

する。鉱床生成区では、Khoid Khenty (North Khenty) に相当する。現在、Zaamar では、砂金を主体として操業が行われている。

調査地域北部の Khuvsugl 湖東方には、Tavt (Ereen) 鉱床に代表される、金もしくは金・銅鉱床が集中して分布する。鉱床生成区では、Egiin gol (Teshig) に相当し、鉱脈型もしくはスカルンの記載があり、深成岩の活動に関連した鉱脈型やスカルン鉱床が賦存する可能性がある。Tavt 鉱床には、100~130t の金量が期待されるという情報もある (Mining Journal, Feb, 28, 1997)。その他に、調査地域の北東端のロシア連邦との国境 Zelter 付近には、金鉱徴地が比較的まとまって分布し、金を伴う変質帯や石英脈の記載がある。

調査地区北部~北西部の Sangilen Unit から Darkhat Unit には、金・銅・タングステン・モリブデン・ニッケル・クロム等の鉱徴地の記載があり、鉱床生成区では、Khubsgul、Khugiin gol および Sayan に相当する。このエリアでは、古生代前期のオフィオライト中の超塩基性岩に関連したニッケル・クロム・白金族鉱床、古生代前期に活動した花崗岩類に関連したペグマタイト鉱床等が賦存する可能性がある。

(2) Erdenet 鉱床の概要

Erdenet 鉱山周辺には、同鉱山を中心として、NW-SE 方向に延長約 22km、幅約 1.5km に亘って、5ヶ所の銅鉱化帯が捕捉されている。

Erdenet 鉱床は、カンブリア紀前期と古生代後期の堆積岩起源の変成岩類を基盤とする NE-SW 方向に分布する Orkhon-Selenge basin の南に位置している。Orkhon-Selenge basin は、主に二疊紀の堆積岩類と火山岩類からなり、三疊紀とジュラ紀の堆積岩類および火山岩類を伴う。

二疊紀の Khanuin series (玄武岩、安山岩、流紋岩等の火山岩類) と二疊紀後期の Selenge complex (閃緑岩、モンゾニ岩、花崗岩等の花崗岩類) が、大規模なドーム状構造および主に NW-SE 系の断層を形成し、これが鉱床の胚胎場となっている。ドーム状構造は、直径約 50km の環状および複雑な弧状構造として観察される (Gavrilova et al., 1989)。

鉱化作用 (銅・モリブデン) は、二疊紀後期~三疊紀前期とされる Erdenet 斑岩質貫入岩複合岩体 (花崗斑岩・花崗閃緑斑岩) (Table I-3-6) がドーム状構造の NW-SE、N-S および E-W 方向の構造線の交差部に貫入することによってもたらされた5つの鉱化帯は、NW-SE 方向に配列している (Gavrilova et al., 1989; Naioto and Sudo, 1999)。さらに鉱化帯には、鉱床形成後にジュラ紀の粗面岩質安山岩・デイサイト・流紋岩等の火山岩類の活動が重複しており、これら岩脈は N-S 方向に鉱床を切っている

鉱床の変質ゾーニングは、鉱体の縁辺部から中心に向かって、緑泥石-緑簾石、絹雲母-緑泥石、石英-絹雲母が分布しており、鉱体の中心は強珪化変質・グライゼンとなる。

鉱床群の中で現在稼働されているのは北西から2番目の北西 (North West) 鉱床である。地表部には酸化・溶脱帯が、下位には輝銅鉱、斑銅鉱、銅藍、酸化銅等からなる二次富化帯が、更にその下に黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱およびモリブデナイトからなる初生鉱が賦存する。現在は、露天掘りにより酸化・溶脱帯がはがされ、二次富化帯から採鉱している。

Table I-3-6 Characteristics of Selenge complex and Erdenet porphyritic intrusive complex distributed around Erdenet mine

Stage	Rocks	Morphology	Structure	Mineral association
V	B. quartz and sericite-quartz vein, sometimes accompanying K-feldspar alteration A. mesocratic granodiorite-porphyry, granodiorite-porphyry, dacite, hornblende-biotite andesite and diorite-porphyry	Rare parallel dikes, magmatic breccia	Local fractures, mainly steeply dipping	Pyrite-quartz, Molybdenite—quartz, Chalcopyrite-pyrite-quartz, Superimposed bornite-chalcocite-covillitic
IV	B. thin sericite-quartz vein A. quartz-biotite-plagioclastic and leucocratic porphyry, plagioporphry and dacite, mesocratic plagioporphry, amphibole-biotite andesite-dacite, andeiste			Pyrite-quartz, Molybdenite-quartz, Chalcopyrite-pyrite-quartz with sphalerite, Superimposed bornite-chalcocite-covellitic
III	B. sericite-quartz metasomatite and veins, quartz vein with chlorite, in the deep horizons quartz vein with secondary biotite and anhydrite	Predominately systems of parallel dikes sublatititude vertical, rarely netted stockwork and breccia	Systems of thin parallel fractures with steeply dipping and rarely gently dipping. Distributed along all vertical clack.	Pyrite-quartz, Molybdenite-quartz, Chalcopyrite-pyrite-quartz with sphalerite and bismuth
	A. 1. granodiorite-porphyrries, biotite-plagioclastic porphyries, plagioporphyrries, dacites 2. leucocratic granite-porphyry, quartz-plagioclase porphyry, rhyodacite and rhyolite	Predominantly sublatititude steeply dipping dikes, in the central part of the deposit-stock autobreccia structure, gently and steeply dipping bodies.		Superimposed bornite-chalcocite-covellitic
Structural reconstruction				
II	B. 1. quartz-K-feldspar, aplitic, graniteporphyry dyke 2. quartz-sericite metasomatites, quartz breccia, metasomatite and veins	Stockwork, veins, zones, columns		Pyrite-quartz Molybdenite-quartz Chalcopyrite-pyrite-quartz
	A. granodiorite-porphyry, granite-porphyry			Superimposed bornite-chalcocite-covellitic
I	B. main stage metasomatosis and mineralization. 1. quartz-K-feldspar metasomatite 2. quartz-sericite metasomatite, secondary quartzite, locally greisen, in the higher horizon and NW flange tourmaline bearing rocks	Netted stockwork in the upper and middle horizons of the deposit; in the deeper local zones, columns	Veins and zones steeply, inclined, gently dipping; columns, "Rubble" veins	Pyrite-quartz, Molybdenite-quartz Chalcopyrite-pyrite-quartz, Superimposed bornite-chalcocite-covellitic
	A. 1. granodiorite-porphyry, dacite 2. dacites 3. leucogranite, aplite	Stocks, dikes, stockwork, coarse rubbled eruptive breccia	Breccia, gently sheeting, vertical inclined, subhorizontal, injection	
Before mineralization	Quartz-K-feldspar metasomatosis	Gently and steeply dipping fractures, bulk metasomatosis		Locally chalcopyrite

(Taken from Gavrilova et al., 1989)

(3) Erdenet West 地区の特徴的な変質

モンゴル側資料によると、Erdenet 鉱床周辺の地質図には、広範囲に“secondary quartzite”と記載された変質が分布する (Fig.I-3-10)。Sillitoe (1995) によると、この“secondary quartzite”は旧ソ連圏で広く使われている地質用語で、ポーフイリーシステムの“advanced argillic alteration”と同義語であると指摘されており、ポーフイリーシステムに関連する鉱床の探査において注目しなければならないことが述べられている。本調査では、その分布・鉱物学的・地化学的特徴の把握に努め、ポーフイリーシステムとしての評価の対象とした。

(3-1) “secondary quartzite”の定義

ロシア語地学辞典「Геологический」によると“secondary quartzite”の定義は次のとおりである。

“secondary quartzite”は、熱水性または中熱水性起源で、主要構成鉱物は、石英・絹雲母・明礬石・パイロフィライト・紅柱石・ダイアスポアからなり、副次的鉱物は・コランダム・デュモルテライト・トパズ・電気石よりなる。その他にルチル・黄鉄鉱・赤鉄鉱が含まれることがある。含アルミ鉱物が石英より多いことがあり、“alumoquartzite”と呼ばれることがある。

“secondary quartzite”は酸性岩、稀にアルカリ岩に伴って形成される。また、極めて稀に熱水環境下におかれた堆積岩類および変成岩類に伴って形成されることがある。Korjinsky (1954) は“secondary quartzite”が花崗岩類の Subvolcanic 貫入岩の接触リーチングにより形成されたと考えており、溶脱は貫入岩と母岩 (火山岩被覆層) の境界部付近に生じるとした。一方、Nakovnic (1954) は、“secondary quartzite”が表層および表層近くの火山岩に関連して形成されたものと考えた。

その他に、“secondary quartzite”は明礬石・パイロフィライト・紅柱石等の非金属鉱床と、そして金、銅・モリブデン、多金属性および銅・黄鉄鉱等の金属鉱床に関係するとされている。

(3-2) lithocap の特徴

Lithocap はポーフイリーシステムの浅所に発達する変質帯で、advanced argillic alteration (高度粘土化変質) に相当するものである (Fig.I-3-11)。その特徴・成因については、次の様に考えられている。

lithocap は、中心部の advanced argillic alteration とその周縁部の argillic alteration よりなり、浅所貫入岩と古地表の間に形成されたものである。advanced argillic alteration 中心部は玉髄質石英、結晶質明礬石よりなり、周縁に向かってカオリン、ディッカイト、絹雲母、パイロフィライト、ダイアスポアを含むようになり、ズニ石、デュモルティエライト、トパズも晶出する。Lithocap 上部の ledge は多孔質な残留物や vuggy silica が卓越し、熱水が比較的強く活動した部位には、石英と明礬石よりなる ledge が見られ、熱水角礫岩が分布する。

lithocap の主要な硫化鉱物は、黄鉄鉱および白鉄鉱である。硫砒銅鉱およびルズナイトに特徴付けられるゾーンの金・銀・銅を含む硫化鉱物は、残留シリカ、角礫岩中に見られる。

lithocap の成因は、強酸性・酸化流体と鉱化作用を受けた subvolcanics 上部の岩石が反応するこ

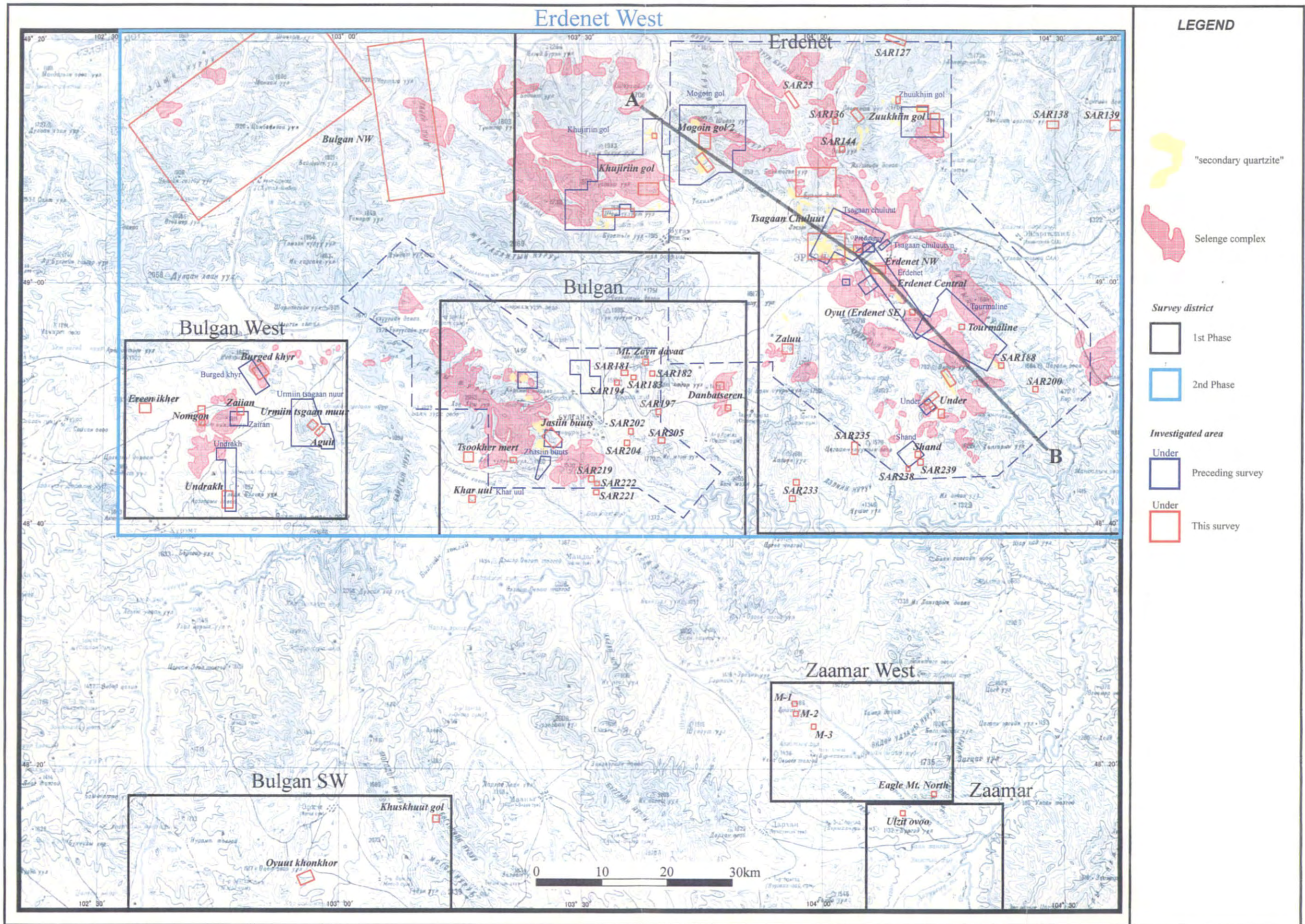


Fig. I-3-10 Distribution of "secondary quartzite" and Selenge complex in the Erdenet West district

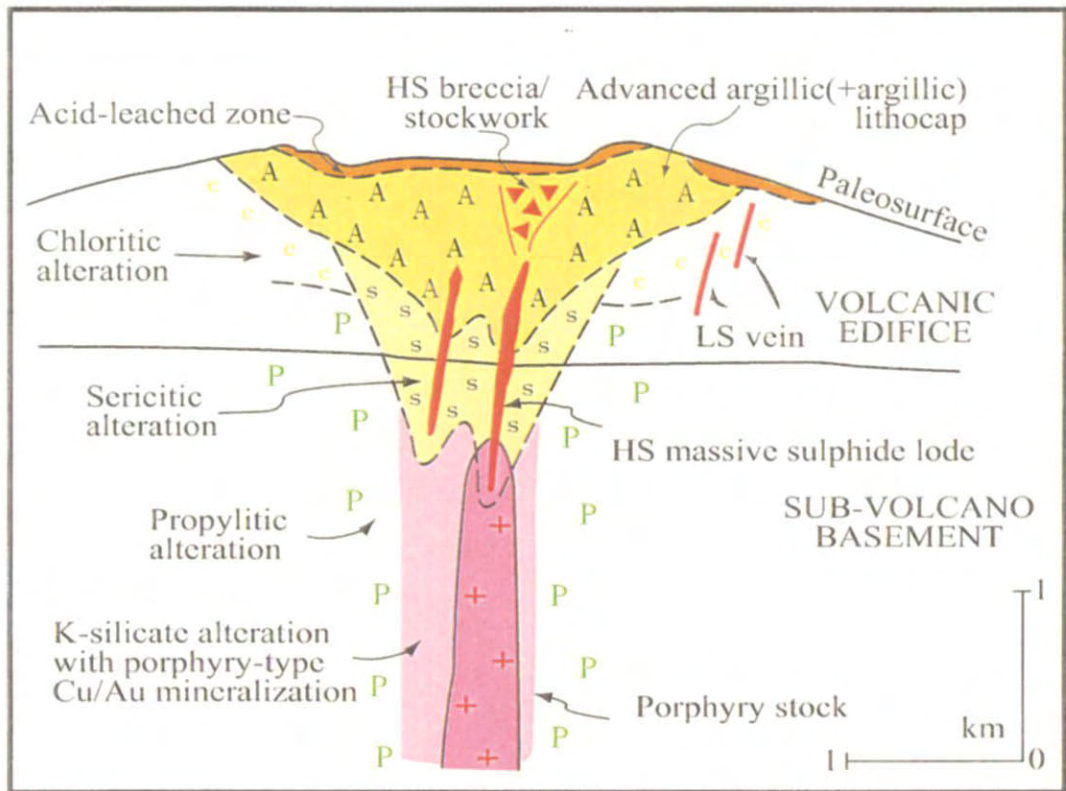


Fig. I-3-11 Idealized advanced argillic alteration (lithocap) and underlying porphyry Cu/Au deposit taken from Sillitoe 1995

とによる。酸性流体は、マグマからもたらされた SO₂ および HCl を含む揮発成分と多孔質岩石、あるいは天水との混合により形成される。硫酸塩に富む流体は、明礬石を生成し、ハロゲンはズニ石やトパズを生成する。

また、lithocap の広域的広がり、火山体の動水勾配に従って酸性流体の側方への流れによって形成される。

(3-3) lithocap と “secondary quartzite” との比較

前述の “secondary quartzite” の定義と lithocap の特徴を比較すると、いずれも酸性熱水の活動による変質で、構成鉱物や産状から判断して、“secondary quartzite”は Sillitoe (1995) の定義した lithocap に相当するものとみなすことができる。このため、ポーフィリーシステムの浅所兆侯として “secondary quartzite” を検討する必要がある。ただし、調査地域において “secondary quartzite” と記載されているものすべてが、lithocap に相当するものか否かについては現地調査における産状および室内試験による鉱物組み合わせにより判断していく必要がある。

3-3 最近の鉱業事情

モンゴル国の鉱業についての最近の報告では、Guide to the geology and mineral resources of Mongolia (1996)、(財)国際鉱物資源開発協力協会 (1998) 等に詳しい。ここでは、それらに基づき更にそれ以降のデータを付け加え、まとめる。

3-3-1 鉱業の歴史

モンゴル国の鉱業の歴史を概観すると、以下のとおり社会主義以前、社会主義時代、民主化以降の3つの時代に分けることができ、鉱業の基本は社会主義時代に作り上げられたことが分かる。

○社会主義以前 (～1923)

- 1901 ・金の採掘が始まる。
- 1912 ・石炭の採掘が始まる。

○社会主義時代 (1924～1989)

- 1939 ・旧ソ連邦・東欧諸国と共同で系統的な地質調査・鉱物資源探査が始まる。
- 1940年代 ・近代的な鉱業活動が始まる。
- 1943～1948 ・タングステン鉱山 (Yugzur, Tumentsogt, Burentsogt) 操業開始。
 - ・螢石の採掘が始まる。
- 1950 ・Zuunbayan oil field の開発始まる (Mongol-oil) 。

(註) 埋蔵量少なく 1960 年代中頃に生産中止。

1970～1980 年代

- ・ コメコン諸国の CMEA (Council of Mutual Economic Assistance) からの財政的・技術的援助により鉱業が大きく発展する。この間、銅・螢石の大規模開発が始まる。
- ・ この間操業が開始されたものを挙げると、Modot 砂錫鉱床、Tolgoit 砂金鉱床、Khajuu-Ulaan・Khar-Airag・Urgen・Chuluut Tsagann del・Bor-Undur・Berkh 螢石鉱床、Erdenet 銅-モリブデン鉱床、Baganuur 石炭鉱床等である。

○民主化以降 (1989～)

- 1989 ・ 民主化／市場経済への移行と共に探鉱・鉱山開発への外資導入を開始する。
- 1994 ・ 新鉱業法を制定。
- 1997 ・ 新鉱業法 (改訂版) を制定。

3-3-2 鉱業全般

モンゴル国の主要鉱産物について以下にまとめる。

Table I-3-7 Production of Cu, Mo and Au in Mongolia

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Cu in Concentrate (10 ³ t)	123.9	90.1	104.6	117.0	120.2	121.9	123.04	124.4
Mo in Concentrate (t)	1,978.0	1,747.0	1,540.0	2,053.0	2,066.0	1,823.0	2,202.0	1,992.3
Au (kg)	810.8	722.6	775.6	1,117.0	1,789.5	4,080.0	5,997.8	8,000.0

(1) 金

1900 年代の初頭 North Khentii 地域 (東部 Khentii 県) において金の鉱徴地が数多く発見され、20 世紀の金の生産はそこが主である。1909～1919 年に "Mongolor" と呼ばれるモンゴル-ロシアのジョイントベンチャーにより Irogol 漂砂鉱床から 9.3t の金を生産した。一時政治的な理由から生産を中止したが、再び 1939 年から 4 年間に亘り Bayankhongor 地区 (Bayankhongor 県: ゴビ地

域)において693kgの金が生産された。採掘方法は1970年代までは手掘りであった。

1974年、モンゴル-ロシアのジョイントベンチャー (MongolRosTsvetmet) が Tolgoit 漂砂鉱床において初めてドレッジによる採掘を行い、North Khentii 地域において約10tの金を生産した。1984年にはモンゴル政府はブルガリアと共同で Bayankhongor 地区においてジョイントベンチャーを開始し、1984~1990年の間に1tの金を生産した。North Khentii 地域においては、モンゴル国内の鉱山会社が民主化後の1990~1993年の間に合計1tの金を生産している。

1985年以降の金の生産量は Table I-3-7 のとおりである。金の生産量は1993年から1997年にかけて7倍となり、1998年の生産実績は9.9t、1999年の生産見込みは11t (Mining Journal, 12 Nov., 1999) である。1995年までのモンゴルにおける金の累積生産量は23.5tであるが、そのおよそ95%は漂砂鉱床から生産されている。現在採掘されている主な漂砂鉱床は Zaamar 地域 (Tov 県) 等に位置する。

(2) 銅

銅の生産で最も重要なのはポーフィリー型銅・モリブデン鉱床であり、現在 Erdenet 鉱山が操業している。

(2-1) Erdenet 鉱山

Erdenet 鉱山はダルハンの西南西165km (Bulgan 県) に位置し、モンゴル・ロシア合弁の Erdenet Mining Corporation (モンゴル51%, ロシア49%) が操業している。鉱山の従業員は7,000人で、1998年の出鉱量実績は2,260万t (平均品位 Cu:0.695%, Mo:0.021% : 銅量12万6千t, 実収率82.5%) 1999年の計画出鉱量は2,200万t (平均品位 Cu:0.695%, Mo:0.019%, 銅量12万6千t, 実収率82.5%として) である。低迷する銅価格、鉱石の品位低下等により現在の鉱山の経営状況は悪い。

[探査・開発の経緯]

1941年ソ連地質学者により初めて Erdenet の鉱化帯露頭が記載された。1958~1959年にソ連地質学者が当地域の縮尺1/50万地質図を作成。その後、1964~1969年にチェコスロバキア・モンゴルの共同調査が行われ、詳細な地質調査、物理探査 (SP法, IP法, 比抵抗法)、地化学探査、ボーリングが実施された。その結果、粗鉱量5億1,200万t、平均品位 Cu:0.84%, Mo:0.016%の埋蔵鉱量が確認された。1971~1972年にソ連・モンゴルによる開発のための共同調査が行われ、1973年に両国政府間で合弁開発の協定が締結された。1974年に鉱山施設の建設が開始し、1978年に出鉱量400万t/yearで操業が開始した。

[地質鉱床]

周辺は二疊紀前期の火山岩類および堆積岩類と、これを貫く二疊紀後期の Selenge 複合岩体 (花崗岩・花崗閃緑岩・閃長岩・閃緑岩・斑れい岩等) が広く分布する。Selenge 複合岩体の貫入による隆起部の中央部に、二疊紀後期~三疊紀前期の Erdenet 斑岩質貫入岩複合岩体 (花崗斑岩・花崗閃緑斑岩) が NW-SE、N-S および E-W 方向の構造線の交差部に貫入し、銅・モリブデンの鉱化をもたらした。5つの鉱化帯は NW-SE 方向に延長22km、幅1.5kmにわたり分布して

いる。

現在稼行されているのは北西から2番目の北西 (Northwest) 鉱床である。地表部には酸化・溶脱帯が、下位には輝銅鉱、斑銅鉱、銅藍、酸化銅等からなる二次富化帯が、更にその下に黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱、モリブデナイトからなる初生鉱が賦存する。

[露天採掘場]

操業は8時間×3方で行なわれている。ピットは長径:2.5km, 短径:1.5km で、標高は、最高点で1,605m、採掘の最下底レベルで1,340mである。ベンチの高さは15mである。ダンプトラックは3種類計25台使用している (小松製78t・2台, 三菱キャタピラ製136t・3台, ロシアビラツ製125t・20台)。

[SX-EW プラント]

米国・モンゴルの合弁で1997年6月より操業している。2000年8月時点では操業は中止されていた。対象としているのは露天採掘場からのズリ (Cu:0.25%~カットオフ品位~カットオフ品位以下) および選鉱場からの廃さいで、これらを硫酸でヒープリーチングしている。浸出液 (CuSO₄) はケロシン等の有機物を加えた後、電気分解される。陰極はステンレス鋼、陽極は鉛からなり、陽極に析出する銅は1週間に1度回収される。Cu:99.99%の電気銅を8t/dayで生産している。

[選鉱場]

浮遊選鉱により銅精鉱 (品位 Cu:28~30%, 実収率 82.5%) とモリブデン精鉱 (品位 Mo:50%, 実収率 45%) を回収している。浮選機にはインド, 中国, ロシア製およびフィンランド Outokumpu 社製のものを使用している。鉱石の粉碎は3段階のミルで行っている。

(2-2) その他の銅鉱床

Tsagaan Suvarga 鉱床は、モンゴル国南東部 Dornгови 県の Zuun bayan 鉄道駅の南西164kmに位置する。可採埋蔵鉱量は220~240Mt, Cu:0.54%, Mo:0.19%である。その他、スカルン鉱床 (黄銅鉱を含む)、銅・ニッケル鉱床、砂岩を母岩とする銅鉱徴地が知られているが、まだ詳細な調査は行われていない。

Oyu tolgoi 鉱床は、モンゴル国南部中国との国境に接する Omnogoh 県に位置する。中国との国境からは約80km離れる。ポーフィリー型銅・金鉱床で埋蔵鉱量は750Mtと言われている。BHPの子会社である Ivanhoe 社が採鉱中である。

(3) 蛍石

1946年に Berh 地区で生産を開始した。1970年代中頃に "Mongolsovsvetmet" と呼ばれるモンゴルソ連の共同体で調査を実施した。1980年によりモンゴル-チェコスロバキアの共同企業体が生産効率上昇に努め、1989年1年間で1,000千tを生産した。

現在は、Berh, Har-Airag, Urgen, Chuluut tsagaan del, Bor-Ondor の各地区で生産している。このうち、最も規模が大きいのが Bon-Ondor で "Mongolsovsvetmet" が操業している。オープンピットで、31~34%の蛍石を年間400千t生産している。国全体の生産量は1996年で254,000t (Metals &

Minerals Annual Review 1998, p121) となっている。なお、モンゴル国における蛍石の埋蔵鉱量は 18,400 千 t で世界第 5 位と言われているが、近年の生産量は世界全体のシェアの 4%である。

(4) 燐灰土

モンゴル国中央北部のフスグル湖周辺は phosphorite のポテンシャルが高く、埋蔵鉱量は 2,400Mt と見積もられている。操業した場合の周辺環境悪化に対する懸念が強く、開発はまだ見送られている。

(5) 石炭

モンゴル国においては 10 の堆積盆において 200 以上の石炭鉱床・鉱徴が発見されている。合計埋蔵鉱量 50,000Mt のうち 20%は hard coal、80%は Brown Coal である。そのうち 42 鉱床で調査が行われ、確定埋蔵鉱量は 3,000Mt である。

比較的大規模な生産は、Baganuur, Sharyngol, Shivee Ovoo, Nalaikh の 4 つの炭田で行っている。Ulaanbaatar 東方 125km の Baganuur 炭田では年間約 4Mt のを生産している。Ulaanbaatar 北方 240km の Sharyngol 炭田では年間約 1.5Mt を生産している。Ulaanbaatar 南方 240km の Shivee Ovoo 炭田では年間 500,000t の Brown Coal を生産している。Ulaanbaatar 南方 540km の Tavantolgoi 炭田では、原料炭 1,500Mt と steam coal:3,500Mt の埋蔵鉱量を確認している。

(6) 石油

過去 60 年以上に亘る探査で多くの油徴が発見されている。Zuunbayan field は 1941 年に発見され、Mongolian-Russian ジョイントベンチャーが探査・開発を行った。それ以降、モンゴルの主要な堆積盆では preliminary な地質調査・物理探査が行われている。

1989 年から 1990 年の間、国営石油会社の Mongol Gazryn Tos (MGT)が BP 社および Phillips Petroleum 社と共同で初期の探査を再評価した。1991 年と 1992 年に東部・中央部・南部で新たな探査が行われ、1993 年に Zuunbayan と Tsagaan Els field 開発に関して MGT が米国 Nexcor Energy と生産分配の契約を交わした。

1994 年モンゴル政府は、Snider Oil Corporation に東部モンゴルの探査許可を与えた。同社は 1995～1996 年に 4 孔を掘削し、Tamsag Basin が 500～1,000 Mbbbl の回収可能な原油を含むことを確認した。

3-3-3 鉱業法および鉱区

モンゴルは 1989 年民主化／市場経済への移行と共に探鉱・鉱山開発への外資導入を受け入れ始め、1994 年 9 月に新しい鉱業法を制定し、1995 年 4 月に改定した。更にそれを整備し 1997 年に新鉱業法（改訂版）を制定し、同年 7 月より施行している。

現行の鉱業法（英文）については、インターネット web site (<http://www.mram.mn>) でアクセス

可能である。また、平成9年度モンゴル国鉱山開発プロジェクト評価調査報告書（（財）国際鉱物資源開発協力協会，1998）にも全文が掲載されている。ここではその要点を Mineral Resources Authority of Mongolia が発行したモンゴル国鉱業についての小冊子（MRAM, 1999）に基づいてまとめる。

○探鉱・採掘権を許可するにあたっては先願主義が基準となっている。

- 申請された地区が全てあるいは部分的に以下の土地と重なる場合のみ、探鉱・採掘権が拒否される。
- 特別区
- 保護区
- 既に有効な探鉱・採掘権が掛けられている土地
- 裁判で係争中の土地
- 探鉱・採掘権者は、鉱区内において（水、石油、天然ガスを除く）全ての鉱物を探鉱・採掘する排他的権利を有する。
- 政府は企業体を通してのみ探鉱・採掘に参加できる。そのような企業体も、他の個人や一般の企業体と同様の法的権利を有し、同様の法的義務に従わなければならない。この点に関して、政府系企業体と民間企業体の差異はない。
- 探鉱・採掘権を獲得する手順は単純明快である。
- 出願された探鉱権および採掘権の処理に要する日数は、各々10 営業日および 20 営業日である。
- 探鉱・採掘権は、その全てまたは一部を譲渡したり、抵当権を設定したりすることができる。効率化するために、譲渡されたり抵当権を設定された探鉱・採掘権は鉱物資源管理庁（MRAM）の登録室（Cadaster office）に登録しなければならない。
- 探鉱・採掘権者は、自由にマネージメントとマーケティングを行うことができる。事業計画や操業計画について、いかなる政府機関による許可も必要としない。しかしながら、情報提供という観点から、探鉱・採掘権者は操業計画および作業報告書を鉱物資源管理庁（MRAM）に提出する必要がある。
- 長期に亘る操業にとって安定した税制を与えるため、一プロジェクトに US\$ 200 万以上の投資を申し込んだ探鉱・採掘権者は、財務省と Stability Agreement 締結を申請できる。このような Agreement の期間は 10～15 年で、申し込まれた投資額に依る。
- 探鉱・採掘権者にとっては年間 license 料が求められるだけで、その他の支出行為は要求されない。
- 個人や法人が所持する license の数に制限はない。
- 鉱物資源管理庁（MRAM）が探鉱・採掘権を調整する政府機関である。
- 探鉱・採掘権は MRAM により認可が与えられる。探鉱権は最初が3年間で、2年間の更新が2回可能である。
- 1つの探鉱権を設定できる範囲は最大 400,000ha（4,000km²）である。

○探鉱権はモンゴル人およびいかなる外国国籍を有する者も所持できる。

- 探掘権は 60 年の期間で発行され、更に 40 年間延長できる。

○探鉱権者の権利

- 探査鉱区の境界内で鉱物探査を行う排他的権利
- 探査鉱区内のいかなる部分において探掘権を取得する排他的権利
- 探鉱権の全てまたは一部について、譲渡あるいは抵当権を設定する権利
- 探鉱権を 2 回に亘り各々 2 年ずつ更新できる権利
- 探査鉱区に近づく、入る、あるいは通過する権利、探鉱活動を実施するのに必要な仮設備を建設する権利
- 探査鉱区に近づく、あるいは入ることを目的として、それに隣接した土地に入る、あるいは通過する権利

○探掘権者の権利

- 探掘鉱区内で鉱物の探掘に従事する排他的権利
- 操業をマネジメントし、生産物をマーケティングする権利
- 探掘鉱区からの鉱産物を市場価格でモンゴル国内外のマーケットで売る権利
- 探掘鉱区内で鉱物の探査を行う排他的権利
- 探掘権の全てまたは一部について、譲渡あるいは抵当権を設定する権利
- 探掘権を 1 回に限り 40 年間更新できる権利
- 探掘鉱区に入り、通過し、使用する権利、必要な設備を建設する権利、探掘や探鉱に関係した他の活動を行う権利
- 探掘鉱区に隣接した土地に入り、通過する権利

○財政的要因

鉱山操業に適用される主な税金は次のとおりである。

- 課税所得の量に応じて 15~40%の法人税
- 全ての鉱産物の売上の 2.5%に相当するロイヤリティ
- 金の輸出額 10%の付加価値税
- 機器の輸入にかかわる付加価値税
- 探鉱権に係わる費用は次のとおりである。
 - 1 年次目は US\$ 0.05/ha、2 年次目および 3 年次目は各々 US\$ 0.10/ha
 - 4 年次目および 5 年次目は各々 US\$ 1.00/ha
 - 6 年次目および 7 年次目は各々 US\$ 1.50/ha

採掘権者には主として以下の規則が適用される。

- ・ 設備は5年間で償却される。
- ・ 建物は10年間で償却される。
- ・ 探鉱および site 準備費は、生産が開始し課税される年から5年間で償却される。
- ・ Acquisition 費用は採掘権の期間で償却される。
- ・ 課税年で発生した損失は引き続く3年間に先送りすることができる。
- ・ 採掘権者は以下の税制優遇措置が付与される。
 - ・ 生産される鉱物により3～5年の期間所得税免除。
 - ・ それ以降3～5年の期間50%の所得税引き。

3-3-4 最近の探鉱・開発動向

モンゴル国における探鉱活動について米国コロラド州 Denver に本社を持つ Harrods Minerals Mongolia Ltd.のウランバートル駐在員より得た情報は以下のとおりである。

探鉱活動は2年前の1997年がピークであり現在はその半分以下となっている。市況の低迷により世界における探鉱活動は昨年と比較して激減しているが、モンゴルもその影響を受けている。最近3年間のモンゴル国における海外鉱山会社（欧米・加・豪）の探鉱費を見積ると以下となる。

1997年 US\$ 20 million

1998年 US\$ 10 million

1999年 US\$ 8 million

2001年3月現在で探鉱活動を行っている海外の鉱山会社（欧米・加・豪）は以下の6社である。

- ・ Harrods Minerals Mongolia Ltd (米)：東ゴビ、南ゴビで探鉱中
- ・ Troy Resources NL (豪)：Rio Tinto 社の探鉱を引き継ぐ。
- ・ Quincunx (加)：中央ゴビで金の鉱区を所有。
- ・ Cascadia(加)：北部で探鉱中。
- ・ AGR (豪) /Boroo Gold：Ulaanbaatar の北東で金鉱山を開発中。
- ・ BHP (豪)：1997年から南ゴビでポーフィリー型銅鉱床を探鉱中、2001年3月埋蔵鉱量750百万トンと発表。

第4章 調査結果の概要

4-1 既存データの解析

モンゴル国では1991年の市場経済移行までの国内地質鉱床・探査関係データは、政府により一元的に管理されており、その後も広域的データは政府関係機関で管理されている。既存データの収集は、Ministry of Trade & Industry（通商産業省）Mineral Resources Authority of Mongolia（鉱物資源管理庁）Office of Geology（地質調査局）Geological Information Center（地質情報センター）において行った。Erdenet 鉱山周辺の地質鉱床情報については、Erdenet 鉱山から収集した。鉱山技術者OB、Geological Information Centerの研究者からも直接ヒアリングを行い情報収集に努めた。また、公表学術研究論文等については、JICSTより検索を行った。調査地域は縮尺1/50万および1/20万地質図幅および報告書がほぼ完備されており、モンゴル政府により鉱床、鉱徴地データシートが整備されている。現地では、事前に準備したデジタル化した縮尺1/50万地形図上でGISソフト（ESRI社Arc View）を用いて鉱徴地を整理し、既存の地質データおよび本調査で準備したSAR画像と併せて検討することにより、有望地区、要チェック地点の選定を行った。

4-2 衛星画像解析

本調査地域にはタイガと呼ばれる針葉樹林が広く分布しており、寒冷地のため雪や氷に覆われる期間が長い。このような条件のためLANDSAT TM等光学センサーによるリモートセンシングデータでは、有効なもの入手が困難であった。そこで本地域の衛星画像解析にはJERS-1のSAR（Synthetic Aperture Radar：合成開口レーダー）データを用いた。

対象地域（200,000km²）をカバーするJERS-1/SARデータは合計130シーンで、これを基にモザイク画像を以下の手順で作成した。まず、SARデータにビット変換、トレンド補正、相対位置関係の計算、シーン接合・濃度調整を施し、デジタルモザイク画像を作成する。次にデジタルモザイク画像と地形図を対比し、画像に対して地理座標系を割り付けた後、南北1°×東西1.5°の図画単位で画像の切り出しをする。最後に切り出した各図画（合計22図画）を接合し、対象地域全域のモザイク画像を作成する。画像のスケールは各図画が縮尺1/20万分の1、全域モザイク画像が100万分の1である。

画像の判読・解析は、地質ユニットの区分とリニアメントを含む地質構造の判読・解析を行った。地質ユニットの区分にあたっては、レーダー画像上の写真地質学的判読要素である写真的特徴および地形的特徴の各々について基準を設定したが、地形的特徴では特に浸食に対する抵抗性と水系密度を重視した。また、地質構造の判読・解析では、リニアメント（断層を含む）と環状構造を抽出した。

解析結果と既知の鉱徴地の分布を比較検討した結果、次の6箇所がSAR画像解析から興味

ある地区として抽出された。

(1) 対象地域中央部～南部：「Rashaant」図画、「Hutag」図画、「Bulgan」図画

鉱徴：銅・金

産状：ポーフィリー型および鉱脈型

断裂：NW-SE 方向

その他：中央部の Egiyn 川の周辺地区と「Hutag」図画南東部の環状構造が抽出された地区が有望視される。

(2) 対象地域南部：「Jarganant」図画西部

鉱徴：銅

産状：ストックワークおよび石英脈

環状構造：丘陵地状のところに存在し、中央にカルデラ状の凹地が認められる。
変質帯を伴う小規模岩株の存在が期待される。

(3) 対象地域中央部：「Altraga」図画南部

鉱徴：金・銅

産状：ストックワークおよび石英脈

断裂：E-W 方向、NE-SW 方向、高密度

その他：北東から南西方向に配列する直径数 km～6km の環状構造が存在（デボン紀の花崗岩質岩類）

(4) 対象地域中央南部：「Tosontsengel」図画北部

鉱徴：金・銅・モリブデン

産状：ストックワークおよび石英脈

断裂：E-W 方向あるいはそれらから派生する断裂

その他：直径 10km の環状構造の存在（原生代初期及びデボン紀の花崗岩質岩類）

(5) 対象地域南東部：「Dzurh」図画中央西部

鉱徴：銅

産状：ストックワークおよび石英脈

断裂：E-W 方向と N-S 方向の断裂帯の交差部

その他：N-S 方向の断裂帯は NW-SE 並びに NE-SW 方向の断裂によって構成

(6) 対象地域中央北部：「Hatgal」図画西部

鉱徴：金・銅

産状：断裂、スカルン、グライゼン、ストックワーク並びに石英脈

断裂：NE-SW および NW-SE 方向の断裂帯の交差部

その他：直径 5km 以下の不明瞭な環状構造が集中（原生代初期の花崗岩質岩類）

4-3 グランドトルース

既存データの解析、衛星画像の解析結果、カウンターパートの意見、およびアクセス状況からグランドトルース候補地点の選定を行い、第1年次調査では13地区、80鉱徴地/地点において、また第2年次調査では、8地区*、34鉱徴地/地点において現地調査を実施した。各鉱徴地および調査地点における調査結果および採取した試料の分析結果を〔代表的緯度経度〕、〔地形・植生〕、〔インフラ・アクセス〕、〔既往調査〕、〔地質・構造〕、〔鉱徴・変質〕、〔室内試験〕、〔評価〕として整理し、鉱床賦存の可能性や探鉱余地などの有望性に関して評価を行った。

4-4 地質構造および鉱化作用の特性と鉱化規制

鉱床に生成に関して考察する際に、当該地域の構造発達史の理解が重要となる。しかし、モンゴルの構造発達史は、詳細に解明されておらず、諸説が議論されているのが現状である。また、特徴のある地質体を Terran (Unit) として分けられているが、この分布や分類に関しても、各研究者によって多数の説が提唱されている。このため、第I章総論でまとめた比較的最近の記載と考えられる Sengor et al., 1996 の Terran (Unit) 分類に基づき、調査地域内に分布する鉱徴地の鉱種・タイプから、調査地域内に期待される鉱床を推察した。鉱床タイプについては、USGS および Geological Survey of British Columbia で作成された鉱床タイプを参考とした。

モンゴルの地質は、①大陸縁辺部での付加体の形成・島弧マグマ活動、②アンガラクラトンと北中国クラトンの合体、③安定地塊の形成、に至る一連の造山運動輪廻を経ており (Sengor et al., 1996)、その構造発達過程における様々なタイプの鉱床の生成が期待される。調査地域において知られている Terran (Unit) の地質的な特徴・分布および賦存が期待される鉱床タイプ・鉱種を次に記す。

(1) Darkhat Unit, Sangilen Unit

〔調査地域内の分布〕

Vitim Suture 北側、調査地域北部の Khuvsugl 湖西方に分布する。

〔地質概要〕

Pre-Baikalid の大陸地殻およびリフェアン紀のマグマ弧-付加コンプレックスよりなる。基盤をなす先カンブリア紀前期の片麻岩・片岩およびリフェアン紀マグマ弧の産物である玄武岩・流紋岩・凝灰岩・陸源性堆積物よりなる。これらを不整合に覆って、ベンディアン紀~カンブリア紀初期の浅海性石灰岩、ドロマイト、燐灰土、ボーキサイトおよびカンブリア紀中期から後期の石灰質フリッシュが分布する。この Unit 東部には、緑色片岩相の変成岩、オフィオライトが

* うち2地区11鉱徴地/地点においては第1年次調査のフォローアップ調査を実施

分布し、サブダクションに伴う付加コンプレックスと考えられている。

この Unit 南部には古生代前期の花崗岩類の活動が見られる

[期待される鉱床]

既知鉱徴地リストによると金、銅、タングステン・モリブデン、ニッケル・クロム等の鉱徴地の記載があり、オフィオライト中の超塩基性岩に関連したニッケル・クロム・白金族鉱床、古生代前期に活動した花崗岩類に関連したペグマタイト鉱床等が賦存する可能性がある。

(2) Dzhida unit

[調査地域内の分布]

Vitim Suture 北側、調査地域北部の Khuvsugl 湖東方に分布する。

[地質概要]

古生代前期のマグマ弧および付加体よりなる。ベンディアン紀～カンブリア紀前期のマグマ弧であるオフィオライトを覆って島弧玄武岩、無人岩が分布する。これらを更に玄武岩、安山岩、流紋岩、凝灰岩、砂岩および石灰岩が被覆する。付加体には、オフィオライト、タービダイト、チャート、タービダイトおよび礁性石灰岩から構成されるテクトニックブロックが含まれる。

この Unit 南部には、古生代前期～後期に活動した花崗岩類が分布する。

[期待される鉱床]

原生代後期から古生代にかけて生成したマグマ弧が記載されていることから、オフィオライト中の超塩基性岩に関連したニッケル・クロム・白金族鉱床が期待される。また、本 Unit 内には、Tavt 鉱床が位置しており、古生代中期～後期に活動した花崗岩類分布域には、深成岩に関連した鉱脈型金・銅鉱床が賦存する可能性がある。

(3) Tuva-Mongol Unit

[調査地域内の分布]

Vitim Suture 南側、調査地域中央～南部に広範囲に分布する。

[地質概要]

Altaids 形成前の大陸地殻およびベンディアン紀～二畳紀のマグマ弧よりなる。島弧基盤となる大陸地殻は、アンガラクラトンと類似のミグマタイト、花崗岩、アノーソサイト、グラニュライト等より構成される。また、ベンディアン紀～カンブリア紀初期のオフィオライトにより分断された太古代の高度変成岩も分布する。マグマ弧は、ベンディアン紀～カンブリア紀初期のオフィオライト、リフェアン紀の島弧火山岩類より構成される。

調査地域中央部～西部には、古生代前期～中期の砕屑岩・火山岩類、古生代前期～中期のアルカリ花崗岩類～カルクアルカリ花崗岩類が広く分布する。調査地域東部～中央には、古生代中期～後期の堆積岩類・火山岩類の分布が卓越し、古生代後期のカルクアルカリ花崗岩類が分布する。

このユニットの成因について、微大陸が集合して Tuva-Mongol 微大陸を形成し、その縁でサブダクション帯が発達し付加体とマグマ弧が生じたとする解釈もある (Tumurtoogo, 1996)。

[期待される鉱床]

調査地域中央～西部にかけて、古生代前期～中期にかけて活動した花崗岩類に関連したポーフィリー型、鉱脈型およびスカルン型の銅・モリブデン、鉛・亜鉛および金鉱床が期待される。

調査地域中央～東部は、Erdenet 鉱床が位置することから、二畳紀～三畳紀に活動した花崗岩類に関連したポーフィリー型銅・モリブデン鉱床の賦存が期待される。また、ポーフィリー型鉱床に関連し、高硫化および低硫化系浅熱水性金鉱床や多金属性鉱脈型鉱床、そしてスカルン型鉱床の賦存も期待される。

(4) Khangay-Khentey Unit

[調査地域内の分布]

調査地域の南東端および南端に分布する。

[地質概要]

付加体とマグマ弧よりなる。リフェアン紀後期(?)～カンブリア紀前期のオフィオライト・蛇紋岩メランジェ・チャート・石灰岩・頁岩、古生代前期～石炭紀のタービダイト・塩基性～中性の火山岩類・凝灰岩・チャート、そして石炭紀～三畳紀のタービダイト・斑レイ岩・玄武岩よりなる。幾つかの島弧の断片が存在し、それぞれの島弧断片は、北東側に向かって若くなるポラリティーを示す。

本 Unit には、二畳紀、三畳紀およびジュラ紀の花崗岩類の活動が見られる。

[期待される鉱床]

Zaamar の金鉱床が位置することから、花崗岩類の活動に伴う深成岩関連の鉱脈型金鉱床の賦存が期待され、その他にポーフィリー型鉱床やスカルン型鉱床の賦存が期待される。

4-5 鉱床賦存ポテンシャルと有望鉱徴地の選定

4-5-1 鉱床賦存ポテンシャル

モンゴルの構造発達史は原生代ベンディアン紀以降におけるマグマ弧と付加体の形成およびシベリ地塊(アンガラクラトン)と中朝地塊(北中国クラトン)の衝突に特徴付けられる(例えば Sengor et al., 1996)。広域的には調査地域はプレート収斂域に位置していたことからプレート収斂域で形成される様々なタイプの鉱床、例えばマグマ弧の造構環境下ではポーフィリー型銅・金・モリブデン鉱床、スカルン型銅・鉛・亜鉛鉱床、浅熱水性金鉱床、深成岩関連型金鉱床、黒鉱鉱床等が、また付加体を形成するような造構環境下ではオフィオライト中にキプロス型銅鉱床やクロム・白金族鉱床等が期待される(Mitchell and Garson, 1981)。調査地域における主要な鉱床タイプは、ポーフィリー型銅・モリブデン鉱床、スカルン型銅・鉛・亜鉛鉱床、浅熱水性金鉱床、スカルン型銅金鉱床および深成岩関連型金鉱床である。以下、各鉱床タイプごとのポテンシャルについて述べる。

(1) ポーフイリー型銅・モリブデン鉱床

調査地域の代表的鉱床は Erdenet 鉱床である。このタイプの鉱化作用に関連する鉱徴地は、Erdenet West 地区の Tsagann chuluut、Mogoin gol 2、Zuukhiin gol、Danbatseren、Tourmaline、Shand、Oyut、Undrakh 鉱徴地および Tososntsengel 地区の Naranbulag 鉱徴地である。

Erdenet West 地区は Tuva - Mongol unit に属する。Erdenet West 地区一帯には二畳紀～ジュラ紀前期の火山弧およびカルクアルカリ岩に分類される火山岩類および花崗岩類が分布しておりポーフイリー型銅・モリブデン鉱床生成の造構環境を満たす。

Erdenet 鉱床は Selenge 複合岩体 (Selenge complex) 中に貫入した Erdenet 斑岩質貫入岩複合岩体 (Erdenet porphyritic intrusion complex) に伴って形成されたものと考えられている。Erdenet 斑岩質貫入岩複合岩体および Erdenet 鉱床の放射性年代はそれぞれ $196 \pm 4 \sim 253 \pm 28\text{Ma}$ 、 $202 \pm 4 \sim 240.7 \pm 0.8$ の範囲であり (Fig.I-4-1)、特にこの時代のマグマ活動域が重要視される。

Erdenet 鉱床は、稼行中の Erdenet NW 鉱床のほか未開発の Erdenet Central 鉱床、Oyut (Erdenet SE) 鉱化帯、中間鉱化帯および Tsagaan chuluut 鉱徴地よりなり、NW-SE 方向に分布する。Mogoin gol 2、Khujiriin gol、Tourmaline、Danbatseren および Shand 鉱徴地や Selenge complex についても巨視的には Erdenet 鉱床と同じ NW-SE 方向に分布する。

ポーフイリーシステムでは、ポーフイリー鉱床を形成した熱水系が地表浅所で高度粘土変質帯 (リソキャップ) を形成し、その内部に高硫化系金鉱床が、更にその深部にポーフイリー鉱床が形成されると考えられている (Fig.I-3-11)。従ってマグマ-熱水系の削剥が少ない場合には高度粘土変質帯は残されるが、削剥が進むとポーフイリー鉱床そのものが地表に露出することになる。Erdenet 鉱床はマグマ-熱水系の削剥が進み、鉱床が地表に露出していたことになる。

Erdenet 鉱床は北西に向かって深くなっていくと考えられており、Erdenet 鉱床の北西延長に位置する Tsagaan chuluut および Mogoin gol 2 鉱徴地には高度粘土変質帯に相当する“secondary quartzite”が発達する。Erdenet 鉱床から Mogoin gol 2 鉱徴地を結ぶ NW-SE 方向の地質断面にポーフイリーシステムを概念的に重ねたものを Fig.I-4-2 に示す。Mogoin gol 2 鉱徴地では高度粘土変質帯の複数の地点で紅柱石が確認されており Tsagaan chuluut 鉱徴地に比べ比較的深部が地表に現れているものと推定される。したがって、その下部にポーフイリー型銅・モリブデン鉱床および高硫化系金鉱床が期待される。Danbatseren 鉱徴地は Erdenet 鉱床の西側に位置するが、同様に Tsagaan chuluut 鉱徴地は高度粘土変質帯上部が地表に現れており、その下部にポーフイリー型銅・モリブデン鉱床および高硫化系金鉱床が期待される。

一方 Zuukhiin gol 鉱徴地ではポタシク変質帯中に酸化銅鉱が露出しており SX-EW を対象とした鉱体の賦存が期待される。Khujiriin gol 鉱徴地ではポタシク変質帯が露出しているが酸化銅を伴う石英脈の流体包有物充填温度が $142 \sim 239^\circ\text{C}$ と低温を示すことから、これは別のステージの鉱化作用によるものでポーフイリー型銅・モリブデン鉱床としては不毛と判断した。

Tososntsengel 地区は Tuva-Mongol unit に属する。同地区内の Naranbulag 鉱徴地周辺には先カンブリア紀～二畳紀の深成岩類および二畳紀～三畳紀の火山岩類が分布し、花崗岩類の化学組成が火山弧型カルクアルカリ花崗岩であることから、Erdenet West 地区と類似したテクトニックセッティングにある。花崗岩類はカリ変質を受けており酸化銅鉱が見られることからポーフイリーシ

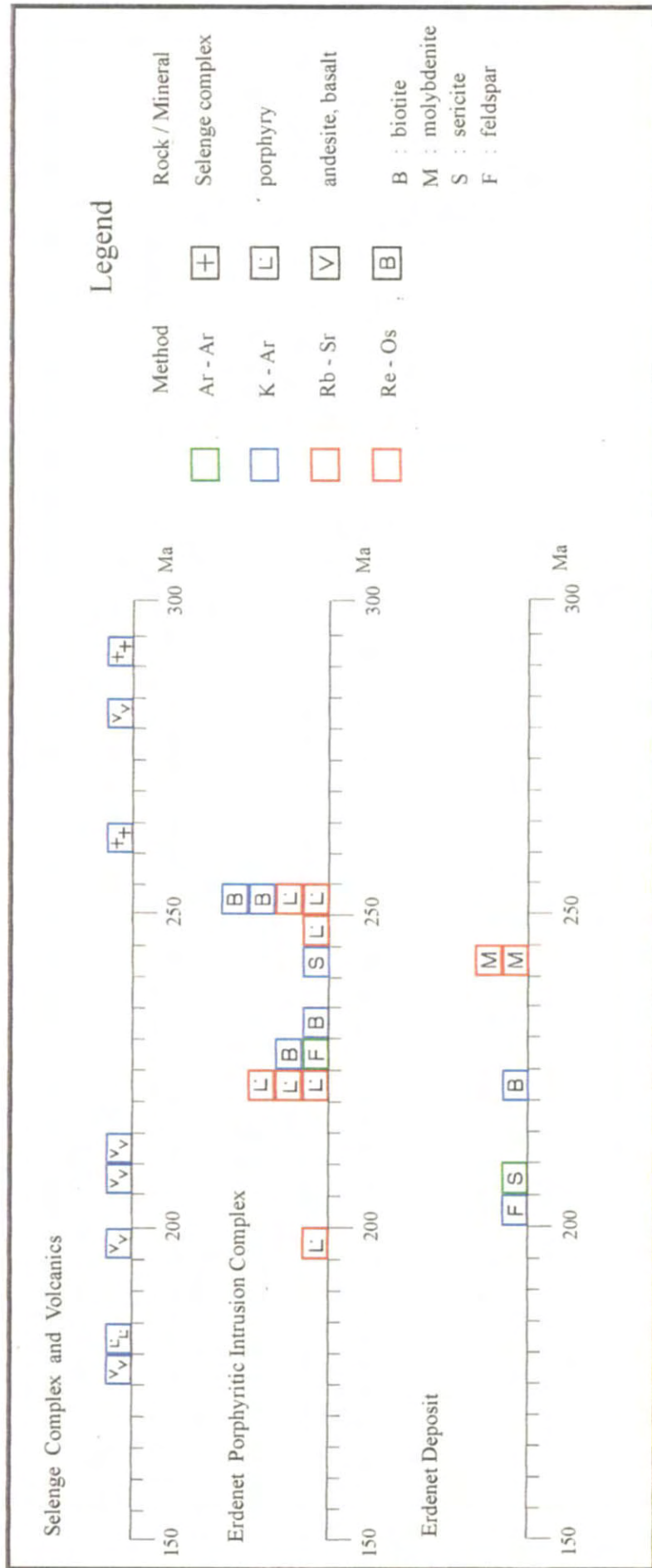


Fig. I-4-1 Radiometric age of Selenge complex, Erdenet porphyritic intrusion complex and Erdenet deposit (taken from Sotnikov et al., 1995; Berzina et al., 1999; Watanabe and Stein, 2000; JICA-MMAJ, 2000)

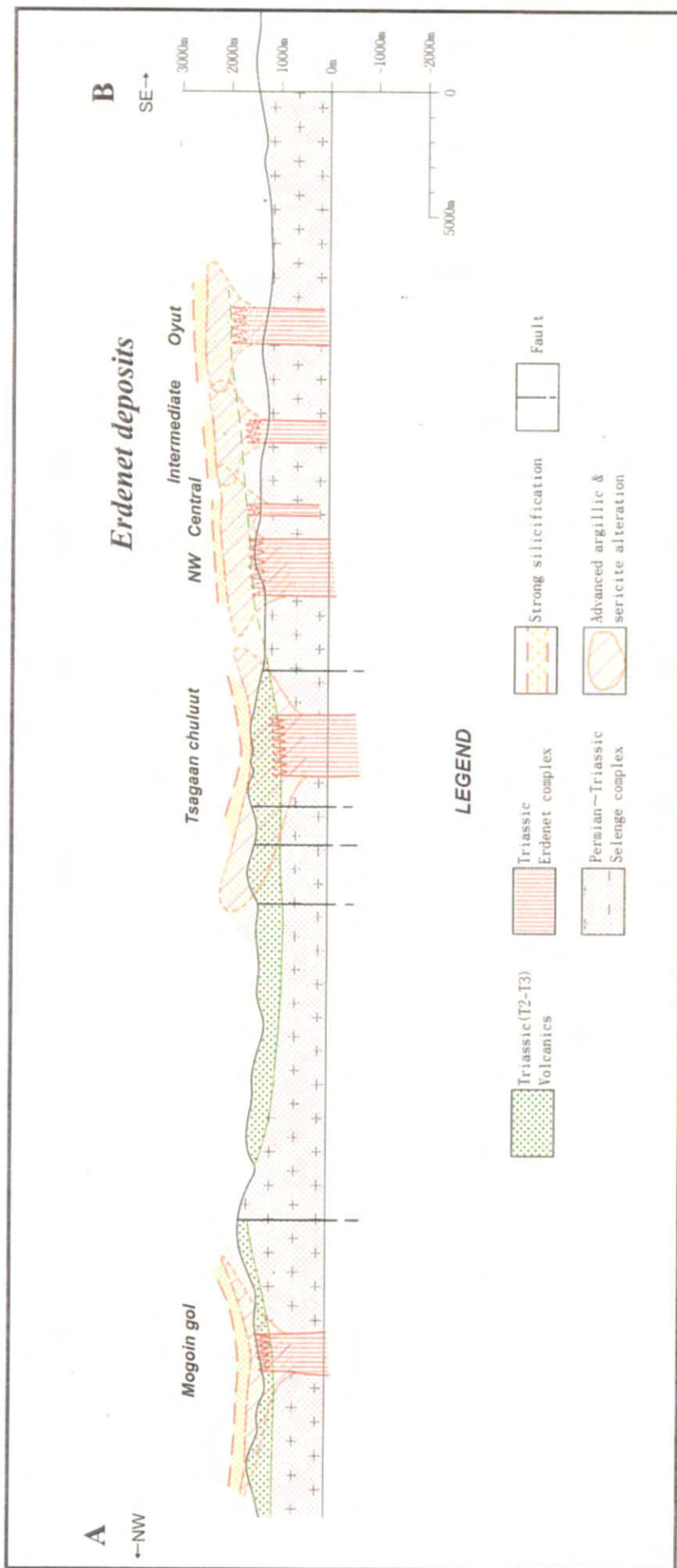


Fig. I-4-2 Geological cross section along the Oyut - Erdenet NW -Tsagaan chullut - Mogoin gol 2 deposits and mineral occurrences in the Erdenet West district

テムの比較的深部を示していると思われ、Zuukhiin gol 鉱徴地と同様に、下部での酸化銅鉱床への発展が期待される。

(2) スカルン型銅・鉛・亜鉛およびスカルン型金鉱床

調査地域においてスカルン型銅・鉛・亜鉛鉱床タイプに分類されるものは、Zaamar 地区の Ulzit ovoo 鉱徴地、Uubulan 地区の Holboo ovoo 鉱徴地、Altgana gol NW 地区の Skarn 鉱徴地、Khokhoo 地区 Hurilt gol 鉱徴地、20a 地点、20d 地点である。スカルン型金鉱床に分類されるものは Tavit 地区の Teshig 鉱徴地である。

Ulzit ovoo 鉱徴地のスカルンは、磁気探査および IP 法電気探査結果をフォローしたボーリングで捕捉されたものであるがその広がり不明である。Teshig 鉱徴地はモンゴル民間企業が探鉱中で金の地質資源量を 4t と推定している。第 2 年次調査で Teshig 鉱徴地のスカルンの化学分析で Au:0.0051~0.125g/t の値が得られた。Teshig 鉱徴地を除いて第 2 年次に調査したその他のスカルン鉱徴は、一般にスカルンの規模も小さく現地調査でも確認出来なかったものもあり、経済性を有する鉱床賦存の可能性は低いものと判断される。しかしながらポーフリーシステム近傍に炭酸塩岩が分布する場合スカルン鉱床が形成される可能性が高いことから、深成火成作用が旺盛であった調査地域一帯において今後この点に留意することが望まれる。

(3) 浅熱水性金銀鉱床

調査地域において浅熱水性金銀鉱床タイプに分類されるものは Bulgan SW 地区の Oyuut khonkhor 鉱徴地および Erdenet West 地区の Tsookher mert 鉱徴地である。いずれも Tuva-Mongol unit に属する。

Oyuut khonkhor 鉱徴地ではモンゴルの学術調査により角礫化した流紋岩で Au:8.8g/t が記録されている。今回の調査で低品位ながらも含金石英脈（転石）およびゴッサンが確認されたこと、珪化・粘土化（絹雲母>カオリナイト）の広がりが確認されたこと、また熱水角礫岩が存在すること等から少なくとも現在の地表レベルでは、中性>酸性の熱水活動があったことを示している。

一方 Erdenet West 地区の Tsookher mert 鉱徴地では、今回の調査で花崗岩類中の石英細脈帯（分析幅 30cm）で Au:285.4g/t の分析値が得られたほかチップサンプルで Au:0.395~6.29g/t が得られており当鉱徴地周辺の花崗岩類中に高品位の含金石英脈の存在が期待される。特に Erdenet West 地区をはじめとする調査地域南東部には既述のようにポーフリーシステムに関連した熱水活動の痕跡が残されており、その周辺にはこの種の金鉱床が存在する可能性が高いと思われる。

(4) 深成岩関連型金鉱床*

調査地域において深成岩関連型金鉱床タイプに分類されるものは、Dzhida unit に属する Tavit 地区の Ereen 鉱徴地である。

*一般に火山—地熱系で形成されるような広範な粘土化変質帯をともなう浅熱水性金鉱床とは異なり花崗岩が熱源と思われる鉱脈型含金石英脈鉱床に使用した。

Zaamar 地区の Sudal N117 鉱徴地を含む Zaamar 山塊には多数の金鉱徴地が知られており、また Tuul 川沿いの砂金鉱床のソースと考えられている。Sudal N117 鉱徴地については今回の調査では浅熱水性金鉱床とみなしたが周辺に火山活動の痕跡に乏しいことから深成岩関連型金鉱床の可能性も考えられる。

Ereen 鉱徴地は花崗岩類中の剪断帯中に発達する含金石英脈で 5km×5km の範囲に NW-SE 系の 10 鉱体（約 100 本の含金石英脈）が知られている。本調査において石英脈のチップサンプルではあるが Au:54.14g/t の値が得られている。既存資料によると品位は Au:0.1g/t~250g/t と変化に富む。また Mining Journal (1997) によると 100~130t の金量があるといわれている。現在モンゴル民間企業が探鉱中で、主鉱脈である No.3 鉱体を中心に金量を 8t と算定しているとのことである。当鉱徴地一帯には Ereen 鉱徴地以外にも金鉱床賦存のポテンシャルは高いが未だ十分な調査は行われていない。

(5) オフィオライト中の白金族鉱床

Dzhida unit に当たる Khuvsgul 湖東方（例えば本調査で選定した Altagana gol 地区、South camp 地区）にはオフィオライトに伴われる超苦鉄質岩が分布している。その周辺には小規模ではあるが超苦鉄質岩起源の漂砂白金族鉱床賦存の可能性が考えられる。インフラストラクチャーの悪いモンゴル国においては、例え遠隔地であっても小規模・高価値の白金族鉱床については今後触媒等の需要増大が予想されることから重要視すべき鉱床タイプと考えられる。

4-5-2 有望鉱徴地の選定

グランドトールズを実施した 103 箇所の鉱徴地/地点について、テクトニックセッティング、変質作用および鉱化作用の規模・特徴、地化学データの多変量解析結果等から判断して今後フォロー調査が望まれる有望鉱徴地として 10 鉱徴地が選定された（Table I-4-1、Fig.I-4-3）。なお 103 箇所の鉱徴地/地点の評価については APPENDIX を参照されたい。以下、選定された鉱徴地とその選定理由を述べる。

(1) Erdenet West 地区 Tsagaan chuluut 鉱徴地

Erdenet 鉱床の北西に隣接する鉱徴地である。付近には高度粘土変質帯を示す"secondary quartzite"が広く分布する。地化学データの解析結果では、この鉱徴地は Cu および Mo の鉱化作用に関係した第 7 主成分の得点は低い、高度粘土変質に特徴的な Al、P 等と高相関を示す第 2 主成分の得点が高いという特徴を示している。また、珪化岩の粉末 X 線回折試験結果と併せて考えると、第 2 主成分の得点が高いものは明礬石、カオリナイトを含む試料と対応しており高度粘土変質を示唆している。またの高度粘土変質帯の比較的深いレベルを特徴付ける紅柱石が検出されている。これらのことから、地表部には鉱徴は見られないものの、下部に Erdenet 鉱床と同種のポーフィリー型銅・モリブデン鉱床および高硫化系金鉱床の賦存が期待される。詳細状況は不

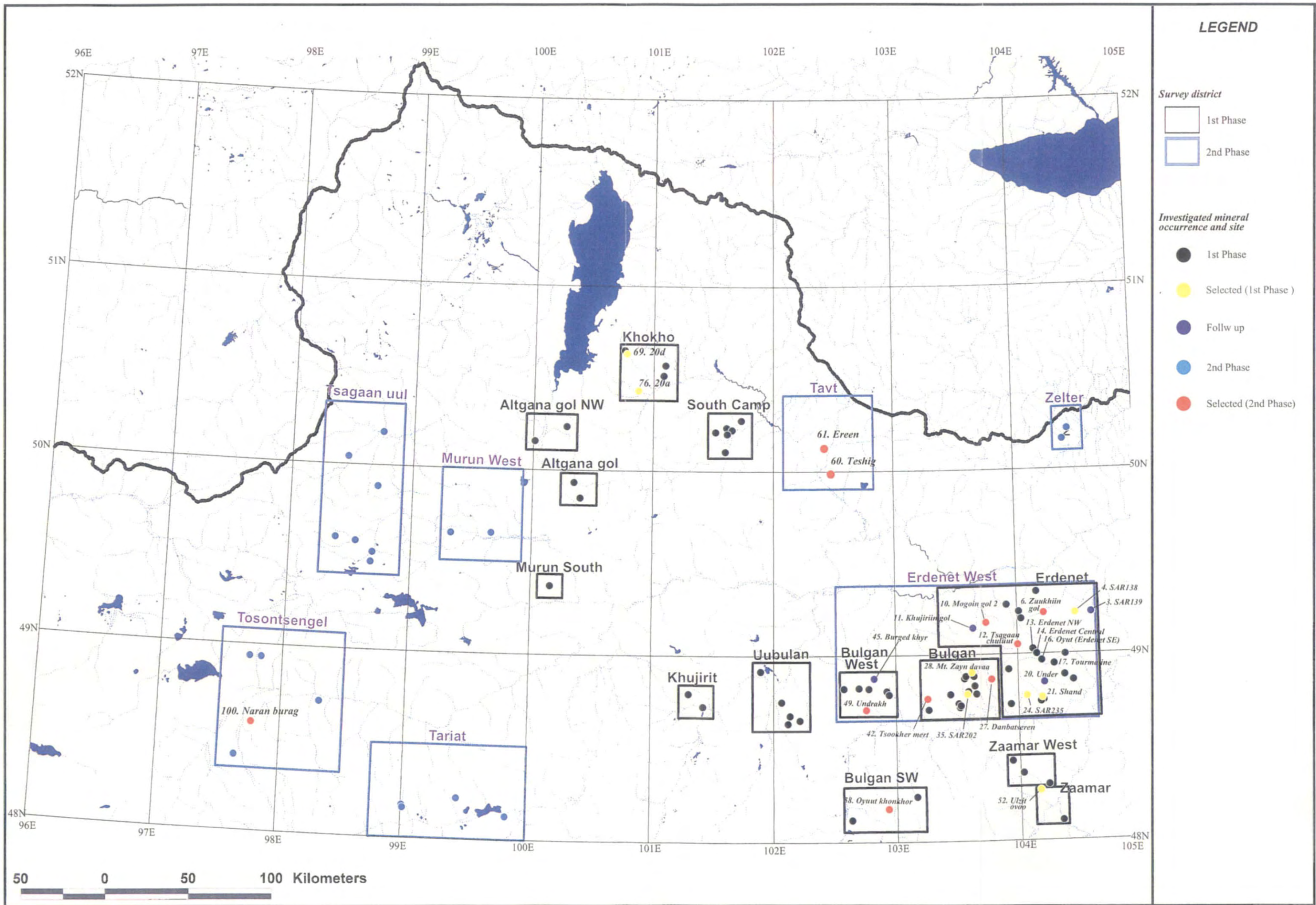


Fig. I-4-3 Selected mineral occurrences and sites in the central north area

Table I-4-1 Selected promising mineral occurrences of the central north area

Region	Mineral occurrence	Expected deposit type	Results of previous survey	Geology	Alteration		Mineralization	PC ^{*2}	Remarks
					Characteristics	Alteration mineral assemblages			
Erdenet West	Zuukhiin gol	Porphyry Cu·Mo	Cu:0.11-0.17%, Mo:0.003-0.007% (drill core), 21 drill holes	Selenge complex, micro diorite, dacite-andesite porphyry, dacite and andesite volcanics	Potassic alteration		Oxide copper	C	Oxide copper deposits are expected beneath the surface at shallow
	Mogoin gol	Porphyry Cu·Mo, Epithermal Au	Cu:0.034-0.074%, Mo:0.002-0.018% (ore sample), FE:6%(IP method)	Selenge complex, Permian volcanics, late Triassic-early Jurassic volcanics	"secondary quartzite" (2km*4km) with sericite, alunite, andalusite and kaolinite	Quartz + Sericite + Alunite + Kaolinite, Quartz + kaolinite ± Andalusite	Oxide copper	A	Epithermal Au deposits are expected within "secondary quartzite" and porphyry Cu·Mo deposits are expected beneath it at deep
	Tsagaan chuluut	Porphyry Cu·Mo, Epithermal Au	Cu:0.75% (drill core length 15m)	Selenge complex, Permian-Triassic volcanics,	"secondary quartzite" (12km*4km) with sericite, alunite, andalusite and kaolinite	Quartz + Kaolinite + Alunite, Quartz + Sericite + Kaolinite ± Andalusite		A	Epithermal Au deposits are expected within "secondary quartzite" and porphyry Cu·Mo deposits are expected beneath it at deep
	Danbatseren	Porphyry Cu·Mo, Epithermal Au	High resistivity and FE detected by IP method, weak geochemical anomaly (Cu, Pb, Zn, Mo, Au)	Selenge complex, rhyolite intrusion	"secondary quartzite" (0.5km*0.3km) with sericite, alunite, pyrophyllite, andalusite and kaolinite	Quartz + Sericite + kaolinite Pyrophyllite ± Andalusite		B	Epithermal Au deposits are expected within "secondary quartzite" and porphyry Cu·Mo deposits are expected beneath it at deep
	Tsookher mert	Epithermal Au	Cu:0.02-0.3%, Au:3-10g/t, Ag:20-500g/t (quartz vein)	Selenge complex, dacite intrusion	Wall rock alteration (silicification, sericite)	Quartz + Kaolinite, Quartz + Sericite	Quartz veinlet with oxide copper, spheralite and etc., Au:285.4g/t, Ag:950g/t, Cu:624ppm, Pb:8.99%, Zn:0.101% (width: 30cm)	C	High grade auriferous quartz veins are expected beneath the surface at shallow
	Undrakh	Porphyry Cu	Cu:0.5-0.7% (point samples)	Selenge complex, aplite	Potassic alteration (300m*150m+)		Oxide copper, chalcopyrite,	B	Primary and oxide copper deposits are expected beneath the surface at shallow
Tavt	Ereen ^{*1}	Pluton related Au	Au reserve: 8t	Cambrian-Ordovician granitoids, Permian-Triassic granitoids and sedimentary rocks	10 Au deposits in 100km ²	Muscovite + K-feldspar	around 100 quartz veins in granitoids, strongly controlled by NW-SE fracture, Au:6.3g/t	D	Besides No.1 No.2 and No.3 ore bodies, more gold deposits are expected around the Ereen prospect
	Teshig ^{*1}	Skarn Au	Geological Au resource: 4t, Au:10g/t-30g/t in skarn	Vendian-Cambrian sediments, Devonian plutonic rocks		Epidote + Magnetite skarn	Au:0.05g/t-0.125g/t in epidote and magnetite skarn	D	More gold deposits are expected around the Teshig prospect
Bulgan SW	Oyuut khonkhor ^{*1}	Epithermal Au	Au:4.4g/t, Ag:0.2g/t (drill core)	Volcanics of the Mogod formation, granitic dyke	Neutral pH>acid argillic alteration and silicification	Quartz + Sericite ± Kaolinite ± Alunite	Au:0.45g/t, Ag:10.2g/t (float of quartz vein)	C	Epithermal Au deposits are expected beneath the surface at shallow
Tosontsengel	Naranbulag	Porphyry Cu·Mo	Estimated reserve: 22,000,000t, Cu:0.28%, Mo:0.001-0.015%	Lower Permian volcano-plutonic rocks	Potassic alteration	Quartz + Sericite ± Kaolinite	Oxide copper	D?	Primary and oxide copper deposit are thought to be expected beneath the surface

*1 Under exploration by the Mongolian private company

*2 Principal Component, see Table II-4-1, II-4-2 and II-4-3 in details

明であるがこの鉱徴地内で掘削されたボーリングにより深度 275m 付近で銅の鉱化作用 (Cu:0.75%) が捕捉されているという事実はこれを裏付けている。

(2) Erdenet West 地区 Mogoin gol 2 鉱徴地

Erdenet 鉱床の北西約 30km に位置する鉱徴地である。Tsagaan chuluut 鉱徴地と同様に "secondary quartzite" が分布しており、地化学データが高度粘土変質の特徴を示し、紅柱石を伴う珪化岩が確認されている。従って下部に Erdenet 鉱床と同種のポーフィリー型銅・モリブデン鉱床および高硫化系金鉱床の賦存が期待される。地表においても微弱ながら酸化銅が見られることから期待される鉱床の賦存深度は Tsagaan chuluut 鉱徴地よりも浅いレベルにあると推定される。

(3) Erdenet West 地区 Zuukhin gol 鉱徴地

Erdenet 鉱床の北北東約 20km に位置する鉱徴地である。ポタシク変質帯中に酸化銅鉱が露出しており、SX-EW を対象とした鉱体の賦存が期待される。

(4) Erdenet West 地区 Danbatseren 鉱徴地

Erdenet 鉱床の南西方約 40km に位置する鉱徴地である。紅柱石を伴う "secondary quartzite" が分布しており、下部にポーフィリー型銅・モリブデン鉱床および高硫化系金鉱床の賦存が期待される。

(5) Erdenet West 地区 Undrakh 鉱徴地

Erdenet 鉱床の西南西約 100km に位置する鉱徴地である。酸化銅を伴うポタシク変質帯が発達しており、下部に酸化銅鉱床の賦存が期待される。

(6) Erdenet West 地区 Tsookher mert 鉱徴地

Erdenet 鉱床の西南西約 70km に位置する鉱徴地である。花崗岩中の石英細脈帯 (分析幅 30cm) で Au:285.4 g/t が得られており周辺・下部に高品位含金石英脈鉱床の賦存が期待される。

(7) Bulgan SW 地区 Oyuut khonkhor 鉱徴地

Erdenet 鉱床の南西約 120km に位置する鉱徴地である。今回の調査で石英脈 (転石) で Au:0.45g/t の分析値が得られた。モンゴルの学術調査により角礫化した流紋岩で Au:8.8g/t が得られているほか、ボーリングでも Au:4.4g/t の分析値が得られている。また中性 > 酸性粘土化変質を被っていることから周辺に含金石英脈鉱床の賦存が期待される。1999 年モンゴル民間企業が鉱業権を取得し、2000 年より探鉱を開始した。

(8) Tavyt 地区 Ereen 鉱徴地

Erdenet 市の北西約 150km に位置する鉱徴地である。1995 年よりモンゴル民間企業が探鉱を実

施し、これまでに 5km×5km の範囲で 10 鉱体（約 100 条の含金石英脈）が捕捉されている。Ereen 鉱徴地周辺にも同タイプの鉱床が賦存する可能性が高い。

（9）Tavt 地区 Teshig 鉱徴地

Erdenet 市の北西約 120km に位置する鉱徴地である。モンゴル民間企業が探鉱中で金の地質資源量を 4t と推定している。Teshig 鉱徴地周辺にも同タイプの鉱床賦存の可能性が高い。

（10）Tosontsenegl 地区 Naranbulag 鉱徴地

Tosontsenegl 町の南西約 40km に位置する鉱徴地である。酸化銅を伴うポタシック変質帯が発達しており、下部での酸化銅鉱床への発展が期待される。ただし本鉱徴地は開発のインフラを考慮すると詳細調査の優先度は下がる。

なお第 1 年次調査の結果、有望と判断された Erdenet 地区 SAR138、139 地点、235 地点、Burget Khyr、Mt.Zayn davaa、Under 鉱徴地、Bulgan 地区 SAR204 地点、Zaamar 地区 Ulzit oboo 鉱徴地および Khokhoo 地区 20a、20d 鉱徴地は、変質帯の規模、分析品位もしくは鉱床タイプに関して再検討した結果、有望鉱徴地から除外した。

第5章 結論および提言

5-1 結論

調査地域の地質は原生代ベンディアン紀以降におけるマグマ弧と付加体の形成およびシベリア地塊と中朝地塊の衝突により特徴付けられる。この構造発達史からみると調査地域内には①ポーフイリー型銅・モリブデン鉱床、②浅熱水性金銀鉱床、③深成岩関連型金鉱床、④スカルン型鉱床、⑤火山性塊状硫化物鉱床、⑥オフィオライト中のクロム・白金族鉱床等のポテンシャルが考えられる。モンゴル側資料によると調査地域において 398 箇所 of 鉱徴地が捕捉されている。それらはポーフイリー型、スカルン型、熱水型、交代型等に分類されている。既存データ解析、衛星画像解析から抽出された 103 箇所の鉱徴地/地点のグラントルースの結果、ポーフイリー型銅・モリブデン鉱床、浅熱水性金銀鉱床、深成岩関連型金鉱床、スカルン型銅・鉛・亜鉛鉱床、スカルン型金鉱床が確認され、これらについての賦存が期待されることが明らかになった。そのなかで今後フォロー調査が望まれる鉱徴地として次の 10 鉱徴地が選定された。

Erdenet West 地区

Tsagann chuluut 鉱徴地

Mogoin gol 2 鉱徴地

Zuukhiin gol 鉱徴地

Danbatseren 鉱徴地

Undrakh 鉱徴地

Tsookher mert 鉱徴地

Bulgan SW 地区

Oyuut khonkhor 鉱徴地

Tavt 地区

Ereen 鉱徴地

Teshig 鉱徴地

Tosontsengel 地区

Naranbulag 鉱徴地

5-2 将来の調査への提言

2ヶ年間の本調査結果から次の調査を提言したい。

有望鉱徴地の集中する Erdenet West 地区、とりわけ Erdenet West 地区の東部において、今後さらに詳細な調査が望まれる。しかしそのほとんどがなだらかな地形を呈し植生（草原および森林）に被覆され岩盤の露出状況が悪いこと、沖積層が広く発達しかつ被覆層が厚いこと、水系の

発達が悪く大規模な河川以外は殆ど流水がないことから地質調査、土壌・沢砂地化学探査等の地表調査については限界がある。このため地表調査に先立ち高分解能空中磁気探査により Erdenet 鉱床自身をスタンダードとし、Erdenet 鉱床およびリソキャップの形成を支配している構造要素、貫入岩類の分布等の鉱床生成規制要因の解明、変質を示唆している消磁気帯を抽出した上で精査範囲を抽出していくことが望まれる。一方選定された個々の有望鉱徴地については、高分解能空中磁気探査と同時に地質調査を実施し、それらのより詳細な変質・鉱化作用の状況を把握しておくことが望まれる。

有望鉱徴地として選定された①高硫化系浅熱水性金鉱床およびポーフィリー型銅・モリブデン鉱床が期待される”secondary quartzite”分布域 (Tsagaan chulut, Mogoin gol 2 および Danbatseren 鉱徴地)、②酸化銅分布域の下部にポーフィリー型銅・モリブデン鉱床が期待される鉱徴地 (Undrakh, および Zuukhiin gol 鉱徴地)、③浅熱水性金鉱床が期待される鉱徴地 (Tsookher mert 鉱徴地) のうち、①については顕著な鉱化作用が地表に現れてないことから、限られた露頭ではあるが地質精査 (岩石地化学探査および変質帯調査) を行い熱水システムの特徴 (規模、性格、活動中心部の特定) を把握するとともに下部での硫化物の有無をチェックするため IP 法電気探査が望まれる。②については削剥が進み鉱床胚胎レベルが露出していると考えられることから地質精査 (土壌・岩石地化学および変質帯調査) により酸化銅鉱の3次元の広がりさらには溶脱帯、二次富鉱化帯の有無とともに IP 法電気探査により硫化物の有無をチェックすることが望まれる。③については露頭が限られているが地質精査 (土壌地化学探査および変質帯調査) により金鉱化作用の広がり・変質作用の特徴 (規模、削剥レベル) を把握しポナンザゾーンを推定した後ボーリング調査が望まれる。

Tosontsengel 地区 Naranbulag 鉱徴地については上記②に対する調査と同様の調査が望まれる。

Bulgan West 地区 Oyuut khonkhor 鉱徴地、深成岩関連型金鉱床の賦存が期待される Tavt 地区 Ereen およびスカルン型金鉱床の期待される Teshig 鉱徴地においては、モンゴル国の民間企業が探査を実施中であり今後の成果に期待したい。

JICA-MMAJ による資源開発協力基礎調査のスキームは適用出来ないが、今後モンゴルにおいて外国資本の投資促進を図るため、既存資料の整備が急務であると思われる。Appendix に示すように調査範囲ほぼ全域に亘って縮尺 1/20 万地質図が作成されており、将来統一規格で整備し GIS 化 (特にモンゴル語・英語併記) することが望まれる。同様に鉱床・鉱徴地インベントリーのデータベース化、地化学探査結果 (試料採取位置、分析値) に基づく地球化学図の作成等が必要と思われる。更にテレイン解析から鉱床生成区と構造区分を明確にしておくことも今後の探査に貢献できるものと思慮される。