

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質および地下構造

第1年次の調査では、イルメナイト漂砂鉱床のイルメナイトの起源岩は、上流部に露出するプレオブラゼンスキイ複合岩体を構成する花崗岩質岩類であり、そのうちイルメナイトの含有が多いのは斑糲岩、モンゾニ岩であることが推定された。

第2年次の調査では、プレオブラゼンスキイ複合岩体について、花崗岩質岩類中に含まれるイルメナイトなどチタン鉱物の量により、岩石中の TiO_2 含有率が決定されることが判明した。即ち、 TiO_2 1%以上含有するモンゾニ岩-閃緑岩と TiO_2 1%以下の花崗岩は、化学成分（主成分、ノルム鉱物、微量成分）の特徴によって明瞭に区別され、マグマの結晶分化作用の進んだ岩石ほど TiO_2 が少なくなることが証明された。また、花崗岩質岩類に含まれる不透明鉱物には擬ルチル、イルメナイト、磁鉄鉱、含チタン磁鉄鉱があり、擬ルチル、イルメナイトの割合が多い花崗岩質岩類は、地表では 1×10^{-3} S. I. U. 以下の低い帯磁率を示すことが判明した。逆に 1×10^{-3} S. I. U. 以上の高い帯磁率を示す花崗岩質岩類は磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱が多く含まれるために、チタン鉱床の起源岩としては優れないことが判明した。さらに、鉱床下盤の古地形地下構造線図を作成した結果、花崗岩類の分布する地域を源流とした古地形チャンネルを多数抽出した。以上の調査結果から、有望なイルメナイト漂砂鉱床の存在する条件は、

- ①モンゾニ岩、閃緑岩、斑糲岩のような結晶分化作用があまり進んでいない起源岩が上流域に分布し、
 - ②かつ帯磁率が 1×10^{-3} S. I. U. 以下の地域がある、
 - ③古地形チャンネル部、
- と推論されるに至った。

第3年次の調査では、南東に隣接するカラオトケルスキイ複合岩体について、ベクチミール地区の調査によって得られた同様な調査手法を適用した。主化学成分の検討から、第2年次の調査で指摘されたように、カラオトケルスキイ複合岩体は花崗岩、閃長岩のようにマグマの結晶分化作用が進んだ岩石からなり、花崗岩質岩類中の TiO_2 含有率は低いことが判明した。即ち、カラオトケルスキイ複合岩体の花崗岩質岩類の大部分は TiO_2 含有率が 0.4%以下で、分化指数(D.I.)は 85 以上、殆どは 90 以上を示し、マグマの結晶分化作用が最も進んだ岩石といえる。カラオトケルスキイ複合岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体に比較して、全体に結晶分化作用が進んでいるために TiO_2 含有率が低く、したがってイルメナイト含有率も低く、イルメナイト漂砂鉱床の原岩としては優れていないと判断できる。

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ダイアグラムではカラオトケルスキイ複合岩体の花崗岩質岩類は花

崗岩から閃長岩の領域におち、 TiO_2 を1%以下しか含有しない群に明瞭に区分される。 $\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}$ ダイアグラムでは、第2年次調査のプレオブラゼンスキイ複合岩体にあるような TiO_2 を1%以上含有する花崗岩質岩類は CaO に富み、やや K_2O に乏しいのに対して、カラオトケルスキイ複合岩体のように TiO_2 を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類は CaO に乏しく(<2%)、やや K_2O に富む(>5%)。AFMダイアグラムでは、カラオトケルスキイ複合岩体の花崗岩質岩類のように TiO_2 を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類はアルカリ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)に富み MgO や ΣFeO に乏しく、それに対して第2年次調査のプレオブラゼンスキイ複合岩体にある TiO_2 を1%以上含有する花崗岩質岩類はアルカリに乏しく、 MgO や ΣFeO に富んでいて、明瞭に区別される。分化指数(D.I.)は、マグマ残液の化学成分が結晶分化作用の進行にしたがって大きな値となるが、カラオトケルスキイ複合岩体のように TiO_2 を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類ではアルカリ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)に富み MgO や ΣFeO に乏しく、分化指数は90以上、ときに95に達し、D.I.の増加とともに TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O は減少する傾向が認められる。一方、 TiO_2 を1%以上含有する花崗岩質岩類ではD.I.は60以下で、D.I.の増加によってアルカリ(Na_2O 、 K_2O)は増加するが、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO はむしろ微減の傾向を示し MgO 、 CaO は顕著に減少する傾向が認められる。固結指数(S.I.)はマグマの結晶分化作用が進むほど小さな値となり、マグマの結晶分化作用の程度を表すが、カラオトケル複合岩体のように TiO_2 を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類はS.I.が6以下で、なおかつ殆どが3以下である。第2年次調査のプレオブラゼンスキイ複合岩体の一部のように TiO_2 を1%以上含有する花崗岩質岩類は固結指数が10以上である。ノルム曹長石-正長石-石英比ダイアグラムによる花崗岩質岩石の分類では、カラオトケルスキイ複合岩体の閃長岩は石英モンゾニ岩、花崗岩質岩類はモンゾ花崗岩の領域におち、 TiO_2 を1%以下しか含有しない群に属し、第2年次調査のプレオブラゼンスキイ複合岩体の一部のように TiO_2 を1%以上含有する群とは明瞭に区分される。

花崗岩質岩類の微量成分について、プレオブラゼンスキイ複合岩体と併せてみると、カラオトケルスキイ複合岩体は、最もマグマ分化の進んだ花崗岩質岩類に属することが明らかである。 SiO_2 に対する微量成分の値は、 Ni 、 Co のような親鉄元素では SiO_2 の増加にともない減少傾向を示す。逆に Cu 、 Pb のような親銅元素では、 SiO_2 が増加すると Cu は横這いが微減するのに対して、 Pb はわずかに増加する傾向を示す。 Ba はカラオトケルスキイ複合岩体のように TiO_2 を0.4%以下しか含有しない花崗岩質岩類が SiO_2 の増加にともない減少するのに対し、 TiO_2 を1%以上含有する花崗岩質岩類ではほぼ横這いの傾向を示す。カラオトケルスキイ複合岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体に比べて、 Ba にやや乏しく、 Ni 、 Pb にやや富んでいる。カラオトケルスキイ

複合岩体の花崗岩質岩類中のレアアースをコンドライト(Leedey Chondrite)で規格化したレアアース・パターンは、殆どの花崗岩質岩類が TiO_2 を 0.4%しか含有しておらず、第2年次にプレオブラゼンスキイ複合岩体で得られた TiO_2 を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類と同様に、Eu の負の異常を示す凹型となる。Tu et al. (1980) は南中国の花崗岩質岩類のレアアース・パターンについて、古期の花崗岩質片麻岩は Eu の小さな負異常を示し、花崗岩化作用は熔融段階まで進まなかったために結晶分化作用に至らなかったのに対して、燕山期(中生代末期)の花崗岩質岩類では Eu の強い負の異常を示し、再生マグマから結晶分化作用で生成したものとしている。Qu et al.(2002) は中国南西部の後造山期花崗岩のレアアースの化学分析を示し、強い負の Eu 異常のレアアースパターンは斜長石の結晶化分離によるマグマ分化作用によるもので、地殻の花崗岩に特有なパターンであると述べている。Ogata et al. (2002) は岩手県宮古花崗岩の花崗岩質メルトを分別結晶させたときのコンドライト規格化レアアース・パターンの変化を計算より求めた結果、分別結晶作用が進むにつれて残液中のレアアース含有量が増加し、軽希土類元素に富み、強い負の Eu 異常のレアアース・パターンに変化していくことを示した。これらのことから、強い負の Eu 異常を示すカラオトケルスキイ複合岩体は、コクペティンスカヤ調査地域では最もマグマ分化の進んだ花崗岩質岩類であって、したがって TiO_2 に最も乏しい花崗岩質岩類であるということを支持している。Rb はイオン半径が近い K とともに挙動すると推定され、マグマの結晶分化作用の末期にカリ長石や雲母に濃集すると考えられている。Tu et al.(1980)は南中国の花崗岩質岩類について、K/Rb 比が 250 以下の花崗岩質岩類は既存の岩石の再熔融によって生じ、250 以上のものはマグマからの結晶分化作用によって生じたものとしている。このことから TiO_2 を 1%以上含む花崗岩質岩類(斑糲岩、閃緑岩、モンゾニ岩)も、 TiO_2 を 1%以下しか含まないカラオトケルスキイ複合岩体など(閃長岩、花崗岩)も K/Rb 比は 250 以上であり、どちらもマグマからの結晶分化作用で生じた花崗岩質岩類といえる。しかし、 TiO_2 1%以上を含有する花崗岩質岩類では K_2O の増加とともに Rb も比例して増加するが、 TiO_2 を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類では K_2O の増加に対し Rb は微減の傾向にあり、両者は異なった挙動を示すので、明瞭に区別されるといえる。Sr はカリ長石の K の一部を、また斜長石の Ca の一部を置換して、マグマの結晶分化作用の初期段階で取り込まれるから、マグマの残液には次第に少なくなると考えられている。したがって CaO-Sr の関係はマグマの結晶分化作用が進んで CaO が減少すれば、Sr も減少して、比例関係にある。マグマの結晶分化作用が進むと Rb が多くなるのに対し Sr は減少するから、Rb/Sr 比をみると、結晶分化作用の進んだ岩体ほど大きな値をとる。プレオブラゼンスキイ複合岩体の TiO_2 を 1%以上含有する花崗岩質岩類では 0.01 程度であるが、プレオブラゼンスキイ複合岩体の北部やカラオト

ケルスキイ複合岩体のように、結晶分化作用が進んで TiO_2 を 1%以下しか含有しないような花崗岩質岩類では 1 程度であって、これらは Rb/Sr 比でも明瞭に区別される。

カラオトケルスキイ複合岩体の花崗岩質岩類の帯磁率は $0.3 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 以下、平均 $0.15 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 程度で全体に低い。調査地区の花崗岩質岩類の帯磁率は $0.09 \sim 0.95 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ と変化が大きい、平均 $0.15 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 程度である。 $0.2 \sim 0.5 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 程度のやや高い帯磁率を示す花崗岩質岩類は北部および西部の一部に分布する。プレオブラゼンスキイ岩体における TiO_2 1%以下の花崗岩質岩類と同様に、カラオトケルスキイ複合岩体の花崗岩質岩類は TiO_2 0.4%以下しか含有しないため、分化指数(D.I.)の増加に伴って帯磁率が低くなる傾向を示す。花崗岩質岩類の帯磁率は、磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱のような強磁性鉱物の含有量が多くなると大きくなる傾向が認められる。

不透明鉱物のモード比は試料の分布が均一ではなく、露頭の分布する調査地区北部から西部に偏っているために、一概に不透明鉱物の分布傾向を述べることができないが、カラオトケルスキイ複合岩体北部の閃長岩、花崗岩では 1%以下であるのに対して、西部の花崗岩では 1~2%を含みやや高い。また不透明鉱物のモード比が高くなると TiO_2 が高いという傾向が認められる。

カラオトケルスキイ複合岩体の花崗岩質岩類中の不透明鉱物モード比は花崗岩で 2%以下で、その殆どは 1%以下である。不透明鉱物種はアナターゼ(Ti 60%)、擬ルチル(Ti >36%)、イルメナイトもしくは変質イルメナイト(Ti 32~36%)、含チタン磁鉄鉱(Ti 1.5~14%)、磁鉄鉱(Ti 0~1.5%)、赤鉄鉱(Ti 0%)、針鉄鉱(Ti 0%)からなる。擬ルチル、変質イルメナイトはイルメナイトから、また針鉄鉱は磁鉄鉱の風化変質によって生成したものである。第 2 年次調査のプレオブラゼンスキイ複合岩体では、花崗岩質岩類中の含チタン磁鉄鉱ないし磁鉄鉱の含有率が高いと帯磁率は $1 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 以上と高かったが、カラオトケルスキイ複合岩体ではこれらの鉱物の含有が少ないため、帯磁率も全体に $0.3 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 以下、平均 $0.15 \times 10^{-3} \text{S.I.U.}$ 程度で全体に低い。これは磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱よりもむしろ擬ルチルやイルメナイトが多く含まれるためと考えられるが、その量は少ない。即ち、カラオトケルスキイ複合岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体に比較して、さらに結晶分化作用が進んでいて TiO_2 含有率が低いことから、イルメナイト含有率も低く、帯磁率も低く、イルメナイト漂砂鉱床の原岩としては優れていないと考えられる。

プレオブラゼンスキイ複合岩体とカラオトケルスキイ複合岩体花崗岩質岩類の貫入年代は以下のとおりであった。

Sample No.	Rock name	Measured mineral	Age(Ma)	Complex
D-2	Gabbro	Amphibole	273.1 ± 9.8	Preobrazhenskiy
D-3	Granite	K-feldspar	284.7 ± 4.9	Preobrazhenskiy

D-4	Monzonite	K-feldspar	302.6±9.1	Preobrazhenskiy
D-5	Granite	K-feldspar	276.0±6.5	Karaotkelskiy
D-6	Syenite	K-feldspar	294.4±8.9	Karaotkelskiy

ノルム曹長石－正長石－石英比ダイアグラムにこれらの花崗岩質岩類を記入すると、モンゾニ岩，閃長岩，花崗岩の順に若い年代を示し，斑糲岩だけが最も若くてより塩基性の領域にプロットされる。このことは原マグマがモンゾニ岩質で次第に閃長岩が分化し，さらに花崗岩が分化し，斑糲岩のみが別のマグマから最後に貫入した可能性を示している。ただし斑糲岩のみが測定鉱物が角閃石であり，一部に次生のアクチノ閃石を生じていたため，実際よりも若い年代を示している可能性がある。

以前，相手国調査機関によって実施された地質調査，物理探査の結果によると，プレオブラゼンスキイ岩体とカラオトケルスキイ岩体はロポリス状を呈し，深度別に下記の面積を占め，地下深部では単一岩体を形成すると推定されている。

Depth (km)	Area of Preobrazhenskiy Complex (km ²)	Area of Karaotkelskiy Complex (km ²)
Surface	164	126
-1.8	—	800
-3	340	450
-5	—	90

このことから，地下深部で単一岩体を形成するプレオブラゼンスキイ複合岩体とカラオトケルスキイ複合岩体は，ほぼ同時期の石炭紀上部(300Ma)にモンゾニ岩質マグマから分化を始め，石炭紀上部から下部二畳紀(295Ma)に閃長岩を経て，下部二畳紀(280Ma)に花崗岩に分化貫入したものであり，中部三畳紀(240Ma)に別途に斑糲岩が貫入したものと推定される。

古地形チャンネルは地下等高線図のように，複合岩体から流下する多くの水系が解析されたが，かなりの古地形チャンネルは既にソビエト連邦時代に凡そ調査済みであり，プレオブラゼンスキイ複合岩体の南東部一帯およびペロエ村西方に未調査部が残る。ただし，調査済みや新規の古地形チャンネルでも，新生代被覆が厚い部分では経済性が乏しくなるため，新生代層アイソパック図とのコンパイル図 (Fig.I-4-1, PL.II-2-2) によって，新生代層被覆が薄い古地形チャンネルを抽出していく必要がある。

4-2 鉍床および重鉍物

1) 鉍床の経済性

① カラオトケル鉍床

カラオトケル地区の既存資料の検討により、イルメナイト濃集部は風化残留鉍床(Eluvial deposit)と漂砂鉍床(Alluvial deposit)の2種類の鉍床型に区別され、全体に漂砂鉍床のほうが高品位であることが判明した。そこで1982年に計上されていた鉍量(カットオフ:イルメナイト15kg/m³, 鉍量147,579千m³, イルメナイト量3,438千トン, イルメナイト品位23.3kg/m³)のうち, イルメナイト50kg/m³以上の主として漂砂鉍床の部分の鉍量・品位を再計算した結果, 下記のように高品位の鉍量を抽出することができた。

Name of Ore Body	Category	Cut-Off Range (kg/m ³)	Ore Reserves (th. m ³)	Ilmenite Grade (kg/m ³)	Ilmenite Reserves (th. t)
Karaotkel	B	≥50	9,878.3	74.3	734.0

これらの鉍量は15m以浅の比較的浅いところに胚胎していること, 見直しによるカラオトケル鉍床の鉍石1トン当たりの価値は約6ドルで, 現在豪州で開発中の鉍床の価値10ドル程度に近いことから, 本鉍床の開発は経済性を帯びる可能性がある。

DEPOSIT	RESERVES(Mt)	HEAVY MINERAL (%)	ILMENITE (%)	ZIRCON (%)	RUTILE (%)	ORE VALUE (\$/t)
KARAOTKEL	9.88	4.85	85	15	0	5.84
WEMEN, AUSTRALIA	9.16	5.00	44	12	28	10.16
MID WEST, AUSTRALIA		5.20	64	24	12	9.66
SOUTH WEST, AUSTRALIA		10.70	81	7	10	14.37

*イルメナイト\$80/t, ジルコン\$350/t, ルチル\$450/tとしたときの鉍石価値

豪州ビクトリア(Victoria)州マレイバーズン(Murray Basin)で稼行中のウェメン(Wemen)鉍床は内陸の重砂鉍床で, 鉍量21.3百万t, 重砂品位3.3%(イルメナイト51%, ルチル28%, ジルコン11%)といわれている。このうち確定鉍量9.16百万t, 重砂品位5.0%(イルメナイト44%, ルチル28%, ジルコン12%)を含む, 幅約200m, 厚さ4~15m, 延長11kmの鉍床に対して, 土木重機によるオーバーバーデンの除去とドレッジによる鉍石採掘がなされている(Mason, 1999)。オーバーバーデンは厚さ8~20mの細粒砂, シルト, 砂質粘土, 粘土, 砂礫で, これらを露天掘りで除去した後, ピット水位を上げてドレッジによって重鉍物品位3.7%の鉍石を年間250万トン採掘する計画であった。地表標高は約60m, 地下水位は42mである。

カラオトケル鉍床の場合についてもベクチミール第3鉍床の採掘実績を踏ま

え、再度その経済性を検討することが望ましいと考えられる。

②ベクチミール鉱床

カザフスタン共和国においては、鉱体が露天掘りによって経済的に採掘可能であるかどうかの指標（旧ソビエト連邦基準）が存在する。この指標によるとベクチミール第1鉱床南地区で第3年次に獲得した鉱床部分のみでは、極めて剥土比が大きいため、経済的に採掘できないことを示している。

Table I-4-1 Ilmenite Content and Maximum Economical Stripping Ratio

Average content of ilmenite kg/m ³	Maximum economical stripping ratio m ³ /m ³
100	2.58
110	3.9
113.5	12.8
120	5.21
130	6.56
140	7.87

また、第1、2年次に獲得した鉱床部分と併せて鉱量計算しても、指標に対して下表のとおり、経済的に採掘できないことを示している。

Average content of ilmenite kg/m ³	Maximum economical stripping ratio m ³ /m ³
100	2.58
110	3.9
120	5.21
130	6.56
133.5	8.5
140	7.87

これらの指標はあくまで露天掘を前提として計算されたものであり、さらにオーバーバーデンの厚い、地下深部に胚胎する鉱床の採掘方法の経済性を検討したうえで、再度鉱量を計算することが必要と考えられる。Altaevほか(2001)はベクチミール(文献ではサトパエフ)第1鉱床に対し、原位置での3重管による水力採掘法を提案している。深さ50mに胚胎する厚さ8~10mのイルメナイト濃集層を採掘対象とした。40~50m間隔に配置した4孔の採掘孔から、4.3~4.5Mpaの圧力水140~150m³/hを注入し、イルメナイトと粘土分10~30%を含有する砂層を崩して、スライム化した鉱石をエアリフトにより地上に流送、20m³/hの割合で鉱石1000m³が実験的に採掘された。採掘孔は3重管になっており、管の内径はそれぞれ168mm, 108mm, 50mmで、最外部管から圧力水が供給されて砂層を崩し、最内管から圧縮空気が供給されて、鉱石スライムが中管からエアリフトされる。イル

メナイトの比重差による孔内での分離ロスは殆どなかったという。この場合、イルメナイトを含有する砂層までの粘土層の剥土と復元が不要になるために、採掘コストの大幅な軽減が見込まれる。しかし、採掘品位コントロールが困難であり、砂質層に含有されるイルメナイトのみが対象となるため可採率が低く、採掘跡の埋め戻しを行わないため経時的な地表の陥没が免れない。

ベクチミール第1鉱床では、イルメナイトが花崗岩質岩類から風化離脱し、堆積濃集する過程で酸化し、Feが溶脱されてTiが富化されるため、上流部から下流部へ向かうほどTiO₂品位が上昇する傾向があり、品位の高い部分を抽出して、より経済的な鉱画を設定し、再度高品位鉱量を計算することが必要と考えられる。

2) イルメナイト精鉱の品質

① カラオトケル鉱床

イルメナイト粒子の品位は下記のとおりTiO₂ 59%程度で、この値が平均的な精鉱品位に近似したものと仮定すれば、国際規格(吉田, 1992)を十分に満たしている。また、他のイルメナイト産地の精鉱よりも品位的に優れている。これはカラオトケル鉱床のイルメナイトの殆どが著しい風化変質によって、擬ルチルまたは変質イルメナイトに変質してTi品位が上昇したためであり、ベクチミール第1鉱床に比べてチタン富化の度合いが強い。したがって、カラオトケル鉱床からは、より品位的に優れているTiO₂ 50%以上のイルメナイト精鉱が生産できる可能性があるため、再度、選鉱試験を実施するとともに、鉱床採掘と選鉱の経済性を検討することが望ましいと考えられる。

Element	TiO ₂ (%)	FeO(%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	V ₂ O ₅ (%)
Assay result (EDX)	59	33.5*				
International Trading Standard	≥ 54	≥ 28	≤ 1.5	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.1
Sri Lanka Mineral Sand Corp.	≥ 53	Fe ₂ O ₃ ≤ 1	≤ 1	≤ 0.05		
Malaysia Ilmenite	≥ 50	≥ 30				
Mindarie, Australia	55.2	22.8	0.78	0.1	0.1	

*計算値

② ベクチミール鉱床

イルメナイトの品質は下記のとおりで、国際規格を満たしていないが、カザフスタン共和国でのスポンジ・チタンおよび酸化チタンの製造要件を満足しているといわれる(国際協力事業団・金属鉱業事業団, 2001)。ベクチミール第1鉱床のイルメナイト精鉱は、ロシア産イルメナイトに比較してFeOが多くTiO₂が少ない。

Element	TiO ₂ (%)	FeO (%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	V ₂ O ₅ (%)
Assay result	48.25~50.84	12.93~26.76	1.16~2.59	0.01~0.30	0.015~ 0.026	0.157~ 0.260
Average	49.31	19.82	2.04	0.04	0.02	0.18
International Trading Standard	≥ 54	≥ 28	≤ 1.5	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.1

4-3 新鉱床ポテンシャル

第1年次から本年次までの調査結果から、有望なイルメナイト漂砂鉱床の存在する条件は、

- ① 結晶分化があまり進んでいないモンゾニ岩，閃緑岩，斑糲岩のような起源岩が上流域に分布し，
- ② かつ帯磁率が 1×10^{-3} S. I. U. 以下の地域があり，
- ③ 漂砂鉱床が生成している古地形チャンネル部，

であるといえることができる。また，地史を通じて著しい風化作用があり，イルメナイト漂砂鉱床が堆積した後に削剥がなかったことも重要である。

各地区における将来の調査方針は以下のとおりである。

1) カラオトケル地区

地表調査によって，カラオトケルスキイ岩体の花崗岩質岩類は，最も分化の進んだ花崗岩および閃長岩からなり，そのイルメナイト含有量は第2年次調査のプレオブラゼンスキイ岩体よりも少ないことが判明した。したがってカラオトケル地区のイルメナイト鉱床の品位も低い。しかし，イルメナイトが母岩から離脱，古地形チャンネルに再堆積した漂砂鉱床では品位が向上しており，カットオフ 50 kg/m^3 で鉱量を再計算した結果，鉱量 9.9 百万 m^3 ，イルメナイト量 734 千 t，イルメナイト平均品位 74 kg/m^3 ，ジルコン平均品位 13 kg/m^3 を計上した。この鉱床は被覆土が 10m 程度と薄いため，経済性を有する可能性があり，再検討が必要と考えられる。

2) ベクチミール地区

(1) 第1鉱床南地区

第1鉱床南方延長は，鉱床幅が 2,000m 程度の大規模鉱床に発展し，3年間の調査により，カットオフ 100 kg/m^3 で鉱量 13.3 百万 m^3 ，イルメナイト量 1,686 千 t，

イルメナイト平均品位 126.7kg/m^3 を計上した。相手国機関によって 1998—1999 年に計上された鉱量 11.9 百万 m^3 、イルメナイト量 $1,815$ 千 t、イルメナイト平均品位 151.8kg/m^3 と合計すれば、本鉱床の規模は鉱量 25.2 百万 m^3 、イルメナイト量 $3,501$ 千 t、イルメナイト平均品位 139kg/m^3 となった。イルメナイト濃集部の限界はなおも西方向および南方向が未確認であるが、鉱床規模の概要はほぼ把握された。鉱床は西と南に向かって深度を増し、被覆土が $40\sim 50\text{m}$ とかなり厚くなっていることから、採掘方法の再検討を実施して、経済的に採掘可能な深度と品位の関係を見極めていくことが望ましい。

(2) 第 3 鉱床南地区

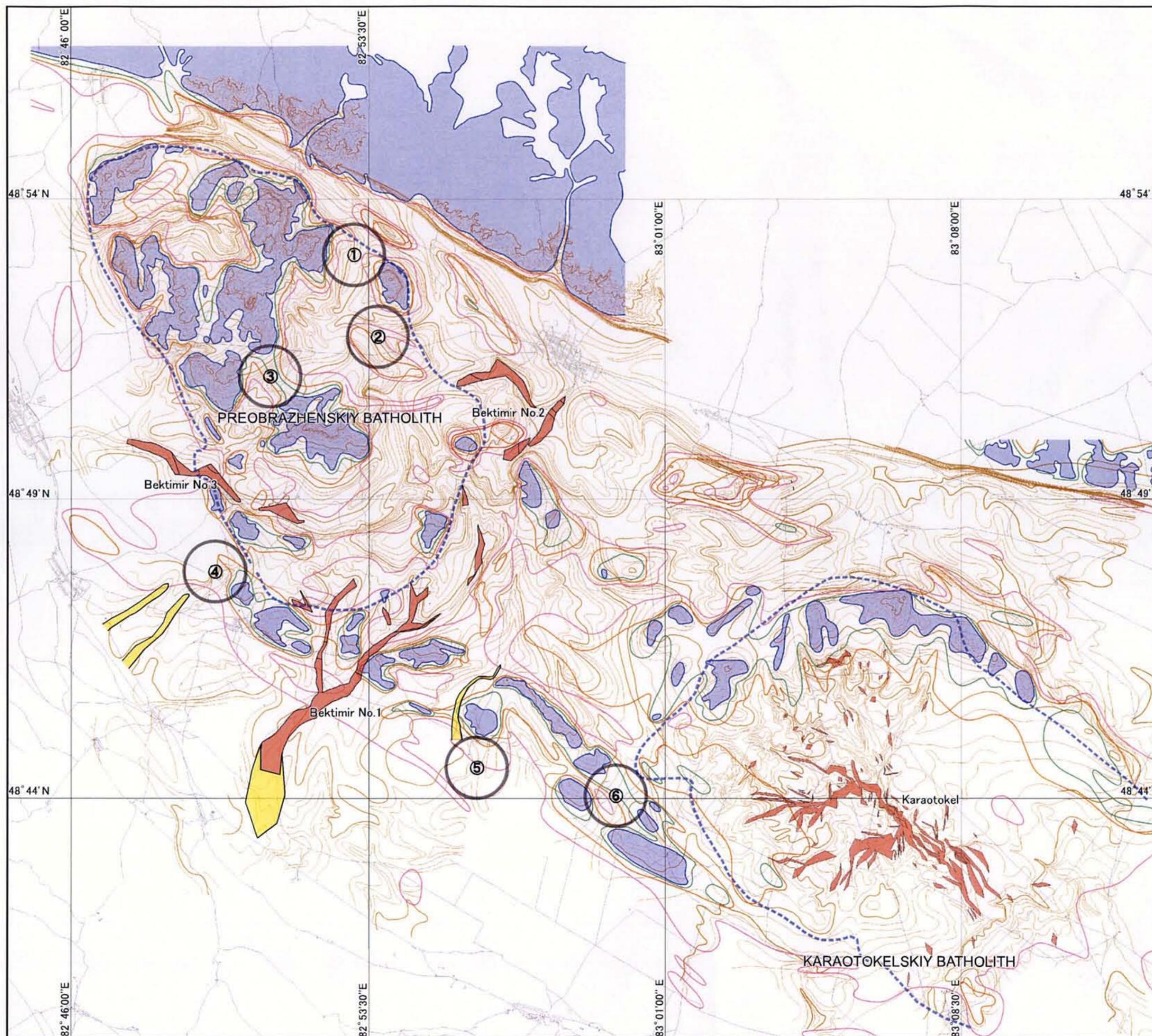
本年次調査により当該漂砂鉱床は第 1 鉱床に比べて狭小であることが判明したが、南方にまだ十分なポテンシャルが予想される。しかし、第 1 鉱床と同様に、被覆土がかなり厚くなっていることから、経済的に採掘可能な深度と品位の関係を見極めたうえで、調査を継続していくことが望ましい。

3) ベクチミール東地区

今年次のボーリング調査により、プレオブラゼンスキイ複合岩体の花崗岩質岩類を源流とする古地形チャンネルで、予想どおりイルメナイト濃集部を捕捉した。このイルメナイト濃集部は深さ 10m 程度で浅く、また下流域にいくに従って幅と品位が増加する傾向が認められるため、今後の下流域での調査によって経済性を有する鉱床に発展する可能性がある。したがって、下流域で先ず測線 500m 間隔のロータリー・ボーリングを実施して鉱床の規模、品位および剥土比を把握し、経済性を有する鉱床となる見込みが得られたら、さらにパーカッション・ボーリングによる精密な補間ボーリングを実施して鉱量計上に至るのが望ましい。

4) 他地域への技術的展開

カザフスタン共和国における既存の地質資料の蓄積は膨大であると考えられる。プレオブラゼンスキイおよびカラオトケルスキイ複合岩体に類する化学成分を有する貫入岩体が存在し、かつ調査地域と同様な地史を経た地域で、新たなイルメナイト漂砂鉱床を発見できる可能性を追求するために、文献調査、広域予察調査（試料採取、年代測定、室内研究）によって予備評価を実施していくことが望ましい。とくに東アジアで得られている、花崗岩質岩類の化学成分上の分類（磁鉄鉱系／イルメナイト系など）と鉱床生成区に関する知見を、カザフスタン共和国の花崗岩質岩類にも適用させていくことが、重要な技術移転であると考えられる。



LEGEND

- Basement Rock Outcrop
- Isopack of Weathering Crust and Cainozoic Deposit
 - 10m
 - 20m
 - 30m
 - 40m
- Ore Reserve Block
- Potential
- Granitoids
- ⑤ Recommended Area

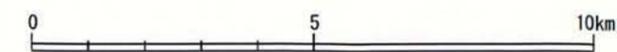


Fig.I-4-1 Isopack of weathering crust and Cainozoic deposit