

第4章 ラクワット-アルグブ・アダマ地区

4.1 写真地質解析

写真地質解析はチュニジア共和国で入手したモノクロ空中写真(縮尺1:25,000)を使用し、ラクワット-アルグブ・アダマ地区における断層、線構造、層理などの詳細リニアメントの抽出及び岩相分布の解明を目的として行われた。解析対象範囲は25km²である。表27に使用空中写真を示す。

表27 使用空中写真一覧(ラクワット-アルグブ・アダマ地区)

地 区	写 真 番 号	枚 数	備 考
ラクワット-アルグブ・アダマ	1340-1343, 1373-1376	8	Project:74TU359/250 UAG412

本地区では断層と推定されるリニアメントが白亜系及び三畳系分布域に多く認められた。これらのリニアメントは主に南北方向、北西-南東方向、北東-南西方向及び西北西-東南東方向である。層理構造を示すと推定されるリニアメントは三畳系、白亜系及び第三系分布域に多く認められた。これらのリニアメントは三畳系分布域では北東-南西～東北東-西南西方向を示し、白亜系分布域では南北方向、北北東-南南西方向及び北西-南東方向を示し、第三系分布域ではほぼ南北方向を示す(図80)。

4.2 地質調査

4.2.1 調査方法

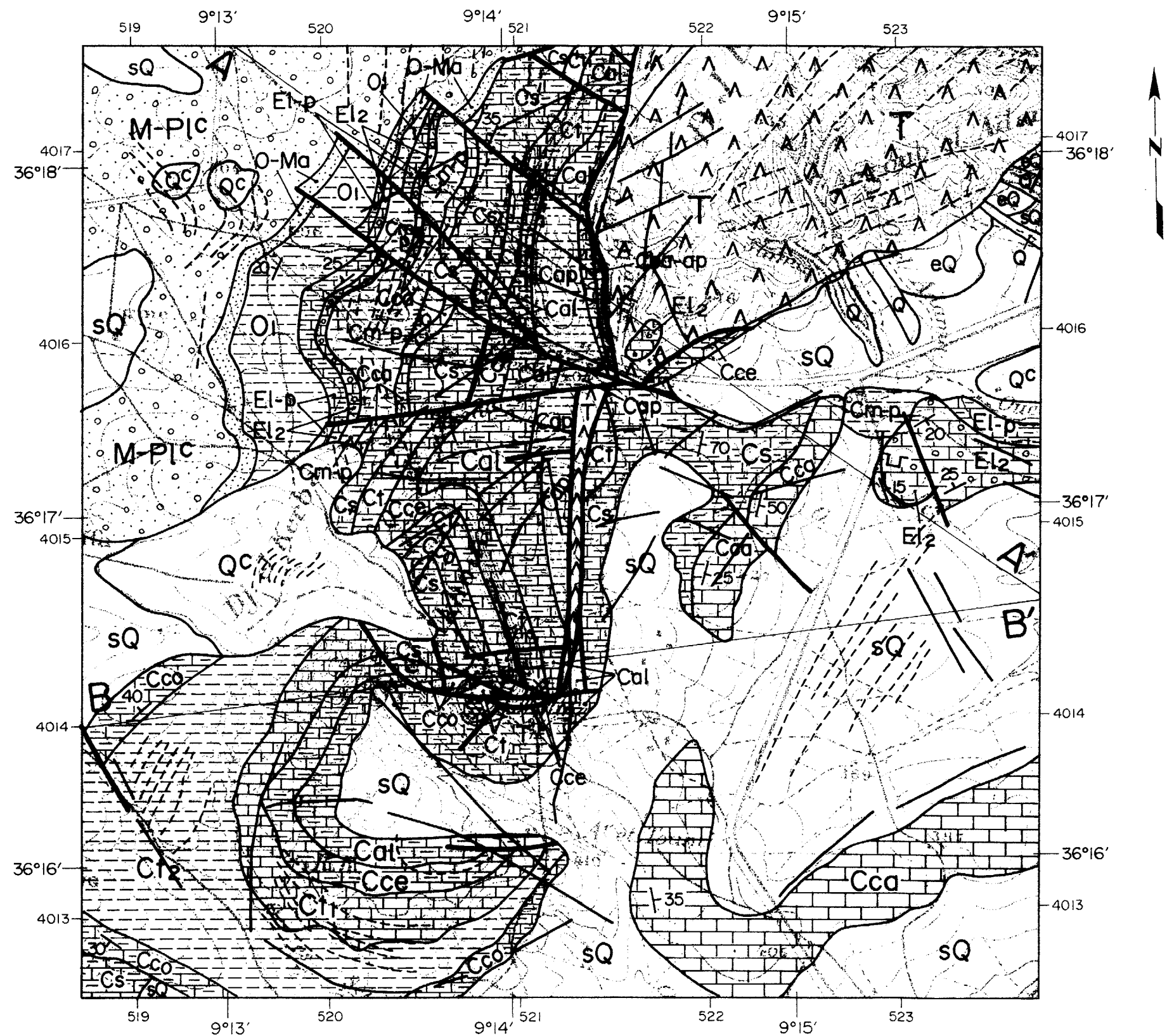
地質及び地質構造、鉱床賦存状況を把握し、鉛亜鉛鉱化作用と関連のある三畳系のダイアピル・ドーム構造の分布を把握することを目的として、原則として物理探査の測線沿いを踏査し、縮尺5千分の1のルートマップを作成した。この際、縮尺5万分の1地形図を縮尺5千分の1に拡大した地形図及び縮尺2万5千分の1の航空写真を利用し、測線ルートを補完するために一部の沢沿い及び道路沿いを踏査した。試料採取の際は、代表的な岩石及び鉱石並びに地質層序及び構造を把握するのに必要な岩相を選んで採取した。

地質調査の結果は縮尺5万分の1の地質概略図及び地質断面概略図にまとめた。採取した試料は岩石薄片及び鉱石研磨片の顕微鏡観察、X線回折試験、化学分析に供した。

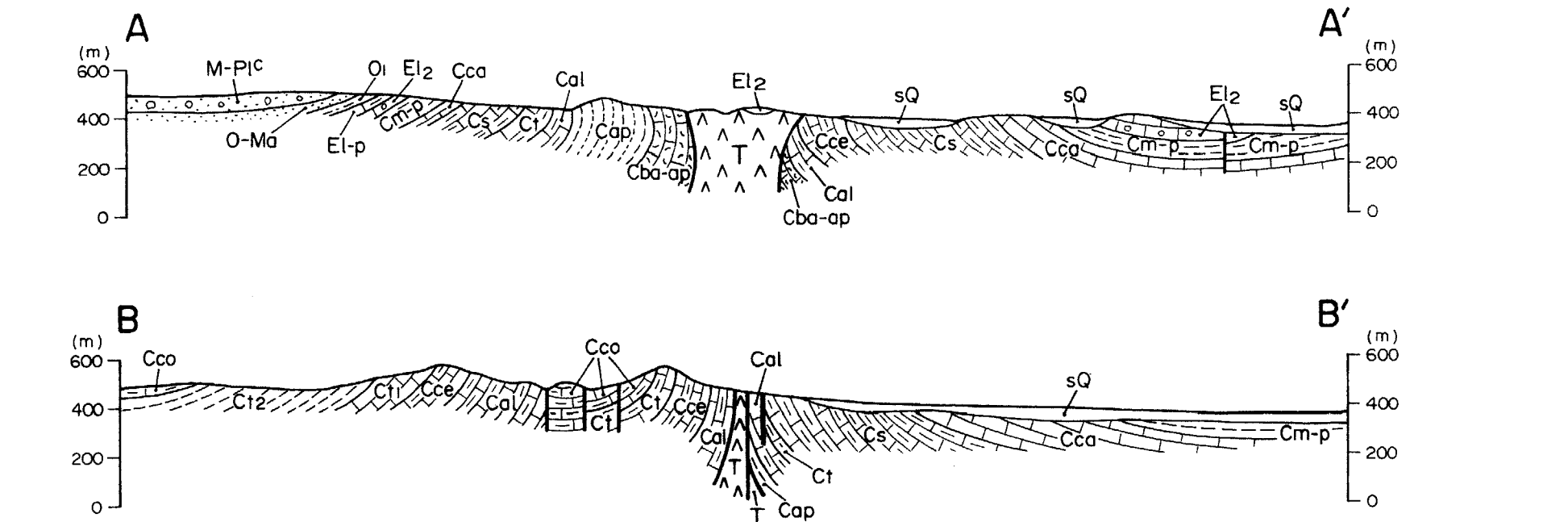
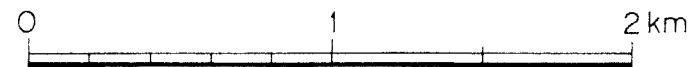
4.2.2 地質概要

ラクワット-アルグブ・アダマ地区はJebel Ech Cheidダイアピル岩体南端部を含む5 km×5 kmの地区である。地質層序は下位より、三畳系、白亜系、第三系、第四系からなる。本地区の地質及び地質断面図を図80、地質層序を図81に示す。

三畳系は石膏、粘土、ドロマイト、マール、石灰岩、泥岩、砂岩からなる。ダイアピリズムに



Scale 1 : 25,000



LEGEND

Quaternary	Pleistocene	eQ	rubble	Cretaceous	Maastrichtian ~ Palaeocene	Cm-p	marl
	Pleistocene	sQ	soil		Campanian	Cca	limestone
	Pleistocene	Qc	calcareous conglomerate		Santonian	Tcs	marl, limestone
	Pleistocene	Q	siltstone, conglomerate		Coniacian	Cco	marl, limestone
Tertiary	Miocene ~ Pliocene	M-PIC	sandstone, conglomerate, marl, sand, clay		Turonian	Ct	limestone, marl
	Oligocene ~ Miocene	O-Ma	sandstone		Turonian	Ct2	marl
	Oligocene	Oi	marl, sandstone, limestone		Turonian	Ct1	limestone
	Eocene	El-p	marl, limestone		Cenomanian	Cce	limestone, marl
	Eocene	El2	limestone, conglomerate		Albian	Cal	limestone, marl
					Aptian	Cap	marl, sandstone
			Barremian ~ Aptian	Cba-ap	marl, quartzite, limestone		
			Triassic	T	gypsum, clay, sandstone, dolomite, limestone		
					Fault		
					Lineament		

図80 ラクワット-アルグバ・アダマ地区 地質概略図及び地質断面概略図

地質時代		年代 (Ma)	岩相	主な地史					
第四紀	完新世	0.01	砂, 礫, シルト	隆起	ナップの形成	アルプス造山運動			
	更新世	1.64	砂, 礫, シルト						
第三紀	新第三紀	鮮新世	砂岩						
		中新世	砂岩						
	古第三紀	漸新世	砂岩						
		始新世	石灰岩, マール						
		暁新世							
		65.0							
白亜紀	マーストリヒチアン期	74.0	マール				沈降	ダイアピルの上昇	Pb・Zn 鉱化作用
	カンパニアン期	83.0	石灰岩						
	サントニアン期	86.6	マール						
	コニアシアン期	88.5	マール						
	チューロニアン期	90.4	石灰岩						
	セノマニアン期	97.0	石灰岩, マール						
	アルビアン期	112	石灰岩, 泥岩						
	アプチアン期	125	砂岩, マール						
	バレミアン期	132							
	オーレビアン期	135							
	パラングニアン期	141							
ベリアシアン期	146								
ジュラ紀		208							
三疊紀			石膏, 粘土, ドロマイト, マール 石灰岩, 泥岩, 變成砂岩, 岩塩						

図81 ラクワット-アルグブ・アダマ地区地質模式層序図

よりこれらの堆積岩の堆積構造は乱れており、小さな褶曲及び過褶曲や様々な規模とセンスの断層が随所で認められる。ダイアピル岩体は大局的に不均質で、地層の連続性は悪く、各岩相は小ブロック状をなす。北東-南西方向に伸張するJebel Ech Cheid岩体の南西部は本地区内で断層を境界として消滅しており、この断層の南方延長部では東西系の断層に沿って三疊系が窓状に露出する。本地区北東部ではダイアピル岩体断面はキノコ状を呈し、岩体西側は白亜系及び第三系と接し、南東側は第四系に覆われる。岩体が消滅する地区中央部では、ダイアピルは白亜系と断層で接する。

白亜系は下位より、アプチアン階の砂岩及びマール、アルビアン階の石灰岩及び泥岩、セノマニアン階の石灰岩及びマール、チューロニアン階の石灰岩、コニアシアン階のマール、サントニアン階のマール、カンパニアン階の石灰岩、マーストリヒチアン階のマールからなる。三疊系ダイアピルの西側ではアプチアン階からマーストリヒチアン階までが連続的に露出しており、アプチアン階とアルビアン階が三疊系と接する。同東側ではセノマニアン階からマーストリヒチアン

階までが断続的に窓状に分布し、チューロニアン階とサントニアン階が三畳系と接する。アプチアン階の砂岩は粗粒、硬質で層理が発達する。アルビアン階の石灰岩は黒色から桃灰色を呈し、一部で薄層理を有する。泥岩は暗灰～暗緑灰色を呈し、風化により小片化している。石灰岩はEl Akhouat鉍床の胚胎層準である。セノマニアン階は灰白色を呈し層理の発達した石灰岩及びマールである。チューロニアン階の石灰岩は新鮮なものは黒色を呈し特徴的で、Bahloulと特別な名称で呼ばれる。コニアシアン階とサントニアン階は灰白色を呈し層理の発達したマールである。カンパニアン階の石灰岩は灰白色を呈し塊状ないし弱い層理を有する。マーストリヒチアン階のマールは灰白色を呈し弱い層理を有する。

第三系は下位より、始新世の石灰岩及びマール、漸新世の砂岩、中新世の砂岩、鮮新世の砂岩からなる。第三系は地区北部にのみ白亜系の外側に分布する。始新世の石灰岩はヌムリテス化石を大量に含む。漸新世から鮮新世の砂岩は陸成層であり、多孔質で弱固結した粗粒砂岩ないし細粒礫岩で、構成粒子のほとんどが円磨された石英である。

第四系は石灰質礫岩、礫、砂、泥などの沖積層及び沖積土からなる。三畳系ダイアピルの表面には二次堆積して膠結した礫岩がしばしば認められる。また、白亜系の地層が作る斜面でも崖錐堆積物が膠結した礫岩が分布する。Jebel Ech Cheid岩体南東側の裾野は沖積土であり、畑地として利用されている。

4.2.3 地質構造

三畳系の分布は地区南部で消滅しており、地区内では北東-南西～南北方向に伸びて南方に閉じる形のくさび形を呈する。地区北部のダイアピル岩体の横断面はキノコ状を呈し、地区中央部から南部では尖塔状を呈する。地区北部では三畳系は白亜系を覆い、第四系に覆われる。地区中央部では三畳系は南北系の断層で白亜系と接し、El Akhouat旧鉍山の北方で露出が途切れる。地区南部のEl Akhouat旧鉍山ピット部から西方にかけて、三畳系は東西系の断層に画されて窓状に露出し、西方に向けて潜頭する。地区北部の三畳系西側では、白亜系は三畳系ダイアピルに貫かれて、一般走向が北北東-南南西～南北、 $30\sim 90^\circ$ 西傾斜の単斜構造を示し、傾斜角度は三畳系に近いほど大きくなる。第三系は北北東-南南西～北東-南西走向、低角度の西傾斜を示し、白亜系の構造に連続する単斜構造を呈する。地区北部の三畳系東側では、白亜系は第四系に覆われ窓状に分布し、北北東-南南西～南北走向、 $30\sim 70^\circ$ の東傾斜を示す。地区南西部では、白亜系はやや複雑に断層で切られ、背斜及び向斜構造を呈し、 $30\sim 70^\circ$ の傾斜を示す。地区東端では、第三系は小規模に分布し、向斜構造を有するが、大局的には東北東-西南西走向、 $10\sim 20^\circ$ の北傾斜を示す。

地区内で最も大きな構造は、地区南部で三畳系の分布を規制する南北系の断層である。このほかに西北西-東南東～東西系の横ずれ断層が発達する。これらの断層は次のようにして形成されたと考えられている。白亜系の堆積とともにダイアピルが上昇してドームが形成された後、白亜

紀後期に南北系の正断層が生じ、東側の地層が相対的に沈降した。新第三紀の圧縮応力場において、既存の南北系断層は縦ずれ逆断層の運動センスを持ち、その他に西北西-東南東～東西系の右横ずれ断層が形成された。この断層に沿って南端部のダイアピルが貫入した。三畳系、白亜系及び第三系は東西系の横ずれ断層で切られているが、白亜系及び第三系の地層は断層で轉移しながら連続的に分布している。

本地区の三畳系ダイアピルはJebel Ech Cheidダイアピル岩体の南西端に相当する。地区北部のダイアピルはJebel Ech Cheid岩体と同じ構造を有するが、南部のダイアピルはJebel Ech Cheid本体とは異なる構造である。ドーム帯に存在するダイアピルの典型的な構造断面モデル(Perthuisot, et. al., 1999)を図82に示す。同図におけるA-B1はJebel Ech Cheidダイアピル中央部の断面モデルに相当し、本地区北部の断面に類似する。また、B2はFedj el Adoumダイアピルに類似するモデルであるが、本地区南部の断面にも似ている部分がある。

El Akhouat旧鉾山周辺の地質及び構造はチュニジア鉾山公社(Mansouri, Hammami, Sellamiなど)により精力的に調査され幾つかの報告書がまとめられている。Jebel Ech Cheidダイアピル岩体の構造発達史は次のとおりである。白亜紀中期にはダイアピリズムが始まり、三畳系ダイアピルは白亜系を突き抜けて浅海底に出現して、キノコ状のダイアピルが形成された。引き続き白亜系はダイアピル上に堆積し、白亜紀末期から第三紀初期にかけて再びダイアピルは白亜系を突き抜けた。第三紀始新世から漸新世にかけてダイアピルは浅海性の始新統と陸成の漸新統及び中新統に覆われた(図82のA)。漸新世にはアルプス造山が活発化し、北西-南東方向の圧縮応力場が生じ、三畳系が地表に出現して現在の岩体が形成された(図82のB1)。この一連の運動により、ダイアピル近傍の白亜系及び第三系は逆転層又は垂直層となった。

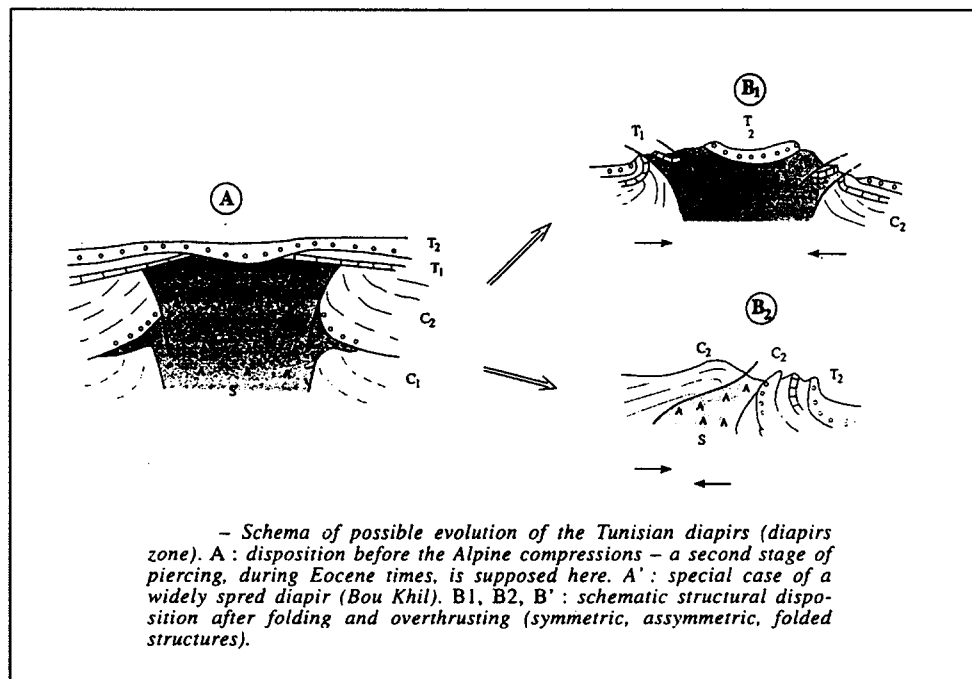


図82 Jebel Ech Cheidダイアピルの断面モデル(Perthuisot, et. al. 1999)

4.2.4 鉍化作用

本地区内にはEl AkhouatとArgoub Adamaの2つの鉛亜鉛鉍床が存在する。いずれも三畳系ダイアピルに接する白亜紀の石灰岩中に胚胎する。

El Akhouat鉍床はJebel Ech Cheidダイアピル岩体南端から伸びる南北走向の断層の西側に位置する。三畳系はこの南北系の断層に沿って細長く分布しており、鉍床はこの西側に接する白亜紀アルビアン階の石灰岩中に胚胎する。この南方延長には三畳系の分布を規制する東西走向の断層が存在し、これより南方では鉍体の存在は確認されていない。鉍床の形態は石灰岩の層理や断裂に沿う脈状～網状脈である。鉍石鉍物は方鉛鉍-閃亜鉛鉍-黄鉄鉍、脈石鉍物は方解石-ドロマイトである。主な鉍脈は400×200mの範囲に存在し、脈幅は数cm～数mである。鉍脈の走向は東西系が主体で、北西-南東系も発達する。主要な脈は大きな地質構造(ダイアピリズム及びアルプス造山などに起因する断層及び断裂)に、細脈は堆積構造(層理及び小断層)に規制されていると考えられる。

El Akhouat旧鉍山の大きなピット部で地質構造が大きく変化する。ピット部には東西走向の大きな断層が存在し、三畳系はこの断層に沿って東西方向に伸張したレンズ状をなして分布する。ピットより北側では、上述のように三畳系は南北走向の断層に沿い分布するが、この東西走向の断層より南側には分布しない。すなわち、三畳系はこのふたつの断層により規制され、逆L字型の分布を示している。ピットから西方に伸びる三畳系の露出は断層により消滅するが、その西方延長の地下では三畳系の存在が坑道により確認されている。この三畳系が消滅する付近では鉛亜鉛の鉍徴が認められる。露天掘り跡から試料を採取して分析に供した。分析結果を表28に示す。

表28 化学分析結果(El Akhouat鉍床)

	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Mg (%)	Ca (%)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Ag (ppm)
EAK04C	29.3	0.24	17.00	2.68	1440	374.4	4.70	16.79	1525	110	1.68
EAK08C	41.5	0.15	3.20	6.41	1241	47.8	0.12	29.19	500	81	<0.3
EAK09C	1.9	0.26	12.70	7.96	3831	407.4	0.07	22.00	2269	1514	<0.3
EAK10C	4.8	10.40	2.25	0.74	607	163.6	0.20	27.19	4766	270	3.86
EAK11C	9.1	33.00	2.70	0.70	1783	151.9	0.16	18.24	305	43	90.07

Argoub Adama鉍床はJebel Ech Cheidダイアピル岩体南端部のダイアピル南東側に位置する。鉍体は白亜紀セノマニアン階の石灰岩～泥灰岩に胚胎し、層理に沿う及び割れ目を充填する方鉛鉍-閃亜鉛鉍-黄鉄鉍-方解石の細脈である。確認されている鉍体の規模は、走向延長30～40m、傾斜延長10mと小規模である。廃坑跡に存在するズリから試料を採取して分析に供した。分析結果を表29に示す。

表29 化学分析結果(Argoub Adama鉍徴地)

	Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Cd	Mg	Ca	Sr	Ba	Ag
	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
EAK12C	10.9	4.84	0.52	0.88	1633	31.8	0.14	28.58	4144	754	11.9
EAK13C	15.5	2.74	0.72	1.60	1985	29.5	0.45	29.78	2569	3814	54.4
EAK14C	5.5	2.90	0.59	1.79	1457	19.9	2.90	27.99	5236	306	16.2
EAK15C	32.8	9.20	8.30	1.69	1155	829.5	2.10	22.99	1611	815	50.1

一般的な鉍化モデルは3.2.4項で前述したとおりである。El Akhouat鉍床の生成モデルは次のように考えられる。白亜系の堆積と三畳系ダイアピルの上昇に伴い、白亜系の堆積盆中に存在するPb-Znを含む流体はダイアピルの方へ移動し、ダイアピルの縁に沿って上昇した。白亜紀後期に南北系の正断層が生じ、また、第三紀後期の圧縮応力場において西北西-東南東～東西系の横ずれ断層が発達し、これに伴い亀裂の発達した石灰岩層で三畳系に接する地層中に鉍床が選択的に形成された。

El Akhouat鉍床が胚胎するアルビアン階の石灰岩は、黒色を呈し有機物質に富むもの及び薄層理の発達したものである。これらの特徴は鉍床形成に有利に働いたと考えられる。

4.3 物理探査

ラクワット地区では、図25に示す3 kmの調査範囲に全長16.35kmの14測線を設定し、測線上で重力法、IP法及び磁気法の物理探査を実施した。以下に、本地区で実施した物理探査手法及び調査結果を述べる。

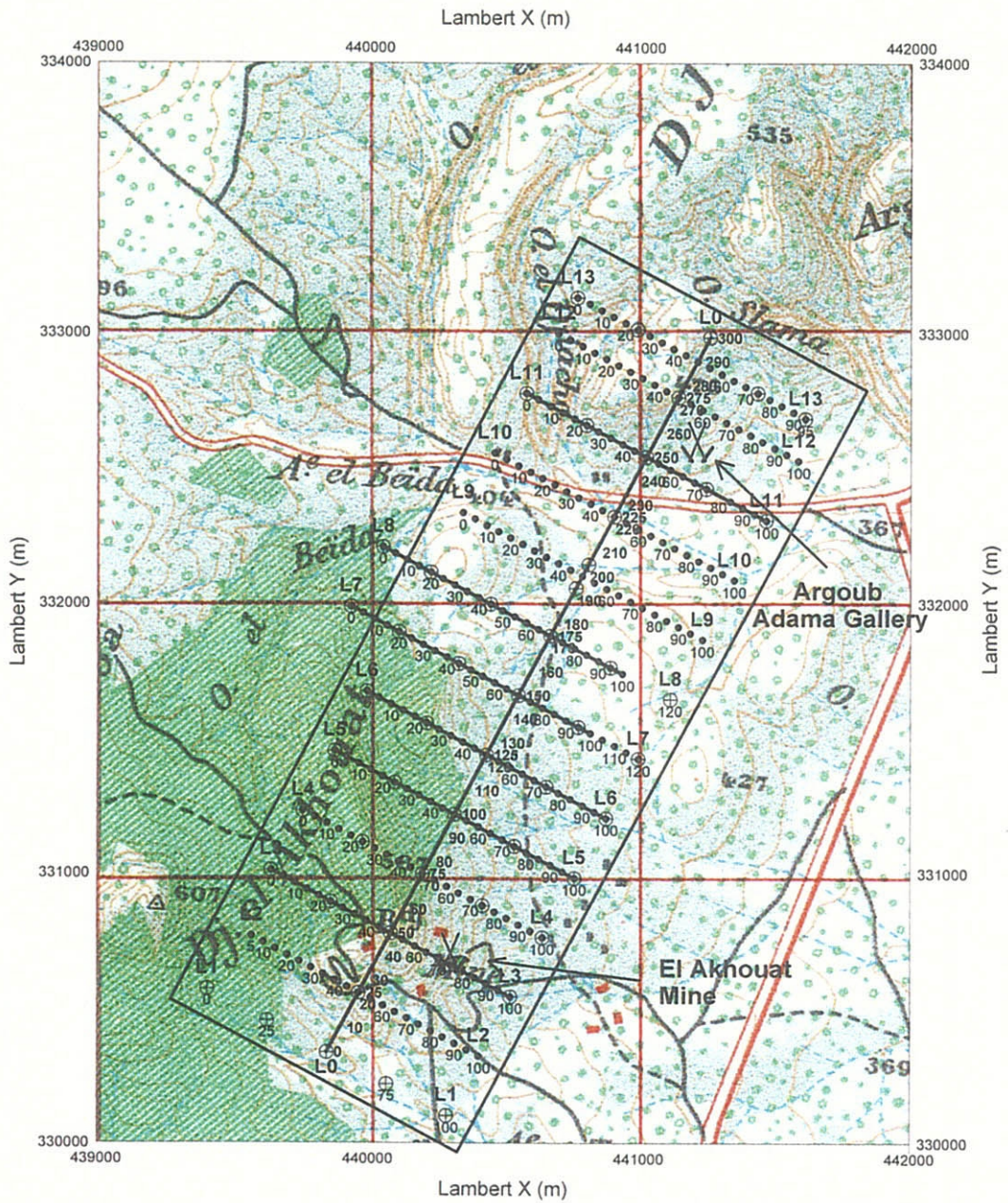
4.3.1 調査方法

(1) 測線設定

ブキル地区と同様、光波測距儀又はトランシットコンパスを用いた解放トラバース測量により、L0～L13の14本の物理探査用測線を設定し、測線名と始点からの距離の1/10の値を組合せて測点名とした。各測線の仕様を表30に、位置を図83に示した。

アルグブ・アダマ旧坑跡付近とラクワット鉍山付近を結ぶN28°W方向に、全長3 kmの基線L0をまず設定した。50m間隔で測点を設け、南西端を始点として測点名を与えた。基線L0は中央部を除くと、三畳系と白亜系の接触部に沿っている。基線L0と直交する測線L1～L13を測線間隔250mで設定した。これらの測線の始点は北西端とし、原則として全長1 km、始点から500mで基線L0と交差させた。調査範囲中央部で基線L0と交差する測線L7、L8は北西の始点側を200 m移動し、始点から700mで基線と交差させた。

設定した測線はL0-150付近にONMが設定した座標既知点と結ぶ測量を行って位置座標を求めた。



Legend

- ⊕ : Gravimetric Survey Station
- : IP survey Line
- : Magnetic Survey Station
- : Survey Area
- XX : Closed Mine

図 83

測線・測点位置図
(ラクワット-アルカフ・アタマ地区)

1 : 25,000

March, 2000

この測量で求めた位置座標はブキル地区同様ランベルト座標系であるため、緯度経度及びUTM座標系に変換し、物理探査に関連する図面はこれに準じて作成した。

各測点の標高は磁気法だけを適用したL2, L9, L10及びL12測線を除き、原則としてブキル地区同様、水準測量で決定した。水準測量の基準点には測線座標と同じONMが設定した標高既知点を用いた。

表30 物理探査測線の仕様(ラクワット-アルグブ・アダマ地区)

Line	Stations	Length (km)	Angle	Crossing to L0	x (UTM)	y (UTM)	Line in Site	Applied Survey
L0	61 (0-300)	3	N28° E		520688.32 522073.92	4013813.53 4016474.24	L0	Gravity IP
L1	5 (0-100)	1	N62° E	L0-0	520244.86 521131.78	4014044.46 4013582.60	L1	Gravity
L2	20 (5-100)	1	N62° W	L0-25	520404.67 521247.25	4014243.09 4013804.33	L25	Mag.
L3	21 (0-100)	1	N62° W	L0-50	520475.79 521362.71	4014487.92 4014026.06	L2	Gravity IP, Mag.
L4	21 (0-100)	1	N62° W	L0-75	520591.26 521478.18	4014709.64 4014247.78	L75	Gravity Mag.
L5	21 (0-100)	1	N62° W	L0-100	520706.73 521593.65	4014934.37 4014469.50	L3	Gravity IP, Mag.
L6	21 (0-100)	1	N62° W	L0-125	520822.19 521709.11	4015153.09 4014691.23	L8	Gravity IP, Mag.
L7	25 (0-120)	1.2	N62° W	L0-150	520760.28 521824.58	4015467.20 4014912.96	L4	Gravity IP, Mag.
L8	25 (0-120)	1.2	N62° W	L0-175	520875.75 521940.05	4015688.92 4015134.68	L9	Gravity IP, Mag.
L9	21 (0-100)	1	N62° W	L0-200	521168.59 522055.51	4015818.27 4015356.41	L200	Mag.
L10	21 (0-100)	1	N62° W	L0-225	521548.75 522435.67	4015817.60 4015355.74	L225	Mag.
L11	21 (0-100)	1	N62° W	L0-250	521399.53 522286.45	4016261.72 4015799.87	L5	Gravity IP, Mag.
L12	21 (0-100)	1	N62° W	L0-275	521514.99 522401.91	4016483.44 4016021.59	L275	Mag.
L13	21 (0-100)	1	N62° W	L0-290	521584.27 522426.84	4016616.48 4016177.72	L6	Gravity Mag.

(2) 重力法

ラクワット-アルグブ・アダマ地区に設定した14測線のうち、L0, L1, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L11及びL13の10測線を利用して重力探査を実施した。原則として、250mの間隔で全52測点の重力測定を行った。本地区も、ブキル地区同様、ONMの重力探査プロジェクトCG-02で作成されたGafour重力図幅の範囲内にある。

重力測定はブキル地区同様、CG-02の基点12を用いた相対測定で実施した。測点の測定前後に基点12を測定する閉塞測定を1日1回以上行った。1閉塞当たり誤差は最大で0.1mgalであった。測定値からブーゲ異常を求める補正はブキル地区と同様の手法を適用し、CG-02と同じ2.33g/cm³の補正密度を適用した。本地区におけるブーゲ異常の平面分布を表すブーゲ異常図(等重力線図)を図86に示した。

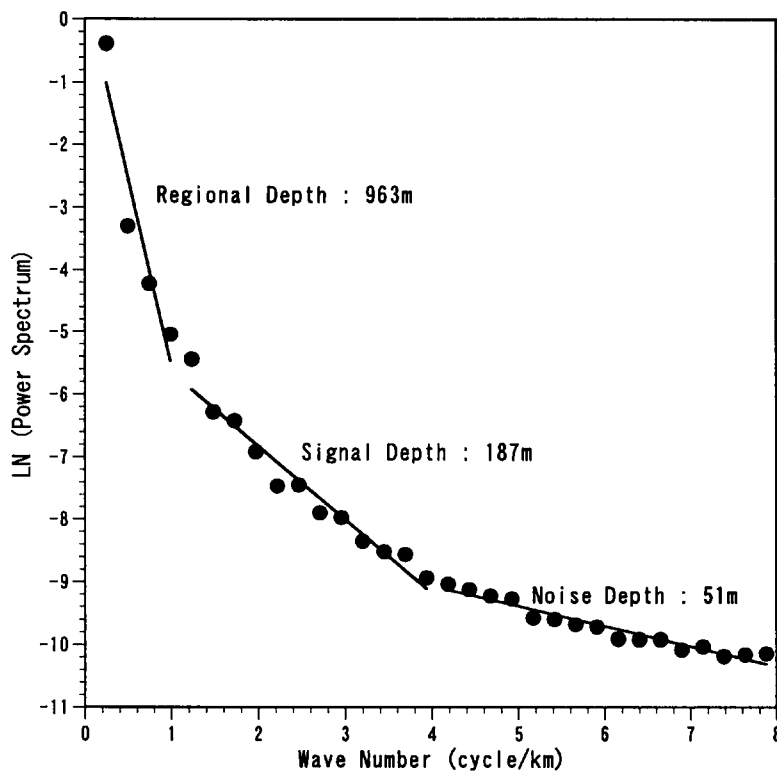


図84 パワースペクトル図(ラクット-アルガ・ガマ地区)

本地区のパワースペクトル図(図84)を分析すると、本地区はブキル地区とほぼ同じような、963m、187m、51mをそれぞれ平均深度とする地下構造による重力異常成分に分けられると考えられる。本調査は鉱床胚胎に関連する数km以浅の地下構造を対象としているので、ブーゲ異常分布から短波長成分を抽出するため、ローカット・フィルタの一種である鉛直一次微分フィルタ処理と傾向面残差処理の2種類の方法で短波長成分を抽出した。本調査では、測点密度1/4以下のCG-02でのブーゲ異常分布(図39)を傾向面と見なした残差

処理を行い、残差重力図として図87に示した。鉛直一次微分図は図88に示した。

測線L0、L3、L4、L5、L6、L7、L8及びL11の8測線について、重磁力断面解析ソフトGM-SYSを用い、残差重力に合うような測線下の地下構造を推定する断面解析を実施して、図89～96に示した。L0を除く測線では、後述の磁気探査の全磁力異常も同時に考慮する連成解析を実施した。

(3) IP法

本調査地区の測線L0、L3、L5、L6、L7、L8及びL11の7測線に対し、IP法電気探査を実施した。測線L0は全測線3kmを対象とし、他の測線は始点の北西端から1kmを対象とした。IP法の測線仕様及び使用機器はブキル地区と同様とした。

測定された見掛比抵抗擬似断面図と分極率擬似断面図を各測線毎にまとめて図98～104に示した。また、電極隔離係数 $n=1\sim 4$ それぞれの見掛比抵抗分布平面図を図105～108に、測定分極率平面図を図109～112に示した。

IP法を適用した全測線について、ブキル地区と同様の手法で断面定量解析を行い、解析比抵抗断面図と解析分極率断面図を測線毎にまとめて、図113～119に示した。また、標高200m、300m、400mの解析比抵抗平面図及び解析分極率平面図をそれぞれ図120～125に示した。

(4) 磁気探査法

本調査地区の測線L2～L11の11測線に対し、地表の測点で磁気探査法の測定を行った。水素原子核の核磁気共鳴を利用したカナダScintrex社製プロトン磁力計MP-2を用いて、各測点で地磁

気の全磁力を測定した。原則として各測点で5回以上の測定を行い、安定した3回以上の読取値の平均を測定値とした。測定している間、測点L8-50付近の樹木に同じ型の磁力計のセンサを固定して定点観測を実施した。5分間毎に測定を行った結果、図85のような地磁気の変化が得られた。この曲線から各測点の測定時刻の地磁気変化を読み取り、日変化補正を実施した。

米国Northwest Geophysical Associates社のソフトNGRFを用いて、各測点の測定時における国際標準磁場(International Geomagnetic Reference Field)の全磁力を計算し、日変化後の全磁力異常を差し引いたIGRF残差を求めた。以下では、このIGRF残差を全磁力異常として解析に用いた。

全磁力異常を各測点位置にプロットしてコンターを描いた等磁力線図を図127に示した。各測線毎に全磁力異常の変化を折線グラフで示した磁気断面図を図128に示した。磁気図に対して重力探査と同じように短波長成分を抽出する鉛直1次微分フィルタを適用した鉛直1次微分図を図129に示した。

既に重力法で述べたように測線L3, L4, L5, L6, L7, L8及びL11の7測線について、重力断面解析ソフトGM-SYSを用い、全磁力異常に合うような測線下の地下磁気構造を推定する断面解析を実施した。磁気断面解析結果を重力断面解析結果と合わせて磁気断面図とともに図90～96に示した。

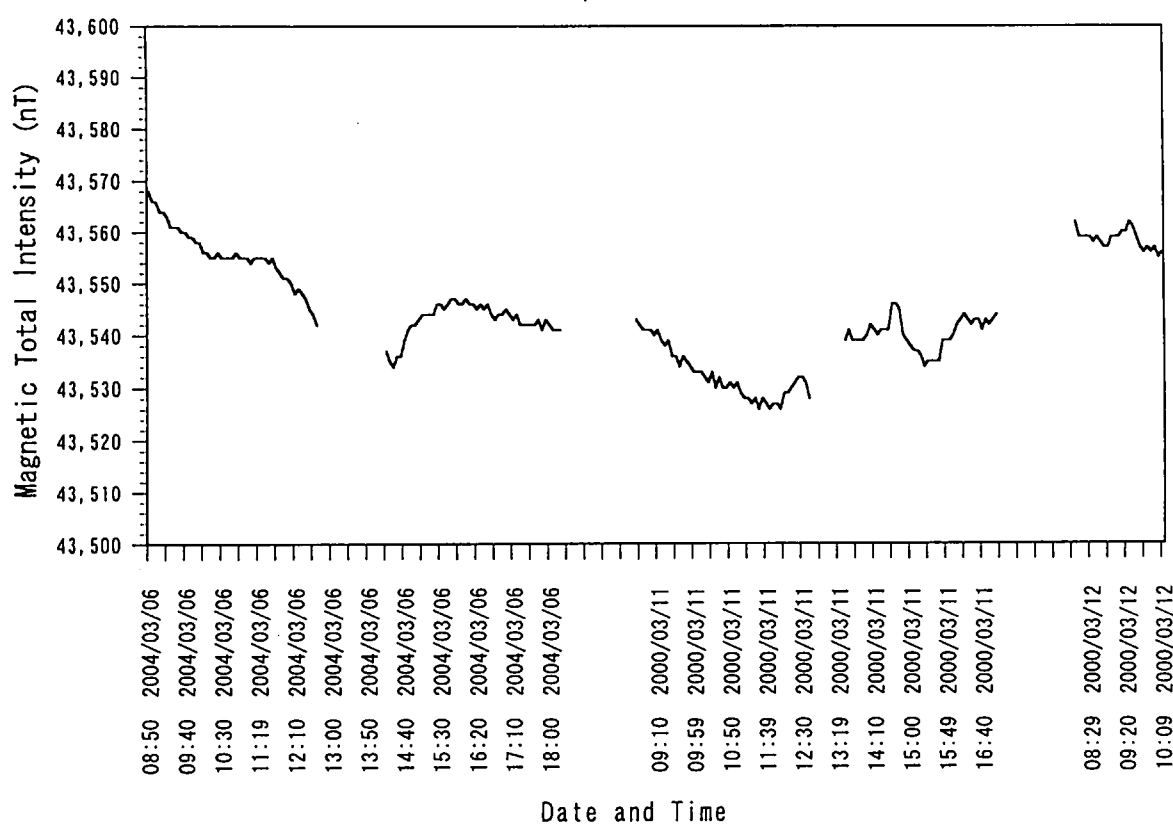


図85 定点観測による地磁気

(5) 室内試験

本調査地区内及びその周辺の露頭で採取した20個の試料を、ブキル地区と同様の方法で、原則として直径3.5cm、長さ6.5cmの円筒形に整形して密度、比抵抗及び分極率を測定した。

これらの試料とは別に採取した31個の試料を直径2.5cm、長さ4~6.5cmの円筒形に整形し、米国Bison社製3101型帯磁率計を用いて帯磁率を測定した。3回の読取値の平均値に直径補正と空隙率補正を施した。

さらに、露頭において北と水平を示す印を付けた後に採取する定方位サンプリングした11個の試料について、方位を合わせて直径約2.5cmの円筒形試料に整形し、自然残留磁気と帯磁率を測定した。自然残留磁気の測定にはチェコAGICO社製JR-5A型全自動スピナー磁力計を用い、帯磁率の測定には同社製KLY-3S型スピナーカッパーブリッジ帯磁率計を用いた。

4.3.2 重力法探査結果

本調査地区のブーゲ異常(以下、重力と呼称)分布に認められる特徴を以下に述べる。

(1) 広域重力分布(図38, 図39)

ラクワット-アルグブ・アダマ地区の南東側には西南西-東北東方向に延びる0 mgal以上の大規模な高重力がある(図38)。この高重力異常から北西のブキル地区へ向かう張り出しがある。この高重力の張り出しから細長い0 mgal以上の高重力帯が北東方向へ延びており、本地区は細長い高重力帯の南西側付け根に位置する。

図39に示した調査地周辺の広域重力異常では-5 mgal以上の北西-南東方向に長い高重力異常から北東側の低重力異常に落ち込む重力急傾斜帯周辺にラクワット鉱山採掘跡とアルグブ・アダマが位置する。

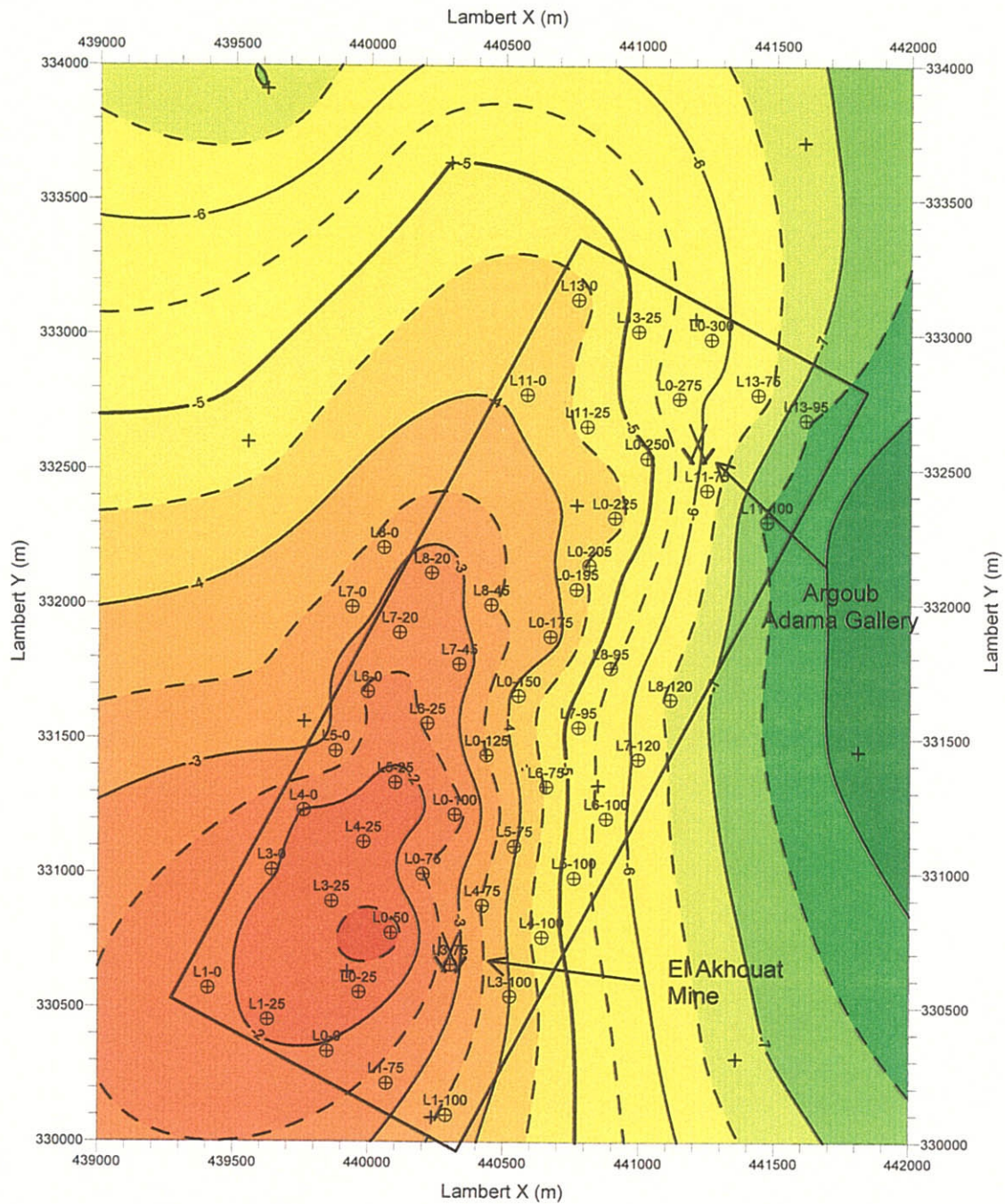
(2) 調査地重力分布(図86)

調査地の南西側に広がる高重力異常は調査地南西部のL0-50付近で最大値-1.25を取る。この最大値から調査地西部を高重力異常が北へ延びている。この高重力異常の東側は南北系の重力急傾斜帯となって、調査地の東側に広がる低重力へ落ち込んでいる。この高重力異常及び重力急傾斜部の延びの方向は地質構造の走向と調和的である。調査地北部のアルグブ・アダマ旧坑跡から北では、重力急傾斜部の重力コンターの幅が広がる傾向があり、この傾向が認められる範囲は三疊系の分布範囲に相当する。

高重力異常の西側は調査地の北西側に広がる低重力に向かって徐々に低くなっている。

(3) 残差重力異常(図87)

残差重力異常は調査地南部から西部にかけて南北方向に延びる1 mgal以上の高残差重力異常で特徴づけられる。高残差重力異常は調査地中央部のL0-100付近に極大値を持ち、白亜系石灰岩の分布に対比することができる。調査地北部のL11-25付近、中央部のL8-45付近及びL0-125付近の三疊系分布域周辺では、高残差重力異常中に部分的な低残差重力のくびれが認められる。



Legend

- ⊕ : Gravity Station
- + : Existed Gravity Station
- : Survey Area
- XX : Closed Mine

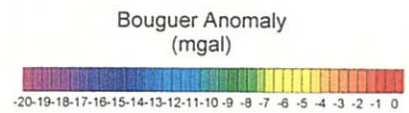
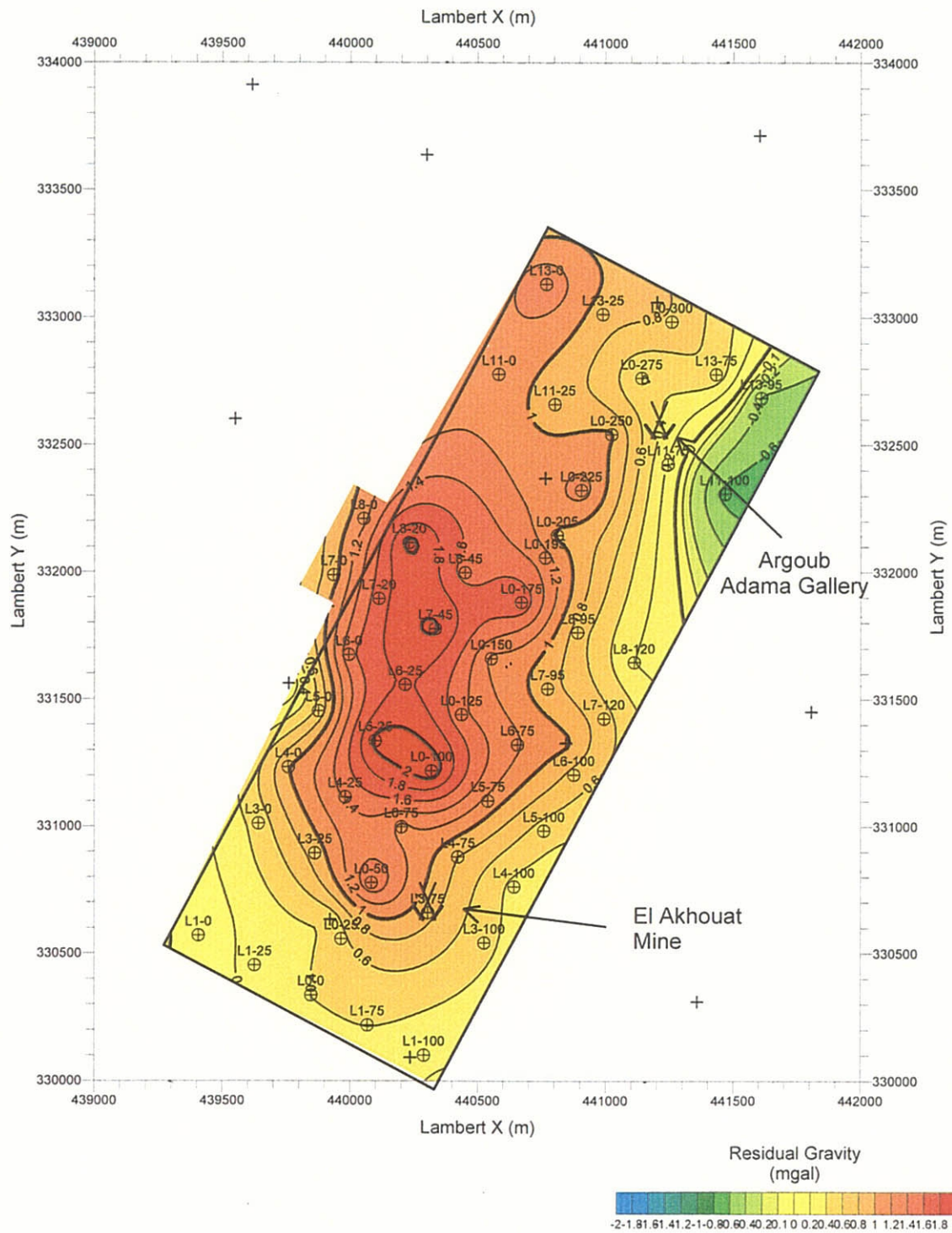


図 86
 ラクワット-アルクブ・アダマ地区
 等重力線図
 (補正密度 : 2.33g/cm³)
 Scale 1 : 25,000
 March, 2000



Legend

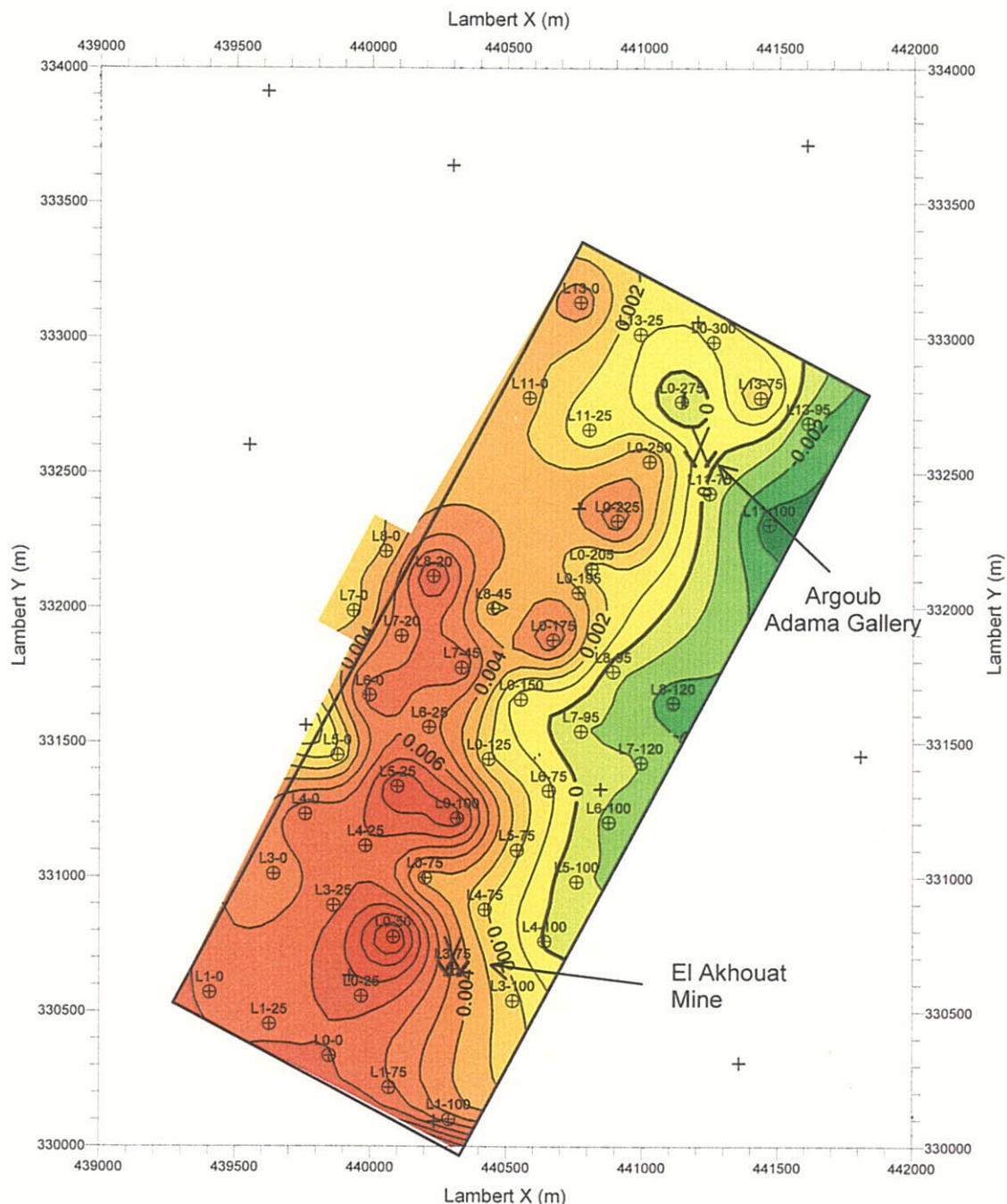
- ⊕ : Gravity Station
- ⊕ : Existed Gravity Station
- : Survey Area
- XX : Closed

図 87

ラクワット-アルクフ・アダマ地区
残差重力図

Scale 1 : 25,000

March, 2000



Legend

- ⊕ : Gravity Station
- + : Existed Gravity Station
- : Survey Area
- XX : Closed Mine

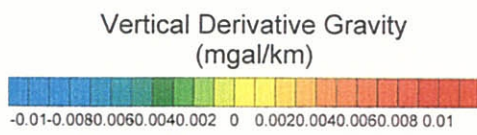


図 88

ラクワット-アルケフ・アダマ地区重力法
フィルター図(鉛直一次微分)

Scale 1 : 25,000

March, 2000

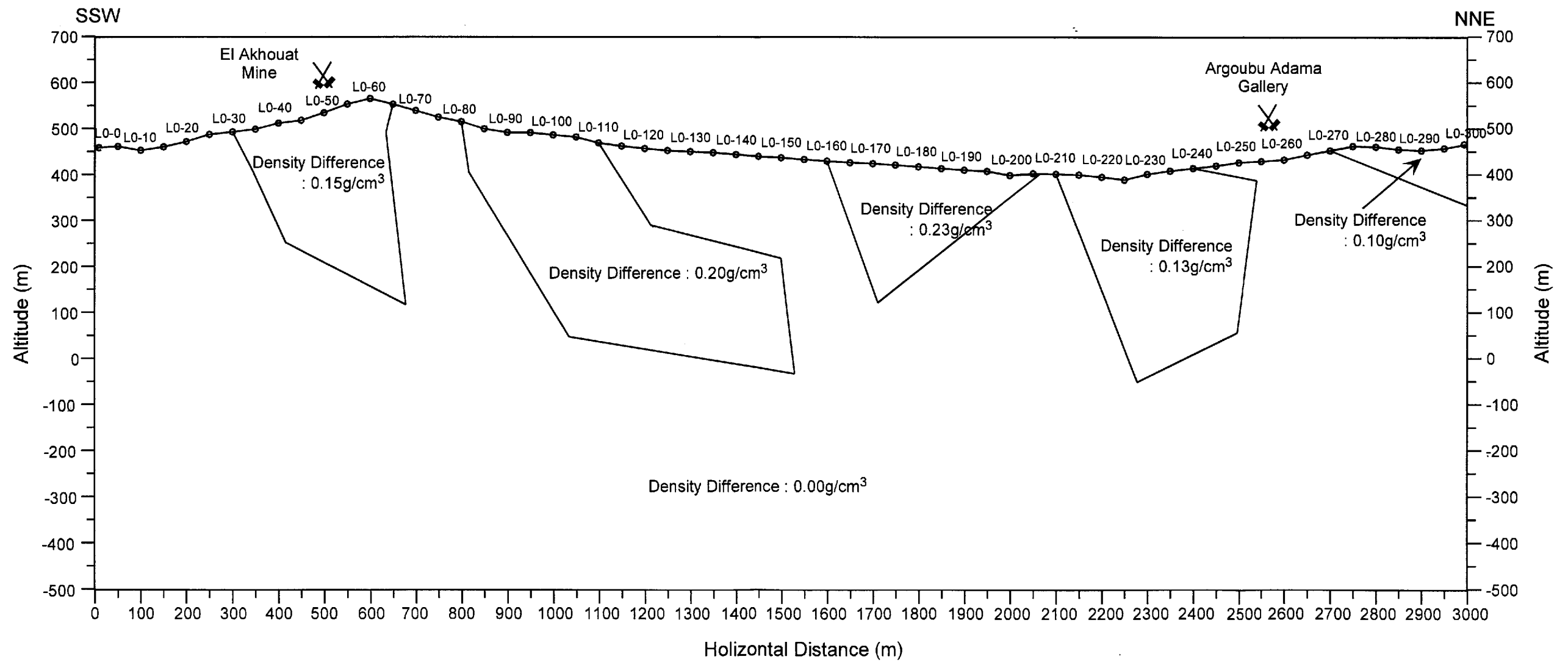
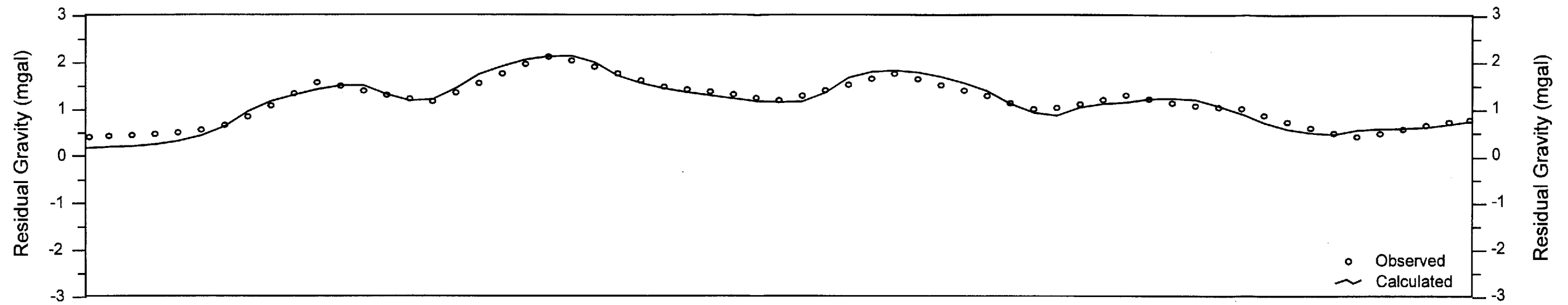


図 89
重力法解析断面図 (L0測線)
Scale : 10,000
March, 2000

高残差重力異常の西側及び東側は高残差重力急傾斜部になっている。この急傾斜部は大局的には南北系の方向性を持つ。東部のL6-100付近や北部のL0-250付近では、東側に部分的に張り出す。東側南部は北東-南西の方向性を持つ。高残差重力異常の南側も北西-南東系の短い残差重力急傾斜部があり、この付近には同じような方向の断層がある。

調査地南部のラクワット鉱山採掘跡は高重力残差異常の南への張り出しの先端部に位置し、北部のアルグブ・アダマ旧坑跡は高重力残差異常の東への張り出しの周辺部に位置する。

(4) 鉛直1次微分(図88)

調査地東部をL13-95付近からL4-100付近にかけて0 mgal/kmのコンターが北北東-南南西方向に延びている。このコンターは白亜系と第三系の境界部に相当すると考えられる。この0 mgal/kmのコンターの西側では調査地西部で小規模な高異常が南北方向に並び、調査地北東部では北東-南西方向に並んでいる。これらの高異常は白亜系石灰岩の分布域にある。その2列の高異常の並びの間は三畳系の分布域に相当し、相対的な低異常が並んでいる。

この鉛直1次微分ではコンターではなく、高異常と低異常の配置から三畳系と白亜系の接触部を推定するしかない。高異常はL0-275, L0-205, L6-25及びL4-25付近のように、北西-南東方向の小さな低異常のくびれによって分断されており、コンターの密な部分には小さな断層系の存在が示唆される。

調査地南部のラクワット鉱山採掘跡は小さな高異常のすぐ東に位置し、コンターの密な部分が南北方向にのびていることから、小規模な断層系の可能性がある。北部のアルグブ・アダマ旧坑跡は高異常と低異常の間に位置し、北西-南東方向の小さな断層系の可能性がある。

(5) 断面解析

① L0断面(図89)

調査地を南南西から北北東に向かって縦断する断面である。大局的には、三畳系に対比することができると考えられる密度差0 g/cm³の重力基盤の上部に、密度差0.10~0.23g/cm³の高密度層が分布する2層構造を呈している。高密度層は白亜系の石灰岩に相当すると考えられる。断面北北東部を除くと、表層の高密度層の下面深度は標高0~200mの範囲にあり、層厚は200~300m程度である。高密度層はL0-30~70付近, L0-80~150付近, L0-160~L0-200付近及びL0-210~250付近及びL0-270~300付近の5ブロックに別れており、その間では低密度の重力基盤が地表に露出している。この重力基盤の地表露出部は必ずしも三畳系の分布域とは一致しない。この低密度は空隙率の大きな断層系の存在を示唆している可能性がある。

断面南南西部のラクワット鉱山跡は密度差0.15の高密度層が最も厚い箇所に位置する。断面北北東部のアルグブ・アダマ旧坑跡は重力基盤が地表面に現れ、表層の高密度層との境界部に位置する。

② L3断面(図90)

調査地南部のラクワット鉱山跡を通して北西から南東に横断する断面である。ほぼ全断面にわ

たって密度差0の重力基盤を密度差0.05~0.2g/cm³の高密度層が覆う2層構造として解析された。

重力基盤の上面は標高0~100m付近にあり、ラクワット鉱山採掘跡周辺で地表付近まで一度盛り上がった後、南東端で地表面に現れている。重力基盤は基本的に三疊系に相当し、北西端付近の露出は第三系の堆積岩類に対比されると考えられる。

白亜系石灰岩層に対比される表層の高密度層は中央丘陵部のL3-40~90付近で0.09~0.2g/cm³と北西部に比べて密度差が大きくなる。

ラクワット鉱山採掘跡は重力基盤の盛り上がりの北西側、高密度層との境界部に位置する。

③ L4断面(図91)

L3断面の北北東250mを北西から南東に横断する断面である。L3断面と同じような2層構造を呈し、断面南東部L4-80付近で三疊系に対比されると考えられる重力基盤が地表付近まで盛り上がっている。南東端付近の重力基盤の地表への露出は第三系の堆積岩類に対比できると考えられる。

表層の高密度層は密度差0.15~0.27g/cm³でL3断面に比べて大きく、層厚が200~300mと少し薄くなっている。

④ L5断面(図92)

L4断面の北北東250mを北西から南東に横断する断面である。L4断面と同じような2層構造を呈しているが、L3断面やL4断面とは三疊系に対比されると考えられる重力基盤の上面形状が異なっている。

断面北西端付近では地表下50m付近にあった重力基盤の上面は南東に向かって深くなり、L5-60付近で標高-200mまで深くなった後、L5-70付近から南東では地表下50m程度まで浅くなる。この断面では地表に三疊系の分布が認められないことから、南東部における重力基盤の盛り上がりは三疊系ではなく、L3及びL4断面の南東端に認められた第三系堆積岩類を示している可能性がある。

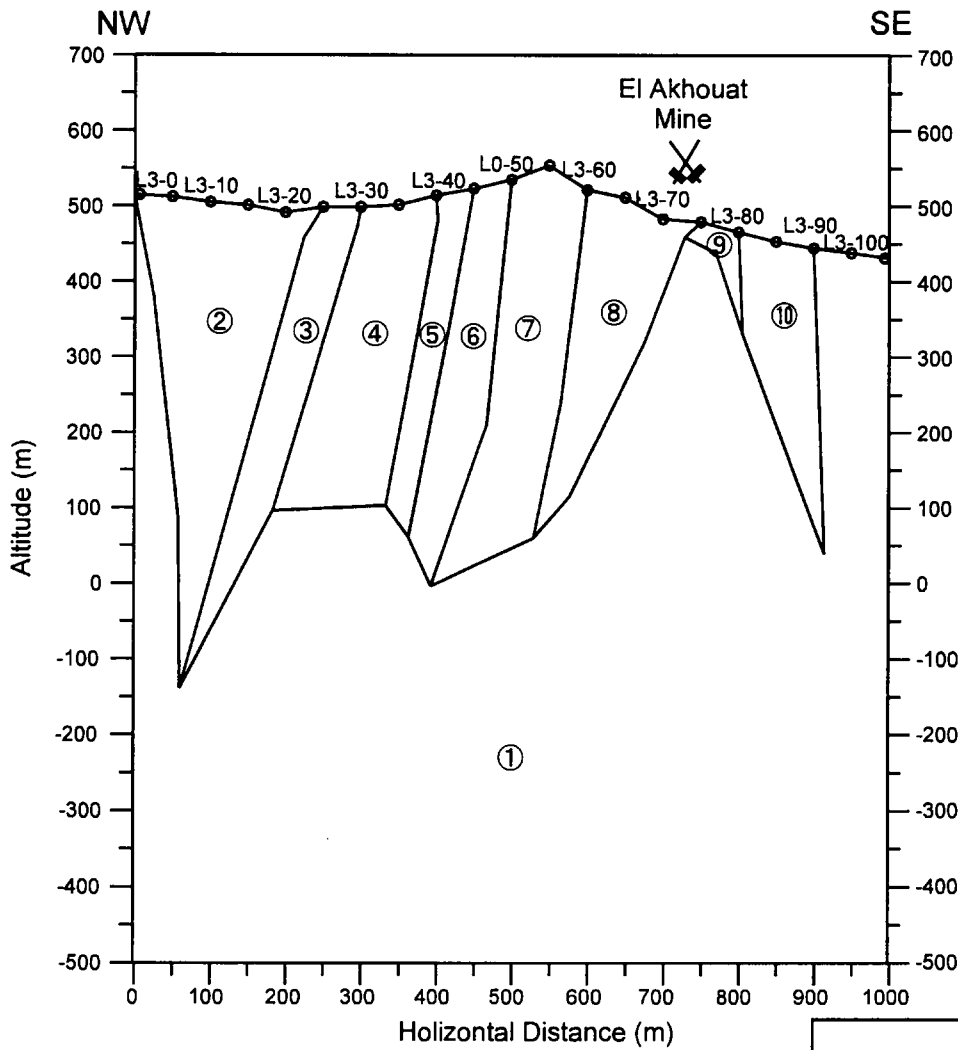
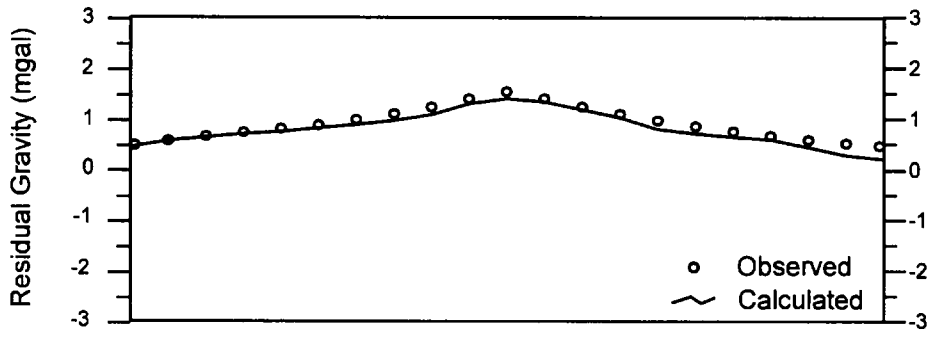
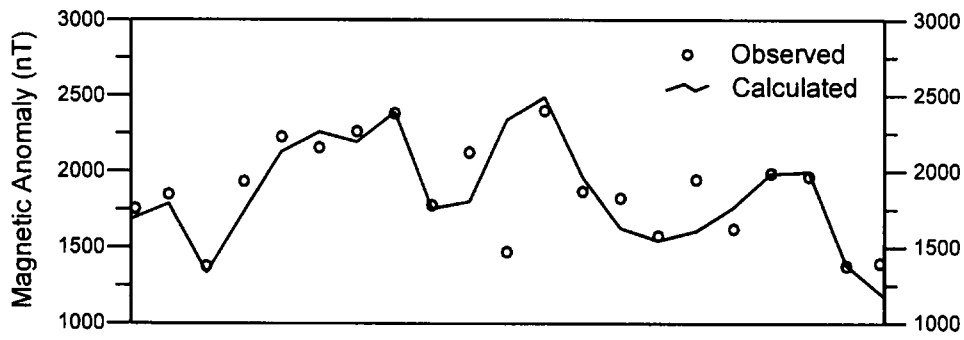
白亜系石灰岩類に対比される表層の高密度層の密度差は0.15g/cm³、層厚は丘陵部で薄く、山麓部で厚くなっている。

⑤ L6断面(図93)

L5断面の北北東250m、調査地中央部を北西から南東に横断する断面である。L5断面と同じような2層構造を呈し、断面中央から北西側の重力基盤上面は標高0~200m付近の深い位置にあり、南東側では標高200~300m付近まで浅くなっている。

⑥ L7断面(図94)

調査地中央部、L6断面の北北東250mを北西から南東に横断する断面である。断面中央部のL7-50付近から南東では、L5断面やL6断面と同じようにL0-150付近を境に北西側の重力基盤の上面が深く、南東側は地表下100m付近まで浅くなる。L7-40付近では重力基盤が地表付近まで盛り上がり、一旦L7-30付近で標高100m付近まで深くなるものの、北西端付近では地表下100m



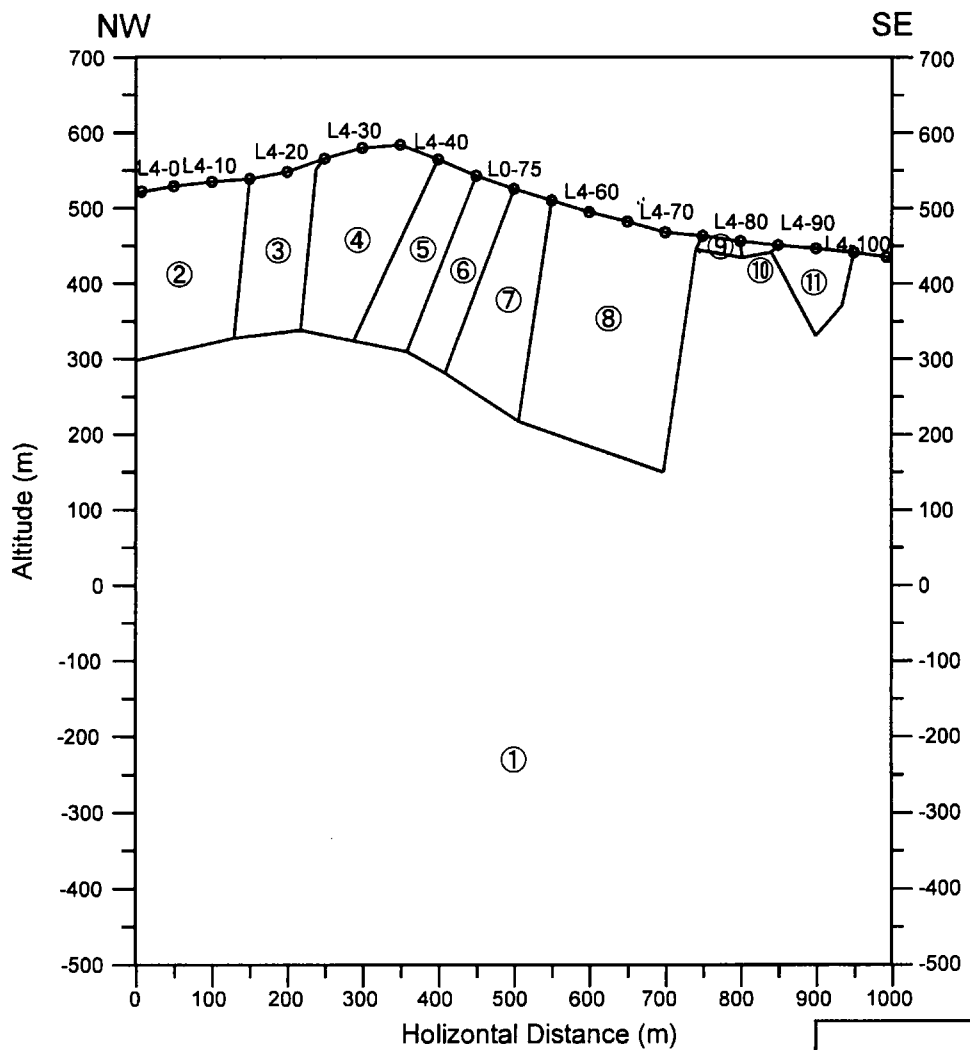
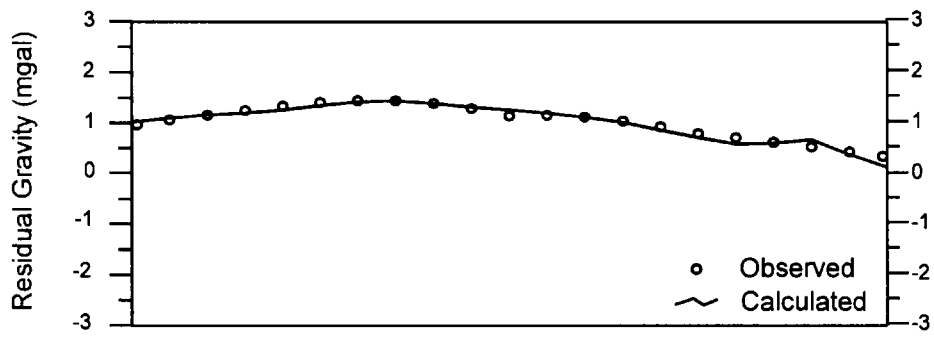
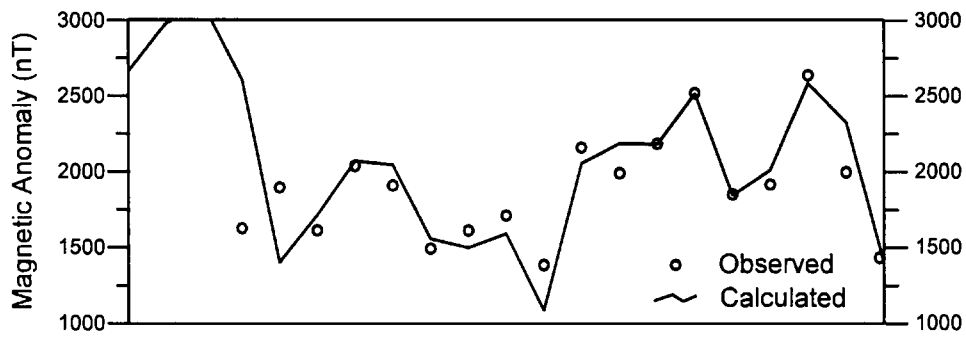
	Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgemu)
①	0.00	0.000
②	0.05	0.015
③	0.05	0.000
④	0.05	0.025
⑤	0.05	0.000
⑥	0.20	0.015
⑦	0.15	0.000
⑧	0.10	0.070
⑨	0.09	0.000
⑩	0.10	0.050

図90

重力法・磁気探査法
解析断面図 (L3測線)

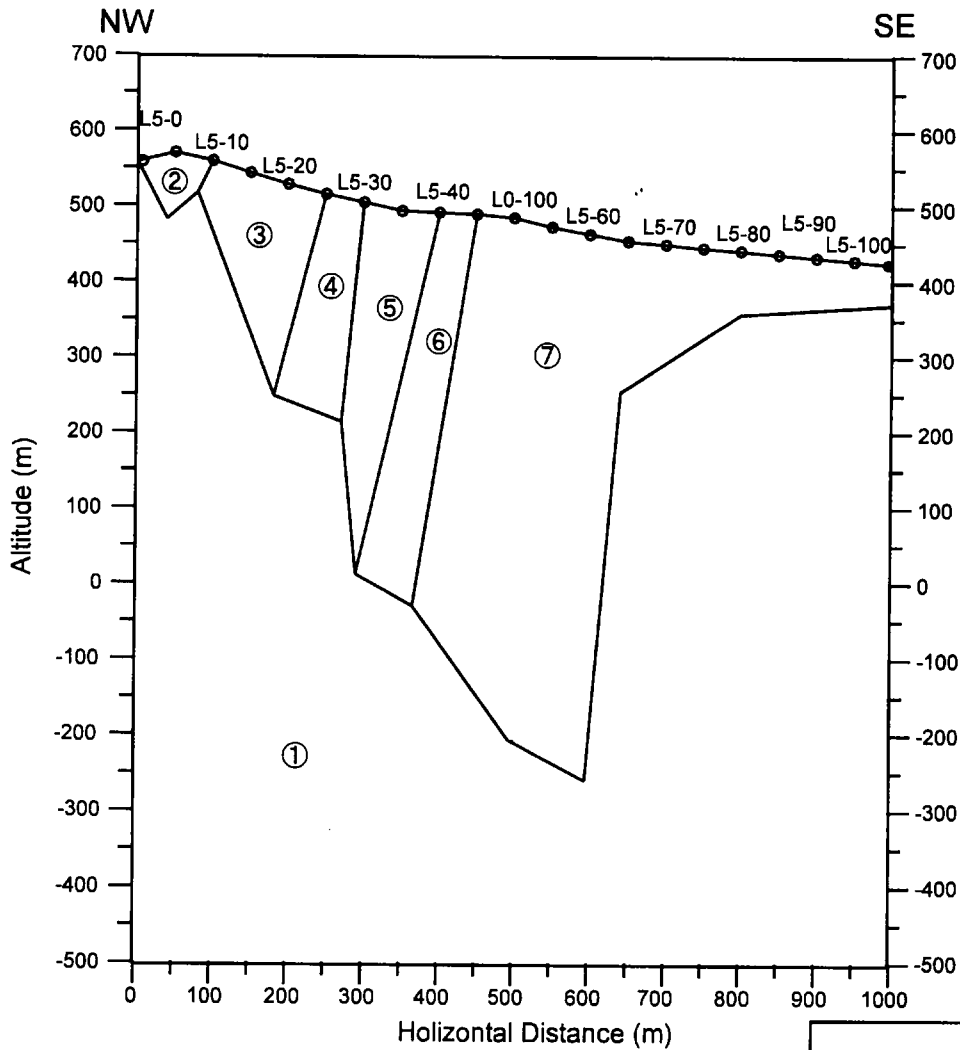
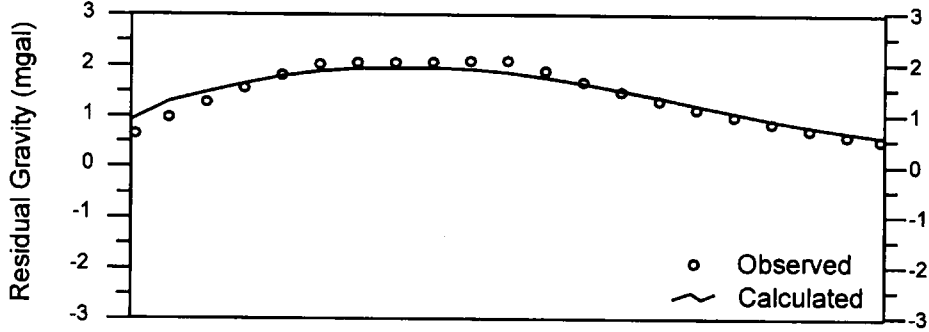
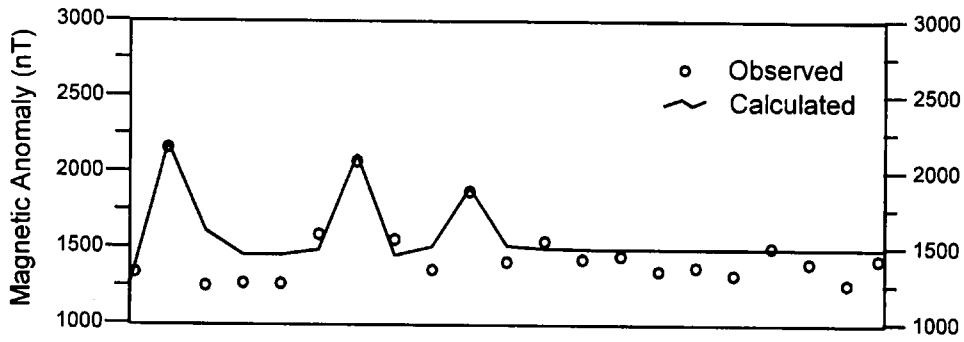
Scale : 10,000

March, 2000



	Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgsemu)
①	0.00	0.000
②	0.15	0.005
③	0.15	0.000
④	0.15	0.002
⑤	0.15	0.000
⑥	0.15	0.003
⑦	0.15	0.000
⑧	0.15	0.004
⑨	0.24	0.005
⑩	0.27	0.000
⑪	0.27	0.005

图91
 重力法・磁気探査法
 解析断面図(L4測線)
 Scale : 10,000
 March, 2000



Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgsemu)
---	----------------------------------

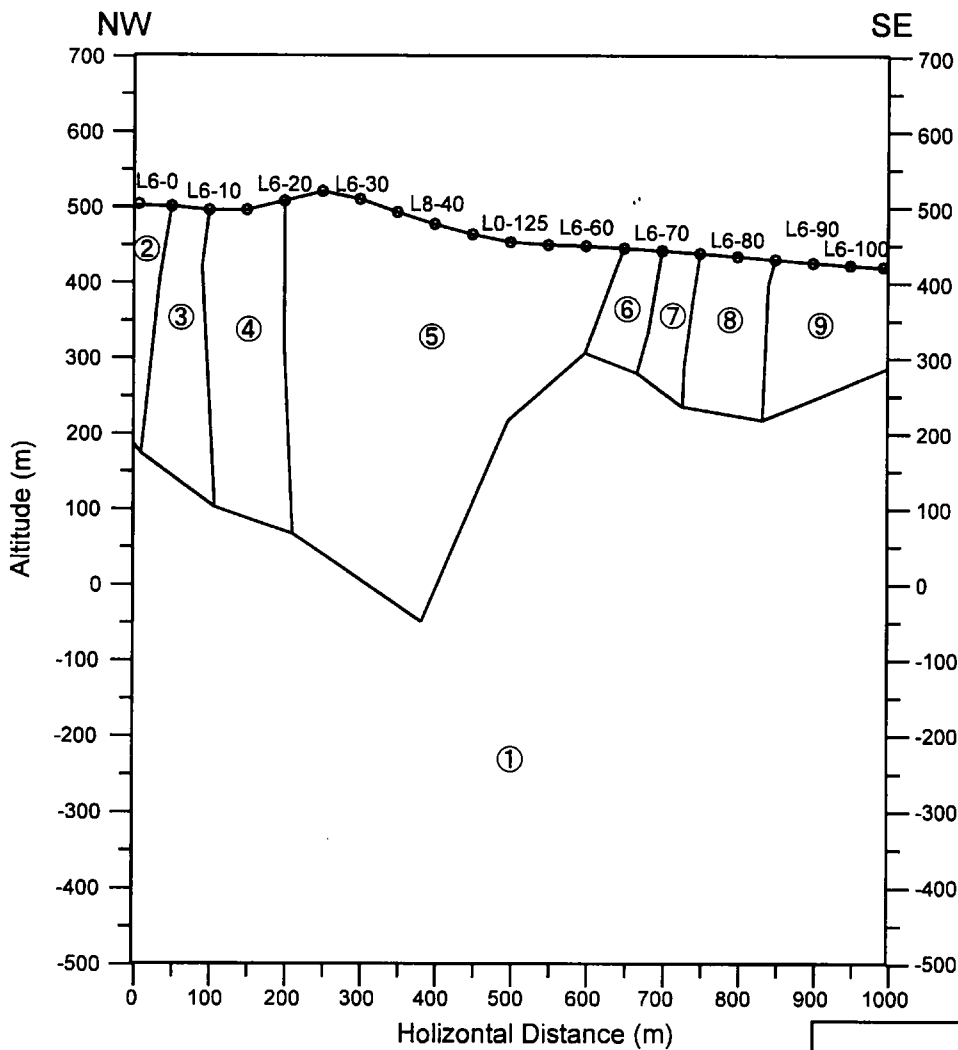
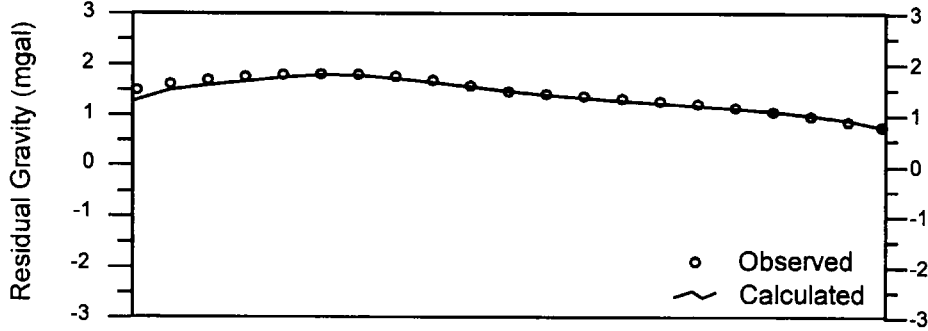
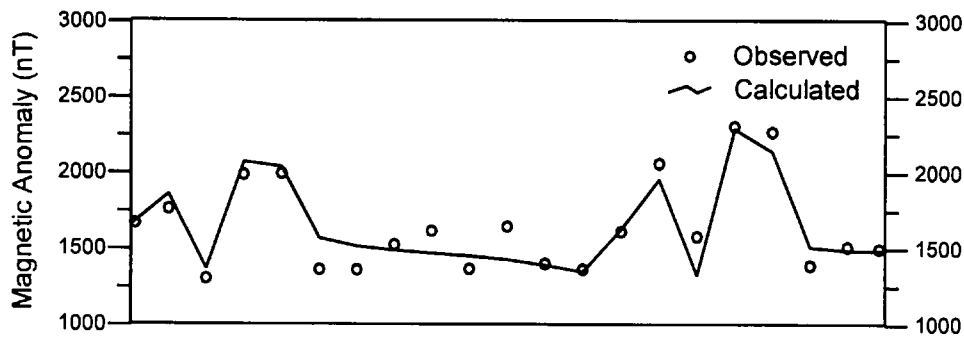
①	0.00	0.000
②	0.15	0.001
③	0.15	0.000
④	0.15	0.001
⑤	0.15	0.000
⑥	0.15	0.002
⑦	0.15	0.000

図92

重力法・磁気探査法
解析断面図(L5測線)

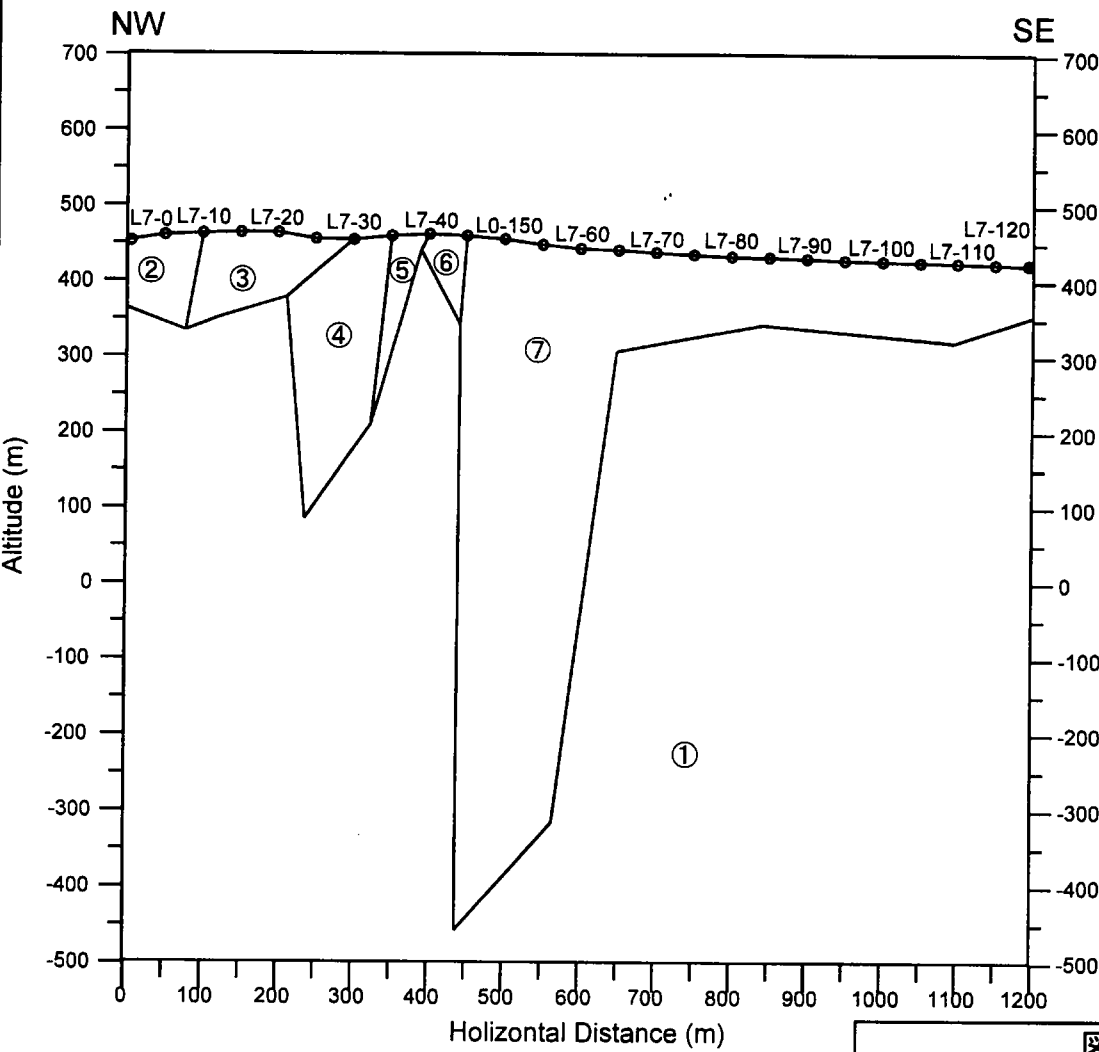
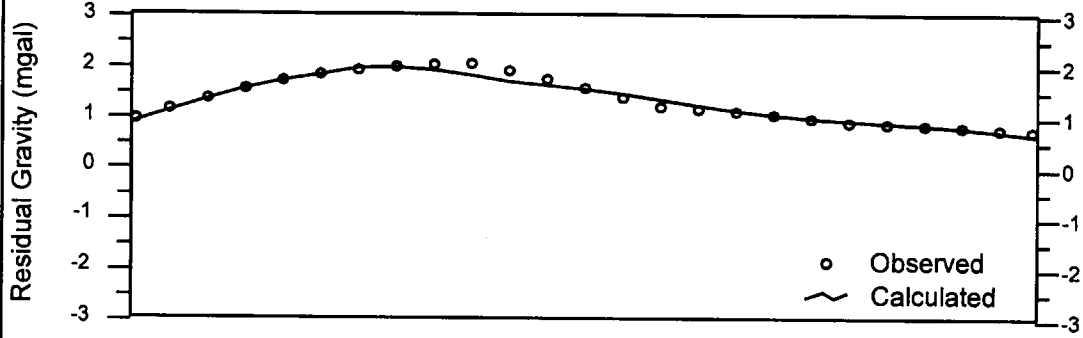
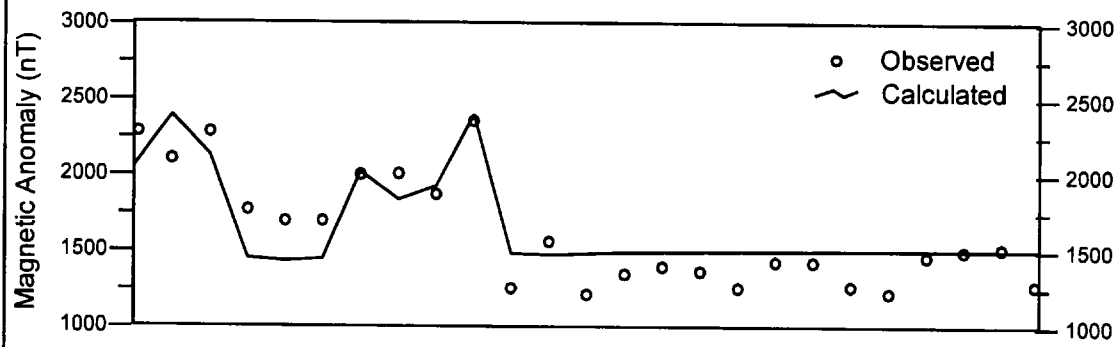
Scale : 10,000

March, 2000



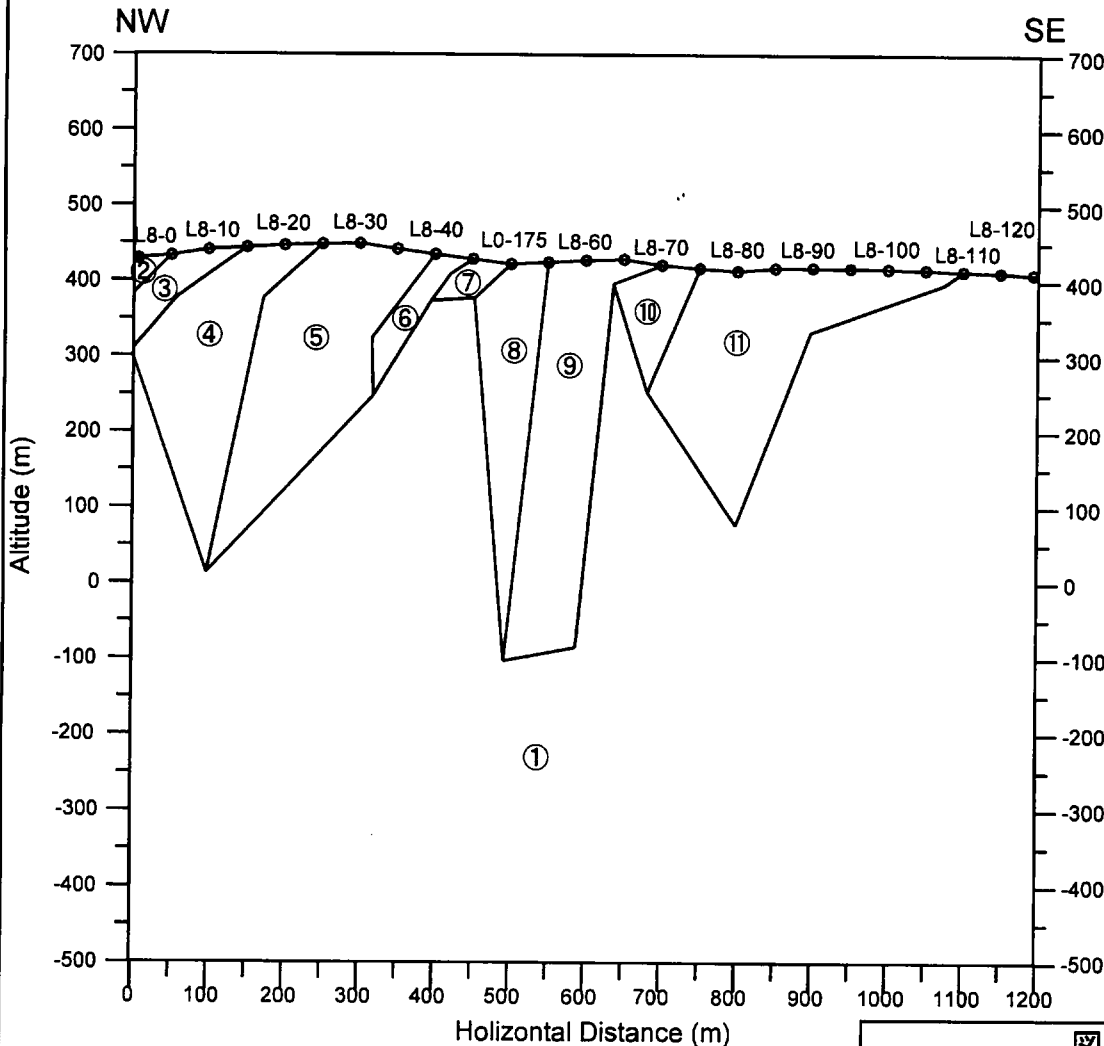
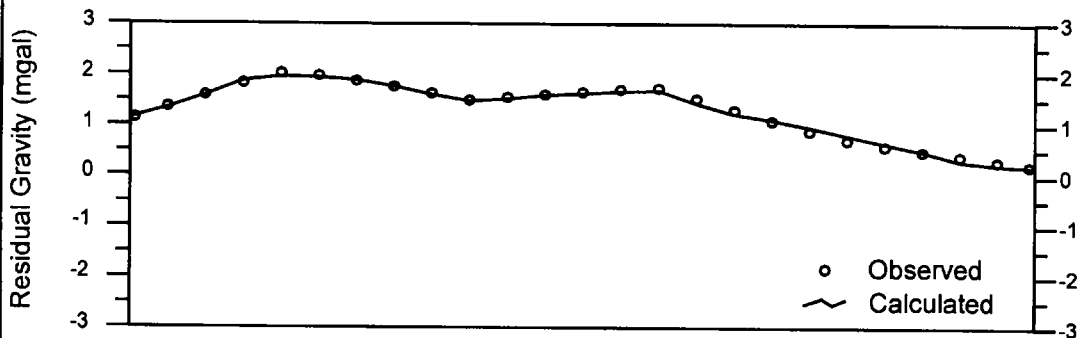
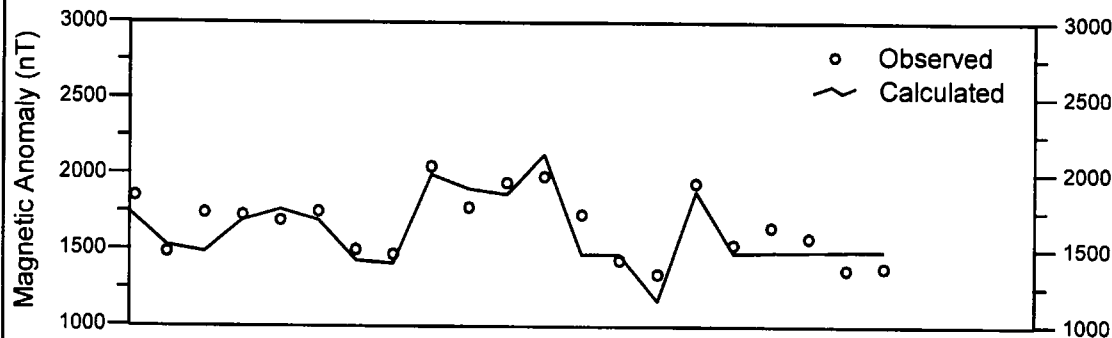
	Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgsemu)
①	0.00	0.000
②	0.15	0.002
③	0.15	0.000
④	0.15	0.002
⑤	0.15	0.000
⑥	0.15	0.003
⑦	0.15	0.000
⑧	0.15	0.003
⑨	0.15	0.000

図93
重力法・磁気探査法
解析断面図 (L6測線)
 Scale : 10,000
 March, 2000



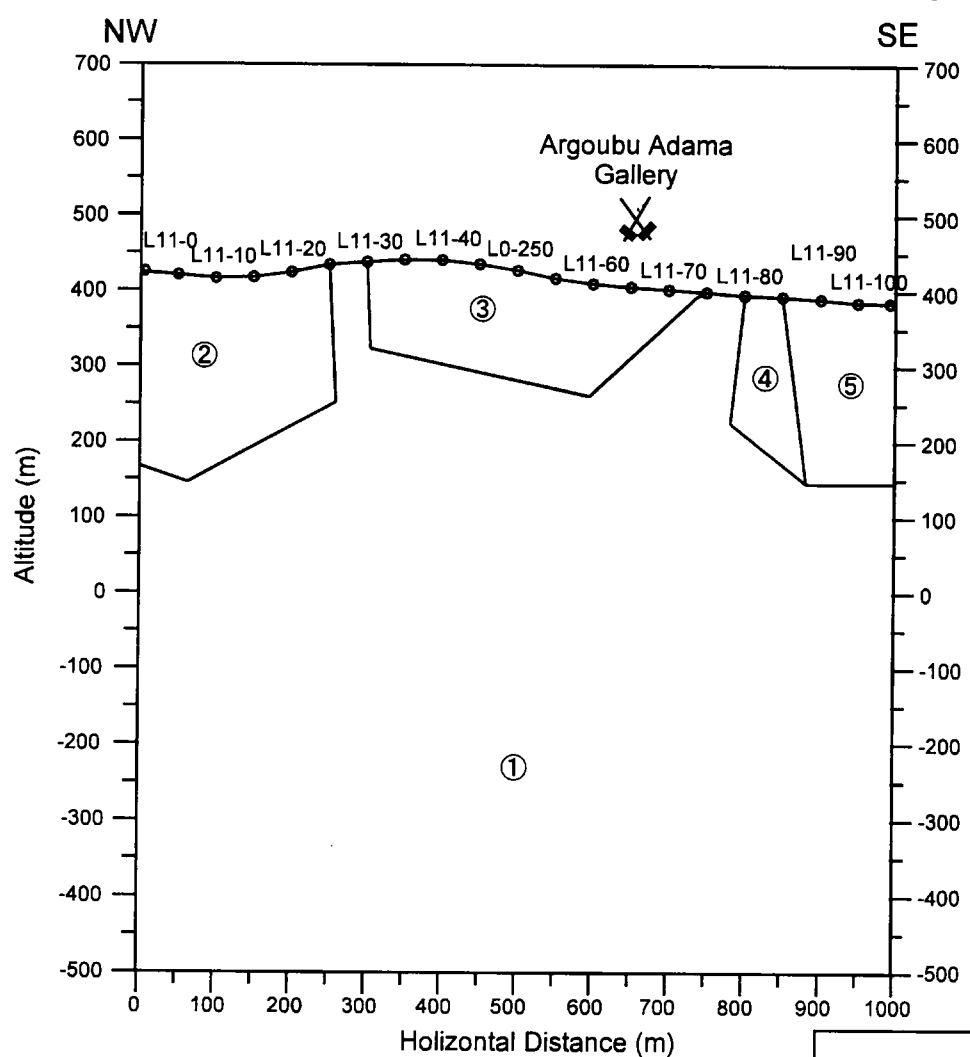
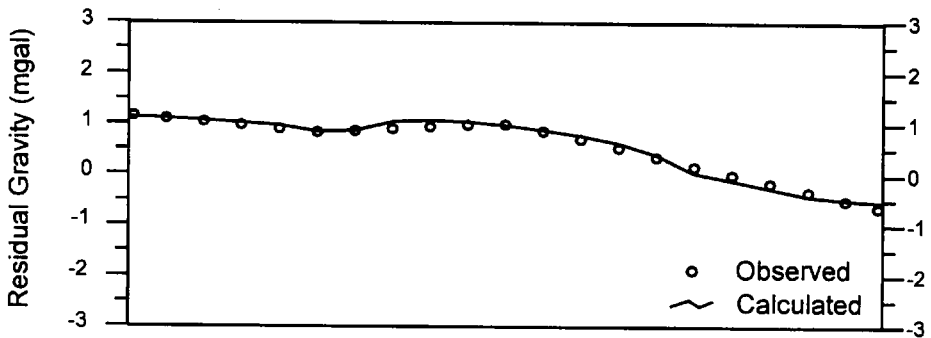
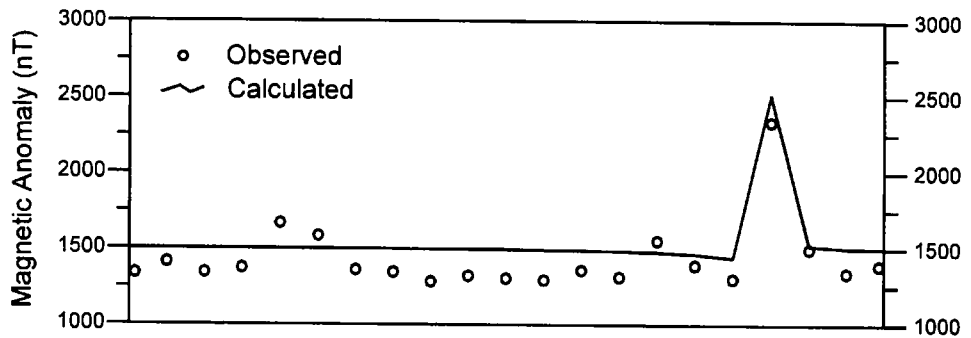
	Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgsemu)
①	0.00	0.000
②	0.16	0.003
③	0.23	0.000
④	0.29	0.002
⑤	0.30	0.000
⑥	0.30	0.005
⑦	0.17	0.000

図94
 重力法・磁気探査法
 解析断面図 (L7測線)
 Scale : 10,000
 March, 2000



	Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgsemu)
①	0.00	0.000
②	0.11	0.001
③	0.05	0.000
④	0.25	0.001
⑤	0.23	0.000
⑥	0.21	0.003
⑦	0.14	0.000
⑧	0.17	0.003
⑨	0.18	0.000
⑩	0.30	0.002
⑪	0.14	0.000

図95
 重力法・磁気探査法
 解析断面図 (L8測線)
 Scale : 10,000
 March, 2000



	Density Difference (g/cm ³)	Magnetic Susceptibility (cgsemu)
①	0.00	0.000
②	0.15	0.000
③	0.21	0.000
④	0.00	0.001
⑤	-0.08	0.000

図 96
 重力法・磁気探査法
 解析断面図(L11測線)
 Scale : 10,000
 March, 2000

付近まで浅くなる。L7-40付近の盛り上がりは三疊系の分布範囲に対応する。

白亜系石灰岩に対比される表層の高密度層の密度差は、L4～L6断面と同程度の $0.16\sim 0.17\text{ g/cm}^3$ であるが、重力基盤の盛り上がりを含むL7-10～50付近で、 $0.23\sim 0.30\text{ g/cm}^3$ と大きくなっている。

⑦ L8断面(図95)

調査地中央部、L7断面の北北東250mを北西から南東に横断する断面である。三疊系に相当すると考えられる重力基盤の上面はL8-40付近とL8-70付近で地表付近まで盛り上がる。L8-90付近から南東で重力基盤上面は浅くなり、断面南東端では地表に露出する。この南東部の重力基盤は第三系の堆積岩類に相当すると考えられる。

白亜系石灰岩に対比される表層の高密度層の密度差は $0.05\sim 0.30\text{ g/cm}^3$ と変化に富み、重力基盤の盛り上がり以外の層厚は400m程度である。

⑧ L11断面(図96)

調査地北部を北西から南東に横断する断面である。L11-70より北西では重力基盤の上に密度差 $0.15\sim 0.21\text{ g/cm}^3$ の高密度層が載る2層構造を呈するが、断面南東端は表層に低密度層が露出し、第三系の堆積岩類に相当すると考えられる。

高密度層分布範囲は白亜系の分布範囲に相当し、白亜系の中での岩石の違いを表しているものと考えられる。

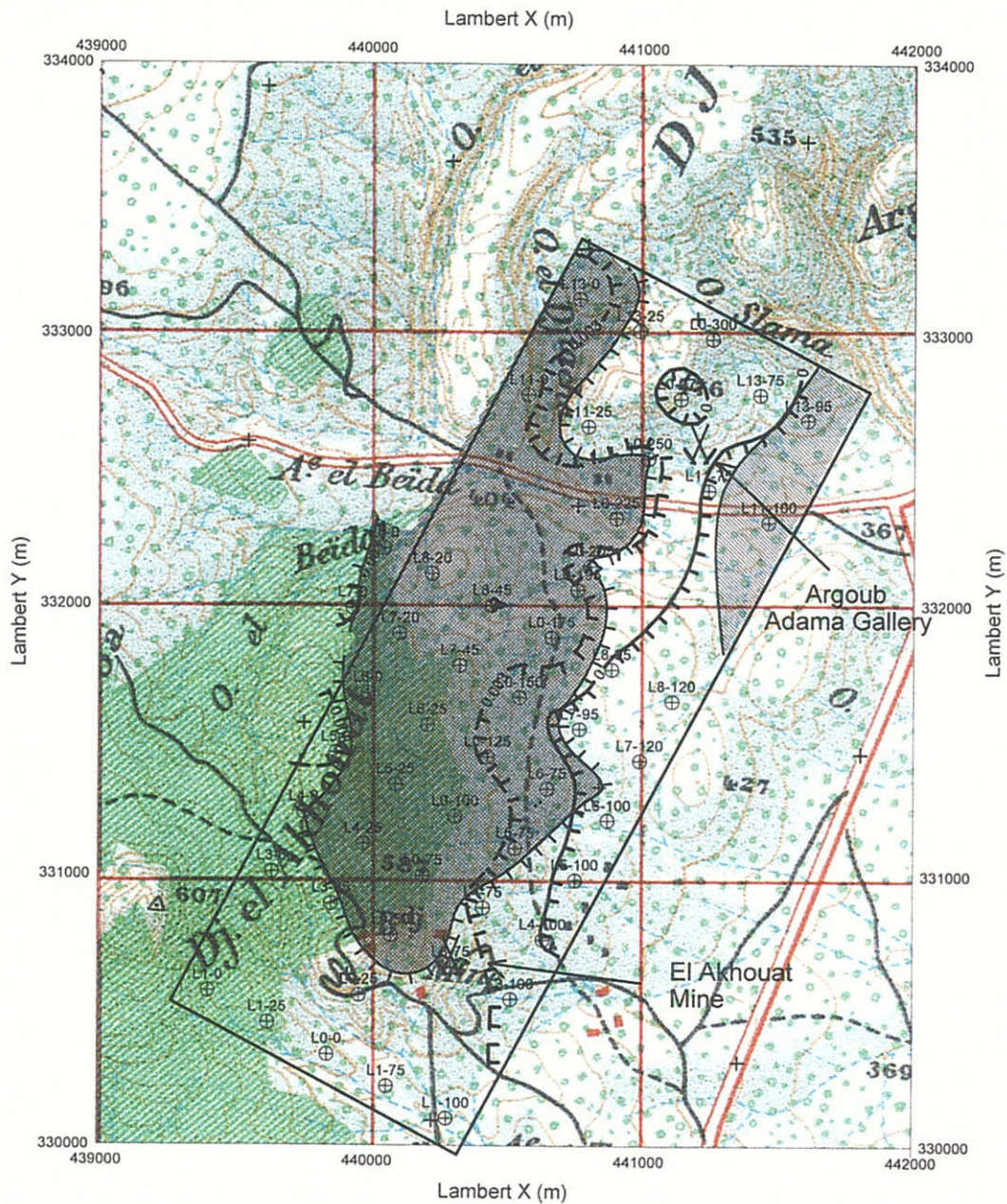
(5) 解析平面

特徴的な残差重力異常と重力鉛直1次微分図の 0 mgal/km 及び 0.003 mgal/km のコンターを重ねた解析平面図を図97に示した。

調査地南部のラクワット鉱山採掘跡及び北部のアルグブ・アダマ旧坑跡は調査地西部を南北方向に延びる 1 mgal 以上の細長い高残差重力異常から東側の低残差重力へ落ち込む重力急変部周辺に位置する。この高残差重力異常は高密度を示す白亜系石灰岩層から生じ、東側の低密度は第三系の堆積岩類によって生じたと考えられる。この高残差重力異常の内部の東側には、小規模な低残差重力の括れがあり、これが三疊系の分布に相当すると考えられる。

すなわち、プキル地区と同様、広域的にはダイアピル周辺は高重力を示すものの、ダイアピル自体は相対的な低重力を生じる低密度岩体と考えられる。このような特徴は鉛直1次微分にも現れて、大きな密度境界を示す 0 mgal/km のコンターは白亜系と第三系の境界を示し、三疊系の分布は極小規模な低異常の並びとして表現されている。

ラクワット鉱山採掘跡、アルグブ・アダマ旧坑跡の両鉱徴地は高残差重力異常からの張り出し周辺に位置するが、北西-南東系又は東西系の小規模な低残差重力の食い込み周辺に位置するとの見方もできる。鉛直1次微分図でも、鉱徴地周辺に北西-南東方向の密度境界を示すような高異常と低異常の組合せを認めることができる。



Legend

- ⊕ : Gravity Station
- ⊕ (with radiating lines) : High Residual Gravity > 1 mgal
- ⊕ (with horizontal lines) : Low Residual Gravity < 0 mgal
- ⊕ (with a cross) : Existed Gravity Station
- : Survey Area
- XX : Closed Mine
- TTT : Vertical Derivative Gravity : 0 mgal/km
- TTT : Vertical Derivative Gravity : 0.003 mgal/km

図 97

重力法解析平面図
(ラクワット-アルクブ・アダマ地区)

Scale 1 : 25,000

March, 2000