

## 第8章 鉍山開発計画調査

### 8-1 地質・鉍床の概要

これまでの探査のデータを総合すると Zhaman-Aibat 鉍床の地質・鉍床の概要は次の通りである。

- (1) 鉍床タイプ：ストラティフォーム型 Cu 鉍床
- (2) 鉍床母岩：石炭紀～三畳紀の砂岩、シルト岩および礫岩
- (3) 鉍床胚胎層準：10層準確認されているが稼行の対象となるのは4-I層準のみ。Zhaman-Aibat 鉍床全体の埋蔵鉍量の80～90%が4-I層準に含まれる。

#### (4) 鉍床の賦存状況

- ・ 鉍床の平面的分布範囲：12km(東-西方向)×3km(南-北方向)
- ・ 鉍体：東部鉍体、中央鉍体および北部鉍体の三鉍体あり。
- ・ 鉍床胚胎深度：-350m(東部鉍体の東端)～-710m(北部鉍体の西端)、但し稼行対象となる鉍体の深度は-480m(東部鉍体)から-650m(中央鉍体)
- ・ 鉍床の厚さ：0.3～16m、平均5.15m
- ・ 断層等：鉍床の北端に深部断層(deep-seated fault)が分布する。東部鉍体および中央鉍体を貫く東西性の小断層がある。

#### (5) 鉍石タイプ

##### ・ 主要構成鉍物

Cu 鉍物：輝銅鉍、ダイジェナイト、デュルレアイト、斑銅鉍、黄銅鉍

Pb 鉍物：方鉛鉍

Zn 鉍物：閃亜鉛鉍

Ag 鉍物：エレクトラム、輝銅銀鉍

その他：黄鉄鉍

##### ・ 鉍石タイプ

上記の鉍物の組合せにより二つの鉍石タイプに分類される。

Cu 鉍：Cu

複雑鉍：Cu+Pb+Zn

## 8-2 可採鉱量計算

### 8-2-1 データベース

可採鉱量計算には、地質学的資源量計算に使用した Zhaman-Aibat データベース (3-1 章参照) に収録されているデータをそのまま使用した。

使用データは次の通り。

#### (1) 試錐データ

試錐位置データ(x,y)

試錐カラー標高データ(z)

孔曲りデータ(azimuth,degree)

#### (2) 試錐コアの化学分析データ

試錐採取鉱床データ(m)

化学分析データ

・スプリット試料: Cu(%), Pb(%), Zn(%), S(%)

・コンポジット試料: Re(g/t), Ag(g/t)

#### (3) 鉱床胚胎層準データ

なお、着鉱した各試錐については、主として Cu(%), Ag(g/t), 中山の産状等から手作業により最終的な鉱床厚さ(m)を決定し、可採鉱量計算のためのデータファイルを作成した。

### 8-2-2 入力データの統計学的処理・解析

#### (1) 基礎統計

現時点で使用可能な試錐本数は、Zhezkazgangeologiya 社で実施したものが 798 孔、日本側が実施したものの 2 孔(MJK-1 および MJK-2)計 800 孔である。このうち可採鉱量計算に寄与した試錐は 371 孔で全体の 46%である。

Table 2-8-1 に可採鉱量計算の入力データ (試錐別) の標準統計計算結果を示す。この結果を要約すると下記の通り。

・試錐 572 号の鉱床の厚さ(m)の最大値は 17.75m, Cu(%)の最大値は試錐 449 号の 7.68%, Ag(g/t)の最大値は試錐 975 号の 169.19 g/t であった。

・Cu(%)は各鉱体で平均品位、標準偏差とも安定している。特に東部鉱体でその傾向が見られる。Pb(%)および Zn(%)は中央鉱体で高いがかなりのバラツキが予想される。Ag(g/t)は北部鉱体で最も高いが各試錐の Ag(g/t)分布は連続性に乏しく評価が難しい。

## (2) 地質統計学的検討

各試錐孔のデータ、すなはち可採鉱量計算のための入力データを使用し、4-1 層準の Cu(%), Pb(%), Zn(g/t), Ag(g/t) および鉱床の厚さ(m) について 2 次元バリオグラムを作成し、Nugget Effect/Sill, Range(m) を考察した。代表的なバリオグラムを Fig 2-8-1 に、その結果の一覧を Table 2-8-2 に示す。

これらのバリオグラムはいずれも spherical model を示す。異方性を検討するため、各鉱体の伸長方向とこれに直交する方向および 15° 毎と全方位のバリオグラムを検討したが、いずれのパラメータにも異方性は全く認められなかった。

Cu(%) の Nugget Effect/Sill は、東部鉱体で 0.219、中央鉱体で 0.158 を示す。Ag(g/t) の Nugget Effect/Sill は、東部鉱体で 0.167、中央鉱体で 0.306、北部鉱体で 0.193 で、中央鉱体ではややバラツキが大きい。鉱床層厚(m) の Nugget Effect/Sill は、東部鉱体で 0.265、中央鉱体で 0.206 を示す。Cu(%) の Range(m) は、東部鉱体で 350m、中央鉱体で 264m であるが、北部鉱体で 119m とやや短い。また、Ag(g/t) の Range(m) は、東部鉱体で 306m、中央鉱体で 221m、北部鉱体で 230m を示す。

なお、鉱床胚胎層準 3-VI についてもバリオグラムを作成したが、いずれのパラメータも極めて大きなナグゲット現象を示し、層準 3 の鉱化は連続性に乏しいことが証明された。

### 8-2-3 可採鉱量計算

鉱床ゾーンを平面的に 100m×100m のピクセルに分割し、これに鉱床の厚さ(m) を乗じたものを最小単元ブロックとした。各ブロックへの品位および鉱量厚さの割り付けには地質統計学的手法、すなはち Kriging 法を採用した。計算の手順は下記の通りである。

(1) 各ブロックへの割り付けの際のとり込み範囲(m) は、前述のバリオグラムの Range (Table 2-8-2) を使用した。なお、東部鉱体の Pb(%) および Zn(%) は全般に極めて低品位であり、経済的にこれらを回収することは不可能であるため、バリオグラムは特に検討していないが、オリジナルデータの傾向から平均的なレンジを採用した。

(2) クリギング法により各ブロックに Cu(%), Pb(%), Zn(%), Ag(g/t) および鉱床厚さ(m) を割りつけた。

(3) 鉱石比重は 2,600 を採用し、各ブロックの鉱量および品位を算出後、これらを集計した。

(4) 採鉱条件として、採鉱実収率および、ずり混入率を下記の通り設定した。すなはち、Zhaman-Aibat 鉱床の採鉱内は Zhezkazgan 鉱山で採用されているパネルピラー法 (Fig 2-7-4, 2-7-5) とし、採鉱実収率を 75%、ずり混入率は Zhezkazgan 鉱山の実績から 5% とした。これは 1995 年度の現地調査の結果、採掘深度 600m、鉱床厚さ 6.0m の場合、パネルピラー法におけるルームピラーの直径は 6.8m、リブピラーの幅は 16.3m であり、この場合の実収率は 75.3% を推定され、これを採用した。なお、Zhaman-Aibat 鉱床は全体的に分布深度が深く、かつ低品位であるため、充填による二次採掘は行わないものとした。

(5) 最後に、カットオフ Cu 品位を 0.4% Cu、採鉱の最低採掘高さ 3.0m とし、可採鉱量、品位を計算した。Cu 品位分布を Fig.2-8-2 に示す。可採鉱量は採掘対象領域(Fig.2-8-2 の赤線で囲った部分)を決め、次式により計算した。

$$\text{可採鉱量}(t) = \text{埋蔵鉱量}(t) \times \text{実収率}(\%) / 100 \times (1 + \text{ずり混入率}(\%) / 100)$$

Table 2-8-3 にカットオフ品位 0.4% Cu、最低採掘高さ 3.0m の場合の可採鉱量を示す。Table 2-8-3 から、鉛及び亜鉛の金属量は銅に比べて極めて少く、回収採算上マイナスと予想されるため、鉱床評価では銅と銀のみ考慮することとする。

Table 2-8-1 Basic Statistics of Input (Drill Hole) Data for Minable Ore Reserve Estimation

Orebody	Statistics	Thickness (m)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)	Re (g/t)	S (%)
Eastern n=200	Maximum	16.30	7.68	2.00	1.81	169.19	23.20	15.46
	Minimum	0.50	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Average	5.50	1.47	0.08	0.03	11.79	1.34	0.77
	Median	5.20	1.14	0.00	0.00	5.56	0.66	0.54
	Standard deviation	3.25	1.12	0.23	0.16	20.06	2.40	1.24
Central n=112	Maximum	15.80	6.03	4.91	2.20	67.49	11.74	2.84
	Minimum	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Average	4.63	1.53	1.02	0.19	12.28	1.96	0.92
	Median	3.80	1.12	0.57	0.00	7.06	1.42	0.82
	Standard deviation	2.96	1.32	1.14	0.41	15.09	1.99	0.64
Northern n=57	Maximum	17.75	4.30	1.95	1.42	124.43	11.00	2.91
	Minimum	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Average	5.67	1.20	0.23	0.09	32.89	1.37	0.69
	Median	5.40	0.98	0.00	0.00	30.22	0.56	0.41
	Standard deviation	3.59	0.87	0.51	0.29	30.25	2.15	0.75
Whole Area n=369	Maximum	17.75	7.68	4.91	2.20	169.19	23.20	15.46
	Minimum	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Average	5.26	1.45	0.39	0.09	15.20	1.53	0.80
	Median	4.90	1.11	0.02	0.00	6.63	0.79	0.60
	Standard deviation	3.24	1.15	0.79	0.29	21.98	2.26	1.02

Table 2-8-2 Variograms on Each Parameter of Ore Horizon 4-1

Parameters	Orebody	Sill	Nugget	Nugget Effect /Sill	Range(m)
Copper	Northern	0.494	-	-	119
	Eastern	0.590	0.129	0.219	350
	Central	1.061	0.168	0.158	264
Lead	Northern	NC	NC	NC	NC
	Eastern	NC	NC	NC	NC
	Central	0.477	0.100	0.210	167
Zinc	Northern	NC	NC	NC	NC
	Eastern	NC	NC	NC	NC
	Central	0.086	0.01	0.116	343
Silver	Northern	519	100	0.193	230
	Eastern	79.6	13.3	0.167	306
	Central	71.5	21.9	0.306	221
Thickness	Northern	NC	NC	NC	NC
	Eastern	12.38	3.28	0.265	251
	Central	24.29	5.00	0.206	171

NC: Not calculated due to low grade and poor viability

Table 2-8-3 Summary of Minable Ore Reserve on Ore Horizon 4-1

Minable reserves	Average thickness	Amount of metal				Average grade			
		Cu kt	Ag t	Pb kt	Zn kt	Cu %	Ag g/t	Pb %	Zn %
118742 kt	5.47 m	1,375	1,019	195	35	1.16	8.59	0.16	0.03

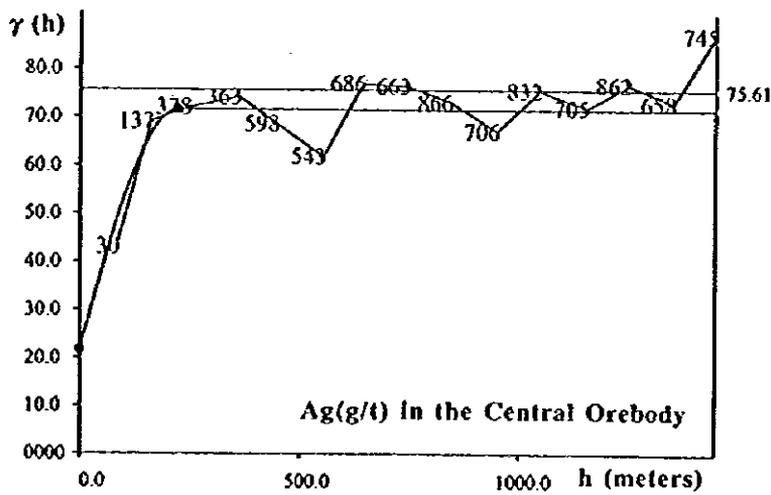
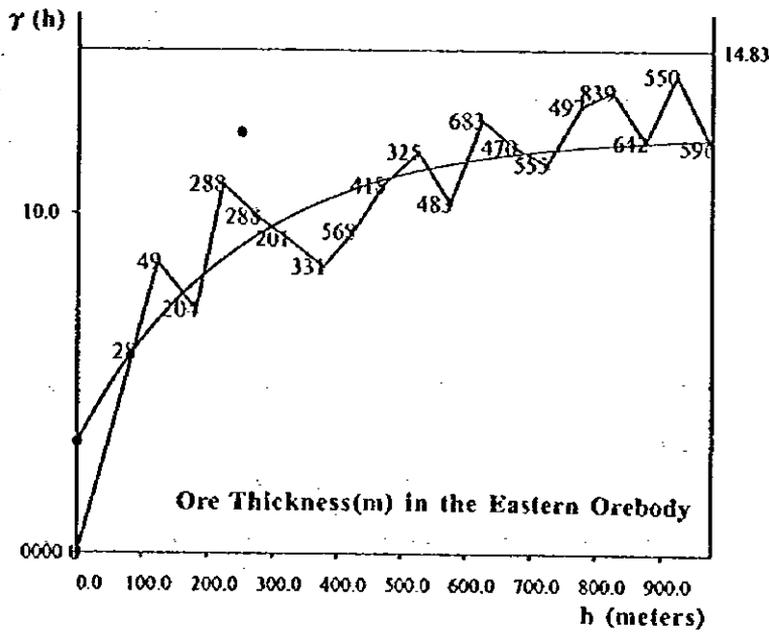
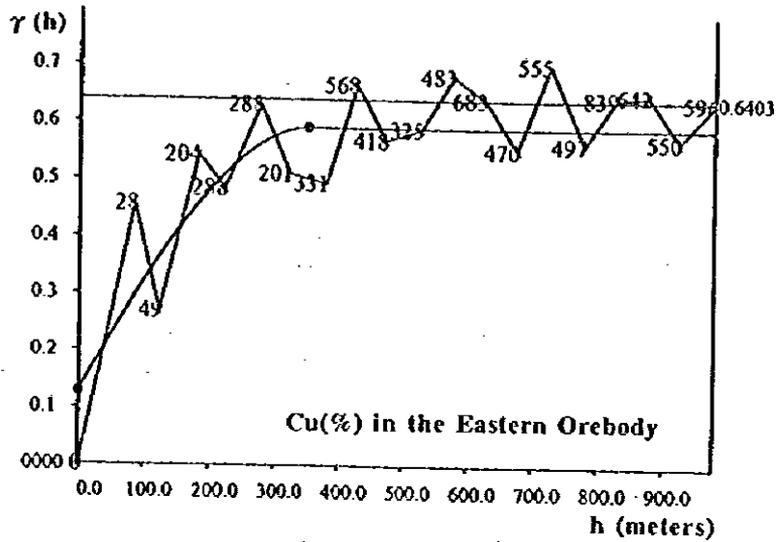


Fig.2-8-1 Representative examples of Variograms for Cu(%), Ag(g/l) and Thickness(m) of Ore



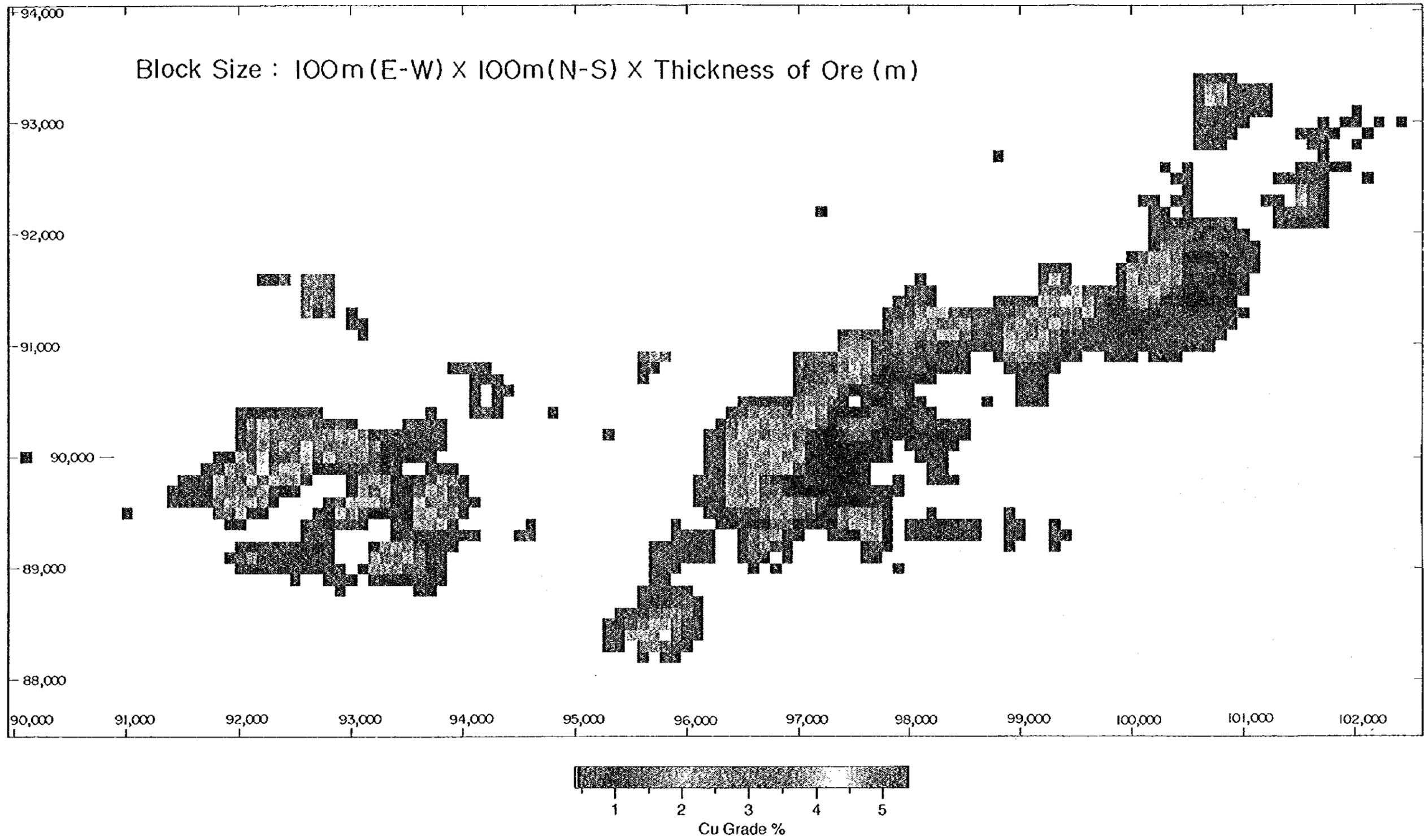


Fig. 2-8-2 Distribution of Cu(%) on Each Ore Blocks



## 8-3 鉍山開発概念設計

### 8-3-1 概念設計の目的と設計値の推定

本年度実施した概念設計の目的は、下記の二点である。

第1の目的は Zhaman-Aibat 鉍床の全般的な特色と規模、潜在的な資源の価値を知ることである。また、第2の目的は、今後、pre-Feasibility Study（以下 pre-F/S と略す）や、Feasibility Study（以下 F/S と略す）を進めるにあたり、何が重要であるかを明確にすることである。

Zhaman-Aibat 鉍床の鉍量推定の精度は、すでに pre-F/S 段階の精度を達成しているので、その鉍量を基準に鉍山開発の概念設計・評価を実施した。この概念設計では、技術的 F/S の調査は十分ではないが、Zhaman-Aibat 鉍床に類似の鉍床である Zhezkazgan 鉍山の現地調査を行い、同鉍山の開発、採鉍方式をほぼ踏襲している。

なお、コスト計算には米国で使用されている米国内務省鉍山局の Bureau of Mines Cost Estimating System Handbook(1987,IC-9142)を準用した。

この概念設計の概算計算精度は、±30～35%と推定される。

### 8-3-2 鉍山概況

Zhaman-Aibat 鉍山の概況は次の通りである。

(1) Zhaman-Aibat 鉍山は、Zhezkazgan 市の南東約 180km に位置する。鉍山の周辺は、比高 30m 前後の小丘からなるステップ草原で、海拔は 320～380m である。

(2) Zhaman-Aibat 鉍山は中規模の坑内掘鉍山である。

(3) Zhezkazgan 市から山元までは鉄道と道路を建設する。

(4) 採鉍は、パネルピラー採鉍法を採用し、鉍石運搬のサービス立坑および通気立坑を掘削し、年間必要採鉍量を確保する。但し坑内充填による二次採鉍は行わない。

(5) 山元に選鉍場を建設し、銅精鉍のみを回収し、鉄道にて Zhezkazgan 製錬所まで輸送する。

(6) 操業用水および従業員の生活に必要な用水は、山元の近くに用水採取のための水井戸を掘削し、パイプラインにて山元、住宅等に送水する。また坑内湧水および使用水は浄化し、リサイクルに使用する。

(7) 電力は Zhezkazgan-Karaganda 間に位置する変電所から 220kv の高圧送電線にて山元まで送電する。

(8) 従業員は山元に居住し通勤する。このため山元に住宅、厚生施設、都市暖房用ボイラー等を建設する。

(9) 選鉱廃さいは、所定の廃さい堆積場に堆積する。

(10) 生産した銅精鉱を Zhezkazgan 製錬所に販売し、精鉱中に含有する銅および銀を売上収入として受け取る。

Zhaman-Aibat 鉱山の鉱山施設全体の配置図を Fig.2-8-3 に示す。

### 8-3-3 探査

これまでに実施した 800 本以上の試錐データを使用し、地質統計学的手法による試錐間隔と鉱量推定精度の検討をするとともに、オーストラリア、米国、カナダ、日本などの鉱量区分の定義などを参考に、Zhaman-Aibat 鉱床の可採鉱量の精度と鉱量カテゴリ区分について検討した。この結果を要約すると次の通りである。

(1) Zhaman-Aibat 鉱床の試錐間隔は、200~400m×200~400m、200×200m 及び 200×100m のグリッド間隔で実施されている。これらの試錐間隔から Zhaman-Aibat 鉱床の鉱量区分のカテゴリは、“推定鉱量 (probable ore reserve) 分類可能である。

(2) 地質統計学的手法を用いて各々の試錐グリッド間隔と鉱量・品位の推定誤差を検討したところ、現行の試錐間隔で計算した鉱量・品位の推定誤差は、鉱山開発の概念設計の推定精度の±30~35%以下であるため、本概念設計に十分使用可能である。

Zhaman-Aibat 鉱床の開発までには、現時点の推定鉱量から確定鉱量に精度を上げる必要があるがこの概念設計では、このための探鉱量は見込んでいない。しかし、生産時の探鉱計画を立案するための探鉱費(主として試錐)探鉱の作業の一部であり、また鉱石トン当たりの費用もわずかであるため探鉱の採業費に合めている。

### 8-3-4 採鉱

#### (1) 出鉱量

次式の経験式を用いて出鉱量を検討した。

$$AAPR = (M)^{0.75} / 6.5$$

AAPR : 年間出鉱量(Mt/year)

M : 鉱量(Mt)

経験則によれば、Zhaman-Aibat 鉱床の年間出鉱量は 5.6Mt となり、年間操業日数を Zhezkazgan 鉱山と同様に 350 日とすれば、1 日当たりの出鉱量は 16,000t となる。本項では、年間量 5.6Mt をベースケースとし、オプションとしてその前後±20%の出鉱量を設定して採算性の検討を行う。Table 2-8-4 に採算性評価で設定した出鉱量を示す。



- ① Water Reservoir
- ② Oil Tank
- ③ Boiler Plant
- ④ Tailing Pond
- ⑤ Assay Office
- ⑥ Mill Plant
- ⑦ Fine Ore Bin
- ⑧ Crusher Plant
- ⑨ Ore Stockyard
- ⑩ Main Office
- ⑪ Main Shaft Building
- ⑫ Service Shaft (6.5m $\phi$ )
- ⑬ Skip Shaft (7.5m $\phi$ )
- ⑭ Parts and Material Storage
- ⑮ Repair and Maintenance Shop
- ⑯ Magazine
- ⑰ Main Step-Down Transformer Station (220/ 35/ 6 kV)

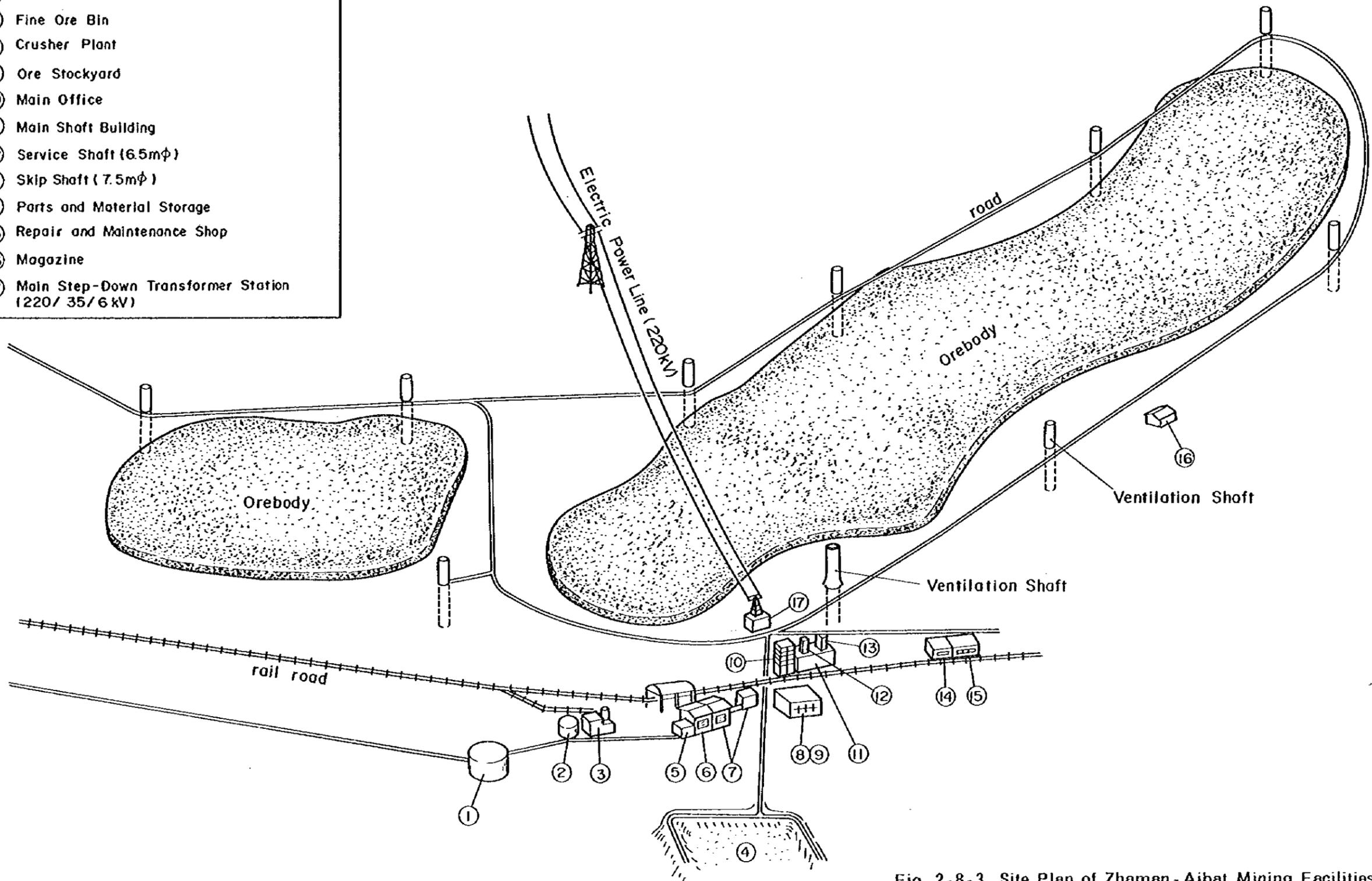
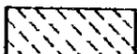


Fig. 2-8-3 Site Plan of Zhama-Aibat Mining Facilities

Mine Production 16,000 tons/day, 5.6 Million tons/year.

-  1 ~ 5 year 28 Mt
-  6 ~ 10 year 28 Mt
-  11 ~ 15 year 28 Mt
-  16 ~ 20 year 28 Mt
-  21 ~ 22 year 6.7 Mt

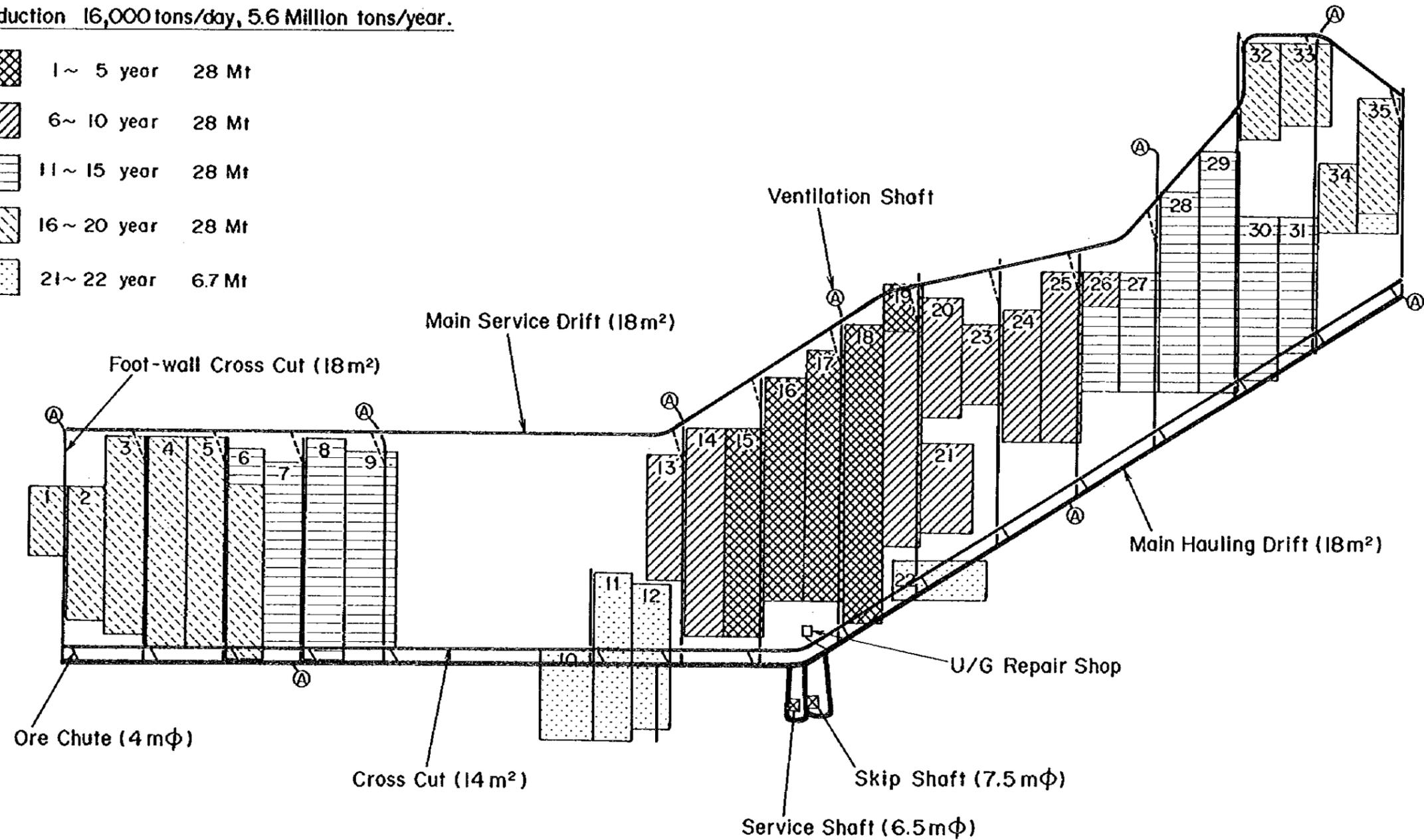


Fig. 2-8-4 Conceptual Design of Underground Development



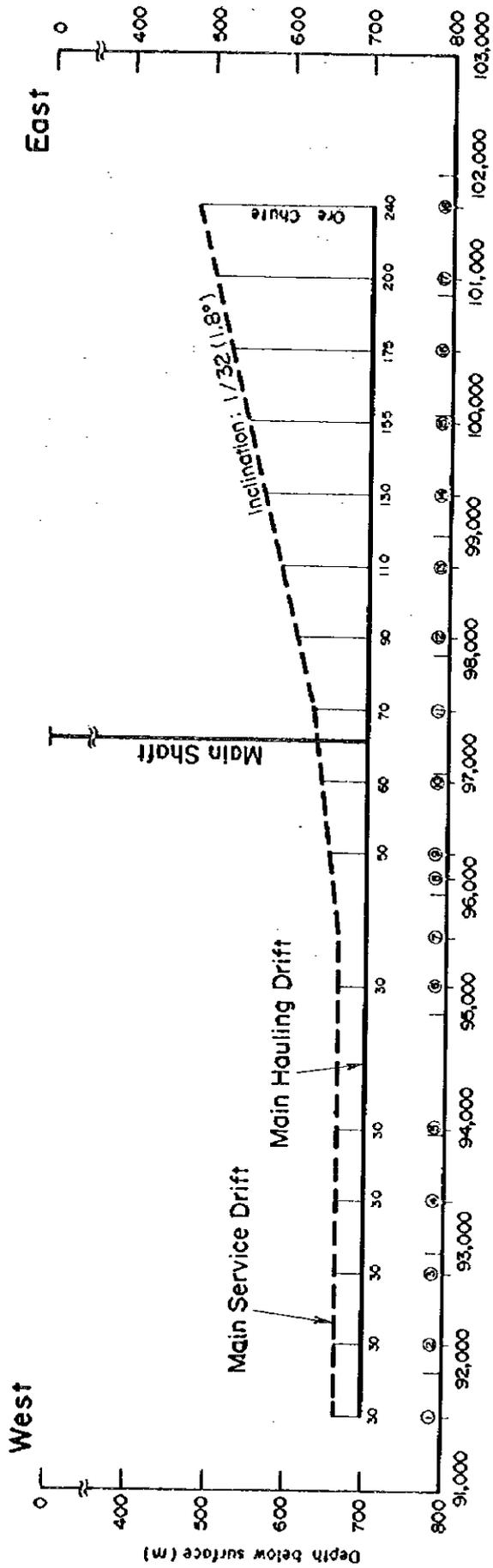


Fig. 2-8-5 Cross-section of Underground Mine Development of the Zhaman - Aibat Deposit

**Table 2-8-4 Assumed Production and Mine Life**

Annual production (Mt/year)	Daily production* (t/day)	Mine life (year)
4.5	12,800	27
5.6	16,000	22
6.7	19,200	18

\*)Operating days in a year: 350 days

**Table 2-8-5 Specifications and Total Length of Each Shaft and Drift**

Items	Specifications	Total length
Skip shaft	Diameter 7.5m $\phi$	700m
Service shaft	Diameter 6.5m $\phi$	700m
Ventilation shaft	Diameter 6.5m $\phi$	4.5Mt/year—4,200m
		5.6Mt/year—6,300m
		6.7Mt/year—8,400m
Main drift	Cross section area 18m <sup>2</sup>	11,000m
Main hauling drift	Cross section area 18m <sup>2</sup>	11,000m
Crosscut in footwall	Cross section area 18m <sup>2</sup>	31,800m
Ventilation drift	Cross section area 14.4m <sup>2</sup>	10,500m
Ore chute	Diameter 4.0m $\phi$	1,460m

**Table 2-8-6 Main Ore Dressing Equipments and Specifications**

Equipment	Specifications	Number
1. Gyratory crusher	1,520mm $\phi$ , 300kw	1
2. SAG mill	10m $\phi$ $\times$ 4m, 7,050kw	2
3. Vibrating screen	2m $\times$ 5m	6
4. Ball mill	5m $\phi$ $\times$ 7m	3
5. Ball mill (for regrinding)	4m $\phi$ $\times$ 8m, 1,300kw	1
6. Flotation cell	28.3m <sup>3</sup> , 45kw	33
7. Flotation cell (for cleaning)	4.2m <sup>3</sup> , 11kw	20
8. Thickener	5m $\phi$	1
9. Disc filter	74m <sup>2</sup>	1
10. Thickener	33m $\phi$	1

## (2) 坑内骨格構造

Fig.2-8-4 及び 2-8-5 に Zhaman-Aibat 鉱床の骨格構造の平面図及び載面図を示す。以下に坑内骨格構造の設計概念を示す。

a) 鉱床中央部に鉱石及びずりの搬出に用いるスキップ立坑と、人員・資材等の運搬に用いるサービス立坑を掘削する。

b) 鉱床の北側に、鉱床に沿って主要サービス坑道を掘削する。また、地表下 700m のレベルに主要運搬坑道を掘削する。主要運搬坑道には複線の軌道を敷設する。主要サービス坑道と主要運搬坑道の間には、適当な間隔で鉱石シュートが掘削される。

c) 主要サービス坑道から鉱床に向けて、600m 間隔で下盤立入を掘削する。通気網を確立するため、各下盤立入は補助坑道で連絡され、適当な箇所に通気立坑が掘削される。

d) 通気立坑の本数は、坑内で稼働する採掘機械の内燃機関の定格出力 1kw 当たり 5m<sup>3</sup>/min. の風量が確保できるように設定する。

Table 2-8-5 に各立坑及び坑道の仕様と総掘削長を示す。

## 8-3-5 選鉱

### (1) 選鉱処理の概況

与件より、年間処理鉱量は 5,600 千トン、品位は Cu 1.16%、Ag 8.59g/t である。カザフスタン共和国の他の選鉱場の実績からみると、年間稼働率を 80%、年間稼働日数を 292 日とする。よって、1 日の処理量は、

$$5,600,000t / (365 \text{ 日} \times 0.8) = 19,178t/H$$

従って、1 日の処理キャパシティを 20,000t/日とする。

破碎の操業は、1 週 7 日、2 方操業、16 時間/日とし、磨鉱以下は 1 週 7 日、24 時間操業とする。

有用鉱物は、銅、鉛、亜鉛、銀であるが、鉛、亜鉛は品位が低く、回収は採算上問題と思われるため、銅の単一浮選で銅精鉱のみを回収することとする。なお銀は銅精鉱中に回収濃縮される。

選鉱試験結果から、銅鉱物は chalcocite, bornite が主であるため、品位は約 35% Cu の銅精鉱が実収率約 90% で得られると推定する。銅精鉱量は、

$$20,000t \times 0.0116 \times 0.9 / 0.35 = 596t/日$$

となる。

### (2) 選鉱処理工程の概況

Fig.2-8-6 に選鉱処理工程のフローチャートを示す。

坑内で採掘された鉱石は、目開き 800mm のグリズリを経て鉱車にて運搬され、ジャイロトリクラッシャ(300kw,1基)にて150mm以下に破碎される。破碎された鉱石は、粗鉱ビンに貯鉱される。

1次磨鉱は、SAGミル(10mφ×4m,3,000kw,2基)―振動スクリーンとの閉回路で行われ、続いてボールミル(5mφ×9m,2,000kw,3基)―サイクロンとの閉回路で2次磨鉱を行う。磨鉱サイズは-200メッシュ65%とする。

浮選は銅単一浮選で、浮選給鉱はコンディショナにて条件付与後、浮選機(28.3m<sup>3</sup>,17基)にて粗選され、さらに同じサイズの浮選機(16基)で清掃選を行い、沈鉱を尾鉱とする。

粗精鉱は、ボールミル(4mφ×8m,1,350kw,1基)サイクロンとの閉回路で再磨鉱された後、浮選機(4.2m<sup>3</sup>,20基)で精選され、銅精鉱を得る。精選沈鉱は繰り返される。

なお、カザフスタン各地でよく行われているサンド/ライム浮選は、系統が複雑となり、本鉱石には適していないと思われる。

銅精鉱は5mφのシクナ1基で濃縮後、ディスクフィルタで脱水し、銅精鉱を得、貯鉱舎に貯鉱される。

Table2-8-6に主要選鉱機器とその仕様を示す。

### 8-3-6 廃さい処理及び廃水処理

浮選尾鉱は、33mφのシクナ1基にて濃縮され、尾鉱堆積場に送られる。上澄水は回収され繰り返し使用される。

### 8-3-7 インフラストラクチャー

Zhama-Aibatで生産される精鉱は、全量Zhezkazganへ鉄道輸送されるものとし、Zhama-AibatとZhezkazganを結ぶ鉄道を建設する。また、アクセス道路も建設する。電力は、Zhezkazganから主要電力線を敷設して確保するものとする。

採算性評価では、以下のインフラを整備するものとする。

- (1) 鉄道 : 155 km
- (2) 道路 (幅5m) : 85 km
- (3) 主要電力線 : 130 km

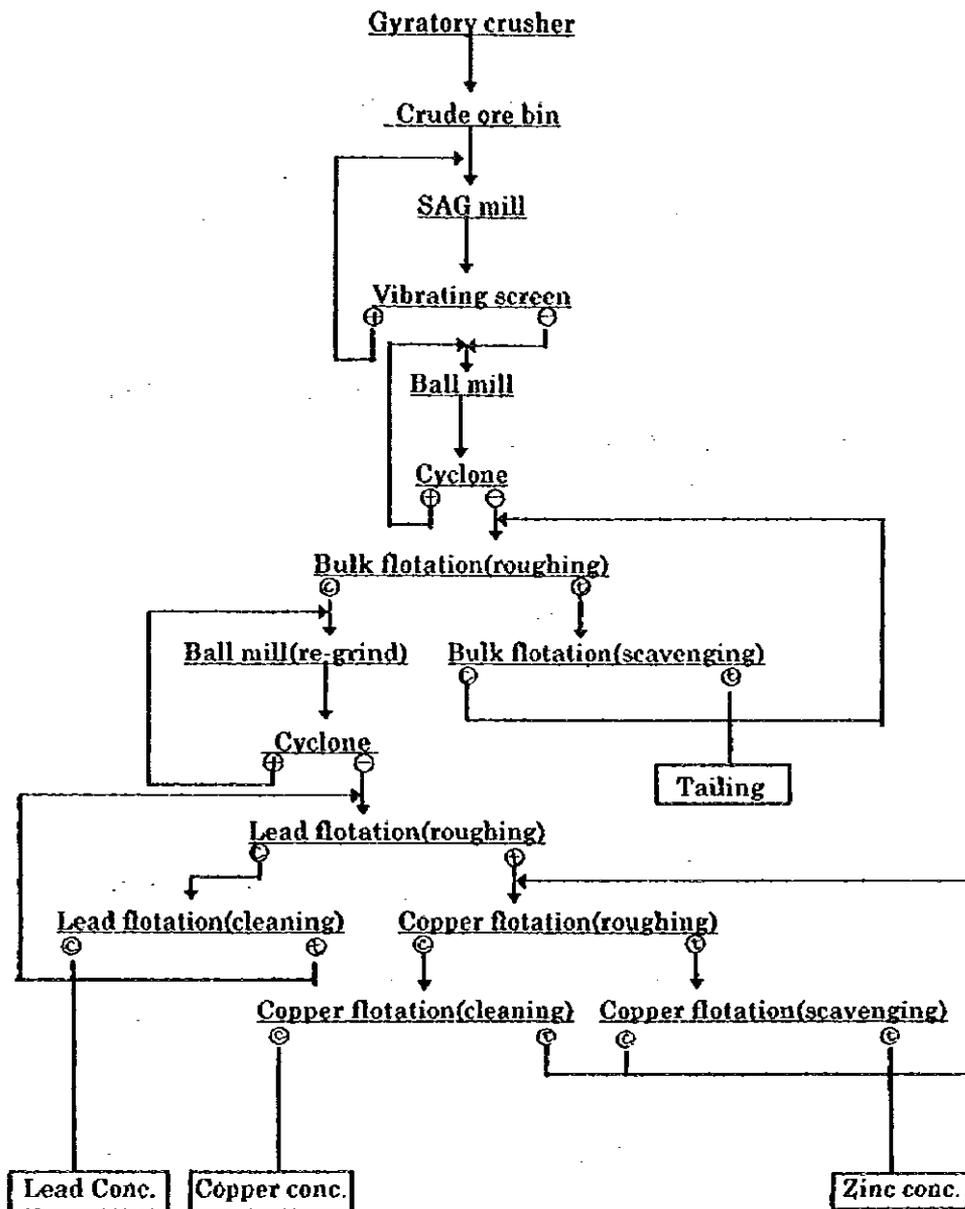


Fig.2-8-6 Flow Sheet of Ore Dressing Plant of the Zhaman-Aibat Mine

## 8-4 生産計画及び人員計画

### (1) 生産計画

作業の効率化・コスト削減のため、採掘は5年毎に設定した採掘領域内に切羽を集約して行うものとする。

Fig 2-8-7に年間出鉱量5.6Mtの場合の採掘領域を示す。また、Table 2-8-7に各採掘領域からの出鉱量、出鉱品位、含有金属量を示す。

Table 2-8-7 Production Plan on Each Annual Production

(1) Annual production: 4.5Mt

Period (year)	Production (Mt)	Average Ore grade		Metal contained	
		Cu(%)	Ag(g/t)	Cu(kt)	Ag(t)
1~5	22.5	1.21	5.62	272	126
6~10	22.5	1.18	6.14	266	138
11~15	22.5	1.18	7.46	266	168
16~20	22.5	1.29	10.21	290	230
21~25	22.5	1.03	11.53	232	259
26~27	6.3	0.83	15.67	53	99

(2) Annual production: 5.6Mt

Period (year)	Production (Mt)	Average Ore grade		Metal contained	
		Cu(%)	Ag(g/t)	Cu(kt)	Ag(t)
1~5	28.0	1.16	5.31	326	149
6~10	28.0	1.23	6.93	344	194
11~15	28.0	1.04	9.19	291	257
16~20	28.0	1.28	11.19	358	313
21~22	6.8	0.84	15.71	57	107

(3) Annual production: 6.7Mt

Period (year)	Production (Mt)	Average Ore grade		Metal contained	
		Cu(%)	Ag(g/t)	Cu(kt)	Ag(t)
1~5	33.5	1.15	5.22	385	175
6~10	33.5	1.23	7.52	412	252
11~15	33.5	1.14	10.66	385	357
16~18	18.2	1.07	12.92	195	235



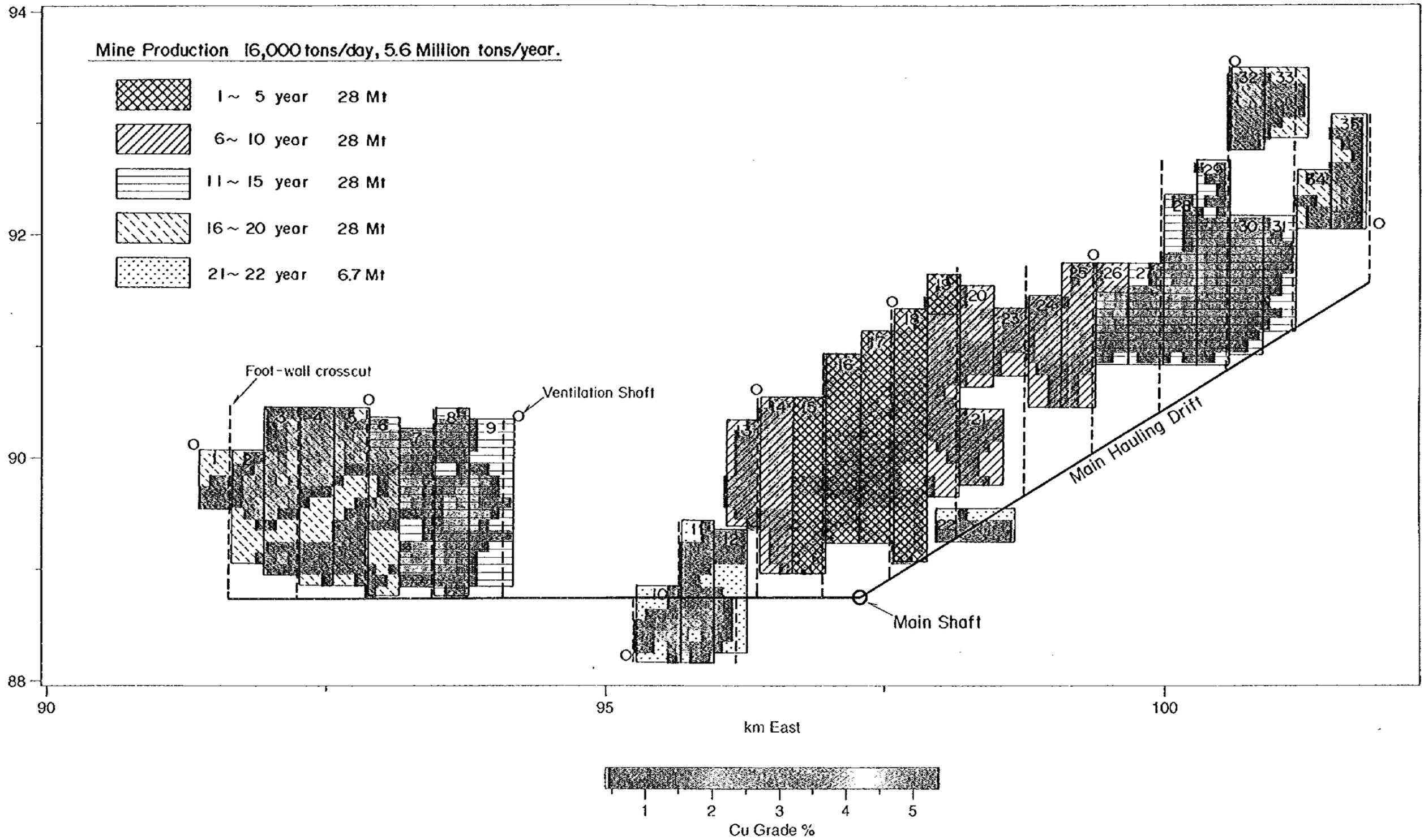


Fig. 2-8-7 Mining Area Map with Annual Production of 5.6 Million Tons



## (2) 人員計画

この概念設計では、米国内務省鉱山局のコスト計算マニュアル(前出)にもとづき各セクターの人員費を係数により算出している。従って、これらの係数中に標準配置人員その費用が含まれている。標準配置人員の正確な数を算出することは極めて難しいが、現在操業中の世界の坑内掘鉱山の実績と本概念設計のコスト積算から、Zhaman-Aibat 鉱山の必要人員は、職員および作業員合計で930人、内訳は坑内採鉱・掘進関係約450人、坑外作業関係約350人、管理技術者及びA/G約130人と推定される。

## 8-5 開発スケジュール

坑内開発は、採掘の進展に伴って順次進められるものとする。具体的には、生産計画で設定した5年毎の各採掘領域から出鉱するために必要な起業は、その採掘領域からの出鉱が開始される前の年までに完了しているものとする。

その他の地表施設等は生産開始前に完成させるものとする。生産開始前の開発期間は3年とする。

Table2-8-8に、5年毎の坑内開発計画を示す。

## 8-6 コスト概算

### 8-6-1 操業費

#### (1) 操業費の算出方法

Bureau of Mines Cost Estimating System Handbook (アメリカ合衆国内務省鉱山局編)に基づいて、Zhaman-Aibat 鉱床の操業費を算出した。本書では1984年のコストが算出されるため、Mining Cost Service(Western Mine Service社)に示されたCost Indexを用いて1996年のコストに修正した。

操業費の算出に用いたパラメータをTable2-8-9に示す。

#### (2) 操業費の算出結果

Table 2-8-10にZhaman-Aibat 鉱床の操業費(まとめ)を示す。内訳は巻末資料41~43に示す。

現地で調査したZhezkazgan 鉱山の採鉱コスト(鉱山施設の操業費、一般管理費を含む)は576 Tenge/t Ore (9.6 US\$/t Ore)選鉱コストは258 Tenge/t ore (4.3 US\$/t Ore)であり、Table 2-8-10に示した操業費の見積りとほぼ一致することから、Cost Estimating System Handbookによる見積り結果は妥当であると判断される。

Table 2-8-8 Underground Development Plan on Each Annual Production

(1) Annual production: 4.5Mt (Unit: m)

Production year	-3~0	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~27	Total
Skip shaft	700							700
Service shaft	700							700
Ventilation shaft	1,400		1,400		1,400			4,200
Main service shaft	2,000	700	4,900	2,600	800			11,000
Main transportation shaft	2,000	700	4,900	2,600	800			11,000
Crosscut in footwall	8,900	2,100	9,000	6,700	3,200	1,900		31,800
Ventilation drift	2,100	600	2,400	1,800	1,300	2,300		10,500
Ore chute	270	110	375	405	270	30		1,460

(2) Annual production: 5.6Mt (Unit: m)

Production year	-3~0	1~5	6~10	11~15	16~20	21~22	Total
Skip shaft	700						700
Service shaft	700						700
Ventilation shaft	2,100	1,400	1,400	1,400			6,300
Main service shaft	2,000	2,000	5,000	2,000			11,000
Main transportation shaft	2,000	2,000	5,000	2,000			11,000
Crosscut in footwall	8,900	6,000	10,100	4,900	1,900		31,800
Ventilation drift	2,100	1,800	2,400	1,900	2,300		10,500
Ore chute	270	395	465	300	30		1,460

(3) Annual production: 6.7Mt (Unit: m)

Production year	-3~0	1~5	6~10	11~15	16~18	Total
Skip shaft	700					700
Service shaft	700					700
Ventilation shaft	2,800	2,800	2,800			8,400
Main service shaft	2,000	5,600	2,000	1,400		11,000
Main transportation shaft	2,000	5,600	2,000	1,400		11,000
Crosscut in footwall	8,900	13,000	6,700	3,200		31,800
Ventilation drift	2,100	3,700	1,200	3,500		10,500
Ore chute	270	535	405	250		1,460

**Table 2-8-9 Basic Parameters for Operating Cost Estimation**

Annual production		4.5Mt	5.6Mt	6.7Mt
Production per day	(t/day)	12,800	16,000	19,200
Drill length	(m/year)	5,000	5,000	5,000
Winding capacity of skip	(t/hour)	1,100	1,300	1,600
One way distance of truck in u/g	(km)	1.0	1.0	1.0
One way distance of rail in u/g	(km)	5.5	5.5	5.5
Compressed air	(m <sup>3</sup> /min.)	1,800	2,000	2,200
Total air flow	(m <sup>3</sup> /min)	40,000	64,000	82,000
Underground waste water	(m <sup>3</sup> /day)	20,000	20,000	20,000
Water supply	(m <sup>3</sup> /day)	5,000	5,000	5,000
Mill plant capacity	(t/day)	16,000	20,000	24,000
Population of residence	(person)	2,000	2,000	2,000
Concentrate transported by rail	(t/day)	560	700	840
One way distance of trans. of conc.	(km)	155	155	155

**Table 2-8-10 Summary of Estimated Operation Costs of the Zhaman-Aibat Mine**

Annual production	Unit (US\$/t of ore)		
	4.5Mt	5.6Mt	6.7Mt
1. Mining	5.560	5.306	5.152
2. Mine facilities	2.272	2.064	1.912
3. Ore dressing	4.330	4.080	4.000
4. Administration	1.028	0.934	0.863
5. Concentrate transport	0.311	0.311	0.311
6. Camp management	3.246	2.597	2.164
Total operating cost			
(US\$/t of ore)	16.747	15.291	14.402
(US\$/t of copper)	1,629	1,487	1,401
(cent/lb of copper)	73.9	67.4	63.5

## 8-6-2 起業費

### (1) 起業費の算出方法

操業費と同様に、Bureau of Mines Cost Estimating System Handbook を用いて Zhaman-Aibat 鉱床の起業費を算出した。

採掘機械については、耐用年数を10年程度として、年間出鉱量4.5Mt（生産年数27年）の場合は2回の更新を、年間出鉱量5.6Mt（生産年数22年）及び6.7Mt（生産年数18年）の場合は1回の更新を見込んだ。

起業費の算出に用いたパラメータを Table 2-8-11 に示す。

### (2) 起業費の算出結果

Table 2-8-12 に起業費(まとめ)を示す。内訳は巻末資料 44~46 に示す。

Table 2-8-11 Basic Parameters for Capital Cost Estimation

Annual production		4.5Mt	5.6Mt	6.7Mt
Production per day	t/day	12,800	16,000	19,200
Room for underground crusher plant	m <sup>3</sup>	24,000	24,000	24,000
Room for underground work shop	m <sup>3</sup>	9,600	9,600	9,600
Ore storage capacity in underground	t	8,000×2	10,000×2	12,000×2
Underground drainage	m <sup>3</sup> /day	20,000	20,000	20,000
Skip winding capacity	t/hour	1,100	1,300	1,600
Compressed air consumption	m <sup>3</sup> /min.	1,800	2,000	2,200
Power consumption	kW	80,000	100,000	120,000
Total air flow volume	m <sup>3</sup> /min.	40,000	64,000	82,000
Water supply	m <sup>3</sup> /day	5,000	5,000	5,000
Mill plant capacity	t/day	16,000	20,000	24,000
Power load	MVA	40	50	60

Table 2-8-12 Summary of Estimated Capital Costs of the Zhaman-Aibat Mine

Annual production	Unit (US\$×1,000)		
	4.5Mt	5.6Mt	6.7Mt
1. Underground development	131,331	153,335	175,337
2. Mining equipment	149,640	125,055	144,120
3. Mining facilities	16,706	21,744	28,931
4. Infrastructure	74,516	75,506	76,362
5. Mill plant	78,000	95,000	112,000
Sub total	450,193	470,640	536,750
Working capital	18,700	21,300	24,100
Total of capital cost	468,893	491,940	560,850
Primary investment	297,533	341,766	388,510
Additional investment	171,360	150,174	172,340

## 8-7 経済性(採算性)概算

以上に示した採業費・起業費を用いて採算性評価を行った。

### 8-7-1 前提条件

採算性評価条件を Table 2-8-13 に示す。

選鉱・製錬実収率は Zhezkazgan コンビナートの実績に基づいて設定した。

金属価格は、1995 年度 LME の銅価格、TC/RC は自由圏における国内精錬所のコストを参考にした。

税制・減価償却は複雑かつ流動的なため考慮していない。また、借入金の金利等の財務コストも考慮していない。

Table 2-8-13 Basic Parameters  
for Profitability Evaluation

Items	Cu	Ag
Mill recovery	90.0%	90.0%
Smelter recovery	98.0%	94.5%
TC/RC	20 cent/lb	0.3 US\$/TR.OZ
Metal price	2,500 US\$/t (1.134 US\$/lb)	4.0 US\$/TR.OZ

### 8-7-2 評価概要

巻末資料 47, 48, 49 にキャッシュフローの計算結果を示す。

概念設計に基づく経済モデルの標準として年間 5.6 百万 t/年、TC/RC 20 ¢/lb、銅価 2,500 \$/t と設定した。TC/RC の 20 ¢/lb は国内製錬所としてほぼ妥当であるが、カスタムスマルターに売鉱するときは 25 ¢/lb 程度となり、さらにコストとして運搬費、保険が必要となる。銅価 2,500 \$/t は現在 1997 年現在の銅価としてはほぼ妥当な値となっている。さらに出鉱量を年 6.7 百万 t/年、ライフを 18 年、4.5 百万 t/年、ライフを 22 年を選択スキームとして比較検討した。

#### 内部収益率(IRR)

標準ケース(5.6 百万 t/年)	5.40%
選択ケース 1(6.7 百万 t/年)	6.80%
選択ケース 2(4.5 百万 t/年)	3.04%

この値は資本費用、税を無視したものである。これらを考慮すると、概算的に次式が適用できる。

$$R = (r - i)(1 - t)$$

ここで、

- r: 資本費用,税を0とした収益率
- R: 資本費用,税を考慮した収益率
- i: 資本費用
- t: 税率

通常、資金調達を国際機関で調達するとしても、8%程度を見込まなければならない。税の優遇を考慮税率を30%とし、3%の収益率を確保すると考えると、

$$0.03 = (r - 0.08)(1 - 0.3)$$

r = 12.3%程度は最低必要となろう。

### 8-7-3 感度分析

標準モデル(5.6百万t/年、マインライフ22年、銅価2,500\$/t、TC/RC26¢/lb.)を中心とし、変動項目を銅価、TC/RC、キャピタルコスト、操業コストを単独に基準値に対し、+30%から-30%間で変動させて、内部収益率の変化を調べた。その結果はTable 2-8-14のとおりである。

上記の感度分析結果をFigure 2-8-8に示す。

### 8-7-4 経済モデルのまとめと今後の課題

経済モデルを要約すると次の通りである。

- (1) 市場経済の下では、この経済モデルの標準値では、この鉱床の開発可能性は厳しい。
- (2) この表が内部収益率に最も大きい影響を与えるのは銅価であるが、これは他律的なものである。
- (3) 次に操業費の変動に大きな影響を受ける。例えば、操業費を30%節減すると、内部収益率rは7.77%好転するのに反し、起業費の30%節減は4.99%の好転、TC/RCを30%アップして26¢/lbで契約したとしてもわずか1.88%の悪化である。これらの変数の組み合わせにより、内部収益率の概数を知ることができる。

今後の課題として下記の事項を指摘することができる。

- (1) 採鉱法を含む技術的F/Sを行い、操業費を如何に減少させるか検討する。
- (2) 採鉱シーケンスを含む最適開発計画を検討し、キャピタルコストの精度を上げ、pre-F/Sの段階に進む。
- (3) 市場経済の財務分析の視点のみでなく、国家的な見地からプロジェクトの経済性を費用、便益分析(Cost Benefit Analysis)としての検討を行う。

**Table 2-8-14 Sensitivity Analysis between Various Parameters and Internal Rate of Return (%)**

Item	Parameter	Internal rate of return
Copper price	-20(%)	0.97 cent/lb minus
	-10	1.02 cent/lb minus
	-5	1.04 cent/lb 2.78
	0	1.13 cent/lb 5.40
	+10	1.25 cent/lb 9.97
	+20	1.36 cent/lb 14.40
	+30	1.47 cent/lb 17.70
TC/RC	-30	14 (cent/lb) 7.91
	-20	16 7.10
	-10	18 6.26
	0	20 5.40
	+10	22 4.51
	+20	24 3.59
	+30	26 2.62
Capital cost	-30	344,360 (th\$) 10.37
	-20	393,554 8.40
	-10	442,749 6.77
	0	491,943 5.40
	+10	541,137 4.22
	+20	590,332 3.19
	+30	639,526 2.28
Operating cost	-30	13.17
	-20	10.78
	-10	8.21
	0	5.40
	+10	2.20
	+20	minus
	+30	minus

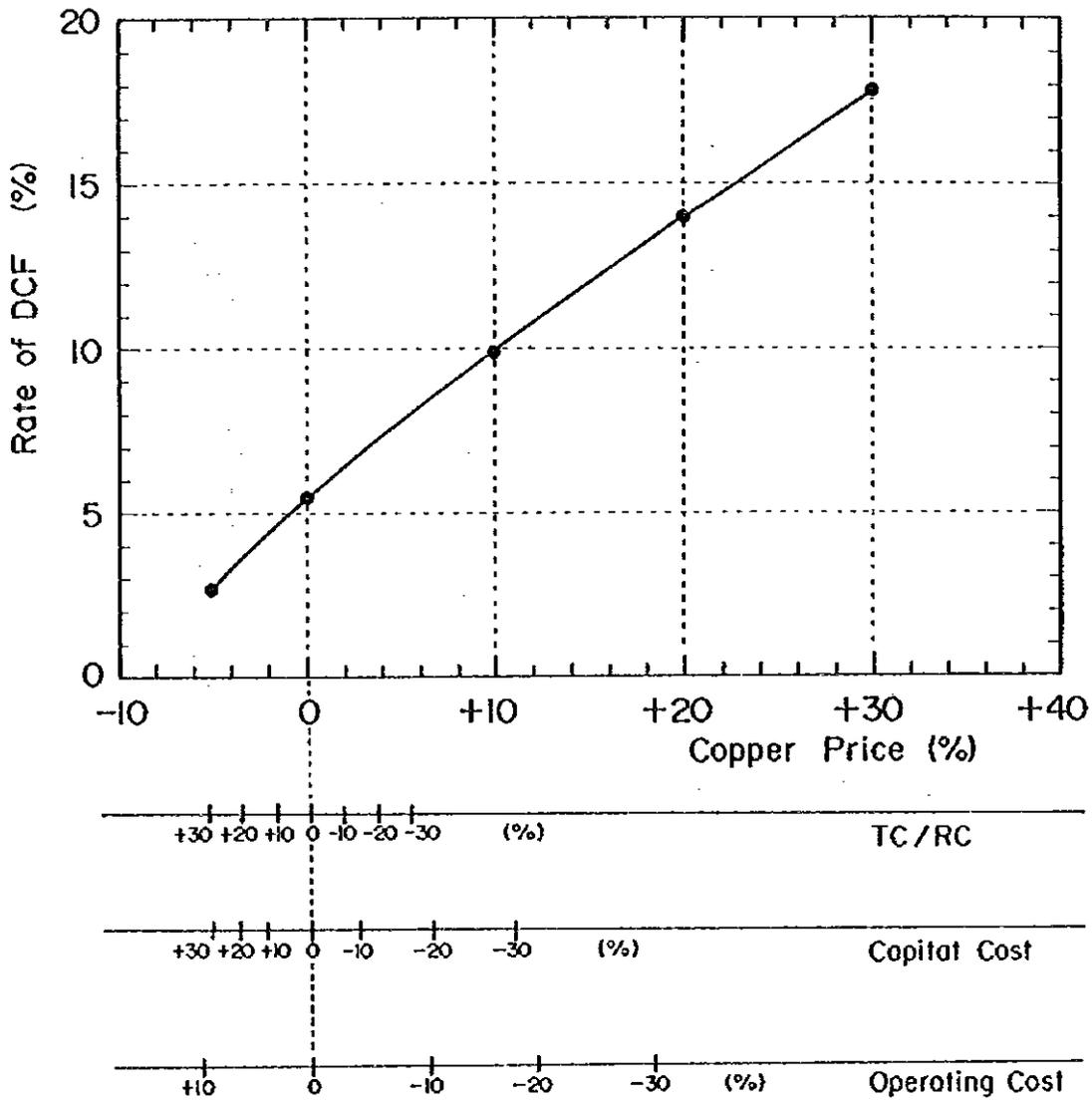


Fig.2-8-8 Sensitivity Scales for Main Parameters  
( Rate of DCF(%))

### 8-7-5 カットオフ品位の検討

ここでは、Zhaman-Aibat 鉱床のカットオフ品位について再検討する。カットオフ品位は次式で定義されるものとする。

1 t の鉱石に含まれる販売対象金属(Cu)の価値=操業コスト+TC/RC

具体的には、カットオフ品位は次式にて計算される。

$$X = \frac{C}{R_{\text{mill}} \times R_{\text{smelter}} \times (P_{\text{Cu}} - 2.204 \times T_{\text{Cu}}) / 100}$$

ここで、

- X : カットオフ品位 (% Cu)
- C : 操業費 (US\$/t Ore)
- R<sub>mill</sub> : 選鉱実収率 (%)
- R<sub>smelter</sub> : 製錬実収率 (%)
- P<sub>Cu</sub> : 銅価格 (US\$/t Cu)
- T<sub>Cu</sub> : 銅の TC/RC (US\$/lb. Cu)

選鉱実収率・製錬実収率・TC/RCは Table 2-8-13 に示している。Table 2-8-15 に標準モデルにおける銅のみの価格とカットオフ品位の関係を示す。Table 2-8-15 から、Zhaman-Aibat 鉱床のカットオフ品位は、Zhezkazgan 鉱山で用いられている 0.4% Cu よりかなり高く設定する必要があると考えられる。

Table 2-8-15 Relationship between Copper Price and Cut-off Grade

Copper price (US\$/t of Cu)	Cutoff grade (%)
2,000	1.19
2,100	1.11
2,200	1.05
2,300	0.99
2,400	0.93
2,500	0.89
2,600	0.84
2,700	0.80

Table 2-5-15に示すように、カットオフ品位、すなわち採算限界品位(Economical Break Even Point)は、銅価の変動に伴い大きく変動する。従って、銅価と同様に出鉱品位はIRRに対して極めて鋭敏に反応する。出鉱品位を上げるとは、カットオフ品位を上げることであり、またこれは可採鉱量の減少を意味する。一般にこれまでの社会主義経済では、総合最適利益(Total Optimum Profit)の観念に乏しく、カットオフ品位は固定的に捕らえられている。市場経済ではカットオフ品位は、銅価やその他の条件の変動に伴い常に変動するためより柔軟に考えねばならない。従って、Zhanman-Aibat 鉱床のカットオフ品位は、Zhezkazgan 鉱山で用いられている0.4% Cuより可成り高く設定する必要がある。

## 8-8 環境保全計画

鉱山業は、環境にもっとも影響を及ぼす産業の一つである。従って、開発前から、終掘後の修復をも含めて環境に対する配慮を最大限に行わなければならない。

Zhaman-Aibat 地域はほぼ平坦で、周辺に住居する住民はなく、農業、牧畜、漁業も行われていない。気候は乾燥地帯であって、河川は認められない。また、採掘方法は坑内掘である。このことから見ると、鉱山開発による住民への影響、自然環境に及ぼす影響はほとんど問題にはならないと思われる。しかし、自然環境への影響を少しでも少なくすることは、地球環境保全の立場から人類の責務である。

以上のことを考慮して、開発に当たり以下の事項を計画することを提案する。

1. 尾鉱堆積場の周辺の適当な場所に地下水観測井を掘り、地下水のモニタリングを行うこと。
2. 終掘後、廃石堆積場、尾鉱堆積場の覆土を行うこと。





### 第Ⅲ部 各論 Samarsky 地域



## 第Ⅲ部 各論 Samarsky 地域

### 第1章 既往資料の概要

#### 1-1 地質調査

1958年～1959年に、Samarsky 地域周辺の広域地質図(縮尺1:200,000)と地域地質図(縮尺1:50,000)が発行されている。

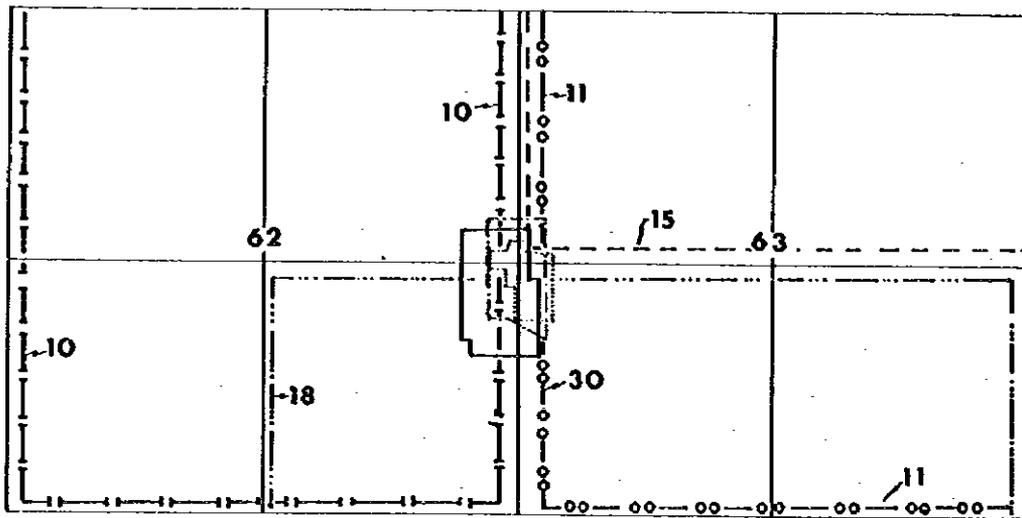
Samarsky 地域周辺の地質調査は、1935年にホウ素の原料の獲得を目的に開始され、Sarymsak 山では、電気石化した二次珪岩の探査が実施された。1954年に再び珪岩の探査が実施され、数多くのトレンチや探鉱立坑が掘削された。その結果は縮尺1:2,000の地質図にまとめられた。

金の鉱化が最初に確認されたのは1953年で、この鉱床はNurin 鉱床と命名された。Nurin 鉱床は、上述の珪岩の中に幾つか小規模に伸びた鉱化帯からなり、孔雀石、藍銅鉱を伴う。1956年から1959年にかけて、電気石化した岩石と金および銅の鉱化作用の関係について総括的な調査がなされた。また、金と銅を対象に4本の試錐が実施され、二次珪岩の分布するSarymsak の円錐丘において、Cuの拡散ハロ(中心部で0.1～0.4%Cu)とMoのハロ(0.02%Mo)が発見された。

以上の調査結果から、地質層序、構造発達史、および金属元素の累帯分布に関する知見が得られ、二次珪岩中のポーフイリー-Cu-Mo 鉱床を対象に、より詳しい探鉱の必要性が提言された。

1962年には15.75km<sup>2</sup>の地域をカバーして縮尺1:10,000の地質調査が行われた。ここで明らかにされた数多くの地化学探査異常を評価するために短尺試錐と探査作業が実施された(立坑約8.5m, トレンチ35, 試錐約770m)。1966年から1972年までの間にSamarsky 鉱床地域の他、Severny, Zapadny, Tsentralny およびYuzhnyを含む地域が種々の方法により調査された。使用された手法は、重力探査(22.1km<sup>2</sup>)、金のサンプリングと分析(6km)、トレンチ(5,204.3m)、立坑(163m)および試錐(2,398.5m)であった。その結果、この地域は金とポーフイリー-Cu-Mo 型の鉱化に関して有望であるとの結論を得、さらに探査を進めるべきであるとの提案がなされた。

1989年からは、Samarsky 鉱床(中央)とその周辺の縮尺1:2,000の地質図を完成させるために表層堆積物の下を探る短尺 mappingdrilling が実施された。さらに1990年からは、exploration drilling で Samarsky 中央鉱床(ポーフイリー-Cu-Mo 鉱床)と Samarsky 西部鉱床(Au-多金属鉱床)の鉱体を明らかにする探査を開始した。1994年末までに合計76本の探鉱試錐が実施された(Table 3-1-1, Fig. 3-1-1)。



Legend

- 10 MSU (Moscow State University) Konfel O.M. 1:200,000. 1959
- 11 MSU Mozarovich O.A. 1:200,000 1959
- 15 CKGA, CKPhE Bydrin V.P. 1:200,000 1967
- 18 CKGA, Aksamentova N.V. 1: 50,000 1956-1957
- 30 Contour of work by P.I. Khomchenko 1: 10,000 1960
-  Contour of work by Opravhat V.A. 1: 10,000 1965
-  Area covered by works of X.K. Ismailova 1: 10,000
-  Contour covered by work of Samarsky Party 1: 10,000 1994

scale 1:500,000



Fig.3-1-1 Index Map of Previous Geological Surveys In the Samarsky Area

Table 3-1-1-1 Drilling Statistics in the Samarsky Area

Area, Type	Samarsky Ore Field			Samarsky Copper Area			Samarsky Gold Area			Annual Total	
	Kind of Drill	No. of Holes	Total Length m	Kind of Drill	No. of Holes	Total Length m	Kind of Drill	No. of Holes	Total Length m	No. of Holes	Total Length m
1989	Mapping Drill	548	17,913	-	-	-	-	-	-	-	17,913.0
1990	-	-	-	Core Drill	21	8,006	Core * Drill	19	2,829.2	-	10,835.2
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
1992	-	-	-	-	-	-	Core Drill	11	2,251	( '92-93)	-
1993	Mapping Drill	47	795	Core Drill	25	18,970	-	-	-	( '93-94)	2,251.0
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,765.0
Mapping Exploration	-	595	18,708	-	46	27,976	-	30	5,080.2	595	18,708.0
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	671	51,764.2

\* Core Drill : for Exploration

## 1-2 地化学調査

Samarsky 地域の探鉱では 1950 年代から地化学探査が採用され、精査地域の特定などの重要な役割を果たしてきた。また、1957 年以来二次ハロによる地化学探査がなされ、3 万点以上のサンプルが採取された。サンプリングは 100 m×20 m もしくは 100 m×25 m で実施されている (Fig.3-1-2)。

分析対象元素は、Mo, Ag, Pb, Cu, Co, Bi, Sn, Cd, Ge, V, Be, Sr, Ni, Sb, W, Li, Ti, Mn, As, B, Zn, Ba, および Au の 23 元素であり、スペクトル分析が利用されている。この中で、13 元素 (Cu, Mo, Sn, W, Ag, Bi, Au, Ba, B, Ge, Pb, Zn, As) については鉱化の指標として有効なことが分かり、二次ハロの分布図としてまとめられた。その結果、二次ハロの分布と地質構造から探鉱地区の絞り込みが可能となった。地化学探査の総合解釈を Fig.1-3-8 に、その概要を以下に示す。

地域中央と北部で Cu のハロが認められ、これは Cu と Mo 鉱床母岩である貫入岩を指示する。線状に伸びた Cu のハロは、Au-多金属鉱床に関連した鉱化帯を示す。環状を呈する 0.01-0.1% のハロ域は、中央鉱体の銅鉱染域に相当する。より強い銅の鉱化部分は 0.03-0.1% の範囲にあり、地化学異常帯を形成する。

W (0.003-0.03%)、Sn (0.0002-0.0005%)、および Mo (0.0003-0.01%) のハロの形状は環状を呈す。これは閃緑岩類を貫いた新しい貫入岩の形態を示している。

Cu, Mo, W および Sn を総合したハロは銅の鉱化域を示す。B のハロは電気石化作用の地域を示し、金の鉱化と関係する。Au のハロは地表の銅鉱化の分布とよく似ている。

Ag, Pb, Zn, As および Bi のハロは Cu のハロの側面と、多金属鉱化を伴う熱水変質した火山岩の側面とに位置している。

垂直的な鉱化の分布を確認するために、34 番線 (E-W 測線) の上で実施された探鉱試錐の岩石コアを利用して、一次ハロの分布が調べられている。使用された元素は Cu, Mo, Sn, W, B, Ge, Sr, Ni, Bi, Co, Pb および Zn の 11 元素である。その結果によれば、鉱化帯の断面形状はアーチ状で、西側が東側よりも急角度であると推測されている。軸部の累帯配列は鉱床の西縁で調べられ、その構造は Ge, Bo, Sn で明瞭である。鉱体の形状は Mo, Au, Pb で示され、鉱体の下部は Zn と Mo で、鉱体より下位は Bi と Cr で示される。

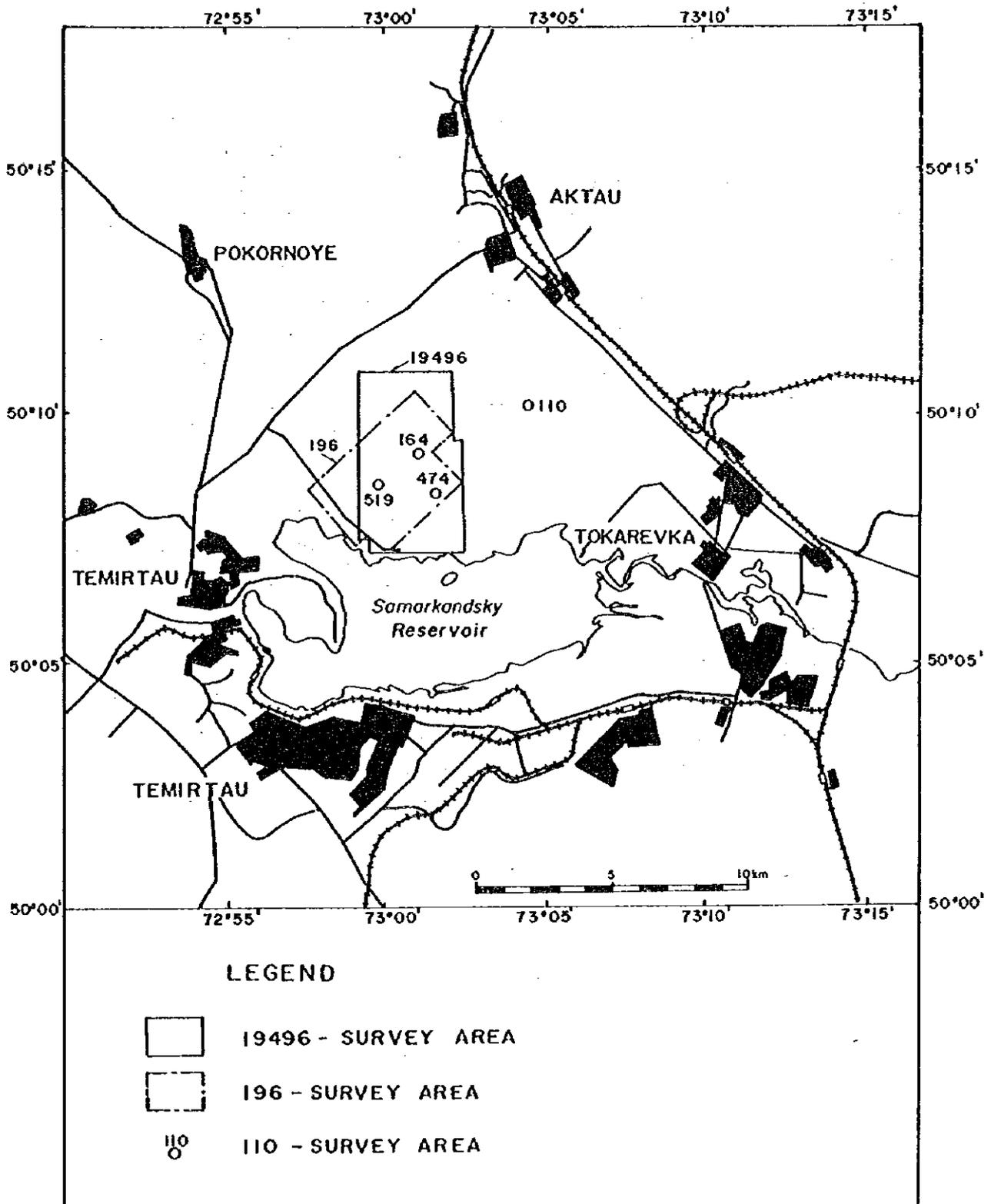


Fig.3-1-2 Index Map of Previous Geochemical Surveys in the Samarsky Area

### 1-3 物理調査

Samarsky地域においてこれまでに実施された物理探査の資料を、物探既往調査のリスト(Table 3-1-2, Fig 3-1-3)に示す。

Samarsky 鉱床周辺の物理探査は1960年代に始まった。地化学探査(1:50,000)の結果、Samarsky地域の中央付近に異常が発見された。1961年に、この異常を再調査するため0.5kmx1.6kmのサイズの地域が選ばれ、簡易放射能探査およびIP電気探査が行われた。鉄分の多い二次的な珪岩の地域と一致する鉛、モリブデン、銅、銀、亜鉛、および砒素が高度に濃縮した異常が明らかにされた。またその地域で、SP電気探査による50mVの異常を捕捉した。

以上の結果に基づいて、1962年から1:10,000スケールの探査が行われた。手法は、100 m x 20 m (15.75km<sup>2</sup>)のネットワークでの磁気探査とmetallometric survey, IP, SP電気探査(7km<sup>2</sup>)である。その結果、本調査範囲のいくつかは、ポーフィリー-Cu-Mo 鉱床およびAu-多金属鉱床の賦存の可能性のある有望地域と見なされ、詳しい調査の必要性が報告された。特にSamar Zapadney地区では、IP法電気探査で2%のバックグラウンド値の中に6%~8%の強さのIP異常が探知され、北西の方向へ張りだした鉱化帯が存在することが明らかにされた。当地区は、Au-多金属鉱床の有望な地域とされる。

1961-1962年に実施された物理探査と地質調査は、質的に今日の要請に対応したものではない。磁気探査の測定誤差は、火成岩-堆積岩が複合した構造のマッピングには不十分である。ライン16-20での異常は測定で達成された正確さに疑問点もあったが、V.P.Vydrinによれば、鉱床発見の可能性のある有望な探査地域の合計面積は40km<sup>2</sup>と報告している。

1966年以来、Samarsky 鉱床地域は、Central Geophysical Expedition (CGPE)のAlexandrovskayaグループにより調査され、ネットワーク200 m x 100 m (22.1km<sup>2</sup>)の重力探査、ネットワーク100 m x 20 m (7km<sup>2</sup>)の磁気探査、ネットワーク100 m x 20 m, 100 m x 100 m (6km<sup>2</sup>)の地化学探査などの調査方法が適用された。1965-1972年に行われた一連の探査の資料がThematic隊(1989)によってまとめられた。この報告でも、Samarsky地域でのAu-多金属鉱床について有望であることも示された。

1972年の探査結果によれば、多様な貫入岩と熱水変質帯が複雑な地質構造を形成し、500 m以上の深度にもそれらは広く分布していると推定される。また、重力の分布傾度は深部に発達したTulkulin円形背斜構造の南部で増加するが、北側に向かって減少する。この傾度境界はSarymsak-Tulkulin断層ゾーンとほぼ一致する。1:10,000スケールの磁気探査のデータによれば、Samarsky地域は磁気基盤構造の性質により2つの異なる部分に分けられる。磁気異常を強く形成する部分は、Zharsor層の交代変成作用を受けた花崗岩類と火山岩である。図面上では、Tulkulin構造の中央部と一致し、主に磁気異常の縦方向の変化を示している。磁気異常の弱い部分は、この構造の縁辺部に分布するKonyr層の礫岩-砂岩の塊の露頭をとり囲んでいる。磁気異常は、その振幅の大きさ、方向、長さ等から、いくつかの磁気基盤構造や磁性岩体を推定することができる。Samarsky地域の磁気異常は、次の4つの部分に分けられている。

・小規模の貫入岩と塩基性貫入岩のゾーン

- 銅の鉱化に関連する斑岩岩体を含む閃緑岩類の露頭
- 西部地区のAu-多金属鉱化の発達した地域
- Zharsor層の火山岩の露頭（南東の部分）

### 1) 深成岩の異常帯

ライン28（測点200から350まで）に位置する異常は、200nT～400nTの振幅で短波長の異常であることから、垂直構造を反映した磁気異常である。これらの異常は、Late PermianのManybai累層群の斑岩-閃緑岩、粗粒玄武岩の岩脈、および安山岩-玄武岩溶岩とモンゾ閃緑岩が発達した地域と一致する。本地域では交代作用が広範囲に及ぶため、火山岩と貫入岩が混在する貫入岩を磁力探査のデータだけから直接選り出すのは難しい。

### 2) 閃緑岩類の異常帯

上記異常帯の北側に分布する。この異常は、ポーフイリーCu-Mo鉱床を含むKaramendinコンプレックスの第1および第2フェーズの小規模な閃緑岩類（Tulkulin貫入岩体）の露頭と一致する。貫入岩は深部から盛り上がり、全体として南東の方向へ角度30°で傾斜している。デボン紀の花崗岩類と火山岩類の多くは変成作用によりberesiteとプロピライトに変化し、限られた部分が低磁性体として残されている。すなわち、貫入の第2フェーズでは、beresiteとberesite化した花崗閃緑岩類が半リング状に形成されたと推定されており、その構造は、半リング状の磁気異常と良く一致している。低磁気異常域内に分布する花崗閃緑岩類のサンプル測定によると、 $1,631 \times 10^{-6} \text{SI}$ の高い平均磁化率を持っている。しかし試錐結果によると、第1フェーズで閃緑岩類に発達した鉱石とberesiteを含む鉱石は特に高い磁化率を有している。周辺のberesiteから採取したサンプルでも、3,000から5,500  $\times 10^{-6} \text{SI}$ という高い磁化率が示された。一方、beresiteが分布する箇所の平均磁化率は、308～3,182  $\times 10^{-6} \text{SI}$ まで変わり、最大で6,000～9,000  $\times 10^{-6} \text{SI}$ に達した。上述の半リング状の磁気異常帯は、おそらく第2フェーズの花崗閃緑岩類だけでなく、Karamendinコンプレックスの第一フェーズの閃緑岩類を中心に発達した、赤鉄鉱と磁鉄鉱を含む鉱石に起因するものと考えられる。

### 3) Au-多金属鉱化の異常帯

地域北西に分布する。重力図では、深部にある塊状の花崗岩と関連して、重力の値の減少を示す。磁気異常は、比較的小さい振幅を示している（-50nTから+100nTまで）。地質分布によると、Konyr層の砂岩、および上部Zharsor層の変成作用を受けた凝灰岩、凝灰礫岩、角礫岩、および大きな砕屑状の凝灰安山岩の分布域と一致する。小振幅で長周期の磁気異常は、潜頭性の石英モンゾ閃緑岩岩脈に起因するものと考えられる。

測点150～240の異常は、IP法電気探査の異常と関連があり、これは岩石中の熱水活動と関連があると考えられる。鉛、亜鉛、金まれには銅が認められる地域、電気石-セリサイト-石英の分布域に限られている。試錐資料によれば、すべてのAu-多金属の富鉱帯は、このゾーン内に位置している。

#### 4) 南東の異常帯

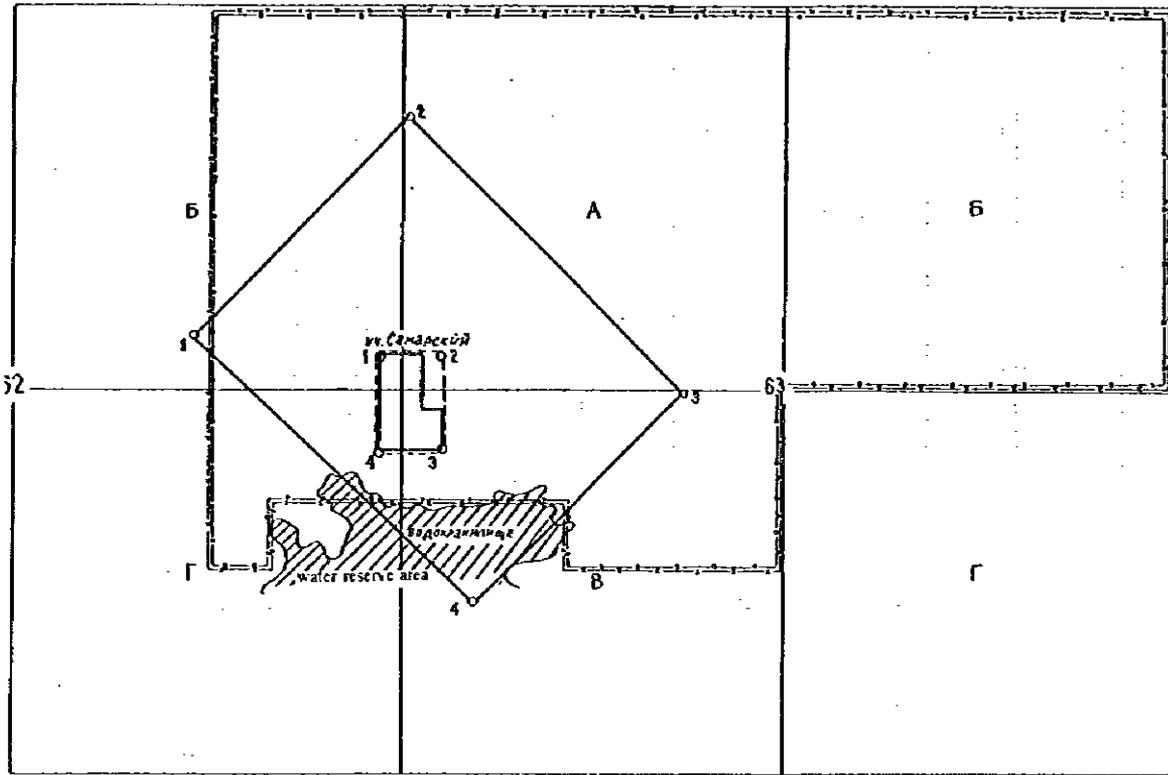
南東の異常帯は、100nT~300nTの低異常である。地質分布では、本異常域は、Zharsor層の火山岩の露頭およびデボン紀中期のKonyr層の陸成岩石の発達した地域と一致する。

**Table 3-1-2 Previous Geophysical Surveys in the Samarsky Area**

( after BOOK1, 1992 )

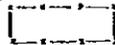
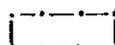
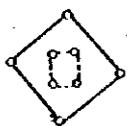
Report	Year	Author	Method , scale	Network, spacing
148	1960	Khomchenko P. I. Zinchenko O. V. CKSD, CGPE	Ms - 1:100,000  1:10,000 Gch- 1:50,000 1:25,000 Es - 1:25,000	500x100 m 1,000x100 m 1,000x50, 500x50m 100x20 m 500x50m 250x50m
161	1961	Pak V. P. Kaz	Ms - 1:100,000	height 40m
164	1961	Khomchenko P. I. Vydrin V. P. CKSD, CGPE	Ms - 1:10,000 Gch- 1:10,000 Es(VES)-  Es(IP) -	100x20 100x20 distance 2,000m pitch 500m 200x200m 400x200m 100x20m
196	1962	Khomchenko P. I. Belousov A. I. CKSD, CGPE	Ms - 1:10,000(15.75) Gch- 1:10,000 Es - 1:10,000 (7) (SP, IP)	100x20m 100x20m 200x40m
494	1965 - 1972	Opravhat V. A. Pacholyuk V. P. CKTSD, CGPE	Gr - 1:25,000 (22.1) Ms - 1:10,000 (4) Gch- 1:10,000 (6)	200x100 m 100x20 m 100x20 m, 100x100m
950	1983	Mageramova E. A. CKTSD, KSPE Geophysical party	Ms - 1:10,000 Es - 1:10,000 (SP)- --	100x25 m 200x50 m pitch 25 m

Gr.Gravity, Es:Electric, Ms:Metallometric, Gch:Geochemical



**LEGEND**



-  The Gravity Survey 1:50,000, network 500 x 500m
-  The Magnetic Survey 1:50,000, network 500 x 100m
-  The Samarsky area 12 (squ.Km)  
The Gravity survey 50 x 50 m  
The Magnetic survey 25 x 5 m  
The Electric survey : SP; 100 x 20 m, IP; 200 x 40 m, TEM; 100 x 50 m
-  Survey area  
Deposit area

**Fig.3-1-3 Index Map of Previous Geophysical Surveys In the Samarsky Area**

## 第2章 地質および鉱床

### 2-1 地質

Samarsky 地域は、大きなカレドニアン構造の交点、すなわち Erementay-Nyaz anticlinorium, Semizbugin および Shokshan synclinoria の分岐点に位置し、周辺はデボン紀の火山帯の縁辺部に相当する (Fig.1-3-5)。このため、Samarsky 地域には、デボン紀の火山岩、貫入岩、および火山性堆積岩等が広く分布する。

#### 2-1-1 堆積岩類

##### (1) デボン系

Samarsky 地域には、デボン紀の地層が広く分布している。それらは主として Tulukulin の環状火山岩・深成岩構造の翼部をなしており、デボン紀初期の Zharsor 層火山岩類、デボン紀中期の Konyr 層の火山性堆積層とに区別される。Zharsor 層はさらに下部層と上部層に分けられる。

##### Zharsor 層

Zharsor 層は、岩相と岩石化学的特徴から、下部層 ( $D_{1z1}$ 、主として安山岩玄武岩質火山岩類) と上部層 ( $D_{1z2}$ 、主として安山岩、石英安山岩質火山岩類) の2層に分けられる。

(i) Zharsor 層下部層：地域の南東部と北東部に広く分布する。当部層はシルル紀とオルドビス紀の地層を不整合に覆い、自身は地域内で Zharsor 層上部層に整合関係で覆われる。その厚さは545 m以上である。当部層は主として凝灰集塊岩質凝灰岩からなる。北西部の Zamadny 地区では当部層は交代作用で完全に beresite 化して多くの黄鉄鉱を伴っている。

(ii) Zharsor 層上部層：中部デボン紀の Konyr 層の火山性堆積岩類に整合的に覆われる。当部層は、地域の南東と北西部で20-30°の傾斜で最も広く分布し、Tulukulin 火山岩・深成岩環状構造の縁辺部を構成している。主として粗粒の岩屑質の火砕質凝灰岩からなり、時に安山岩質・石英安山岩質堆積岩と安山岩の溶岩からなる。層厚は510 m以上である。

(iii) 半深成岩類：初期デボン紀の半深成岩類 ( $\alpha \beta \pi D_1$ ) は Zharsor 時 (亜期) に活動したものが、本地域には Zharsor 層の下部層として広く分布しており、主として優白岩質玄武岩や安山岩質～玄武岩質の岩石からなる。

##### Konyr 層 ( $D_{2kn}$ )

当層は Zhivet 階のもので Samarsky 地域の北部と西部に広く分布する。Zharsor 層の下部層、上部層のウォッシュアウトを伴い、角度のある不整合で覆い、本層そのものは新第三紀の粘土で覆われる。主に赤色の凝灰質等粒砂岩、礫岩からなる。層厚は250 m以下と推定される。

## (2) 新第三系

新第三系は、中部～上部中新世の Kalkaman 層 (N12-3kl) および上部中新世～下部鮮新世の Pavlodar 層 (N13-N21pv) よりなる。主として粘土と再堆積した風化層で、その中に砂質レンズと lump (ノジュール状不規則石灰岩塊)、および礫を伴う。

### Kalkaman 層 (N12-3kl)

古第三系の岩石を覆って本地域内に広く分布する。主として湖成層、沖積～湖成層および diluvial～proluvial の堆積物で、灰色～緑色の脂光質粘土と再堆積した風化層とからなる。厚さは様々で、数 m～50 m までである。

### Pavlodar 層 (N13-N 21pv)

Pavlodar 層は、Kalkaman 層と比べてより広く分布し、特に地域北部と北東部で最も広く認められる。当層は Kalkaman 層と古第三紀層を覆い、第四紀層に覆われる。赤色～赤褐色で稀に斑入りの湖底～沖積に堆積した砂質～粘土質堆積物からなる。厚さは数 m から 22 m～35 m まで変化する。

## (3) 第四系

下部層は、湖底～沖積性堆積物 (LaQI) で地域の西部に分布する。褐色～ベージュ色のローム、粘土、および多相の細粒～中粒の砂からなる。厚さは 5 m 以下である。

中部～上部層は proluvial-deluvial (pdQII-III) 堆積物、proluvial (pQIV)、および湖底堆積物 (LQIV) に分類される。これらは岩屑を含む石灰質ロームからなる。厚さは通常 1～2 m を越えない。現世系堆積物は proluvial 堆積物 (pQIV) および湖成堆積物 (LQIV) からなり、その厚さは 1 m を越えない。

## 2-1-2 貫入岩類

貫入時期により、岩相や岩石化学的特徴は変化に富む。これらの貫入岩はデボン紀の火山活動と密接な関係をもち、Tulkulin 火山岩-深成岩環状構造を形成するし、また二疊紀の後カレドニアン造構造-マグマ活動とも関連している。以下に述べる複合岩体が知られている。

### Karamendin Complex

デボン紀初期の貫入岩として、石英閃緑岩 ( $q \delta i D i k m$ ) が第一フェーズとして貫入し、花崗閃緑斑岩 ( $\gamma \delta \pi 2 D i k m$ ) が第二フェーズとして Tulkulin 貫入岩体を構成し、Samarisky 地域の中央の Tulkulin 火山-深成岩環状構造部に広く露出している。これらの貫入岩体は、各々その後の新しい貫入岩の活動を伴う。

第一フェーズに続く貫入岩類として、微粒閃緑岩、石英閃緑斑岩、およびヒン岩の貫入があり、交

代作用、変質作用を伴う。また、第二フェーズに引き続いて同じ場所への貫入岩や岩脈の活動があり、それらは石英閃緑斑岩、花崗閃緑斑岩の噴出礫などに交代作用、変質作用を及ぼしている。これらの活動時期を通じて、貫入岩体の一部は破碎作用を被り、中心部ではデボン紀初期の周辺の様々な岩相の礫を取り込んで、breccia pipe の形成された。この breccia pipe が熱水変質とポーフィリー-Cu-Mo 鉱化作用および Au-多金属鉱化作用に大きな役割を果たした (Fig.1-3-7)。

平面的には Tulkulin 岩体は楕円形をしており、形態はほぼ切り株状で  $6 \times 3$  km の範囲を占める。貫入地域の西側では岩体は西-Tulkulin 衝上断層に切られている。この岩体はその殆どが交代作用で完全に beresite 化されている。

### Vishnev Complex

初期二疊紀に貫入した Vishnev Complex は、主に石英モンゾニ閃緑岩 ( $q \mu \delta P1v$ ) からなり、稀にモンゾニ閃緑岩 ( $\mu \delta P1v$ ) や花崗閃緑岩 ( $\gamma \delta P1v$ ) を伴う。この複合岩体は小型の貫入岩体や岩脈から構成され、そのほとんどは Tulkulin 火山岩-深成岩環状構造帯や断層帯の周辺に分布する。

### Manybai Complex

二疊紀後期に貫入した Manybai Complex は、粗粒玄武岩 ( $\epsilon \beta P2mn$ )、斑レイ岩 ( $\epsilon \nu P2mn$ )、および斑レイ岩-閃緑岩 ( $\epsilon \beta \delta P2mn$ ) からなる。岩脈と小規模貫入岩として、Tulkulin 火山岩-深成岩環状構造帯の軸部に分布する。

### Koytas Complex

二疊紀後期に貫入した Koytas Complex は流紋石英安山岩-斑岩 ( $\lambda \xi \pi P2kt$ )、流紋岩-斑岩 ( $\lambda \pi P2kt$ )、および花崗斑岩 ( $\gamma \pi P2kt$ ) からなる。岩脈、時には小規模な貫入岩体として、Tulkulin 火山岩-深成岩構造の周辺に分布する。

## 2-1-3 地質構造

Samarsky 地域は地質構造の上からはデボン紀の火山帯の縁辺部に位置しており、大きなカレドニアン構造、すなわち Erementau-Nyaz anticlinorium と Semizbugin および Shokshan synclinoria の交点にあり、中央カザフスタンにおけるカレドニアンと初期ヘルシニアン構造の交点に隣接している。そのため本地域の地質構造が複雑になっている。地域には、二つの構造運動ステージと五つの構造帯および大小の貫入複合岩体が認められ、種々の規模の褶曲構造と断層が著しく発達する。Samarsky 地域で最も顕著な構造的要素は、Tulkulin 火山岩-深成岩環状構造である。

初期とそれに続く構造ステージは、造山運動の発達期のものであるとされている。初期の構造ステージは、デボン紀初期の Zharsor 層の大陸域安山岩質玄武岩-石英安山岩、Karamendin Complex、およびドレライト (粗粒玄武岩) の生成で特徴づけられる。また、デボン紀初期までに、カレドニアン造山構造運動により構造運動を被り、Tulkulin 火山岩-深成岩構造が小規模貫入岩体と共に形成された。Tulkulin 小規模貫入岩体の頂部は、安山岩質玄武岩-粗粒玄武岩からなる。火山岩-深成岩構造の中心は

二疊紀の多数の断層および小規模貫入岩が分布する。これらの貫入岩のほとんどがデボン紀初期の Karamendin Complex の花崗閃緑岩で、Au-多金属鉱化とポーフイリー-Cu-Mo 鉱化を被る Tulkurin 貫入岩体を形成した。Tulkurin 貫入岩体はドーム構造を示し、その中心部には熱水変質を受けた花崗閃緑岩が分布する。

第二次の構造ステージは、Konyr 層に伴う陸成～海成の中期デボン紀のモラッセの堆積、および Samarsky 向斜の形成からなる。Samarsky 向斜は Tulkurin 火山岩-深成岩構造の北、西および東の構造を形成している。

後カレドニアンステージは、二疊紀初期～後期の Vishnev, Manybay, Koitas の各複合岩体の形成で特徴づけられる。これらの複合岩体は、このステージの褶曲と多数の断層で複雑化している。

断層は地域内に多数分布するが、主要な断層として、Tulkulin および西-Tulkulin 断層、Sarymsak-Tulkulin および Sarymsak 断層があげられる。最も大きい断層は Tulkulin 深部断層で、その傾斜は 60-85 度西で、南北方向の走向をもつ。この断層により、ポーフイリー-Cu-Mo 鉱化の場が規定され、また Au-多金属鉱化作用の場を与えた構造的割れ目をもたらされた。Sarymsak-Tulkulin 断層は、地域の中央部に位置している。当断層は殆ど垂直に近い急傾斜で、二疊紀初期の岩脈状花崗閃緑岩の位置を規制し、またそのほぼ同じ位置にある Karamendin Complex の花崗閃緑岩類の露出範囲も規制している。

## 2-2 鉱化と変質

### 2-2-1 鉱化作用

鉱床と産状として、Cu-Mo 鉱化作用と Au-多金属鉱化作用があり、これらは Tulkulin 火山岩-深成岩を形成したデボン紀の火山活動と密接に関連している。

#### (1) ポーフイリー-Cu-Mo タイプ鉱化作用

二つの比較的大きいポーフイリー-Cu-Mo 鉱体、すなわち地域北部の鉱体 (No.1 鉱体) と中央部の鉱体 (No.2 鉱体) が知られている。両鉱体とも、デボン紀初期の石英閃緑岩と花崗閃緑岩が交代されたものである。

No.2 鉱体は地質学的資源量計算の対象とした鉱体である。本鉱体は、円錐状の形態をもち Tulkulin 貫入岩体の上部を占めている。岩体は熱水変質を受けた beresite-絹雲母組成の岩石からなる。鉱体の形状 (カットオフ銅品位 0.2% Cu 以上の分布範囲) は不規則で、地表付近の規模は、平面で 500×400 m 程度である。鉱体は、北東方向の Sarymsak-Tulkulin 断層と Sarymsak 断層、および南北方向の Tulkulin 断層で切られている。鉱体の底部は楕円形を呈し、その平面的広がり最も張り出した部分で 2000 m × 1500 m である。鉱化作用の垂直的な広がり 500 m 以上である。

第 1 鉱体は第 2 鉱体と同様の特徴を有し、その形態は円筒状でやや引き伸ばされており平面上では約 400 m × 250 m である。それら両鉱体の硫化鉱は脈状-鉱染状である。

## (2) Au-多金属鉱化作用

このタイプの鉱石は地域西部とその南部延長で知られている。Auの鉱化帯はデボン紀初期のZharsor層に認められ、特に破碎帯と変質帯(絹雲母-beresite変質)に著しく発達する。

Au-多金属鉱化帯の分布域と形状は、サンプリングやAu-多金属含有石英、硫化物含有石英、硫化物などから描き出されるが、その結果によれば、破碎帯や変質帯の外側ではAu、多金属共に鉱化が弱く、内部では強い鉱化(3 g/Au以上)を有するという累帯構造を示すことが分かっている。鉱化帯は北東方向の走向をもち西に35-55度傾斜した破碎帯とほぼ同じ伸張方向を示す。

地域北西部のDumkorin地区では、南北に伸びる線上の4箇所でAuを含む鉱体が発見されている。北側の2鉱体ではPb・ZnよりもAuが卓越し、南部ではAuよりもPb・Znが優勢である。

## (3) 含金風化層

Auを含有する風化層は、Dumkorinブロック(西地区)の新第三紀の堆積層に広く分布する。その厚さは平均20 mで、平均Au含有量は0.2 g/Auである。

### 2-2-2 鉱石鉱物

Samarsky 鉱床地域のいくつかの鉱石について、顕微鏡観察その他の研究がなされている。その特徴は以下のとおりである。

#### 銅鉱

黄銅鉱からなる鉱石と輝水鉛鉱-黄銅鉱からなる鉱石に分類される。黄銅鉱からなる鉱石は基本的には黄銅鉱、黄鉄鉱と随伴する閃亜鉛鉱、金紅石および磁鉄鉱からなる。ただし、鉱化の深度が深くなるに従い輝水鉛鉱-黄銅鉱・鉱化に置き換わる傾向を示す。輝水鉛鉱-黄銅鉱からなる鉱石は、その殆どが黄銅鉱以外に随伴鉱物として輝水鉛鉱、黄鉄鉱および金紅石が認められる。両タイプともに、卓越する組織は斑状組織である。

#### 多金属鉱

鉱石鉱物の組み合わせは、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱で、微量鉱物として四面銅鉱、自然金、磁鉄鉱、金紅石が認められる。卓越する組織は鉱染状が主で、脈状および脈~節理状組織も時に見られる。

### 2-2-3 変質

Cu-Mo 鉱床の周辺では、貫入岩類と母岩の火山岩類は著しい熱水変質を受けている。熱水変質を受けた岩石の分布は同心円状の分布を示す(Fig.3-2-2)。中心から外側に向かい、珪化帯、石英-絹雲母

帯、絹雲母帯、石英-電気石帯、プロピライト帯からなる。

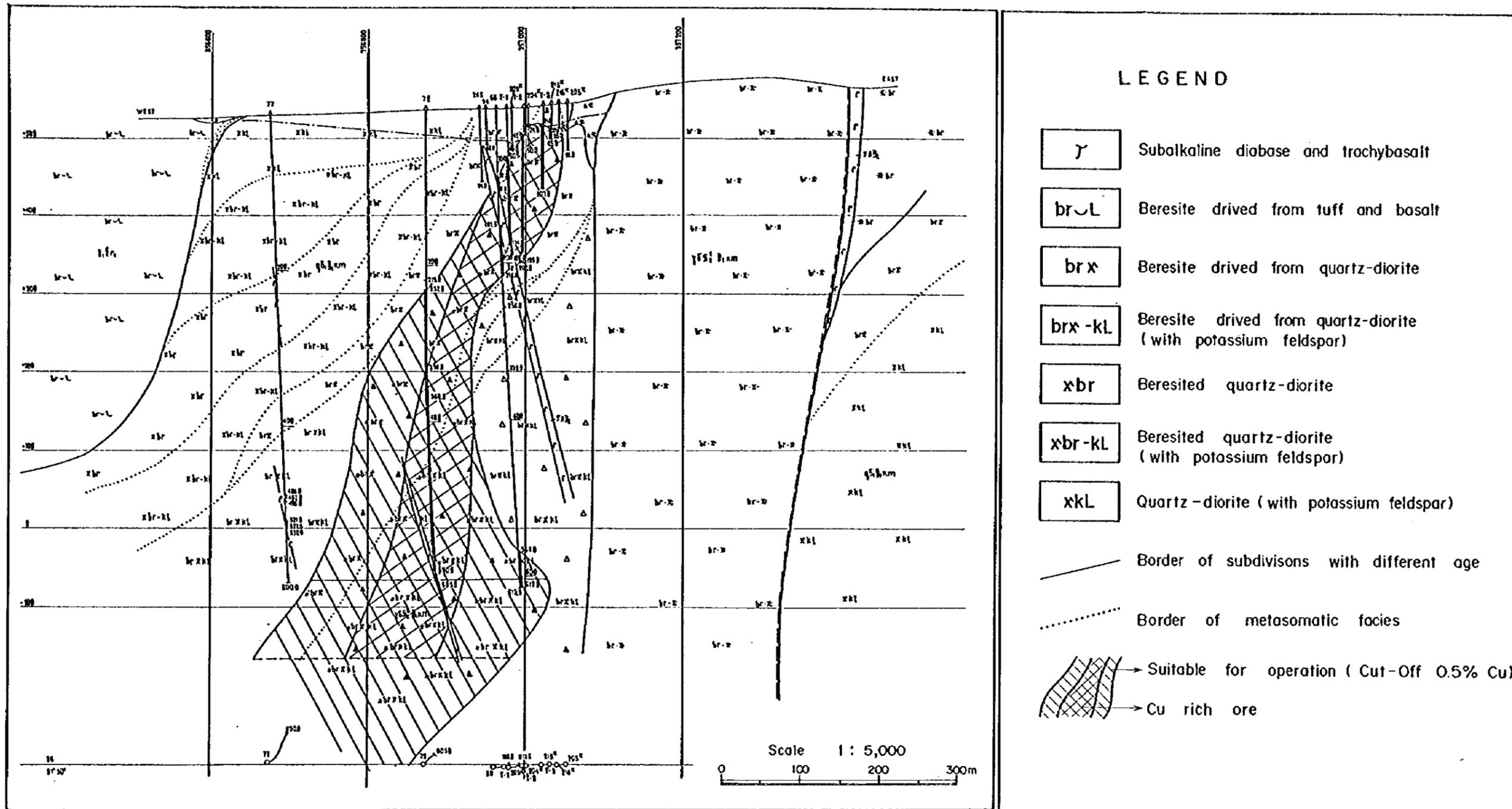
Au多金属鉱床の周辺では、絹雲母-beresite化が広く認められ、破碎部では細かい黄鉄鉱の鉱染を伴うこともある。Konyr層の岩石の二次変質は膠質物の再結晶をもたらしており、緑泥石化、炭酸塩化、珪化、および赤鉄鉱化が認められる。

( )

( )

( )

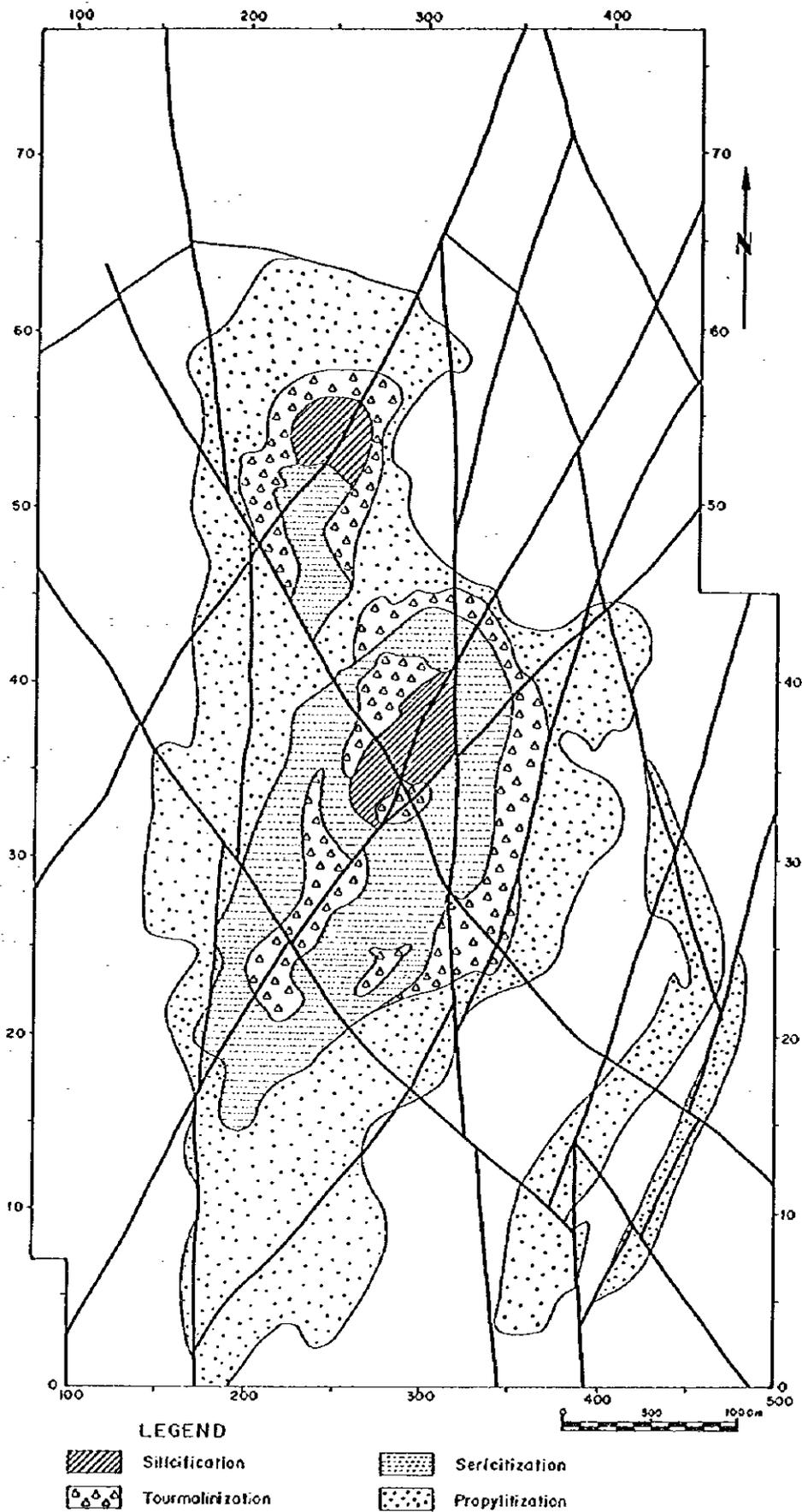




※ Originally Prepared by Karaganda Geological Exploration Expedition.

Fig. 3-2-1 Section of the Central Cu - Mo Deposit along the E - W line in the Samarsky Area





**Fig.3-2-2 Alteration Map of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area**

## 第3章 地質学的資源量の検討

### 3-1 地質学的資源量の計算に用いたデータ

Samarisky 地域の試錐で得られたコア試料は、全量が半定量分析され、その中で Cu 含有量の高い部分に分取され、湿式分析される。単位分析区間長は基本的には 2 m で、分析対象元素は Cu, Mo, Au, Ag, Zn である。分析結果は、試錐番号、採取位置等のデータと共に手書きで分析台帳に記載される。

日本側調査団は、ポーフィリー-Cu-Mo 鉱体（中央 Cu-Mo 鉱体）周辺の試錐孔 30 孔のデータ（データ数 2,197 個）をコンピュータに入力し、同鉱体の地質学的資源量の計算を実施した。

### 3-2 地質学的資源量の計算方法

#### 3-2-1 Karagandageologiya 社の計算方法

鉱体範囲の決定は、試錐データにもとづく地質、鉱床、および化学分析結果から実施される。鉱体範囲を決定した後、Karagandageologiya 社の手法は断面法で鉱量計算を行っている。その断面法の手順は次のとおりである。

- (1) Samarisky Cu-Mo 鉱床の特性に基づき、カットオフ銅品位は 0.5% Cu とする。
- (2) 各試錐孔での鉱床区間の抽出は、カットオフ品位をもとに最低長さ（「スプリット長」）2 m 以上を鉱石とする。
- (3) その際、試錐コアで鉱石の間に母岩を挟んでいる場合は、母岩の累計が 15m までは鉱石内の母岩としてカウントされる。ただし、そのためには母岩とその両側の鉱石の加重平均品位がカットオフ品位以上である事が条件で、カットオフ品位未満の時は母岩として排除される。
- (4) 鉱体の外形は東西断面沿いに 100 m 毎に設定された垂直断面（パネル）上に描かれる。それらの各パネルは 3 次元的に配置され、いくつかのレベル深度で平面図を作成する。それらをもとに、鉱体の立体形状を推定する。
- (5) 試錐の孔底が鉱体の中で終わっている場合は、その深度からさらに深度 100m 迄を鉱体とする。
- (6) 未だ試錐が実施されていない鉱体の南北両側については、最終パネルから 100m 先で鉱体が尖滅するものと仮定する。

Karagandageologiya 社の計算手順は次のとおりである。

- (1) 各試錐孔の平均品位は分析区間の長さ（厚さ）による加重平均で計算する。
- (2) パネル平面内の平均品位は、各試錐孔の鉱石長さによる加重平均で計算する。鉱石断面積はプランイメータを用いて計測する。各ブロックの平均品位は、南北両パネル断面の鉱体断面積による加重平均から求める。
- (3) ブロックの容積は、ブロック端の南北両パネルでの鉱体断面積とパネル間距離（厚さ）から計算し、容積計算には下記の 3 種類の近似計算法を用いる。

- (3)-1 角柱近似計算：南北両パネルにおける鉱石断面積の差が40%未満の場合
  - (3)-2 角錐台近似計算：南北両パネルにおける鉱石断面積の差が40%以上の場合
  - (3)-3 くさび型近似計算：片方のパネルで鉱体が尖滅している場合
- (4) 鉱石重量はブロックの容積と鉱石の平均密度の積とする。鉱石の平均密度は実測値から求め、平均値2.76 (t/m<sup>3</sup>) を当面の鉱石密度として採用する。

### 3-2-2 日本側調査団の計算方法

計算方法には Karagandageologiya 社と同じく平行断面法を採用した。断面法の手順、計算手順は基本的に先方と同じであるが、鉱体の外形決定を除いては独自に計算した。その概要は次のとおりである。

- (1) 鉱体の外形は Karagandageologiya 社のものをそのまま用いた。各パネル上の鉱体の面積計算にはその鉱体断面図を台形または三角形に分割して個別に辺の長さ、高さ等を計測・算出した。
- (2) 鉱石区間については、彼らのカットオフ銅品位0.5%Cuに従い、上記の鉱石の抽出基準に基づいて独自に抽出作業を実施した。
- (3) 各試錐孔毎の平均品位算出以降の計算は彼らと同じ方法を踏襲し、鉱石の平均密度も2.76 (t/m<sup>3</sup>) を採用して計算した。

### 3-3 地質学的資源量の計算結果

双方の鉱量計算結果を Table3-3-1 に示す。双方の計算結果は同様の傾向を示し、基本的には大差はない。

日本側調査団による計算結果では各パネル断面の合計全面積は 378,838 m<sup>2</sup> (Karagandageologiya 社の値 382,663 m<sup>2</sup> に対して 99.0%)、鉱床の容積は 41,447,469 m<sup>3</sup> (先方の 40,729,933 m<sup>3</sup> に対して 101.8%)、これらに鉱石の平均密度 2.76 (t/m<sup>3</sup>) (双方とも同じ) を掛けて、地質学的埋蔵鉱量は 114,395,015 t (先方の 112,414,616 t に対して 101.8%) となった。銅金属量は日本側調査団は 1,458,777 t (先方の 1,397,806 t に対して 104.4%) となり、平均銅品位は日本側調査団が 1.28%Cu に対して先方の計算結果は 1.24%Cu で、当方がやや高い値となった。

これらの鉱量計算過程で最も重要な問題点は試錐本数の少なさにある。ポーフィリー-Cu-Mo 鉱体(中央 Cu-Mo 鉱体) 周辺の試錐孔 30 孔のうち、着脈しているのは 12 孔である。鉱体の形状を僅か 12 孔の試錐から推定したため、その形態はかなり恣意的であり、今後試錐本数が増せば鉱体が分断される可能性もある。より精度の高い鉱量計算のためには追加試錐が不可欠であろう。

**Table 3-3-1 Summary of Geological Resources Estimation of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area**

TEAM/Calc.		Japanese Survey Team (1995)	Karagandageologiya (1994)	Note
Category of Estimation		Geological Ore Reserve (not Mining Reserve)	Geological Ore Reserve (not Mining Reserve)	
Calculation Method		Panel/section Method	Panel/section Method	
No. of Used Drills		14	14	
No. penetrate Ore		12	12	
Outline of Estimation		(A)	(B)	Ratio(A)/(B) (%)
Dimension of Dep.	Leng. (ENE) (m)	800	800	
	Width(WNW) (m)	400(max)-300	400(max)-300	
Depth of Dep.	Min. (m)	89	89	
	Max. (m)	612	612	
Average Thickness (m)		-	-	
Volume (m)		41,447,469	40,729,933	101.8
Ore Density		2.76	2.76	100.0
Ore Weight (t)		114,395,015	112,414,616	101.8
Ore Grade	Cu (%)	1.28	1.24	102.8
	Mo (%)	0.01	not calculated	-
	Ag (g/t)	2.46	not calculated	-
	Au (g/t)	0.48	not calculated	-
Metal Amount	Cu (t)	1,458,777	1,397,806	104.4
	Mo (t)	10,576	not calculated	-
	Ag (kg)	281,709	not calculated	-
	Au (kg)	54,716	not calculated	-
Condition of Calculation	1) Ore body boundary delineated by the Karagandageologiya is adopted. It is the bisector of drills penetrated ore and not penetrated. 2) Block volume is calculated by either prism or truncated pyramid depending on the difference of section area on end panel. In the case of ore-pinch out, wedge volume calculation is adopted. 3) The cut-off grade is 0.5%Cu. Interlayer is less than 15 m.			
Results	1) There is no significant difference in the results. 2) The difference of values depends on area and grade differences.			





## 第Ⅳ部 結論および提言



## 第Ⅳ部 結論および提言

### 第1章 Zhaman-Aibat地域

#### 1-1 結論

##### 地質・鉱床

- (1) Zhaman-Aibat 鉱床は、中期～後期石炭紀から二畳紀にかけて沖積～デルタの環境下で堆積した“赤色砂岩層”中に挟在する灰色砂岩に胚胎する、ストラティフォーム型銅鉱床である。
- (2) これまでに900本以上のボーリングが実施され、東西約12.5km、南北約5kmの範囲に、東部鉱体と中央鉱体および北部鉱体の3つの鉱体が確認された。鉱床の胚胎深度は、鉱床東端で地表下460～480mであるが、鉱体が西方へ緩やかに傾斜するため、鉱床西端では地表下約650mを示す。
- (3) 鉱床を構成する鉱石鉱物は、輝銅鉱、ダイジェナイト、斑銅鉱が最も多く、黄銅鉱、方鉛鉱、少量の閃亜鉛鉱を伴う。主要な鉱石タイプとして、銅鉱 (Cu)、複雑鉱 (Cu+Pb+Zn)、鉛-亜鉛鉱 (Pb+Zn) があげられる。
- (4) 日本側調査団のポリゴン法による計算結果によれば、鉱量 (地質学的資源量) は193 million tons (1.4%Cu, 0.3%Pb, 16g/t Ag, 鉱厚:5.4m) と算出された。

##### ボーリング調査

- (1) 東部鉱体でMJK-1孔 (深度650.50m)、中央鉱体でMJK-2孔 (深度700.00m) の2本の垂直ボーリングを実施した。
- (2) MJK-1孔では、Zhezkazgan層下底部 (鉱化層準4-I) でCuの鉱化を確認した。

###### 4-I層準

深度 : 598.0m～605.78m  
鉱化帯の厚さ : 7.78m  
品位 : 3.78%Cu, 1.17%Pb, 0.03%Zn, 22.7g/t Ag, 11.2g/t Re

- (3) MJK-2孔では、Zhezkazgan層下底部 (鉱化層準4-I) でCuとPbの鉱化を、Taskduk累層上部 (鉱化層準3-VI, 3-II) でCuの鉱化を確認した。

###### 4-I層準上部

深度 : 605.40m～613.40m  
鉱化帯の厚さ : 8.00m  
平均品位 : 3.88%Cu, 3.04%Pb, 0.06%Zn, 9.09g/t Ag, 18.3g/t Re

###### 4-I層準下部

深度 : 613.40m～619.65m  
鉱化帯の厚さ : 6.25m  
平均品位 : 1.89%Cu, 0.00%Pb, 0.01%Zn, 3.68g/t Ag, 1.7g/t Re

### 3-VI層準

深度 : 630.00m～635.70m  
鉍化帯の厚さ : 5.70m  
平均品位 : 0.67%Cu, 0.01%Pb, 0.01%Zn, 1.87g/t Ag, 0.0g/t Re

### 3-II層準

深度 : 688.85m～692.45m  
鉍化帯の厚さ : 3.60m  
平均品位 : 0.30%Cu, 0.14%Pb, 0.01%Zn, 1.45g/t Ag, 4.6g/t Re

## 選鉍試験

- (1) 東部鉍体を代表する銅鉍の選鉍試験を実施した。原鉍品位は1.69%Cu, 0.51%Pb, 0.03%Zn, 12g/t Agであった。総合優先浮選によって、39%Cu, 1%Pbの銅精鉍が銅実収率86%で、48%Pb, 11%Cuの鉛精鉍が鉛実収率67%で得られた。直接優先浮選によって、30%Cu, 3%Pbの銅精鉍が銅実収率85%で、59%Pb, 10%Cuの鉛精鉍が鉛実収率64%で得られた。
- (2) 中央鉍体を代表する複雑鉍の選鉍試験を実施した。原鉍品位は1.70%Cu, 1.11%Pb, 0.03%Zn, 5g/t Agであった。総合優先浮選によって、32.3%の銅精鉍が銅実収率92.3%で、66.1%の鉛精鉍が鉛実収率77.6%で得られた。直接優先浮選によって、33.8%の銅精鉍が銅実収率79.2%で、58.0%の鉛精鉍が鉛実収率67.4%で得られた。
- (3) 銅鉍および複雑鉍の選鉍試験結果から、両者とも総合優先浮選が適当と考えられる。

## Zhezkazgan 鉍山の採鉍技術

- (1) 現在稼行中のZhezkazgan 鉍床は、Zhaman-Aibat 鉍床と地質鉍床学的に多くの類似点がある。Zhezkazgan 鉍山での採鉍技術は、Zhaman-Aibat 鉍床の開発に応用可能である。
- (2) Zhezkazgan 鉍山での坑内採掘には、パネル&ピラー法(柱房採掘法)、ルーム&ピラー法(充填採掘法)およびスライシングの三種の採鉍法が採用されている。これらは鉍石中の銅品位と鉍層の厚さ、すなわち採掘高により採鉍法を選定している。採鉍実収率は、ルームピラーの直径(m)やリブピラーの幅(m)が地表からの深度(m)と共に大きくなるため低下する。
- (3) Zhaman-Aibat 鉍床の場合、最も優勢な4-I層準の鉍床の鉍厚は平均約6m、分布深度は500m～750mである。Zhezkazgan 鉍山での計算式を用いて採鉍実収率を計算すると、深度-600m、-700mでそれぞれ75.3%、73.7%となる。

## Zhaman-Aibat 鉍山の概念設計

- (1) 現在操業中のZhezkazgan 鉍山での調査結果および米国やオーストラリアの既存鉍山の諸データに基づき、Zhaman-Aibat 鉍山の概念設計と経済性の試算を実施した。
- (2) カットオフ品: 0.4%Cu, 最底採鉍高さ: 3m, 採鉍(パネル&ピラー法)実収率: 75%, ずり混入率: 5%とした場合、可採鉍量は、119 million tons(鉍床の平均厚さ: 5.47m, 平均品位: 1.16%Cu, 8.59 g/t Ag, 0.16%Pb, 0.03%Zn), 金属量はそれぞれ1,375 kilo tonsCu, 1,019 tons Ag, 195 kilo tonsPb, 35 kilo tonsZnと計算された。

- (3) Zhaman-Aibat 鉱山の概要は次の通りである。中規模の坑内掘鉱山である Zhezkazgan 市より鉄道と道路を建設、電力は買電する。山元に選鉱場を建設し、Cu 精鉱のみを回収、これを Zhezkazgan 鉱山の製錬所に輸送し、Cu 精鉱中の Cu と Ag を売鉱収入として受け取る。
- (4) 年間採鉱量については、5.6 million tons/year をベースケースとする。採鉱場の規模は、19,200 tons/day となり、精鉱品位：35%Cu、選鉱実収率：90%、精鉱日産量：596 tons/day となる。マインライフは約 22 年と推定される。
- (5) 操業に要する人員は、山元だけで職員（マネージメントスタッフを含む）および作業員合計で 930 人、うち坑内 450 人、坑外 350 人、管理技術者・総務 (A/G)130 人と推定される。

#### Zhaman-Aibat 鉱山の経済性

- (1) 操業費は 15.29 \$US/ton ore, 67 ¢/lbCu と試算された。内訳は、採鉱に 35%、鉱山施設の操業に 13%、選鉱に 27%、一般管理に 6%、精鉱輸送に 2%、キャンプ管理等に 17% となる。
- (2) 起業費は 492 million \$US, うち建設費に 471 million \$US, 運転資金として 21 million \$US を要する。また 492 million \$US のうち初期投資に 347 million \$US, 追加投資に 150 million \$US が必要となる。
- (3) 資本費用や税は考慮に入れていない場合、IRR (内部収益率) は、5.40% と算出された。仮に税率を 30% とし、3% の IRR と確保すると考えると、税をゼロとした場合 IRR として 12.3% が必要となる。
- (4) 採算性に最も影響するパラメータの中から、銅価、TC/RC、起業費および操業費を選び、感度分析を実施した。その結果、操業費を 30% 節減すると IRR は 7.77% の好転、また、起業費を 30% 節減すると IRR は 4.99% の好転となる。これらに銅価の変動が加わり、IRR がさらに変動することになる。

## 1-2 提言

- (1) 現時点では Zhaman-Aibat 鉱床の開発を見合さざるを得ない。しかし、将来開発される可能性は十分期待できる。今後は、
- ・銅価の上昇による売り上げ収入の増加
  - ・採鉱技術の進歩に伴うコストダウン
- が期待できるため、今後定期的に採算性を見直す必要がある。
- (2) また、鉱山開発の実現のためには、国家による
- ・鉄道、道路、送電線などインフラストラクチャーに対する助成
  - ・鉱山業に対する減耗助成制度の強化
- などを積極的に働きかける必要がある。
- (3) 本年度実施した地質統計学的考察の結果、現時点の鉱量計算の精度は、ほぼ Pre-F/S 段階の精度に相当するものと考えられる。F/S の実施のためには、各鉱体の Cu, Ag 高品位部の分布、中央鉱体の Pb, Zn の分布の詳細を明らかにするための試錐が今後必要になろう。

(4) 鉱量計算や採算性計算などの鉱床評価には、信頼性の高いデジタルデータベースの構築とその維持管理が重要である。コンピュータシステムを早急に導入し、より高度で、かつ市場経済に即した鉱床評価を実施する必要がある。

## 第2章 Samarsky 地域

### 2-1 結論

#### 地質・鉱床

- (1) Samarsky 地域には、ポーフイリータイプ Cu-Mo 鉱床と Au-多金属タイプ鉱床の二種類の鉱床が認められる。Au-多金属鉱化帯は、Cu-Mo 鉱化帯の外縁を取り囲むように分布する。
- (2) ポーフイリータイプ Cu-Mo 鉱床は、デボン紀の石英閃緑岩や花崗閃緑斑岩 (Karamendin Complex) に伴う角礫パイプのマトリックスを交代するものと、これら貫入岩体とその周辺部で鉱染状に分布するものがある。酸化帯は地表下 30 m~50 m まで認められるが、これより深部は初生硫化鉱物帯となる。二次富化帯は認められない。
- (3) ポーフイリータイプ Cu-Mo 鉱床の高品位部は、角礫パイプのマトリックを黄銅鉱-石英が交代したもので、形状は角礫パイプの形状を反映し、地表下 300m 以深から更に深部に向かって広がる。一部の試錐では、地表下 750 m 以深まで連続することが確かめられている。
- (4) Au-多金属タイプの鉱床は、Samarsky 地域の北西部~西部をほぼ南北方向に分布する複数の衝上断層の上盤側に発達する破砕帯中に分布する。これまでに主脈と分岐脈 3 本が探鉱されている。平均脈幅 5.6 m, 平均金品位 3.82g/tAu, 同銀品位 20g/tAg と推定される。鉱化は、走行方向に約 800 m, 傾斜方向に約 1,000 m, 地表下 350 m まで確認されている。
- (5) Au-多金属タイプの鉱脈を構成する鉱物は、石英を主とし、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱を伴う。Au は自然金として、石英中に、または方鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱中に認めらる。

#### 地質学的資源量

- (1) ポーフイリーCu-Mo 中央鉱体とその周辺に限定し、地質学的資源量を計算した。計算方法は、Karagandageologiya 社による断面法に準じ、カットオフ銅品位は 0.5%Cu とした。
- (2) 計算結果として、地質学的埋蔵鉱量 114,395,015 t (Karaganda-geologiya 社の計算値: 112,414,616 t), 銅金属量 1,458,777 t (Karaganda-geologiya 社の計算値: 1,397,806 t), 平均銅品位 1.28% Cu (Karaganda-geologiya 社の計算値: 1.24% Cu) が得られた。鉱量、銅金属量および平均銅品位について、いずれも日本側計算結果の方が若干高い。

### 2-2 提言

- (1) Cu-Mo 鉱床の既知鉱床は、地表下 300 m 以深の深部に分布するため、将来鉱床開発には困難を伴うことが予想される。今後は更に浅所に分布する貫入岩体と角礫パイプの分布と帯の探査を推進する必要がある。具体的には、
  - ・既知鉱床の北東部~東部の石英閃緑岩岩体の東縁部
  - ・既知鉱床の東南約 1km に分布する角礫パイプとその周辺部
  - ・既知鉱床と Tulkulin 断層の間が探鉱候補地として考えられる。

(2) 既知 Au-多金属鉱床の南部延長部および深部における鉱化の確認が必要である。

(3) 具体的な探査手法として、

- ・ リモートセンシングデータ解析およびグランドトランス
- ・ Cu-Mo 鉱化の 3 次元的な地下分布の把握のための電気探査
- ・ Cu-Mo 鉱床において浅所に分布する貫入岩体の分布と角礫パイプの確認のための試錐
- ・ Cu-Mo 鉱床および Au-多金属鉱床のデータベース構築
- ・ Au-多金属鉱床を規制する地質構造を把握するための地震探査（屈折法）
- ・ Au-多金属鉱床の南部延長部および深部における鉱化の確認のための試錐

が提案される。

## REFERENCES

- 1) Glybovski, V.O., 1988, Peculiarities of localization of stratiform copper deposit in the Zhezkazgan-Sarysu depression (Permian-carboniferous red formation, type of cupriferous sandstones), Ministry of Geology USSR and Kazakhstan Research and Development Institute of Mineral Resources, Almaty, No.2668, P.1~202, ph.D.Thesis. (in Russian).
- 2) Ismailov, H.K., Report on prospecting copper deposits by geological- geophysical methods in scale 1:100,000 in marginal Devonian volcanic belt on the site Samarsky, 1989-1992, "Center Kezgeologiya", Production and Geology Association, Ministry of Geology, Book 1, P.1-260. Karaganda 1992. (in Russian).
- 3) Ivanova N.P., 1991, Study of dressing of sulfide copper-silver ores from the Zhaman-Aibat deposit, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO, (in Russian)
- 4) Kogan, E., The report about the gravimetric survey in scale 1:50,000 in the eastern part of the Zhezkazgan-Sarysu by the South-Gravimetric 73 party., Archives of DGRE. (in Russian).
- 5) Kotljarov, A., Smirnova, N., 1967-68, The report about seismic exploration works MOV, which were done by 23-24-25/67 and 55-56/68 parties of Zhezkazgan geophysical expedition on the area of the Zhezkazgan-Sarysu depression., Archives of DGRE. (in Russian).
- 6) Kotljarov A., Smirnova N., 1971, The report about seismic exploration works MOV, done by 56/71 party of Zhezkazgan expedition in the south-eastern part of the Zhezkazgan-Sarysu depression. Archives of DGRE (in Russian).
- 7) Malinova T.V., 1991, Study of ore-dressing of balance oxidized and sulfide copper ores from the Taskura Deposit, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO (in Russian)
- 8) Malinova T.V., 1991, Study of dressing of sulfide zinc ores from the Zhaman-Aibat Deposit (in Russian)
- 9) Malinova T.V., 1991, Study of dressing of 50 small scale technological samples of copper ores from the Zhaman-Aibat deposit, for mapping aims, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO, (in Russian)
- 10) Malinova T.V., 1992, Study of dressing of small scale samples of sulfide ore with native copper from the Zhaman-Aibat deposit, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO (in Russian)
- 11) Malinova T.V., 1992, Study of dressing of 12 small scale technological samples of copper ores from the Zhaman-Aibat deposit, for mapping aims, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO (in Russian)
- 12) Ministry of Metallurgy, Kazakhstan, USSR, 1985, Technological instruction for application of mining method with room stoping and backfilling in the mines of Zhezkazgan mining and metallurgy combinat.
- 13) Ministry of Metallurgy, Kazakhstan, USSR, 1985, Technological instruction for application of room and pillar mining method with leaving round pillars in the mines of Zhezkazgan mining and metallurgy combinat.
- 14) Novosibirsk, 1981, Methodological recommendation for electrical exploration works by method ZSB with use of the "CYCLE", P.96. (in Russian).
- 15) Nuralin, N.N., Bakarsov, V. et al, 1992, Precise study of Rocks and Ores of Zhaman-Aibat Deposit, Kazakhstan Academy of Sciences, Geology Institute, Almaty, P.1~214. (in Russian).

- 16) Ospanova, G., 1992, Laboratory investigations of geotechnological methods of recovery ore admixed components from the Zhaman-Aibat sediments ores and schemes of Processing of productive solutions, feasibility study and choosing rational option of leaching copper. copper-lead and copper-silver ores in three samples of 50kg weight each. International Center of World Culture-Kazakh Branch, Almaty, P.1~96.(in Russian).
- 17) Pack V.P., Chalova R.T., Krukova E.I. et. al. ,1991, Report on testing in large scale laboratory conditions of dressing two ore samples from the Zhaman-Aibat deposit, Almaty. KazNIIMS (in Russian)
- 18) Pack, V.P., Chalova, R.T. and Krukova, E.I., 1991, Large-scale laboratory testing of ore dressing parameters at two samples from Zhaman-Aibat deposit based on flow charts of Zhezkazgan combine providing complex use of row materials
- 19) Pokusaev, A.V., 1975, Short summary of the results of geochemical survey at Samarsky area. P.1 - 5. (not published, by personal communication)
- 20) Raykh M.A., 1991, Study of dressing of sulfide lead ores from the Zhaman-Aibat deposit, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO, (in Russian)
- 21) Salkov, S.V., 1991, Geological and mineralogical features of outlining ore location at the field of copper sandstones Zhaman-Aibat (Central Kazakhstan), Ministry of Geology, USSR, "Kazrudgeologia" Kazakh Scientific Institute of Mineral Resources, No.2751, P.1~180, p.h.D. Thesis. (in Russian).
- 22) Shamaeva T.S., 1991, Study of ore-dressing of 30 small scale technological samples of zinc, lead-zinc, copper-lead, copper-lead-zinc and copper-zinc ores from the Zhaman-Aibat deposit, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO (in Russian)
- 23) Shamaeva T.S., 1992, Results of ore dressing of sulfide lead ore in small scale technological sample No.121, Karaganda, LOPI TsLTsKNGO (in Russian)
- 24) Sheripov, A., 1987-1990, The regional geophysical works in scale 1:50,000 at the area of the Zhaman-Aibat copper deposit on papers L-42-42-A, B, V, G., The Zhetikonur party. (in Russian).
- 25) Shuvatov, T.B., The report about results of regional geophysical works in scale 1:50,000 in the north-western part of the Chu-Ili anticline on the papers L-42-43 A, B, V, G (the Azat area), Archives of DGRE. (in Russian).
- 26) Skalskii, N., 1959, The report about the results of combined geophysical researches by Gravimetral party of DGPhE in outlines of the Zhezkazgan-Taskura zone, Trapeze M-42-135; L-42-3, 4, 15, 16 and L-42-42, 43., Archives of DGRE. (in Russian).
- 27) Skirda, P.I., 1989, Results of exploration-estimating works at the Zhaman-Aibat deposit, "Center Kazgeology" Production and Geology Association, Karaganda, Vol.1 of 3, No.2667, P.1~319. (in Russian).
- 28) Skirda, P.I., and Sosura, B.B., 1984, Report of general prospecting of the copper deposits in the area of the Eastern Flauge of the Zhezkazgan-Sarysu depression for 1981-1984, Kazakhstan Ministy of Geology "Center Kezgeologia" Production and Geology Association, Karaganda, No.2426, P.1~291. (in Russian).
- 29) Slobodchikov, V.G., 1992, Geological structure and minerals of the Zhaman-Aibat area, Ministry of Geology of Kazakhstan "Center Kazgeologia" Production-Geological Association, Central Prospecting-Survey Expedition, Karaganda, No.2743, P.1~273. (in Russian).
- 30) Smirnova, N., 1983-86, The report about results of detailed geophysical works in the northern part of the Kumola syncline and at the Zhaman-Aibat area, Archives of DGRE, P.262. (in

Russian).

- 31) Strokin U., Smirnova N., 1973, The report about seismic exploration and detailed works in outline of eastern part of the Zhezkazgan-Sarysu depression at the Zhideli, Zhaman-Aibat and Zhatiktau areas., Archives of DGRE (in Russian).
- 32) Susura, B.B., and Kolomogorov, B.Y., 1991, The substance composition of ores and ore-containing rocks in the Zhaman-Aibat deposit, recommendations for carrying out prospecting copper, "Kazrudgeologia" Scientific-Production Association, "Kazims" Kazakhstan Scientific-Research Institute of Mineral Resources, Vol.2 of 4, No.2707, P.1~176.(in Russian).
- 33) Susura, B.B., Sjmelov, A.A., Glybousky, V.O., and Strutynsky, A.V., 1989, Prospects for stratiform copper deposits in the Zhezkazgan-Sarysu depression, P.13~18.(in Russian).
- 34) Uzhba, V.I., 1990, Report on adding copper reserves of C1 and C2 category of the Zhaman-Aibat deposit(Eastern Section), "Geologichesky" Settlement, "Kazgeologia" Zhezkazgan Prospecting Expedition, P.1~130.(in Russian).

