

ボツワナ共和国北東部地域
資源開発協力基礎調査報告書

(第II年次)

JICA LIBRARY



1064007163

昭和56年 2 月

金属鉱業事業団
国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 6.84.8.23	503
	66.1
登録No. () 13622	MPN

は し が き

日本国政府はボツワナ共和国政府の要請に応え、同国北東部の東北地方および中央地方にまたがる地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等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。

本調査は昭和55年度が第2年次にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して、昭和55年5月14日より5月28日までと、同年7月21日より10月8日までの2回にわたり現地を派遣した。

現地調査はボツワナ共和国政府機関、特に鉱物水資源省地質調査所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第Ⅱ年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告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御協力いただいたボツワナ共和国政府機関ならびに外務省、通商省業省、在サンビア日本国大使館および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

昭和56年2月

国際協力事業団総裁 有 田 圭 輔

金属鉱物事業団理事長 西 家 正 起

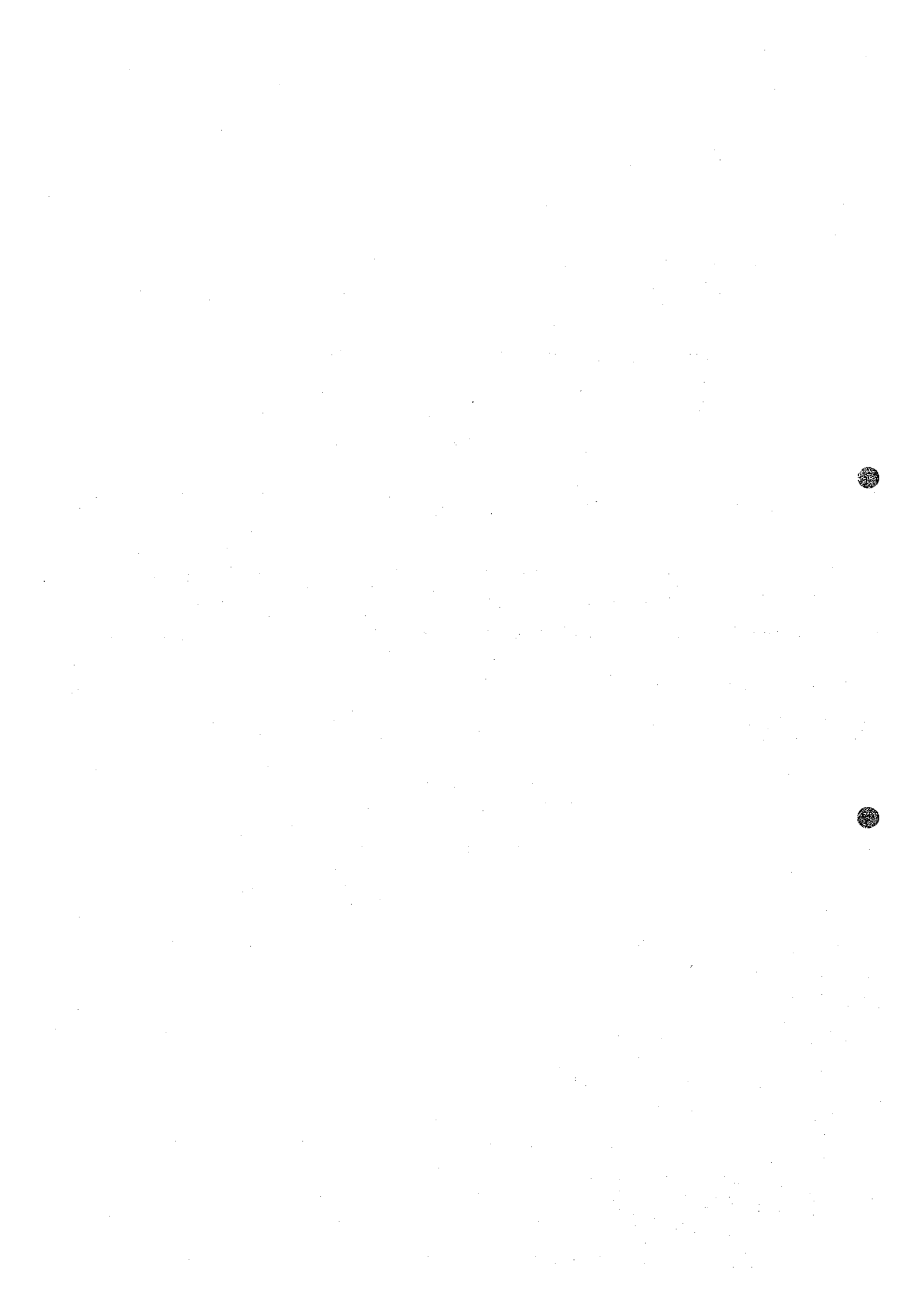
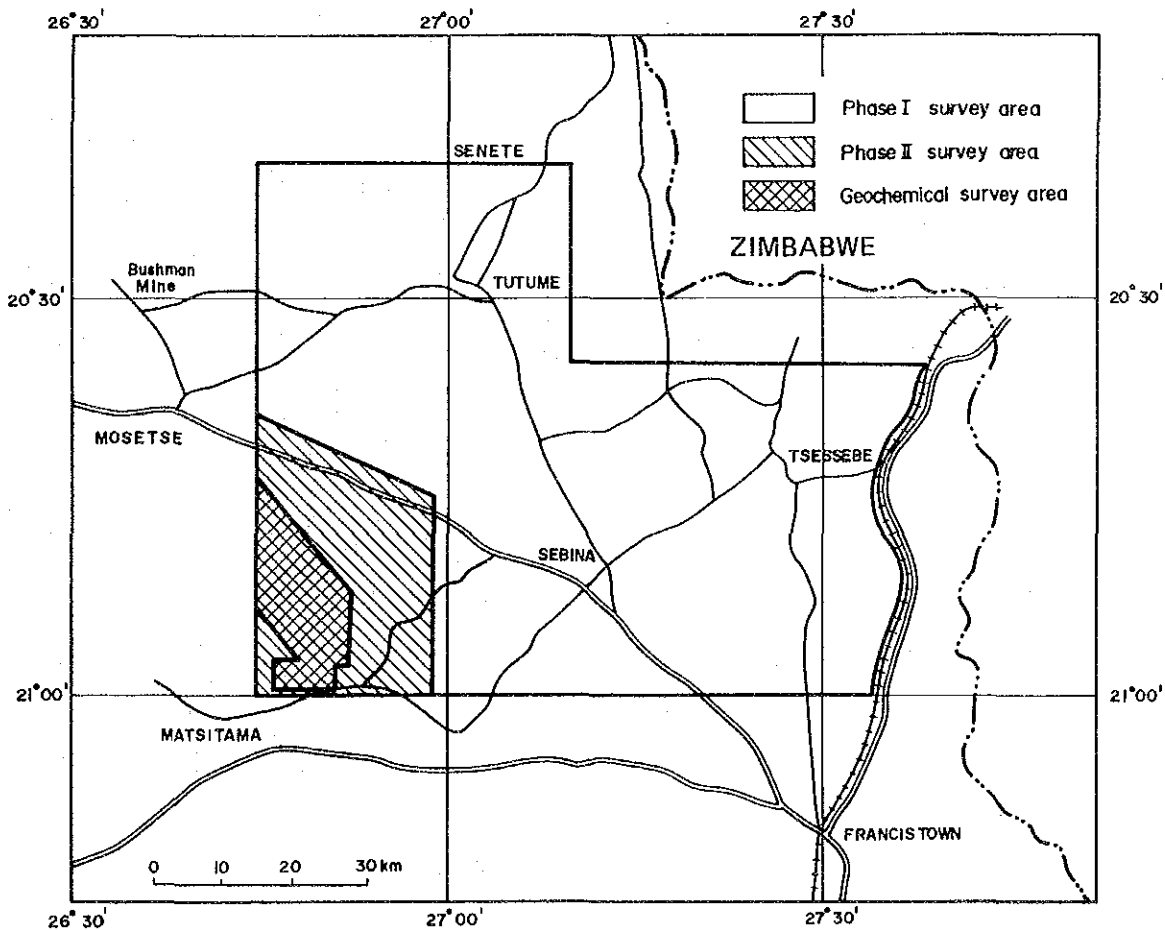
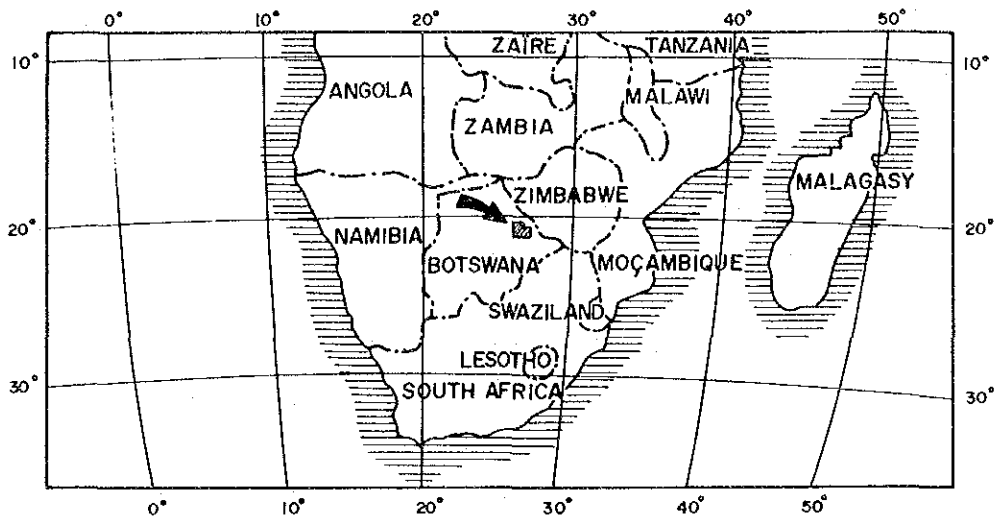
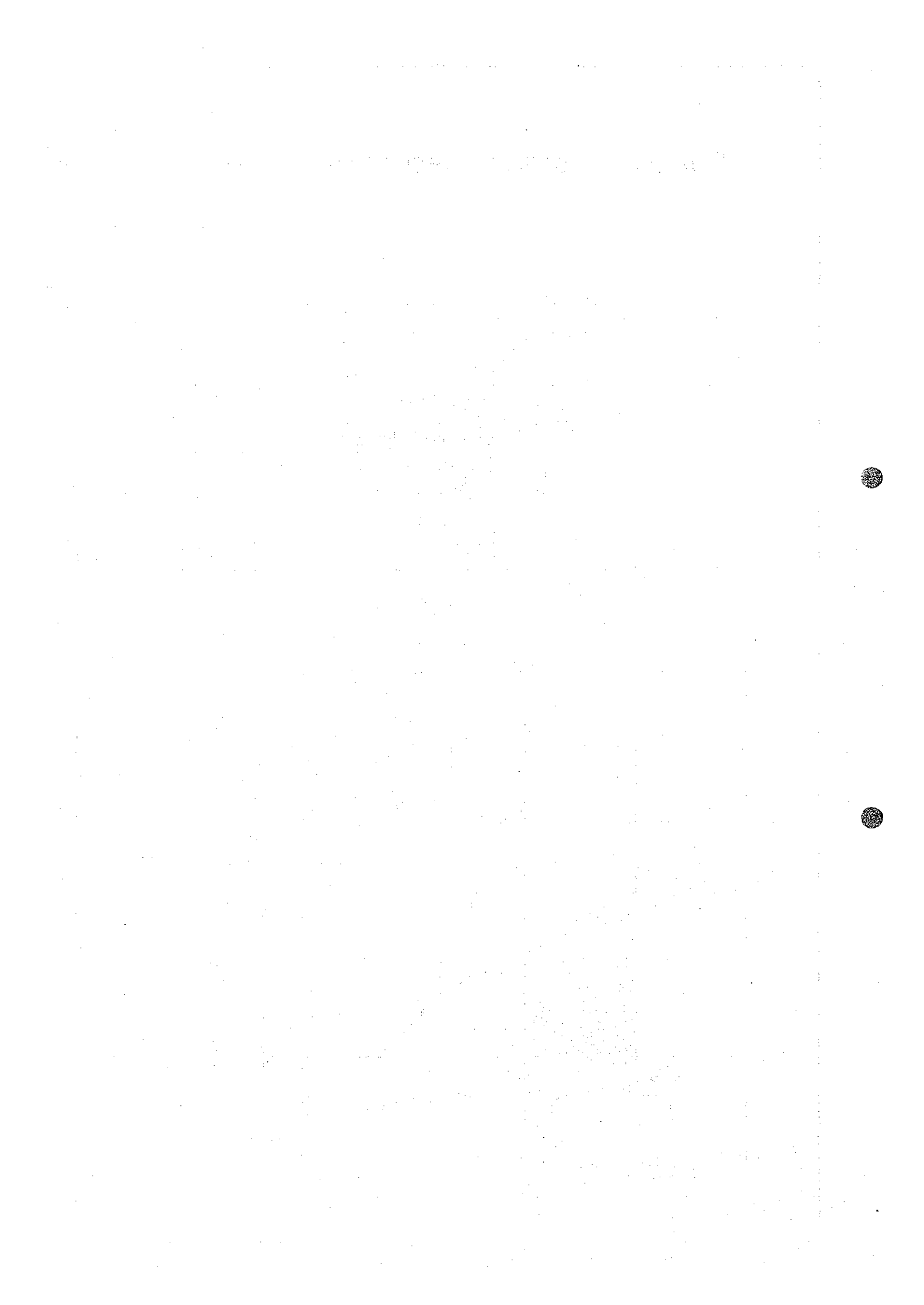


Fig.I-1 Location map of the survey area





要 約

初年次の調査結果有望個所として選出されたMatsitama 北部地域約 800 ㎓²について、全域の空中物理探査、地表地質概査、そのなかの一部地域約 230 ㎓²について地上物理探査、地化学探査地質調査をボツワナ国地質調査所と共同して実施した。

調査の目的は鉍床の賦存の可能性の高い地域を更に集約し第Ⅲ年次の精査区域として選定することである。

これらの調査の状況およびその結果を要約すると次の通りである。

1. 地 質 調 査

地質調査は全域の水系沿いの概査で、そのうちの一部地域については地化学探査測線沿いに地化探サンプリングと併行しての地質調査も実施した。

調査地域は Bennett (1970) の Mosetse-Matsitama 地域地質図の北東部を占める。その地質は複合基磐岩類の Mosetse river gneiss 層群、その上部の Matsitama schist and Metasedimentary 層群、これに貫入する火成岩類および表層堆積物よりなる。

今回の調査は基本的には Bennett の見解に従ったがさらに細かな岩相区分を行い calcrete — 角閃片岩 — 石灰岩層を追跡し地質構造の解析を行った。

また調査地域の北西部に従来未記載の超塩基性岩、塩基性岩脈群の存在が推定された。

なお、地表調査の限りでは調査地域内に確実な石ぼく片岩は認められなかった。又 Bushman リンアメントに平行な剪断帯の発達も認められなかった。

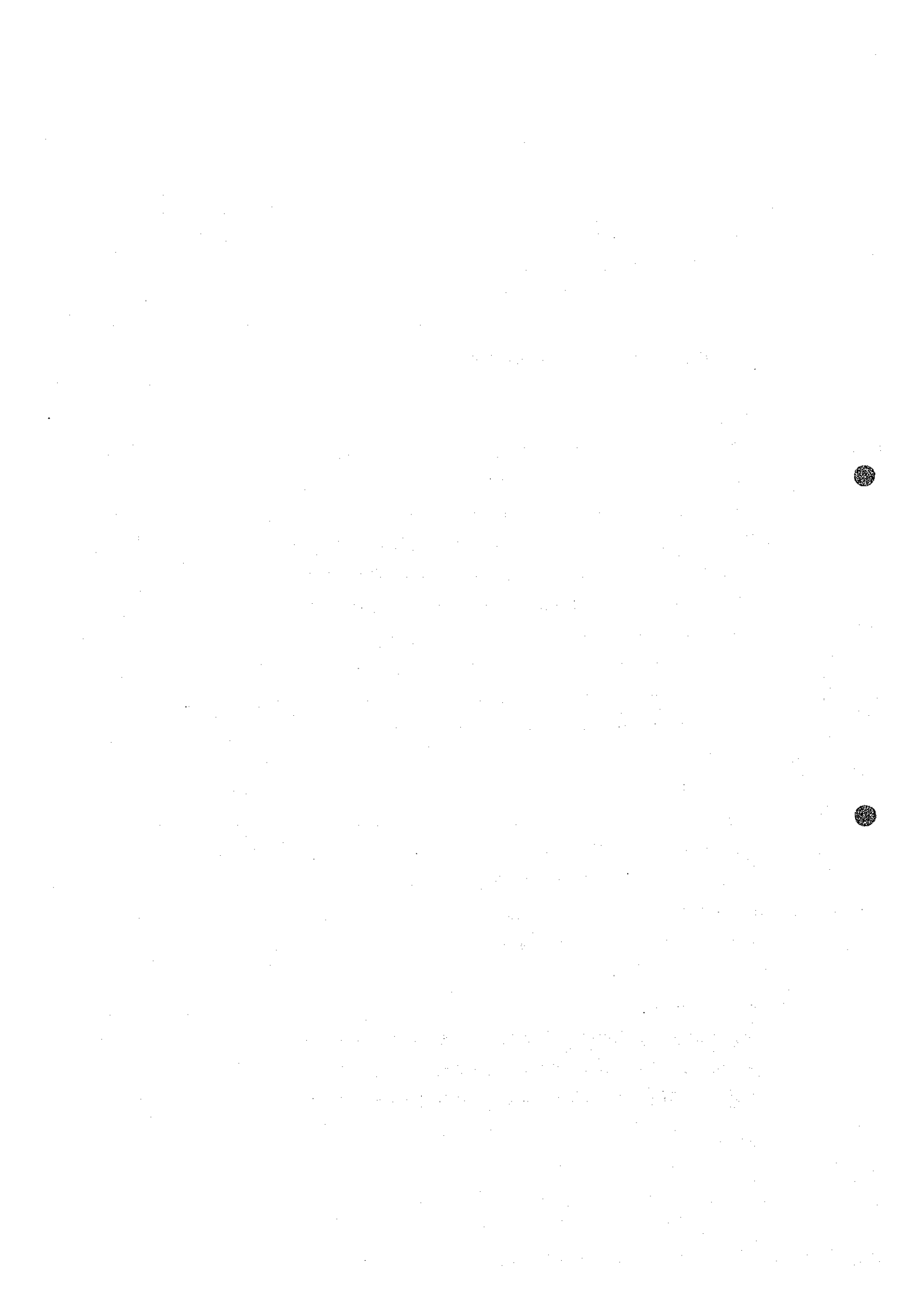
2. 鉍 化 作 用

調査地域は Matsitama 鉍床群と Bushman 鉍山 を結ぶ鉍化帯の東外縁部の中間に位置し、特に調査地域南西で Matsitama schist and metasedimentary 層群中に銅の鉍徴を確認した。Mosetse river gneiss 層群中の褶曲した calcrete — 角閃片岩 — 石灰岩層準の褶曲頂部に物理探査異常が確認されたが銅の鉍徴は見られなかった。そのほか Lepashe 川北部において超塩基性岩中にクロマイトの鉍徴を確認した。

3. 地 化 学 探 査

調査地域の中で、空中物理探査の現地解析結果により有望と判定された 230 ㎓²の範囲で銅・鉛・亜鉛の 3 元素につき土壌を対象とする地化学探査を実施した。

試料は、原則として測線間隔 500 m、採取間隔 500 で採取した。さらに空中物理探査



の結果示された異常域上では採取間隔 250 m で採取した。地質調査で鉍徴の認められた Mmapatse 南部区域では鉍化帯上の土壌の特性を検討するため採取間隔 50 m ~ 100 m で採取した。その総数は 1,363 個である。分析結果の解析には単一変量による解析と主成分分析法による多変量解析を併用した。その結果得られた数多くの異常域は、地層の分布とほぼ整合的に分布しそれらは 4 区域にとりまとめられた。

4. 空中物理探査

空中物理探査の現地作業は昭和 55 年 5 月地質調査、地化学探査に先行して実施した。調査の範囲は第 1 年次の調査により集約された Matsitama 北部区域約 800 km² の範囲で測線間隔 300 m, 延 2,800 km の測定を実施した。

調査方法は Matsitama 型変堆積性鉍床の探査に最も有効と考えられる INPUT 電磁探査を主体とし、磁気、放射能探査を併用した。実施権の関係から現地作業は、カナダの Geoterrex 社に依頼し、総合解析は日本側で実施した。

本調査により、塊状硫化物、或は石炭くに起因すると推定されるコンダクターが 47 個観測された。これらのコンダクターの多くは特定の地層の分布と調和的である。このうち 25 のコンダクターを有望個所と判定して引続き地上物理探査を実施した。

5. 地上物理探査

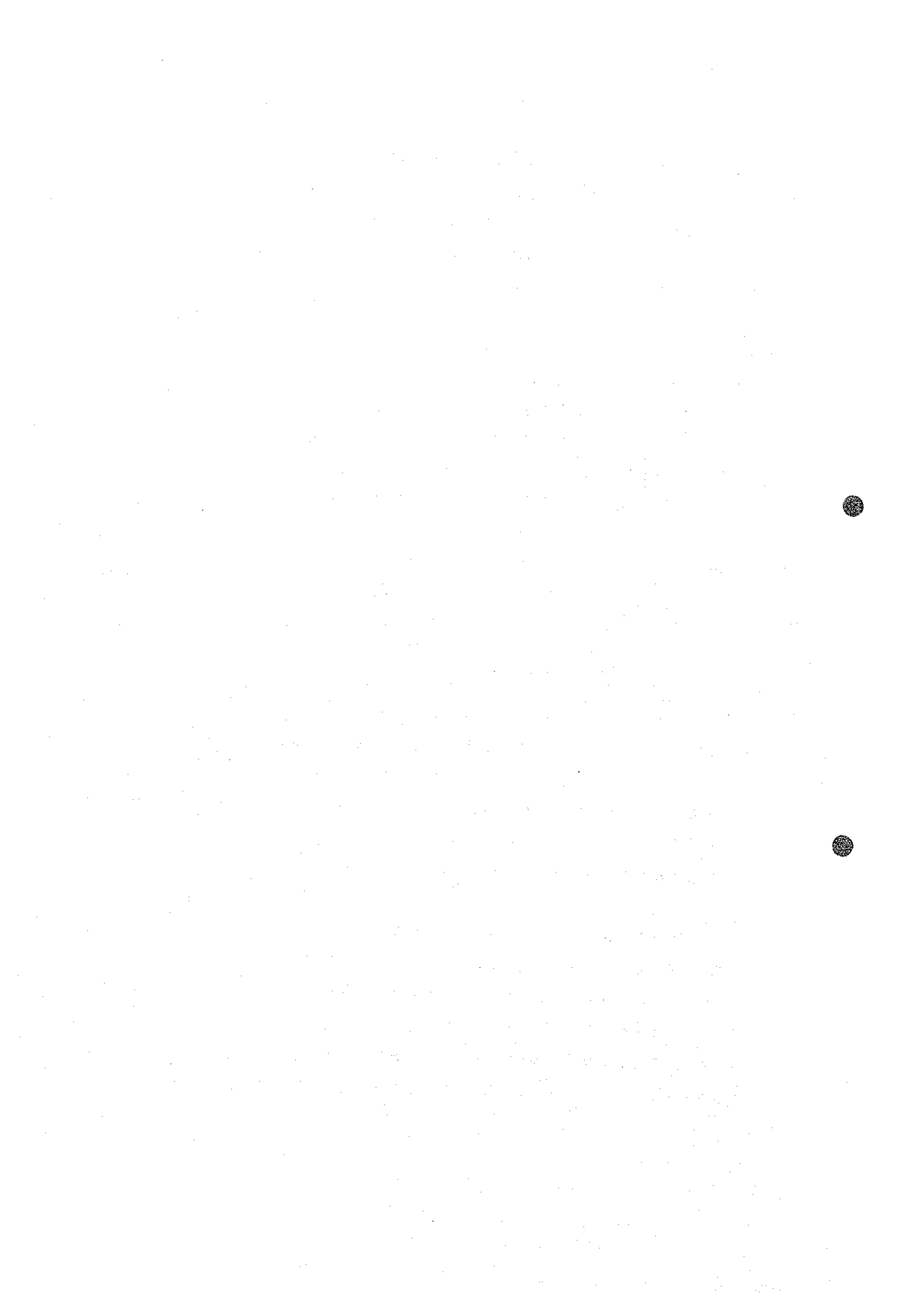
昭和 55 年 9 月、上述した 25 及び M-1 の合計 26 の異常域につき地上物理探査を実施した。現場作業は空中物理探査と同様の理由で Geoterrex 社に依頼した。

探査方法は、500 m 間隔の 3 測線上で Pulse EM 電磁探査、磁気探査、その結果を見て前記 3 測線中の 1 測線上での IP 電気探査である。その測定結果の総合解析は日本側で実施した。

調査の結果、石炭くあるいは硫化物に起因すると考えられる 23 の異常を抽出し、そのうち 6 異常域は塊状硫化物による可能性もあると判定した。

以上の各調査を総合して、空中および地上物理探査により抽出された異常域のなかで、地化学探査の異常帯に含まれる異常域を抽出した。それらのうち、M-4, M-3, M-7C, M-7D, M6A, M7B, M-13 附近, M-23, M23A, M-25, M-24/24A はこの順序で浅尺垂直試錐を実施する価値があるものと判断した。

なお、地質調査で発見された北部のクロム鉍徴についても、本調査地域南西約 10 km にある Lepashe 地区のクロム鉍徴との関係も含めて浅尺試錐を含む地質調査が望まれる。



目 次

は し が き	(1)
位 置 図	(1)
要 約	(3)
目 次	(5)

総 論

1. 調 査 目 的	1
2. 調 査 地 域	1
3. 調 査 の 内 容	1
4. 既 存 の 地 形 図 お よ び 地 質 図	2
5. 調 査 団 の 編 成 お よ び 調 査 期 間	2
6. 謝 辞	3

各 論

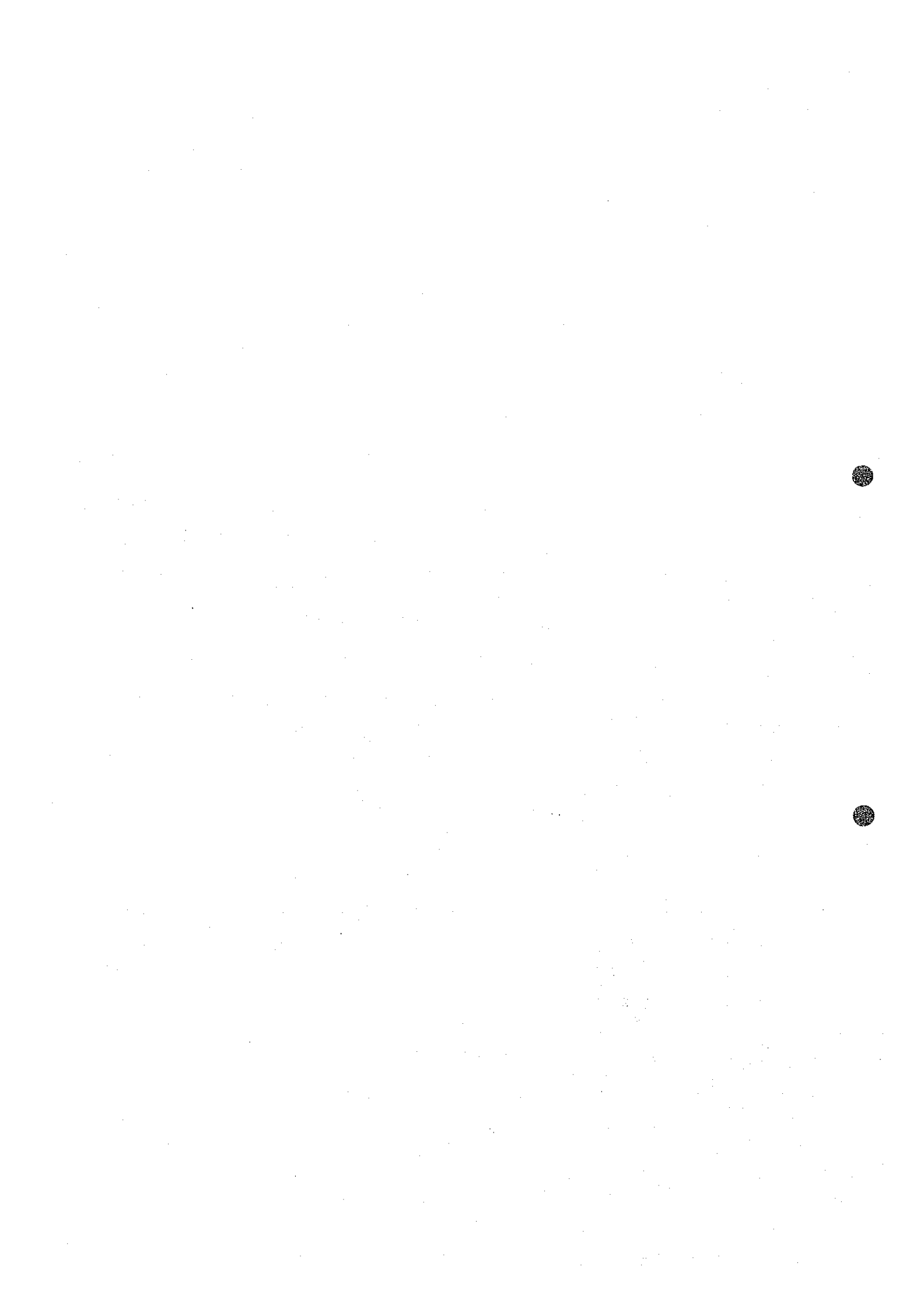
第 I 部 地 質 調 査	
Ⅰ-1 ま え が き	4
Ⅰ-2 地 質	4
Ⅰ-3 地 質 構 造	12
Ⅰ-4 鉍 化 作 用	13

第 II 部 地 化 学 探 査

Ⅱ-1 ま え が き	24
Ⅱ-2 試 料 採 取 法, 試 料 数 お よ び 採 取 試 料 の 性 質	24
Ⅱ-3 分 析 方 法	24
Ⅱ-4 デ ー タ の 解 析	25
Ⅱ-5 結 果 の 解 釈	34

第 III 部 空 中 物 理 探 査

Ⅲ-1 ま え が き	37
Ⅲ-2 INPUT 電 磁 探 査	37



Ⅲ-3	磁気探査	40
Ⅲ-4	放射能探査	40
Ⅲ-5	空中物理探査の総合解析とまとめ	41
第Ⅳ部 地上物理探査		
Ⅳ-1	まえがき	51
Ⅳ-2	Pulse EM電磁探査	53
Ⅳ-3	磁気探査	53
Ⅳ-4	IP法電気探査	54
Ⅳ-5	地上物理探査の総合解析とまとめ	54
第Ⅴ部	総合解析	85
第Ⅵ部	結論および提言	91
参 考 文 献		92

巻末附図附表



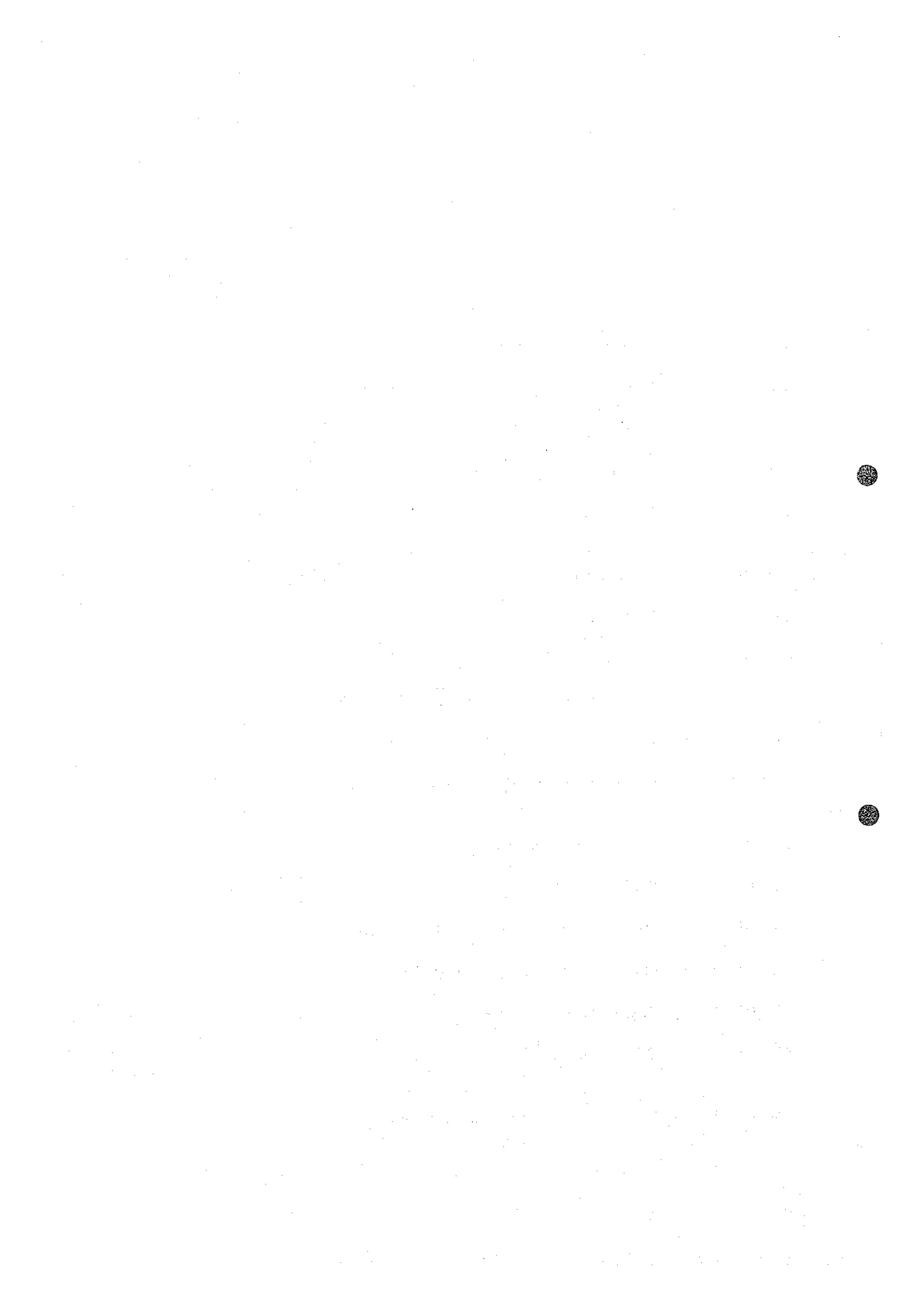
List of Tables

		Page
Table I-1	Contents of surveys	1
Table I-2	Laboratory test items	2
Table I-3	Data on K-Ar dating	9
Table I-4	Chemical analysis of rock samples	10
Table I-5	Data on X-ray diffraction and Fluorescence analysis.	21
Table I-6	Analitical data on ores.	22
Table I-7	Mineral occurrences and showings.	23
Table II-1	Integrated characteristic	31
Table II-2	Correlation coefficients.	32
Table II-3	Means, standard deviations and skew point	36
Table II-4	Class limits of Cu, Pb, Zn content distribution	36
Table II-5	Factor loading	38
Table II-6	Factor score	38
Table II-7	Normalized original values	39
Table IV-5-1 ~ 23	Synthetic analysis	74
Table V-1	List of various anomalies with interpretation	103
Table V-2	List of the priority on various anomalies after analysis	103

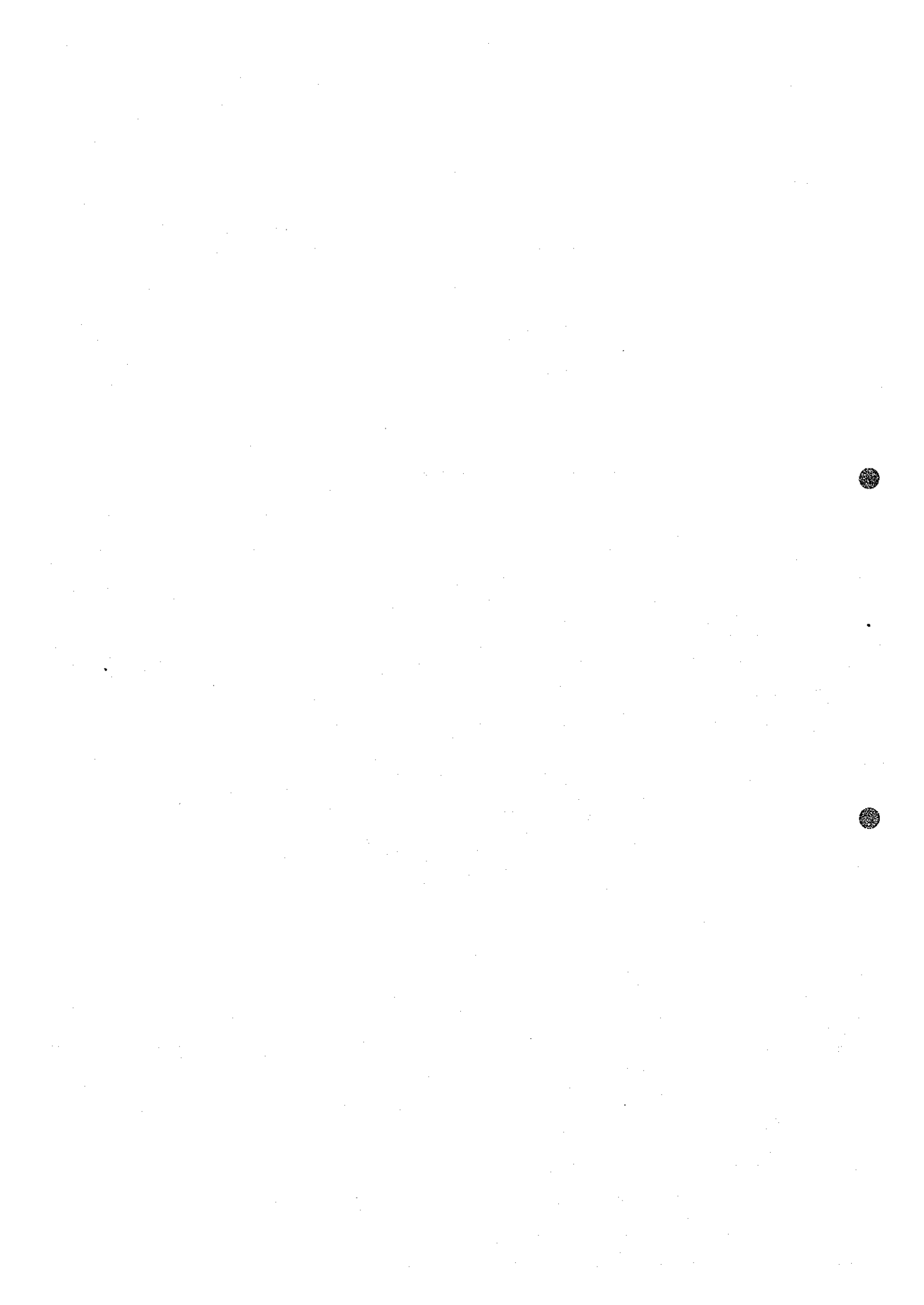


List of Figures

		Page
Fig. I-1	Location map of the survey area	(2)
Fig. I-2	Generaliyed stratigraphic column	7
Fig. I-3	Mineral deposits occurrences and showings.....	18
Fig. I-4	Geological sketch of the trench.....	20
Fig. I-5	Distribution map of chromite showings.....	26
Fig. I-6	Main chromite occurrences	27
Fig. II-1	Histogram of Cu	32
Fig. II-2	Histogram of Pb	33
Fig. II-3	Histogram of Zn	34
Fig. II-4	Cumulative frequency distribution for Cu, Pb, Zn	35
Fig. II-5	Factor analysis for geochemical sample No. 1	40
Fig. II-6	Geochemical sampling around the trench	43
Fig. III-2-1	Example of original INPUT records.....	47
Fig. III-5-1	Synthetic profiles	53
Fig. III-5-2	Model profiles over vertical half-planes of various σt	54
Fig. III-5-3	Model profiles over dipping half-planes of various σt	55
Fig. III-5-4	Amplitude frequency spectrum.....	56
Fig. III-5-5	Dipping dike model.....	57
Fig. IV-2-1 ~ 23	Pulse EM record with geological profile.....	in Box



	Page
Fig. IV-4-1 ~ 23 Induced polarization pseudosection with geological profile	in Box
Fig. IV-5-1 ~ 24 Ground follow-up synthetic analysis	in Box
Fig. IV-5-25 IP model profile with dipole ~ dipole array and parameters	68
Fig. IV-5-26 Calculated apparent resistivity.	69
Fig. IV-5-27 Calculated frequency effects.	70
Fig. V-1 Locality map of various anomalies	102



List of Apendices

- Apex. 1 List of microscopic observation
- Apex. 2 Microphotographs
- Apex. 3 Charts of X-ray diffraction and fluorescence
- Apex. 4 Analytical data ongeochemical samples



List of Plates

PL. I-1-1 ~ 4	Geological map	S = 1/20,000
PL. I-2	Geological profiles	S = 1/20,000
PL. I-3	Geological map	S = 1/50,000
PL. I-4	Geological profiles	S = 1/50,000
PL. I-5	Sample map for test	S = 1/50,000
PL. II-1-1 ~ 2	Location map of geochemical sampling points and analytical values	S = 1/20,000
PL. II-2-1 ~ 2	Cu content distribution map	S = 1/20,000
PL. II-3-1 ~ 2	Pb content distribution map	S = 1/20,000
PL. II-4-1 ~ 2	Zn content distribution map	S = 1/20,000
PL. II-5-1 ~ 2	Z ₁ score distribution map	S = 1/20,000
PL. III-2-1 ~ 3	Electromagnetic map with geology, airborne survey lines and ground follow-up survey grid	S = 1/20,000
PL. III-2-4 ~ 6	Equi-conductivity contour map with geology	S = 1/20,000
PL. III-3-1 ~ 3	Isomagnetic contour map with geology	S = 1/20,000
PL. III-4-1 ~ 3	Uranium radiation contour map with geology	S = 1/20,000
PL. III-5-1 ~ 2	Airborne synthetic analysis map	S = 1/20,000



総

論

1 調査目的

本調査の目的は、ボツワナ共和国の政府機関である鉱物水資源省と協力して、ボツワナ共和国東北部に於ける鉱物資源開発のための基礎資料を得ることにある。

本年度はその第Ⅱ年次に相当し、初年度の調査結果有望個所として選出された Matsitama 北部区域（約 800 Km²）について更に調査を進め、第Ⅲ年次の精査区域を集約することを目的としている（Fig.1-1）

調査は全域の空中物理探査、地表地質概査、そのなかの一部区域（230 Km²）について地表物理探査、地化学探査、地質調査等を実施した。

2 調査地域

本年度の調査地域は、初年度調査地域（5,300 Km²）のなかで鉱床賦存の可能性が高いと判断された南西隅の Matsitama の北部地域約 800 Km² の範囲である。行政区画は Central 地方に属する。この状況は Fig 1-1 に示す通りである。

3 調査の内容

本年度の調査は、空中物理探査、地上物理探査、地質調査、地化学探査およびそれに附随する室内試験であり、その内容は Table 1-1 と Table 1-2 に示す通りである。

なお、上記の地表調査に当って、調査精度および能率の向上のため、ブルドーザーによりカットライン（四輪駆動の通行可能な程度のもの）を新たに 2 本、延 35.1 Km 作成した。その他に既存のカットラインを 3 本、延 62.8 Km にわたって修復した

Table 1-1 調査内容一覧表

調査種別	作業量	精度	調査内容
地質概査	800 Km ²	1/20,000	水系および地化探測線沿いの調査
地化学探査	230 Km ²	1/20,000	0.5 Km Spacing and interval, 一部有望区域 0.25 Km interval
空中物理探査	2800 Km	1/20,000	電磁、磁気、放射能探査
地上物理探査	電磁及び磁探 76.5 Km I.P. 26.5 Km	1/20,000	電磁、磁気、I.P. 探査

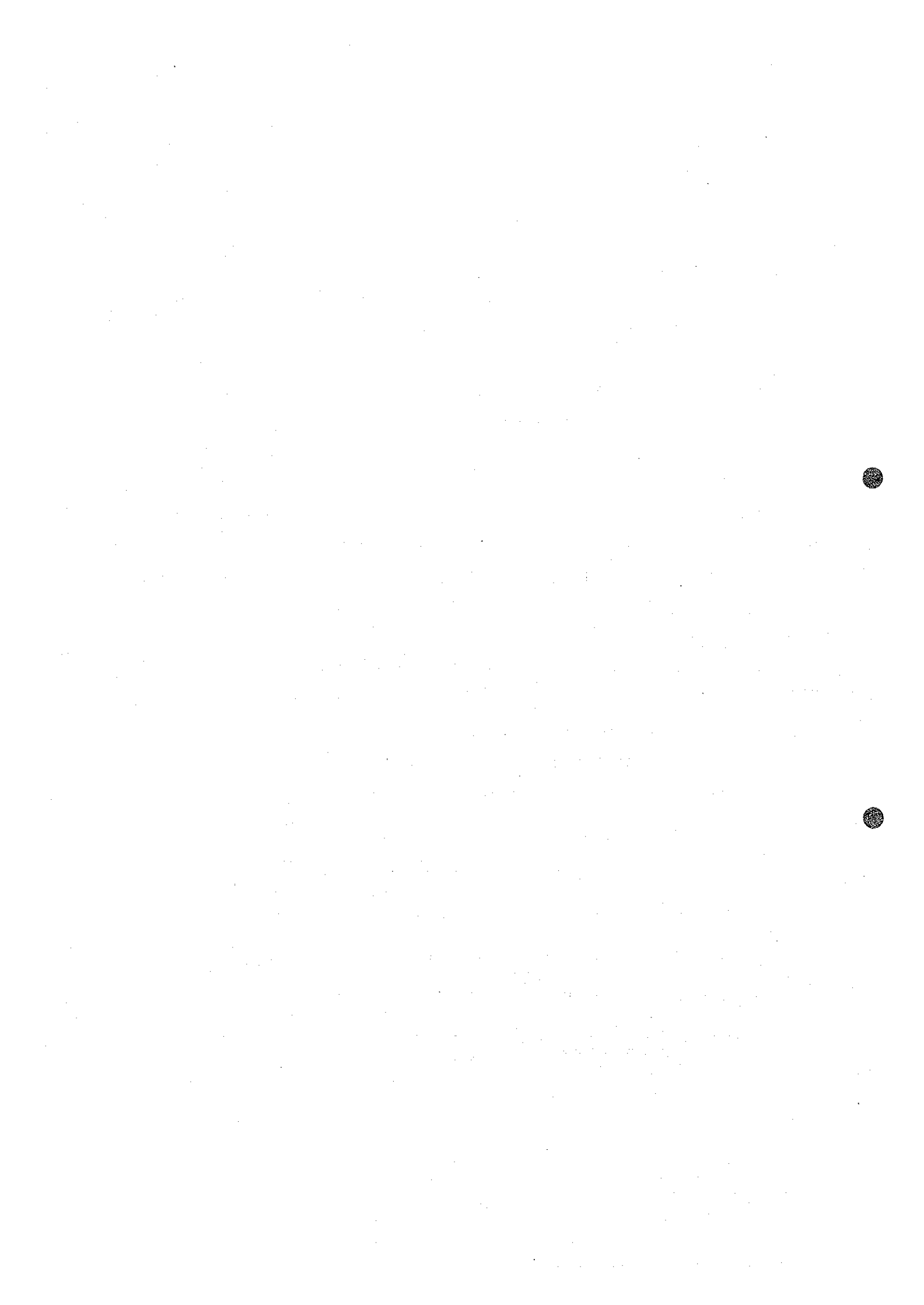


Table 1-2 室内試験一覧表

試験種別	作業量	備考
地化学探査分析	1363個	4089成分、Cu、Pb、Zn
鉱石分析	22個	57成分
岩石分析(完全分析)	5個	13成分×5個
岩石薄片観察	108枚	
鉱石研磨片観察	7個	
K-Ar年代測定	5個	Teledyne Isotope U.S.A社にて実施
X線回折分析	4個	
X線蛍光分析	7個	

4 既存の地形図および地質図

本調査に当って、次の地形図および地質図を使用した。

1/250,000 地形図 1501, SF35-2, 既刊行物

1/50,000 地形図 2026D2, 2026D4, 既刊行物

1/125,000 地形図 Mosetse - Matsitama by Bennett (1970)、既刊行物

空中および地表の物理探査の実施に当っては、1/40,000 航空写真図をコンパイルして使用した。

地表地質調査、地化学探査に当っては既刊の1/50,000地形図を拡大した1/20,000および1/10,000地形図を使用した。

5 調査団の編成および調査期間

本年度の調査に参加した団員は下記の通りである。

(1) 空中物理探査、現地検収、地質調査接衝(1980年5月)

団長 小泉俊夫 (金属鉱業事業団)

中島完 (日鉄鉱コンサルタント(株))

龍神正夫 (日鉄鉱コンサルタント(株))

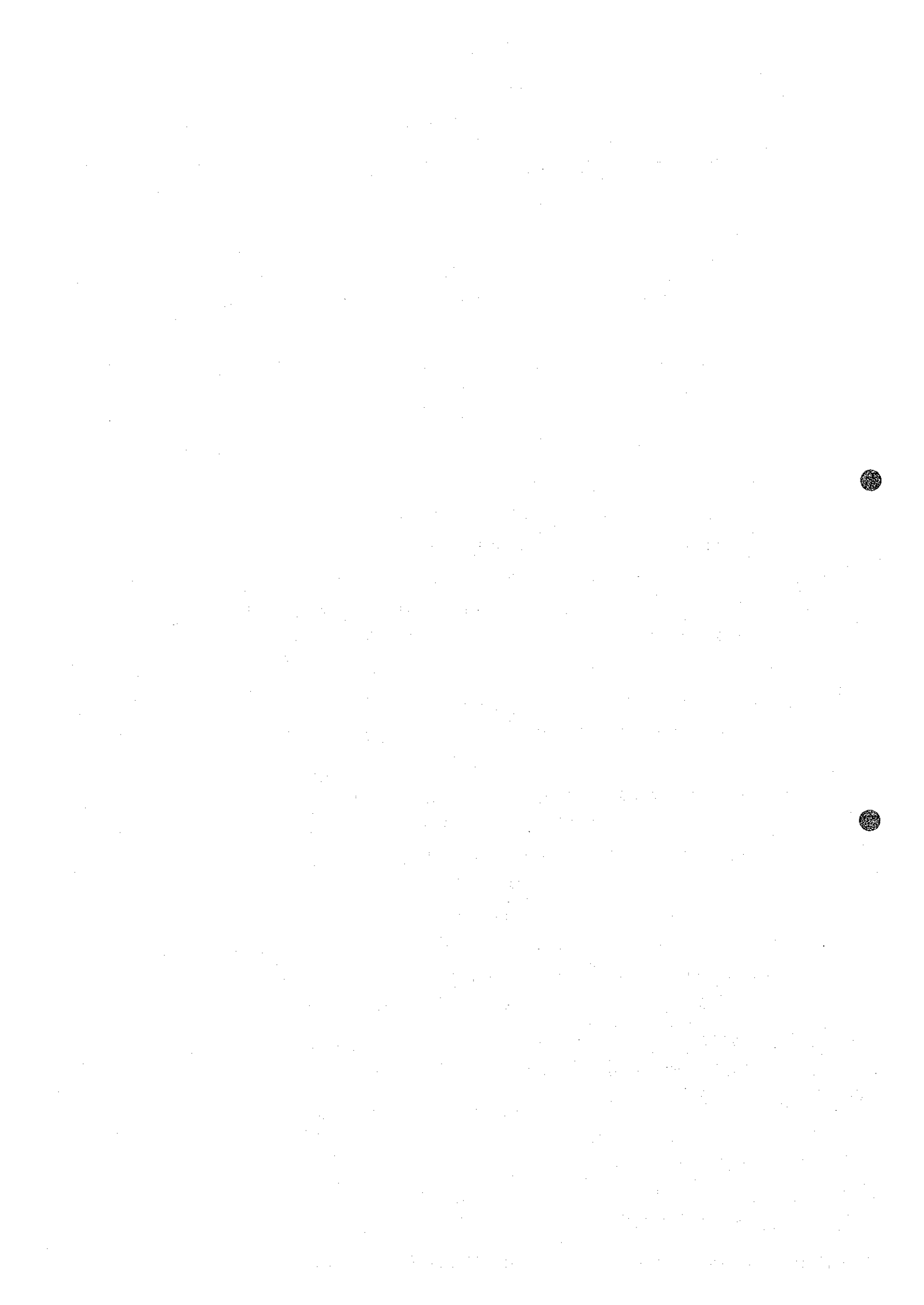
(2) 現地調査団(1980年7月~10月)

団長 中島完 (日鉄鉱コンサルタント(株)) 全般総括

(地質調査、地化学探査担当)

団員 内村 徹 (日鉄鉱コンサルタント(株))

" 崎元雄厚 (")



団員 野 並 集 (日鉄鋳コンサルタント(株))

" 斉 藤 茂 幸 (")

(物理探査担当)

団員 龍 神 正 夫 (日鉄鋳コンサルタント(株))

(3) 現地検収および第Ⅲ次計画検討(1980年9月~10月)

団長 宮 内 東 洋 (金属鋳業事業団ナイロビ駐在)

団員 小 泉 俊 夫 (金属鋳業事業団)

" 横 川 勝 美 (")

ボツワナ共和国側のカウンターパートは次の通りである。

G.C.Clark (ボツワナ共和国地質調査所、所長) 全般総括

R.D.Walshaw (ボツワナ共和国地質調査所、副所長)、プロジェクト責任者

D.G.Hutchins (ボツワナ共和国地質調査所、物探部長)、プロジェクト副責任者

H.Kara (ボツワナ共和国地質調査所、試験主任)、化学分析技師

B.Aboneng (ボツワナ共和国地質調査所)、現地調査助手

M.Kgomoesele (ボツワナ共和国地質調査所)、現地調査助手

6 謝 辞

本調査に当っては、昨年度に引続きボツワナ共和国政府鋳物水資源省次官 Mr.M.C.Tibone および同省顧問 Dr.J.C.Brower から有益な御助言、御援助を賜った。

フランシスタウン Jubilee 病院勤務の Dr.C.kim およびその御家族には調査期間中調査員の健康保持に親身の御世話を載いた。

ここに厚く御礼申し上げます。



各

論

第 I 部 地 質 調 査

I - 1 ま え が き

第 I 年次の地質調査の結果、調査地域内で Vumba , Timbale , Matsitama 北部の 3 箇所に 鈹化地域が認められた。

それらのうち、Matsitama 北部地域は、その内部に変堆積性銅鈹床をもち、Matsitama schist and metasedimentary 層群の東北東延長部に当たる。又同地域は地化学探査の結果でも Matsitama 鈹床型の異常域が抽出された。従って本年度は、この地域 800 Km²を調査対象地域として選出した。本地域は、南の Matsitama 鈹床群より北北西にある Bushman 鈹山へ連る銅鈹化帯の中間部に位置する。

本調査地域を含む一帯は、広大な Kalahari 砂漠の東縁部にあたり、Makgadigadi 盆地へ流下する Kalahari 水系に属する起伏にとほしい平坦地である。

地表は大部分がトゲのある木木の藪に覆われ、僅かな水系沿い以外には露岩は殆んど見られない。

従って地質調査は、全地域の水系沿いの概査でそのうちの一部地域については地化学探査の試料採取と平行して、原則として南北 500 m 毎に設定した測線沿いの地質調査も実施した。

アフリカ大陸南部を広く占めるカラハリ安定地塊は、ほぼ東西に延びるリンボボ造山帯により北の Rhodesia 安定地塊と南の Kaapvaal 安定地塊に分けられる。本調査地域は Rhodesia 安定地塊に属している。

本地域は Bennett (1970) の Mosetse-Matsitama 地域地質図の北東部を占め、その地質は複合基盤岩類を主とし、このほか新期の火成岩と堆積物によって構成される。

本調査では、基本的には Bennett (1970) の見解に従ったが、地域全体の露出は悪いので河川沿い、地化学探査の測線沿いの踏査結果の他、航空写真、Landsat 映像等を併用して地質の解析を行ない、多少の手直しを行った (PL I - 1 - 1 ~ 4)。

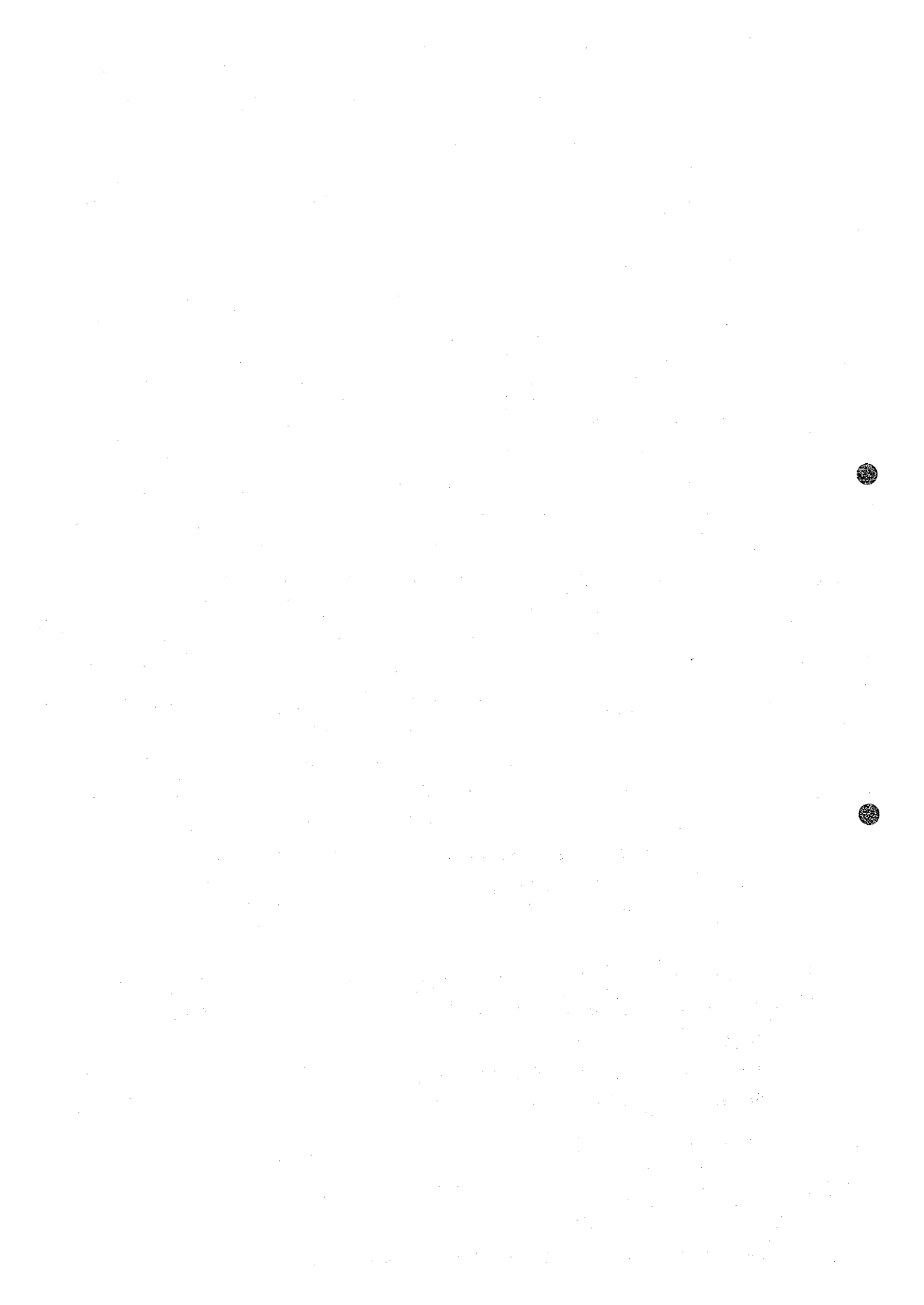
I - 2 地 質

I - 2 - 1 層 序

Bennett (1970) は複合基盤岩類を Mosetse river gneiss 層群と Matsitama schist and metasedimentary 層群にわけた。よって以下の地層名は Bennett (1970) の地層名に準ずる。

本地域の模式層序は Fig I - 2 に示す通りである。

- (1) Mosetse river gneiss 層群



露頭は Mosope river とその支流 Mukulwane river , Chadeche river , Mapatse river 沿いに発達している。またそれは Lepashe river 沿いにも断続的に発達している。しかしその他の平地では露頭は殆んど見られず、転石もごくわずかに散在するだけである。

本層群は本地域の東半分を占めて広く分布し、主として片麻岩類よりなり、北東部では斑状変晶片麻岩より構成される。上記岩石のほか角閃岩～角閃片岩、長石石英片岩、珪岩、石灰岩などもレンズ状ないし薄層をなして分布している

片麻岩類は淡灰～灰色、淡赤褐～赤褐色の中粒岩で、風化すると片麻岩構造が明瞭になる。しかし有色鉱物が少量で細粒の雲母類の場合は風化すると一見片岩状に見える。主要構成鉱物は石英、斜長石、カリ長石、雲母類（黒雲母＞白雲母）で、この他少量の角閃石等を伴なう。片麻岩類の大部分は花こう岩質準片麻岩である。

斑状変晶片麻岩は、構成鉱物は上記片麻岩の場合と同じであるが、5～20ミリのカリ長石、斜長石の変晶を含んでいる。

本年度実施した花崗岩質片麻岩の Dating によれば、Lepashe 川沿いの試料 S-40 で $1841 \pm 91 \text{ m.y.}$ 、試料 S-48 で $1839 \pm 92 \text{ m.y.}$ 、Mosepe 川沿いの試料 S-104 で $1837 \pm 92 \text{ m.y.}$ である。（PL1-5, Table1-3～4, Apex. 1, 2）。

本調査地域の東方にある Litherland (1975) によって G2 グループに分類されている片麻岩の初年次の Dating 結果によれば、試料 S-46 (Makalang, Tonalite gneiss) で $1810 \pm 93 \text{ m.y.}$ 、試料 S-29 (Sebinanyane, Marapong porphyroblastic gneiss) で $1860 \pm 93 \text{ m.y.}$ である (MMAJ Report 1980)。試料 S-46, S-29 は Mosetse river gneiss 層群に対比される層準よりの試料で、Dating 結果も本年度の結果と略一致している。しかし、試料 S-46, S-29 は絹雲母化、緑れん石化がやや強く認められたが、試料 S-40, S-48, S-104 ではそれらの作用がごく弱い。従って本年度の Dating の結果は二次的影響（変成、変質、風化作用）がより少ないと思われる。

角閃岩～角閃片岩は薄層をなし、暗緑色で、主に普通角閃石、斜長石、石英と少量の緑れん石よりなる。

顕微鏡下では、サンプルによっては film～veinlet 状に sphene が認められることがある。これらの岩石は他の岩石と明瞭に接する場合と、周辺部で次第に角閃石の量を減じて他の岩石に変る場合がある。

Dating によれば、南部 Mosope 川沿いの試料 S-112 で $1755 \pm 88 \text{ m.y.}$ を示し、本層群の片麻岩よりわずかに若い年代を示すが、大きく見るとほぼ一致している。

珪岩～石英片岩は淡灰～暗灰色、淡褐～淡紫褐色で、まれに淡緑色を示し、一般に細粒である。これらの岩石は大部分が石英粒からなるが、この他少量の長石とより少量の雲母類を

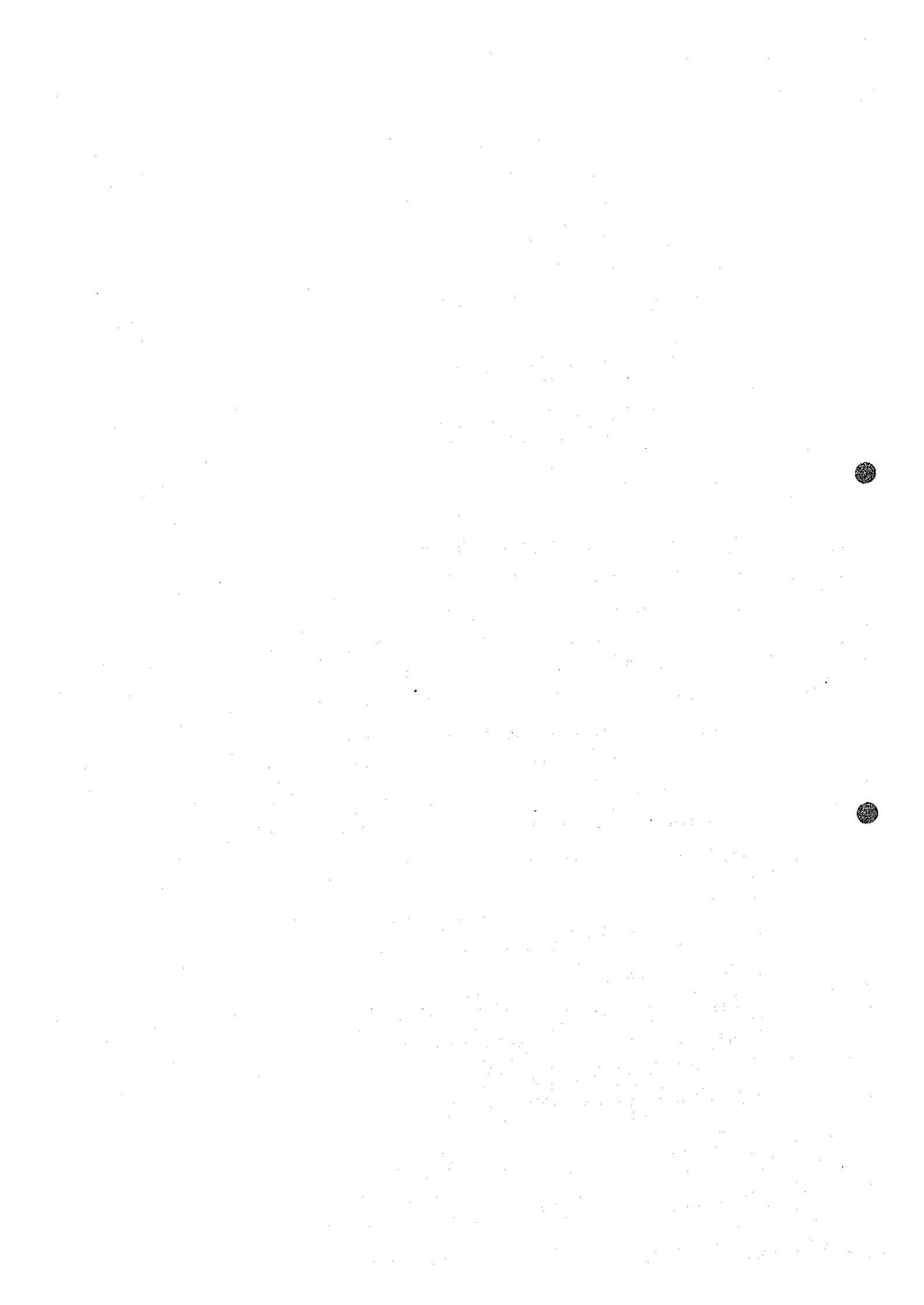


Fig. I-2 Generalized stratigraphic column

Age	Stratigraphic unit	Column	Lithology	Intrusives	Mineralization	Dating (K-Ar)	
Recent			Calcrete Gravel, sand Calcrete				
Post - Precambrian				Granite Dolerite, Gabbro ? ultrabasic r.	Cr ?		
Precambrian	Matsitama Schist and Metasedimentary Group	upper		Limestone Feldspathic and micaceous quartzite, Amphibole schist Amphibolite Limestone		Cr Cu	
		lower		Amphibolite Limestone Amphibole schist Schistose gneiss Feldspathic and micaceous quartzite Phyllite Amphibolite		my 1764	
	Moseise River Gneiss Group	upper		Minor amphibolite Limestone Granitic schistose gneiss, Feldspathic quartzite			my 1837
		lower		Minor Amphibolite Granitic gneiss Porphyroblastic gneiss			my 1755 my 1841 my 1839

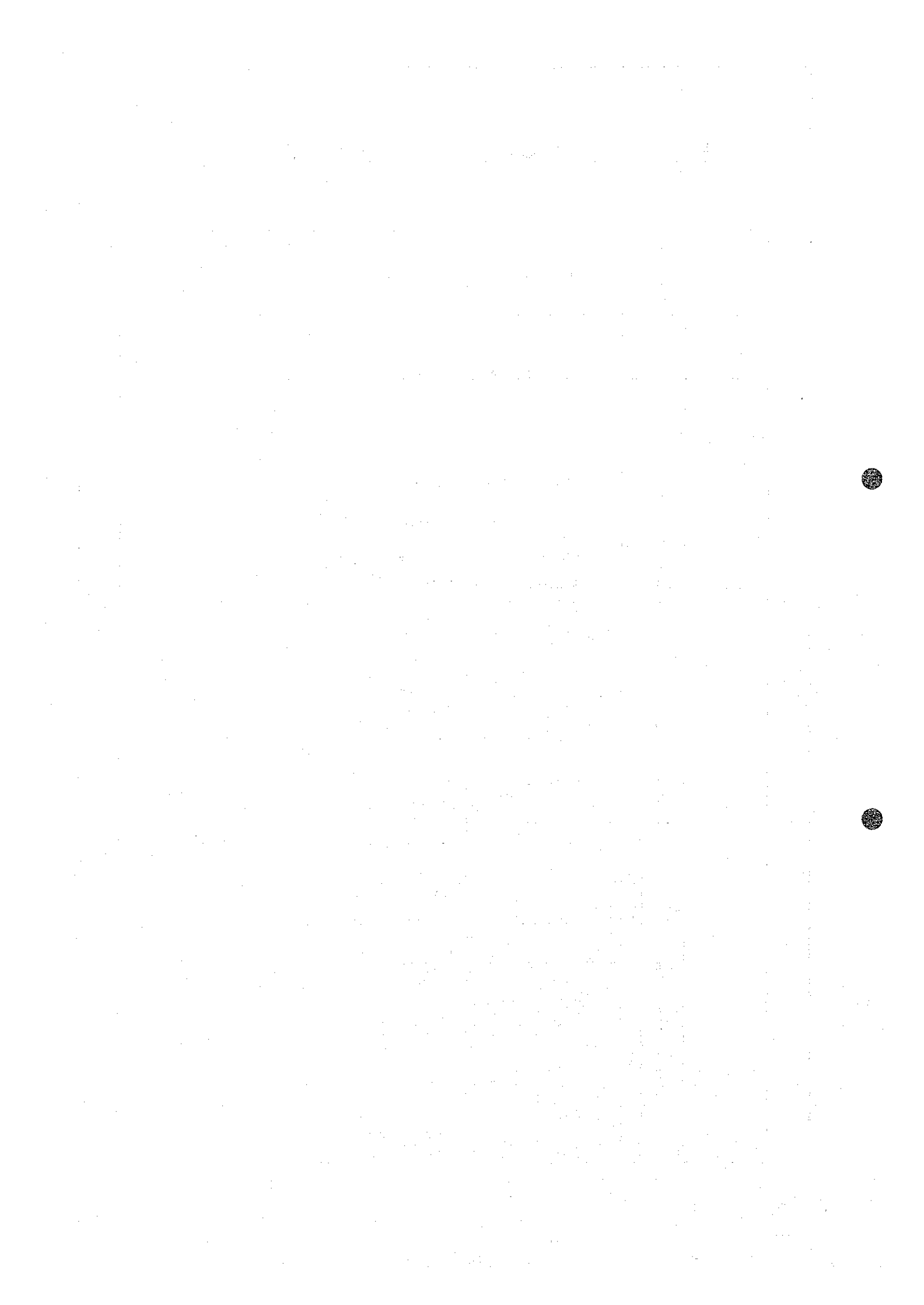


Table I-3 Data on K-Ar dating

Sample No.	Place	Location		Rock	Age (m.y.)	Sec Ar ⁴⁰ Rad/gm x 10 ⁻⁵	% Ar ⁴⁰ Rad	% K
		Long. E	Lat. S					
S-8	Chirungkwe river	26° 51' 06"	20° 43' 30"	Amphibole schist	1764 ± 88	3.06 3.10	73.0 79.3	0.26 0.27
S-40	Lepashe river	26° 49' 20"	20° 49' 30"	Granite gneiss	1841 ± 92	69.9 70.4	98.7 98.9	5.61 5.67
S-48	Lepashe river	26° 53' 58"	20° 49' 33"	Granite gneiss	1839 ± 92	82.5 83.3	99.5 99.4	6.66 6.68
S-104	Mosope river	26° 51' 35"	20° 57' 37"	Granite gneiss	1837 ± 92	74.5 74.9	98.4 99.0	6.00 6.05
S-112	Mosope river	26° 59' 06"	20° 56' 18"	Amphibole schist	1755 ± 88	3.48 3.56	74.1 81.6	0.30 0.31

Notes: 1. The analysis was performed on a hornblende separate for S-8, S-112, and on a biotite separate for S-40, S-48, S-104.

2. Constants; $\lambda\beta = 4.962 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$

$\lambda\epsilon = 0.581 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$

$K^{40} = 1.167 \times 10^{-4}$ atom per atom of natural K.

Table I-4 Chemical analysis of rock samples

Sample No.	S-8	S-40	S-48	S-104	S-112
Rock	Amphibole schist	Granite gneiss	Granite gneiss	Granite gneiss	Amphibole schist
Location	Chirungkwe river	Lepashe river	Lepashe river	Mosope river	Mosope river
SiO ₂	52.8	72.9	69.6	71.1	50.1
TiO ₂	0.79	0.26	0.42	0.24	1.25
Al ₂ O ₃	12.7	14.5	16.1	15.8	13.8
Fe ₂ O ₃	2.61	0.58	0.87	0.40	1.67
FeO	8.28	1.57	2.08	1.03	10.66
MnO	0.18	0.04	0.04	0.02	0.14
MgO	9.50	0.77	0.99	0.47	6.68
CaO	10.48	2.47	3.38	2.48	11.64
Na ₂ O	1.16	4.39	4.97	5.25	1.77
K ₂ O	0.25	2.27	1.37	2.61	0.30
P ₂ O ₅	0.07	0.11	0.12	0.07	0.12
H ₂ O ⁺	0.71	0.50	0.43	0.52	0.92
H ₂ O ⁻	0.14	0.14	0.10	0.13	0.10
Total	99.67	100.50	100.47	100.12	99.15
Dating(m.y.)	1764±88	1841±92	1839±92	1837±92	1755±88
Geology	A	B	B	B	B

A: Matsitama schist and metasedimentary group

B: Moseitse river gneiss group



伴うことがある。又赤鉄鉱を含む縞状鉄も認められる。

石灰岩は白～灰色結晶質で、その露頭は最大1×2 m程度の小規模で、その分布も非常に限られている。石灰岩の転石もごくまばらで、しかもその大きさはこぶし大である。

本層群は岩相上、上部層、下部層に大別される。下部層は片麻岩、斑状変晶片麻岩を主とし、一部角閃片岩の薄層をはさむ。上部層は前者に比較して角閃岩～角閃片岩がより優勢に発達し、また石灰岩も認められる。更に赤鉄鉱を含む石英片岩～珪岩も下部層により多く見られる。上部層は Matsitama schist and metasedimentary 層群に整合的に、一部はNW系断層で接している。上部層は変成度は異なるが、角閃岩～角閃片岩、石灰岩の多いことから、Matsitama schist and metasedimentary 層群と類似した性質を有する。

なお本層群の変成度は角閃岩相に相当すると考えられている。

(2) Matsitama schist and metasedimentary 層群

本層群は調査地域南西部と西部に分布している。露頭は Mosope 川沿いに限られ、他ではわずかな転石が散見される程度である。

本層群は Moseitse river gneiss 層群の上位に単斜構造をなして分布する。

岩石は各種片岩類、珪岩類、角閃岩～角閃片岩を主とし、次いで石灰岩、千枚岩が少量認められる。

片岩類は一般に優白質で、石英、長石を主成分とするものと、暗緑色の角閃石を主とするものに大別される。前者の片岩類には、長石石英片岩、黒雲母長石石英片岩、白雲母長石石英片岩、角閃石長石石英片岩、緑れん石角閃石長石石英片岩、赤鉄鉱石英片岩(ないし珪岩)等が含まれる。

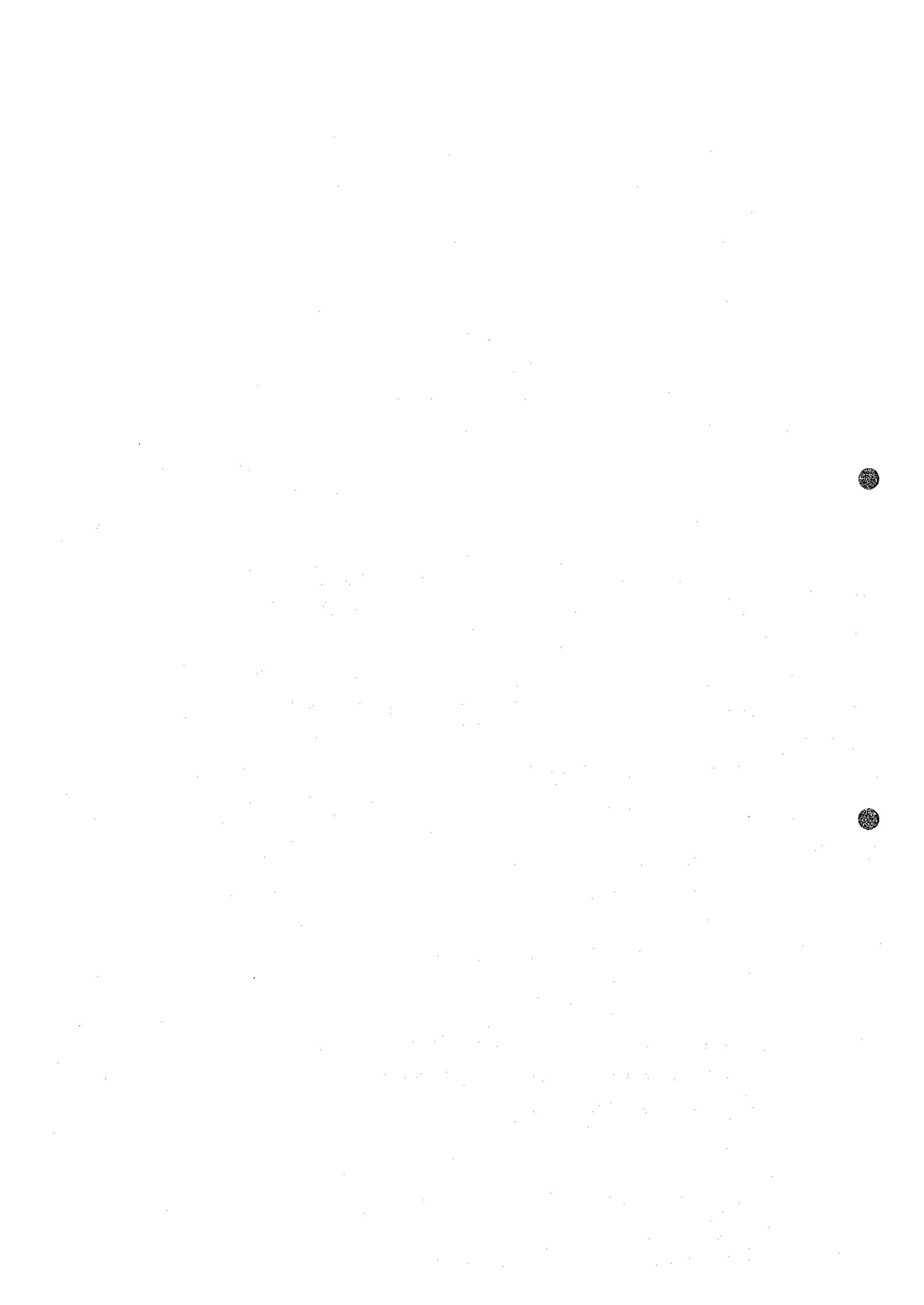
珪岩は細粒で、大部分は優白質であるが、暗灰色、褐色、紫褐色、深緑色を示すものも少ない。構成鉱物は石英を主とするが、しばしば長石あるいは少量の有色鉱物を伴っている。

角閃岩～角閃片岩は zone としては最大2 Kmの幅を示すが、単層としては最大100 m程度で、各種岩石と互層をなしている。本岩類は角閃石、長石、石英を主とし、この他しばしば緑れん石と少量の sphene を伴っている。角閃石の量は90～10%で、ふつう70～20%である。又これらの岩石は他種岩石と明瞭に接する場合と、周辺部で次第に角せん石の量を減じて他の岩石に変る場合がある。

角せん石は普通角閃石が主であるが、時に陽起石、透角閃石、直閃石を伴ない、またしばしば緑泥石に変質している。

本層群は岩相上の組合せから、上部層と下部層に区別される。両層は整合関係にある。

上部層は本地域南西部に分布し、航空写真でNW系の走向が明瞭なこと、銅鉱層を胚胎すること、珪長質岩の卓越すること、千枚岩～雲母質岩の多いこと等の特徴を有する。



下部層は角閃岩～角閃片岩が卓越している。本地域西方で東西に分布する下部層地域では露頭、転石ともわずかしら認められない。なお Dating によれば、北部 Chirungkwe river 沿いに発達する下部層の角せん片岩 (S-9) は $1764 \pm 88 \text{ m.y.}$ である (Table I-3)。

なお、本層群の変成度は一般に弱く、緑色岩相に属する。

Matsitama schist and metasedimentary 層群および Mosetse river gneiss 層群に於いて、Bushman 鋳山 その他周辺の地質から見て石ほく片岩の存在する可能性はある。しかし地表に於いては石ほくを含むと断定出来る様なサンプルは1個も発見されなかった。しかし乍ら、軟質、暗褐色で、あるいは少量の石ほくを含んでいるのではないかと思われるサンプルは両層群中に於いて小転石としてわずかに認められる。

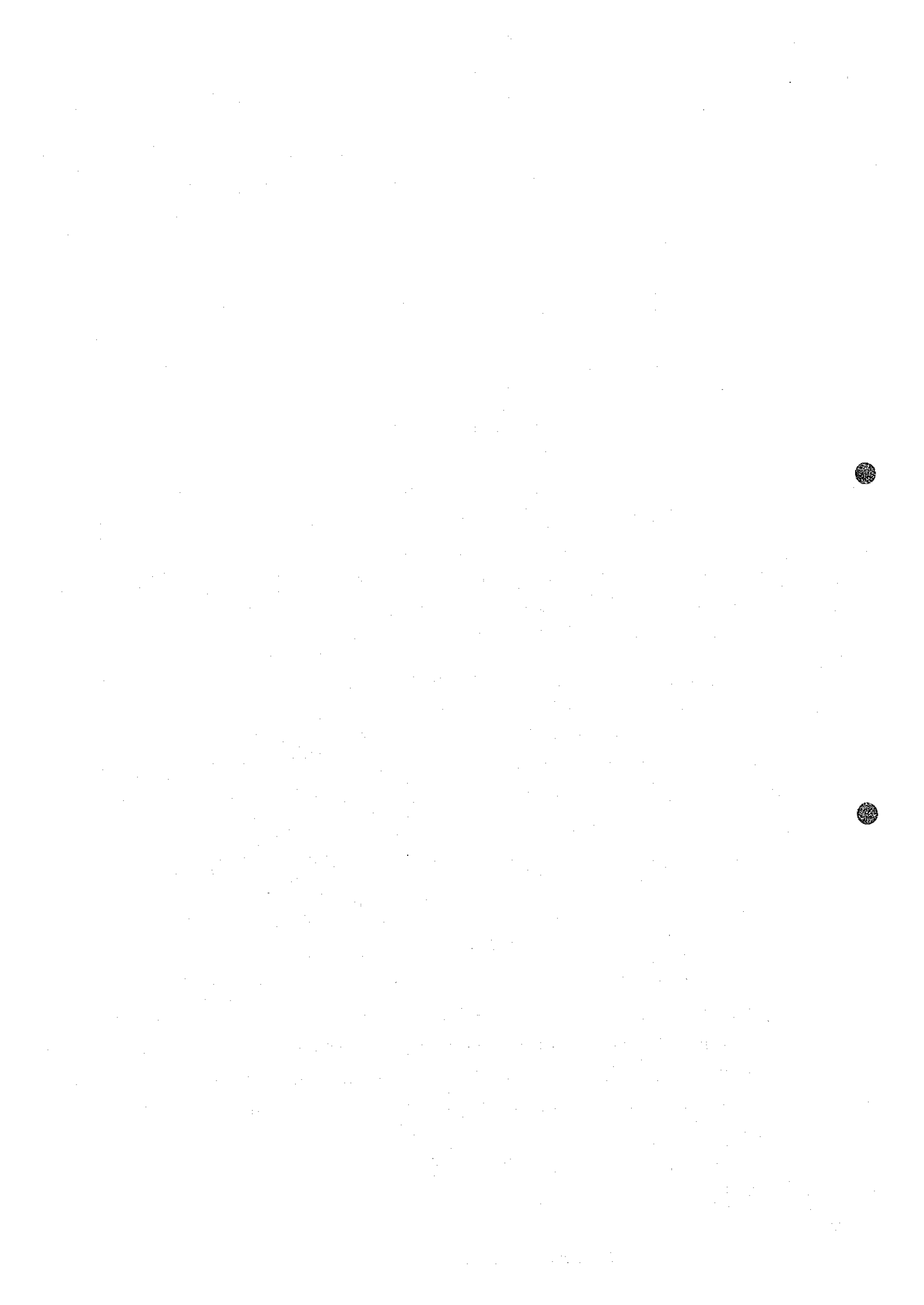
試料 S-127 は石英、黒雲母、赤鉄鋳を含む黒雲母片岩で、軟質、脂感があり且つ通電性がある。このサンプルの水ひ浮上物を X 線回折分析したが (Apex 3)、石ほくを確認し得なかった。これには石ほくが存在しない場合と、たとえ存在しても少量で検出出来ない場合と、ある程度存在していても石ほくの X 線回折ピークが雲母のそれと重複して確認出来ない場合が考えられる。なお試料 S-127 は微粒のため、仮に少量の石ほくが存在しても赤鉄鋳との区別がむずかしいと判断されたので反射顕微鏡観察は行っていない。

(3) 表 層

これには沖積層、土壤、calcrete が含まれる。沖積層は現世の砂礫よりなる。

土壤と母岩、植生の関係は絶対的なものではないが、次の様な傾向が見られる。

土壤は褐色系、褐灰色系、暗灰色系土壤に大別される。褐色系土壤は、超塩基性岩類、塩基性岩類、角閃岩～角閃片岩類、石灰岩等を母岩としている。また同系土壤は砂質、ラテライト質で、透水性がよく、shrub savanna と tree savanna が発達する。褐灰色系土壤は、片麻岩類、優白質片岩類、珪岩類などを主たる母岩としている。更にそれは砂質で、透水性がよく、褐色系土壤の場合より tree savanna の発達が良好である。暗灰色系は水系沿い、盆状低地に発達し、粘土質で、前二者に比較してより湿った状態にあり、石英の礫あるいはその他の転石を伴うことが多い。更に同系土壤には草地、shrub savanna の発達する傾向がある。またこれは母岩とはかなり無関係な広範囲な現象により二次的にもたらされた様で、地化探解析時には注意を要する。暗灰色系土壤は現地では Black turf と呼ばれているが、他所で cotton soil と呼ばれる土壤に相当し、石英、モンモリロナイト、長石、を主成分とする土壤である。calcrete 層は Mosetse river gneiss 層群、Matsitama schist and metasedimentary 層群の双方に於いて発達しているが、後者の場合がより顕著である。calcrete 層は地質図に記入してある以外にも多数認められ、河川の bank 周辺に発達する場



合と、地形的に周辺よりごくわずかに高いゆるやかな地形をなして走向方向に長く延びている場合がある。前者の場合、平地より河川に流入する水が bank に於いて物理化学条件の違いにより石灰分を沈澱したものと考えられる。一般にその分布は河川周辺に限られる。本報告書（及び地質図）に於いて河川沿いに限定される calcrete 層に対する説明は省略する。後者の場合、calcrete の分布する細長い zone には、多量の礫状ないし地山状の calcrete のほか、珪岩類、優白質片岩類が広く認められ、更に超塩基性岩類、角閃岩～角閃片岩類、少量の石灰岩、千枚岩を随伴していることも多い。calcrete 層は現世の二次的生成物で、その石灰分は超塩基性岩類、角閃岩～角閃片岩類、はんれい岩、石灰質岩等に由来すると考えられる。一般に calcrete 層の中心部附近の土壌は褐灰色系土壌よりなるが、その周辺部は褐色系土壌よりなる場合が多い。更に calcrete 層の中心部即ちゆるやかな細長い丘陵部には周辺と比較してアカンヤその他のとげの多い低かん木の発達がいちじるしい。

なお、calcrete 層の発達は地表部が主と考えられるが、地質断面図では calcrete を生成した岩石が深部に延長すると思われるので、calcrete 層の記号で地下に延長して記入してある。

1-2-2 火成岩類

本地域に発達する火成岩は、酸性岩類、塩基性岩類、超塩基性岩類に分類される。

露頭は塩基性岩類の場合に於いて多少認められる程度である。従って以下の記述はごくまばらに散在する転石によるものである。

酸性岩類は、ベグマタイト、花崗岩、閃長岩の小規模な貫入岩体も予想されるが、大部分は岩脈として産すると考えられる。

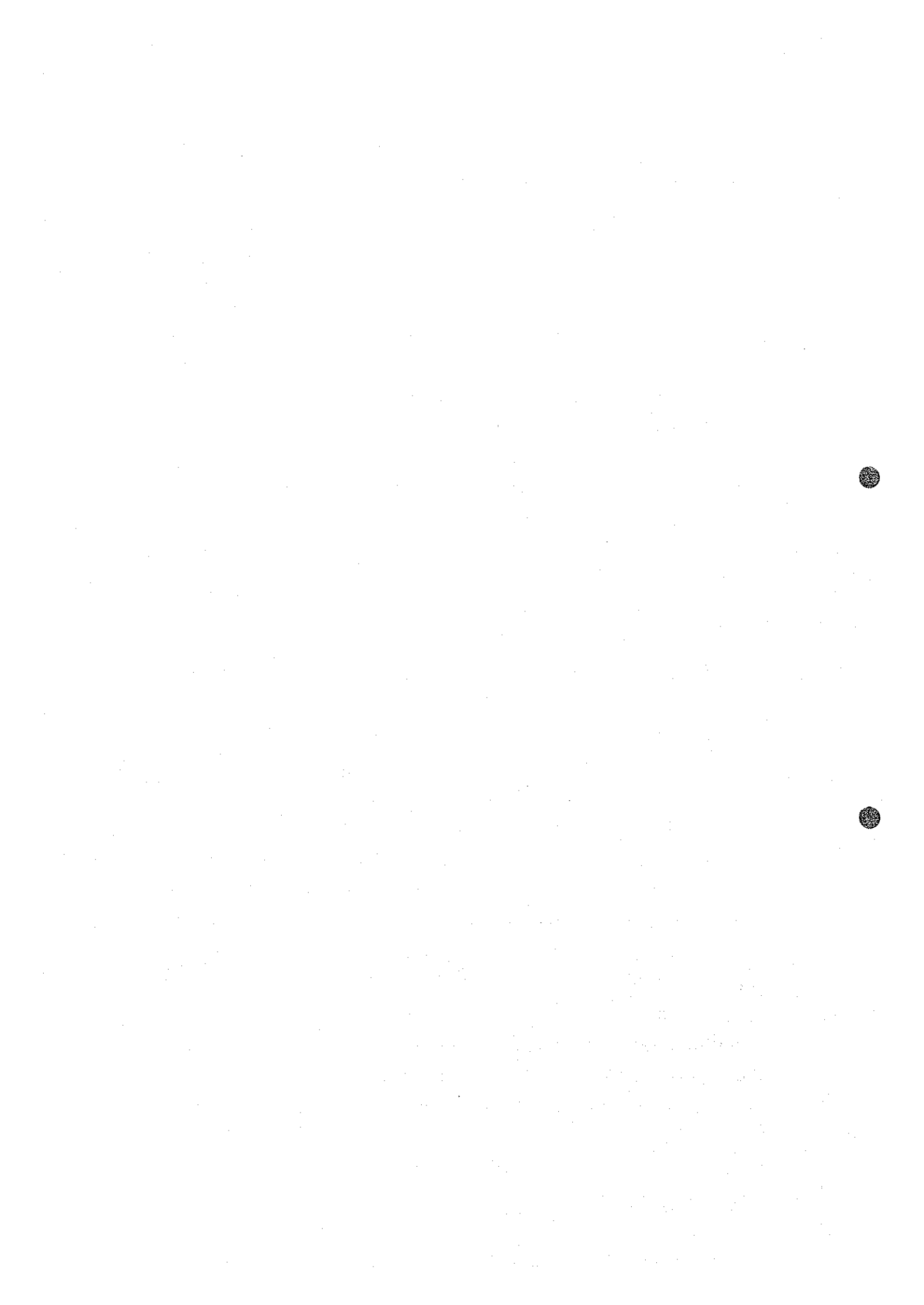
塩基性岩類は粗粒玄武岩を主とし、このほか少量の斑れい岩、玄武岩よりなる。斑れい岩と粗粒玄武岩は両者の中間的性質をもつものも少なくないので区別が困難な場合も多い。本岩類の産状は岩脈であり、大部分はNW系の走向を有する。

超塩基性岩類の露頭は限られており、本岩類を火成岩（貫入岩）として扱うべきか、地層として扱うべきか不明な点も多いが、ここでは便宜上火成岩の範ちめうに入れて説明する。

超塩基性岩は、蛇紋岩、多量の磁鉄鉱と少量のクロマイトを含む蛇紋岩によって構成される。顕微鏡下では、本岩にはごく少量のかんらん石が認められることもあるが、大部分は蛇紋石～緑泥石、滑石より成り、この他磁鉄鉱、少量の炭酸塩鉱物、クロマイトを伴なう。

（Apex 1, 2）

超塩基性岩の分布は、Lepashe 川北方、Mosope 川北方、調査地西部の drilling site 東方、Chirungkwe 川上流に於いて見られる。これ等のうち、Lipashe 川北方の分布が最も大きく、大部分は転石としてしか観察されないが、その範囲は 3 Km × 3 Km に及ぶ。しかしこの



場合、超塩基性岩類の転石に混って片麻岩類等の転石が広く認められること、全体としてこの範囲に於ける空中磁探異常がそれ程大きくないことからして、超塩基性岩の転石は見掛上広く分布しているが本岩類の個々の岩体は小岩体状で片麻岩類中に散在するものと考えられる。また本岩類にはクロマイトを伴うことがある。

なお、超塩基性岩類には角閃岩類を伴うことがあり、それらは互に密接な関係をもって生成されたと思われるが決定的証拠はつかんでいない。

超塩基性岩類と塩基性岩類は空中磁探異常の主因であるが、後者による異常がより大きく関係していると思われる。

1-3 地質構造

本地域では露出が悪く、その地質構造はよくわからない点が多いが、地層の分布、航空写真ランドサット映像等により大略次の様に考えられる。

地域内に分布する地層は、一応その岩相より Mosetse river gneiss 層群と Matsitama schist and metasedimentary 層群に区分されるが、両者は漸移関係にあり、その境界は必ずしも明確でない。

これらの地層は褶曲、断層などの構造運動を受けているが、大きく見れば Bennett (1970) による Matsitama 褶曲の北翼に当たり、全体として走向 NW-SE、傾斜 W の単斜構造を示している。

本調査地域内にはいくつかの褶曲構造が見られる。このうち最大のものは、Lepashe 川北方にあり、E-W 方向の軸を有する背斜、向斜構造である。Lepashe 川南方および Mosope 川中流では、NE 方向の軸をもつ小規模の褶曲構造が認められる。

Matsitama schist and metasedimentary 層群の分布する南西部では地層は走向 NW-SE、傾斜 W の単斜構造を示す。

地域内に見られる断層としては、航空写真、ランドサット映像などから判断して、Lepashe 川南方に NW-SE 方向の断層が推定される。

また主な貫入岩(岩脈)は WNW-ESE~E-W 方向をとるものが多い。

航空写真、Landsat 映像から顕著なリニアメントとして NW-SE, E-W 方向のものが抽出される。

これらのことから本地域を支配する断裂系は NW-SE, WNW-ESE, E-W と考えられる。

本地域の西方には NS 系の大きな裂か、Bushman リニアメントがあるが、これに関連する断

裂系は本地域内では認められない。

1-4 鉍化作用

1-4-1 まえがき

調査地域内には変堆積性の銅鉍徴とクロム鉍徴がある。この他経済的価値はないが肉眼で鉄品位10~15%以下の縞状赤鉄鉍石英片岩~珪岩の小転石がまばらに散在する区域がある。

Fig 1-3に示す通り、銅鉍徴は1972年~1974年の間A.A.C.グループが積極的に探鉱したMatsitama鉍床群と現在もFalconbridge社の手によって探鉱中のBushman鉍山を結ぶ鉍化帯の東外縁部に位置している。往年のA.A.C.グループの探鉱(地化探、トレンチ、試錐)の一部は本調査地域内にも及んでいる。

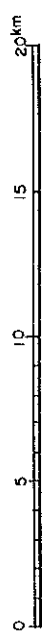
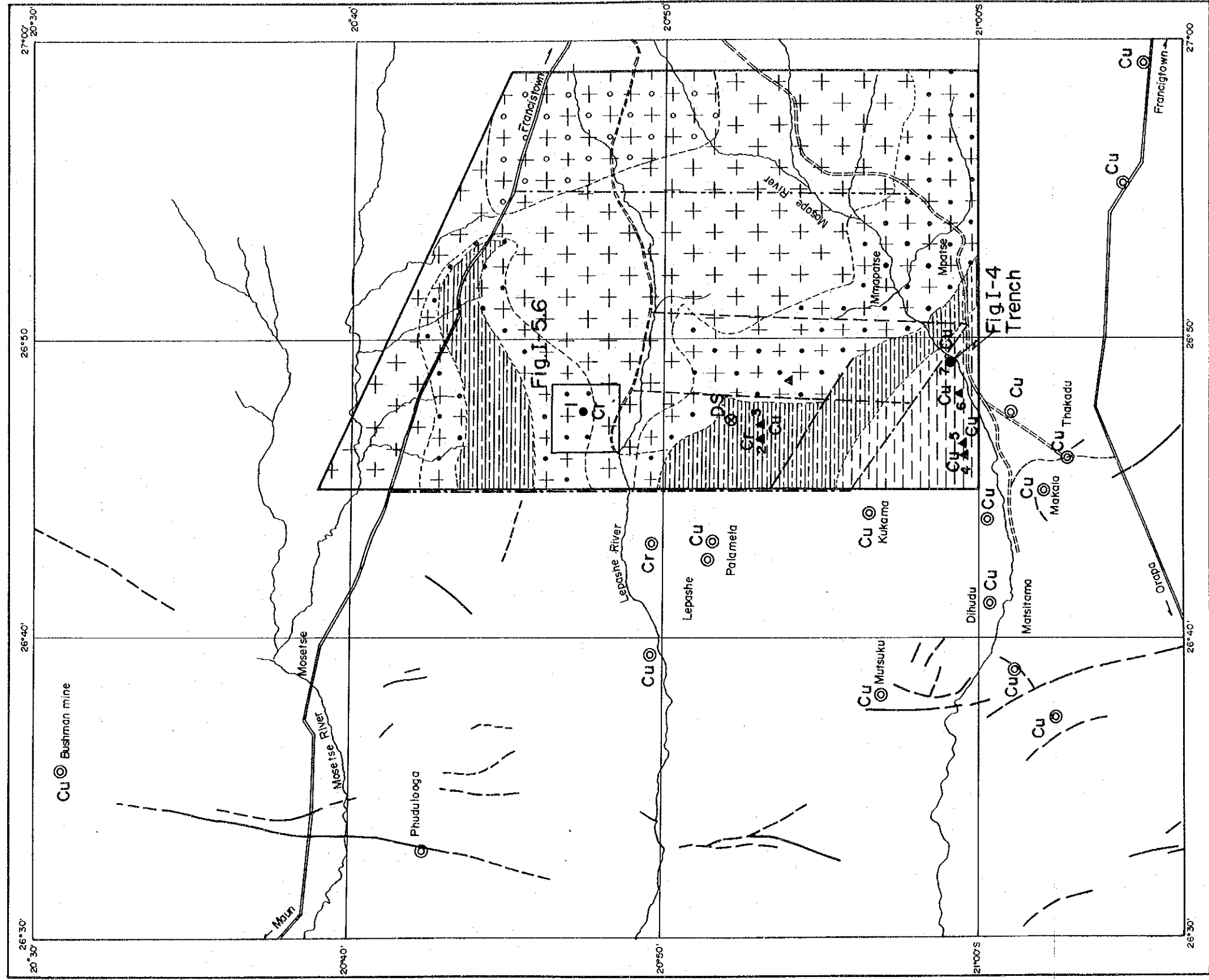
Matsitama鉍床群は、Matsitama schist and metasedimentary層群中の石灰質石英片岩~石灰質珪岩、雲母片岩、千枚岩などの地層に胚胎される銅鉍を主とし、少量の鉛、亜鉛鉍を伴う変堆積性鉍床で、同層群中に多数の鉍床群として地層に調和的に配列している。それらのうち主要鉍床であるThakadu, Makalaの二鉍床については、A.A.C.グループによってCu 2.2%で約800万tの鉍量が確認されている(Baldock, 1977)。

鉍石鉍物は、地表下60m程度迄の酸化帯では、孔雀石、珪孔雀石、藍銅鉍などを主とし、少量の黒銅鉍を伴う酸化鉍である。その下部では、黄銅鉍、斑銅鉍、輝銅鉍、磁硫鉄鉍、黄鉄鉍と、少量の鉛、亜鉛、銀の鉍物よりなる。

Bushman鉍山はMatsitama鉍床群を胚胎するMatsitama schistベルトの北北西延長部に当たり、Bushmanリニアメントshear zone中に分布する。鉍床はshear zone中に取り込まれた珪質石灰岩あるいは苦灰岩中の含石ほく珪岩~石英片岩、千枚岩などを母岩としている。しかしBushman鉍山はNS系のshear zoneによる明瞭な構造規制の存在すること、母岩に石ほく片岩が見られること、あるいは鉍化がshear zone中に濃集した石ほくと密接に関係すること等に於いてMatsitama鉍床群とは大きく異なる特徴を持つ。鉍石鉍物は、銀鉍物がMatsitama鉍床群より多量に存在すること、また螢石を含むという点以外はMatsitama鉍床群とほぼ同じである。現在本鉍山はFalconbridge社の手により主として北部へ、カラハリ堆積物下へ向けて鋭意探鉱中で、探鉱の成果をあげて鉍量を拡大中である。

第1年次調査でクロマイトの小転石を1個発見し、本年度はその周辺にクロム鉍徴地を発見した。これは本調査地域でははじめての発見である。本地域以外のLepashe東方には、Bennett(1970)により層状蛇紋岩中にクロマイトの存在することが報告されている。

Fig. I-3 Mineral deposits, occurrences and showings (Cu, Cr)



	Matsitama schist and metasedimentary group (Upper)
	Matsitama schist and metasedimentary group (Lower)
	Moseitse river gneiss group (Upper)
	Moseitse river gneiss group (Lower)
	Moseitse river gneiss group (Lower) Paraphyoblastic gneiss
	Faults

	Mineral deposits (Cu, Cr)
	Mineral occurrences (Cu, Cr)
	Mineral showings (Cu, Cr)
	Drilling site (D.S)
	Highway (asphalted)
	Road

	Newly constructed cutline by GS-17J
	Repaired cutline by GS-17J

Notes

1. The numbers of the mineral occurrences and showings here are same as those of Table I-7
2. Location of faults and mineral deposits is after Bennett (1970) except that of the surveyed area (1981)

1-4-2 銅鉍徴

調査地域西部に往時探鉍されたトレンチがある (Fig 1-4)。これは Lepashe 川北方約 400 m 地点の平坦地にあり、附近にはトレンチ内部、Lepashe 川のごく一部を除いて露頭は見られない。トレンチ内の岩石も原岩を判定し得ない程度に風化している。

附近の地質は、Matsitama schist and metasedimentary 層群中の上部層に属する珪岩、黒雲母石英片岩、白雲母石英片岩、石灰質石英片岩～珪岩等よりなる。この他トレンチ内では、片岩類中にざくろ石を多量に含む暗緑色硬質岩が幅 1.5 cm 程度で数枚観察される。X線回折分析、顕微鏡観察によれば、この硬質岩はざくろ石を主とし、この他石英、長石、透角閃石、滑石、方解石、赤鉄鉍、孔雀石等により構成される。この硬質部には高品位の酸化鉍を伴う場合と殆んど含まれない場合がある。(Table 1-5, Apex. 1, 2, 3)。

緑色銅鉍を主とする銅鉍化帯は 2 枚あり、その見掛幅は 6 m, 0.4 m である。しかしその鉍化幅が初生的にそれだけあったかどうか不明である。

分析結果は Table 1-6 の通りで、最高は幅 3 m で Cu 0.63% (S-88) である。このサンプルの X線蛍光分析結果は Table 1-5, Apex. 3 に示す通りである。

このトレンチでは、地表から下部へ向って表層の土砂、石英礫を主とする礫層、calcrete 層 (礫質 calcrete が多い)、calcrete 化した母岩、強度に風化してぼろぼろの母岩、と変化する。鉍床直上の calcrete は 872 ppm の銅を含んでいるが、表層にはわずか 13 ppm しか含まれていない。Fig. II-6 に示す様にトレンチ周辺を 50~100 m 毎に土壌を分析したが、表層にはわずかの銅しか含まれていない。これはトレンチ周辺が Mosepe 川の現世堆積物で覆れていることを示している。

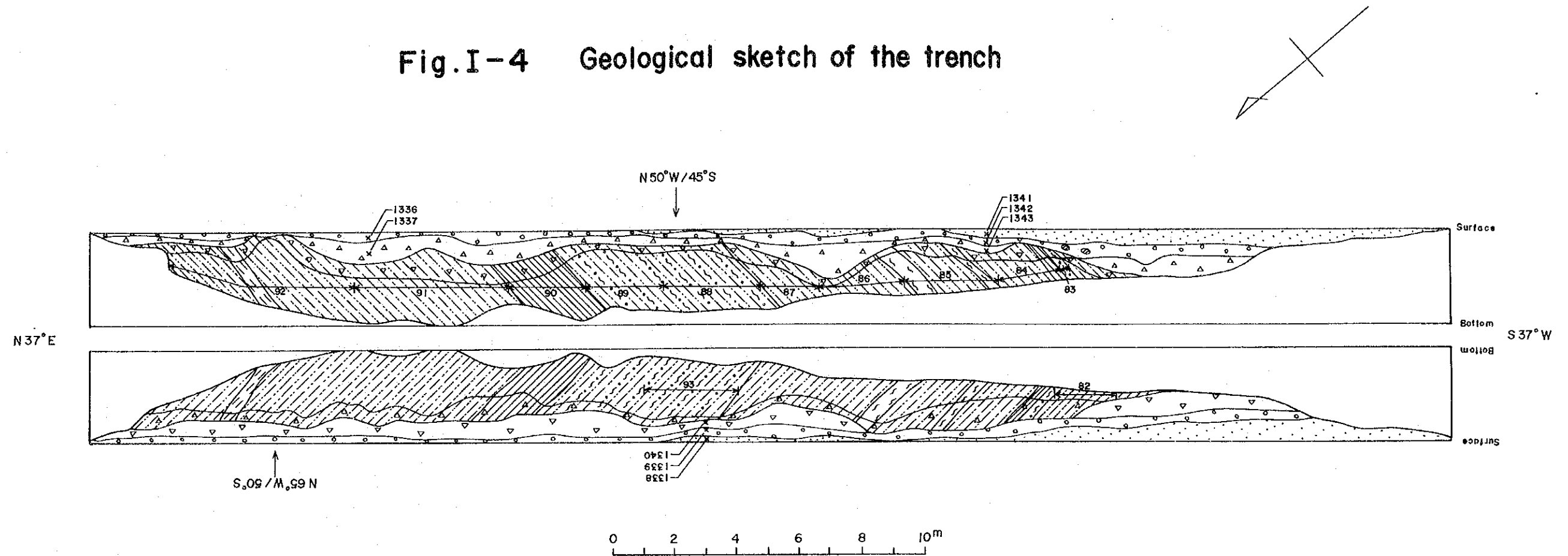
Matsitama schist and metasedimentary 層群中には上記銅鉍徴のほか 4ヶ所で銅鉍物を含む転石が発見された (Table 1-7)。このうち No. 5 は孔雀石などを含む石灰岩であるが、No. 4, No. 6 では炭酸塩鉍物は認められない。No. 6 の転石はこぶし大の大きさで、孔雀石を伴ない Cu 5.20% (S-68) の品位を示す。この孔雀石は珪岩～石英片岩の多孔質の薄層部に発達している。よって初生時には S-68 には石灰質鉍物を含んでいたかも知れない。No. 4 は chalcopyrite を含む珪岩である。No. 3 は本層群中の下部層に属し、フィルム状孔雀石を含む角閃片岩の転石である。

この他、同層群下部層の土壌中に、地化探試料 No. 1228 で 560 ppm、No. 1240 で 520 ppm の銅異常も認められた。

以上をまとめると、本地域の銅鉍徴又は異常は単斜構造を示す Matsitama schist and metasedimentary 層群、特にその上部層に多いことがわかる。

なお、本地域内には Bushman リニアメントのような石ぼくを伴う銅鉍化の胚胎する shear

Fig.I-4 Geological sketch of the trench



Legend

	Sand and Soil
	Sand and gravel (gravel: mainly quartz)
	Calcrete
	semi-calcretized-weathered zone of the country rock
	Schist (mica, mica-chlorite schist)
	Quartzite
	Carbonate bearing schist
	Garnet bearing schist
	Copper mineral
	Copper cobble (φ = 5-10 cm)
	Sampling width and Sample No.
	geochemical sampling point and No.

Analysis

Samp.No	Width ^m	Cu %	Pb %	Zn %	Au % ₁	Ag % ₁	notes
82	2.0	0.10					
83	0.4	0.46	0.00	0.04	< 0.2	< 5	
84	2.0	0.08					
85	3.0	0.03					
86	2.7	0.04					
87	2.0	0.06					
88	3.0	0.63	0.00	0.04	< 0.2	< 5	Apex.1.2.3
89	2.5	0.15	0.00	0.06	< 0.2	< 5	
90	2.5	0.14					
91	5.0	0.01					
92	6.0	0.00					
93	3.0	0.44	0.00	0.03	< 0.2	< 5	

geochemical analysis

Sample No	Depth ^{cm}	Cu ^{ppm}	Pb ^{ppm}	Zn ^{ppm}	notes
1336	25	37	3	9	gravel (Q)
1337	75	28	30	11	gravel (Cal)
1338	15	13	4	20	brown grey soil
1339	40	316	6	23	gravel (Q)
1340	70	872	9	18	gravel (Cal)
1341	25	225	7	28	brown grey soil
1342	45	275	7	27	gravel (Q)
1343	70	395	13	26	Calcretized and weathered country rock

Q : quartz
Cal : calcrete

Table I-5 Data on X-ray diffraction and fluorescence analysis

(1) X-ray diffraction analysis

Sample No.	Sample	Q	Fs	Mica	Amp	Ca	Ga	Mt	Hm	Mont	Serp-chl	Talc	Note
S-18	Dark brown soil	+++	+++		+								
S-39	Magnetite bearing ultrabasic rock							++			+++	++	Float Cr ₂ O ₃ 9.8% T.Fe 12.9%
S-44	Black turf soil	+++	+							+			
S-81	Garnet bearing rock	+	+		+	+++				+++		++	
S-127 (1)	Graphite bearing (?) biotite schist			+++					+	+	++		It conducts an electric current.
S-127 (2)	Graphite bearing (?) biotite schist	+		+++							+		Float of the hydraulic elutriation of S-127-(1)

(2) X-ray fluorescence analysis

Sample No.	Sample	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	Note
S-34	Chromite						+	+	+++	++	+++	+	+	+		+	Cr ₂ O ₃ 33.6%
S-39	Magnetite bearing ultrabasic rock						+	-	+++	++	+++	++	+	+		+	Float Cr ₂ O ₃ 9.8%
S-44	Black turf soil	+	+		+	++	+		+	+	+++	+		+		+	
S-45	Red brown soil	+	+		+	++	+			+	+++			+		+	
S-68	Copper ore	+	+	+	+	+	+		+	+	+++			+++		+	Float Cu 5.2%
S-88	Copper ore	-	+		-	+	+		+	+	+++	+		+++		+	Trench Cu 0.63%
S-79	Brown grey soil	+	+		+	++	+			+	+++	+		+		+	

+++ : Abundant, ++ : common, + : a little, - : rare

Q: Quartz, Fs: Feldspar, Amp: Amphibole, Ca: Carbonate, Ga: Garnet, Mt: Magnetite, Hm: Hematite, Mont: Montmorillonite, Serp-chl: Serpentine-Chlorite

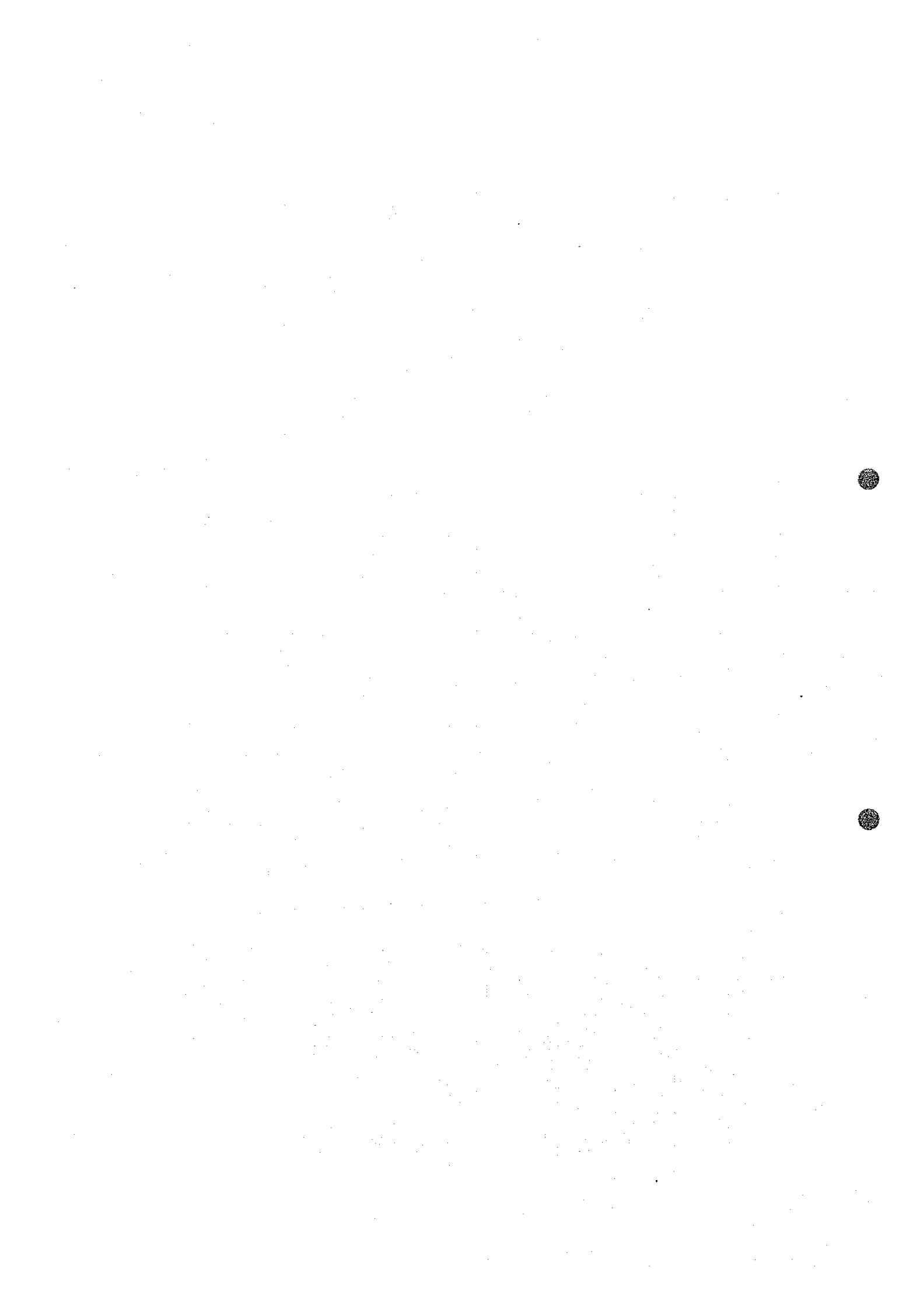


Table I-6 Analytical data on ores

(1) Copper ore

Sample No.	Location	Sampling width (m)	Analysis					Microscopic observation etc.
			Cu %	Pb %	Zn %	Au g/t	Ag g/t	
S-82	X8.4 Y2.4	2.0	0.10					
S-83	X8.4 Y2.4	0.4	0.46	0.00	0.04	< 0.2	< 5	
S-84	X8.4 Y2.4	2.0	0.08					
S-85	X8.4 Y2.4	3.0	0.03					
S-86	X8.4 Y2.4	2.7	0.04					
S-87	X8.4 Y2.4	2.0	0.06					
S-88	X8.4 Y2.4	3.0	0.63	0.00	0.04	< 0.2	< 5	
S-89	X8.4 Y2.4	2.5	0.15	0.00	0.06	< 0.2	< 5	
S-90	X8.4 Y2.4	2.5	0.04					
S-91	X8.4 Y2.4	5.0	0.01					
S-92	X8.4 Y2.4	6.0	0.00					
S-93	X8.4 Y2.4	3.0	0.44	0.00	0.03	< 0.2	< 5	Malachite; film-veinlet
S-68	X6.5 Y2	Float	5.20	0.06	0.15	0.2	54	Goethite; 0.02-0.1 mm

(2) Chromiferous ore

Sample No.	Location	Sampling width(m)	Analysis %					Cr/Fc	Microscopic observation etc.
			Cr ₂ O ₃	T. Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO		
S-22	X4.5 Y25.1	F	50.8	16.0				2.2	
S-23	X4 Y24	F	42.9	20.0				1.5	
S-30	X5 Y25.5	F	37.8	17.2				1.5	
S-32	X5.5 Y24.1	10	35.6	17.9	9.4	13.4	13.9	1.4	
S-33	X5.4 Y24	10	34.6	18.4				1.3	Chromite grain size; 0.06-0.6mm
S-34	X5.4 Y24	10	33.6	18.4	10.8	11.6	13.8	1.3	(mainly 0.2-0.4mm), round grain.
S-35	X5.4 Y24	1.5	33.7	19.2				1.2	Magnetite rich ultrabasic rock
S-39	X6.2 Y23.1	F	9.8	12.9				0.5	Magnetite grain size; 0.04-0.6mm
S-55	X3.7 Y13.5	F	33.7	21.3				1.1	(mainly 0.4mm), round grain.

Note: F; Float

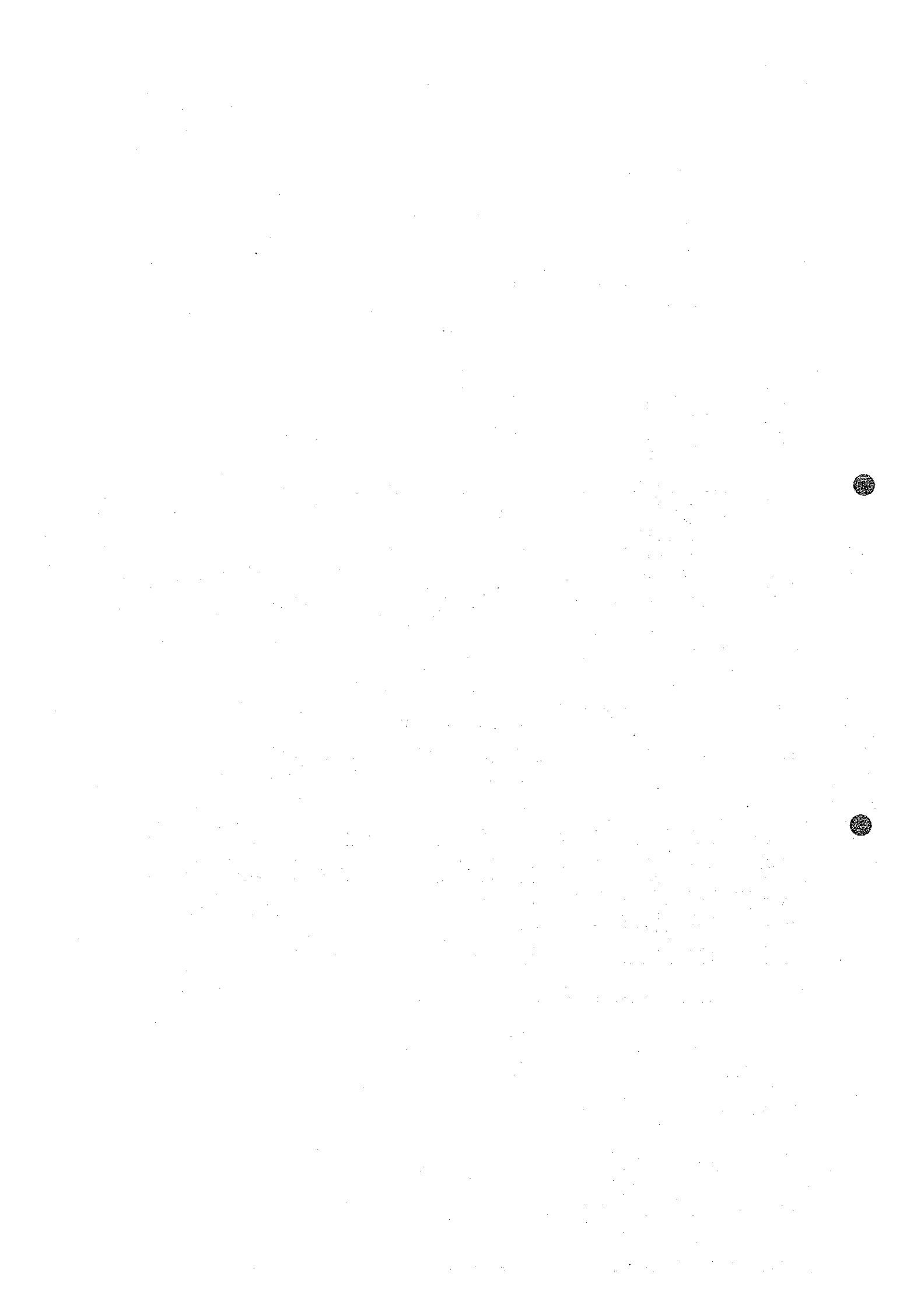
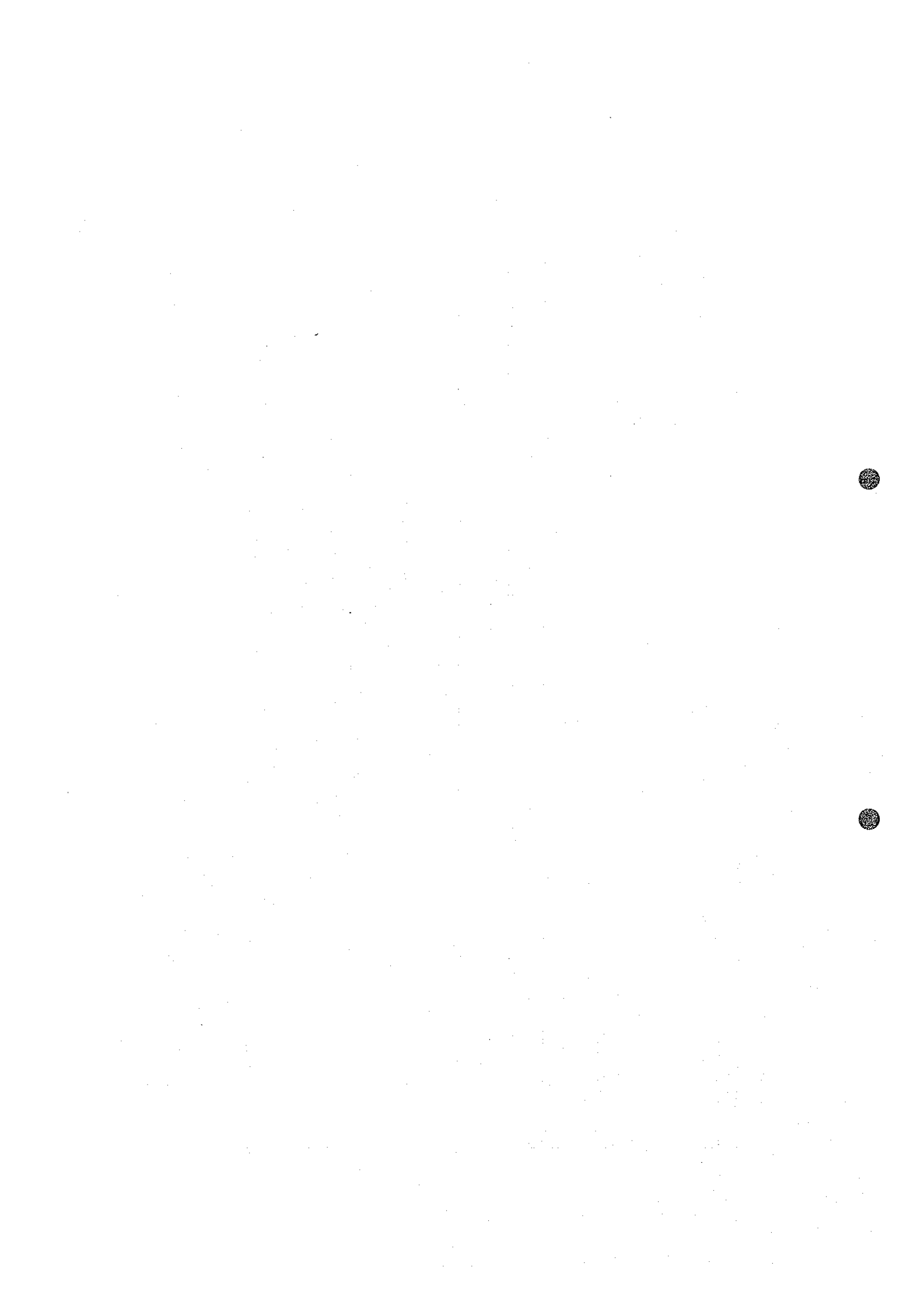


Table I-7 Mineral occurrences and showings

No.	Location	Outcrop, Float	Type	Ore mineral	Geology	Note
1	X5.4 Y24	Outcrop Float	Cr	Chromite	Ultrabasic rocks Gneiss	Chromite floats are found in the area of 3 km x 3 km S-22 Cr ₂ O ₃ 50.8% S-32 Cr ₂ O ₃ 35.6% S-33 Cr ₂ O ₃ 34.6% S-34 Cr ₂ O ₃ 33.6% S-35 Cr ₂ O ₃ 33.7% S-39 Cr ₂ O ₃ 9.8%
2	X3.7 Y13.5	Float (1)	Cr	Chromite	Ultrabasic rocks Amphibole schist etc.	S-55 Cr ₂ O ₃ 33.7%
3	X4.6 Y13.5	Float (1)	Cu	Malachite	Amphibole schist	Malachite film in amphibole schist
4	X3 Y 1.8	Float (1)	Cu	Chalcopyrite	Amphibole schist, Quartzite, Biotite quartz schist, Limestone, Phyllite	Chalcopyrite grain in quartzite
5	X3.5 Y 1.7	Float (1)	Cu	Malachite	Amphibole schist, Quartzite, Biotite quartz schist, Limestone, Phyllite	Malachite film in limestone
6	X6.5 Y 2	Float (1)	Cu	Malachite	Amphibole schist, Quartzite, Biotite quartz schist, Limestone, Phyllite	S-68 Cu 5.20% Pb 0.06% Zn 0.15% An 0.2 g/t Ag 54 g/t
7	X8.4 Y 2.4	Outcrop (trench)	Cu	Malachite	Quartzite, Mica schist, Carbonate	S-82 Cu 0.10% (w = 2.0 m) S-83 Cu 0.46% (w = 0.4 m) S-88 Cu 0.63% (w = 3.0 m) S-89 Cu 0.15% (w = 2.5 m) S-93 Cu 0.44% (w = 3.0 m)

Note

(1): figure in parenthesis is the number of float found in this survey.
The floats of No. 2-No. 6 samples are of coble size.



zone は地表地質調査では認められなかった。

1-4-3 クロム鉍徴

クロム鉍徴は、第1年次調査に於いて南北の調査測線を概査している際(X₇, Y₂₃₇)付近でこぶし大の塊状クロマイトを発見したことに始まる。

クロマイトの調査に関し、本年度は地化探サンプリングに際して、原則として500m間隔の測線沿いに踏査し、一部の鉍徴地について十字型に200mの距離を調査した程度で、探鉍は未だ不十分である。

鉍徴は Fig 1-3 に示す通り Lepashe 川北方と A.A.C. グループによる drilling site の南方にある。

クロマイトは蛇紋岩、磁鉄鉍を伴う強磁性の超塩基性岩に随伴される。これらの超塩基性岩はその転石の分布状態からみて、片麻岩その他の地層中に小岩体をなして分布するものと思われる。磁鉄鉍を伴う超塩基性岩は、縞状、鉍染状、網状に暗黒色鉍物を含む強磁性の暗緑色岩石で、その分析1例では(S-39) T.Fe 12.9%、Cr₂O₃ 9.8%である(Table 1-6)。

Lepashe 川北方では、Fig 1-5 に示す通り 3Km × 3Km の範囲に超塩基性岩の小地山、転石が散在し、数ヶ所にクロマイトの地山、転石が認められる。これらのうち(X₅₄, Y₂₄), (X₅, Y₂₅₃), (X₄, Y₂₄) 地点のものを除くと、いずれもこぶし大の黒色塊状鉍と超塩基性岩類が認められるだけである。

(X₅, Y₂₅₃), (X₄, Y₂₄) 付近にはそれぞれ径 30 ~ 50 cm の 2 ~ 3 個の黒色塊状鉍が超塩基性岩類と共に転石として分布している。

(X₅₄, Y₂₄) 付近の鉍徴群(これを A, B, C, D 鉍徴地にわけ)は Table 1-7, Fig 1-5 ~ 6 に示す通りで、完全な平坦地にあり、片麻岩に胚胎される超塩基性岩に伴って生成されたものである。

A 鉍徴は 1.5 m 四方に散在する塊状クロマイトの小露頭よりなる。付近には含磁鉄鉍超塩基性岩の露頭もある。

B, C, D 鉍徴は N 35 E 方向に断続する鉍徴群である。

B 鉍徴は 10 m × 30 m の範囲に散在する黒色塊状のクロマイトとわずかの超塩基性岩の転石よりなる。この鉍徴の南端部には 1 m × 1 m 程度のクロマイトと超塩基性岩類の小露頭がある。B 鉍徴の南西延長部の探鉍は不十分である。

C 鉍徴は B 鉍徴とほぼ同じ規模、同じ性質を有するが、確実な露頭は見られないしまた超塩基性岩の転石の量はより少ない。

B, C 鉍徴間では、転石は殆んどなくなる。B, C 鉍徴の両方には花崗岩質片麻岩類の転

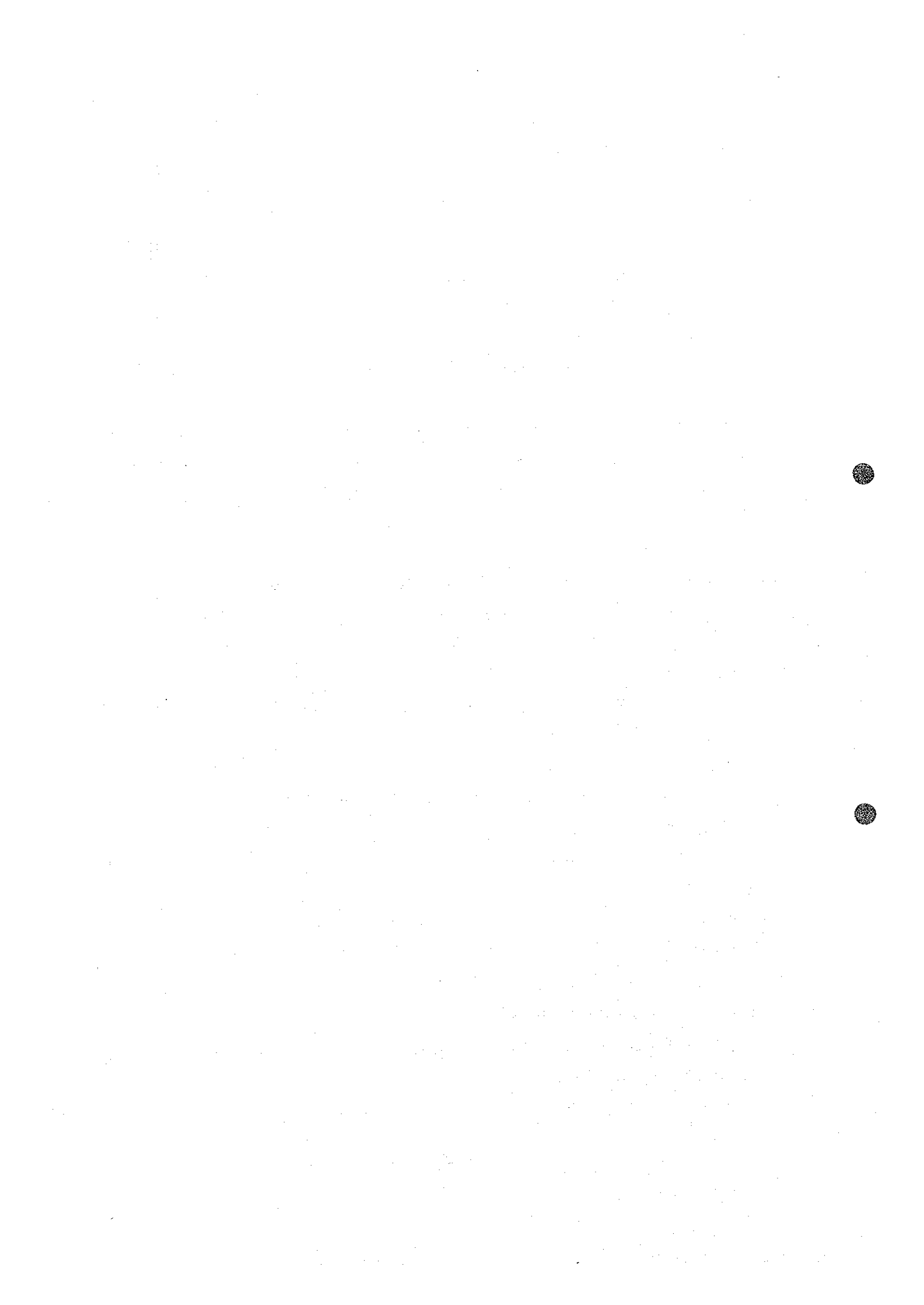
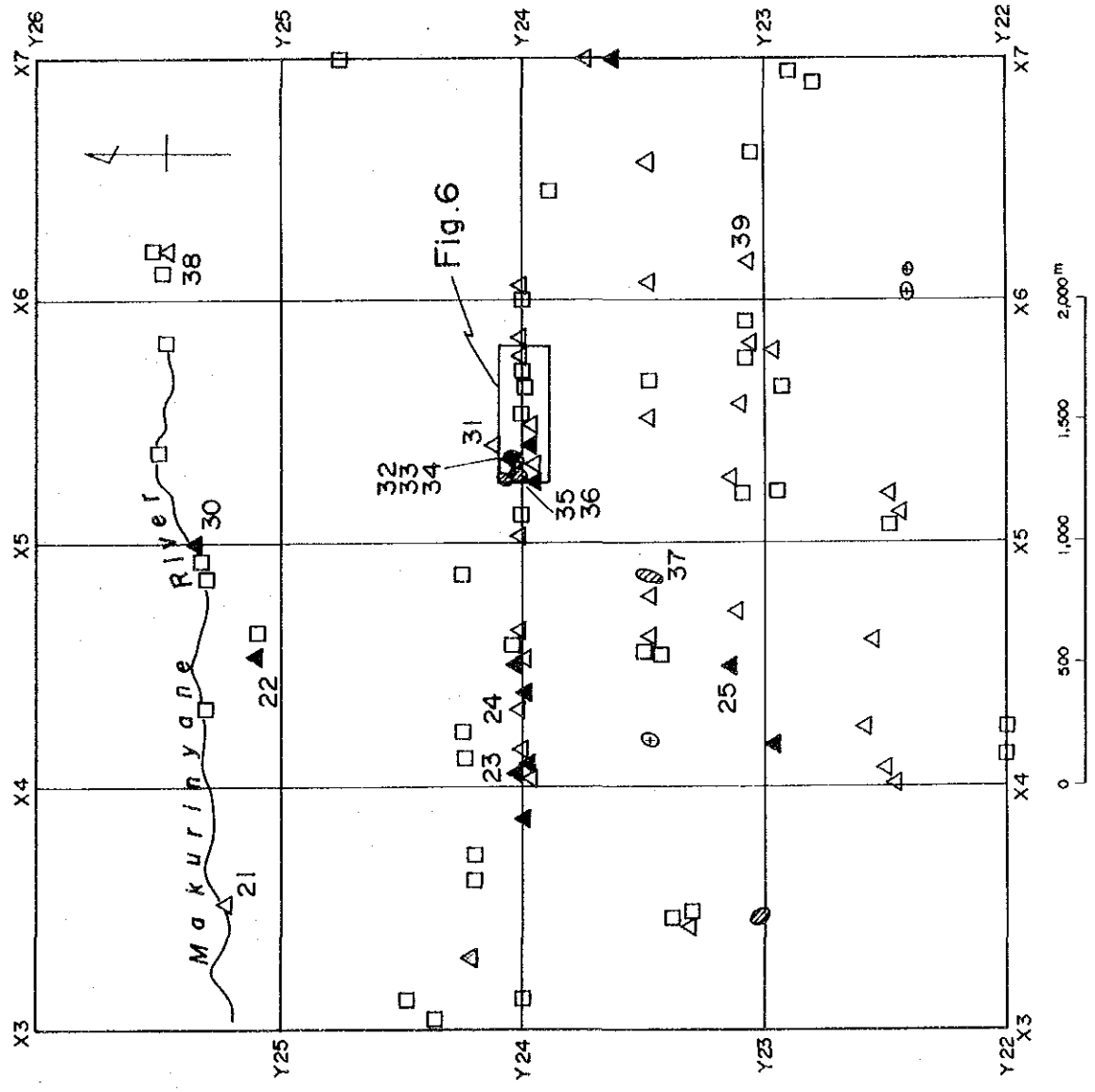


Fig. I-5 Distribution map of chromite showings



Outcrop

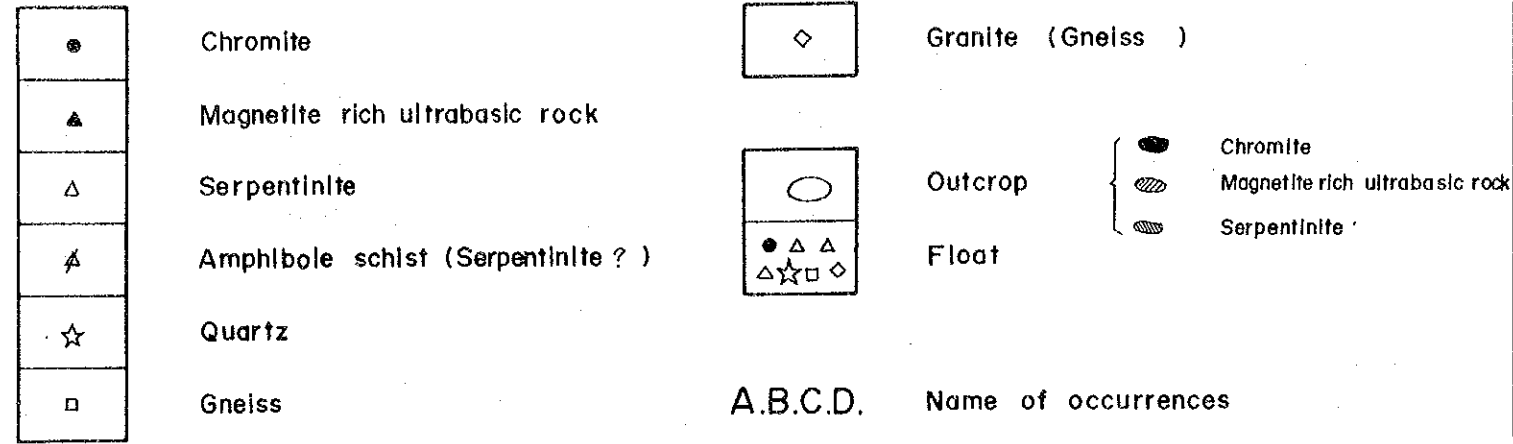
- Chromite
- ▨ Ultrabasic rock
- ⊕ Granite gneiss, minor quartzite

Float

- ▲ Chromite
- △ Ultrabasic rock
- Granite gneiss, minor quartzite

Note : The numbers here are same as those of PL.5

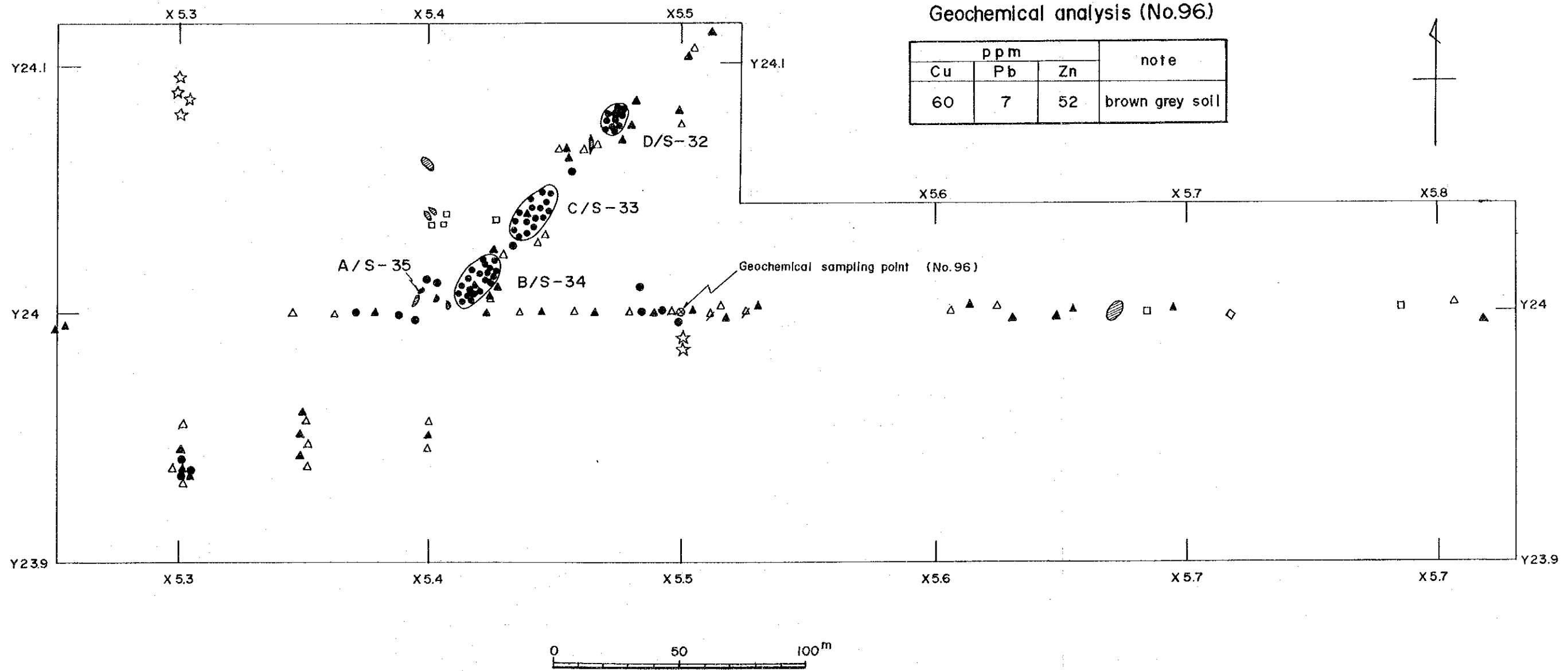
Fig. I-6 Main chromite occurrences



Sample No	Width ^m	Cr ₂ O ₃ %	T. Fe %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Cr/Fe	note
S-32	10	35.6	17.9	9.4	13.4	13.9	1.4	D
S-33	10	34.6	18.4				1.3	C
S-34	10	33.6	18.4	10.8	11.6	13.8	1.3	B
S-35	1.5	33.7	19.2				1.2	A Outcrop.
average		34.4	18.5	10.1	12.5	13.9	1.3	

Geochemical analysis (No.96)

ppm			note
Cu	Pb	Zn	
60	7	52	brown grey soil



石が認められる。

D 鉍徴は C 鉍徴の 30 m 北東に位置し、その間には NS 系の crack の発達する超塩基性岩類の露頭がある。D 鉍徴の北東延長部約 80 m 間にはクロマイトは認められない。D 鉍徴は径約 10 m の範囲に散在する黒色塊状クロマイトの転石群よりなる。

B, C, D 鉍徴は上述した範囲に分布するが、その規模は実際の鉍床の大きさを反映しているわけではない。しかしクロマイトの転石の分布状況から見て、上記鉍徴群の実際の大きさは 1 m 程度の小規模のものとも考えられない。

上記クロマイトはいずれも黒色硬質塊状のクロマイトで、肉眼的には不純物は殆んど認められない。顕微鏡観察結果では、これらはいずれも径 0.2~0.4 ミリ程度のクロマイト粒を主とし、その粒子間を蛇紋石~緑泥石、滑石が充填している。クロマイト粒はほとんど光を通さない (Apex. 1, 2)。クロマイト鉍 (S-34) は X 線蛍光分析によれば、Cr, Fe, Mn の他微量の Ti, V, Ni, Co, Cu, Zn が検出された (Table 1-5, Apex. 3)。

B, C, D 鉍徴の品位は Table 1-6 に示す通りで、Cr₂O₃ 34~36%、T.Fe 18~19%、SiO₂ 9~11%、Al₂O₃ 12~13%、MgO 14% で、Cr/Fe は 1.2~1.4 である。

クロマイトは Moseitse river gneiss 層群、Matsitama schist and metasedimentary 層群双方に於いて認められるが、主な鉍徴は前者の上部層に於いて著るしい。これはたまたま前者の地層にクロマイトと超塩基性岩がより多く貫入(?)したことによるとと思われる。なお現段階では、クロマイトと地質構造との関係は不明である。

本調査地域外になるが、本クロマイト鉍徴の南西約 10 km の Lepashe 地区に層状の蛇紋岩中にクロマイトが存在する (Bennett, 1970)。これと同様の地質状況の箇所は更に期待出来るので A~D 鉍徴周辺はもとより、そこから Lepashe 地区にかけては尚探鉍の余地がある。



第 II 部 地 化 学 探 査

II-1 ま え が き

第 I 年次の Cu, Pb, Zn, Ni, Mo, を指示元素とする地化学探査の結果, Matsitama 鉍床型の鉍化に対して, Cu, Pb, Zn, Ni を指示元素とする土壤地化学探査の主成分分析法による解析の有効性が確認された。よって第 II 年次の本年度は調査対象地域のうち, 主として Matsitama schist and metasedimentary 層群が分布し, さらに空中物理探査の結果多くの電磁異常が観測された地域南西部の 230 km² の範囲につき, 地質調査と並行して, 土壤地化学探査を実施した。指示元素は Cu, Pb, Zn の 3 元素とし, 解析は, 単一元素による異常抽出と主成分分析法による解析を実施した。

II-2 試料採取法, 試料数および採取試料の性質

試料の採取は格子状の測線沿いに地質調査と並行して行った。

測線は 500 m 間隔に設定し, 測線上ではコンパスと 100 m テープによる簡易測定で地形図上の位置を確認しながら土壤試料を採取した。試料の採取間隔は原則として 500 m, 空中物理探査の結果示された異常域上では 250 m, さらに地質調査で鉍微露頭の得られた Mm - apatse 南部区域では鉍化帯上の土壤の特性を検討するため 50~100 m 間隔とした。

試料総数は 1,363 個で, このうち鉍微露頭付近の特性検討用の試料数は 32 個である。

試料採取密度は 1 試料 / 0.17 km² となった。

試料採取深度は第 I 年次と同様地表下 30 cm の B 層中よりの採取を原則とした。

採取した土壤の種類は赤色ラテライト質土壤 (33.0%), 褐灰色土壤 (51.7%) および暗灰色湿土壤 (所謂 Back turf) (15.2%) に分類される。

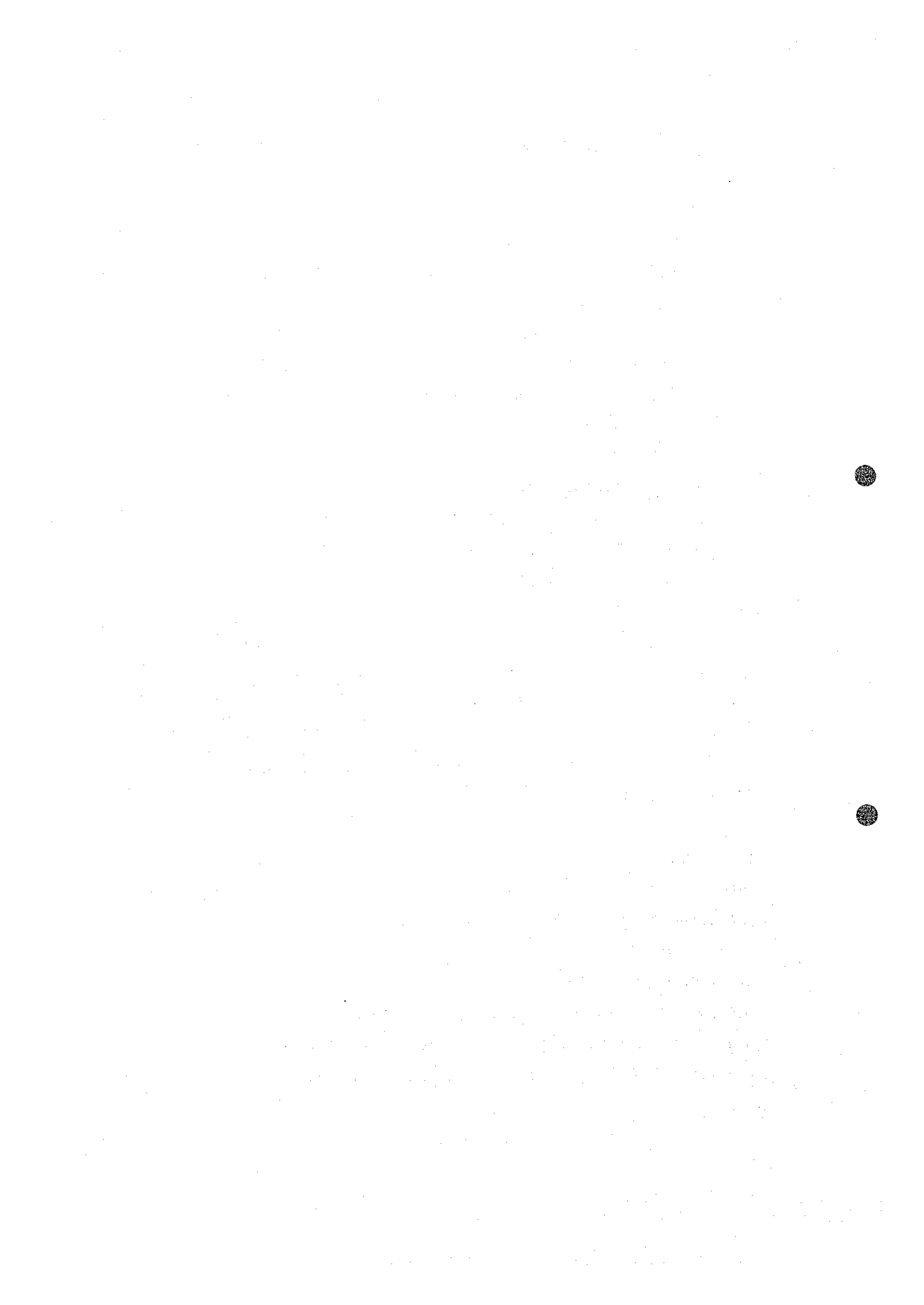
II-3 分析方法

試料は現地で 80 mesh 篩による篩下を採取し風乾後, 日本へ持帰った。日本へ持込みの際には成田検疫所において高温蒸気 (120℃) による消毒を実施した。

分析は原子吸光法によって行った。

分析操作の概略は次の通りである。

試料 10 g に塩酸 40 ml, 硝酸 15 ml を加えて蒸発乾固に至るまで加熱する。放冷後塩酸 10 ml を加えて再加熱し溶解させる。これに水を加えて 100 ml 定容とし, 濾液を原子吸光分析法により定量する。分析線の波長線は Cu: 3247 Å, Pb: 2170 Å, Zn: 2139 Å である。



II-4 データの解析

室内試験によって得られた分析データは電子計算機による統計的な解析に供された。

今回の解析は、まず単一成分で行い異常域の抽出を試みそれぞれ一応の成果が得られた。さらに微情報の取り出しのため3成分を総合する多変量解析を併用して異常域の抽出に完全を期した。

以下ではその解析法について述べる。

II-4-1 単一変量解析

採取した試料1,363個についてCu, Pb, Znの3元素の解析を行った。(PL-II-2~4)。

分析結果について分析元素別に頻度棒グラフ(Fig・II-1~3), 累積頻度分布図(Fig・II-4)を作成し地化学異常のしきい値(Threshold), 後背値(Background), 標準偏差の(Standard deviation)の図式解析を行った。また, 数値計算で分析元素間の相関係数を求めた。これらの図式ならびに数値処理には分析値のppm値の対数($\log_{10} \text{int.}$)を用いた。頻度棒グラフと累積頻度分布図の階級差(class)は $\log_{10} \text{int.} = 0.1$ を用いた。

(1) 分析成分別の頻度棒グラフおよび累積頻度分布

Table II-1 Integrated characteristic

	頻度棒グラフ	累積頻度分布
Cu	<p>平均値32.08 ppmを軸にほぼ左右対称の対数正規分布を示す。100 ppm以上の若干のプラス歪がある。(Fig II-1)</p>	<p>7~140 ppm間が直線で対数正規分布であり140 ppm以上に別の高品位分布グループが認められる。(Fig II-4)</p>
Pb	<p>平均値6.1 ppmを軸に不完全な対数正規分布を示す。4 ppm以下についてはデータの精度がやゝおちる。 200 ppm以上にプラス異常がある。 (Fig II-2)</p>	<p>4~15 ppm間は直線を示し対数正規分布である。15 ppmより折れ曲って別の品位分布に移行する。(Fig II-4)</p>
Zn	<p>平均値31.6 ppmを軸にやゝ右側にプラス歪のある対数正規分布を示す。 (Fig II-3)</p>	<p>10~70 ppmの全点がほぼ直線であって対数正規分布を示す。プラス側での高品位グループの存在は認められない。 (Fig II-4)</p>

(2) 各元素間の相関係数

数値計算による元素間の相関係数を次に示す。計算には各元素の分析濃度(ppm)の対数変換値を用いた。

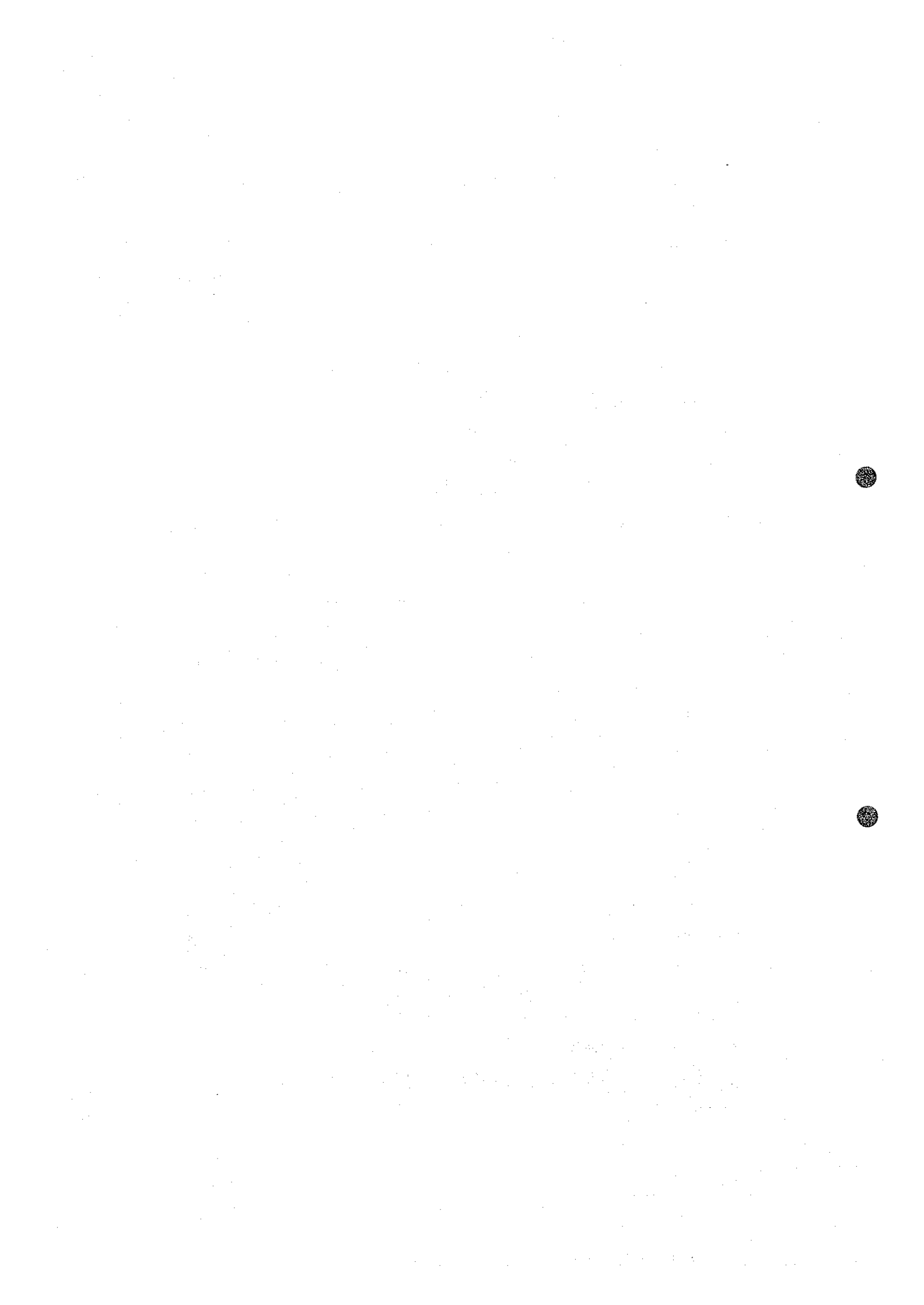


Fig II - I Histogram of Cu

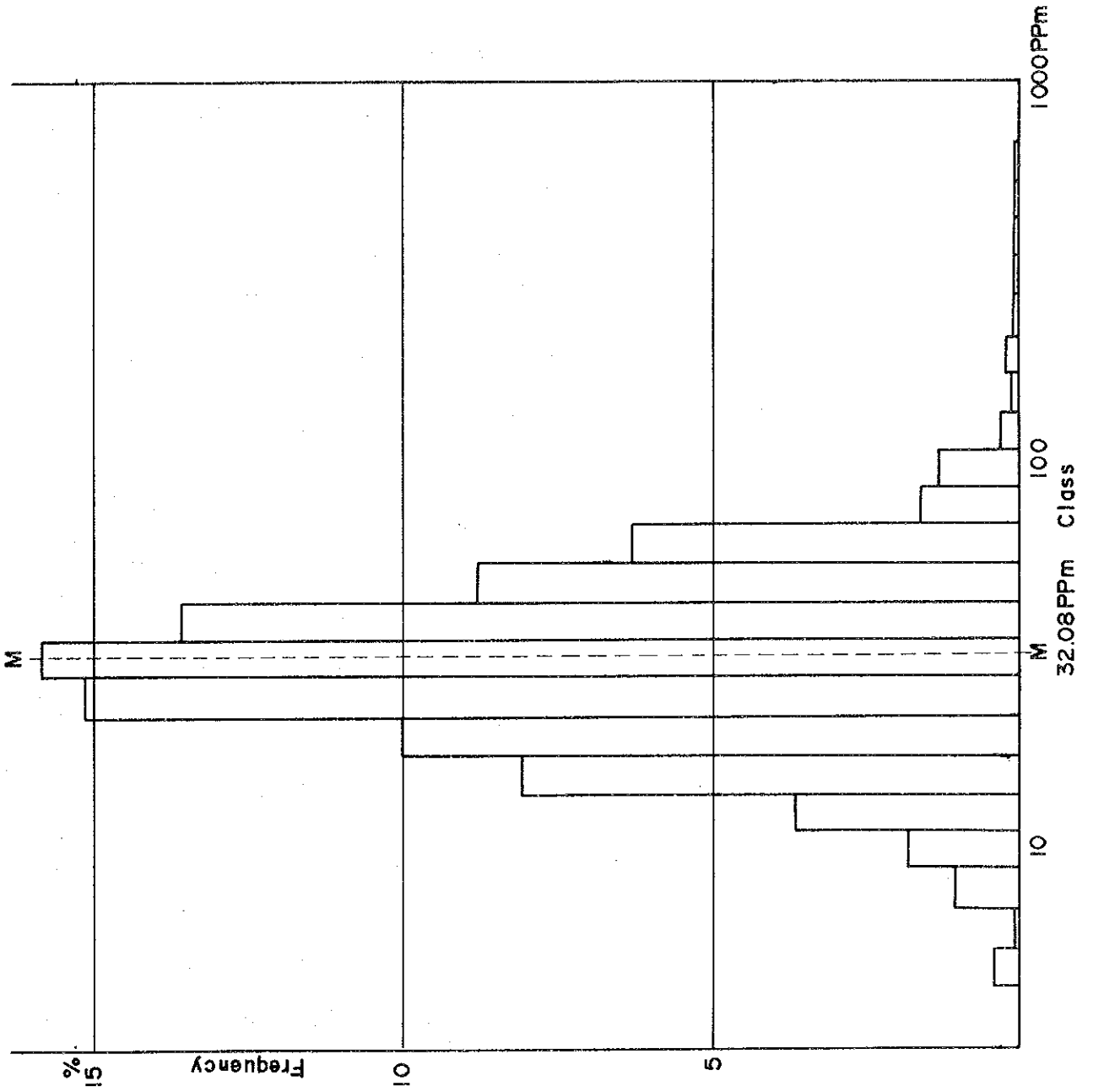
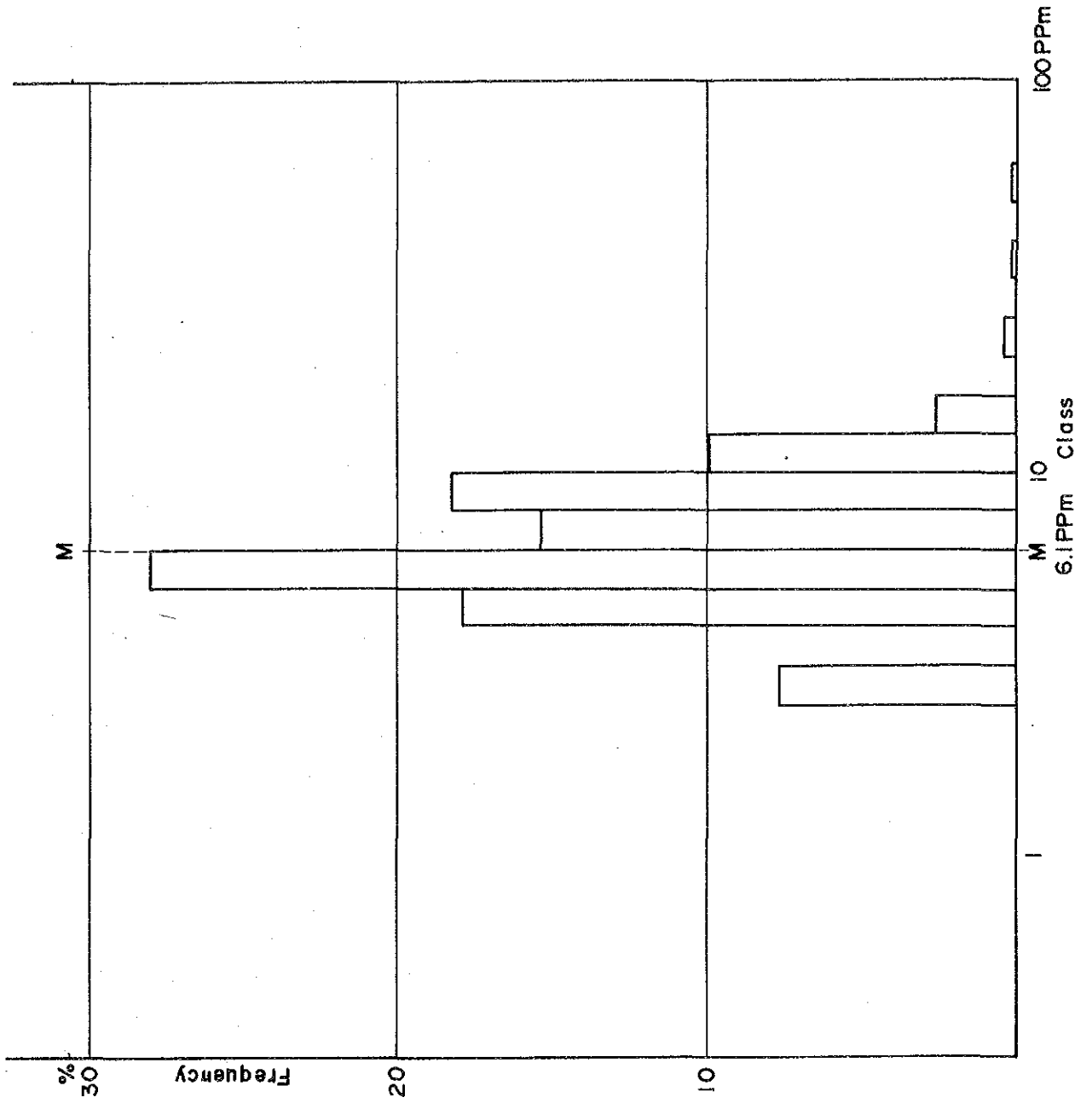




Fig II-2 Histogram of Pb



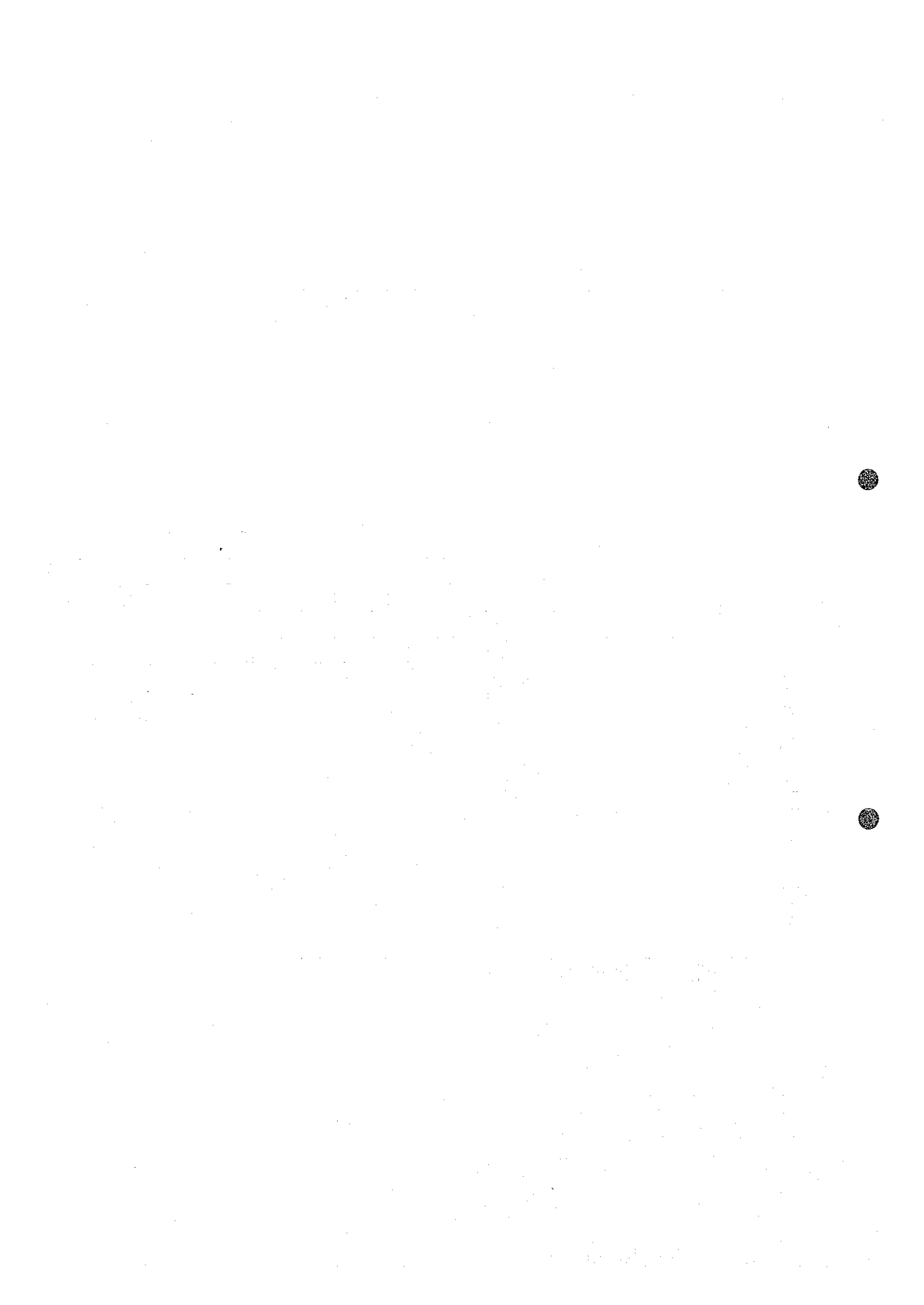


Fig II-3 Histogram of Zn

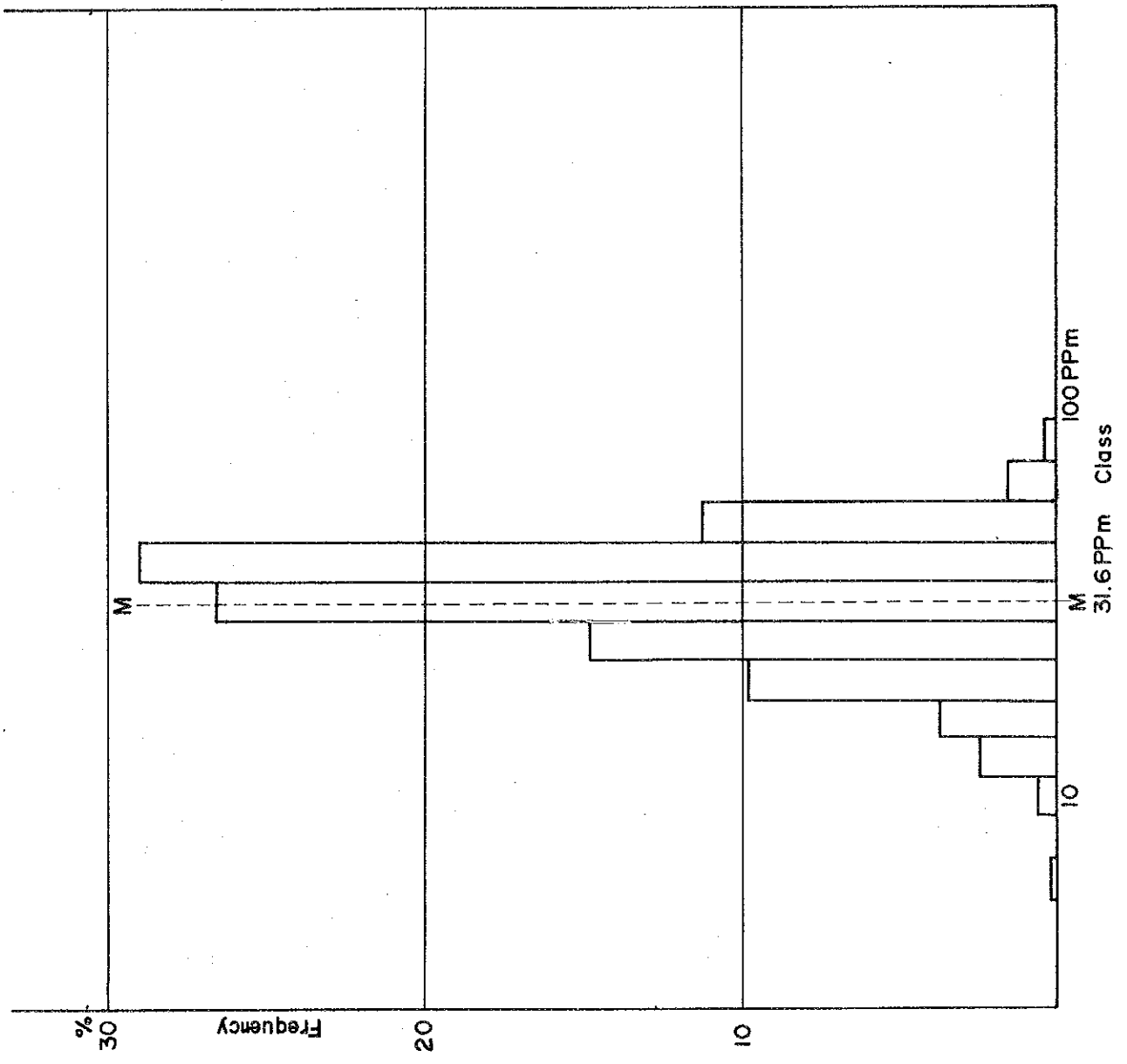


Fig II-4 Cumulative frequency distribution for Cu·Pb·Zn

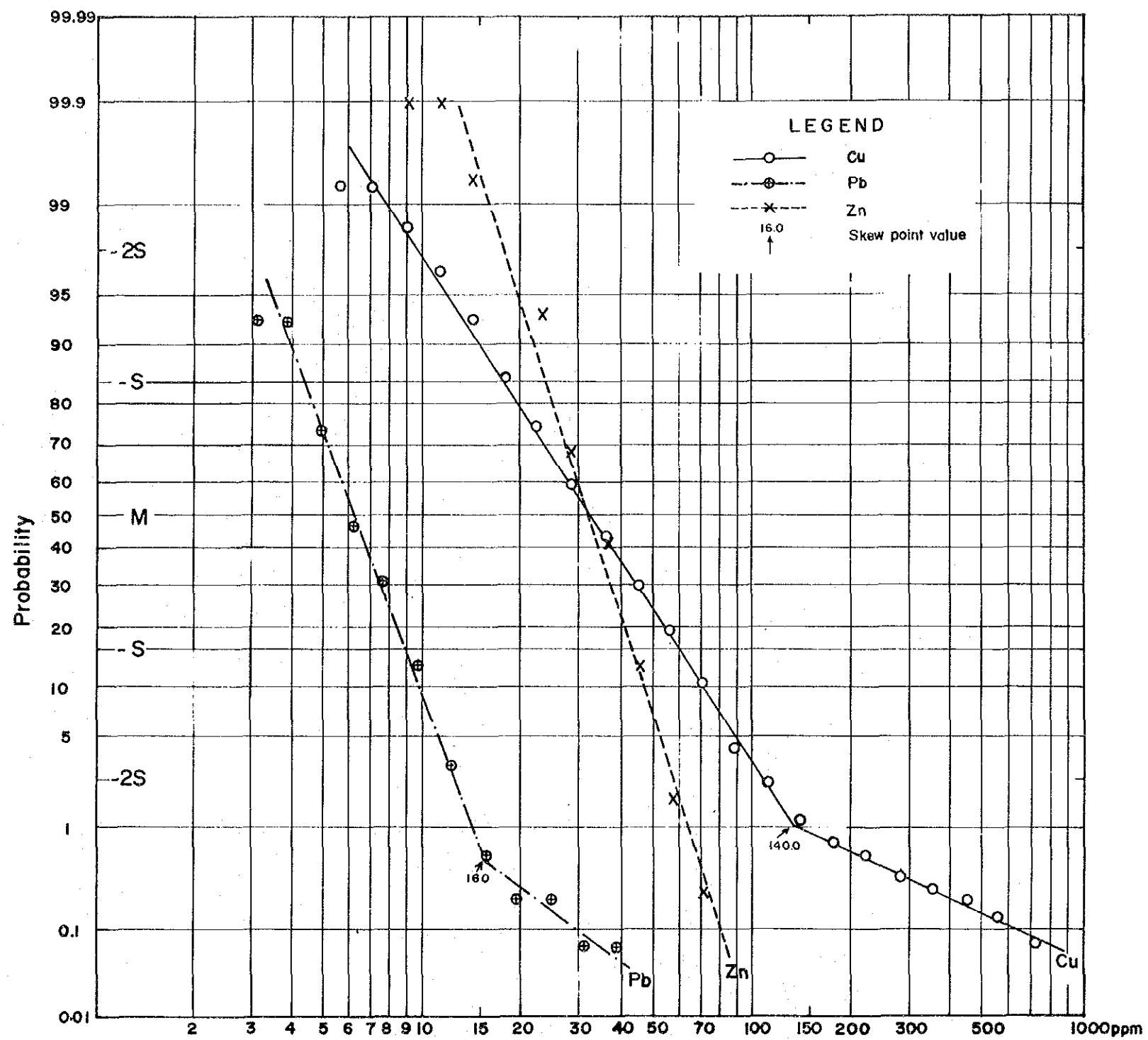


Table II - 2 correlation coefficients

	Cu	Pb	Zn
Cu	1.000		
Pb	0.363	1.000	
Zn	0.609	0.536	1.000

従って、相関の強さは Cu-Zn, Pb-Zn, Cu-Pb の順に減少することが分る。一般には Pb-Zn の相関が良好で今回もその例外ではない。

(3) しきい値

しきい値の決定は次に示す平均値(M), 標準偏差(σ), $M + \sigma$ および累積頻度分布図の正規直線の折れ曲り点のそれぞれを参考にして行った。

Table II - 3 Means, standard deviations and skew point

Element	平均値 (M) ppm / log ppm	標準偏差 (σ) ppm / logppm	$M + \sigma$ ppm / logppm	折れ曲り点 ppm / logppm
Cu	32.080 / 15.0624	18.81 / 0.27444	60.350 / 1.78068	140 / 2.14613
Pb	6.105 / 0.78571	1.483 / 0.17125	9.056 / 0.95616	16 / 1.20412
Zn	31.612 / 1.49986	1.411 / 0.14970	44.623 / 1.64956	なし

しきい値は Cu: 60 ppm, Pb: 9 ppm, Zn: 43 ppm とした。

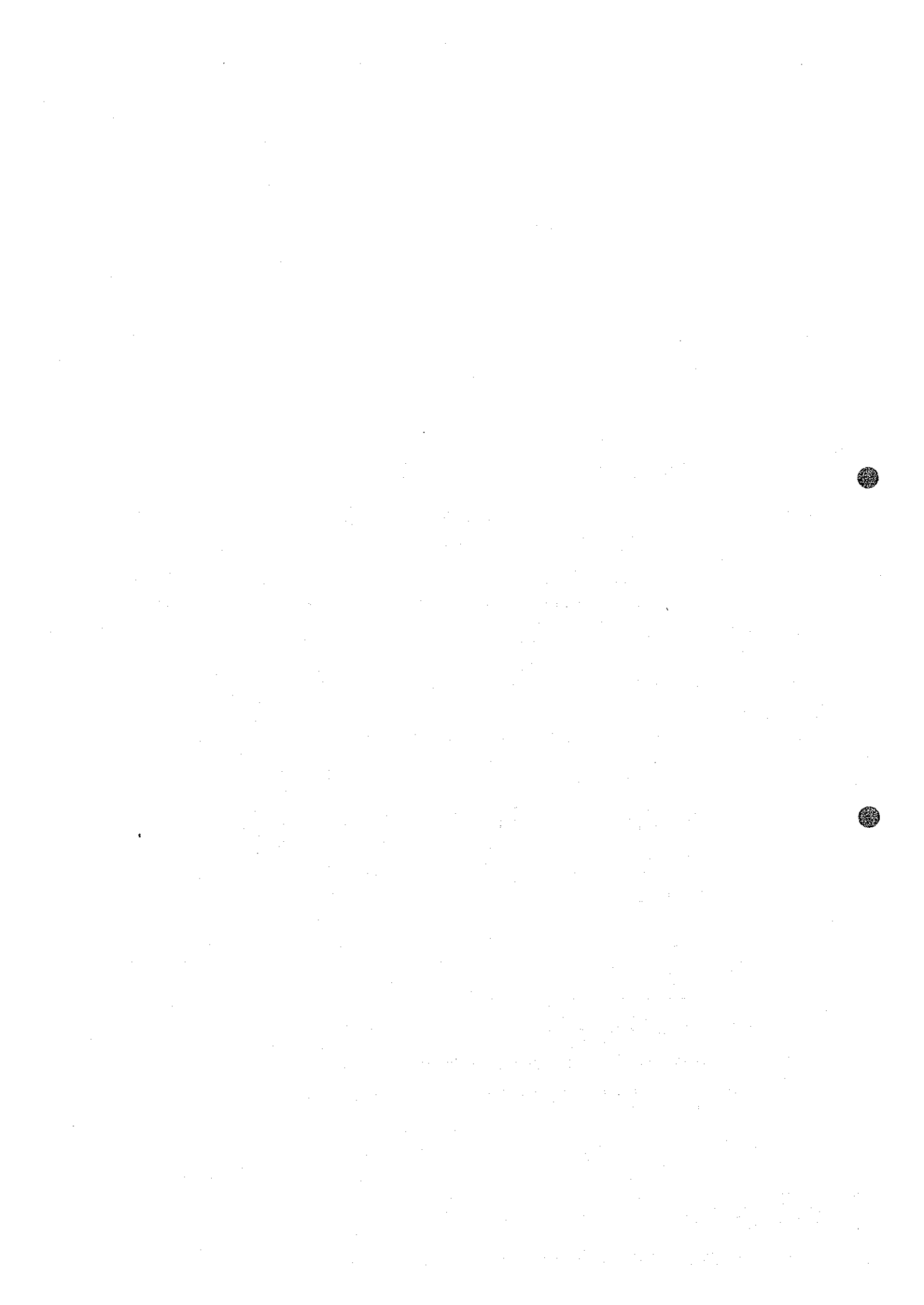
以上を総合して次のように元素濃度のレベル区分を行った。

Table II - 4 Class limits of Cu, Pb, Zn, content distribution(ppm).

Class Element	Back ground				Anomaly	
	F	E	D	C	B	A
Cu	10	18	32	60	108	
Pb		4	6	9	15	
Zn	18	24	32	43	58	

II - 4 - 2 多変量解析

地化探試料は第1より第*i*番を通して全個体数がN個であるとする。また分析成分はそれぞれについて第1番から第*j*番目を通して全成分(変量)がKであるとする。そして第*i*番



の試料の第 j 番目の標準化した分析結果が Z_{ij} であるとき次のような表現が可能である。

$$Z_{ij} = a_{j1}f_{i1} + a_{j2}f_{i2} + \dots + \dots + a_{jm}f_{im} + d_j U_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

ここで $a_{j1}, a_{j2} \dots \dots \dots a_{jm} \dots \dots \dots a_{km}$ は全試料の全分析結果にもとづいて求められた分析元素間の相関関係を骨子にして算出された因子負荷と言われる重み係数である。

また $f_{i1}, f_{i2} \dots \dots \dots f_{im} \dots \dots \dots f_{Nm}$ は試料番号 i (i は 1 から N まで) のそれぞれについて仮説的に与えられる共通因子スコアあるいは因子スコアと呼ばれる変数である。さらに U_{ij} は独自因子スコア, d_j は独自性と言われる変数である。

(1) を行列式で近似すると次のように表わされる。

$$\begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2m} \\ \vdots & & & \\ f_{N1} & f_{N2} & \dots & f_{Nm} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{k1} \\ a_{12} & a_{22} & & a_{k2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{1m} & a_{2m} & & a_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1k} \\ Z_{21} & Z_{22} & & Z_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ Z_{N1} & Z_{N2} & & Z_{Nk} \end{pmatrix} \dots \dots \dots (2)$$

これは次のようにまとめられる。

$$F \text{ (因子スコア行列)} \times A' \text{ (転置した因子負荷行列)} = Z \text{ (標準化した原データ行列)}$$

(2) 式で $m \leq K$ とできるため原データに含まれる K 元素成分をより少ない m 成分の因子スコア行列で表現することができる。因子スコアは元素成分間の相関にもとづいて因子分析のそれぞれの手法に特徴づけられた数値であって、元素全般の挙動をまとめていると考えられる。従って、微弱な情報の取り出しや多量の情報の集約化に効果がある反面、数学的に合成された変数であって非実在情報である点に理解された運用が必要である。

今回実施したのは主成分分析法であって、(1) の項で述べた各元素間の相関係数から次の因子負荷(A)が求められる。

Table II - 5 Factor loading

	第 I 因子	第 II 因子	第 III 因子
Cu	0.805	-0.501	0.316
Pb	0.759	0.621	0.196
Zn	0.887	-0.077	-0.456

これらの数値を用いて因子スコア(F)を算出した。その一部を示せば次の通りである。

(数値は標準化している)

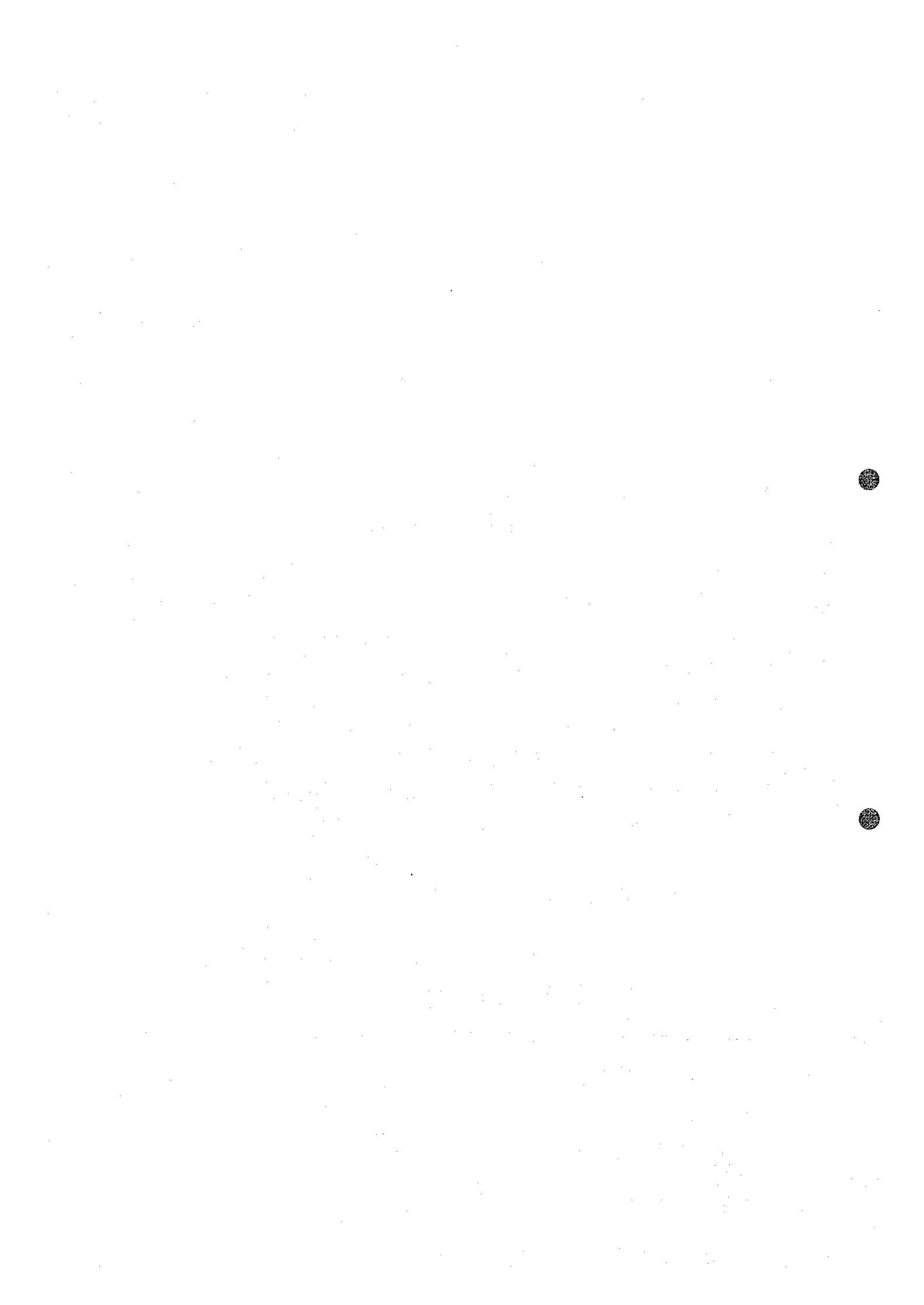


Table II - 6 Factor score

	第 I 因子	第 II 因子	第 III 因子
1	0.5694	0.6130	-0.6502
2	0.2194	-0.6345	-1.4234
3	0.3906	-1.1200	-0.5483
⋮	⋮	⋮	⋮
1363	0.7424	-0.0582	-0.8064

出発点にもどってZ (標準化した原データ行列) の試料1~3に相当する部分を示せば次の通りである。

Table II - 7 Normalized original values

	Cu	Pb	Zn
1	-0.0542	0.6854	0.7543
2	0.0447	-0.5065	0.8925
3	0.7023	-0.5065	0.6825

検算として上述のFとA'からZを計算してみる。例としてZ₁₁を求めれば次のようになる。
(A'はAの転置行列)

$$0.5694 \times 0.805 + 0.6130 \times (-0.501) + (-0.6502) \times 0.316 = -0.0542$$

この数値は上欄のZ_{ij}、即ち試料1のCuの値に等しいことが認められる。全般に検算結果は小数点以下第3位以内で合致しており、上述の因子スコア(F)行列は(2)式を満足している。

主成分分析法は各因子負荷の平方和 $V = \sum a^2$ の内、第I因子負荷の平方和を最大にする方法である。上述のAでVを求めると次のようになる。ここでVは因子寄与と言われるものである。

$$\text{第 I 因子} \quad V_1 = 0.805^2 + 0.759^2 + 0.887^2 = 2.011$$

$$\text{第 II 因子} \quad V_2 = (-0.501)^2 + 0.621^2 + (-0.077)^2 = 0.642$$

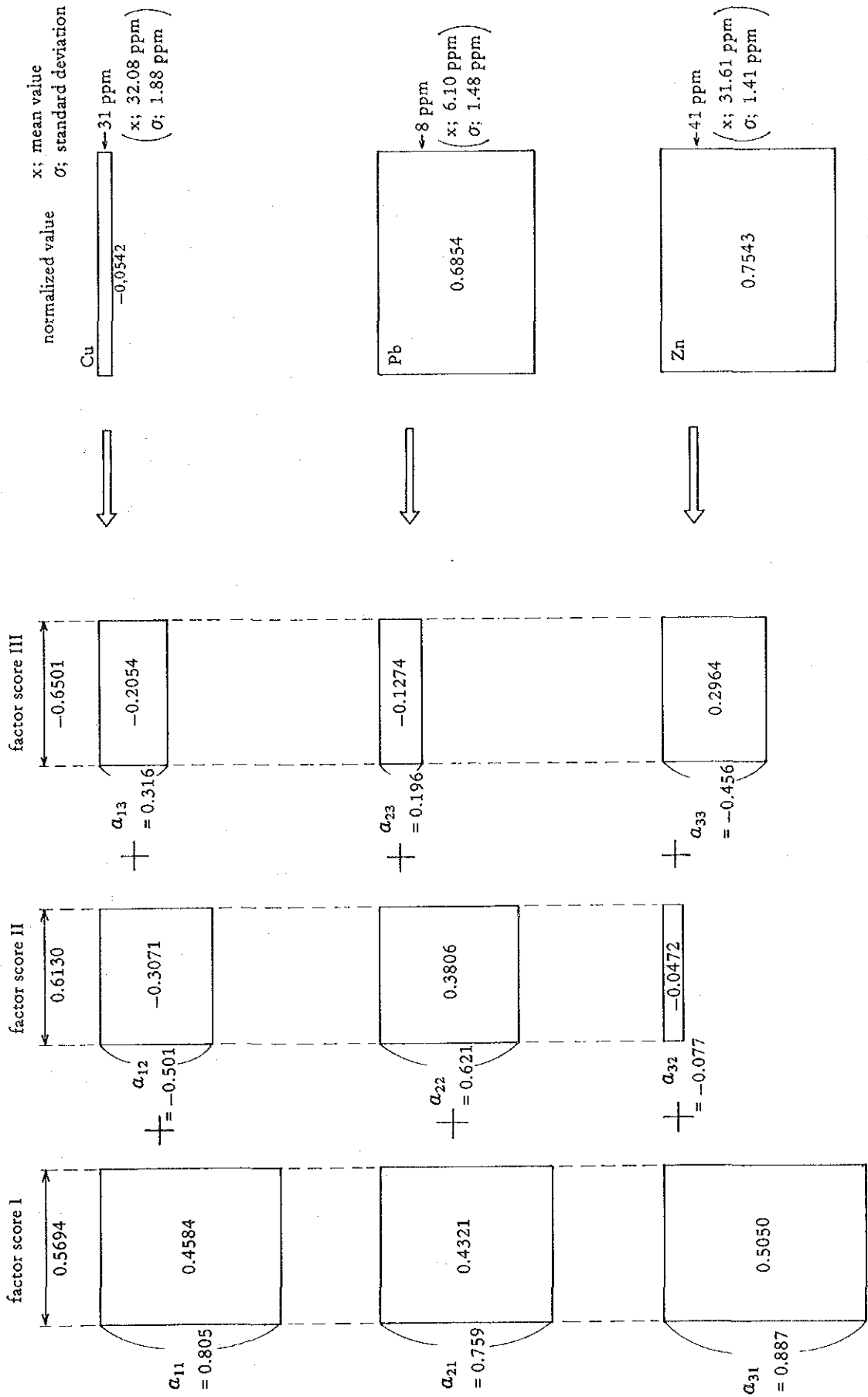
$$\text{第 III 因子} \quad V_3 = 0.316^2 + 0.196^2 + (-0.456)^2 = 0.346$$

$$\sum V = V_1 + V_2 + V_3 = 3.0$$

上に見られるように第I因子の寄与は2.011で全体の寄与の67%になっていることが分る。



Fig. II-5 Factor analysis for geochemical sample No. 1



a_{km} : factor loading of element k and factor m



因子負荷 ($A = [a_{km}]$) と因子スコア ($F = [f_{Nm}]$) の役割りを例示する。Fig II-5 に示すように ボツワナの地化学探査試料 No.1 の分析値は Cu:31 ppm, Pb:8 ppm, Zn:41 ppm である。これを標準化して面積的に表示すると右端のマス目になる。1363 個の全試料から算出された相関係数から $A = [a_{km}]$ が定められる。これらは図中 $a_{11} \sim a_{33}$ で示される係数である。これらの係数をもとに試料 No.1 の分析結果を分解すると図左側の 9 個のマス目で示されることになる。第 I ~ II 因子スコアと $A = [a_{km}]$ の積の和が原分析値になっていることが分る。

図で明らかなように第 I 因子スコアと a_{11}, a_{21}, a_{31} の積和が全 9 個のマス目の内で最大の面積になり、つづいて第 II 因子、第 IV 因子の積和の順になっていることが分る。従って第 I 因子スコアの挙動は原データ (Cu, Pb, Zn) の多くの部分を集約していると言えよう。

これらのことから、今回の因子分析に伴う因子スコアの図化は第 I 因子についてのみ実施した。因子スコアのレベル区別は、しきい値を 1.0 としそれ以上を異常値それ以下を後背値とした。異常域は 1.5 を境にそれ以上を A 級、それ以下を B 級とした。

II-5 結果の解釈

前項で述べた元素濃度レベル区分をもとに各元素毎の含有量分布図を作成した。(PL II-2 ~ 4) これらの図から抽出される元素別の地化学異常は次のようになる。

銅の異常は地化学探査地域の南西部、中央部、北部に見られる(PL II-2)。南西部の異常は Matsitama schist and metasedimentary 層群の分布域にあり、最高 Cu:560 ppm におよぶ異常値を持つ A 級の異常を含み地表でもその近傍に銅の鉱徴が認められる区域である。

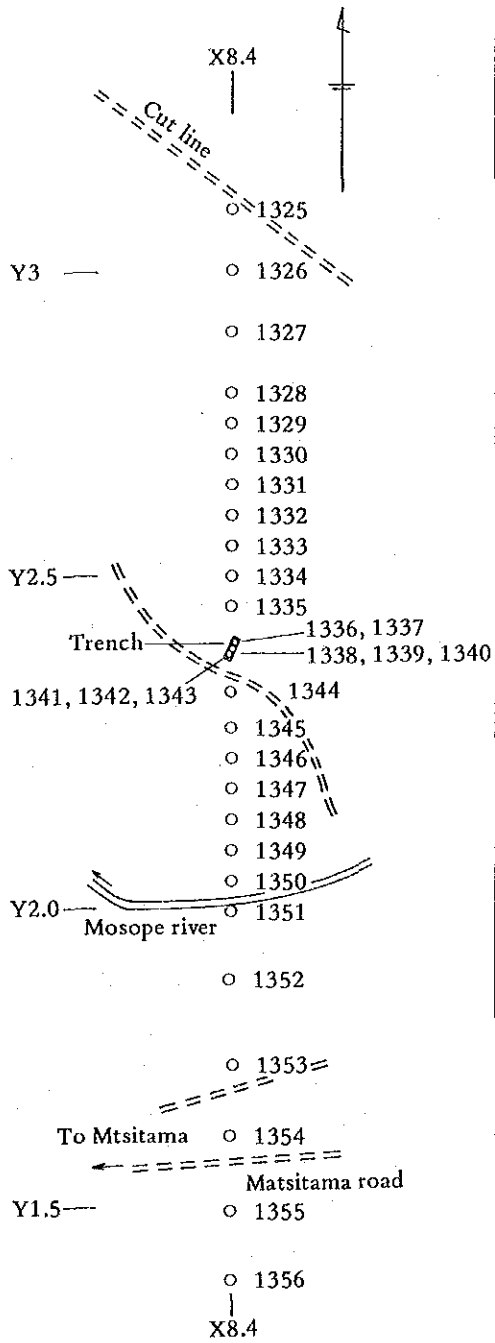
中央部の異常は NW-SE 方向に延びる帯状の分布を示し西側では幅広くなっている。この異常域は Matsitama schist and metasedimentary 層群下部層とほぼ重複するように分布する。最高 Cu:187 ppm の異常値をもつ A 級の異常が西側の 118/BT/2 点付近を中心とする区域に見られ、往時の探鉱跡がこれに含まれている。

北部の異常は Lepashe 川北側に小規模の B 級異常が 3 箇所に分かれて点在する程度である。

鉛の異常は全体に含有量が低くあまりはっきりとした異常は示さないが、Lepashe 川をはさんで B 級の異常が広がる(PL II-3)。ここは主として Mosetse river gneiss 層群の分布域で、Lepashe 川周辺には最高値 Pb 48 ppm を示す異常のほかいくつかの A 級異常が点在するが、いずれも顕著な異常とは言えない。

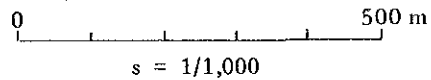
亜鉛の異常はあまりまとまりが見られず全域に散在するようなかたちで分布するが、大まかには南西隅、中央部、東部、北部の区域に分けられる(PL II-4)。南西隅および中央部では銅の異常域とほぼ重複している。東部では異常が calcrete の分布に沿うように見られる。

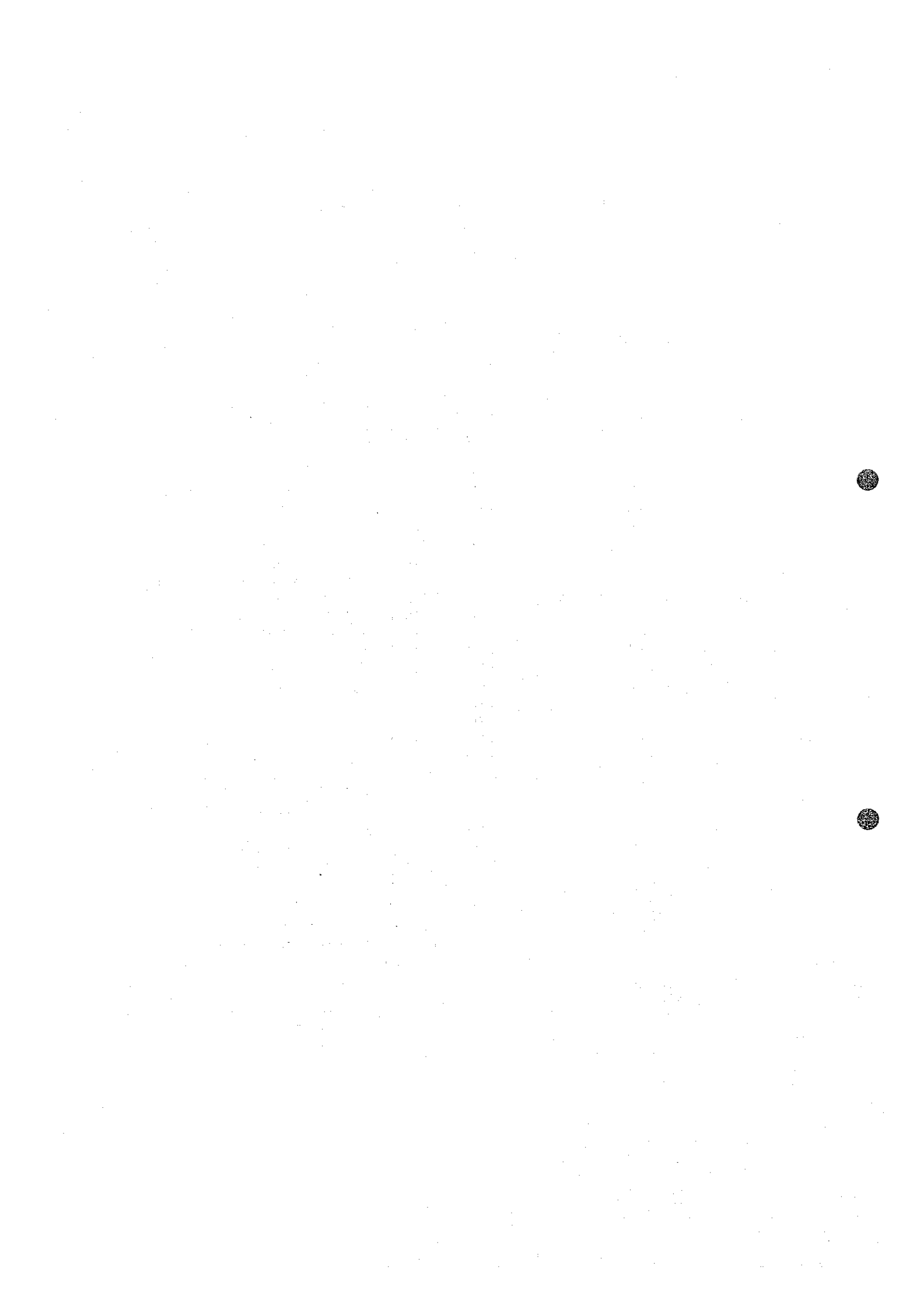
Fig. II-6 Geochemical sampling around the trench



Sample No.	Analysis (ppm)			Remarks
	Cu	Pb	Zn	
1325	19	7	23	Gravel (cal. Q)
1326	11	3	15	Gravel (cal.)
1327	20	5	33	Gravel (cal.)
1328	13	3	11	Brown soil
1329	12	3	9	Brown grey soil
1330	19	3	14	Brown soil
1331	21	3	15	Gravel (sch. Q Qtz.)
1332	14	3	13	Brown soil
1333	13	3	13	Gravel (Q)
1334	17	3	14	Brown soil
1335	14	3	18	Gravel (cal. Q)
1336	37	3	19	Gravel (Q)
1337	28	30	11	Gravel (cal.)
1338	13	4	20	Brown grey soil
1339	316	6	23	Gravel (Q)
1340	872	9	18	Gravel (cal.)
1341	225	7	28	Brown grey soil
1342	275	7	27	Gravel (Q)
1343	395	13	26	Calcretized, weathered rock
1344	42	8	30	Brown grey soil
1345	28	6	28	Brown grey soil
1346	17	3	18	Brown grey soil
1347	20	3	19	Brown grey soil
1348	16	3	14	Light grey soil
1349	14	3	13	Brown grey soil
1350	21	4	22	Light grey soil
1351	24	7	23	Gravel (cal.)
1352	27	5	19	Brown soil
1353	24	3	16	Brown soil
1354	28	5	18	Brown soil
1355	26	4	23	Brown soil
1356	17	4	21	Brown soil

Sampling depth: 30 cm
 Topograph: flatland
 cal; calcrete, Q; quartz, Qtz.; quartzite
 sch.; schist





北部ではA級の異常が点在している。いずれも顕著な異常とは言えない。

なお、調査地域南部にある探鉱トレンチでは明白な銅鉛徴を認めるがその周辺では銅の異常は検出されなかった。鉛、亜鉛についても同様に異常が認められない。これはトレンチがMosepe川に近いため、地表が同川の現世堆積物で覆われているためと考えられる(Fig II-6)

以上述べたように単一成分による解析の結果一応の異常域は抽出されたが全体に含有量が低いため、必ずしも明確な異常域を確定出来てない。

そこでCu, Pb, Znの3元素を合成する主成分分析法による多変量解析を行い、地化学異常の抽出を試みた。解析手法は前述の通りである。

解析の結果、第I因子スコアの分布図(PL II-5)より抽出された異常域は調査地域の南西隅、中央部、東部、北部の各区域である。

南西隅の区域は単一成分では銅、亜鉛の異常が見られ、Matsitama schist and meta-sedimentary 層群が分布する。

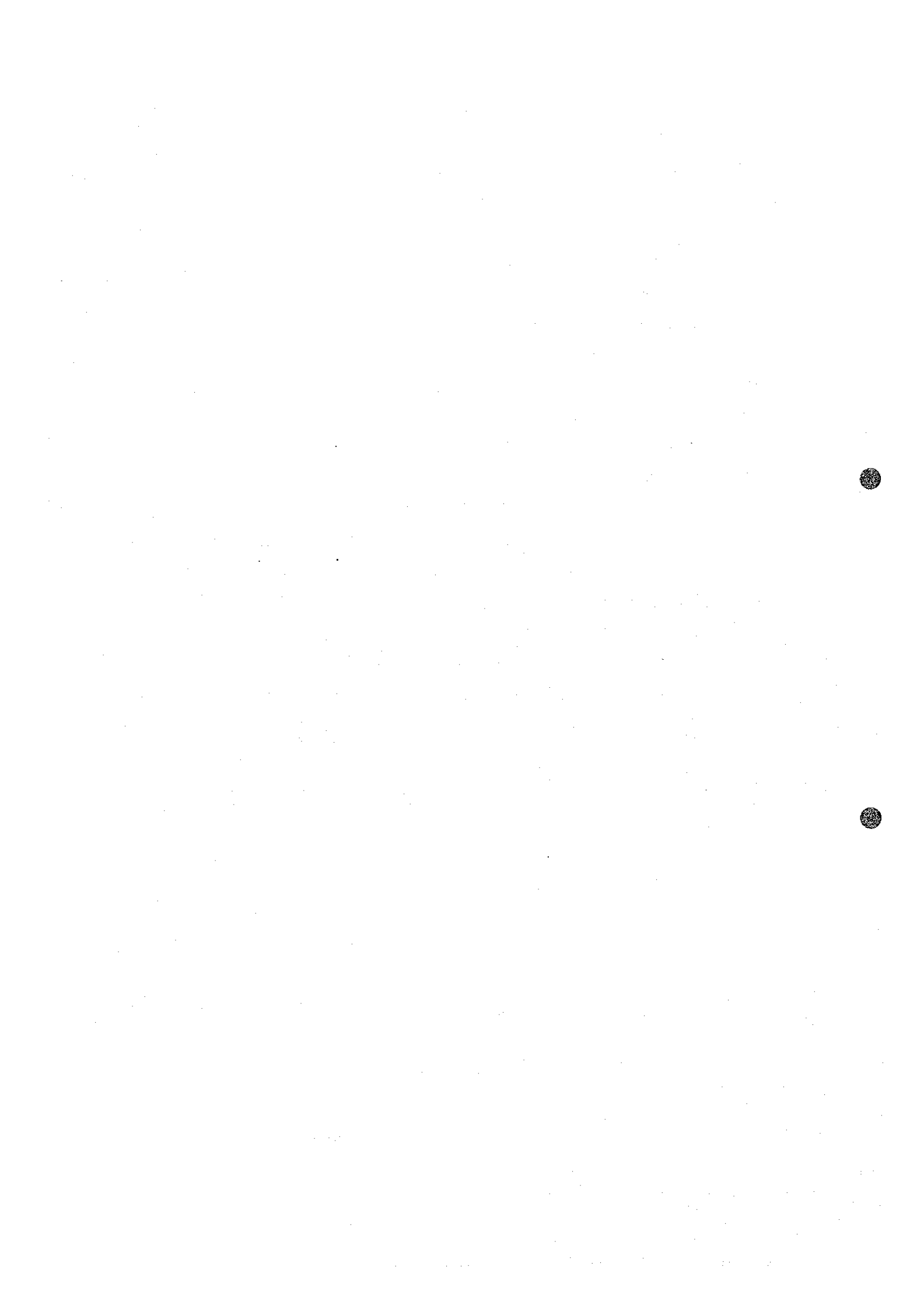
中央部区域はNW-SE方向に帯状に分布し、西側で113/BT/2点を中心とする北側の部分とに分かれる。Mosepe river gneiss 層群とMatsitama schist and metasedimentary 層群との境界付近にあたり地質状況を反映するような分布を示す。

銅の異常が顕著な区域である。

東部区域は単一成分では鉛、亜鉛の異常の見られるところでMosepe river gneiss 層群中のcalcrete-石灰岩層の屈曲した分布を示す個所に高異常が見られる。

北部区域はLepashe川とMakurinyane川にはさまれる地域でMosepe river gneiss 層群が分布する。銅、鉛、亜鉛いずれの異常も見られるが、小さな異常が点在するように分布している区域である。

これらの異常区域のうち、地質条件も考慮して有望な箇所は南西隅と中央部の両区域である。



第Ⅲ部 空中物理探査

Ⅲ-1 ま え が き

第Ⅰ年次の地表踏査によって集約されたMatsitama 北部地域約800km²の範囲につき、第Ⅱ年次は地質調査に先立って空中物理探査を実施した。

用いた方法は、Barringer Mark V INPUT System によるINPUT 電磁探査、Geometrics G-803 プロトン磁力計による空中磁気探査と4チャンネルのガンマ線スペクトロメーターによる空中放射能探査の3種である。これらは、Super Canso PBY-5A 型機に搭載した他の補助器と共に同時に測定され、アナログとデジタルの両方で記録された。

測線延長はNS方向を主体に tie-line 3本とMatsitama 鉱床直上の Test line 2本を含んで合計2,800kmである。測線間隔300m、測定高度は120mにそれぞれ保たれた(参考文献5)。

現場作業は特許の関係から、アフリカで空中電磁探査の独占実施権をもつカナダのGeoterrrex 社に依頼した。

地質調査、地化学探査結果をふまえた物理探査の総合的な解析は、同社より測定データの提供を受け、日本側で実施した。

Ⅲ-2 INPUT 電磁探査

Ⅲ-2-1 測定方法

本年度実施した方法は、機体に設置した水平コイルから間欠的にパルスを発信し、一次電磁界の休止期に於いて二次磁界の減衰をバード中の垂直コイルで測定する方法である。(参考文献5)。この減衰は一次電磁界によって生じた誘起電流に影響され、良いコンダクターの直上では減衰がゆるやかである。減衰測定のサンプリングは、ゲートの中心が470 μ secから2,070 μ secに至る間の1から6のチャンネルで行い、減衰の電圧カーブをより詳しく記録することによって、地下のコンダクターをより確実に検出できるようにしてある。

INPUT 法の特長は、パルスのオフ時間に6チャンネルを測定することにある。

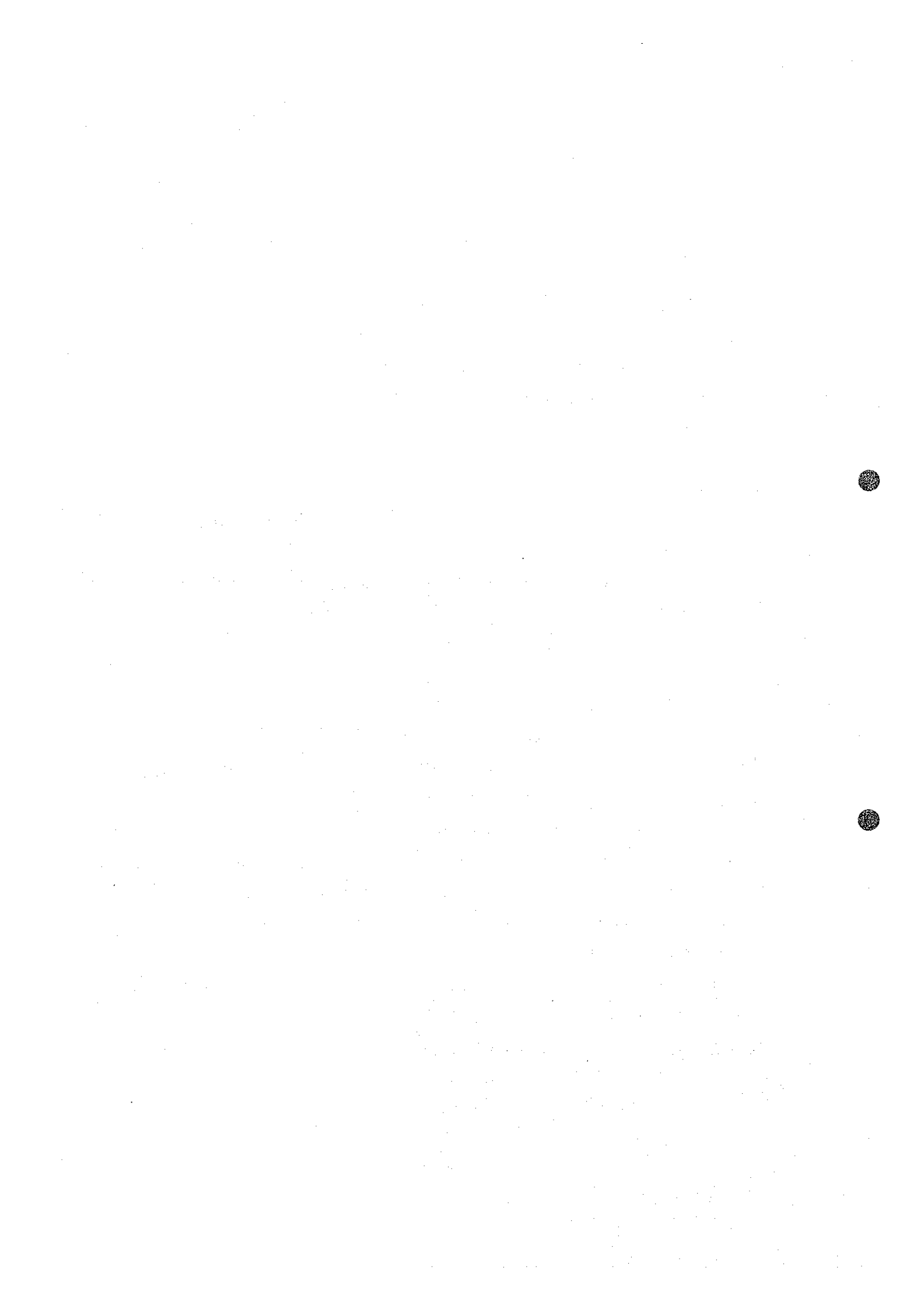
Ⅲ-2-2 測定結果

(1) EM図

測定結果をPL. Ⅲ-2-1からPL. Ⅲ-2-3に示す。図の縮尺は1/20,000である。

記録例(Fig Ⅲ-2-1)に示すINPUT 異常は次の様な内訳で航跡の上にプロットした。

- A 異常のピークの位置
- B 異常の $\frac{1}{2}$ ピーク点の水平幅



- C 異常を示す INPUT チャンネルの全数
- D 第1と第4の両チャンネルでのピーク振幅(比率化も出来る)
- E 異常点の飛行高度(m)
- F 磁気異常の振幅(gamma)
- G 50サイクルモニターへの反応記録

INPUT 異常の各チャンネルでの波形強度, 隣接測線間での波形比較から, 異常源のコンダクターを極めて狭い異常を示す人工コンダクター(Cultural conductors), 水平に広くシート状に異常を示す地表面コンダクター(Surficial conductors), そしてこれ以外のいわゆる bedrock コンダクター, の三つのカテゴリーに分ける。

この三分類で, 異常の平均的分布をまとめ, 太線で bedrock コンダクター, 細線で地表面コンダクターと人工物コンダクター(細線でC表示あり)の区分表示を行った。単一かあるいはいくつかの INPUT 異常を上記のようにまとめた領域に, M-1'からM-41の区分番号をつけた。このMは Matsitama north area から取った。

選出した bedrock 異常地域を, 南部から北部にかけて配列すると次のようになる。

- A M-1'
- B M-2, M-3, M-4
- C M-9, M-8, M-7 D, M-7 C, M-7 B, M-10, M-11,
M-7 A, M-6
- D M-32, M-31, M-33, M-26, M-30, M-29, M-27,
M-28
- E M-17, M-16, M-15, M-14, M-18, M-19, M-20,
M-21, M-22, M-23, M-23 A, M-24 A, M-24, M-25
- F M-35
- G M-36, M-37, M-38

これらの異常の配列方向はN45°Wのものが多く, ほぼ calcrete - 石灰岩の配列方向にオーバーラップしていることがわかる。

なお, M-1'は Matsitama 鉱床の鉱床胚胎層の下盤際で測定されたもので, Matsitama 旧坑直上のものはM-1である。

(2) 等伝導度コンター図

INPUT 異常から電気伝導度を計算し, 等伝導度図(PL. III-2-4~PL. III-2-6)を作成した。

図中の100Ω-m以下の低抵抗ゾーンをまとめると, 前述のBからGに至る bedrock 異常

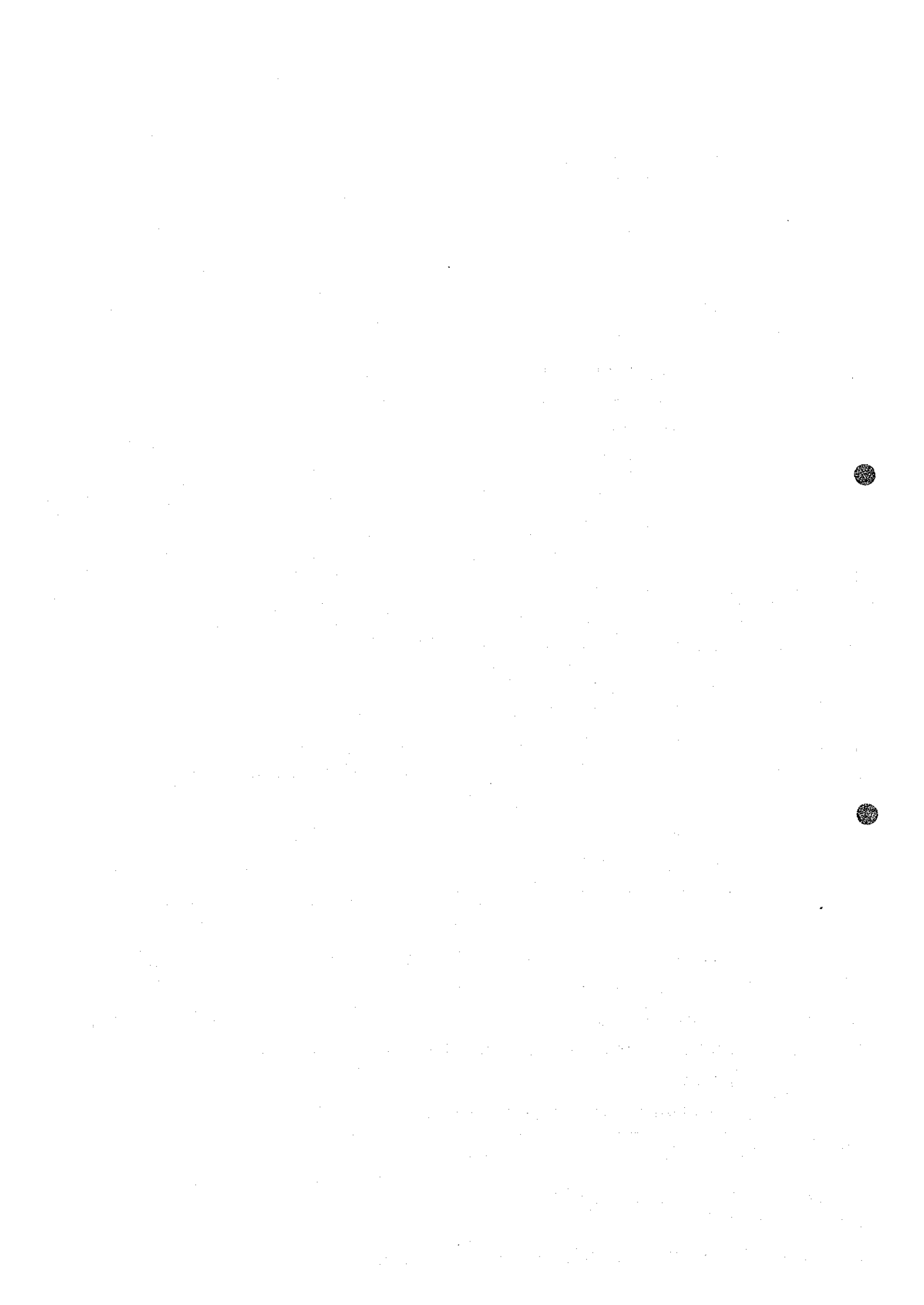
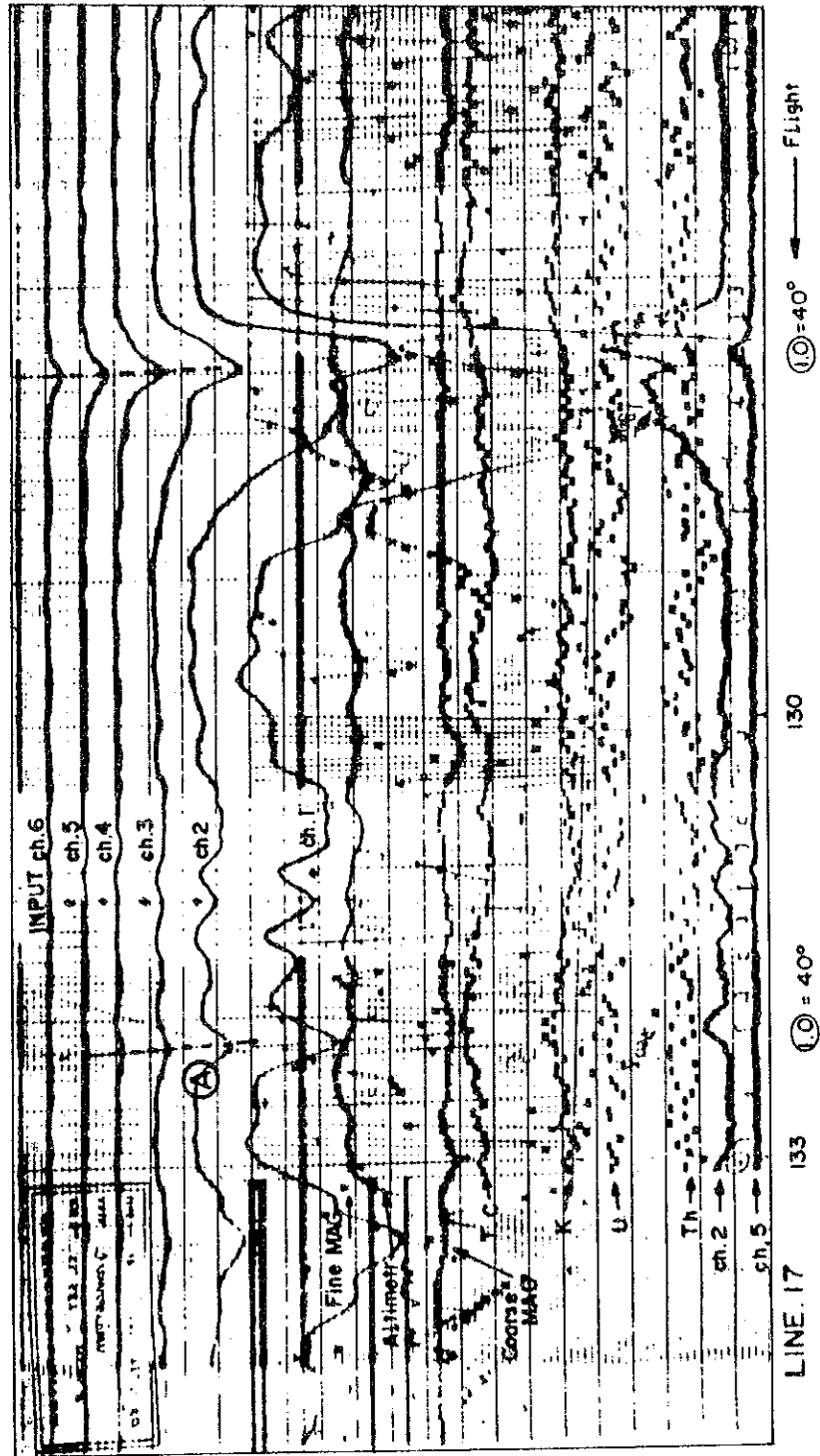
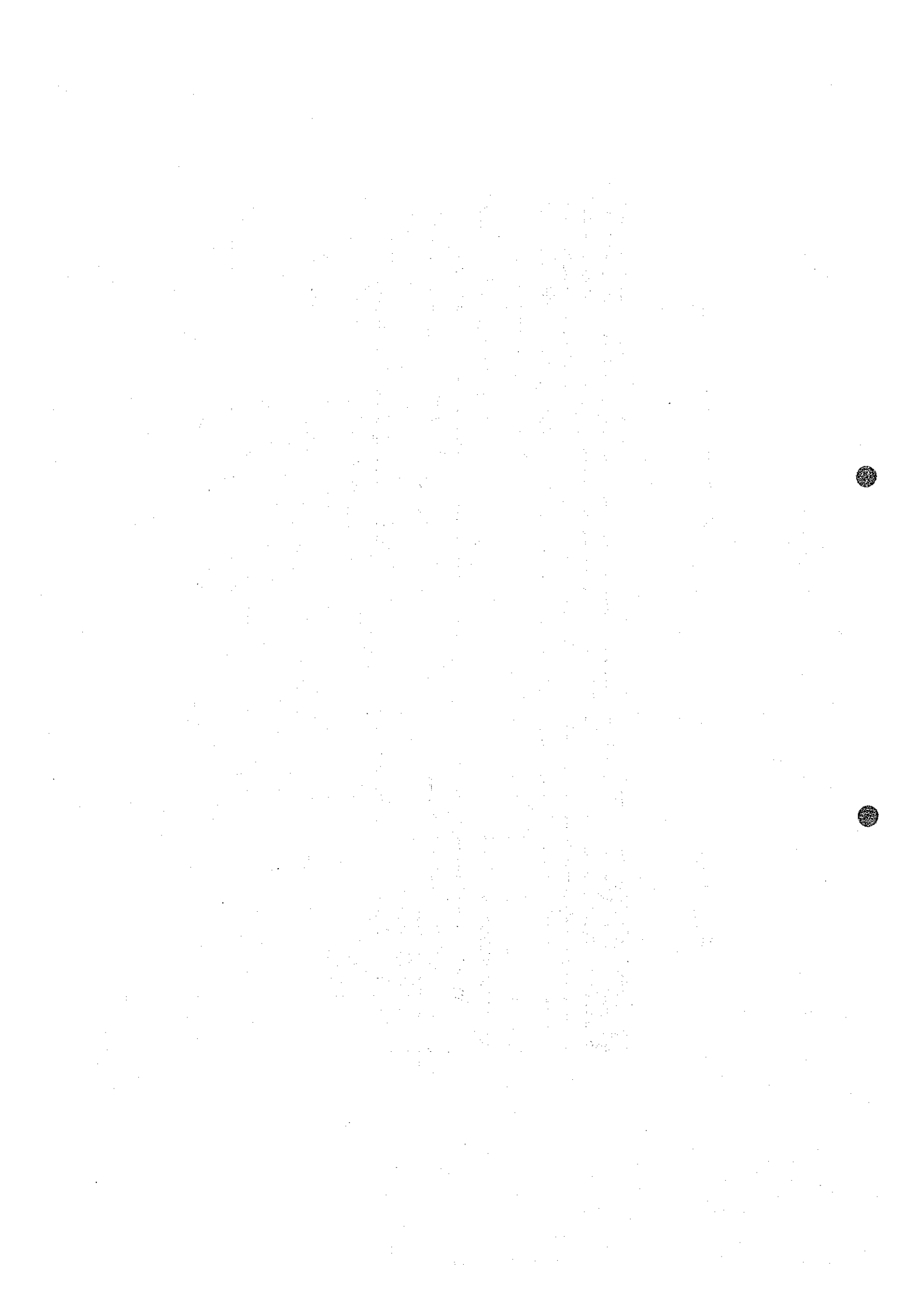


Fig. III-2-1. Example of original INPUT records.





地域の配列とほぼ完全に合致することがわかる。

Ⅲ-3 磁気探査

Ⅲ-3-1 測定方法

測定は、Geometrics社のG-803型プロトン磁力計によって、INPUTやガンマ線スペクトロメーターと同時に記録された。

2rの感度で200r, 200rの感度で20,000rの両目盛で記録してある。その一例をFig.Ⅲ-2-1に示す。

Ⅲ-3-2 測定結果

PL.Ⅲ-3-1~PL.Ⅲ-3-3に示す様に、20r間隔で等磁気コンターを描いた。

本地域の平均全磁場は31.250r, 伏角は -63° , 偏角はN15Wである。

磁気異常は、平均して約N75°W方向に長い配列軸をもち、南北方向に正、負(ほぼ±1,000r以内)のかなり規則正しい、波長1km程度のくり返しを示している。

地質図と対比すると、磁気異常の配列軸は塩基性岩脈の走向軸と平行で、磁気異常が岩脈によって生じていることが推測される。

またこの測定結果をINPUTの測定結果と対比してみると、INPUTのBedrock異常地域のD, F, Gあたりが比較的磁気異常と整合して磁性体との直接的あるいは間接的な関係が想定されるが、全体的には直接の関連はないと判断される。

Ⅲ-4 放射能探査

Ⅲ-4-1 測定方法

測定は4チャンネルのガンマ線スペクトロメーターによった。測定した放射線電圧は次の通りである。強度は毎秒のカウント数で表示した(Fig.Ⅲ-2-1)。

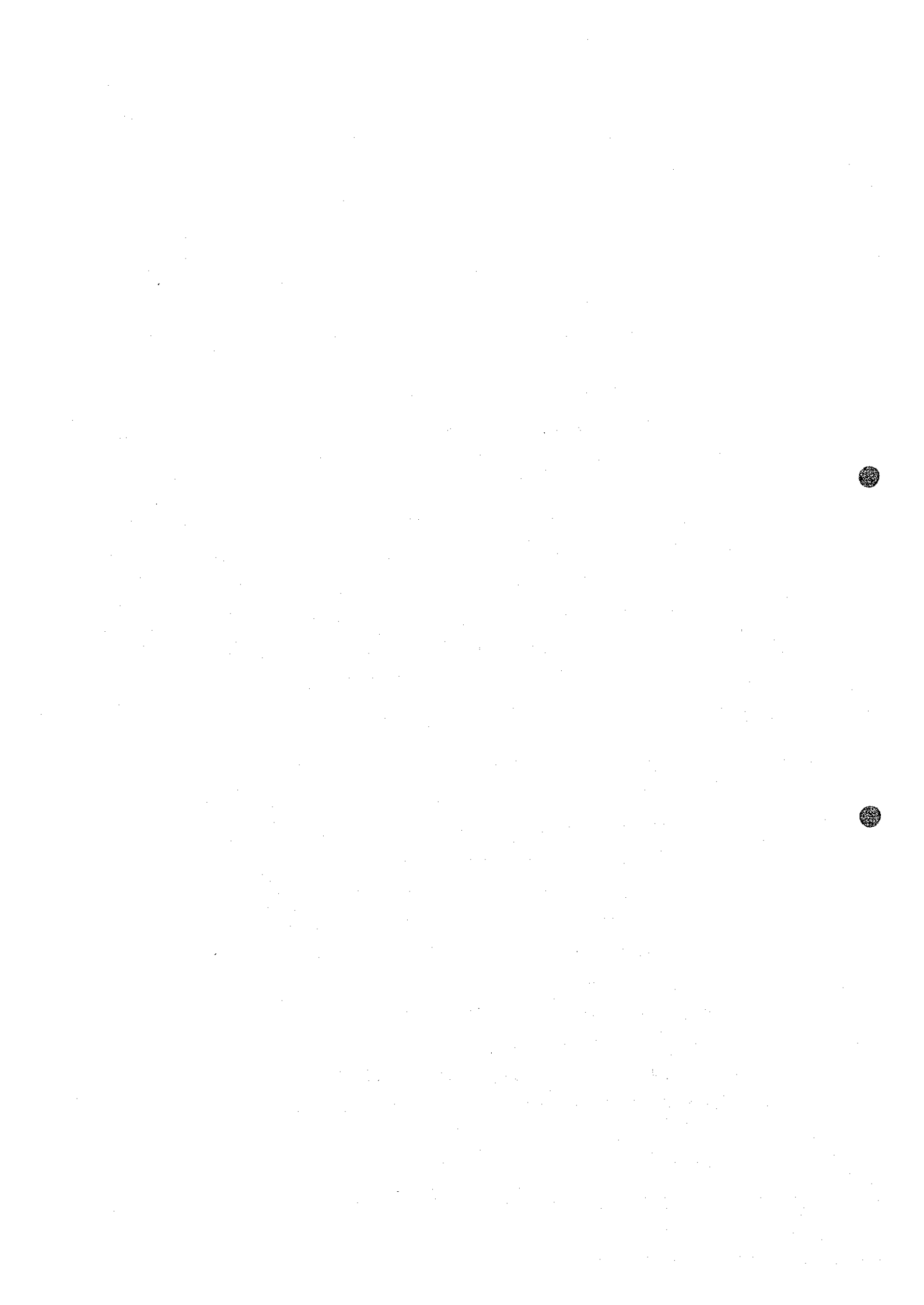
Total count	0.30~3.0MeV
Potassium (K)	1.36~1.55"
Uranium (U)	1.67~1.86"
Thorium (Th)	2.42~2.92"

Ⅲ-4-2 測定結果

測定したTotal count, K, U, Thの4種類の値の中から、Uの結果をコンター図化した(PL.Ⅲ-4-1~PL.Ⅲ-4-3)

コンターは最高50cpsまで5cps毎に描かれた。図面の縮尺は1/20,000である。

異常地域は、本地域の西部にやや集中している様であるが、INPUTや磁探の結果に見



られる様な明瞭な集中や配列は認められない。

放射能探査の異常と、INPUTの異常配列や空中磁気異常との相関関係は一見したところでは存在しないし、また地質構造との関係も明瞭でない。

Ⅲ-5 空中物理探査の総合解析とまとめ

実施した三種類の空中物理探査の解析結果を総合して地表地質状況と併せて解釈し、次の地上物理探査 (Ground follow-up) へのガイドとなるコンダクターの幾何学的な様相や電磁特性を示す資料を作った。

解析はフライトラインのL-4, L-17, L-30を主に、L-11, L-24, L-38の計6本の測線に沿って行ったINPUT電磁探査と空中磁気探査を中心とする総合断面解析を基礎に進めた。

Ⅲ-5-1 INPUT電磁探査の解析

参考文献(1), (2)に用いられた手法を用い、コンダクターがbedrockに属するかどうかの区分、ボディの傾斜方向とその電磁特性、コンダクター軸の平面的な配列とその長さのおのをおのを推定した。

総合断面図 (Fig Ⅲ-5-1) の一部を例に方法を簡略に説明する。(Fig Ⅲ-5-1) 図のL-17のTL-902点から約1km北側にⒶと印したINPUT異常がある。これは記録例 (Fig Ⅲ-2-1) に示したⒶ異常で、第1チャンネルと第4チャンネルの振巾比が $>80/7.0=>11.4$ を示している。

これはFig Ⅲ-5-2 と Fig Ⅲ-5-3 に示すモデル実験から得られる規則性からして、 σt が7 mhoのbedrockコンダクターでdipが 40° Sと解釈される。尚、このコンダクターはINPUT結果図の異常領域のM-7Bを形成するものである。

このようにしてbedrockコンダクターは断面図中で、地表から矢印による傾斜方向と角度および σt の各成分で図示されている。

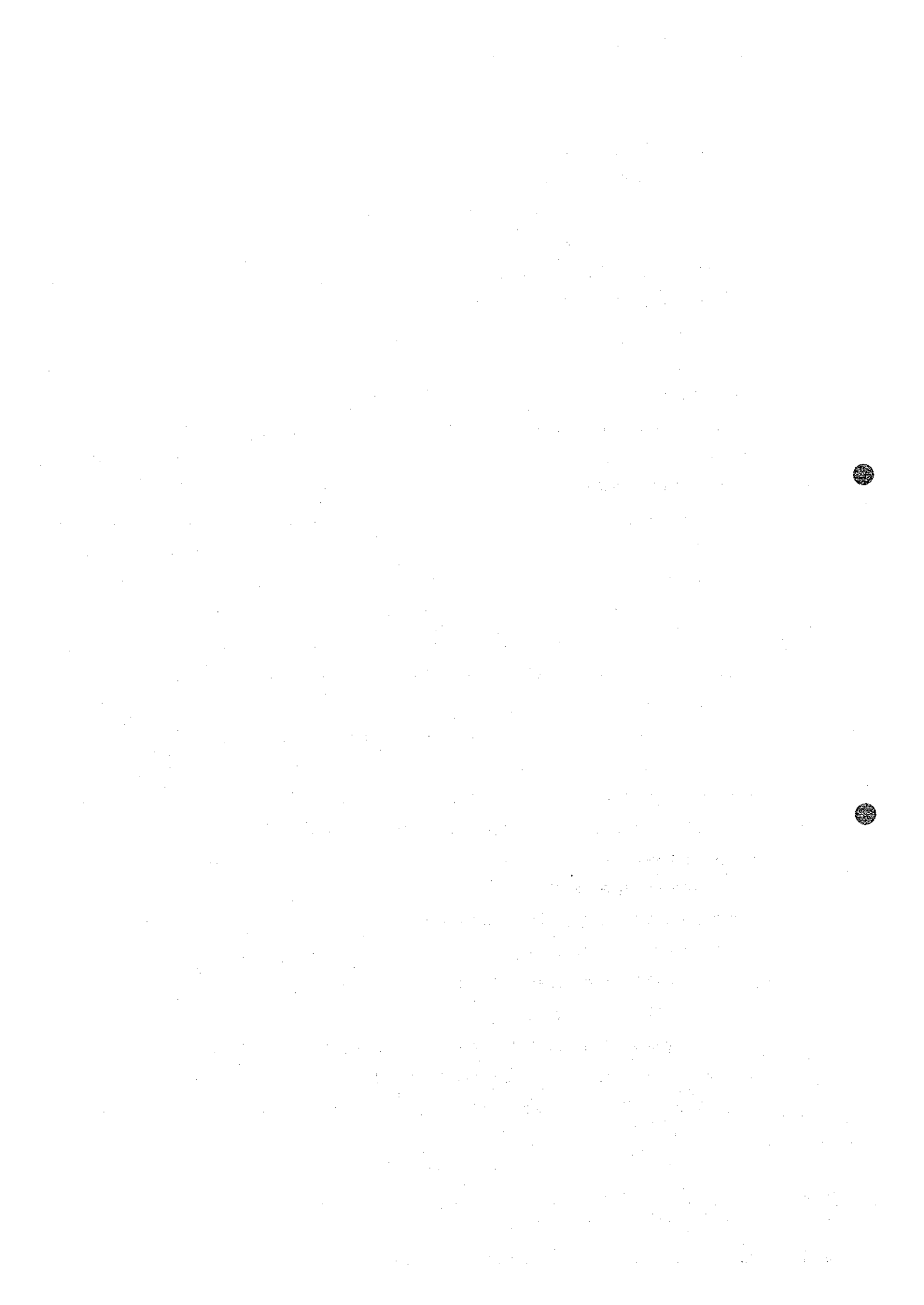
Ⅲ-5-2 空中磁気探査の解析

次の三つの方法を適用して磁気異常を解析した。

(1) Amplitude frequency analysis

磁気異常の振巾と周期から、参考文献(3)による手法で平均的に磁気ベースメントの深度を求める方法である。

一例を示す。総合断面図 (Fig Ⅲ-5-1) のL-17についてその振巾と周波数の関係をフーリエ解析によって図化すると (Fig Ⅲ-5-4) に示すようになる。これから磁気ベースメントの深度 Z_w を計算すると $Z_w = 385m$ が平均値として得られる。こ



れからL-17の平均的飛行高度125mを引くと260mが地表からの磁気ベースメントの深度として与えられる。

(2) Pseudo gravimetric analysis

当地域の磁気伏角は -63° であって磁性体上部に出現する磁気異常はこの伏角に従属して南側に負、北側に正の分極を示す。

もし磁気伏角が -90° になれば正負の分極の歪は無くなり磁性体直上に正異常がカバーして重力異常と同じ単純な形になる。

正三角形グリッドで読みとった磁気異常を伏角 -90° の異常形に数値変換する方法…擬似重力法(参考文献(4))を適用した。

総合断面図の中でPGで示される点線の曲線が結果の擬似重力断面である。磁気異常源はプラスのピークの直下に中心軸を持つと言える。磁気異常グラフの31,250rの横軸の上に①や1の記号でその中心軸の位置を示した。

(3) Model simulation by dipping dyke model

Fig III-5-1に1つの例を示すところの、いくつかのdipping dyke modelの磁気異常を参照して、実測された磁気異常の断面に適合するダイクモデルを取り出して、磁気異常源の形態と帯磁率を類推する方法である。この場合異常源の断面形はdipping dykeに近似されるものと考えている。断面形の寸法については帯磁率と関連し厳密ではないことに注意されたい。

総合断面図の磁気異常および擬似重力異常両曲線の下位にダイクモデルの断面形を表示している。数値は帯磁率の推定を示す。

L-17断面を例にとると、南側より帯磁率が0.012, 0.015, 0.015で潜頭深度(地表より)125m, 375m, 125m, 傾斜方向 60° s, 75° s, 60° sのdipping dike形態が示されている。それぞれが擬似重力曲線のピーク点直下に位置していることも認められる。

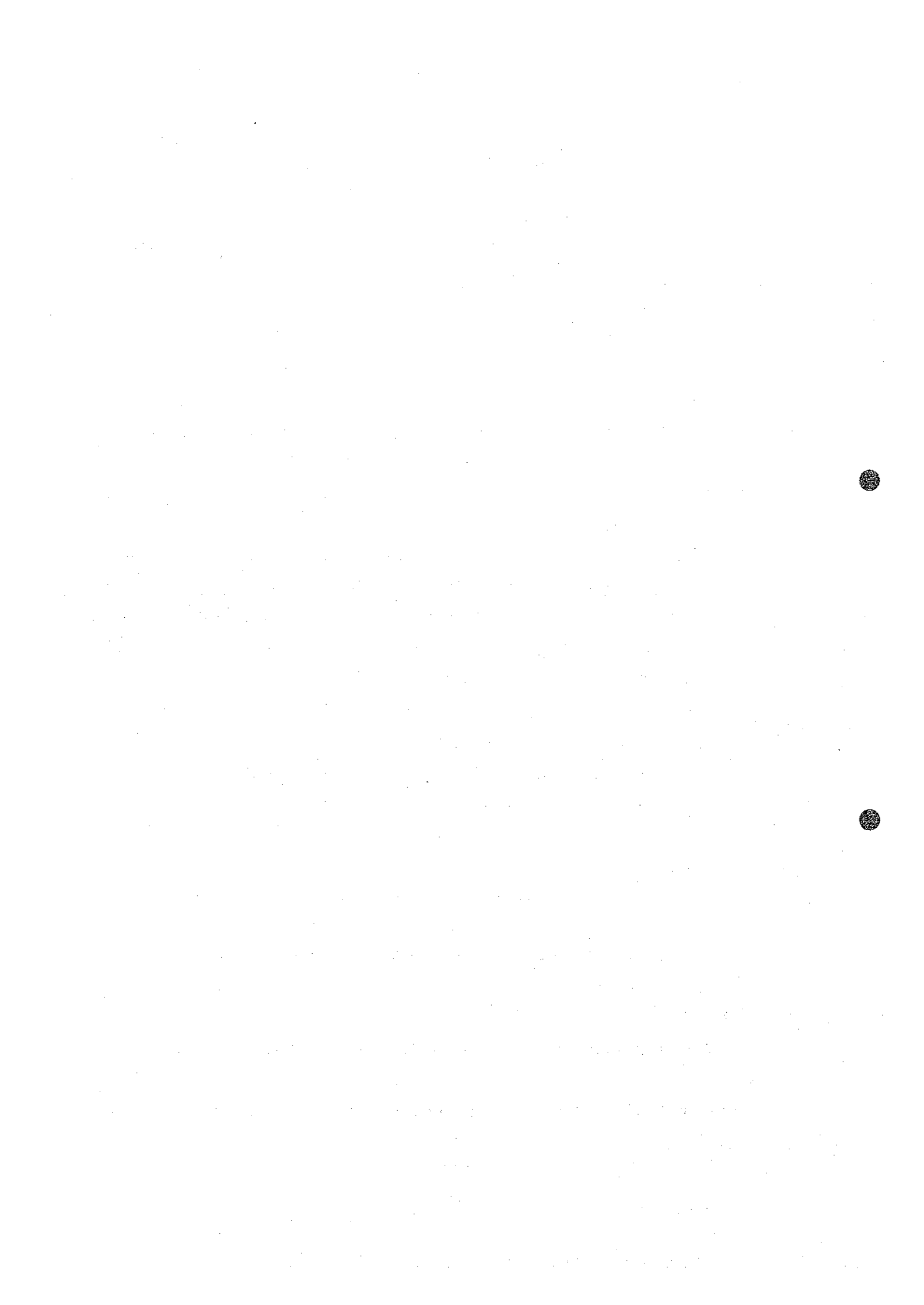
上記潜頭深度は1. Amplitude frequency analysisで解析されたL-17の平均深度260mと大きい違いのないことが認められる。

このようにして磁気異常断面の主な磁気異常について異常源の断面形と磁性の推定を行った。

III-5-3 総合解析図

断面解析を総合して縮尺1/20,000の総合解析図(PL. III-5-1, PL. III-5-2)を作った。

INPUT法で指摘されたコンダクターの代表軸, 磁探で解析された磁性体の軸, $100\Omega\text{-m}$



以下の等伝導度コンター、40 cps以上のUranium放射能強度のそれぞれが地質と共に図化された。

図上の位置は1 km間隔に設定された座標で表示された。

(1) コンダクターの軸

コンダクターの軸はINPUTの測定結果図に示される所の、AからGに至るbed-rock異常領域別の分類に従って、次の座標点を通ることが認められる。

Bグループ; 点(X7, Y-0.5)附近 これはM-2に含まれる
“(X5, Y3.5)” “M-3”
“(X3.5, Y4)” “M-4”
“(X2, Y3.7)”

Cグループ; 点(X12,3,Y1)から点(X10, Y4, 3)附近に至る。
約5 km。これはM-9に含まれる
点(X9.5, Y5.3)より点(X7, Y12)附近に至る
約10 km。これはM-7DよりM-10を含んでM-7A
までの領域に含まれる。

Dグループ; 点(X5, Y15)から点(X1, Y19)に至る間。
軸は間隔約1 kmの平行三軸である。
軸方位はほぼNWである。
これはM-13からM-28に含まれる。

Eグループ; 点(X13, Y8)から点(X10, Y19)に至る間、約10 km。
これはM-16, M-14, M-18, M-19, M-21, M-22
M-23, M-23A, M-24, M-25の多くの領域を通過してい
る。

Fグループ; 点(X2, Y24)附近、これはM-35に含まれる。

Gグループ; 点(X1, Y29.5)附近、これはM-36に含まれる。

上述のコンダクター軸は全部、100 Ω-m以下の等伝導度コンター域内に、含まれていることが、亦、認められる。コンダクターが低比抵抗であることは明らかである。コンダクターの連続性が大きく、グループ的に集合することからコンダクターはGraphite(含Carbonaceous rock)が主体であると考えるのが、良さそうである。

(2) 磁性体の軸

断面解析結果のdykeの中心軸と擬似重力結果のピーク点から平面的な磁性体の軸を総合解析図にプロットした。

Fig. III - 5 - I. Synthetic profiles.

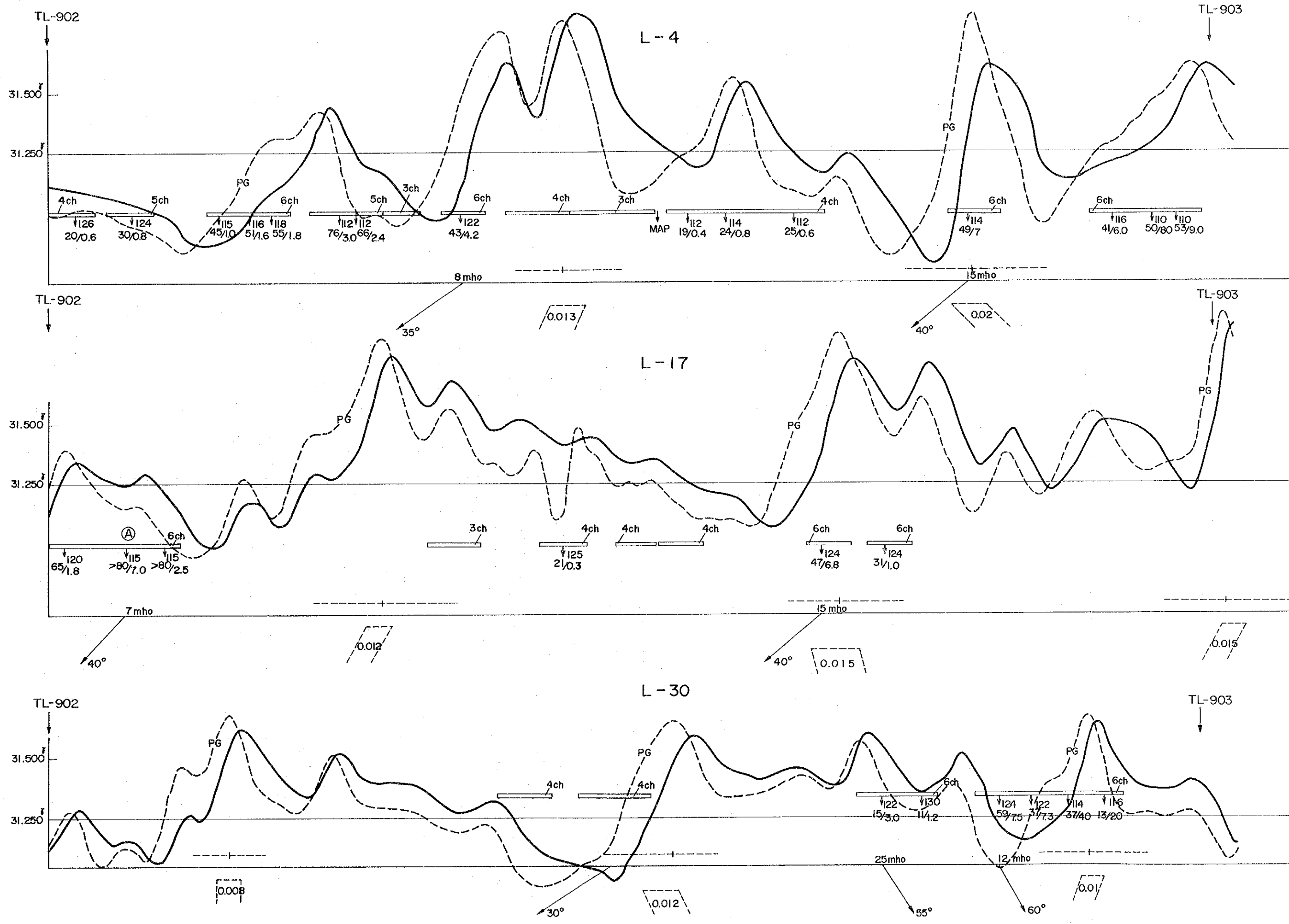
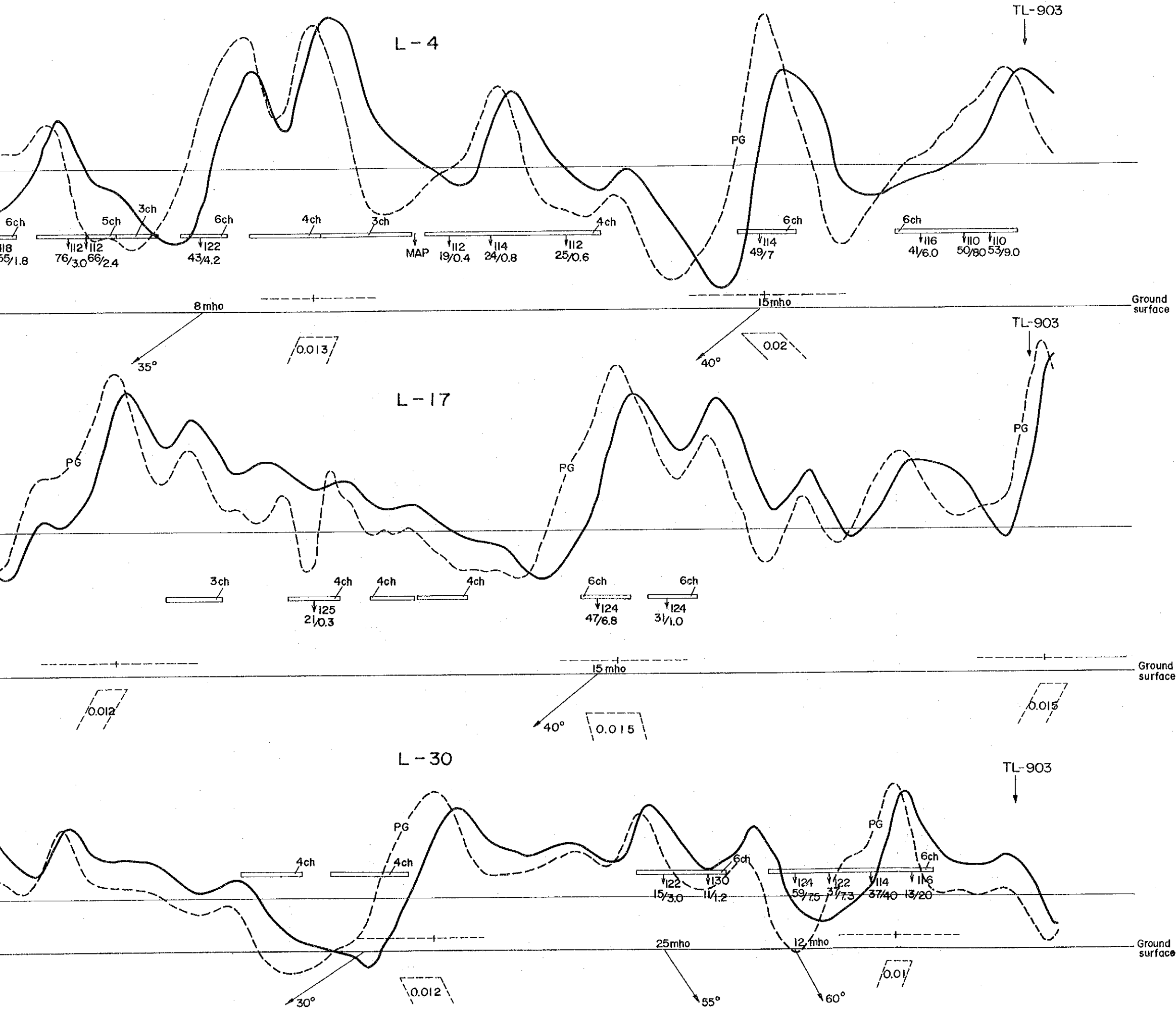


Fig. III-5-1. Synthetic profiles.



LEGENDE	
—	Magnetic anomaly.
-PG-	Pseudo gravimetric anomaly.
6ch	1-6 channel anomaly peak position.
110	Flying height (m).
53/9.0	Amplitude of the first and fourth channels.
- - -	Flight path (profile)
15 mho / 40°	Profile of dipping conductor and σ .
0.02	Profile of dyke model and supposed susceptibility.

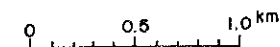
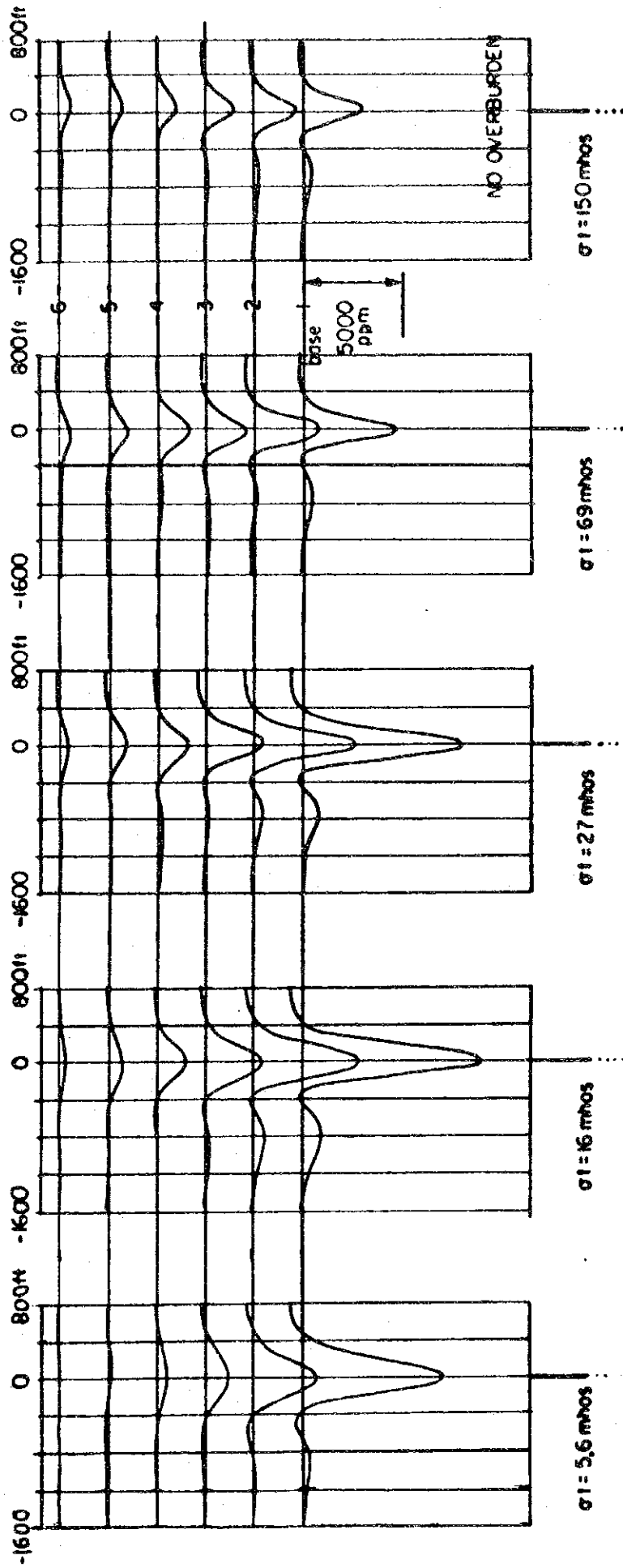


Fig. III-5-2. Model profiles over vertical half-planes of various σt .

(after Palacky, 1975).



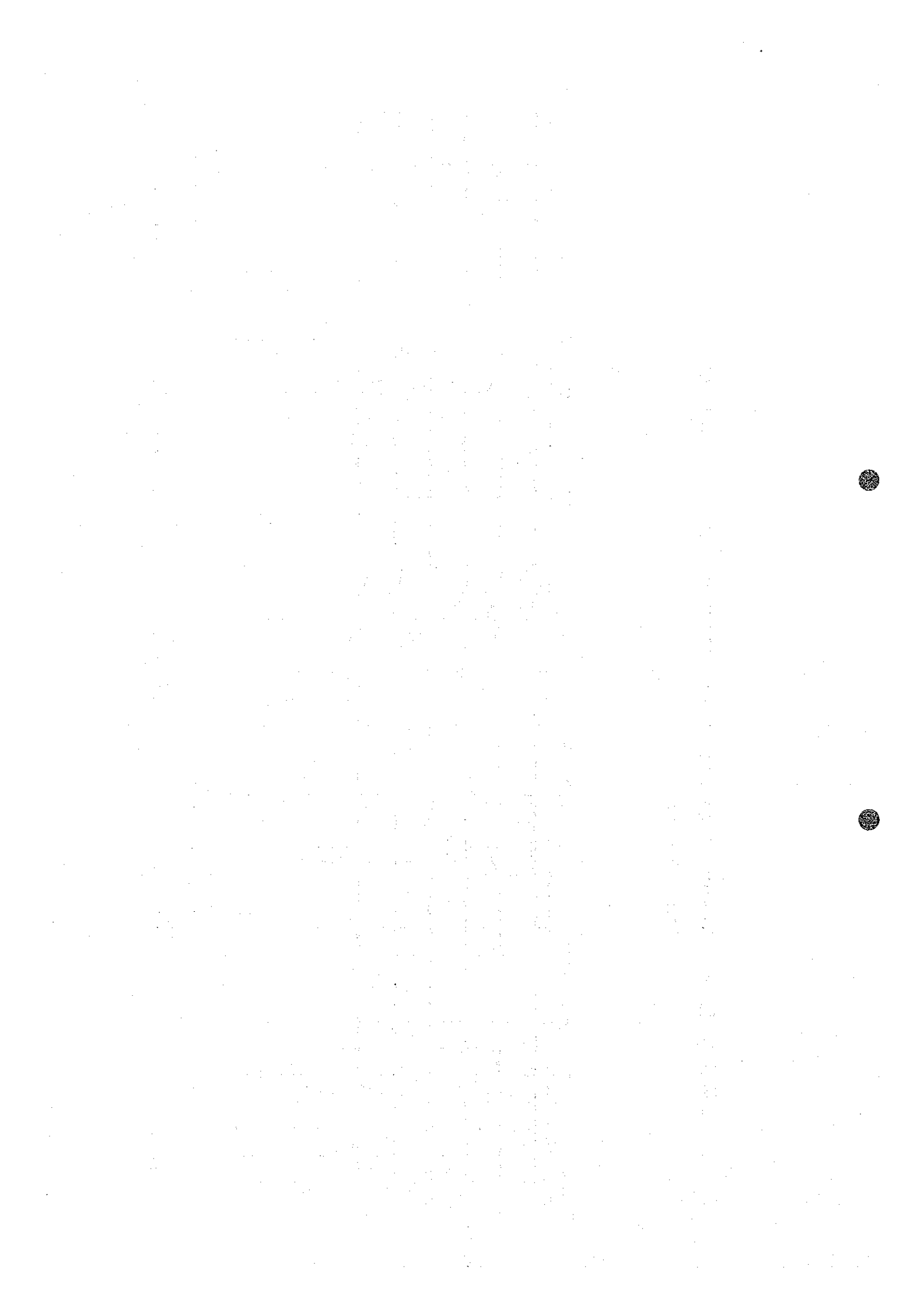
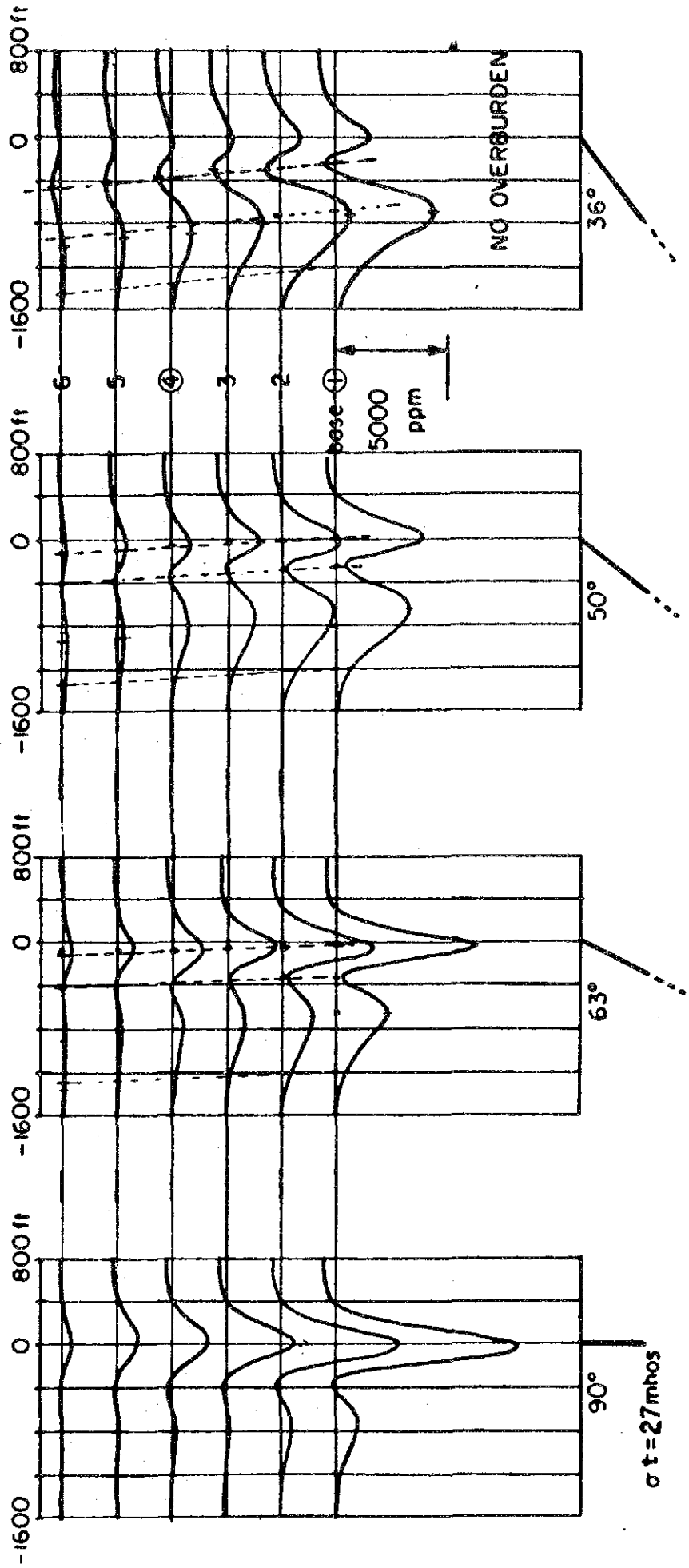


Fig. III-5-3. Model profiles over dipping half-planes of various σt .

(after Palacky, 1975).



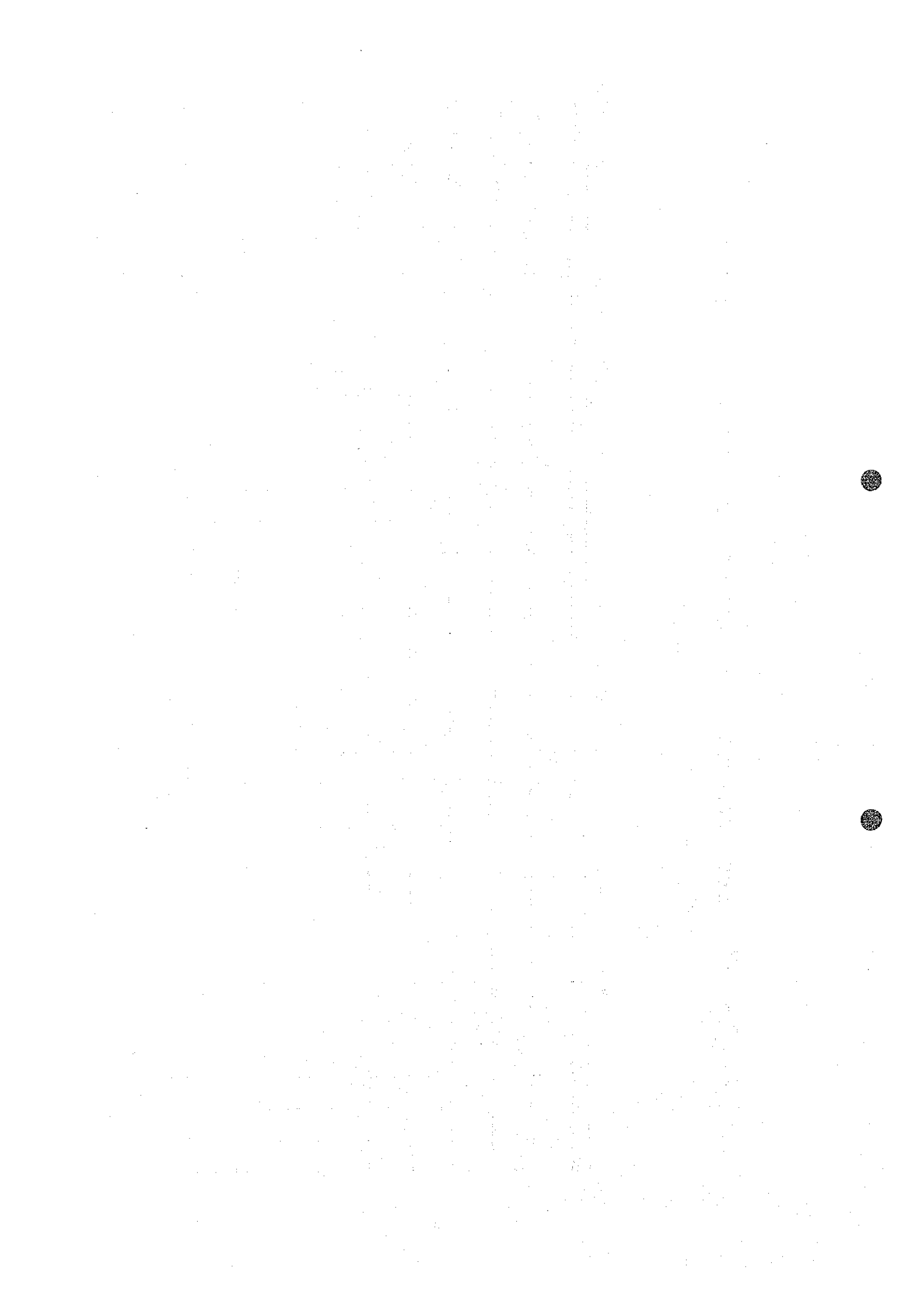
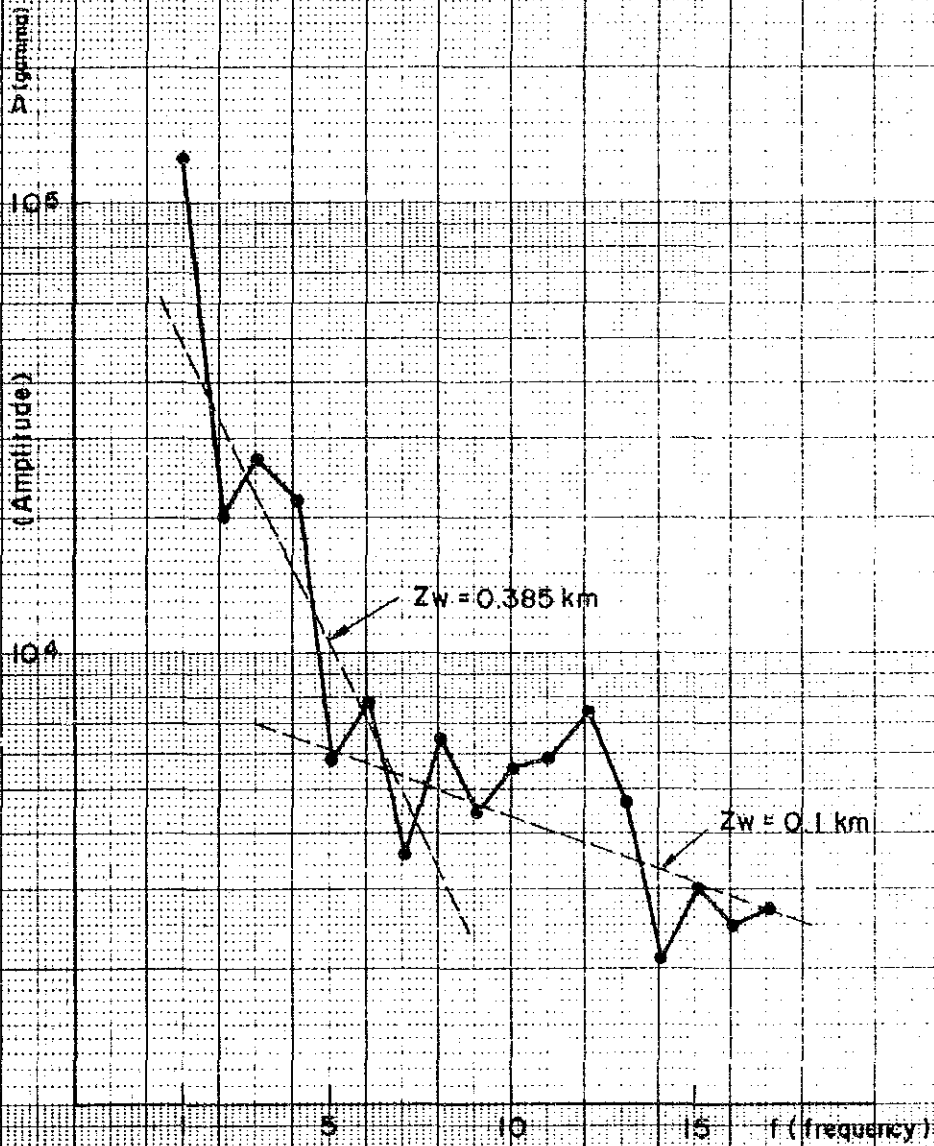


Fig. III-5-4. Amplitude frequency spectrum.



L-17 / MATSITAMA NORTH

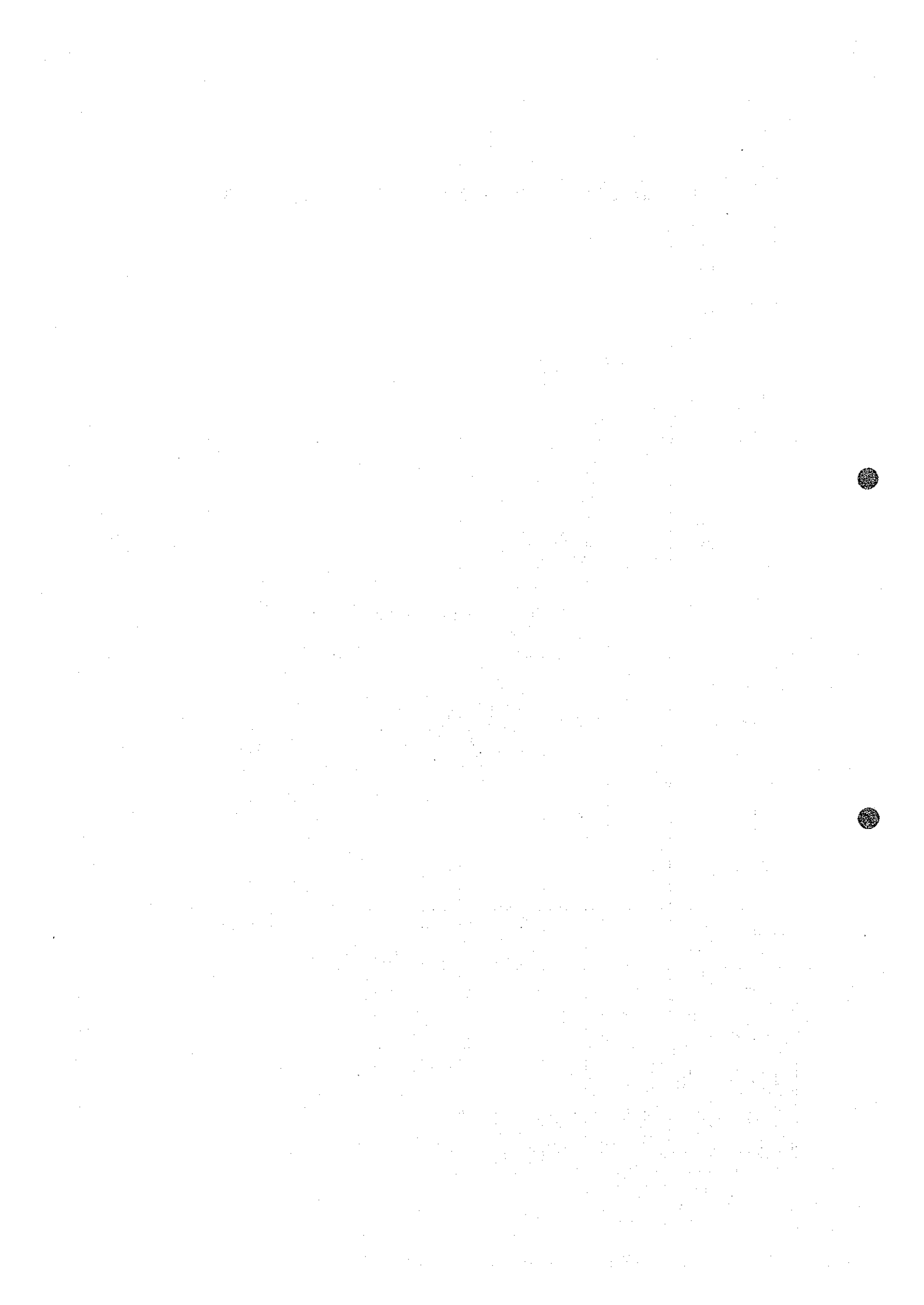
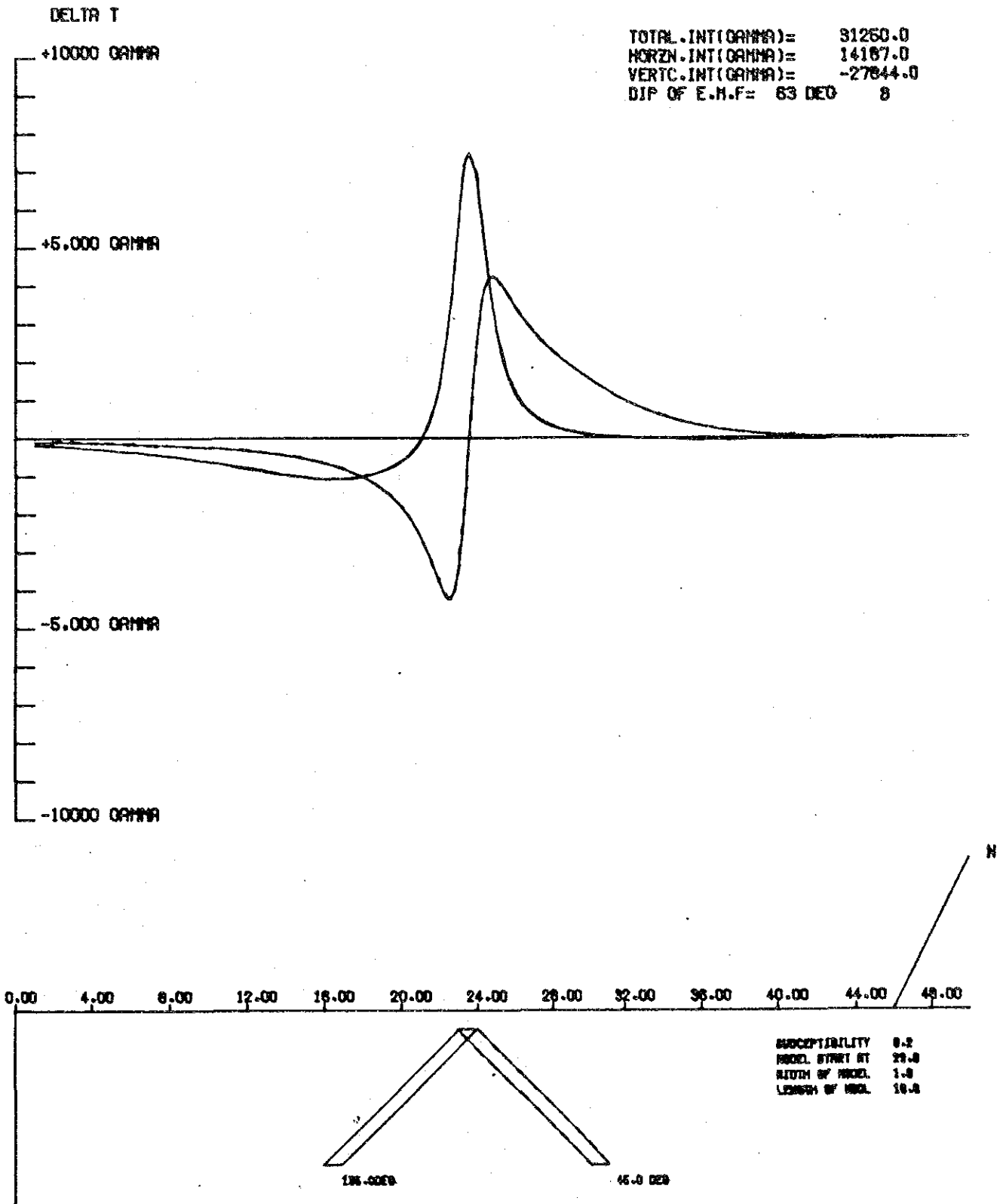


Fig. III-5-5. Dipping dyke model.





この軸は多数あるが、軸の長さが図上で約10 km以上のものを東西末端の座標点で示せば次である。(南部から示す。)

点(X10, Y1.6) から 点(X2, Y3.5) に至る軸 (PL. III-5-2)

“(X10, Y3.7) ” “(X2, Y6.4) ”

“(X12, Y9.8) ” “(X1, Y13.3) ”

“(X12, Y13.6) ” “(X1, Y16.6) ”

“(X12, Y16.2) ” “(X1, Y18.4) ”

“(X12, Y16.9) ” “(X1, Y19.6) ”

“(X12, Y18.7) ” “(X1, Y20.7) ”

点(X12, Y23.2) から 点(X1, Y25) に至る軸 (PL. III-5-1)

“(X12, Y25.6) ” “(X1, Y26) ”

“(X12, Y35.5) ” “(X1, Y37.3) ”

図から分るように軸はこの他にも多く平行的な配列を示している。

INPUT 法で得られたコンダクター軸と磁性体軸の多くが一致しないことや, dipping dyke model による解析で原磁気異常の多くが満足されることから本地域の磁性体は塩基性岩脈であろうと推測される。

(3) 放射能異常

Uranium 異常の40 cps 以上で示される高異常は上述のINPUT によるコンダクター軸とも磁性体の軸ともあまり相関を示さない。

今回の調査地域の西部域にやゝ集中する傾向が見られるものの、地質図との結びつきは明瞭でない。

III-5-4 ま と め

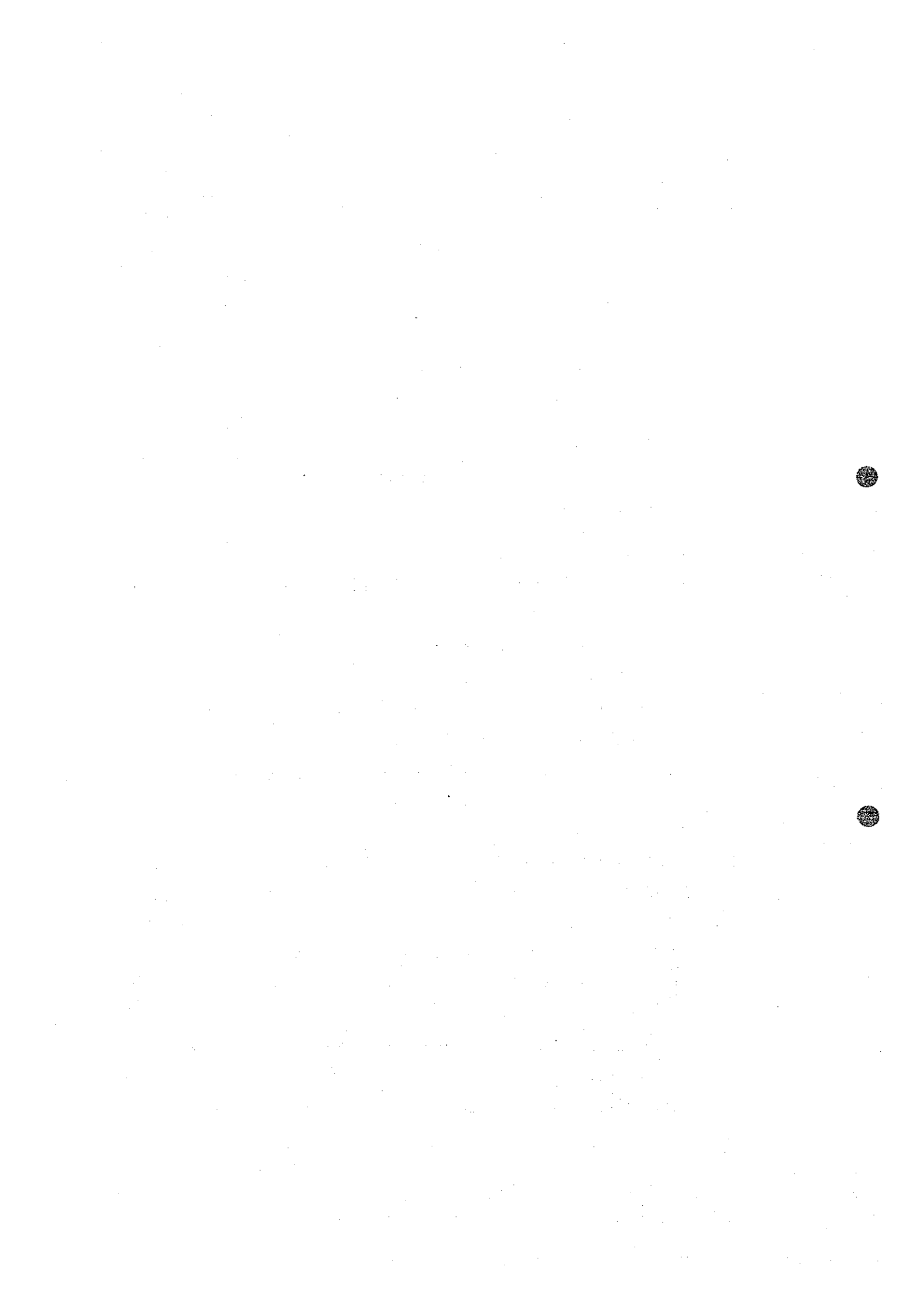
総合解析図を主体に空中物理探査をまとめると次である。

(1) INPUT 法によるコンダクターは大きく分類してPL. III-5-2では四つのグループに、PL. III-5-1では二つのグループに分けられる。これらのコンダクターはbedrock クラスのもので、 σ_1 は10~100mhos を示している。

上述のグループの多くは石灰岩の分布と密接に関連していて低比抵抗領域とも一致している。

コンダクターはmassive sulphide か graphite と考えられるが、全般には后者である可能性が大きい。

異常領域をmassive sulphide である可能性から順にまとめると次である。



Massive sulphide ; M-1 , M-3

Massive sulphide or graphite ; M-4 , M-13 , M-16 , M-19

M-21 , M-22 , M-23 A , M-24

M-25 , M-35

M-7A , M-7C , M-7D , M-38

Graphite ; 上以外の全部

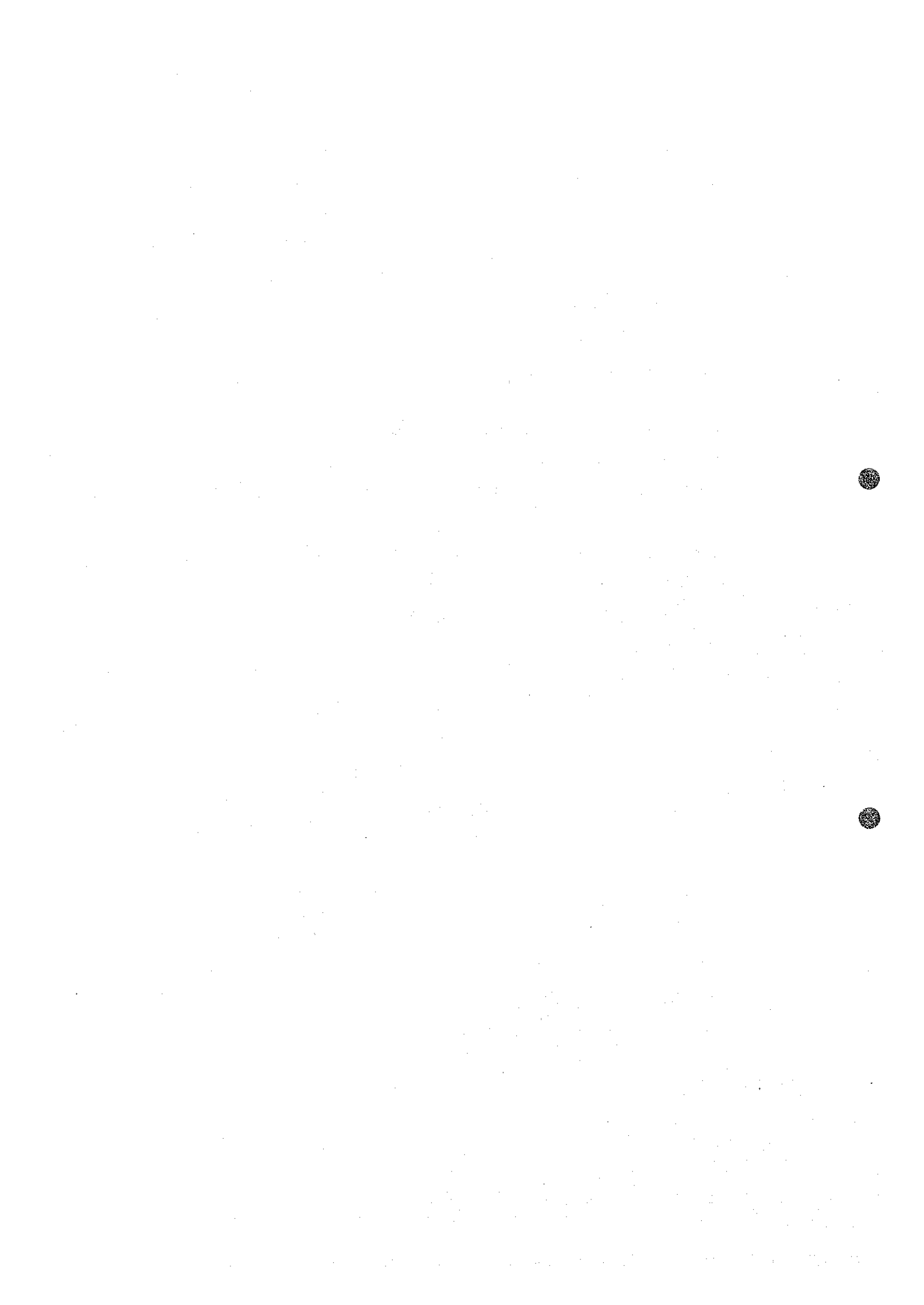
ここで言う graphite は carbonaceous rock を含んでいる。また graphite には disseminated sulphide あるいは部分的に massive sulphide を含む可能性がある。

- (2) 空中磁探の解析から得られた磁性体の多くはほぼ N 75° W 方向に長く連続する塩基性岩脈と判断され、上述のコンダクターとの直接の関連を持つものは殆んどない。

また Uranium 異常は INPUT 結果、磁探結果そして地質構造のそれぞれと明瞭な関係は見出されなかった。

- (3) 本地域の bedrock コンダクターの存在とその概要は明らかとなったが、直ちに試錐探鉱に入るにはターゲットの等級、水平位置、深度などに、なお不明確さがある。

地上物理探査により上記のことを更に解明する必要がある。



第Ⅳ部 地上物理探査

Ⅳ-1 ま え が き

空中物理探査の結果，順位1から3で指摘された47の異常帯から地質状況や異常の配列，分布に留意して地上物理探査のための26異常帯を選択した。

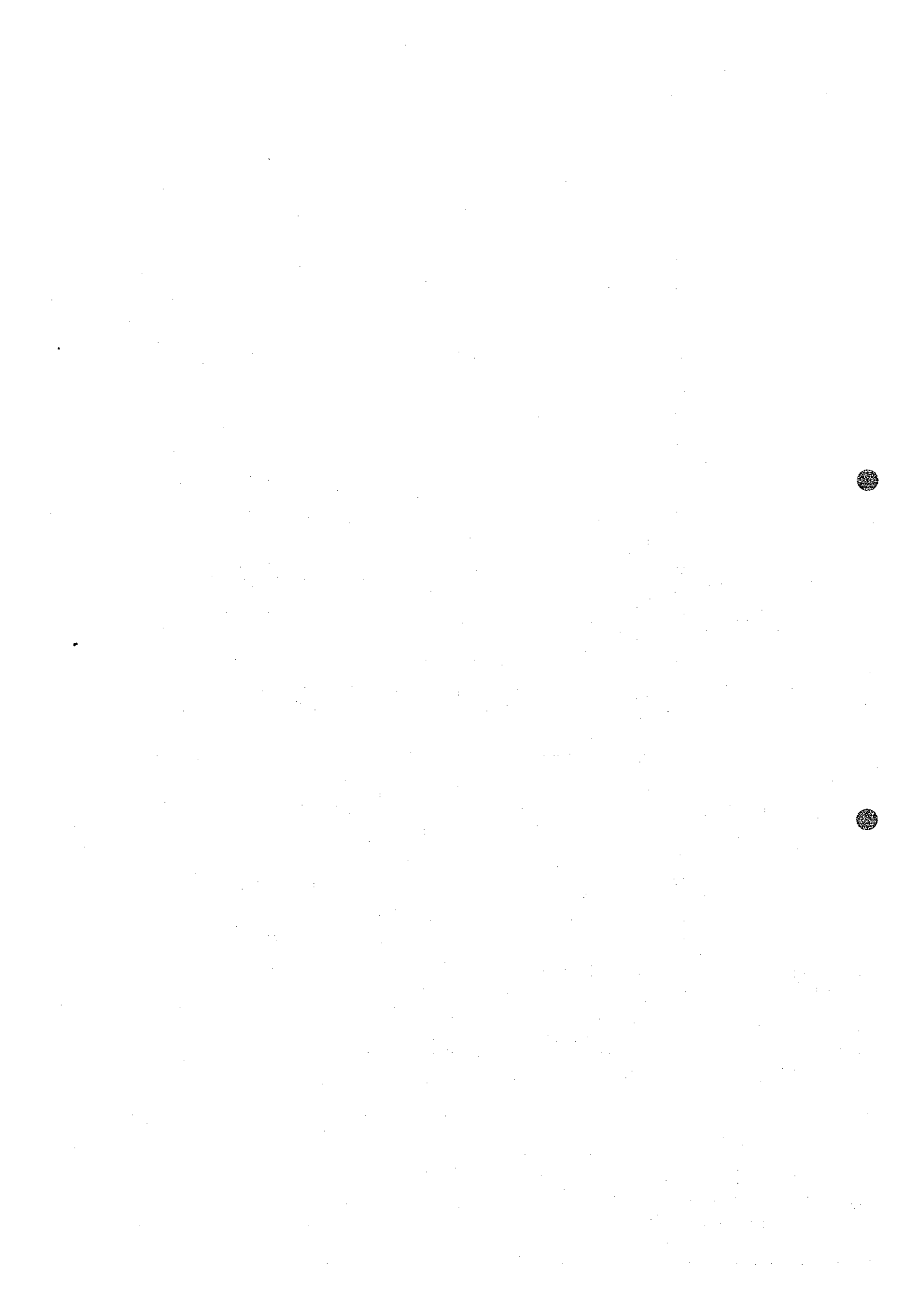
本調査も空中物理探査に引き続きカナダ GEOTERREX 社に現地調査を依頼した。同社より測定データの提供を受け，解析作業を行うと共に地質調査，および地化学探査結果を総合解釈して第Ⅲ年次の試錐探査の位置を選定する作業は日本側で実施した。PLⅢ-2-1～PLⅢ-2-3に測線グリッドを示す。

測定作業の種別と目的は次である。

- (1) 空中探査異常の地上における存在と位置を確定すること，即ちコンダクターの確認を目的として，Crone Pulse Electro Magnetic method(通称PEM)を用いる所の測線グリッドを地上に設定し測定を行った。PEM法については参考文献(6)を参照されたい。測線グリッドは測線間隔200mの1km×3本の測線を標準にしたが異常補捉の状況で適宜に測線の数と長さを増減した。PEM探査ではコンダクターの走向，傾斜，深度と σt (conductivity thickness)の大よそを知ることができる。
- (2) PEMの一本の測線に対しInduced Polarization method(IP)を実施し，得られた分極率と比抵抗から，ターゲットが電子性かイオン性かを判定することにより，異常源の性質……sulphides, graphite など……を推定すると共に，モデル解析を利用してターゲットの断面形，そのトップの水平位置，深度を知ることが出来る。IPの解析結果も測点間隔以内の距離についてははっきりしないので，断面形の取り扱いについては過信は出来ない。IP法については参考文献(6)を参照のこと。
- (3) PEMの全測線に地上磁気探査を実施した。これによってPEMとIPで得られたコンダクターが直接磁性をもつか否かの判定，あるいはコンダクターが断層帯や破碎帯などと関連をもつかどうかなどの判断が出来る。強い磁性を持つコンダクターに対し塩基性岩脈を予想することが出来る。
- (4) (1)，(2)，(3)を総合してコンダクターの平面的な軸方向あるいは平均の走向と傾斜を追跡し，地質解釈と併せて，次の試錐探査に対する基礎資料を提供しようとするものである。
- (5) 選択された26異常帯と測線長は次の通りである。



異常帯	測線延長 (km)			その他	
	PEM	MAG	IP		
M-1	0.8	0.8	0.8	既知鉱床である	
M-2	2.2	2.2	0.8		
M-3	3.5	3.5	1.8		
M-4	4.9	3.9	1.3		
M-7A	2.0	2.0	1.1		
M-7B	3.0	3.0	1.0		
M-7C	2.7	3.0	1.1		
M-7D	3.0	3.0	1.0		
M-9	2.6	3.2	1.1		
M-10	3.0	3.0	1.1		
M-13	6.4	5.6	-		PEM異常が得られない ためIPは中止した
M-14	2.0	2.0	1.2		
M-16	2.5	2.5	1.1		
M-18	1.6	1.6	1.0		
M-19/20	6.4	6.4	1.1		M-19とM-20をまと めて測定した
M-21	3.0	3.0	1.0		
M-22	4.0	5.0	1.2		
M-23	4.1	4.0	2.1		
M-23A	3.4	3.4	1.0		
M-24	3.0	3.0	1.1		
M-25	3.0	3.0	1.0		
M-28	1.5	1.5	0.8	} M-28とM-29をまと めて測定した	
M-29	1.5	1.5	0.8		
M-35	2.8	2.8	1.0		
M-36	3.6	3.6	1.0		
合計	76.5	76.5	26.5		



IV-2 Pulse EM 電磁探査

IV-2-1 測定方法

所謂Horizontal-loop法で、TxとRxの両コイルを水平におき両者間の距離を50m～100mに固定したまま測点を1点ずつ移動する方法である。

在来のSlingsramと違うのは、加える電流がパルスであることと、Rxで8チャンネルの受信を行うことである。これによってコンダクターの電磁気特性(σt)と幾何学的な形体の判断がより確実にできる点に特長があり、また測定のスPEEDがかなり早いこと、可探深度が比較的大きいことも、特長に加えられる。 $(\sigma t$ はconductivity-thicknessでターゲットの伝導度と厚みの積を表わす)、参考文献(6)を参照されたい。

IV-2-2 測定結果

異常帯のM-1からM-36までの26の地帯に合計76.5kmの測定を行った。

結果はFig. IV-2-1からFig. IV-2-23に示す通りである。

各図に示された横方向の曲線はパルスEM受信振巾で、縦軸の単位はTxに加えられたパルス電圧の1/1000を1とし、10単位より上は対数表示、それ以下は正比例表示の両者に分け大きな受信値をおさえ小さなそれを拡大するようにしている。M-13についてはFig. IV-5-24に示した。横軸は測線で、縮尺を1/2,500にしている。

測定に用いられたコイル間隔は75mが普通であった。

1-(5)に述べた測線長は端末に置いたコイルとコイルの間隔で表示している。図の下端に地質断面を加えた。

各異常帯の測定結果についての特徴の説明はIV-5、地上物理探査の総合解析とまとめに於て行った。

IV-3 磁気探査

(1) 測定方法

Geometrics G-816型プロトン磁力計を用いて、地上約2.4mの全磁場を測定した。

測定値が各測線で100r程度以上の変化を示したため日変化補正は実施しなかった。

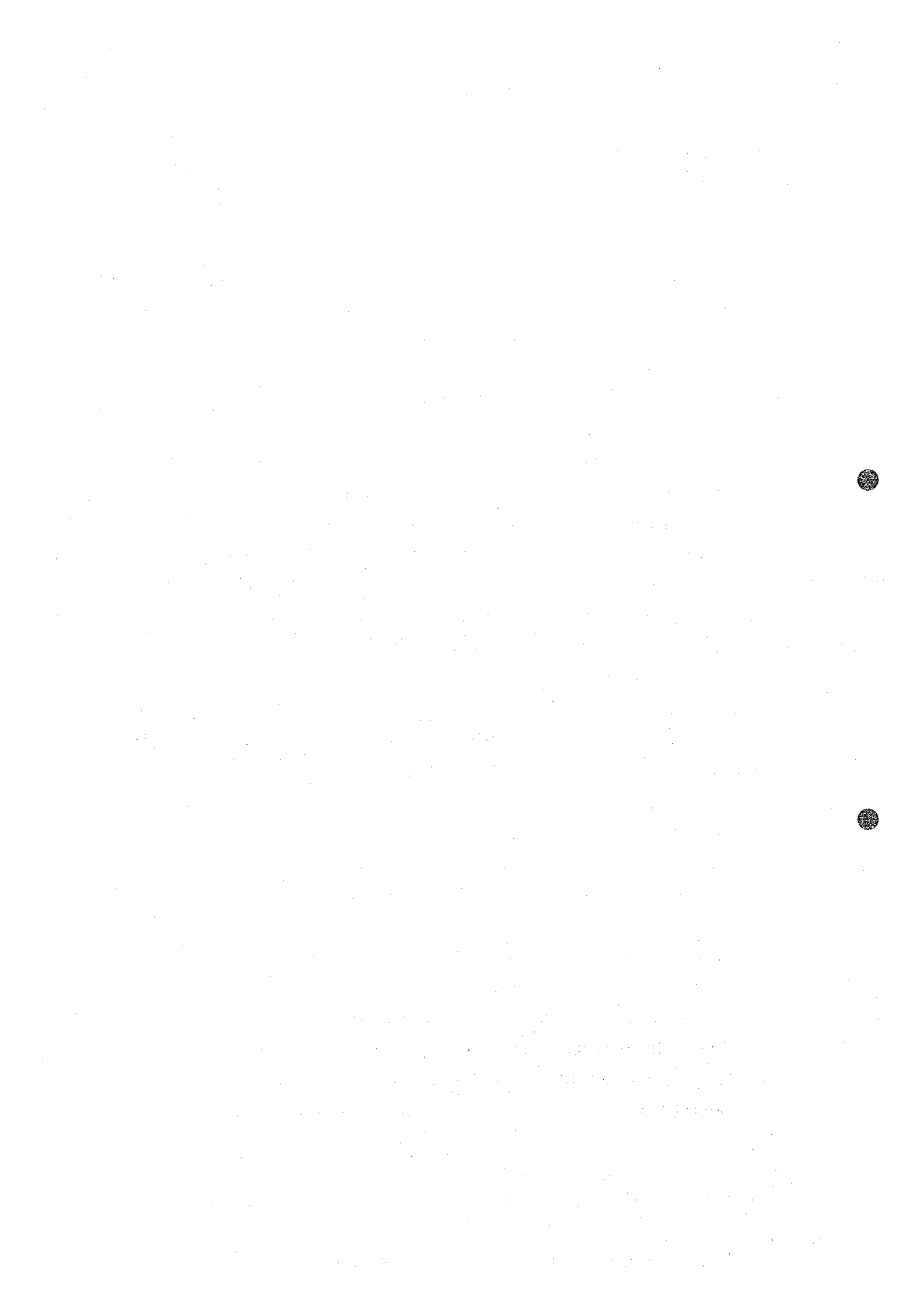
(2) 測定結果

M-1からM-36の全26の異常帯に対し総計76.5kmの測定を行った。

測定結果は総合解析図のFig. IV-5-1からFig. IV-5-23にあわせて示す通りである。

M-13については別個にFig. IV-5-24に示した。

縦軸は全磁力ガンマー値であって、測定値巾の大小で400r/cm, 200r/cmの両目盛りを



使い分けた。

各異常帯の測定結果についての特徴の説明はⅣ-5.地上物理探査の総合解析とまとめに於て行った。

Ⅳ-4 IP法電気探査

Ⅳ-4-1 測定方法

Pulse型のInduced Polarization-Resistivity測定装置を用いた。

Txは375~5000V Dc, 8Amp maxを2sec間"on"してあと2sec"off"し、次に電流方向を逆にして上をくり返すパルス型式で、Huntex社製のものである。電源は7.5kWと2.5kWの二種類のエンジン発電機を用いた。

RxはScintrex社製のNEWMONT型のもので上記パルスの受信電圧の中、0.45~1.75sec間をサンプリングする型式である。

電極配置はダイポール~ダイポールおよびポール~ダイポールの両者を用いた。電極間隔は通常50mであり、電極材はTxがアルミ箔、Rxがポラスポットである。

測定されるのは見かけの分極率"Ma"(ミリセカンド単位)と見かけの比抵抗" ρ_a "(オームメートル単位)である。

測定機器の細部については参考文献(6)を参照されたい。

Ⅳ-4-2 測定結果

結果は縮尺1/2,500の擬似断面図(Pseudo-section)でM-1からM-36までの内M-13を除く25の異常帯について表示した。Fig.Ⅳ-4-1~Fig.Ⅳ-4-23参照

擬似断面図の内、上段は見かけ分極率"Ma"(ミリセカンド)、下段は見かけ比抵抗" ρ_a "(オームメートル)のそれぞれのコンターである。

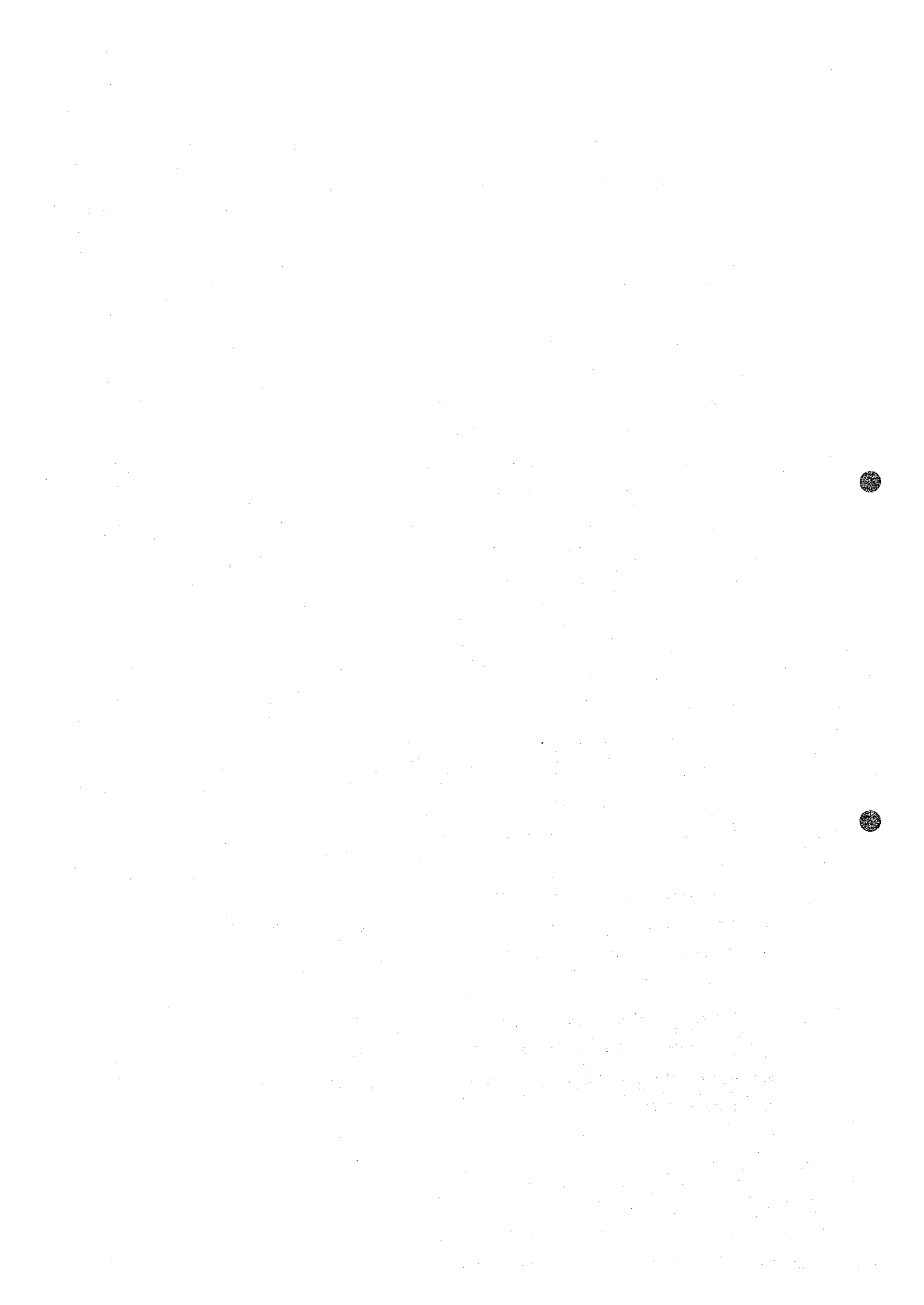
各異常帯についての特徴の説明はⅣ-5.地上物理探査の総合解析とまとめに於て行った。

Ⅳ-5 地上物理探査の総合解析とまとめ

多種物理探査法のオーバーラップによる効果を狙って総合解析を実施した。

PEMの結果から異常源の地表面位置、範囲をおさえ、異常源ボディの電磁特性や傾斜を推定した。

IPの結果から異常源の形体とその物理性の推測を行った。磁気異常はPEMとIPの異常が磁性とどの様に関連するかに重点をおいた。これらの作業をまとめた総合解析はM-13を除くM-1~M-36の25の異常帯について実施した。解析図はFigⅣ-5-1~FigⅣ-5-23に示した。



総合解析には Geotrex 社の解析結果(参考文献(6))も併用した。

IV-5-1 解 析 法

- (1) PEM探査；第1,第4の両チャンネル或いは別チャンネル記録について、振巾の大きい部分を異常として取り上げ、それぞれの1/2振巾点の水平記録長を測線上での異常範囲の目安にした。この長さは総合解析断面図の各測線上にプロットした。第1チャンネルのみの異常は異常源が地表か浅部に限定されることを意味する。第1,第4両振巾のピーク点の強度と測線上での位置のずれは、INPUT法におけると同様に、異常源を岩脈状としたときの物理性や傾斜の方向とその角度および深部につづく異常かどうかの指標を与へるものである。

第1から第8までの各チャンネルの振巾強度から異常源の σt (conductivity thickness)を求め異常源の電磁特性の推定を行った。

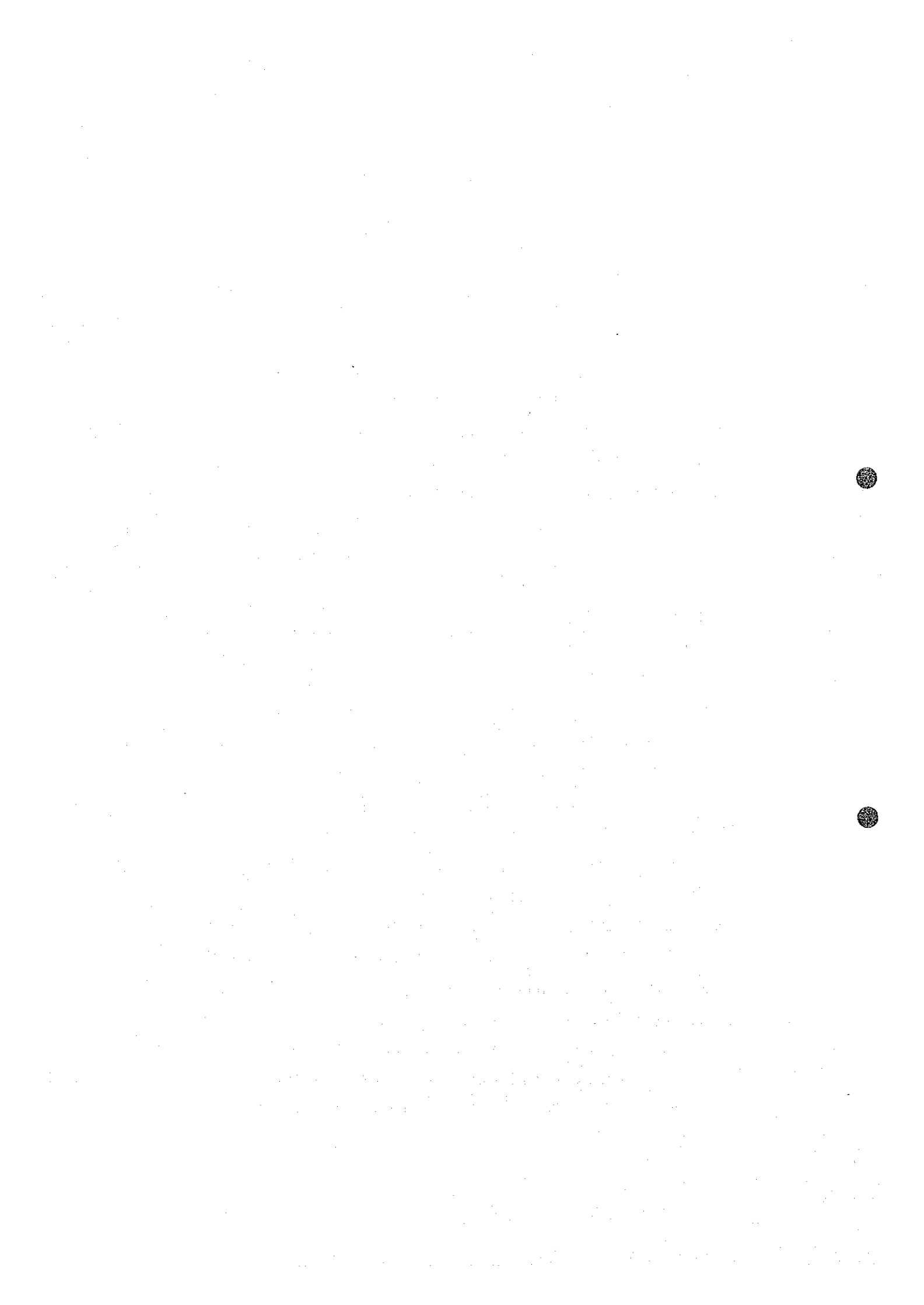
- (2) IP探査；測定された見かけの分極率と比抵抗から1例をFig IV-5-25~Fig IV-5-27に示す数葉のモデル計算結果を参照して異常源の断面モデル形状とモデルの真の分極率と比抵抗の推定を行った。

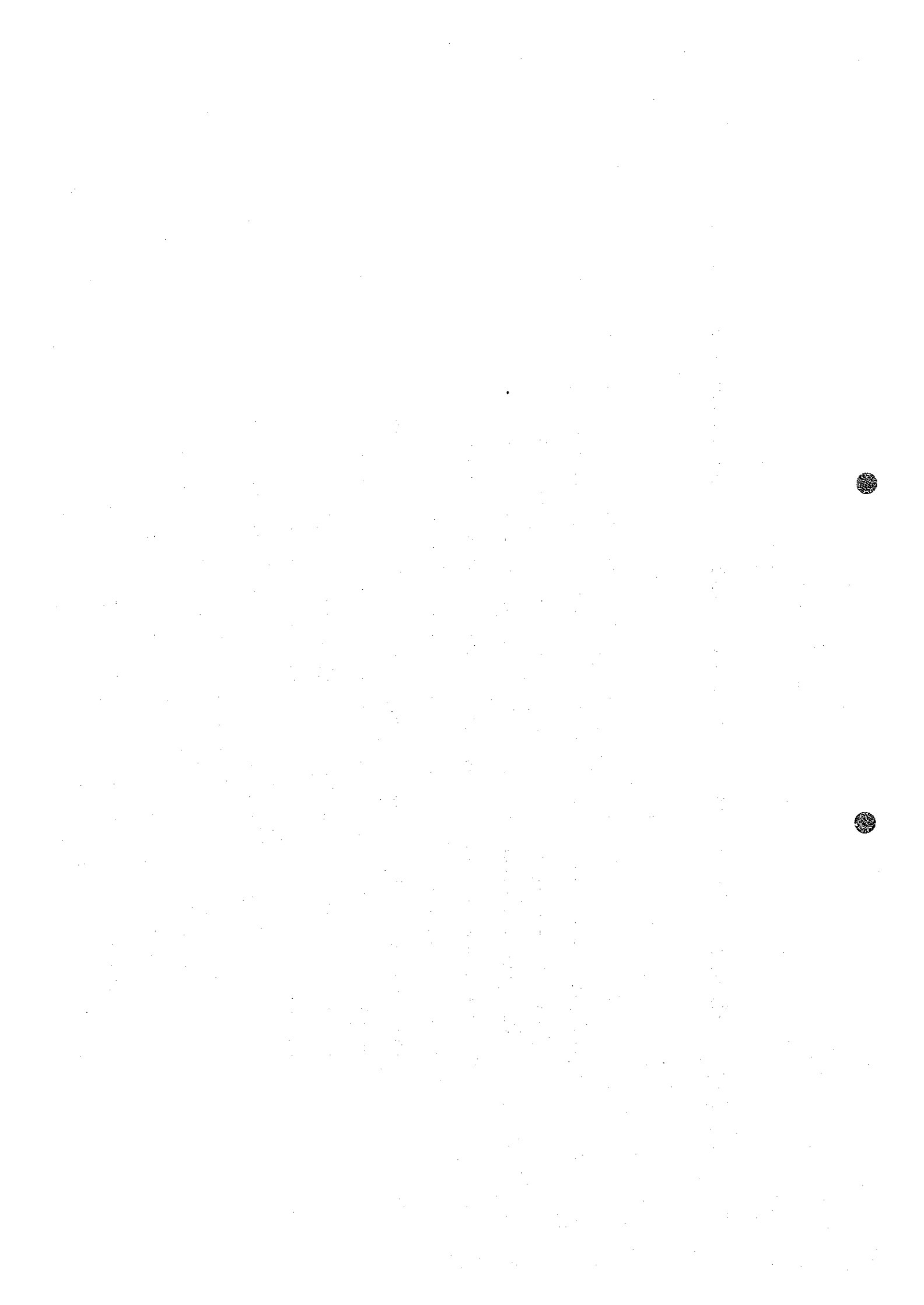
測線断面でのモデル形状から異常源の上部のほぼ中心の水平位置(略称H)とモデルの巾およびモデルトップの深度(略称Z)のそれぞれを推定した。モデルの長さは100mとした。IPモデル解析によるモデルの傾斜は、PEMから求めた異常源の傾斜よりも、全般に急角度になっている。信頼性はIP解析の方が比較的高いと思はれるが、傾斜の角度については両者を参照したい。尚、モデル断面形の巾と長さは一応の目安であり決して正確なものではない。

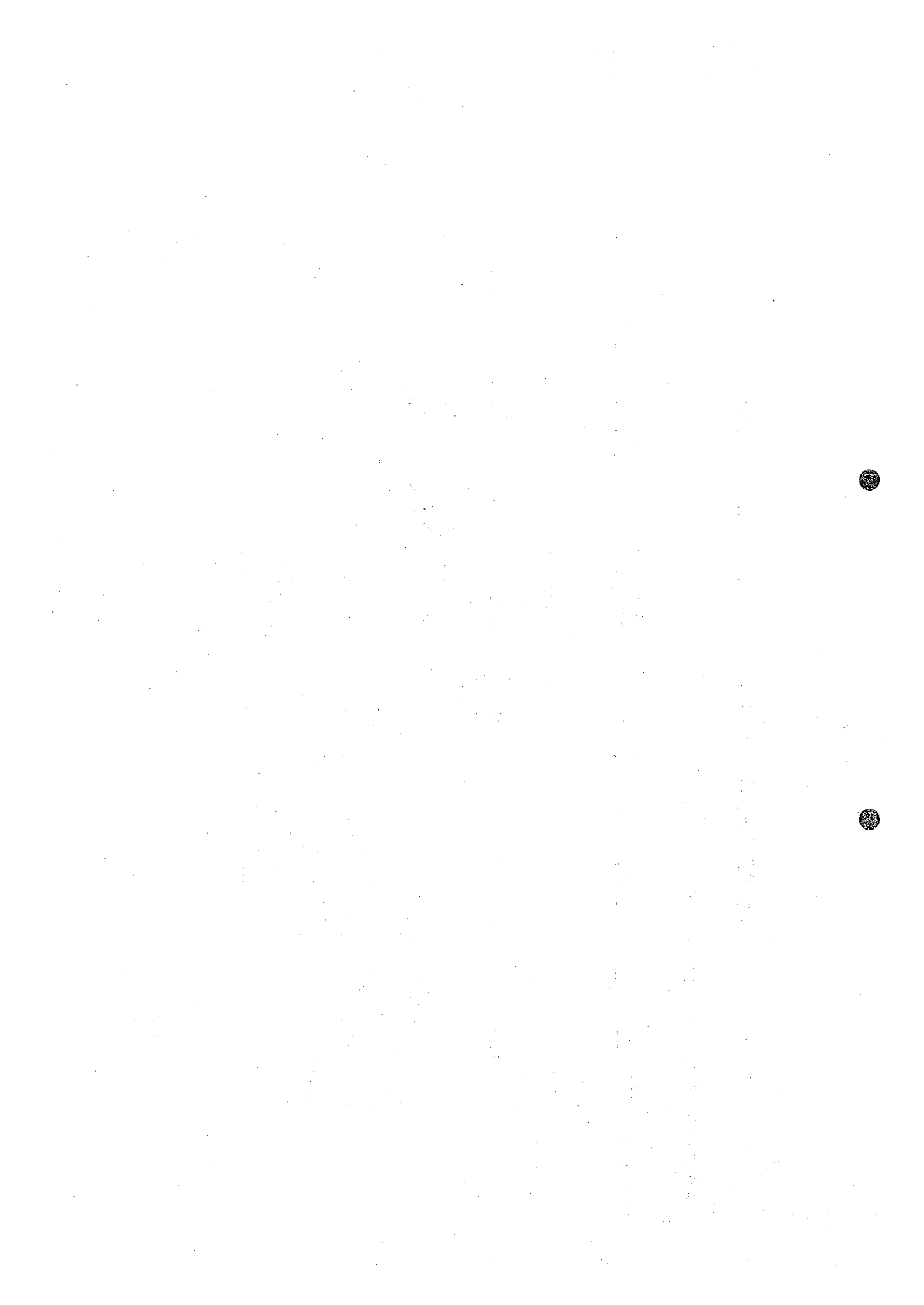
モデル推定した真の分極率と比抵抗はミリセカンドとオームメートルで表示した。明確に区分は出来ないが、50ms以上の分極率と10 Ω -m以下の比抵抗を示すボディはmassive sulphide, graphite, 塩基性岩脈,あるいは含水粘土鉱物のいずれかの単独体,または、これらの混合体と想定される。しかし列状の強い異常に対するmassive sulphideの可能性はずっと低いのが普通であり上述のgraphiteおよびこれ以外の可能性が高い。ここで言う石炭は広くcarbonaceous rock全体を含んでいる。

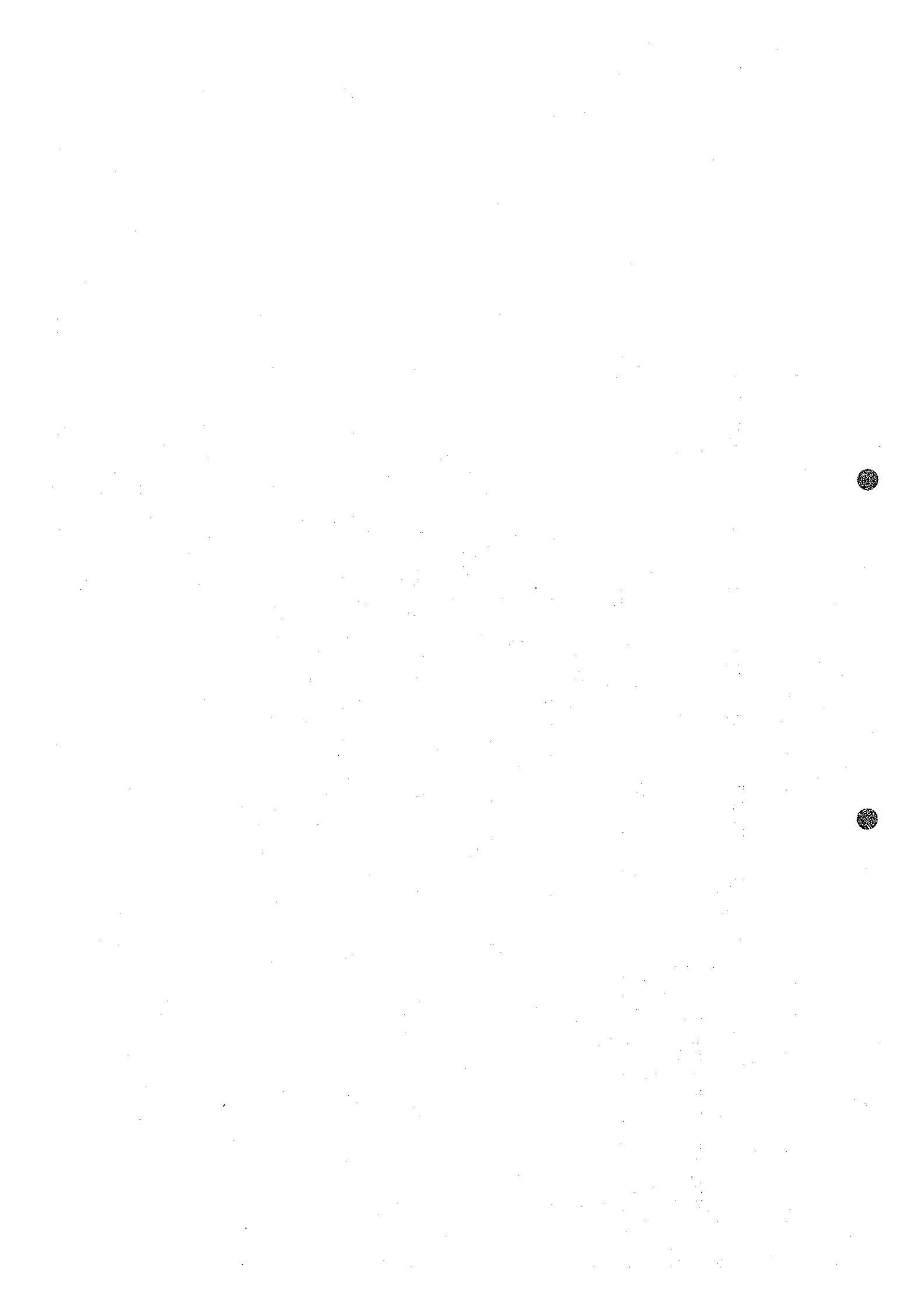
石炭には広くcarbonaceous rocks全体を含んでいる。

- (3) 磁気探査；Fig. IV-5-1~Fig. IV-5-25に各測線上での測定結果をプロットした。磁気モデル計算結果(Fig. III-5-5に1例を示す)を参照してPEMとIPの異常源が磁気異常源と合致するか否かに重点をおいた。磁気異常とPEM, IPの異常が合致する場合は異常源に磁鉄鉱(塩基性岩)が考









えられる。また、磁気異常の形から断層帯を追跡することもできる。

Ⅳ-5-2 解析結果

M-1からM-36に至る25異常帯について測線ごとにPEM探査、磁探、IP探査のそれぞれの結果をまとめ総合解析図(Fig.Ⅳ-5-1~Fig.Ⅳ-5-23)と総合解析表(TableⅣ-5-1~TableⅣ-5-23)を作成した。それらの目的は各異常帯での異常源のできるだけ正確な平面位置、数その走向、傾斜、深度、物理性、を求め地質調査結果とあわせ異常源の鉱床としての可能性の判断と試錐探査への資料を提供することにある。

地上物理探査はもともと空中物理探査のINPUT法の結果を基礎にその選択された異常点に測線のグリッドをかぶせて、PEM、IP、磁探を手段として上述の目的を達成しようとするものである。sulphide 鉱体を探査するときの一般的な考え方で、なるべく孤立したINPUT異常を取り上げた結果M-13のように地上物理探査で見ると異常を発見できなかった例もあるがこの他は全部物探異常を地上で補促することができた。空中対地上の位置のずれも大きくはなかった。

総合解析表TableⅣ-5-1~Ⅳ-5-23での異常源の判断はこの段階での一応の推定であり結論は地化学探査、地質調査の結果と併せて行う。

(1) 総合解析図

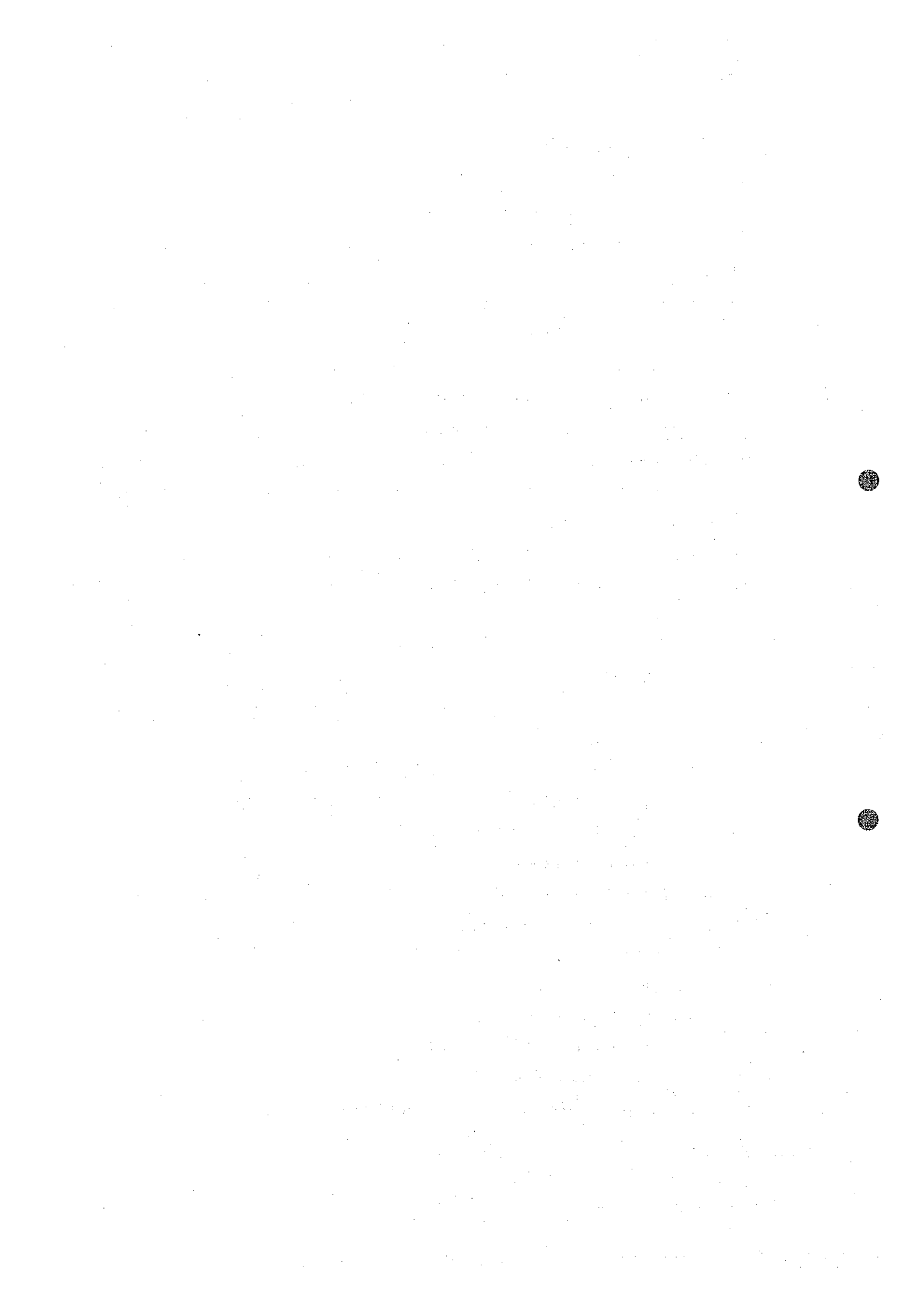
1/3,570のスケールで測線グリッドを記入し、各測線毎に次の事項を記入した。

- A: PEM異常の水平巾で第1および第4チャンネルの分、あるいはこのチャンネル不明瞭なときは他のチャンネルの分を記入した。数字はチャンネル番号、↓印はピーク点を示す。
- B: IPの岩脈状のモデル断面、内側の数字は推定した比抵抗($\Omega\text{-m}$)と分極率($\text{m}\cdot\text{s}$)である。(例: $25\ \Omega\text{-m}$, $40\ \text{ms}$ → $25/40$)モデル巾は普通 $20\ \text{m}$ 、長さは $100\ \text{m}$ とした。
- C: 測線直下に地質断面図を記入した。
- D: 測線上部に磁気異常を記入した。
- E: 推定した異常源軸の平面位置(strike)を一点鎖線で示し、A, B, Cのように軸名称をつけた。

(2) 総合解析表

見易くするため、M-1からM-36の解析結果を、次の内容で、それぞれ一覧表にした。(TableⅣ-5-1~Ⅳ-5-23)

- A: Line: 測線名, Mes.: 測定法
- B: Range of anomaly: 異常の測線上での範囲,



- C ; Center(H,Z) : 異常の中心の平面位置とそのトップまでの潜頭深度の推定
- D ; Dip: 異常断面形の傾斜角
- E ; σt : PEM 解析で得られた異常源の伝導度厚み, (conductivity thickness)
 r : 磁気異常の巾 (例: $31,200r/31,100r \rightarrow \max 31,200r$ から $\min 31,100r$)
 ρ : IP 解析結果の異常源の比抵抗 (オームメートル)
 μ : IP 解析結果の異常源の分極率 (ミリセカンド)
- F ; 異常のまとめ: 各測線上の PEM, MAG, IP の結果から異常源を総合した。
 Axis(strike) of target; 各測線の異常を平面的に追求しターゲットの軸
 あるいはその strike として表示した。multiple の場合は A, B……のように分類した。
 Depth to top; ターゲットのトップまでの深度を推定した。この値は PEM,
 IP の結果を併せている。
 Dip of target; ターゲット断面の傾斜角を示す。この値も PEM, IP の両結
 果を併記した。従ってかなりの値巾を示している。
- G ; 地質: この異常ゾーンの地質の概要を記入した。
- H ; 異常源: 上を総合して異常源に対する解釈を行った。

N-5-3 総合解析のまとめ

地上物理探査の結果をまとめると次のようになる。

M-13, M-22 の異常については極めて微弱, あるいは不明瞭なため除外した (Table N-5-24)。

以上の中から若干でも sulphide mineral に関連した異常ではないかと思われる異常帯を取り出すと次である。(M-1 は除外する)

M-3

M-4

M-7 B

M-7 C

M-10

M-35

これらの異常帯は IP 法に重点をおいて chargeability と resistivity の値で M-1 の結果に比較的近いということからのみ選択されたものである。これ以外の異常帯も含め地化学探査の結果と併せ, 総合した地質解釈が必要なことは言うまでもない。

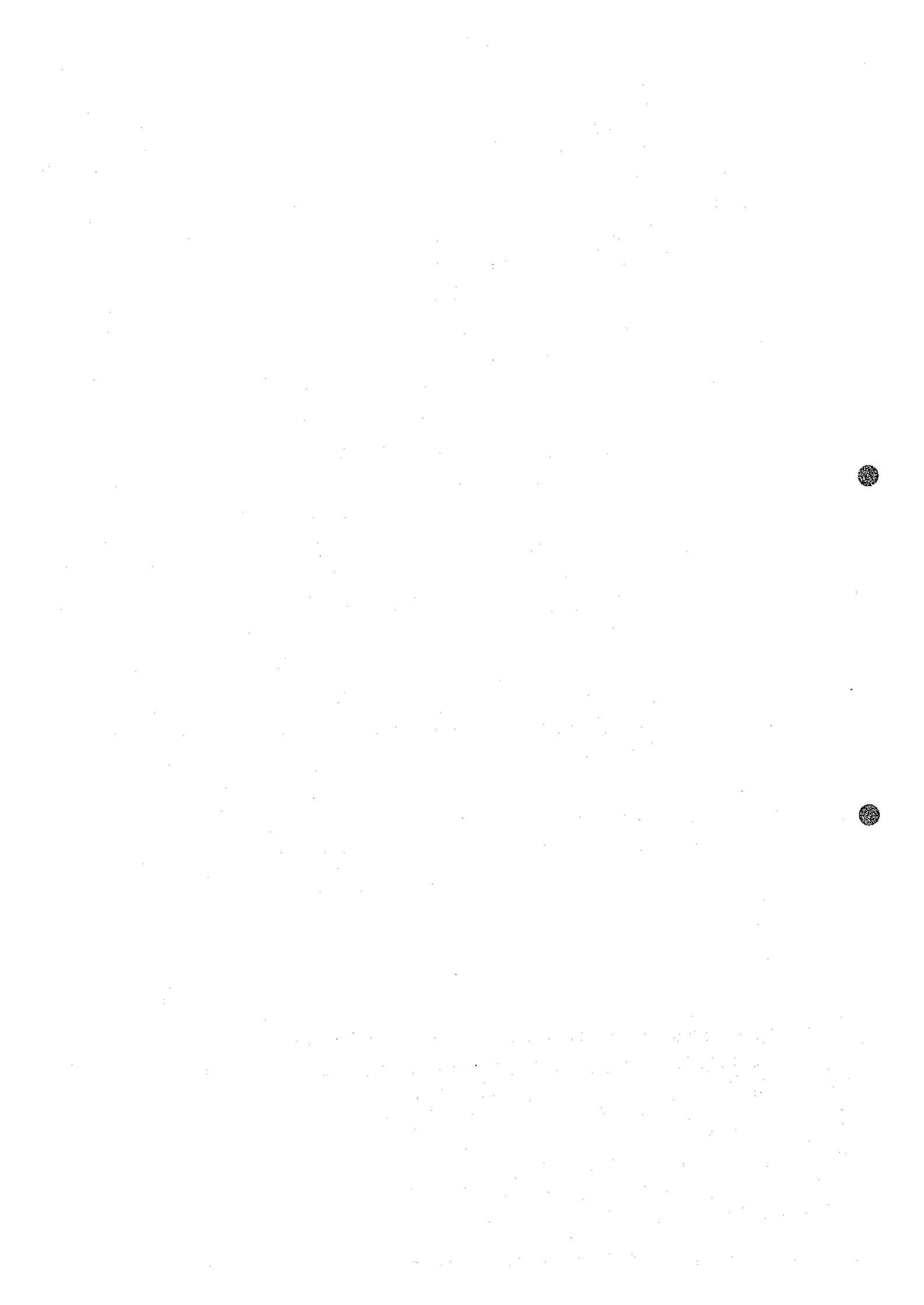


Table IV-5-1 Synthetic analysis

M-1

(Refer to Fig. IV-5-1)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
0	PEM	200N – 300N	260N	S	< 3 mhos
		0 – 100N	60N		< 3 mhos
		100S – 200S	160S		< 3 mhos
	MAG				31,200 γ /31,100 γ
0	IP	± 10 m from center	0, Z = 0	45°S	25 Ω -m, 40 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	L-0, pt0			0	S
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group				
Anomaly source	The IP survey result probably indicates the Known ore body. That the chargeability of the anomaly source is about 40 ms is considered to signify a disseminated sulphide body. The source is not conductive. No relation with magnetic anomaly.				



Table IV-5-2 Synthetic analysis

M-2

(Refer to Fig. IV-5-2)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	30N – 20S	0	N	< 10 mhos
		80S – 120S	100S		< 10 mhos
		140S – 200S	150S		< 10 mhos
	MAG	Scatter			32,000 γ /31,600 γ
0	PEM	140N – 60N	80N	N	< 10 mhos
		50S – 120S	100S	N	< 10 mhos
		180S – 220S	200S	N	< 10 mhos
	MAG	Scatter			32,000 γ /31,500 γ
200E	PEM	140N – 40N	100N		< 10 mhos
		110S – 190S	150S		< 10 mhos
	MAG	Scatter			32,000 γ /31,700 γ
0	IP	± 10 m from center	80N, Z = 0	60°S	9 Ω -m, 60 ms
			120S, Z = 0	60°S	60 ms
			200S, Z = 0	60°S	6 Ω -m, 120 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt0~L-0, pt80N~L-200E, pt100N (N75E)		0 – 15 m	60°S
	B	L-200W, pt100S~L-0, pt120S (N85W)		0 – 15 m	60°S
	C	L-200W, pt150S~L-0, pt200S~L-200E, pt150S (N85E)		0 – 15 m	60°S
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group. There is Cu occurrence and showing to the north of this anomaly.				
Anomaly source	Although the above 3 targets, A, B and C, are N-dipped judging from PEM, the IP result makes one judge them S-dipped. From IP result, they are judged to be ascribable to graphite. The conductors are of multiple bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

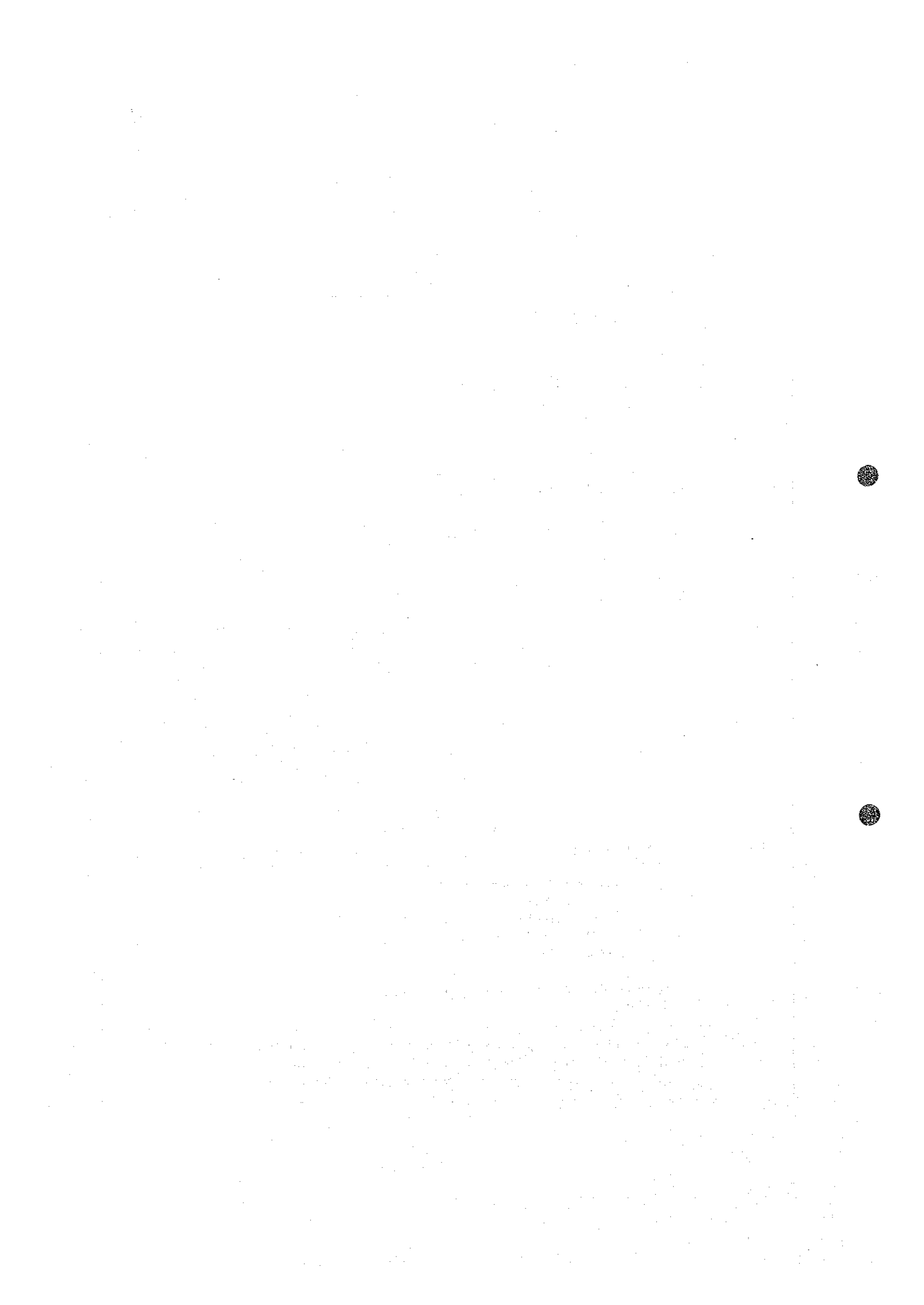


Table IV-5-3 Synthetic analysis

M-3

(Refer to Fig. IV-5-3)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma_t, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	0 – 100N	50N	S	25 mhos
	MAG	Scatter			32,200 γ /30,900 γ
0	PEM	80N – 120N	80N	S (40°S)	25 mhos
	MAG	Scatter			32,400 γ /31,000 γ
200E	PEM	100N – 200N	130N	S	25 mhos
	MAG	Scatter			32,800 γ /31,000 γ
0	IP	60N \pm 10 m	60N, Z = 10 m	450S	40 Ω -m, 75 m
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt50N~L-0, pt60N~L-200E, pt130N (N65W)		10 – 20 m	S (45°S)
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group, Cu showing is located to the south of this anomaly.				
Anomaly source	Though μ is 75 ms, the resistivity is about 40 Ω -m, so that possibility of containing a sulphide is considered positive. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

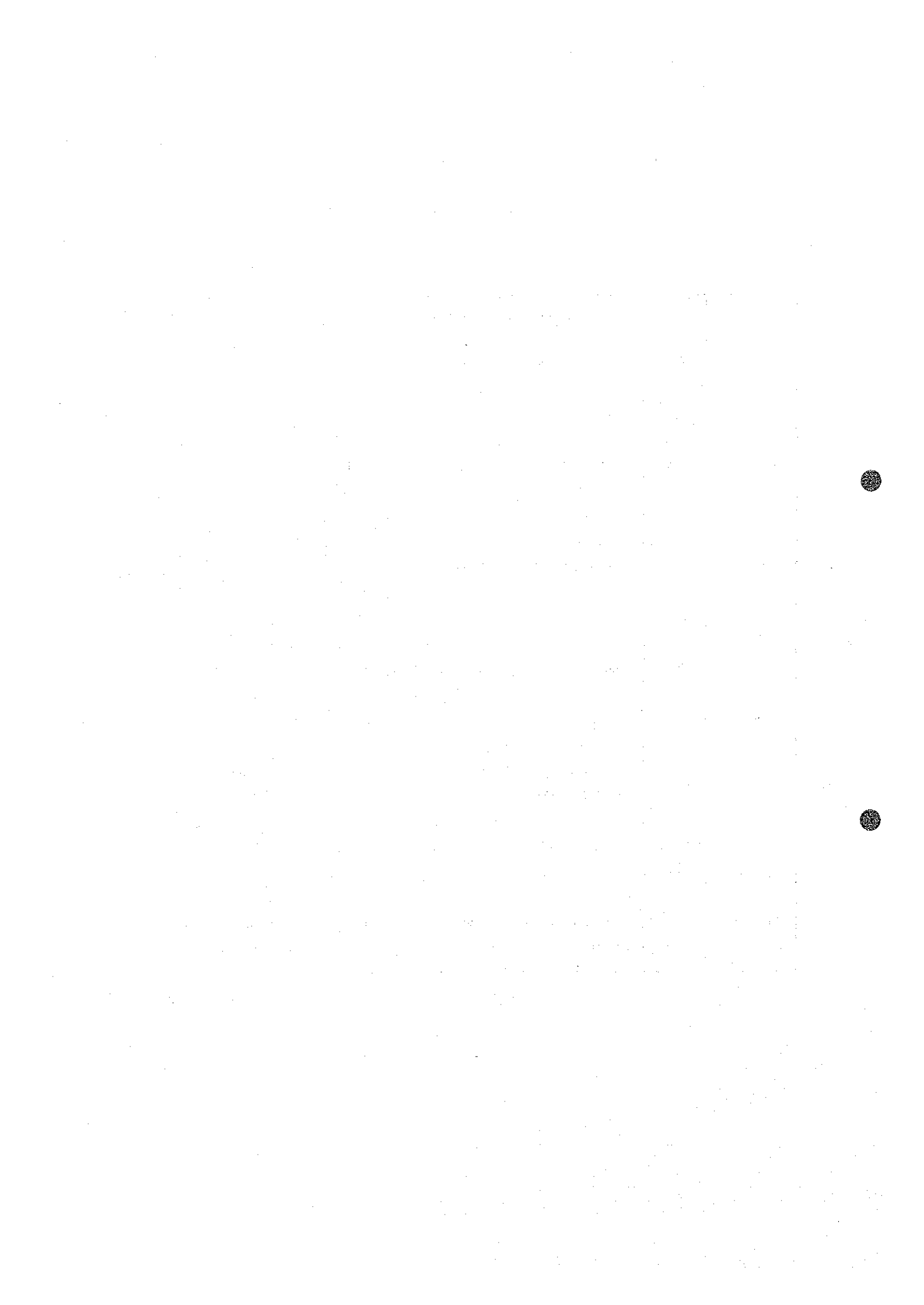


Table IV-5-4 Synthetic analysis

M-4

(Refer to Fig. IV-5-4)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma t, \gamma, \rho, \mu$
400W	PEM	380N – 440N	415N		5 mhos
	MAG	40S – 120S	85S		32,500 γ /31,100 γ
200W	PEM	270N – 350N	320N		5 mhos
	MAG	170S – 230S	210S		33,100 γ /31,000 γ
0	PEM	210S – 290S	240S, Z = 15 m		5 mhos
	MAG				32,200 γ /30,900 γ
400W	IP	310N \pm 10 m	410N	45°S	75 Ω -m, 40 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt410N~L-200W, pt320N (N20W)		15 – 20 m	S (45°S)
	B	L-200W, pt90S~L-200W, pt210S~L-0, pt240S			
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group. Cu showing is located to the south of this anomaly.				
Anomaly source	Since the chargeability of the anomaly source inferred from IP result is about 40 ms and the resistivity is relatively high, the target near; 410N on 400W has the possibility of containing a sulphide. The conductors are of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

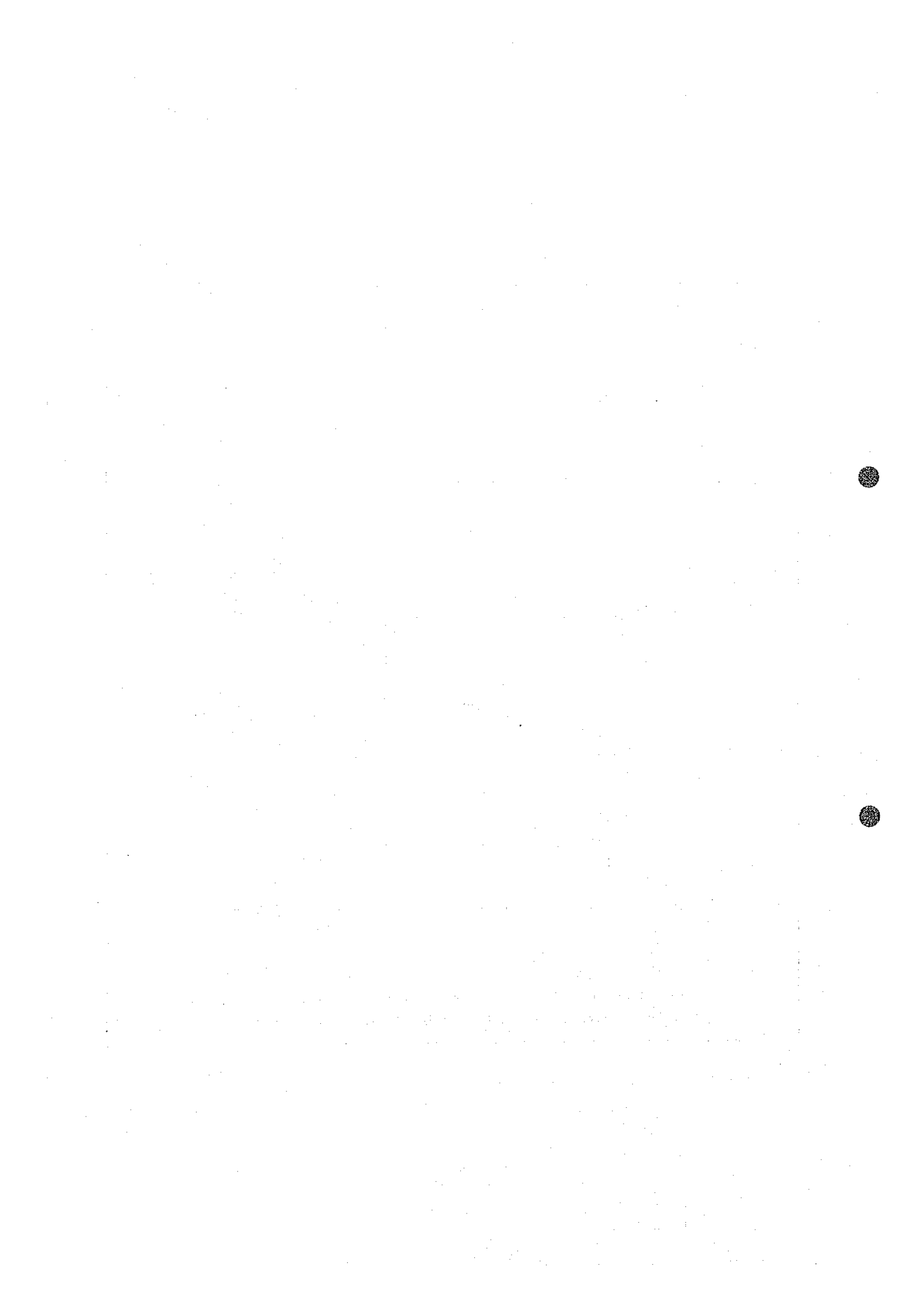


Table IV-5-5 Synthetic analysis

M-7A

(Refer to Fig. IV-5-5)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	40N – 100N	70N	N	60 mhos
		60S – 190S	100S	S	75 mhos
	MAG		80N		30,900 γ /32,000 γ
0	PEM	60N – 120N	90N	S	60 mhos
		80S – 160S	120S		75 mhos
	MAG		60N		30,800 γ /31,400 γ
200W	IP	100N \pm 10 m	100N, Z = 25 m	90°	6 Ω -m, 90 ms
		100S \pm 10 m	100S, Z = 10 m	75°S	5 Ω -m, 100ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt90N~L-0, pt90N (N60W)		25 – 30 m	Vertical
	B	L-200W, pt110S~L-0, pt130S (N50W)		10 – 20 m	S (75°S)
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group				
Anomaly source	Since both Targets A and B present a high chargeability of 90 and 100 ms and a low resistivity of 6 and 5 Ω -m respectively, it is presumed that they principally derive from graphite. The sources are of multiple bedrock class. The north side of Target A forms a magnetic anomaly source. This part probably is basic rock.				

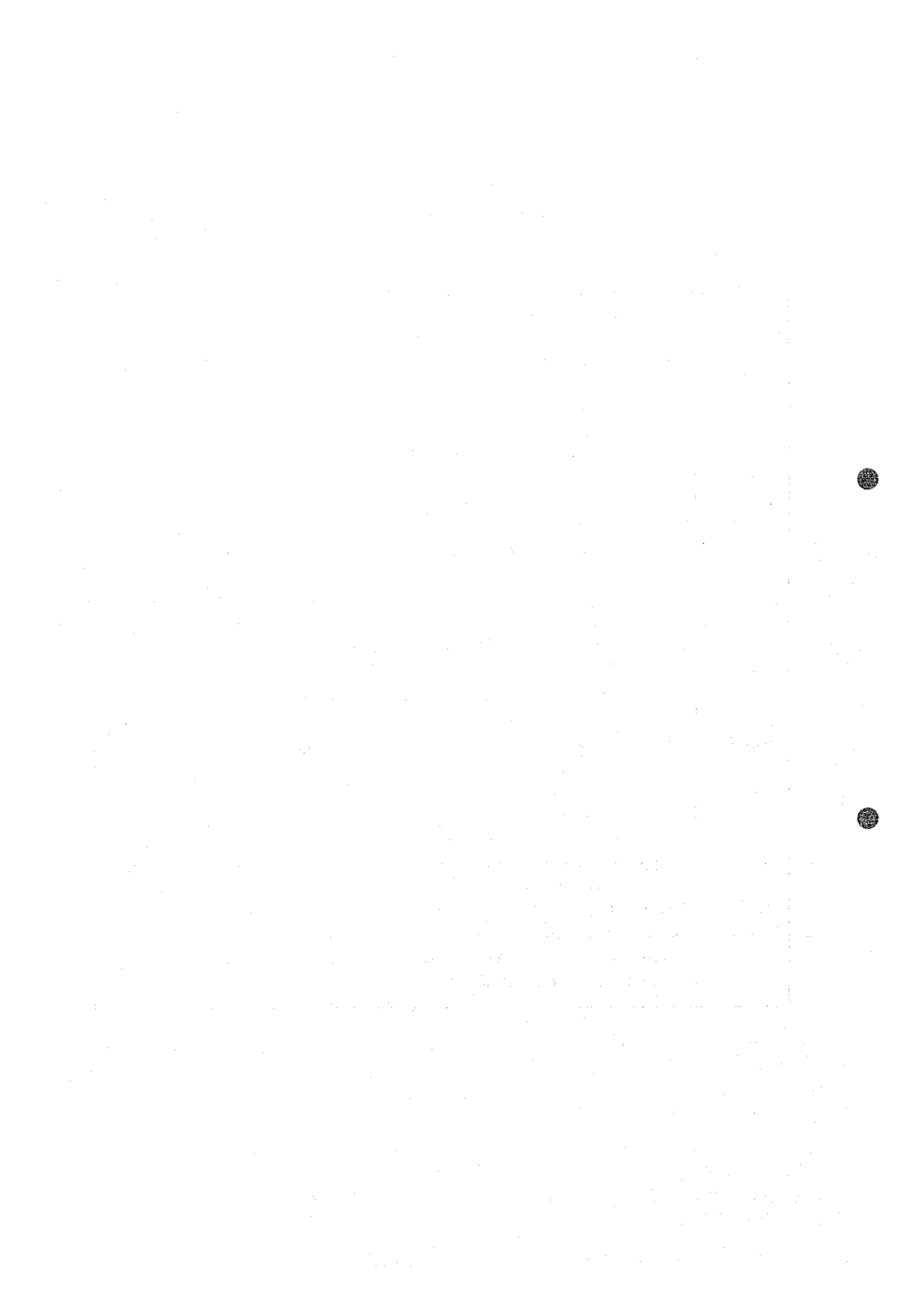


Table IV-5-6 Synthetic analysis

M-7B

(Refer to Fig. IV-5-6)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	280N – 340N	310N	Vertical–30°S	35 mhos
		90N – 170N	140N		
70S – 110S		90S			
200S – 290S		210S			
	MAG	Scatter			31,400 γ /30,800 γ
0	PEM	130N – 260N	210N	S	35 mhos
		50S – 130S	80S	S	
180S – 250S		230S	N		
		MAG	Scatter		
200E	PEM	200N – 260N	220N	Vertical N	36 mhos
		20N – 90N	60N		
70S – 150S		110S			
290S – 330S		310S			
	MAG	570S		33,000 γ /30,000 γ	
0	IP	210N \pm 10 m	210N, Z = 10 m	60°S	< 10 Ω -m, 60 ms 20 Ω -m, 25 ms < 10 Ω -m, 25 ms
		75S \pm 10 m	75S, Z = 25 m	70°S	
		240S \pm 12 m	240S, Z = 25 m	70°S	
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt140N~L-0, pt210N~L-200E, pt220N (N70W)		10 – 30 m	S (30° – 60°S)
	B	L-200W, pt90S~L-0, pt80S~L-200, pt110S (N55W)		25 m	S (30°–60°S)
	C	L-200W, pt210S~L-0, pt230S~L-200E, pt310S (N40W)		25 m	S (30°–60°S)
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group.				
Anomaly	As for Targets Band C, it is possible that graphite is mixed with a sulphide because μ is about 25 ms. The conductors are of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

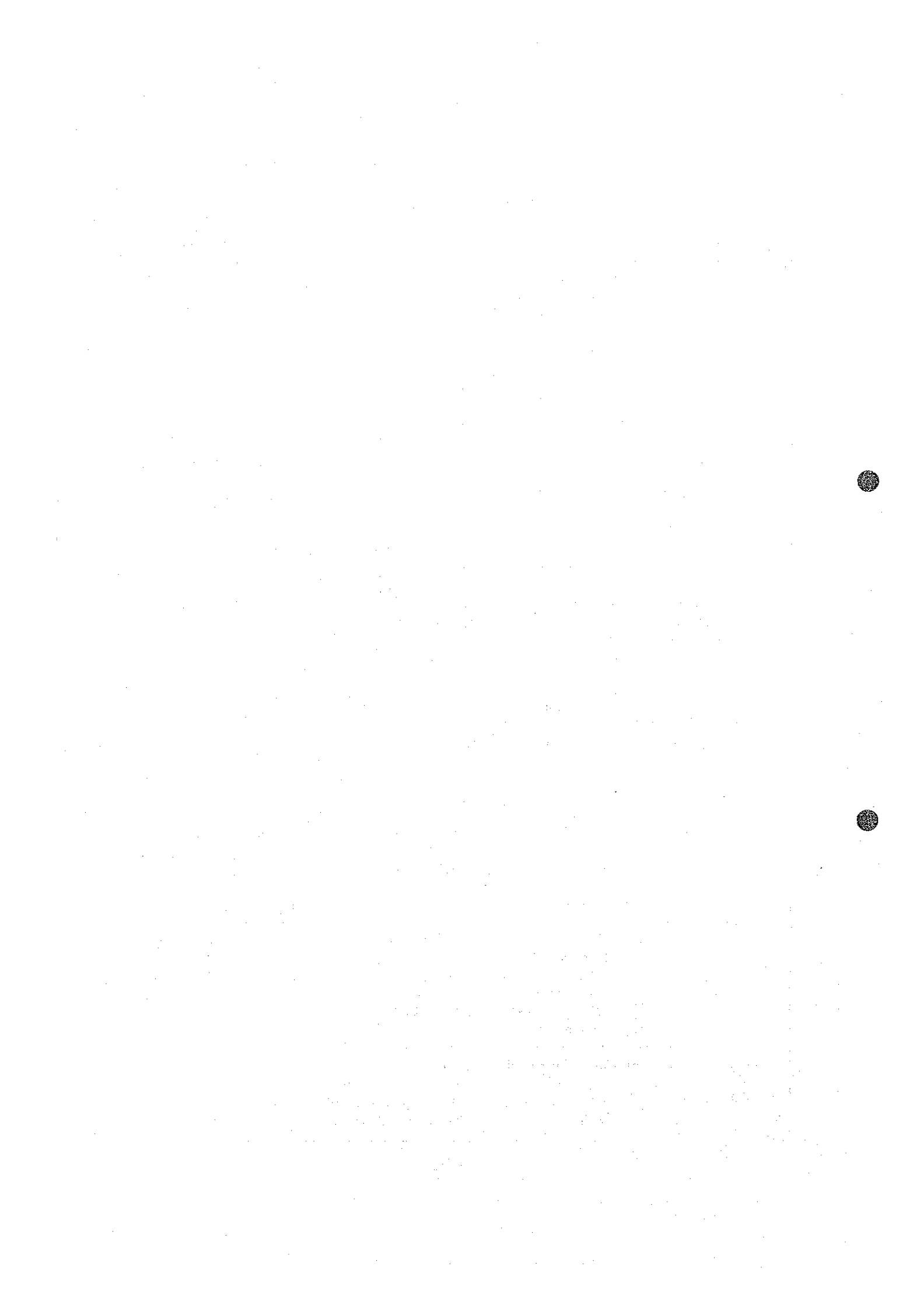


Table IV-5-7 Synthetic analysis

M-7C

(Refer to Fig. IV-5-7)

Line	Mcs.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	160N – 230N 30S – 160S	190N 70S		31,850 γ /31,700 γ
	MAG	No			
0	PEM	60N – 30S 120S – 200S	20N 160S		90 mhos 31,850 γ /31,700 γ
	MAG	No			
200E	PEM	210N – 290N 80N – 170N 30S – 100S	260N 120N 60S	S S 40~50°SW	90 mhos 32,050 γ /31,650 γ
	MAG	No			
0	IP	10N \pm 10 m	10N, Z = 0	90° (40~50°SW)	15 Ω -m, 50 ms
		150S \pm 10 m	150S, Z = 2	45°S	30 Ω -m, 22 ms
Integrated anomalies	Asis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-0, pt10N~L-200E, pt60S (N45W)		0 – 20 m	40 – 50°SW
	B	L-200W, pt70S~L-0, pt160S (N45W)		0 – 20 m	S (45°S)
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group				
Anomaly source	Target A has the possibility of graphite + sulphide? Target B is not definite as an anomaly. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

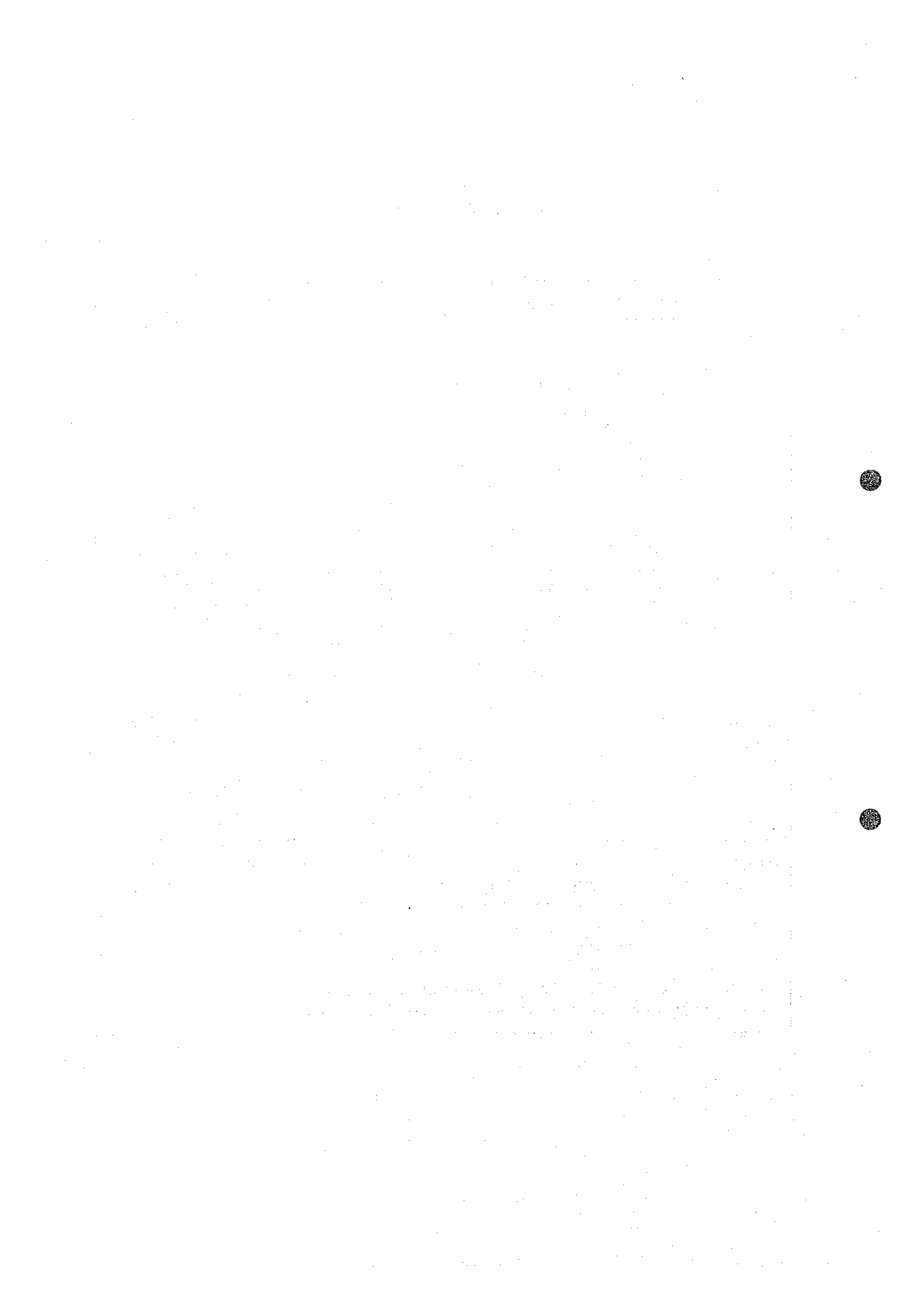


Table IV-5-8 Synthetic analysis

M-7D

(Refer to Fig. IV-5-8)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma t, \gamma, \rho, \mu$
200N	PEM	360E – 430E	400E	W 30°S–W	20 mhos
		110E – 10W	80E		
		90W – 140W	110W		
		200W – 250W	220W		
		280W – 320W	290W		
	400W – 450W	430W			
MAG	Scatter			31,700 γ /31,000 γ	
0	PEM	140E – 30E	100E	W	20 mhos
		200W – 250W	220W		
	MAG	Scatter			
200S	PEM	290E – 390E	340E		
		90E – 150E	110E		
		70W – 150W	110W		
	300W – 380W	340W			
MAG	Scatter		31,900 γ /31,000 γ		
0	IP	100E \pm 20	100E, Z = 25	80°W	20 Ω -m, 100 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200N, pt80E~L-0, pt100E~L-200S, pt120E (N40W)		20 – 25 m	30° – 80°W
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group				
Anomaly source	From the IP result, Target A is considered to derive principally from graphite. The conductor is of bedrock class. Target A has no relation with magnetic anomaly.				

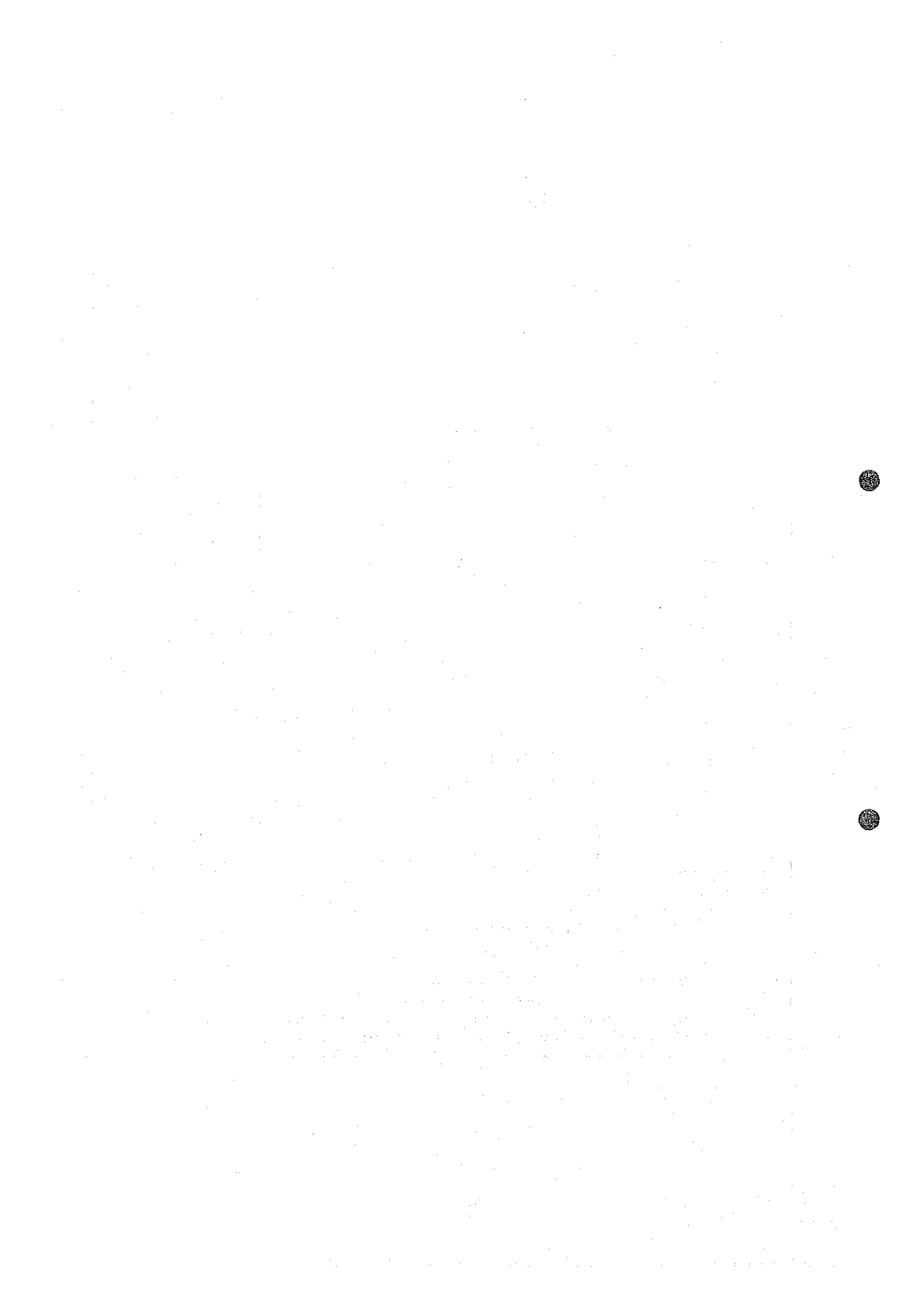


Table IV-5-9 Synthetic analysis

M-9

(Refer to Fig. IV-5-9)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma_t, \gamma, \rho, \mu$
200N	PEM	240E – 340E	300E	W	25 mhos
	MAG	Scatter			32,800 γ /31,100 γ
0	PEM	240E – 350E	300E	W (30°S–W)	25 mhos
	MAG	Scatter			32,500 γ /29,900 γ
200S	PEM	170E – 250E	220E	W	32,300 γ /31,200 γ
	MAG	Scatter			
0	IP	275E \pm 10	275E, Z = 25	90°	< 10 Ω -m, 85 ms
		130E \pm 5	130E, Z = 10	63°W	50', 20"
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200N, pt300E~L-0, pt275E~L200S pt220E		15 – 25 m	130° – 90°W
	E	A conductor at L-0, pt130E		10 m	W
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group.				
Anomaly	Target B is rated low as an anomaly source because IP anomaly is indistinct and no indication can be made by PEM. Target A probably derives from graphite. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly				



Table IV-5-10 Synthetic analysis

M-10

(Refer to Fig. IV-5-10)

Line	Mes	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma_t, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	20N – 80S	15S	Vertical	5 mhos
	MAG	240S – 320S	260S	S	32,100 γ /31,800 γ
0	PEM	0 – 30S			2 mhos
	MAG				31,950 γ /31,600 γ
200E	PEM	0 – 90S	50S	Vertical	5 mhos
	MAG				31,900 γ /31,650 γ
200W	IP	25S \pm 10	25S, Z = 10	80°S	50 Ω -m, 24 ms
		260S \pm 10	260S, Z = 25	80°S	30', 30 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt25S~L-0, pt10S~L-200E, pt50S (N90W)		10 – 15 m	< 80°S
	B	L-200W, pt260S, strike is uncertain		15 – 25 m	< 80°S
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group.				
Anomaly source	The IP result indicates possibility of both Targets A and B being mixed with a sulphide. The conductors are of multiple bedrock class. The magnetic anomaly itself is faint and has no relation with the targets.				



Table IV-5-11 Synthetic analysis

M-14

(Refer to Fig. IV-5-11)

Linc	Mes	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
0	PEM	460E – 560E	520E	S (30°S)	32,050 γ /31,900 γ
	MAG	No			
200S	PEM	470E – 530E	490E	S	40 mhos 32,000 γ /31,750 γ
	MAG	No			
200S	IP	525E \pm 10	525E, Z = 10	63°S	50 Ω -m, 60 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-0, pt520E~L-200S, pt530E (N35W)		10 ~ 30 m	30° ~ 60°S
Geology	Moseitse river gneiss group.				
Anomaly source	Target A is presumed to derive principally from graphite from the above result. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

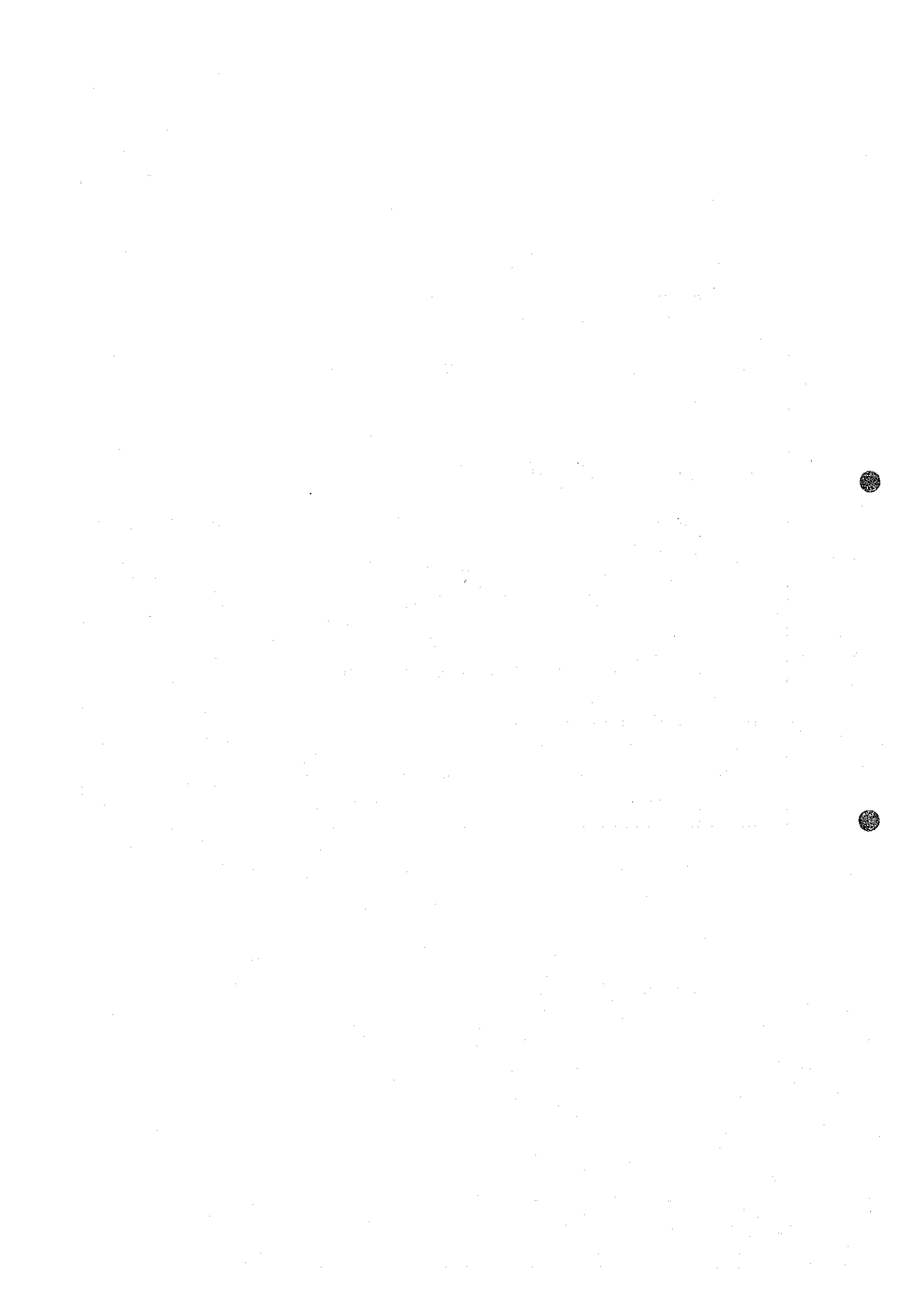


Table IV-5-12 Synthetic analysis

M-16

(Refer to Fig. IV-5-12)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM MAG	240S – 280S	260S		32,000 γ /31,750 γ
0	PEM MAG	130S – 230S 370S – 430S	200S 390S	S	15 mhos 31,900 γ /31,700 γ
200E	PEM MAG	100S – 130S 510S – 580S	110S 540S	S (35°S)	55 mhos 31,900 γ /31,700 γ
0	IP	160S \pm 10	160S, Z = 10	90°	35 Ω -m, 90 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A B	L-0, pt160S~L-200E, pt110S (N70E) L-200W, pt260S~L-0, pt390S, L-200E, pt540S (N60W)	10 ~ 20 m 35 m	Vertical or S 35°S	
Geology	Mesetse river gneiss group.				
Anomaly source	The high chargeability of Target A suggest a close relation with graphite. Target B is indefinite as the anomaly is only of PEM. The conductor is of multiple bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

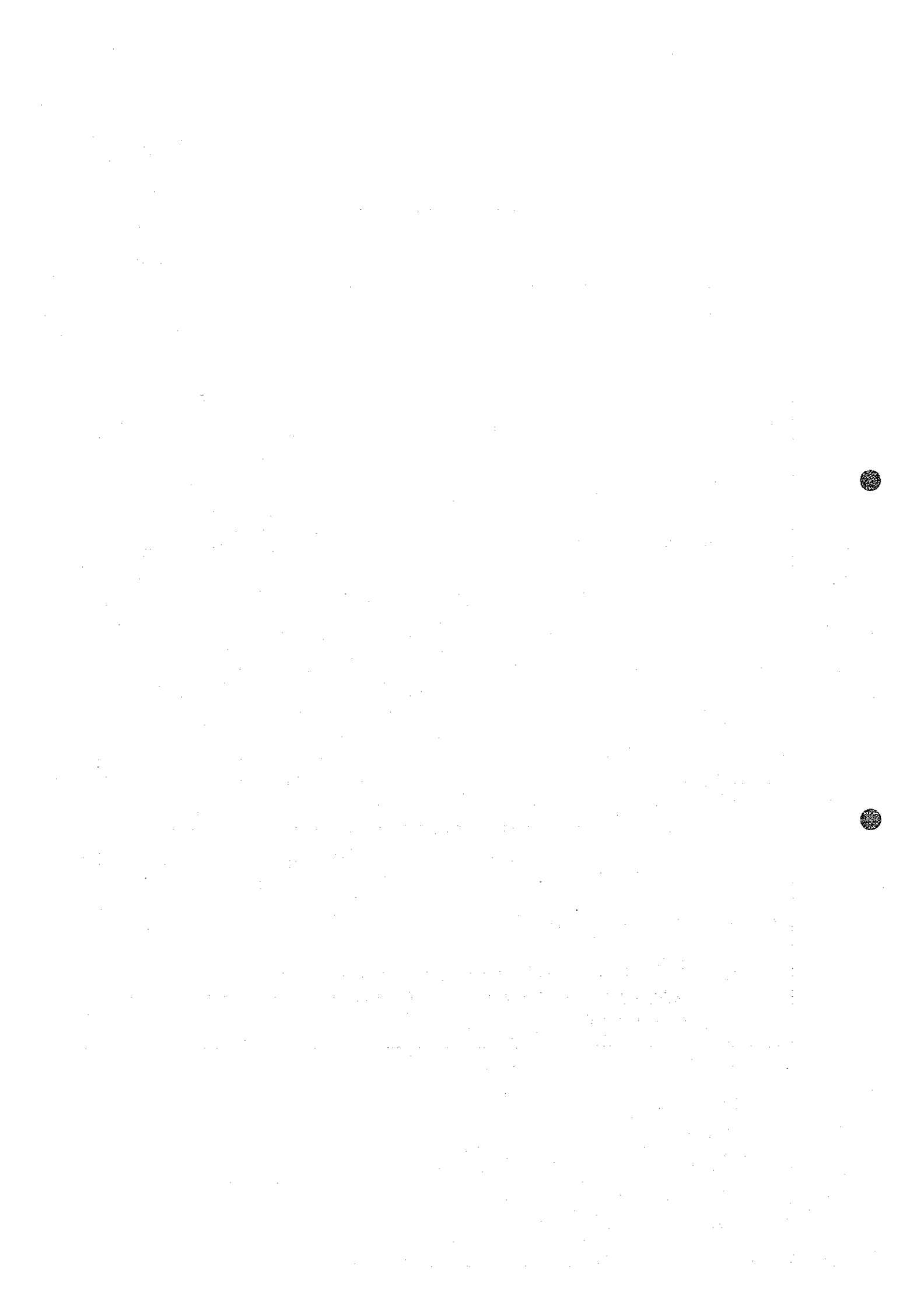


Table IV-5-13 Synthetic analysis

M-18

(Refer to Fig. IV-5-13)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma_t, \gamma, \rho, \mu$
0	PEM	0 – 100E	60E	W (45° W)	10 mhos
	MAG	Scatter			32,200 γ /31,700 γ
200S	PEM	90E – 150E	110E		32,100 γ /31,500 γ
	NAG	Scatter			
0	IP	50E \pm 10	50E, Z = 10	80°W	< 10 Ω -m, 110 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
		L-0, pt50E~L-200S, pt110E (N50W)		10 ~ 25 m	45° – 80°W
Geology	Moseitse river gneiss group.				
Anomaly source	Target A is considered to derive from graphite, from the IP result. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

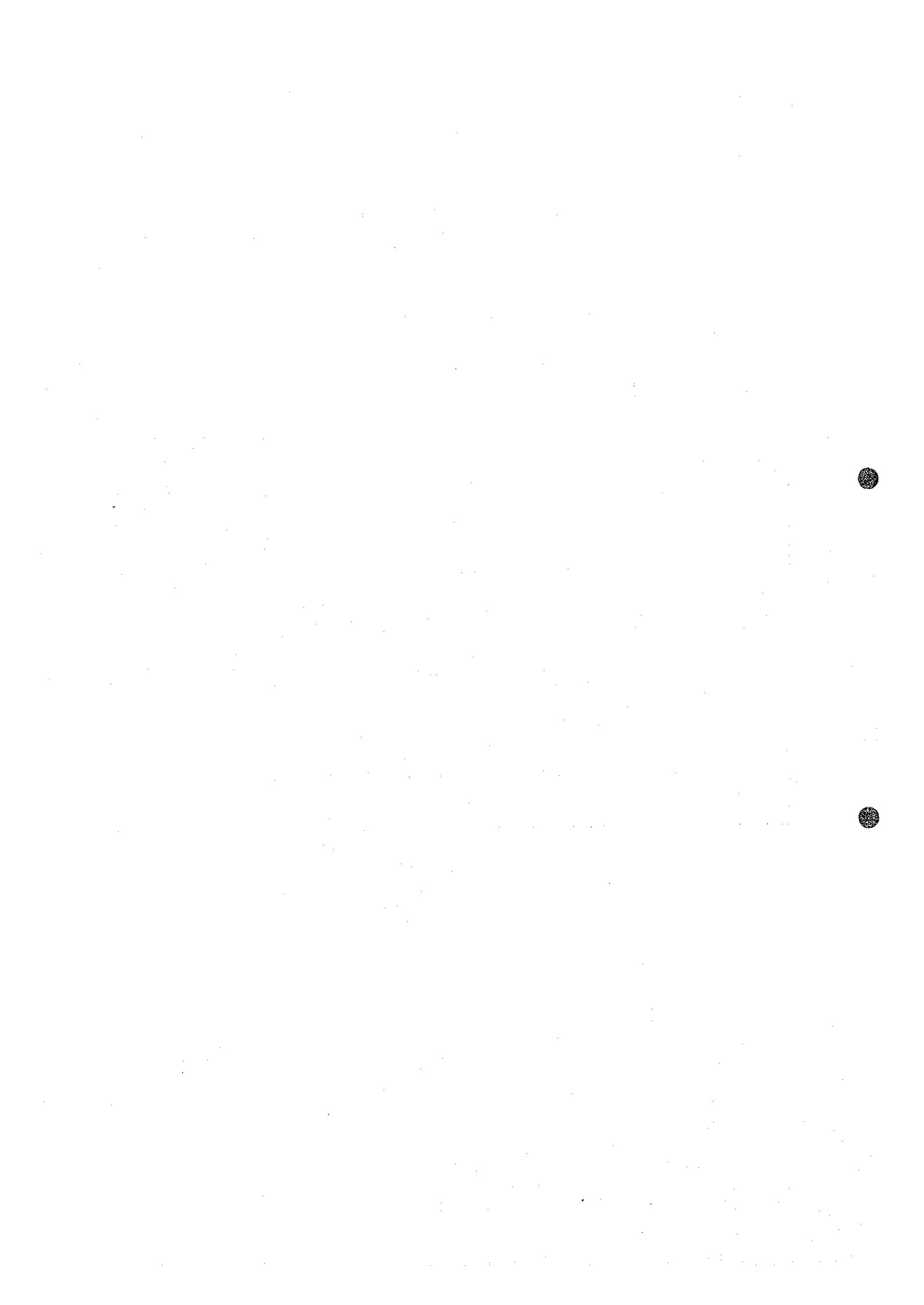


Table IV-5-14 Synthetic analysis

M-19/20

(Refer to Fig. IV-5-14)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
400W	PEM MAG	400N – 490N Scatter	460N	S	32,00 γ /31,000 γ
200W	PEM MAG	250N – 430N Scatter	400N	S	31,600 γ /29,900 γ
0	PEM MAG	320N – 390N Scatter	360N	S	31,700 γ /29,900 γ
200E	PEM MAG	250N – 410N Scatter	330N	S	31,700 γ /29,900 γ
200W	IP	425N \pm 10	425N, Z = 10	80°S	30 Ω -m, 40 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
		L-400W, pt460N~L-200W, pt400N~L-0, pt360N~L-200E, pt330N~L-200W, pt425N (N35W)		10 ~ 25 m	< 80°S
Geology	Moseitse river gneiss group.				
Anomaly source	This target is presumed to be closely related with graphite because of long continuity and IP chargeability. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				



Table IV-5-15 Synthetic analysis

M-21

(Refer to Fig. IV-5-15)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200N	PEM	0 – 110W	20W	W (40°W)	100 mhos
		340W – 390W	360W	W (25°N–W)	
	MAG		30W		32,300 γ /31,000 γ
0	PEM	40E – 50W	20E	W	100 mhos
		190W – 240W	210W		
		330W – 380W	360W		
	MAG		0		32,700 γ /30,600 γ
200S		80E – 20W	40E	W	100 mhos
		150W – 200W	180W	W	
	MAG		50E		32,100 γ /30,800 γ
0	IP	25E \pm 10	25E, Z = 10	80°W	< 10 Ω -m, 80 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200N, pt20W~L-0, pt25E~L-200S, pt40E (N30E)		10 ~ 15 m	25° – 80°W
Geology	Mosctse river gneiss group.				
Anomaly source	Target A is considered to be closely related with graphite because of low resistivity and high chargeability. The conductor is of bedrock class. It is related with a weak magnetic anomaly.				

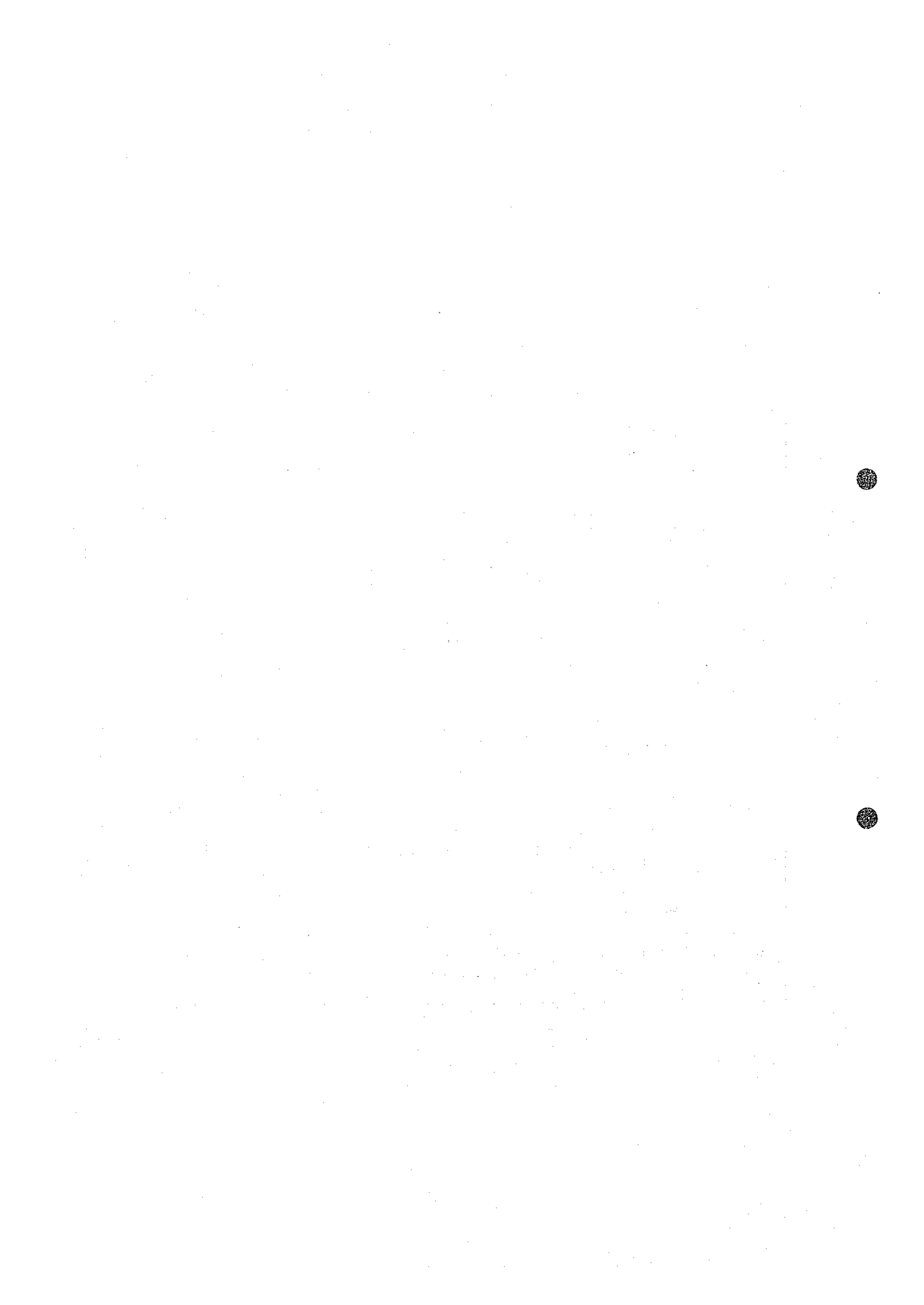


Table IV-5-16 Synthetic analysis

M-22

(Refer to Fig. IV-5-16)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma t, \gamma, \rho, \mu$
100E	PEM	120S – 240S	170S	S	5 mhos
	MAG		450S, 10N		32,600 γ /30,900 γ
200E	PEM	180S – 240S	210S		31,400 γ /30,800 γ
	MAG		420S, 0N		
100E	IP	75S uncertain	75S, Z = 25 uncertain	S	uncertain
		175S uncertain	175S, Z = 25 uncertain	90°	uncertain
Integrated anomalies	Axis of target			Depth of top	Dip of target
		uncertain			
Geology	Moseitse river gneiss group.				
Anomaly source	The anomaly of this zone is presumed to come from the shallow part of the ground and not to be owing to a bedrock conductor. No relations between the magnetic anomaly and PEM and IP findings.				

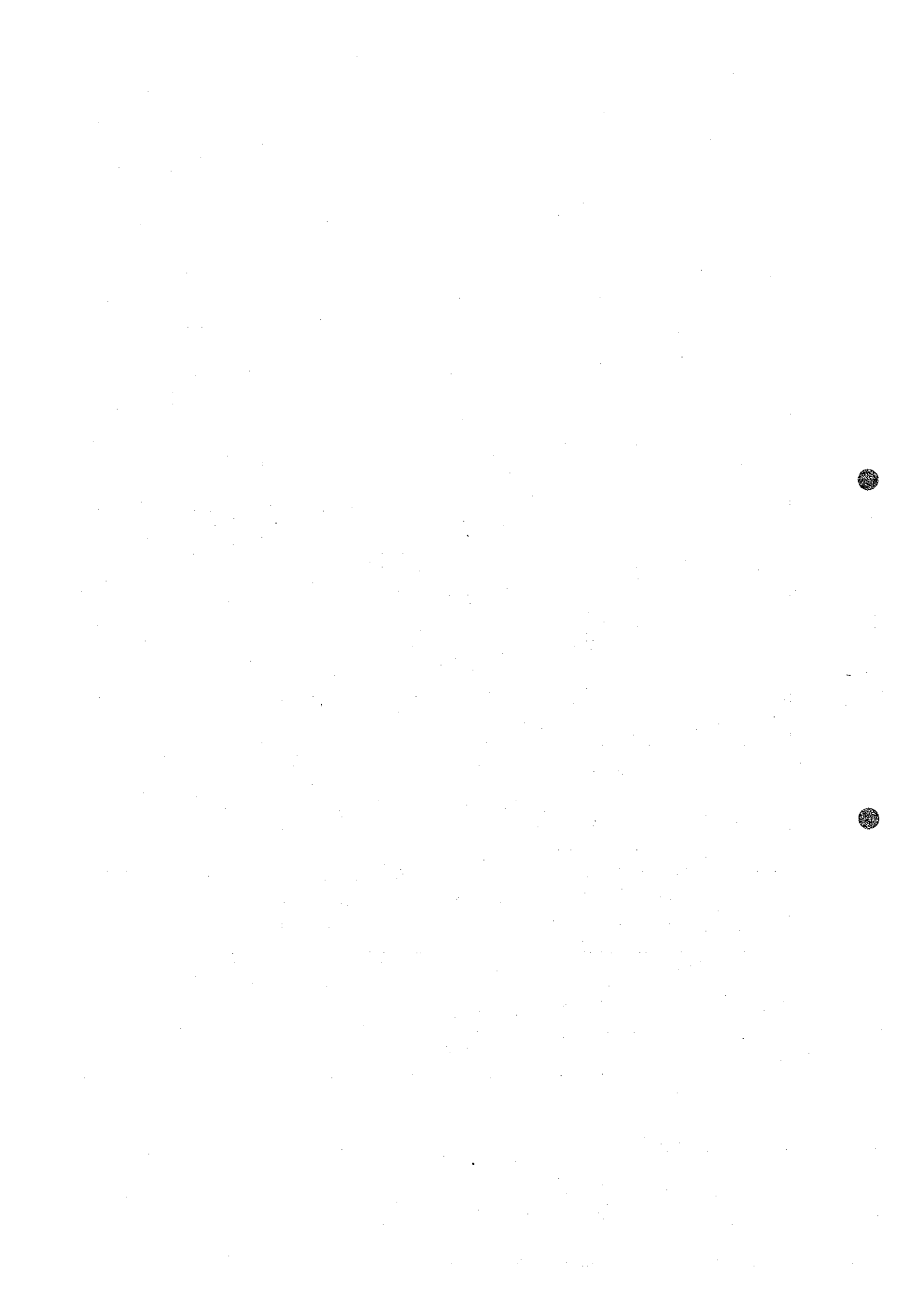


Table IV-5-17 Synthetic analysis

M-23

(Refer to Fig. IV-5-17)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	540N – 680N	630N	S (30°S)	60 mhos
		80N – 140N	110N		60 mhos
		220S – 280S	240S	N	50 mhos
		600S – 690S	650S		10 mhos
	MAG		50N		33,200 γ /28,200 γ
0	PEM	710N – 780N	750N		60 mhos
		130N – 180N	155N		
		50N – 80N	60N		50 mhos
		200S – 250S	230S		
		470S – 510S	490S	90°	
	MAG	810S – 890S	850S		32,900 γ /29,700 γ
0	IP	630N \pm 10	630N, Z = 2	80°N	15 Ω -m, 80 ms
		150N \pm 10	150N, Z = 25	90°	20", 60"
		50N \pm 10	50N, Z = 25	90°	30", 60"
		870S \pm 10	870S, Z = 25	90°	15", 50"
Integrated anomalies	Axis of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt640N~L-0, pt750N		2 ~ 20 m	30° ~ 90°S
	B	L-200W, pt240S ~ L-0, pt50N (N35E)		25 ~ 40 m	30° ~ 90°S
Geology	Mosetse river gneiss group.				
Anomaly source	From the result of IP survey, both Targets A and B are presumed to derive from graphite. The conductor is of multiple bedrock class. Target B is related with magnetic anomaly. There is discrepancy between Target A and the IP results, so it is unclear as an anomaly and reliability is low.				

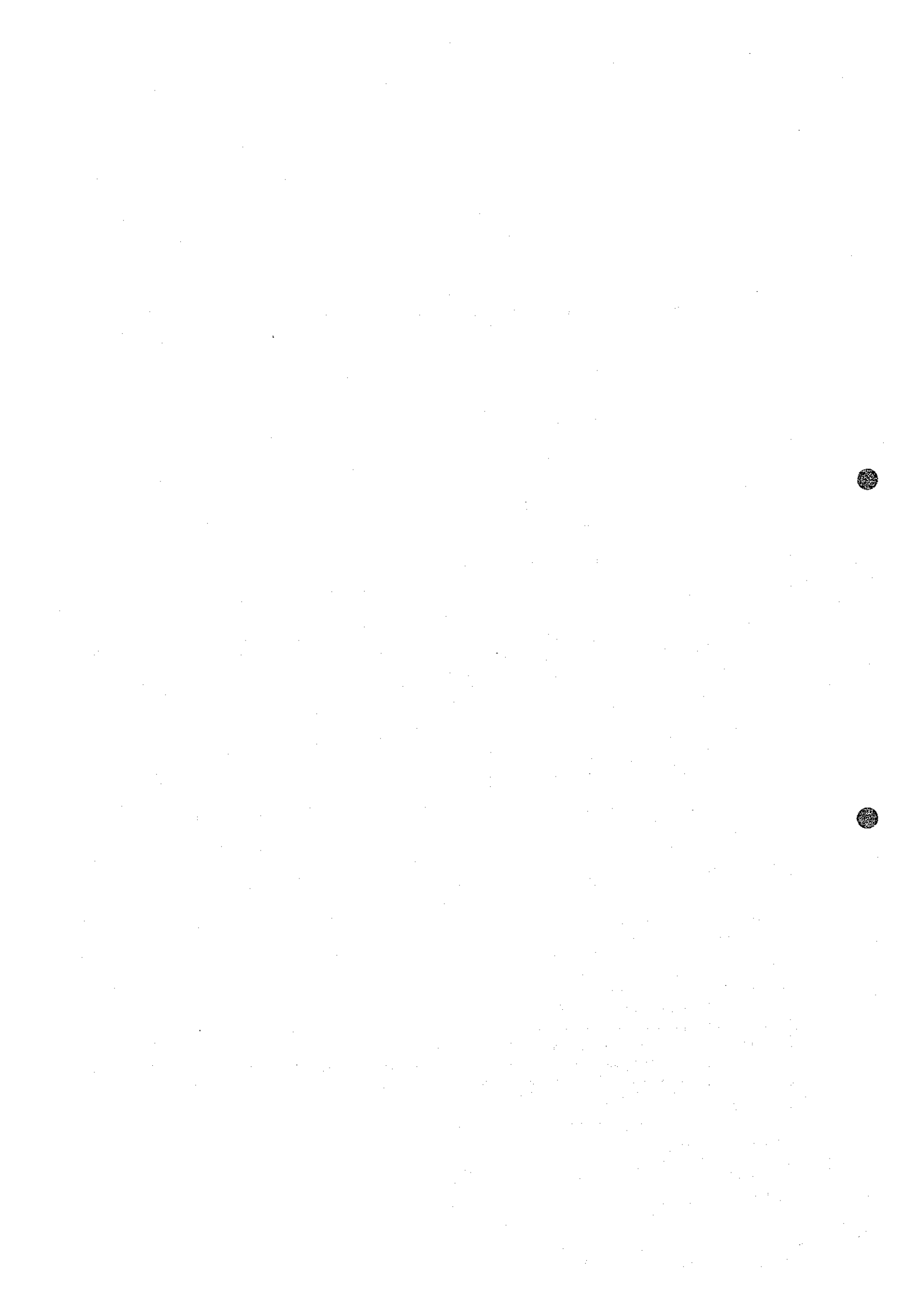


Table IV-5-18 Synthetic analysis

M-23A

(Refer to Fig. IV-5-18)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma t, \gamma, \rho, \mu$
200N	PEM	210W – 300W	250W	W (30°W)	70 mhos
		530W – 600W	560W	Vertical	25 mhos
	MAG		230W		31,500 γ /30,000 γ
0	PEM	160W – 200W	190W	W	70 mhos
		270W – 340W	290W		
	MAG		280W		
200S	PEM	240W – 350W	290W	W	32,200 γ /32,900 γ
	MAG		320W		
0	IP	120W \pm 10	120W, Z = 10	63°W	30 Ω -m, 40 ms
		270W \pm 10	270W, Z = 10	63°W	20", 70"
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200N, pt140W~L-0, pt270W~L-200S, pt290W (N35E)		10 – 35 m	30° ~ 60°W
Geology	Mosetse river gneiss group.				
Anomaly source	From the IP survey result, Target A is presumed to be ascribable to graphite. The conductor is of bedrock class. This anomaly source is related with a magnetic anomaly.				



Table IV-5-19 Synthetic analysis

M-24

(Refer to Fig. IV-5-19)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma t, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	400N – 470N	440N	S (50°S)	120 mhos
	MAG	No			32,000 γ /31,800 γ
0	PEM	330N – 420N	370N	N	12 omhos
	MAG	No			31,900 γ /31,750 γ
200E	PEM	270N – 330N	300N	Nearly vertical	120 mhos
	MAG	No			31,900 γ /31,600 γ
200W	IP	440N \pm 10	440N, Z = 0	90°	8 Ω -m, 80 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt440N~L-0, pt370N~L-200t, pt300N (N85E)		0 ~ 20 m	50° ~ 90°S
Geology	Mosetse river gneiss group.				
Anomaly	From the IP survey result, Target A is considered to be related with graphite. The conductor is of bedrock class. No relation with magnetic anomaly.				

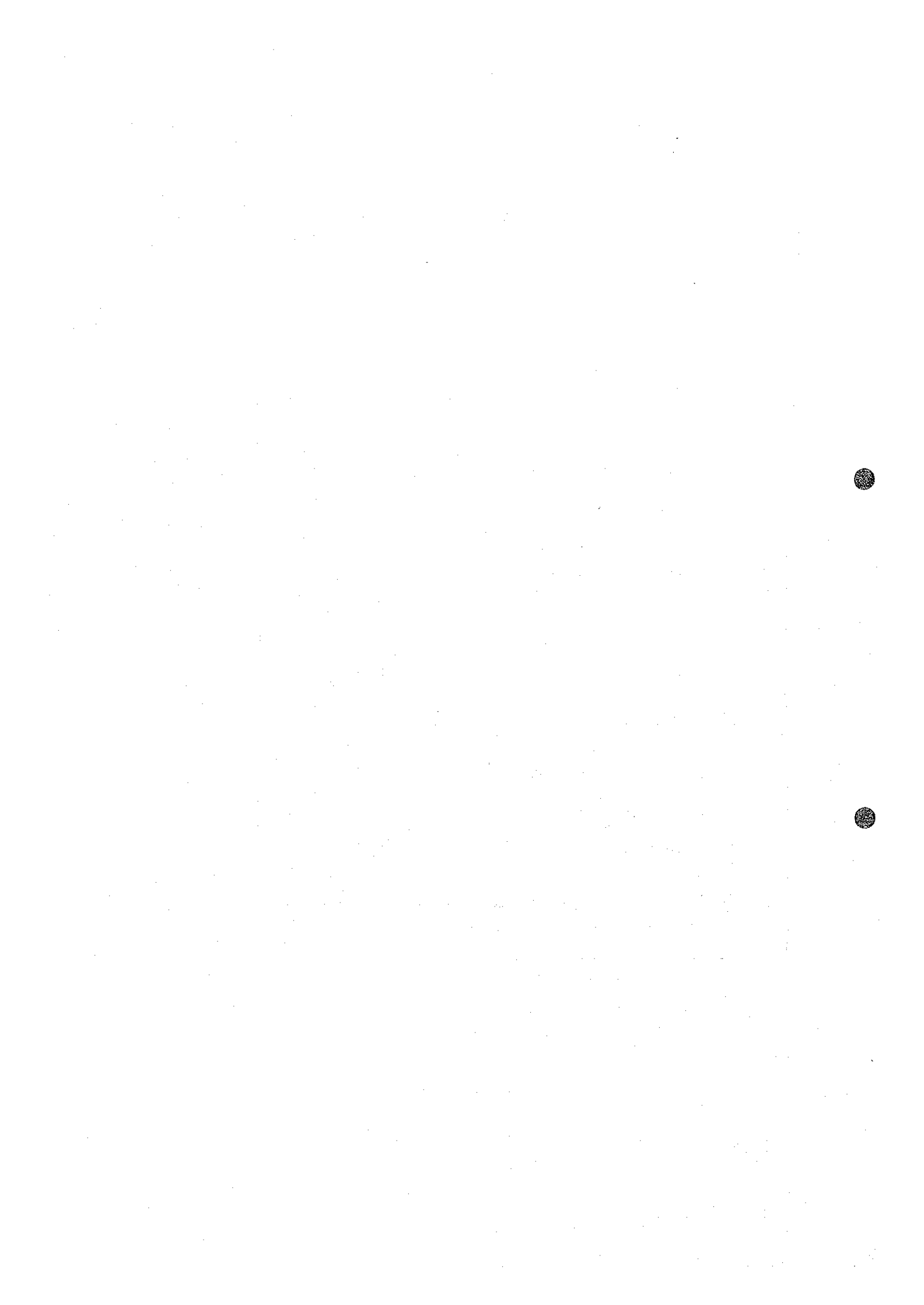


Table IV-5-20 Synthetic analysis

M-25

(Refer to Fig. IV-5-20)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	210N – 270N	240N	S (35°S)	40 mhos
	MAG		220N		32,000 γ /31,200 γ
0	PEM	320N – 440N	400N	S	40 mhos
	MAG		320N		31,400 γ /31,200 γ
200E	PEM	520N – 610N	560N		40 mhos
	MAG		530N		32,000 γ /30,500 γ
200W	IP	250N \pm 20	250N, Z = 10	80°S	20 Ω -m, 80 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt250N~L-0, pt400N~L-200E, pt560N (N20E)		10 ~ 35 m	35° ~ 80°S
Geology	Mosetse river gneiss group.				
Anomaly	Target A is conjectured to be ascribable to graphite from the IP result. The conductor is of bedrock class. Target A is related with a magnetic anomaly.				

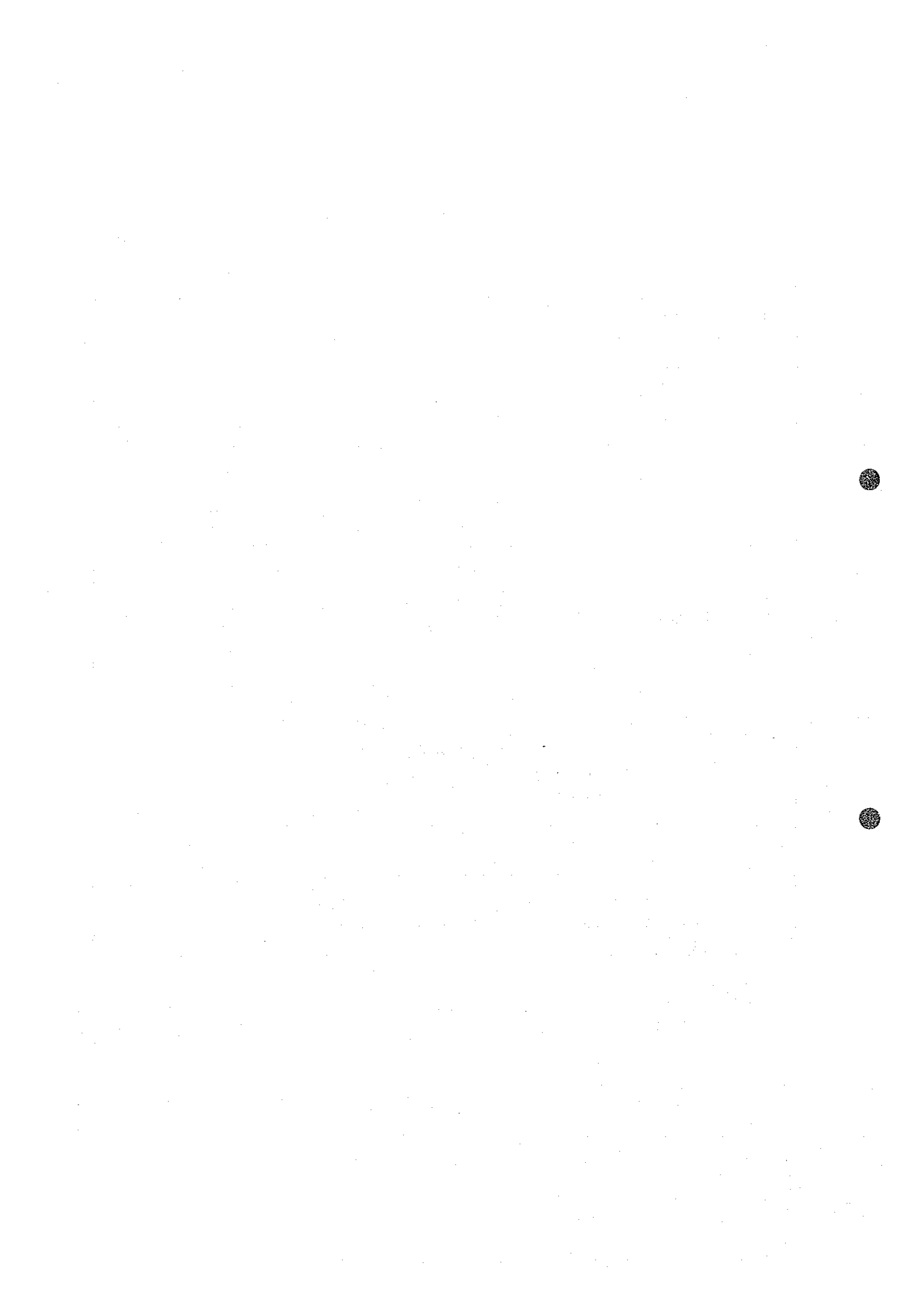


Table IV-5-21 Synthetic analysis

M-28/29

(Refer to Fig. IV-5-21)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	310N – 400N	360N	Vertical – 20°S	90 mhos
		610S – 700S	650S	S (35°S)	20 mhos
	MAG		820S, 250S, 430N		32,100 γ /31,100 γ
200W	IP	375N \pm 10	375N, Z = 25	63°S	30 Ω -m, 80 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt360N~L-0, pt110N (N40W)		25 m	40° ~ 60°S
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group.				
Anomaly	Target A is conjectured to be an anomaly owing to graphite, from the IP result. The conductor is of bedrock class. It is indirectly related with a magnetic anomaly.				



Table IV-5-22 Synthetic analysis

M-35

(Refer to Fig. IV-5-22)

Line	Mes.	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma t, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	220N – 280N	250N	80°S	10 mhos
		30N – 50S	0	80°S	40mhos
	MAG		100S, 100N		33,500 γ /31,200 γ
0	PEM	230N – 300N	280N		
		0 – 60N	30N		
	MAG	80S – 120S	110S		50 mhos
			110S, 90N		33,300 γ /31,000 γ
200E	PEM	200N – 280N	240N		
		30N – 130N	80N		
	MAG		60S, 120N		33,200 γ /31,000 γ
0	IP	275N \pm 10	275N, Z = 25	90°	80 Ω -m, 50 ms
		40N \pm 10	40N, Z = 25	80°S	30", 60"
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-200W, pt250N~L-0, pt280N~L-200E, pt240N (N90E)		25 m	80° ~ 90°S
	B	L-200W, pt0~L-0, pt30N~L-200E, pt80N (N80E)		25 m	80°S
Geology	Moseitse river gneiss group.				
Anomaly	From the IP result, Target A is assumed to be an anomaly owing to mixture of a sulphid body with graphite or a disseminated sulphide body. Target B probably is an anomaly deriving mainly from graphite. The conductors are of multiple bedrock class. Both Targets A and B, though not coinciding with the magnetic anomaly, are adjacent to it; they seem to be indirectly related with it.				

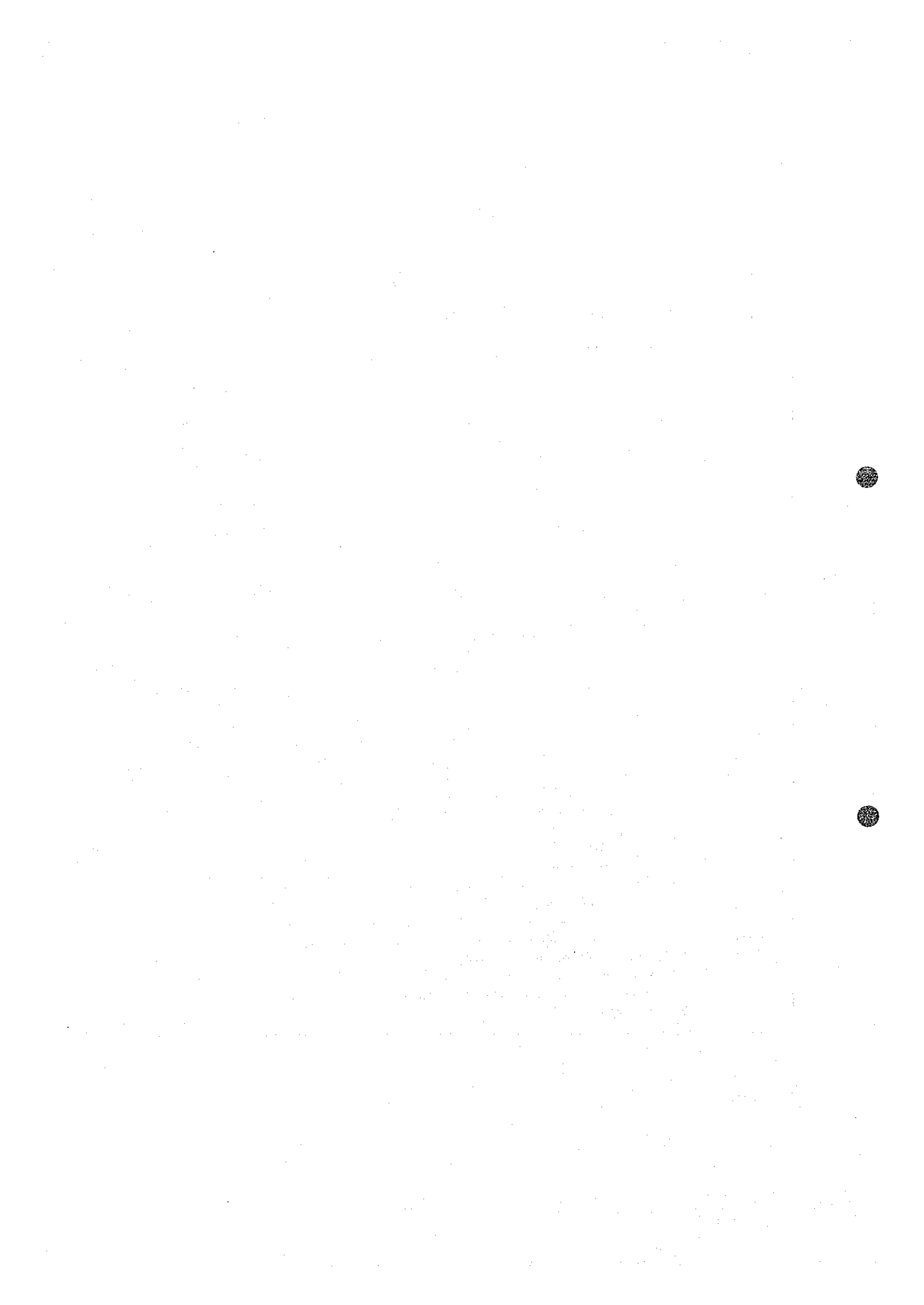


Table IV-5-23 Synthetic analysis

M-36

(Refer to Fig. IV-5-23)

Line	Mes	Range of anomaly	Center (H, Z)	Dip	$\sigma, \gamma, \rho, \mu$
200W	PEM	400N – 480N	420N	N	
		150N – 190N	160N		
	MAG		90N		31,600 γ /31,300 γ
0	PEM	380N – 450N	420N	S	30 mhos
		240N – 290N	265N		
		130N – 200N	160N		
	MAG		800N, 10N		32,000 γ /31,200 γ
200E	PEM	230N – 330N	270N	S	30 mhos
		60N – 120N	90N	S	
	MAG		50S		31,500 γ /31,200 γ
0	IP	300N \pm 10	300N, Z = 10	63°S	210 Ω -m, 50 ms
		100N \pm 10	100N, Z = 10	63°S	210 Ω -m, 70 ms
Integrated anomalies	Axis (strike) of target			Depth of top	Dip of target
	A	L-0, pt300N~L-200E, pt265N (N80W)		10 ~ 25 m	30° ~ 60°S
	B	L-200W, pt160N ~ L-0, pt110N~L200E, pt 800N (N80W)		10 ~ 25 m	30° ~ 60°S
Geology	Matsitama schist and metasedimentary group.				
Anomaly source	From the IP result, both Targets A and B are surmised to be anomalies deriving from graphite. The conductors are of bedrock class. Target B is in parallel with the magnetic anomaly but not directly related with it.				

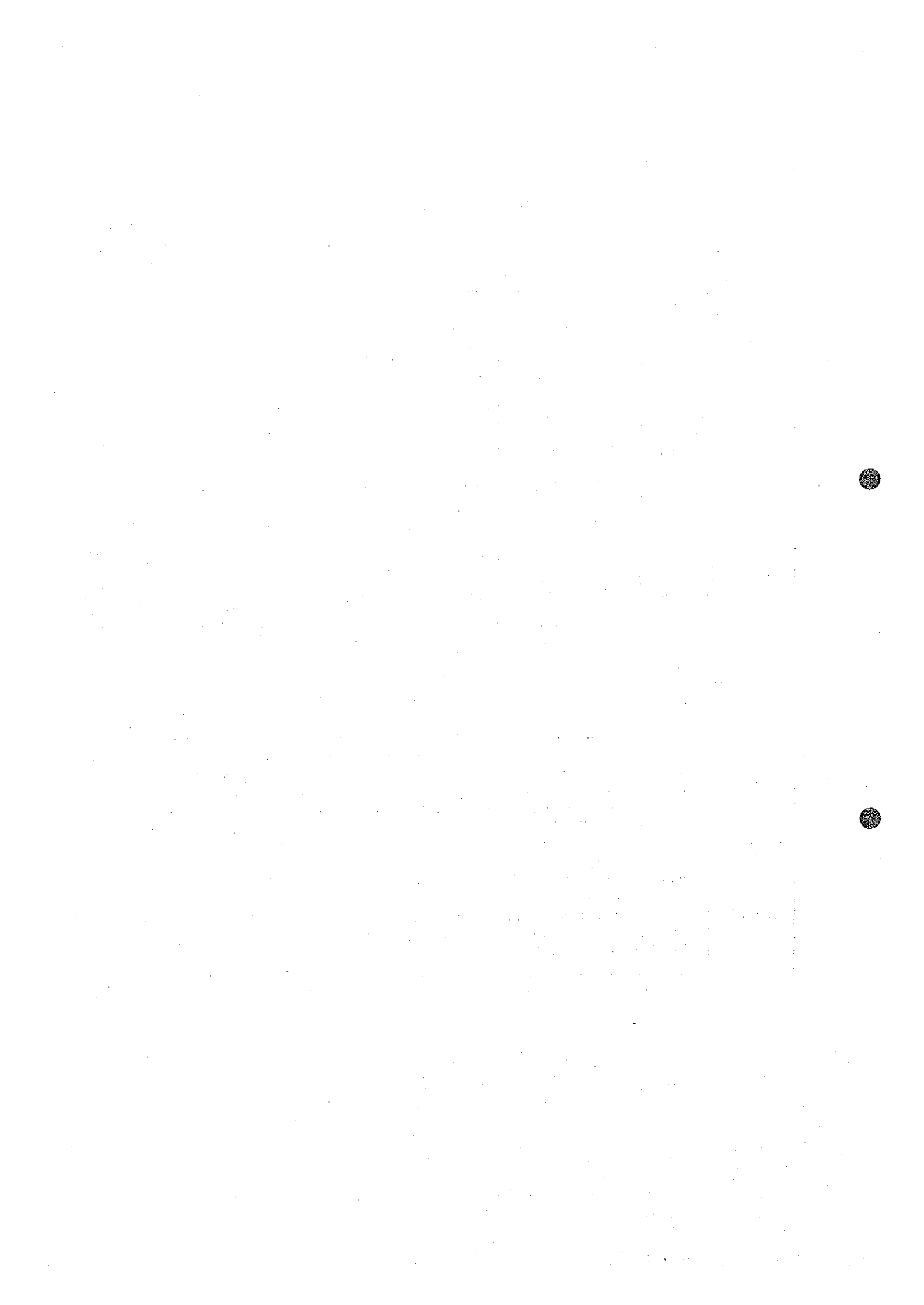


Table IV-5-24 Results of ground geophysical prospecting

Zone	Center of target			Strike (true north)	Depth m	Dip	Magnetic association	Probable primary source
	No.	Line	Point					
M-1		0	0	?	0	S	No	Disseminated sulphide
M-2	A	0	80N	N75E	0-15	60°S	No	Graphite
	B	0	120S	N85W	0-15	"	"	"
	C	0	200S	N85E	0-15	"	"	"
M-3		0	60N	N65W	10-20	45°S	No	Graphite + Sulphide
M-4	A	400W	410N	N20W	15-20	45°S	No	Graphite + Sulphide
M-7A	A	200W	100N	N60W	25-30	90°	Yes	Graphite
	B	200W	100S	N50W	10-20	75°S	No	"
M-7B	A	0	210N	N70W	10-30	30°-60°	No	Graphite
	B	0	75S	N55W	25	70°S	"	Graphite + Sulphide
	C	0	240S	N40W	25	70°S	"	"
M-7C	A	0	10N	N45W	0-20	40°-50°S	No	Graphite + Sulphide
	B	0	150S	N45W	0-20	45°S	"	Graphite low grade
M-7D		0	100E	N40W	20-25	30°-80°S	No	Graphite
M-9	A	0	275E	N15W	15-25	30°-90°W	No	Graphite
	B	0	130E	?	10	W	"	Graphite low grade
M-10	A	200W	25S	N90W	10-15	<80°S	No	Graphite + Sulphide
	B	200W	260S	?	15-25	<80°S	"	"
M-14		200S	525E	N35W	10-30	30°-60°S	No	Graphite
M-16	A	0	160S	N70E	10-20	S	No	Graphite
	B	0	390S	N60W	35	35°S	"	Graphite low grade
M-18		0	50E	N50W	10-25	45°-80°W	No	Graphite
M-19/20		200W	425N	N35W	10-25	<80°S	No	Graphite
M-21		0	25E	N30E	10-15	25°-80°W	Yes	Graphite
M-23	B	0	50N	N35E	25-40	30°-90°S	Yes	Graphite
M-23A		0	270W	N35E	10-35	30°-60°W	Yes	Graphite
M-24		200W	440N	N85E	0-20	50°-90°S	No	Graphite
M-25		200W	250N	N20E	10-35	35°-80°S	Yes	Graphite
M-28/29		200W	375N	N40W	25	40°-60°S	Yes	Graphite
M-35	A	0	275N	N90E	25	80°-90°S	Yes(indirect)	Graphite + Sulphide
	B	0	40N	N80E	25	80°S	"	Graphite
M-36	A	0	300N	N80W	10-25	30°-60°S	No	Graphite
	B	0	100N	N80W	10-25	30°-60°S	"	Graphite

