

- ②既存資料（地質構造・岩石密度・磁化率など）を基に、地下構造を密度（又は磁化率）及び形状の異なる複数の多角形で近似し、初期モデルを作成する。一般に、ボーリングや露頭で地質構造が既知のものについては、これを固定点とする。
- ③これらの多角形によって生じる地表での重力値（又は磁力値）を数値計算し、実測値と比較する。初期モデルの場合、通常は理論値は実測値と大きく異なっている。
- ④次に、多角形を構成する座標及び多角形の密度（又は磁化率）の幾つかを変数とみなし、実測値と計算値がほぼ一致するまで、これらの変数をインバージョン手法により自動的に変化させて、最終的な密度構造（又は磁性体の構造）を算出する。
- ⑤計算により得られた物理構造モデルについて、地質構造としての妥当性や他の断面との整合性を検討し、必要に応じて初期モデルを再構築しやり直す。

「MAGIX XL」による実際の計算では、始めに広域重力異常データによる深部構造モデリングを行った。すなわち、地下3～10 kmの深部に、広域重力異常をもたらす密度異常があるものと仮定し、水平方向に複数のブロックを設定し、ブロックの密度及び一部の座標を可変として計算した。これを基本に、ブーグ異常値を直接使用して浅部を含めたモデリングを行った。深部の構造はほとんどの場合、固定し、必要に応じて密度を可変とした。

磁力異常のモデリングでは、広域磁力異常を除去した波長10000mの局部磁力異常データ（PL.II-2-2）を使用した。

## 2-4 解析結果

### 2-4-1 岩石物性の特徴

Table II-2-2 及び Table II-2-3 に調査地域の地層及び貫入岩類の比抵抗・IP・密度・磁化率をまとめて示す。これらは露頭サンプル及びボーリング・コアによる岩石物性試験のデータである。

#### (1) IP

変成作用を受けた堆積岩のIPは、2つのグループに明瞭に分かれる。一つは5%以下のIPを示すグループで、炭酸塩岩に富む地層・珪岩・凝灰岩-砂岩・ペレサイト（熱水変質

岩の一種)である。一方、シルト岩・片岩・フリントはIPが比較的高く、最大は20%に達する。このグループのIPが大きいことは、岩石中に炭素を多く含んでいることによる。花崗岩質岩類・ランプロファイア・ホルンフェルス・スカルンのIPは5-7%と比較的低い。

## (2) 磁化率

調査地域の岩石は非帯磁～弱帯磁のものが全体に多くを占める。花崗岩質岩の磁化率はTable II-2-3に示すように低い。一方、ホルンフェルスは平均 $314 \times 10^{-5}$ SIと磁化率が高く、磁力分布から識別することが可能である。スカルンも平均 $730 \times 10^{-5}$ SIと、十分高い磁化率を示す。鉱床の多くは弱く磁化しており、磁化率は約 $100 \times 10^{-5}$ SIである。

## (3) 密度

調査地域の鉱床及び周辺の岩石密度は下記のように変化に富んでおり、結果として異なったタイプの重力異常を形成している。

コクパタス層(変成岩起源の堆積岩)の密度は $2.61-2.84 \text{g/cm}^3$ と変化に富んでおり、平均すると $2.70 \text{g/cm}^3$ である。珪岩及びフリントは $2.58-2.68$ (平均 $2.65 \text{g/cm}^3$ )で、最も低密度である。ドロマイトは $2.68-2.84$ (平均 $2.77 \text{g/cm}^3$ )と比較的高密度であるが、当地域での分布は狭小である。

貫入岩の密度は、花崗岩( $2.61$ )、花崗閃緑岩( $2.66$ )、閃緑岩( $2.80$ )、ランプロファイア( $2.81 \text{g/cm}^3$ )の順に増加する。接触変成及び熱水交代作用によって岩石密度は少し増加する。すなわち、ホルンフェルスは $2.75$ (陸源堆積物は $2.70$ )、スカルンは $3.06$ (炭酸塩岩は $2.76 \text{g/cm}^3$ )となる。

その他の特徴は次のとおりである。

- ① 結晶質の基盤岩と上位の中生代～新生代の堆積物との密度差は $0.47 \text{g/cm}^3$ である。
- ② ホルンフェルスの場合、花崗岩質岩類の貫入岩体が片側に存在すると密度が $0.05 \text{g/cm}^3$ 高くなり、両側に存在すると密度が $0.09 \text{g/cm}^3$ 高くなる。
- ③ 花崗岩質岩類と母岩の接触部では、母岩の密度が $0.04 \text{g/cm}^3$ 高くなる。

## (4) P波速度

当地域のP波速度は大きく下記の5つに分類される。

- ① 風化部・褶曲部・節理の発達部・未固結部は平均 4.25 km/sec と速度が低い。
- ② コクサイ層は平均 4.68 km/sec である。
- ③ コクパタス層は平均 5.35 km/sec である。
- ④ チョウチャラタウ層、カラシヤク層及びホジャフメット層は平均 5.50 km/sec である。
- ⑤ ホルンフェルス、スカルンは平均 6.5 km/sec と速い。

#### (5) 物性値相互の関係

調査地域のボーリング・コアの磁化率と密度の関係をみると、貫入岩を含むサウトバイ・トルバイ・サリタウの岩石類は大きく 2 分されることが判明した。

##### ① グループ 1

非磁化～弱磁化のグループで、磁化率は  $0-60(\times 10^{-5} \text{ SI})$  である。密度は  $2.63-2.84 \text{ g/cm}^3$  と、変化に富む。サリタウの岩石の場合、花崗岩質岩類の貫入によって強い熱水交代作用を受け、磁性鉱物がこれより低密度の物質に置き換えられたものと考えられる。

##### ② グループ 2

比較的高い磁化率のグループで、磁化率は  $60-320 (\times 10^{-5} \text{ SI})$  である。磁化率と密度との相関がより明瞭で、両者は比例関係にある。この関係は接触変成作用を受けた岩石の特徴である。このグループの磁性鉱物は熱水変質作用にさらされることが、グループ 1 に比べ相対的に少なかったと考えられる。

タングステン鉱床のサウトバイとサリタウの場合は相関が明らかで、金のトルバイ鉱床の場合は相関は弱い。

サウトバイ鉱床～トルバイ鉱床のボーリング・コアの物性測定結果と地震探査、重力探査、既存文献資料～下記が結論される。

- ① カラシヤク層・コクパタス層・ホジャフメット層の P 波速度及び密度は、全体に似ている。コクサイ層は少し低い傾向にある。
- ② 陸源堆積物及び各々の地層は、花崗岩質岩類に近づくほど全般に P 波速度と密度が高くなる。
- ③ 調査地域の堆積物は磁化率と密度の相関の違いで区分できる。また、磁化率そのものの違いでも区分できる。

## 2-4-2 既往物理探査の結果

### (1) 自然電位 (SP) 分布 (Fig.II-2-3)

等電位線はサリタウ地区を除き、地層の走向と同方向、すなわち、NW-SE方向に伸長しており、地質分布及び構造と良く調和している。

他方、東部のサリタウ地区は等電位線がNE-SW方向に伸長している。ここは貫入岩が露出しており、また、従来のNW-SE方向の断層に加えてNE-SW方向の断層が数条通っていることもあって、前述の地域とは全く異なった地質環境にある。このために他と異なる電位分布を示したものと考えられる。

### (2) 放射能探査

主な鉱床についてみると、トルバイ鉱床及びサリタウ鉱床は、空中放射能探査における主要な異常帯に位置している。なお、トルバイ鉱床は地表放射能探査の主要な異常帯でもある。他方、サウトバイ鉱床及びブルトカン鉱床は放射能異常域の近傍に位置するが、異常域そのものとはなっていない。

サウトバイ鉱床の西側には広い範囲にわたる異常域が、また、ブルトカン鉱床の東側にはNW-SE方向の異常域が存在する。地質構造図によるとこれらの異常域には断層が多数みられることから、断層の開口割れ目を通して放射性物質(ガス)が上昇しているものと考えられる。調査地北東部の構造線に沿って、NW-SE方向に放射能異常が続く傾向がみられる。これも断層と関連したものと推定される。

結論として、鉱床及び鉱床は放射能探査の異常域又はその近傍に位置していることが多いといえる。

### (3) 磁力探査

調査地域の北東部及び南西部が地上磁力探査で、他は空中磁力探査である。地上探査の地域は測点が少ないため、細かな変化が捉えられず、コンターが単調である。

全磁力異常図(PL.II-2-1)及び局部磁力異常図(PL.II-2-2)に示すように、等磁力線の伸長方向はNW-SEが最も顕著で、地質分布及びその構造の方向とよく一致している。他方、NE-SW方向への等磁力線配列も比較的顕著にみられる。これらはブルトカン鉱

徴地の約7 km 北方、トルバイ鉱床の北西約4 km、トルバイ鉱床南東方、サリタウ鉱床の西部及び南東約4 km である。これらNE-SW方向の配列は、同方向の断層に対応している場合が比較的多い。

#### (4) 重力・磁力の断面解析

既存資料では A.P.Cheshuin (1994) によって主要鉱床を通る断面について、重力及び磁力の定量解析が実施済みである (PL.II-2-3~ PL.II-2-5)。したがって、本報告書では同じ断面についてモデリングを補足的に行うとともに、新規に1断面でモデリングを実施した (Fig.II-2-4~PL.II-2-7)。断面の位置を PL.II-2-2 に示す。

##### ① A-B断面 (PL.II-2-3、Fig.II-2-4)

サウトバイ鉱床を通るNNE-S SW方向の断面である。PL.II-2-3 に示す局部重力異常 ( $\Delta G$  Loc10000) をみると、断面中部及び北東部に低異常が広範囲に存在し、2次元断面解析でこれらに対応した低密度の貫入岩体が推定された。これらはそれぞれ北サウトバイ貫入岩体、トルバイ貫入岩体と呼ばれる。その密度は周囲 ( $2.67\text{g/cm}^3$ ) と比べ  $0.05\text{-}0.08\text{g/cm}^3$  少ない。

この断面ではトルバイ貫入岩体は全く地表に露出せず、北サウトバイ貫入岩体もサウトバイ鉱床の付近で一部地表に露出するにすぎない。モデリングの結果によると、その幅は4~7km、潜在深度は地表下おおよそ100~600mである。

断面図の地質モデルで破線のハッチをした部分は、空中磁力探査から推定した磁性鉱物に富む部分である。サウトバイ鉱床はちょうどこの部分に該当する。

Fig.II-2-4 は「MAGIX XL」による重力・磁力モデリングの結果である。密度構造の初期モデルは PL.II-2-3 に準拠した。両図はよく一致している。磁化率 ( $\times 10^{-5}\text{SI}$ ) は物性試験結果を参考に500及び1000を与えた。サウトバイ鉱床その他に高磁性体の存在が解析された。

##### ② C-D断面 (PL.II-2-4、Fig.II-2-5)

ブルトカン徴地の近傍を通るNNE-S SW方向の断面である。PL.II-2-4 の局部重力異常では、断面北東部に大規模な低異常が発達し、断面中部にも低異常が存在する。これらの重力異常に対応する低密度の貫入岩体は、それぞれトルバイ貫入岩体、サウトバイ

貫入岩体と呼ばれ、その密度は周囲と比べ  $0.07$  及び  $0.04\text{g/cm}^3$  少ない。本断面ではトルバイ貫入岩体の幅は約  $5\text{km}$  で、広く地表に露出している。サウトバイ貫入岩体はブルトカン鉱徴地の付近で一部地表に露出するが、他は潜在しており、その幅は最大約  $7\text{km}$  と推定される。

PL.II-2-4 の地質モデルで破線のハッチをしたところは、空中磁力探査から推定した磁性鉱物に富む部分で、ブルトカン鉱徴地付近もこれに該当する。同鉱徴地付近は、SP、重力の異常帯でもある。

Fig.II-2-5 は「MAGIX XL」を用いて行った重力・磁力モデリングの結果である。密度構造の初期モデルは PL.II-2-4 に準拠しており、両図はよく一致している。また、磁性体の磁化率 ( $\times 10^{-5}\text{SI}$ ) は、物性試験結果をもとに  $500$  及び約  $1000$  を初期値とした。図示の 4 箇所が高磁性体の存在が推定された。これらは PL.II-2-4 の高磁性体に対応している。

### ③ E-F 断面 (PL.II-2-5、Fig.II-2-6)

サウトバイ鉱床—トルバイ鉱床—サリタウ鉱床を通る、ほぼ E—W 方向の断面である。局部重力異常をみると、断面西部及び東部に広範囲にわたる大きな低異常が存在し、特に西部では、これに短波長の低異常が加わっている。西部の低重力異常に対応するのは、西部から北サウトバイ貫入岩体、サウトバイ貫入岩体、東サウトバイ貫入岩体である。

東部の岩体は深部では一つの岩体であるが、上部では 2 つに分かれ、トルバイ貫入岩体及びサリタウ岩株と呼ばれる。その密度は周囲と比べ  $0.05\sim 0.06\text{g/cm}^3$  少ない。断面西部の北サウトバイ・サウトバイ・東サウトバイの各岩体はその頂部がさらに低密度となっており、密度差は  $0.1\text{g/cm}^3$  に達する。

断面図の地質モデルで破線のハッチをした部分は、空中磁力探査から推定した高磁性体で、サウトバイ鉱床及びトルバイ鉱床が含まれる。

Fig.II-2-6 は「MAGIX XI」を用いて行った重力モデリング結果である。密度構造の初期モデルは PL.II-2-5 に準拠した。Fig.II-2-6 と PL.II-2-5 はよく一致している。

### ④ G-H 断面 (Fig.II-2-7)

本断面はブルトカン鉱徴地及びトルバイ鉱床を通る WSW—ENE 方向の断面で、新規にモデリングを実施した。広域重力異常は東側に向かって徐々に高くなっている。ブーグ

異常は断面西部に規模の大きい低異常が発達するほか、断面中部及び東端に低異常が存在する。既存の断面の解析結果を参考に、「MAGIX XI」を用いて断面モデリングを実施した。これらの重力異常に対応する低密度の貫入岩体は、それぞれ北サウトバイ貫入岩体・トルバイ貫入岩体／サリタウ岩株・タラウバイ貫入岩体と呼ばれ、その密度は周囲と比べ $0.05\text{--}0.08\text{g/cm}^3$ 少ない。北サウトバイ貫入岩体はブルトカン鉱微地（図中、距離 $0\text{km}$ の地点）の近傍で地表に露出している。また、トルバイ貫入岩体／サリタウ岩株・タラウバイ貫入岩体もモデリング結果では一部地表に露出又はそれに近い状態である。

磁力異常モデリングでは、岩石の磁化率を他の断面と同様に約 $500\times 10^{-5}\text{SI}$ とした。図示の4箇所で高磁性体の存在が推定された。このうち、最も西側の磁性体はブルトカン鉱微地付近に位置する。

#### (5) 貫入岩体及び母岩の地域区分

Fig.II-2-8は物理探査結果及び地質資料に基づき、貫入岩体及びその周辺域の母岩を地域区分したものである。

##### ①第1地区

ここは調査地域の南西端で、花崗斑岩・石英斑岩からなるコクパクス貫入岩体が発達しており、その北東側の接触部である。等磁力線はNW-SE方向に直線状に伸びている。この地区の鉱化のタイプは金で特徴づけられる。

##### ②第2地区

本地区にはタングステンのサウトバイ鉱床が存在し、低重力異常をもたらす北サウトバイ貫入岩体が広範囲に潜在する。また、これに関係する振幅の大きな正負の磁力異常がNW-SE方向に伸長している。

##### ③第3地区

本地区は調査地域中央部の最も広い範囲を占め、複数の花崗岩質貫入岩類（トルバイ、サリタウ、カテイルタスほか）の近傍及びその周辺である。これら貫入岩類は低重力異常及び負の磁力異常を明瞭に形成している。

ボーリング結果によると、この地区はタングステン-金及び金-銀の鉱化作用で特徴づけられる。重力・磁力・自然電位の各等値線はNW-SE方向に配列しており、地質構造と調和している。

#### ④第4地区

本地区は調査地域の北東端に位置する。タラウバイ貫入岩体は地表に露出しないが、重力の低異常から広範囲に潜在していることが確実である。等磁力線はNW-SE方向に配列している。この地区の高磁力異常は、磁化率が $400 \times 10^{-5} \text{SI}$ に達するタラウバイ貫入岩体の閃緑岩によると考えられる。このほか局部的に地表の母岩に強い珪化作用が認められる。母岩に局部的に珪化が認められるのは他の地区も同様である。

#### (6) 総括

##### ①貫入岩体と周辺の母岩との接触

花崗岩質岩類と母岩（カラシャク層・コクパクス層・ホジャフメット層・コクサイ層）の変成岩類が、地表又は地下浅部で接する場合、既往調査から次のことが明らかである。

密度及び磁化率の低い花崗岩質岩類の大きな貫入岩体は、低重力異常を形成し、磁力異常を岩体の上部の端に形成する。また、SPは大きな正異常を示す。母岩の密度は貫入岩体に接近するほど大きくなる。磁力分布も同様で、貫入岩体に向かって正の磁力異常が顕著となる。貫入岩体の周辺部に生成されるホルンフェルス、スカルン、ベレサイトは磁化率が高く、貫入岩体の近傍で比較的大きな磁力異常を生じる。

一方、堆積物が厚く、花崗岩質岩類と母岩が地下深部で接する場合は、物理探査でその状況を明らかにすることは一般に困難である。ただし、磁硫鉄鉱が生成されていると、中規模の磁力異常を生じるため、磁力探査で識別可能となることがある。

##### ②鉱床胚胎場の一般的な特性

調査地域では花崗岩質岩の貫入によって、母岩に透水性の高い部分が形成されており、これがまとまって存在すると、低重力異常を形成する。この高透水性部は硫化鉄物が生成されている可能性が十分考えられ、調査地域の既知鉱床の場合、しばしば磁硫鉄鉱を伴う。磁硫鉄鉱は磁化率が高く、まとまると高磁力異常を作る。ちなみに、高磁力異常部は断面モデリングによると、数 $100 \times 10^{-5} \text{SI}$ の磁化率となる。これら重力・磁力分布の特徴は、一般に、短い波長（例えば1500m）の局部異常図に現われやすい。

Fig.II-5-1は既存資料の総合解析図である。サウトバイ・トルバイ・サリタウの主要鉱床を始め、その他の鉱床・鉱徴地が高磁力異常帯又はその近傍に位置していることが明白である。



### ③今後の探査地区

Fig.11-2-9はこれまでの物理探査結果に基づいて今後、探査価値のある領域を示したもので、既存資料に記載のものである。探査領域はサウトバイ・トルバイ・サリタウの各鉱床及びその周辺部の他、ブルトカン鉱徴地を始めとする各々の鉱徴地及びその周辺部が含まれる。既存資料では、既知鉱床と同じ物理的条件のところを今後の探査地区として選定している。現在、開発に向けて詳細調査が進行中のサウトバイ鉱床周辺に注目すると、下記が今後の探査地区として絞られる。

#### ・サウトバイ南地区、サウトバイ西（サゲンカン）地区、サウトバイ東地区

このうちサウトバイ南地区は現在の探鉱区域のすぐ南側で、その平面的広がりにはトルバイ鉱床地帯に匹敵する。本地区は磁力探査データの上では比較的コントラストが小さい。

その他、下記の地区が今後の探査地区としてあげられる。

#### ・東サウトバイ地域

東サウトバイ地域はブルトカン鉱徴地とトルバイ鉱床の中間に位置する。ここにはサウトバイ貫入岩体に似た東サウトバイ貫入岩体が潜在している。この地域は地化学探査の異常域で、ここで行われたボーリング資料によると、金のアノマリが認められる。

#### ・ブルトカン地区

本地区はサウトバイ鉱床の東南東約 6.5km に位置する。ボーリングによって浅部に高い含有量の金が確認されており、鉱化ゾーンの水平的・垂直的広がりを把握するうえで、詳細な物理探査が必要である。

### ④探査手法について

調査地域では既述のように重力・磁力探査が多用され、貫入岩体の広がりや周辺母岩の性状を把握するのに役立ってきた。

今後はこれらに加えて、短い測点間隔で精密な電気探査（比抵抗・IP）や電磁探査（TEM）を行い、電気特性の情報を積極的に活用することで、鉱床胚胎場の性状がさらに明確となるものと考えられる。

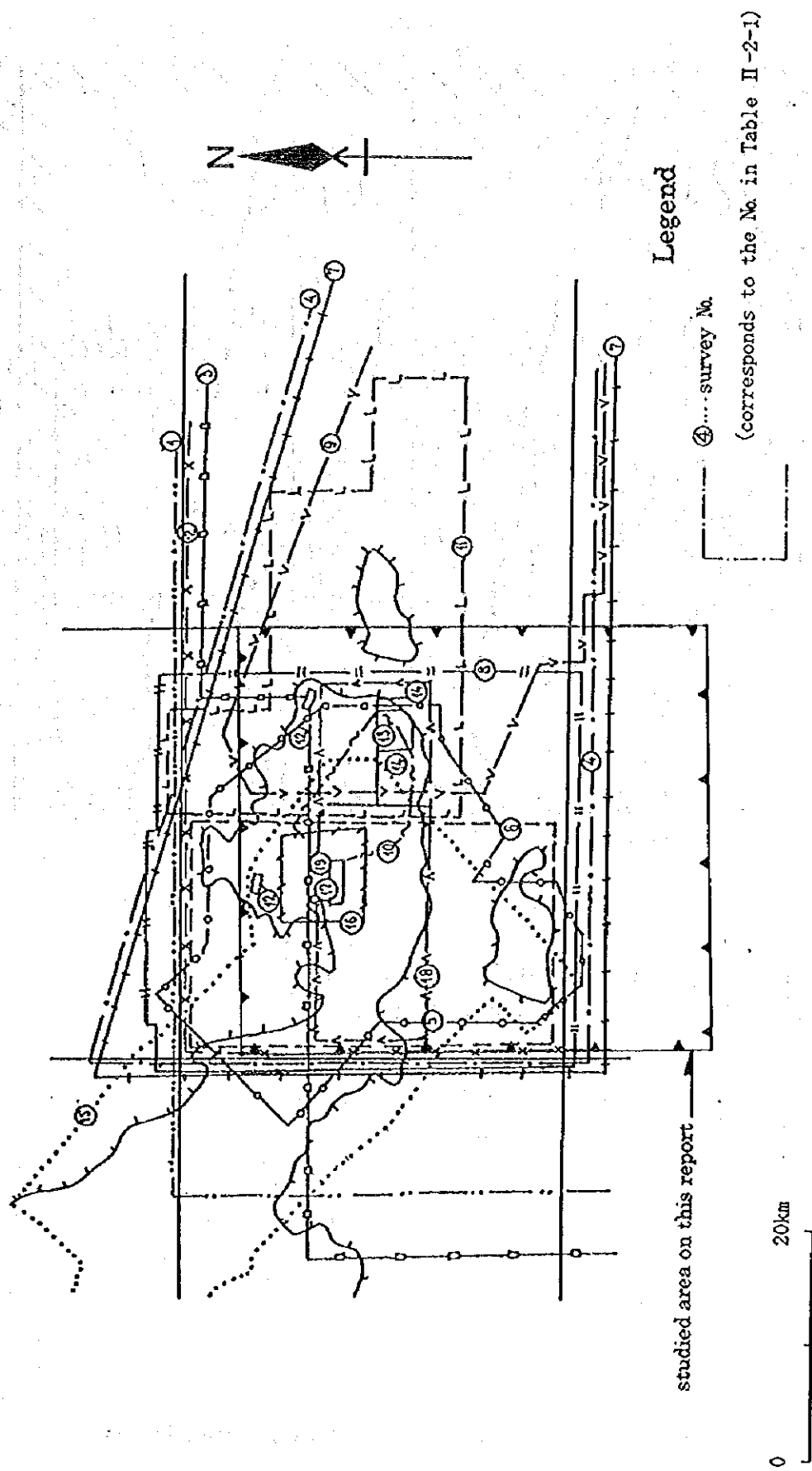
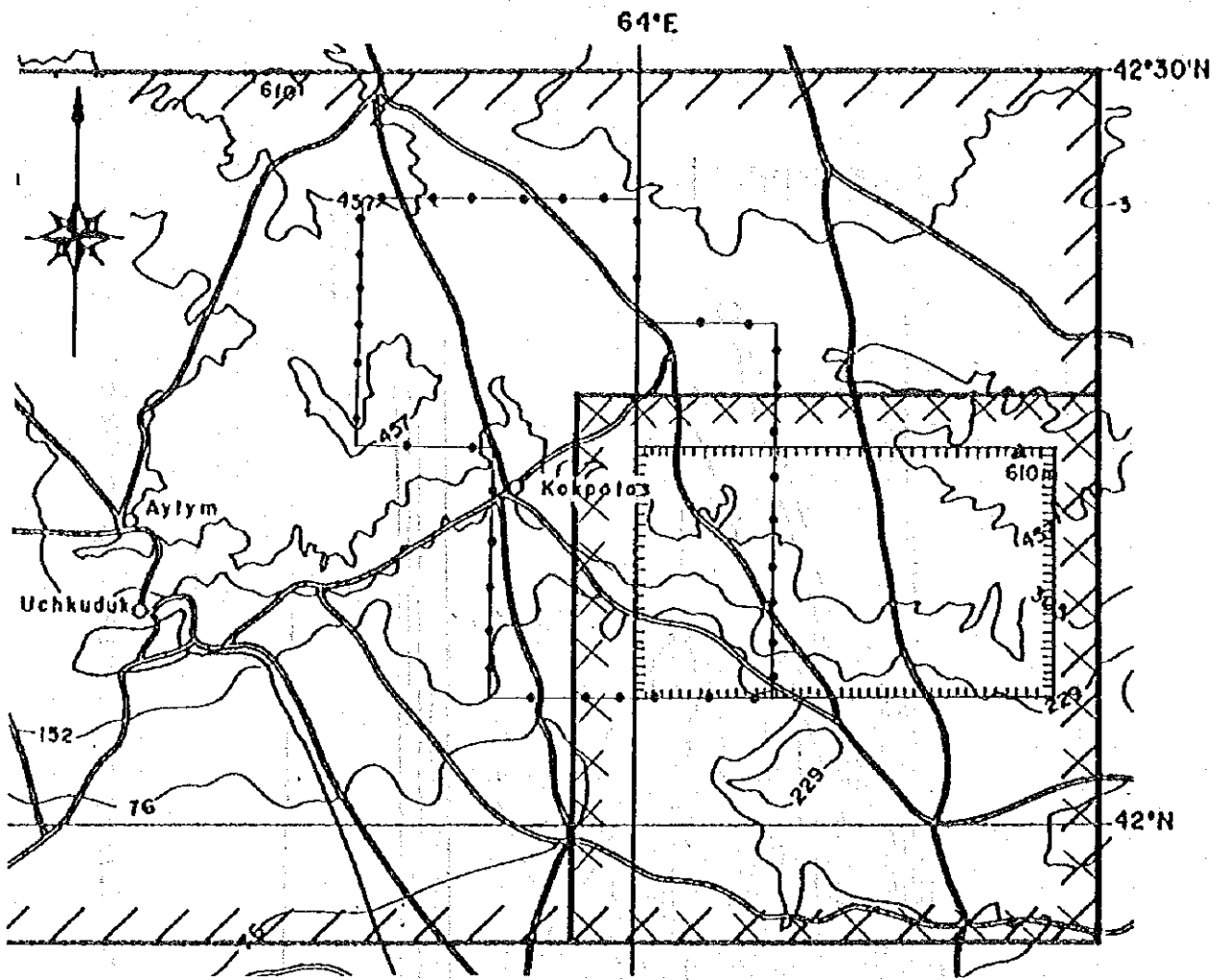


Fig. II-2-1 Geophysical Survey Coverage of the Eastern Bukantau Area



source of data analyzed in this report  
(compiled by A. P. Cheshuin:1994)



source of results quoted in this report  
(compiled by A. A. Horsov:1991)

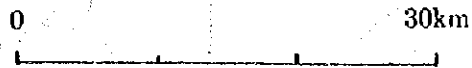
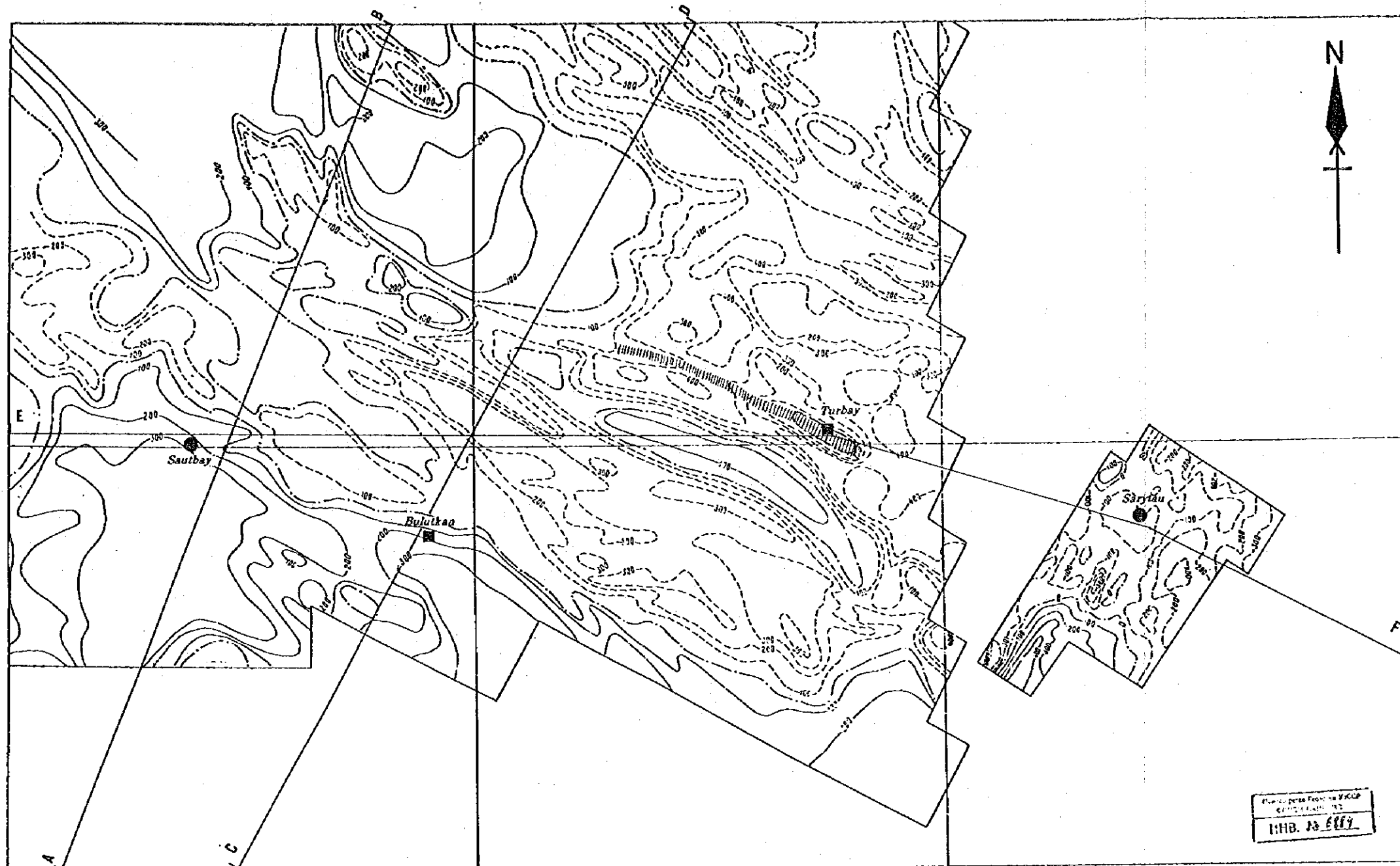


Fig. II-2-2 Geophysical Data Compilation Area for this Report





**Legend**

— 100 — solid line : positive anomaly

- - - 100 - - - dashed line : negative anomaly

unit : mV

▨ axis of strong SP anomaly, identifying with the silicification zone

●, ■ ore deposits and ore showing

A B geophysical-geological section

after A.P.Cheshuin(1994)

Fig. II-2-3 Self Potential Map



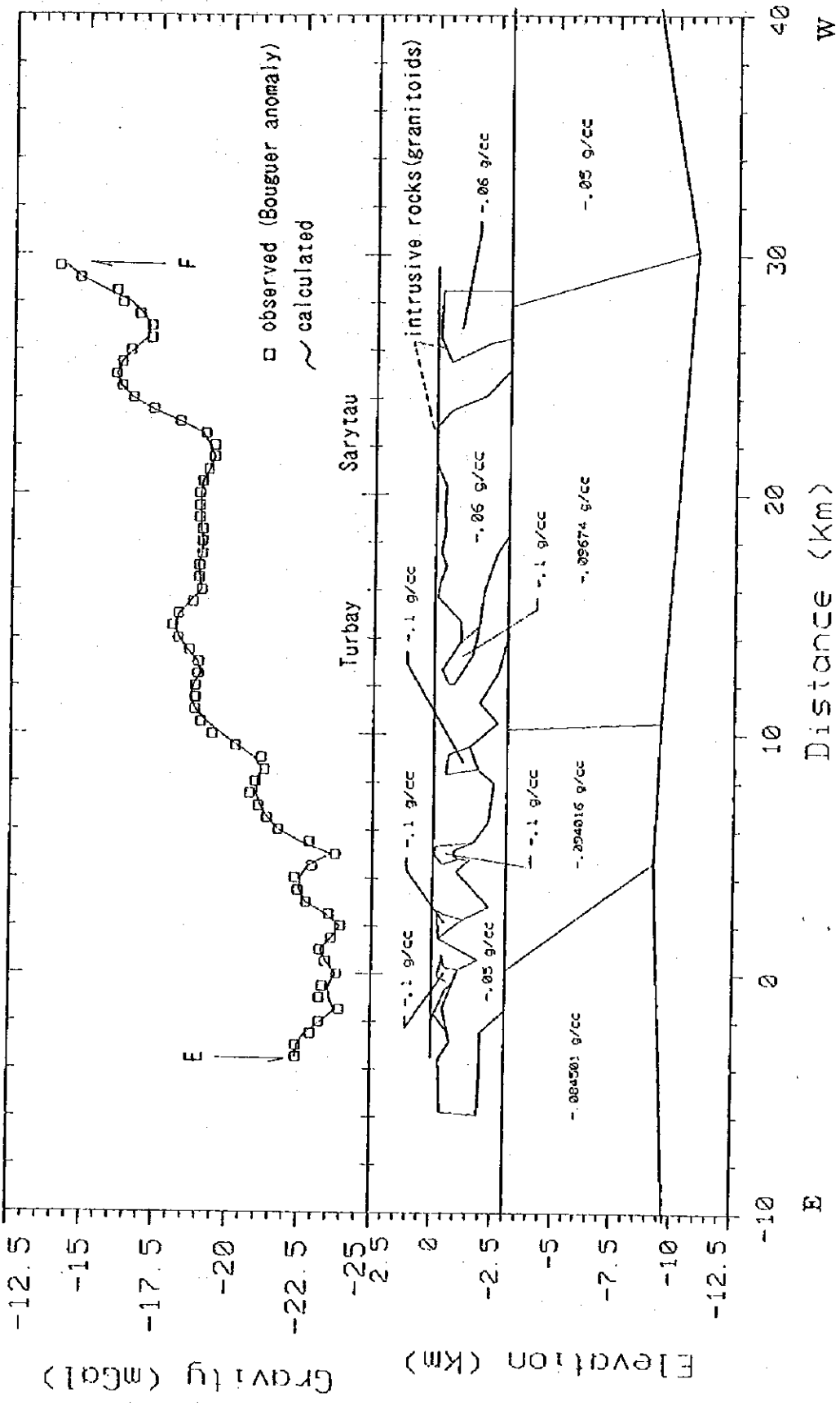


Fig. II-2-6 Modeling Results for Section E-F















Table II-2-1 Geophysical Survey History in the Eastern Bukantau Area

Survey No.	Surveyed Year	Survey Method	Survey Scale
1	1960-1964	airborne magnetic survey	1:50,000
	1964		1:25,000
2	1964-1965	airborne magnetic survey	1:25,000
3	1965	seismic prospecting	1:100,000
4	1967-1968	seismic prospecting	1:100,000
5	1969-1970	airborne gamma ray survey	1:25,000
6	1970-1974	magnetic survey, SP survey	1:50,000
	1974	geochemical survey	1:2,500
7	1971-1972	seismic survey	1:50,000
8	1971-1974	gravity survey	1:50,000
9	1972	airborne gamma ray survey, magnetic survey	1:25,000
10	1972-1973	gamma ray survey, geochemical survey	1:50,000
	1974	gamma ray survey, geochemical survey	1:25,000, 1:10,000
11	1974-1976	electric survey(IP,SP), gamma ray survey, geochemical survey	1:50,000
	1977	ditto(precise survey)	1:50,000
12	1977-1982	electric survey(IP,SP)	1:50,000
	1983	ditto(precise survey)	1:25,000, 1:10,000
13	1981-1983	magnetic survey, electric survey(SP)	1:25,000
	1983	ditto	1:10,000
14	1982-1983	electric survey(EM)	1:50,000
	1984	ditto	1:25,000
15	1983-1984	airborne geophysical survey(magnetic, electro-magnetic,gamma ray)	1:50,000
16	1988-1989	electric survey(EM)	1:25,000
17	1988-1989	magnetic survey	1:5,000
18	1984-1989	gravity survey, magnetic survey	1:25,000
	1989	ditto	1:10,000
19	1988-1989	geoelectro-chemical survey	

Table II-2-2 Electric Properties of Rocks in the Bukantau Mountains

Formation and Rocks	Number of Samples	IP(%) min.- max. (average)	Resistivity min.- max. (average)
Quaternary sediments: pebble, sandy loam, sand, rock debris	107	0.25-1.2 (0.8)	50 - 200 (100)
Cretaceous and Paleogenic sediments: clay, sandstone, marl	34	0.5-1.3 (0.9)	10-50 (30)
Kokpatas formation: siliceous rock, sand stone, siltstone, phyllite, schist, dolomite	117	2.0-10.5 (5.5)	5-75 (20)
Karashakh formation: andesitic tuff, tuff breccia, sandstone, siltstone, schist(slate, shale)	132	3.0-12.5 (7.5)	50-350 (150)
Rock mass " a " : sandstone and siltstone	41	3.5-12.5 (7.5)	5-100 (90)
Intrusive rock: granite, granodiorite	36	1.8-3.5 (2.5)	300-1800 (1000)
lamprophyre, dioritic porphyrite (dike)	19	2.1-3.2 (2.8)	650-1500(850)
Serpentine	15	2.5-4.5 (3.5)	30-160 (100)
zone of graphitization and pyritization in the sediments of Kokpatas and Koksai formations	58	10-30 (12.0)	1-25 (5)

Table II -2-3 Density and Magnetic Susceptibility of Rocks in the Bukantau Mountains

Formation and Rocks	Structure and Materials	Physical Parameters			Admitted to Interpretation		Characteristic of Gravity and Magnetic Fields
		Density (d)	Magnetic Susceptibility ( $\chi$ )	Density (d)	Magnetic Susceptibility ( $\chi$ )		
Quaternary sand, sandy loam, clay, conglomerate, sandstone	terrigenous-sedimental(Meso-Cenozoic)	1.8-2.45 (2.20)	0-20 (10)	2.25	0	lower gravity and neutral magnetic field	
Koksai formation sandstone, siltstone, silt	terrigenous-sedimental	2.58-2.67 (2.63)	0-40 (20)	2.63	0	zoned gravity-magnetic minimum values and neutral magnetic field	
Kokpatas formation siltstone, silt, sandstone	terrigenous-sedimental silty-sandy	2.62-2.82	0-40 (20)	2.67	0	neutral gravity and magnetic fields	
Karashakh formation green stone rock mass, schist, formed sandstone, siltstone, sandstone, limestone	terrigenous-volcanic	2.67-2.85 (2.76)	0-300 (150)	2.76	300	local gravity and magnetic minimum values	
Kumbulok formation greenstone rock mass	metabasitic	2.62-2.91 (2.80)	10-5000 (2500)	2.82	2000	regional gravity maximum value and magnetic minimum value	
granite		2.54-2.67 (2.60)		2.58	50	isometric and zoned intrusive gravity minimum and weak lower magnetic field	
gabbro		2.78-2.86 (2.82)	20-100 (60)	2.82	0	local gravity maximum and neutral magnetic field	
hornfels, skarn, beresite	contact - metasomatic	2.77-3.27 (3.00)		2.90	1500	intensive local maximum and changing magnetic field	





## 第3章 サウトバイ・ブルグット鉱床の鉱量計算

### 3-1 目的

調査地域内のサウトバイ、ブルグット鉱床に関する既存資料を収集し、電算機を使用して鉱量計算を行い、これら鉱床の評価を行う。また、鉱量計算結果に基づいて、今後の探査方針を策定するための情報を提供することを目的とした。

### 3-2 計算方法

#### (1) ソフトウェア

サウトバイ、ブルグット鉱床の鉱量計算には、スカルン鉱床や鉱脈鉱床に適した鉱量計算用ソフトであるカナダのLynx Geosystems Inc社のmicroLYNX Plusを使用した。

MicroLYNX Plusは地下資源探査及び鉱山開発のための総合解析システムであり、以下のような機能または特徴を持っている。

#### ①プロジェクト指向

MicroLYNX Plusはプロジェクト指向型プログラムであり、同時にいくつものプロジェクトを管理できる。あるプロジェクトを一旦ロードすると、それ以降の作業は他のプロジェクトに影響を加えない。

#### ②ボーリングデータの入力・編集

分析値、地質情報を含むボーリングデータを管理するデータベースをプロジェクトごとに作成する。必要があれば、入力済みのデータを容易に編集できる。

#### ③ボーリングデータの表示

3次元空間における鉱化作用等の検討に必要なデータベース中のデータは任意方向の断面または平面に表示でき、またプリンタ、プロッタで出力できる。

#### ④統計解析

分析データを統計学的または地球統計学的に解析し、3次元空間における各成分の品位分布特性を検討する。

#### ⑤地質及び鉱床の形態の定義

地質断面あるいは平面図をmicroLYNX Plusに入力、または直接ディスプレイ上で品位等に基づいて鉱体を作成することによって地質体（鉱体を含む）の定義を行う。

#### ⑥ 鉱床モデルの作成・対象成分の品位推定

鉱床の形態に応じた各種モデルを作成し、鉱床の各部分における対象成分の品位を適切な方法で推定する。

#### ⑦ 埋蔵鉱量の計算

推定された品位などに基づいて対象区域の埋蔵鉱量を計算する。

#### ⑧ 推定品位の表示

鉱床モデル（推定品位等）を任意の断面または平面に表示させ、mining designのための検討資料を提供する。

#### ⑨ mining design

オープンピットまたは坑道等の設計を行い、可採鉱量を計算する。

#### ⑩ 開発期間中のデータ更新

鉱山開発期間中に新たに得られたデータを随時に入力し、最新状況をすぐ反映するようにデータベースを随時更新する。

### (2) 計算範囲

今回実施した鉱量計算はサウトバイ鉱床のみでなく、サウトバイ鉱床の東南方向、約800mに位置するブルグット鉱床も計算に含めた（Fig. II-3-1）。現地で使用している座標系は真北と一致しているが、鉱床の地質断面図がN60° Eとなっているため、現地用の座標系を時計回りに60° 回転し原点も移動して、新しい座標系を作成した。この新座標系を鉱量計算用の座標系とした。Fig. II-3-2に示したように鉱量計算は新座標系でX軸 -5 ~ 1,745m、Y軸 -5 ~ 1,595mの1,750m x 1,600mの範囲となっている。

### (3) 分析試料及び計算対象成分

サウトバイ鉱床、ブルグット鉱床及びその周辺地域では合計613本のボーリングが掘削されているが、その半分以上がノンコアボーリングである。今回の鉱量計算に使用したのはそのうちの159本である（Fig. II-3-2）。分析用試料がボーリングコアから1~2mの間隔で採取されている。また、サウトバイ鉱床では標高193m準に坑道があり、坑道壁から採取

した試料については、坑道の方向を考慮して36本の水平ボーリングとみなして鉍量計算に組み入れた。

分析成分については $W_0$ とAuが主であり、その他の成分は分析していないか分析個数が非常に少ないため、今回の鉍量計算は $W_0$ とAuのみを対象成分とした。 $W_0$ のデータ数は10,728個で、Auは13,494個である。

#### (4) 鉍体の定義

1993年12月現地の Sarydjoy ワーキングチームにより、サウトバイ、ブルグット鉍床について鉍量計算を含めた報告書が提出された。報告書には当地域の最も詳細な情報が記載されている。報告書には鉍体の延長方向とほぼ直交した23枚の地質断面図が添付されている(PL. II-1-4)。これらの資料によれば、サウトバイ、ブルグット鉍床では計21の鉍体が確認されており、それぞれ番号が割り当てられている。両鉍床は接近しており、一部の鉍体は両鉍床にまたがっており、事実上一つの鉍床として考えられる。

鉍体の定義は基本的にこの23枚内の22枚の地質断面図を採用して、若干修正を加えた。PL. II-1-3に示したように、断面間隔は40~170mで、サウトバイ鉍床ではほとんど40mとなっている。また、南東端の断面78は断面70から約320m離れており、その周辺に分析データもほとんどないため、断面78周辺は計算範囲に入れなかった。断面の前後の影響範囲はその前後の断面との距離の半分にした。すべての鉍体に識別するための地質コードを割り当てた。

#### (5) バリオグラム

バリオグラムを計算する前に、分析データに対してコンポジット化(加重平均化)を行った。コンポジットの長さは5mである。実際の処理方法として、まず地質断面及びその前後の影響範囲から各分析試料に地質コードを割り当てる。次に割り当てられた地質コードにより地質单元(鉍体)ごとに分析値を5m毎に試料の長さで加重平均した。

21の鉍体は空間的に分離されている。鉍体の成因などを厳密に考えた場合、それぞれの鉍体は違うものであり、各鉍体に独自のバリオグラムを有する。しかし、1号鉍体を除いて、他の鉍体は分析データ数が少なく、バリオグラムを計算しても、その信頼性が非常に低い。従って、1号鉍体についてのみ、バリオグラムを計算して、3次元における各成分

の品位分布の特徴を検討した。

1号鉱体は全体的に見れば、板状を呈し、走向は $N10^{\circ}W$ で、傾斜は約 $60^{\circ}E$ である。1号鉱体はサウトバイ鉱床では深度約150mより上部は比較的まとまっており、下部は4本の鉱体に分かれている。以降の説明のために1号鉱体に対して以下のような軸定義を行う (Fig. II-3-3)。

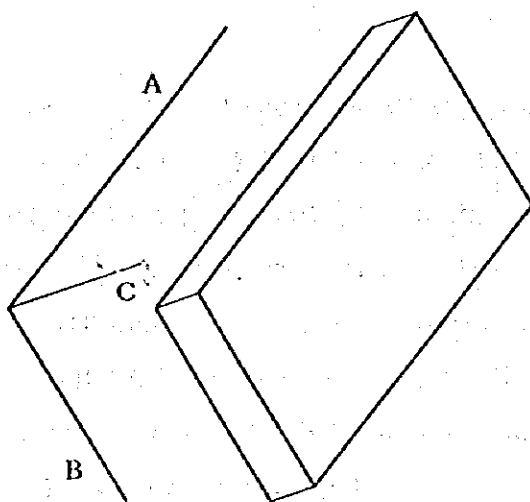


Fig. II-3-3 Definition of 3 Axes for No.1 Ore Body

A軸： 1号鉱体の走向方向で、 $N10^{\circ}W$

B軸： 1号鉱体の傾斜方向で、傾斜 $-60^{\circ}$

C軸： 1号鉱体の板面に垂直な方向で、真北から時計回り $80^{\circ}$ 、傾斜 $+30^{\circ}$

自然界に存在する地質体 (例えば鉱床) には3次元空間におけるある項目 (例えば成分の品位) の分布は等方性のものがあれば、異方性のものもある。異方性については地球統計学的に方向により異なるバリオグラムが存在することによって表現される。また、バリオグラムを計算する際に、同じデータセットでも、計算パラメーター (距離間隔、角度範囲など) の違いにより、異なるバリオグラムが得られることになる。従って、実際バリオグラムを求める際に、種々なパラメーターを使用してバリオグラムを計算し、その中から代表的と思われるものを選択する必要がある。

Fig. II-3-4 ~ II-3-7は1号鉱体に対して、検討した多数のバリオグラムの中から代表的と思われるものを示している。Table II-3-1には各バリオグラムから抽出したバリオグ

ラムの特性を表すパラメーターをまとめている。WO<sub>3</sub>のB軸方向及びAuのC軸方向については明瞭なバリオグラムが得られなかった。

Table II-3-1 Parameters of the Variograms for No.1 Ore Body

Component	Direction	Nugget	Sill	Range
WO <sub>3</sub>	A axis	0.019	0.267	85
	C axis	0.060	0.304	15
Au	A axis	0.004	0.138	120
	B axis	0.019	0.502	120

Table II-3-1に示したように、WO<sub>3</sub>については、A軸方向とC軸方向におけるRangeが明らかに違い、前者は85mで、後者は15mである。言い換えれば、3次元空間におけるWO<sub>3</sub>の品位の分布はA軸方向では約85m以上離れると、互いに関連がなくなり、C軸方向では15m以上になると、関連がなくなる。B軸方向については、鉱体の形状から考えれば、恐らくA軸方向と同様なRangeを持っていると推定される。

Auについては、A、B両軸ともに約120mのRangeを持っており、Auの品位はA、B軸方向では、同様な分布性格を有すると考えられる。

全体的に見れば、3次元空間における各成分の分布性格は、両成分ともに、両長軸を含む面がA、B軸に平行した扁平楕円体であると考えられる。

#### (6) 3次元ブロックモデル

鉱床の各部分の平均品位を推定するために、3次元ブロックモデルを作成した。ブロックモデルの範囲はTable II-3-2に新座標系で示した。

Table II-3-2 Attributes of the 3-D Block Model

Direction	Minimum	Maximum	Range (m)	Block size (m)	Block number	Subblock size(m)
X axis	-5	1745	1750	10	175	5
Y axis	-5	1595	1600	10	160	1
Z axis	-400	250	650	10	65	1

ブロックのサイズはいずれの方向でも10mを採用しているが、対象鉱床の鉱体の多くは非

常に薄いため、10x10x10(m)のブロックだけでは、鉱体の形状を表すことができない。従って、各ブロックをさらにサブブロックに分割することにした。サブブロックのサイズはTable II-3-2に示したように、X、Y、Z軸方向でそれぞれ5, 1, 1(m)である。

#### (7) クリッキング法によるブロックの平均品位の推定

クリッキング法とは、限られたサンプルデータ集合を利用して鉱床全体の鉱量・品位や特定のブロック（例えば鉱画や採掘単位）ごとの鉱量・品位をその鉱床の特性（品位等の空間的分布特性、即ち、バリオグラム）を考慮しながら、推定誤差が最小となるように品位等を推定する方法である。すなわち、クリッキング法では計算された鉱量・品位が実際の鉱床の“真の値”に最も近い値となるような統計処理を行っている。

今回の鉱量計算では3次元ブロックモデル中の各ブロックについて、クリッキング法によるブロックの平均品位の推定を行った。

1号鉱体のブロック平均品位の推定に使用したバリオグラムパラメーターは前述のバリオグラム解析で抽出したものである。バリオグラムモデルにはスフェリカルモデル（球モデル）を適用した。1号鉱体以外の鉱体については、有意のバリオグラムが得られなく、また成因的に1号鉱体と関連していると考えられるため、1号鉱体のバリオグラムを適用した。

ブロックの平均品位を推定する際に、バリオグラムから得られたRange値に基づいて、推定に使用する周囲のデータの範囲（データ取込範囲）を限定する必要がある。WO<sub>3</sub>については、Fig. II-3-3に示したAとC軸方向ではRangeより若干長く、それぞれ100mと20mの取込範囲を採用した。B軸方向では、前述のように、鉱体の形状から考えてA軸方向と同様なRangeを持っていると推定され、従って、取込範囲も同様に100mにした。Auについては、A、B軸方向では130mの取込範囲を採用し、C軸方向では有意なバリオグラムが得られなかったため、WO<sub>3</sub>と同様な取込範囲（20m）を採用した。

また、ブロックの平均品位の推定に地質学的なコントロールを加えた。即ち、鉱体ごとにクリッキング法による推定を行った。ある鉱体に属するブロックの平均品位を推定する際に、その鉱体に属する分析データのみを使用した。

PL. II-3-1～II-3-4は推定したWO<sub>3</sub>とAuの品位分布を示す。

### (8) 鉱量の計算

各ブロックに推定された平均品位により、0.05、0.08、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5% (WO<sub>3</sub>)の各カットオフ毎に集計して、カットオフ毎の鉱量及び平均品位を計算した。

### 3-3 計算結果

以上説明した計算方法でサウトバイ及びブルグット鉱床について鉱量計算を行った結果をTable II-3-3に示す。

Table II-3-3 Ore Reserve Estimation Result of Sautbay and Burgut Deposits

Cutoff (WO <sub>3</sub> %)	Reserves (t)	WO <sub>3</sub> (%)	Au (g/t)	WO <sub>3</sub> (t)	Au (kg)
0.05	25,885,000	0.27	0.24	70,631.7	6,335.1
0.08	23,237,000	0.29	0.26	67,387.3	6,041.6
0.10	21,246,000	0.31	0.28	65,862.6	5,948.9
0.20	11,331,000	0.46	0.36	52,122.6	4,079.2
0.30	6,869,000	0.60	0.45	41,214.0	3,091.1
0.40	5,034,000	0.70	0.50	35,238.0	2,517.0
0.50	3,381,000	0.82	0.55	27,724.2	1,859.6

カットオフ0.05%(WO<sub>3</sub>)の場合、サウトバイ及びブルグット鉱床全体の鉱量は25,885千トンである。WO<sub>3</sub>の平均品位は0.27%、Auの平均品位は0.24g/tである。含有金属量はそれぞれ約70千トン(WO<sub>3</sub>)と6トンである。

Table II-3-4は今回の鉱量計算結果とSarydjoy報告書の結果との比較である。サウトバイ鉱床のopen pit内の場合、鉱量(カットオフ0.05%WO<sub>3</sub>)はどちらの方法でも約2,600千トンである。平均品位はWO<sub>3</sub>、Au両成分とも今回の計算では若干低くなっているが、全体的に見れば、open pit内については、両方法の結果はよく一致していると考えられる。



Table II-3-4 Comparison of Ore Reserve Estimation Results by MMAJ(1995)

and Sarydjoy Team(1993) (on the Whole Area Basis)

Area	Reported by	Reserves (t)	WO <sub>3</sub> (%)	Au (g/t)	WO <sub>3</sub> (t)	Au (kg)
Open pit of Sautbay deposit	Sarydjoy(1993)	2,606,250	0.38	0.16	9,960.5	411.4
	MMAJ(1995)	2,621,000	0.35	0.13	9,173.5	340.7
Sautbay, Burgut deposits	Sarydjoy(1993)	39,539,352	0.43	0.34	168,701.5	13,530.7
	MMAJ(1995)	25,885,000	0.27	0.24	70,631.7	6,335.1

しかし、サウトバイ、ブルグット鉱床全体の場合、両結果に大きな差が見られる。今回の鉱量は25,885千トンで、Sarydjoy報告書の39,539千トンと比べて、約65%となった。WO<sub>3</sub>、Auの平均品位も低く、それぞれSarydjoy報告書の63%と71%となった。

鉱量の違いは以下のようなことが原因として挙げられる。前述のように今回の鉱量計算では鉱体の定義は基本的にSarydjoy報告書の地質断面図を採用して、若干修正を加えた。ブロックの平均品位を推定する際、データの取込範囲をバリオグラムの解析結果に基づいて制限した。取込範囲に分析データがなければ、そのブロックの平均品位は推定されない。即ち、あるブロックは、地質断面図ではたとえ鉱体として描いてあっても、平均品位が推定されない限り、そのブロックは鉱体でないとみなして除外される。Sarydjoyの計算では、このような制限がなく、最初に計算範囲に入れた部分はすべて鉱体として計上される。ボーリング密度の高いところでは、このような計算方法による差がほとんどなく、ボーリング密度の低いところでは、その差がはっきり現れてくる。サウトバイ、ブルグット鉱床では、深部のボーリング数が少なく、全体的に考えた場合、結果的にSarydjoyの鉱量が多く、今回の鉱量がSarydjoyと比べて少なくなる。

平均品位の違いの原因としては以下の2つのことが考えられる。

- ①Sarydjoyの計算では、ある断面における対象成分の平均品位を計算する時、その断面の面積を考慮しないで、単に分析値を着鉱部の長さで加重平均して、その値をその断面の平均品位として使用している。従って、ボーリング密度の低いところでは、偶々品位の高いボーリングが1本あった場合、その断面全体の平均品位が高くなる。
- ②Sarydjoyの計算では、1つの鉱体をいくつかのブロック（今回の鉱量計算に使用したブロックの概念と違う）に分割して、ブロックごとに計算している。予想鉱量(PI)のブロックの平均品位を計算する時、各断面間の体積などを考慮しないで、そのブロックに交

又するすべての断面から平均品位の最も高い断面を選んで、その断面の平均品位をブロックの平均品位として使用したため結果的に全体の平均品位が高くなる。

Table II-3-5は今回の鉱量計算結果とSarydjoy報告書の結果を鉱体ごとに比較したものである。大別すると表中の21鉱体中、No. 1からNo. 9までとNo. 20、No. 21はサウトバイ鉱床に、No. 10からNo. 19まではブルグット鉱徴地に分けられる。

要約すると、今回の鉱量計算の結果として、ボーリング密度の高い部分 (open pit) については、ウズベキスタン側の結果とほぼ一致しており、ボーリング密度の低い部分については、ウズベキスタン側が鉱量・品位共に過大に評価している。

Table II-3-5 Comparison of Ore Reserve Estimation Results by MMAJ(1995) and Sarydjoy Team(1993)

Ore body	(on Individual Ore Body Basis)									
	MMAJ (1995)					Sarydjoy report (1993)				
	Reserves (t)	WO <sub>3</sub> (%)	Au (g/t)	WO <sub>3</sub> (t)	Au (kg)	Reserves (t)	WO <sub>3</sub> (%)	Au (g/t)	WO <sub>3</sub> (t)	Au (kg)
1	11,242,000	43.4	0.27	30,353.4	2,136.0	15,190,300	38.4	0.40	60,761.2	2,886.2
2	299,000	1.2	0.17	508.2	32.9	379,680	1.0	0.50	1,139.0	50.4
3	844,000	3.3	0.15	1,266.0	76.0	1,542,800	3.9	0.27	4,165.6	61.7
4	623,000	2.4	0.12	747.6	12.5	836,499	2.1	0.40	3,346.0	66.9
5	521,000	2.0	0.12	625.2	5.2	478,689	1.2	0.30	1,436.1	52.7
6	324,000	1.3	0.24	777.6	3.2	267,300	0.7	0.87	2,325.5	5.3
7	900,000	3.5	0.15	1,350.0	63.0	803,475	2.0	0.25	2,008.7	8.0
8	909,000	3.5	0.18	1,636.2	227.3	1,684,510	4.3	0.39	6,569.6	269.5
9	386,000	1.5	0.12	463.2	42.5	355,680	0.9	0.40	1,422.7	160.1
10	3,127,000	12.1	0.52	16,260.4	1,688.6	7,512,810	19.0	0.54	40,569.2	4,207.2
11	535,000	2.1	0.11	588.5	42.8	200,520	0.5	0.20	401.0	0.0
12	2,668,000	10.3	0.36	9,604.8	1,254.0	4,922,300	12.4	0.60	29,533.8	4,184.0
13	941,000	3.6	0.16	1,505.6	188.2	2,116,870	5.4	0.25	5,292.2	508.0
14	634,000	2.4	0.24	1,521.6	196.5	1,216,790	3.1	0.23	2,798.6	328.5
15	594,000	2.3	0.28	1,663.2	178.2	1,367,690	3.5	0.37	5,060.5	711.2
16	724,000	2.8	0.11	796.4	144.8	266,824	0.7	0.23	613.7	21.3
17	66,000	0.3	0.15	99.0	6.6	143,970	0.4	0.32	460.7	28.8
18	98,000	0.4	0.09	88.2	16.7	-	-	-	-	-
19	107,000	0.4	0.13	139.1	17.1	-	-	-	-	-
20	303,000	1.2	0.18	545.4	3.0	93,480	0.2	0.24	224.4	0.9
21	40,000	0.2	0.23	92.0	0.0	159,165	0.4	0.36	573.0	0.0
Total	25,885,000	100.0	0.27	70,631.7	6,335.1	39,539,352	100.0	0.43	168,701.5	13,530.7

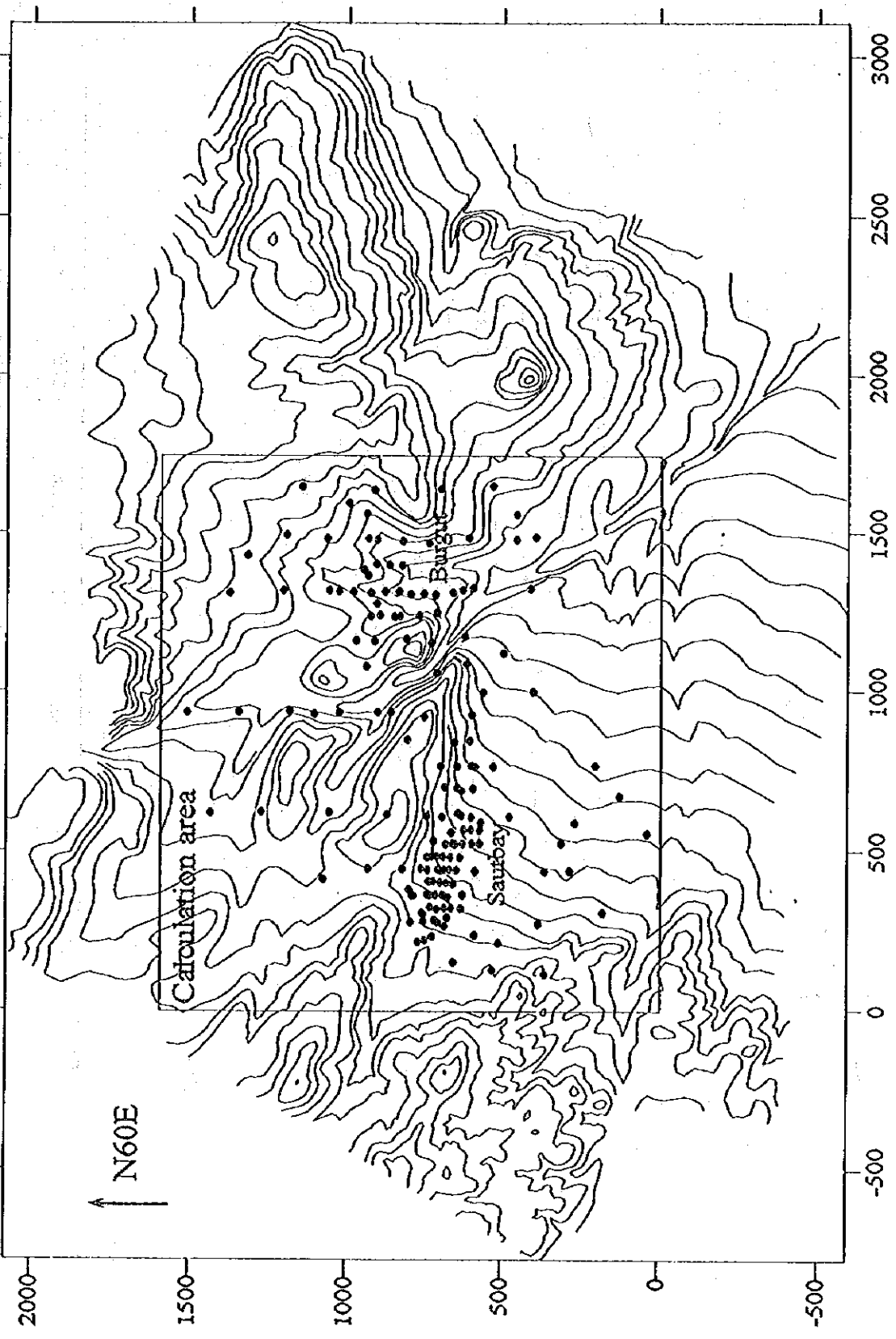


Fig. 11-3-1 Location Map of the Ore Reserve Estimation Area

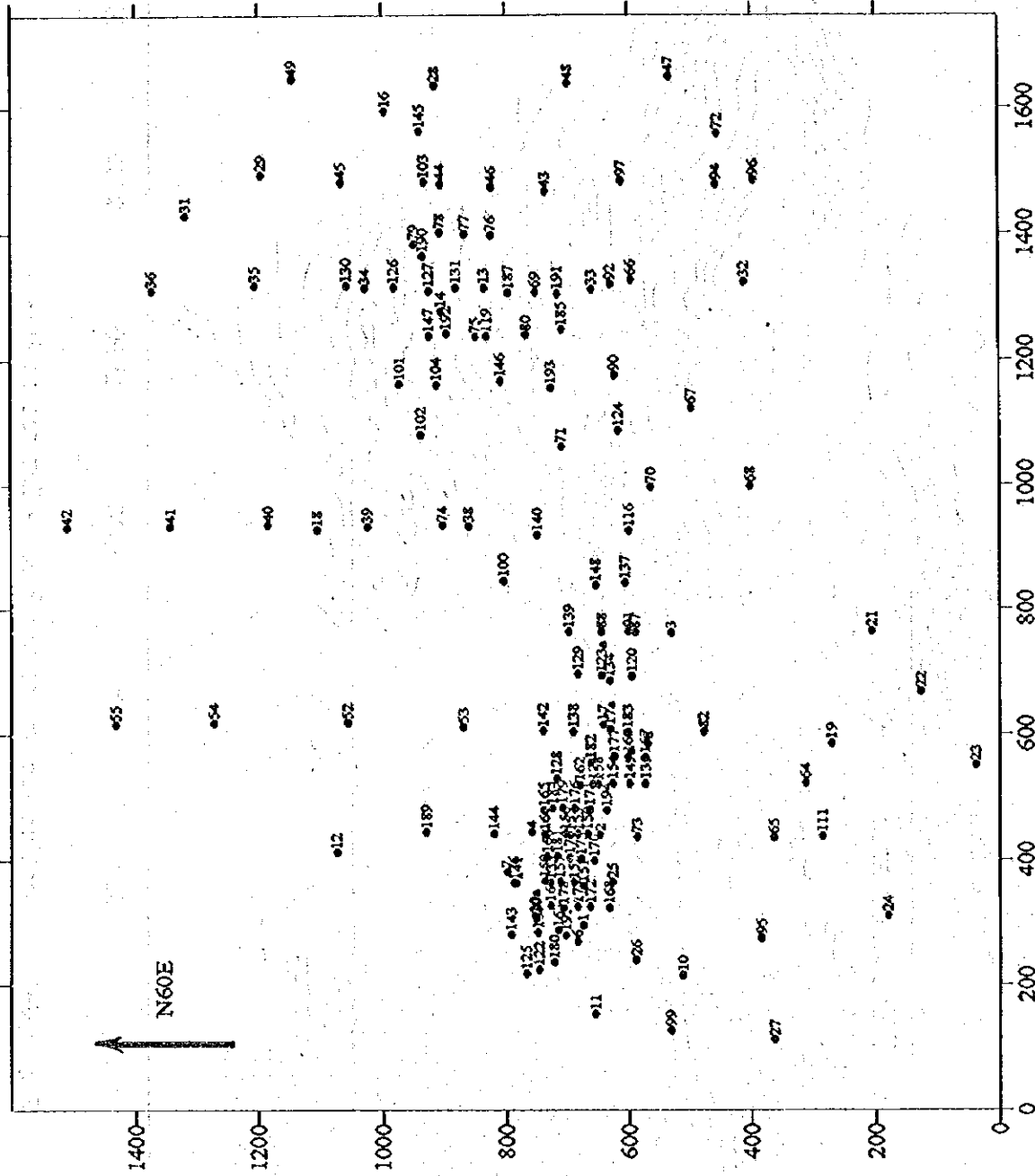


Fig. 11-3-2 Location Map of the Drillholes used in the Ore Reserve Estimation

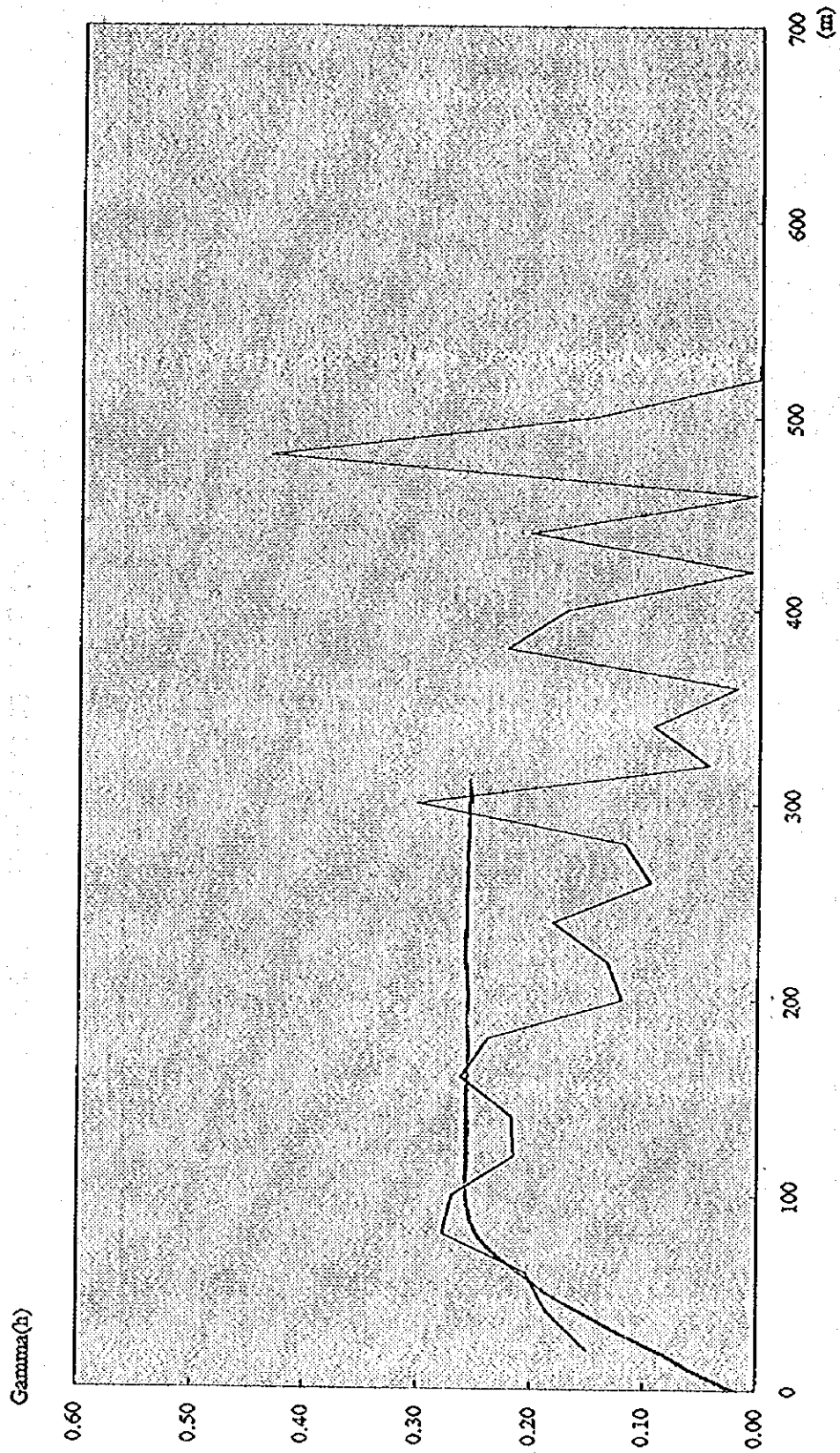


Fig. 11-3-4 Variogram of  $WO_3$  along A Axis for No. 1 Ore Body

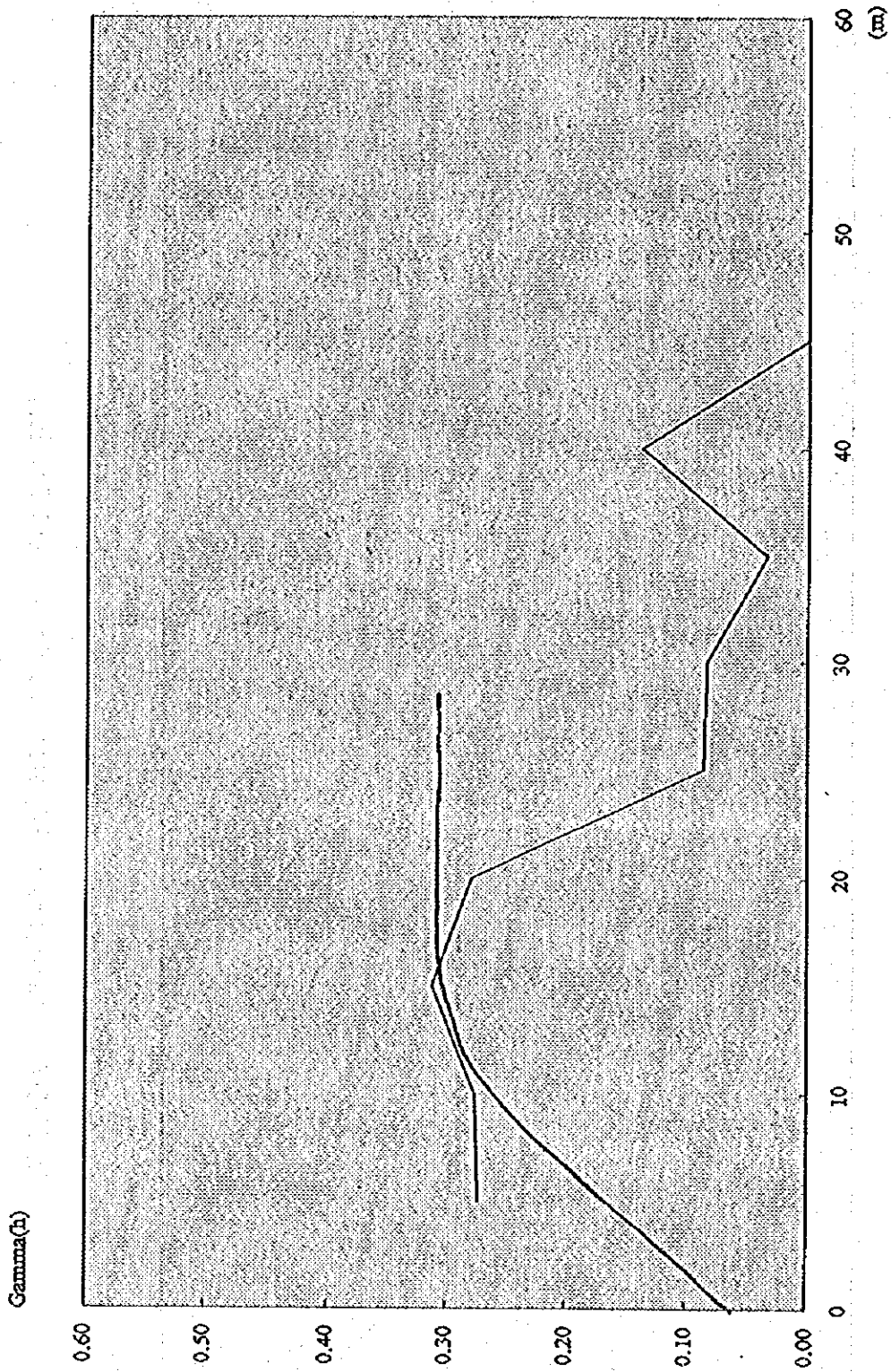


Fig. 11-3-5 Variogram of  $WO_3$  along C Axis for No. 1 Ore Body

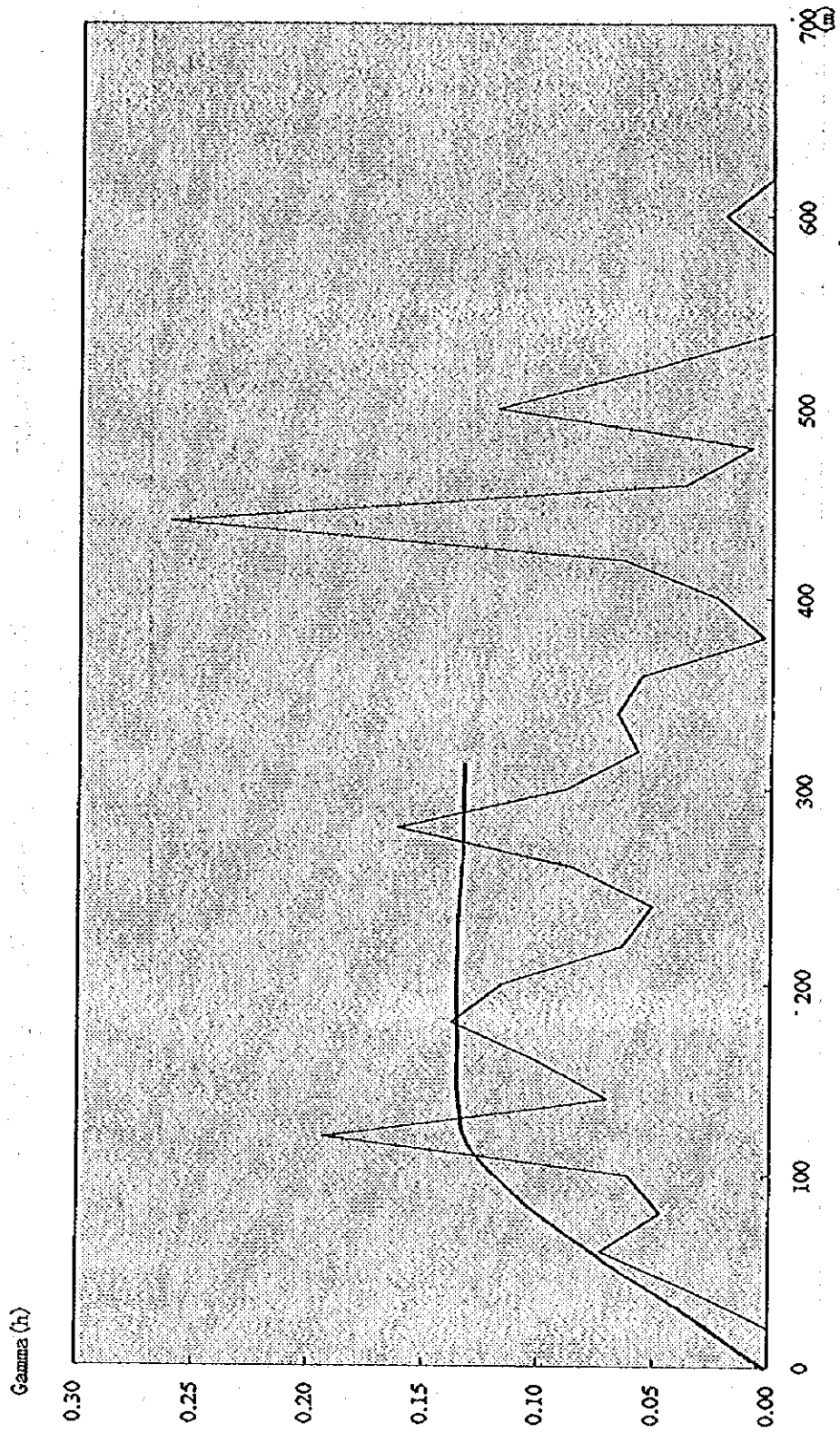


Fig. 11-3-6 Variogram of Au along A Axis for No. 1 Ore Body



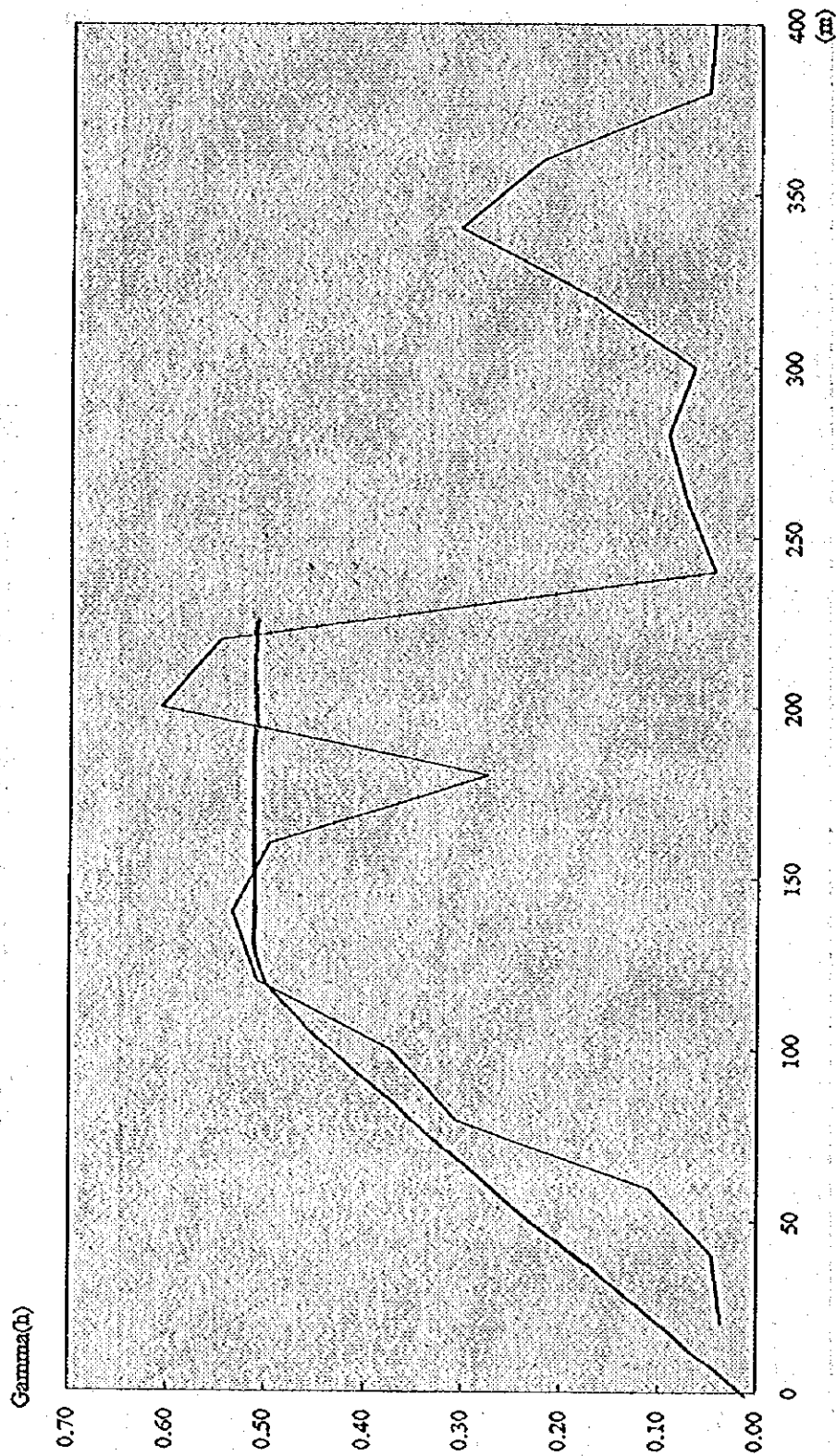


Fig. 11-3-7 Variogram of Au along B Axis for No. 1 Ore Body

## 第4章 衛星画像解析

### 4-1 目的

リモートセンシングの特長は、① 広域データを瞬時に取得できること、② 観測が地理的あるいは政治的条件に左右されないこと、③ データを繰り返し取得できること、④ 地表調査では点情報しか得られないのに対し、面情報の取得が可能であること、等である。このため、リモートセンシングは、資源探査において広域的探査地域から有望地域を限定するための迅速かつ安価な手法として 広く用いられている。

このような背景のもとに、本調査においては、オランダ I T C (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) に留学した技術者を主に配置し、写真地質学的判読作業により調査地域の広域的な地質構造を把握するとともにスペクトル解析による変質帯の抽出を行い、調査地域の探査課題を明らかにすることを目的として画像解析を実施した。

### 4-2 解析範囲、使用データ及び方法

#### 4-2-1 解析範囲

調査地域はウズベキスタン共和国の中央部に位置し、下記4点を結ぶ面積 5,200 km<sup>2</sup> の範囲である (Fig. II-4-1)。

北西端	北緯 42° 30' 東経 63° 19'
北東端	北緯 42° 30' 東経 64° 24'
南西端	北緯 41° 55' 東経 63° 19'
南東端	北緯 41° 55' 東経 64° 24'

#### 4-2-2 使用データ

画像解析は下記のランドサット4号及び5号のTMデータを使用した。

	PATH	ROW	取得年月日	雲量	データ種別	太陽高度
LANDSAT 4号	158	030	1988年10月11日	0%	TM, CCT	35'
LANDSAT 4号	158	031	1988年10月11日	0%	TM, CCT	37'
LANDSAT 5号	157	031	1987年9月24日	0%	TM, CCT	42'

#### 4-2-3 解析方法

ランドサットTMのCCTを用いて地質判読に最適なフォールスカラー画像(縮尺1/20万)を作成した。また、スペクトル解析として、比演算による画像及び無相関ストレッチによる画像を作成し検討した。この結果、比演算が変質帯抽出に適すると判断されたため、1/20万の比演算画像を作成した。処理に使用したハードウェアはワークステーション Sun Super Sparc 10、ソフトウェアはセントラル・コンピュータ・サービス社のCRESCENT及び日鉱探開製の画像処理ソフトである。

##### (1) 写真地質判読

###### ①モザイク画像の作製

各バンドの3シーンをデジタルモザイクを作製した。3シーンのうち1シーンが取得日が他と異なるためモザイク画像作成のために、アフィン変換を必要とした。その後、色調を合わせるためシーンの接合線をまたぐ範囲で基準となるシーンの統計値に合わせて補正側の全シーンの濃度を変換した。濃度変換に際しては、「重み付けヒストグラム変換法」等の手法で濃度強調を行い、かつ、エッジ強調を施した。

これら処理によって作成された画像は、植生、雲、湖沼等の地質判読に関係のない部分の濃度差を小さくし、岩石・土壌露出部の濃度差を強調できるため、岩相の差に基づく微妙な色調変化が捉えられ、岩相区分には極めて有効である。

###### ②フォールスカラー画像の作製

各種バンド組み合わせでフォールスカラー画像を作成した結果、1-4-5=B-R-Gによる画像が地質判読に適する最適バンド組み合わせと判断された。

###### ③画像判読

画像からは、写真地質学的手法により、大きく分けて地質単元と地質構造とが判読される。

地質単元の判読（地質判読）のための判読基準は、写真的特徴（色調、肌合等：スペクトル情報）、地形的特徴（水系パターン、水系密度、抵抗度、断面、ベッディング等：パターン情報）及び地表被覆（植生、耕作地等）である。地質構造の判読として種々の地形現象（断層崖、断層谷、直線状河川、ベッディング変化、水系アノーマリー等）の認識により褶曲構造及びリニアメントの抽出を行った。

#### (2) 変質帯可能域の抽出

比演算画像を用いて変質帯と考えられる地域を抽出した。比演算画像は各バンド比を比較検討の結果、TM画像で変質帯抽出に良く用いられる3/1、5/4、5/7を使用して作成した。パスラジアンは（元データの最小値）-1とし、バンド1、3、4、5、7のパスラジアン値はそれぞれ30、11、2、1、0である。

#### (3) グラントゥルース

写真地質的判読作業、変質帯抽出作業の結果を補完するため、グラントゥルース調査を実施した。グラントゥルース調査の実施に当たっては抽出された変質帯可能域において鉱化作用に関連した変質帯が把握されているかどうかを主眼とし、調査地域の鉱床の生成に関する地質現象として、貫入岩、リニアメント（とくに断層の存在）、構成岩の岩質・分布（とくに炭酸塩岩がどのように分布するか）を検証・調査した。

#### (4) 総合解析

画像解析から抽出した地質情報に、グラントゥルース、既存資料解析結果を総合し、鉱化作用と地質単元・地質構造との関係を解析した。解析結果を総合解析図としてまとめた。

### 4-3 画像の写真地質学的判読・解析

#### 4-3-1 地質単元区分

##### (1) 判読基準

使用した画像を概観した結果、調査地域における植生は、市街地や集落となっているオ

アシスや高原の一部に限られており、かつ耕作地化もほとんど認められないので、今回、「地表被覆」を判読基準から除外した。調査地域のように植生被覆のほとんどない露岩地域では、「スペクトル情報」及び「パターン情報」はともに地質解釈の基準として極めて有効である。

## (2) 地質単元

調査地域について、上述したように「パターン情報」と「スペクトル情報」を最大限に活用して判読を行った結果、Table II-4-1 に示すように合計で18の地質単元(以下、「単元」と略称する)に区分された。

「地質単元区分図」をPL. II-4-1に示す。上述した18の単元は山地を構成する古期変成岩類～堆積岩類(6単元)、山麓部～平坦地を構成する未固結～半固結堆積物(9単元)、及び石炭紀～二疊紀の貫入岩類(3単元)に分けられる。

各単元の特徴はTable II-4-1に示したとおりである。以下に分布範囲や平面的な規模等について概説する。

### ①単元R

本単元は西部のウチクドク(Uchkuduk)周辺の3箇所に分布する。西から東の岩体に向かって、NE-SW、NE-SW、E-W及びN-S方向に伸長しており、断続しながらもアルティンクウ貫入岩体(γb:後述)を取り囲むように露出している。分布の規模は、延長が8～14km、平均幅が2～3kmの範囲内にある。本単元は対象地域全体で最も暗色系の色調を呈し、陰影をほとんど示さないため地形の微小な変化を画像から判読することが困難である。

### ②単元R-C

本単元は北西部と中央部～南東部にかけて広く分布する。伸長方向は、北西端部ではE-WまたはENE-WSWを示すが、ほかの範囲では概ねNW-SEで一定している。分布域の延長×最大幅は西部が約20km×10km、中央部～南東部が約40km×10kmである。中央部～南東部の稜線付近は高原状を呈している。

### ③単元R-C s

本単元は中央北部の稜線部に比較的広く分布し、上述した単元R-Cに挟まれている。伸長方向はほぼNW-S E(部分的にNE-SW)で、隣接する単元R-Cへと連続する。本単元は褐色～黄褐色の色調を示す。地形的特徴は単元R-Cと類似しており、また連続性からみて単元R-Cの延長部に相当するが、調査地域北東部に分布する砂丘(後述)から供給された砂が比較的厚く、かつ広く覆っていると解釈される。そのためにR-Cの露岩部の特徴を示していないので独立した単元として扱った。

### ④単元O a

本単元は北端部から調査地域外にかけて、ほぼE-W方向で連続して分布する。延長と平均幅は40kmと3kmである。

### ⑤単元OC a

本単元は東端部の高原と南東部の独立山塊に分布する。一般にWNW-ESE方向に伸長している。分布域の延長×平均幅は前者で20km x 10km、後者で8km x 8kmである。ただし、前者の場合、調査地域外へも連続して分布している。また、前者では単元R-Cと接する範囲が広く、それと地質的・構造的に密接な関係があると考えられる。

### ⑥単元C a

本単元は北西部と南東部にそれぞれ点在している。分布形態はいずれも不規則で明瞭な伸長方向を示さないが、南東部では概してWNW-ESE方向を示し、周囲の単元とほぼ調和的である。分布規模は延長が5~10kmで平均幅は1~5kmと変化する。

### ⑦単元K、P

これらの単元は調査地域全体の丘陵地と平坦地(すなわち、上述した古期岩類に対比される単元群の周辺部)に分散しながらも広く分布する。単元Kの主要な分布域は北東部と西部の緩斜面であり、単元Pは北部と南部の平坦地に広く分布する。単元Pはほぼ水平層を形成していると解釈される。

#### ⑧単元N a、N b

これらの単元は西半部の丘陵地と平坦地に広く分布し、いずれも西方に向かって対象地域外へと連続している。N bはE-W方向に伸長し、幅は2~6kmと変化する。層位関係は画像上でも判定でき、単元N bが単元N aの上位を覆っている。

#### ⑨単元Q、Q e

Qは主要山地の南西側山腹斜面とその外側の平坦地、及び南部の低地帯の一部に分布する。分布の形態は一般に不規則である。単元Qは現世の河成及び崩壊成の未固結堆積物であり、平行状の水系パターンで特徴づけられる。また、山腹斜面の露岩部の近傍に位置するものは供給源である後背地と同一の色調を呈するために単元Pとの区別が可能である。

単元Q eは高原地帯(中央部)の凹陥地や南部の平坦地~低地帯に点在している。いずれも分布範囲は狭小であり、塩湖の蒸発残留物と推定される。

#### ⑩単元e b、e l、e n

これらの単元は北東端部と南端部にそれぞれまとまって広く分布し、砂漠地帯を形成している。単元e bはバルハン(Barchanまたは三日月状砂丘:crescentic dune)を含み、単元e lは明瞭な縦列砂丘(longitudinal duneまたは線状砂丘:linear dune)であり、共に厚い砂層からなると推定される。単元e lの伸長方向は一定しており、NNE-SSWをしめす。一方、単元e nは単元e lの周辺に認められ、それより薄い砂層と判定される。

#### ⑪単元y b、y c、M

これらの単元は西部のウチクドクの周辺に分布する。単元y bは不規則な分布形態を呈する塊状の岩体で特定の伸長方向を示さないが、単元y cはほぼE-W方向に伸長している。分布の規模は単元y bが12km(東西)x12km(南北)、単元y cが15km x 2~3kmの広がりをもつ。これらはいずれも石炭紀~二畳紀の花崗岩類に対比される。単元Mはウラン鉱山の探掘ピット、廃石堆積場及びその他の人工構築物により地質判読は困難であり、ここでは独立した単元とした。既存文献によれば、白亜系~原生界、花崗岩類からなる。

### 4-3-2 リニアメント

## (1) リニアメントの抽出

衛星画像から判読・抽出されるリニアメントは、“地表又は地下浅所の断裂を反映したものと”いわれており、一般に写真地質学的手法では次に掲げる地形現象の認識に基づいている。

- (a) 断層崖(fault-scarp)の存在
- (b) 直線的な広い谷(断層谷：fault valley)の存在
- (c) 河川の流路が著しい直線状を示す場合
- (d) ケルンコル(断層鞍部：kerncol)、ケルンバット(断層突起：kernbut)の存在
- (e) 山腹斜面の傾斜変換点が直線的に連続する場合
- (f) 緩傾斜を示す堆積岩類が急激に急傾斜層に変化し、それが直線的に連続する場合
- (g) 稜線や川の流路にズレがある場合
- (h) 水系アノマリー(格子状の1次水流が直線状に配列する場合、又は角状水系など)
- (i) 湖沼、温泉、火口、湧水地点、崩壊、あるいは地すべりなどが一直線上に配列している場合
- (j) 扇状地ズレがある場合
- (k) 河成段丘面(一般には平坦面)が直線的な境界をもって落差もしくは水平ズレを生じている場合

上述した判定のキーとなる地形現象は、調査地域に分布する岩石や地質構造、又はそれらが生じた地質時代などの差によって特性があり、出現頻度が地域によって異なる。対象地域では(c)及び(e)の地形が多く、(f)及び(h)も部分的に認められた。また、色調が著しく異なる複数の地質単位(つまり、それらの岩質が明らかに異なる)が直線状の境界で接している場合も数箇所認められた。なお、(i)、(j)、(k)の現象を判定するためには大縮尺の画像を使用するか、スポットHRV画像や航空写真を立体視する必要がある。

## (2) リニアメントの分布

(1)で述べた基準に従って判読・抽出を行った結果、PL. II-4-2 に示すように、対象地域内で多数のリニアメントが抽出された。PL. II-4-2 に示した実線部は、判読・抽出の



基準となる地形現象が明瞭かつ連続しているものであり、破線部はそれらがやや不明瞭ないし不連続なもの、あるいは未固結～半固結堆積物で覆われて潜在していると推定される部分である。

調査地域全体を概観すると、判読・抽出されたリニアメントの分布や方向について以下のような特徴が認められる。

- ①リニアメントの分布には明らかな偏在性が認められ、原生界から石炭系にわたる古期岩類が露出する山地で密度が高く、山麓部と周辺の平坦地では全く抽出されていない。調査地域では延長が10 km以上のものが相対的に連続性に富むといえる。最長のものでも約20 kmであり、地域の地質構造を著しく規制するような構造線に相当するものは認められない。これらに対し、短いものの延長は1～5 kmの範囲にある。
- ②抽出されたリニアメントの卓越方向は対象地域内の各地区ごとにそれぞれ次のような特徴がみられる。北部～北西部ではE-WとNE-SW～ENE-WSW方向の組み合わせで代表され、前者のものが相対的に長い。一方、コクパタスからウチクドクに至る中央部～西部ではN-S～NNW-SSEとNE-SW～NNE-SSW方向の組み合わせが顕著である。東部ではNE-SWとWNW-ESE～E-W方向の組み合わせで特徴づけられる。
- ③相対的に長いリニアメントの伸長方向は、それらが位置する単元の伸長方向にほぼ一致している。
- ④山地を構成する単元のいくつかは、リニアメントが主要な境界線になっている。それらの具体的な例は以下のとおりである。
  - ・単元Rと単元γc (西部)
  - ・単元Rと単元R-C (中央部)
  - ・単元R-Cと単元OCa (東部)
- ⑤西部のアルティンタウ貫入岩に対応する単元γbの範囲には多方向を示す小規模な断裂が部分的に密集している。それらは、地形的特徴から岩体内に発達する節理と考えられる。

#### 4-3-3 褶曲

##### (1) 褶曲の判定

画像の縮尺が1/20万～1/25万程度ならば、堆積岩類が互層している部分をベッディングとして判読でき、乾燥地域では走向山稜を有するケスタ地形もしばしば明瞭に認められる。褶曲は、通常、背斜又は向斜の両翼部のベッディングから比較的容易に判定される。また、褶曲がブランチする部分は山稜や水系が同一のパターンで湾曲していることが多く、それらのアノマリーから推定することができる。一方、褶曲山脈が平行配列する地域では、多くの場合、背斜山稜と向斜谷の組み合わせが繰り返されており、水系パターンは平行状と格子状で特徴づけられる。

## (2) 褶曲の分布

褶曲は対象地域内において2箇所でのみ判定された。それらは南東部の単元OCaが形成する背斜であり、軸の方向はE-WとWNW-ESEでいずれも両端部でブランチしている。これらの軸はESE-WNW方向のリニアメントを挟んでほぼ平行に配列している。これらの構造は単元OCa内に認められるベッディングの挙動と山稜部の形態から判定された。

Table II-4-1に示したように、山地を構成する古期岩類の各単元の大半にはベッディングが認められ、それらの単元は種々のタイプの堆積岩類または片状の変成岩類からなると推定される。しかし、ベッディングの大部分は急傾斜であり、走向は明瞭でも地区によっては傾斜方向の判定が不可能な場合が多い。したがって、成層岩類が卓越しているにもかかわらず、山地での褶曲の判定は極めて困難である。急傾斜のベッディングが多いことから過褶曲が繰り返して発達するような複雑な変形作用を受けていると考えられる。

一方、山地の周辺にはKやPなどベッディングが部分的に発達している単元が分布しているが、それらの傾斜は山腹緩斜面では斜面の傾斜とほぼ一致し、平坦地では概ね水平である。つまり、これらの単元は全般に緩傾斜で山地を取り囲んでおり、画像上からは顕著な褶曲は認められない。

## 4-4 変質帯の抽出結果

比演算画像を色調、テクスチャをもとに20のユニットに区分した (Table II-4-2)。これらのユニットは地質判読図のユニットと良好な対応を示す。

比演算画像と既知の鉄床、鉄化帯の位置とを比較した結果、既知の鉄床、鉄化帯に対応する箇所（サウトパイ、コクパクス等）は5/4が高くおおむね緑色系の色調を呈している。この色調は一般に変質帯に認められる色調に類似することから、本地域の比演算画像上で同様の色調を呈するエリアを変質帯として抽出した（PL. II-4-3）。上記の変質帯と類似の色調を呈するエリアはTable II-4-3の17エリア以外にも白亜系分布域、砂漠地域などにも認められるが、これらはその分布が鉄床に伴う変質帯とするには広範囲に断片的に分布すること、また、本地域の（マンガ鉄床、ウラン鉄床を除く）鉄床は先白亜系中に胚胎することが既存資料から判明していることから白亜系分布域、砂漠地域などにも認められる既知鉄床、鉄化帯と類似の色調を示すエリアは変質帯とはみなさなかつた。調査地域の鉄床付近の変質帯の多くはバンド比5/4が高く（酸化鉄を多く含むものであり）、5/7が小さいことから粘土鉄物は少ないことが推定される。変質帯として抽出された個々のエリアについては可能な限りグランドトゥルース調査の対象とすることとした。

以下、その他のユニットについて比演算画像上での特徴を記す。

- ① R, RY-L, Gy-L, GpR 及び RY-D は原生界～石炭系 (R, R-C, R-Cs) に対応し、一般に赤色、黄色、緑色系の多様な色調を示す。これは堆積岩類の多様な色調に加えて、その上位に砂が覆っていることの影響が表れている。
- ② Gb-H 及び RP は白亜系～古第三系 (K, P) に対応し、青色を帯びた緑色を呈する。一部変質帯と類似の色調を示す。
- ③ GR-L, GR-H, Rp 及び P は新第三系～第四系 (Na, Nb, Q, Qe) に対応し、基本的には赤色系の色調で、これに緑色、青色が一部混じる。
- ④ Gy-S, RGy-L, RGy-S は砂丘堆積物 (eb, el, en) に対応し、赤色または帯黄緑色を示す。比演算画像上では一部変質帯と類似の色調を示すがフォールスカラー画像では両者は明瞭な差異を示し、変質帯可能域から除外する事は可能である。
- ⑤ Y は花崗岩類 (y b) に対応し、黄色を示し、変質可能域とは明瞭な差異がある。
- ⑥ RGB は花崗岩類 (y c) に対応し赤色～帯青緑色を示す。
- ⑦ Yd はウラン鉄山に位置し、花崗岩類・原生界～白亜系 (M, y c, R~K) に対応し、赤色～暗い黄色を示す。
- ⑧ rs, ly は湖、塩湖あるいは、雲とその影で赤色、淡い黄色を示す。

#### 4-5 グランドトゥルース結果

グランドトゥルースは12月19日～30日に実施され、この実施期間中、積雪、ロジスチックによるの制約があり、現地調査範囲内の既知鉱徴地及びスペクトル解析の結果抽出された変質帯を重点的に対象とした。また、併行して各地質単元の岩質、地質構造の把握に努め、第四系～白亜系、調査範囲外の鉱床・鉱徴地についても調査を行った。各調査地点の概要は以下のとおりである。なお、グランドトゥルース地域を通じ植生は疎でわずかに灌木類が生育しているのみで土壌・岩石のスペクトル解析には大きな影響を及ぼしていないと判断された。

##### ① サウトバイ鉱床及び周辺

サウトバイ鉱床に隣接する花崗岩類と黒色頁岩の接触部付近では顕著な変質作用、鉄酸化鉱物の発達は認められなかった。

サウトバイ鉱床の北西の変質帯(a10, a11, a12)は沖積低地から小丘にいたる地域に抽出されておりホルンフェルス化した頁岩・チャートからなる。頁岩中に石英の細脈が広く発達するが粘土化は微弱である。サウトバイ鉱床の約1 km北西(a10)のトレンチ及び約1 km東方のトレンチ付近(a11)ではセリサイト・緑泥石からなる片岩、ホルンフェルスの露出や転石が観察された。これらのトレンチは主として金の探鉱を目的として掘削されており、低品位の金鉱化作用、銀の鉱化作用が把握されている。トレンチから50～200m離れた山麓～山頂部の頁岩は黒色を呈し、粘土化変質は全く認められない。

サウトバイにおけるスカルン・タングステン鉱床では露出が少ないことに加えてスカルン帯では黄鉄鉱・磁硫鉄鉱等が少ないことから、地表付近の酸化帯において鉄酸化鉱物の発達は弱いと考えられる。一方、タングステン鉱床から離れた金・銀の旧探鉱箇所では地表に酸化鉄が認められ、また、試錐では黄鉄鉱を把握している。このことからスペクトル解析により抽出されているのは主として鉄酸化鉱物で、本地区の変質帯(a10, a11, a12)の鉄酸化鉱物は、金銀鉱化作用に関連した黄鉄鉱の酸化により生成したものが顕著であると解釈される。また、粘土鉱物の発達は限られていると推定される。

なお、サゲンカン鉱床は沖積層で覆われており地表でその鉱徴、変質作用は認められない。

##### ② サリタウ鉱床

サリタウ鉱床付近では変質帯は全く抽出されていない。

鉱床の胚胎域はほぼ全域薄い黄土に覆われている。水系沿いにわずかに黒色頁岩(走向・傾斜:  $N10^{\circ} W, 40^{\circ} E$ )とこれを貫く安山岩脈が露出しているのが認められた。黒色頁岩はホルンフェルス化しており、黒雲母が生成しているが、鉱化変質作用は認められない。安山岩はほぼ E-W 走向で垂直の傾斜を示し、本鉱床はほぼストックワーク鉱床と同方向である。

既存資料ではサリタウ岩株を切る NE-SW 方向のサリタウ断層が推定されている。鉱床付近の地形は平坦で断層を特徴づける地形は確認はできなかった。しかし、ストックワーク鉱床を縦断する E-W 方向のトレンチにおいてサリタウ岩株は東西 2 岩体に分かれており東西岩体の中間付近にシェアの発達した風化岩が認められた。このシェアは断層の影響によるもの推定されている。

### ③トルバイ鉱床

トルバイ鉱床付近では変質帯は抽出されていない。付近の地形は上記 2 地区に比べ起伏に富んでおり露出は比較的良好。地表は黒色～暗灰色を呈する頁岩・チャートが広く分布し、一部で砂質岩を挟んでいる。花崗閃緑岩、ランプロファイアー、アプライトの岩脈類が貫入しており、頁岩、砂質岩は弱いホルンフェルス化を被っている。

堆積岩、貫入岩の表面には鉄酸化鉱物がわずかに(非変質岩の風化作用で生成される程度)認められたが、鉱化作用に伴う粘土化変質作用は露頭ではほとんど認められなかった。

鉱床は南部鉱体、中部鉱体及び北部鉱体に区分されている。このうち南部鉱体では探鉱立坑周辺のダンプ中に緑泥石化を蒙った頁岩、花崗岩中の黒雲母から変質した緑泥石、石英脈中の少量の黄鉄鉱・銅酸化物(孔雀石)が認められた。

北部鉱体では珪質頁岩中に幅 5m の石英ストックワークが発達している露頭がある。珪化作用は認められたが粘土化変質は認められなかった。石英脈は硫化鉱物をほとんど含まず、風化作用(酸化作用)が進んでも鉄酸化鉱物の生成は少ないと推定される。

### ④オクジェットペス鉱床及び南方の変質帯 (a13~a17)

オクジェットペス鉱床では変質帯は抽出されていない。鉱床の母岩は石灰岩であり一部で再結晶している。鉱床周辺はグランドトゥルース地域のなかでは比較的起伏があり露出は良好である。露出が認められない箇所でも転石、土壌の被覆は薄い。鉱床のほぼ西端に位置する第 6 立坑付近の廃石堆積場では頁岩、ホルンフェルス、チャート、少量の安山岩質

岩、花崗岩が認められ、緑泥石化、粘土化（セリサイト変質）を被り、鉄酸化物を伴っており、一部の土壌は他に較べより赤色を呈している。しかし、約 100m 離れた周辺の露頭は変質作用を被っていない。

オクジェットペス鉱床の南方の変質帯では南北方向に細長く比高 20~30m の小丘が併走している。これら小丘の頂部は黒色~暗灰色の頁岩が露出する。いずれも石英のストックワークが発達し、珪化作用を被っているが粘土化は認められない。しかし、小丘の裾野から沖積平地にかけて 2カ所で金探鉱を目的としたトレンチが掘削されており、緑泥石、セリサイトからなる緑色片岩、鉄酸化鉱物（赤鉄鉱、ジャロサイト等）を伴う石英塊が認められた。また、平地の石灰岩の転石は微弱な鉄酸化を伴うが、変質帯としてスペクトル解析によって抽出された対象としては微弱であり、積雪のない時期に平地の土壌・露頭の状況を確認する必要がある。

#### ⑤バルハンニ鉱徴地

変質帯は抽出されていないが、オクジェットペス鉱床区の中では比較的広い範囲にわたって探鉱されている。探鉱の中心のトレンチ、探鉱立坑付近は黄土に覆われ露頭は認められない。トレンチでは薄層理を示す石灰岩が認められ、閃長岩、石英閃緑岩が貫入している。

立坑付近横の廃石は鉄（及び少量の銅）の酸化鉱物（赤鉄鉱、ジャロサイト、マラカイト）を伴う石英、緑泥石化した変質岩がわずかに認められる。

#### ⑥ブルトカン鉱徴地

ブルトカン南東域には他の変質帯とやや異なったカラーアノマリーがフォールスカラー画像上に見いだされており、その北西縁部が現在探鉱中のブルトカン鉱徴地との情報を得て現地調査を実施した。鉱徴地付近は黄土に覆われているためスペクトル解析により変質帯の抽出は困難とみられるが、南東方のカラーアノマリーは貫入岩（閃長岩類）の分布域にあたり、この影響と考えられる。融雪を待つて確認する必要がある。

当鉱徴地は、調査時に試錐探鉱実施中であり、その付近のトレンチの一部で石英・緑泥石・赤鉄鉱からなる珪化変質作用を被った片岩・チャートが認められた。この珪化変質帯は露頭の南東に連続するといわれているがトレンチの外は積雪のためその広がり確認できなかった。なお、上記珪化変質した露頭の南西 200m の石英閃長岩の露頭では変質作用はほとんど認められない。

以上が変質帯及び鉄床・鉄微地のグランドトゥルース結果である。併行して実施した地質・地質構造のグランドトゥルース結果を以下に記す。

#### ⑦トルバイ貫入岩

画像からは堆積岩類(OCa)と判読されているが、既存地質図では花崗岩類となっている。この違いの原因を解明するためグランドトゥルースを実施した。その結果、水系沿いに断片的に(約4 kmのルートで5箇所)花崗岩類の露出が認められたが、これらを覆って頁岩、チャート礫を含む約5 m厚の沖積層が段丘状をなし広い範囲にわたって分布するのが確認された。このことから、地形は花崗岩の特徴を示さず、露出はなく画像では花崗岩として判読するのは困難であると判断される。

#### ⑧堆積岩類 (R, RC, RCs, OCa, Ca)

今回のグランドトゥルースでは RC, RCs, OCa, Ca はいずれも頁岩・チャートを主体とし炭酸塩岩を伴い、一部で変成作用を被っている原生代の堆積岩類からなり、地質単位による岩質の差異を把握することはできなかった。ただし、オクジェットペスの OCa は炭酸塩岩を主体とする岩層であり他の原生界とは異なる。

#### ⑨リニアメント

サリタウ、トルバイ、サウトバイ鉄床、ブルトカン鉄微地付近における NE-SW 系のリニアメントは本地域が積雪に覆われ、また露頭の観察は限られリニアメントが断層であることを露頭で検証するのは難しかったが、シェアゾーンの発達、断層崖の存在から断層であることが推定される。一方、既存資料における NW-SE 系の断層のうち、トルバイ断層は画像判読により抽出されているリニアメントと一致する。

#### ⑩褶曲

オクジェットペス付近の堆積岩は明瞭な層理を示しているのがグランドトゥルースにより確認され、既存資料でも背斜構造をなすことが示されており、画像の判読結果が正しいことが確認できた。その他調査地域内には原生界が過褶曲などの複雑な褶曲構造をなしているとされているが、今回の調査ではこれらの構造は把握困難であった。

#### ⑪第四系～白亜系

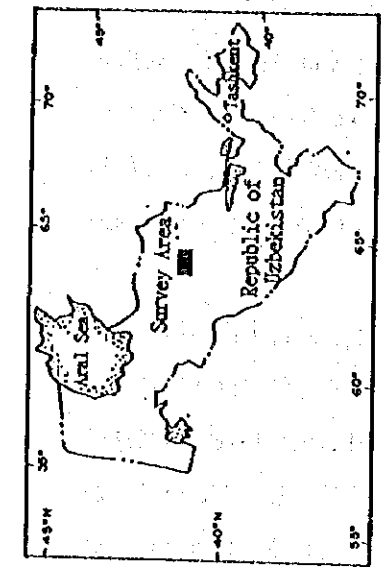
調査地域の平坦地の多くは黄土で覆われている。白亜系は薄層理を示す軟質粘土岩であり、小規模なケスタ地形をなし、白亜系が露出する箇所では変質帯の粘土鉄物と類似の色調を呈する可能性がある。





⑫範囲外の鉱床・鉱徴地（ボズタウ、ジランディ、チョウチャラタウ鉱徴地）

ボズタウでは、黄土に覆われ露出は認められなかった。トレンチでは緑色片岩、安山岩質凝灰角礫岩（緑色化）が露出していたが、顕著な粘土化は認められなかった。ジランディではトレンチにわずかに輝石スカルンを伴ったドロマイトがみとめられたが、顕著な粘土化変質、鉄酸化鉱物は認められなかった。ボズタウ、ジランディの地表の状況から両地区で変質帯を抽出するのは困難であると判断される。

チョウチャラタウ鉱徴地はアルティンタウ貫入岩類の北に位置し、東西方向の軸を持つ背斜構造に沿うように金・タングステンの鉱徴地が分布している。地形的には背斜軸部は平坦な低地をなし、翼部は山地を形成している。変質帯（a-2）は比較的平坦な背斜構造の軸部に抽出されている。軸に近い丘陵部は弱珪化した黒色頁岩、再結晶したドロマイトからなり、少量の輝石スカルンと鉄酸化物を伴うドロマイトが露出している。付近は粘土鉱物はほとんど認められず、鉄酸化作用は全般に弱い。土壌・岩石中の鉄酸化鉱物、粘土鉱物は積雪のため露出の状態が把握できなかった平地により広く発達する可能性が高い。





-  Survey Area
-  Landsat TM Scene Coverage
-  Digital Mosaic Image Area
-  Village/Town

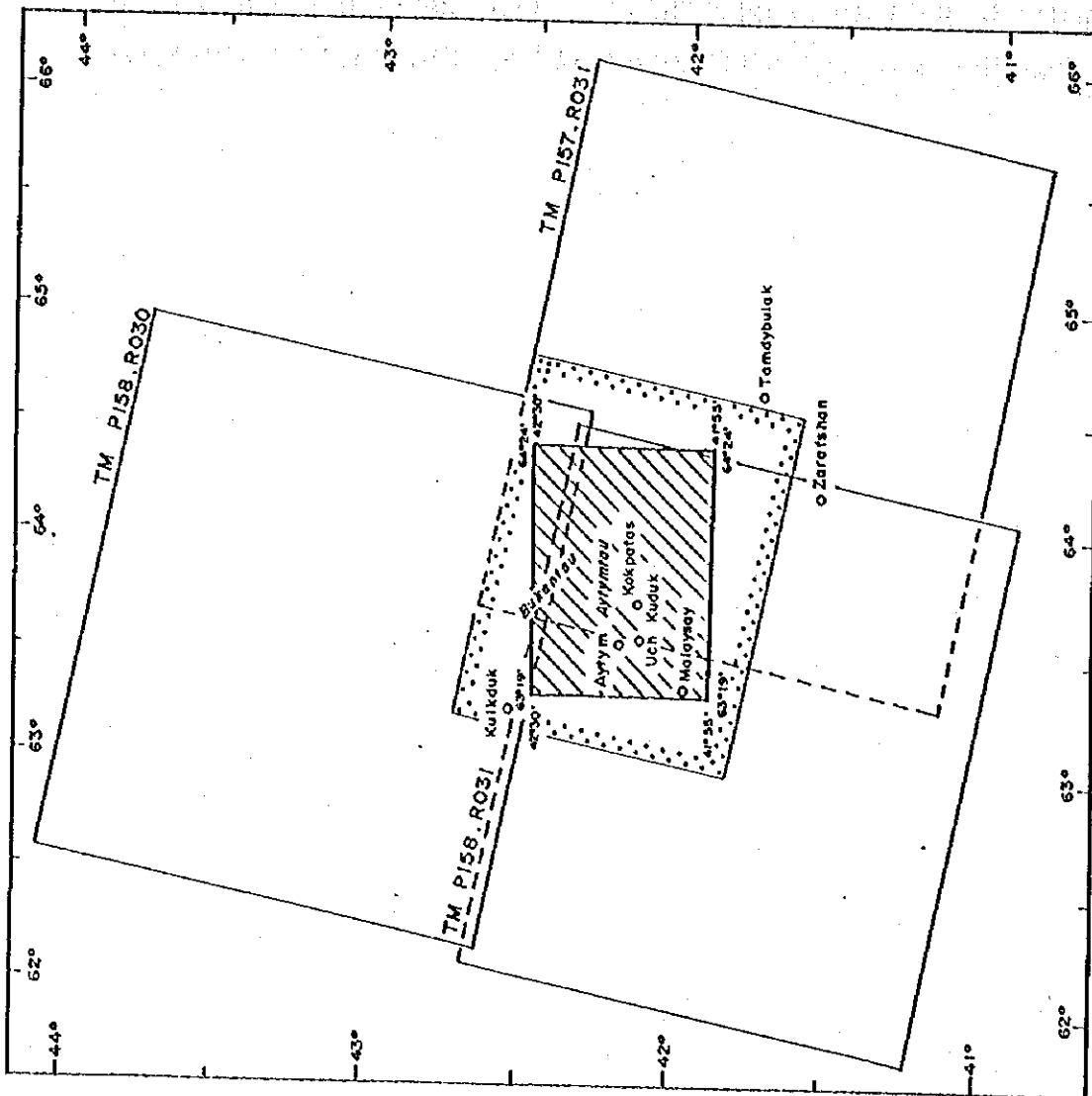
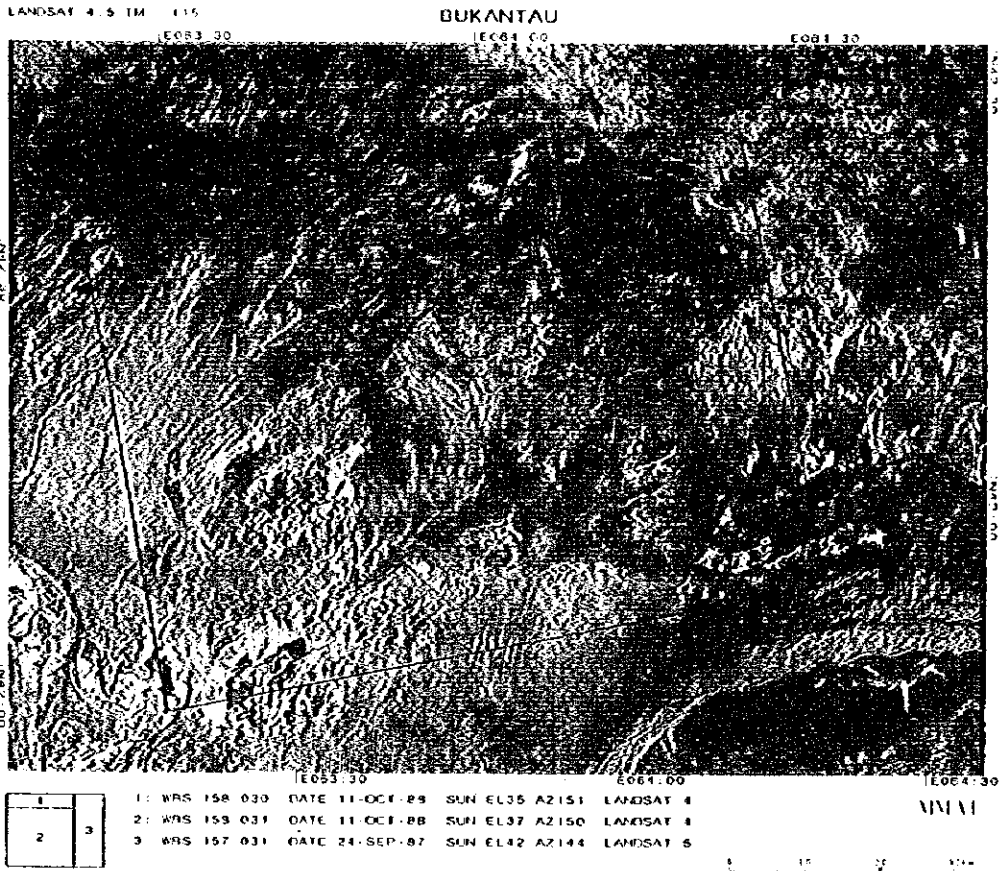


Fig. 11-4-1 Location Map of the Survey Area





# LANDSAT TM False Color Composite Image



# Ratio Image (Band, 3/1, 5/4, 5/7)

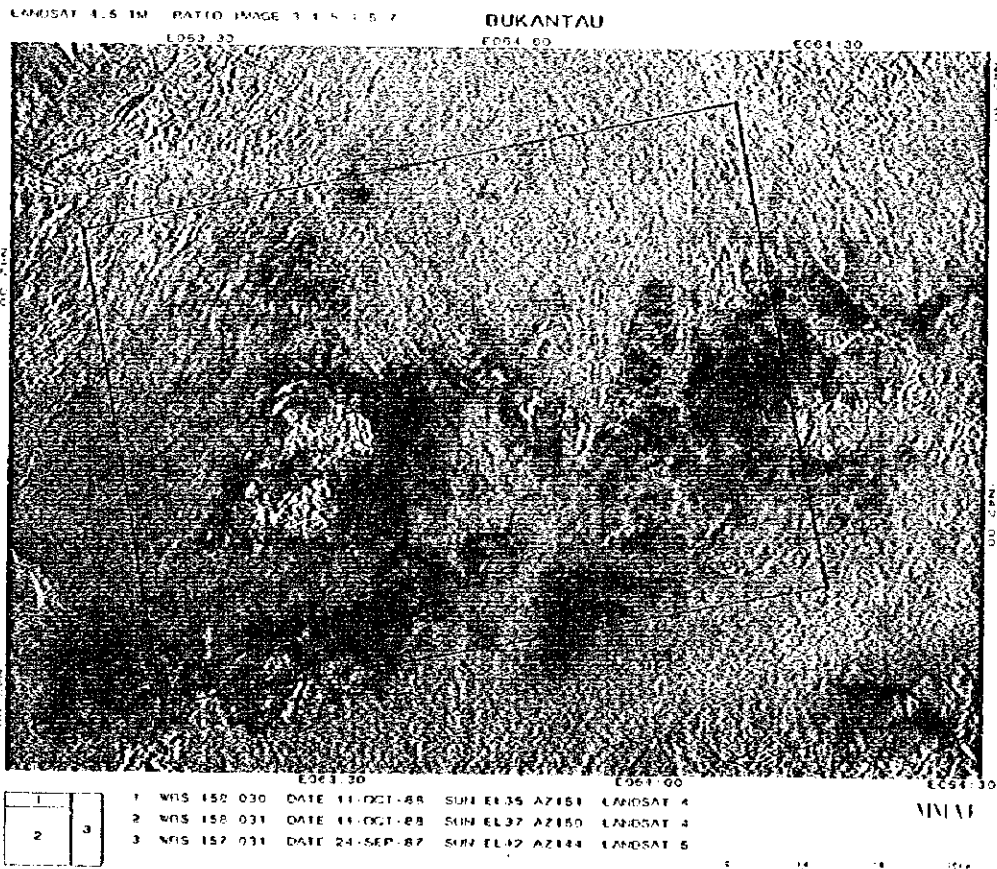


Fig. 11-4-2 LANDSAT Image

Table II-4-1 Lithologic Units Classified by Photogeological Interpretation

Unit	Photographic feature		Topographic Features					Lithology Interpreted from Photogeology
	Color	Texture	Drainage		Resistivity	Development of Bedding		
			Pattern	Density				
eb	Yellow, Ocher	coarse	-	-	low	-	aeolian deposits (includes barchans)	
el	Whitish, Pale yellow	medium	-	-	low	-	aeolian deposits (includes linear dunes)	
en	Whitish, Pale yellow, Reddish brown	fine	-	-	very low	-	aeolian deposits (thinner than 'eb' and 'el')	
Qe	Whitish	fine	-	-	low	none	salt lake (evaporates)	
Q	Gray, Reddish brown, Dark blue	fine	parallel	moderate	very low	-	alluvium, talus deposits	
Nb	Dark blue	medium	sub-parallel	moderate	low	partially well	fine grained sediments (unconsolidated)	
Na	Grayish blue	fine	parallel	moderate	low	partially well	medium grained sediments (unconsolidated)	
P	Pale pinky-ocher	medium~coarse	parallel	low	low	partially well	fine~medium grained sediments	
K	Pale reddish-purplish	medium	parallel	low	low	partially well	fine~medium grained sediments (loosely consolidated)	
Ca	Dark grayish blue	fine	pinnate, parallel	high	high	very well	dark colored, fine grained sedimentary rocks	
QCa	Pale pinky gray	medium	dendric, parallel	moderate	high	partially well	light colored sedimentary rocks	
Oa	Dark green, Dark blue	fine	dendric	high	high	well	dark colored, fine~medium grained sedimentary rocks	
R-Cs	Brown	medium	dendric, trellis	high	moderate	well	similar to 'R-C', thicker aeolian sand cover	
R-C	Grayish blue, White	medium	dendric, trellis	high	moderate	well	alternation of light and dark colored rocks	
R	Dark blue, Black	fine	sub-parallel	moderate	high	well	very dark, fine grained sedimentary~metamorphosed rocks	
y b	Grayish purple	medium	pinnate	very high	high	poor (massive)	granitic intrusive	
y c	Pale pink	medium	parallel	moderate	moderate	poor (massive)	granitic intrusive	
M	Pale yellow, White	fine	-	-	-	-	mine site (open pit and waste dumps)	

TABLE H-4-2 Units Classified by Rationing Analysis

Unit	Color	Texture	Correlation *
R	Reddish	Dotted	R
R Y - L	Red+Yellow	Linear	R - C
G y - L	Yellowish green	Linear	R - C s
G p R	Pale green+Red	Linear	O a
G b - D	Blueish green	Dotted	O C a
R Y - D	Red+Yellow	Dotted	C a
G b - H	Blueish green	Hazy	K
R P	Red+Purple	Hazy	
G R - L	Green+Red	Rather Linear	N a
G R - H	Green>Red	Hazy	N b
R p	Pale red	Smooth	Q
P	Purplish	Smooth	Q e
G y - S	Yellowish green	Sandy	e b
R G y - L	Red+Yellowish green	Sandy, Linear	e l
R G y - S	Red+Yellowish green	Sandy	e n
Y	Yellowish	Dotted	γ b
R G b	Red+Blueish green	Dotted	γ c
Y d	Dark yellow	Dotted	M
rs. ly	Red, light yellow	Smooth	Lake, Salt lake
			Cloud and its shadow
m a	Pale green	Smooth	Alteration zone

\* Correlated with Photogeological Interpretation Unit

TABLE II-4-3 List of Alteration Zones

Alteration Area	Location	Color on Ratio Image	Correlation	
			Geology	Ore Deposit
a 1 a 2	N -NNE of Aytym	yellowish green	R-C	Aytym
a 3	NNE of Aytym	yellowish	R	
a 4	Center of the Survey Area	blueish green	R-Cs	Cholcharatau
a 5 a 6	N of Kokpatos	yellowish	R-C	Kokpatas
a 7 a 8	E of Kokpatos	yellowish green	R-C	Kokpatas
a 9	SE of Kokpatos	yellow green	R-C	
a10 a11 a12	SE of Kokpatos	yellowish green	R-C	Sautbay
a13 a14 a15 a16 a17	NW of Beshbulak	yellowish green	R-C (K)	

## 第5章 調査結果の総合検討

### (1) 地質構造、鉍化作用の特徴と鉍化規制

ブカンタウ山塊は、天山山脈中部帯（ヘルシニア褶曲帯）の最北西部に位置し、炭酸塩岩を伴う堆積岩類の卓越とこれを貫く酸性火成岩類で特徴づけられる。多くの断層、衝上断層と褶曲が発達した複雑な地質構造を呈し、主要構造の方向性は山塊の方向性とほぼ同一のNW-SEの方向である。ブカンタウ山塊は地質区分上、調査地域北西方のクルクドク付近を通り、この山塊の発達方向とほぼ同一方向を示しながら発達する北ブカンタウ深部破砕帯によって北部ブカンタウと南部ブカンタウに分けられる。

調査地域の大半は南部ブカンタウの東部に位置し、調査地域の北東部がわずかに北部ブカンタウに当たる。調査地域の地質構造は、原生界を中生界の上位に推し被せた衝上断層、コクパクス・アンチフォームと原生界中の複雑な過褶曲構造によって特徴づけられる。コクパクス・アンチフォームは、コクパクスからオクジェットベスにいたるNNW-SSE方向の軸を持ち、軸部に下位のデボン系～石炭系を地窓状に露出させている。

より小規模な構造としてはトルバイ、サウトバイ、サリタウの過褶曲構造がある。また、北トルバイの向斜構造が挙げられる(Fig. II-5-1)。

既存資料における顕著な断層の方向はNW-SE、NE-SW及びNNW-SSE方向であり、代表的な断層はトルバイ断層帯(NW-SE)、コクパクス破砕帯(NNW-SSE)、東オクジェットベス断層(NE-SW)があげられる。この内、トルバイ断層帯と東オクジェットベス断層は、画像判読により抽出されたリニアメントと一致している。

貫入岩としてはアルティンタウ貫入岩類(花崗岩類)、コクパクス貫入岩類(花崗岩～アダメライト)、トルバイ貫入岩類(花崗岩類)、サリタウ貫入岩類(花崗閃緑岩)、サウトバイ貫入岩類(モンソニ岩～花崗閃長岩)が顕著である。いずれも、後期石炭紀～二疊紀の貫入であり、深く潜頭する南ブカンタウバソリスのキュボラと考えられている。

サウトバイ岩株、トルバイ岩株、サリタウ岩株等の原生界中に孤立して存在する小規模貫入岩体は、NW-SE系断裂、NE-SW系断裂、NNW-SSE系断裂等、特にこれら断裂の交会部に規制されていると考えられる。

タングステン鉍床には、2種類の鉍化作用が存在する。すなわち、炭酸塩岩に沿うスカルン-スカルノイドの層状鉍体と花崗岩質貫入岩体、周辺母岩及びスカルン中のストック



ワーク鉱体（サリクウ鉱床）である。スカルン及びスカルノイドタイプの鉱化作用は、花崗岩質貫入岩体と炭酸塩岩との接触部に存在している。

スカルン-スカルノイド鉱体は、主として上部原生界のカラシヤク層及びコクパクス層中に存在し、コクサイ層及びホジャフメット層中には顕著なものは認められない。富鉱部は、一般に花崗岩質貫入岩体との接触部から50-100m間、まれに200mまでの間に形成されている。

ストックワークタイプは、主として花崗岩質貫入岩体内部に発達し、周辺の母岩中にも存在する。これらは断裂に規制された脈-細脈帯である。

既存の主要な金銀鉱化作用は、トルバイ鉱床田のトルバイ鉱床(Au)、東トルバイ鉱徴地(Au)等に濃集している。鉱化作用の規制要因は構造的なもので、鉱化作用はNW-SE方向の中部トルバイ高透水性岩石帯（いわゆるトルバイ鉱化帯）に規制される。

高透水性岩石帯とは、断裂構造の広範囲な発達によって特徴づけられ、断層粘土、断層角レキ、岩脈類、母岩の交代変成及び石英脈が広く分布している。この構造帯は、後期古生代のヘルシニア造山運動期には、主としてNW-SE方向の開口した断裂が発達し、花崗岩類、岩脈の貫入を規制し、熱水の通路となったと考えられる。

他の金銀鉱床・鉱徴地も、NW-SE系、NE-SW系及びNNW-SSE系の断裂に規制されている。

## (2) 総合解析図の作成

画像解析結果、グラントゥルース結果及び既存地質資料とから総合解析図を作成した(PL. II-5-1)。

- ①グラントゥルースの結果、地質判読図における岩石区分は岩質を反映しており、広域的な地質・地質構造を把握するのに問題はない。したがって、地質判読図を検討のベース・マップとして以下の変更を行った。すなわち、既存地質資料との対比も考慮して、地質区分の記号を一部変更した：単元Ca及びOCaは原生界に対比される可能性もあることを考慮して、現段階ではそれぞれ、R-Ca及びR-OCaとした。ただし、OCaのうちオクジェットベスに分布するものについては時代がほぼデボン紀～石炭紀と確立しているので記号DCaに変更した。また、貫入岩類については浅掘試錐により白亜系～第四系の下位浅所に存在が明らかになっているものは、露出していなくても確認されている範囲を図

示した。

②グランドトゥルース範囲内の断層として、北ブカンタウ深部破碎帯、トルバイ断層、オクジェットペス断層、サウトバイ断層等の NW-SE 系の断層、ブルトカン、トルバイ、及びサリタウの各鉱床付近の NE-SW 系断層を主要なものとして強調して示した。

③鉱徴地については Fig. II-1-2 に示した鉱徴地のほか、グランドトゥルース範囲内については A. A. Horsov (1994) に示されている鉱徴地を、また、範囲外については V. F. Rubanov (1993) の未発表図に示されている鉱化露頭を表示した。

④また、鉱床区 (Metallogenic Zone) として V. H. Ushakov の区分：北部鉱床区、東部鉱床区、中部鉱床区及び西部鉱床区を図示した。すなわち、北部鉱床区は北ブカンタウ深部破碎帯以北で、調査地域内の北部鉱床区については資料がなく鉱徴地は図示されていない。中部鉱床区は北部鉱床区の南にあり、コクパタス鉱床田からオクジェットペスにいたる石炭系の分布する地域であり、中部鉱床区の東西をそれぞれ、東部鉱床区、西部鉱床区と呼んでいる。

上記の総合解析図に示すとおり、調査地域のサウトバイ、トルバイ、サリタウ鉱床、他の鉱徴地はほとんど東部鉱床区に位置し、オクジェットペス鉱床、バルハンニ鉱徴地のみが中部鉱床区に位置する。東部鉱床区の鉱床・鉱徴地の分布は酸性貫入岩類に規制されているのが解析図から読みとれる。すなわち、サウトバイ岩株～サウトバイ貫入岩類に規制されてサウトバイ鉱床及びその周辺の鉱徴地、ブルトカン鉱徴地がサウトバイ貫入岩体北部の NW-SE 方向の帯状地帯に分布する。その他、トルバイ貫入岩類～サリタウ岩株にいたる NW-SE 方向の帯状地帯、及びサリタウ貫入岩類の北側に貫入岩類を取り囲むように帯状地帯があつてタングステン、金の鉱徴地がそれらの外側よりやや密に分布している。

これら帯状地帯は、いわゆる高透水性岩石帯にほぼ相当する。

### (3) 広域地質の検討

調査地域における金、タングステン鉱化作用は 石炭紀～二疊紀の花崗岩類に関連し、主として原生代のカラシヤク層、コクパタス層に胚胎し、カラシヤク層、コクパタス層の地質・地質構造の解明は調査地域の鉱化作用を把握するうえで重要である。

カラシヤク層は玄武岩・安山岩起源の緑色岩類が卓越すること及び変成作用を他層より

強く被っていることで特徴づけられるとされている。一方、コクパクス層はドロマイト及び石灰岩を挟む珪岩、砂岩及びシルト岩からなる。しかし、画像判読では両層の区分は困難である。これは、変成作用により両層の原岩がともに類似の特徴をもつ変成岩となっていること、また、両層がともに複雑に褶曲（しばしば過褶曲）していることによるとも考えられるが、実際に、大スケール（1/2.5万）の地質図（V. H. Ushakov）によればカラシヤク層とコクパクス層との関係は明瞭な境界のある岩層区分でなく単純な上下関係ではないと解釈される。最近の1/20万地質図（A. N. Buhalin, 1989）では両層は区分されておらず、地質判読図のように一括されている。また、Ushakov (Personal Communication) はカラシヤク層とコクパクス層は同時異相でありかつ独立した岩相区分ができないため一括することを提案する予定にしている。層位、時代についても、本報告書では V. H. Ushakov (1994) 及び中部キジルクム地質図幅（T. Sh. Shaakubtov, 1986）に基づいて原生代～カンブリア紀としているが、同じ地層をオルドビス紀～シルル紀、石炭紀とする意見もある。当該地層に化石が乏しいこと、かつ、隣接する地層から後期原生代、シルル紀・デボン紀を示す化石を産出し、本地層がオリストロームとみなされるような複雑な地質構造を示すことが本地域の構造の解釈を難しくしている。

#### （4）鉍化変質作用の特徴及び変質帯抽出作業の有効性の検討

グランドトゥルースの結果、地域内の鉍床・鉍微地に伴われる変質帯の特徴としては以下のことが判明した。

- ・サリタウ、サウトバイのタングステン鉍床では粘土鉍物は少ない。サリタウでは地表は大半黄土に覆われて露出は良くない。
- ・調査地域内の金鉍微地においては緑泥石、セリサイトを伴い、鉄酸化鉍物が認められる。一般に金鉍微地は露出はよくないが、かぶりは浅く、転石は付近の露頭の変質作用・酸化作用の状況を反映していると考えられる。すなわち、転石はもとの露頭からあまり移動していないことが多いとみられる。
- ・トルバイ鉍床付近では変質鉍物・鉄酸化鉍物の広がり顕著でなく画像でも抽出されていない。

調査地域の金鉍床は、トルバイ鉍床のように硫化鉍物をほとんど伴わない石英ストックワークタイプ（低硫化物タイプ）、コクパクスの鉍床群のように黄鉄鉍・磁硫鉍を伴う

タイプ（高硫化物タイプ）に区分されている。現地調査をもとに推定すると、今回画像解析で抽出された変質帯は、高硫化物タイプの金鉱化作用に関連した変質帯の可能性がある。このタイプの金鉱床に対しては、鉱床付近にみられる鉄酸化鉱物を衛星画像のスペクトル解析により抽出する手法が有効である。一方、低硫化物金鉱床は鉄酸化鉱物の発達が弱く、変質帯をスペクトル解析により抽出する手法は現段階では限界があり、写真地質判読による地質構造解析がより適すと考えられる。

#### （5）調査地域における物理探査の役割

- ①調査地域の既知鉱床の多くは花崗岩質岩類の近傍に位置する。既知鉱床又はその近傍には高磁力異常が存在している。
- ②花崗岩質岩類は母岩に比べて密度が低く、重力分布で明瞭な低異常を形成する。潜頭した貫入岩体や地表に一部しか現われていない貫入岩体について、その位置・深度・広がり等を推定するのに重力探査が非常に有効である。
- ③貫入岩と母岩の接触部の推定には磁力探査が重要である。スカルン鉱床、鉱脈鉱床共にしばしば磁硫鉄鉱を伴うことから、高磁力異常が既知鉱床・鉱微地の周辺にみられ、調査地域では鉱床探査上重要な指針となる。
- ④調査地域では重力・磁力探査が多用され成果をあげている。今後はこれらに加えて精密な電気探査・電磁探査を行い、電気特性の情報を加味することにより、鉱床胚胎場の性状がさらに明確となると判断する。

#### （6）調査地域の探査課題

調査地域は既往地質調査・探鉱密度が高く、ほとんどの鉱微地は何らかの探鉱（トレンチ、ボーリング、地化探等）が実施されていると見て良い。しかし、最近のブルトカン鉱微地(Au)の発見は調査地域には今後とも探鉱余地が残っていることを示している。今後の探鉱指針確立のため以下の点について再検討する必要がある。

調査地域のタングステン鉱床の主要なものはスカルン型であることから貫入岩類と炭酸塩岩との接触部が探鉱対象となる。炭酸塩岩の胚胎層準についてはカラシャク層、コクパタス層、特にコクパタス層の基底を主とすることが判明しているが地質構造との関係については十分判明しているとはいえない。例えば、通常、炭酸塩岩層が均質にスカル

ン化、鈳化作用を被っていることは少なく、比較的小規模な背斜、向斜の軸部、あるいは炭酸塩岩と裂層の交会部に富鈳部が形成されることがある。調査地域における現時点で判明している規模より小規模な褶曲構造の解明は炭酸塩岩の分布形態と鈳床富鈳部との関係を把握する要素として重要である。

今後、精度の高い既存地質図の再コンパイル、マッピングを画像の写真地質判読を併用しながら実施することにより、より詳細な地質構造の把握が可能となることが期待できる。

その他解明すべき地質・地質構造としてはカラシャク層の火山岩類、石灰岩、コクパクス層の珪質岩類（チャート、珪質頁岩）及びホジャフメット層の陸源の砂岩・シルト岩の岩相変化、コクパクス・アンチフォーム、見かけ上北傾斜する過褶曲構造等が挙げられる。

現段階では調査地域においては被覆土の薄い高硫化鈳物タイプの金鈳床の探査に対して画像解析がもっとも有効である。

既知鈳床・鈳徴地・変質帯可能域の分布から推定すると、サウトバイ鈳床(W)周辺の変質帯からブルトカン鈳徴地にいたる NW-SE 方向の帯状地帯、またはコクパクス鈳床(Au)からオクジェットベス鈳床(Ag)の南東にいたる NNW-SSE 方向の帯状地帯が高硫化鈳物タイプの金鈳床の有望な探鈳対象となる可能性がある。

#### (7) サウトバイ・ブルグット鈳床 (W) の鈳量計算結果の検討

サウトバイ・ブルグット鈳床について鈳量計算を行った結果、カットオフ品位  $WO_3$  0.05% の場合、鈳量は 25,885 千トン、平均品位  $WO_3$  0.27%、Au 0.24gt であった。このうち、露天掘採掘場（地表下 150m）内の鈳量（主に No.1 鈳体）は 2,621 千トン、平均品位は  $WO_3$  0.35% である。

1980 年以降、稼行されたことのある西側諸国（USA、カナダ、オーストラリア、韓国、トルコ等）のスカルン型タングステン鈳山の  $WO_3$  品位は、一般に露天掘の場合 0.5% 以上、坑内掘の場合 1% 以上のものがほとんどである。これらの鈳山もタングステンの価格の変動によって閉山あるいは再開の繰り返しを余儀なくされている。サウトバイ・ブルグット鈳床の  $WO_3$  品位はこれらに比べかなり低い、採算品位は国状、鈳床の規模によっても変化する、開発可能性の検討の為に採鈳計画（Pro.F/S）を策定する必要がある。

#### (8) ブルトカン鈳徴地(Au)の検討

既存資料解析で抽出された新規探鉱地の有望地としてブルトガン鉱徴地（金）が挙げられる。本鉱徴地の一部については、既に地表下 70m までを対象に約 70 本のノンコアボーリングが実施されており、Au 濃集部が確認されている。

鉱体の規模は、厚さ最大 30m で延長 100m 以上連続し、深度は 70m 以上に達している。トレンチ及びボーリングスラッジでの分析品位に基づき深度 70m までの概算の鉱量計算を実施したところ、鉱量 342 千トン、平均品位 Au6.9g/t、金量 2.4t の結果を得た。

本鉱体の高品位性は C-3361 孔のスラッジによるチェック分析結果（スラッジ長 22m、平均品位 Au29.2g/t）でも確認された。

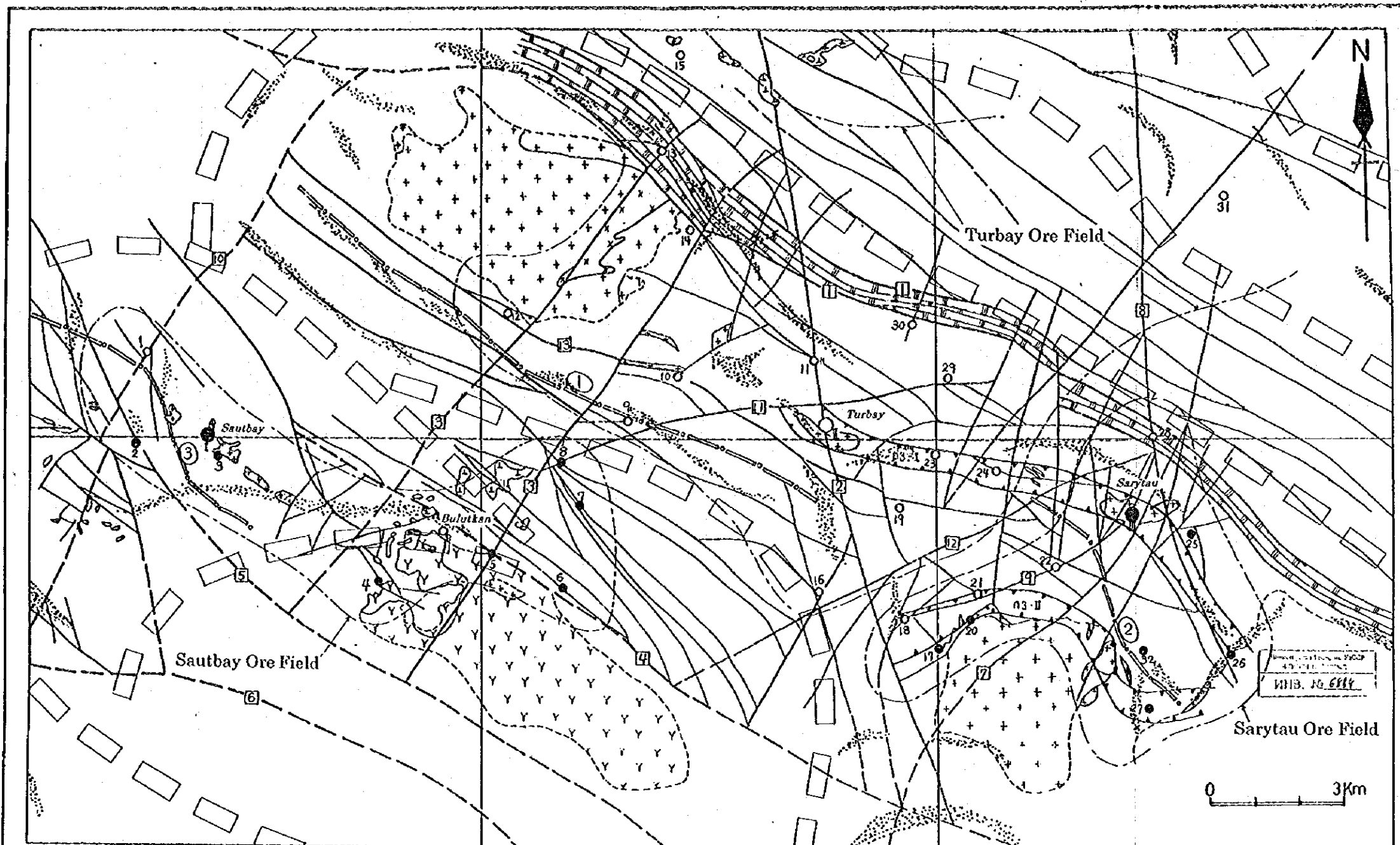
今後は鉱体の形状、構造と深度 70m 以下への連続性を明らかにし、将来の探鉱に資するために下部向けのコアボーリングを実施する必要がある。

また、本鉱体の東側には過去の地表地質調査の結果、角レキ化、酸化鉄化した 4 条の珪化交代変成岩（幅 20-150m）が幅 600-700m、長さ 4.5km のゾーンを形成して連続することが推定されているため、探鉱余地が多い。









**Legend**

magmatic formations

a: exposed b: assumed by geophysical data

- granodiorite, adamellite
- alkaline granite
- syenite-diorite, gabbrosyenite, gabbro diorite
- gabbro, gabbro-diorite, diorite

anticline

1: Turbay 2: Sarytau 3: Sautbay

● Tungsten I: Sautbay III: Sarytau

○ Gold II: Turbay

tectonic ridge forming Turbay fault

very high permeability zone

fractured disturbance  
a: large b: small c: assumed

1: Turbay abyssal fault 2: Central Turbay

3: West Turbay 4: North Sautbay

5: South Sautbay 6: Okjetpes

7: East Okjetpes 8: East Sarytau

9: Sarytau 10: West Sautbay

11: Central Turbay 12: West Sarytau

13: North Akkoi and others

most intensive linear elements of magnetic, gravity and electric fields, dividing geological blocks

axis of most intensive positive anomaly of magnetic field ( $\Delta T_{loc}$ )

Ore Field

(after A. P. Cheshuin; 1994)

- Tungsten 2: Saghinkan 3: Burgut 4: South East Sautbay
- 5: Kizilkashkar 6: Sautbay Group of Points 7: East Sarydjoy
- 8: West Sarydjoy 17: Kazgan 20: West Kazgan 25: Bektash
- 26: Katirtas 27: East Kazgan 32: South Bektash

- Gold 9: Central 10: Central Turbay 12: South Turbay
- 13: North Turbay 14: Nea-Contact 15: Daikovo 16: Kayansai
- 18: East Akkoi 19: Akkoi 21: South Sarytau 23: East Turbay
- 24: Kurgantau 29: Karatau 30: North-East Turbay 31: Taraubay

- Silver with Gold 1: Koktash 22: Central Sarytau
- Copper 28: North Sarytau

Fig. II-5-1 Summary of the Compilation



## 第 III 部 結論及び将来への提言



## 第1章 結 論

(1) 調査地域を含む南部ブカンタウ地域の地質は、ヘルシニア期の褶曲を受けた原生界リーフェイ〜ベンド系を基盤岩類とし、古生界、中生界及び新生界が不整合で被覆している (Fig. I-3-1)。これら原生界及び古生界には、後期石炭紀〜後期二畳紀の花崗岩類、岩脈類が貫入している。

原生界は、片岩類、珪岩、石灰岩、ドロマイト、頁岩、砂岩等からなり、下位よりカラシヤク、コクパタス、ホジャフメット及びコクサイの4層に区分され、全層厚は3,000m以上と推定される。この内、コクパタス、カラシヤクの両層は本地域のタングステン・カルン鉱床及び金銀石英脈・交代変成岩鉱床の主な胚胎母岩となっている。

古生界としては、オールドビス系、シルル系、デボン系及び石炭系が分布している。オールドビス系は、粘板岩、頁岩、砂岩、火山碎屑岩からなり、調査地域の北西縁部に局部的に分布している。シルル系は、オクジェットペス南東に局部的に分布し、頁岩、砂岩の互層からなる。

コクパタスの東方を通り、オクジェットペス付近にいたるNNW-SSE方向のコクパタス・アンチフォームがあって、その中心には下部石炭系の石灰岩、頁岩、ドロマイトが地窓状に分布し、このアンチフォームの南東延長のオクジェットペス付近ではデボン系〜中部石炭系の石灰岩、ドロマイト、頁岩、砂岩等が分布している。オクジェットペス付近のデボン系〜石炭系は、金銀石英脈の胚胎母岩となっている。

これら原生界・古生界を取り囲むように白亜系〜古第三系始新統の海成の頁岩、砂岩、古第三系漸新統〜第四系の陸成の砂岩、泥岩、礫岩が分布している。

貫入岩としてはアルティンタウ貫入岩類 (花崗岩類)、コクパタス貫入岩類 (花崗岩〜アダメライト)、トルバイ貫入岩類 (花崗岩類)、サリタウ花崗閃緑岩、サウトバイ貫入岩類 (モンゾニ岩〜花崗閃長岩) が顕著である。いずれも、後期石炭紀〜前期二畳紀の貫入である。これらの他、閃緑岩、ハンレイ岩、ランプロファイアー、石英閃長岩等の岩脈類が分布している。

(2) 調査地域には、タングステン・金・銀・銅の鉱床・鉱徴地が分布している。今回の調査で既存の鉱床・鉱徴地として24箇所が抽出された (Fig. II-1-2, Table II-1-2)。

これらは下記の4つの鉱床田に分けられる。

1) サリタウ鉱床田

- ① タングステンスカルン・ストックワーク鉱床 (サリタウ鉱床、カティルタス鉱徴地等)
- ② 含金スカルン鉱床 (南サリタウ鉱徴地)
- ③ 含金銀硫化鉱物石英脈 (中部サリタウ鉱徴地)
- ④ 含金銀銅石英脈 (北サリタウ鉱徴地)

2) サウトバイ鉱床田

- ① タングステンスカルン鉱床 (サウトバイ鉱床、サゲンカン鉱徴地、ブルグット鉱徴地等)
- ② 含金石英脈・交代変成岩鉱床 (ブルトカン鉱徴地)

3) トルバイ鉱床田

- ① 含金ストックワーク・交代変成岩鉱床 (トルバイ鉱床、東トルバイ鉱徴地、南トルバイ鉱徴地等)
- ② 含金銀硫化鉱物石英脈・交代変成岩鉱床 (西トルバイ鉱徴地)

4) オクジェットベス鉱床田

- ① 含銀炭酸塩鉱物石英脈・ストックワーク鉱床 (オクジェットベス鉱床)
- ② 含金石英脈 (バルハンニ鉱徴地)

タングステンスカルン鉱床は、炭酸塩岩に沿う層状鉱床で主として上部原生界のカラシヤク層及びコクパタス層中に存在し、コクサイ層及びホジャフメット層中には顕著なものは認められない。富鉱部は、一般に花崗岩質貫入岩体との接触部から 50-100m 間、まれに 200m までの間に形成されている。

タングステンスストックワーク鉱床は、主として花崗岩質貫入岩体内部に発達し、周辺の母岩中にも存在する。これらは断裂に規制された脈-細脈帯である。

既存の主要な金銀鉱化作用は、トルバイ鉱床田のトルバイ鉱床(Au)、東トルバイ鉱徴地(Au)等に濃集している。鉱化作用の規制要因は構造的なもので、鉱化作用はNW-S E方向の中部トルバイ高透水性岩石帯 (いわゆるトルバイ鉱化帯) に規制される。

他の金銀鉱床・鉱徴地も、NW-S E系、NE-SW系及びNNW-SSE系の断裂

に規制されている。

既存資料解析で抽出された新規探鉱地の有望地としてブルトカン鉱微地 (Au) が挙げられる。本鉱微地の一部については、既に地表下 70m までを対象に約 70 本のノンコアボーリングが実施されており、Au 濃集部が確認されている。

鉱体の規模は、厚さ最大 30m で延長 100m 以上連続し、深度は 70m 以上に達している。トレンチ及びボーリングスラッジでの分析品位に基づき深度 70m までの概算の鉱量計算を実施したところ、鉱量 342 千トン、平均品位 Au6.9g/t、金量 2.4t の結果を得た。本鉱微地には探鉱余地が多い。

(3) 調査地域内のサウトバイ、ブルグット鉱床に関する既存資料を収集し、電算機を使用して鉱量計算を行い、これら鉱床の評価を行った。

鉱量計算には、スカルン鉱床や鉱脈鉱床に適した鉱量計算用ソフトであるカナダの Lynx Geosystems Inc 社の microLYNX Plus を使用した。計算に必要なデータをすべて microLYNX Plus に入力して、分析データについて地球統計学的に解析し、3次元空間における  $W_3$  及び Au の分布性格を検討した。また、対象成分の品位を推定するために、3次元ブロックモデルを作成し、バリオグラム解析で得られたパラメーターに基づいてクリッキング法を使用して、ブロックにおける  $W_3$  及び Au の平均品位を推定した。

この計算方法でサウトバイ及びブルグット鉱床について鉱量計算を行った結果、カットオフ 0.05% ( $W_3$ ) の場合、両鉱床全体の鉱量は 25,885 千トンである。 $W_3$  の平均品位は 0.27%、Au の平均品位は 0.24g/t である。今回の鉱量計算結果とウズベキスタン側が作成した Sarydjoy 報告書の結果とを比較すると、全体的に見れば、露天採掘場計画部については、両計算の結果はよく一致している。しかし、サウトバイ、ブルグット鉱床全体の場合、両結果に大きな差が見られた。

鉱量の違いについては、今回の計算ではデータのない所については未知の区域とみなして鉱量を計上しなかったのに対して、Sarydjoy 報告書ではデータのない所でも地質学的に連続する鉱体と考えた場合その部分の鉱量を計上していることによる。平均品位の違いについては、Sarydjoy 報告書では  $P_1$  鉱画 (予想鉱画) 内に複数のデータがある場合、平均品位の最高値を採用したため全体の平均品位が高くなっていることが判明した。

1980 年以降、稼行されたことのある西側諸国 (USA、カナダ、オーストラリア、韓

国、トルコ等)のスカルン型タングステン鉱山の  $WO_3$  品位は、一般に露天掘の場合 0.5% 以上、坑内掘の場合 1% 以上のものがほとんどである。サウトバイ・ブルグット鉱床の  $WO_3$  品位はこれらに比べかなり低い、採算品位は国状、鉱床の規模によっても変化する、ので、開発可能性の検討の為に採鉱開発計画 (Pro.F/S) を策定する必要がある。

(4) 調査地域における物理探査の役割は、下記のように整理される。

- ① 調査地域の既知鉱床の多くは花崗岩質岩類の近傍に位置する。既知鉱床又はその近傍には高磁力異常が存在している。
- ② 花崗岩質岩類は母岩に比べて密度が低く、重力分布で明瞭な低異常を形成する。潜頭した貫入岩体や地表に一部しか現われていない貫入岩体について、その位置・深度・広がりを推定するのに重力探査が非常に有効である。
- ③ 貫入岩と母岩の接触部の推定には磁力探査が重要である。スカルン鉱床、鉱脈鉱床共にしばしば磁硫鉄鉱を伴うことから、高磁力異常が既知鉱床・鉱微地の周辺にみられ、調査地域では鉱床探査上重要な指針となる。
- ④ 調査地域では重力・磁力探査が多用され成果をあげている。今後はこれらに加えて精密な電気探査・電磁探査を行い、電気特性の情報を加味することにより、鉱床胚胎場の性状がさらに明確となると判断する。

(5) 衛星画像のリニアメント解析の結果(PL. II-4-2)抽出されたリニアメントの卓越方向は対象地域内の各地区ごとにそれぞれ次のような特徴がみられる。北部～北西部では E-W と NE-SW～ENE-WSW 方向の組み合わせで代表され、前者のものが相対的に長い。一方、コクパクスからウチクドクに至る中央部～西部では N-S～NNW-SSE と NE-SW～NNE-SSW 方向の組み合わせが顕著である。東部では NE-SW と WNW-ESE～E-W 方向の組み合わせで特徴づけられる。

サリタウ、トルバイ、サウトバイ鉱床、ブルトカン鉱微地付近における NE-SW 系のリニアメントは本地域が積雪に覆われ、また露頭の観察は限られリニアメントが断層であることを露頭で検証するのは難しかったが、シェアゾーンの発達、断層崖の存在から断層であることが推定される。一方、既存資料における断層のうち、トルバイ断層帯と東オクジェットベス断層は画像判読により抽出されているリニアメントと一致する。



(6) 衛星画像の判読により本調査地域は18の地質単元に区分された(PL, II-4-1, Table II-4-1)。これらは山地を構成する古期変成岩類～堆積岩類(6単元)、山麓部～平坦地を構成する未固結～半固結堆積物(9単元)及び石炭紀～二畳紀の貫入岩類(3単元)に分けられる。

グランドトゥルースの結果、地質判読図における岩石区分は岩質を反映しており、広域的な地質・地質構造を把握するのに問題はない。しかし、トルバイ貫入岩体は、画像からは堆積岩類(OCa)と判読されている。水系沿いに断片的に花崗岩類の露出が認められたが、これを覆って約5m厚の沖積層が広範囲にわたって分布するため、地形は花崗岩の特徴を示さず、画像では花崗岩として判読するのは困難であると判断された。

単元Ca及びOCaは原生界に対比される可能性もあることを考慮して、現段階ではそれぞれ、R-Ca及びR-OCaとした。ただし、OCaのうちオクジェットベスに分布するものについては時代がほぼデボン紀～石炭紀と確立しているので記号DCaに変更した。

(7) スペクトル解析による変質帯抽出の結果、17地域を変質帯として抽出した(Table II-4-3)。

現地調査をもとに推定すると、今回画像解析で抽出された変質帯は、高硫化物タイプの金鉱化作用に関連した変質帯の可能性がある。このタイプの金鉱床に対しては、鉱床付近にみられる鉄酸化鉱物を衛星画像のスペクトル解析により抽出する手法が有効である。一方、低硫化物金鉱床は鉄酸化鉱物の発達が弱く、変質帯をスペクトル解析により抽出する手法は現段階では限界があり、写真地質判読による地質構造解析がより適すると考えられる。

(8) 既知鉱床・鉱徴地・変質帯の分布から推定すると、サウトバイ鉱床(W)周辺の変質帯からブルトカン鉱徴地にいたるNW-SE方向の帯状地帯、またはコクパクス鉱床(Au)からオクジェットベス鉱床(Ag)の南東にいたるNNW-SSE方向の帯状地帯が高硫化物タイプの金鉱床の有望な探鉱対象となる可能性がある。