

第5章 バジナ・ケビラ地区

5.1 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、バジナ・ケビラ地区における断層、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35に使用空中写真を示す。

表35 使用空中写真一覧(バジナ・ケビラ地区)

地 区	写 真 番 号	枚数	備 考
バジナケビラ	2425-2429, 2413-2417	10	Project:74TU359/250 UAG412

本地区では、断層と推定されるリニアメントが三畳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主に北東-南西方向、南北方向、北西-南東方向であり、北東-南西方向のリニアメントが最も多く分布する。

層理構造を示すと推定されるリニアメントは主に三畳系分布域に認められた。これらのリニアメントは北東-南西～東北東-西南西方向を示し、地層の伸長方向と調和的である(図131)。

5.2 地質調査

5.2.1 調査方法

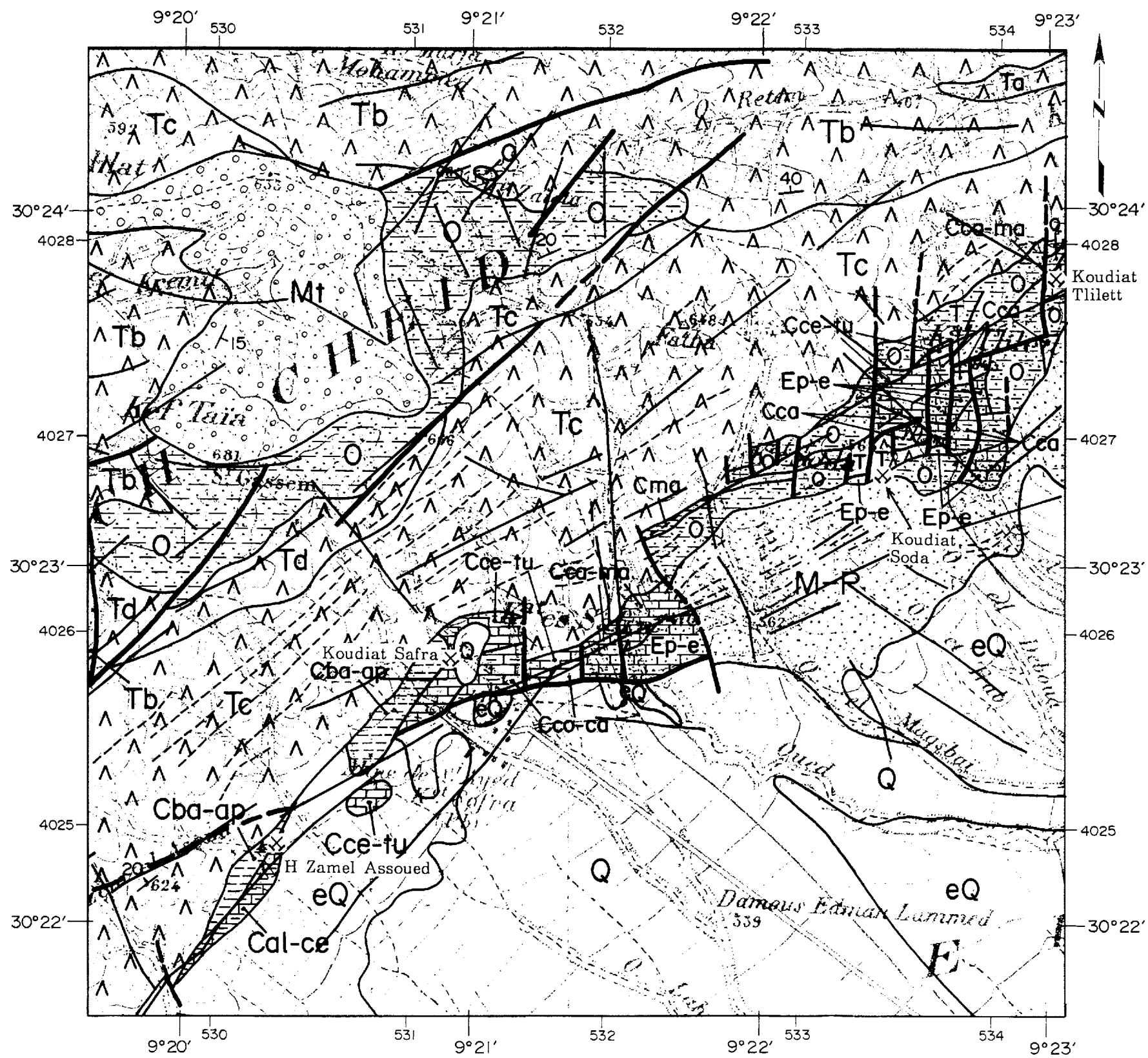
地質調査は日本側技術者1名、チュニジア側技術者2名からなる調査班を1班編成し、バジナ・ケビラ地区における地質及び地質構造と鉱化作用の関係を把握するとともに、鉛垂鉛鉱化作用に関連するドーム構造の分布を把握することを重点課題として実施した。

踏査に当たっては、本地区内に稼行実績のある鉱山が存在することから、鉱山周辺に重点を置いて踏査ルートを設定し、縮尺5万分の1の地形図を縮尺5千分の1の地形図に拡大したものを使用してベースマップを作成した。なお、現位置の確認にはGPSを使用した。また、調査中に必要に応じて室内試験用の試料を採取した。

5.2.2 地質概要

バジナ・ケビラ地区の地質は三畳系、白亜系、第三系及び第四系から構成される。本地区の地質概略を図131に、また、本地区の地質を総括して図132に示す。

三畳系は本地区北部から西部にかけて、漸新統を取り囲むように分布する。岩塩を中核とし、石膏、粘板岩、ドロマイト、石灰岩などからなるダイアピルで、Jebel Ech Cheidダイアピルの北東部を占める。ドロマイトはわずかにFeやMnを含むため、風化面では茶色～茶褐色がかかった色調を示す。石灰岩は黄灰色～暗灰色、塊状で、全体として再結晶した部分が多く、化石の保存状



LEGEND

Quaternary	Holocene	Q	gravel, sand, clay
	Pleistocene	eQ	gravel, sand, clay
Tertiary	Pliocene	Mt	sandstone, silt
	Miocene ~ Pliocene	M-P	sandstone, silt
	Oligocene	O	sandstone
	Eocene ~ Paleocene	Ep-e	marl, limestone, gypsum
	Maastrichtian	Cca-ma	marl, argillaceous limestone
	Campanian ~ Maastrichtian	Cca-ma	limestone
Cretaceous	Campanian	Cca	marl, limestone
	Coniacian ~ Campanian	Cco-ca	marl, argillaceous limestone
	Cenomanian ~ Turonian	Cce-tu	argillaceous limestone
	Albian ~ Cenomanian	Cal-ce	marl, argillaceous limestone
	Barremian ~ Aptian	Cba-ap	sandy - mudstone
	Triassic		Td Tc Tb Ta
			Fault
			Lineament
			Scale 1 : 25,000



図131 バジナ・ケビラ地区 地質概略図

態も良くない。

白亜系は下位からバレミアン-アプチアン階(Cba-ap), アルビアン-セノマニアン階(Cal-Ce), セノマニアン-チューロニアン階(Cce-tu), コニアシアン-カンパニアン階(Cco-ca)及び上部カンパニアン-マーストリヒチアン階(Cca-ma)に区分される。層厚は全体で約480mであるが, 本地区内に露出する部分は約100mである。

バレミアン-アプチアン階は本地区北西部, Koudiat SafraからH¹zama Lassouedにかけて分布し, 下位の三畳系と断層で接する。下部は灰色石灰岩と緑色粘板岩の互層, 上部は灰白色砂岩からなる。地層は一般に北西に傾斜し, 層厚は50mである。

アルビアン-セノマニアン階は本地区北西部, H¹zama Lassoued付近に分布し下位のバレミアン-アプチアン階とは断層で接する。緑色マール及び泥質石灰岩からなり, 層厚は約110mである。

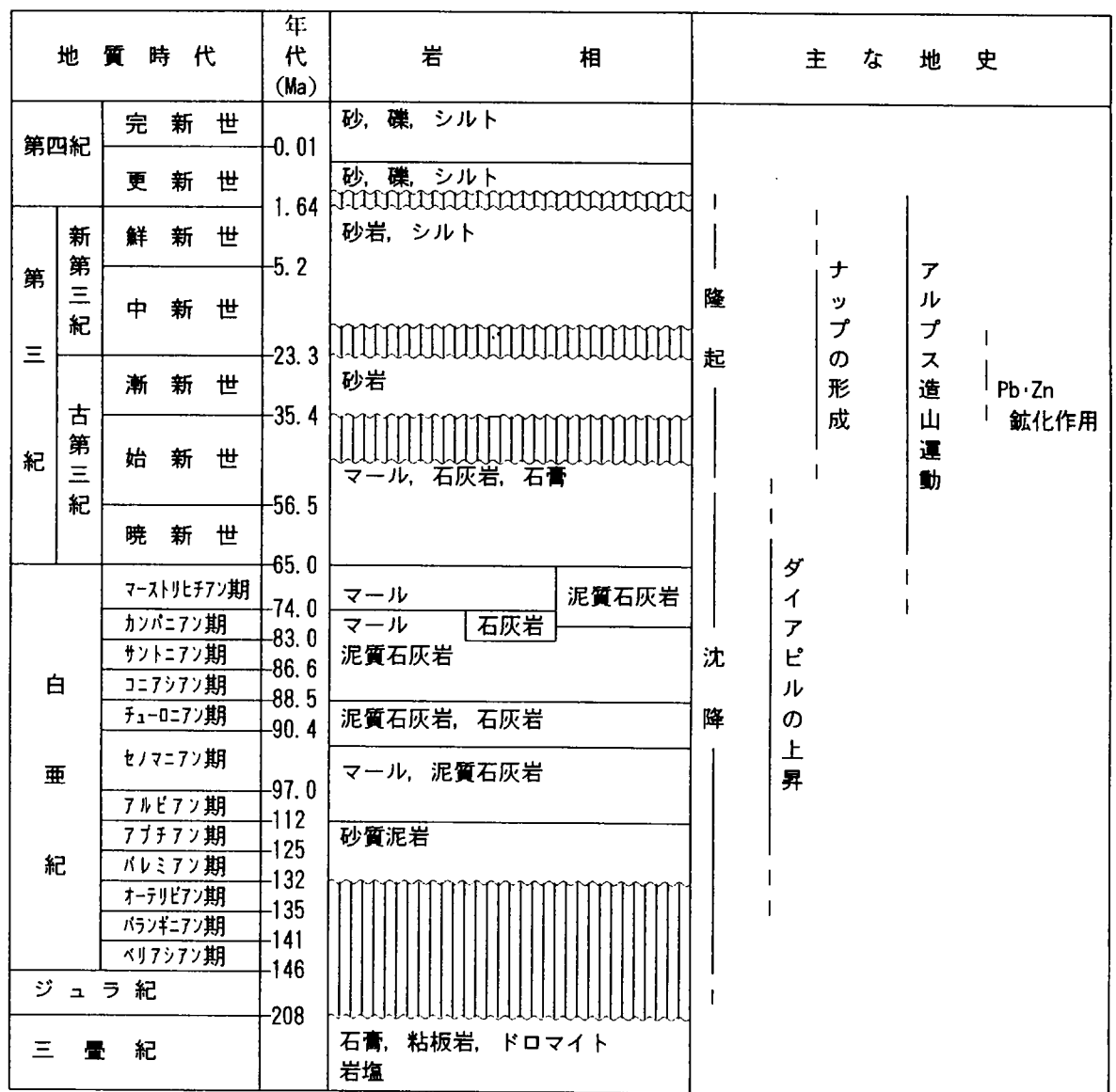


図132 バジナ・ケピラ地区地質模式層序図

セノマニアン-チューロニアン階は本地区中央部、Koudiat Safra及びKoudiat Soda北東方に分布する。隣接する三畳系とは断層で接し、上位のコニアシアン-カンパニアン階に整合で覆われる。下部は灰色板状石灰岩、中部は青灰色マールと灰色石灰岩の互層、上部は灰色板状石灰岩からなる。地層は北東に傾斜し、層厚は140mである。

コニアシアン-カンパニアン階は本地区中央部のKoudiat Safra付近に分布し、下位のセノマニアン-チューロニアン階を整合に覆う。主に灰色マール及び灰色泥質石灰岩からなる。地層は一般に北西に傾斜し、層厚は160mである。

上部カンパニアン-マーストリヒチアン階は本地区東部のKoudiat Tlilette周辺及びKoudiat Soda周辺に分布する。主に灰色石灰岩からなり、隣接する三畳系と断層で接する。地層は全般的には北西に傾斜するが、Koudiat Tlilette周辺には、小規模な背斜構造があり、傾斜の方向を異にしてやや複雑な構造を呈する。層厚は20mと推定されている。

第三系は本地区北西部及び東部から南西部にかけて分布し、暁新統-始新統(Ep-e)、漸新統(O)及び中新統-鮮新統(M-P)に分けられる。

暁新統-始新統は本地区中央部のKoudiat Soda周辺に分布する。Koudiat Sodaでは下位の上部カンパニアン-マーストリヒチアン階の上に整合で重なり、Koudiat Soda北東方では下位のカンパニアン階を不整合に覆う。主に黒色マールからなり、石膏や生物遺骸片を含む。本層上部から化石が産出し、始新世ルテシアン期に対比されている。地層は北に傾斜し、層厚はKoudiat Sodaで50mである。

漸新統は本地区北西部及び地区東部のKoudiat SodaからKoudiat Tliletteにかけて分布し、下位の地層とは不整合で接する。生物遺骸片を含む赤褐色砂岩からなり、まれにマール及び礫岩を挟む。地層は北又は北西に傾斜するが、断層が著しく、層厚は不明である。

中新統-鮮新統は本地区東部に分布する。砂岩を主とし、レンズ状緑色泥灰岩及び赤色粘板岩を挟在する。層厚は地層の上限が確定していないので、不明である。

第四系は崖錐・崩積堆積物及び沖積層から構成される。崖錐・崩積堆積物は丘陵地区や山麓に分布し、礫、砂、粘土などからなる。沖積層は河川又は沢沿いの低地に分布し、礫、砂、粘土などからなる。

5.2.3 地質構造

本地区の三畳系～第三系の主要な地質構造としては、ダイアピル、南北系の断層、北東-南西系又は東北東-西南西系の断層などがある。

本地区北西部には、北東-南西方向に延びた地形的に高まった部分が存在する。この地形的高まりは一種の背斜であり、ダイアピルを構成する三畳系の分布によって特徴づけられる。全体としてドーム状構造をなし、Jebel Ech Cheid付近を頂部として、北西-南東へ沈み込んでいく。このドーム状隆起帯はJebel Ech Cheidダイアピルと呼ばれる。

三疊系は南東側に分布する白亜系～第三系とは不整合又は断層で境される。三疊系のドロマイトや石灰岩の配列を見ると、Koudiat Safra北東方で分布がずれており、この配列にほぼ直交する南北方向の断層の存在が推定できる。白亜系～第三系の各地層は北東-南西の一般走向をもち、25～70°北西傾斜で北西上位の同斜構造をなすが、ダイアピルの上昇によってダイアピルの南東壁に逆転層が発達する。特に、複雑な地質構造を示すのは、Koudiat SafraからKoudiat Tliletにかけての地区で、250mの幅をもち、更に南北系の断層に挟まれた地区へと続き、大きな逆転構造を示している。

断層は南北方向と北東-南西方向又は東北東-西南西方向の2方向に発達し、南北方向の断層が北東-南西方向又は東北東-西南西方向の断層を切っている。このため白亜系～古第三系は断層を境にして、いくつかのブロックに分かれ、これらのブロックごとに地層の様相が異なるという状況を呈す。そのほか、ダイアピルの上昇による小褶曲が白亜系～古第三系に見られる。

5.2.4 鋳 徴 地

本地区内には現在操業中の鋳山は存在しないが、稼行実績のある鋳山として、Sidi Ayed鋳山がある。Sidi Ayed鋳山はGaafourの北東方約7.5kmに位置する鉛鋳山で、鉛粗鋳28,000 t (品位Pb 5.5%)、鉛精鋳2,571 t (精鋳品位50%)を生産したが、現在は休山中である。本鋳山はKoudiat Safra及びKoudiat Sodaと呼ばれる2鋳床からなるが、各鋳床からの出鋳実績は明らかでない。

鋳山の発見は1904年と言われており、開発は1905～1914年及び1924～1931年にかけて行われた。その後、1951年にASARCOによって再開発のための鋳量計算が行われ、推定鋳量23万トン(鉛金属量1万トン)が報告された。さらに、1956～1957年の調査によって、本鋳山南西方約1kmで新たにH'zama Lassoued鋳化帯が発見された。

1971～1972年には、ONMによってトレンチ調査及びボーリング調査(5孔、総掘進長1,006.75m)が実施されているが、期待される高品位の鉛鋳床は発見されていない。

鋳床地域には三疊系、白亜系及び第三系が分布する。本地区の鋳床は白亜系バレミアン-アプチアン階及び始新統ルテシアン階の砂岩層に胚胎する。バレミアン-アプチアン階の砂岩層は淡黄灰色～灰色、細～中粒砂岩を主体とし、部分的に斜交層理が発達、しばしばドロマイト質石灰岩や含黄鉄鋳泥岩を挟む。ドロマイト質石灰岩は化石を含み、湖沼環境での堆積が推定されている。始新統ルテシアン階の砂岩層は基本的にはバレミアン-アプチアン階の砂岩層と同一の岩相である。両層とも、厚さ10～15mで、側方へ450～600m連続する。地層は一般に北～北西に40～50°傾斜するが、南北方向及び北東-南西～東北東-西南西方向の断層によって切られ、ブロック化している。

Koudiat Safra鋳床は北緯36°22'38'、東経9°20'35'に位置する。本鋳床はバレミアン-アプチアン階の砂岩層を母岩とし、ダイアピルの側面に層状をなして胚胎する(図133)。鋳体は方向性を持って分布し、平均層厚10mで、東側を断層で切られ、西方へ450m延長している。主要鋳石

鉱物は方鉛鉱で少量の閃亜鉛鉱を伴う。脈石鉱物は方解石である。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36に示す。

表36 鉱石分析結果(Koudiat Safra鉱徴地)

	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Mg (ppm)	Ca (%)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Ag (ppm)
BKB01C	33.99	9.0	2.6	1.73	1221	364.1	1186	17.19	1179.2	123.42	31.99

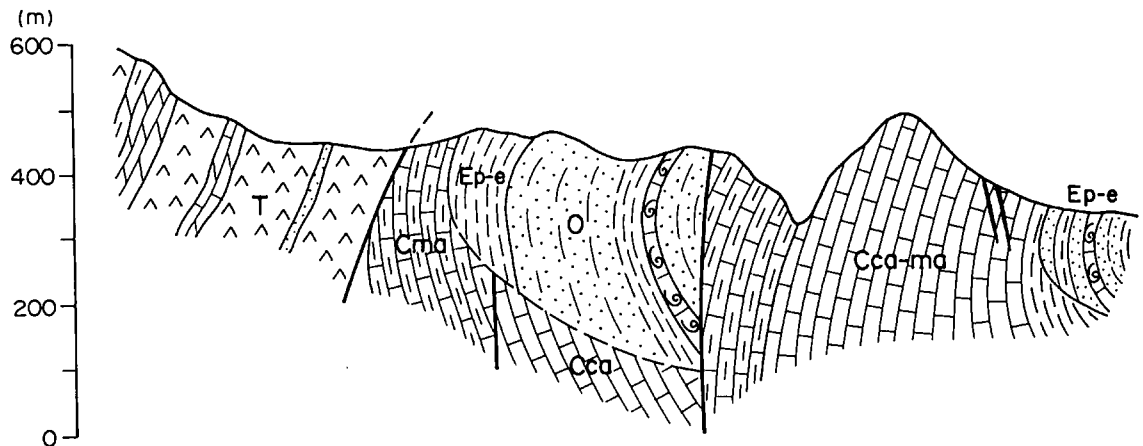


図133 Koudiat Safra鉱床北西-南東地質断面図(Hammami, M. 1990)

Koudiat Soda鉛亜鉛床はKoudiat Safra鉛亜鉛床の北東方約1.5kmに位置する。本鉛亜鉛床は始新統ルテシアン階の砂岩層を母岩とし、三畳系と始新統の接触部に胚胎する(図134)。鉛亜鉛体は母岩の割れ目中に断続して胚胎し、脈状又は層状を呈する。鉛亜鉛石は方鉛鉱で少量の閃亜鉛亜鉛を伴う。脈石鉛亜鉛物として方解石などが確認されている。また、本鉛亜鉛床周辺では、白亜系セノマニアン-チューロニアン階及びカンパニアン-マーストリヒチアン階の石灰岩中にも鉛亜鉛化作用が認められる。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37に示す。

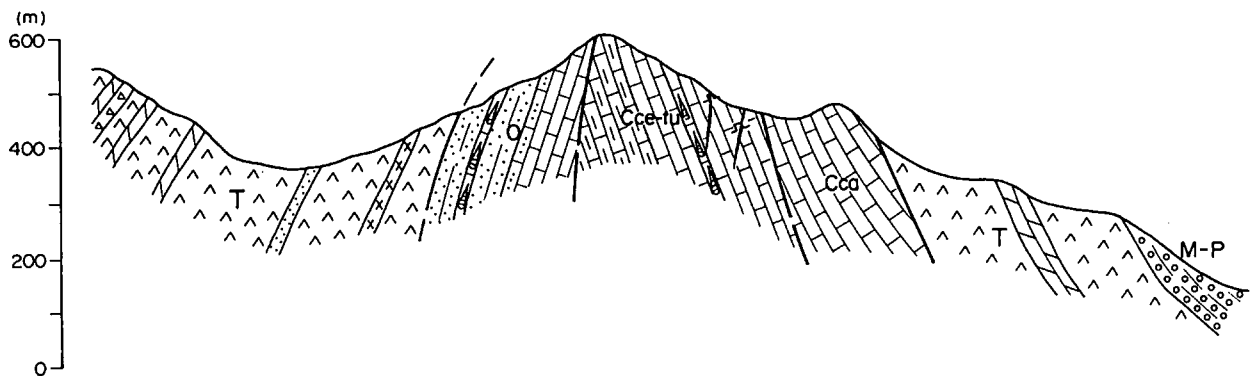


図134 Koudiat Soda鉛亜鉛床北西-南東地質断面図(Hammami, M. 1990)

表37 鉍石分析結果(Koudiat Soda鉍微地)

	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Mg (ppm)	Ca (%)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Ag (ppm)
BKB02C	19.5	10.6	1.1	0.99	1118.6	99.3	988	12.08	337.1	101.9	0.61
BKB03C	207.4	17.2	26.0	0.62	631.4	1472.0	647	8.32	248.3	51.6	0.76

そのほか、Koudiat Safra鉍床南西方約1.2kmに位置するH'zama Lassoued及びKoudiat Soda鉍床北東方約2.5kmに位置するKoudiat Tiletteで、バレミアン-アプチアン階の砂岩層中に鉛鉍化作用が確認されているが、規模が小さく発展に至らないでいる。

第6章 ウェド・ジェブス地区

6.1 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、ウェド・ジェブス地区における断層、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38に使用空中写真を示す。

表38 使用空中写真一覧(ウェド・ジェブス地区)

地 区	写 真 番 号	枚 数	備 考
ウェド・ジェブス	41-44, 64-67	8	Project:88TU214/250 OTC

本地区では、断層と推定されるリニアメントが三畳系、白亜系及び第三系分布域に認められる。これらのリニアメントは主に北東-南西方向、北西-南東方向及び東西方向であり、主な地層を規制するものは北東-南西方向及び北西-南東方向のリニアメントである。

層理を示すと推定されるリニアメントは主に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東北東-西南西方向を示し、第三系の伸長方向と調和的である(図135)。

6.2 地質調査

6.2.1 調査方法

地質調査は日本側技術者1名、チュニジア側技術者2名からなる調査班を1班編成し、ウェド・ジェブス地区における地質及び地質構造と鉱化作用の関係を把握するとともに、鉛垂鉛鉱化作用に関連するドーム構造の分布を把握することを重点課題として実施した。

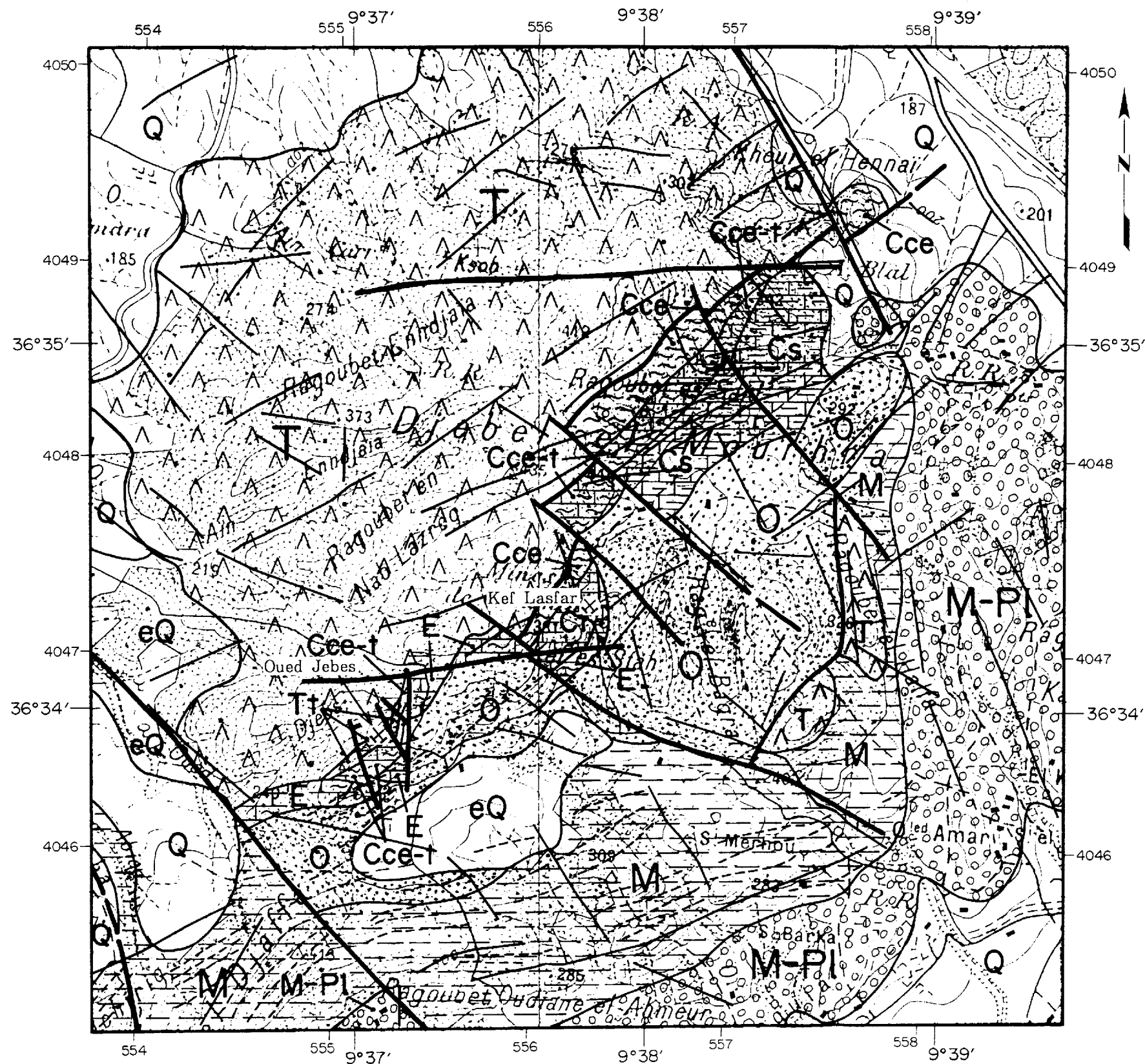
踏査に当たっては、既存資料を十分に検討して踏査ルートを設定し、縮尺5万分の1の地形図を縮尺5千分の1の地形図に拡大したものを使用してベースマップを作成した。なお、現位置の確認にはGPSを使用した。また、調査中に必要に応じて室内試験用の試料を採取した。

6.2.2 地質概要

ウェド・ジェブス地区の地質は三畳系、白亜系、第三系及びこれらを被覆する第四系から構成される。本地区の地質概略を図135に、また、本地区の地質を総括して図136に示す。

三畳系はJebel El Mourraダイアピルと呼ばれ、本地区北西部に広く分布するほか、本地区東部にもわずかに分布する。ダイアピルは岩塩を中核とし、粘板岩、石膏、ドロマイトなどからなる帽岩に覆われている。

白亜系は下位からセノマニアン階(Cce)、チューロニアン階(Ct)及びサントニアン階(Cs)に区分され、層厚は300mと見積もられている。



LEGEND

Quaternary	Holocene	Q	gravel, sand, clay
	Pleistocene	eQ	gravel, sand, clay
Tertiary	Pliocene	M-Pl	conglomerate, sand, clay
	Miocene	M	mudstone
	Oligocene	O	coarse-sandstone, sandstone, mudstone
	Eocene	E	marl, argillaceous limestone
	Cretaceous	Santonian	Cs
Turonian		Ct	limestone
Turonian ~ Cenomanian		Cce-t	limestone, marl
Cenomanian		Cce	marl
Triassic	Tt	Transition zone dolomite, calcite, marl, gypsum, clay, dolomite, marl, limestone, mudstone, sandstone, salt	
		— — —	Fault
		— / —	Lineament

Scale 1 : 25,000

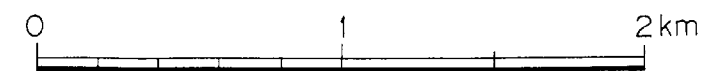


图135 ウェド・ジェブス地区 地質概略図

セノマニアン階は三疊系と不整合で接し、本地区北東部～中部に分布する。主に石灰岩とマールからなり、下部では石灰岩、上部ではマールが卓越する。下部の石灰岩は灰白色～黄灰色を呈し塊状である。上部のマールは灰色を呈し、連続性に乏しい石灰岩のレンズ状岩体を挟在する。地層は一般に南東へ急傾斜し、層厚は20～60mである。

チューロニアン階は三疊系と不整合で接し、一部下位のセノマニアン階を整合に覆う。本地区北東部～南西部に分布し、石灰岩を主とする下部と、石灰岩及びマールからなる上部に細分される。下部の石灰岩は灰白色、層状で、側方への連続性が良い。下部チューロニアン階を特徴づける石灰岩相で、Bahloul相と呼ばれている。また、鉍化作用を受けた部分が多く、本地区における鉍化層準となっている。地層は南東へ急傾斜し、層厚は下部チューロニアン階で10～25m、上部チューロニアン階で60mである。

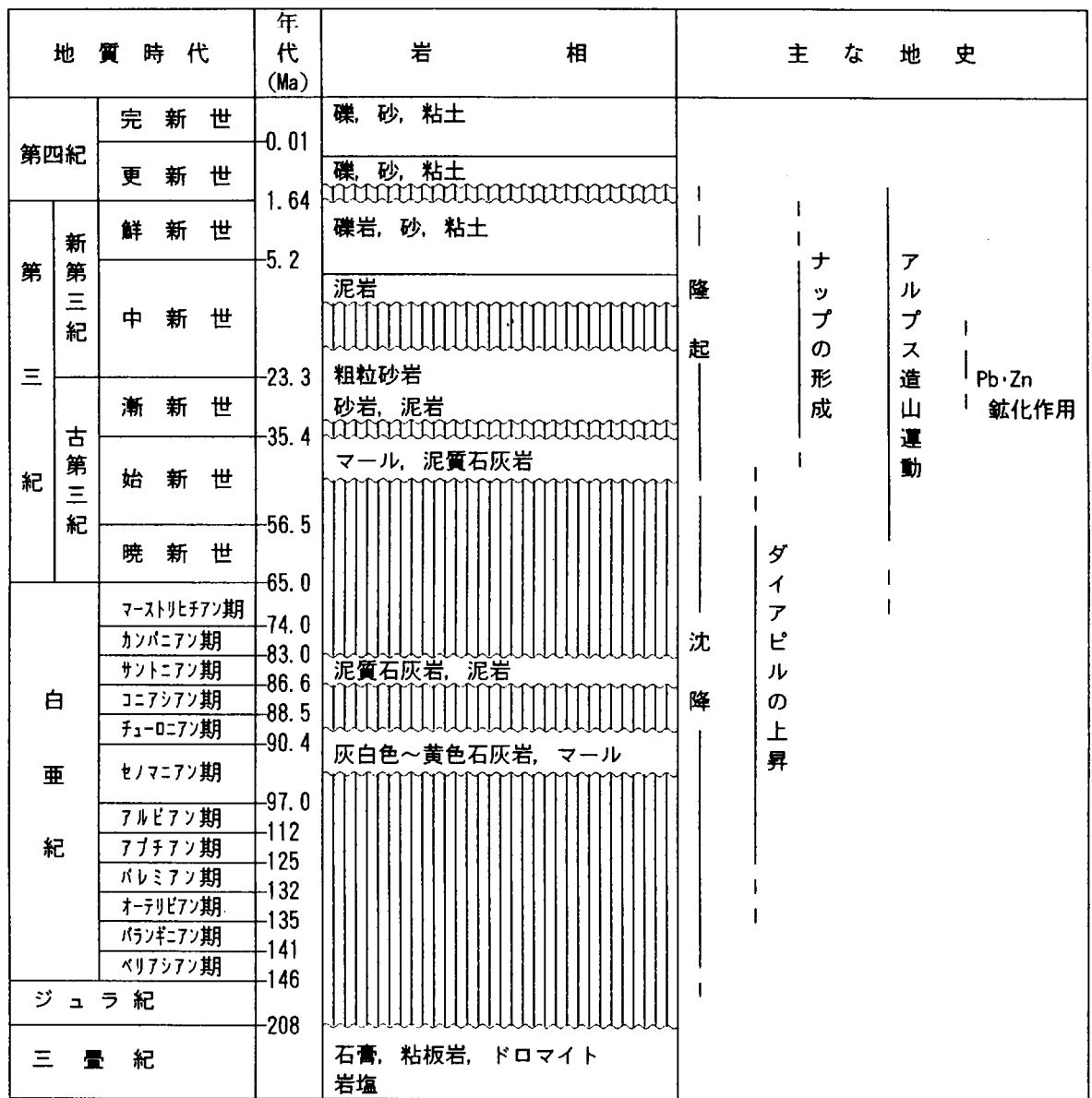


図136 ウェド・ジェブス地区地質模式層序図

サントニアン階は下位のセノマニアン-チューロニアン階を不整合に覆い、本地区北東部に分布し、下部は泥質石灰岩、中部から上部は石灰岩・泥岩互層からなる。層厚は150mと見積もられている。

第三系は上部始新統(E2)、漸新統(O)、漸新統-下部中新統(O-Ma)、上部中新統(M3)及び上部中新統-鮮新統(M-P1)に区分される。

上部始新統は第三系の最下位を占め、三畳系及び白亜系を不整合に覆い、本地区南西部にわずかに分布する。マール及び泥質石灰岩を主とし、下底部のマールはしばしば炭酸塩岩を挟在する。泥質石灰岩は茶褐色、塊状で浮遊性有孔虫を含む。地層は一般に南東へ傾斜するが、断層の存在のため、層厚は不明である。

漸新統は下位の白亜系及び上部始新統を不整合に覆い、本地区東部～南西部に分布する。砂岩泥岩互層を主とし、下底部は石灰岩となっている。砂岩は細～中粒、一般に塊状で、新鮮面で淡黄灰色～灰白色、風化面で褐色～淡褐色を呈する。砂岩の鉱物組成はかなり均質で一定しており、石英を主とし斜長石を少量伴う。砂岩泥岩互層では、貨幣石などの有孔虫化石を産する。地層は一般に南東へ急傾斜するが、地層の上限が確定していないので、層厚は不明である。

漸新統-下部中新統は下位の漸新統を整合に覆い、本地区南西部にわずかに分布する。石英に富む淡褐色粗粒砂岩を主とし、層厚は50m以下と見積もられている。

上部中新統は下位の三畳系及び漸新統を不整合で覆い、本地区東部～南部に分布する。泥岩を主とし、しばしば砂岩を挟む。泥岩は茶褐色を呈し、塊状でやや軟質である。地層は全体として、向斜構造を有している。地層の下限が確定していないので、層厚は不明である。

上部中新統-鮮新統は下位の上部中新統を整合で覆い、本地区南東端部に分布する。礫岩、砂、粘土などからなる。地層は一般に東～南東へ緩く傾斜する。層厚は50m以下と見積もられている。

第四系は崖錐・崩積堆積物及び沖積層から構成される。崖錐・崩積堆積物は丘陵地区や山麓に分布し、礫、砂、粘土などからなる。沖積層は河川又は沢沿いの低地に分布し、礫、砂、粘土などからなる。

6.2.3 地質構造

本地区の地質構造はダイアピルによって特徴づけられる。ダイアピルは本地区北西部に分布し、その規模は長径約4km×短径約2kmで、岩塩を中核とする三畳系によって構成されている。このダイアピルの南東側では、白亜系～第三系が分布し、断層と褶曲による複雑な地質構造を持ちながらも、南東側により上位の地層が現れる。

本地区の白亜系はダイアピルの南東翼としての構造的位置を占め、走向は北東-南西で、一般的には南東に50～70°傾斜する単斜構造をなしている。第三系には北東-南西性の緩い向斜構造が認められ、向斜の東翼では地層は北東-南西性走向で北西に35～50°傾斜し、西翼部では北東-南西性走向で南東に40°の傾斜となっている。

本地区の三畳系～第三系には、主に北西-南東方向の断層が250～750m間隔で発達している。これらの断層はダイアピルの上昇に伴って生じたもので、白亜系～古第三系の層厚はこれらの断層を境にして、側方に変化している。この他に、東西方向の断層が2本あり、いずれも北西-南東方向の断層を切っている。

6.2.4 鋳 徴 地

本地区内には、ミシシッピーバレー型鋳徴が2箇所知られている。それらはOued Jebb, Kef Lasfarと呼ばれ、かつて鉛・亜鉛が採掘されていたことがあるが、現在稼行中の鋳山はない。

(1) Oued Jebb鋳徴地

メジェズ・エルバブ南方約9kmの山頂部付近(北緯36°33'52', 東経9°36'54')では、1898年から1935年にかけて露天掘りと一部坑道掘りによって酸化鋳を採掘し、亜鉛鋳石600t, 鉛鋳石300tを産出した。その後、1992年から1995年にかけてONM-Sachtlebenによって地質調査, 岩石地化学探査及びボーリング調査が行われ、新たな開発が試みられたが、現在は全く放置されている。

本鋳徴地付近には三畳系及び白亜系が分布する。

三畳系は粘板岩, 石膏, ドロマイト, 岩塩などからなり、本鋳徴地の北西側に分布する。

白亜系は本鋳徴地の南東側に分布し、岩相によって下部, 中部, 上部の3つに区分される。

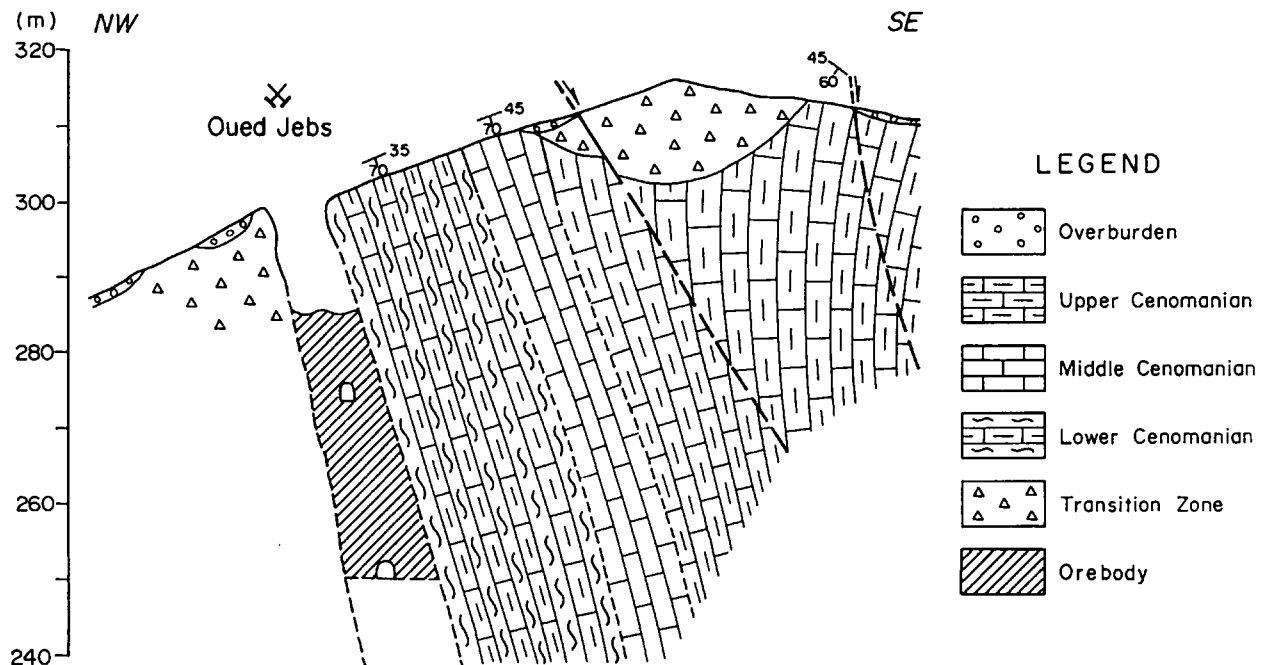


図137 Oued Jebb鋳徴地北西-南東地質断面図(Chikhaoui, M. 1993)

下部は石灰岩及びマールからなり、層厚は30mである。石灰岩は灰白色～黄白色、塊状、連続性に乏しい。マールは赤紫色～茶褐色、軟質で希に砂岩を挟有する。中部はBahloul相と呼ばれる石灰岩からなり、層厚は15mである。石灰岩は灰白色、層状で、連続性が良い。上部は泥灰岩及び石灰岩からなり、層厚は60mである。マールは赤色、軟質で、層理はやや不明瞭である。石灰岩は灰白色、レンズ状の岩体で連続性に乏しい。

中部の石灰岩はチューロニアン階に対比されているが、下部及び上部からは示準化石が得られていないので、本白亜系はセノマニアン-チューロニアン階として区分されている。本鉍徴地付近の断面図を図137に示す。

鉛・亜鉛鉍化作用は三畳系と白亜系の漸移帯及び白亜系にみられる。かつて採掘対象とされたのは、三畳系と白亜系の漸移帯で角礫石灰岩からなる。鉍化作用は角礫間のマトリックスをみたくす形でみられる。鉍体はN40°E方向に1鉍体認められ、板状に約70°南東落ちを示す。鉍石鉍物は閃亜鉛鉍、方鉛鉍、異極鉍などである。そのほか、下部チューロニアン階の石灰岩中に脈状の鉍化が認められる。露天掘り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39に示す。

表39 鉍石分析結果(Oued Jebbs鉍徴地)

	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Mg (ppm)	Ca (%)	Sr (%)	Ba (%)	Ag (ppm)
OJB03C	38.21	3.3	0.7	2.66	949.34	44.67	673	4.79	2.41	1.52	4.11
OJB04C	12.31	10.0	10.0	0.89	584.53	189.3	926	8.00	4.32	3.60	4.04

(2) Kef Lasfar鉍徴地

Kef Lasfar鉍徴地はメジェズ・エルバブ南南西方約9kmのTabia沢上流に位置する。Tabia沢上流(北緯36°34'14', 東経9°37'41')に廃坑の坑口が残っており、かつて鉛・亜鉛が採掘されていたことがあるが、現在は採掘されていない。生産量など詳細は不明である。

本鉍徴地付近の断面図を図138に示す。図に見られるように、本鉍徴地付近には三畳系、白亜系及び古第三系が分布する。

三畳系はTabia沢最上流に分布する。粘板岩、石膏、ドロマイト、岩塩などからなるダイアピルで、白亜系と不整合で接する。

白亜系はセノマニアン階及びチューロニアン階に区分できる。セノマニアン階は三畳系と不整合で接し、Tabia沢上流に分布する。石灰岩からなり、層厚は20mである。石灰岩は灰色～黄灰色、塊状、緻密質で方解石網状脈を伴う。チューロニアン階はセノマニアン階を整合で覆い、Tabia沢上流部に分布する。下部と上部に分けられ、下部は灰色～灰白色Bahloul石灰岩、上部は灰色～黄灰色石灰岩からなる。上部の石灰岩層は泥灰岩層を挟む。層厚は下部で25m、上部で110mである。

古第三系は上部チューロニアン階を不整合で覆い、Tabia沢中流に分布する。泥質石灰岩からなる始新統で、しばしば泥岩を挟在する。泥質石灰岩は茶褐色、塊状で浮遊性有孔虫を含む。

鉱体は上部チューロニアン階の石灰岩中に、北北東-南南西方向に延びた脈状をなして胚胎する。鉱脈は走向N30° E・傾斜80° E，脈幅0.5~1.5mで、脈の走向・傾斜は本鉱徴地北西方約150m地点で見られる三疊系と白亜系の接触面とほぼ一致している。鉱体は膨縮が著しいが延長方向に500m，傾斜方向に100m確認されている。鉱石鉱物として、方鉛鉱，閃亜鉛鉱，重晶石などが認められる。坑口付近から試料を採取して分析に供した。分析結果を表40に示す。

表40 鉱石分析結果(Kef Lasfar鉱徴地)

	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Mg (ppm)	Ca (%)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Ag (ppm)
0JB05C	62.21	11.8	12.1	1.16	486.02	427.6	1965	12.80	1043.2	101.05	11.02

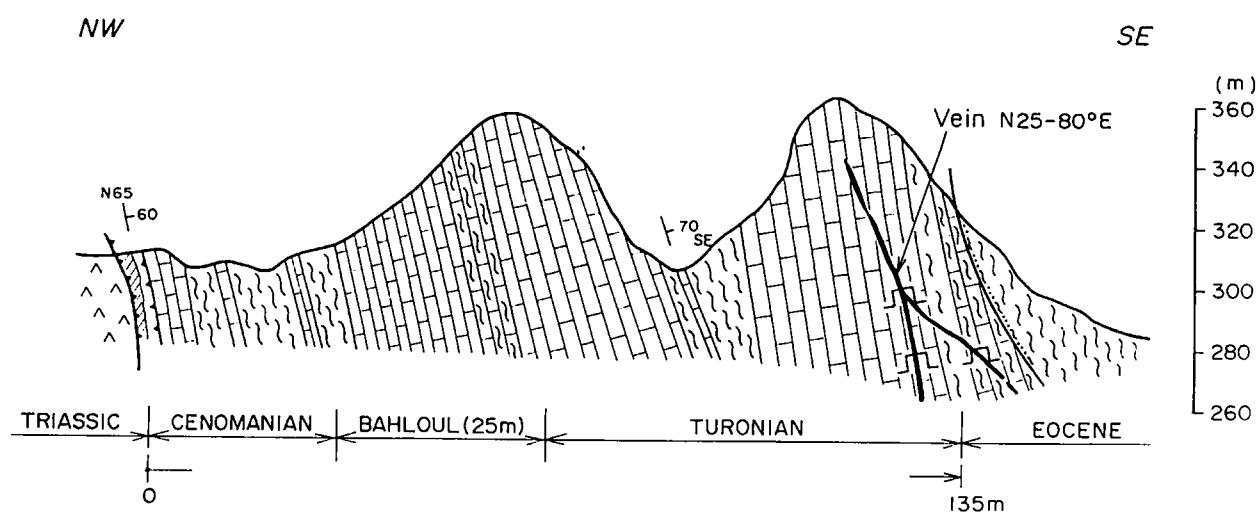


図138 Kef Lasfar鉱徴地北西-南東地質断面図(Hammami, M. 1990)

第7章 調査結果の総合検討

(1) 品位-鉱量モデルとの比較

Carbonate-hosted Pb-Zn鉱床の品位-鉱量モデル(D. L. Mosier and J. A. Briskey, 1985)を図139に示す。図から明らかなように、Carbonate-hosted Pb-Zn鉱床の例では、鉱量2.2百万トン以下で90%以上、鉱量35百万トン以下で50%以上、鉱量540百万トン以下で10%以上の割合の鉱床が存在する。

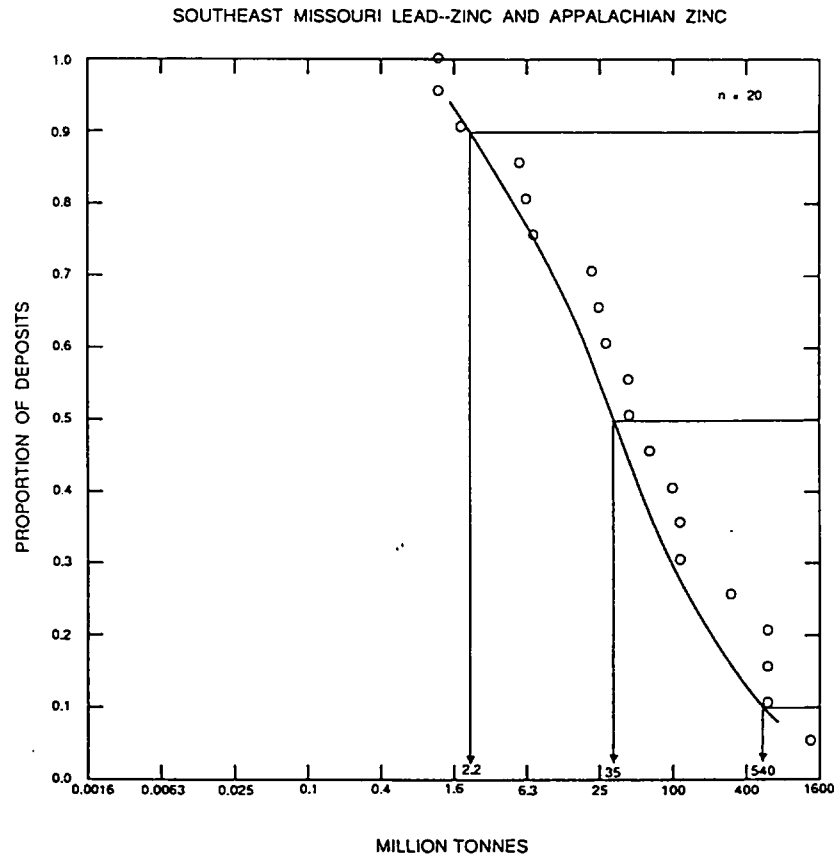


図139 品位-鉱量モデル(Cox, D. P. and Singer, D. A., eds. 1986)

地質学的に似た地域の鉱物資源量は同じであると仮定すれば、本調査地域を含むチュニジア共和国でも、品位-鉱量モデルが示すように鉱量35百万トンまでの規模を有する鉱床が50%の割合で存在することとなる。チュニジア共和国では、Bougrine(推定鉱量800万ト)、Dar N´Hal(推定鉱量380万ト)、Bou Khil(推定鉱量120万ト)、Koudiat Safra(推定鉱量23万ト)、El Akhouat(推定鉱量5.5万ト)、Koudiat Safra(推定鉱量23万ト)などが代表的な鉱床である。これらの鉱床の鉱量はBougrineの推定鉱量800万トが最大で、品位-鉱量モデルが示す50%の割合で存在することとなる鉱量数千万トンクラスの鉱床は知られていない。このことは、上述のモデル地域の地質条件がチュニジアと異なっているか、もしそれが同じであるとすれば数千万トンクラスの鉱床が未発見であるか、あるいは、既知鉱床に対する下部探査が進んでいないため、未だ鉱床の下限が明らかとなっていない可能性があり、今後の探査により明らかになることが期待される。

(2) 広域重力分布と地質及び鉱床

図140は三畳系ダイアピルの分布図に鉱床・鉱徴地位置、Pb・Zn地化学異常帯及びJean-Claude, G. (1999)のブーゲ異常図(補正密度 2.33g/cm^3)を簡略化しコンパイルしたものである。この図から、大局的には本調査地域の中央北東部及び南西部が高重力異常域、中央南西部が低重力異常域であり、重力異常(ブーゲ異常)には北西-南東の方向性がみられる。この北西-南東の方向性は本調査地域が属するアルプス造山帯における北東-南西系の基本構造とは異なる方向である。

本調査地域では、三畳系ダイアピルが背斜状起伏をなして、北東-南西方向ののびをもって点在しながら分布している。第三紀のアルプス造山運動により、この背斜状起伏部に働いた圧縮応力により、背斜状起伏部に直交する方向の断裂が生じ、この断裂によって基盤はブロック化したものと考えられる。重力異常に見られる北西-南東の方向性はブロック化した基盤の差別的隆起運動により形成された地壘・地溝状構造を反映したものと推定され、調査地域南西部には地壘状の構造が、調査地域中央南西部には地溝状の構造がそれぞれ北西-南東方向に連続しているように見える。

図140と5万分の1地質図幅を対比すると、高重力異常域の中心が白亜系の露出域とよく対応することから、ブーゲ異常は白亜系の地向斜堆積物の起伏を反映していると考えられる。また、調査地域中央部のブーゲ異常図を詳しく見ると、Jebel Ech Chiedには、北東-南西に点在する小さな高重力異常域が見られる。Jebel Ech Chiedでは、新第三系が基盤にアバットしており、この小さな高重力異常域はアバットして分布する新第三系に対応する。したがって、ブーゲ異常は新第三系下面の起伏も反映すると考えられる。

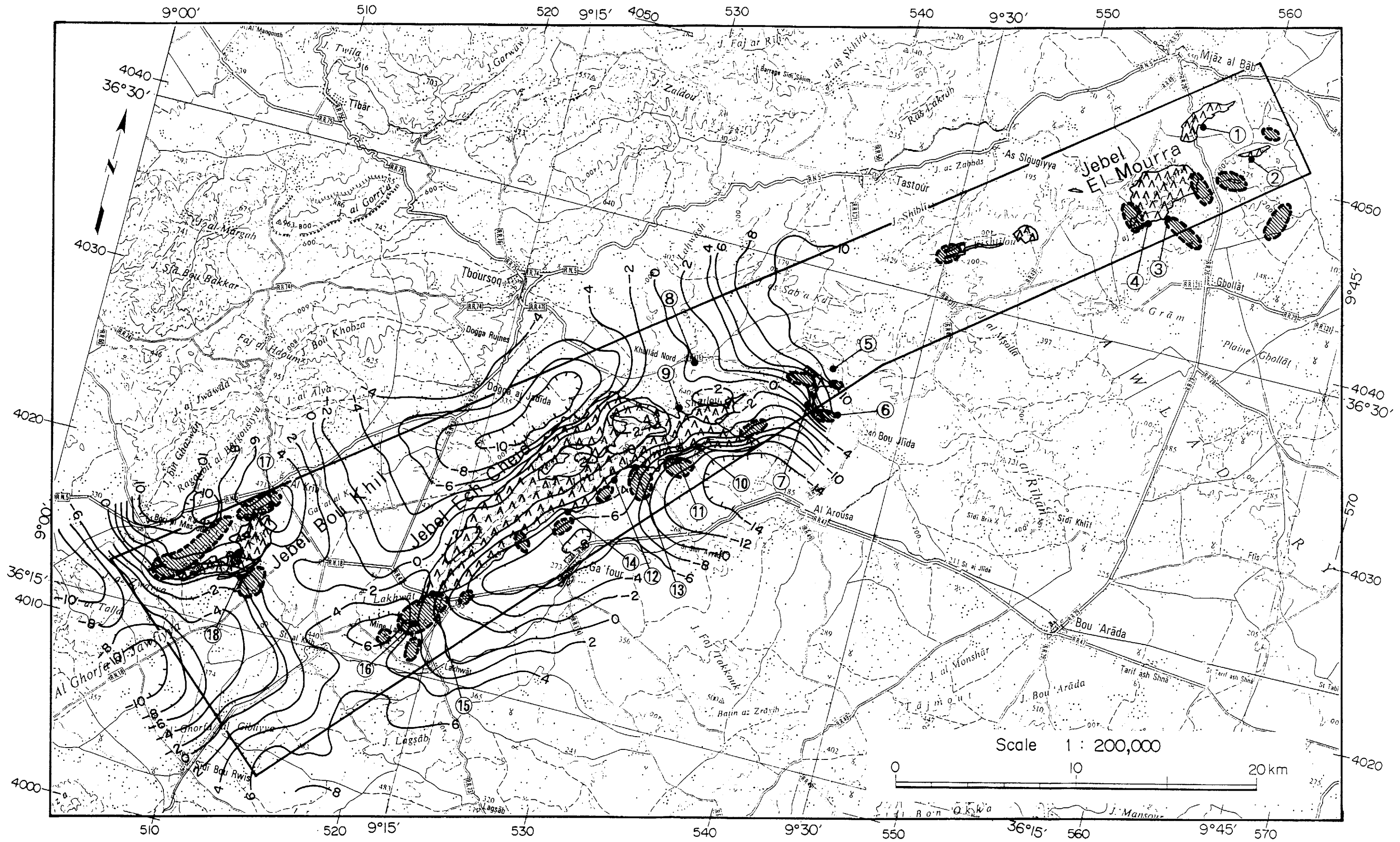
ブーゲ異常が主に白亜系及び新第三系の起伏を反映していると仮定すれば、重力異常と地質の関係は以下のように考えられる。

- ・新第三系分布域：高重力異常域は薄い新第三系を、低重力異常域は厚い新第三系をそれぞれ表わす。
- ・白亜系分布域：高重力異常域は厚い白亜系を、低重力異常域は薄い白亜系と三畳系のダイアピルを暗示する。
- ・三畳系ダイアピル分布域：高重力異常域は根無ダイアピルを、低重力異常域はダイアピルそのものを表わす。

本調査地域には、多数のミシシッピバレー型又はCarbonate-hosted型の鉛亜鉛鉱床・鉱徴が存在するが、その多くがブーゲ異常の急傾斜部に分布している。このことから、これらの鉱床・鉱徴を生成させた当時の熱水流動が白亜系～始新統の地向斜堆積物の構造に規制されていたと考えられる。また、Pb・Zn地化学異常域は三畳系ダイアピルの周辺に分布する。

(3) 比抵抗構造及び重力基盤と地質・鉱床との関係

図141はブキル地区における物理探査測線B4及びラクワット-アルグブ・アダマ地区における物理探査測線L3に重力断面、比抵抗断面及び分極率断面を抽出して重ねたものである。測線B4上







-  Pb-Zn Geochemical Anomaly Zone
-  Triassic
-  Regional Bouguer Anomaly
(Density : 2.33g/cm³) (mgal)
-  Mineral Occurrence

図140 既存データ解析結果総括図

にはブキル鉱床が、測線L3上にはラクワット鉱床が位置しており、比抵抗構造及び重力基盤と鉱床との関係を捉えられる。両鉱床とも、白亜系石灰岩中に胚胎する。

物理探査が実施されたブキル地区及びラクワット-アルグブ・アダマ地区の地層は三畳系ダイアピル、白亜系石灰岩層及び第三系砂岩層に区分される。一般に岩石は孔隙率が小さいほど高比抵抗を示すことから、孔隙率の小さい白亜系石灰岩層は高比抵抗層に、孔隙率の大きい第三系砂岩層は低比抵抗層にそれぞれ対応する。三畳系ダイアピルは岩塩を中核とし、石膏、粘土、ドロマイト、マール、石灰岩、泥岩などからなる堆積岩コンプレックスであるので、岩石の組合せによって比抵抗値が変化するものと考えられる。

図141から、ブキル鉱床は高分極率異常を伴う低比抵抗帯に位置し、かつ、密度差 $0.06\text{g}/\text{cm}^3$ の重力基盤の隆起部に位置している。一方、ラクワット鉱床は弱い分極率異常を伴う比抵抗境界付近に位置し、かつ、密度差0の重力基盤の隆起部に位置している。ブキル鉱床の重力基盤は白亜系石灰岩層に、ラクワット鉱床の重力基盤は三畳系に対比され、ブキル鉱床とラクワット鉱床では、重力基盤の違いがみられるが、両鉱床とも、重力基盤の隆起部に位置する。

図142はブキル地区の地質図に、残差重力図、標高300m準の高比抵抗($50\Omega\text{m}$ 以上)、低比抵抗($10\Omega\text{m}$ 以下)及び標高400m準の高分極率($5\text{mV}/\text{V}$ 以上)の分布範囲を重ねた総合解析平面図である。図142から、白亜系と第三系の接触部に相当する基線B0に沿って $10\Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗異常が並ぶ低比抵抗帯がある。低比抵抗帯の中で、ブキル鉱山採掘跡(B0-150付近)やセレストライト変質など(B0-100付近)の既知鉱床付近では、第三系の分布する低比抵抗帯の南東側に小規模な高比抵抗異常がある。この低比抵抗帯と小規模高比抵抗異常の周辺にだけ高分極率異常が分布する。このような高分極率異常は三角形の高残差重力異常の南東側急傾斜部に相当し、高分極率異常と高残差重力異常の南西端と北東端の位置はほぼ一致する。

高密度・高比抵抗を示す白亜系石灰岩の一部に孔隙率の高い断裂帯が生じ、その断裂帯に海水に相当するイオン濃度の高い孔隙水があるために低比抵抗帯ができたと考えられる。この低比抵抗を示す断裂帯に鉱化が生じたために高分極率を示していると想定される。このような箇所は既知鉱床周辺だけである。

図143はラクワット-アルグブ・アダマ地区の地質図に、残差重力図、標高300m準の高比抵抗($50\Omega\text{m}$ 以上)、低比抵抗($10\Omega\text{m}$ 以下)、標高200m準の高分極率($5\text{mV}/\text{V}$ 以上)及び重磁力基盤の盛り上り部の分布範囲を重ねた総合解析平面図である。

調査地北部のアルグブ・アダマと中央部から南部にかけてのラクワットでは、物理探査結果に違いが見られる。アルグブ・アダマでは西側が高残差重力を示し、中央から東に向かって低くなる残差重力急傾斜部がある。アルグブ・アダマ旧坑跡はこの残差重力急傾斜部に位置し、その北側では低残差重力が南側に比べて西にずれており、東西方向の断裂帯が存在する可能性がある。アルグブ・アダマ旧坑跡の西側の三畳系と白亜系の接触部では、地表付近にブキル地区と同じような低比抵抗が露出しているが、特記するような分極率異常は認められず、重磁力基盤の盛り上

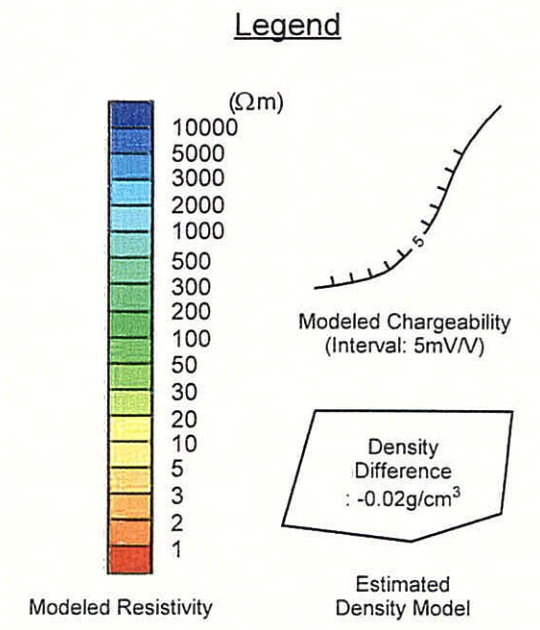
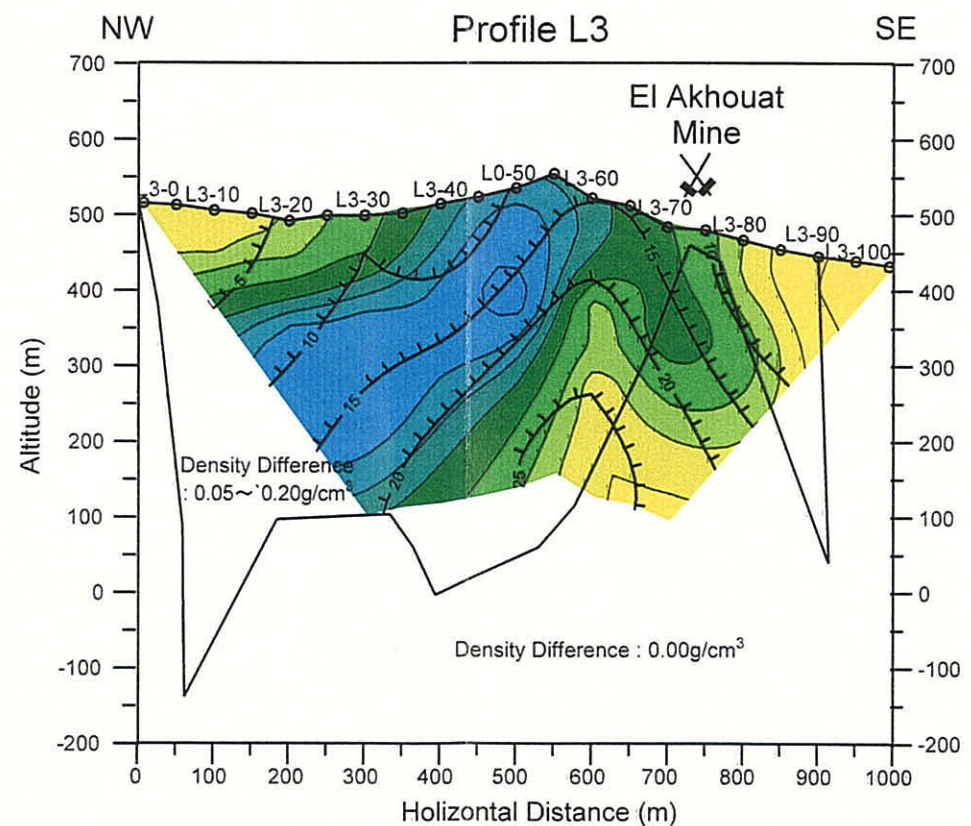
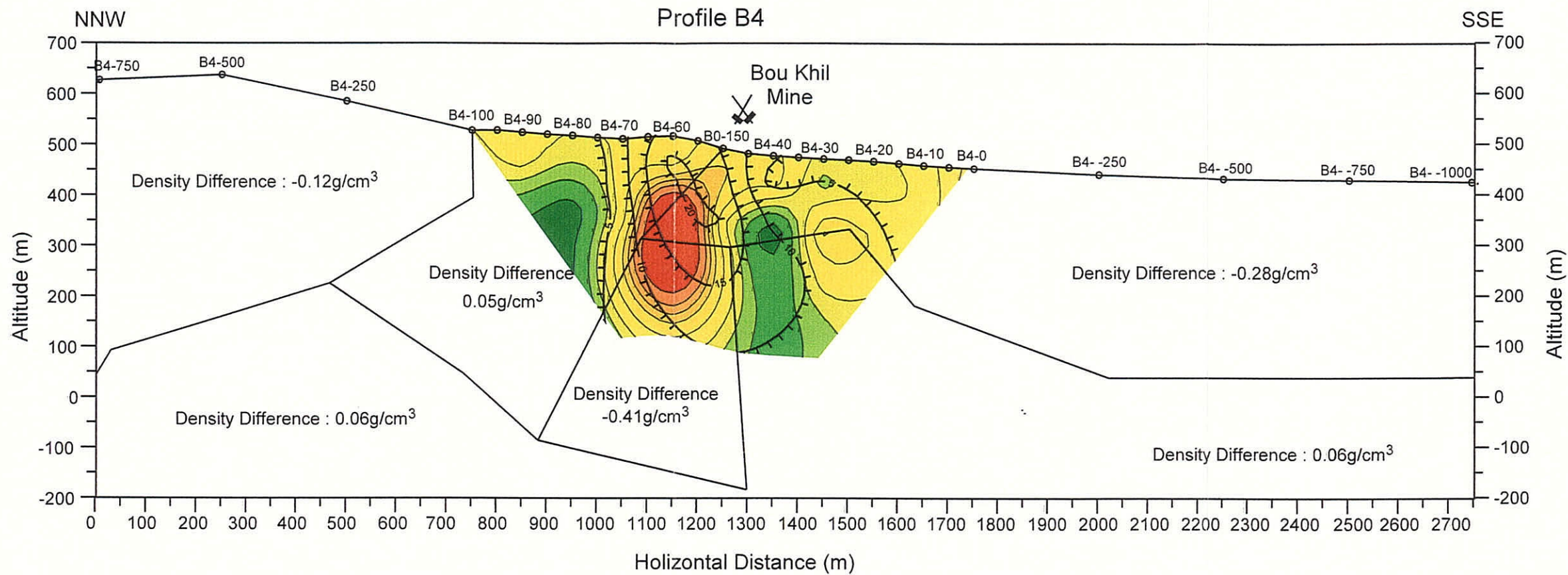
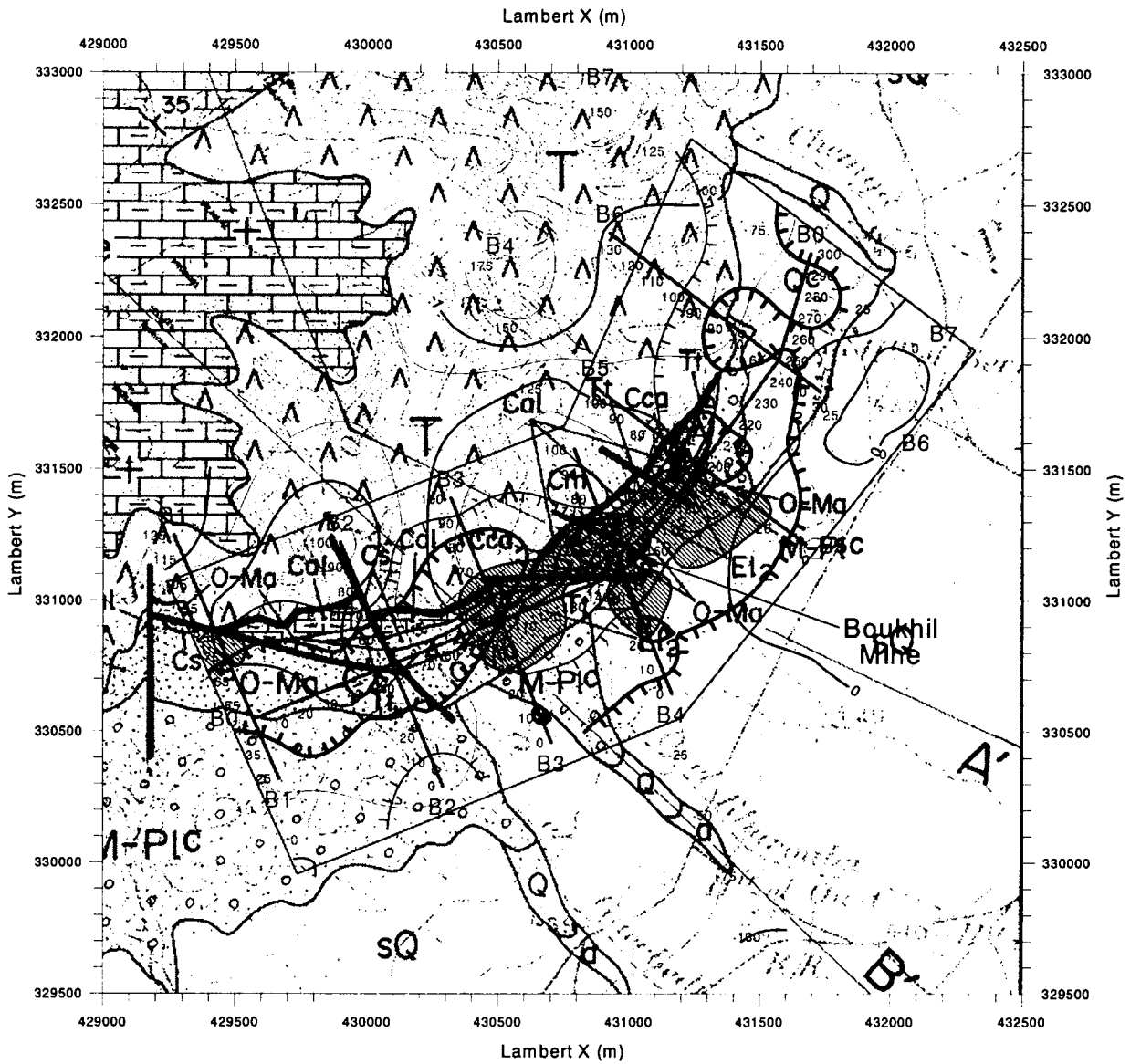


図141

物理探査総合解析断面図

Scale : 10,000

March, 2000



Legend

- : IP survey Line
- : Survey Area
- XX : Closed Mine

Contour : Residual Gravity (0.2 mgal interval)

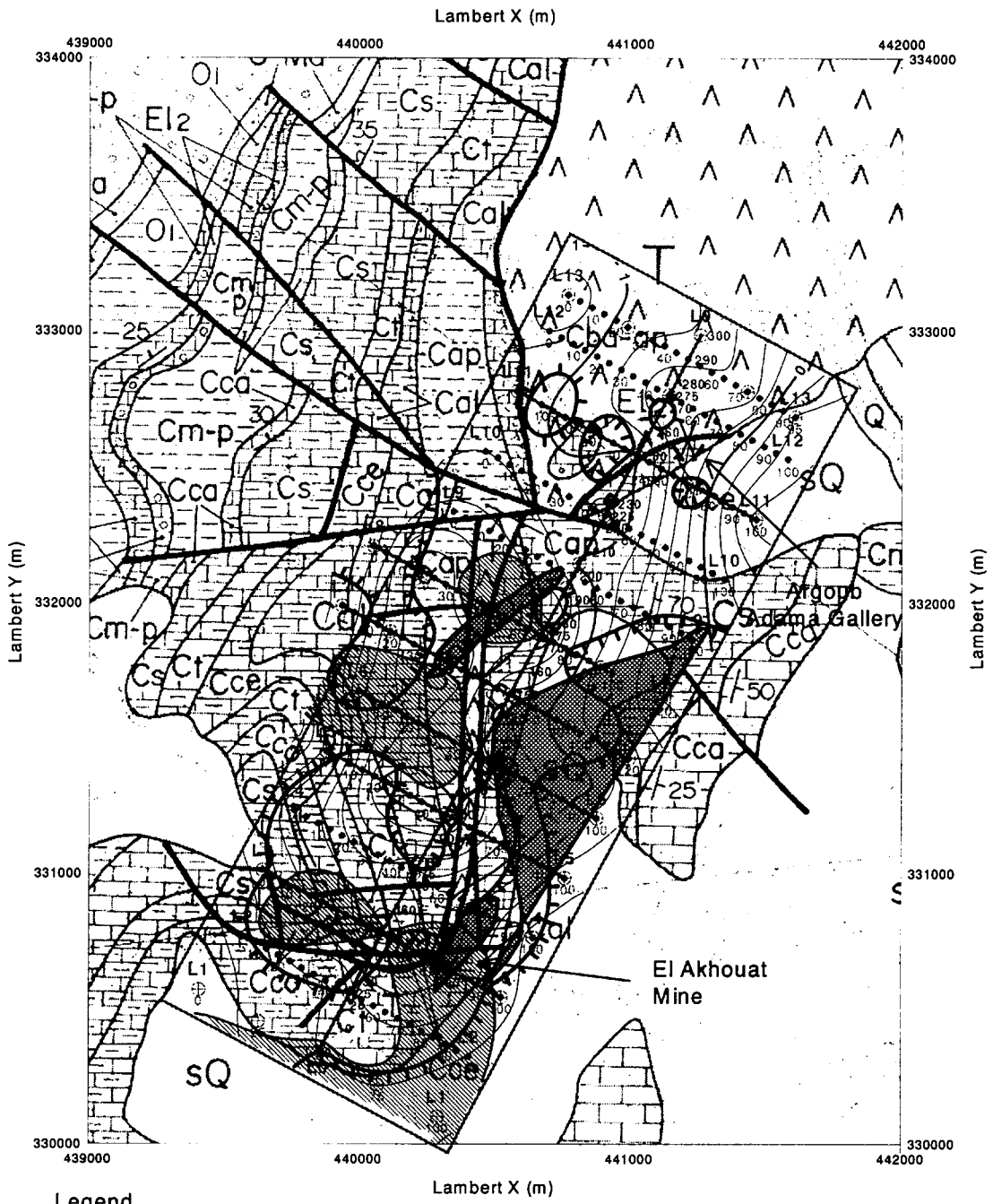
- Resistive zone > 50 Ωm (Altitude: 300m SL)
- Conductive zone < 10 Ωm (Altitude: 300m SL)
- High Chargeability > 5 mV/V (Altitude: 400m SL)

図 142

ブキル地区
物理探査総合解析図

1 : 25,000

March, 2000



Legend

- ⊕ : Gravimetric Survey Station
- : IP survey Line
- : Magnetic Survey Station
- : Survey Area
- ⊗ : Closed Mine
- (with horizontal lines) : Resistive zone > 100 Ωm (Altitude: 300m SL)
- (with vertical lines) : Conductive zone < 10 Ωm (Altitude: 300m SL)
- (with diagonal lines) : High Chargeability > 10 mV/V (Altitude: 200m SL)
- ⊕ : Contour : Residual Gravity (0.2 mgal interval)
- (shaded) : Shallow Magnetic Basement

図 143

ラクワット-アルカブ-アダマ地区
物理探査総合解析図

Scale 1 : 25,000

March, 2000

がりもない。

ラクワット地区では西部から南西部にかけて南北方向に延びる細長い高残差重力帯で特徴づけられる。ラクワット鉍山採掘跡は高残差重力帯南端付近に位置する。この高残差重力帯は白亜系石灰岩層に対比することができるが、その軸部は北北西-南南東方向に延びる丘陵部より東側に認められる。高残差重力帯の南部には高比抵抗異常が分布するが、高残差重力帯の軸部に沿って高比抵抗異常はくびれており、相対的な低比抵抗異常帯の存在を示唆している。この相対的な低比抵抗異常帯は白亜系内の断裂帯に相当すると考えられ、周辺には高分極率異常が分布する。高分極率異常は重磁力基盤の盛り上がり周辺に存在すると考えられる。すなわち、断裂帯内にイオン濃度の高い空隙水で満たされて低比抵抗化し、分極率異常を生じさせる鉍化が起きた可能性がある。高分極率異常はL4～L5測線付近とL7付近で不連続となっており、これらの測線に沿って高残差重力帯内部で相対的な低異常帯が認められることから、鉍化を規制する断層の存在を推定する必要があると考えられる。

(4) 新鉍化帯の抽出

探査対象であるミシシッピバレー型鉍床は炭酸塩岩類を母岩とし、三畳系ダイアピル周辺の白亜系石灰岩層に胚胎する。物理探査結果から、鉍床胚胎層となる白亜系は高比抵抗層に、鉍化帯は低比抵抗帯に対応する比抵抗構造を示す。したがって、三畳系ダイアピル周辺で白亜系に対応する高比抵抗層が低比抵抗化しているゾーンが鉍床胚胎の可能性を示唆している。

図141の物理探査測線L3をみると、測点L3-60から北西側では重力断面による白亜系の基底と高比抵抗層の深度は調和的であるが、測点L3-60から南東側では両者の深度に差が見られる。特に、測点L3-60から測点L3-70では、高比抵抗層の方が重力基盤より浅くなっている。これは、三畳系ダイアピルの上昇により、ダイアピル周辺に分布する白亜系に断裂が発生し、それが鉍液の通り道となり、鉍床が生成され、低比抵抗化したものか、または、断裂が開口性の断裂で、イオン水などの導電性の物質で満たされ低比抵抗を示しているものと考えられる。しかし、この低比抵抗ゾーンには、分極率異常が重複することから、鉍床が生成され、低比抵抗化しているものと解釈される。したがって、ラクワット鉍床の下部には、未知の鉍化帯が存在するものと期待される。