

... 乃 爲 其 體 體 體 ... 乃 爲 其 體 體 體 ...
... 乃 爲 其 體 體 體 ... 乃 爲 其 體 體 體 ...

... 乃 爲 其 體 體 體 ...

... 乃 爲 其 體 體 體 ...
... 乃 爲 其 體 體 體 ...

ジンバブエ共和国マクドウガル地域 資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

JICA LIBRARY



1096924(4)

2351Y

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

23514

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、地化学探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、平成元年度を第1年次とし、本年次は第3年次にあたり、金属鉱業事業団は3名の調査団を編成して平成3年6月9日から平成3年10月17日まで現地に派遣した。

現地調査は、ジンバブエ共和国政府機関、鉱山省地質調査局の協力を得て予定どおり完了した。

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

おわりに、本調査の実施に当たってご協力いただいたジンバブエ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ジンバブエ共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

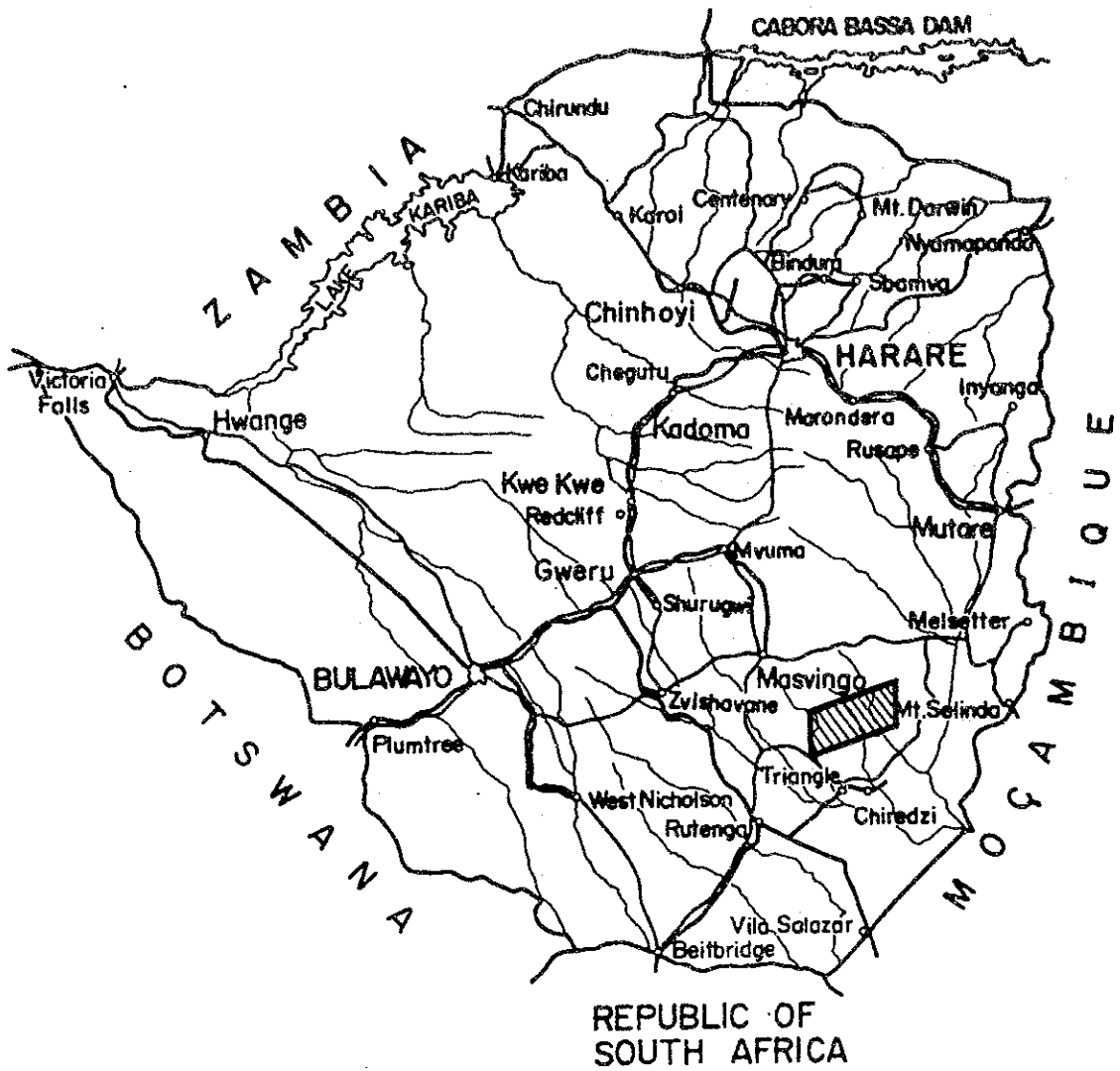
平成4年3月

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 柳 谷 謙 介

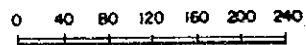
金 属 鉱 業 事 業 団

理 事 長 福 原 元 一

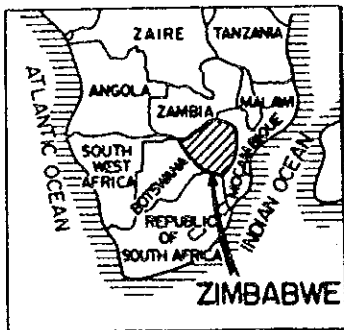


REPUBLIC OF SOUTH AFRICA

Scale of Kilometres

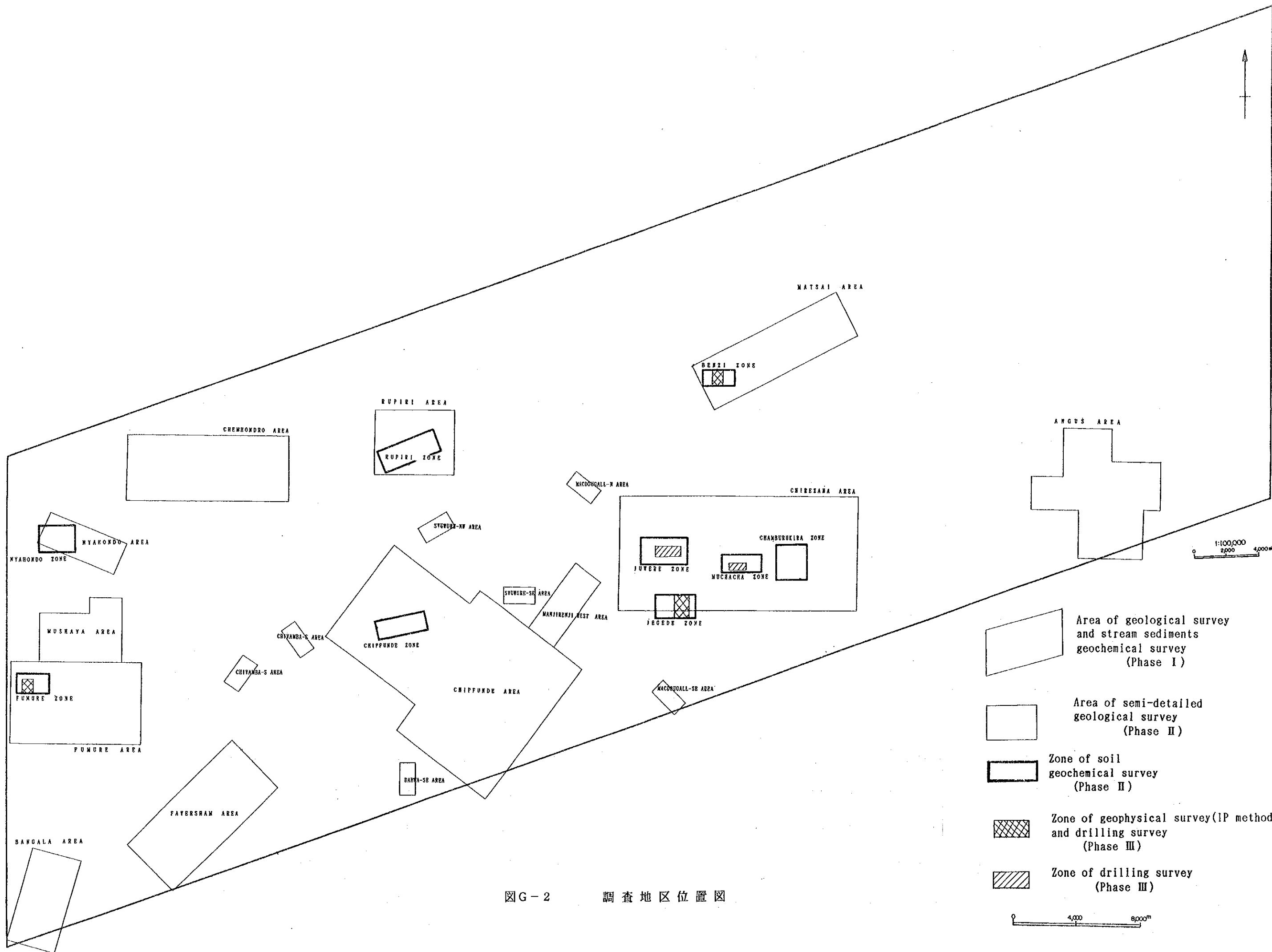


General Survey Area



圖G-1

調查位置圖



图G-2 調查地区位置图

要 約

ジンバブエ共和国の資源開発調査の第3年次にあたる本年次の物理探査（IP法）及びホーリング調査は以下の通りに要約できる。

物理探査（IP法）：ジンバブエ共和国の金鉱床はすべて硫化鉱物と共生する。このことから、本地域での金鉱床の探査には、第2年次までの地質準精査及び土壌地化学探査の結果から金鉱化帯の賦存有望地として抽出された下記の3地区

- ① Benzi地区
- ② Jegede地区
- ③ Fumure地区

で硫化鉱物の検出に最も効果的な物理探査（IP法）を実施した。

調査の仕様は、本地域で期待される鉱化帯の規模及び抽出された有望地区の地質・地化学探査結果を考慮して、各地区につき、下記の調査量を実施した。

調査地区	測線	測線長	測点数	電極間隔
① Benzi地区	01 ~ 03	3.00 Km	198	50 m
② Jegede地区	01 ~ 03	3.80 Km	262	50 m
③ Fumure地区	01 ~ 03	2.85 Km	183	50 m

その結果、

- ① Jegede地区のJ-1及びJ-2測線
- ② Fumure地区のF-1測線

において特記される

- ① 低見掛比抵抗帯（2~50Ω・m）
- ② 高PFE帯（10~19%）

が捕捉された。

また、Benzi地区のB-2及びB-3測線、Jegede地区のJ-1測線及びFumure地区のF-2測線でも注目すべき見掛比抵抗及びPFE結果が捕捉され、ホーリング調査の対象となった。

物理探査（IP法）結果とホーリング調査結果を対比すると、低見掛比抵抗帯（2~50Ω・m）と高PFE帯（10~19%）が⁷で検出された箇所においては、それに対応して優勢な硫化鉱物の鉱化帯が捕捉できた。また、これに次ぐ見掛比抵抗帯とPFE帯では硫化鉱物の含有量も対応して劣勢となる傾向が明瞭である。

本地域の物理探査（IP法）結果から、本地域の見掛比抵抗及びPFEの特性は下記の通り要約できる。

Z O N E	SURVEY LINE	APPARENT RESISTIVITY		P MINIMUM	F MAXIMUM	E MAXIMUM	C O M M E N T
		MINIMUM	MAXIMUM				
Benzi Zone	B-01	2.6 Ω・m	8,480 Ω・m	2.0 %	5.6 %		
	B-02	19	4,070	2.6	6.2		MJZM-7
	B-03	27	2,061	1.9	4.9		MJZM-6
Jegede Zone	J-01	15	364	4.5	12.4		MJZM-10 & -11
	J-02	27	342	2.9	13.4		MJZM-9
	J-03	2.0	800	3.4	10.8		MJZM-8
Fumure Zone	F-01	1.6	1,190	4.5	19.0		MJZM-13
	F-02	14	194	4.2	8.6		MJZM-12
	F-03	5.0	187	4.6	7.3		

また、調査地区の比抵抗は

- ① 高見掛比抵抗：200Ω・m以上
- ② 中見掛比抵抗：50～200Ω・m
- ③ 低見掛比抵抗：50Ω・m以下

に区分した。

ホーリック調査：第2年次調査の地質準精査と土壌地化学探査及び第3年次の物理探査（IP法）の結果から、金鉱床の賦存ポテンシャルの高いと考えられる下記の5地区

- ① Juwere地区：（MJZM-1～MJZM-3）
- ② Muchacha地区：（MJZM-4～MJZM-5）
- ③ Benzi地区：（MJZM-6～MJZM-7）
- ④ Jegede地区：（MJZM-8～MJZM-11）
- ⑤ Fumure地区：（MJZM-12～MJZM-13）

において、当初、11孔・掘進長990mが計画されたが、物理探査（IP法）結果の現地解析により孔の新たな追加と掘進深度の調整が行われ、最終的には

- ① 13孔（MJZM-1～MJZM-13）
- ② 総掘進長 1,530.65 m（深度：90 m～150.30 m / 孔）

のホーリック調査を実施した。各ホーリック調査ともほぼ順調に推移した。

各ホーリック孔の選定理由及び諸要素については表 G-1に示した。

この表に示されているように、ホーリック孔の選定理由としては

- ① 地表調査で確認された鉱化帯
- ② 地化学探査異常と鉱床関連現象（Fe-oxidesやquartz/pegmatite）との重複する箇所
- ③ 高'PFE'帯
- ④ 低比抵抗帯

等である。

これらの選定理由に基づき実施したホーリック調査の結果（概略の地質・捕捉した硫化鉱物の鉱化帯の厚さ）は表 G-2に示したが、MJZM-4を除いて各孔で程度の差は認められるものの、母岩のfoliationと整合的な鉱染状～縞状を呈する硫化鉱物の鉱化帯が捕捉できた。

これらの鉱化帯の母岩はRenco鉱床と同様にcharnockiteであることが多く、鉱化帯の産状及び野外における賦存の状況から、調査地域の主要な鉱化作用は変成作用以前に行われたものであろう。

鉱化作用の程度については特に、

- ① Jegede地区のMJZM-9及びMJZM-11
- ② Fumure地区のMJZM-13

で優勢な硫化鉱物の鉱化帯が捕捉された。

各地区を通じて普遍的に認められた硫化鉱物は

- ① pyrrhotite
- ② pyrite
- ③ chalcopyrite

であり、また下記の硫化鉱物

- ① sphalerite
- ② galena

③ arsenopyrite

も局部的に少量～微量認められた。

変質鉱物としては、sericite及びchloriteが観察できたが、これらはBenzi地区での例外を除き、特別に硫化鉱物と強い共生関係を示さない。

鉱化作用に伴って生成された変質鉱物（sericite及びchlorite）は、鉱化作用後の変成作用により、biotite等の鉱物に変化していると推定できる。

これらの鉱化帯の分析結果（Au(g/t)、Ag(g/t)、Cu(%）、Pb(%）、Zn(%））は、特に期待されたAuについても 0.4 g/t 以下の品位しか得ることできず、ジンバブエ共和国での金鉱床としての経済採算品位のAu 10 g/t を確保することはできなかった。

しかし、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、調査団が適用した

- ① 衛星画像・地質概査・河床堆積物地化学探査
- ② 地質準精査・土壌地化学探査
- ③ 物理探査（IP法）・ボーンガ調査

の調査チームは有効であったと考えられる。

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、ボーンガ調査の計画を策定することを提言する。

表 G-1 ホーリング位置選定理由一覧表

DRILLING NO. (ZONE NAME)	D I P T H DIRECTION INCLINATION	L O C A T I O N (ZONE, SURVEY-LINE, STATION)	R E A S O N S
M J Z M - 1 (JUWERE)	9 0.0.0 m 0 - 7 0 °	mineralized zone	• mineralized zone
M J Z M - 2 (JUWERE)	9 0.0.0 m 0 - 7 0 °	mineralized zone	• mineralized zone
M J Z M - 3 (JUWERE)	9 0.0.0 m 0 - 7 0 °	geochemical anomaly	• geochemical anomalous zone
M J Z M - 4 (MUCHACHA)	9 0.0.5 m 0 - 7 0 °	mineralized zone	• mineralized zone
M J Z M - 5 (MUCHACHA)	9 0.0.0 m 0 - 7 0 °	geochemical anomaly	• geochemical anomalous zone
M J Z M - 6 (BENZ I)	1 5 0.0.0 m 0 - 6 0 °	(BENZ I, B-3, 5 + 25 m)	• relatively high 'PFE' zone • geochemical anomalous zone
M J Z M - 7 (BENZ I)	1 5 0.0.0 m 0 - 5 0 °	(BENZ I, B-2, 10)	• low resistivity zone • geochemical anomalous zone • high/low 'PFE' zone
M J Z M - 8 (JEGEDE)	1 5 0.3.0 m 0 - 6 5 °	(JEGEDE, J-3, 13 + 25 m)	• high 'PFE' zone • possible extension of mineralized zone
M J Z M - 9 (JEGEDE)	9 0.0.0 m 0 - 7 0 °	(JEGEDE, J-2, 13 - 10 m)	• low resistivity zone • geochemical anomalous zone • high 'PFE' zone • possible extension of mineralized zone
M J Z M - 10 (JEGEDE)	1 5 0.0.0 m 0 - 6 0 °	(JEGEDE, J-1, 7)	• high 'PFE' zone • geochemical anomalous zone
M J Z M - 11 (JEGEDE)	9 0.0.0 m 0 - 7 0 °	(JEGEDE, J-1, 12-10 m)	• low resistivity zone • geochemical anomalous zone • high 'PFE' zone • possible extension of mineralized zone
M J Z M - 12 (FUMURE)	1 5 0.3.0 m 0 - 7 0 °	(FUMURE, F-2, 15)	• rather low resistivity zone • rather high 'PFE' zone
M J Z M - 13 (FUMURE)	1 5 0.0.0 m 0 - 6 0 °	(FUMURE, F-1, 8 + 25 m)	• low resistivity zone • geochemical anomalous zone • high 'PFE' zone

表 G-2 ホーリック調査結果一覧表

DRILLING NO (ZONE NAME)	G E O L O G Y	S U L P H I D E M I N E R A L I Z A T I O N	
M J Z M - 1 (JUWERE)	00- 37.33 :charnockite	20.00- 33.72(13.72)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 43.55 :felsic granulite	33.72- 37.33(3.61)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
	- 73.60 :charnockite	43.53- 51.90(8.37)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
	- 82.87 :felsic granulite		
	- 90.00 :charnockite	T O T A L 25.70	
M J Z M - 2 (JUWERE)	00- 37.33 :mafic granulite	36.45- 40.28(3.83)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 90.00 :charnockite		
M J Z M - 3 (JUWERE)	00- 9.09 :charnockite	5.50- 9.09(3.59)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 15.52 :felsic granulite		
	- 24.24 :charnockite		
	- 27.62 :mafic granulite		
	- 90.00 :charnockite		
M J Z M - 4 (MUCHACHA)	00- 90.05 :mafic granulite	(carbonitization)	
M J Z M - 5 (MUCHACHA)	00- 42.63 :mafic granulite	55.50- 58.30(2.80)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 90.00 :charnockite		
M J Z M - 6 (BENZ I)	00- 95.30 :charnockite	33.18- 35.65(2.47)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 102.50 :enderbite	36.56- 46.17(9.61)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 150.00 :charnockite	64.07- 64.92(0.85)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
		T O T A L 12.93	
M J Z M - 7 (BENZ I)	00- 131.39 :charnockite	72.57- 74.12(1.55)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 132.04 :porphyrite	92.50- 100.10(7.60)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 150.00 :charnockite	106.06- 106.96(0.90)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
		143.55- 146.83(3.28)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
		148.29- 150.00(1.71)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	T O T A L 15.04		
M J Z M - 8 (JEGEDE)	00- 32.87 :charnockite	58.02- 70.03(12.01)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 41.10 :pelitic gran.		
	- 50.11 :charnockite		
	- 58.02 :pelitic gran.		
	- 75.48 :felsic granulite		
- 150.30 :enderbite	137.71- 141.62(3.91)	: PY-PO-(CP) DIS(W)	
	148.31- 150.30(1.99)	: PY-PO-(CP) DIS(W)	
	T O T A L 17.91		
M J Z M - 9 (JEGEDE)	00- 16.70 :mafic granulite	40.90- 66.22(25.32)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
	- 40.90 :charnockite	66.22- 67.54(1.32)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 90.00 :enderbite	67.54- 81.96(14.42)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
		81.96- 90.00(8.04)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	T O T A L 49.10		
M J Z M - 10 (JEGEDE)	00- 19.49 :enderbite	70.26- 72.11(1.86)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 24.48 :pegmatite	91.44- 96.67(5.23)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 150.00 :enderbite	122.85- 124.35(1.50)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
		127.50- 128.43(0.93)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
		134.14- 137.20(3.06)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	T O T A L 12.58		
M J Z M - 11 (JEGEDE)	00- 17.32 :mafic granulite	25.71- 29.22(3.51)	: PY-PO-(CP) DIS(W)
	- 29.22 :charnockite	31.06- 48.02(16.96)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 31.06 :enderbite	49.25- 53.43(4.18)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
	- 49.25 :charnockite	53.43- 68.10(14.67)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 90.00 :enderbite	68.10- 74.92(6.82)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
		74.92- 84.13(9.21)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	T O T A L 55.35		
M J Z M - 12 (FUMURE)	00- 150.30 :charnockite	59.50- 78.50(19.00)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	T O T A L 19.00		
M J Z M - 13 (FUMURE)	0000- 104.61 :charnockite	66.34- 70.19(3.85)	: PY-PO-(CP) DIS(M)
	- 150.00 :quartzite	70.19- 150.00(79.81)	: PY-PO-(CP) DIS(S)
	T O T A L 83.66		

PY:pyrite PO:pyrrhotite CP:chalcopyrite DIS:dissemination D/B:dissemination & banding
 S : dissemination in strong degree
 M : dissemination in medium degree
 W : dissemination in weak degree

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 of 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 鉱化作用	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	地質準精査	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 鉱化作用	73
4-11 CHIPFUNDE地区	74
4-11-1 地質	74
4-11-2 地質構造	74
4-11-3 鉱化作用	74
4-12 MUSHAYA地区	74
4-12-1 地質	74
4-12-2 地質構造	75
4-12-3 鉱化作用	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 鉱化作用	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-リツカ調査	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のｽﾌﾟﾘｰ投影図
図2-2-4	地質図
図2-2-5	地質断面図

- 図 2 - 2 - 6 鈹化帯分布図

- 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 (A°ソニク°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 A°ソニク°試料の頻度分布と累積頻度曲線
(第1~5主成分得点)
- 図 2 - 3 - 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 - 10 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; FUMURE地区)
- 図 2 - 5 - 11 濃度分布図 (Au; FUMURE地区)
- 図 2 - 5 - 12 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; NYAHONDO地区)
- 図 2 - 5 - 13 頻度分布と累積頻度曲線 (Au; CHAMBURUKIRA地区)
- 図 2 - 5 - 14 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 シミレーション解析図 (BENZI 地区 : 測線B-2)
- 図 2 - 6 - 6 シミレーション解析図 (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 - 10 シミレーション解析図 (JEGEDE 地区 : 測線J-1)
- 図 2 - 6 - 11 シミレーション解析図 (JEGEDE 地区 : 測線J-2)

- 図 2 - 6 - 1 2 シミュレーション解析図 (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 シミュレーション解析図 (FUMURE 地区 : 測線 F-1)
- 図 2 - 6 - 1 7 シミュレーション解析図 (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 ホールンク位置図 (JUWERE 地区)
- 図 2 - 7 - 2 ホールンク地質断面図 (JUWERE 地区 : MJZM-1)
- 図 2 - 7 - 3 ホールンク位置図 (MUCHACHA 地区)
- 図 2 - 7 - 4 ホールンク位置図 (BENZI 地区)
- 図 2 - 7 - 5 ホールンク位置図 (JEGEDE 地区)
- 図 2 - 7 - 6 ホールンク地質断面図 (JEGEDE 地区 : MJZM-9)
- 図 2 - 7 - 7 ホールンク地質断面図 (JEGEDE 地区 : MJZM-11)
- 図 2 - 7 - 8 ホールンク位置図 (FUMURE 地区)
- 図 2 - 7 - 9 ホールンク地質断面図 (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 (全地質単元)
- 表 2 - 3 - 3 主成分分析結果一覧表 (ホールンク試料)
- 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 (コト³; コト⁴; コト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 (コト³; コト⁴; コト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 (コト³; コト⁴; コト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 (コト³; コト⁴; コト⁵; BENZI地区)

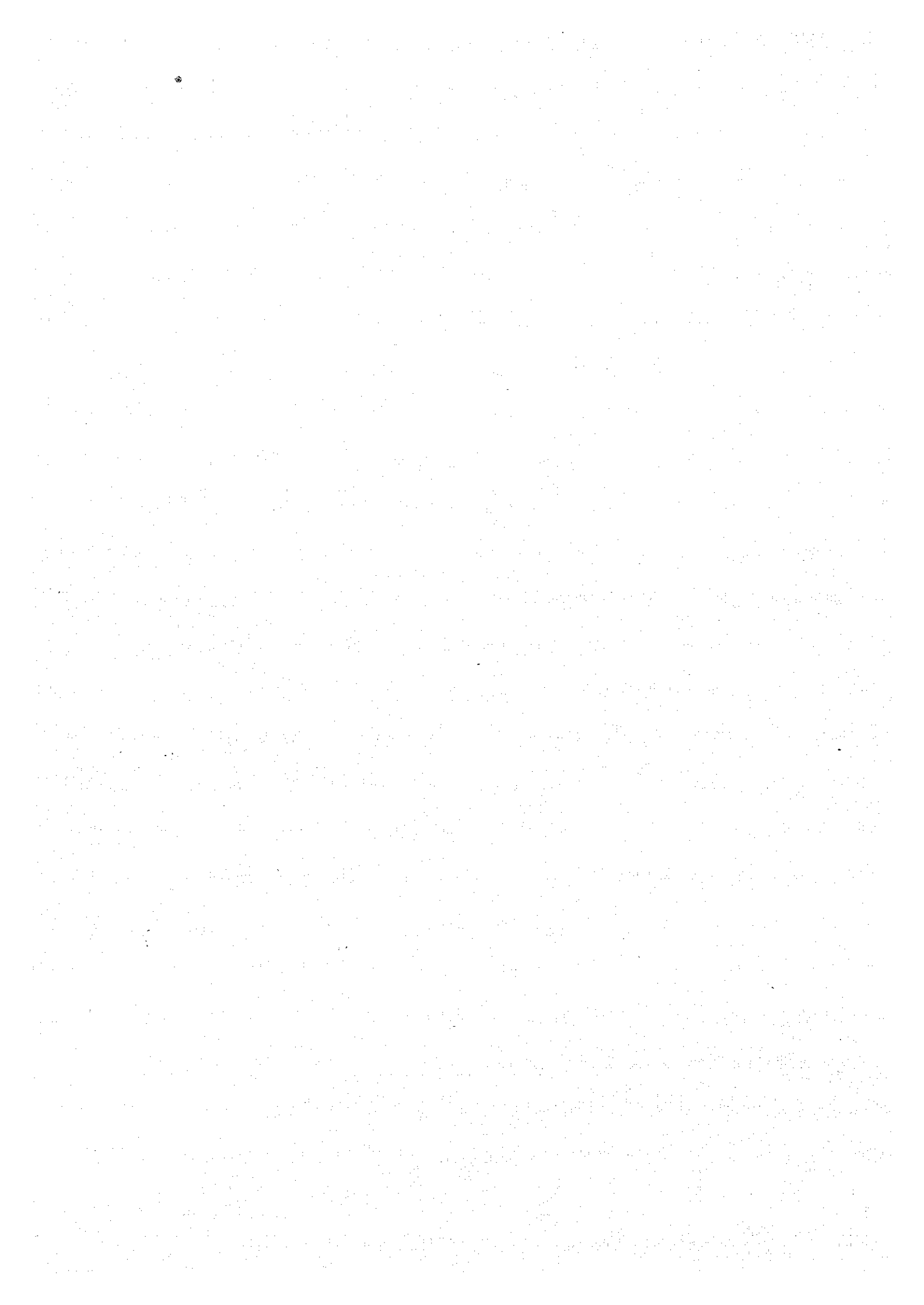
- 表 2 - 5 - 9 指示元素の統計パラメータ (RUPIRI地区)
- 表 2 - 5 - 1 0 主成分分析結果一覧表 (ポト 3 ; ポト 5 : RUPIRI地区)
- 表 2 - 5 - 1 1 指示元素の統計パラメータ (CHIPFUNDE地区)
- 表 2 - 5 - 1 2 主成分分析結果一覧表 (ポト 3 ; ポト 5 : CHIPFUNDE地区)
- 表 2 - 5 - 1 3 指示元素の統計パラメータ (FUMURE地区)
- 表 2 - 5 - 1 4 主成分分析結果一覧表 (ポト 3 ; ポト 5 : FUMURE地区)
- 表 2 - 5 - 1 5 指示元素の統計パラメータ (NYAHONDO地区)
- 表 2 - 5 - 1 6 主成分分析結果一覧表 (ポト 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 (ポト 4 ; ポト 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(Au)

- 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

付 録

- A - 1 ボーリング地質柱状図
- A - 2 化学分析結果一覧表
- A - 3 岩石薄片検鏡結果一覧表
- A - 4 鉍石研磨片検鏡結果一覧表
- A - 5 岩石顕微鏡写真
- A - 6 鉍石顕微鏡写真

第 1 部 総 論



第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯

本調査は平成元年度から原則的には3年間継続するもので、本年度はその第3年次にあたる。第1年次調査は2,300Km²の調査対象地域から、衛星画像解析、河床堆積物による地化学探査及び地質調査により19地区(500 Km²)の金鉱床の賦存ポテンシャル地区が抽出された。第2年次ではこれらの地区の地質準精査を行い、金鉱床の賦存ポテンシャルが高い判断された9地区において、土壌(B層)による地化学探査を実施した。その結果、Juwere鉱微帯、Muchacha鉱微帯及びJegede地区、Benzi地区、Fumure地区が金鉱床の賦存ポテンシャルが高い判断された。第3年次ではJuwere鉱微帯及びMuchacha鉱微帯ではボーリング調査を開始し、一方、その他の地区では物理探査(IP法)により硫化鉱物の賦存ポテンシャルの程度を判定し、その後に13孔、1,530.65 mのボーリング調査を実施し、これらの地区における金鉱床の賦存の可能性についての評価をおこなった。

1-2 第1年次調査の結論

第1年次の調査は下記の通り、結論づけられる。

衛星画像解析：ランドサットTM(Thematic Mapper)データを用いて以下に示すGEOPIC相当画像を作成した。

- a) フォルスカラー、フルーツ、縮尺25万分の1
- b) フォルスカラー、サグシート、縮尺10万分の1
- c) 比画像、サグシート、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った。

その結果、調査地域の地質単元を反映すると考えられる6映像単元に区別できた。

単元：Pg(Paragneisses)

単元：Gf(Gneissose granulite及びFelsic granulite)

単元：Mg(Mafic Granulite)

単元：If(Iron formation)

単元：Do(Dolerite)

単元：Gg(Gneissose Granite)

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

衛星画像によるリニアメントの解析結果、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系及びNW-SE系(ENE-WSW系褶曲軸形成) (旧)
- 2 N-S系及びNE-SW系(Doleriteの貫入)
- 3 NW-SE系 (新)

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

分光スペクトルの測定結果からは、代表的岩石の反射率に関しては、衛星画像の表現態様と整合的であった。このように調査地域の代表的岩石はスペクトルチャート上から区別ができる。このことから、ランドサ

TMでもその相違は識別できると考えられる。今後の調査への活用を期待をもたせる。

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

衛星画像には航空写真にはない広域的な俯瞰性があるため、これを用いて広大な調査地域から容易かつ迅速に地形・地質データを抽出することができ、基礎資料が不足している調査地域の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、またフォルスカター、サブシオン(バンド2, 3, 4, BGR; 2, 3, 5, BGR)は地質構造の解明に有効であった。

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

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

本調査地域を構成する地質は

gneissose granite, gneissose granulite, felsic granulite, mafic granulite, iron formation及び dolerite 等である。

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

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

Felsic Granuliteはgneissose granulite の中に分布する岩石で、優白質の岩石である。本岩の分布はマドゥカール湖付近から東方に広く認められている。

Mafic Granuliteはgneissose granulite とfelsic granuliteの中に幅数百メートルから1キロメートル前後で分布する岩石で、調査地域の南西~中央にかけて帯状に分布する。風化を受けると野外では赤褐色が進行した土壌を形成することで特徴づけられる。

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

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

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

衛星画像から読み取れるリファ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、調査地域での主要な構造線は、Sazaume-Makambe構造線、Murezezi構造線及びTurwi構造線であり、これらにより調査地域がブロック化運動していると考えられる。調査地域のほぼ中央部は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。

地化学探査：調査地域2,300km²から2,305個の河床堆積物と150個のハンニク試料を採取した。
 Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe について分析を実施し、この結果について、単一変量解析及び多変量解析を行った。

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

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

選定基準：

- ① 異常帯に含まれるAu異常値の個数（1異常値につき得点を2点）
- ② 異常帯に含まれるAu鉱化作用と関連の深い他の指示元素（Ag、As、Bi）の異常値（河床堆積物及びハンニク試料）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。

その結果、高得点をもつ7異常帯を抽出すると下記の通りである。

異常帯	分布面積 (A)	Au異常値得点 ①(B)	その他得点 ②(C) 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

この結果及び異常帯中に含まれる鉱化帯に対する評価を総合し、最終的な有望異常帯の順位は

異常帯	”地化学異常インデックス” 値	有望順位
VIII Au異常帯	1.58	A
V Au異常帯	1.14	B
VI Au異常帯	0.79	B
VII Au異常帯	1.07	B
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

が妥当と思量される。

1-3 第2年次調査の結論

地質調査：本年次の地質調査の対象地区としては、第1年次調査で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
ハンニ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

更に、これらの地区から土地化学探査の対象地区の選定にあたっては、調査地区に隣接するRenc o MineやSpot Mineの周辺での地質産状を確認し、これらを現実に野外で観察できる諸現象と対応させた結果、下記の鉱化関連現象が土地化学探査の対象地区の選定には重要と考えられた。

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

これら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、下記の基線長及び測線長をもつ9地区が土地化学探査の対象地区に選定された。

地 区 名	基 線 長(M)	採取線長(M)	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

地化学探査：地質調査で選定された上記の9地区で10,047個の土壌試料（B層）を採取し、Au, Ag, As, Bi, Cu, F, Zn, Cr, Ni, Fe について分析を実施した。

土壌の採取線の方法はJuwere地区（Juwere鉱微帯はN-S系と観察される）以外は、鉱化作用が関連すると想定される主要な関連岩体の伸びの方向を考慮して、これに概ね直交する方向（この地区の地質構造がENE-WSW系が卓越することから、土壌採取線の方法は概ねN-S系）に設定した。

採取した土壌試料の分析結果については、単一変量解析及び多変量解析を行い、試料が起源した地質単元の地化学特性が反映するよう解析を行った。

その結果、各地Auの地化学異常帯の

- ① 安定的かつ連続的な分布、② 高いAu値 及び ③ 明瞭なコントラスト

等の理由から、次の3地区が最も有望と判断される。

- ① Jegede異常帯
- ② Benzi異常帯
- ③ Fumure異常帯

また、地化学異常の程度は低いものの溶脱帯がサンプリングされた可能性のある、

- ④ Juwere鉱微帯
- ⑤ Muchacha鉱微帯

も、このことの確認のための調査が望まれる。

Ag及び他の指示元素については、各調査地区の鉱微帯及び鉱化関連現象（広義の鉱微帯）の分布区での含有量が局所的な高含有部を除き、全般的に低含有量であり、有望異常帯の抽出には至らなかった。

また、流体包有物による均質化温度の測定結果からは本地区の鉱微帯の生成温度が概ね

220 ~ 300 °C

と浅熱水鉱床の生成温度範囲に留まることが確認された。

一方、本地区の変成温度及び圧力を地質温度・圧力計を用いて推定した。その結果、

温度	540 ~ 740 °C
圧力	1.4 ~ 5.8 KB

であり、これは変成作用のピーク時の変成条件というよりは後退変成作用時の条件を反映していると推定される。

以上の調査結果を総合的に検討した結果、第3年次の探鉱候補地としては、上記の3地化学異常帯及び2鉱徴帯に対して物理探査（IP法）により、これらの地区で期待される硫化鉱物の存在の有無の確認に努め、その探査結果を参考にして試錐探査を実施し、期待されるAu鉱徴帯の確認を行うべきと結論づけられる。

1-3 第3年次調査の概要

1-3-1 調査地域

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CHIREDCI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（マドゥカール湖西岸）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に含まれる5地区（図G-2）である。

1-3-2 調査目的

本調査は、ジンバブエ共和国マドゥカール地域において地質状況を説明することにより、鉱床賦在状況を把握することを目的とする。

1-3-3 調査方法

(1) 物理探査

① 重点課題

ハンツ地区、シゲテ地区及びフル地区について、鉱徴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、ボーリング調査実施位置の選定に必要な情報を得るものとする。

② 現地調査

1) 探査方法

電気探査IP法により実施した。

2) 測線設定

- イ) 測量は、コンパス又はハイスロツテフ°を用いた開放トハ°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、別表第1の通りとした。
- ハ) 測線配置は、原則として別図第2のとおりとした。

3) 測定

- イ) 電極配置は、ダ°イ°ル・ダ°イ°ル配置を採用した。
- ロ) 電極間隔は、測線上にて水平距離50mとした。
- ハ) 電極隔離係数は、N=1~4とした。
- ニ) 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。

③ 室内試験

1) 調査地域内において代表的な岩石及び鉱石を採取し、野外測定と同一の周波数による室内の比抵抗測定及び分極率測定を行った。

2) 室内試験の数量は別表第2の通りである。

④ 測定値の処理

金属鉱業事業団の監督員が指定する様式に従い、磁気テフ°に入力した。

(2) ホ°リング調査

① 重点課題

ジュエル地区、ムチチチ地区、ハ°ンヅ°地区、ジ°イ°ゲ°テ°地区及び7AL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。

② ホ°リング位置

1) ジュエル地区、ムチチチ地区、ハ°ンヅ°地区、ジ°イ°ゲ°テ°地区及び7AL地区

③ 現地調査

1) ホ°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。

2) ケ°ツク°ハ°イ°7°は最小口径分で予定深度の40%以上を準備した。

3) 17°の最小口径は、BQ又はBX以上とした。

4) 17°の採取とその採取率

イ) 表土を除き、全17°採取を原則とした。

ロ) 全17°採取が困難な場合でも採取率は80%以上とするように努めた。特に、鉱徴部、孔底部及び岩石の境界部などについては全17°採取に努めた。

5) 17°の取扱い

イ) 採取した17°は、上下を明確にして17°箱に収納し、乾燥した場所に保管した。

ロ) 17°に代わるスライムは、透明なビ°ニ°ル袋に入れ、17°に準じて17°箱に収納した。

ハ) 17°及びスライムの採取深度は、17°箱の内部及び外部に正確に表示した。

ニ) 掘進完了の際は、相手国機関の指定した場所に保管した。

6) 17°鑑定及び分析

イ) 17°を詳細に鑑定し、縮尺200分に1の柱状図を作成した。

ロ) 必要に応じ17°の顕微鏡観察を行う。

ハ) 17°は、着鉱した部分ごとに分析を行うこととした。

ニ) 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。

ホ) 室内試験資料の数量は、原則として別表第2のとおりである。

7)ホーリング用水は、当初、それぞれの孔口より半径2.5Km以内より取水する予定であったが、用水用の水源がなく、7Km～14Kmの水路・川から取水した。

④地質技師に係る現地作業

地質技師は、ホーリング調査期間中、現地において77鑑定及びこれに伴う地表地質との対比等の現地作業を行った。

表 1-1-1 調査内容及び数量

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 測定	延線 回数	長 数	3.00 198	Km 本回
② Jegede地区	測線 測定	延線 回数	長 数	3.80 262	Km 本回
③ Fumure地区	測線 測定	延線 回数	長 数	2.85 183	Km 本回
2 ホーリング調査					
① Juwera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°	

1-4-4 調査団の編成

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

調査計画及び折衝

日本国側団員		ジンバブエ共和国側団員	
山本 恭久	金属鉱業事業団	J. L. ORPEN	地質調査局
両角 春寿	金属鉱業事業団	S. M. N. NCUBE	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	49	技術責任者	6月 9日	10月17日	経験年数: 24
藤田 勝	34	物理探査 (IP)	6月 9日	7月12日	経験年数: 11
藤川 真治	30	物理探査 (IP)	6月 9日	7月12日	経験年数: 7

現地調査 (ジンバブエ共和国)

氏名	所 属
P. MPOFU	地 質 調 査 所
TAFIRENYIKA CHIYANIKE	地 質 調 査 所

1-4-5 調査期間

全体計画について

項 目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
調査計画の作成 ・ 準備等	8								
現地 調査	9	12							
	9				17				
試験分析 ・ 解析等	18						31		
報告書作成						1			20

現地調査について

項 目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
出 発 (日本～ジッパブエ)	9 11								
関係機関表敬 及び打ち合せ	12 13								
現場への移動 及び資機材搬入	14								
事前準備	15 17								
調査 業務	18	5							
	18				14				
現場からの移動 及び資機材撤去		6 8			15				
現地解析 及び報告書作成	18				15				
関係機関報告 及び打合せ		9			15				
帰 国 (ジッパブエ～日本)		10 12			15 17				

第2章 調査地域の地理

2-1 地形及び水系

調査地域の地形は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 Babaninga(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、雨期のみ水の流れが認められる。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。

2-2 気候及び植生

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

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

調査地域の内でも標高の高い場所ではMonondoの繁茂が認められる。

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

第3章 一般地質

一般地質

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

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

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

本調査地域を構成する地質は

Gneissose Granite
Gneissose granulite
Felsic Granulite
Mafic Granulite
Iron Formation
Dolerite

等を主とする。

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

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

Felsic Granuliteはgneissose granulite の中に分布する岩石で、優白質の岩石である。本岩はカリ長石に細脈状あるいは長くのびた楔状の石英が入りピンク色を呈するものと、灰白色の長石が主体で石英が僅かに楔状に入る剥離性の岩石から構成される。本岩の分布はマドゥガ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程度は一般的にはgneissose granuliteよりは弱い。

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

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が、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。

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、調査地域はブロック化運動を受けていると考えられる。

調査地域の地質的位置付け

Limpopo Mobile Beltは前述のようにグレン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。

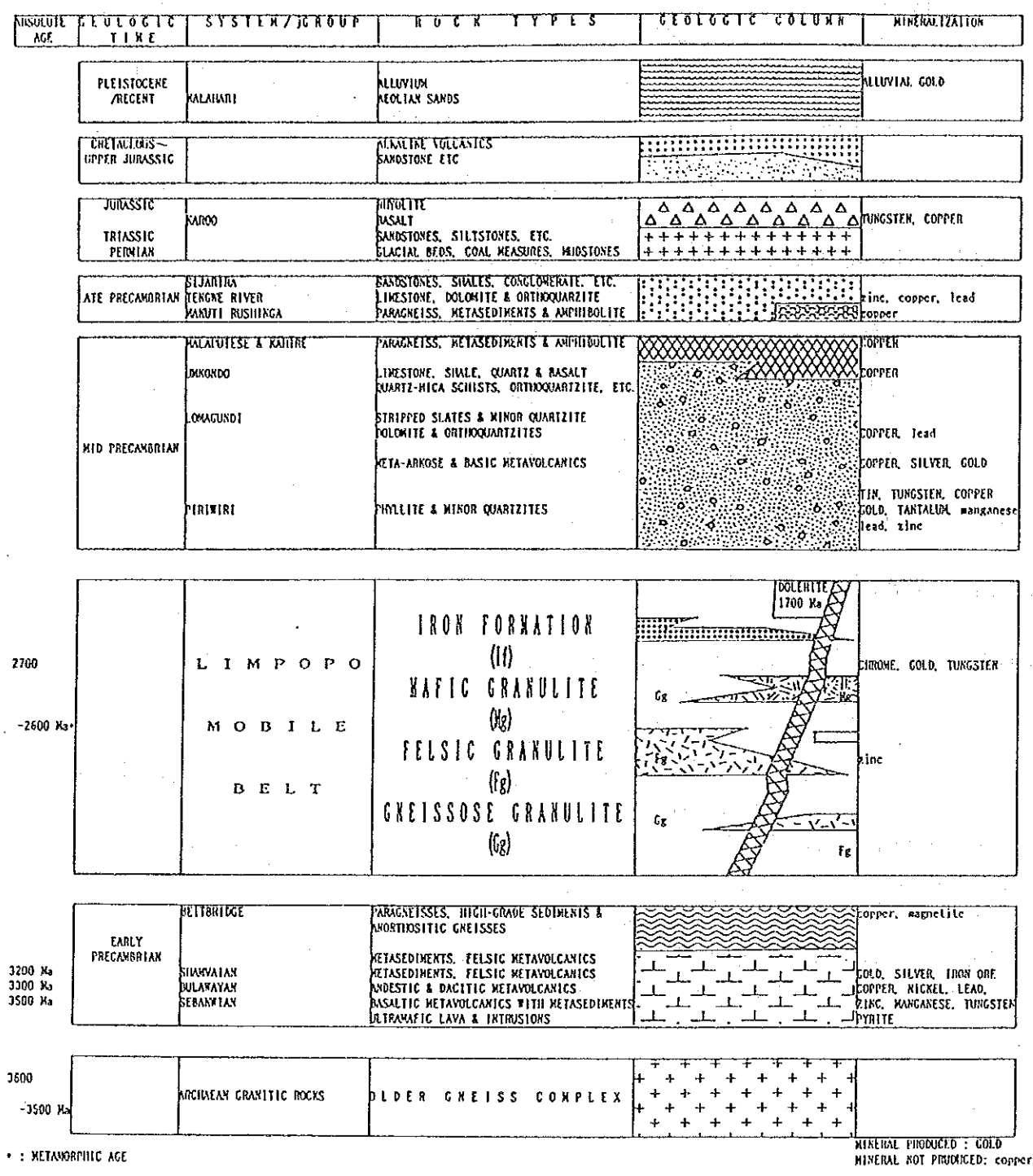


图 1-3-1 地質模式層序图

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制について

Juwere 地区

本地区を構成する地質単元は主としてmafic granulite, felsic granulite及び広義のgneissose granulite (gneissose granulite, charnockite及びenderbiteを含む)であり、なかでもgneissose granulite (広義・以下同じ)が最も広く分布している。本地区でも地質単元はENE-WSW系のfoliationに支配されている。

本地区には主要な構造線は認められないが、地区外東部にはNNE-SSW系の構造線の存在が予想される。しかし、変位は伴わないか少ないと考えられる。その他、衛星画像及び航空写真で認められる線構造は変位を伴わないにアットに限られる。本地区で認められた微小褶曲構造からは、時期の異なる変形作用が重複して起こっており、複数の構造運動を蒙ったことが読み取れる。

鉍化作用の特性については、実施した3孔(MJZM-1、MJZM-2及びMJZM-3)の結果によれば、鉍化作用はcharnockite及び一部felsic granulite中にpyrrhotite、pyrite及びchalcopyriteが鉍染状で認められ、その産状はfoliationに概ね整合的である。

このように鉍化作用の母岩に対する選択性と整合性から、鉍化作用は変成作用以前に起こったことを示唆している。一方、mafic granulite中では鉍化作用が欠如することから、mafic granuliteの生成が鉍化作用後である可能性も考えられる。

従って、本地区の鉍化帯は層準規制型鉍床に分類される可能性が高い。

Muchacha 地区

本地区の地質及び構造は基本的にはJuwere地区と変わらない。この地区でもENE-WSW系のfoliationが卓越した地質構造が認められる。本地区での主要な構造線は本地区の西と東に認められるNNE-SSW系の構造線である。この構造線が僅かな変位(変位のメカニズムはright-lateralとleft-lateral)を地質単元にあたえていることが想定される。また、衛星画像及び航空写真で認められる線構造は変位を伴わないにアットに分類されるものである。本地区でも微小褶曲構造からは、時期の異なる変形作用が重複して起こっており、複数の構造運動を蒙ったことが読み取れる。

鉍化作用の特性については、実施した2孔(MJZM-4及びMJZM-5)の結果、鉍化作用は弱く、地質構造と鉍化作用の成因的関係を把握するには至らなかった。特に、MJZM-4は地表に認められた強珪化帯を伴う鉍化帯が深部ではcalcite網状帯に移行している。これは一連の鉍化作用の下部現象なのかあるいは構造線が介在しているかの2つの可能性が考えられる。

Benzi 地区

本地区の地質はgneissose granulite(gneissose granulite及びcharnockite)が大部分を占める。地質構造については本地区の東部でNE-SW系の構造線が認められるが、これによってfelsic granuliteには目立った変位は認められない。しかし、本地区の中央部にあるBenzi川ではE-W系の構造線に規制されたシナ付帯が存在し、熱水変質作用も認められた。

実施したMJZM-6及びMJZM-7の硫化鉍物(pyrite、pyrrhotite、chalcopyrite)及び変質鉍物(特

に、sericite) の特徴は下記の通りである。

- ①他地区に較べて相対的にpyriteがpyrrhotiteより多い
- ②硫化鉱物は他地区と同様にfoliationに沿うものの他にfoliationに斜交する細脈(幅:1~3 mm)もあり、他地区の産状と異なる
- ③変質鉱物の出現の頻度も他地区よりも高い

硫化鉱物は概して多くないが、これらの事実を総括すると、本地区では

- ①変成作用前の鉱化作用
- ②変成作用後の鉱化作用

の存在の可能性が高い。

しかも、②はBenzi川沿に認められるミナ付帯の形成に時期的に関連していると考えられる。

J e g e d e 地 区

本地区は主としてmafic granulite, felsic granulite及びgneissose granuliteから構成されている。

本地区の地質構造もENE-WSW系のfoliationが卓越し、主要な構造線の存在は知られていないが、本地区からはずれた東側にはNNE-SSW系のright-lateralのセズをもつ構造線が認められる。

実施したMJZM-8、MJZM-9、MJZM-10及びMJZM-11の硫化鉱物の組合せ及び変質鉱物の特徴は下記の通りである。

- ①量的に最も卓越する硫化鉱物はpyrrhotiteであり、その他、pyrite及びchalcopyriteも他地区同様に微量ながら普遍的に存在する。しかし、sphaleriteが微量ながら普遍的に産することが他地区と異なる。
- ②硫化鉱物は鉱染状を呈するが、縞状を呈する部分もある。この場合はfoliationと概略整合的と云える。
- ③大局的にも鉱化帯(硫化鉱物を含む帯)の賦存は地区のfoliationの方向と整合的である。
- ④変質鉱物(sericite及びchlorite)の生成は微弱である。
- ⑤鉱化帯の母岩はcharnockite及びenderbiteが主要なものであり、mafic granulite中には硫化鉱物の鉱化作用はない。

この事実から、鉱化作用はJuwere地区と同様、鉱化作用の母岩に対する選択性と整合性から、層準規制型鉱床の可能性が高い。

F u m u r e 地 区

本地区の主要な地質単元はquartzite、mafic granulite及びgneissose granulite(広義)である。gneissose granuliteとしたものの中には斜方輝石及び単斜輝石が普遍的でかつK-feldsparが欠如しているenderbiteに近いものもある。

地質構造としては特記される構造線はないが、Fumure山はquartziteからなり、向斜部を形成していると考えられる。

実施したMJZM-12及びMJZM-13の硫化鉱物の組合せ及び変質鉱物上の特徴は下記の通りである。

- ①Jegede地区の場合と同様に、最も量的に卓越する硫化鉱物はpyrrhotiteであり、その他、pyrite

及びchalcopyriteも他地区と同様に微量ながら普遍的に存在する。その他、galena, sphalerite, arsenopyriteも認められ、他地区に較べて出現鉱物にやや多様性がある。

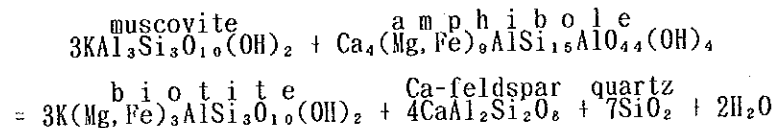
②硫化鉱物の産状はcharnockiteを母岩とする場合は鉱染状を呈するが、quartziteが母岩の場合はより縞状を呈する傾向が強い。この場合もfoliationと概略整合的と云える。

③変質鉱物の生成は微弱である。

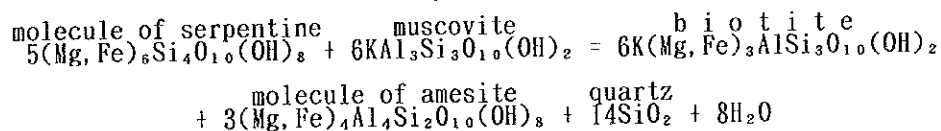
以上の事実から、硫化鉱物を生成した鉱化作用は変成作用に先行して行われ、母岩の種類により硫化鉱物の産状に違いが認められることから、やはりJuwere地区やJegede地区と同じように層準規制型鉱床の可能性が高い。

また、調査地域全般にわたり、鉱化作用に付随して生成された変質鉱物（例えば、sericite及びchlorite）はBenzi地区を除き微量に留まり、鉱化作用とともに多量に生成された変質鉱物は、後の変成作用及び後退変成作用に際して、下記に示すような反応により他鉱物へ変化したものであろう。つまり、

・biotiteはクワリツイト相では一般にはその出現頻度も量も少なく、化学成分の範囲も限られている。しかし、本調査地域では中量（付録 A-3）のbiotiteを含むことが多く、特徴的である。この理由は変質生成物であるsericite（muscovite）がamphiboleと下記に示す反応によりbiotiteを生成させた結果と考えられる（都城, 1965）。



・また、変質作用により生成したchloriteについても、下記の反応式に示されるようにsericite（muscovite）との反応により、biotiteの生成が考えられる。



4-2 鉱床賦存のポテンシャルについて

調査地域は、全般的に極めて硫化鉱物による鉱化作用の貧弱な地域と評価されていた。

しかし、本年度の物理探査（IP法）及びボーリング調査の結果から、品位的には経済採算にのる鉱化帯の捕捉には至らなかったが、地上調査では殆ど認められなかった硫化鉱物によるやや優勢な鉱化作用が

①Jegede地区

②Juwere地区

③Fumure地区

の3地区で認められた。

一方、小規模ながらJuwere地区及びBenzi地区でも硫化鉱物の存在が確認でき、硫化鉱物による鉱化作用が存在した地区であることを物語っている。

ジンバブエ共和国の金鉱化作用は表1-4-1に示されるように主要な金鉱床は硫化鉱物を随伴すること

を特徴としている。特に、調査地域の近傍に賦存するRenco鉱床はcharnockite及びenderbiteを母岩とする層準規制型鉱床であり、上記の3地区で捕捉された鉱化作用とは母岩・硫化鉱物種とも類似する。

この度の調査結果では品位面では期待された成果を挙げ得なかったが、地表において硫化鉱物による鉱化作用が乏しいにもかかわらず、優勢な硫化鉱物の賦存が確認された意義は大きい。この意味では、この一連の調査で有望な金鉱床の捕捉はできなかったが、Limpopo Mobile Belt中には基本的にはRenco鉱床と類似の鉱床賦存のポテンシャルは期待できると結論づけられる。

表 1 - 4 - 1 ジンバブエ共和国の金鉱床の特性

MINE	ORE DEPOSIT	ORE MINERALS	COUNTRY ROCKS	TENOR(g/TON)
Cam & Motor	shear zone & quartz veins	py, ars, stib, sp, sch, gold	mafic lava & graywacks	12.4
Globe & Phoenix	quartz veins	stib, ars, py, sp, gn	granite & schist	27.6
Shamba	quartz veins	py, sp, gn, cp, po, ars, gold	dacite & dacitic tuff	5.2
Dalny	shear zone & veins	ars, py, stib, gn, cp, sp, sch, gold	andesites	7.8
Bezende	tabular quartz veins	py, gn, po, cp, sch, sp	mafic lava &	10.4
Wanderer	iron formation with quartz vein	py,	conglomerate	4.1
Lonely	tabular quartz veins	py, sp, gn, cp	mafic lava & serpentinite	17.5
Golden Valley	massive quartz veins	py, gn, sp, cp, gold, sch, po, ars	mafic lava & felsic sill	22.3
Arcturus	dissemination in shear zone	ars, py, po, stib, cp moly	mafic lava	10.2
Gaika	tabular quartz veins, stock-work & disseminations	po, stib, chalco-stibnite, gold	magnesite rock	8.6
Murier	tabular vein	py, po, cp, pent	hornblende schist	13.9
Tebekwe	tabular quartz veins	py, po, cp, gn, ars	Arkoses & grits	9.8
Fred	tabular quartz veins	po, py, cp, sp, sch, ars, niccolite	hornblende & chlorite schists	11.1
Giant	iron formation mineralized schist	po, py, ars, cp	talc schist & serpentinite	8.2
Glen Rosa	vein of cherty quartz*	py, cp, sp, po, gn	chlorite schist quartz-sericite schist	21.1
Vubachikwe	iron formation with veining	ars, po, mg	Basalts & mafic tuff	7.2
Renco	shear zone**	po, cp, py, bismuth, maldonite, gold	charnockite, enderbite	7-10

Data from Foster(1989), and Bohmke and Varndell(1989)

ars:arsenopyrite, cp:chalcopyrite, gn:galena, mg:magnetite, moly:molybdenite, pent:pentlandite, po:pyrrhotite, py:pyrite, sch:scheelite, sp:sphalerite, stib:stibnite
*:possibly silicified mylonite
**:possibly stratiform

4-3 地化学異常と鉱化作用との関係について

調査地域の代表的な地化学探査異常は下記の3地区において捕捉された。

- ① Jegede地区
- ② Benzi地区
- ③ Fumure地区

これらの地区の地化学探査結果を表1-4-2に要約する。

このような地区では地化学探査異常は

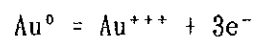
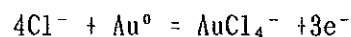
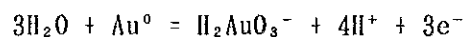
- ① 相対的にAu高含有量
- ② 連続性の良い異常帯

を形成している。また、

- ③異常帯の分布域は地形的な低地（Jegede地区及びFumure地区）
あるいは傾斜面（Benzi地区）

に位置し、このことからこれらの異常帯は、鉱化関連現象の認められる地形的な高所から移動した、hydromorphic anomaly である可能性が考えられる。

Auはその酸化還元状態、pH及びCl⁻イオンの関与により、Au⁰の状態では予想されない程の移動性が確認されている。その移動機構は概略下記の化学平衡式で表せる(Cloke & Kelly, 1964)。

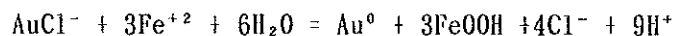


これらの式はそれぞれEh、pH及びCl⁻の1または2要因に依存しており、実験結果からもAuの天然環境での移動性は確かめられている。

現実には、溶液中からAuの沈澱は

- ① Cl⁻イオンの濃度低下（希釈）
- ② pHの上昇
- ③ AuCl₄⁻（あるいはAuCl⁻）の還元

によって起こる。例えば、③のケースを想定した場合、Auは地形的な低所で、AuCl⁻をFe⁺²が還元する下記の反応式で示される機構によってAuの沈澱が行われる。



この反応が継続することにより、hydromorphic anomaly帯でのAuの富化は進行することになる。

本年度の調査結果、

- ①地化学探査異常帯は地形的低地に位置し、
- ②これに相当する鉱化帯が発見されない

等のことから、やはりこれらはhydromorphic anomaly帯と考えられる。

多分、hydromorphic anomaly帯では、この帯のAuが起源した鉱化帯そのものよりも、よりAuに濃縮したhydromorphic anomaly帯が形成されたものであろう。

表 1 - 4 - 2 土壤地化学探査異常帯の総括表

Z O N E	R O C K C O D E	A u V A L U E (P P B)			C O N T R A S T (G M + σ)	R E L A T E D P . C .	D I M E N S I O N O F A N O M A L Y (> G M + σ : m x m)
		G M + σ	G M + 2 σ	M A X I M U M			
Benzi	R. C. 3	22.73	159.74	922.00	45.46	P. C. 1	200 x 2000
	R. C. 4	8.56	36.75	753.00	17.13	P. C. 4	
	R. C. 5	9.44	43.25	848.00	14.98	P. C. 4	
Jegede	R. C. 3	5.74	20.04	954.00	11.49	P. C. 2	200 x 2400
	R. C. 4	2.83	8.20	76.00	1.41	P. C. 4	
	R. C. 5	2.54	6.97	1,490.00	5.07	P. C. 4	
Fumure	R. C. 3	12.61	54.99	221.00	25.21	P. C. 2	200 x 1000
	R. C. 4						
	R. C. 5	2.03	4.52	8.00	4.06	P. C. 4	

----- : No data

第5章 結論及び提言

5-1 結論

ジンバブエ共和国の資源開発調査の第3年次にあたる本年次の物理探査（IP法）及びポットホール調査の結論は以下の通りである。

物理探査（IP法）：第2年次の調査結果から抽出された下記の3地区

- ① Benzi地区
- ② Jegede地区
- ③ Fumure地区

で硫化鉍物の検出に最も有効と考えられる物理探査（IP法）を実施した。

その結果、硫化鉍物は

- ① 低見掛比抵抗帯（2～50 $\Omega \cdot m$ ）
- ② 高PFE帯（10～19 %）

が重複した箇所で優勢な硫化鉍物がポットホール調査で捕捉された。

従って、調査地域のような高度変成岩帯での鉍染状～縞状を呈する鉍化帯の探査においても物理探査（IP法）は有効と結論づけられる。

ポットホール探査：本年次のポットホール調査は、これまでの調査結果、金鉍床の賦存ポテンシャルの高いと考えられる下記の5地区

- ① Juwera地区（MJZM-1～MJZM-3）
- ② Muchacha地区（MJZM-4～MJZM-5）
- ③ Benzi地区（MJZM-6～MJZM-7）
- ④ Jegede地区（MJZM-8～MJZM-11）
- ⑤ Fumure地区（MJZM-12～MJZM-13）

において、13孔、総掘進長 1,530.65 m（深度：90 m～150.30 m / 孔）の調査を実施した。ポットホール孔の選定理由としては

- ① 地表調査で確認された鉍化帯
- ② 地化学探査異常と鉍床関連現象（Fe-oxidesやquartz/pegmatite）との重複する箇所
- ③ 物理探査（IP法）による高'PFE'帯
- ④ 物理探査（IP法）による低比抵抗帯

等である。

これらの選定理由に基づき実施したボーリング調査の結果、MJZM-4を除いて各孔で程度の差は認められるものの、母岩のfoliationと整合的な鉱染状～縞状を呈する硫化鉱物の鉱化帯が捕捉できた。

これらの鉱化帯の母岩はRenco鉱床と同様にcharnockiteであることが多く、鉱化帯の産状及び野外における賦存の状況から、主要な鉱化作用は変成作用以前に行われたものであろう。

鉱化作用の程度については特に、

①Jegede地区のMJZM-9及びMJZM-11

②Fumure地区のMJZM-13

で優勢な硫化鉱物（pyrrhotite、pyrite、chalcopyrite、局部的にsphalerite及びgalena）の鉱化帯が捕捉された。また、変質鉱物としては、sericite及びchloriteが観察できるが、これらは特別に硫化鉱物と強い共生関係を示さず、鉱化作用と共に生成された変質鉱物（sericite及びchlorite等）は、鉱化作用後の変成作用により、biotite等の鉱物に変化したと推定できる。

これらの鉱化帯の分析結果（Au(g/t)、Ag(g/t)、Cu(%）、Pb(%）、Zn(%））は、特に期待されたAuについても0.4 g/t以下の品位しか得ることでできず、ジンバブエ共和国での金鉱床としての経済採算品位のAu 10 g/tを確保することはできなかった。

5-2 将来への提言

第3年次の調査結果とその検討によって得られた結論に基づき、下記のことを将来への提言としたい。

本年次調査で確認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

- 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）・ボーリング調査

の調査システムは有効であったと考えられる。

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、ボーリング調査の計画を策定することを提言する。

第 II 部 各 論

第 II 部 各 論

第 1 章 物理探査 (IP法)

IP法電気探査とは、電気伝導、イオン伝導により誘起された過渡電位 (IP現象) を測定する方法である。IP法にはIP現象の測定方法の違いから

- ①周波数領域法
- ②時間領域法

があり、本調査では3Hz及び0.3Hzによる”周波数領域法”を用いた。

本調査で使用した機器を表2-1-1に示す。

表2-1-1 使用機器一覧表

Equipment	Manufacturer	Specification
ENGINE GENERATOR	ALLEGANY ELECTRIC CO.	#AL421 OUTPUT:400Hz, 5hP
TRANSMITTER	CHIBA ELECTRIC CO.	#CH-7901 OUTPUT:200 TO 800V 0.1 TO 2.5A, DC TO 3Hz
RECEIVER	CHIBA ELECTRIC CO.	#CH-8104R INPUT:0.1, 0.3, 1, 3Hz
COMPASS MEASURE	USHIKATA	POCKET COMPASS ESRON TAPE LENGTH:100m

測定に関する各地域の共通仕様は以下のとおりである。

- ①電極配置 : Dipole-Dipole配置
- ②電極間隔 : 50m
- ③隔離係数 : $n=1 \sim 4$
- ④送信周波数 : 3及び0.3Hz

測定に関する各地域の共通仕様は以下のとおりである。

データ処理

各測線で測定された見掛見掛比抵抗値 (3Hz) とPFE値の疑似断面及び $n=1 \sim 4$ の平面図を作成した。

調査地区の見掛比抵抗は

- 高見掛比抵抗 : $200 \Omega \cdot m$ 以上
- 中見掛比抵抗 : $50 \sim 200 \Omega \cdot m$
- 低見掛比抵抗 : $50 \Omega \cdot m$ 以下

に区分できた。

ただしPFE値は、各地区ごとにバックグラウンドの値が異なるため下記のような区分とした。

- ①Benzi地区 : バックグラウンド 3%
 - 高PFE : 5%以上
 - 中PFE : 4~3%
 - 低PFE : 3%未満
- ②Jegede地区 : バックグラウンド 5%
 - 高PFE : 10%以上
 - 中PFE : 9~6%
 - 低PFE : 6%未満

③Fumure地区 : バックグラウンド 4%

高PFE : 7%以上

中PFE : 6~5%

低PFE : 5%未満

調査地域から合計25個の岩石試料を採取し、見掛比抵抗及びPFE値の測定を行い、測定値は調査結果を考察する際に参照した。

概して野外測定での値と比較すると、見掛比抵抗値は高くPFE値は低い。

ボーリング調査を実施した7測線に関しては2次元のソミュレーション解析を実施した。2次元のソミュレーション解析は見掛比抵抗断面図、実測PFE断面図の結果に基づき、これをもたらしたと推定される比抵抗及びPFE値設定を繰り返し、2次元の境界要素法を適用して前述の断面図に近似させた。

設定した比抵抗・PFE値の形状についてはボーリング調査の結果を、またボーリングに適用した比抵抗値とPFE値については岩石試料の測定値を参考にした。

使用機器を表2-1-2に、測定結果を表2-1-3に示す。

表2-1-2 岩石試料測定用機器一覧表

Equipment	Manufacturer	Specification
TRANSMITTER	CHIBA ELECTRIC CO.	#CH-8108A OUTPUT: 1 TO 2,000 μ A (11STEP) 0.1, 0.3, 1, 3Hz
RECEIVER	CHIBA ELECTRIC CO.	#CH-8104R INPUT: 0.1, 0.3, 1, 3Hz

表2-1-3 岩石試料測定結果一覧表

No.	Sample No.	Rock	Apparent Resistivity	PFE	Survey Line	Station
1	JR-01	silicified rock	3,220.0	5.1	J-1	11
2	JR-02	mafic granulite	4,203.0	3.0	J-1	10
3	JR-03	gneissose granulite	3,820.0	2.6	J-3	13
4	JR-04	mafic granulite	4,369.5	2.7	J-3	19
5	JR-05	mafic granulite	4,970.0	2.5	J-2	03
6	JR-06	gneissose granulite	3,868.4	3.1	J-3	01
7	JR-07	gneissose granulite	3,923.1	2.6	J-2	10
8	BR-01	gneissose granulite	3,090.0	2.3	B-1	20
9	BR-02	gneissose granulite	3,362.3	2.8	B-2	15
10	BR-03	mylonite	6,696.3	3.5	B-3	05
11	BR-04	mylonite	4,550.9	2.6	B-2	06
12	BR-05	gneissose granulite	5,056.0	3.9	B-1	06
13	BR-06	mylonite	4,188.7	2.9	B-2	07
14	BR-07	gneissose granulite	5,935.3	3.7	B-1	12
15	FR-01	mafic granulite	4,310.6	4.3	F-1	15
16	FR-02	iron formation	5,301.1	4.2	F-1	10
17	FR-03	quartzite	2,778.5	1.5	F-1	08
18	FR-04	limonite	1,958.4	2.7	F-1	07
19	FR-05	mafic granulite	3,343.2	2.1	F-3	10
20	FR-06	gneissose granulite	3,097.5	2.0	F-2	14
21	FR-07	gneissose granulite	5,356.3	2.5	F-2	19
22	MR-01	mineralized rock	129.9	17.0	MATARA SCHOOL MINERALIZED ZONE	
23	DR-01	charnockite	4,071.6	3.2	DAM WALL	
24	DR-02	enderbite	3,987.7	2.5	DAM WALL	
25	DR-03	felsic granulite	5,550.2	1.8	DAM WALL	

1-1 Benzi地区

1-1-1 調査方法

Benzi地区ではN-S方向にB-1～3の3測線を設定した。各測線の設定にあたっては簡易コンパス及び間縄による測量を実施し、各測点位置は水平距離で50mとなる位置とした。測線位置図を図2-1-1に示す。

各測線長及び測点数は以下のとおりである。

Survey Line	Length	Number of Stations
B-1	1,000m	21 (No. 0 TO 20)
B-2	1,000m	21 (No. 0 TO 20)
B-3	1,000m	21 (No. 0 TO 20)

1-1-2 調査結果

(1) 見掛比抵抗平面図 (図2-1-2～5)

見掛比抵抗平・断面図におけるコンターの分布形態から判断して、見掛比抵抗を以下のように区分した。

- ①高見掛比抵抗：200Ω・m以上
- ②中見掛比抵抗：50～200Ω・m
- ③低見掛比抵抗：50Ω・m以下

n=1～4の各平面図とも、コンターの分布形状は測線とはほぼ直交している。概して高見掛比抵抗を示しているが、測線B-2の測点10を中心とした低見掛比抵抗域が認められる。n=1の平面図を除いて50Ω・m以下であるが、n=4の平面図ではその分布範囲が狭くなることから、深部への連続性は低いと考えられる。

1000Ω・m以上の高見掛比抵抗域は測線の北側に認められ、n=1～4まで連続している。

(2) PFE平面図 (図2-1-6～9)

見掛比抵抗平・断面図におけるコンターの分布形態から判断して、PFE値を以下のように区分した。

- ①高PFE：5%以上
- ②中PFE：4～3%
- ③低PFE：3%未満

コンターの分布形状は見掛比抵抗と同様に測線に直交している。n=1の平面図では5%以上の高PFE異常が測線B-2の測点5～8を中心として分布しているが、n=4の平面図ではその分布域の中心が南方へ移動しており、測点8～10付近に認められる。また、浅所では検出されていなかった7%以上のPFE異常が上述の異常と接して測線B-2の測点12を中心とした狭い範囲で認められる。

見掛比抵抗との関係はそれほど明瞭ではないが、測線B-2の測点8～10を中心としたPFE異常部は50～100Ω・mの中見掛比抵抗域に対比される。

(3) 見掛比抵抗断面図 (図2-1-10～12)

見掛比抵抗平面図から予見されるように、各測線の北側では500Ω・m以上の高見掛比抵抗が分布している。この高見掛比抵抗域と南側の200Ω・m以下の中～低見掛比抵抗との境界は各測線とも測点8～10付近である。ただし測線B-3では、測点12～13付近で再び200Ω・m以上の高見掛比抵抗が分布する。

(4) 実測PFE断面図(図2-1-10~12)

測線B-1は、測線北端の一部を除いて全般に4%未満の中～低PFEを呈している。

測線B-2では、測点9~10を境界として北側が4~6%と比較的高く、南側が2~4%と低い値となり、比較的明瞭な構造が認められる。また測点8~9下部の浅所に5%を越える高PFE異常が認められた。

測線B-3では、測点4~5下部に4%程度の中PFE部が認められるが、測線全体でのコントラストは弱い。

1-1-3 考察

測線B-2及びB-3で得られた異常を定量的に把握するために2次元のシミュレーション解析を実施した結果について考察する。

(1) 測線B-2(図2-1-13)

シミュレーション解析では、実測PFE断面図に認められた測点8~9の下部の高PFE異常を説明するために、 $100\Omega\cdot m$ でかつPFE10%のモデルを設定した。また見掛比抵抗分布を考慮して測点2~3及び測点8~9に境界線を設け、測線北側から $2000\Omega\cdot m$ 、 $500\Omega\cdot m$ 、 $50\Omega\cdot m$ と比抵抗を3区分した。

この結果、測線の北側が高く南側が低い実測見掛比抵抗断面の特徴は、シミュレーション解析結果の見掛比抵抗分布にも表現されている。また、シミュレーション解析によるPFE分布は実測PFE断面図に類似の形状を呈しているが、測線の南側では実測PFE断面図に比べてやや高いPFE値となった。

ボーリング調査の結果では、測点8~9の下部で複数の鉱化帯を捕捉しているが、上述のモデルによって導かれたシミュレーション解析図では、これらの鉱化帯が集約された形状として反映されたものであろう。

(2) 測線B-3(図2-1-14)

シミュレーション解析では、実測PFE断面図に認められた測点4~5下部の中PFE部を説明するために、測点3~5下部に $100\Omega\cdot m$ 、PFE10%のモデルを設定した。また比抵抗構造を考慮して、測点6~7及び測点10~11に比抵抗境界を設け、測線北側から $500\Omega\cdot m$ 、 $50\Omega\cdot m$ 、 $500\Omega\cdot m$ と比抵抗を3区分した。

このモデルの設定の結果、シミュレーション解析結果の見掛比抵抗分布は測線北側から高-低-高の傾向を持ち、実測見掛比抵抗断面図から予見される分布形状と合致している。シミュレーション解析の結果、PFE分布は値が4~6%と実測に比べてわずかに高めであるが、両者の分布形状はほぼ合致している。

ボーリング調査の結果では、測点8~9の下部で弱い鉱化帯を捕捉しているが、実測PFE断面図の異常の分布形状を考慮すると、板状モデルの設定となるが、この形状はボーリング調査の結果から推定される鉱化帯の形状とは異なっている。この理由は、これらの鉱化帯を構成する硫化鉱物が少量のため、強いPFE値として反映されない結果と考えられる。

また、測線B-1については特に着目すべき見掛比抵抗及びPFEの異常が捕捉できなかったため、シミュレーション解析は行っていない。

1-2 Jegede地区

1-2-1 調査方法

Jegede地区ではN-S方向にJ-1~3の3測線を設定した。各測線の設定にあたっては簡易コンパス及び間縄による測量を実施し、各測点位置は水平距離で50mとなる位置とした。測線位置図を図2-1-15に示す。

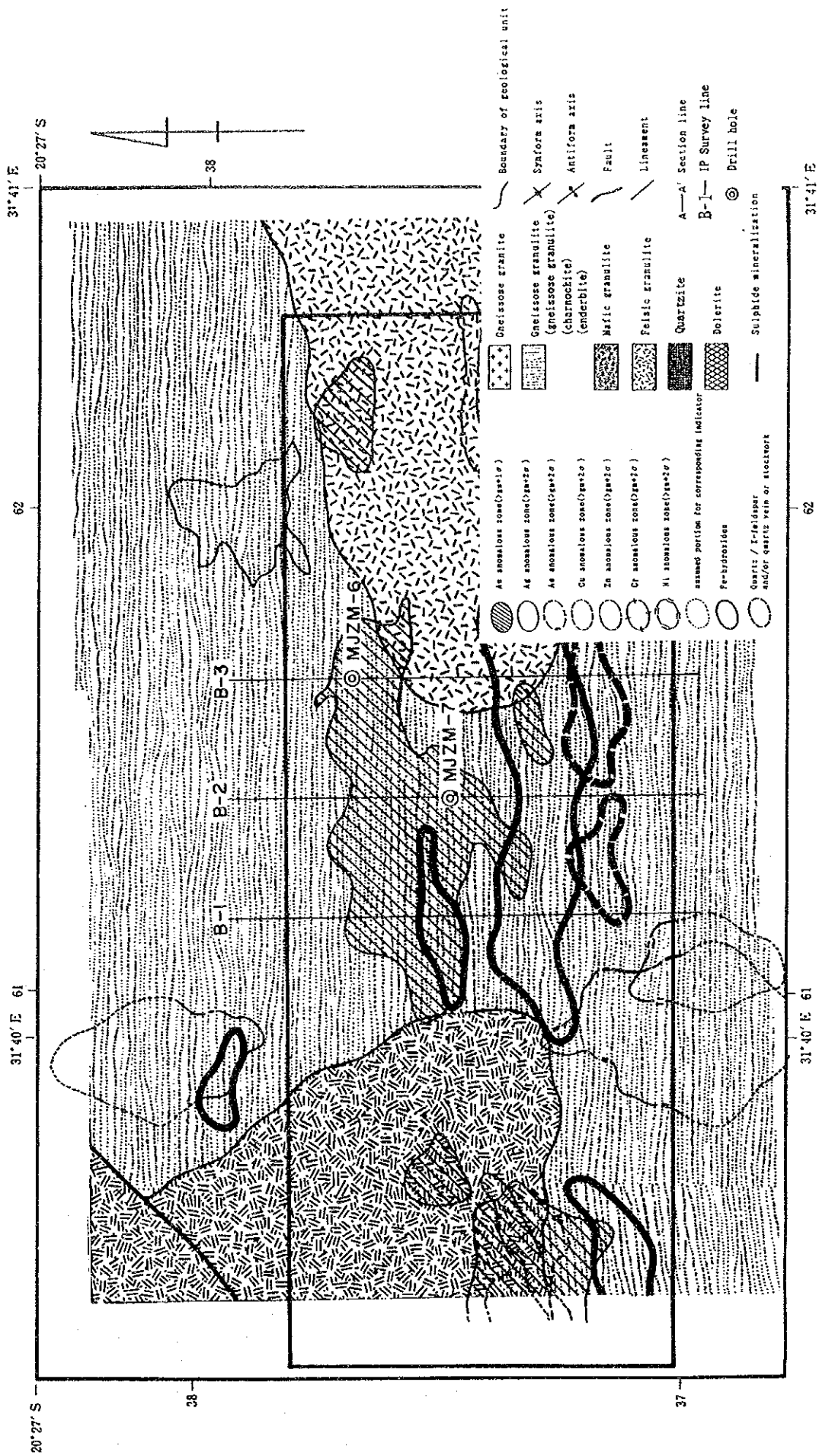


图 2-1-1 测线位置图 (BENZI地区)

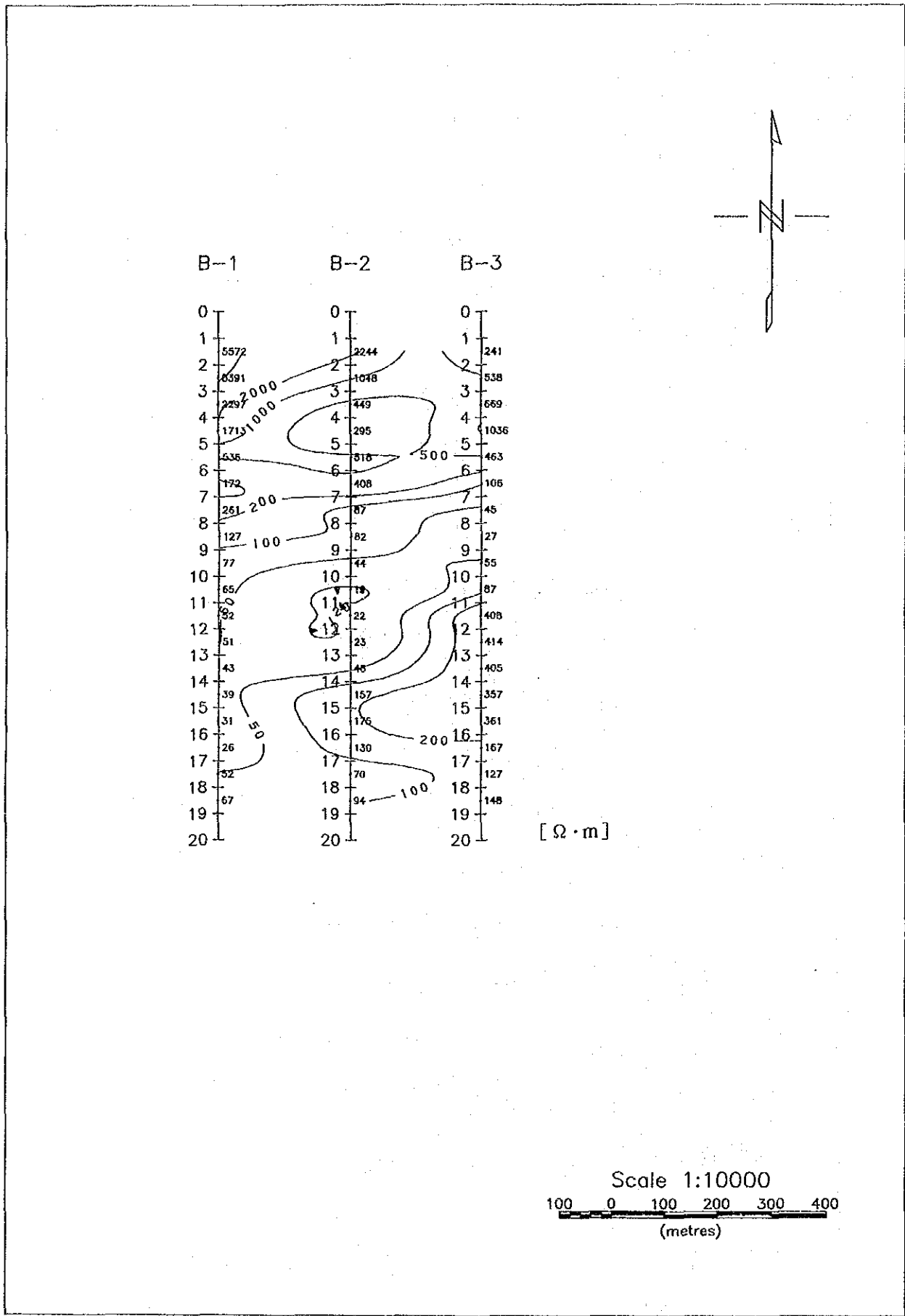


图 2 - 1 - 2 見掛比抵抗平面図 (BENZU地区: 3Hz, n=1)

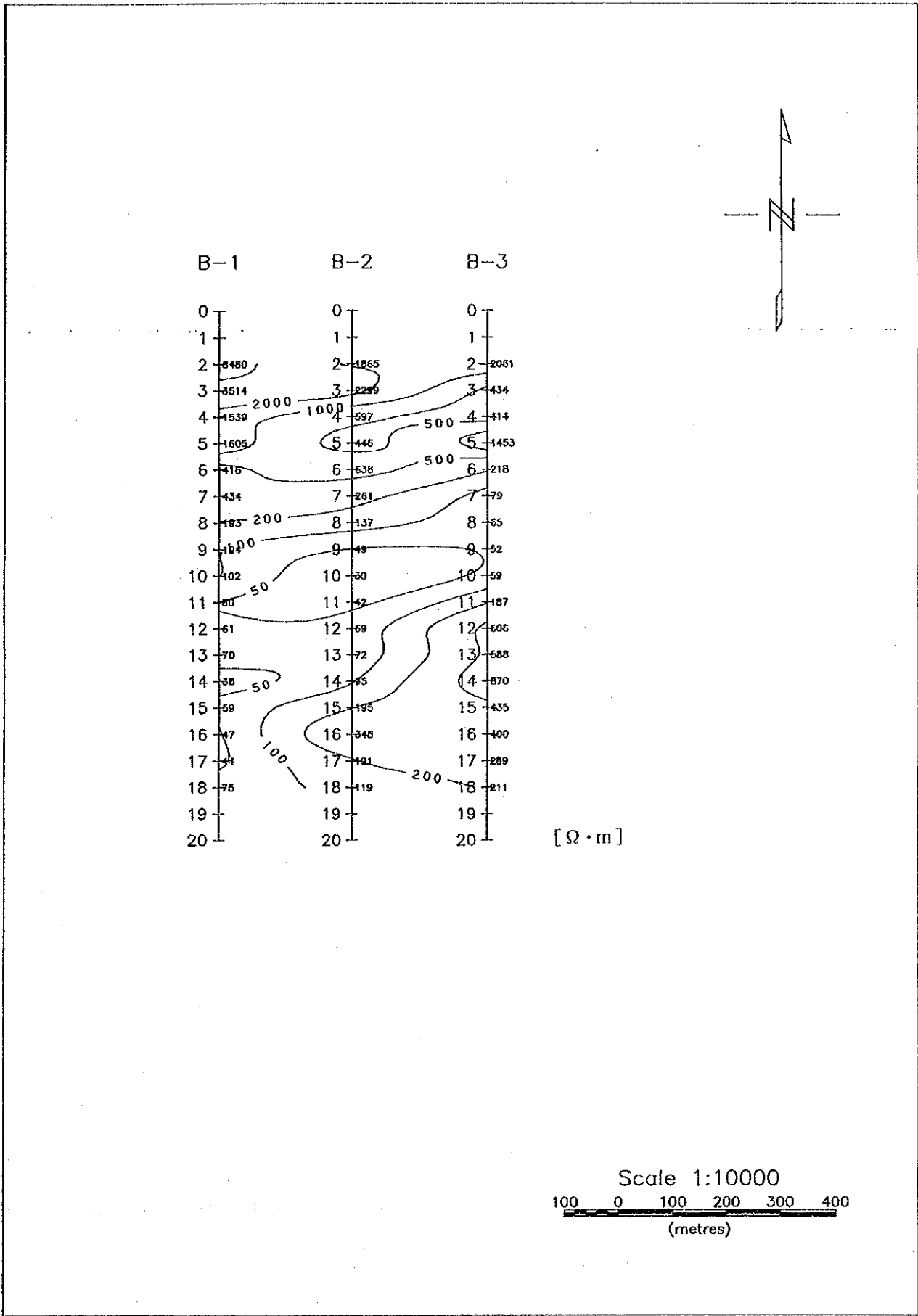


图 2 - 1 - 3 見掛比抵抗平面図 (BENZI地区: 3Hz, n=2)

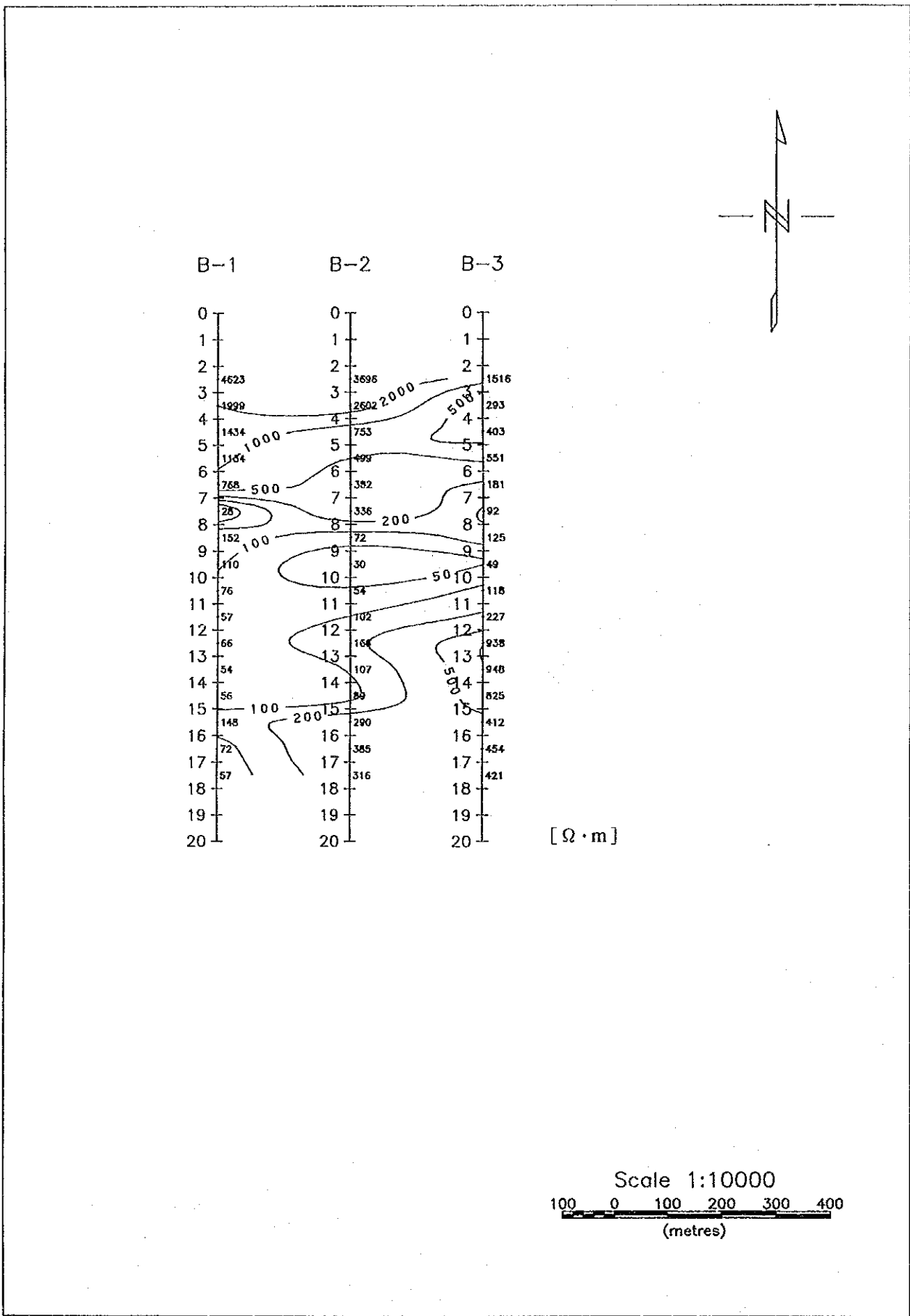


图 2-1-4 見掛比抵抗平面图 (BENZI地区: 3Hz, n=3)

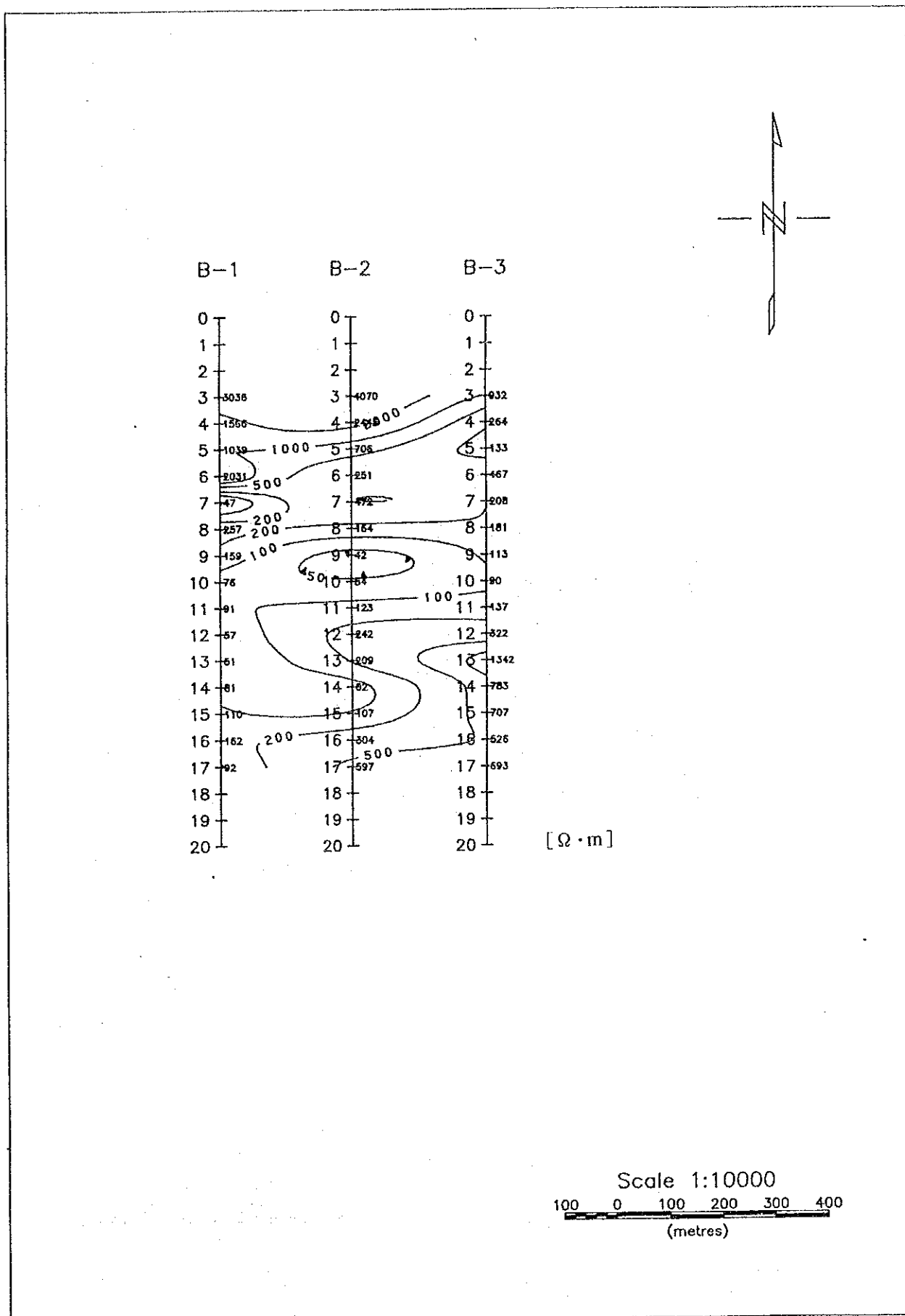
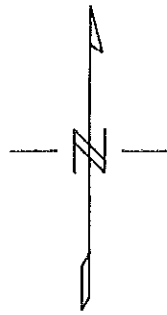
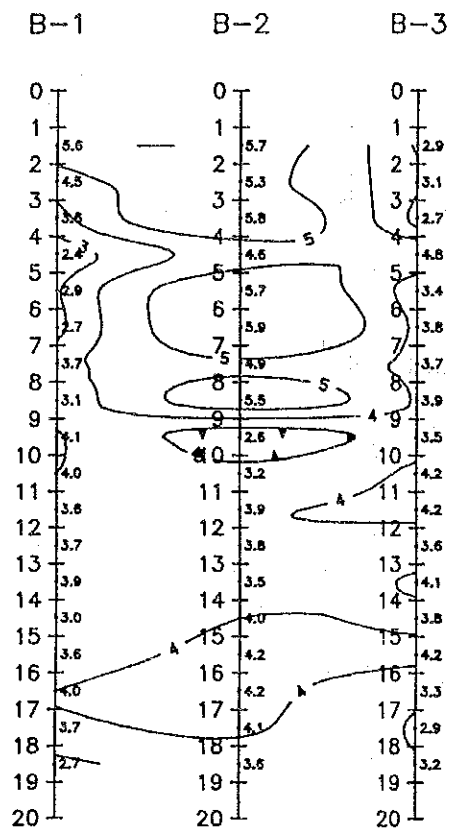


图 2 - 1 - 5 見掛比抵抗平面図 (BENZ1地区: 3Hz, n=4)



[%]

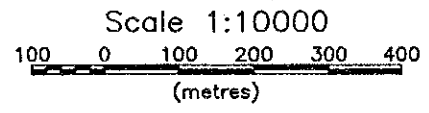


图 2 - 1 - 6 P F E 平面图 (BENZl地区: 0. 3Hz/3Hz, n=1)

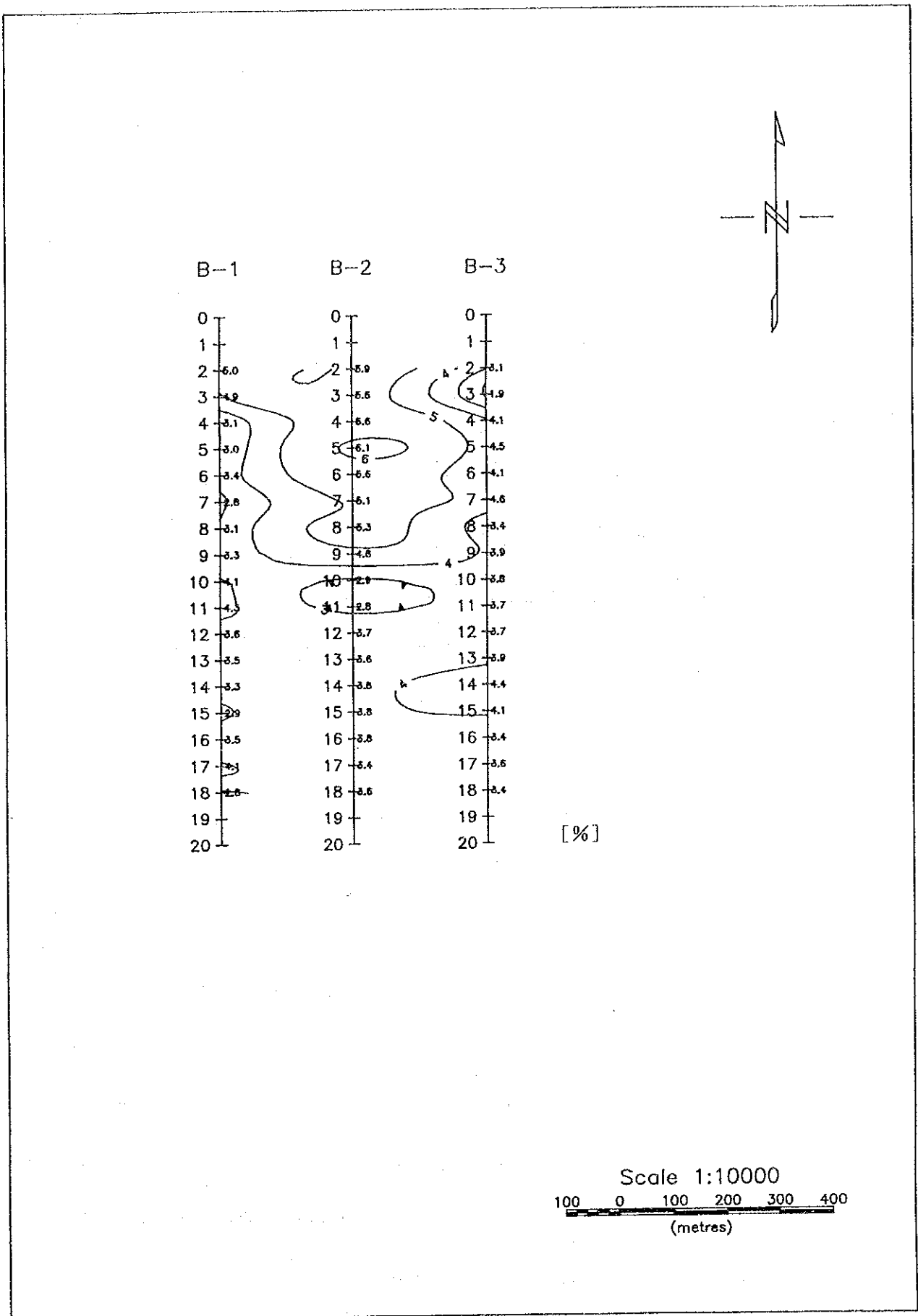


图 2 - 1 - 7. P F E 平面图 (BENZI地区: 0.3Hz/3Hz, n=2)

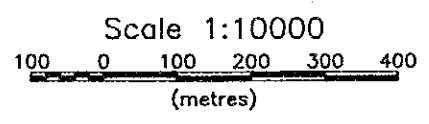
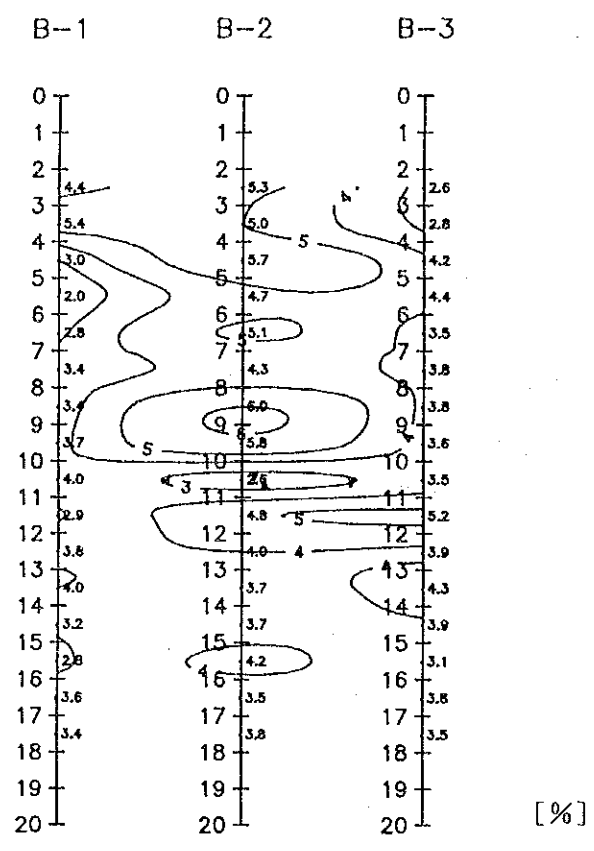
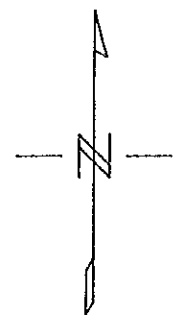


图 2 - 1 - 8 P F E 平面图 (BENZI地区: 0.3Hz/3Hz, n=3)

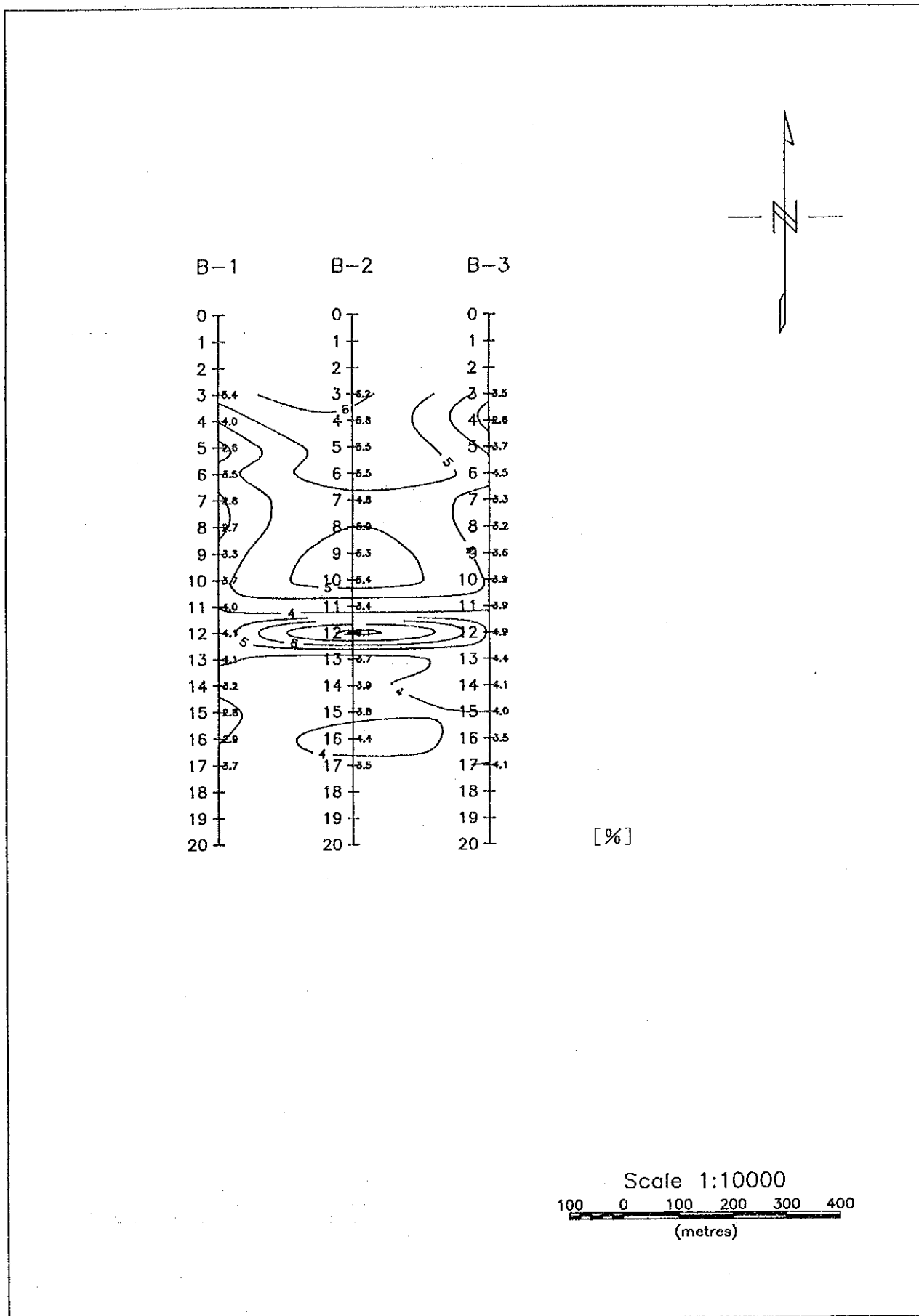
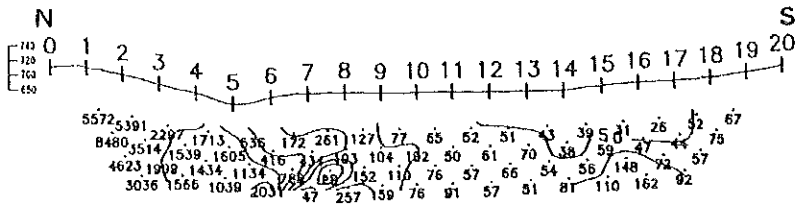
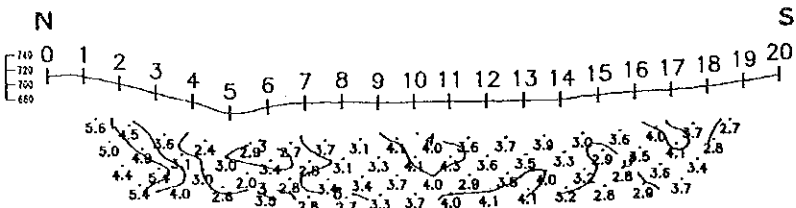


图 2 - 1 - 9 P F E 平面图 (BENZI地区: 0.3Hz/3Hz, n=4)

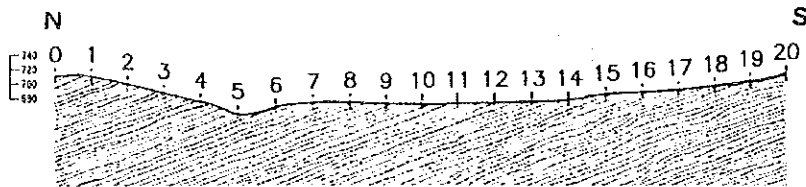
Apparent Resistivity (Observed, 3Hz) [$\Omega \cdot m$]








PFE (Observed, 0.3Hz/3Hz) [%]



Geology



-  Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
-  Felsic granulite
-  Mafic granulite
-  Quartzite
-  Mineralized zone

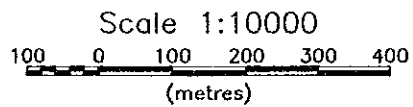


图 2-1-10 测线 B-1 断面图

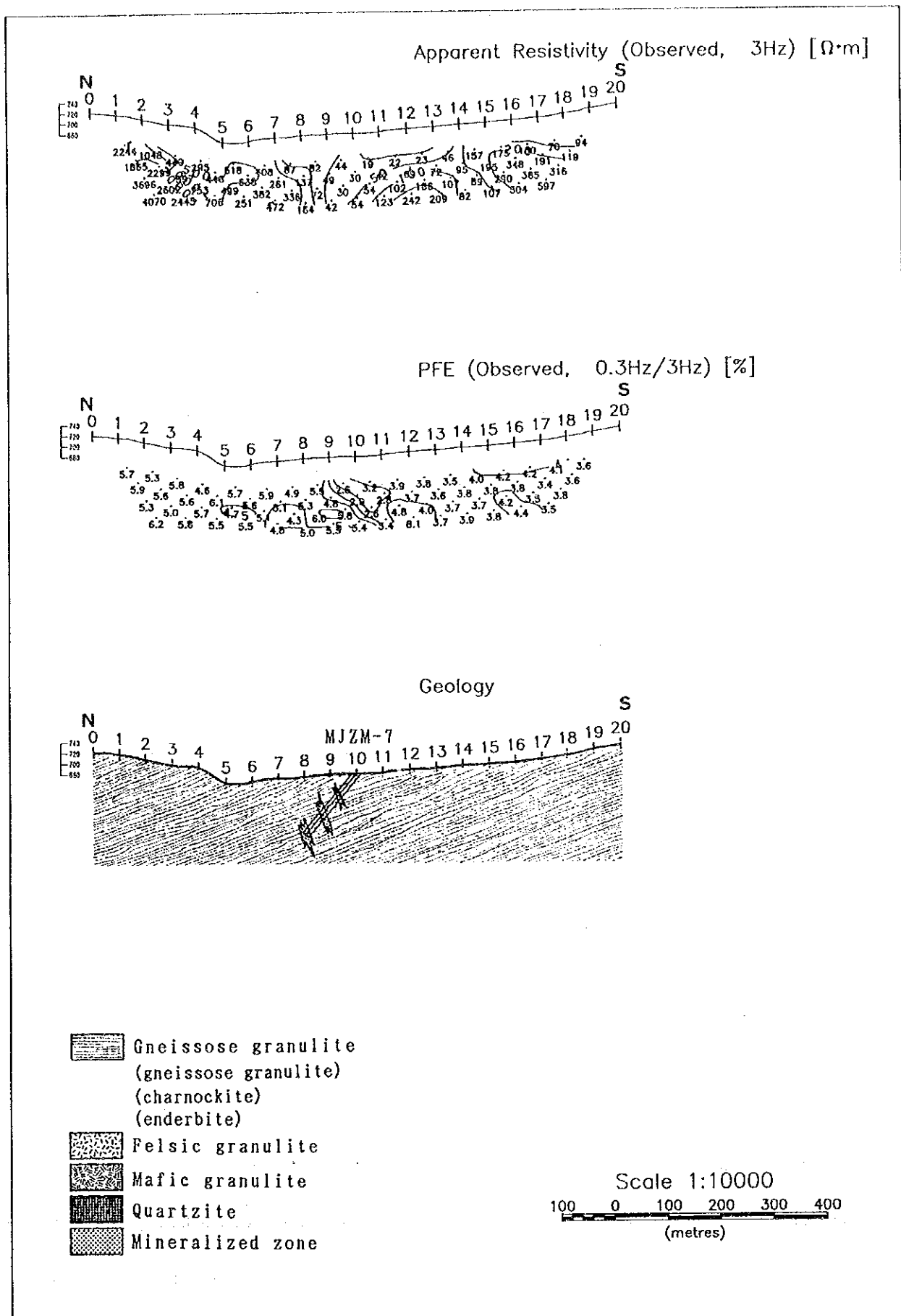
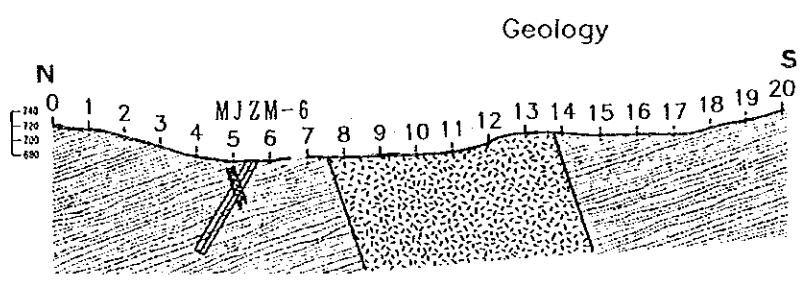
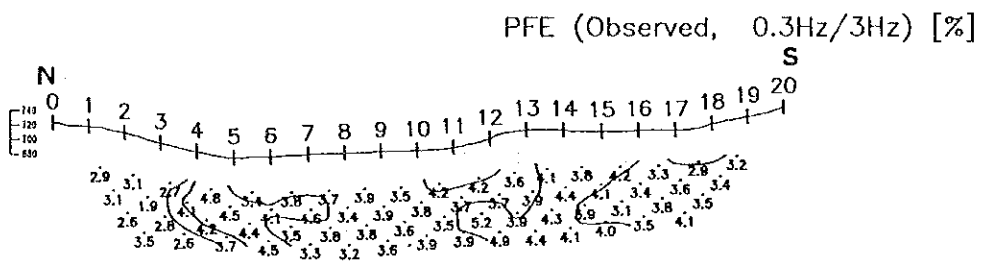
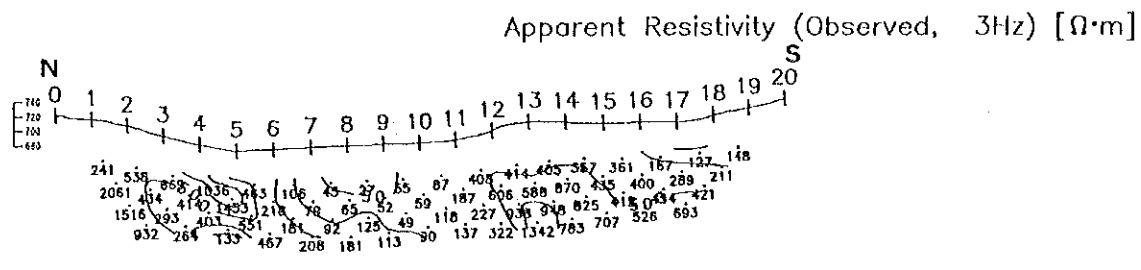


图 2-1-11 测线 B-2 断面图



- Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
- Felsic granulite
- Mafic granulite
- Quartzite
- Mineralized zone

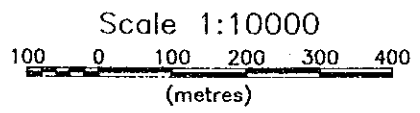


图 2 - 1 - 1 2 测线 B - 3 断面图

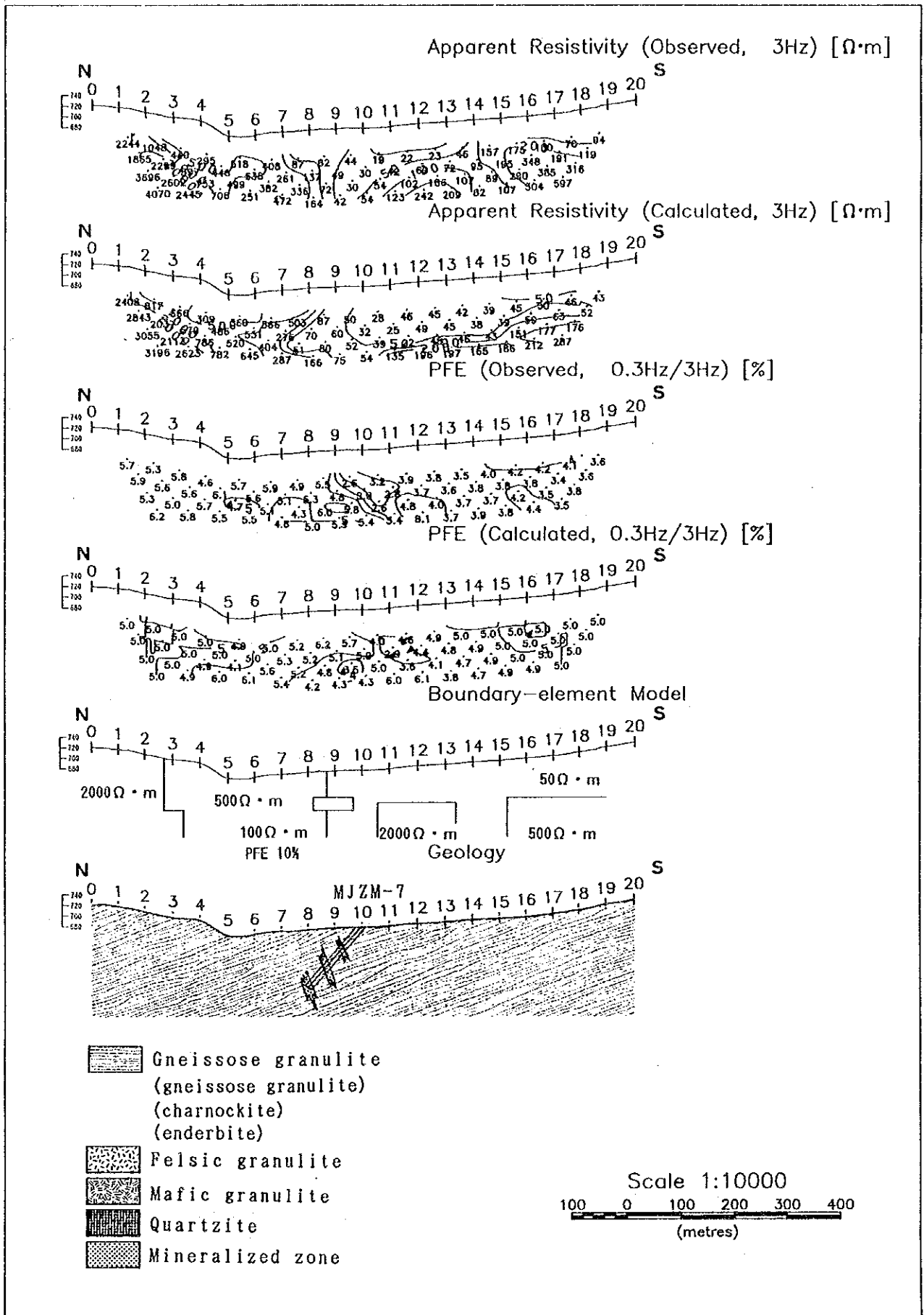
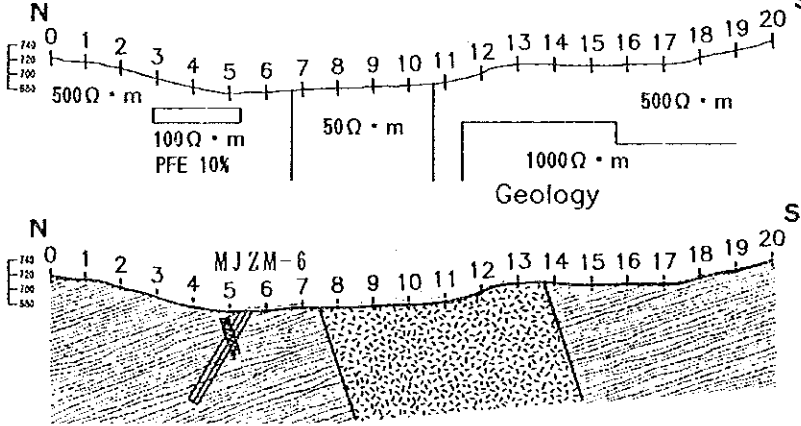
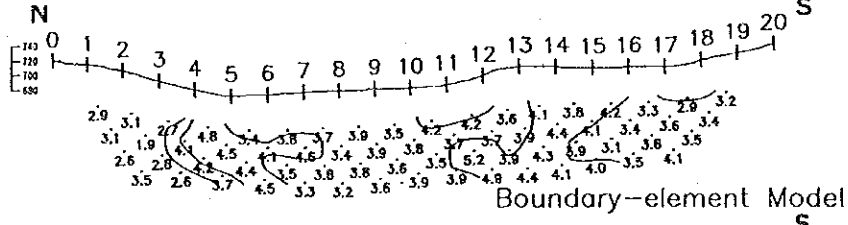
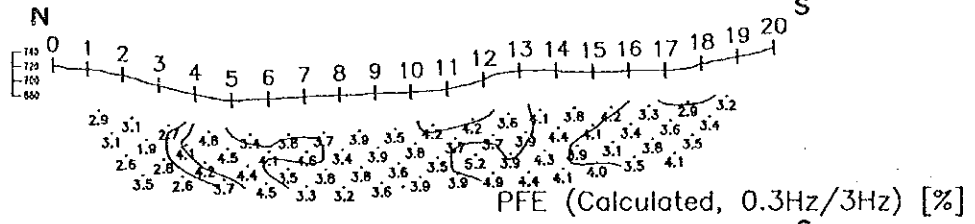
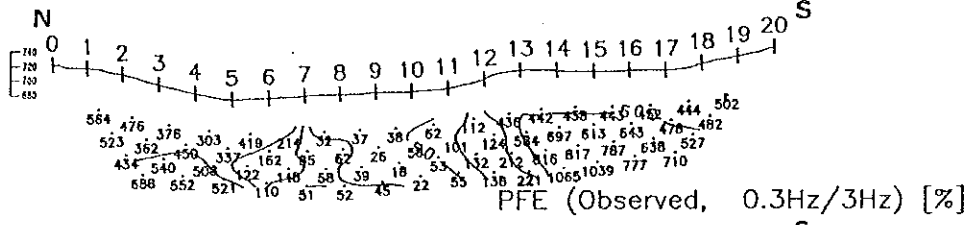
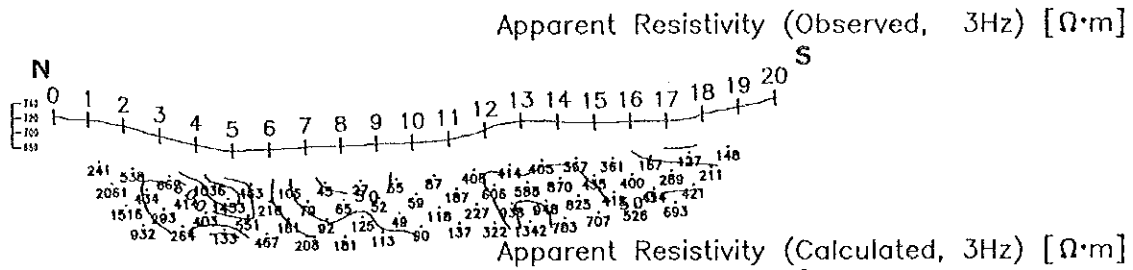


図 2-1-13 シミュレーション解析図 測線 B-2



- Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
- Felsic granulite
- Mafic granulite
- Quartzite
- Mineralized zone

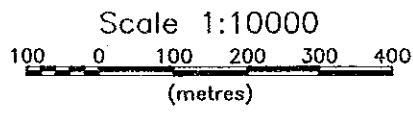


図 2 - 1 - 1 4 シミュレーション解析図 測線 B - 3

各測線長及び測点数は以下のとおりである。

Survey Line	Length	Number of Stations
J-1	1,200m	25 (No. 0 TO 24)
J-2	1,300m	27 (No. 0 TO 26)
J-3	1,300m	27 (No. -1 TO 25)

1-2-2 調査結果

(1) 見掛比抵抗平面図 (図2-1-16~19)

見掛比抵抗平・断面図におけるコンターの分布形態から判断して、見掛比抵抗を以下のように区分した。

- ①高見掛比抵抗：200Ω・m以上
- ②中見掛比抵抗：50～200Ω・m
- ③低見掛比抵抗：50Ω・m以下

見掛比抵抗平面図でのコンターの分布形状は、おおむね測線と直交している。50Ω・m以下の低見掛比抵抗域は、n=1の平面図では測線J-2の測点15～18及び19～20を中心として広がっているが、深度の増加にともないそれぞれの領域は減少し、n=4の平面図では両者とも消滅している。50～100Ω・mの中見掛比抵抗域は、n=1の平面図では測線J-1の測点7～10を中心として、測線J-2へ向かって伸びており、測線J-3から広がる100Ω・m以上の中～高見掛比抵抗の分布と交錯している。この傾向はn=4まで続いている。

(2) PFE平面図 (図2-1-20~23)

PFE平・断面図におけるコンターの分布形態から判断して、本Jegede地区のPFE値を以下のように区分した。

- ①高PFE：10%以上
- ②中PFE：9～6%
- ③低PFE：6%未満

測線J-1の測点8～12、測線J-2の測点10～13、及び測線J-3の測点10～13を結ぶ、東西方向に伸びる7%以上の中～高PFE異常がn=1～4の平面図に認められる。この高PFE異常は、3測線とも低見掛比抵抗域～中見掛比抵抗域に対応している。またn=1の平面図で測線J-2の測点19～20及び23を中心とした高PFE異常が顕著であるが、深度の増加にともないその規模は縮小する。見掛比抵抗平面図では、この測点19～20を中心とする高PFE異常に対応する低見掛比抵抗域が認められており、深度に関しても、この高PFE異常と低見掛比抵抗域はお互いに対応した変化を示す。

(3) 見掛比抵抗断面図 (図2-1-24~26)

測線J-1の見掛比抵抗の分布は、

- ①測線北端の測点0～4の下部の100Ω・m程度の部分
- ②測線中央部の測点4～13の周辺下部の100Ω・m以下の部分
- ③測点13以南の100Ω・m以上の部分

の3区分できる。また、測線中央部の測点10～11の下部に50Ω・m以下の小規模な低見掛比抵抗域が認められる。

測線J-2の見掛比抵抗の分布も、

- ①測線北端の測点0～3の下部の200Ω・m以下の部分
- ②測線中央部の測点3～10の周辺下部の200Ω・m以上の部分

③測点10の以南の $100\Omega\cdot m$ 以下の部分

の3区分できる。また測線J-1と同じく、測線中央部の測点11~12の下部と測点21の周辺下部には $50\Omega\cdot m$ 以下の小規模な低見掛比抵抗域が認められる。

測線J-3の見掛比抵抗の分布も前述の2測線と同様に、

①測線北端の測点-1~3下部は $50\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗を示す部分

②測線中央部の3~14周辺下部の $200\sim 4000\Omega\cdot m$ 程度の高見掛比抵抗を示す部分

③測点14以南の $100\Omega\cdot m$ 程度の中見掛比抵抗を示す部分

の3区分できる。また、測点15~18の下部及び測点21以南の深部では $200\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗を示す。このように他の2測線と比較して本測線は全体に高見掛比抵抗であり、極端な低見掛比抵抗域は認められない。

(4) 実測PFE断面図(図2-1-24~26)

測線J-1では、

測点5~11の下部に10%以上の高PFE部

が認められる。この高PFE異常は測点5~8の下部では深部まで続くと思われるのに対し、測点10~11の下部では地表下125m程度まで連続している。しかし、この高PFE異常に対応する見掛比抵抗は顕著ではない。

測線J-2では、

測点8~15の下部と20~24の下部に7%以上の中~高PFE異常

が分布している。前者は地下深部まで続くが、後者は浅所の異常を示している。これらは見掛比抵抗断面図の $50\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域に対応している。

測線J-3では

測点10~19下部の6%以上の中~高PFE異常

が顕著である。特に測点12~13の下部では10%以上を示し、この異常は見掛比抵抗断面図の $100\sim 200\Omega\cdot m$ の中見掛比抵抗域に対応している。

PFE値のバックグラウンドは他の2測線に比べてやや低くなっている。

1-2-3 考察

測線J-1~3で得られた異常を定量的に把握するために2次元のミューソン解析を実施した。その結果について考察する。

(1) 測線J-1(図2-1-27)

ミューソン解析では、比抵抗構造は見掛比抵抗断面図を参考として、それぞれの比抵抗境界線を測点3と4の間及び13と14の間に設定し、測線北側から、 100 、 50 、 $100\Omega\cdot m$ に3区分した。

また、鉱化帯を想定して $50\Omega\cdot m$ 、PFE20%のモデルを測点5~9の深部及び10~13の中深部に設定した。

その結果、測点5~15の下部のPFE異常は良く説明できたが、鉱化帯モデルと母岩の比抵抗差がそれほど顕著でないためにミューソン解析の結果得られた見掛比抵抗分布は実測見掛比抵抗分布と差異が認められた。

しかし、ボーリング調査の結果、捕捉された鉱化帯はミューソン解析の結果得られたPFE異常によく反映されている。

(2) 測線J-2(図2-1-28)

ミューソン解析では、比抵抗構造は見掛比抵抗断面図を参考として測線北側から、 100 、 250 、 100Ω

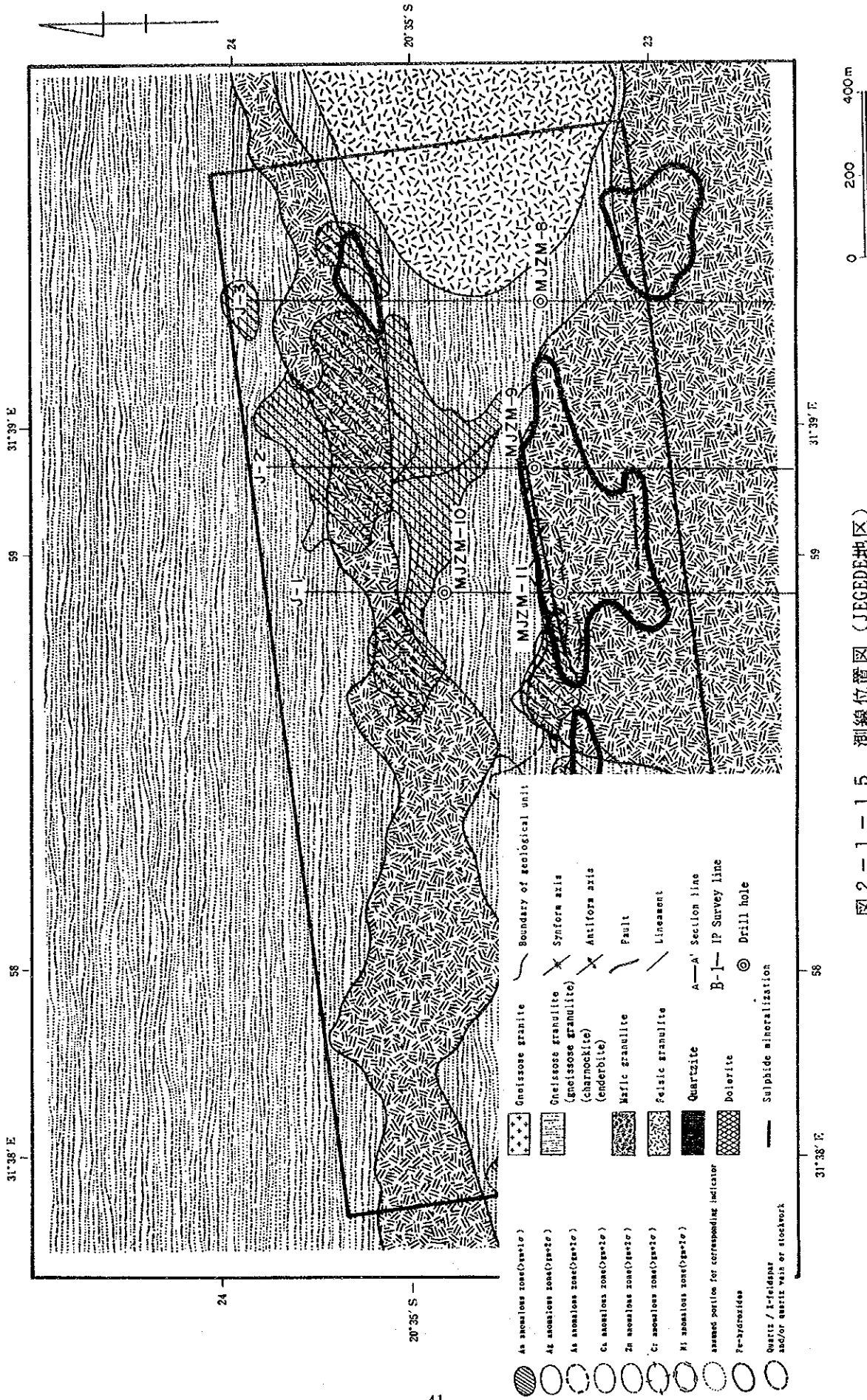


圖 2-1-15 測線位置圖 (JEGEDE地区)

- As anomalous zone (gastor)
- Ag anomalous zone (gastor)
- As anomalous zone (gastor)
- Ga anomalous zone (gastor)
- Zn anomalous zone (gastor)
- Cr anomalous zone (gastor)
- Mt anomalous zone (gastor)
- anomalous portion for corresponding indicator
- Fe-oxides
- Quartz / feldspar and/or quartz vein or stockwork
- Gneissose granite
- Gneissose granulite (gneissose granulite) (charnockite) (enderbite)
- Mafic granulite
- Felsic granulite
- Quartzite
- Dolerite
- Sulphide mineralization
- Boundary of geological unit
- Synform axis
- Antiform axis
- Fault
- Lineament
- A-A' Section line
- B-I IP Survey line
- Drill hole

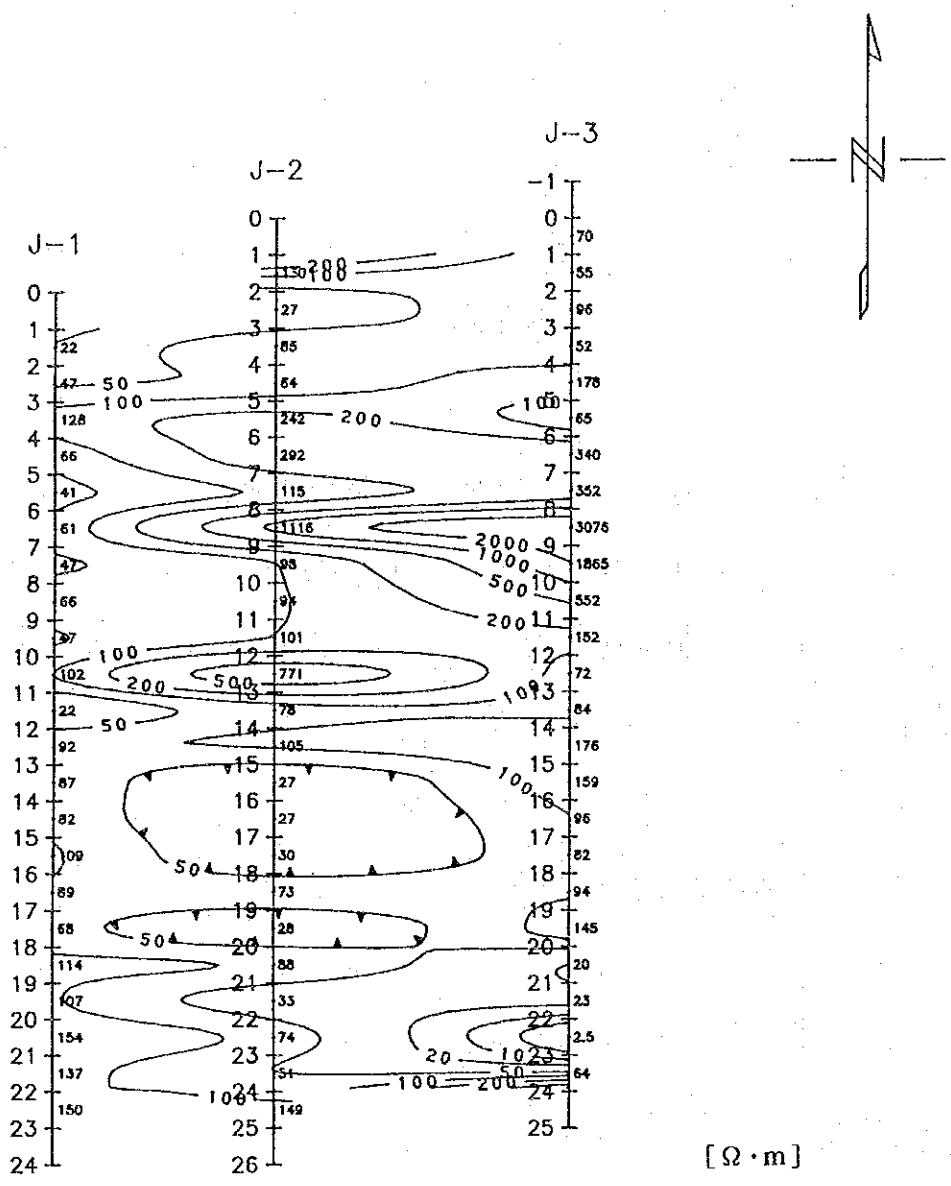


图 2-1-16 見掛比抵抗平面図 (JEGEDE地区: 3Hz, n=1)

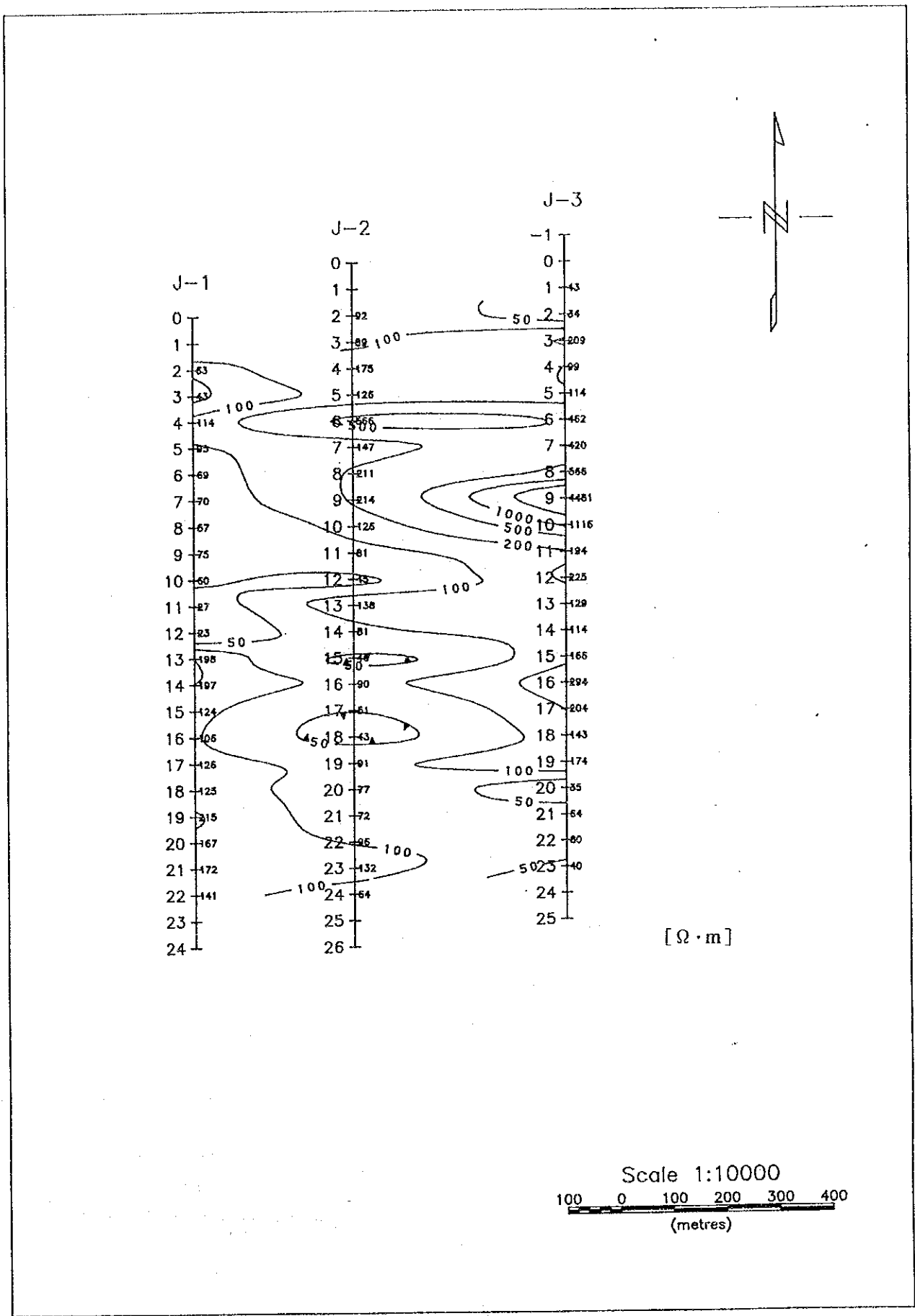


图 2 - 1 - 17 見掛比抵抗平面図 (JEGEDE地区: 3Hz, n=2)

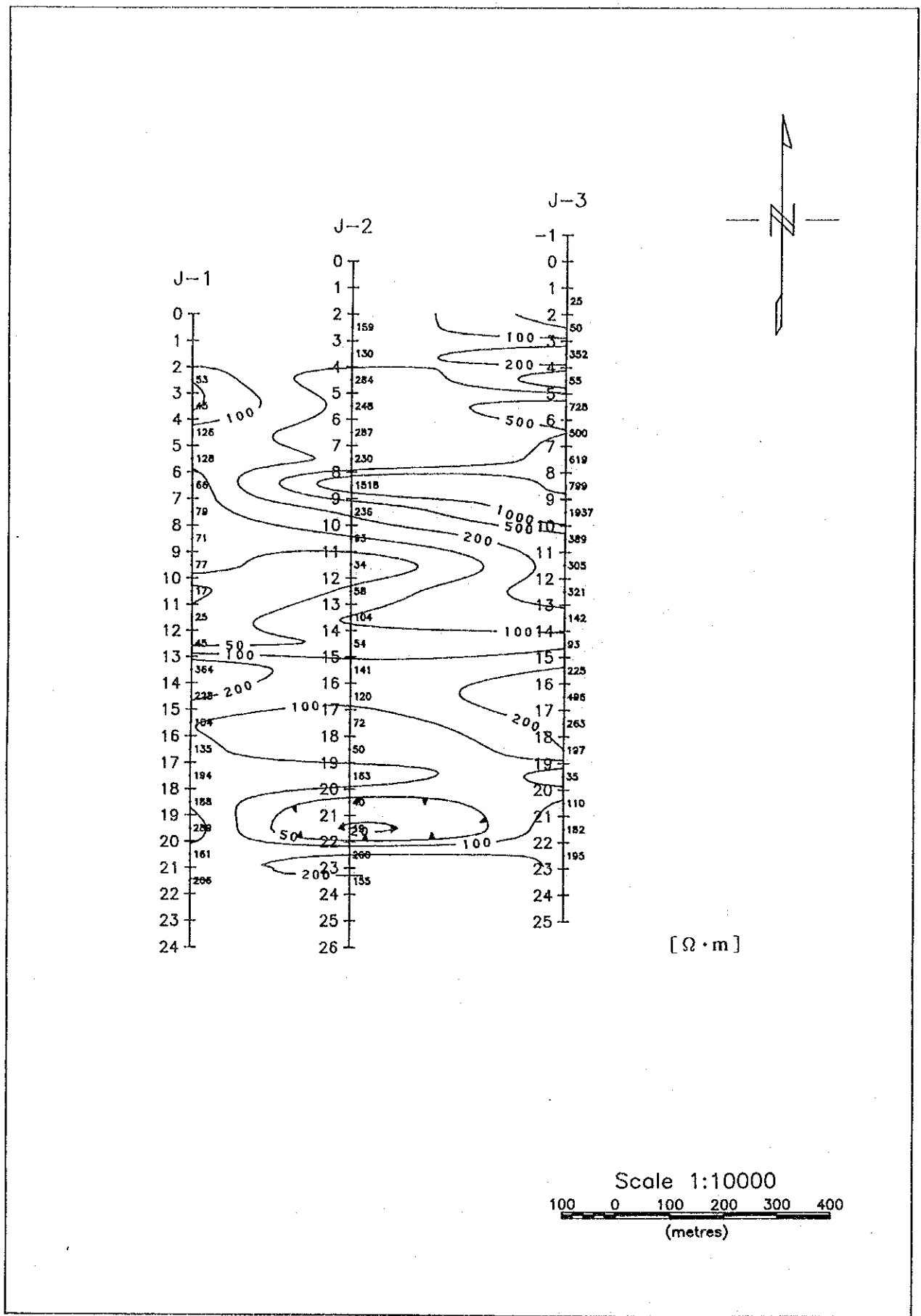


图 2 - 1 - 1 8 見掛比抵抗平面図 (JEGEDE地区: 3Hz, n=3)

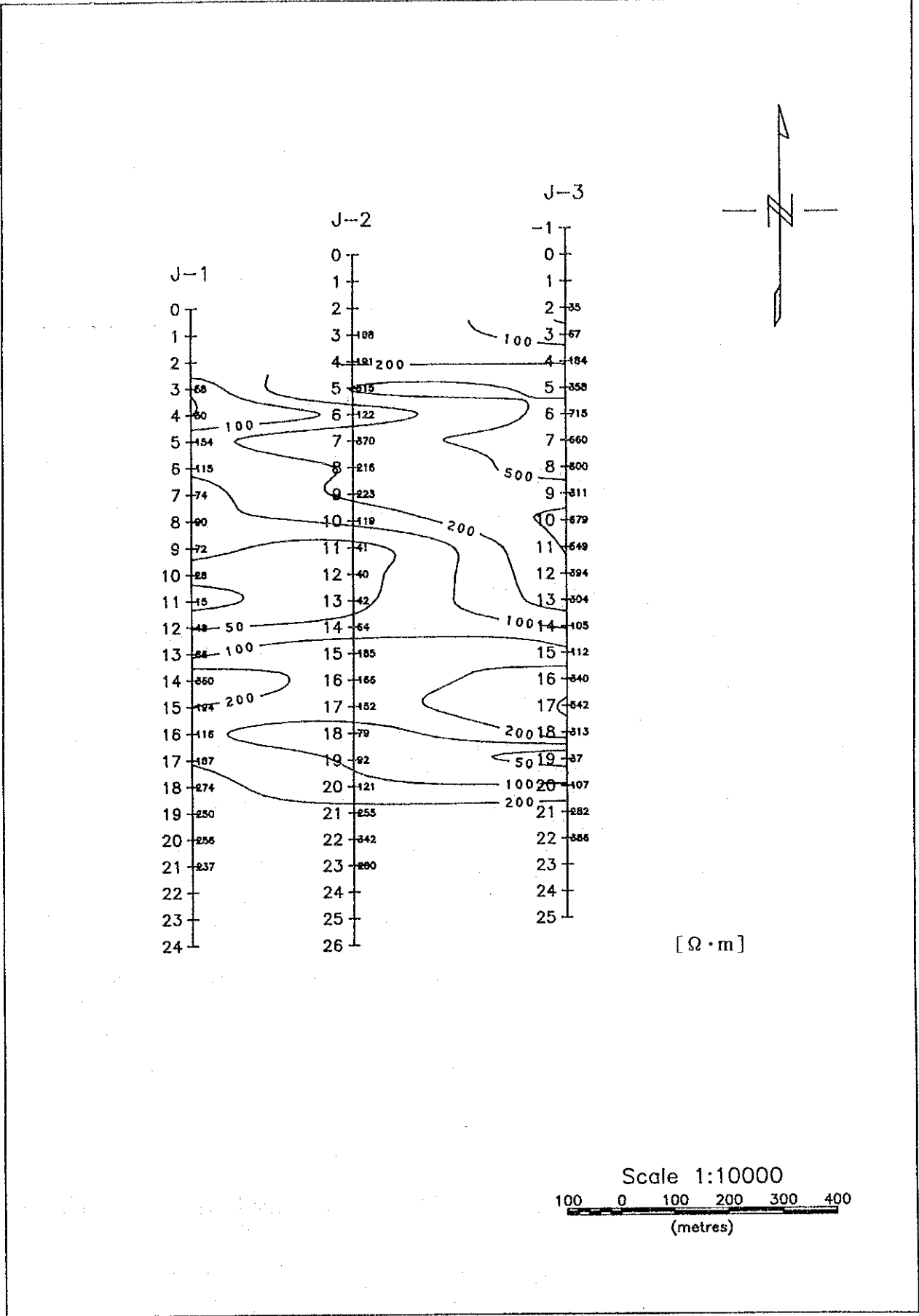


图 2-1-19 見掛比抵抗平面图 (JEGEDE地区: 3Hz, n=4)

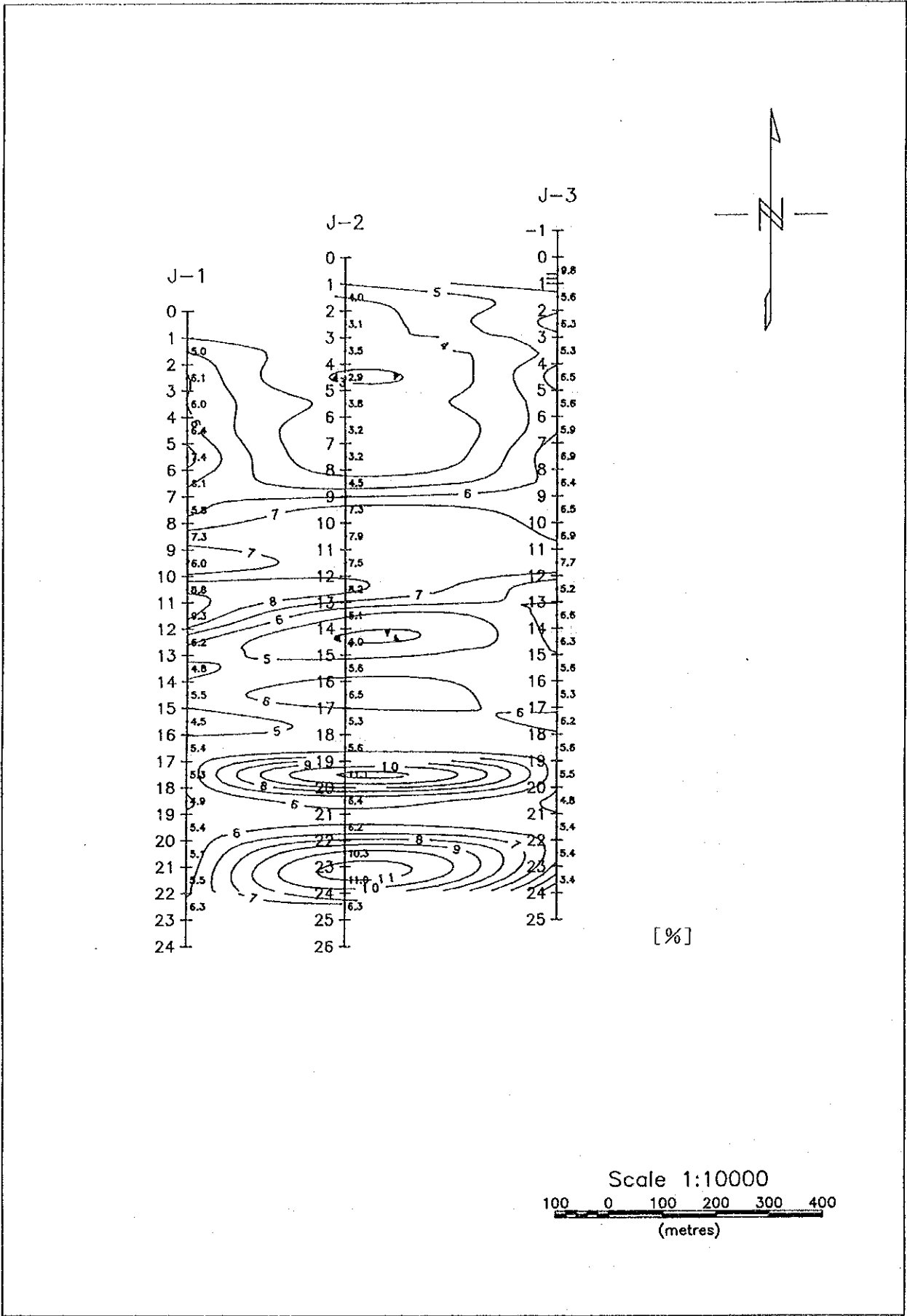


图 2 - 1 - 2 0 P F E 平面图 (JEGEDE地区: 0.3Hz/3Hz, n=1)

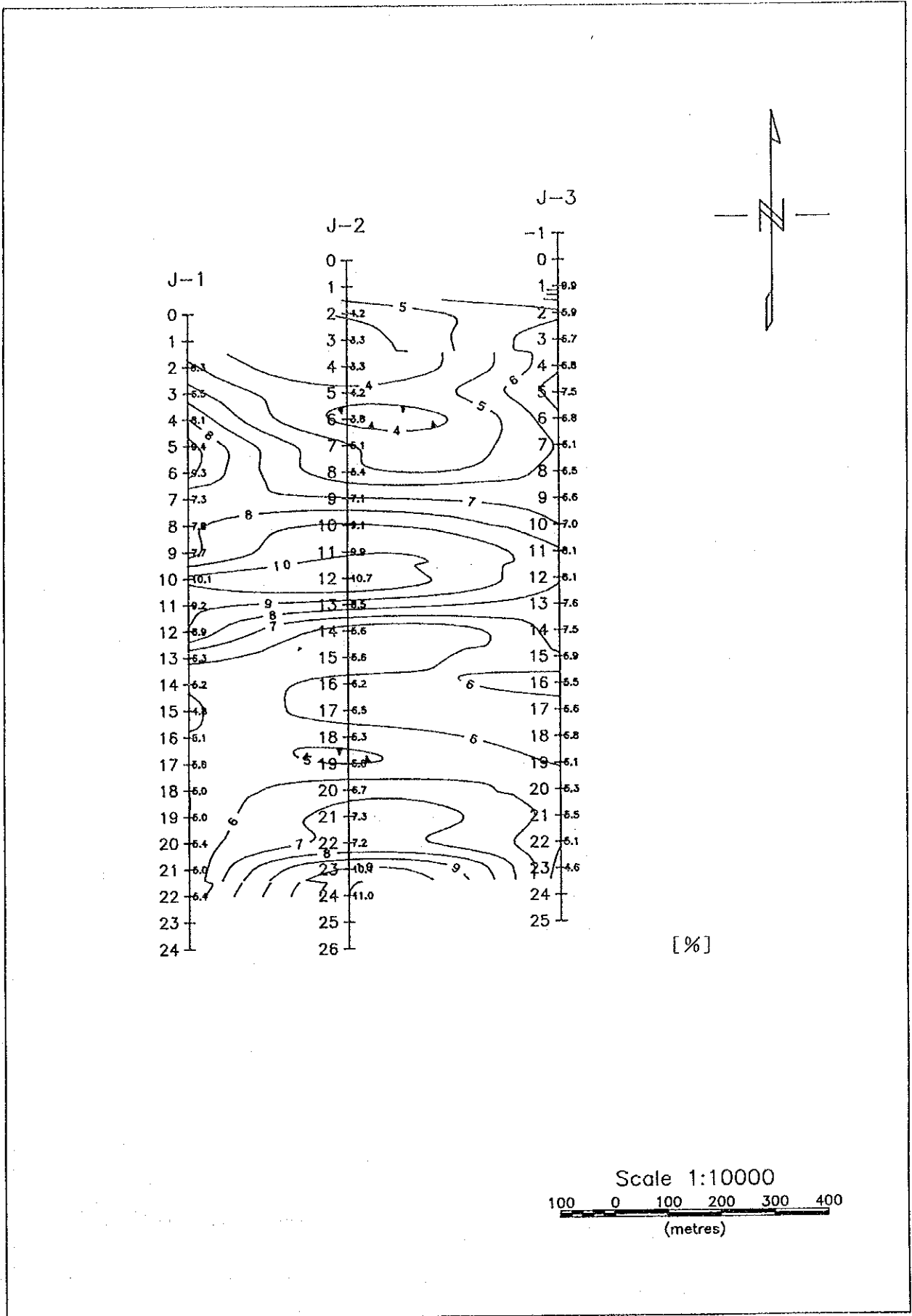
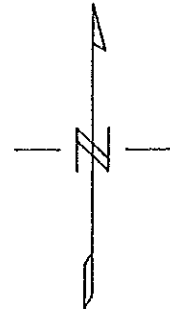
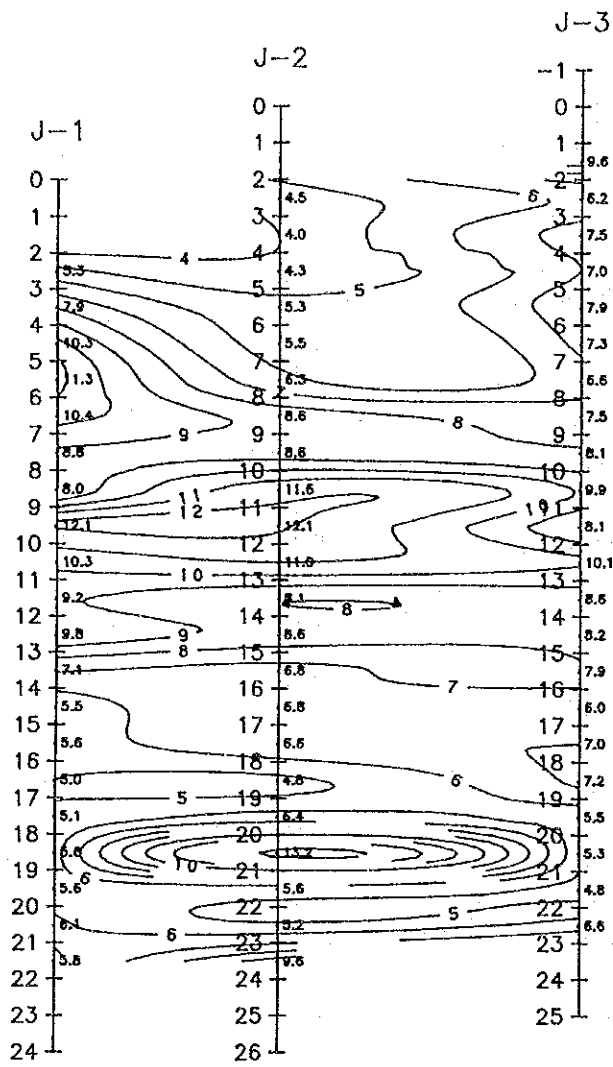


图 2-1-21 P.F.E. 平面图 (JEGEDE地区: 0.3Hz/3Hz, n=2)



[%]

Scale 1:10000
 100 0 100 200 300 400
 (metres)

图 2 - 1 - 2 2 P F E 平面图 (JEGEDE地区: 0.3Hz/3Hz, n=3)

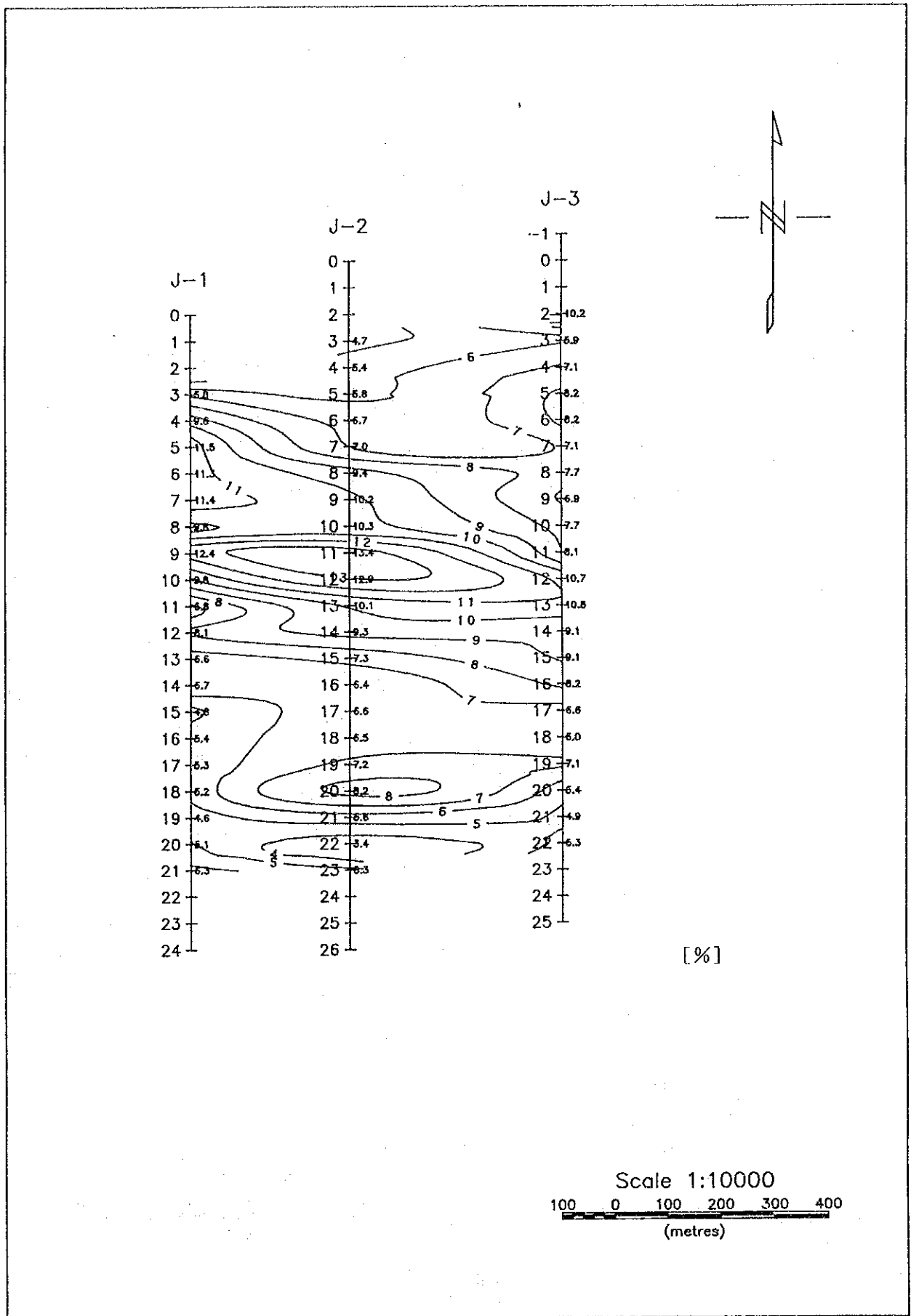
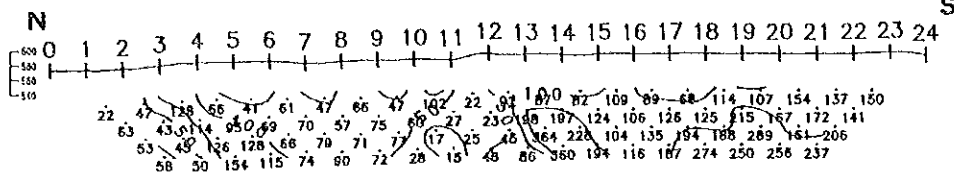
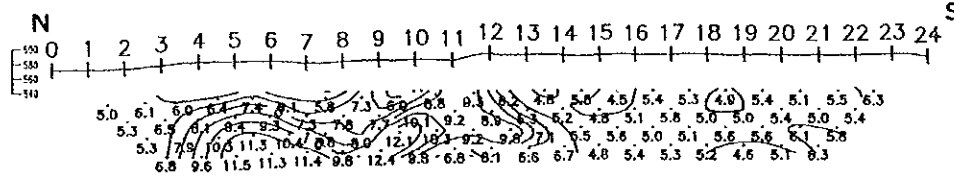


图 2-1-23 PFE 平面图 (JEGEDE 地区: 0.3Hz/3Hz, n=4)

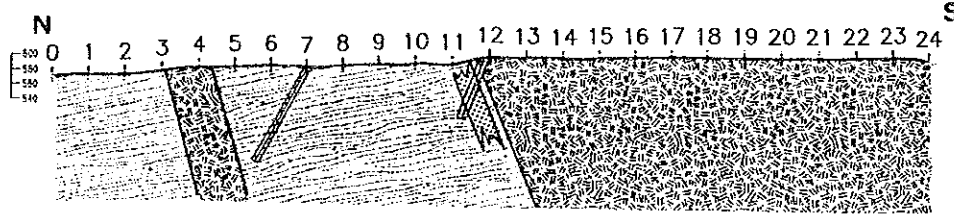
Apparent Resistivity (Observed, 3Hz) [$\Omega \cdot m$]








PFE (Observed, 0.3Hz/3Hz) [%]



Geology



-  Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
-  Felsic granulite
-  Mafic granulite
-  Quartzite
-  Mineralized zone

Scale 1:10000
100 0 100 200 300 400
(metres)

图 2-1-24 测线 J-1 断面图

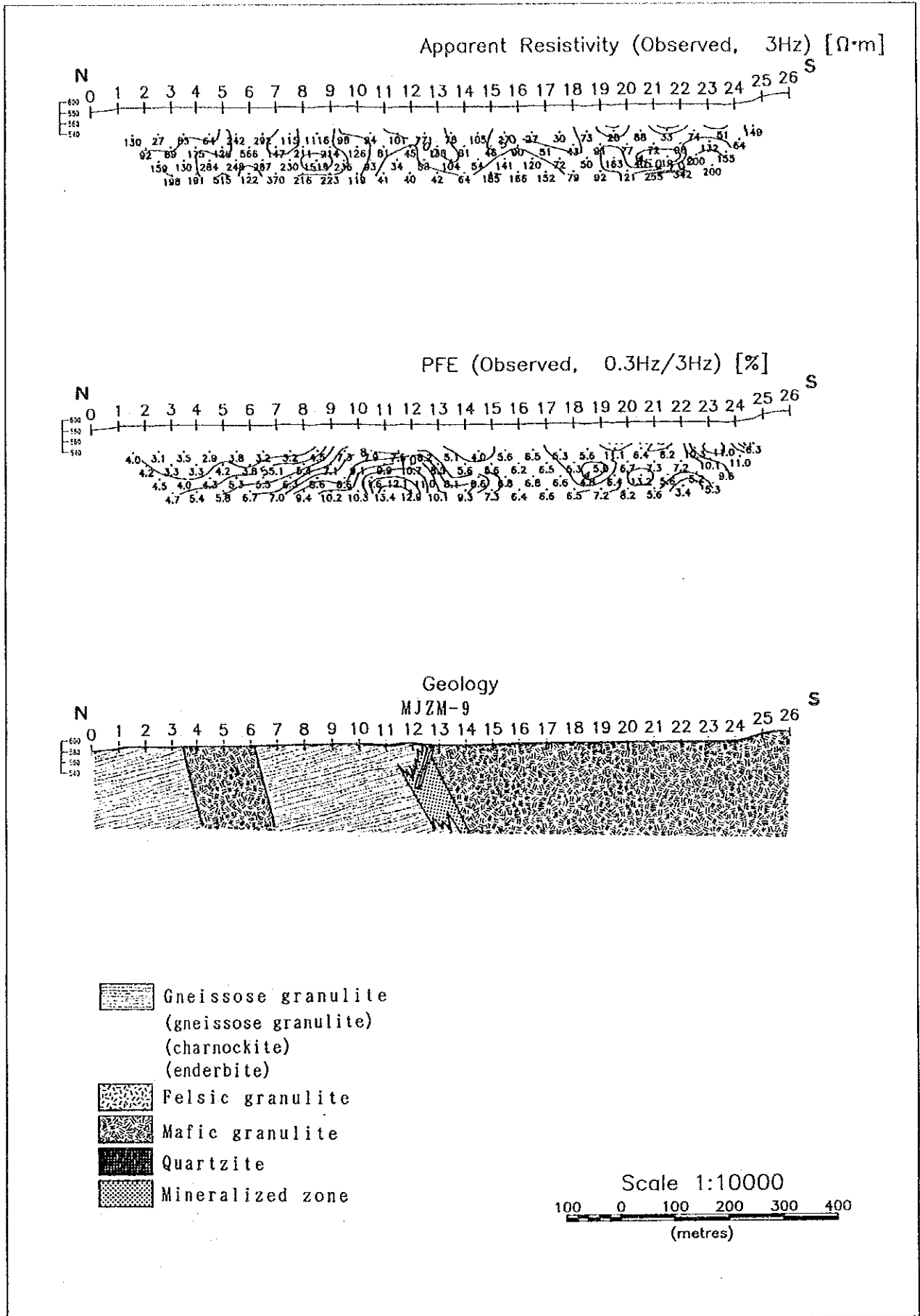
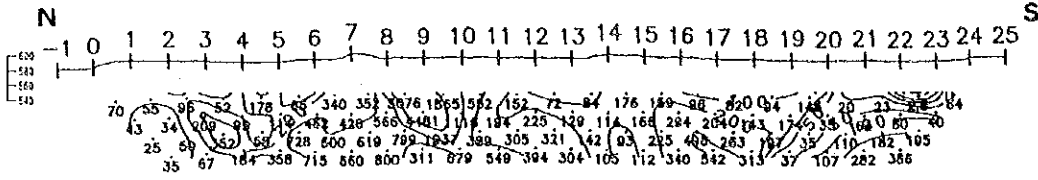
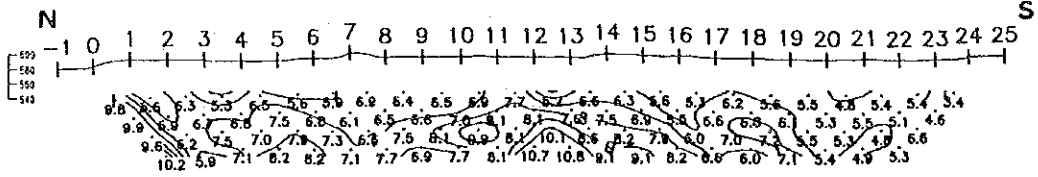


图 2-1-25 测线 J-2 断面图

Apparent Resistivity (Observed, 3Hz) [$\Omega \cdot m$]

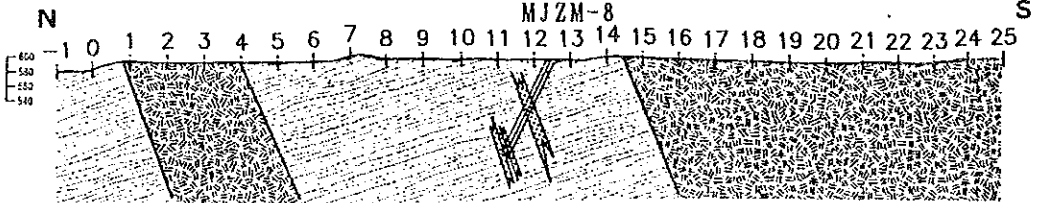







PFE (Observed, 0.3Hz/3Hz) [%]



Geology

MJZM-8



-  Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
-  Felsic granulite
-  Mafic granulite
-  Quartzite
-  Mineralized zone

Scale 1:10000

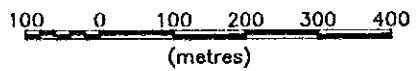
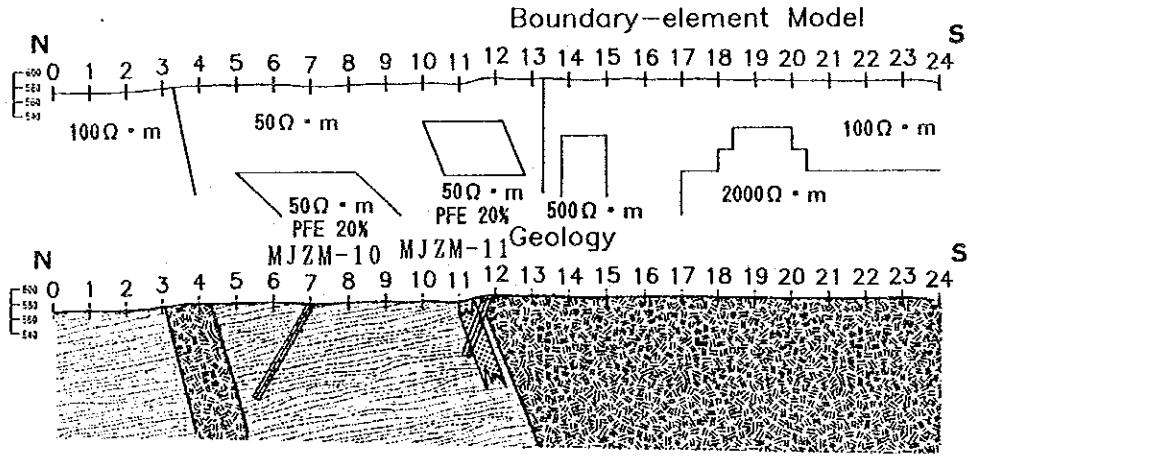
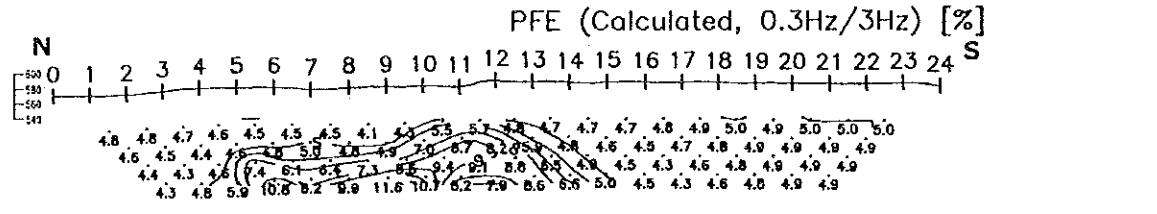
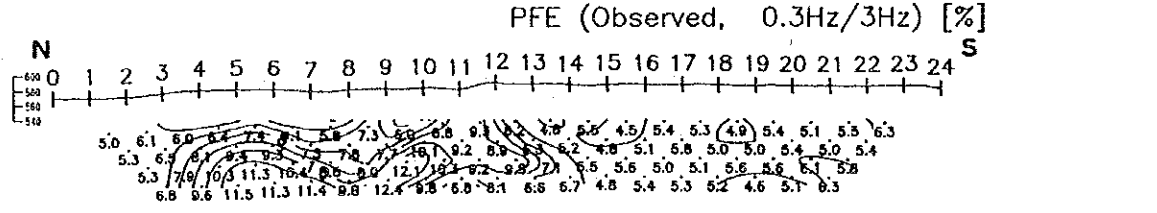
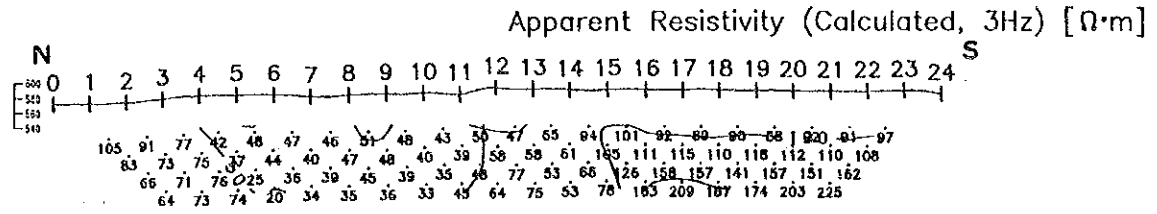
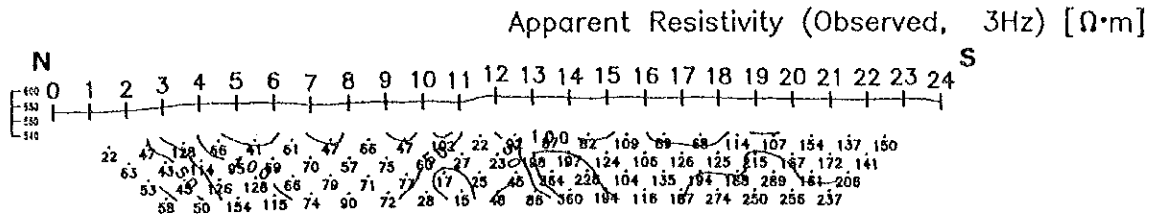


图 2-1-26 测线 J-3 断面图



- Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
- Felsic granulite
- Mafic granulite
- Quartzite
- Mineralized zone

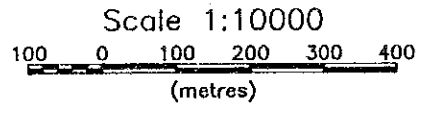
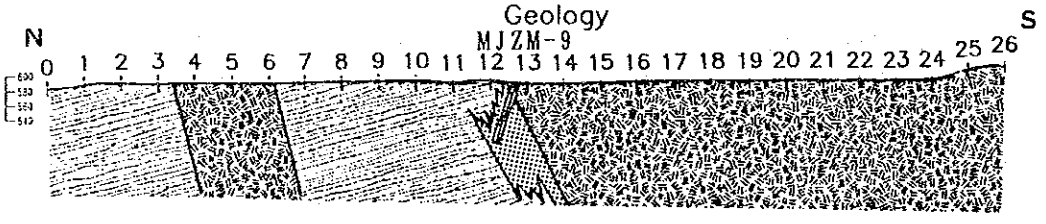
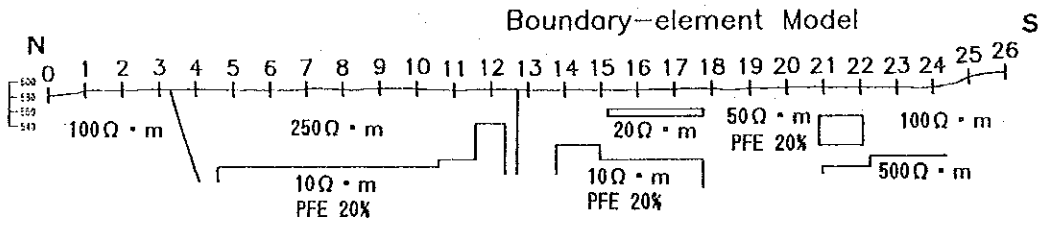
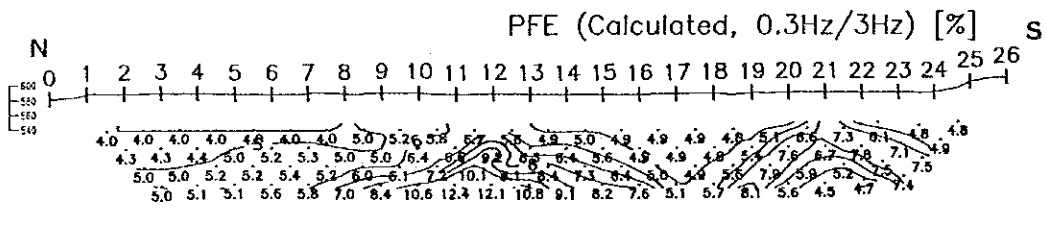
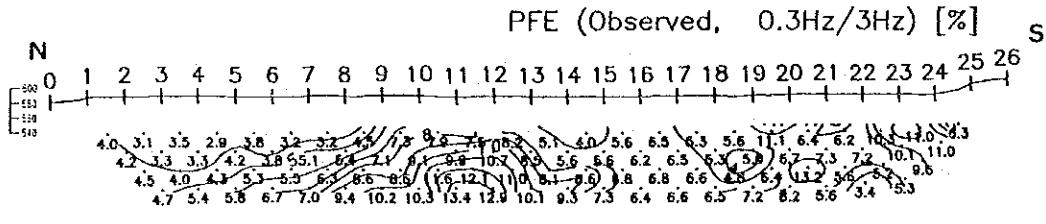
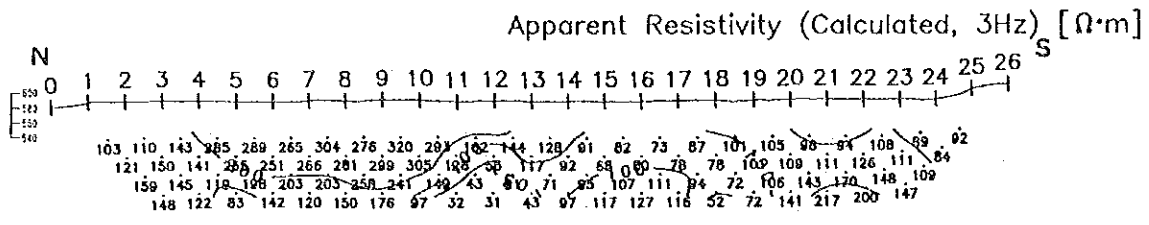
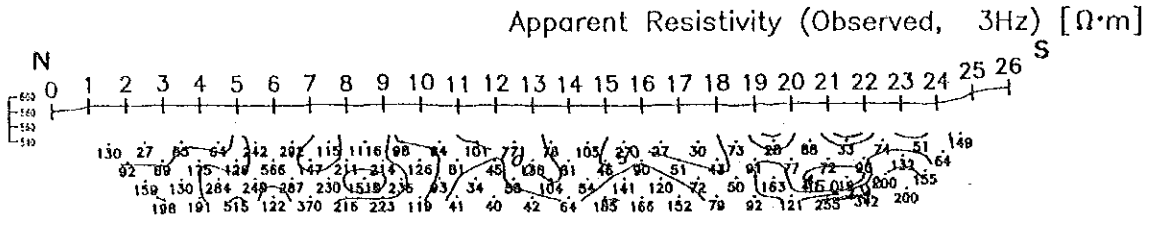







図2-1-27 シミュレーション解析図 測線J-1



-  Gneissose granulite
(gneissose granulite)
(charnockite)
(enderbite)
-  Felsic granulite
-  Mafic granulite
-  Quartzite
-  Mineralized zone

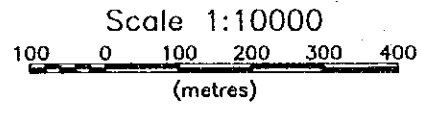


図 2-1-28 ジュレーション解析図 測線 J-2

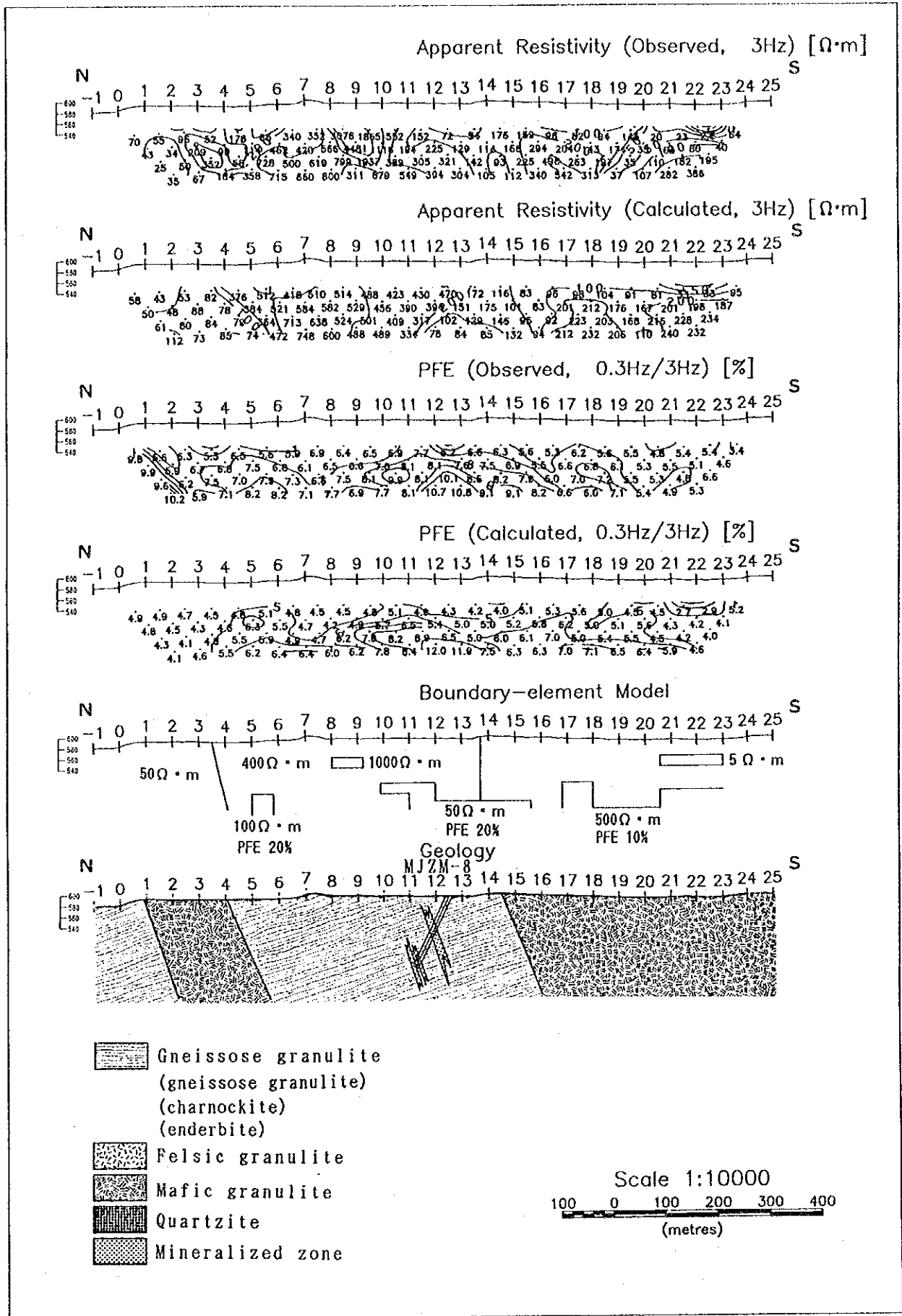


図 2-1-29 シミュレーション解析図 測線 J-3

・mに3区分し、それぞれの比抵抗境界線を測点3と4の間及び12と13の間に設定した。

鉍化帯を想定して $10\Omega\cdot m$ でかつPFE20%のモデルを測点5～12の下部及び14～18の下部に、また $50\Omega\cdot m$ でかつPFE20%のモデルを21～22の下部にそれぞれ設定した。

このモデルの設定によるシミュレーション解析の結果、実測された見掛比抵抗断面図に対して十分な近似はできなかつた。

しかし、実測PFE断面図に表現されている測点9～14及び19～24の下部の中～高PFE部には良く近似できた。一方、ボリツグ調査の結果捕捉された鉍化帯もこのシミュレーション解析の結果得られたPFE異常によく反映されていると評価できる。

(3) 測線J-3 (図2-1-29)

シミュレーション解析では、比抵抗構造は見掛比抵抗断面図を参考として測線北側から、 50 、 400 、 $100\Omega\cdot m$ に3区分し、それぞれの比抵抗の境界線を測点3～4及び13～14に設定した。測点4～6の下部及び10～16の下部にそれぞれ $100\Omega\cdot m$ でかつPFE20%、 $50\Omega\cdot m$ でかつPFE20%のモデルを設定した。

その結果、特に実測PFE断面図とシミュレーション解析結果とは良く合致している。

また、比抵抗構造について見掛比抵抗断面図とシミュレーション解析の結果とを比べた場合、大局的には両者は近似している。

ボリツグ調査の結果捕捉された弱い鉍化帯もシミュレーション解析結果のPFE異常によく反映されている。

1-3 Fumure地区

1-3-1 調査方法

Fumure地区ではN-S方向にF-1～3の3測線を設定した。各測線の設定にあたっては簡易コンパスと間縄による測量を実施し、各測点位置は水平距離で50mとなる位置とした。測線位置図を図2-1-30に示す。

各測線長及び測点数は以下のとおりである。

Survey Line	Length	Number of Stations
F-1	1,000m	21 (No. 0 TO 20)
F-2	1,000m	21 (No. 0 TO 20)
F-3	850m	18 (No. 0 TO 17)

1-3-2 調査結果

(1) 見掛比抵抗平面図 (図2-1-31～34)

見掛比抵抗平・断面図におけるコンターの分布形態から判断して、見掛比抵抗を以下のように区分した。

- ①高見掛比抵抗： $200\Omega\cdot m$ 以上
- ②中見掛比抵抗： $50\sim 200\Omega\cdot m$
- ③低見掛比抵抗： $50\Omega\cdot m$ 以下

n=1の平面図では、測点の大半が $100\Omega\cdot m$ 以上の中～高見掛比抵抗を示しているが、n=2～4の平面図では、測線F-1の測点6～8を中心とした顕著な低見掛比抵抗域が認められ、この低見掛比抵抗域はn=4の平面図では更に分布領域を拡大している。

(2) PFE平面図 (図2-1-35～38)

PFE平・断面図におけるコンターの分布形態から判断して、PFE値を以下のように区分した。

- ①高PFE：7%以上
- ②中PFE：6～5%
- ③低PFE：5%未満

上述の低見掛比抵抗域に対応する7%以上の高PFE異常が浅部から深部まで認められる。高PFE異常も低見掛比抵抗域の拡大と同じ傾向を示し、 $n=4$ の平面図では測線F-2に向けて広がっている。この低見掛比抵抗域の拡大とともに異常の中心である測線F-1の測点7～9ではPFE値も10%程度から16%程度へと増大している。

(3) 見掛比抵抗断面図(図2-1-39～41)

測線F-1では、測線中央付近の測点8～9の下部を境界として、

- ①北部のおおむね $100\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域
- ②南部の $200\Omega\cdot m$ 程度の高見掛比抵抗域

に2区分できる。北部の測点6～8の下部では $2\Omega\cdot m$ 程度の極端な低見掛比抵抗を示し、南部の測点9～10の下部では $500\Omega\cdot m$ 以上の高見掛比抵抗域を形成している。

測線F-2では

全般に $50\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗

を示す。また、測点2～3の深部と測点11～13の深部で $50\Omega\cdot m$ 以上の中見掛比抵抗を示す。

測線F-3では測線F-2と同様に

全般に $50\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗

を示す。また、測点3～5の間、測点8～10の間及び測点13以南では下部に $100\Omega\cdot m$ 程度の中見掛比抵抗が認められる。

(4) PFE断面図(図2-1-39～41)

測線F-1では、全般に高いPFE値を示すが、

測点8～9以北で7%以上の高PFE異常

が認められる。この異常は見掛比抵抗断面に認められた低見掛比抵抗域の分布に対応し、異常の中心は測点5～6の下部に位置し、低見掛比抵抗域の中心とはわずかに異なる。

また、測点13～15の下部にも7%以上の小規模な高PFE異常が認められた。

測線F-2では

測点13～15の深部で7%以上の高PFE異常

が認められる。この異常は測線F-1から続くものと考えられる。

また、PFE平面図では測線F-1からF-2に向かって高PFE異常が広がる傾向が認められたが、断面図では測点5の下部にわずかに認められるにすぎない。

測線F-3では、

測点11～13の下部で6%以上の中PFE部

が認められる。この中PFE部は、見掛比抵抗断面図では $100\Omega\cdot m$ 以上の中見掛比抵抗域に挟在される $50\Omega\cdot m$ 以下の低見掛比抵抗域に相当している。

1-3-3 考察

測線F-1及び測線F-2で得られた異常を定量的に把握するため2次元のディフュージョン解析を実施した。その結果について考察する。

(1) 測線F-1(図2-1-42)

シミュレーション解析では見掛比抵抗断面図を考慮して測線北側から100、500、200 $\Omega \cdot m$ と比抵抗を3区分した。それぞれの比抵抗の境界線を測点8～9と13付近に設定した。

また、鉱化帯を想定して、測点8以北に1 $\Omega \cdot m$ でかつPFE15%及び、1 $\Omega \cdot m$ でかつ20%、また14～15の下部に100 $\Omega \cdot m$ でかつPFE15%のモデルをそれぞれ設定した。

シミュレーション解析の結果、見掛比抵抗及びPFEともにモデルの設定付近を中心として実測PFE及び見掛比抵抗構造に合致している。

ボーリング調査の結果捕捉された優勢な鉱化帯も、このシミュレーション解析の結果から得られたPFE異常の分布に反映されていると評価できる。

(2) 測線F-2 (図2-1-43)

本測線では実測結果、比抵抗異常及びPFE異常ともに弱いため、シミュレーション解析では全体的な見掛比抵抗値とPFE異常の形状を合致させることを第一目的とした。そのために測点13～15の下部に200 $\Omega \cdot m$ でかつPFE10%のモデルを設定した。

その結果、実測見掛比抵抗断面とシミュレーション解析の結果得られた比抵抗断面では全体の見掛比抵抗値はおおむね合致した。またシミュレーション解析結果、実測PFE断面図に認められる測点13～15の下部の高PFE異常のも表現できた。ただし、このシミュレーション解析結果では、実測された見掛比抵抗断面及びPFE断面の測点10以北の比抵抗及びPFEの細かな分布については十分に表現できなかった。

また、測線F-3では注目すべき比抵抗及びPFEの異常が捕捉できなかったため、シミュレーション解析は行っていない。

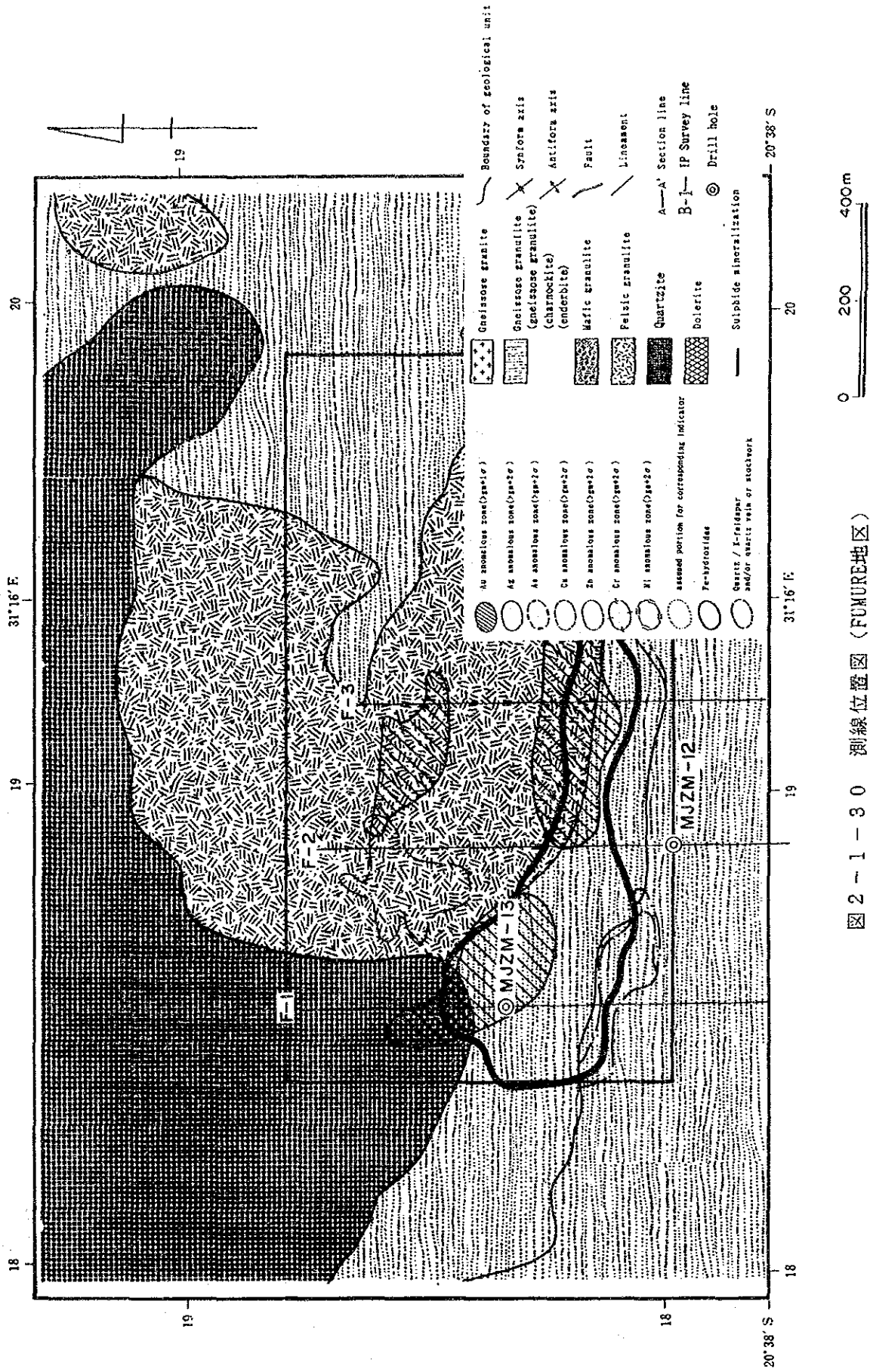


图 2-1-30 测线位置图 (FUMURE地区)

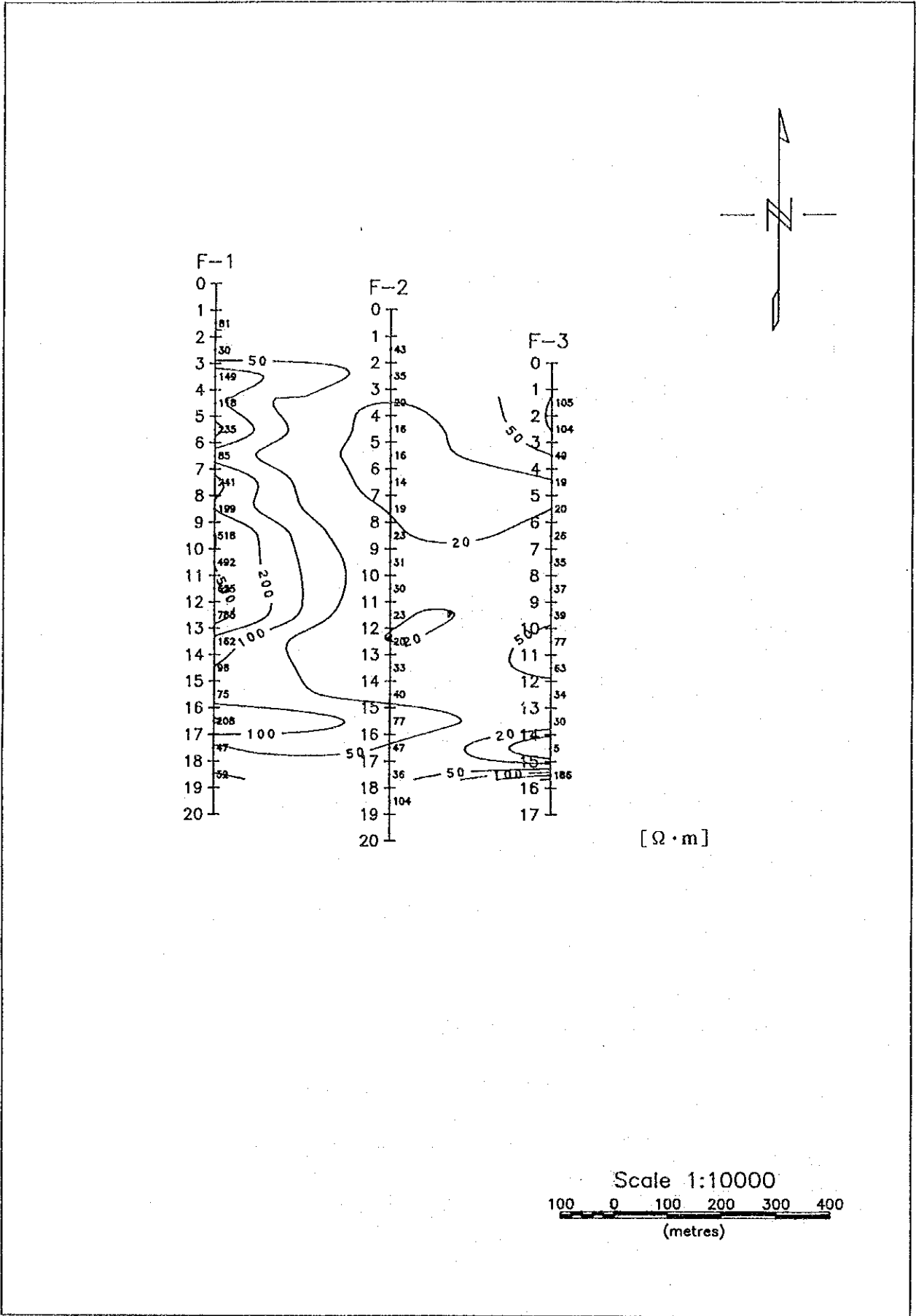


图 2-1-31 見掛比抵抗平面図 (FUMURE地区: 3Hz, n=1)

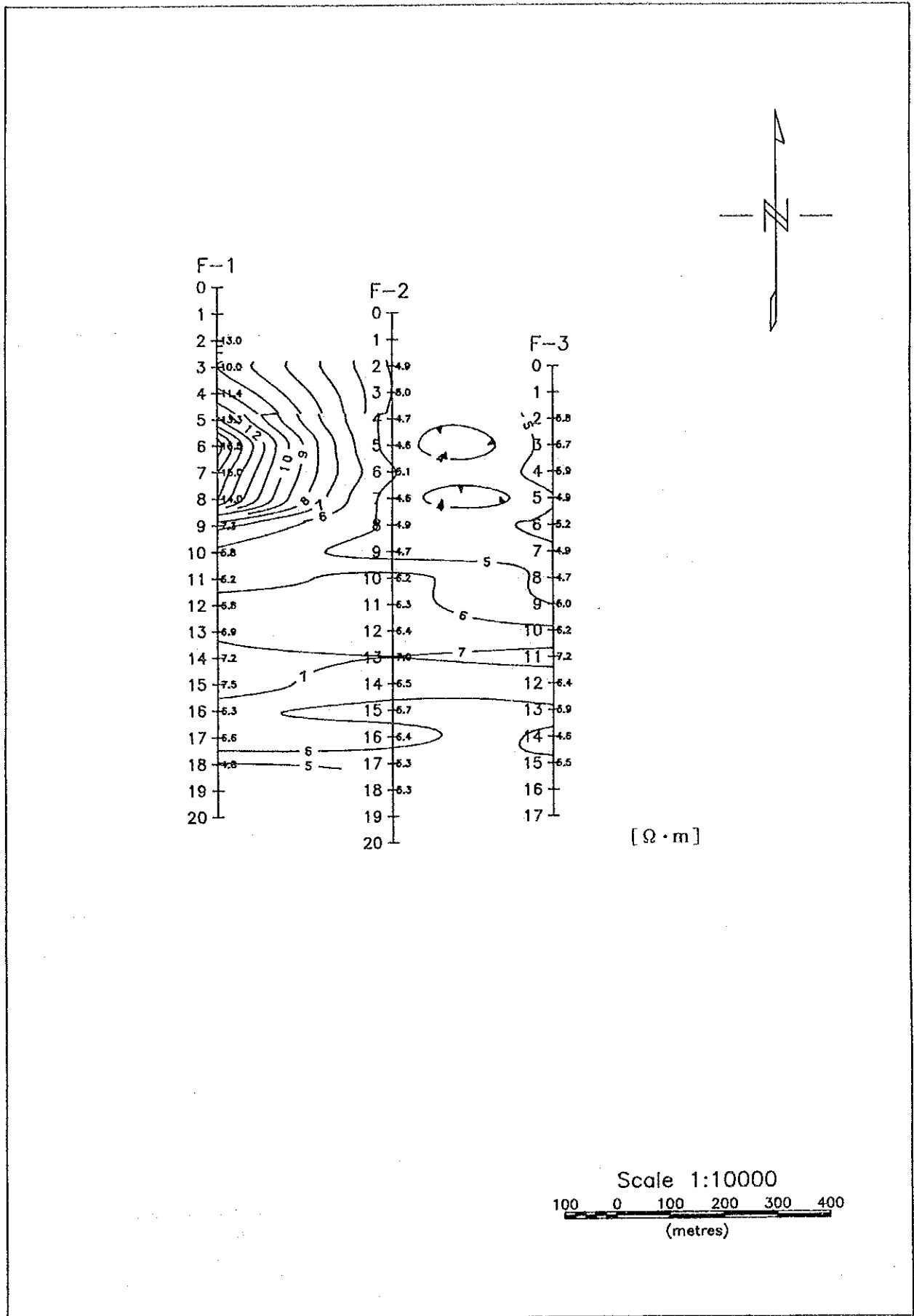


图 2 - 1 - 3 2 見掛比抵抗平面图 (FUMURE地区:3Hz, n=2)

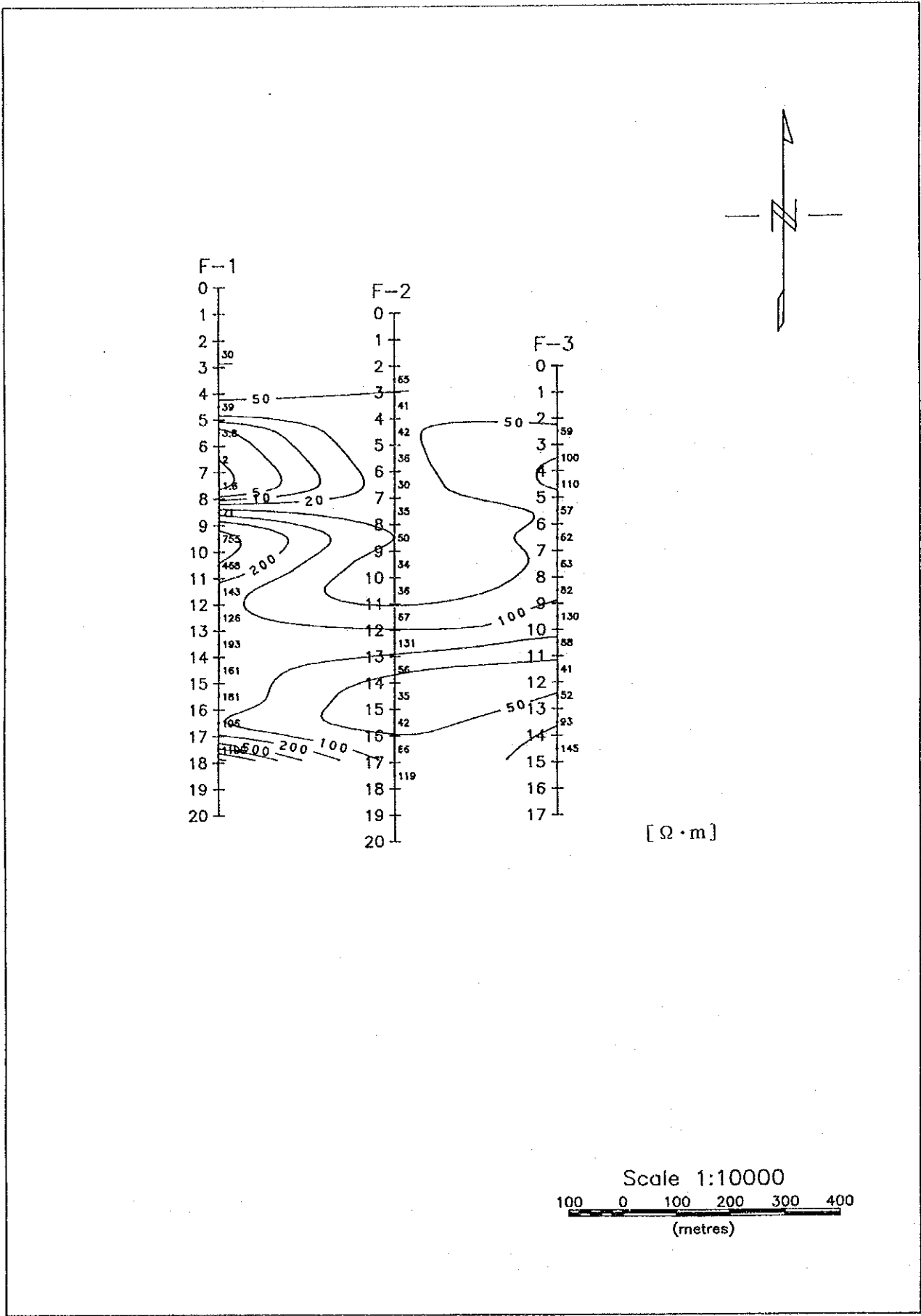
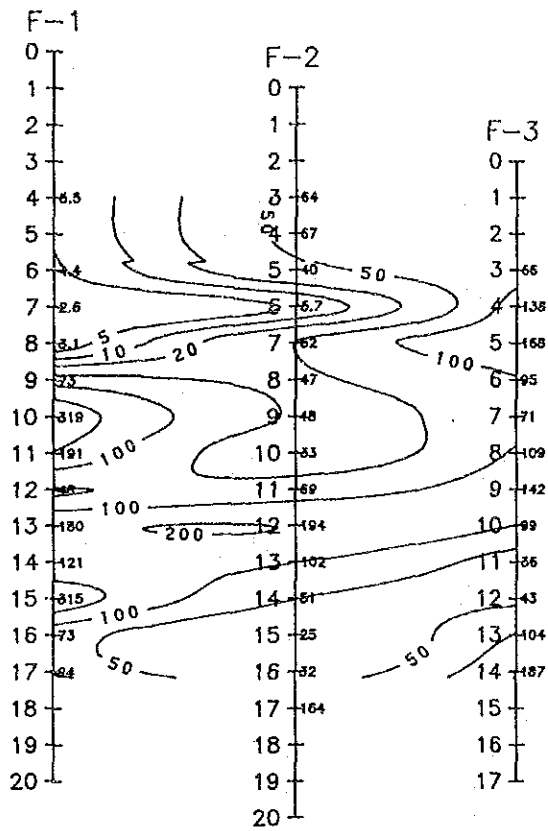


图 2 - 1 - 3 3 見掛比抵抗平面図 (FUMURE地区: 3Hz, n=3)



[$\Omega \cdot m$]

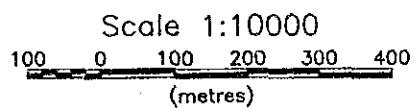


图 2-1-34 見掛比抵抗平面図 (FUMURE地区:3Hz, n=4)

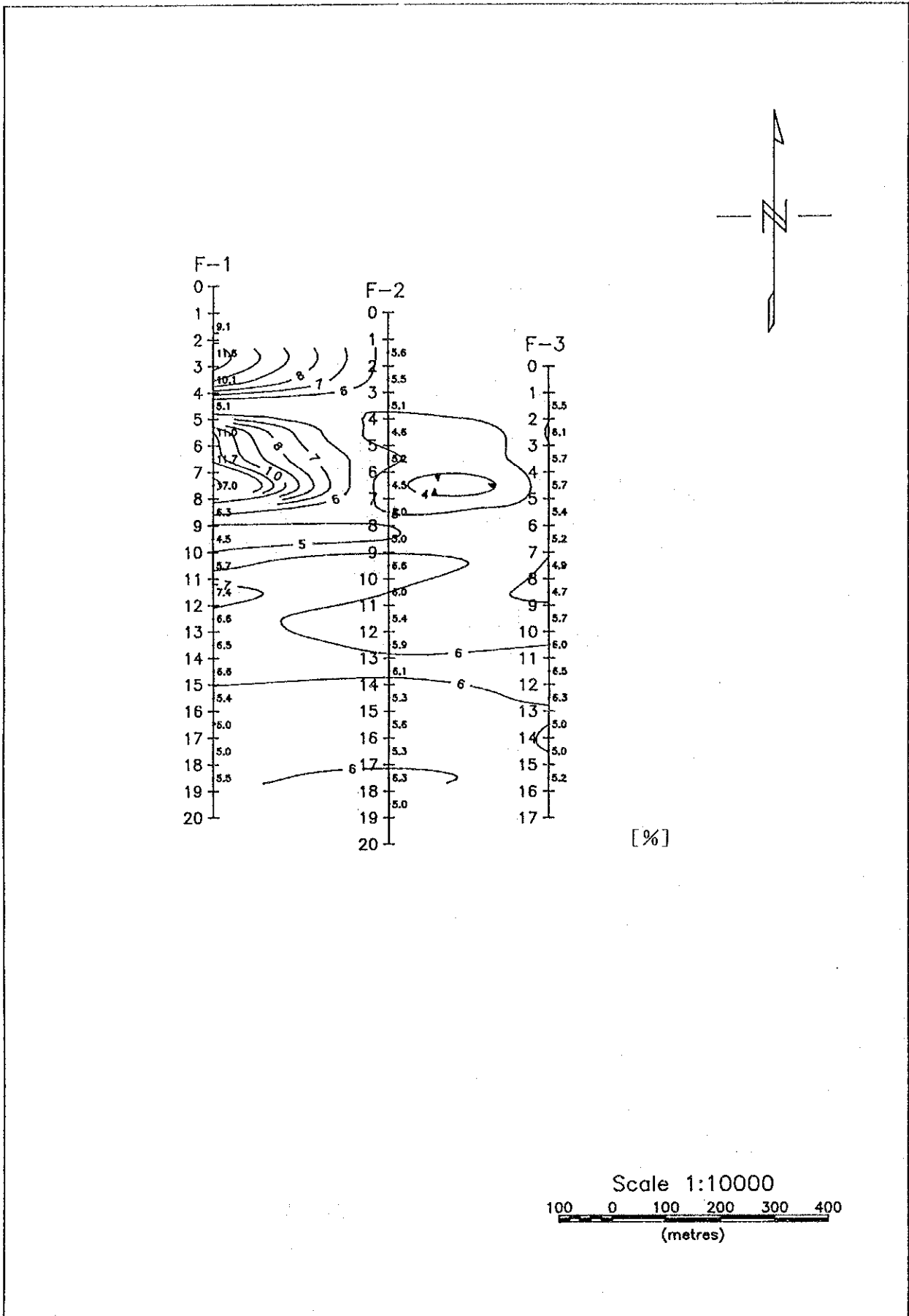


图 2 - 1 - 35 P F E 平面图 (FUMURE地区: 0.3Hz/3Hz, n=1)

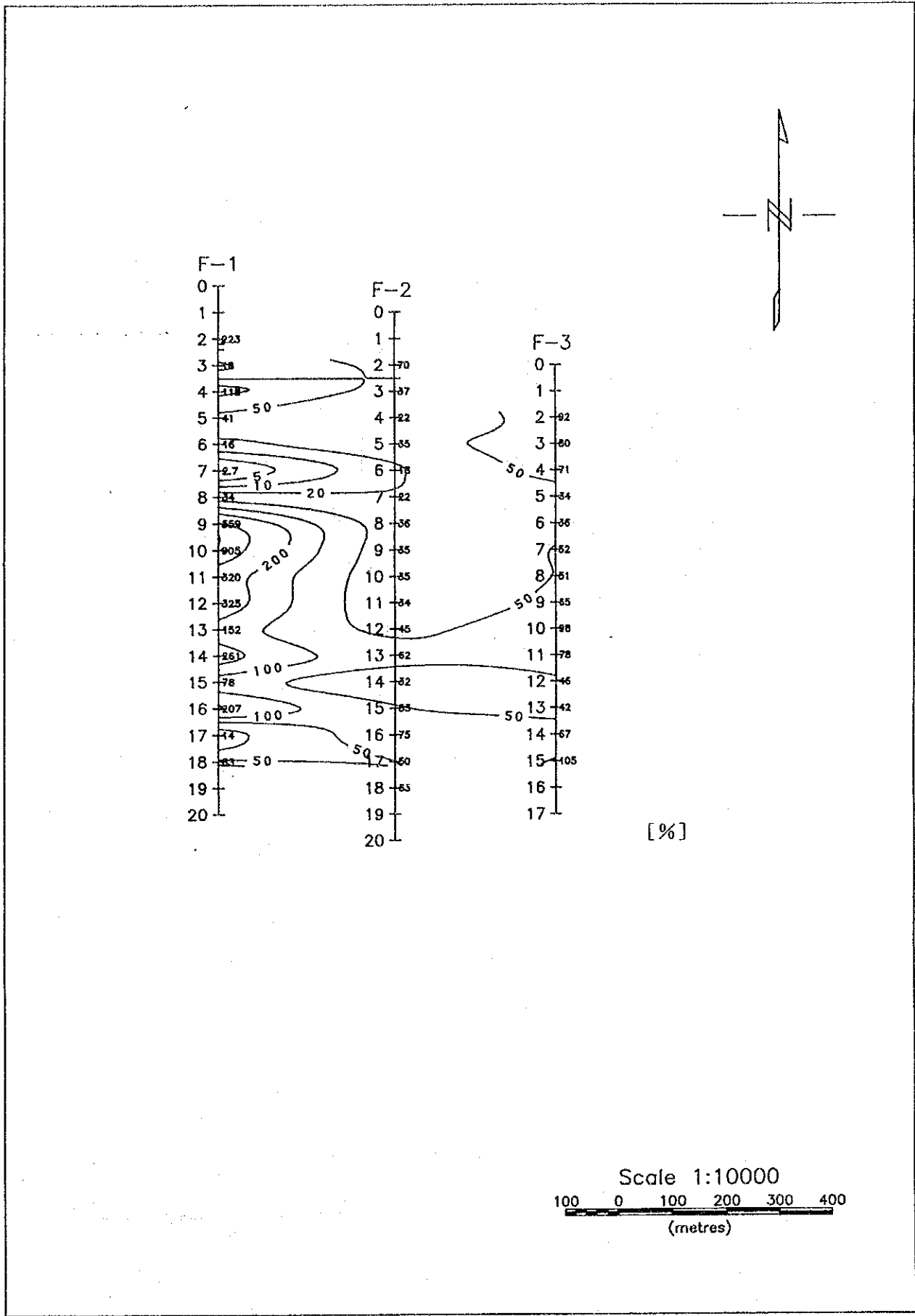


图 2 - 1 - 3 6 P F E 平面图 (PUMURE地区: 0.3Hz/3Hz, n=2)

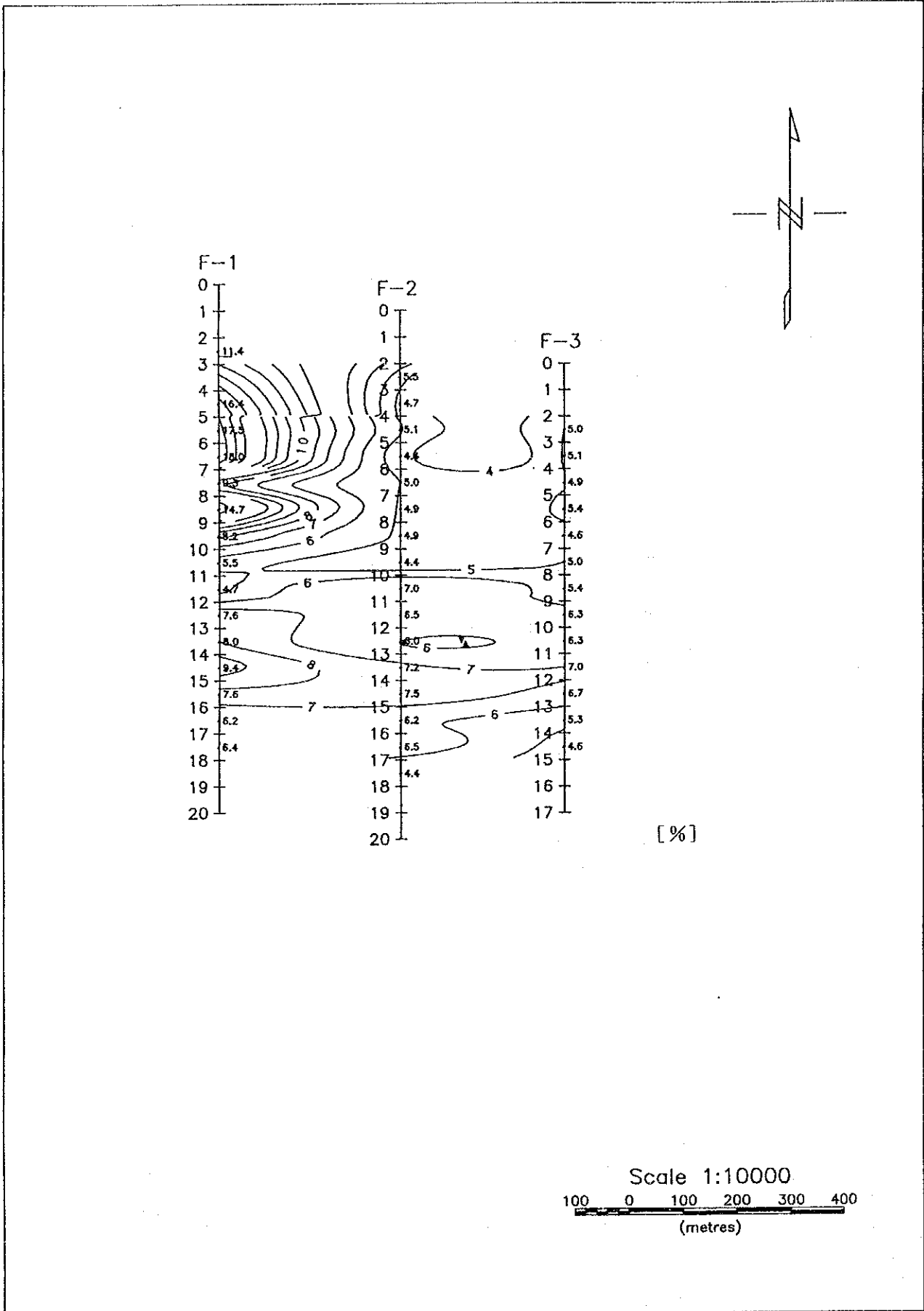


图 2 - 1 - 3 7 P F E 平面图 (FUMURE地区: 0.3Hz/3Hz, n=3)

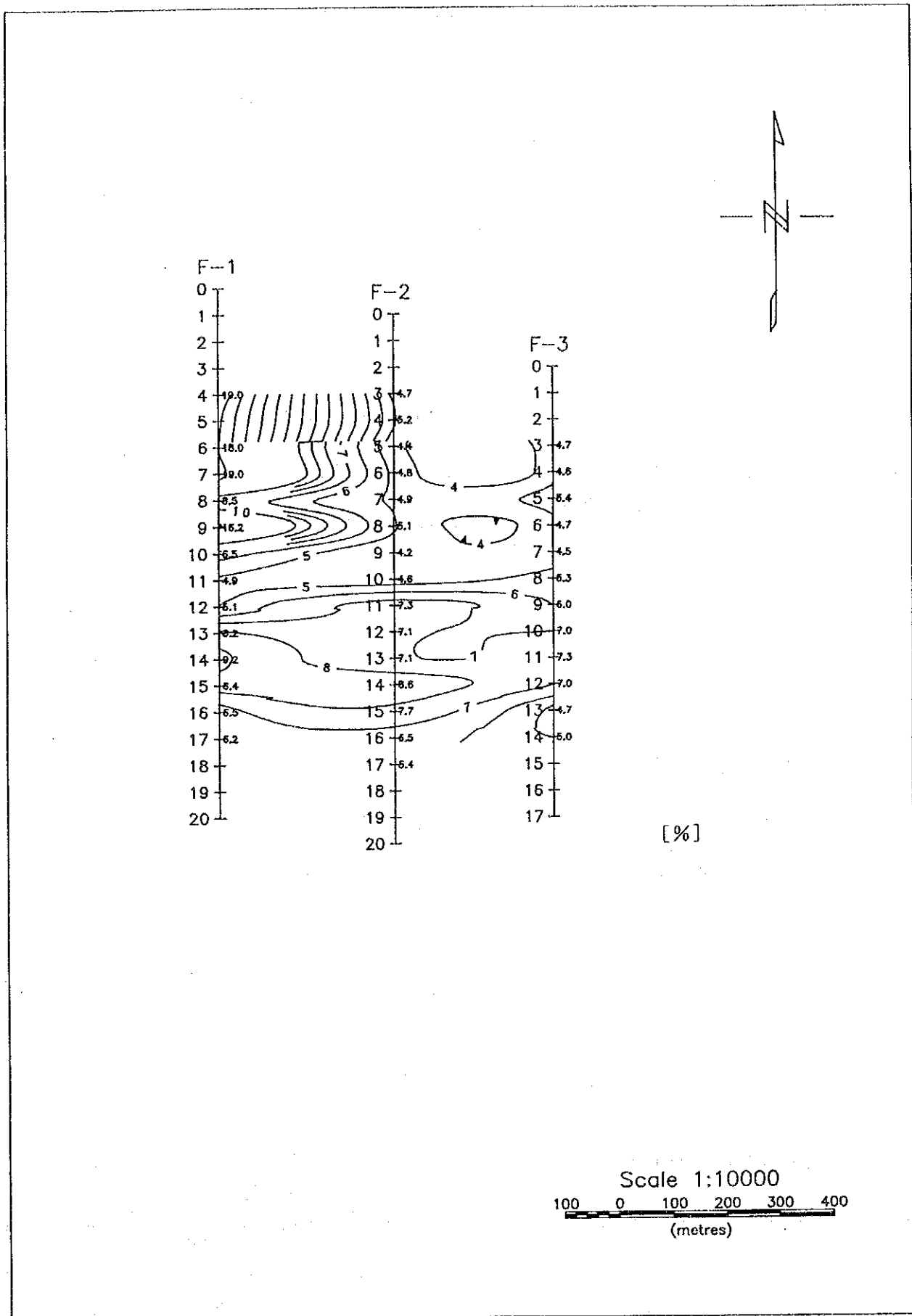


图 2-1-38 PFE 平面图 (FUMURE 地区: 0.3Hz/3Hz, n=4)