

第Ⅱ部 各論 Zhaman-Aibat 地域

第Ⅱ部 各論 Zhaman-Aibat 地域

第1章 既往資料調査

1-1 Zhezkazgan 地域の鉱業活動

Zhaman-Aibat 地域の北西 180km に位置する Zhezkazgan 地域は、古くから銅鉱石の採掘と銅の生産で知られている。Zhezkazgan 鉱山と銅製錬プラントの操業の歴史について以下に概説する。

1771 : ロシアの地理学者 Captain Richkov が彼の著書 'Notes on Antiquities' に Zhezkazgan 鉱床について記載。

1847 : Zhezkazgan 銅鉱床, Baikonur 石炭鉱山はロシアの商人と起業家の所有となる。

1928 : Atbasar 非鉄金属トラストを設立。Karsakpai コンビナートを吸収。同コンビナートは Karsakpai 製錬所, Baikonur 石炭鉱山, Zhezkazgan 銅鉱山および Kurgasyu 鉱山を経営。

1929-41 : Kanysh Satpaev Zhezkazgan 銅鉱山の採掘を指揮。

1936 : Zhezkazgan 銅製錬プラントの建設を決定。

1937 : 全国鉄道網に接続。

1943 : 17 鉱山, 3 露天掘採掘, Karsakpai 銅製錬プラント, Baikonur 石炭鉱山を Zhezkazgan・コンビナートに編入。

1945-55 : 新鉱山開発および新プラント操業開始 : Petre-Center, Pokro, No.3, No.42, No.44, No.45, No.51 : Karpiev, Nikol, Krestov, Moly Zlatoust 等の露天掘鉱山および選鉱場。

1958 : No.45 鉱山でエクスカベーター, 電動ダンプトラック, 4 連ボーリング機を坑内で使用開始。

1963-65 : No.2 選鉱場の運転開始

1965-67 : No.55 および No.57 鉱山の操業開始。

1975 : No.65 鉱山の操業開始

1977 : 銅製錬プラントのフル生産開始

1985 : No.67 鉱山の操業開始。Satpaev・Zhezkazgan 鉱山・製錬コンビナートを Satpaev 科学・生産管理会社 Zhezkazgantsvetmet に改組。

1995 : 4 鉱山 (1 露天掘鉱山および 3 坑内掘鉱山) を操業中で 1 鉱山を開発中である。また 2 選鉱場と 1 銅精錬所を操業中である。年間採鉱量約 1,800 万トン, 年間電気銅生産量は約 170,000 トンと言われている。

1-2 地質調査

1920 年代に, Karysh I. Satpayev が Zhezkazgan 地域の地質層序と鉱石処理について幾つかの報告した後, 当地域におけるシステムティックな地質調査が開始された。1930 年代にはその経済的評価は高まり, Zhezkazgan 地域はカザフスタンの中で最も重要な鉱業地域として認識された。

1940年代に数件の地質調査プロジェクトが実施された後、1953年には Zhaman-Aibat 地域の西 5km に Taskura 鉱床が試錐探鉱され、浅部に高品位の鉱化があることが確認された。1959年以降は、Zhezkazgan Exploration Party による試錐探鉱が Zhaman-Aibat 地域で実施された。1959年～1964年には、地表下 400m～700m で厚さ 0.4～1.0m、銅品位 1.16～1.30%の銅鉱化を確認した。1981年～1984年には、地表下 615m～700m で高品位の銅と銅-鉛の鉱化を確認した。

試錐はその目的に応じて 5 種類に分類され、各々はソ連の鉱量分類カテゴリーに対応している。すなわち、total prospecting 試錐は、P1 および P2 に対応する。detailed prospecting 試錐、preliminary estimation 試錐、preliminary surveying 試錐はそれぞれ C2、C1、B および A (C1 を含む) に対応する。その他、Prospecting 試錐があるがこれは一種のスカウト試錐である。

残存コアは、鉱化の認められたコアの全量が化学分析や選鉱テストに使用されたため、ほとんどない。わずかに少量のコアピースが保存用サンプルとして残っているにすぎない。

1981年から1996年にかけて実施された試錐の統計を Table 2-1-1 に、試錐位置を Fig.2-1-1 に示す。

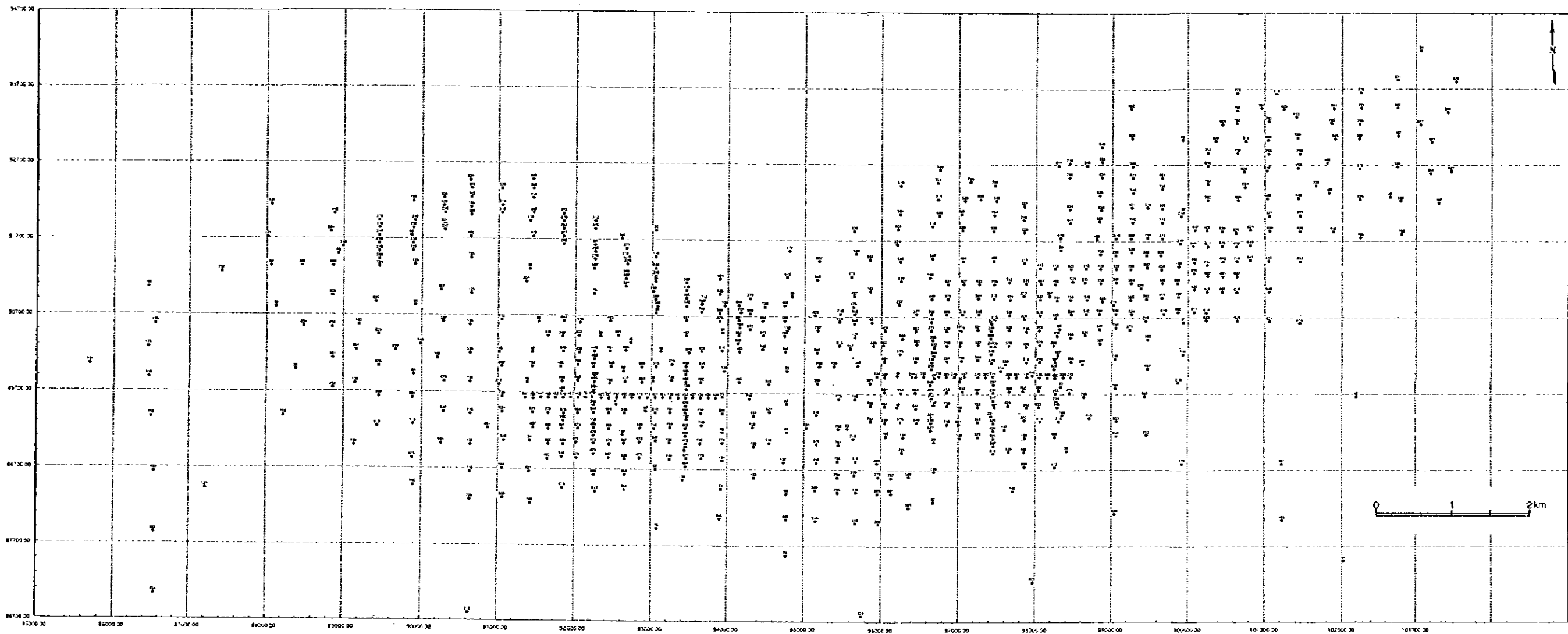


Fig. 2-1-1 Location Map of Drill Holes in the Zhaman-Aibat Ore Deposit

Table 2-1-1. Drilling Statistics in the Zhaman-Aibat Area

| Year | Total Prospecting, P1,P2 | | Detailed Prospecting, C2 | | Prospecting Estimation, C1 | |
|----------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| | Nos of drill | Total Length | Nos of drill | Total Length | Nos of drill | Total Length |
| | (TD) | m | (TD) | m | (TD) | m |
| 1981 | 2 | 1,760.0 | | | | |
| 1982 | 14 | 11,743.6 | | | | |
| 1983 | 19 | 16,110.1 | | | | |
| 1984 | | | 25 | 20,656.9 | | |
| 1985 | | | 37 | 30,869.7 | | |
| 1986 | | | 26 | 20,297.3 | | |
| 1987 | | | 2 | 1,667.2 | 26 | 7 |
| 1988 | | | | | 57 | |
| 1989 | | | | | | |
| 1990 | | | | | | |
| 1991 | | | | | | |
| 1992 | | | | | | |
| 1993 | | | | | | |
| 1994 | | | | | | |
| 1995 | | | | | | |
| 1996 | | | | | | |
| Subtotal | 35 | 0 | 90 | 0 | 83 | 7 |
| Total | 35 | 29,613.7 | 90 | 73,491.1 | 90 | 59,728.5 |

| Year | Preliminary A & B (include C1) | | Prospecting | | Total | |
|----------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Nos of drill | Total Length | Nos of drill | Total Length | Nos of drill | Total Length |
| | (TD) | m | (TD) | m | (TD) | m |
| 1981 | | | | | 2 | 0 |
| 1982 | | | | | 14 | 0 |
| 1983 | | | | | 19 | 0 |
| 1984 | | | | | 25 | 0 |
| 1985 | | | | | 37 | 0 |
| 1986 | | | | | 26 | 0 |
| 1987 | | | | | 28 | 7 |
| 1988 | 85 | 50 | | | 142 | 50 |
| 1989 | 160 | 81 | 3 | 2,465.8 | 163 | 81 |
| 1990 | 95 | 25 | 16 | 13,634.6 | 111 | 25 |
| 1991 | 94 | 8 | 9 | 8,744.5 | 103 | 8 |
| 1992 | 56 | | 7 | 6,382.8 | 63 | 0 |
| 1993 | 49 | | | | 49 | 0 |
| 1994 | 24 | | 2 | 1,880.0 | 26 | 0 |
| 1995 | 17 | | | | 17 | |
| 1996 | 10 | | | | 10 | |
| Subtotal | 590 | 164 | 37 | 0 | 835 | 171 |
| Total | 754 | 442,626.4 | 37 | 33,107.7 | 1006 | 638,587.4 |

1-3 地化学探査

既往調査の範囲は Table 2-1-2 に示すとおりである。

1981-1984 および 1987-1990 に実施された地化学探査の結果、次の 4 地域において単一元素のハローあるいは複数元素の重複したハローなどが抽出された：(1)Taskura, (2)Zhaman-Aibat, (3)Azat および (4)Zhatykta.

Taskura ハロー (最高値, Cu,0.8%, Ag,0.004%, Pb,0.025%, Ba,8% : 値は最高値) は、地表部での流出考えられる北西部を除けば、完全に Kengir 層準にの Taskura Cu 鉱床の分布に一致した。

Zhaman-Aibat ハロー (最高値, Cu,0.03%, Ag,0.00015%, Ba,0.2%, Pb,0.005) は、Zhaman-Aibat 鉱床の南西側に合致したが、深部の鉱化作用と直接的には関係しないものと推定された。ただし、鉱体を垂直に切って地表まで達する断層が存在するケースも考えられる。

Azat anticline の中央部に位置する Azat ハロー (最高値, Ba,5%, Sr,0.02%, Pb,0.01%) は、鉱体に起因するものと考えられる。また、異常を構成する元素類が Taskura や Zhaman-Aibat と異なっており、チェックボーリングが望まれるいる。

Zhatykta ハロー (最高値, Ba,1.5%, Mn,0.6%, As,0.008%) は、鉱化作用との関連は薄い。

Table 2-1-2 List of Previous Geochemical Surveys in the Zhaman-Aibat Area

| Index | Organization | Survey year | Scale Network (m) |
|-------|------------------------|-------------|---------------------|
| 1 | AGPhE, Stroiteleva A. | 1954 | 1:200,000 |
| 2 | DGPhE, Skalskii N. | 1959 | 1:50,000 |
| 3 | DGPhE, Skalskii N. | 1960 | 1:50,000 500x50 |
| 4 | DGPhE, Stefankevich Z. | 1961 | 1:50,000 500x50 |
| 5 | DGRE, Schuvatov T | 1981-1984 | 1:50,000 500x50 |
| 6 | DGRE, Scheripov A. | 1987-1990 | 1:50,000 500x100 |

DGPhE-Zhezkazgan Geophysical Exploration Expedition

DGRE-Zhezkazgan Geological Exploration Expedition

AGPhE-Atasu Geophysical Expedition

1-4 物理探査

既往調査の範囲は Table 2-1-3~2-1-6 に示すとおりである。

物理探査は 1950 年代から実施された。最初に実施した探査は、1:50,000 および 1:100,000 の空中磁気探査で、その目的は鉄鉱石の探査であった。調査地域外の東側で断層に沿った超塩基性岩体による磁気異常を捕捉したが、地域内での異常は抽出できなかった。

最初の地表調査は、Atasu Expedition による地下水探査のための VES 電気探査法であった。しかし、有望な結果は得られなかった。

Zhezkazgan Geophysical Exploration Expedition (以後 DGPhE と略記する) は、1957 年に重力探査 (1:200,000) を行い、Zhaman-Aibat 地域の高重力異常を捕捉したが、その時は地質的な解明はなされなかった。

1959-1960 年に、DGPhE は、重力探査、磁気探査、VES 電気探査および地化学探査を含む総合的な物理探査 (1:50,000) を Zhaman-Aibat 地域内で行った。この結果、重力と磁気の探査から、Zhaman-Aibat の背斜構造を指摘した。その後、Zhezkazgan Geological Exploration Expedition (以後 DGRE と略記する) に引き渡され、鉱化帯を確認するために、テストボーリングが行われた (1962-1964)。その結果、0.4-1.16% の銅品位を有する胚胎層準の灰色砂岩を確認したが (Y-3, Y-4 および Y-26)、鉱床評価について否定的な報告であった。

一方、1964~1974 年に、石油とガス探査のための地震探査 (反射法) が組織的に行われた。同時に、地震探査の補助として重力探査 (1:50,000) が実施された。地震探査の解析結果から、反射面 R II と R III に着目した深度図が作成された。この調査により、石油とガスの有望な多数の背斜構造が示された。

DGRE は、1980 年に Zhezkazgan-Sarysu 向斜での銅探査プログラムを検討し、Zhaman-Aibat 背斜構造を探査の第一優先順位として取り上げた。このプログラムにしたがって、1:50,000 スケールの物理探査を、1981~1984 年および 1987~1990 年に実施した。調査法は、地震探査、重力探査、磁気探査、VES、IP、および TEM 法、地化学探査および小規模なボーリングである。1983~1986 年および 1990~1992 年には、0.8~2km 測線間隔の電気探査および精査地震 MOGT も実施された。

地震探査と重力探査では、いくつかの背斜構造 (Zhaman-Aibat, Kulen 及び Zhatyktay) が推定され、特に Zhaman-Aibat horst anticline が、反射面深度図および重力図に明確に示された。また、反射深度の分布は、Zhaman-Aibat horst anticline の中に、局所的な horst (西部の Taskula, 中央部および東部) を捕捉した。それまでの試錐資料や地質資料によれば、鉱化帯の多くは局所的にこのような背斜構造の頂部の肩に分布することが知られている。このことから、Zhaman-Aibat 地域の鉱床胚胎域を推定した。

磁力探査では、磁鉄鉱含有砂岩を伴う Taskuduk 層は捕捉できなかった。Taskuduk 層がかなり深い位置にあり、地表で検出できる磁気異常を発生させていないこと、帯磁率は大きくないこと等が原因と考えられる。

TEM 法電磁探査では、局所的な比抵抗上昇パターンから、Zhaman-Aibat 地域の南東の Kazybek 地

Table 2-1-3 Previous Magnetic Surveys in the Zhaman-Albat Area

| No. | Organization | Year | System | Scale Network (m) | Accuracy m |
|-----|------------------------|---------|---------------------------------|------------------------------------|------------|
| 1 | ZGT, Kukin G. | 1952 | Aeromagnetic Survey AEM-49 | 1:100,000 | +/- 29 |
| 2 | AGPhE, Stroitelova L. | 1954 | Aeromagnetic Survey M-2 | 1:200,000 1000x200 2000x4000 | +/- 10-15 |
| 3 | ZGT, Zvezlova L. | 1955 | Aeromagnetic Survey AEM-49 | 1:500,000 | +/- 30 |
| 4 | DGPhE, Stefankovich Z. | 1961 | Aeromagnetic Survey M-2 | 1:500,000 500x100 | +/- 9,7 |
| 5 | KGT, Sargaskaev Y. | 1960 | Aeromagnetic S. ASGM-25, ASG-45 | 1:100,000 | +/- 25 |
| 6 | DGPhE, Skalskii N. | 1960 | Ground survey M-2 | 1:50,000 500x50 | +/- 11-14 |
| 7 | DGRE, Kogai S. | 1976-78 | Ground survey BMS-1 | 1:50,000 500x10 | +/- 11-14 |
| 8 | DGRE, Shuvatov Y. | 1984 | Ground survey MMA-301 | 1:50,000 500x50 | +/- 6 |
| 10 | DGRE, Scheripov A. | 1987-90 | Ground survey BPP-203 | 1:50,000 500x100 | +/- 3 |

ZGT - Western Geophysical Trust, KGT - Kazakh Geophysical Trust
 DGPhE - ZHEZKAZGAN Geophysical Exploration Expedition
 DGRE - ZHEZKAZGAN Geological Exploration Expedition

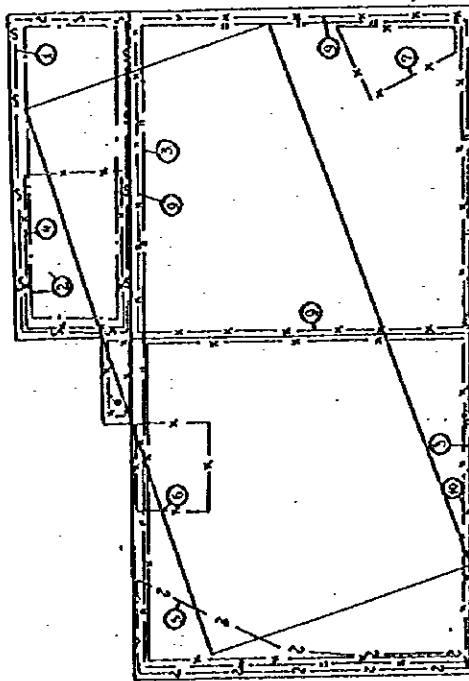


Table 2-1-4 Previous Gravity Surveys in the Zhaman-Albat Area

| No. | Organization | Survey Year | Gravimeter | Scale Network (km) | Accuracy (mgal) |
|-----|------------------------|-------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 3 | DGPhE, Loskutov A. | 1957 | SN-3 | 1:200,000 | +/- 0.50 |
| 4 | DGPhE, Skalskii N. | 1959 | GAK-3M GAK-4M GAK-3M | 1:50,000 0.5x0.5 1:50,000 | +/- 0.21 |
| 5 | DGPhE, Skalskii N. | 1960 | GAK-4M GAK-3M | 0.5x0.5 1:50,000 | +/- 0.17 |
| 6 | DGPhE, Stefankovich Z. | 1961 | GAK-3M | 1:50,000 0.5x0.25 | +/- 0.10 |
| 8 | DGPhE, Antonov V. | 1967 | GAK-PI | 1:200,000 | +/- 0.32 |
| 9 | DGRE, Kogan E. | 1973-1974 | GAK-PI GR/K-2 | 1:50,000 1x0.5 | +/- 0.16 |
| 10 | DGRE, Shuvatov Y. | 1981-1984 | GR/K-2 | 1:50,000 0.5x0.5 | +/- 0.12 |
| 11 | DGRE, Scheripov A. | 1987-1990 | GRU-XV GRU-KS | 1:50,000 0.5x0.5 | +/- 0.09 |

DGPhE - ZHEZKAZGAN Geophysical Exploration Expedition
 DGRE - ZHEZKAZGAN Geological Exploration Expedition

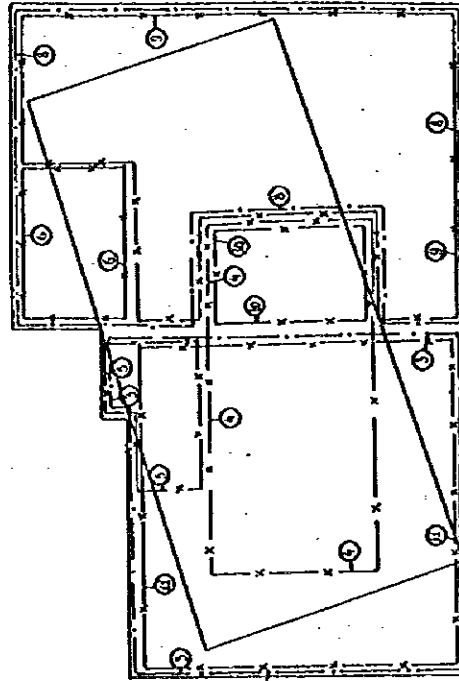


Table 2-1-5 Previous Electrical Surveys in the Zhaman-Albat Area

| Index No. | Organization | Year | Equipment | Scale Network (km) | Accuracy (x, y) |
|-----------|------------------------------|------|---------------------------------------|--|-----------------|
| 1 | AGPHE, I. A. Stroitel'seva A | 1954 | EP-1 | 1:100,000 SP. Moving Schium 0.1x0.02 VES, IP | 3-5 |
| 2 | DGPHE, Skalskii N. | 1959 | EP-1 | 1:100,000 VES, 2x1, 1x1, AB=1-4 | max 5 |
| 3 | DGPHE, Skalskii N. | 1960 | EP-1 | 1:200,000 VES, 4x3, 2x1, AB=max 1.2 | max 5 |
| 4 | DGPHE, Stefankevich Z. | 1961 | ESK-1 | 1:200,000 VES, 4x3 | max 4, 6 |
| 5 | DGPHE, Antonov V. | 1967 | ESK-1 | 1:200,000 VES, space=2, AB=1-1.5 | max 5 |
| 6 | DGPHE, Schuyetov T. | 1984 | AE-72 | 1:50,000 VES, 1x1, 1x0.5, AB=max 1 | 3, 2 |
| 7 | DGRE, Smirnova N | 1986 | VPS-63 Gradient IP, a=0.05, AB=1.6 | 1:50,000 | < 5 |
| 8 | DGRE, Scheripov | 1988 | CYCLE-2 | TEM, line=1-2 TEM, space=0.5 | < 5 |

ZGT - Western Geophysical Trust, AGPHE - Arasu Geophysical expedition
 DGPHE - ZHEZKAZGAN Geophysical Expedition
 DGRE - ZHEZKAZGAN Geological Expedition

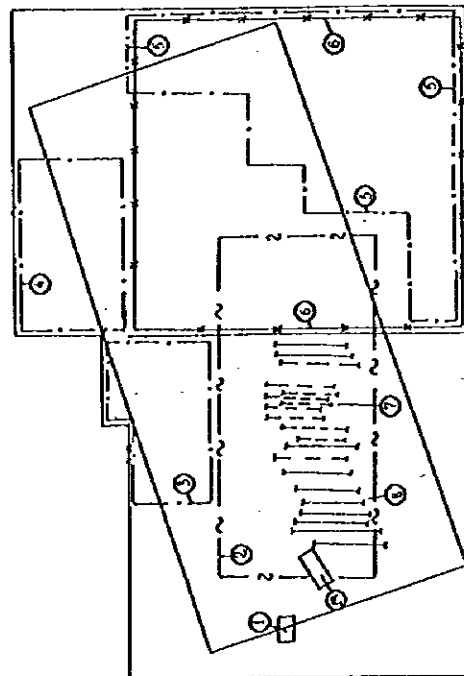
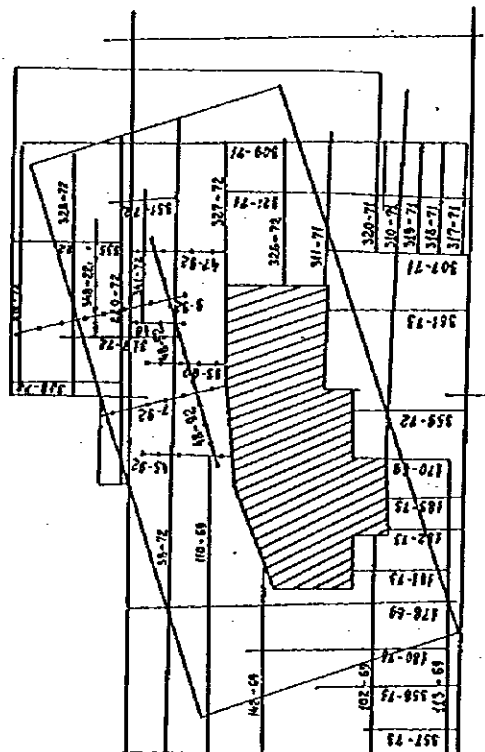


Table 2-1-6 Previous Seismic Surveys in the Zhaman-Albat Area

| No. | Organization | Year | Instruments |
|-----|--------------|-----------|--------------------------------|
| 1 | | 1964-1974 | MOY (The reflection method) |
| 2 | | 1990-1992 | MOY (Common Depth Point) |

DGPHE - ZHEZKAZGAN geophysical expedition
 DGRE - ZHEZKAZGAN geological expedition



域が、要探鉱地域として指摘された。

ボーリング孔での検層は、探査や探鉱あるいは評価の過程で広く適用された。検層は、主に地質断面あるいは孔間の地質の分類（ガンマ線検層、電気）と孔内の鉱物含有量を求める原位置試験（放射線検層）の目的で使用された。

以上の探査結果から、Zhaman-Aibat 地域をカバーする物理探査マップ（1:50,000 および 1:100,000）が作成され、深部構造や広域地質構造の検討に有効に利用されている。

1-5 選鉱試験

Zhaman-Aibat 鉱床から採取した鉱石に関する初めての選鉱試験報告書は、Parkhomenko L.P. (1986) によるものである。本報告書によれば、選鉱試験に供された試料は、銅鉱 52kg (Cu:2.12%) および複雑鉱 53kg (Cu:2.21%, Pb:1.44%, Zn:1.83%) からなり、各々について選鉱試験が実施された。試験は、Zhezkazgantsvetmet 社の選鉱フローチャート No.1 および No.2 に基づいて行われた。

Parkhomenko L.P. (1986) による報告書の後、1990 から 1992 年にかけて、合計 16 冊の報告書が出版されている。対象とする鉱石は、銅鉱と複雑鉱以外に、a) 銅-銀鉱、b) 鉛-亜鉛鉱、c) 鉛鉱、d) 亜鉛鉱、e) 銅-鉛鉱、f) 銅-亜鉛鉱、g) 酸化鉱、h) 自然銅鉱に拡張された。試験規模は、20kg 程度の試料を用いる比較的小規模なものから、試験試料 200kg に及ぶ大規模なものまである。各々の試験結果の概要を Appendix 1 に、また、代表的な報告書のリストを以下に示す。

- 1) 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, (Cu Ore:184kg, Cu-Pb Ore:268kg)
- 2) Malinova T.V. (1991): Study of dressing of 50 small scale technological samples of copper ores from the Zhaman-Aibat deposit, for mapping aims, (Cu Ore:5~28kg)
- 3) Ivanova N.P. (1991): Study of dressing of sulfide copper-silver ores from the Zhaman-Aibat deposit, (Cu-Ag Ore: 120~349kg)
- 4) Raykh M.A. (1991): Study of dressing of sulfide lead ores from the Zhaman-Aibat deposit, (Pb Ore: 270kg)
- 5) 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 (Zn Ore, Pb-Zn Ore, Cu-Pb Ore, Cu-Pb-Zn Ore, Cu-Zn Ore:5~16kg)
- 6) Malinova T.V. (1991): Study of ore-dressing of balance oxidized and sulfide copper ores from the Taskura Deposit (Cu Ore with oxide:180~208kg)
- 7) Malinova T.V. (1991): Study of dressing of sulfide zinc ores from the Zhaman-Aibat Deposit (Zn Ore:250kg)
- 8) Malinova T.V. (1992): Study of dressing of 12 small scale technological samples of copper ores from the Zhaman-Aibat deposit, for mapping aims, (Cu Ore:5~22kg)
- 9) Shamaeva T.S. (1992): Results of ore dressing of sulfide lead ore in small scale technological sample No.121, (Pb Ore:8kg)
- 10) Malinova T.V. (1992): Study of dressing of small scale samples of sulfide ore with native copper from the Zhaman-Aibat deposit (Cu Ore with native copper:15~53kg)

第2章 地質および鉱床

2-1 地質

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(Zhamaan-Aibat horst anticline)で特徴づけられる。背斜軸の方向は東西で、西方に緩やかにブランチする。本地域で認められる鉱床は、中期~後期石炭紀から二疊紀にかけて沖積~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。

Zhamaan-Aibat地域の地質図をFig.2-1-1に、模式柱状図をFig.2-1-2に、模式断面図をFig.2-1-3に、パネルダイヤグラムをFig.2-1-4に、Zhezkazgan層下底面(主要な鉱床胚胎層準)の等深度線図をFig.2-1-5にそれぞれ示す。

2-1-1 層位

a) 古生界 (Pz)

a)-1 石炭系 (C)

下位から上位へ、Serpukhov層、Taskuduk層、およびZhezkazgan層からなる。Serpukhov層は下部石炭系に対比され、石灰岩および石灰質砂岩・シルト岩を主体とする。Taskuduk層とZhezkazgan層は中部~上部石炭系に対比され、浅海~デルタおよび湖底~沖積環境下で形成された砂岩および頁岩を主体とする。

Serpukhov層 (C1s)

岩屑状~細粒の石灰岩、赤色の砂岩およびシルト岩、および灰色の砂岩を挟在するシルト岩からなる。Serpukhov層下部では陸源堆積物の比率は減少し、石灰岩を挟在する石灰質シルト岩が等が主体となる。層厚は約750mと推定される。

Taskuduk層 (C2ts)

Serpukhov層を整合で覆い、上部のZhezkazgan層にはウオッシュアウトを伴い不整合で覆われる。調査地東部の地表に背斜構造を表し分布する。上位のZhezkazgan層との境界は、Zhezkazgan層の層間礫層("Raimundo 礫岩")の最下底部と接し、いっぽう下位のSerpukhov層との境界には、化石を伴う石灰岩が認められる。

本層は、主として褐色あるいは灰色の細粒砂岩とシルト岩で構成され、海岸あるいは沖積環境で堆積した陸源堆積物を挟在する。一部に赤色円礫や石灰質岩をもつ礫岩を伴う。化石による地質時代の決定はこれまで行われていない。本層は層厚の変化が著しく、背斜軸の西部では層厚60~70mであるが、東部や北部、さらに南部に向って厚さを増し、層厚600mあるいはそれ以上に達する。

Zhezkazgan 層 (C2-3dz)

調査地域の東5kmの背斜構造中の軸部の東南翼の凹地に分布する。本層は、Taskuduk層を層間礫岩・Raimundo礫岩により不整合に覆い、Zhidelisai層の堆積物により整合で覆われる。本層の上部とZhidelisai層との境界は、便宜的に灰色で細粒な砂岩の上限としている。

岩相は、ラミナ構造の発達した赤色～褐色砂岩・シルト岩、灰色砂岩、堆積岩の角礫を挟む層間礫岩、およびRaimundo礫岩タイプの層間礫岩からなり、しばしば沖積環境で生成した陸源堆積物をリズムカルに挟在する。内部の堆積構造はTaskuduk層に類似する。

層厚は数十mである。Zhaman-Aibat 鉱床地域では、本層基底部の灰色砂岩の層厚が増すことが報告され、この灰色砂岩中に高品位の銅、鉛、亜鉛の鉱化が確認されている。厚さは鉱床ゾーン内で180～200m、翼部で300mあるいはそれ以上と推定されている (Fig.2-2-4)。

a)-2 二疊系 (P)

陸源堆積物を主体とするZhidelisai層は下部二疊系に、石灰質堆積物を主体とするKengir層は下部～中部二疊系に対比される。

Zhidelisai 層 (P1zd)

調査地域に広く分布し、背斜構造のコアーと翼部を形成する。Kengir層に整合で覆われる。本層は、ラミナ構造をもつ赤色シルト岩および砂岩から構成され、石こうや硬石こうを伴う。背斜の南部や西部の翼部では、岩塩も認められる。これらの特徴から、本層は、極めて高温で乾燥した気候のもとで、氾濫原や湖などで生成したエバポライト コンプレックスと考えられている。層厚は、西斜面で約300m、北斜面で540mあるいはそれ以上と推定される。

Kengir 層 (P1-2kn)

背斜の西部に露出する。下位のZhidelisai層を整合で覆い、中生代～新生代の堆積物により不整合で覆われる。灰色～暗灰色のマール、魚卵構造を有する石灰岩、石灰質シルト、および砂岩等から構成され、下部には多量に石こうを伴う。Taskura銅鉱床は酸化鉱と硫化鉱の両方で構成され、本層に胚胎する。層厚は100mに達する。

b) 中生界 (Mz)

白亜系 (K)

Taskura 層 (K2ts)

明瞭な不整合で下位の地層を覆う。種々の地質時代の新生代の地層により覆われる。岩相は、灰色～緑色のシルト岩に似たオボカ、粘土、不等粒の砂岩、礫岩、およびマールからなる。厚さは100m以下である。

Karakoln層 (K2kr)

不整合でTaskura層を覆い、また上位の新生代の地層に不整合で覆われる。ペブル～グラニユールサイズの礫層が基底部に、また、風成砂と粘土の互層が中部層～上部層に認められる。

c) 新生界

c)-1 古第三系

晩新世～始新世の堆積物は、種々の色調の粘土、シルト岩、砂岩（石英に富む砂岩のレンズを挟在する）からなる。厚さは20m～30m、凹地では時に120mに達する。漸新世のBetpakdalin層は調査地域に広く分布する。石こうを伴う緑色粘土や褐色のシルト岩からなり、粘土混じり砂をしぼしば挟在する。厚さは1～40mである。

c)-2 第四系

次の地層で構成される。いずれの厚さも10m以下である。

- ① 中部～上部：礫を混在する風成砂およびシルト岩。
- ② 上部～第四紀～現世：proluvium～deluviumのローム、粘土質砂、礫。
- ③ 現世：“Takyр”，合塩粘土、シルト岩などで構成される。

2-1-2 地質構造

調査地域は、Zhezkazgan-Sarysu depressionの東縁、Chu-Ili anticlinoriumとの交叉部に位置する。これら二つの構造はBekei deep seated faultにより境される。褶曲構造と岩相の特徴から、次の4つのステージに区分される。

(1) 初期古生代の地向斜ステージ

ベンディアン紀～カンブリアン紀さらに後期オルドビス紀の堆積物で代表され、これらは南北方向に伸長する褶曲帯を形成する。この褶曲帯は、その後の構造運動で生じた多くの断層により極めて複雑な構造を示す。このステージの堆積物は、造山作用により生成された新しい地層によりシャープな不整合で覆われる。

(2) デボン紀の造山ステージ

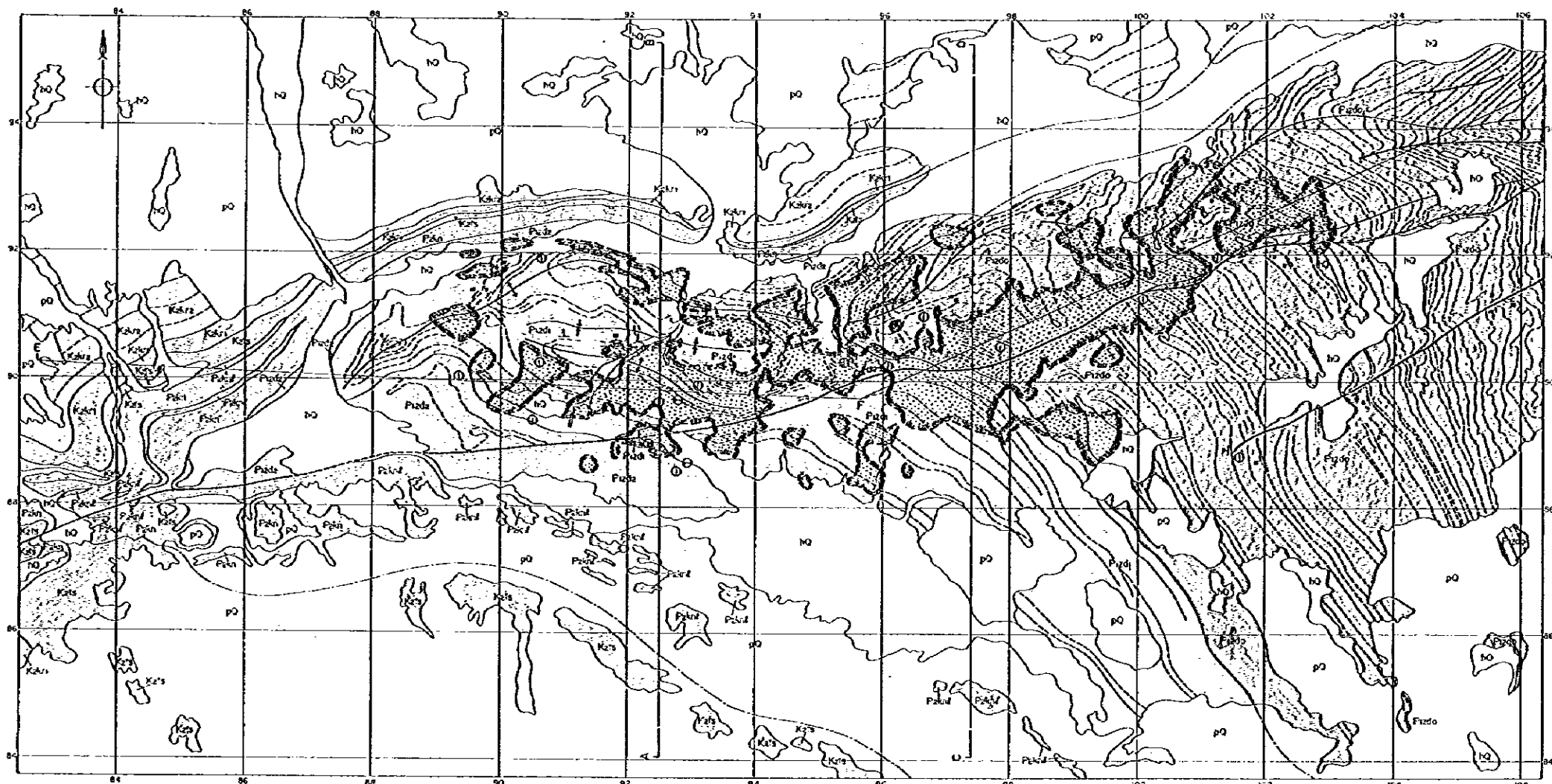
初期～中期デボン紀の火山岩類からなる岩塊が生成され、大規模な背斜構造を形成された。

(3) 石炭紀～二畳紀のサブプラットフォームステージ

主として上部中生代の陸源の石灰質岩類が形成された。これらの堆積物は広範囲に分布し、Zhezkazgan-Sarysu depressionを構成する。ほぼ緯度方向に伸びる背斜構造がTaskura-Tasbulak troughの東斜面に認められ、Zhaman-Aibat anticlineに代表されるnose structureを示す。火成活動が全くないことと、堆積物の厚さが異常に厚いのがこのステージの特徴である。

(4) 中生代～新生代のプラットフォームステージ

主として陸源の海底堆積物や陸棚堆積物で構成される。これらはジュラ紀、白亜紀、古第三紀、第四紀の堆積物で、典型的なプラットフォーム堆積物とされる。火成活動はほとんど認められない。わずかにデボン期中期の流紋岩、石英斑岩、ひん岩などの貫入岩が調査地域の東部に分布するのみである。断層構造は、北西方向と緯度方向が特徴的である。北西方向の断層が最も古く、カレドニアン期のものと考えられる。Zhezkazgan-Sarysu depressionとChu-Ili anticlinoriumを境するBekei deep-seated faultはこの代表的なものである。緯度方向の断層は、北西方向の古い断層とは異なった変位を示す。この種の断層は、大規模な変位を伴う衝上断層で、局所的な褶曲構造の配列を規制している。



LEGEND

- Geological boundary
- Geological boundary covered by recent sediments
- Geologic structure
- Fault
- Fault, covered by recent sediments
- Anticline
- Syncline
- Structure, as indicated by 1951
- Outline of the body (1951, 1952, 1953)
- Line of section
- Center area of section
- Structural variations

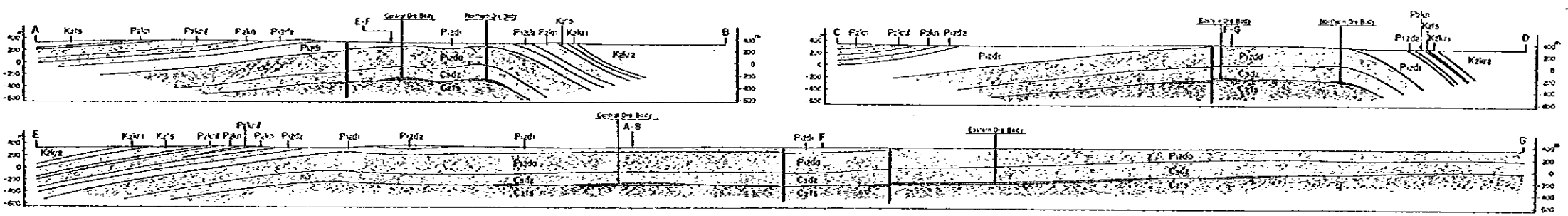


Fig. 2-2-1 Geological Map of the Zhaman-Albat Area

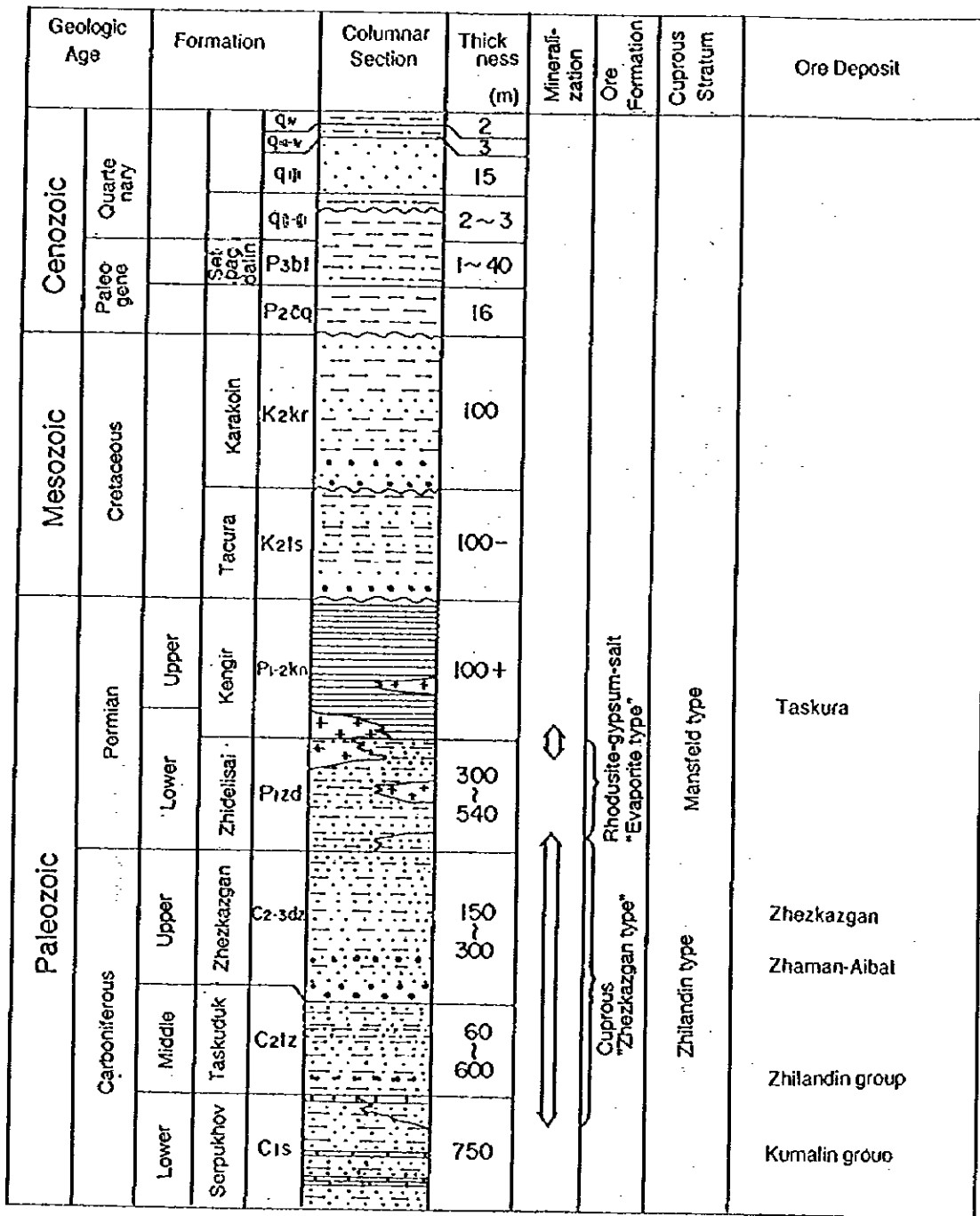


Fig.2-2-2 Stratigraphic Column of the Zhaman-Aibat Area

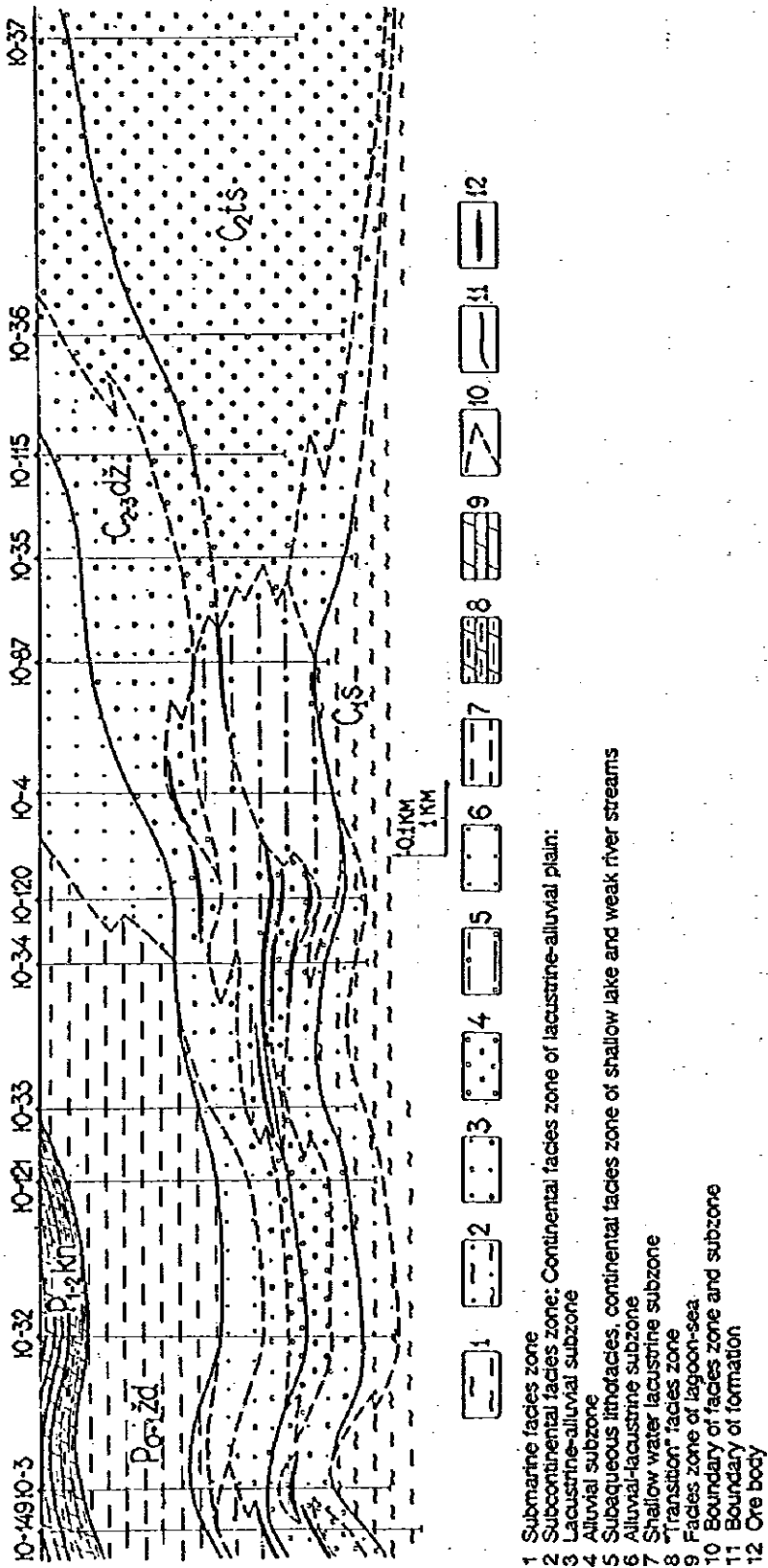


Fig. 2-2-3 Schematic Section of the Zhaman-Albat Area
(from Glybovski V.O., 1988)

- 1 Submarine facies zone
- 2 Subcontinental facies zone; Continental facies zone of lacustrine-alluvial plain:
- 3 Lacustrine-alluvial subzone
- 4 Alluvial subzone
- 5 Subaqueous lithofacies, continental facies zone of shallow lake and weak river streams
- 6 Alluvial-lacustrine subzone
- 7 Shallow water lacustrine subzone
- 8 "Transition" facies zone
- 9 Facies zone of lagoon-sea
- 10 Boundary of facies zone and subzone
- 11 Boundary of formation
- 12 Ore body

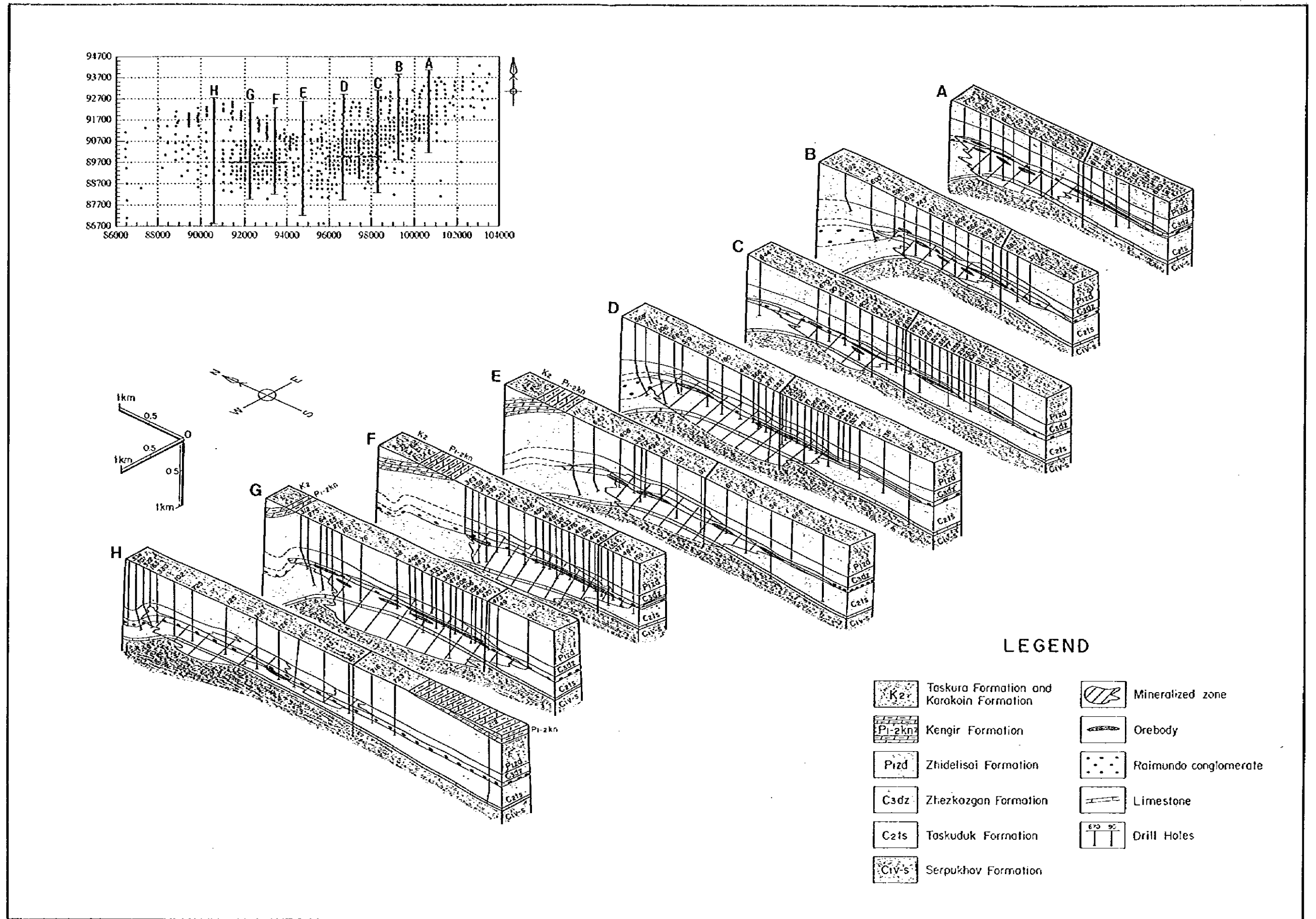


Fig. 2-2-4 Block Diagram of the Zhaman-Aibat Area

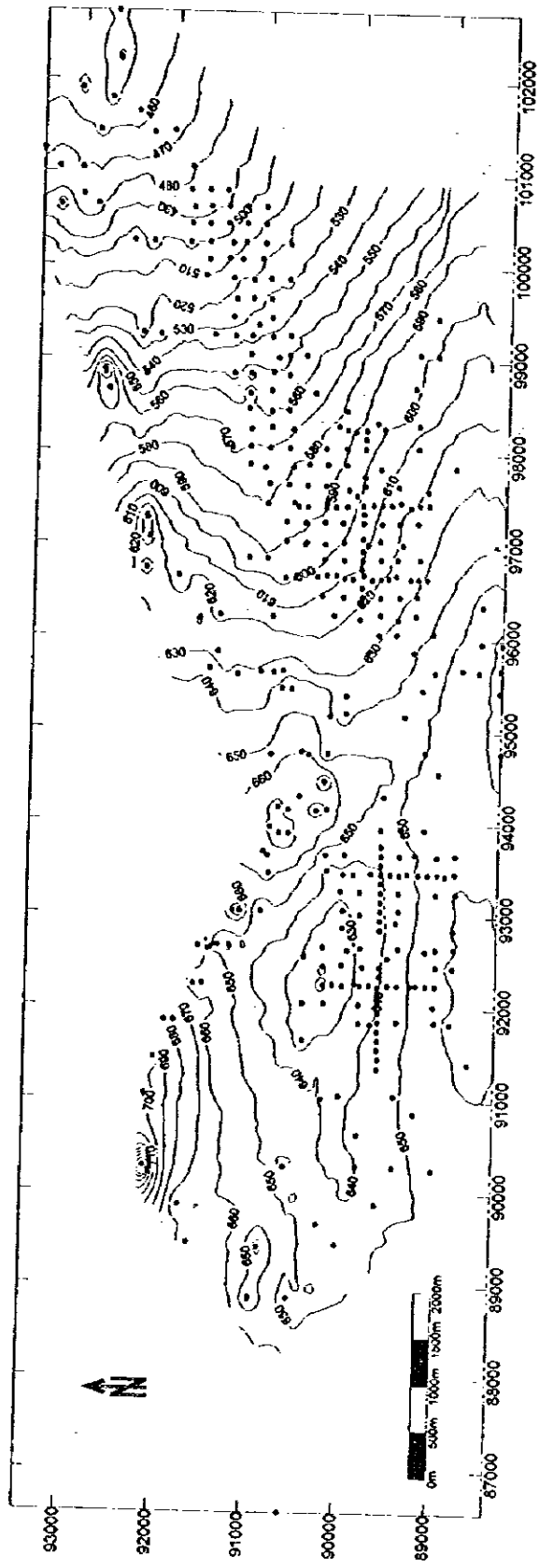


Fig.2-2-5 Depth to the Base of Zhezkazgan Formation in the Zhaman-Albat Area

2-2 鉍床

2-2-1 鉍床胚胎層

Zhaman-Aibat 銅鉍床の銅鉍化作用は、Taskuduk 層、Zhezkazgan 層および Zhiderisai 層の灰色砂岩、礫岩、シルト質砂岩、シルト質アージライトなどに認められる (Fig.2-2-6)。特に高品位の銅鉍化作用は粗粒な堆積相に生じ、鉍石は、二次的 (後生的) な灰色岩石でかつ沖積性のサイクロセムの下位相に濃集する。細粒で同生的な灰色の海底堆積相は、銅鉍化に乏しいか、もしくは全く認められない。

Zhaman-Aibat 地域の石炭紀～二畳紀の赤色砂岩の岩相と鉍物組成は、Zhezkazgan 地域と大きな違いはない。Zhezkazgan 鉍床地域ですで行われているが、Zhaman-Aibat 鉍床地域内でも、鉍化作用を受けた堆積物の鉍床胚胎層準の区分が行われている。これには例えば、Serpukhov 層の生物起源の石灰岩、"Raimundo"タイプの層間礫岩、比較的連続性の良い灰色砂岩の挟みなど、種々の鍵層が使用されている (Fig.2-2-14, Fig.2-2-15)。

これまでの調査で、Taskuduk 層には 5 層準、Zhezkazgan 層には 6 層準、また Zhidelisai 層には 1 層準の鉍床胚胎層準が確認されている (Fig.2-2-6)。これらの鉍床胚胎層準の中で最も優勢な層準は、4-I 層準で、Raimundo 層間礫岩の直上 1~4m に位置する。Zhaman-Aibat 銅鉍床全体の鉍量の 9 割前後がこの 4-I 層準に含まれるものと推定している。4-I 層準について優勢なのは、3-VI 層準である。

4-I 層準の鉍体の厚さ、および Cu・Pb・Zn・Ag・Re 品位の平面分布を、Fig.2-2-7~Fig.2-2-13 に示す。

2-2-2 鉍床の産状

これまでの探鉍で、中央鉍体、北鉍体および東鉍体の 3 つの主要鉍体が確認されている (Table 2-2-3)。これらの鉍体は、東西約 12.5 km、南北約 5 km の範囲に分布する (Fig.1-3-3, Fig.2-3-5)。4-I 層準の鉍床分布深度は、東部で地表下 460~480m であるが、西部に向かって深度を増し、中央鉍体の西端で 650m である。また北鉍体の北西端では 710m と最も深くなっている (Fig.2-2-5, Fig.2-2-16, Fig.2-2-17)。各鉍体の形態は、マント状、レンズ状、あるいはバンド状であるが内部は複雑な構造を示す。

2-2-3 鉍物組合せと鉍石組織

Zhaman-Aibat 銅鉍床の鉍物学的な研究は、1983 年に開始され、これまでに研磨片 1,450 個が Kazakhstan Science-Research Institute により観察されている (Table 2-2-1)。その結果、自然金属元素、硫化鉍物、酸化物、硫酸塩鉍物など、30 種以上の鉍物が報告されている。鉍石鉍物の組み合わせは比較的単純である。主要な鉍石鉍物は、輝銅鉍グループ鉍物 (輝銅鉍とダイジェナイトおよびデュルレアイト)、斑銅鉍、方鉛鉍、黄銅鉍などである。また随伴鉍物には、黄鉄鉍、白鉄鉍、閃亜鉛鉍、砒四面銅鉍、自然銅、自然銀などが同定されている。

鉱石組織は、鉱染状、散点状、縞状、塊状、まれに脈状などが観察されている。銅の高品位ゾーンでは、輝銅鉱と少量の斑銅鉱が砂岩粒子間を交代・充填し、外観は暗青黒色、塊状を呈する。平均的な銅品位を示す鉱石では、輝銅鉱と斑銅鉱が砂岩やシルト岩のマトリックスを鉱染状に交代している。縞状を示す鉱石がしばしば認められるが、これは砂岩の堆積構造に起因するもので、鉱石鉱物が砂岩粗粒部に濃集することで生じる。

Zhaman-Aibat 銅鉱床における鉱物組み合わせのゾーニングについては、これまでの地質研究報告書で種々議論されている (Fig.2-2-18)。鉱物組み合わせのゾーニングの問題は、今後更に検討する必要がある。

2-2-4 鉱石タイプ

Zhezkazgangeologiya 社では、鉱石鉱物の組合せにより鉱石を幾つかのタイプに分類している。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。分類の定義は、Zhezkazgangeologiya 社による鉱量計算の度に若干変更されるが、概ね Table 2-2-2 に示すとおりである。鉱床全体の鉱量では、銅鉱と複雑鉱が圧倒的多数を占めることが知られている。日本側調査団による鉱量 (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。鉛-亜鉛鉱は全体の鉱量の 2% を占めるにすぎない (Table 2-3-6)。

銅鉱タイプの鉱石鉱物は、主として輝銅鉱グループ (デュルレアイトとダイジェナイトを伴う) と少量の斑銅鉱からなる。分布は Zhaman-Aibat 鉱床全域に及び、しばしば局所的な高品位銅鉱化帯を形成する。このタイプは、塊状、しま状、鉱染状を示す。銀は、輝銅鉱に富む鉱石中に、銀に富むエレクトラム、輝銅銀鉱および自然銀として含有される。

複雑鉱タイプの鉱石の鉱物組合せとして、いくつかのタイプが報告されている。輝銅鉱-斑銅鉱-方鉛鉱タイプの鉱石は、中央鉱体のほぼ全域と北鉱体の一部に分布する。特に、中央鉱体では、高品位でかつ塊状の複雑鉱が形成されている。黄銅鉱-方鉛鉱タイプも広く分布し、Toskuduk 層や Zhezkazgan 層中に比較的低位の複雑鉱として産する。輝銅鉱-斑銅鉱-方鉛鉱-閃亜鉛鉱タイプは、Zhezkazgan 層中の中央鉱体、および極めて稀に東部鉱体に散在し分布する。黄銅鉱-方鉛鉱-閃亜鉛鉱タイプは、全域に中程度の頻度で分布する。輝銅鉱-閃亜鉛鉱の組合せは、きわめて稀である。

Table 2-2-1 List of Minerals Described in the Previous Studies
in the Zhaman-Aibat Ore deposit (Botsmanovsky(1991))

| Main | | Accessory | | Rare | |
|--------------|----------------------------------|---------------|---|-----------------|--|
| chalcocite | Cu ₂ S | pyrite | FeS ₂ | β-domeykite | Cu ₃ As |
| digenite | Cu ₁₈ S | marcasite | FeS ₂ | algodonite | Cu ₆ As |
| djurleite | Cu ₁₉ S | covellite | CuS | stromeyerite | CuAgS |
| bornite | Cu ₅ FeS ₄ | sphalerite | ZnS | native copper | Cu |
| galena | PbS | tennantite | (Cu,Fe) ₁₂ As ₄ S ₁₃ | arsenopyrite | FeAsS |
| chalcopyrite | CuFeS ₂ | native silver | Ag | loellingite | FeAs _{2-x} |
| | | | | koutekite* | Cu ₅ As ₂ |
| | | | | kutinaite* | Cu ₂ AgAs |
| | | | | scutterudite** | CoAs ₃ |
| | | | | pyrrhotite** | Fe _{1-x} S |
| | | | | betekhtinite*** | Cu ₂₁ Pb ₂ S ₁₅ |
| | | | | graphite | C |
| | | | | lepidocrocite | FeOOH |
| | | | | cuprite**** | Cu ₂ O |
| | | | | anglesite**** | PbSO ₄ |
| | | | | sufflorite*** | (Co,Fe)As ₂ |
| | | | | cobaltite*** | (Co,Fe)AsS |

*: minerals, firstly described in the USSR;

** : minerals, firstly described at cupreous sandstone deposits at Zhezkazgan survey area;

***: minerals, requiring additional methods of diagnostics;

****: minerals of doubtful hypogenic origin.

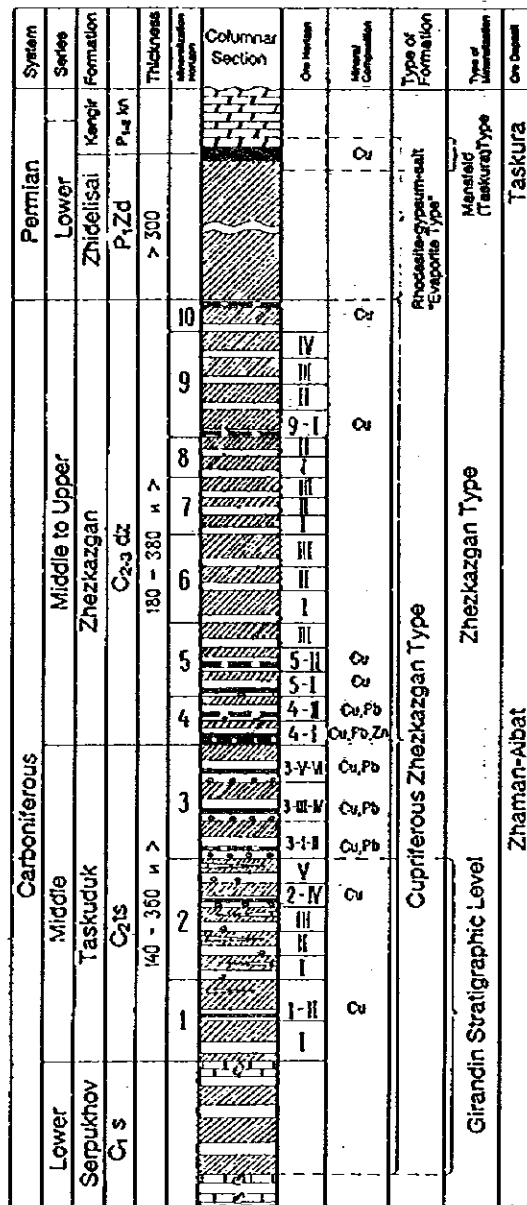
Table 2-2-2 Ore Classification and Cut Off Grade by GezkazganGeologia

| | Cu | Pb+Zn | Ag | Minimum Commercial Grade (Dec. 1991) |
|---------------|--------------------|---------------|-----------|---|
| Copper Ore | 0.40% ≤ Cu | Pb+Zn < 0.80% | - | 0.75% ≤ Cu |
| Complex Ore | 0.30% ≤ Cu | 0.80% ≤ Pb+Zn | - | 0.85% ≤ Pb+Zn |
| Lead-Zinc Ore | Cu < 0.30% | 1.10% ≤ Pb+Zn | - | 2.25% ≤ Pb+Zn |
| Silver Ore | Cu < 0.30% | Pb+Zn < 1.10% | 5g/t ≤ Ag | 14g/t ≤ Ag |
| | 0.30% ≤ Cu < 0.40% | Pb+Zn < 0.80% | 5g/t ≤ Ag | |

Table 2-2-3 General Character of the Eastern, Central and Northern Orebody

| 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 Minerals | Common | chalcocite, digenite djurleite, bornite | chalcocite, digenite djurleite, bornite | chalcocite, digenite djurleite, bornite |
| | Rare | chalcopyrite galena sphalerite | chalcopyrite galena sphalerite | chalcopyrite native silver electrum |
| | Very Rare | native silver electrum | native silver | galena sphalerite |
| Ore Reserve* | | 116 million tons | 38 million tons | 39 million tons |
| Thickness (average)* | | 5.5m | 4.6m | 6.6m |
| Depth | | 470m - 650m | 620m - 650m | 550m - 710m |
| Ore Grade* (average) | Cu | 1.3% | Complex Ore 1.5% Copper Ore 1.9% | 1.3% |
| | Pb | - | 1.8% 0.3% | 0.1% |
| | Zn | - | 0.3% 0.1% | - |
| | Ag | 11g/t | 11g/t 11g/t | 37g/t |
| | | | | |

*: geological resources (see chapter 3)



Glybovskij V. O. (1988)

1 - Marl; 2 - Limestone; 3 - Red Aleuro-Argillite; 4 - Grey Sandstone; 5 - Intra Formation Conglomerate; 6 - "Raimundo" Conglomerate and Gravelite; 7 - Assumed Commercial Grade Mineralization; 8 - Assumed Low Grade Mineralization.

Fig.2-2-6 Stratigraphic Column of Cupriferous Sediments In the Zhaman-Albat Area

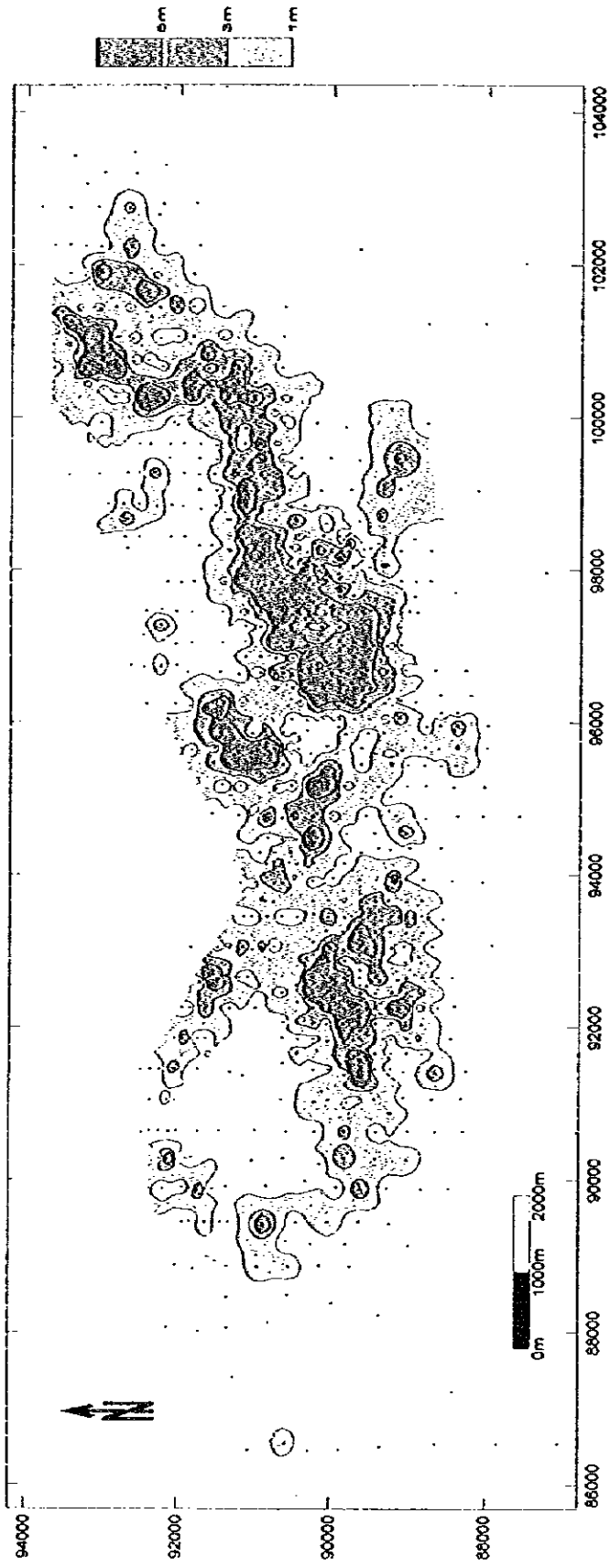


Fig.2-2-7 Thickness of the 4-1 Ore Horizon in the Zhaman-Aibat Area

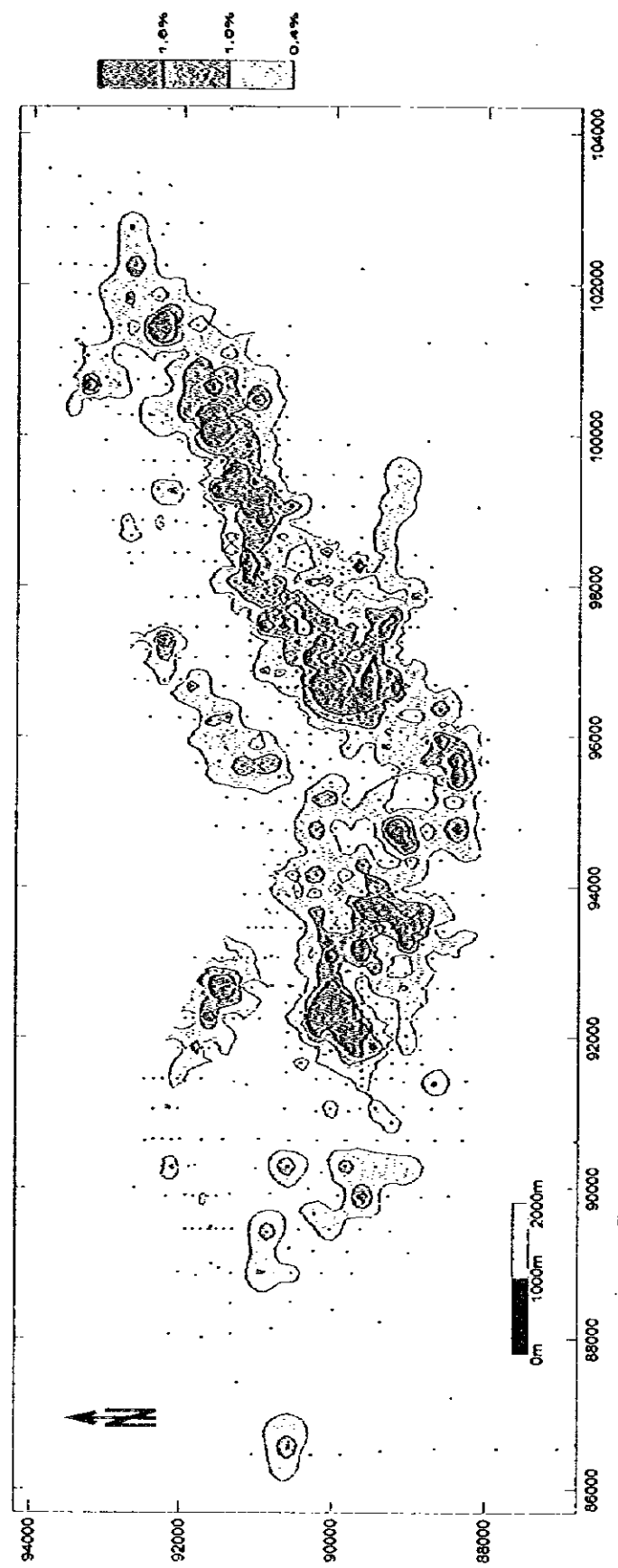


Fig.2-2-8 Cu Grade of the 4-1 Ore Horizon in the Zhaman-Aibat Area

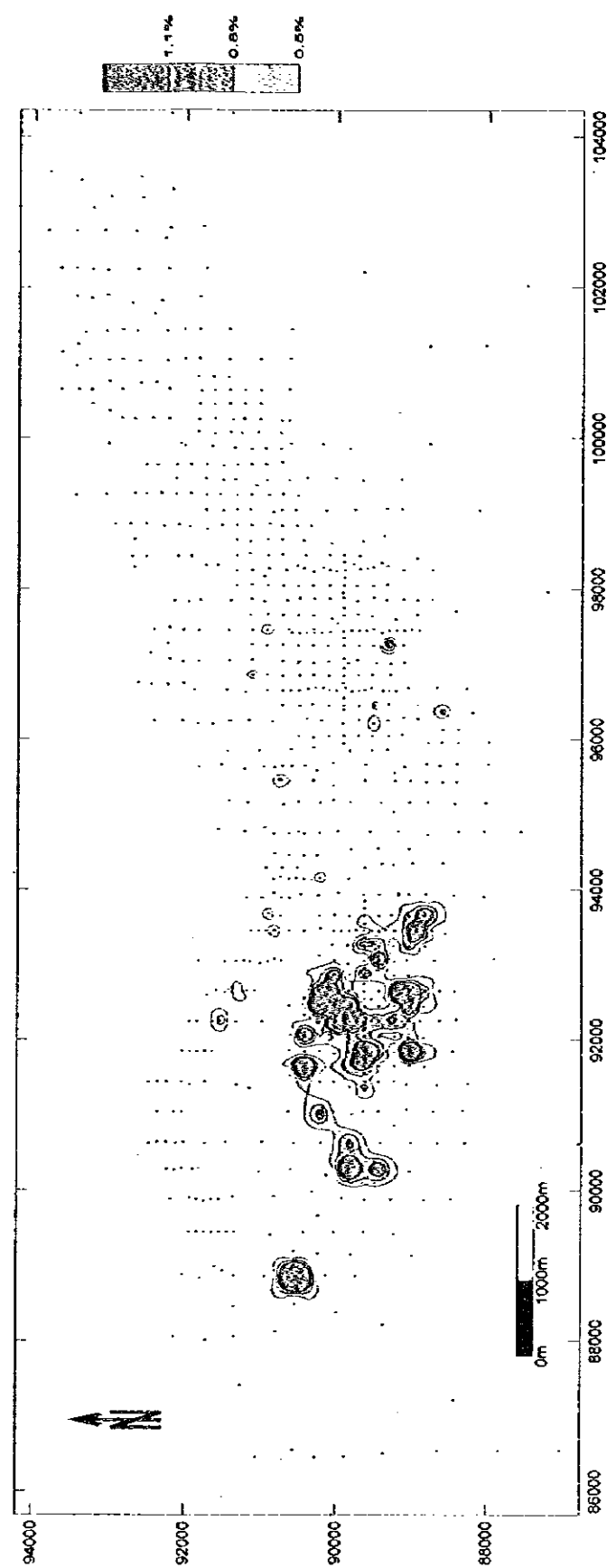


Fig.2-2-9 Pb Grade of the 4-1 Ore Horizon in the Zhaman-Aibat Area

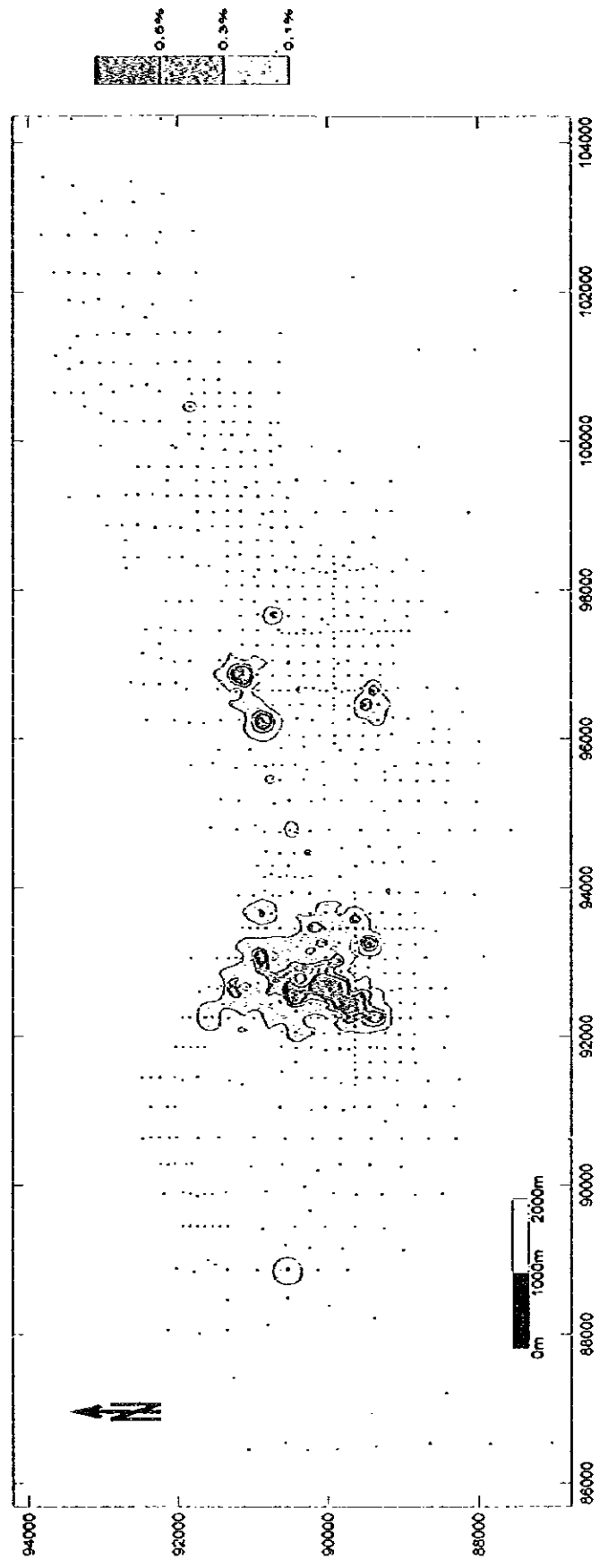


Fig.2-2-10 Zn Grade of the 4-l Ore Horizon in the Zhaman-Aibat Area

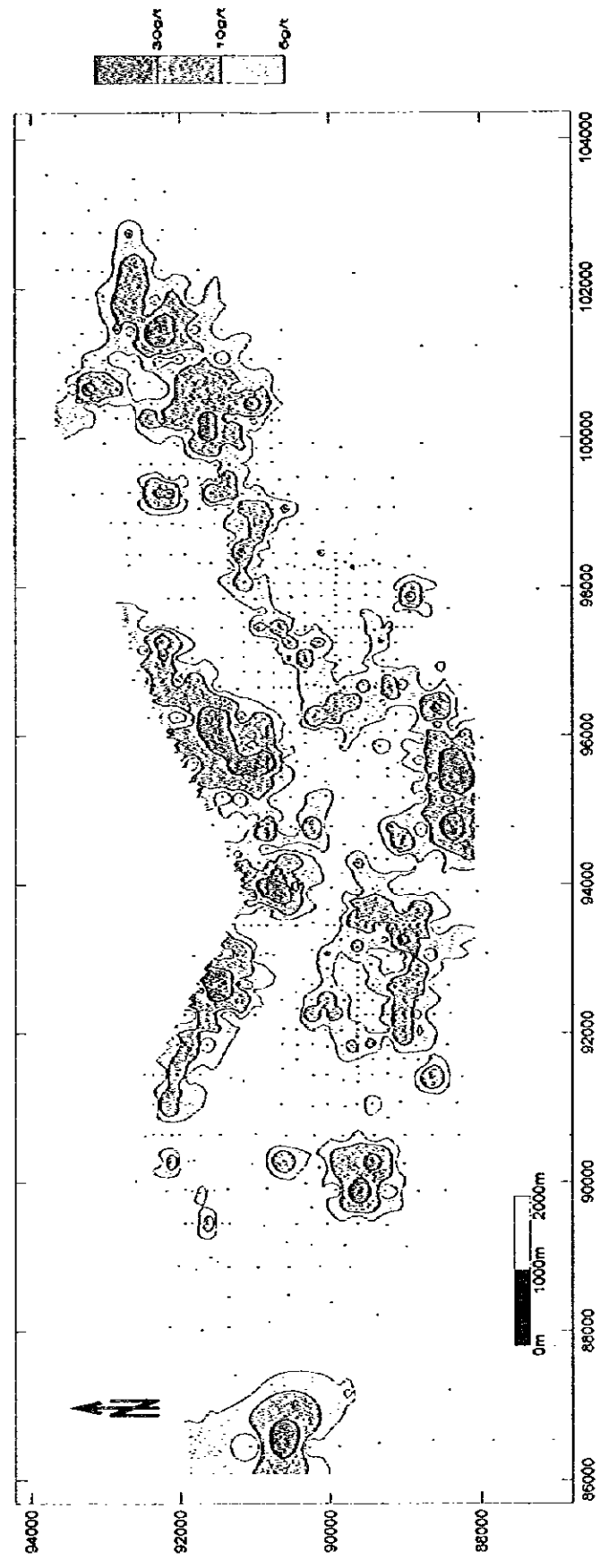


Fig.2-2-11 Ag Grade of the 4-l Ore Horizon in the Zhaman-Aibat Area

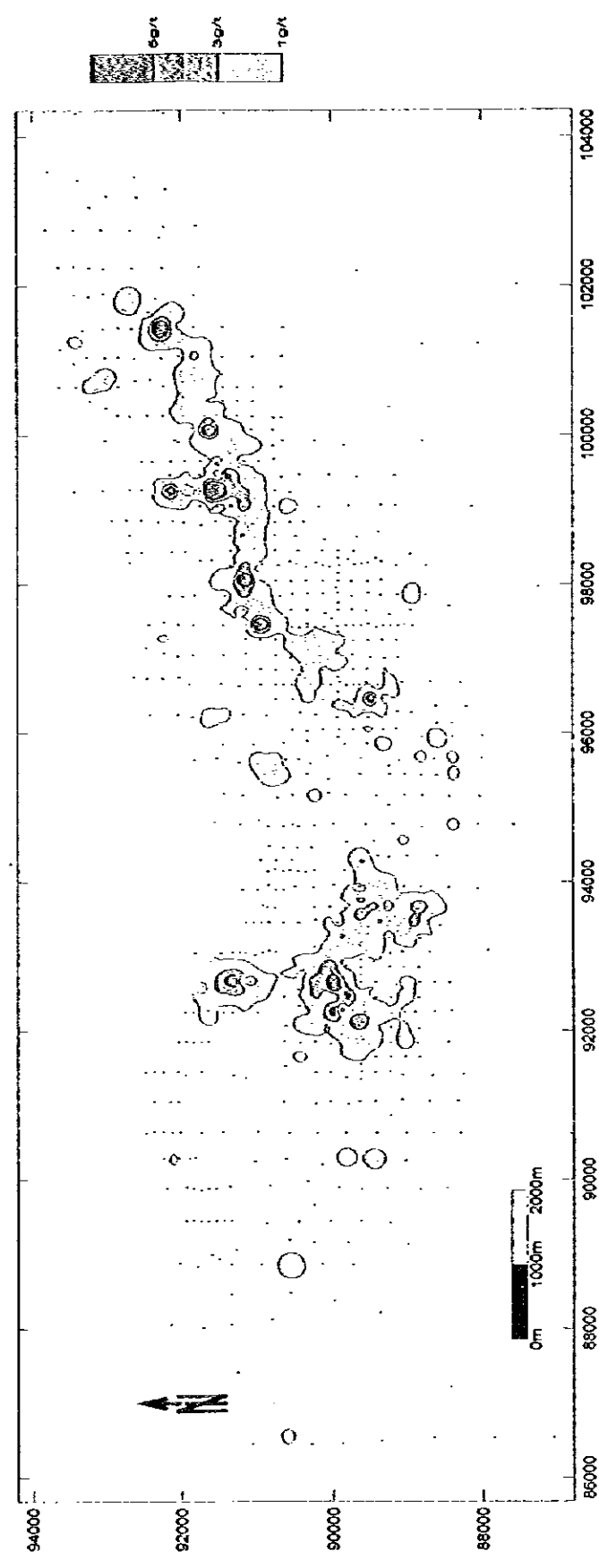


Fig.2-2-12 Re Grade of the 4-l Ore Horizon in the Zhaman-Aibat Area

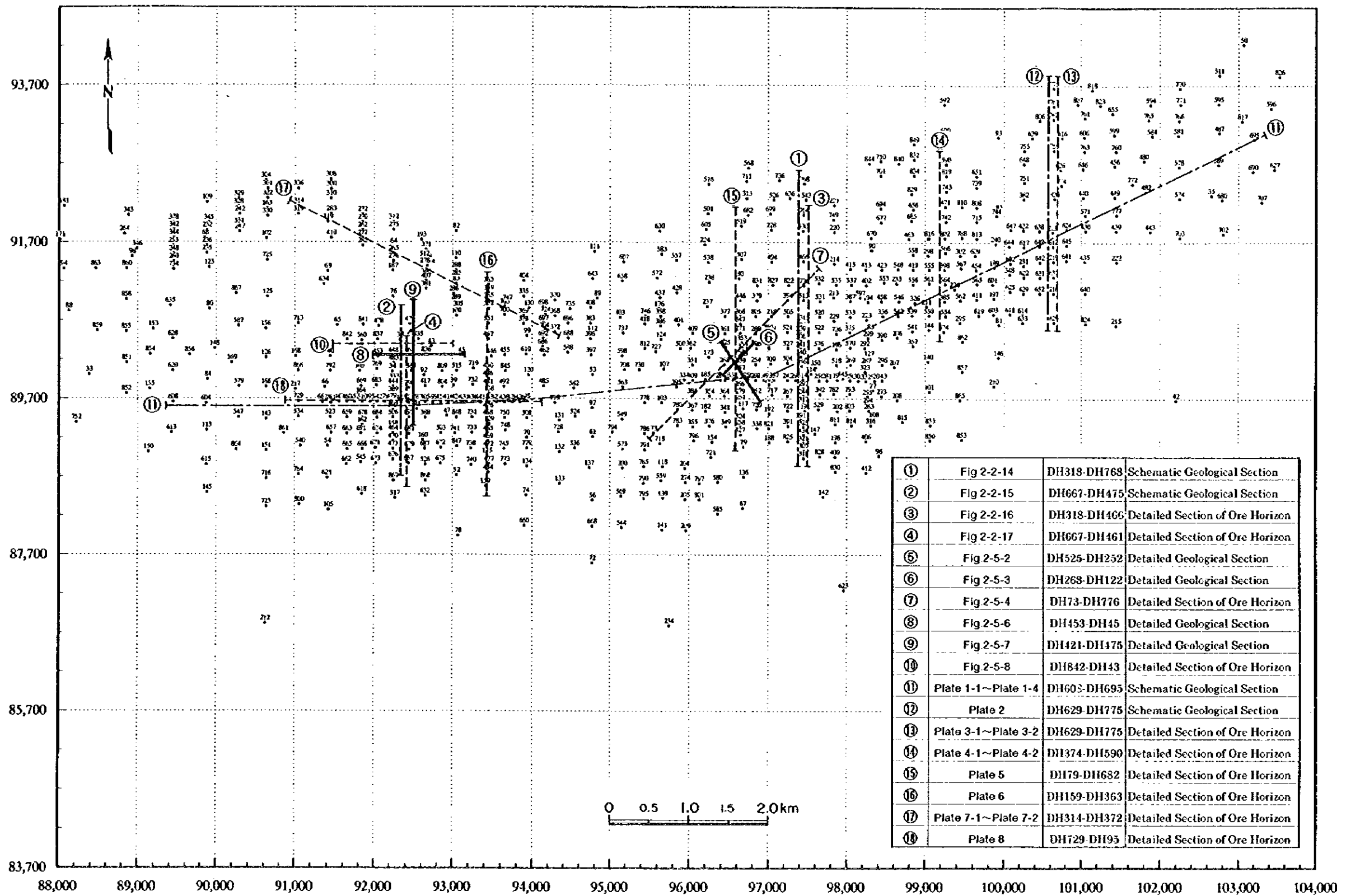
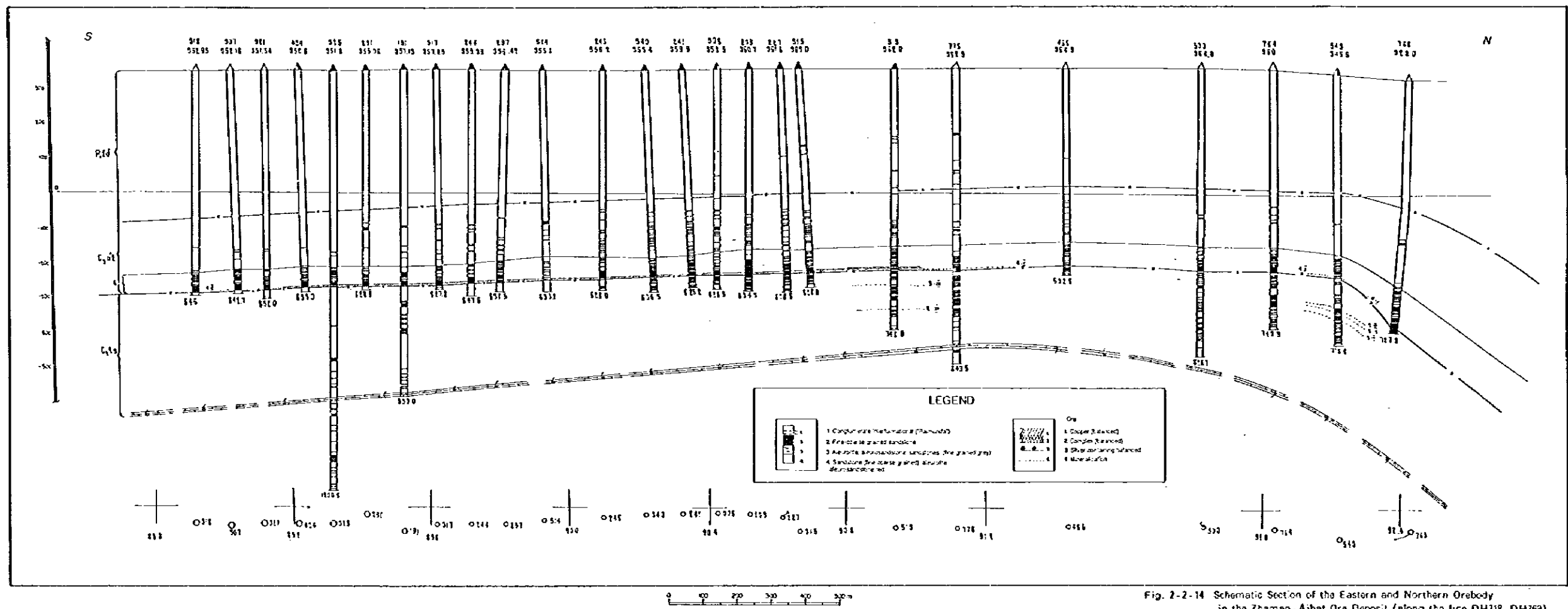
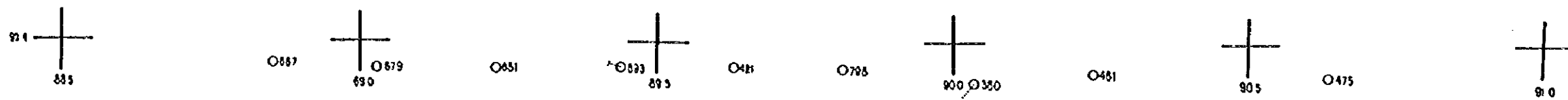
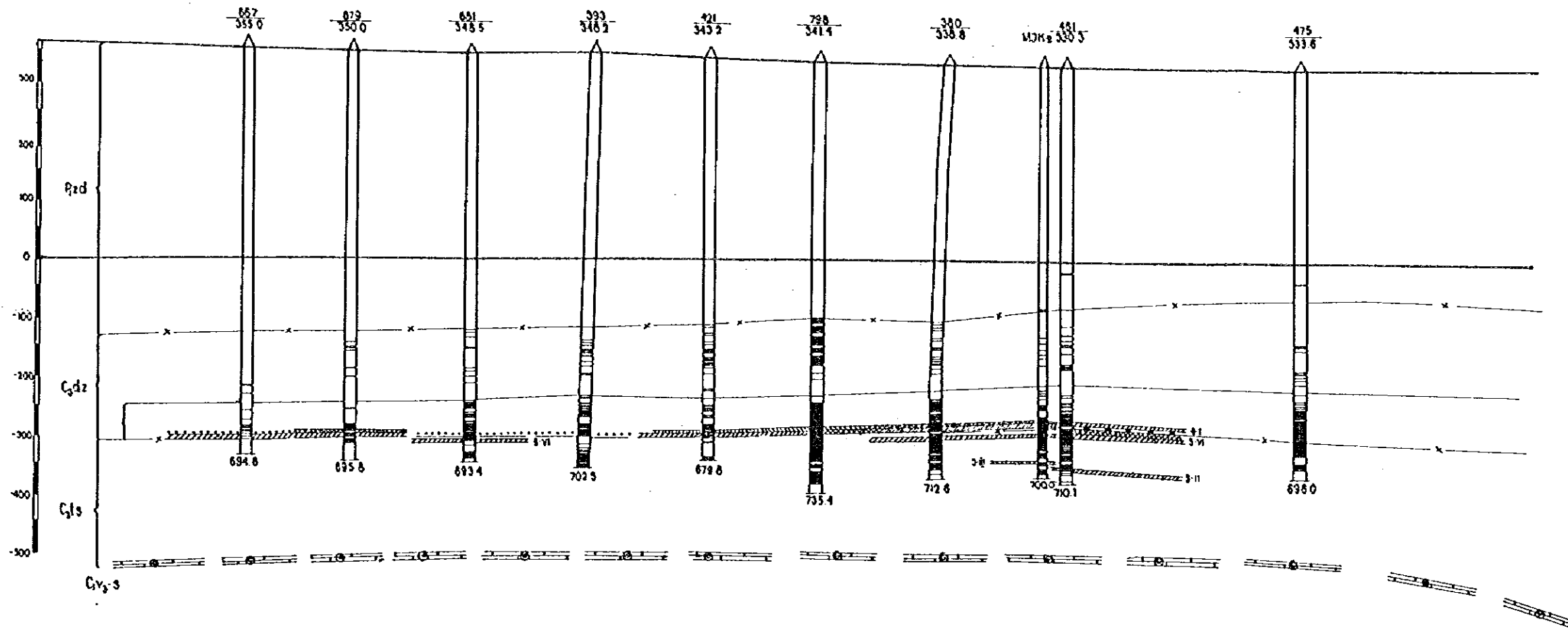


Fig. 2-2-13 Index Map of Geological Sections



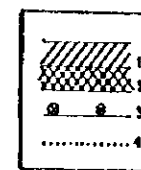
SCHEMATIC GEOLOGICAL CROSS-SECTION - 153



LEGEND



- 1. Conglomerate interformational ("Raïmundo")
- 2. Fine-coarse-grained sandstone
- 3. Aleurolite, aleurosandstone, sandstone (fine-grained grey)
- 4. Sandstone (fine-coarse-grained), aleurolite, aleurosandstone red

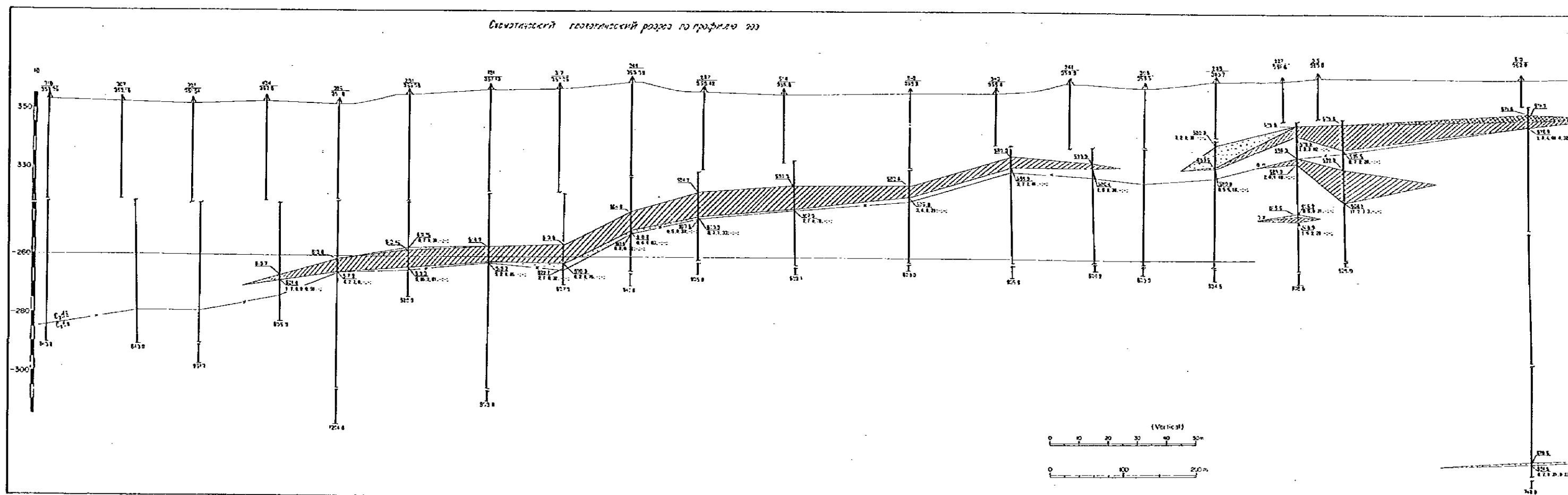


- Ore
- 1. Copper (balanced)
- 2. Complex (balanced)
- 3. Silver-containing balanced
- 4. Mineralization



Fig. 2-2-15 Schematic Section of the Central Orebody
in the Zhaman - Aibat Ore Deposit (along the line DH667 - DH475)

Геологический разрез по профилю 203



Специальный геологический разрез по профилю 233

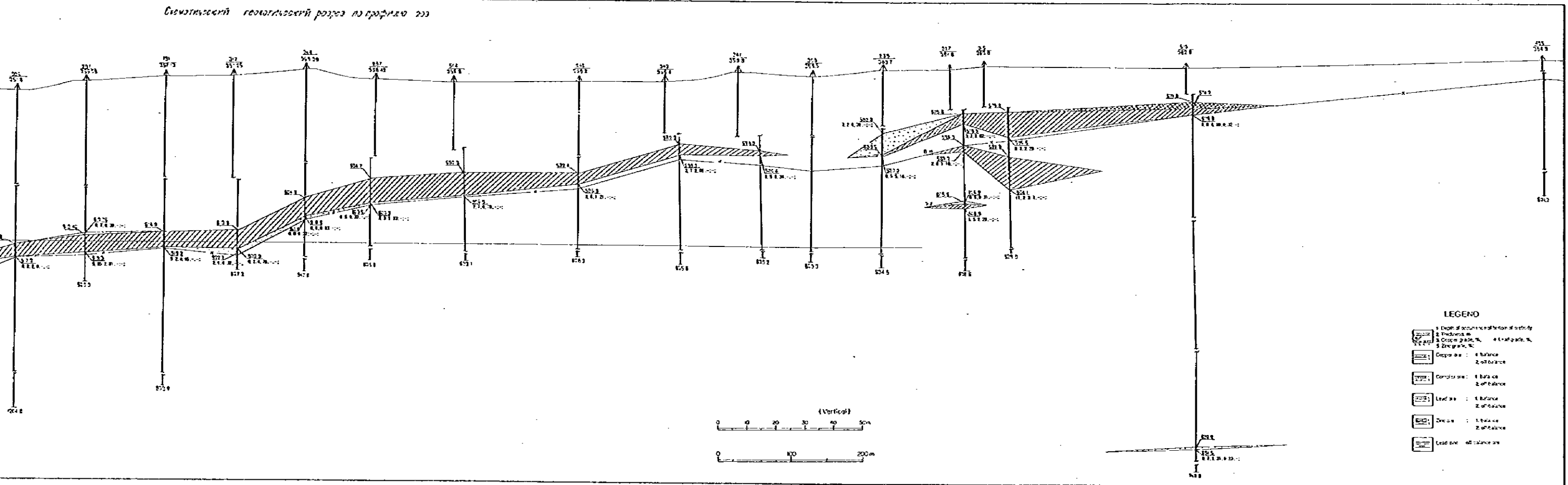


Fig. 2-2-16 Detailed Section of the Eastern and the Northern Orebody in the Zhamao-Aibat Ore Deposit (along the line DH318-DH764)

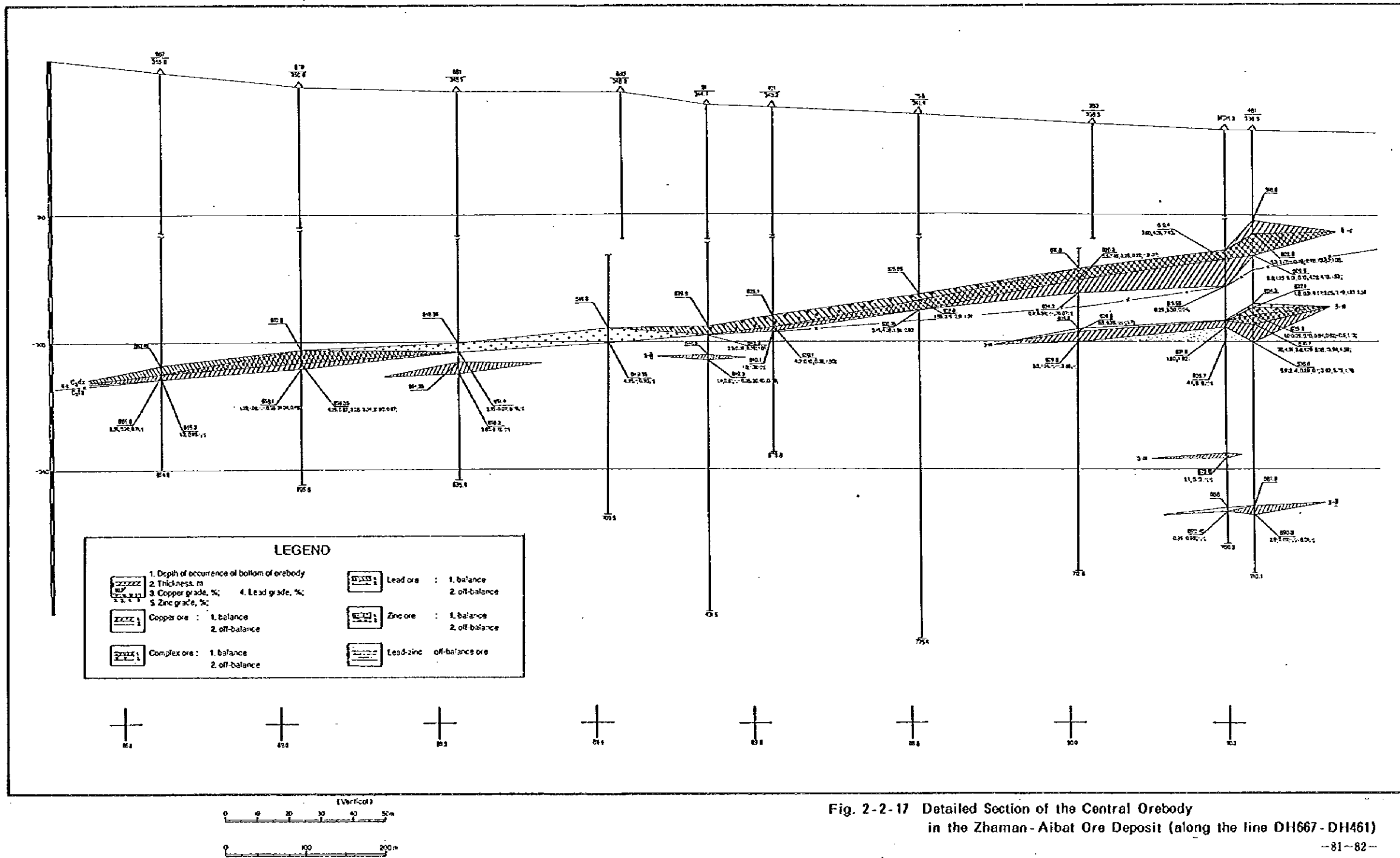


Fig. 2-2-17 Detailed Section of the Central Orebody
 in the Zhamaan-Aibat Ore Deposit (along the line DH667 - DH461)

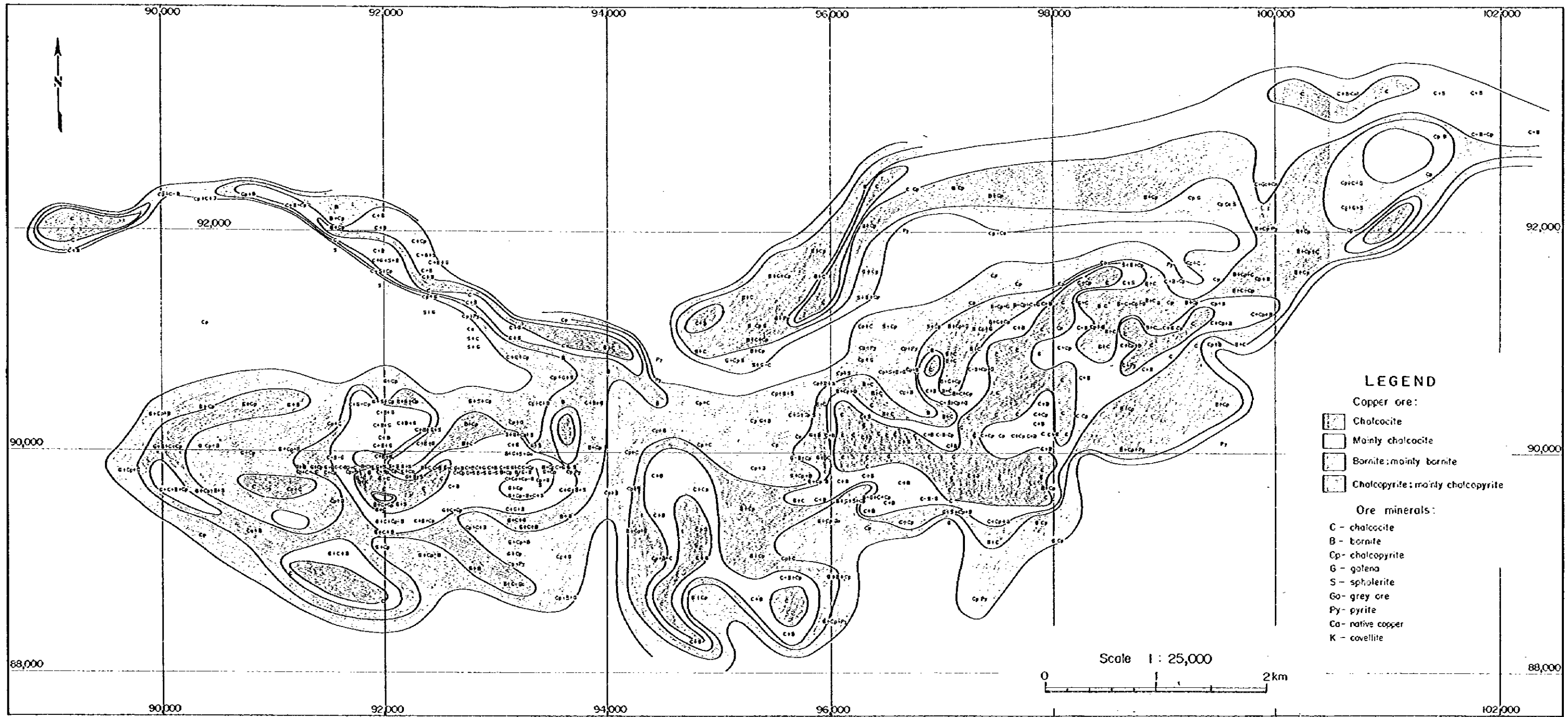


Fig. 2-2-18 Copper Mineral Assemblage of the Zhaman-Aibat Ore Deposit

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

Zhamaan-Aibat 鉱床の探査のため、これまでに1,006孔の試錐を実施し、総掘進長は638,587.4mである(1995年まで、Table 2-1-6 参照)。試錐パターンは旧ソ連の方式に準じて、概ね、200m×200mおよび400m×400mで実施されている。また、東部鉱体と中央鉱体の1部では、100m×200mで実施されている(Fig. 2-1-1)。コア回収率は試錐全体で90%以上、着鉱部で95%以上を示す。採取された試錐コアは、コア長30cm~100cm毎に半裁され、スプリットコアとして化学分析に供される。化学分析前には鉱石の比重測定が実施され、過去の測定結果によれば、平均比重2.60g/tonが得られている。

本報告書では、Cu, Pb, Zn, Ag, Re, Sの6元素を資源量計算の対象とした。各元素の分析機関と分析方法および検出限界は下記のとおりである。

| 元素 | 分析機関 | 分析方法 | 検出限界 |
|----|-----------------------|-------|------------|
| Cu | Zhezkazgangeologiya 社 | 原子吸光法 | 0.01% |
| Pb | Zhezkazgangeologiya 社 | 原子吸光法 | 0.01% |
| Zn | Zhezkazgangeologiya 社 | 原子吸光法 | 0.01% |
| Ag | Karagandageologiya 社 | 原子吸光法 | 0.1 g/ton |
| Re | Karagandageologiya 社 | 放射化分析 | 0.01 g/ton |
| S | Zhezkazgangeologiya 社 | 原子吸光法 | 0.01% |

ただし、Cu, Pb, ZnおよびAgは、スプリット試料毎に分析が行われているが、ReとSに関しては、連続する数個のスプリット試料から作成したコンポジット試料として分析が行われている。したがって、特定の深度を代表する分析値として、Cu, Pb, ZnおよびAgの精度と、ReとSの精度とは異なる。

第1年次調査ではZhezkazgangeologiya社の化学分析の信頼性を確かめるため、日本側調査団は、控え試料50試料につき独自にチェック分析を実施した。その結果、双方の分析値にかなりの乖離があることが明らかになった。このため第2年次調査では、Zhezkazgangeologiya社の試料調査方法および分析方法を調査し、この原因を検討した。その結果、(1)試料調整ではカウンターパートの破碎・粉碎設備が老朽化してはいるがコンタミネーションの問題はない、(2)原子吸光法による分析法を採用しており、分析設備が老朽化しているものこれも問題がない、(3)日本側は、ICP法により分析したが、カウンターパートと同じ原子吸光分析装置を持つ信頼性のあるラボラトリーで再度チェック分析を行う必要がある、との結論となった。そこで、35試料をカナダのラボラトリーで原子吸光法によりチェック分析した。その結果をFig. 2-3-1とFig. 2-3-2およびAppendix 7に示す。銅の分析値は両者の間で極めて良い相関を示し、相関係数0.993である。またAgについては、両者の間でバラツキがあるものの相関係数は0.916で、現時点における地質学的資源量評価の段階では特に問題とはならない。

以上の分析データを基に、Zhamaan-Aibat 鉱床の試錐情報に関するデジタルデータベースの構築が1995年度から開始された。コンピュータへの入力作業とそのチェックは、日本側調査団とカザフ側カウンターパートと共同で実施された。入力作業と最終的なチェックは1996年度に終了した。入力パラメ

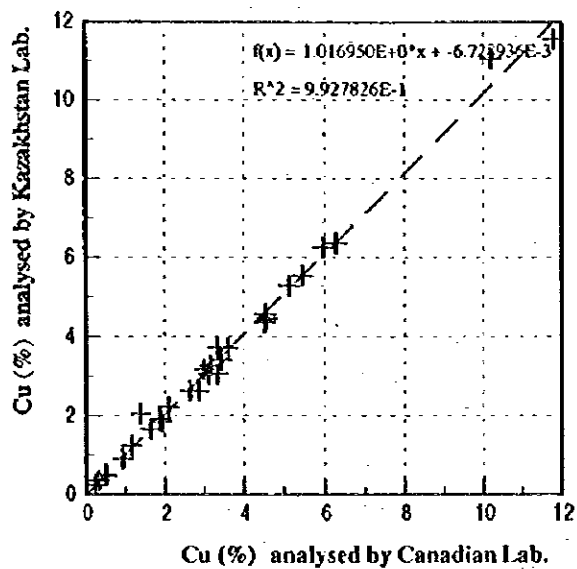


Fig. 2-3-1 Scatter Plot of Cu Check Analysis of Ore Samples from Zhaman-Aibat Are (Canadian Lab vs Kazakhstan Lab)

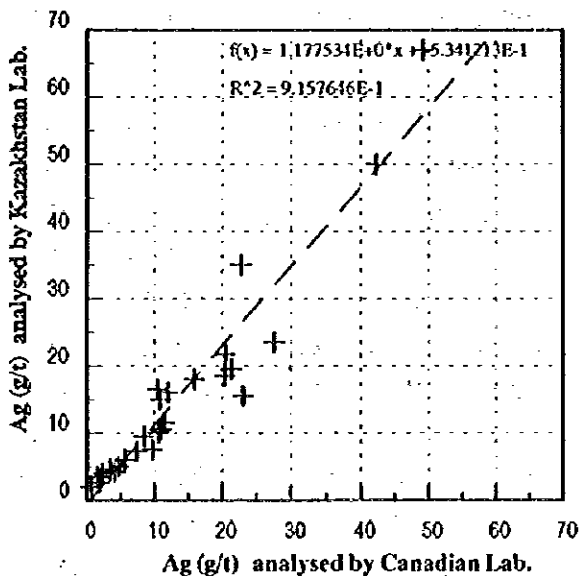


Fig. 2-3-2 Scatter Plot of Ag Check Analysis of Ore Samples from Zhaman-Aibat Are (Canadian Lab vs Kazakhstan Lab)

データは、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。データベースのパラメーターの詳細を Table 2-3-1 に示す。

以下に述べる基礎統計と地質学的資源量および可採鉱量の計算は、いずれもこのデータベースを使用して実施された。

Table 2-3-1 Data Base Used for the Estimation of Geological Resources in the Zhaman-Aibat Ore Deposit

| | | |
|-------------|----------------|---|
| Drill holes | Total number | : 800 |
| | Location | Range of E-W coordination : 85,000 - 105,000 Range of N-S coordination : 86,700 - 94,700 |
| | Data base item | : Drill hole No., E-W coordination, N-S coordination, Elevation Drill length, Inclination, Azimuth |
| Samples | Total number | : 7,897 |
| | Data base item | Location : Depth (from,to), Sample length Assay elements : Cu, Pb, Zn, Ag, Re, S others : Ore horizon |

3 - 2 基礎統計量

全分析試料 (7897 試料) に関する元素毎の基礎統計量を Table 2-3-2 に、その確率分布を Fig. 2-3-3 に示す。Cu の確率分布によれば、分析値 0.2% 付近に大きな Break が認められる。Cu の確率分布は、0.2% 付近より高品位側で概ね正規分布を示し、これより低品位側で不規則な分布を示す。同様な現象は Pb, Zn, Ag, Re にも認められる。観察された Break は、検出限界値から Break 点までの区間では分析値の信頼性が低いことを示しているものと考えられる。

元素間の相関行列を Table 2-3-2 に、相関散布図を Fig. 2-3-3 に示す。相関関係が明瞭に認められるのは、Cu-Ag 間のみである (相関係数 0.6)。

Table 2-3-2 Basic Statistics of the Ore Samples from the Zhaman-Aibat Ore Deposit

| Statistics | Cu (%) | Pb (%) | Zn (%) | Ag (g/t) | Re (g/t) | S (%) |
|------------|--------|--------|--------|----------|----------|-------|
| Maximum | 25.50 | 16.24 | 4.82 | 868.0 | 27.56 | 46.40 |
| Minimum | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.1 | <0.01 | <0.01 |
| Median | 0.26 | 0.01 | 0.01 | 1.7 | 0.18 | 0.27 |
| Average | 0.17 | 0.02 | 0.01 | 0.8 | 0.12 | 0.12 |
| Average+1σ | 1.40 | 0.14 | 0.05 | 15.6 | 1.27 | 1.24 |
| Average-σ | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.01 | 0.01 |

Table 2-3-3 Correlation Matrix, Zhaman-Aibat Ore Deposit

| | Cu | Pb | Zn | Ag | Re | |
|-----------|----------------|----------------|---------------|----------------|--------------|---|
| Cu | - | 1732 2.58 | 708 2.58 | 4867 2.58 | 4747 2.58 | ↔ number of samples ↔ t-value, t(1,0.005) |
| Pb | 0.094 3.92 | - | 941 2.58 | 1989 2.58 | 1965 2.58 | |
| Zn | 0.032 0.85 | 0.147 4.56 | - | 1010 2.58 | 917 2.58 | |
| Ag | 0.616 51.50 | 0.118 5.28 | 0.063 2.00 | - | 4645 2.58 | |
| Re | 0.334 24.40 | 0.299 13.88 | 0.100 3.01 | 0.300 21.43 | | ↔ coefficient of correlation ↔ t-value, calculated |

Table 2-3-4 Ore Classification and Cut Off Grade for the Geological Resources Estimation of the Zhaman-Aibat Ore Deposit

| | Cu (%) | Pb+Zn (%) | Thickness (m) |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------|
| Cu Ore | 0.40% ≤ Cu | Pb+Zn < 0.80% | 3m ≤ Thickness |
| Complex Ore | 0.30% ≤ Cu | 0.80% ≤ Pb+Zn | 3m ≤ Thickness |
| Pb-Zn Ore | Cu < 0.30% | 1.10% ≤ Pb+Zn | 3m ≤ Thickness |
| Cu Ore | 1.20% m ≤ Cu × Thickness | (Pb+Zn) × Thickness < 2.40% m | Thickness < 3m |
| Complex Ore | 0.90% m ≤ Cu × Thickness | 2.40% m ≤ (Pb+Zn) × Thickness | Thickness < 3m |
| Pb-Zn Ore | Cu × Thickness < 0.90% m | 3.30% m ≤ (Pb+Zn) × Thickness | Thickness < 3m |

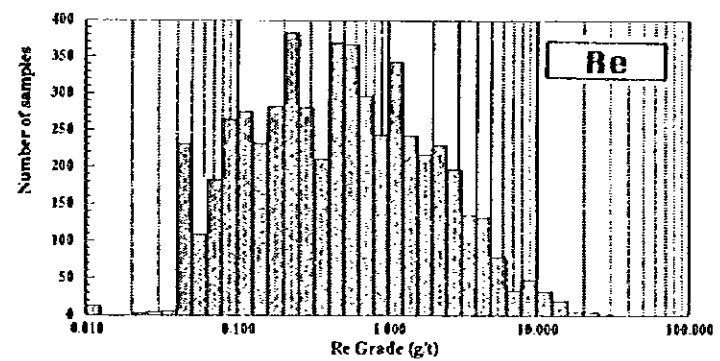
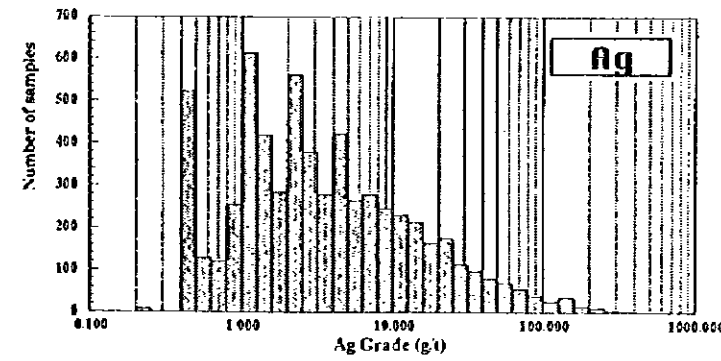
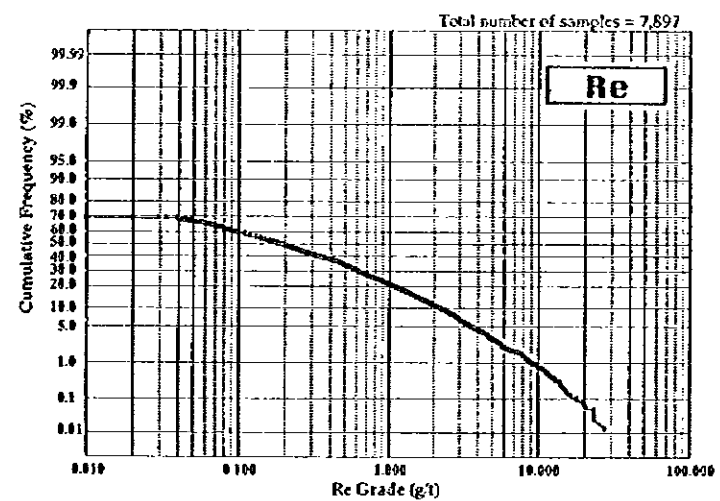
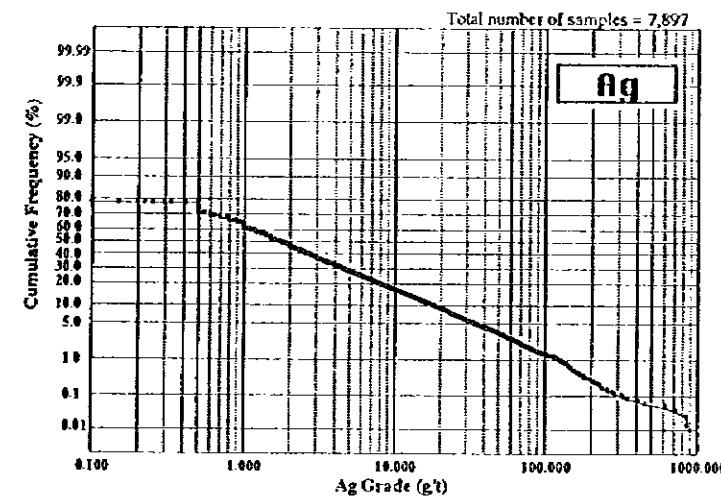
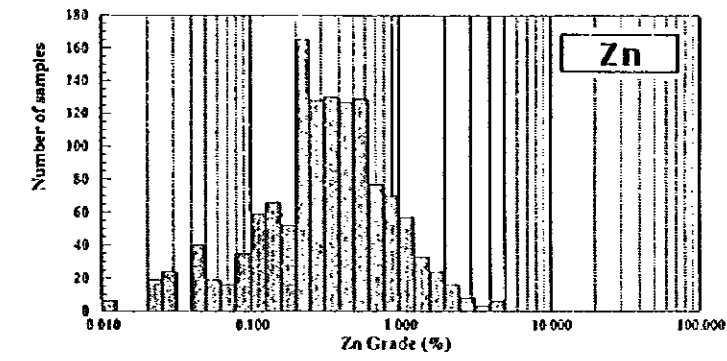
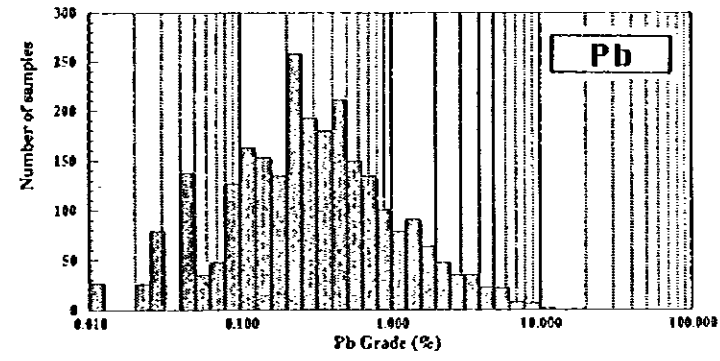
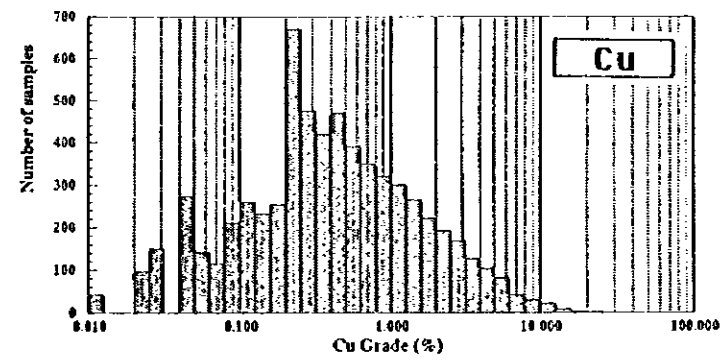
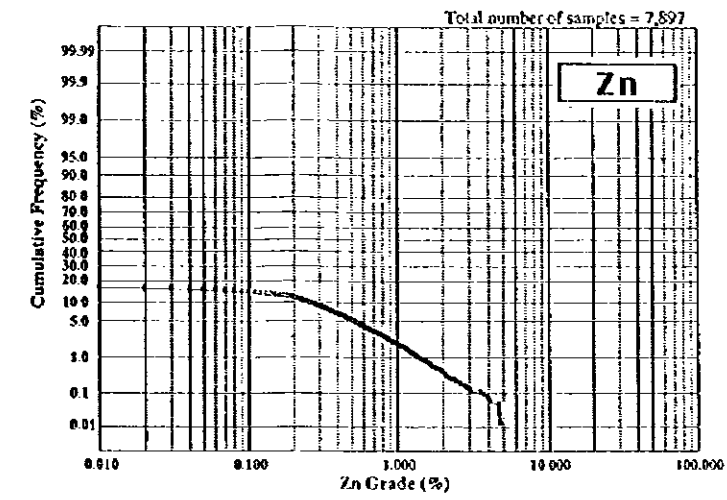
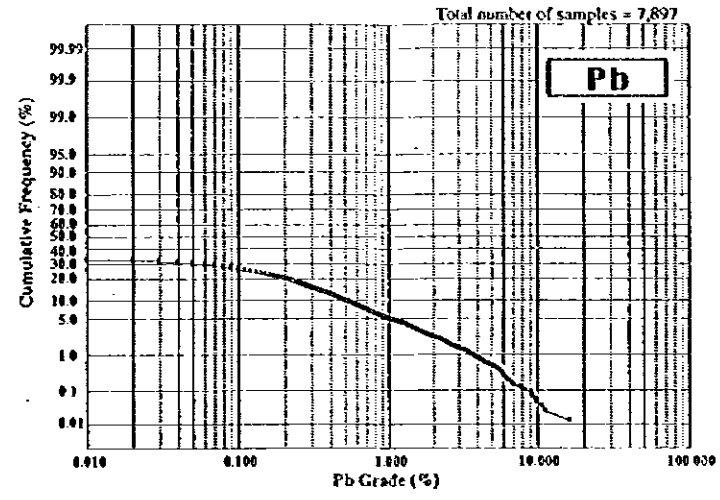
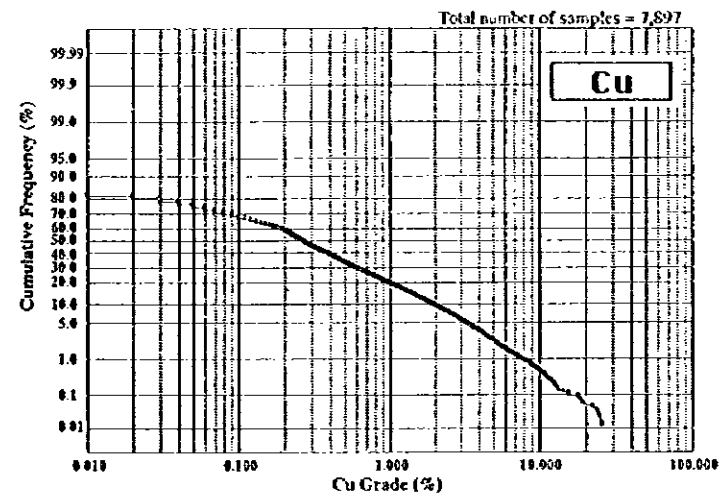


Fig.2-3-3 Probability Plots of Cu, Pb, Zn, Ag and Re Assays
(Total Number of Samples = 7,897)

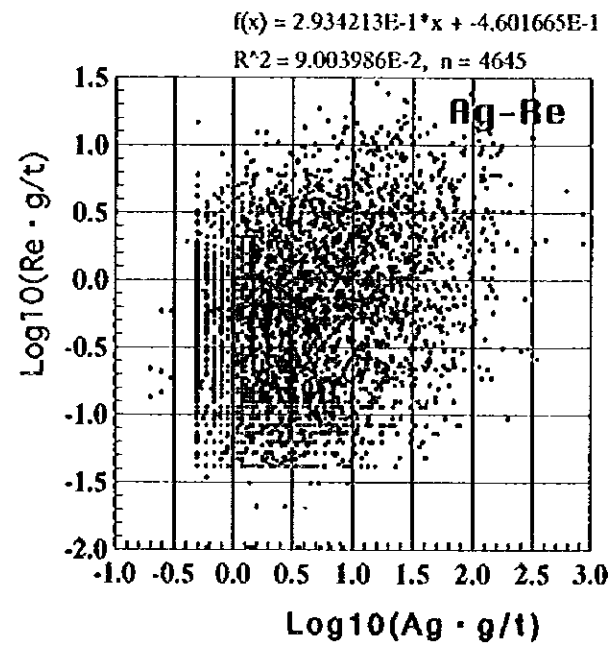
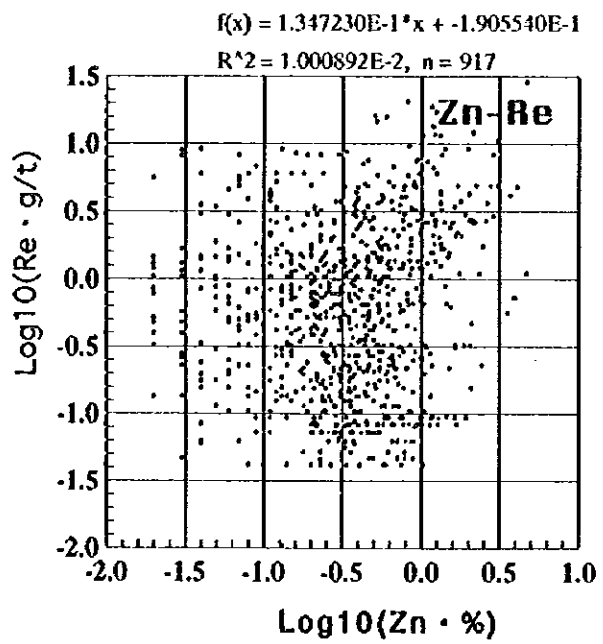
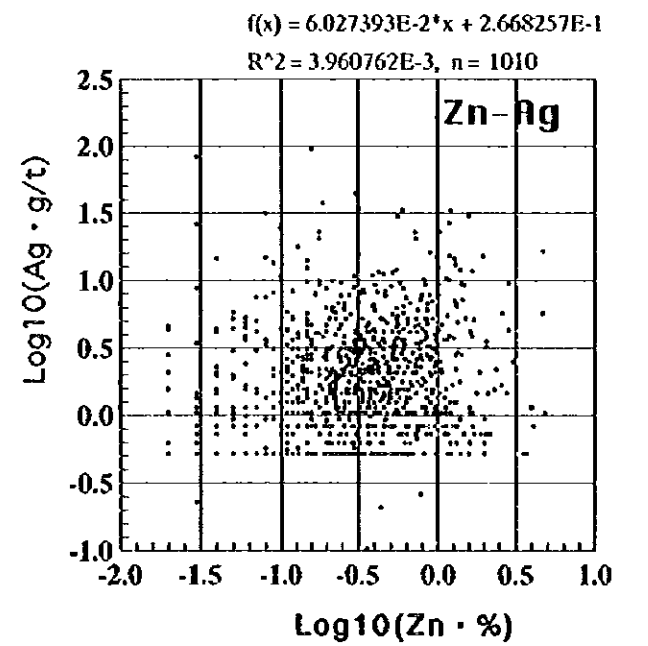
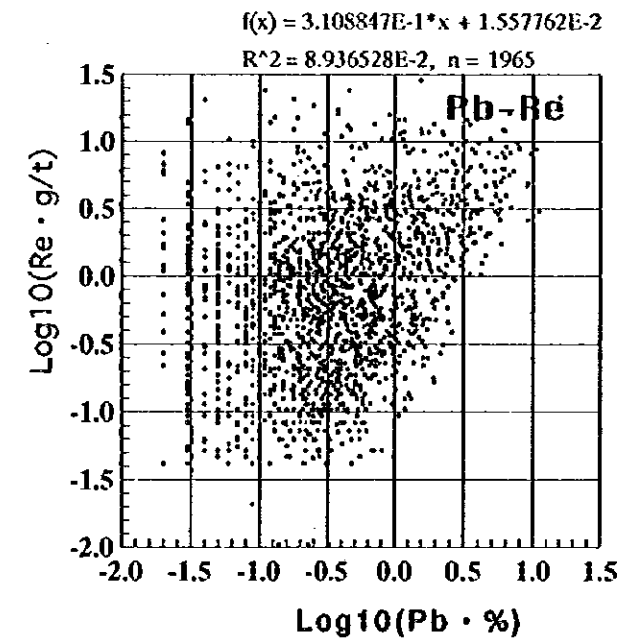
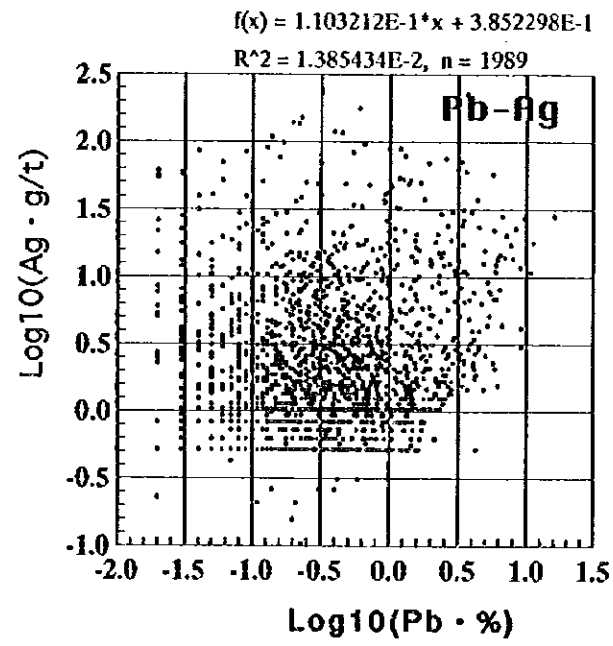
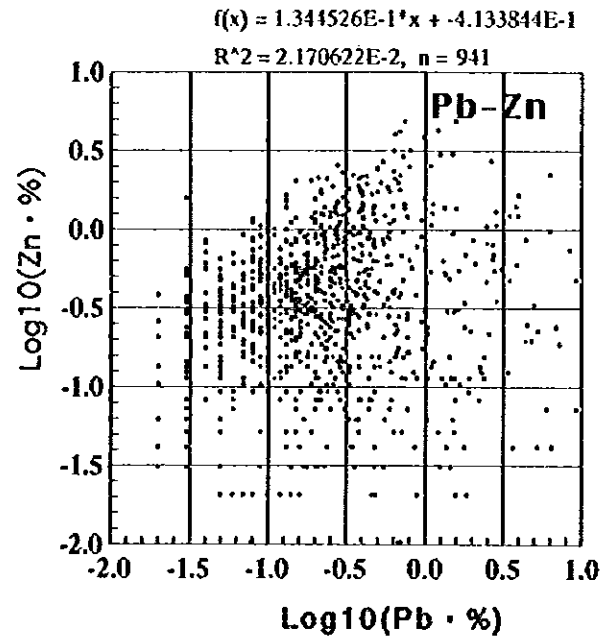
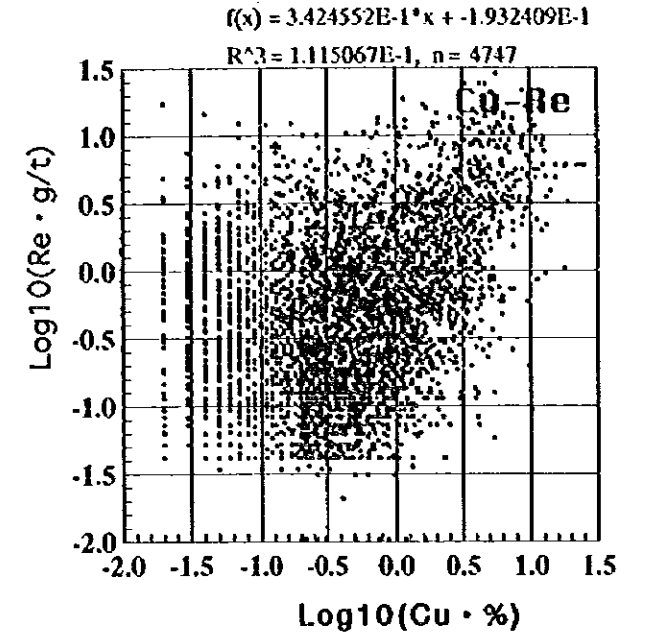
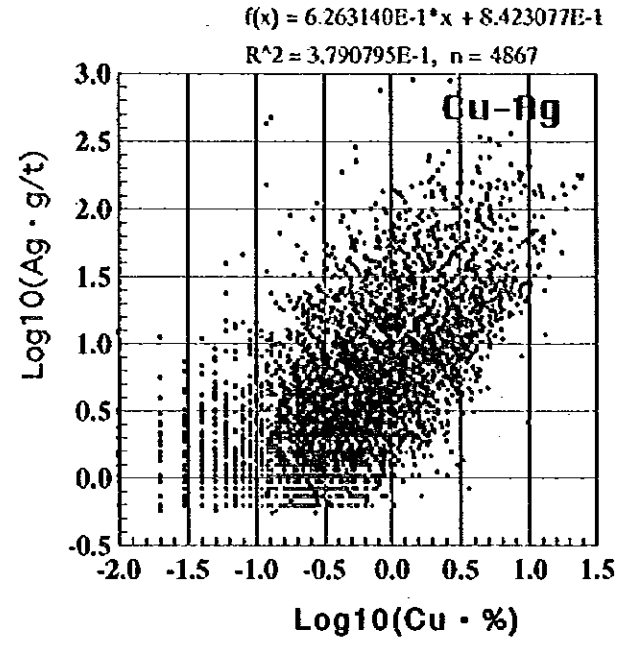
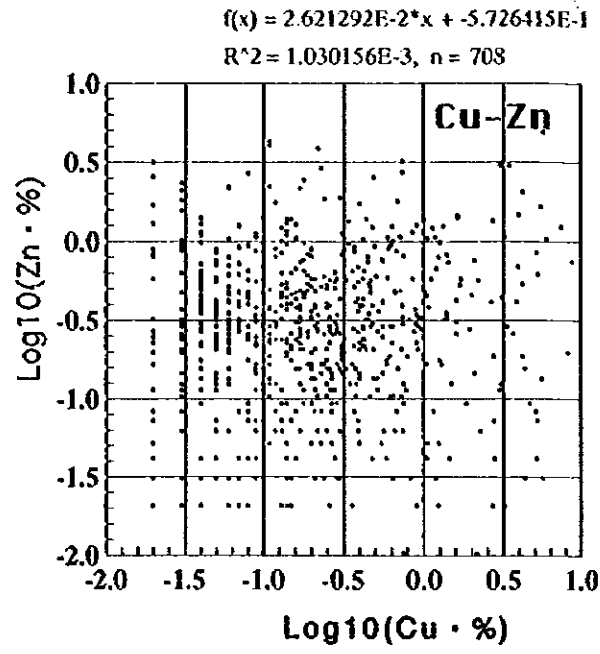
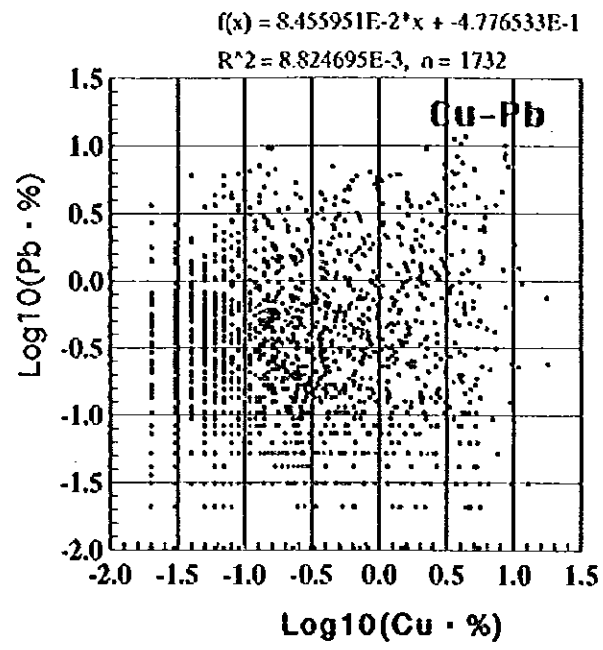


Fig.2-3-4 Correlation Diagrams between Element's Pair

3-3 地質学的資源量の計算方法

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。

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 2.60 t/m^3 を乗じ、鉱量を得る方法である。計算手順を以下に示す。

(1) データベース中から 4-I 層準に属する試料の分析結果のみを抽出する。

(2) 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種に分類する。カットオフ品位は、Zhezkazgangeologiya 社の鉱量計算のカットオフ品位 (Table 2-2-2) 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 $\text{Pb}+\text{Zn}=1.1\%$ とする (Table 2-3-4)。

(3) 各試錐孔の鉱層を、銅鉱、複雑鉱、鉛-亜鉛鉱、母岩 (ズリ) のいずれかに分類し、鉱厚と加重平均品位を計算する。ただし、中山の累計が 4m 未満の場合は、中山も含めて上下の鉱層を一括して1枚の鉱層とみなす。中山の累計が 4m 以上の場合は、独立した2枚の鉱層とみなす。

(4) 鉱層が 3m 以下の場合は線金属量 (鉱層厚さ(m)×品位(%))を計算し、Table 2-3-4 の基準に基づき、鉱石とするか母岩 (ズリ) とするかを決定する。

(5) 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 2.60 t/m^3 を乗じ、鉱量を得る。さらに、鉱量に品位を乗じ金属量を得る。

(5) 各ポリゴンで計算された鉱量は、その精度を考察する目的で、便宜上、次の3つのカテゴリーに区分する。

- a) Category I : 試錐間隔が $200\text{m} \times 200\text{m}$ より小さく、鉱床の伸長方向への連続性が確認されている鉱体の鉱量
- b) Category II : 試錐間隔が $200\text{m} \times 200\text{m}$ より大きく、鉱床の伸長方向への連続性が確認されている鉱体の鉱量
- b) Category III : 試錐間隔が $200\text{m} \times 200\text{m}$ より大きく、連続性に乏しい鉱体の鉱量

本報告書では、採鉱操業を考慮し、Category I と Category II の合計を地質学的資源量と定義する (Fig.2-3-5)。川ソ連の鉱量のカテゴリー分類では、Category I と Category II はそれぞれ Category A および Category B に相当する。

3-4 地質学的資源量の計算結果

地質学的資源量の計算結果の詳細を Table 2-3-5 に、その概要を Table 2-3-6 および Fig 2-3-6 に示す。

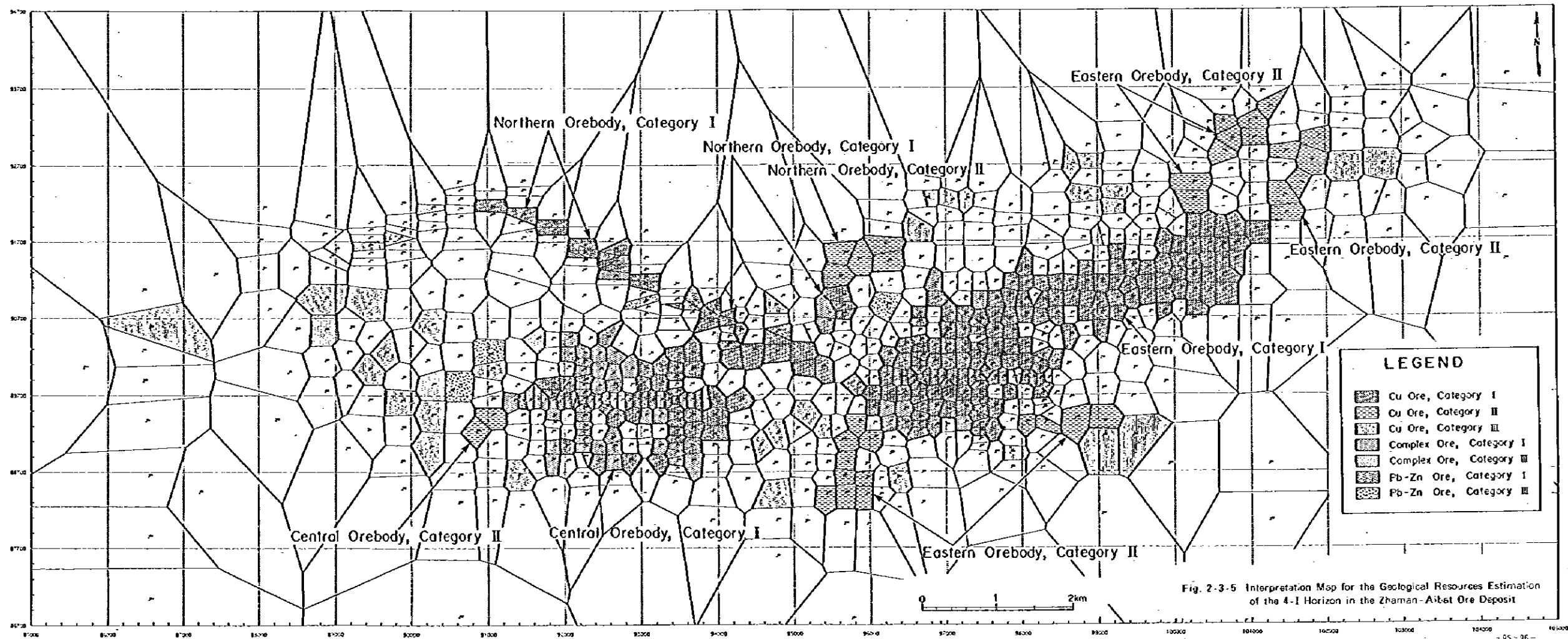
Zhaman-Aibat 鉱床全体の鉱量は、193 million tons (Cu:1.4%, Pb:0.27%, Ag:16g/t, 鉱厚:5.4m) である。鉱体別では、東部鉱体で 116 million tons (主に銅鉱:Cu:1.3%, Ag:11g/t, 鉱厚:5.5m), 中央鉱体で 38 million tons (銅鉱:Cu:1.9%, Ag:11g/t, 鉱厚:3.9m, 複雑鉱:Cu:1.5%, Pb:1.8%, Zn:0.3%, Ag:11g/t, 鉱厚:5.6m), 北部鉱体で 39 million tons (主に銅鉱:Cu:1.3%, Ag:37g/t, 鉱厚:6.6m) を示す。

鉱床全体の鉱量の 87.4% が銅鉱からなり、10.9% が複雑鉱、1.7% が鉛-亜鉛鉱からなる。Cu の鉱化は鉱床全体に及ぶが、Pb-Zn の鉱化は中央鉱体に偏在し、複雑鉱全鉱量の 85%、鉛-亜鉛鉱の 65% は中央鉱体に分布する。ただし、Zn の品位は一般に低く、複雑鉱で 0.2~0.3%、鉛-亜鉛鉱で 0.3~1.8% 程度と、Cu や Pb に比べて鉱床全体での重要性は低い。

第 3 章 3 節 (4) において、「鉱層が 3m 以下の場合、線金属量 (鉱層厚さ(m)×品位(%)) が基準値より大きいときには鉱石とする」としたが、この条件を廃し、3m 以下の鉱層をすべて計算対象外として、再計算を実施した (Table 2-3-7)。その結果、鉱床全体の鉱量は 175 million tons で、3m 以下の鉱層を含めた鉱量に比べ、約 9% 減少した。鉱石の平均品位はほとんど変化しない。

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。

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 2.60 t/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一つと考えられる。



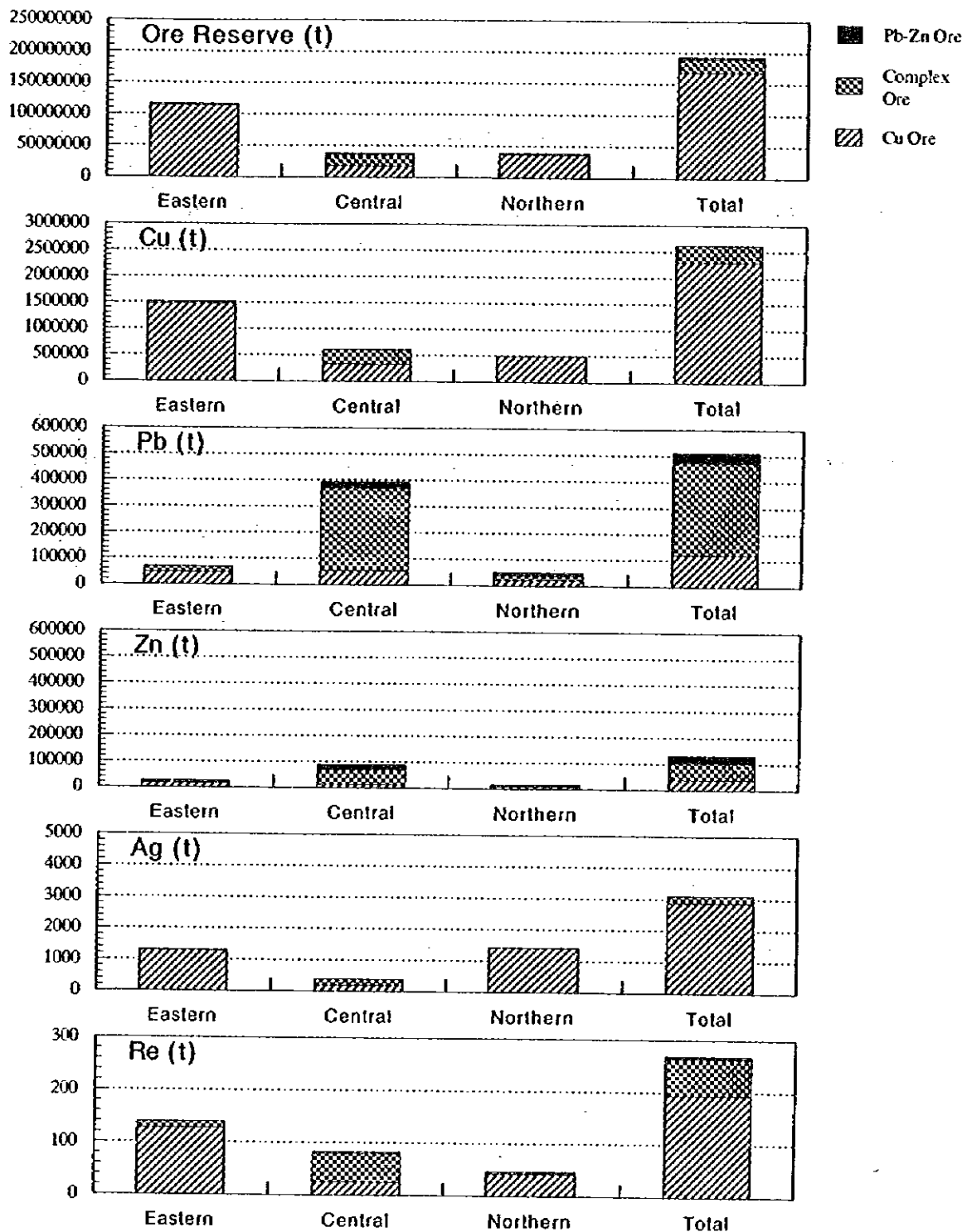


Fig.2-3-6 Geological Resources of the 4-I Horizon of the Zhaman-Aibat Ore Deposit (Category I + Category II)

第4章 衛星画像解析

4-1 衛星画像データ

使用した画像データは、Fig 2-4-1に示すLANDSAT TM 2シーンである。写真地質判読に用いた画像データは、縮尺1:100,000のフォールスカラー画像であり、使用したバンドは1(青)、4(緑)、5(赤)の組み合わせおよびバンド4(青)、5(緑)、7(赤)の組み合わせである。変質帯の抽出を目的として衛星画像デジタルデータ処理に用いたバンドは1、2、3、4、5、7の6バンドである。

4-2 衛星画像解析方法

4-2-1 衛星写真地質解析

衛星写真からの地質判読 (geologic interpretation) には写真地質学的な観察と判読、および解釈のプロセスが必要である。本調査で使用した衛星画像では立体視は出来ないため、垂直誇張情報による地形判読を除き、地形、水系、地質、地質構造、変質などの観察と判読が可能である。

具体的には以下の項目の判読が実施された。

- (1) 写真地質学的特徴
 - ・色調区分
 - ・肌合 (極細粒, 細粒, 中粒, 粗粒)
- (2) 地形情報の解析
 - ・地形パターン
 - ・組織地形 (層理の発達など)
- (3) 地質構造解析
 - ・層理および褶曲 (傾斜, 方向)
 - ・断層およびリニアメント (交点での新旧関係, センス等)
 - ・環形 (環状) 構造, 盆状構造, その他。
- (4) 地質解析
 - ・表面テクスチャ分類 (地質岩相)
 - ・表面分布範囲 (岩相分布)
 - ・地質単元
 - ・変質帯

これらの判読に当たっては、写真地質学的手法として以下の情報を手がかりに衛星画像の処理が進められた。なお、植生の影響は当調査地域の衛星画像では写真地質学的観察に関する限り小さかった。

写真の観察に当たって得られる情報の識別要素として、写真の色相、明度階調、陰影、テクスチャ (肌理)、パターン (模様)、形態、およびサイズがあり、実際の観察では、これらの要素単独また

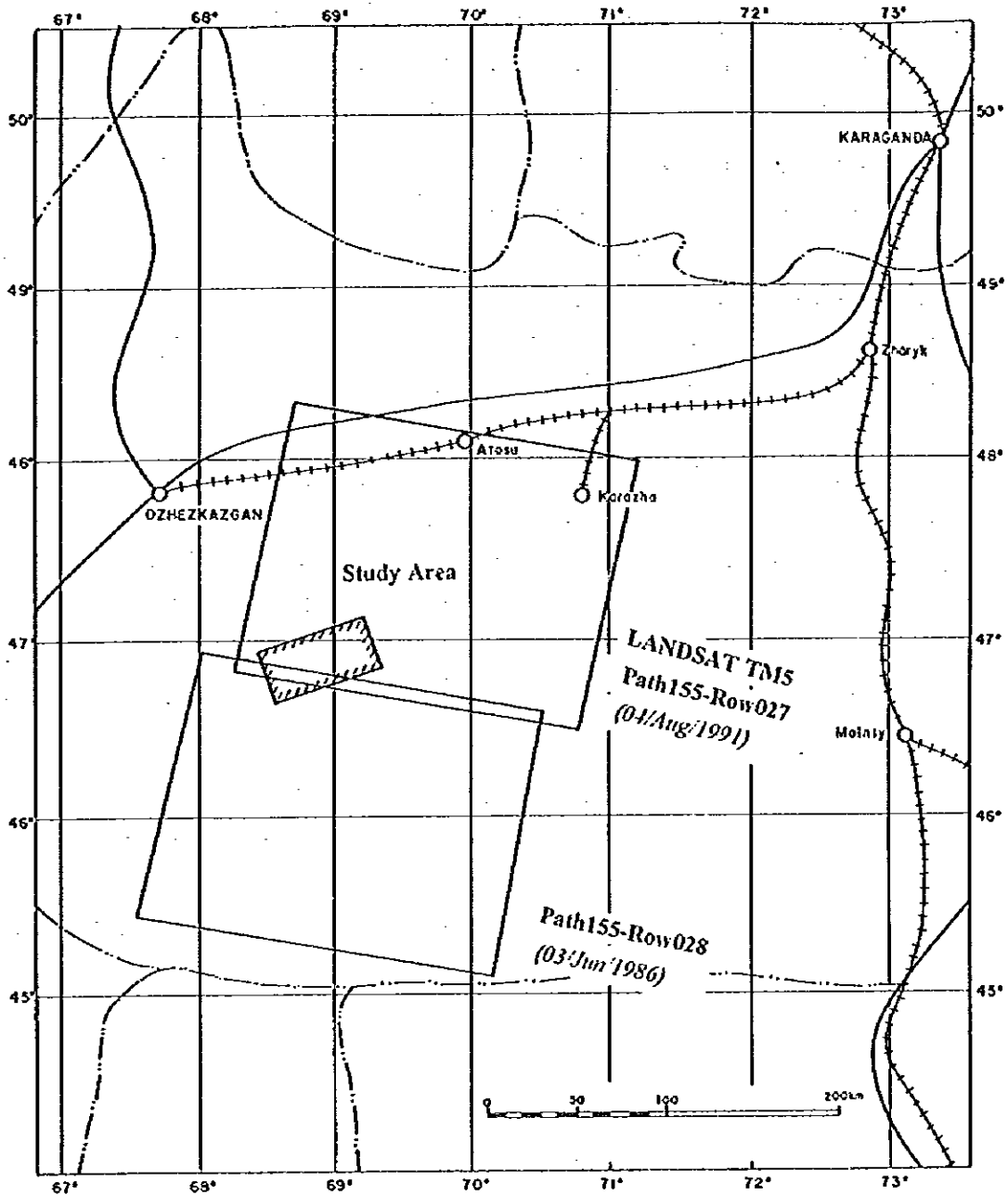


Fig.2-4-1 Location Map of Satellite Image Analysis In the Zhaman-Albat Area

はそれらの組み合わせでなされる。

色相は、同一の対象を抽出するに当たって、明度階調と並んで非常に重要な観察要素であり、判読に当たっては、色相、明度、彩度の組み合わせで作業がなされる。衛星写真の場合には、色相に関しては false color であるが、その各バンドの組み合わせ方により特定の対象を極めて明瞭に抽出し得る。

明度階調は、色相に劣らず同一の対象を識別でき、最も基本的な要素である。モノクローム画像であっても、明度階調から判読できる情報量は極めて多く、地形傾斜の判読にも有用である。

テクスチャは明度階調の微小な変化を反映したもので、観察者の視認限界以下の変化頻度であっても、写真の肌理として「粗い」～「細かい」等の階級で観察される。また、変化頻度により「凹凸」、「滑らか」、「粒状」等と、変化頻度のパターンも反映して判読され得る。ただし、衛星写真の場合にはベースがデジタル画像であるため、そのピクセル分解能以下の変化頻度のテクスチャは隠べいされて判読不能となる。

パターンは、テクスチャよりも大きなスケールでの地表面における規則的な配列の繰り返しを反映して、写真上に現れる模様である。最も頻度の大きいものは、地表面に刻まれた線状の模様である。また、水系パターン等の地表に刻まれた侵食地形の判読は、重要な要素である。さらに、植生模様や人工構築物（建物、道路などの他田畑、植林等も含む）の模様の判読も無視出来ない。

陰影効果による垂直誇張は、地形判読の重要な要素である。これは地表の凹凸だけでなく、植生の差を規制する地層の含水率や地下の地質構造を反映している可能性があり、立体視が出来ない当画像でも重要であった。

サイズは上記の各要素の大きさであるが、この計測により、多くの情報が得られる。一例として、写真から得られた水系密度の場合、対象地域の岩石、土壌の透水性～構成粒度の推測の指標ともなり得る。

以上の要素の観察、計測を組み合わせる事によって、地形、水系、地質構造、および地質その他の情報が判読され、解析された。

4-2-2 衛星画像処理

解析に用いたデータは、ランドサット5号 TM データ Path155Row027 および Path155Row028 (2 シーン) である。解析範囲は、これらシーンから Zhaman-Aibat 鉱床を含む範囲を切り出したサブシーンである (Fig 2-4-1)。画像処理および解析は、VAX6310;DEC 社製および DeAnza IP9527 画像処理システム;GOULD 社製を使用した。

多バンドの光学センサを用いた資源探査では、写真地質学的な解析の他に、鉱物の反射率の波長を直接利用した解析方法がある。今回は、各種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解析を実施した。

(1) フォールスカラー

フォールスカラーには各種のバンド組み合わせが考えられるが、本調査では、写真判読に使用したバンド組み合わせ以外の RGB;432 のフォールスカラー、および RGB;571 の画像を作成した。RGB;432 のフォールスカラー画像を Fig.2-4-2 に示す。

(2) RGB;5/7,5/4,3/1 比画像

マルチ・スペクトル・データに対する比演算処理は、スペクトル特性の違いを強調し、同時に地形の影響などによる反射強度の変動をある程度除去するので、岩石分類に有効である。

ランドサット TM の波長域においては、各種粘土鉱物、炭酸塩鉱物は、バンド7に吸収特徴を有し、酸化鉄鉱物はバンド4およびバンド1~2に吸収特徴を有することが知られている。したがって、バンドのそれぞれの比；5/7,5/4,3/1 を用いて比画像から、粘土鉱物および酸化鉄鉱物を含有する変質帯を抽出することができる。今回は、比；5/7,5/4,3/1 を赤、緑、青にそれぞれ割り当てた画像を作成した。

(3) シュードカラー画像。

バンド比 5/7 は、変質鉱物によるスペクトル吸収のみならず、植生がある場合もこの比は一般に高くなる。そのため、変質鉱物と植物が混在する場合、上記の比画像から両者を識別することは困難となる。一般に、植物の反射スペクトルの強度は、バンド3からバンド4にかけて急激に増加する。5/7 および 4/3 の値の高い部分が暖色系、低い部分が寒色系にした画像を作成する。

比 5/7 の画像において赤系色の部分は、粘土鉱物もしくは植生の分布を反映し、比 4/3 の画像において赤系色の部分は、植生の分布を反映する。すなわち、この両者のシュードカラー画像を比較することから、比 5/7 の値の高い部分が、変質鉱物によるものなのかあるいは植生によるものかを評価することができる。

4-3 衛星画像解析結果

4-3-1 衛星写真地質解析結果

地形および水系特徴

対象地域は地形判読により、砂漠地域、低地部および丘陵地部の3つに区分される。判読にあたっては T.P.C. (1:500,000) を適宜参照して実施した。以下にその結果を示す (Fig.2-4-2, Fig.2-4-3)。

(1) 砂漠 (Du)

対象地域北西部に分布し、画像上では黄褐色の色調を呈する (バンド組み合わせ 1, 4, 5 画像データ上での色調)。風の影響による砂丘が発達しており、特に南北方向で顕著である。一部には植生も認められるが、水系の発達に乏しい。

(2) 低地 (LP)

低地は対象地域西部の砂漠を取り囲むように分布する。地形的特徴は砂漠に類似し、砂丘の発達も認められる。しかしながら、植生が顕著に認められること、プラヤが発達していることか

ら、砂漠とは区別することができる。ブラヤの発達を示すように、低地は丘陵地から流れ込む水系が集水する地域にあたる。

(3) 平坦な丘陵地 (SH)

対象地域一帯に広く分布し、砂漠や低地に比べて地形的に高い部分に相当する。水系は丘陵地内で発達するものの、丘陵の末端部では消滅し、ブラヤが発達する低地部へと流れ込む。非常に滑らかなテクスチャを示す。

(4) 中間丘陵地 (MH)

平坦な丘陵地と粗い丘陵地の中間に位置する。標高は平坦な丘陵地よりも高く、分布する地層の高い抵抗性および層理の発達状況により比較的粗いテクスチャを示す。地質的には、地質ユニットC、地質ユニットDおよび地質ユニットEの一部に相当する。

(5) 粗い丘陵地 (RH)

対象地域のほぼ中央部に位置し、中間丘陵地と同じく、分布する地層の高い抵抗性により粗いテクスチャを示す。丘陵地のなかで標高的に高い部分に相当するために、北側に向かう水系と南側に向かう水系との分岐にあたる。地質的には、背斜構造の軸部に相当する地質ユニットに対応する。

地質区分

本地質判読では、対象地域の地質は下位より上位に向かってアルファベット順に10の地質ユニットおよびサブユニットに区分される。既存地質図（カザフソビエト社会主義共和国の地質、縮尺1:500,000等）を参照すると、これらの地質ユニットは石炭紀、二畳系、白亜系および第四系に相当すると考えられる。Table 2-4-1に地質判読層序表を示す。以下に各地質ユニットの特徴を記す。

(1) 地質ユニットA

本地質ユニットは暗青色（バンド組合せ1、4、5画像データ上での色調、以下同様）、亜平行状の水系パターン、粗いテクスチャ、高い抵抗度および良く発達した層理によって特徴づけられる。対象地域最下位の地質ユニットと考えられる。

(2) 地質ユニットB

地質ユニットAに類似する地質特徴を示すが、低い水系密度、滑らかなテクスチャ、中程度の抵抗度および層理の発達状況が異なる。地質ユニットAに累重し、同ユニットのサブユニットとも解釈できる。本地質ユニットは、対象地域中央部に広く分布するユニットAの周辺およびその北東方にフェンスター状に分布する。

(3) 地質ユニットC

本地質ユニットは白色、樹枝状の水系パターン、粗いテクスチャ、中程度の抵抗度および非常に良く発達した層理によって特徴づけられる。色調は白色の他、橙色、青灰色を示し、モザイク状のテクスチャを示す部分もある。本地質ユニットはユニットBを不整合に覆っている。

(4) 地質ユニットD

本地質ユニットは黄色の色調を特徴とする。地層の傾斜によって地表分布が変化し、傾斜部ではケスタを示すことが多い。

(5) 地質ユニットE

本地質ユニットは暗青色、粗いテクスチャ、中程度の抵抗度を示し、地域的に層理が良く発達する。色調は地質ユニットAに類似するが、バンド組み合わせ4、5、7画像データ上では互いに異なる色調を呈する。本地質ユニットは対象地域内に広く分布する。

(6) 地質ユニットF

本地質ユニットはF1とF2の2つのサブユニットに区分できる。下位のサブユニットF1は青灰色、平坦な地形、滑らかなテクスチャ、低い抵抗性によって特徴づけられ、上位のユニットF2が示す暗灰色、中程度の抵抗性とは異なる。画像上の色調は、両サブユニット共地域毎に変化するが、その他の特徴はほぼ一定である。本地質ユニットは不整合に下位の地質ユニットを広く被覆している。

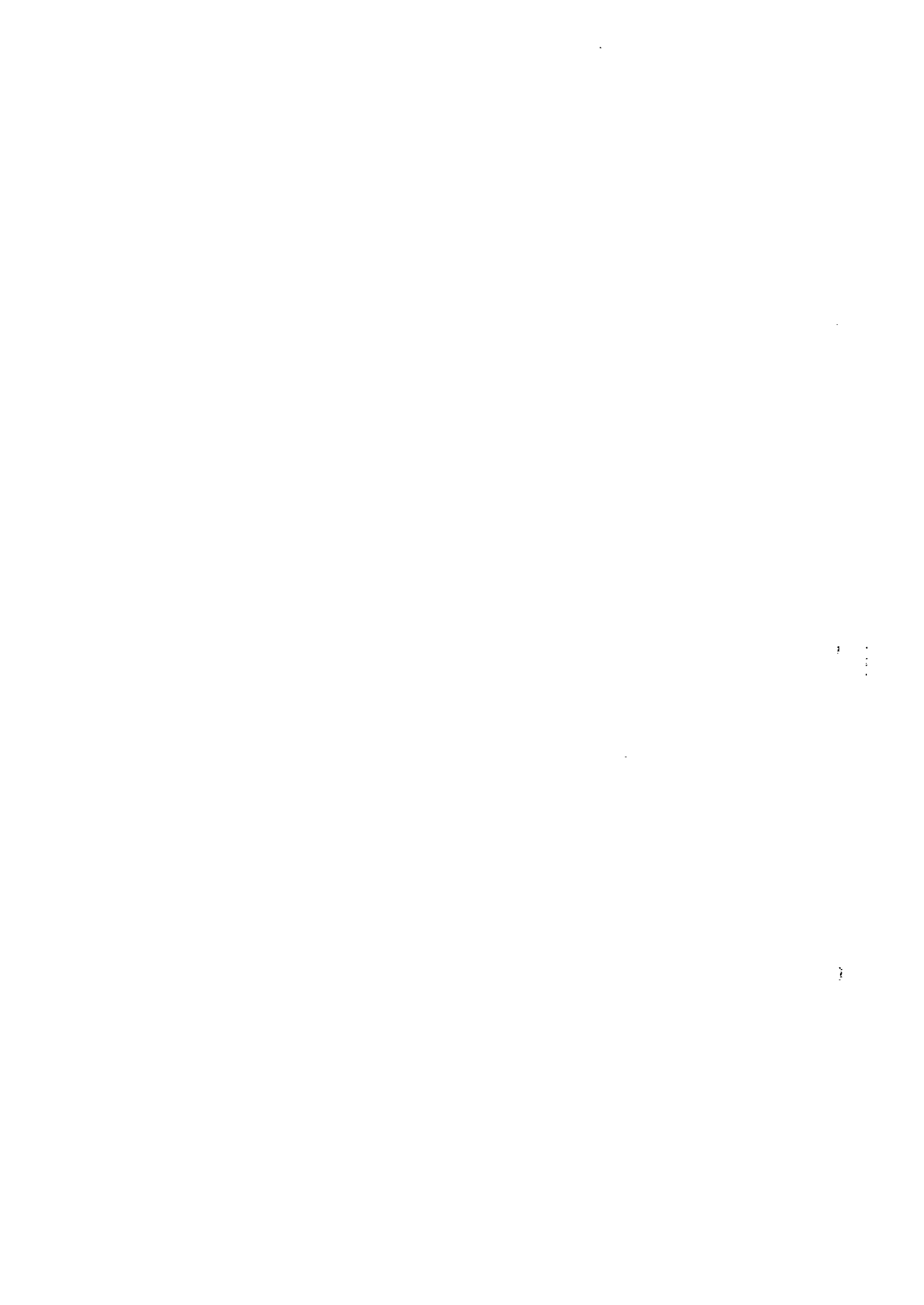
(7) 地質ユニットG

本地質ユニットは第四系に相当し、Q1、Q2、Q3の3区分を設けた。サブユニットQ1、Q2は異なる種類の風成砂（砂丘）、Q3はブラヤである。

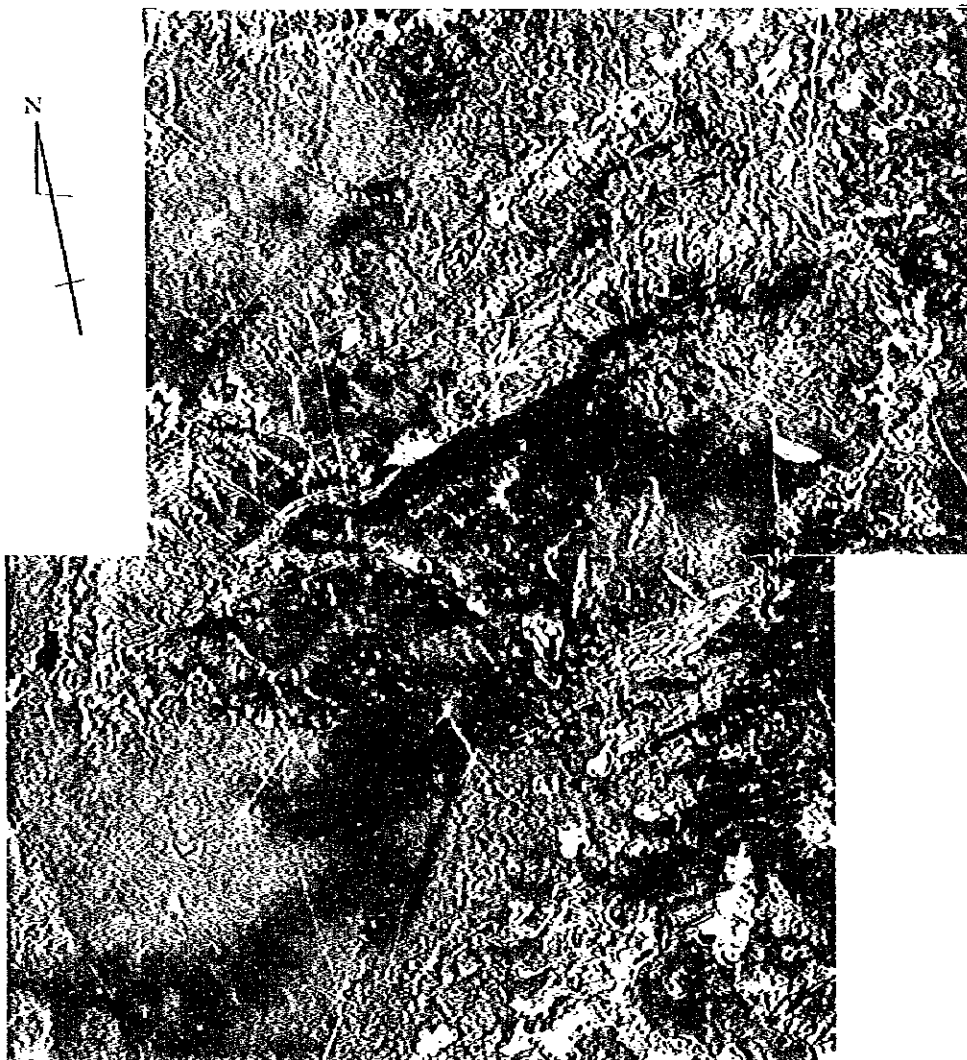
地質構造

対象地域で最も重要な地質構造として、同地域中央部に位置する背斜構造が注目される。背斜軸は東北東-西南西の方向を示し、西南西方向へプランジする。背斜構造は非対象型で、南側の翼部の傾斜が北側に較べて緩い。背斜軸の東北東方向への連続は南北系の断層によって変移している。この背斜構造とほぼ並行して、その北東方に小規模な背斜構造が抽出できる (Fig.2-4-5)。

一方、断層はほぼ南北系のものが抽出され、上記背斜構造を切断する傾向にある。断層以外のリニアメントは顕著な構造方向を示さないが、対象地域北西部では北東-南西方向のリニアメントが発達する。対象地域西部では2つの不完全な環状構造が抽出された



P155 R027



P155 R028

0 10 20 km

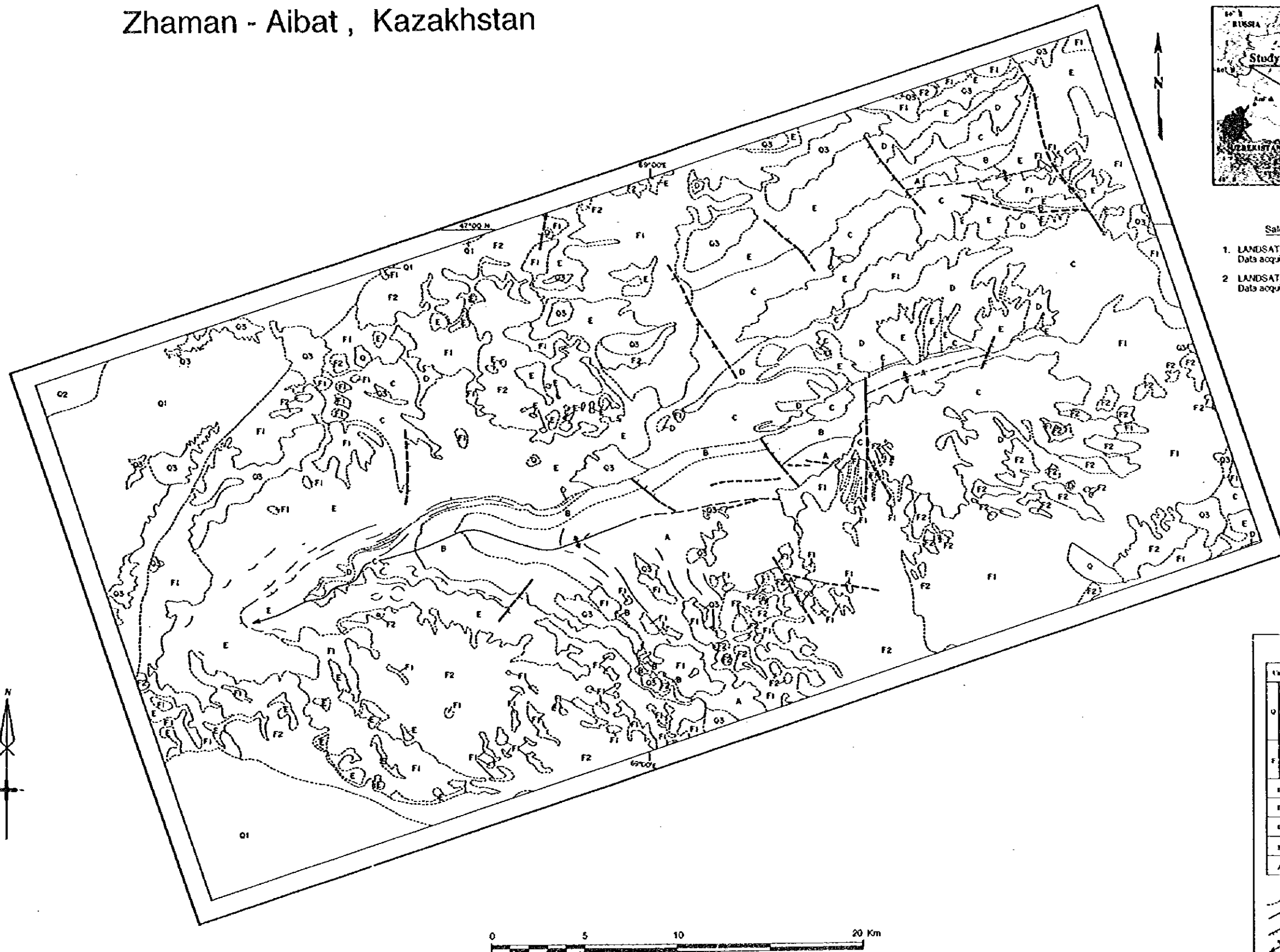
Fig.2-4-2 False Color Composite of Landsat TM Data for the Zhaman-Aibat Area, RGB:571

()

()

()

Zhaman - Aibat , Kazakhstan



- Satellite images used
1. LANDSAT TMS Path 155 - Row 027
Data acquisition : 04 / Aug / 91
 2. LANDSAT TMS Path 155 - Row 028
Data acquisition : 04 / Aug / 91

LEGEND

| Unit | Formation |
|----------------|----------------|
| O ₃ | Quaternary |
| O ₂ | |
| O ₁ | |
| F ₂ | Pre-Quaternary |
| F ₁ | |
| E | |
| D | |
| C | |
| B | |
| A | |

- Unit boundary
- Fault with bath on down-drown side
- Normal fault
- Strike-slip fault
- Anticline

Fig. 2-4-3 Geological Classification of the Satellite Image in the Zhaman - Aibat Area - 109-110-

Table 2-4-1 Geological Interpretation for the Satellite Image Analysis in the Zhaman-Albat Area

| Geologic Units | Photo-Characteristics | | Drainage | | Rock | | | Cover | | Remarks |
|----------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------------------|--------------|------------|---------------------|-------------|----------|---------|
| | Color | Texture | Pattern | Density | Texture | Resistance | Bedding | Vegetation | Land Use | |
| Q | white | . | no | . | . | very low | . | no | - | |
| | light grey | aerial dune | no | . | aerial dune | very low | . | little | - | |
| F | grey | aerial dune | no | . | aerial dune | very low | . | very little | - | |
| | dark grey | smooth | dendritic | low | smooth | moderate | poorly | no | - | |
| E | blueish grey | even, smooth | dendritic | low | even, smooth | low | poorly | no | - | |
| | dark blue (partially white) | rough | sub-parallel | moderate (partially high) | rough | moderate | partially very well | no | - | |
| D | yellow | cuesta | sub-dendritic | moderate | cuesta | low | poorly | no | no | |
| C | white (partially orange) | rough | dendritic | moderate | rough | moderate | very well | no | no | |
| B | blue | smooth | sub-parallel | low | smooth | moderate | commonly | no | no | |
| A | dark blue | rough | sub-parallel | high | rough | high | well | no | no | |

4-3-2 衛星画像処理結果

Zhaman-Aibat 地域においては、成因的に堆積岩に伴う鉱床の他に、火成岩に伴う鉱床の可能性も考えられている。本年度のスペクトル解析は、より多くの情報を得るためにすべてのバンド情報を使用したデジタル画像処理を行った。作成した画像は、バンド単体やバンドの比によるフォールスカラーやシュードカラー画像である。

変質帯

比演算画像 (RGB:5/7,5/4,3/1) の結果を Fig 2-4-4 に示す。Zhaman-Aibathorst anticline を中心に特徴的な3色を抽出することができた。それらの色は、本 horst anticline の西域に三角形に広がる青色部、本 horst anticline を半円状に取り巻く孤立した赤紫部の配列およびこれらに広くひろがる黄緑部である。青色部は、地質単元AおよびBに対応している。単元A、Bは、地質判読によると、石炭紀の赤色砂岩層に対応している。したがってこの青色部は、赤色砂岩層に含まれる鉄酸化物あるいは鉄水酸化物を抽出している可能性がある。またこの赤色砂岩層は、本地域の鉱床胚胎層準であることから、本比演算画像の青色は、周辺地域の堆積岩層準の追跡に極めて有効と考えられる。

赤紫部の多くは地質単元Q3の分布に含まれる。単元Q3は、地質判読によると、第四紀の地層に対応している。一般的にバンド5/7は、粘土鉱物を抽出するとされているが、現地の資料によるとこの赤色部の多くは、夏季に拡大する湖水に対応していると考えられる。しかし、今年度は、現地調査の時期が冬季であったため、確認できず、赤色部における粘土鉱物の有無の判断は現状では難しい。したがって、この赤色部については次年度にグラウンドトゥースを行う必要がある。黄緑部は、地質単元F1、F2およびQ1の分布に対応する。これらの単元は、地質判読によると、本地域に広範囲に分布する第四紀～白亜紀の風化層、砂岩、に対応している。この色が変質鉱物によるものだとすると、この風化層には、酸化鉄鉱物と粘土鉱物が存在すると考えられる。また、この黄緑部の分布に明暗部の変化がある。時代的に古いF1の分布は暗い部分に、また新しいQ1は明るい部分に対応している。次年度は、これらの地質単元の岩石のスペクトル分析を行ってさらに検討する必要がある。

4-3-3 デジタル画像処理と写真判読地質単元

写真地質で判読した地質単元とデジタル画像で処理した結果を比較した (Table 2-4-2)。

対象地域の変質は、黄鉄鉱等からの酸化鉄鉱物の存在によって特徴づけられて、比演算処理で青色として抽出した。この分布が写真判読の地質単元AおよびBに対応し、今回の調査でも、鉱床胚胎層準の砂岩は、赤色を示すことが確認された。一方、写真判読 RGB:541 から、同様の変質および岩石的特徴等を読み取ることができる地質単元がある。それらは、黄色および橙色を示す地質単元DおよびCの中の一部である。処理画像 RGB:432 および 571 でもまた単元Dは、特徴的な黄色を示している。これら地質単元は、報告されている鉱床胚胎層準よりはるかに上位の地層であり、今後、これらの地質単元の岩石のスペクトル分析を行って、さらに変質帯の検討する必要がある。

Table 2-4-2 Correlation between the Geologic Units and the Digital Image
In the Zhama-Aibat Area

| Geologic unit | Photo, RGB 541 | False, RGB 5/7, 5/4, 3/1 | False, RGB 432 | False, RGB 571 | Pseudo, RGB 7/5 | Pseudo, RGB 4/3 |
|---------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Q3 | white | reddish-violet | white (brown) | white (brown) | very low | very low |
| Q2 | light-gray | reddish-violet | - | - | - | - |
| Q1 | gray | yellowish-green | - | - | - | - |
| F2 | dark gray | yellowish-green | grayish-green | yellowish-brown | middle | middle |
| F1 | bluish-gray | yellowish-green | grayish-green | yellowish-brown | middle | middle |
| E | dark blue (white) | orange | grayish-green | dark brown | high | middle |
| D | yellow | - | yellow | yellow | high | middle |
| C | white | pink (white) | grayish-brown | - | high | middle |
| B | blue (orange) | dark blue | grayish-yellow | dark blue | high | middle |
| A | dark blue | dark blue | grayish-yellow | blue | high | middle |

() partially

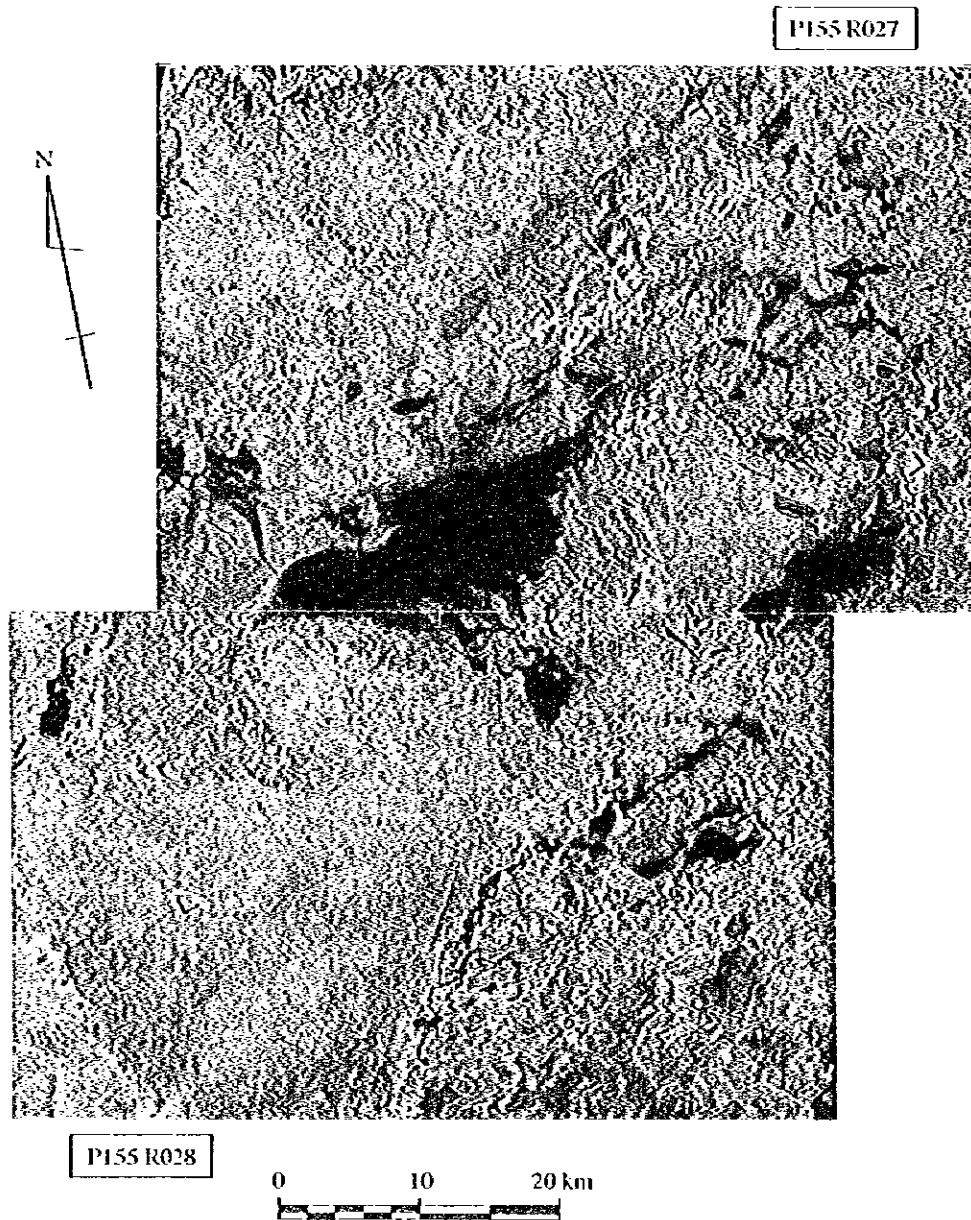


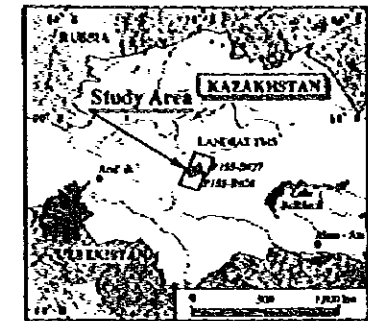
Fig.2-4-4 Alteration Zone Extracted from the Satellite Image of the Zhamaan-Albat Area

()

()

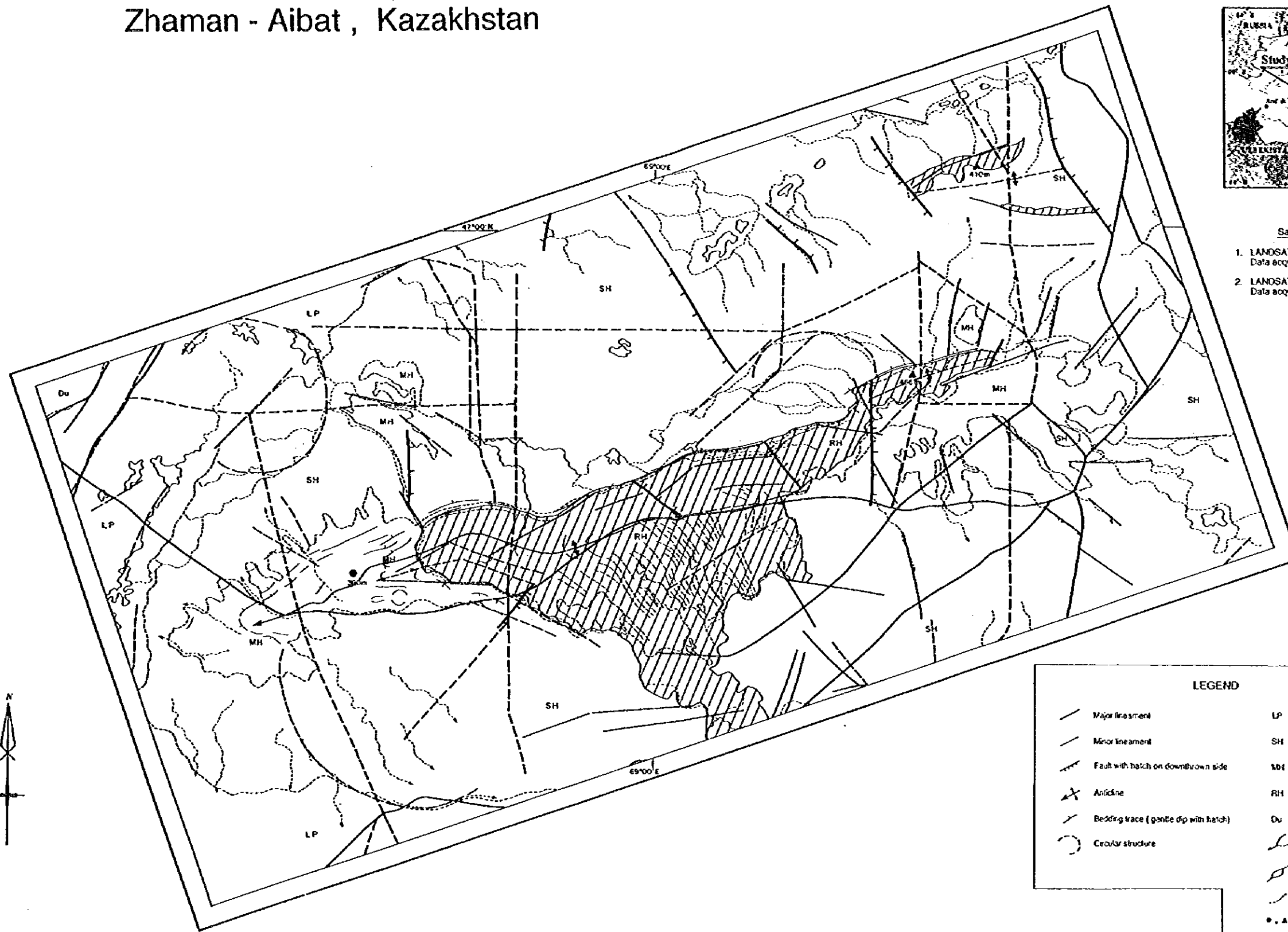
()

Zhaman - Aibat , Kazakhstan



Satellite images used

1. LANSAT TMS Path 155 - Row 027
Data acquisition : 04 / Aug / 91
2. LANSAT TMS Path 155 - Row 028
Data acquisition : 04 / Aug / 91



| LEGEND | | | |
|--------|---------------------------------------|----|------------------------|
| | Major lineament | LP | Low plain |
| | Minor lineament | SH | Smooth hill |
| | Fault with hatch on downthrown side | MH | Moderate hill |
| | Anticline | RH | Rough hill |
| | Bedding trace (gentle dip with hatch) | Du | Dune |
| | Circular structure | | Wadi, river |
| | | | Lake, swamp |
| | | | Unit boundary |
| | | | Point of elevation (m) |
| | | | Road |
| | | | Alteration Zone |

Fig. 2-4-5 Interpretation Map of Satellite Image Analysis in the Zhaman-Aibat Area -117-118-

