

中國人民解放軍 軍用電影製片廠

軍用電影製片廠
(1950)

1950年10月

中國人民解放軍
軍用電影製片廠

ジンバブエ共和国シャムバ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 卷

(第 2 年次)

JICA LIBRARY



1029805[7]

12364

昭和60年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 1. 24	534
登録No. 12364	66.1
	MPN

は し が き

日本政府はジンバブエ共和国政府の要請に応え、同国シャムバ地域の鉍物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉍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鉍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鉍業事業団に委託することとした。

本調査は昭和59年度が第2年次にあたり、金属鉍業事業団は3名の調査団を編成して、昭和59年7月6日から昭和59年11月19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関係機関、特に鉍山省地質調査局の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第2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、本調査実施にあたって御協力を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、在ジンバブエ日本大使館及び関係各位の方々に対して衷心より感謝の意を表するものである。

昭和60年1月

国際協力事業団
総 裁 有 田 圭 輔

金属鉍業事業団
理事長 西 家 正 起

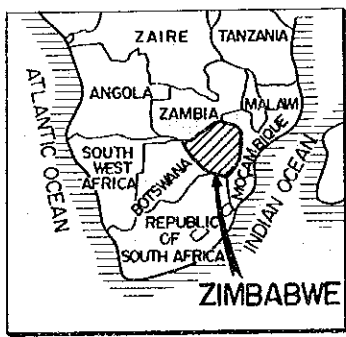
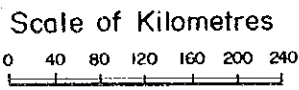
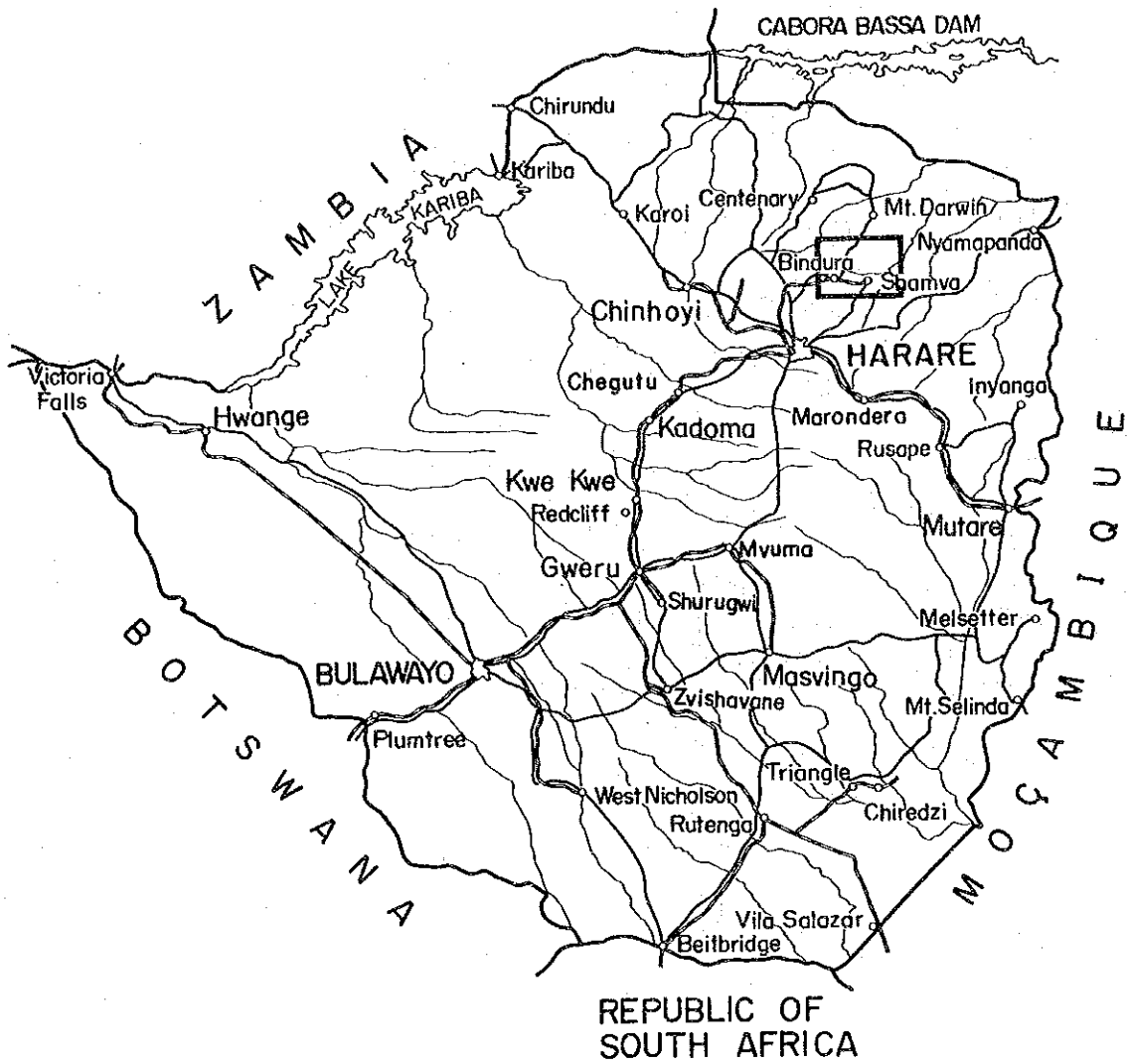
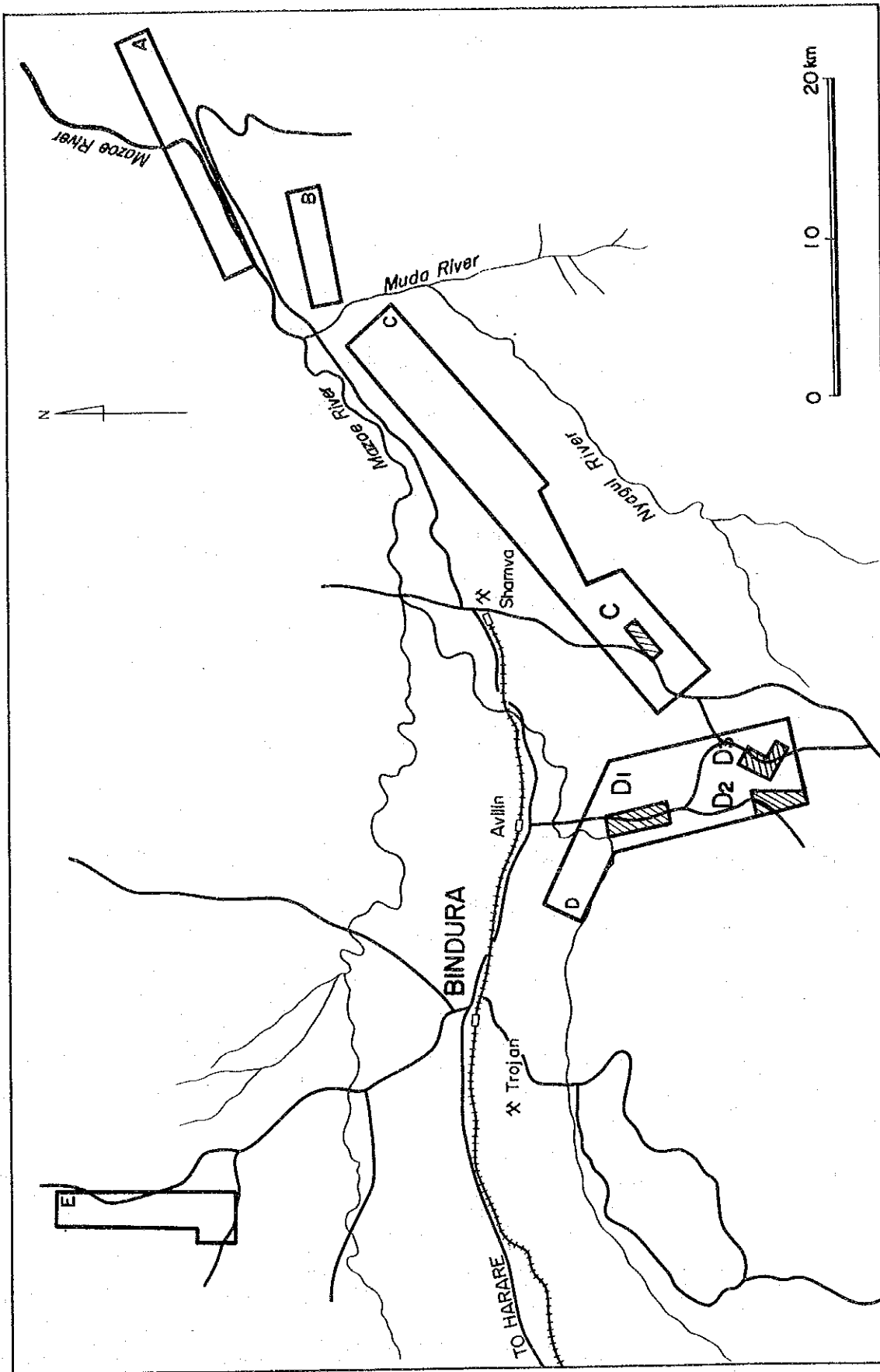


Fig. 1 Location Map of Project Area



Phase I (1983) Survey Area (Geological and Geochemical Surveys)

Phase II (1984) Survey Area (Geophysical Survey)

Fig. 2 Location Map of Survey Area (I)

目 次

は し が き
調 査 位 置 図
目 次
要 約

第1部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査作業の概要	1
1-3 調査団の編成	1
第2章 調査地域の一般概要	3
2-1 位置・交通	3
2-2 地形・気候・植生	3
2-3 一般社会情勢	3
第3章 調査地域の地質・鉱床	5
3-1 地 質	5
3-2 鉱 床	6

第2部 物理探査

第1章 概 説	9
1-1 調査計画	9
1-2 調査法の概要	9
1-3 作業実績と能率	11
第2章 CSAMT法	13
2-1 調査方法	13
2-1-1 測定方法	13
2-1-2 使用機器	15
2-1-3 測点設定	16
2-2 データ処理と解析方法	16
2-2-1 CSAMT法の基礎について	16
2-2-2 データ処理	18
2-2-3 解析方法	19

2-3	調査結果と考察	21
2-3-1	調査結果	21
2-3-2	考 察	24
第3章	S I P法	27
3-1	調査方法	27
3-1-1	測定方法	27
3-1-2	使用機器	28
3-1-3	測線設定	29
3-2	データ処理と解析方法	29
3-2-1	S I P法の基礎について	29
3-2-2	データ処理	31
3-2-3	物性測定結果	31
3-2-4	解析方法	32
3-3	調査結果と考察	33
3-3-1	調査結果	33
3-3-2	考 察	35
第3部	総合検討	
	総合検討	39
第4部	結論及び提言	
第1章	結 論	41
第2章	第3年次調査への提言	42

参 考 文 献

(別冊) 測定値一覧表, 解析曲線図

別冊図面

LIST OF ILLUSTRATION

- Fig.1 Location Map of Project Area
- Fig.2 Location Map of Survey Area (1)
- Fig.I-1 Aerial photograph compilation of the Surface Geology TYNAN
CLAIMS
- Fig.I-2 Geological Map of Area C
- Fig.I-3 Geological Map of Area D1
- Fig.I-4 Geological Map of Area D2, D3
- Fig.II-1 Location Map of Survey Area (2)
- Fig.II-2 CSAMT Measurement
- Fig.II-3 Schematic Diagram of CSAMT Measurement
- Fig.II-4 Representative Families of Curves for Various Depths to
the Bottom of the First Layer and Various Range
- Fig.II-5 Analytical Curve of CSAMT
- Fig.II-6 Schematic CSAMT Curve
- Fig.II-7 Plan of Apparent Resistivity (Area C, 1024 Hz)
- Fig.II-8 Plan of Apparent Resistivity (Area C, 256 Hz)
- Fig.II-9 Plan of Apparent Resistivity (Area C, 64 Hz)
- Fig.II-10 Plan of Apparent Resistivity (Area D1, 1024 Hz)
- Fig.II-11 Plan of Apparent Resistivity (Area D1, 256 Hz)
- Fig.II-12 Plan of Apparent Resistivity (Area D1, 64 Hz)
- Fig.II-13 Plan of Apparent Resistivity (Area D2, D3, 1024 Hz)
- Fig.II-14 Plan of Apparent Resistivity (Area D2, D3, 256 Hz)
- Fig.II-15 Plan of Apparent Resistivity (Area D2, D3, 64 Hz)
- Fig.II-16 Section of Apparent Resistivity (Line D-7)
- Fig.II-17 Section of Apparent Resistivity (Line D-4)
- Fig.II-18 Section of Apparent Resistivity (Line D-37)
- Fig.II-19 Section of Apparent Resistivity (Line D-30)
- Fig.II-20 Plan of Resistivity Structure (Area C)
- Fig.II-21 Plan of Resistivity Structure (Area C)
- Fig.II-22 Plan of Resistivity Structure (Area D1)
- Fig.II-23 Plan of Resistivity Structure (Area D1)
- Fig.II-24 Plan of Resistivity Structure (Area D2, D3)
- Fig.II-25 Plan of Resistivity Structure (Area D2, D3)

Fig.II-26	Section of Resistivity Structure (Line D-30)
Fig.II-27	Section of Resistivity Structure (Line D-37)
Fig.II-28	Section of Resistivity Structure (Line D-4)
Fig.II-29	Section of Resistivity Structure (Line D-7)
Fig.II-30	Block Diagram of Spectral IP Survey Instrument
Fig.II-31	Layout of Potential Electrodes and Preamplifier
Fig.II-32	Concept of Spectral IP
Fig.II-33	Transmitted Waveform and Received Waveform
Fig.II-34	Relationship between Frequency Effect and Phase Angle
Fig.II-35	Block Diagram of Laboratory Measurement
Fig.II-36	Phase Spectral of Rocks Samples
Fig.II-37(a)	Location of SIP Survey Lines
(b)	Section of Line A
Fig.II-38	Spectral IP Pseudo-Section Line A(Trojan Mine)
Fig.II-39-1	Spectral IP Pseudo-Section of Line A (1)
Fig.II-39-2	Spectral IP Pseudo-Section of Line A (2)
Fig.II-39-3	Spectral IP Pseudo-Section of Line A (3)
Fig.II-40-1	Spectral IP Pseudo-Section of Line B (1)
Fig.II-40-2	Spectral IP Pseudo-Section of Line B (2)
Fig.II-40-3	Spectral IP Pseudo-Section of Line B (3)
Fig.II-41-1	Spectral IP Pseudo-Section of Line C (1)
Fig.II-41-2	Spectral IP Pseudo-Section of Line C (2)
Fig.II-41-3	Spectral IP Pseudo-Section of Line C (3)
Fig.II-42-1	Spectral IP Pseudo-Section of Line D (1)
Fig.II-42-2	Spectral IP Pseudo-Section of Line D (2)
Fig.II-42-3	Spectral IP Pseudo-Section of Line D (3)
Fig.II-43-1	Spectrum Diagram of Line A (1)
Fig.II-43-2	Spectrum Diagram of Line A (2)
Fig.II-44-1	Spectrum Diagram of Line B (1)
Fig.II-44-2	Spectrum Diagram of Line B (2)
Fig.II-45-1	Spectrum Diagram of Line C (1)
Fig.II-45-2	Spectrum Diagram of Line C (2)
Fig.II-46-1	Spectrum Diagram of Line D (1)
Fig.II-46-2	Spectrum Diagram of Line D (2)
Fig.III-1	Compilation Map of CSAMT, SIP Results, Geology & Geochemistry

LIST OF TABLES

Table.II-1	Geophysical Survey Plan
Table.II-2	Outline of Field Survey
Table.II-3	Table of Skin Depth
Table.II-4	CSAMT Survey Instruments
Table.II-5	Spectral IP Survey Instruments
Table.II-6	IP Properties of Ore and Rock Sample
Table.II-7	Calculating method of Real Part, Imaginary Part

要 約

要 約

1. 第2年次調査は、第1年次調査結果から抽出された地域(21km²)について鉱化作用の地下深部における連続性を把握することを目的として物理探査(CSAMT法, SIP法)を実施した。

2. 第2年次調査地域全域に対して実施したCSAMT法(測点数:306点)では、各所で20Ω-m以下の低比抵抗帯が認められた。

これらの低比抵抗帯について、第1年次調査で把握した地質状況及び地化学探査異常の分布状況から判断して、ニッケル・銅鉱床に関係する可能性のある低比抵抗帯を抽出し、SIP法(A~D測線, 総延長10km, 測点数:300点)を実施した結果、各SIP測線においてIP異常が検出された。

3. 検出されたIP異常域は、調査地域において期待されるニッケル・銅鉱床の母岩である蛇紋岩及び本岩に接する縞状鉄岩の分布域にあり、また既知鉱床(Trojan 鉱山)の母岩である蛇紋岩の東方延長部に位置するために鉱床に関係するIP異常の可能性はある。

そのため、次年次にはこれらのIP異常域における鉱床賦存状況を把握するためのボーリング調査を行うことが望ましい。

第 1 部
總 論

第1章 序 論

1-1 調査目的

本調査は、調査地域における地質状況を解明し、鉍物資源賦存状況を把握することを目的としている。

第2年次調査にあたる本年次は、第1年次調査において実施した地質調査、及び地化学探査により徴候が認められたC地区1箇所(2.7km²)及びD地区3箇所(計18.3km²)について、物理的特性に基づく異常帯の抽出及びその性質を解明することにより、ニッケル・銅などの鉍化作用の地下深部への連続性を把握することを目的として、物理探査(CSAMT法及びSIP法)を実施した。

1-2 調査作業の概要

調査は、1984年7月6日の日本出発から同年11月19日の帰国までの137日間にわたって実施された。

調査は、まずCSAMT法を実施して鉍床の存在を反映する低比抵抗帯の検出に努め、その結果得られた異常帯を第1年次調査の地質調査・地化学探査の結果と併せ検討し、次段階の探査手法としてのSIP法の対象地区を選定した。

実施した作業量は、CSAMT法が306測点、SIP法が測線長10km、300測点であった。

また帰国後、採取した岩石試料22個についてSIP室内実験を実施した。

調査は、カウンターパートである地質調査局の職員や物探関係者の協力を得て友好裏に行われた。

1-3 調査団の編成

本年次調査の計画策定、現地折衝、及び現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

(1) 調査計画策定・現地折衝

日 本 側	
中 山 健	金属鉍業事業団
山 本 恭 久	"
江 沢 忠 昭	"
鈴 木 洋 介	同 ナイロビ海外調査員

ジンバブエ側

E. R. Morrison 鉍山省地質調査局

D. E. H. Murangari 鉸山省地質調査局

C. B. Anderson "

(2) 現地調査団

日本側

香村明美 団長 同和工営株式会社

遠藤康雄 団員 "

椿田利家 " "

ジンバブエ側

Peter Zhou 鉸山省地質調査局

Mabasa Hawadi "

第2章 調査地の一般概況

2-1 位置・交通

調査地域は、首都Harareの北東直距離約70kmにあるBinduraの町の東南方14km～25kmに位置する。HarareからBinduraまでは、車で1級国道を87km、約1時間で達することができる。Binduraから本年次調査地区に至るには、一部未舗装道路を利用しなければならないが、アクセスに問題はない。所要時間はD1地区まで約20分、C地区まで約40分である。

2-2 地形・気候・植生

調査地域は、南部アフリカ高原地帯にあり、標高1,000m～1,200mの所に位置する。地形は地質をよく反映しており、安山岩ないし玄武岩質溶岩類、蛇紋岩類、縞状鉄岩などが分布する地帯は、地質の伸びに平行した比高200m～300mの細長い山地を、また花崗岩、片麻岩の分布する地帯は特徴的な円丘状の山丘を形成している。調査地の大部分は前者の地帯に属しており、植生は粗な灌木が繁茂している程度である。

調査地域は、南緯17度付近にあるにもかかわらず、高原地帯であるため熱帯性気候を示さない。乾季と雨季が明瞭に分かれており、乾季は5月から10月まで、雨季は11月から4月までであり、年間降雨量は700mm～900mmである。調査時は乾季の終わりに当たり、日中の気温は25℃～30℃だが、夜間は17℃程度に下がり、特に早朝は肌寒さを感じるほどであった。10月は最も暑い時期で、夜間を通して30℃近い熱帯夜が数夜あった。しかし、11月に入ると天候は急激に変化し、連日午後から降雨を見るようになり、気温も20℃前後に降下した。

2-3 一般社会状況

ジンバブエ共和国は、1980年に独立を果たした国であるが、それまでは少数白人支配を受けていた国際的な孤児であった。独立後は、白人とアフリカ人が共同して同国の発展に寄与するような政策を進めようとしている。他面、人口の約74%を占めるショナ族と、少数派のマタベレ族とは対立関係にあり、南部のBulawayo付近では、マタベレ族のゲリラ活動があるとされるが同地域を除いてはおおむね平穏で、特に調査地周辺は首都Harareにも近く、治安上の問題は全くない。

調査地域周辺の主な産業は農業と鉱業であり、Binduraは両産業の中心地である。周辺の大農場はほとんどが白人によって経営されているが、遠隔地に行くとアフリカ人の自治区があり、小規模な手作業による農業が営まれている。農作物は、とうもろこし、たばこ、綿花を

主体とし、一部にコーヒー、茶、柑橘類、野菜などが作られている。また牛の牧畜も盛んである。

鉱業は、Binduraから南西約5 kmの地点に同国最大のニッケル鉱山であるTrojan鉱山が、東方約20 kmにはShamva金鉱山が、東北方約1 kmにはR.A.N.金鉱山があり、いずれも稼行中である。一方、Mazoe川沿いの各所では、地元民によって小規模に砂金が掘られている。これらの鉱業活動は、地方の経済に大きく寄与している。

調査地のインフラストラクチャーは、交通（鉄道・道路）、通信（郵便・電話）、電力、労働力、住宅などが整っている。

最近の社会情勢は、独立後の社会主義化政策も徐々に浸透し、白人の流出の増加もあって（1984年現在約7万人残留）変化しつつある。世界的な不況の影響と、ここ3年続いた干ばつによる農業不振によって、国際収支は悪化し、苦しい経済情勢の中におかれている。

インフレーションは激しさを加え、ジンバブエ・ドルは急激に価値を下げている（1984年11月現在1 Z\$ = 0.7 US\$）。政府は、経済の立て直しを計って、利益・配当の国外送金の停止や、輸出入の規制の強化など、次々と対応策を打ち出している。

周辺諸国、特に隣国モザンビークの干ばつによる食料不足は、難民の流入という形でジンバブエに影響を与えているが、ジンバブエ国内においては食料不足といった問題は起っていない。

第3章 調査地の地質・鉱床

3-1 地 質

当国の地質は、東部の大半を占める始生界のローデシヤ剛塊と、残りの地域を占めるそれ以後の若い地質からなる地帯とに分けられる。

東部のローデシヤ剛塊は、36億～24億年の世界最古の剛塊の1つであり、緑色岩帯を内部にとり込んだ花こう岩・片麻岩の複合岩帯からなっている。緑色岩帯は、砕屑性堆積岩と苦鉄質溶岩・火砕岩類を主要構成物とする緑色岩相の変成を受けた弧状帯で、次のような層序を示す。

Shamvaian 層群 堆積岩類を主とする。

粘土質～礫岩質堆積岩類，珪長質火砕岩類

Bulawayan 層群 苦鉄質溶岩・火砕岩を主とし，変堆積岩類を伴う。

安山岩質～玄武岩質溶岩類，同質火砕岩類，超苦鉄質（コマチアイト質）溶岩，チャート，縞状鉄岩，石灰岩

Sebakwian 層群 苦鉄質溶岩を主とする。

安山岩質～玄武岩質溶岩類，同質火砕岩類

本剛塊は、当国の北部，東部，南部で，Zambezi, Mozambique, Limpopo の各造山帯（いずれも原生代）によって囲まれている。また，当国中央部にほぼ南北に伸びて総延長540kmに達する超苦鉄質～苦鉄質層状分化岩体であるいわゆる Great Dyke が発達している。（25～36億年）

本剛塊の西方及び南方は，下部～中部原生代の Lomagundi 台地堆積層，石炭紀～三疊紀の Karroo 堆積層・玄武岩溶岩層，始新世の Kalahari 風成砂岩などによって覆われている。

調査地域は，緑色岩帯の1つである Mazoe-Shamva 帯にある。ここには安山岩質～玄武岩質溶岩類，同質火砕岩類を主とし，コマチアイト質溶岩，縞状鉄岩，チャート，石灰岩，砂岩などの堆積岩類を伴う上部 Bulawayan 層が発達している。地域の西方と南方には，基盤の花崗岩類が再活動した結果大部分で緑色岩帯に対して貫入相を示す花崗岩・片麻岩複合岩体が分布する。

本年度調査地域には，上部 Bulawayan 層の諸岩石を貫く蛇紋岩の貫入岩体が広く分布している。これら蛇紋岩の貫入岩体や，上部 Bulawayan 層中の一部の超苦鉄質溶岩は，MgO成分

の著しく多い(35%以上)コマチアイト系の岩石であり、特徴的なスピニフィックス組織がしばしば発達することで識別される。

地域南部、D2、D3地区付近は、周囲の花崗岩複合岩体の分布形態に規制され、断層などの構造線もよく発達し、複雑な地質構造を呈している。しかし、地表調査の結果から判断すると、地層は垂直に近く急斜していると思われる。

Fig. I-2,3,4に本年度調査地域の地質図を示す。

3-2 鋳 床

調査地域内には、次のような鋳床が分布している。

(1) 含金石英脈を主とする金鋳床

Shamva 鋳床、Bindura 花崗岩体周辺金鋳化帯(Kimberley Reef, R. A. N., Kingsley Hoard, Prince of Wales, Slam, Promoter, Hay の諸鋳床)、Montdor 鋳床、Red Dragon 鋳床、Churchill 鋳床、Ivan 地区、Inyagui 鋳床、Kadangi 鋳床 など

(2) 超苦鉄質岩に伴うニッケル・銅鋳床

Trojan 鋳床、Katiyo 鋳徴地、Tynan 鋳徴地

(3) ベグマタイト鋳床

Uzumba 鋳床、Zero 鋳床、Wanroo 鋳床、Look and Weep 鋳床、Chenjera 鋳床、Tafuna Hill 鋳床群、Robnik 鋳床、Majenzi 鋳床、Dale4 鋳床、Nyagui 鋳床、Lochness 鋳床、Mkanga 鋳床

このうち、稼行中の鋳床は、Shamva 鋳床、R. A. N. 鋳床、Trojan 鋳床であり、その生産規模は次のとおりである。

Shamva 鋳山	：	産金量	540 kg / 年
		粗鋳量	150,000 t / 年
		品位	4.5 g / t
R. A. N 鋳山	：	すべて公表資料なし	
		極めて小規模操業	
Trojan 鋳山	：	産ニッケル量	3,025 t / 年
		粗鋳量	746,000 t / 年
		品位	0.55% Ni

本調査地域の西方に位置する Trojan 鋳床は、超苦鉄質岩に伴って胚胎するニッケル鋳床であり、上部 Bulawayan 層の下部層準に発達するコマチアイト質溶岩または貫入岩に密接に関係している。このようなコマチアイト質超苦鉄質岩に関係するニッケル鋳床は、

通常、ソレナイト質苦鉄質岩に關係するニッケル鉱床（サドベリー鉱床など）と比べて著しく高いNi:Cu比（15:1程度）を示す。

本調査地域内には、Trojan 鉱床の胚胎層準にあたる上部Bulawayan層の下部が発達し、またコマチアイト質超苦鉄質溶岩や貫入岩（蛇紋岩）が広く分布している。このような地質環境から、本年次調査地域は、この種のニッケル鉱床の潜在可能性が最も期待される。

本年次調査地域内には、Tynan ニッケル鉱化帯とLochness 含錫石ペグマタイト鉱床が賦存する。

Tynan ニッケル鉱化帯

本年次調査地域のD3地域内にある。グラファイト質堆積岩、縞状鉄岩、コマチアイト質玄武岩、同質火砕岩の中に貫入した蛇紋岩に伴って胚胎するニッケル鉱化帯であり、物探測点、D-10-39からD-9-42附近に位置する。

本鉱化帯は、かつてRio Tinto, Anglo Vaal, J. C. I., Blanket Mines, Prospecting Ventures (A. A. C.), Tynan Syndicate などによって、精力的に地質調査、土壤地化学探査、トレンチング、試錐探鉱などが実施された実績がある。なかでも、Blanket Minesは、1975年頃最も活発に探鉱を行い、10本の試錐が行ったが、弱い鉱化帯を捕捉するにとどまり、探鉱を中止した。

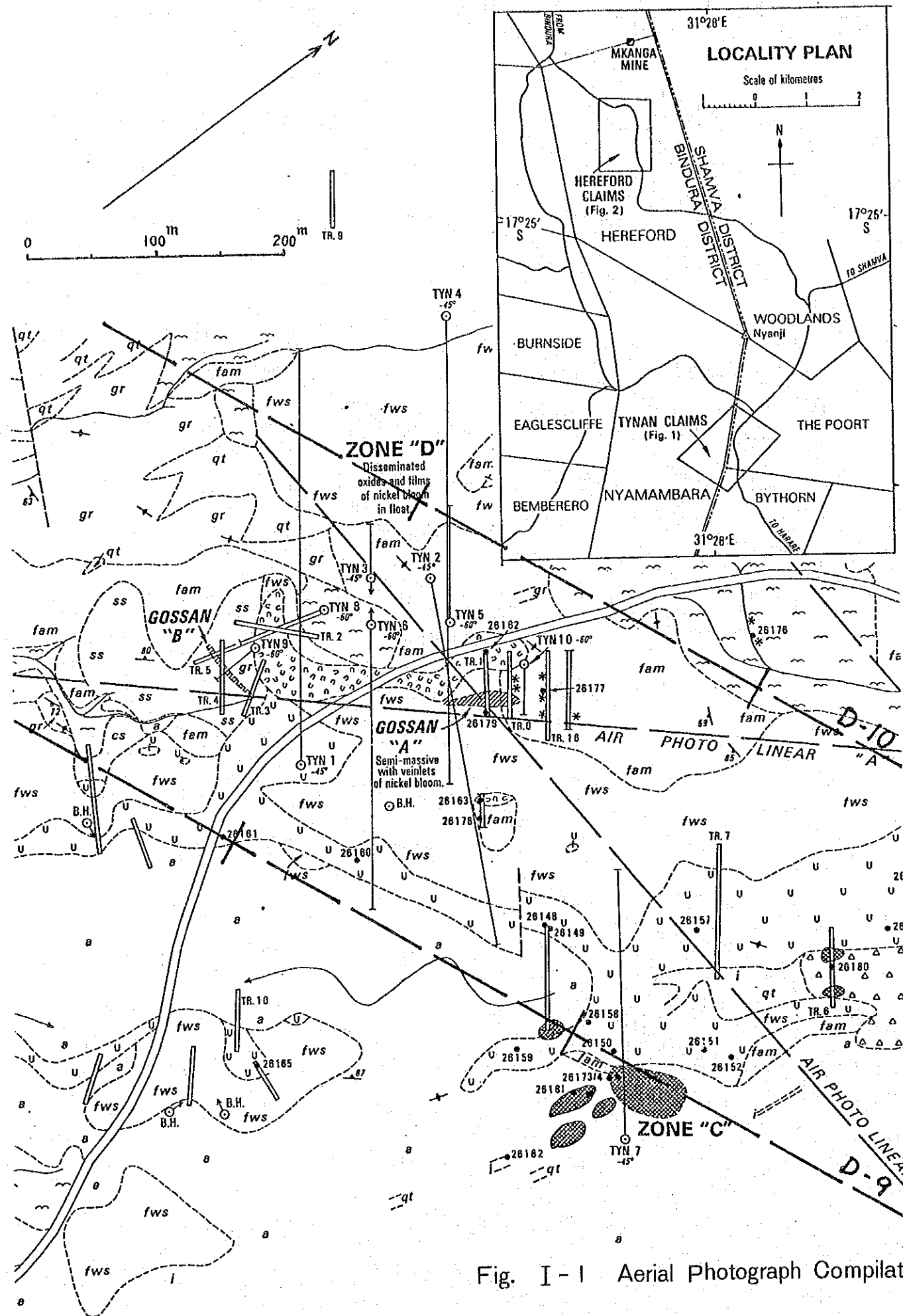
1975年にBlanket Minesが行った調査の結果をFig I-1に示す。本年次実施したCSAMT法の測定範囲には、この鉱化帯が含まれているが、SIP法はこの鉱化帯より南方へ400m~800m離れたD-7測線で実施している。

Lochness 含錫石ペグマタイト鉱床

D1地区の物探測点D-39-6からD-38-6にかけての山陵の峰部に、略南北に伸びて分布するペグマタイト鉱床である。石英と長石の大結晶と多量の白雲母からなり、黒色~淡緑色~ピンクを呈する長さ5cmに達する電気石の結晶をしばしば伴う。

このペグマタイト岩脈の北端部に掘下り採掘跡があるが、その周辺のズリ量からみて規模は小さく、深さはせいぜい数m程度のもと思われる。採掘ズリ中には、肉眼的に錫石を認めることは困難である。

本ペグマタイトの北方300m、測点D-40~D-41附近にも、同程度のペグマタイト岩脈が分布しているが、こゝは採掘された形跡がない。



EXPLANATION

- | | |
|--------------------------------------|--|
| | Alluvium or soil cover |
| | Talus |
| | Gossan |
| | Microgranite with lepidolite greissen |
| ULTRAMAFIC SUITE | |
| | Massive to weakly sheared, fine-grained translucent serpentinite (ms Unit) |
| | Weathered ferruginous (jaspery) serpentinite |
| | Spotted serpentinite |
| | Massive serpentinitized dunite (sd Unit) |
| MAFIC SUITE | |
| | Sheared chloritic greenstone |
| | Fibrous amphibolite—a contact alteration of the chloritic greenstones |
| | Fine-grained chlorite schist |
| SEDIMENTARY SUITE | |
| | Black graphitic argillite, |
| | Sulphidic argillite |
| | Arkose and greywacke |
| | Fine-grained, fractured quartzite |
| | Ironstone gossan, sometimes fractured |
| | Geological contact |
| | Fault or fracture |
| | Foliation, strike and dip |
| | Foliation, where vertical |
| | Blanket Mines Borehole with inclination |
| | Trench |
| | Stream - course |
| <u>Additions by L. Haynes, 1983.</u> | |
| | Gossan |
| | * Spinifex texture seen |
| | B.H. → Early borehole with direction of inclination |
| | Trench |
| | ● 28183 Sampling point and Geological Survey collection number |

SHAMVA AND BINDURA DISTRICTS
 Modified by L. Haynes
 from a compilation by N.J.G. Graham for Blanket Mines (Pvt.) Ltd., 1975.

Fig. I - 1 Aerial Photograph Compilation of the Surface Geology TYNAN CLAIMS

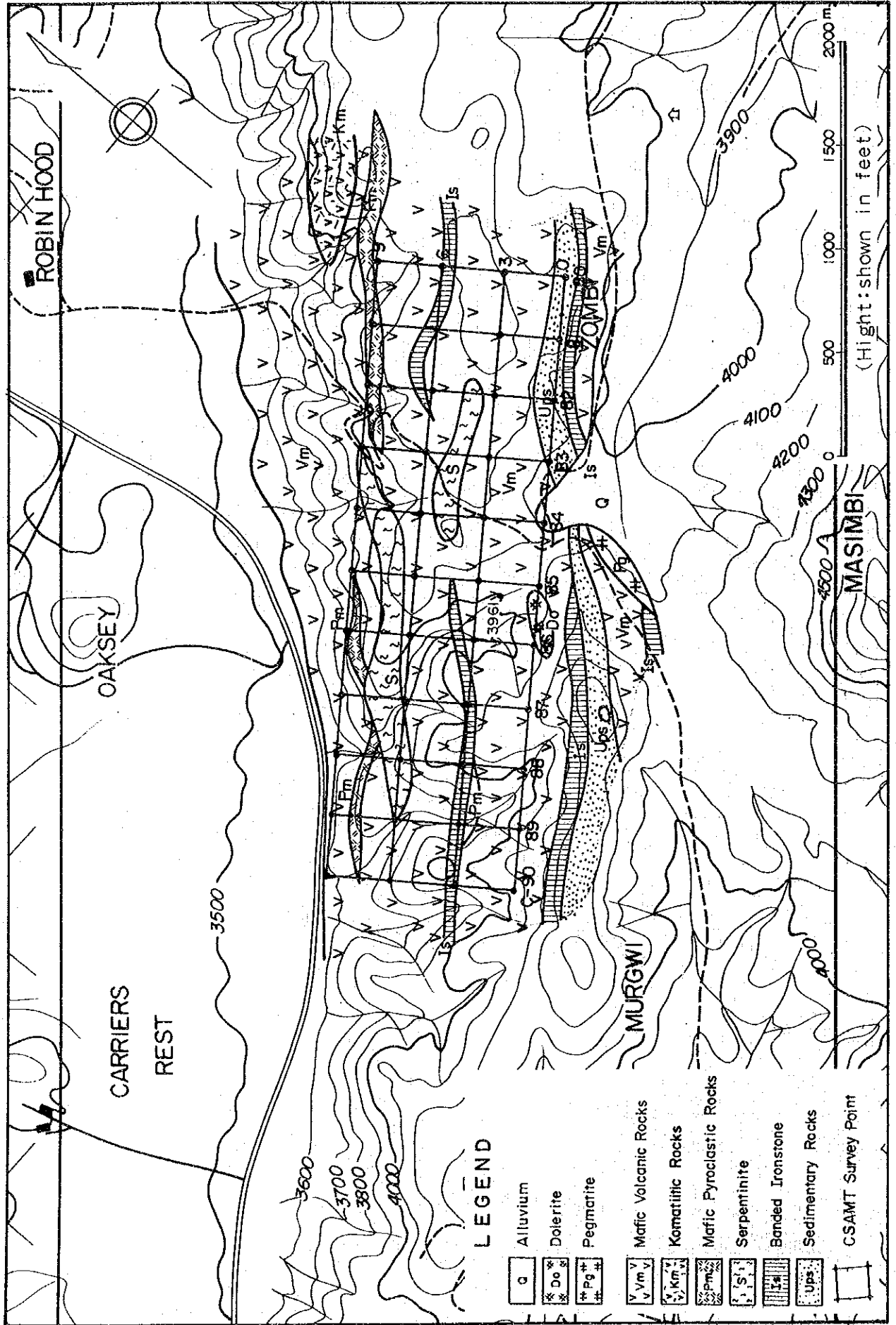


Fig. I-2 Geological Map of Area C

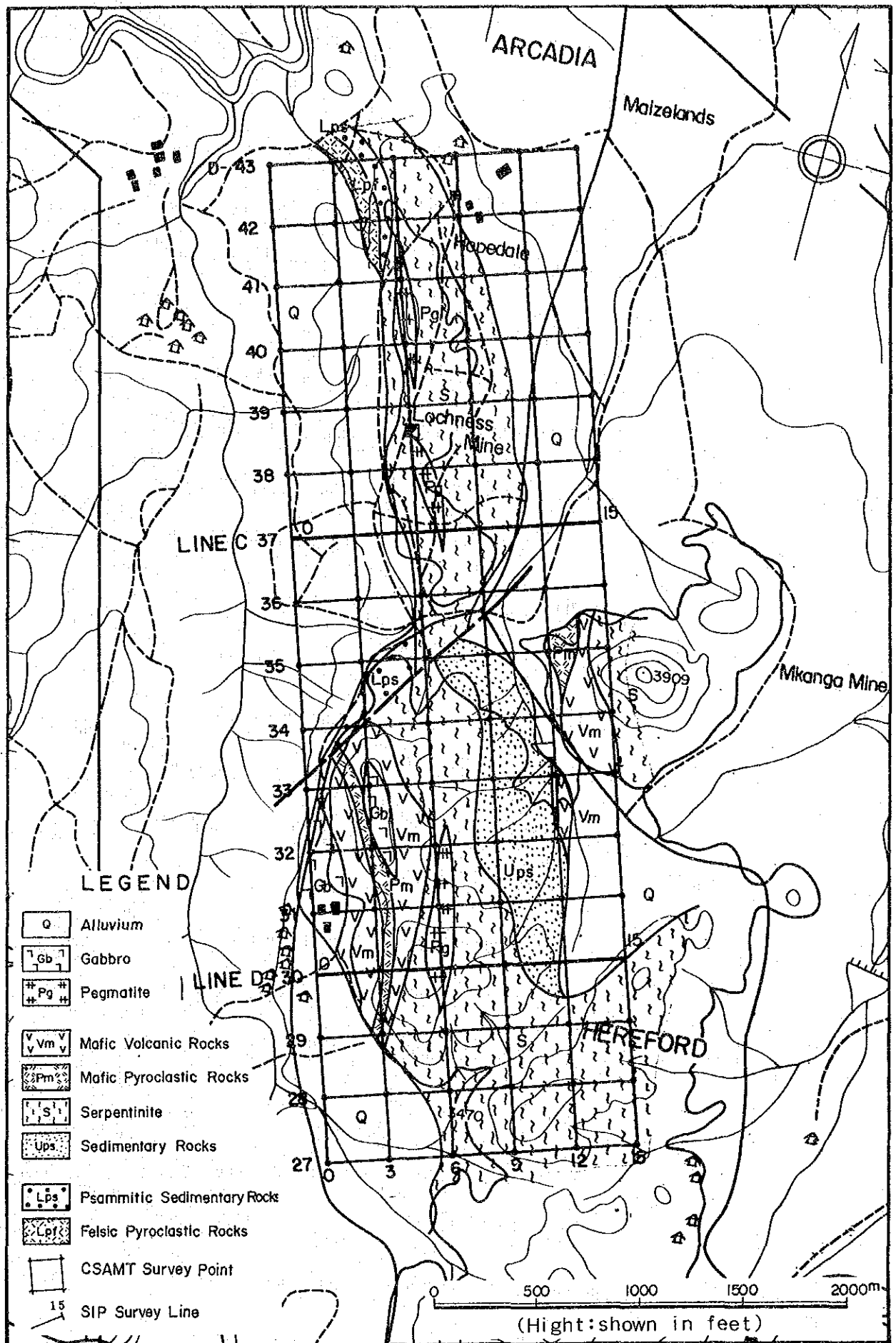


Fig. I - 3 Geological Map of Area D I

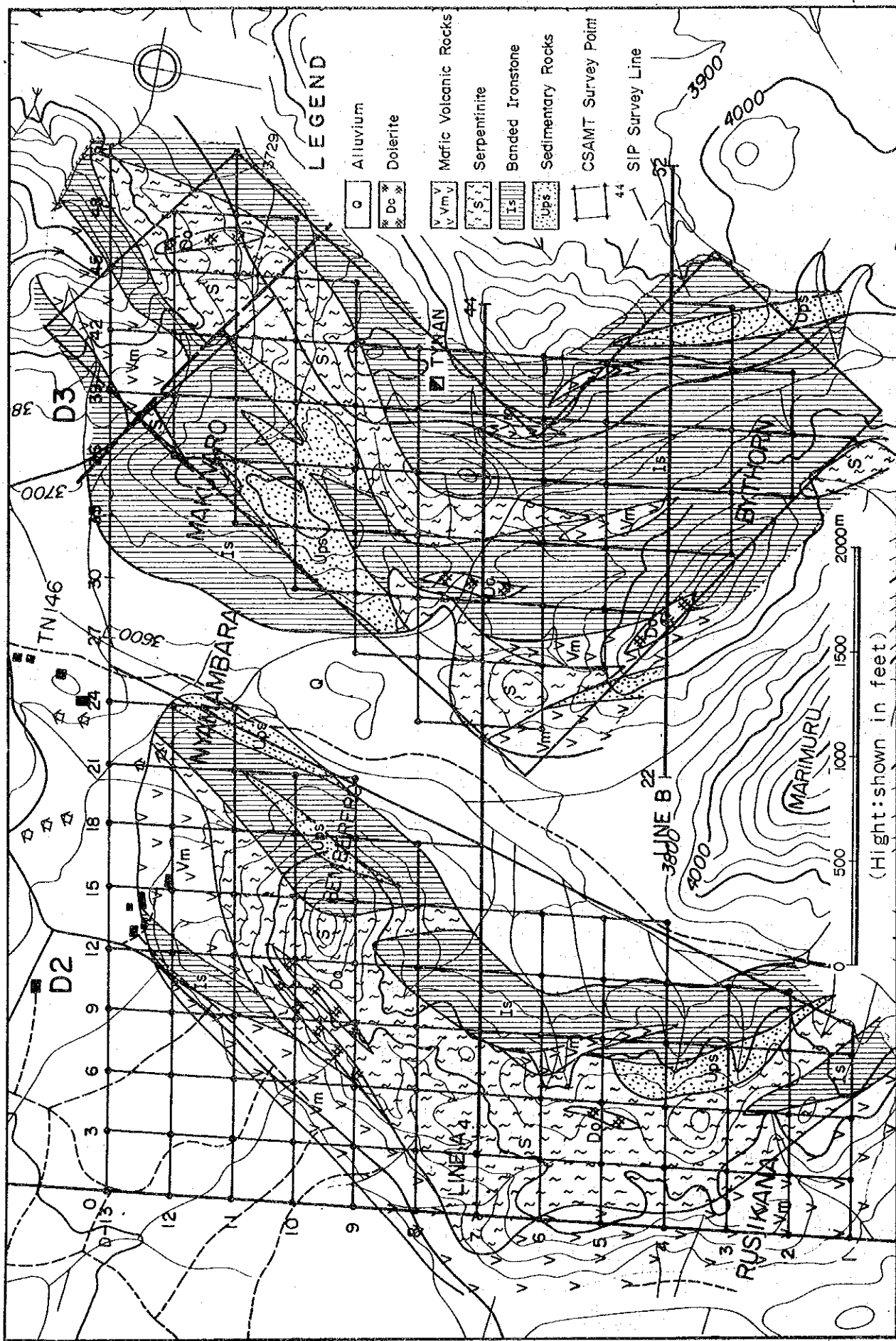


Fig. I - 4 Geological Map of Area D2, D3

第 2 部
物 理 探 查

第1章 概 説

1-1 調査計画

CSAMT法の調査範囲をFig. II-1に示すとおり設定し、その調査結果に基づいてSIP法の実施対象区域を決定することとした。

また、調査地域における代表的な岩石及び鉍石を採取して、野外測定と同一の周波数による室内SIP試験を実施することとした。

本年次の調査量はTable II-1に示すとおりである。

Table II-1 Geophysical Survey Plan

(Field Work)

Method	Area	Plan
CSAMT	Area C	Area : 2.7 km ² Survey Point : 44
	Area D	Area : 18.3 km ² Survey Point : 260
SIP	Area C and D	Survey Line Length : 10.0 km Survey Point : 300

(Laboratory Work)

Item	No. of Samples
Laboratory SIP Sample Test	20

1-2 調査法の概要

CSAMT法は、1Hz前後から数kHz前後までの周波数帯について電磁場を観測する方法で、IP法と比較すると直線的な測線を必要としないこと、電流極の移動が少ないことなどの長所があり、広域概査法として鉍化帯及び変質帯などに起因する低比抵抗帯を迅速に抽出することができる。そのために、金属鉍床探査のほか地熱探査においてよく利用されている。

SIP法は、0.125～88Hzの多周波を使用し、電位差(Magnitude)と位相差(Phase)を測定し、CSAMT法では得ることのできないIP効果をスペクトル特性として捉える方法である。

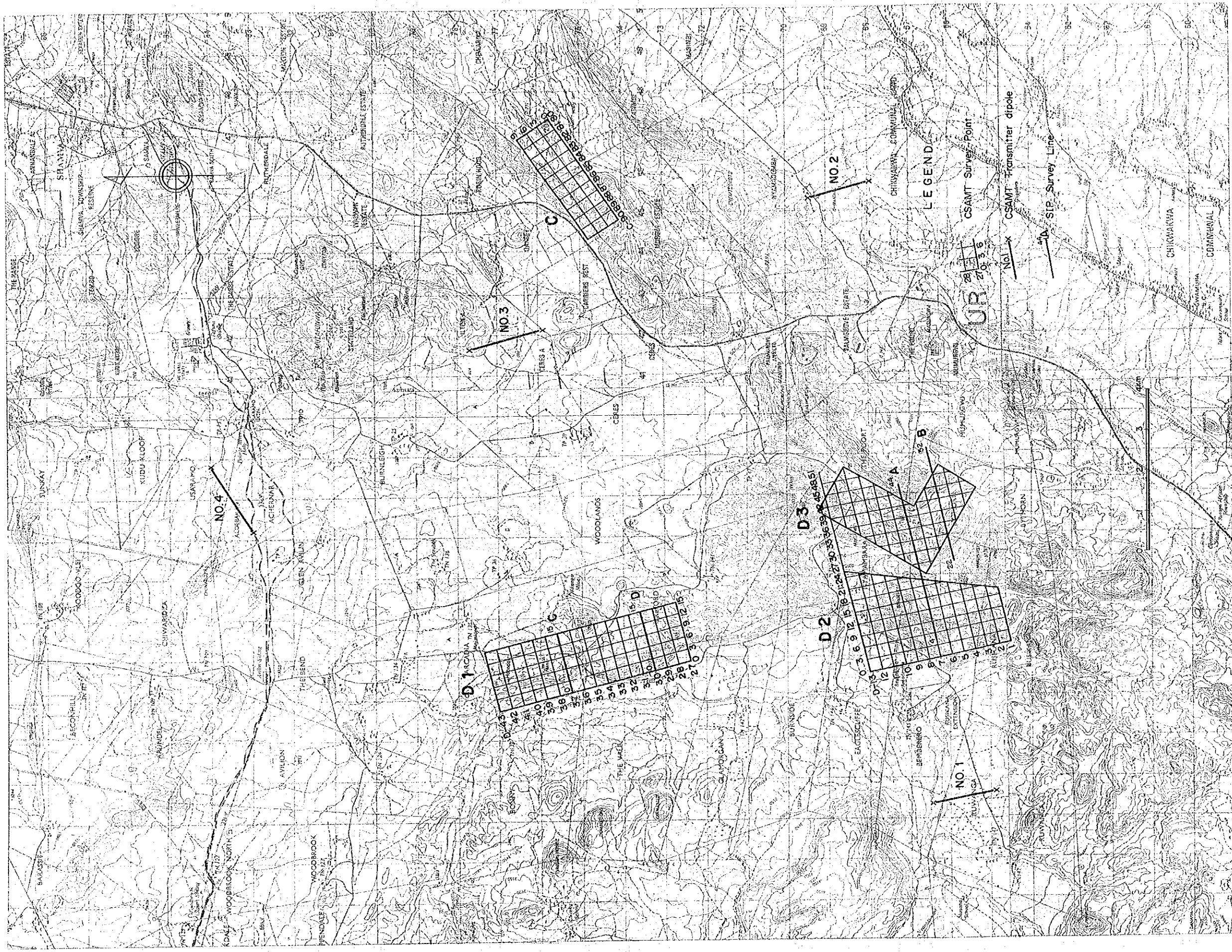


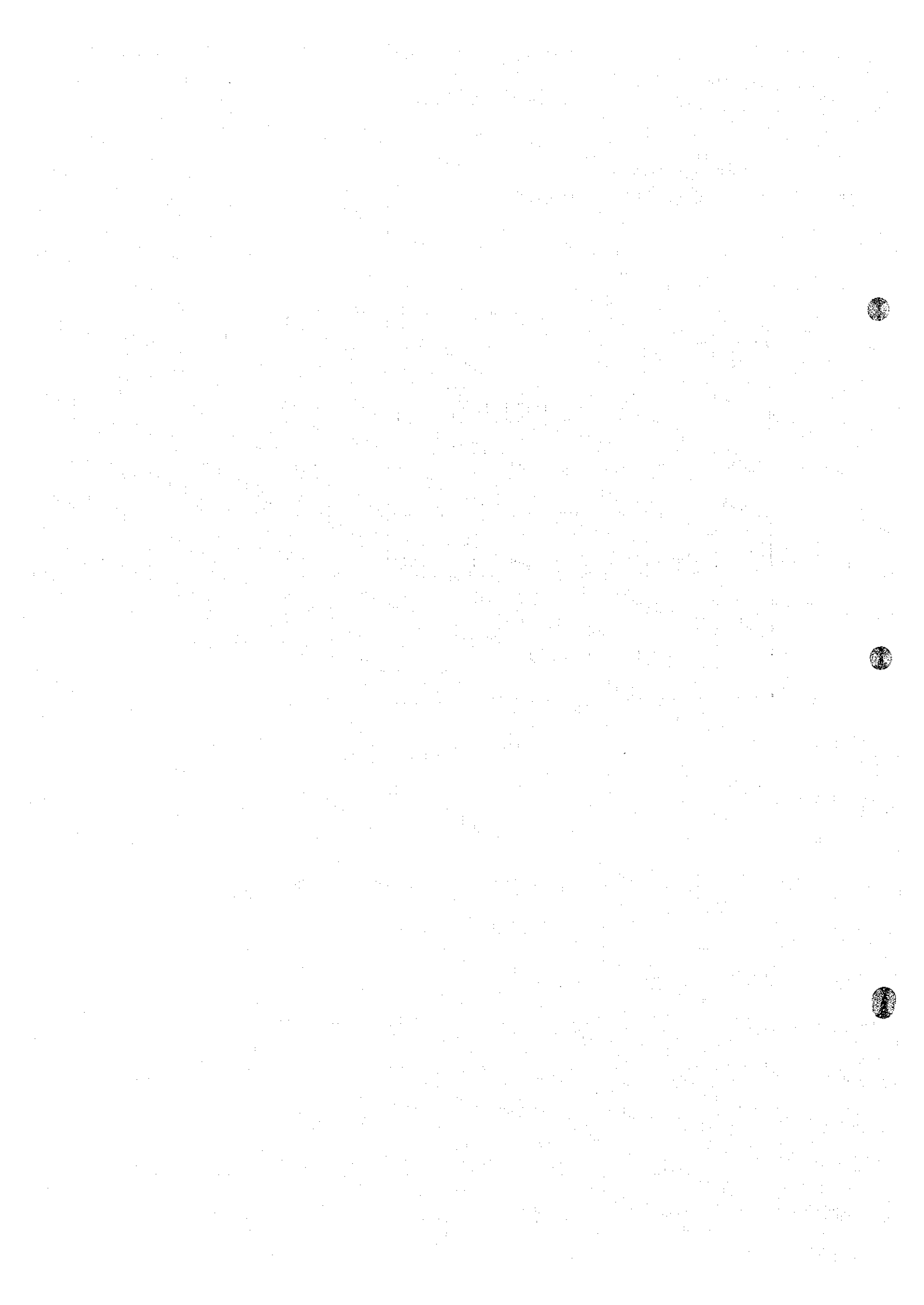
Fig. II - I Location Map of Survey Area (2)

1-3 作業実績と能率

本年次の現地作業実績は、Table II - 2に示すとおりである。

Table II-2 Outline of Geophysical Survey Schedule

方法	地区	期 間	日数	測線長	測点数	備 考	
CSAMT	C	9月30日~10月6日	14日	/	71点	<ul style="list-style-type: none"> ・期間には、測量・伐採を含む。 ・能率5.4測点/日 (306測点/57日) ・測定器の不調によりZonge社(USA)の技師を招き修理整備を行ったため、測定開始は予定より約1か月遅れた。 	
	D	D1	9月16日~9月29日		22		89
		D2	8月25日~9月15日		14		102
		D3	8月11日~8月24日		7		44
	計				57		306
SIP	Aline	10月17日~10月29日	13	4.0 ^{km}	160	<ul style="list-style-type: none"> ・期間には、測量・伐採を含む。 ・能率1.5測点/日 (300測点/26日) 	
	B "	10月30日~11月5日	7	3.0	80		
	C "	11月6日~11月8日	3	1.5	30		
	D "	11月9日~11月11日	3	1.5	30		
	計			26	10.0		300



第2章 CSAMT 法

2-1 調査方法

2-1-1 測定方法

本調査で採用したCSAMT法の測定システムをFig. II-2に示す。

送信電流の周波数は、4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1,024, 2,048 Hzの10周波数である。

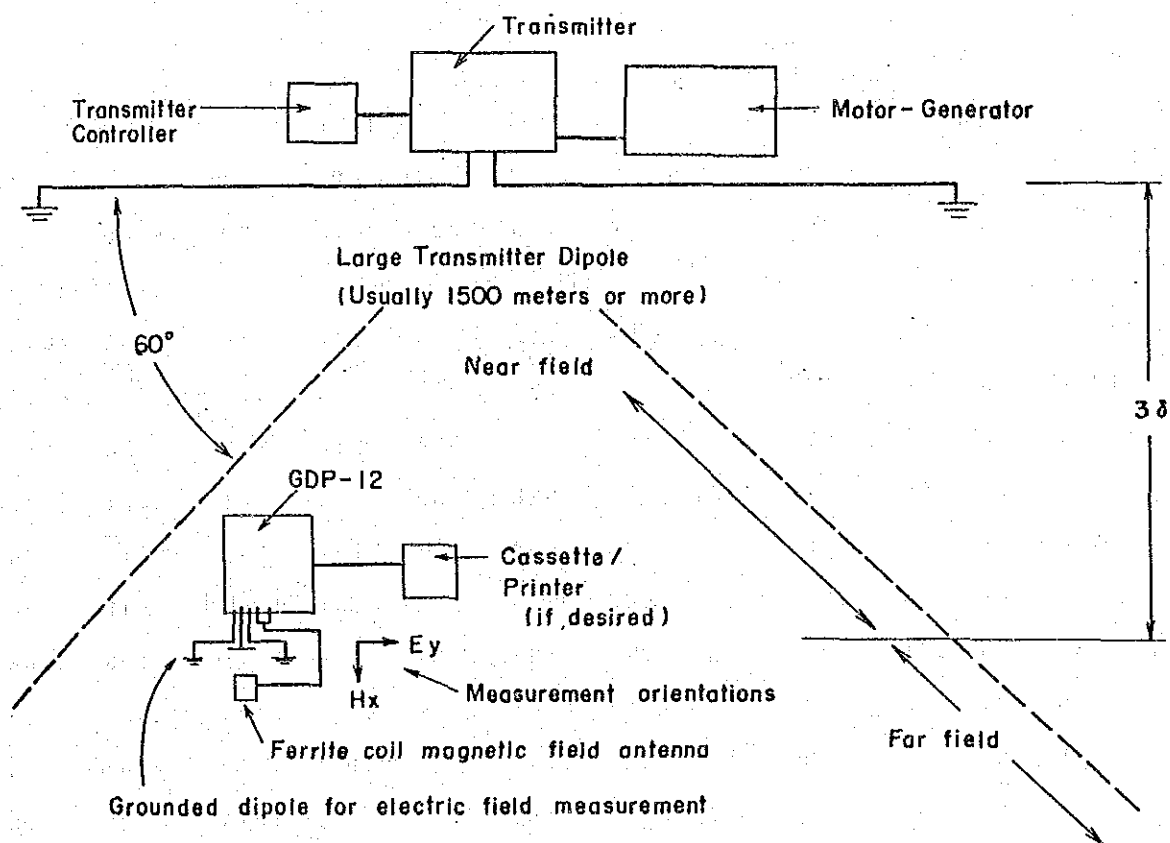


Fig. II-2 CSAMT Geometry

測定成分は、2箇所の電流電極を結んだ方向と平行な電場Eと電場と直交する磁場Hである。電場と磁場の信号は、受信機(GDP-12)内で処理され、見掛比抵抗(ρ_a)及び磁場と電場の位相差(PD: Phase Difference)が出力される。

送信部と受信部の距離は、受信部において平面電磁波の仮定が近似的に成立すると考えられる表皮深度(Skin depth)の3倍以上(通常5~10km)にする必要がある。表皮深度は、次式によって計算される。

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

δ : 表皮深度 (m)

ρ : 比抵抗 ($\Omega\text{-m}$)

f : 周波数 (測定で使用した最低の周波数, ここでは 4 Hz)

上式を用いて半無限均質媒質の場合の表皮深度と各パラメーターとの関係を求めると, 第 II - 3 表に示すように, 送信周波数の低いほど, また, 媒質の比抵抗が高いほど表皮深度が大きくなることが解る。

Table II - 3 Table of Skin Depth

Note : Skin Depth (m) = $503 \times \sqrt{\rho/f}$

RESISTIVITY IN OHM-METERS

	5	10	20	40	80	160	320	640	1,280	2,560	
<u>f Hz</u>											<u>f Hz</u>
2,048	25	35	50	70	99	141	199	281	398	562	2,048
1,024	35	50	70	99	141	199	281	398	562	795	1,024
512	50	70	99	141	199	281	398	562	795	1,124	512
256	70	99	141	199	281	398	562	795	1,124	1,591	256
128	99	141	199	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	128
64	141	199	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	64
32	199	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	32
16	281	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	16
8	398	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	8,998	8
4	562	795	1,124	1,591	2,249	3,181	4,499	6,362	8,998	12,725	4

測定は, Fig. II - 2 に示す破線で囲まれた範囲内で実行できるが, 3δ より近い範囲は, near-field になり, 解析が難解になるなどの理由から避けるようにした。

電流電極は, 極力接地抵抗の低下しそうな場所に設置し, 送信機システムは 2 つの電極の間の交通至便な場所に置いた。送信電流値は, Na 1 ~ Na 4 電流電極によって異なるが, 3 A ~ 11 A を大地通電した。

受信機システムの配置を Fig. II - 3 に示す。3 箇の銅-硫酸銅電極と高感度フェライトコア・アンテナをそれぞれ GDP - 1 2 につなぐ。コイルは, 電解のダイポール (電位電極) の中心から 9 m 以上離して, 電界のダイポールと直角になるように方向を定めて設置した。

また, 自動車, 電導性の物体からは約 60 m は離すようにした。

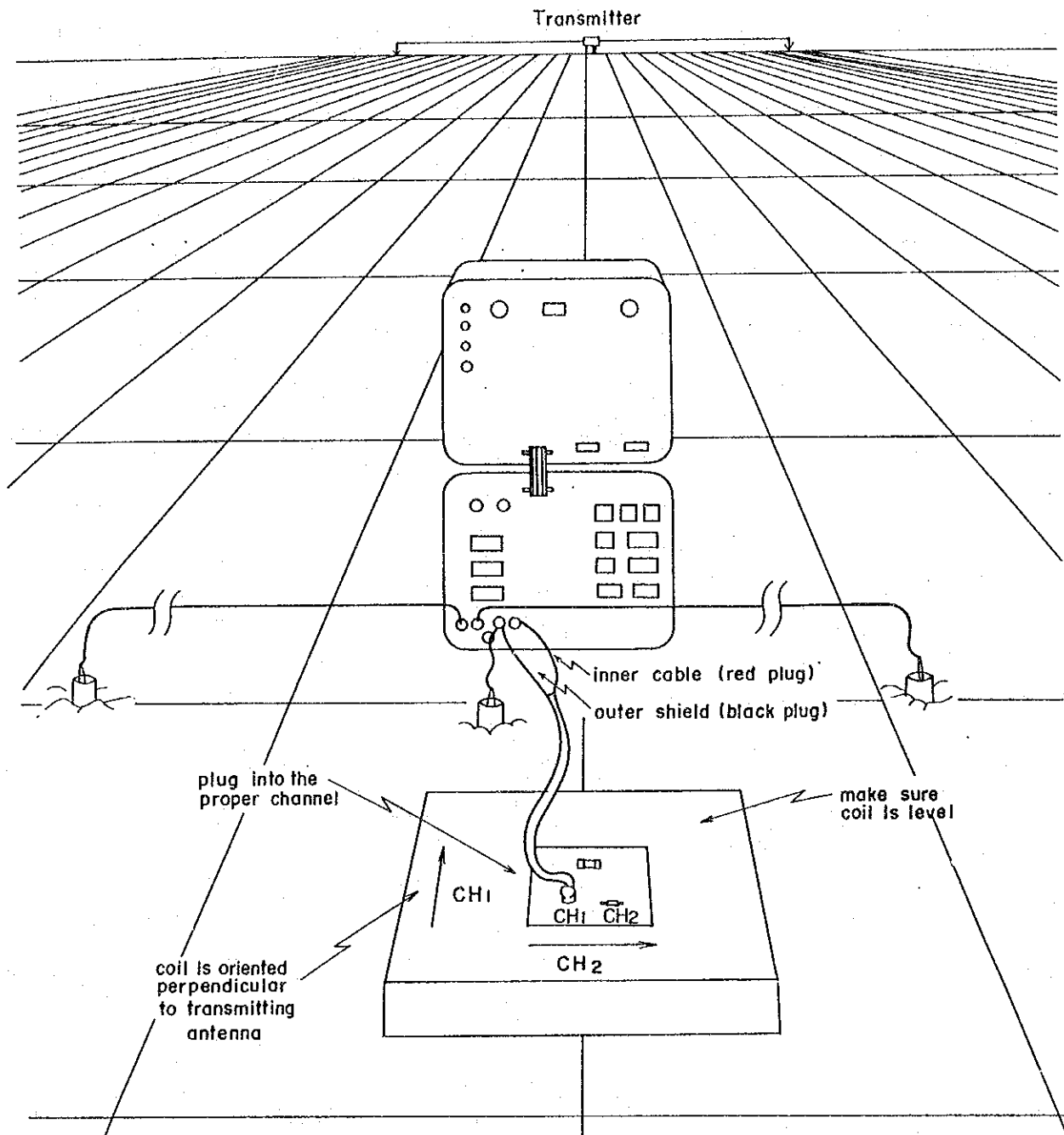


Fig. II - 3 Schematic Diagram of CSAMT Measurement

2-1-2 使用機器

調査に使用した測定装置，器材はTable II-4のとおりである。

Table II-4 CSAMT Survey Instruments

System	Equipment	Specification	Number
Transmitter System	Zonge, Inc. Model GGT-20 Transmitter	Output Voltage: 400 V ~ 800 V Output Current: 0.2 A ~ 25 A Output Wave Form: Rectangular Output Current Frequency: 1/1024 Hz ~ 2048 Hz Weight: 113 kg	1
	Model XMT-12 Transmitter Controller	Control Current Frequency: 1/1024 Hz ~ 2048 Hz Weight: 5.8 kg Power Source: 12 V Battery	1
	Model VR-1 Voltage Regulator	Weight: 3.7 kg	1
	Model ZMG-10 Engine-Generator	Maximum Output Power: 10 KW Frequency: 400 Hz Rating Voltage: 115 V Engine: 23 hp, 2 Cylinder, Aircooling	1
Receiver System	Model GDP-12 Receiver	Input Signal: 2 channels AMF Receiving Frequency: 0.5 Hz ~ 2048 Hz (13 kinds) Receiving Voltage Sensitivity: 0.2 μ V Weight: 15 kg Power Source: 12 V Battery	1
	Model CAP-12 Mini Cassette Recorder	Weight: 6.2 kg Power Source: 12 V Battery	
	Techtronics Model 212 Oscilloscope		1
	AMF Antenna	Weight: 9.8 kg Power Source: 9 V Transistor Battery	1
Electrode	Current Electrode	Iron Rod: ϕ 16 mm, Length 80 cm Copper Net	200 50
	Potential Electrode	Saturated Copper Sulphate Solution Non Polarized Electrode	10
Wire	Fujikura Electric Kyosan Electric	VSP \times 1.25 mm ² Vinyl Wire CVV ₁ \times 3.5 mm ² Vinyl Wire	1000 m 6000 m
Survey Equipment	Ushikata Pocket Compass 100 m Eslon Tape		2
Transceiver	Sony	Output Power: 500 mW	6

2-1-3 測点設定

電流電極は、測定地域から4km離すことを原則として、あらかじめ地形図上で位置を決定し、フィールドにおいてはその地点を中心として左右に各750m以上離れた平坦な場所に設定した。電流電極の位置についてはFig. 3に、また座標値については別冊中に一覧表を添付した。

電位電極は、調査地域全域においてポケットコンパス及び間縄を用いて、300m間隔のグリッドで測点を決定した。(Fig. II-1)

2-2 データ処理と解析方法

2-2-1 CSAMT法の基礎について

MT法(Magnetotelluric method, 地磁気地電流法)の地熱・石油探査への応用は10数年前から急速に発展してきたが、この調査法の信号源である自然電磁場は、10Hz以上の周波数成分については強度が不安定で観測不可能であることが多く、したがって地下数100m以浅の部分の比抵抗構造を探索するためには人工信号源を併用するのが一般的である。

Goldstein(1971), 及びGoldstein and Strangway(1975)は、人工信号源として両端接地ダイポール電流源を用いる場合について、その周辺の電場及び磁場の理論式を導き、さらに水槽実験及び野外実験を行って、理論と実験の一致を確めた。この研究の結果、電流源から表皮深度(Skin Depth)の約3倍以上離れた測点で電場・磁場を観測することにより、通常MT法で用いられているカニヤール(Cagniard)の式を適用して大地見掛比抵抗を求めうること、及びMT法の水平成層構造モデル解析法を利用できることが示された。Fig. II-4は2層構造の計算曲線集である。

2次元構造の場合の解析法については、Swift(1971)のMT法の場合の計算法が利用されている。

Sandberg and Hohmann(1982)は、1個の直方体異常物が埋没している場合の地表の見掛比抵抗分布を3次元モデル計算で求めている。なお、かれらはこの調査法に対してCSAMT法(Controlled - Source Audiomagnetotelluric method)という名称を用いた。

CSAMT法は1Hz前後から数kHz前後までの周波数帯について電磁場を観測するもので、地熱・石油の探査においては、MT法と併用することによってMT法では測定困難な数100m以深の構造を知ること利用されている。MT法に比較すると測定所要時間が短いので、調査能率が高いことが利点でもある。

金属鉱床探査では地下500m程度までを探索することが多いが、CSAMT法の探査深度はこの要求にほぼ見合っている。また従来、金属鉱床探査の主力となっているIP法と比較すると、直線的な測線を必要としないこと、及び電流極の移動が少ないので調査速度が早いこと

などが有利であり、一方 I P 効果を測定できない点が不利である。そのため、C S A M T 法を広域概査法として敏化帯などの低比抵抗帯をスピーディーに抽出し、これに対して I P 法あるいはスペクトル I P 法による精査を実施するのが一般的に有効であると思われる。

今回の調査では上記の研究に基づいて各測点において、電流ダイポールに平行な電界成分 (E x) 及び垂直な磁界成分 (H y) の 2 成分を 10 種類の周波数 (f = 2,048 Hz, 1,024 Hz, 512 Hz, …………… 4 Hz) について観測し、下記のカニヤールの式で見掛比抵抗 (ρ a) を算出した。

$$\rho a = \frac{0.2}{f} \left| \frac{E}{H} \right|^2$$

また、各測点において得られた見掛比抵抗対周波数曲線 (ρ a - f 曲線) に M T 法の水平多層構造解析理論を適用して解析し、各測点における地下比抵抗構造を求めた。

2-2-2 データ処理

G D P - 1 2 受信機に表示される観測値は次の 4 種類である。

- ME [mV or μV] …………… 電界チャンネルの受信電圧
- MH [mV or μV] …………… 磁界チャンネルの受信電圧
- RHO [Ω - m] …………… 見掛比抵抗値
- PD [ラジアン] …………… ME と MH の位相差

上記の 4 種の記号はプリンターに打出される記号である。ME と MH のプリンター表示の単位は「mV」である。ただし、野帳には μV 単位でノートしてある。

測点ごとの測定は別冊の一覧表に記載しており、その内容の要点は下記のとおりである。

「電界」 …………… E [mV / km] = ME [mV] / 50 [m] / 1,000 [km / m]

「磁界」 …………… H [Gamma] = MH [mV] / CG / CK (f)

ただし、CG (コイルゲイン) は磁界観測アンテナの内蔵プリアンプの増巾度、CK (f) はアンテナ定数で、アンテナの付属較正表に各周波数ごとに与えられている。

「見掛比抵抗」 …………… RHO [Ω - m]。見掛比抵抗値は、受信機内蔵のマイクロプロセッサーで後記の (b - 3) 式を用いて算出された値である。

「位相差」 …………… PD [rad.]。位相差も受信機内部で算出されて表示された値である。

上記の E, H, RHO, PD は、各周波数毎に数回くり返し観測したデータの平均値を一覧表に記載した。したがって、表の RHO の値は、表の E と H から (b - 3) 式で得られる見掛比抵抗値とは若干の差がある。

見掛比抵抗 (ρ a [Ω - m]) の計算式としては、通常の M T 法で用いられている下記の cagniard (1953) の式を適用した。

$$\rho a = |E_x / H_y|^2 / (2\pi f \mu) \dots\dots\dots (b-1) \text{式}$$

ここに E_x は電界 (V/m), H_y は磁界 (A・Turn / m), f は周波数 (Hz), μ は真空の透磁率 ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m) である。したがって, (b-1) 式は次のようになる。

$$\rho a = 1.267 \times 10^5 / f \cdot |E_x / H_y|^2 \dots\dots\dots (b-2) \text{式}$$

今回の測定値の単位は, 電界は [mV/km] を, 磁界は [ガンマ] を用いたので, この場合の見掛比抵抗の計算式として次の (b-3) 式を用いた。

$$\rho a = 0.2 / f \cdot |E_x / H_y|^2 \dots\dots\dots (b-3) \text{式}$$

位相差の観測値 (PD) は, 別冊に記載したように, 今回の調査では -7 ラジアンないし +8 ラジアンの範囲で大きく変っており, 位相差データの考察に不便であった。電場と磁場の位相差は一般に $45^\circ (= 0.785 \text{ ラジアン})$ 前後であることを利用して, 観測値に適当な補正を加えて, $-90^\circ \sim +90^\circ$ の範囲の補正位相差を求めた。別冊にはこの補正位相差 [単位ラジアン及び $^\circ$] を添付した。

一覧表の各測点の見掛比抵抗値 (ρa) 及び補正位相差 (PD-C $^\circ$) の欄を見ると, 低周波数側で ρa の急上昇と, PD-C $^\circ$ の急減少が多数見られる。これらの多くは, Near Field Effect であると判断される。

データ収集後, 各周波数について見掛比抵抗値の平均値を計算し, この値を用いて, 各周波数ごとに見掛比抵抗の平面分布図 (縮尺 1/25,000) を作成し, 見掛比抵抗平面図とした。(Fig. II-7 ~ Fig. II-15) コンターの間隔は対数的にとり, 10, 20, 50, 100, 200, 500 Ω -m の6種とした。

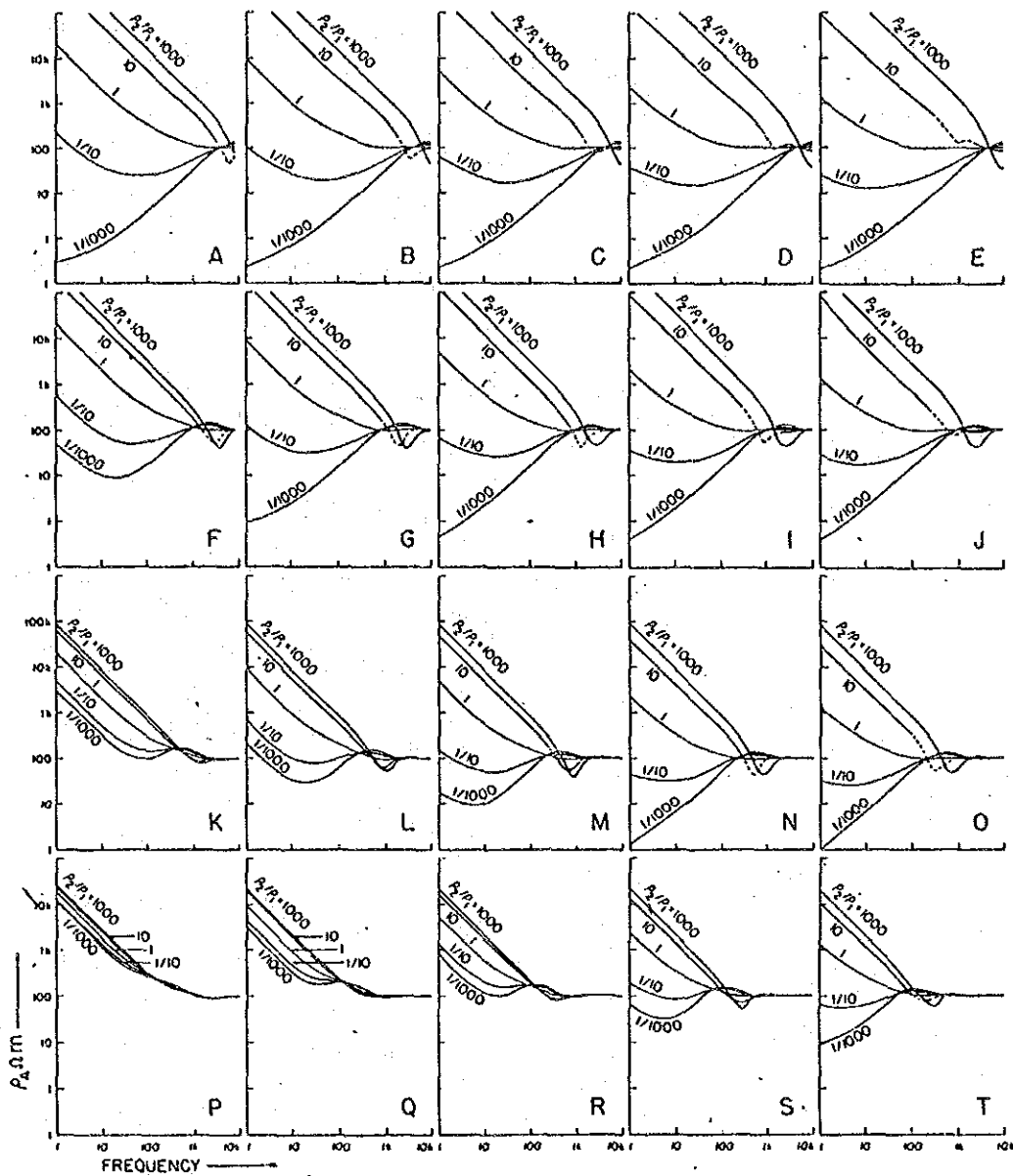
各地区の断面線は, 本地域の地質構造, すなわち C 地区では NE-SW 走向, D 地区ではほぼ NS 方向であることを考慮してこれらを垂直に横切る線とした。

見掛比抵抗断面図 (Fig. II-16 ~ Fig. II-19) は, 10 種類の周波数に対応する見掛比抵抗値を周波数の高い方から順に上から下に向って列記し, 等見掛比抵抗曲線を記入した。見掛比抵抗値は, 地下の表皮深度程度までの平均的比抵抗値を表わすものであるため, 縦軸と深度は一対一に対応するものではなく, 一種の擬似断面図である。

2-2-2 解析方法

解析は, 任意に与えた比抵抗多層モデルについて, CSAMT 曲線を以下に述べる (e-1) 式 ~ (e-6) 式により計算し, 実測値により作図された実測 CSAMT 曲線に近づくように多層モデルを修正するシミュレーション手法により行った。

(n+1) 層水平多層構造 (各層の比抵抗値が $\rho_1, \rho_2 \dots, \rho_n, \rho_{n+1}$; 各層の下底面の深度が $z_1, z_2 \dots, z_n$) に対する表面インピーダンス ($Z_{(0)}$) は, 次式で表わされる。



D	R = 500 m	750 m	1,000 m	1,500 m	2,000 m
50 m	A	B	C	D	E
125 m	F	G	H	I	J
250 m	K	L	M	N	O
500 m	P	Q	R	S	T

Fig. II-4 Representative Families of Curves for Various Depth to the Bottom of First Layer and Various Range

(Goldstein and Strangway, 1975)

The top layer (ρ_1) has a resistivity of 100 Ω -m.

"R" is distance between Tx dipole and receiver point.

$$Z_{(0)} = \frac{E_x}{H_y} \Big|_{z=0} = \frac{i\omega(A_0+B_0)}{\theta_0(A_0-B_0)} \dots\dots\dots (e-1)$$

ここで,

$$\left. \begin{aligned} A_0+B_0 &= A_1+B_1 \\ \theta_0(A_0-B_0) &= \theta_1(A_1+B_1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (e-2)$$

$$\left. \begin{aligned} A_j \exp(-\theta_j z_j) + B_j \exp(\theta_j z_j) \\ &= A_{j+1} \exp(-\theta_{j+1} z_j) + B_{j+1} \exp(\theta_{j+1} z_j) \\ \theta_j [A_j \exp(-\theta_j z_j) - B_j \exp(\theta_j z_j)] \\ &= \theta_{j+1} [A_{j+1} \exp(-\theta_{j+1} z_j) - B_{j+1} \exp(\theta_{j+1} z_j)] \end{aligned} \right\} \dots(e-3)$$

(j=1, 2, \dots, n)

$$\left. \begin{aligned} A_n &= \frac{\theta_{n+1} + \theta_n}{2\theta_n} \exp[-(\theta_{n+1} - \theta_n) z_n] \\ B_n &= \frac{\theta_{n+1} - \theta_n}{2\theta_n} \exp[-(\theta_{n+1} + \theta_n) z_n] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (e-4)$$

ここでは cgsemu 単位系を用いており, θ は波数である。

$$\theta_j = \left(\frac{4\pi i \omega}{\rho_j} \right)^{1/2} \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$$\omega = 2\pi f$$

一方, $1 \text{ mV/km} = 1 \text{ emu}$, $1 \Omega\text{-m} = 10^{11} \text{ emu}$, $1 r = 10^{-5} \text{ emu}$ という関係から (e-3) 式で示した見掛比抵抗計算式を egsemu 単位系で表現すると次式のようなになる。

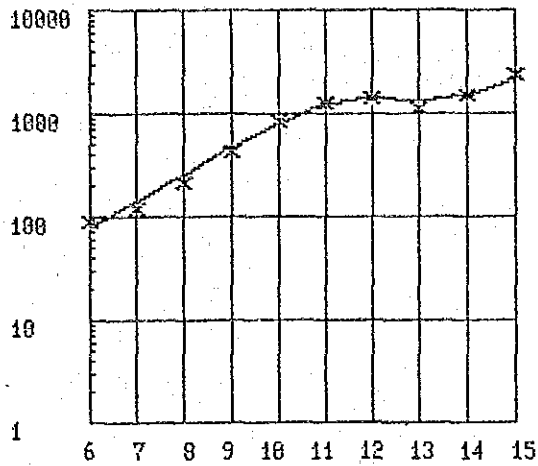
$$\rho_a = \frac{2}{f} |Z_{(0)}|^2 \quad [\text{e. m. u.}] \dots\dots\dots (e-5)$$

したがって, (e-1) ~ (e-4) 及び (e-5) 式から, 見掛比抵抗 ρ_a が求められ ρ_a の単位を $\Omega\text{-m}$ とする場合の表現式は次式となる。

$$\rho_a = \frac{2}{f} |Z_{(0)}|^2 / 10^{11} \quad [\Omega\text{-m}] \dots\dots\dots (e-6)$$

シミュレーションの実作業は, 理論と実測の両曲線を同時にパーソナル・コンピューター of グラフィックディスプレイに表示させ, 視覚による判断で試行錯誤的にカーブマッチングする方法によって行った。解析結果は, ディスプレイ表示をグラフィックプリンターに出力したものである。Fig. II-5 にその一例を示す。なお, 比抵抗多層モデルを考えるにあたり, Bo-
stic Inversion で得られた結果を参考にした。

また, CSAMT 曲線には, Fig. II-6 のような far-field(F), transition-zone



Station No. = D-12-42

Depth (m)	Rho (ohm)
300	3200
500	500
600	2500
1300	5

F	OBS	CALC
15	2331.3	2085.8
14	1474.5	1498.3
13	1140.8	1359.0
12	1428.3	1432.7
11	1245.5	1244.6
10	834.2	816.3
9	433.4	464.8
8	212.3	255.2
7	116.8	141.1
6	87.3	98.2

Fig. II-5 Analytical Curve of CSAMT (No. D-12-42)

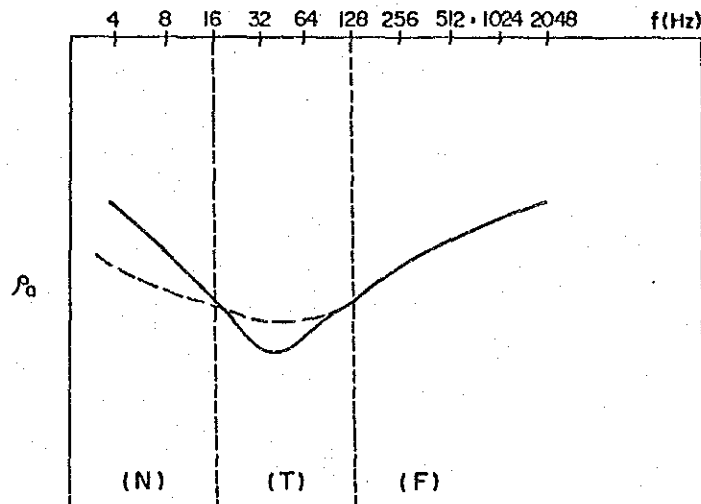


Fig. II-6 Schematic CSAMT Curve

- (F): far-field data
- (T): transition-zone
- (N): near-field data

The dashed line give the Calculated Curve

(Zonge, Inc. Interpretation Guide for CSAMT Data, 1982)

(I)と near-field (N)の部分の3つのモードがしばしば見られる。near-field データは、両対数座標にプロットした $\rho a-f$ 曲線の低周波数側でおよそ -45° の勾配になる特徴をもっている。

また、Fig. II-4 に示した2層構造モデルのCSAMT曲線によると、第2層が高比抵抗の場合、near-field zone と共に transition zone が現われている。

このことから、今回の解析では、near-field 及び transition zone を含むデータについてシミュレーションを行う際に、最下層に高比抵抗層を持つモデルを仮定し、さらにFig. II-6 に示すように計算曲線が transition zone では上部を、near-field zone では下部をそれぞれ通るようにカーブ・マッチングを行った。

今回のシミュレーション解析では、306点のうち、2層構造が40点、3層構造が98点、4層構造が168点という結果になった。

シミュレーションで得られた各測点ごとの地下比抵抗構造を基に、縮尺25,000分の1の比抵抗構造平面図を作成した。(Fig. II-20~Fig. II-25)

本図は、各測点下の同一深度における地下比抵抗の水平的な分布を示すものである。

深度として地表下125, 225, 325, 525(単位m)の4種類を選択した。

コンターは、見掛比抵抗平面図と同様に対数的にとり、10, 20, 50, 100, 200, 500(単位 $\Omega\cdot m$)の6種を作成した。

比抵抗構造断面図(Fig. II-26~Fig. II-29)は、シミュレーションで得られた比抵抗多層モデルをプロットし、比抵抗の分布形態を明らかにするために各測点間の比抵抗値を実線あるいは破線で結んだ。

本図は、見掛比抵抗断面図とは異なり、地下の比抵抗構造を表わすものであり、縮尺は、水平方向を25,000分の1とし、深度方向は拡大してある。

2-3 調査結果と考察

2-3-1 調査結果

調査結果は、前章で述べた方法により、見掛比抵抗平面図、見掛比抵抗断面図、比抵抗構造平面図及び比抵抗構造断面図に網羅された。それらに第1年次調査の地質及び地化学探査結果を加味し、各地区について述べる。

C地区 (Fig. II-7~II-9, Fig. II-20~II-21)

見掛比抵抗平面図から浅所(2,048Hz, 1,024Hz)は、複雑な比抵抗分布を示すが、深部(512Hz~4Hz)は $20\Omega\cdot m$ 以下の低比抵抗帯が地区の東南部にNE方向に長く分布している。

それらは地区の端にあり、拡がりは不明であるが深さは最下部まで延びている。

そのほかに小～中規模ではあるが $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯が測点C-82-9, C-86-6, C-89-6付近に認められる。

比抵抗構造平面図から、浅所(深度 125m , 225m)は、比抵抗の高低の差が大きく、かつ複雑な分布を示し、低比抵抗帯は、地区南縁の測点C-86-0~C-81-0にかけて分布し、深度 125m から深度 525m まで続いている。

測点C-18-9及びC-89-6付近の低比抵抗帯は、深度 125m 以下にて衰微する。

高比抵抗帯は、測点C-81-3, C-83-3, C-86-3, C-88-3, C-84-9, C-90-9付近に分布し、この中の測点C-86-3, C-88-3は円形状に深部まで続いている。地区南縁の測点C-86-0~C-81-0にわたる低比抵抗帯では地化学探査異常は認められないが、測点C-81-3の深部に蛇紋岩体が続く可能性あり、鉍化帯の存在が推定される。

測点C-81-9を中心とする低比抵抗帯は、シミュレーション解析では高比抵抗帯中に包括されてしまったが、地質は苦鉄質火砕岩であり、地化学探査異常はない。

D1地区 (Fig. II-10~II-12, Fig. II-18~II-19, Fig. II-22~II-23, Fig. II-26~II-27)

見掛比抵抗平面図・断面図から浅所は、かなり複雑な比抵抗分布を示すが、深部は低比抵抗帯と高比抵抗帯が明瞭に区分される。 256Hz では $100\Omega\text{-m}$ 以下のやや低い比抵抗値を示す箇所が地区の東部にNNW方向にところどころで膨縮を繰返し長く分布しており、その中に $20\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯が測点D-30-9, D-34-9, D-37-6, D-41-6付近に認められる。これらの低比抵抗帯は、深部に行くにつれて発達する傾向がある。

高比抵抗帯は、地区西部及び東部に認められ、南部においてはLine D-29以南において全体的に高比抵抗を示す。

比抵抗構造平面図では、浅所から深部に亘って、測点D-30-9, D-38-6~D-33-6, D-39-12及びD-41-6付近において $20\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯が略NNW方向に点在している。

比抵抗構造断面図では、測点D-30-12で深度 $100\sim 270\text{m}$ 間に $5.5\Omega\text{-m}$ の低比抵抗を示し、測点D-37-6~D-37-15にかけては深度 400m 付近まで $0.2\sim 40\Omega\text{-m}$ の顕著な低比抵抗を示している。

西部及び南部は全般的に高比抵抗を示す。

測点D-30-9を中心とする低比抵抗帯は、第1年次調査において認められた地化学探査異常域の中にあり、地質は蛇紋岩が分布している。

それらの結果から、浅所から深部に亘って蛇紋岩中に鈹化帯の存在が推定される。

測点D-38-6~D-33-6付近の低比抵抗帯は、蛇紋岩、ペグマタイト、苦鉄質溶岩及び火砕岩、珪長質火砕岩、珪長質砂岩などが分布しており、測点C-38-6を中心とする地化学探査異常ともよく一致している。

それらの結果から深部において蛇紋岩中の鈹化帯の存在が推定される。

測点D-39-12, D-41-6付近の低比抵抗帯は、蛇紋岩が分布しており、地化学探査の弱い異常に対比される。

D 2 地区 (Fig. II-13~II-15, Fig. II-16~II-17, Fig. II-24~II-25, Fig. II-28~II-29)

見掛比抵抗平面図・断面図から浅所は、複雑な比抵抗分布を示すが深部は低比抵抗帯と高比抵抗帯が明瞭に区分される。16Hzでは、測点D-4-6からD-8-18にかけてNE測点C-89-6付近の低比抵抗帯は、苦鉄質溶岩に対比され、地化学探査異常はやや東側に偏っている。

方向に延長2000mの範囲で200Ω-m以下を示す1個のまとまった低比抵抗帯が認められ、その中心部は測点D-7-12からD-8-18にかけてNEE方向に延長約600mの範囲で20Ω-m以下の低比抵抗帯になっている。

高比抵抗帯は、西部、南部、北部にあり、深部では上記の低比抵抗帯を除いて顕著な高比抵抗を示す。

比抵抗構造平面図では、測点D-3-12を中心とする低比抵抗帯があり、深部まで続く。測点D-7-15を中心とする異常帯が深部で発展し、東部に延びる傾向を示す。西部及び北部は全般的に高比抵抗を示す。

比抵抗構造断面図では、測点D-7-12において深度50m以下で10Ω-mの低比抵抗を示す。測点D-4-6~9は、深部で10~35Ω-mの低比抵抗を示す。

測点D-3-12を中心とする低比抵抗帯は、縞状鉄岩、チャート、珪長砂岩などに対比されるが、地化学探査異常は認められない。

測点D-7-15を中心とする低比抵抗帯は、浅所は沖積層中の含粘土層などの影響が考えられるが、深部では西側の蛇紋岩体の深部に鈹化帯が期待される。

D 3 地区 (Fig. II-13~II-15, Fig. II-16~II-17, Fig. II-24~II-25, Fig. II-28~II-29)

見掛比抵抗平面図・断面図から、浅所では地区中央部から南部にかけて100Ω-m以下の