

Zayda を中心とする 20 km × 25 km の範囲に点在しているが、これまでの探鉱結果さらに Zayda 西方から Bou Mia の間及び Zayda の北東方でも鉱徴及び鉱体の一部が把握されており、上記鉱床分布範囲はさらに広がり 70 km × 25 km 以上に達するものと思われ、今後の探鉱成果が期待される。

3-2 Bou Mia - Zayda 地区

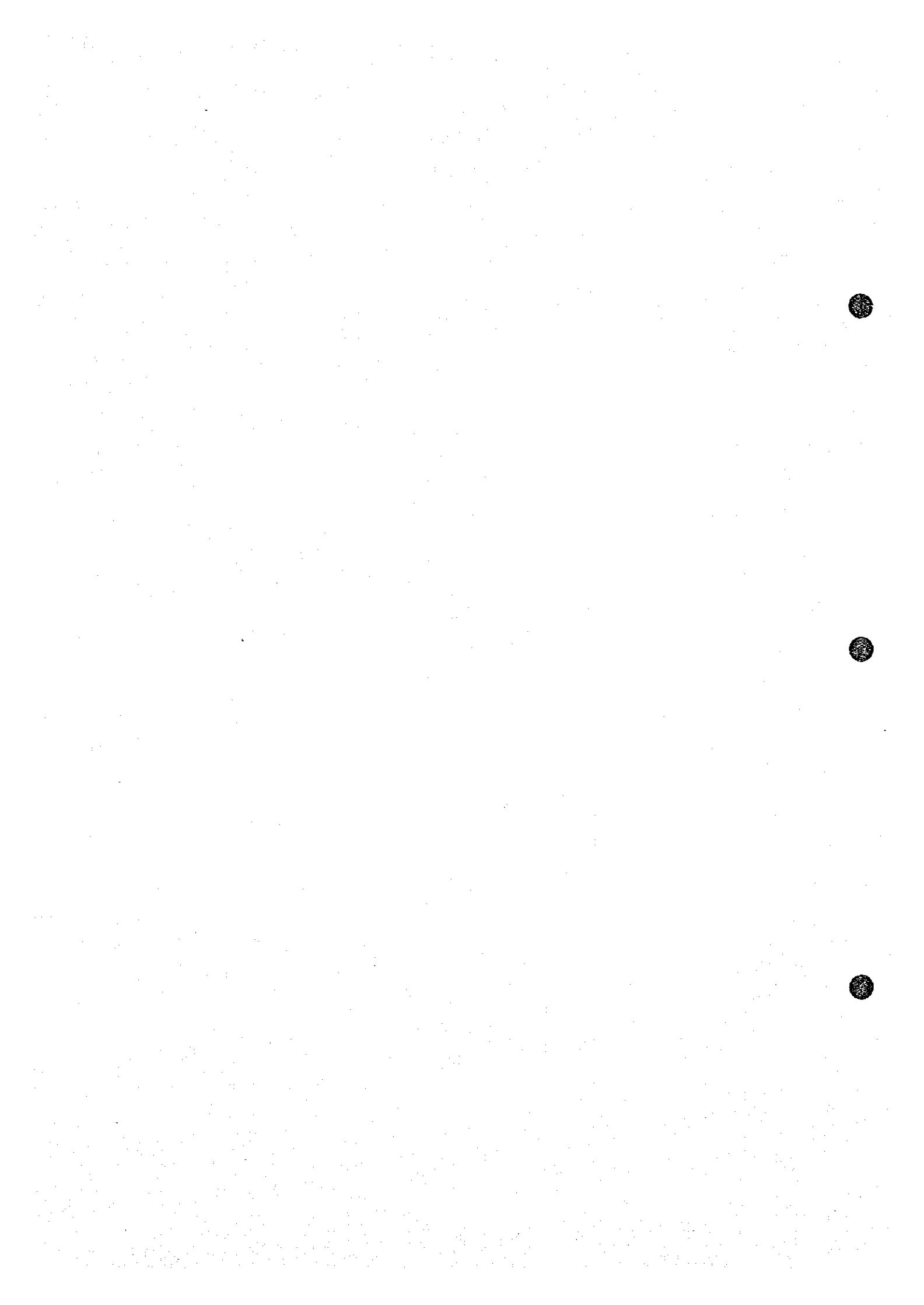
本地区の地質は中央部を占める Bou Mia 花崗岩体とこれを囲んで P-T 赤色砂岩層及びそれ以降第四系までの堆積岩類が分布する。

上記花崗岩体分布地区内の西部を流れる Moulouya 川の支流 Tarekochid 川地帯は、BRPM のウラン探査モデル探鉱地区として 1976-1977 年の期間に積極的な調査・探鉱が実施された。今回の調査によって Bou Mia 北方約 6 km 地点に小規模であるがカラバス型ウラン示徴を発見している。

3-2-1 地質分布

当地区の中央部は U 字型に北方が開いた花崗岩類が占めている。岩質は、中粒～粗粒灰色均質な花崗岩、1～3 cm 大の正長石斑晶を有する斑状花崗岩、及び細粒～中粒淡桃色のアブライト質花崗岩の 3 種類があり、花崗斑岩、アブライト脈などによって貫入されている。夫々の岩質は、Zayda 東部に分布するものと全く同質である。当地区の大部分を花崗岩が占め斑状花崗岩は Bou Mia 南西西方約 5 km 付近から北西方向へ幅約 1 km の帯状となって分布する。この 2 つの岩石は漸移関係にある。アブライト質花崗岩は当地区の西南部に多く分布し、北西部にも一部認められる。アブライト質花崗岩の形状は当地区では一般に不規則塊状であるが、Bou Mia 北方にはシート状に分布するものも観察される。花崗斑岩岩脈は Bou Mia 南西西方約 3 km の地点にあり、走向 N10°W に垂直で岩脈幅 35 m を有し、15 cm 大の石英斑晶が顕著にみられる。地表面は褐色の“ヤケ”を生じて居り、顕微鏡下でも酸化鉄と顕著な絹雲母化作用が観察される。周辺の花崗岩の放射能測定値が 70-90 c/s であるのに対し、この岩脈は 150 c/s 前後のやゝ高い値を示す。岩脈の両側境界付近には、約 40 cm の細粒石英粗面岩状の周縁相 (Marginal facies) を有している。また、この岩脈が所在する近辺には、結晶片岩がゼノリス (Xenolith) として花崗岩中に包含されている部分が観察される。

P-T 赤色砂岩層は、花崗岩体の凹地を埋めて各所に堆積している。アルコース砂岩は、粗粒、時により礫質を呈し、淡褐色緻密堅硬である。風化に強いので高所にも残留して居り、P-T 赤色砂岩層堆積時の花崗岩体の地表面は現在観察出来る地表面と地形的にあまり相違ないことを示している。ただし、当地区では、P-T 赤色砂岩層は、アルコース砂岩の上に直接赤色泥岩層を堆積して居り、この泥岩層は所により 50 m 以上の厚さを有する。P-T 赤色砂岩層の上位に位置する β P-T 玄武岩層は Bou Mia の北部一帯には欠けて居るが、北西部、西



部及び南部の三方を取り囲んで分布する。南西部 Tamarout (タマルート) の西方約 2 km の川岸には、玄武岩層の下盤に厚さ 30 cm の石炭層を挟在している。調査地区内で炭質物ないし有機質物が P-T 赤色砂岩層中に観察されるのはこの地点のみである。ただし放射能異常はない。

β_{P-T} 玄武岩層に続く J_1 石灰岩層も玄武岩層とほぼ同一の分布を示し、特に北西地帯でよく観察出来る。玄武岩層との間には薄い赤色砂岩層を挟む。そのため、玄武岩の黒色、砂岩の赤褐色及び石灰岩の白色などが 3 色の帯状をなして山腹に露出し、地層の追跡を容易にしており、本地区の鍵層となっている。花崗岩体と接する付近の石灰岩層は、砂質の部分や、砂岩、石灰岩の互層部分も観察されるが花崗岩体を離れるに従って塊状石灰岩となり、また礫状石灰岩層となっている所もある。サンゴ類の化石が多く観察される。

白亜系 K_2m_1 赤色砂岩層は、特に北部に顕著に分布する。灰色砂岩、泥岩、赤褐色泥岩及び泥灰岩の互層からなり、その中間に石膏をレンズ状に挟む。その色彩の豊富さから、調査上 Poly-color 層として特徴づけられている。この地層の上に、灰色ないし黄灰色の砂質石灰岩からなる K_2t 石灰岩層がのっており、本層は特にこの地区では二枚貝及びカキ類の化石が豊富に入っている。いづれも、本地区の北部一帯によく露出している。なお、 K_2t 石灰岩層の其底部から数米上位に約 1.5 m の桃色の石灰岩層が見られ、本地区北部での局地的な示準層となっている。

本地区内に於ける第三系は北東部に於いて P-T 赤色砂岩層の上に直接堆積しているもの、白亜系石灰岩上のものなどが見られ、Bou Mia 南部及び西部では白亜系の上に広く分布する。炭褐色のシルト岩を主とし、泥灰岩を挟み、一部は礫質砂岩である。第四系 Q_1 シルト層 Q_2 シルト層の堆積物は石灰岩、玄武岩、砂岩などを礫とする礫岩が主力を占め本地区南方に広く分布する。また Bou Mia 東南方 2 km 付近には β_{Q_2} 玄武岩溶岩の分布があり、直径 2 km のほぼ円形の台地を作っている。本岩は橄らん石を含み、黒色緻密で変質を受けていない。

3-2-2 地質構造

本地区の最も特徴的な地質構造は、南北系の断層によって形成されたグラーベン構造である。すなわち、Bou Mia から西方へ 1.5 km, 3.0 km, 6.0 km の各地点に南北方向に長い延長を有する断層 (夫々、BM-1, BM-2, BM-3 断層と仮称) がある。夫々の断層は、その東西方向の地質関係から考察すると BM-1 断層は西側隆起/東側沈降、BM-2 断層は西側沈降/東側隆起、さらに BM-3 断層では西側隆起/東側沈降となっている。断層夫々の露頭は、BM-1 断層はその北部延長部と国道の一部で観察され、BM-2 断層は花崗岩体の中央部分でミロナイト化した幅約 50 m の破碎帯を伴って露出し、南端部では堆積層に転移が認められる。BM-3 断層は、その南半分が地質状況から明確に判定出来、南端部の堆積層にその一部の露頭がある。その北部延長は、空中写真で明瞭に確認される。上記の通り、BM-2 断層と BM-3 断層の間約 3 km 間は両側より落ち込んだ U 字型断面を示す構造となっている。一方、花崗岩体内に発生した二

次的な節理構造は、BM-2断層の東側にはN30°W方向の節理が卓越して発達し、BM-3断層の西側には反対にN30°E方向の裂かが顕著に発達しているため、グラブ構造である両断層間が南方へ若干転移（押し出された）した構造を示すものと考えられる。このグラブ構造は北方に緩く傾斜しており、ウランの溶出・運搬路として格好の構造となっている。グラブ構造は、ほかに西部のTarekochid地区の花崗岩体中にも見られる。その他の注目すべき断層構造としてはBou MiaとKarrouchanの間に位置するBoutkhaubaye（ブトカウバイエ）付近を通る比較的大きな断層（Boutkhaubaye断層と仮称）がある。N50°E方向で南東側には赤色泥岩層が分布するが、北西側には玄武岩層及びジュラ系が分布し北西側が沈降した構造をなす。断層の北東延長はYahia-Oufalia断層と合流するものと見られる。堆積層の分布構造は、前記の如く、本地区の南部及び西部では比較的単純であるが、上記の如くBoutkhaubaye断層により北西部が規制され、更にBM-3断層によって北東地区が沈下して、Itzar付近と連なる盆地状地質構造地帯を形成している。

本地区内東部Bou Mia付近は、今年次の重力調査によって、構造解析が行われた。これによればBou Mia北方には花崗岩上の古流路構造があり、Bou Mia南方には地表より約800mの地下に基盤の凹地が推定されている。またBou Mia花崗岩体の南方において実施された試錐HM-2によれば地表より深度526mにて花崗岩に到達しており、花崗岩の地表露頭からの連続としては比較的急傾斜である。その傾斜が堆積時のままなのかその後が発生した北東系又は東西系の断層によるものかは現時点では判定困難である。

3-2-3 鉍 微 地

本地区の鉍微は主としてウランと鉛の鉍微である。

ウラン鉍微は花崗岩体中に放射能異常を示す地点が多数知られ、特にその分布の多い西半部において、試錐を含む探査作業をTarekochidプロジェクトとしてBRPMによって実施された。今回の調査に於いても花崗岩体北東端でウラン鉍微を発見している。鉛鉍微は花崗岩体東部に若干の露頭があるが詳しい調査は行われていない。

(1) ウラン鉍微地

a) Lkis川露頭：本地区中央北部を南に向って流れるLkis川の河床に露出する花崗岩中の裂かとして観察される。この裂かは走向NE-SW、最大幅20cm、延長数mの膨縮するレンズ状脈よりなり、肥大部では微量の緑色酸化銅鉍が認められ、裂かに沿って600~2000c/sの異常値が検出されている。この地点の北方約800mにある花崗岩の露頭にも5,000c/sの異常値が検出されたが、節理中に出来た小規模濃集部である。

b) 西端花崗岩体グラブ：東西約200m×南北約500mの小規模花崗岩露頭の中央部に、幅約50mの北東東方向の平行断層によってグラブ構造が形成されている。その中の花崗岩中に、1500c/sの異常値を示すウランの濃集部が認められるが、その連続性について



てはより詳しい調査が必要である。又本露頭の南側斜面にはアルコース砂岩が残存しており、その中の一部には8000 - 10000 c/sを示す異常部がある。これは花崗岩体上部から流れたものがアルコース砂岩の節理中に沈積した局部的なものである。上記のグラーベン中のものも、この山腹にある異常値の場所にもカーノタイトと思われる黄色鉱物が認められる。

c) Sidi Yahia 花崗岩露頭：Karrouchanの東方約6 km地点にあるSidi Yahia 付近に分布する花崗岩には最高3300 c/sまでの異常値が多数認められる。しかしいづれもごく狭い面積で連続性がない。南東からの溶出ウランがこの付近に分布する基盤岩に付着した表面的なものである。花崗岩自体特に岩相に相違は認められない。

d) Ait Said カラバス露頭：Bou Mia 北方約6 kmの地点に露出する小規模な放射能異常を持つ露頭である。ほぼ水平なレンズ状をなし、厚さ最大約30 cm幅約2 mで下盤のアブライト質花崗岩の凹地に形成されている。外観は褐色を主とし1~2 cm間隔の水平的な石英-酸化鉄の縞模様を有する。放射能は現地測定値では1600 c/sあり、入頭大岩片でも600 c/s検出された。分析結果ではU = 0.072%, V = 0.030%, Th < 0.002%で、X線マイクロアナライザーによる解析結果では明らかにUとVの共生関係が認められる (Table 1-9 Sample No. 2A13参照)。母岩は外観アルコース砂岩に似ているが顕微鏡下では文章構造が明瞭に認められるアブライト質花崗岩である。上盤にはアルコース砂岩が約2 mの厚さを持って堆積して居り、方鉛鉱・重晶石を少量含む。

花崗岩の表面が風化によって亀の甲状の殻を生ずる現象 (Carapace : カラバスと称される) はTarekochid上流のIfazwine (イファズイン)にも観察される。そこでは、花崗岩が30 cm前後の厚さで風化し、縞状に石英酸化鉄脈が出来ている。花崗岩の割目にそって風化が進行する状況が観察されるが、Ifazwineでは放射能異常との関連性は特に認められない。

(2) 鉛・鉛・鉛

a) Bou Mia 北部砂岩型鉛・鉛・鉛

Bou Mia 北西方約5 km付近には鉛・重晶石を含むアルコース砂岩が数ヶ所に露出しているが、この示徴の近辺は、地形が若干複雑であるので、品位・鉛量を調査するには先づ地形及び地質調査を詳しく行うことが必要である。またその北方約1 kmの地点には前述のカラバス型ウラン示徴の上盤に含鉛アルコース砂岩が賦存するが、その露頭に沿って水平距離30 m毎に垂直に試料を採取し分析した。その結果は次の通りである。(Table 1-11参照)

Sample №	2A07	2A08	2A09	2A10	2A11	2A12
採取長	140cm	100cm	100cm	100cm	100cm	180cm
Pb %	0.24	4.20	0.19	0.94	1.15	1.40
Ba %	4.20	2.40	2.08	0.60	0.96	1.84

この鉛分布地帯の東側を南北方向にBM-1断層が通っており、断層の東側が沈降（反対に西側が上昇）した構造であるので、上記の含鉛アルコ-ス砂岩の東部延長が赤色泥岩層の下に賦存している可能性がある。

b) Tabelkirt 鉛鉛脈示徴

Bou Mia 南西方約9km付近のTabelkirt（タベルキルト）には、花崗岩中に自鉛鉛、方鉛鉛、及び重晶石を伴う石英脈がある。走向 $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E$ 、傾斜 80° 北落ちて脈巾で30~50cmを有する。N-S系断層は左ずれ断層であり約200mの水平転移を示す。延長約400m追跡できる。地表部の試料分析結果はPb0.3~0.4%で低品位である（Table I-11 Sample №2B06, 2B07参照）が、脈勢は比較的安定しており、内部の探鉛が必要である。

3-3 Zayda北部地区

3-3-1 地質分布

本地区の地質は二疊・三疊系、ジュラ系、白堊系、第三系及び第四系より構成されている。

(1) 二疊・三疊系

二疊・三疊系はP-T赤色砂岩層と β P-T玄武岩層より構成される。P-T赤色砂岩層は本地域最下位層でZayda西部からその北方にかけてNE-SWの方向をもって露出するほか、Itzar西方約4kmの所にもNE-SW系の断層沿いに約3kmの長さで露出する。Zayda周辺では地層はほぼ水平に分布するが、Itzar西方では断層に引きづられて走向NE-SWを示し、急傾斜をもって北西に傾く。

β P-T玄武岩層はZayda北方約9kmの所に厚さ1~3mの溶岩が点在するほか、Itzar西方のNE-SW系の断層沿いに約10kmの連続性をもって露出する。溶岩層はZayda北方ではほぼ水平に分布するが、Itzar西方の断層沿いでは走向NE-SW、 30° 以上北西に傾く。

(2) ジュラ系

ジュラ系はJ₁石灰岩層より成り、本地域北西部に分布する。ここでは、NE-SW系の断層の影響もあって、地層は走向NE-SW、傾斜 $10^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 北西又は南東に傾く。Itzar北西約5kmのAit Lhaj（アイ・ラー）付近ではNE-SW系の軸をもつ小褶曲構造がJ₁石灰岩層中に認められる。

(3) 白亜系

白亜系は K_{2cm} 泥岩層と K_{2t} 石灰岩層より構成される。 K_{2cm} 泥岩層は Zayda 西方から北方にかけて、NE-SWの方向に露出するほか、北西部にも分布する。Zayda 周辺では P-T 赤色砂岩層を直接被覆しほぼ水平に分布するが、北西部では J_1 石灰岩層を被覆し、NE-SW系の断層及び向斜構造のため、地層は走向 NE-SW、 10° 程度北西又は南東に傾く。

K_{2t} 石灰岩層は K_{2cm} 泥岩層を被覆して、Zayda 北西方に NE-SW の方向に露出するほか、Itzar 北西約 3km の所の Bou La'joul 沢の沢底に若干の露出がある。本層は 2-4-4 項で述べた如く小向斜構造のほか Itzar 付近を中心とするベーズン構造を形成しており、地層は Itzar 東方では西方へ、南方では北方へ、Bou La'joul 沢の沢底では南東方へゆるく傾く。

(4) 第三系

第三系は T_1 泥岩層、 T_2 泥灰岩層及び T_3 砂岩層より構成される。

T_1 泥岩層は Zayda 周辺では石灰質礫岩を主体とする厚さ 1~3m の薄層であり、P-T 赤色砂岩層及び K_{2cm} 泥岩層を被覆して点在する。Zayda 北西方では NE-SW 方向に露出する褐色の泥岩層であり、 K_{2t} 石灰岩層を被覆して約 30m の厚さで分布する。また Itzar 北西の Ait Lhaj 地域では石灰質礫岩を主体とするもので K_{2cm} 泥岩層の上位に点在する。

T_2 泥灰岩層は Itzar 周辺に NE-SW 方向の連続性をもって露出する。本地域内では Itzar 付近で最も厚く層厚は 65m に達する。

T_3 砂岩層は T_2 泥灰岩層を被覆して Itzar 西方に分布する。層厚は約 40m で、ほぼ水平に分布する。

(5) 第四系

第四系は Q_1 シルト層及び河川堆積物より構成される。

Q_1 シルト層は本地域では、主として灰色の石灰質礫岩である。Zayda 北方約 10km にある Bou Ifoura Ait Amara (ボウイ フォーラ アイ アマラ) 周辺及びその北方に分布する。層厚は 1~3m 程度である。河川堆積物は Taslamt (タスラム) 沢 Bou La'joul 沢、Bouhafce (ボウハフセ) 沢などの低地部に分布する。

3-3-2 地質構造

当地域に認められる主な断層は 2 条あり、いずれも NE-SW の走向である。一つは Itzar 北方約 5km の Ait Oufalla (アイ ウーフアラ) を通り、他方は Itzar 西方約 7km の Ait Na Car (アイ ナサール) を通る。Ait Oufalla を通る断層は垂直ないし 80° 北西に傾くが、Ait Oufalla の国道 P21 号線沿い及び、Itzar 北西約 3km の所の Bou La'joul 沢の沢底でよく観察される。Ait Oufalla の国道 P21 号線沿いでは、本断層が T_3 砂岩層に属する礫岩を切り、これを破碎しているのが観察される。Ait Nacar を通る断層は、同部路

の南西の沢底に破砕帯が観察されその北西側が上昇、南東側が沈降している。なお本断層の北西側の地層は南東へ傾き、南東側が北西へ傾斜し、向斜構造を形成しているため、本断層は向斜構造の軸部に形成されたものと考えられる。

3-3-3 鉛 徴 地

本地域には鉛徴の存在は未だ確認されていない。現地調査には放射能測定機を携行し、鉛徴の発見に努めたが、特に異常を示す場所は発見出来なかった。

3-4 Mibladane-Hawli 鉛山地区 (Fig. 1-7 参照)

本鉛山地区は、調査全地区東南方にあり、Midalt 市の北東方向に位置している。Mibladane 鉛山事務所はMidalt 市から北東へ13 kmの地点にあり、浮遊選鉛場(粗鉛600t/日処理)を稼動中である。Hawli 鉛山はMibladane 鉛山事務所から更に北東方向8 kmの地点にあり、選鉛場を有するが設備は休止中であって、その北方に所在するSidi Ayyad 地区の採鉛を行っている。両鉛山共に鉛種は鉛であるが鉛床型はMibladane 鉛山が層状鉛床、Hawli 鉛山が鉛脈型鉛床を稼行している。

今回の鉛山調査は、これらの既開発鉛床の特性を把握することによって、調査地域全体の今後の将来の有望地区を抽出するための参考としたものである。したがって、両鉛山の現地調査は標式的な採掘場の観察を若干行ったのみで限定されたものである。

また、Mibladane 鉛山の層状鉛床が地質学的興味を惹く特異な鉛床であるため、文献リストにも見るごとく、多数の地質学的または鉛床学的研究がある。本項では両鉛山の極く概要のみを報告する。

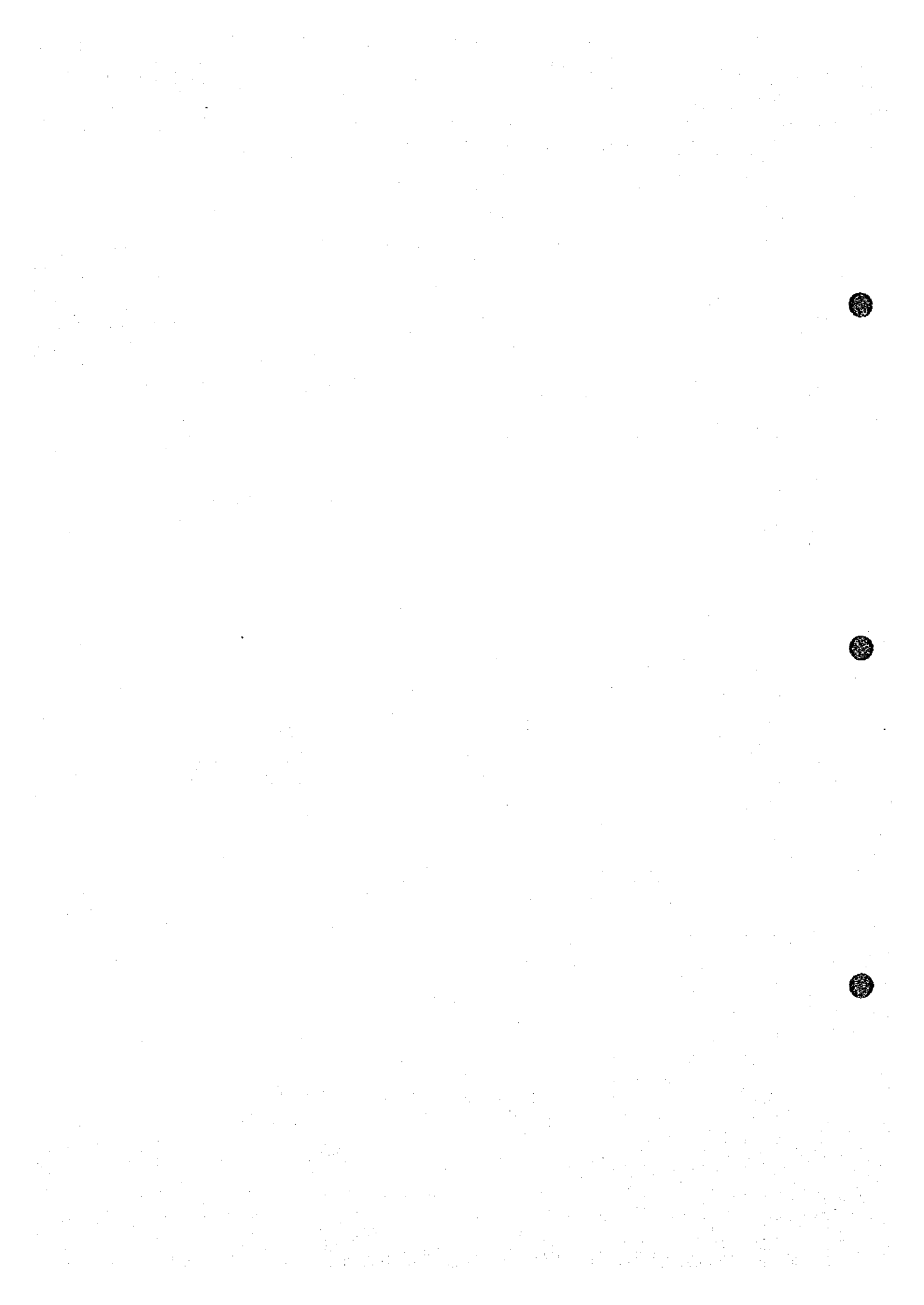
3-4-1 Mibladane 鉛山

(1) 沿革

本鉛山は1926年から採掘が開始され小規模稼行が続いたが、1948年に1日処理鉛量120tとなり、それ以後次第に拡張されて、1957年には1,400t/日となり最高の産額に達した。その後は次第に減少し、現在600t/日の粗鉛処理を行っている。A. Emberger(1965)によれば1962年には鉛精鉛21,057tを産出し、全モロッコの鉛精鉛生産量の16%をしめ、Hawli 鉛山を抜いて第1位となった。1972年に於いても鉛品位10~12%の粗鉛を600t/日処理し、依然モロッコ第一の生産量であった。

(2) 鉛床地質

鉛床は大少数の層状鉛体からなり、Mibladane を通る走向N60°E系のAmhrou 断層とその北西方に2~3 kmはなれてほぼ平行に走るHenri(アンリ)断層との間に分布する。鉛床はMibladane から北東方向へ約4 km、南西方向へ約11 km、計約15 kmの延長を有する。(Henri 断層はHawli 断層とも称されるが、鉛鉛化作用を受けておりその一部はHenri



脈としてHawli 鉱山によって稼行された。)

本地区の鉱床母岩は主として石灰岩及びドロマイトよりなるジュラ紀ライヤス統中部のJ₁石灰岩層である。本層の下位にはライヤス統下部の砂岩層があり、更にその下位には二疊・三疊系及び基盤岩の結晶片岩類が存在する。J₁石灰岩層の上位にはトアリシア期の赤色泥灰岩層及び石灰岩層が分布し、更に Amhrou 断層から南東部ではドガー統の泥灰岩層が厚く堆積している。更に、これらのジュラ紀の地層を白亜紀の石灰質礫岩層が不整合に被覆している。

本鉱床はトアリシア赤色泥灰岩層の基底部の下位にありその基底部より厚さ5mから50mの間及び80mから100mの間に数層の薄い層を介在している。

地表に近い鉱床は露天掘切羽からの横坑によって採掘しているが、今回観察出来た採掘場 "Dallas", "O" 及び "T-Ouest", 並びに古い採掘場 "Anc" "L" などの鉱石賦存状況は次の通りである。(Fig. I-8a 参照)

すなわち、鉱石は、方鉛鉱、重晶石よりなり、10cm 前後の厚さで東南方へ緩く傾斜する地層にそって横に広がっている。鉱石を胚胎する地層は比較的軟質の泥灰質シルト岩であるが、その上盤には硬質緻密な石灰質頁岩がある。下盤は赤色ないし褐色塊状の泥灰質シルト岩である。本岩中に上下に走る細い割目がある場合にはその中にも方鉛鉱・重晶石が少量晶出し、他の割目との交会部では肥大して不規則塊状となっている所も見られる。このような割目は延長数米前後で、小規模であるが、上盤の頁岩層中にも達して頁岩層を10~20cm程度転移させている所がある。産出鉱物としては cerussite, anglesite が重晶石と共生するほか、vanadinite, wulfenite を微量に伴う。

Mibladane の鉱化帯は、Amhrou 断層付近が品位良好のため断層付近に掘場も集中しており、次いで Henri 断層の近辺に発達している。一方白亜紀の基底礫岩中に鉛鉱石の存在が知られており、鉱化作用がジュラ紀に行われたことを示している。Mibladane の鉱化作用については Epigenetic telethermal (後成遠熱水性), Syngenetic hydrothermal (同時熱水性), Syngenetic sedimentary (同時堆積性) などの鉱化作用モデルを適応させることが多くの研究者によって試みられてきたが、満足な結論は得られていない。しかし、上述の如く鉱化母岩が選択されている傾向があることと、大きな断層の付近の小さい裂かが発達する付近に鉱化が強いということから、Amhrou-Henri 両断層間に於いて、詳しい地質構造の解明を行うことが採鉱上有益であると考察される。

3-4-2 Hawli 鉱山

(1) 沿革

Hawli 鉱山は、Mibladane 鉱山の開発を行った Société des Mines d'Aouli が1938年に開設した事業所で、37年間稼行後1975年7月21日に閉鎖した。

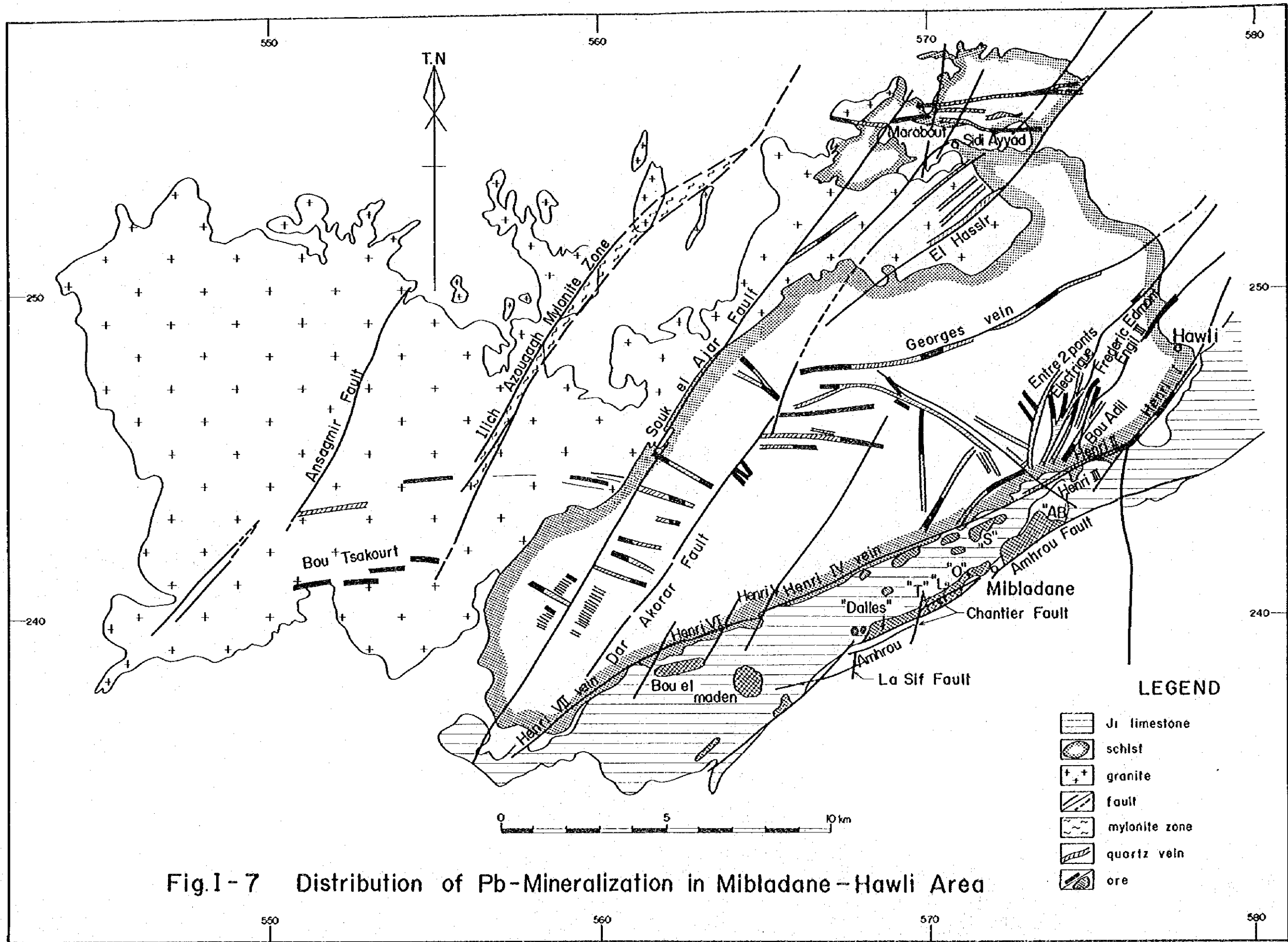


Fig.1-7 Distribution of Pb-Mineralization in Mibladane-Hawli Area

しかし、1971年1月以降BRPMが積極的に探鉱を続けており、新たな鉱量の獲得を行っている。1971年6月から1972年12月迄と、1973年5月から1975年12月迄の2期にわたり、試錐、トレンチ、及び坑道により探鉱を実施している。現在も、El Hassir及びMarabout 鉱脈に対する坑道掘進が行われている。

(2) 鉱床地質

Hawli 鉱山は前記のHenri 鉱脈の他Georges, Edmont Engil, Marabout, El Hassir など多数の鉱脈を有している。鉱脈は当地区に分布する結晶片岩類、花崗岩類及びP-T赤色砂岩層を切っている断層性裂か充填鉱床である。最も優勢なHenri 鉱脈は走向N65°EのHenri断層中、延長数km間が鉱化しており、脈幅最大40mに達する所がある。鉱脈中の鉱石は、一般に次のような配列をなす。(L. El Maghraoui他, 1976)すなわち、地表から下部に向い、約20m迄は閉塞断層状の外観をなし、その下約40m迄は酸化鉄を伴う玉髓質石英脈に極く微量の鉛を含むゾーンがあり、その下部約30mには重晶石一方鉛鉱のゾーンとなって、更にその下から石英一方鉛鉱の富鉱部が始まる。富鉱部は、両盤が結晶片岩類である場合には、深さが200m以上に及ぶ場合がある。

今回の調査に於いて、鉱脈の地質上の傾向を知るための例として本地区の北端に賦存するMarabout East I 鉱脈の地表及び坑内、並びにMidalt 北西約14kmに所在するBou Tsakout (ブツアコール) 鉱脈の露頭について精査を行った。(Fig. I-8b参照)

Marabout East I 鉱脈は、現在BRPMが坑道探鉱を行っている鉛鉱脈である。一般走向E-W、傾斜75°Sで、脈幅50cm~150cm、平均70cm前後である。地表部では、東西方向に数百米延長しており、確認はしていないが、坑内では-50mレベルに於いて、東方及び西方に夫々80m 掘り進め後、両者とも断層により鋤先を見失っている。鉱石は方鉛鉱が石英中に斑点状または塊状に鉱染しており、鉱石帯の末端部では重晶石及び螢石に富む。

Bou Tsakout 鉱脈は走向N70°~80°E、傾斜75°北落しないし、垂直を示し、雁行状に配列する7本の細脈群からなる。脈幅は平均2mで延長は200mまで追跡出来る。脈石は石英、重晶石よりなる。鉱脈の末端部は鉄石英脈に変わり、露頭部では鉛鉱物は見られない。このような露頭は下部に鉛鉱化帯を潜在すると予測されるが、同様な未開発の露頭は更に多数賦存する。

3-5 中央南部物理探査地区

物理探査は、Bou Mia と Zayda 両花崗岩体に挟まれた地域の南半部400km内で重力探査が実施された。

当地区の地表の地質は、上述の如く、本地区北部の東西両側に花崗岩が分布し、次いでその周辺及び上位にアルコース砂岩などより成るP-T赤色砂岩層が分布し、更にそれを被覆して

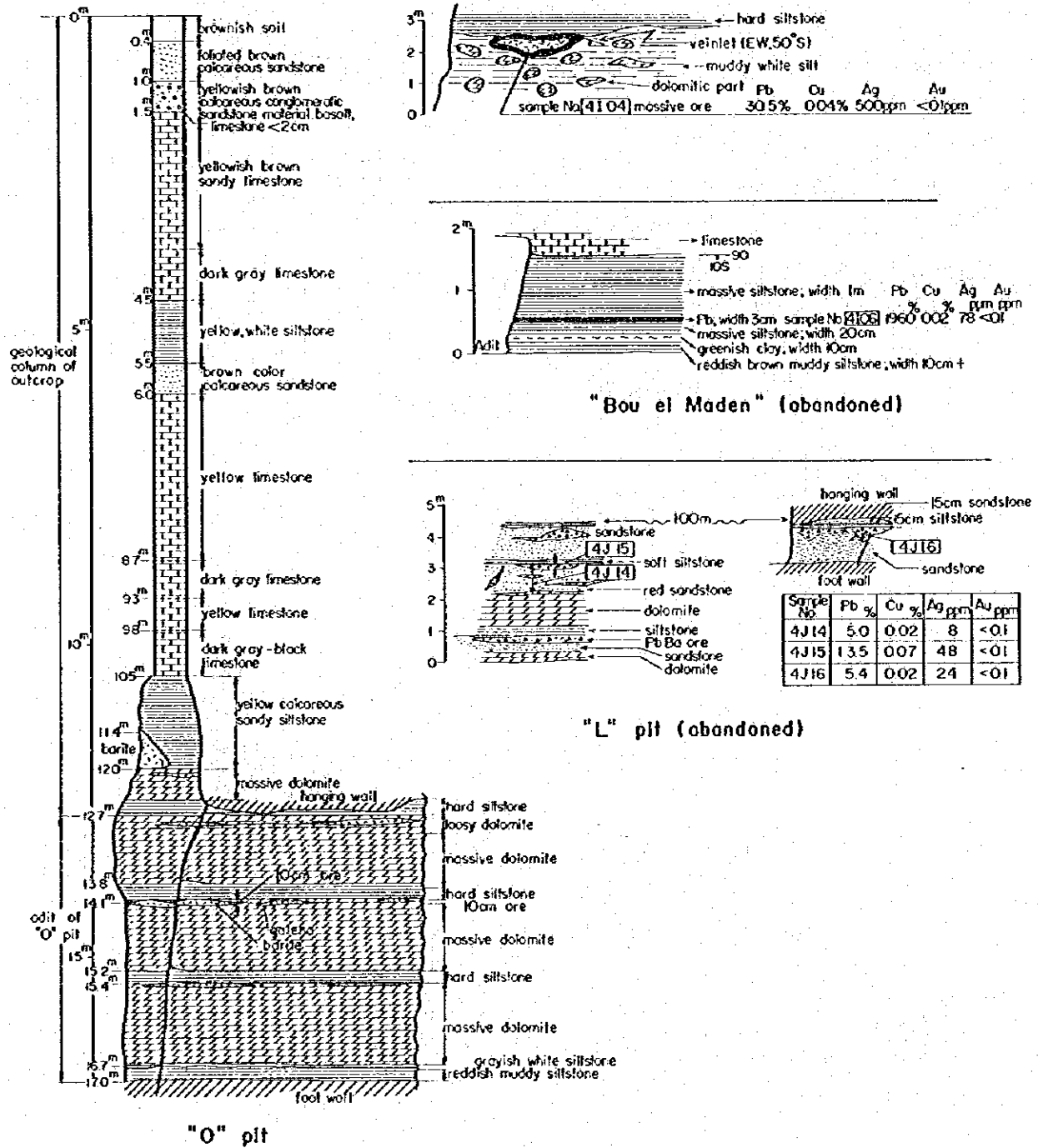


Fig. I-8-(a) Detailed Geological Sketches of Ore Deposits in Mibladane Mine

ジュラ系、第三系及び第四系が広く分布する。

P-T赤色砂岩層はアルコース砂岩の上に直接泥岩層が堆積しており、中粒～粗粒砂岩の堆積はない。本地区の中央南部に実施された構造調査試錐HM-1及び南西部の地区外約4kmの地点において実施されたHM-2の結果でも同様に中粒～粗粒砂岩の堆積がなく、且つ泥岩も薄く、HM-1では泥灰岩質となっている。赤色砂岩層の上位に堆積した β P-T玄武岩層はBou Mia南部の段丘地形の中腹に露出が連続して観察される。この玄武岩層は多孔質緑泥石化が強く、1～2mの溶岩が多数重なり合い場所により、礫質砂岩、マンガン・鉄・石英層などを挟在する。ただし、玄武岩層は当地区の東半分の地区には分布せず、上記既行試錐HM-2には出現しているが、HM-1には存在しない。その上部に整合的に重なる J_1 石灰岩層もBou Mia南方のみで、東部には存在しない。これらは堆積時に高地にあったために堆積しなかった地帯と考察される。白亜系は北部に分布するが南部には見られない。第三紀層も北半部に分布し T_1 泥岩層及び T_2 泥灰岩層からなる。 T_1 泥岩層は色彩に富み軟質の泥岩であるが、礫質砂岩層の挟みが発達する。 T_2 泥灰岩層は、灰色乃至黄灰色の泥灰岩を主とし、シルト岩、及び石灰岩を挟む。層厚は T_1 泥岩層が20m前後、 T_2 泥灰岩層が50m前後である。第四系はMoulouya川から南に段丘地形を示しながら広く分布する。 Q_1 シルト層は下部ではやや軟質、塊状なシルト岩を主とし、上部では砂礫岩層を多数はさむ。 Q_2 シルト層は白色ないし褐色の軟質シルト岩が主体である。Bou Mia 東方には直径約3kmの玄武岩溶岩台地が存在する。

在する。

当地区には既に述べたZayda 東部地区及びBou Mia-Zayda 地区以外の鉛、ウランの鉱徴地はない。

3-6 周辺地区

全調査地域は、予備調査の結果、中精査を必要とする中央部付近と、概査のみを行う周辺地区とに大別され、周辺地区は概々10km間隔の調査ルートを設定して地質概査を実施した。地質一般に関しては、既に第2章調査地域の地質の項にも記載しているので、本項には主に地区的な特質を報告する。

3-6-1 北西地区

当地区は中部アトラス山岳地帯に属し、地形急峻である。当地区の北東より南西に流れるSrou(スルー)川は標高1,000m前後に深い溪谷を作っているが山岳部は海拔1,500mから2,000m前後の台地地形を作っている。

当地区に分布する岩石は、主としてP-T赤色砂岩層の礫岩、砂岩、泥岩及び β P-T玄武岩層並びにライヤス統の J_1 石灰岩層に属する石灰岩、泥灰岩よりなる。基盤岩類はKarrouchan 東方約5kmにあるSidi Yahia 付近にYahia-Oufalla 断層に沿って6kmの露出があ

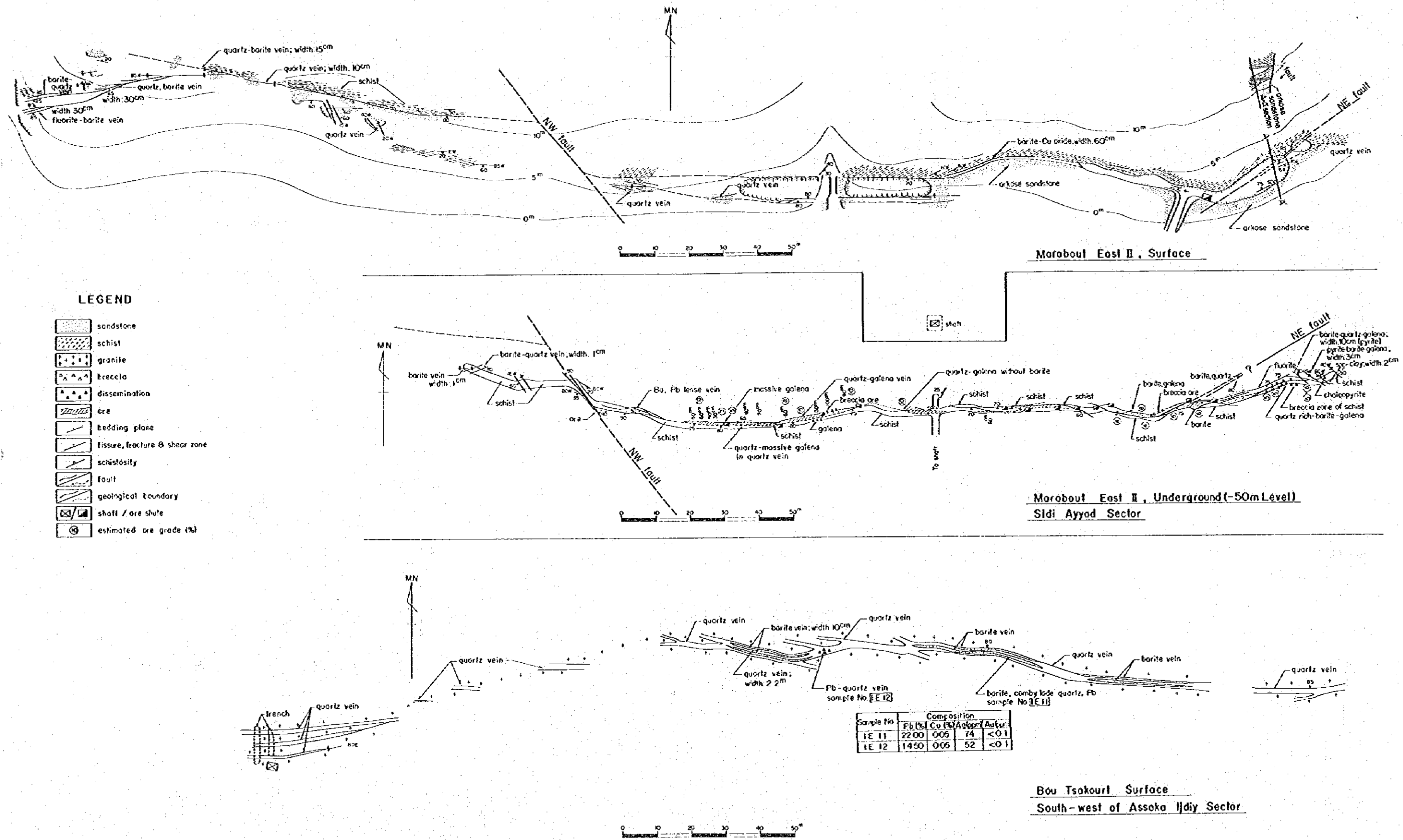


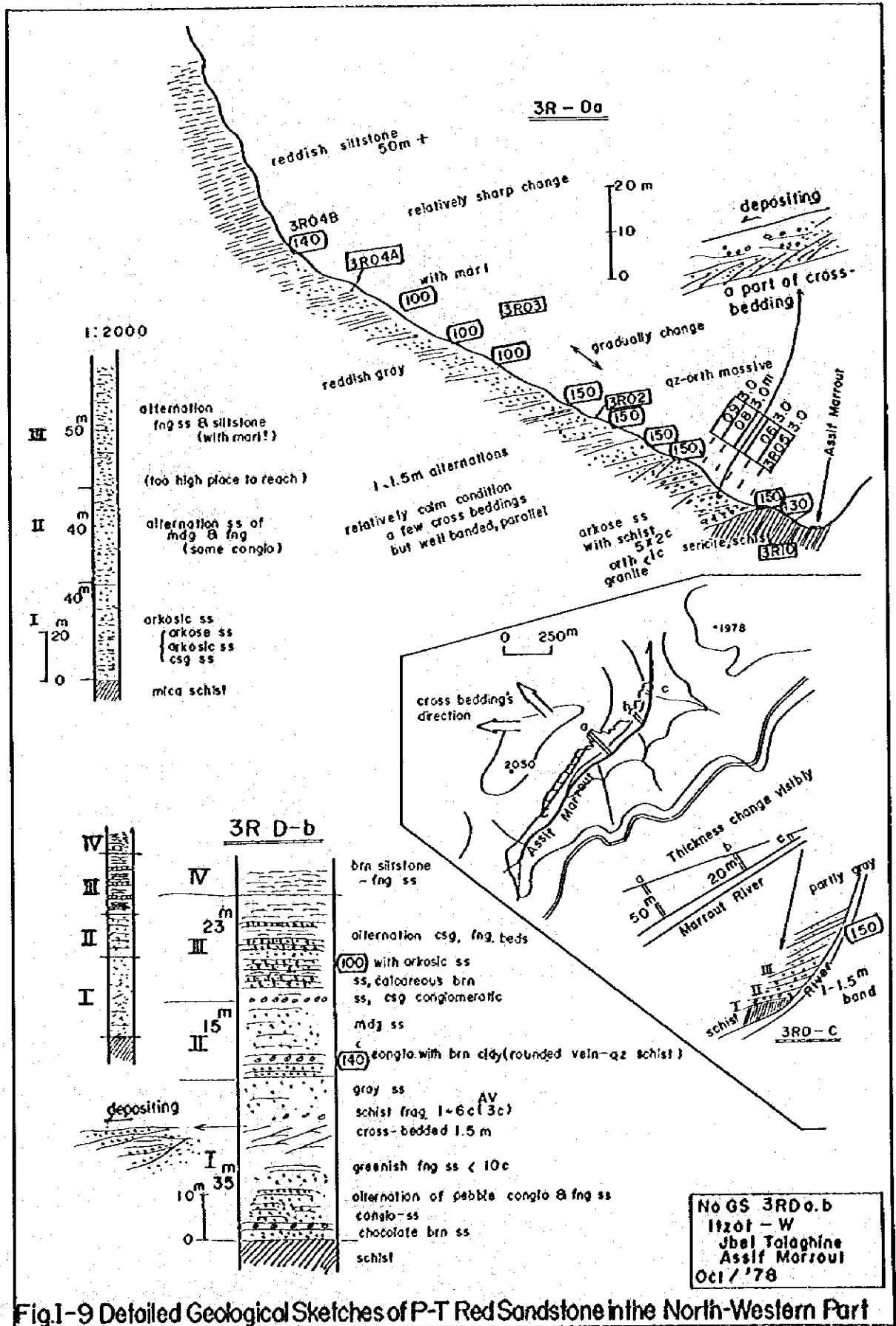
Fig. I-8-(b) Detailed Geological Sketches of the Marabout East II vein and Bou Tsakourt vein

り、粗粒花崗岩と角閃石片岩を主とする結晶片岩からなる。又、Karrouchan 北東13km地点のMarrout 川の河床に絹雲母片岩が露出している。P-T 赤色砂岩層は、下部に、粗粒砂岩を持ち上部は次第に細粒となり最上部は泥岩となっているが、当地区の北東部では粗粒ないし中粒の砂岩が厚く堆積し、南西部では泥岩層が厚い。特に上記のMarrout 付近では、斜交層理の発達した礫質アルコース砂岩を頻繁に挟在し、河川の三角州状堆積の様相を呈している。(Fig. I-9 参照) この付近における中～粗粒砂岩の厚さは、約150mに達する。泥岩層の厚い堆積は特にKarrouchanから下流及び北方のSrou 川河岸に於いて観察されるが比較的均質、塊状で所々に薄い細粒砂岩が挟在している。Karrouchan 南西方4.5kmのSrou 川河岸には中粒～粗粒の砂岩が約90mの厚さで露出しており、その下部には礫質粗粒アルコース砂岩の一部が見られ基盤岩に近い様相を示している。これらの砂岩の上位に相当する泥岩層との間は比較的急激に岩相変化を行っており、泥岩層全体は300m以上の厚さを示している。上記のMarrout の谷では粗粒部が北東に向って、反対に、次第に薄くなってゆく状況が観察されるので、その付近からKarrouchanにかけて、レンズ状の中粒～粗粒砂岩堆積構造が存在することになる。

赤色泥岩層の上には黒色ないし暗緑色の玄武岩溶岩が約100mの厚さを持って堆積している。層厚は、南西方向に向って厚くなる。玄武岩層の上には、整合的にジュラ紀の石灰岩層が堆積し、その最下底部には礫状の部分が見られる。全般的にサングの破片の化石が多く観察される。侵蝕に強く、垂直に近い節理が発達するため、急崖を作り各所に台地状の地形を形成している。

当地区の地質構造は上記の三角州状堆積と見做される中粒～粗粒砂岩の堆積構造が特徴的であるが、断層構造としてはN60°E系、N45°E系、及びN-S系の3系統が顕著である。これらの断層系は、アルプス造山運動時の活動によるものであるが、Bou Mia-Zayda 地区との境界付近を走るYahia-Oufalla 断層は、その断層の両側に於けるP-T 赤色砂岩層の堆積状況の相違から、二疊・三疊紀に存在していた断層が、第三紀に再活動したものと考察されている。断層系は、ほとんどすべて上下の転移をなしており水平的な転移は小さい。その上下の転移が各断層で異なり、また繋番断層(hinge fault)も存在するため、堆積岩層は30°前後までの傾斜を有する所がある。Yahia-Oufalla 断層から西方へ約3kmの間はグラベン状に沈下し、ほぼ水平の構造をなすが、更に北西方ではすべて北西方向へ傾斜している。ただし当地区の北東部は基盤の位置が高くなっており、Marrout 川の結晶片岩の露出位置は標高1,700mである。すなわち、Bou Mia 花崗岩体の丘陵部分と同じレベルである。

当地区には、鉛、ウラン共に顕微地は見出されていない。ただし、Bou Mia-Zayda 地区花崗岩地域の北西端として露出するSidi Yahiaの花崗岩には表面的な放射能異常部が認められる。この地区についてはウランがYahia-Oufalla 断層中に流れ込んで集積されているかどうか問題である。なお、当地区東部 Lkis (ルキス) 川上流の部落 Ait Brahim (アイトブラヒム) に分布する石灰岩層と玄武岩の間から極く微量の酸化銅が発見されているが、連続性が



なく、放射能異常も検出出来なかった。しかしながら、Karrouchan東部のこの付近はアルコース質中粒～粗粒砂岩が発達し、ウラン鉱床胚胎の場として興味深いので、更に中精査を加えることが望まれる。

3-6-2 北東地区

Zayda 花崗岩の北方を占める本地区は、Tanfit-Micha-Sidi Ayyad の低地帯と、石灰岩層の侵蝕によって段丘状の地形をなす北半部に分けられる。

低地帯には、P-T赤色砂岩層の上部メンバーである赤色泥岩層とその上位の β P-T玄武岩層が分布し、低地帯は第四紀Q₂シルト層により広く覆われている。

北半部には、玄武岩層の上に、ジュラ系J₁石灰岩層、白亜系K_{2cm}泥岩層及び第三系T₁泥岩層が分布する。第四系は、高地に一部Q₁シルト層があり、Tanfit-Micha地帯北方の谷沿いには β Q₂溶岩流が分布する。J₁石灰岩層は、Sidi Ayyad北方から東部のみに分布し、層厚の変化が顕著である。K_{2cm}泥岩層は、ほぼ同じ層厚で分布するが、Sidi Ayyad北方のIfri Ichabar(イフリイシャバル)付近ではNW-SE方向の軸を持つ小褶曲構造が認められる。本層は赤色、灰色、黄色などの多彩な泥岩及び泥灰岩からなり、石膏層を挟在しているのが特徴である。T₁泥岩層は、Micha北方の台地Agzou(アグズー)周辺で最も厚く、55mに達するが、東西両翼方向に次第に薄くなっている。Q₁シルト層は、本地区では礫質の薄層であり、 β Q₂玄武岩は長さ約5kmの薄い溶岩流である。

地質構造は比較的単純であって、ほぼ水平に堆積しており、Sidi Ayyad北方のBou Hamza(ブーハムサ)にIlich Azougarhミロナイト帯に属する断層の北方延長が認められるほかは、大きな断層構造もみられない。

当地区には鉛、ウランいづれの鉱徴地も発見されていない。しかしながら、ウラン徴候の多いZayda東部花崗岩体に北接する安定堆積岩地帯としてウラン集積帯を潜在している可能性がある。

3-6-3 南東地区

本地区は、Mibladane-Hawli 鉱山地区の更に南方、Midalt 周辺及びその東方地区である。Mibladaneを通るAmhr ou断層から南部は、高アトラス山岳地帯までの間標高1500m前後の準平原となっている。

当地区に分布する岩石はジュラ系ドガー統から第四系洪積層までの堆積岩層である。ドガー統J_{2d1}泥岩層はMidalt東方5km付近に東西、南北共幅約5kmの範囲に分布している。その上位にはJ_{2d2}石灰岩層があつて、Midaltの南方10km付近に、NE-SW方向の軸を有する向斜構造をなして分布する。これらのジュラ系の上位には白亜紀のK_{2cm1}赤色泥岩層が不整合に覆って居る。本層の下部は礫岩層よりなり、結晶片岩、乳白色石英、石灰岩、ドロマイト等の礫と共に、一部に鉛鉱の鉱石片を有している。礫岩層の上位には、多彩な色調を持つ泥岩層が

あり、他の地区と同様多量の石膏を有する。層厚約100mである。この上位には K_2cm_2 泥岩層があつて主に東部の谷間の低地帯に露出し、その上位の K_2t 石灰岩層と共にNE-SW系の軸でゆるい向・背斜構造を形成している。第三系 T_2 泥灰岩層は、Midalt 付近とその西方に分布し、東南部には分布していない。東南部では、第四系の Q_1 シルト層、 Q_2 シルト層がSariyt(サリイト)から Bougma(ブグマ)に至る低地帯を被覆している。全体として、緩い向・背斜構造以外、断層構造など注目すべき変動構造は見られない。

鉛鋳床は Amhrou 断層付近迄で、その南東の白亜系や、南東のドガー統には発見されていない。またウランの鋳徴も見出だされていない。

3-6-4 南西地区

南西部一帯は、高アトラス山岳地帯の麓にジュラ系 J_1 石灰岩層、 J_2d_1 泥岩層及び J_2d_2 石灰岩層が一部に露出する以外は広く Q_1 シルト層に覆われている。ジュラ系は急傾斜をなす複雑な褶曲をしており、断層構造は $N70^\circ W$ 系、 $N80^\circ E$ 系及び $N20^\circ E$ 系が卓越している。調査地区の範囲内には僅かな露出のみなので、構造をよく知るには範囲外迄、広く調査する必要がある。

Bou Mia の南々東付近の高アトラス山麓にある J_1 石灰岩層の露出する所に鉛の鋳徴がある。細脈状で走向 $N55^\circ E$ 、傾斜 $40^\circ SE$ である。他にウランの鋳徴など未発見である。

第 4 章 鉛 鋳 物 資 源

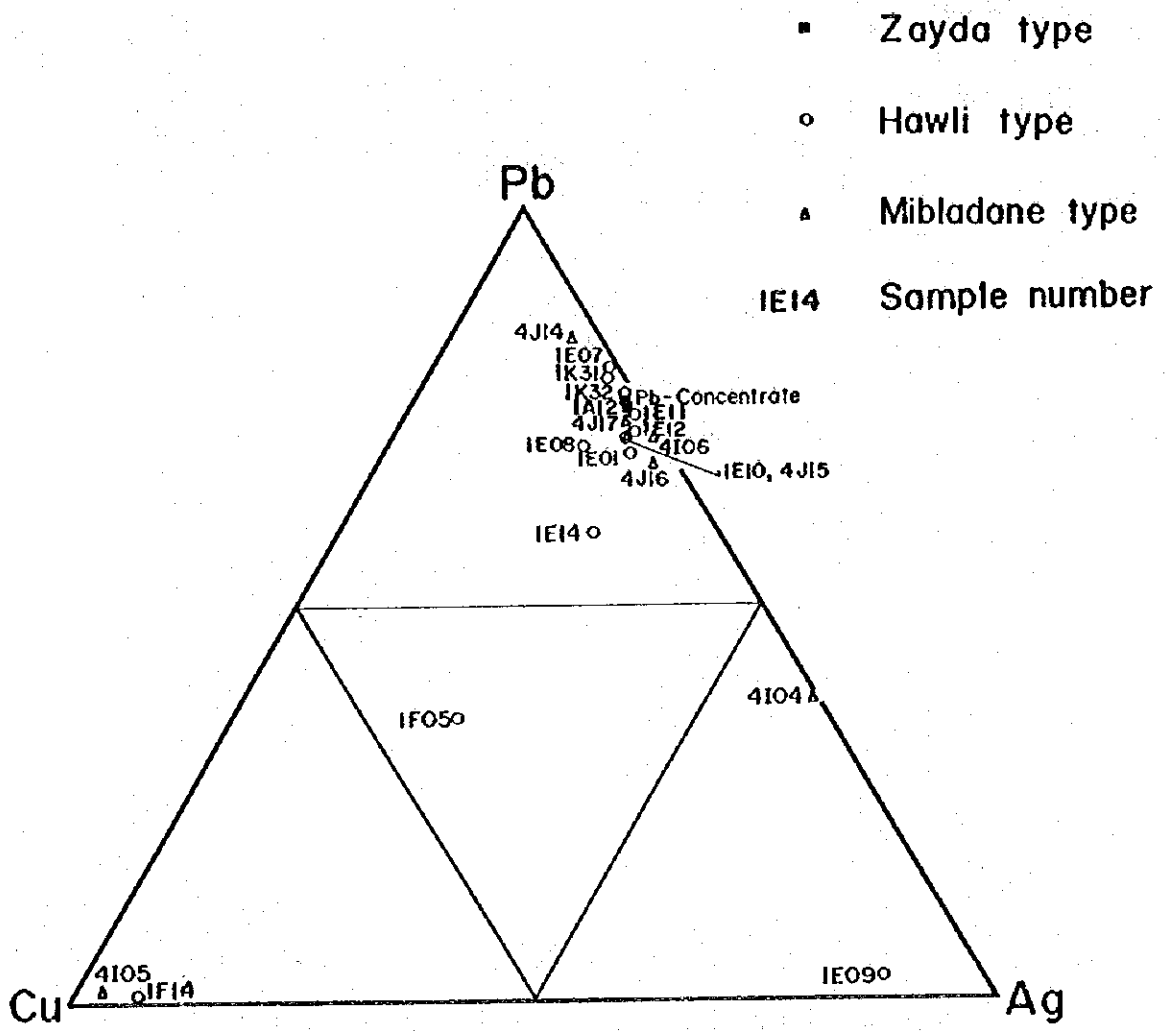
4-1 鉛 鋳 床

4-1-1 分布及び地質との関係

本地域の鉛鋳床は調査地区の中央に位置する Zayda 鋳山付近と東南部に位置する Mibladane 付近並びに東部の Hawli 付近に分布し、それらの鋳床地質については夫々、3-1 Zayda 東部地区、3-4 Mibladane-Hawli 鋳山地区の項に於いて説明した。それらは次の3種類の鋳床型に分類され、夫々の特徴は以下の通り要約される。

1. 鋳床型	砂 岩 型	層 状 鋳 染 型	鋳 脈 型
2. 分 布	花崗岩類周辺、主として Zayda 付近	東南部、Mibladane 付近	東部基盤岩分布地域、主として Hawli 付近
3. 主要鋳床名	Paneau-1, 1954	Dalles, T. Bou El Maden	Henri, Georges, Marabout
4. 鋳床規模	厚さ 25-10 m, 面積 3-40 万 m^2 , 鋳体数 66 以上 鋳量 1600 万 t, 平均品位 Pb3%	厚さ 10-20m 間に 5-50cm の鋳石層が数層、 面積 14-52 万 m^2 , 12 鋳体以上	脈幅 0.5-40m, 延長数百-数 km, 深さ 100-200m
5. 母 岩	P-T 赤色砂岩層最下底部のアルコース砂岩	ジュラ系下部石灰岩, ドロマイト, 泥灰岩, 一部白亜系中部の礫岩	結晶片岩, 花崗岩類, 赤色砂岩
6. 鋳石鋳物及び脈石	方鉛鋳, 白鉛鋳, 重晶石, 微量の螢石, (方鉛鋳中に銀を含む)	方鉛鋳, 白鉛鋳, 重晶石, 微量のモリブデン鉛鋳, 褐鉛鋳(螢石なし)(方鉛鋳中に銀を含む)	方鉛鋳, 白鉛鋳, 重晶石, 石英, 螢石, 微量のモリブデン鉛鋳(方鉛鋳中に銀と蒼鉛を含む)
7. 鋳床の成因	後生鋳床	後生及び同生鋳床	後生鋳床

これらの3種の鋳床型について今回採取した試料の分析結果から Pb-Cu-Ag の含有比率を算出し、三角ダイアグラムを作成したところ、ほとんど同一点に集まり、差が認められなかった (Fig. I-10 参照)。しかし、上記の如く、鋳脈型方鉛鋳中には他にはない蒼鉛が入っており、脈石としては層状鋳染型には螢石を作っていない等、若干の相違点がある。また年代的にも砂岩型が二疊・三疊系アルコース砂岩を母岩とし、ほぼ同時期の鋳化作用と考えられるのに対し、層状鋳染型はジュラ系を母岩としている。このため、これらの鋳床の生成機構に関して従来か



χ : Percentages of the above each value are calculated as followings,
 Pb : $100 \times \text{Pb \%} / S$, Cu : $100 \times \text{Cu \%} \times 10 / S$, Ag : $100 \times \text{Ag ppm} \times 0.1 / S$
 $S = (\text{Pb \%} + \text{Cu \%} \times 10 + \text{Ag ppm} \times 0.1)$

Fig. I - 10 π (Pb - Cu - Ag) of Pb Ore Deposits
 in the Surveyed Area

ら詳しい検討が加えられてきたが、3 鉱床型を同時に満足させるような一元的な成因論は成立せず、現時点では、いろいろな成因の可能性を考慮に入れながら現実的な探鉱を進めるべきであろう。

4-1-2 鉛鉱床胚胎好適地と調査方法

(1) 砂岩型鉛鉱床：Zayda 付近の既開発鉱床は、花崗岩体の上の古流路に沿って形成された二疊・三疊系のアルコース砂岩に伴っている。鉛が晶出する古流路の花崗岩体からの距離の限界はまだ把握されておらず、まず古流路を発見、追跡することが重要である。基盤岩の古地形の調査は地質精査によるほか重力調査が有効である。又、鉱化アルコース砂岩中の品位分布調査に於いて、Pb 2%以上の高品位ブロックは、基盤岩に存在する裂かの分布と相関関係があるとの実例がある (E. Amade, 1965) ので、今後の探査の際には留意すべきである。

(2) 層状鉛鉛鉱床： 鉱床は Mibladane を通過する Amhrou 断層及び Henri 断層に挟まれたジュラ系の石灰岩質岩層中にあり、鉱化層準もほぼ明かとなっている。鉱石の賦存型には、堆積岩と同時生成と考えられるものも知られているが、この層状鉛床を横切る小裂かに沿って鉛石が膨縮する状況がしばしば観察される。

したがって、本鉛床帯では、地質精査が重要であるが、細脈裂か系を作るような大小の褶曲及び断層分布並びに構造解析が肝要である。

(3) 鉛脈型鉛鉱床： 鉛脈鉛床の大規模のものはすでに開発され主要部の採掘は終了している。しかし、Sidi Ayyad 付近や他にも中規模以下の鉛脈がまだ未開発で残存しており、従来の鉛脈についての鉛物帯状分布の傾向等の知識を生かし、深部の探鉱を行う価値がある。鉛脈は、中生代に生成され、その後の断層活動により頻繁に切断転移を受けているので、露頭測量及び坑内地質精査を行い有効な探査を行う必要がある。

4-2 ウラン鉛床

4-2-1 放射能分布と地質との関係

本調査地域内の基盤岩類及びそれを被覆する堆積岩類の放射能分布及び放射能異常鉛微地の地質は次の通りである。

(1) 基盤岩分布地域の放射能測定値と地質との対比 (P1. I-7 参照)

現在迄に BRPM により実施された本地域内に於ける広域的放射能測定調査は、次の通りであり、いずれも主として沢浴いのルートによる放射能調査である。(SPP-2NF 測定器使用)

年	地 区	面 積	測 点 間 隔
1976	Sidi Ayyad	50 km ²	300 ~ 500m

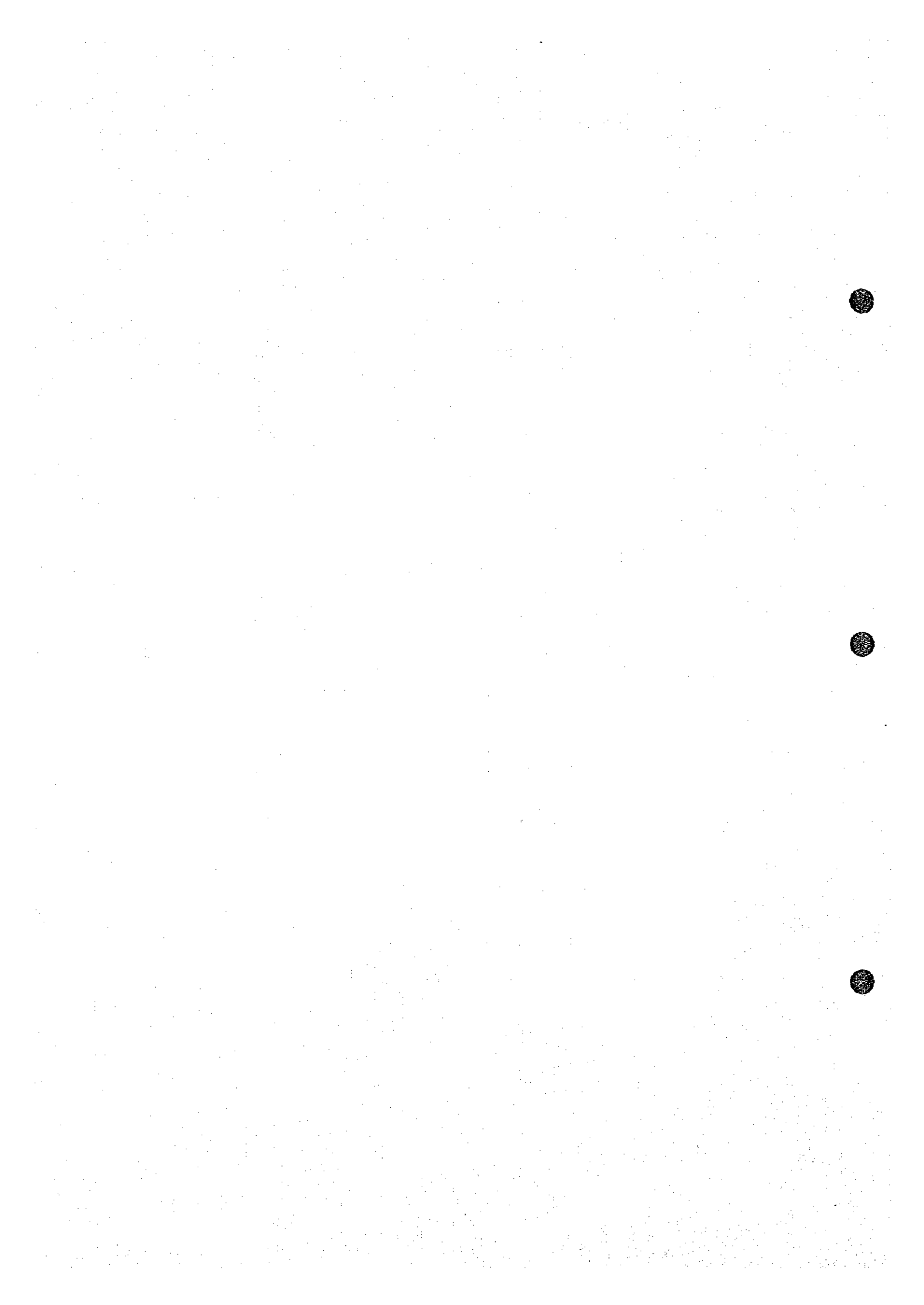
1977	Bou Mia-Karrouchan	350kr	50 ~ 300m
1978	Zayda-East	400kr	150 ~ 300m

これらの調査結果を集約し、各測点に於ける放射能測定値を、150c/s以下、150-200c/s、200c/s以上の3段階に区分し、それらの分布範囲と、本年度の地質調査結果による基盤岩類の岩種別分布範囲との対比を行った(P1, I-7参照)。その結果、150c/s以上の比較的高い測定値を示す範囲は、ほぼ花崗岩類分布地域内に入るものの、場所により、その外にも広がっており、また一部結晶片岩地帯にも点在する。さらに、花崗岩類の内部の岩相分類との関連については顕著な相関は認められなかった。むしろ単に Moulouya 川及び Ansagmir 川などの河岸における起伏に富んだ地形の所と150c/s以上の比較的高い測定値の分布範囲が一致している。また結晶片岩地帯でも、点在する比較的高い放射能測定値の分布位置は、急峻な地形を示す地点である。これらは、基盤岩帯特に花崗岩体の地形の高所から溶出した放射性物質が、河岸などの地形の凹凸、亀裂などの多い所に沈積しているのがその理由と考えられる。しかしながら、一方今回の地質調査には各調査員毎に放射能測定器を携行し、地質調査と同時に放射能測定を実施したが、その結果では花崗岩類は、アブライト質花崗岩を除き、一般に50c/sから170c/s程度の範囲(平均値は105c/s前後)に入るのに対し、アブライト質花崗岩は80c/sから200c/s程度の範囲(平均値135c/s前後)に入り、他の岩石より若干高い傾向を示した。岩脈類はすでに説明した如く、部分的に放射能の高いものがある。

(2) 花崗岩類中のウラン、トリウム分析結果

花崗岩類の分析結果、ウランはU:0.002%以下であったが、トリウムは、アブライト質花崗岩でTh:0.003%-0.004%の結果を得、他の花崗岩類が0.002%以下であるのとは若干異なることが判明した。ウランについては、更にアブライト質花崗岩2ヶ、花崗岩1ヶを選んで、ウランの精密分析を実施した。(夫々試料No.1A11, 1B05及び1J18)その結果アブライト質花崗岩は2ヶともU:8ppmであり、花崗岩はU:12ppmであった。試料は出来るだけ新鮮な部分を採取した。またM. Annich(1977)によれば、Zayda 周辺の花崗岩類のウラン含有量は斑状花崗岩で U_3O_8 :65ppm、細-中粒花崗岩で U_3O_8 :43ppmであり、上記の結果に比し、著しく高い結果である。

花崗岩体の表面から採取された試料については、場所により二次富化と溶出による減少の二つの場合が考えられるが、上記の3ヶの試料の分析値がほぼ近いことは、本地域の花崗岩類が少くともU:8ppm以上の含有率を持っていることを示唆するものと考えられる。8ppm以上のウラン含有率は花崗岩類としては(一般に2~5ppmといわれることからして)比較的高い数値と言うことが出来る。なお、トリウムについて、アブライト質花崗岩が若干高いが、前記の放射能測定値比較に於いてアブライト質花崗岩が他の岩石よりも若干高い理由は、こ



のトリウム含有の差も一因と思われる。(分析数が少ないので、あるいは、ウランの含有も若干高い可能性もある。)

(3) 堆積岩類の放射能測定値

1978年のBRPMの放射能調査は合計約700krに達し、このうち約300krはZayda西方の堆積岩類分布地域に行われている。二疊・三疊系とその上位の全地層については、花崗岩類の近辺を除き、すべて150c/s以下の測定値であった。また今回の調査に於ける放射能測定では、測定値はP-T赤色砂岩層で30c/s~110c/s(平均値80c/s程度)、 β P-T玄武岩層30c/s~100c/s(平均値50c/s程度)の値を示し、ジュラ系及びその上位の地層ではほぼ同じ測定値で20~80c/s(平均値30~40c/s)であった。P-T赤色砂岩層は他の地層に比し、全体的に若干高い測定値を示すが、化学分析の結果はウラン、トリウム共に0.002%以下の値を示した。

(4) ウラン鉍微地の分布と地質

本年度の調査に於いて把握された放射能異常地点は、22ヶ所ある。(Table I-12参照)これらの地点から試料を採取し分析した結果は、ウランを0.004%以上最高で0.188%を含み、トリウムは0.002%以下であって、ウランの鉍微であることが明かとなった。(Table I-13参照)、更に、Bou Mia西方Tarekochid地区にはBRPMが試錐を行って明かになったウラン鉍微があり、これらを、下表の如き最も新しいウラン鉍床の分類方法(F. J. Dahlkamp)に従って説明を加えれば以下の通りである。

Classification of Uranium Occurrences, after F. J. Dahlkamp

脈状型: Vein-like type	} Six main categories of economic uranium deposits.
砂岩型: Sandstone type	
礫岩型: Conglomerate type	
熱水鉍脈: Hydrothermal veins	
貫入岩型: Intra intrusive type	
石灰固結型: Calcrete type	
その他: Others(Black shales, Phosphorite etc)	

上記のうち、本調査地域では、脈状型、砂岩型、礫岩型に該当すると考えられる鉍微と、本地区特有の現象であるカラパス型(Carapace type)の4種類のウラン鉍微がある。他のものは未だ発見されていない。

1) 脈状型鉍床の鉍微: 本地域で最も明確にウラン鉍微として認められるもので、Zayda北東方向Moulouya川の河岸一帯及びSidi Ayyad付近に多数分布する。花崗岩類に貫入した花崗斑岩及び細粒花崗閃緑岩の岩脈が岩脈沿いに破碎を受け、その破碎裂かの中へ、周辺からのウランが沈澱し、地表露頭では褐色の鉄石英状の二次的充填鉍脈を形成している。



脈幅 5 cm から 1 m 程度迄放射能の高い部分は数 m の断続した分布をなす。所により、13,500 c/s の高い値を示す所もある。破碎帯の延長は 30 m から 1 km, Sidi Ayyad の或る脈では 600 m の延長を示している。鉄石英脈中のウラン鉱物は X 線マイクロアナリシス (XMA) 結果によれば, carnotite ($K_2(UO_2)_2(V_2O_5) \cdot 3H_2O$) 及び becquerelite ($CaO \cdot 6UO_3 \cdot 11H_2O$) が認められ, carnotite は ferveranite ($2Fe_2O_3 \cdot 2V_2O_5 \cdot 5H_2O$) と共生していることが観察される。

2) 砂岩型鉱床の鉱徴：砂岩型は更にロールフロント型 (Roll-Front type), 準層状型 (Peneconcordant type) 及び岩石構造型 (Tecto-Lithologic type) の 3 種の型に分けられる。

a) ロールフロント型の鉱徴：BRPM では Tarekochid プロジェクトに於ける № 6 から № 9 迄の断面調査試錐によって, 薄い小規模の鉱床であるがウラン鉱徴を捕捉している。鉱化層は, № 6 の列では NE-SW 方向に並び 5 号から 12 号試錐迄の延長 800 m にわたって深度約 60 m の位置に存在し, 厚さ平均 30 cm 品位約 400 ppm (U_3O_8) である。この層は基盤花崗岩上のアルコース砂岩とその上位にくる泥岩層との境界部分が高品位を示しているもので, 母岩中の粒度の粗い部分を地下水が通り, この部分にウランを沈澱した一種のロールフロント型の小規模のものと見做される。

b) 岩石構造型の鉱徴：Midalt 北々西にある Assaka Ijdiy 地区のグラベン構造に伴う鉱徴は 3-1 項 Zayda 東部地区に詳述してあるが, 具体的な例は未発見である。もし鉱床がグラベン内に存在すれば底部の赤色砂岩層と破碎された断層帯へウランが貯留されていると考えられる。

準層状型は現在地表調査で直接観察することは出来なかったが, 赤色泥岩層中には, 部分的に脱色した所があり, そこが 200 c/s ~ 400 c/s の異常値を持つことがある。脱色部には硫化鉄鉱が備かながら認められる所があり, これが大規模な形で層状のウラン胚胎層を形成することも有り得る一つの徴候と見做される。泥岩の脱色部分と, そうでないものとの鉱物成分比較を行うため X 線回折試験 (X-ray Diffraction Test) を行った結果は顕著な差が認められなかった。(Table I-14 参照)

3) 礫岩型の鉱徴：Zayda 北東方 Paneau-1 の近辺に高い放射能値 (1,500 c/s 土) を有する第四紀の礫岩の転石が点在する。礫は石灰岩, 花崗岩類, 石英, 玄武岩等各種の岩石で構成され, 特定の岩片がウランを含有するためではなく, 礫岩を構成する際流れ込んだウランがマトリックスに付着固定されているものと考えられる。現在礫岩は転石のみで本体は残っていない。

4) カラバス型の鉱徴：本鉱床型は, 上記 Dahlkamp の分類にはない本調査地区独特のもので, 既知の分類カテゴリーに入らないので仮に本鉱床型を命名した。本調査地区の花崗岩体



には中生代に地表に露出していた表面が強い風化を受けて厚さ30cm前後の酸化帯を生じた現象があることが知られている。外観は亀の甲羅(仏語 Carapace)状を呈するためカラパスと呼ばれる。これはTarekochid上流 Ifzwane の近くに標式的に観察出来る。Bou Mia北方約6kmの地点に今回の調査により発見されたAit Saidウラン鉱徴は、このカラパス内部にウランの鉱化が行なわれたもので、放射能測定値は1,600c/sあり、分析結果はU:0.072%, Th:0.002%以下、V:0.030%である。規模は小さく厚さ30cm幅3mのみであるが延長は不明である。ウランの共生元素を調べるためこの鉱徴地より採取したサンプルに対しX線マイクロアナリシスを行った結果、バナジウムとの共生関係が明らかとなった(Table I-7及びI-9参照)。carnotite及びおそらく tyuyamunite $[Ca(UO_2)_2(V_2O_8) \cdot 5H_2O]$ が存在するものと推定されるが、正確な鉱物の同定は今後の研究に俟つ事とする。

4-2-2 ウラン鉱床胚胎好適地と調査方法

(1) 地史的考察 (Fig. I-11 参照)

本調査地域のウラン鉱床胚胎の場を推定するには以下に列挙する地質的事件 (Geological events) とウランの挙動とを充分考慮する必要がある。

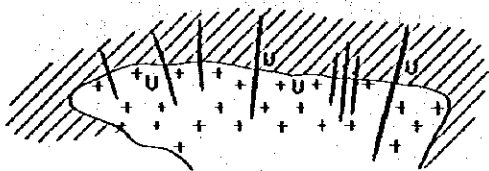
- 1) ヘルツニア造山期にウラン含有の高い花崗岩類が侵入した。
- 2) それが二畳・三畳紀に侵蝕され、砕屑物と共にウランが Karrouchan ベーソンに流れ込み、一部は疏路の途中で鉱床を形成するが、大部分のウランは流れ込んだ河口付近で鉱床を作るか、全域に分散した。
- 3) ジュラ紀、白亜紀の地層にはウラン徴候は認められない。
- 4) 第三紀造山運動により Karrouchan ベーソンと花崗岩地帯の関係は断層によって切られ、中部アトラス南側の山麓にベーソン構造が出来た。しかし、このベーソン内の内陸湖の形成により花崗岩体は水面下にあつて潜在する形となり、侵蝕が進まずウランは移動していない。
- 5) 第四紀に内陸湖がなくなり花崗岩体の侵蝕及びウランの溶出が再開された。しかし、ウランの一部は裂かを充填して脈状型ウラン鉱床を形成するが、ウランの大部分は花崗岩地域の中心を流れる Moulouya 川に流れ込み地域外に運ばれた。

以上の如く、ウラン鉱床形成の時期は、二畳・三畳紀と第四紀の両時期に限られる。

(2) 鉱床胚胎好適地と調査方法 (Fig. I-12 参照)

- 1) 第1年次物理探査地区： 重力調査の結果、基盤岩上に古流路が推定されており、砂岩型、礫岩型の鉱床が胚胎する可能性がある。花崗岩体露出地域から数km以上離れた古流路予想位置に対する試錐調査が望まれる。
- 2) Zayda-Bou Mia 北部「Itzar ベーソン地帯」及び Zayda 北東方 Tanfit-Micha 地帯を含む約400km²の地区： この地区の北西部は Yahia-Oufalla 断層によって堰止

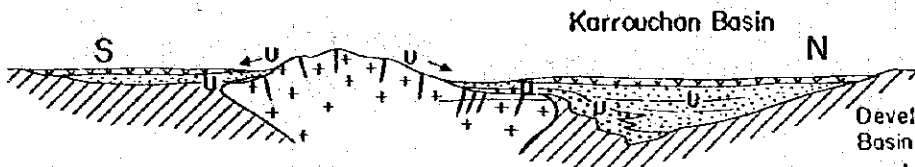




Geological Episodes

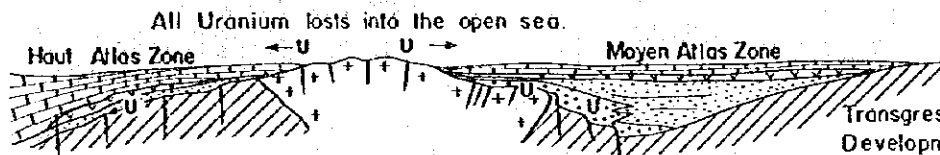
Intrusion of granitic rocks into the metamorphosed Paleozoic - Precambrian sedimentary rocks, and injections of granite porphyry and other dikes accompanying uranium.

1. Epoch of Hercynian Orogeny



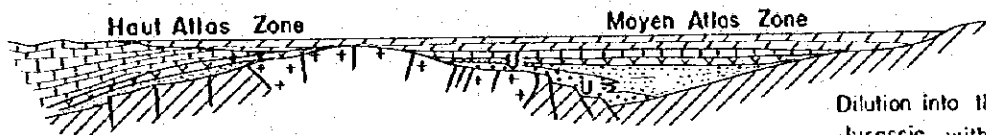
2. Sedimentation of P-T Red Sandstone in Permo - Triassic Era

Development of Karrouchan Basin with deposition of arkose sandstone and mudstone, in the ephemeral lacustrine environment.



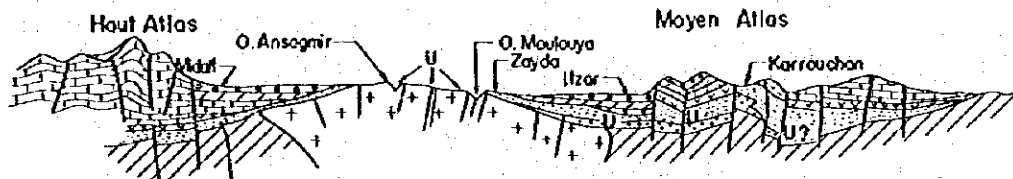
3. Sedimentation of Jurassic Marine Formations

Transgression of Jurassic sea Development of Haut-Atlas Trough.



Dilution into the sea some to Jurassic, with exception of possible zone (for example: intertidal zone)

4. Cretaceous Sea Covered All Area



5. Actual Geological Profile after Tertiary (Alps) orogenic activity and Quaternary erosion with the river current dissections.

LEGEND

- Tertiary-Quaternary F.
- Cretaceous Formation
- Jurassic Formation
- P-T Basalt
- P-T Red sandstone F.
- Schists
- Granitic rocks

Fig. I-II Illustrative Profiles for Geological History and Movement of Uranium.

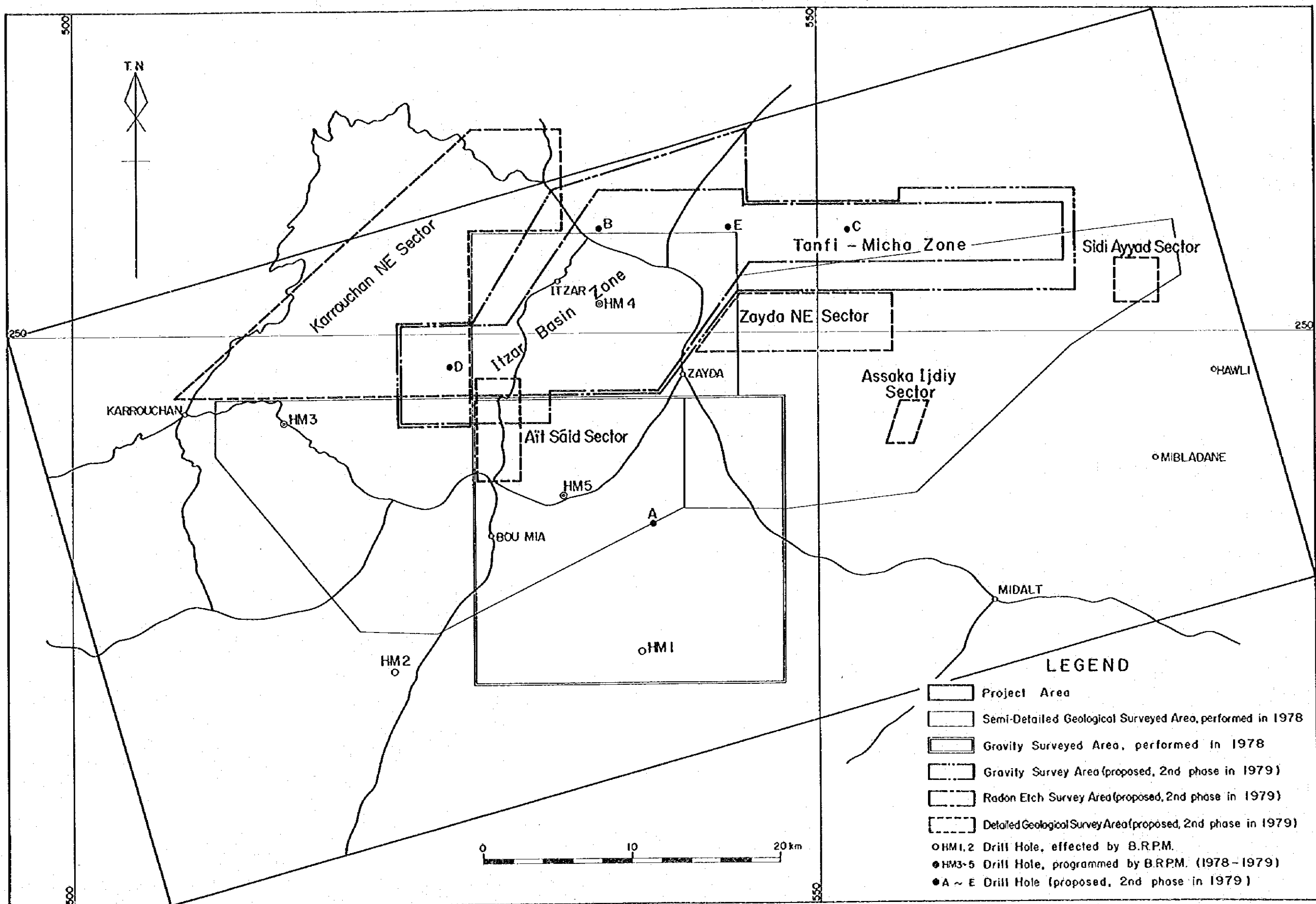


Fig. I-12 Proposed Exploration Programme for the 2nd Phase, 1979

められ、盆地状地質構造を形成している。また Tanfit-Micha 地帯は、Assaka Tabhi-rt 及び Paneau-1 などの脈状ウラン鉱床地帯からゆるい傾斜で北方に向う非常に安定した地質構造地帯であつて、二畳・三畳紀のウラン鉱床のほか第四紀に於けるウランの集中も期待される。また本地区の西端部には Bou Mia 花崗岩体の中央部に生じたグラ-ベン構造が北方に傾斜して存在し、ウラン濃集の格好の地質構造となっている。本地区の調査には、基盤の構造を調査するために物理探査を行い、同時にその結果の解析の基礎資料とするため、Itzer ベーزن地帯と Tanfit-Micha 地帯の両地帯に各 1 本以上の構造調査試錐を行う必要がある。

また、ウラン鉱床の形成には、移動する水溶液中のウランを沈殿せしめる還元環境の存在が重要な要因の一つとなつており、そうした他の理由が組合わさつて形成されているウラン鉱床を地質構造解析のみから推定することは難しい。一方、最近ウラン鉱床の探査に、鉱体から上昇して来るラドンの量を特殊フィルムに感光させて測定し、異常帯を求め鉱体の賦存、又は既知鉱床の拡がり方向を推定する調査法(ラドンエッチと仮称する)が効果を挙げている。ラドンエッチ方式は、測定に際し、断層の存在、岩石の透過性、岩盤の厚さ、天候等の影響を強く受けるので、結果の解釈には十分な注意が必要であるが、鉱床胚胎位置の推定を行うための有力な手段の一つであると考えられる。本地区は、地形的にも平坦地が多く、地層の傾斜も緩かであるので本調査方式に適した地区と考えられる。上記の物理探査地域内の予想鉱床賦存位置迄あまり深くない地区約 300km²内に於いて本ラドンエッチ調査を行うことが望ましい。測点密度は少くとも 1 km² 当り 2 測点以上が必要である。

3) Zayda 北東部及び Sidi Ayyad 脈状鉱床地区：脈状鉱床の地表部は風化のため放射能測定値が不規則で、鉱脈の内部の鉱況を知るには、坑道による以外探査の方法はないが、まづ脈状鉱床をすべて精査し、脈の構造及び脈勢について検討し、探鉱に値する脈及び位置を選択することが必要である。精査必要地区は Zayda 北東部 48 km² 及び Sidi Ayyad 9 km² が挙げられる。

4) Karrouchan 北東地区面積 204 km²：第 1 年次の地質調査によつて、本地区が Zayda-Bou Mia 花崗岩体地域からの砕屑岩流出の河口となつてゐることが推定されるようになったが、概査を行つただけであるので、中精査を加へ、より詳しい地質構造を明かにすることにより本地区におけるウラン鉱床の賦存の発見及び本地区東南部の Itzer ベーゼン地帯の構造解析に有益な資料を得ることが必要である。

5) Ait Sa'id 地区面積 21 km²：本地区にはカラバス型ウラン示徴が発見されているが、その東部延長方向には南北性の大断層があり、東側が沈降しているため鉱化帯の分布が不明となつてゐる。付近には、含鉛アルコース砂岩も分布し、ウラン・鉛の探査を行

うには地質精査が必要である。

6) Assaka Ijdiy 地区面積 6 km²: グラーベン内に向斜構造をなして沈降している白亜紀の地質構造に対し、既に山頂から3本の試錐が行われているものの下底には到達していないと報告されている。両山麓に放射能異常があり、下底部にウランが濃集していることを期待し探鉱する価値はあるものと考えられるが、最適試錐計画のためには地質精査を行うことが望しい。

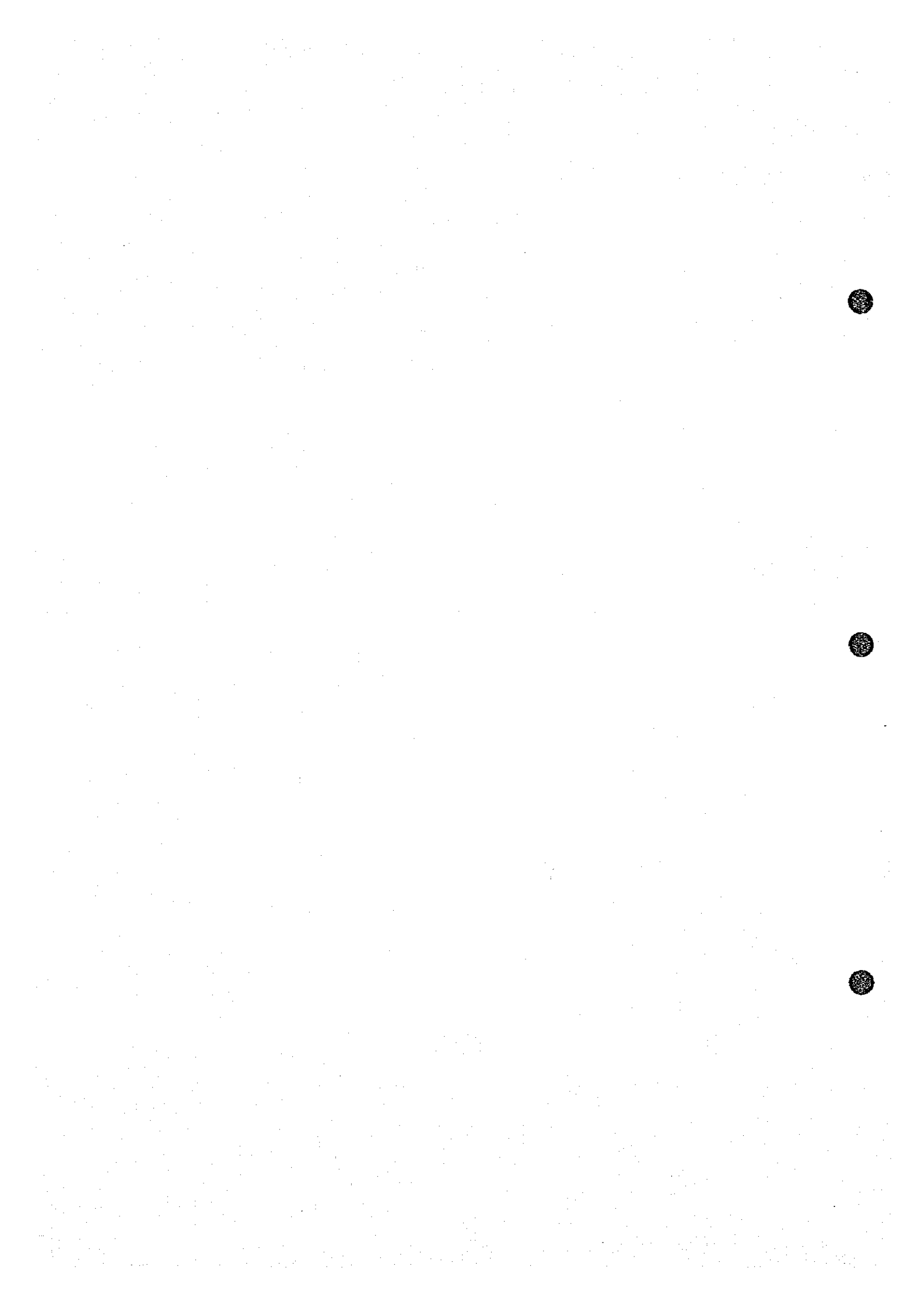


各 論

第II部 物 理 探 查

(重 力 探 查)

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-10
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-21
3-2 傾向面図	II-23
3-3 二次残差図	II-24
3-4 余剰重力図	II-25
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-28
4-2 基盤構造の推定	II-30
4-3 地下構造断面図	II-31
4-4 地下構造図	II-34
4-5 鉱徴地の推定	II-38
第 5 章 総括	II-40
5-1 調査結果のまとめ	II-40
5-2 今後の探査指針	II-41



List of Illustrations

- Fig. II-1 Location of Gravity Survey (1 : 200,000)
- Fig. II-2 Location of Base Stations for Gravity Surveys
- Fig. II-3 Sketches of Gravity Base Stations
- Fig. II-4 Sketches of Sub-Base Stations
- Fig. II-5 Network of Leveling Survey (1 : 200,000)
- Fig. II-6 Grids of Topographical Correction
- Fig. II-7 Geological Map and Locality of Rock Samples (1 : 200,000)
- Fig. II-8 Result of Density Measurement of Boring Core
- Fig. II-9 Gravimetric Value-Elevation Curve
- Fig. II-10 Bouguer Anomaly Map on Haute Moulouya Area (1 : 500,000)
- Fig. II-11 Regional Gravity Trend in Polynomial of Second Order
(1 : 200,000)
- Fig. II-12 Regional Gravity Trend in Polynomial of Third Order
(1 : 200,000)
- Fig. II-13 Schematic Profile of Basement Structure

List of Tables

Table II-1	Flow Chart of Gravity Survey
Table II-2	Scale Constant Expressed Milligal for La Coste and Romberg
Table II-3	Calculation of Gravity Values at Base Stations
Table II-4	Densities of Rock Samples
Table II-5	Distribution of Rock Densities
Table II-6	Classification of Geological Distributions

(Appendices)

Table II-7	Earth Tide Correction and Drift Correction
Table II-8	Topographical Correction
Table II-9	Altitude Correction and Latitude Correction
Table II-10	Photographs

List of Plates (1 : 500,000)

- 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 Short Wave-Length Bouguer Anomaly Map
- Pl. II-5 Intermediate Wave-Length Bouguer Anomaly Map
- Pl. II-6 Contour Line Map of Depth of Basement Rock from Ground Surface
- Pl. II-7 Profile of Underground Structure A-B
- Pl. II-8 Profile of Underground Structure C-D
- Pl. II-9 Profile of Underground Structure E-F
- Pl. II-10 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する為の基礎資料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) 部落の南側に位置しており、北緯 $32^{\circ}38'$ ~ $32^{\circ}49'$ 、西経 $4^{\circ}54'$ ~ $5^{\circ}07'$ 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	1978年 9月16日~11月 6日
水準測量	1978年 9月16日~11月11日
現地解析	1978年11月 7日~11月15日
現地調査期間	1978年 9月11日~11月20日
内地解析作業	1978年11月21日~1979年3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内中央付近に位置する。中部アトラス山脈は標高 $2,000 \text{ m}$ 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 $3,000 \text{ m}$ を越える高峰を有して NEE-SWW 方向に連なっている。

調査地域内においては、北部から北西部にかけて標高 $1,800 \text{ m}$ 前後の山岳地形が一部存在する他は、ほぼなだらかな丘陵地形を形成する。すなわち、調査地南西部では標高約 $1,700 \text{ m}$ を示し、北東方向へ緩やかに高度を減じて、調査地北部の Zayda 付近の標高約 $1,500 \text{ m}$ 前後に至っており、全体として平坦である。ただし、Bou Mia の南東に第四紀の溶岩台地があり、特徴的な地形を呈している。

水系は、調査地中央を西部より北部に向かって北東方向に流出する Moutouya (ムルヤ) 川

を主流として、これより南側では Ansagmir 川で代表される N-S 系ないし NNE-S SW 系の谷が発達し、また、北側においては Bouhafce 川及び Agarsif 川などが NW-SE 系の谷を形造っている。

当地域内では、顕著な侵蝕作用及び段丘の発達は認め難い。

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以下の通りである。(Fig. II-7, Table II-6 参照)

調査地域の北西部及び北東部には、Bou Mia 花崗岩体及び Zayda 花崗岩体と称している花崗岩類が露出する。この花崗岩類が当地域の基盤を構成すると考えられている。

これを覆って下位より、二疊系～三疊系の P-T 赤色砂岩層及び β P-T 玄武岩層、ジュラ系のライアス統 J₁ 石灰岩層、白堊系のセノマニオン統 K_{2cm} 泥岩層及びチューロニヤン統 K_{2t} 石灰岩層、第三系の T₁ 泥岩層・T₂ 泥灰岩層・T₃ 砂岩層、第四系の Q₁ シルト層及び Q₂ シルト層などが、ほぼ水平に近い緩傾斜を示して分布する。

調査地域の北部から西部にかけて、両花崗岩体の縁辺部に、二疊系～三疊系、ジュラ系及び白堊系の各堆積層が分布している。特に、Bou Mia 花崗岩体の東縁には N-S 系の断層が発達するが、これに接する地層のうち、Bou Mia 付近に分布する二疊系～三疊系及びジュラ系の各地層は、南方に向かって傾斜を強めて深部に至ると考えられる。

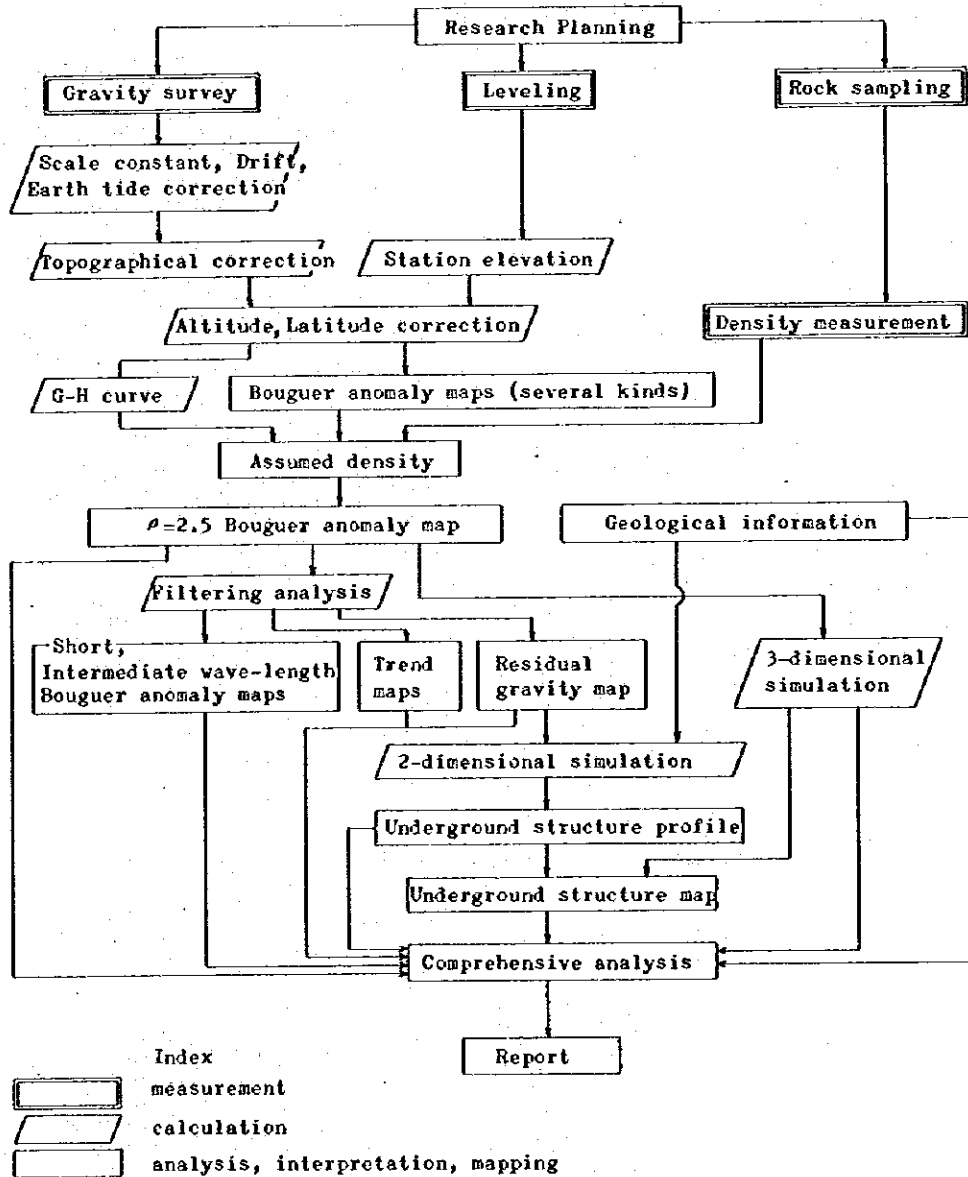
以上の比較的古期の地層を広範囲に覆って、第三系及び第四系が分布する。前者は北半部を覆い、後者は主として南半部を占めている。

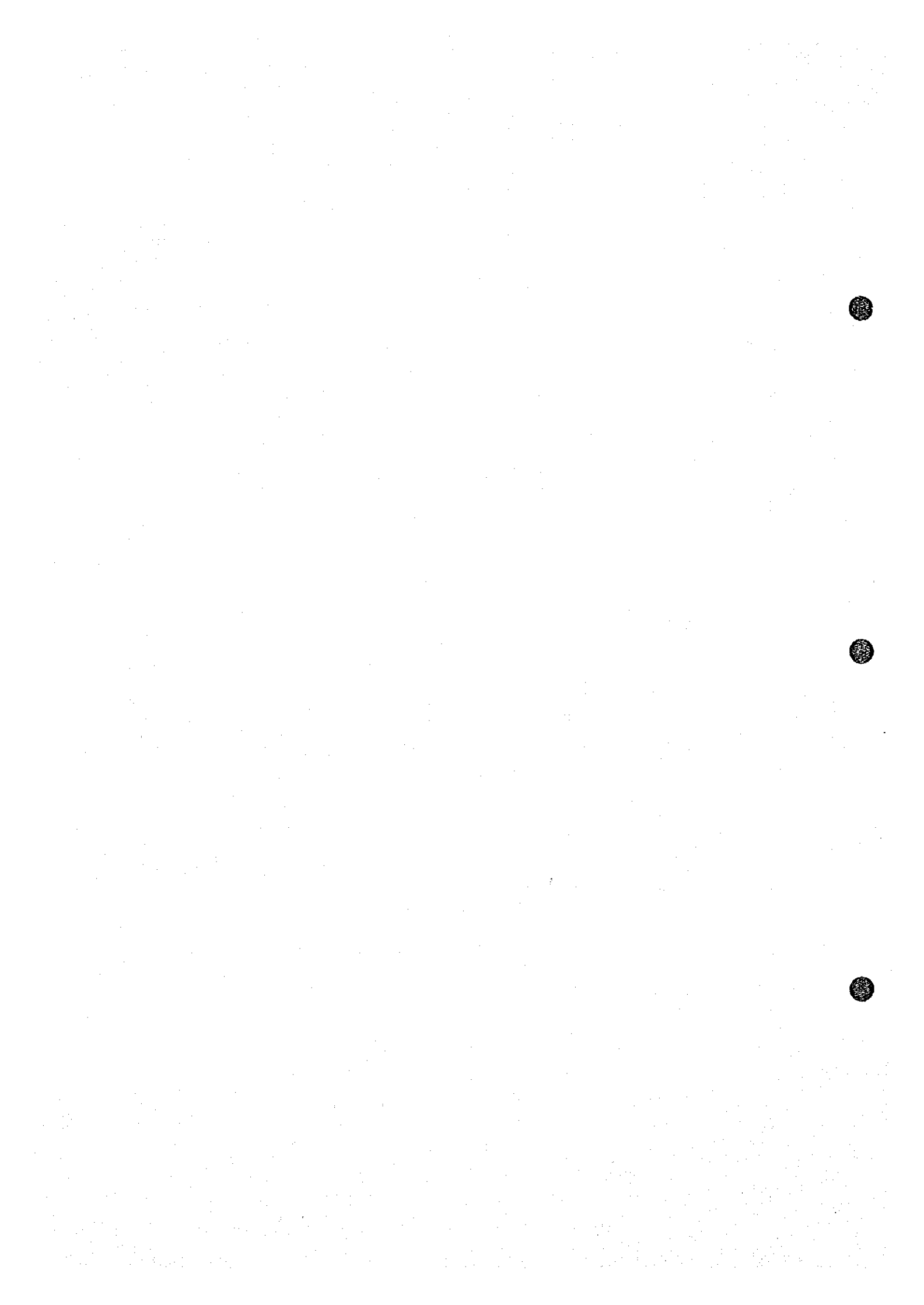
また、Bou Mia の南東側には、第四系 β Q₂ 玄武岩溶岩が約 6 km² の範囲に分布しており、Zayda の西南西約 6～8 km 付近にも小規模な円丘状をなして分布する。

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 Table II-1 Flow Chart of Gravity Survey に示す通りである。

Table II-1 Flow chart of Gravity survey





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-366重力計を使用した。この重力計は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。

この重力計の重力値換算表の一部をTable II-2として次に示す。

Table II-2 Scale Constant Expressed Milligal
for La Coste & Romberg
(Model of Gravity Meter; G-366)

Counter Reading	Value in Milligal	Factor for Interval
2300	2431.83	1.05771
2400	2537.60	1.05779
2500	2643.38	1.05787
2600	2749.17	1.05796
2700	2854.96	1.05805
2800	2960.77	1.05813
2900	3066.58	1.05821
3000	3172.40	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500 m
測点数	654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. 2,001~2,004	4点
主要幹線道路	No. 1~190	190点
中央部地域	No. 301~400	100点
南東部地域	No. 401~488	88点
北東部地域	No. 501~549	49点
北西部地域	No. 601~698	98点
西部地域	No. 701~738	38点



西南部地域

№ 801 ~ 887

87点

合計

654点

上記のうち、補助基点に関しては、2回の観測を行っている。

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'itzer Engil, Solaini L. 1965) において設置された、重力基点 B-7 の重力値 $979,154.65 \text{ mgal}$ を採用した。

閉塞観測の為の重力基点として、当初 Zayda 部落のホテル前に № 2,000 を設置したが、その後 Zayda 南東約 1 km 地点の宿舍前に № 3,000 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。

閉塞観測の為の重力基点として、当初 Zayda 部落のホテル前に № 2,000 を設置したが、その後 Zayda 南東約 1 km 地点の宿舍前に № 3,000 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。

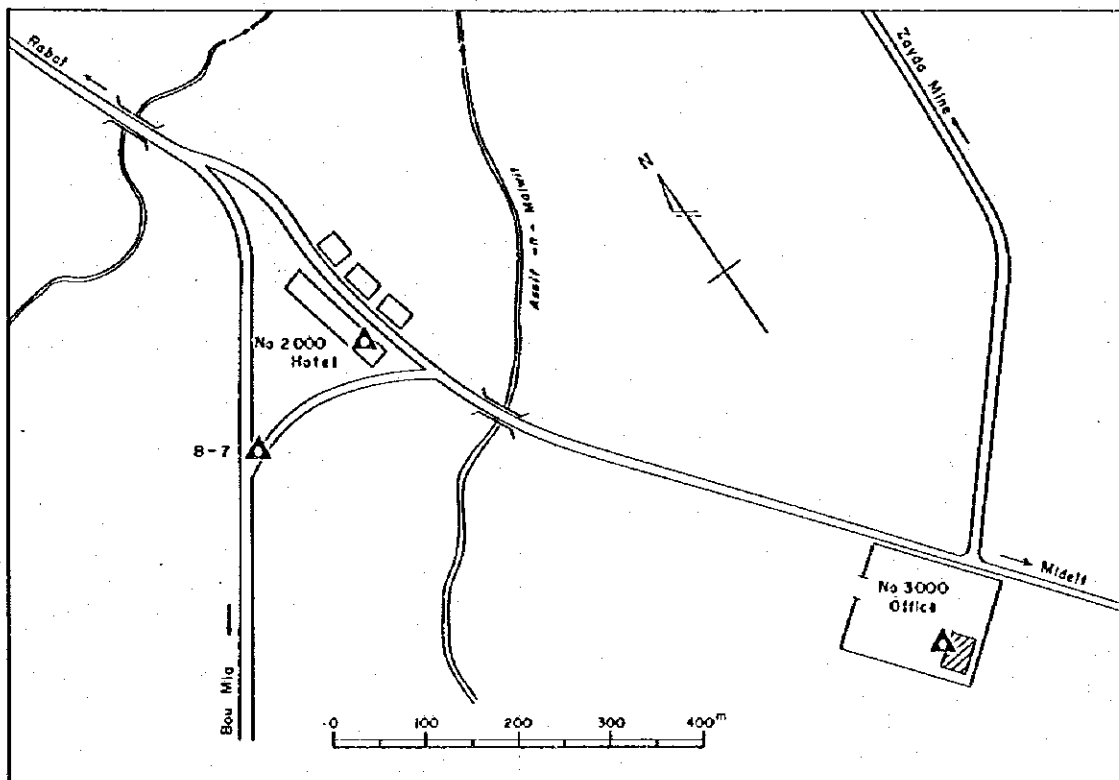


Fig. II-2 Location of Base Stations for Gravity Surveys



基点№ 2,000 及び№ 3,000 の重力値は、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。また、重力基準点 B-7 の重力値確認の為、Itzar(イツァール)町北方約 7 Km 地点にある、別の重力基点 B-8 との往復観測も実施した。(Table II-3 Calculation of Gravity Values at Base Stations 参照)

二つの基点№ 2,000 及び№ 3,000 の重力値は、それぞれ 2 回観測の平均値 979,155,410 mgal 及び 979,152,892 mgal を採用し、一日一回の閉塞測定 of 重力基準値とした。

なお参考の為に、重力基準点及び 4 つの補助基点の見取図を、Fig. II-3 Sketches of Gravity Base Stations, 及び、Fig. II-4 Sketches of Sub-Base Stations としてそれぞれ巻末に添付した。

2-1-4 水準測量

水準測量は 2 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 1,458.78 m 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-5 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。

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

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 Pl. 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に、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 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。特に調査開始時を除く調査期間全般にわたって、平均ドリフト率は 0.04 mgal / day 程度であり、精度の高い測定であったとみなすことができる。

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、

$$\Delta g = 12 \left[\frac{3}{2} r_0 \cdot \frac{M}{E} \cdot \frac{a}{r^3} \cdot \rho^2 \{ \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \delta \cdot \cos 2\theta + \sin 2\varphi \cdot \sin 2\delta \cdot \cos \theta + 3.0 \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \varphi \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta \right) \} \right]$$

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 (6370.28 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

$$= 6373.88(0.99832 + 16835 \times 10^3 \cos 2\varphi - 3.5 \times 10^6 \cos 4\varphi) + \text{測点高度 (Km)}$$

$\frac{M}{E}$: 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)	120 Km	24 Km	4 Km	半径 20 m
補正の範囲 (東西)	120 Km	24 Km	4 Km	半径 20 m
格子間隔 (m)	4,000 m	1,000 m	250 m	

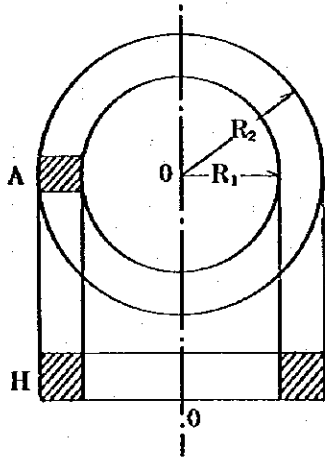
これらの格子と各測点との関係は、巻末の Fig. II-6 Grids of Topographical Correction に示す。

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。

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



- φ : 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
- H : 補正区画の平均高度

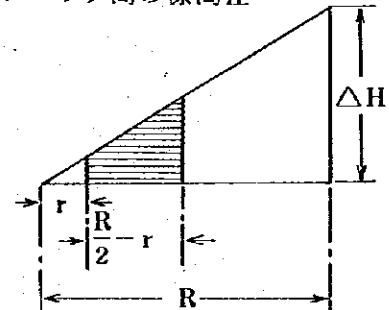
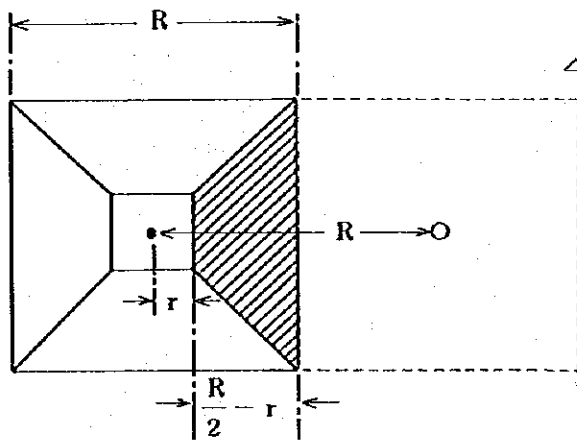
ただし、測点を含むブロックに関する補正は、隣接するブロックの読取り高さと同測点(中心)の高さを直線で結び、測点より20mの範囲を除いて截頭角錐として計算している。

この関係の概念図は次のようである。

R : 近傍格子間隔 (250 m)

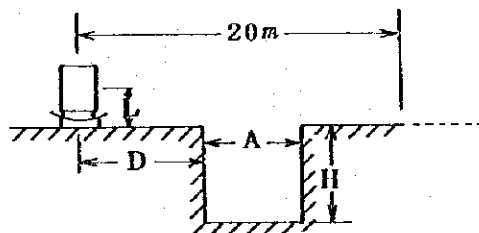
r : 周辺補正範囲 (20 m)

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。

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



- $\Delta \varphi$: 周辺地形補正值
- 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。

フリーエア補正值： $\Delta\varphi_1$ 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。

$$\Delta\varphi_1 = \varphi_0 \left\{ 1 - \frac{R^2}{(R+H)^2} \right\} = \frac{2\varphi_0 HR + \varphi_0 H^2}{(R+H)^2} \approx \frac{2\varphi_0}{R} H \div 0.3086 H \text{mgal}$$

ただし、 φ_0 : 平均海水面重力値

R : 地球の平均半径 (m)

H : 測点標高 (m)

ブーゲー補正值： $\Delta\varphi_2$ 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。

$$\Delta\varphi_2 = -2\pi G \rho H \div -0.0419 \rho \cdot H \text{mgal}$$

ただし、G : 重力定数

ρ : 密度

H : 測点標高 (m)

フリーエア補正值及びブーゲー補正值は共に測点標高Hの関数であるから、ひとまとめにして高度補正值とよび、 $\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = (0.3086 - 0.0419\rho) H \text{mgal}$ 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。

$$S. V. = 978,049(1 + 0.0052884 \sin^2 \varphi - 0.0000059 \sin^2 2\varphi) \text{mgal}$$

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、97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 Re-



gion 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-4 Densities of Rock Samples, Fig. II-7 Geological Map and Locality of Rock Samples, Fig. II-8 Result of Density Measurement of Boring Gore に記載し, 調査地域の代表的な地層と対応させる為に, Table II-5 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-5 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。

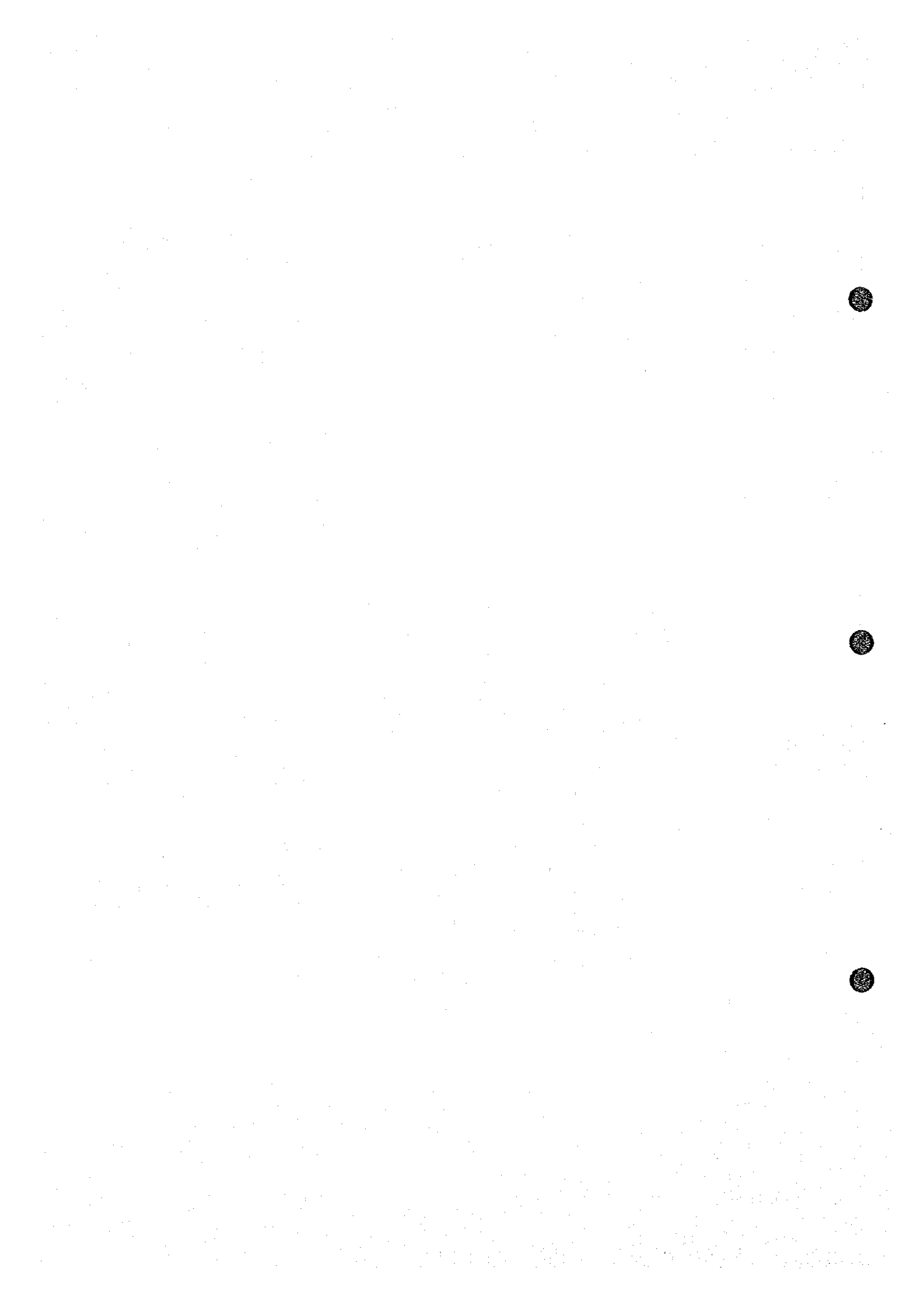
(a) 全岩石試料の密度は, 1.81 ~ 3.05 と広範囲にわたっているが, 第三系及び第四系に属する岩石の密度はばらつきが大きく, 性状・種類による密度の相違が著しい。これに対し, 白亜系以前の古い地層の岩石密度は変化が少く, 図表に表示すると一点に集中する傾向が認められ, 特に花崗岩類にこの傾向が著しい。

(b) 高密度層に属するものとして, 第四系の βQ_2 玄武岩溶岩の平均密度 2.78, 及び調査地域の基盤を構成する花崗岩類の平均密度 2.60 が挙げられる。前者は極めて緻密な玄武岩溶岩であり非常に大きな密度を有するが, 産状は局部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) 一方, 基盤をなす花崗岩類は, アプ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おり, 主として本岩類が重力図における高重力異常に対比されると推定される。

(d) 低密度層としては, 上記玄武岩溶岩を除く第四系の平均密度 2.33, 及び第三系の 2.36 が指摘され, また, 中位ないし低密度層として, 白亜系, ジュラ系, 二疊~三疊系などの各地層の平均密度, 2.49, 2.40, 2.48 がそれぞれ対応する。

(e) (d) で述べた各地層を全体として平均密度 2.4 程度の低密度層と考えれば, 基盤の花崗岩類との間に, 密度差約 0.2 の二層構造を想定することができると判断される。



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-4 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1.81~3.05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6種類 ($\rho = 2.00, 2.30, 2.40, 2.50, 2.67, 2.80$) に変化させた等重力線図を作成し、これら各密度の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た。

堆積岩類	{	第 四 系	$\rho = 2.33$
		第 三 系	$\rho = 2.36$
		白 堊 系	$\rho = 2.49$
		ジュラ系	$\rho = 2.40$
		二疊 ~ 三疊系	$\rho = 2.48$
基盤岩類	{	花 崗 岩 類	$\rho = 2.60$
		結 晶 片 岩 類	$\rho = 2.80$
		(既存資料による)	
全岩石試料平均密度			$\rho = 2.49$

(c) 巻末の Fig. II-9 Gravimetric Value - Elevation Curve に示すように、測点の標高と重力値との関係を用いて G-H 関係図を作成し、以下に示す区域別の密度を求めた。

主要幹線道路	(全域, 測点 No 1 ~ 190)	$\rho = 2.25$
南東部地区	(測点 No 401 ~ 488)	$\rho = 2.42$
北西部地区	(測点 No 601 ~ 698)	$\rho = 2.63$
南西部地区	(測点 No 801 ~ 887)	$\rho = 2.53$

これらの結果から、補正密度 $\rho = 2.30 \sim \rho = 2.60$ 程度が適当であると考えられる。この G-H 相関に類似した手法に、密度を何種類かに変化させた時の重力断面と、地形断面との関係によって密度を決定する方法があるが、本地域では地形標高差が小さい為、ここでは省略する。

以上を参考にして、担当官立合いのもとに、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 500 m 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及び三次傾向面図とし、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図を作成した。

それぞれの計算式は次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{二次傾向面: } Z_2(X, Y) = & -94.247 - 0.40763X - 1.07528Y \\ & + 0.00352X^2 + 0.01142X \cdot Y + 0.00851Y^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{三次傾向面: } Z_3(X, Y) = & -90.450 - 0.60956X - 1.10651Y \\ & + 0.00405X^2 + 0.02470X \cdot Y \\ & - 0.00019X \cdot Y^2 + 0.00014Y^3 \end{aligned}$$

$$\text{二次残差} = G(X, Y) - Z_2(X, Y)$$

2-3-4 余剰重力

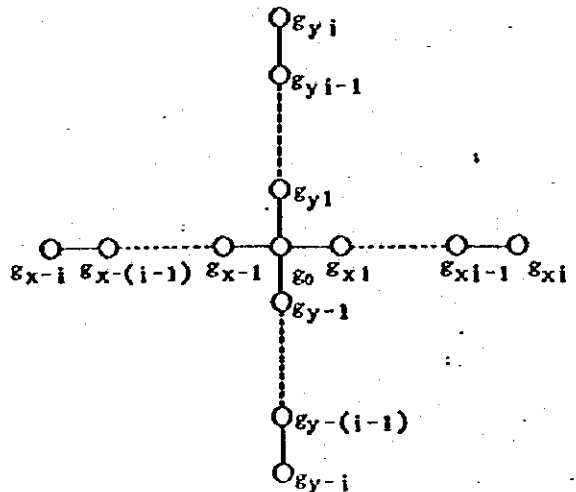
等重力線図における重力異常を波長別に検出する手法として、移動平均法 (Running Average Method) を採用し、余剰重力計算を行った。

前述した等重力線図による格子点重力値を用いて、次式により Noise · Normal · Local の 3 種の波長別余剰重力値を算出した。

$$\text{Noise} = g_0 - \frac{1}{6} \sum_{i=-1}^1 (g_{xi} + g_{yi})$$

$$\text{Normal} = \frac{1}{6} \sum_{i=-1}^1 (g_{xi} + g_{yi}) - \frac{1}{14} \sum_{i=-3}^3 (g_{xi} + g_{yi})$$

$$\text{Local} = \frac{1}{14} \sum_{i=-3}^3 (g_{xi} + g_{yi}) - \frac{1}{30} \sum_{i=-7}^7 (g_{xi} + g_{yi})$$





本調査ではこれらのうち、短い波長を検出するNoise 及び中位の波長を検出するNormal を採用図化し、余剰重力ノイズ構造図及び正規構造図とした。

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、3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。

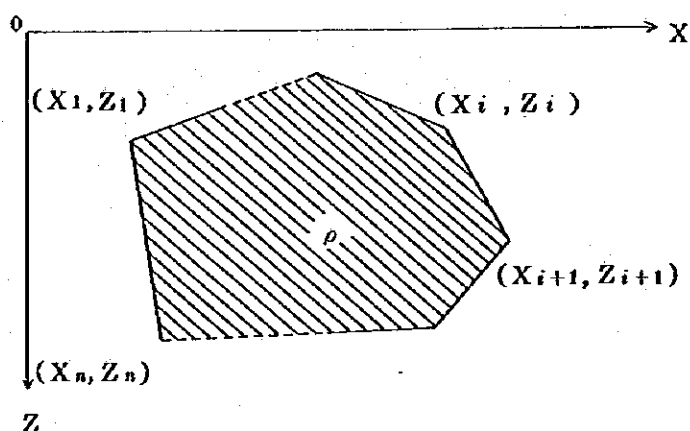
地表下における構造モデルを数個の多角形とその密度で表現し、これらに影響される地表での重力値を算出して、あらかじめ250m毎に読み取った断面重力値と比較する。次に、多角形を構成する座標と密度を変数とみなして、最小2乗法により断面重力値と計算値がほぼ一致するまでこれらの変数を変化させて密度構造を算出した。

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。

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

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-5 Distribution of Rock Densities 及び Fig. II-8 Result of Density Measurement of Boring Core 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
- $\rho = 2.55$ β P-T 玄武岩層中の高密度部
- $\rho = 2.60$ 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

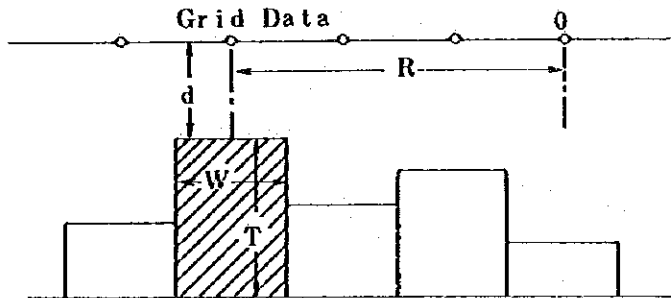
「2-3-3 傾向面解析」の項で述べた二次残差図を、500m格子間隔に区切って読取り、この格子点残差重力値を用いて二層構造による三次元シミュレーションを実施した。

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)との間の密度差を $\Delta\rho=0.20\text{ g/cm}^3$ 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。

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

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 (500m) d : 地表よりの深度

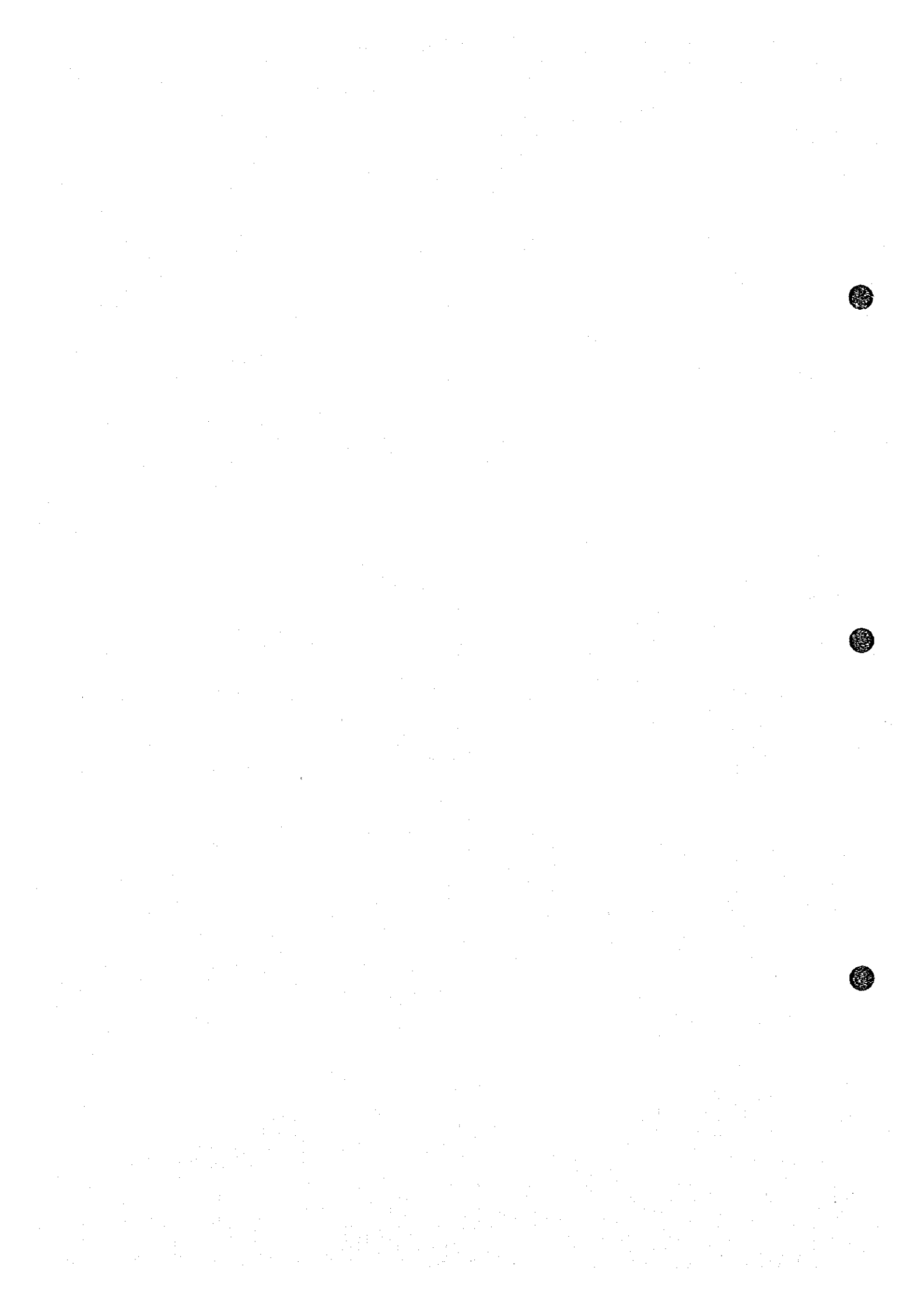
すべての角柱による影響の総和が格子点0における重力異常値となり、地表よりの深度： d を変化させる事により、この値と二次近似残差格子点重力値がほぼ一致するまで計算を繰り返し行った。

計算結果は、第二層の表部を示す等深既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。

(II) 潮汐・ドリフト補正 (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 値 (mgal)
INST・COR	機 械 高 さ 補 正 値 (mgal)
+COR	補 正 ず み 値 (mgal)
DRIFTCOR	ド リ フ ト 補 正 値 (mgal)
GRVTY DIF.	基 点 の 標 準 重 力 値 と の 差 (mgal)
GRVTY VAL.	重 力 値 (gal)

(2) 地形補正 (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 値 (mgal)
MIDDLE	中 間 地 形 補 正 値 (mgal)
NEAR	近 傍 地 形 補 正 値 (mgal)
CLOSE-1, -2	周 辺 地 形 補 正 値 (mgal)
SEA	海 水 量 地 形 補 正 値 (mgal)
LAKE	湖 水 量 地 形 補 正 値 (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。

(3) ブーゲー異常値 (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ー異常値 (mgal)



第 3 章 調査結果

本重力探査の結果より作成された図面は次の通りである。

- 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 余剰重力ノイズ構造図 (Short Wave - Length Bouguer Anomaly Map)
- P1. II- 5 余剰重力正規構造図 (Intermediate Wave - Length Bouguer Anomaly Map)
- P1. II- 6 基盤等深線図 (Contour Line Map of Depth of Basement Rock from Ground Surface)
- P1. II- 7 地下構造断面図 A - B (Profile of Underground Structure A - B)
- P1. II- 8 地下構造断面図 C - D (Profile of Underground Structure C - D)
- P1. II- 9 地下構造断面図 E - F (Profile of Underground Structure E - F)
- P1. II- 10 地下構造図 (Interpreted Map of Underground Structure)

本章では、これらの図面類のうち、P1. II- 2 ~ P1. II- 5 の各重力図の重力分布について検討を行い、P1. II- 6 ~ P1. II- 10 の各図面については“第 5 章”で地質構造に関連して記載する。

また、二次残差図作成に先立って作成した、Fig. II-10 Bouguer Anomaly Map on Haute Moulouya Area, Fig. II-11 Regional Gravity Trend in Polynomial of Second Order, Fig. II-12 Regional Gravity Trend in Polynomial of Third Order などの参考図面も巻末に挿入し、これらについても検討を加えることにする。

3-1 等重力線図

3-1-1 全般的な傾向

P1. II- 2 が補正密度 $\rho = 2.5$ による等重力線図である。調査地域内のブーゲー異常値は、 -10.7 mgal から -12.9 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、広範囲な高地に本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に起因するものと考えられる。



巻末の Fig. I-10 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 m ないし 3,000 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-10 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。

P1, II-2 等重力線図における重力分布の最大の特徴は、調査地全体が半円弧状の等重力線によって表現されている点である。調査地の南西部、Bou Mia の南方に発達する低重力異常を中心として、北方～北東方～東方の各方向に向かって重力値を除々に増してゆく傾向が認められ、比較的平穏な重力分布を示している。

こうした特徴を形成する要因として考えられるのは、調査地内の基盤岩である花崗岩類の構造を反映するほか、調査地の北方及び南方に、NE-SW 及び NEE-SWW 方向に連なる中部アトラス山脈及び高アトラス山脈の地質構造によるものと考えられる。両山脈付近の下部は、先カンブリア系の結晶片岩類を主とする高密度岩類を基盤とすると考えられている。この高密度岩類に比較して密度の小さい、当地域の基盤である花崗岩類が両山脈の間に進入しており、両者の関係によって生ずる NNW-SSE 方向の重力勾配が、重力分布の傾向を支配しているものと解釈される。Fig. II-10 の重力分布においても、両山脈付近の高異常と Mou-louy 川に沿う低異常が、NEE-SWW 方向に平行して捕捉されており、上記の事実と矛盾しない。

重力勾配の観点から大別すれば、調査地の中心を通る NE-SW の方向には、ほぼ一様に 0.8 mgal/Km 程度の勾配が認められるが、これは主として基盤岩である花崗岩類の構造を反映すると考えられる。一方、N-S 方向ないし NW-SE 方向には 1.2 mgal/Km 程度の急な重力勾配が発達するが、この方向の重力異常には、多分に上記の地質構造の影響が含まれると考えられる。

以上の如く、等重力線図の重力分布には、調査地域外からの影響を含む長波長の重力トレンドが認められる。

3-1-2 局所的な傾向

等重力線図における重力異常には、閉じた異常が全く見られず、すべて等重力線の方向及び“ひずみ”で表現されている。そこで、等重力線の“ひずみ”の連続性を追跡することにより、



局部的重力異常，さらに基盤上の古流路系の推定が可能となる訳である。しかしながら，前述したように調査地域全体に半円弧状のトレンドが発達している為，細部については，“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) 主として調査地北半部には，短波長の重力異常が把握されている。一般に，地下浅所の地質構造が波長の短い重力異常として反映される関係から，この付近の基盤の浅在あるいは地表付近の地質構造が複雑であることを示唆している。

また，これらの重力異常は，主にN-S系に連続する傾向を読み取ることができる。

(b) Zayda の南東部には，約10 kmにわたってN-S方向に続く低重力異常が明瞭である。この低重力異常を境として，西側（調査地北部）では等重力線の走向はほぼE-W系を示し，南東側（調査地東部）ではN-S系を示している。

これらの事実から，この低重力異常は地下構造の屈曲部に位置しており，重力分布の上で構造線的役割を果たしている。

(c) Bou Mia の北北東約8 km付近にはN-S方向に連続する低重力異常が認められ，またZayda 南方約15 km付近にもE-W方向に連なる低重力異常が確認される。これらに並行して高重力異常の張り出しが見られるが，共に低重力異常の方が優勢である。

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ったことはすでに述べた。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，Fig. II-10 に示す重力図，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。

3-2-1 二次傾向面図

巻末のFig. II-11 が二次傾向面図である。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，局部的な異常が除去されて全般的な傾向がよく表現される。

Fig. II-11 ではNE-SW方向に低重力異常の軸が現われており，この軸に沿って約0.5 mgal / Kmの直線的な勾配をもって，南西方向に減少・発散する傾向が見られる。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-10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。



3-2-2 三次傾向面図

巻末の Fig. II-12 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北方へ向って湾曲し、さらにこの軸に沿う重力勾配は、調査地中心付近で急な勾配を示す。また、調査地域外においても、二次傾向面図の直線的な等重力線と比較して曲線的となり、重力勾配をより一層増している。

これらの現象は、高次の近似曲面になるほど Fig. II-10 に示した広域重力図に追従する為であり、当然の結果である。しかし、調査地域のトレンドのみならず調査地域下の基盤構造も含めて表現している傾向が見られ、二次傾向面図と比較すると好ましくない。

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、局部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たって、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。

P1. II-3 に示した二次残差図に認められる重力分布の特徴を以下に述べる。

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 $+2.7 \text{ mgal}$ と -4.3 mgal 程度で、その差は約 7 mgal である。

この中で、残差値の正の部分と負の部分は、ほぼ同面積を占めており、その位置関係は ± 0 の等重力線によって明瞭に二分されている。すなわち、調査地南西部に発達する低重力異常帯と、これを囲む高重力異常帯との間に際立った対比が見られる。

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ている他、細部の重力異常が一層強調された等重力線の“ひずみ”として表現されており、複雑な局面を展開している。

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、 $+2 \text{ mgal}$ 以上の部分が挙げられる。Bou Mia の北方約 7 km 付近、Zayda の南側、Zayda の東方～南東方などに点在するが、これらはすべて、基盤が地表付近に分布することを示すと考えられる。
- (b) 調査地北部及び東部には、E-W 方向及び N-S 方向の高重力異常帯が抽出され、それぞれの方向を軸とする基盤の鞍状構造の存在が推定される。
- (c) これら 2 区域の高重力異常を分断するように、ほぼ N-S 方向に約 10 km におよぶ帯状の



低重力異常が連続する。この低重力異常は、等重力線図でも現われているが、さらに強調されている。

(d) Bou Mia の南方約 6 km 付近には、最も小さい残差値 -4.3 mgal 程度の低重力異常が存在する。この低重力異常を最底部として、この付近には、 -3 mgal の等重力線で囲まれた、面積 60 km^2 程度の低重力地域が卓越する。

この低重力帯は、周囲を $-1 \text{ mgal} \sim -3 \text{ mgal}$ までの密な等重力線で囲まれており、盆地状の基盤構造を想定させる。

(e) 密な等重力線の速なる部分を追跡して、この軌跡を、断層状に基盤が落ち込む密度の境界面と考えれば、大きな基盤の動きを捕えることができる。

まず第一段階として、(a)及び(b)で述べた高重力異常帯に沿って、Bou Mia 北方の NNE - SSW 方向、Agarsif 川にはほぼ平行する NWW - SEE 方向、及び、Zayda の南方 Ansagmir 川の西方約 2 km 付近の NNE - SSW 方向の三つの断層状の構造が推定される。

次に第二段階としては、(d)で述べた $-1 \text{ mgal} \sim -3 \text{ mgal}$ までの密な等重力線付近にも断層状構造の存在が推定され、深部の盆地状構造に至ると考えられる。

(f) 調査地の北部及び東部の、高重力異常の卓越する地域には、閉じた重力異常及び短波長の重力異常が数多く見受けられる。特に、基盤上の古流路系を反映する可能性の強いものとして、低重力異常の“ひずみ”に着目すれば、この“ひずみ”の連続する方向は、等重力線の方向に直交する傾向が認められ、また、調査地北部においては N - S 系、東部においては E - W 系の方向性を有しており、(b)で述べた鞍状構造の軸とも直交する方向を示している。以上述べたように、二次残差図に現れた重力分布は、基盤の構造をよく反映しているものとみなすことができる。

3-4 余剰重力図

余剰重力図は、等重力線図における重力異常を波長別に選択する解析図である。

短い波長を検出するノイズ構造図は、主として地表付近の影響のみを表現している。一方、中位の波長を検出する正規構造図は、地表付近及び地下深部の構造を反映する重力異常が除去されて、中間的な深度の構造を表現している。

3-4-1 ノイズ構造図

Pl. II-4 が余剰重力ノイズ構造図である。調査地内の至る所に短周期の重力異常が見られるが、これらは、地下浅所の重力異常を反映する程か、地形の影響、同一地層内における密度異常なども同時に表現している為と考えられる。

ノイズ構造図に示される重力分布の概観及び方向性は、後述する正規構造図と大略一致するので、重複を避ける為説明は省略する。今後、詳細な調査が行われた際に、鉱徴地などと比較



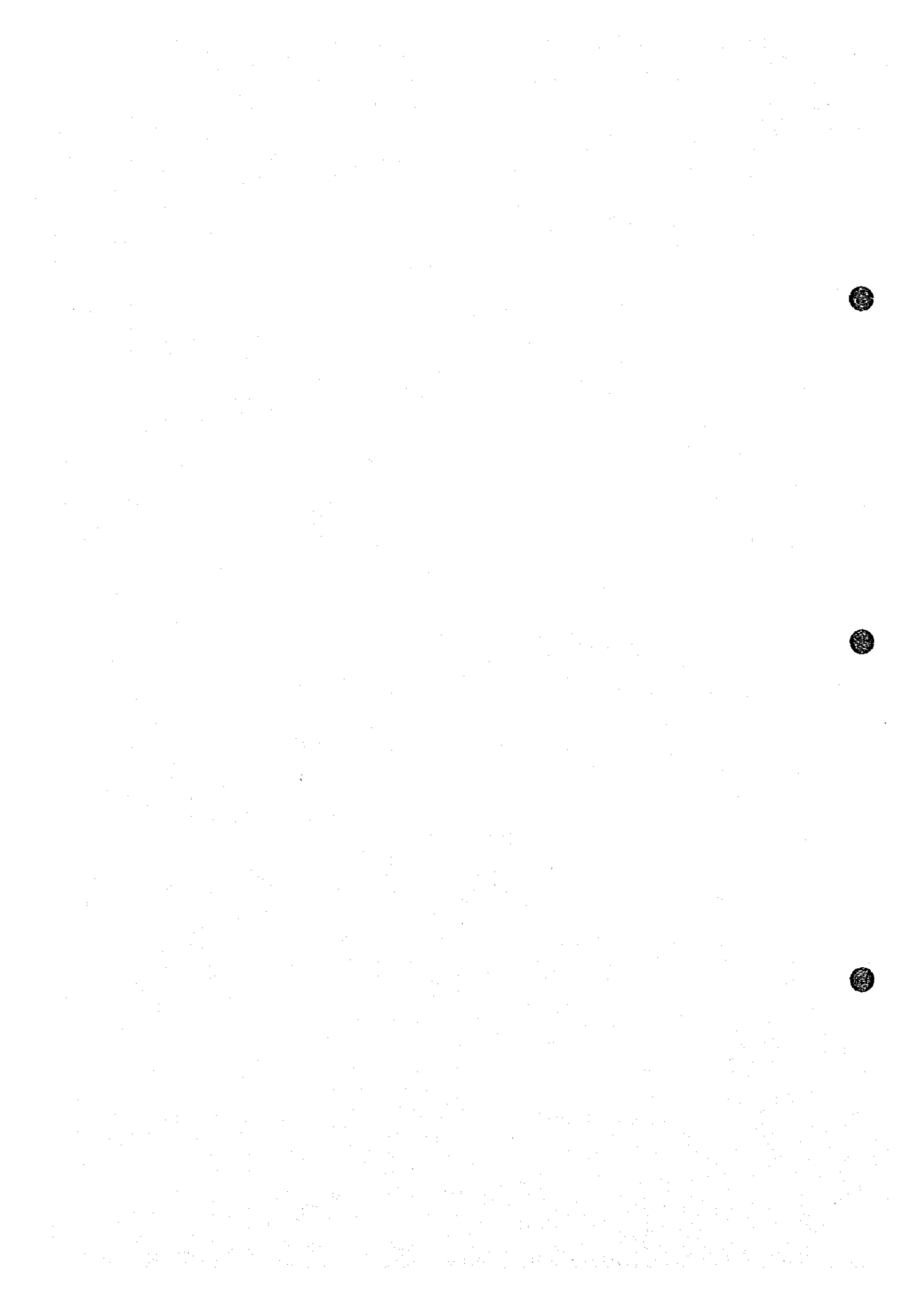
併用することによって、有効な参考資料となるであろう。

3-4-2 正規構造図

P1、II-5 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には、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。

Bou Mia の北方には、Agarsif 川及び Almagh 川に並行して、NW-SE 方向に、正の重力異常及び負の重力異常が交互に並ぶ傾向が認められる。特に、両河川上に一致して高異常が発達し、両河川の南西側には低異常が並行する。この関係は、地形の低い部分が正異常に、地形の高い部分が負異常に対応することも考えられるが、NW-SE 方向の基盤構造を反映している為と考えられる。同様に Ansagmir 川に沿って正異常が NNE-SSW 方向の配列を示し、その北方には、これに並行して負異常が 10 km 以上にわたって発達する。

その他の地域においては、顕著な方向性は見られないが、等重力線図の説明で先に述べた、Bou Mia 南東の盆地状構造の存在する付近は、負異常が占める割合が大きく、全体に凹地を形成することを裏付けている。ただし、この盆地状構造の中に一部正異常が認められるが、これは、正規構造図の深度特性から考えて、基盤表面より上の密度異常を抽出していることも考えられる。



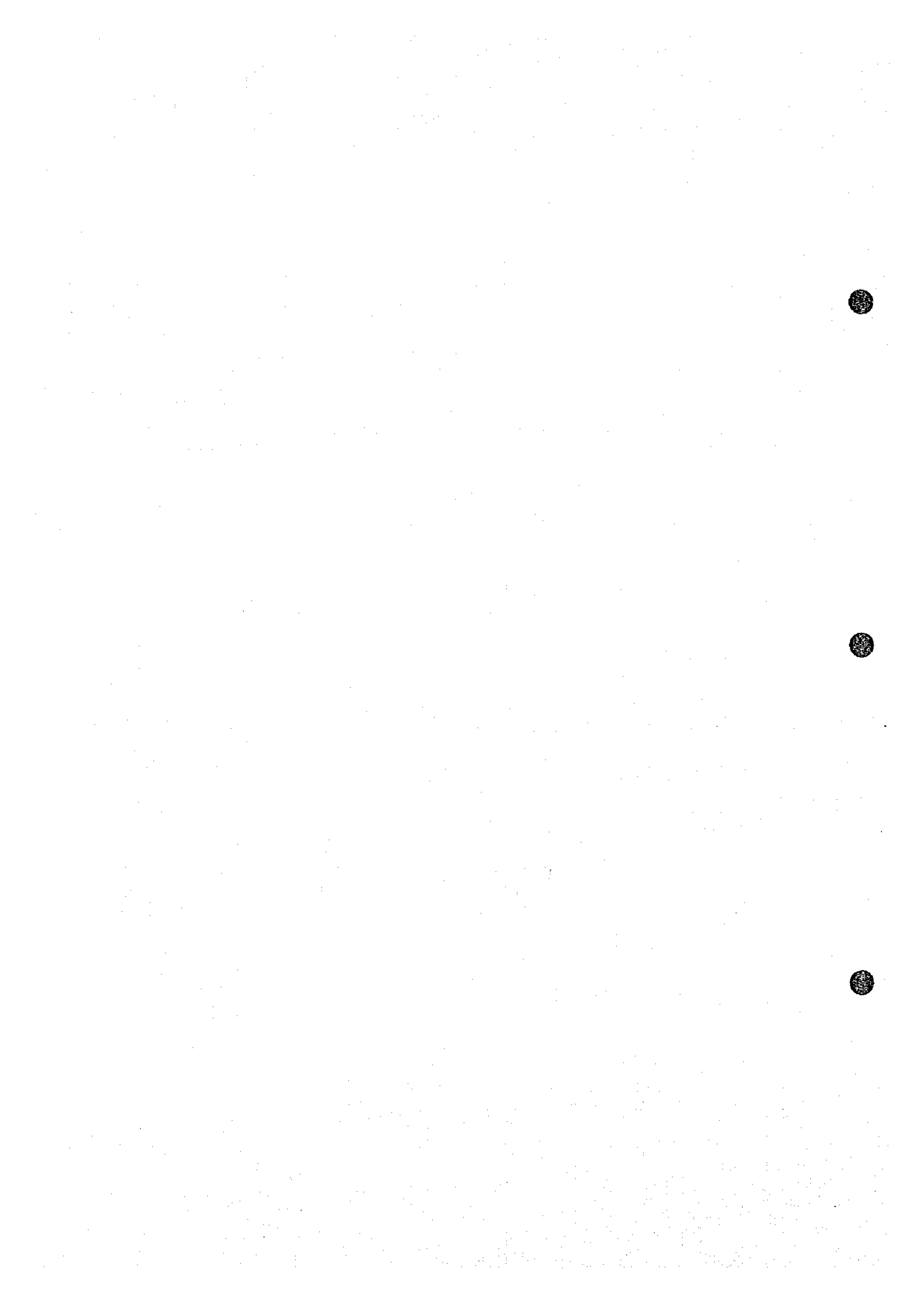
第4章 調査結果より推定される地下構造

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。

Table II-6 CLASSIFICATION OF GEOLOGICAL DISTRIBUTIONS

Geological Age		Geological Unit and Mark	Lithology	Area of Distribution
Cenozoic	Quaternary	(Q ₁ , Q ₂ , Q ₃)	terrace deposit, conglomerate, siltstone, mudstone	調査地の中央から南部にかけての、約半分以上の面積を占めている。また、各主要河川沿岸にも河川堆積物が分布する。
		(βQ ₁)	basalt lava	Bou Miaの南東部及びZaydaの西南西に小規模に分布する。
	Tertiary	(T ₁ , T ₂)	marl, limestone, siltstone, conglomerate, sandstone	主として、調査地北西部に小規模に分布する。
Mesozoic	Upper Cretaceous	Turonian (K _{1t})	micritic limestone, muddy siltstone, turbidite, calcareous siltstone	調査地北西端付近に分布し、下記K _{2ca} を整合的に覆っている。
		Cenomanian (K _{2ca})	limestone, gypsum bed, calcareous siltstone, poly-colored siltstone	調査地北西部のAgarsif川沿岸以北に分布する。
	Lower Jurassic	Lias (J ₁)	limestone, siltstone, marl, sandstone, conglomerate, turbidite, dolomite	Bou Miaの南方に、小規模な地表分布が認められる。
	Permo-Triassic	(βP-T)	basalt lava, sandstone, conglomerate	Bou Mia南方に、J ₁ 及びP-T両層に整合的に伏在して、小規模な地表分布を示す。
(P-T)		red sandstone, arkose sandstone, siltstone, mudstone	基盤である花崗岩類の周辺部に、主な分布を示す他、調査地北西部の河川沿岸にも分布する。	
Proterozoic Paleozoic	Paleozoic Precambrian	Basement Complex (Gr)	granite	Zayda付近とZayda東方に露出するZayda岩体、及び、Bou Mia北方の断層に規制されて露出するBou Mia岩体が知られている。



4-1 重力分布と地質との対比

4-1-1 概説

本地域の全般的な重力分布の特徴として、Bou Mia 南方の顕著な負の重力異常を中心とし、ほぼNE-SW方向を主軸として同心円状に発達する等重力線が指摘される。この特徴は、調査地北方及び南方に連なる中部アトラス山脈、及び高アトラス山脈付近の基盤である、古生界先カンブリア系の結晶片岩類の影響を強く受けていることは既に述べた。BRPMより提供された岩石密度測定結果においても、結晶片岩類の密度は $\rho = 2.7 \sim 2.9$ 程度であることが報告されており、本地域の基盤岩である花崗岩類の密度 $\rho = 2.6$ 程度に比較して相当高密度である。

こうした調査地外の影響を除去する為に傾向面解析を行い、この結果得られたP1、II-3二次残差図（以下単に残差図と呼ぶ）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、地下深部における小規模な分布が、一部取り残されたことに起因すると推定される高重力異常が認められた為、それを念頭に入れて解析を行った。残差図の最南端部、Bou Miaの南南東約10kmに、E-W方向に発達する高重力異常がこれに相当する。

以下に、残差図及び余剰重力図に見られる特徴的な重力異常と地質との関係を検討する。

4-1-2 重力分布と地層との対比

残差図における重力分布は、主として基盤の花崗岩類と二疊紀以降の堆積岩類との二層構造を反映するものと考えられる。従って、高重力部及び低重力部に対して特定の地層が対比されるというより、むしろ、残差値の大きい区域では基盤が露出あるいは地下浅所に潜在し、残差値が減少するに従い基盤深度を増すと考えるべきである。

しかし、局所的には基盤構造あるいは地表地形に関連して、各地層に対応する重力異常も認められており、これらの対比についても触れることにする。

(a) 本地域には、基盤の花崗岩類の露頭が、おおまかに言って次の2ヶ所に知られている。

Zayda 花崗岩体 — Zayda 周辺の小規模な分布と、Zayda 東方に広く分布する岩体

Bou Mia 花崗岩体 — Bou Mia の北西に、ほぼN-S方向の断層に規制されて分布する岩体

調査地域の北東部及び北西部に、両花崗岩体の縁辺部が露出している。残差図では、これら花崗岩類の地表分布に一致して高重力異常が発達し、“2-3-1 岩石試料の密度測定”の項で述べた、花崗岩類が高重力異常に対応することを裏付けている。

(b) これら花崗岩類をさらに分類すれば、花崗岩(Gr)、混成花崗岩(Cnt-Gr)、アブライト質花崗岩(Ap-Gr)などの各岩相が調査地内に分布している。

残差図及び余剰重力図においては、これら岩相変化に起因する重力異常はほとんど認められない。Table II-5に示される岩石密度測定結果においても、各岩相の平均密度は有意



差が認められていない事実と一致する。

従って、重力探査の立場からは、同一の岩体として取り扱うべきであると考え、以後の記載には単に花崗岩類とする。

(c) 岩石試料の密度測定結果では、 βQ_2 玄武岩溶岩は平均密度2.78と最も大きい密度を示している。調査地内には、Bou Miaの南東側に約6kmの範囲の分布を示すほか、Zaydaの西南西約7km付近に点状の小規模な溶岩流が知られている。しかし、これら玄武岩溶岩に対応する各重力図の重力分布は、高重力異常を示しておらず、Bou Mia南東側ではむしろ低重力異常に該当する。

このことから、本調査地内に分布する βQ_2 玄武岩溶岩は、重力異常に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。

(d) 余剰重力正規構造図において、先に述べた重力分布に方向性を示す区域では、重力異常と地質分布との強い相関が見られる。すなわち、Agarsif川及びAlmagh川流域に、NW-SE方向に配列する重力異常の中で、負の異常はT₁泥岩層及びT₂泥灰岩相に対応し、正の異常はP-T赤色砂岩層またはK_{2cm}泥岩層に対応する。また、Ansagmir川の北側にNNE-SSW方向に連続する負の異常も、主としてT₂泥灰岩層に対応している。

この相関は、各地層の有する密度によって現われているというより、むしろ、P-T赤色砂岩層のような下位に属する古い地層の下では、花崗岩類が浅い為に高重力異常を形成し、T₁泥岩層・T₂泥灰岩層などの上位に属する、比較的新期の地層の下では、花崗岩類が深い為に低重力異常を反映するという、層厚の関係を示すと考えた方が妥当である。

(e) 残差図において、調査地南端にはE-W方向の等重力線で示される高重力異常が発達している。この高重力異常は、花崗岩類の密度と比較して、さらに高密度である先カンブリア系の結晶片岩類に起因するものと推定される。

調査地の南方では、高アトラス山脈の基盤であるNEE-SWW方向の結晶片岩類が、ジュラ系以降の堆積層の分布から考えて一部北方に進入するような形態が推定される。

この地下深部において北方に進入する突起部が傾向面解析の結果取り残され、高重力異常を形成したものと推定される。

(f) Bou Miaの南方から南東方にかけて大規模な低重力異常が発達し、盆状構造あるいはベーズン状構造が推定される。この構造の中央部に比較的短波長の高異常が把握されており、波長から考えて、この高異常が基盤の形状を反映するとは考えにくい。

Fig. II-8に示した調査地付近のボーリング柱状図の中で、Bou Miaの南西約11kmの地点で行われたHM-2柱状図によれば、深度約330m~430mの間に $\beta P-T$ 玄武岩層が挟在している。この玄武岩層は、平均密度約2.5を示し、上下の地層に比較して高密度である。



この事実に着目して、上記低重力異常帯の中に見られる高重力異常は、基盤を被覆する堆積岩類中では密度の大きい、 β P-T玄武岩層によって引き起こされた高異常と推定される。

4-2 基盤構造の推定

P1, II-6 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 0.2 g/cm^3 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結果を図化したものである。この基盤等深線図は、基盤である花崗岩類表面の地表下深度を現わすものと考えられる。

なお、花崗岩露頭、ボーリング調査結果などの事実を加味し、近似曲面的な補正を一部施して基盤等深線図とした。

本項では、主に基盤の地表下深度に関する構造について記述し、海拔高度の観点より云々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。

P1, II-6 基盤等深線図より推定される、本調査地域の基盤構造は次の通りである。

(a) Bou Mia 花崗岩体及び Zayda 花崗岩体の露頭周辺は、500m~1000mまでの等深線図で囲まれる地域である。

Bou Mia 花崗岩体東縁は、比較的密な等深線図で表現されており、東側への断層性の落ち込みが推定される一方、Zayda 花崗岩体の周辺では、粗な等深線図で表現されており、緩やかな傾斜で堆積岩類に被覆されると思われる。

(b) 調査地全域において、200mの等深線図付近で等深線図が比較的密になり、基盤深度を増す傾向が認められる。同様に、調査地南西部においても、500m~600mの等深線図付近で著しい基盤の傾斜が認められる。

これら密な等深線図の連なる付近を、基盤深度の境界線と考えれば、深度200mまでを基盤の浅い区域、200m~500mないし600mまでを基盤深度が中位の区域、500m~600m以上を基盤深度の深い区域と、それぞれ色分けすることができる。

(c) 基盤の浅い区域の主な基盤構造は、次の3通りに大別される。

○ 調査域西端の Bou Mia 花崗岩体に一致して、N-S方向の基盤軸が見られる。

○ 調査地北部には、Bou Mia 花崗岩体から Agarsif 川を経て Zayda に至る、幅6km以上のE-W系鞍状構造が支配的である。この基盤の盛り上がりの北側は緩やかに、南側は急勾配で深度を増している。

○ 調査地東部には、Zayda 花崗岩体の露頭から Ansagmir 川に沿って、NNE-SSW方向に延長して浅在する基盤の軸が認められる。

(d) これに対して、Bou Mia 南東部には深度600m以上のベーズンの凹地が発達し、最深部は深度約980mに達する。



この凹地の中央には、E-W方向の基盤の盛り上がりを示す等深度線が分布するが、これは基盤深度そのものを表示しているのではなく、基盤表面よりさらに上部の密度異常に起因するものと考えられる。

(e) 調査地北西部の Agarsif 川及び Almagh 川に沿って、NW-SE系の等深度線が配列し、閉じた等深度線も数ヶ所に出現している。両河川の上では基盤が浅く、河川の両側に連なる地形の高い地域では基盤が深く表現されている。

従って、この付近の基盤構造については、海拔高度に変換した基盤等高線で検討すべきである。

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 (P1, II-7), C-D (P1, II-8), E-F (P1, II-9) の3本の断面について、残差重力値を用いた二次元シミュレーションを実施し、地下構造断面図を作成した。このうち、A-B及びC-Dの2本の断面は、地質調査の地質断面4-4'及び2-2'に、それぞれ一致させている。

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 $\rho = 2.50$)

ここには、等重力線断面の他に、二次傾向面断面も Gravity Trend として表示した。

(b) 二次残差断面 (Residual Gravity in Polynomial of Second Order)

250 m 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) 余剰重力断面 (Wave - Length Bouguer Anomaly)

短波長のものと中波長のものを、それぞれ Noise 及び Normal として表わした。

(d) 二層構造断面 (Two-Layer 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。

また、密度差 $\Delta\rho = 0.2$ で実施した三次元シミュレーションの結果 (基盤等深線図) も併記した。

(e) 地質構造断面 (Geological Structure)

上記シミュレーションの結果得られた基盤構造を主体とし、各重力断面図、平面的解釈、さらに地質情報を加味して地質構造断面図を作成した。また、後に述べる“地下構造図”に表現した基盤の落ち込み部分をここでも使用し、断層状構造 (Fault-like Step Structure) と定義づけて記載する。

各断面図は $1/50,000$ の縮尺であるが、上下の縮尺は、(d)の二層構造断面を $1/20000$



とし、(c)の地質構造断面を1/10,000として表示している。

以下に各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(P1, II-7)

A-B断面は、調査地北側の基盤の鞍状構造に合わせて、E-W方向に設置されている。浅在する基盤深度の把握と、断面に直交するN-S系の低重力異常を反映する基盤上の凹地の捕捉に主眼を置いている。

この断面の主な地表地質分布は、断面両端及びMoulouya川付近に、本地域の基盤岩である花崗岩類が露出し、これを境って、下位より順にP-T赤色砂岩層、K2cm泥岩層、K2t石灰岩層、T1泥岩層が分布する。断面西端の花崗岩類露頭付近では、断層の存在が確認されており、各重力断面においてもこの付近では急激な重力変化を呈している。

二次残差断面では、+2.5 mgal から+0.5 mgal までの約2 mgal の範囲に収まっており、極めて重力変化が小さい。上述の花崗岩露頭部に呼応して、高重力異常が反映しているのが大きな特徴となっている。

解析結果の地質構造断面より、次の地下構造が推定される。

(a) 断面の西端に露出するBou Mia花崗岩体の東側には、断層性の基盤の落ち込みF-①の存在が推定される。地質調査の知見から、この付近には数本の断層が確認されている。従って、この断層状構造F-①は単調に落差を生ずるのではなく、この構造の近辺で数段にわたって段階的に深度を増して行くような基盤活動を代表するものと考えられる。

この断層状構造F-①は、垂直的であり、また、上部堆積岩層にも影響を与えているものと推定される。

(b) 基盤の深度は、0 m～約200 mまでの地下浅所に潜在している。特に上述の断層状構造以東では、海拔標高約1,450 m付近の、ほぼ水平的な基盤構造を有する特徴が認められる。

(c) 国道P21及び測点No173の地下には、明瞭な基盤岩上の溝が把握され、これらの最深部はそれぞれ地表下150 m程度及び200 m程度と考えられる。

これらの他にも、断面中央付近に数ヶ所の緩やかな凹地の存在が推定される。

4-3-2 C-D断面図(P1, II-8)

C-D断面は、調査地内に実施されている垂直ボーリングHM-1を通るN-S方向に設置されている。

この断面の主な地表地質分布は、断面北端から南に向かって下位より順に、K2cm泥岩層、T1泥岩層、Q1シルト層が分布する。部分的に、断面北部に噴出するβQ2玄武岩溶岩、及びMoulouya川沿岸のQ3河川堆積物などの分布も見られる。Moulouya川付近以南の、断面の約3分の2におよぶ地域が、第四系堆積層によって広く覆われている。また、断面のさらに南方は、先カンブリア系の結晶片岩類を基盤とすることが知られている。



二次残差断面では、断面北部の $+1.5 \text{ mgal}$ 程度の高重力異常を頂点とし、北側は緩やかに、南側は比較的落差をもって残差値を減少する。測点No 134付近で最少の残差値 -1.3 mgal を示し、さらに南へ向って再び緩やかに上昇して断面南端に至る。余剰重力断面においては、重力異常の量が極めて小さく、地下浅所における構造変化はあまり認められない。

解析結果の地質構造断面より、次の地下構造が推定される。

(a) 断面の北部には、地表下深度約 100 m に頂点を持つ花崗岩類の背斜構造が潜在し、南北双方に高度を下げて行く。

(b) 国道P33付近の地下には、断層状構造F-②によって規制される南側への基盤の落ち込み構造が認められる。

(c) Moulouya川以南における基盤深度は、地表下約 $300 \text{ m} \sim 500 \text{ m}$ 程度と考えられるが、海拔標高に直すとおよそ $1,100 \text{ m}$ 付近に一定しており、広範囲にわたって水平的な基盤構造を示している。

また、この範囲の花崗岩類を覆う堆積岩類も、整合的且つ水平的な堆積を示すものと思われる。

(d) 断面南端の地下深部に表示した、先カンブリア系の結晶片岩類は、垂直的に花崗岩類と接しており、さらに断面南方において基盤を構成するものと推定される。

4-3-3 E-F断面図 (P1, II-9)

E-F断面は、調査地内における大局的な基盤構造及びその深度を把握する目的の為に、残差図における高重力異常帯と低重力異常帯とを結ぶ、NE-SWの方向に設置されている。

この断面の主な地表地質分布は、断面の北東半部では、下位より順にP-T赤色砂岩層、K₂cm泥岩層、T₁泥岩層によって覆われている。一方南西半部では、T₁泥岩層、Q₁シルト層、Q₂シルト層の順に堆積しており、一部βQ₂玄武岩層及びQ₃河川堆積物の分布が見られるなど、北東半部に比較して新しい地層に覆われている。

二次残差断面では、Agarsif川付近より北東側の、残差値 $+1.8 \text{ mgal} \sim +1.0 \text{ mgal}$ で示される高重力異常地区と、Moulouya川付近より南西側の、残差値 $-3.0 \text{ mgal} \sim -4.1 \text{ mgal}$ で示される低重力異常地区とに二大別される。これら両河川に挟まれる断面中央部にはその差 $4 \sim 5 \text{ mgal}$ に達する顕著な重力勾配が卓越する。また、余剰重力正規構造断面においても、特徴的な正異常が、測点No 665付近、No 49付近、No 840付近の計三ヶ所に検出されており、これらの付近における地下構造の乱れが指摘される。

解析結果の地質構造断面より、次の地下構造が推定される。

(a) 断面の北東半部には、測点No 665付近に、地表下深度約 80 m に頂点を持つ花崗岩類の背斜構造が潜在し、この北東側は緩やかに高度を下げて行く。

(b) この背斜構造の南西側は、二つの断層状構造F-②、F-④に規制されつつ、花崗岩類



が急激に下降している。特にF-④において落ち込みが著しく、落差数百mに達する。

(c) 断層状構造F-②, F-④の存在する断面中央部では、花崗岩類の起伏が激しい。測点№49付近には、地表下約100mに、ドーム状の花崗岩類の頂点が存在すると考えられる。

(d) Moulouya川付近より南西側には、これまで再三述べてきたベースン状構造が、8km以上の広範囲に認められる。

花崗岩類の凹部で形成されるこのベースン状構造は、地表下深度600m~800mに達し、高度はおよそ800m~900mの範囲にある。

(e) このベースン状構造を埋めて、P-T赤色砂岩層, β P-T玄武岩層, J₁石灰岩層, T₁泥岩層及び第四系の堆積層が、下位より順に、整合的に厚く堆積するものと推定される。

(f) 二層構造断面には、第三層としてⅢ($\rho=2.58$)が解析された。これは、 β P-T玄武岩層中の高密度玄武岩が卓越する部分と解釈し、図のように斜線で示した。

4-4 地下構造図

本調査地域内の地下構造の検討を行う前に、地域外を含めた基盤構造の概要を述べる必要がある。

調査地域下の基盤は花崗岩類であるが、調査地北方の中部アトラス山脈及び調査地南方の高アトラス山脈付近の基盤は先カンブリア系結晶片岩類とされている。これら基盤岩類の関係は、Fig. II-10に示した広域重力図、及びP1, II-8 C-D断面図に表示した二次傾向面断面によく表現されている。すなわち、Fig. II-10における重力分布は、主として結晶片岩類と花崗岩類との関係を反映するものと考えられる。また、二次傾向面図に示される重力分布も同様に、結晶片岩類の大局的な構造を反映するものと推定される。

この関係に、断面解析結果を加えて類推すれば、次に示すような模式断面図を描くことができる。

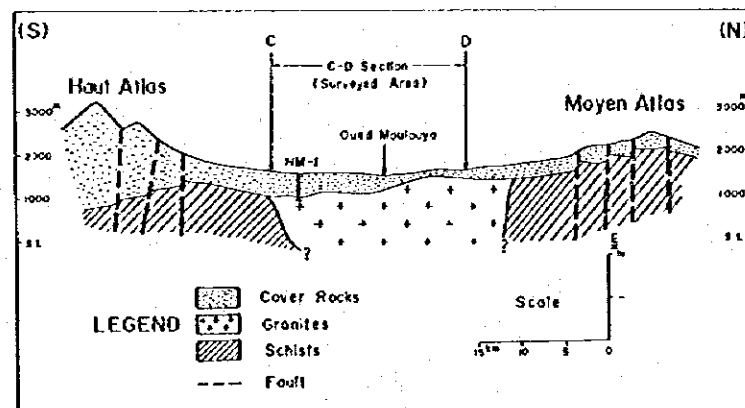


Fig. II-13 Schematic Profile of Basement Structure



この模式断面図は、地下構造断面図C-Dに重ねて設定されており、基盤岩類の花崗岩類及び結晶片岩類の構造を明瞭に表現している。

Fig. II-10において、中部アトラス山脈及び高アトラス山脈に挟まれた本調査地域に発達する大低重力異常は、上図Fig. II-13のように、主として結晶片岩類中に進入する花崗岩体の、位置・規模、及び両者の密度差に起因するものと推定される。広域的な重力分布状態から推察して、花崗岩体の分布形体は、両縁を垂直的に結晶片岩類に接し、深部では小規模な分布を示す、いわゆる岩株状を呈すると考えられる。

このように、オートムルヤ地域の基盤構造は、調査地内は花崗岩類であり、調査地外は結晶片岩類により構成されると推定される。

さて、P I, II-10が地下構造図である。地下構造図には、総合解析の結果を、基盤等高線 (Contour Lines of Granites), 断層状構造 (Fault-like Step Structure), 古流路系 (Paleochannel on Granites) などとして表示し、必要に応じて番号を付記している。

これらの詳細を以下に述べる。

4-4-1 基盤等高線

P I, II-10に示した基盤等高線は、P I, II-6基盤等深線図を、測点標高を用いて海拔高度に変換したものであり、花崗岩類の表面の標高を捕えていると考えてよい。

基盤等高線で表わされる基盤構造は、当然P I, II-6の基盤等深度線のそれと酷似しているが、地形変化の大きい調査地北西部及び南西部では、若干の相違が認められる。

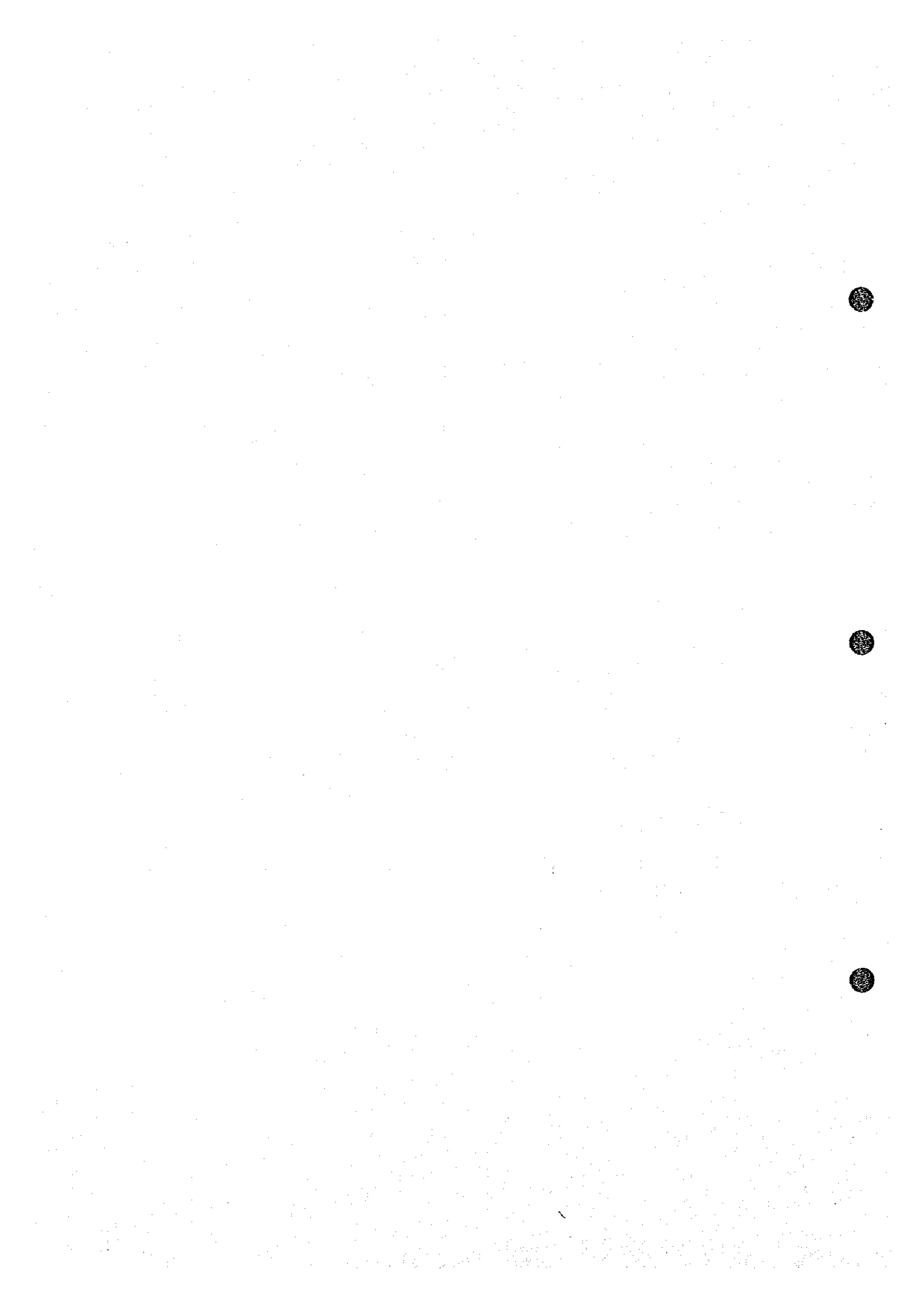
基盤等高線より推定される地下構造は次の通りである。

(a) Zayda花崗岩体から、Ansgmir川に沿って延長する花崗岩の軸方向は、調査地外東方に知られる断層構造の方向NE-SW系にはほぼ一致しており、同方向の構造線の存在が推定される。同様に、Bou Mia花崗岩体の東縁部にもN-S系の構造線が推定される。

(b) Zayda花崗岩体とBou Mia花崗岩体を結ぶ、調査地北部のE-W方向の基盤の鞍状構造は、所々に小さな凹凸が見られるものの、標高約1,450m~1,500mの平坦な構造を示して潜在する。従って、この鞍状構造は、古流路系を南北に分ける分水嶺的な役割を果たすと考えられ、重要な構造の一つである。

このE-W方向の鞍状構造を覆う主な地層は、二疊~三疊系P-T赤色砂岩層、及び第三系のT₁泥岩層、T₂泥灰岩層である。この構造の北側には、上記の他に白亜系の地層が分布し、また南側にはジュラ系のJ₁石灰岩層が堆積している。

(c) Bou Mia南東部には、標高1,000m~1,100m以下の等高線で示される、ベーズン状構造が発達する。この中央には、地下構造図の斜線で示す等高線の高い部分が認められるが、これは比較的高密度の β P-T玄武岩層に誘起されるものと推定される。



すなわち、このベースン状構造を形成する基盤は、比較的平坦であり、この中に堆積する P-T 赤色砂岩層、 β P-T 玄武岩層、J₁ 石灰岩層、T₁ 泥岩層、及び第四系などの各地層は、ほぼ水平に厚く堆積するものと考えられる。

また、このベースン状構造と、周囲の基盤の露頭あるいは基盤の没在する付近との標高差は、最大 800 m 以上に達する。こうした落差をもつ基盤構造は、(b) で述べた地質分布から考えて、ジュラ系以前の古い時代に既に形成されていたとみなされる。

(d) 基盤の浅い地域には、地表に分布する特定の地層と基盤上の凹凸との対応が明瞭な地区が見られる。

基盤の凹部に対比されるのは、Ansagmir 川北方に、NNE-SW 方向に延びる帯状の溝と、Agarsif 川及びAlmagh 川の南岸に、NW-SE 方向に並列する凹部である。これらの位置には、第三系の T₂ 泥灰岩層が地表に分布しており、基盤を厚く被覆するものと考えられる。

これに対し、基盤の凸部に対比される地層は、Bou Mia 花崗岩体の東側の Agarsif 川及び Almagh 川流域に分布する P-T 赤色砂岩層が挙げられる。特に、Almagh 川下流の、国道 P 33 と交わる付近には、P-T 赤色砂岩層の下にドーム状の基盤の突起が存在すると考えられる。

4-4-2 断層状構造

本調査地周辺において、地質調査の知見から、Bou Mia 花崗岩体及び Zayda 花崗岩体付近に、N-S 系ないし NE-SW 系の断層が知られている。しかし、本重力探査地域の大部分が、第三系以降の比較的新しい地層で覆われており、断層構造に関して不明な点が多い。

そこで、重力探査の見地から、基盤の急勾配の落ち込み部分を連続的に捕えて、断層状構造 (Fault-like Step Structure) と呼称し、地下構造図に表示した。この断層状構造は、その位置で単調に落差を生ずるのではなく、前後において基盤が比較的急斜面であるか、あるいは断層を伴って数段階に落ち込むような、幅のある上下運動を一括して表現するものである。

地下構造図に示した断層状構造 F-① (以下単に記号のみで示す) は、Bou Mia 花崗岩体の東縁を規制する N-S 方向の断層にほぼ一致している。Bou Mia 花崗岩体は、この断層を境として、東方へ段階的に徐々に深度を増すと考えられるが、この階段状の構造を F-① が代表していると推定される。

調査地域内の基盤構造の概要は、F-①、F-②、F-③ の三つの断層状構造による境界線、及び F-④、F-⑤、F-⑥ の三つによる境界線に区切られて大別される。この二組の境界付近において、基盤深度の相違、堆積環境の相違を暗示させるばかりでなく、地表地質分布から見て、現時点における基盤構造は三畳系以前の古地形の原形を、比較的よく留めているものと推察される。



このように、断層状構造の存在によって地質環境の変化が推定されると同時に、今後の探鉱候補地の選定、さらに、鉱床賦存の期待される地区の限定などに、議論を進展させ得ると考えられる。

なお、F-⑥の構造は、本項の冒頭で述べたように、北側の花崗岩類と南側の結晶片岩類が地下深部で接する境界面を反映すると推定される。従って、この付近に示される基盤等高線は、基盤標高以外の要因をも含めて表現しているとみなされる。

4-4-3 古流路系の推定

地下構造図に示すように、連続する基盤上の溝を追跡し、その位置及び方向を矢印で表示して古流路構造 (Paleochannel on Granites) とした。この古流路系の選定には、基盤等高線図を主体とし、等重力線図・二次残差図・余剰重力図などの各平面図も重ね合わせて、総合的に抽出されたもののみ表示している。

主な古流路系の分布は、大きく分けて次の四通りに分類される。

- 主流をC-①の記号を付して示した、延長10Km以上におよぶものと、その支流を含む古流路系

- 主としてC-②、C-③に示す、Bou Mia花崗岩体東側より南流し、Bou Miaの東方に合流する古流路系

- C-④、C-⑤、C-⑥に代表される、E-W方向の基盤の分水嶺を頂点とし、南方及び北方へ分散する傾向を示す古流路系

- C-⑦を主流とし、東方に合流する調査地南東端の古流路系

これらはいずれも、基盤深度の浅い地域に捕捉されており、最大でも深度500mまでの範囲である。この理由は、地下浅所における基盤の凹凸は重力異常として反映されるが、地下深部における小規模な凹凸は重力異常に反映されない為であり、深部には古流路が無いという訳ではない。

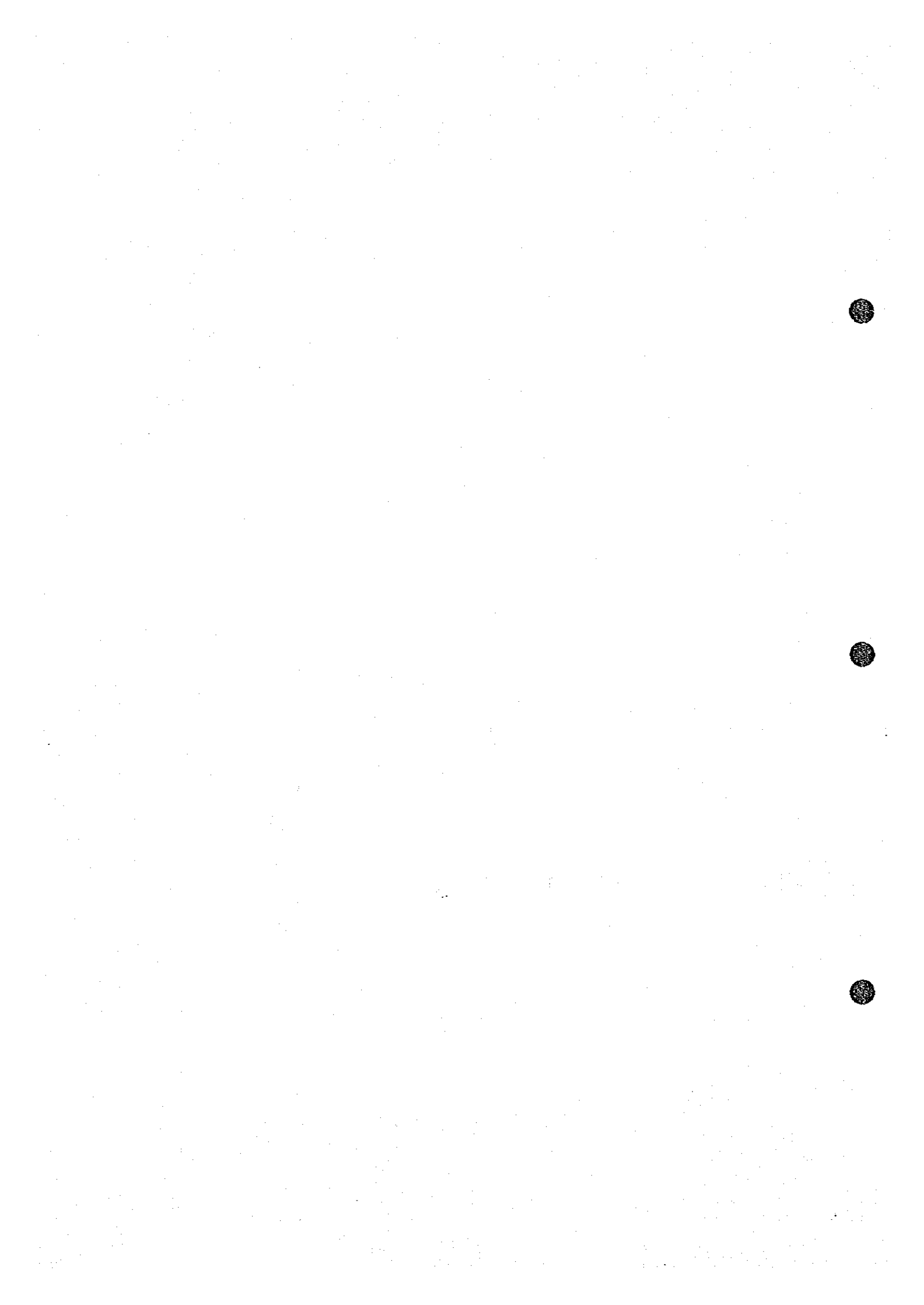
古流路系の流出方向は、基盤等高線で示される古地形の標高から決定した。しかし、現在の古地形と古流路地形の刻まれた時代には長い時間的経過があり、基盤の変動などによって、実際の古流路の流出方向とは若干異なることも考えられる。

地下構造に示した古流路構造を、次のように特徴別に分類して述べる。

(a) 緩傾斜を示す古流路として、調査地内で最も規模の大きいC-①と、ZaydaからZayda南西部にかけて、深度100m以内の地下浅所に把握された古流路系が該当する。

前者は、その上流から中流にかけて、15m/Km程度の緩傾斜で南流し、方向を南西に変えて深部に消滅する。このC-①の東岸には、数本の支流が発生しており、水流の多かったことを示唆している。

一方後者は、南流するC-④及びC-⑥と、平行して北流する古流路が抽出された。北流



するものは、調査地北端に位置する為、全容を明らかにすることはできなかったが、今後、調査を北方へ拡張することにより、解明されるものと期待される。

(a) 急傾斜を示す古流路として、断層状構造 F-②、F-③以深の比較的深い位置に抽出され、Bou Mia の南東部のベーズン状構造に流入する古流路系と、調査地南東端部の C-⑦に代表される古流路が挙げられる。

(b) 蛇行する傾向の認められるものとして、C-①、C-⑤、及び C-②より下流に続く古流路がある。

(c) 溜り場的な基盤の凹地を形成するものとして、C-②の中心部付近が該当する他に、C-①、C-⑥などの緩傾斜部付近も、その可能性を秘めている。

4-5 鈳微地の推定

調査地内の鈳床は、現在稼行中の Zayda 鈳山に代表される鉛鈳床の他に、ウランの鈳微も認められており、本調査による有望地区の推定が期待される。

Zayda 鈳山の鉛鈳床は、P-T 赤色砂岩層の基底部アルコーズ砂岩に伴う層状砂岩型鈳床である。アルコーズ砂岩の固結時期に含鉛溶液が入り込み、含鉛鈳物が沈澱したもので、古流路地形と密接な関係を持つ。

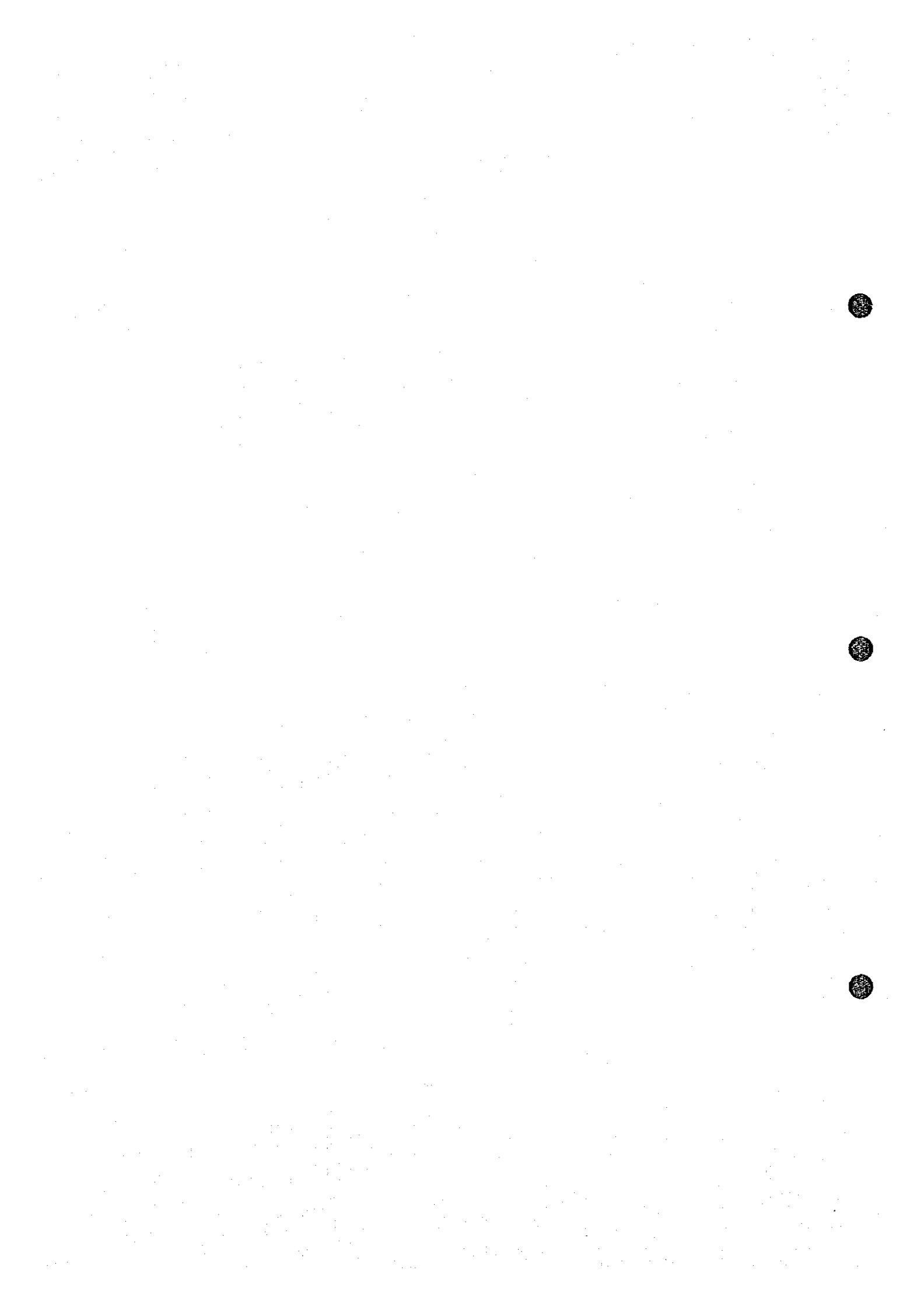
ウランの鈳微地としては、調査地周辺の地質調査から、脈状型 (Veinlike Type)、砂岩型 (Sandstone Type)、カラバス型 (Carapace Type)、礫岩型 (Conglomerate Type) の 4 種が認められている。このうち、基盤構造と直接関係のあると考えられる砂岩型に着目して検討を行う。

P-T 赤色砂岩層中のアルコーズ砂岩に関連する、砂岩型ウラン鈳微は、鉛鈳床の場合と同様に、古流路地形と密接な関係がある。後背地の花崗岩類よりもたらされたウランは、古流路系を媒体として、花崗岩類を被覆する P-T 赤色砂岩層中のアルコーズ砂岩中に再沈積する。ウランの沈積・濃集する地形的環境として、古流路地形が重要な役割を果たす。単に古流路の位置・流出方向のみでなく、ウランが沈積する為には、次のような諸条件が必要とされる。

- 根源岩 (Source Rock) である花崗岩類自身のウラン微候
- 堆積環境、陸成堆積岩層の岩相などの地質環境
- ウランを溶解して古流路を流れる水が、古流路の溜り場、蛇行部の淀みなどによって、停滞して沈積する場と、ウランを還元定着する要素の存在

これらの諸条件が相互的に作用して、鈳床胚胎の環境をもたらすと推察される。

以上のように、本地域における鈳微地の推定は、鉛・ウラン共に古流路地形の特定の部分、すなわち、勾配の緩やかな部分、蛇行する付近、溜り状に停滞する部分などが有望地区として取り挙げられる。



これら諸条件を満足する古流路地形上の地区として、地下構造図における次の各地区が指摘される。

- (a) Zayda 南方に延長10Km以上に及ぶ古流路C-①のうち、上流～中流部に至る約5Kmの範囲、及び下流の終末部
- (b) Zayda の南南西約5Km付近に、地下浅所に形成される古流路C-⑥
- (c) Bou Mia の北方約6Km付近の、Bou Mia 花崗岩体に隣接する古流路C-②の中心部

以上の他に、ウランに関しては古流路地形の特徴以外の要因によって、後背地から遠く離れた地点に沈積・晶出する例も報告されている。

例えば、地下構造図に示した漸層状構造F-②、F-③と、F-④、F-⑤に挟まれる地域の古流路は急流をなす場合が多いが、比較的新しい時代の水系は、古地形上を流れるとは限らず、地下水として移動したり、特定の地層に流入・合流してウランを濃集することもあり得る。しかし、現時点では、基盤の浅い付近の古流路地形の特定部にのみ注目し、当面の鉱床賦存の候補地を挙げるに止める。



第 5 章 総 括

5-1 調査結果のまとめ

モロッコ王国オートムルヤ地区において実施された、面積約 400 km^2 の重力探査の結果、本地域の重力分布が把握され、地下構造の推定が行われた。また、重力探査に付随して、水準測量の諸成果並びに岩石密度資料が得られた。

等重力線図（補正密度 $\rho = 2.5$ ）を基に行われた解析の結果、地下構造断面図及び地下構造図に示すような本地域の地質構造が明らかにされた。

重力探査の調査結果は、次のようにまとめられる。

(a) 調査地内のブーゲー異常値は、およそ $-110 \text{ mgal} \sim -130 \text{ mgal}$ の範囲に分布しており、アトラス山地を反映してアイスタシーの成立する地域に属する。

(b) 調査地域の北方及び南方に位置して、中部アトラス山脈及び高アトラス山脈が、NE-SW及びNEE-SWW方向に連なる。本地域の基盤である花崗岩類は、両山脈付近の基盤を構成する結晶片岩類中に進入する分布形態を示し、両基盤岩類の密度差を反映して同心円状の大規模な低重力異常帯を形成している。本調査地域は、この低重力異常帯のほぼ中央に位置している。

(c) 高重力異常を反映するものは、主として基盤の花崗岩類である。定量解析の結果、基盤等高線図として基盤構造が明らかにされ、以下に述べる地質構造及び古流路系の推定が行われた。

(d) 調査地の北東部及び北西端には、基盤の Zayda 花崗岩体及び Bou Mia 花崗岩体の露頭が知られている。この両花崗岩体を結ぶ地下浅所に、E-W方向にほぼ水平に連なる鞍状構造の潜在が把握された。この鞍状構造は、古地形の分水嶺的役割を果たしており、古流路系の流出方向を規制すると考えられる。

同様に、調査地東部には、Ansagmir川に沿って、NNE-SW方向を軸とする基盤の浅部構造が把握されている。

(e) Bou Miaの南東には、深度 $700 \text{ m} \sim 900 \text{ m}$ に達するベーズン状構造の存在が指摘される。この構造を被覆する堆積岩層は、ほぼ水平の堆積構造を示し、一部 $P-T$ 玄武岩層を挟在するものと推定される。花崗岩露頭地区から、このベーズン状構造までの落差は、最大 800 m 以上に達し、おおまかに言って二段階の落ち込みを経て深部に至るようである。

(f) 地表下深度約 500 m までの基盤上に、古流路地形を表わすと見られる帯状の溝が明らかにされた。特に顕著なものは次の通りである。

○ Zayda の南方には、延長 10 km 以上にわたって南流する古流路が発達している。比較的緩やかな勾配を有し、所々に蛇行する傾向が認められる。

