

カザフスタン共和国 コクペティンスカヤ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成14年 3 月

国 際 協 力 事 業 団  
金 属 鉱 業 事 業 団

鉱 調 資

CR(10)

02-039

## はしがき

日本国政府はカザフスタン共和国政府の要請に応え、同国の旧首都アルマティの北東方約 750km に位置するコクペティンスカヤ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、ボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は平成 12 年度を第 1 年次とし、第 2 年次にあたる本年は、金属鉱業事業団は 3 名の調査員を平成 13 年 6 月 30 日から平成 13 年 9 月 9 日まで現地に派遣した。

現地調査は、カザフスタン共和国政府関係機関、カザフスタン共和国エネルギー・鉱物資源省（旧天然資源環境保護省）地質地下資源保護利用委員会の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第 2 年次の調査結果をまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたカザフスタン共和国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、在カザフスタン共和国日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成 14 年 1 月

国際協力事業団

総 裁 川 上 隆 朗

金属鉱業事業団

理 事 長 田 代 直 弘



Fig. I -1 Location Map of the Kokpetinskaya Area



Fig. I -2 Detailed Location Map of the Kokpetinskaya Area

## 要 約

本調査は、国際協力事業団及び金属鉱業事業団とカザフスタン共和国、エネルギー・鉱物資源省（旧天然資源環境保護省）地質地下資源保護利用委員会の間で交わされた「Scope of Work」に基づいて3ヶ年計画で開始された「資源開発協力基礎調査：カザフスタン共和国コクペティンスカヤ地域」の第2年次にあたる。

本調査の目的は、対象地域において漂砂型のイルメナイト鉱床を胚胎する地質及び同鉱床の賦存状況を解明し、相手国における資源開発の支援を行うことを目的とする。また、調査期間を通じて相手国機関に対し、技術移転を図ることを目的としている。

今年度は、コクペティンスカヤ地域の全域（256km<sup>3</sup>）を対象に既存資料の収集・解析と地質調査（準精査）を行った。また、ボーリング調査をベクチミール第1鉱体南地区（20孔，1033.0m），ベクチミール第3鉱体南地区（25孔，903.5m），ベクチミール北地区（5孔，335.0m）で実施した。

本地域は、石炭紀層とこれに貫入する花崗岩質岩類、これらを被覆する新生代第三紀アラル層と第四紀層からなる。花崗岩質岩類は化学成分から花崗岩とモンゾニ岩－閃緑岩とに区分され、不透明鉱物としてイルメナイト（Ti 35%）、含チタン磁鉄鉱（Ti 1.5～14%）、磁鉄鉱（Ti 0%）を含むこと、モンゾニ岩－閃緑岩のうち帯磁率の低い岩体にはイルメナイトがより多く含まれることが判明した。上部白亜紀末（1億4000万年前）における湿潤温暖気候のもとで化学的風化作用によって不透明鉱物が分離、新第三紀（4000万年前）にアラル層堆積時に基盤の地形凹地（古地形チャンネル）内に濃集したものと推定される。

ボーリング調査の結果、ベクチミール第1鉱床南延長の厚さは1.8～10.0m、幅1000m以上、鉱量増分は6.5百万m<sup>3</sup>、イルメナイト量857千t、イルメナイト平均品位132kg/m<sup>3</sup>、剥土比8.3であった。ベクチミール第3鉱床南地区では2本の平行な鉱床の幅は200m程度で第1鉱床に比べ狭小で、鉱床厚さは1.5～4.4m、ポテンシャル3.8百万m<sup>3</sup>、イルメナイト量493千t、イルメナイト平均品位130kg/m<sup>3</sup>、剥土比9.7であった。ベクチミール北地区ではイルメナイト濃集部の品位が低く、鉱量計算を実施しなかった。

イルメナイト漂砂鉱床はアラル層基盤の古地形チャンネルに胚胎している。したがって、古地形チャンネルを抽出することによって、新たに鉱床胚胎の可能性の高い場所を抽出することができる。その上流域には、イルメナイトの含有が多い閃緑岩－モンゾニ岩で、磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱が少ない帯磁率 $1 \times 10^{-3}$  S.I.U.以下の岩体が存在することが望ましい。

第3年次調査の調査方針は、さらに鉱床の延長が期待されるベクチミール第1鉱床

南方延長，十分なポテンシャルが予想される第3鉱床南地区に対する追加ボーリング調査(精査)の実施が望ましい。その他の地区として，ベクチミール第1鉱床東部，ベクチミール第2鉱床鉱床北部（ベロエ地区）に古地形チャンネルの存在が予想されるので，これらに対するボーリング調査が必要である。

カザフスタン共和国コクペティスカヤ地域  
資源開発協力基礎調査  
(第2年次)

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

第 I 部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第2年次調査の概要	1
1-2-1 調査地域	1
1-2-2 調査内容	2
1-2-3 調査団の編成	5
1-2-4 調査期間	6
第2章 調査地域の地理	7
2-1 位置および交通	7
2-2 地形および水系	7
2-3 気候および動植物	8
第3章 調査地域の既存地質情報	11
3-1 既往調査概要	11
3-2 一般地質及び地質構造	11
第4章 調査結果の総合検討	19
4-1 地質および地下構造	19
4-2 鉱床および重鉱物	20
4-3 新鉱床ポテンシャル	21
第5章 結論及び将来への提言	27

5-1	結 論	27
5-1-1	地質調査	27
5-1-2	ボーリング調査	29
5-1-3	物性計測	30
5-2	第3年次調査への提言	31
5-2-1	調査地域での提言	31

## 第 II 部 各 論

第1章	既存資料の解析	35
1-1	調査目的	35
1-2	解析	35
1-2-1	第三紀基盤地下構造	35
1-2-2	第四紀基盤地下構造	36
1-2-3	新生代地史	36
第2章	地質調査	39
2-1	調査目的	39
2-2	調査方法	39
2-3	調査結果	40
2-3-1	先花崗岩質岩類（石炭紀層）	40
2-3-2	花崗岩質岩類と岩脈類	41
2-3-3	後花崗岩質岩類	42
	1) 基盤風化殻	42
	2) 第三紀アラル層	43
	3) 第四紀層	43
2-3-4	花崗岩質岩類の定量的岩石学	44
	1) 花崗岩質岩類の主化学成分	44
	2) 花崗岩質岩類の微量成分	46
	3) 花崗岩質岩類の帯磁率	47
	4) 花崗岩質岩類中の不透明鉱物	47
2-3-5	地質構造	48



2-4	まとめと考察	48
第3章	ボーリング調査	77
3-1	調査目的	77
3-2	調査方法	77
3-3	調査結果	79
3-3-1	地質	79
1)	基盤風化殻	79
2)	第三紀アラル層	79
3)	第四紀層	80
3-3-2	ベクチミール第1鉱床南地区(精査地区)	80
3-3-3	ベクチミール第3鉱床南地区(概査地区)	86
3-3-4	ベクチミール北地区(概査地区)	91
3-3-5	鉱量計算	92
1)	ベクチミール第1鉱床南地区の鉱量計算	92
2)	ベクチミール第3鉱床南地区ポテンシャル計算	94
3-3-6	重鉱物の鉱物学的記載	95
3-4	まとめ及び考察	97
3-4-1	鉱床および示徴	97
3-4-2	重鉱物	99
3-4-3	考察	99
第4章	物性計測	147
4-1	調査目的	147
4-2	調査方法	147
4-3	調査結果	148
4-3-1	比抵抗	148
4-3-2	帯磁率	148
4-3-3	放射能	149
4-4	まとめと考察	150

### 第 III 部 結論及び将来への提言

第 1 章 結論 .....	161
1 - 1 地質 .....	161
1 - 2 ボーリング調査 .....	163
1 - 3 物性計測 .....	165
第 2 章 第 3 年次調査への提言 .....	167
2 - 1 調査地域での提言 .....	167
COLLECTED DATA .....	169
APPENDICES .....	A-1

## LIST OF FIGURES

Fig.I-1	Location Map of the Kokpetinskaya Area
Fig.I-2	Detailed Location Map of the Kokpetinskaya Area
Fig.I-3-1	Geological Map of the Kokpetinskaya Area
Fig.I-3-2	Schematic Geologic Column of the Kokpetinskaya Area
Fig.I-4-1	Schematic Geological Map of the Kokpetinskaya Area
Fig.II-2-1	Location Map of the Samples
Fig.II-2-2	TiO <sub>2</sub> Content in Granitoids
Fig.II-2-3	Modal Opaque Minerals in Granitoids
Fig.II-2-4	Distribution of Opaque Mineral Species in Granitoids
Fig.II-2-5	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O- SiO <sub>2</sub> Diagram (after Cox et al., 1979)
Fig.II-2-6	K <sub>2</sub> O-CaO-Na <sub>2</sub> O Diagram
Fig.II-2-7	AFM(Σ FeO+MgO-CaO-Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) Diagram
Fig.II-2-8	ACF Diagram
Fig.II-2-9	Differentiation Index (D.I.)-Oxide Variation Diagram
Fig.II-2-10	An+Ab-Or -Q Diagram
Fig.II-2-11	Minor Element-SiO <sub>2</sub> Variation Diagram
Fig.II-2-12	Chondrite-Normalized REE Pattern
Fig.II-2-13	K <sub>2</sub> O-Rb -Q Diagram
Fig.II-2-14	CaO-Sr Diagram
Fig.II-2-15	Rb-Sr Diagram
Fig.II-3-1	Location Map of the Drillholes in the Bektimir No.1 South , No.3 South, and Bektimir North Areas
Fig.II-3-2	Geological Section along MJBK-6,7,8,9,10,18,19 (Line-34)
Fig.II-3-3	Geological Section along MJBK-20,16,21,17,22,23,24(Line-30)
Fig.II-3-4	Geological Section along MJBK-25,26,27,28,29,30(Line-26)
Fig.II-3-5	Geological Section along MJBK-31,32,33,34,35(Line-22)
Fig.II-3-6	Geological Section along U40-20,MJBK-9,17,28,33,36,37
Fig.II-3-7	Geological Section along Line-1G
Fig.II-3-8	Geological Section along Line-2G
Fig.II-3-9	Geological Section along Line-3G
Fig.II-3-10	Geological Section along Line-114G
Fig.II-3-11	Geological Section along Line-116G

Fig.II-3-12	Geological Section along MJBKN-1,2,3,4,5
Fig.II-3-13	Location Map of the Drillholes in the Bektimir No.1 South Ore Block
Fig.II-3-14	Location Map of the Drillholes in the Bektimir No.3 South Ore Block
Fig.II-3-15	TiO <sub>2</sub> -FeO-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Diagram of Ilmenite
Fig.II-3-16	Grainmetric Distribution of Ilmenite of the Bektimir No.1 Deposit
Fig.II-4-1	Magnetic Susceptibility and Resistibility Logging of MJBK-19
Fig.II-4-2	Magnetic Susceptibility and Resistibility Logging of MJBKS-6
Fig.II-4-3	Magnetic Susceptibility and Resistibility Logging of MJBKN-2
Fig.II-4-4	Contour Map of Magnetic Susceptibility of Preobrazenski Batholith
Fig.II-4-5	Magnetic Susceptibility Logging of MJBK-24

## LIST OF TABLES

Table I-1-1(1),(2)	Outline of the Survey
Table I-2-1	Geographic Coordinates of the Surveyed Area
Table I-2-2	Climatic Features of the Kokpetinskaya Area
Table I-4-1	Ilmenite Content and Maximum Economical Stripping Ratio
Table I-5-1	Ore Reserves Calculation of Category C <sub>2</sub> for the Southern Flank of Placer No.1
Table I-5-2	Ore Reserves Calculation of Category P <sub>1</sub> for the Southern Flank of Placer No. 3
Table I-5-3	Geophysical Properties of geological units
Table II-3-1	Quantity of Drilling Works, Core Recovery and Efficiency of Drilling in the Kokpetinskaya Area
Table II-3-2	Results of Drilling Survey by Each Hole in the Kokpetinskaya Area
Table II-3-3	Results of Drilling Survey by Each Machine in the Kokpetinskaya Area
Table II-3-4	General Results of the Drilling Works in the Kokpetinskaya Area
Table II-3-5	Consumable Drilling Articles in the Kokpetinskaya Area
Table II-3-6	Major Mineralization Zones Revealed by Drillings on the Southern Flank of Placer No. 1
Table II-3-7	Major Mineralization Zones Revealed by Drillings on the Southern Flank of Placer No. 3
Table II-3-8	Ilmenite Content, Ore Sands and Overburden Thickness at the Southern Flank of Placer No. 1 in Block IV-C <sub>2</sub>
Table II-3-9	Ilmenite Content, Ore Sands and Overburden Thickness on blocks of estimated reserves on Southern Flank of Placer No. 3

## LIST OF PLATES

PL. II-2-1(1)~(3)	Geologic Map and Cross Section of the Survey Area
PL. II-2-2	Geologic Map of Pre-Tertiary Basement
PL. II-2-3	Structural Contour Map of Pre-Tertiary Basement
PL. II-2-4	Structural Contour Map of Quaternary Basement

## APPENDICES

- Appendix 1.       Geologic Core Logs of the Drill Holes
  
- Appendix 2.       Results of Laboratory Works
  - Appendix 2-1   List of Laboratory Works
  - Appendix 2-2   Microscopic Observations of the Thin Sections
  - Appendix 2-3   Photomicrographs of the Thin Sections
  - Appendix 2-4   Results of X-Ray Diffraction Analysis
  - Appendix 2-5   X-Ray Diffraction Chart of Ilmenite
  - Appendix 2-6   The Results of Whole Rock Analysis
  - Appendix 2-7   The Results of Minor Elements Analysis
  - Appendix 2-8   The Results of CIPW Normative Constituents
  - Appendix 2-9   Photomicrographs of EPMA
  - Appendix 2-10  Quantity Mineralogical Analysis of Usual and Check Samples
  - Appendix 2-11  Inside Geological Check of Mineralogical Analysis
  - Appendix 2-12  Outside Geological Check of Mineralogical Analysis
  - Appendix 2-13  Chemical Analysis of Check Samples for TiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub>
  - Appendix 2-14  Grainmetric Analysis of Monomineral Fraction of Ilmenite
  - Appendix 2-15  Grainmetric Analysis of Monomineral Fraction of Zircon
  - Appendix 2-16  Chemical and Spectral Quantity Analysis of Ilmenite
  - Appendix 2-17  Chemical and Spectral Quantity Analysis of Zircon
  - Appendix 2-18  Determination of Zircon Radioactivity
  - Appendix 2-19  Chemical Analysis of Water Sample
  - Appendix 2-20  Chemical Analysis of Water Sample According to the State Standard  
(GOST) “Drinking Water”
  - Appendix 2-21  Physical Properties of Core Samples
  - Appendix 2-22  Field Measurements of Physical Properties
  - Appendix 2-23  The Results of Opaque EDX Analysis
  - Appendix 2-24  Photomicrographs of Ilmenite
  
- Appendix 3.       Miscellaneous Data for the Drilling Survey
  - Appendix 3-1   List of the Used Equipment for Drilling
  - Appendix 3-2   Miscellaneous Results of Drilling Works on Individual Drillhole
  - Appendix 3-3   Progress Record of Drilling

# 第 I 部 総 論

# 第1章 序 論

## 1-1 調査の経緯

本調査は、カザフスタン共和国政府の要請に対して日本国政府と2000年6月6日付で締結されたスコープ・オブ・ワーク(Scope of Work)に基づき、2000年にコクペティンスカヤ(Kokpetinskaya)地域で実施した鉱物資源調査を、引き続き第2年次として実施したものである。

本調査の目的は、Fig. I-1に示す当該地域において、イルメナイト(Ilmenite)漂砂鉱床を胚胎する地質及び同鉱床の賦存状況を解明し、相手国における資源開発の支援を行うことである。また、カザフスタン共和国の当該機関であるエネルギー・鉱物資源省地下資源保護利用委員会および東カザフスタン地質局に対し、調査期間を通じ、技術移転を図ることも目的としている。

カザフスタン共和国は、地下資源の豊富な国として知られ、金属資源埋蔵量は世界的な規模を誇るものが多い。独立後10年を迎えた非鉄金属産業は、海外企業の投資に伴う技術移転や新しい経営手法の導入等の要因により、主に金、チタン(スポンジチタン)、亜鉛、銅地金の成長が著しく、新たにクロム鉱山も操業を開始するなど、2001年現在における非鉄金属産業の伸び率は+14%となった。今後においても将来性のある鉱床が多数存在することから、更なる成長が期待されている。これらのうちスポンジチタンの生産量は前年比+75%、世界第4位、副産物のマグネシウム地金の生産量は同6位を占める。

調査地域におけるチタン資源の埋蔵ポテンシャルは以前から有望視されていた。北方約150kmのウスチカメノゴルスク(Ust-Kamenogorsk)では、ウスチカメノゴルスキイ・チタン・マンガン・コンビナート(UKTMK)により新造電気炉を備えた大規模なチタン製錬コンビナートが操業を開始しており、当該地域に商業性の高い埋蔵量が確認された場合はこれにチタン原料のイルメナイトを供給できるために、比較的容易に開発が可能と見込まれている。現在同コンビナートはイルメナイトなどのチタン原料をロシアなどからの輸入に依存しているが、外貨獲得に関してより有利な国内のチタン資源の開発に注力しており、かかる事情を背景として本調査が要請されたものである。

## 1-2 第2年次調査の概要

### 1-2-1 調査地域

コクペティンスカヤ地域は、旧首都アルマティ(Almaty)の北東方約750km、東カザフスタン州の州都ウスチカメノゴルスク南方約150kmのコクペティンスキイ(Kokpetinskiy)地区に位置する。第2年次調査地区はこのうちのベクチミール



(Bektimir)地区に位置し、地区内にはペロエ(Beloe)村、コイタス(Koitas)村、プレブラゼンスキイ(Prebrazenskiy)村などの集落がある (Fig. I - 1)。

本調査地域の地形は、標高 500m 程度のほとんど平坦で僅かに緩やかな傾斜を持つ丘陵地で、小麦、ヒマワリ等の畑地と牧草地が広がる。舗装路及び一部未舗装道路が平坦な丘陵地を横切って発達する。

### 1-2-2 調査内容

第 2 年次は、調査対象地域とその北方域 350 km<sup>2</sup> に対し既存地質情報の収集・解析および地質調査、地域内の 3 地区 (第 1 鉱体南地区、第 3 鉱体南地区、ベクチミール北) においてボーリング調査 (50 孔、合計 2,271.0 m) を実施した。

#### 1) 既存地質情報の解析

##### (1) 調査目的

第 1 年次調査によって、イルメナイト漂砂鉱床は旧溪谷の河床底または湖底平坦部に堆積したものと考えられることが判明した。そこで第 2 年次調査は、堆積当時の古地形を把握することを目的とした。

##### (2) 調査方法

イルメナイト漂砂鉱床下盤である先第三紀層基盤面の詳細な地下等高線図を作成した。さらに先第四紀層基盤面の地下等高線図も作成した。そのため、コクペティンスカヤ地域ベクチミール鉱床付近において、過去に相手国機関等が基盤風化殻の地化学探査のために実施したボーリング地質図断面図集から、約 1600 地点の先第三紀基盤深度と第四紀深度データを収集した。また、当該地域を含む広域での古気象や堆積環境などの地史文献(Erofeyev,1969)等を収集した。

##### (3) 実施場所

現地および日本国内で解析を実施した。

#### 2) 地質調査

##### (1) 調査目的

調査対象地域のイルメナイト起源岩類地域とイルメナイト漂砂鉱床の地質及び地質構造を把握すること、および、これらの結果に基づき、本地域の鉱床規模の概要と採算性を明らかにすることを目的とした。

##### (2) 調査方法

第 1 年次に指摘されたように、ベクチミール鉱床のイルメナイトはプレオブラゼンスキイ(Preobrazhenskiy)貫入岩体の花崗岩質岩類に由来していると推定された。そこで、イルメナイト含有の高い花崗岩質岩類の分帯が必要となったため、帯磁率測定 512 地点と岩石 25 試料の全岩分析と微量成分分析を実施した。また、ボーリング

調査によりベクチミール3地区において、イルメナイト鉱体の発達状況を調査した。

コクペティンスカヤ地域全域（256 km<sup>2</sup>）で下記の地質概査を実施した。

**Table I -1-1 Outline of the Survey (1)**

調査項目	調査内容及び調査量
地質調査	地質調査（準精査） 調査量 面積； 256 km <sup>2</sup> 踏査長； 100 km
	ボーリング調査（別表3） 総延長； 2,271 m (50孔)

踏査は、縮尺 1/25,000 地形図を使用し、調査結果は縮尺 1/25,000 地質図に纏めた。ボーリング調査は縮尺 1/200 ボーリングコア柱状図に纏め、ボーリング結果は探鉱測線毎の地質断面図に纏めた。

また地質概査とボーリング調査と同時に Appendix 2-1 示す数量の室内試験を行い、解析に反映させた。

### 3) ボーリング調査

#### (1) 目的

ベクチミール地区において、既知鉱体であるベクチミール第1鉱体、第3鉱体の南延長域、およびベクチミール北部における鉱体の捕捉、発達状況の把握を目的とする。

#### (2) ボーリング位置および調査量

ボーリングは、Fig.II-3-1に示す位置において実施した。調査量を次頁に示す。

#### (3) 現地調査

ボーリング掘進は、現地ボーリング業者のGEOINCENTREを起用して実施した。鑑定と写真撮影を行った後にAppendix 2-1に示す数量の各種サンプリングを行い、室内試験を実施した。コアの鑑定結果は縮尺200分の1の柱状図にまとめた。

Table I -1-1 Outline of the Survey (2)

地区名	試錐番号	方位	傾斜	掘進長
ベクチミール (第1鉱体南) 500 m x 200 m グリッド	MJBK-18	—	-90°	30.0m
	MJBK-19	—	-90°	44.0m
	MJBK-20	—	-90°	37.0m
	MJBK-21	—	-90°	43.0m
	MJBK-22	—	-90°	65.0m
	MJBK-23	—	-90°	60.0m
	MJBK-24	—	-90°	58.0m
	MJBK-25	—	-90°	43.0m
	MJBK-26	—	-90°	50.0m
	MJBK-27	—	-90°	50.0m
	MJBK-28	—	-90°	54.0m
	MJBK-29	—	-90°	58.0m
	MJBK-30	—	-90°	60.0m
	MJBK-31	—	-90°	51.0m
	MJBK-32	—	-90°	58.0m
	MJBK-33	—	-90°	53.0m
	MJBK-34	—	-90°	60.0m
	MJBK-35	—	-90°	60.0m
	MJBK-36	—	-90°	51.0m
MJBK-37	—	-90°	48.0m	
計	20孔			1,033.0m
ベクチミール (第3鉱体南) 400 m間隔	MJBKS-1	—	-90°	40.0m
	MJBKS-2	—	-90°	40.5m
	MJBKS-3	—	-90°	35.0m
	MJBKS-4	—	-90°	31.0m
	MJBKS-5	—	-90°	32.0m
	MJBKS-6	—	-90°	42.0m
	MJBKS-7	—	-90°	33.0m
	MJBKS-8	—	-90°	30.5m
	MJBKS-9	—	-90°	29.0m
	MJBKS-10	—	-90°	25.0m
	MJBKS-11	—	-90°	35.0m
	MJBKS-12	—	-90°	39.0m
	MJBKS-13	—	-90°	34.0m
	MJBKS-14	—	-90°	37.0m
	MJBKS-15	—	-90°	33.0m
	MJBKS-16	—	-90°	45.0m
	MJBKS-17	—	-90°	40.0m
	MJBKS-18	—	-90°	40.5m
	MJBKS-19	—	-90°	35.0m
	MJBKS-20	—	-90°	43.0m
	MJBKS-21	—	-90°	37.0m
	MJBKS-22	—	-90°	32.0m
	MJBKS-23	—	-90°	40.0m
	MJBKS-24	—	-90°	41.0m
	MJBKS-25	—	-90°	34.0m
計	25孔			903.5m
ベクチミール (北地区)	MJBKN-1	—	-90°	67.0m
	MJBKN-2	—	-90°	70.0m

1000 m間隔	MJBKN-3	—	-90°	68.0m
	MJBKN-4	—	-90°	60.0m
	MJBKN-5	—	-90°	70.0m
計	5孔			335.0m
合計	50孔			2,271.5m

### 1-2-3 調査団の編成

本調査の計画と折衝，現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

#### 1) 調査計画及び折衝

日 本 側		カザフスタン共和国側	
氏 名	所 属	氏 名	所 属
逆瀬川 敏夫 (団長,総括)	金属鉱業事業団	M. Saiduakasv	エネルギー・鉱物資源省(旧天然資源環境保護省)地下資源保護利用委員会
千葉 正之 (作業監理)	国際協力事業団	A. M. Zhylkaidarov	同上
神田 慶太 (地質)	金属鉱業事業団	S. B. Berikbolov	同上
沖寫 弘芳 (鉱業事情)	同上		

#### 2) 現地調査団

日 本 側		カザフスタン共和国	
氏 名	所 属	氏 名	所 属
五味 篤 (団長)	三井金属資源開発㈱	M. Saiduakasv (全般)	エネルギー・鉱物資源省地下資源保護利用委員会
石塚 善章 (ホーリング)	同上	A. M. Zhylkaidarov (全般)	同上
井上 敏夫 (ホーリング)	同上	Dmitrij Titov (全般)	東カザフスタン地質局
		Ivan Vorontsov (全般)	同上
		E. M. Selifonov (全般)	GEOINCENTRE
		I. E. Selifonov (全般)	同上
		E. G. Maksimov (地質)	同上
		V. Y. Pashov (地質)	同上

#### 3) 現地作業監理

沖寫 弘芳 金属鉱業事業団 平成13年7月25日～7月26日，8月27日～8月29日

伊藤 正 金属鉱業事業団 平成13年7月25日～7月26日

1-2-4 調査期間

項目	2001年							2002年		期間
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
計画・準備	29 -									6月29日～ 6月29日
現地調査	30			9						6月30日～ 9月9日
試験・分析			5					15		8月5日～ 1月15日
報告書作成					10				30	8月15日～ 1月31日

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

調査地域は、第1年次に調査したコクペティンスカヤ（Kokpektinskaya）地域内に位置し、行政区としては東カザフスタン州コクペティンスキイ（Kokpektinskiy）地区に位置する（Fig. I-1,2）。調査地域の各頂点の座標を Table I-2-1 に示す。

**Table I -2-1 Geographic Coordinates of the Survey Area**

Angular points of Area's contour	Coordinates(WGS-84)	
	Northern latitude	Eastern longitude
1	48°44'01.70"	82°58'58.29"
2	48°47'57.98"	82°49'13.42"
3	48°48'37.59"	83°03'14.25"
4	48°40'48.47"	82°55'59.58"
5	48°50'52.91"	82°57'39.92"
6	48°46'16.81"	82°53'24.27"
7	48°44'44.49"	82°46'15.09"
9	48°46'02.53"	82°47'30.24"
10	48°53'56.77"	82°42'15.15"
11	48°47'15.17"	82°51'41.49"
12	48°55'09.59"	82°46'26.94"

人口密集地としては、地域西にプレオブラジェンカ（Preobrazhenka）村、北東にベロエ(Beloe)村がある。主要鉱床であるベクチミール第1鉱床付近にはトレクチ（Trekti）、コイタス（Koitas）等の集落がある。

調査のための宿舎をおいたベロエは、調査地域の北東にあつて、州都のウスチカメノゴルスク（Ust-Kamenogorsk）とは東側主要道路のコクペクティ --- サマルスカヤ --- ウスチカメノゴルスク線（224 km）と西側のコクペクティ --- ゲオルギエフカ（Georgievka） --- ウスチカメノゴルスク線（200 km）で連絡される。これらの道路は、冬季の山間部における吹雪、雪崩による短期間の閉鎖を除き、年間を通じて通行可能である。

本地域内の多くの集落を結んでネットワーク状の未舗装車道が発達する。

### 2-2 地形及び水系

#### 1) 地形

本地域の地形はザイサンスカヤ（Zaysaskaya）盆地北西縁辺部に属する。

ザイサンスカヤ盆地北西縁辺部は、ポドゴルノエ(Podgornoye)村、ベロエ村、マリノゴルカ(Marinogorska)村の南部にあたる平坦地で、第四紀層中にプレオブラゼンスキイ（Preobrazhenskiy）、カラオトケルスキイ（Karaotkelskiy）貫入岩

体と接触変成作用を被った石炭紀堆積岩類および火山砕屑岩、溶岩類の風化残丘が露出する。標高は、北部及び北西部の丘陵部で650 m、ボーリング調査地域（ベクチミール第1鉱床南、第3鉱床南、ベクチミール北部）のある南部の平坦地で450-480 mである。

## 2) 水系

本地域は、イリティッシュ（Irtysh）川（現在のザイサン貯水池）の左岸に位置し、調査地域内には北西からプレオブラジェンカ村を通過し南東に流下するテンテク（Tentek）河がある。またプレオブラゼンスキイ岩体の北東には北西からペロエ村を通過し南東に流下するエスペ（Espe）川があり、岩体の南西には北西からコイタス村を通過し南東に流下するベクチミール（Bektemir）川がある。

山間、山麓地域の河川の増水期は4月～6月、下流では4月～5月が氾濫期にあたる。6月からは表流水がなくなる。また、11月末～12月末になると河川は凍結し、4月に氷は溶解する。

## 2-3 気候、動植物

### 1) 気候

本調査地域は、モンゴル型大陸性、中央アジアステップ・半砂漠、西シベリア型大陸性気候の混合であり、気温の日、季節、年間変化が著しく、湿度が低いのが特徴である。

主要な気象データをTable I -2-2に示す。

冬季の天気は主として晴である。最も寒い月は1月で、最低気温は-36～-45℃に達する。降雪は10月20日頃から始まり、11月に激しくなる。表土は深さ1.5 mまで凍結し、0.9-1.1 mの雪で覆われる。根雪となる日数は、年間150-160日である。冬季には風速4-7 m/秒の北風と東風が多い。吹雪は月3-15日（平均10日）頻発する。融雪は3月末～4月初めに始まる。

夏季の天気も主として晴である。日中の気温変化が著しく変化し、最も暑い7月の気温は35～42℃である。夏季の降雨量は年間降雨量の30～40%を占める。降雨は主として雷を伴う豪雨であるが洪水災害は希である。春から夏の乾燥期は1～2ヶ月である。

野外での作業期間は、4月～10月中旬が適する。

### 2) 動植物

#### (1) 植物

植生は雑多であり、自然植生の他、耕作地、植林地、草地、牧草地がある。

ザイサンスカヤ盆地北西端の川沿いにはスゲ、トウシン草の藪や泥地、耕作地

Table I -2-2 Climatic Features of the Kokpetinskaya Area

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	Average
Temperature (°C)	-17,9	-15,4	+9,9	+4,9	+13,4	+19	+21,4	+19,8	+19,1	+4,9	-7,2	-15,6		+3,04
Precipitation (mm)	27	20	30	33	45	47	42	46	19	12	15	23	359	-
Evaporation from the surface (mm)	-	-	-	60	98	99	96	90	70	51	-	-	564	-
Average number of days with unfavorable conditions; Strong wind ( $\geq 15$ m/sec)	-	-	-	0,8	1,5	1,3	1,0	1,4	1,0	-	-	-	7.0	-
Ditto; Dust storms	-	-	-	0,5	2,1	2,7	3,3	3,2	2,3	-	-	-	14.1	-



が多い。

(2) 動物

山間部，低山間部には黒雷鳥，ハシバミ雷鳥，ヤマウズラ，野バト，狐、狼及び蛇が生息する。

## 第3章 調査地域の既存地質情報

### 3-1 既往調査概要

#### 1) 地質調査

G.I.ソクラトフ (G.I. Sokratov) が1:200,000のM-44-XXXIX図幅について1964年に地質図, 1965年に図幅説明書を作成した(第1年度報告書参照)。B.F.ブラノフ (B. F. Baranov) らがM-44-XXXIX図幅について1963年に地質図を作成した。1961年, N.N.ポポバ (N.N. Popova) らが地質図 (M-44-XXXIX) と図幅説明書を作成した。

1964-1968年, アルタイ地質・物探隊が1:50,000の磁気探査と電気探査を実施したが有望な鉱床は抽出できなかった。1969年, V.S.エロフェイエフ (V.S. Erofeyev) は調査地域を含む南アルタイの第三紀の地史をまとめた。

#### 2) 鉱床探査

1965~1967年, 非金属原料地質隊によって石炭対象のボーリングが実施され, カラオトケル (Karaothkel) イルメナイト・ジルコン鉱床が発見され, 1972年, 初期探鉱が実施された。1983~1989年, 国家レアメタル研究所 (GIREDMET) によって鉱量の再評価が実施され, 1990年, 再計算された鉱量が国家鉱量委員会によって承認されたが, 開発に至らなかった。

1988-1992年, アルタイ地質探査部隊がカラオトケル鉱床地域で地化探査を実施し, 1989年, ベクチミール (Bektimir) イルメナイト鉱床を発見した。1990-1995年, ボーリングの結果, プレオブラゼンスキイ複合岩体の周辺にイルメナイト鉱床 (ベクチミール第1, 第2, 第3鉱床) が確認された。

1997-1998年には第1鉱床の評価作業が実施され, 鉱量9,269千 $m^3$ , イルメナイト1,634千t, イルメナイト平均含有量176.3 kg/ $m^3$ , 1998-1999年には鉱量11,958千 $m^3$ , イルメナイト1,815千t, イルメナイト平均含有量151.78 kg/ $m^3$ が確認された。

さらに1999年, UNIDOによりベクチミール鉱床のイルメナイト選鉱場プロジェクトに関するフィージビリティスタディが実施され, 2001年8月にはチタン・マグネシウム・コンビナートにより選鉱パイロットプラントがカズナコブカ (Kaznakovka)に完成し, コイタス東方4kmに掘削されたテストピットからイルメナイト鉱石が給鉱されている。

### 3-2 一般地質及び地質構造

#### 1) 一般地質

本地域の層序は, 先花崗岩質岩類 (石炭紀層) とこれに貫入する花崗岩質岩類, これらを不整合に被覆する新生代第三紀アラル層, さらにこれらを不整合に被覆する第

四紀層からなる。第三紀アラル層の基盤には広く風化殻が発達する。

#### (1) 先花崗岩質岩類

石炭紀の堆積岩類（頁岩，砂岩，礫岩），火山碎屑岩類，溶岩類（安山岩，ヒン岩）からなる。下位から下部石炭紀アルカリク（Arkalyk）層（堆積岩類，火山碎屑岩類，石灰岩），下部石炭紀コクペクティ（Kokpekti）層（堆積岩類，火山碎屑岩類，石灰岩），中部石炭紀ブコン（Bukon）層（礫岩，砂岩，頁岩，上部は頁岩，石炭質頁岩，砂岩，凝灰質砂岩），中部－上部石炭紀マイティアブ（Maityab）層（凝灰岩，凝灰質砂岩を挟む安山岩質ヒン岩，安山岩まれに玄武岩質，輝緑岩質ヒン岩）からなり，調査地域にはコクペクティ層，ブコン層，マイティアブ層が分布する。

#### (2) 花崗岩質岩類

古生層中に貫入したプレオブラゼンスキイ（Preobrazhenskiy）複合岩体，カラオトケルスキイ（Karaotkelskiy）複合岩体と岩脈類が分布する。これらの複合岩体はマクストスキイ（Maksutskiy）複合岩体（上部二畳紀－下部三畳紀：斑糲岩類，閃緑岩，モンゾニ岩），サイカンスキイ（Saikanskiy）複合岩体（中部－上部三畳紀：閃長岩，閃緑岩，モンゾニ岩），デルベゲテイスキイ（Delbegeteyskiy）複合岩体（下部－中部ジュラ紀：花崗岩，花崗閃長岩）に区分されるという。さらに花崗斑岩，閃長斑岩，花崗閃緑岩，石英斑岩，アプライト岩脈が古生層と花崗岩質岩に貫入している。

調査地域にはプレオブラゼンスキイ複合岩体が分布する。地質調査，物理探査の結果によれば，プレオブラゼンスキイ複合岩体はロポリス状をなし，地表で164km<sup>2</sup>の露出面積が地下3kmで340km<sup>2</sup>に拡大し，隣接するカラオトケル複合岩体と単一岩体になるものと推定されている。

花崗岩質岩類のうち，斑糲岩類，モンゾニ岩にTiO<sub>2</sub>が多く含まれ，花崗岩，閃長岩にはジルコンがより多く含まれるという。

#### (3) 基盤風化殻

石炭紀の堆積岩類，火山岩類，貫入岩類上に発達するカオリン，イライト，スメクタイト粘土質風化残留物で，上部白亜紀末（1億4000万年前）における湿潤温暖気候のもとで化学的風化作用によって形成された（Erofeyev, 1969）。

#### (4) 第三紀アラル層

先花崗岩質岩類および貫入岩類あるいはその風化殻を，不整合で被覆する。石英，斜長石，カオリン，スメクタイト，イライトからなる粘土，砂質粘土，粘土質砂からなる。本層下部あるいは下部に近い部位に挟在する砂質粘土～粘土質砂にイルメナイト漂砂鉱床を胚胎する。

#### (5) 第四紀層

新第三紀アラル層あるいは直接に先花崗岩質岩類および貫入岩類を不整合に覆う、洪積世の砂礫、ローム、粘土と現世の河床堆積物からなる。

## 2) 地質構造

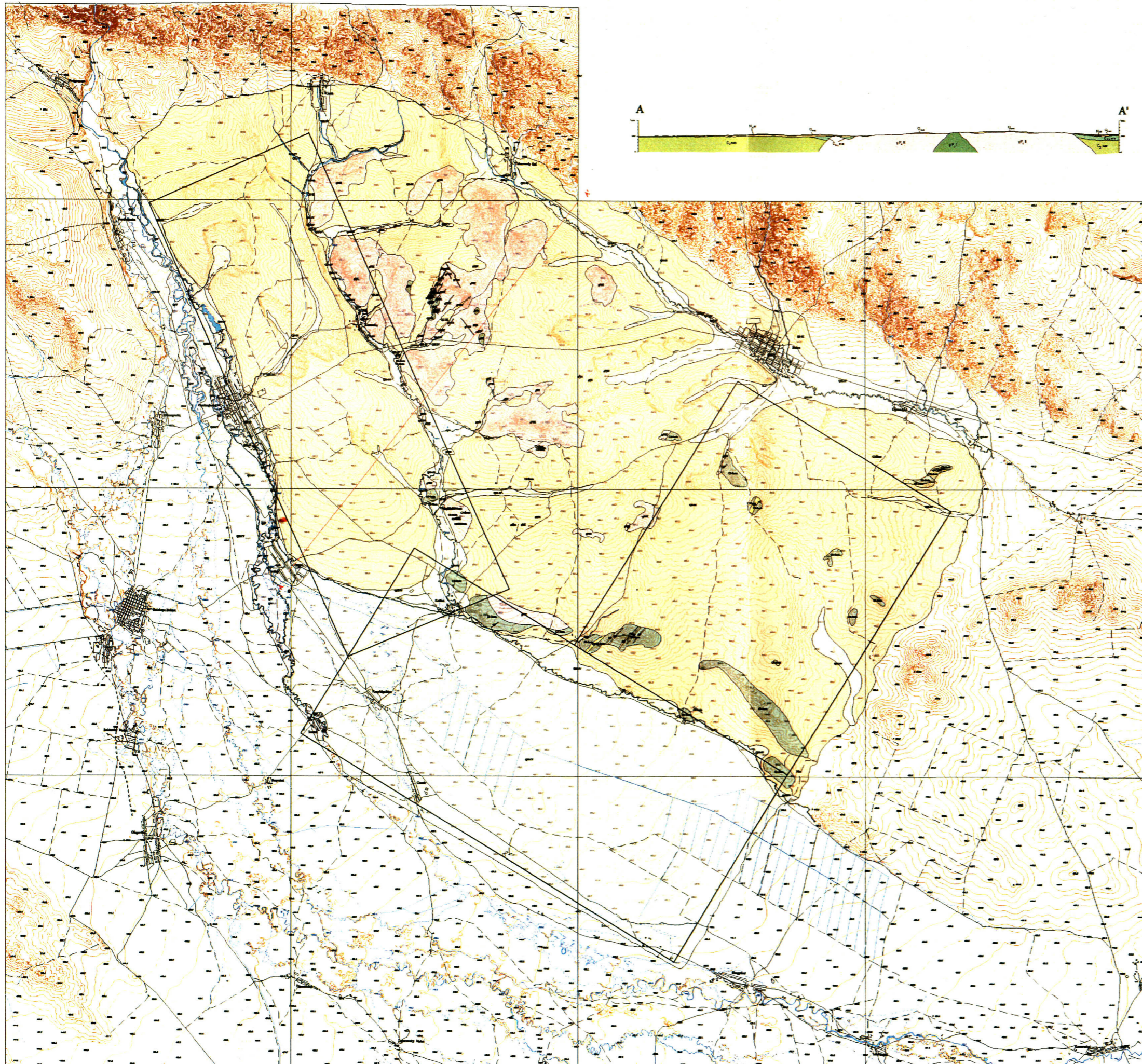
コクペティンスカヤ地域は、カザフスタニ (Kazakhstani) 大陸とゴルニーアルタイ (Gorny Altai) 旧大陸との衝突地域に位置している。衝突はヘルシニアン構造運動の末期に発生し、調査地域の北東ベロエ村を通過するWNW-ESE方向のバラジャルスキイ (Baladzhalskiy) 断層は本断裂帯の一部を構成する (Fig. I-3-1)。ルスキイ断層はマグマの通路と考えられ、プレオブラゼンスキイ貫入複合岩体、カラオトケルスキイ貫入複合岩体の貫入も本断裂帯に関連すると考えられる。

調査地域は北東側をバラジャルスキイ断層、南西側を南テレクチンスキイ (South Terektinskiy) 断層で境され、これらの中間のベクチミルスカヤ (Bektimirskaya) 地壘状背斜にプレオブラゼンスキイ複合岩体が貫入している。

NEN-SWS方向の割れ目のベクチミルスキイ (Bektimirskiy) 断層、エスピンスキイ (Espinskiy) 断層は、横ずれ断層あるいは変位の少ない断層と考えられ、プレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線に沿って一部のイルメナイト砂鉱体を胚胎する古地形チャンネルが形成されたと考えられる。こうした古地形チャンネルは、WNW-ESE方向のバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくとNW-SE方向の割れ目が卓越するために、NW-SE方向に変化する。

第三紀アラル層はほぼ水平な地層で、プレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類を被覆する。

第四紀層はほぼ水平な地層で、第三紀アラル層を被覆する。現世河川は第三紀アラル層基盤の古地形チャンネルに比較的重複した位置に存在する。



**LEGEND**

QUATERNARY	Q <sub>v</sub>	RECENT PRAIRIE DEPOSIT Pale brownish gray sand, gravel.
	Q <sub>iv</sub>	BACK SLOUGH DEPOSIT Gray sandy silt, sand, gravel.
	Q <sub>ii-iv</sub>	UPPER DEPOSIT Gray to pale brownish gray loam, silt sand, pebble, cobble.
	Q <sub>i-iii</sub>	MIDDLE TO UPPER DEPOSIT Yellow to brown loam, silt, sand.
TERTIARY ARAL FORMATION	N <sub>1ar</sub>	SANDY CLAY, CLAY SAND, SILTY CLAY. With interlayers of sand, pebble, cobble. Ilmenite sand concentration near basement.
CARBONIFEROUS	C <sub>2-3mtc</sub>	CONGLOMERATE, SANDSTONE, SHALE.
	C <sub>2-3mtl</sub>	ANDESITIC, OR BASALTIC LAVA FLOW.
	C <sub>2-3mta</sub>	ANDESITIC, BASALTIC, OR DIABASIC AGGLOMERATE AND TUFF.
BUKON FORMATION	C <sub>2bk</sub>	CONGLOMERATE, SANDSTONE, SILTSTONE, SHALE.
KOKPETI FORMATION	C <sub>1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100</sub>	CONGLOMERATE, TUFFACEOUS SANDSTONE, SANDSTONE, SILTSTONE, SHALE.
PREOBRAZHEHSKIY BATHOLITH	gP <sub>1</sub>	GABBRO.
	gP <sub>2</sub>	GRANITOIDS (DIORITE, MONZONITE, GRANITE).
	gP <sub>3</sub>	APLITE, GRANODIORITE.
KARACKEL BATHOLITH	gK <sub>1</sub>	GRANODIORITE PORPHYRY.
	QP	QUARTZ PORPHYRY, FELSITE.
	80 45W	STRIKE AND DIP OF STRATA
	45W	STRIKE AND DIP OF MAJOR FRACTURES
	○ G034	LOCATION OF PETROGRAPHICAL SAMPLE

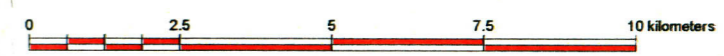


Fig. I-3-1 Geological Map of the Kokpetinskaya Area

System	Series	Stage	Mark	Geologic column	Thickness	Characteristics of rock	
Quaternary	Recent		Q <sub>4</sub>		0-5	Pebble, sand, sandy loam, loam and clay with rock fragments	
	Upper		Q <sub>3-4</sub>		0-15	Pebble, sand, sandy loam, loam and clay with rock fragments	
	Middle		Q <sub>2</sub>		0-10	Pebble, sand, clay, loam and sandy loam	
	Lower		Q <sub>1</sub>		0-10	Sand, pebble and gravel	
Neogene	Miocene		Ni <sup>2</sup> Py		0-20	Aral formation; clay, sandy clay and sand with ilmenite placer	
Carboniferous	Middle and Upper		C <sub>33M1</sub>		1500-2000	Maityab formation; Conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone, andesite, porphyrite and tuff, with flora and fauna	
					1500-2000	Bukon formation; Conglomerate, arkose sandstone, sandstone, siltstone, shale, coaly shale and coal with flora	
	Lower	Viscan and Namur		C <sub>17-20K2</sub>		300-500	Upper Kokpekti formation; Conglomerate, greywacke sandstone, siltstone, shale and coal with flora and fauna
						1000	Middle Kokpekti formation; Tuffaceous conglomerate, sandstone, siltstone, shale and limestone with fauna
						1500	Lower Kokpekti formation; 1. North east zone- Tuffaceous sandstone, siltstone and shale 2. South west zone- Conglomerate, tuffaceous sandstone, siltstone, and shale with flora and fauna
	Viscan			C <sub>14-15K1</sub>		1500	Arkalyk formation; 1. North east zone- Sandstone, siltstone, shale, limestone, tuff, diabase, porphyrite, felsite 2. South west zone- Shale, siltstone, sandstone, tuff, limestone with fauna
						1000	

Fig. I-3-2 Schematic Geologic Column of the Kokpetinskaya Area

## 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のうち、斑糲岩、モンゾニ岩であることが推定された。

岩石中に含まれるイルメナイトなどチタン鉱物の量により、岩石の  $TiO_2$  含有率が決定されると考えられる。 $TiO_2$  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、岩石成分（主成分、ノルム鉱物、微量成分）によって明瞭に区別されることがわかった。一般にマグマ分化の進んだ岩石ほど、 $TiO_2$  はマグマ分化が進むほど少なくなるといえる。

花崗岩質岩類に含まれる不透明鉱物にはイルメナイト (Ti 35%)、磁鉄鉱 (Ti 0%)、含チタン磁鉄鉱 (Ti 1.5~14%) が含まれることが判明した。チタン漂砂鉱床の起源岩としてはイルメナイトのみが含まれている方が望ましいから、磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱の混入は、鉱床の Ti 品位を下げる可能性があると考えられる。プレオブラゼンスキイ複合岩体の南東部ではイルメナイトが多く、北西部では磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱の割合が多いため、起源岩としては南東部の方が有望であると判断される。

磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱の割合が多い花崗岩質岩類は、地表では高い帯磁率を示すと考えられるから、 $1 \times 10^{-3}$  (S. I. U.) 以上を示すようなプレオブラゼンスキイ複合岩体の北西部に分布する花崗岩質岩類は、磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱を多く含んでいる岩体と重なると考えられる。日本における砂鉄成分では、花崗岩に伴う酸性砂鉄はチタン鉱物が少なく、塩基性砂鉄はチタン分が多く含まれ、とくに現地残留砂鉄中にはチタン鉱物を主としたものがあつたという(宮本,1960)。

一方、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。これらの谷部は約 4000~5000 万年前、古気候が高温湿潤と乾燥を繰り返していた時期に、岩石が構造弱線に沿って風化作用によって粘土化し、氾濫時にイルメナイト砂を運搬しながら侵食して形成されたものである。既知のイルメナイト漂砂鉱床はすべてこれらの古地形チャンネルに胚胎する。イルメナイト粒度の分布からも、粗いイルメナイトの割合は古地形チャンネルの谷部中央に多いのに対し、イルメナイトは谷部周辺部に多く、古地形チャンネルの存在を支持していると考えられる。

調査地域の主要な弱線として、北東側を WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ断層、南西側を南テレクチンスキイ断層があり、これらの間では NEN-SWS 方向の割れ目がプレオブラゼンスキイ複合岩体および先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線

に沿って形成されたと考えられる古地形チャンネルは、丘陵部では NEN-SWS 方向が卓越するが、平野部でバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくと、NW-SE 方向に変化するものと推定される。したがって、平野部でのイルメナイト漂砂鉱床調査では、古地形チャンネルが NW-SE 方向に急変することを考慮すべきである。

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結晶分化があまり進んでいないモンゾニ岩、閃緑岩、斑禰岩のような起源岩が上流域に分布し、
  - ②かつ帯磁率が  $1 \times 10^{-3}$  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。このような条件の地域は、プレオブラゼンスキイ複合岩体の北東部から東部一帯にかけて数カ所抽出される。

ベクチミール地区の調査によって、適切な性質を有する後背地と古地形チャンネルを抽出することで、有望なイルメナイト漂砂鉱床を抽出できる可能性のある手法が得られたと考えられる。したがって、この手法をさらにカラオトケル地区に展開し、イルメナイト漂砂鉱床を再評価していくことが可能である。

さらに、カザフスタン共和国の他地域においても、プレオブラゼン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する可能性があることから、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求めて、予備評価を実施することが考えられる。

#### 4-2 鉱床および重鉱物

##### 1) 鉱床の経済性

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2年次に獲得した鉱床部分のみでは、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 <sup>3</sup>	Maximum economical stripping ratio m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
100	2.58
110	3.90
120	5.21
130	6.56
<b>131.93</b>	<b>8.25</b>
140	7.87
150	9.21

ベクチミール第1鉱床から産したイルメナイト粒子は、外縁や粒子内の割れ目に沿



って変質している部分が認められ、変質していない部分に比べて Fe が少なく Ti が多く含まれている。また、イルメナイトの粉末 X 回折ではイルメナイトに結晶度の低いルチル（リュウコキシム）と考えられる回折線を伴っている。これらのことから、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 が富化されたものと推定される。したがって、ベクチミール第一鉱床では、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 TiO<sub>2</sub> 品位が上昇する傾向があることが考えられる。このことから、品位の高い部分の延長部分をさらにボーリング調査したうえで、再度鉱量計算を実施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

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 TiO<sub>2</sub> が少ないが、西豪州ケイペル産のイルメナイトとほぼ同様な品質である。

Element	TiO <sub>2</sub> (%)	FeO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
Assay result	48.48～51.25	7.98～26.52	1.41～2.24	0.01～0.025	0.02～0.038	0.185～0.242
Average	50.31	18.01	1.80	0.02	0.03	0.21
International Trading Standard	≥ 54	28～32	≤ 1.5	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.1

## 4-3 親鉱床ポテンシャル

第 1 年次と本年度の調査結果から、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  $1 \times 10^{-3}$  (S. I. U.) 以下の地域がある、
- ③ 地形チャンネル部、

であるということが出来る。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。

各地区における第 3 年次調査の調査方針は以下のとおりである。

### 1) 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 1000m 以上に拡大し、固地形チャンネルの延長方

向が NEN-SWS から NW-SE に変化していくため、品位の高い部分の東部方向の鉍床限界が未確認である。また、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 TiO<sub>2</sub> 品位が上昇する傾向があることが考えられる。このことから、さらに追加ボーリング(精査)を実施して、鉍量評価を再度実施する必要がある。

また、ボーリング調査を実施してきた古地形チャンネルの東に隣接し、別個のチャンネルの存在が予想されるので、これを含めてボーリング調査を実施する必要があると考えられる。

## (2) 第3鉍床南

今年度のボーリング調査での着鉍は 25 孔中 6 孔であり、当該漂砂鉍床は狭小であることが判明したが、2 本の古地形チャンネルがされ、十分なポテンシャルが予想される。推定した古地形チャンネルの補間および上流部の調査が実施されていないので、これらに対する追加ボーリング調査を実施する必要があると考えられる。

## 2) ベクチミール北地区

今年度のボーリング調査によれば本地区では鉍徴深度が 60m 以上と深く、イルメナイトの顕著な濃集も認められなかった。また、後背地の花崗岩質岩類が高帯磁率であり、良質なイルメナイトの供給が期待できないと考えられる。

## 3) その他の地区

### (1)ベクチミール第1鉍床東部

今年度の既存資料調査の解析により、2 本程度の古地形チャンネルの存在が予想される。これらに対するボーリング調査(概査)が必要である。

### (2)ベクチミール第2鉍床鉍床北部（ベロエ地区）

今年度の既存資料調査の解析により、2 本の古地形チャンネルの存在が予想され、そのうち 1 本の下流部ではベクチミール第二鉍床の一部としてボーリングされたことがある。ここでは後背地に閃緑岩-モンゾニ岩が分布し、帯磁率も低い地域がある。そのため、ここを起源とする 2 本の古地形チャンネルの存在が予想されるので、これらに対するボーリング調査が有望であると考えられる。

### (3)カラオトケル地区

カラオクトル地区は早期にイルメナイトが発見され、ボーリング探鉍されて 1972 年に鉍量計上されていたにもかかわらず、品位が低く(鉍量 147,579 千 m<sup>3</sup>, イルメナイト品位 23.3kg/m<sup>3</sup>)、開発が見送られている。

しかし、ベクチミール地区の調査によって、適切な性質を有する後背地と古地形チャンネルを抽出することで、有望なイルメナイト漂砂鉍床を発見できる可能性のある手法が示された。この手法をさらにカラオトケル地区に応用し、イルメナイト

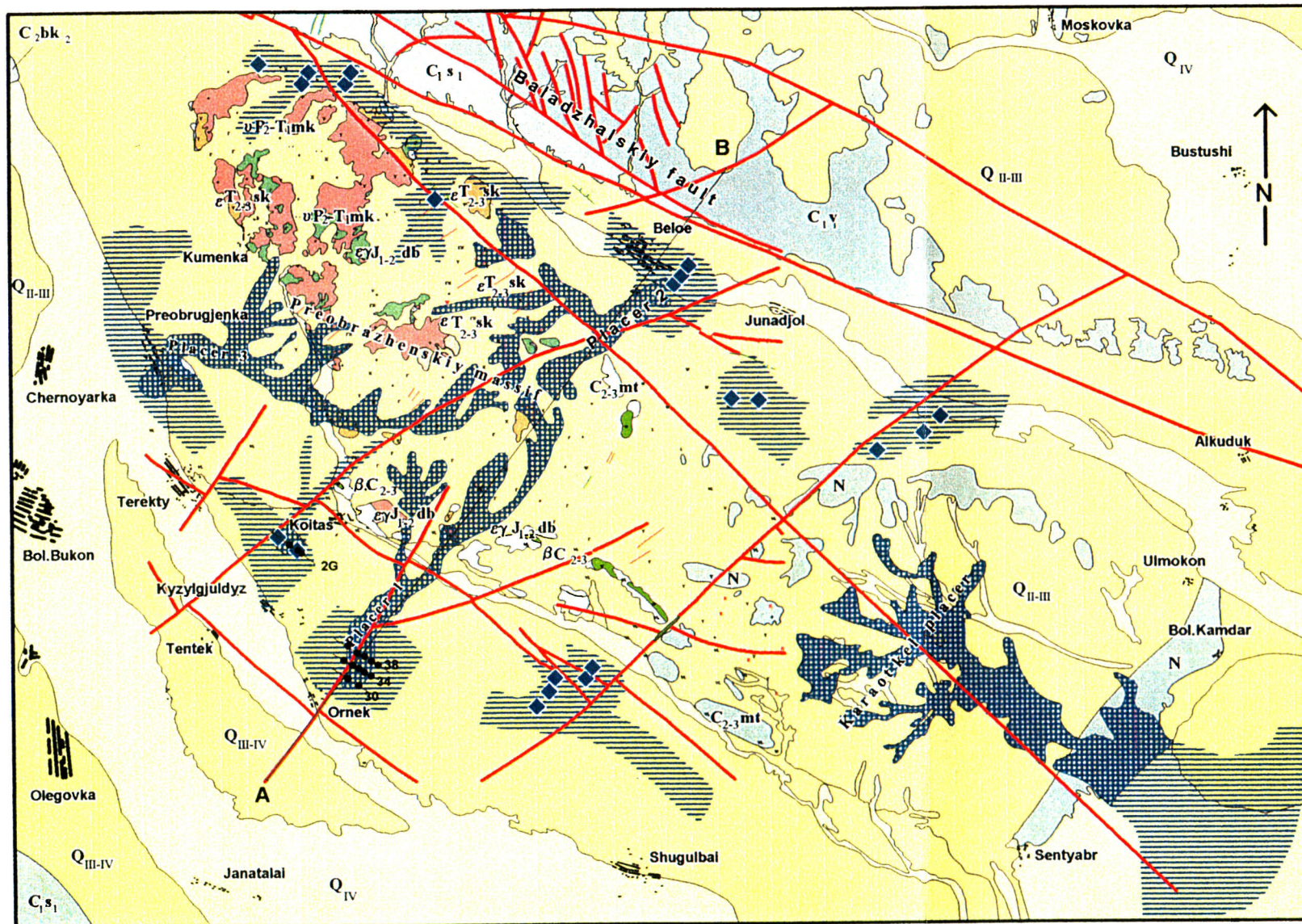
漂砂鉱床を再評価して、高い品位部を抽出していくことが望ましい。

#### (4)広域における花崗岩質岩類

カザフスタン共和国において、プレオブラゼン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する可能性がある。したがって、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する可能性があると期待される。

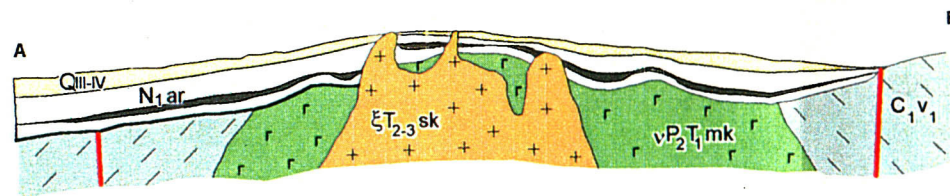
また、花崗岩質岩類に伴うことが多い錫、タンタル、タングステン、レアアースなどの鉱種に手法の応用を広げていくことが可能である。文献調査、広域予察調査（試料採取、年代測定、全岩・微量成分分析、岩石鉱物室内研究など）によって予備評価を実施していくことが考えられる。

Fig. I-4-1 Schematic Geological Map of the Kokpetinskaya Area



0 5 km

Cross section A-B



- |                     |                     |                 |
|---------------------|---------------------|-----------------|
| Q <sub>II-III</sub> | Q <sub>III-IV</sub> | Q <sub>IV</sub> |
|---------------------|---------------------|-----------------|

 Quaternary deposits
- |                  |
|------------------|
| N <sub>1ar</sub> |
|------------------|

 Neogene deposits (Aral formation)
- |  |
|--|
|  |
|--|

 Crust of weathering (on section)
- |                  |
|------------------|
| C <sub>1v1</sub> |
|------------------|

 Sedimentary rocks of Carboniferous Period
- |   |   |   |
|---|---|---|
| a | b | r |
| + | + | + |

 Intrusive rocks (a, b, - granitoid, r - gabbroid)
- |  |
|--|
|  |
|--|

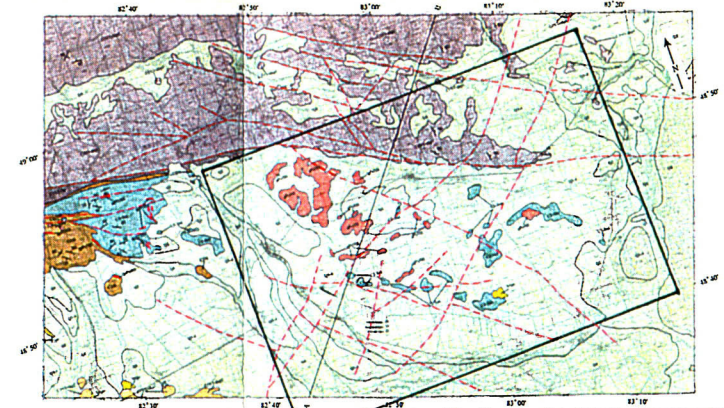
 Fault
- |   |   |
|---|---|
| a | b |
|---|---|

 Ilmenite placer (a - prospected, b - unprospected)
- |   |
|---|
| ◆ |
|---|

 Locality of ilmenite mineralization
- |  |
|--|
|  |
|--|

 Ore horizon (on section)

Holes drilled in 2000



## 第5章 結論及び将来への提言

### 5-1 結論

#### 5-1-1 地質調査

##### 1) 地質

本地域の層序は、先花崗岩質岩類（石炭紀層）とこれに貫入する花崗岩質岩類、これらを不整合に被覆する新生代第三紀アラル層、さらにこれらを不整合に被覆する第四紀層からなる。第三紀アラル層の基盤には広く風化殻が発達する。

##### (1) 先花崗岩質岩類

石炭紀の堆積岩類（頁岩，砂岩，礫岩），火山砕屑岩類，溶岩類（安山岩，ヒン岩）からなる。火山砕屑岩類，溶岩類は固結指数が18以上，分化指数が50以下で，不透明鉱物として磁鉄鉱を1%以上含む。

##### (2) 花崗岩質岩類

上部二畳紀から中部ジュラ紀にかけて貫入したとされるプレオブラゼンスキイ複合岩体が分布する。複合岩体はイルメナイト系花崗岩質岩で、TiO<sub>2</sub>を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類はS-タイプに近く、TiO<sub>2</sub>を1%以上含有する花崗岩質岩類はI-タイプの領域におちる。

花崗岩はプレオブラゼンスキイ岩体の大部分を占め、アルカリに富み苦鉄質aOに乏しく、固結指数が3以下で、分化指数が80以上で、TiO<sub>2</sub>1%以下しか含まない。モンゾニ岩－閃緑岩はプレオブラゼンスキイ岩体の中央部付近に部分的に分布し、逆にアルカリに乏しく苦鉄質に富み、固結指数が10以上，分化指数が60以下で、TiO<sub>2</sub>1%以上を含む。マグマの結晶分化作用が進むほどTiO<sub>2</sub>が乏しくなるといえる。微量成分の上でも花崗岩とモンゾニ岩－閃緑岩は明瞭に区分される。

花崗岩質岩類中の不透明鉱物モード比は花崗岩で0.7%以下、モンゾニ岩－閃緑岩で1%以上である。不透明鉱物はイルメナイト(Ti 35%)、含チタン磁鉄鉱(Ti 1.5～14%)、磁鉄鉱(Ti 0%)であり、帯磁率 $1\times 10^{-3}$ S.I.U以上を示す花崗岩質岩類にはイルメナイトよりも磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱が多く含まれる。帯磁率 $1\times 10^{-3}$ S.I.U以上を示す岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体内北西部に分布する。

##### (3) 基盤風化殻

石炭紀の堆積岩類，火山岩類，貫入岩類上に厚さ10～20 mで発達する粘土質風化残留物で、新第三紀アラル層および第四紀層に被覆される。著しいカオリン，イライト，スメクタイト化を蒙っている。基盤風化殻は上部白亜紀末(1億4000

万年前)における湿潤温暖気候のもとで化学的風化作用によって形成された。

#### (4) 第三紀アラル層

先花崗岩質岩類および貫入岩類あるいはその風化殻を不整合で被覆し、第四紀層に不整合に被覆され、厚さ 20～50m である。本層は石英、カオリン、スメクタイト、少量のイライトからなる粘土、砂質粘土、粘土質砂からなり、稀に礫層を挟在する。本層下部あるいは下部に近い部位に挟在する砂質粘土～粘土質砂にイルメナイト漂砂鉱床を胚胎する。

#### (5) 第四紀層

新第三紀アラル層あるいは直接に先花崗岩質岩類および貫入岩類を不整合に覆う、厚さ 5～10m の洪積世の砂礫、ローム、粘土と現世の河床堆積物からなる。

### 2) 地質構造

調査地域は北東側を WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ (Baladzhalskiy) 断層、南西側を南テレクチンスキイ (South Terektinskiy) 断層で境され、これらの中間のベクチミルスカヤ (Bektimirskaya) 地壘状背斜にプレオブラゼンスキイ複合岩体が貫入している。

NEN-SWS 方向の割れ目がプレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線に沿って一部のイルメナイト砂鉱体を胚胎する古地形チャンネルが形成されたと考えられる。古地形チャンネルは、WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくと NW-SE 方向の割れ目が卓越するため、NW-SE 方向に変化する。既知のイルメナイト漂砂鉱床は古地形チャンネル内に胚胎する。

第三紀アラル層はほぼ水平な地層で、プレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類を被覆する。

第四紀層はほぼ水平な地層で、第三紀アラル層を被覆する。現世河川は第三紀アラル層基盤の古地形チャンネルに比較的重複した位置に存在する。

#### 3) 鉱床

鉱床はイルメナイト漂砂鉱床で、重量比でイルメナイトの 1/60 程度の微量のジルコンを伴う。

イルメナイト漂砂鉱床は第三紀アラル層下部層の古地形チャンネルにある砂質粘土、粘土質砂中に胚胎する。ベクチミール鉱床 (ベクチミール No.1, No.2 および No.3 鉱床) のイルメナイトは、プレオブラゼンスキイ複合岩体の花崗岩質岩類のうち、マグマの結晶分化作用が進んでいないモンゾニ岩－閃緑岩で、かつ帯磁率

の低い岩体に由来したと考えられる。イルメナイトは風化、離脱、濃集の過程で粒子外縁と割れ目沿いの FeO が溶脱され TiO<sub>2</sub> が富化されている。

### 5-1-2 ボーリング調査

#### 1) 第1 鉱床南地区（精査地区）

第1 鉱床の確認済み III-C<sub>2</sub> 鉱量鉱画の南側 2.5 km にわたって 500 x 200 m のグリッドで6 測線で 20 孔，計 1033.0 m のボーリングを実施した。

鉱床は NEN-SWS 方向のアラル層基盤の幅広い古地形チャンネルに胚胎する。東部では基盤直上に堆積し，西部では一部がアラル層中の下部に挟在する。ボーリングで捕捉された鉱床の厚さは 1.8~10.0 m，イルメナイト品位は 94~216 kg/m<sup>3</sup>であった。鉱床の被覆土の厚さは 25~53m である。

鉱床は南側に行くに従って厚さが僅かに減少する傾向があり，被覆土の厚さが増加するものの，鉱床の幅が 1000m にも増大し，容量が増大する傾向にあり，側方限界が未確認のままである。特に延長方向が NEN-SWS から NW-SE に変化していくため，東部方向の鉱床限界が未確認である。

カットオフ条件を鉱床の上盤 70 kg/m<sup>3</sup>，下盤 100 kg/m<sup>3</sup> 以上，または 2.0 m x 100 kg/m<sup>3</sup> 以上とした場合，鉱量計算の結果，C<sub>2</sub> カテゴリーに相当する鉱量増分は下記のとおりで，鉱量 6.5 百万 m<sup>3</sup>，イルメナイト量 857 千 t，イルメナイト平均品位 132 kg/m<sup>3</sup>，剥土比 8.3 であった。

また、第1 年次確認済み III-C<sub>2</sub> 鉱量との第2 年次の合計鉱量増分（鉱量鉱画 III+IV-C<sub>2</sub>）は下記のとおりで，鉱量 11.3 百万 m<sup>3</sup>，イルメナイト量 1,472 千 t，イルメナイト平均品位 131 kg/m<sup>3</sup>，剥土比 7.26 であった。

Table I-5-1 Ore Reserves Calculation of Category C<sub>2</sub> for the Southern Flank of Placer No.1

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness m	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
III-C <sub>2</sub>	909.0	5.51	5,008.59	123.95	620.81	29.64	26,942.8	5.4
IV-C <sub>2</sub>	<b>1364.0</b>	<b>4.76</b>	<b>6,492.6</b>	<b>131.93</b>	<b>856.57</b>	<b>39.3</b>	<b>53,605.2</b>	<b>8.3</b>
III+IV-C <sub>2</sub>	<b>2,273.0</b>	<b>4.95</b>	<b>11,251.35</b>	<b>130.84</b>	<b>1,472.13</b>	<b>35.94</b>	<b>81,691.6</b>	<b>7.3</b>

#### 2) 第3 鉱床南区（概査地区）

400 m 間隔 25 孔，計 903.5 m のボーリングを実施した。25 孔のうち 6 孔でカッ

トオフ品位以上  $100\text{kg/m}^3$  のイルメナイト濃集部を確認した。

鉱床はアラル層基盤の  $\text{N}30^\circ \text{E}$  方向の2本の平行な古地形チャンネル直上に堆積している。鉱床の幅は  $200\text{m}$  程度で第1鉱床に比べ狭小である。ボーリングで捕捉された鉱体の厚さは  $1.5\sim 4.4\text{m}$ 、イルメナイト品位は  $111\sim 181\text{kg/m}^3$  であった。鉱床の被覆土の厚さは  $23\sim 30\text{m}$  で、南側に行くに従って厚さが増す傾向が認められる。

$100\text{kg/m}^3$  以上の品位を有するボーリング孔は6孔のみで鉱量計算に供するためには充分ではないが、ボーリング孔を中心に半径  $100\text{m}$  を鉱画として計算すれば、下記のとおりである。

Table I-5-2 Ore Reserves Calculation of Category  $P_1$  for the Southern Flank of Placer No.3

Block No	Block area $10^3\text{m}^2$	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves $10^3\text{m}^3$	Ilmenite content, $\text{kg/m}^3$	Ilmenite reserves $10^3\text{t}$	Overburden thickness, M	Overburden volume $10^3\text{m}^3$	Stripping ratio, $\text{m}^3/\text{m}^3$
$P_1$	188.4	2.76	512.0	130.05	67.6	26.7	5,011.4	9.7

しかし、古地形チャンネルで着鉱した各ボーリングが連続したとして、極めて大胆にポテンシャル計算を行なえば、ポテンシャル  $3.8$  百万  $\text{m}^3$ 、イルメナイト量  $493$  千 t、イルメナイト平均品位  $130\text{kg/m}^3$ 、剥土比  $9.7$  となる。

Table I-5-2 Ore Reserves Calculation of Category  $P_1$  for the Southern Flank of Placer No.3

Block No	Block area $10^3\text{m}^2$	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves $10^3\text{m}^3$	Ilmenite content, $\text{kg/m}^3$	Ilmenite reserves $10^3\text{t}$	Overburden thickness, m	Overburden volume $10^3\text{m}^3$	Stripping ratio, $\text{m}^3/\text{m}^3$
I- $P_1$	680.5	3.03	2,061.9	117.76	242.8	26.6	18,101.3	8.8
II- $P_1$	690.1	2.50	1,725.2	144.76	249.7	26.8	18,494.7	10.7
Total	1,370.6	2.76	3,787.1	130.05	492.5	26.7	36,596.0	9.7

### 3) ベクチミール北（概査地域）

1 測線で  $800\text{m}$  間隔 5 孔、計  $335.0\text{m}$  のボーリングを実施した。

イルメナイト濃集部は基盤直上のアラル層中に堆積しているものと、基盤風化殻の割れ目にともなうものがある。ボーリング調査ではイルメナイト濃集部の品位が低く広がり不明なため、鉱量計算を実施するに至らなかった。

### 5-1-3 物性計測

調査地域の各地質単元の比抵抗値と帯磁率を実測し、空中電磁探査解析のための基礎資料とするとともに、基盤岩類の帯磁率を測定し、プレオブラゼンスキイ岩体の花



崗岩質岩類の定量的な岩石分類を行った。

各地質単元の比抵抗，帯磁率，放射能強度を測定した(Table I-5-3)。

Table I-5-3 Geophysical Properties of geological units

GEOLOGICAL UNIT	LOCATION	RESISTVILITY			MAGNETIC SUSCEPTIBILITY			RADIOACTIVITY		
		( $\Omega\text{m}$ )			( $\times 10^{-3}\text{S.I.U.}$ )			( $\times \mu\text{SV/h}$ )		
		HIGH	LOW	AVE.RAGE	HIGH	LOW	AVE.RAGE	HIGH	LOW	AVE.RAGE
PRE-GRANITIDS VOLCANICS (CARBONIFEROUS)	OUTCROP	NOT MEASURED			59.3	0.26	8.3	0.04	0.01	0.02
PRE-GRANITIDS SANDSTONE (CARBONIFEROUS)	OUTCROP	NOT MEASURED			0.40	0.21	0.33	NOT MEASURED		
WEATHERED CRUST	BORING CORE	101.3	9.7	38.7	0.27	0.06	0.18	0.07	0.01	0.03
GRANITIDS	OUTCROP	12400	596	6498	31.5	0.02	2.44	0.09	0.01	0.04
ARAL FORMATION	TMK TEST PIT	3	2	2.5	0.25	0.2	0.22	0.02	0.02	0.02
	BORING CORE	599	4.3	50.5	0.33	0.05	0.15	0.04	0	0.02
ARAL FORMATION WITH ILMENITE LAYERS	TMK TEST PIT	NOT MEASURED			0.61	0.21	0.40	NOT MEASURED		
	BORING CORE	27	5.3	9.3	0.90	0.26	0.48	0.04	0	0.02
QUARTERNARY	TMK TESTPIT	286	17	80	1.04	0.17	0.71	0.02	0.02	0.02
	BORING CORE	NOT MEASURED			NOT MEASURED			NOT MEASURED		

① ボーリングコアの比抵抗値は、基盤風化殻  $39\Omega\text{m}$  と第三紀アラル層  $51\Omega\text{m}$  では大きな相違がない。それは地下水面がほぼ第三紀アラル層と第四紀層との不整合面の直上にあり、どちらも電解質を含む地下水により湿潤状態にあること、構成鉱物に差がないこと、明瞭な岩相の境界を有していないことによるものと考えられる。第三紀アラル層中のイルメナイト濃集部で比抵抗が僅かに高くなることが認められる。

第三紀アラル層  $51\Omega\text{m}$  と第四紀層  $80\Omega\text{m}$  との間には差が認められる。第三紀アラル層が湿潤状態にあるのに対し第四紀層は半乾燥状態にあり、この差が比抵抗値に反映しているものと考えられる。

② イルメナイト濃集部は  $0.4 \times 10^{-3}\text{S.I.U.}$  でイルメナイト濃集部を含まない地層  $0.2 \times 10^{-3}\text{S.I.U.}$  よりも高い帯磁率を示す。

## 5-2 第3年次調査への提言

### 5-2-1 調査地域での提言

本年度の調査の結果，以下のような鉱床探査の指針が得られた。

- ① 既知鉱床は第三紀アラル層基盤の古地形凹部（古地形チャンネル）に胚胎している。したがって、古地形チャンネルを抽出することによって、新たに鉱床胚胎の可能性の高い場所を抽出することができる。
- ② 後背地の花崗岩質岩類としては、花崗岩よりも閃緑岩－モンゾニ岩で、かつ含まれる不透明鉱物としてイルメナイトの割合が多いと考えられる、帯磁率  $1 \times 10^{-3}$  S.I.U.以下の岩体が望ましい。

各地区における第3年次調査の調査方針は以下のとおりである。

#### 1) 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1000m以上に拡大し、延長方向がNEN-SWSからNW-SEに変化していくため、品位の高い部分の東部方向の鉱床限界が未確認である。さらに追加ボーリング(精査)を実施して、鉱量評価を再度実施する必要がある。ボーリング調査を実施してきた古地形チャンネルの東に隣接し、別個のチャンネルの存在が予想されるので、これを含めて調査を実施することが望ましい。ただし、鉱体は南に向かって深度を増し被覆土が厚くなることから、経済的に採掘可能な深度と品位の関係を見極めながら調査を行う必要がある。

##### (2) 第3鉱床南地区

今年度調査により当該漂砂鉱床は狭小であることが判明したが、十分なポテンシャルが予想される。推定した古地形チャンネルの補間および上流部の調査が実施されていないので、これらに対する追加ボーリング調査(精査)の実施が望ましい。

#### 2) ベクチミール北地区

今年度のボーリング調査によれば本地区では鉱徴深度が60m以上と深く、イルメナイトの顕著な濃集も認められないことと、後背地の花崗岩質岩類が高帯磁率であり、良質なイルメナイトが期待できないことから、今年度をもって調査を終了すべきであるとする。

#### 3) その他の地区

##### (1) ベクチミール第1鉱床東部

今年度の既存資料調査により、2本程度の古地形チャンネルの存在が予想されるので、これらの地区においてボーリング調査(概査)を実施することが望ましい。

##### (2) ベクチミール第2鉱床鉱床北部（ペロエ地区）

今年度の既存資料調査により、後背地に閃緑岩－モンゾニ岩が分布し、帯磁率も

低い地域がある。ここを起源とする 2 本の古地形チャンネルの存在が予想されるので、これらの地区においてボーリング調査(概査)を実施することが望ましい。

第Ⅱ部 各 論

## 第1章 既存資料の解析

### 1-1 調査目的

ベクチミール鉱床群胚胎の場を明らかにするため、第1年度に引き続き調査地域内の既知鉱床の胚胎状況と、第三紀および第四紀基盤の深度に関する既存資料の収集、整理、解析を行った。

### 1-2 解析

調査地域では1988年から1992年に至るアルタイ地質探査部隊による地化学探査ボーリングおよび1990年から現在に至るイルメナイト漂砂鉱床に対するボーリングなど大量のボーリング資料が存在する。とくに1988年から1992年に実施された地化学探査ボーリングは、測線に沿って200m毎に基盤風化殻までのボーリングを行い、基盤風化殻の試料を採取して、岩石地化学探査が行われたため、第三紀アラル層基盤および第四紀層基盤までの深度資料が現存する。しかし旧ソビエト連邦の体制下では、こうした資料は測線毎の断面図作成に使用されるに止まり、ついにコンパイルされることはなかった。

第2年次ではこれらの深度資料をコンパイルして、第三紀基盤（第三紀アラル層と基盤風化殻の不整合面）と第四紀基盤（第四紀層と第三紀アラル層との不整合面）の地下等高線図（地下構造線図）を作成した。第三紀基盤地下構造は第三紀アラル層の堆積開始時（4000万年前）における古地形を表しており、イルメナイト漂砂鉱床が胚胎する場である古地形チャンネルが明確となった(PL.II-2-3~4)。

#### 1-2-1 第三紀基盤地下構造

第三紀基盤の地下等高線は起伏に富み、谷部はプレオブラゼンスキイ複合岩体の周縁部、断層および割れ目の弱線を表しているものと考えられる(PL.II-2-3)。

プレオブラゼンスキイ複合岩体の輪郭を示していると考えられる楕円状の凹地は、長径17km、短径5kmで、南西部の輪郭が不明瞭であるが、北部から北東部は明瞭である。これは岩体の北部から北東部では岩質が比較的堅固で風化浸食に対して抵抗力があったのに対し、抵抗力に乏しい石炭紀層との間に侵食差を生じたために、岩体の周縁に形成された凹地と考えられる。岩体の南東部では孤状の凹地が認められるが、これも岩体の外縁を示していると推定され、ここにはベクチミール第1鉱床の上流部が胚胎している。

プレオブラゼンスキイ岩体の外縁部を示すと推定される、南東部の孤状凹地のさらに内側に認められるもうひとつの孤状凹地は、ベクチミール第三鉱床を胚胎する。これはNE-SW系断層と考えられ、ベクチミールスキイ断層と命名されている（海外協力事

業団・金属鉱業事業団,2001)が、帯磁率の高い花崗岩の岩体の南東縁を示している可能性もある。

NE-SW系の凹地は、プレオブラゼンスキイ貫入岩体の貫入後に形成されたNE-SW系割れ目の弱線に沿って暁新世以降に侵食されて形成されたものと推定される。

NW-SE系の凹地は、石炭紀層の走向方向と一致し、構造的な走向谷と推定される。

#### 1-2-2 第四紀基盤地下構造

地下水面が第三紀アラル層と第四紀層との不整合面の直上にあることから、第四紀層基盤の地下等高線は大凡の地下水面を表している可能性がある(PL.II-2-4)。

第四紀基盤の地下等高線は第三紀基盤の地下等高線に比べて、起伏に乏しく平坦部が多い。地形凹地のかなりの部分は、第三紀アラル層基盤の古地形凹地と重なり、さらに現世河川谷とも重なるものが多い。このことから、大まかには地質時代を通じて谷部は常に谷部であり、地形の変遷は少なかったといえる。

#### 1-2-3 新生代地史

V.S.エロフエイエフ(V.S. Erofeyev(1969))の南アルタイの新生代地史によれば、調査地域における地史の概略は下記のとおりである。

上部白亜紀末(デンマーク(Denmark)期:約1億4000万年前):緩傾斜のザイサン凹地が沈降を始め、基盤岩の化学的風化によってモンモリロナイトを主とする粘土層や水酸化鉄からなる赤色層の累層が堆積し始めた。堆積盆は流速の遅い河川に沿った湖沼や低地で、砂層を挟み斜交層理をなす粘土層からなっていた。ザイサン凹地の南西部は湿潤な沿海平野地域で、南東部と東部は乾燥した地域であったため、堆積盆の気候は高温多湿気候と乾燥気候が繰り返された。湿潤時には降水量が多く、河川が氾濫し低地は湖沼になり、乾燥時には落葉樹の葉が落ち堆積物にひび割れが生じて、地表水と腐植土壌が浸透し基盤岩石と反応して鉄分が溶出し水酸化鉄からなる赤色層が形成された。場所により窯業原料、ボーキサイト、チタン砂鉱床が形成された。動物としては恐竜類、水亀、植物としては南部では棕櫚、セコイア、南洋杉、木蓮、栗、銀杏、針葉樹類、メタセコイヤ、プラタナス、紅葉などの森林、湖沼地域では水羊歯、三色藻の藪が発達していた。

中部-上部始新世(ツランジン(Turangin)期:約4500万~4000万年前):この時期には中部アルタイが隆起を始めたために、河川の流れが変化し、ザイサン凹地周辺では粘土や赤色層の堆積が停止し、石炭の堆積が増え黄鉄鉱や石灰質粘土の堆積が始まった。粘土中には硫酸塩や塩化物の可溶塩類を含む。調査地域付近は低地の森林平野が広がり、削剥された碎屑物が南東のザイサン凹地に向けて運搬されていた。

上部始新世—下部漸新世（ティズカバク(Tyzkabak)期：4000万～3000万年前）：大陸性風とモンスーンや雨期の降雨に曝され、平野部では河川に沿った沼沢地に苔類や森林が発達した。その結果流水域では緑色ないし緑褐色のシルト質粘土層、平野部では鉄分を含む褐色のシルトが堆積した。

中部—上部鮮新世（アシュタス期：3000万～2600万年前）：中部鮮新世にナリム(Narym)構造運動が始まり、隆起運動が起こり、一部に炭酸塩や石炭、黄鉄鉱の堆積が始まった。厚い石灰質粘土層が特徴的に発達した。気候は中部鮮新世では乾燥気候で寒冷となり、亜熱帯植物は姿を消した。水系は風化物を削剥して堆積を続けた。調査地域は引き続き低い森林平野で、削剥された碎屑物が南東のザイサン凹地に向って運搬されていた。

下部—中部中新世（アラル(Aral)期：2600万～1500万年前）：上部暁新世に始まった寒冷で乾燥した気候がさらに進行し下部—中部中新世には地貌に大きな変化が見られステップとなった。森林は河川や湖沼付近に限定され、土壌はモンモリロナイトを主とする細粒の褐色ないし淡褐色土となった。半乾燥気候のもとで時々の降雨により石膏や炭酸塩が形成されたが、硫酸塩は少なかった。塩類の発達は乾燥気候下の蒸発が激しい時のみ行われた。新しい水系では風化物が浸食されて再堆積し、炭酸塩や硫酸塩を含む淡緑色の堆積物が形成された。

上部中新世—鮮新世（パプロダル(Pavlodar)、フトルシンスク(Vtorushinsk)期：2500～500万年前）：この時期にはターバガタイスカヤ(Tarbagatayskaya)変動と呼ばれる構造運動が起こり、堆積物の堆積は停止した。気候は熱帯性に戻り、再び新規の堆積物が覆い始めた。調査地域の低地は堆積盆の縁に入り、周辺からの新規の堆積物が堆積した。

## 第2章 地質調査

### 2-1 調査目的

調査地域の地質と漂砂鉱床との関係を把握する。

- ① 第1年次調査で漂砂鉱床の後背地とされたプレオブラゼンスキイ岩体の花崗岩質岩類の定量的な岩石分類を行い、イルメナイトの起源岩として有望な岩種とその分布を把握する。
- ② 基盤岩類の帯磁率を測定し、その値と分布を把握して、上記①の参考に供する。

### 2-2 調査方法

本年度調査地域において Table I-1-1 に示す量の地質準精査を行った。ベースキャンプはベロエ(Beloe)村の旧幼稚園建家内部を補修して使用した。

地質調査は、縮尺 1:25,000 地形図と GPS (MAGELLAN 社製 GPS320) を使用し露頭の位置を確認した。露頭においては岩石の野外名、粒度、組織、層理、裂罅系などを観察し、野帳に記載して野外ルートマップを作成し、これらの調査結果は縮尺 1:25,000 地表地質図および断面図 (PL. II-2-1) と、1:25,000 先第三紀基盤岩地質図(PL. II-2-2) にまとめた。

地質調査と同時に露頭における岩石の帯磁率を記録した (Appendix 2-21)。帯磁率の測定は、地質露頭 509 地点の新鮮かつなるべく平滑な岩石露頭面において、携帯帯磁率計 (MicroKAPPA モデル KT-5c) により帯磁率値を 10 回測定し、それらの算術平均値を 1:50,000 帯磁率分布図(PL.II-2-2)にまとめた。また、岩石中の放射性ジルコン含有率の相違から岩体を区分できる可能性を調べるために、一部の露頭においては GM 管を備えた放射能測定器(カルサイト社製 CS-201)によって線量等量率を測定した。

地質調査と同時に、Fig.II-2-1 に示す位置で岩石のサンプリングを行い、このうち 26 試料について全岩分析と微量成分分析を実施した。全岩分析結果からは CIPW ノルム計算を行い、Streckeisen(1967)に従って岩石の命名を行った。全岩分析結果から AFM ダイアグラムなどの各種ダイアグラムを作成し、微量分析結果からは REE パターンなどの各種ダイアグラムを作成して、定量的にプレオブラゼンスキイ岩体の岩石分類を試みた。全岩分析と微量成分分析を実施した 26 試料のうち、室内試験として岩石薄片 7 枚、研磨薄片 12 枚を作成し、顕微鏡観察と不透明鉱物のモード測定を実施した。不透明鉱物のモード測定はポイントカウンター (James Swift & Son 社製 F モデル) により薄片上の 1/5×1/6mm 方眼交点 2000 点を計測して得た。研磨薄片のうち 9 枚に認められる不透明鉱物 53 粒については EDX (日本電子製 JSM-5310) にて半定量分析を実施して、鉱物種の決定と Ti 含有量を測定した。イルメナイトの鉱物学的組成を調べる



ために、ベクチミール第1鉱床 TMK テストピットから採取したイルメナイト精鉱1試料について粉末X線回折1件、研磨薄片作成1試料、EDX 半定量分析8件およびEPMA（日本電子製 JXA-8800R）による線分析、面分析、定性分析2件を実施した。

全岩分析および微量成分分析結果を Appendix 2-6, 2-7 に、CIPW ノルム計算結果を Appendix 2-8 に示す。岩石薄片の顕微鏡観察結果と不透明鉱物のモード測定結果および顕微鏡写真をそれぞれ Appendix 2-2, 2-6, 2-3 に、不透明鉱物の EDX 半定量分析結果を Appendix 2-23 に示す。また、プレオブラゼンスキイ岩体の花崗岩質岩類中の  $\text{TiO}_2$  分布図を Fig.II-2-2 に、不透明鉱物モード分布図を Fig.II-2-3 に、不透明鉱物の鉱物種分布図を Fig.II-2-4 に示す。イルメナイト精鉱の顕微鏡観察結果、粉末X線回折結果、EDX 半定量分析および EPMA 定量分析結果を Appendix 2-24, 2-5, 2-9, 2-23 に示す。

## 2-3 調査結果

本地域の地質層序は、先花崗岩質岩類（石炭紀層）とこれに貫入する花崗岩質岩類、これらを不整合に被覆する新生代第三紀アラル層、さらにこれらを不整合に被覆する第四紀層からなる。新第三紀アラル層の基盤である先花崗岩質岩類（石炭紀層）と花崗岩質岩類には広く風化殻が発達する。

### 2-3-1 先花崗岩質岩類（石炭紀層）

堆積岩類（頁岩、砂岩、礫岩）、火山砕屑岩類、溶岩類（安山岩、ヒン岩）からなる。

#### ①下部石炭系アルカリク（Arkalyk）層（ $C_1 V_{2-3} ar$ ）

本層は調査地域外の北西部でバラジャルスキイ断層の南側に沿って幅 1.5 km の狭い帯状に分布する。調査地域内では広く第三紀アラル層と第四紀層に覆われ、露出は殆ど認められないが、北西のカメンカ(Kamenka)の北部では、プレオブラゼンスキイ複合岩体に接して、ホルンフェルス化した本層シルト岩の小露頭が認められる。

本層は、頁岩、シルト岩、砂岩、凝灰岩及び石灰岩からなり、腕足類、珊瑚等の化石を含むという。全層厚は約 1,500 m である。

#### ②中部石炭系コクペティ（Kokpeti）下部層（ $C_1 V_3 -nkp_1$ ）

本地域の北部でバラジャルスキイ断層の北側に広く分布する。

本層は礫岩、凝灰岩質砂岩、砂岩、シルト岩、頁岩からなる。全層厚は約 1,500 m である。

#### ③上部石炭系ブコン（Bukon）層（ $C_2 bk$ ）

プレオブラゼンスキイ複合岩体の南側に分布する。第三紀アラル層と第四紀層に厚く覆われるため、露出はコイタス東 5km のベクチミール川沿いに認められる

のみであるが、ベクチミール第一鉱床南と第三鉱床南地区のボーリングでは基盤風化殻として出現する。

調査地域では本層は礫岩、アーコース砂岩、砂岩、シルト岩、頁岩からなり、細互層が発達する。プレオブラゼンスキイ貫入岩体との接触部では岩石はホルンフェルス化し、石炭質頁岩は石墨化している。全層厚は 1,500-2,000 m である。

#### ④中部-上部石炭系マイティアブ (Maityub) 層 (C<sub>2,3</sub> mt)

プレオブラゼンスキイ複合岩体の南部から東部に広く分布し、コイタス付近から東にかけて小丘陵をなして広く分布する。ベクチミール北部地域のボーリングでは基盤岩付近に巨礫として出現した。

本層は、全般に濃緑色粗鬆で、凝灰岩、凝灰質砂岩を挟む安山岩質ヒン岩、安山岩まれに玄武岩質ヒン岩、輝緑岩質ヒン岩の火山角礫岩からなる。安山岩質ヒン岩および安山岩はしばしば結晶度の異なる岩片を含む角礫状ないし亜角礫状組織を呈する。このため、本岩は風化面で多孔質スポンジ状の外観を呈する。鏡下では変質した 0.2~0.5mm の自形斜長石、0.2mm 程度の半自形角閃石、径 0.1mm 程度の自形の輝石を斑晶とし、石基は緑泥石、イライトの集合体に変質しているのが認められる(G031)。本岩はプレオブラゼンスキイ貫入岩体によって強い接触変成を蒙ってアクチノ閃石を生じホルンフェルス化している(I023)。不透明鉱物として磁鉄鉱を 1%以上含むが、イルメナイトは認められなかった。ペロエ付近に露出する本岩では径 0.05mm 程度の多量の輝石と少量の黒雲母、半自形の石英、斜長石からなる微粒の完晶質組織を示しイルメナイトを含むものがある(I004)。

火山碎屑岩類、溶岩類は固結指数が 18 以上、分化指数が 50 以下である。

### 2-3-2 花崗岩質岩類と岩脈類

古生界中に貫入したプレオブラゼンスキイ複合岩体の花崗岩質岩類と岩脈類が分布する。

#### (1) プレオブラゼンスキイ複合岩体

本貫入岩体は調査地域の大半を占めて 8km×17km で露出している。文献調査によれば、上部二畳紀から下部三畳紀にかけて貫入した、斑糲岩、モンゾニ岩、閃緑岩からなるマクストスキイ(Maksutskiy)複合岩体、中部から上部三畳紀に貫入した、閃長岩、閃長-閃緑岩、花崗閃長岩からなるサイカンスキイ(Saykanskiy)複合岩体、下部から中部ジュラ紀に貫入した、花崗岩類からなるデルベゲトイスキイ(Delbegeteyskiy)複合岩体の 3 岩体が識別されているが、実際には野外でこれらを明瞭に区別することは困難である。

ノーライト質斑糲岩(I106)はプレオブラゼンスキイ複合岩体北西のカメンカ(Kamenka)付近に小範囲に露出する。鏡下では 0.03~1mm の自形斜長石が卓越し、径 0.1mm 程度の半自形の橄欖石とこれを取り囲む他形の輝石、黒雲母、粒間の尖晶石などからなり、斜長石は双晶が著しく累帯構造は認められない。

モンゾ閃緑岩~閃緑岩は細粒ないし中粒で、プレオブラゼンスキイ複合岩体の中央部付近に露出する。肉眼では色指数が 40 程度である。鏡下では他形で変質したカリ長石、他形の石英、半自形、0.1~0.5mm の角閃石、一部緑泥石化した半自形、0.2~1mm の黒雲母からなり、角閃石や黒雲母には不透明鉱物として径 0.03~0.3mm 程度の自形~半自形のイルメナイト、含チタン磁鉄鉱を伴う(G109, G113, I085)。

モンゾ花崗岩~モンゾニ岩は中粒から粗粒はプレオブラゼンスキイ複合岩体で最も露出面積が広く、岩体の周辺部に分布する。肉眼では中粒ないし粗粒で、桃色のカリ長石、灰白色の石英、暗色の黒雲母、角閃石が認められ、色指数は 5~10 程度である。鏡下では他形でパーサイト組織を示す変質したカリ長石、他形の石英、半自形で、0.1~1.5mm の褐色角閃石、一部緑泥石化した半自形、0.2~2mm の暗褐色ないし緑褐色の黒雲母からなり、副成分鉱物としてジルコンを含む。不透明鉱物としては径 0.03~0.5mm 程度の自形~半自形のイルメナイト、含チタン磁鉄鉱、磁鉄鉱を伴う。岩体南東部ではほぼ 100%の不透明鉱物がイルメナイトであるが、岩体北西部では 20~50%がイルメナイト、残りが含チタン磁鉄鉱ないしは磁鉄鉱である(Fig.II-2-3)。

石原ら(1977)は磁鉄鉱の有無によって磁鉄鉱系花崗岩(Magnetite-series granitoid)とチタン鉄鉱系花崗岩(Ilmenite-series granitoid)とに分け、ある岩体で磁鉄鉱の観察数がイルメナイトの観察数よりも多い場合を磁鉄鉱系花崗岩体と呼ぶとしているので、プレオブラゼンスキイ複合岩体の北西部は磁鉄鉱系花崗岩に近い区分に属するといえる。

## (2) 岩脈類

石英斑岩、アプライトの岩脈が古生層とプレオブラゼンスキイ複合岩体に貫入している。石英斑岩は優白色緻密塊状で、岩脈として NE および NW 方向に貫入している。アプライトは岩体北西部に多く、岩脈として EW、NE 方向に貫入している。

### 2-3-3 後花崗岩質岩類

#### 1) 基盤風化殻(K<sub>2</sub>)

風化殻は上部石炭系の堆積岩類，火山岩類上に発達し，第三紀アラル層および第四紀層に覆われる。基盤風化殻は上部白亜紀末(1億4000万年前)における湿潤温暖気候のもとで化学的風化作用によって形成された。

## 2) 第三紀アラル層 ( $N_1^{1-2}ar$ )

アラル層は古生界の基盤岩類あるいはその風化核を不整合で覆い，広く第四紀層に被覆されている。本層は，砂質粘土，粘土質粗粒石英－長石砂からなり，まれに礫層を挟む。本層は下部層にイルメナイト漂砂鉱床を胚胎する。

本層は，下記の下部層及び上部層に分けられる。

### (1) 下部層

暗灰色で青みを帯びる砂質粘土で，粘土質粗粒砂，礫層及び木片を含む。鉱床地域では，本層は多量のイルメナイトを含み，漂砂鉱床を胚胎する。

### (2) 上部層

褐灰色から淡灰色に変化し，しばしば雑色あるいは褐色－褐灰色を呈する粘土からなり，砂質分が3-5%以下と少ない。多量の水酸化鉄，水酸化マンガンのウーライトを含み，まれに石膏結晶とその集合体を含む。

## 3) 第四紀層 (Q)

第四系は本地域に広く分布する。土質と地形的特徴から，下部層，中部－上部層，上部－現世層及び現世層に分けられる。

### (1) 下部層 ( $Q_1$ )

下部更新世は玉石層を特徴とし，第三紀アラル層や古生層の基盤岩を覆って，本地域の南部及び西部に分布する。本層の上部は，赤褐色，褐色のローム及び粘土でレンズ状砂層を伴う。下部は玉石層である。礫の円摩度は中程度あるいは良好で，礫種は凝灰質砂岩，泥岩，ヒン岩，安山岩およびホルンフェルスからなる。本層の厚さは5～13-14 mである。

### (2) 中部－上部層 ( $Q_{2,3}$ )

本層は，黄土状の褐灰色ロームよりなり，第三紀アラル層あるいは古生層の基盤岩を覆って分布し，とくにプレオブラゼンスカ村東部一帯の丘陵地に発達する。通常，最下部に暗褐色砂質粘土層があり，細礫混じりの粗粒砂層を伴う。これらの地層にしばしばイルメナイト(最大5-12 kg/m<sup>3</sup>)が認められる。本層の厚さは2～20 mと変化する。

### (3) 上部－現世層 ( $Q_{3,4}$ )

本層は大量の古生界層基盤岩岩片を含むロームからなる。礫の量とサイズは谷の上流に向かって大きくなる。本層の厚さは1-2 mを超えない。

### (4) 現世層 ( $Q_4$ )

本層は河川の河床堆積物からなり、玉石、礫、砂、砂質ローム、シルト、ローム及び粘土からなる。本層の厚さは0.5～2.5 mである。

## 2-3-4 花崗岩質岩類の定量的岩石学

### 1) 花崗岩質岩類の主化学成分

調査地域では22個の花崗岩質岩類の全岩分析を実施した(Appendix 2-6)。これらの分析は試料番号G053を除き、ウスチカメノゴルスクの非鉄金属鉱山冶金化学研究所で実施し、試料番号G053はカナダ・バンクーバー市のALS Chemex分析所で実施した。合計が100%から外れる分析値が多いが、化学成分の傾向を概観するには充分と考えられるので、そのままの分析値を採用した。

主化学成分の検討から、第1年次の調査で指摘されたように、花崗岩質岩類中のTiO<sub>2</sub>含有率は花崗岩、閃長岩のようにマグマの結晶分化作用が進んだ岩石で低く、斑糲岩、閃緑岩-モンゾニ岩のような結晶分化作用が進んでいない岩石で高いことが判明した。

日本でも斑糲岩体に伴う現地性イルメナイト漂砂鉱床が知られ、一部は稼行されたことがある(鈴木ら,1954、原口ら,1956、草間ら,1958、宮本,1959、相馬,1963、津末ら,1969)。日本における砂鉄成分(宮本,1960)では、花崗岩に伴う酸性砂鉄はチタン鉱物が少なく、塩基性砂鉄はチタン分が多く含まれ、とくに現地残留砂鉄中にはチタン鉱物を主とするとしている。

Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>ダイアグラム(Cox, K.G. et al., 1979)は深成岩や噴出岩を化学成分上で大区分するのに用いられる。調査地域の花崗岩質岩類は花崗岩から閃長岩の領域におちTiO<sub>2</sub>を1%以下しか含有しない群と、モンゾニ岩から閃緑岩、斑糲岩の領域におちTiO<sub>2</sub>を1%以上を含有する群とに明瞭に区分される(Fig.II-2-5)。

K<sub>2</sub>O-CaO-Na<sub>2</sub>Oダイアグラム(Fig.II-2-6)では、TiO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>Oに富む(>3%)が、TiO<sub>2</sub>を1%以上含有する花崗岩質岩類はCaOに富み、ややK<sub>2</sub>Oに乏しい。

AFMダイアグラム(Fig.II-2-7)では、調査地域の花崗岩質岩類はカルク・アルカリ岩の領域におちるが、このうちTiO<sub>2</sub>を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類はアルカリ(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)に富みMgOやΣFeOに乏しく、TiO<sub>2</sub>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に富んでいる。

ACFダイアグラム(Fig.II-2-8)では、豪州の花崗岩類を標式地とした、I-タイプ/S-タイプ花崗岩類の区別に使われる(White and Chappel,1977)。大陸地殻においてI-タイプ花崗岩類は火成岩起源、S-タイプ花崗岩類は堆積岩起源とされる。Takahashi et al.(1980)では、磁鉄鉱系/イルメナイト系花崗岩質類とI-タイプ/S-タイプ花崗岩質類との比較

が論じられている。I-タイプ花崗岩質岩類では一般に  $\text{Na}_2\text{O}$  が 3.2%以上と高く、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}$  モル比が 1.1 以下で低く、ノルム鉱物として少量の透輝石または微量のコランダムをもつものに対して、S-タイプ花崗岩質岩類では一般に  $\text{Na}_2\text{O}$  が 3.2%以下と低く、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}$  モル比が 1.1 以上で高いという特徴をもつという。磁鉄鉱系/イルメナイト系花崗岩質岩類と I-タイプ/S-タイプ花崗岩質岩類との比較から、磁鉄鉱系花崗岩質岩類は I-タイプ花崗岩質岩類と同一であるが、イルメナイト系花崗岩質岩類には I-タイプ/S-タイプ花崗岩質岩類の両方が含まれるという。プレオブラゼンスキイ複合岩体では、 $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩類は G053 を除いて S-タイプの領域におち、 $\text{TiO}_2$  を 1%以上含有するモンゾニ岩－閃緑岩類は I-タイプの領域におちる。

$\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  比は花崗岩で低く(1 以下)、モンゾニ岩－閃緑岩、ノーライト質斑糲岩で高く(およそ 1 以上)、モンゾニ岩－閃緑岩、斑糲岩が低い酸素分圧で生成したことを示唆している(津末ら,1974、石原ら,1977)。

分化指数(D.I.: Differentiation Index)はノルム標準鉱物の石英・正長石・斜長石・霞石・カルシライトの占める重量百分率合計で表される値で、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  $\text{SiO}_2\text{-NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8$  に近づいていくことからマグマの結晶分化作用が進むほど大きな値となり、マグマの分化の程度を示すのに使われる(C.P.Thornton et al., 1960)。分化指数(D.I.)に対する各酸化物成分の関係は Figure のようである。 $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類では D.I.は 80 以上であり、D.I.の増加とともに  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  は減少する傾向が認められるが、 $\text{TiO}_2$  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( $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ )は増加するが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$  はむしろ微減の傾向を示し  $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  は顕著に減少する傾向が認められる。 $\text{TiO}_2$  については傾向が一定しない(Fig.II-2-9)。

固結指数(S.I.: Solidification Index)は  $100 \times \text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  で表される値で、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示すのに使われる(久野ほか, 1957)。Appendix 2-6 に調査地域の花崗岩質岩類の S.I.を示す。 $\text{TiO}_2$  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 以下であるのに対し、 $\text{TiO}_2$  を 1%以上含有する花崗岩質岩類は S.I.が 10 以上である。

プレオブラゼンスキイ複合岩体中の  $\text{TiO}_2$  含有率分布は Fig.II-2-4 のようであり、岩体の中央部で高く、ほぼ閃緑岩、斑糲岩の分布域に等しい。

全岩分析値から求めた CIPW ノルム値を Appendix 2-8 に示す。

斜長石－カリ長石－石英比ダイアグラム(Streckeison,A.L.,1967)による花崗岩質岩石

の分類では、花崗岩質岩類はモンゾ花崗岩の領域におち  $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない群と、モンゾ閃緑岩、ノーライトの領域におち  $\text{TiO}_2$  を 1%以上含有する群とに明瞭に区分される(Fig.II-2-10)。

Sokratov(1964)の述べる斑糲岩、モンゾニ岩、閃緑岩からなるマクストスキイ(Maksutskiy)複合岩体はモンゾニ岩－閃緑岩および斑糲岩に相当し、閃長岩、閃緑岩、花崗閃長岩からなるサイカンスキイ(Saykanskiy)複合岩体と、花崗岩類からなるデルベゲトイスキイ(Delbegeteyskiy)複合岩体は花崗岩類に相当する可能性がある。

## 2) 花崗岩質岩類の微量成分

花崗岩質岩類の微量成分はカナダ・バンクーバーの ALS Chemex 分析所において ICP で実施した。Appendix 2-7 に分析結果を示す。

$\text{SiO}_2$  に対する微量成分の値は、Ni, Co のような親鉄元素では  $\text{TiO}_2$  の含有率に関係なく  $\text{SiO}_2$  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  $\text{TiO}_2$  の含有率に関係なく  $\text{SiO}_2$  が増加してもほぼ横這い傾向を示す。Ba は  $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類が  $\text{SiO}_2$  の増加にともない減少するのに対し、 $\text{TiO}_2$  を 1%以上を含有する花崗岩質岩類ではほぼ横這いの傾向を示す(Fig.II-2-11)。

調査地域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、 $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類が Eu で凹型となるのに対し、 $\text{TiO}_2$  を 1%以上を含有する花崗岩質岩類ではほぼ直線型となる(Fig.II-2-12)。

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る(Blockley,1978)。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Rb}$  比をみると、 $\text{TiO}_2$  を 1%以上を含有する花崗岩質岩類では  $\text{K}_2\text{O}$  の増加とともに Rb も比例して増加するが、 $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類では  $\text{K}_2\text{O}$  の増加に対し Rb は微減の傾向にある (Fig.II-2-13)。このことから両者は異なった挙動を示し、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(Blockley,1978)。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(Fig.II-2-14)。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。 $\text{TiO}_2$  を 1%以上を含有する花崗岩質岩類では 0.01 程度であるが、 $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類では 1 程度であって、これらは Rb/Sr 比でも明瞭に区別される (Fig.II-2-15)。

### 3) 花崗岩質岩類の帯磁率

測定した帯磁率を Appendix 2-22 に、帯磁率コンター図を Fig.II-4-4 に示す。

調査地域の花崗岩質岩類の帯磁率は  $0.06 \sim 27.7 \times 10^{-3}$ (S.I.U.)と変化が大きいですが、Fig.II-2-9 に示したように、 $\text{TiO}_2$  を 1%以下しか含有しない花崗岩質岩類は D.I.の増加に伴って帯磁率が低くなる傾向を示し、 $\text{TiO}_2$  1%以上を含有する花崗岩質岩類では特に傾向が認められない。

プレオブラゼンスキイ複合岩体中で帯磁率  $1 \times 10^{-3}$ (S.I.U.)以上を示す地域は、岩体の中央部から北西部にかけての帯であり、花崗岩質岩類に含まれる不透明鉱物のうち、イルメナイトが少なく含チタン磁鉄鉱および磁鉄鉱である地域と一致する。

石英斑岩やアプライトの岩脈類では、帯磁率は  $0.1 \times 10^{-3}$ (S.I.U.)程度で、非常に低い値を示す。

### 4) 花崗岩質岩類中の不透明鉱物

#### ① 不透明鉱物のモード比

顕微鏡下で測定した花崗岩質岩類の不透明鉱物モード比を Appendix 2-23 に、その分布を Fig.II-2-3 に示す。採取できた花崗岩質岩類の試料の分布が均一ではなく、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、プレオブラゼンスキイ複合岩体の中央部では不透明鉱物が 1~2%とやや多く、岩体北東部ないし南西部では 0~0.4%で少ない傾向がある。不透明鉱物のモード比が高くなると  $\text{TiO}_2$  が高いという傾向が認められる(Fig.II-2-3)。

#### ② 不透明鉱物の鉱物組成

顕微鏡下で任意に選定した不透明鉱物の EDX 半定量分析結果と鉱物名を Appendix 2-23 に、鉱物の比率と分布を Fig.II-2-4 に示す。

不透明鉱物はイルメナイト(Ti 35%)、含チタン磁鉄鉱(Ti 1.5~14%)、磁鉄鉱(Ti 0%)からなる。イルメナイトはプレオブラゼンスキイ複合岩体の中央部から南東部にかけての地域で不透明鉱物の全て、あるいは大部分を占めるのに対し、岩体の中央部から北西部にかけてはイルメナイトよりも含チタン磁鉄鉱や磁鉄鉱の割合が多い岩体が分布し、ここでは帯磁率が  $1 \times 10^{-3}$ (S.I.U.)以上を示す(Fig.II-2-4)。こうしたイルメナイトよりも含チタン磁鉄鉱や磁鉄鉱の割合が多い岩体が、漂砂鉱床の後背地を占める場合には、形成される漂砂鉱床の重鉱物中のイルメナイトの割合が少なく、Ti 品位の低い鉱床が形成される可能性が高いと考えられる。

津末ら(1974)は日本の花崗岩質岩類中の不透明鉱物について調査し、外帯・



領家帯・山陽－苗木帯の花崗岩質岩類中の Fe-Ti 酸化鉱物は主としてイルメナイトであって、4 モルパーセントまでの赤鉄鉱端成分を固溶していること、山陰－白川帯の同質岩石中の Fe-Ti 酸化鉱物は磁鉄鉱を主とし、イルメナイトと連晶をなす磁鉄鉱、赤鉄鉱と連晶をなすイルメナイトなどを伴うという。これらの違いは帯磁率の地域分布とよく調和し(石原、1973)、帯磁率によって花崗岩質岩類中の不透明鉱物の違いを区別できる点で、本調査地域と同様である。

### 2-3-5 地質構造

調査地域は北東側を WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ (Baladzhalskiy) 断層、南西側を南テレクチンスキイ (South Terektinskiy) 断層で境され、これらの中間のベクチミルスカヤ (Bektimirskaya) 地壘状背斜にプレオブラゼンスキイ複合岩体が貫入している。

NEN-SWS 方向の割れ目がプレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線に沿って一部のイルメナイト砂鉱体を胚胎する古地形チャンネルが形成されたと考えられる。古地形チャンネルは、WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくと NW-SE 方向の割れ目が卓越するために、NW-SE 方向に変化する。

第三紀アラル層はほぼ水平に堆積した地層で、プレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類を被覆する。

第四紀層もほぼ水平な地層で、第三紀アラル層を被覆する。現世河川は第三紀アラル層基盤の古地形チャンネルに比較的重複した位置に存在する。

### 2-4 まとめと考察

#### 1) 地質

本地域の層序は、先花崗岩質岩類 (石炭紀層) とこれに貫入する花崗岩質岩類、これらを不整合に被覆する新生代第三紀アラル層、さらにこれらを不整合に被覆する第四紀層からなる。新第三紀アラル層の基盤には広く風化殻が発達する。

#### (1) 先花崗岩質岩類

石炭紀の堆積岩類 (頁岩, 砂岩, 礫岩), 火山砕屑岩類, 溶岩類 (安山岩, ヒン岩) からなり, 調査地域には下部石炭紀コクペクティ (Kokpekti) 層 (堆積岩類, 火山砕屑岩類, 石灰岩), 中部石炭紀ブコン (Bukon) 層 (礫岩, 砂岩, 頁岩, 上部は頁岩, 石炭質頁岩, 砂岩, 凝灰質砂岩), 中部－上部石炭紀マイティアブ (Maityab) 層 (凝灰岩, 凝灰質砂岩を挟む安山岩質ヒン岩, 安山岩まれに玄武岩質, 輝緑岩質ヒン岩) が分布する。火山砕屑岩類, 溶岩類は固結指数が 18 以上, 分化指数

が 50 以下で、不透明鉱物として磁鉄鉱を 1%以上含む。

## (2) 花崗岩質岩類

上部二畳紀から中部ジュラ紀にかけて貫入したとされるプレオブラゼンスキイ複合岩体が分布する。複合岩体はイルメナイト系花崗岩質岩で、Sタイプであり、化学成分から花崗岩とモンゾニ岩－閃緑岩とに区分される。

花崗岩はプレオブラゼンスキイ岩体の大部分を占め、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  に富み  $\Sigma\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  に乏しく、固結指数が 3 以下で、分化指数が 80 以上で、 $\text{TiO}_2$  1% 以下しか含まない。モンゾニ岩－閃緑岩はプレオブラゼンスキイ岩体の中央部付近に部分的に分布し、逆に  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  に乏しく  $\Sigma\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  に富み、固結指数が 10 以上、分化指数が 60 以下で、 $\text{TiO}_2$  1%以上を含む。マグマの結晶分化作用が進むほど  $\text{TiO}_2$  が乏しくなるといえる。

レアアース・パターンは、 $\text{TiO}_2$  1%以下を含有する花崗岩類がほぼ直線型となるのに対し、 $\text{TiO}_2$  1%以上を含有するモンゾニ岩－閃緑岩類では Eu で凹となる折線型となるなど、微量成分の上でも花崗岩とモンゾニ岩－閃緑岩は明瞭に区分される。

花崗岩質岩類中の不透明鉱物モード比は花崗岩で 0.7%以下、モンゾニ岩－閃緑岩で 1%以上である。不透明鉱物はイルメナイト( $\text{Ti}$  35%)、含チタン磁鉄鉱( $\text{Ti}$  1.5～14%)、磁鉄鉱( $\text{Ti}$  0%)であり、帯磁率  $1 \times 10^{-3}$  S.I.U 以上を示す花崗岩質岩類にはイルメナイトよりもむしろ磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱が多く含まれ、磁鉄鉱系花崗岩の特徴を帯びる。帯磁率  $1 \times 10^{-3}$  (S.I.U)以上を示す岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体内北西部に分布する。

日本の花崗岩質岩類中の不透明鉱物についても、外帯・領家帯・山陽－苗木帯の花崗岩質岩類中の Fe-Ti 酸化鉱物は主としてイルメナイトであって、赤鉄鉱端成分を固溶している。一方、山陰－白川帯の同質岩石中の Fe-Ti 酸化鉱物は磁鉄鉱を主とし、イルメナイトと連晶をなす磁鉄鉱、赤鉄鉱と連晶をなすイルメナイトなどを伴う。これらの違いは帯磁率の地域分布とよく調和し、帯磁率によって花崗岩質岩類中の不透明鉱物の違いを区別できる点で、本調査地域と同様である。Fe-Ti 酸化鉱物は花崗岩質マグマから最も早期に晶出する鉱物相で、より酸化状態にあるマグマでは磁鉄鉱が晶出するという(津末ら,1974,1976、石原ら,1977)。プレオブラゼンスキイ貫入岩体の場合、比較的炭素に富む石炭紀の地層に貫入していることから、貫入初期には酸素分圧の低い条件でマグマの固結が始まったことが推定される。

## (3) 基盤風化殻

石炭紀の堆積岩類，火山岩類，貫入岩類上に厚さ 10～20 m で発達する粘土質

風化残留物で、新第三紀アラル層および第四紀層に被覆される。著しいカオリン、イライト、スメクタイト化を蒙っている。基盤風化殻は上部白亜紀末(1 億 4000 万年前)における湿潤温暖気候のもとで化学的風化作用によって形成されたとされる。

#### (4) 第三紀アラル層

先花崗岩質岩類および貫入岩類あるいはその風化殻を不整合で被覆し、第四紀層に不整合に被覆され、厚さ 20~50m である。本層は石英、カオリン、スメクタイト、少量のイライトからなる粘土、砂質粘土、粘土質砂からなり、稀に礫層を挟在する。

本層下部あるいは下部に近い部位に挟在する砂質粘土~粘土質砂にイルメナイト漂砂鉱床を胚胎する。

#### (5) 第四紀層

新第三紀アラル層あるいは直接に先花崗岩質岩類および貫入岩類を不整合に覆う、厚さ 5~10m の洪積世の砂礫、ローム、粘土と現世の河床堆積物からなる。

## 2) 地質構造

調査地域は北東側を WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ (Baladzhalskiy) 断層、南西側を南テレクチンスキイ (South Terektinskiy) 断層で境され、これらの中間のベクチミルスカヤ (Bektimirskaya) 地塁状背斜にプレオブラゼンスキイ複合岩体が貫入している。

NEN-SWS 方向の割れ目がプレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線に沿って一部のイルメナイト砂鉱体を胚胎する古地形チャンネルが形成されたと考えられる。古地形チャンネルは、WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくと NW-SE 方向の割れ目が卓越するために、NW-SE 方向に変化する。

第三紀アラル層はほぼ水平な地層で、プレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類を被覆する。

第四紀層はほぼ水平な地層で、第三紀アラル層を被覆する。現世河川は第三紀アラル層基盤の古地形チャンネルに比較的重複した位置に存在する。

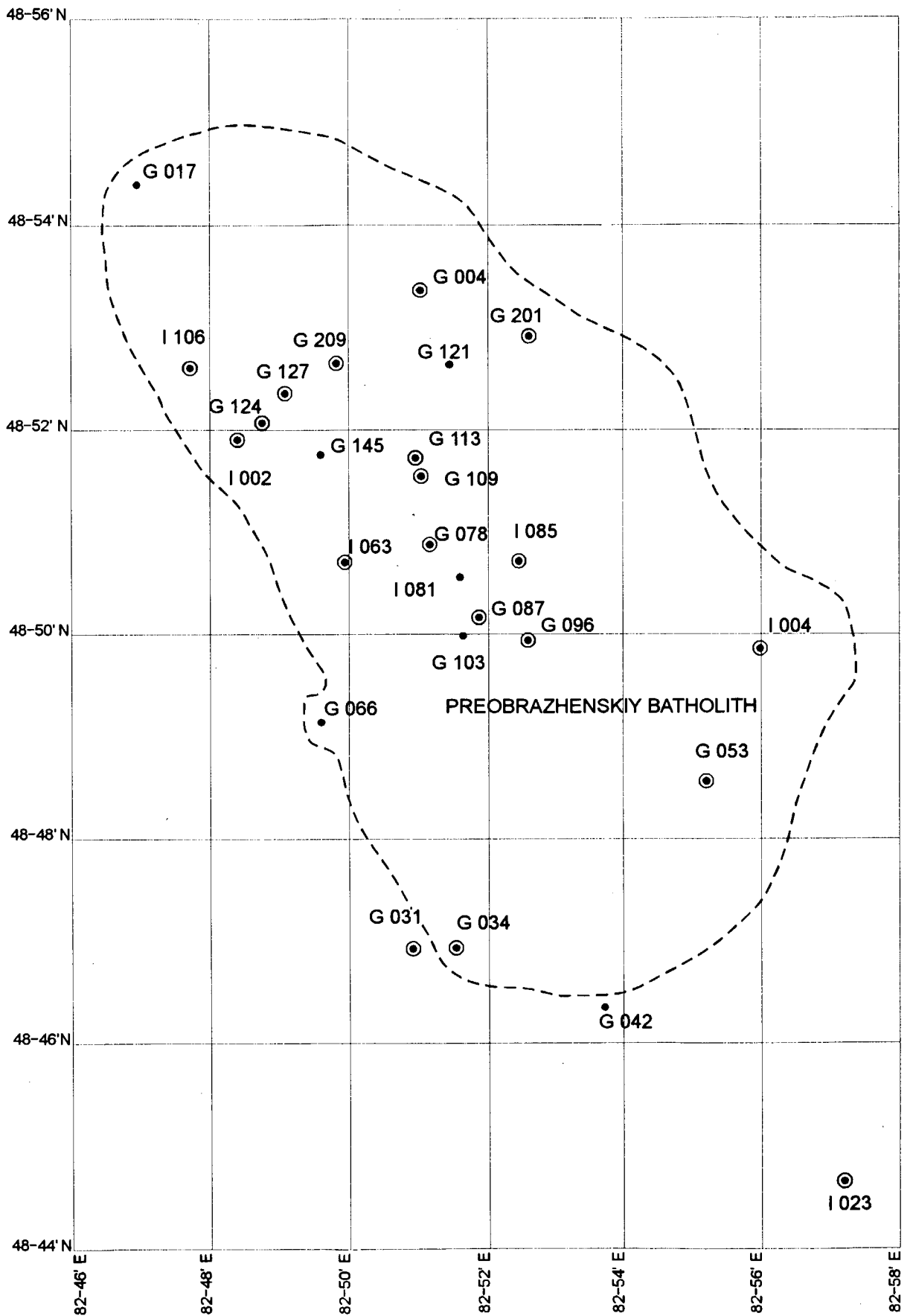


Fig.II-2-1 Location Map of the Samples

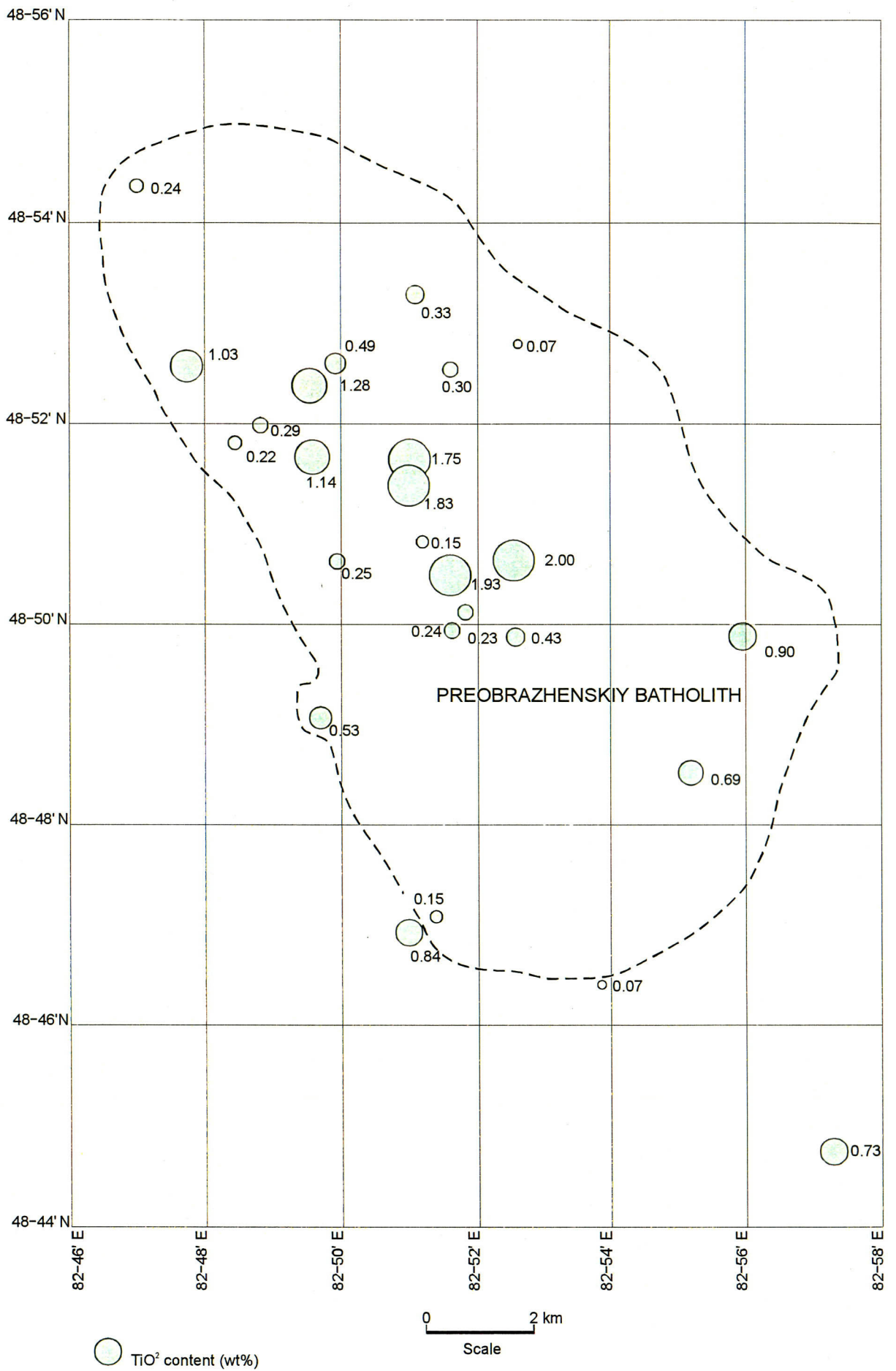


Fig.II-2-2 TiO<sub>2</sub> Content in Granitoids

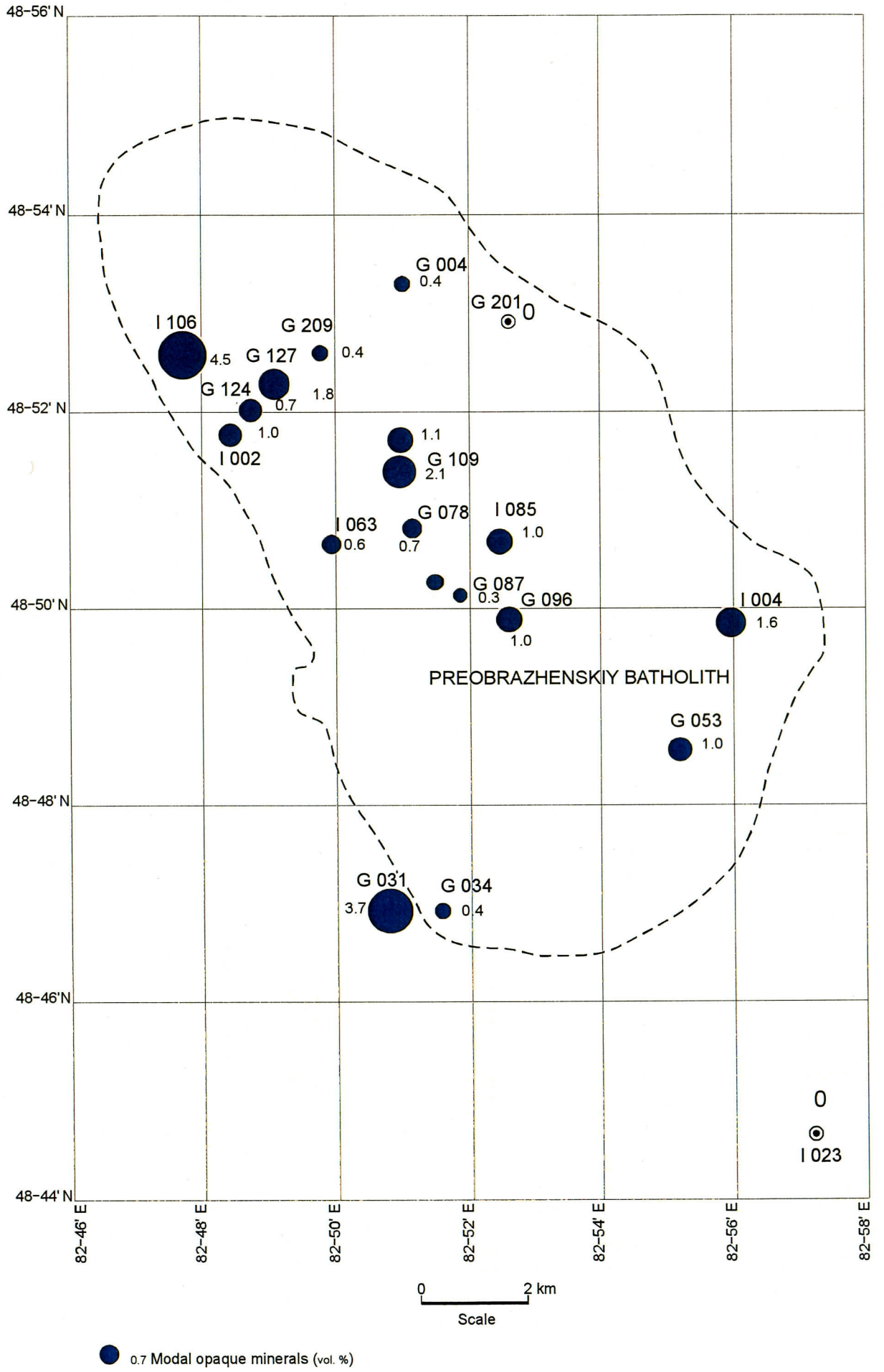


Fig.II-2-3 Modal Opaque Minerals in Granitoids

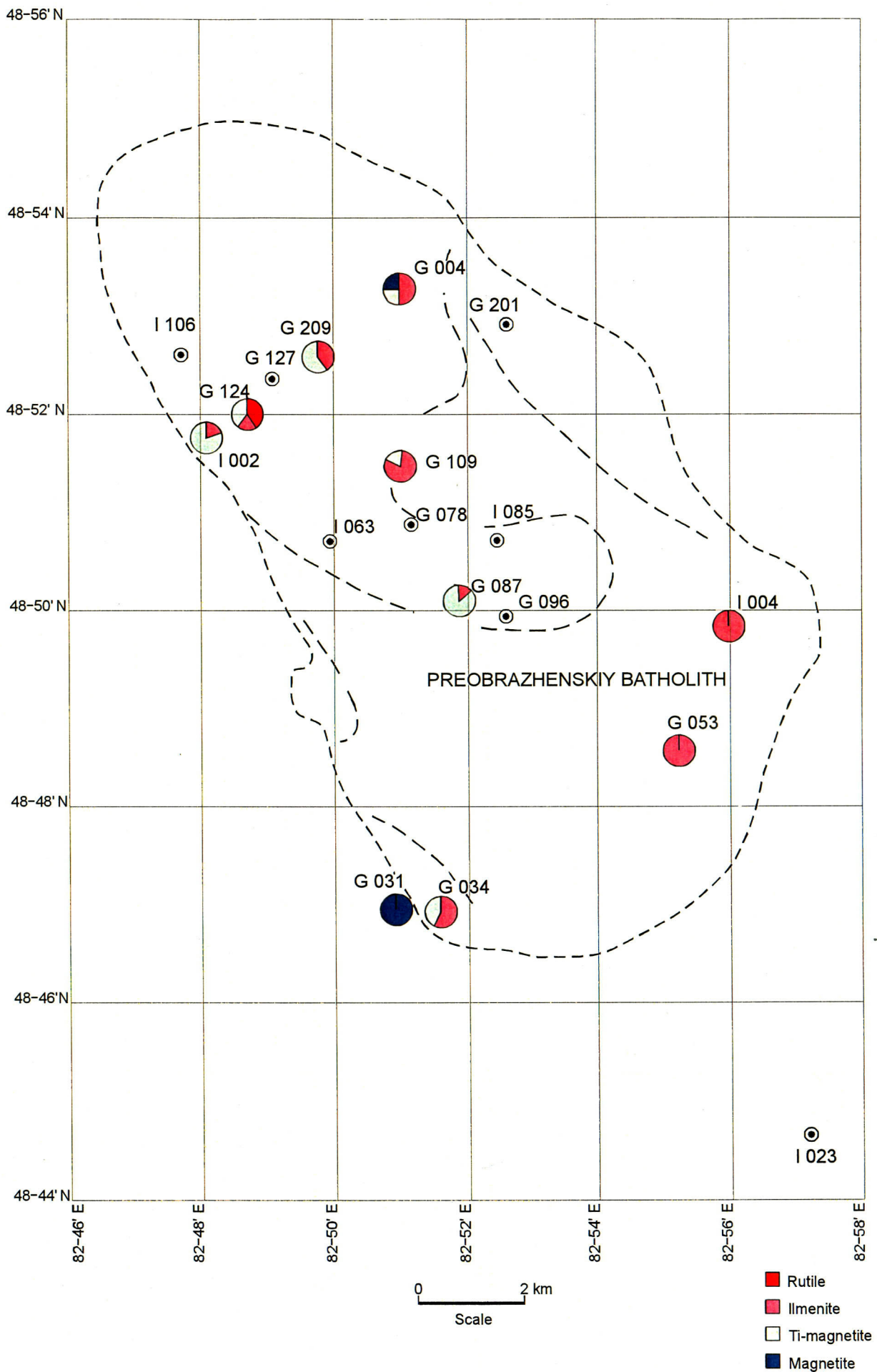


Fig.II-2-4 Distribution of Opaque Mineral Species in Granitoids

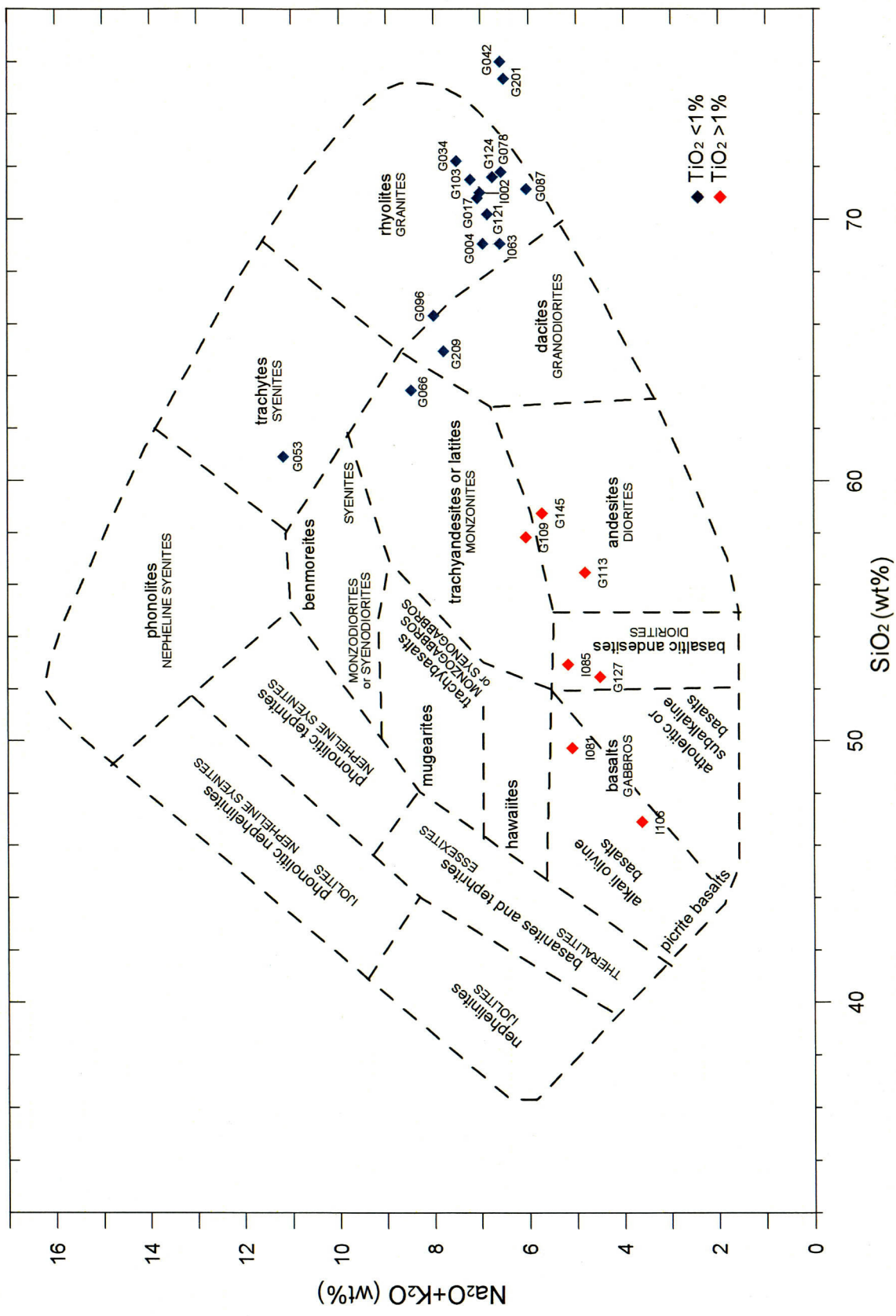


Fig.II-2-5  $SiO_2-Na_2O+K_2O$  Diagram (after Cox et al., 1979)



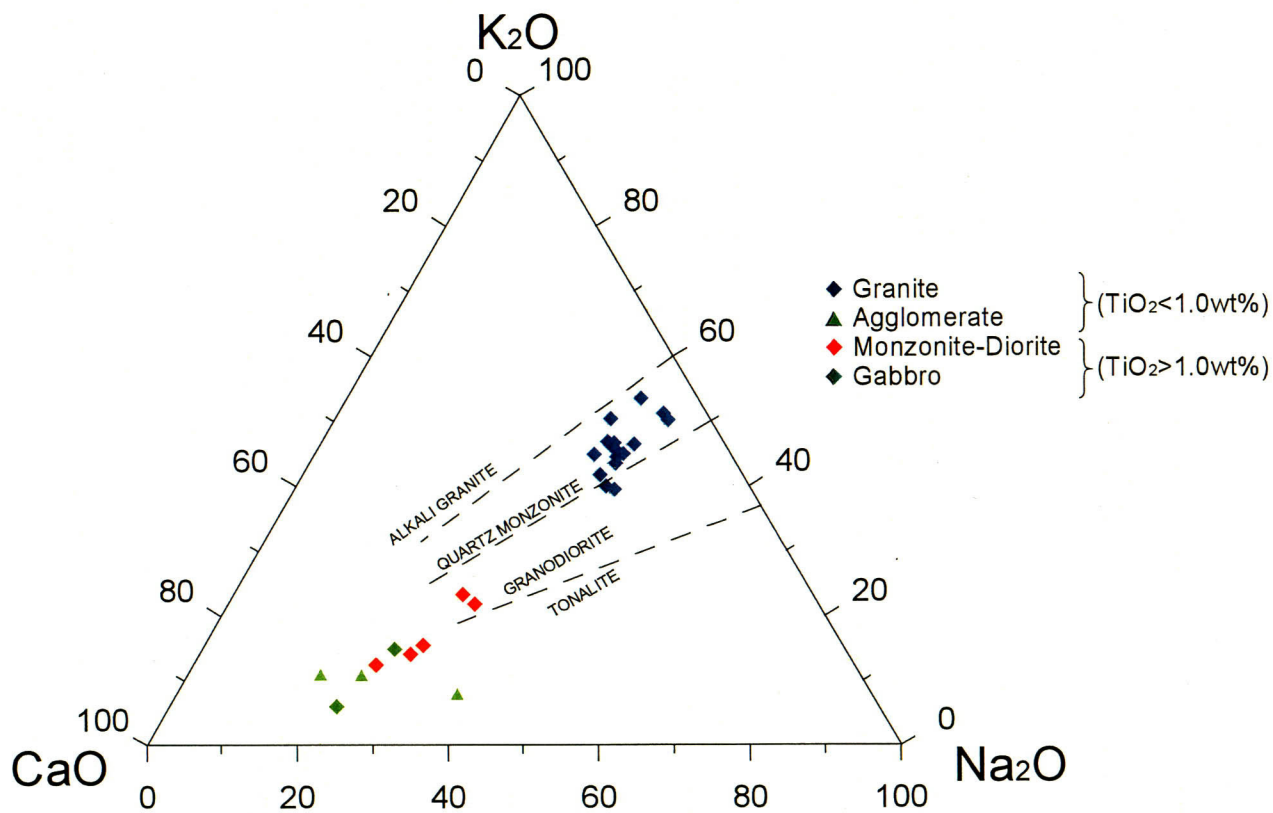


Fig.II-2-6  $K_2O$ - $CaO$ - $Na_2O$  Diagram

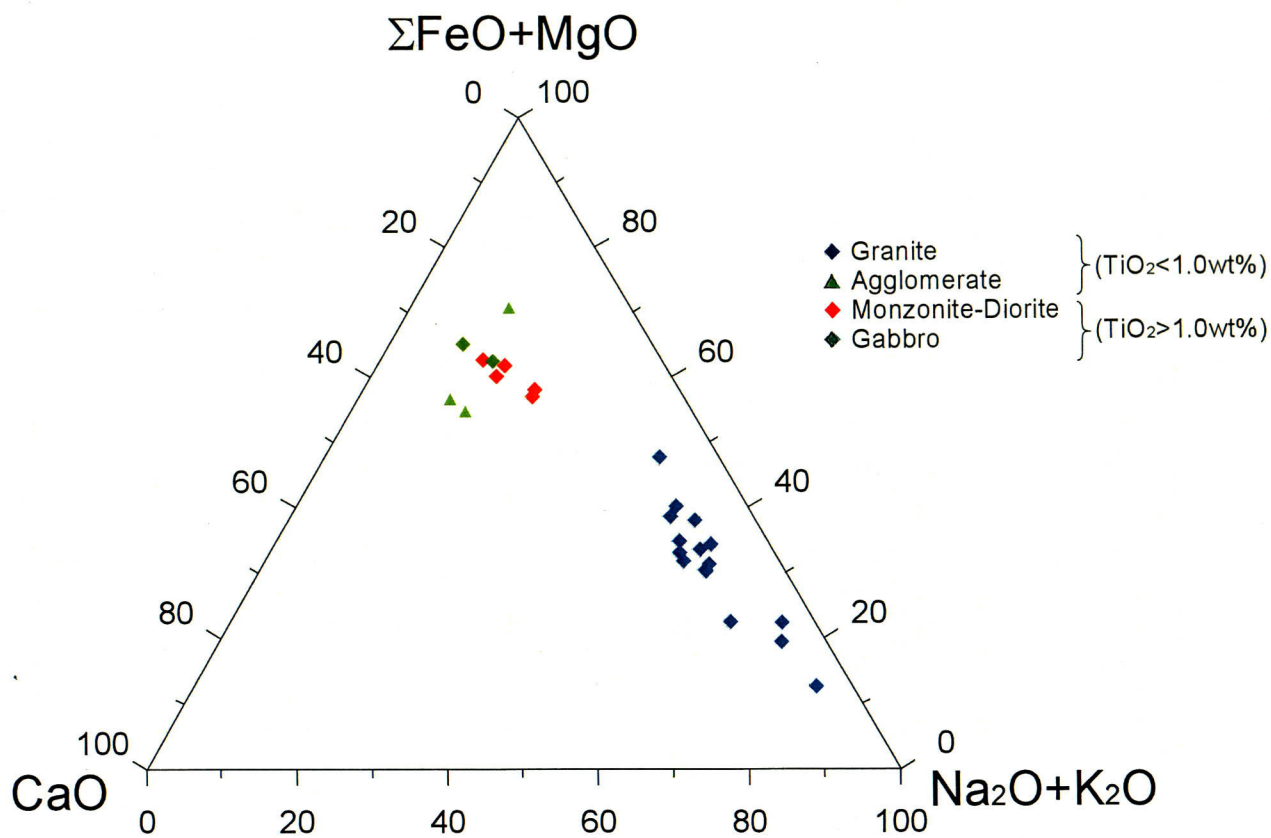


Fig.II-2-7 AFM( $\Sigma FeO + MgO - CaO - Na_2O + K_2O$ ) Diagram

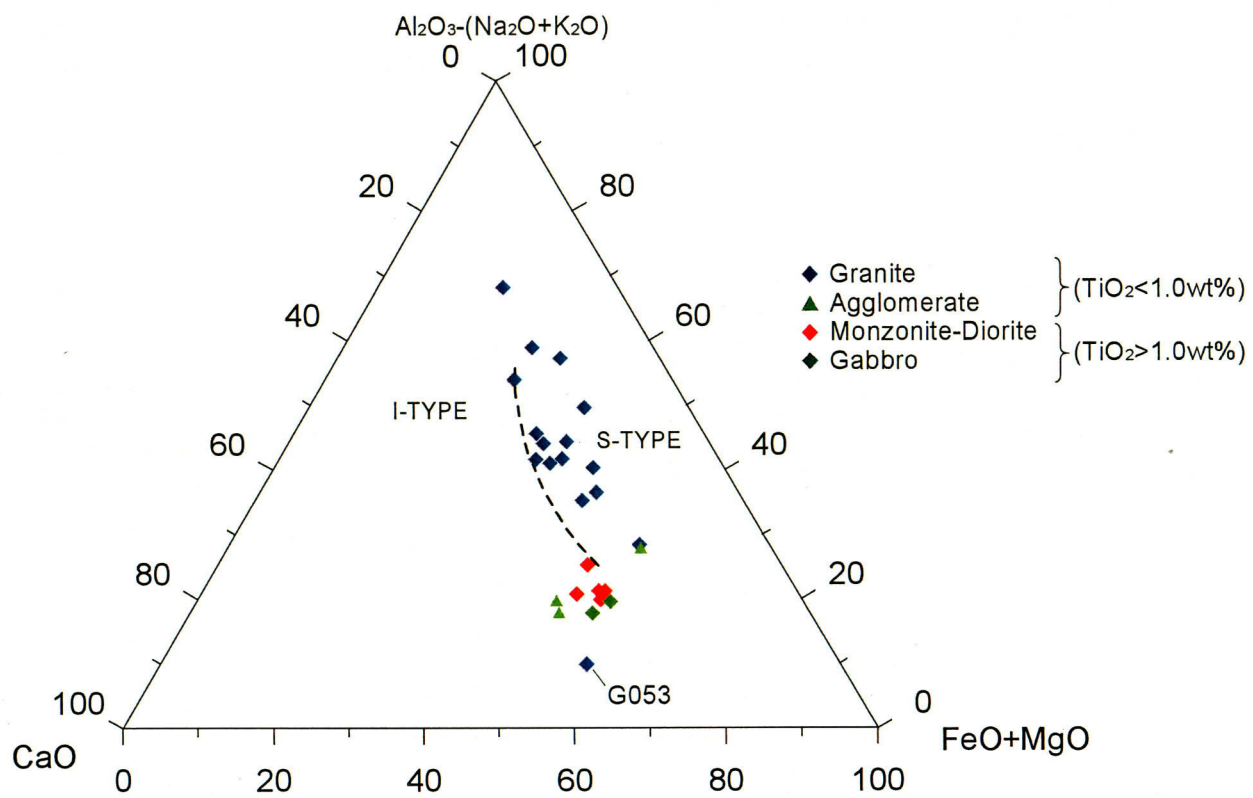


Fig.II-2-8 ACF Diagram

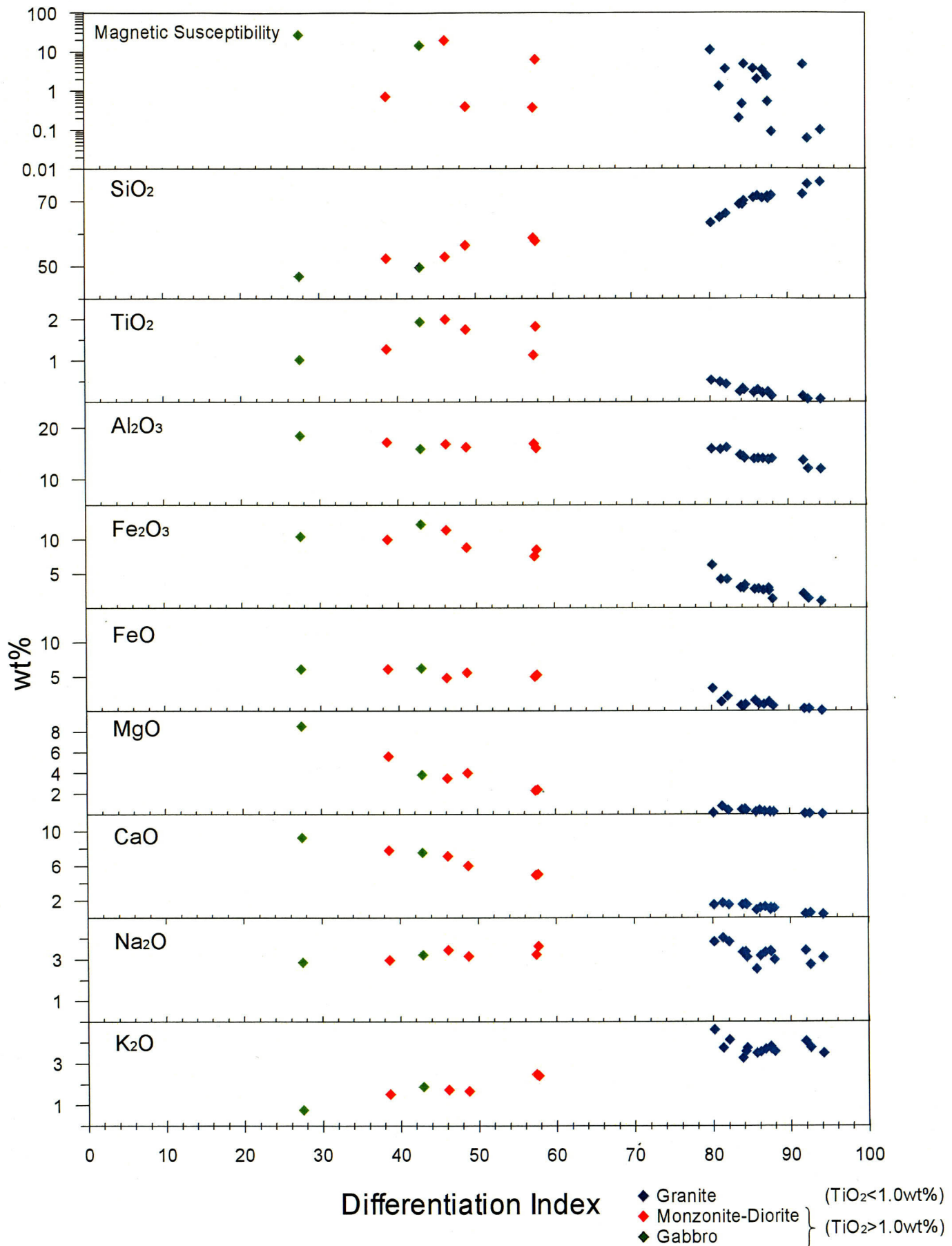


Fig.II-2-9 Differentiation Index (D.I.)-Oxide Variation Diagram

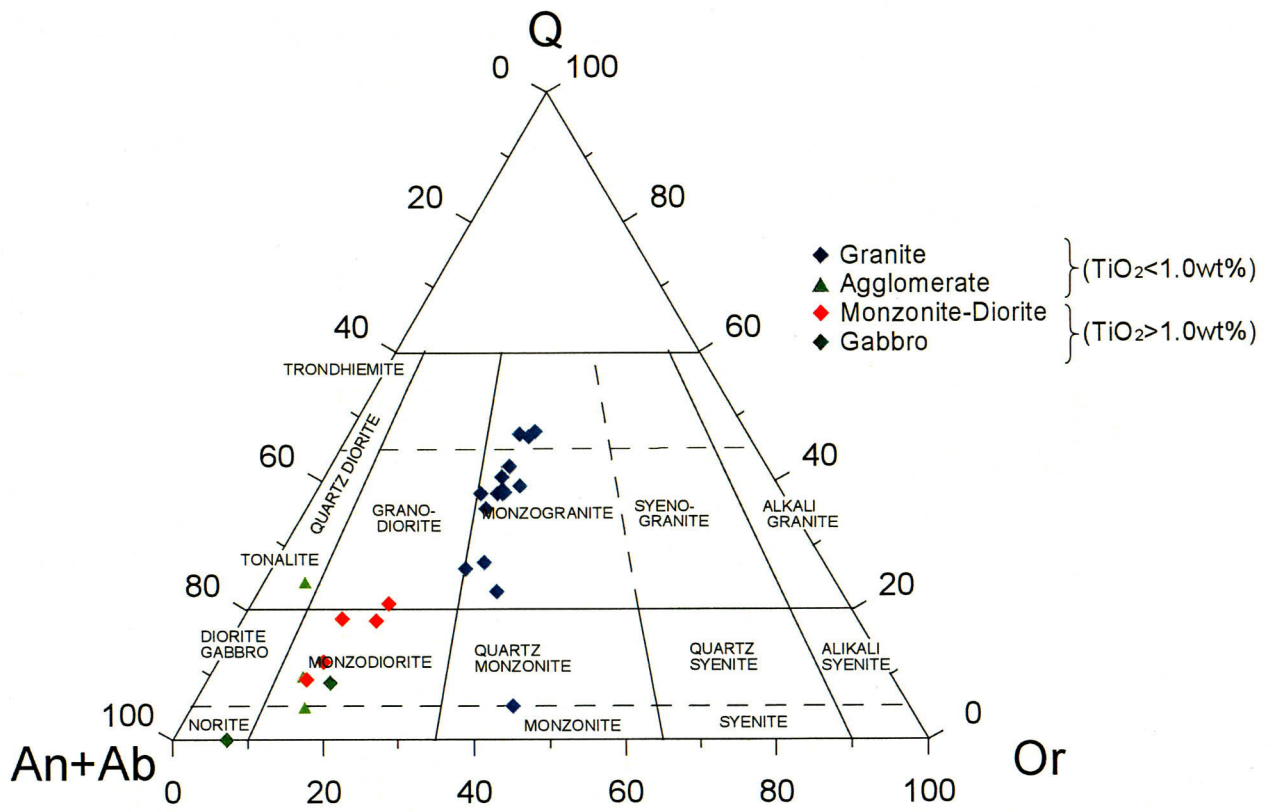


Fig.II-2-10 An+Ab-Or-Q Diagram

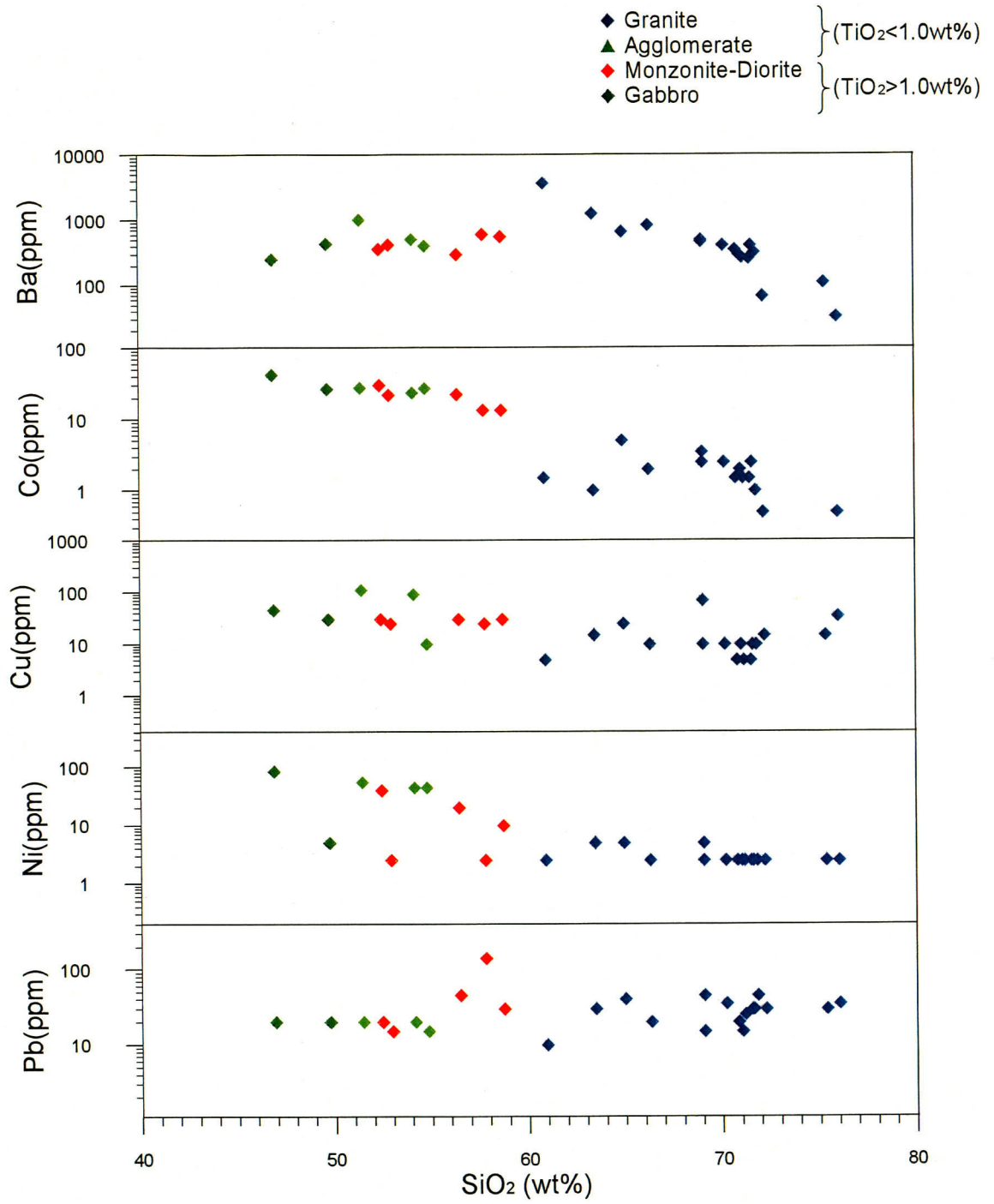


Fig.II-2-11 Minor Element-SiO<sub>2</sub> Variation Diagram

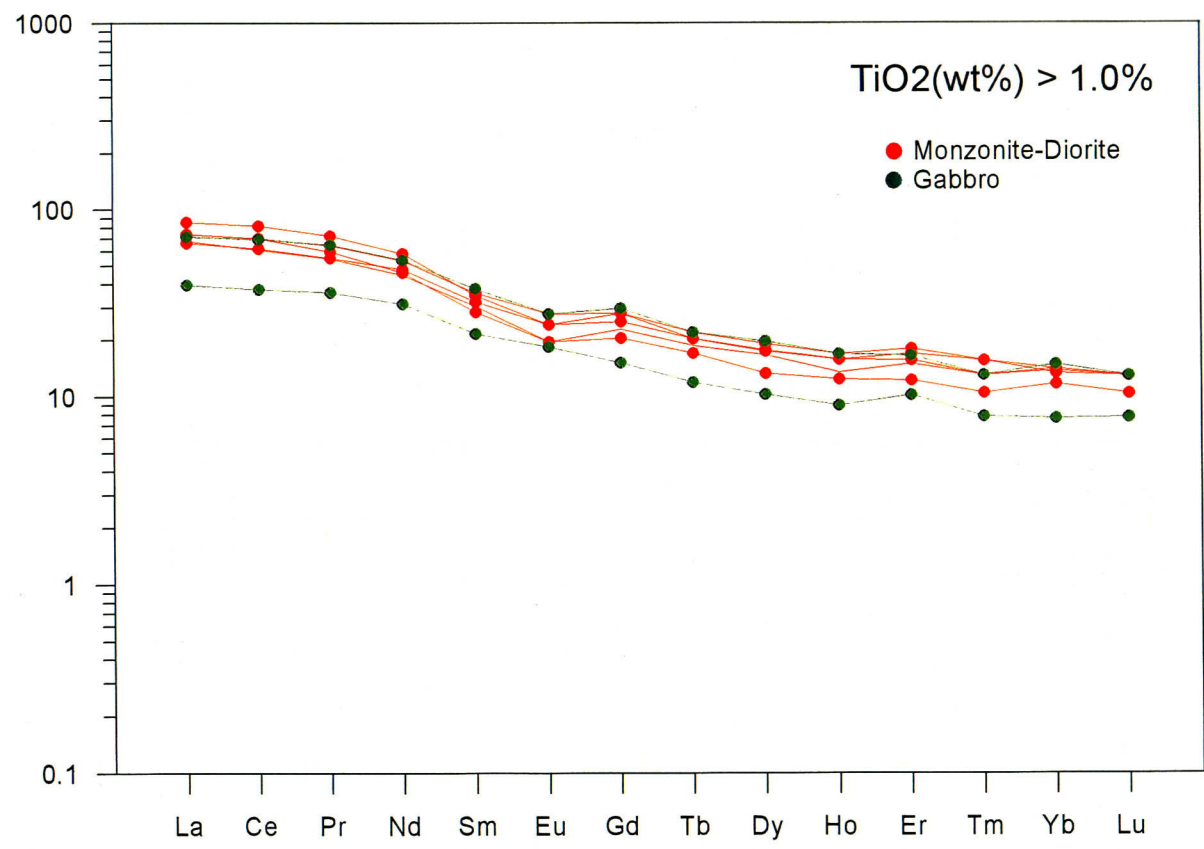
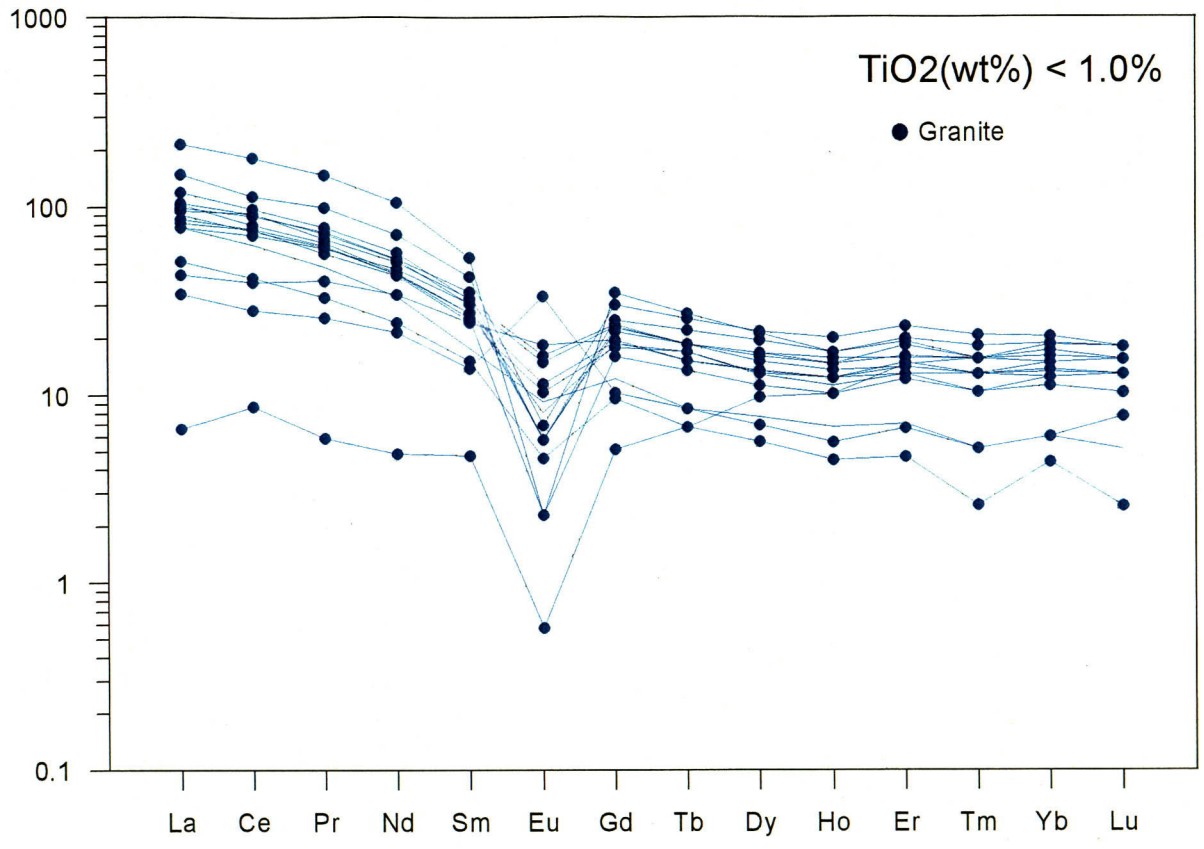


Fig.II-2-12 Chondrite-Normalized REE Pattern

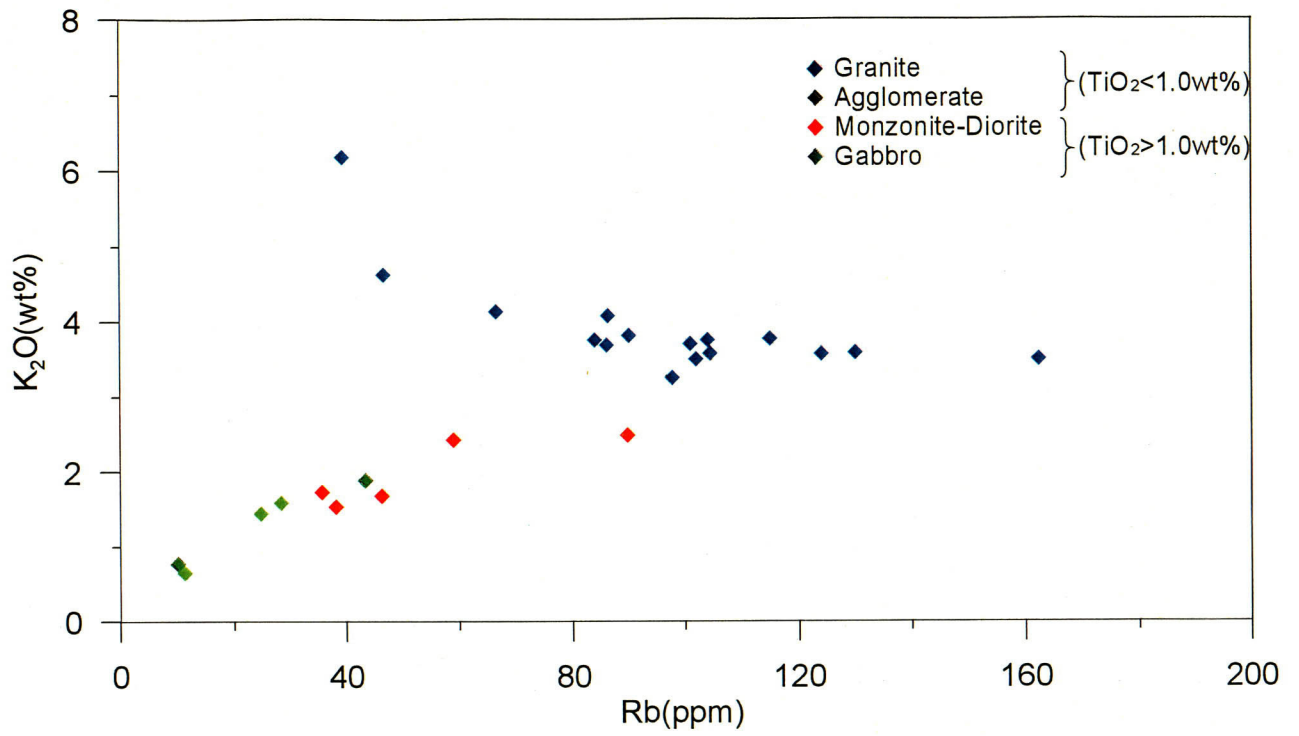


Fig.II-2-13 K<sub>2</sub>O-Rb diagram

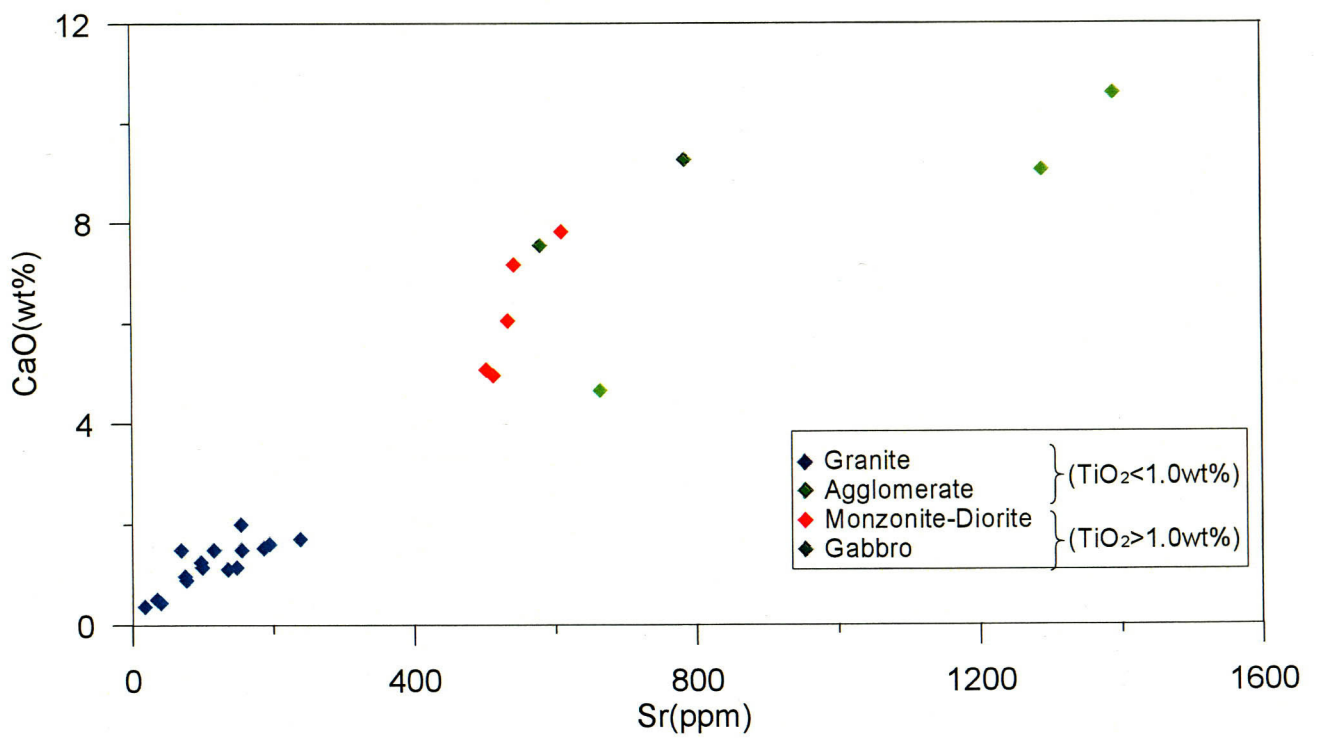


Fig.II-2-14 CaO-Sr diagram

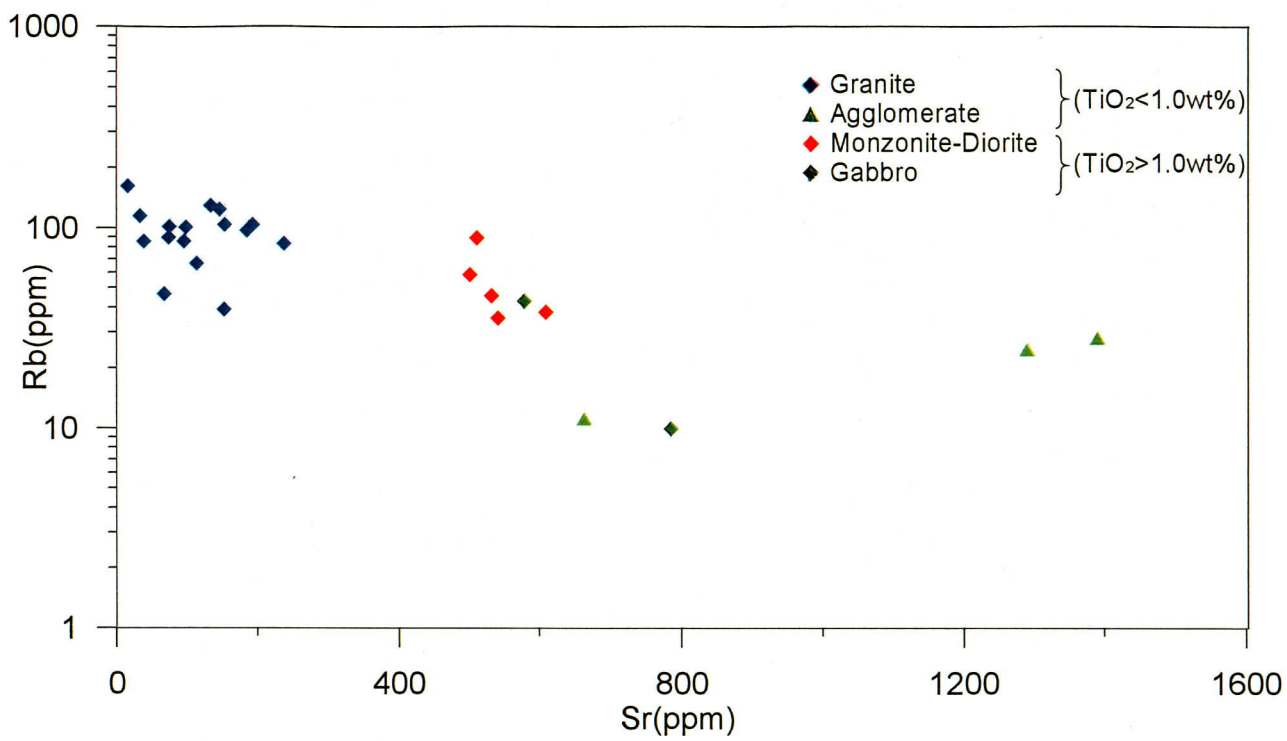


Fig.II-2-15 Rb-Sr diagram



## 第3章 ボーリング調査

### 3-1 調査目的

ベクチミール地区において、既知鉱床であるベクチミール第1鉱床及び第3鉱床の南延長域における鉱床の捕捉、発達状況の把握及び鉱量確認を、また、ベクチミール北部地区のプレオブラゼンスキー貫入岩体北西近傍における層序、鉱床の捕捉、発達状況の把握を目的としたボーリングを実施する。

### 3-2 調査方法

#### 1) 作業概要

現地ボーリング業者“GEOINCENTER”が調達した人員・機材を用い、第1鉱床南地区（精査地区）で20孔、合計1,033.0 m、第3鉱床南地区（概査地区）で25孔、合計903.5 m、北地区（概査地区）で5孔、合計335.0 mのボーリング工事を実施した。

各ボーリング孔の位置を Fig. II-3-1 に示す。

各孔の掘進長、コア採取率及び能率は Table II-3-1 のとおりである。本ボーリング工事の作業時間、消耗品使用状況等をそれぞれまとめて Table II-3-2 から Table II-3-5 に示す。また、主要機械・設備類、各孔別作業結果及び工程をそれぞれまとめて巻末の Appendix 3-1 から Appendix 3-3 に示す。

#### (1) ベクチミール第1鉱体南地区（精査地区）

第1鉱床の確認済みIII-C<sub>2</sub>鉱量鉱画の南側2.5 kmにわたって500 x 200 m のグリッドで6測線（34, 30, 26, 22, 18, 14測線）、20孔、計1,033.0 mのボーリングを実施した。

試錐機は、2台のロシア製 UGB-3UK（パーカッション式）を使用した。

工事の作業形態は、原則として1方8時間の2交代制とした。ただし、設営及び撤去は1日1方とした。

人員は技術者1名、機長2名、助手3名、組長1名、水運搬2名の9名編成とした。

ボーリング資機材の各孔への移動及び設営作業はトラック及びトラクターを使用して実施した。

表土及び玉石混じり砂礫層は、パーカッション工法にてφ240 mmのベラーで掘削し、10インチケーシングパイプを打設・挿入した。本年度は砂礫を炭酸石灰が膠着した硬質礫層（カルクリート：Calcrete）が多く出現し、掘削に非常な困難を伴った。アラル（Aral）層の粘土、粘土質砂及び風化殻は、パーカッシ

オン工法にてφ190 mmの打ち込み式サンプラーで掘削した。

ボーリング工事期間は、平成13年7月2日から平成13年8月31日までの61日間である。

(2) ベクチミール第3鉱体南地区（概査地区）

1G、2G、3G測線とこれに直交する114G、116G測線において400 mないし600m 間隔25孔、計903.5 mのボーリングを実施した。

試錐機は、1台のロシア製UGB-2A-2（ロータリー式）を使用した。

工事の作業形態は、原則として1方8時間の2交代制とした。ただし、設営及び撤去は1日1方とした。

人員は技術者1名、機長2名、助手3名、組長1名、機械工1名、水運搬2名の10名編成とした。

ボーリング資機材の各孔への移動及び設営作業はトラック及びトラクターを使用して実施した。

泥水は2m<sup>3</sup>のタンク車によって現場まで運搬した。

表土及び玉石混じり砂礫層は、ロータリー普通工法で4インチトリコンビットを使用し、ベントナイト泥水を循環しながら掘削し、127 mmケーシングパイプを挿入した。Aral層の粘土、粘土質砂及び風化殻は、ロータリー普通工法でφ92 mmメタルビットを使用し、ベントナイト泥水を循環しながら掘削した。

ボーリング工事期間は、平成13年7月2日から平成13年8月11日までの41日間である。

(3) ベクチミール北地区（概査地区）

1測線で1,000m 間隔5孔、計335.0mのボーリングを実施した。

試錐機は、1台のロシア製UGB-2A-2（ロータリー式）を使用した。

工事の作業形態は、原則として1方8時間の2交代制とした。ただし、設営及び撤去は1日1方とした。

人員は技術者1名、機長2名、助手3名、組長1名、機械工1名、水運搬2名の10名編成とした。

ボーリング資機材の各孔への移動及び設営作業はトラック及びトラクターを使用して実施した。

泥水は2m<sup>3</sup>のタンク車によって現場まで運搬した。

表土及び玉石混じり砂礫層は、ロータリー普通工法で4インチトリコンビットを使用し、ベントナイト泥水を循環しながら掘削し、127 mmケーシングパイプを挿入した。Aral層の粘土、粘土質砂及び風化殻は、ロータリー普通工法でφ92 mmメタルビットを使用し、ベントナイト泥水を循環しながら掘削した。

ボーリング工事期間は、平成 13 年 8 月 12 日から平成 13 年 8 月 25 日までの 14 日間である。

### 3-3 調査結果

#### 3-3-1 地質

##### 1) 基盤風化殻 (C<sub>2-3</sub>mt)

基盤風化殻は石炭紀の堆積岩類、火山岩類および貫入岩類上に発達した、白亜紀後期（デンマーク世：1 億 4000 万年前）の熱帯湿潤気候下で化学的風化作用によって生じた風化殻である（Erofeyev,1969）。

ボーリング調査地域では、プレオブラゼンスキイ複合岩体南西に分布する中部石炭紀のブコン層 (C<sub>2</sub>bk) 砂岩および頁岩を原岩とする風化殻が認められる。風化殻は脆弱で帯褐色灰白色に漂白脱色し、湿潤状態のときには手で容易に解砕できる。僅かに層理構造を残す場合があるが、概ね不明瞭であり、上位に不整合をもって覆う第三紀アラル層との境界はしばしば漸移的である。

粉末 X 回折によればこれらの基盤風化殻は石英、カオリンを主とし、スメクタイト とイライトを混在することがある。しばしば少量の斜長石、カリ長石をとまなう (Appendix 2-4)。浅所風化は、地表における気候条件の変化に基づいて表層の上部に物理的・生物的風化作用が働き、間隙水の移動しやすい間隙性表層が生じ、表層水と岩石との化学反応によって、酸化、還元、炭酸化の各作用が発生し、可溶物質は下降して、浸出、再沈殿するものとしている（庄司、1971）。ここで花崗岩質岩類中のカリ長石はカオリンに変じ、化学的風化が不完全におこなわれ、K が幾分残っている場合にはイライトを生じるという。

##### 2) 第三紀アラル層(N<sub>1</sub><sup>1-2</sup>ar)

第三紀アラル層は基盤風化殻を不整合で覆い、さらに第四紀層により不整合で広く覆われている。第三紀漸新世頃(4000 万年前)から堆積が始まったとされる（Erofeyev,1969）。

本層は層厚 20～50m の粘土、砂質粘土、粘土質砂層からなり、稀に礫層を挟在する。湿潤状態ではやや軟質で流動性を帯びるが、乾燥するとひび割れて脆弱となる。岩層から下部層と上部層に区分される。

下部層：緻密な淡灰色粘土質細砂ないし暗灰色砂質粘土からなり、ときに淡灰色細粒から粗粒砂層を挟む。暗灰色砂質粘土は緻密で、水田土壌に似ており有機物や木片を含む。砂層は厚さ 1～10m で不整合面直上ないし、不整合面から 4～15m 上位に挟在し、褐鉄鉱染または小瘤状の団塊によって褐色に汚染される部分がある。基底に

しばしば石英亜円礫を含む。淡灰色砂層にはイルメナイト濃集部を伴い、イルメナイト漂砂鉱床を胚胎する。粉末 X 線回折によれば、砂質粘土層は多量の石英、斜長石、中量のカオリン、スメクタイト、少量のイライトからなる。淡灰色砂層には多量の石英、中量のカオリン、しばしば斜長石からなり、スメクタイトはときどきしか含まれない。

上部層：褐灰色ないし淡赤褐色、黄灰色の雑色を呈する緻密な粘土からなり、褐鉄鉱汚染や脈状の褐鉄鉱、径 3～5mm の水酸化マンガンのウーライトを含むことを特徴とする。粉末 X 線回折では多量の石英に中量のカオリンを伴い、しばしばスメクタイト、少量の斜長石を含む。

### 3) 第四紀層 (Q)

本層は層厚 5～10m で未固結の玉石、砂礫、シルトからなり、第三紀アラル層を不整合で広く覆う。礫種は石炭紀の頁岩、砂岩が多い。ベクチミール第一鉱床南地区では深度 10m 前後に砂礫を炭酸石灰が膠着したカルクリートが厚さ 2m 以下で挟在するところがある。本層には顕著なイルメナイト濃集部を含まないが、ベクチミール第二鉱床の一部には、本層の基底部にイルメナイト濃集部を伴うところがある (Geoincentre, 1999)。

#### 3-3-2 ベクチミール第 1 鉱床南地区(精査地区)

第 1 鉱床の確認済み III-C<sub>2</sub> 鉱量鉱画の南側 2.5 km にわたって 500 x 200 m のグリッドで 6 測線 (34, 30, 26, 22, 18, 14 測線), 20 孔, 計 1,033.0 m のボーリングを実施した。

調査結果をボーリング沿い地質断面図 (Fig. II-3-3～6) に示す。

鉱床は NEN-SWS 方向のアラル層基盤の幅広い古地形チャンネルに胚胎する。古地形チャンネル内部にはさらに 2 本のチャンネルがある。イルメナイト濃集部は、東部では基盤直上に堆積し、西部では一部がアラル層中の下部に挟在する。ボーリングで捕捉された鉱床の厚さは 1.8～10.0 m, イルメナイト品位は 94～216 kg/m<sup>3</sup> であった。鉱床の被覆土の厚さは 25～53m である。

34, 30 測線については、鉱体西側は MJBK-19, MJBK-24 の結果によって鉱層の厚さの劣化と品位低下 (1.6 m × 23.44 kg/m<sup>3</sup>, 1.3 m × 119.46 kg/m<sup>3</sup>) を確認し、鉱床が閉じることが判明した。30, 26 測線では、鉱体東側は MJBK-20, MJBK-25 の結果によって鉱層の厚さの劣化と品位低下 (3.2 m × 55.82 kg/m<sup>3</sup>, 1.5 m × 50.04 kg/m<sup>3</sup>) を確認し、鉱床が閉じることが判明した。MJBK-37 (無鉱徴) によってイルメナイト濃集部の南限を確認し、鉱床延長方向が NEN-SWS から NW-SE に変化していくことが推定された。

1) MJBK-18 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 33.0 m) (Line-34)

(1) 地質

孔口から深度 6.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 6.50-28.50 m 間はアラル層の粘土, 深度 28.50 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-2 に示すように, 深度 25.00-28.50 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ: 3.50 m, イルメナイト品位: 215.79 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

2) MJBK-19 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 44.0 m) (Line-34)

(1) 地質

孔口から深度 7.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.50-42.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 42.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-2 に示すように, 深度 28.00-29.60 m 間に弱いイルメナイト濃集部 (厚さ: 1.60 m, イルメナイト品位: 23.445 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

3) MJBK-20 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 37.0 m) (Line-30)

(1) 地質

孔口から深度 7.40 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.40-34.20 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 34.20 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-2 に示すように, 深度 31.00-34.20 m 間に弱いイルメナイト濃集部 (厚さ: 3.20 m, イルメナイト品位: 55.82 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

4) MJBK-21 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 43.0 m) (Line-30)

(1) 地質

孔口から深度 10.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 10.00-41.20 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 41.20 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-3 に示すように, 深度 37.50-41.20 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ: 3.70 m, イルメナイト品位: 128.45 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

5) MJBK-22 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 65.0 m) (Line-30)

(1) 地質

孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 9.00-58.00 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，深度 29.90-34.00 m 間は再堆積した風化殻，深度 58.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-3 に示すように，深度 37.80-42.80 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：5.00 m，イルメナイト品位：190.68 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

6) MJBK-23（方向－，傾斜-90°，掘進長 60.0 m）（Line-30）

(1) 地質

孔口から深度 10.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 10.00-孔底まではアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-3 に示すように，深度 38.10-40.00 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：1.90 m，イルメナイト品位：167.40 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

7) MJBK-24（方向－，傾斜-90°，掘進長 58.0 m）（Line-30）

(1) 地質

孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 8.00-56.20 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 56.20 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-3 に示すように，深度 40.80-42.10 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：1.30 m，イルメナイト品位：119.46 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

8) MJBK-25（方向－，傾斜-90°，掘進長 43.0 m）（Line-26）

(1) 地質

孔口から深度 10.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 10.00-39.50 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 39.50 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-4 に示すように，深度 37.00-38.50 m 間に弱いイルメナイト濃集部（厚さ：1.50 m，イルメナイト品位：50.04 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

9) MJBK-26（方向－，傾斜-90°，掘進長 50.0 m）（Line-26）

(1) 地質

孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 9.00-48.70 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 48.70 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-4 に示すように，深度 38.00-40.50 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：2.50 m，イルメナイト品位：110.48 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

10) MJBK-27（方向一，傾斜-90°，掘進長 50.0 m）（Line-26）

(1) 地質

孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 9.00-48.00 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 48.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-4 に示すように，深度 39.00-44.50 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：5.50 m，イルメナイト品位：94.37 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

11) MJBK-28（方向一，傾斜-90°，掘進長 54.0 m）（Line-26）

(1) 地質

孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 8.00-51.50 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 51.50 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-4 に示すように，深度 43.50-48.50 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：5.00 m，イルメナイト品位：121.01 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

12) MJBK-29（方向一，傾斜-90°，掘進長 58.0 m）（Line-26）

(1) 地質

孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 9.00-55.80 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 55.80 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりである。

Fig. II-3-4 に示すように，深度 43.00-48.00 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：

- 5.00 m, イルメナイト品位 : 117.70 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 13) MJBK-30 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 60.0 m) (Line-26)
- (1) 地質
- 孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 8.00-56.30 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 56.30 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- 主なはイルメナイト濃集部 Table II-3-6 に示すとおりである。
- Fig. II-3-4 に示すように, 深度 40.50-43.50 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ : 3.00 m, イルメナイト品位 : 200.25 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 14) MJBK-31 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 51.0 m) (Line-22)
- (1) 地質
- 孔口から深度 10.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 10.00-49.70 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 49.70 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- 主なはイルメナイト濃集部 Table II-3-6 に示すとおりである。
- Fig. II-3-5 に示すように, 深度 46.00-49.50 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ : 3.50 m, イルメナイト品位 : 131.62 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 15) MJBK-32 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 58.0 m) (Line-22)
- (1) 地質
- 孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 8.00-57.90 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 57.90 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- 主なはイルメナイト濃集部 Table II-3-6 に示すとおりである。
- Fig. II-3-5 に示すように, 深度 53.00-58.00 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ : 5.00 m, イルメナイト品位 : 98.13 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 16) MJBK-33 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 53.0 m) (Line-22)
- (1) 地質
- 孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 9.00-51.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 51.00 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部



主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すイルメナイト濃集部とおりにある。

Fig. II-3-5 に示すように、深度 41.00-51.00 m 間に（厚さ：10.00 m、イルメナイト品位：132.95 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

17) MJBK-34（方向一，傾斜-90°，掘進長 60.0 m）（Line-22）

(1) 地質

孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 9.00-孔底まではアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 44.00 m からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部 Table II-3-6 に示すとおりにある。

Fig. II-3-5 に示すように、深度 42.00-45.40 m 間に（厚さ：3.4 イルメナイト濃集部 0 m，イルメナイト品位：162.39 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

18) MJBK-35（方向一，傾斜-90°，掘進長 60.0 m）（Line-22）

(1) 地質

孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 8.00-57.80 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 57.80 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりにある。

Fig. II-3-5 に示すように、深度 43.00-44.80 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：1.80 m，イルメナイト品位：201.71 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

19) MJBK-36（方向一，傾斜-90°，掘進長 51.0 m）（Line-18）

(1) 地質

孔口から深度 5.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 5.00-50.20 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 50.20 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-6 に示すとおりにある。

Fig. II-3-6 に示すように、深度 41.00-50.30 m 間にイルメナイト濃集部（厚さ：9.30 m，イルメナイト品位：111.84 kg/m<sup>3</sup>）を捕捉した。

20) MJBK-37（方向一，傾斜-90°，掘進長 37.0 m）（Line-14）

(1) 地質

孔口から深度 7.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層，深度 7.50-44.00 m 間はアラル層の粘土，砂質粘土，粘土質砂，深度 44.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Table II-3-6 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

3-3-3 ベクチミール第3鉱床南地区(概査地区)

調査結果をボーリング沿い地質断面図 (Fig. II-3-7~11) に示す。

1G, 2G, 3G測線とこれに直交する114G, 116G測線において400 mないし600m 間隔25孔, 計903.5 mのボーリングを実施した。25孔のうち6孔でカットオフ品位100kg/m<sup>3</sup>以上のイルメナイト濃集部を確認した。

鉱床はアラル層基盤のN30° E方向の2本の平行な古地形チャンネル直上に堆積している。鉱床の幅は200m程度と推定され第1鉱床に比べて狭小である。ボーリングで捕捉された鉱体の厚さは1.5~4.4 m, イルメナイト品位は111~181 kg/m<sup>3</sup>であった。鉱床の被覆土の厚さは23~30mで, 南側即ち下流側に向かうに従って厚さが増す傾向が認められる。

1) MJBKS-1 (方向-, 傾斜-90°, 掘進長 40.0 m) (Line-2G)

(1) 地質

孔口から深度 11.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 11.00-28.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 24.00-27.20 m 間は再堆積した風化殻, 深度 28.00 m から孔底までは風化殻からなる。

イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。

Fig. II-3-8 に示すように, 深度 20.00-25.00 m 間に弱いイルメナイト濃集部 (厚さ: 5.00 m, イルメナイト品位: 4.04 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

2) MJBKS-2 (方向-, 傾斜-90°, 掘進長 40.5 m) (Line-2G)

(1) 地質

孔口から深度 10.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 10.00-28.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 28.00 から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-8 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

3) MJBKS-3 (方向-, 傾斜-90°, 掘進長 35.00 m) (Line-2G)

(1) 地質

孔口から深度 12.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 12.00-26.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 26.00 から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-8 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

4) MJBKS-4 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 31.00 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 16.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 16.00 から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-7 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

5) MJBKS-5 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 32.0 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 12.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 12.00-18.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 18.00 から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-7 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

6) MJBKS-6 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 42.0 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 14.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 14.00 から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-7 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

7) MJBKS-7 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 33.00 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 12.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 12.00-28.30 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 28.30 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。

Fig. II-3-7 に示すように、深度 24.80-27.00 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ : 3.20 m, イルメナイト品位 : 113.33 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

8) MJBKS-8 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 30.50 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 12.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 12.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-7 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

9) MJBKS-9 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 29.0 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 11.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 11.00-21.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 21.から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-7 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

10) MJBKS-10 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 25.0 m) (Line-1G)

(1) 地質

孔口から深度 11.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 11.00 から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-7 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

11) MJBKS-11 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 35.00 m) (Line-114G)

(1) 地質

孔口から深度 10.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 10.00-25.10 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 25.10m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。

Fig. II-3-10 に示すように, 深度 23.00-25.00 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ: 2.00 m, イルメナイト品位: 112.42 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

12) MJBKS-12 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 39.00 m) (Line-116G)

(1) 地質

孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 9.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-11 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

13) MJBKS-13 (方向一, 傾斜-90°, 掘進長 34.0 m) (Line-116G)

(1) 地質

孔口から深度 8.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 8.50-32.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 32.00m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。

Fig. II-3-11 に示すように, 深度 30.50-32.00 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ:

- 1.50 m, イルメナイト品位 : 117.36 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 14) MJBKS-14 (方向 -, 傾斜-90°, 掘進長 37.0 m) (Line-114G)
- (1) 地質
- 孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 9.00-28.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 28.00 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- 主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。
- Fig. II-3-10 に示すように, 深度 24.00-25.00 m 間に弱いイルメナイト濃集部 (厚さ : 1.00 m, イルメナイト品位 : 4.02 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 15) MJBKS-15 (方向 -, 傾斜-90°, 掘進長 33.00 m) (Line-3G)
- (1) 地質
- 孔口から深度 7.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.00-28.50 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 23.00-32.80 m 間は再堆積した風化殻, 深度 28.50 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- Fig. II-3-9 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。
- 16) MJBKS-16 (方向 -, 傾斜-90°, 掘進長 45.0 m) (Line-3G)
- (1) 地質
- 孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 9.00-41.60 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 41.60 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- 主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。
- Fig. II-3-9 に示すように, 深度 29.50-33.10 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ : 3.60 m, イルメナイト品位 : 180.7 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。
- 17) MJBKS-17 (方向 -, 傾斜-90°, 掘進長 40.0 m) (Line-3G)
- (1) 地質
- 孔口から深度 9.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 9.00-33.30 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 33.30 m から孔底までは風化殻からなる。
- (2) イルメナイト濃集部
- 主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。
- Fig. II-3-9 に示すように, 深度 33.10-33.30 m 間にイルメナイト濃集部 (厚さ :

0.20 m, イルメナイト品位：180.00 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

18) MJBKS-18 (方向－, 傾斜-90°, 掘進長 35.00 m) (Line-3G)

(1) 地質

孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 8.00-32.50 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 31.50 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。

Fig. II-3-9 に示すように, 深度 22.00-22.80 m 間に弱いイルメナイト濃集部 (厚さ：0.80 m, イルメナイト品位：15.95 kg/m<sup>3</sup>) を捕捉した。

19) MJBKS-19 (方向－, 傾斜-90°, 掘進長 35.00 m) (Line-3G)

(1) 地質

孔口から深度 8.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 8.00-31.50 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 31.50 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-9 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

20) MJBKS-20 (方向－, 傾斜-90°, 掘進長 43.0 m) (Line-3G)

(1) 地質

孔口から深度 7.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.00-39.10 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 39.10 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

主なイルメナイト濃集部は Table II-3-7 に示すとおりである。

Fig. II-3-9 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

21) MJBKS-21 (方向－, 傾斜-90°, 掘進長 37.0 m) (Line-3G)

(1) 地質

孔口から深度 6.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 6.00-32.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 32.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-9 に示すように, イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

22) MJBKS-22 (方向－, 傾斜-90°, 掘進長 32.00 m) (Line-3G)

(1) 地質

孔口から深度 7.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.00-27.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 27.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-9 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

23) MJBKS-23 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 40.00 m) (Line-3G)

(1) 地質

孔口から深度 7.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.00-37.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 37.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-9 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

24) MJBKS-24 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 41.0 m) (Line-114G)

(1) 地質

孔口から深度 7.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.00-40.00 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 40.00 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-10 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

25) MJBKS-25 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 34.00 m) (Line-116G)

(1) 地質

孔口から深度 7.60 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.60-30.90 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 30.90 m 間から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

Fig. II-3-11 に示すように、イルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

### 3-3-4 ベクチミール北地区(概査地区)

調査結果をボーリング沿い地質断面図 (Fig. II-3-12) に示す。

1) MJBKN-1 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 67.0 m) (Line-1C)

(1) 地質

孔口から深度 7.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 7.00-64.90 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 64.90 m から孔底までは風化殻からなる。

(3) イルメナイト濃集部

本孔ではイルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

2) MJBKN-2 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 70.0 m) (Line-1C)

(1) 地質

孔口から深度 2.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 2.50-66.40 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂, 深度 66.40 m から孔底までは風化殻からなる。

る。

(2) イルメナイト濃集部

本孔ではイルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

3) MJBKN-3 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 68.00 m) (Line-1C)

(1) 地質

孔口から深度 4.00 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 4.00-69.30 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 69.30 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

本孔ではイルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

4) MJBKN-4 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 60.00 m) (Line-1C)

(1) 地質

孔口から深度 9.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 9.50-59.50 m 間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 深度 59.50 m から孔底までは風化殻からなる。

(2) イルメナイト濃集部

本孔ではイルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

5) MJBKN-5 (方向ー, 傾斜-90°, 掘進長 70.0 m) (Line-1C)

(1) 地質

孔口から深度 24.50 m までは表土及び玉石混じり砂礫層, 深度 24.50m から孔底までは間はアラル層の粘土, 砂質粘土, 粘土質砂からなる。

(2) イルメナイト濃集部

本孔ではイルメナイト濃集部を捕捉できなかった。

### 3-3-5 鉍量計算

ベクチミール第1鉍体南地区では概略の埋蔵鉍量, ベクチミール第3鉍床南地区ではポテンシャルを計算した。ベクチミール北地区では僅かなイルメナイト濃集徴候を捉えたのみで, 鉍量に関する計算は実施しなかった。

#### 1) ベクチミール第1鉍体南地区の鉍量計算

今年度は, 第1鉍体の確認済み III-C<sub>2</sub> 鉍量鉍画の南側 1 km にわたって 3 測線, 500 x 200 m のグリッドでボーリングを実施した。これらの結果から, 今年度の獲得鉍量評価を行うため概略の埋蔵鉍量を試算した。

##### (1) 計算方法

###### ① 品位分析と品位計算

ボーリングで捕捉されたイルメナイト濃集部は, 最大着鉍長 1m, 最小着鉍長 0.3m でコアの 1/4 サンプリングし, 湿重量, 乾重量を計量したのち, 全量を水中



で十分に解砕して、石英、長石、重鈳物、粘土粒子を分離した。重鈳物のほぼ 100% は粒径 1.0mm 以下であるので、試料を乾燥後、1.0mm 篩で粒径 1.0mm 以下の粒子を篩い分けた。これを重液（ブロロホルム）分離して重鈳物を分け取り、磁力選鈳、静電分離等でイルメナイト(Ilmenite)、ジルコン(Zircon)、ルチル(Rutile)、リュウコキシン(Leucoxene)、その他に分離し、それぞれの重量を計量した。計量した重量を試料の乾重量で割り、試料 1t 当たりの品位を求めた。鈳床 1m<sup>3</sup> の密度を 1.8 として、1t 当たりの品位に 1.8 を乗じて鈳床 1m<sup>3</sup> 当たりの品位を算出した。

$$G = M / O \times 1000 \times 1.8$$

G : イルメナイト品位 (kg/m<sup>3</sup>)

M : 分離したイルメナイトの乾重量(g)

O : 試料の乾重量(kg)

## ② 鈳量計算対象鈳床部

ボーリングで確認されたイルメナイト濃集部の平均品位は、着鈳長による加重平均として算出した。このうち、100 kg/m<sup>3</sup> 以上を鈳床とし、さらに上盤側にイルメナイト濃集部が存在する場合には、70 kg/m<sup>3</sup> 以上を鈳床に含めた。また、厚さ 2.0 m x 100 kg/m<sup>3</sup> 以上を鈳床とした。

## ③ 鈳画の範囲

ボーリングで捕捉した鈳体延長部のボーリングで鈳床を確認できなかった場合は、中間点までを鈳画の範囲とした。ボーリングで捕捉した鈳床の延長部が未探鈳で閉じていない場合は、原則として鈳床捕捉ボーリングから 50 m までを鈳画の範囲 (IV-C<sub>2</sub>) とした(Fig.II-3-13)。

## ④ 鈳画毎の品位

ボーリングで確認した鈳床の品位を鈳床の厚さにより加重平均し、測線毎の鈳画品位とし、さらに鈳画全体の平均品位を算出した (Table II-3-8)。

## ⑤ 鈳量

鈳画のイルメナイト鈳量算出は次式によった (Table I-5-1)。

$$V = S \times W \times C \times 1/1,000$$

V : イルメナイト鈳量 (t)

S : 鈳体の平面積 = 1,364,000m<sup>2</sup>

W : 鈳体の平均厚さ = 4.76 m

C : 鈳体の平均イルメナイト品位 = 131.93 kg/m<sup>3</sup>

$$V = 1,364,000 \times 4.76 \times 131.93 \times 1/1,000 = 856,574$$

## (2) 計算結果

埋蔵鈳量試算の結果、今年度は第 1 鈳体南延長部で C<sub>2</sub> カテゴリーの獲得鈳砂鈳量

6.5 百万 m<sup>3</sup>、イルメナイト品位 131.93 kg/m<sup>3</sup>、イルメナイト鉱量 857 千 t、剥土比 8.3 を得た (Table I-5-1)。

## 2) ベクチミール第3鉱体南地区のポテンシャル

今年度は、第3鉱体南地区で、400 x 400~400 x 600m のグリッドで概査ボーリングを実施し、2本の平行な古地形チャンネルに胚胎すると推定されるイルメナイト濃集部を確認した。

### (1)埋蔵鉱量

100 kg/m<sup>3</sup>以上の品位を有するボーリング孔は6孔のみで鉱量計算に供するためには充分ではないが、着鉱ボーリング孔を中心に半径100mを鉱画として埋蔵鉱量を試算した。

#### i) 計算方法

##### ①品位分析と品位計算

ベクチミール第1鉱床と同様とした。

##### ② 鉱量計算対象鉱床部

ベクチミール第1鉱床と同様とした。

##### ③ 鉱画の範囲

ボーリングで捕捉した鉱床の半径 100 m までを鉱画の範囲とした。

##### ④鉱画毎の品位

ボーリングで確認した鉱床の品位を鉱床の厚さにより加重平均し、測線毎の鉱画品位とし、さらに鉱画全体の平均品位を算出した (Table II-3-9)。

##### ⑤鉱量

鉱画のイルメナイト鉱量算出は次式によった (Table I-5-2)。

$$V=S \times W \times C \times 1/1,000$$

V : イルメナイト鉱量 (t)

S : 鉱体の平面積 = 188,400m<sup>2</sup>

W : 鉱体の平均厚さ = 2.76 m

C : 鉱体の平均イルメナイト品位 = 130.05 kg/m<sup>3</sup>

$$V = 188,400 \times 2.76 \times 130.05 \times 1/1,000 = 67,600$$

#### ii) 計算結果

埋蔵鉱量試算の結果、今年度は第3鉱体南地区で埋蔵鉱量 0.52 百万 m<sup>3</sup>、イルメナイト品位 130.05 kg/m<sup>3</sup>、含有イルメナイト量 68 千 t、剥土比 9.7 を得た (Table II-3-9)。

### (2) ポテンシャル計算

古地形チャンネルで着鉱した各ボーリングが連続したと仮定して、極めて大胆にポテンシャル計算を行い、探鉱の指針を得るうえでの目安とすることができる。

#### i) 計算方法

##### ① 品位分析と品位計算

ベクチミール第1鉱床と同様とした。

##### ② 鉱量計算対象鉱床部

ベクチミール第1鉱床と同様とした。

##### ③ 鉱画の範囲

ボーリングで捕捉した鉱体延長部のボーリングで鉱床を確認できなかった場合は、中間点までを鉱画の範囲とした。ボーリングで捕捉した鉱床の延長部が未探鉱で閉じていない場合は、原則として鉱床捕捉ボーリングから 100 m までを鉱画の範囲とした(Fig.II-3-14)。鉱画の延長については予想される古地形チャンネルに拠った。

##### ④ 鉱画毎の品位

ボーリングで確認した鉱床の品位を鉱床の厚さにより加重平均し、測線毎の鉱画品位とし、さらに鉱画全体の平均品位を算出した (Table II-3-9)。

##### ⑤ 鉱量

鉱画のイルメナイト鉱量算出は次式によった (Table I-5-2)。

$$V = S \times W \times C \times 1/1,000$$

V : イルメナイト鉱量 (t)

S : 鉱体の平面積 = 1,370,600m<sup>2</sup>

W : 鉱体の平均厚さ = 2.76 m

C : 鉱体の平均イルメナイト品位 = 130.05 kg/m<sup>3</sup>

$$V = 1,370,600 \times 2.76 \times 130.05 \times 1/1,000 = 492,000$$

#### ii) 計算結果

埋蔵鉱量試算の結果、今年度は第3鉱体南地区でポテンシャル 3.8 百万 m<sup>3</sup>、イルメナイト品位 130.05 kg/m<sup>3</sup>、含有イルメナイト量 492 千 t、剥土比 9.7 を得た (Table II-3-11)。これは広い間隔のボーリング 6 孔のみでの極めて概算である。

### 3-3-6 重鉱物の鉱物学的記載

ベクチミール第一鉱床南地区のボーリング MJBK- 21 深度 41.0m と MJBK-29 深度 48.0m のイルメナイトを含む淡灰色砂層試料について、樹脂で固めたうえで研磨薄片を作成して顕微鏡観察を実施した。また TMK テストピット産イルメナイト精鉱をアイソダイナミック磁力分離機でベンチ角度 15° において、電流強度 0.1A 以下、0.10～.21A、

0.21A 以上で磁力選鉱分離して顕微鏡観察した。

ボーリング MJBK-21 深度 41.0m と MJBK-29 深度 48.0m のイルメナイトを含む淡灰色砂層試料は、鏡下では角礫状ないし亜角礫状、粒度 0.05~0.3mm の多量の石英とイルメナイト、微量のジルコン、長石からなり、これらの粒間を集片状の粘土鉱物が充填している。イルメナイトは自形ないし半自形で、粒子外縁や粒子内の割れ目に沿って、幅 5~15 $\mu$ m で明色に変色し細かい割れ目を伴う粗鬆組織に変質している部分が認められる(Appendix 2-9)。これらの部分は変質していない部分に比べて Fe が少なく Ti が多く含まれている。TMK テストピット産精鉱では、未変質部分は平均 TiO<sub>2</sub> 53.0%、FeO 45.8%、MnO 2.4%であるのに対して、変質部分では平均 TiO<sub>2</sub> 58.6%、FeO 35.3%、MnO 2.1%であった(Appendix 2-5)。また、イルメナイトの粉末 X 回折ではイルメナイトの明瞭な回折線の高角度側に結晶度の低いルチル(リュウコキシシ)と考えられる回折線を伴っている(Appendix 2-5)。このことから、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 が富化されたものと考えられる。

磁力選鉱で分離したイルメナイトのうち、強磁性を有するものは未変質イルメナイトが多く、弱磁性を有するものは変質し Ti をより多く含有する。

ベクチミール第一鉱床では、イルメナイトの EDX 半定量分析によれば、上流部に位置する TMK テストピットでは平均 TiO<sub>2</sub> が 49.5% と低いのが、下流部の MJBK-21 では平均 TiO<sub>2</sub> 52.7%、さらに下流部の MJBK-29 では TiO<sub>2</sub> 57.0% と品位が上昇する(Appendix 2-23)。

鉄鉱物・チタン鉱物は FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> 系に属する鉱物組成をなし、互いに固溶体および離溶体をなす。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 TiO<sub>2</sub> が少ないが、西豪州ケイペル(Capel)産のイルメナイトとほぼ同様な品質である(Fig. II-3-15)。日本における砂鉄成分(宮本, 1960)では、花崗岩に伴う酸性砂鉄はチタン鉱物が少なく、塩基性砂鉄はチタン分が多く含まれ、とくに現地残留砂鉄中にはチタン鉱物を主としたものがあったという。

イルメナイト粒度は -0.40+0.05mm の範囲で 92.0~98.8%、平均 96.3% が入り、モードは 0.2mm 程度で、第 1 年次とほぼ同様の粒度分布である。個別にみると 0.1mm 以上の粒度の粗いイルメナイトの割合は古地形チャンネルの谷部中央に多く、0.1mm 以下の細かいイルメナイトは谷部周辺部に多い(Fig. II-3-16)。これは流速の早い古地形チャンネル中央部では粗粒のイルメナイトが運搬され堆積するのに対し、流速の遅い岸部では細かいイルメナイトが堆積するためと考えられる。庄司(1971)では固有粒径 0.1~0.75mm では固有限界流速は、粒径の 1.5 乗に比例し、0.75~3.5mm では 1.0 乗に比例するとした。スミルノフ(1979)は碎屑物に対する固有限界流速の式を示し、固有限界流速よりも運搬の流速は 1.35 から 1.5 倍も早いとした。粒径 0.1mm の粒子では、河底での停

滞臨界流速は0.27m/sec.であり、0.25mmでは0.31m/sec.という目安が示されている。ベクチミール第一鉱床のTMKテストピットにおけるイルメナイトの粒径は0.3mm程度であり、南地区におけるイルメナイトの粒径のモードは0.2mm程度であるから、古地形チャンネルでは河底の流速は、TMKテストピット付近のような上流部では0.5m/sec.程度以上、下流部では0.45m/sec.程度以上だったと推定される。

### 3-4 まとめおよび考察

#### 3-4-1 鉱床および示徴

##### 1) ベクチミール第1鉱体南地区（精査地域）

第1鉱床の確認済みIII-C<sub>2</sub>鉱量鉱画の南側2.5 kmにわたって500 x 200 m のグリッドで6測線（34, 30, 26, 22, 18, 14測線），20孔，計1,033.0 mのボーリングを実施した。

34, 30測線については，鉱床西側はMJBK-19, MJBK-24の結果によって鉱層の厚さの劣化と品位低下を確認し，鉱床が閉じることが判明した。30, 26測線では，鉱体東側はMJBK-20, MJBK-25の結果によって鉱層の厚さの劣化と品位低下を確認し，鉱床が閉じることが判明した。MJBK-37（無鉱徴）によってイルメナイト濃集部の南限を確認し，鉱床延長方向がNEN-SWSからNW-SEに変化していくことが推定された。

鉱床は南側に行くに従って厚さが僅かに減少する傾向があり，被覆土の厚さが増加するものの，鉱床の幅が1000mにも増大し，容量が増大する傾向にあり，南東側方限界が未確認のままである。

カットオフ条件を鉱床の100 kg/m<sup>3</sup>以上，または2.0 m x 100 kg/m<sup>3</sup>以上とした場合，鉱量計算の結果，C<sub>2</sub>カテゴリーに相当する鉱量増分（鉱画IV-C<sub>2</sub>）は下記のとおりで，鉱量6.5百万 m<sup>3</sup>，イルメナイト量857千t，イルメナイト平均品位132 kg/m<sup>3</sup>，剥土比8.3であった。

また，第1年次確認済みIII-C<sub>2</sub>鉱量との第2年次の合計鉱量増分（鉱量鉱画III+IV-C<sub>2</sub>）は下記のとおりで，鉱量11.3百万 m<sup>3</sup>，イルメナイト量1,472千t，イルメナイト平均品位131 kg/m<sup>3</sup>，剥土比 7.26であった。

Table I-5-1 Ore Reserves Calculation of Category C<sub>2</sub> for the Southern Flank of Placer No.1

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thicknes m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness m	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
III-C <sub>2</sub>	909.0	5.51	5,008.59	123.95	620.81	29.64	26,942.8	5.4
IV-C <sub>2</sub>	1364.0	4.76	6,492.6	131.93	856.57	39.3	53,605.2	8.3
III+IV-C <sub>2</sub>	2,273.0	4.95	11,251.35	130.84	1,472.13	35.94	81,691.6	7.3

2) ベクチミール第3鉱床南（概査地域）

1G, 2G, 3G測線とこれに直交する114G, 116G測線において400 mないし600m 間隔25孔, 計903.5 mのボーリングを実施した。25孔のうち6孔でカットオフ品位100kg/m<sup>3</sup>以上のイルメナイト濃集部を確認した。

鉱床はアラル層基盤のN30° E方向の2本の平行な古地形チャンネル直上に堆積している。鉱床の幅は200m程度と推定され第1鉱床に比べて狭小である。ボーリングで捕捉された鉱床の厚さは1.5~4.4 m, イルメナイト品位は111~181 kg/m<sup>3</sup>であった。鉱床の被覆土の厚さは23~30mで, 南側即ち下流側に向かうに従って厚さが増す傾向が認められる。

100 kg/m<sup>3</sup>以上の品位を有するボーリング孔は6孔のみで鉱量計算に供するためには充分ではないが、ボーリング孔を中心に半径100mを鉱画として計算すれば、下記のとおりである。

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness, M	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
P <sub>1</sub>	188.4	2.76	512.0	130.05	67.6	26.7	5,011.4	9.7

しかし、古地形チャンネルで着鉱した各ボーリングが連続したとして、極めて大胆にポテンシャル計算を行えば、ポテンシャルは下記のとおりで、ポテンシャル3.8百万 m<sup>3</sup>, イルメナイト量493千t, イルメナイト平均品位130 kg/m<sup>3</sup>, 剥土比 9.7であった。

Table I-5-2 Ore Reserves Calculation of Category P<sub>1</sub> for the Southern Flank of Placer No.3

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness, M	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
I-P <sub>1</sub>	680.5	3.03	2,061.9	117.76	242.8	26.6	18,101.3	8.8
II-P <sub>1</sub>	690.1	2.50	1,725.2	144.76	249.7	26.8	18,494.7	10.7
Total	1,370.6	2.76	3,787.1	130.05	492.5	26.7	36,596.0	9.7

3) ベクチミール北地区（概査地域）

1 測線で1,000m間隔5孔, 計335.0mのボーリングを実施した。

イルメナイト濃集部は基盤直上のアラル層中に堆積しているものと、基盤風化殻の割れ目にもなうものがある。ボーリングで捕捉されたイルメナイト濃集部の厚さは1~7 m, イルメナイト品位は14~21 kg/m<sup>3</sup>であった。以上のようにイルメナイトの痕跡が認められたが、品位が低く広がり不明なため、鉱量計算を実施するに至らなかった。

### 3-4-2 重鉱物

イルメナイトを含む淡灰色砂層試料は、角礫状ないし亜角礫状の多量の石英とイルメナイト、微量のジルコン、長石からなり、これらの粒間を集片状の粘土鉱物が充填している。イルメナイト粒子外縁や粒子内の割れ目に沿って、リューコキシンを含むと推定される粗鬆な組織に変質している部分が認められ、変質していない部分に比べてFeが少なくTiが多く含まれている。磁力選鉱で分離したイルメナイトのうち、強磁性を有するものは未変質イルメナイトが多く、弱磁性を有するものは変質しTiをより多く含有する。ベクチミール第一鉱床では、上流部から下流部へ向かうほどTiO<sub>2</sub>品位が上昇する。このことから、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が富化されたものと考えられる。

イルメナイト粒度は-0.40+0.05mmの範囲で92.0~98.8%、平均96.3%が入り、モードは0.2mm程度である。個別にみると0.1mm以上の粒度の粗いイルメナイトの割合は古地形チャンネルの谷部中央に多く、0.1mm以下の細かいイルメナイトは谷部周辺部に多い。これは流速の早い古地形チャンネル中央部では粗粒のイルメナイトが運搬され堆積するのに対し、流速の遅い岸部では細かいイルメナイトが堆積するためと考えられる。古地形チャンネルでは河底の流速は、TMKテストピット付近のような上流部では0.5m/sec.程度以上、下流部では0.45m/sec.程度以上だったと推定される。

### 3-4-3 考察

#### (1) 鉱床胚胎チャンネル

調査地域の主要な弱線として、北東側をWNW-ESE方向のバラジャルスキイ断層、南西側を南テレクチンスキイ断層があり、これらの間ではNEN-SWS方向の割れ目がプレオブラゼンスキイ複合岩体および先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線に沿って白亜紀後期の熱帯湿潤気候下で風化剝削が進行し、古地形チャンネルが形成されたと考えられる。古地形チャンネルは丘陵部ではNEN-SWS方向が卓越するが、平野部でWNW-ESE方向のバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくとNW-SE方向の割れ目が卓越するために、NW-SE方向に変化するものと推定される。

したがって、ベクチミール第1鉱床延長の調査を始めとする、平野部でのイルメナイト漂砂鉱床調査では、古地形チャンネルがNW-SE方向に急変することを考慮すべきである。

#### (2) 鉱床の経済性

##### ① イルメナイト品位と剥土比

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

きるかどうかの指標（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2年次に獲得した鉱床部分のみでは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 <sup>3</sup>	Maximum economical stripping ratio m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
100	2.58
110	3.90
120	5.21
130	6.56
<b>131.93</b>	<b>8.25</b>
140	7.87
150	9.21

しかし、第1年次に獲得した鉱床部分と併せて鉱量計算すれば、指標に対して、下表のとおり、ほぼ経済的に採掘可能な鉱量となる。

Average content of ilmenite kg/m <sup>3</sup>	Maximum economical stripping ratio m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
100	2.58
110	3.90
120	5.21
130	6.56
<b>130.84</b>	<b>7.26</b>
140	7.87
150	9.21

さらに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TiO<sub>2</sub>品位が上昇する傾向があること、また鉱床延長方向は古地形チャンネルに沿って南東に曲がるのが推定され、品位の高い部分の延長部分を抽出して、さらにボーリング調査したうえで、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

イルメナイト粒度は-0.40+0.05mmの範囲で92.0～98.8%、平均96.3%が入り、モードは0.2mm程度で、第1年次とほぼ同様である。イルメナイトの品質は下記のとおりで、国際規格(吉田, 1992)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。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TiO<sub>2</sub>が少ないが、西豪州ケイペル産のイルメナイトとほぼ同様な品質である。



Element	TiO <sub>2</sub> (%)	FeO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
Assay result	48.48～51.25	7.98～26.52	1.41～2.24	0.01～0.025	0.02～0.038	0.185～0.242
Average	50.31	18.01	1.80	0.02	0.03	0.21
International Trading Standard	≥ 54	≥ 28	≤ 1.5	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.1

スリランカ鉍砂輸出公団(Sri Lanka Mineral Sands Corp.)の保証品位

Element	TiO <sub>2</sub> (%)	FeO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
Grade	≥ 53	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≤ 1	≤ 1	≤ 0.05		

マレーシア産イルメナイト精鉍（低品位）標準品位

Element	TiO <sub>2</sub> (%)	FeO* (%)
Grade	≥ 50	≥ 30

\* 硫酸法による酸化チタンの製造にはFeOを適量(28～32%)含んでいる方が好ましく、FeOが少ないとペナルティーとなる。

Table II-3-1 Quantity of Drilling Works, Core Recovery and Efficiency of Drilling in the Kokpetinskaya Area

Hole No.	Drilling length (m)	Legth of casing pipes (m)	Core recovery (%)	Efficiency		Ratio of drilling work (%)						
				m/shift	m/hr	Drilling	Outdrilling	Recovery from accident	Preparation	Dismount/Mobilization	Transportation of water	Others
MJBK-18	30.00	7.00	100.0	4.62	1.25	31.5	39.5	-	7.9	5.3	15.8	-
MJBK-19	44.00	8.00	100.0	44.00	4.89	45.0	15.0	-	10.0	10.0	20.0	-
MJBK-20	37.00	9.00	100.0	12.33	2.64	35.0	30.0	-	5.0	10.0	20.0	-
MJBK-21	43.00	11.00	100.0	4.53	1.08	38.5	25.0	9.6	3.8	7.7	15.4	-
MJBK-22	65.00	9.00 16.00	100.0	5.20	1.33	34.5	37.4	3.5	2.1	7.0	15.5	-
MJBK-23	60.00	6.00 10.00	100.0	2.45	1.30	20.3	28.8	31.4	1.8	3.5	14.2	-
MJBK-24	58.00	9.00	100.0	6.11	1.61	34.6	29.8	9.6	3.9	6.7	15.4	-
MJBK-25	43.00	8.00 10.00	100.0	6.62	1.26	44.7	26.3	-	7.9	5.3	15.8	-
MJBK-26	50.00	8.00 9.00	100.0	6.66	1.47	39.5	30.2	-	4.7	9.3	16.3	-
MJBK-27	50.00	7.00 9.00	100.0	5.26	1.09	43.4	23.6	1.9	7.5	6.6	17.0	-
MJBK-28	54.00	6.00 8.00	100.0	6.00	1.64	36.2	16.5	26.4	4.4	4.4	12.1	-
MJBK-29	58.00	8.00 8.00	100.0	7.25	1.81	36.4	21.6	12.5	4.5	6.8	18.2	-
MJBK-30	60.00	8.00 8.00	100.0	5.22	1.20	41.0	19.7	16.3	3.3	4.9	14.8	-
MJBK-31	51.00	7.00 10.00	100.0	4.86	1.00	44.0	28.4	-	3.5	6.9	17.2	-
MJBK-32	58.00	8.00 8.00	100.0	7.53	1.87	36.0	24.4	11.6	4.7	7.0	16.3	-
MJBK-33	53.00	9.00 9.00	100.0	5.89	1.26	43.7	27.1	-	4.2	8.3	16.7	-
MJBK-34	60.00	7.00 9.00	100.0	3.24	1.20	25.8	19.6	30.9	3.1	3.1	17.5	-
MJBK-35	60.00	10.00	100.0	6.32	2.00	30.0	47.0	-	4.0	7.0	12.0	-
MJBK-36	51.00	7.00	100.0	7.29	2.43	14.6	25.7	-	45.1	3.5	11.1	-
MJBK-37	48.00	10.00	100.0	9.60	2.00	40.0	26.7	-	8.3	5.0	20.0	-
MJBKS-1	40.00	7.00	100.0	32.00	4.44	45.0	15.0	-	10.0	10.0	20.0	-
MJBKS-2	40.50	10.00	100.0	32.40	4.50	45.0	15.0	-	10.0	10.0	20.0	-
MJBKS-3	35.00	12.00	100.0	28.00	3.89	45.0	15.0	-	10.0	10.0	20.0	-
MJBKS-4	31.00	16.00	100.0	24.80	3.10	50.0	15.0	-	5.0	10.0	20.0	-
MJBKS-5	32.00	12.00	100.0	25.60	4.71	35.0	15.0	-	15.0	15.0	20.0	-
MJBKS-6	42.00	0.00	100.0	24.00	5.25	33.4	20.8	-	8.3	20.8	16.7	-
MJBKS-7	33.00	12.00	100.0	26.40	3.67	45.0	15.0	-	10.0	10.0	20.0	-
MJBKS-8	30.50	12.00	100.0	24.40	3.81	40.0	15.0	-	10.0	15.0	20.0	-
MJBKS-9	29.00	11.00	100.0	14.50	2.90	15.6	60.9	-	4.7	12.5	6.3	-
MJBKS-10	25.00	11.00	100.0	7.69	2.50	25.0	40.0	-	5.0	10.0	20.0	-
MJBKS-11	35.00	10.00	100.0	28.00	3.89	45.0	15.0	-	10.0	10.0	20.0	-
MJBKS-12	39.00	9.00	100.0	14.18	3.25	37.5	31.3	-	6.3	12.5	12.5	-
MJBKS-13	34.00	10.00	100.0	2.62	1.79	17.0	17.0	-	57.1	1.8	7.1	-
MJBKS-14	37.00	9.00	100.0	29.60	4.63	40.0	15.0	-	10.0	15.0	20.0	-
MJBKS-15	33.00	7.00	100.0	10.50	3.30	25.0	40.0	-	5.0	10.0	20.0	-
MJBKS-16	45.00	9.00	100.0	20.00	3.75	40.0	20.0	-	6.7	13.3	20.0	-
MJBKS-17	40.00	9.00	100.0	17.78	3.33	40.0	20.0	-	6.7	13.3	20.0	-
MJBKS-18	40.50	9.00	100.0	16.20	2.53	16.3	4.1	-	69.4	4.1	6.1	-
MJBKS-19	35.00	9.00	100.0	8.50	5.00	43.8	18.7	-	12.5	25.0	0.0	-
MJBKS-20	43.00	7.00	100.0	24.57	5.38	33.3	25.0	-	8.3	16.7	16.7	-
MJBKS-21	37.00	7.00	100.0	24.67	4.63	33.3	25.0	-	8.3	16.7	16.7	-
MJBKS-22	32.00	8.00	100.0	32.00	4.57	35.0	15.0	-	10.0	20.0	20.0	-
MJBKS-23	40.00	8.00	100.0	22.86	4.44	37.5	20.8	-	8.3	16.7	16.7	-
MJBKS-24	41.00	9.00	100.0	23.43	4.56	37.5	20.8	-	8.3	16.7	16.7	-
MJBKS-25	34.00	7.40	100.0	22.67	4.25	33.3	25.0	-	8.3	16.7	16.7	-
MJBKN-1	67.00	7.00	100.0	15.76	3.72	36.0	28.0	-	8.0	8.0	20.0	-
MJBKN-2	70.00	0.00	100.0	16.47	3.50	40.0	32.0	-	4.0	4.0	20.0	-
MJBKN-3	68.00	5.00	100.0	10.07	1.89	47.4	21.0	-	5.3	10.5	15.8	-
MJBKN-4	60.00	4.00	100.0	18.46	3.75	42.1	28.9	-	5.3	7.9	15.8	-
MJBKN-5	70.00	10.50	100.0	17.50	2.80	44.6	26.8	-	3.6	10.7	14.3	-
Total	2271.50	283.90	5,000	776.61	148.06	1818.3	1218.4	153.7	489.1	501.2	819.4	-
Average by each hole	45.43	5.68	100.0	15.53	2.96	36.4	24.4	3.1	9.8	10.0	16.4	-



Table II -3-3 Results of Drilling Survey by Each Machine in the Kokpetinskaya Area

Content of work		Quantity of working shift	Total workers				Contents of work							Consumable materials				
			Engineer			worker	Transport	Carrying	Preparation	Waiting for material	Recovery from accident	Dismount	Other	Total	Gasoline	Diesel oil	Lubricating oil	Grease
			Japnaese	Operator	Geologist													
Detailed survey (No.1 machine)																		
Travel	Tokyo-Almaty-Samarskaya		5										0.0					
Preparation	2001. 7. 2~2001. 7. 6	15	2	4	2	10	8.0	6.0	108.0				122.0	20	250	20	5	
Holiday													0.0					
Dismount	2001. 8. 31~2001. 8. 31	4.05	2	1		8						70.0	70.0	10	300	15	10	
Travel	2001. 9. 1~2000. 9. 9		10										0.0					
Total	2001. 7. 2~2001. 8. 31	19.05	19.0	5.0	2.0	18.0	8.0	6.0	108.0	0.0	82.0	70.0	192.0	30	550	35	15	
Detailed survey (No.2 machine)																		
Travel	Tokyo-Almaty-Samarskaya												0.0					
Preparation	2001. 7. 2~2001. 7. 6	8.75	5	2	1	12	10.0	2.0	100.0				112.0	10	130	10	5	
Holyday													0.0					
Dismount	2001. 8. 25~2001. 8. 25	6	1	1		7						50.0	50.0	9	250	15	8	
Travel	2001. 8. 26~2000. 9. 4		10										0.0					
Total	2001. 7. 2~2001. 8. 25	14.75	16.0	3.0	1.0	19.0	10.0	2.0	100.0	0.0	141.0	50.0	162.0	19	380	25	13	
General survey (No. 3 machine)																		
Travel	Tokyo-Almaty-Samarskaya		5										0.0					
Preparation	2001. 7. 2~2001. 7. 6	35.75	5	3	1	8	9.0	1.0	132.0				142.0	15	280	20	10	
Holyday													0.0					
Dismount	2001. 8. 25~2001. 8. 25	11	1	3	1	10						112.0	112.0	10	300	25	15	
Travel	2001. 8. 26~2000. 9. 4		10										0.0					
Total	2001. 7. 2~2001. 8. 25	46.75	21.0	6.0	2.0	18.0	9.0	1.0	132.0	0.0	0.0	112.0	254.0	25	580	45	25	
Total		80.55	56.0	14.0	5.0	55.0	27.0	9.0	340.0	0.0	223.0	232.0	608.0	74	1,510	105	53	

Table II-3-4 General Results of the Drilling Works in the Kokpetinskaya Area

Drilling machine		NO.1 machine		NO.2 machine	NO.3 machine			Total	Description	
District		South of Placer No.1	South of Placer No.3	South of Placer No.1	South of Placer No.1	South of Placer No.3	North of Bektemir			
Number of holes		10.6	1	8.4	1	24	5	50		
Length of drilling (m)		564.50	34.00	419.00	49.50	869.50	335.00	2271.50		
Ave. length of drillholes (m)		53.25	34.00	49.88	49.50	36.23	67.00	45.43		
Survey days	Period	2001. 7. 9	2001. 7. 2	2001. 7. 2	2001. 7.15	2001. 7. 2	2001. 8.12	2001. 7. 2		
		2001. 8.31	2001. 7. 8	2001. 8.25	2001. 7.16	2001. 8.11	2001. 8.25	2001. 8.31		
	Drilling days	46.625	2.25	44.975	1.25	21.75	11.125	127.975		
	Other days	7	4.25	9.525	0.625	16.0	2.875	40.275	Travel, transport, preparation and dismount	
	Holidays	—	—	—	—	—	—	—		
	Total days	53.625	6.5	54.5	1.875	37.750	14	168.25		
Workers	Local staff	Engineer	263	39	279	12	169.5	60	822.5	
		Worker	535	70	545	20	366.25	145	1681.25	
		Geologist	51	1	54	4	41	12	163	
		Total	849	110	878	36	576.75	217	2666.75	
	Japanese staff	41	4	45	3	25	15	88		
Efficiency of drilling days (m/day·machine)		12.11	15.11	9.32	39.60	39.98	30.11	17.75		
Efficiency of survey days (m/day·machine)		10.53	5.23	7.69	26.40	23.03	23.93	13.50		

Table II-3-5 Consumable Drilling Articles in the Kokpetinskaya Area

Item	Unit	Quantity	Average		Note
Tricone bit (4")	pcs	21	9.21 m/pc	1.05 pcs/hole	
Metal bit (φ 92mm)	pcs	64	12.52 m/pc	2.06 pcs/hole	
Metal bit (φ 190mm)	pcs	84	11.41 m/pc	4.00 pcs/hole	
Shoe(φ 270mm)	pcs	54	3.30 m/pc	2.57 pcs/hole	
Shoe(φ 200mm)	pcs	28	3.14 m/pc	3.11 pcs/hole	
Shoe(φ 133mm)	pcs	34	7.79 m/pc	1.21 pcs/hole	
Deisel oil	liters	50,465	22.22 l/m	1009.30 l/hole	
Gasoline	liters	5,280	2.32 l/m	105.60 l/hole	
Lubricating oil	liters	576	0.25 l/m	11.52 l/hole	
Grease	kg	372	0.16 l/m	7.44 l/hole	
Bentonite	bags*	1,428	0.63 bags/m	28.56 bags/hole	
Total amount of water	m <sup>3</sup>	1,449	0.64 m <sup>3</sup> /m	28.98 m <sup>3</sup> /hole	

\*1bag=25kg

**Table II -3-6 Major Mineralization Zones Revealed by Drillings on the Southern flank of Placer No.1**

Hole No.	Depth (m)	Width (m)	Ilmenite content (kg/m <sup>3</sup> )	Zircon content (kg/m <sup>3</sup> )	Remarks
MJBK-18	25.00~28.50	3.50	215.79	3.46	
MJBK-19	28.00~29.60	1.60	23.44	0.50	
	35.80~36.90	1.10	20.52	0.58	
MJBK-20	31.00~34.20	3.20	55.82	0.89	
MJBK-21	37.50~41.20	3.70	105.41	1.76	
MJBK-22	37.80~42.80	5.00	190.68	3.15	
MJBK-23	38.10~40.00	1.90	167.40	2.73	
MJBK-24	40.80~42.10	1.30	119.46	2.10	
MJBK-25	37.00~38.50	1.50	50.04	1.86	
MJBK-26	38.00~40.50	2.50	110.48	2.17	
MJBK-27	39.00~44.50	5.50	94.37	1.71	
MJBK-28	43.50~48.50	5.00	121.01	2.22	
MJBK-29	43.00~48.00	5.00	117.70	2.05	
MJBK-30	40.50~43.50	3.00	200.25	2.84	
MJBK-31	46.00~49.50	3.50	131.62	2.10	
MJBK-32	53.00~58.00	5.00	98.13	1.55	
MJBK-33	41.00~51.00	10.00	132.95	1.52	
MJBK-34	42.00~45.40	3.40	162.39	2.26	
MJBK-35	43.00~44.80	1.80	201.71	3.40	
MJBK-36	41.00~50.30	9.30	111.84	1.58	

**Table II -3-7 Major Mineralization Zones Revealed by Drillings on the Southern flank of Placer No.3**

Hole No.	Depth (m)	Width (m)	Ilmenite content (kg/m <sup>3</sup> )	Zircon content (kg/m <sup>3</sup> )	Remarks
MJBKS-1	20.00~25.00	5.00	4.04	0.13	
MJBKS-7	24.80~28.00	3.20	113.33	3.26	
MJBKS-11	23.00~25.00	2.00	112.42	2.60	
MJBKS-13	30.50~32.00	1.50	117.36	2.35	
MJBKS-14	24.00~25.00	1.00	4.02	0.06	
MJBKS-16	29.50~33.10	3.60	180.70	3.87	
MJBKS-17	33.10~33.30	0.30	180.00	4.11	
MJBKS-18	22.00~22.80	0.80	15.95	0.61	
MJBKS-24	24.00~25.00	1.00	2.88	0.11	
MJBKS-25	27.50~29.50	2.00	3.20	0.04	



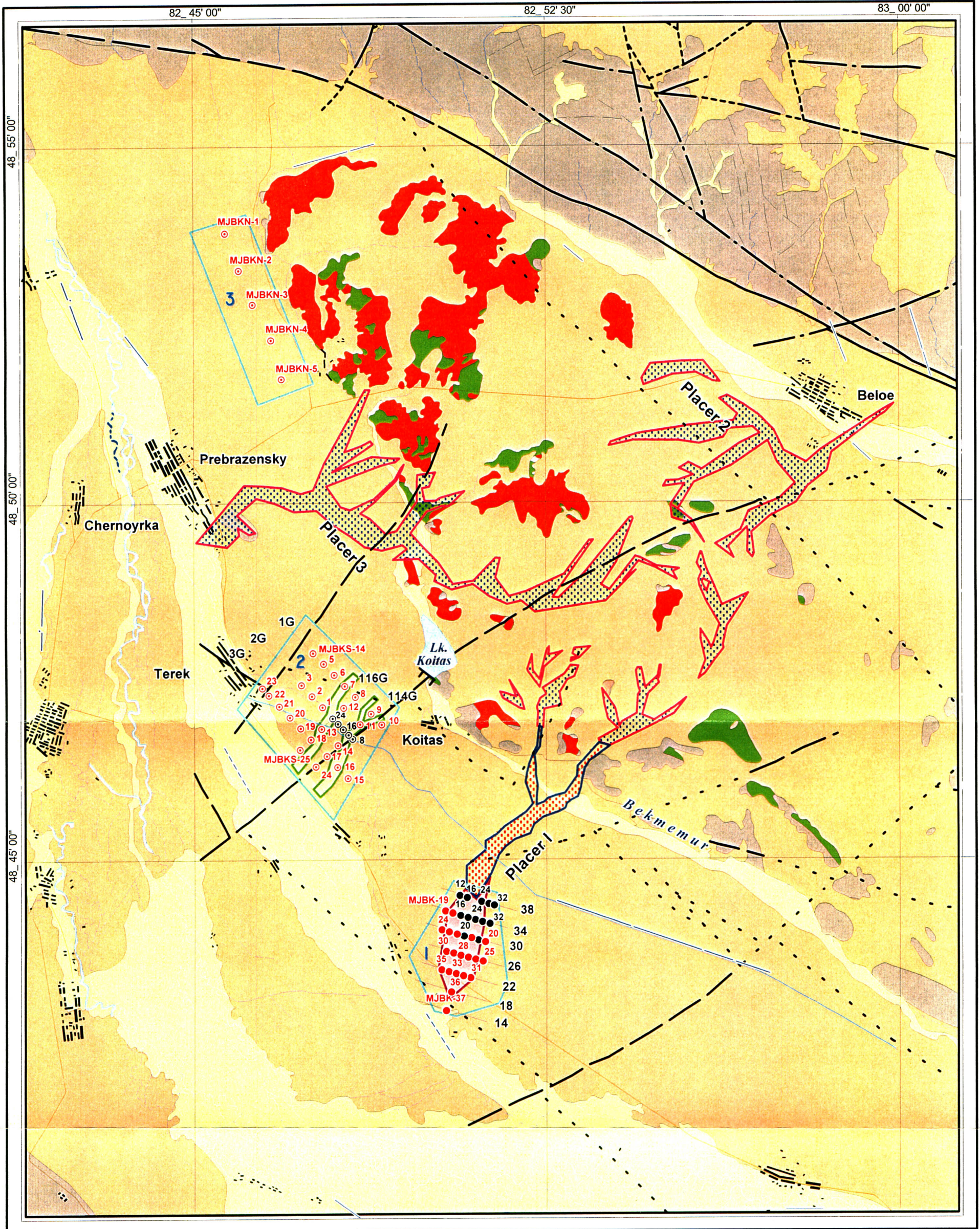
**Table II-3-8 Ilmenite content, Ore Sands and Overburden Thickness  
at the Southern Flank of Placer No1 in block IV -C<sub>2</sub>**

No.	Profiles No.	Hole No.	Thickness m.		Average ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Thickness x ilmenite, 4x6
			Ore sands	Overburden		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	34	MJBK-18	3.5	25.0	215.79	755.26
2	34	MJBK-19	5.6	29.0	119.36	668.42
3	30	MJBK-23	1.9	38.1	167.40	318.06
4	30	MJBK-22	5.0	37.8	190.68	953.40
5	30	MJBK-17	7.0	36.0	105.41	737.87
6	30	MJBK-21	3.7	37.5	128.45	475.26
7	30	MJBK-16	5.0	34.0	114.46	572.30
8	26	MJBK-30	3.0	40.5	200.25	600.75
9	26	MJBK-29	5.0	43.0	117.70	588.50
10	26	MJBK-28	5.0	43.5	121.01	605.05
11	26	MJBK-27	5.5	39.0	94.37	519.04
12	26	MJBK-26	2.5	38.0	110.48	276.20
13	22	MJBK-35	1.8	43.0	201.71	363.08
14	22	MJBK-34	3.4	42.0	162.39	552.13
15	22	MJBK-33	10.0	41.0	132.95	1329.50
16	22	MJBK-32	5.0	53.0	98.13	490.65
17	22	MJBK-31	3.5	46.0	131.62	460.67
18	18	MJBK-36	9.3	41.0	111.84	1040.11
<b>Total:</b>			<b>85.7</b>	<b>707.4</b>		<b>11306.25</b>
<b>Average:</b>			<b>4.76</b>	<b>39.3</b>	<b>131.93</b>	

**Table II-3-9 Ilmenite content. Ore Sands and Overburden Thickness on blocks of estimated reserves on Southern flank of Placer No3.**

No	Profiles No	Holes No	Thickness. m		Average ilmenite content kg/m <sup>3</sup>	Thickness x ilmenite. 4x6
			Ore sands	Overburden		
1	2	3	4	5	6	7
<b>Block I – P<sub>1</sub></b>						
1	1r	MJBKS-7	3.2	24.8	113.33	362.66
2	2r	MJBK-15	4.4	24.5	121.11	532.88
3	116r	MJBKS-13	1.5	30.5	117.36	176.04
<b>Total:</b>			<b>9.1</b>	<b>79.8</b>		<b>1071.58</b>
<b>Average:</b>			<b>3.03</b>	<b>26.6</b>	<b>117.76</b>	
<b>Block II – P<sub>1</sub></b>						
1	114r	MJBKS-11	2.0	23.0	112.42	224.84
2	2r	MJBK-12	1.9	28.0	110.72	210.37
3	3r	MJBKS-16	3.6	29.5	180.70	650.52
<b>Total:</b>			<b>7.5</b>	<b>80.5</b>		<b>1085.73</b>
<b>Average:</b>			<b>2.50</b>	<b>26.8</b>	<b>144.76</b>	

Scale: 1 : 100000



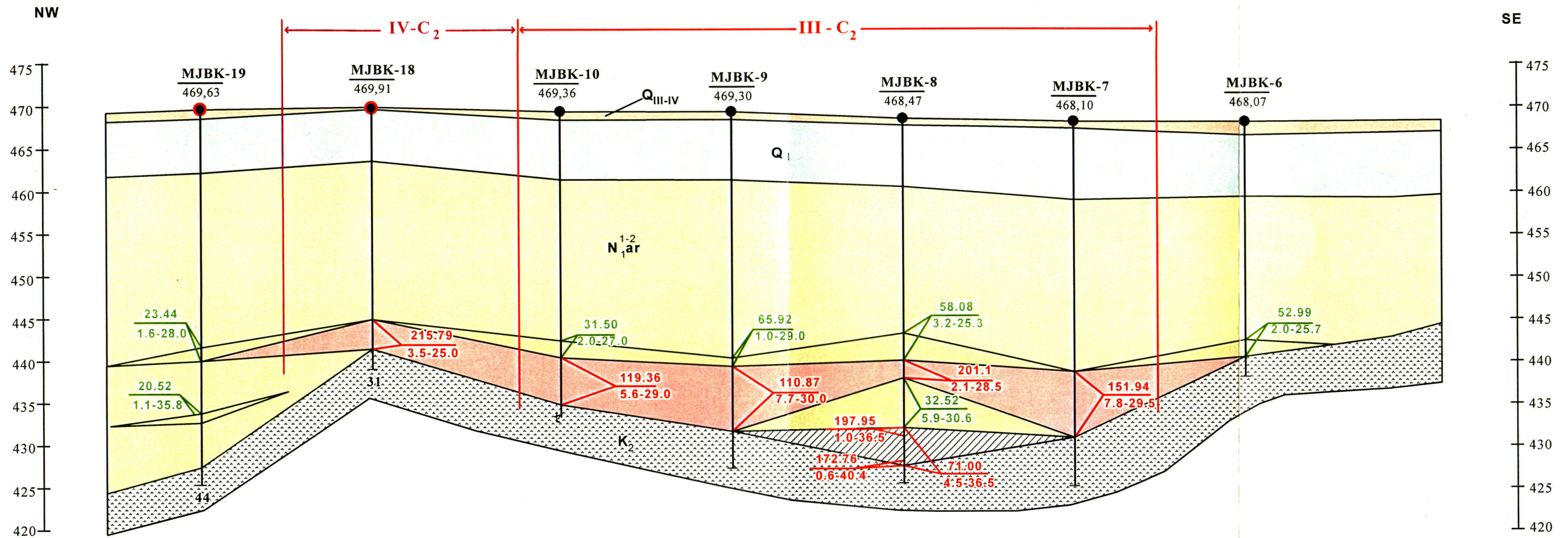
**LEGEND**

- |   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| <b>Quaternary:</b>  | <b>Intrusive Rocks</b>          | increased reserves of category C2 in 2000-2001                    |
| Modern  | Granitoid                       | Expected reserves of Category P1 on results of works in 2000-2001 |
| Middle - Modern   | gabbroid                        | a) ● b) ● Percussion drilled holes in<br>) _ 2000 _ ; ) _ 2001 _  |
| <b>Carboniferous:</b>   | <b>Area of planning work</b>    | a) ○ b) ○ Rotary drilled holes in<br>a) 2000.; b) 2001            |
| Low - High  | <b>1</b> South of Bektimir No.1 |   |
| Proppeded ore by geological prospecting and estimating works                    | <b>2</b> South of Bektimir No.3 |   |
| Approved Reserves of Category B+C1+C2 by State Commite of Reserves (02.02.1999) | <b>3</b> North of Bektimir      |   |

Fig.II-3-1 Location Map of the Drillholes in the Bektimir No.1 South , No.3 South, and Bektimir North Areas

— 115 ~ 116 —

Scale: Horizontal 1:5000  
Vertical 1:500



LEGEND

- |   |                                       |                                  |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|
| Q <sub>III-IV</sub> Soil and loam with rock fragments | Ore body                              | Boundary and number of ore block |
| Q <sub>1</sub> sand-pebble-gravel deposits            | Ore without including in ore reserves |                                  |
| N <sub>1-2ar</sub> Clay, Sandy clay                   | Uneconomical ore (ore zone)           | Drill hole                       |
| K <sub>2</sub> Crust of weathering                    |                                       | a) 2000 ; b) 2001                |
|   |                                       | Number of hole                   |
|   |                                       | Sea level (m)                    |
|   |                                       | Depth of hole                    |
- MJBK-1 469,30 a) 42  
 MJBK-18 469,63 b) 44
- Numerator: Average content of ilmenite (kg/m<sup>3</sup>)  
 Denominator: Thickness of ore(m) - Thickness of overburden  
 Example:  $\frac{151.94}{7.8-29.5}$

Fig. II-3-2 Geological Section along MJBK-6,7,8,9,10,18,19(Line-34)

Scale: Horizontal 1 : 5000  
Vertical 1 : 500

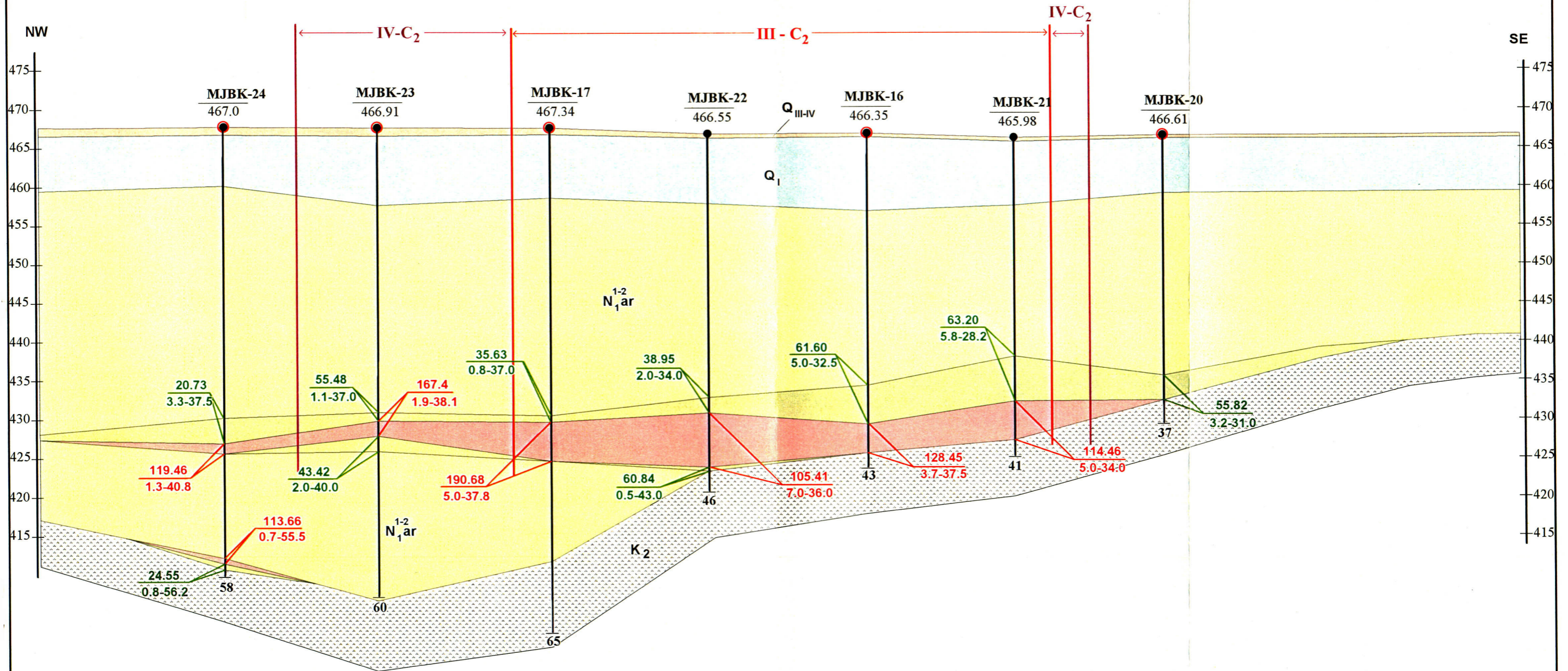


Fig.II-3-3 Geological Section along MJBK-20, 16, 21, 17, 22, 23 and 24 (Line-30)

Scale: Horizontal 1:5000  
Vertical 1:500

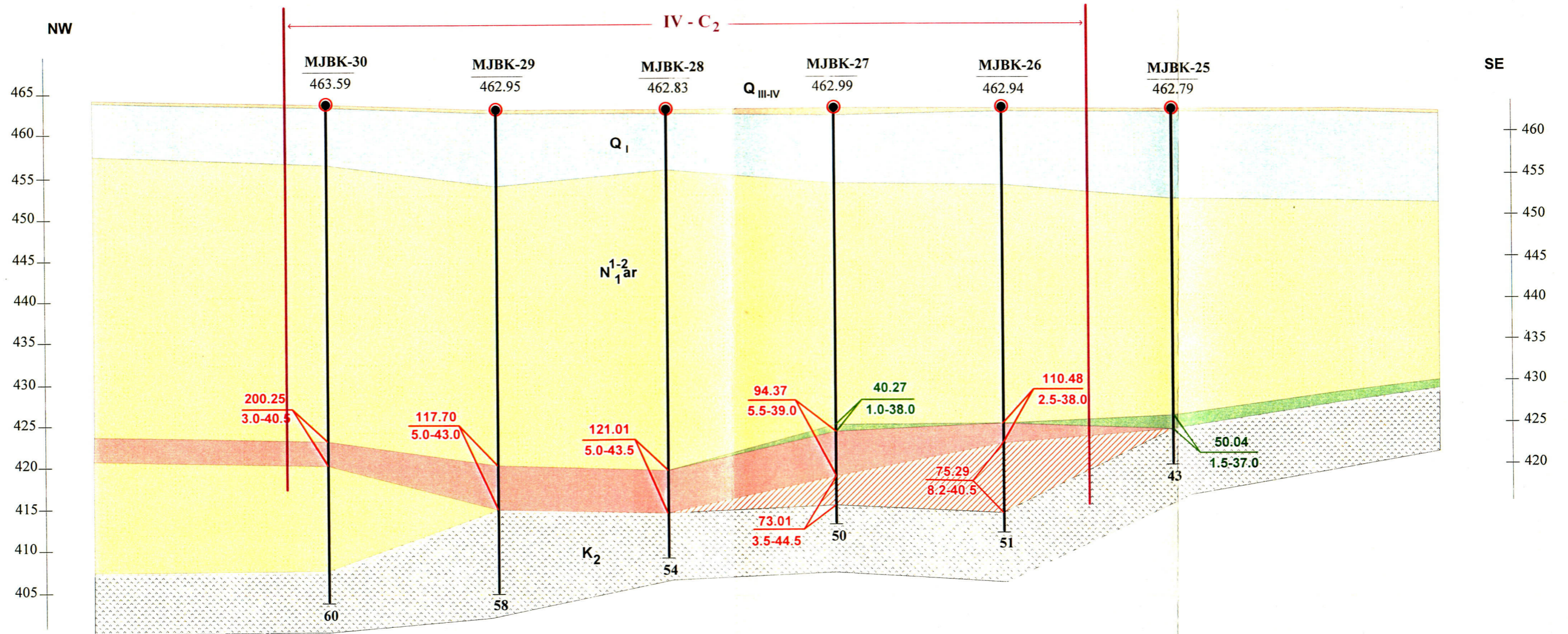


Fig.II-3-4 Geological Section along MJBK-25, 26, 27, 28, 29 and 30(Line-26)

Scale: Horizontal 1 : 5000  
Vertical 1 : 500

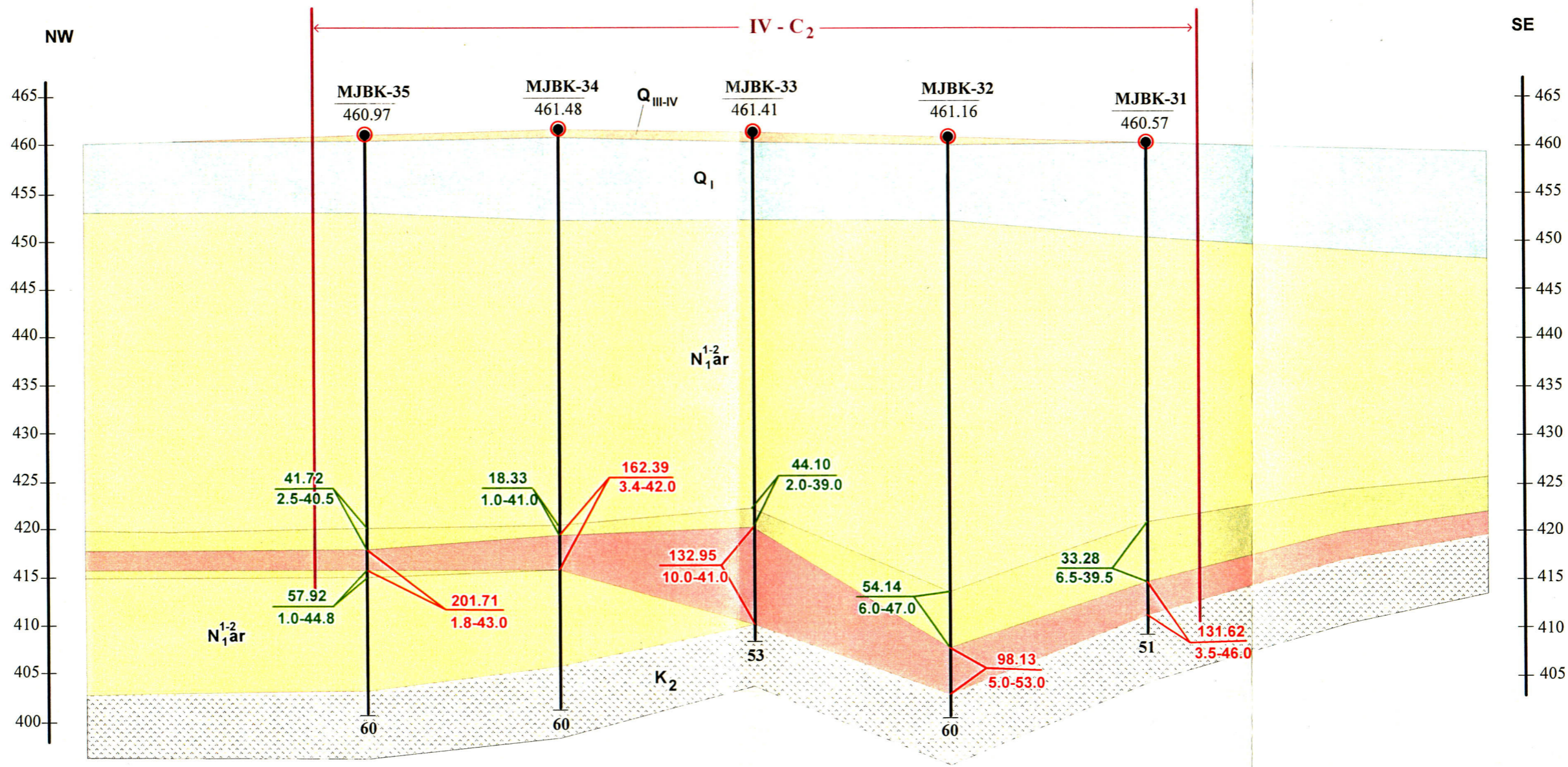


Fig.II-3-5 Geologic Section along MJBK-31, 32, 33, 34 and 35 (Line-22)

Scale: Horizontal 1 : 10000  
Vertical 1 : 500

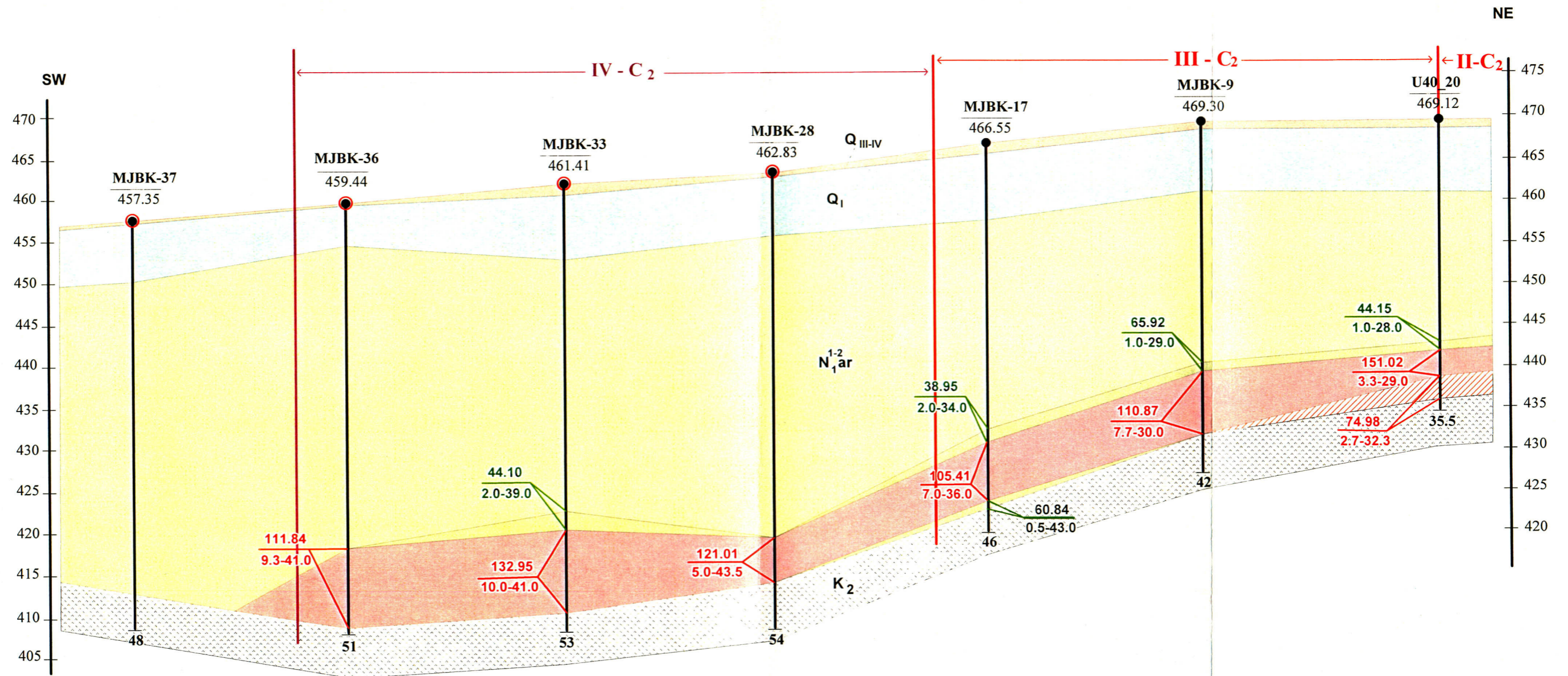
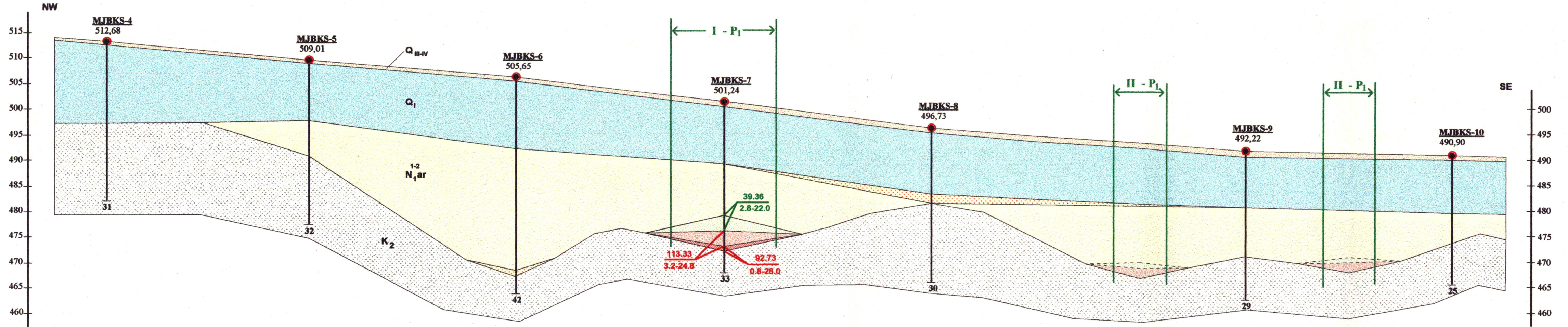


Fig.II-3-6 Geological Section along U40-20, MJBK-9, 17, 28, 33, 36 and 37



Scale: Horizontal 1:5000  
Scale 1:500



LEGEND

$Q_{III-IV}$  Soil and loam with rock fragment

$Q_1$  Sand-pebble-gravel deposits

a) b)  
 $N_{1ar}$  a) Clay  
b) Sandy clay

$K_2$  Crust of weathering

Ore body

Ore without including in ore estimation

Uneconomical ore (ore zone)

$\leftarrow I - P_1 \rightarrow$

Expected resources of P1 category and number of blocks

MJBK-15 491,96  
a) 34,5  
MJBKS-2 501,24  
b) 33

Drilled holes  
a) in 2000 ; b) in 2001.  
Number of hole

Depth of hole(m)

$\frac{113.33}{3.2-24.8}$  Numerator: Average content of ilmenite (kg/m<sup>3</sup>)  
Denominator: Thickness of ore(m) - Thickness of overburden (m)

Fig.II-3-7 Geological Cross Section along Line-1G

Scale: Horizontal 1:5000  
Vertical 1:500

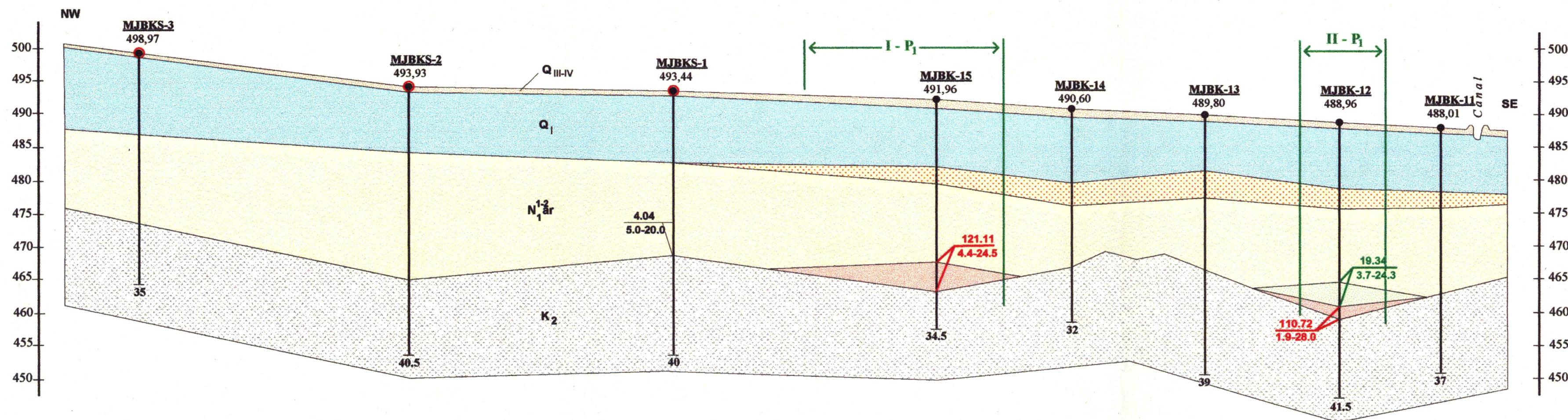


Fig.II-3-8 Geological Cross Section along Line-2G

Scale: Horizontal 1:5000  
Vertical 1:500

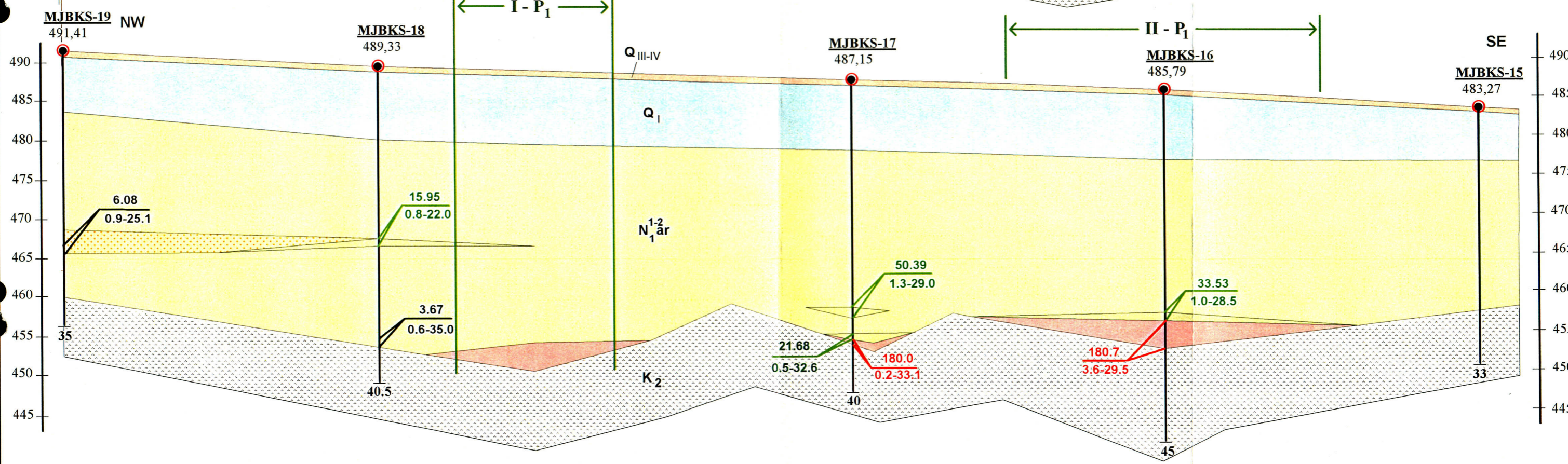
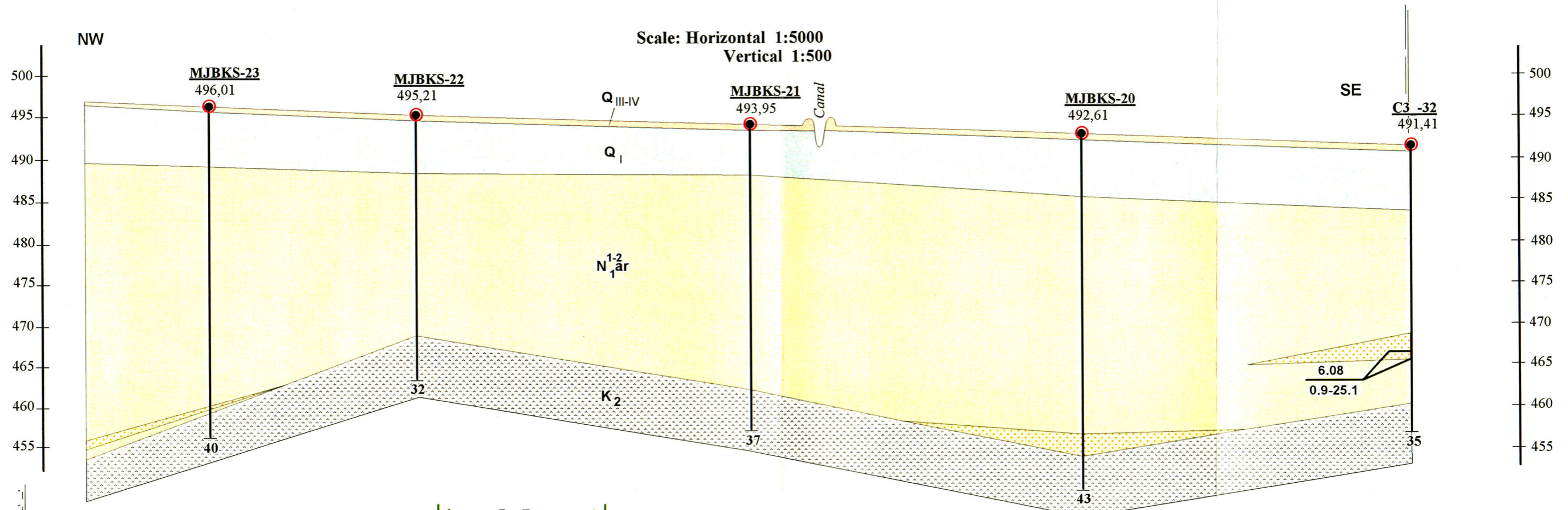


Fig.II-3-9 Geological Cross Section along Line-3G

Scale: Horizontal 1:5000  
Vertical 1:500

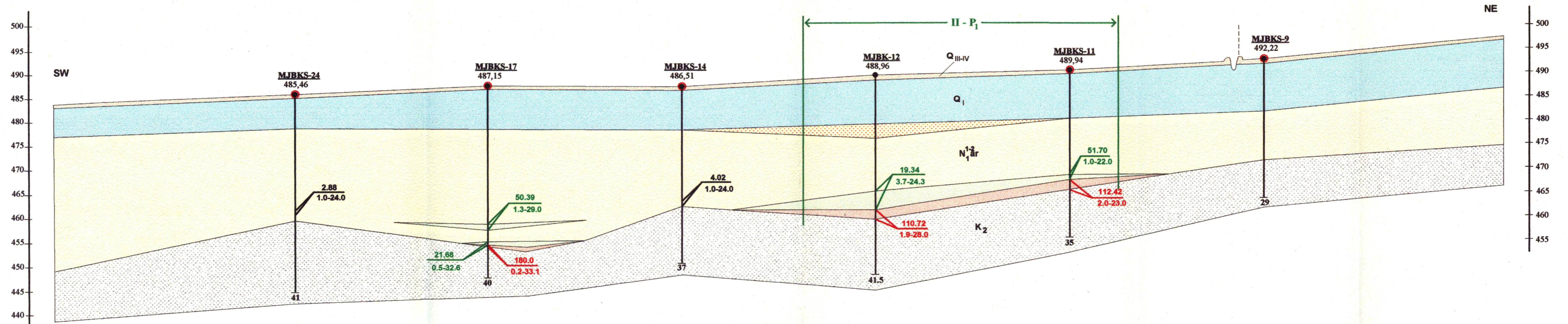


Fig.II-3-10 Geologic Cross Section along Line-114G

Scale: Horizontal 1:5000  
Vertical 1:500

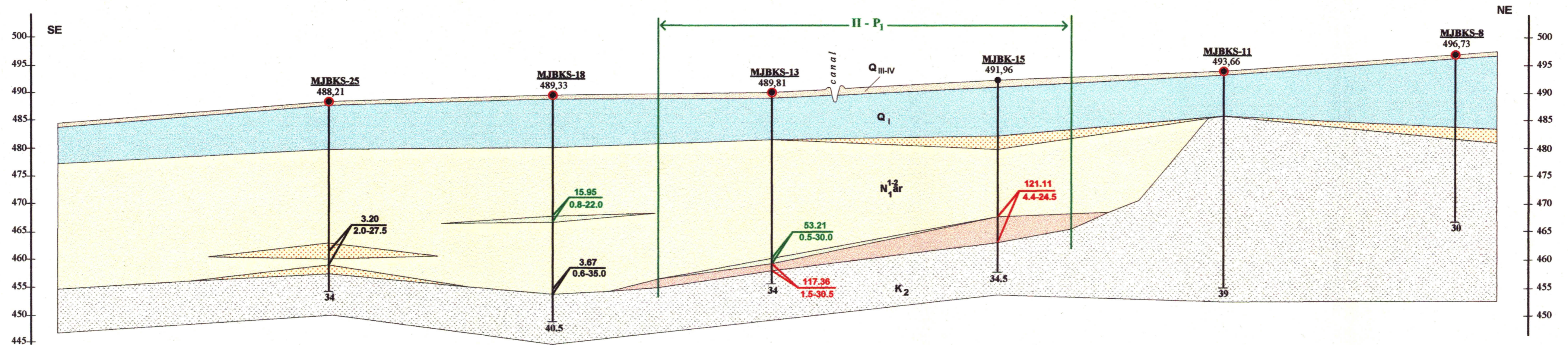
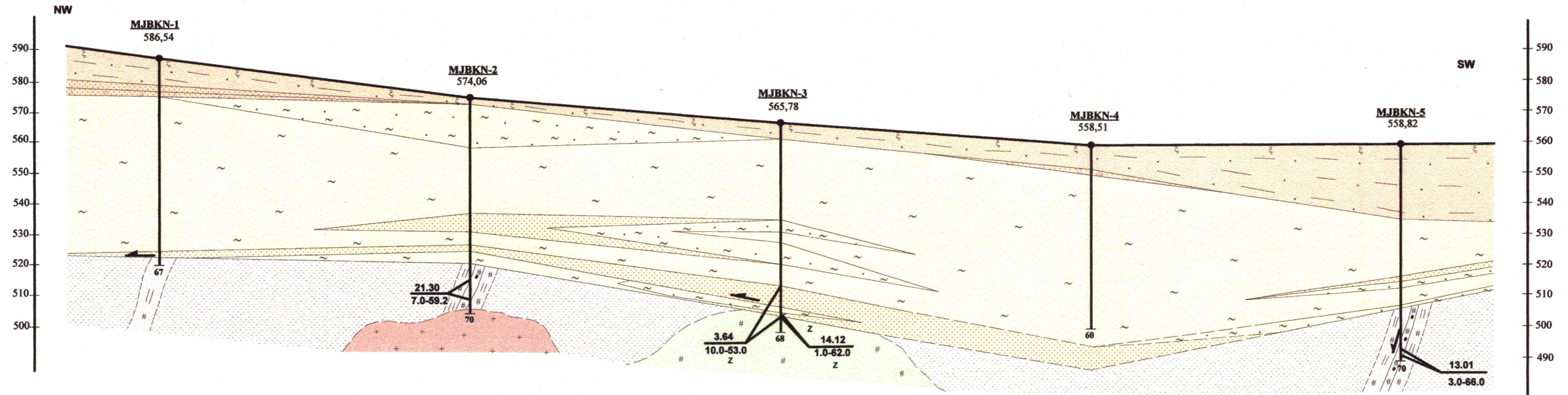


Fig.II-3-11 Geological Section along Line-116G

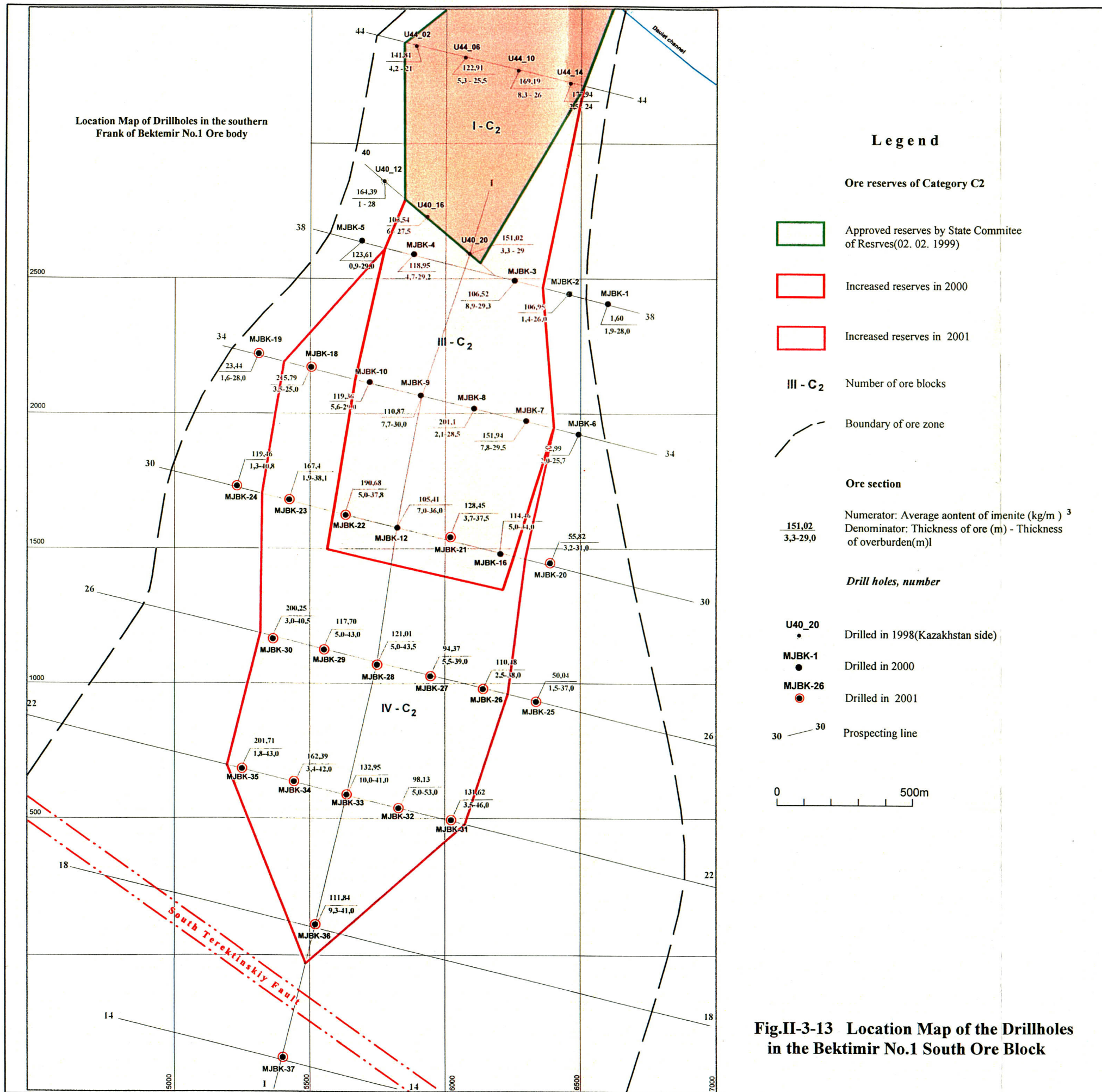
Scale: Horizontal 1 : 10 000  
Vertical 1 : 1000

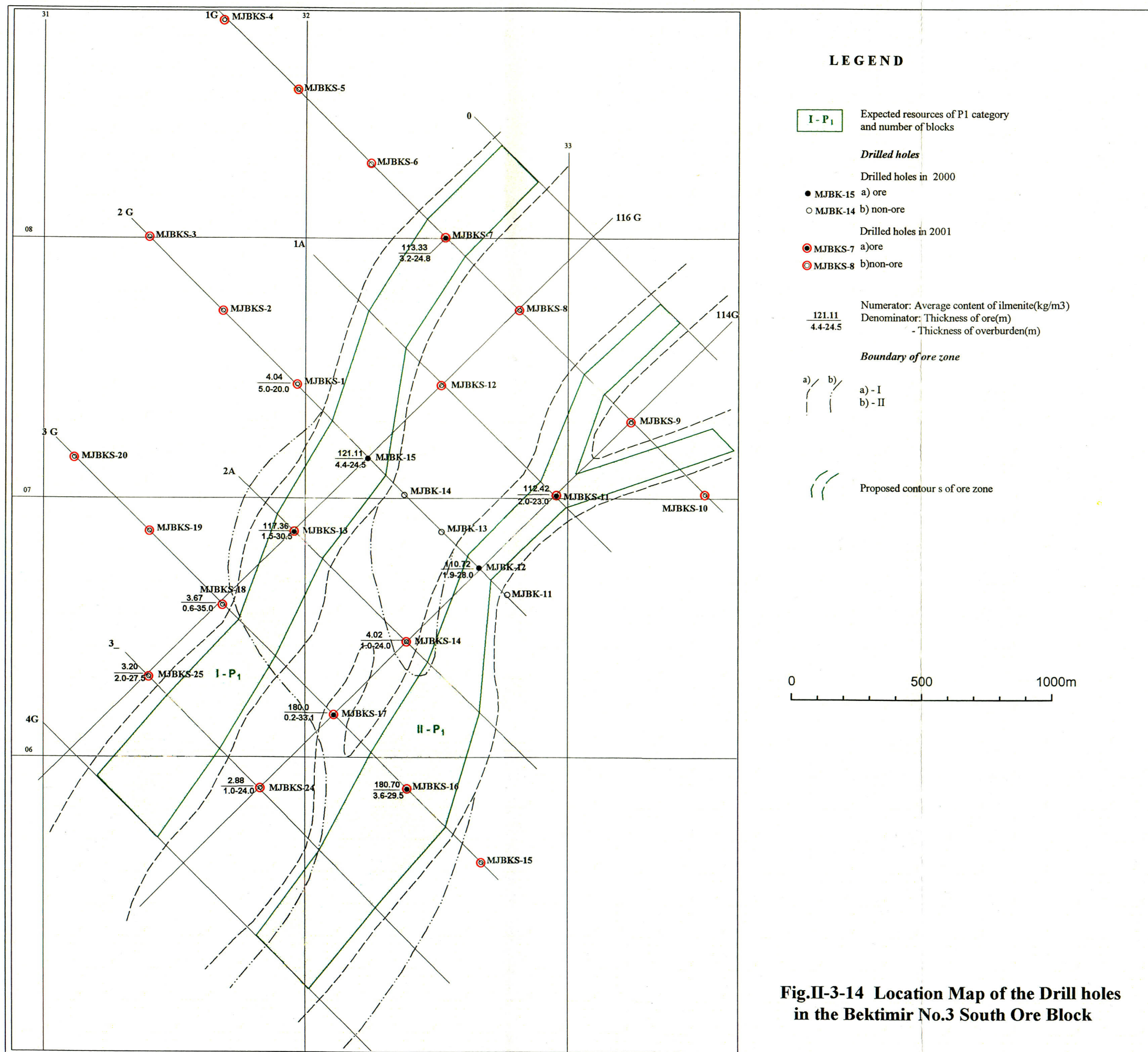


**LEGEND**

Quaternary		NEOGENE Aral formation (N <sup>2</sup> ar)		Carboniferous		Intrusive Rock	
	Soil-plant bed loam		Clay		Crust of Weathering of siltstones		Granitoids
	Sand, clayey sand		Sandy clay		Crust of Weathering of sandstones		
	Sand-gravel deposits		sand, clayey sand		Crust of Weathering of diabase		Numerator: Average content of ilmenite(kg/m <sup>3</sup> ), Denominator: Thickness of ore(m) - Thickness of overburden
	Sand-pebble deposits				Crust of Weathering of intrusive rock		Layering orientation by axes of core

**Fig.II-3-12 Geological Section along MJBKN-1, 2, 3, 4 and 5**





**Fig.II-3-14 Location Map of the Drill holes in the Bektimir No.3 South Ore Block**



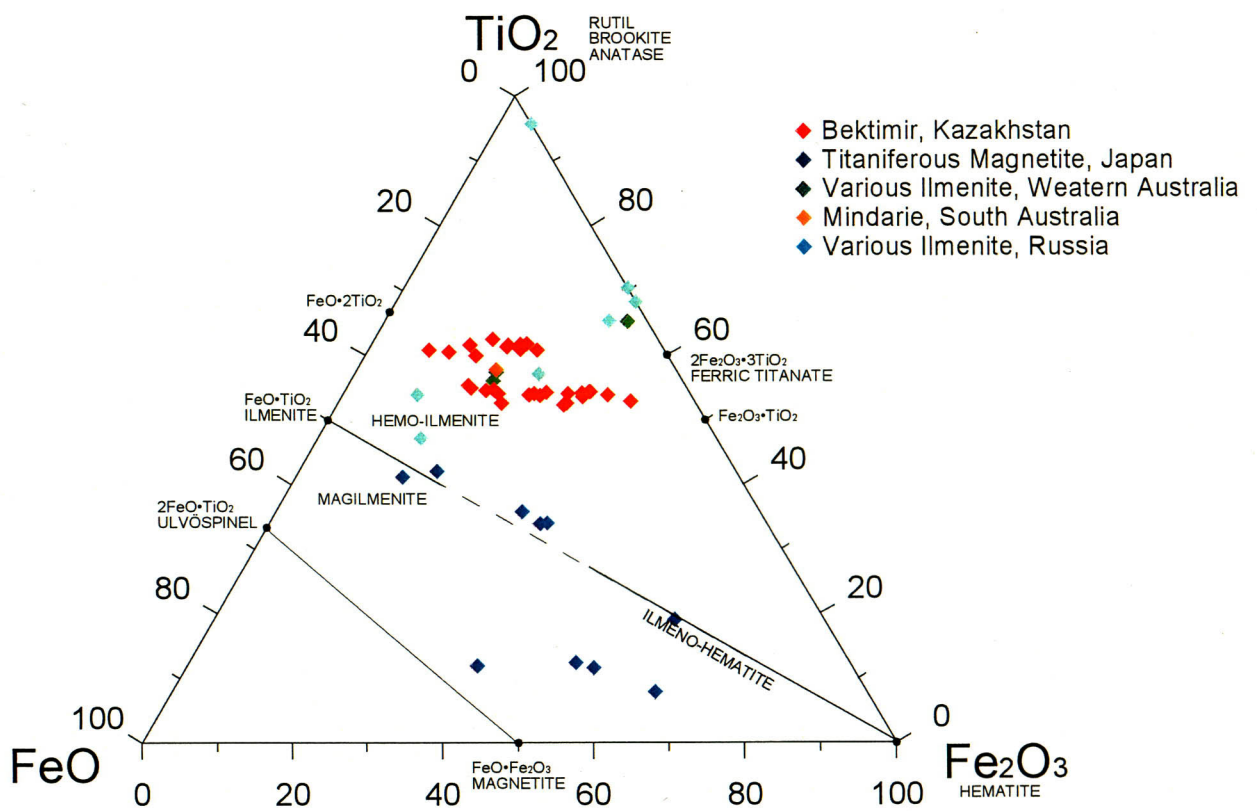


Fig.II-3-15 TiO<sub>2</sub>-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Diagram of Ilmenite

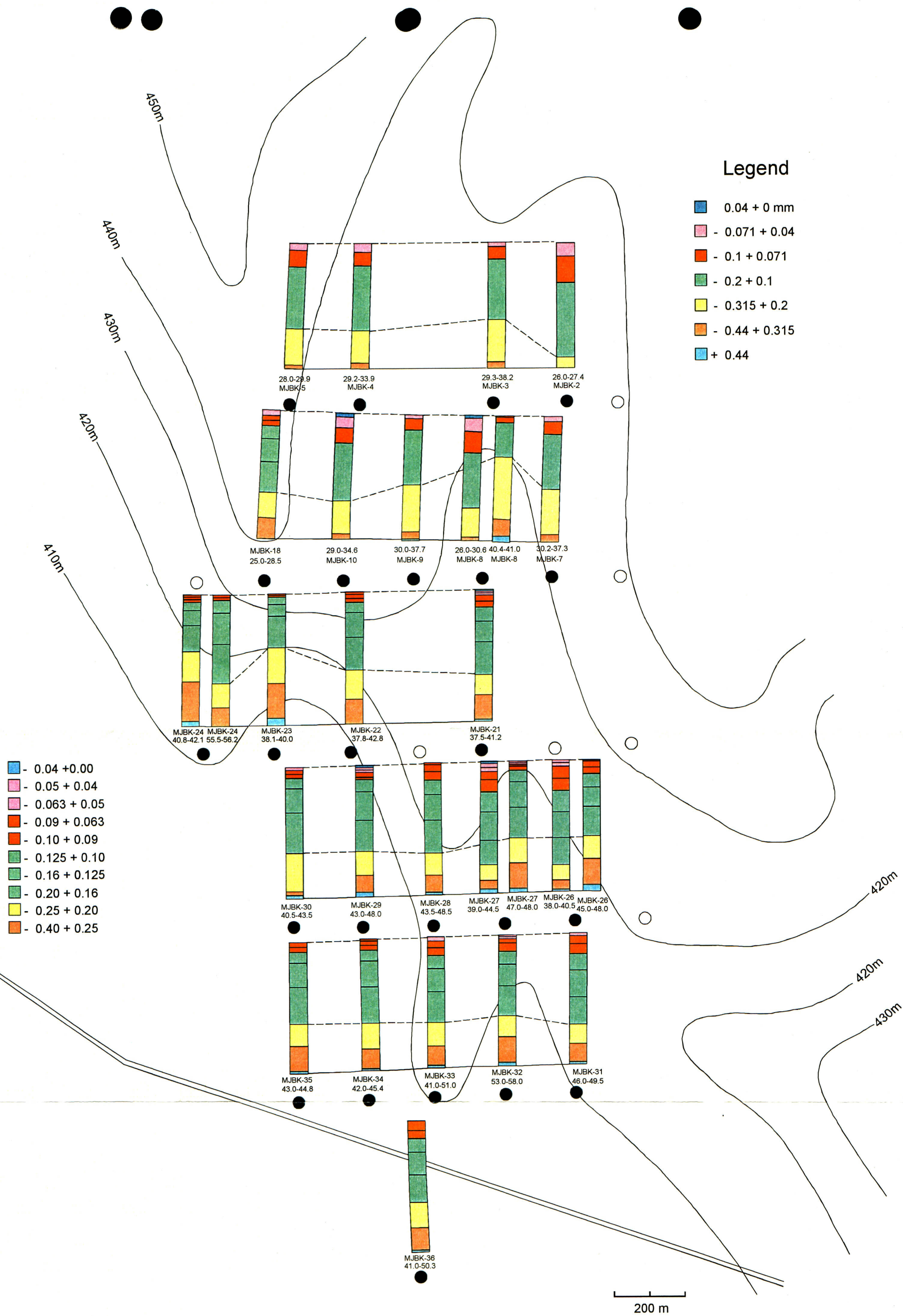


Fig. 11-3-16 Grainmetric Distribution of Ilmenite of Bektimir No.1 Deposit

### 第 III 部 結論及び将来への提言

# 第1章 結 論

## 1-1 地質調査

### 1) 地質

本地域の層序は、先花崗岩質岩類（石炭紀層）とこれに貫入する花崗岩質岩類、これらを不整合に被覆する新生代第三紀アラル層、さらにこれらを不整合に被覆する第四紀層からなる。第三紀アラル層の基盤には広く風化殻が発達する。

#### (1) 先花崗岩質岩類

石炭紀の堆積岩類（頁岩、砂岩、礫岩）、火山砕屑岩類、溶岩類（安山岩、ヒン岩）からなり、調査地域には、コクペクティ（Kokpekti）層、ブコン（Bukon）層、マイティアブ（Maityab）層が分布する。火山砕屑岩類、溶岩類は固結指数が18以上、分化指数が50以下で、不透明鉱物として磁鉄鉱を1%以上含む。

#### (2) 花崗岩質岩類

上部二畳紀から中部ジュラ紀にかけて貫入したとされるプレオブラゼンスキイ複合岩体が分布する。複合岩体はイルメナイト系花崗岩質岩で、 $\text{TiO}_2$ を1%以下しか含有しない花崗岩質岩類はI-タイプ/S-タイプの領域付近におち、 $\text{TiO}_2$ を1%以上含有する花崗岩質岩類はI-タイプの領域におちる。

化学成分から花崗岩とモンゾニ岩－閃緑岩とに区分される。

花崗岩はプレオブラゼンスキイ岩体の大部分を占め、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ に富み $\Sigma\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ に乏しく、固結指数が3以下で、分化指数が80以上で、 $\text{TiO}_2$ 1%以下しか含まない。モンゾニ岩－閃緑岩はプレオブラゼンスキイ岩体の中央部付近に部分的に分布し、逆に $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ に乏しく $\Sigma\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ に富み、固結指数が10以上、分化指数が60以下で、 $\text{TiO}_2$ 1%以上を含む。マグマの結晶分化作用が進むほど $\text{TiO}_2$ が乏しくなるといえる。

レアアース・パターンは、 $\text{TiO}_2$ 1%以下を含有する花崗岩類がほぼ直線型となるのに対し、 $\text{TiO}_2$ 1%以上を含有するモンゾニ岩－閃緑岩類ではEuで凹となる折線型となるなど、微量成分の上でも花崗岩とモンゾニ岩－閃緑岩は明瞭に区分される。

花崗岩質岩類中の不透明鉱物モード比は花崗岩で0.7%以下、モンゾニ岩－閃緑岩で1%以上である。不透明鉱物はイルメナイト(Ti 35%)、含チタン磁鉄鉱(Ti 1.5~14%)、磁鉄鉱(Ti 0%)であり、帯磁率 $1 \times 10^{-3}\text{S.I.U}$ 以上を示す花崗岩質岩類にはイルメナイトよりも磁鉄鉱や含チタン磁鉄鉱が多く含まれる。帯磁率 $1 \times 10^{-3}\text{S.I.U}$ 以上を示す岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体内北西部に分布する。

#### (3) 基盤風化殻

石炭紀の堆積岩類，火山岩類，貫入岩類上に厚さ 10～20 m で発達する粘土質風化残留物で、新第三紀アラル層および第四紀層に被覆される。著しいカオリン、イライト、スメクタイト化を蒙っている。基盤風化殻は上部白亜紀末(1 億 4000 万年前)における湿潤温暖気候のもとで化学的風化作用によって形成された。

#### (4) 第三紀アラル層

先花崗岩質岩類および貫入岩類あるいはその風化殻を不整合で被覆し，第四紀層に不整合に被覆され、厚さ 20～50m である。本層は石英、カオリン、スメクタイト、少量のイライトからなる粘土，砂質粘土，粘土質砂からなり，稀に礫層を挟在する。本層下部あるいは下部に近い部位に挟在する砂質粘土～粘土質砂にイルメナイト漂砂鉱床を胚胎する。

#### (5) 第四紀層

新第三紀アラル層あるいは直接に先花崗岩質岩類および貫入岩類を不整合に覆う，厚さ 5～10m の洪積世の砂礫，ローム，粘土と現世の河床堆積物からなる。

### 2) 地質構造

調査地域は北東側を WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ (Baladzhalskiy) 断層，南西側を南テレクチンスキイ (South Terektinskiy)断層で境され，これらの中間のベクチミルスカヤ (Bektimirskaya)地壘状背斜にプレオブラゼンスキイ複合岩体が貫入している。

NEN-SWS 方向の割れ目がプレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類の石炭紀層を切る。これらの弱線に沿って一部のイルメナイト砂鉱体を胚胎する古地形チャンネルが形成されたと考えられる。古地形チャンネルは，WNW-ESE 方向のバラジャルスキイ断層および南テレクチンスキイ断層に近づくと NW-SE 方向の割れ目が卓越するために，NW-SE 方向に変化する。既知のイルメナイト漂砂鉱床はすべて古地形チャンネル内に胚胎している。

第三紀アラル層はほぼ水平な地層で，プレオブラゼンスキイ複合岩体及び先花崗岩質岩類を被覆する。

第四紀層はほぼ水平な地層で，第三紀アラル層を被覆する。現世河川は第三紀アラル層基盤の古地形チャンネルに比較的重複した位置に存在する。

#### 3) 鉱床

鉱床はイルメナイト漂砂鉱床で，重量比でイルメナイトの 1/60 程度の微量のジルコンを伴う。ベクチミール地区ではベクチミール No.1，No.2 および No.3 鉱床が知られている。

イルメナイト漂砂鉱床は，古地形チャンネルにおいて，第三紀アラル層下部層の砂質粘土，粘土質砂中に胚胎する。ベクチミール鉱床のイルメナイトは，プレオブ

ラゼンスキイ複合岩体の花崗岩質岩質岩類のうち、マグマの結晶分化作用が進んでいないモンゾニ岩－閃緑岩で、かつ帯磁率の低い岩体に由来したと考えられる。イルメナイトは風化、離脱、濃集の過程で粒子外縁と割れ目沿いの FeO が溶脱され TiO<sub>2</sub> が富化されている。

## 1-2 ボーリング調査

### 1) 第1 鉱床南（精査地域）

第1 鉱床の確認済み III-C<sub>2</sub> 鉱量鉱画の南側 2.5 km にわたって 500 x 200 m のグリッドで6 測線（34, 30, 26, 22, 18, 14 測線），20 孔，計 1033.0 m のボーリングを実施した。

鉱床は NEN-SWS 方向のアラル層基盤の幅広い古地形チャンネルに胚胎する。東部では基盤直上に堆積し，西部では一部がアラル層中の下部に挟在する。ボーリングで捕捉された鉱床の厚さは 1.8～10.0 m，イルメナイト品位は 94～216 kg/m<sup>3</sup>であった。鉱床の被覆土の厚さは 25～53m である。

34, 30 測線で鉱床西側，30, 26 測線では鉱床東側がイルメナイト濃集部の厚さの劣化と品位低下により閉じることが判明した。14 測線では MJBK-37（無鉱徴）によってイルメナイト濃集部の南限を確認し，鉱床延長方向が NEN-SWS から NW-SE に変化していることが推定された。

鉱床は南側に行くに従って厚さが僅かに減少する傾向があり，被覆土の厚さが増加するものの，鉱床の幅が 1000m にも増大し，容量が増大する傾向にあり，南東側方限界が未確認のままである。カットオフ条件を鉱床の上盤 70 kg/m<sup>3</sup>，下盤 100 kg/m<sup>3</sup> 以上，または 2.0 m x 100 kg/m<sup>3</sup> 以上とした場合，鉱量計算の結果，C<sub>2</sub> カテゴリーに相当する鉱量増分は下記のとおりで，鉱量 6.5 百万 m<sup>3</sup>，イルメナイト量 857 千 t，イルメナイト平均品位 132 kg/m<sup>3</sup>，剥土比 8.3 であった。

また、第1 年次確認済み III-C<sub>2</sub> 鉱量との第2 年次の合計鉱量増分（鉱量鉱画 III+IV-C<sub>2</sub>）は下記のとおりで，鉱量 11.3 百万 m<sup>3</sup>，イルメナイト量 1,472 千 t，イルメナイト平均品位 131 kg/m<sup>3</sup>，剥土比 7.26 であった

Table I-5-1 Ore Reserves Calculation of Category C<sub>2</sub> for the Southern Flank of Placer No.1

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness m	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
III-C <sub>2</sub>	909.0	5.51	5,008.59	123.95	620.81	29.64	26,942.8	5.4
IV-C <sub>2</sub>	<b>1364.0</b>	<b>4.76</b>	<b>6,492.6</b>	<b>131.93</b>	<b>856.57</b>	<b>39.3</b>	<b>53,605.2</b>	<b>8.3</b>
III+IV-C <sub>2</sub>	<b>2,273.0</b>	<b>4.95</b>	<b>11,251.35</b>	<b>130.84</b>	<b>1,472.13</b>	<b>35.94</b>	<b>81,691.6</b>	<b>7.3</b>

2) 第3 鉱床南（概査地域）

1G, 2G, 3G 測線とこれに直交する 114G, 116G 測線において 400 m 間隔 25 孔、計 903.5 m のボーリングを実施した。25 孔のうち 6 孔でカットオフ品位以上 100kg/m<sup>3</sup> のイルメナイト濃集部を確認した。

鉱床はアラル層基盤の N30° E 方向の 2 本の平行な古地形チャンネル直上に堆積している。鉱床の幅は 200m 程度で第 1 鉱床に比べて狭小である。ボーリングで捕捉された鉱体の厚さは 1.5～4.4 m、イルメナイト品位は 111～181 kg/m<sup>3</sup> であった。鉱床の被覆土の厚さは 23～30m で、南側に行くに従って厚さが増す傾向が認められる。

100 kg/m<sup>3</sup> 以上の品位を有するボーリング孔は 6 孔のみで鉱量計算に供するためには充分ではないが、ボーリング孔を中心に半径 100m を鉱画として計算すれば、下記のとおりである。

Table I-5-2 Ore Reserves Calculation of Category P<sub>1</sub> for the Southern Flank of Placer No.3

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness, M	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
P <sub>1</sub>	188.4	2.76	512.0	130.05	67.6	26.7	5,011.4	9.7

しかし、古地形チャンネルで着鉱した各ボーリングが連続したと仮定して、極めて大胆にポテンシャル計算を行えば、ポテンシャルは下記のとおりで、鉱量 3.8 百万 m<sup>3</sup>、イルメナイト量 493 千 t、イルメナイト平均品位 130 kg/m<sup>3</sup>、剥土比 9.7 となる。

Table I-5-2 Ore Reserves Calculation of Category P<sub>1</sub> for the Southern Flank of Placer No.3

Block No	Block area 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	Ore bed thickness m.	Ore sands reserves 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Ilmenite content, kg/m <sup>3</sup>	Ilmenite reserves 10 <sup>3</sup> t	Overburden thickness, m	Overburden volume 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Stripping ratio, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
I-P <sub>1</sub>	680.5	3.03	2,061.9	117.76	242.8	26.6	18,101.3	8.8
II-P <sub>1</sub>	690.1	2.50	1,725.2	144.76	249.7	26.8	18,494.7	10.7
Total	1,370.6	2.76	3,787.1	130.05	492.5	26.7	36,596.0	9.7

3) ベクチミール北地区（概査地域）

1 測線で 1,000m 間隔 5 孔、計 335.0m のボーリングを実施した。

ボーリングで捕捉されたイルメナイト濃集部の厚さは 1～7 m、イルメナイト品位は 14～21 kg/m<sup>3</sup> でイルメナイトの痕跡が認められたが、品位が低く広がり不明な

ため、鉍量計算を実施するに至らなかった。

### 1-3 物性計測

調査地域の各地質単元の比抵抗値と帯磁率を実測し、空中電磁探査解析のための基礎資料とするとともに、基盤岩類の帯磁率を測定し、プレオブラゼンスキイ岩体の花崗岩質岩類の定量的な岩石分類を行うために、各地質単元の比抵抗、帯磁率、放射能強度を測定した。

#### (1) 先花崗岩質岩類

堆積岩類（頁岩，砂岩，礫岩）の帯磁率は平均  $0.33 \times 10^{-3}$  S.I.U.，火山砕屑岩類，溶岩類（安山岩，ヒン岩）の帯磁率は平均  $8.3 \times 10^{-3}$  S.I.U. で、含まれる磁鉄鉍の量により変化する。

#### (2) 花崗岩質岩類

比抵抗は平均  $6500 \Omega \text{ m}$  で非常に高い値を示す。帯磁率は平均  $2.4 \times 10^{-3}$  S.I.U. で岩相および含まれる不透明鉍物の種類（イルメナイト，含チタン磁鉄鉍，磁鉄鉍）と量により変化する。帯磁率  $1 \times 10^{-3}$  (S.I.U.) 以上を示す岩体はプレオブラゼンスキイ複合岩体内北西部に分布する。放射能は平均  $0.04 \mu \text{ Sv/h}$  である。

#### (3) 基盤風化殻

湿潤状態での比抵抗値は平均  $39 \Omega \text{ m}$ ，帯磁率は平均  $0.18 \times 10^{-3}$  S.I.U. である。放射能は平均  $0.03 \mu \text{ Sv/h}$  である。

#### (4) 第三紀アラル層

湿潤状態での比抵抗値は平均  $51 \Omega \text{ m}$ ，帯磁率は平均  $0.2 \times 10^{-3}$  S.I.U. である。

本層下部あるいは下部に近い部位に挟在するイルメナイト濃集部を含む砂質粘土～粘土質砂の帯磁率は平均  $0.4 \times 10^{-3}$  S.I.U. であり，イルメナイト濃集部を含まない地層よりも高い値を示す。比抵抗値も僅かに高くなる傾向が認められる。

#### (5) 第四紀層

比抵抗は地層の湿潤状態に影響され平均  $80 \Omega \text{ m}$ ，帯磁率は平均  $0.7 \times 10^{-3}$  S.I.U. である。



Table I-5-3 Geophysical Properties of geological units

GEOLOGICAL UNIT	LOCATION	RESISTVILITY ( $\Omega\text{m}$ )			MAGNETIC SUSCEPTIBILITY ( $\times 10^{-3}\text{S.I.U.}$ )			RADIOACTIVITY ( $\times \mu\text{SV/h}$ )		
		HIGH	LOW	AVE.RAGE	HIGH	LOW	AVE.RAGE	HIGH	LOW	AVE.RAGE
		PRE-GRANITIDS VOLCANICS (CARBONIFEROUS)	OUTCROP	NOT MEASURED			59.3	0.26	8.3	0.04
PRE-GRANITIDS SANDSTONE (CARBONIFEROUS)	OUTCROP	NOT MEASURED			0.40	0.21	0.33	NOT MEASURED		
WEATHERED CRUST	BORING CORE	101.3	9.7	38.7	0.27	0.06	0.18	0.07	0.01	0.03
GRANITIDS	OUTCROP	12400	596	6498	31.5	0.02	2.44	0.09	0.01	0.04
ARAL FORMATION	TMK TEST PIT	3	2	2.5	0.25	0.2	0.22	0.02	0.02	0.02
	BORING CORE	599	4.3	50.5	0.33	0.05	0.15	0.04	0	0.02
ARAL FORMATION WITH ILMENITE LAYERS	TMK TEST PIT	NOT MEASURED			0.61	0.21	0.40	NOT MEASURED		
	BORING CORE	27	5.3	9.3	0.90	0.26	0.48	0.04	0	0.02
QUARTERNARY	TMK TESTPIT	286	17	80	1.04	0.17	0.71	0.02	0.02	0.02
	BORING CORE	NOT MEASURED			NOT MEASURED			NOT MEASURED		

① ボーリングコアの比抵抗値は、基盤風化殻  $39 \Omega\text{m}$  と第三紀アラル層  $51 \Omega\text{m}$  では大きな相違がない。それは地下水面がほぼ第三紀アラル層と第四紀層との不整合面の直上にあり、どちらも電解質を含む地下水により湿潤状態にあること、構成鉱物に差がないこと、明瞭な岩相の境界を有していないことによるものと考えられる。第三紀アラル層中のイルメナイト濃集部で比抵抗が僅かに高くなることが認められる。

第三紀アラル層  $51 \Omega\text{m}$  と第四紀層  $80 \Omega\text{m}$  との間には差が認められる。第三紀アラル層が湿潤状態にあるのに対し第四紀層は半乾燥状態にあり、この差が比抵抗値に反映しているものと考えられる。

② イルメナイト濃集部は  $0.4 \times 10^{-3}\text{S.I.U.}$  でイルメナイト濃集部を含まない地層  $0.2 \times 10^{-3}(\text{S.I.U.})$  よりも高い帯磁率を示す。

## 第2章 第3年次調査への提言

### 2-1 調査地域での提言

本年度の調査の結果，以下のような鉱床探査の指針が得られた。

- ① 既知鉱床は第三紀アラル層基盤の古地形凹部（古地形チャンネル）に胚胎している。したがって，古地形チャンネルを抽出することによって，新たに鉱床胚胎の可能性の高い場所を抽出することができる。
- ② 後背地の花崗岩質岩類としては，花崗岩よりも閃緑岩－モンゾニ岩で，かつ含まれる不透明鉱物としてイルメナイトの割合が多いと考えられる，帯磁率  $1 \times 10^{-3}$  (S.I.U.)以下の岩体が望ましい。

各地区における第3年次調査の調査方針は以下のとおりである。

#### 1) 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1000m以上に拡大し，延長方向がNEN-SWSからNW-SEに変化していくため，品位の高い部分の東部方向の鉱床限界が未確認である。さらに追加ボーリング(精査)を実施して，高品位部を抽出するなど，鉱量評価を再度実施する必要がある。また，ボーリング調査を実施してきた古地形チャンネルの東に隣接し，別個のチャンネルの存在が予想されるので，これを含めて調査を実施することが望ましい。ただし，鉱体は南に向かって深度を増し被覆土が厚くなることから，経済的に採掘可能な深度と品位の関係を見極めながら調査を実施し，より経済的な鉱画を抽出することが望ましい。

##### (2) 第3鉱床南地区

今年度調査により当該漂砂鉱床は狭小であることが判明したが，十分なポテンシャルが予想される。推定した古地形チャンネルの補間および上流部の調査が実施されていないので，これらに対する追加ボーリング調査(精査)の実施が望ましい。

#### 2) ベクチミール北地区

今年度のボーリング調査によれば本地区では鉱徴深度が60m以上と深く，イルメナイトの顕著な濃集も認められないことと，後背地の花崗岩質岩類が高帯磁率であり，良質なイルメナイトが期待できないことから，今年度をもって調査を終了すべきであるとする。

#### 3) その他の地区

##### (1) ベクチミール第1鉱床東部

今年度の既存資料調査により，2本程度の古地形チャンネルの存在が予想される

ので、これらの地区においてボーリング調査(概査)を実施することが望ましい。

(2)ベクチミール第2鉱床鉱床北部（ベロエ地区）

今年度の既存資料調査により、後背地に閃緑岩－モンゾニ岩が分布し、帯磁率も低い地域がある。ここを起源とする2本の古地形チャンネルの存在が予想されるので、これらの地区においてボーリング調査(概査)を実施することが望ましい。

## **COLLECTED DATA**

## 参考文献

- Baxter, J. L. (1990): Heavy mineral sand deposits of Western Australia, *in* Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea (ed. Hughes, F.E.) Vol.2, 1587-1590p.
- Baranov, B. F. and Murakhovskiy M. A. (1963): Geological map of sheet M-44-XXX (1:200,000)
- Bespaev, H. A. (2000): Geology and useful minerals of Kokpetinskaya area in the east Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan, Institute of Geological Sciences, National Academy of Science, 36p.
- Blockley, J.G. (1980): The tin deposits of Western Australia with special reference to the associated granites, Geological Survey of Western Australia, Mineral Resources Bulletin 12, Chapter 5, 103-160p.
- Chappel, B.W. and White, A.J.R. (1974): Two contrasting granite types, *Pacific Geology*, 8, 173-174p.
- Chappel, B.W. (1978): Granitoids from the Moonbi district, New England batholith, Eastern Australia. *Journal Geological Society of Australia*, 25, 267-283p.
- Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1979): *The Interpretation of Igneous Rocks*, Allen and Unwin, London
- Erofeev, B.C. (1969): Geological history of southern Altai area in Paleogene and Neogene, *Kazakh USSR Academy of Science*, 108-145p.
- Geoincenter (1999): Analysis and summary on the data of previous geological and geophysical works for the creation of computer base in the licensed area of the deposit in the Bektemir (Satpaevskoe) ore field, 89p.
- Geoincenter (1999): Design of geological exploration works at the southern flank of the Placer No.1 of Satpaevskoye deposit, 164p.
- Geoincenter (1999): Design of geological exploration works on ilmenite sands at the Satpaevskoye deposit in the East Kazakhstan, 153.
- 原口九万, 竹内忠雄, 大本博, 高野幹夫(1956): A 生駒地区, 未利用鉄資源, 3, 通商産業省地下資源開発審議会鉱山部会, 158-161p.
- 服部富雄(1960): 本邦の含チタン砂鉄資源, 本邦の含チタン砂鉄および磁硫鉄鉱資源, 地質調査所報告特別号(E) B,a,XII, 1-38p.
- Information and Analytic Center of Geology, Ecology and Natural Resources (2000): Deposits of Ilmenite; Satpaevskoe (Bektemir Placer No.1) and Karaoitel, 7p.

- 池田幸雄(1977): 花崗岩類の成因、現代鉍床学の基礎(立見辰雄編)、東京大学出版会、44-59p.
- 石原舜三(1970): ポーフイリーカップー鉍床入門 [II], ラテイス,57-96p.
- 石原舜三(1971): 日本の主要モリブデン鉍床および関連する花崗岩質岩類,地質調査所報告 第239号
- 石原舜三(1977): 花崗岩系列と鉍床生成区、現代鉍床学の基礎(立見辰雄編)、東京大学出版会、60-76p.
- Ishihara, S., Sawata, H., Shibata, K., Terashima, S., Arrykul, S., Sato, K. (1980): Granites and Sn-W Deposits of Peninsular Thailand, *in* Granitic Magmatism and Related Mineralization (ed. Ishihara, S. et al.), Mining Geology Special Issue, No.8, The Society of Mining Geologists of Japan, 223-241p.
- 金谷弘・石原舜三(1973): 日本の花崗岩質岩石にみられる帯磁率の広域的变化, 岩石鉍物鉍床学雑誌, Vol.68, 211-224p.
- 国際協力事業団・金属鉍業事業団(2000): 資源開発協力基礎調査: カザフスタン共和国コクペティンスカヤ地域: 第1年次報告書
- Kosaka, K., Shimizu, M. and Takizawa, S. (1999): Late- to Post-Magmatic Deformation of the Miocene Tokuwa Granodiorite, Central Japan, *In* The Japanese Island Arc-Its Hydrothermal and Igneous Activities- (ed. Shikazono, N.) Resource Geology Special Issue No.20, The Society of Resource Geology, 213-221p.
- Kudinov, I. F. (1992): Report on the results of preliminary geophysical and geochemical study in the North-West Prizaysanie within the limits of sheets M-44-118-B, C, D (1: 50,000) and M-44-119-A, B, C (1: 50,000) in the Karaotkel area in years 1988-1992, Zyryanovsk Party, 174p.
- Kulikovsky, K. T. (1960): Geological map of sheet M-44-XXXV (1:200,000)
- 草間勝治, 平林万衛, 高野幹夫 (1958): A 生駒地区, 未利用鉄資源,5, 通商産業省地下資源開発審議会鉍山部会, 130-133p.
- Masters, B. K. (1990): Heavy mineral deposits in the Yoganup Formation, *in* Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea (ed. Hughes, F.E.) Vol.2, 1595-1598p.
- 宮本弘道(1959): 三重県名張地方チタン鉍床調査報告, 地質調査所月報, No.10, 706-710p.
- 宮本弘道(1960): 化学成分からみたわが国の砂鉄, 本邦の含チタン砂鉄および磁硫鉄鉍資源, 地質調査所報告特別号(E) B,a,XII, 73-111p.

- Popova, N. N. Popov V. E (1963): Geological map of sheet M-44-XXXVI (1:200,000)
- Shepherd, M. S. (1990): Eneabba heavy mineral placers, *in* Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea (ed.Hughes, F.E.) Vol.2, 1591-1594p.
- 島崎英彦(1976): 花崗岩質マグマと鉍床－(2)マグマの酸化度と鉍床－、本邦の鉍脈鉍床－その生成の機構と条件－、鉍山地質特別号 No.7、25-36p.
- Shimizu, M. (1986): The Tokuwa Batholith, Central Japan- An Example of Occurrence of Ilmenite-Series and Magnetite-Series Granitoids in a Batholith, The University Museum, The University of Tokyo, Bulletin No.28
- 庄司力偉(1971) : 堆積学、朝倉書店
- Sokratov, G. I. (1964): Geological map of sheet M-44-XXIX (1:200,000)
- 相馬恒雄(1963): 生駒はんれい岩体, 地質学雑誌 69, 211-219p.
- スミルノフ, V.I.(1969): 第 13 章砂鉍床, 新版鉍床地質学, ラテイス, 541-587p.
- 鈴木光郎、阿部宏(1954): 宮城県蒲沢鉍山のチタン鉄鉍鉍床について(講演要旨)、鉍山地質、Vol.4、No.11、40-41p.
- Takahashi, M., Aramaki -, S. and Ishihara, S.(1980), Magnetite series/ilmenite series vs. I-type/S-type granitoids, Mining Geology Special Issue No.8, 13-28p.
- Thornton, C.P. and Tuttle, O.F. (1960): Chemistry of igneous rocks I. Differentiation index. American Journal of Science, 258, 664-684p.
- 津末昭生, 石原舜三 (1974): 西南日本における花崗岩質岩石中の Fe-Ti 酸化鉍物, 鉍山地質, Vol.24, 13-30p.
- 津末昭生(1976): 花崗岩質マグマと鉍床－(1)西南日本について－、本邦の鉍脈鉍床－その生成の機構と条件－、鉍山地質特別号 No.7、15-24p.
- 上野宏共 (1988): 赤鉄鉍－チタン鉄鉍系列の離溶組織について, 鉍石頭微鏡と鉍石組織, テラ学術図書出版, 373-379p.
- UNIDO (1999): Feasibility Study Report on Ilmenite Concentrate Plant Project, Bektemir, The Republic of Kazakhstan, 77p.
- 吉田國夫(1992): 鉍産物の知識と取引, 通商産業調査会, 155-156p.
- Williams, V. A. (1990): WIM150 detrial heavy mineral deposit, *in* Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea (ed.Hughes, F.E.) Vol.2, 1599-1608p.