

カザフスタン共和国
ジャマンアイバト、サマルスキー地域
資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

平成9年3月

JICA LIBRARY



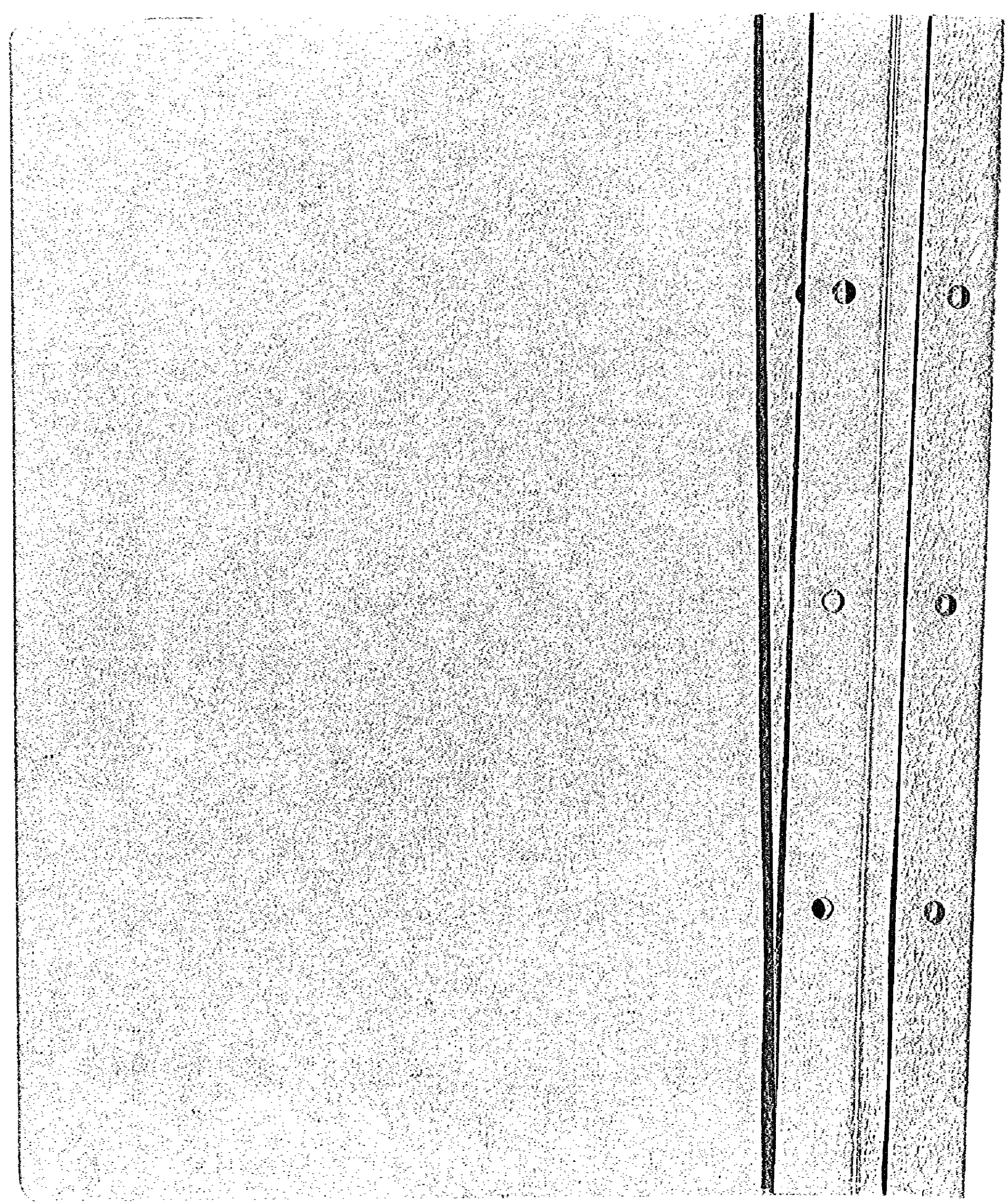
J 1138089(6)

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資

CR(2)

97-078



カザフスタン共和国
ジャマンアイバト、サマルスキー地域
資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1138089 [6]

は し が き

日本国政府はカザフスタン共和国の要請に応え、同国のジャマンアイバト、サマルスキー両地域の地質状況および鉱物資源賦存の可能性を確認するため、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およ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6年度を第1年次とする3年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成8年7月9日から平成8年8月31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機関、地質省並びに Zhezkazgangeologiya 社の協力を得て予定通り完了した。

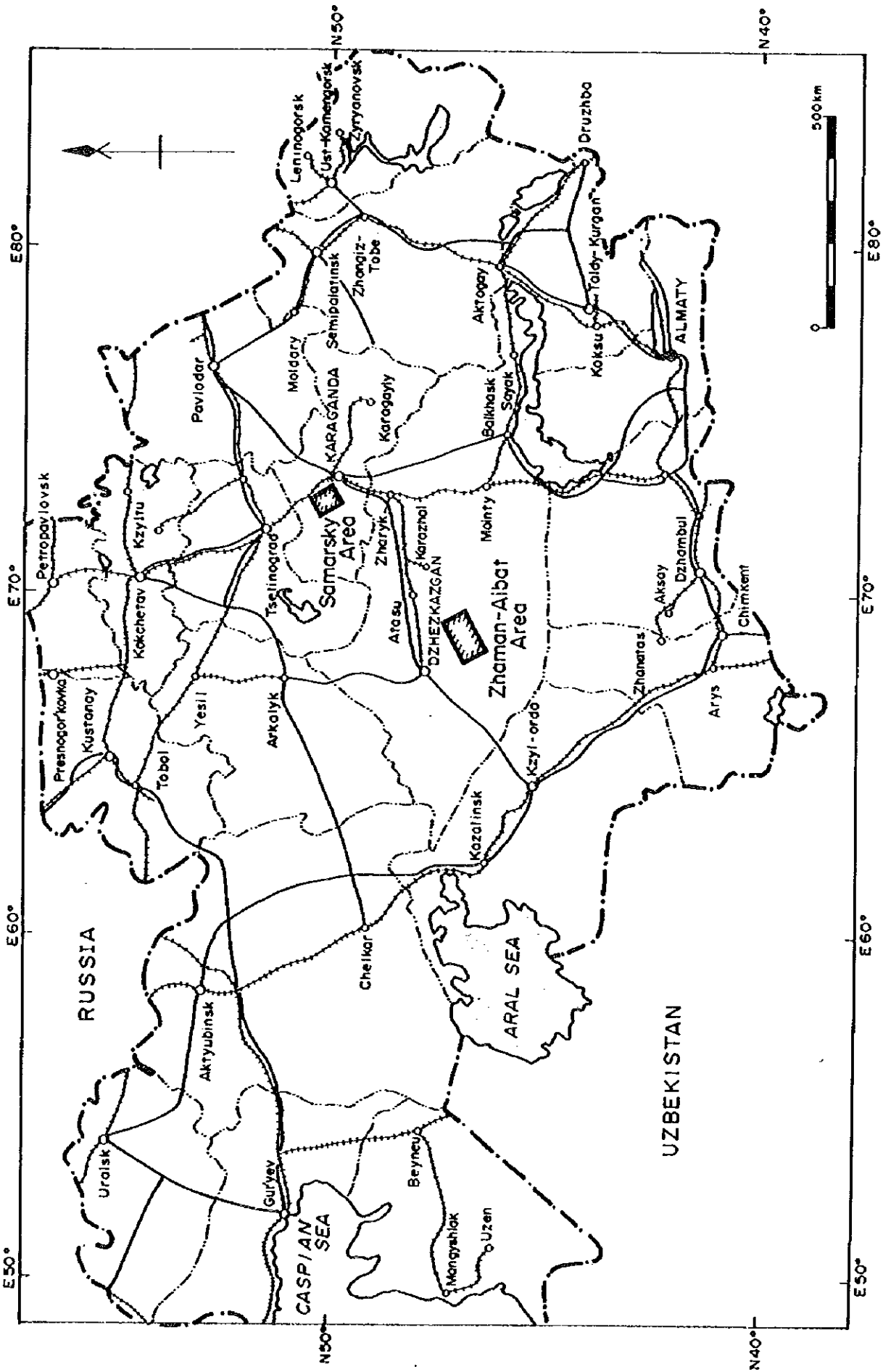
本報告書は、本年次の調査結果及び過年度調査結果をとりまとめたもので、最終報告書となるものである。

おわりに、本調査の実施に当たってご協力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、通産省、在カザフスタン日本国大使館および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成9年3月

国際協力事業団
総 裁 藤田 公郎

金属鉱業事業団
理事長 清瀧 昌三郎



Location Map of the Project Areas

要 旨

カザフスタン共和国 Zhaman-Aibat, Samarsky 地域資源開発協力基礎調査は、本地域の鉱物資源探査と資源評価を目的として、平成6年度を第1年次として開始された3ヶ年プロジェクトである。本年度は最終年度の第3年次にあたる。

Zhaman-Aibat 地域

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、ストラティブーム型銅鉱床である。これまでに、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ている。鉱床の胚胎深度は地表下460～650mを示す。鉱石鉱物は、輝銅鉱、ダイジェナイト、斑銅鉱を主とする。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。日本側調査団の計算結果では、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。

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。MJK-1孔では、Zhezkazgan層下底部で厚さ7.8mの銅鉱(3.87%Cu)を確認した。MJK-2孔では、Zhezkazgan層下底部で厚さ8.0mの複雑鉱(3.88%Cu, 3.04%Pb)と厚さ6.3mの銅鉱(1.89%Cu)を確認した。また、Taskduk累層上部で厚さ3.6～5.7mの弱いCuの鉱化帯(0.67～0.30%Cu)を2層確認した。

東部鉱体を代表する銅鉱の選鉱試験と中央鉱体を代表する複雑鉱の選鉱試験を実施した。銅鉱の原鉱品位は1.69%Cu, 0.51%Pb, 0.03%Zn, 12g/t Agであり、総合優先浮選によって、39%Cuの銅精鉱が銅実収率86%で、48%Pbの鉛精鉱が鉛実収率67%で得られた。複雑鉱の原鉱品位は1.70%Cu, 1.11%Pb, 0.03%Zn, 5g/t Agであり、総合優先浮選によって、32.3%Cuの銅精鉱が銅実収率92.3%で、66.1%Pbの鉛精鉱が鉛実収率77.6%で得られた。

現在稼行中のZhezkazgan鉱山はZhaman-Aibat鉱床と地質鉱床学的に多くの類似点があり、当鉱山の採鉱技術はZhaman-Aibat鉱床の開発に応用可能である。そこで、Zhezkazgan鉱山の採鉱法に関する現地調査を実施した。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鉱法が採用されている。採鉱実収率は、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。Zhaman-Aibat鉱床の場合、最も優勢な4-I層準の鉱床の鉱厚は平均約6m、分布深度は500m～750mである。Zhezkazgan鉱山での計算式を用いて採鉱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鉱床を開発する上での概念設計を行うに際し、はじめに可採鉱量を決定した。カットオフ品:0.4%Cu、最低採鉱高さ:3m、採鉱(パネル&ピラー法)実収率:75%、ずり混入率:5%とした場合、可採鉱量は、119 million tonsと計算された。Zhaman-Aibat鉱山の概要は次の通り設定した。中規模の坑内掘鉱山である。Zhezkazgan市より鉄道と道路を建設し、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。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。

Zhaman-Aibat鉱山の操業費は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。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。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 IRR として 12.3% が必要となる。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。

以上の経済性の考察から、現時点では Zhaman-Aibat 鉱床の開発を見合さざるを得ないが、将来新規鉱山として開発される可能性は十分期待できる。今後は、国家による鉄道、道路、送電線などの建設費の負担の可能性、および国家による鉱山業に対する減耗助成制度の実現の可能性などを強力に働きかける必要がある。また、銅価の上昇や採鉱技術の進展に伴うコストダウンの可能性も多々あるため、今後定期的に採算性を見直す必要がある。

Samarsky 地域

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。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。高品位部は、角礫パイプのマトリックスを黄銅鉱-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 300 m 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。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碎帯中に分布する。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 3.82 g/t Au, 同銀品位 20 g/t Ag 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。

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、Karagandagecologiya 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。計算結果として、地質学的埋蔵鉱量 114,395,015 t, 銅金属量 1,458,777 t, 平均銅品位 1.28% 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。

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 1 km 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。また、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。

目次

はしがき

調査地域位置図

要旨

第 I 部 総論

第1章 調査概要	1
1-1 調査経緯	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査対象地域	4
1-4 調査内容および調査方法	4
1-4-1 調査内容	4
1-4-2 調査方法	9
1-5 調査期間	11
1-6 調査団の編成	11
第2章 調査地域の地理	14
2-1 位置および交通	14
2-1 地形	14
2-2 気候および植生	15
第3章 調査結果のまとめ	16
3-1 Zhaman-Aibat 地域	16
3-1-1 探査経緯	16
3-1-2 地質および鉱床	16
3-1-3 地質学的資源量の検討	22
3-1-4 衛星画像解析	23
3-1-5 ボーリング調査	24
3-1-6 選鉱試験	25
3-1-7 Zhezkazgan 鉱山の採鉱技術と採鉱コスト	27
3-1-8 鉱山開発計画調査	28
3-1-9 将来への提言	30

3-2 Samarsky 地域	31
3-2-1 探査経緯	31
3-2-2 地質および鉄床	32
3-2-3 地質学的資源量の検討	41
3-2-4 将来への提言	42

第 II 部 各論 Zhaman-Aibat 地域

第 1 章 既往資料	43
1-1 Zhezkazgan 地域の鉄業活動	43
1-2 地質調査	43
1-3 地化学探査	48
1-4 物理探査	49
1-5 選鉄試験	52
第 2 章 地質および鉄床	53
2-1 地質	53
2-1-1 層位	53
2-1-2 地質構造	56
2-2 鉄床	64
2-2-1 鉄床胚胎層	61
2-2-2 鉄床の産状	64
2-2-3 鉄物組み合わせと鉄石組織	64
2-2-4 鉄石タイプ	65
第 3 章 地質学的資源量の検討	85
3-1 地質学的資源量の計算に用いたデータ	85
3-2 基礎統計量	87
3-3 地質学的資源量の計算方法	93
3-4 地質学的資源量の計算結果	94
第 4 章 衛星画像解析	100
4-1 衛星画像データ	100
4-2 衛星画像解析方法	100
4-2-1 衛星写真地質解析	100
4-2-2 衛星画像処理	102

4-3	衛星画像解析結果	103
4-3-1	衛星写真地質解析結果	103
4-3-2	衛星画像処理結果	110
4-3-3	デジタル画像処理と写真判読地質単元	110
第5章	ボーリング調査	115
5-1	調査概要	115
5-2	調査方法	116
5-3	MJK-1の調査結果	119
5-3-1	コア一観察	119
5-3-2	室内試験	129
5-4	MJK-2の調査結果	132
5-4-1	コア一観察	132
5-4-2	室内試験	142
第6章	選鉱試験	146
6-1	試験概要	146
6-2	銅鉱の選鉱試験	146
6-2-1	原鉱試料	146
6-2-2	選鉱基礎試験	148
6-2-3	選鉱本格試験	153
6-2-4	浮遊選鉱フローシート選定	159
6-2-5	精鉱分析	160
6-2-6	今後の課題	160
6-3	複雑鉱の選鉱試験	161
6-3-1	原鉱試料	161
6-3-2	原鉱の物性測定	161
6-3-3	選鉱基礎試験	163
6-3-4	選鉱本格試験	177
6-3-5	浮遊選鉱フローシート選定	187
6-3-6	銅鉱と複雑鉱の試験結果の比較	188
第7章	Zhezkazgan 鉱山の採鉱技術と採鉱コスト	189
7-1	操業の概況	189
7-2	採鉱技術	200
7-2-1	坑内採鉱法	200
7-2-2	ピラーの設計	205

7-3	採鉱コスト	207
7-3-1	南鉱山の生産コスト	207
7-3-2	北鉱山の採業費用	207
7-4	選鉱操業	209
7-4-1	No.1選鉱場	209
7-4-2	No.2選鉱場	209
7-4-3	No.3選鉱場	210
7-5	今後の課題および提言	212
第8章	鉱山開発計画調査	215
8-1	地質・鉱床の概要	215
8-2	可採鉱量計算	216
8-2-1	データベース	216
8-2-2	入力データの統計学的処理・解析	216
8-2-3	可採鉱量計算	217
8-3	鉱山開発概念設計	223
8-3-1	概念設計の目的と設計値の推定	223
8-3-2	鉱山概況	223
8-3-3	探査	224
8-3-4	採鉱	224
8-3-5	選鉱	231
8-3-6	廃さい処理および廃水処理	232
8-3-7	インフラストラクチャー	232
8-4	生産計画および人員計画	234
8-5	開発スケジュール	237
8-6	コスト概算	237
8-6-1	採業費	237
8-6-2	起業費	240
8-7	採算性概算	241
8-7-1	前提条件	241
8-7-2	評価概要	241
8-7-3	感度分析	242
8-7-4	経済モデルのまとめと今後の課題	242
8-7-5	カットオフ品位の検討	245
8-8	環境保全計画	256

第Ⅲ部 各論 Samarsky 地域

第1章 既往資料の概要	247
1-1 地質調査	247
1-2 地化学調査	250
1-3 物理調査	252
第2章 地質および鉱床	257
2-1 地質	257
2-1-1 堆積岩類	257
2-1-2 貫入岩類	258
2-1-3 地質構造	259
2-2 鉱化と変質	260
2-2-1 鉱化作用	260
2-2-2 鉱石鉱物	261
2-2-3 変質	261
第3章 地質学的資源量の検討	266
3-1 地質学的資源量の計算に用いたデータ	266
3-2 地質学的資源量の計算方法	266
3-2-1 Karagandagecologiya 社の計算方法	266
3-2-2 日本側調査団の計算方法	267
3-3 地質学的資源量の計算結果	267

第Ⅳ部 結論および提言

第1章 Zharnan-Aibat 地域	269
1-1 結論	269
1-2 提言	271
第2章 Samarsky 地域	273
2-1 結論	273
2-2 提言	273
参考文献	275

内挿図および内挿表

Fig.1-1-1	Location Map of the Zhaman-Aibat Area	2
Fig.1-1-2	Location Map of the Samarsky Area	3
Fig.1-3-1	Regional Geological Map of the Zhaman-Aibat Area	18
Fig.1-3-2	Regional Distribution of Stratiform Copper Deposits in the Zhezkazgan-Sarysu Depression	19
Fig.1-3-3	Geological Structure of the Zhaman-Aibat Area	20
Fig.1-3-4	Geological Setting of the Zhaman-Aibat Ore Deposit	21
Fig.1-3-5	Regional Geological Map of the Samarsky Area	33
Fig.1-3-6	Geological Map of the Samarsky Area	35
Fig.1-3-7	Schematic Cross-Section of the Samarsky Ore Deposit	38
Fig.1-3-8	Mineralized Zone in the Samarsky Area	39
Fig.2-1-1	Location Map of Drill Holes in the Zhaman-Aibat Area	45
Fig.2-2-1	Geological Map of the Zhaman-Aibat Area	57
Fig.2-2-2	Stratigraphic Column of the Zhaman-Aibat Area	59
Fig.2-2-3	Schematic Section of the Zhaman-Aibat Area	60
Fig.2-2-4	Block Diagram of the Zhaman-Aibat Area	61
Fig.2-2-5	Depth to the Base of Zhezkazgan Formation in the Zhaman-Aibat Area	63
Fig.2-2-6	Stratigraphic Column of Cupriferous Sediments in the Zhaman-Aibat Area	68
Fig.2-2-7	Thickness of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	69
Fig.2-2-8	Cu Grade of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	69
Fig.2-2-9	Pb Grade of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	69
Fig.2-2-10	Zn Grade of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	71
Fig.2-2-11	Ag Grade of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	71
Fig.2-2-12	Re Grade of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	71
Fig.2-2-13	Index Map of Geological Sections	73
Fig.2-2-14	Schematic Section of the Eastern and Northern Orebody in the Zhaman-Aibat Ore Deposit, (along the line DH318-DH769)	75
Fig.2-2-15	Schematic Section of the Central Orebody in the Zhaman-Aibat Ore Deposit, (along the line DH667-DH475)	77
Fig.2-2-16	Detailed Section of the Eastern and the Northern Orebody in the Zhaman-Aibat Ore Deposit, (along the line DH318-DH466)	79
Fig.2-2-17	Detailed Section of the Central Orebody in the Zhaman-Aibat Ore Deposit, (along the line DH667-DH461)	81
Fig.2-2-18	Copper Mineral Assemblage of the Zhaman-Aibat Ore Deposit	83
Fig.2-3-1	Scatter Plot of Cu Check Analysis of Ore Samples from Zhaman-Aibat Area, (Canadian Lab vs Kazakhstan Lab)	86
Fig.2-3-2	Scatter Plot of Ag Check Analysis of Ore Samples from Zhaman-Aibat Area, (Canadian Lab vs Kazakhstan Lab)	86

Fig.2-3-3	Probability Plots of Cu,Pb,Zn,Ag and Re Assays of the Zhama-Aibat Ore Deposit	89
Fig.2-3-4	Correlation Diagram between Element's Pair, Zhama-Aibat Ore Deposit	91
Fig.2-3-5	Interpretation Map for the Geological Resources Estimation of the 4-1 Horizon in the Zhama-Aibat Ore Deposit	95
Fig.2-3-6	Geological Resources of the 4-1 Horizon in the Zhama-Aibat Ore Deposit (Category I + Category II)	99
Fig.2-4-1	Location Map of Satellite Image Analysis in the Zhama-Aibat Area	101
Fig.2-4-2	False Color Composite of Landsat TM Data for the Zhama-Aibat Area, RGB:571	106
Fig.2-4-3	Geological Classification of the Satellite Image in the Zhama-Aibat Area	107
Fig.2-4-4	Alteration Zone Extracted from the Satellite Image of the Zhama-Aibat Area	112
Fig.2-4-5	Interpretation Map of Satellite Image Analysis in the Zhama-Aibat Area	113
Fig.2-5-1	Location Map of the Drill Hole MJK-1 and MJK-2 in the Zhama-Aibat Area	117
Fig.2-5-2	Detailed Geological Logging for the Mineralized Zone of the Drill Hole MJK-1	121
Fig.2-5-3	Geological Section of the Eastern Orebody Along the Line DH525-DH252, Zhama-Aibat Ore Deposit	123
Fig.2-5-4	Geological Section of the Eastern Orebody Along the Line DH268-DH122, Zhama-Aibat Ore Deposit	125
Fig.2-5-5	Detailed Section of the Eastern Orebody Along the Line DH73-DH776, Zhama-Aibat Ore Deposit	127
Fig.2-5-6	Detailed Geological Logging for the Mineralized Zone of the Drill Hole MJK-2	133
Fig.2-5-7	Geological Section of the Central Orebody Along the Line DH453-DH45, Zhama-Aibat Ore Deposit	135
Fig.2-5-8	Geological Section of the Central Orebody Along the Line DH421-DH475, Zhama-Aibat Ore Deposit	137
Fig.2-5-9	Detailed Section of the Central Orebody Along the Line DH842-DH43, Zhama-Aibat Ore Deposit	139
Fig.2-6-1	Flowsheet of Bulk Rougher Flotation, Copper Ore from Eastern Orebody	150
Fig.2-6-2	Relationship between Flotation Size and Recovery of Froth, Copper Ore from Eastern Orebody	150
Fig.2-6-3	Flowsheet of Flotation Speed Test, Copper Ore from Eastern Orebody	150
Fig.2-6-4	Flowsheet of Straight Differential Flotation Test, Copper Ore from Eastern Orebody	151
Fig.2-6-5	Flowsheet of the Bulk Differential Flotation Test, Copper Ore from Eastern Orebody	155
Fig.2-6-6	Flowsheet of Straight Differential Flotation, Copper Ore from Eastern Orebody	158
Fig.2-6-7	Optimum Flowsheet, Copper Ore from Eastern Orebody	159
Fig.2-6-8	Relationship between Grinding time and Size Distribution, Complex Ore	163
Fig.2-6-9	Flowsheet of the Bulk Rougher Flotation Complex Ore	164
Fig.2-6-10	Flowsheet of the Bulk Rougher Flotation Complex Ore (Effect of Particle Size)	165
Fig.2-6-11	Relationship Between Grinding Size and Recovery (Cu, Pb, and Zn), Complex Ore	166
Fig.2-6-12	Relationship Between Grinding Size, Cu-Recovery and Grade of Froth, Complex Ore	166
Fig.2-6-13	Relationship Between Grinding Size, Pb-Recovery and Grade of Froth, Complex Ore	167
Fig.2-6-14	Relationship Between Grinding Size, Zn-Recovery and Grade of Froth, Complex Ore	167

Fig.2-6-15	Relationship Between Grinding Size,Cu-Recovery and Flotation Time, Complex Ore	168
Fig.2-6-16	Relationship Between Grinding Size,Cu-Grade in tail and Flotation Time, Complex Ore	168
Fig.2-6-17	Relationship of the Copper Recovery in each Size Fraction and Size Distribution	169
Fig.2-6-18	Relationship of the Lead Recovery in each Size Fraction and Size Distribution	169
Fig.2-6-19	Relationship of the Zinc Recovery in each Size Fraction and Size Distribution	169
Fig.2-6-20	Flowsheet of the Bulk Rougher Flotation Complex Ore (Effect of Collector)	170
Fig.2-6-21	Relationship Between Collectors, Cu-Recovery and Grade of Froth, Complex Ore	170
Fig.2-6-22	Relationship Between Collectors, Pb-Recovery and Grade of Froth, Complex Ore	171
Fig.2-6-23	Flowsheet of the Straight-Differential Flotation, Complex Ore	172
Fig.2-6-24	Flowsheet of the Semi-Bulk Flotation without Re-grinding,Complex Ore	173
Fig.2-6-25	Flowsheet of the Semi-Bulk Flotation with Re-grinding,Complex Ore	173
Fig.2-6-26	Size Distribution before and after Re-grinding of the Rougher Froth, Complex Ore	174
Fig.2-6-27	Relationship between Cu Recovery, Grade and Re-grinding,Complex Ore	174
Fig.2-6-28	Relationship between Pb Recovery, Grade and Re-grinding,Complex Ore	175
Fig.2-6-29	Relationship between Zn Recovery, Grade and Re-grinding,Complex Ore	175
Fig.2-6-30	Flowsheet of the Differential Flotation with/without Re-grinding of the Rough Concentrate, Complex Ore	177
Fig.2-6-31	Flowsheet of the Bulk-Differential Flotation Test (Cu-Pb), Complex Ore	179
Fig.2-6-32	Flowsheet of the Bulk-Differential Flotation Test (Cu-Pb-Zn), Complex Ore	180
Fig.2-6-33(1)	Comparative Results of the Straight and Bulk Differential Flotation	181
Fig.2-6-33(2)	Effect of Potassium Ferrocyanide and Sulphur Dioxide	181
Fig.2-6-34	Flowsheet of the Bulk-Differential Flotation Test, Complex Ore	183
Fig.2-6-35	Flowsheet of the Confirmation Test	184
Fig.2-6-36	A Bulk Differential of Complex Ore	187
Fig.2-7-1	Mining Areas of the Zhezkazgan Mine	191
Fig.2-7-2	Location Map of Mining Facilities in the Zhezkazgan Mine	193
Fig.2-7-3	Underground Configuration of Mine 65 in the Zhezkazgan Mine	195
Fig.2-7-4	Panel and Pillar Mining Method, orebody with a gentle inclination, thinner than 8m and Cu content lower than 2.5%	201
Fig.2-7-5	Panel and Pillar Mining Method, orebody with a gentle inclination, over 8m in thickness, and Cu content lower than 2.5%	201
Fig.2-7-6	Room and Pillar Mining Method with filling and cut and fill stoping in the primary chambers and Cu content higher than 2.5%	203
Fig.2-7-7	Room and Pillar Mining Method (stopping height higher than 16~18m)	203
Fig.2-7-8	Sublevel (Slicing) Stopping Method (with filling and orebody steeper inclination)	204
Fig.2-7-9	Flow Chart of Zhezkazgan Ore Dressing Plant	213
Fig.2-8-1	Representative examples of Variograms for Cu(%), Ag(g/t) and Thickness(m) of Ore	220
Fig.2-8-2	Distribution of Cu(%) on Each Ore Blocks	221
Fig.2-8-3	Site Plan of Zhaman-Aibat Mining Facilities	225
Fig.2-8-4	Conceptual Design of Underground Development	227

Fig.2-8-5	Cross-section of Underground Mine Development of the Zhaman-Aibat Deposit	229
Fig.2-8-6	Flow Sheet of Ore Dressing Plant of the Zhaman-Aibat Mine	233
Fig.2-8-7	Mining Area Map with Annual Production of 5.6 Million Tons	235
Fig.2-8-8	Sensitivity Scales for Main Parameters (Rate of DCF(%))	244
Fig.3-1-1	Index Map of Previous Geological Surveys in the Samarsky Area	248
Fig.3-1-2	Index Map of Previous Geochemical Surveys in the Samarsky Area	251
Fig.3-1-3	Index Map of Previous Geophysical Surveys in the Samarsky Area	256
Fig.3-2-1	Section of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area	263
Fig.3-2-2	Alteration Map of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area	265
Table 1-1-1	Outline of the Project Works Carried Out in 1994, 1995 and 1996	5
Table 1-1-2	List of the Laboratory Test	6
Table 1-1-3	Ore Dressing Test: Copper Ore	7
Table 1-1-4	Ore Dressing Test: Complex Ore	8
Table 1-1-5	Preliminary Mission and Kazakhstan Personnel Attended the Meeting	11
Table 1-1-6	Member List of the Survey Team	12
Table 1-2-1	Climatological Data of the Zhezkazgan Area	15
Table 1-2-2	Climatological Data of the Karaganda Area	15
Table 1-3-1	List of Mineral Showings in the Zhaman-Aibat Area	17
Table 1-3-2	Characteristics of Orebodies in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	17
Table 1-3-3	List of Mineral Showings in the Samarsky Area	37
Table 2-1-1	Drilling Statistics in the Zhaman-Aibat Area	47
Table 2-1-2	Previous Geochemical Surveys in the Zhaman-Aibat Area	48
Table 2-1-3	Previous Magnetic Surveys in the Zhaman-Aibat Area	50
Table 2-1-4	Previous Gravity Surveys in the Zhaman-Aibat Area	50
Table 2-1-5	Previous Electrical Surveys in the Zhaman-Aibat Area	51
Table 2-1-6	Previous Seismic Surveys in the Zhaman-Aibat Area	51
Table 2-2-1	List of Ore Minerals Described in Previous Studies of the Zhaman-Aibat Ore Deposit	66
Table 2-2-2	Ore Classification and Cut-Off Grade by Zhezkazgan Geologia	66
Table 2-2-3	General Character of Eastern, Central and Northern Orebody in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	67
Table 2-3-1	Data Base used for the Estimation of the Geological Resources in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	87
Table 2-3-2	Basic Statistics of Ore Samples from the Zhaman-Aibat Ore Deposit	88
Table 2-3-3	Correlation Matrix, Zhaman-Aibat Ore Deposit	88
Table 2-3-4	Ore Classification and Cut-Off Grade for the Geological Resources Estimation of the Zhaman-Aibat Ore Deposit	88
Table 2-3-5	Geological Resources of the 4-I Horizon in the Zhaman-Aibat Ore Deposit	97
Table 2-4-1	Geological Interpretation for the Satellite Image Analysis in the Zhaman-Aibat Area	109

Table 2-4-2	Correlation between the Geologic Units and the Digital Image in the Zhaman-Aibat Area	111
Table 2-5-1	Outline of the Drilling Survey in the Zhaman-Aibat Area	115
Table 2-6-1	Chemical Analysis of Test Samples, Copper Ore from Eastern Orebody	147
Table 2-6-2	Texture of Main Ore Minerals, Copper Ore from Eastern Orebody	147
Table 2-6-3	EPMA Analysis of Ore Minerals, Copper Ore from Eastern Orebody	147
Table 2-6-4	Results of the Bulk Rougher Flotation, Copper Ore from Eastern Orebody	151
Table 2-6-5	Weight of Structural Minerals of Bulk Concentrate, Copper Ore from Eastern Orebody	152
Table 2-6-6	Results of Flotation Speed Test, Copper Ore from Eastern Orebody	152
Table 2-6-7	Results of Straight Differential Flotation Test, Copper Ore from Eastern Orebody	152
Table 2-6-8	Results of Bulk Differential Flotation Test (Effect of Particle Size), Copper Ore from Eastern Orebody	155
Table 2-6-9	Results of Bulk Differential Flotation Test (Effect of Collectors), Copper Ore from Eastern Orebody	156
Table 2-6-10	Combined Copper Concentrate, Copper Ore from Eastern Orebody	157
Table 2-6-11	Results of the Bulk Differential Flotation Test, Copper Ore from Eastern Orebody	157
Table 2-6-12	Combined Copper Concentrate, Copper Ore from Eastern Orebody	157
Table 2-6-13	Results of Straight Differential Flotation Test, Copper Ore from Eastern Orebody	158
Table 2-6-14	Chemical Analysis of Copper and Lead Concentrate, Copper Ore from Eastern Orebody	160
Table 2-6-15	Chemical Analysis of Test sample, Complex Ore	161
Table 2-6-16	Texture of Test Sample, Complex Ore	162
Table 2-6-17	Results of the Bulk Rougher Flotation Complex Ore	164
Table 2-6-18	Minerals in the Bulk Concentrate, Complex Ore	164
Table 2-6-19	Results of the Straight Differential Flotation	171
Table 2-6-20	Size Distribution of the Bulk Flotation Tailing Complex Ore	176
Table 2-6-21	Result of Flotation Test on the Differential Flotation with/without Re grinding of the Rough Concentrate Complex Ore	178
Table 2-6-22	Result of the Bulk-Differential Flotation (Cu-Pb)Test, Complex Ore	179
Table 2-6-23	Result of the Bulk-Differential Flotation (Cu-Pb-Zn)Test, Complex Ore	180
Table 2-6-24	Result of the Bulk-Differential Flotation Test	182
Table 2-6-25	Flotation Conditions of Confirmation Test	185
Table 2-6-26	Flotation Results of confirmation Test	185
Table 2-6-27	Microscopic Observation of the Copper Concentrate	186
Table 2-6-28	Microscopic Observation of the Lead Concentrate	186
Table 2-7-1	Output of the Zhezkazgan Mine	197
Table 2-7-2	Summary of the Zhezkazgan Mine Operation	197
Table 2-7-3	Summary of Zhezkazgan Ore Dressing Plants	198
Table 2-7-4	Operation Cost of Mining and Ore Dressing	199
Table 2-7-5	Employees in Mining and Ore Dressing Plant	199
Table 2-7-6	Examples of Pillar Size and Ore Recovery	206
Table 2-7-7	Budget of South Mine	208

Table 2-7-8	Comparative Table between Budget and Actual Records at North Mine	208
Table 2-8-1	Basic Statistics of Input (Drill Hole) Data for Minable Ore Reserve Estimation	218
Table 2-8-2	Variograms on Main Parameters of Ore Horizon 4-I	219
Table 2-8-3	Summary of Minable Ore Reserve on Ore Horizon 4-I	219
Table 2-8-4	Assumed Production and Mine Life	230
Table 2-8-5	Specifications and Total Length of Each Shaft and Drift	230
Table 2-8-6	Main Ore Dressing Equipments and Specifications	230
Table 2-8-7	Production Plan on Each Annual Production	231
Table 2-8-8	Underground Development Plan on Each Annual Production	238
Table 2-8-9	Basic Parameters for Operating Cost Estimation	239
Table 2-8-10	Summary of Estimated Operation Costs of the Zhaman-Aibat Mine	239
Table 2-8-11	Basic Parameters for Capital Cost Estimation	240
Table 2-8-12	Summary of Estimated Capital Costs of the Zhaman-Aibat Mine	240
Table 2-8-13	Basic Parameters for Profitability Evaluation	241
Table 2-8-14	Sensitivity Analysis between Various Parameters and Internal Rate of Return (%)	243
Table 2-8-15	Relationship between Copper Price and Cut-off Grade	245
Table 3-1-1	Drilling Statistics in the Samarsky Area	249
Table 3-1-2	Previous Geophysical Surveys in the Samarsky Area	255
Table 3-3-1	Summary of Geological Resources Estimation of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area	268

卷 末 資 料

Appendix 1	Summary of previous studies of ore-dressing tests of ores from Zhaman-Aibat and Taskura deposits (1/7~7/7)	A-1
Appendix 2	Assay Results of Samples from Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/2~2/2)	A-8
Appendix 3	Whole Rock Analysis of Samples from Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-10
Appendix 4	Microscopic Observation of Polished Sections from the Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/2~2/2)	A-11
Appendix 5	Microscopic Observation of Thin Sections from the Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-13
Appendix 6	EPMA Color Image of High Grade Ore from the Zhezkazgan Mine	A-15
Appendix 7	Assay Results of Check Analysis of Ore Samples from the Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-17
Appendix 8	Drilling Progress of the Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-18
Appendix 9	Drilling Equipments of the Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-19
Appendix 10	Consumed Materials of the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-20
Appendix 11	Operational Results of the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-21
Appendix 12	Geological Logging of the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/10~10/10)	A-22
Appendix 13	Assay Results of Core Samples from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/2~2/2)	A-32
Appendix 14	Whole Rock Analysis of Core Samples from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-34
Appendix 15	Microscopic Observation of Polished Sections from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/2~2/2)	A-35
Appendix 16	Microscopic Observation of Thin Sections from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-37
Appendix 17	EPMA Quantitative Analysis of Ore Samples from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-38
Appendix 18	EPMA Color Image of Complex Ore from the Central Orebody of the Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/2~2/2)	A-39
Appendix 19	Drilling Progress of the Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-43
Appendix 20	Drilling Equipments of the Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-44
Appendix 21	Consumed Materials of the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-45
Appendix 22	Operational Results of the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-46
Appendix 23	Geological Logging of the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/10~10/10)	A-47
Appendix 24	Assay Results of Core Samples from the Drill Hole "MJK-2" (1/4~4/4), Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-57
Appendix 25	Whole Rock Analysis of Core Samples from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-61
Appendix 26	Microscopic Observation of Polished Sections from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/2~2/2)	A-62
Appendix 27	Photomicrographs of Ore Minerals in Polished Sections from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/4~4/4)	A-65
Appendix 28	Microscopic Observation of Thin Sections from the Drill Hole "MJK-2",	

	Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-73
Appendix 29	Photomicrographs of Minerals in Thin Sections from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-75
Appendix 30	EPMA Quantitative Analysis of Ore Samples from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-83
Appendix 31	EPMA Color Image of Complex Ore from the Central Orebody of the Zhaman-Aibat Ore Deposit (1/3~3/3)	A-85
Appendix 32	X-ray Diffraction Test of Rock Samples from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-91
Appendix 33	X-ray Diffraction Tests of Feed Ore from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-92
Appendix 34	Grinding Tests of the Complex Ore from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-93
Appendix 35	Screen Analysis of Tailing of the Complex Ore from the Drill Hole "MJK-1", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-94
Appendix 36	X-ray Diffraction Tests of Feed Ore from the Drill Hole "MJK-2", Zhaman-Aibat Ore Deposit	A-95
Appendix 37	Preliminary Ore Dressing Test	A-96
Appendix 38	Substantial Flotation Test	A-114
Appendix 39	Photomicrographs of Ore Minerals (Ore Dressing Test for the Complex Ore)	A-123
Appendix 40	Result of Movable Ore Reserve Estimation of Ore Horizon 4-1	A-125
Appendix 41	Estimated Operating Costs of Zhaman-Aibat Mine (Production: 4.5 Mt/year)	A-126
Appendix 42	Estimated Operating Costs of Zhaman-Aibat Mine (Production: 5.6 Mt/year)	A-127
Appendix 43	Estimated Operating Costs of Zhaman-Aibat Mine (Production: 6.7 Mt/year)	A-128
Appendix 44	Estimated Capital Costs of Zhaman-Aibat Mine (Production: 4.5 Mt/year)	A-129
Appendix 45	Estimated Capital Costs of Zhaman-Aibat Mine (Production: 5.6 Mt/year)	A-130
Appendix 46	Estimated Capital Costs of Zhaman-Aibat Mine (Production: 6.7 Mt/year)	A-131
Appendix 47	Table of Cashflow of the Zhaman-Aibat Mine (Production: 4.5 Mt/year)	A-133
Appendix 48	Table of Cashflow of the Zhaman-Aibat Mine (Production: 5.6 Mt/year)	A-135
Appendix 49	Table of Cashflow of the Zhaman-Aibat Mine (Production: 6.7 Mt/year)	A-137
Appendix 50	List of the Previous Data Collected in the Kazakhstan	A-139

別 添 図

- Plate.1 Schematic Section of the Eastern and Central Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH608-DH695, 1/4~4/4)
- Plate.2 Schematic Section of the Eastern and Northern Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH629-DH775)
- Plate.3 Detailed Section of the Eastern and Northern Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH629-DH775, 1/2~2/2)
- Plate.4 Detailed Section of the Eastern and Northern Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH374-DH590, 1/2~2/2)
- Plate.5 Detailed Section of the Eastern and Northern Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH79-DH682)
- Plate.6 Detailed Section of the Central and Northern Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH159-DH363)
- Plate.7 Detailed Section of the Northern Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH314-DH372 1/2~2/2)
- Plate.8 Detailed Section of the Central Orebody in the Zhama-Aibat Ore Deposit,
(along the line DH729-DH95)
- Plate.9 Lithostratigraphic Units of Raumd Conglomerates and Ore Grade in the Eastern Orebody,
(along the line DH67-DH507)
- Plate.10 Lithostratigraphic Units of Raumd Conglomerates and Ore Grade in the Central Orebody,
(along the line DH447-DH95)
- Plate.11 Detailed Geological Map of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area
- Plate.12 Geological Section of the Samarsky Area
- Plate.13 Detailed Plane View of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area, (+100m level sliced map)
- Plate.14 Detailed Section of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area,(along the E-W line DH53-DH70)
- Plate.15 Detailed Section of the Central Cu-Mo Deposit in the Samarsky Area,(along the N-S line DH207-DH84)
- Plate.16 Legend for the Plate 12
- Plate.17 Legend for the Plate 11, Plate 13, Plate 14, Plate 15
- Plate.18 Stratigraphic Setting in the Samarsky Area
- Plate.19 Geological Logging of the Drill Hole "MJK-1" (1/10~10/10), Zhama-Aibat Ore Deposit
- Plate.20 Geological Logging of the Drill Hole "MJK-2" (1/10~10/10), Zhama-Aibat Ore Deposit

第 I 部 総論

第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要

1-1 調査経緯

本調査は、金属鋳業事業団とカザフスタン共和国の地質・資源保護省 (Ministry for Geology and Conservation of Natural Resources) との間で 1994 年 12 月 29 日付で署名された Scope of Work に基づいて実施された資源開発協力基礎調査の第 3 年次調査として実施されたものである。

第 1 年次調査は、プロジェクト地域の Zhaman-Aibat 地域および Samarsky 地域の既往探査データを調査・解析し、地質状況および鋳床賦存状況を解明し、既知鋳床の一部について再評価を実施した。また Zhaman-Aibat 地域については、衛星画像の写真地質判読とデジタルデータの解析を行い鋳床賦存地域の地質解析に供した。

第 2 年次調査は、カザフスタン共和国の政府機関が Samarsky 地域について第三者に探査ライセンスを発給したため、調査対象を Zhaman-Aibat 地域に限定し、前年度に比べより詳細な調査を実施した。すなわち、Zhaman-Aibat 地域について第 1 年次および第 2 年次に収集した既往探査データを整理・解析し、一部の鋳床について鋳床評価を実施した。また、東部鋳体に賦存する銅鋳の地質層序や鋳床の産状等を確認・記載する目的で、ボーリング調査を実施した。さらに、得られた試錐コアを使用して選鋳試験を行い最適プロセスを検討した。

本年度の第 3 年次調査は、本プロジェクトの最終年度であるため、これまでに収集した既往調査データを整理・解析して、Zhaman-Aibat 鋳床全般に対する地質学的資源量を算出した。また、中央鋳体に賦存する複雑鋳の地質層序や鋳床の産状等を確認・記載する目的で、昨年度に引き続きボーリング調査を実施し、着鋳した試錐コアを使用して選鋳試験を行い、第 2 年次の選鋳試験結果と統合し、最適プロセスを検討した。以上の成果を総合し、Zhaman-Aibat 鋳床を対象とした鋳山開発の概念設計を策定した上で可採鋳量を算出し、総合的な経済評価 (採算計算) を実施した。

1-2 調査目的

本調査は、カザフスタン共和国 Zhaman-Aibat 地域を対象に地質状況および鋳床賦存状況を解明し、既存鋳床等の再評価を行うことで、相手国の資源開発の支援を行うこと、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する。

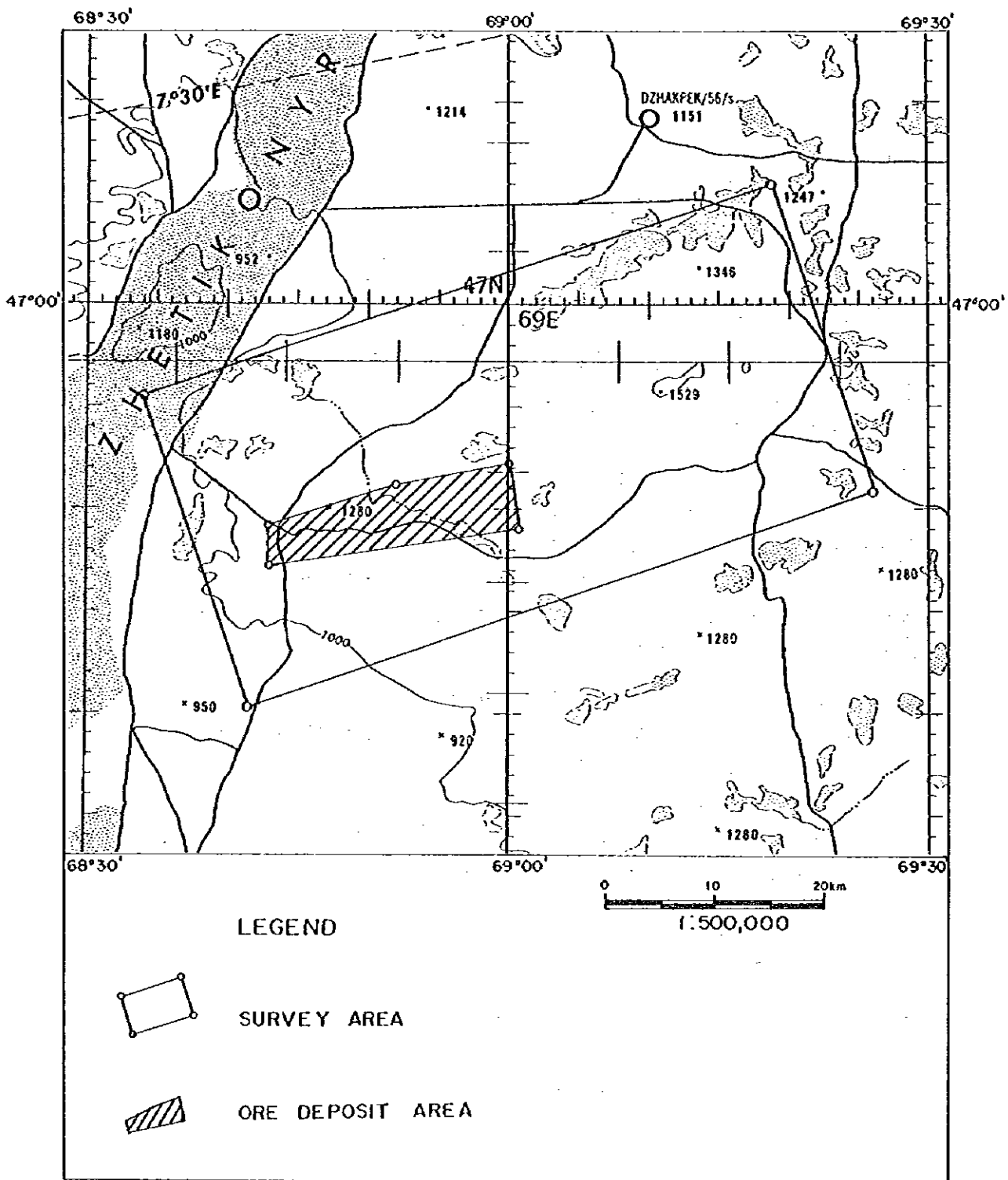


Fig. 1-1-1 Location Map of the Zhaman-Aibat Area

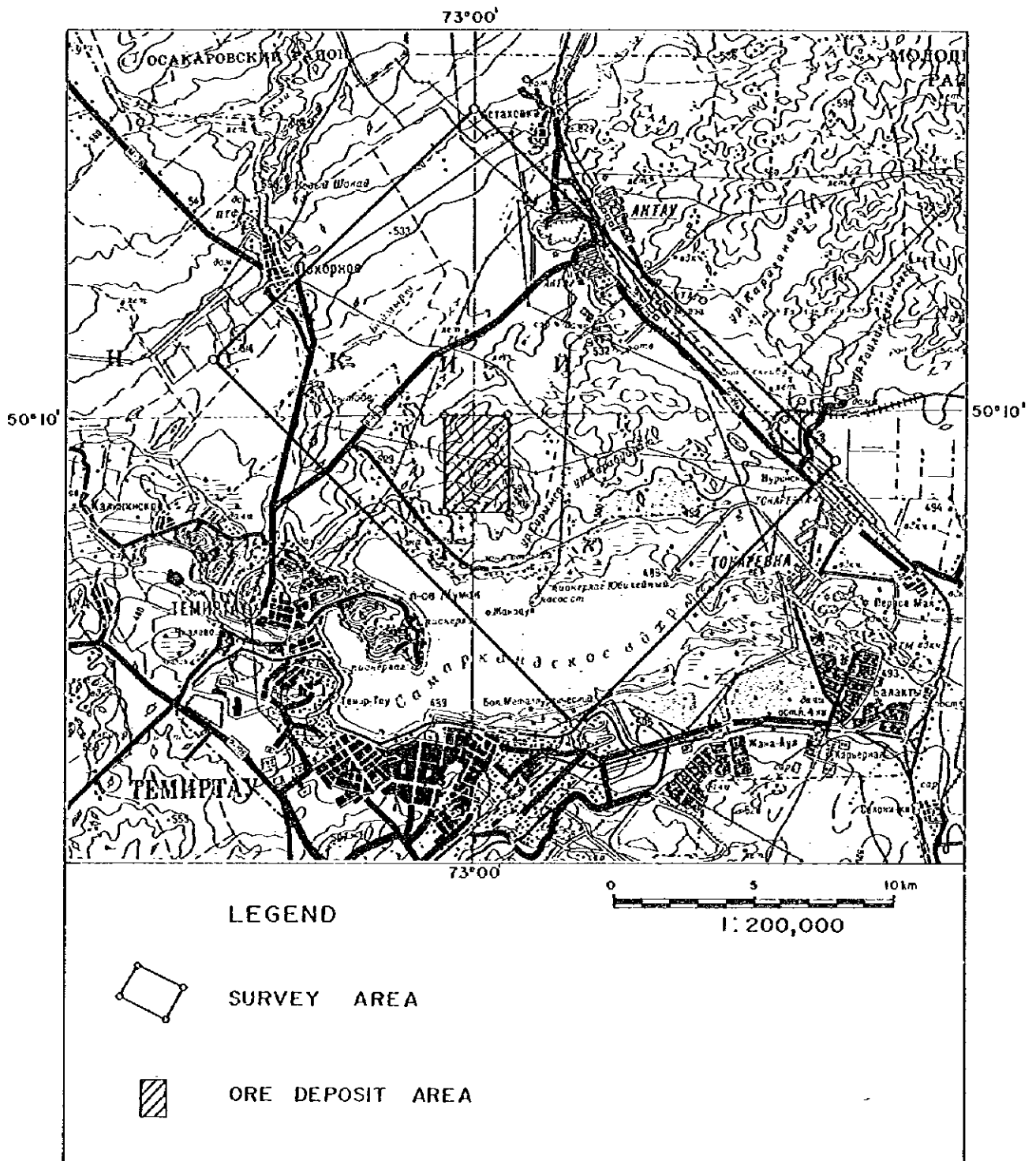


Fig. 1-1-2 Location Map of the Samarsky Area

1-3 調査対象地域

Zhaman-Aibat 地域は、Zhezkazgan 市の南東約 180km に位置する。周辺は、海拔 320~370m のステップ草原からなり、比高約 30m の小丘陵が僅かに点在する平坦な地形を示す。Zhezkazgan 市から Zhaman-Aibat 地域へは、一部悪路を伴う未舗装道路を 180km 南下する (Fig.1-1-1)。

Samarsky 地域は Karaganda 市の北北西約 30Km、Temirtau 市の北 10Km に位置する。周辺には海拔 490~590m のなだらかな丘陵が発達し、Zhaman-Aibat 地域と同様に、地形の起伏に乏しい。Samarsky 地域へは、Karaganda 市より Temirtau 市に通じる舗装道路を北西に進み、Temirtau 市を過ぎた地点で東進し、未舗装路 10km で Samarsky 地域に至る (Fig. 1-1-2)。

1-4 調査内容および調査方法

1-4-1 調査内容

第 1 年次調査 (94 年度) では、(1) Zhaman-Aibat、Samarsky 両地域の地質鉱床に関する既存データの収集・解析、(2) 両地域の主要な鉱体の資源量計算、(3) Zhaman-Aibat 地域の衛星画像の解析が実施された。

第 2 年次調査 (95 年度) では、カザフスタン共和国の政府機関が Samarsky 地域について第三者に探査ライセンスを発給したため、調査対象を Zhaman-Aibat 地域に限定した。調査内容は、(1) 地質鉱床と現地採鉱技術に関する既存データの収集・解析、(2) 東部鉱体と中央鉱体主要部の地質学的資源量の算出、(3) 東部鉱体に産出する銅鉱のボーリング調査、(4) 銅鉱の選鉱試験が実施された。

第 3 年次にあたる本年度調査では、第 2 年次調査と同様に調査対象は Zhaman-Aibat 地域に限定し、(1) 既存データの最終的な取りまとめ、(2) 全鉱体の地質学的資源量の算出、(3) 中央鉱体に産出する複雑鉱のボーリング調査、(4) 複雑鉱の選鉱試験、(5) 鉱山開発計画調査が実施された。

以上の調査項目の概要を Table 1-1-1 に、その詳細を Table 1-1-2、Table 1-1-3、および Table 1-1-4 に示す。

Table 1-1-1 Outline of the Project Works Carried Out in 1994, 1995 and 1996

Fiscal Year	Field Works Duration	Area	Items	Remarks
1994	Dec. 8th, 1994 - Feb. 1st, 1995	Zhaman-Aibat	Data collection, compilation and evaluation	Previous works
			Geological resources estimation	Block A of the Eastern Orebody
			Satellite image analysis	Data: Landsat TMS
			Geological survey	Site survey for the satellite image analysis
			Laboratory tests	Details are shown in Table 1-1-2
1995	Jul. 25th, 1995 - Sep. 29th, 1995	Zhaman-Aibat	Data collection, compilation and evaluation	Previous works
			Geological resources estimation	Central Cu-Mo Deposit
			Laboratory tests	Details are shown in Table 1-1-2
			Data collection, compilation and evaluation	Previous works, mining technology and data base construction
			Geological resources estimation	Eastern and Central Orebody
			Drilling survey	MJK-1 (depth=650m) in the Eastern Orebody
1996	Jul. 11th, 1996 - Aug. 30th, 1996	Zhaman-Aibat	Laboratory tests	Details are shown in Table 1-1-2
			Ore dressing test	Copper Ore, details are shown in Table 1-1-3
			Data collection, compilation and evaluation	Previous works, mining technology and data base construction
			Geological resources and ore reserve estimation	Eastern, Central and Northern Orebody
			Study of mine exploitation program	Exploitation policies, mining methods, cost estimation etc.
			Drilling survey	MJK-2 (depth=700m) in the Central Orebody
			Laboratory tests	Details are shown in Table 1-1-2
			Ore dressing test	Complex Ore, details are shown in Table 1-1-4

Table 1-1-2 List of Laboratory Tests

Fiscal Year	Items	Number
1994	Observation of thin sections	: 10
	Observation of polished sections	: 10
	Whole rock analysis SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, CaO, MnO, Na ₂ O, MgO, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI	: 10
	Assays of mineralized samples Au, Ag, Cu, Pb, Zn	: 50
1995	Observation of thin sections	: 5
	Observation of polished sections	: 8
	Whole rock analysis SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, CaO, MnO, Na ₂ O, MgO, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI	: 5
	Assays of mineralized samples Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe(total), Re, S(sulfide), S(sulfate)	: 72
	Assays of mineralized samples Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe(total), Re, S(sulfide), S(sulfate), S(elemental), Fe(2+)	: 8
	Electron microprobe analysis of ore minerals Cu, Pb, Ag, Fe, S	: 3
	Color image mapping by electron microprobe analysis Cu, Fe, Ag, S	: 3
	Check assays of mineralized samples Ag, Cu, Pb, Zn	: 36
1996	Observation of thin sections	: 10
	Observation of polished sections	: 15
	X-ray diffractive tests (bulk)	: 5
	Whole rock analysis SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, CaO, MnO, Na ₂ O, MgO, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI	: 5
	Assays of mineralized samples Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe(total), Re, S(sulfide)	: 97
	Assays of mineralized samples Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe(total), Re, S(sulfide), S(sulfate), Fe(2+)	: 6
	Assays of mineralized samples Ag, Cu, Pb, Zn	: 30
	Electron microprobe analysis of ore minerals Cu, Pb, Zn, Ag, Fe, S	: 13
Color image mapping by electron microprobe analysis Cu, Pb, Fe, S	: 3	

Table 1 - 1 - 3 Ore Dressing Tests : Copper Ore

Item	Tests and analyses	Times	Number of samples	Total number of analyses
Physical analyses				
	① Measurement of work index	1	1	1
	② Microscopic observation of polished ore	---		3
	③ Chemical analyses of ore (19 elements; Cu, Pb, Zn, Fe, S, Sb, As, Bi, Cd, Hg, Au, Ag, Re, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, CaO, K ₂ O, Na ₂ O)	---		1
	④ Powder X-ray diffractometer analyses of ore	---		1
Preliminary metallurgical tests				
Grinding test	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, S)	3	5 (5 size ranges)	15
Rougher flotation test (Bulk flotation)	① Chemical analyses (2 elements; Cu, Pb)	3	4	12
Kinetic flotation test	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, S)	2	5	10
	② Chemical analyses (Bulk conc. :5 elements; Cu, Pb, Zn, Fe, S)	---	---	1
Straight-differential flotation test (Comparing test)	① Chemical analyses (2 elements; Cu, Pb)	3	4	12
Particle size analyses of flotation tailings	① Chemical analyses (2 elements; Cu, Pb)	3	5 (5 size ranges)	15
Differential flotation tests				
Cleaning flotation test (flotation size)	① Chemical analyses (2 elements; Cu, Pb)	3	4	12
Cleaning flotation test (reagents)	① Chemical analyses (2 elements; Cu, Pb)	4	4	16
Confirmation test (Flotation conditions)	① Chemical analyses (2 elements; Cu, Pb)	4	5	20
	② Microscopic observation of polished ore (Cu conc., Tailing)	---	---	3
	③ Chemical analyses of conc. (Cu conc., Pb conc. 21 elements : Cu, Pb, Zn, Fe, S, Sb, As, Bi, Cd, Hg, Au, Ag, Cl, F, Re, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, CaO, K ₂ O, Na ₂ O)	---	---	2

Table 1 - 1 - 4 Ore Dressing Tests : Complex Ore

Item	Tests and analyses	Times	Number of samples	Total number of analyses
Physical analyses				
	① Measurement of work index	1	1	1
	② Microscopic observation of polished ore	---	---	1
	③ Chemical analyses of ore (23 elements; Cu, Pb, Zn, Fe, S, Sb, As, Bi, Cd, Hg, Au, Ag, Te, Mo, Re, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, CaO, K ₂ O, Na ₂ O, Cl, F)	---	---	1
	④ Powder X-ray diffractometer analyses of ore	---	---	1
Preliminary metallurgical tests				
Grinding test	① Chemical analyses (5 elements; Cu, Pb, Zn, Fe S)	3	4	12
Rougher flotation test (Bulk flotation)	① Chemical analyses (5 elements; Cu, Pb, Zn, Fe S)	1	1	1
Particle size rougher flotation	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	4	4	16
Collector test	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	4	4	16
Straight-differential flotation test (Comparing test)	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	3	7	21
Semi-comprehensive flotation	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	2	3	6
Particle size analyses of flotation tailings	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	8	4	32
Differential flotation tests				
Regrinding test (Comprehensive flotation)	① Chemical analyses (5 elements; Cu, Pb, Zn, Fe S)	3	3	9
Pb-Cu, Zn separation flotation test	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	3	6	18
Cu-Zn separating flotation test	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	3	6	18
Cleaning flotation test	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	9	4	36
Confirmation test (Flotation conditions)	① Chemical analyses (3 elements; Cu, Pb, Zn)	3	5	15
	② Microscopic observation of polished ore (bulk, conc.)	---	---	2
	③ Microscopic observation of polished ore (Cu conc., Pb conc., Zn conc.)	---	---	3
	④ Chemical analyses of conc. (Cu conc., Pb conc., Zn conc.) 20 elements : Fe, S, Sb, As, Bi, Cd, Hg, Au, Ag, Te, Mo, Re, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, CaO, K ₂ O, Na ₂ O, Cl, F,	---	---	3

1-4-2 調査方法

第1年次調査

(1) 既存データの収集・解析：Zhaman-Aibat, Samarsky両地域の既知鉱徴の予備評価を行う目的で、主に地質調査・地化学探査・物理探査に関する既存文献の収集と聞き取り調査を行い、収集したデータを評価・解析・コンパイルした。これらの調査は、地質鉱物資源保護省 Almaty 事務所、同省 Zhezkazgan 事務所および同省 Karaganda 事務所、さらに Zhezkazgangeologiya 社と Karagandageologiya 社で実施された。

(2) 主要な鉱体の資源量の計算：Zhezkazgangeologiya 社と Karagandageologiya 社で収集した試錐コアの分析データを用いて、Zhezkazgan 鉱床の東部鉱体の一部 (Block-A) と Samarsky 中央 (銅・モリブデン) 鉱床の地質学的資源量を算出した。計算に際し、前者の鉱体ではポリゴン法 (ポロノイ法) を採用し、後者の鉱体では断面法を採用した。

(3) 衛星画像の解析：Zhaman-Aibat 地域 1,800km² の範囲で、リニアメント、地質構造および変質帯を抽出する目的で実施された。使用したデータは LANDSAT TM データで、写真地質学的解析の際にはフォールスカラー画像を使用し、現地地表踏査も同時に実施した。変質帯抽出の際には種々のデジタルデータ処理を施した画像を使用した。

第2年次調査

(1) 既存データの収集・解析：Zhaman-Aibat 地域の地質・鉱床に関する既存データを第1年次に引き続き収集・解析した。また、Zhaman-Aibat 鉱床の鉱床評価や選鉱試験等の鉱山開発関連のデータを収集するとともに、Zhaman-Aibat 地域に近接する稼行鉱山である Zhezkazgan 鉱山の採鉱技術に関して現地調査を実施した。さらに、東部鉱体および中央鉱体の試錐コアの分析データ (Cu, Pb, Zn, Ag) を中心とするデジタルデータベースの構築を開始した。

(2) 地質学的資源量の計算：Zhezkazgan 鉱床の東部鉱体全域と中央鉱体の一部について、ポリゴン法を用いて地質学的資源量を算出した。計算対象となった鉱石は銅鉱と複雑鉱で、銅・鉛・亜鉛・銀の平均品位と金属量が算出された。

(3) ボーリング調査 (孔名 MJK-1)：Zhaman-Aibat 鉱床の中で最も優勢かつ銅品位の高い東部鉱体で銅鉱の産状を観察すること、および銅鉱の選鉱試験試料を取得するを目的に、深度 650.50m の垂直ボーリングを実施した。地点選定にあたっては、既存資料を検討すると同時に地表踏査を行った。掘削工法はワイヤーライン工法で、最終口径は 59mm である。柱状図は 1:200 の縮尺で作成し、Table 1-1-2 に示す室内試験 (顕微鏡観察・鉱石の品位分析・全岩分析・EPMA 分析) を行った。

(4) 銅鉱の選鉱試験：銅鉱の最適選鉱プロセスを明らかにし、操業時の選鉱成績を見積もることを目的に、MJK-1 孔で採取した着鉱部コアーを使用して Table 1-1-3 に示す選鉱試験を実施した。

第3年次調査

(1) 既存データの収集・解析：Zhaman-Aibat 地域の地質鉱床、鉱床評価、選鉱試験、鉱山開発関

連のデータを第1・2年次に引き続き収集・解析した。また、試錐データベースの構築を完了し、これらのデータを用いて各種統計処理を実施した。

(2) 地質学的資源量の計算：鉱床の東部鉱体、中央鉱体および北部鉱体全域に関し、第2年次に引き続き、ポリゴン法による地質学的資源量計算を実施した。計算対象となった鉱石は銅鉱と複雑鉱で、各々の鉱体毎および鉱石毎に、銅・鉛・亜鉛・銀・レニウムの平均品位と金属量が算出された。

(3) ボーリング調査（孔名 MJK-2）：Zhaman-Aibat 鉱床の中で銅・鉛品位の高い中央鉱体で、複雑鉱の産状を観察すること、および選鉱試験の試料を取得するを目的に、深度 700.00m の垂直ボーリングを実施した。地点選定にあたっては、既存資料を検討すると同時に地表踏査を行った。掘削工法はワイヤーライン工法で、最終口径は 59mm である。柱状図は 1:200 の縮尺で作成し、Table 1-1-2 に示す室内試験（顕微鏡観察・鉱石の品位分析・全岩分析・粉末 X 線回折・EPMA 分析）を行った。

(4) 複雑鉱の選鉱試験：複雑鉱の最適選鉱プロセスを明らかにし、操業時の選鉱成績を見積もることを目的に、MJK-2 孔で採取した着鉱部コアを使用して Table 1-1-4 に示す選鉱試験を実施した。

(5) 鉱山開発計画調査：第2年次に引き続き開発・コスト関連資料を収集するために、Zhaman-Aibat 地域と Zhezkazgan 鉱山の現地調査を実施した。この結果から鉱山開発の概念設計を策定した上で、カットオフ品位と計算諸条件を設定し、可採鉱量計算を実施した。さらに、開発・コスト関連データ以外に、地質・鉱床、選鉱試験結果等のデータを総合的に判断し、1) 鉱山開発概念設計、2) 生産計画と人員計画、3) 開発スケジュール、4) 操業費と起業費の概算、5) 採算性の概算、6) 環境保全計画に関する検討を行った。

1-5 調査期間

調査団は、第1年次（1994年度）から第3年次（1996年度）までの3カ年にわたり、カザフタン共和国の協力を得て現地調査を実施した。各々の年度の調査期間は、以下のとおりである。

第1年次	現地調査期間	: 1994年12月8日～1995年2月1日
	報告書作成	: 1995年2月2日～1995年2月28日
第2年次	現地調査期間	: 1995年7月25日～1995年9月29日
	報告書作成	: 1995年9月30日～1996年2月29日
第3年次	現地調査期間	: 1996年7月11日～1996年8月30日
	中間報告	: 1996年11月24日～1996年12月7日
	報告書作成	: 1996年8月31日～1997年2月21日

1-6 調査団の編成

事前調査団と現地調査団の人員構成を、各々Table 1-1-5およびTable 1-1-6に示す。

Table 1-1-5 Preliminary Mission and Kazakhstan Personnel Attended the Meeting

JAPAN	Republic of Kazakhstan
Mr. Masamo Kando 神門政雄 (Mining Division, MITI*1)	Mr. Bitimbaev Zh. M. (Deputy Minister, MFG*2)
Mr. Fumihiko Ono 小野 裕章 (Mining Division, MITI)	Mr. Tjugai M. O. (Head of Mineral Resources Dpt., MFG)
Mr. Kenichi Takahashi 高橋 健一 (JICA*3)	Mr. Mokohov V. A. (Deputy Head of Solid Minerals Dpt., MFG)
Mr. Jiro Osako 大迫 次郎 (Overseas Activities Department, MMAJ*4)	Mr. Schelchikov E. M. (Deputy Head of Geological Information Dpt., MFG)
Mr. Takahisa Yamamoto 山本 恭久 (Overseas Activities Department, MMAJ)	Mr. Sadchikov B. Y. (Deputy General Director of the Dpt. of the Mining and Smelting Complex, Min. of Trade and Industry)
Mr. Yoshihiro Kubota 久保田 喜裕 (Overseas Activities Department, MMAJ)	

*1: Ministry of International Trade and Industry

*2: Ministry for Geology and Conservation of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan

*3: Japan International Cooperation Agency

*4: Metal Mining Agency of Japan

Table 1-1-6 Member List of the Survey Team

Fiscal Year	Japanese Survey Team	Kazakhstan Survey Team
1994	<p>Mr. Akeo Onishi (Leader, Sumiko Consultants Co., Ltd.) 尾西 明生</p> <p>Mr. Kazuo Sano (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 佐野 一夫</p> <p>Mr. Yoshio Takeda (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 武田 尚雄</p> <p>Mr. Ryo Kubota (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 窪田 亮</p>	<p><i>Zhezkazgangeologiya</i></p> <p>Mr. Khuseinov Zh.I. (President)</p> <p>Mr. Ospanov U. O. (Chief Deputy)</p> <p>Mr. Kasimovski P. A. (Chief Engineer)</p> <p>Mr. Kazimir V. T. (Chief Geophysicist)</p> <p>Mr. Suleimenov K. (Chief Geologist)</p> <p>Mr. Uzhva V. I. (Chief Geologist of Zhaman-Aibat Party)</p> <p>Mr. Ospanov K.S. (Production Manager)</p> <p><i>Karagandageologiya</i></p> <p>Mr. Userov Z. S. (President)</p> <p>Mr. Brown V. V. (Vice-President)</p> <p>Mr. Gabay M. L. (Chief Geologist)</p> <p>Mr. Gusev N. M. (Chief of Samarsky Party)</p> <p>Mr. Medvedev V. K. (Chief Geologist)</p> <p>Mr. Kovalev A. V. (Chief Geologist)</p> <p>Mr. Esshenko A. V. (Chief Engineer)</p>
1995	<p>Mr. Akeo Onishi (Leader, Sumiko Consultants Co., Ltd.) 尾西 明生</p> <p>Mr. Yoshio Takeda (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 武田 尚雄</p> <p>Mr. Sumio Kudo (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 工藤 壽雄</p> <p>Mr. Akihiko Murase (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 村瀬 昭彦</p> <p>Mr. Takaaki Nagao (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 長尾 尚顕</p>	<p><i>Zhezkazgangeologiya</i></p> <p>Mr. Khuseinov Zh.I. (President)</p> <p>Mr. Ospanov U. O. (Vice-President)</p> <p>Mr. Kasimovski P. A. (Vice-President)</p> <p>Mr. Kazimir V. T. (Chief Geophysicist)</p> <p>Mr. Ospanov K.S. (Production Manager)</p> <p>Mr. Uzhva V. I. (Chief Geologist of Zhaman-Aibat Party)</p> <p>Mr. Cheglakov A.I. (Chief Engineer)</p> <p>Mr. Baimaetdinov E.B. (Head of Zhaman-Aibat Party)</p> <p>Mr. Shingisov A.U. (Chief Engineer of Zhaman-Aibat Party)</p> <p>Mr. Nisambaev A.O. (Drilling Master)</p> <p><i>Zhezkagantsvetmet</i></p> <p><i>Head Office</i></p> <p>Mr. Ibraeva G. N. (Manager of planning)</p> <p>Mr. Gennadi P. (Manager of development)</p> <p>Mr. Tanenov T. I. (Chief geologist)</p> <p><i>East Mine</i></p> <p>Mr. Uruymov B. A. (Mine Manager)</p> <p>Mr. Sopoviev C. H. (Production manager)</p> <p><i>South Mine</i></p> <p>Mr. Biljanov A. (Technical manager)</p> <p><i>North Mine</i></p> <p>Mr. Kozhubayev M. K. (Chief engineer)</p> <p>Mr. Irzhanov A. (Assistant production manager)</p> <p>Mr. Ikonnikov G. (Chief geologist)</p> <p><i>Research Center</i></p> <p>Mr. Kunashbaev S. (Vice president)</p> <p><i>No. 1 Mill & No. 2 Mill</i></p> <p>Mr. Tokbulatov T. (Chief engineer)</p> <p>Mr. Volyada V. (Production manager)</p>

Table 1-1-6 Member List of the Survey Team (continued)

Fiscal Year	Japanese Survey Team	Kazakhstan Survey Team
1996	Survey team Mr. Akeo Onishi (Leader, Sumiko Consultants Co., Ltd.) 尾西明生 Mr. Mitsuru Suzuki (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 鈴木 満 Mr. Takaaki Nagao (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 長尾 尚顕 Mr. Masashi Hayakawa (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 早川 正史 Mr. Makoto Umedera (Sumiko Consultants Co., Ltd.) 梅寺 誠	Zhezkazgangeologiya Mr. Khuseinov Zh.I. (President) Mr. Kazimir V. T. (Vice-President) Mr. Aristanbaev A. A. (Vice-President) Mr. Uzhva V. I. (Chief Geologist of Zhaman-Aibat Party) Ms. Orlova V. N. (Geologist of Zhaman-Aibat Party) Ms. Soklina L. R. (Geologist of Zhaman-Aibat Party) Mr. Cheglacov A.I. (Chief Engineer) Mr. Dayleibaev M. (Head of Zhaman-Aibat Party) Mr. Arqatyk S. V. (Drilling Master)
	Interim reporting mission Mr. Yoshitaka Hosoi (Overseas Activities Department, MMAJ) 細井 義孝 Mr. Toshio Chiba (Account Department, MMAJ) 千葉 俊夫 Mr. Akeo Onishi (Leader, Sumiko Consultants Co., Ltd.) 尾西明生	Zhezkagantsvetmet Head Office Mr. Lavetskij (Technical Manager) Mr. Tanenov T. I. (Chief geologist) Mr. Chuikov (Deputy manager, transport) Ms. Elkina (Deputy manager, construction) Mr. Labodsky (Deputy manager, equipment) Mr. Malakhov (Deputy manager, materials) Mining Department Mr. Shechepkin (Deputy executive, blasting) Mr. Isayev (Chief mining engineer) Mr. Zhabaspaev (Account manager) Mr. Dhmyga (Deputy chief geologist) Mr. Eshcheuko (Deputy manager, geomechanics) Mr. Vakhzusev (Deputy manager, mining Dept.) Reserch & Design Institute Mr. Shayakhmetov (Chief engineer)

第2章 調査地域の地理

2-1 位置および交通

Zhaman-Aibat 地域は中央カザフスタンの南西、Zhezkazgan 市の東南約180kmに位置する。Zhaman-Aibat 調査地域の位置座標は次の各点を時計回りに順に結んだ範囲である (Fig.1-1-1)。

- No.1; 46° 40'10"N/68° 41'30"E,
- No.2; 46° 55'30"N/68° 34'00"E,
- No.3; 47° 06'00"N/69° 18'40"E,
- No.4; 46° 50'40"N/69° 26'00"E.

Zhezkazgan 市から調査地域へは、Kzyl-Orda に通ずる全天候道路にて約90km、Sarysu 河橋の分岐点まで進み、これより砂利道を東進し Jetykonur 村を經由して、90km で調査地域に至る。

Samarsky 地域は Karaganda 地方の Termansky 地域に位置し、Karaganda の街から北に35km、Temirtau の北方10kmの距離にある。調査地域の地理的な位置は次の各点を時計回りに結んだ範囲である (Fig.1-1-2)。

- No.1; 50° 11'25"N/72° 52'45"E,
- No.2; 50° 16'45"N/73° 00'00"E,
- No.3; 50° 09'38"N/73° 10'50"E,
- No.4; 50° 04'18"N/73° 02'47"E.

Samarsky 地域は Karaganda—Temirtau—Pokonoye 幹線道路 (ルート36) と連絡されており、人造の Samarkand 貯水池北岸の Samarsky サナトリウム付近で舗装道路から離れて未舗装の砂利道を約5km北進して調査地域の中心に至る。近傍の鉄道駅としては地域の北東10kmに Aktau 駅があり、又、東方15kmには Tokarevka 駅がある。冬季でも Karaganda から車で約2時間で現地に到着する。

2-2 地形

Zhaman-Aibat 地域は石炭紀に形成された Zhezkazgan-Sarysu depression の東縁部に位置する。地形は地質を反映して二種類に大別される。一つは比較的平坦で比高10~30mの小丘が分布し、海拔が300~320mのもの、他は調査地の中央部の Zhaman-Aibat 背斜地のように、前者の平坦地から約60~80mの比高をもち、比較的大きな起伏を示す地形に区分される。当地域は、乾燥した大陸性気候のため河川系の発達は良くない。

Samarsky 地域は、地形学的輪廻による分類では老年期ないし準平原期に属し、低~中高度の比高の丘陵地形で特徴付けられている。これらの円錐形丘陵とその間の谷が地形の起伏として卓越している。海拔高度は約500-600mで、高度差は小さいものの、地形の起伏は小さな河床や沢・人工水路や石切り場の露天掘り等で、比較的複雑に込み入ったものになっている。Samarsky 銅鉄床地域内の最高地点の標高は594.2m、最低地点の標高は489.3mである。

2-3 気候および植生

Zhaman-Aibat 地域, Samarsky 地域の両地域ともに, 気候は非常に乾燥した大陸性気候で, 夏季の降水量は非常に僅かで, 冬季も数十センチの積雪がある程度である。当地域の植生は非常に疎であり, 夏季に数種類の耐乾燥性植物で疎らに覆われるだけである。卓越する植物として, イネ科の羽根茅類と西洋蓬類があげられる。植生区分では, 羽根茅を主とした乾燥ステップ域に分類される。

Zhaman-Aibat 地域の気候は典型的な大陸性気候を示す。当地域の年間平均気温は+5.5°Cで, 夏季の月間平均気温は+33°C, また冬季の平均気温は-33°Cである。夏季の最高気温は最高+43°C, 冬季の最低気温は-50°Cを記録している。年間を通じて降水量は極めて少なく, 年間降水量は約 150 mm 程度である (Table 1-2-1)。

Samarsky 地域の年平均気温は+3.1°Cで, 夏季の月間平均気温は+23°Cに達するものの, 冬季にの平均気温は-18°Cまで低下する。年間降雨量は一般には 250mm を越えない。しかし, 1992 年と 1993 年には異常に雨が多かったとの報告がある (Table 1-2-2)。

Table 1-2-1 Climatological Data of the Zhezkazgan Area

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave./Total
Maximum Temperature (°C)	-15	-10	-5	15	30	35	35	25	20	15	5	-10	-
Minimum Temperature (°C)	-30	-25	-10	10	20	25	25	20	15	5	-3	-20	-
Average Temperature (°C)	-16.0	-14.6	7.2	6.2	15.5	21.6	24.0	21.4	14.4	4.8	-5.1	-12.8	5.5
Precipitation (mm)	13	12	14	14	11	17	16	11	8	12	10	12	150
Minimum Temperature	-50.0 °C												(Zhaman-Aibat Exploration Camp)
Maximum Temperature	43.0 °C												Total snow covered days 120 - 150 days
													Rainy season : June - August

Table 1-2-2 Climatological Data of the Samarsky Area

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Average Temperature (°C)													
1991	-12.5	-15.4	-9.0	5.9	14.2	21.6	21.3	16.5	14.1	8.4	-1.7	-10.4	4.4
1992	-8.7	-11.4	-9.2	5.1	11.9	15.7	19.9	16.3	7.7	3.8	-3.2	-9.7	3.2
1993	-11.4	-13.5	-7.0	3.2	10.8	18.1	18.9	18.1	8.3	4.0	-13.7	-13.8	1.8
1991 - 1993	-10.9	-13.4	-8.4	4.7	12.3	18.5	20.0	17.0	10.0	5.4	-6.2	-11.3	3.1
Precipitation (mm)													
1991	44	4	14	7	42	3	26	19	18	14	22	35	248
1992	30	10	11	38	43	39	16	64	35	19	3	36	344
1993	29	33	48	46	32	47	77	19	10	9	16	10	376
1991 - 1993	34.3	15.7	24.3	30.3	39.0	29.7	39.7	34.0	21.0	14.0	13.7	27.0	322.7

第3章 調査結果のまとめ

3-1 Zhaman-Aibat地域

3-1-1 探査経緯

Zhaman-Aibat地域に対するシステマティックな探鉱は、1920年代から開始された。1959年から1964年にかけて当地域に対する試錐が実施され、地表下400m~700mの深度に厚さ0.4~1.0m、品位Cu=1.16~1.30%の鉱化を確認した。1981年からZhezkazgan Exploration Partyにより、本格的なボーリング調査が実施され、Zhaman-Aibat銅鉱床の全容が明らかにされた。1981年から1996年までに、835本の探鉱ボーリングと171本のテクニカルボーリング(サンプリングボーリング)、合計1,006本のボーリングが実施されている。これらのボーリング調査のほか、地化学探査や磁気探査、重力探査、電磁探査、サイスミック調査などの物理探査が実施され、地質構造の解明と鉱床胚胎層準深度の解明が行われている。

3-1-2 地質および鉱床

(1) Zhaman-Aibat地域は、Zhezkazgan-Sarysu depressionの東縁部、すなわちBekeideep-seated faultの近傍、Chu-ili anticlinoriumの分岐部に近接し分布する(Fig.1-3-1, Fig.1-3-2)。地質は、主に石炭紀から白亜紀の堆積岩からなり、火成活動はほとんど認められない。地質構造は、北に30~45°と急傾斜であるが南には5~10°と緩傾斜の背斜構造(Zhaman-Aibat horst anticline)で特徴づけられる。背斜軸の方向は東西で、西方に緩やかにプランジする(Fig.1-3-3)。

(2) 本地域で認められる鉱床は、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(Fig.1-3-4)。

(3) Zhaman-Aibat鉱床では、これまでに900本以上のボーリング(200m×200m, 100m×200mグリッド)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つの鉱体を確認されている。また、中央鉱体の西方5kmには、小規模な鉱化帯(Taskula鉱徴地)が露出する(Table1-3-1, Fig.1-3-3)。

(4) Zhaman-Aibat鉱床は、主にZhaman-Aibat horst anticlineの軸部に分布する。鉱床の胚胎深度は、東部鉱体の東端で地表下460~480mであるが、背斜軸が西方へ緩やかにプランジするため、中央鉱体の西端では地表下約650mを示す。

(5) 鉱化層準は、Tasukuduk層(中部石炭系)に胚胎する5層準と、Zhezkazgan層(中部~上部石炭系)の6層準、およびZhiderisai層(下部二畳系)の1層準の計12層準である。鉱床の主要部を構成しているのは、“4-I層準”と呼ばれる鉱層で、その分布と厚さおよび銅品位は、他の鉱化層準に較べて圧倒的に優勢である。Table1-3-2に4-I層準の鉱量、厚さ、平均品位の概要を示す。

(6) 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、方鉛鉱などを伴う。また少量の閃亜鉛鉱、銅藍、碲四面銅鉱、エレクトラム、自然銀、自然銅等も認められる。

(7) 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。全体の鉱量では、銅鉱と複雑鉱が圧倒的多数を占めることが知られる。日本側調査閉による鉱量 (資源量) 計算結果によれば、全体の鉱量の87%が銅鉱に、11%が複雑鉱によって占められる。

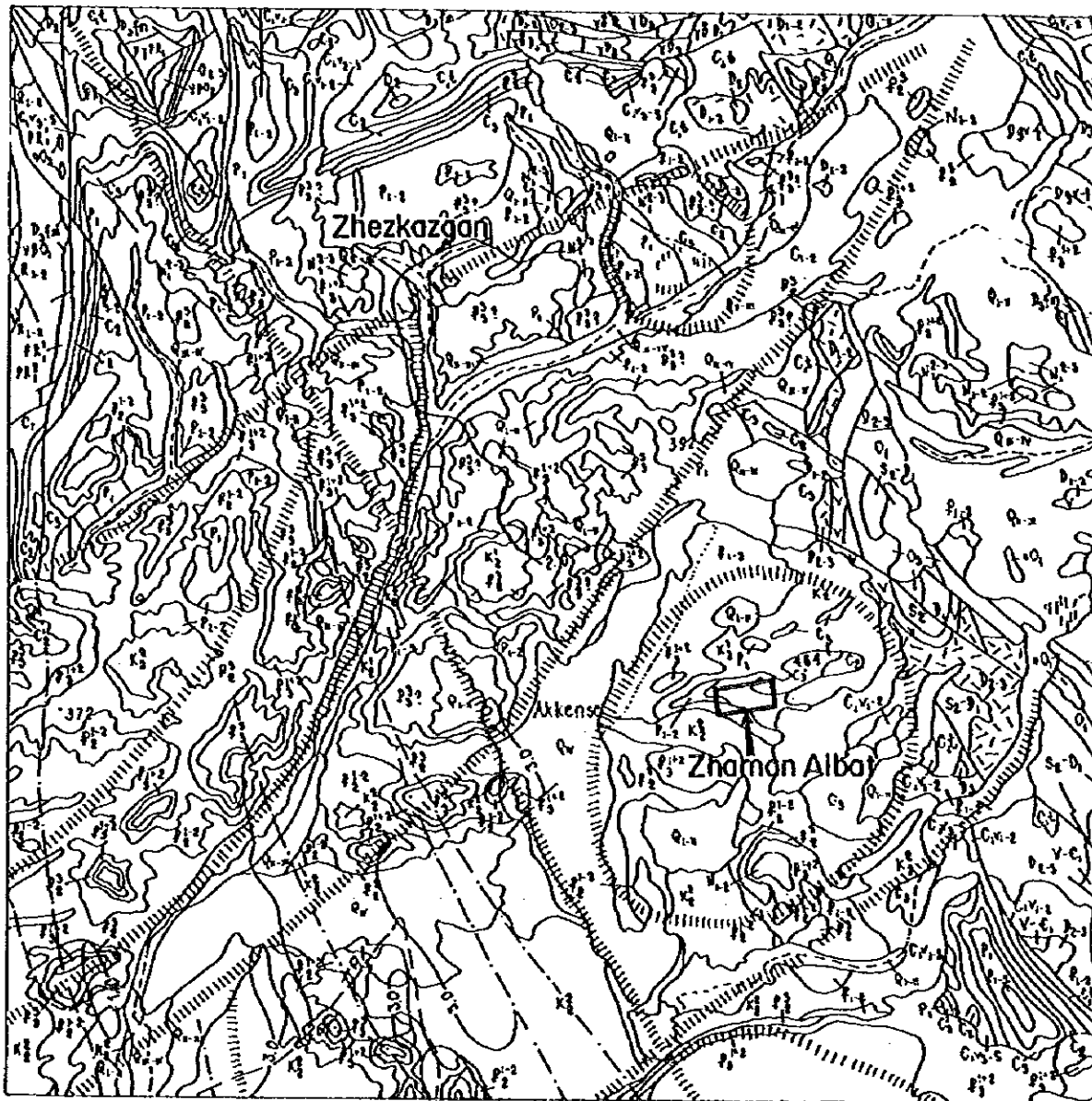
Table 1-3-1 List of Mineral Showings in the Zhaman-Aibat Area

	Zhaman-Aibat	Taskura
Type of Deposit	Stratiform Copper Deposit	Stratiform Copper Deposit
Ore Type	Cu, Pb, (Zn), Ag	Cu
Dimension	14km(EW) x 4km(NS)	0.3km(EW) x 0.3km(NS)
Depth	470 - 710m	0 - 30m
Ore Grade	1.4% Cu, 0.3% Pb, 16g/t Ag	1.0 - 1.3% Cu
Ore Reserve	190 million tons	7 - 9 million tons
Ore Minerals	Chalcocite, Digenite, Djurleite Bornite, Chalcopyrite, Galena	Chalcocite, Bornite, Chalcopyrite Malachite

Table 1-3-2 Characteristics of Each Orebody in the Zhaman-Aibat Ore Deposit

Orebody		Eastern Orebody	Central Orebody	Northern Orebody
Ore Horizon	Main	4 - I	4 - I	4 - I
	Minor	3 - V ~ VI, 4 - II ~ III	3 - V ~ VI, 4 - II ~ III	3 - V ~ VI
Ore Type		mainly Copper Ore	Complex Ore and Copper Ore	mainly Copper Ore
Ore Reserve*		116 million tons	38 million tons	39 million tons
Thickness (average)*		5.5m	4.6m	6.6m
Ore Grade* (average)	Cu	1.3%	Complex Ore 1.5% Copper Ore 1.9%	1.3%
	Pb	-	1.8%	0.3%
	Zn	-	0.3%	0.1%
	Ag	11g/t	11g/t	11g/t

*: after the results of geological resources estimation (see Part II Chapter3)



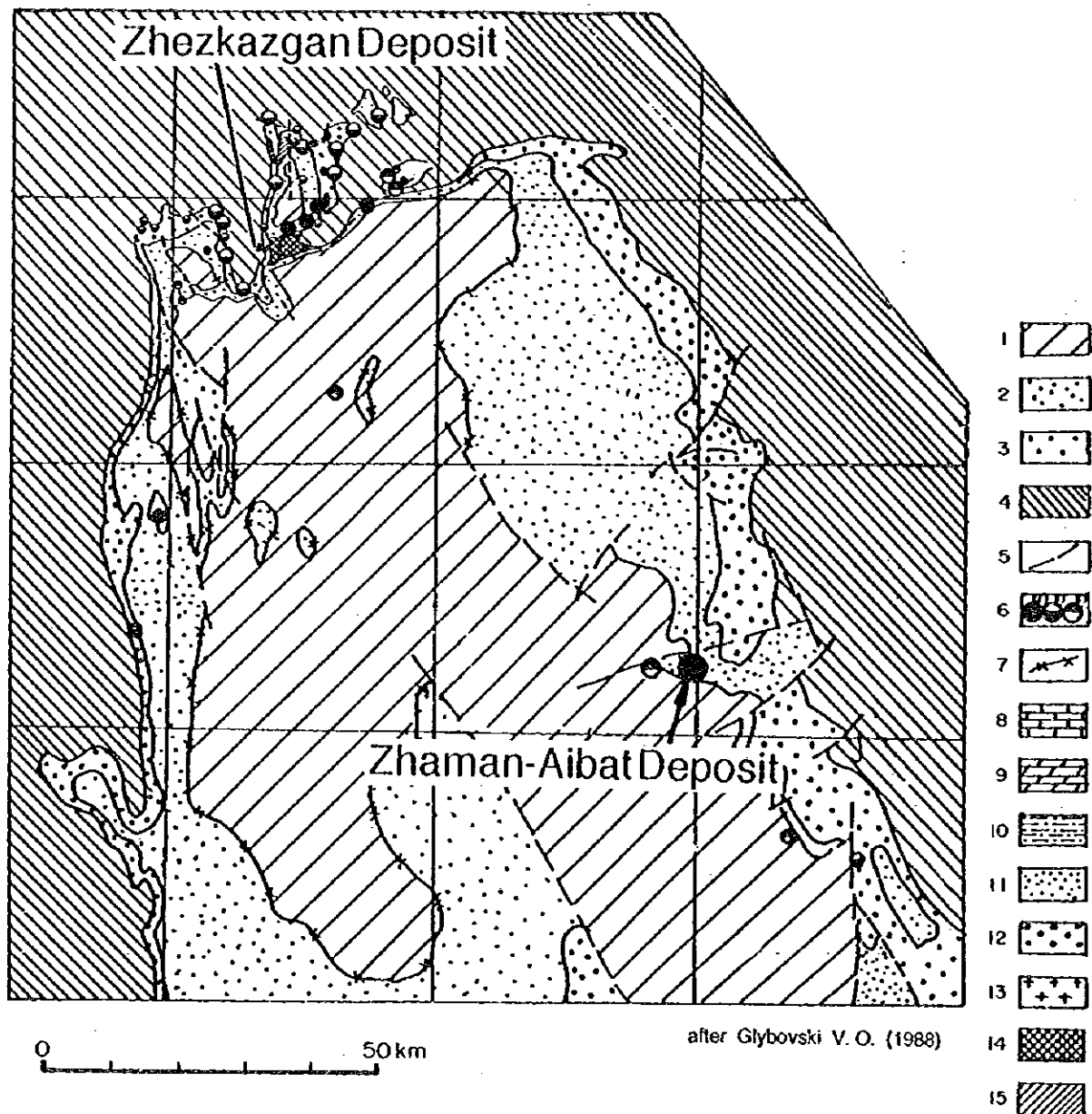
Ministry of Geology (1982)



LEGEND

Q _{1-IV}	Quaternary		Boundary of formation
N ₁₋₂	Neogene		Boundary of contemporaneous meteoric facies
P ₁₋₃	Paleogene		Boundary of tectonic zone
K	Cretaceous		Thrust fault
P ₁₋₂	Permian		Equi-contour line of base of blanket layer
C ₃	Upper Carboniferous		Tectonic zone
C ₂	Middle Carboniferous		Gabbro
C _{1-V-3}	Lower Carboniferous; Serpukhov Stage		Serpentinite, dunite
D	Devonian		Diabase, diabase-porphry
S	Silurian		Acidic efusive rocks
O	Ordovician		Intermediate efusive rocks
e	Cambrian		Zhaman-Aibat Area

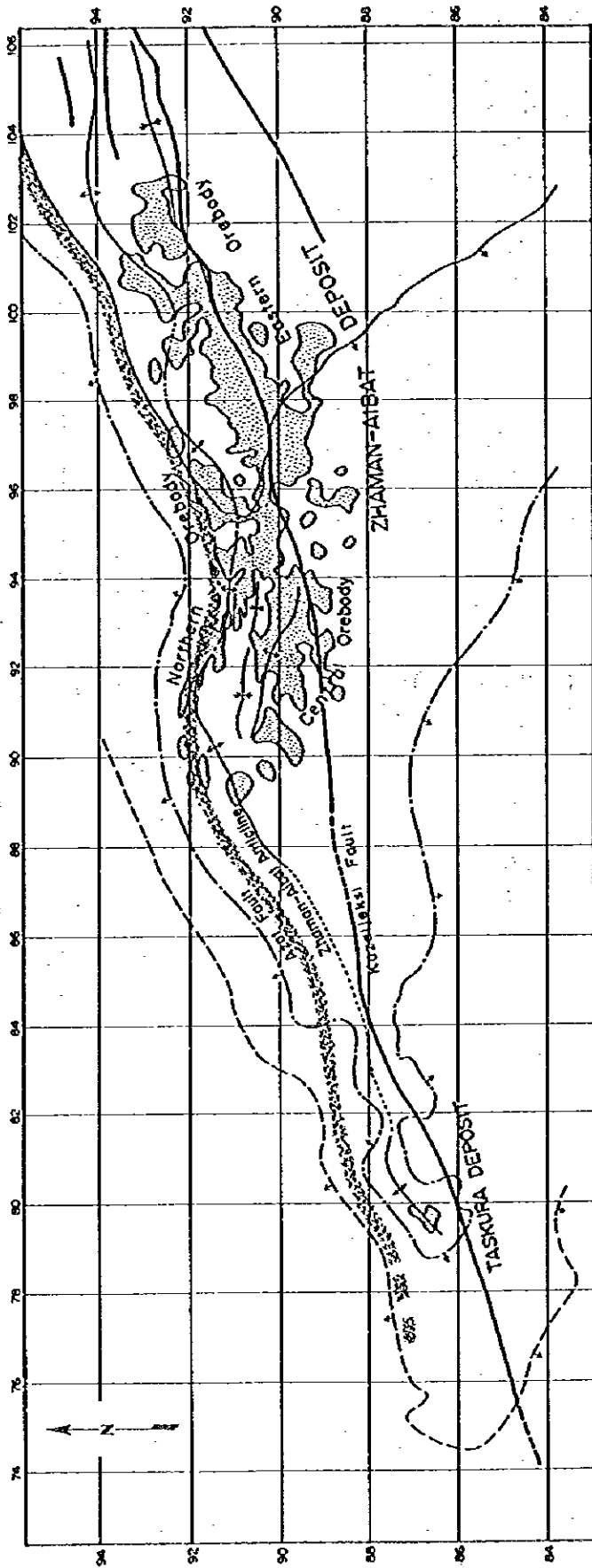
Fig. 1-3-1 Regional Geological Map of the Zhaman-Aibat Area



after Glybovski V. O. (1988)

- 1 Grey marl deposition of Permian
- 2 Red rhodusite-gypsum-salt-bearing formation of evaporite type of lower Permian
- 3 Cuprous red formation of middle and upper Carboniferous
- 4 Grey terrigenous-Carboniferous depositions of lower Carboniferous
- 5 Tectonic dislocation
- 6 Type of mineralization of cuprous sandstone (a-Zhezkazgan type, b-Zhilandin type, c-Mansfeld type)
- 7 Cuprous stratum of Mansfeld type
- 8 Limestone including flints
- 9 Marl
- 10 Aleurolite and argillite
- 11 Sandstone
- 12 Conglomerate
- 13 Gypsum and salt
- 14 Zhezkazgan type deposit (actual mining or exploration completed)
- 15 Zhilandin type deposit (exploration completed)

Fig.1-3-2 Regional Distribution of Stratiform Copper Deposits in the Zhezkazgan-Sarysu Depression



LEGEND







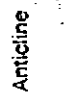
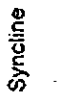

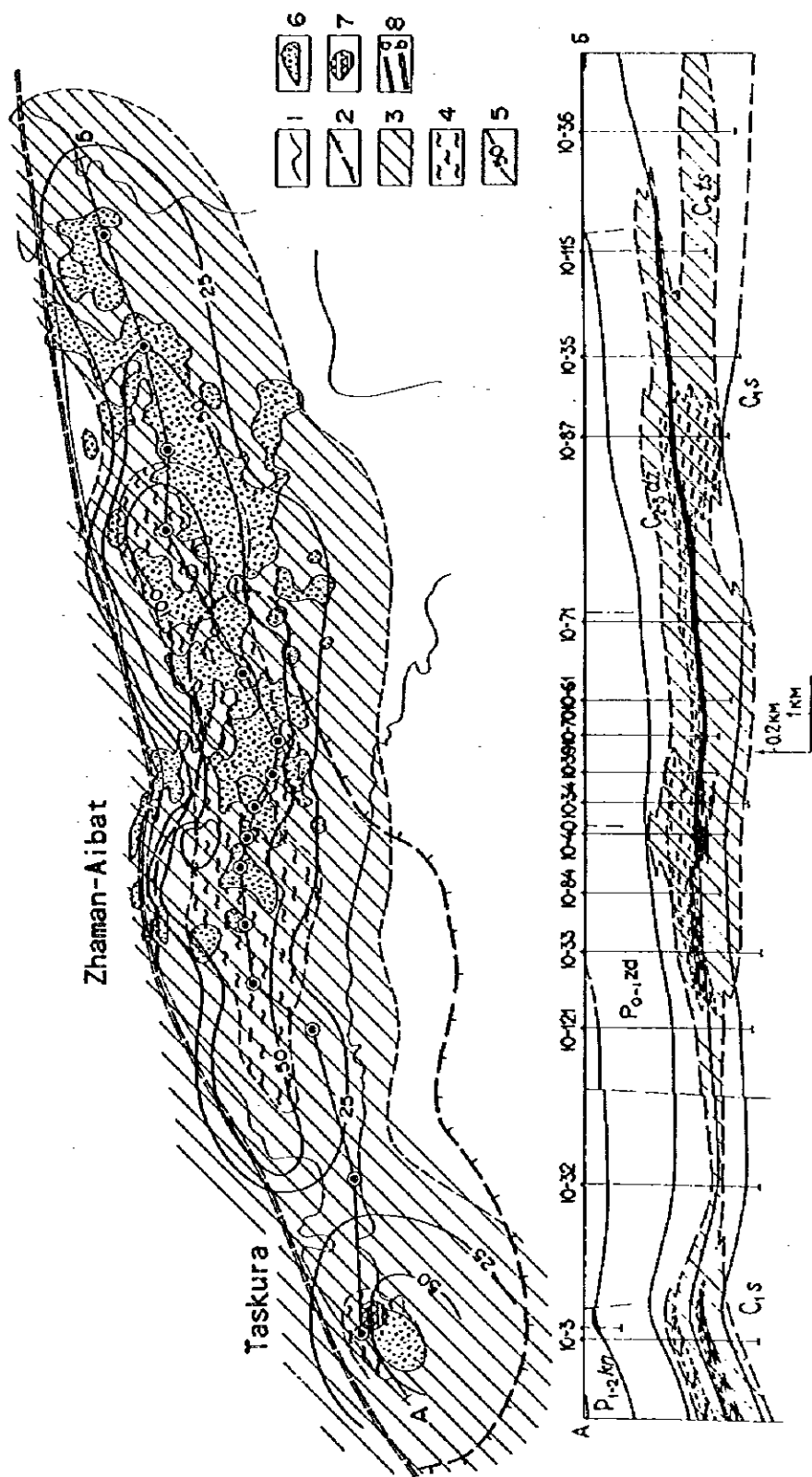
-  Boundary between Cretaceous and Tertiary
-  Boundary between Permian and Cretaceous
-  Boundary between middle and lower Zhiderisai Formation (Permian)
-  Fault
-  Fault, covered by recent sediments
-  Fault (interpreted by geophysical survey)
-  Anticline
-  Syncline
-  Outline of Horizon 4 - I Orebody (cut of 0.4% · Cu)

Fig. 1-3-3 Geological Structure of the Zhaman-Albat Area



Gilybovski V. O. (1988)

- 1 Boundary of outcrop of cuprous red coloured formation
- 2 Epicentre of con-sedimentation
- 3 Distributed area of epigenetic grey coloured rocks
- 4 Distributed area of syngenetic grey coloured rocks
- 5 Isopach line of grey sandstone
- 6 General outline of assumed-commercial mineralization of the Zhezkazgan type
- 7 The outline of assumed-commercial mineralization of the Mansfeld type
- 8 Ore body (a: high grade, b: low grade)

Fig. 1-3-4 Geological Setting of the Zhaman-Albat Ore Deposit

3-1-3 地質学的資源量の検討

(1) Zhaman-Aibat 鉱床の試錐データベースを構築した。当データベースは、試錐孔毎の a) 位置データ、b) 標高データ、c) 孔曲がりデータ、および採取試料毎の d) 深度データ、e) 試料分析データ (Cu, Pb, Zn, Ag, Re, S)、f) 鉱床胚胎層準データからなる。地質学的資源量および可採鉱量の計算は、このデータベースをもとに実施された。

(2) 第1～3年次調査の3カ年にわたり、Zhaman-Aibat 鉱床 4-I 層準の地質学的資源量の計算を行った。第1年次には東部鉱体の一部 (東部鉱体 Block-A) について、第2年次には東部鉱体全域と中央鉱体の一部について、第3年次には鉱床全域 (東部鉱体、中央鉱体、北部鉱体) について計算を実施した。

(3) 計算方法はボロノイ図法によるポリゴン法である。隣接する試錐間を垂直2等分線で区切り、各試錐毎に多角形ポリゴンを発生させ、その面積を計算する。これに試錐毎に得られた鉱厚と平均鉱石比重 2.60t/m^3 を乗じ、鉱量を得た。

(4) 鉱石タイプは、産状と採鉱操業および選鉱操業を考慮して、銅鉱 (Cu)、複雑鉱 (Pb+Zn+Cu)、鉛-亜鉛鉱 (Pb+Zn) の3種に分類した。カットオフ品位は、Zhezkazgangeologiya 社の鉱量計算のカットオフ品位に従い、銅鉱で $\text{Cu}=0.4\%$ 、複雑鉱で $\text{Cu}=0.3\%$ かつ $\text{Pb}+\text{Zn}=0.8\%$ 、鉛-亜鉛鉱で $\text{Pb}+\text{Zn}=1.1\%$ とした。

(5) 各ポリゴンで計算された鉱石は、横方向への連続性に対する信頼性の観点から3つのカテゴリーに区分された。試錐間隔が $200\text{m}\times 200\text{m}$ より小さく横方向の連続性が十分に確認されている鉱体は Category I に、試錐間隔が $200\text{m}\times 200\text{m}$ より大きいものの横方向の連続性が確認されている鉱体は Category II に区分された。また、試錐間隔が $200\text{m}\times 200\text{m}$ より著しく大きいか、もしくは横方向の連続性に乏しいと判断された鉱体を Category III に区分した。

(6) 本報告書では、採鉱操業を考慮して、Category I と Category II の合計を地質学的資源量と定義した。

(7) 地質学的資源量の計算結果の概要を Table 1-3-2 に示す。Zhaman-Aibat 鉱床全体の鉱量は、193 million tons (Cu: 1.4%, Pb: 0.27%, Ag: 16g/t, 鉱厚: 5.4m) である。鉱体別では、東部鉱体で 116 million tons (主に銅鉱: Cu: 1.3%, Ag: 11g/t, 鉱厚: 5.5m)、中央鉱体で 38 million tons (銅鉱: Cu: 1.9%, Ag: 11g/t, 鉱厚: 3.9m、複雑鉱: Cu: 1.5%, Pb: 1.8%, Zn: 0.3%, Ag: 11g/t, 鉱厚: 5.6m)、北部鉱体で 39 million tons (主に銅鉱: Cu: 1.3%, Ag: 37g/t, 鉱厚: 6.6m) を示す (Table 1-3-2)。

(8) 鉱床全体の鉱量の大半は銅鉱と複雑鉱が主体をなし、鉛-亜鉛鉱は全体の鉱量の 1.7% にすぎない。また、Zn の品位は複雑鉱で 0.2～0.3%、鉛-亜鉛鉱で 0.3～1.8% であり、Cu や Pb に比べて鉱床全体での重要性は低い。

(8) Zhezkazgangeologiya 社により近年実施された鉱量計算結果によれば、鉱床全体の銅鉱と複雑鉱の合計鉱量は、190～200 million tons (Cu: 1.6% ±, Pb: 0.25% ±, Ag: 18g/t ±) と推定されている。日本側の計算結果と比較して、Cu 品位がやや高いものの、鉱量と Pb 品位および Ag 品位は概ね一致する

(9) Cu品位がやや高い原因として、Zhezkazgangeologiya社による簡易面積法(人為的に設定したある鉱画の面積に、その鉱画に含まれる複数の試錐孔から計算される平均鉱厚と平均鉱石比重2.60t/m³を乗じて鉱量を計算する)が、日本側調査団によるポリゴン法とは異なることがあげられる。その他、鉱画の設定の仕方、および複雑鉱のカットオフ品位の設定等の計算諸条件が多少異なることも原因の1つと考えられる。

3-1-4 衛星画像解析

衛星処理画像解析に用いたデータは、ランドサット5号TMデータの2シーン(Path;155, Row;027およびPath;155, Row;028)である。使用したバンドは、1, 2, 3, 4, 5, 7の合計6バンドで、各々のバンドを組み合わせたフォールスカラー並びに比演算画像を作成した。

写真地質判読結果

(1) 地形判読では、対象地域を、砂漠地域、低地部および丘陵地部の3つに区分した。これらの地形判読結果は現地の状況を的確に反映しており、現地調査に非常に有効であることを確認した。

(2) 地質判読では、色調テクスチャにより下位から上位に向かって10の地質ユニットおよびサブユニットに区分した。ただし、既存地質図に分布する石炭系に相当する地質ユニットは、写真地質解析では単独には区分されなかった。したがって、解析結果についてはグラントルースで各地質ユニットに相当する地質の確認が必要である。

(3) 地質構造の判読では、同地域中央部に東北東-西南西の背斜軸で西南西方向へブランチした背斜構造を抽出した。また、南北系の断層、北東-南西方向のリニアメント、および環状構造などを抽出した。これらの地質構造を既存の地質図と対比したが、その詳細については現地でのグラントルースが必要である。

写真地質判読結果

(1) Zhaman-Aibat horst anticlineを中心に特徴的な3色を抽出した。これらの色は、horst anticlineの西域に広がる青色部、horst anticlineを半円状に取り巻く赤紫部の配列、およびそれらの間に広くひろがる黄緑部である。

(2) 青色の範囲は、石炭紀の赤色砂岩層に対応しており、赤色砂岩層に含まれる酸化鉄・水酸化鉄鉱物を抽出している。赤色砂岩層が本地域の鉱床胚胎層準であることから、周辺地域の同様な堆積岩層準の追跡に有効な資料を得ることができた。赤紫の範囲の多くは、第四紀の地層に対応している。今回の現地調査からは、赤色系での粘土鉱物の有無の判断は難しい。黄緑の範囲は、本地域に広範囲に分布する風化層に対応しており、変質帯との関連はない。

(3) 対象地域の変質は、鉄鉱物の存在によって特徴づけられている。この変質帯の分布を比演算画像処理により抽出することができた。今回の調査でも、青色の範囲は鉱床胚胎層準の赤色砂岩層であることを確認することができた。

3-1-5 ボーリング調査

Zhaman-Aibat 鉱床で、東部鉱体の銅鉱および中央鉱体の複雑鉱の層序と産状を観察すること、および各々の鉱石タイプでの選鉱試験試料を取得するを目的に、深度 650.50m および深度 700.00m の 2 本の垂直ボーリングを実施した。掘削工法はワイヤーライン工法で、最終口径は 59mm である。

MJK-1 孔

(1) MJK-1 孔 (最終深度 650.50m) は、第 2 年次調査として東部鉱体に掘削された。

(2) 深度 0~403.2m で褐色のシルト岩を主体とする Zhiderisai 層が、403.2m~609.3m で灰色砂岩を主体とする Zhezkazgan 層が、609.3~650.5m で褐色のシルト岩と砂岩の互層からなる Taskduk 層が識別された。

(3) Zhezkazgan 層の下底部の深度 598.0m~605.8m で Cu の鉱化を確認し、鉱化層準 4-I に対比した。

深度 : 598.0m~605.78m
鉱化帯の厚さ : 7.78m
品位 : Cu=3.78%, Pb=1.17%, Zn=0.03%, Ag=22.7g/t, Re=11.2g/t
構成鉱物 : 輝銅鉱, 斑銅鉱, 方鉛鉱, 黄銅鉱, 閃亜鉛鉱, 輝銅銀鉱, エレクトラム, 銅藍, 黄鉄鉱
鉱化タイプ : 鉱染状, パッチ状, 層状
母岩 : 明灰色~緑灰色, 中粒~細粒砂岩およびシルト岩, 基質: 炭酸塩鉱物化 (主として方解石), "Raimundo" 層間礫岩 (ペブル~グラニューール サイズ) の薄層を挟在。
変質 : 炭酸塩化, 珪化, 緑泥石化

MJK-2 孔

(1) MJK-2 (最終深度 700.00m) は、第 3 年次調査として中央鉱体に掘削された。

(2) 深度 0~425.90m で褐色のシルト岩を主体とする Zhiderisai 層が、425.90~619.90m で灰色砂岩を主体とする Zhezkazgan 層が、619.90~700.00m で褐色のシルト岩と灰色砂岩の互層からなる Taskduk 層が識別された。

(3) 鉱化帯として、Zhezkazgan 層下底部に 2 層 (鉱化層準 4-I 上部, 4-I 下部), Taskduk 層に 2 層 (鉱化層準 3-VI, 3-II) の計 4 層が認められる。

4-I 層準上部

深度 : 605.40m~613.40m
鉱化帯の厚さ : 8.00m
品位 : Cu=3.88%, Pb=3.04%, Zn=0.06%, Ag=9.09g/t, Re=18.3g/t
構成鉱物 : 輝銅鉱, 斑銅鉱, 方鉛鉱, 黄銅鉱, 黄鉄鉱, 銅藍, エレクトラム, 輝銅銀鉱
鉱化タイプ : 鉱染状, パッチ状, 層状
母岩 : 灰色~暗灰色, 細粒~粗粒砂岩およびシルト岩, 基質: 炭酸塩鉱物化 (主として方解石), "Raimundo" 層間礫岩 (グラニューール サイズ) の薄層を挟在。

4-I 層準下部

深度 : 613.40m~619.65m
鉍化帯の厚さ : 6.25m
品位 : Cu=1.89%, Pb=0.00%, Zn=0.01%, Ag=3.68g/t, Re=1.7g/t
構成鉍物 : 輝銅鉍, 斑銅鉍
鉍化タイプ : 鉍染状, パッチ状
母岩 : 明灰色, 中粒~粗粒砂岩および少量のシルト岩, 基質: 炭酸塩鉍物化 (主として方解石), 厚さ 20cm~100cm の "Raimundo" 層間礫岩 (グラニューール~ペブル サイズ) を挟む。

3-VI 層準

深度 : 630.00m~635.70m
鉍化帯の厚さ : 5.70m
品位 : Cu=0.67%, Pb=0.01%, Zn=0.01%, Ag=1.87g/t, Re=0.0g/t
構成鉍物 : 輝銅鉍, 斑銅鉍, 黄鉄鉍
鉍化タイプ : 鉍染状, 層状
母岩 : 緑灰色, 中粒~粗粒砂岩, 基質: 炭酸塩鉍物化 (主として方解石)

3-II 層準

深度 : 688.85m~692.45m
鉍化帯の厚さ : 3.60m
品位 : Cu=0.30%, Pb=0.14%, Zn=0.01%, Ag=1.45g/t, Re=4.6g/t
構成鉍物 : 輝銅鉍, 斑銅鉍, 方鉛鉍, 黄銅鉍, 黄鉄鉍
鉍化タイプ : 鉍染状
母岩 : 緑灰色, 細粒砂岩およびシルト岩, 基質: 炭酸塩鉍物化 (主として方解石),

3-1-6 選鉍試験

(1) 第2年次調査 (1995年度) では東部鉍体を代表する "銅鉍" の選鉍試験を実施した。さらに、第3年次調査 (1996年度) では中央鉍体を代表する "複雑鉍 (Cu+Pb+Zn)" の選鉍試験を実施した。

(2) 選鉍試験に供する銅鉍の原鉍には、MJK-1 孔着鉍部コア (4-I 層準, 深度 598.00m~605.78m, 鉍長 7.78m) を、複雑鉍の原鉍には、MJK-2 孔着鉍部コア (4-I 層準上部, 深度 605.40m~613.40m, 鉍長 8.00m) および DH179 孔着鉍部コア (4-I 層準, 深度 630m~640m) を使用した。

銅鉍の選鉍試験結果

(1) 選鉍試験に供した試料の原鉍品位は Cu=1.69%, Pb=0.51%, Zn=0.03%, Ag=12g/t であった。

(2) 主な構成鉍物は輝銅鉍であって、少量の斑銅鉍, 方鉛鉍, 黄鉄鉍, 微量の黄銅鉍, 閃亜鉛鉍, ルチルを含み, 粒径は全般に 1~500 μ m で細粒であった。

(3) 仕事指数の推定値は 15.4kWh/t であって, やや硬い鉍石であった。

(4) 粗選の最適浮選サイズは, マイナス 200 メッシュが 64%, 浮選時間は 10 分である。

(5) 優先浮選においては, 捕集剤としてナトリウムイソプロピルザンセートが, 銅の抑制剤としては黄血塩が適している。

(6) 再磨鉱を強化すると、鉛および銅の実収率は上昇するが、過度の再磨鉱は鉛の実収率を低下させる。

(7) 総合優先浮選によって、Cu=39%、Pb=1%の銅精鉱が銅実収率86%で、Pb=48%、Cu=11%の鉛精鉱が鉛実収率67%で得られた。

(8) 直接優先浮選によって、Cu=30%、Pb=3%の銅精鉱が銅実収率85%で、Pb=59%、Cu=10%の鉛精鉱が鉛実収率64%で得られた。

(9) 総合優先浮選と直接優先浮選を比較すると、銅に重点をおくと総合優先浮選が、鉛に重点をおくと直接優先浮選が有利である。経済的に判断すると、銅に重点をおく総合優先浮選法が優位となり、これを最適フローシートに選定した。

複雑鉱の選鉱試験結果

(1) 選鉱試験に供した試料の原鉱品位はCu=1.70%、Pb=1.11%、Zn=0.03%、Ag=5g/tであった。

(2) 主な構成鉱物は輝銅鉱、方鉛鉱および斑銅鉱で、少量の黄鉄鉱、黄銅鉱および閃亜鉛鉱を含む。粒径は全般に1~500 μ mで細粒であった。

(3) 仕事指数の推定値は日本工業規格に基づく測定によって、13.2kWh/tであり、通常の銅鉱と同様であった。

(4) 総合優先浮選における捕集剤としてナトリウムイソプロピルザンセートが、銅の抑制剤としては黄血塩が適している。

(5) 総合優先浮選の結果、Cu=32.3%の銅精鉱が銅実収率92.3%で、Pb=66.1%の鉛精鉱が鉛実収率77.6%で得られた。亜鉛については、原鉱品位が低いので高品位の亜鉛精鉱の採取には至らなかったが、鉛精鉱に混入する傾向がある。

(6) 直接優先浮選より総合優先浮選法の方がよい成績が得られた。

3-1-7 Zhezkazgan 鉱山の採鉱技術と採鉱コスト

(1) Zhezkazgantsvetmet社は、傘下に4つ鉱山会社をもち、採掘-選鉱-製錬まで銅の一貫生産を行っている。同社は旧ソ連邦のコンビナートを発展的に解消し、民営化を目的として近年設立された。銅生産に関しては旧ソ連邦で最大のコンビナートであった。

(2) 現在、総従業員は31,000人で、傘下の鉱山、工場、研究所は14に上る。今年度の計画によれば、鉱山の出鉱量は約1,800万トン、品位Cu=0.90%、銅カソードの計画生産量は18万トンであるが現在のところ大幅に未達のようなのである。これは従来から言われているように、資金不足による資材、スベーパーパーツの不足、設備・機械の老朽化による稼働率の低下、さらに賃金の凍結や給料遅配などによる生産性の低下が原因と言われている。

(3) 1995年の夏から韓国の三星コーポレーションが経営に参加することになり、運転資金等を融資したことで資金難が少しずつ解消し、生産量は徐々に回復しつつある。

(4) Zhezkazgan 銅鉱床は、東鉱山、西鉱山、南鉱山、および北鉱山の4つの株式会社で採掘されている。北鉱山は露天掘で、他は坑内掘により出鉱している。

(5) 1994年の実績は年間総出鉱量1,684万トン、品位Cu=0.96%で、このうち露天掘で約516万トン(全体の31%)、Cu=0.64%で、一方坑内掘は約1,168万トン(全体の69%)、Cu=1.10%であった。

(6) 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鉱法が採用されている。これらは鉱石中の銅品位と鉱層の厚さ、すなわち採掘高により採鉱法を選定している。鉱床の傾斜が緩傾斜で鉱厚が18m以下かつ品位がCu=2.5%以下の場合には、パネル&ピラー法で採鉱されている。通常この採鉱法の場合には充填をしない。Zhezkazgan Cu 鉱床の出鉱量の75%がこの採鉱法により採掘されている。ルーム&ピラー法は品位がCu=2.5%以上の鉱層の採掘に採用されている。パネル&ピラー法による一次採掘後充填を行い、充填後約6ヶ月以上経過した後、二次採掘を実施する。二次採掘後も充填する。スライシング法は、鉱層の厚さが18~20m以上、あるいは鉱層が急傾斜で採掘高が18m以上になる場合に採用されている。

(7) 採鉱実収率は、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。例えば鉱厚が6mの場合、深度-200m、-300m、-400m、-500mで採鉱実収率はそれぞれ87.3%、86.3%、84.4%、83.3%となる。また鉱層が18mの場合には、上記の深度毎にそれぞれ71.9%、70.6%、69.1%、68.8%となる。ジャマンアイバトCu 鉱床の場合、最も優勢な4-I層準の鉱床の鉱厚は平均約6m、分布深度は500m~750mである。上記と同じ計算式を用いて採鉱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。

(8) 南鉱山の場合、Zhezkazgantsvetmet社の管理費がどの程度か不明な点があるが、1995年1月~7月の坑内掘のコストの実績は413Tenge/ton・oreで60Tenge/US\$とすれば約6.7US\$/ton・oreとなる。7月の実績は700Tenge/ton・oreで1月~7月の合計は予算単価の305Tenge/ton・oreに比べて35%の増となっている。これらのコストは営業採鉱から鉱石の立坑ホッパーまでの費用である。いっぽう露天掘の採鉱コストは約260Tenge/ton・ore、4.3US\$/ton・oreである

3-1-8 鉱山開発計画調査

Zhaman-Aibat 鉱床と操業中の Zhezkazgan 鉱山の調査結果、さらに米国、オーストラリアなどの既存鉱山の諸データに基づき、Zhaman-Aibat 鉱山の概念設計と経済性の試算を実施した。

(1) 構築した Zhaman-Aibat データベースに収録されている試錐データおよび試錐コアの化学分析データ (Cu(%), Pb(%), Zn(%), Ag(g/t)) を使用し、可採鉱量計算を行った。

(2) 現時点で使用可能な試錐本数は 800 孔であるが、このうち可採鉱量計算に寄与したのは 371 孔であった。

(3) これらの試錐孔のデータの中で最も高品位で連続性のある鉱床胚胎基準 4-I の Cu(%), Pb(%), Zn(%), Ag(g/t) および鉱床厚さ(m)につき、地質統計学的手法により各パラメータのバリオグラムを作成し、Nagget effect/Sill ratio および Range(m) を考察した。

(4) 可採鉱量計算のため、鉱量計算の最小ブロックサイズを 100m(N-S 方向)×100m(E-W 方向)×鉱床厚さ(m)とし、クリギング法により各ブロックに品位(%)と鉱床厚さ(m)を割り付けた。データの取り込み範囲には上記の Range(m)を使用した。

(5) 可採鉱量計算のための計算条件をカットオフ品位:0.4%Cu, 最底採鉱高さ:3m, 採鉱実収率:75%, ずり混入率:5%とした場合、可採鉱量:118,742 kilo tons, 鉱床の平均厚さ: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 tons Cu, 1,019 tons Ag, 195 kilo tons Pb, 35 kilo tons Zn と計算された。

(6) Zhaman-Aibat 鉱山の概念設計の設計値の推定には、現地調査のほか、米国内務省のコストハンドブックなどを使用した。なお、この概念設計の精度は±30~35%と推定される。

(7) 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し、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。

(8) 年間採鉱量については、5.6 million tons/year をベースケースとし、他に 4.5 million tons/year および 7.6 million tons/year からなる三つのケースにつき設計し、経済化評価を行った。

(9) 選鉱場の規模は、ベースケースで 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。

(10) 生産は 5 年単位で計画し、可能な限り集約採鉱を行うこと、またずり充填等による二次採鉱は行わず、可能な限りコストダウンを計ることとした。マインライフはベースケースで約 22 年と推定される。

(11) 操業に要する人員は、山元だけの職員 (マネ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。

(12) 操業費はベースケースで 15.29 \$US/ton ore, 67 ¢/lb Cu 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。なお4.5 million tons/year および7.6 million tons/year の場合はそれぞれ16.75 \$US/ton ore および14.40 \$US/ton ore となった。

(13) 起業費はベースケースで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。

(14) 経済性試算の条件を、選鉱実収率および製錬実収率をそれぞれ90%、98%、Treatment Charge / Refining Charge (以下 TC/RC と略す)を20 ¢/lb Cu, Cu および Ag の金属価格をそれぞれ2,500 \$US /ton Cu, 4.0 \$US/TROZ とし、内部収益率 (以下 IRR と略す) を試算した。その結果ベースケースで、5.40%となった。但し資本費用や税は考慮に入れていない。いま仮に税率を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のIRRとして12.3%が必要となる。なお4.5 million tons/year および6.7 million tons/year のIRRはそれぞれ3.04%、6.80%と試算された。

(15) 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、年間出鉱量5.6 million tons/year をベースケース (IRR=5.40%) とし、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が変動することになる。

(16) 上記の結果から、現時点ではZhaman-Aibat 鉱床の開発を見合さざるを得ないが、将来新規鉱山として開発される可能性は十分期待できる。今後は、鉄道、道路、送電線などの建設費の国家負担の可能性、また国家による鉱山業に対する減耗助成制度の実現の可能性などを強力に働きかける必要がある。また、銅価の上昇や採鉱技術の進展に伴うコストダウンの可能性も多々あるため、今後定期的に採算性を見直す必要がある。

3-1-9 将来への提言

- (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、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。

3-2 Samarsky 地域

3-2-1 探査経緯

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、電気石化した二次珪岩の探査が実施された。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、二次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、金と銅を対象に4本の試錐が実施され、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。以上の調査の結果、地域内の地質層序、構造発達史と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ィリー-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15.75km²の地域をカバーして地質調査、地化学探査、および物理探査が実施され、ここで明らかにされた数多くの鉱化帯を評価するために、その後、立坑調査、トレンチ調査、および試錐調査が実施された。1966年から1972年までの期間に、Samarsky 鉱床地域の他、Severny, Zapadny, Tsentralny およびYuzhny を含む地域も種々の方法により調査された。その結果、Samarsky 地域は金とポーフィリー-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、Karaganda Geological Expedition（現Karagandageologiya社）は、Samarsky 地域を再び探鉱地域に定めた。はじめに、縮尺1:2,000の地質図を完成させるための短尺mapping drillingが実施され、さらに1990年からは、exploration drillingでSamarsky 中央鉱床（ポーフィリー-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。

3-2-2 地質および鉱床

(1) Samarsky 地域は、大きなカレドニアン構造、すなわち Erementay-Nyaz anticlinorium, Semizbugin および Shokshan synclinoria の分岐点のデボン紀の火山帯の縁辺部に位置する (Fig.1-3-5)。当地域には、デボン紀の火山岩類および貫入岩類が分布する (Fig.1-3-6)。

(2) Samarsky 地域に広く分布するデボン紀前期の Zharsor 層は、安山岩～玄武岩質火山砕屑岩を主体とする下部層と、石英安山岩～安山岩を主体とする上部層に区分される。

(3) 貫入岩は、デボン紀の造山活動による Karamendin Complex, 二疊紀前期の Vishnev Complex および二疊紀後期の Manybai Complex, さらに後カレドニアン期の活動時の Koitas Complex などがある。

(4) Karamendin Complex は、初期に貫入した石英閃緑岩とその後に入入した花崗閃緑斑岩からなり、Tulkulyn 火山岩-深成岩の環状構造中心部に露出する。Vishnev Complex は、主として石英モンゾニ閃緑岩からなり、少量のモンゾニ閃緑岩や花崗閃緑岩を伴う。これらは Tulkulyn 火山岩-深成岩の環状構造や断層帯の縁辺部に位置する。Manybai Complex は、サブアルカリドレライト、斑レイ岩、斑レイ岩-閃緑岩からなり、Tulkulyn 火山岩-深成岩の構造帯の軸部近くに分布する。Koitas Complex は、流紋石岩～英安山岩-斑岩、流紋岩-斑岩および花崗岩-斑岩などからなり、脈岩類として、また稀に小規模な貫入岩として、Tulkulyn 火山岩-深成岩環状構造帯の周辺部に分布する。

(5) 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 (Table 1-3-3)。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。

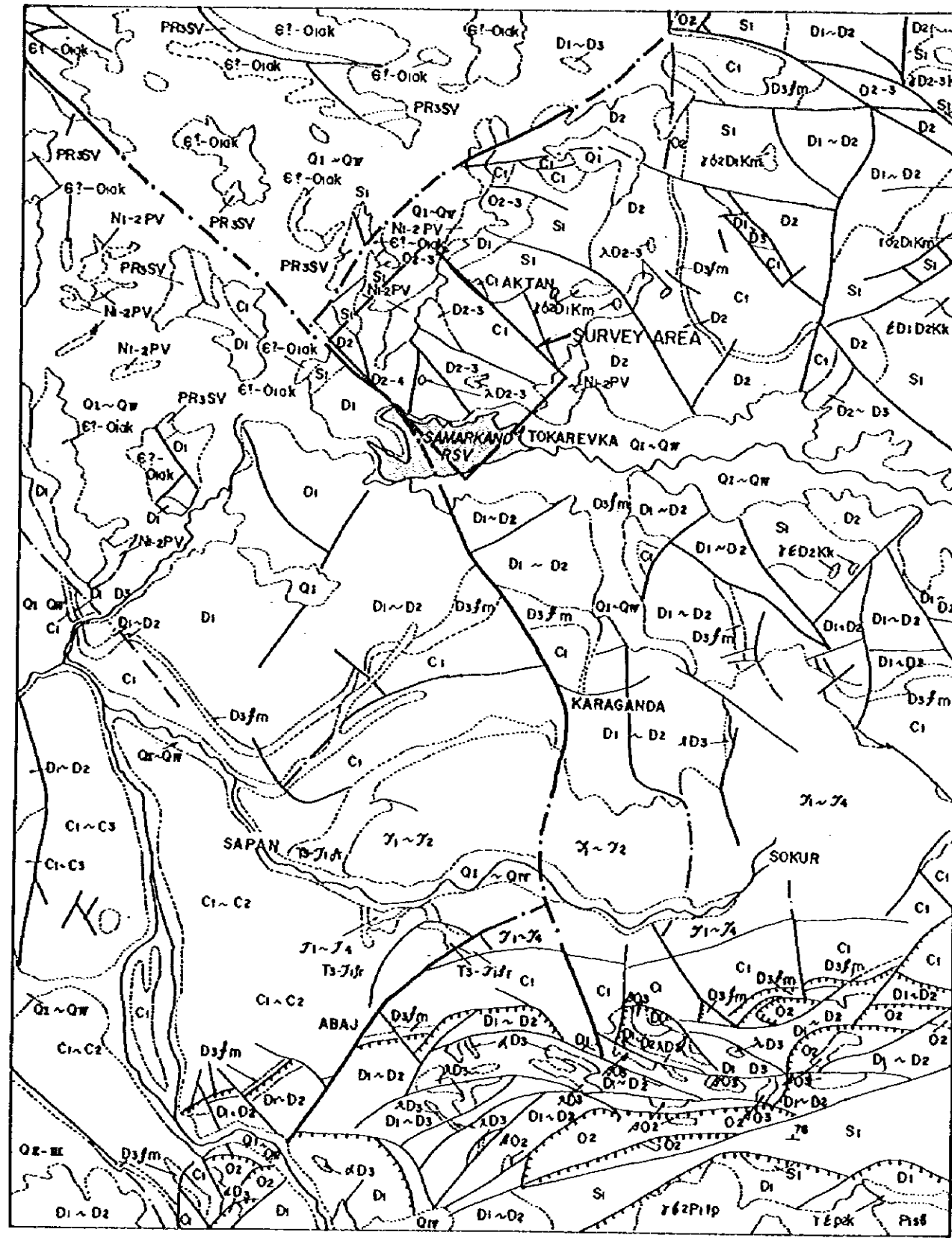
(6) ポーフイリータイプ Cu-Mo 鉱床は、デボン紀の安山岩～玄武岩溶岩や堆積岩類を貫く石英閃緑岩や花崗閃緑斑岩 (Karamendin Complex) に伴う角礫パイプのマトリックスを交代するものと、これら貫入岩体とその周辺部で鉱染状に分布するものがある。鉱石鉱物のうち、主な初生鉱物は黄銅鉱で、少量の輝銅鉱と斑銅鉱を伴う。また二次鉱物として、孔雀石と少量の珪孔雀石および藍銅鉱が認められる。

(7) ポーフイリータイプ Cu-Mo 鉱床の酸化帯は地表下 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。初生硫化鉱物帯のうち 1.0% Cu 以上の高品位部は、上記角礫パイプ中のみ分布する。この高品位部は、角礫間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。

(8) ポーフイリータイプ Cu-Mo 鉱床の熱水変質は、カリ変質帯と石英-絹雲母帯を中心とし、その外縁部にプロピライト化帯が、さらにその外に粘土化帯が分布する。カリ変質帯と石英-絹雲母帯は地表下 500～600 m 以深で認められ、プロピライト化帯と粘土化帯は地表に広く分布する。

(9) 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。

(10) Au-多金属硫化物-石英脈/網状細脈の走行は、ほぼ N-S で、傾斜は 35°～50° W を示す。



Ministry of Geology (1981)

0 10 20 km
1:500,000

- Q1-Qw** Upper-Lower Pleistocene
- Ni-2PV** Miocene - Pliocene, Pavlodar Formation
- T1-T3** Middle-Lower division
- T3-T3f** Triassic system, upper division - Retsky stage - Jurassic system. Lower division - Saramskaya Formation.
- P1cb** Lower Division. Chubaraygirskaia Formation
- C1-C3** Upper-Lower division - Shakhamskaya Formation, Dolinskaya Formation, Karagamdinskaya Formation, Ashlyarikskaya Formation
- D3fm** Non-articulated sediments
- D1-D2** Middle-Upper-Lower division - Salkintauskaya Formation, Zhandarskaya Formation, Kurotozetskaya Formation, Byolarskaya Formation, Semizbuginskaya Formation, Zharsorskaya Formation
- S1-S2** Non-articulated sediments - Yesemskaya Formation, Yermeksaya Formation
- O2-3** Middle-Upper division - Baydayletskaia Formation
- E?-Oibr** Cambrian system ?
- PR1-PR3** Upper-Lower Proterozoic

- γ₂P_{2k}** Late Permian, Kokdombaksky Complex : granosienite
- γ₁P_{1tp}** Early Permian, Toparsky Complex: granite of normal type and associated potassium feldspar-rich type
- γ₂P_{1tp}** Early Permian, Toparsky Complex: granodiorite
- γ_{2-3k}** Middle-Late Devonian, Korneevsky Complex: granite of normal type and associated potassium feldspar-rich type
- λD₃ λD₂₋₃** Liparite
- δD₃** Andesite
- βD₃** Basalt and diabase
- γ₂D_{2kk}** Middle Devonian, Kokduktubinskyy Complex: quartzmonzonite, non-articulated
- γ₁D_{2kk}** Granosienite
- δD₂** Middle Devonian, Sub-volcanic bodies: andesite
- γ₂D_{2km}** Early Devonian, Karameldimsky Complex: granodiorite
- δD_{1km}** Quartz diorite, tomalite
- βO₃** Late Ordovician, sub-volcanic bodies: basalt and diabase
- Main faults (developed regionally)
- - -** Secondary faults (within folded structures)
- - - - -** Overlap, upthrusts and faults (dashes indicate direction of dislocation)
- - - - -** Fault in the basement covered by mantle

Fig.1-3-5 Regional Geological Map of the Samarsky Area

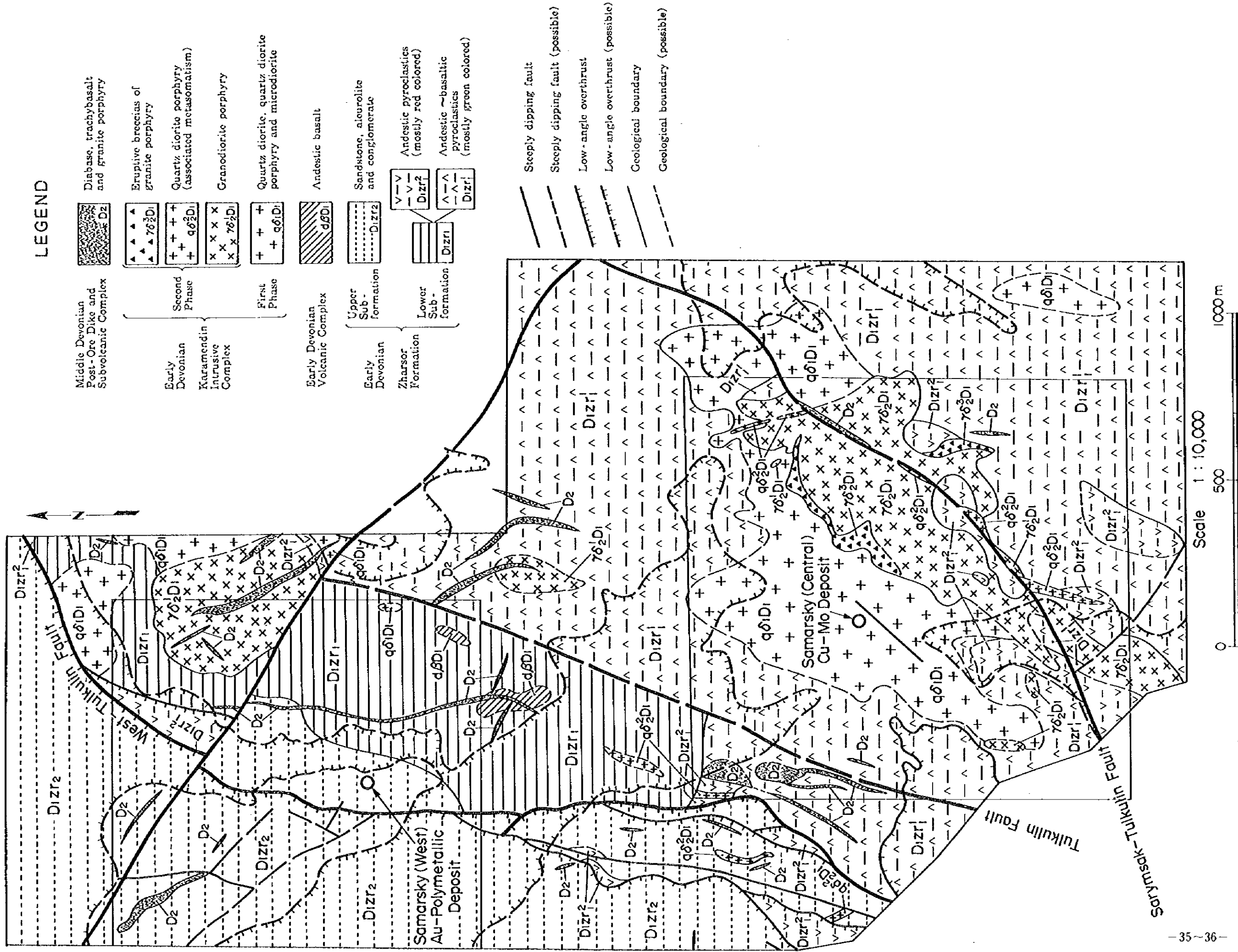


Fig. 1-3-6 Geological Map of the Samarsky Area

Karagandageologiya 社の計算によれば、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。

(9) 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。熱水変質は、絹雲母化、炭酸塩化、粘土化、珪化等が報告されている。

Table 1-3-3 List of Mineral Showings in the Samarsky Area

	Samarsky Central	Samarsky North	Samarsky West
Type of Deposit	Porphyry Copper	Porphyry Copper	Au polymetallic
Ore Type	Cu, Mo	Cu, Mo	Au, Pb, Zn
Dimension	500m(NE) x 400m(NW) 2,000m x 1,500m (Max.)	400m x 250m	700m(NS) x 250m(EW) 8.6m in average thickness
Depth	50 - 600m	0 - 600m	0 - 350m
Ore Grade	1.28% Cu	not estimated	3.8 g/t Au, 20.0 g/t Ag
Ore Reserve	200 million tons (Cut-off 0.4% Cu)	not estimated	5.6 million tons
Ore Minerals	Chalcopyrite, Chalcocite Molybdenite, Malachite	Chalcopyrite, Chalcocite Molybdenite, Malachite	Galena, Sphalerite Native Gold

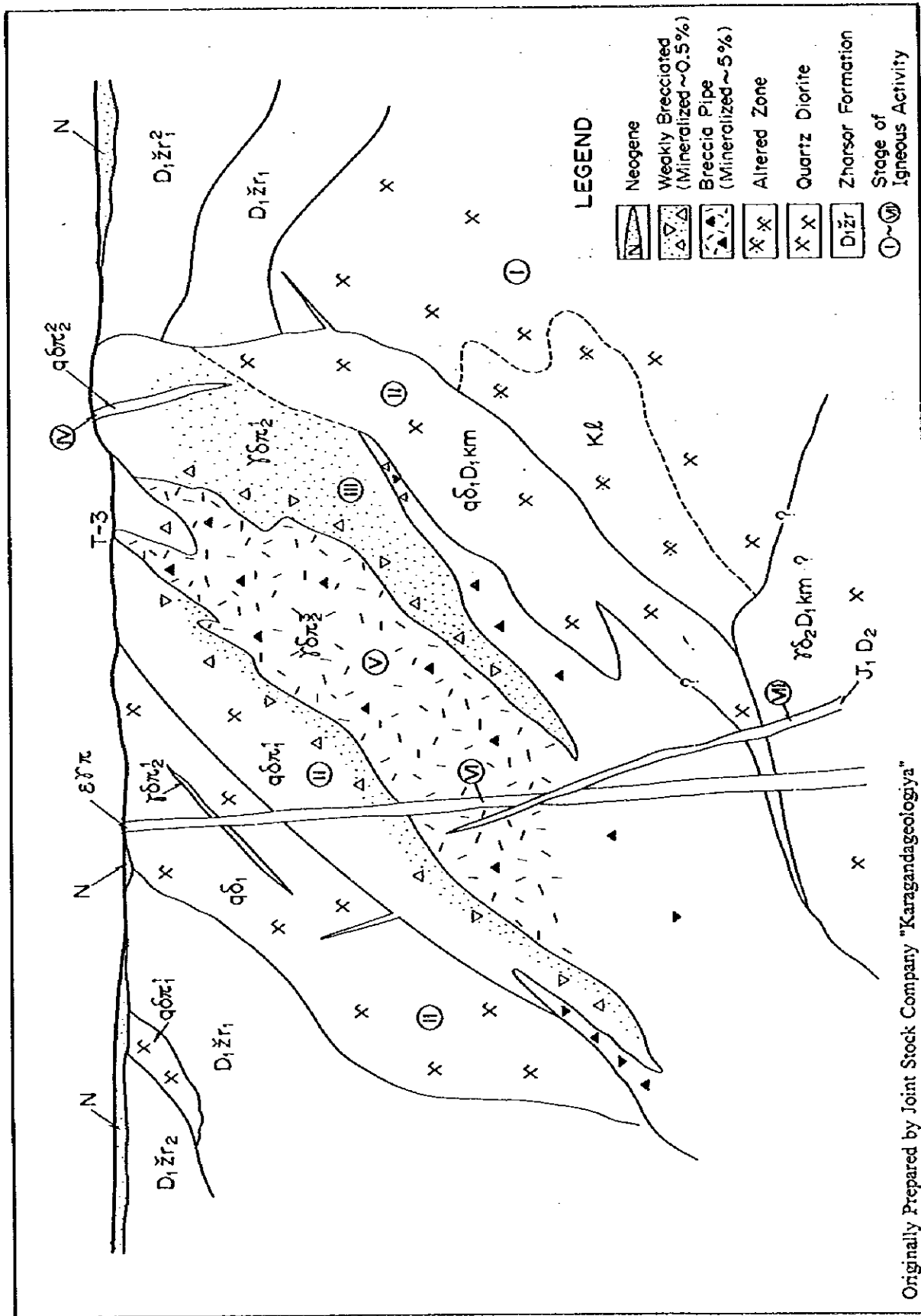


Fig. 1-3-7 Schematic Cross-Section of the Samarsky Ore Deposit

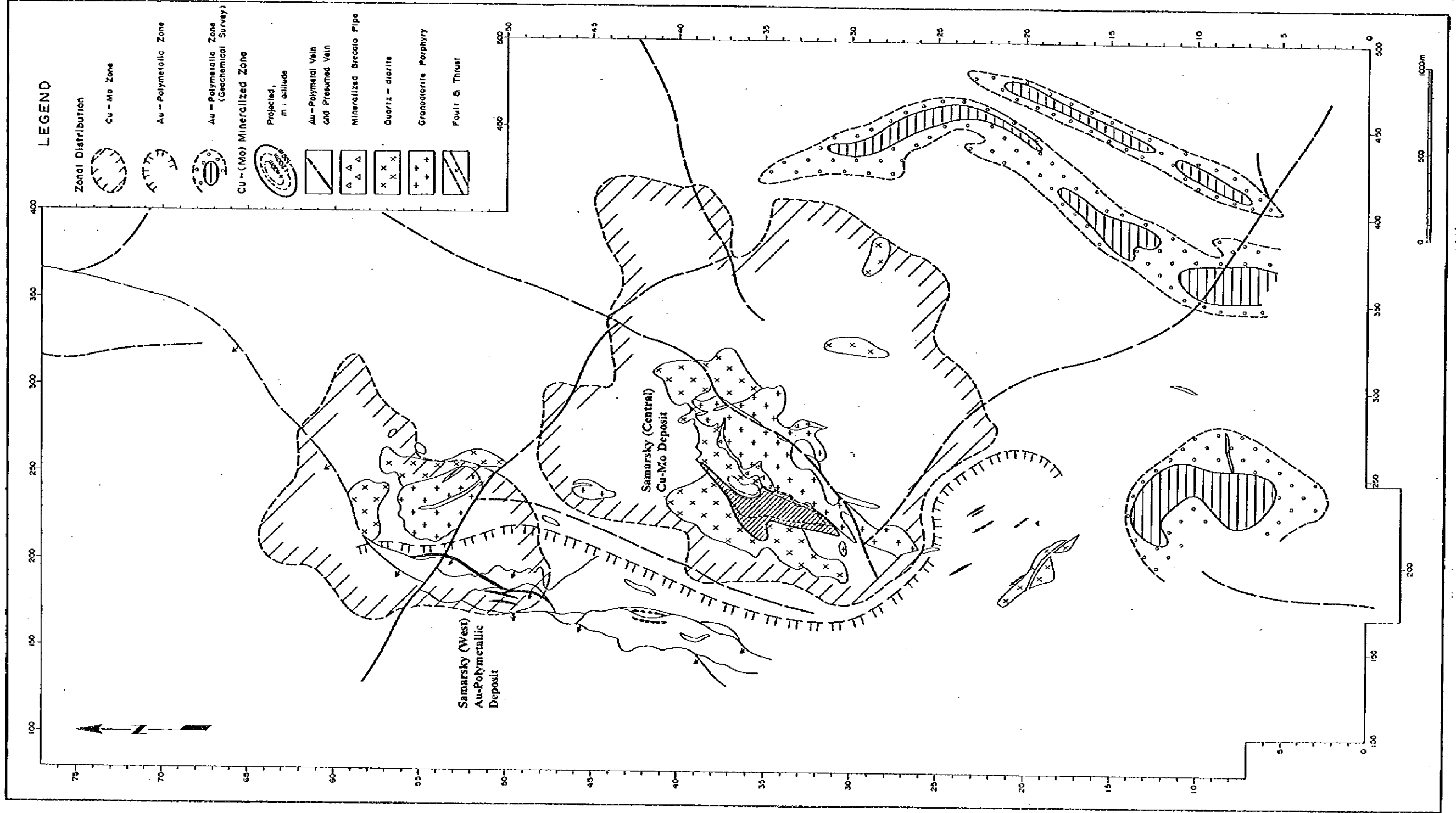


Fig. 1-3-8 Mineralized Zone in the Samarsky Area

3-2-3 地質学的資源量の検討

(1) 試錐で得られたコア試料は、全量が半定量分析される。その中で銅含有量が高い部分が分取され、湿式分析で定量分析される。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 であり、その分析結果は、試錐番号、採取位置等のデータと共に分析台帳に記載されている。日本側調査団の計算対象は、ポーフィリーCu-Mo 鉱体とその周辺に限定した。

(2) 計算方法は、Karagandageologiya 社による断面法に準じた。以下に、その概要を記す。

(2)-1 Samarsky 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)-2 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する。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する。

(2)-3 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）上で複数の試錐の着鉱区間の配列をもとに、同じ断面内での岩相分布等を参考にして描く。それらの各パネル面上での鉱体断面は3次的に配置し、いくつかのレベル深度の平面上に平面的な外形として投影する。それをもとにして鉱体の立体形状を推定する。

(2)-4 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 迄を鉱体として推定し、鉱量計算対象鉱量に計上する。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して、その点までの鉱体の存在を推測する。

(2)-5 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、容積計算には条件毎に下記の3種類の近似計算方法を用いる。

- ・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
- ・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
- ・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

(2)-6 鉱石の平均密度は実測値から求め、平均値2.76 (t/m³) を採用する。

(3) 計算結果として、地質学的埋蔵鉱量 114,395,015 t (Karagandageologiya 社の計算値:112,414,616 t) , 銅金属量 1,458,777 t (Karagandageologiya 社の計算値:1,397,806 t) , 平均銅品位 1.28% Cu (Karagandageologiya 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。

(4) 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。着脈した試錐孔の本数が、わずか12本であるため、鉱床の形態はかなり恣意的である。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。

3-2-4 将来への提言

(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トルース
 - ・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。

