

第1部 総論

第1章 序論

1-1 調査の経緯及び目的

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年度より実施された。本年度はこの調査の第1年次にあたる。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。

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年次の調査では、既存データ解析、地質調査及び物理探査を実施した。既存データ解析では、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、整理、解析し、有望地区の抽出に資した。地質調査では平成11年から12年に実施され鉱物資源広域調査で有望地区として抽出された西部エルデネット地域において地質調査を行ない、鉱化状鉱の把握、鉱床モデルの構築、鉱床有望地区の絞り込みを行った。物理探査ではエルデネット地域において空中物理探査を実施し、調査地域の地質構造を明らかにすると共に、鉱化変質帯を抽出した。

1-2 第1年次調査の範囲及び作業の概要

調査対象地域の位置図を Fig. 1 及び 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。

本年度の調査は、既存データ解析、地質調査及び物理探査からなる。

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、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 km²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。

野外調査の調査量と室内作業における化学分析及び各種試験の件数を Table I-1-1 及び Table I-1-2 に示す。

Table I-1-1 Content and amount of work

Area and Content	Amount of work
Geological Survey (Zuukhiin gol area, Mogoin gol/Khujiriin gol area, Tsagaan Chuluut area, Erdenet mine area, Danbatsern area, Undrak area and Tsookhermert area)	Reconnaissance survey Area: 340 km ² Survey route: 109 km Scale: 1 to 50,000 Semi-detailed survey Area: 110 km ² Survey route: 114 km Scale: 1 to 25,000
Geophysical Survey Airborne magnetic survey and Radiometric survey	Area : 5,500 km ² Flight line length: 26,498.8 km

Table I-1-2 Laboratory work

Survey Contents	Laboratory work
Geological survey	Thin section 62 samples
	Polished thin section 21 samples
	X-ray diffraction analysis 163 samples
	Chemical analysis for whole rock samples 10 samples
	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Cr ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MgO, CaO, K ₂ O, P ₂ O ₅ , MnO LiO, Ba, Nb, Rb, Sr, Y, Zr
	Chemical analysis for ore samples 41 samples
	Au, Ag, Al, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn (23 elements)
	Chemical analysis for rock samples 217 samples
	Au, As, Sb, Hg, Ag, Al, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sr, Ti, V, W, Zn (28 elements)
	Fluid inclusion 4 samples
	Pb/Pb Dating (K-Ar method) 4 samples
	Measuring of remanent magnetization 8 samples

1-3 調査団の編成

調査計画及び折衝と、現地調査に参加した団員は以下のとおりである。

1-3-1 調査計画策定及び事前折衝

日本側	モンゴル国側
逆瀬川 敏夫 (金属鉱業事業団)	Dashiin BAT-ERDENE (MITM)
中川 陽一 (資源エネルギー庁)	Dambiisuren Bold (MRAM)
黒川 清登 (国際協力事業団)	
菱田 元 (金属鉱業事業団)	
本庄 鉄弥 (国際協力事業団)	

1-3-2 現地作業監理

日本側
菱田 元 (金属協業事業団)

1-3-3 現地調査団員

日本側	モンゴル国側
後藤 求 団長, 地質調査	Dambiisure Bold (MRAM)
石川 潤一 地質調査	Sengee Muuhkbaatar (MRAM)
津田 和康 地質調査	Damdinjab Sharhuuhen (MRAM)
田中 啓二 物理探査	Munkhjargal Nerguin (Erdenet Mine)

1-4 調査期間

本調査に伴うモンゴル国での調査の期間は以下のとおりである。

既存データ解析： 平成13年8月18日 ～ 平成13年8月23日
地質調査： 平成13年7月26日 ～ 平成13年8月17日
物理探査： 平成13年10月3日 ～ 平成13年12月4日
現地作業監理： 平成13年7月22日 ～ 平成13年7月24日

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

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10時間である。

2-2 地形及び水系

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。

2-3 気候及び植生

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 I-2-1 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℃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 I-2-1 Mean monthly Temperature and Precipitation of Bulgan and Ulaanbaatar in Mongolia

Province center	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
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	-19.2
Ulaanbaatar	-26.1	-21.7	-10.8	0.5	8.3	14.9	17.0	15.0	7.6	-1.7	-13.7	-24.0
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	1.8
Ulaanbaatar	1.5	1.9	2.2	7.2	15.3	48.8	72.6	47.8	24.4	6.0	3.7	1.6

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既往調査の概要

本調査対象地域の地質調査は1913年から1985年まで実施されてきた。主な成果として100万分の1地質図、20万分の1地質図、10万分の1地質図、5万分の1地質図、2.5万分の1地質図などが作成されてきた。以下にそれぞれの調査が実施された時期を示す。

100 万分の1 地質図作成：	1913 年～1914 年，1941 年，1947 年，1954 年，1959 年
20 万分の1 地質図作成：	1947 年，1967 年，1967 年，1971 年，1981 年，1983 年， 1981 年～1985 年
10 万分の1 地質図作成：	1965 年，1968 年
5 万分の1 地質図作成：	1968 年，1974 年，1979 年～1981 年，1981 年～1985 年
2.5 万分の1 地質図作成：	1968 年，1979 年～1985 年(1 万分の1 を含む)
鉱徴地調査：	1972 年，1976 年，1981 年～1983 年，1981 年～1985 年
20 万分の1 地質構造図作成：	1972 年

この間の大きな成果としては、1941年のポーフィリー型銅モリブデン鉱床の発見であり、現在のエルデネット鉱山である。発見された多くの鉱徴地において、地化学探査(河川水地化探、土壌地化探)、物理探査(磁気探査、IP 及び SP 電気探査)及びボーリング探査が実施されてきた。

1999年から2001年には、金属鉱業事業団の資源開発協力基礎調査によってモンゴル国中央北部地域を対象に、広範囲の中から効果的に鉱床賦存有望地域を抽出することを目的として、既存データ解析、衛星画像解析、グランドトランス(現地調査)が実施された。

Fig. I-3-1 に資料収集で得られた調査対象地域の地質図(1:100,000)を示した。

エルデネット鉱山のポーフィリー型銅モリブデン鉱床の成因を考える上で、既往調査から渡辺(1998～1999)の概念を以下にまとめ、紹介した。

現在一般に知られているポーフィリー鉱床は海洋プレートの沈み込み域である島弧や陸-特に太平洋地域-に分布する。この鉱床は、火山弧に平行な細長い帯状の地域にまた特定な時代に集中して分布することが多い。関係火成岩は花崗岩質～閃緑岩質であり、磁鉄鉱系列のカルクアルカリ岩に属する。変質に関しても中心部でカリウム変質、縁辺部でプロピラト質へと移り変わる。鉱床の上部にはセリサイト変質帯が広がり、その上部には明礬石やパイロフィライトで特徴付けられるadvanced argillic変質と呼ばれる酸性変質帯が分布する。

ポーフィリー鉱床は主として、プレートの収束速度の大きい地域、異地性地塊が付加・沈み込みをしている地域、非地震性海嶺や海山列が沈み込みをしている地域に形成される。このような地域でのスラブの低角度沈み込みによるより圧縮的な応力的な応力場は、ポーフィリー鉱床を形成するための第一条件である。このような条件の基での静岩圧の維持された場でポーフィリー鉱床が形成された。従って、火成活動から見ると、ポーフィリー鉱床は火山活動を伴わないマグマの貫入活動によりもたらされたと考えられる。

L E G E N D

(Central Area)

CENOZOIC SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS

βKZ Cenozoic basalt

Q Quaternary deposits; loam, silt, sand and gravel

JURASSIC TO CRETACEOUS SEDIMENTARY ROCKS

J2-K1 conglomerate, gravel stone, sandstone

TRIASSIC TO JURASSIC SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS

αβTz-J1 andesite, andesitic basalt, trachy-andesite, trachy-basalt, dacite and tuff, breccia, tuff stone, tuffaceous sandstone

tTz-J1 sedimentary rock: conglomerate, gravel stone

PERMIAN SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS

αβPz andesite-basalt and tuff, trachy-basalt and tuff, tuffaceous conglomerate

tPz-2 tuff, sandy tuff, gravel stone, conglomerate

αγPz-2 andesite to liparite, liparite, andesitic tuff, tuffaceous stone, tuff

αPz-2 andesite, andesite to basalt, tuffaceous stone

DEVONIAN

RIPHEAN TO CAMBRIAN

V-Э Riphean to Cambrian; limestone

INTRUSIVE ROCKS

Jurassic

λJ Jurassic subvolcanic rock; liparite, andesite-dacite

γJ1s Third phase: fine to moderate grained, leucocratic granite

γδJ1s Second phase: moderate to coarse grained, porphyry, biotite granosyenite

(δ-γδ)J1s First phase: fine to moderate grained, diorite, biotite granodiorite

Triassic to Jurassic

αβTz-J1 Middle Triassic to Jurassic subvolcanic rocks; gabbro, diabase, diabasic porphyry

Triassic

γT1s Third phase: fine to moderate grained, porphyry, leucocratic granite porphyry, granite porphyry, granodiorite porphyry

(γ-δ)T1s Second phase: medium grained, biotite granodiorite, diorite, granite, granosyenite

(u-δ)T1s First phase: medium to coarse grained, gabbro, gabbro to diorite, diorite

υβPz Late Permian; Gabbro-diabase, diabase, diabase porphyry, gabbro

λPz-2 Lower to upper Permian subvolcanic rocks

Devonian

Paleozoic

γδPz1 Second phase: medium to coarse grained, biotite granodiorite, granite

(u-δ)Pz1 First phase: medium to coarse grained, pyroxene gabbro, gabbro to diorite, diorite

(Southwestern and Southeastern Area)

αQIV, αQIV, αQIII-IV Quaternary deposits; loam, silt, sand and gravel

β2QIII-IV Cenozoic basalt

J2s Jurassic to Cretaceous deposits; conglomerate, gravel stone, sandstone

T3-J1s andesite, andesitic basalt, trachy-andesite, trachy-basalt, dacite and tuff, breccia, tuff stone, tuffaceous sandstone

P1uz2 andesite to liparite, liparite, andesitic tuff, tuffaceous stone, tuff

P1uz1 andesite, andesite to basalt, tuffaceous stone

D2oz2 andesite, dacite, it's tuff

δJ1 syenite

γ3Pz-T1s1 Third phase: leucocratic granite porphyry, granite porphyry

εγPz-T1s1 Third phase: fine to moderate grained, porphyry, leucocratic granite porphyry, granite porphyry, granodiorite porphyry

γδ2Pz-T1s1 Second phase: medium grained, biotite granite, granosyenite

δδ1Pz-T1s1 First phase: medium to coarse grained, granodiorite, syenitic diorite

δη1Pz-T1s1 First phase: medium to coarse grained, gabbro to diorite, diorite

δ1Pz-T1s1 First phase: medium to coarse grained, diorite

γ3Dz Third phase: granite, granosyenite and granosyenite.

εγ3Dz Third phase: leucocratic granite

εεγ3Dz Third phase: fine grained leucocratic alkalic granite and apite

γ2Pz1 Second phase: granite

γδ2Pz1 Second phase: granodiorite

δ1Pz1 First phase: diorite

GEOLOGICAL MARKS AND PATTERNS

Fine grained type, basic dyke, moderate dyke, acidic dyke, granite to granodiorite porphyry dyke

granite, granodiorite, granodiorite porphyry, liparite, andesite to dacite

contact with hornfels

strike and dip of strata and bed

folding of strata and bed

geologic boundary; certain and uncertain

boundary of massive part

Faults and fractures; certain, uncertain, expected

Thrust fault: certain, expected

ALTERATION

Altered and metasomatic zone

Limits	Mark	Alteration
	mk	potassic alteration
	q	silicification
	tu	tourmaline
	src	sericitization
	py	pyritization

MINERALIZATION

Copper mineralization area

Area	Copper showing	Geochemical anomaly	Mineral distribution
	●: Cu > 0.2 %		
	○: Cu < 0.2 %		
I - Nurain	VII - Zuukhin		
II - Tarimain	VIII - Mujirt		
III - Itiin	IX - Mogoin		
IV - Havchugin	X - Zalugin		
V - Buhain	XI - Danbatseren		
VI - Ingetin	XII - Haiun		

chalcopyrite, molybdenite, malachite, galena, cerussite, scheelite, gold

Fig. 1-3-1(2) Legend of existing geological map in the project area in Mongolia

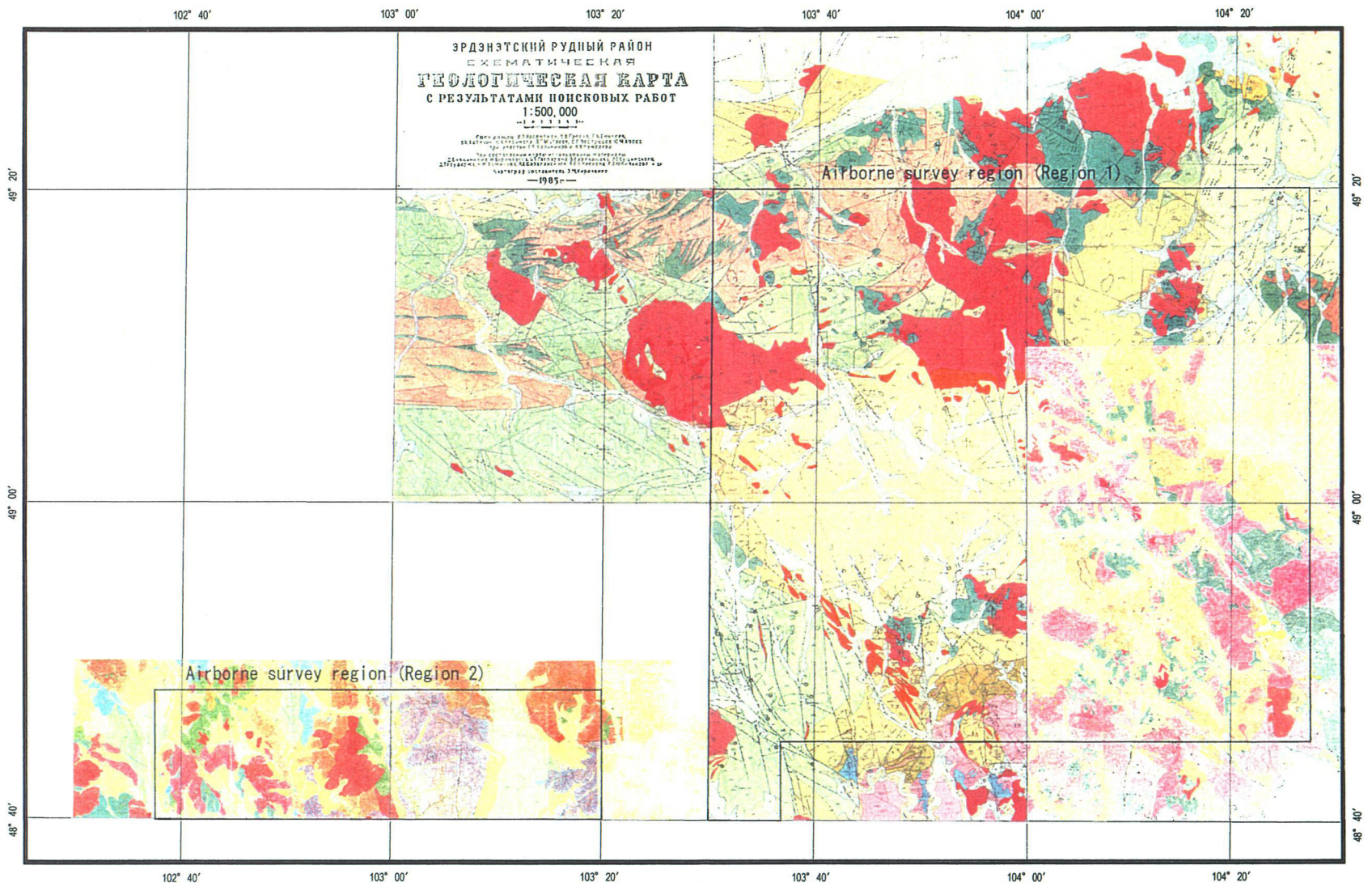


Fig. I-3-1(1) Existing geological map in the project area in Mongolia

3-2 調査周辺地域の一般地質

(2)-1 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。

モンゴルの地質は、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ィ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。

(2)-2 調査対象地域の地質・鉱床概要

(a) 地質概要

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。

Fig. I-3-2 には、金属鉱業事業団資源開発協力基礎調査(2001)の JER - 1 による衛星画像の地質判読結果から作成された地質図を示した。また、Fig. I-3-3 には、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。

本地域南西部の Bulgan 市周辺から西方には、古生代前期の花崗岩類、及び二疊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。

(i) 地質層序

本調査地域は、デボン紀からジュラ紀の主に火山岩類からなる堆積岩類が広く分布し、それらに二畳紀からジュラ紀の深成岩類が広く貫入している。それらを第四紀の堆積物や火山岩が被覆する。以下に層序別に見た地質の分布及び岩相を簡単に記載する。

デボン系： 中期～前期デボン系は、調査地域の西部地域(Area1)に分布し、輝緑岩質斑岩、珪質斑岩、酸性凝灰岩及び凝灰質角礫岩、流紋岩質デイサイト、ひん岩、中性凝灰岩及び凝灰質角礫岩、雑色凝灰岩からなる。

二畳系： 前期二畳系は、調査地域の北西部 Zuukhiin gol 地区周辺から Erdenet 鉱山周辺、また Danbatseren 地区南部にかけて広く分布し、輝緑岩質斑岩、斑岩、流紋岩質デイサイト、中性凝灰岩及び凝灰質角礫岩、ひん岩、礫岩からなる。後期二畳系は、調査地域の北東部 Mogoin gol/Khujiriin gol 地区周辺からその南部の Danbatseren 地区南西部にかけて広く分布し、岩相は、前期二畳系とほぼ同様に、輝緑岩質斑岩、斑岩、流紋岩質デイサイト、中性凝灰岩及び凝灰質角礫岩、ひん岩、礫岩からなる。

三畳系からジュラ系： 後期三畳系から前期ジュラ系は、調査地域の中央西部 Erdenet 鉱山地区から Danbatseren 地区北部、また Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の南部に分布し、東西40km 南北30km に楕円状に分布する。また、調査地域北東端にも分布する。岩相は石英斑岩、粘土質岩、シルト岩、グレイワッケ、礫岩の堆積岩類、及び凝灰岩、輝緑岩質斑岩、ひん岩、凝灰質集塊岩、粗面岩質安山岩及び流紋岩質デイサイトの火山岩類からなる。

第四系： 第四系は堆積物及び火山岩からなる。第四紀堆積物は、主要な河川に沿って分布し、粘土、シルト、砂、礫からなる。第四紀火山岩は、調査地域西部の Tsookher mert 地区の西部に南北方向の火山列として分布し、岩相は多孔質の暗灰色アルカリ玄武岩からなる。

(ii) 深成岩類

深成岩類は、調査地域の西部及び東部に広く分布し、二畳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。二畳紀の深成岩類は、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鉍化変質を伴い、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床の母岩となり、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。

(iii) 岩脈類

岩脈類は、デボン系、二畳系、三畳系の火山性堆積岩類及び二畳紀から三畳紀の花崗岩質深成岩類に貫入し、優白質花崗岩、リパライト質斑岩、細粒の閃緑岩、斑レイ岩、閃緑岩質ひん岩、安山岩質ひん岩、粗面岩質安山岩、玄武岩質ひん岩などからなる。

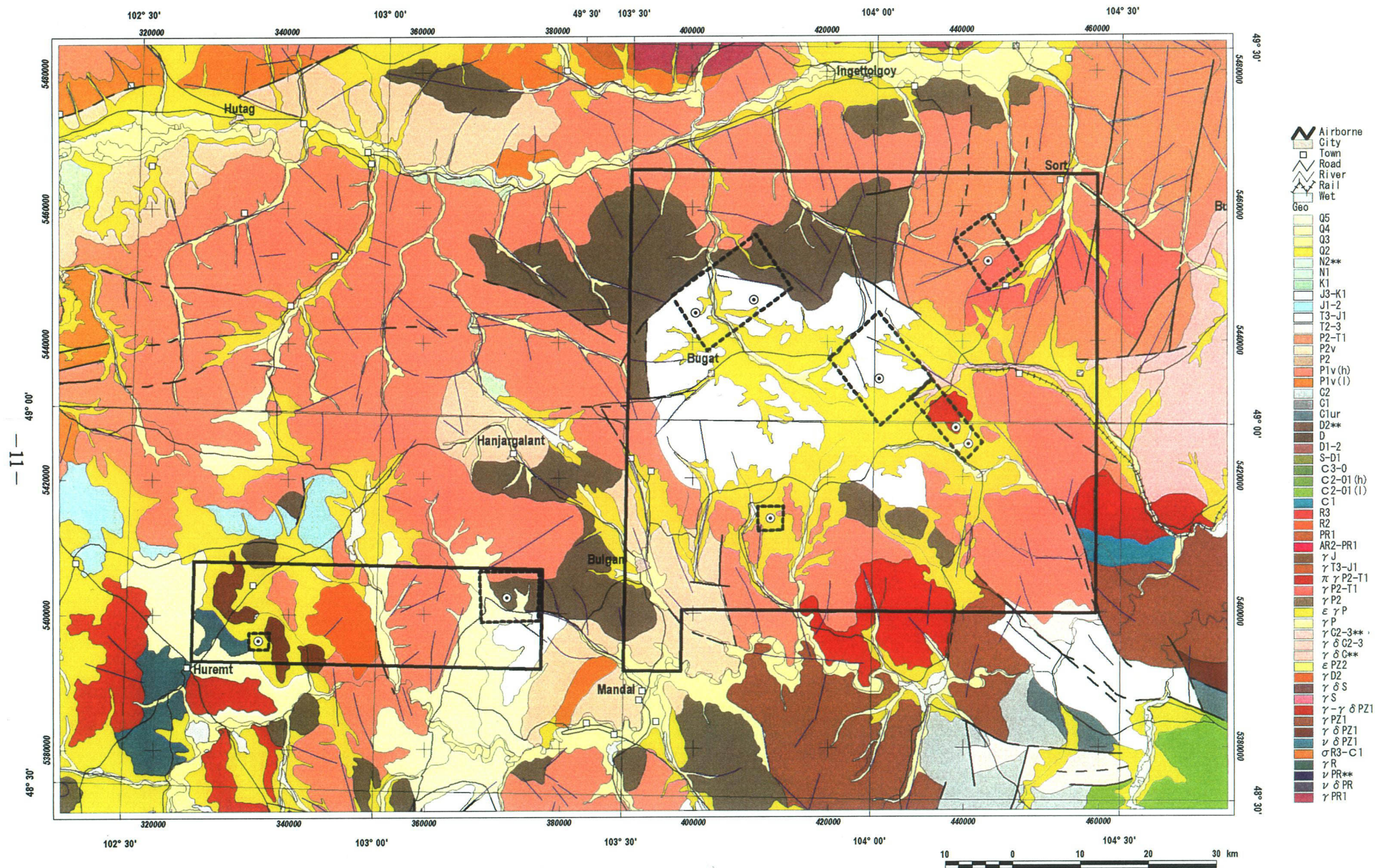


Fig. I-3-2 Geological interpretation map of the Western Erdenet area by JRS-1 images

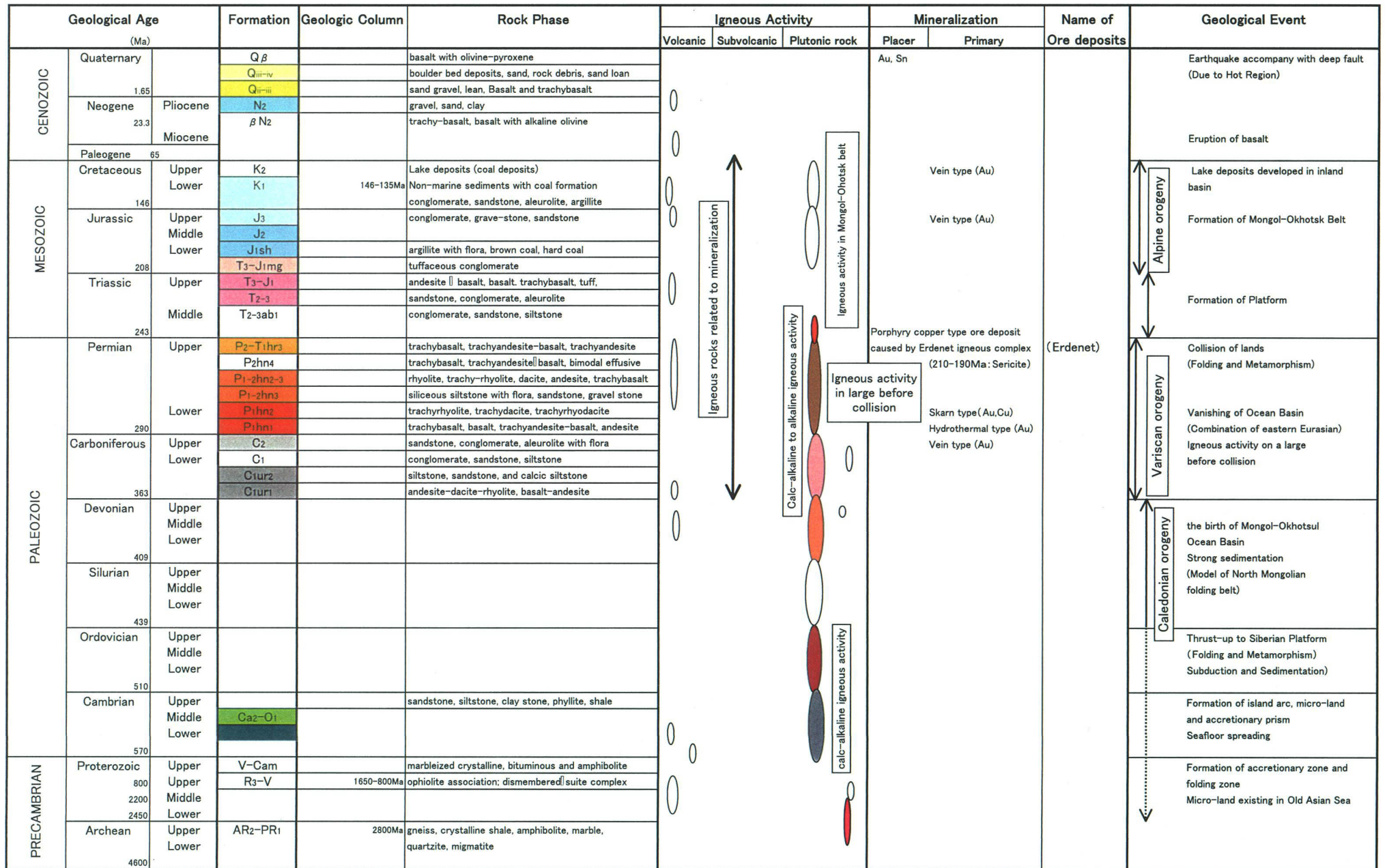


Fig. I-3-3 Generalized stratigraphic columnar section in the project area, Mongolia

(iv) 地質構造

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 西部に位置する。本地域は、原生代ベンディアン紀から二畳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、小岩体の配列及び断層構造が認められる。

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、Danbatseren 地区周辺及び部 Mogoin gol/Khujiriin gol 地区周辺では 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： 後期三畳系から前期ジュラ系は、調査地域の中央西部 Erdenet 鉱山地区から Mogoin gol/Khujiriin 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： ジュラ紀のイパライト質岩体は、三畳系からジュラ系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。

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、それら主要な断層の交差部に位置するよう見られる。同様の地質構造条件は Danbatseren 地区周辺に認められる。

(b) 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. I-3-4)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及び
- 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ィリー型銅モリブデン鉱床

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 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

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

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。

3-3 調査地域の地質的位置付けと鉱化作用

本地域には、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し、他に同様のポーフィリー型銅モリブデン鉱徴地、高硫化系金鉱床、酸化銅鉱床、石英細脈帯及び高品位含金石英脈鉱床に関連した鉱徴地が多数存在する。

鉱化作用は NW-SE 系の構造に支配され、鉱化作用後の火成活動は NS 系の傾向が見られる。エルデネット鉱山を含む周辺地域の鉱化ゾーンは NW-SE 方向、約 20km にわたって伸長し、近辺に遭わせて 6 つの既知鉱体・鉱化帯が把握されている。エルデネット鉱床は大きく 5 つの鉱体・鉱化帯からなるが、現在開発されているのは、エルデネット北西鉱体だけである。その他の鉱体は、規模・品位ともに開発対象としては難しい。エルデネット鉱床形成に関連した火成岩は、花崗閃緑斑岩・閃緑斑岩からなるエルデネット複合岩体であると考えられている。

既存地質図の解釈から、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 方向の断層構造が交差する地域に位置し、広域的に後期三畳系から前期ジュラ系が堆積する地溝帯の南縁に当たる。同様の地質構造条件は Danbatseren 地区周辺に認められる。詳細に見てみると、同様の地質構造条件はほかにも、Mogoin gol/Khujiriin gol 地区や Zuukhiin gol 地区にも存在するものと考えられる。

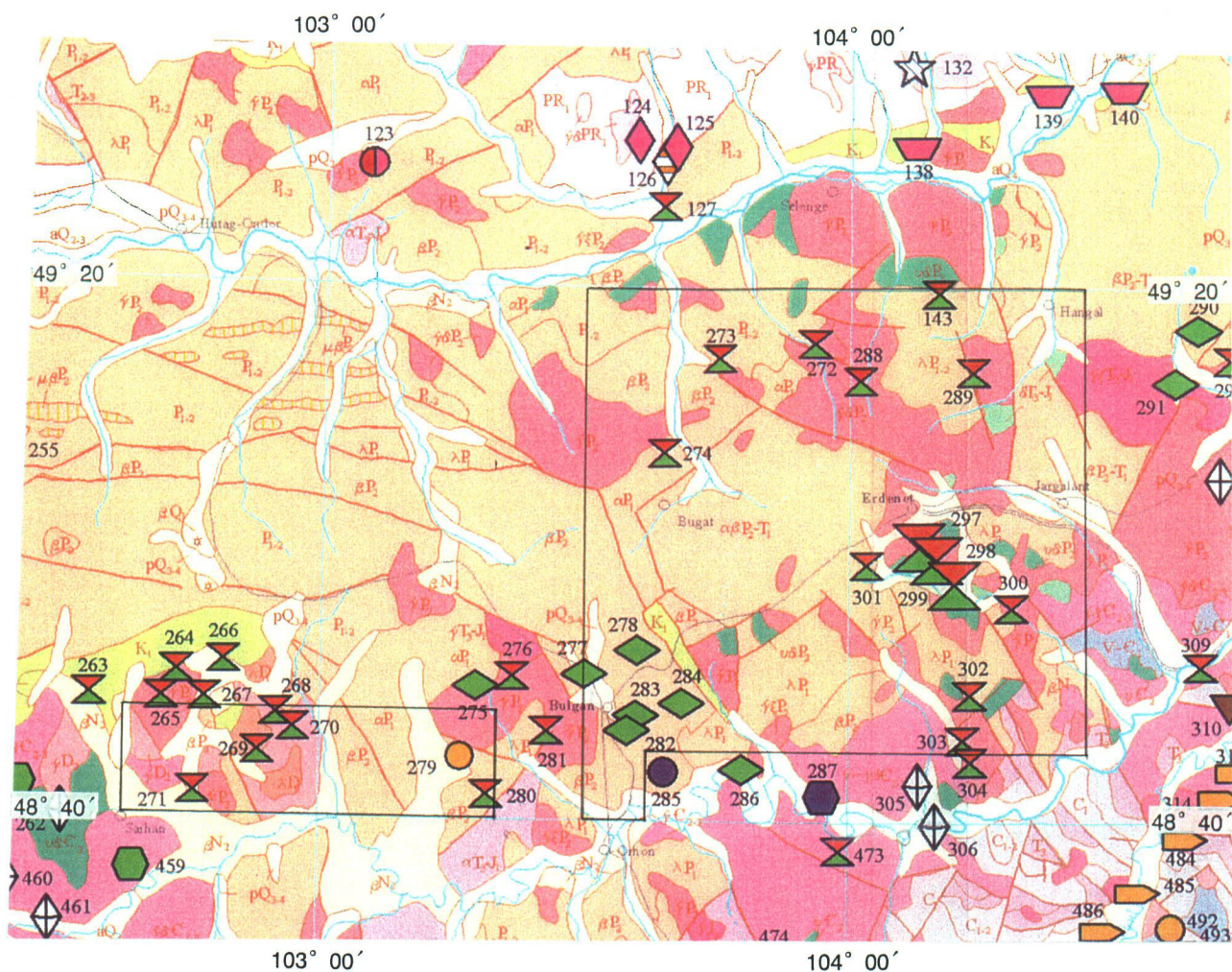
3-4 調査地域の鉱業略史

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。

1941 年にエルデネット鉱床は、ソ連によって地質調査が行われたときに初めて報告された。その後、1964 年から 1969 年にかけてチェコとモンゴル共同で精査が行われ、鉱量 512 百万トン、含銅量 430 万トンの大鉱床の存在が確認された。

1972 年にソ連と共同で開発することが決定され、1978 年に年産 400 万トンの規模で操業を開始した。その後、1983 年に年産 1600 万トン、1989 年に 2000 万トン規模に拡張された。1990 年までに銅含有量 30~32% の精鉱 35 万トンを生産した。

1995 年の粗鉱採掘量は 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 トンである。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 トンである。



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. I-3-4 Generalized mineral location map in Western Erdenet area

2000年のエルデネット鉱山の現況は以下のとおりである。

鉱石：Cu:0.25%カットオフ品位

Cu:0.70%以上の酸化銅

米国とモンゴルのJ/VのSX-EWに送られて処理

Heap leaching, Cu5-4 t/day で生産

現在の年間粗鉱量： 24,000,000 T (Cu : 0.69%, Mo : 0.02%),

その内訳は二次富化鉱 40%, 初生鉱 60%

年間総採掘量： 40,000,000 T

年間精鉱生産量： 400,000 T (Cu : 30%, Mo : 1%)

120,000 T metal Cu, 2,000 T metal Mo, 他に 8,000 T metal Ag

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

今後, 35年間操業可能

地表(標高 1,600m)から約 400m が二次富化帯(Secondary Sulphide)

地表から 100~300m が酸化帯

地表から 1,000m のボーリングにより初生鉱(Primary Sulphide)の存在が確認

現在, 1,325m の 8 レベルまで採掘中

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。

ただし, Erdenet 鉱山の鉱区は現在採掘中のエルデネットNW周辺のみで, Central 等の鉱床にはかかっていない。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制について

本調査対象地域に分布する花崗岩類の全岩分析の結果から、本花崗岩類は MFA 図が示すようにおおむねカルクアルカリ岩系に入り、造山帯に発達する花崗岩類である。また、Rb-(Y + Nb) 図及び Nb-Y 図からプレート内花崗岩や火山島弧花崗岩に相当し、本花崗岩類はプレートの沈み込みに関連する火成活動の産物である。このことは、本地域に分布する花崗岩類がポーフイリー型鉍床の形成の場にあったことを示している。

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イリー型銅モリブデン鉍床、②玄武岩質岩脈に関連した銅鉍床及び③花崗岩質岩に関連した脈状及びストックワーク状金鉍床の3つのタイプの鉍床が存在する。これらのうち現在稼働されているエルデネット鉍山はポーフイリー型銅モリブデン鉍床に当たり、同様の鉍化作用として調査対象地域の中で Zuukhiin gol 鉍徴地、Mogoin gol 鉍徴地、Khujiriin gol 鉍徴地、Danbatseren Undrakh 鉍徴地などが知られている。Khujiriin gol 鉍徴地については、既存の岩石地化学探査の結果から鉛及び亜鉛の分析値が高い傾向にあり、Khujiriin gol 鉍徴地は多金属型鉍床とも考えられている。また、ストックワーク状金鉍床として Tsookher mert 鉍徴地などが知られている。

これらの鉍床及び鉍化帯は、東西性の大規模な2つの構造線に挟まれた地域に位置し、二畳紀後期のサブダクションによりもたらされた火成活動の活発な地域である。Fig.I-3-1 に示したように、ここでは、特徴的な花崗岩類の配列構造、地溝帯構造、小岩体の配列及び断層構造が発達する。エルデネット鉍山は地溝帯構造の南縁に当たり、それら主要な断層の交差部に位置し、同様の地質構造条件は Danbatseren 地区周辺、Mogoin gol/Khujiriin gol 地区や Zuukhiin gol 地区に認められる。

鉍化作用は NW-SE 系及び NE - SW 系の構造に支配され、鉍化作用後の火成活動は NS 系に配列する傾向が見られる。これらは鉍山周辺では安山岩からデイサイト岩脈である。エルデネット鉍山を含む周辺地域の鉍化ゾーンは NW-SE 方向、約 20km にわたって伸長し、近辺に合わせて6つの既知鉍体・鉍化帯が把握されている。エルデネット鉍床は大きく4つの鉍体・鉍化帯からなる。

空中物理探査から考えられる地質構造は、大局的には東西に走る大規模な構造線である Vitim Structure に支配されている。この構造線の南部において空中物理探査からみとめられる NW - SE 方向の低磁気異常帯が南東端から地域の中央に向かって緩やかな凸型で連続する。その中でエルデネット鉍床は、NW-SE 方向に伸びる低磁気異常帯中に位置する。鉍化と放射能異常の関係では、Erdenet 地域はいずれも高放射能異常域に位置しており、セレンゲ複合岩体や或いはエルデネット複合岩体の花崗岩類或いは斑岩類の影響と考えられる。

4-2 地化学異常と鉍化作用との関連について

岩石の化学分析の多変量解析結果から、ポーフイリー型銅モリブデン鉍化作用に関連する因

子：Factor 2 が抽出され、関連元素は Ag-Cd-Cu-(Mo)-Pb-W-Zn であった。Fig. II-2-5 に示したように、エルデネット地区と同様の鉍化作用は、Zuukhiin gol 地区及び Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉍徴地西部に確認された。Au, Ag, Cu, Mo, Pb の異常値の分布は、Erdenet Mine 地区、Zuukhiin gol 地区及び Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉍徴地西部に認められた。

また、ポーフィリー型鉍化作用上部に発達する溶脱変質は、Factor 1 及び Factor 3 として抽出され、関連元素は Ba-Ca-Co-Fe-Mg-Mn-Ti-Zn 及び Al-Be-(Ca)-K-Na である。溶脱変質帯は、Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Mogoin gol 鉍徴地、Tsagaan Chuluut 地区、Danbatseren 地区に分布する。鉍化熱水活動に伴う強い鉍化変質の溶脱帯は、Al, Be, Ca, K, Na, Ti の低い値の異常は、上記地区の鉍化帯に集中する。また、Cr は、強い鉍化変質の溶脱帯で濃集する傾向にある。

ポーフィリー型銅モリブデン鉍化作用に伴う変質は、エルデネット鉍床周辺では鉍化の中心から外へ a)石英-絹雲母、b)石英-絹雲母-緑泥石、c)曹長石-緑泥石の変質鉍物組合せからなると言われている。Fig. II-2-1 に示したように、エルデネット鉍床周辺で確認された変質鉍物組合せは、Zuukhiin gol 地区及び Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉍徴地に認められる。しかしながら、Tsagaan Chuluut 地区では、石英-(ジャロサイト)-(カオリン)、石英-明礬石-(パイロフィライト)-(カオリン)、石英-明礬石-絹雲母-(カオリン)の鉍物組合せが確認され、主に明礬石の出現で特徴付けられる。また、Mogoin gol 鉍徴地と Danbatseren 地区では、石英-絹雲母-(カリ長石)-(カオリン)、石英-パイロフィライト-カオリン、石英-紅柱石、石英-紅柱石-絹雲母が確認され、パイロフィライトや紅柱石の出現で特徴付けられる。

上記の変質鉍物の組合せから、エルデネット鉍床周辺の鉍化変質モデルを考える上で、Fig. I-4-1 に示した Sillitoe(1995)のポーフィリー鉍床形成場の模式的全体像で示すことができる。ポーフィリー型鉍床の鉍化帯の中心部で黒雲母やアルカリ長石で特徴付けられるカリウム変質帯、その縁辺部のプロピライト変質帯、また鉍床の上部のセリサイト変質帯、更にその上部の明礬石やパイロフィライトで特徴付けられる advanced argillic 変質と呼ばれる酸性変質帯が分布する。このポーフィリー鉍床上部の酸性変質帯にはセリサイト-パイロフィライト(±ダイアスポア+紅柱石)からなる変質帯が胚胎することがある。

このことから、Zuukhiin gol 地区及び Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉍徴地はポーフィリー鉍床形成場の下部或いは縁辺部に当たり、Tsagaan Chuluut 地区は鉍床の上部の酸性変質帯に当たり、Mogoin gol 鉍徴地と Danbatseren 地区は酸性変質帯下部に相当する可能性がある。それぞれの地区の変質鉍物組合せの分布は、ポーフィリー型鉍床形成場のおおよその深度を示しているのかも知れない。

4-3 物理探査異常と鉍化作用との関連について

地上物理探査として、1985 年までに地上磁気探査及び IP 法磁気探査データが実施されてきた。これら収集した文献から物理探査結果の特徴を地質調査対象地域毎にまとめた。これらのデータを Table II-1-3 にまとめた。地上磁気探査及び IP 法磁気探査データは、Tsookher mert 地区を除く 6 地区に存在する。この結果から、ポーフィリー型銅モリブデン鉍床であるエルデネ

ット鉱山周辺では、非常に低い磁気異常、高い IP 分極率異常及び比較的低い比抵抗異常が捕らえられた。非常に低い磁気異常は、エルデネット地区を除く 5 地区では確認されなかったが、高い IP 分極率異常は Zuukhiin gol 地区、Mogoin gol/Khujiriin gol 地区及び Danbatseren 地区に存在する。

4-4 エルデネット鉱床形成の支配要因のまとめ

調査地域の鉱床形成を地史的に概観する（渡辺, 1998, 1999）と、エルデネット鉱床は、テクトニックセッティングからユーラシア大陸中のシベリア地塊とモンゴル-北中国地塊との二畳紀後期から三畳紀前期にかけて起こった衝突に関連して形成された。衝突以前にはモンゴル北部・中部・南部に火成弧が形成された。これらのうち最も衝突域に近いところが北部である。この火成弧の火成活動の深部相を代表するものがセレンゲ複合岩体である。この火成活動の最末期には鉱床形成に関連したエルデネット複合岩体（花崗閃緑岩質斑岩）が貫入した。その後、アルカリ岩の貫入活動が起こった。このようにして北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形成された。

このように形成されたエルデネット鉱床の現況は以下のとおりである。

鉱床現況：本地区に賦存する鉱床は北から 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。

鉱山現況：年間粗鉱量は 24,000,000 T (Cu: 0.69%, Mo: 0.02%), その内訳は二次富化鉱 40%, 初生鉱 60% である。年間総採掘量 40,000,000 T, 年間精鉱生産量は 400,000 T (Cu: 30%, Mo: 1%), 金属量は 120,000 T metal Cu, 2,000 T metal Mo, 他に 8,000 T metal Ag である。1999 年の埋蔵鉱量は 1,400,000,000 T (Cu: 7,000,000 T, Mo: 200,000 T) であり、今後 35 年間操業可能である。

上記のエルデネット鉱床は以下のような特徴を示す。

地質： Fig. II-2-29 に示したようにエルデネット鉱山周辺には二畳紀火山岩類とそれに貫入するセレンゲ複合岩体、及びセレンゲ複合岩体に貫入したエルデネット複合岩体が分布する。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、ポーフィ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エルデネット鉱床、即ちポーフィリー型銅モリブデン鉱床の関連火成岩であり、花崗斑岩、花崗閃緑斑岩からなる。

地質構造： Fig. I-3-1 に示したように既存地質図から調査対象地域は、全体的に 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る。エルデネット鉱山は地溝帯構造の南縁に当たり、それら主要な断層の交差部に位置するよう見られる。

変質作用： 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-緑泥石帯という带状配列を示し、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）。また、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床形成に関連して、形成されたと考え

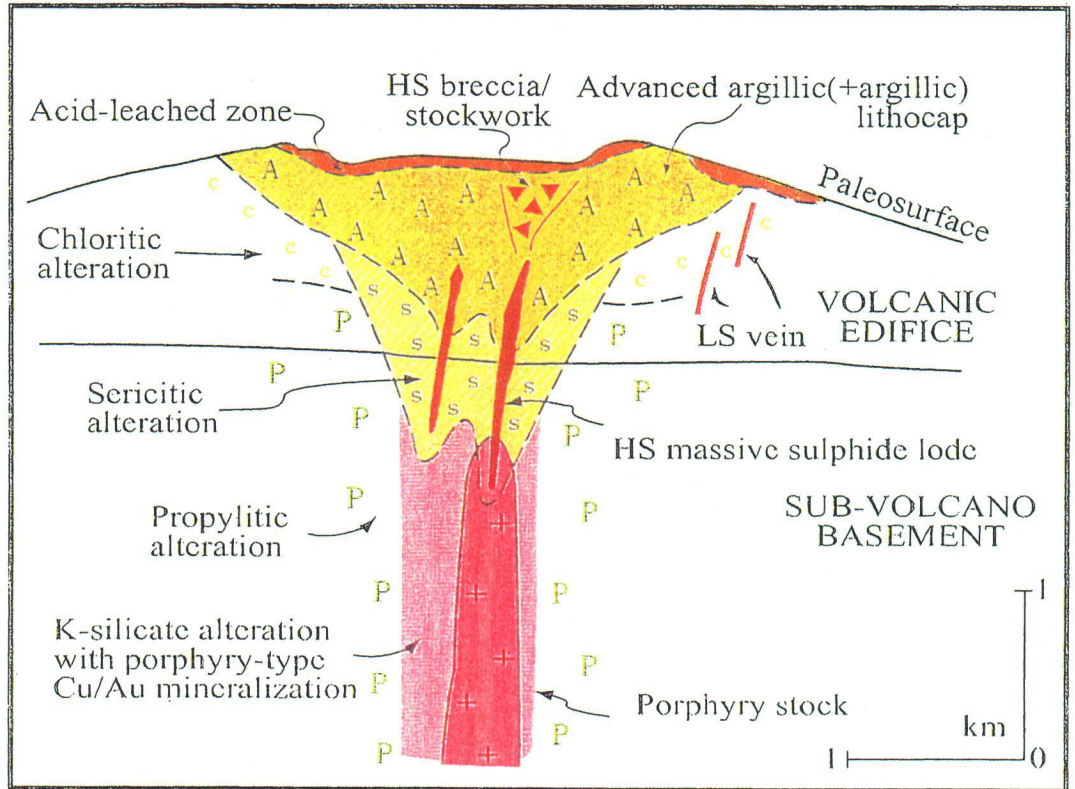


Fig. I-4-1 Idealized advanced argillic alteration (lithocap) and underlying porphyry Cu/Au deposit taken from Sillitoe (1995)

られる advanced argillic 変質と呼ばれる酸性変質帯 (Tsagaan Chuluut 地区) やセリサイト変質帯 (Mogoin gol 鉱徴地など) が調査地域に分布する。

これらの地質・鉱床特性から Fig. I-4-2 に示した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の形成モデルを作成した。モデルには Sillitoe(1995)及び John M. and F. Charles F.(1986)を参考にした。

空中物理探査の解析の結果、エルデネット鉱床は、広域的には Fig. I-4-3 に示したように構造区 3 の低磁気異常域が示す褶曲帯の NW-SE 軸部に賦存し、他の 3 つの鉱体・鉱床は褶曲軸の南翼に位置する。エルデネット鉱床は、Fig. II-3-18 に示したように NW-SE 方向の伸長する低磁気異常帯中の北部に位置し、更に低磁気異常帯中の更に低い小低磁気異常帯中に胚胎する。また、小低磁気異常帯中には、エルデネット複合岩体を形成する斑岩類が位置し、ポーフイリー型銅モリブデン鉱床形成に係わる火成岩であることが分かる。また、Fig. II-3-19 に示したように高カリ放射能帯は、エルデネット鉱床直上に位置するが、Erdenet Central 鉱床、Erdenet Intermediate 鉱床及び Erdenet SE (Oyut) 鉱床においては、高カリ放射能帯の広い分布は認められない。これは現在のオープンピット内の岩盤とその周辺のズリ堆積場を示しており、カリを多く含む変質岩の影響を反映している。一方、他の鉱徴地においては表土が広く被覆し、カリ放射能帯が覆われているためと考えられる。既存物理探査結果から、地上磁気が低く、IP 法磁気探査の分極率が高く、且つ比抵抗が低いことも特徴である。

Fig. I-4-3 に示したようにエルデネット鉱床は、ほぼ NS 性の応力場で形成された褶曲帯形成に伴う深部裂罅に沿って Erdenet 複合岩体の火成岩が貫入したことによって形成されたものと考えられる。

従って、本調査地域のポーフイリー型銅モリブデン鉱床の鉱床探査には、広域的には空中物理探査の結果から得られた広域地質構造支配を受けた地域に絞られること、ポーフイリー型銅モリブデン鉱床形成に係わるエルデネット複合岩体と同様の深成岩の抽出、鉱床生成に係わる変質鉱物の分布及び累帯構造の確認、鉱床賦存を反映する低磁気異常及び高カリ放射能異常域が重要である。

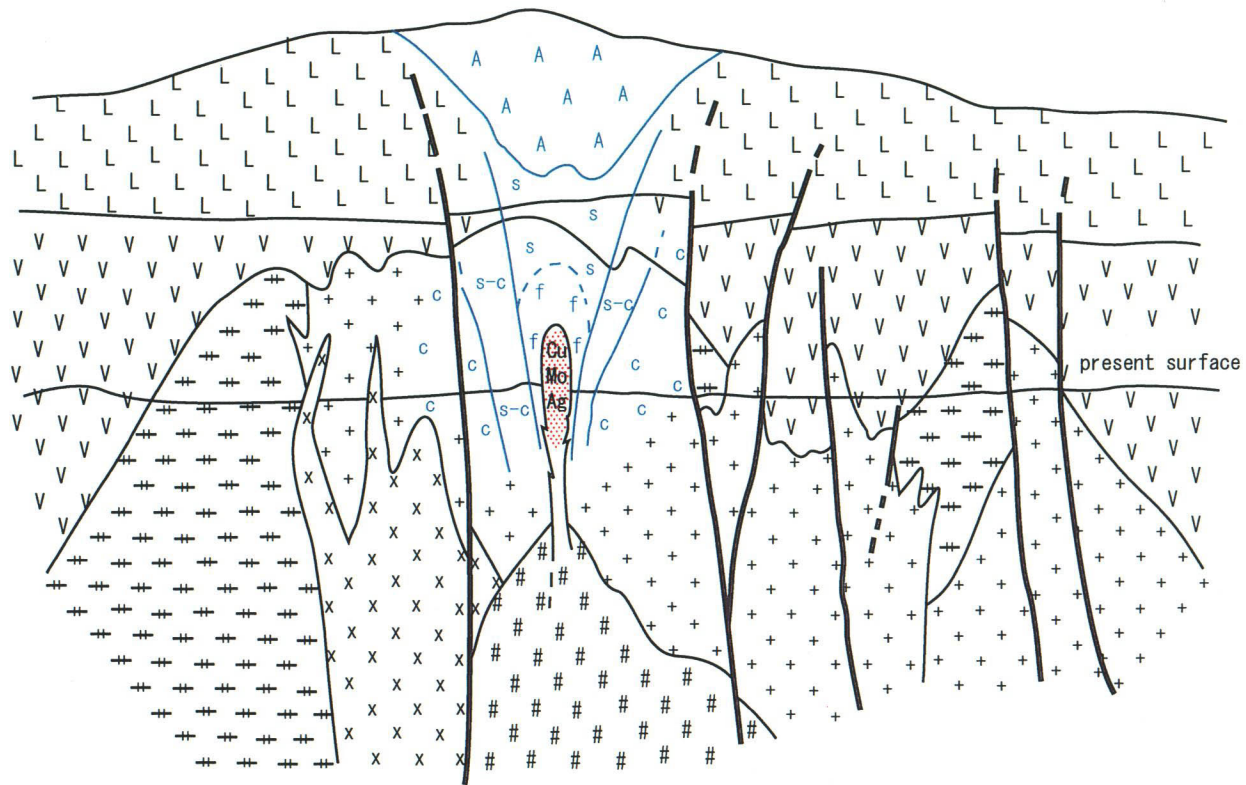
4-5 鉱床賦存のポテンシャルについて

空中物理探査の結果から次のような特徴が得られた。調査対象地域は東西に走る大規模な構造線である Vitim Structure 南側の Tuva-Mongol Unit 位置する。調査対象地域は、NW、NS 及び NE 方向の断層によって区分された構造区 2 (A, B)、3 (A, B) 及び 4 からなり、断層は衝上断層である可能性がある。エルデネット鉱床は構造区 3 A に位置し、低磁気異常域が示す、北西に凸に屈曲した褶曲の軸部に賦存する。軸の南翼には Erdenet Central 鉱床、Erdenet Intermediate 鉱床及び Erdenet SE (Oyut) 鉱床が賦存する。この褶曲軸は調査地域の北西部に位置する Khujirgin gol 鉱徴地まで連続し、またエルデネット鉱床の南東部へ北に湾曲しながら連続し、低磁気異常域も連続する。既知鉱床及び鉱徴の周辺の詳細な空中磁気探査結果の解析から、新たに区分できそうな火成岩体の存在が確認された。従って、上記 NW-SE 方向に連続する褶曲軸と新たに

区分できそうな火成岩体の分布が重要な要素となり、2つの地質要素を兼ね備えた周辺地域がポーフイリー型銅モリブデン鉱床の存在する可能性の高い地域であると思われる。

エルデネット鉱山周辺の地質・鉱床の特徴を次のようにまとめられる。エルデネット鉱山周辺の地質は、二畳系の火山岩類、三畳系からジュラ系の火山岩類及び第四系の堆積岩類からなり、また、二畳紀の花崗岩類からなるセレンゲ複合岩体、二畳紀から三畳紀の斑岩類のエルデネット複合岩体、三畳紀からジュラ紀の斑岩類及び岩脈からなる。セレンゲ複合岩体はポーフイリー型銅モリブデン鉱床である Erdenet 鉱床の母岩となり、エルデネット複合岩体は鉱床形成に関与した火成岩と考えられている。既存地質資料からエルデネット鉱床は、地質構造的には三畳系からジュラ系の地溝帯の南東部に位置し、NW-SE 方向と NE-SW 方向の断層帯が交差する地域に当たる。エルデネット鉱山周辺の鉱化変質鉱物は、鉱化の中心から外へ a)石英-絹雲母、b)石英-絹雲母-緑泥石、c)曹長石-緑泥石の変質鉱物組合せからなると言われている。ポーフイリー型銅モリブデン鉱化作用に関係する化学元素挙動の因子として Factor2 が抽出され、Ag-Cd-Cu-(Mo)-Pb-W-Zn からなることが分かった。エルデネット鉱山周辺では、Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn 及び W はいずれも高い分析値を示す。既存物理探査資料から、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には、磁気探査において低磁気異常帯が認められ、また IP 法電気探査において相対的に低い比抵抗帯と高い分極率異常帯が認められている。

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と同様の地質、地球化学的特長及び物理探査異常は、調査対象地域北東部の Zuukhiin gol 地区及び Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉱徴地で確認された。地質調査によって絞り込まれた2地域には、エルデネット鉱床と同様のポーフイリー型銅モリブデン鉱床が潜在する可能性が高いものと考えられる。



LEGEND

- Triassic~Jurassic L L L :volcanic rock
- Permian~Triassic V V V :volcanic rock
- Erdenet Complex (Triassic~Jurassic) # # # :porphyritic rock
- Selenge Complex (Permian~Triassic) x x x :granite
- + + + :granodiorite
- ++ ++ :diorite
- :fault

ALTERATION

- A:Advanced argillic alteration
- c:Propylitic alteration
chlorite(epidote+calcite)
- s-c:sericite-chlorite alteration
- s:sericitic alteration
- f:quartz-sericite alteration
- K:K-silicate alteration

Fig. I-4-2 Genesis model of Erdenet ore deposit in early Jurassic

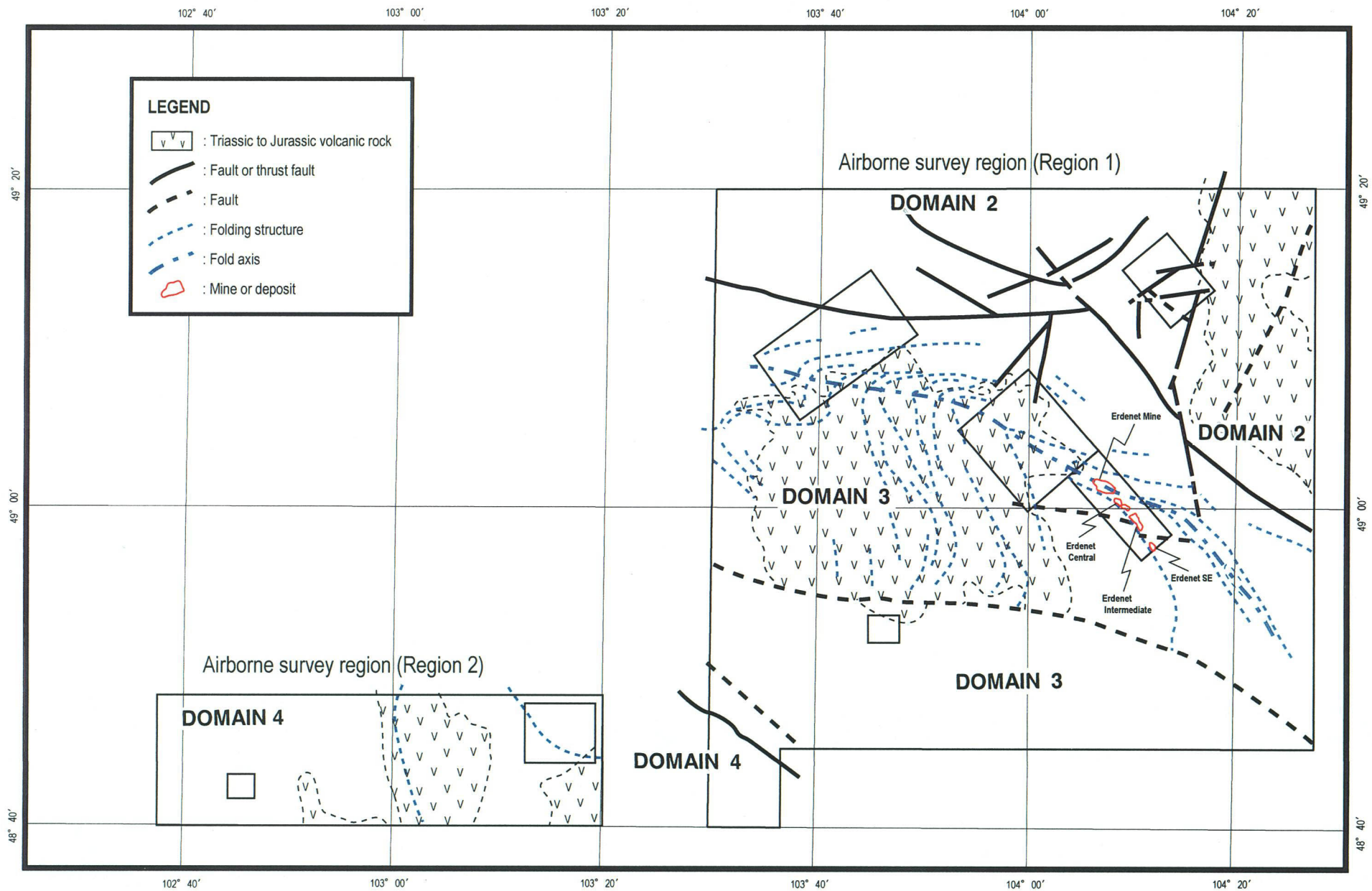


Fig. I-4-3 Geotectonic setting of the Western Erdenet area

第5章 結論及び提言

5-1 結論

5-1-1 物理探査の結論

空中物理探査は、Fig. 2 に示した調査範囲において空中磁気探査及び空中放射能探査を実施した。調査範囲は 5,500km² であり、飛行測定距離は 26,538km である。

エルデネット地域において実施した空中物理探査の結果、地域 1 ではNW-S E 方向の低磁気異常帯が南東端から調査地域の中央に向かって緩やかな凸型で連続し、さらに西方に延長して、褶曲帯を形成している。さらにこの低磁気異常帯中には鋭角状の低磁気異常帯の交差部が複数認められ、エルデネット鉱山はこの直上部に位置している。これは、低磁気異常帯が鉱化変質によって生じたものであり、鉱化作用との関連性の強さを示しているものと考えられる。

カリウムの放射線異常もNW-S E 方向の低磁気異常帯と同様の分布をなし、特にエルデネット鉱山のオープンピット上で特徴的な高放射線異常を示している。このNW-S E 方向の相対的に高いカリウムの放射線異常帯はさらに西側に連続して Khujiriin gol 鉱徴地地域へ、またエルデネット鉱床南東部へと連続する。

詳細な空中物理探査の解析の結果、低磁気異常帯の分布から解析された褶曲軸に沿った地域が、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床探査にとって重要な地域であると考えられる。

空中物理探査結果から、Fig. I-5-2 に示したようにポーフィリー型銅モリブデン鉱床の賦存する有望地域を抽出した。基本的には鉱化との関連性が高いと考えられる地域 1 に認められるNW-S E 方向の褶曲帯を含む構造帯を中心として、カリウムの放射線異常の高い地域を含めている。

5-1-2 地質調査の結論

本年度の調査対象地域の地質調査及び既存データ解析の結果から、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床の鉱化作用に伴う各地区の鉱化変質の特徴、それに伴う元素の挙動及びその濃集や溶脱を示す地球化学的特長を把握し、各地質調査対象地域の調査結果を Table I-5-1 に示し、以下にまとめた。

(1) Zuukhiin gol 地区

地質調査の結果、地質構造的には本地区の主要な断層の方向は、NE-SW, WNW-ESE, EW である。花崗岩類の分布は、周辺の地質状況からほぼ NS 方向に伸長している。変質区分を示した Fig. II-2-1 から、本地域の変質は、絹雲母-緑泥石型と緑泥石型が分布する。特にトレンチが分布する Zuukhiin gol 鉱徴地の中央部には絹雲母-緑泥石型が分布し、エルデネット鉱山周辺に認められる鉱化変質と同様の組合せが確認された。また、岩石の化学分析の結果、Zuukhiin gol 鉱徴地を中心に Cu50ppm 以上最大 Cu11,740ppm の銅分析値が集中し、ポーフィリー型銅モ

Table I-5-1 Summary of geological survey results for each area

	Country rocks	Intrusion	K/Ar Dating (Ma)	Structure	Alteration	Mineralization	Rock Chemistry	Ore assay (in max)
Zuukhiin gol area	λ J1 α β T2-J1 α λ tP2-1	γ δ π 3T1s γ 3P2-T1s γ 2P2-T1s γ δ 1P2-T1s δ 1P2-T1s	258	NE-SW MNW-ESE EW	ser-chl-(sme) chl	pyrite goethite hematite limonite malachite	Cu: >300ppm Cu: >1,000ppm Mo: — Ag: >2.0 ppm Factor 2: >1.5	Cu: 0.464 % Mo: 0.001 % Pb: 0.007 % Zn: 0.019 % Au: <0.01g/t Ag: <5 ppm
Mogoin gol/Khujirin gol area	α β T2-J1 α β P2	λ J1 γ δ 2T1s δ 1T1s		NE-SW	qtz-ser-(Kf)-(kao) qtz-pyro-kao qtz-and qtz-and-ser ser-(sme) ser-chl-(sme) chl fresh	pyrite hematite limonite	Cu: — Cu: — Mo: — Ag: — Factor 2: —	Cu: 0.002 % Mo: <0.001 % Pb: 0.016 % Zn: <0.002 % Au: <0.01g/t Ag: <5 ppm
	Khujirin gol area	α β T2-J1 α β P2	287	MNW-ESE EW	ser-(sme) ser-chl-(sme) chl fresh	pyrite goethite hematite limonite chalcopyrite malachite	Cu: >300ppm Cu: >1,000ppm Mo: >12 ppm Ag: >2.0 ppm Factor 2: >1.5	Cu: 11.131 % Mo: 0.026 % Pb: 5.575 % Zn: 2.64 % Au: 0.03g/t Ag: 221 ppm
Tsagaan Chuluut area	λ π T2-J1 T2-J1mg P1hn1	γ 3P2-T1s γ δ 2P2-T1s δ 1P2-T1s		NW-SE NS EW NE-SW	qtz-(jar)-(kao) qtz-alu-(pyro)-(kao) qtz-alu-ser-(kao) qtz-ser-(Kf)-(kao) ser-chl-(sme) chl		Cu: >300ppm Cu: — Mo: >12 ppm Ag: — Factor 2: —	
Erdenet mine area								
	Erdenet Central area	P1hn1 V- ϵ	259	NS NW-SE NE-SW EW	ser-chl-(sme) chl kao fresh		Cu: >300ppm Cu: >1,000ppm Mo: >12 ppm Ag: >2.0 ppm Factor 2: >1.5	
	Erdenet southeast area	P1hn1 V- ϵ		NS NW-SE NE-SW EW	ser-(sme) ser-chl-(sme) chl fresh		Cu: — Cu: — Mo: — Ag: >2.0 ppm Factor 2: —	
Danbatsem area	α β T2-J1 α λ tP1-2	λ J1 γ δ 2T1s δ 1T1s		NW-SE WNW-ESE NS	qtz-(jar)-(kao) ser-chl-(sme) chl fresh	goethite hematite limonite	Cu: — Cu: — Mo: — Ag: — Factor 2: —	Cu: 0.004 % Mo: <0.001 % Pb: 0.003 % Zn: 0.003 % Au: <0.01g/t Ag: <5 ppm
Undrak area	γ 2P2-T1s γ ϵ 2P2-T1s ϵ λ γ 2D2	γ 2PZ1 γ δ 2PZ1 γ δ 1PZ1		NW-SE	ser-(sme) ser-chl-(sme) fresh	pyrite hematite	Cu: — Cu: — Mo: — Ag: — Factor 2: —	Cu: 0.123 % Mo: 0.001 % Pb: 6.737 % Zn: 0.682 % Au: 1.49 g/t Ag: 538 ppm
Tsookher mert area	T2-J1mg D2ot	γ 3P2-T1s γ ϵ 3P2-T1s δ 1P2-T1s	248	NE-SW NW-SE EW	ser-(sme) ser-chl-(sm) chl fresh	goethite hematite limonite malachite	Cu: — Cu: — Mo: — Ag: — Factor 2: —	Cu: 0.011 % Mo: <0.001 % Pb: 0.002 % Zn: 0.002 % Au: <0.01g/t Ag: <5 ppm

リブデン鉱床の元素挙動に関連する Factor2 のスコア 0.5 以上が Zuukhiin gol 鉱徴地を中心に集中する。

従って、Zuukhiin gol 鉱徴地は、本調査対象地域の中でポーフィリー型銅モリブデン鉱床が存在する可能性が高いものと考えられる。

なお、本鉱徴地の鉱化作用は、既実施されたボーリング調査から深度300m以上連続するものと考えられ、深部の鉱化状況を把握するため、今後は、IP法電気探査の手法によって地下深部の再評価を行い、良好な結果が得られれば、ボーリング調査に継続させることが望まれる。

既往探査では、低品位を理由に探鉱活動が放棄されたが、現在ではSX-EW法の技術があり、仮にCu:O.3%程度の酸化鉱がまとまって分布している場合は、鉱山開発につながる可能性があるものと考えられる。

(2) Mogoin gol/Khujiriin gol 地区

Mogoin gol 鉱徴地周辺の地質調査の結果、地質構造的には本地区の主要な断層の方向は東部ではNE-SW方向であり、西部ではWNW-ESE、EWが卓越する。花崗岩類の分布は、周辺の地質状況から東部においてNW-SE方向に伸長する、西部ではEW方向に伸長する。変質区分を示したFig. II-2-1から、強変質帯では、石英-絹雲母-(カリ長石)-(カオリン)、2)石英-パイロフィライト-カオリン、3)石英-紅柱石、4)石英-紅柱石-絹雲母が認められ、その周辺に5)絹雲母-(スメクタイト)、6)絹雲母-緑泥石-(スメクタイト)、7)緑泥石の変質鉱物組合せが確認され、これらは高硫化系浅熱水性酸性変質帯で認められるものである。これはポーフィリー型銅モリブデン鉱床の鉱化変質の上部に発達するものである。岩石の化学分析の結果から元素の溶脱帯も認められる。しかしながら、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床の元素挙動に関連する Factor2 のスコア 0.5 以上は認められなかった。

従って、Mogoin gol 鉱徴地は、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床が存在するとしても、鉱体は地表からかなり深い深度に賦存する可能性が高いものと考えられる。

Khujiriin gol 鉱徴地周辺の地質調査の結果、変質区分を示したFig. II-2-1から、本地域の変質は、絹雲母-(スメクタイト)型、絹雲母-緑泥石型と緑泥石型が分布し、エルデネット鉱山周辺に認められる鉱化変質と同様の組合せが確認された。また、岩石分析の結果、Khujiriin gol 鉱徴地を中心にCu50ppm以上最大Cu5,072ppmの銅分析値が集中し、ポーフィリー型銅モリブデン鉱床の元素挙動に関連するFactor2のスコア0.5以上がKhujiriin gol 鉱徴地を中心に集中する。酸化銅を伴う鉱化帯の鉱石は最大銅品位Cu11.13%を含み、最大鉛品位Pb5.78%、最大亜鉛品位Zn2.64%、最大モリブデン品位Mo0.269%、最大金品位Au0.03g/t、最大銀品位Ag221g/tを示し、ポーフィリー型銅鉱床だけでなく多金属型鉱床の可能性もある。石英脈の平均均質化温度は244.2℃～289.0℃で、塩濃度は3.0%～4.0%であることから、ポーフィリー型銅鉱床の低い生成温度に当たり、温度的には浅熱水性鉱化作用に相当する。

従って、Khujiriin gol 鉱徴地は、本調査対象地域の中でポーフィリー型銅モリブデン鉱床或いは多金属型鉱床が存在する可能性が高いものと考えられる。

既存のIP法電気探査は実施時期が古くまた平面図のみの解析であり、本鉱化帯の深部情報

を得るために本鉱徴地において I P 法物理探査を実施し、断面解析を行うことが必要である。その解析結果からボーリングを実施し、鉱化状況を把握する必要がある。

(3) Tsagaan Chuluut 地区

地質調査の結果、地質構造的には本地区の主要な断層の方向は、NW-SE 方向から NS 方向である。花崗岩類の分布は、周辺の地質状況から NW-SE 方向に伸長する。本地区南西部の Tsagaan chuluut 山周辺は、下部に Erdenet 鉱山の斑岩型銅モリブデン鉱床母岩である二疊紀から三疊紀のセレンゲ複合岩体である花崗閃緑岩が存在し、それを三疊紀からジュラ紀の火山岩類が広く被覆している。

Tsagaan chuluut 山周辺の白色粘土化・珪化変質帯は、ジャロサイト-(明礬石)-(カオリン)及び明礬石-(カオリン)の変質鉱物組合せである。これは、Sillitoe(1995)のポーフィリー鉱床生成場の模式的全体像の中では、地表に近いアドバンスト・アーギリック変質と呼ばれる酸性変質帯に相当する。従って、期待される鉱体まで深度的に距離がものと考えられる(渡辺寧, 1999)。

既存資料の地上磁気探査結果及び I P 法電気探査結果から、この白色粘土化・珪化変質帯は Erdenet NW 鉱床で認められた磁気異常の北西延長及び I P 法電気探査の分極率異常域に相当する。

従って、探査対象であるポーフィリー鉱床は地表から比較的深部に存在する可能性があるものと考えられる。

(4) Erdenet Mine 地区

本地区には、北から(a)Erdenet NW 鉱床、(b)Erdenet Central 鉱床、(c)Erdenet Intermediate 鉱床及び(d)Erdenet SE (Oyut)鉱床が存在し、F/S 調査まで進んでいる。現在、オープンピットによって稼働されている鉱山は Erdenet NW 鉱床のみである。

地質構造的には、本地区の主要な断層の方向は NS 方向であり、ほかに NW-SE 方向、NE-SW 方向及び東西性の断層が発達する。Erdenet 鉱床の東に発達し、鉱床東縁を境する断層は南北断層と呼ばれている。また、鉱床形成に関連したエルデネット複合岩体は NW-SE 方向の配列を示し、鉱床形成の場を規制している。上記の 4 つの主要な鉱床はこの配列の沿って胚胎し、また NW-SE 方向の空中物理探査の低磁気異常帯中に位置する。

Erdenet NW 鉱床の 1999 年の埋蔵鉱量は 1,400,000,000t(Cu: 7,000,000t, Mo: 200,000t)であり、今後 35 年間操業可能である。本鉱床は、地表(最高 1,600m)から約 400m が二次富化帯であり、地表から 100~300m が酸化帯、地表から 1,000m のボーリングで初生鉱の存在が確認されている。現在、1,325m の 8 レベルまで採掘中である。

Erdenet Central 鉱床は 1,250,000T(Cu: 0.43%, Mo: 0.018%)の埋蔵鉱量が確認されている。地表調査の岩石化学分析の結果、最大銅は Cu608ppm、鉛は Pb58ppm、亜鉛は Zn55ppm、金は Au32ppb、銀 Ag7.7ppm 及びモリブデン Mo101ppm の分析値であった。

Erdenet Intermediate 鉱床は、岩石の化学分析の結果、銅は Cu67,776ppm~Cu185ppm、鉛は Pb126ppm~Pb638ppm、亜鉛は Zn71ppm~Zn686ppm、金は 2ppb~Au10ppb、銀 Ag1.1ppm~

Ag10.1ppm 及びモリブデン Mo3ppm から Mo188ppm の分析値であった。

Erdenet SE (Oyut) 鉱床は、41,890,000T(Cu : 0.40% , Mo : 0.007%) の埋蔵鉱量が確認されている。岩石の化学分析の結果、銅は Cu9ppm ~ Cu169ppm、鉛は Pb42ppm ~ Pb142ppm、亜鉛は Zn13ppm ~ Zn110、銀 Ag0.7ppm ~ Ag2.3ppm 及びモリブデン Mo1ppm ~ Mo9ppm であった。

既存の物理探査資料から、現在稼働されている Erdenet 鉱床は、地上磁気が高く、IP 法磁気探査の分極率が高く、且つ比抵抗が低いことが特徴である。また、Erdenet 鉱床東部の南北断層が非常によく捕らえられている。Erdenet Central 鉱床及び Erdenet SE (Oyut) 鉱床は、Erdenet 鉱床と同様に、地上磁気が高く、IP 法磁気探査の分極率が高く、且つ比抵抗が低い。Erdenet Intermediate 鉱床は、地上磁気が高いものの、IP 法磁気探査の分極率及び比抵抗において顕著な異常が認められなかった。

(5) Danbatseren 地区

地質調査の結果、地質構造的には本地区の主要な断層の方向は、NW-SE 方向から WNW-ESE 方向である。花崗岩類の分布は、周辺の地質状況から N-S 方向に伸長する。珪化岩体中の白色粘土化変質岩で、絹雲母に加え比較的高温の酸性環境下で安定なパイロフィライト、紅柱石が確認された。これは、litho cap の比較的深部あるいは高温の深部熱水の上昇部を示しているものと考えられる。

モンゴル側で実施した地化学探査では顕著な異常は補足されていない。しかし、物理探査結果から、IP 電気探査の分極率が高く、比抵抗が高い結果を得ている。

珪化岩の周辺・深部にポ-フィリ-型銅鉱床或いは高硫化系金鉱床の賦存の可能性が考えられる。

(6) Undrakh 地区

地質調査の結果、地質構造的には本地区の主要な断層の方向は NW-SE 方向である。花崗岩類の分布は、周辺の地質状況から NW-SE 方向に伸長する。本鉱徴地には、変質の状況からポ-フィリ-型銅化作用が及んでいるものと考えられるが、全体にポタシク変質や石英脈の発達規模は小さい。また、銅品位は Cu0.011% と著しく低い。既存の IP 電気探査の結果からも、分極率異常及び比抵抗異常は認められない。

従って、ポ-フィリ-型銅鉱床の賦存が期待されるものの、今後、更に探鉱を進める必要はないものと考えられる。

(7) Tsookher mert 地区

地質調査の結果、地質構造的には本地区の主要な断層は、中央部から東部にかけて NE-SW 方向を示し、西端部において NW-SE 方向を示す。また南部では東西方向である。花崗岩類の分布は、周辺の地質状況から東西或いは南北方向に伸長する。Tsookher mert 鉱徴地の銅化帯は幅 1.5m、脈延長 700m であり、鉱石の最大品位は Au1.49g/t、Ag538g/t、Cu0.247%、Pb6.737%、Zn0.682%、Bi0.017% であった。岩石の化学分析の結果、Au、Ag、Hg、As および Sb の分析値

はいずれも低かった。

MMAJ(2001)によれば、Tsookher mert 鉱徴地において石英細脈が確認され、特に密集した幅30cmのチャンネル試料についてAu:285.4g/tおよびAg:950g/tの高品位の分析結果が得られた。しかし、脈幅は0.01~0.1mと狭く、金品位は著しく変化するものと予想された。

Hatan hoshuu 鉱徴地の鉱化帯は、規模が50m×50mと小さく、また、鉱石分析の結果もCu0.006%、Pb0.005%及びZn0.004%と低い品位であった。既存収集資料の解析からも品位はAg50g/t、Cu50ppm及びZn0.02%と低い値である。

従って、本地区の2つ鉱徴地は、一部の鉱石試料にAu:285.4g/tおよびAg:950g/tと高品位の金が確認されたが、おおむね鉱化帯の品位及び規模は小さいものと考えられ、今後探鉱を行う必要はないものと考えられる。

5-1-3 調査結果の総括

空中物理探査結果から、基本的には鉱化との関連性の深いと考えられる地域1に認められるNW-SE方向から西側に伸びる褶曲帯を含む構造帯を中心として、カリウムの放射線異常の高い地域を含めている。エルデネット鉱床はこのNW-SE方向から西側に伸びる構造線の中に発達する低磁気異常帯に胚胎する。空中物理探査の広域構造解析及び詳細な地域解析から、Fig. I-5-1に示したように今後の有望地域を抽出した。枠で示された地域がポーフィリー型銅モリブデン鉱床の探査に重要な地域である。

地質調査の結果、エルデネット鉱床南東部は絹雲母-緑泥石帯から緑泥石帯の変質鉱物組合せに当たる。また、鉱床形成に関連する岩石分析の統計解析から因子2(Ag-Cd-Cu-(Mo)-Pb-W-Zn)の高因子得点が分布する。

空中物理探査結果及び地質調査の結果からエルデネット鉱床と同様のポーフィリー型銅モリブデン鉱床が賦存すると考えられる有望地域として、以下の地域を選定できるものと考えられる。

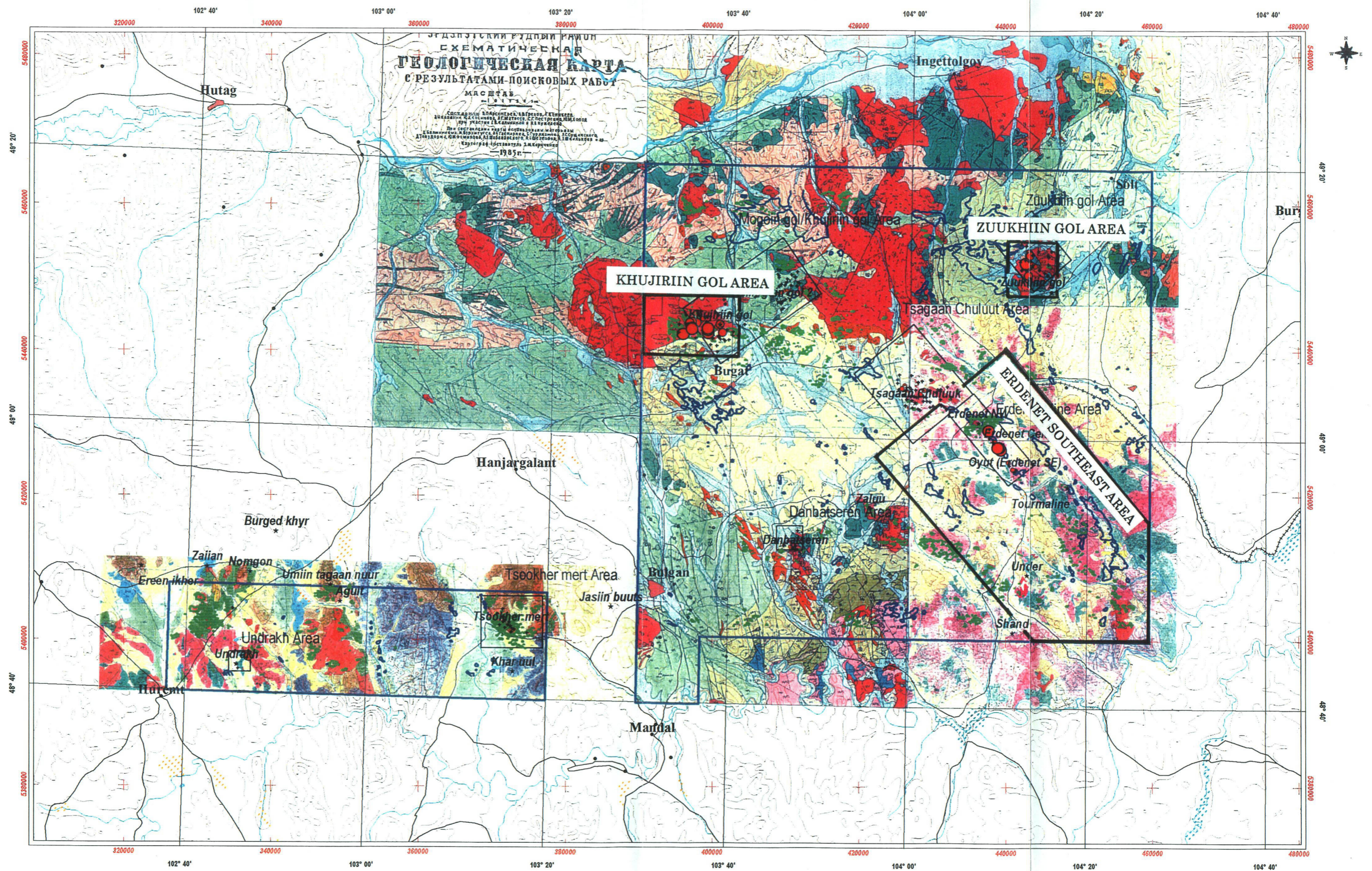
第一有望有望地域は、開発可能な深度にポーフィリー型銅モリブデン鉱化作用或いは多金属型鉱床が賦存する可能性のある以下の地域であると考えられる(Fig. I-5-2)。

- (a) エルデネット鉱床周辺からその南東部に連続する褶曲軸周辺地区
- (b) Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉱徴地の西部鉱化帯を含む地区
- (c) Zuukhiin gol 地区の中央部鉱化帯地区

第二有望地域は Tsagaan Chuluut 地区であるが、第一有望地域に比べ深いところに探査対象となるポーフィリー型鉱床が存在する可能性があるものと考えられる。

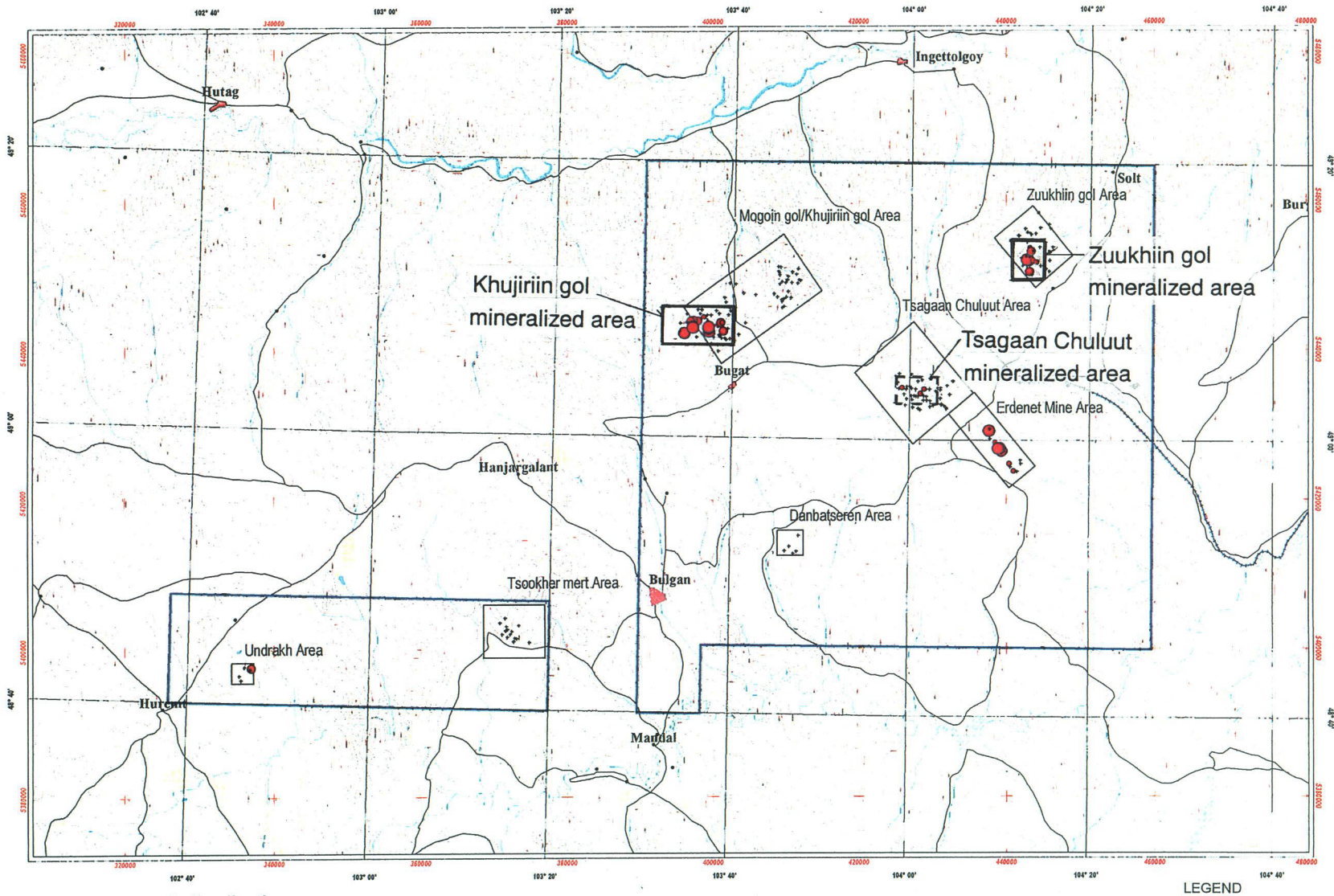
5-2 第2年次調査への提言

ここでは物理探査の手法としてIP電気探査を提案している。その理由として、本地域では露頭条件が悪く、地化学探査は有効でなく、むしろ本地域の鉱床の探査で実施されてきた地上磁気探査やIP電気探査が有効であった。



Solid interpretation map

Fig. 1-5-1 Recommendation areas in Erdenet Mine area by the geophysical survey



Factor score 2 distribution map

Fig. I-5-2 Recommendation areas in Erdenet Mine area by the geological survey

本年度の既存データ解析，地質調査及び空中物理探査の結果から，第2年次調査への調査地域と調査方法は以下のように提言することが考えられる。

- 1)ポーフイリー型銅モリブデン鉱床の賦存する可能性の高い地域として，地表から浅い深度に存在すると思われる Zuukhiin gol 地区の鉱徴地区及び Mogoin gol/Khujiriin gol 地区の Khujiriin gol 鉱徴地が抽出された。この2地域について地質精査及びIP法電気探査を提案し，その結果からボーリング調査を提案する。
- 2)空中物理探査から抽出された有望地域に対しては，本年度と同様の地質概査及び準精査を実施することを提案する。