

1. 調査概要

(1) 調査の経緯

本調査は、金属鉱業事業団がモンゴル国工業通商省及び財務経済省と 2001 年 5 月 18 日付けで締結した Scope of Work に基づき、モンゴル国西部エルデネット地域において 2001 年度から 2003 年度までの 3 ヶ年に亘って実施されてきた資源開発協力基礎調査である。

調査は、日本側及びモンゴル側からそれぞれ人員を派遣して実施された。

調査対象地域の位置図を Fig. 1 に、また各年度に実施された調査の位置図を Fig. 2 に示す。本調査の対象地域である西部エルデネット地域は、モンゴル国首都ウランバートル市の北西に位置し、首都から北西方直線で 250km にある。調査対象地域は Fig. 1 に示したような範囲であり、北は 49° 20' N、南は 48° 40' N、東は 104° 27' E、西は 102° 38' E の範囲にある。

3 年間に実施された調査の流れを Fig. 3 に示した。

(2) 目的

本調査は、モンゴル国西部エルデネット地域 (Fig. 1) に於いて地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とする。また、調査期間を通じて、相手国機関に対して技術移転を図ることを目的とする。

第 1 年次の調査は、既存データ解析、地質調査及び物理探査 (空中物理探査) からなる。既存データ解析は、相手国機関が保有している調査地域に関する地質調査、地化学探査、物理探査、ボーリング調査などの既存データを収集し、整理解析し、有望地区の抽出に資することを目的とした。地質調査は、Zuukhiin gol 地区、Mogoin gol/Khujiriin gol 地区、Tsagaan Chuluut 地区、Erdenet Mine 地区、Danbatseren 地区、Undrakh 地区及び Tsookher mert 地区を対象に実施し、地層の分布、地質構造、火成活動及びそれらと鉱化作用の関連性を明らかにすることを目的とした。物理探査は、7つの地質調査対象地区を含む 5,500 k m²を対象に実施した。物理探査の手法は空中物理探査で、空中磁気及び放射能探査を実施した。飛行測線長は 25,800km が計画され、調査地域の地質構造を明らかにすると共に、鉱化変質帯を抽出することを目的とした。

第 2 年次調査の目的は、次のとおりである。モンゴル国西部エルデネット地域の中の Erdenet SE 地区、Under/Shand 地区及び Mogoin gol 地区を対象 (Fig. 2) に実施し、鉱化モデルを構築する。また、同地域の中の Under/Shand 地区及び Mogoin gol 地区を対象 (Fig. 2) に物理探査 (電気探査 IP 法) を実施し、鉱化作用に関連する比抵抗構造及び IP 異常を明らかにする。この解析結果を地質調査と合わせて解釈することにより、第 3 年次に予定しているボーリング調査実施地区の絞込みを行う。

第 3 年次調査の目的は、次のとおりである。Khujiriin gol 地区、Khujiriin gol north 地区、Mogoin gol central 地区、Zuukhiin gol 地区、Danbatseren east 地区及び Tsagaan chuluut west 地区

区である。これらを対象に地質調査，物理探査（電気探査 IP 法）を実施する。ボーリング調査は Mogoin gol 地区及び Zuukhiin gol 地区において実施する。物理探査及びボーリング調査のそれぞれの目的は以下のとおりである。Khujiriin gol 地区，Khujiriin gol north 地区，Mogoin gol central 地区（物理探査は 2 年次実施済），Zuukhiin gol 地区，Danbatseren east 地区及び Tsagaan chuluut west 地区を対象に地質調査（土壌地化学探査を含む），物理探査（電気探査 IP 法）を実施し，鉍化作用に関連する地化学異常，鉍徴および比抵抗構造+IP 異常域を明らかにする。また，解析結果が良好な場合，追加調査（地質調査，物理探査）あるいはボーリング調査実施地区の絞込みを行う。また，Mogoin gol 地区においては，物理探査（空中磁気探査及び電気探査 IP 法）及び地質調査で抽出された，低磁気異常を示し，高分極率である北部の珪化帯（シャルチュルト山）でボーリング調査を 3 年次も継続し，地表下の鉍化状況を把握するとともに，IP 異常域と地質及び鉍化の関係を明らかにする。

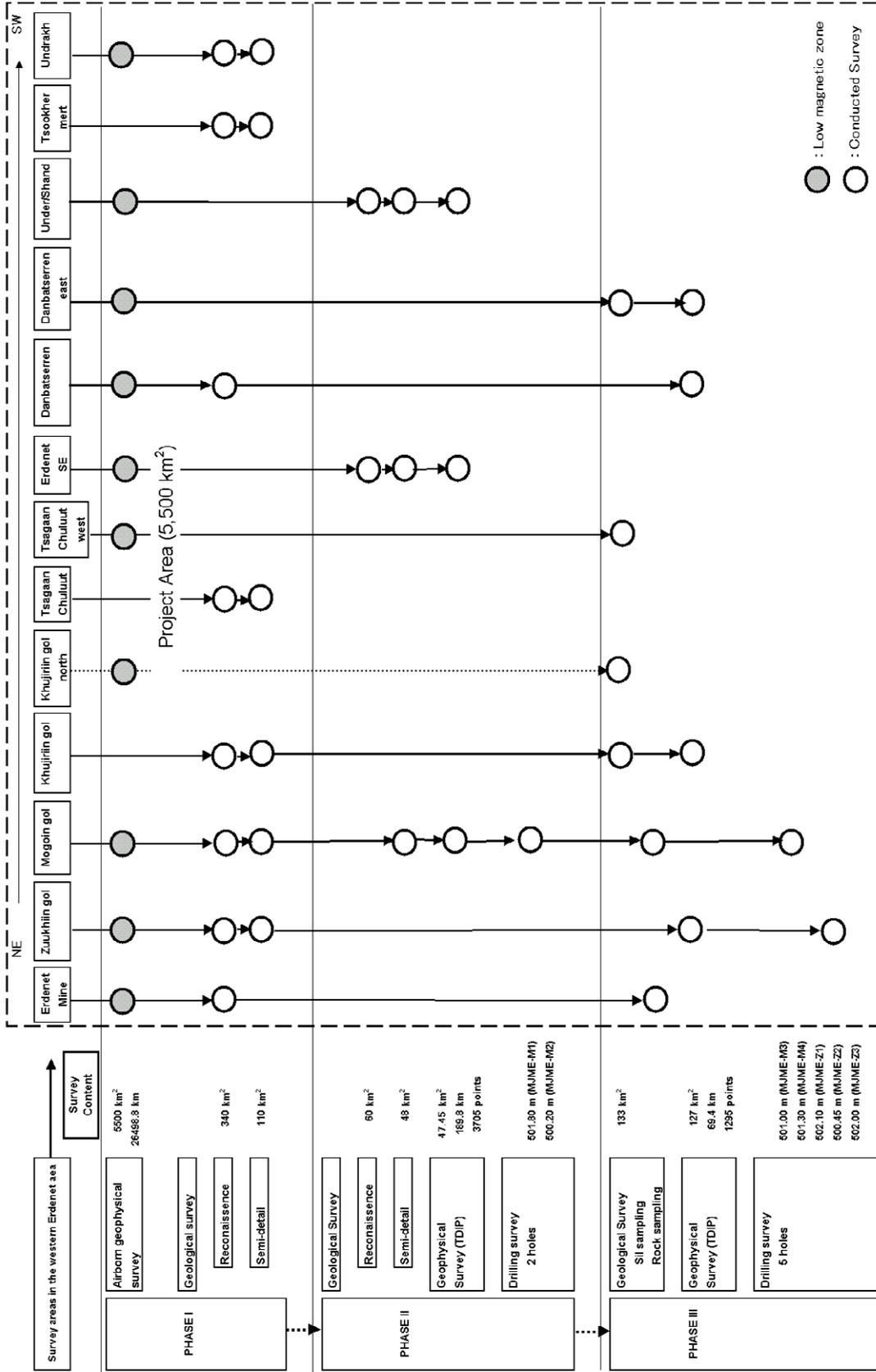


Fig. 3 Work Flow of the Project Area

(3) 調査地域の概要

位置, 交通, 地形, 水系, 気候及び植生

調査対象地域はモンゴル国の中央北部のブルガン県及びエルデネット市に位置し, 面積は 5,500km² である. 首都ウランバートルからエルデネット市までの移動及び機材の運搬にはジープ及びトラックを使用し, その距離は約 340km, 所要時間は約 6 時間である.

地形は一般的には緩やかな丘陵地もしくは平坦な草原からなり, 海拔 1,200m から 2,000m である. 表土は平原及び森林に被覆され, 岩盤の露出は悪い. 主要な河川は, 地区南端で北東方向に流れる Orkhon 川, 北端で東方に流れる Selenge 川である. これらに斜交して NS から NW-SE 系の尾根や谷が発達する.

気候は, 典型的な大陸性気候であり, 雨量が少なく乾燥しており, 冬と夏及び昼と夜の温度差が激しい. Table 1 に首都ウランバートル及び調査対象地域の Bulgan 市における気温及び雨量を示した. 場所のより冬季には最低温度が -40°C を下回り, 近年雪害が深刻になっている. 夏から秋には爽快な日が続き, 一番しのぎやすい季節となる.

Table 1 Mean monthly Temperature and Precipitation of Bulgan and Ulaanbaatar in Mongolia

Province center	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov
Temperature (°C)											
Bulgan	-21.3	-19.2	-9.5	0.8	8.6	14.7	16.3	14.4	7.5	-1.3	-11.4
Ulaanbaatar	-26.1	-21.7	-10.8	0.5	8.3	14.9	17.0	15.0	7.6	-1.7	-13.7
Precipitation (mm)											
Bulgan	1.4	2.1	3.9	9.4	24.5	57.1	10.1	77.9	30.2	11.4	3.6
Ulaanbaatar	1.5	1.9	2.2	7.2	15.3	48.8	72.6	47.8	24.4	6.0	3.7

調査周辺地域の一般地質

モンゴルの地質・鉱床概要

モンゴルは、地勢的には北方のロシアと南方の中国に挟まれた内陸国として位置する。地質学的には、北方のアンガラクラトン(シベリア地塊)と南側の北中国クラトン(中朝地塊)に挟まれた造山帯の東端部に位置する。またモンゴルから極東ロシアに至る約 2,000km の変動帯は Mongol-Okhotsk Fold Belt, 或いは Ural-Mongol Fold Belt と称されている。モンゴルの地質構造の骨格は、Paleo Asia Ocean または Mongolian Seaway を挟んだシベリアクラトン及び北中国クラトン縁辺部でのサブダクションに伴う付加体-マグマ弧を形成するコルジレラ型造山運動、及び両クラトンの接近によるコリジョン型造山運動によって形成されたという考えもある(Maruyama et al., 1997)が、近年 Altaids の中に大陸地殻を有する島弧、又は微大陸が存在したことが一般的に認められるようになってきた。これまで幾つかの地質構造区分が試みられている。モンゴルの地質構成は、サブダクションに関連した付加体及びマグマ弧の集合体であるが、各地質当間での層序対比の解析には至っていない。

モンゴルには、原生代前期から存在した大陸地殻を持つ Tuva-Mongol 島弧でのサブダクションに伴うマグマ活動及びアンガラクラトンと北中国クラトンの衝突に伴うマグマ活動によりさまざまなタイプの鉱床が存在する。中でもマグマ弧の酸性火山活動に関連したポーフイリー型銅モリブデン鉱床及び深成岩関連型金鉱床がより経済性を有するものと考えられる。

調査対象地域の地質

調査対象地域は、地質的には東西に走る大規模な構造線である Vitim Structure の南側に存在する Tuva-Mongol Unit の西部に位置する。本地域は、原生代ベンディアン紀から二疊紀後期のサブダクションにより付加して形成されたマグマ弧と考えられている。

調査対象地域の地質を Fig. 4 (1)及び(2)に示し、Fig. 5 に総合柱状図を示した。

調査対象地域東部には、下位より二疊紀から三疊紀の粗面岩質玄武岩、粗面岩質安山岩、同質凝灰岩及び砂岩などの堆積岩類が広範囲に分布する。それらに二疊紀から三疊紀のセレンゲ複合岩体(花崗岩、花崗閃緑岩、斑レイ岩など)及び三疊紀後期のモンゾニ岩、花崗岩、花崗閃緑岩、閃長岩が貫入する。またそれらを被覆して三疊紀からジュラ紀の火山岩類が分布する。最後に第四紀の沖積層が河川に沿って分布する。

特に深成岩類は、調査地域の西部及び東部に広く分布し、二疊紀からジュラ紀のカルクアルカリ岩質からアルカリ岩質の深成岩からなる。二疊紀の深成岩類は、セレンゲ複合岩体と呼称され、主に花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩からなり、ほかに斑レイ岩、閃長岩質花崗岩～閃緑岩からなる。またエルデネット鉱山周辺にはエルデネット複合岩体が区分され、花崗斑岩、花崗閃緑斑岩からなる。セレンゲ複合岩体は、エルデネット鉱山周辺では鉱化変質を伴い、ポーフイリー型銅モリブデン鉱床の母岩となっている。またエルデネット複

合岩体は同様にエルデネット鉱山周辺ではポーフィリー型銅モリブデン鉱床の関係火成岩となっている。

本地域南西部のブルガン (Bulgan) 市周辺から西方には、古生代前期の花崗岩類、及び二畳紀の閃長岩質流紋岩、閃長岩質石英安山岩、コメンダイト、玄武岩、同質の火砕岩類及び砂岩などが分布し、これらをジュラ紀のモラッセ相である礫岩、砂岩及び泥岩が不整合に被覆する。

調査対象地域には、特徴的な花崗岩類の配列構造、地溝帯構造、小岩体の配列、断層構造及び環状構造が認められる。

花崗岩類の配列構造： 二畳紀から三畳紀の花崗岩類は、エルデネット鉱山周辺及び Mogoin gol 周辺では NW-SE 方向に分布及び配列している。一方調査対象地域の北東部では、NS 方向に伸長して分布する。

地溝帯構造： 三畳紀後期からジュラ紀前期の火山岩類は、調査地域の中央西部 Erdenet 鉱山周辺から Mogoin gol 地区に東西 40km 南北 30km に楕円状に分布し、地溝帯を形成している。

小岩体配列： ジュラ紀の流紋岩質岩体は、三畳紀からジュラ紀の火山岩類が堆積する地溝体の周辺部に分布し、特にその南西部では NW-SE 方向に顕著に分布し、地下深部の NW-SE 方向の構造に支配されて分布する。

断層構造： 既存の地質図から顕著な断層が認められ、調査地区西部では、NW-SE 方向の断層が卓越する。東北部においては NE-SW 方向の断層が発達する。ほかに南北方向の断層や、東西方向の断層などが認められる。広域的断層系から見て、エルデネット鉱山は連続性のよい NW-SE 系の断層と NE-SW 系の交差部に当たるものと考えられる。

環状構造： 既存地質図を編集した結果、エルデネット鉱山の南部に直径約 20km の環状構造が確認された。

全体的に調査対象地域は、NW-SE 方向の花崗岩類の配列構造や小岩体配列及び断層構造と、NE-SW 方向の断層構造がよく発達する地域であり、エルデネット鉱山は地溝帯構造の南縁に当たり、また環状構造の北縁に位置する。主要なポーフィリー型銅モリブデン鉱床は大規模な断層の交差部に位置するよう見られる。

調査地域の鉱床概要

鉱床概要

調査対象地域に分布する主要な鉱床・鉱徴地を、G.Dejidmaa etc. (2001)によるモンゴル国の鉱床及び鉱徴地位置図(Fig. 6)に示した。本調査対象地域には

- ①斑岩及び花崗岩質岩を母岩とするポーフィリー型銅モリブデン鉱床及び鉱化帯
- ②玄武岩質岩脈に関連した銅鉱化帯
- ③花崗岩質岩に関連した脈状及びストックワーク状金鉱化帯

の3つのタイプの鉱床が存在する。

①斑岩及び花崗岩質岩を母岩とするポーフイリー型銅モリブデン鉱床とその分布

本鉱床の典型は、エルデネット鉱床である。エルデネット鉱床は、Erdenet NW 鉱床, Erdenet Central 鉱床, Erdenet Intermediate 鉱床及び Erdenet SE 鉱床からなり、更に南東方には Shand 鉱徴地, Tourmaline 鉱徴地, SAR188 鉱徴地, SAR200 鉱徴地などが知られている。本調査地域の Zuukhiin gol 鉱徴地, Mogoin gol 鉱徴地, Khujiriin gol 鉱徴地, Tsagaan Chuluut 鉱徴地, Danbatseren 鉱徴地, Shand 及び Undrakh 鉱徴地は、この鉱床に相当する。また、Bulgan 市西方にも同様の鉱徴地が多く分布する。

②玄武岩質岩脈に関連した銅鉱床とその分布

本銅鉱床は、Bulgan 市周辺に分布する。

③花崗岩質岩に関連した脈状及びストックワーク状金鉱床とその分布

本鉱床は、本地区において Tsookher mert 鉱徴地として知られている。

エルデネット鉱床の鉱化特性

調査対象地域に賦存するエルデネット鉱床は、ポーフイリー型銅モリブデン鉱床である。エルデネット鉱床周辺の地質を Fig. 8 に、またその周辺の空中磁気探査結果を Fig. 9 に示した。以下にエルデネット鉱床の地質・鉱床に関する特性を以下に簡単にまとめた。

広域的条件： 渡辺(1998, 1999)によれば、エルデネット鉱床は二疊紀後期から三疊紀前期のユーラシア大陸中のシベリア地塊とモンゴル-北中国地塊との衝突(240Ma)に関連して形成された。衝突以前の火成弧の火成活動はセレンゲ複合岩体(290-240Ma)に代表される。火成活動の最末期にエルデネット複合岩体(花崗閃緑岩質斑岩, 250-245Ma, 250-220Ma, 205-195Ma: Berzina et al., 1999) がセレンゲ複合岩体に貫入し、ポーフイリー型銅モリブデン鉱床であるエルデネット鉱床(190-210Ma)が形成された。その後、アルカリ岩の貫入活動(180Ma)が起こった。

地質条件及び地質構造： エルデネット鉱床は環状構造の北縁に位置し、NW-SE 方向の花崗岩類の配列構造及び断層構造と NE-SW 方向の断層構造が交差する地域に産し、また三疊紀後期からジュラ紀前期の火山岩類が堆積する地溝帯の南東縁に当たる。Fig. 7 に示したように鉱床母岩はセレンゲ複合岩体とそれに貫入するエルデネット複合岩体である。

変質作用： 鉱床の中心部は強珪化変質・グライゼンとなり、鉱床の中心部から外へ、石英-セリサイト帯、セリサイト-緑泥石帯、方解石-緑レン石-緑泥石帯という帯状配列を示し、それにさまざまな作用がスポット状に重複している(内藤・須藤, 1999)。

鉱化作用： 地表部には酸化・溶脱帯が、下位には輝銅鉱、斑銅鉱、銅藍、酸化銅などからなる二次富化帯が、さらにその下に黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱及びモリブデンナイトからなる初生鉱が賦存する。

空中物理探査結果： Fig. 8 に示したようにエルデネット鉱床は、NW-SE 方向の伸長す

る低磁気異常帯中の北部に位置し，その中に強低磁気異常帯中に胚胎する．強低磁気異常帯中には逆帯磁したエルデネット複合岩体の斑岩類が分布し，ポーフィリー型銅モリブデン鉱床形成に係わる．

以上の地質及び鉱化作用の特性からエルデネット鉱床の鉱化モデルを作成し，Fig. 7 に示した．

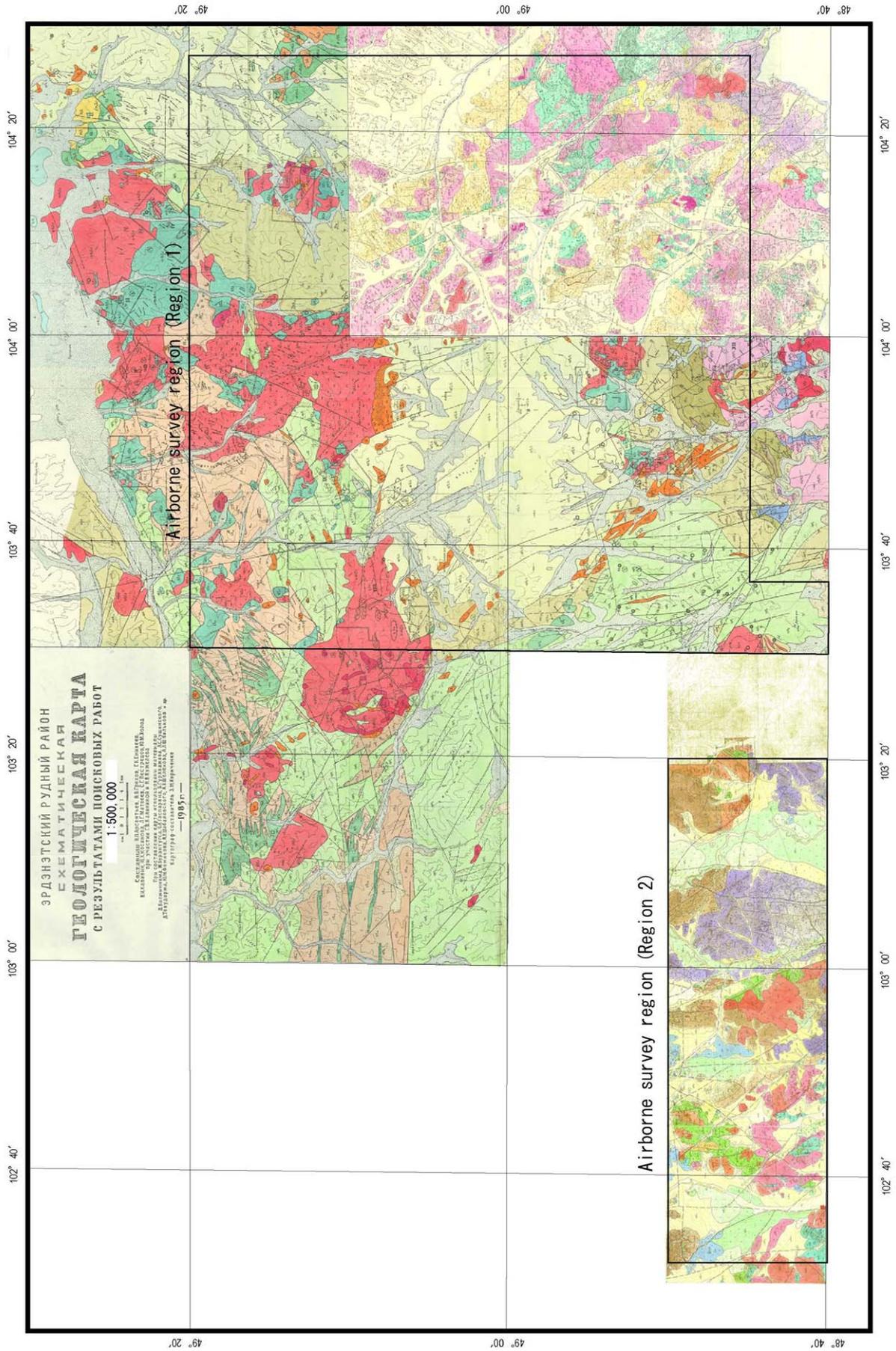


Fig. 4(1) Work Flow of the Project Area

L E G E N D



Fig. 4(2) Legend of existing geological map in the project area in Mongolia

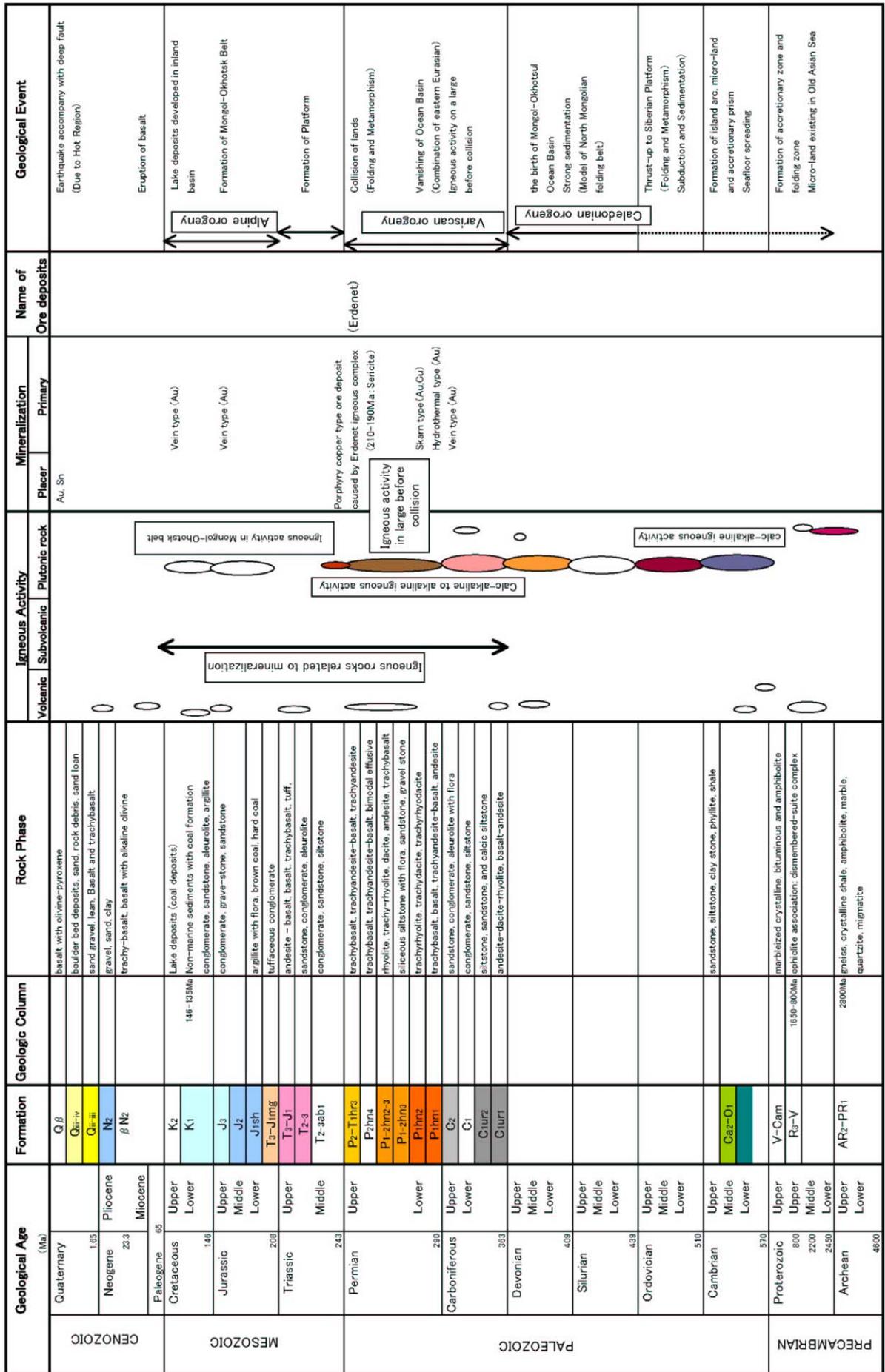
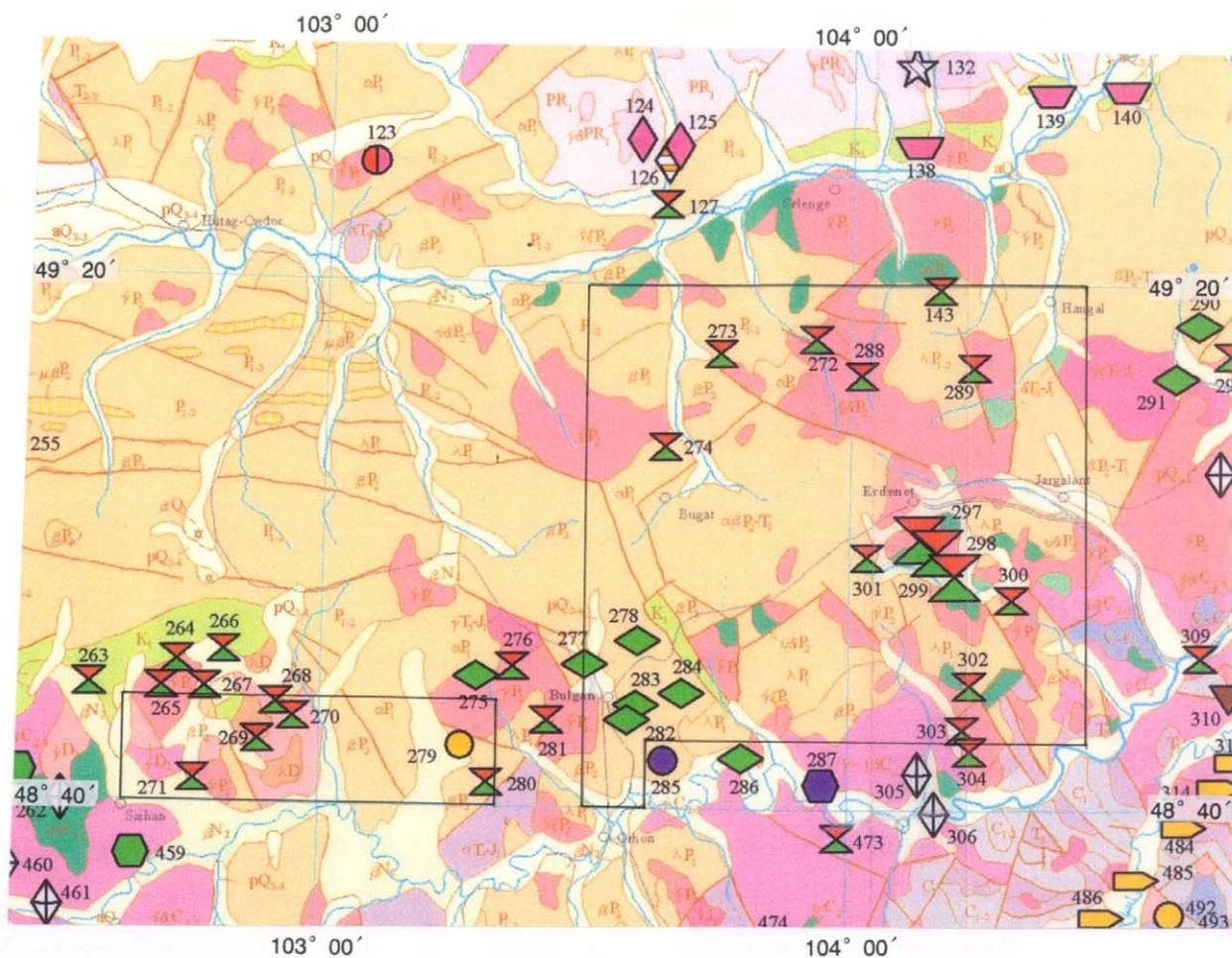


Fig.5 Generalized stratigraphic columnar section in the project area, Mongolia

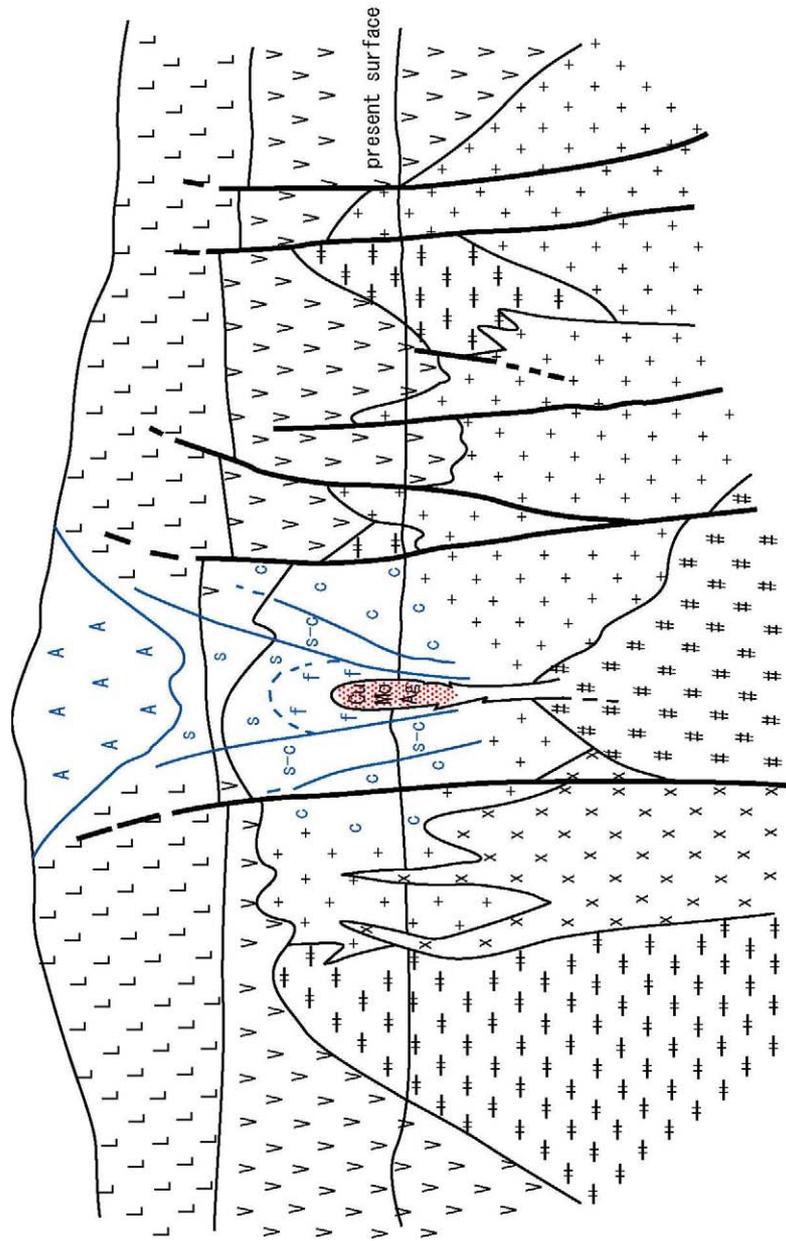


L E G E N D

-  : Porphyry Cu-Mo (Ag, Re) deposit
-  : Porphyry Cu-Mo (Ag, Re) occurrence
-  : Basaltic Cu Occurrence
-  : Granitoid related Au occurrence
-  : Placer Au occurrence



Fig.6 Generalized mineral location map in Western Erdenet area



LEGEND

- L L : volcanic rock
- V V : volcanic rock
- E E : porphyritic rock
- X X : granite
- + + : granodiorite
- # # : diorite
- : fault

ALTERATION

- A: Advanced argillic alteration
- C: Propylitic alteration
- S-C: sericite-chlorite alteration
- S: sericitic alteration
- F: quartz-sericite alteration
- K: K-silicate alteration

Fig.7 Genesis model of Erdenet ore deposit in early Jurassic

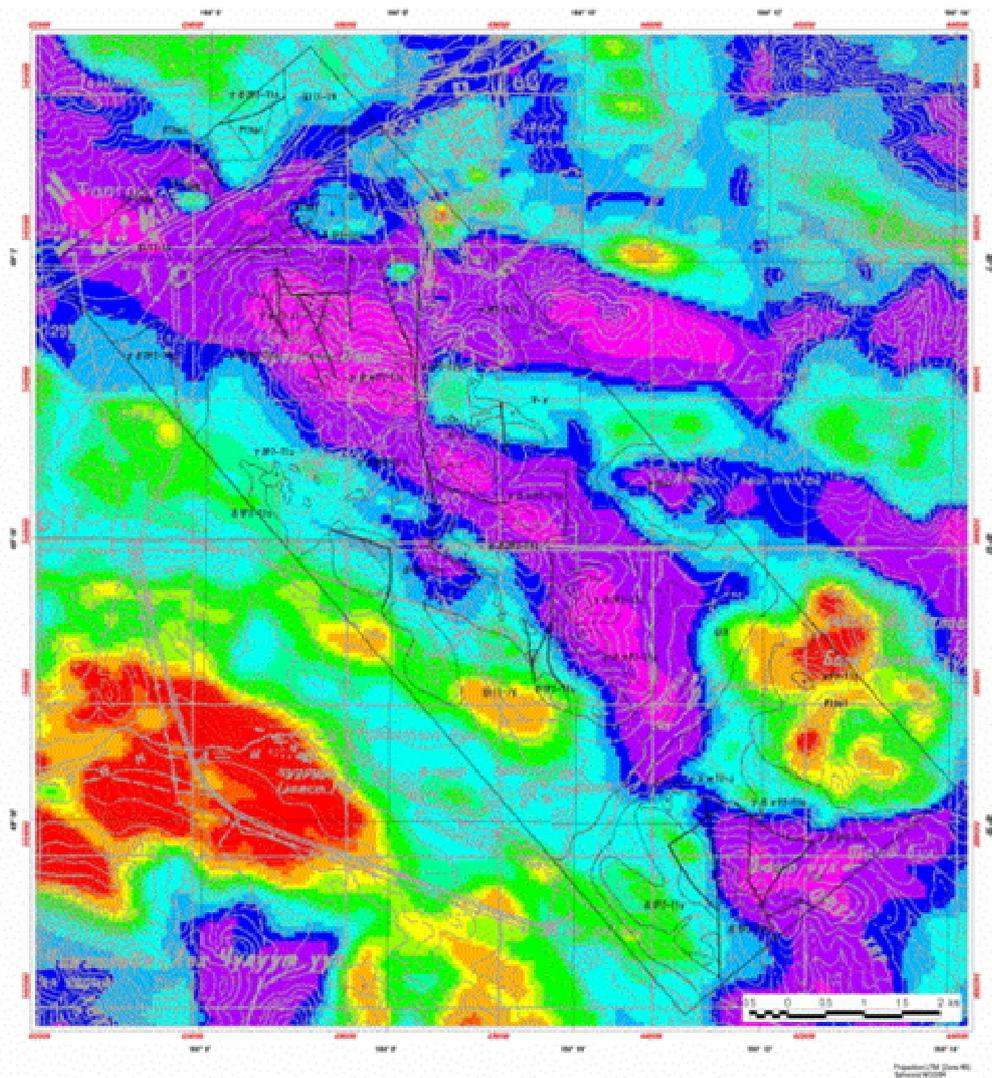


Fig.9 Total magnetic intensity of air borne survey in the Erdenet Mine area.

調査地域の鉱業略史

調査対象地域には東アジア最大のポーフィリー型銅モリブデン鉱床であるエルデネット鉱床が存在する。鉱床は北から Erdenet NW 鉱床, Erdenet Central 鉱床, Erdenet Intermediate 鉱床及び Erdenet SE (Oyut) 鉱床である。Erdenet NW 鉱床は現在オープンピットによって採掘されている。Erdenet Central 鉱床, Erdenet Intermediate 鉱床及び Erdenet SE (Oyut) 鉱床は、探鉱済みで F/S 調査まで実施されている。以下に簡単に探鉱史をまとめた。

1941 年：ソ連による地質調査で初めて報告。

1964 年から 1969 年：チェコとモンゴル共同で精査。鉱量 512 百万トン、含銅量 430 万トンの大鉱床の存在が確認。

1972 年：ソ連との共同開発が決定。

1978 年：年産 400 万トンの規模で操業を開始。

1983 年：年産 1600 万トン規模に拡張。

1989 年：2000 万トン規模に拡張。

1990 年までに銅含有量 30～32%の精鉱 35 万トンを生産。

1995 年：粗鉱採掘量は 2,090 万トン(品位は Cu 0.73%, Mo 0.02%)で、粗鉱中の含有量では銅 152,570 トン、モリブデン 4,180 トン。精鉱生産量は銅精鉱 346,300 トン(銅品位は 40%前後)、モリブデン精鉱 3,900 トン。

2000 年：エルデネット鉱山の現況

鉱石：Cu:0.25%カットオフ品位, Cu:0.70%以上の酸化銅

S X - E W法による米国とモンゴルとの J / V(Heap leaching, Cu5-4 t/day)

2001 年：年間粗鉱量： 24,000,000 T(Cu : 0.69%, Mo : 0.02%),

年間総採掘量： 40,000,000 T

年間精鉱生産量： 400,000 T(Cu : 30%, Mo : 1%)

埋蔵鉱量(1999)： 1,400,000,000 T(Cu : 7,000,000 T, Mo : 200,000 T)

周辺探鉱状況と F/S 調査

Erdenet Central 鉱床及び Erdenet Southeast 鉱床 (Oyut) でそれぞれ 1,250,000 T(Cu : 0.43%, Mo : 0.018%), 41,890,000 T(Cu : 0.40%, Mo : 0.007%)の埋蔵鉱量を確認。