81	611.81	574.81	537.81	499.81	462.81		
170	Galena ore	10203.36	6.44	5.33	4.30	3.75	3.09	2.52	2.04	1.54	1.03	0.80	0.80		
172	Vanadium mineral	104.19	506.97	475.19	443.30	408.32	375.11	337.64	303.66	270.87	240.47	212.24	186.76		
175	Malechite in quartz vein														

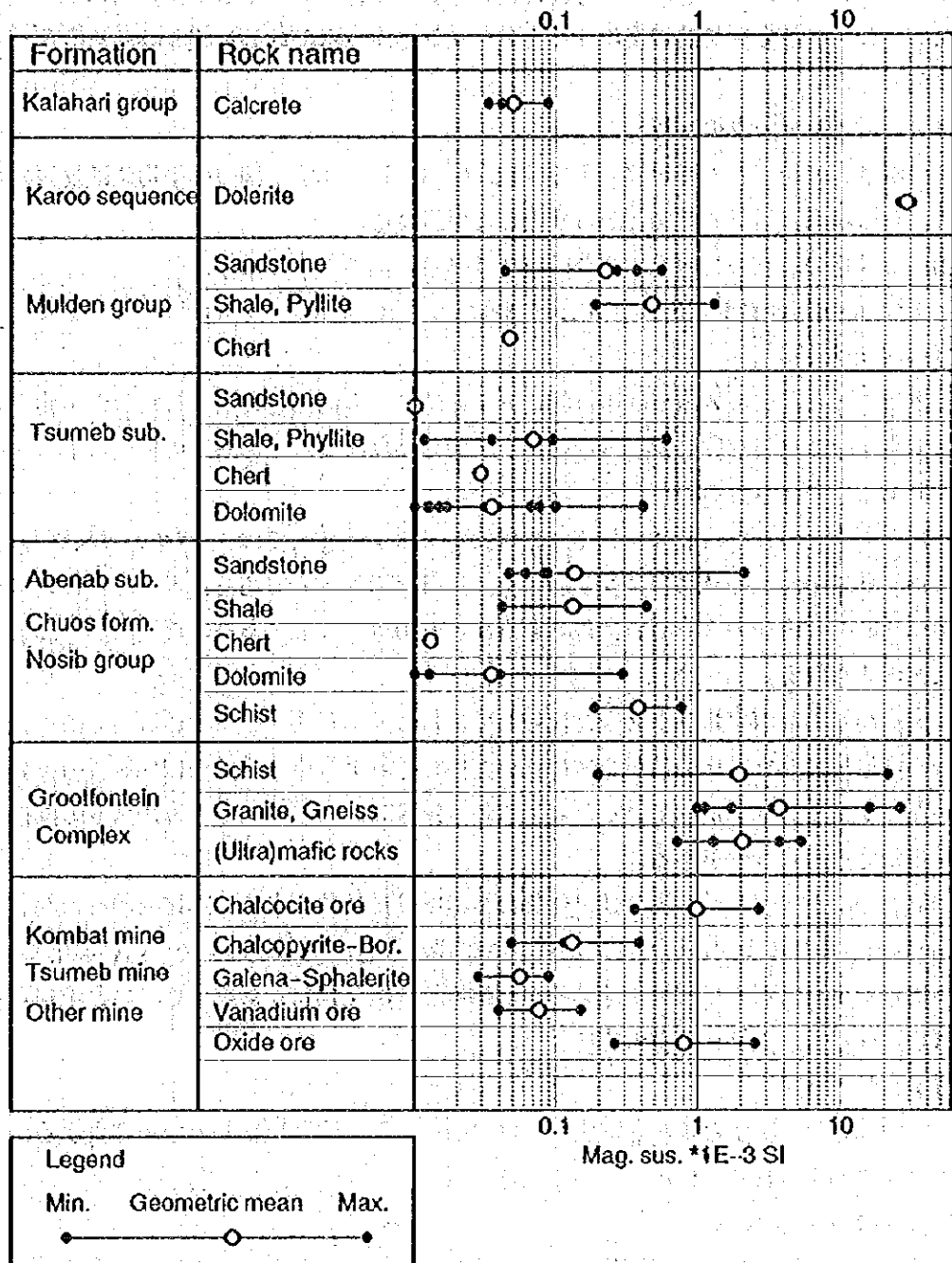


Fig. II - 4 - 7 Distribution of Magnetic Susceptibility

チャンネルの分極率を記した。異方性の顕著なデータに対しては3方向の測定結果全てを掲載した。この内、最も標準的に使われる12チャンネル (Mid-point 935 msec) のデータを解析の対象とした。

(2) 帯磁率データの解析

各層準、岩相ごとの帯磁率分布を Fig. II-4-7 に示す。図中の平均値は幾何平均を用いた。これらの結果と磁気異常図とから次のことが言える。

①調査地域の岩石の帯磁率を大きい順に並べると次のようになる。

Karoo dolerite > Grootfontein Metamorphic Complex > Mulden sediments > Damara系 (Mulden以外)

②表層のCalcreteの帯磁率は相対的に非常に低く、古河川跡に集積した磁性鉱物による僅かな異常も十分注意しなければならないが、表層のCalcreteはその層厚の程度によらず磁氣的に透明であると考えられる。

③Karoo doleriteはFig. II-4-5 の磁気イメージ処理図ではNE-SW系の線状構造に相当する。また、地域中北部のリニアメント群等もDoleriteの貫入岩であると考えられる。

④Karoo doleriteの次に高い帯磁率を有するものは基盤岩であり、地域南部の高磁気異常の原因と考えられる。

⑤Damara系の堆積岩類は全2者と比較して非常に低いため、磁氣的に透明である。しかし、Tsuneb亜層群のdolomiteの値が非常に低いため、それよりやや高いMulden層群の頁岩、砂岩と僅かなコントラストを示していると考えられ、鉱床胚胎の場である古カルストの期待される地域を指摘できる可能性がある。

⑥鉱石のなかで輝銅鉱および鉄酸化物の帯磁率は比較的大きく、Mulden層群のFeldspathic Sandstoneより多少大きい程度である。この様な鉱石が帯磁率の極めて低い堆積岩中にある程度集積した場合、弱く小規模ではあるが認識可能な磁気異常を形成するものと予想される。

(3) 比抵抗、IPデータの解析

1) IP法の原理

地面に電流を流すと地面を構成する媒質中に各種の電気化学的現象が発生するが、この内、IP法で測定されるのは次の2つである。

Over voltage effect

通電により硫化物や金属導体の表面に電気二重層を生じ、電流を切ると通電方向とは逆の方向に放電する。この現象はイオン伝導と電子伝導の組み合わせによる効果である。この現象を起こすものは電子伝導性をもつ鉱物であって、IP法の探查対象になる。

Normal effect 又はBackground

通常の岩石が通電によっていくらか分極するもので、これは岩石の空隙に少量混在する粘土鉱物の膜分極が主因である。種々の粘土鉱物の中ではモンモリロン石が最大であり、カオリンは小さい。また、粘土の容積比が5%程度の時に膜分極が最大値を示すが、その前後の容積比

のときは減少する。

膜分極の最大値はモンモリロン石量比5%付近にあって、FE値で表せば約2%であり、硫化鉱物のOver Voltage effectに比べ極めて小さい。

IP法のIP効果測定値は分極率と呼ばれ、 $V_s(t_n)/V_p$ (mV/V) で表される。

参考までに、周波数法及びタイムドメイン法における分極率は実験値として、それぞれ1%と5 mV/Vが対応する。

2)測定結果の解析

測定結果から比抵抗と分極率との相関図を作成した (Fig. II-4-8)。この図では解析の結果を解釈する上で、比抵抗、分極率のそれぞれの範囲を次の様に設定した。探査に視点を置いた各範囲の特徴も下記に併記する。

	範囲	特徴
比抵抗	A----- $300 \Omega \cdot m$ 以下	塊状硫化鉱物に相当するゾーンである。
	B----- $300 \sim 4000 \Omega \cdot m$	マクロ的に見て、母岩中に鉱石が点在する場合に相当する場合と考えられる。実際の比抵抗探査での対象領域となる可能性がある。頁岩の低比抵抗値が重なり、探査において障壁となる。
	C----- $4000 \Omega \cdot m$ 以上	Damara系の堆積岩の多くがこの範囲に入る。
分極率	I----- $100 mV/V$ 以上	塊状硫化鉱物に相当するゾーンである。量的に多ければ十分探査の対象となる。
	II----- $100 \sim 10 mV/V$	母岩中に鉱石が点在する場合に相当するものと考えられる。実際のIP探査での最も一般的な対象領域である。一部、Mulden層群の頁岩、砂岩が入り、探査において障害になることが予想される。
	III----- $10 \sim 1 mV/V$	一部の鉱石もこの中に入る。Grootfontein complexもこの中に入りやや高いIP値を持つ。Damara系の堆積岩は殆どこの領域である。
	IV----- $1 mV$ 以下	低IP帯である。Dolomite、Calcreteなどが入る。

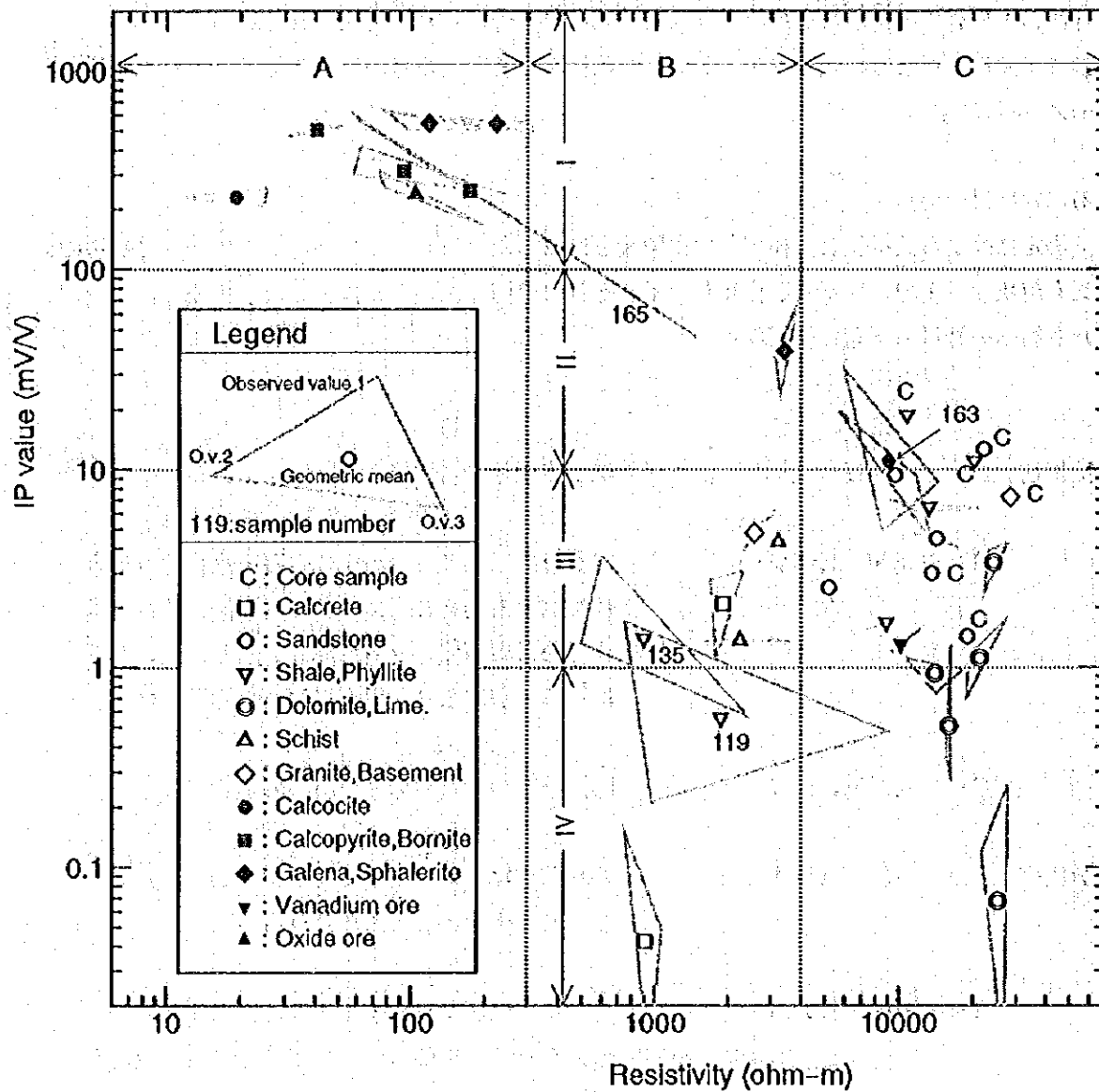


Fig. II - 4 - 8 Relationship between Resistivity and IP Value

各測定値と比抵抗・I P 相関図から、以下のことがわかる。

①異方性の強いサンプルは、Damara系の頁岩と鉱石（黄銅鉱）である。まず、頁岩については層理方向の比抵抗は、層理に垂直な面の比抵抗と比べかなり低く、1/4～1/10程である。鉱石サンプルでは、165番の黄銅鉱が著しい。このサンプルは塊状の黄銅鉱と砂岩とが半々のものであるが、鉱化方向に流電する場合は低比抵抗、高分極率となるが、鉱石と砂岩とを通過する方向では比抵抗が数十倍も高くなる。

②一般に、硫化物の鉱化を受けた試料は鉱化状況が良好なほど、低比抵抗、高分極率を示す方向にある。

③高I Pが予想された炭質物に富むドロマイトは、相関図ではⅢ帯に入り、探査において障壁とはならないものと考えられる。

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. The second part covers the process of reconciling bank statements with the company's ledger to ensure that all payments and receipts are properly recorded. The final section provides a summary of the key points and offers recommendations for improving the accuracy and efficiency of the accounting process.

(1)

(1)

(1)

第5章 放射能探査

II-5-1 目的と手法

空中放射能探査により、調査地域の放射性岩体の分布を把握し、表層堆積物の下部の地質構造を解明することによって鉱床胚胎の期待される有望な地質構造の箇所を抽出することを目的とし、 γ 線スペクトロメーターによって、全放射能強度およびK、Th、Uの三核種の強度を測定する。その後適当なデータ処理を行い、岩相分布の推定、断裂系の抽出を行う。

II-5-2 調査仕様

空中放射能探査は空中磁気探査と同時に行うため、調査基準、測線配置は磁気探査に準じた。水平サンプル間隔は90m以内とした。

II-5-3 測定機器

測定機器を Table II-4-1 に示す。 γ 線スペクトロメーターの使用に当たっては探査の仕様を満たすため、事前に十分な補正が必要である。ナミビア北部では通常、この補正はEros空港とHenties Bayで行われる。今回の補正もこの2地点で行った。

II-5-4 データ処理および解析手順

データ処理および解析のフローチャートを Fig. II-5-1 に示す。

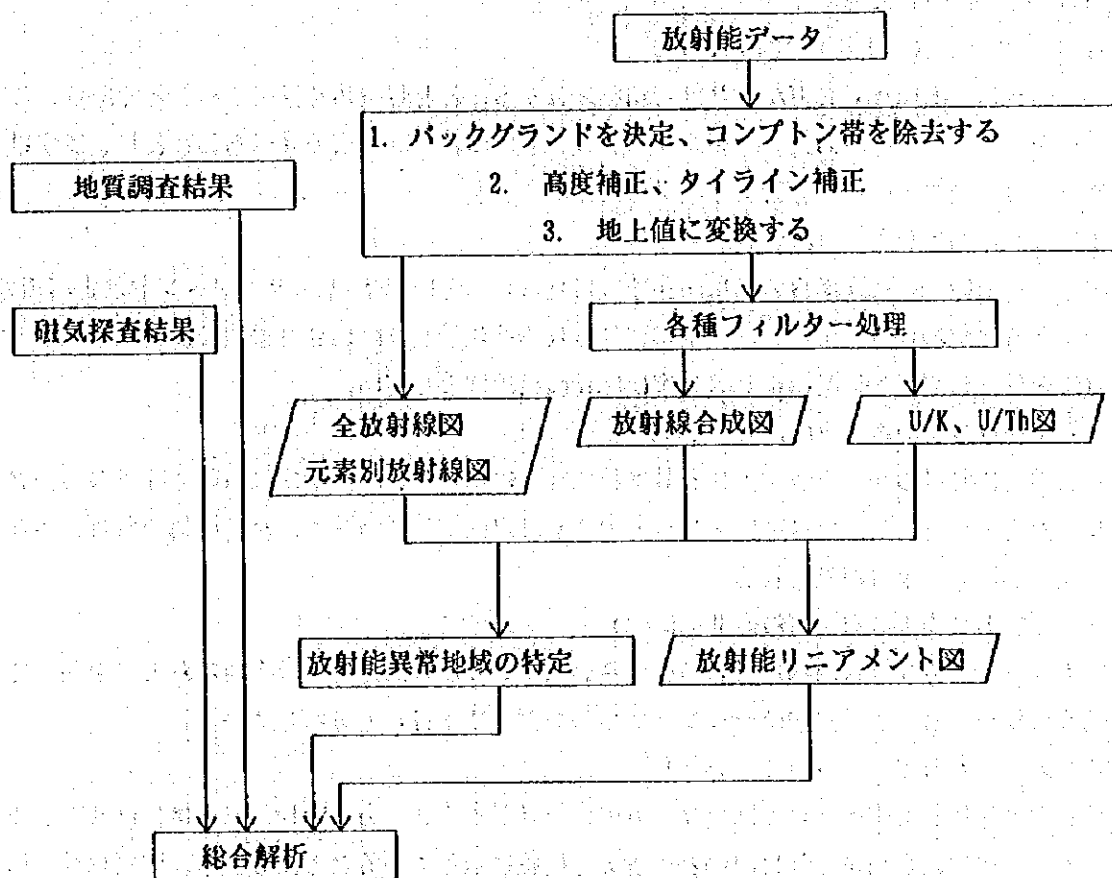


Fig. II-5-1 Flow Chart of the Aeroradiometric Survey

II-5-5 測定結果と解析

II-5-5-1 測定結果

全放射線図を Fig. II-5-2 に、核種別放射線図を Fig. II-5-3~Fig. II-5-5 に、放射線合成図を Fig. II-5-6 に示す。放射線合成図とは3核種にそれぞれ色の属性を設け、重ね合わせた図である。U、Thについては平衡状態を前提として、各成分計測値を地表値に換算した。各地表値の最小、最大、平均値を以下に示す。

成分	最小値	最大値	平均値
K	0%	2.9%	0.2%
eU	0ppm	7.1ppm	1.94ppm
eTh	0.96ppm	15.8ppm	4.1ppm

(但し、グリッド間隔を75mとして計算した場合。)

II-5-5-2 解析と考察

一般に、放射能探査の目的は以下の3つが主なものである。

- (1)ウラン鉱床を探查すること。
- (2)岩相を区分すること。
- (3)断裂系リニアメントを抽出すること。

このうち、本調査で必要なことは岩相を区分することと断裂系を抽出することであり、このことを主眼に解析を進めた。断裂系リニアメントについては考察で述べることとし、まず以下に全放射線図および各成分図より抽出した特徴を示す。

(1) 全 γ 線強度分布 (Fig. II-5-2)

調査地域全般、特に北半分のCalcrete地域に見られる短いNE-SW系のリニアメントは古河川の形跡であると思われる。また、地域東部に見られる波状構造はKalahari砂漠の砂丘に相当する。地質図と対比して露岩地帯の全 γ 線強度はCalcrete地域より高い。

(2) 平衡ウラン分布 (Fig. II-5-3)

地表地質における平衡ウランの含有量は特に高くはないが、地域中部においてNW-SEの方向に濃集帯が見られる。ここでは逆にトリウムの含有量が低下していることが特徴的である。また、地域北西部にも濃集域が見られる。

(3) 平衡トリウム分布 (Fig. II-5-4)

平衡トリウムはカリウム同様に露岩地帯で高い値をもつが、加えて地域中西部および中部で比較的高い値を持つ。その形態はウラン濃集地帯の側方に平行して分布している。

(4) カリウム分布 (Fig. II-5-5)

地質図と対比して露岩地帯ではカリウムの含有量が多く、一方、Calcrete地帯では低い。カリウムの分布は露岩地帯とCalcreteとの境界を明瞭に示していると考えられる。露岩地帯では特にAbenab 亜層群が高いカリウム含有量を持つ。また、Kalahari砂丘の北東端ではカリウムが

比較的多く、それより南の砂丘地帯では少ないことが特徴的である。

以上、岩相区分に着目した解析では露岩地帯において、主にカリウムの分布から地層を区分できた。しかし、表層Calcreteに厚く被われた地域では表層下の岩相区分は不可能であった。

開口した断裂の場合はウランの一部はこれに沿ってラドシガスとなって上昇し、地表まで達する。このため、ウランのリニアメント異常は断裂系推定に有力な情報を与える。このような地質構造の断裂系で地表まで開口しているものは、比較的新しい時代のものと考えられる。

地質構造の弱線帯を選択して鉱化作用が起こることは一般の見地である。探査の観点から、Mississippi Valley 型とされる本調査地域の鉱床も、鉱床胚胎の場である古カルストを形成し易くした構造線と関係があることが十分に考えられる。このような構造線は現在においても弱線帯として残っている可能性がある。

ウラン起源の異常を抽出する方法として、核種比を計算することが行われる。一般の岩石の U/K 、 U/Th は余り大きく変化しないため、この比を用いることによってUのみの異常を抽出できる。さらに、全核種共通に作用する地形、人工物、気象変化などの妨害を大幅に除去できるため、この処理は非常に有効である。 U/K 、 U/Th の図をFig. II-5-8、Fig. II-5-9に示す。

その他、各成分図におけるリニアメントも何らかの地質境界として、断裂系を反映している可能性も考えられる。このため、 U/K 、 U/Th 図とこれまで示した図を用いて放射能リニアメントを抽出し、Fig. II-5-7に示す。この結果、以下のような情報が得られた。

(1) Abenab鉱山、Khusib鉱山は共に岩相分布を反映したNE系のリニアメントの近傍にある。

(Fig. II-5-5)

(2) Calcrete地帯では、弱い長く連続したリニアメントが幾つか見られる。これらのリニアメント中には湾曲したものが見られる。構造運動で変形を被った過去の断裂系である可能性も考えられる。主なものは、地域西部から中部にかけてのWNW-ESE系の長いリニアメントであり、これに平行して数本のリニアメントが見られる (Fig. II-5-9)。

(3) Abenabから南の地域で弱い長く連続したNW系のリニアメントが見られる (Fig. II-5-8)。

PRODUCTION SUMMARY

Date	Day	Flt	Hrs	Lkms	Details
24 Sep	Sun			0	Lanseria - Windhoek Tsumeb
25 Sep	Mon			0	Set up, buy equip etc.
26 Sep	Tues	1,2,3	2.00	194	Comp performed in am. Flt 2 aborted due to constant system resets.
27 Sep	Wed	4,5,6	8.00	1328	No problems
28 Sep	Thu	7	5.20	1245	Late start due to extending of GPS antenna by 4 metres
29 Sep	Fri	8,9	7.10	1432	No problems
30 Sep	Sat	10	8.00	1428	No problems
01 Oct	Sun	11	8.00	1638	No problems
2 Oct	Mon	-	0.00	0	Pilots rest day
3 Oct	Tues	12	7.90	1623	No problems
4 Oct	Wed	13	8.00	1705	No problems
5 Oct	Thu	14	8.00	1705	Alternator blows on landing - return to Lanseria for MPI and repairs.
6 Oct	Fri		0.00	0	Lanseria
7 Oct	Sat		0.00	0	Lanseria
8 Oct	Sun		0.00	0	Lanseria
09 Oct	Mon	-	5.00	0	Lanseria - Grootfontein - Tsumeb
10 Oct	Tues		0.00	0	Starter u/s, engineer from Windhoek - fixed
11 Oct	Wed	15,16	9.10	1608	No problems
12 Oct	Thu	17,18	10.50	2235	No problems
13 Oct	Fri	19,20,21	8.10	1439	Check on heading, Compensation
14 Oct	Sat	-	0.00	0	Change fuel pump
15 Oct	Sun	22	5.70	1003	Hydraulic u/s
16 Oct	Mon	-		0	Unable to take off due to hyd.pipe
17 Oct	Tues	-		0	Tsumeb - Windhoek
23 Oct	Mon	23	2.9	553	Windhoek - Tsumeb
24 Oct	Tues	24, 25	10.21	2213	No problems
25 Oct	Wed	26,27	11.5	2435	Weather turbulent
26 Oct	Thur	28,29	11.45	2475	Weather turbulent
27 Oct	Fri	30	8.1	1203	End of survey

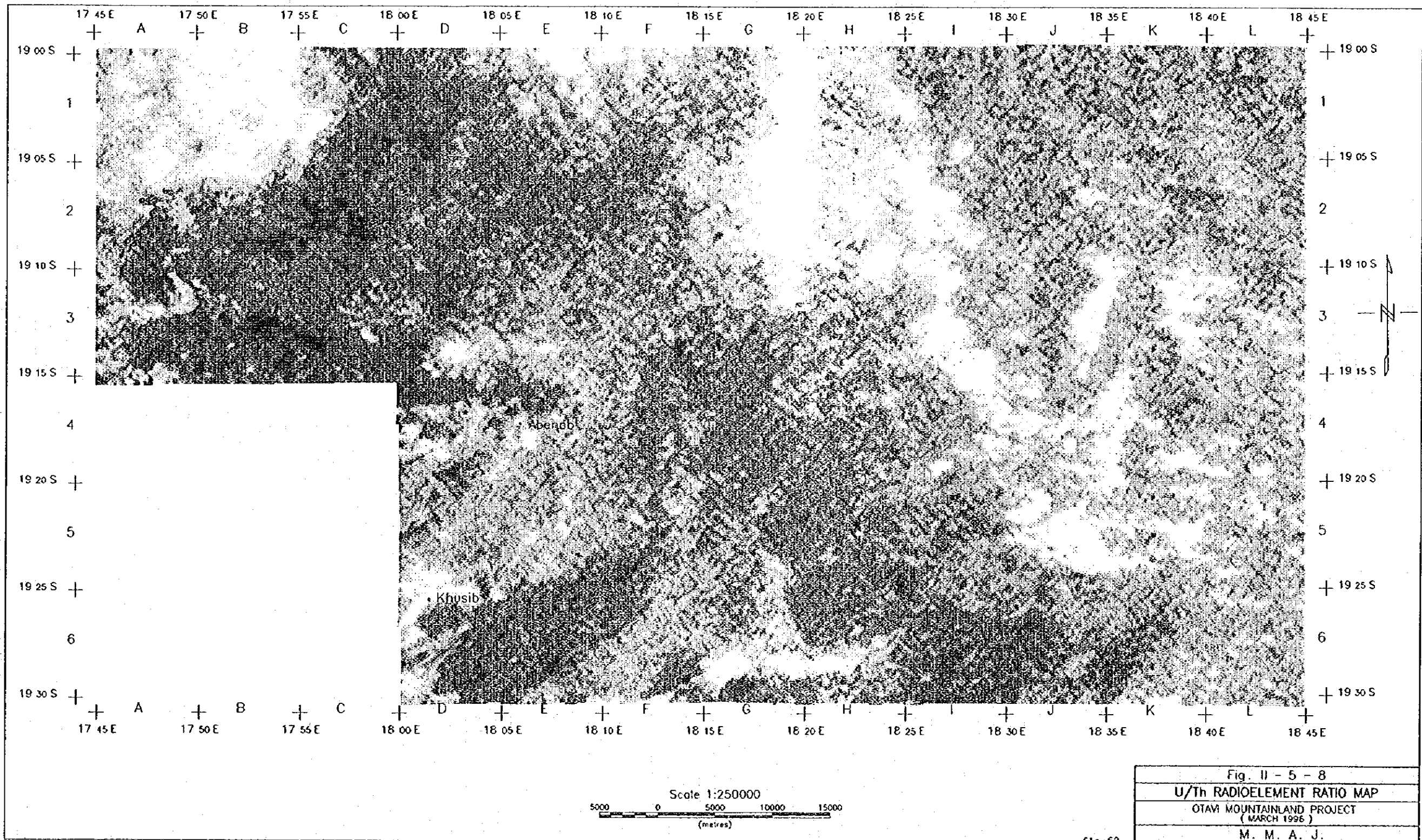
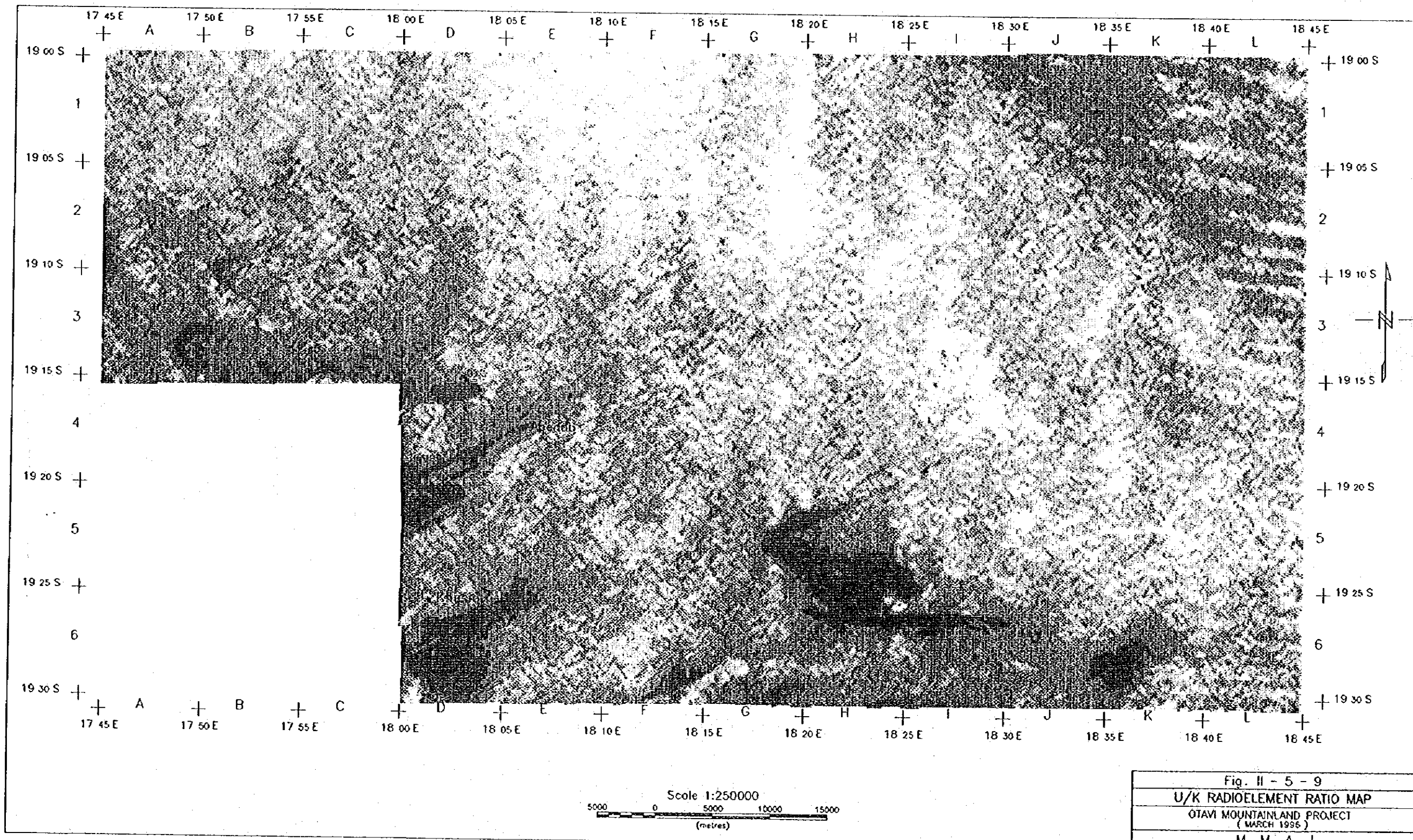


Fig. II - 5 - 8
 U/Th RADIOELEMENT RATIO MAP
 OTAVI MOUNTAINLAND PROJECT
 (MARCH 1996)
 M. M. A. J.



第6章 総合解析および考察

総合解析図をFig. II-6-1に示す。TsumebやKombatに代表される調査地域の鉱床の多くはTsumeb亜層群上部のドロマイトに形成したカルスト地形を埋めた砂岩パイプを母岩にしている。カルスト地形が形成されるような地質環境は不整合ないしは非整合面の上にMulden期のモラッセ型堆積物がたまるような陸成ないしは浅海成であったと考えられる。Mulden層群が堆積する前から炭酸塩岩のしゅう曲作用が始まり、岩相による脆弱性の差で異なるしゅう曲のパターンや断層が生じたい。

地表に近いところでは古透水層と地表との間に天水の循環が生じ、ドロマイト層の中に溶解崩壊が進んでゆく過程が考えられる。したがって地殻上部まで上昇した鉱化熱水の通路はこうして形成した透水性のドロマイトプレッチャとそれを埋めた砂岩である。こうした地殻浅所の割れ目の起源はしゅう曲運動で形成される層理間すべり帯やしゅう曲軸面に平行な断層や割れ目が考えられる。

一方、深部における鉱化流体の通路は基盤岩の構造に規制された深層断層や断裂帯と考えられる。調査地域の基盤岩の分布は極めて限られているが、Grootfontein北西での基盤岩の観察結果ではmetasedimentがNE-SW系の走向を示し、これを切る岩脈がNNE-SSWの方向に貫入しているのが認められる。このことから深層断層の方向はNEないしはNNE系と考えられる。これらの一部は当時の古地表まで達したのもあったかも知れない。Damara帯の基盤岩域の構造についてはリフト帯の形成時からNE-SW系が顕著であり、これに斜交するNNE-SSW磁気リニアメントはpost Damaraの花崗岩質貫入岩の配列に一致している(Corner B. 1983)。

Tsumeb鉱床付近に認められるNE-SW系リニアメントは鉱床生成より明らかに若いかんらん石粗粒玄武岩やケルサンタイト岩脈と一致しており、この構造線に沿って鉱床生成以前からマグマ活動があった可能性も考えられる。加えて初期空中磁気探査の異常図からはこのNE-SW系リニアメントが基盤岩類の分布を規制しており、各層のアイソパックからもOtávi層群の堆積している間も活動があったことを示している。このような深層断層は調査地域南西深部に生じたマグマからの熱対流と含金属流体を地表近くにもたらし通路となったと考えられる。

浅所の断裂系の方向性については軸面に平行なEW系ないしENE-WSW, WNW-ESEとこれに斜交するNW-SE系が認められる。その例として、KombatではENE-SWS系ののフラクチャーが鉱床の形態を規制しているが、これはD2変形期(500-570Ma)に形成されたへき開面にほぼ一致するようにみえる。このように断裂や割れ目の集中する構造的場としては向斜ないしは背斜構造の頂部が考えられる。調査地域の主なしゅう曲構造は二次的に東西系の圧縮応力を受けてしゅう曲軸の変形がみられる。例えばTsumebの西やKombat付近はこのような二次的しゅう曲構造の頂部にあたる。このように鉱床生成の場は深部のNE-SWないしNNE-SSW系構造線と浅所のEW系ないしENE-WSW, WNW-ESEとこれに斜交するNW-SE系の断層や割れ目帯に規制されている。

空中磁気探査の結果から、空中物理探査区域(以下調査区域)はENE-WSW~E-W系の明瞭なりニ

アメントを境に、南半分の、基盤岩が比較的浅い区域と北半分のDamara系が厚く堆積している区域とに区分される。このリニアメントによる磁気的なコントラストは大きく、これが深層に達する断層である可能性を示唆している。このリニアメントの極近傍にAbenab鉱床が位置しており、鉱床生成の場とこの様なリニアメントとの関連性が十分に考えられる。また、基盤岩の浅い区域の中にはNE-SW系リニアメントとNNE-SSW系リニアメントが数本見られ、それらの近傍にKhusib Spring鉱床が分布する。また、Tsumeb鉱床もこれとほぼ平行で粗粒玄武岩を伴ったN-E-SW系リニアメントの近傍にあたる。

Grootfontein北東ではNE系リニアメントがENE-WSW系に変化するがこの変曲点はTsumeb西やKombat付近にも認められ、後期変形作用によるものかも知れない。そのほか、区域北部では深部基盤岩のドームによると思われる緩やかな磁気異常が見られるが、これにNW-SE系の貫入岩によると思われるリニアメント群が重なっている。形成年代はKroo玄武岩の活動期にあたり、鉱床生成後と考えるのが妥当であるが、深層弱線帯であり、Growth Faultの可能性もある。

Tsumeb亜層群とMulden層群との不整合面境界は磁気異常からは、僅かな磁気コントラストをもっており、地質図とよく対比される。鉱床はこの境界近くの古カルストに形成されていることから、この層境界は重要である。この異常は連続した湾曲部を持つリニアメントとして捕捉でき、探鉱における1つの指標であると考えられる。

また、帯磁率測定の結果から、鉱石のうち輝銅鉱の帯磁率が比較的高く、もし低帯磁率のドロマイト中にまとまった量が存在すれば、弱いながら小規模円形の独特な磁気異常として捉えられる可能性がある。

空中放射能探査の結果では、主に露岩地帯で岩相の差に起因する放射能値の変化が捉えられた。Abenab、Khusib Springs鉱床はこの岩相境界を示すNE-SW系のリニアメントの近傍にあることが分かった。このリニアメントはDamara系堆積岩とCalcreteの境界を示すものであるが、基盤構造に整合的な磁気リニアメントの方向性に整合的であり、断層に規制された構造を反映するものと考えられる。

区域北西部ではNW-SE~E-W系の長いリニアメントが何本が確認された。このリニアメントの中には湾曲しているものも見られ、その起源については不明である。

以上の既存鉱床の成因モデルと磁気・放射能リニアメントとの関係から、探鉱対象をTsumeb・Kombatのようなパイプ状、塊状硫化鉱床に限定し、調査区域の鉱化ポテンシャル評価を試みた。評価の基準として次の4つを用いた。

- (1) 波長数Kmオーダーのしゅう曲構造の軸部およびしゅう曲軸の屈曲部付近のTsumeb亜層群ドロマイトとMulden層群との不(あるいは非)整合面(以後TM境界と呼ぶ)付近。この不(非)整合面の重要度は鉱床生成モデルによって異なると考えられるが調査地域では既知鉱床のうち、大規模鉱床はいずれも不(非)整合面付近に胚胎す

ることから評価基準とした。

- (2) NE-SW系およびENE-WSW系磁気・放射能リニアメントとTM境界とが交差している箇所
- (3) 基盤岩構造の大きな変曲点とTM境界
- (4) TM境界付近の小規模な磁気異常

なお、(4)は補足的であり、単独では評価に用いていない。また、(1)～(3)の基準が重なった地点は特にポテンシャルが高いと判断される。この結果、下記の7箇所のポテンシャル地域を抽出した。その優先順位にしたがって下の表に掲げる。(位置は空中物理探査調査地域を緯度、経度方向に5分毎に区分し、それぞれにA～L, 1～6を与え、区画によって表示した。)

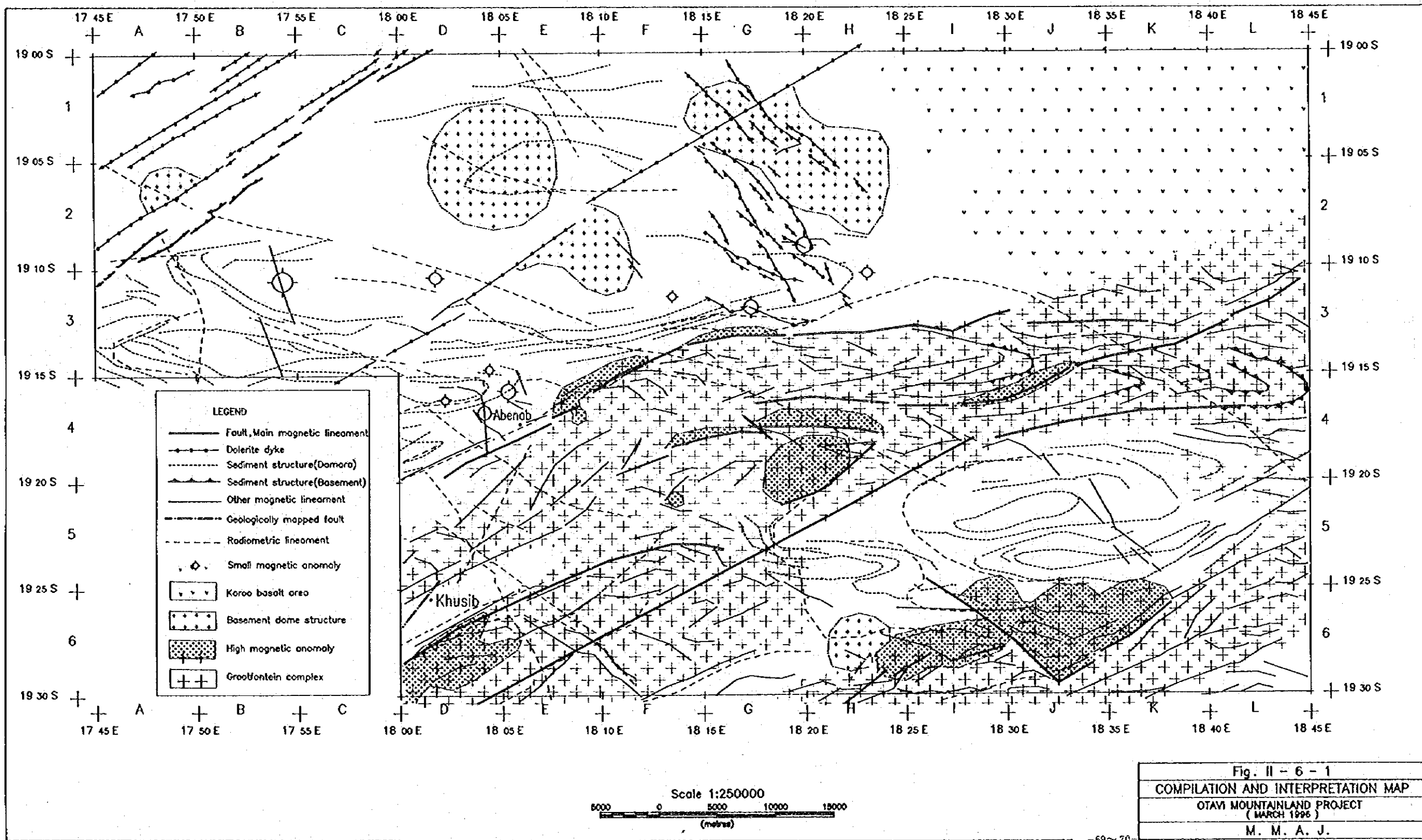
番号	ポテンシャル地域	評価基準	評価内容
1	G3中域	②, ③, ④	基盤岩の変曲点 (ENE-WSWとE-W) ESE-WNW系の岩脈とTM境界が交差 岩脈は断層と小規模な磁気異常を伴う 放射能リニアメントに近い
2	E3とE4 の境界付近	①, ②, ④	Abenab北方 褶曲軸付近に磁気異常リニアメント 弱いWNW-SES系、NNW-SSE系磁気異常 が交差
3	B3北東域	①, ②, ④	NNW-SSE系のリニアメントと 小規模な磁気異常が重なる
4	H3北域	①, ④	TM境界の褶曲軸付近に小規模な磁気異常
5	D4北域	②, ④	帯磁の方向が周辺と異なる小磁気異常
6	G2南域	②	NNW-SSE系とWNW-ESE系の2つの岩脈群が交差 岩脈群はTM境界を横切る
7	D3中部	②	NE-SW系の断層を伴う岩脈とTM境界との交点

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5780 SOUTH CAMPUS DRIVE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

PROFESSOR OF CHEMISTRY
5780 SOUTH CAMPUS DRIVE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

ASSISTANT PROFESSOR OF CHEMISTRY
5780 SOUTH CAMPUS DRIVE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

ASSISTANT PROFESSOR OF CHEMISTRY
5780 SOUTH CAMPUS DRIVE
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-3700
FAX: 773-936-3701
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU



第Ⅲ部 結論及び提言

第Ⅲ部 結論および提言

第1章 結論

第1年次の調査は既存データ解析、地質調査および空中物理探査よりなる、これら調査結果の結論を次に述べる。

1. 調査地域の既知鉱床の母岩の多くは原生代上部Damara系Otavi層群の炭酸塩岩の中に発達したカルスト堆積物である。
2. このカルスト堆積物は炭酸塩岩の非整合ないしは不整合面上に堆積した砂質岩で透水性が大きく浅所での鉱化塩水の通路となった。
3. 調査地域のDamara系は数回の変形運動を受けており、ほぼ東西系の軸をもつ向斜背斜の繰り返しがみられる。後期の変形では東西の圧縮を受けて初期のしゅう曲軸の変曲がみられる。
4. このようなしゅう曲構造や基盤岩コンプレックスの分布は基盤岩内部に発達するNE-SWないしはENE-WSW系の断層に支配されていると考えられる。基盤岩内の構造に由来する断層や断裂系は深部における鉱化流体の通路として重要である。
5. 空中磁気探査の磁気アナマリーから、空中物理探査調査地域のうち表層を新しい堆積物で被われた南部において基盤岩コンプレックスの地下分布や断裂や変成岩のしゅう曲構造を示すリニアメントが抽出できた。
6. 東部や北部では基盤岩が深く、表層堆積物の下にDamara帯の炭酸塩岩が厚く堆積しているが、ここでもMulden層群の分布やOtavi層群のしゅう曲構造が地層に沿った細かい磁気異常によって追跡可能である。
7. 同時におこなった空中放射能探査結果でも磁気リニアメントに整合的なリニアメントが抽出され、こうしたリニアメントが基盤の構造を支配する深層断裂系の一部であることを示している。
8. 以上の見地から既知鉱床の分布はTsumebの西をNE-SW方向に通るリニアメントおよびKombat-Harasib, Border, Khusib Spring-Abenabを通るNE-SW系断裂としゅう曲構造に伴われるいろいろな方向の割れ目の交点に規制されていると考えられる。
特にTsumeb, KombatではMulden層群の向斜構造が弓状に変化する頂部に位置していることは興味深い。
9. したがって表層堆積物に被われた地域において、鉱床のポテンシャル評価基準にしたがって、良好な地質的条件をもつ箇所を抽出し、次の段階の精密調査へ移行することとしたい。

第2章 第2年次調査への提言

第1年次の調査結果とその総合解析と考察によって得られた結論に基づき、次のような第2年次調査を提言する。

Ⅲ-2-1 調査箇所 (Fig. II-6-1 参照)

優先順位にしたがって次の7箇所が第2年次調査候補地域として挙げられる。

- (1) G3中部 域: Aregoas 282 地内
- (2) E3/E4境界域: Cleveland 706 地内
- (3) B3北東 域: Aarhus 659 および Accra 660 地内
- (4) H3北 域: Guinab 277 地内
- (5) D4北 域: Cadix 678 および Christiana 705 地内
- (6) G2南 域: Vogelsang 284 地内
- (7) D3中部域 域: Demerara 699 地内

Ⅲ-2-2 調査手法

探査対象とする鉱床型を平断面が50m×150m程度のパイプ状塊状銅・鉛・亜鉛-硫化物鉱床とし、その潜頭深度を50mないし100mと仮定した場合、比抵抗コントラストに注目した比抵抗法が適している。現地の地表状態などを考慮して、比抵抗法の中でもTDEM (時間領域電磁法) が最適であると思われる。

コイル配置: 水平・垂直探査の可能なインループ配置でループサイズは100~200m正方とし、格子状に測定を行う。

以上の地表物理探査の結果に基づきボーリング調査への継続が望まれる。

以上

参 考 文 献

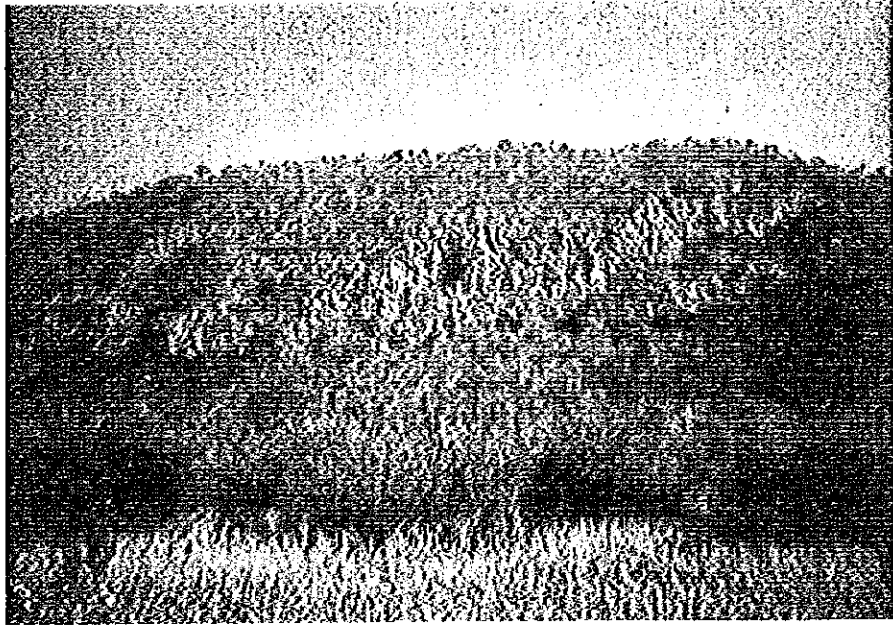
- Corner B. (1983): An Interpretation of the Aeromagnetic Data Covering the Western Portion of the Damara Orogen in South West Africa/Namibia Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr., 11(1983), 339-354
- Corner B. and W.A. Wilsher (1987): Proceedings of Exploration '87: Third Decennial in Geophysical and Geochemical Exploration for Minerals and Ground water, edited by G.D. Garland, Ontario Geological Survey, Special Volume 3, 960 p.
- De Beer, J.H. et al (1982): Magnetometer array and deep Schlumberger soundings in the Damara orogen belt, South West Africa. Geophys. J. R. astr. Soc., 70, 1982, 11-29p.
- Geological Survey of Namibia (1982): The Geology of South West Africa Namibia 1:1000000
- Geological Survey of Namibia (1988): Geological Map of the Damara Orogen South West Africa/Namibia-1988 1:500 000
- Geological Survey of Namibia (1993): Aeromagnetic Anomaly Map of Namibia 1:1 000 000
- Innes J. and Chaplin R.C. (1986): Ore Bodies of the Kombat Mine, South West Africa /Namibia. Mineral Deposits for Southern Africa (1986), 1789-1805p.
- Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (1992): Report on Project finding Survey-Satellite Image Interpretation, Republic of Namibia 1992 (in Japanese)
- Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (1992): Report on Project finding Survey-Information Analysis, Republic of Namibia 1992 (in Japanese)
- Kileen P.G. (1979): Gamma Ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration - Application and Interpretation. Exploration '87 Proceedings-Geophysical Methods, Advances in the State of the Art. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 31, 163-229p., 1979
- Killick A.M. (1986): A Review of the Economic Geology of Northern South West Africa/Namibia. Mineral Deposits for Southern Africa (1986), 1709-1717p.
- Kimura S. (1987): Localization of Spa using Surface Gamma-Ray Radiometric Exploration Spa Science Vol. 37 1987 73-92p. (in Japanese)
- Lombaard A.F., Gunzel A., Innes J. and Kruger T.L. (1986): The Tsumeb Lead-Copper-Zinc-Silver Deposit, South West Africa/Namibia. Mineral Deposits for Southern Africa (1986), 1761-1787p.
- Miller R. McG. (1983): Economic Implications of Plate Tectonic Models of the Damara

- Orogen. Spec. Publ. Geol. Soc. S. Afr., 11(1983), 385-395p.
- Mining Journal :Country Supplement NAMIBIA Vol. 319 No. 8196 1992
- Miller R. McG. (1994):The Mineral Resources of Namibia ---Mineral Exploration Targets
- Niall M. and McNaus C. (1994):Proterozoic Crustal & Metallogenic Evolution. Abstracts. Geological Society & Geological Survey of Namibia
- Tsumeb Corporation Limited(1995):Kombat Mine 1995
- Welke H. J., Allsopp H. L. and Huges M. J. (1983):Lead Isotopic Studies Relating to the Genesis of the Base-Metal Deposits in the Owambo Basin, Namibia Spec. Publ. Geol. Soc. S. Afr., 11(1983), 321p.
- Wolf K. H. edit. (1985):Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, Vol. 5 Regional Studies, Vol. 6 Cu Zn Pb and Ag Deposits; Vol. 13 Regional Studies and Specific Deposits, ELSEVIER

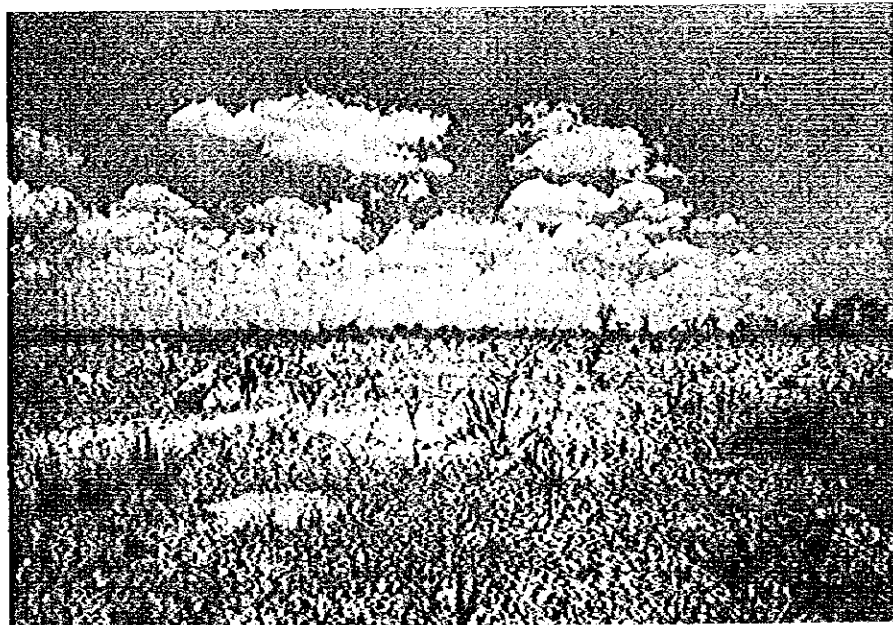
A-1

調査地域写真

A-1 Photographs of the Survey Area (1)

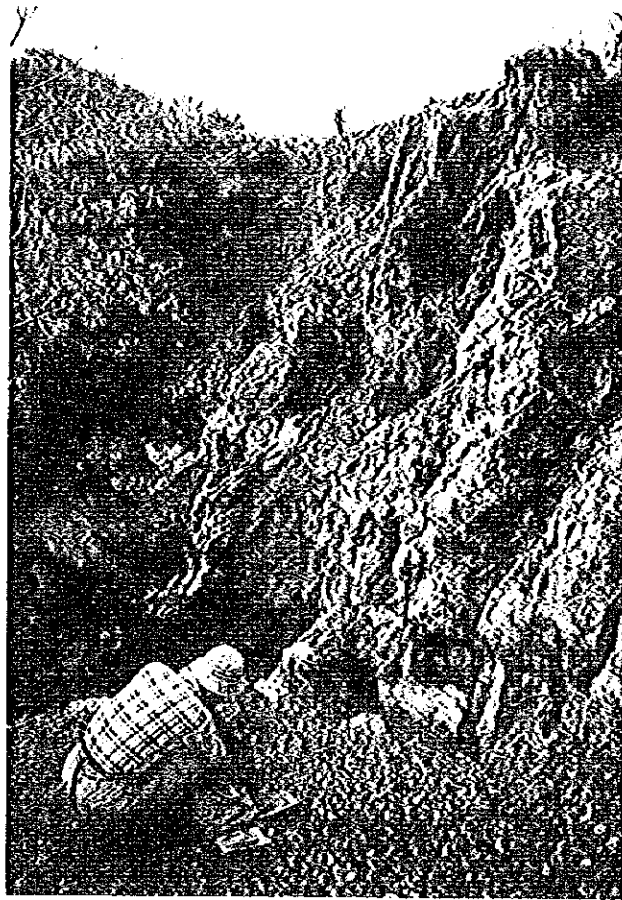


Common view of the Otavi Mountainland
Basement rock and dolomite



View of the flat land covered by calcrete

A-1 Photographs of the Survey Area (2)



Sampling at the Bobos closed mine
southwest of Tsumeb



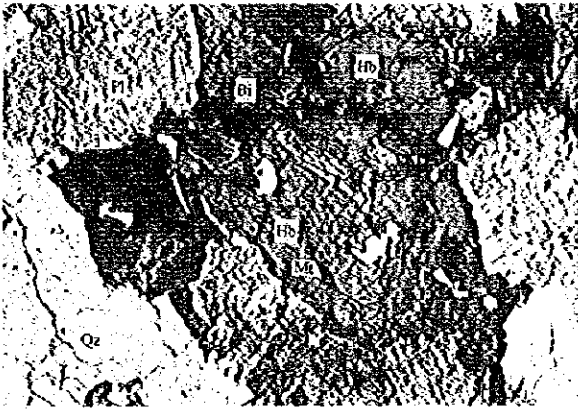
Airborne geophysical data acquisition by Cessna aircraft

A—2
岩石顯微鏡写真

Thin section photograph abbreviation

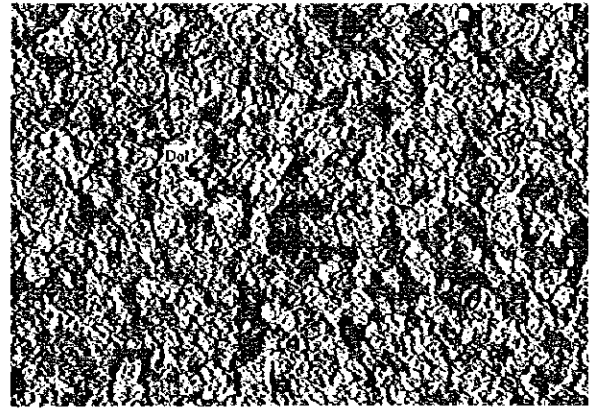
Minerals

Qz	quartz
Pl	plagioclase
Kf	potassium feldspar
Hb	hornblende
Mu	muscovite
Bi	biotite
Cal	calcite
Dol	dolomite
Ser	sericite
Chl	chlorite
Sp	sphene
Mt	magnetite
Zr	zircon
Ap	apatite
Tni	tourmaline
Lx	leucoxene
Ep	epidote
Hm	hematite
Op	opaque mineral



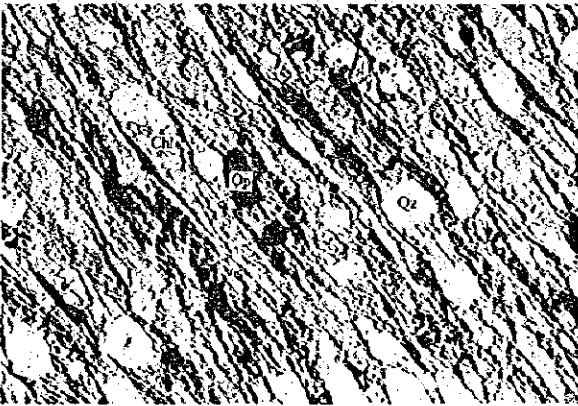
Sample No. 100504
 Formation Grootfontein Metamorphic Complex
 Rock Name Biotite-hornblende-granodiorite
 Locality Nosib Block III

Open Nicol
 0 0.5mm



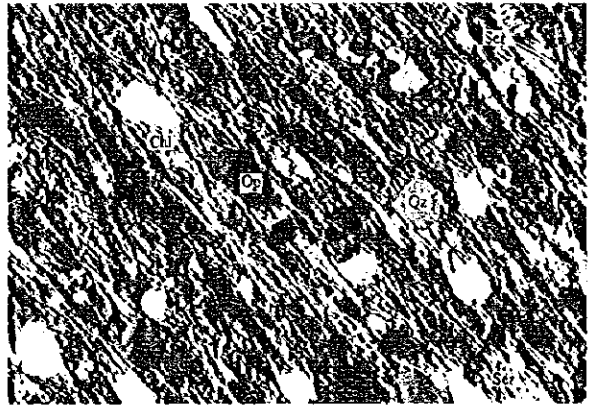
Sample No. 110705
 Formation Tsunieb Subgroup
 Rock Name Dolomite
 Locality Tsunieb Mine

Open Nicol



Sample No. 101308
 Formation Chuos
 Rock Name Quartz-chlorite schist
 Locality Askexold

Open Nicol
 0 0.5mm

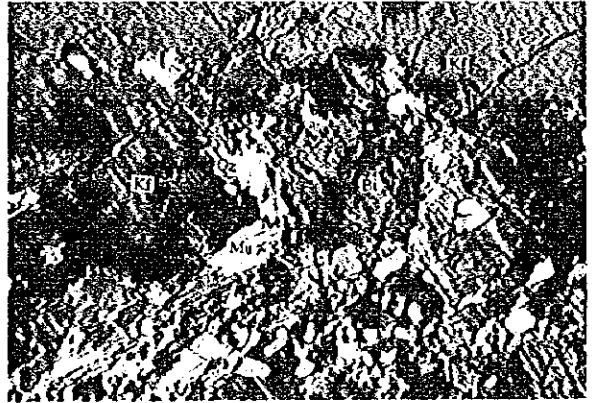


Cross Nicol



Sample No. 102103
 Formation Grootfontein Metamorphic Complex
 Rock Name Biotite-muscovite granite
 Locality Rietfontein

Open Nicol
 0 0.5mm



Open Nicol

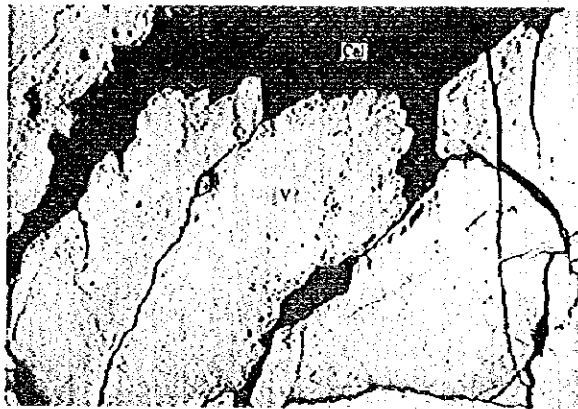
A—3

鉍石顯微鏡写真

Polish photograph abbreviation

Minerals

Cp	————	Cuprite
Gn	————	Galena
Sp	————	Sphalerite
Py	————	Pyrite
Cc	————	Chalcocite
Bo	————	Bornite
Nc	————	Native copper
Cup	————	Cuprite
Dg	————	Digenite
Cv	————	Coveline
V	————	Descloizite or mottramite
Fe	————	Fe hydroxide
M	————	Malachite



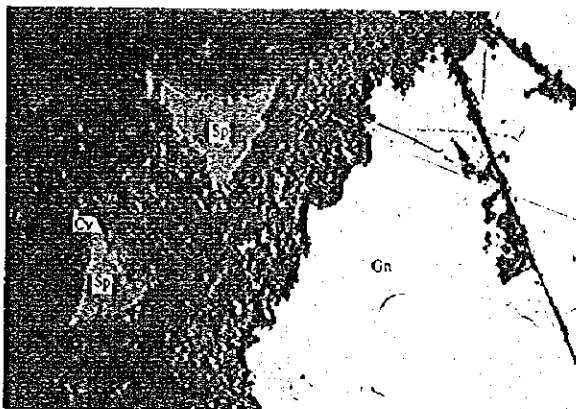
Sample No. 100405
 Ore Name Vanadium ore
 Locality Bobos mine(closed)

Open Nicol
 0 0.2mm



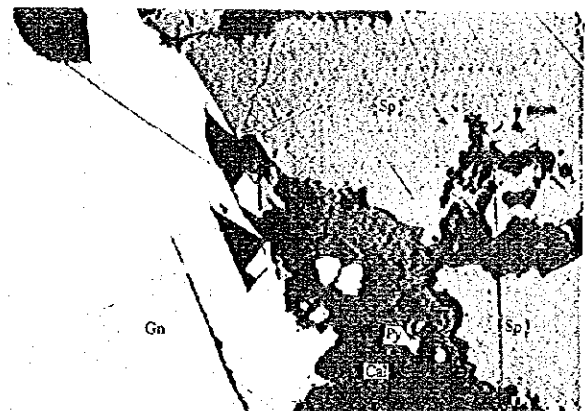
Sample No. 101104
 Ore Name Chalcocite-covellite ore
 Locality Rodgerberg mine(closed)

Cross Nicol
 0 0.2mm



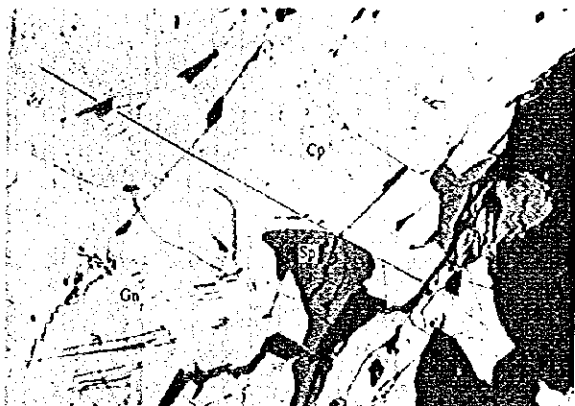
Sample No. 102006
 Ore Name Galena-sphalerite ore
 Locality Harasib old digging

Open Nicol
 0 0.2mm



Sample No. 102501
 Ore Name Sphalerite-galena ore
 Locality Abenab mine(closed)

Open Nicol
 0 0.2mm



Sample No. 110604
 Ore Name Galena-chalcocite ore
 Locality Konibat mine (6L/1 No. 2)

Open Nicol
 0 0.2mm



Sample No. 110701
 Ore Name Chalcocite-covellite ore
 Locality Tsuneb mine L10 No. 1

Open Nicol

LEGEND

- × Producing mine
- × Closed mine
- Old digging/ Mineral showing
Location number corresponds to the head number of Table II-2-2

Harasib:
Farm Name of Mineral Occurrence
and Previous Exploration

THE MINERAL EXPLORATION
IN THE OTAVI MOUNTAIN LAND AREA
THE REPUBLIC OF NAMIBIA

PHASE I

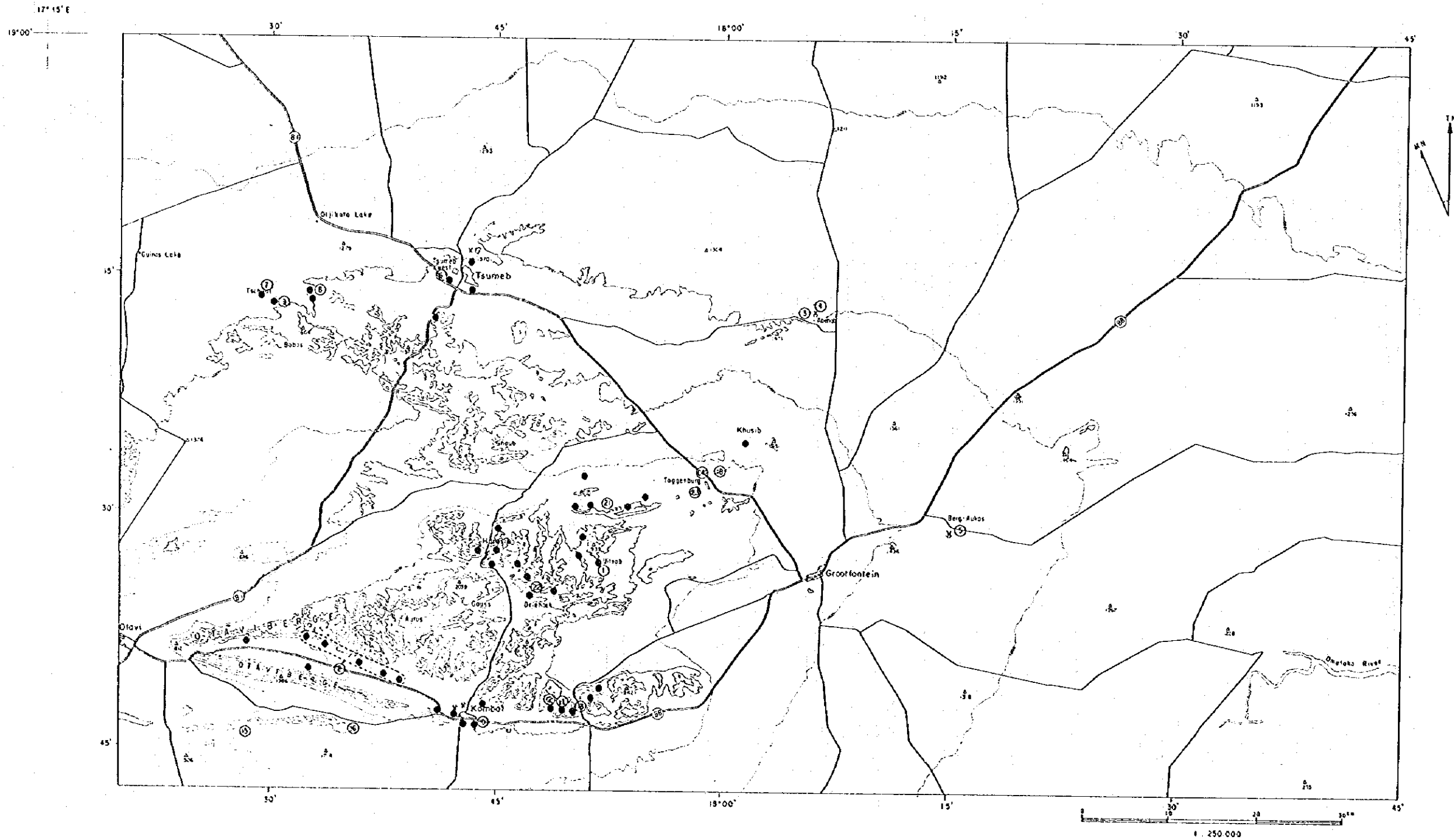
Fig. II-2-3

Location Map of
Known Mineral Showings

SCALE 1 : 250,000

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

DATE MARCH 1996



THE MINERAL EXPLORATION
IN THE OTAVI MOUNTAIN LAND AREA
THE REPUBLIC OF NAMIBIA

PHASE I

Fig. II-3-2

Compiled Geologic Map

SCALE 1:250,000

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

DATE MARCH 1996

LEGEND

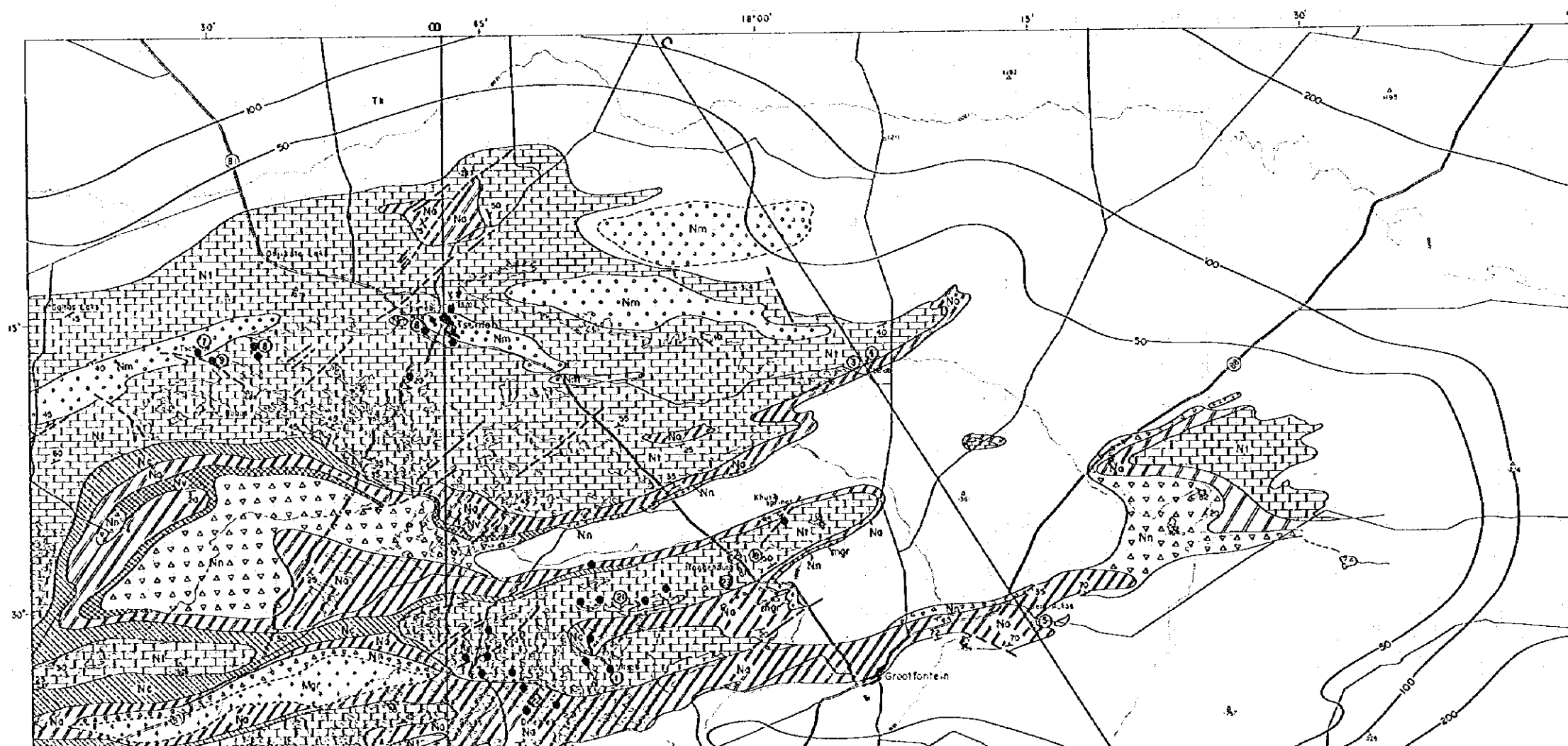
FORMATION	SUBGROUP	GROUP	SEQUENCE COMPLEX
Tk			KALAHARI
Nm			MULDEN
N1			OTAVI
Nc	CHOUS	TSUMEB	
Na		ABENAB	DAMARA SEQUENCE
Nk		KUISEB	
NkB		KARIBIB	SWAKOP
Nc	CHOUS	CHOUS	
Nos		ASKEVOLD	NOSIB
Nv		VARIANTO	
Nn			GROOTFONTEIN METAMORPHIC COMPLEX
Ngr			

This Map was prepared on the basis of the Geological Map kindly presented by Isuab Corporation limited under a grant of the Director of The Geological Survey of Namibia.

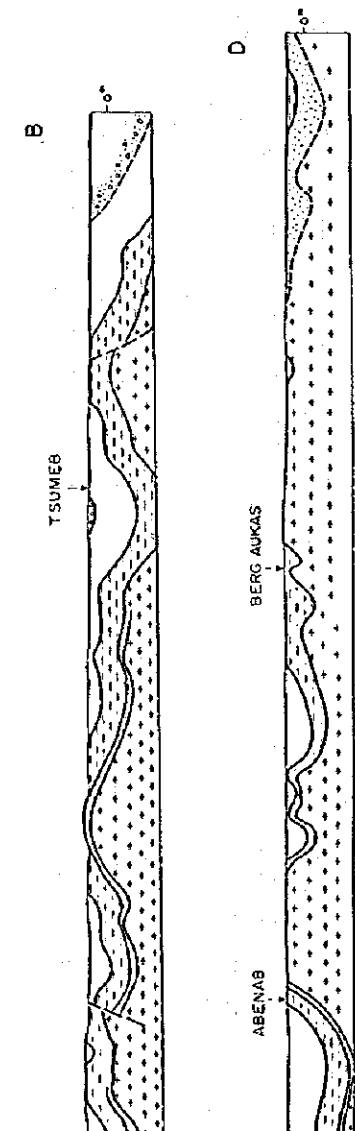
- Main Road
- Local Road
- Contour (Interval 100m)
- Town
- Mine
- Closed Mine
- Mineral Occurrence
- Strike Dip
- Fault
- Thickness of Calcrete
- Cross Section

LEGEND (Geologic Cross Section)

- Muldén Group
- Tsumeb Subgroup
- Abenab Subgroup
- Nosib Group
- Grootfontein Metamorphic Complex



Geologic Cross Section



Nc	Tillite	CHOUS
Nes	Epidiote, agglomerate, chlorite schist, dolomite	ASKEVOLD
Nv	Tillite, pyroclastics, ironstone	VARIANTO
Na	Quartzite, arkose, conglomerate, shale, phyllite	NOSIB
Ngr	Granite, gneiss	

GROOTFONTEIN METAMORPHIC COMPLEX

This Map was prepared on the basis of the Geological Map kindly presented by Tsameb Corporation Limited under a grant of the Director of The Geological Survey of Namibia.

- Town (Interval 100m)
- × Mine
- ⊗ Closed Mine
- Mineral Occurrence

- Thickness of Colcrete
- Cross Section

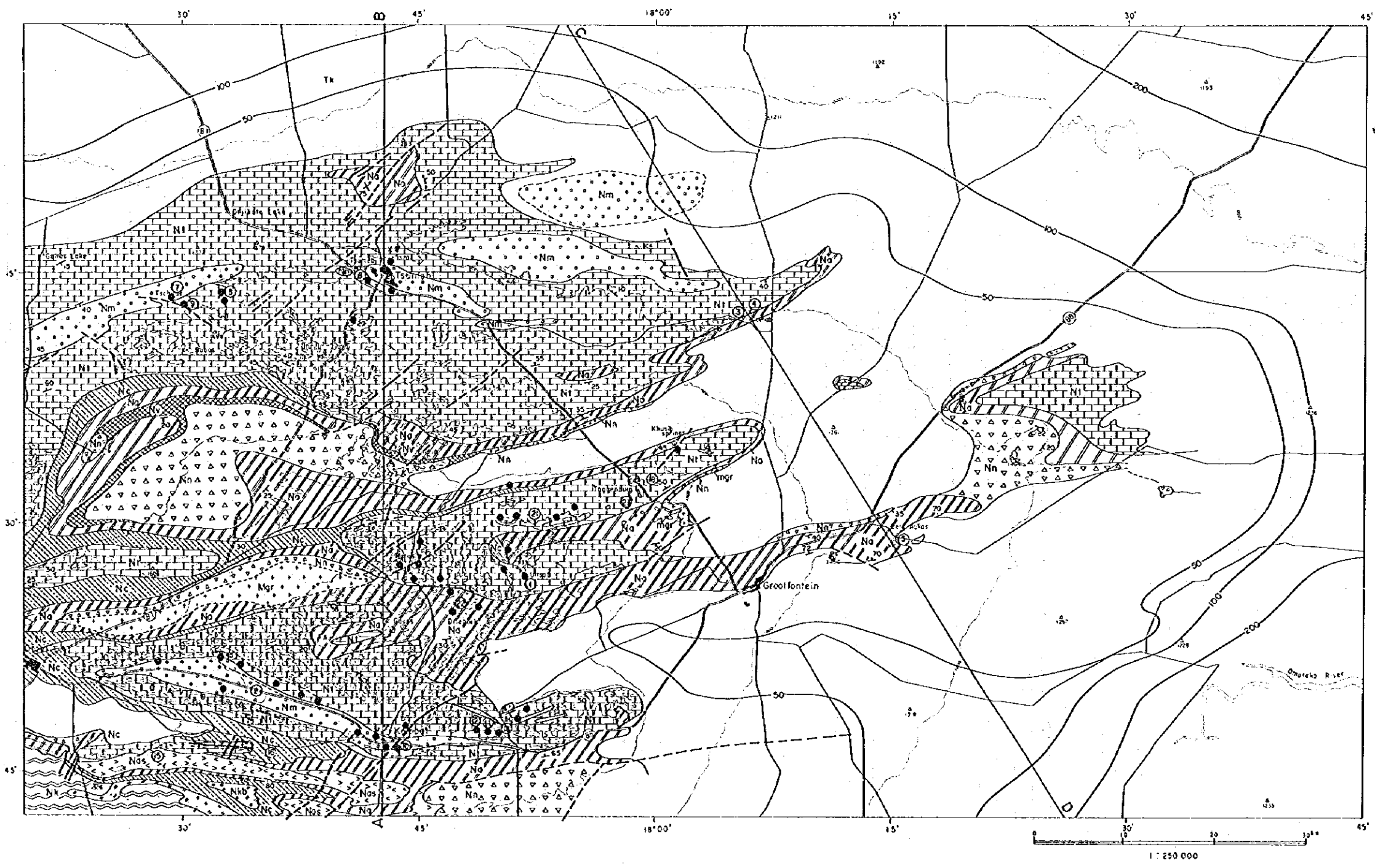
- Abenab Subgroup
- Nos.b Group
- Grootfontein Metamorphic Complex

SCALE 1 : 250,000

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

DATE MARCH 1996

17° 15' E
19° 00'



Geologic Cross Section

