

サモビア共和国オタウイ・マウンテンランド地域

資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

平成10年5月

JICA LIBRARY



J 1142134 (4)

国際協力事業団

資源開発事業部



1142134 [4]

ナミビア共和国オタヴィ・マウンテンランド地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

平成10年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

は し が き

日本国政府はナミビア共和国政府の要請にこたえ、同国の北部に位置するオタヴィ・マウンテンランド地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、鉱床探査に関する既存データ解析、地質調査、空中物理探査ならびにボーリング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および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、平成9年度を第3年次とし、金属鉱業事業団は1名の調査団を編成して、平成9年8月4日から平成9年11月29日まで現地に派遣した。

現地調査は、ナミビア共和国政府機関、国家計画委員会、鉱山エネルギー省地質調査所の協力を得て予定通り完了した。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、本調査の実施にあたってご協力いただいたナミビア共和国政府関係機関ならびに日本国外務省、通商産業省、在南アフリカ共和国日本国大使館、JICA事務所およ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10年 2月

国際協力事業団

総 裁

藤 田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長

檜 山 博 昭

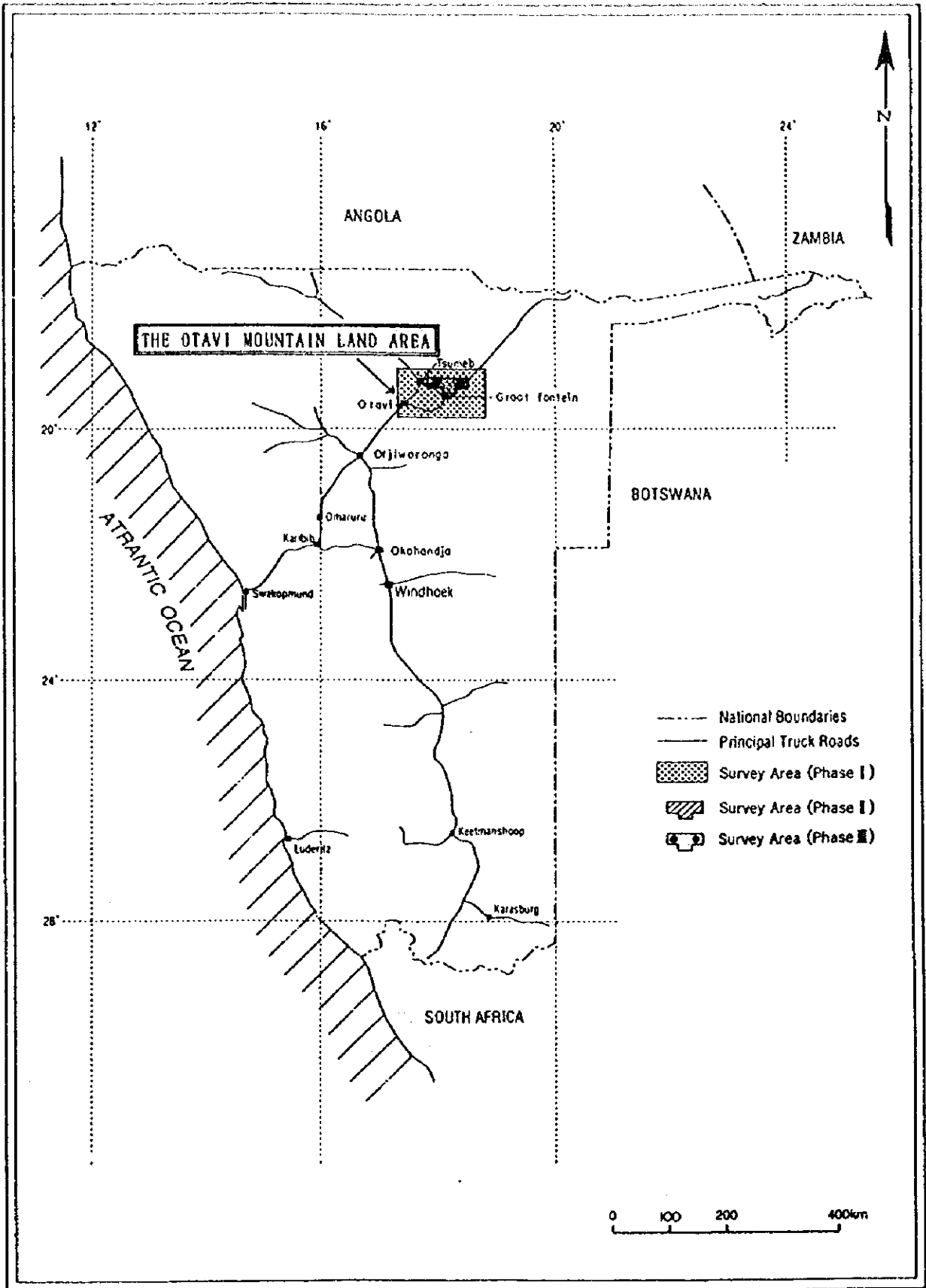


Fig. I - 1 - 1 Index map of the Otavi Mountain Land Area

要 約

本調査は、ナミビア共和国オタヴィ・マウンテンランド地域において、地質構造を解明するとともに、新鉱床の存在を確認することを目的として実施された。

第3年次にあたる本年度は、ボーリング調査を実施した。調査位置は第2年次の空中電磁探査異常の中から8箇所を選定した。また得られたボーリングコアを用いた物性測定を行い、空中電磁探査異常とボーリング調査結果との対比・考察に供した。

ボーリング調査では地域東部のMJNM-9号において、低品位の鉛・亜鉛鉱化帯を捕捉した。本孔は第2年次に実施したMJNM-1号の北西700mに位置し、その鉱化帯の延長にあたり、砂質ドロマイトを母岩とするT4層準規制が考えられる。しかし品位は最高0.75m間で $Pb=0.83\%$ $Zn=0.17\%$ とMJNM-1 に比べて弱く、累計鉱化長 5.24 m 平均 $Pb+Zn=0.129\%$ と低品位である。

地域西部のMJNM-11ではTsumeb亜層群上部の破碎帯に伴われて、黄銅鉱・方鉛鉱が認められ、分析の結果有意のCu、Pb、Znの濃集を示した。金属比から判断してTsumeb・Kombat型に近い。この微細な鉱化はTsumebをとるENE-WSW系比抵抗リニアメントに関係し、まとまった鉱体に発展する可能性をもつ。

ボーリング調査結果と空中電磁異常との対比では、表層カルクリートに被われた調査地域の地下でも、露出地域のDamara帯の地質層序や構造が連続して分布することがわかった。しかし鉱床探査の根拠となった地質構造を切る低比抵抗リニアメントと低比抵抗スポットモデルはドレライト岩脈とそれに伴う熱水変質帯に対応していると考えられ、コアの比抵抗値もこれを支持した。スポット状異常も鉱床胚胎の必須条件と考えられるカルストブレッチャや溶解ブレッチャの発達には対応しなかった。

既存資料と空中物理探査から一括してHulden層群の砂岩の分布が推定されていた表層以下の実際の地質はカルクリートやカラハリサンドの場合や推定されていなかった地域にボーリングにより分布が確認される場合があり、一貫性がなく、深部地質構造の解析には詳細な表層の比抵抗値評価が不可欠であると言える。また、第2年次の比抵抗断面から得られた周波数可探深度とボーリング調査結果から、調査計画深度は全体として妥当であったことが判明した。

以上の本年次調査結果に基づき、既知鉱床付近の空中物理探査をはじめとし新規地域の調査に至る将来への提言を行った。

目 次

頁

はしがき

調査地域位置図

要 約

第Ⅰ部 総 論

第1章 序 論	1
I-1-1 調査の経緯	1
I-1-2 第2年次調査の結論と提言	1
I-1-2-1 第2年次調査の結論	1
I-1-2-2 第3年次調査への提言	2
I-1-3 第3年次調査の概要	2
I-1-3-1 調査地域	2
I-1-3-2 調査目的	2
I-1-3-3 調査方法	2
I-1-3-4 調査団の編成	12
I-1-3-5 調査期間	13
第2章 調査地域の地理	13
I-2-1 地形および水系	13
I-2-2 気候および植生	13
第3章 一般地質	14
第4章 調査結果の総合検討	17
I-4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制	17
I-4-2 空中物理探査異常と鉱化作用の関係	17
I-4-3 期待鉱床賦存ポテンシャル	18
第5章 結論および提言	19
I-5-1 結 論	19
I-5-2 将来への提言	21

第Ⅱ部 各 論

第1章 ボーリング調査	23
II-1-1 調査概要	23
II-1-2 工法および使用機器	23
II-1-3 掘削作業	32

II-1-4	ボーリング調査結果	43
II-1-5	鉱石化学分析結果	83
II-1-6	流体包有物の均質化温度と 塩濃度測定	83
II-1-7	コアサンプルの物性測定	88
II-1-8	考 察	96
II-1-8-1	層序対比	96
II-1-8-2	地質構造	96
II-1-8-3	鉱化作用	103
II-1-8-4	流体包有物の均質化温度 と塩濃度	103
II-1-8-5	コアサンプルの物性	104
II-1-8-6	空中物理探査異常の対比	105
第2章 総合解析および考察		113
第III部 結論および提言		115
第1章 結 論		115
第2章 将来への提言		117
参考文献		
巻末		

Fig. I -1-1	Index map of the Otavi Mountain Land area	
Fig. I -1-2	Exploration model based upon Phase II survey	3
Fig. I -1-3	Compilation and interpretation map of the Phase III survey	5
Fig. I -1-4	Flow chart of selecting resistivity anomalies for drilling survey of Phase III	9
Fig. I -1-5	Flow chart of the Phase III survey	11
Fig. I -3-1	Regional geologic map of the Otavi Mountain Land area	15
Fig. II -1-1	Location map of drilling survey	24
Fig. II -1-2	Enlarged location map of drilling survey (1) (2)	25
Fig. II -1-3	Resistivity map in the vicinity of drill holes (1) (2)	27
Fig. II -1-4	Geological log for drill hole	44
	(1)~(32)	
Fig. II -1-5	Homogenization temperature of fluid inclusions	86
Fig. II -1-6	Resistivity v.s. IP value of core samples	95
Fig. II -1-7	Geological correlation of drill holes	97
Fig. II -1-8	Geologic cross section of drill holes	99
	(1) (2)	
Fig. II -2-1	Block model of compilation and interpretation	107
	(1) (2)	

Table I --1-1	Specifications of the Survey	7,12
Table I --3-1	Stratigraphic Succession in the Otavi Mountain Land Area	16
Table II --1-1	Coordinates of the Drill holes	23
Table II --1-2	Specifications of Equipment for Drilling	31
Table II --1-3	Amount of Used Diamond Bit and Reamer	31
Table II --1-4	Amount of Consumables	31
Table II --1-5	Practical Time Schedule of Drilling	33
Table II --1-6	Summary of Drilling Work	34
	(1)~(8)	
Table II --1-7	Microscopic Identification of Minerals in Thin Section	80
Table II --1-8	Microscopic Identification of Minerals in Polished Section	81
Table II --1-9	Result of X-ray Diffractometry	82
Table II --1-10	Result of Chemical Assays	84
Table II --1-11	Result of Homogenization Temperature and Salinity of Fluid Inclusions	85
Table II --1-12	Equipment for Measurement of Physical Properties	88
Table II --1-13	Result of Measurement of Physical Properties	92
Table II --1-14	Physical Properties of Core Samples by Formation and Lithofacies	93
Table II --1-15	Acquired Values of Resistivity and IP of Core Samples	94

巻末資料

A-1 Photographs of the Survey

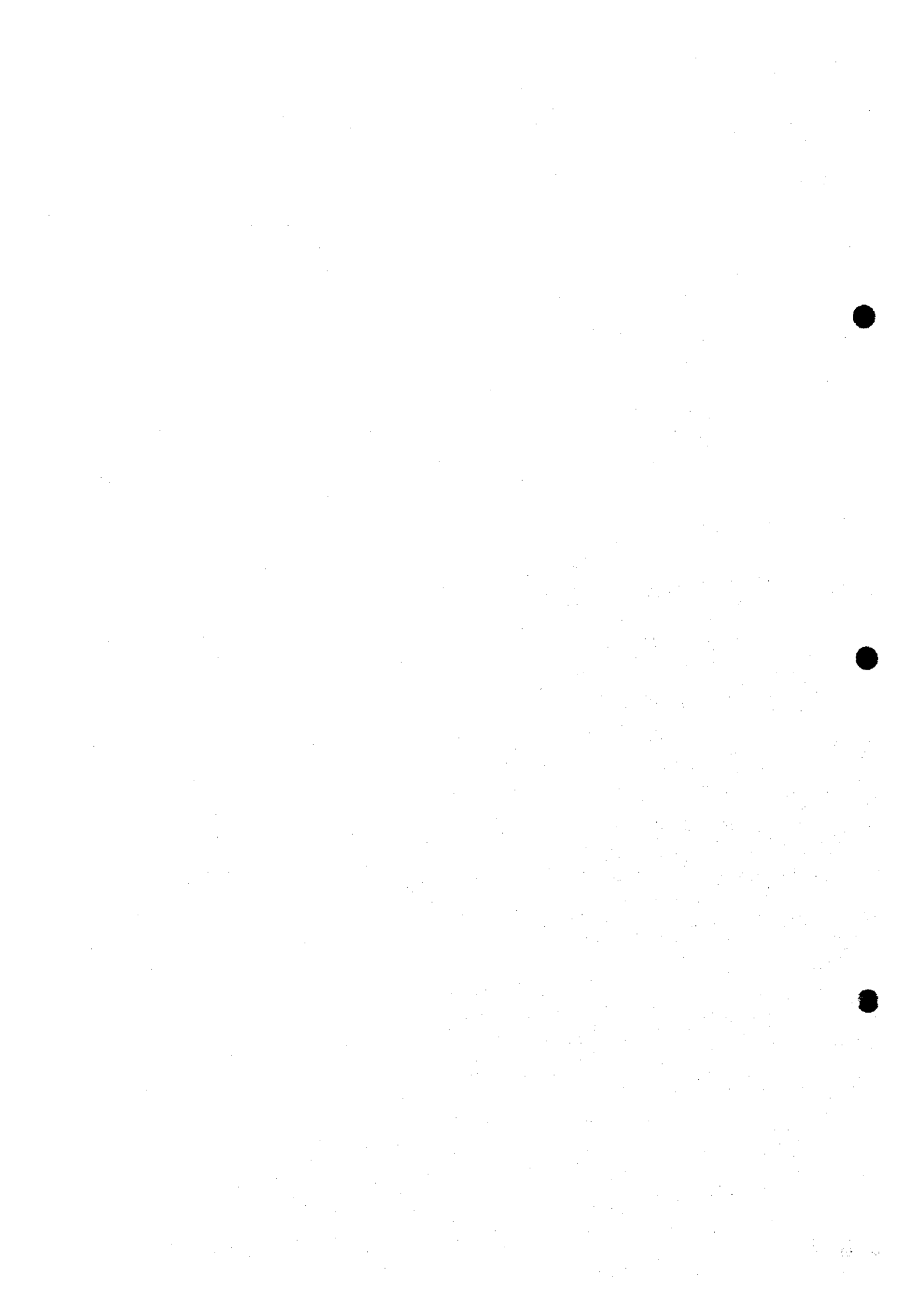
A-2 Microrphotgraphs of Thin Section

A-3 Microrphotgraphs of Polished Section

付帯資料

ボーリング調査岩石および鉱石サンプル	1 組
岩石薄片および鉱石研磨片	1 組
ボーリング柱状図 (縮尺200分の1)	1 組
孔別作業状況記録写真	1 組
全コアのカラー写真	1 組

第 I 部 総 論



第I部 総 論

第1章 序 論

I-1-1 調査の経緯

本調査は平成7年度を初年度とし、今年度はその第3年次にあたる。調査の対象となったオタヴィ・マウンテンランド地域は、古くから銅・鉛・亜鉛・バナジウムなどを産するナミビアの主要鉱山地帯で賦存ポテンシャルの極めて高い地域である。既知鉱床周辺の母岩の露出する地域は長い間探鉱が進んできたが、カルクリートに被われた鉱床延長部は殆ど未探鉱のまま残されている。既知鉱床の一部は長い年月の生産の結果、残存鉱量が枯渇しつつあるため、延長地域での探鉱および鉱床評価が急務とされている。したがって、ナミビア共和国政府は本地域における資源開発協力基礎調査を日本国政府に要請した。日本国政府はこの要請に応じて、第1年次の調査は既存データ解析および空中物理探査（空中磁気および空中放射能探査）を、第2年次は空中物理探査（空中電磁探査）およびボーリング調査を実施した。本年次は過去2年間の調査結果に基づき、本地域での新鉱床発見のためのボーリング調査を行うとともに、ナミビア共和国への技術移転を図ることとする。

I-1-2 第2年次調査の結論と提言

I-1-2-1 第2年次調査の結論

第2年次の調査は空中物理探査（空中電磁法）とボーリング調査およびこれに伴うコア物性試験よりなる。これら調査結果の考察を経て得られた結論を次に述べる。

1. Tsumeb Kombat型の塊状硫化物パイプ状鉱床探査の目的で、第1年次の空中磁気探査異常をターゲットにしたボーリングを4孔実施し、うち1孔（MJNM-1）で低品位の鉛・亜鉛鉱染状ないし細脈状鉱徴を把握した。

2. 分析に供した鉱化区間は累計9.16mで、平均Pb品位 0.23%、Zn品位 0.38%を得た。

うち 1%以上の区間は

111.58m-111.69m(0.11m)	Pb=1.45%	
112.30m-112.62m(0.32m)	Pb=4.52%	Zn=1.58%
245.75m-246.25m(0.50m)		Zn=1.76%
246.25m-246.65m(0.40m)	Zn=2.28%	である。

3. コアの検鏡結果と鉱石化学分析から、この鉱徴はいわゆるミシシッピーバレー型鉱床と同類の成因によるものと考えられる。

4. この鉱徴の成因と空中磁気探査異常との間に特に直接的関係は認められない。

5. コアによる母岩の物性試験の結果、この型の鉱化作用の空中電磁法による比抵抗応答は期待できない。
6. 周波数領域による空中電磁法探査から3周波数に対応する深度別比抵抗マップを作成した。比抵抗構造は地質構造と岩相の違いを顕著に反映している。
抽出した低比抵抗帯の中には高比抵抗帯中に地質構造に斜交するリニアメントとして分布するものがあり、これは磁気リニアメントと重複している場合は、塊状硫化物パイプ状鉱床あるいは断層規制型の高品位鉛亜鉛鉱床の探査上、重要と考えられる。
7. このような有望箇所として、MJNM-1の西、Guinab 277, Aris 283 およびVogelsang 284 地内の東西8 km、南北5 kmの範囲を第3年次調査対象地域として抽出した。

I-1-2-1 第3年次調査への提言

第2年次までの調査結果とその総合解析と考察によって得られた結論に基づき、次のような第3年次調査を提言する。

(1) 調査箇所(Fig. II-1-3)

本年次調査地域東端のGuinab 277, Aris 283 およびVogelsang 284 地内の東西8 km、南北5 kmの範囲を対象とする。

(2) 調査手法

最終年次にあたることもあり、空中物理探査異常の検証と鉱床捕捉を目的として第2年次に引き続きボーリング調査を提案したい。深度は空中物理探査の応答深度から各孔300mとする。しかし、対象地域では地表から80m以上はカルクリートで覆われるが、これは鉱床母岩となりえないこと、鉱床探査の指標と含んでないことからしてコアリングの必要性はないと考える。

I-1-3 第3年次調査の概要

I-1-3-1 調査地域

調査地域の概略位置をFig. I-1-1 に示す。

I-1-3-2 調査目的

第1年次空中物理探査地域をさらに絞り込んだ地域で実施した第2年次の空中電磁探査結果に基づき、カルクリートに覆われた地域において鉱床胚胎に適すると考えられる地点を選定し、ボーリング調査により鉱化ポテンシャルを調査する。

I-1-3-3 調査方法

第1年次、第2年次の調査結果をコンパイルして得られた探査モデルをFig. I-1-2 に示す。これは第3年次の作業仮説となるものである。また、Fig. I-1-3 には第2年次調査結果に基づ

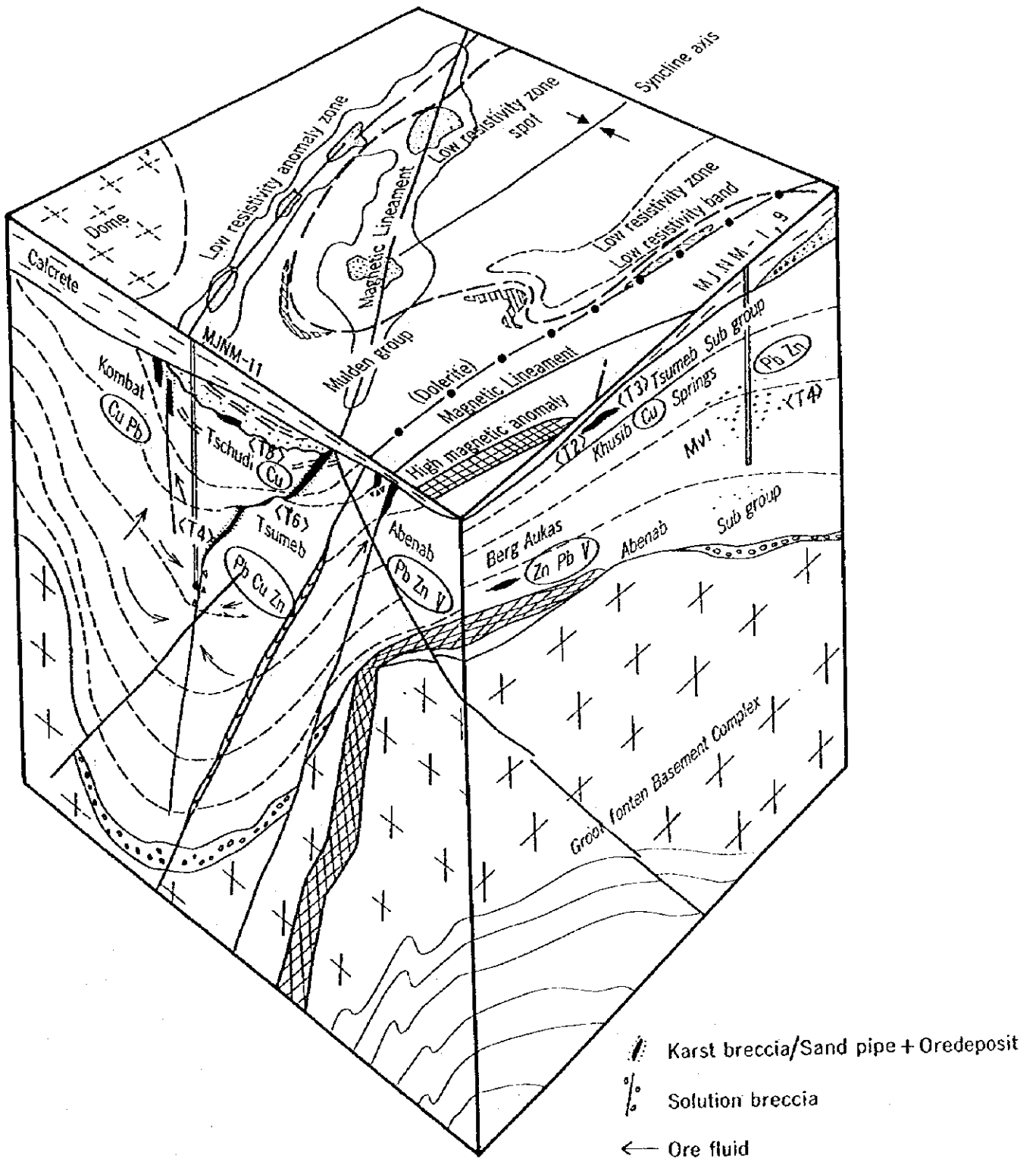
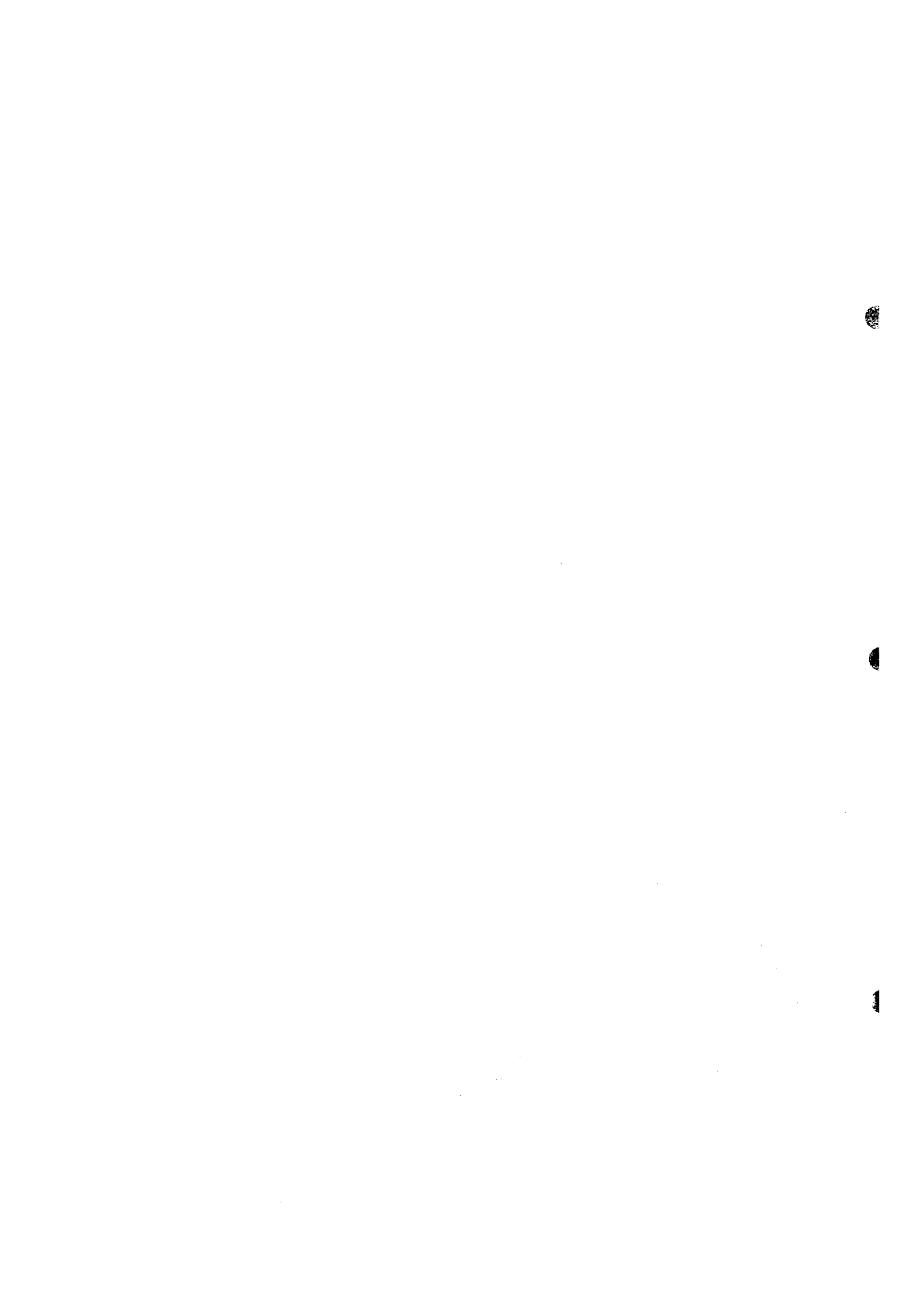


Fig. I - 1 - 2 Exploration model based upon Phase II survey



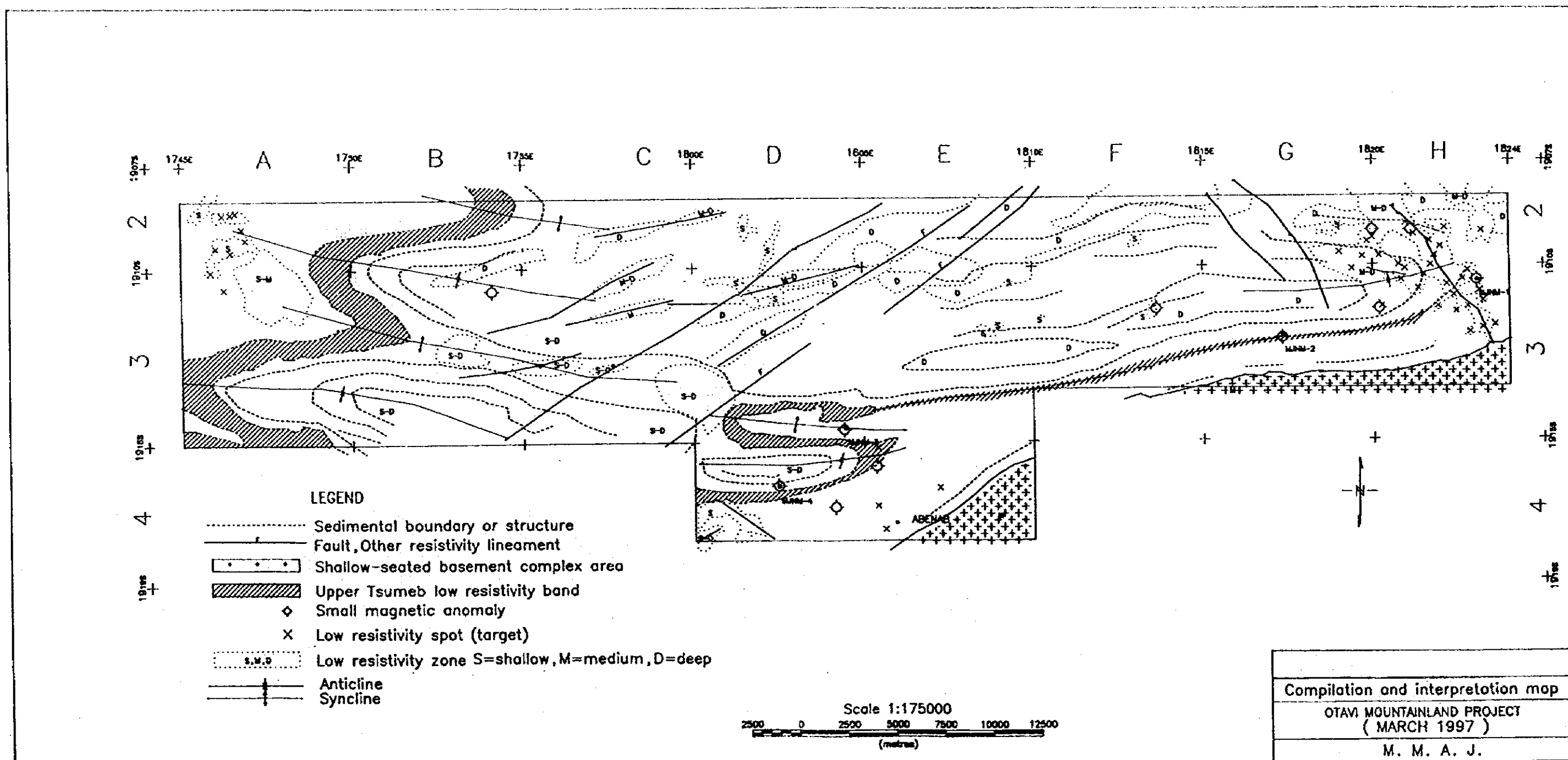


Fig. I -1-3 Compilation and interpretation map of the Phase III survey

く総合解析図を掲げる。これらを用いて行った第3年次ボーリング調査地点選定の基準と作業過程をFig. I-1-4 のフローチャートに示す。

第3年次調査の作業フローをFig. I-1-5 に示す。

(1) ボーリング調査

第2年次の提言では第2年次の空中物理探査（空中電磁法）の結果に基づきボーリング調査を継続するとしたが、ボーリング調査位置の決定に先立ち、比抵抗異常の波形解析を行った。

この解析により、比較的短波長の単独ピークを対象に地質に起因するものか、比較的小規模でも硫化鉱物に起因するものかあるいは人工物に起因する電磁応答かを考察し、選別した。その結果、異常地点は地質や人工物以外には著しく低抵抗起源のものは判別されず、ボーリング調査地点としては有望地質条件を充たした低抵抗領域を対象に計8地点を選定した。

ボーリング掘削は南アフリカ共和国の掘削請負会社DRILLCON AFRICA社に委託し、パッカションおよびコアボーリングを実施した。

調査内容は、Table I-1-1 に示すとおりである。

Table I-1-1 Specifications of the Survey (1)

調査内容	調査項目および数量			
ボーリング調査	孔番号	掘進延長	傾斜	方向
	MJNM-5	220m	-90°	-
	MJNM-6	300m	-90°	-
	MJNM-7	300m	-90°	-
	MJNM-8	300m	-90°	-
	MJNM-9	300m	-90°	-
	MJNM-10	300m	-90°	-
	MJNM-11	300m	-90°	-
	MJNM-12	300m	-90°	-
	総掘進長	2320m		



比抵抗異常の評価フローチャート

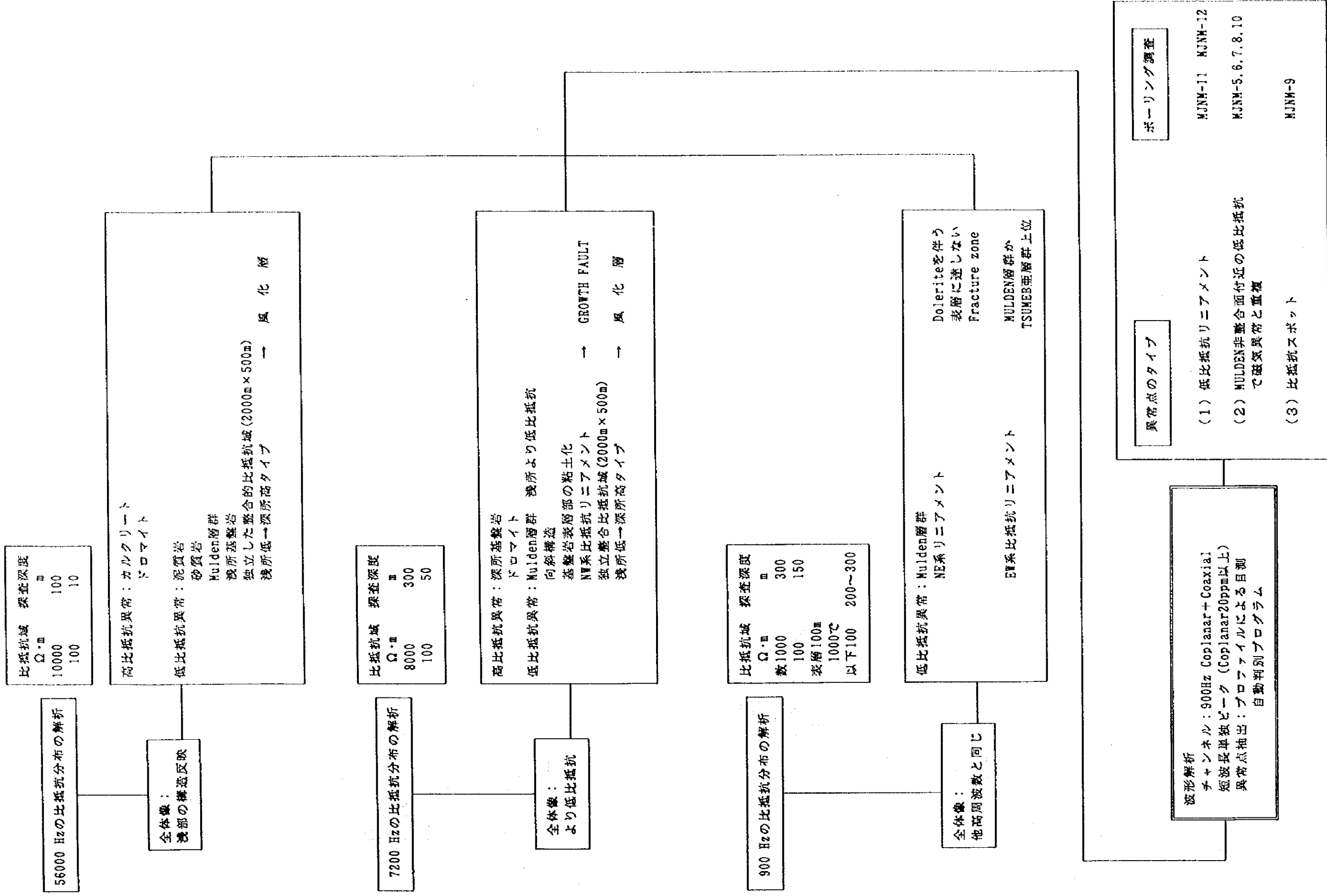


Fig. I-1-4 Flow chart of selecting resistivity anomalies for drilling survey of Phase III

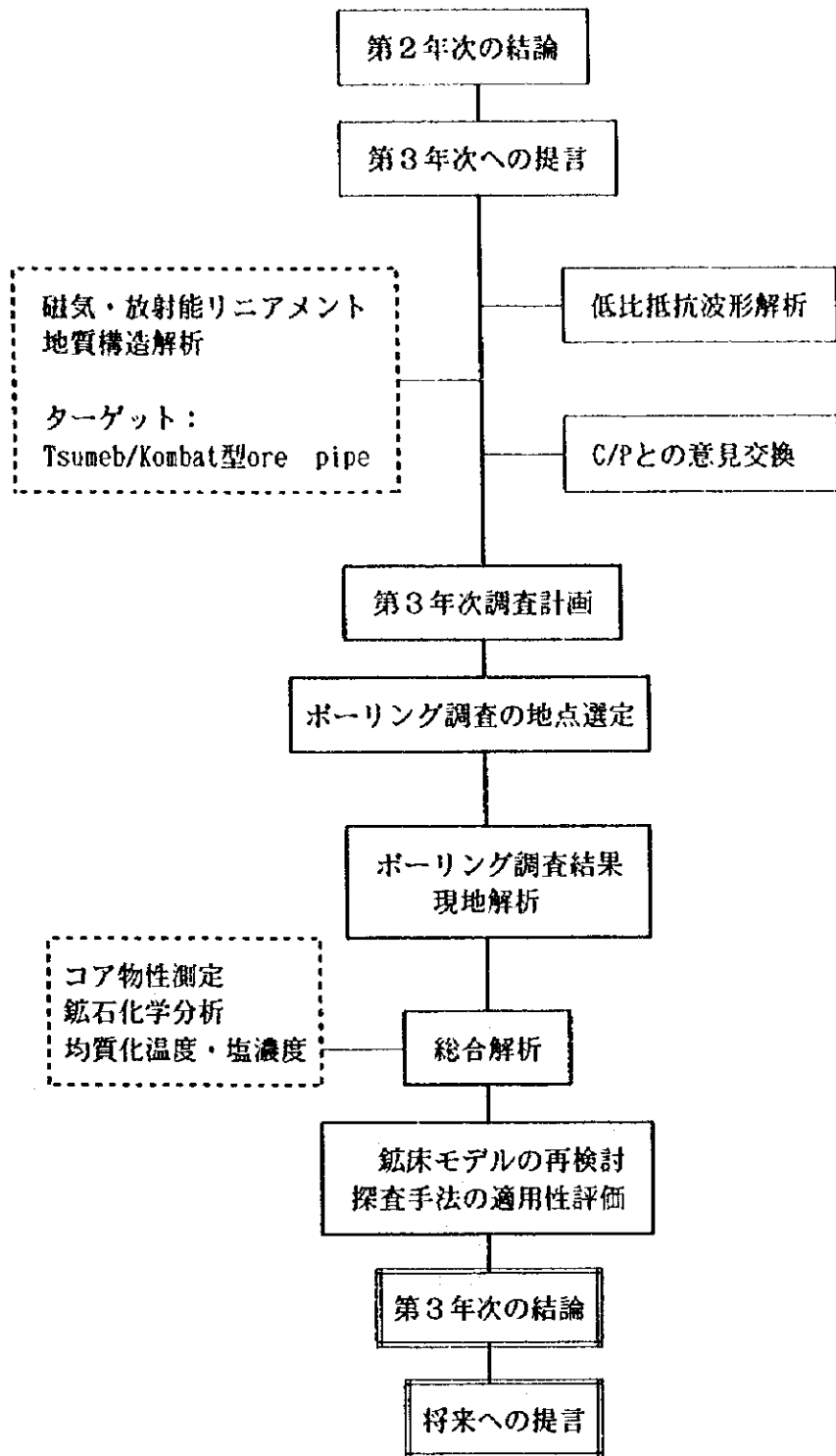


Fig. I -1-5 Flow chart of the Phase III survey

Table I -1-1 Specifications of the Survey (2)

	試 験 項 目 等	数 量
ボーリング調査	① 岩石薄片作成	20 件
	② 鉱石研磨片作成	10 件
	③ X線回折試験	10 件
	④ 化学分析 (鉱石) (Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Cd, Ga, V)	20 件
	⑤ 流体包有物均質化温度 および塩濃度測定	10 件
	⑥ 分極率・比抵抗・帯磁率 測定	50 件 (コア)

1-1-3-4 調査団の編成

本調査推進のため、調査計画、協定の折衝および調査に参加した調査団員は下記のとおりである。

調査計画および折衝：

日 本 側	ナミビア共和国側	
伊藤 正 金属鉱業事業団 柴崎 洋志 金属鉱業事業団	Gabriele I.C.Schneider Volker Petzel Herbert Roesener	地質調査所 地質調査所 地質調査所

現地調査団：

日 本 側		ナミビア共和国側	
幢崎 哲夫 (技術責任者・ ボーリング調査)	同和工営機	Herbert Roesener Volker Petzel	地質調査所 地質調査所

現地指導監督：

柴崎 洋志
北 良行

金属鉱業事業団
金属鉱業事業団

1-1-3-5 調査期間

調査は下記の工程で実施された。

現地調査 : 1997年 8月 4日～1997年11月29日

ボーリング調査 : 1996年 8月11日～1996年11月18日

第2章 調査地域の地理

I-2-1 位置および交通

本年度の調査地域はナミビア共和国の北東部、Tsumebの東方、Grootfonteinの北方の地域で南北は南緯19度08分から19度15分、東西は東経17度55分から18度24分の範囲に位置している。

首都Windhoekより国道B1にて Otjivarongoを経由して走行距離426kmでTsumebに到達する。またWindhoek Eros空港よりTsumebまでAir Namibiaによる国内線空路も利用できる。

I-2-2 地形および水系

ナミビアの国土面積は82万km²で、日本の面積の約2倍である。西部は大西洋に面しているが北をアンゴラ、東をボツワナ、南および南東を南アフリカと国境を接している。地勢は北東部の森林地帯、内陸高原部のサバンナ帯および大西洋岸沿いの砂漠地帯に区分される。森林地帯や砂漠地帯は平坦な地形を、内陸高原部は丘陵ないし山岳地形を呈する。オタヴィ・マウンテンランド地域はサバンナ帯に属する。地形は構成する地質や地質構造を反映している。すなわち基盤岩分布地域は比較的平坦な地形を呈し、その上位の炭酸塩岩で構成される背斜構造の軸部は比較的急峻な地形をつくりあげている。地域東部はこれらの地層をカルクリートが被っており平坦な地形が特徴となっている。

本地域の平坦地は標高1,200mから1,600mに位置し、山岳部の最高峰は南部の2,155mである。

水系は大きな河川は発達していないが、オタヴィ・マウンテンランド地域の西南部が最も標高が高く北および東へ緩く低くなるため、地域東部に小河川が集まり、Okavango川の支流Omatoko川へ合流する。河川は雨季のみ流量があるが乾期には涸れ川となる。

1-2-3 気候および植生

気候は南アフリカの地中海性気候とアンゴラ以北の熱帯気候にはさまれた半乾燥亜熱帯気候である。首都のWindhoekでは7月の平均気温は13°C、12月は23°Cである。年間平均降水量は北部の森林地帯(Grootfontein)で600mm、大西洋沿岸の砂漠地帯で20mm、内陸高原サバンナでは350mmと、地域によってばらつきがある。雨季は夏の10月～4月で冬にはほとんど降らない。地域北部のTsumebでは平均気温でWindhoekより2～3°Cは高い。年間降水量は72年間の平均で572mmである。

主要な植生は地域により異なる。北部森林地帯では落葉広葉樹が繁茂し、内陸高原ではアカシア等のマメ科の喬木を伴う草地であり、砂漠地帯では灌木や苔せん類が点在自生するのみである。

第3章 一般地質

本調査地域付近の広域地質図をFig. I-3-1 に示す。

本調査地域はNamibian期 (1000-570 Ma) のDamara造山帯に属し、Vaalianから下部Mokolian (>2100-1800 Ma) の先Damara系花崗岩質岩および変成岩類からなる基盤岩と、その上に堆積した碎屑岩と厚い炭酸塩岩層よりなる。これらの地層はDamara期以降の変成作用を受けており、5~10kmの波長で向斜構造と背斜構造を繰り返している。これらDamara系は特に地域東部において、古生界のKaroo玄武岩および第三系Kalahari層群の砂やカルクリートに被われる。火成活動としてはNamibian期までは認められず、古生代以降に玄武岩溶岩や粗粒玄武岩の岩脈の活動がみられる。

Table I-3-1 に本調査地域の地質層序を示す。

調査地域のDamara系は特に鉍床母岩のTsumeb亜層群を中心に地層が細分化されている。下位よりT 1のChuous層はダクワバヤ漂堆石を特徴とする氷河堆積物で鉄鉍層の発達も認められる。陸化の時期に当たる。引き続いて海進が起こりMaieberg層の堆積が始まる。深海の環境で堆積し、下部の粘土質石灰岩をT 2、T 2末に浅海化が起こり、上部の堆積物は石英クラスタードロマイトを主とする(T 3)。T 4はElandshoek層下部で砂質ドロマイトが卓越する。割れ目が発達し、角レキ化されているのが広域的特徴である。角レキのマトリックスは石英とスパー炭酸塩で方解石化を伴う。T 3からT 4にかけては細粒ないし粗粒砂岩およびウーライトの堆積を特徴とする。T 5はElandshoek層の上部でドロマイト質頁岩・泥岩ないし砂岩からなるラグーン性堆積物である。T 6に区分されるHuttenburg層の下部層は浅海堆積物でストロマトライトやアルゲルマットが特徴的な層準である。中部のT 7はラミナの発達した暗色のドロマイトに黒色泥岩を伴う。ラグーン性の還元環境が考えられる。T 7の末期に再び海進が起こり堆積物は粗粒化する。T 8は上部層で層理の発達した暗灰色ドロマイトとチャートの特徴とする。最上部は3枚のウーライトやピソライトを含む砂岩からなる。

調査地域の主要な鉍化作用は炭酸塩岩や砂岩に発達したフラクチャー帯を交代する層準規制型熱水性交代鉍床である。砂岩は原生代上部Damara系Otavi層群の上部炭酸塩岩のカルスト空洞を埋めるようにして堆積したMulden層群のモラッセ型堆積物である。

また鉍床付近に関係火成岩が欠如すること、安定陸塊のプラットフォームに堆積したドロマイトあるいは石灰岩を母岩とすること、生成温度が比較的低いこと、鉛・亜鉛が卓越することも含めてミシシッピーバレー型鉍床と類似点が多い。Damara造山作用の中で堆積盆深部に発生した高濃度塩水が重金属を含み厚い炭酸塩岩中を上昇し、鉍床を生成させたとのモデリングが可能であるが金属の起源や鉍化熱水の通路など解明されていない点が多い。

Table I --3--1 Stratigraphic Succession in the Otavi Mountain Land Area

Sequence	Group	Subgroup	Formation	Informal Lithozone	Lithology	Average thickness (m)		
Damara	Mulden		Kombat and Tschudi		Kombat Formation: slate; sub-arkose and pebbly sandstone near base Tschudi Formation: feldspathic sandstone, sub-greywacke; argillite and conglomerate interbeds in basal portion	> 700		
			Disconformity					
	Otavi	Tsumeb	Hüttenberg		T8	Dolomite, bedded light to medium grey; oolitic chert and stromatolite layers near top	240	
					T7	Dolomite, bedded dark grey; limestone, shale and chert interbeds	300	
					T6	Dolomite, bedded light grey; abundant chert; stromatolite interbeds in lower part	300	
				Elandshoek	T5	Dolomite, bedded and massive light grey	1 200	
					T4	Dolomite, massive light grey		
				Maieberg	T3	Dolomite, thinly bedded light and dark grey	180	
					T2	Limestone, bedded light and dark grey	700	
				Chuos	T1	Tillite, quartzite, shale, minor dolomite and limestone	200	
			Disconformity					
			Abenab	Auros		Dolomite, bedded and massive light to medium grey; limestone, marl, shale, oolite and stromatolite interbeds	350	
	Gauss			Dolomite, massive light to dark grey; local oolite and stromatolite interbeds	750			
	Berg Aukas			Dolomite, laminated and massive light and dark grey; black limestone, shale	550			
	Disconformity							
	Nosib	Varianto		Quartzite, conglomerate, arkosic mixite, dolomite, ferruginous shale				
		Askevold		Phyllitic agglomerate, tuff, epidosite	750			
Nabis			Feldspathic quartzite, arkose, conglomerate					
Unconformity								
Grootfontein Basement Complex					Granite, gneiss, mafic schist			

第4章 調査結果の総合考察

I-4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

第1年次・第2年次で実施した空中物理探査と既存資料のコンパイル作業を通じて得られた鉱床生成・探査モデルに基づいて計8孔 総延長2,320mのボーリング調査を実施した。

その結果 調査地域東部で実施したMJNM-9 で第2年次のボーリング調査 MJNM-1で捕捉された、いわゆる‘ミッシシッピーバレー型’中低品位鉛亜鉛鉱化帯の延長が確認された。累計着鉱長は5.24m平均品位は $Pb+Zn=0.129\%$ でMJNM-1より更に低い。母岩はMJNM-1と同様な砂質ドロマイトでT4の層準規制が考えられる。

一方、TsumebからENE方向に延びる比抵抗リニアメントとNNE-SSWリニアメントとの交点に掘削したMJNM-11では、T8ドロマイト層中のドロスパーや脈状方解石に伴われてCu、Pbおよび V_2O_5 の鉱化が認められる。これは元素比からみるとミッシシッピーバレー型とは異なり、Pb、ZnにくらべてCuが高いTsumebの鉱床型に類似する。この微細な鉱化は大規模破砕帯の端部に位置すると思われ、この構造に沿って古い空洞の分布する場で鉱体に発展する可能性をもっている。

調査地域西部のMJNM-11と12で捕捉したMulden層群の砂岩はかなり強い黄鉄鉱の鉱化が広く認められるが、化学分析の結果Cuを殆ど伴わず、また同生的産状からして還元環境下で沈澱したものと考えられる。なお、Mulden層群の砂岩とTsumeb亜層群との関係はコア観察では大きな不整合ではなく、殆ど整合に近い。この非整合面付近には特記すべきカルスト構造は発達していない。

I-4-2 電磁法による比抵抗異常、地質構造、鉱化作用の関係

探査モデルの基幹となったMulden層群の不整合面(TM境界)を横切る低比抵抗リニアメントやその上の低比抵抗スポットでは鉱化帯把握には至らなかった。低比抵抗リニアメントはNW-S E系ドレライト岩脈とその周辺に与えている滑石を主とした熱水変質帯を反映しており、その上に点在する低比抵抗スポットにも鉱化胚胎の必須条件であるカルストブレッチャや溶解ブレッチャの発達には対応していない。

Mulden層群の分布は磁気異常との総合解析によって調査地域東部でも比較的広く推定されたが、ボーリング調査では捕らえられておらず、したがってTM境界面直下のポテンシャルの評価は十分できているとは言えない。Mulden層群の分布地域で鉱床胚胎規模のカルスト構造を抽出するには空中物理探査の測線間隔(200m)では十分とは言えず、ボーリング調査の前段階で更に測線を密にしたTDEM地上電磁法等を検討する必要がある。

一方、調査地域西部では画像解析や空中物理探査ではMulden層群の分布が予想されていない区域で、厚さ100m以上の砂岩が捕捉された。すなわち比抵抗構造から地層の分布を推定するには限界があり、特に調査地域東部ではカラハリサンドが浅所の低比抵抗帯を形成している可能性が高い。

このように地下浅所には透水層（あるいは帯水層）や風化作用で生ずる粘土鉱物など低比抵抗異常に起源が多く考えられ、これがより深所の比抵抗構造に影響する可能性が強い。言い換えれば、より低い周波数の探査深度が実際は浅所の構造を拾っている傾向があるので、深部の探査がより困難となる。

I-4-3 鉱床賦存の期待ポテンシャル

本年次ボーリング調査結果から調査地域にはミシシッピバレー型鉛亜鉛鉱床が分布することがわかった。しかし露出地域における既存資料と総合するとこの型の鉱床は平均品位の経済的評価が低く、開発の対象にはなりにくい。塊状硫化物パイプ状鉱床は本ボーリング調査では把握できなかったが、ボーリング調査地域を含めて本地域の鉱床ポテンシャルの低下にはならない。Khusibのように比較的下位の層準に胚胎する高品位鉱床の例もあり依然鉱床賦存のポテンシャルは高いと言える。本年次のMJNM-11下部の鉱化帯は微弱ではあるがその末端部の可能性もある。

空中物理探査は本地域のように平坦で非露出地帯の場合、地下情報を得る探査法としてはコストパフォーマンスも含めて現在のところ最適な手法と考えられる。特に空中磁気探査と空中電磁探査を連結した探査は精度の高い解析が可能となる。探査モデルの再点検を行いながら調査を進めるべきポテンシャル地域である。

第5章 結論および提言

I-5-1 結論

第3年次の調査はボーリング調査およびこれに伴う各種室内分析とコア物性試験よりなる。これら調査結果の考察を経て得られた結論は次のとおりである。

1. Tsumeb・Kombat型の塊状硫化物パイプ状鉱床探査の目的で、第2年次の空中電磁探査による比抵抗異常をターゲットにしたボーリング調査を8孔実施し、うちMJNM-9 1孔で低品位の鉛亜鉛鉱染状ないし細脈状鉱徴を捕捉した。

これは第2年次のMJNM-1の北西700mの地点で、産状および母岩の特徴からMJNM-1の鉱化帯の延長部で層準規制が考えられる。

MJNM-9の累計着鉱長は5.24m 着鉱長に品位を乗じた数値の累計はPb=0.22 m・%、Zn=1.08 m・% Pb+Zn=1.29 m・%である。MJNM-1に比較して鉱化の程度は弱く、1%以上の鉱化部はなく、0.1%以上の鉱化部は以下の箇所である。

234.10m-234.50m(0.40m)	Zn=0.58%
242.60m-243.35m(0.75m)	Pb=0.17% Zn=0.83%
248.10m-248.64m(0.54m)	Zn=0.31%

2. MJNM-11ではTsumeb亜層群上部の破砕帯に伴われて黄銅鉱・方鉛鉱が認められ、分析の結果有意のCu、Pb、Znの濃集を示した。0.1%以上の鉱化部は以下の箇所である。

270.70m-270.75m(0.05m)	Pb=0.18% (Cu=0.028% Zn=0.026%)
272.30m-272.50m(0.20m)	Pb=0.1% (Cu=0.026% Zn=0.08%)

金属比からどちらかと言えばTsumeb・Kombat型に近い。この微細な鉱化は古い空洞の分布する場で鉱体に発展する可能性をもつので追跡調査が必要である。

3. Mulden層群の砂岩はMJNM-11およびMJNM-12において、かなり強い黄鉄鉱の鉱化が広く認められるが、化学分析の結果Cuを殆ど伴わず、また同生的産状からして還元環境下で沈澱したものと考えられる。この黄鉄鉱の鉱化は低比抵抗源の可能性が高い。

4. 調査地域の表層カルクリート下位のDamara帯は露出地域の地質層序や構造が連続し、分布することがわかった。探査モデルの基幹となった地質構造を切る低比抵抗リニアメントと低比抵抗スポットはボーリング調査の結果、ドレライト岩脈とそれに伴う熱水変質帯に対応していると考えられる。コアの比抵抗値もこれを支持している。スポット状異常も鉱床胚胎の必須条件と考えられるカルストブレッチャや溶解ブレッチャの発達に対応していない。

5. 既存資料と空中物理探査から一括してMulden層群の砂岩の分布が推定されていた表層以下

の実際の地質はカルクリートやカラハリサンドの場合や推定されていない地域でボーリングによりその分布が確認される場合があり、地質構造の解析には詳細な表層の比抵抗値の評価が不可欠である。

6. 比抵抗断面から得られた周波数可探深度とボーリング調査結果から、300mのボーリング計画深度は全体として妥当であると思われる。

I-5-2 将来への提言

第3年次までの調査結果とその総合解析と考察によって得られた結論に基づき、次のような将来に対する提言を行う。

1. 既知鉱床付近の空中物理探査

本プロジェクトでは既知鉱床の鉱石や母岩の物性測定値から、探査モデルとしては塊状硫化物鉱床は低比抵抗異常を形成し、ボーリング調査はこのような低異常をターゲットとしてきた。しかし、一方では例えば最近開発中のKhusib鉱床のように地上物理探査では必ずしも低比抵抗異常に対応しないという情報もある。したがって既知鉱床上空からのデータを取得し、鉱床胚胎規制要素の応答を見直す必要がある。

2. 探査モデルの再検討

既知鉱床の空中物理探査結果から本プロジェクトで使用した探査モデルを再チェックする。

3. 地上物理探査とボーリング調査の実施

探査モデル改訂版により、抽出された地域について測線密度を上げた地上電磁探査（TDEM法）を実施する。異常図の解析には本プロジェクトのコア試料を有効に使用し、特に表層に近い地層の物性測定データを充実させる。

4. MJNM-11鉱化帯の延長探査

新モデルと地上物理探査の結果に基づきMJNM-11の鉱化帯を再評価し、ボーリングにより追跡調査を実施する。この場合、鉱化作用を伴う方解石、ドロマイトおよび石英を用いた酸素同位体と炭素同位体分析によるターゲットの絞り込みも考えられる。

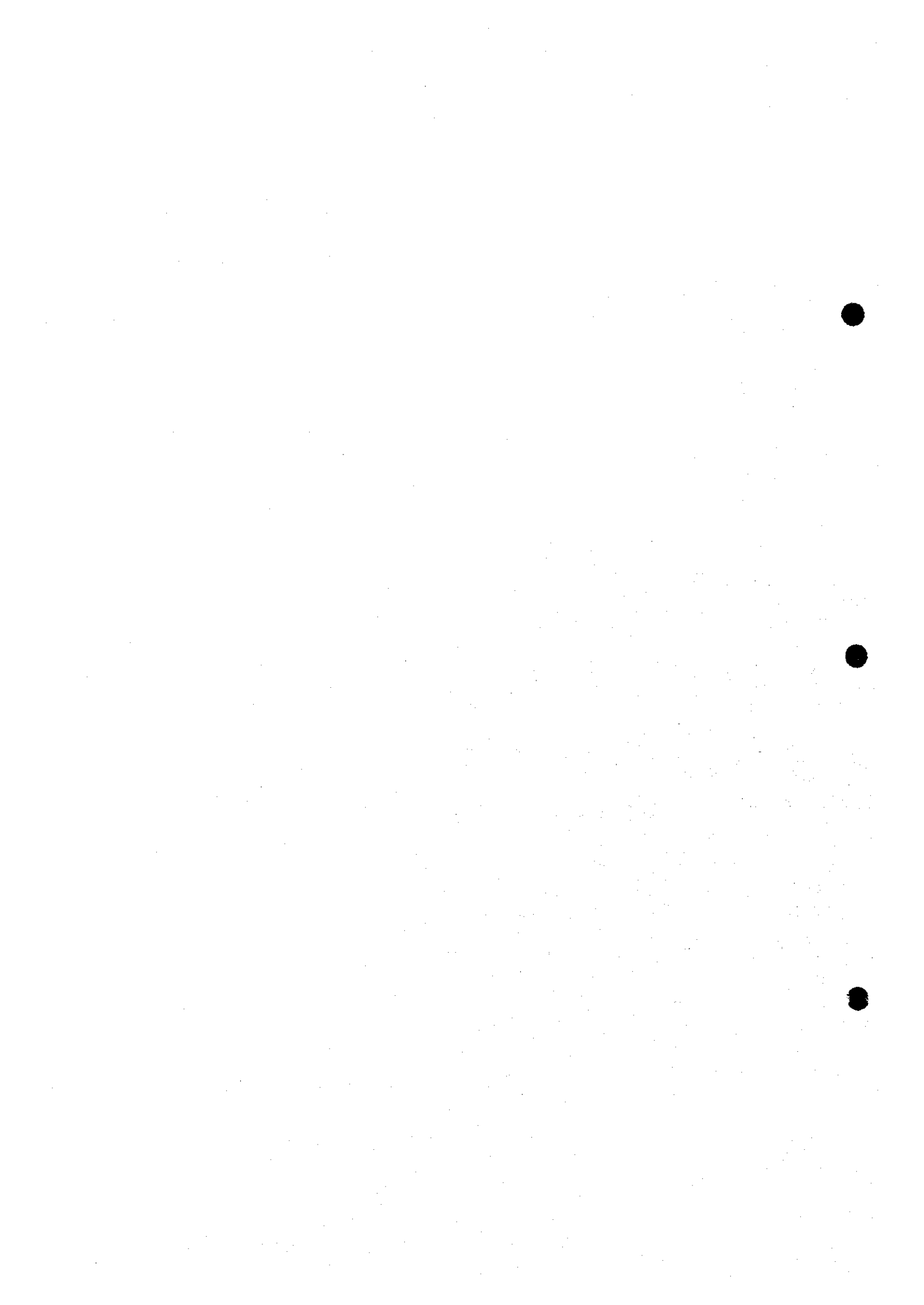
5. 新規地域の調査

新しい地域としてはTschudi鉱床北方からTsumeb鉱山北東方にかけての非露出地域でカルクリートなど新期堆積物の厚さが100mを超えない地域が望ましい。

以上



第Ⅱ部 各 論



第II部 各 論

第1章 ポーリング調査

II-1-1 調査概要

Fig. II-1-1 にポーリング調査の概略位置を、Fig. II-1-2 に詳細位置を示す。ポーリング工事は南アフリカ共和国に本社を置く現地請負業者が担当した。得られたポーリングコアは縮尺200分の1の柱状図にまとめ、肉眼で鉱化の認められる部分は適当な間隔でサンプリングし、化学分析に供した。また、代表的な岩相や鉱化部分については各々薄片や鉱石研磨片を作成し、顕微鏡観察を行った。変質および粘土化部分はX線回折試験のための試料とした。鉱化作用の生成温度や鉱液の化学組成を推定するために鉱化に伴う方解石、ドロスパーおよび珪化部分も採取した。なお、採取した全コアは上下を明確にして鉄製コア箱に収納し、カラー写真に記録し、WINDHOEKにあるナミビア地質調査所のコア倉庫に格納した。

ポーリング位置のGPSによる座標は以下のとおりである。

Table II-1-1 Coordinates of the Drill Holes

	HOLE No.	FARM LAND	LATITUDE			LONGITUDE		
			Deg.	Min.	Sec.	Deg.	Min.	Sec.
1	MJNM-5	Vogelsang 284	19	10	00.86 S	19	21	42.01 E
2	MJNM-6	Guinab 277	19	11	11.57 S	19	22	48.53 E
3	MJNM-7	Aris 283	19	10	34.20 S	19	22	10.57 E
4	MJNM-8	Vogelsang 284	19	09	12.91 S	18	19	59.08 E
5	MJNM-9	Guinab 277	19	10	10.46 S	18	22	47.86 E
6	MJNM-10	Vogelsang 284	19	09	38.75 S	18	19	41.04 E
7	MJNM-11	Birkenhead 699	19	12	42.35 S	17	55	58.79 E
8	MJNM-12	Bombay 670	19	12	51.38 S	17	57	28.12 E

II-1-2 工法および使用機材

掘削に必要な機材・消耗物品は掘削を請け負ったDRILLCON AFRICA社が調達した。第2年次のポーリング調査の結果から、カルクリート等新期堆積物の厚さが推定できたので、掘削は地表から深度80mまではDRILL MASTERによるパーカッション工法、80mから300mまではLONG YEAR-44によるワイヤライン工法を採用した。岩盤条件にしたがってセメンティングやケイ

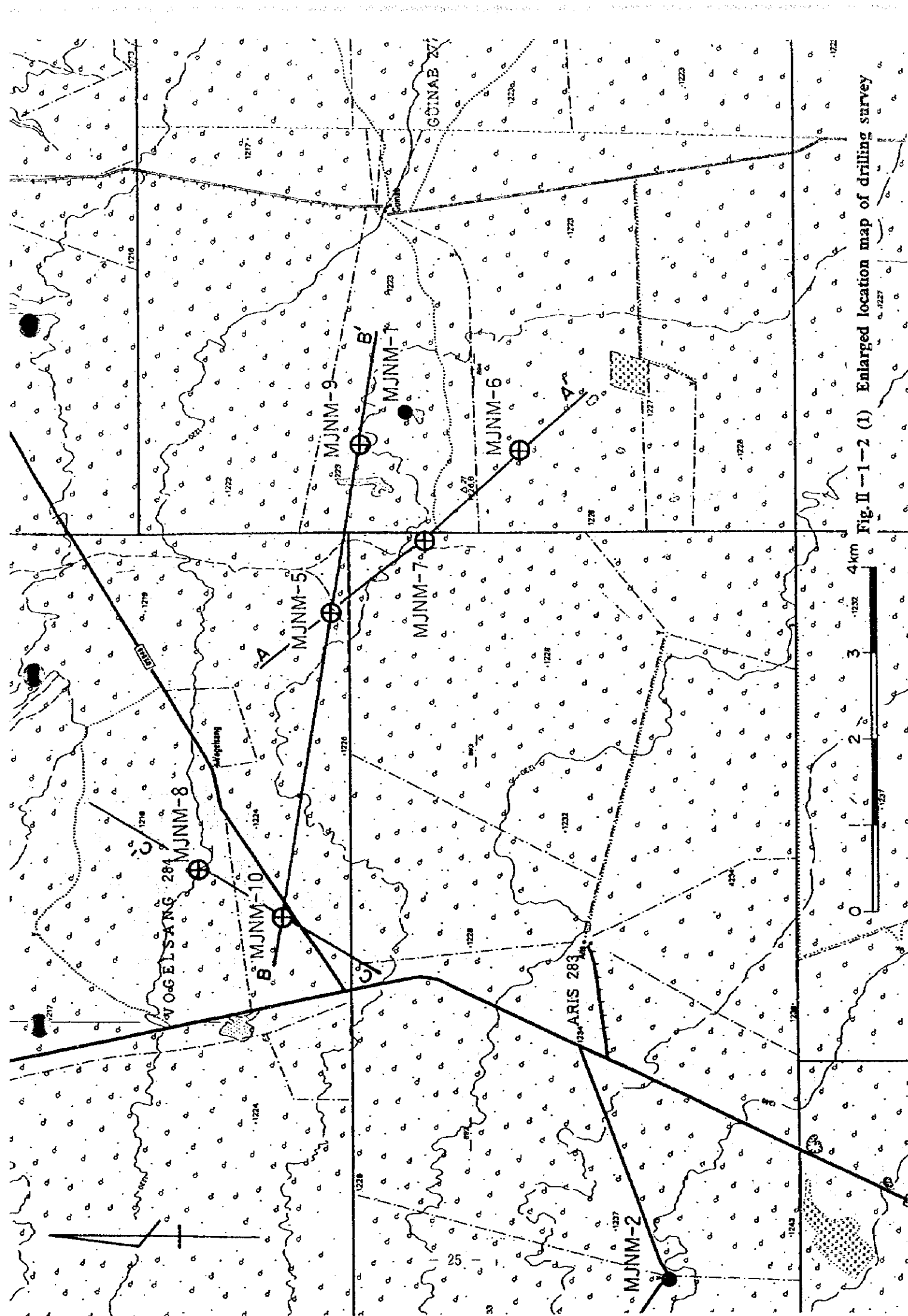


Fig. II-1-2 (1) Enlarged location map of drilling survey

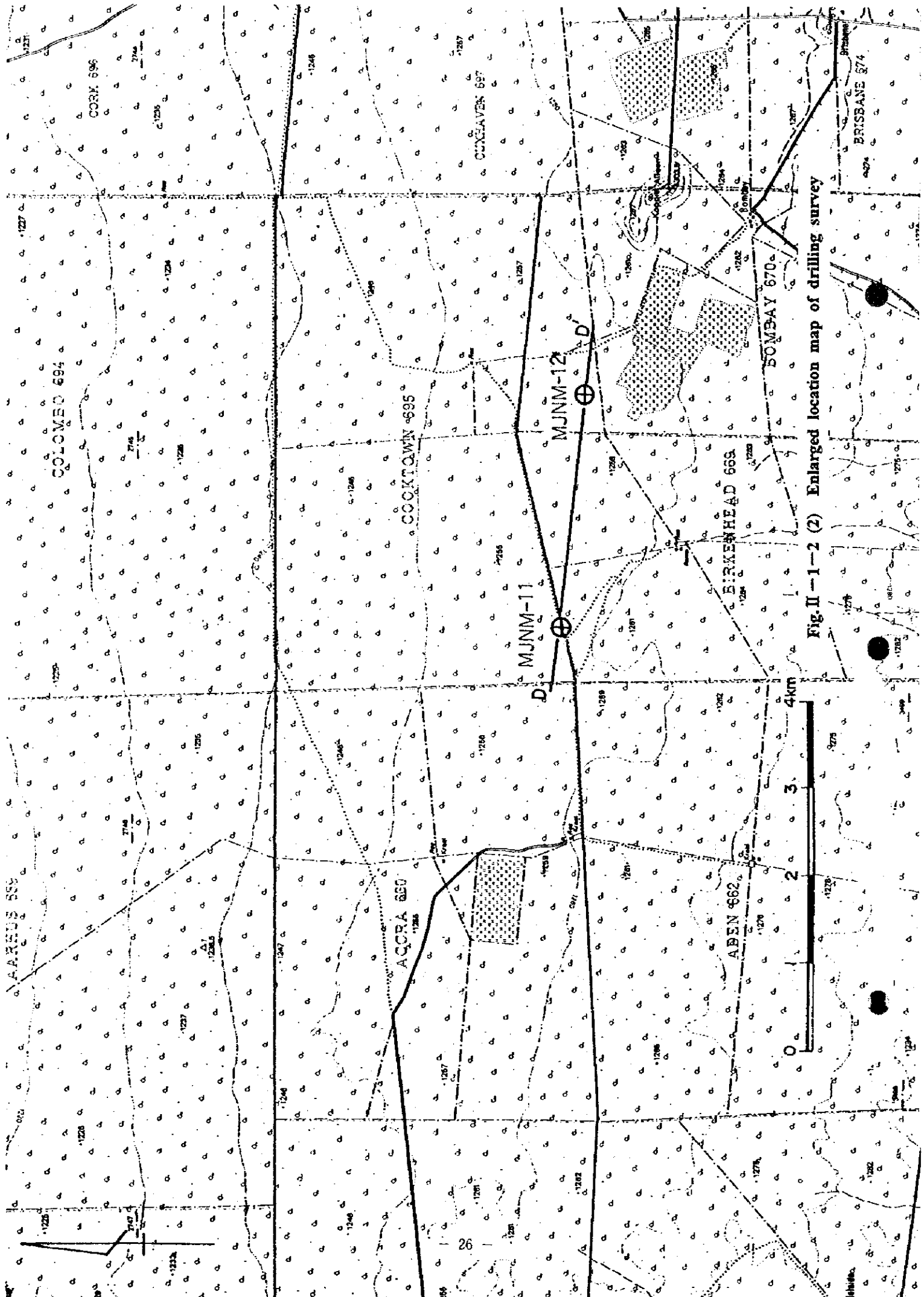


Fig. II -1-2 (2) Enlarged location map of drilling survey

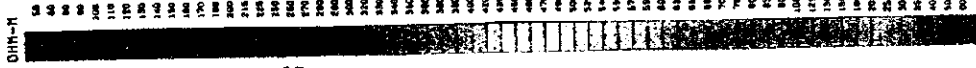


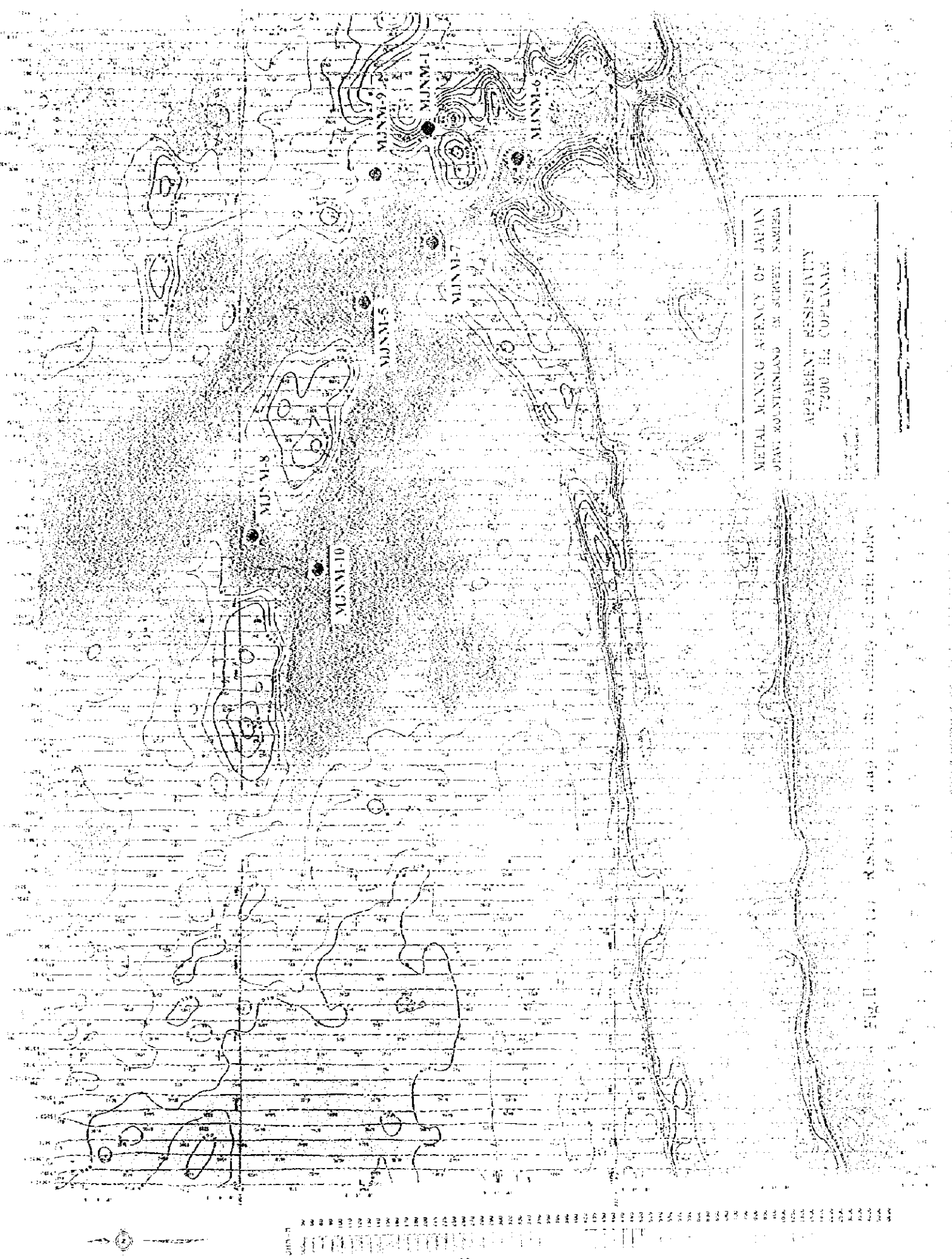
METAL MINING AGENCY OF JAPAN
 OTAVI MOUNTAINLAND ERM SURVEY, NAMIBIA

APPARENT RESISTIVITY
 7200 Hz COPLANAR

DATE OF SURVEY: 1981
 DATE NOVEMBER, 1981
 SURVEYOR: J. J. J. J. J.
 DGM-24, A DIVISION OF CGG CONRAD Ltd.

Fig. II-1-3 (1) Resistivity map in the vicinity of drill holes





METAL MAPPING AGENCY OF JAPAN
 JMW. MOUNTAINLAND IN SURVEY. SANYO
 APPARENT RESISTIVITY
 7300 HZ COPLANAR

Fig. 11. Apparent resistivity map in the vicinity of Mt. Sanyo, Japan.

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------





METAL MINING AGENCY OF JAPAN
 OTAVI MOUNTAINLAND HEM SURVEY, NAMIBIA

APPARENT RESISTIVITY
 900 Hz COPLANAR

OSHA 7 SURVEY 1 1977, RESIST. 1941
 DATE NOVEMBER, 1978 JOB 782
 DICKHAM A DIVISION OF CGC Canada Ltd.

OSHA 7 SURVEY 1 1977, RESIST. 1941
 DATE NOVEMBER, 1978 JOB 782
 DICKHAM A DIVISION OF CGC Canada Ltd.

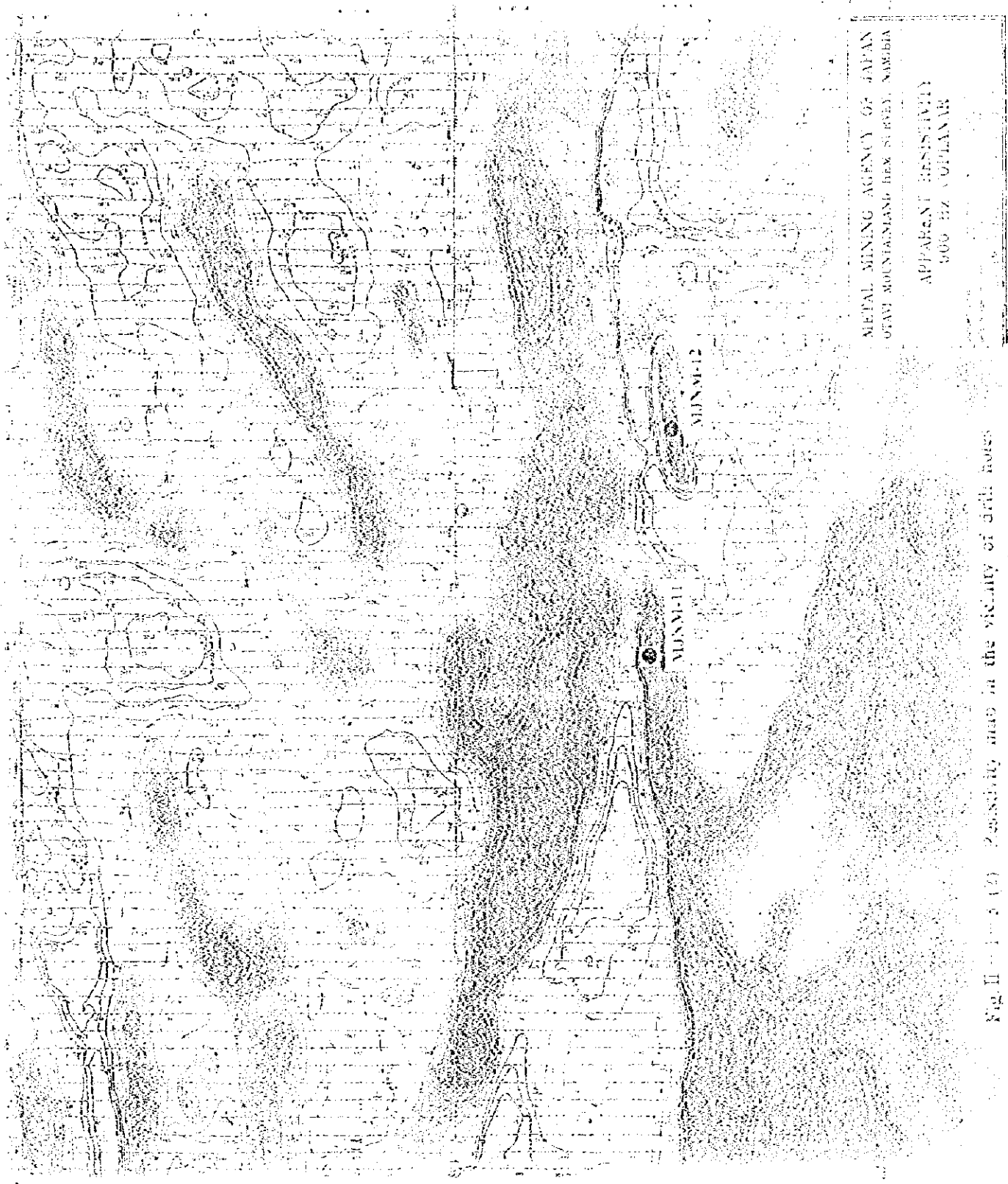


Fig. II - 1 - 3 (2) Resistivity map in the vicinity of drill holes



Drift-h

20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900	905	910	915	920	925	930	935	940	945	950	955	960	965	970	975	980	985	990	995	1000
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------



METAL MINING AGENCY OF JAPAN
 OTAMI MOUNTAINLAND DEM SURVEY, NAMBIA

APPARENT RESISTIVITY
 500 HZ / COPLANAR

Fig. 11-1-3 (2) Resistivity map in the vicinity of drill holes

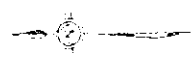




Table II - 1 - 2 Specifications of Equipments for Drilling

Item	Model	Specifications	Amount	Remarks
Percussion Drilling Rig	Drill Master Model 500	Compressor : 24 bar 900 cfm	2	
Wireline Drilling Rig	Longyear-44	Capacity : 600m Diesel Engine : Deutz 6 cylinder Engine Capacity : 87 kw 2300 R.P.M. Transmission : 4 speed		
Pump		Type : Bean R35B Hydro motor driven Max.Pressure : 50 kg/cm ² Max rate : 140 litres/min		
Rod	NQ	3.00m / 70.00mm ϕ x 60.3mm ϕ		
Casing	5 9/16	116 mm OD in percussion hole HQ rods use as casing below percussion holes		

Table II - 1 - 3 Amount of Used Daimond Bit and Reamer

Item	Type	Specifications	Amount								Total
			Hole No. MJNM -								
			5	6	7	8	9	10	11	12	
Diamond Bit											
	NQ INP	69.9mm ϕ x 60.3mm ϕ	2	3	2	2	3	2	2	3	19
	NXC IMD	68.5mm ϕ x 92.2mm ϕ		2			1		1		4

outer diametre x inner diameter

Table II - 1 - 4 Amount of Consumables

ITEM	SPECIFICATIONS	UNIT	AMOUNT								Total
			HOLE NO. MJNM -								
			5	6	7	8	9	10	11	12	
Outer Tube(NQ)	73.0mm X 60.3mm X 3.0m	No	1	1							2
Inner Tube(NQ)	55.6mm X 50.0mm X 3.0m	No	2	2		1		1		1	7
Inner Tube Head	NQ	Set	1	1							2
Overshot	TC(Vertical)	No				1					1
Wire for Wireline	6mm ϕ X 320m	Role	1								1
Core Lifter	NQ	No	9	9	11	10	8	8	7	7	69
Core Lifter Case	NQ	No	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Diesel Fuel		Litre	540	600	600	800	800	800	800	800	5,740
Petrol		Litre	20								20

シングパイプの挿入を実施した。本調査に使用した主要機材および消耗品を Table II-1-2~Table II-1-4 に示す。

II-1-3 掘削作業

(1) 搬入路造成

掘削地点までの搬入には最近傍まで既存の農業用道路を利用し、そこから灌木を伐採して応急に搬入路を造成した。

(2) 設 営

当初稼働した2台の掘削機のうち1台は南アフリカ共和国との国境付近から、1台はTSUMEB西部のTSCHUDIから移動搬入した。掘削作業に要する主な資機材の供給および技術的サポートはOTJIWARONGOから行われた。機長、掘削作業員、機械技術者および監督者は掘削地点の近くにキャンプを設営した。

(3) 作業体制

作業は2台同時稼働の期間は1方/日、1台稼働の期間は原則2方/日とし、1方10時間ないし12時間の労働体制で行った。人員は掘削機長1名の下に2ないし3名の掘削クルーと必要な場合は用水運搬員1名を配置した。

(4) 解体・撤収

孔間移動および全作業終了時の撤収は設営時と同様なトラックによって行った。掘削機はパーカッションもワイヤラインもトラックマウントで機動性を発揮した。掘削終了後は地表を原状に復し、孔口はセメントで埋坑した。

(5) 掘進およびコア採取状況

深度80mまではパーカッション法で、口径49/16インチとし必要に応じて110m/m(HQ)ケーシングを挿入した。口元3m間は径180m/mとし、170m/mのケーシングを挿入し保護した。カッティングスは1m毎に採取し、地質の判定に用いた。

180m以深のワイヤライン工法ではコア径をHQあるいはNQを採用した。岩盤状況に応じて坑径をHQに拡孔し、NQのケーシングを挿入した。

作業全体の工程をTable II-1-5 に、各孔の掘進実績をTable II-1-6 (1)~(8) に示す。各孔の掘進推移は次のとおりである。

MJNM-5

地表から81mまではパーカッション工法により掘進した。深度60m付近で主要地下水脈に達したため掘進速度が低下した。81mからはワイヤライン工法により掘削した。掘削用水はMJNM-7の東50mに設けた用水孔からの水を5m³タンクローリーで運搬した。180mから190mにかけて空洞に達し、逸水が生じた。その後空洞の発達は見られなかったが深度222m付近でロッド切断事故が発生した。空洞を埋めている赤色粘土が逸水した水で洗われ坑底に流下したためジャミング

Table II-1-5 Practical Time Schedule of Drilling

Hole No.	8 月		9 月		10 月		11 月		凡 例
	1	2	1	2	1	2	1	2	
MJNM-5		28 ◇	78 — 14 — 20 — 17 —		17 ◇ 25 ◇ 23 ◇ 20 ◇ 22 ◇				◇: 1" - カブチヨウ 工法
MJNM-6	18 ◇	25 ◇ 24 ◇ 27 ◇	6 —						~: 設置/撤収
MJNM-7		27 ◇ 29 ◇	— 4						—: 1" 口径の 工法
MJNM-8		29 ◇	8 — 14 —						=: 事故回復 作業
MJNM-9					16 ◇ 18 ◇ 24 ◇ 17 ◇				
MJNM-10		30 ◇	15 — 23 —						
MJNM-11							5 — 14 —		
MJNM-12						28 — 29 —			

Table II-1-6 (1) Summary of Drilling Work [MJNM-5]

工 事 期 間							
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳			
	期 間			延 日 数	実 働 日 数	休 業 日 数	作 業 工 数
設 営 作 業	1997/08/28, 09/07			2	2	0	11
掘 進 作 業	1997/08/28, 09/08~09/20			14	7	0	34
解 体 撤 去 作 業	1997/09/21			1	1	0	5
合 計				17	10	0	50
掘 進 深 度				100m毎のコア採取率			
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度 (m)	コア長及び コア採取率		累 計
増 掘 長	0.00 m	コア長	122.80 m	0.00 ~ 81.00	0.00 m	0.00 %	0.00 %
検 尺 深 度	220.00 m	コア採取率	55.8 %	81.00 ~ 180.00	83.83 m	84.68 %	46.57 %
作 業 時 間				180.00 ~ 222.50	38.97 m	91.69 %	55.19 %
掘 削 時 間	68.0 h	39.5 %	36.8 %				
ロッド揚降	22.0 h	12.8 %	11.9 %				
インナー揚降	8.0 h	4.7 %	4.3 %				
付 帯 作 業				掘 進 能 率			
事 故 回 復 作 業	74.0 h	43.0 %	40.0 %	掘 進 深 度 (m) / 延 日 数		12.94 m / 日	
そ の 他				掘 進 深 度 (m) / 実 働 日 数		22.00 m / 日	
小 計	172.0 h	100.0 %	93.0 %	掘 進 深 度 (m) / 延 掘 進 日 数		15.71 m / 日	
移 設 作 業							
設 営 作 業	7.0 h	3.8 %		掘 進 深 度 (m) / 実 掘 進 日 数		31.43 m / 日	
解 体 作 業	6.0 h	3.2 %		掘 進 深 度 (m) / 延 工 数		4.40 m / 工	
合 計	185.0 h	100.0 %					
ケーシングパイプ				純掘進工数 / 掘進深度 (m)			
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ (m)	B/A × 100 (%)	ケーシングパイプ 回収率 (%)					
HQ 126.0	57.3	100.0		記 事			
				A : 掘進長 B : 挿入長			

Table II - 1 - 6 (2) Summary of Drilling Work (MJNM-6)

工 事 期 間									
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳					
	期 間			延 日 数	実働日数	休業日数	作業工数		
設 営 作 業	1997/08/18, 08/25			2	2	0	15		
掘 進 作 業	1997/08/18~08/25, 08/26~09/06			20	15	5	49		
解 体 撤 去 作 業	1996/09/06~09/07			2	2	0.0	6		
合 計				24	19	5	70		
掘 進 深 度			100m毎のコア採取率						
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度 (m)	コア長及び コア採取率 累計				
増 掘 長	0.00 m	コア長	216.80 m	0.00 ~ 81.40	0.00 m	0.00 %	0.00 %		
検 尺 深 度	300.00 m	コア採取率	72.3 %	81.40 ~ 195.30	112.20 m	98.51 %	57.45 %		
作 業 時 間			195.30 ~ 300.00				103.63 m	98.98 %	71.94 %
掘 削 時 間	108.0 h	67.9 %	61.0 %						
ロ ッ ド 揚 降	48.0 h	30.2 %	27.1 %						
イ ン ナ ー 揚 降	3.0 h	1.9 %	1.7 %						
付 帯 作 業	0.0 h	0.0 %	0.0 %						
事 故 回 復 作 業	0.0 h	0.0 %	0.0 %						
そ の 他	0.0 h	0.0 %	0.0 %						
小 計	159.0 h	100.0 %	89.8 %						
移 設 作 業									
設 営 作 業	12.0 h		6.8 %						
解 体 作 業	6.0 h		3.4 %						
合 計	177.0 h		100.0 %						
ケーシングパイプ			掘進能率						
			掘進深度(m)/延日数		12.50 m/日				
			掘進深度(m)/実働日数		15.79 m/日				
			掘進深度(m)/延掘進日数		15.00 m/日				
			掘進深度(m)/実掘進日数		20.00 m/日				
			掘進深度(m)/延工数		4.29 m/工				
			純掘進工数/掘進深度(m)		0.16 工/m				
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングパイプ (m)			B/A×100 回収率 (%)						
HQ	108.0	36.0	100.0	記 事					
			A : 掘進長						
			B : 挿入長						

Table II - 1 - 6 (3) Summary of Drilling Work (MJNM-7)

		工 事 期 間				
区 分	工 事 期 間		期間内訳			
	期 間		延日数	実働日数	休業日数	作業工数
設 営 作 業	1997/08/27, 08/28~08/29		3	3	0	5
掘 進 作 業	1997/08/29~09/04		7	6	1	54
解体撤去作業	1996/09/06		1	1	0.0	4
合 計			11	10	1	63
掘 進 深 度			100m毎のコア採取率			
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度 (m)	コア長及び コア採取率	累 計
増 掘 長	0.00 m	コア長	215.70 m	0.00 ~ 80.50	0.00 m	0.00 %
検 尺 深 度	301.95 m	コア採取率	71.4 %	80.50 ~ 197.00	111.70 m	95.88 %
作 業 時 間			197.00 ~ 301.95	104.00 m	99.09 %	
掘 削 時 間	74.0 h	70.5 %	59.7 %			
ロッド揚降	19.0 h	18.1 %	15.3 %			
インナー揚降	2.0 h	1.9 %	1.6 %			
付 帯 作 業	0.0 h	0.0 %	0.0 %			
事故回復作業	10.0 h	9.5 %	8.1 %			
そ の 他	0.0 h	0.0 %	0.0 %			
小 計	105.0 h	100.0 %	84.7 %			
移 設 作 業			掘 進 能 率			
設 営 作 業	13.0 h		10.5 %	掘進深度(m)/延日数	27.45 m/日	
解 体 作 業	6.0 h		4.8 %	掘進深度(m)/実働日数	30.20 m/日	
合 計	124.0 h		100.0 %	掘進深度(m)/延掘進日数	43.14 m/日	
ケーシングパイプ			純掘進工数/掘進深度(m)			0.18 工/m
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ	B/A×100	回収率		記 事 A : 掘進長 B : 挿入長		
(m)	(%)	(%)				
HQ 99.0	33.0	100.0				

Table II-1-6(4) Summary of Drilling Work [MJNM-8]

工 事 期 間							
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳			
	期 間			延 日 数	実働日数	休業日数	作業工数
設 営 作 業	1997/08/29, 09/07			2	2	0	2
掘 進 作 業	1997/08/29, 09/08~09/14			8	8	0	32
解 体 撤 去 作 業	1997/09/14			1	1	0.0	2
合 計				11	11	0	36
掘 進 深 度				100m毎のコア採取率			
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度 (m)	コア長及び コア採取率 累計		
増 掘 長	0.00 m	コア長	219.20 m	0.00 ~ 81.29	0.00 m	0.00 %	0.00 %
検 尺 深 度	300.00 m	コア採取率	73.1 %	81.29 ~ 186.10	104.40 m	99.61 %	56.10 %
作 業 時 間				186.10 ~ 300.00	113.80 m	99.91 %	
掘 削 時 間	75.0 h	65.8 %	61.0 %				
ロッド揚降	36.0 h	31.6 %	29.3 %				
インナー揚降	3.0 h	2.6 %	2.4 %				
付 帯 作 業	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進能率			
事故回復作業	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度(m)/延日数	27.27 m/日		
その他	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度(m)/実働日数	27.27 m/日		
小 計	114.0 h	100.0 %	92.7 %	掘進深度(m)/延掘進日数	37.50 m/日		
移 設 作 業							
設 営 作 業	5.0 h		4.1 %	掘進深度(m)/実掘進日数	37.50 m/日		
解 体 作 業	4.0 h		3.3 %	掘進深度(m)/延工数	8.33 m/工		
合 計	123.0 h		100.0 %	純掘進工数/掘進深度(m)	0.11 I/m		
ケーシングパイプ							
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ (m)	B/A×100 (%)	ケーシングパイプ 回収率 (%)		記 事 A : 掘進長 B : 挿入長			
HQ 119.0	39.7	100.0					

Table II - 1 - 6 (5) Summary of Drilling Work [MJNM-9]

工 事 期 間							
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳			
	期 間			延 日 数	実働日数	休業日数	作業工数
設 営 作 業	1997/10/15, 10/17			2	2	0	4
掘 進 作 業	1997/10/16~10/17, 10/18~24			9	9	0	44
解体撤去作業	1997/10/17, 10/24~10/25			3	2	0.0	4
合 計				14	13	0	52
掘 進 深 度				100m毎のコア採取率			
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度	コア長及び		
				(m)	コア採取率 累計		
増 掘 長	m	コア長	220.52 m	0.00 ~ 79.48	0.00 m	0.00 %	0.00 %
検 尺 深 度	300.00 m	コア採取率	73.5 %	79.48 ~ 172.70	93.22 m	100.00 %	53.98 %
				172.70 ~ 300.00	127.30 m	100.00 %	73.51 %
作 業 時 間							
掘 削 時 間	96.0 h	84.2 %	78.0 %				
ロッド揚降	20.0 h	17.5 %	16.3 %				
インナー揚降	2.0 h	1.8 %	1.6 %				
付帯作業	h	0.0 %	0.0 %				
事故回復作業	0.0 h	0.0 %	0.0 %				
その他	0.0 h	0.0 %	0.0 %				
小 計	118.0 h	103.5 %	95.9 %				
移 設 作 業							
設 営 作 業	13.0 h		10.6 %	掘進深度(m)/延日数	21.43 m/日		
解体作業	6.0 h		4.9 %	掘進深度(m)/実働日数	23.08 m/日		
合 計	137.0 h		111.4 %	掘進深度(m)/延掘進日数	33.33 m/日		
				掘進深度(m)/実掘進日数	33.33 m/日		
				掘進深度(m)/延工数	5.77 m/工		
ケーシングパイプ							
ケーシングパイプ挿入深度		ケーシングパイプ		純掘進工数/掘進深度(m)	0.15 工/m		
およびケーシングパイプ	B/A×100	回収率					
(m)	(%)	(%)					
HQ	100.0	33.3	82.0	記 事			
				A : 掘進長			
				B : 挿入長			

Table II - 1 - 6 (6) Summary of Drilling Work [MJNM-10]

工 事 期 間					
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳	
	期 間			延 日 数	実働日数 休業日数 作業工数
設 営 作 業	1997/08/30, 9/14			2	2 0 2
掘 進 作 業	1997/08/30, 09/15~09/23			10	10 0 40
解 体 撤 去 作 業	1997/10/08			1	1 0 2
合 計				13	13 0 44
掘 進 深 度			100m毎のコア採取率		
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度	コア長及び
				(m)	コア採取率 累計
増 掘 長	0.00 m	コア長	219.00 m	0.00 ~ 81.00	0.00 m 0.00 % 0.00 %
検 尺 深 度	300.00 m	コア採取率	73.0 %	81.00 ~ 191.40	110.40 m 100.00 % 57.68 %
作 業 時 間			191.40 ~ 300.00		
掘 削 時 間	106.0 h	61.6 %	57.3 %		
ロッド揚降	30.0 h	17.4 %	16.2 %		
インナー揚降	6.0 h	3.5 %	3.2 %		
付 帯 作 業				掘 進 能 率	
事 故 回 復 作 業	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘 進 深 度 (m) / 延 日 数	23.08 m / 日
そ の 他				掘 進 深 度 (m) / 実 働 日 数	23.08 m / 日
小 計	142.0 h	82.6 %	76.8 %	掘 進 深 度 (m) / 延 掘 進 日 数	30.00 m / 日
移 設 作 業				掘 進 深 度 (m) / 実 掘 進 日 数	30.00 m / 日
設 営 作 業	5.0 h		2.7 %	掘 進 深 度 (m) / 延 工 数	6.82 m / 工
解 体 作 業	5.0 h		2.7 %		
合 計	152.0 h		82.2 %	純 掘 進 工 数 / 掘 進 深 度 (m)	0.13 L / m
ケーシングパイプ					
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ	B/A×100	ケーシングパイプ 回収率			
(m)	(%)	(%)			
HQ 120.0	40.0	87.0		記 事	
				A : 掘進長	
				B : 挿入長	

Table II-1-6(7) Summary of Drilling Work [MJNM-11]

工 事 期 間							
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳			
	期 間			延 日 数	実働日数	休業日数	作業工数
設 営 作 業	1997/11/04			1	1	0	4
掘 進 作 業	1997/11/05~11/14			10	10	0	88
解 体 撤 去 作 業	1997/11/14~15			1	1	0	4
合 計				12	12	0	96
掘 進 深 度			100m毎のコア採取率				
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度	コア長及び		
				(m)	コア採取率 累計		
増 掘 長	0.00 m	コア長	296.90 m	0.00 ~ 110.83	107.73 m	97.20 %	97.20 %
検 尺 深 度	300.00 m	コア採取率	99.0 %	110.83 ~ 196.56	85.73 m	100.00 %	98.42 %
作 業 時 間				196.56 ~ 300.00	103.44 m	100.00 %	98.97 %
掘 削 時 間	180.0 h	104.7 %	97.3 %				
ロッド揚降	8.0 h	4.7 %	4.3 %				
インナー揚降	2.0 h	1.2 %	1.1 %				
付 帯 作 業				掘 進 能 率			
				掘 進 深 度 (m) / 延 日 数	25.00 m / 日		
事 故 回 復 作 業	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘 進 深 度 (m) / 実 働 日 数	25.00 m / 日		
そ の 他							
小 計	190.0 h	110.5 %	102.7 %	掘 進 深 度 (m) / 延 掘 進 日 数	30.00 m / 日		
移 設 作 業							
設 営 作 業	12.0 h		6.5 %	掘 進 深 度 (m) / 実 掘 進 日 数	30.00 m / 日		
解 体 作 業	12.0 h		6.5 %	掘 進 深 度 (m) / 延 工 数	3.13 m / 工		
合 計	214.0 h		115.7 %				
ケーシングパイプ				純掘進工数 / 掘進深度(m)	0.29 工 / m		
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングパイプ	B/A×100	ケーシングパイプ 回収率		記 事 A : 掘進長 B : 挿入長			
(m)	(%)	(%)					
HQ 48.0	16.0	12.0					

Table II - 1 - 6 (8) Summary of Drilling Work [MJNM-12]

工 事 期 間							
区 分	工 事 期 間			期 間 内 訳			
	期 間			延 日 数	実働日数	休業日数	作業工数
設 営 作 業	1997/10/28			1	1	0	4
掘 進 作 業	1997/10/29~11/01			7	7	0	48
解 体 撤 去 作 業	1997/11/01			1	1	0	4
合 計				9	9	0	56
掘 進 深 度				100m毎のコア採取率			
計 画 深 度	300.00 m	表 土	1.0 m	深 度 (m)	コア長及び コア採取率		累 計
増 掘 長	0.00 m	コア長 297.00 m		0.00 ~ 151.40	148.40 m	98.02 %	98.02 %
検 尺 深 度	300.00 m	コア採取率 99.0 %		151.40 ~ 221.61	70.21 m	100.00 %	98.65 %
作 業 時 間				221.61 ~ 300.00	78.39 m	100.00 %	99.00 %
掘 削 時 間	122.0 h	70.9 %	65.9 %				
ロッド揚降	14.0 h	8.1 %	7.6 %				
インナー揚降	2.0 h	1.2 %	1.1 %				
付 帯 作 業				掘 進 能 率			
事故回復作業	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度(m)/延日数		33.33 m/日	
その他				掘進深度(m)/実働日数		33.33 m/日	
小 計	138.0 h	80.2 %	74.6 %	掘進深度(m)/延掘進日数		42.86 m/日	
移 設 作 業							
設 営 作 業	12.0 h	6.5 %		掘進深度(m)/実掘進日数		42.86 m/日	
解 体 作 業	6.0 h	3.2 %		掘進深度(m)/延工数		5.36 m/I	
合 計	156.0 h	84.3 %					
ケーシングパイプ				純掘進工数/掘進深度(m)			
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ	B/A×100 (%)	ケーシングパイプ 回収率 (%)					
HQ	57.0	19.0		100.0			
				記 事			
				A : 掘進長			
				B : 挿入長			

を起こしたと考えられる。

直ちに126mまでHQリーミングを実施し、ケーシングを挿入した。ロッド回収装置により回収を試みたが、切断先端部達着に成功せず孔底に94mのロッド、コアバレル、ビットを残し掘進再開が不能となった。1週間にわたり事故回復作業を継続したが結果が思わしくなく、220mから300mまでの掘進を断念した。地質的には220mまでのコアを用いて層序対比を行い、鉱床ポテンシャルも評価した。

MJNM-6

パーカッション工法開始直後に発生したコンプレッサーの故障回復に4,5日を要した。深度60m付近に旺盛な地下水脈が達着した。カルクリートのパーカッション掘進能率は8m/分程度で、80mは1方ではほぼ完掘する。岩盤状況は空隙のある石灰岩で破碎部分を除けば、高能率で掘進した。用水は近くの農場の水井戸からタンクローリーで運搬した。

MJNM-7

深度147m付近で空洞に達着したり、全体に滑石粘土化が著しく、全体的には剝離しやすい岩盤状況であったが、掘進は60m/方以上の極めて高能率を達成した。用水は50m東に掘削した水井戸より揚水、いったんタンクに貯水し、そこから直接パイプで給水した。

MJNM-8

全体的には極めて順調な掘削で終始した。深度240m付近から下部では滑石粘土脈のため一部でコア詰まりが起り能率が低下した。用水は3.5km西の貯水槽からタンクローリーで運搬、給水した。

MJNM-9

パーカッションハンマーの摩耗のため掘進速度が低下し、80m掘進に2日を要した。ワイヤライン工法は比較的順調に推移した。ドロマイトは全体的に珪化を受けており、掘進速度は20~30m/方となった。実質掘削日数7日のうち2日は2交代体制を実施した。用水は農場の水井戸から揚水し、3kmをタンクローリーで運搬した。

MJNM-10

90mから赤色粘土に富むカラハリサンドが出現したので、空洞出現と粘土流入によるジャミング防止のため123mまでHQリーミングを行い、ケーシングを施した。その後は20~30m/方の掘進能率で推移した。用水はMJNM-8と同様である。

MJNM-11

本孔およびMJNM-12は調査地域西部に位置し、既存の資料や露岩が近くに分布することからカルクリートが調査地域東部に比較して薄いと判断したので、掘削は地表からワイヤライン工法を採用した。掘削は1方12時間稼働の2交代体制で行われた。カルクリート下位に石英を多

量に含む硬い砂岩が現れ、掘進速度は著しく低下したので、ビットの適合性をみながら進めた。ドロマイト層に入ってからチャートのはさみや破碎帯のため掘進能率は20m/方以下にとどまった。深度191m付近で全量逸水したため、給水運搬を頻繁に行った。

MJNM-12

カルクリート下位の砂岩は上部40mの間、風化で脆弱になっているためリーミングレケーシングを挿入した。砂岩はMJNM-11程硬くなく、また破碎帯にも達せず、実質6日間12方で掘りあげた。用水は0.8km離れた貯水タンクからタンクローリーで運搬した。

(6) 掘削用水

用水は農場の地下水とボーリング孔近傍に用水孔を別に掘削し、その地下水を利用した。MJNM-7の近傍ではパーカッション工法にて径180mm、深度56mの用水孔を掘削、深度49mに水中ポンプを設置した。通常水位は3-6mで揚水試験の結果、2m³/時のボーリング用水が得られ、MJNM-7 5に給水した。

用水は環境同化型のポリマーを添加して使用した。逸水、崩壊箇所では必要に応じて泥剤を使用した。

II-1-4 調査結果

ボーリング柱状図をFig. II-1-4(1)~(31)、ボーリング地質断面図をFig. II-1-7に示す。またコアを用いた岩石薄片鑑定結果、鉱石研磨片鑑定結果およびX線回折試験結果をそれぞれTable II-1-7~Table II-1-9に示す。各孔の地質概要を以下に述べる。

MJNM-5

・ 0.00m-83.00m カルクリート

淡褐色あるいは灰白色の陸成石灰質膠結物である。6m付近に最初の透水層が分布するが60mの透水層が最も優勢である。全体として下部ほど雑色系を呈し、れき質となる。

・ 83.00m-144.60m カラハリサンドおよびれき質カルクリート

上部は多量の石英粒を赤色粘土のマトリックスで充たす未固結砂岩で、急傾斜の白色粘土脈が走る。これはX線回折ではパリゴルスカイト(Mg, Al)₂ [(OH, O)/Si₄₀10]と同定され、熱水変質鉱物と考えられている。本孔以外の孔に捕捉されたカラハリサンドの中に共通して産する。

98.70mから117mまでと134.50mから144.60mまでは亜角レキのれきを多く含むようになる。下部ではれきの岩質がoolite、チャート、ドロマイトの混在しマトリックスは石灰質となる。これらは原生代ドロマイト層を不整合に覆う第三紀以降の堆積物と考えられる。

・ 144.60m-220.00m ドロマイト

不整合面直下にはカルスト空洞が発達する。砂質ドロマイトは黒色ドロマイトとooliteをはさみTSUMEB亜層群の上部の特徴をもつ。145m付近のチャートは鏡下で石灰質ウィードが珪化作