

## 第5章 考察

### 5-1 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、ポ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 Khuvsugi 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～中期の碎屑岩・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 (Tumurtoogoo, 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・斑れい岩・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。

## 5-2 鉱床賦存ポテンシャルと有望鉱徴地の選定

### 5-2-1 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(アンガラアクラトン)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) ポーフィリー型銅・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 鉍徴地および Tososntengel 地区の Naranbulag 鉍徴地である。

Erdenet West 地区は Tuva - Mongol unit に属する。Erdenet West 地区一帯には二疊紀～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ィリー型銅・モリブデン鉍床生成の造構環境を満たす。

Erdenet 鉍床は 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 鉍床の放射性年代はそれぞれ  $196 \pm 4 \sim 253 \pm 28$  Ma、 $202 \pm 4 \sim 240.7 \pm 0.8$  の範囲であり (Fig.II-5-1)、特にこの時代のマグマ活動域が重要視される。

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

ポーフィリーシステムでは、ポーフィリー鉍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鉍床が、更にその深部にポーフィリー鉍床が形成されると考えられている (Fig.II-5-2)。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ィリー鉍床そのものが地表に露出することになる。Erdenet 鉍床はマグマ-熱水系の削剥が進み、鉍床が地表に露出していたことになる。

Erdenet 鉍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 鉍床の北西延長に位置する Tsagaan chuluut および Mogoin gol 2 鉍徴地には高度粘土変質帯に相当する "secondary quartzite" が発達する。Erdenet 鉍床から Mogoin gol 2 鉍徴地を結ぶ NW-SE 方向の地質断面にポーフィリーシステムを概念的に重ねたものを Fig.II-5-3 に示す。Mogoin gol 2 鉍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 鉍徴地に比べ比較的深部が地表に現われているものと推定される。したがって、その下部にポーフィリー型銅・モリブデン鉍床および高硫化系金鉍床が期待される。Danbatseren 鉍徴地は Erdenet 鉍床の西側に位置するが、同様に Tsagaan chuluut 鉍徴地は高度粘土変質帯上部が地表に現われており、その下部にポーフィリー型銅・モリブデン鉍床および高硫化系金鉍床が期待される。

一方 Zuukhiin gol 鉍徴地ではポタシク変質帯中に酸化銅鉍が露出しており SX-EW を対象とした鉍体の賦存が期待される。Khujiriin gol 鉍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鉍化作用によるものでポーフィリー型銅・モリブデン鉍床としては不毛と判断した。

Tososntengel 地区は Tuva-Mongol unit に属する。同地区内の Naranbulag 鉍徴地周辺には先カンブリア紀～二疊紀の深成岩類および二疊紀～三疊紀の火山岩類が分布し、花崗岩類

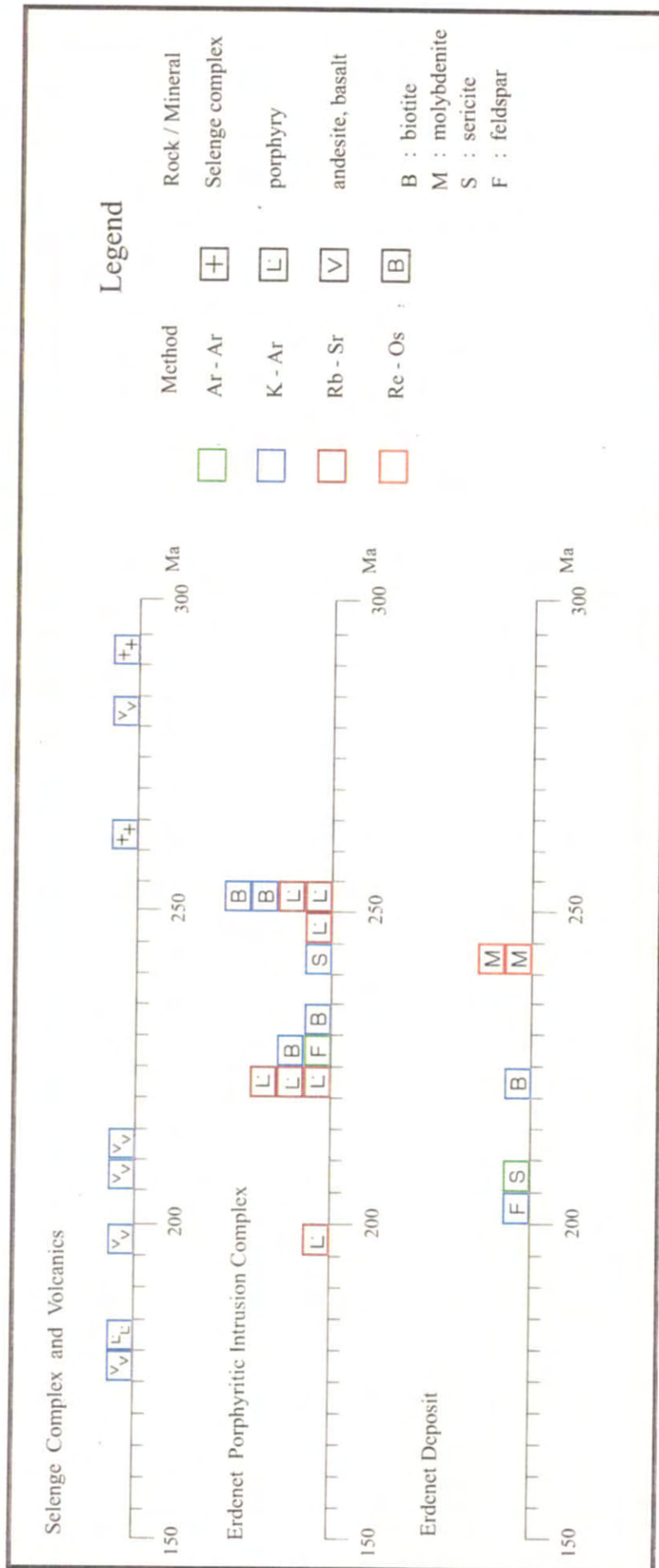


Fig. II-5-1 Radiometric age of Selenge complex, Erdenet porphyritic intrusion complex and Erdenet deposit (taken from Sotnikov et al., 1995; Berzina et al., 1999; Watanabe and Stein, 2000; JICA-MMAJ, 2000)

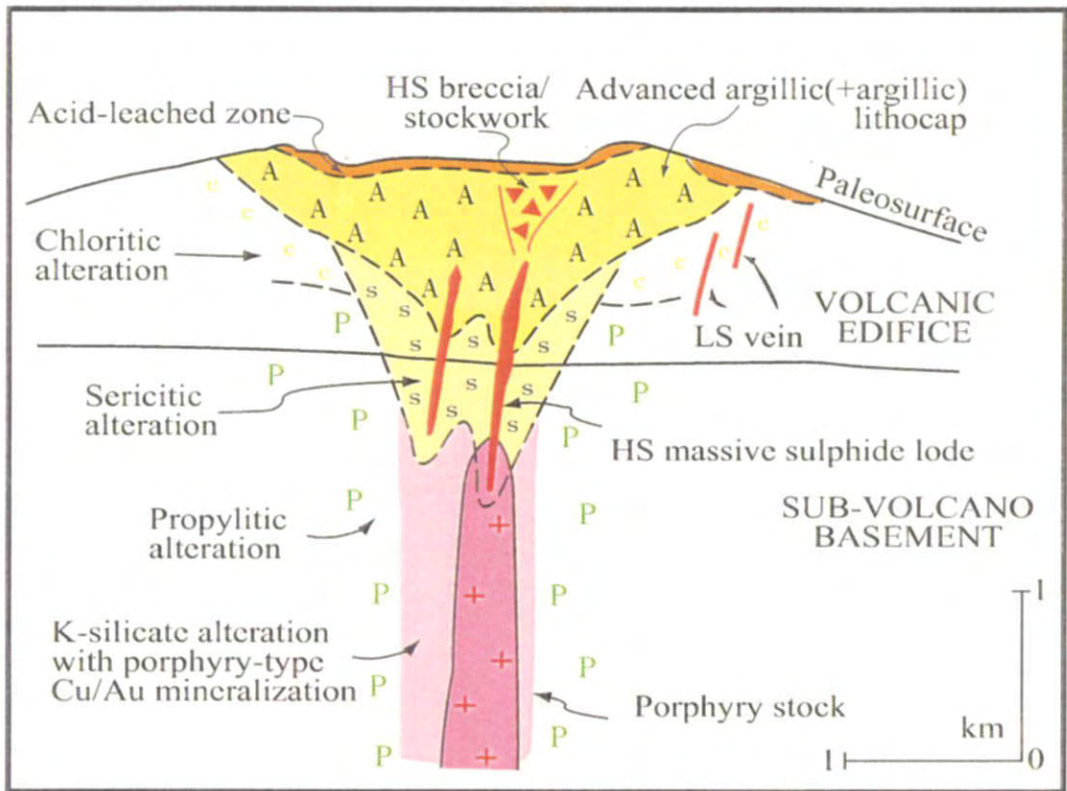


Fig. II-5-2 Idealized advanced argillic alteration (lithocap) and underlying porphyry Cu/Au deposit taken from Sillitoe 1995

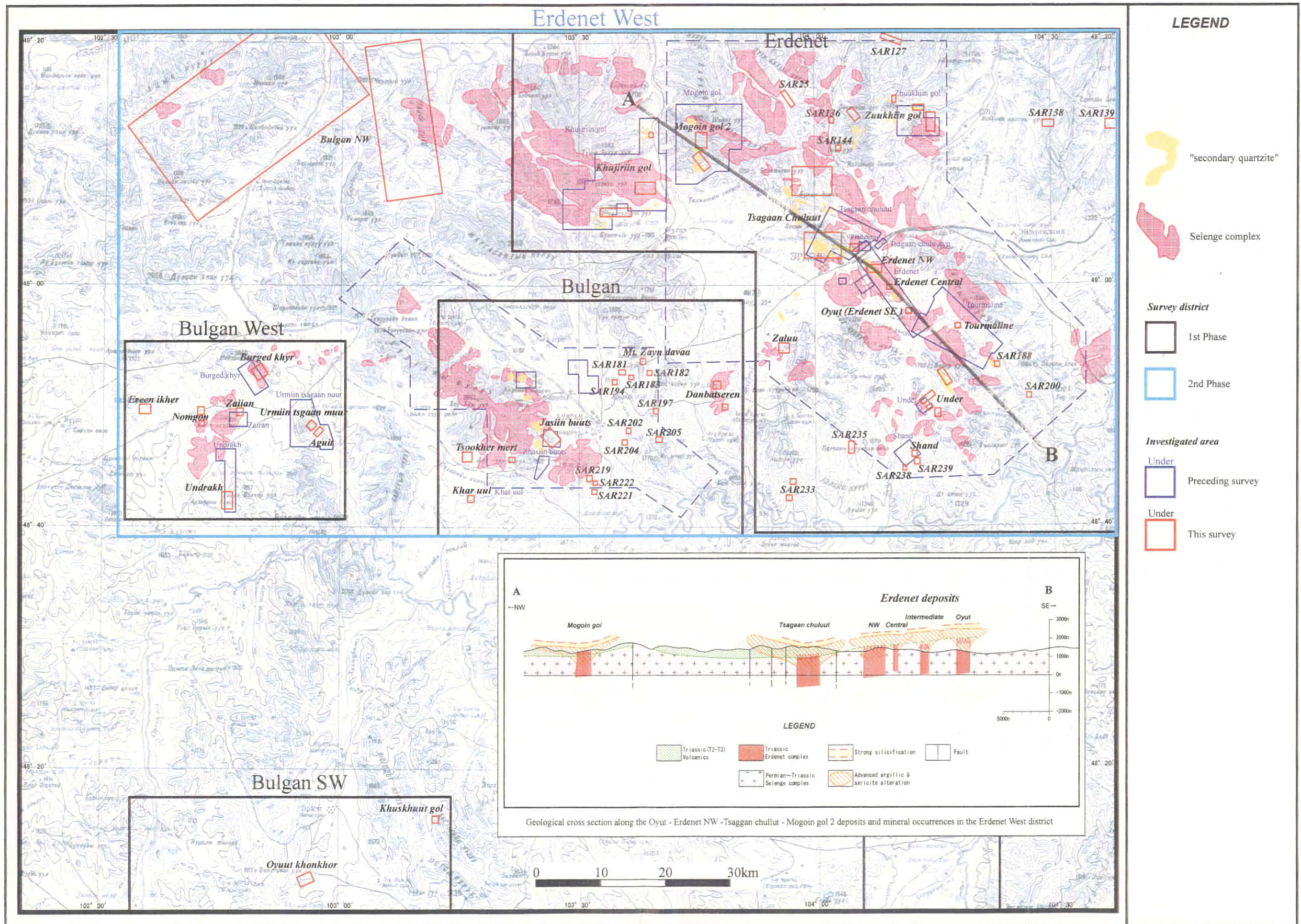


Fig. II-5-3 Distribution of "secondary quartzite" and Selenge complex, and geological cross section along the Oyuut - Erdenet NW - Tsagaan chullut - Mogoin gol 2 deposits and mineral occurrences in the Erdenet West district

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、Erenet 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鉛が見られることからポーフィリーシステムの比較的深部を示していると思われ、Zuukhiin gol 鉛徴地と同様に、下部での酸化銅鉛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鉛床

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

Ulzit ovoo 鉛徴地のスカルンは、磁気探査および IP 法電気探査結果をフォローしたポ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 鉛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 鉛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 鉛徴地を除いて今回調査したその他のスカルン鉛徴は、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、経済性を有する鉛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ィリーシステム近傍に炭酸塩岩が分布する場合スカルン鉛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) 浅熱水性金銀鉛床

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

Oyuut khonkhor 鉛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 Erenet West 地区の Tsookher mert 鉛徴地では、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 が得られており当鉛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 Erenet 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ィ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鉛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 Tavt 地区の Ereen 鉱徴地である。

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 NE-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 100~130 t 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 Altgana 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。

### 5-2-2 有望鉱徴地の選定

グラントルースを実施した 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（Fig.II-5-4、Table II-5-1）。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

---

\*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。

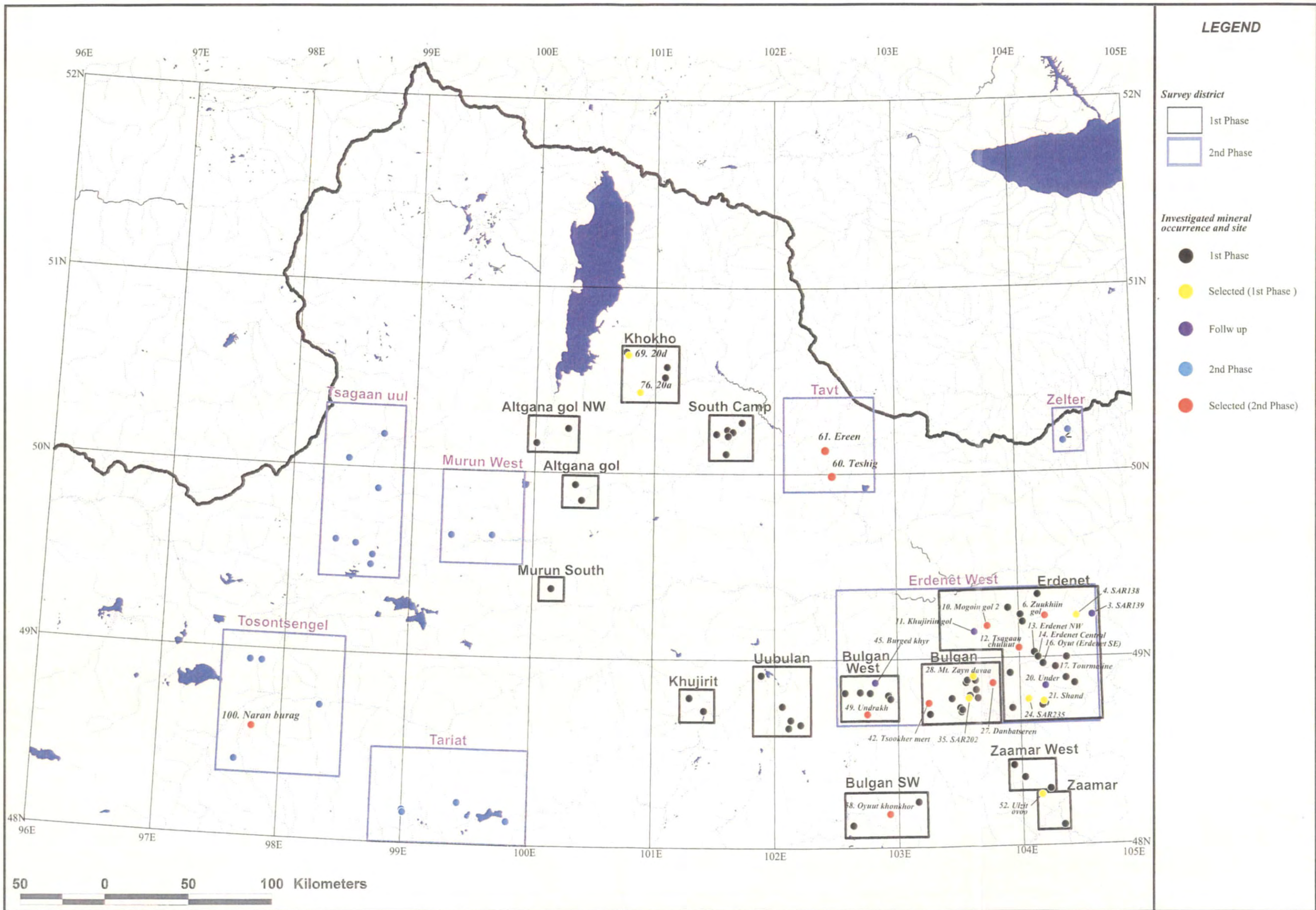


Fig. II-5-4 Selected mineral occurrences and sites in the central north area

Table II-5-1 Selected promising mineral occurrences of the central north area

Region	Mineral occurrence	Expected deposit type	Results of previous survey	Geology	Alteration		Mineralization	PC <sup>2</sup>	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, spharelite 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 <sup>*1</sup>	Pluton related Au	Au reserve: 8t	Cambrian-Ordovician granitoids, Permian-Triassic granitoids and sedimentary rocks	10 Au deposits in 100km <sup>2</sup>	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 <sup>*1</sup>	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 <sup>*1</sup>	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

<sup>\*1</sup> Under exploration by the Mongolian private company

<sup>\*2</sup> Principal Component, see Table II-4-1, II-4-2 and II-4-3 in details

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および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 年にモンゴル民間企業が鉱業権を取得し、2000 年から探鉱を開始した。

#### (8) Tavat 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 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) Tavat 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 ovoo 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 III 部 結論および提言

## 第III部 結論および提言

### 第1章 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箇所の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/地点のグランドトルースの結果、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(Table II-5-1 参照)。

#### Erdenet West 地区

Tsagann chuluut 鉱徴地

Mogoin gol 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

## 第2章 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（Tsaggan chulut, Mogeoin gol, 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 Zuukhinn 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）により酸化銅鉱の広がりさらには溶脱帯の有無とともに 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。更にテレー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。

## 参考文献

- Berzina, A. N., Sotnikov, V. I., Ponomarchuk, V. A., Berzina, A. P. and Kiselevva, V. Y. (1999) Temporal period of foeramtion of Cu-Mo porphyry deposits, Siberia and Mongolia. In *Mineral Deposits: Process to Processing* (Eds.: Stanley et al.), Balkema Rotterdam. 321-324.
- Berzina, A. P., , Sotnikov, V. I. and Berzina, A. N. (1999) Porphyry Cu-Mo deposits and geodynamic setting. In *Mineral Deposits: Process to Processing* (Eds.: Stanley et al.), Balkema Rotterdam. 317-320.
- Boynton, W.V. (1984) Cosmochemistry of the rare earth elements: meteoric studies. In *Rare Earth Element Geochemistry* (Ed.: P. Henderson). Elsevier. Amsterdam, 63-114.
- Field, C. W. (1966) Sulfur isotope abundance data, Bingham district, Utah. *Economic Geology*, 61, 850-871.
- Garam, D. (1991) Distinguishing feature of the middle and late Paleozoic granitoid complex of north Mongolia. Soviet-Mongolian science investigation joint expedition, Moscow, Geological Institute of Academy of Science of MPR, Ulaanbaatar, Series of Geology, 11, 77-86.
- Gavrillova, S.P., Maksimuk, I.E., Orolmaa, D. (1989) A Molybdenum-Copper porpyry deposit: Erdenetyn Ovoo (Mongolia). The Academy of Science of the USSR. Mineralogy, Geochemistry and Crystallochemistry of Rare Elements, 39.
- Gerel, O. (1998) Phanerozoic felsic magmatism and related mineralization in Mongolia. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 49, 239-248.
- Greenway, P., Storey, R. and Lafitte, G. (1997) Lonely planet "Mongolia" 2nd edition. Lonely Planet Publications, 282.
- Gromet, L.P. and Silver, L.T. (1983) Rare earth element distribution among minerals in a granodiorite and their petrogenetic implications. *Geochem. Cosmochem. Acta.*, 47, 925-939.
- Hedenquist, J.W. (2000) Exploration for epithermal gold deposits. *SEG Review*, vol. 13, 245-277.
- Hodge, B. L. (1998) *Fluospar, Metals and Minerals Annual Review 1998*, 121.
- Jamsrandorj, G. and Diatchkov, S. A. (1996) Placer deposits of Mongolia, *SEG Newsletter*, No. 24, 1, 1-14.
- Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (JMEC) (1998) Evaluation report of the mine development project, Mongolia., MMAJ-JMEC internal report, 111.
- Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (JMEC) (1999) Project finding report, Mongolia., MMAJ-JMEC internal report, 78.
- Jargalsaihan, D. (1996) Mineral resources of Mongolia. In *Guide to the geology and mineral resources of Mongolia* (Eds.: Jargalsaihan, D., Kazmer, M., Baras, Z. and Sanjaadorj, D.), Consulting and Services Co. Ltd., 109-221.
- Jargalsaihan, D., Kazmer, M., Baras, Z. and Sanjaadori, D. (1996) *Guide to the geology and mineral resources of Mongolia*. Geological Exploration, Consulting and Services Co. Ltd., 329.
- Jargalan, S. and Murao, S. (1998) Prteliminary study on the characteristics of Tsagaan tsakhir uul gold deposit, Batankhongor, southern Mongolia. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 49, 291-298.
- Jones B.K. (1992) Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems. *Journal of Geochemical Exploration*, 43, 127-155.

- Kieffer, S. W. (1982) Thermodynamics and lattice vibrations of minerals: 5. Applications to phase equilibria, isotopic fractionation, and high-pressure thermodynamic properties. *Reviews of geophysics and space physics*, 20, 827-849.
- Lamb, M. A. and Cox, D. (1998) New  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age data and implications for porphyry copper deposits of Mongolia. *Economic Geology*, 93, 324-329.
- Lang, J.R. and Titley, S.R. (1998) Isotopic and geochemical characteristics of Laramide magmatic systems in Arizona and implications for the genesis of porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 93, 138-170.
- LeBas, M.J., LeMaitre, R.W., Streckeisen, A., and Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. *J. Pet.* 27, 745-750.
- Maruyama, S., Isozaki, Y., Kimura, G. and Terabayashi, M. (1997) Paleogeographic maps of the Japanese Islands: Plate tectonic synthesis from 750 Ma to the Present. *Island Arc*, 6, 121-142.
- Matsuhisa, Y., Goldsmith, J.R. and Clayton, R.N. (1979) Oxygen isotopic fractionation in the system quartz-albite-anorthite-water. *Geochem. Cosmochem. Acta.*, 43, 1131-1140.
- Michiaki, N. (publisher) (1999) *Data of the world 1999*. Ninomiya Shoten Corporation (publication).
- Mikio, T., Kagehisa, S. (Supervisor) (1991) *Satellite Image analysis handbook*. Tokyo University Publication, 775pp.
- Milanovskiy, E. E. (1989) Geology of the USSR, Part 2, Ural-Mongolian mobile belt and adjacent metaplatform area. Moscow Univ. Publishing, 272 (in Russian).
- Mineral Resources Authority of Mongolia (1999) *Mongolia: Discovering new mineral opportunities in the country of Genghis Khan*. 37.
- Mining Journal* (1997) Advertisement supplement to Mining Journal "Mongolia". Feb. 28, 1997, 328, No.8418, 15.
- Mining Journal* (1999) Mongolian gold output rises. *Mining Journal*, Nov. 12, 1999, 395.
- Mizota, C. and Kusakabe, M. (1994) Spatial distribution of  $\delta\text{D}$ - $\delta^{18}\text{O}$  values of surface and shallow groundwaters from Japan, south Korea and east China. *Geochem. J.*, 28, 387-410.
- Murao, S., Dorjgotov, D., and Tseden, T. (1998) K-Ar dating of granitoids and hydrothermal micas from the northern part of Kherlen Depression, Mongolia. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 49, 249-255.
- Ogasawara, M. (1989) Geochemistry of rare-earth elements. *Mining Geology*, 39(2), 166-176 (in Japanese with English abstr.).
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, Vol.25, Part4, 956-983.
- Sasaki, A. and Ishihara, S. (1979) Sulfur isotopic composition of magnetite-series and ilmenite-series granitoids in Japan. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 107-115.
- Sengor, A.M.C. and Natal'in, B.A. (1996) Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. *The tectonic evolution of Asia* (Eds.: Yin, A. and Harrison, M.), Cambridge Univ. Press, 486-640.
- Sillitoe, R. H. (1980) Type of porphyry molybdenum deposits. *Mining Magazine*, 142, 550-553.
- Sillitoe, R. H. (1995) Exploration of porphyry copper lithocap. *PACRIM'95*, 527-532.

- Sillitoe, R. H., Gerel, O., Dejiddoma, G., Gotovsuren, A., Sanjaadorj, D., Baasandorj, S. and Bat-Erdene, D. (1996) Mongolia's gold potential. *Mining Magazine*, July, 12-15.
- Sotonikov, V. I., Berzina, A. P. and Bold, D. (1984) Regularity of distribution of copper-molybdenum mineralization of Mongolia. In *Endogenic Ore Formations of Mongolia*, Nauka, 89-101 (in Russian).
- Sotonikov, V. I., Panomarchuk, V. A., Berzina, A. P. and Travin, A. V. (1994) Anhydrite strontium and sulfur-isotope composition at the Erdenetuin-Obo copper-molybdenum deposit, Mongolia. U.S.S.R. Academy of Sciences Transaction (Doklady), Earth Science Section, 327A, 161-164.
- Takahashi, Y., Oyungerel, S., Naito, K. and Delgertsogt, B. (1998) The granitoid series in Bayankhongor area, central Mongolia. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 49, 25-32.
- Takahashi, Y. (1999) Geological research works in Mongolia. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 50, 278-289 (in Japanese).
- Taylor, H.P., Jr. (1974) The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *Economic Geology*, 69, 843-883.
- The Ministry of Foreign Affairs of Japan, Bureau of Asian/ Bureau of European and Asian/ Bureau of Middle East Asia and Africa (1995) *The latest Asia-Oceania country's catalog*. Tokyo Shoseki corporation (publication).
- Tokyo Shoseki editorial staff (eds) (1998) *The current country's catalog of the world (9th revised edition)*, Tokyo Shoseki Corporation (publication).
- Yakubchuk, A. S. and Edwards, A. C. (1999) Auriferous Paleozoic Accretionary Terranes within the Mongol-Okhotsk Suture Zone, Russian Far East. Proceedings PACRIM '99, 347-358.
- Zonenshain, L. P., Kuzmin, M.I. and Natapov, L.M. (1990) Geology of the USSR: a plate-tectonics synthesis (Ed: B. M. Page), American Geophysical Union: Washington, DC., 97-120.