

結果 U; 0.072%, V; 0.030%, Th; <0.002% である。

その他の放射能異常: Ait Said 西方約 500m の所にある放射能異常は花崗岩中の微細な割目に伴うもので、放射能測定値 400% - 1200% を示す。連続性に乏しく小規模スポット状放射能異常である。

1-2-4 ま と め

昨年度の調査と本年度の調査の結果、本地区における地質構造が解明され、鉛鋳微、ウラン鋳微の分布、規模等が明らかとなった。

鉛鋳床、ウラン鋳床胚胎の可能性の最も大きい、P-T 赤色砂岩層下部については、BM-1 断層西側の主として花崗岩分布地区において、その堆積時の基盤構造が明らかとなった。即ち、P-T 赤色砂岩層は北方に緩く傾斜するが、P-T 赤色砂岩層下部のアルコーズ砂岩堆積時の古流路が、本地区南西部の Boutazart 及び花崗岩露出部北縁部に存在することが明らかとなった。この古流路は花崗岩体の表面に形成された谷状凹部であり、アルコーズ砂岩が他の部分に比し厚く堆積している。

Boutazart の古流路は NNE 方向に流下し、BM-1 断層により切断されているが、さらに北北東に連続しているものと推定される。また花崗岩露出部北縁部の古流路は、ほぼ北方に流下し、BM-1 断層の西側を更に北方に連続しているものと推定される。

この様な P-T 赤色砂岩層堆積時の構造と鉛鋳化作用、ウラン鋳化作用との関連についてみると、下記の通りである。

(1) 鉛鋳化作用

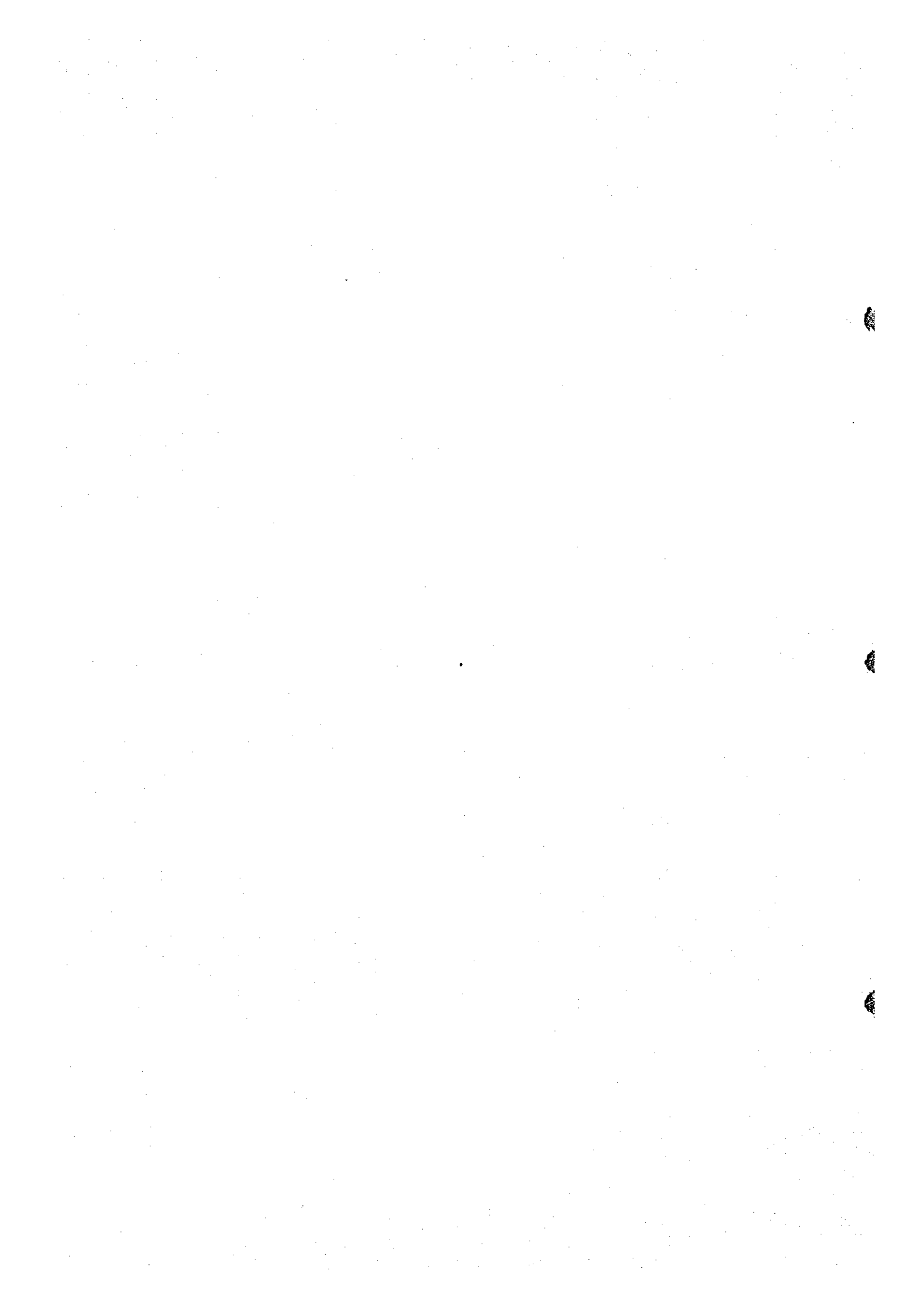
Boutazart 鋳化帯、"Carapace" 型ウラン鋳微地付近の鉛鋳化帯とも、古流路中に胚胎されており、いずれも、地表露頭部では低品位であるが両者とも場所により高品位部がある。

Boutazart 鋳化帯では、推定される古流路中において、アルコーズ砂岩の薄い周辺部よりも、アルコーズ砂岩の厚い中央部が鋳化帯の厚さも厚く鉛品位が高い傾向を示しさらに下流（即ち北方、BM-1 断層との交叉部付近）で高い分析結果が得られている。この様な点から BM-1 断層東側の古流路の延長部において、高品位の鉛鋳床の存在する可能性が大であると考えられる。

"Carapace" 型ウラン鋳微地付近の鉛鋳化帯を賦存する古流路は、BM-1 断層の形成に伴って、その原形が変化しているが、昨年度の調査における試料分析結果によれば古流路の中心部付近で高品位部が予想される。この古流路は北方に連続していると推定されるが、この構造を追跡することにより高品位の鉛鋳床が発見される可能性がある。

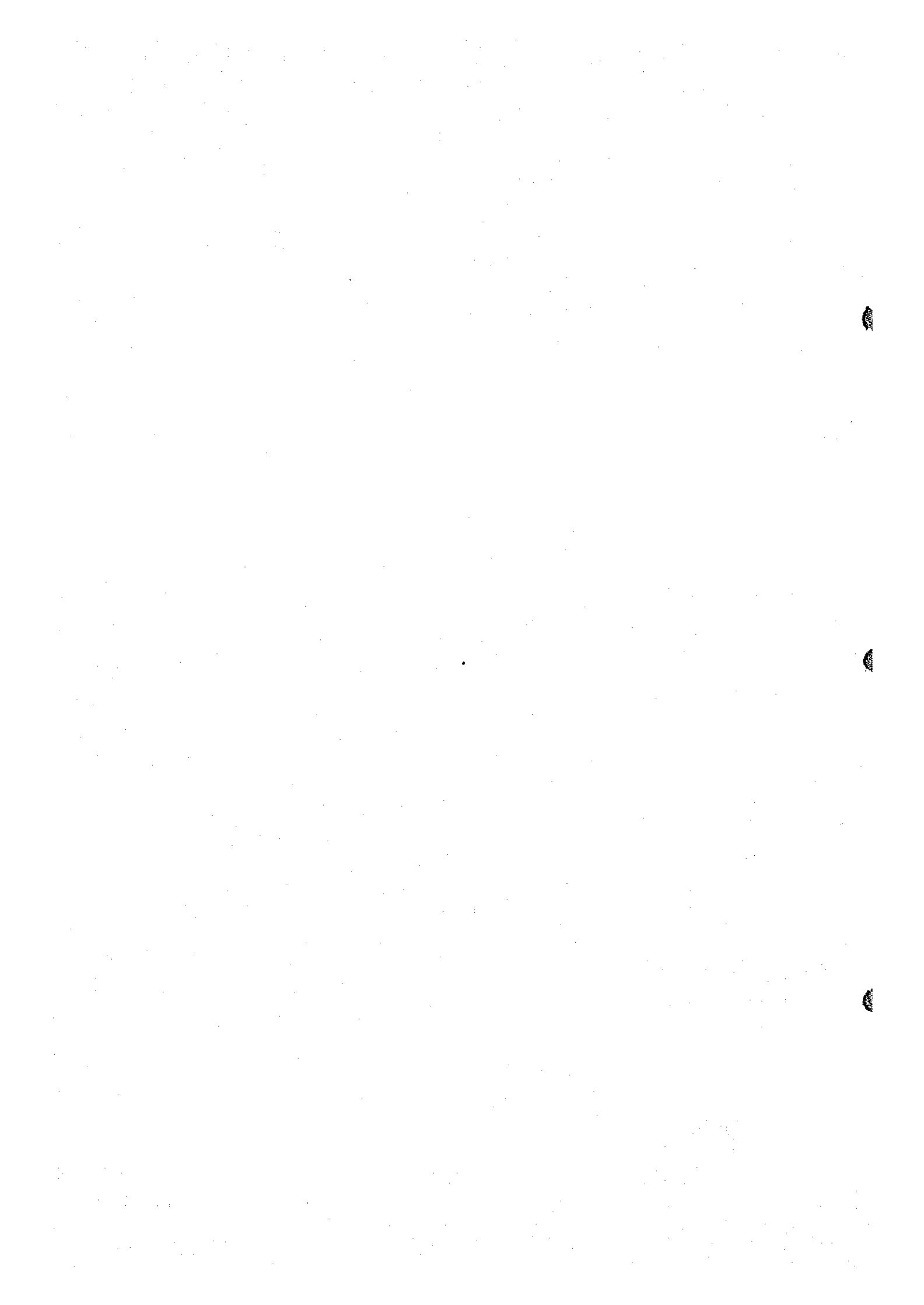
(2) ウラン鋳化作用

"Carapace" 型ウラン鋳微は小規模であるが、花崗岩露出部北縁の古流路中に包含されており、その点では注目される。



本鉱徴は、花崗岩体北縁部の古流路中の小規模の凹地に形成されたものと考えられる。今年度、実施したラドンエッチ調査は本地区北方にも実施されているが、上記古流路の北方連続先では異常地は把握されていない。ここではP-T赤色砂岩層をK₂cm 泥岩層以降の地層が厚く被覆しているため、ラドンエッチ調査によつて検出されないことも考えられ、断定的には云えぬが、“Carapace”型ウラン鉱徴の北方での大きな発展は望めないものと思われる。しかしながら、Bou Mia花崗岩体地域にも北方に流下する古流路の存在が明らかとなったことから、同様の構造が本地区から西方のBou Mia花崗岩体地域にかけて多数推定され、この中におけるウラン鉱化作用の有無が注目される点である。

また、ラドンエッチ調査の結果では当地区北西方に5点の異常点が把握されており、これらの異常点は地形が不規則、すなわち被覆層の厚さが不規則であるため散発的に分布するが、Bou Mia花崗岩体地域からの古流路中におけるウラン鉱化作用を示唆している可能性があり、将来の調査目標として検討する必要があると考える。



1-3 Zayda北東部地区

本地区はZayda花崗岩体北縁部に位置する。

昨年度の調査の結果、本地区には破碎帯に伴う脈状ウラン鉱徴が多数分布することが明らかとなった。本年度はこれらの破碎帯を追跡し、その中におけるウラン鉱徴の分布と規模の把握を主体とする調査を実施、脈構造中のウランの濃集について検討した。調査は精査として縮尺1/10,000地形図を使用して破碎帯の追跡とその中におけるウラン鉱徴の分布を明らかにした。またウラン鉱徴が比較的多く分布する地区については放射能測定を含む精査(間縄とポケットコンパスを使用)、トレンチを実施した。

1-3-1 地質(PL. 1-11-1,2)

本地区は基盤岩類に属する花崗岩類が広く露出し、これを被覆して、二疊・三疊系に属するP-T赤色砂岩層、第三系に属するT₁泥岩層、第四系に属するQ₁シルト層、Q₂シルト層、P₂玄武岩溶岩が分布する。主要な断層または破碎帯はAmaragh(アマラー)断層、GP-Vein破碎帯、Paneau-1(パヌーアン)周辺の破碎帯、Ansagmir(アンサグミール)断層などNNE-SSW系ないしN-S系の方向性をもつものが発達している。

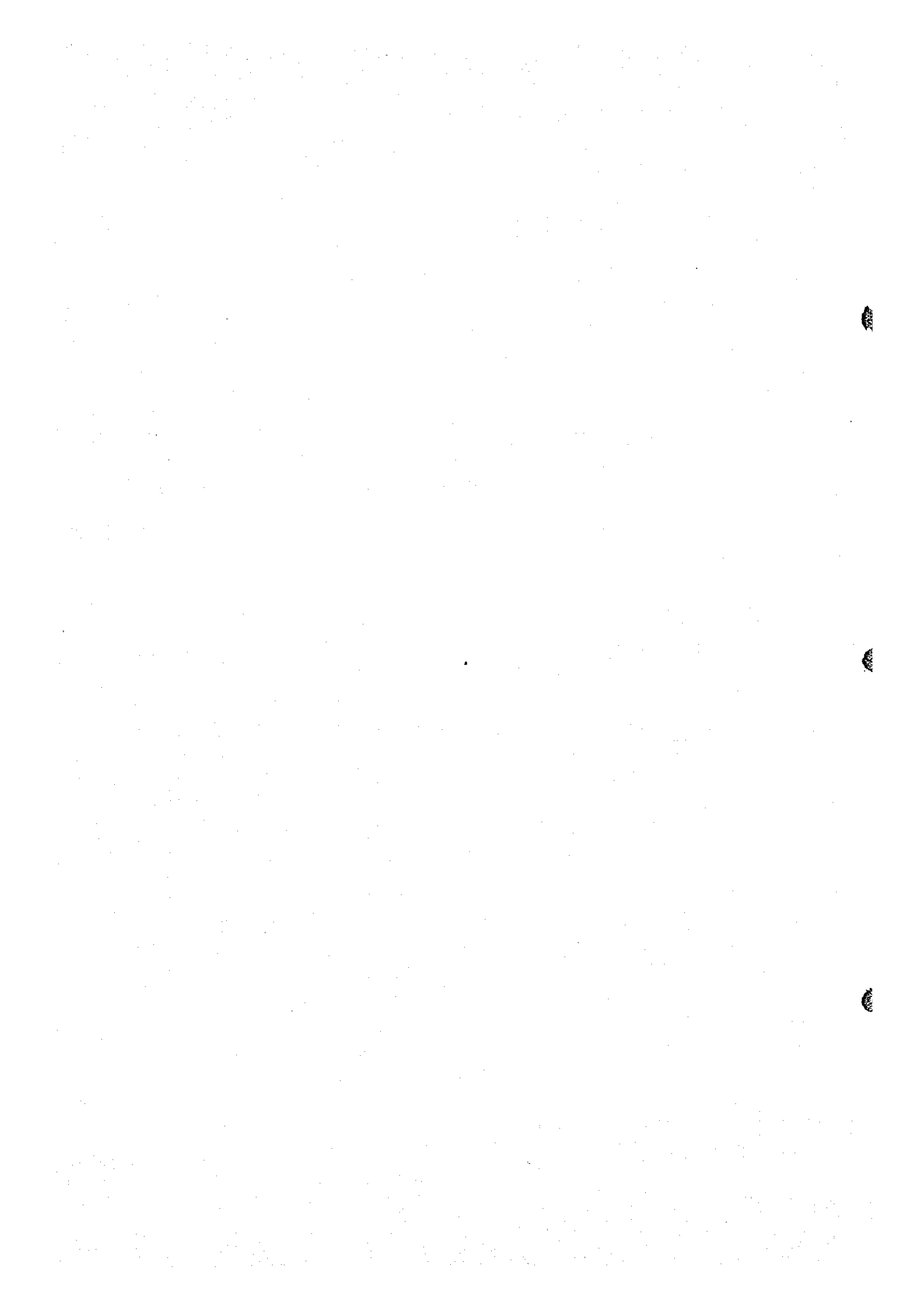
(1)花崗岩類

花崗岩類は古生代石炭紀のヘルシニアン期に活動したもので花崗岩、斑状花崗岩、アブライト質花崗岩、アブライト岩脈、花崗斑岩岩脈に分類される。

花崗岩は中～粗粒、灰色を呈し、粒径4mm～5mmの長石類、石英と黒雲母より構成される。主としてMoulouya(ムルヤ)川以南に分布し、本地区東部では、Tighbouba-n-Ouzour(ティフボウバ・ン・ウズール)北方地区、Tassaksout-n-Assif-n-Malwit(タサクスト・ン・アシフ・ン・マルウィット)周辺地区、Tassaksout ou Mugar(タサクスト・ウ・ムガール)周辺に広く露出するが、西部ではZayda東北方のAssaka-n-Bou Idarn(アサカ・ン・ボウイダルン)、Tichout Amazirig(ティショウ・アマジリグ)、Al Ja'ba(アルジャバ)付近に小規模に露出する。

斑状花崗岩は一般に2-3cmの正長石の斑晶をもつ花崗岩で上記の花崗岩とは漸移関係を示す。本地区では主としてMoulouya川以北に分布する。本地区東部ではPaneau-1周辺からその東方Bou Tazart(ボウ・タザート)及びその南方Bou Dilit(ボウ・ディリット)にかけて広く、Immayn-n-Ait Rahhou(イマイン・ン・アイラハウ)付近に小規模に露出する。また西部ではAssaka-n-Tabhirt(アサカ・ン・タビールト)西方のMoulouya川谷いに分布する。

アブライト質花崗岩は細粒、桃色の岩相を呈し、主として石英、正長石から成り、白雲母及び黒雲母を伴う。場所により正長石、石英の巨晶(数cm)をもつペグマタイト様の岩相を呈することもある。アブライト質花崗岩は昨年度の調査において明らかとなった如く、一般



に Zayda 花崗岩岩体の地表部付近に厚さ 10 m (最大 40 m) で緩傾斜のシート状形態を示して分布する。北に緩く傾斜して地形的高所に存在し、花崗岩露出地区の過半を占める。また Paneau-1 周辺では膨縮に富むレンズ状岩体や、分岐するシート状岩体を示すほか、Tassaksout ou Mougat 付近のように垂直の岩脈ないし岩株状の形態とシート状を示す岩体など複雑な分布を示すものがある。他の花崗岩類と比較し、全般にやゝ高い放射能測定値を示す。

アプライト岩脈は種々の方向性をもって本地区内に多数分布する。岩質的にはアプライト質花崗岩に酷似しているがこれより細粒である。一般に 1 m 以下の細脈が多いが、Paneau-1 東方の Bou Tazart 周辺では 3 m ~ 4 m の幅のものも観察される。

花崗斑岩岩脈は花崗岩岩体中に発達する破砕帯中に認められる。他の花崗岩類と異り一部は放射能異常を示す。岩質は 1 mm ~ 2 mm 程度の石英の斑晶と細粒チョコレート色の基質より成る。主要な岩脈としては Paneau-1 西方約 2 km の GP-Vein 破砕帯、Paneau-1 East Vein 破砕帯、及び Ansagmir 断層帯などの中に断続する細脈がある。最大のもは GP-Vein 破砕帯中にあるもので、ここでは最大幅 4 m 以上である。

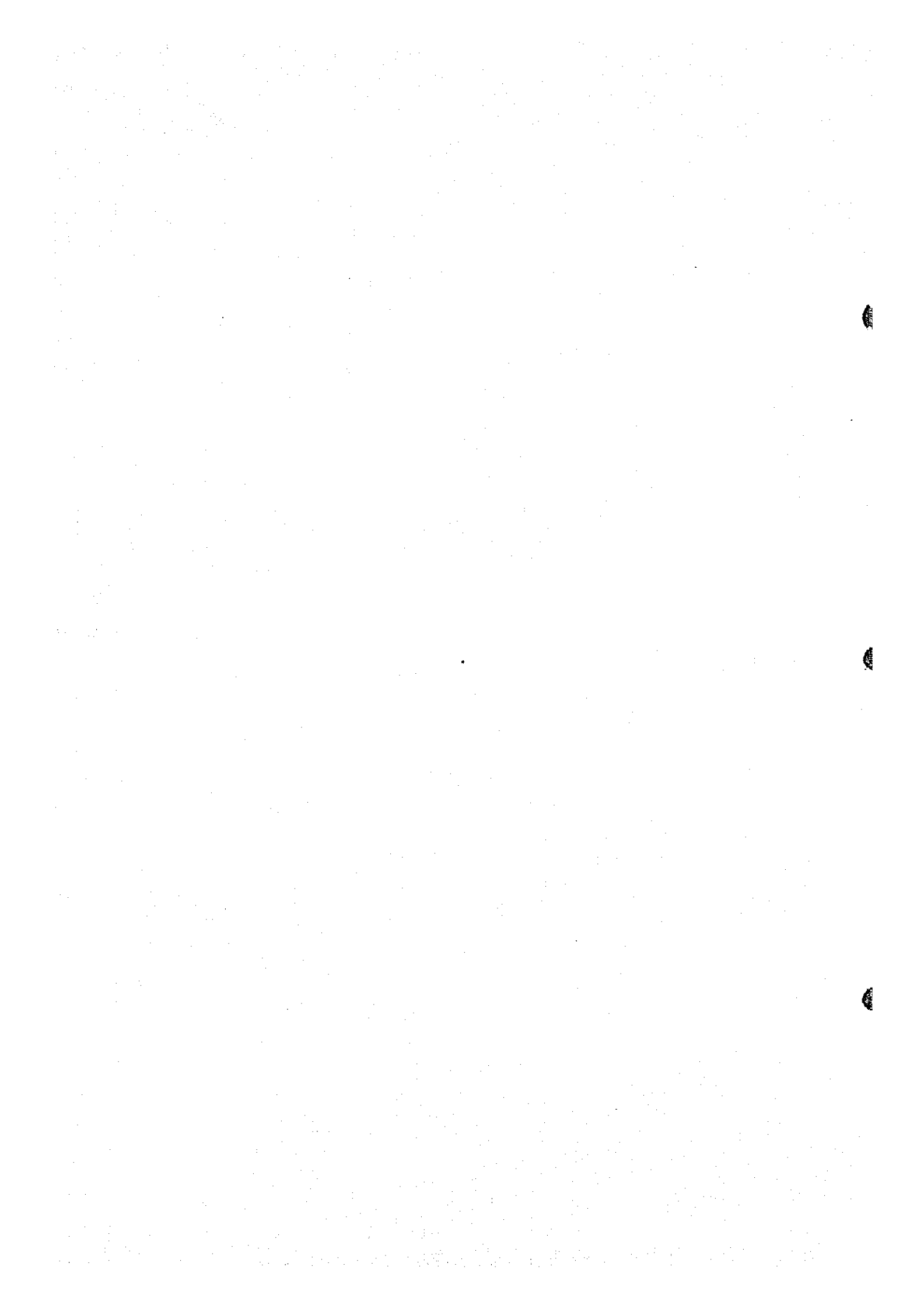
(2) P-T 赤色砂岩層

P-T 赤色砂岩層は、アルコーズ砂岩を主体とする粗粒部と赤色シルト岩を主体とする細粒部に区分される。本年度の調査ではこれらを区分し地質図に表示した。

地層は緩く北に傾斜し (5° 以下) 花崗岩類を不整合に被覆して分布する。また調査の結果、花崗岩類上には凸地があり、古流路が推定出来る所がある。

粗粒部：本地域では P-T 赤色砂岩層の下部層であり、アルコーズ砂岩を主体に構成され、砂岩及び赤褐色シルト岩の薄層を介在することもある。本部層は Assaka-n-Bou Idarn 周辺、Al Ja'ba 及び Aghanbou (アガンボウ) 周辺、Paneau-1 及び Agard Azougagh (アガード、アズーガフ) 周辺、本地域東端部 Bou Tazart から Immayn-n-Ait Rahhou にかけての地区など各所に分布する。アルコーズ砂岩は一般に 2 mm ~ 3 mm の石英、長石類の破片と花崗岩の岩片を主体に構成されており、黄白色の岩相を呈するが、場所により 1 cm 大の花崗岩の岩片を含む礫岩状を示すこともある。本地区では全般に 2 - 3 m 程度と薄い、基盤の凹地では局部的に厚く発達し、10 m 程度に達する。このような凹地は Assaka-n-Bou Idarn 周辺、Tizi Tazougaght (ティジタズーガフ) の採掘跡、Paneau-1 東方の Bou Tazart などに認められる。

Assaka-n-Bou Idarn 周辺では Zayda 嶺山の採掘跡と部落付近には N 方向の古流路が推定され、これを埋めてアルコーズ砂岩が厚く発達する。また Moulouya 川の川岸ではアルコーズ砂岩中に斜交層理が認められ、これによって推定される古流路の流れの方向は N 北を指している。



Tizi Tazougaght の採掘跡ではアルコーズ砂岩の厚さは南部で約4 m 北部で10 m 以上になっており、基盤面は緩く北に傾斜する。しかしこの周辺部の調査結果では、厚いアルコーズ砂岩の発達は見出されず、古流路の方向など不明で、古流路と云うより流出口のない小規模の凹地である可能性がある。

Paneau-1 東方の Bou Tazart ではN45°W 方向の古流路が推定され、幅100 m 程度にわたって厚さ10 m、1cm大の花崗岩岩片を含む礫岩及びアルコーズ砂岩が古流路を埋めている。なお、Bou Tazart からその南東部にかけて連続するアルコーズ砂岩の崖では、上記の古流路のほか、これより、小規模(巾10m~20 m 深さ数m)の古流路が2ヶ所推定される。

地質調査と並行して実施した放射能測定の結果では、古流路中においても特に放射能異常は見出されなかった。

細粒部：本層はP-T赤色砂岩層上部層であり、主として無層理赤褐色のシルト岩から構成され、下部では細粒砂岩の薄層を介在することもある。調査地区内では、Rabouba 丘や、Al Ja'ba 及びAghanbouなどの丘に分布するほか、西端部やAssaka-n-Tabhirt 北方と東北端のTinzart-Tazougaght に小規模の分布がある。これらの地区では侵蝕のため大部分削剝され、上記の丘稜部で10m~20mの層厚で残存している。

(3) T₁ 泥岩層

本地区内では、本層に属する石灰質礫岩のみ分布する。3cm~5cm の大きさの石灰岩の礫と石灰質の基質より構成される層厚1m~2mの灰色の礫岩であり、本地区西端部に、P-T赤色砂岩層を不整合に被覆して若干の分布がある。

(4) Q₁ シルト層

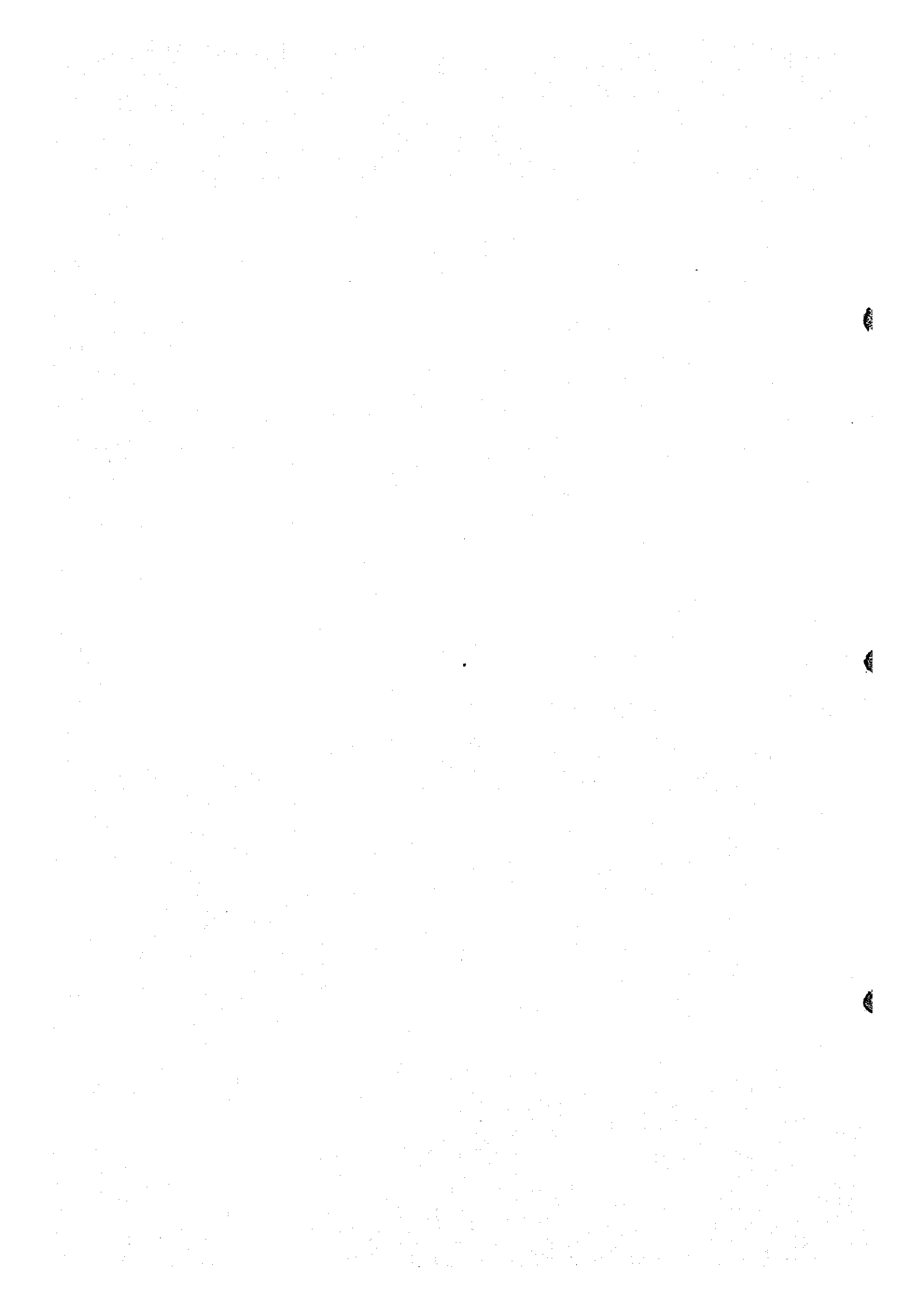
本地区内では、本層は黄色のシルト岩と玄武岩及び石灰岩の礫を含む石灰質礫岩より構成されており、Rabouba, Al Ja'ba Aghanbouなどの丘の頂部に分布している。

Rabouba ではP-T赤色砂岩層を被覆して約10mの黄色のシルト岩と約20mの石灰質礫岩であり、Aghanbou, Al Ja'baなどの丘陵では2m~3mの石灰質礫岩である。

なおこれまでの調査結果では、本層の露頭部に放射能異常は見出されていないが Paneau-1 南部には本層に属すると推定される石灰質礫岩の礫石があり、これには放射能異常が認められる。

(5) Q₂ シルト層

本層は固結度の良くない灰色のシルト岩、中粒砂岩、石灰質礫岩より成り、調査地区西端のIchmit(イシュミット)、Assaka-n-Tabhirt 北方、及び東端部のTinzart-Tazougaghtなどに分布する。Ichmitでは本層に属する固結度不良の礫層の小分布があり、 β_{Q_2} 玄武岩溶岩礫に被覆されているのが観察される。Assaka-n-Tabhirt 北



方では中粒砂岩、石灰質礫岩、灰色シルト岩が、Tinzart-Tazougaghtでは主として石灰質礫岩が分布する。

(6) β_0 。玄武岩浴岩

本地区西端部のIchmitに浴岩丘がある。一般に気孔に富んだ黒色の浴岩礫が多いが、一部には玄武岩礫のほか石灰岩、花崗岩などの異質礫を含む火山礫岩もある。

1-3-2 地質構造

本地区は花崗岩類が広く露出するため、主要な地質構造は断層及び破砕帯である。これはその走向により、NNE-SSW系、N-S系、NW-SE系などに大別されるが、大部分はNNE-SSW系、N-S系に属し、NW-SE系に属するものは小規模の派生脈である。その主要なものは下記の通りである。

(1) Amaragh断層

Amaragh-Ikhf-Oughanbouを通る断層でMoulouya川で良く観察される。ここでは、10m内外の破砕帯が発達し、走向は $N35^{\circ}E$ 、傾斜は垂直である。

P-T赤色砂岩層を切っており、垂直の転移量は約10mで西側が上昇(東側が下降)している。本調査地区内ではP-T赤色砂岩層を転移せしめている唯一の断層である。

(2) GP Vein破砕帯

ウラン鉱徴であるGP Veinを伴い、花崗斑岩脈の貫入が認められる。Paneau-1西方Tawiyat(タウイヤット)からTighbouba-n-Ouzourまで追跡できる。花崗岩中にのみ発達し、P-T赤色砂岩層に被覆される。Moulouya川付近では走向は $N35^{\circ}E-S35^{\circ}W$ 、傾斜は垂直であるが、南に追跡するとその走向は $N30^{\circ}E-S30^{\circ}W$ から $N20^{\circ}E-S20^{\circ}W$ に転ずる。破砕帯の幅は平均して20m~30mであるが、Moulouya川を横切る所では50mに達する。

(3) Paneau-1周辺の破砕帯

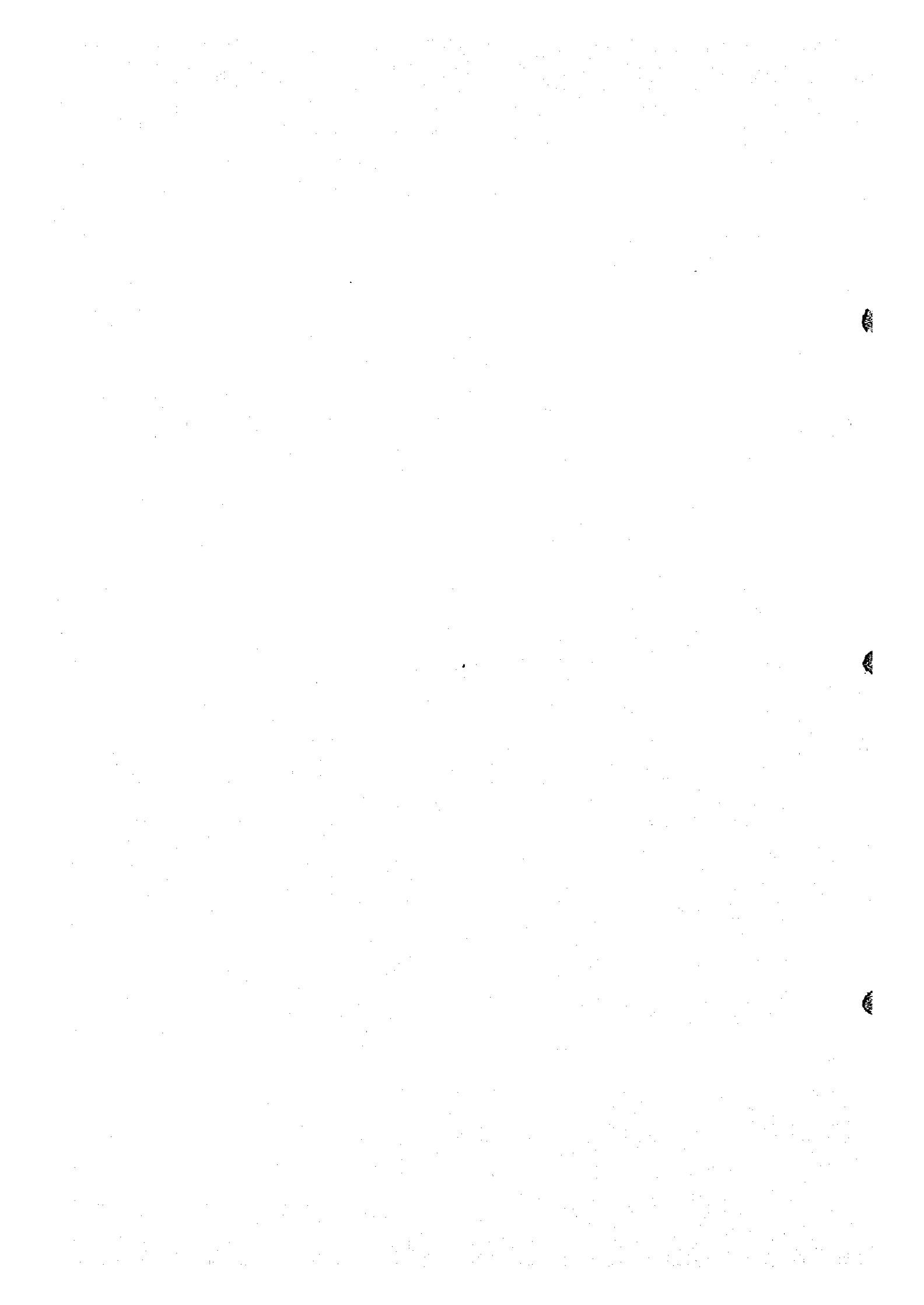
Paneau-1からその東方にかけての地区には花崗岩中に破砕帯が発達しており、の中には一部に放射能異常を伴っている。

Paneau-1 West Vein破砕帯：本破砕帯は走向は $N35^{\circ}E$ 、傾斜は垂直を示し、Paneau-1の採掘跡西部周辺からその南西方にかけて約3km追跡できる。破砕帯の巾は1m~5mでP-T赤色砂岩層に被覆される。

Paneau-1 Vein破砕帯：本破砕帯は走向 $N30^{\circ}E$ 、傾斜垂直であり、Paneau-1の採掘跡東部周辺からその南々西にかけて約4km追跡できる。Paneau-1周辺ではN-S方向の破砕帯と交叉しており、またN-Sの走向を示す部分もある。

破砕帯の幅は全体を通じ5m~10mであるが、走向を転ずる所では20m以上である。

Paneau-1 East Vein破砕帯：本破砕帯はPaneau-1東方約1kmのAgard



Azougaghより南方へ3.5km以上にわたって追跡できる。その走向はN-S, 傾斜は垂直である。この破砕帯はP-T赤色砂岩層中へ連続しているが, さらに北方への連続性については表土に被覆されていて明らかでない。ただし, Agard Azougaghにおいては, P-T赤色砂岩層の転移量は0である。破砕帯の幅は1.0m~20mであり, 周辺にはNNE-SSW系の派生断層が多数認められる。

(4) Ansagmir断層

Moulouya川の支流Assif Ansagmir沿いに発達する破砕帯で全長8kmに達する。本地区内ではImmayn-n-Ait RahhouからTassaksout ou Mougat (タサクスート ウムガール)にかけて追跡できる。走向はN30°E, 傾斜は垂直を示し, ウラン鉱脈であるAit Rahhou Veinは本破砕帯の一部である。破砕帯の中は約40mであり, P-T赤色砂岩層に被覆されている。

1-3-3 鉛鋳床及びウラン鋳微

本地区にはP-T赤色砂岩層下部のアルコーズ砂岩中に胚胎される層状鉛鋳床と花崗岩中に発達する破砕帯からその直上部のアルコーズ砂岩中にかけて胚胎される脈状型ウラン鋳微がある。

鉛鋳床のうち主要なものは既にZayda鋳山によって採掘済みであり, Assaka-n-Bou Idarn周辺, Tizi Tazougaght, Paneau-1とその周辺などに採掘跡がある。

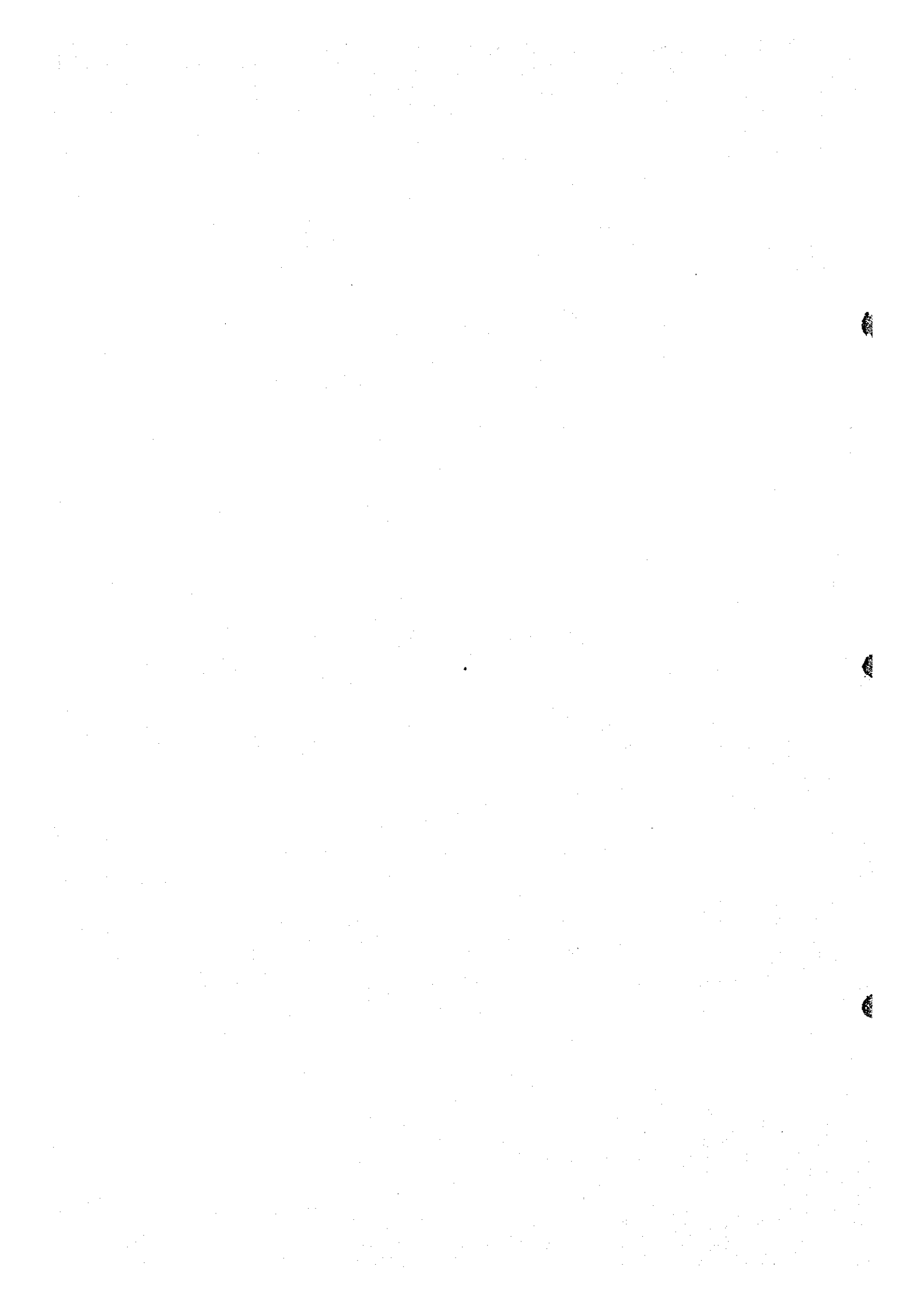
ウラン鋳微については, GP Vein, Paneau-1 Veinなどを中心に過去において, トレンチなどを含む採鋳が実施されているが, これまでの所開発の対象となるまでには至っていない。

(i) 鉛鋳床 (PL 1-11, Table 1-5)

未採掘の鉛鋳床としてはAssaka-n-Tabhirt西方約2kmに位置するIkhf Ouganbou鋳化帯と本地区東端部のImmayn-n-Ait RahhouにあるAit Rahhou鉛鋳化帯がある。鋳物試験の結果両鋳化帯とも, 鉛鋳物としてgalena及びcerussiteが検出された。

Ikhf Ouganbou鋳化帯; 花崗岩類を被覆する2m~3mのアルコーズ砂岩中に方鉛鋳の鋳染が認められる。鋳化帯の厚さ20cm~60cm, Moulouya川の南岸のアルコーズ砂岩の崖に沿って約400mにわたって鋳染帯が分布, この間, 約100m間隔で採取された5個の試料の分析結果によれば, Pb; 0.28%~2.10% Ba; 3.60%~8.80%を示す低品位の鋳化帯である。

Ait Rahhou鉛鋳化帯; Immayn-n-Ait Rahhou周辺に分布する。2m~3mのアルコーズ砂岩中に認められる方鉛鋳の鋳染帯で, 分布幅最大400m, 長さ約1kmと推定される。鋳化帯の厚さは0.2m~1.70mと変化し, 花崗岩上の小規模の凹地で1.70m厚さを示し, 周辺では厚さを減じ約20cmと薄くなる。6ヶ所で採取した試料の分析結果は,



Pb ; 0.86%~11.50% , Ba ; 0.30%~9.60%を示し厚さ平均 0.55 m , 平均品位 Pb ; 647% , Ba ; 485%である。特に花崗岩上の凹地では 4.7 - 9.8%と高品位である。本鉱化帯は Zayba 鉱山により既にボーリング探鉱が実施されている。

(2) 脈状型ウラン鉱脈 (PL. I-11-1, 2)

ウラン鉱脈を伴う主要な鉱脈は Dique Vein, Assaka-n-Tabhirt Vein, GP Vein, Paneau-1 West Vein, Paneau-1 Vein, Paneau-1 East Vein, Aït Rahhou North Vein 及び Aït, Rahhou South Vein である。本年度の調査では、これらの鉱脈を中心とした地区の地質調査精査及び Assaka-n-Tabhirt Vein を除く他の鉱脈について、鉱脈部及びその周辺の地質放射能精査を実施したほか、Dique Vein 及び Paneau-1 周辺の鉱脈群にはトレンチを実施した。

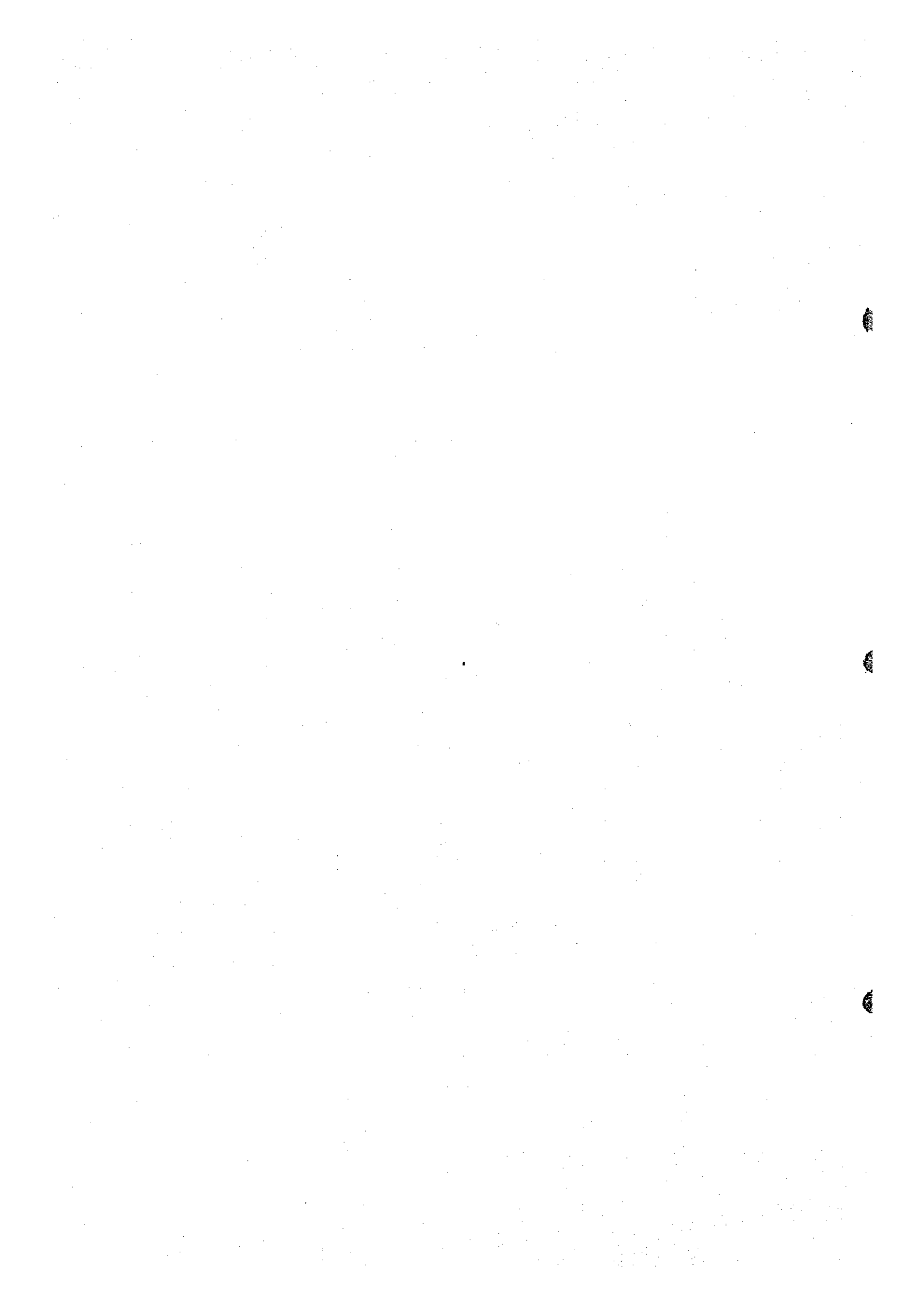
Dique Vein (PL. I-12, Table I-6) : 本地区西端部の Moulouya 川東岸に位置する。本鉱脈は花崗岩中に発達する破砕帯であり、放射能異常は主としてこの中にある鉄石英脈に認められ、小規模である。

本年度の調査では本鉱脈を中心とする 600m×700m の範囲に対する地質調査精査と鉱脈部において、3ヶ所合計 5.5 m のトレンチを実施した。

この付近ではアブライト質花崗岩とこれを不整合に被覆する P-T 赤色砂岩層のアルコーズ砂岩が分布する。破砕帯は、アブライト質花崗岩中においてアルコーズ砂岩で被覆される。走向は N20° E-S20° W, 傾斜は垂直ないし 80° SE を示し、幅 2m~4m Moulouya 川の支流の小沢に約 40 m にわたり露出する。この破砕帯中にはチョコレート色をした幅 20cm~50cm の鉄石英脈が 3 条入っており、放射能異常はこの鉄石英脈とその周辺に認められる。約 20 m 間隔の 3 個所のトレンチ調査及び鉄石英脈沿いの放射能調査では、40 m の露出部のうち、北半分約 20 m が 600 c/s から 4200 c/s までの放射能測定値を示した。特に露頭部の北端 Trench-1 で高い測定値を示している。しかしながら、Trench から採取した試料の分析結果では、U 含有量最高 0.034% (採取巾 50 cm) であり、注目すべき分析値は得られなかった。なお、この破砕帯は北方に追跡すると約 150 m 北でアルコーズ砂岩が切れて再び地表に露出するが、ここでは、約 20 cm の細い破砕帯となり、放射能異常は認められない。また南方ではアルコーズ砂岩及び Zayda 鉱山の採掘場におきかれており、その連続性は確認できない。

Assaka-n-Tabhirt Vein : 本鉱脈は Assaka-n-Tabhirt の Moulouya 川北岸にある。花崗岩中の小規模の鉄石英脈であり、2 条ある。両者とも幅約 10 cm の細脈でその延長は約 400 m であり、周辺に微細な割目を伴う。

本鉱脈は昨年度精査を実施したので、今年度はその南方への連続性を調査した。Moulouya 川の南岸では鉱脈の連続性は確認したが、放射能異常は認められず、北岸に存在



する細脈ながらも最高13500 c/sを示す放射能異常はMoulouya川南岸までは連続していない。また上記鉛脈の東側にあるこれと平行な破砕帯(幅約2 m)にはMoulouya川南岸で600 c/sの放射能測定値を示す小規模(連続性約3 m)の弱い放射能異常が認められた。

なお、Moulouya川北岸にある13500 c/sの測定値を示す部分から採取した試料の鉛物試験の結果、ウラン鉛物としてuraninite, bequerelite, carnotite が検出された。

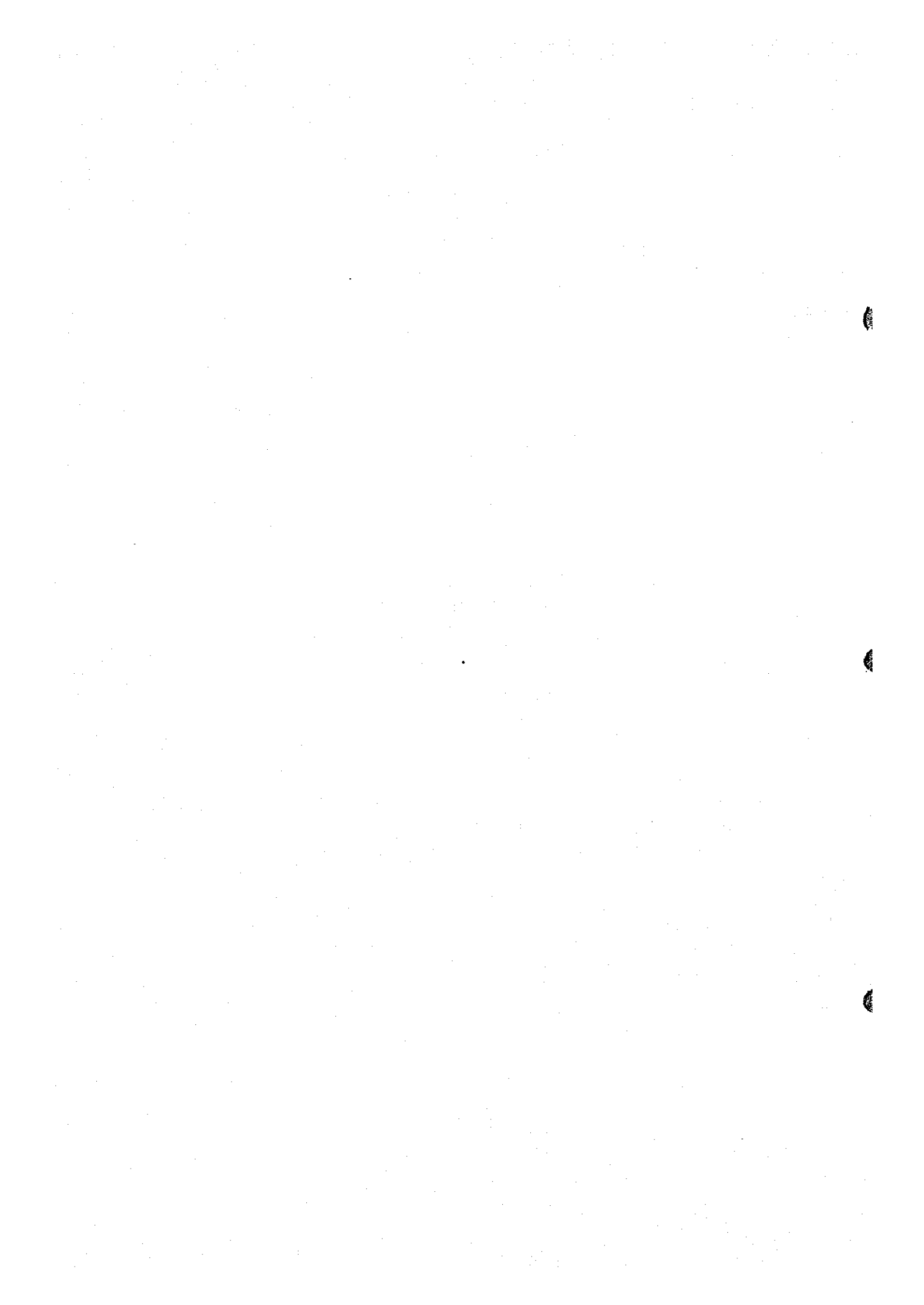
GP Vein(Pl. I-13, Table I-6) : 本鉛脈はAssake-n-Tabhirt東方約2 kmに位置する破砕帯中の花崗斑岩の岩脈である。本鉛脈には過去において8個所のトレンチが実施されており本年度は本鉛脈を中心とする約300 m×約800 mの範囲に対する地質精査、花崗斑岩中に点在する放射能異常を中心に約600 mにわたる地表放射能精査及び8個所のトレンチのスケッチを行った。その結果によれば、破砕帯の幅は5 m~50 m 走向はN35° E-S35° W、傾斜は垂直を示す。東北端よりMoulouya川(南西方へ)に向かって幅広くなっており、この中には、トレンチT₅とT₆の中間で分岐している2条の花崗斑岩岩脈がある。放射能異常は主としてトレンチ個所において認められ、花崗斑岩中の微細な割目や鉄石英の細脈部に存在する。いずれも2-3 mの連続性を示す小規模のものである。なお、破砕帯は南西へMoulouya川を越えて3.5 km以上連続しているが、Moulouya川以南では高い放射能異常はなく、わずかに300 c/sの放射能測定値がMoulouya川から約500 mの位置に認められるのみである。

Paneau-1 West Vein (Pl. I-14, Table I-6) : 本鉛脈はPaneau-1の採掘跡西部から南西方にかけて連続する破砕帯であり、放射能異常は破砕帯とその周辺部に認められ2条ある。

一つは、この破砕帯中とこれを被覆する直上部のアルコース砂岩層に認められるものであり、他方はその東方約150 mにあって風化花崗岩からアルコース砂岩にかけて認められるものである。

本年度の調査では本鉛脈のほかPaneau-1 Vein, Paneau-1 East Veinを含むPaneau-1周辺部約1.5 km×約1.5 kmの範囲の地質調査精査を実施し、また本鉛脈については鉛脈部及びその周辺の地質放射能精査及び過去に実施されたトレンチのスケッチを行った。

破砕帯中とその直上部のアルコース砂岩層に認められる放射能異常はMoulouya川以南では2個所、Moulouya川以北では主にPaneau-1採掘跡などアルコース砂岩に被覆された部分に存在する。Moulouya川以南の2個所は過去においてトレンチが実施されており、T₁₅では300%~1000 c/s T₁₆では400%~3000 c/sの放射能測定値を示す。これらの放射能異常は破砕帯中の鉄石英脈の一部に認められるもので、いずれも連



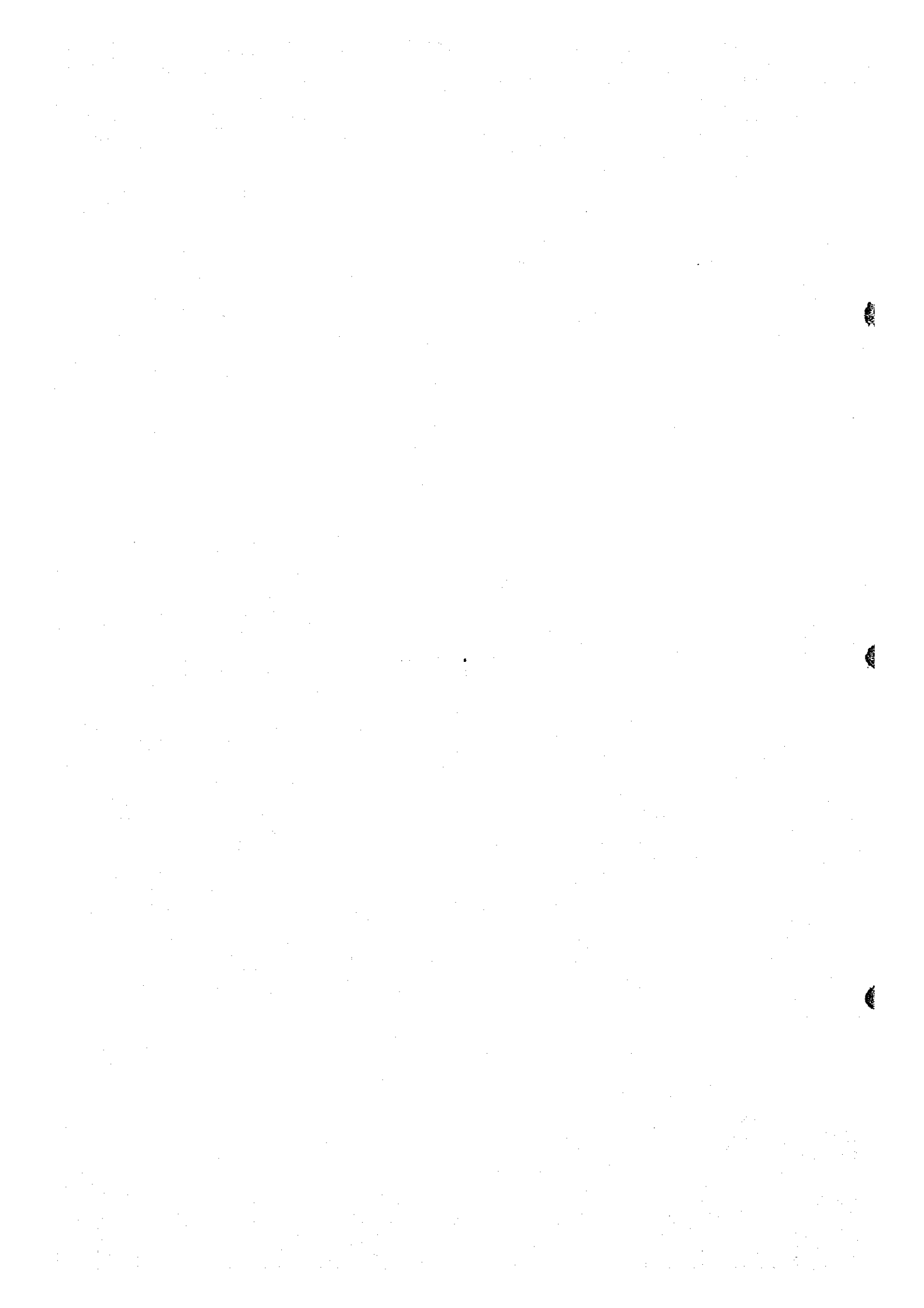
続性は小さく、延長2-3mである。なおT₂₆における3000c/sの測定値を示す部分の試料分析結果はU; 0.026% Th; <0.010%であり、XMAによる鉱物試験の結果はウラン鉱物としてuraniniteが検出された。

Paneau-1 採掘跡など、アルコーズ砂岩に被覆された部分における放射能異常は、破碎帯の直上部のアルコーズ砂岩中の微細な割目やパライトの細脈に認められる。採掘跡では、アルコーズ砂岩が削剝され、部分的に花崗岩が露出している部分もあるが、ここでは900%~1200c/sの測定値を示す放射能異常が破碎帯中で確認されている。その延長部のアルコーズ砂岩中ではパライトの細脈を中心に最高3000c/sの放射能異常が認められ、試料分析結果はU; 0.0005%, Th; <0.010%を示した。更に北東の破碎帯の延長部ではその延長線上の約40m西側の中粒砂岩層中に350c/sの放射能測定値を示す弱異常がある。この弱異常は径約5mの小規模のものであり、試料分析結果はU; 0.009%であった。

また上記の東方約150mの所にある放射能異常は昨年度の調査において把握されたものであるが、本年度は3箇所合計32mのトレンチを実施した。ここでは花崗岩中の顕著な破碎帯はなく、N45°E-S45°W方向の節理の集合部が認められるのみで、これを中心として花崗岩の風化が進んでいる。花崗岩とアルコーズ砂岩の境界部及び風化花崗岩中の水平な節理には、黒色の粉状物質(酸化マンガンと思われる)が沈澱しており放射能異常はこの境界部を中心として、風化花崗岩とその上部のアルコーズ砂岩中に認められる。放射能異常の大きさは300c/s以上の部分でおよそ3m×15mの分布範囲を示し、小規模なものである。トレンチからの試料の分析結果は平均U; 0.010%(最高0.020%)であった。

Paneau-1 Vein (PL. I-14, Table I-6): 本鉱脈は、Paneau-1 West Veinの東方約500mに位置する。昨年度の調査においてその放射能異常の分布を把握したもので、本年度は周辺部に対する地質調査精査のほか放射能異常に対する20箇所合計75mのトレンチとその周辺部に対する地質放射能精査を実施した。ここではN30°E-S30°W系とN-S系の2つの破碎帯があり、Paneau-1の採掘跡東端部で交叉している。いずれもアルコーズ砂岩に被覆される。放射能異常はN30°E-S30°W系の破碎帯とその直上部のアルコーズ砂岩に認められ、主要な異常帯は採掘跡において、N-S系との交叉点付近、及び東南端部の2箇所ある。

N-S系との交叉点付近の異常帯は最高3500c/sの測定値を示すが、全体的にはこれより低く300%~1200c/sの測定値を示す。地質放射能精査の結果、異常帯分布範囲は5m~6m×約200mで、この中に上記の測定値が散在する。この異常帯には9箇所(T₅-T₁₃)のトレンチを実施し、スケッチと試料採取を行った。放射能測定値3500c/sを示す点はT₁₁であり、ここでは花崗岩とアルコーズ砂岩の境界に約10cmの黒色粉



状物質があり、これが高い放射能測定値を示している。採取試料の分析結果は平均値でU; 0.012% (最高0.025%)であった。

採掘跡東南端部の異常帯は2つあり、それぞれについて8箇所($T_{1,1} - T_{2,1}$)と3箇所($T_{2,2} - T_{2,4}$)のトレンチを実施した。

$T_{1,1} - T_{2,1}$ の異常帯は最高8,000 c/s($T_{1,1}$, トレンチ内)の測定値を含み、300 c/s以上の範囲は約80 m連続している。しかし、1000 c/s以上の範囲は3 m × 4 m ($T_{1,1}$) 2 m × 10 m ($T_{1,1} - T_{2,1}$)と小規模である。試料分析の結果は $T_{1,1}$ における試料の分析値U; 0.33%を最高に平均U; 0.059%を示すが、大部分の試料はU; 0.02%以下の分析値であった。

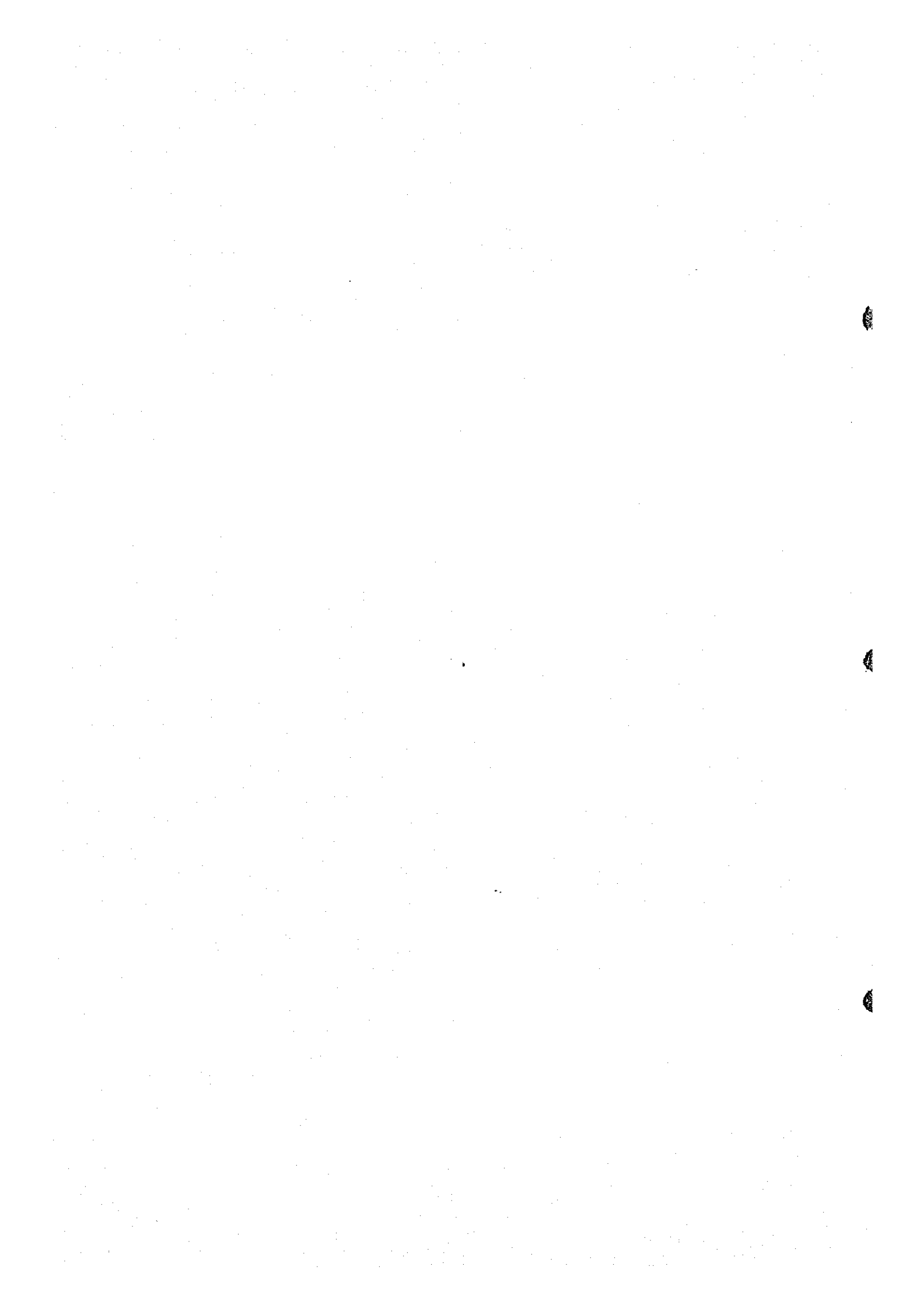
$T_{2,2} - T_{2,4}$ の異常帯は最高2,150 c/sの測定値を示すが全般に300%~1,500 c/sの測定値であり300 c/s以上の範囲は約2 m × 15 mである。試料の分析結果平均U; 0.021% (最高0.068%)であった。

Paneau-1 East Vein (PL. I-14, Table I-6) : 本鉛脈はPaneau-1 東方約700 mに位置する破碎帯である。放射能異常はN-S系及びこれと交叉するNE-SW系の方向をもつ破碎帯中に散在し、Moulouya川以北にある。本年度は周辺部に対する地質調査精査のほか、鉛脈部とその周辺に対する地質放射能精査、トレンチ1箇所($T_{2,7}$)を実施した。その結果によれば放射能異常は、破碎帯中の鉄石英脈及び割目に認められ、350%~1,500 c/sの測定値を示す小規模(0.1 m × 2~5 m)のものである。N-S系破碎帯では延長700 mの間に5地点散在し、NE-SW系ではN-S系との交叉点付近に1箇所ある。採取試料の分析結果は1,500 c/sを示す試料でU; 0.014%~0.065% Th; <0.010%であった。またXMAによる鉛物試験の結果はウラン鉛物としてuraninite, carnotite, 及びbequereliteとferivaniteの共生鉛物などが検出された。

Ait Rahhou North Vein (PL. I-15, Table I-6) : 本鉛脈は調査地区東端部のImmayn-n-Ait Rahhouに位置し、Ait Rahhou South VeinとともにAnsagmir断層の一部を占めるものである。本年度の調査では本鉛脈を中心とする約400 m × 約900 mの範囲に対する地質調査精査と鉛脈部に対する地質放射能精査を実施した。

その結果、破碎帯の幅はImmayn-n-Ait Rahhouで約40 mであり、の中にはバライトの細脈を伴う鉄石英脈及び花崗斑岩の細脈(幅約40 cm)が数条存在する。この鉄石英脈及び花崗斑岩の一部は、300%~600 c/sの測定値を示す連続性3 m~5 mの小規模の弱異常が認められる。放射能測定値600 c/sを示す花崗斑岩の試料の分析結果ではU; 0.020%, Th; <0.010%であった。

Ait Rahhou South Vein (PL. I-15, Table I-6) : 本鉛脈はAit Rahhou North Veinの南西約1.5 kmに位置する。Ait Rahhou North Veinと



の間の Ansagmir 断層中には放射能異常は認められない。

本年度の調査では、本鉛脈を中心とする約500m×約800mの範囲に対する地質調査精査と鉛脈部に対する地質放射能精査を実施した。

その結果は Ait Rahhou North Vein と同様、約40mの破碎帯中には鉄石英脈、バライトの細脈、花崗斑岩の細脈があり、その一部に放射能異常が認められた。精査を実施した破碎帯の範囲は約800mの長さであるが、放射能異常は7個所で確認された。これらは放射能測定値300%~1200c/sを示し、連続性1m~3mの小規模の弱異常である。このうち800c/sの測定値を示す点の試料の分析結果はU; 0.010%, Th; <0.010%であった。

その他のウラン鉛脈(PL. I-11-1, 2): 上記以外のウラン鉛脈を伴う鉛脈は3条ある。

一つは Assaka-n-Tabhirt 西方約1kmの Moulouya 川北岸及びその南側支流に位置する破碎帯である。この破碎帯の走向はN30°E, 傾斜は垂直を示し、幅約3mであるが、この中にある幅約5cmの小規模の鉄石英脈には放射能異常が認められる。Moulouya 川北岸で700c/s, 南側支流で1000c/sの測定値を示し、採取試料の分析結果はそれぞれ、U; 0.059%, Th; <0.010%(700c/s)及びU; 0.046%, Th; 0.012%(1000c/s)であった。

他の2つは Assaka-n-Tabhirt 東方約500mの Moulouya 川北岸にあって走向N40°E, 傾斜垂直、幅5cmの鉄石英脈と Ichmit 東方約1kmの沢にある約1mの破碎帯であり、それぞれ1200c/s, 300c/sの放射能測定値を示すスポット状弱異常を伴っている。

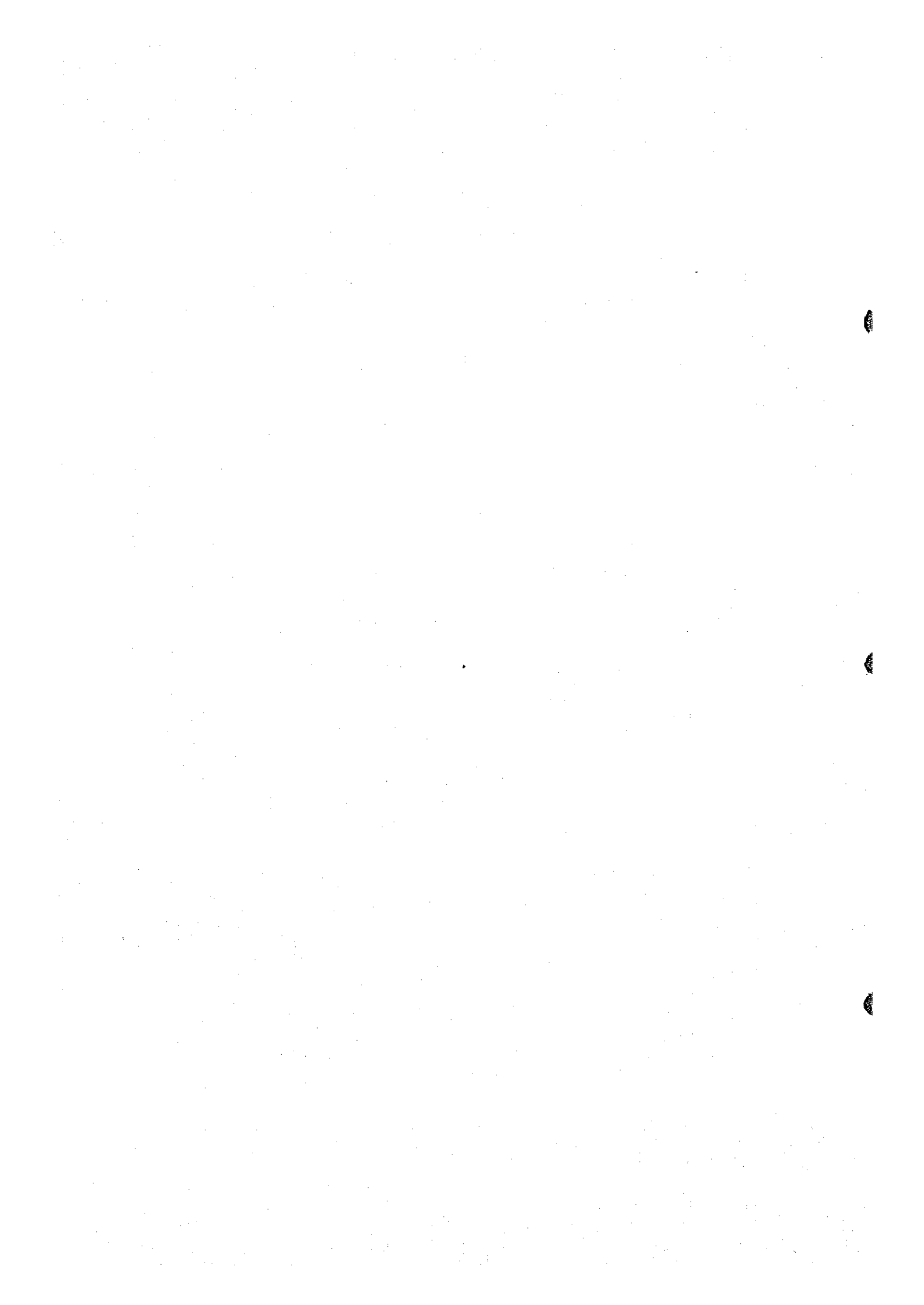
1-3-4 ま と め

(1) 鉛鉛床について

本年度の調査の結果、未探塊の鉛鉛床として Ikhf Ouganbou 鉛化帯と Ait Rahhou 鉛化帯が存在することが再確認された。

Ikhf Ouganbou 鉛化帯は鉛床帯の厚さ20cm~60cm, 品位Pb; 0.28%~2.10% Ba; 3.60%~8.80%を示す低品位の鉛化帯であり、鉛床母岩であるフルコース砂岩層も2m~3mと薄く、発展性に乏しいと考えられる。

Ait Rahhou 鉛化帯は鉛床の厚さ0.2m~1.70m (平均0.55m), 品位Pb; 0.86% 11.50%(平均6.47%), Ba; 0.30%~9.60%(平均4.85%)を示す。本鉛化帯についてはZayda 鉛山により既にボーリング探鉛が実施されているが、今後のきめこまかな調査探鉛により小規模ながらも高品位鉛が発見される可能性がある。



(2) 脈状型ウラン鉱徴について

調査地区内のウラン鉱徴は花崗岩中に発達する破砕帯と密接な関係があり、放射能異常は破砕帯中にある鉄石英脈と花崗斑岩岩脈及び破砕帯直上部のアルコース砂岩中に認められる。

これらの鉱徴は Dique Vein, Assaka-n-Tabhirt Vein, GP Vein, Paneau-1 West Vein, Paneau-1 Vein, Paneau-1 East Vein, Aït Rahhou North Vein, Aït Rahhou South Vein, に伴う 8 地区で認められたが、このうち最大のもの、Paneau-1 に伴われるものでも放射能異常帯は幅 5-6 m, 水平延長約 200 m の規模である。一方鉱徴地における最高放射能測定値は、8000 c/s を示し、最高の試料分析値は U; 0.33% (幅 1 m) であった。しかし、他の鉱徴は一般に鉱化の規模は数 10 m 以下で品位も低く全体を通じ U; 0.02% ないし 0.03% 以下に過ぎない。

従ってこれらを対象とした調査探鉱は積極的に進めるべきではないと判断する。

しかしながら、本地区では Paneau-1 周辺などアルコース砂岩が薄く残留するような、P-T 赤色砂岩層の侵蝕が行われており、その際ウランが流出したとも考えられるにも拘らず、その放射能異常は他地区に比し、比較的密でありかつ高い値を示している。このことは、本地区が堆積層中のウランの供給源としての役割りを果たした可能性を持っている。特に本年度実施のラドンエッチ調査による高異常帯が Paneau-1 などのウラン鉱徴地の走向である北東方向の延長上にあり、しかも古地形上の谷部に相当する地区に検出されたことは注目値する。



第 2 章 ラドンエッチ調査

2-1 調査方法

2-1-1 ラドンエッチ調査の理論

ウラン鉱床探査において、近年、湖水、河川水、地下水、土中ガスなどの中に含まれるラドンガスを測定する地化学探査法が注目され、初期段階から精査段階まで、他の地化学探査法や、物理探査法とともに広く応用される様になった。

ラドンは原子番号 86、化学的に不活性の希ガスグループに属し最も重いガスである。その同位元素は ^{222}Rn 、 ^{220}Rn (Thoron)、 ^{219}Rn (Actinon) の 3 種あり、それぞれ ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{235}U などの放射性元素の崩壊過程で生ずる娘元素である。

これらはガス体であるため、地中においてその空隙などを通して地表部へ移動、拡散する。したがって地表付近における高濃度のラドンガスの存在は、その発生源たる地下におけるウラン・トリウムなどの放射性元素の濃集を示唆すると考えられている。

本法は、この特性を利用して地下に潜在するウラン鉱床を推定する方法の一つとして注目されてきた。

上記の 3 種の Rn のうち ^{219}Rn はその親元素である ^{235}U が、自然界では非常に少ない (総ウランの 0.7%) ので、実際には無視しうる程微量しか生じないと考えられている。

^{238}U と ^{232}Th の崩壊系は次表に示す通りであり、ラドンは ^{238}U 系列の第 6 番目及び、 ^{232}Th 系列の第 5 番目に生ずる元素で、その崩壊に際し α 線を発生する。

ウラン系列	$^{238}\text{U} \xrightarrow{\alpha} 45 \times 10^8 \text{y}$	$^{234}\text{Th} \xrightarrow{\beta} 24.1 \text{d}$	$^{234}\text{Pa} \xrightarrow{\beta} 1.18 \text{m}$	$^{234}\text{H} \xrightarrow{\alpha} 2.52 \times 10^5 \text{y}$	$^{230}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} 80 \times 10^4 \text{y}$	
	$^{226}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} 1622 \text{y}$	<u>$^{222}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} 3825 \text{d}$</u>	$^{218}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} 305 \text{m}$	$^{214}\text{Pb} \xrightarrow{\beta} 268 \text{m}$	$^{214}\text{Bi} \xrightarrow{\beta} 197 \text{m}$	ETC
トリウム系列	$^{232}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} 1.39 \times 10^{10} \text{y}$	$^{228}\text{Ra} \xrightarrow{\beta} 6.7 \text{y}$	$^{228}\text{Ac} \xrightarrow{\beta} 6.13 \text{h}$	$^{228}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} 1.91 \text{y}$	$^{224}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} 3.64 \text{d}$	<u>$^{220}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} 54.5 \text{s}$</u>
	$^{216}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} 0.158 \text{s}$	$^{212}\text{Pb} \xrightarrow{\beta} 10.6 \text{h}$	$^{212}\text{Bi} \xrightarrow{\beta} 60.5 \text{m}$	$^{212}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} 0.3 \times 10^{-6} \text{s}$		ETC

y = years

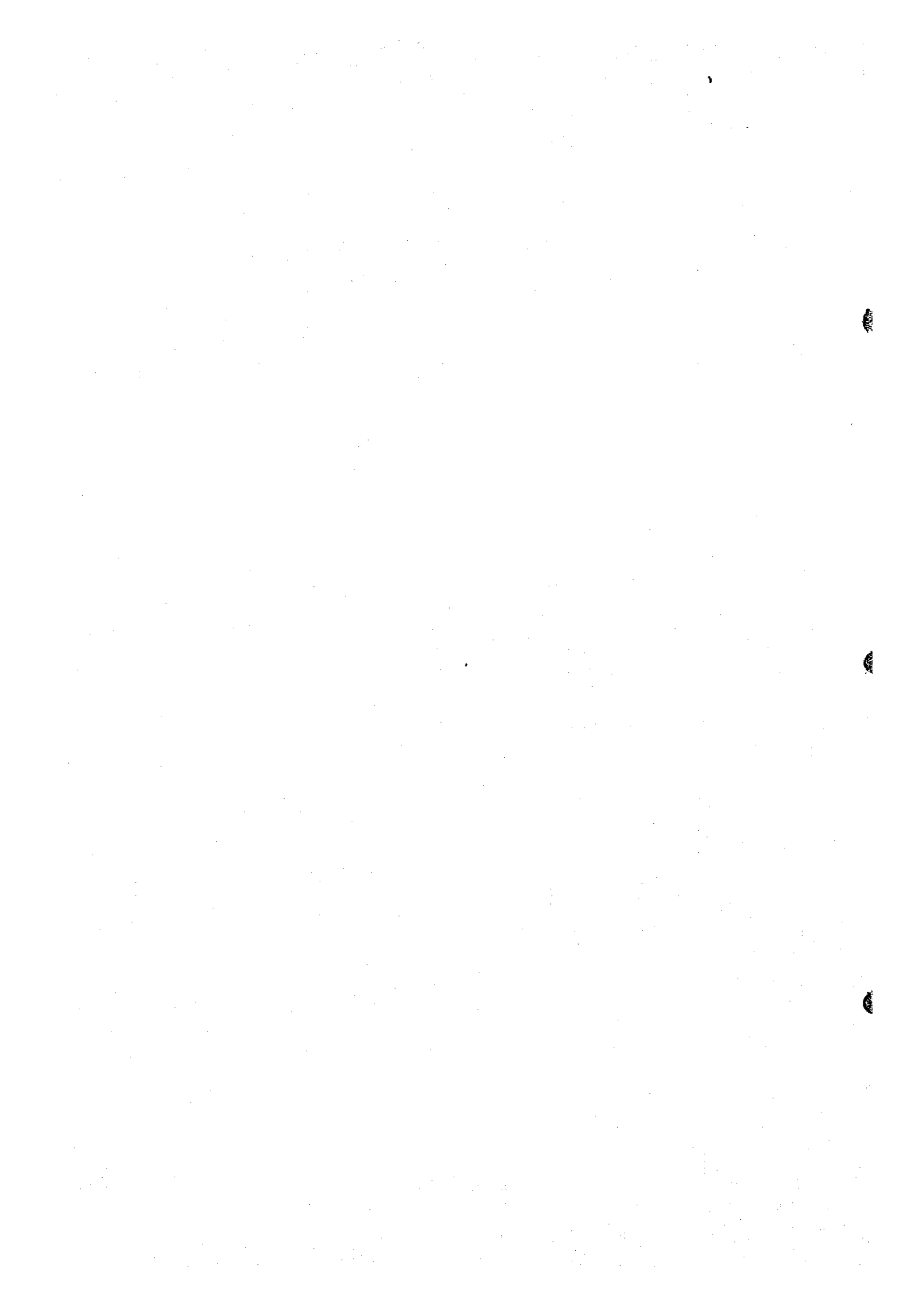
d = days

m = minutes

s = seconds

Elements above, ^{222}Rn of geochemical significance are underlined.

Fig. I-2 Partial Decay Series of ^{238}U and ^{232}Th



ラドンガスの測定方法としては、ラドン及びその娘元素が崩壊に伴って発生する α 線を検出する方法が採用されており、ラドンガス地化学探査法の原理となっている。

α 線検出の方法は大別して次の4方法があり、それぞれ機器が考案され応用されて来た。

- Gold - leaf electroscope
- Zinc Sulphide Sintillometer
- Ionitization Chamber
- Alpha - Track Method

Alpha - Track Method以外の3法は、地表付近からの土中ガス、河川水、湖水などを採取し、この中に含まれるラドンガスの発生する α 線を測定する方法であるが、機器の複雑さと短時間の試料採取のため、ウラン鉱床探査法としては、あまり有効ではないと思われる。特に短時間の試料採取による測定値は大きな変動を示すことが多く、再現性に乏しいと云う難点がある。このことは、ラドンガスの移動、拡散が、気圧、湿度、風、水蒸気、その他の気象条件によって規制されるためと推定され、これらの変化に伴って、短時間で測定値が、大きく変動することによると考えられている。

この様な規制要因の影響を出来るだけ小さくするためには、試料採取時間を長くし、場所による測定値の時間的変動を消去することが必要である。最近では、これらの欠点を補うAlpha-Track法が開発され、広くウラン鉱床探査に利用されている。

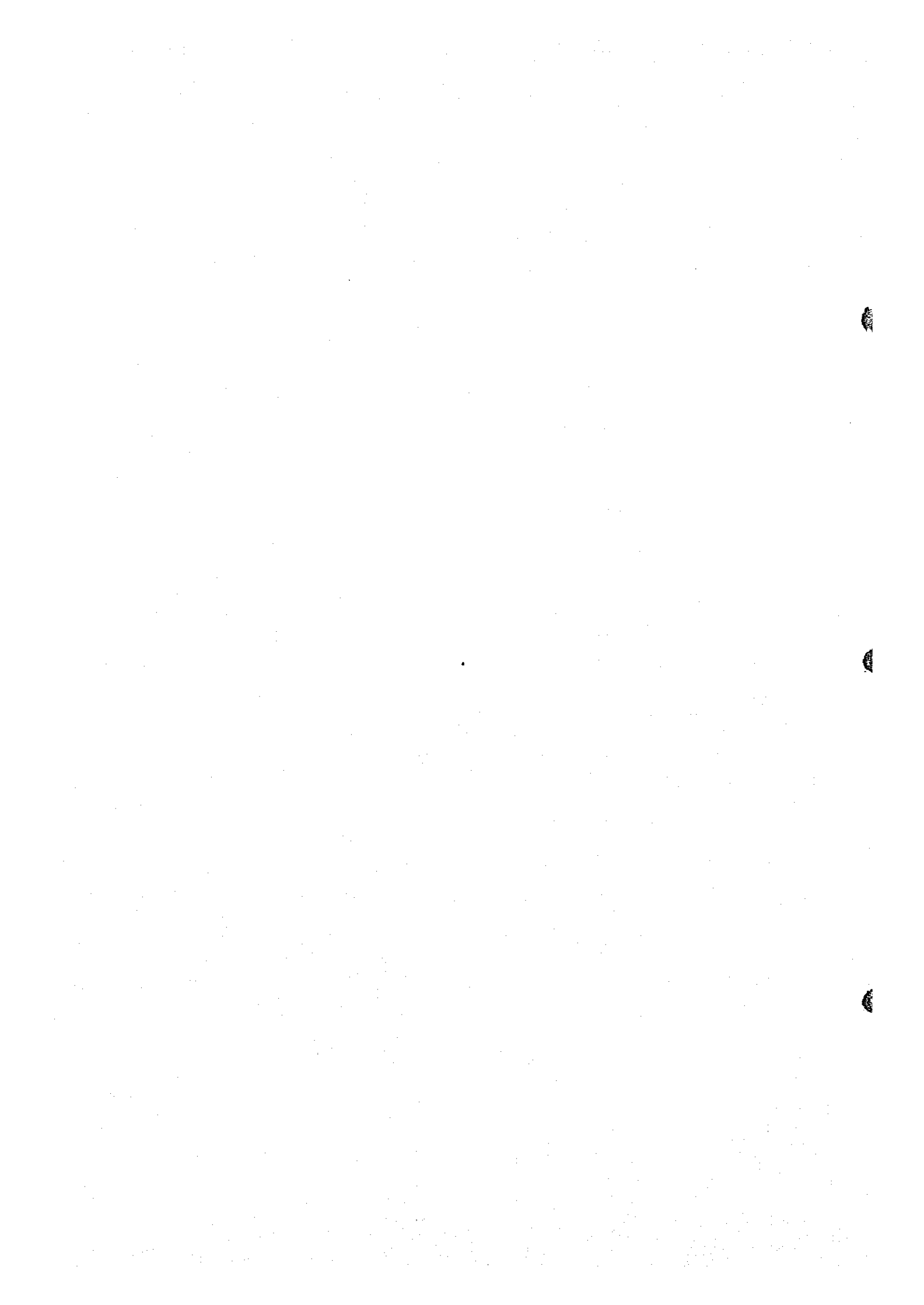
Alpha - Track法は α 線のエネルギー低下現象にもとづくもので α 線が固体を通過するさい、原子衝突し、その通路に沿って飛跡を残すので、この飛跡を数量的に検出して、ラドンガスの濃集状況を調べる方法である。このため α 線に反応する特殊フィルムを製造し、これをカップなどの容器にセットしたものを測定地点に設置し、一定期間放置後回収、エッチング処理して観察を容易にし、 α 線の飛跡数を測定する方法が採用されている。測定結果に対する解析にあたっては、他の地化学探査におけると同様、バックグラウンドの決定が重要な意味をもち、測定結果に対する評価を左右すると考えられる。

今回の調査では α 線検出物として、米国Terradex社製セルロースナイトレートフィルムを底部内側に糊着したカップを購入測定地点に埋設し、3週間～4週間放置後回収、Terradex社に返送、エッチング処理と飛跡測定を行い、その結果を報告書として入手した。

なお、ラドンガス測定による地化学探査法は、一般にラドンの半減期の長さから、適用深度に限界があり、数100m以上の深部に予想されるウラン鉱床探査としては有効ではない。これまでの実績等から有効深度は最深でも200m程度と考えられている。

2-1-2 適用方法

調査対象地区は、Zayda花崗岩岩体およびBou Mia花崗岩岩体の北方に位置し、昨年度の調査結果から、これら花崗岩岩体と北方中部Atlas山脈の間に想定される大きなベーズン構造の



南部に相当する地域である。ベースン内はP-T赤色砂岩層を主体とする地質で構成されており、地層は緩く北方に傾斜する。Zayda, Bou Mia 両花崗岩岩体地域にはP-T赤色砂岩層下部のアルコース砂岩層が散在する。この中に観察されるリップルマーク、ソールマーク、斜交層理などによって堆定されるP-T赤色砂岩層堆積時の古流系は全て北方へ流れている。また、Zayda 花崗岩岩体露出地区の北縁部のMoulouya 川周辺においては破砕帯とこれに伴う花崗斑岩岩脈、鉄石英脈が多数分布し、この中には小規模な放射能異常が認められる。これまでの地表地質調査の結果によって、ウランの鉍化作用が認められているのは、全て花崗岩中の破砕帯か又は破砕帯の直上部付近のP-T赤色砂岩層下部のアルコース砂岩にかけての部分である。その他では、Paneau - 1 付近のQ₁ シルト層に属する礫岩の転石における放射能異常と、Moulouya 川川岸の砂中に認められる放射能異常がある。この様な事実から本地域におけるウラン鉍床は、花崗岩岩体中からこれを被覆する地層にかけて発達する破砕帯中と、P-T赤色砂岩層下部に最も期待され、特にP-T赤色砂岩層下部については、世界各地におけるウラン鉍床の例からP-T赤色砂岩層堆積時の古流路中にウラン鉍床潜在の可能性が大であると考えられる。

この様な観点から上記破砕帯中のウラン鉍徴の北方連続部あるいはZayda - Bou Mia 花崗岩岩体北方のベースン構造南部に存在が予想されるP-T赤色砂岩層堆積時の古流路中などにおける潜在ウラン鉍床を探索するため、上記の如き地質、地質構造、ウラン鉍化作用の特徴を考慮して本ラドンエッチ調査が計画実施された。

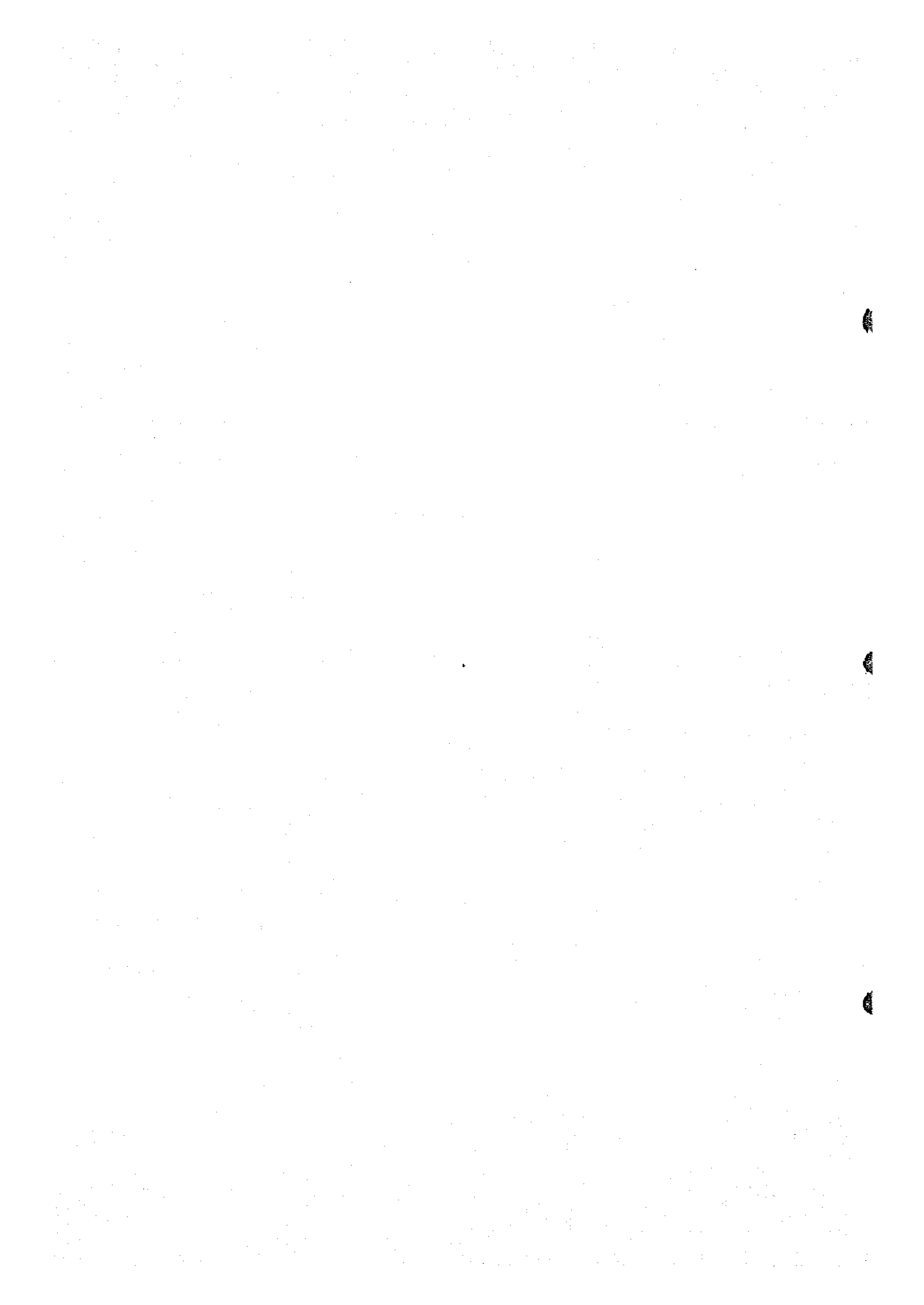
本調査におけるラドンガス測定に当っては調査地区を次の3地区に区分、それぞれカップ埋設密度を決定した。

- (1) P-T赤色砂岩層が地表に露出するか、又は、薄い第四系に被覆されている地域で脈状ウラン鉍床の北方延長部に相当する地域。この地域はウラン鉍床が地表下比較的浅部に予想されるため東西500m、南北500mの間隔で設置した。
- (2) P-T赤色砂岩層が露出するが、前年度の地表調査の結果脈状鉍床の潜在が予想されない地区と白垂系などの地層に被覆されてP-T赤色砂岩層の分布が比較的深部に予想される地域。この地域には東西500m、南北1000mの間隔で設置した。
- (3) 上記の地域の外郭部に相当し、さらに深部にP-T赤色砂岩層の分布が予想される地域。この地域には東西1000m、南北1000mの間隔で設置した。

なお、カップ埋設にあたっては、ウラン探索が目的であるので、²³²Thを親元素とする²²⁰Rnを除去するため、大部分のカップにトロンフィルターを設置した。

2-1-3 実際の作業方法

本調査で使用したラドンガス検出カップ(detector cups)は調査開始に先立ち、日本から発注、カップをモロッコ王国ラバト空港にて入手し、調査地に持参した。Zayda花崗岩



体北方地区における埋設作業は Zayda-Sidi Ayyad(シディアヤド) を結ぶ道路と Agoudim を通る道路の分岐点付近に、南北の基線を設定し、この基線を中心に間縄とポケットコンパスを使用して、方向と間隔を測定、東西方向に順次埋設した。

Itzar 周辺から Bou Mia 花崗岩岩体北方地区については、縮尺 1/25,000 地形図(1/50,000 地形図拡大) により、埋設位置を決定した。すなわち、地形図上の地物を基準に間縄とポケットコンパスにより方向と距離を測定し、埋設位置を決定した。埋設作業はツルハシとスコップを使用、深さ約 40 cm の穴を掘りその底部における放射能を SPP-2NF 型放射能測定器により測定した後カップを設置、カップをビニールシートで被覆し、掘り取った土を埋め戻した。埋設した状態で 20 日間から 26 日間放射後回収した。回収したカップは Terradex 社宛返送した。Terradex 社はエッチング処理と飛跡の測定、及び測定結果に対する一次解析を行い、本調査団が日本帰国後、測定結果の一覧表を含む報告書を東京へ郵送してきた。

Terradex 社の報告書に対する検討の結果、さらに埋設地点の地質に関するデータを加え、コンピューターを使用して 2 次解析を行った。

尚、ラドンガス検出カップ埋設回収作業における、問題点として、本地域では羊飼等の周辺の住民による放置期間中の埋設カップへの干渉(カップを掘り出し破損せしめたり持去るなどの点) があり、このため回収不能のものがあつた点が挙げられる。

本作業に関する主要な内容は下記の通りである。

(1) ラドンガス検出器

Terradex 社製ラドン検出カップ(商品名 : Track Etch Cup)、これは径約 7 cm、長さ約 10 cm の大きさのプラスチックカップ内側底部に Radon detector としてセルロースナイトレート(CN) フィルムを糊着したものである。²²⁰Rn を除去するためトロンフィルターを使用。

(2) 設置点数及び埋設カップ数

736 点。回収不能のものと、埋設状態が不適当なものがあり、一部再埋設したので、実際の総埋設カップ数は 749 個であつた。

(3) 回収カップ数

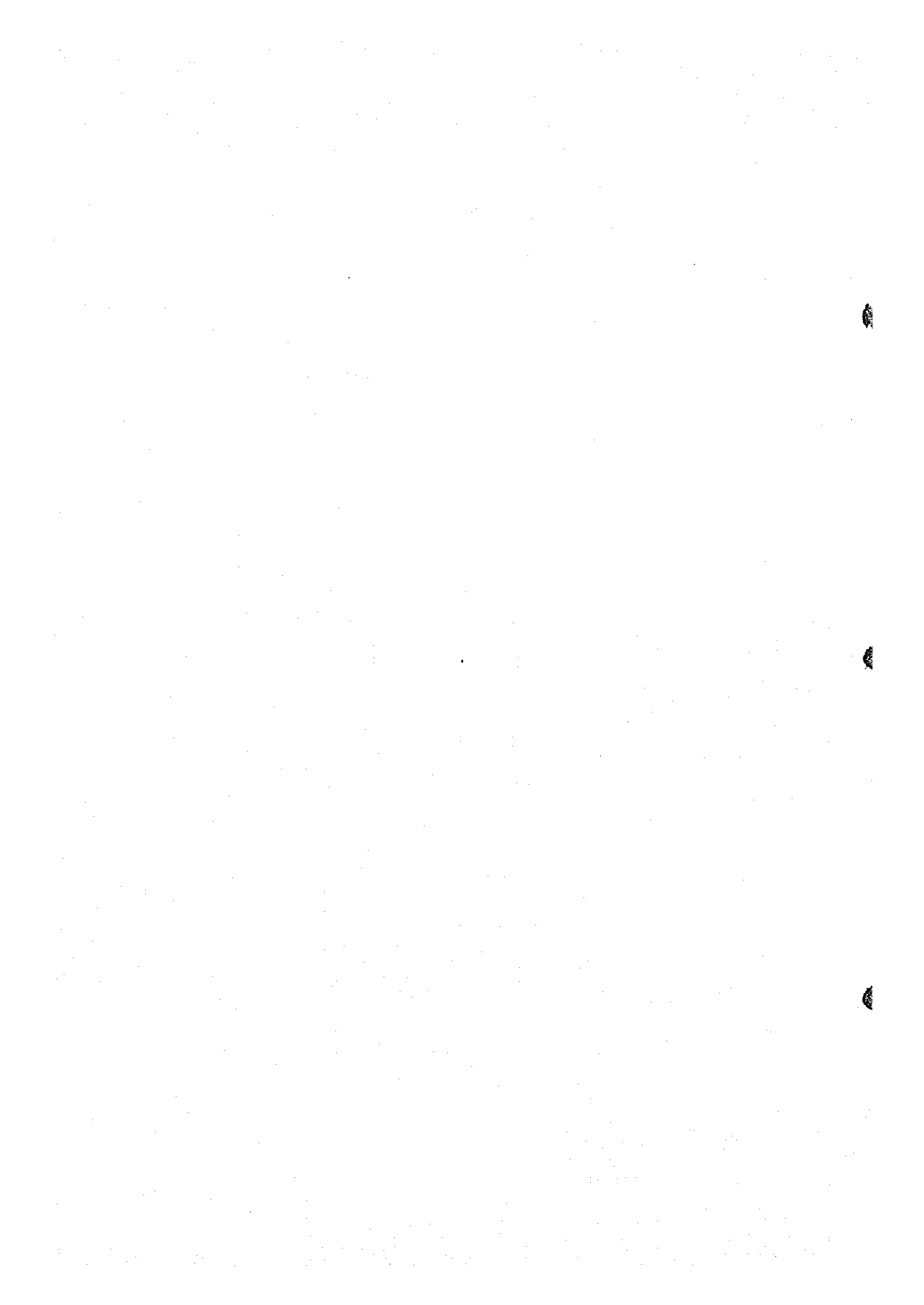
679 個回収したが、6 個については埋設状況が不適当であつたため、データ解析から除外したので、有効回収数は 673 個であつた。

(4) 設置作業期間

1979 年 5 月 16 日に開始し 6 月 8 日に終了した。

(5) 回収作業期間

1979 年 6 月 6 日から開始し 6 月 30 日に終了した。



(6) 放置期間

最短期間21日間, 最長期間26日間であった。

(7) 埋設深度及び埋設状況

深さ約40cmの穴を掘り, カップを伏せ, その上をビニールシートで被覆した後, 掘り上げた土砂を埋め戻した。

(8) 使用器具, 材料

掘削具としてショベル, ツルハシ, ハンマー。

放射能測定器としてSPP-2NF型測定器。

測量機器として100mの間縄, ポケットコンパス。

その他として縮尺1/50,000地形図, 1/25,000地形図(1/50,000拡大図),
ビニールシート。

(9) 設置位置の決定

縮尺1/25,000地形図による地形, 地物より決定。平坦地地域ではベースライン又は縮尺1/25,000地形図上の地物より間縄とポケットコンパスにより簡易測量を実施して決定した。

(10) エッチング処理, 飛跡算定及び1次解析

Terradex社で実施, レポート及びコンターマップを調査団に提出させた。

(11) 測定期間の差異に対する時間補正(測定値の表示)

30日間放置したものとして飛跡数を算出。測定値の表示単位は $T(\text{Tracks})/\text{sqm} \cdot 30 \text{ days}$ である。

(12) 設置位置の表示

縮尺1/50,000地形図に表示されている座標系を使用して設置位置のX座標(東西), Y座標(南北)を表示し, Z座標は設置点の標高を地形図から読みとって表示した。

(13) 2次解析

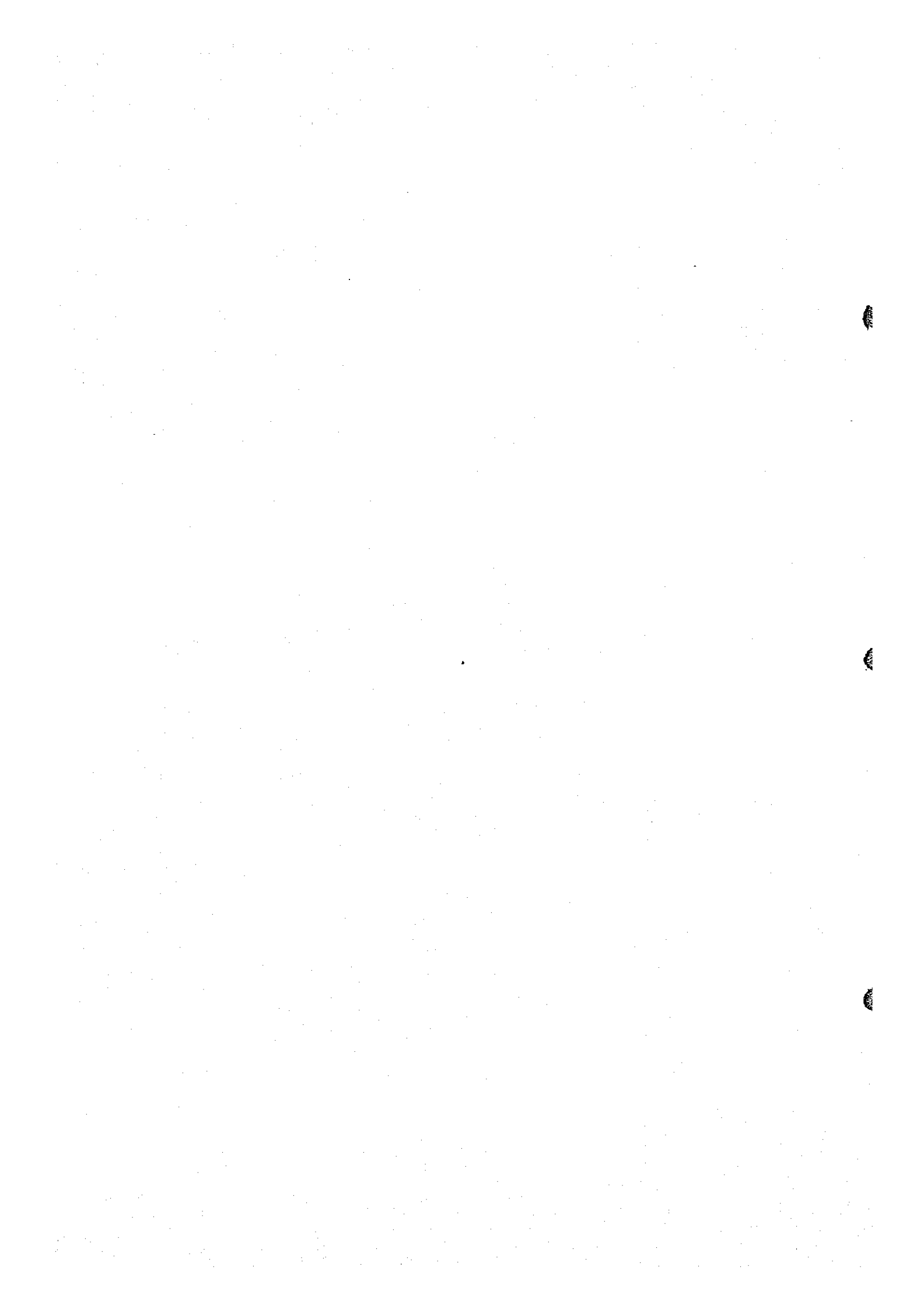
第1次解析では, 地質条件を考慮に入れていないので設置点の地質を考慮した測定結果の解析をコンピューターを使用して実施した。

2-2 測定結果

2-2-1 測定結果表

測定結果は全てTable I-10 List of Radon Etch Survey Results に示す通りである。Table I-10では回収不能であったカップ(その大部分は住民により破壊されたり, 持去られたもの)は除外してある。表示については前項で述べた通りである。

測定結果は $4.1 T/\text{sqm} \cdot 30 \text{ days} \sim 798.0 T/\text{sqm} \cdot 30 \text{ days}$ の範囲であった。



回収されたラドンガス検出カップのうち埋設放置期間中に住民により破損されたもの、回収時に破損されたものなどがあつたがこれらは次の通りである。

破損されたもの	21個
フィルムにひび割、汚染のあつたもの	6個
住民により掘り返されたあと埋めもどされたもの	3個
住民により掘りかえされてトロンフィルターがとられたもの	2個

この様な埋設放置期間中の埋設状況の変化が測定結果に及ぼす影響については、測定値が $17.3 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ から $161.5 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ までの範囲に入っており、いずれも次項で述べる測定値のバックグラウンドの範囲であり、測定値が高く出る様な影響はなかつたものと判断される。

また、トロンフィルターについては、数が不足し、調査地域の西端部において8個のカップをフィルター無しで埋設した。この8個の無フィルター測定値と住民によりフィルターがとり去られたものの測定値についてみると測定値は $33.4 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ から、 $253.8 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ の範囲にあって、フィルター付きの測定結果と比較しても特に顕著な差は認められない。

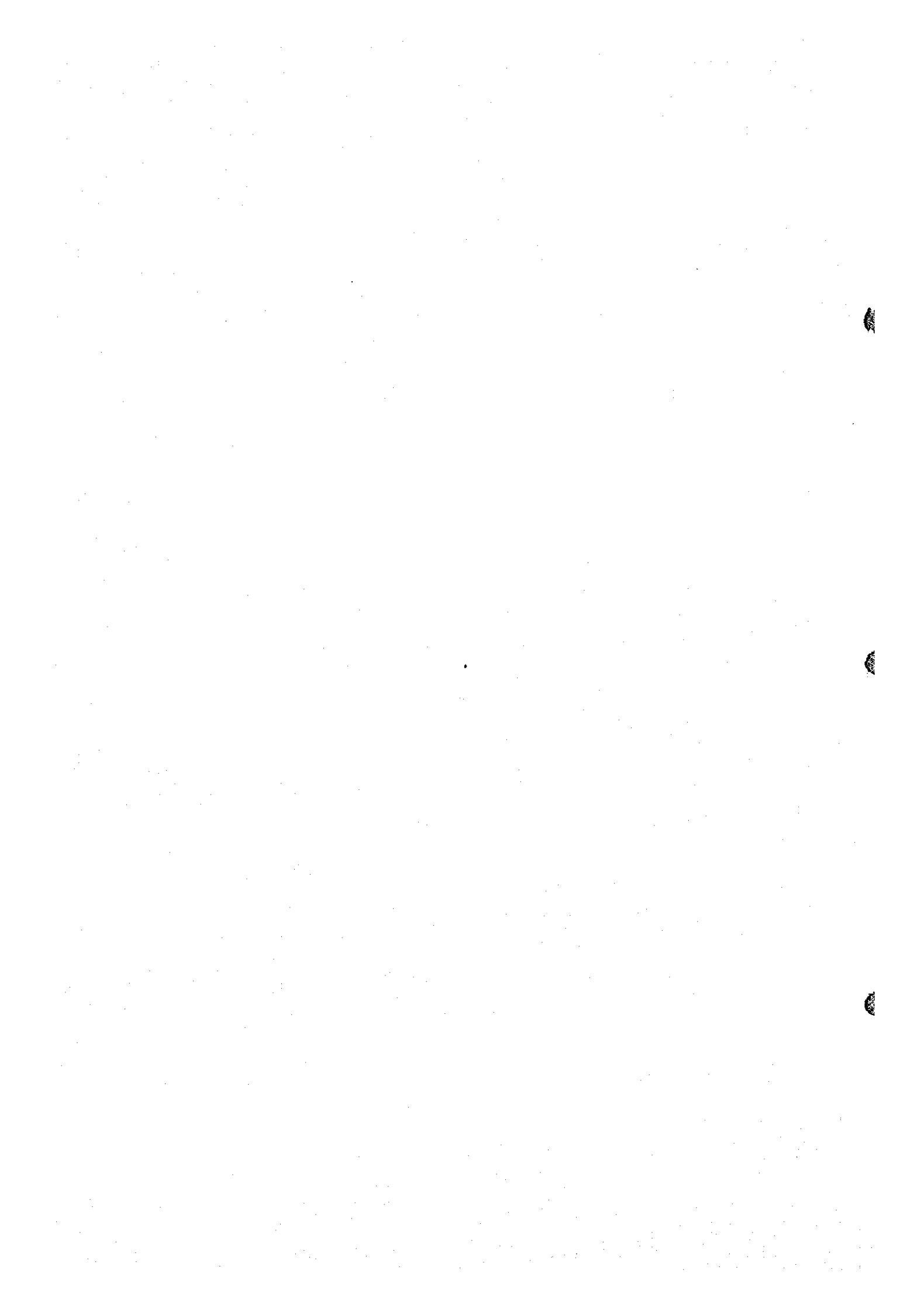
2-2-2 測定値の頻度分布に基づくデータ解析結果

Terradex社による1次解析は地質状況を加味しないもので、測定値を地質的に同一の条件下にあるものとしてデータ処理されており、その検討結果、調査団ではこれらの点を考慮した2次解析を行った。

(1) 1次解析

Terradex社によるバックグラウンドの決定方法は次の通りである。

- 低測定値から高測定値へと順次ならべる。
- この測定値の序列においてちょうど中間に位置する測定値を求める……(M_1)。
- 求めた測定値(M_1)を3倍する。
- $3 \times (M_1)$ までの測定値を低い方から高い方へ再度ならべる。
- 再度作った序列においてちょうど中間に位置する測定値を求める……(M_2)。
- 求めた測定値(M_2)を3倍し、 $3 \times (M_2)$ までの測定値を再び低い方から高い方へならべ、測定値の序列を作り中間値を求める。
- この様な手順を、(M_n) = (M_{n-1})となるまでくりかえす。
- (M_n) = (M_{n-1})となったとき、(M_n)を3倍し、これをバックグラウンドの上限とする。
- 上記の様にして決定されたバックグラウンドについて通常の統計値である平均値及び標準偏差を算出する。

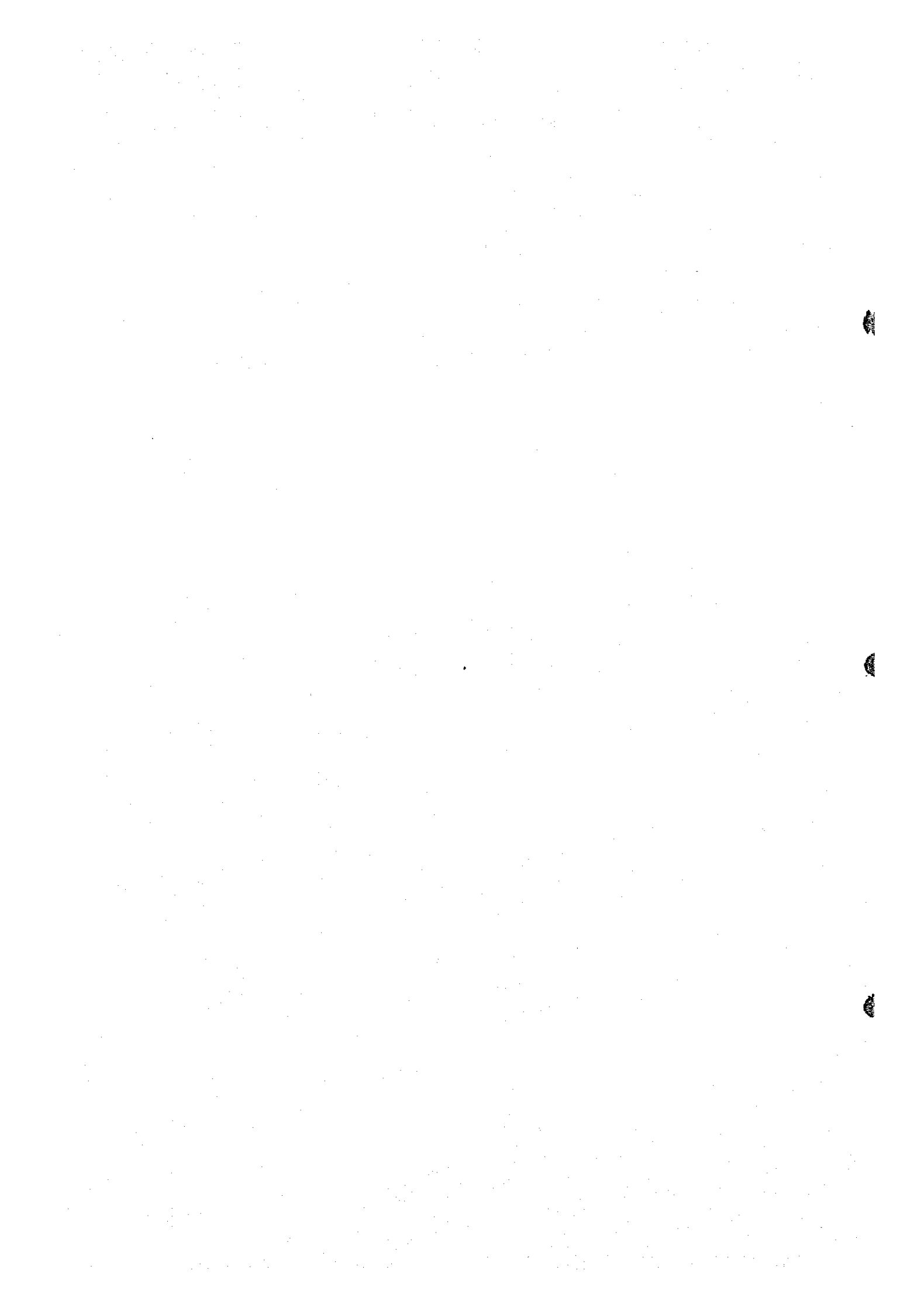


本調査における測定結果について具体的に示すと次の通りであり、除外すべき埋設状況不良の6ヶも加えた総数679個について算出してある。

- 手順 1. 1 340 679
 $4.1 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \cdots 8.01 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} (M_1) 7980 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
 $8.01 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \times 3 = 240.3 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
- 手順 2. 1 316 632
 $4.1 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \cdots 7.42 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} (M_2) \cdots 238.1 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
 $7.42 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \times 3 = 222.6 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
- 手順 3. 1 312 624
 $4.1 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \cdots 7.33 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} (M_3) \cdots 219.8 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
 $7.33 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \times 3 = 219.9 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
- 手順 4. 1 312 624
 $4.1 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \cdots 7.33 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} (M_4) \cdots 219.8 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$
 $M_1 = M_3 = 7.33 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ となり、バックグラウンドの上限は、
 $7.33 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days} \times 3 = 219.9 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ となる。

実際には上記の如く求めたバックグラウンドの範囲について、上限付近の頻度分布を検討し、バックグラウンドの上限を $216.3 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ としている。即ち Terradex 社における検討では埋設状況不良で再埋設した6個のデータもデータ解析に加えてあり、この場合のバックグラウンド上限付近の頻度分布は $201 \sim 202 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が2個、 $215.2 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が2個、 $216.3 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が1個、 $219.8 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が2個となり、測定値の分布から $216.3 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ 以下と、 $219.8 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ 以上とは別の母集団を形成しているとも考えられ、上記計算結果と頻度分布の検討結果から $216.3 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ をバックグラウンド上限と決定したものである。

しかしながら、再埋設した6個についてはデータ解析から除外されるべきであり、除外した673個についてみると、上記の計算結果によるバックグラウンド上限付近の頻度分布は $192.3 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が4個、 $194.7 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が1個、 $200.0 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が1個、 $201.9 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が1個、 $215.2 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ が2個となり、2つの母集団の分界点の可能性は $201.9 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ と $215.2 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の間にある。従って Terradex 社におけるバックグラウンドの考え方に基づけば測定結果のバックグラウンドの上限は $201.9 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ となる。この様な考え方によるバックグラウンドは、又次の様に説明しうるものである。即ち測定値の頻度分布を検討し、測定値の大部分が含まれ、かつその頻度分布が近似的に



正規分布と見なしうる低測定値領域をもってバックグラウンドの分布範囲とするものである。本調査における測定結果について具体的に述べると次の通りである。

測定値は $4.1 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ から $798.0 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ までの値が得られているので、 $0 \sim 800 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ の間を $10 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ 毎に 80 等分しそれぞれの区間に含まれる測定値の数にもとづきヒストグラムを作成すると Fig 1-3, Statistical Diagram of Radon Etch Readings (in Preliminary Analysis) の如くとなる。このヒストグラムは若干の凹凸を無視すれば全体としてポアソン分布（対数正規分布）を示しているが、 $200 \sim 210 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ の区間の測定値の数が少く（1個）、ここを境として測定値の母集団を2つに区分することも考えられる。

$210 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$ 以下は Fig 1-3 に示す如く、近似的に正規分布とみなしうる低測定値領域で測定値の大部分がこの中に含まれ、上記の考え方によるバックグラウンドの母集団と見なすことが出来る。

なお、ポアソン分布を示すサンプル集団を二つに区分する考え方は、統計学の見地からは容認されないものであるが、Terradex 社では経験的なデータの積みかさねによって採用しているものと思われる。

上述の考え方によるバックグラウンドの母集団の統計値は次の通りである。

バックグラウンド平均値： $79.7 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$

(Background Mean, 以下 B. G. M. で表示)

標準偏差 (σ_B)： $44.2 \text{ T/sq m} \cdot 30 \text{ days}$

バックグラウンドの範囲が上記の如く決定されれば、バックグラウンドの範囲に属さない高い測定値は異常値となるが、Terradex 社の考え方ではバックグラウンドの統計値から、個々の測定値について標準偏差を尺度とする Z 値を算出、 $Z = 3$ までをバックグラウンドとし $Z > 3$ を異常値と決定し、そのランク付表示は Z 値と B.G.M. を基準とする倍数で表示されている。測定値の Z 値は次式によって決定される。

$$Z = (X - B.G.M.) / \sigma_B \quad (X: \text{測定値})$$

この式から判るように Z 値は測定値の B.G.M. からの離散の程度を示すものであり、前述の如く、バックグラウンドの母集団の分布を正規分布と考え、その測定値の分布から推定される母集団の約 99% が含まれる範囲の上限 ($B.G.M. + 3\sigma_B$) をバックグラウンド上限と考えれば、 $Z = 3$ までの測定値はバックグラウンドに属する。また母集団の約 95% が含まれる範囲の上限 ($B.G.M. + 2\sigma_B$) をとれば、 $Z = 2$ までの測定値がバックグラウンドに属する。ここで、地化学探査データを解析する上で一般に採用されている $\text{Mean} + 2\sigma$ をバックグラウンド上限とする点を考慮すれば $2 < Z \leq 3$ の範囲にある測定値は異常値の可能性あるバックグラウンドと云えよう。

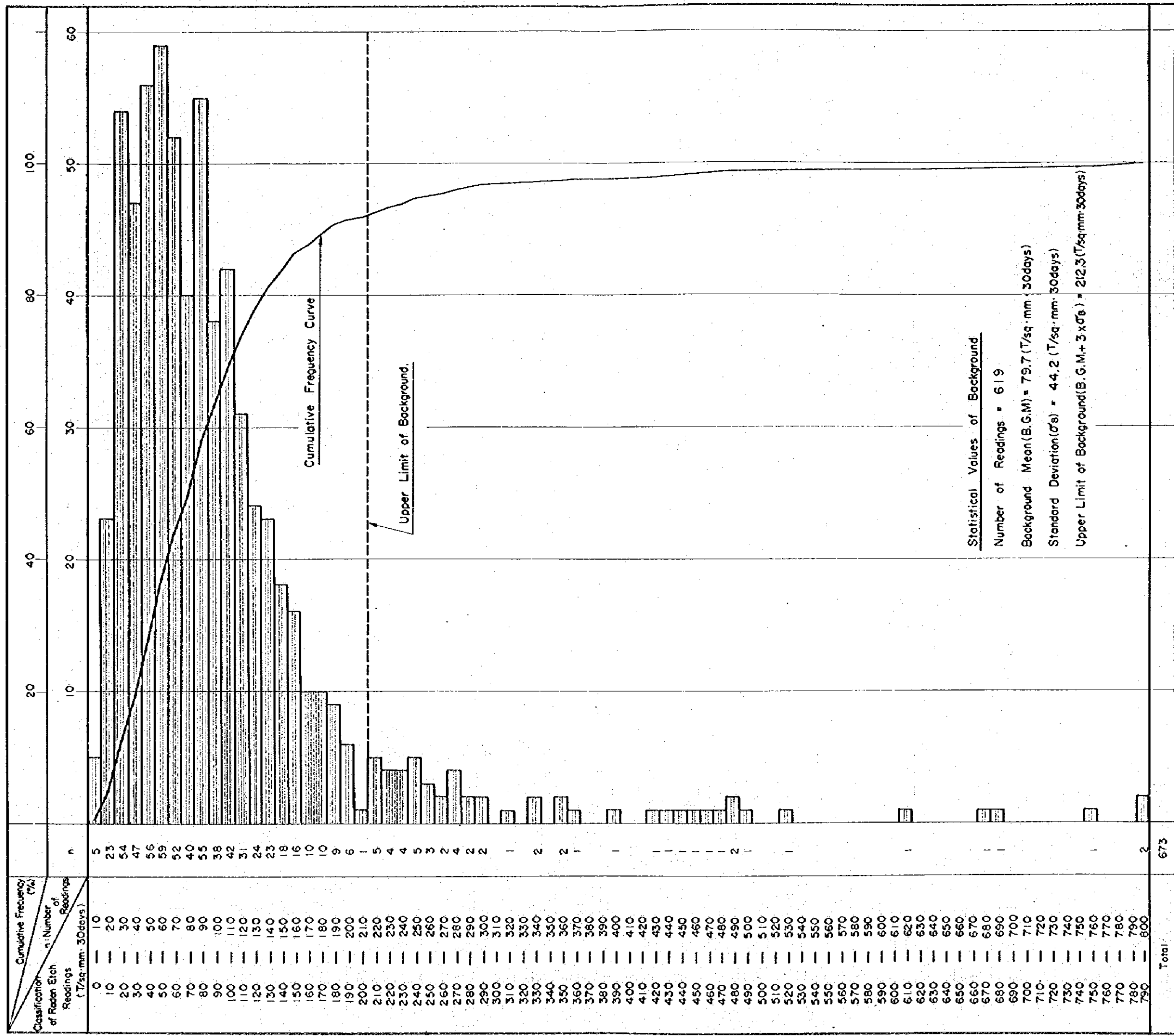
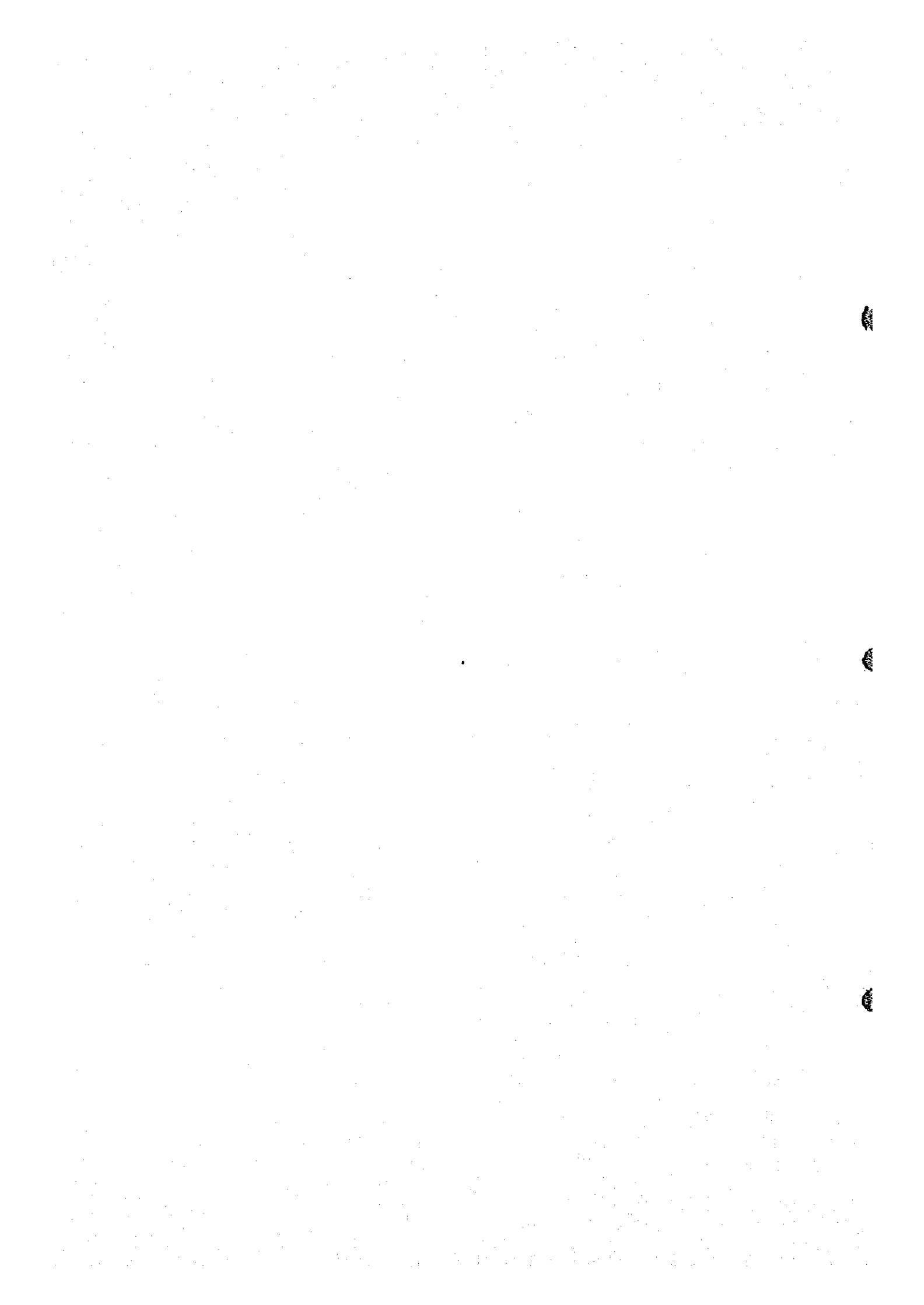


Fig.I-3 Statistical Diagram of Radon Etch Readings (in Preliminary Analysis)



Terradex社ではこの様な考え方でバックグラウンドの範囲を出来るだけ広くとり $Z=3$ をバックグラウンドの上限と考え前述のヒストグラムにより決定したバックグラウンドの範囲をさらに数的に明確化し、 $212.3 T / \text{sq m} \cdot 30 \text{ days} \{ = \text{B.G.M.} + 3 \sigma_B = (7.9.7 + 3 \times 4.4.2) T / \text{sq m} \cdot 30 \text{ days} \}$ を超える測定値を異常値としている。

このような異常値は全部で54個あり、Z値で区分すれば次の通りとなり、異常値の測定位置はPL.1-18に示した。

Z値の範囲	測点数	測定値の範囲	B.G.M.の倍数
3-4	20	215.2 ~ 256.4	2.70 ~ 3.22
4-5	11	257.7 ~ 292.6	3.23 ~ 3.67
5以上	23	317.3 ~ 798.0	3.98 ~ 10.01

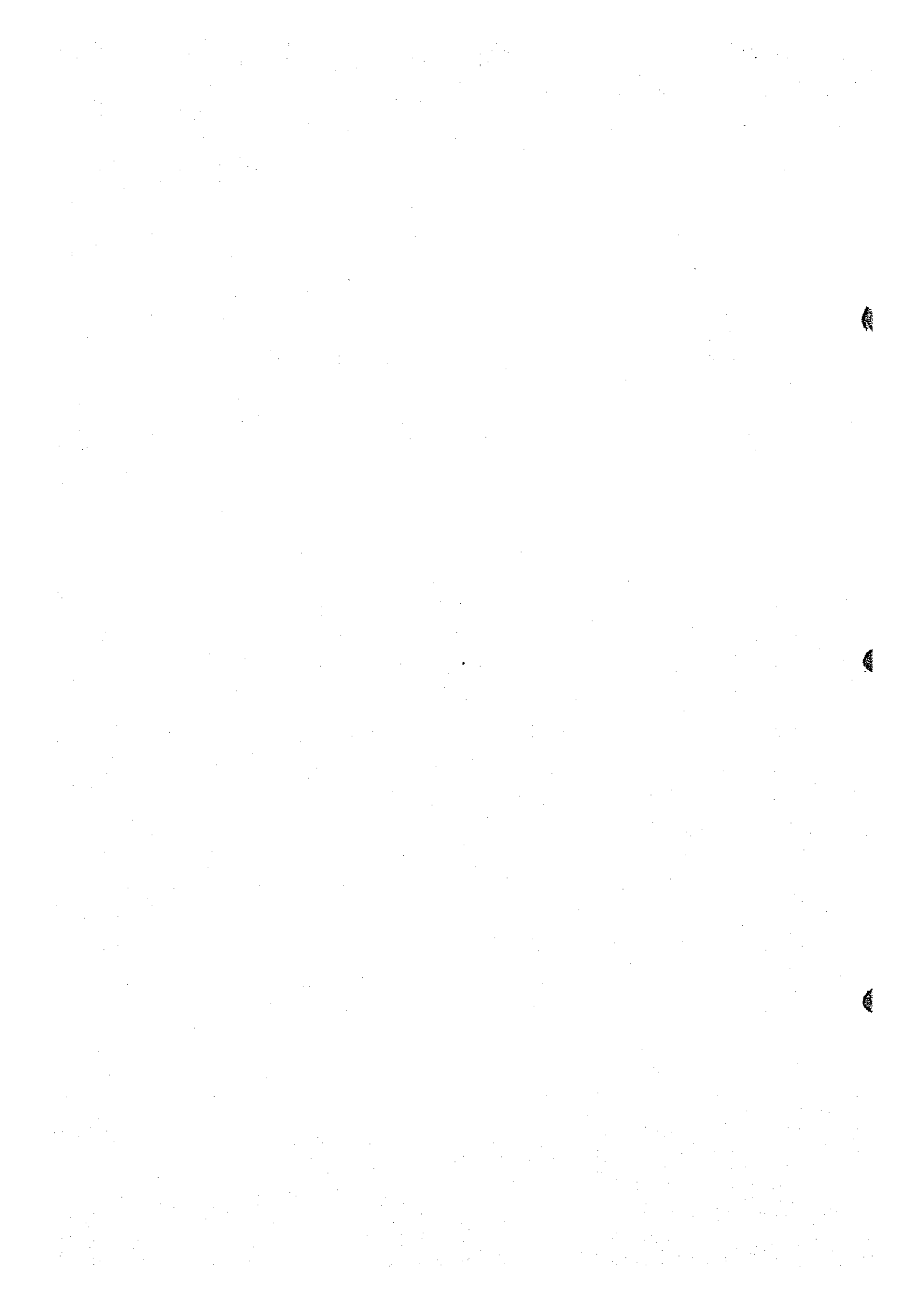
なお、文献によって、ラドンエッチ法の探査実績をみると、地表下100m程度の所に経済的に稼行しうるウラン鉱床があった場合、地表部でB.G.M.の3倍から10倍以上の異常値が検出されている例が多いので、本地域でもB.G.M.の3倍以上の測定値がウラン鉱床又はウランの鉱化帯の存在を表現している可能性をもつ異常値と推定される。

なお、Terradex社の報告ではこれまでの経験から、本地域のB.G.M.の値(80 T / sq m · 30 days)は既調査の世界各地のウラン鉱床地域におけるB.G.M.の約半分程度の数値であると言っており、さらに、上記の異常値に関するその測定値と分布状況から、浅くて低品位のウラン鉱床あるいは深くて高品位のウラン鉱床の存在を示唆している可能性が強いと云うことである。

(2) 2次解析

2次解析では、設置点の地質のちがいににより、測定値を区分し、ポアソン分布に対する統計的に容認された処理方法に基づき、コンピューターを使用して測定値を対数変換し統計処理した。その結果の統計値一覧表はTable 1-11に示し、ヒストグラム及び、累積頻度分布図はFig. 1-4に示す。設置点の地質による区分は次の通りであり、Terradex社の1次解析の結果と比較するため地質による区分を行わない全体についても検討した。

- Group - 1 第四系分布地域に設置されたもの
- Group - 2 第三系分布地域に設置されたもの
- Group - 3 白亜系分布地域に設置されたもの
- Group - 4 β_{P-T} 玄武岩層分布地域に設置されたもの
- Group - 5 P-T赤色砂岩層分布地域に設置されたもの
- Group - 6 基盤岩類分布地域に設置されたもの



(a) 測定値全体に関する検討 (Fig. I - 4 - 1)

ヒストグラムはほぼ完全な対数正規分布を示し、幾何平均値は $75.4 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ である。これは1次解析の結果におけるB.G.M.の値と比較し、若干低い値であるが、ほぼ同程度であり、全体としてバックグラウンドの分布範囲の中心(平均値)は1次解析の結果も考慮して、 $75 \sim 80 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ と考えるのが妥当と思われる。また累積頻度分布図ではその分布傾向に屈曲点が認められず、ほぼ直線で近似されるが、強いて求めれば $160 \sim 170 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の所に下に凸の弱い屈曲点がある様に見られる。これは1次解析におけるB.G.M. + 2σ 即ち $Z = 2$ にほぼ対応する位置である。

この点を、地質を考慮しない場合の測定値の分布におけるシキイ値(Threshold値)とみることも可能であり、1次解析におけるZ値が2から3の間にある測定値は異常値の可能性あるバックグラウンド(anomalous background)と云うことも良く理解出来る。云いかえれば、バックグラウンド母集団と異常値の母集団の分布は、この点を中心に重さなって分布していることも推定される。従って1次解析において異常値として抽出された $Z = 3$ 以上の測定値は設置点の地質を考慮しない場合の『明らかな異常値』と云える。

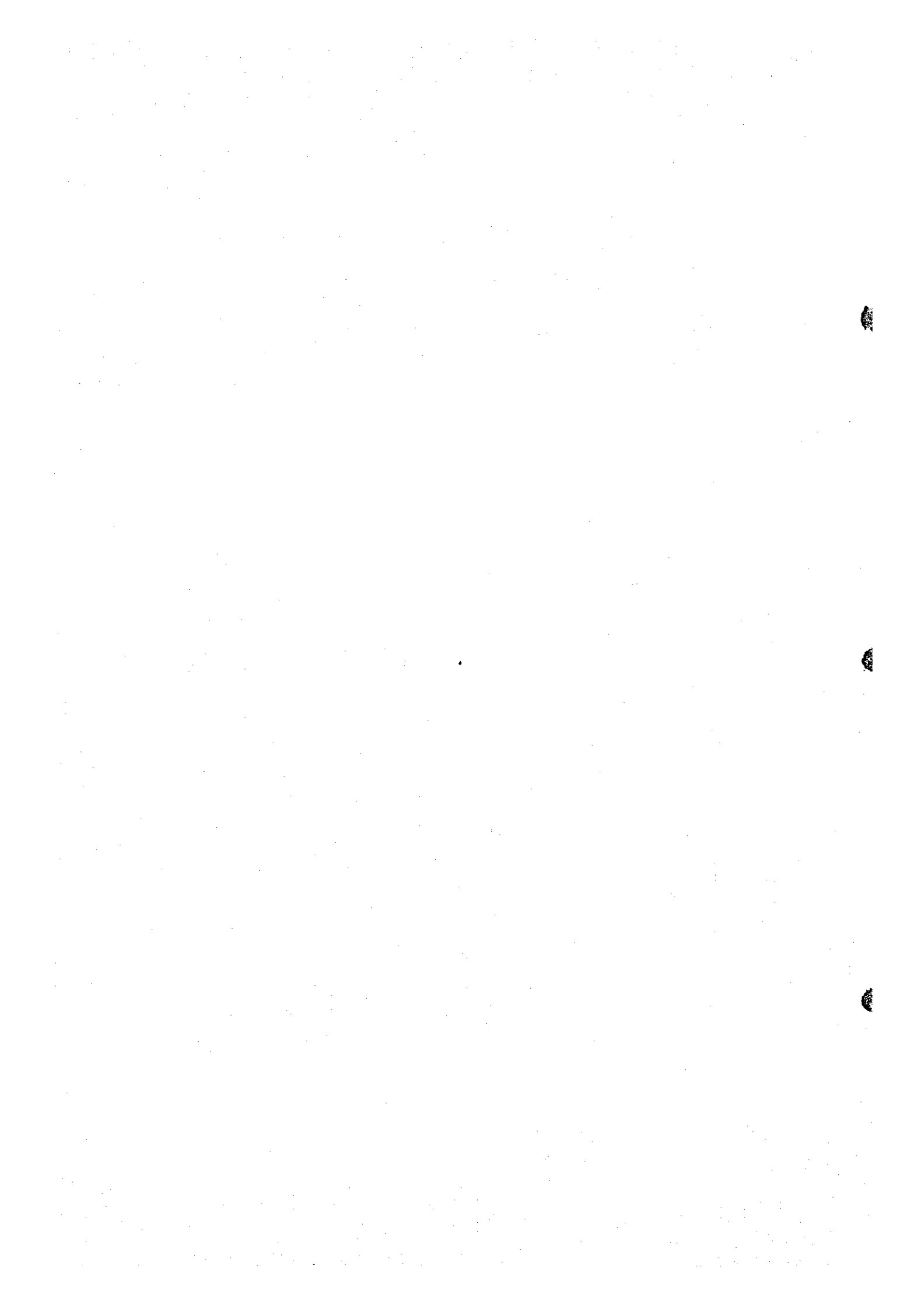
(b) 第1グループの検討 (Fig. I - 4 - 2)

本グループに属する測定値は196個であり、その大部分はZayda花崗岩岩体の北方の平原地帯において設置されたものである。この地域にはP-T赤色砂岩層を被覆する数m程度の軟質のシルト層が分布し、その上で測定されたものである。測定値の範囲は $4.1 \sim 798.0 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ であり、幾何平均値 $98.7 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ (対数値1.994)、標準偏差は対数値で0.3088である。ヒストグラムはほぼ対数正規分布であるが、平均値より上にややふくらみをもった分布を示している。累積頻度分布によると $237 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の点で分布傾向に屈曲がみとめられ、この点がシキイ値である。シキイ値以下即ちバックグラウンドは幾何平均値 $85.9 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ (対数値1.93) 標準偏差は対数値で0.2558である。196個の測定値のうち19ヶの異常値が抽出された。異常値は $238.1 \sim 798.0 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の値をもち、バックグラウンドの幾何平均値の2.77倍から9.29倍である。

(c) 第2グループ (Fig. I - 4 - 3)

第2グループに属する測定値は126個である。

測定値の分布範囲は、 $11.5 \sim 272.4 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ であり、幾何平均値は $51.1 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ (対数値1.708)、標準偏差は対数値で0.2861である。ヒストグラムはほぼ対数正規分布を示すが、ヒストグラムにおける裾の拡がり小さい。累積頻度分布では屈曲点が認められない。このグループの母集団のシキイ値としては平均



値プラス標準偏差の2倍の値とし $190.6 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ と決定した。シキイ値以下のバックグラウンドの幾何平均値は $49.2 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ (対数値 1.692) であり標準偏差は対数値で 0.2693 である。シキイ値以上の異常値は3個抽出され、 $194.7 \sim 272.4 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ の測定値をもち、バックグラウンドの幾何平均値の 3.96 倍から 5.54 倍である。

(d) 第3グループ (Fig. I-4-4)

第3グループに属する測定値は174個である。測定値の分布範囲は $9.2 - 330.8 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ であり、幾何平均値は $55.5 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ (対数値 1.744) 標準偏差は対数値で 0.3034 である。測定値のヒストグラムは若干の凹凸をなれば、ほぼ対数正規分布となるが、第1グループと同様平均値より上で若干のふくらみをもった分布を示す。累積頻度分布では顕著な屈曲点はない。第3グループも第2グループと同様の方法でシキイ値を決定した。シキイ値は $224.3 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ である。シキイ値以下のバックグラウンドは幾何平均値 $54.0 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ (対数値 1.732), 標準偏差 0.2919 (対数値) である。

174個の測定値のうち、シキイ値以上の異常値は3個であり、 $224.4 \sim 330.8 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ の値である。これらはバックグラウンドの幾何平均値の 4.16 倍から 6.13 倍である。

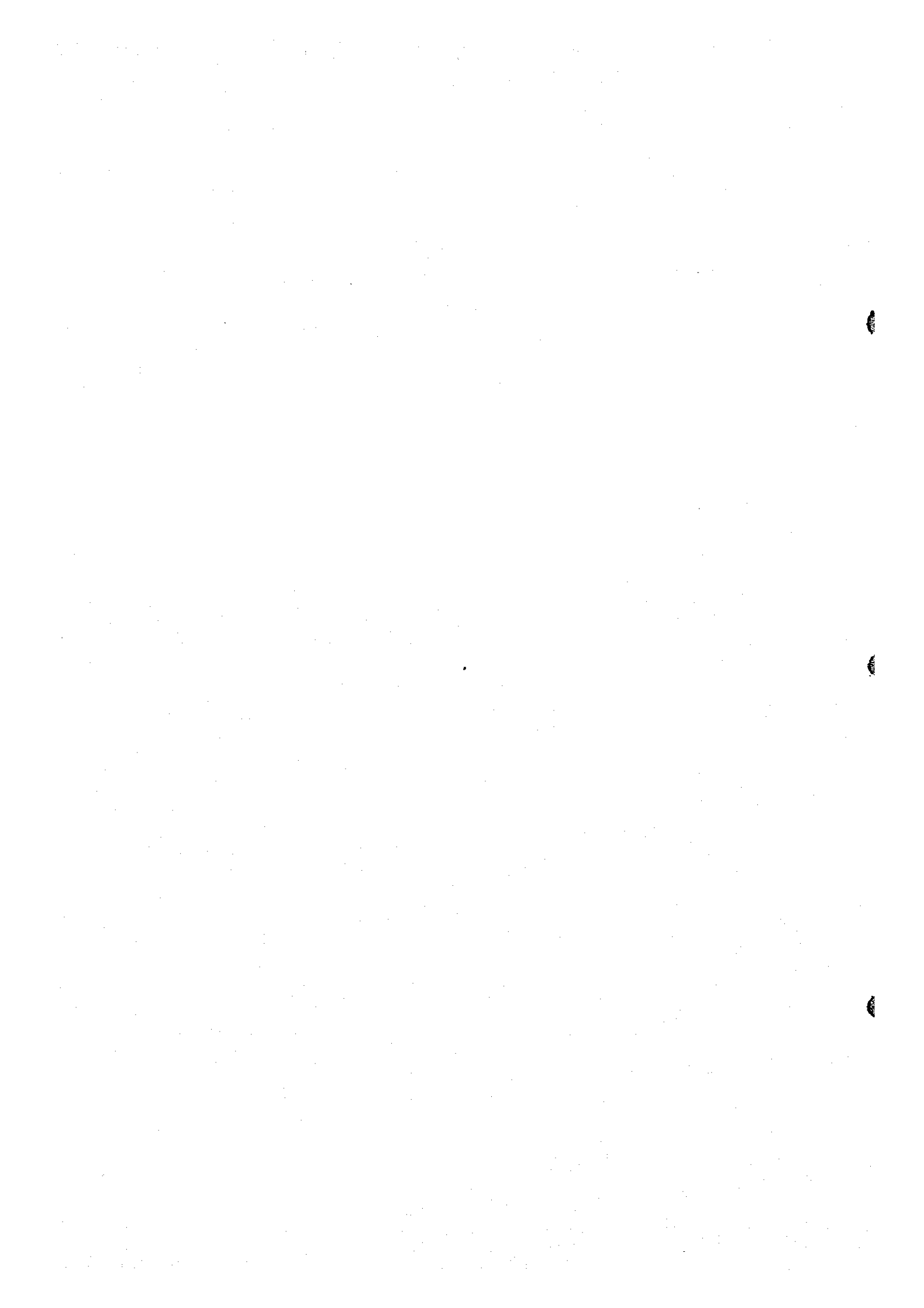
(e) 第4グループ (Fig. I-4-5)

第4グループに属する測定値は27個と少く、分布範囲は $16.0 \sim 176.3 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ である。幾何平均値は $61.9 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ (対数値 1.791) であり、標準偏差は対数値で 0.2441 である。累積頻度分布は測定数が少いためにバラツキを示すが、全体の傾向は直線的である。測定数が少いのでシキイ値は第2、第3グループと同様の方法で決定し、 $190.2 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ である。27個の測定値は全てシキイ値以下となり、異常値は抽出されなかった。

(f) 第5グループ (Fig. I-4-6)

第5グループに属する測定値は138個である。測定値の分布範囲は $4.6 \sim 796.7 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ である。その幾何平均値は $108.4 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ (対数値 2.035) であり、標準偏差 0.3240 (対数値) である。測定値のヒストグラムはほぼ対数正規分布を示す。累積頻度分布は全体的に直線的傾向を示すが、 $146.3 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ の点で、顕著ではないが下に凸の屈曲を示しており、第1グループ同様、この点がシキイ値であり、この点を中心として2つの母集団が重なっていると推定される。シキイ値以下のバックグラウンドは幾何平均値 $77.5 T/sq_{mm} \cdot 30 days$ (対数値 1.889) 標準偏差 0.2249 (対数値) である。

138個の測定値のうち、シキイ値以上の異常値は38個抽出され、他のグループより



多い。異常値は $146.5 \sim 796.7 \text{ T/sqmm} \cdot 30 \text{ days}$ の値をもち、バックグラウンドの幾何平均値の1.89倍から10.28倍である。

(g) 第6グループ (Fig 1-4-7)

第6グループに属する測定数は12個と少く、分布範囲は $38.5 \sim 429.0 \text{ T/sqmm} \cdot 30 \text{ days}$ である。幾何平均値は $117.0 \text{ T/sqmm} \cdot 30 \text{ days}$ (対数値2.068), 標準偏差0.3153 (対数値)である。測定数が少いためヒストグラムの分布パターンは不明である。累積頻度分布はほぼ直線的傾向を示す。シキイ値として第2, 第3, 第4グループと同様の方法で決定すると測定数が少いこともあって、 $499.6 \text{ T/sqmm} \cdot 30 \text{ days}$ となる。測定値は全てシキイ値以下となり異常値は抽出されなかった。

(3) 解析結果及び解析結果と地質との関係

以上の検討の結果、算定された異常値を示す測定点は全部で63個あり、これは1次解析の結果抽出された異常値の数より9個多い結果となっている。

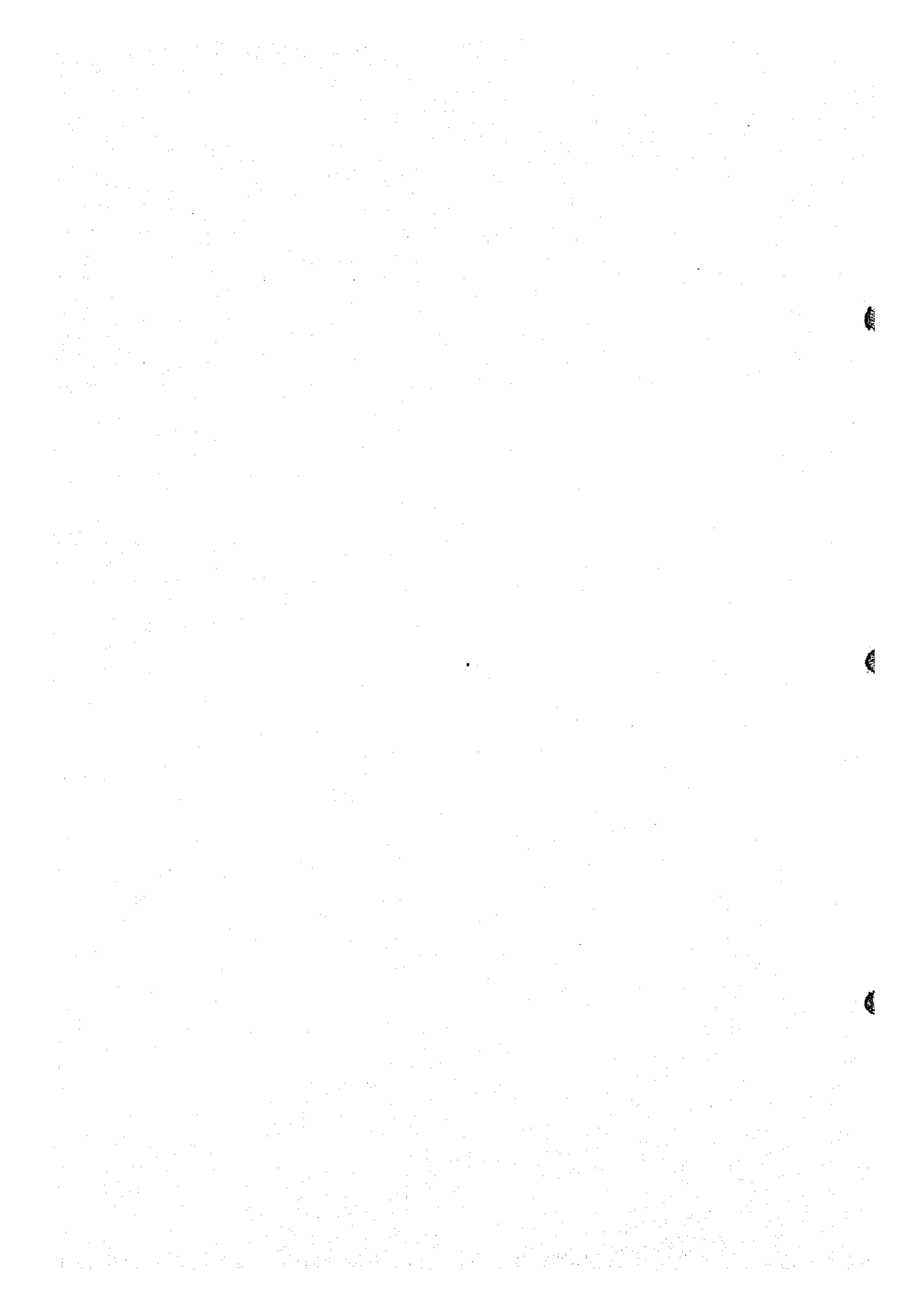
1次解析, 2次解析の結果得られた異常値を示す測定点を比較すると、両者とも大部分の異常点は一致しているが、1次解析の異常値で2次解析において、異常値でなくなったものは第1グループで3個, 第6グループで3個の計6個であり、逆に2次解析で異常値として抽出されたものは第3グループに属する1個と第5グループに属する14個計15個である。これらの異常点はPLJ-18に示した。

またTable I-11に示す通り、測定値の分布の特徴を表現する、幾何平均値及び標準偏差についてみると次の通りである。

異常値を含むグループ別全測定値については、標準偏差は第4グループを除き、対数値で 0.3 ± 0.02 程度の範囲には入り、対数変換後における分散度はほぼ同程度と推定される。第4グループについては0.24であり、他のグループに比し分散度は小さいと推定される。また幾何平均値については第1グループを除き第6グループから第2グループまで順次低い数値となっており、このことは、昨年度の野外調査における放射能測定値が、基盤岩類から第4系まで順次低い測定値を示したことと良く対応している。第一グループは第5グループの次に位置し、その測定値は大部分P-T赤色砂岩層を薄く被覆するQ₂シルト層分布地区で得られたものであり、Q₂シルト層の下位にあるP-T赤色砂岩層などの影響があるものと考えられる。

異常値を除く、バックグラウンドについてみると、幾何平均値は上記地層別の全測定値の傾向と一致しているが、標準偏差はシキイ値の決定のちがいにより0.24から0.315までかなりの巾をもっている。第5グループの分散が最も小さく、第2グループ, 第3グループ, 第6グループなどが大きい方である。

これらの点より、P-T赤色砂岩層は、基盤岩類を除く他の地層に比し地層全体にウラ



ンが多くかつ比較的均等に含有されており、高い測定値はその中におけるウラン濃集（ウラン鉱化作用）があることを暗示するものと考えられる。その他の地層は地層全体として時代が新しくなるに従いウランの含有が少なくなっていることを示し、分散の幅がP-T赤色砂岩層などに比し大きいことは、ウランの存在状態が局在しているか、P-T赤色砂岩層、基盤岩類あるいはこれらの中に胚胎されるウラン鉱床の影響が出ているものと考えられる。基盤岩類については堆積岩類に比し全体としてウラン含有が多くかつその存在が均質でなく局在しているものと考えられる。

(4) 測定点における放射能測定値とラドンガス測定値の関係

ラドンガス検出カップ埋設時に測定点における放射能を測定したが、その関連を調べるため、ラドンガス測定値及び放射能測定値を対数変換し相関係数を求めた。その結果は次の通りである。

Radioactivity / Radon Etch Reading 相関係数

第1グループ	0.390
第2グループ	0.503
第3グループ	0.407
第4グループ	0.103
第5グループ	0.315
第6グループ	0.044
全測定点	0.524

またPLI-20にはラドンガス測定値、放射能測定値及び地質断面の関係を示した。これらにみる通り、放射能測定値とラドンガス測定値の間には顕著な相関が認められない。これらの結果は、測定値が地表付近のウランの存在のみを反映したものでなく地下深部からの影響もかなり強く表現しているものと推定される。特に異常値は地表付近のウランの濃集を示すものではなく、地下におけるウランの濃集を示唆しているものと考えられる。

(5) コンターマップ

調査結果に対する検討としては、既に述べた異常値の抽出のほか、測定値の分布傾向を表現するため5点加重平均法によるコンターマップを作成した。これはPLI-19に示す。

このコンターマップはTerradex社による1次解析レポートに添付されたものである。5点加重平均法によるコンターマップは実際の測定値を用いて、別に調査対象地域全体について算出された計算値をもって描かれたものである。方法は求めようとする点に最も近接した5点の測定値をその距離の逆数をパラメーターとして加重平均するもので一般式は次の通りである。

$$eX_j = \frac{\sum \frac{1}{R_{i-j}} \cdot X_i}{\sum \frac{1}{R_{i-j}}}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5$
 $X_i =$ 点 i における測定値
 $eX_j =$ 点 j における計算値
 $R_{i-j} =$ 点 i と点 j 間の距離

上記 eX_j にもとずいて描かれたコンターは、実測値の分布をかなり忠実に表現した傾向面を描出している。コンターマップの作成にはこの他6点加重平均法 ($i=1\sim 6$)、8点加重平均法 ($i=1\sim 8$) などあるが Terradex 社の経験では、堆積岩地帯の場合5点法が最も適しているとのことである。

2-2-3 異常値地区

(1) 異常値の分布

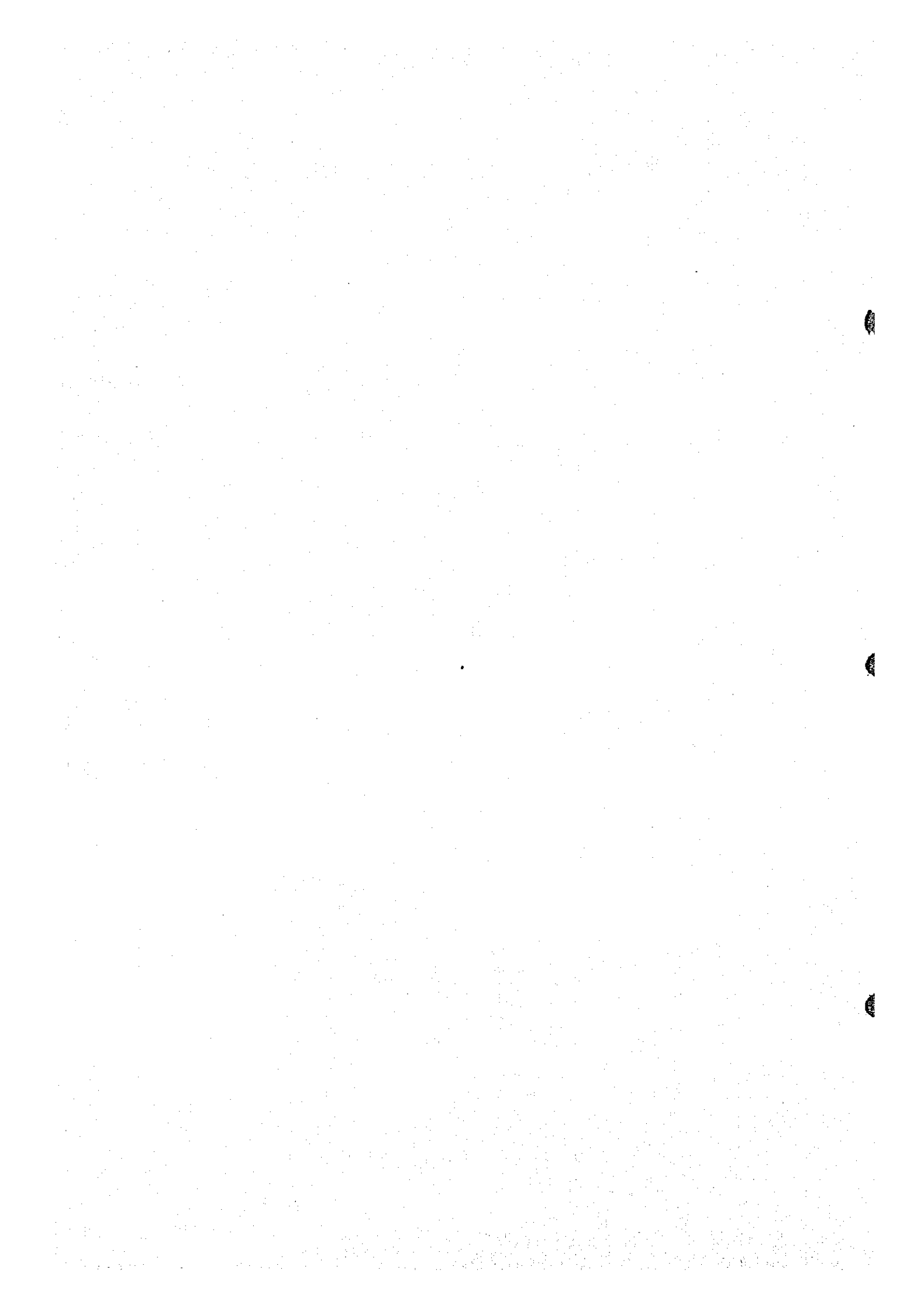
前項で抽出された異常値は Zayda 花崗岩岩体北方に多く分布しており、Zayda 北方か Bou Mia 花崗岩岩体北方にかけての地域には少い。

Zayda 花崗岩岩体北方では Immayn - Aït - Rahhou 北方に大きな異常点の集中がみられる (1次解析, 2次解析ともほぼ同様) ほか, Assaka - n - Tabhirt 北方に4~5点の集中がみられる。このほか, Idamrane Micha 方面では8~9点の異常が点在し, また Zayda 東北, I lighmane - n - Amar 周辺に数点の2次解析における異常点が点在する。

Zayda 北方から Bou Mia 花崗岩岩体北方にかけての地域では, Zayda 花崗岩岩体北方と異なり, 6点~7点の異常 (1次解析, 2次解析とも) が散在するのみであり, Zayda 付近の連続した2点の2次解析における異常点が注意を引く程度である。

(2) コンターマップについて

一方コンターマップをみると Immayn - Aït - Rahhou 北方の異常点集中地区に顕著な高測定値部がみられるほか, その西方の Assaka - n - Tabhirt 北方にも小規模な高測定値部がみられる。この2つの高測定値部は全体として北西方に伸びる傾向を示している。また, Idamrane - Micha 方面では点在する異常点を中心に $200 \sim 250 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ 程度の測定値部がみられ, コンターの引き方如何によると思われるが, NE-SW, NW-SE などの方向の弱い伸びの傾向を示している。その他の地域では, Bou Mia 花崗岩岩体北方の Tirouwadine 付近に N-S 系の方向性をもつ $150 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ 程度の測定値部, Izatimane 付近に E-W 系の方向性をもつ $150 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の測定値部, Aït Bassou 南東の $175 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の測定値部, I lighmane Si-di Middah の $175 \text{ T/sq}_{\text{mm}} \cdot 30 \text{ days}$ の測定値部など散在する異常点を中心としたものが注意を引く程度である。



(3) 異常値地区と地質、地質構造との関連について

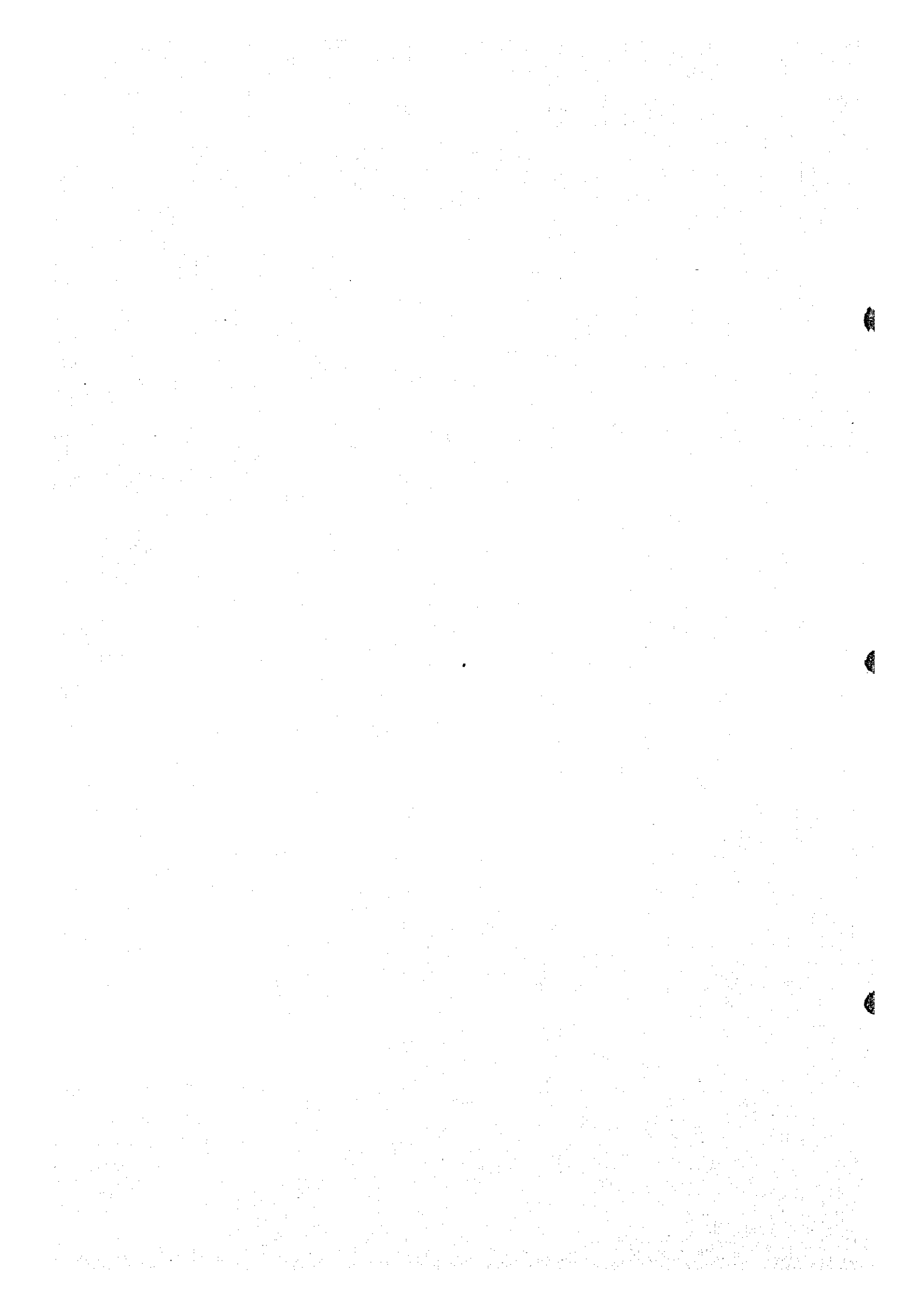
以上の結果から、最も注目されるのは Immayn - n - Ait Rahhou 北方の顕著な異常点集中地区である。ここには B.G.M. あるいはバックグラウンドの幾何平均の約 10 倍の強い異常があり、また Paneau - 1 を中心とする脈状型ウラン鉱微集中地区の東北延長部に相当する。この異常点集中地区を中心として、Assaka - n - Tabhirt 北方から Idamrane Micha 東方にかけての地域は他の地域に比較し異常点も多く、コンターマップの高測定値域も顕著に認められる。この地域は P - T 赤色砂岩層とこれを被覆する薄い第四系が分布し、地表から基盤までの深さが 50 ~ 60 m 程度以内と比較的浅い地域である。また重力探査の結果明らかとなった基盤岩上の古流系は Immayn - n - Ait Rahhou, Paneau - 1 周辺, Assaka - n - Tabhirt 周辺などから北方に向かって流下しており、ラドンエッチの異常値域とこれらの地下構造とは良く一致している。この様な点で、上記ラドンエッチの異常値域は、ウラン鉱床あるいはウラン鉱化作用の存在を示唆しているものと考えられる。

上記以外の地域の異常点は B.G.M. の約 3 倍、バックグラウンドの幾何平均の数倍程度までで、強いものではなく、かつ散在している。これらの地区は Zayda 北方地域の如く、P - T 赤色砂岩層が地表に露出し、基盤岩上の古流路もあって Immayn - n - Ait Rahhou 地域と類似の地質条件をそなえている所もある。しかし、大部分は白亜系以降の地層が分布し、ウラン鉱床胚胎の可能性のある P - T 赤色砂岩層下部は地表下深部にある。Zayda 北方地域の如く P - T 赤色砂岩層が地表に露出する所ではラドンエッチ調査の結果、ウラン鉱床の存在する可能性は小さいと考えられるが、白亜系以降の地層の分布地域では P - T 赤色砂岩層下部が地表下深部にあるため、顕著な異常値域が検出されていない可能性もある。この点で、特に Bou Mia 北方地域における比較的近接して存在する数個の異常点については注目する必要がある。

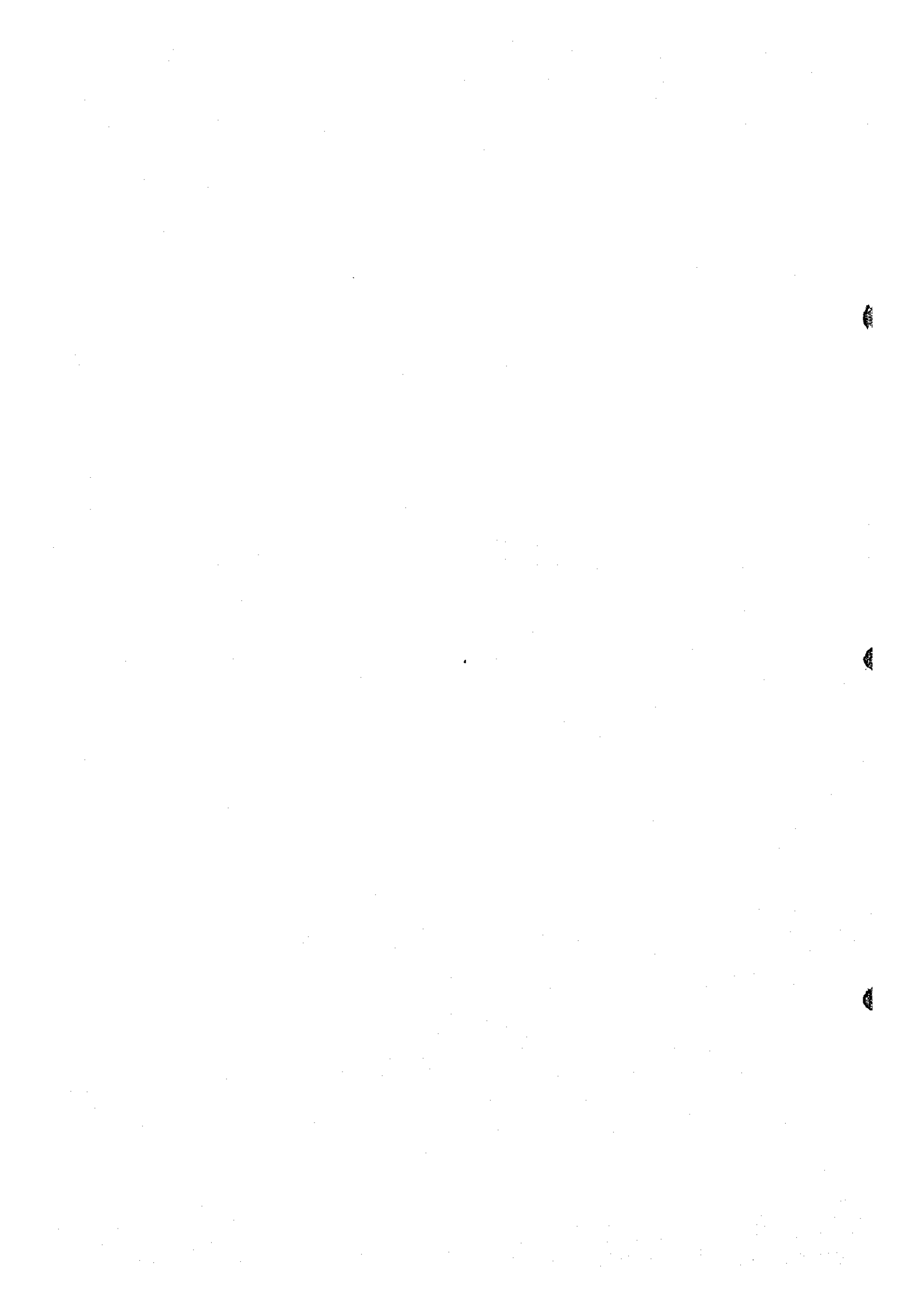
(4) ラドンエッチ法と今後の調査について

今回の調査は、ラドンガス検出カップの設置密度が、500 m ~ 1000 m と広間隔であったが、重力探査結果及び地質調査の結果と組合せることにより、Immayn - n - Ait Rahhou 北方地域と云うウラン鉱床賦存の可能性が大きい地域が選定出来た。この地域での良質のウラン鉱床存在の有無については今後の精細な調査をまたなければならないが、本ラドンエッチ法も他の探査法と組合せることにより探査目標地域の選定には有効な手段と考えられる。

また、今年度の調査は概査であったので、選定された異常値域即ち、Immayn - n - Ait Rahhou 北方地域を中心とした、Assaka - n - Tabhirt 北方から Idamrane Micha 東方にかけての地域に対しては、設置間隔 50 m ~ 200 m 程度のラドンエッチ精査が必要であり、これまでの地質調査、重力探査結果のみならず、更に地質調査精査、ボーリング等



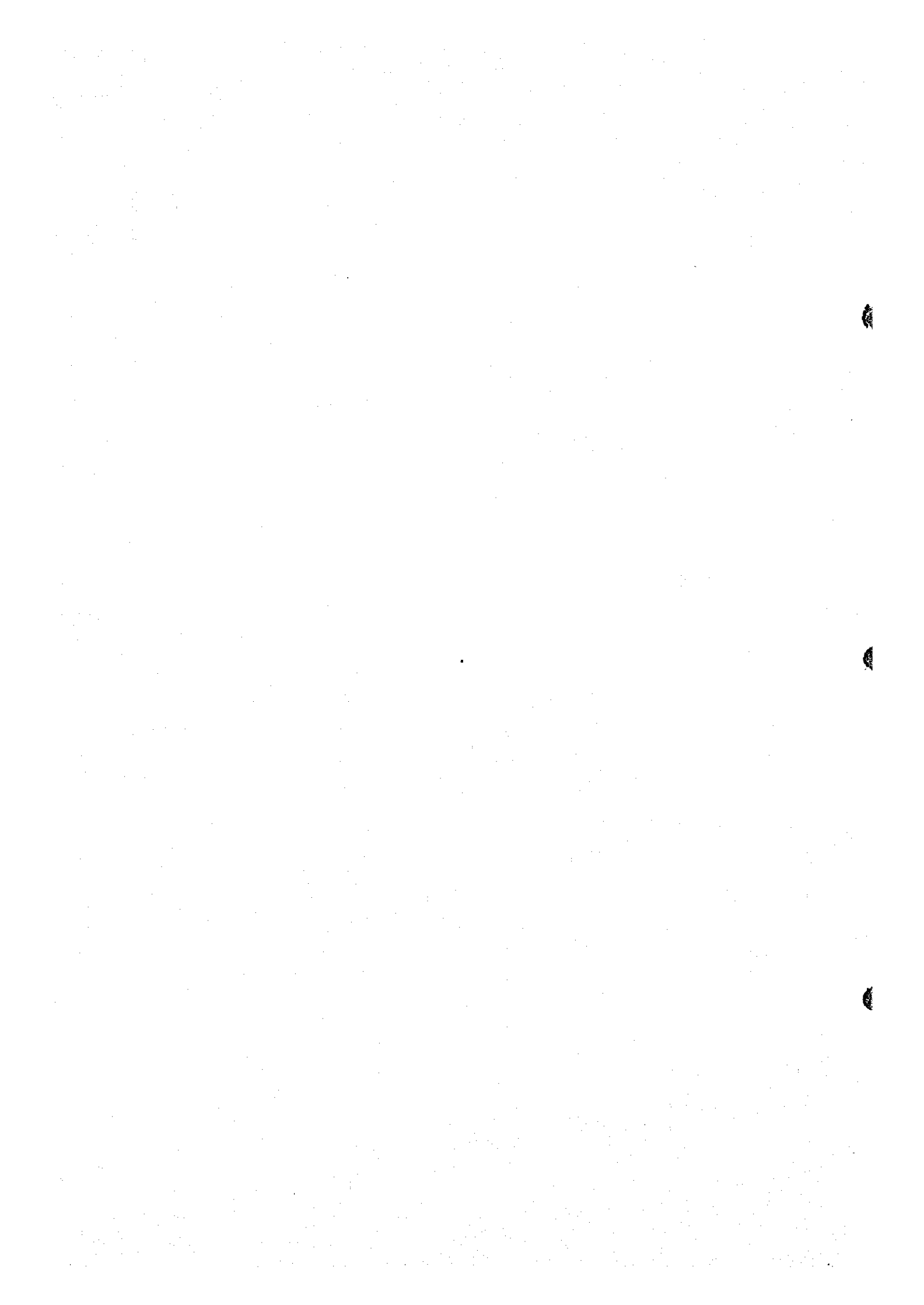
も併用し、これらを総合検討して、ウラン鉱床及びウラン鉱化作用の存在を究明することが必要である。



各 論

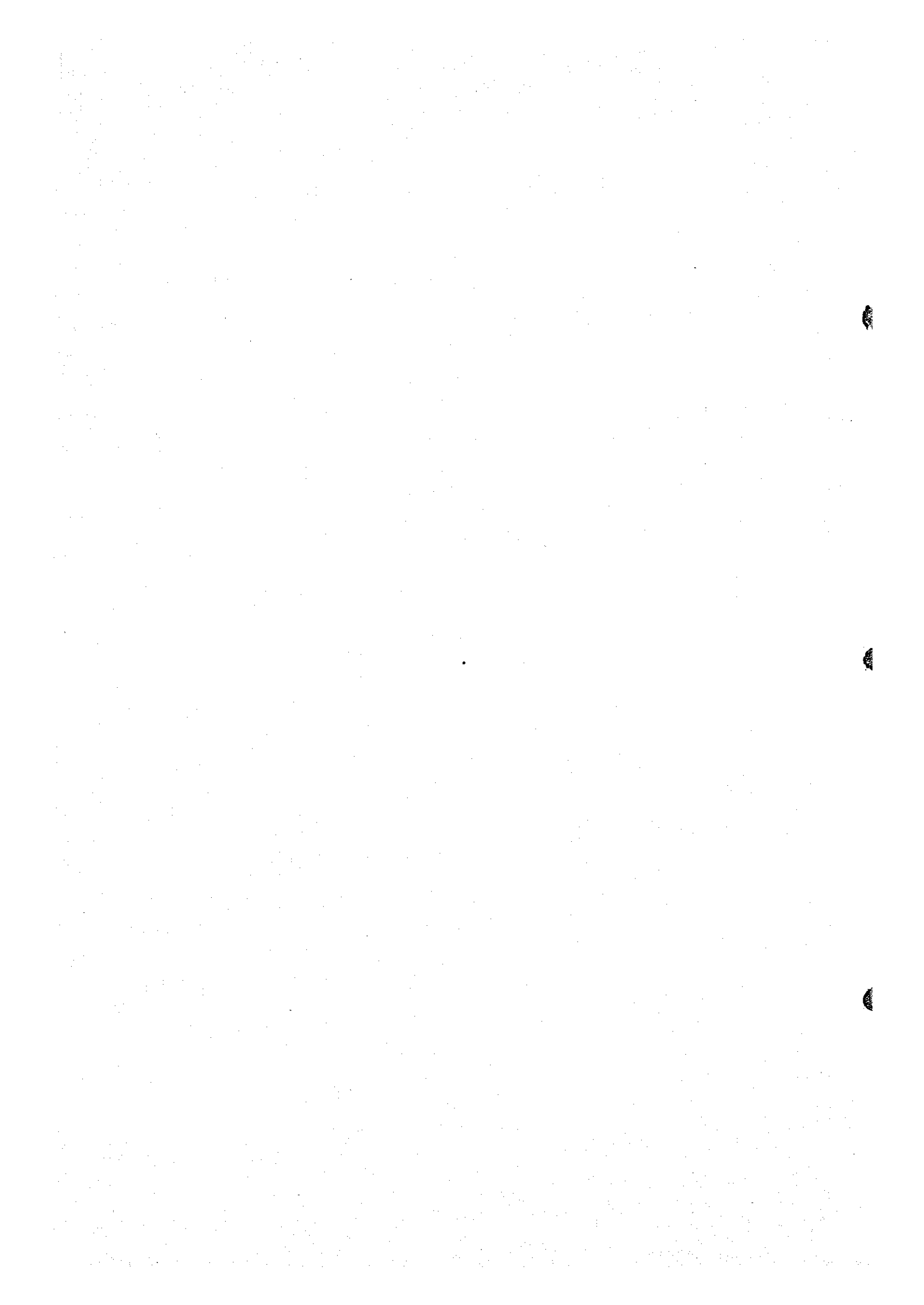
第II部 物 理 探 查

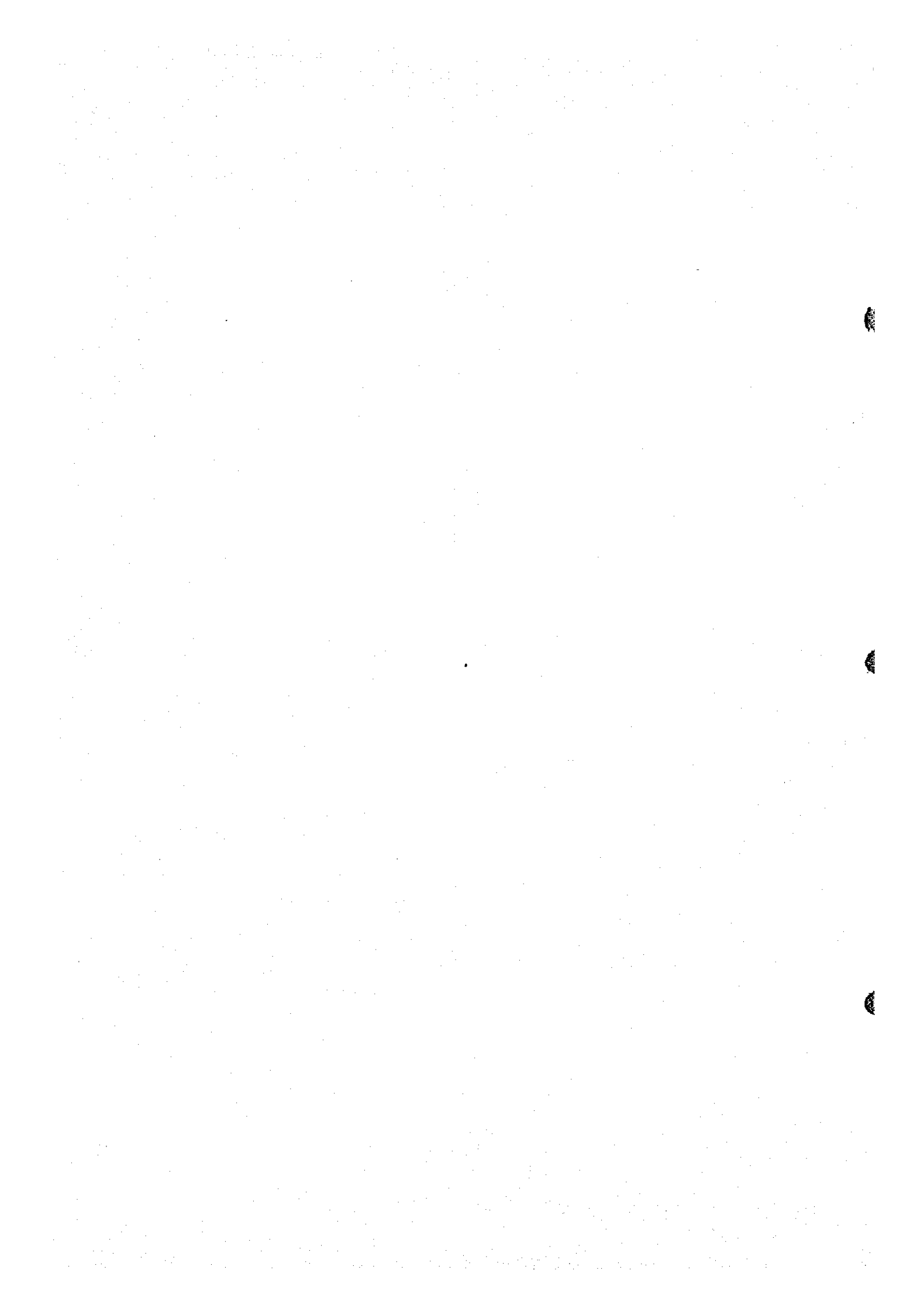
(重 力 探 查)



第 II 部 物理探査

第 1 章 調査の概要	II-5
1-1 調査要項	II-5
1-2 地形と地質概要	II-5
第 2 章 重力探査	II-7
2-1 重力観測	II-8
2-2 重力値の補正	II-9
2-3 解析方法	II-13
第 3 章 調査結果	II-21
3-1 等重力線図	II-22
3-2 傾向面図	II-23
3-3 二次残差図	II-24
3-4 余剰重力正規構造図	II-26
第 4 章 調査結果より推定される地下構造	II-28
4-1 重力分布と地質との対比	II-29
4-2 基盤等深線図	II-30
4-3 地下構造断面図	II-31
4-4 地下構造図	II-34
4-5 まとめ	II-36



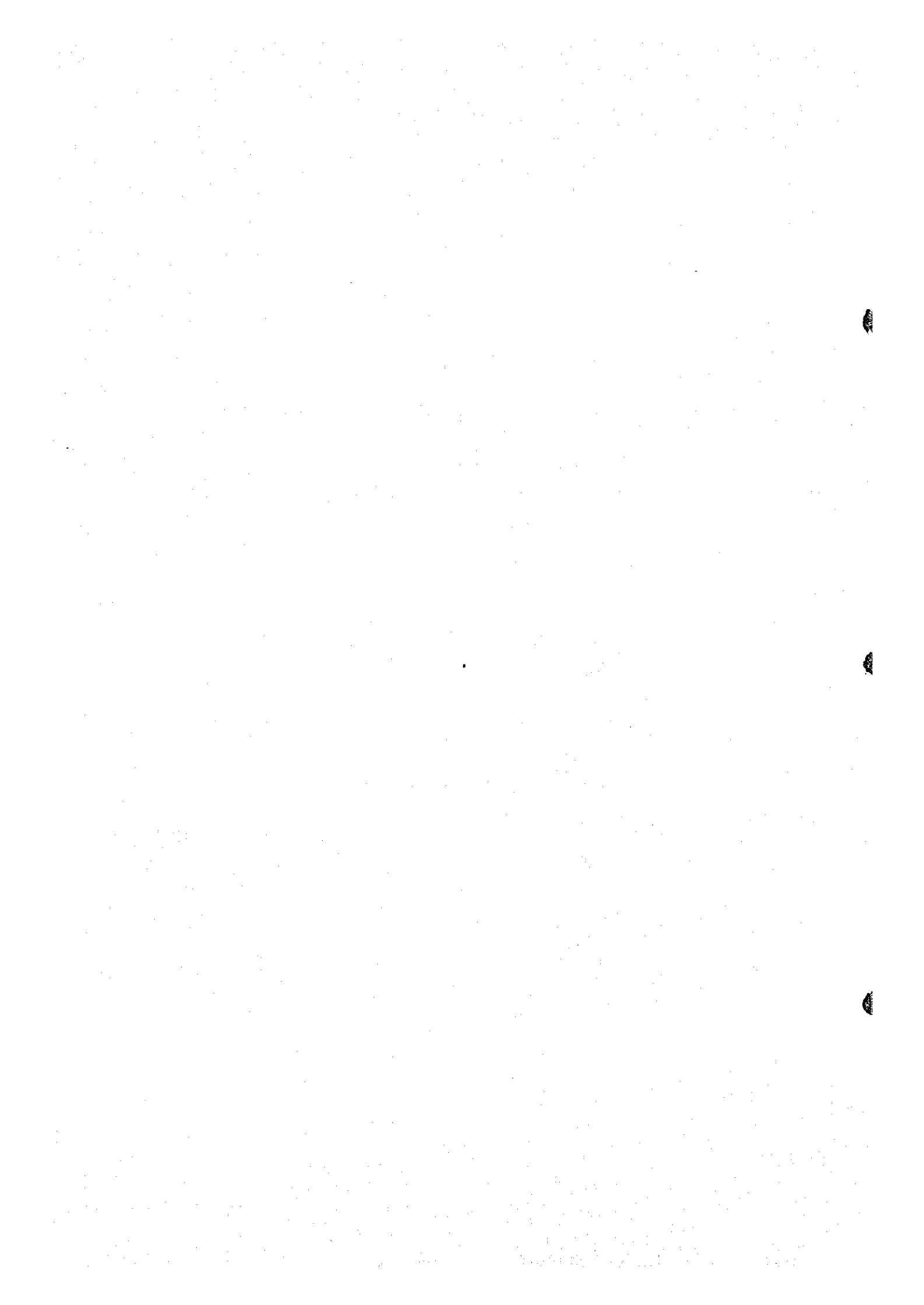


List of Tables

Table II-1	Calculation of Gravity Values at Base Stations
Table II-2	Densities of Rock Samples
Table II-3	Distribution of Rock Densities

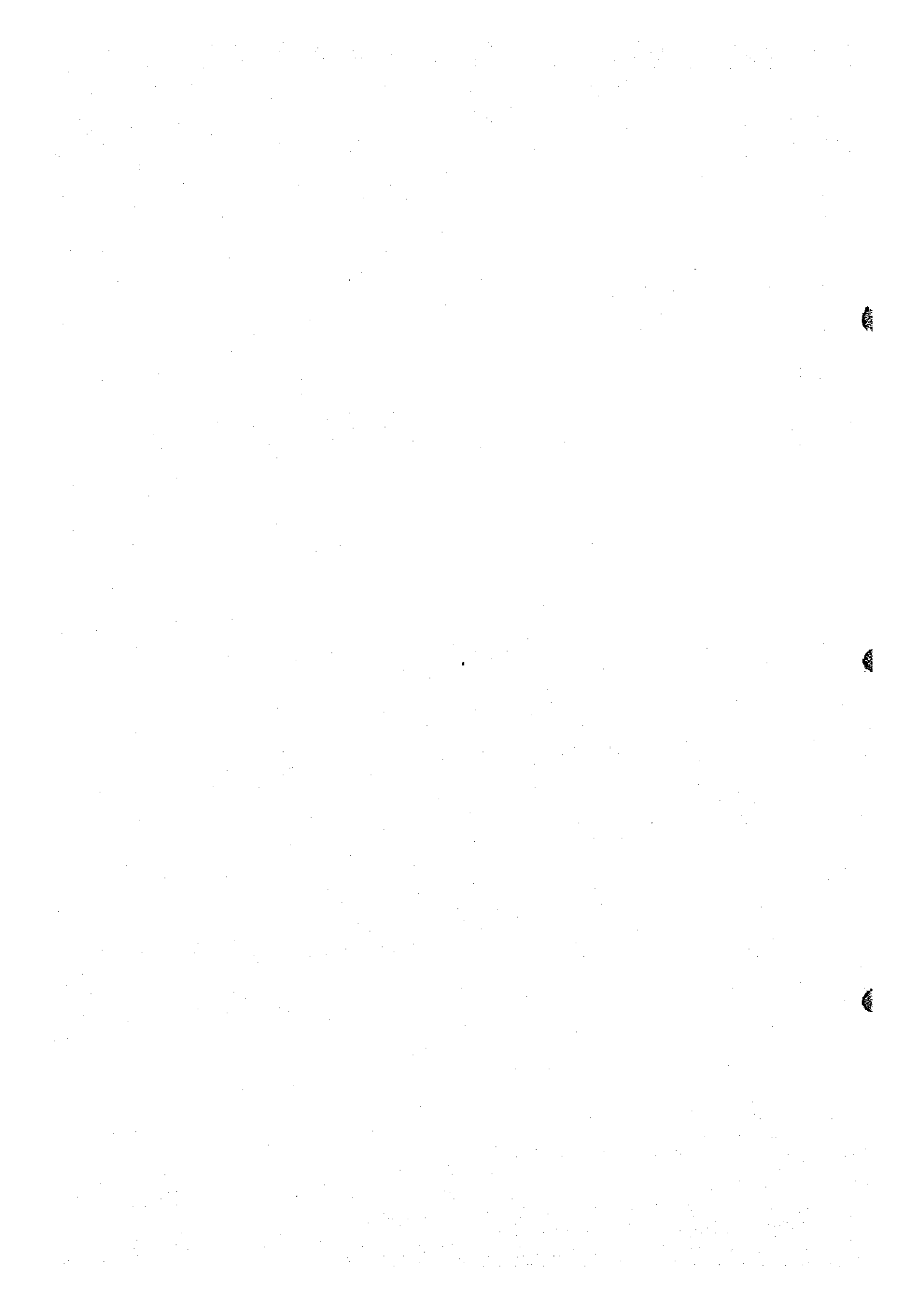
Appendices

Table II-4	Earth Tide Correction and Drift Correction
Table II-5	Topographical Correction
Table II-6	Altitude Correction and Latitude Correction
Table II-7	Photographs



List of Plates (1 : 50,000)

- Pl. II-1 Locations of Gravity Stations and Their Altitudes
- Pl. II-2 Bouguer Anomaly Map ($\rho = 2.5$)
- Pl. II-3 Residual Gravity Map in Polynomial of Second Order
- Pl. II-4 Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly Map
- Pl. II-5 Contour Line Map of Depth from Ground Surface to
 Basement Rocks
- Pl. II-6 Profile of Underground Structure A - B
- Pl. II-7 Profile of Underground Structure C - D
- Pl. II-8 Interpreted Map of Underground Structure



第 1 章 調査の概要

1-1 調査要項

1-1-1 調査目的

本調査は、モロッコ王国オートムルヤ地区において実施された水準測量を伴う重力測定、及び、その解析作業である。本調査は、調査地内の基盤構造を主とする地下地質構造を把握し、主として鉛・ウラン鉱床の賦存が期待される地質環境や鉱床示徴地を把握し、以後の探査指針を得ることを目的としている。

1-1-2 調査位置及び調査規模

調査地域はモロッコ王国中央部の、中部アトラス山脈及び高アトラス山脈に挟まれたステップ型草原地帯に位置し、行政的にはMidalt (ミデルト) 郡に含まれる。

本地域の位置及び規模は、Fig. II-1 Location of Gravity Surveyに示すようにZayda (ザイダ) 部落の北側に位置しており、北緯 $32^{\circ}49' \sim 32^{\circ}58'$ 、西経 $4^{\circ}41' \sim 5^{\circ}07'$ にまたがる面積約400 km^2 の範囲である。

1-1-3 調査期間

現地調査及び内地解析作業期間は次の通りである。

重力測定	1979年5月21日～7月 3日
水準測量	1979年5月21日～7月 5日
現地解析	1979年6月28日～7月12日
現地調査期間	1979年5月15日～7月18日
内地解析作業	1979年7月19日～1980年2月20日

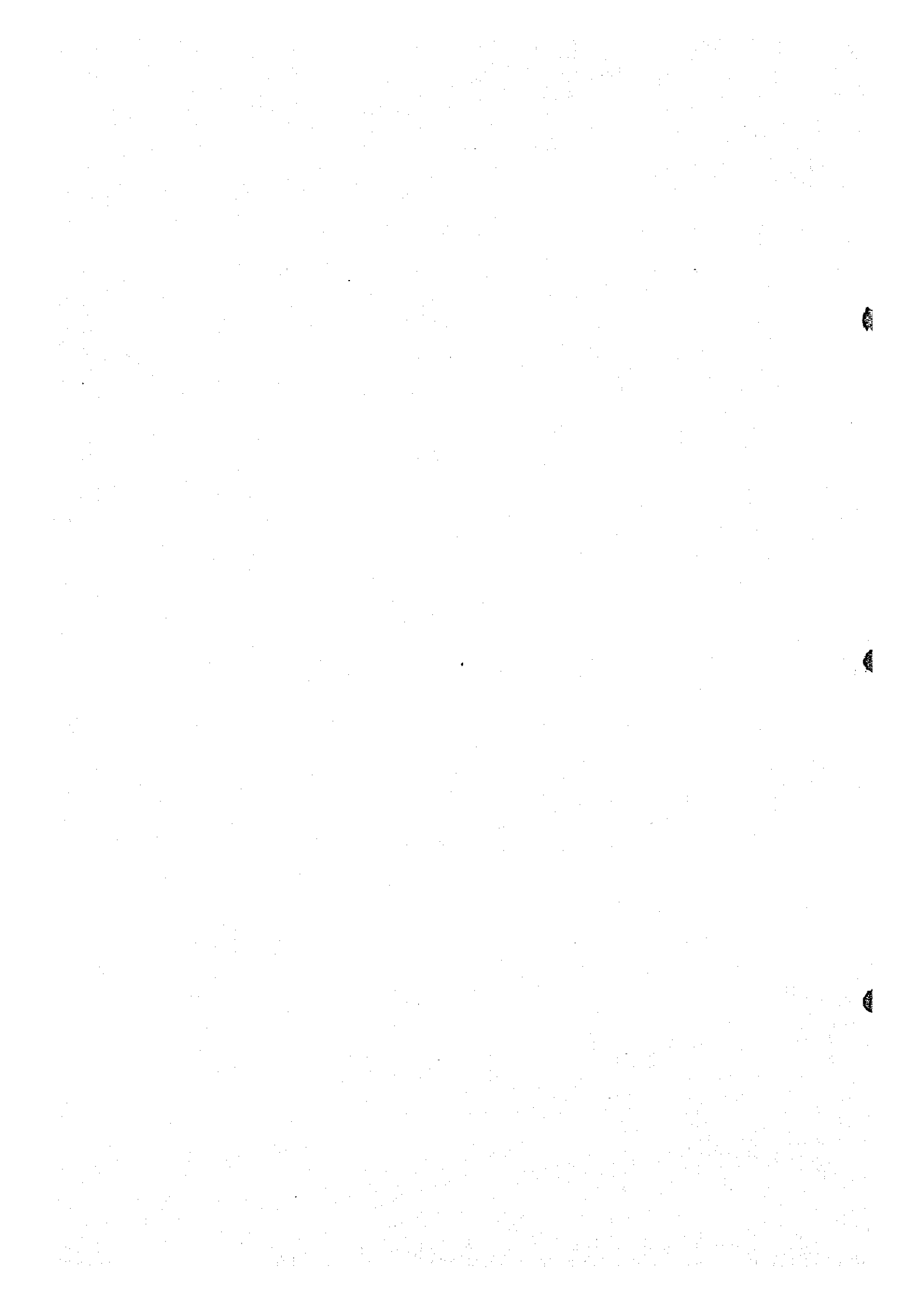
1-2 地形と地質概要

1-2-1 地 形

調査地域は、中部アトラス山脈及び高アトラス山脈の両山脈に挟まれた盆地の北西部に位置する。中部アトラス山脈は標高2,000 m程度の準高原状をなしてNE-SW方向に連なり、高アトラス山脈は標高3,000 mを越える高峰を有して各山脈はNEE-SWW方向に連なっている。

調査地域内においては、中央部から西部にかけて台地状地形が点在する他は、ほぼなだらかな丘陵地形を形成する。すなわち、中部アトラス山脈に接する調査地西部では標高約1,800 mを示し、東方へ緩やかに高度を減じて、調査地東端の標高約1,300 mに至る。その平均勾配は 1° 以下であり、全体として平坦である。

水系は、調査地南端から地域外南東部へ東流するMoulouya (ムルヤ) 川を主流に、



Moulouya 川の支流である Bouhafce 川, Bou La'joul 川, Sidi Ayyad 川などで代表される N-S 系ないし, NE-SW 系の小河川あるいは谷が発達する。また, 調査地東半部には一部湿地帯の存在が認められる。

当地域内では, 顕著な侵蝕作用・崖錐及び段丘の発達は認め難い。主要河川流域に小規模な崖錐が見られるのみである。

ただし, 調査地域外南東部を流れる Moulouya 川は, 侵蝕が著しく深い溪谷をなしている。

1-2-2 地質概要

物理探査実施地域に分布する地質の概要は次の通りである。

(Fig. II-5, Table II-3 参照)

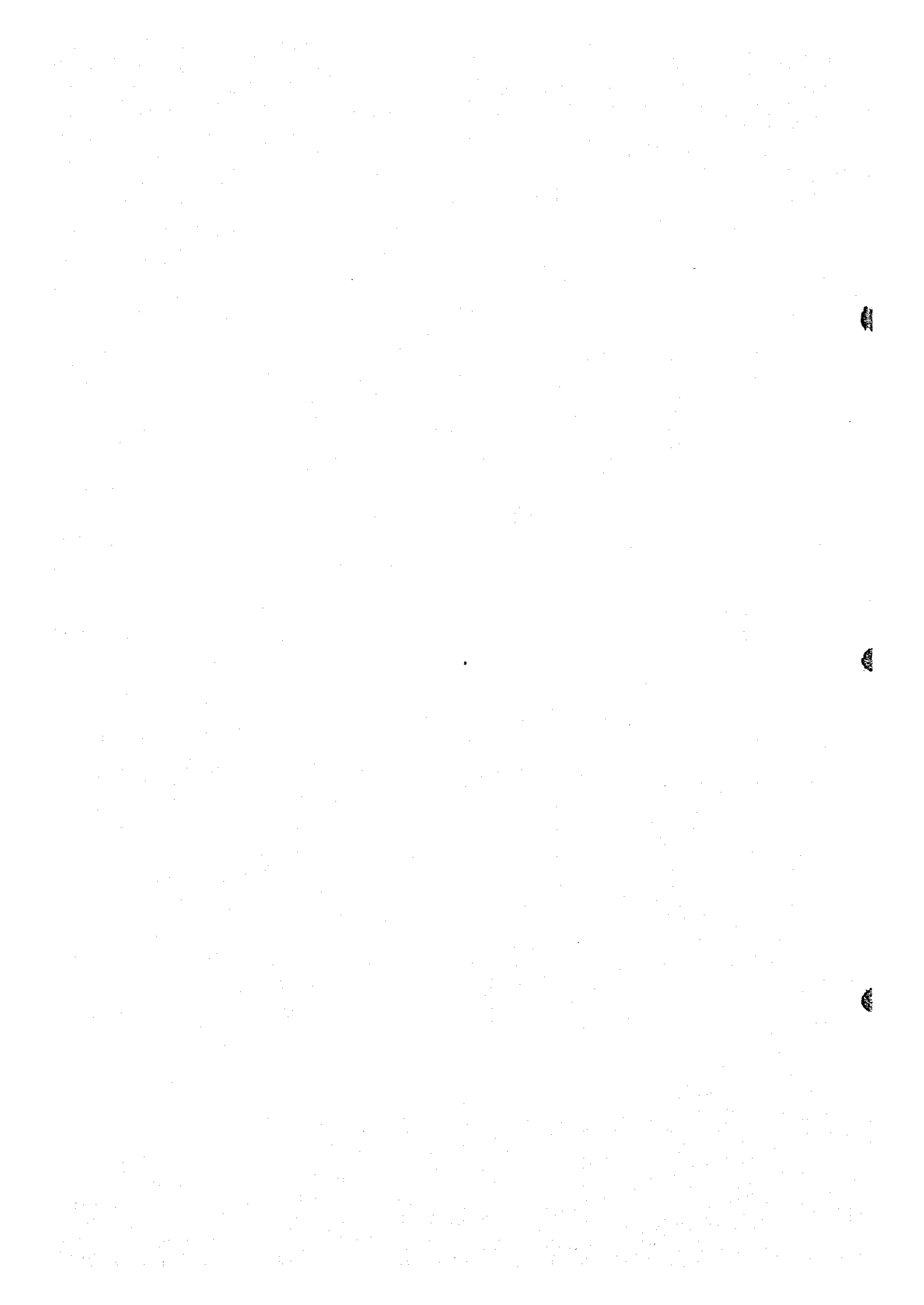
本地域の基盤岩類は, 先カンブリア界ないし古生界の結晶片岩類とこれに進入した花崗岩類より構成される。調査地域南縁には Zayda 花崗岩体と称する花崗岩類が露出する。花崗岩類は斑状花崗岩・アブライト質花崗岩・花崗閃緑岩・混成花崗岩などであり, これらが調査地の基盤の大部分を占めると考えられる。一方, 結晶片岩類は調査地東端にわずかな地表分布が見られる他, 調査地の東方には, Zayda 花崗岩体に接して大規模な分布が知られている。

これら基盤岩類を覆って下位より, 二疊系~三疊系の P-T 赤色砂岩層及び β_{P-T} 玄武岩層, 白堊系の セノマニア統 K_2cm 泥岩層及び チューロニア統 K_2t 石灰岩層, 第三系の T_1 泥岩層・ T_2 泥灰岩層・ T_3 砂岩層, 第四系の Q_1 シルト層・ Q_2 シルト層・ Q_3 河川堆積物などが, ほぼ水平に近い緩傾斜を示して分布する。また, 第四系 β_{Q_2} 玄武岩溶岩も小規模に分布する。

調査地域の東半分と西半分とは, 主要な地質層序に著しい相違が認められる。調査地東半部においては, 基盤を覆って P-T 赤色砂岩層・ β_{P-T} 玄武岩層・ K_2cm 泥岩層などが北方へ向って順次堆積し, E-W 系の分布を示す。さらにこれらを不整合に被覆する Q_2 シルト層が広い範囲を占めており, K_2t 石灰岩層・ T_1 泥岩層・ T_2 泥灰岩層・ T_3 砂岩層などの地表分布はほとんど見られない。

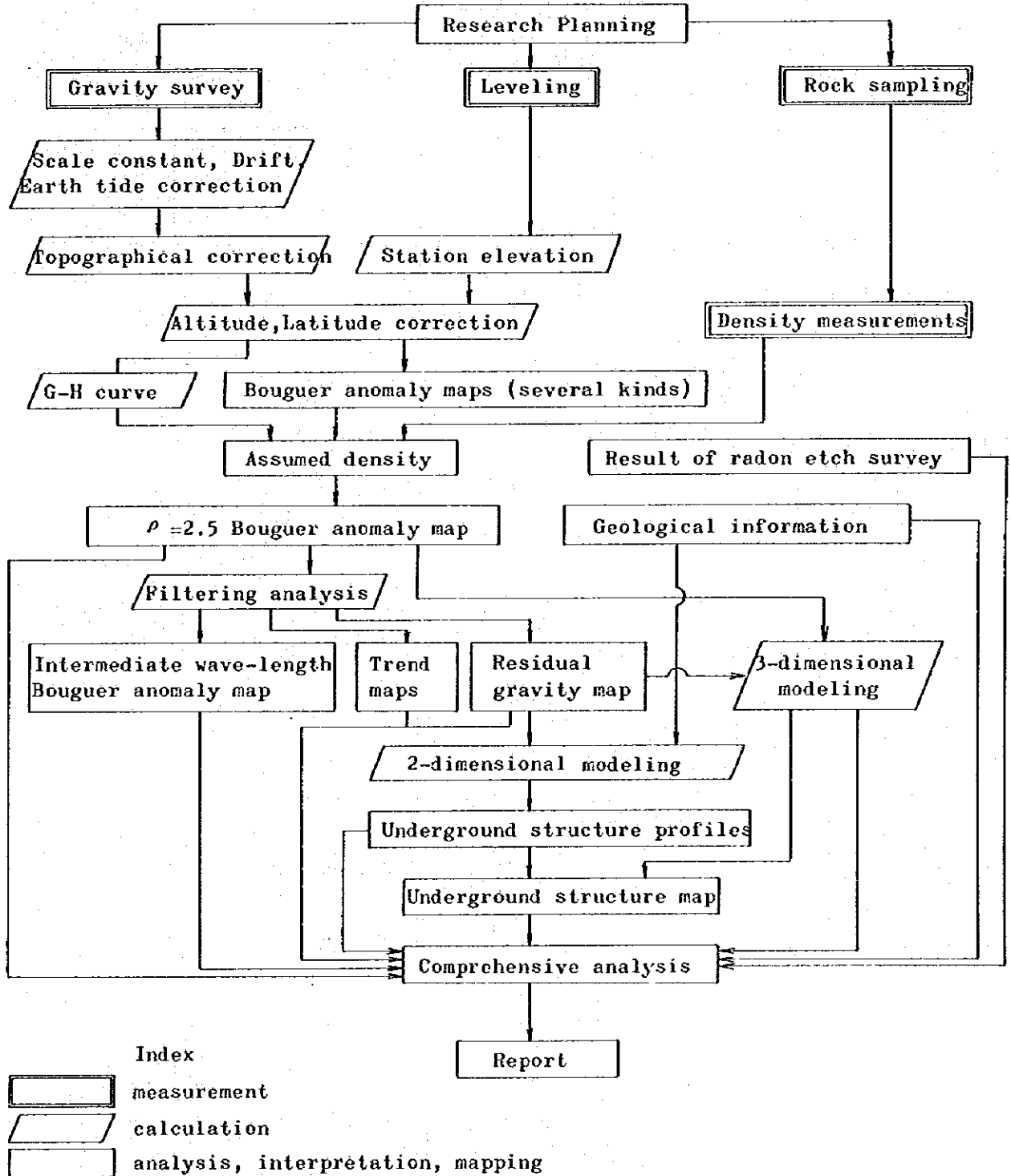
他方, 調査地西半部では, 基盤を覆って P-T 赤色砂岩層・ K_2cm 泥岩層・ K_2t 石灰岩層・ T_1 泥岩層・ T_2 泥灰岩層・ T_3 砂岩層などが西方へ向って整合的に順次堆積し, 地形標高に沿って NNE-SSW 系の分布を示している。 β_{P-T} 玄武岩層の地表分布が見られないのが特徴的である。

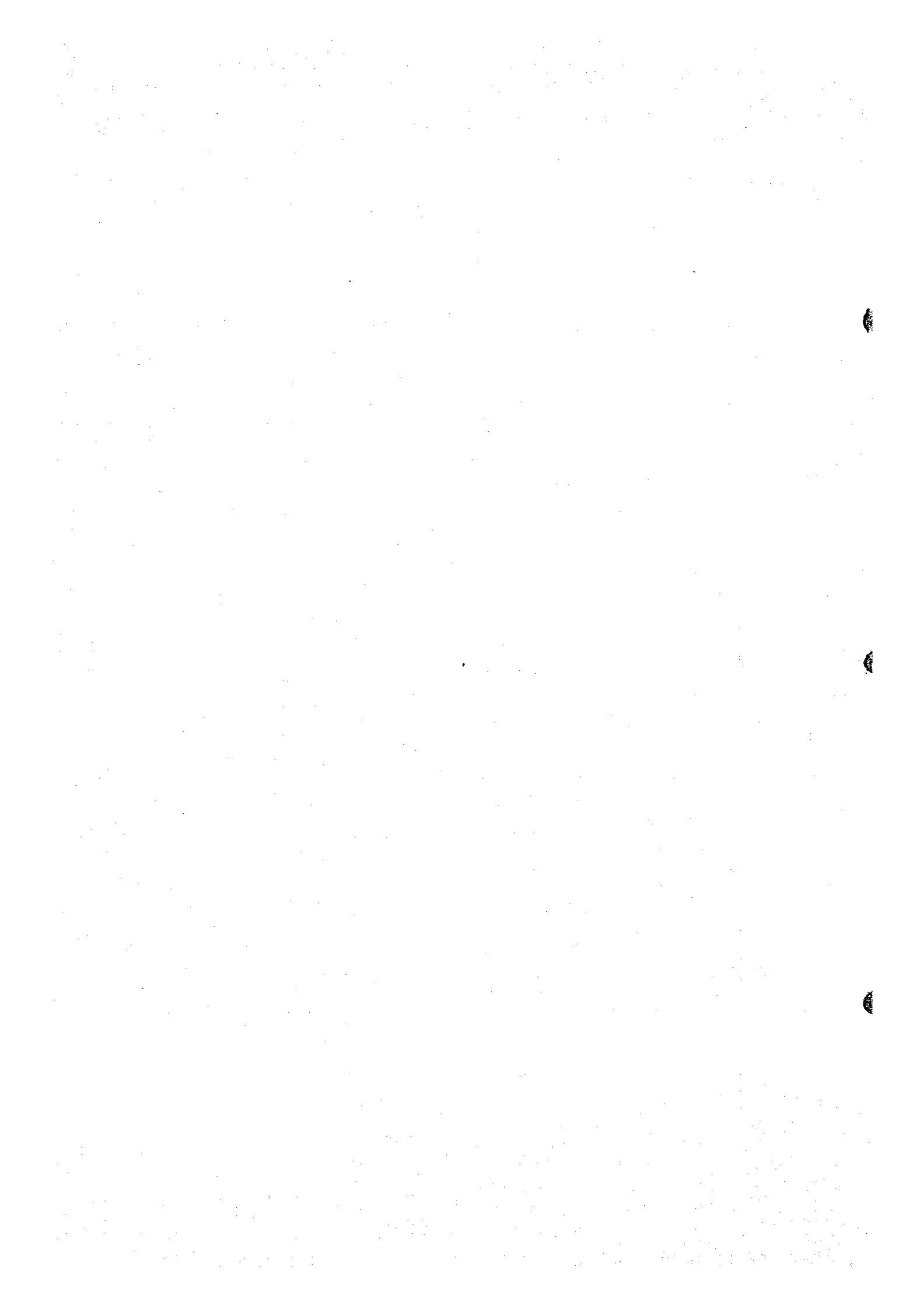
断層構造は, 調査地西端において NE-SW ないし NNE-SSW 系の断層が発達し, 調査地南部から東部にかけて Zayda 花崗岩体を中心として, ほぼ NE-SW 系の破砕帯を伴う断層構造が顕著である。これら断層群の中で, 大規模なものは基盤岩類の地下分布を規制するものと推定される。



第 2 章 重力探査

本章では重力探査に関する測定方法・データ処理方法及び解析方法について述べる。現地調査から報告書作成までの工程は、次のフローチャートに示す通りである。





2-1 重力観測

2-1-1 重力計

重力観測には、La Coste & Romberg社製機械製作番号G-236及びG-366の2台の重力計を使用した。これらの重力計は0～7,000までの読み取り目盛を持ち、0 mgal から約7,300 mgal までの重力値を測定することができる。

これら重力計の重力値換算表の一部を次に示す。

Counter Reading	Value in Milligal		Factor for Interval	
	G-236	G-366	G-236	G-366
2500	2658.64	2643.38	1.06430	1.05787
2600	2765.07	2749.17	1.06438	1.05796
2700	2871.51	2854.96	1.06445	1.05805
2800	2977.96	2960.77	1.06451	1.05813
2900	3084.41	3066.58	1.06456	1.05821
3000	3190.86	3172.40	1.06460	1.05829

2-1-2 測点

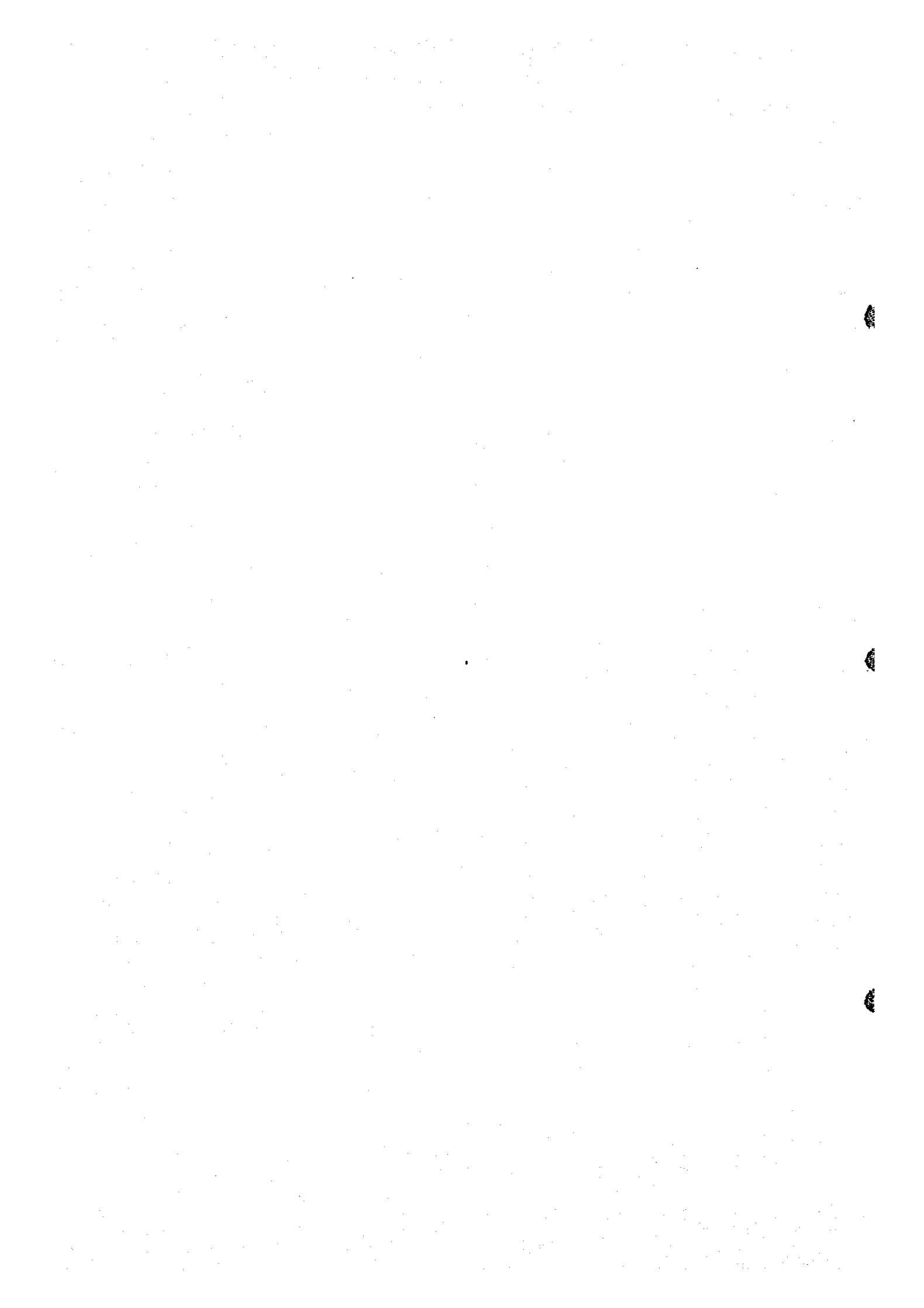
本重力探査における測定点の内容は次の通りである。

調査面積 約400^{km}²
 測点間隔 約400 m
 測点数 878点

また、各測点は地域別に分類して測点番号を付したが、その詳細は次に示す通りである。

補助基点	No. 2001	1点
主要幹線道路	No. 1 ~ 175	175点
北西部地域	No. 201 ~ 281	81点
南西部地域	No. 301 ~ 465	165点
中央部地域	No. 501 ~ 683	183点
東部地域	{ No. 701 ~ 775 No. 801 ~ 998 }	273点
合計		878点

各測点の配置には予想される基盤深度を考慮し、基盤が浅いと考えられる地区では測点間隔及び測点密度を密に、基盤が深いと思われる地区では粗い測点配置とした。



これら測点の位置決定に当っては、道路・川・構造物及び地形的特徴を参照し、地形図上にその位置を読み取った。有力な決定資料のない場合には、自動レベルによるスタジア測量・間縄・歩測などによる距離測定、及びクリノメーターによる方位測定などの手段を用いて位置決定の参考とした。

2-1-3 重力値の基準

本調査の重力基準点として、本地域周辺で実施された物理探査 (Prospection Geophysique Par Procédé de Gravimetrie et Magnetometrie Dans les Bassins de la Moyenne Moulouya de la Haute Moulouya et D'itza Engil, Solaini L.1965) において設置された、重力基準点 B-7 の重力値 979,154.65mgal を採用した。

閉塞観測の為の重力基点として、Itzar (イツアール) 町の宿舎前に $\approx 1,000$ を設置移動した。Fig. II-2 にこれらの重力基点の位置関係を示す。

重力基点 $\approx 1,000$ の重力値は、巻末の Table II-1 に示すように、重力基準点 B-7 より 2 往復の閉塞観測によって決定された。2 回観測の平均値 979,126.533mgal を採用し、一日一回の閉塞測定 of 重力基準値とした。

2-1-4 水準測量

水準測量は 3 台の測器舎製 B-2 型自動レベルを用いて実施した。標高の基準は、前述の重力基準点 B-7 の標高 1,458.78m 及び B-8 の標高 1,801.92m を採用した。

測量路線は許す限り閉合路線を設定し、精度の向上に努めた。(Fig. II-3 Network of Leveling Survey 参照)

各路線の閉塞誤差は、付帯資料の測量計算表に示す通り、次の仕様を十分満足している。

$$\text{閉塞誤差} : \epsilon \leq 100 \sqrt{D} \text{ mm} \quad (D : \text{閉塞距離 km})$$

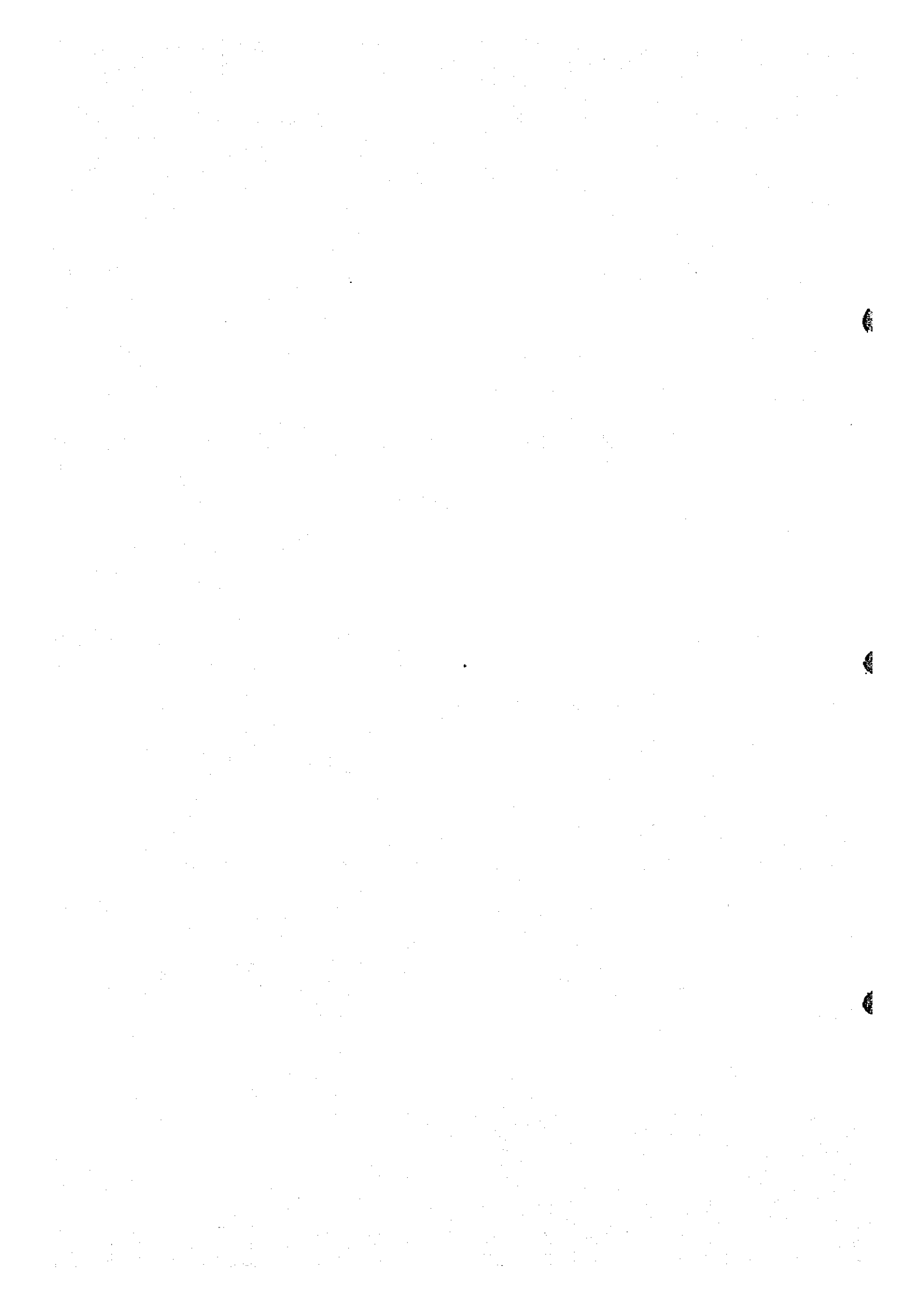
なお、水準測量の諸成果は別に付帯資料として添付したほか、測点標高を P1. II-1 Locations of Gravity Stations and Their Altitudes に付記した。

2-2 重力値の補正

重力測定値には、時間・位置・標高・相対地形などの、各測点に対する不均一な要素が多く影響している。それらの要素を補正して同条件のもとでの重力値とする為、以下に述べる各補正を行った。これらの補正はすべて電子計算機によって行われている。

2-2-1 ドリフト補正

重力値既知の測点から出発して未知の測点の重力値を測定し、再び同じ既知の測点にもどった時、その重力測定値に潮汐補正を施してももとの重力値を示さないのが普通である。この重力計特有の誤差をドリフトといい、ドリフトの変化率は時間に比例するものとして補正を行っ



ている。

Appendices の重力計算一覧表に、1日及び時間当りのドリフト率を算出してあるように0.2 mgal/dayの仕様を満足している。

2-2-2 潮汐補正

潮汐補正は、月・太陽の位置変化が重力観測におよぼす影響を取り除く補正で、時間及び測点の緯度・標高によって変化する。この補正を行うことにより、ドリフト補正は単純な閉塞誤差として検出される為、測定精度を向上させることができる。

潮汐補正值： Δg は、

$$\Delta g = 1.2 \left(\frac{3}{2} r_0 \cdot \frac{M}{E} \cdot \frac{a}{r^3} \cdot \rho^2 \{ \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \delta \cdot \cos 2\theta + \sin 2\varphi \cdot \sin 2\delta \cdot \cos \theta + 3.0 \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \varphi \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta \right) \} \right)$$

ただし、 $r_0 = 978.049 (1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi)$ gal

φ : 観測緯度

δ : 天体の赤緯

θ : 天体の時角

ρ : 地球の平均半径 (6,370.28 km)

r : 地球の中心から天体までの距離 (太陽 ; 1.496×10^8 km)
(月 ; 384,405 km)

a : 地球の中心から測点までの距離

$$= 6378.388 (0.99832 + 1.6835 \times 10^{-3} \cos 2\varphi - 3.5 \times 10^{-5} \cos 4\varphi) + \text{測点高度 (km)}$$

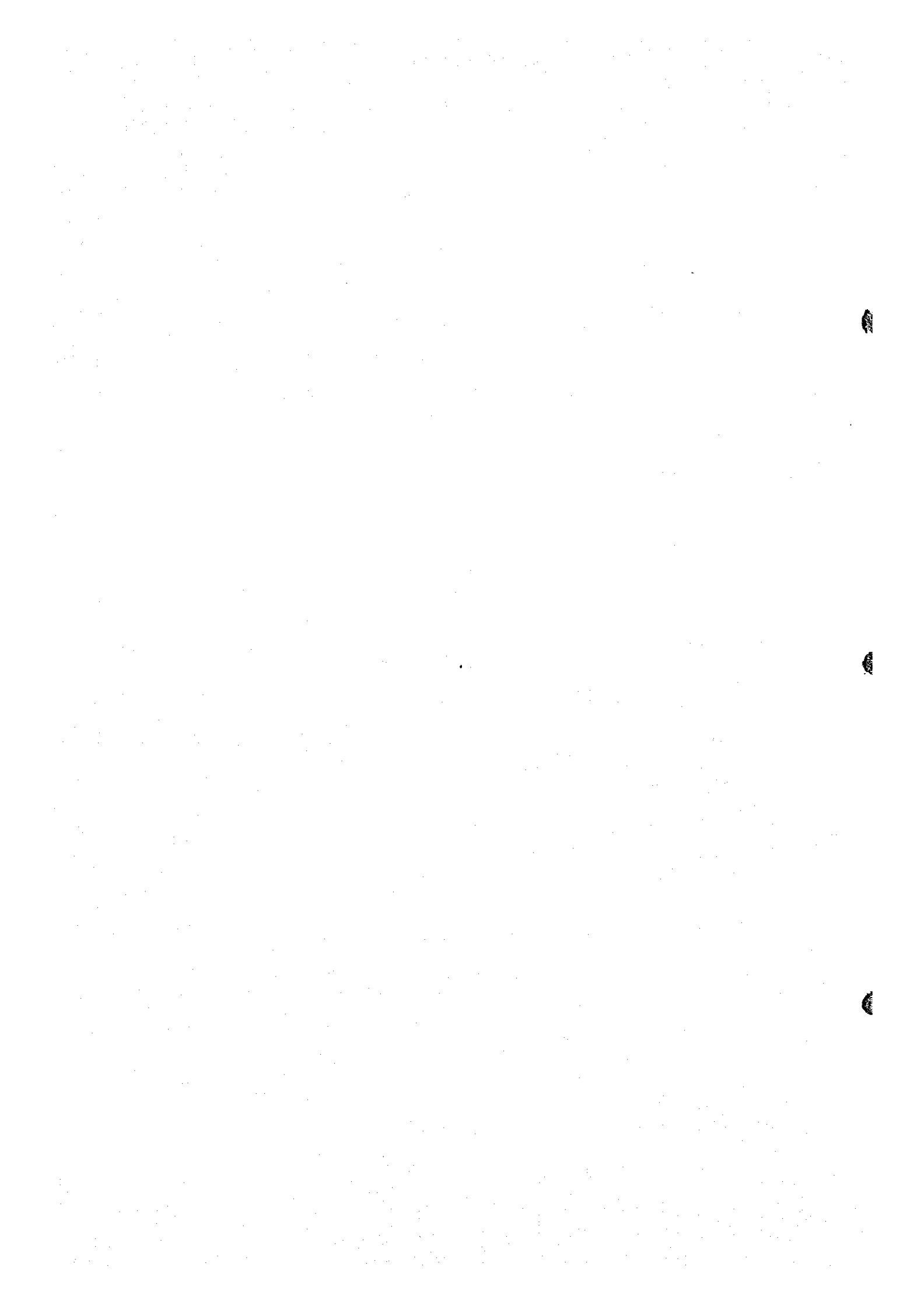
$\frac{M}{E}$: 天体と地球との質量比 (太陽 ; 332,958, 月 ; 0.0123)

2-2-3 地形補正

地形補正は、測点の周囲地形の凹凸が重力計におよぼす影響に関する補正である。地形図を一定の格子間隔で区分けして、その中心点の標高を読み取り、測点との相対的な起伏を一定の形状に近似させる。それらのブロックに影響される重力値を合計したものが地形補正值となる。

地形の影響は、測点に近いほど大きく、離れるに従って小さくなるので、測点に近い範囲では高い精度の地形補正を行い、遠い範囲では粗い補正を行った。

それぞれの補正に関する、地形図の縮尺、補正の範囲、格子間隔は次の通りである。

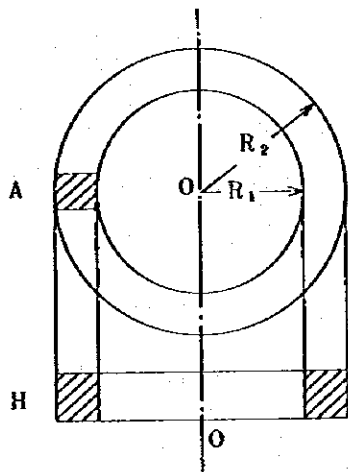


補正区画	遠方	中間	近傍	周辺
地形図の縮尺	1/100,000	1/50,000	1/50,000	
補正の範囲 (南北)	120km	24km	4km	半径 20m
補正の範囲 (東西)	120km	24km	4km	半径 20m
格子間隔(m)	4,000m	1,000m	250m	

これらの格子と各測点との関係は、巻末の Fig. II-4 Grids of Topographical Correction に示す。

補正計算はすべて電子計算機を使用し、遠方・中間・近傍の各補正には次の Kane の方式を採用している。

$$g = 2G\rho A^2 (R_2 - R_1 + \sqrt{R_1^2 + H^2} - \sqrt{R_2^2 + H^2}) / (R_2^2 - R_1^2)$$

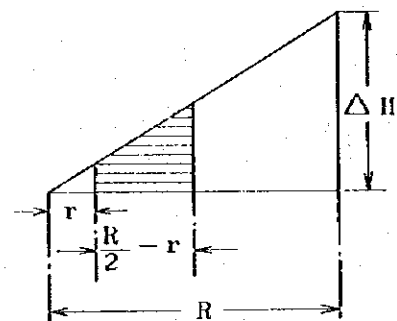
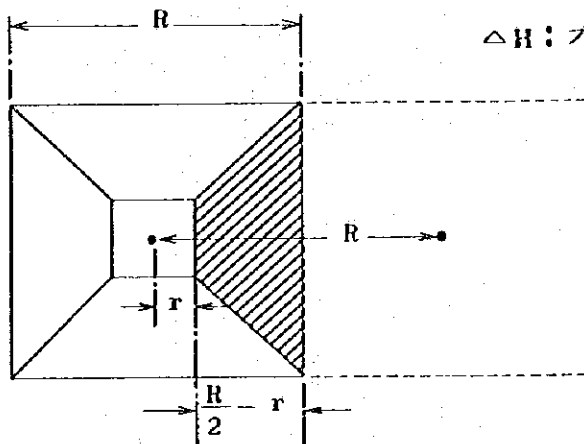


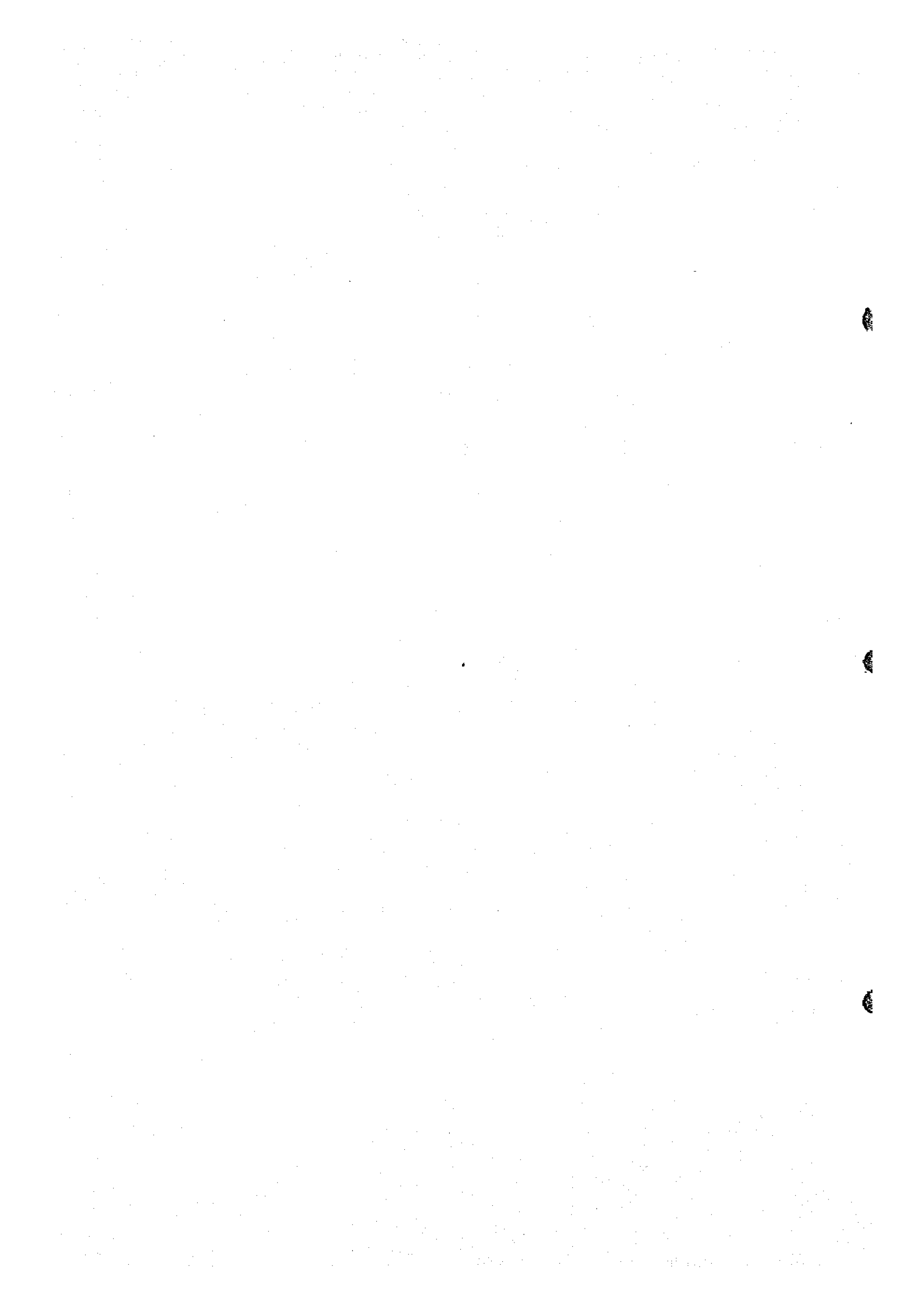
- g : 地形補正值
- G : 重力定数
- ρ : 密度
- R_1 : 測定点から補正区画内側までの距離
- R_2 : 測定点から補正区画外側までの距離
- A : 補正区画の幅
- H : 補正区画の平均高度と測点標高の差

ただし、測点を含むブロックに関する補正は、隣接するブロックの読取り高さと測点(中心)の高さを直線で結び、測点より 20m の範囲を除いて截頭角錐として計算している。

この関係の概念図は次のようである。

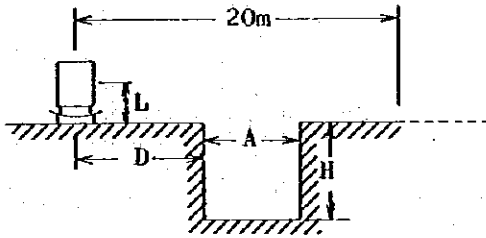
- R : 近傍格子間隔 (250m)
- r : 周辺補正範囲 (20m)
- ΔH : ブロック間の標高差





また、測点より20mまでの周辺の補正には、一方向の断面のスケッチを行い、次式を用いて補正値を算出した。

$$\Delta g = 2G\rho H \left(\tan^{-1} \frac{2(D+A)}{H+2L} - \tan^{-1} \frac{2D}{H+2L} \right)$$



Δg : 周辺地形補正値

G : 重力定数

ρ : 密度

L : 器械高 (0.2 m)

2-2-4 高度補正

この補正には、単に高度差に伴う重力値の補正であるフリーエア補正と、地下の岩石の密度が影響するブーゲー補正とが含まれる。

フリーエア補正値： Δg_1 は地球表面における平均的な重力鉛直勾配を使って次の式で表わされる。

$$\Delta g_1 = g_0 \left[1 - \frac{R^2}{(R+H)^2} \right] = \frac{2g_0 HR + g_0 H^2}{(R+H)^2} \sim \frac{2g_0}{R} H \doteq 0.3086 H \text{ mgal}$$

ただし、 g_0 : 平均海水面重力値

R : 地球の平均半径(m)

H : 測点標高(m)

ブーゲー補正値： Δg_2 は、厚さH、密度 ρ の無限に広い水平板が、地表とジオイド面に挟まれているものとして計算され、次式で表わされる。

$$\Delta g_2 = -2\pi G\rho H \doteq -0.0419\rho \cdot H \text{ mgal}$$

ただし、G : 重力定数

ρ : 密度

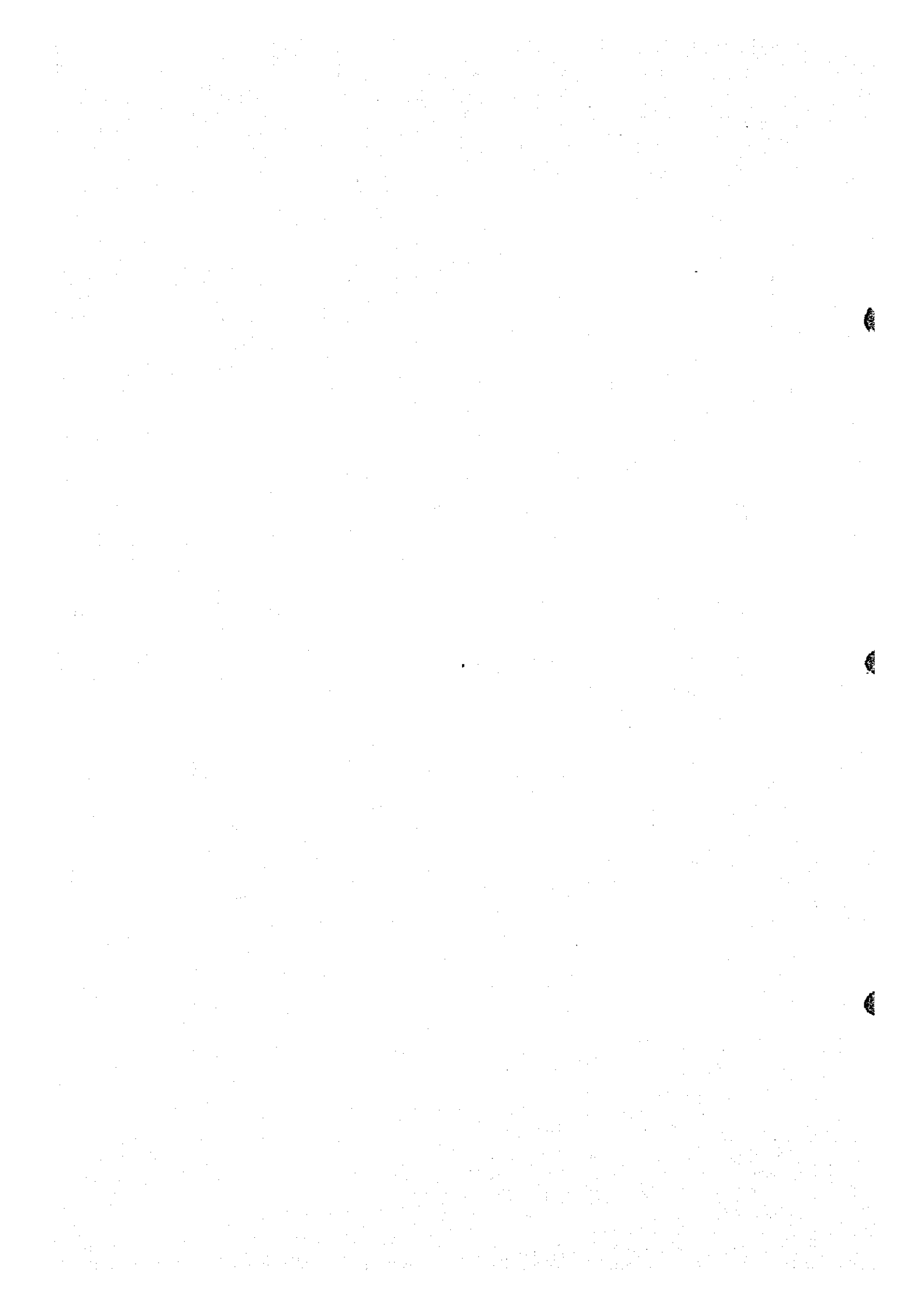
H : 測点標高(m)

フリーエア補正値及びブーゲー補正値は共に測点標高Hの関数であるから、ひとまとめにして高度補正値とよび、 $\Delta g_1 + \Delta g_2 = (0.3086 - 0.0419\rho) H \text{ mgal}$ として計算する。

2-2-5 緯度補正

地球は完全な球形ではなく回転楕円体であることと、自転による遠心力の為に地表での重力値は赤道付近で最小、両極で最大となる。次に示す標準重力の国際公式を用いて標準重力値：S. V. を求めれば、各測点の緯度 ϕ に関する補正も併せて施したことになる。

$$S. V. = 978.049(1 + 0.0052884 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi) \text{ mgal}$$



2-3 解析方法

重力観測値に、前項で述べた各補正を施して得られたブーゲー異常値を用いて等重力線図を作成し、これをもとに行う解析処理の手順を以下に述べる。

2-3-1 岩石試料の密度測定

重力異常は地下の密度の異常分布を反映している。従って重力異常から地下構造を解析する為には、調査地域に分布する岩石の平均密度や、地層の密度分布を知る必要がある。

本調査では、93個の岩石試料を採取して密度測定を実施したほか、オートムルヤ地区における深部構造に関する既存の密度測定資料 (*La Structure en Profondeur de la Region de la Haute Moulouya D'apres les Donnees Geophysiques, Tchernysh G. 1977*) も密度仮定の参考にした。

これらの結果を、Table II-2 *Densities of Rock Samples, Fig. II-5 Geological Map and Locality of Rock Samples* に記載し、調査地域の代表的な地層と対応させる為、第1年次調査における岩石試料密度測定結果も加えて、Table II-3 *Distribution of Rock Densities* としてまとめ、それぞれ巻末に掲載した。

密度の測定値としては、岩石を自然の状態に近づける為に水浸させて、後に水をふきとった湿潤状態での測定値を採用した。

岩石密度は次の式から求めている。

$$\text{密度} : \rho = \frac{W_a}{W_a - W_w}$$

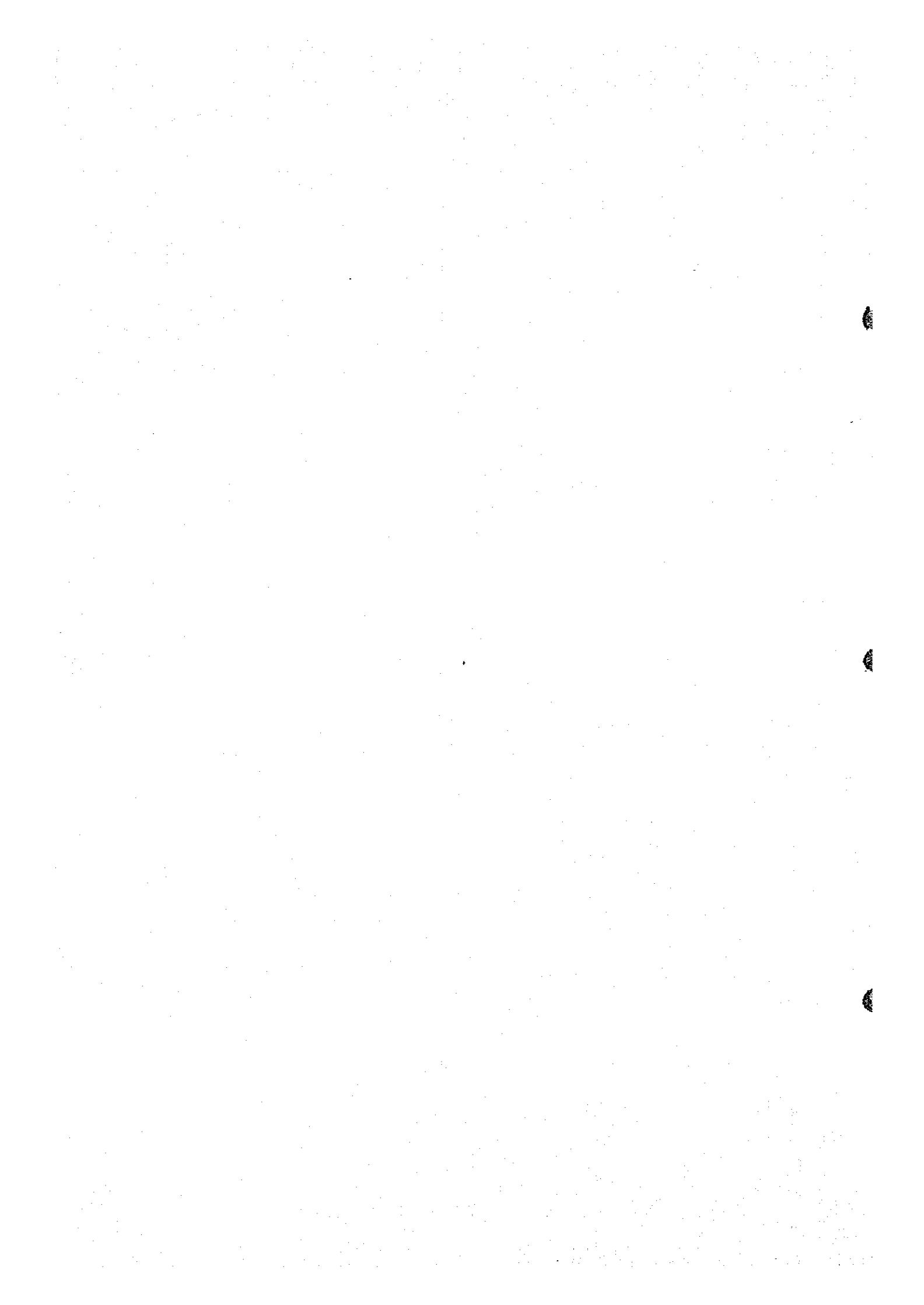
W_a : 空中重量

W_w : 水中重量

岩石試料の採取に当っては、Table II-3 に示した本調査地域に分布する各地層の構成岩の採取、新鮮な岩石の採取を心掛けた。各地層の平均密度は、必ずしも地層密度そのものを表わしているとはいえないが、おおよその傾向は示すと考えられる。

岩石試料密度測定結果より次の諸項が考察される。ただし、各図表に用いた地層名とそれらの記号は、本年度地質調査における分類を採用している。

- (a) 全岩石試料の密度は、1.81~3.09 までの広範囲にわたっているが、第三系及び第四系に属する岩石の密度はばらつきが大きく、性状・種類による密度の相違が著しい。これに対し、白亜系以前の古い地層の岩石密度はばらつきが少なく、特に花崗岩類にこの傾向が著しい。
- (b) 高密度層に属するものとして、第四系の β_q : 玄武岩溶岩の平均密度 2.78 と、基盤岩類の花崗岩類・花崗閃緑岩類・結晶片岩類などのそれぞれの平均密度 2.60・2.70・2.79 が挙げられる。この中で、 β_q : 玄武岩溶岩は極めて緻密であり、非常に大きな密度を有するが、産状は局所的且つ薄いものと考えられており、重力分布への大きな影響はないと



推定される。

- (c) 基盤岩類のうち、調査地東端に地表分布の認められる結晶片岩類は特に高密度であり、顕著な高重力異常を誘起するものと推定される。また、花崗閃緑岩類については、その分布が調査地東方に一部見られるのみであり、当地域内の重力分布への影響は少ないと考えられる。
- (d) 一方、調査地域内の大部分の範囲の基盤を構成すると考えられている花崗岩類は、アブライト質のものあるいはゼノリスを有するものも含めて、平均密度 2.6 前後と安定した高密度を示している。
- (e) 基盤岩類を被覆する堆積層の平均密度は、上記 ρ_0 、玄武岩溶岩を除く第四系の 2.33、第三系の 2.39、白亜系の 2.48、ジュラ系の 2.40、二畳～三畳系の 2.48 などである。これらの各地層を一括して、平均密度 2.4 程度の低密度層とみなすことができる。
- (f) 以上をまとめると、本地域の密度構造は次のように大別される。

上部低密度層	$\rho = 2.4$
基盤岩類	花崗岩類 $\rho = 2.6$
	結晶片岩類 $\rho = 2.8$

調査地域の基盤の大部分を花崗岩類が占めることから、花崗岩類が基盤を構成する地域では、(e)で述べた上部低密度層との間に密度差約 0.2 の二層構造を想定することができる。ただし、結晶片岩類の分布する地区及びその周辺では、高密度な第三層を考慮する必要がある。二層構造による解析は成立しない。

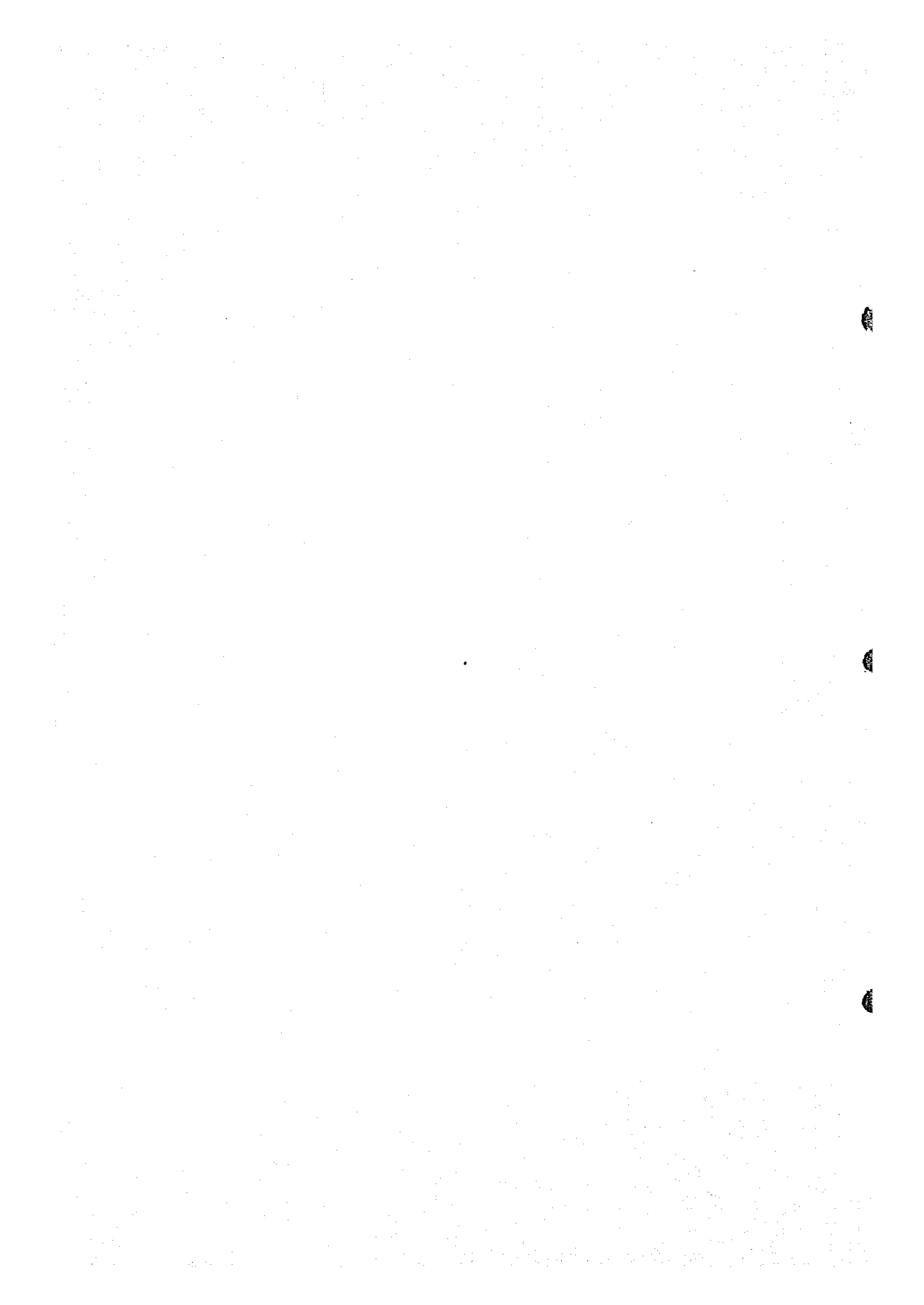
2-3-2 密度仮定

重力計算の補正密度の仮定は、重力探査の結果に大きな影響をおよぼす。Table II-3 に示した岩石試料密度測定結果では、地表付近の岩石密度は 1.81～3.09 の間に分布しているが、垂直方向に密度が変化する地層の平均密度を、水平的なデータである地表岩石試料の密度実測値のみから決定することは妥当ではない。

従って本重力探査では、次の諸項目について検討し補正密度の決定を行った。

- (a) 地形補正及びブーゲー補正に必要な補正密度を 4 種類 ($\rho = 2.00, 2.30, 2.50, 2.67$) に変化させた等重力線図を作成し、これら各補正密度による重力分布の形状と地形との相関を検討した結果、補正密度 $\rho = 2.30 \sim \rho = 2.50$ による等重力線図が適当であると考えられる。
- (b) 本調査地域に分布する岩石を代表すると考えられる各地層の岩石試料平均密度は、次のように求められる。

第	四	系	$\rho = 2.33$
	三	系	$\rho = 2.39$



堆積岩類	}	白 亜 系	$\rho=2.48$
		シ ャ ラ 系	$\rho=2.40$
		二 疊 ~ 三 疊 系	$\rho=2.48$
基盤岩類	}	花 崗 岩 類	$\rho=2.60$
		花 崗 閃 緑 岩 類	$\rho=2.70$
		結 晶 片 岩 類	$\rho=2.79$
全岩石試料平均密度			$\rho=2.51$

- (c) 巻末の Fig. II-6 Gravimetric Value-Elevation Curve に示すように、各測点の標高と各測点における重力値との関係から、適正補正密度 $\rho = 2.48$ が得られた。
- (d) 測点標高を用いた地形変化と数種類の補正密度によるブーゲー異常値との相関を、巻末の Fig. II-7 に示した。

一般に、地下の密度が均質であるものと想定し、地形断面の凹凸に対してブーゲー異常断面が一様となる密度を適当な補正密度とする。この観点から Fig. II-7 に示した相関関係を考察すると、補正密度 $\rho = 2.30 \sim \rho = 2.40$ が適当と考えられる。しかし、地下の密度が均質でない場合、例えば地下浅所に高密度な基盤が水平に分布している場合には、測点標高の低い部分は基盤に近い為高ブーゲー異常となり、標高の高い部分は基盤から離れる為低ブーゲー異常となるべきである。そのブーゲー異常量が、基盤の密度差 $\Delta\rho$ (g/cm^3)、地形の標高差 ΔH (m) に対して $-0.0419 \cdot \Delta\rho \cdot \Delta H$ mgal である時の補正密度が最も適当となる。

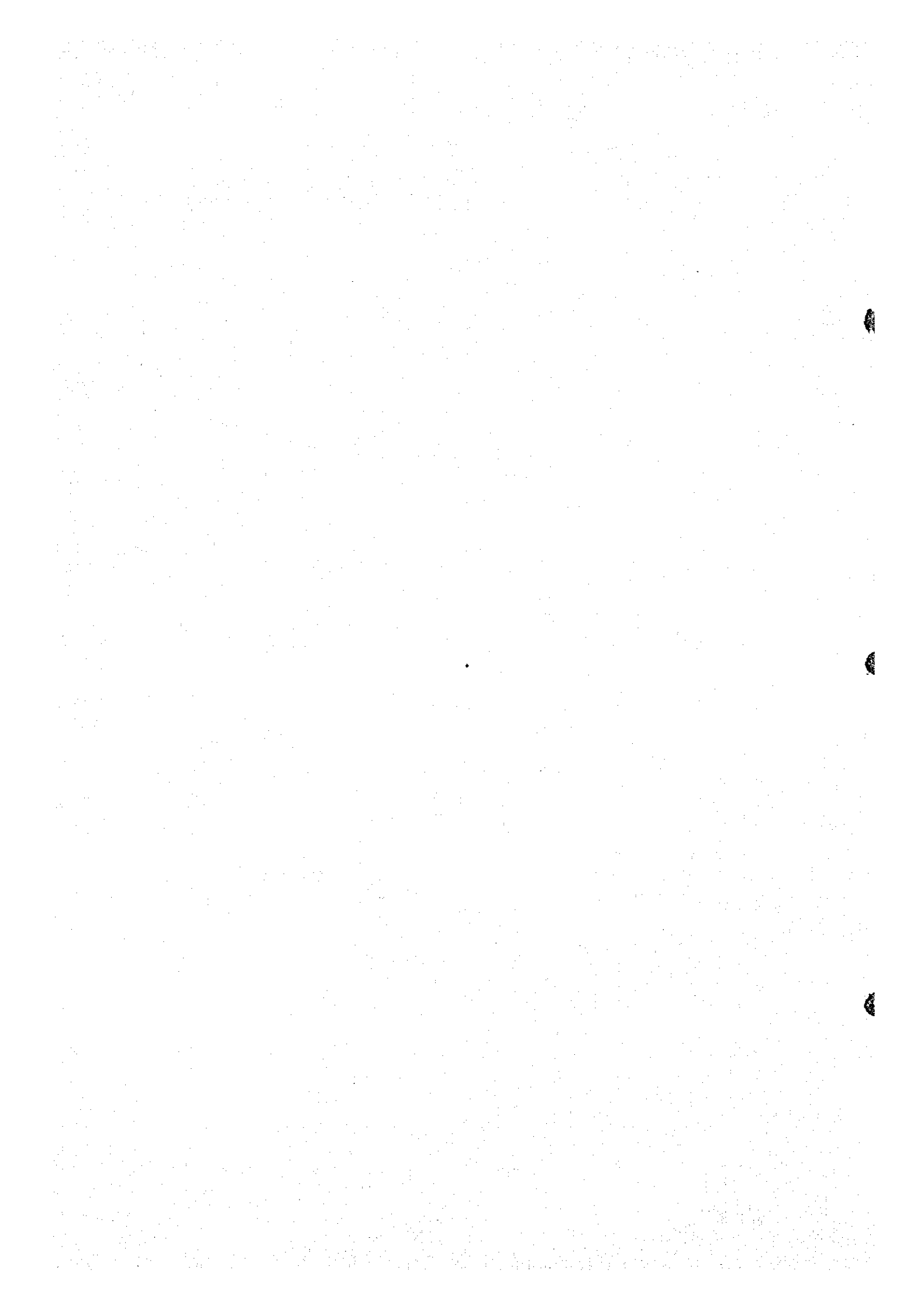
こうした視点に基づいて Fig. II-7 を再検討した結果、補正密度 $\rho = 2.5$ 程度が妥当であると考えられた。

以上を参考にして、補正密度 $\rho = 2.5$ による等重力線図を用いて解析を行うことに決定された。

2-3-3 傾向面解析

本調査の等重力線図は、詳細を第3章で後述するよう、主としてアイソスタシー及び大規模な地質構造に起因すると考えられる長波長のトレンドが顕著であり、等重力線図の重力分布と、地質構造とを直接対比するのは極めて困難である。そこで、このトレンドを抜き去る手段として傾向面解析を行った。

等重力線図 ($\rho = 2.5$) を間隔 $500m$ の直角格子で区切り、各格子点の重力値を読み取る。この格子点重力値を、任意に設定された X, Y 座標系に対して、格子点位置 (X, Y) に関する関数 $G(X, Y)$ とみなし、最小2乗法によって二次傾向面 $Z_2(X, Y)$ 及び三次傾向面 $Z_3(X, Y)$ を求めた。これらを図化して二次傾向面図 (Fig. II-10) 及び三次傾向面図 (Fig. II-11) とし、さらに、各格子点重力値より二次傾向面重力値を差し引いて二次残差



本調査ではこれらのうち、中位の波長を検出する Normal を採用図化し、余剰重力正規構造図 (Pl. II-4, Fig. II-13) とした。

2-3-5 二次元解析

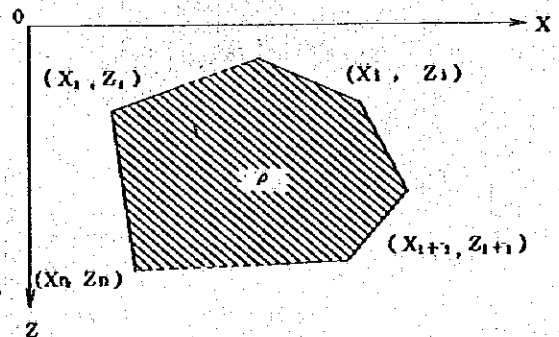
重力異常に対応する地下構造を推定する手段として、2本の断面について二次残差重力値を用いた二次元シミュレーションを行い、地下構造断面図として表現した。

地表下における構造モデルを数個の多角形とその密度で表現し、これらに影響される地表での重力値を算出して、あらかじめ500m毎に読み取った断面重力値と比較する。次に、多角形を構成する座標と密度を変数とみなして、最小2乗法により断面重力値と計算値がほぼ一致するまでこれらの変数を変化させて密度構造を算出した。

密度構造モデルに対する重力値の算出には、Talwani等の方法を採用している。

右図に示す、密度 ρ の多角形 (紙面に垂直無限) によって受ける0点 (地表上の任意の点) での重力値の垂直成分 g_v は次式で与えられる。

$$g_v = 2\rho G \sum_{i=1}^n \int_{Z_i}^{Z_{i+1}} \int_{-\infty}^X \frac{Z}{X^2 + Z^2} dX \cdot dZ$$



ただし、 ρ ; 密度、 G ; 重力定数

計算に際して、初期モデル構造の設定が重要な要素となる為、二層構造を基本とし、地表地質分布、地質情報を加味した多層構造を設定して行った。また、各モデル構造の密度については、Table II-3 Distribution of Rock Densities より、各地層の密度の初期値を次のように大別して計算を行っている。

$\rho = 2.40$ 第四系, 第三系, 白亜系, 二疊~三疊系の各地層

$\rho = 2.60$ 花崗岩類

$\rho = 2.80$ 結晶片岩類

なお、本調査における定量解析は、すべて二次残差重力値を用いて実施している。

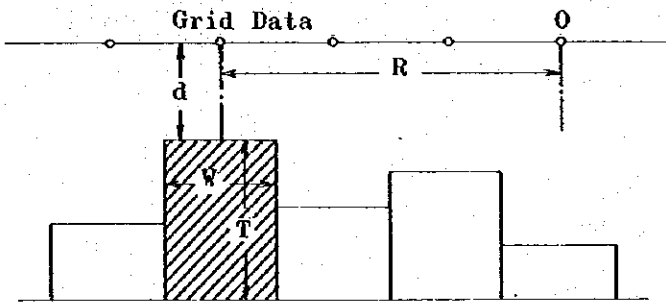
2-3-6 三次元解析

“2-3-3 傾向面解析”の項で述べた二次残差図を、500m格子間隔に区切って読取り、この格子点残差重力値を用いて二層構造による三次元シミュレーションを実施した。

すなわち、地下構造を第一層と第二層の二層構造と仮定し、岩石試料密度分布から上部層 (第一層) と下部層 (第二層) との間の密度差 $\Delta\rho = 0.20 g/cm^3$ に大別して実施している。

計算に際しては、第二層を500m平方の角柱に分割して、最小2乗法によりそれぞれの角柱の厚さを変化させることによって、格子点重力値に一致させる方法をとった。

計算式及び概念図は次のようである。



左図のように、各格子点の真下に、それぞれ格子点を中心とする角柱を三次元的に設置した時、斜線部の角柱による格子点0における重力値の鉛直成分は次式で表わされる。

$$\Delta g \approx G \rho W^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + (T+d)^2}} \right\}$$

ただし、格子点0の直下の角柱のみについては(すなわち、 $R=0$ のとき)、次式を用いる。

$$\Delta g_0 \approx 2\pi G \rho \left\{ T - \sqrt{(T+d)^2 + \frac{W^2}{\pi}} + \sqrt{d^2 + \frac{W^2}{\pi}} \right\}$$

ここで、 G : 重力定数

R : 角柱の中心までの距離

ρ : 角柱の密度 ($\Delta \rho = 0.2$)

T : 角柱の基準面よりの高さ

W : 角柱の幅 = 格子間隔 (500 m)

d : 地表よりの深度

すべての角柱による影響の総和が格子点0における重力異常値となり、地表よりの深度： d を変化させる事により、この値と二次近似残差格子点重力値がほぼ一致するまで計算を繰り返して行った。

計算結果は、第二層の表部を示す等深度線及び海拔等高線で表示し、地質構造解釈を書き添えて地下構造図とした。

2-3-7 重力計算一覧表の説明

各補正計算はすべてFACOM M160-AD型電子計算機で行われ、その出力データは巻末Appendicesに重力計算一覧表としてまとめられている。

(a) 潮汐・ドリフト補正 (Table II-4 Earth Tide Correction and Drift Correction)

この表は、各測点における観測値から重力値を算出するもので、潮汐・ドリフト・器械高さの各補正及び重力基準値に対する換算を行っている。

表には次の諸量が左から右に次の順に記載されている。

Y M D

観 測 年 月 日

NO

測 点 番 号

TIME	日・時・分
READING	観測値
INST. H	機械高さ(cm)
X FACT.	観測重力値(mgal)
ETCOR	潮汐補正值(mgal)
INST. COR	機械高さ補正值(mgal)
+COR	補正ずみ値(mgal)
DRIFTCOR	ドリフト補正值(mgal)
GRVTY DIF.	基点の標準重力値との差(mgal)
GRVTY VAL.	重力値(gal)

(b) 地形補正 (Table II-5 Topographical Correction)

この表は、遠方・中間・近傍・周辺の地形補正計算結果と、各測点の全地形補正值を表示している。

表には以下の諸量が左から右に次の順に記載されている。

STATION-NO	測点番号
LATITUDE(Y)	地形図原点からの南北方向距離(m)
LONGITUDE(X)	地形図原点からの東西方向距離(m)
ALTITUDE	測点標高(m)
FAR	遠方地形補正值(mgal)
MIDDLE	中間地形補正值(mgal)
NEAR	近傍地形補正值(mgal)
CLOSE-1, -2	周辺地形補正值(mgal)
SEA	海水量補正值(mgal)
LAKE	湖水量補正值(mgal)
TOTAL	全地形補正合計値(mgal)

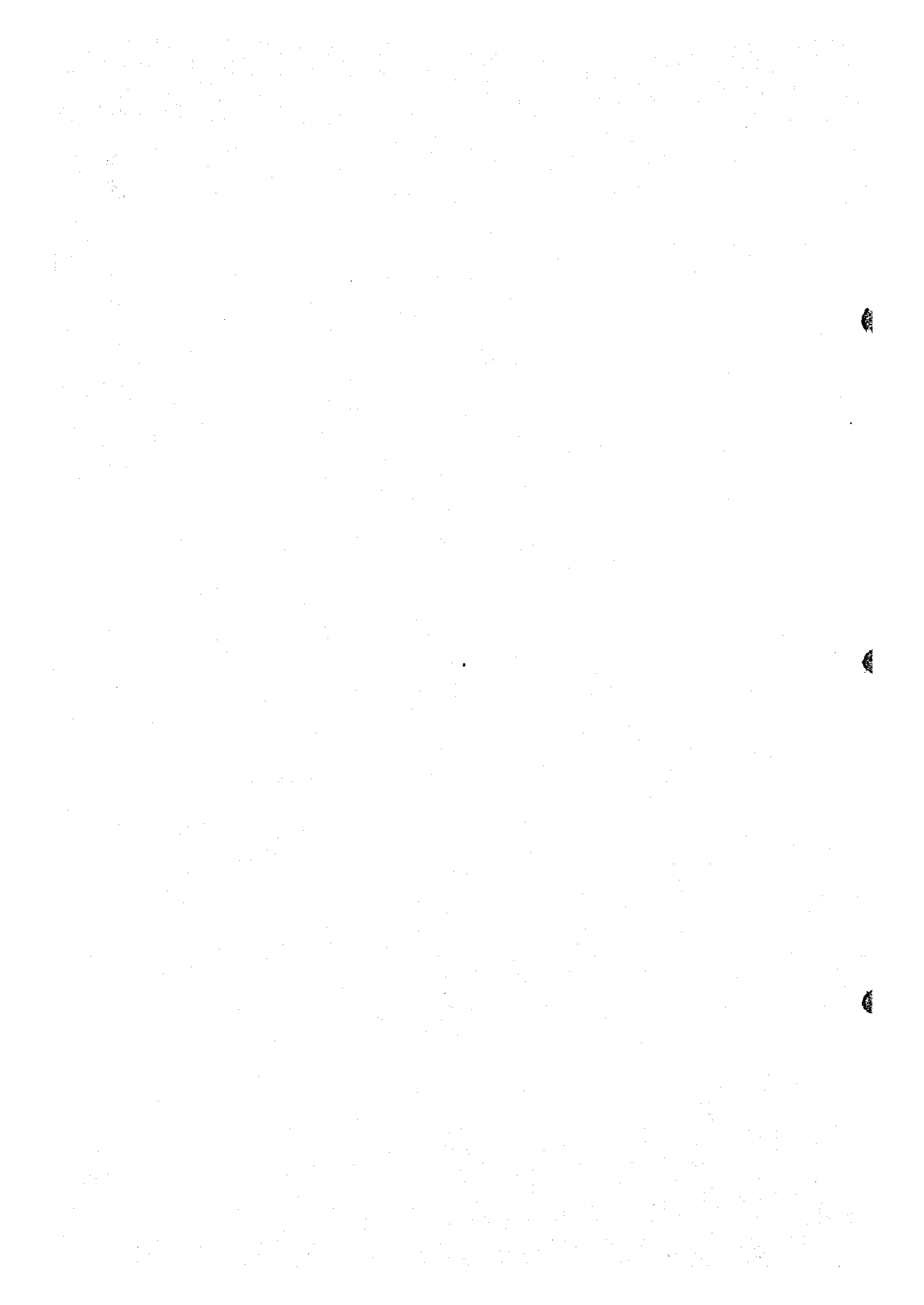
なお、表に示す補正值は密度 $\rho = 2.0 \text{ g/cm}^3$ として表示している。

(c) ブーゲー異常値 (Table II-6 Altitude Correction and Latitude Correction)

この表ではブーゲー異常値が算出されており、高度補正・地形補正及び緯度補正の各補正計算を行っている。

表には以下の諸量が左から右に次の順に記載されている。

STATION-NO	測点番号
LATITUDE(Y)	地形図原点からの南北方向距離(m)



LONGITUDE(X)

地形図原点からの東西方向距離(m)

ALTITUDE

測点標高(m)

G. V. -S. V.

緯度補正ずみ重力値(mgal)

2.00~2.80

補正密度6種類について計算したブーゲ-異常値(mgal)

第 3 章 調査結果

本重力探査の結果より作成された主要図面(縮尺1:50,000)は次の通りである。

P1. II-1 測点位置図(Locations of Gravity Stations and Their Altitudes)

P1. II-2 等重力線図(Bouguer Anomaly Map)補正密度: $\rho=2.5$

P1. II-3 二次残差図(Residual Gravity Map in Polynomial of Second Order)

P1. II-4 余剰重力正規構造図(Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly Map)

P1. II-5 基盤等深線図(Contour Line Map of Depth from Ground Surface to Basement Rocks)

P1. II-6 地下構造断面図A-B(Profile of Underground Structure A-B)

P1. II-7 地下構造断面図C-D(Profile of Underground Structure C-D)

P1. II-8 地下構造図(Interpreted Map of Underground Structure)

また、傾向面解析の際に作成された参考図面、および、前年度の調査結果との編集を行って作成された図面(縮尺1:200,000)は次の通りである。

Fig. II-8 Bouguer Anomaly Map on Haute Moulouya Area

Fig. II-9 Compiled Bouguer Anomaly Map ($\rho=2.5$)

Fig. II-10 Regional Gravity Trend in Polynomial of Second Order

Fig. II-11 Regional Gravity Trend in Polynomial of Third Order

Fig. II-12 Residual Gravity Map in Polynomial of Second Order

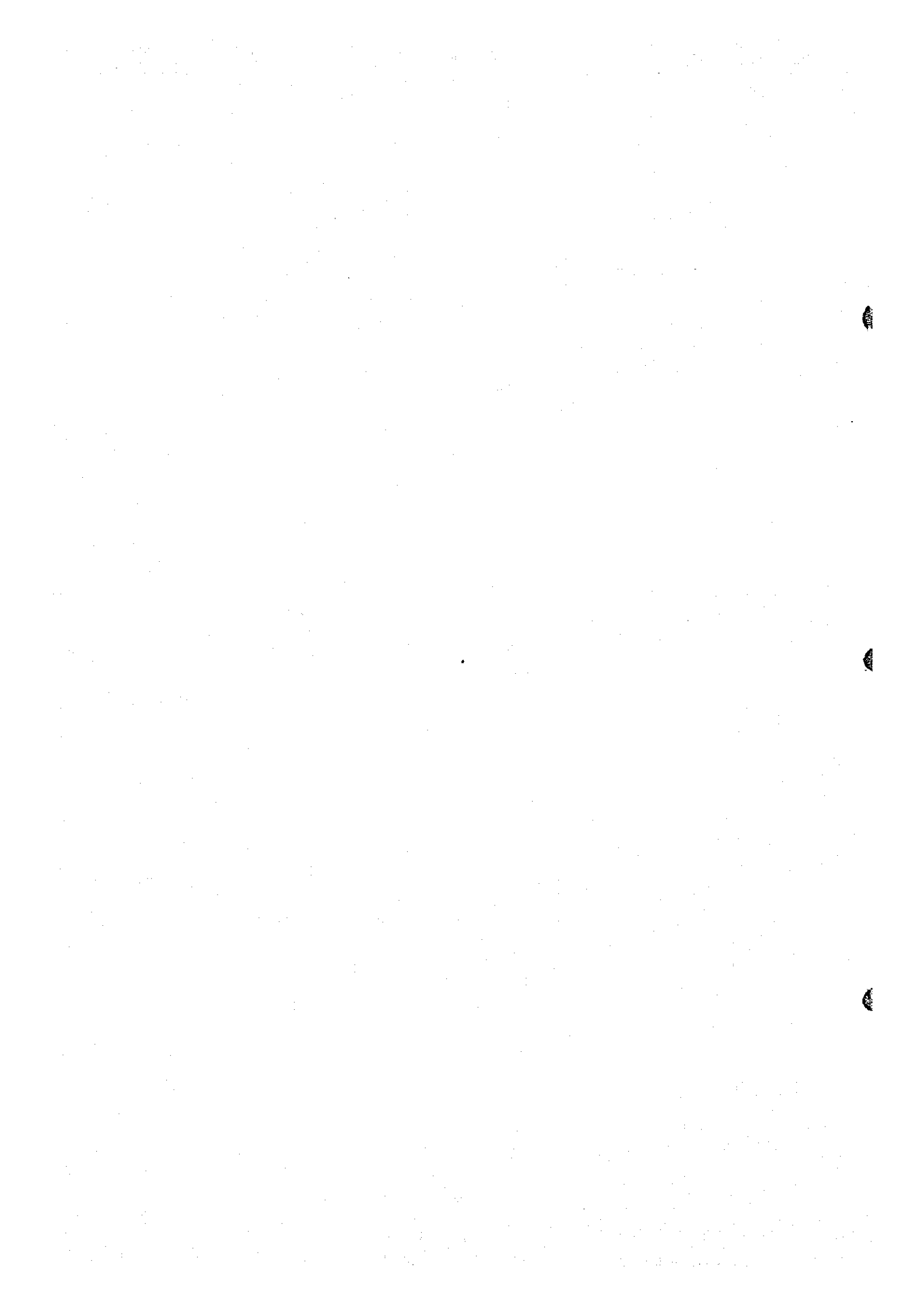
Fig. II-13 Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly Map

Fig. II-14 Contour Line Map of Depth from Ground Surface to Basement Rocks

Fig. II-15 Profiles of Underground Structure

Fig. II-16 Interpreted Map of Underground Structure

本章ではこれらの図面類のうち、P1. II-2~P1. II-4及びFig. II-8~Fig. II-13の各重



力図の重力分布について検討を行い、Pl. II-5~Pl. II-8及びFig. II-14~Fig. II-16の各図面については“第4章”で地質構造に関連して記載する。

3-1 等重力線図

3-1-1 全般的な傾向

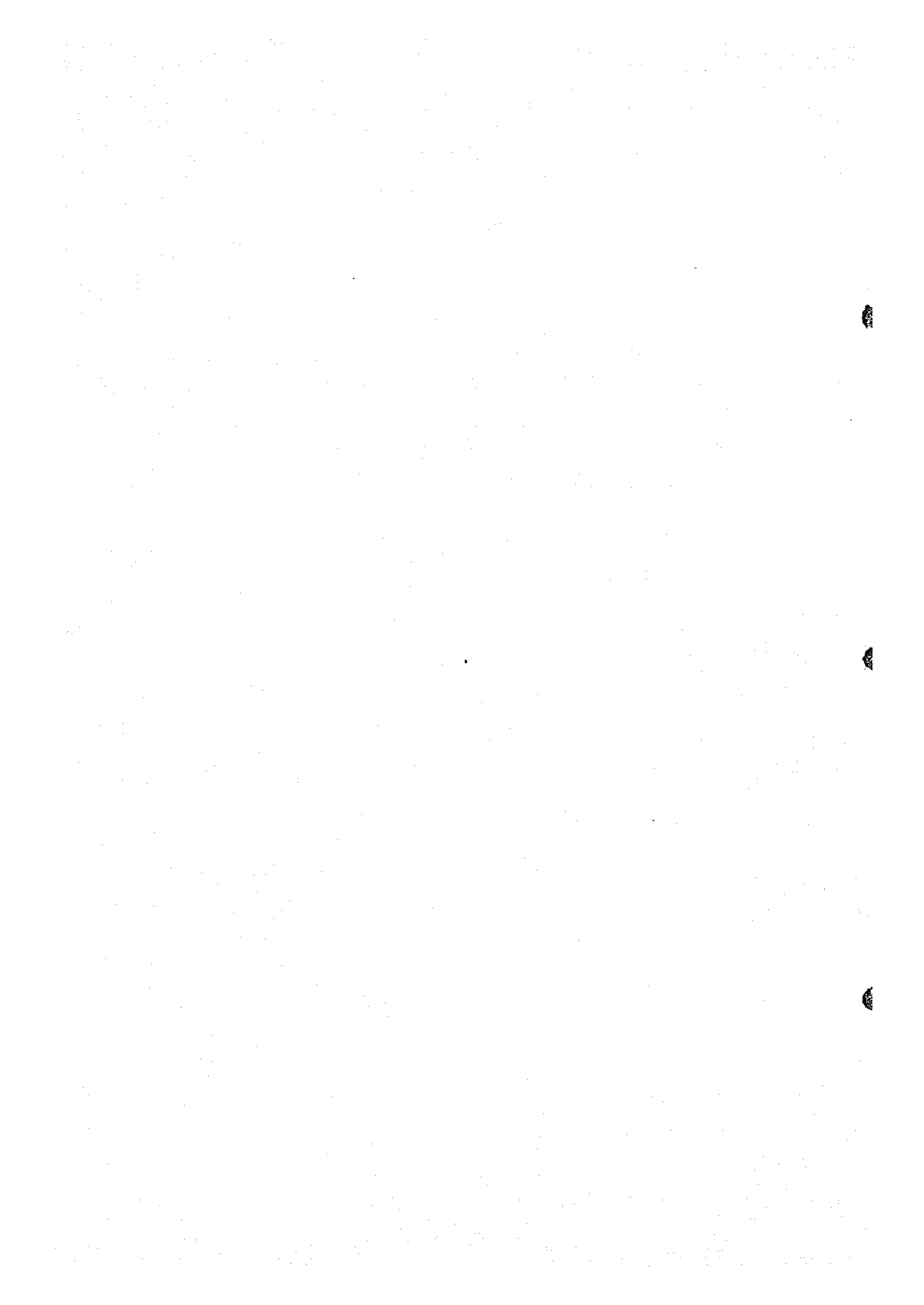
Pl. II-2 (Fig. II-9) が補正密度 $\rho = 2.5$ による等重力線図である。本調査地域内におけるブーゲー異常値は、およそ -88 mgal から -113 mgal の間に分布し、顕著な負異常を示している。こうした負異常は、中部アトラス山脈・高アトラス山脈などで代表される広範囲な高地に調査地域が位置していることから、大規模な高山の下ではモホロビッチ境界面が深いという、いわゆるアイソスタシー（地殻平衡）に起因するものと考えられる。

巻末のFig. II-8 に調査地域周辺の大局的な重力分布と地勢を示すように、本調査地域は、 $2,000 \text{ m}$ ないし $3,000 \text{ m}$ 以上に達する中部アトラス山脈及び高アトラス山脈の中央部に位置し、全体として広範囲な高山地帯である。Fig. II-8 に示される重力分布は、補正密度 $\rho = 2.67$ で補正されている為、最低ブーゲー異常値は -140 mgal 以下とさらに小さい負異常で表現されている。表示した範囲では $-75 \text{ mgal} \sim -140 \text{ mgal}$ までのブーゲー値を示すが、北方の地中海及び北西方の大西洋沿岸では、平均的に 0 mgal 程度のブーゲー異常値である。

こうした標高とブーゲー異常値との相関関係は、アイソスタシーの存在を裏付けるものであり、同様の例が、北米のロッキー山脈、南米のアンデス山脈、アジアのチベット高原などでも観測されている。

Pl. II-2 (Fig. II-9) 等重力線図における重力分布の特徴は、全体として北方へ湾曲する弓形状の等重力線によって表現されている点である。調査地南端のZayda付近の低重力地域より、北方に向かって緩やかに重力値を増し、北へ行くに従って重力傾度を徐々に増して行く。このような傾向は、Fig. II-9の編集図においてさらに明瞭になる。Bou Miaの南方に発達する低重力異常を中心として、同心円状に北方から東方へ向けて重力勾配を変化させながら重力値を増し、本調査地北東部及び北西部に卓越する高重力異常に至る。

こうした特徴を形成する要因として考えられるのは、調査地内の基盤構造を反映するほかに、調査地周辺あるいは地下深部の大規模な地質構造をも反映する為と考えられる。調査地北西側には、高密度岩である結晶片岩類を基盤とする中部アトラス山脈がNE-SW方向に連なり、また、調査地の東側には、広範囲に結晶片岩類の露頭が見られる。当地域の主な基盤である花崗岩類は、上記の結晶片岩類の間に侵入しており、両者の密度差によって生ずる重力トレンドが重力分布の傾向を支配しているものと解釈される。



3-1-2 局所的な傾向

等重力線図における重力異常には、閉じた異常が極めて少なく、主に等重力線の方向・密度・曲折などで表現されている。これらの重力異常は、上記重力トレンドを取り除く事によって、閉じた異常あるいはより一層明瞭な異常として再現される場合が多い。従って、局所的な重力異常の詳細は“3-3 二次残差図”の項で後述し、本項では顕著な重力異常のみを以下にとり挙げることにする。

- (a) 調査地北西端には、NE-SW方向の密な等重力線で示される高重力異常が把握された。最大 5 mgal/km 程度の急な重力勾配を有しており、NE-SW方向の断層構造の存在を示唆する。
- (b) 調査地東部には、面積約 50 km^2 に及ぶ矩形の高重力異常が発達する。この高重力異常に対応して高密度岩体の潜在が推定される。
- (c) Zayda 周辺から Zayda の北東部にかけて、 $-112.5 \text{ mgal} \sim -107.5 \text{ mgal}$ までの重力値で示される地域では、重力勾配が $0.3 \sim 0.5 \text{ mgal/km}$ と極端に緩やかである。また、この地域の等重力線は屈曲に富んでいることから、地下浅所における密度異常や基盤の起伏を反映しているものと考えられる。

3-2 傾向面図

本調査では、等重力線図に現れた広域的な重力トレンドを抜き去る手段として傾向面解析を実施し、二次残差図を用いて定量解析を行うことは既に述べた。ただし、このトレンドは調査地域外の要因と共に、調査地内の基盤構造をも反映しており、このまま傾向面解析を行うと、調査地内の基盤構造による重力異常も一緒に抜き去ってしまう恐れを生ずる。

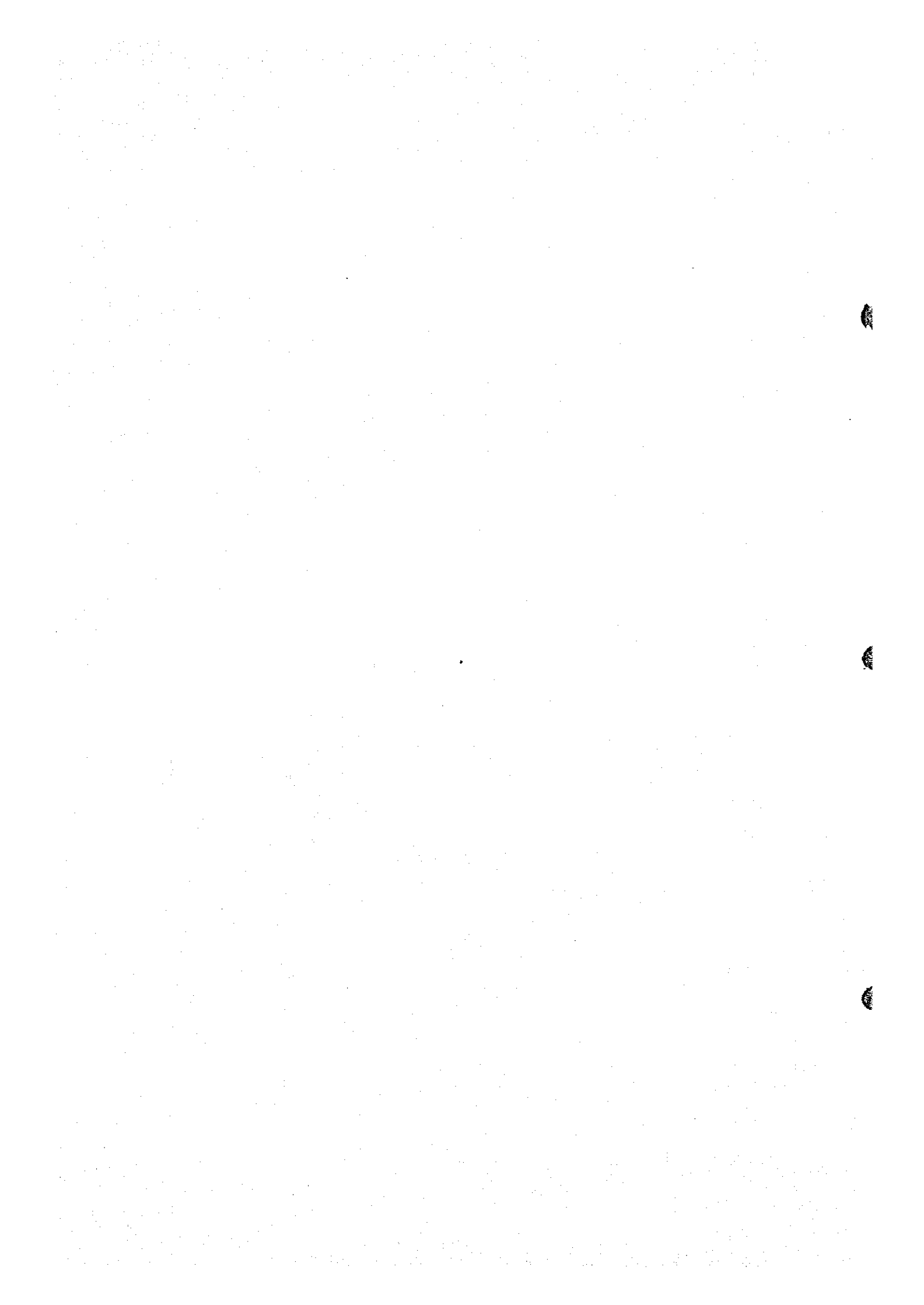
そこで解析に先立ち、前年度重力探査の調査結果、あるいは、既存の物理探査資料 (Solaini L. 1965) を用いて、調査地周辺部を含めた重力図を編集・作成し、広範囲のデータを使用して解析を行うことによって、調査地内の解析精度向上を期した。

傾向面図は、等重力線図の広域的な重力分布 (Regional Gravity Anomaly) を、数学的処理によって曲面近似したものであり、局所的な異常が除去されて全般的な傾向がよく表現される。高次の近似曲面になるほど等重力線図に追従する為に、残差図において長波長の重力異常を消失させる働きをもつ。従って、調査地の地質構造と重力分布との関係を比較検討した上で、傾向面図あるいは残差図の選択を行う必要がある。

3-2-1 二次傾向面図

巻末の Fig. II-10 が二次傾向面図である。 $-115 \text{ mgal} \sim -93 \text{ mgal}$ の顕著な負の重力異常を示すが、これはアイソスタシーに起因するものであることは既に述べた。

二次傾向面図はすべて二次曲線の等重力線で表示されている。これら二次曲線の頂点を結ん



だ線を傾向面図の軸と考えれば、Sidi Ayyadの北側からBou Miaの南方へかけてNE-SW方向の低重力異常の軸が現われている。この軸に沿って約0.3 mgal/kmのほぼ直線的な勾配をもって、南西方向に減少・発散する傾向が認められる。また、北方及び南東方向への重力勾配の立ち上がりも、Fig. II-8における広域重力図の傾向、特に調査地域外における傾向をよく表現している。

傾向面解析の目的は、“3-1-1”の項で述べた調査地周辺または地下深部の地質構造に誘起される重力トレンドを把握し、これを取り除くことによって、調査地域内の地質構造と重力分布との関係のみを再現することにある。

こうした観点から、重力トレンドをもたらす主要な要因とみなされる、調査地域外に分布する結晶片岩類に着目する必要がある。

調査地の北西～北方には、結晶片岩類を基盤とする中部アトラス山脈が連なり、その南縁はNE-SWないしNEE-SWW方向の境界線で区切られる。また、Sidi Ayyadの南方にもNE-SW方向の断層に規制されて同岩類が露出している。こうした結晶片岩類の分布とFig. II-10の重力分布を比較すると、明らかな共通点が見出される。即ち、Itzarの北方及びMibladane付近では高重力値を示し、且つ、等重力線の方向が、上記結晶片岩類の境界線とよく符号する。

以上より、二次傾向面図は調査地外の結晶片岩類と調査地内の構成岩類との関係を反映するものと考えられ、従って、二次残差図は調査地域内の地質構造を表現するものとみなすことができる。

3-2-2 三次傾向面図

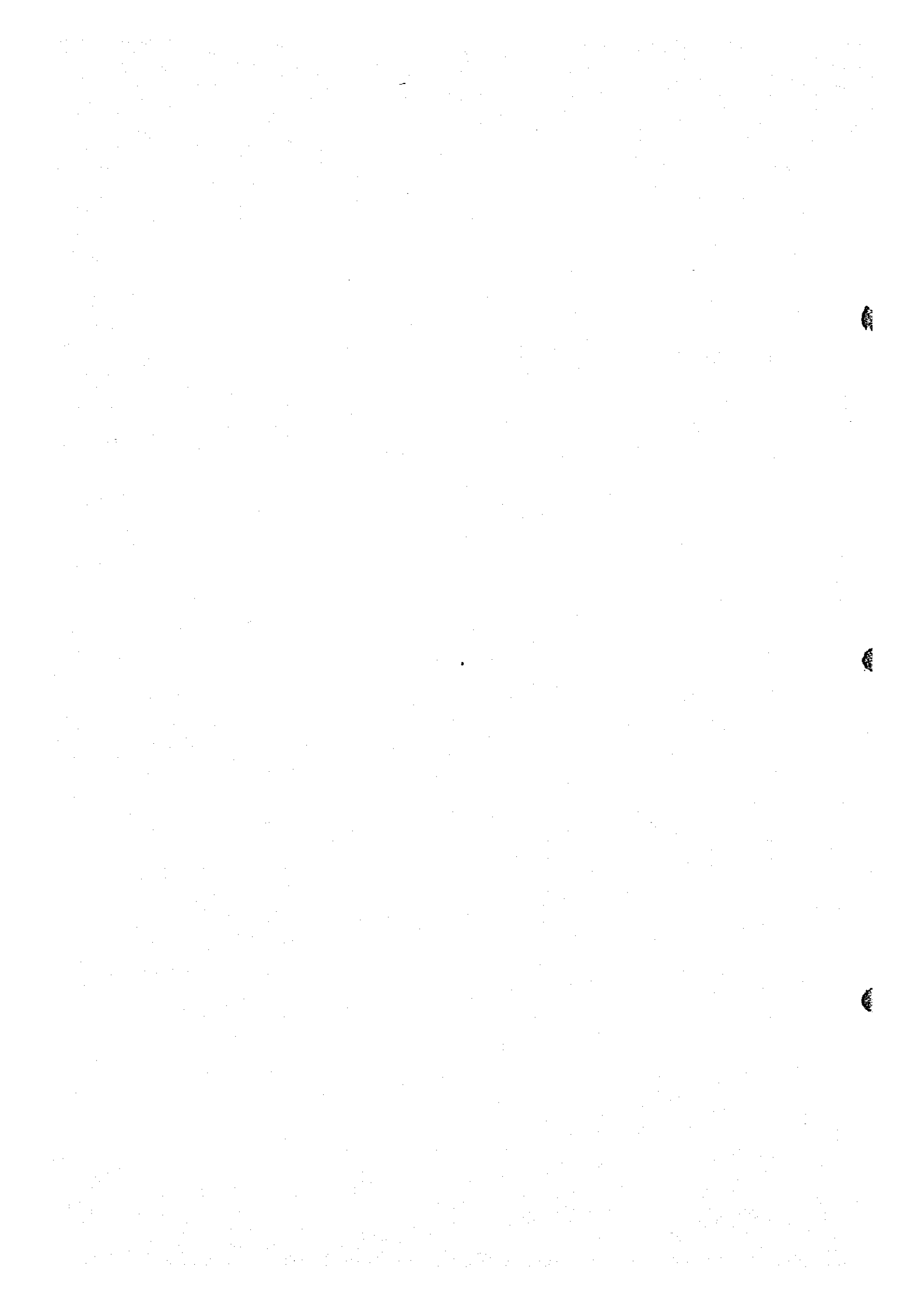
巻末のFig. II-11が三次傾向面図である。二次傾向面図と比較すると大局的な傾向はほぼ同様であるが、やや複雑な曲面を表現している。二次傾向面図では直線であった低重力異常の軸が湾曲しており、この軸に沿う重力勾配も、Zaydaの東方のZayda花崗岩体の露出する地域で変化を示している。また、Mibladane及びBou Mia付近の等重力線は、前述の結晶片岩類の分布を規制する方向とは別の方向へ歪曲する傾向を示す。

このように調査地域外に起因するトレンドのみならず調査地域内の基盤構造も含めて表現している傾向が認められる為、二次傾向面図と比較すると好ましくないと考えられる。

3-3 二次残差図

残差図は、等重力線図から傾向面を差し引いた重力図に相当するもので、広域的な重力分布が除去され、局所的な重力分布が抽出されている。高次に進むに従って、より小規模な重力異常が強調される特性を有している。

解析に使用する残差図を決定するに当って、二次と三次の残差図を作成して比較検討した結



果、基盤である花崗岩類の構造を定量的によく表現していると判断される二次残差図を採用し、これを二次元及び三次元定量解析に使用した。

Pl. II-3 (Fig. II-12) が二次残差図である。Fig. II-12 では当調査地域と前年度調査地域を別個に傾向面解析を行って残差図を作成している。そこで、Fig. II-12 は参考図とし、Pl. II-3 のみを用いて以下の説明を行うことにする。

二次残差図における残差値の最高値と最低値は、それぞれ+9 mgalと-3 mgal程度で、その差は約12 mgalである。このうち、調査地北西端と東部に発達する高重力異常を除けば、大部分の地域が+1~-3 mgal程度の残差値で占められており、変化の小さい重力分布を示すと言える。

等重力線図と比較して最大の特徴は、調査地の中央部において等重力線図では北方へ向かって重力値を増して行くのに対し、二次残差図では反転して同方向に減少している。これにより、Zayda 以東に露出する Zayda 花崗岩体に対応して高重力異常が抽出され、基盤の潜在する北方では低重力異常へ推移している。即ち、二次残差図によって改めて基盤と被覆層との関係が表現されたことになり、傾向面解析の有効性を裏付けている。

また、等重力線図では確認されなかった、閉じた重力異常が散在して抽出された他、細部の重力異常が等重力線の屈曲として一層強調されて再現されている。さらに、等重力線の方向性や重力異常の連続性なども、著しい変化を示している。

二次残差図における重力分布の詳細は次の通りである。

(a) 顕著な高重力異常として次の三地区が挙げられる。

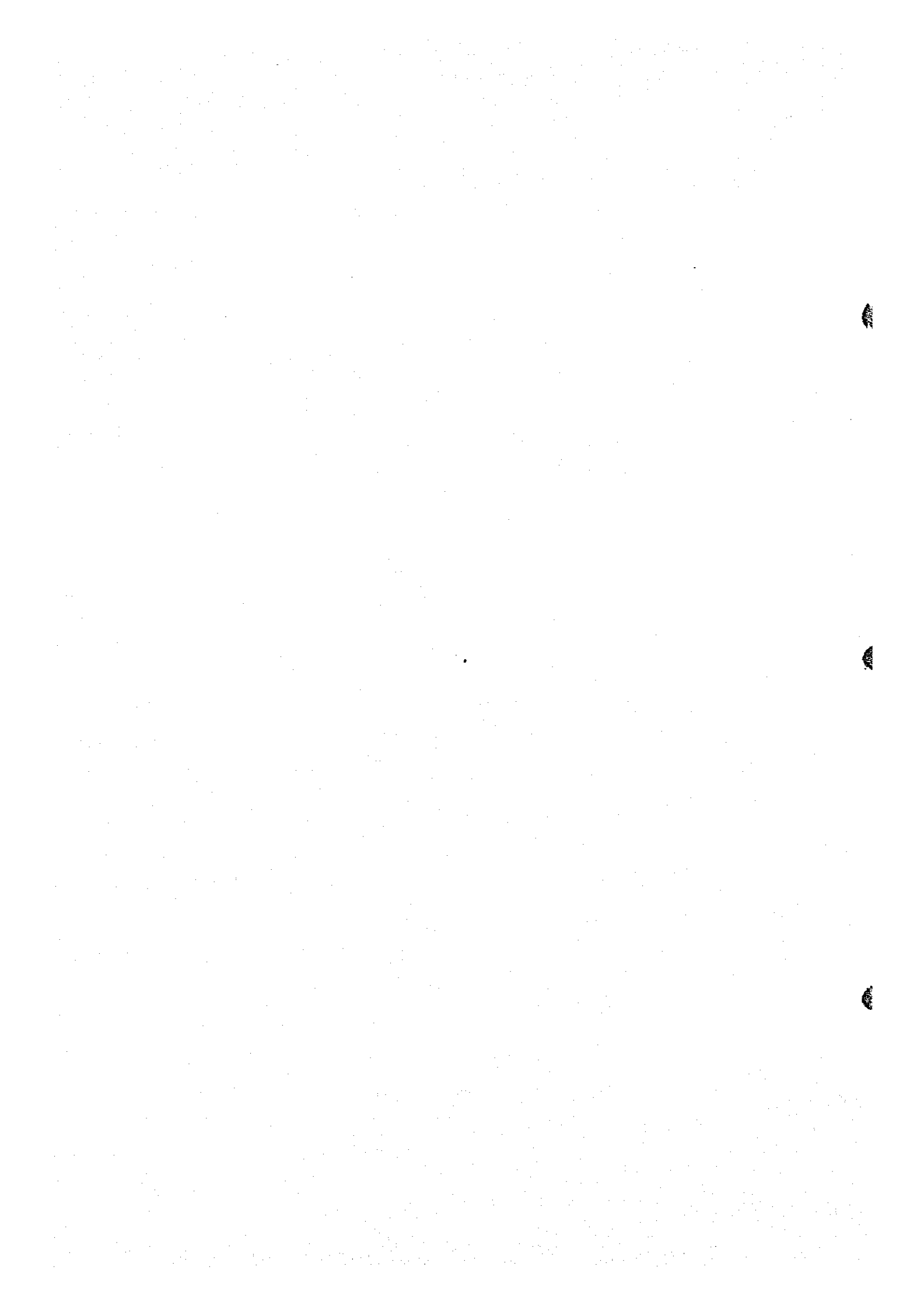
- ① 調査地北西端、Itzarの西方へ向けて急勾配に立ち上がる高重力異常
- ② 調査地東部に発達する矩形状の大規模高重力異常
- ③ 調査地南端、ZaydaからZayda東方にかけて広範囲に広がる高重力異常帯

(b) ①の高重力異常は、等重力線図ではNE-SW系の密な等重力線で示されたのに対し、NNE-SSW系にその方向を変えている。この方向及び位置は、調査地に隣接する中部アトラス山脈の南縁に一致しており、同方向に沿う断層構造あるいは基盤における密度の境界面の存在を示唆している。

(c) ②の高重力異常は、周囲を波長の短い密な等重力線で囲まれている。この高重力異常の南部には、高密度岩石である結晶片岩類の露頭が見られることから、この高重力部に対応して結晶片岩類の基盤を想定することができる。

(d) ③の高重力異常帯のはば0 mgalの等重力線で囲まれる地域は、Zayda花崗岩体として知られる花崗岩露出部に対応している。これから判断して、花崗岩類を基盤とする地域では、花崗岩類の露出・浅在を反映して高重力異常が捕捉されるものと考えられる。

また、この高重力異常帯を二分する、N-SないしNNE-SSW方向の断層性の低重



力異常が強調されている。

- (e) 以上の三地域の高重力異常に囲まれて、調査地中央から北部にかけて、広範囲な低重力異常地帯を形成している。

Itzar の東側には、①及び③の高重力異常に挟まれて、NE-SWの走向を示す低重力異常が連続し、また、②の高重力異常の南西側にはNW-SE方向に低重力異常が連続する。両者の合流する調査地北端部では、最低の残差値 -3.4 mgal を示す低重力異常となって、さらに調査地の北方へ延長する傾向を示す。

- (f) 上記の低重力異常地帯のうち、Zayda の北北西およそ 6 km 付近を中心に閉じた重力異常を含む、ベーズン状の低重力異常が発達する。比較的密な等重力線で周辺を囲まれており、基盤の凹部を示すと推定される。

- (g) 調査地中央部、Moulouya 川の北側には、等重力線の曲折で表わされる短波長の異常が多く見受けられる。これらは主に N-S 系の連続性を示し、地表近くに浅在する基盤の起伏を反映するものと考えられる。

- (h) 調査地の南西端には、Bou Mia 花崗岩体と称される花崗岩露頭の北縁に位置する、 0 mgal の等重力線で表わされた高重力異常が存在する。この高重力異常と Zayda 付近の高重力異常との間は、ほぼ E-W 方向に連なる尾根状の高重力異常によって結ばれている。またこの付近の等重力線の形状から推定して、NW-SEE 系の方向性を判読することができる。

3-4 余剰重力正規構造図

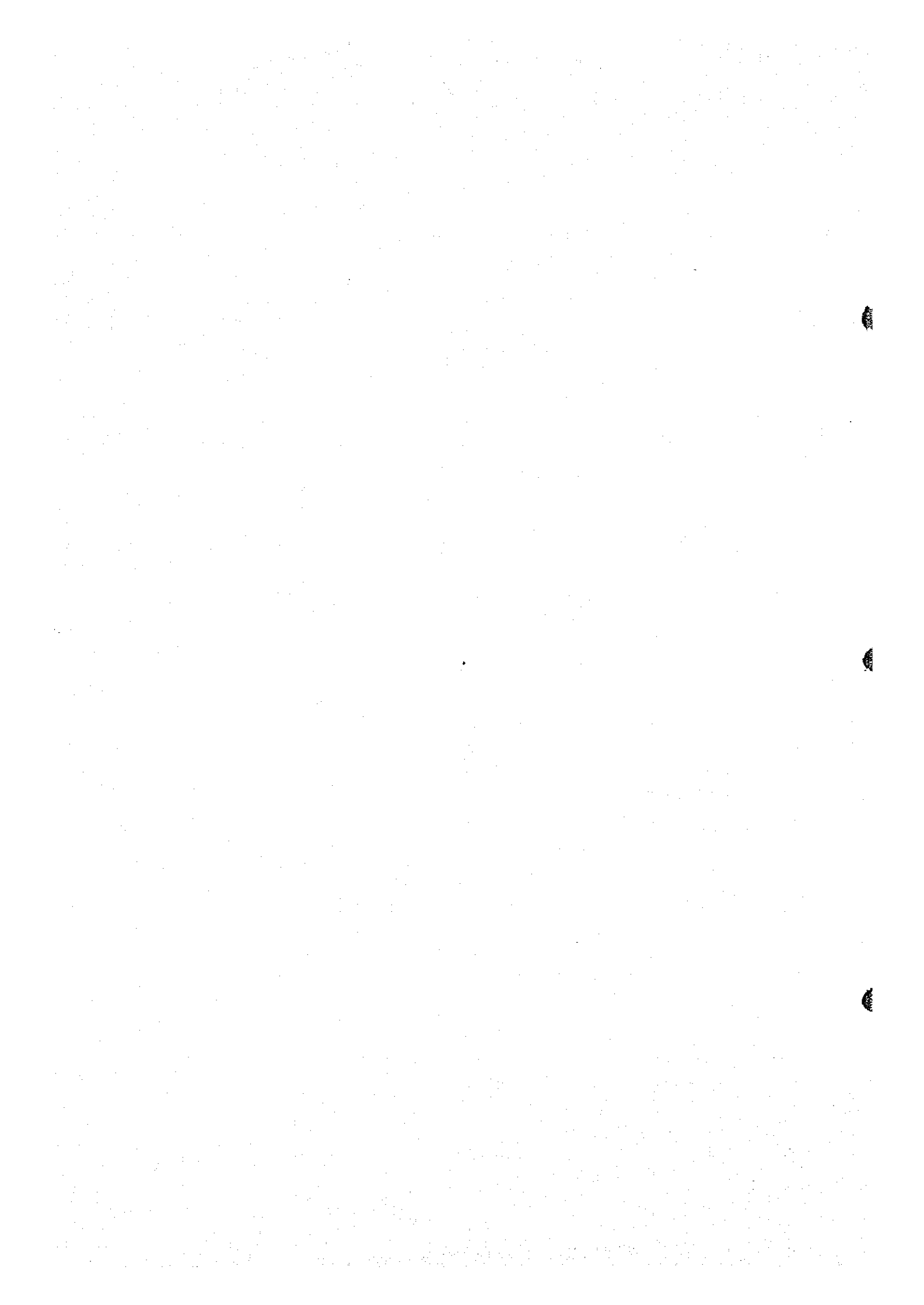
余剰重力図は、等重力線図における重力異常を波長別を選択する解析図である。本調査では、地表付近のノイズ的影響及び地下深部の構造を反映する重力異常を除去して、中間的な深度の構造を表現する正規構造図を採用した。

Pl. II-4 (Fig. II-13) が余剰重力正規構造図である。正規構造図に認められる重力分布は、重力異常の形状あるいは配列が特定の方向性を示す区域と、形状においても、配列においても方向性を示さない区域とに分けられる。

正規構造図における主な重力分布の特徴は次の通りである。

- (a) 調査地東部に広範囲な面積を占める正異常が抽出された。この正異常は、二次残差図で指摘された大規模高重力異常に対比される。

一般に、地下の構造を二層構造に仮定した時、高重力異常(又は正異常)は基盤の盛り上がりに対応し、低重力異常(又は負異常)は窪みに対応する。しかし、この付近の基盤は他の地域とは異なる高密度結晶片岩類と推定されており、二層構造は成立し難い。そこで基盤の深度を云々するより、この正異常を囲み込む 0 mgal の線が、二種類の基盤の



境界付近を表わすと考えた方が妥当である。

(b) 上記正異常の南東側には、巾およそ 1.5 km の地溝状の構造を暗示する NE-SW 方向の負異常が卓越する。上記正異常の南西側にも NW-SE 方向に負異常が連続している。

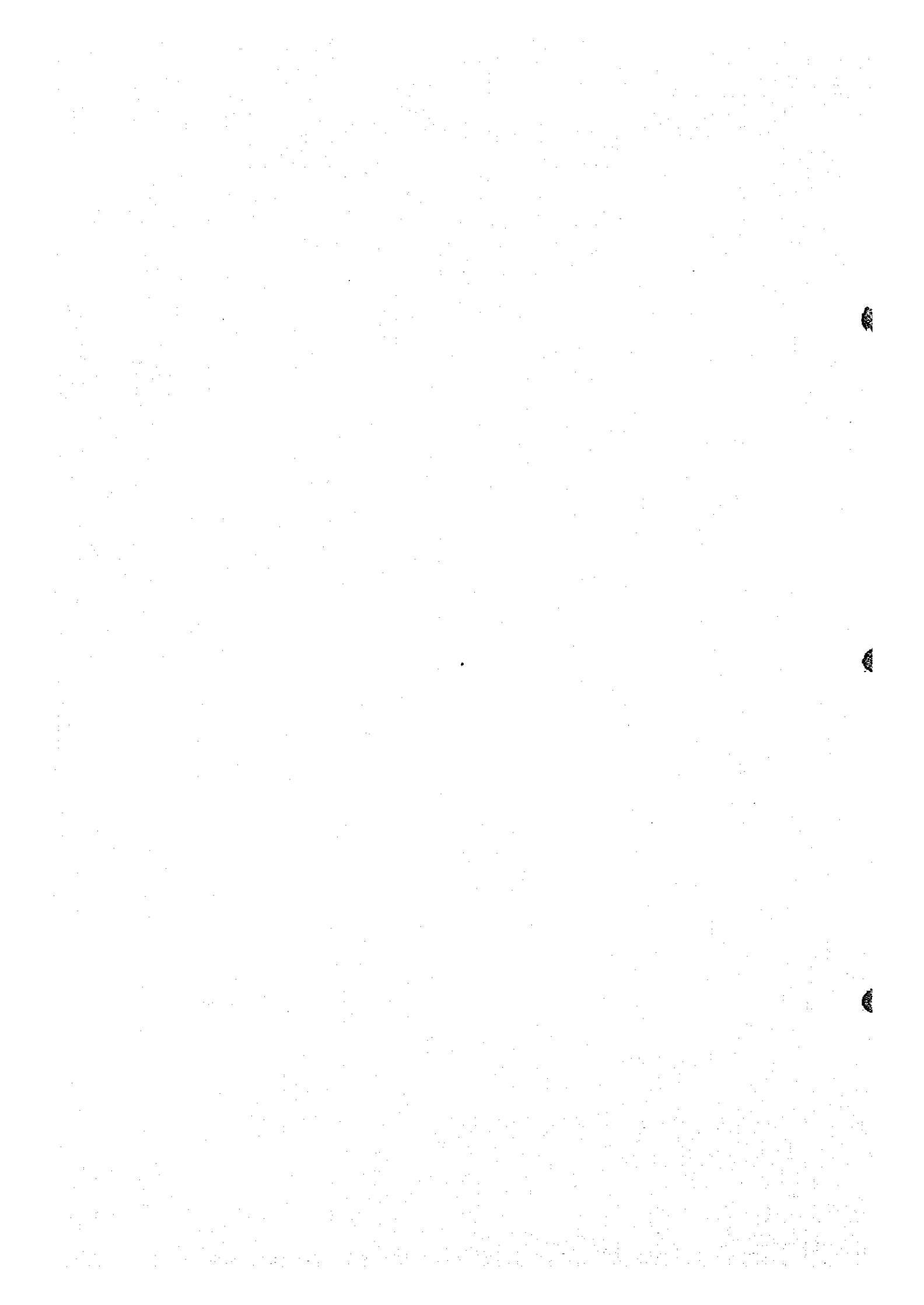
(c) Zayda の東方約 3 km 地点を通る NNE-SSW の方向に、閉じた異常を伴って負異常が連なっている。その連続性は、Fig. II-13 で明らかなように、前年度調査地域にも延長し、ボーリング地点 MR-1 から MR-3 まで約 20 km にわたって直線的に貫く。

この負異常の西側は正異常の占める割合が大きく、巨視的に見て、同じ NNE-SSW 方向に配列する正異常帯とみなせる。これら負異常と正異常の際立った対象から、両者の接する付近に断層状の構造の存在が推定される。

(d) Itzar の東側には、閉じた正異常が NNE-SSW 方向の配列を示して点在する。これらの正異常は、二次残差図では高重力異常の張り出しとしてしか認められなかったもので、基盤の盛り上がりを示すと考えられる。

この正異常の西側には、同方向の負異常が並行している。

(e) 調査地南西端では、Agarsif川に沿って NWW-SEE 系の正異常及び負異常が交互に並ぶ傾向が認められる。

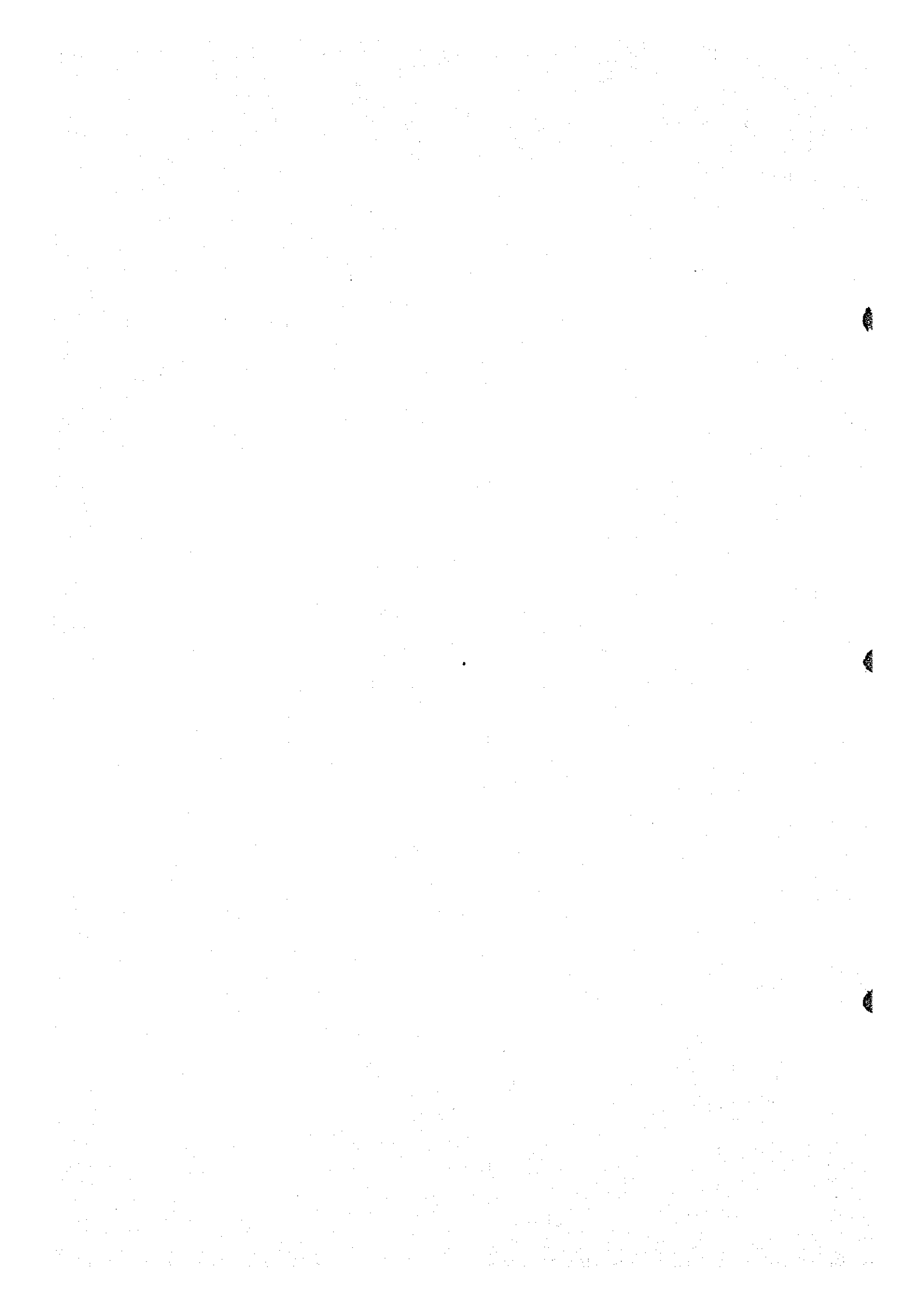


第4章 調査結果より推定される地下構造

本章では、まず最初に特徴的な重力分布と地表地質との対比を行い、次に二次元断面解析及び三次元解析による定量的な検討を加え、最後にそれらの結果をもとに、重力探査の立場から調査地域の地下構造を推定した。

なお、以下の検討に記載する主な地層の年代・岩石名・分布地域などを次表に要約したが、地層名及び岩石名の分類は本年度地質調査のものを採用している。

Geological Age		Geological Unit and Mark	Lithology	Area of Occurrence
Cenozoic	Quaternary	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₃)	terrace deposit, conglomerate, siltstone, mudstone	調査地東半部を広く網に亘っている他に、西半部の河川沿いにも小規模な分布が見られる。
		(β _{Q2})	basalt lava	調査地北部及びZaydaの北東部に、小規模に分布する。
	Tertiary	(T ₁ , T ₂ , T ₃)	marl, limestone, siltstone, conglomerate, sandstone	主として、調査地西部のItzarを中心に、丘陵を成して分布する。
Mesozoic	Upper Cretaceous	Turonian (K _{2t})	micritic limestone, muddy siltstone, turbidite, calcareous siltstone	調査地の西部に分布し、下記K _{2cm} を整合的に覆っている。
		Cenomanian (K _{2cm})	limestone, gypsum bed, calcareous siltstone, poly-colored siltstone	調査地西部から北部にかけて分布する。
	Lower Jurassic	Lias (J ₁)	limestone, siltstone, marl, sandstone, conglomerate, turbidite, dolomite	調査地西縁に接して地表分布が認められる。
Proterozoic Paleozoic	Permo-Triassic	(β _{P-T})	basalt lava, sandstone, conglomerate	調査地中央から北東部にかけて、東西方向に分布する他、調査地の西縁にも断層に規制されて挟在する。
		(P-T)	red sandstone, arkose sandstone, siltstone, mudstone	調査地中央部以東に分布し、主として基盤岩の花崗岩類の周辺を覆っている。
	Paleozoic Precambrian		(Gr)	granites
(Gr-Dio)			granodiorite	調査地の東方、Sidi Ayyadの南側に小規模な分布が知られている。
(Sch)			sericite-chlorite schist, amphibole schist, amphibolite	調査地東部を東流するSidi Ayyad川流域に散在する他、地域外東南方には大規模な露頭が知られている。



4-1 重力分布と地質との対比

Pl. II-2 等重力線図における本地域の全般的な重力分布の特徴として、調査地南部の低重力異常から北方へ向かって、弓形状に発達する等重力線が存在することは既に述べた。この特徴をもたらした原因として、調査地北方に連なる中部アトラス山脈の基盤をなす古生界・先カンブリア界結晶片岩類及び調査地南東方のMibladane 付近に露出する同岩類の強い影響が考えられる。Table II-3 に示した岩石試料密度分布においても、結晶片岩類の平均密度はおよそ $\rho = 2.8$ 程度であり、本地域の主な基盤岩である花崗岩類の $\rho = 2.6$ 程度に比較して相当高密度である。

こうした調査地外からの影響を除去することを目的として得られた、Pl. II-3 二次残差図(以下単に残差図と称する)は、基盤の花崗岩類と、これを覆う堆積岩類との関係を反映するものと考えた。ただし、結晶片岩類の基盤を反映すると思われる高重力異常が、調査地内に認められた為、それを念頭に入れて解析を行った。調査地の北西端及び東部に発達する顕著な高重力異常がこれに相当する。

以下に、Pl. II-3 (Fig. II-12) 残差図及びPl. II-4 (Fig. II-13) 余剰重力正規構造図に見られる特徴的な重力異常と地質 (Fig. II-5 地質図参照) との関係を検討する。

(a) 本地域に分布する地層と残差図における重力分布の関係は次のように大別される。

- ① 顕著な高重力異常によって示される、結晶片岩類を基盤とする区域
- ② 花崗岩類の露出あるいは浅在を反映する、緩やかな勾配で示される高重力異常区域
- ③ ①及び②以外の、残差値を徐々に減じて低重力異常に至る区域

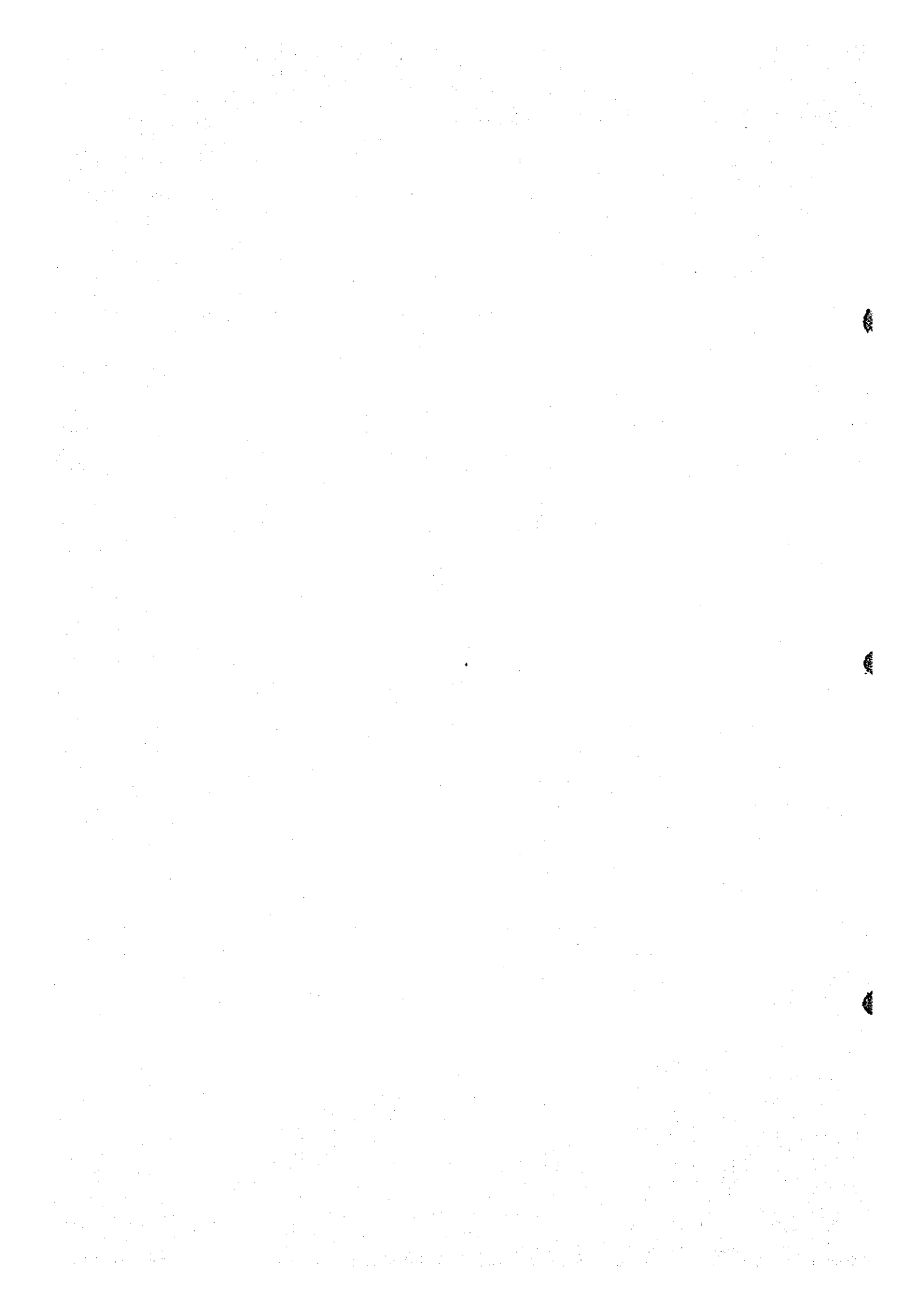
(b) ①に相当する地区は、調査地北西端及び東部に発達する高重力異常によって示される。

前者はNNE-S SW系の密な等重力線に対応して、Fig. II-5に見られる断層が一致する。この断層を境に、西側の基盤は結晶片岩類、東側は花崗岩類と考えられる。一方、後者の発達する範囲には一部結晶片岩類の地表分布が認められており、地下においては高重力異常部に対応して、浅所に結晶片岩類が広く分布すると考えられる。

(c) 本地域の主な基盤岩である花崗岩類の露頭として、Zayda 以東に露出するZayda 花崗岩体が知られる他、調査地南西端付近にもBou Mia花崗岩体と称される花崗岩類が露出する。両花崗岩体の分布にはほぼ一致して、②の高重力異常地区が形成されており、結晶片岩類の分布しない地域では、花崗岩類が高重力異常を誘起すると判断される。

(d) これら花崗岩類をさらに分類すると、花崗岩(Gr)、混成花崗岩(Cnt-Gr)、アブライト質花崗岩(Ap-Gr)などの各岩相に分けられる。各重力図においては、これら岩相変化に起因する重力変化はほとんど認められない。Table II-3 に示した岩石試料密度分布においても、各岩相の平均密度には有意差が認められていない事実と一致する。

ただし、Zayda 花崗岩体中にはNNE-S SW系の多くの断層が地質調査により確認



されているが、余剰重力正規構造図においても、この地域の重力異常は同方向に配列する傾向を示している。これは、断層の発達に伴う破碎活動などに起因する密度低下を反映するものと推定される。

- (e) 調査地の大半を占める③の区域は、二疊・三疊系以降の堆積岩類によって覆われている。下位より、二疊・三疊系のP-T赤色砂岩層及び β_{P-T} 玄武岩層、白亜系の K_2 泥岩層及び K_2 石灰岩層、第三系の T_1 泥岩層・ T_2 泥灰岩層・ T_3 砂岩層、第四系の Q_1 シルト層・ Q_2 シルト層・ Q_3 河川堆積物などがほぼ水平な堆積構造を示して分布する。これら各地層の地表分布と残差図における重力分布を比較すると、特定の地層に対する重力異常は判読し難い。Fig. II-3における上記堆積岩類の密度分布もほぼ $\rho=2.40$ 付近に集中しており、大きな差はないこともこれを裏付けている。

従って、この区域の重力分布は特定の地層を反映するのではなく、残差値が減少するに従って単に基盤深度を増すという、被覆層を一括した層厚の関係を示すと考えるべきである。

- (f) 岩石試料の密度測定結果では、 β_{Q_2} 玄武岩溶岩の平均密度は $\rho=2.82$ と最も大きい密度を示している。調査地内には所々に小規模な溶岩流が知られるが、これに対応する重力分布は高重力異常を示していない。従って、本調査地内に点在する β_{Q_2} 玄武岩溶岩は、重力異常として反映されない程度の非常に薄いものであると判断される。

4-2 基盤等深線図

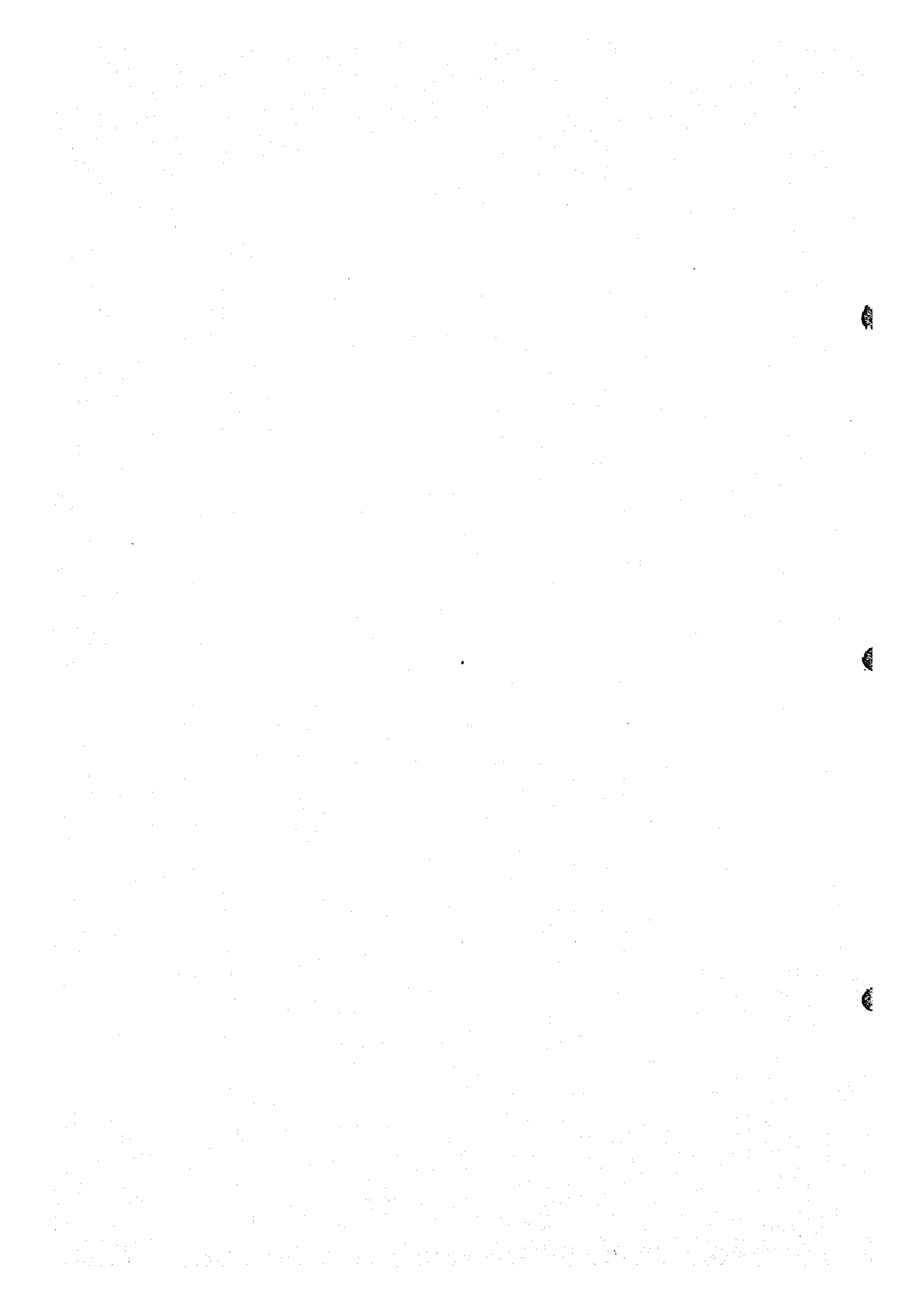
Pl. II-5 (Fig. II-14) が二層構造による基盤等深線図である。

上部層と下部層との密度差を $0.2g/cm$ に設定し、二次残差重力値を用いて行った三次元シミュレーションの結果を基に図化したものである。ただし、調査地内に結晶片岩類の分布する区域が見出されており、この区域及びその周辺では二層構造の仮定が成立しない。そこで、二次元シミュレーションによる断面解析の結果と、基盤岩露頭及びボーリング調査結果などを用いて、近似曲面的な補正を施して基盤等深線図とした。

また、前年度調査地域において行われたボーリングMR-3によれば、基盤を覆う堆積層の中では密度の小さい部類に属する第三系及び第四系の占める割合が非常に大きい (Table II-3 参照)。そこで前年度調査地域に対し、基盤の花崗岩類と上部被覆層との密度差を $0.25g/cm$ に設定して再解析を実施し、その結果をFig. II-14として編集・図化した。

本項では、基盤等深線図が基盤岩類表面の地表下深度を表わすと考えられることから、主として基盤深度に関する構造について記述する。海拔高度の観点から言及される基盤構造に関しては、“4-4 地下構造図”の項で述べることにする。

Pl. II-5 (Fig. II-14) 基盤等深線図より推定される、本地域の基盤構造は次の通りであ



る。

(a) 調査地内の基盤を覆う堆積層の厚さは、Itzarの北方の480m程度を最大値とし、200m以内の地域が調査地全体の約半分を占めている。

(b) Zayda以東及びBou Miaの北西には、それぞれZayda花崗岩体及びBou Mia花崗岩体と称する花崗岩露頭が知られる。

両者を結ぶE-W方向に深度約100mまでの地下浅所に基盤が潜在しており、これは両岩体は地下において一体のものである事を示唆する。

(c) 調査地の基盤を被覆する堆積構造は、調査地の東半部と西半部とでは著しい相違が認められる。東半部においては約200mまでの薄い堆積を示し、南縁の花崗岩露頭より北方へ向けて緩やかに層厚を増して行く。概してE-W系の基盤等深線が強調されている。

一方、西半部においては基盤等深線が一般にNE-SW方向を示し、北西方向に層厚を増し、且つ、同方向に高度を増す地形との関係を反映している。さらに細部では基盤深度200m付近から急に層厚を増しており、層厚約200mから400m以上の比較的厚い堆積を示す地域が大部分を占めている。

(d) Zaydaの南側、前年度調査地域における再解析の結果(Fig. II-14参照)では、基盤深度200mまでの地域が広い面積を占め、南西方向に急激に落ち込んでBou Mia南方では深度700m以上に達する。

4-3 地下構造断面図

各重力図に断面位置を示すように、A-B(Pl. II-6)、C-D(Pl. II-7)の2本のE-W方向の断面を設定し、残差重力値を用いた二次元シミュレーションを実施して地下構造断面図を作成した。

各断面には、上から次の順に断面図を表示した。

(a) 等重力線断面(Bouguer Anomaly; $\rho=2.5$)

(b) 二次残差断面(Residual Gravity in Polynomial of Second Order)
ここには500m間隔の二次元シミュレーション計算結果を、Estimated Gravity Valuesとして併記した。

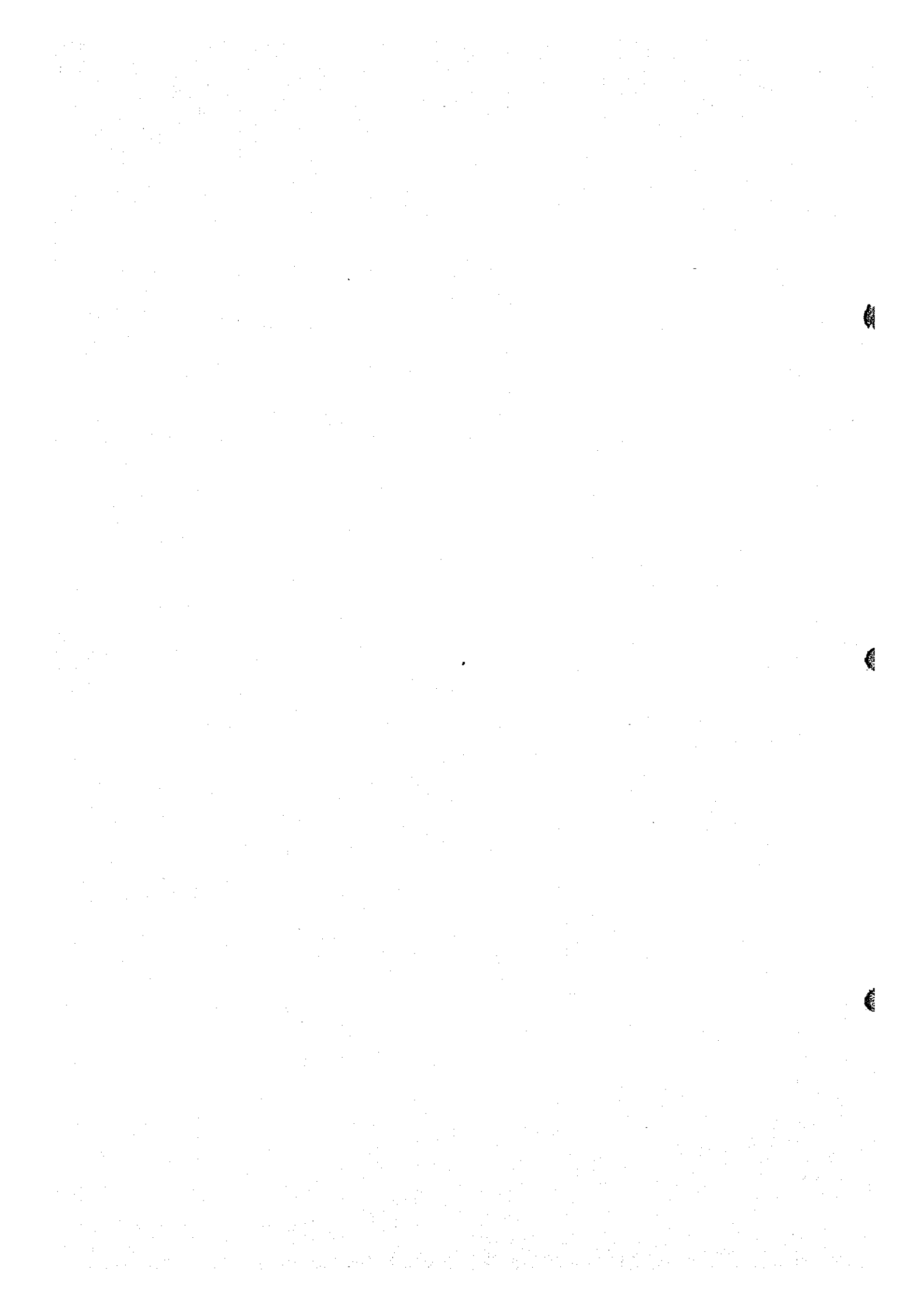
(c) 余剰重力正規構造断面(Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly)

(d) ラドン・エッチ断面(Radon Etch Anomaly)

ラドン・エッチ調査結果(単位はTracks/Square Millimeter \cdot 30 days以下T/mm²と表現する)と重力解析結果を対比・表示した。

(e) 地下構造断面(Underground Structure)

二層構造を主体とし、必要に応じて第三層を加えて実施した二次元シミュレーションの



結果を、各層間の境界線とそれぞれの密度で表示した。

それぞれの密度層に対応する地層は、次のように設定している。

- I $\rho = 2.4$ 第四系, 第三系, 白亜系, 二疊~三疊系の各地層
- II $\rho = 2.6$ 花崗岩類
- III $\rho = 2.8$ 結晶片岩類

(f) 地質構造断面 (Geological Structure)

上記シミレーションの結果得られた基盤構造を主体に、平面的解釈・地質情報を加味して地質構造の推定を行った。また、後に述べる“地下構造図”に表現した基盤の断層的落ち込み部をここでも使用し、断層状構造 (Fault-like Step Structure) と定義づけて記載する。

Pl. II-6 及び Pl. II-7 における各断面の横方向の縮尺は $1/50,000$ であるが、(e) 地下構造断面及び (f) 地質構造断面の縦方向の縮尺は $1/10,000$ で表示されている。

以下にそれぞれの断面図における地下構造の推定を行う。

4-3-1 A-B断面図

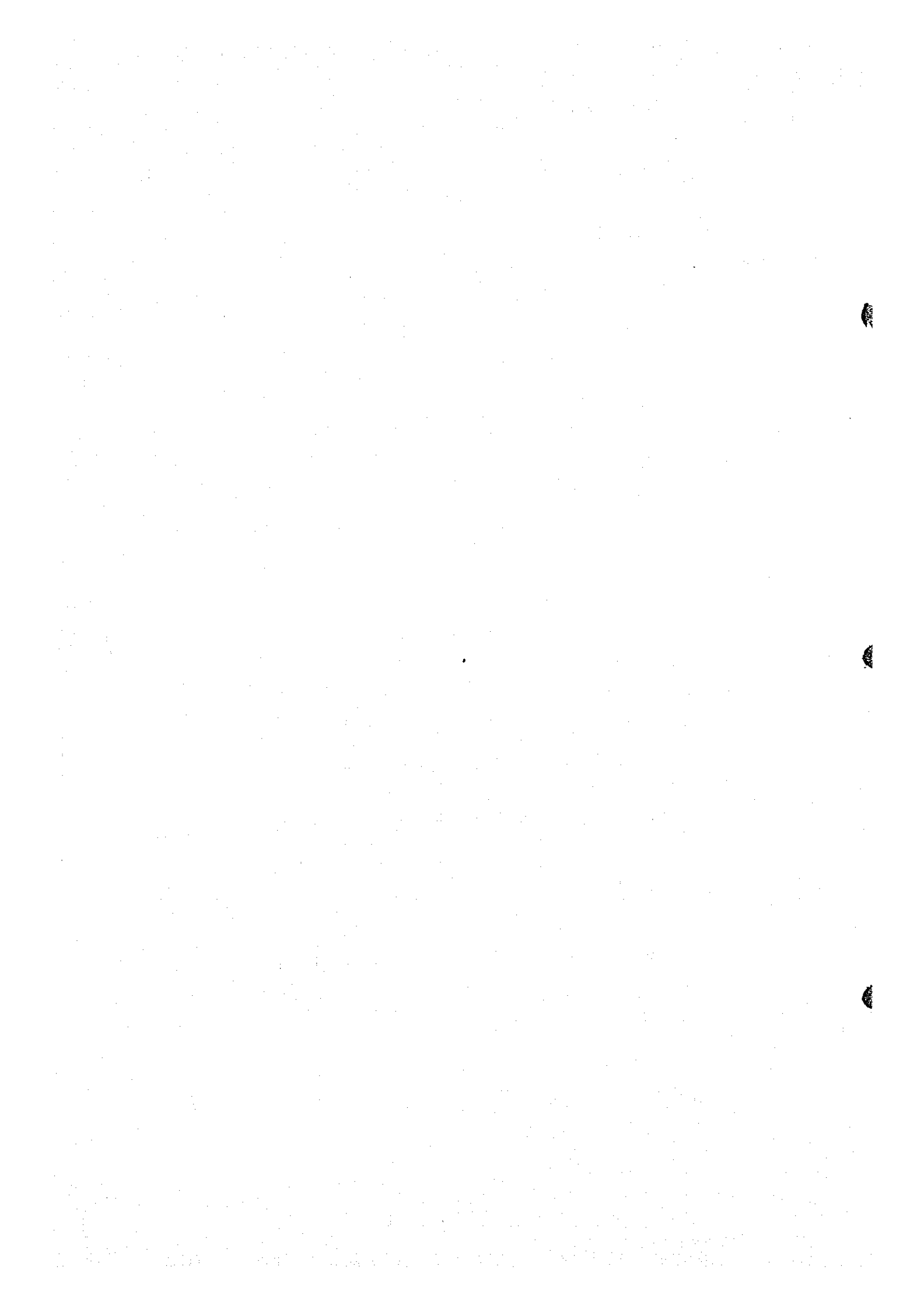
Pl. II-6 (Fig. II-15-a) が A-B断面図である。A-B断面は、三つのボーリング地点 MR-1, MR-2, MR-4 を通る E-W 方向に設置されており、既知の基盤深度を利用して基盤構造の全容を把握することに主眼を置いている。

この断面の主な地表地質分布は、基盤岩類の露頭は認められず、断面中央部に下位の P-T 赤色砂岩層が分布する。これを覆って断面東半部では β_{P-T} 玄武岩層, Q_2 シルト層, Q_3 河川堆積物が下位より順に分布する。一方、断面西半部では西方へ行くに従い地形高度を徐々に増し、西方へ向かって下位より順に、 β_{P-T} 玄武岩層, K_2cm 泥岩層, K_2t 石灰岩層, T_1 泥岩層, T_2 泥灰岩層, T_3 砂岩層, Q_1 シルト層, Q_3 河川堆積物などが地形高度を反映して分布する。断面西端には堆積構造を明瞭に二分する断層が発達し、各重力断面においてもこれに呼応して急激な重力変化を呈している。また、三本のボーリング MR-1, MR-2, MR-4 における基盤はすべて花崗岩類であり、それぞれの深度 $14480m$, $26490m$, $37200m$ が報告されている。

二次残差断面では、断面中央から西部にかけて続くなだらかな低重力異常部と、断面西端及び東部に卓越する高重力異常部との対称が印象的である。特に東部の高重力異常は巾 $10km$ に及び、頂点での残差値約 $5mgal$ に達する大規模なものである。

解析結果の地質構造断面図より、次の地下構造が推定される。

- (a) 断面の西端及び東端には、ほぼ垂直な断層状構造 F-①及び F-④の存在が推定され、この構造は基盤岩の花崗岩類と結晶片岩類との境界面をなすと考えられる。
- (b) Sidi Ayyad 川付近の基盤として、約 $10km$ にわたって結晶片岩類が分布すると考



えられ、深度150m以内の地下浅所に存在するものと解析された。余剰重力断面においても、これに対応して正異常が抽出されている。

(c) 地表面からの基盤深度は、断面東部の測点 $\#$ 887付近で最小の数10mを示し、断面西部の測点 $\#$ 250付近では最大の400m以上に達する。しかし、これを基盤標高に置き換えると、約1,250m~1,350m程度の範囲に収まっており、ほぼ水平的な基盤構造とみなすことができる。これに調和して、基盤を覆う堆積岩類もほぼ水平な堆積構造を示すと考えられる。

(d) 断面中央部の測点 $\#$ 587及び $\#$ 140付近の地下には、基盤岩上の溝と見られる凹地が把握された。これらの最深部は共に地表下200m程度と推定される。

4-3-2 C-D断面

Pl. II-7 (Fig. II-15-b) がC-D断面図である。C-D断面は、A-B断面の南側4kmに平行に設置されており、東半部では浅在する基盤上の凹地の捕捉を、西半部では地下深部における基盤の起伏を解明することに主眼を置いている。

この断面の主な地表地質分布は、断面東半部において所々に基盤の花崗岩類が露出し、これを薄く覆ってP-T赤色砂岩層、Q₂シルト層が分布する。断面西半部では、A-B断面とはほぼ同様な堆積構造を示す。断面西端に存在する断層の西側を除けば、全体として β_{P-T} 玄武岩層の地表分布が見られないのが特徴的である。

二次残差断面では、断面西端部の高重力異常を除けば、-3mgalから+2mgalまでの比較的变化量の少ない重力分布を示す。しかし、全体に短波長の屈曲に富んだ重力変化を呈し、余剰重力正規構造断面においてもこれを強調して著しい重力異常を示す。

解析結果の地質構造断面図より、次の地下構造が推定される。

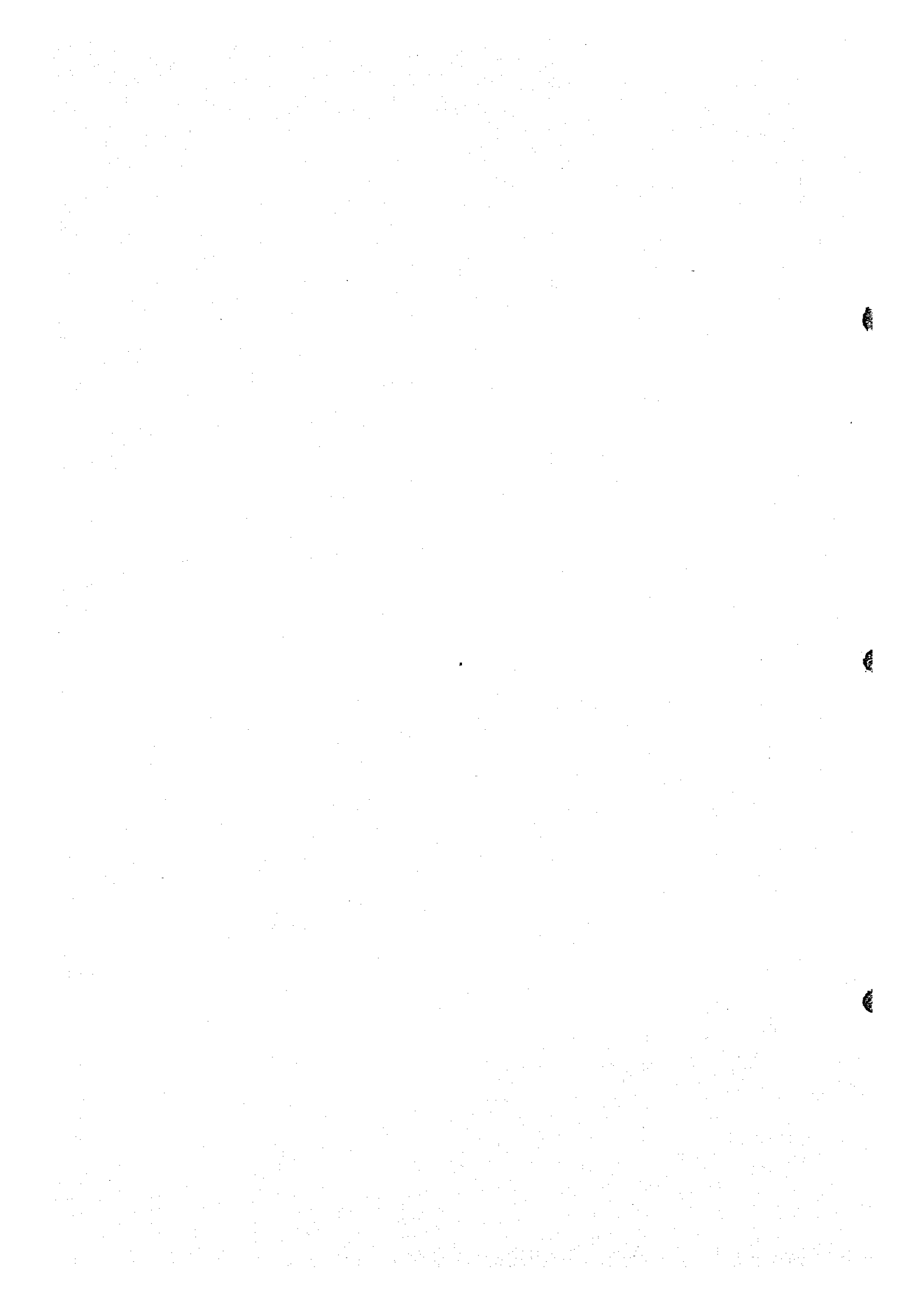
(a) 基盤の起伏・落ち込みを反映する多くの断層状構造が把握された。F-①は基盤の花崗岩類と結晶片岩類の分布を規制する大断層であり、F-②及びF-③は花崗岩類の垂直的な落ち込みを示し、F-④及びF-⑤は両者間に地溝状構造の存在を推定させる。

(b) この断面の基盤の大部分は花崗岩類であるが、断層状構造F-①以西及び測点 $\#$ 944付近に一部結晶片岩類が分布すると考えられる。

(c) 断面の東半部と西半部とでは、基盤構造及び堆積構造に顕著な相違が認められる。東半部では基盤が浅在・露出するのに対し、西半部においては深い所では400m以上に達し、これを覆って厚い堆積構造を示す。また基盤高度の点からも、東半部の平均標高約1,400m程度に対し、西半部では1,100m~1,300m程度であり約200mの落差を生じている。

A-B断面と比較すると、C-D断面の東半部のみがせり上った構造を有している。

(d) 断面全体として起伏に富む基盤面を表現しているが、特にAit Ghat 以東では深度20~80mの基盤岩上の溝と考えられる凹地が散見される。



これら凹地に対応してラドン・エッチ異常が現われる傾向があり、特に測点 $\text{No}644\sim$
 $\text{No}164$ 間では $400\text{T}/\text{m}^3$ 以上のラドン・エッチ異常が測定されている事実は高く評価さ
れる。

4-4 地下構造図

Pl. II-8 (Fig. II-16) が地下構造図である。地下構造図には、総合解析の結果を次の方
法にて表示し、必要に応じて番号を付記した。

(a) 基盤等高線 (Contour Lines of Surface of Basement Rocks)

Pl. II-5 基盤等深線図を、主として測点標高を用いて海拔高度に変換したものであり、
基盤岩類の表部の標高を表わす。

(b) 断層状構造 (Fault-like Step Structures)

基盤の急勾配の落ち込み部分を連続的に捕えて表示し、断層性の構造であるとした。

(c) 谷状構造 (Channel Structures on Granites)

連続する基盤上の溝を追跡し、その位置及び方向を示すことによって谷状構造の推定を
行った。

(d) 盆状構造 (Basin Structures)

特に厚い堆積構造を形成する基盤の凹部を示す。

(e) ラドン・エッチ異常 (Radon Etch Anomalies)

ラドン・エッチ調査結果の異常値とされている $2123(\text{T}/\text{m}^3 \cdot 30\text{ days})$ の端数を丸
めて、 $200(\text{T}/\text{m}^3 \cdot 30\text{ days})$ の地域を表示した。

以上を参考に、地下構造図の詳細について検討することにする。

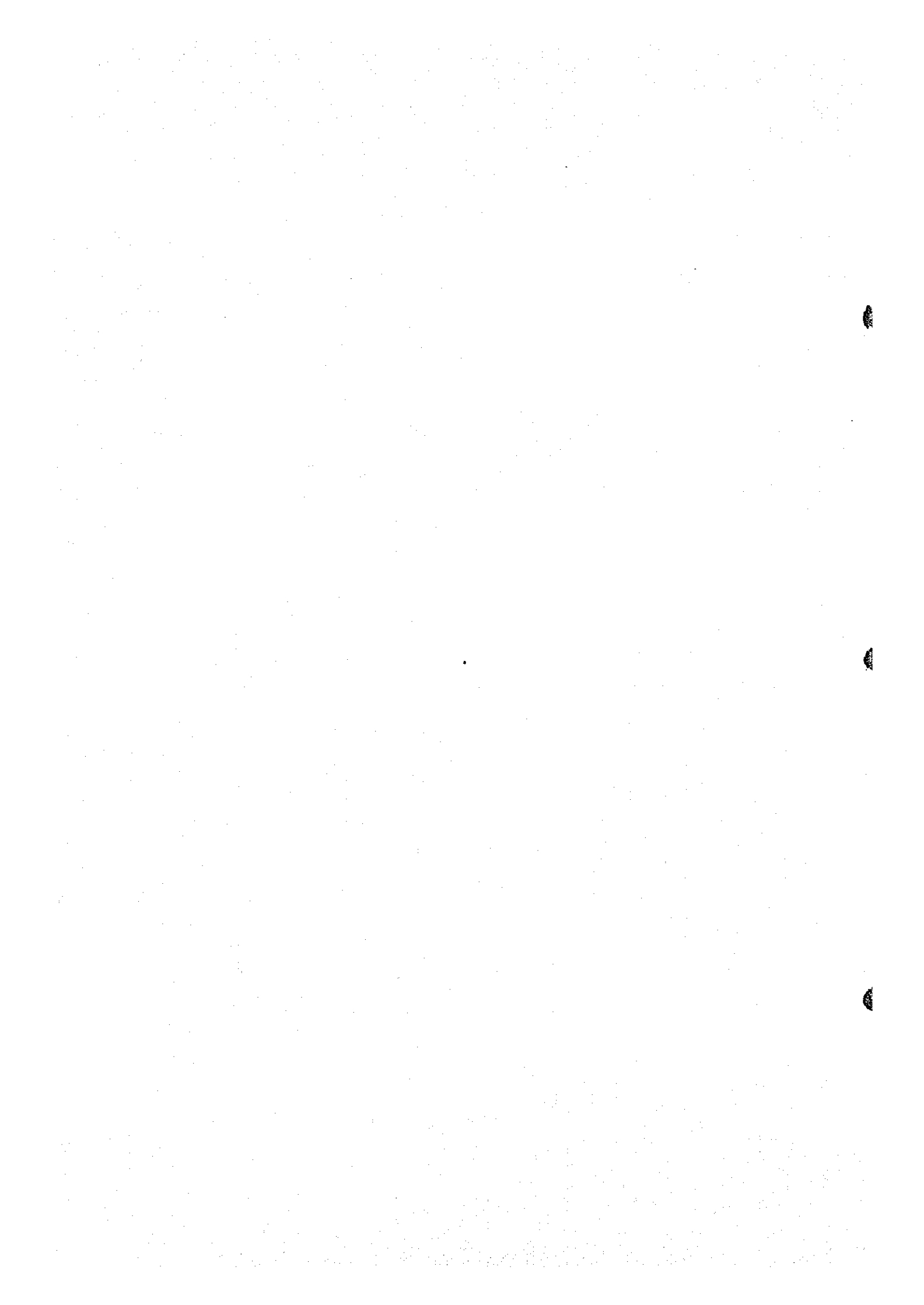
4-4-1 基盤構造の推定

Pl. II-8 (Fig. II-16) に表示した基盤等高線図は、Pl. II-5 (Fig. II-14) 基盤等深線
図と酷似しているが、西方～北西方に高度を増す地勢を反映して若干の相違が認められる。

基盤等深線図では、調査地の西部において等深線の並ぶ方向がNE-SW系の強い傾向を示
したのに対して、基盤等高線図ではこの方向性が弱まり、調査地全体としてE-W系の傾向に
転じている。

Bou Mia 花崗岩体とZayda 花崗岩体を結ぶE-W方向には、ほぼ水平に連なる大規
模な鞍状構造 (Fig. II-16 における $1,400\sim 1,450\text{m}$ 以上の区域) が把握された。この鞍状
構造を頂点として、北側は北方へ、南側は南方へ、それぞれ基盤高度を下げて行く。その最大
落差は、本年度調査地内では約 400m 、前年度調査地では 800m 以上に達する。

こうしたE-W系の大規模な基盤構造から派生して、各所に以下に述べるような特徴が認め
られる。



(a) 地質調査の知見より、調査地及びその周辺には NNE-SSW 系ないし NE-SW 系の断層が発達している (Fig II-5 参照)。これらの既知断層構造と重力異常との検討結果から同方向に延長する断層状構造 F-①~F-⑤の存在が推定された。

Itzar の西方に NNE-SSW 方向に延びる断層状構造 F-①は、地表で確認されている断層とほぼ一致している。これは基盤岩の花崗岩類と結晶片岩類との地下における垂直的境界面を表わす大断層と考えられる。

Zayda の北西に推定される断層状構造 F-②は、さらに南北方向に延長する大きな断層帯かまたは、基盤の花崗岩類がこの構造付近で西側に落ち込む急傾斜部を連続的に捕えたものと判断される。

Zayda の北東に NNE-SSW 方向に連続する断層状構造 F-③は、破碎帯を伴う断層構造を示唆する。Pl. II-4 (Fig. II-13) 余剰重力図においては、さらに北方及び南方へ連続する傾向を判読することができる。

Sidi Ayyad 川付近に NE-SW 方向に並行する断層状構造 F-④及び F-⑤は、両者に挟まれた地溝状構造の存在を示している。また F-④は、基盤の花崗岩類と結晶片岩類との境界を構成すると推定される。

(b) 基盤等高線の閉じた盛り上がり又は張り出しが連続する尾根状の基盤構造が多数捕捉された。その主なものとして、Itzar 東側に NNE-SSW 方向に 10km 以上にわたって連なる尾根状構造、Zayda の北東に断層状構造 F-③の西側に接する NNE-SSW 方向の尾根状構造、及び、Sidi Ayyad 川上流付近の基盤の盛り上がり部 (大部分は結晶片岩類を基盤とすると推定される) の中に N-S 方向に延びる尾根状構造等が挙げられる。

これらの構造は、後に述べる谷状構造の方向性を規制すると共に、鉱床賦存の可能性を検討する上で重要な意味を持つと思われる。

(c) Itzar の東方には、面積 30km² 以上に達する基盤の凹部を表わす盆状構造が推定される。東・南・西の三方を 200m 前後の落差をもって急傾斜に落ち込み、北方へ開放する形状を示す。また、前年度調査地においても、Bou Mia 南方に大規模な盆状構造が発達する。

これら盆状構造を埋めて、二疊・三疊系以降の各地層が厚く堆積するものと考えられる。

4-4-2 谷状構造の推定

本地域の基盤構造は、Bou Mia・Zayda 両花崗岩体を連ねる E-W 鞍状構造を主とし、これより NE-SW 系ないし N-S 系の断層構造・尾根状構造を派生しながら、北方へ向けて高度を下げて行く事は既に述べた。こうした現時点における基盤構造は、本地域の基盤を覆う堆積構造がほぼ水平である点から考えて、三疊系以前の古地形の原形を比較的よく留めているものと判断される。しかし、その後の隆起・沈降あるいは断層活動等によって、若干の変動を

