

離しておりニアフィールドの影響がないよう考慮した。実際の距離は測定値一覧表に記載した。

Table IV-1 Transmitter and Observation Stations

Area	Transmitter	Dipole Length	Observation Stations	Total
A	No 1	1,500m	Nos 71~74, 81~91, 99~108, 117~127, 136~156, 164~185, 196~208, 213~220, 234~247, 266~270, 12, 252, 317	121
	No 2	1,500m	Nos 157~163, 186~195, 209~212, 221~233, 248~251, 253~265, 271~276, 277~289, 290~300	81
	No 3	1,500m	Nos 45~70, 75~80, 92~98, 109~116, 128~135	55
	No 4	1,500m	Nos 1~44	44
B	No 5	1,500m	Nos 301~316	16
			Total	Stations 317

1-4 調査方法

測点の決定は既存地化学データの再解析結果から得られた異常図をもとに行い、地化学異常帯では密に、周辺部では粗く配点した。測点および送信源の位置はFig. IV-1に示す。測点の測量は地域北東部のミウンベヒル(Miumbe Hill) 1,343mの測点を基点としてポケットコンパスおよび間縄を用いて幹線道路の測量を実施して基準線を設定した。各測点は基準線を基に格子状に測量し配点した。各測点では電場測定のために電極間隔50mのダイポールを送信源と平行にとり、磁場測定のためにアンテナを電場測定用ダイポールに直交するように約10m離して水平に設置した。

CSAMT法の測定概要図をFig. IV-2に示す。測定するパラメータは遠方に設置した送信源に平行な方向の水平電場 E_x と、これに直交する水平磁場 H_y である。測定された E_x と H_y から次式を用いて大地の見掛比抵抗 (ρ_a) が算出される。

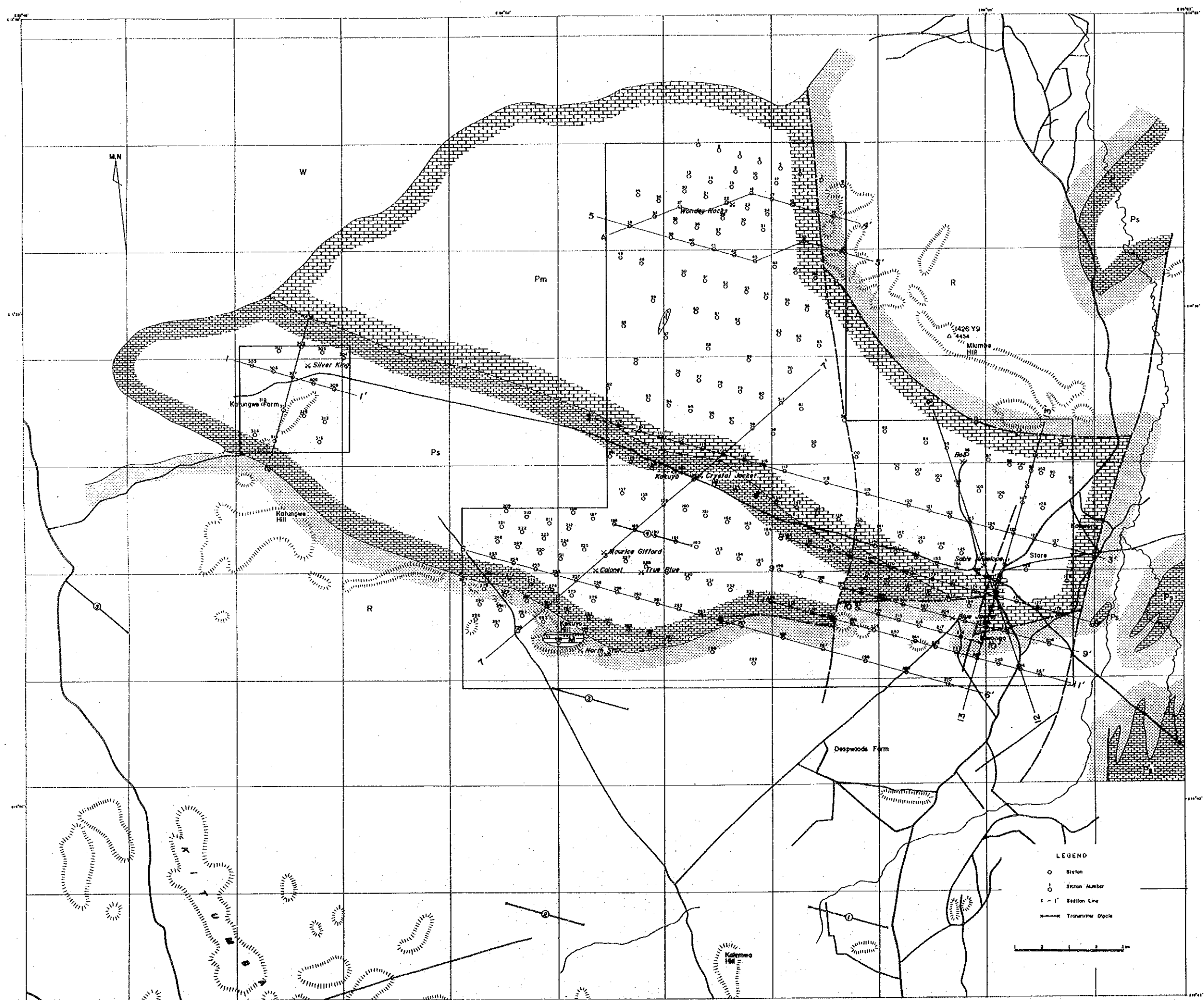


Fig. IV-1 Location of CSAMT Survey Station

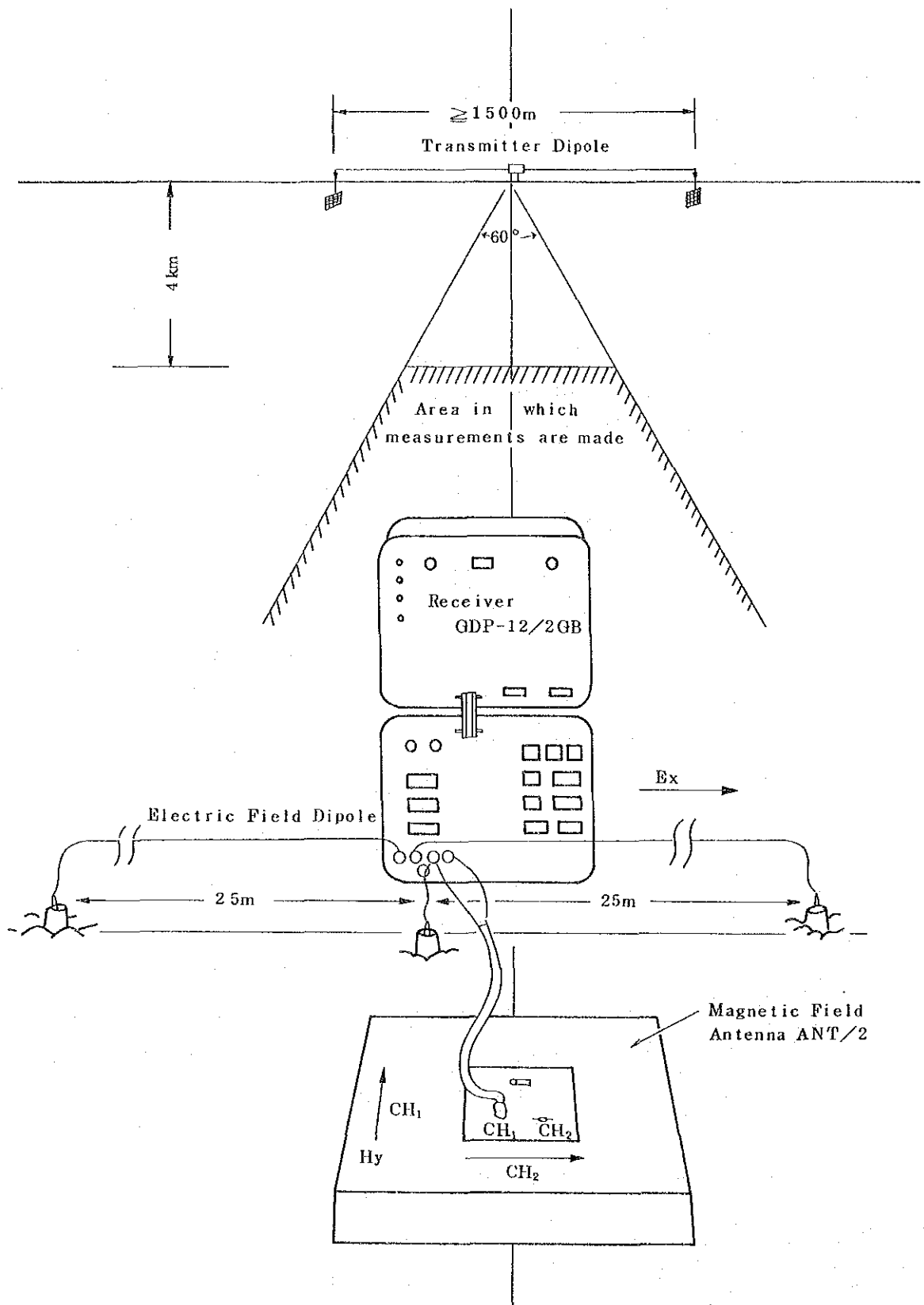


Fig. W-2 Field Layout of a CSAMT Survey

$$\rho_a = \frac{1}{5f} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2 \quad (\text{ohm-m}) \quad (1)$$

ここで

f : 周波数 (Hz)

E_x : 水平電場 (mV/km)

H_y : 水平磁場 (Gamma)

(1)式で求められた見掛比抵抗は探査深度 $\delta/\sqrt{2}$ (δ :表皮深度)までの平均の比抵抗を表している。

表皮深度 δ は電場および磁場の強さが地表における値の $1/e$ (あるいは37%)になる深度で(2)式で表される。

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

ここで

ρ : 大地の比抵抗 (ohm-m)

f : Frequency (Hz)

探査深度 $\delta/\sqrt{2}$ は比抵抗および使用周波数によって変わり、概その目安を Table IV-2 に示す。例えば周波数 2,048 Hz で 1,000 ohm-m の見掛比抵抗が得られた場合、この値はおよそ 250m 深度までの平均の比抵抗であると考えられる。

Table IV-2 Effective Penetration Depth ($\delta/\sqrt{2}$: m)

Frequency (Hz)	Resistivity (ohm-m)				
	1	10	100	1,000	10,000
2,048	8	25	79	249	786
1,024	11	35	111	352	1,112
512	16	50	157	497	1,573
256	22	70	222	703	2,224
128	31	99	315	995	3,146
64	44	141	445	1,407	4,449
32	63	199	629	1,989	6,291
16	89	281	890	2,813	8,897
8	126	398	1,258	3,979	12,582
4	178	563	1,779	5,627	17,794

1 - 5 測定機器

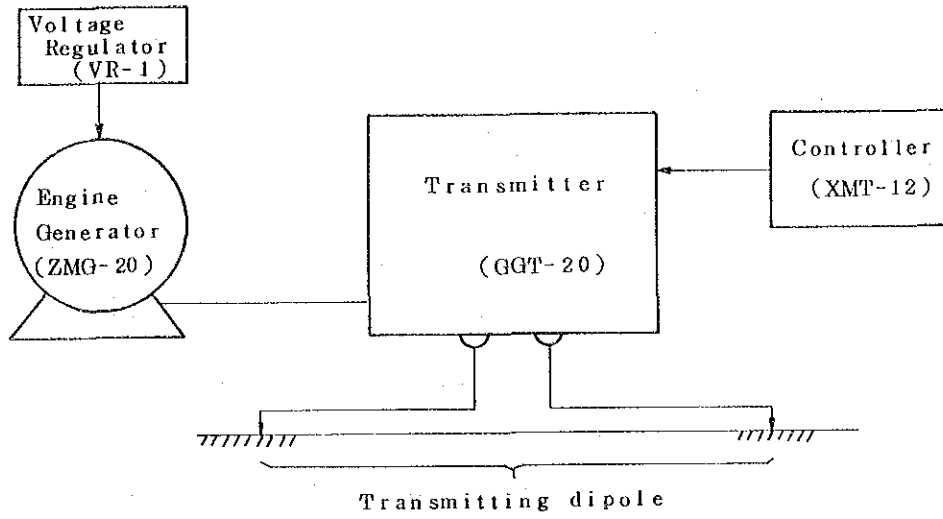
本調査に使用した測定機器を Table IV-3 に示す。又測定機器のブロックダイアグラムを Fig. IV-3 に示す。

実際の測定ではコントローラによって周波数制御された矩形波電流が信号源として送信機より大地に流される。一方各測点では電場および磁場の信号が測定され、増巾後デジタル化され S/N を改善するためスタックされる。受信機内蔵のコンピュータにより(1)式にしたがって見掛比抵抗が計算される。測定結果として得られるデータは、見掛比抵抗および電場と磁場の位相差であり受信機に表示され、さらにカセットプリンターに出力される。

Table IV-3 CSAMT Equipments

Equipment	Manufacturer	Model	Specification	Qty
Power Supply	Zonge (USA)	ZMG-20	Maximum Power : 20 kVA Alternator : 400 Hz 115V 3 Phase Engine : WISCONSIN 465D 62 HP	1
Regulator	Zonge	VR-1	Voltage Regulation	1
Transmitter	Zonge	GGT-20	Output voltage:400,600, 800,1,000V Output Current:Max 40A Square Wave Frequency : DC ~ 10 kHz	1
Controller	Zonge	XMT-12	Frequency : DC ~ 2,048Hz	1
Receiver	Zonge	GDP-12/2GB	2 Channel Data Processor	1
Antenna	Zonge	ANT/2	Dual Axis Magnetic Field Detector	1
Cassette/Printer	Zonge	CAP-12	Printer : Minicassette	1

(Transmitter)



(Receiver)

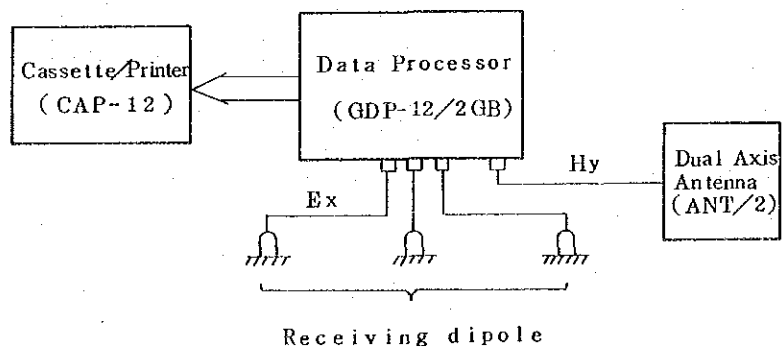


Fig. IV - 3 Block Diagram of Zonge Survey System

第2章 データ処理とサンプル測定

2-1 データ処理

測定結果は見掛比抵抗平面図，見掛比抵抗断面図，比抵抗構造断面図および比抵抗構造平面図に表示される。

見掛比抵抗平面図は各周波数における見掛比抵抗を平面図にプロットしたものである（Fig. IV-4～Fig. IV-13）。

見掛比抵抗断面図は横軸に測線，縦軸に周波数を取り，見掛比抵抗値をプロットしたものである（Fig. IV-14～Fig. IV-18）。データは大地を水平多層構造として解析される。解析は非線形最小自乗法を用いて行われ，すべてのCSAMT曲線の解析結果は解析曲線図にまとめられている。

比抵抗構造断面図は横軸に測線，縦軸に深度を取り，解析された比抵抗値をプロットしたものである（Fig. IV-14～Fig. IV-18）。

比抵抗構造平面図は一定深度での比抵抗分布を示すもので，0，-100，-200，-300，-400 m の平面図を作成した（Fig. IV-19～Fig. IV-23）。

平面図および断面図中のコンター間隔は，比抵抗値が広範囲に亘るため対数等間隔（ $\log R = 0.33$ ）となるよう考慮した。

……10，21，46，100，210，460，1,000……となっている。

2-2 サンプル測定

岩石，鉍石サンプルの比抵抗および周波数効果をTable IV-4に示す。サンプルは水道水に72時間浸したものである。岩石の比抵抗は石灰岩が最も高く次いで閃長岩，変砂岩，となっており，硫化鉍物を含む鉍石の比抵抗は低いが孔雀石等の酸化鉍物から成る鉍石の比抵抗は高い。

岩石の周波数効果は変砂岩以外は極めて低い。また，褐鉄鉍を主成分とする鉍石サンプルの周波数効果も小さい。

Table IV-4 Resistivity and F.E. of Rock Samples

Sample No.	Rock, Ore	Resistivity (ohm-m)	Frequency Effect (%)	Location	Remarks
F 87	Bedded Limestone	8,492	< 1	Colonel	
F 144	Brecciated Massive Limestone	2,432	< 1	Sable Antelope	
F 152	Massive Limestone	9,384	< 1	Bob Zinc	
F 203	Brecciated Massive Limestone	3,723	< 1	Wonder Rocks	
F 84	Massive Limestone	6,880	< 1	Silver King	
T 18	Metasandstone	961	2.3		
T 14	Metasandstone	1,116	2.5		
T 93	Metasandstone	1,028	1.3	North Star	
T 61	Shale	1,273	1.3		
T 72	Quartz Porphyry	989	< 1		
T 53	Syenite	2,910	< 1		
T 62	Syenite	1,800	< 1		
F 141	Ore	15	42	Sable Antelope	Bornite, Chalcocite (Cu 26%)
F 14011	Ore	34	137	Sable Antelope	Bornite, Chalcocite (Cu 23%)
F 223	Ore	8,484	5.8	Crystal Jacket	Malachite (Cu 8%)
F 55	Ore	7,205	< 1	Kamiyobo	Limonite

第3章 解析結果

3-1 見掛比抵抗平面図

見掛比抵抗平面図は、2,048, 1,024, 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 Hzの10種類の周波数について作成している。

(1) 2,048 Hzの平面図(Fig. W-4)は10~20,000 ohm-mの広範囲の見掛比抵抗値を示しており、比抵抗のコントラストが大きいことが特筆される。1,000 ohm-m以上の高見掛比抵抗値がA地区のほぼ全域に分布する。100 ohm-m以下の低見掛比抵抗値はA地区の南東周辺部に分布する。一般的に見掛比抵抗は石灰岩分布域で高く、変砂岩、頁岩の分布域で低い。1,000 ohm-mのコンターは石灰岩と変砂岩、頁岩の分布境界にはほぼ一致している。平面図中のLおよびH印は周囲より低いまたは高い見掛比抵抗を表現する。A地区の中央部に西北西-東南東方向の10,000 ohm-m以上の高見掛比抵抗帯が分布する。又、A地区の北西部にも10,000 ohm-m以上の高見掛比抵抗帯が認められる。この高見掛比抵抗帯は塊状石灰岩を表現していると考えられる。

一方、石灰岩分布域で検出された1,000 ohm-m以下の比較的低い見掛比抵抗帯は次のものが指摘される。

- a) サブル アンテロープの北東部の低見掛比抵抗帯(北北東-南南西方向のトレンドが明瞭である)。
- b) クリスタル ジャケット周辺の4箇所の小規模な低見掛比抵抗帯。
- c) ワンダーロックスの東部および西部の低見掛比抵抗帯(東西方向に延びる低比抵抗帯の中央部が高比抵抗帯で切られている)。
- d) ワンダーロックスの南部、東南部の低見掛比抵抗帯(東南部の低見掛比抵抗帯は南北性のトレンドで、その東側に南北方向に延びる断層が存在する)。
- e) コロネルの西部に幅広く東西方向に延びる低見掛比抵抗帯。

A地区の南部から東部の周辺部には変砂岩、頁岩が分布しており見掛比抵抗値が低い。A地区南部および東南部で見掛比抵抗コンターは複雑なパターンを示している。この地域は石灰岩と変砂岩・頁岩との境界であり、断層や破砕帯も予想される。

この地域に検出された1,000 ohm-m以下の低見掛比抵抗帯は次の7箇所が指摘される。

- 1) ブルージャケット北部の西北西-東南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。
- 2) ブルージャケットの西1 kmの北西-南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。
- 3) ブルージャケットの西2 kmの北北西-南南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。

- 4) クリスタル ジャケット南南東 2 kmの北北西-南南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。
- 5) トルーブルーの南に検出された低見掛比抵抗帯。
- 6) ボブ ジンクの北東部の低見掛比抵抗帯。
- 7) A地区の南端, 東南端の変砂岩・頁岩分布域に検出された広範囲に亘る 100 ohm-m 以下の低見掛比抵抗帯。

B地区は層状石灰岩の分布域である。B地区の西部に 100 ohm-m 以下の低見掛比抵抗帯が検出されており南北方向に分布する。

(2) 1,024, 512, 256Hzの平面図(Fig. IV-5~Fig. IV-7)の見掛比抵抗のパターンは 2,048Hzの平面図と殆んど類似している。128, 64, 32Hzの平面図(Fig. IV-8~Fig. IV-10)ではA地区の西側で見掛比抵抗値が増加し, 東側で見掛比抵抗値が減少する傾向があらわれている。16, 8, 4Hzの平面図(Fig. IV-11~Fig. IV-13)で, A地区の中央部に南北方向の比抵抗構造が明瞭になっている。2,048Hzの見掛比抵抗平面図において, 鉱化帯付近の見掛比抵抗値は 200~20,000 ohm-mの範囲にある(Table IV-5)。

Table IV-5 Apparent Resistivity around Ore Deposits

Ore Deposit	Apparent Resistivity (ohm-m)
Bob Zinc	4,640 ~ 10,000
Sable Antelope	10,000 ~ 21,500
Wonder Rocks	464 ~ 1,000
Crystal Jacket	2,150 ~ 4,640
Kakuyo	2,150 ~ 4,640
Maurice Gifford	1,000 ~ 2,150
Colonel	1,000 ~ 2,150
True Blue	2,150 ~ 4,640
Silver King	1,000 ~ 2,150
Blue Jacket	1,000 ~ 2,150
North Star	215 ~ 464

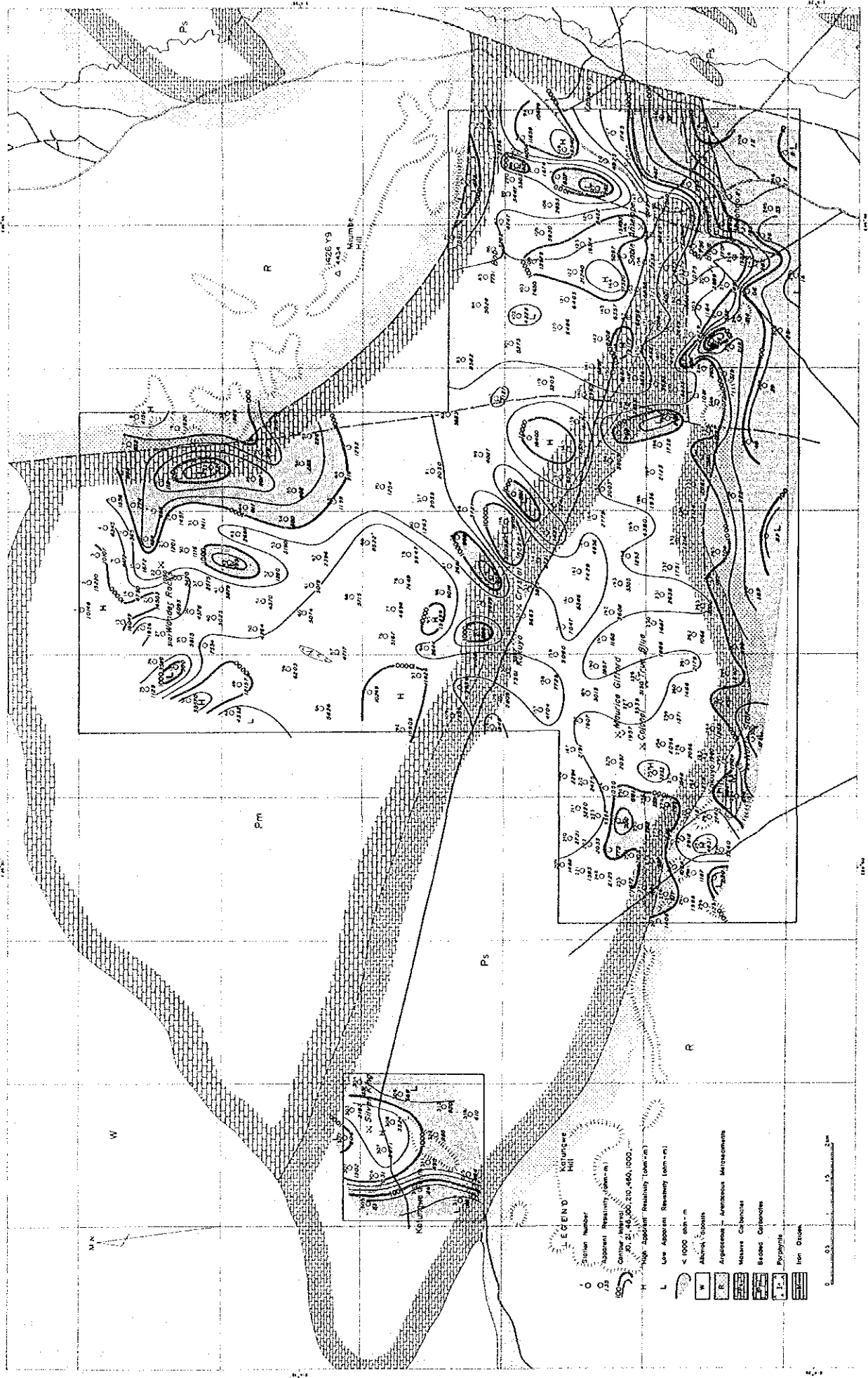


Fig. IV-5 Apparent Resistivity Map 1024 Hz

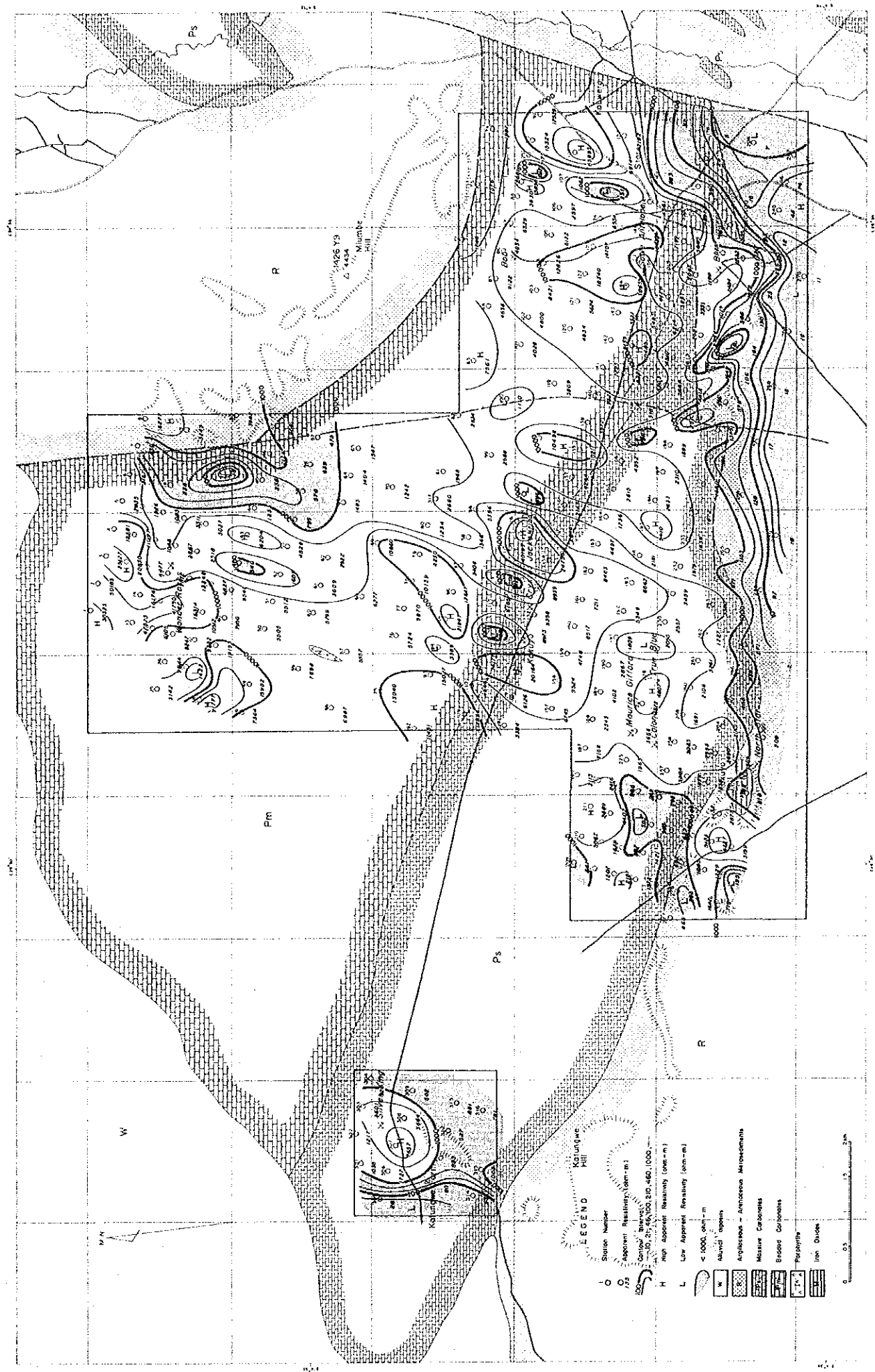


Fig. IV-7 Apparent Resistivity Map 256 Hz

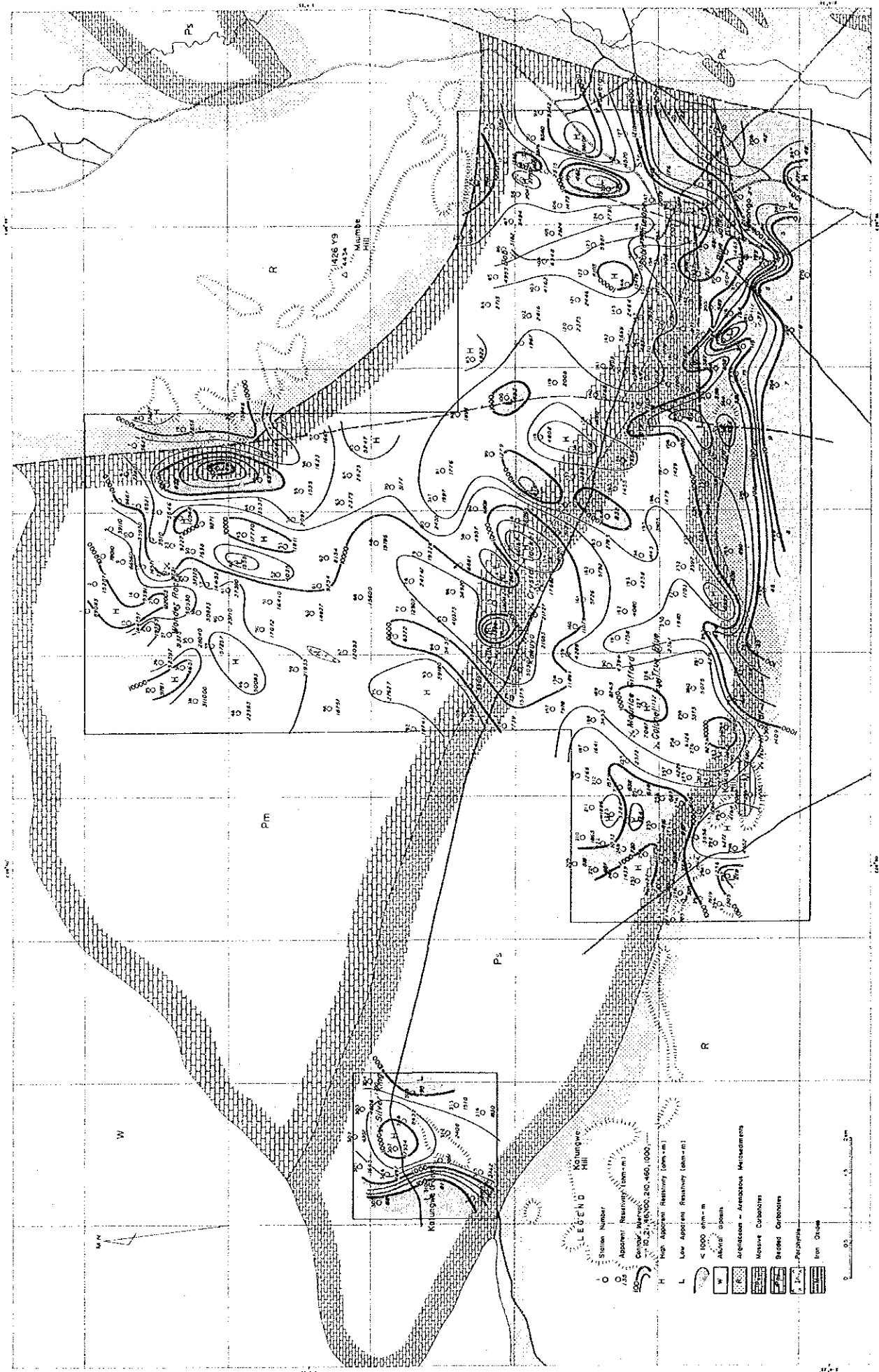


Fig. IV-9 Apparent Resistivity Map 64 Hz

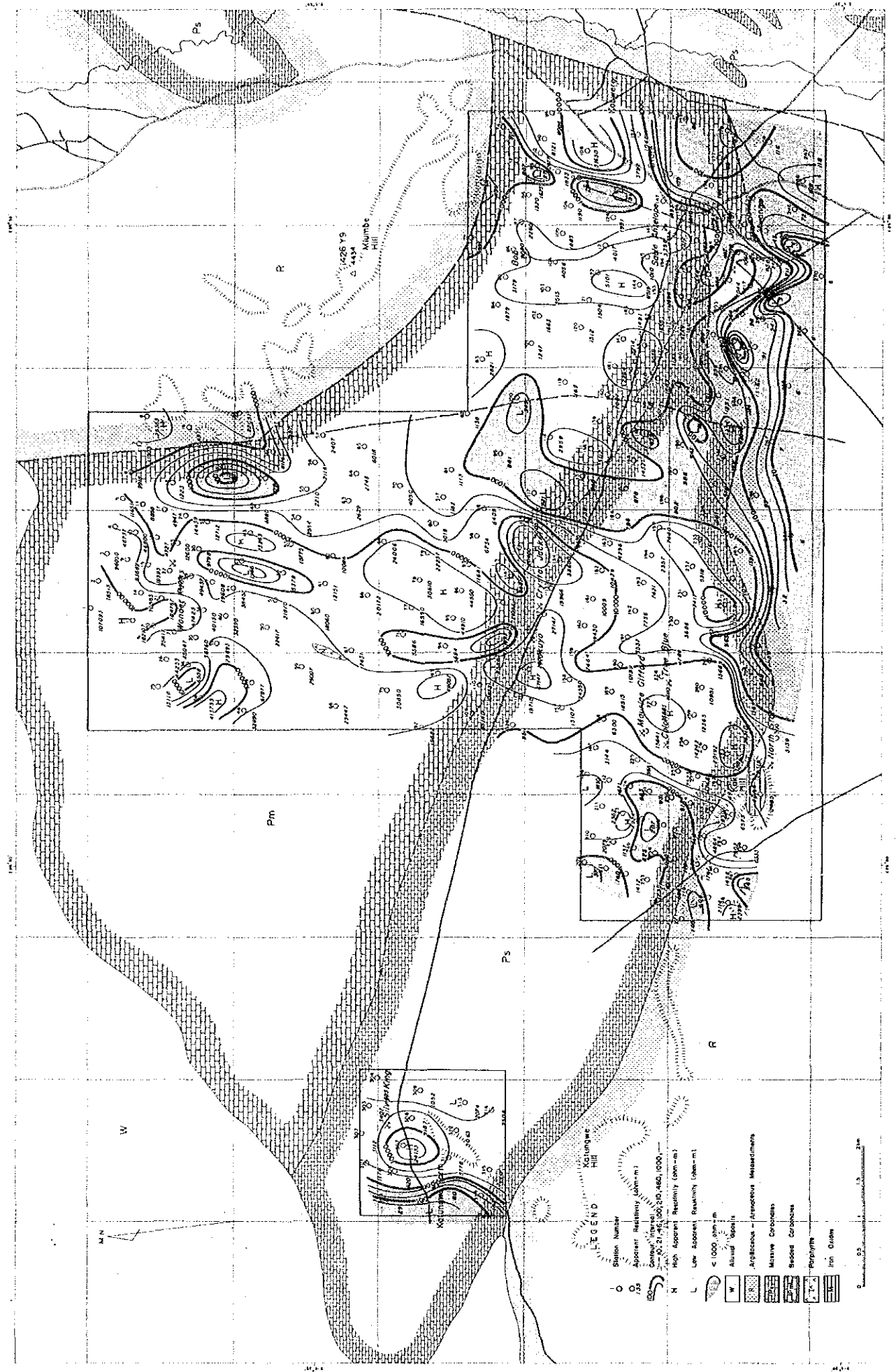


Fig. IV-10 Apparent Resistivity Map 32 Hz

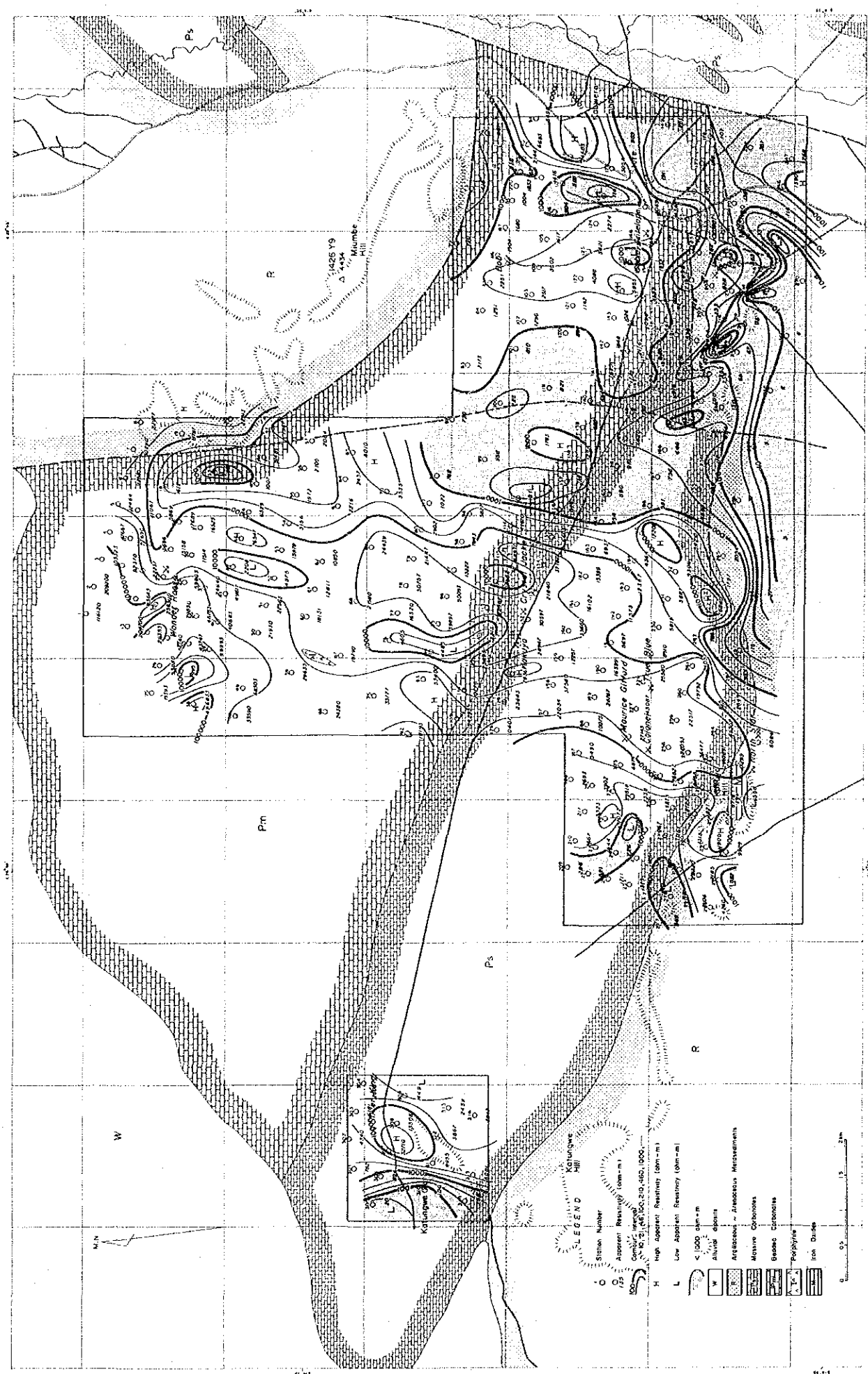


Fig. IV-11 Apparent Resistivity Map 16 Hz

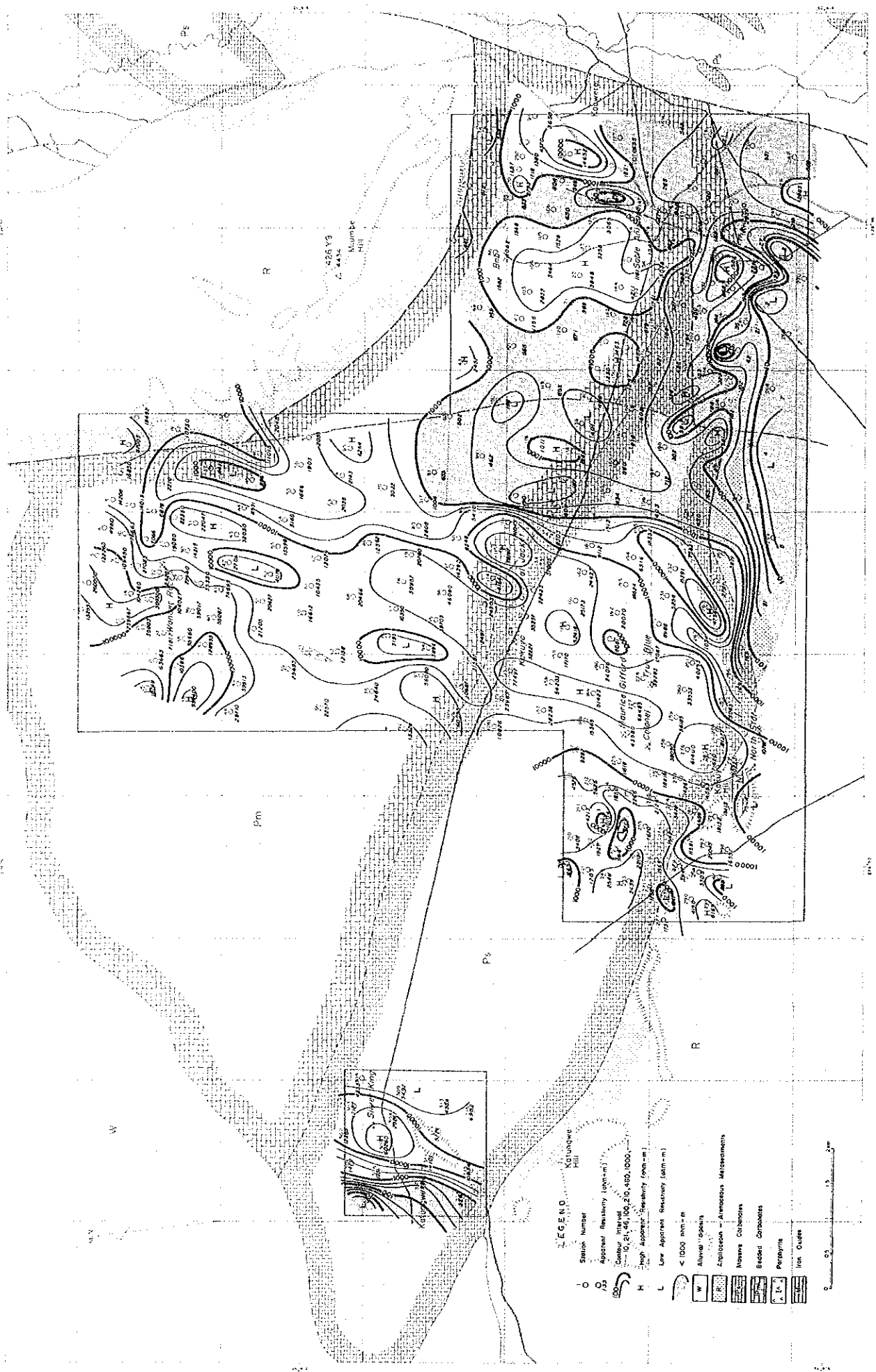


Fig. IV-12 Apparent Resistivity Map 8 Hz

3-2 比抵抗断面図(見掛比抵抗断面図, 比抵抗構造断面図)

見掛比抵抗平面図から得られた低見掛比抵抗帯について比抵抗断面図(Fig. IV-14~Fig. IV-18)を用いて検討した。比抵抗断面図の位置はFig. IV-1に示す。一部の比抵抗断面図のない低見掛比抵抗帯については解析曲線図(別添図)を用いて検討した。

- a) サブル アンテロープ北東部の低見掛比抵抗帯。測点125(Fig. IV-14, 3-3'), 測点125, 107, 71, 89(Fig. IV-18, 13-13')に低比抵抗帯が検出されている。測点125, 89には100 ohm-m以下の低比抵抗帯が存在する。これらは塊状石灰岩中の深部へ続く破砕帯と考えられる。
- b) クリスタル ジャケット周辺の低見掛比抵抗帯。測点112, 114, 117(Fig. IV-14 3-3'), 測点114, 58(Fig. IV-16, 7-7')に低比抵抗帯が認められる。測点117は塊状石灰岩中の深部へ続く破砕帯と考えられる。測点114は深度177~207mに33 ohm-mの低比抵抗帯が存在する解析結果が得られており, 測点58とともに北東-南西方向の分布を示す低比抵抗帯をなしている。この方向の延長上にクリスタル ジャケット, カクヨが位置している。
- c) ワンダーロックス東部および西部の低見掛比抵抗帯。測点34, 22, 16, 17, 18(Fig. IV-15, 4-4')に低比抵抗帯が検出されている。この低比抵抗帯は地表から深度150~250mまで分布し比抵抗値は100~800 ohm-mである。
- d) ワンダーロックス南部, 東南部の低見掛比抵抗帯。測点42, 32(Fig. IV-15, 5-5')に低比抵抗帯がある。比抵抗値が100 ohm-m以下のゾーンが浅部に存在する。
- e) コロネルの西部の低見掛比抵抗帯。測点255, 256(Fig. IV-16, 6-6')に低比抵抗帯がある。層状石灰岩中の低比抵抗帯である。比抵抗値は800~900 ohm-m, 層厚1,000m以上である。
- f) ブルージャケットの北の西北西-東南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。測点183, 184の解析結果によれば比抵抗値800~1,000 ohm-m, 層厚1,000m以上である。これは石灰岩と変砂岩・頁岩の境界に位置している。
- g) ブルージャケットの西1kmの北西-南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。測点215(Fig. IV-17, 10-10'), 測点242(Fig. IV-18, 11-11')に低比抵抗帯がある。これらは石灰岩と変砂岩・頁岩の境界に位置する異常である。測点215では深度126~242mに0.3 ohm-mの低比抵抗帯, 測点242では深度95~125mに0.2 ohm-mの低比抵抗帯が存在する解析結果が得られている。これらは変砂岩, 頁岩中の破砕帯と考えられるが極めて低い比抵抗異常

である。

- h) ブルージャケットの西2 kmの北北西-南南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。測点199 (Fig. IV-17, 9-9') の低比抵抗帯は層状石灰岩中の深部へ続く破砕帯と考えられる。
- i) クリスタル ジャケット南南東2 kmの北北西-南南東方向に分布する低見掛比抵抗帯。測点194, 233の解析結果によれば比抵抗値500~600 ohm-mのゾーンが地表から深度100~150mまで分布している。
- j) トルーブルーの南500mの低見掛比抵抗帯。測点260, 262 (Fig. IV-16, 6-6') に低比抵抗帯が検出されている。比抵抗値は500~600 ohm-mで地表から深度100mまで分布している。
- k) ボブ ジンクの北東部の低見掛比抵抗帯。測点72, 73の解析結果によれば比抵抗値500~600 ohm-mで、地表から深度100~200mまで分布している。i), j), k)にみられる低比抵抗帯は同種類の異常であり、石灰岩中の変砂岩、頁岩の分布を反映していると考えられる。
- l) A地区南端、東南端の低見掛比抵抗帯。変砂岩、頁岩の分布する地域のなかに広範囲に低比抵抗帯が存在している。それらは測点177, 178 (Fig. IV-17, 8-8'), 測点206, 207, 208 (Fig. IV-17, 9-9'), 測点244, 245, 246, 247 (Fig. IV-18, 11-11'), 測点266, 267, 268, 269, 270 (Fig. IV-16, 6-6') である。

測点177, 178は比抵抗値7~11 ohm-mで地表から深度40mに分布している。177と178の間には断層が予想される。測点206は深部へ続く破砕帯と考えられる。測点207, 208には比抵抗値5~20 ohm-mのゾーンが地表から深度80~200mに分布している。207と208の間に断層が予想される。測点219 (Fig. IV-17, 10-10') および測点244は深部へ続く破砕帯と考えられ、測点206と類似のものである。これらは連続しておりサブアンテロープ北東部の破砕帯の延長部とみられる。

測点246と247には比抵抗値8~18 ohm-mのゾーンが地表から深度50mに分布している。測点245と246の間には断層が予想される。

測点267, 268, 269, 270では3~6 ohm-mの極めて低い比抵抗帯が深度70~200mに分布している。この低比抵抗帯は地下水で飽和した頁岩層と考えられる。

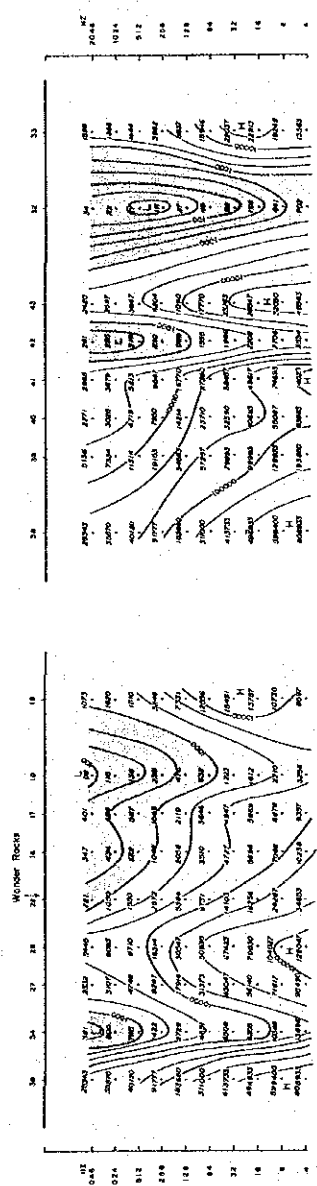
- m) B地区西部の南北方向に分布する低見掛比抵抗帯。測点305 (Fig. IV-14, 1-1') には低比抵抗帯があり、比抵抗値は8 ohm-mで胚胎深度は42~72mで層状石灰岩中の異常である。

以上述べた低比抵抗帯をTable IV-6にまとめて示した。

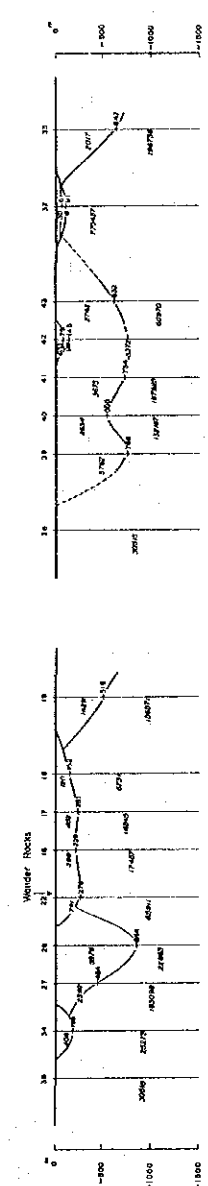
APPARENT RESISTIVITY SECTION

4 - 4'

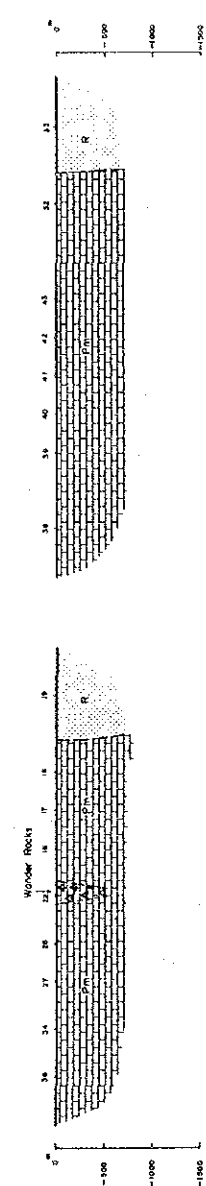
5 - 5'



RESISTIVITY SECTION



GEOLOGICAL SECTION

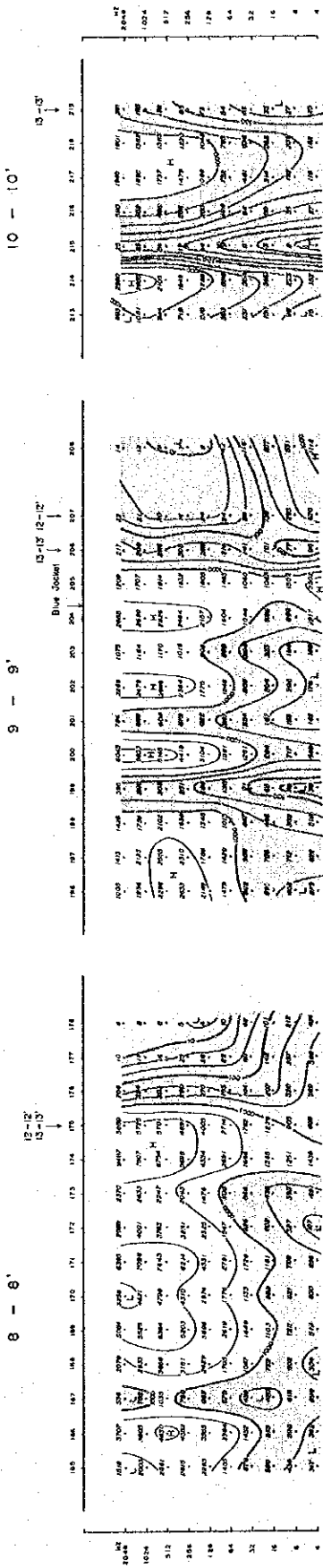


LEGEND

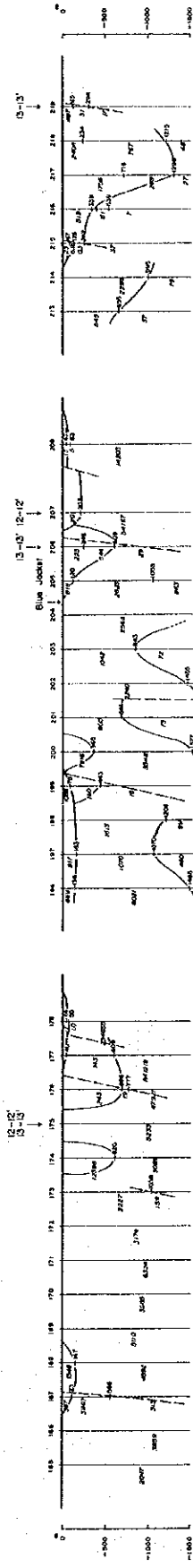
- < 1000 dm-m
- 1000
- 2000
- Resistivity (ohm-m)
- Breccias and Siltstone Zone
- Argillaceous - Ammonite - Murchisonites
- Belemnite Carbonates

Fig. IV-15 Resistivity Section 4 ~ 5

APPARENT RESISTIVITY SECTION



RESISTIVITY SECTION



GEOLOGICAL SECTION

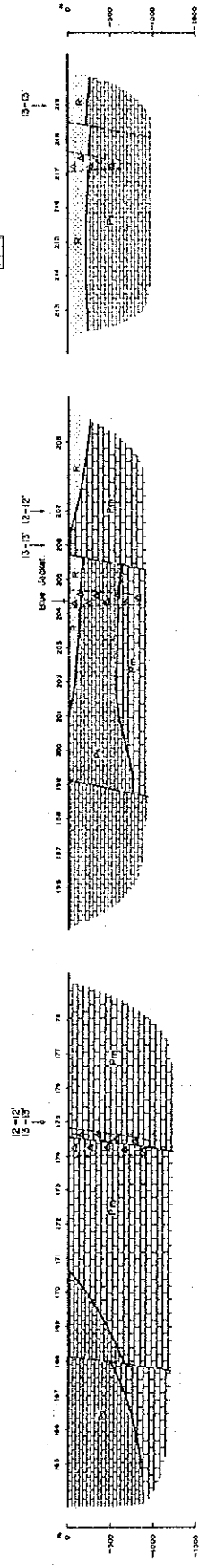


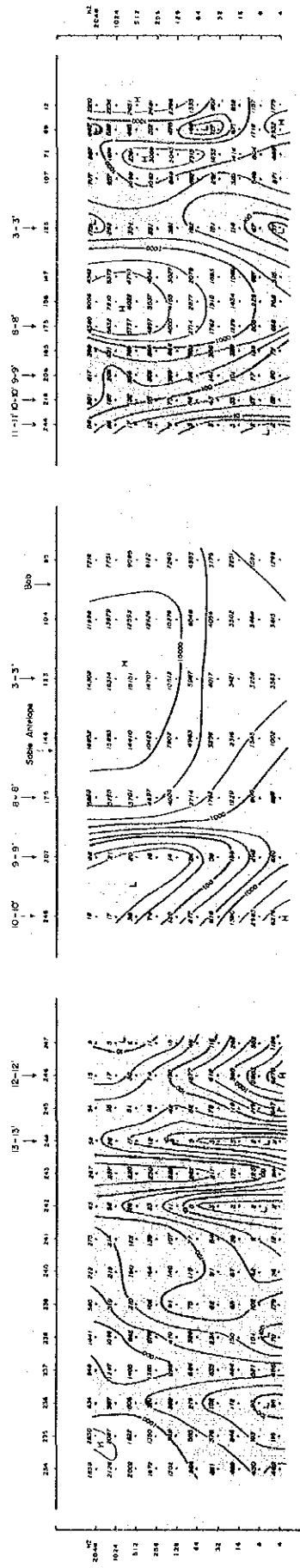
Fig. IV-17 Resistivity Section 8 ~ 10

APPARENT RESISTIVITY SECTION

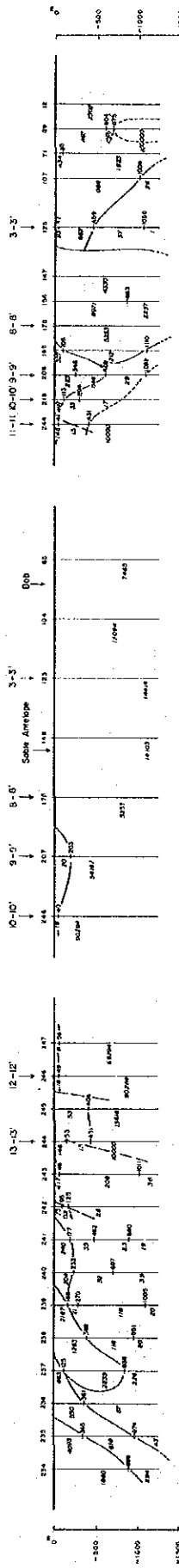
11 - 11'

12 - 12'

13 - 13'



RESISTIVITY SECTION



GEOLOGICAL SECTION

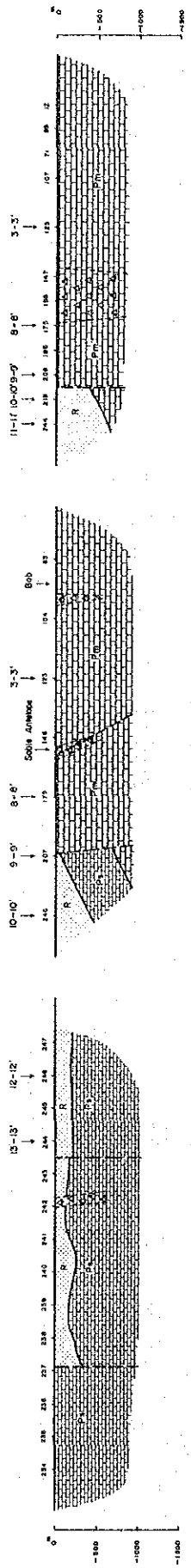


Fig. IV-18 Resistivity Section 11 ~ 13

Table IV-6 List of Low Resistivity Zone

Type	Area	Station No.	Geology
Deep Fractured Zone	North-east of Sable Antelope East of Crystal Jacket South-west of Blue Jacket 1 Km West of Blue Jacket 2 Km West of Blue Jacket South-eastern part of A area	71, 89, 107, 125 117 242 215 199 206, 219, 244	Massive Limestone Massive Limestone Metasandstone, shale Metasandstone, shale Bedded Limestone Metasandstone, shale
Low Resistivity Zone (1,000 > > 100 ohm-m)	East and West of Wonder Rocks North-east of Crystal Jacket West of Colonel North of Blue Jacket 2 Km South-south-east of Crystal Jacket South of True Blue North-east of Bob Zinc	16, 17, 18, 22, 34 58 255, 256 etc. 183, 184 194, 233 260, 262 72, 73	Massive Limestone Massive Limestone Bedded Limestone Metasandstone, shale Bedded Limestone Bedded Limestone Massive Limestone
Low Resistivity Zone (100 > > 10 ohm-m)	South and South-east of Wonder Rocks North-west of Crystal Jacket North-east of Crystal Jacket East of Crystal Jacket North-east of Sable Antelope South-eastern Part of A area	32, 42 112 114 117 89, 107, 125 177, 207, 208, 245, 246	Massive Limestone Massive Limestone Massive Limestone Massive Limestone Massive Limestone Metasandstone, shale
Low Resistivity Zone (< 10 ohm-m)	1 Km West of Blue Jacket South-west of Blue Jacket South-eastern Part of A area Southern Part of A area Western Part of B area	215 244 178, 208, 247 266, 267, 268, 269, 270 305, 310, 315	Metasandstone, shale Metasandstone, shale Metasandstone, shale Metasandstone, shale Bedded Limestone

3-3 比抵抗構造平面図

比抵抗構造平面図は各測点の解析結果を用いて地表下0, -100, -200, -300, -400mの比抵抗値をプロットしたものである (Fig. IV-19 ~ Fig. IV-23)。

- (1) 深度0mの比抵抗構造平面図は2048Hzの見掛比抵抗平面図 (Fig. IV-4) と類似のパターンおよび比抵抗分布を示している。B地区の測点310, 314において10ohm-m以下の低比抵抗帯が把握されているが、これはニアフィールドによるものと考えられる。
- (2) 深度100mの比抵抗構造平面図では、A地区東南端における北東-南西のトレンドの断層構造が明瞭になっている。これは見掛比抵抗平面図では明瞭でなかった。A地区南部では3~6ohm-mの低比抵抗帯が広範囲にみられる。
- (3) 深度200mの比抵抗構造平面図では、クリスタル ジャケット北東部の低比抵抗帯が明瞭になっている。

以上、見掛比抵抗平面図、比抵抗断面図 (見掛比抵抗断面図、比抵抗構造断面図)、比抵抗構造平面図について解析し、低比抵抗帯の抽出と断層破碎帯等地質構造の推定を行ったが、次章において低比抵抗帯のなかから今後の調査の対象とすべき物探異常を選定すると共に、既知鉸化帯と物探異常との関係、今後探査すべき範囲について検討した。

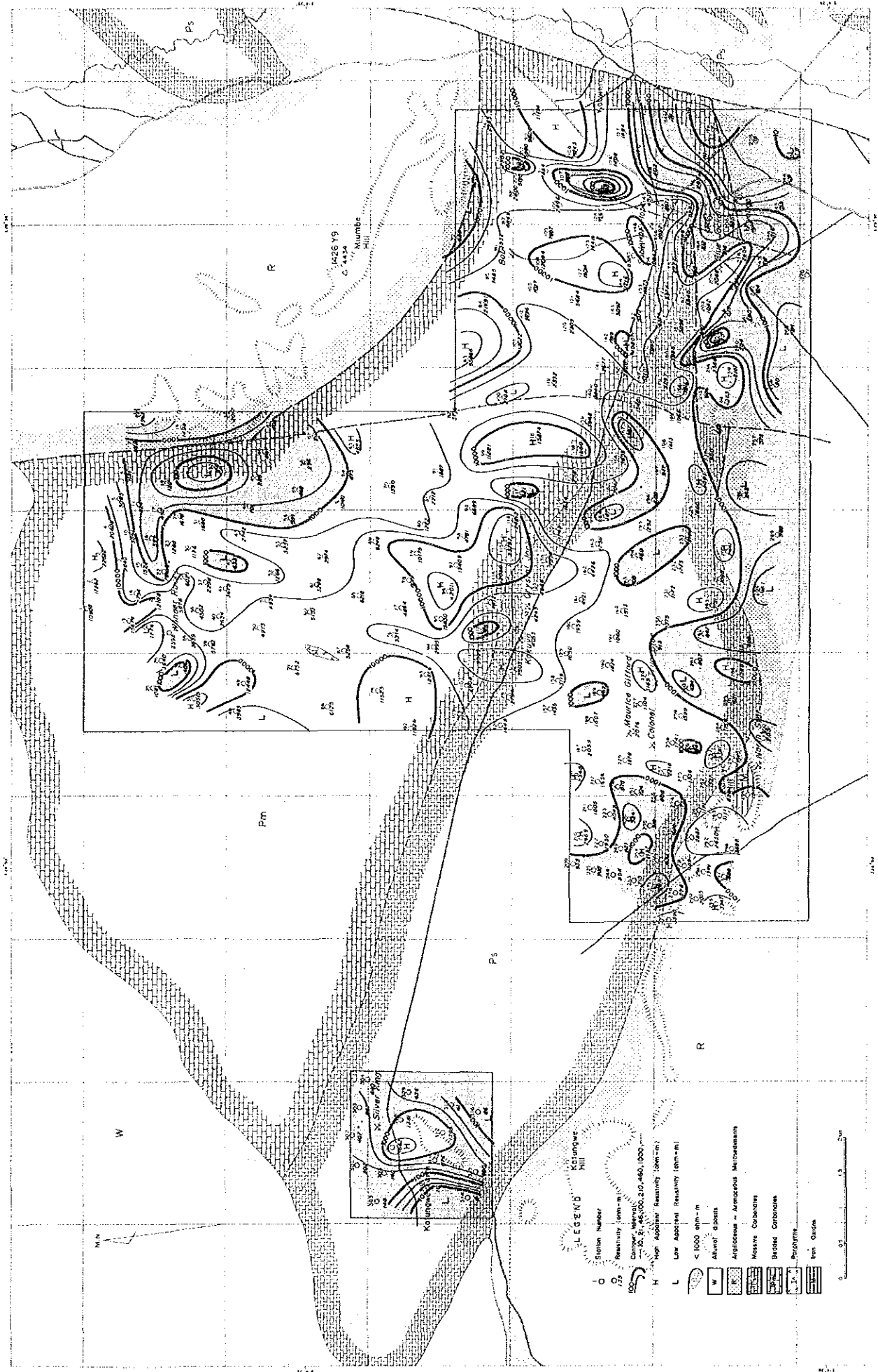


Fig. IV-19 Resistivity Map 0 m

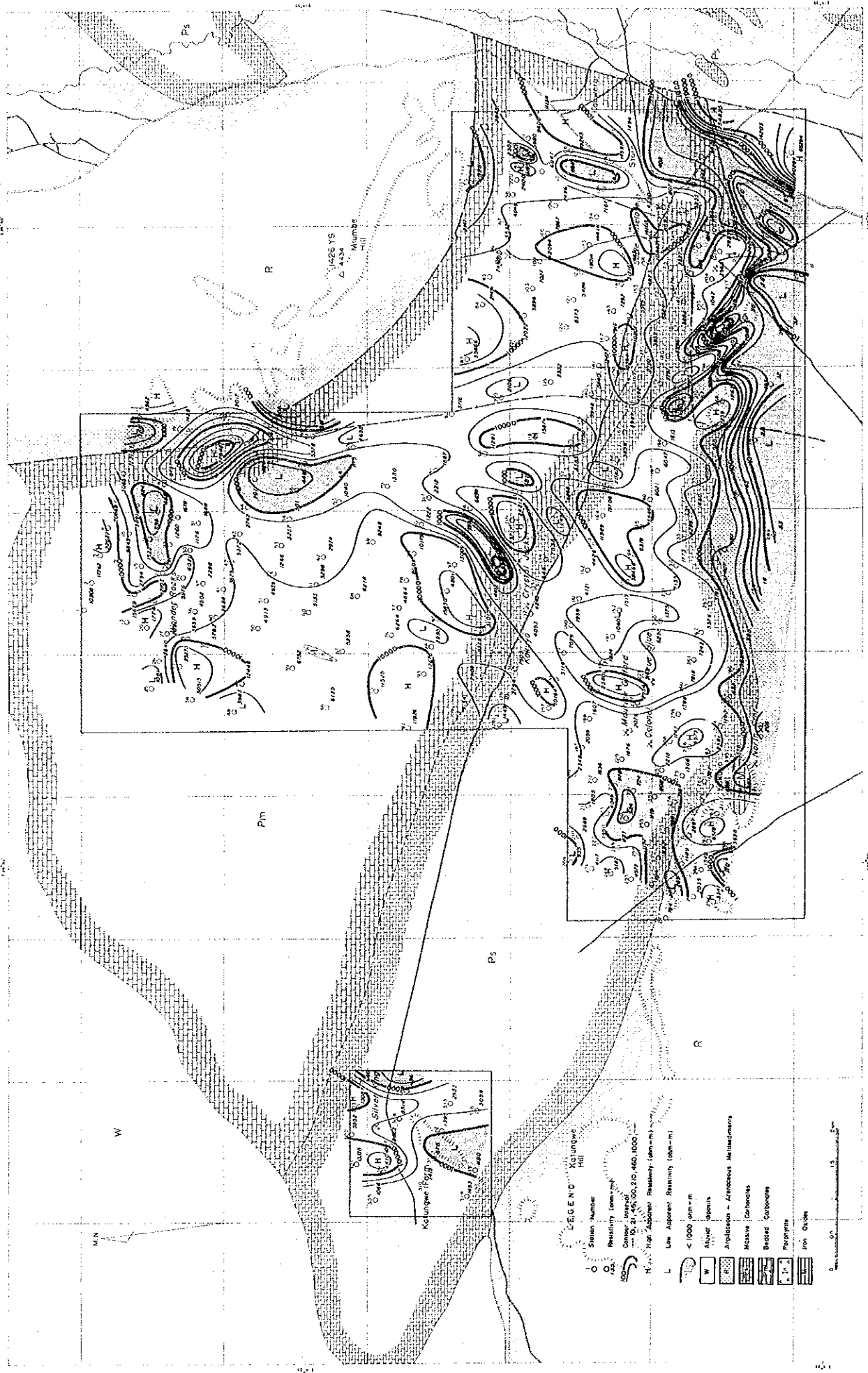


Fig. IV-21 Resistivity Map -200 m

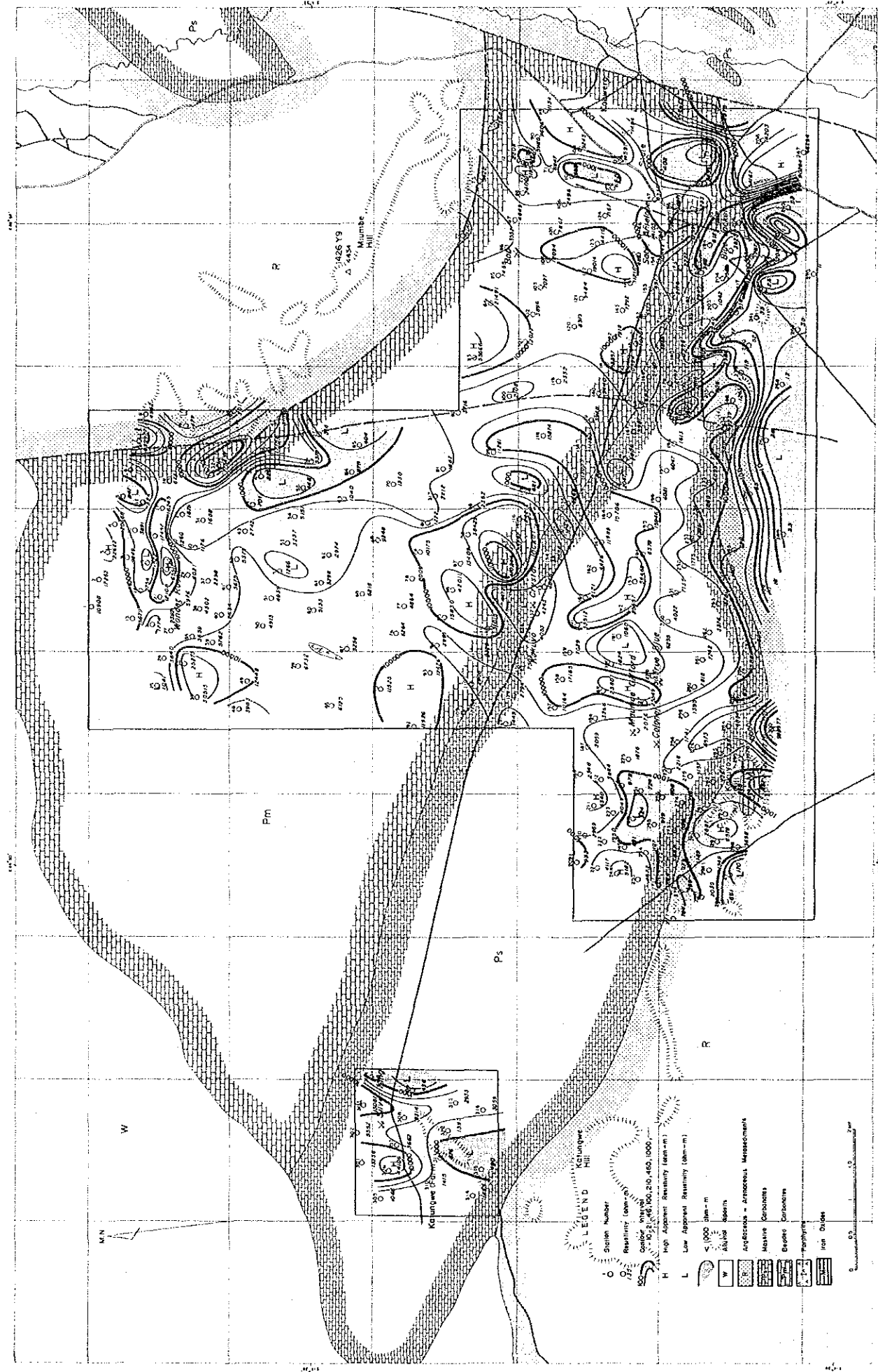


Fig. IV-22 Resistivity Map -300 m

第 V 部 総合検討及び結論

第V部 総合検討及び結論

第1章 総合検討

1-1 地質構造と鉍化帯の関係

調査地域における鉍化帯は北部の炭酸塩岩類中の角礫状破碎部に認められるものと、南部の裂か等弱線沿いに認められるものに大別し得る。

前者の角礫状破碎部は径10m×10m程度から300m×500m程度の水平的には楕円状、垂直的にはパイプ状の形状を呈して、各鉍化帯毎に独立して発達しており、その配列方向に顕著な方向性は認められない。しかし、大局的にはワンダーロックス及びボブ ジンク鉍化帯を除きサブル アンテロープ鉍床からシルバーキング鉍床にかけての各鉍化帯はほぼ地質構造に調和したN70°~80°W方向のゾーン内に位置している。また鉍化の規模及び強さは角礫状破碎部のそれに比例する傾向にあり、更に露頭が下位の地層中に存在する程下部の鉍化が認められる。

ワンダーロックス及びボブ ジンク 鉍化帯の地質構造上の位置は明確にし得ない点が多いが、ボブ ジンク鉍化帯の着鉍部は前述の大局的方向と同様にN70°~80°W方向に伸長している。また、N-S系の断層沿いに角礫状破碎部-ボブ ジンク鉍化帯-サブル アンテロープ鉍床-ブルージャケット鉍化帯という配列が見られ、E-W系及びN-S系裂かの交叉部が鉍化の場となった可能性が大きいと考えられる。

ワンダーロックス鉍化帯は後述する地化学示徴の分布からみると、N70°E及びN20°W方向に伸長する異常域の接触部に当り、ボブ ジンク鉍化帯の場と同様にE-W系及びN-S系裂かの交叉部が鉍化の場となったものと推定される。

後者の裂か等弱線はカミヨボ鉍化帯ではN70°W、ルウ ルウ鉍化帯ではN20°Eである。また、シュガーローフ鉍化帯では閃長岩の舌状の貫入方向からN20°Eと推定される。これらの弱線はいずれもそれぞれの地区における局所的な方向性を示しており、地層とは斜交している。また、それらの延長も数km規模のものである。一方、調査地域の地質構造を支配する大構造線沿いには鉍化作用は認められない。従って裂か等弱線沿いに見られる鉍化作用はある大きな弱線沿いに配列するものではなく、局部的弱線が各々の地域における鉍液の通路となったものと推定される。

母岩についてみると、裂かの形成・保存の点から変堆積岩類よりは炭酸塩岩類及び貫入岩類の方が脈状鉍床富鉍部の形成に適していると一般的に言える。従って変堆積岩類中における裂か及び鉍化が劣勢な場合でも下位の炭酸塩岩類中、あるいは変堆積岩類と炭酸塩岩類との境界部付近において富鉍部が形成されることもあり得る。しかし当地域一帯は極めて露出状況が悪いため上記の現象があるか否か地表地質調査によって追跡することが出来なかった。特にカミ

ヨボ鉱化帯では頁岩中の裂かに優勢な Cu 鉱化作用が観察されるが、その延長先を追跡し得ない。尚、航空写真でこの裂かを追跡すると露出の少ない平坦部でもリニアメントとして判読可能であり、下位の炭酸塩岩類分布域まで連続していることが解る。以上述べた母岩の差による裂かの発達具合ならびに鉱化作用との関係は今後の地化学探査又は物理探査等のデータの蓄積により解明することが可能であると考えらる。

1-2 地化学異常と鉱化帯の関係

今回、調査地域南部で得られた地化学異常域は6地域である。このうち2地域は既知鉱化帯との関係が認められるが、既知鉱化帯全てが地化学異常域として抽出されてはいない。一方、地域北部の炭酸塩岩類分布域の地化学データを再解析した結果は、全ての既知鉱化帯が地化学異常域として抽出されている。この差は次の要因によるものと考えられる。

要 因	北部炭酸塩岩類分布域	地域南部（今回実施）
試料採取間隔	① ライン 400m ② ポイント 100m	① ライン 1または2 km ② ポイント 500m
鉱化作用	① 露頭が多く、かつ相当量削剝されている。 ② 鉱化帯の分布に方向性があり、あるゾーン内に配列している。	① 露頭は少ない。富鉱部が下位の炭酸塩岩類中にあり、変堆積岩中の鉱化が劣勢な場合、削剝量が少ないことが予想される。 ② 局部的に鉱化が行われており、夫々が独立している。
異常域の規模	異常域の規模が幅数km、延長数10 kmに達する。	異常域の連続性が乏しく、規模が小さい。

今回得られた既知鉱化帯との関係が見られる2地化学異常域はカミヨボ鉱化帯周辺とその西方延長域であり、両者ともPb-Zn示徴である。一方、カミヨボ鉱化帯の露頭では優勢なCu鉱化作用が見られるが、Pb-Zn鉱化作用は認められない。Cu異常値が認められなかったのは露頭が試料採取ラインから離れているため、比較的高いCu値は得られたが異常値にまでは至らなかったもので、試料採取間隔を密にすれば検出し得るものと考えらる。Pb-Zn異常値が得られた箇所には露出は認められないが極めて高い値であり、かつ個数も多く、両異常域を併せると6 kmにも及ぶ規模となる。これはCu鉱化が露頭に認められ早期に探鉱されたサブアンテローブ鉱床と、その近隣において、地化学Zn示徴として注目されたボブ ジンク鉱化帯

の位置関係にも類似しており、今後の地化学精査により詳細が明らかになるものと考えられる。

地表には鉍化作用が認められないが4地域で地化学異常が認められた。これら異常域と鉍化作用の関係は、前述のカミヨボ鉍化帯周辺域及びその西方延長域の地化学精査結果により検討可能になるものとする。特にこれらの北方平行異常域であるカレンダ東部Pb-Zn異常域は類似の異常を示しており、また、一連の炭酸塩岩類分布域中に位置していること等から比較検討が容易であるものと考えられる。

地域北部の炭酸塩岩類分布域の地化学データを再解析した結果に基づき、ワンダーロックス及びボブ ジンク鉍化帯における地化学精査(ライン100m, ポイント50m間隔)データ及びパーカッション試錐データを再検討した。この結果、ワンダーロックス鉍化帯では極めて高いZn異常値が広範囲に亘って認められること及びパーカッション試錐における土壤中のZn分析値に数%台(最大8.2%)の品位が数多く見られること、並びに地表調査結果から当鉍化帯は既に鉍化中心部は削剝され、鉍化深部のみが露頭を形成しているものと判断された。

ボブ ジンク鉍化帯では $M+3\sigma$ 以上のZn異常値の分布、及びパーカッション試錐の土壤分析値最大Zn1%以上が見られる箇所分布が、Fig. II-4に示した通りそれぞれ2異常域に分かれて極めて調和した分布形状を呈する。

この2異常域のうち西側の異常域に対しては試錐探鉍により高品位亜鉛鉍に着鉍している。この着鉍から得られた鉍体の形状、走向、傾斜、シュート等は異常域の形状と極めて良く調和しており、この異常域は鉍化作用により形成されたと認識し得る。東側の異常域に対しては未探鉍であるが、全く西側の異常域と相似であるうえ、規模は若干大きく、かつシュート方向にあり、Zn異常値も若干低いことより、西側に比し削剝量は少ないものと判断される。この異常域に対しては試錐探鉍の実施が望ましい。この結果により、ブルージャケット鉍化帯からノーススター鉍化帯にかけてのZn異常域に対する地化学精査等の探鉍法を検討し得るものとする。

1-3 物理探査異常と鉍化帯の関係

本地域において解析された低比抵抗帯(Table IV-6)の比抵抗値はほぼ次の範囲にある。

石灰岩中の低比抵抗帯……………30~100 ohm-m

変砂岩・頁岩中の低比抵抗帯…0.2~100 ohm-m

鉍床の比抵抗値は、一般に塊状硫化鉍床が10 ohm-m以下、鉍染状鉍床が100 ohm-m以下と考えられる。従ってTable IV-6の低比抵抗帯から、バックグラウンドの比抵抗値が高い石灰岩地域では100 ohm-m以下の低比抵抗帯を、バックグラウンドの比抵抗値が低い変砂岩、頁

岩分布域では1 ohm-m以下の低比抵抗帯を比抵抗異常帯として抽出した (Table V-1)。

Table V-1 The List of CSAMT Anomalies

Station No	Section No	Resistivity (ohm-m)	Depth (m)
32	5	35	0~61
		6	61~91
42	5	99	79~143
112	3	85	119~195
114	3, 7	33	177~207
125	3, 13	93	0~42
		37	>459
178	8	1	44~55
215	10	0.3	126~242
242	11	0.2	95~125

異常帯の胚胎深度が極めて深いもの、明らかにニアフィールドが原因と考えられるものは除去している。測点32, 42, 112, 114, 125の低比抵抗帯は石灰岩中の異常帯であり、測点178, 215, 242の低比抵抗帯は、変砂岩、頁岩中の異常帯である。これらの異常帯の特徴を述べる。

- a) 測点32の異常帯は100m以浅にある。-100m比抵抗構造平面図 (Fig. W-20)によれば、この異常帯の下部で高比抵抗帯が盛り上がっていることがわかる。また、東側に南東性の断層がある。
- b) 測点42の異常帯は南北性のトレンドであると考えられる。
(0m, -100m比抵抗構造平面図 Fig. W-19, W-20)
- c) 測点112の異常帯は、深度、比抵抗値とも測点42の異常帯と類似している。
- d) 測点114の異常帯は北東-南西のトレンドであると考えられる。
(-200m比抵抗構造平面図 Fig. W-21)
- e) 測点125の異常帯は、北北東-南南西のトレンドの深部へ続く破碎帯にあると考えられる。
- f) 測点178は、東西性の断層に沿って位置している。-100m比抵抗構造平面図 (Fig. W-20)によれば、測点178の西側に北東-南西のトレンドの断層が推定される。
- g) 測点215及び242の異常帯は、極めて低比抵抗でかつ深部へ続く破碎帯のなかにあると考えられる。

鉍床周辺の見掛比抵抗値は、Table W-5に見られるように広範囲に亘っている。また、0 m比抵抗構造平面図 (Fig. W-19) によればノーススター以外の鉍床周辺で、比抵抗値が、1,000 ohm-m以上である。その理由は鉍床が石灰岩中にあること、鉍床の規模が小さく変質も殆んど珪化であるためと考えられる。特に、ボブジンク、サブアンテロープ、クリスタルジャケットの近傍で10,000 ohm-m以上の高比抵抗帯の張り出しが見られる。一方、Table V-1に抽出した異常帯と鉍床の関係について次の事実が指摘できる。

サブアンテロープ及びブルージャケットは異常帯の見出された測点125, 242と共にほぼ直線上に並ぶ、この北東-南西の方向は、A地区東南端に予想される断層と同一方向である (-100m比抵抗構造平面図 Fig. W-20)。また、ノーススター、トルーパー、クリスタルジャケット、測点114, 58 (測点58の比抵抗値が100 ohm-m以上であるのでTable W-6に入れていない) もほぼ北東-南西方向の直線上に並ぶ。これらの北東-南西のトレンドは、空中磁気図 (ザンビア地質調査所: 1967) にみられる弱い磁気リニアメントに一致しており、鉍床生成に関係ある地質構造を反映していると考えられる。

以上の検討結果、物探異常としてFig. V-1に示す次の地区が今後の調査によってフォローされるべきであると考えられる。

- (1) A地区東部、東南部 (測点125, 215, 242, サブアンテロープ, ブルージャケット及びボブジンクを含む範囲)
- (2) A地区中央部 (測点58, 112, 114, クリスタルジャケット, カクヨを含む範囲)
- (3) A地区北部 (測点32, 42及びワングーロックスを含む範囲)

今後適用すべき物理探査法として精査CSAMT法, IP法, SIP法があげられる。

1-4 総合検討

前述の有望地域及び異常域をまとめるとTable V-2のとおりで、極めて広範囲かつ多数である。従ってある有望地域を採鉍することによって他の有望地域の検討が可能となるような方法で、以下の考察を行った。

地質調査の結果、当地域に賦存する鉍床は一部に塊状部を伴う網状鉍染鉍床及び脈状鉍床と判断されたが、既存鉍床は既に採掘され尽くし、入坑出来なかった為に、その産状には不明な点が残された。

地化学示徴及び物探示徴を検討、評価する為にもモデルとなる鉍床の形態が必要となる。その為には鉍床賦存最有望地域において、試錐探鉍により着鉍-鉍化状況の解明が必要である。

Table V-2 The List of the Interesting and/or Anomalous Zones in Karenda Area

Zone	Recognized Survey Methods			
	Geological Survey	Geochemical Survey	Geophysical Survey	Reanalysis of old data
Bob Zinc New Zn Anomaly	○	/	○	⊙ Detailed Geochemical Data and Drill Data
Kamiyobo ~ Kamiyobo West Pb - Zn Anomalous Zone	⊙	⊙	/	/
Bob Zinc ~ Sable Antelope ~ Blue Jacket Fracture Zone	⊙	/	⊙	⊙ Geochemical Data
Sable Antelope Blue Jacket ~ Silver King Mineralized Zone	○	/	○	⊙ Geochemical Data
Blue Jacket ~ North Star Zn Anomalous Zone	○	/	○	⊙ Geochemical Data
Crystal Jacket ~ Kakuyo Low Resistivity Zone	○	/	⊙	⊙ Geochemical Data
Wonder Rocks Low Resistivity Zone	×	/	○	× Drill Data
Karenda East Pb-Zn Anomalous Zone		○	/	/
Kitumba Hills South Pb-Zn Anomalous Zone		○	/	/
Chikwanba Hill North Pb-Zn Anomalous Zone		○	/	/
Kitumba Hills North Ag-Cu Anomalous Zone		○	/	/

⊙ very interesting
 ○ interesting
 × not interesting

現時点で確実にこれを行い得るのは、既に試錐にて着鉱を見ているが未だ鉱体の形状把握に至っていないボブ ジンク鉱化帯においてのみである。

次にカッパーベルトを有するザンビアの鉱業事情を鑑み鉛-亜鉛鉱床に重点を置くと、試錐探鉱は未だ行われていないが、その他の探鉱により鉛-亜鉛鉱床賦存最有望地域と判断されるのは、ボブ ジンク鉱化帯の既知鉱体東方のZn異常域である。また、この異常域を解明することにより、サブル アンテロープ鉱床～ブルージャケット鉱化帯からシルバーキング鉱床にかけての、他の地化学異常域に対する今後の探鉱方法を決定し得る。従ってボブ ジンク鉱化帯において、鉱体の形状把握の為と、新たに解析されたZn異常域解明の為の試錐が考えられる。

今回の地化学探査及び物理探査で得られた示徴は、未だ概査段階にあるため、最も有望と認められる示徴に対し更に精査を行うことにより、示徴と鉱化帯の関係を詳細に解明し得るものとする。また、それらに対して精査を行うことにより、地表に鉱化作用の認められない他の異常域と鉱化作用との関係も検討することが可能になると考える。

最も有望と認められる地化学異常域は、既知鉱化帯と一致しているカミヨボ鉱化帯周辺及びその西方延長におけるPb-Zn異常域である。

物探異常としては、最もその密集が認められ、かつ鉱床及び鉱化帯が発達しているボブ ジンク、サブル アンテロープ、ブルージャケットを含むA地区東部～東南部であり、これに対しIP法、SIP法が適当と考える。

第 2 章 結 論

2-1 結 論

調査地域内には数多くの鉱床及び鉱化帯が知られており、過去に採掘されたものもあるが、多くはまだ完全に採鉱し尽くされておらず、鉱床賦存のポテンシャルは高い。

当地域の鉱床は一部に塊状部を有する網状鉱染状鉱床と脈状鉱床である。北部の炭酸塩岩類分布域では角礫状破碎部に、南部では裂か等の弱線沿いに鉱化作用が認められる。北部の炭酸塩岩類分布域に対しては、ミンデコ ノランダ社によって実施された地化学データ及び試錐データ等がある。これらを再解析し、更に今回の調査データを加え、総合的に検討した結果、Table V-2 に示す有望地域を抽出し得た。これらの有望地域を更に検討した結果、次の 3 地域が最有望地域と判断された。

- 1) ポブ シンク 鉱化帯 試錐着鉱々体及びこの東方の新規 Zn 異常域
- 2) ポブ シンク～サブル アンテロープ～ブルージャケット 弱線帯
- 3) カミヨボ周辺～西方延長 Pb-Zn 地化学異常域

1) の新規 Zn 異常域は地化学精査データの再解析による $M+3\sigma$ 以上の範囲の内側にパーカッション試錐土壌分析の最高値 Zn 1%以上の範囲が極めて良く調和して認められるもので、ミンデコ ノランダ社の試錐着鉱々体のそれらと完全な相似形を示しており、新鉱床賦存の可能性が極めて高いと考えられる。

また、試錐着鉱々体は従来、走向方向に板状に連続する鉱体の東部が断層で切られているものと考えられていたが、今回の再解析では下部にパイプ状に連続することが認められた。従って、試錐によりこの鉱体の形状を解明することが望ましい。

2) の弱線帯沿いには既知鉱床及び鉱化帯の他にポブ シンク 鉱化帯東方に、新たに角礫状破碎部も見い出された。また、物理探査により、多くの異常が認められた。更に地化学探査データの再解析により、シルバーキング 鉱床からサブル アンテロープ 鉱床～ブルージャケット 鉱化帯にかけての、ほぼ地質構造に調和した地化学異常帯が、この弱線沿いに方向を転じているのが認められる。

3) の Pb-Zn 地化学異常域は高異常値で数も多く、延長約 6 km に及ぶ規模の大きなものである。また、カミヨボ 鉱化帯の露頭は幅約 4 m の含銅酸化鉄脈から成る優勢なものである。このように露頭では Cu 鉱化が認められ、地化学示徴では近接した地域において、Pb-Zn が得られている例としてはサブル アンテロープ Cu 鉱床と地化学探査で得られたポブ シンク Zn 鉱化帯が挙げられる。

2-2 第2年次への提言

前項の最有望地域に対し、下記の探鉱を実施することが望ましい (Fig. V-2)。

1) ボブ シンク 鉱化帯

① 新規 Zn 異常域探鉱試錐

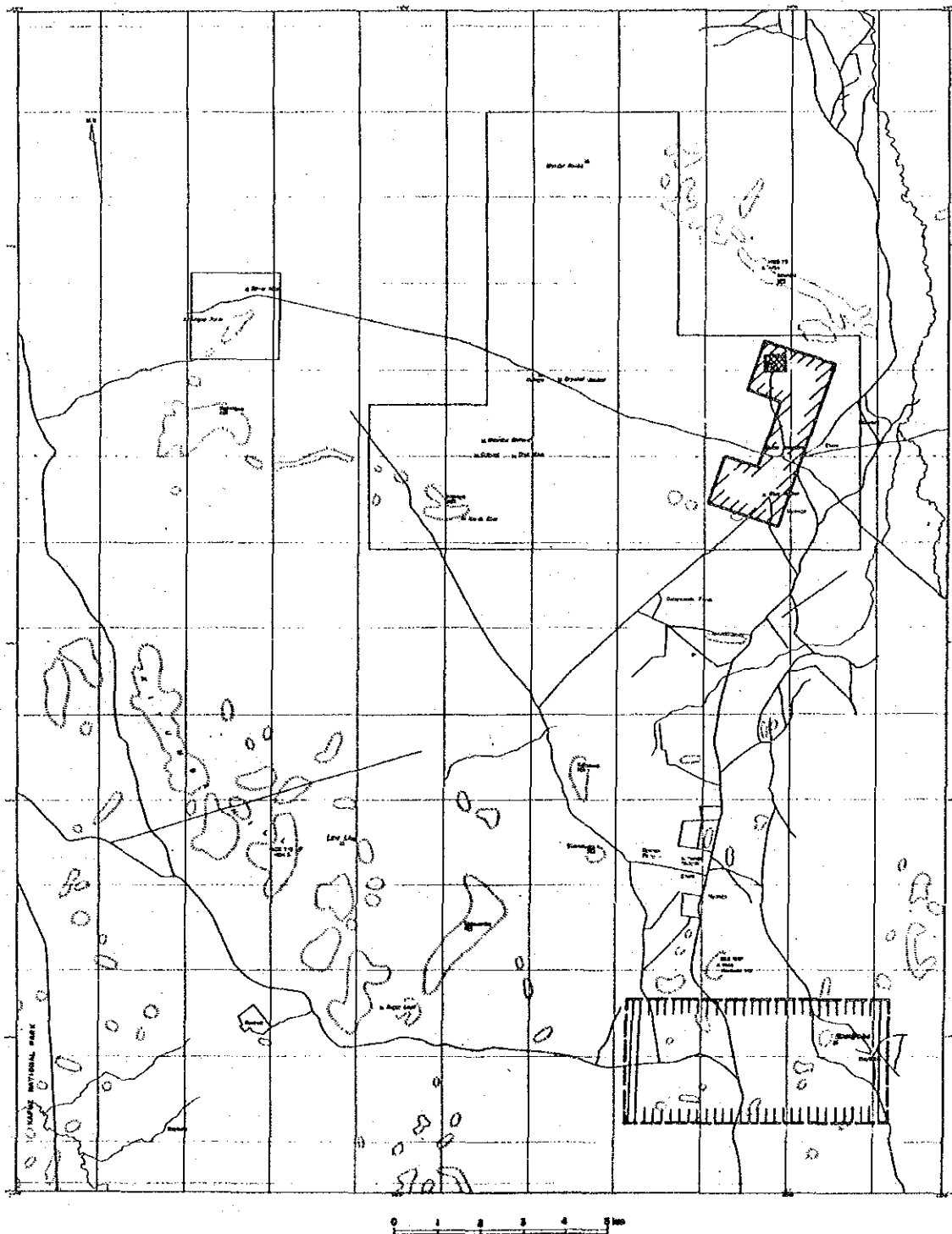
② 試錐着鉱々体の形状把握試錐

2) ボブ シンク～サブル アンテロープ～ブルージャケット 弱線帯

① 物理探査 SIP法, IP法

3) カミヨボ周辺～西方延長 Pb-Zn 地化学異常域

① 地化学探査



LEGEND

Recommended Areas For




- | | | | | | |
|---|----------------------|---|--------------------|---|--------------------|
|  | Drilling Exploration |  | Geophysical Survey |  | Geochemical Survey |
|---|----------------------|---|--------------------|---|--------------------|

Fig. V - 2 Recommendation Map

Bibliography

[On Geology and Geochemistry]

- Cikin, M. & Drysdall (1971) : The Geology of the Country, North - West of Mumbwa (The Big Concession).
(Geological Survey, Mining Department, Ministry of Mines.)
- Cikin, M. (1972) : Report on the Exploration of the Sable Antelope, Blue Jacket, Lou Lou and Sugar Loaf Prospects in Big Concession.
(UN Mineral Exploration Project)
- Davis, C. J. (1973) : Statistics and Data Analysis in Geology.
- Gersteling, R.W. (1959) : Report on the Geology of the Silver King Mine.
- Kortman, C.R. (1971) : The Geology of the Zambia Broken Hill Mine "Kabwe".
- Lepeltier, C. (1969) : A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation.
(Economic Geology Vol. 64, p.538 ~ 550)
- Murangari, D.E.H. (1978) : Miumbe PL 146 Final Report
(Mindeco Ltd., Mindex Dept.)
- Pluhar, E. & Pudukollu, S.N. (1984) : Detailed Geological Map of the Sable Antelope and Proposal for Copper-Silver and Zinc-Silver Exploration in the "Carbonate Formation North of the Katungwe and Kakuyo Hills, Mumbwa-North, Mumbwa-District.
- Reeve, W.H. (1963) : The Geology and Mineral Resources of Northern Rhodesia.
(Geological Survey, Ministry of Labour & Mines)

- Searle, D.L. (1973) : The petrogy, Mineralogy, Mode of Occurrence and Exploration Results of Lou Lou and Sugar Loaf Prospects, Big Concession Area.
- [On Geophysics]
- Cagniar, L. (1953) : Basic Theory of the Magneto-Telluric Method of Geophysical Prospecting. (Geophysics, Vol. 37, p.605 ~ 635)
- Goldstein, M. A. & Strangway, D.W. (1975) : Audio Frequency Magneto Tellurics with a Grounded Electric Dipole Source. (Geophysics, Vol. 43, p. 669 ~ 683)
- Hanaoka, H. (1982) : On Magneto Tellurics. (BUTSURI TANKO <Geophysical Exploration>, Vol. 35, p. 262 ~ 276)
- M. M. A. J. (1980, 81, 82) : Report on Research of Mineral Resources Development Technology. (Deep Electrical Sounding Method)
- Murakami, Y. (1983) : Fundamentals of Magnetotellurics. (BUTSURI TANKO, Vol. 36, p. 382 ~ 391)
- Strangway, D.W. (1984) : Audio Frequency Magnetotelluric (AMT) Sounding. (Developments in Geophysical Exploration Method - 5, p. 107 ~ 159)
- Yokokawa, K. (1984) : Summary of CSAMT. (BUTSURI TANKO, Vol. 37, p.279 ~ 286)
- Zonge Engineering & Research Organization INC. (1982) : Interpretation Guide for CSAMT Data.