

### 第3章 ブキル地区

#### 3.1 地 質

##### 3.1.1 地質及び地質構造

###### (1) 地 質

ブキル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14に、また、本地区の地質を総括して図13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。ダイアピリズムにより、これらの堆積岩の堆積構造は非常に乱れており、小褶曲及び過褶曲や様々な規模とセンス

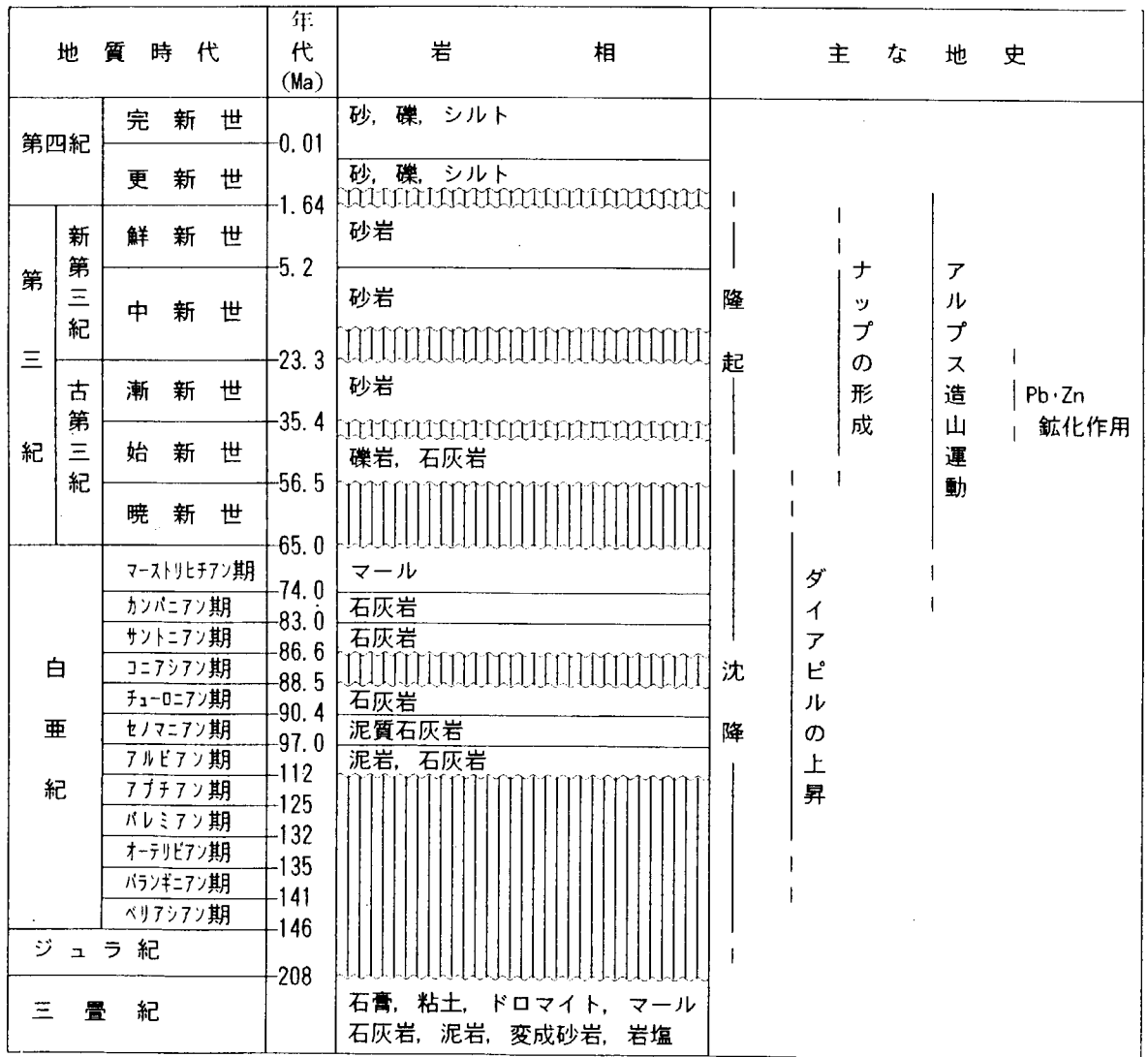
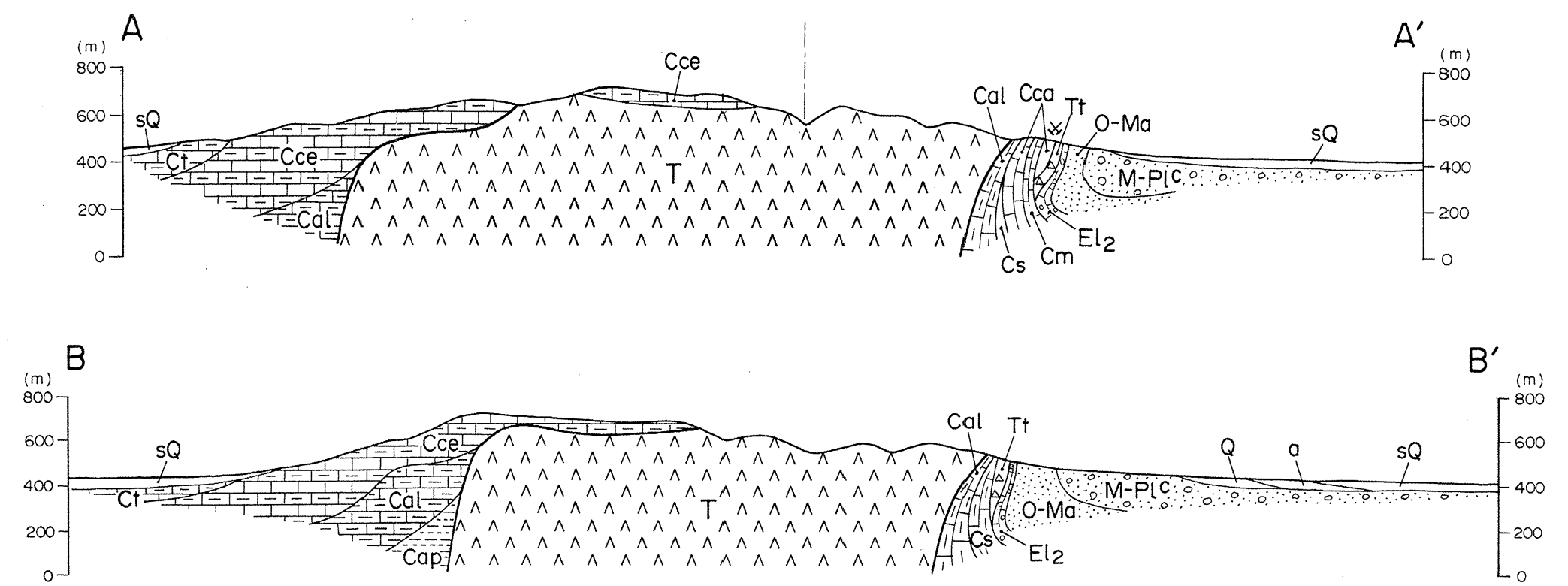
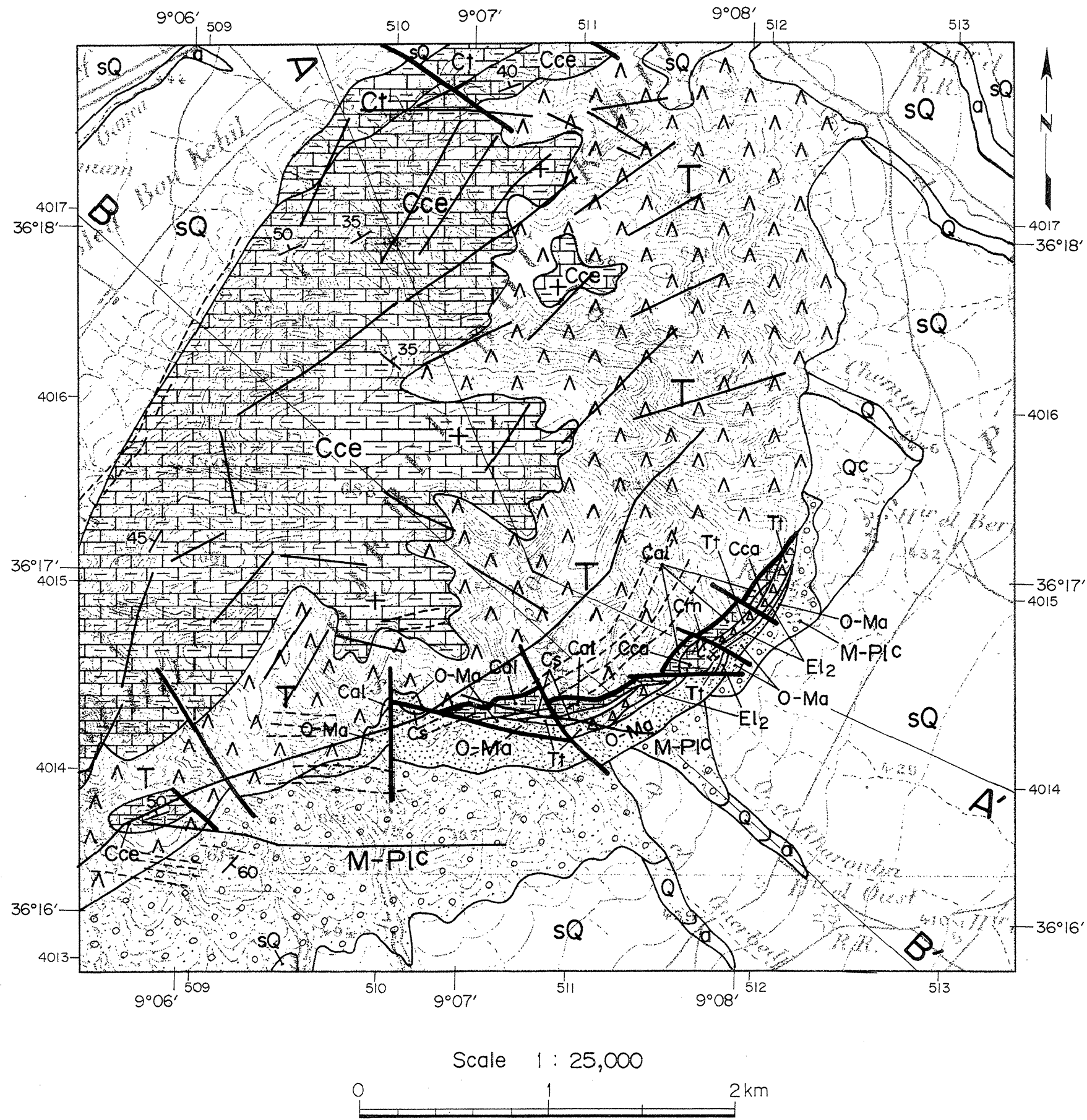


図13 ブキル地区地質模式層序図



**LEGEND**

Quaternary	Holocene	a	gravel, sand, clay	Cretaceous	Maastrichtian	Cm	marl, limestone
	Pleistocene	sQ	soil		Campanian	Cca	limestone
	Pleistocene	QC	calcareous conglomerate		Santonian	Cs	marl, limestone
	Pleistocene	Q	siltstone, conglomerate		Turonian	Ct	limestone, marl
Tertiary	Miocene ~ Pliocene	M-PIC	sandstone, conglomerate, marl, sand, clay	Cenomanian	Cce	limestone, marl	
	Oligocene ~ Miocene	O-Ma	sandstone	Albian	Cal	limestone, marl	
	Eocene	El2	limestone, conglomerate	Aptian	Cap	marl, sandstone	
				Triassic	Tt	Transition zone dolomite, calcite, marl, celestite gypsum, clay, sandstone, dolomite, limestone	
						Fault	
						Lineament	

图 14 ブキル地区地質概略図

の断層が随所で認められ、地層の連続性は悪い。局所的にある岩相が卓越することはあるが、大局的には不均質で、各岩相が互層状～小ブロック状をなす。比較的軟質なマール、泥岩及び石膏は侵食を受け、より硬質なドロマイト、石灰岩及び砂岩が層状かつ凸状の露頭をしばしば形成する。ダイアピリズムによりダイアピル南東側は白亜系及び第三系と接するが、北西側は白亜系に覆われる。

白亜系は下位から Albian 階の泥岩及び石灰岩、Cenomanian 階の泥質石灰岩、Turonian 階の石灰岩、Santonian 階の石灰岩、Campanian 階の石灰岩及び Maastrichtian 階のマールからなる。白亜系は三畳系ダイアピルを覆い、ダイアピル北西側に広く分布するものとダイアピル南東側にレンズ状に分布するものに分けられる。前者は Albian 階、Cenomanian 階及び Turonian 階からなり、主に Cenomanian 階が三畳系を直接覆う。後者は Albian 階、Cenomanian 階、Santonian 階、Campanian 階及び Maastrichtian 階からなり、Albian 階が三畳系と接する。

Albian 階の泥岩は暗灰色～暗緑灰色を呈し、風化により小片化しており、石灰岩はベレムナイト化石を含む。Cenomanian 階は塊状の石灰岩と層理を有するマールの互層である。Turonian 階の石灰岩は新鮮なものは特徴的な黒色を呈し、Bahloul とチュニジア特有の名称で呼ばれている。Santonian 階の石灰岩は灰白色を呈し塊状である。Campanian 階の石灰岩はブキル鉱床の鉱床胚胎母岩であり、塊状又は弱い層理を示す。Maastrichtian 階のマールは灰白色を呈し、弱い層理を有する。

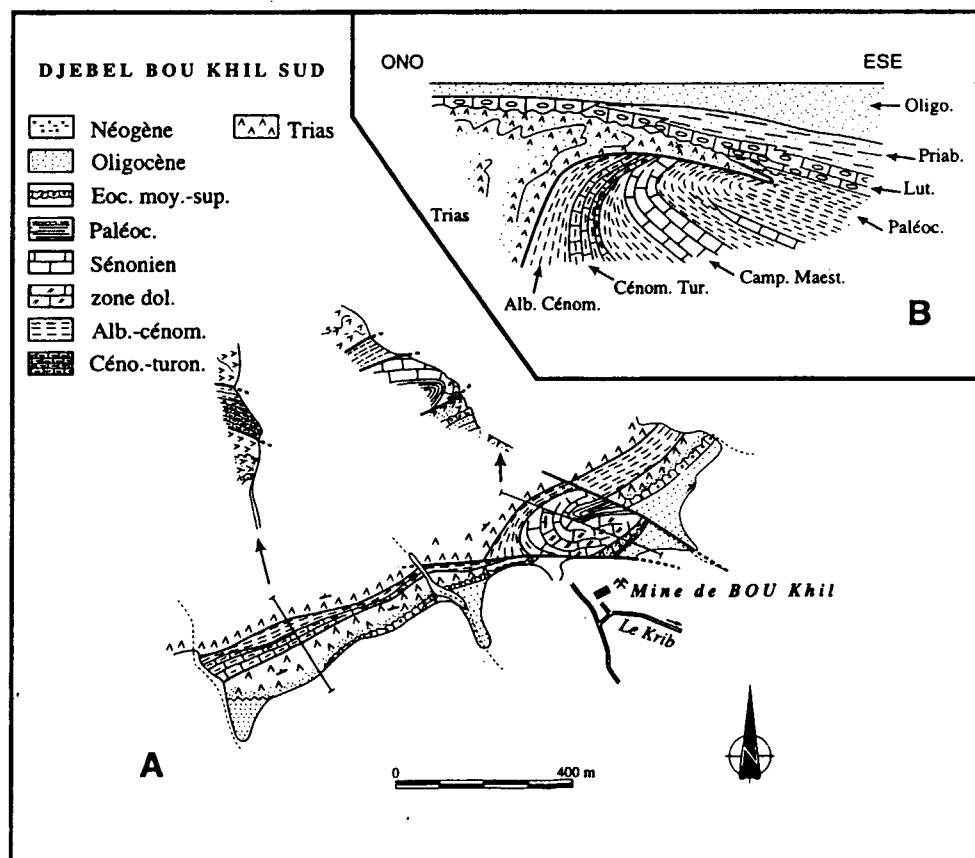
第三系は下位から、始新世の礫岩及び石灰岩、漸新世の砂岩、中新世の砂岩、鮮新世の砂岩からなり、ダイアピル岩体の南東側から西側にだけ分布する。始新世の礫岩は第三紀の基底礫岩であり、構成礫は三畳系及び白亜系の岩片である。始新世の石灰岩はヌムリテス化石を多量に含む。漸新世から鮮新世の砂岩は陸成層であり、多孔質で半固結した粗粒砂岩又は細粒礫岩で、構成粒子のほとんどが円磨された石英である。

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。

## (2) 地質構造

ダイアピル岩体の横断面はきのこ状を呈し、岩体頂部から北西部は白亜系に覆われているが、南東部はきのこの傘部に相当し、白亜系～第三系を覆う。三畳系の構造は非常に乱れており、系統的な堆積構造は認められない。ダイアピル北西側の白亜系は北東-南西走向で 30～50° の北西傾斜を示す。ダイアピリズムは白亜系の堆積とともに進行し、ダイアピル周辺では白亜系の層厚は薄く、ダイアピリズムの間に白亜系の堆積盆が形成されていった。ダイアピル南東側の白亜系は北東-南西～東南東-西南西走向で、垂直層又は逆転層となっている。これはダイアピリズムに伴い白亜系が捲れあがったために生じた現象である。ここでは第三系も同様の走向を示し、垂直～急傾斜となっている。ダイアピル南東部では、三畳系、白亜系及び第三系の地層は北西-南東～西北西-東南東系の横ずれ断層で切られて転移している。一般に白亜系の地層は層厚の変化に富み、特に石灰岩は連続性が悪く、横ずれ断層で画されたブロックによって層序が変化する。

Jebel Bou Khil ダイアピルの地質及び地質構造については、幾つかの報告書がまとめられている。Perthuisot et al.(1999)により公表されたモデルを図 15 に示す。これらのモデルによる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、白亜紀末期から第三紀初期にかけてダイアピルは白亜系を突き抜けて地表又は浅海底に出現し、きのこ状のダイアピルを形成した。この際、ダイアピルの縁の一部は側方に流れて白亜系を覆い、三畳系周辺の白亜系は逆転層となった。古第三紀始新世から漸新世にかけて、ダイアピルはそれらの堆積物に覆われた。漸新世に再びダイアピリズムが活発化し、新第三紀には三畳系が再び地表に出現して漸新統を覆い、古第三系及び新第三系が垂直に近い急傾斜層となった。この運動により、初期に形成されていたダイアピルのきのこ傘部は内側に大きく畳み込まれた。第四紀にこの傘部の上部が侵食作用により削剥された結果、現在のようなダイアピル本体と層状の部分が分離した。なお、ダイアピル本体の南東側にある層状の三畳系は、便宜的に漸移帯(Transition Zone)と呼ばれており、ドロマイト、泥岩及び石灰岩からなる。漸移帯と呼ばれる岩相は層状の部分だけでなく、三畳系ダイアピルと他の地層との境界部にも存在する。



The Bou Khil diapir [from Perthuisot et al., 1987, modified]. A: geological map of the south flank; B: reconstruction of the diapir structure during Oligocene times.

図 15 ブキル地区のダイアピル構造と地質

### 3.1.2 鉛 徴 地

ブキル鉛山は Gaafour の西南西方約 20km, 北緯 36° 16' 40", 東経 9° 07' 53 秒, 海拔 500m 付近の丘陵部に位置する。ブキル鉛山については, 鉛山東方約 10km に位置するラクワット鉛山の鉛量枯渇に伴い, 旧抗が存在するブキル地区で, 旧抗周辺又は深部に採掘可能な鉛床が賦存している可能性が考えられ, テュニジア鉛山公社によって 1985 年から各種調査が実施された。

1989 年から始まったボーリング調査で鉛床が確認され, 引続き行われたボーリング調査(総掘進長 1,500m)の結果, ブキル鉛山は現在では既採掘鉛量 40 万トン(品位 Pb+Zn10%), 推定鉛量 120 万トン(品位 Pb+Zn10%)の中規模鉛床となっている。

鉛床は三畳系ダイアピルのきのこ傘部(漸移帯)内側と白亜紀後期 Campanian 階石灰岩の境界部に胚胎する。鉛化作用は三畳系の一部にも及んでいるが, 鉛体のほとんどは三畳系に接する石灰岩中に賦存する。鉛床の形態は石灰岩の層理に平行な層状～レンズ状の鉛体及び石灰岩の割れ目を充填する細脈～網状脈である。鉛石鉛物は方鉛鉛-閃亜鉛鉛-黄鉄鉛, 脈石鉛物は方解石-ドロマイト-セレスタイトである。鉛床母岩となる石灰岩はドロマイト化作用を受けており, 上位側(ここでは三畳系漸移帯側)ほどドロマイト化が進行している。

既存の坑道及びボーリングで確認されている既知鉛床の規模は, 走向延長約 100m, 傾斜延長 100m 以上, 厚さ数m～20m である。本鉛体は前述の横ずれ断層で画されたブロック内だけに存在する。既存鉛床の南西側ブロックでは, 三畳系漸移帯と Santonian 階の石灰岩が接しており, 鉛亜鉛鉛化作用は認められないが, 三畳系側にセレスタイト鉛床が胚胎する。セレスタイトはブキル鉛床ブロックの三畳系漸移帯でも認められるが量的に少ない。

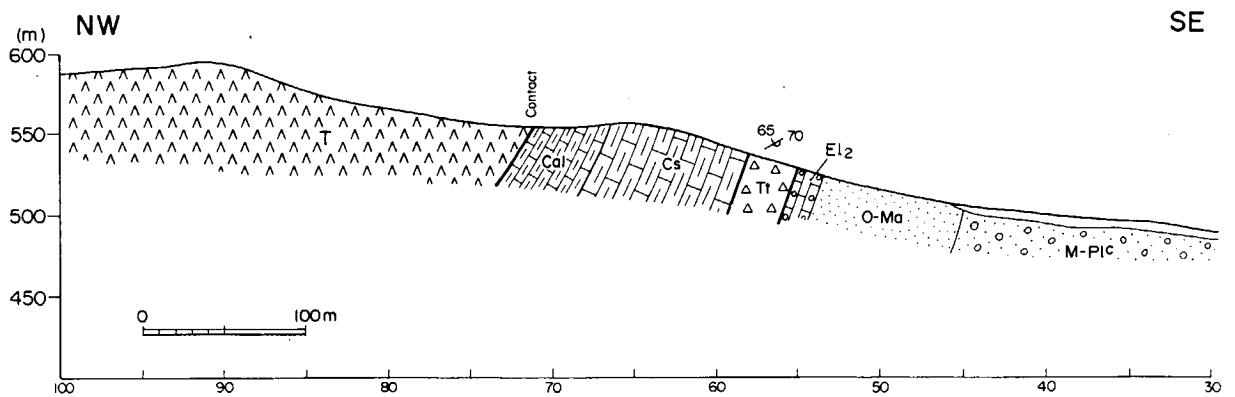


図 16 ブキル鉛床北西-南東地質断面図

## 3.2 物理探査

### 3.2.1 調査方法

ブキル地区では、3km<sup>2</sup>の調査範囲に全長 11.3km の 8 測線を設定し、測線上で重力法及び IP 法の物理探査を実施した。

#### (1) 測線設定

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、物理探査用測線を設定した。ブキル鉱山採掘跡を中心に、鉱床が胚胎する白亜系と三畳系の接触部に沿って全長 3km の基線 B0 をまず設定し、50m 間隔で測点を設けた。基線 B0 と直交する測線 B1～B7 を測線間隔 500m で設定し、基線 B0 と同様に 50m 間隔で測点を設けた。

各測点の位置座標をランベルト投影法による北テュニジア測量座標系(以下、ランベルト座標系)で決定し、緯度経度及び UTM 投影法(Universal Traverse Mercator's projection)による座標系(以下、UTM 座標系)に変換した。既存の地形図、地質図、広域重力図などはランベルト座標系で作図されているため、物理探査に関連する図面はこれに準じた。

各測点の標高はソキア社製デジタルオートレベル SDL30-1 を用いた水準測量で決定した。

#### (2) 重力法

ブキル地区に設定した 8 測線全てを利用し、原則として 250m の間隔で重力測定を行った。本調査地区周辺では、テュニジア鉱山公社が約 1km<sup>2</sup> に 1 測点の測点密度で重力探査を実施している。テュニジア鉱山公社が作成した縮尺 1:200,000 のコンパイル図にブキル地区、後述のラクワット-アルグブ・アダマ地区、バジナ・ケピラ地区及びシリアナ地区の調査範囲を加筆した広域重力図を第 21 図に示す。

米国 LaCoste & Romberg 社製 D 型重力計(読取精度 0.1 $\mu$ gal)を利用し、既知重力基点との相対重力測定を行った。測定した相対重力差と既知基点重力値から各測点の重力値に求めた。さらに、各測点の重力値に緯度補正、高度補正、地形補正などを施してブーゲ異常を求めた。地形補正には GSJ(Geological Survey of Japan:地質調査所)地形補正方式を採用した。補正に用いる岩石の密度は岩石試料の密度測定結果、G-H 相関図の勾配、数種類の仮定密度によるブーゲ異常図と地形図の比較から 2.33g/cm<sup>3</sup> を採用することとした。

本調査で作成したブーゲ異常図と前述の広域重力図との差を求め、浅部地下構造を表すフィルタ図として残差重力異常を作成した。また、断層や接触帯のような横方向の密度変化部を抽出するフィルタ図として鉛直 1 次微分図を作成した。

一部の測線について、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た。断面解析には米国 Northwest Geophysical Associates 社の重磁力断面解析ソフト GM-SYS(Version 3.6)を使用した。

### (3) IP 法

本調査地区の測線 B0・B1・B2・B3・B4・B5・B6 の 7 測線に対し、下記の仕様による IP 法電気探査を実施した。

- ・電極配置           ダイポール・ダイポール配置
- ・電極間隔           100m
- ・電極隔離係数       1～5
- ・送信電流           周波数 0.125Hz, Duty Cycle 50%の矩形波電流
- ・IP 測定法           時間領域法
- ・探査装置           発電機：Honda 社製 ET4500(最大出力 4.5kVA, 三相交流 200V)  
                          送信機：千葉電子製 CH-400T(最大出力 1,000V-10kVA)  
                          送信コントローラ：米国 Zonge Engineering 社製 XMT-32  
                          受信器：米国 Zonge Engineering 社製 GDP-32(精度 1 $\mu$ V)

IP 法では見掛比抵抗と分極率が測定される。本調査で測定した時間領域法の分極率には、Newmont 標準に相当する 450～1,100msec の積分値を利用した。

測定した見掛比抵抗と分極率から、2.5 次元有限要素法によるモデリングと拘束付非線形最小二乗法によるインバージョンを組み合わせた方法で断面解析を行った。

### (4) 室内試験

調査地区内及びその周辺の露頭で採取した 21 個の岩石試料を整形して密度、比抵抗及び分極率を測定した。測定時における浸漬水の電気伝導度は 708 $\mu$ S/cm、温度は 23 $^{\circ}$ Cであった。この電気伝導度は比抵抗では 14.1 $\Omega$ m に相当する。

## 3.2.2 重力法

本地区のブーゲ異常(以下、重力と呼称)分布に認められる特徴を以下に述べる。

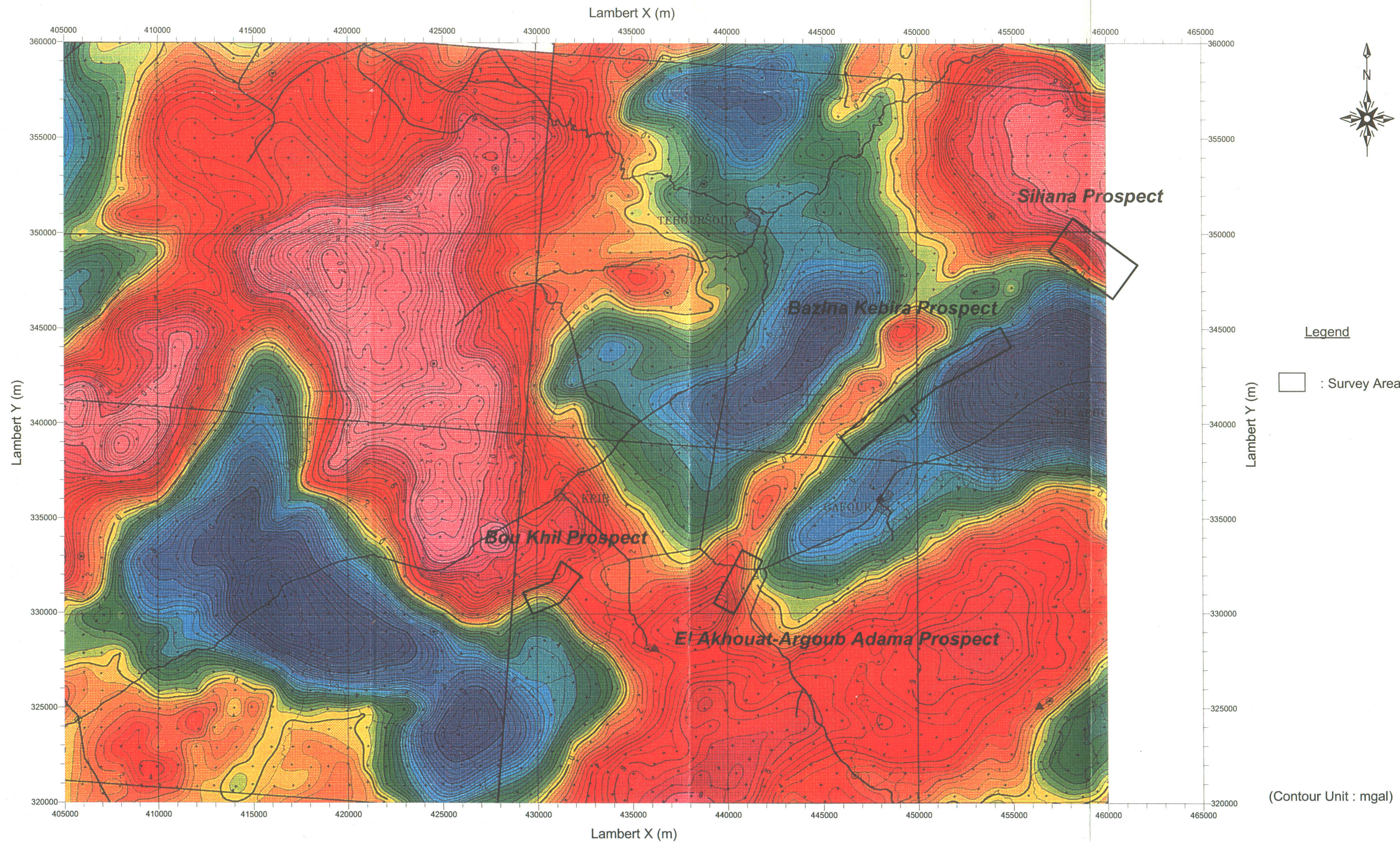
### (1) 広域重力分布 (図 17)

広域的な重力分布では大局的な地質構造に平行する北東-南西方向と直交する北西-南東方向の方向性が卓越する。

本地区はランベルト座標系の(420000, 350000)付近から南東に延びる 0mgal 以上の大規模な矩形高重力異常の南東端に位置する。地区西側近傍では、高重力異常南東端の重力急変帯が西南西-東北東方向に延びており、地区北東部は南東にある別の重力異常に向かって延びる細い高重力の鞍部に位置する。地区南部は北西-南東方向に延びる 0mgal 以下の大規模な低重力異常の縁辺部に相当する。

### (2) 調査地重力分布 (図 18)

本地区の重力分布は北東部と南部の 2 つに大別できる。北東部は -6～-5mgal と重力変化が少なく、その北西側は北西に向かって重力値は高くなる傾向がある。南部は北側の高重力異常から南



(Contour Unit : mgal)

図 17

ブキル地区からシリアナ地区までの  
広域重力図 (仮定密度 : 2.33g/cm<sup>3</sup>)

Scale 1 : 200,000

February, 2002

Part of ONM, 1999



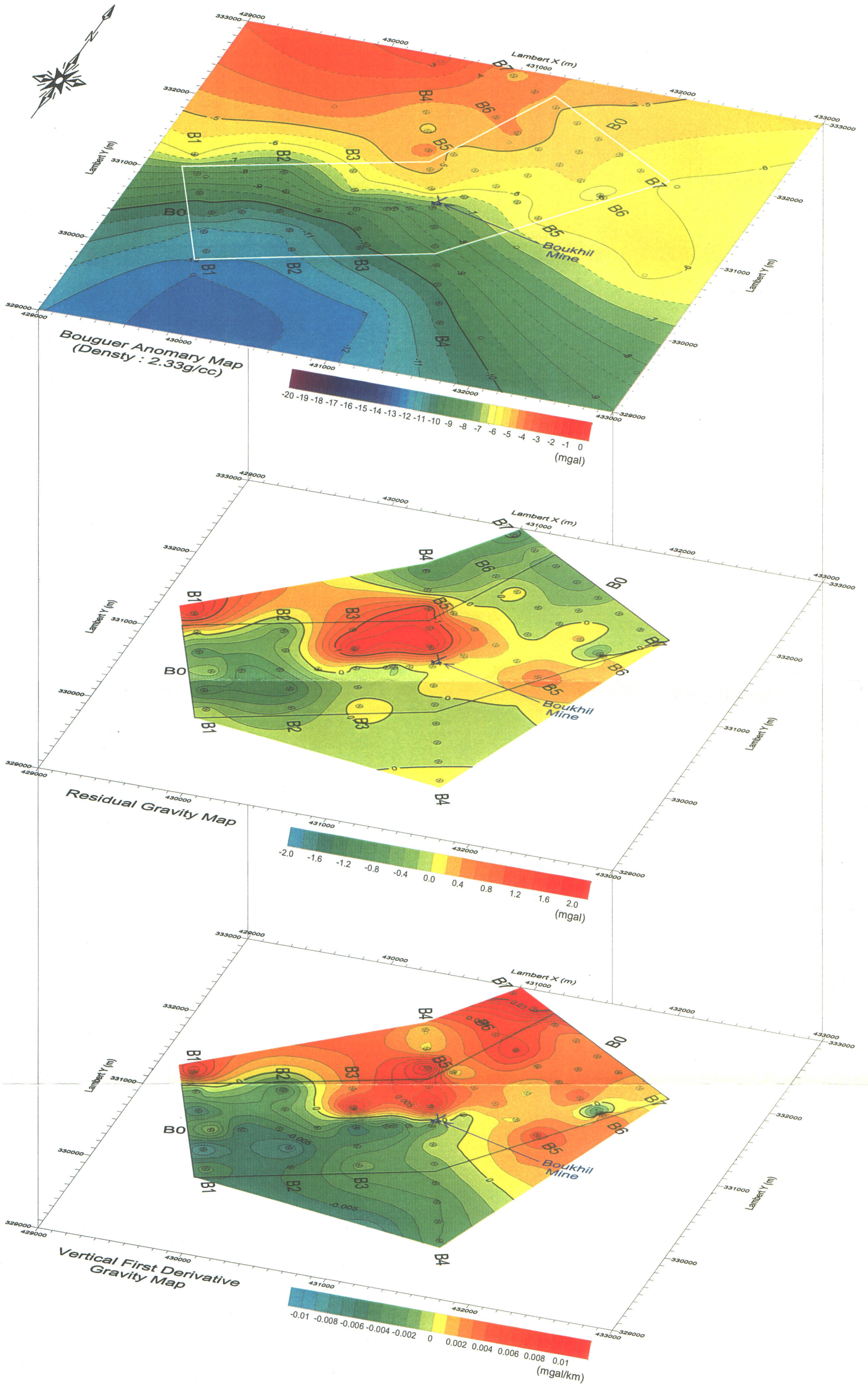


図 18 ブキル地区重力図・残差重力図・重力鉛直 1 次微分図

側の低重力異常の境界部に相当し、 $-7\text{mgal}$  から $-12\text{mgal}$  まで南に向かって重力値が急激に低くなる。三疊系と白亜系の接触部は南部では重力急変部に対応するとも考えられるが、北東部には対応する特徴的な重力分布が認められず、重力分布から接触部を特定するのは難しい。

ブキル鉱山は重力急変部の伸長方向変曲点に位置するが、基線 B0 と測線 B3 の交点付近の北側に認められるセレスタイト鉱化帯を考慮すると、北から南に向かう小規模な高重力の張出しの南縁に相当するとも考えられる。

### (3) 残差重力異常 (図 18)

残差重力異常は中央部と西部に認められる  $0.4\text{mgal}$  以上の高残差重力異常と、北部と南西部に認められる $-0.2\text{mgal}$  以下の低残差重力異常で特徴づけられる。

調査地中央の B4-75 付近に位置する三角形の高残差重力異常は、高密度を示す白亜系石灰岩の分布に対応する。その南縁は西南西-東北東方向に延びる残差重力急変帯を呈し、ブキル鉱山及び B0-100 北側のセレスタイト鉱化帯はこの急変帯上に位置する。

西部の B1-125 付近の高残差重力異常は三疊系のドロマイトの分布に対比できる。これら 2 つの高残差重力異常と B5-0 付近の小規模高残差重力異常は東西方向に並んでいるとも考えられる。

北側に広がる低残差重力異常は三疊系の分布域に対比できることから、低密度を示す三疊系の堆積岩類による低残差重力異常と考えられるが、より低密度を示すダイアピル蒸発岩を示している可能性もある。

南西部の低残差重力異常は砂や泥で構成される高間隙率、低密度の第三紀堆積岩類の分布域に対比される。

調査地南部では  $0\text{mgal}$  コンターがほぼ三疊系と白亜系の接触部に相当するが、重力異常と同様、北東部では接触部に相当する特徴は認められない。

### (4) 鉛直 1 次微分 (図 18)

鉛直 1 次微分は調査地北部を除くと、残差重力の分布に類似している。

調査地北部では  $0.003\text{mgal}/\text{km}$  コンターを接触部と対比することができる。 $0.003\text{mgal}/\text{km}$  コンターは B0-175 付近から北東方向に延びているが、測線 B5 付近で分断され、北西-南東の方向性を示していることから、B5 測線に沿うような断層の存在が想定される。

### (5) 断面解析 (図 19)

概ね白亜系に対比される密度差  $0.01\sim 0.06\text{g}/\text{cm}^3$  の重力基盤の上部に密度差 $-0.10\sim -0.19\text{g}/\text{cm}^3$  の低密度層が分布している。断面南東部の表層に分布する低密度層は第三系の砂岩や泥岩に対比することができる。断面北西部に分布する三疊系は南西部の測線 B1 ではドロマイトと考えられる高密度層となっている。中央部から北東部の断面の三疊系は低密度を呈している。

ブキル鉱山採掘跡のある測線 B4 中央部とセレスタイト鉱化帯のある測線 B3 中央部には縦長の低密度層が分布している。

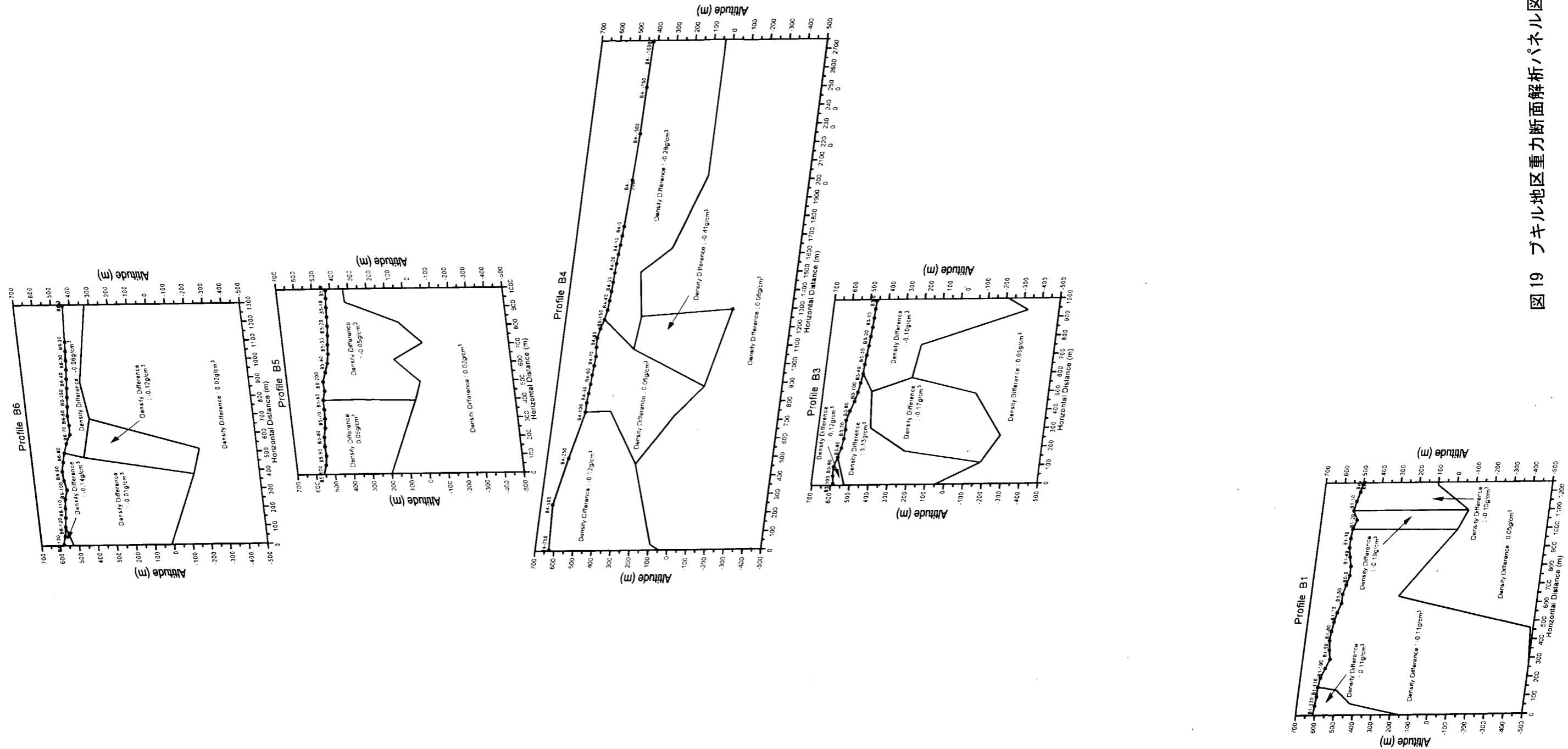


図 19 ブキル地区重力断面解析パネル図

### 3.2.3 IP 法

#### (1) 解析結果

本地区で測定した各測線の解析比抵抗断面図を図 20, 解析分極率断面図を図 21 に示す。また、標高 400m, 300m, 200mの解析比抵抗平面図を図 22, 解析分極率平面図を図 23 に示した。

本地区の解析比抵抗は 0.1~1,127 $\Omega$ m の範囲にあり、その平均値は約 80 $\Omega$ m 程度である。

本地区を縦断する B0 測線のすぐ北西側にある三疊系と白亜系の接触部に沿って、1 $\Omega$ m 以下の低比抵抗帯が分布する。この低比抵抗帯は重力探査で得られた低密度帯の分布とほぼ対応し、空隙率の大きい岩石が分布することを示唆しており、捲れ上がった三疊系ダイアピルの外側翼部又は固結度の低い第三系の砂岩・泥岩に相当すると考えられる。また、室内試験結果などと比較すると、想定される比抵抗に比べてかなり低い比抵抗として解析されている。しばしば逆解析で起こる過小評価を考慮しても、1 $\Omega$ m 以下の海水並の比抵抗を示す間隙水の存在を想定すべきと思われる。中央部のブキル鉱山採掘跡やセレストタイト鉱化帯はこの低比抵抗の直上にあり、この低比抵抗帯が鉱化作用と関連していると考えられる。しかし、この比抵抗帯は鉱化のない地域にも分布することから、直接的な関連は論じられない。

本地区北西側丘陵部では 100 $\Omega$ m 以上の高比抵抗が分布する。高比抵抗の岩石は高密度を示すことが多く、高密度を示す白亜系石灰岩に対比することができる。しかし、一部は低密度が想定される三疊系分布域にも対応する。三疊系の中にも、浅部に分布する石灰岩などによって高比抵抗を示しているのか又は三疊系分布域では地形の傾斜が急に大きくなり、保水能力の小さな空隙率が大きい岩石が分布するために、地下水面の深度が相対的に深くなり、間隙水の飽和度が小さな範囲が広がって高比抵抗を示したとも考えられる。

本地区東部から南部にかけて広がる平野部では、浅部で低比抵抗を示し、深部に向かって比抵抗が高くなる傾向がある。浅部には固結度の低い第三系、第四系の堆積物が広がり、深部には石灰岩を主体とする白亜系が分布することを示唆している。ブキル鉱山採掘跡のように地表に鉱化が認められる B3 測線から B5 測線にかけては、三疊系と白亜系の接触部に沿う低比抵抗帯の平野側で深部の高比抵抗が少し盛り上がる傾向がある。この傾向は重力解析断面(図 19)にも認めることができる。この傾向は前述の低比抵抗帯と同様、鉱化作用の直接的な関連までは論じられないが、一つの探鉱指標にはなりうる。

本地区の解析分極率は最大で 21mV/V 程度、平均では 1mV/V 前後と全体的に低い値を示す。有意な測定分極率が取得できていない箇所では、計算上、負の分極率も推定されている。比抵抗と異なり、高い分極率を示す分極率異常はブキル鉱山採掘跡やセレストタイト鉱化帯などの既知鉱床周辺、特に浅部に集中する単純な分布をしており、分極率異常が鉱化を示唆する重要な指標となりうると思われる。ただし、室内試験結果などと比較すると、方鉛鉱のような鉛の硫化鉱物以外に高分極率を示すものはない。セレストタイトを多く含む試料でも、他の岩石と同じ又はそれ以下の分極率しか示さなかった。高分極率は方鉛鉱又は黄鉄鉱によって生じたと考えられる。

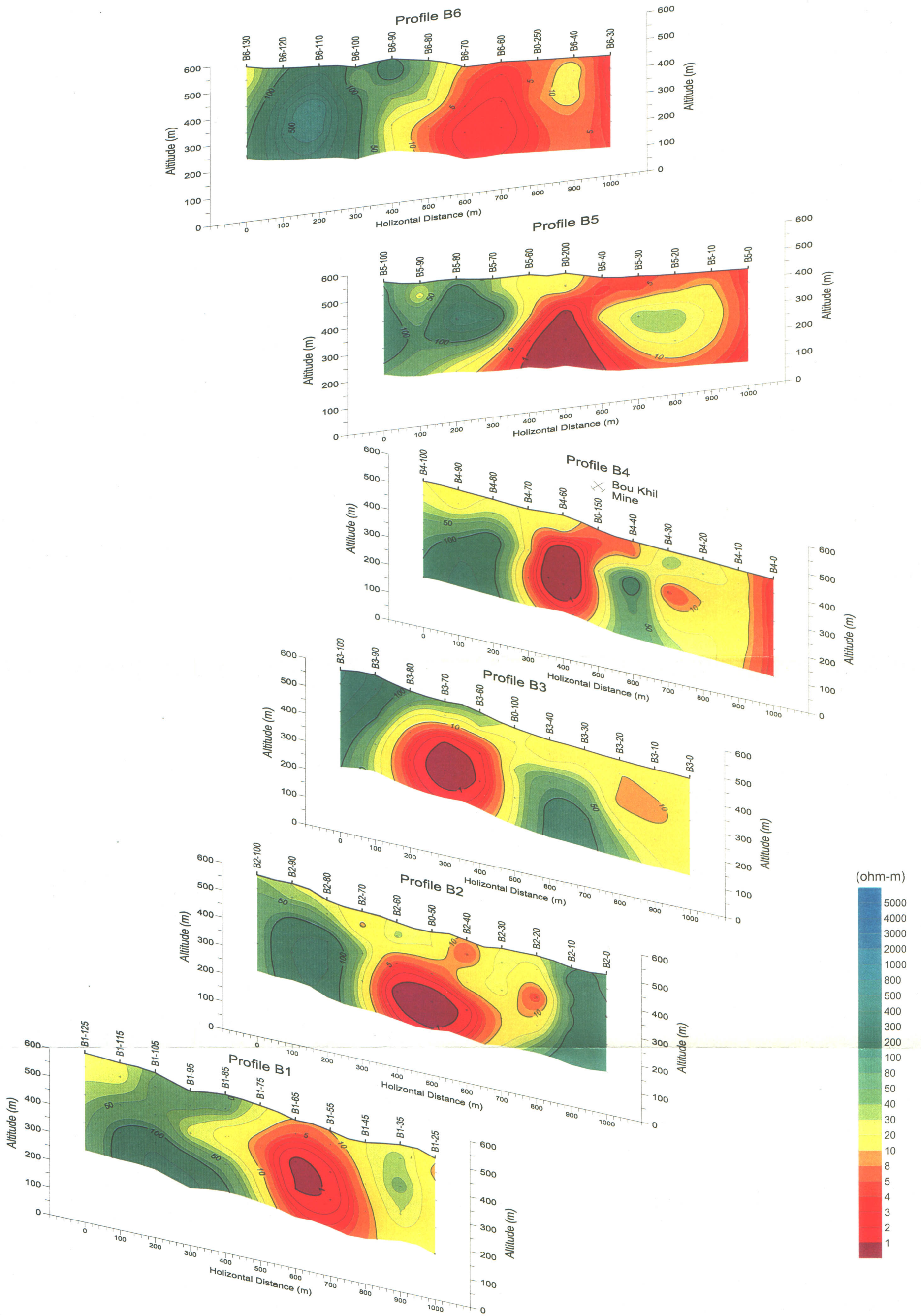


図 20 ブキル地区 IP 法解析比抵抗断面パネル図

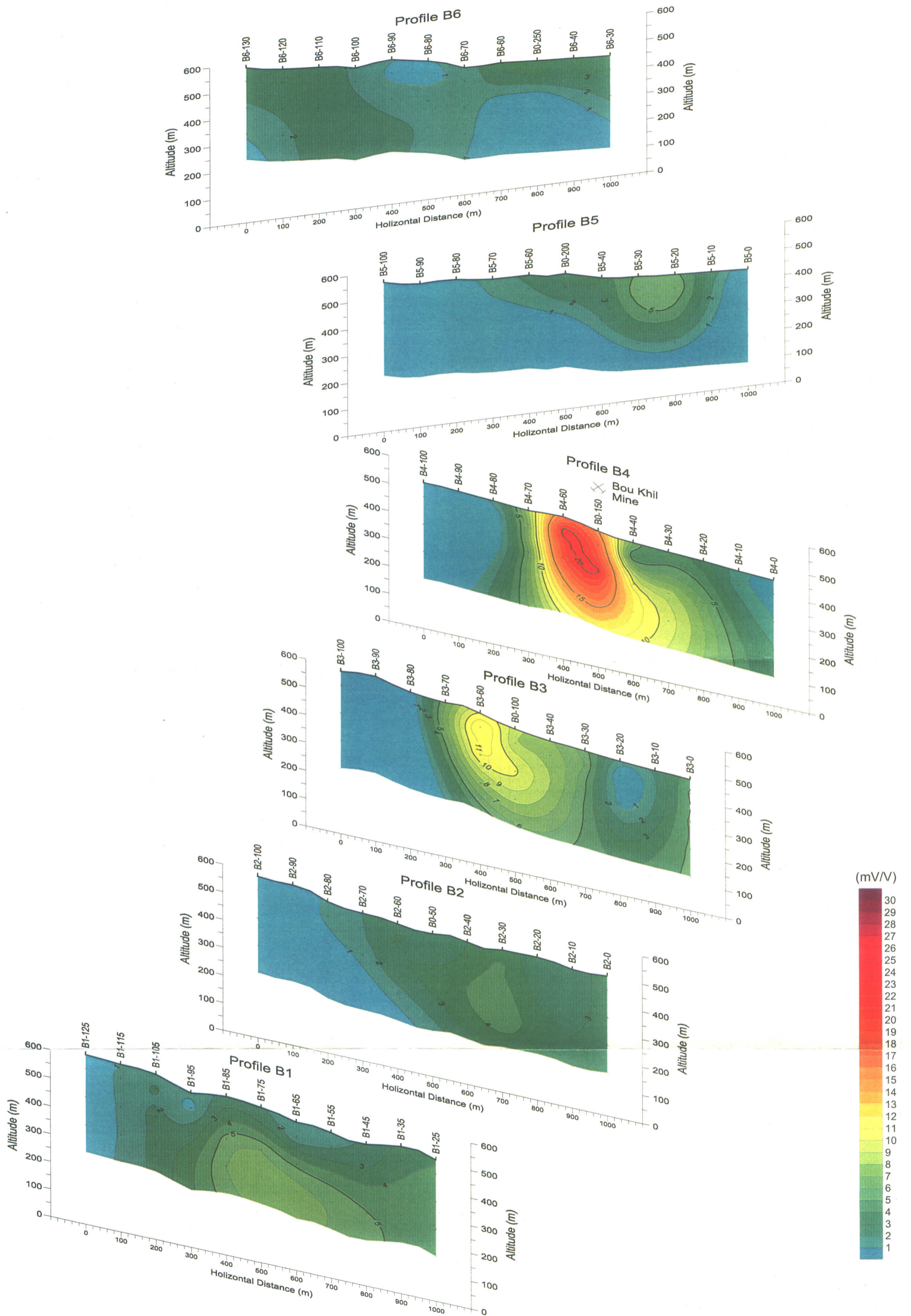


図 21 ブキル地区 IP 法解析分極率断面パネル図

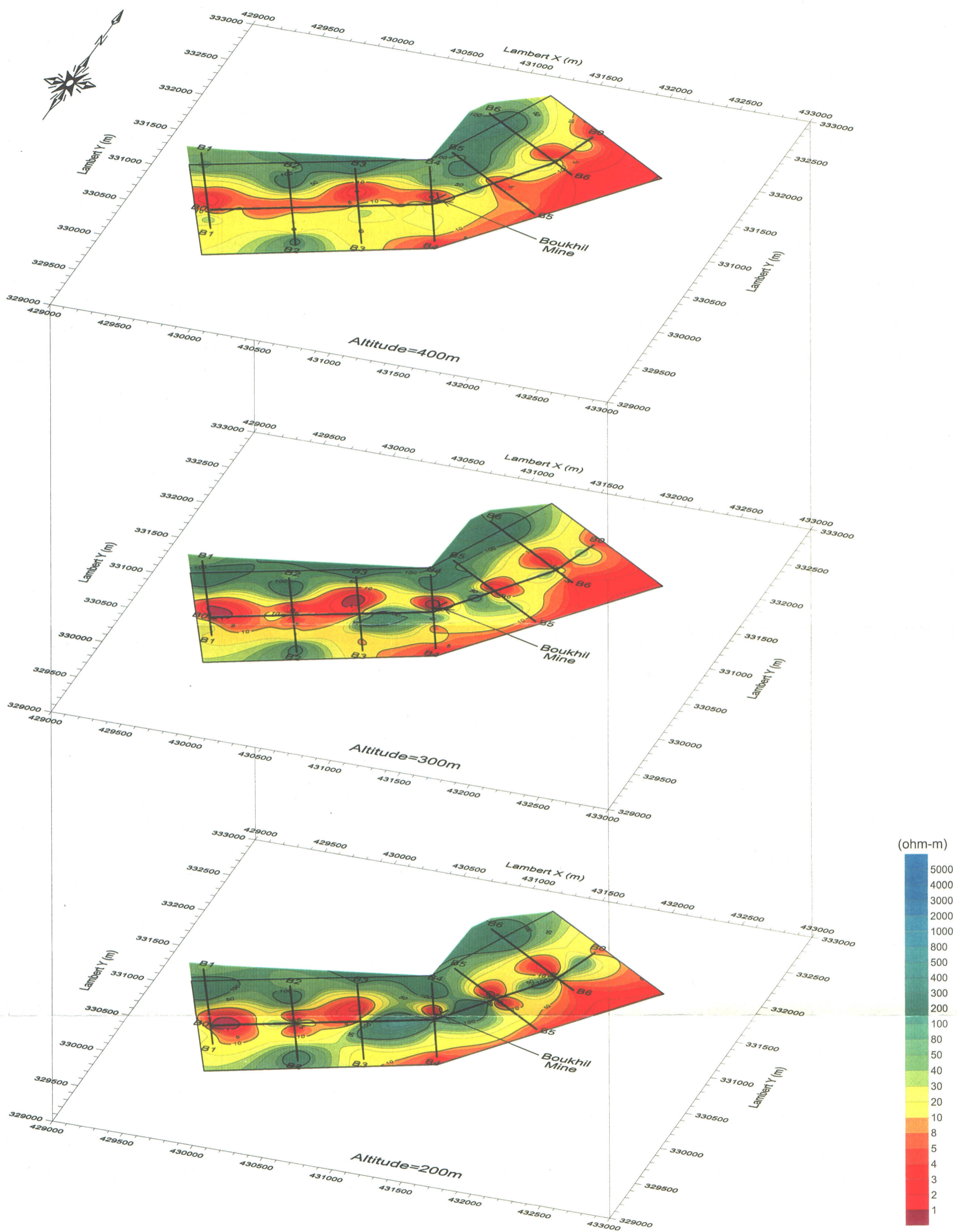


図 22 ブキル地区 IP 法解析比抵抗平面パネル図

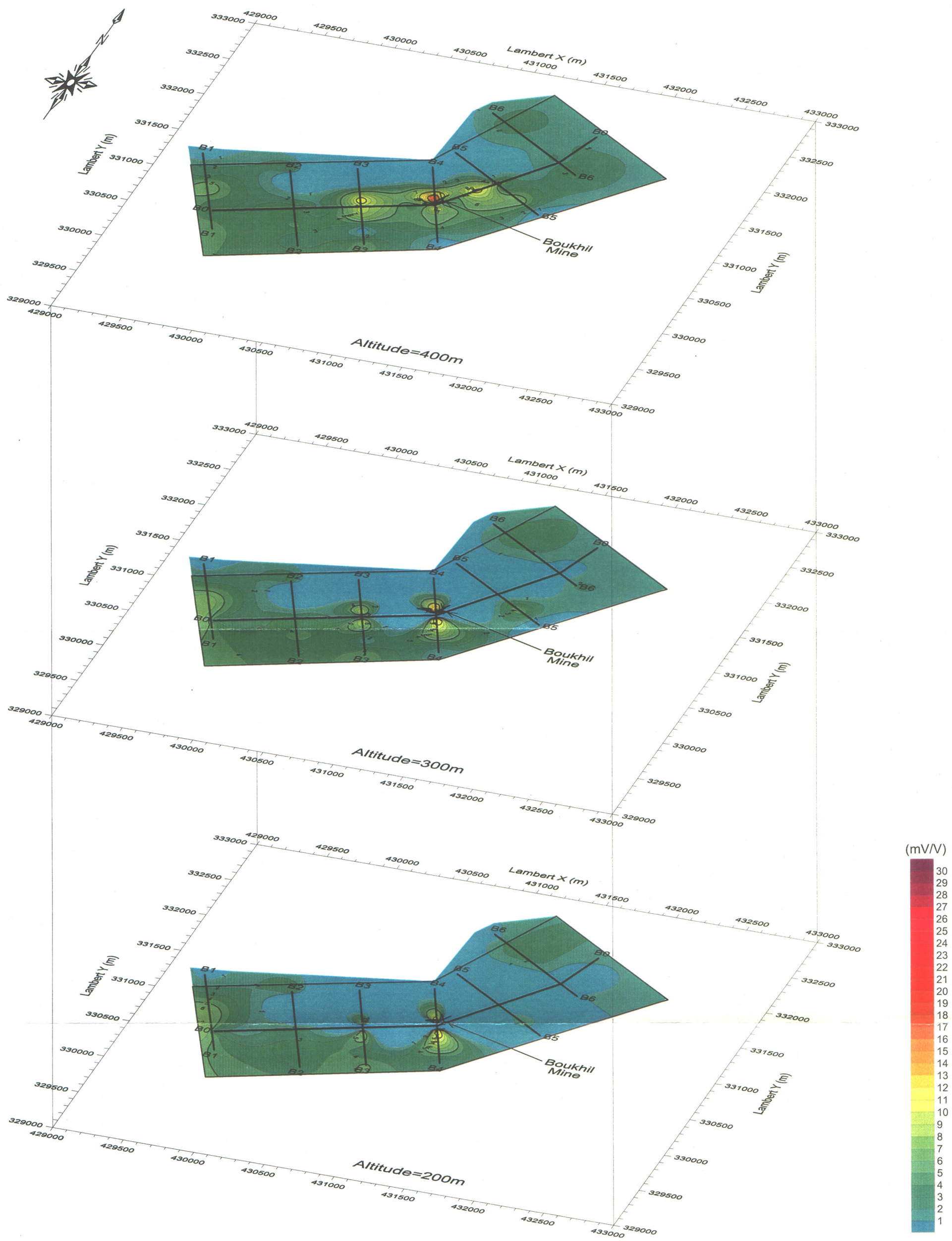


図 23 ブキル地区 IP 法解析分極率平面パネル図



## (2) 総合解析

本地区の IP 法探査で得られた結果と既知鉱床との関係をまとめると図 24 のようになる。既知鉱床としては、調査範囲中央 B0 測線と B4 測線の交点付近にブキル鉱山採掘跡がある。北西の丘陵部にある三畳系のダイアピル本体から南東側の平野部に向かって白亜系、三畳系、第三系の順に並んでおり、この鉱山跡は白亜系と第三系との間にある三畳系のダイアピル翼部にあたる。白亜系は石灰岩で代表されるような高比抵抗を示し、第三系は固結度が低くて空隙率の大きな堆積岩類で代表されるような低比抵抗を示す。翼部の三畳系は特に低比抵抗を示すと考えられ、高比抵抗の白亜系の分布する北西側に潜り込むような分布を示す。また、三畳系のさらに南東の平野側では、白亜系と推定される高比抵抗が第三系に相当する低比抵抗層の下部で盛り上がっている。これらの特徴は残差重力を用いた断面解析結果と整合的である。このような特徴は B4 測線と B0 測線との交点付近で、セレスタイト鉱化帯のある B3 測線にだけに認められる。

分極率異常はブキル鉱山採掘跡周辺とセレスタイト鉱化帯周辺に集中しており、ブキル鉱山採掘跡周辺で最も強い。分極率が鉱化と深い関連があると定性的に推定される。

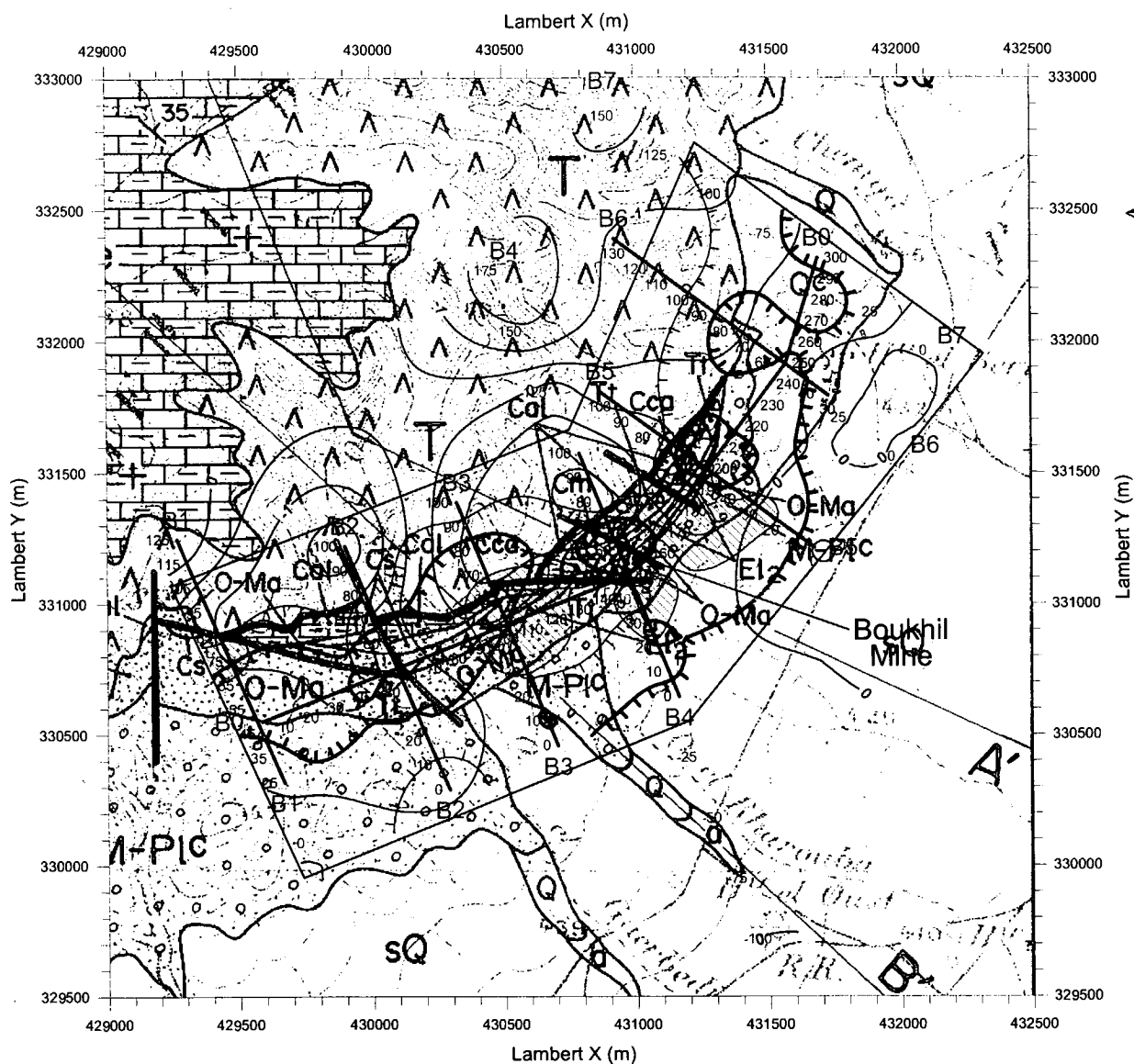
比抵抗の分布パターン、分極率異常位置及び高残差重力異常からは、既知鉱床以外に有望な探鉱箇所を抽出することは難しい。

### 3.2.4 室内試験

本地区で採取した 21 個の岩石試料について密度測定を行った結果、強制湿潤密度は 2.02～3.82g/cm<sup>3</sup> の範囲にあり、平均値 2.67 g/cm<sup>3</sup> は重力測定で評価して決定した補正密度 2.33 g/cm<sup>3</sup> よりかなり大きい。試料には 3.5 g/cm<sup>3</sup> 以上の極端に大きな密度をもつセレスタイトが 2 個含まれていることと、計測しやすい固結度の高い岩石を採取したためと考えられる。平均値で地質区分を比較すると 2.65 g/cm<sup>3</sup> の白亜系、2.59 g/cm<sup>3</sup> の三畳系、2.50 g/cm<sup>3</sup> の第三系の順となる。

密度測定を行った岩石試料の内、浸漬中に崩壊した 1 個を除く 20 個について IP 測定を行った結果、比抵抗は 80～11,000Ωm の範囲にあった。平均値の約 2,500Ωm は 10Ωm 以下の比抵抗も広く分布した IP 法の探査結果と比べてかなり高い。測定した試料は現地に分布する試料に比べて空隙率が低いことが室内試験と現地測定結果の相違の一因と考えられる。しかしながら、それだけでは不十分であり、かなり低比抵抗の間隙水の存在を推定せざるを得ない。室内試験時の間隙水に相当する浸漬水の比抵抗が約 14Ωm で比較的良かったことを考慮すると、現地の間隙水は海水並に 1Ωm 以下の低比抵抗を示す可能性が高い。

分極率は砂岩の 2 試料で 10mV/V 以上の高い値を示したほかは低い値しか得られなかった。ブキル鉱山採掘跡周辺の露頭で採取した白亜系石灰岩で 8mV/V 程度の相対的に高い値が得られた。現地測定で分極率異常の認められた場所で採取したセレスタイトの分極率は 3.5mV/V 以下でかなり低い値を示した。別途、ズリ捨場で採取した鉛硫化物を含む試料の分極率を測定したところ、20mV/V 以上の高い値を示したので、方鉛鉱のような鉛硫化物が分極率の一因と考えられる。



Legend

- : IP survey Line
- : Survey Area
- XX : Closed Mine
- ⊗ : Resistive zone > 50 Ωm (Altitude: 300m SL)
- ⊕ : Conductive zone < 10 Ωm (Altitude: 300m SL)
- ⊘ : High Chargeability > 5 mV/V (Altitude: 400m SL)
- : Residual Gravity ( 0.5 mgal interval)

図 24

ブキル地区物理探査総合解析図

1 : 25,000

February, 2002

### 3.3 ボーリング調査

#### 3.3.1 調査概要

ブキル地区のボーリング位置を地質概略と共に図 25 に示す。本地区は図 25 に示したように、ダイアピルを構成する三畳系、炭酸塩岩類(石灰岩、石灰岩マール互層)からなる白亜系、角礫化・ドロマイト化炭酸塩岩類からなる漸移帯(Transition zone)、堆積岩類(砂岩・泥岩・礫岩)を主とした第三系(始新統、漸新統～中新統)及び第四系からなる。白亜系には稼行実績(既採掘鉱量 40 万トン、品位 Pb+Zn10%)のあるブキル鉱床が胚胎し、また、北東-南西方向に発達する漸移帯中には、Chantier 2, Saint-Pierre などのセレストタイト(Sr)鉱床が発見されている。

本地区では、Chantier 2 鉱床探査及び分極率異常の確認を目的として、図 25 に示した物理探査測線 B3(A-A')・B5(B-B')の 2 測線上で、MJTK-B1(掘進長 216.80m)及び MJTK-B2(掘進長 142.10 m)の 2 孔のボーリングを実施した。各孔のボーリング柱状図を附図 1・2 に示す。

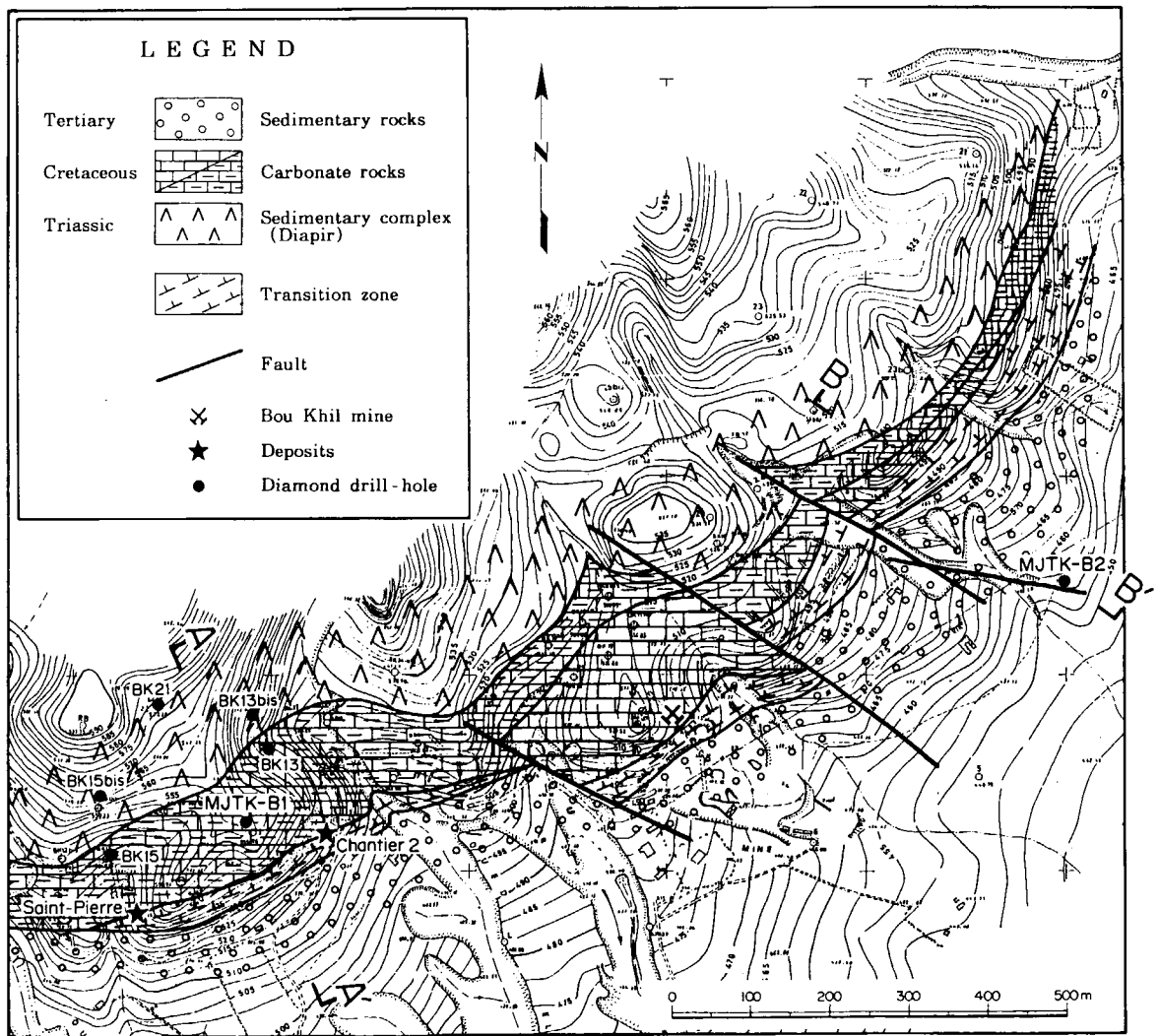


図 25 ボーリング位置図 (ブキル地区)

### 3.3.2 調査結果

#### (1) MJTK-B1 孔

本孔は物理探査によって抽出された分極率異常の確認及び Chantier 2 鉱床の南西方延長を探查することを目的として、図 25 に示した地点(物理探査測線 B3 上)で実施された。本孔のボーリング柱状図を附図 1 に、ボーリング地質断面図を図 26 に示す。

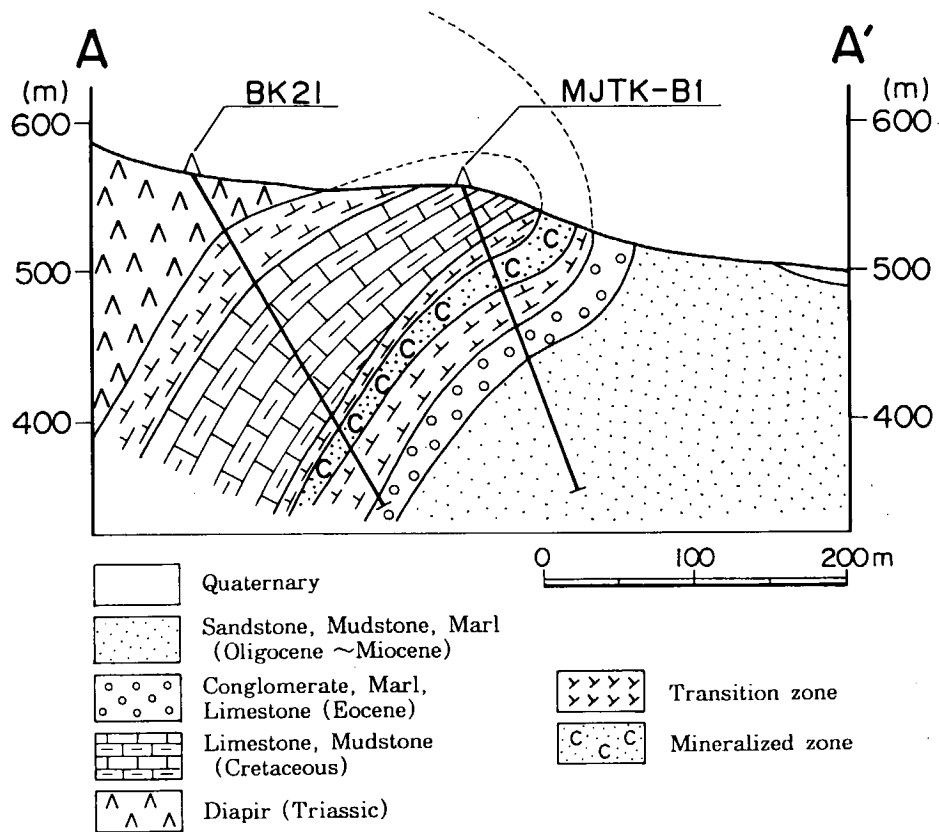


図 26 ボーリング地質断面図 (MJTK-B1 孔)

電気探査の結果、物理探査測線 B3 の漸移帯分布域で分極率異常が抽出された。測線 B3 上に分布する漸移帯にはセレスタイト鉱化作用が伴われることから、セレスタイト鉱石を採取し室内試験に供した。室内試験の結果によれば、セレスタイト鉱石は 3.5mV/V 以下のかかなり低い分極率を示したため、分極率異常とセレスタイト鉱化作用との関係について不明な部分があることから、抽出された分極率異常の検討を目的として、本孔のボーリングを実施した。

一方、Chantier 2 鉱床に対しては、これまでに 5 孔・総掘進長 970.85m のボーリング探鉱が行われている(図 25・表 15)。これらの調査結果から、推定鉱量 3 百万トン(平均品位 70% SrSO<sub>4</sub>)が報告されている(Mansouri・Sellami, 1990)。表 15 に示したように、Chantier 2 鉱床では BK13bis 孔によって、鉱体幅 22m(平均品位 72.64% SrSO<sub>4</sub>)のセレスタイト鉱化帯が確認されている。しかし、

BK13bis-BK13 断面から南西方では、本鉱床のための探鉱ボーリングが少ない上に、BK13bis 孔及びBK21 孔が着鉱したにすぎないことから、本孔はBK13 孔南西方延長を探索することも目的としている。

表15 ブキル地区 Chantier 2 鉱況一覧

孔名	着鉱区間 (m)	鉱体幅 (m)	品位 (%)		掘進長 (m)	方位 (°)	傾斜 (°)	標高 (m)
			Pb+Zn	SrSO <sub>4</sub>				
BK13	87.00-96.00	9.0	8.3	-	169.50	160	-65	530.66
BK13bis	138.00-160.00	22.0	-	72.64	209.50	160	-65	538.44
BK15	66.55-71.55	5.0	18.7	-	127.20	170	-70	540.18
BK15bis	-	-	-	-	210.00	170	-70	559.23
BK21	194.00-207.00	13.0	-	38.01	254.65	160	-60	572.38

本孔の地質は深度 0.00-33.00m間の石灰岩泥岩互層(白亜系)、深度 103.10-121.80m間の礫岩・マール・石灰岩(始新統)及び深度 121.80-216.80m間の粘着質泥岩を伴う半固結～未固結砂岩(漸新統～中新統)からなり、深度 33.00-103.10m間に漸移帯が発達している(図 26・附図 1)。

漸移帯は灰色～暗灰色のドロマイトを主体とし、角礫化、黄鉄鉱・白鉄鉱鉱化作用及びセレスタイト鉱化作用を伴う。鏡下では、ドロマイト(径 0.2mm 程度)、方解石(径 0.2mm 程度)、石英(径 0.8mm 程度)、珪灰石(径 1mm 程度)及び不透明鉱物からなる。

セレスタイト鉱化作用は深度 47.50-73.8m間に角礫状又は脈状にみられる。角礫状セレスタイトは微量の閃亜鉛鉱を伴い、角礫間を黒色、緻密質で多量の自形黄鉄鉱を含むドロマイトが埋めている。脈状セレスタイトは方解石-セレスタイト脈として産出する。主要鉱石鉱物はセレスタイト、黄鉄鉱、白鉄鉱及び閃亜鉛鉱である。セレスタイトは自形～半自形で径 0.05mm 程度である。黄鉄鉱は半自形、径 0.02mm 程度である。白鉄鉱は自形～半自形、径 0.05-0.2mm 程度でフランボイダル組織を示す。閃亜鉛鉱は半自形で径 0.05mm 程度である。セレスタイト濃集区間の鉱況を分析品位と共に表 16 に示す。

表16 MJTK-B1 孔 鉱況一覧

孔名	着鉱区間 (m)	鉱体幅 (m)	鉱化型	品位 (%)
				SrSO <sub>4</sub>
MJTK-B1	47.5-58.5	11.0	角礫状・脈状	16.89
	59.5-65.5	6.0	角礫状	20.33
	67.8-73.8	6.0	角礫状・脈状	7.80

本孔では深度 40-120m間に分極率異常が見られる。この区間には漸移帯が発達しており、漸移帯中には黄鉄鉱-白鉄鉱鉱化作用が顕著に認められる。したがって、測線 B3 の分極率異常は黄鉄鉱及び白鉄鉱を反映したものと考えられる。また、これまでの調査結果及び本孔の着鉱位置から判断して、Chantier 2 鉱床では、セレスタイト鉱化作用がBK13bis-BK13 断面から南西方向へ 75 m延長していることが確認された。

(2) MJTK-B2 孔

本孔は物理探査によって抽出された分極率異常の確認を目的として、図 25 に示した物理探査測線 B5 上で実施された。本孔のボーリング柱状図を附図 2 に、ボーリング地質断面図を図 27 に示す。

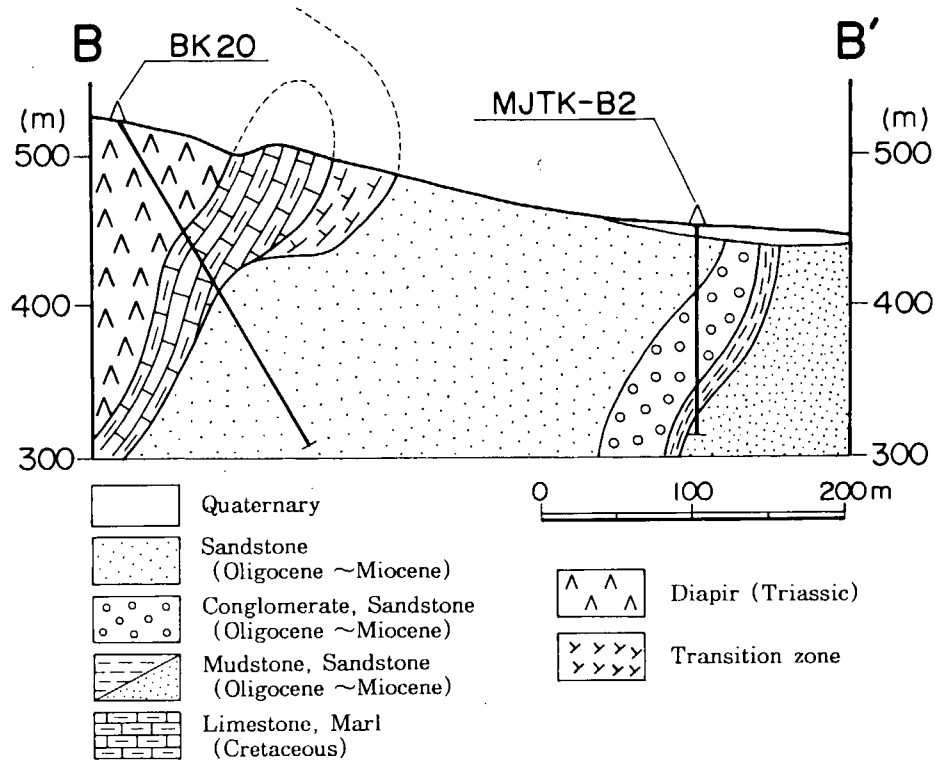


図 27 ボーリング地質断面図 (MJTK-B2 孔)

本孔の地質は深度 0.00-40.10m間の未固結～半固結砂岩、深度 40.10-109.70m間の砂岩挟み礫岩及び深度 109.70-142.10m間の粘着質泥岩を伴う未固結砂岩からなり(図 27・附図 1)、いずれも第三紀漸新世～中新世の堆積岩類によって構成される。

本孔は深度 70.00-110.00m間で分極率異常と交差する。この区間は石灰質砂岩を挟在する礫岩からなり、石灰質砂岩には強黄鉄鉱化作用が顕著に認められる。したがって、測線 B5 の分極率異常は石灰質砂岩に含まれる黄鉄鉱を反映したものと考えられる。