

第 I 部 総論

第1部 総論

第1章 序論

1-1 調査実施の経緯

モンゴル国は1990年以降、計画経済から市場経済への移行を進め、西側諸国に対し経済の門戸を開き、その資金および技術の導入を促す政策を実施してきている。同国の主要産業は牧畜業、鉱業、軽工業などであるが、特に、鉱業については世界有数の規模を持つエルディネット鉱山を有し、そこからの銅精鉱、モリブデン精鉱が総輸出額のうちの大きな比重を占めている。

国際協力事業団（JICA）／金属鉱業事業団（MMAJ）によるモンゴル国の資源開発協力基礎調査は1991年度（平成3年度）より開始され、1997年度までの間に以下の5地域において実施されてきた（Fig. 1-1-1）。

オーダムタル地域（資源開発調査）	1991～93年度
ツァブ地域（地域開発計画調査）	1992～95年度
アルタンタル地域（鉱物資源広域調査）	1994～95年度
オーダムタル地域（フォローアップ調査アフターケア）	1995年度
ツァガンツアヒウール地域（資源開発調査）	1996～97年度

モンゴル国は世界の基準に添った新鉱業法を1997年に制定し、外貨100%の鉱山開発を認める等外資導入による探査・開発を促進している。このような状況の下、モンゴル国農牧産業省・鉱物資源管理庁は、過年度の資源開発協力基礎調査を高く評価し、銅・金などのポテンシャルが期待される中央北部地域の基礎調査を1998年10月9日わが国に要請してきた（公信第449号）。モンゴル側は本調査の成果を、外資導入による同地域の探査・開発の促進のための基礎データとして活用したいとしている。

1-2 第1年次調査の概要

1-2-1 調査の目的

本調査はモンゴル国中央北部地域を対象として、既存データ解析、衛星画像解析、グラントールース（現地踏査）を行い、得られた結果を総合的に解析し、広範囲の中から効率的に鉱床賦存有望地域を抽出することを目的とする。本年度は2年計画の1年目に当たる。

1-2-2 調査地域

調査地域はモンゴル国北部に位置し、東西方向は東経97°00′～104°30′、南北方向は南限が北緯48°00′、北限がロシア共和国との国境、に囲まれた約200,000km²の範囲である

(Fig. I-1-1)。調査地域の地理は大きく南のステップ草原地帯と北の山岳森林地帯に分かれる。調査地域の南東部に1978年より稼行中のエルディネット鉱山（ポーフィリー型銅・モリブデン鉱床）を含む。

1-2-3 調査方法

(1) 既存データ解析

本地域においてこれまでモンゴル国が単独あるいは旧ソ連邦・東欧諸国と共同で実施した地質調査や鉱物資源探査のデータ・図面類をリストアップし、重要と思われる鉱徴地を選定する。

(2) 衛星画像解析

JERS-1により取得されたSARデータのモザイク画像を作成し、それを地質学的に判読し既存データと合わせて解釈する。リニアメント、環状構造など鉱床生成と関係する地質構造をSAR画像上で把握し、鉱床賦存有望地域の抽出に資する。

(3) グラントルース

既存データ解析および衛星画像解析の結果を基に、現地の地質状況、変質帯、鉱徴地などの把握を目的に地質調査（地表踏査）を実施する。併せて採取した岩石・鉱石・沢砂サンプルを室内試験に供し、その結果を地表観察結果とともに総合解析に用いる。

1-2-4 調査団の編成

(1) 既存データ解析、グラントルース

1-1) 日本側

中山 健 (財) 国際鉱物資源開発協力協会

(Japan Mining Engineering Center for International Cooperation: JMEC)

菱田 元 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

両角春寿 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

村上尚義 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

1-2) モンゴル国側

Dambiisurengiin Bold 農牧産業省 鉱物資源管理庁
(Ministry of Agriculture and Industry,
Mineral Resources Authority of Mongolia: MRAM)

Chadrabaliin Gerelkhuu 農牧産業省 鉱物資源管理庁 (MRAM)

Baatariin Ochirkhuyag 農牧産業省 鉱物資源管理庁 地質情報センター
(MRAM, Geological Information Center: GIC)

Sengeegiin Munhkbaatar 農牧産業省 鉱物資源管理庁 地質情報センター
(MRAM, GIC)

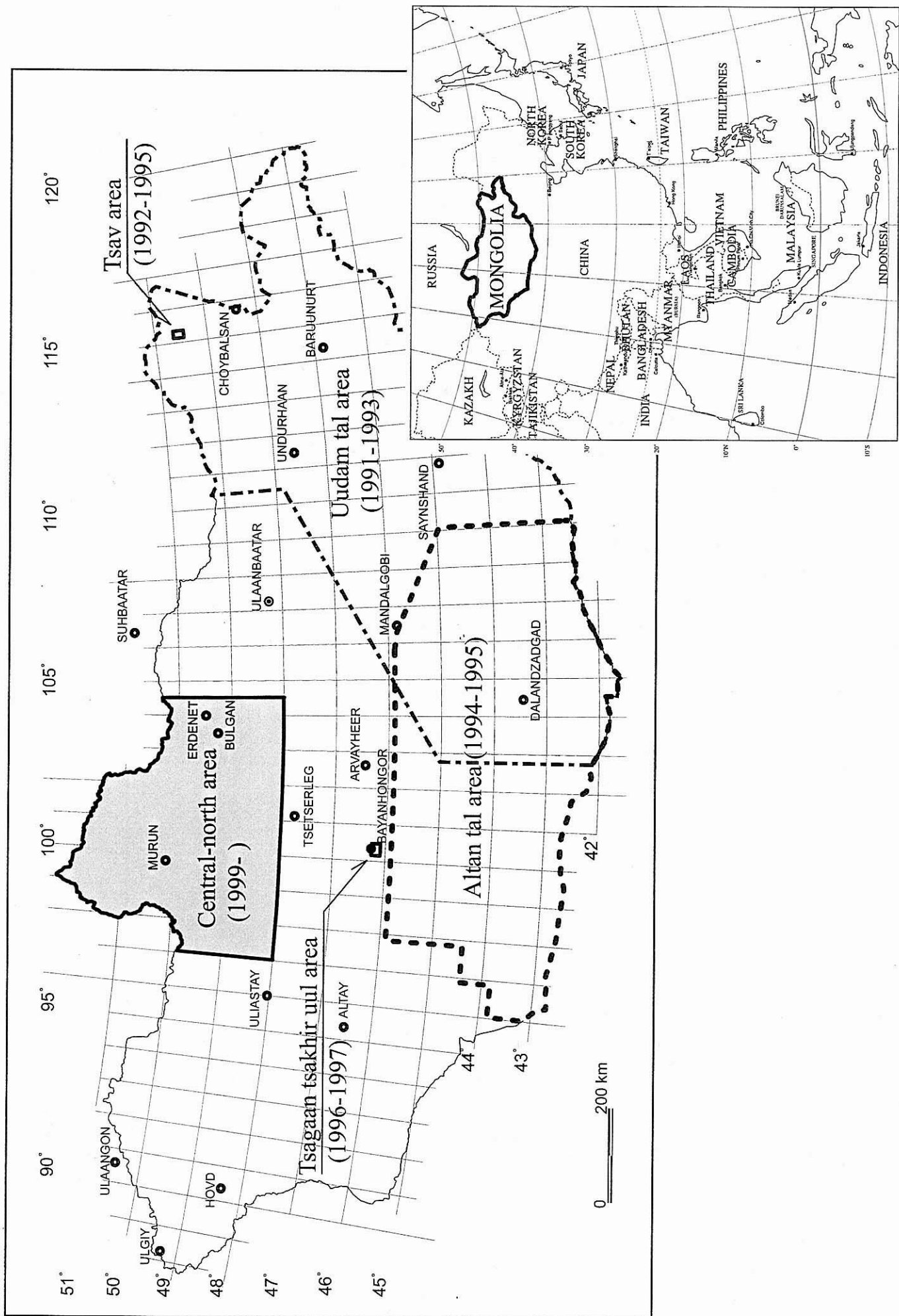


Fig.I-1-1 Location map of the past and present projects

(2) 衛星画像解析 (日本国内で実施)

南野正彦 (解析、報告書作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
柴田芳彰 (画像作成、解析、報告書作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
山川 正 (データ処理、画像作成) (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

(3) 総合解析・報告書作成 (日本国内で実施)

中山 健 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
菱田 元 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
両角春寿 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
村上尚義 (財) 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

1-2-5 調査期間および調査量

(1) 既存データ解析、グラントルース

平成11年(1999年)6月30日(水)～9月3日(金)

既存データ解析、グラントルース

Table I-1-1 Record of the Ground Truth

Item	Number
Observed sites	80
Samples obtained : Rocks and ores	276
: Stream sediments	18

(2) 衛星画像解析

平成11年(1999年)6月22日(火)～10月15日(金)

JERS-1 SAR 画像のデータ処理・モザイク画像作成・解析

(3) 室内試験・総合解析・報告書作成

平成11年(1999年)9月6日(月)～平成12年(2000年)3月16日(木)

Table I-1-2 Laboratory test

Item	Number of samples
Microscopic observation	
Thin section	69
Polished thin section	9
Polished section	4
X-ray diffraction	41
Geochemical assay	
Ore (23 elements)	3
Rock Chip (28 elements)	181
Rock (XRF: 47 elements)	36
Pan Concentrate (17 elements)	17
Fluid inclusion (Homogenization Temperature and Salinity)	7
EPMA	
K-Ar dating	6
Stable isotope	
$\delta^{18}\text{O}$	5
$\delta^{34}\text{S}$	7

第2章 調査地域の地理

2-1 位置・交通

調査地域はモンゴル国北部に位置し、東西方向は東経 97° 00′ を西限、東経 104° 30′ を東限とし、南北方向は北緯 48° 00′ を南限、ロシア共和国との国境線を北限とした約 200,000km²の範囲である (Fig. I-2-1)。首都ウランバートルの北西方に位置し、調査地域の南東端とウランバートルの間の直線距離は約 180km である。

調査地域は東部が Bulgan、北部が Khovsgol、南部が Arkhangay、西部が Zavkhan の各々の県 (aimag) にまたがる。地域内の主要都市としては県都である Bulgan (人口 13,000 人; Bulgan 県) と Murun (人口 28,000 人; Khuvsgul 県)、および鉱山都市である Erdenet (人口 65,000 人; Bulgan 県) の 3 つが挙げられる。

調査地域へは首都ウランバートルから鉄道や航空機でアクセスすることもできるが、それらは経路が限られており、車による移動が一般的である。調査地域内の市町村を結ぶ幹線道路はいずれも未舗装で悪路が多く、四輪駆動車での移動が必要条件となる。地形や道路状況によっては時速 70~80km 程度で通行可能な箇所は一部あるが、ほとんどは時速 30~50km 程度での通行となる。道路に砂利~岩石が多かったり降雨直後でぬかるんでいたりすると、時速 30km 以下の通行を余儀なくされる。幹線道路以外のローカル市町村を結ぶ道路網も発達しているが、悪路が多い。このため距離のみで到達時間を予測することは危険である。

車両移動の場合の問題の 1 つは河川の渡河である。調査地域北部は山岳森林地帯で河川が多く、幹線道路と大きな河川の交差部には橋はあるものの、その多くは木製でいたみが激しい。大雨により橋が流され通行不可能の箇所もあった (例えば、調査地域北部 Tsagaan uur 市街東方)。また、小~中規模の河川には橋が掛かっておらず、増水している場合はロシア製トラックで四輪駆動車を牽引して渡河した。

幹線道路としては

- (1) ウランバートル (Ulaanbaatar) →ザマー (Zaamar) [200km, 5 時間] →
ブルガン (Bulgan) [100km, 3 時間]
- (2) ウランバートル (Ulaanbaatar) →ダルハン (Darkhan) [200km, 5 時間] →
エルディネット (Erdenet) [50km, 2 時間] →ブルガン (Bulgan) [100km, 3 時間]
- (3) ブルガン (Bulgan) →セレンゲ (Selenge) [250km, 6 時間] →
ムルン (Murun) [100km, 3 時間]

が挙げられる。幹線道路にバスも走っているが、時刻が不定期で外国人には利用しにくい。モンゴル人は車やバスの他に、牛馬などの家畜を移動手段に用いている。

鉄道線路はウランバートルからダルハン経由でエルディネットまで敷設されており、列車は毎日 1 便が運行している。航空機は通年でウランバートル~ムルン間の定期便が運航している。

2-2 地形

Fig. I-2-2 に調査地域の地形を示す。

モンゴル国は平均海拔は 1,580m、最低地点の海拔は 552m である。最高地点は、アルタイ山脈の最高峰ベルーハの 4,506m である。国土は、北から森林・河川、湖沼・肥沃な高原からなるハンガイ、そして植物の被覆率が 50%以下の砂漠性草原や砂漠からなるゴビに大別される。本調査地域は、ハンガイに属する。調査地域の地形は、調査地域南西部が標高 2,000~4,000m のハンガイ山脈、調査地域北部のロシアとの国境付近が急峻なフヴスグル山岳地帯からなる。対して調査地域中央~東部は、なだらかな丘陵もしくは平坦な草原である。

次に調査地域内の特徴的な地形について記す。

フヴスグル山岳地帯 (Khuvsgul Mountains) は、ロシアから連なるサヤン山脈 (Sayan Mountains) の東側延長に相当する地域で、その中央部にはモンゴル国有数の景勝地であるフヴスグル湖がある。標高は 2,000~3,500m である。

ハンガイ山岳地帯 (Khangai Mountains) はハンガイ山脈、タルヴァガタイ (Tarvagatai Mountains)、およびブルナイ山脈 (Bulnai Mountains) からなり、標高 2,000~4,000m である。

オルホン・セレンゲ盆地 (Orkhon-Selenge River Basin) はモンゴル中央北部にあるセレンゲ河 (ロシア共和国のバイカル湖に流入する)、およびその支流であるオルホン河の流域地帯で、当国有数の農牧地帯となっている。

2-3 水系

Fig. I-2-2 に調査地域の水系を示す。

調査地域内にはモンゴル国最大の河川で多数の支流を有するセレンゲ川 (Selenge gol) が流れている。セレンゲ河は、広大なセレンゲ、オルホン盆地を流域とし、ロシア共和国との国境を越えバイカル湖に流れ込む。さらにバイカル湖からはアンガラ河、エニセイ河となり北極海へ流出する。エニセイーバイカルーセレンゲ河の総流域延長は 5,540km に達する。

オルホン川 (Orkhon gol) は、セレンゲ川の支流で、調査地域南東部を流れており、ロシア共和国の国境から約 50km 南でセレンゲ河に合流する。

フヴスグル湖 (Khuvsgul nuur) は、モンゴル国で 2 番目の面積となる湖 (2,760km², 125km×30km) で、琵琶湖の約 4 倍の面積に相当する。最大水深は 262m に達する。淡水湖で透明度が非常に高く、観光客に最も人気のある景勝地の 1 つである。フヴスグル湖の周辺は国立公園に指定されている。

調査地域西部から西南部は、調査地域東部に比べて湖沼が発達する。

2-4 気候

Fig. I-2-3, I-2-4 に調査地域の気温・降水量を、また、Table I-2-1, I-2-2 および Fig. I-2-

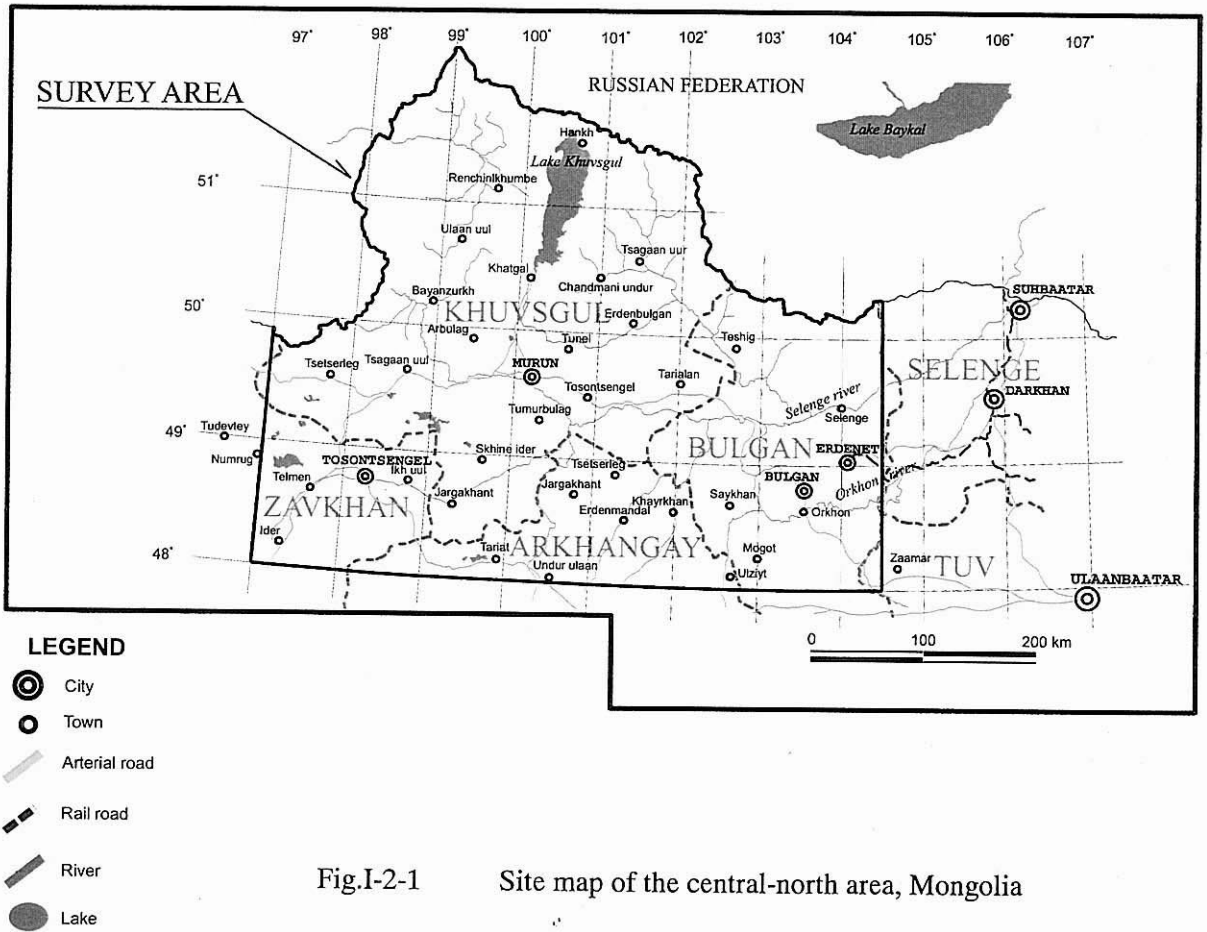


Fig.I-2-1 Site map of the central-north area, Mongolia

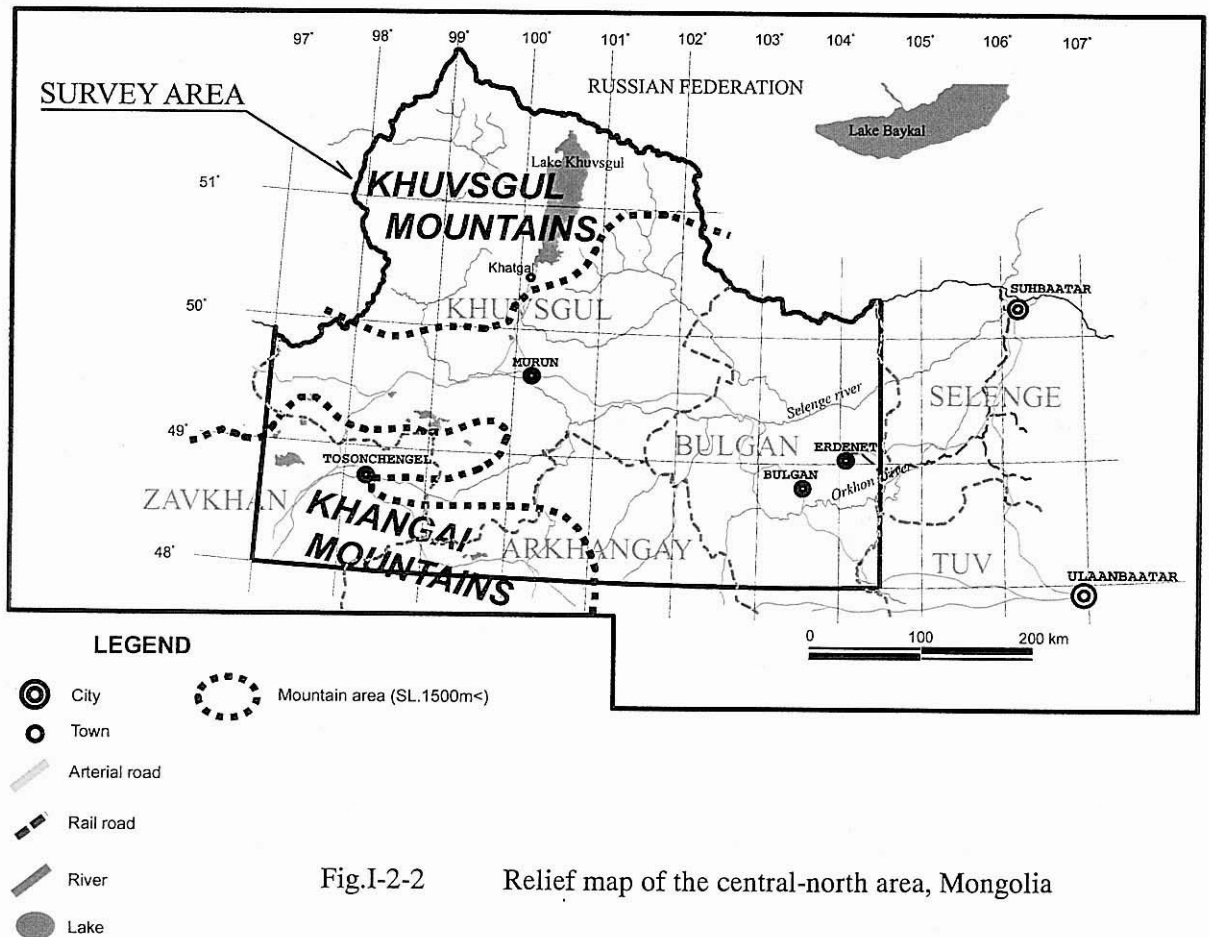


Fig.I-2-2 Relief map of the central-north area, Mongolia

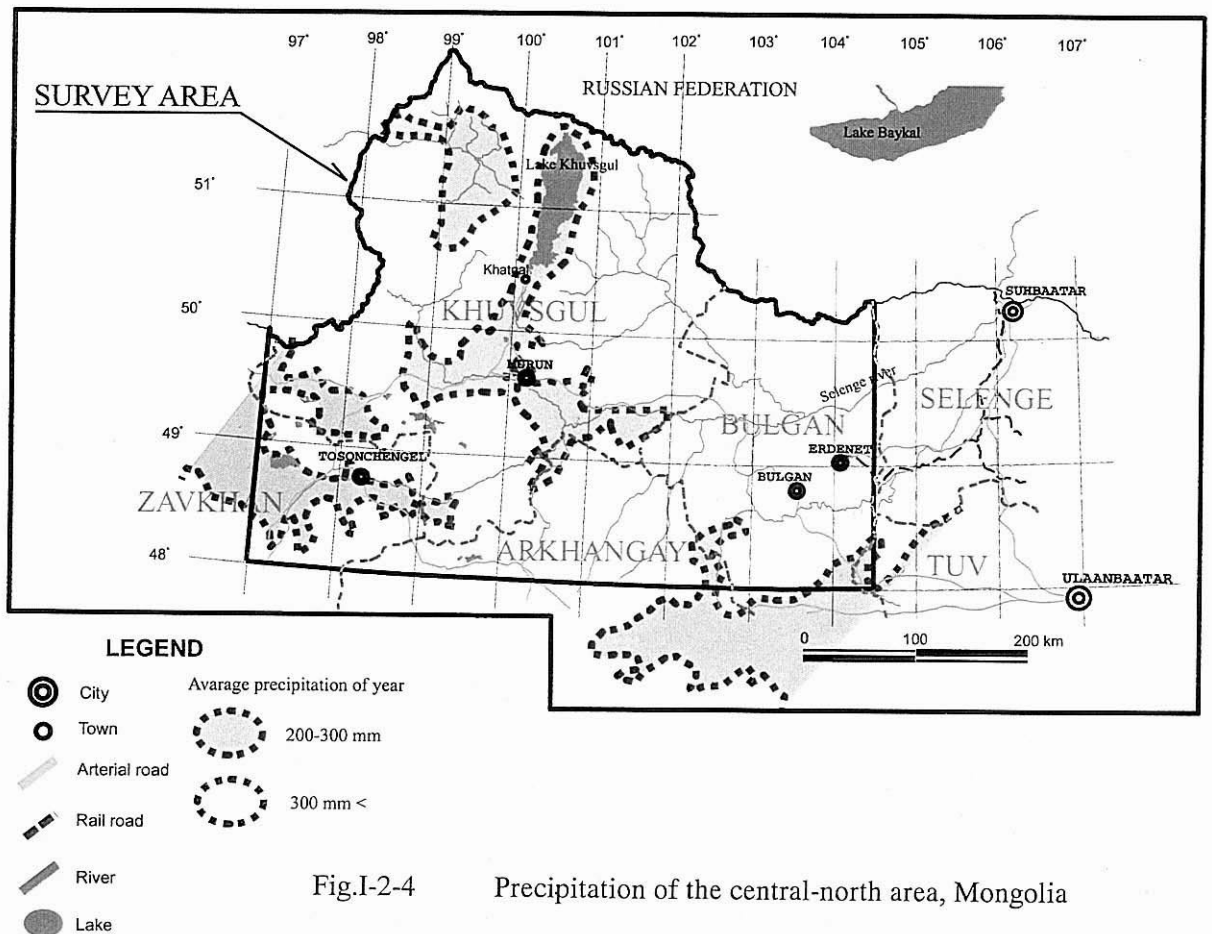
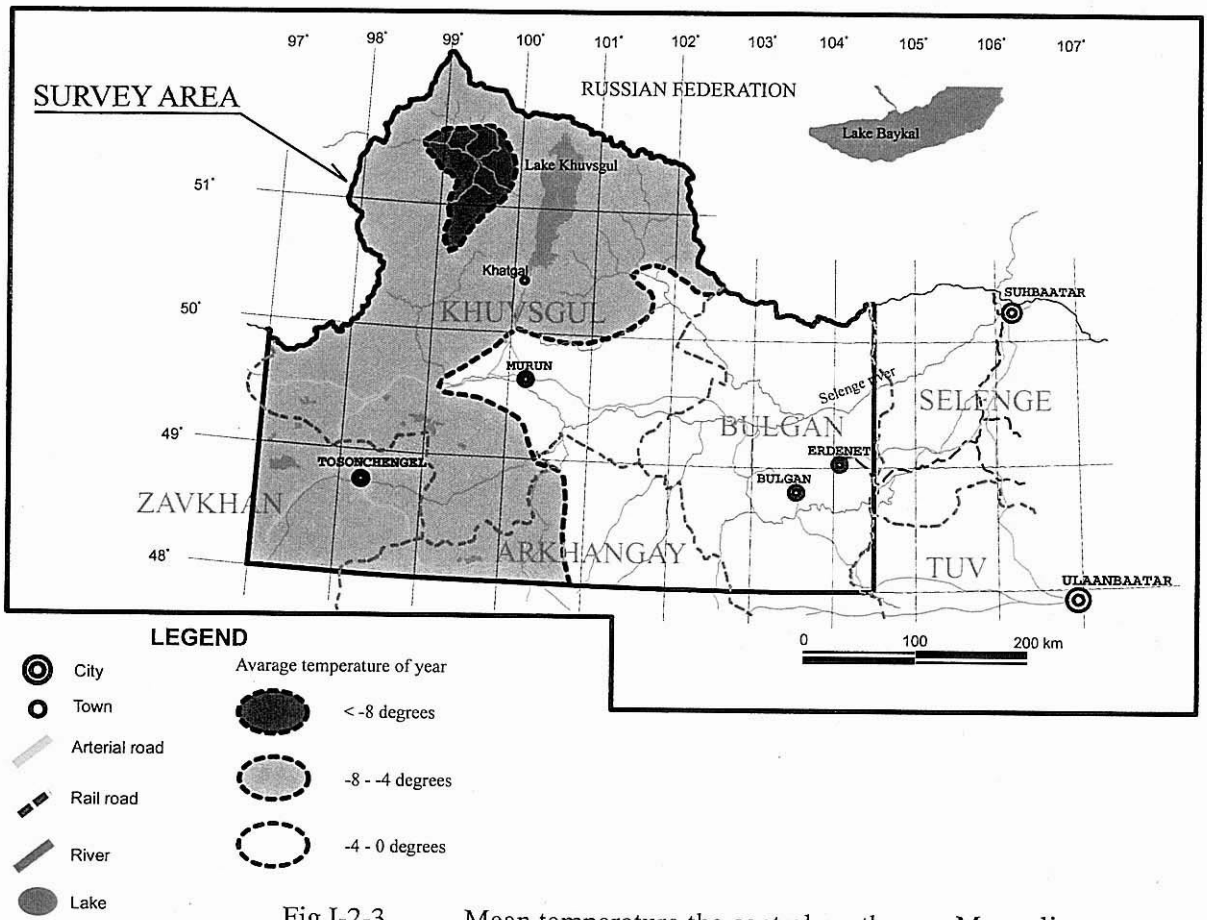


Table I-2-1 Mean monthly and annual precipitation (mm) of major province center in the central-north area, Mongolia

Province center	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Average
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	19.5
Murun	1.5	0.9	2.1	6.4	13.8	48.2	70.1	60.6	22.3	6.2	2.5	1.9	19.5
Ulaanbaatar	1.5	1.9	2.2	7.2	15.3	48.8	72.8	47.8	24.4	6	3.7	1.6	19.4

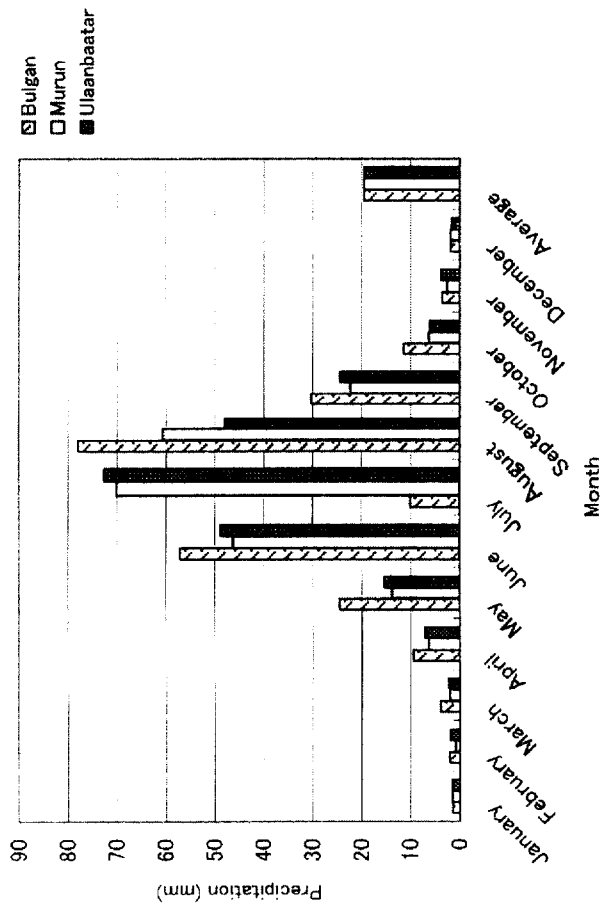


Fig. I-2-5 Precipitation of major province center in the central-north area, Mongolia

Table I-2-2 Mean monthly and annual temperature (°C) of major province center in the central-north area, Mongolia

Province center	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Average
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	-1.8
Murun	-23.8	-19.7	-9.3	1.5	9.1	15.7	16.9	14.7	7.8	-1.2	-12.3	-21.5	-1.8
Ulaanbaatar	-26.1	-21.7	-10.8	0.5	8.3	14.9	17	15	7.6	-1.7	-13.7	-24	-2.9

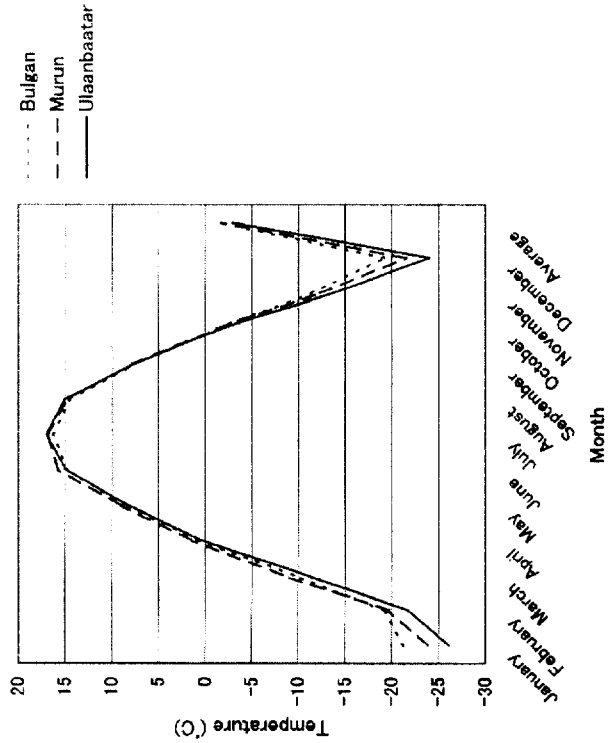


Fig. I-2-6 Temperature of major province center in the central-north area, Mongolia

5, 1-2-6 にウランバートル、ムルンおよびブルガンの年間の各月の気温および降水量を示す。

モンゴル国は、大陸性気候のため、温度変化が顕著なのが特徴である。暑い夏季は短く、冬季は寒冷である。本調査地域の位置するモンゴル国北部は、気候区分によると冷帯気候の亜寒帯に属する。モンゴル国中部は、乾燥気候のステップ帯、南部のゴビ砂漠は砂漠気候となる。首都ウランバートルの年間降水量は、東京の 1/6 以下で、気温は年隔差、日隔差ともに大きく、夏季の平均気温が 15°C、冬季の平均気温が氷点下 20°C である。調査地域の中央～南東部もウランバートルとほぼ同様の気候である。調査地域北部のフヴスグル湖周辺や調査地域西部および南西部の山岳地帯は、調査地域の中央～南東部に比べさらに寒冷となる。

2-5 植生

調査地域南部から中部の丘陵地帯や標高の低い場所には、夏季に背丈の低い草木が繁茂する。特に、夏季に日射量が多く乾燥する南斜面は草原であるのに対し、湿潤な北斜面には針葉樹が茂る。調査地域北部のフヴスグル山岳地帯や南西部のハンガイ山岳地帯、そして標高の高い尾根部分は、針葉樹林が密集する。調査地域東部のセレンゲ-オルホン盆地の平原や丘陵地は、モンゴル随一の農牧地となっており、夏季には、大規模な穀物畑が広がる。

第3章 調査地域の地質、鉱床、鉱業事情

3-1 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存在する。地質学的には、北側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（Central Asian Folded Belt; Mossakovsky et al., 1994、もしくは Altaids : Sengor et al., 1996）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、あるいは Ural-Mongol Fold Belt と称されている

（Zonenshain et al., 1990, Milanovskiy, 1989）。モンゴルの地質構造の骨格は、Paleo Asian Ocean または Mongolian Seaway を挟んだシベリアクラトンおよ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、およ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が（Maruyama et al., 1997）、近年、Altaids の中に大陸地殻を有する島弧、また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来た（例えば、Sengor et al., 1996; Tumurtogoo, 1996; Sengor et al., 1993; Tseden et al., 1992）。これまでいくつかの構造区分が試みられているが本報告書では、構造区分、構造発達史については、おもに Sengor et al. (1996) に基づいて述べる。類似した地質体の名称が異なった地質体で使用されている場合もあるので、混乱を避けるため代表的な構造区分の対比を Table I-3-1 に示す。また Sengor et al. (1996) および Mineral Resources Authority of Mongolia (unpublished) の構造区分図を Fig. I-3-1a, I-3-1b に示す。モンゴルの地質構成は、既述の様にサブダクションに関連した付加体およびマグマ弧の集合体であり、各地質体間での層序対比が好ましいが、未だ解析には至っていない。およその地質年代別の岩相特徴とその分布地域を Table I-3-2 に示す。

3-1-1 構造発達史

モンゴルを含む中央アジアからオホーツクに広がる原生代～中生代前期の造山帯は、20世紀初頭より“Altaids”と称されたが、片麻岩からなるより広範な古いテレーンや大陸間に発達するモラッセが非常に少ないことから、アルプスやヒマラヤのようなコリジョン型造山帯とは異なる特徴を持つと考えられている。南北のクラトンを核としてその外側に付加プリズム、マグマ弧が生じ、大量の酸性深成岩の貫入により外側に向かって大陸地殻が成長し、更に2つのクラトンの衝突によりコリジョン型の造山帯が形成された、という単純なモデルでは、複雑な構造発達史は説明が困難とされている（Sengor et al., 1996）。Altaids という広大な造山帯の中に Mongol-Okhotsk, Altay/Sayan, Kazakhstan, Tien Shan, Urals の5つの Orogen が存在する。この Orogen は、マグマ弧起源の火山岩—深成岩を伴う現在のサブダクション—付加体と類似した地質体からなる。これらは、古生代にほぼ同時にかつ同じ様式でアンガラおよびロシアクラトンの東側で南北に伸びる1つの西向きサブダクションによって形成されたサブダクション—付加コンプレックスと考えられている（Fig. I-3-2）。

Table I-3-1 Comparison of the tectonic units of Mongolia

Sengor et al. (1996)	Tumurtooo(1996)	Tseden et al. (1992)	Mineral Resources Authority of Mongolia (unpublished)
<p>Eastern Tanuola Unit <magmatic arc and accretionary complex> (Early Paleozoic)</p> <p>Sangilen Unit <Baikalide micro continent></p> <p>Darkhat Unit <magmatic arc and accretionary complex> (Riphean)</p> <p>Dzhida Unit <magmatic arc and accretionary complex> (Early Paleozoic)</p> <p style="text-align: center;">VITIM SUTURE</p> <p>Tuva-Mangol Unit <Pre-Altai continental crust, magmatic arc and accretionary complex> (Vendian ~ Triassic)</p> <p>Khangai-Khentei Unit <accretionary wedge and magmatic arc> (Vendian ~ Carboniferous)</p> <p>Han-Taishir Unit <Pre-Altai continental crust, accretionary complex and magmatic arc> (Vendian ~ Early Cambrian)</p> <p>Gony Altay Unit <accretionary complex and magmatic arc> Early ~ Middle Paleozoic</p> <p>Ozernaya Unit <accretionary complex and magmatic arc > (Vendian ~ Early Cambrian)</p> <p>Kobclin Unit <Early ~ Middle Paleozoic accretionary complex and magmatic arc> (Early and Middle Paleozoic)</p> <p>South Mongolian Unit <accretionary wedge which grew to the south of the Tuva-Mongolian unit> (Ordovician ~ Early Carboniferous)</p> <p>South Gobi Unit <magmatic arc on pre-Altai continental basement> (Riphean ~ Lower Devonian)</p> <p style="text-align: center;">SOLONKER SUTURE</p> <p>Manchurides <Precambrian continental crust?, subduction-accretion complexes and magmatic (Paleozoic)</p>	<p style="text-align: center;">Tumurtooo(1996)</p> <p>Northern Mongolblock</p> <p>Uvs nuur, Eg-Eur Terrane <ophiolite, high-P/T rocks> (Riphean)</p> <p>Eastern Khuvsgul Terrane <polydeformed complex> (Cambrian ~ Lower Silurian)</p> <p>Tuva-Mongolian Superterrane</p> <p>Tes-Darhad Terrane <active continental margin> (Vendian ~ Lower Cambrian)</p> <p>Shishigt Terrane <accretionary prism></p> <p>Ulaan Taiga Terrane <passive continental margin></p> <p style="text-align: center;">KHANGAI DISPLACEMENT</p> <p>Middle Megablock</p> <p>Crystalline Core <fragments of craton, passive margin> (Archean ~ Riphean)</p> <p>Darkhan Terrane <active continental margin> (Riphean)</p> <p>Ulziiat Terrane <active continental margin> (Riphean)</p> <p>Northern Khentii Terrane <continental margin> (Upper Silurian ~ Devonian)</p> <p>Testseveg - Zuunmodyn Terrane <continental margin> (Upper Silurian ~ Lower Carboniferous)</p> <p>Altay Terrane <metamorphosed accretionary prism> (Vendian ~ Lower Ordovician)</p> <p>Khoud Terrane <metamorphosed accretionary prism> (Vendian ~ Lower Ordovician)</p> <p>Lake Terrane / Dariv Terrane / Bayankhongor Terrane <ophiolite></p> <p style="text-align: center;">TRANS MONGOLIAN TECTONIC LINEAMENT</p> <p>Pre-Khentiin Superterrane</p> <p>Adagsag Terrane</p> <p>Ongi-Baly Terrane <micro continent></p> <p>Southern Gobi-Erren Davaa Superterrane</p> <p>Ihibogd Suture</p> <p>Kherlen Terrane</p> <p>Gobi Altay-south Kherlen Terrane</p> <p>Trans Altay Suture (Variscan)</p> <p>Ajbogdyn Island Arc (Variscan)</p> <p>Gabiin Suture <ophiolite melange> (Variscan)</p> <p>Gobi-Tyanshany-Nukatdavaany Terrane</p> <p>Zamyn-Undyn Suture (Variscan)</p> <p>Totoshang Terrane <micro continent></p> <p>Solonkeryn Suture (Late Variscan)</p> <p>Southern Megablock</p>	<p style="text-align: center;">Tseden et al. (1992)</p> <p>North Large Block (north Mongolian Folded System)</p> <p>Shishikhid-Zeddin Megazone</p> <p>Khangai-Khentiin Megazone</p> <p>Nuriin Folded Belt</p> <p>Central Mongolian Median Mass</p> <p>Altay Folded Belt</p> <p>Ulaanbaatar Folded System</p> <p style="text-align: center;">MONGOL MAIN LINEAMENT</p> <p>South Large Block</p> <p>South Mongolia Folded System (Variscan)</p> <p>Inner Mongolia Folded System (late Variscan)</p>	<p style="text-align: center;">Mineral Resources Authority of Mongolia (unpublished)</p> <p>North Mongolia Tectonic Region</p> <p>North Mongolian Tectonic Zone</p> <p>Mongol-Ubur Baikal Tectonic Zone</p> <p>Khangai-Khenti Tectonic Zone</p> <p>Eastern Mongol Tectonic Zone</p> <p>South Mongolia Tectonic Region</p> <p>Eastern Mongol Tectonic Zone</p>

- ① Gorny Altai unit
- ② Kobdin unit
- ③ Ozernaya unit
- ④ Han-Taishir unit
- ⑤ Eastern Tannuola unit
- ⑥ Sangilen unit
- ⑦ Darkhat unit
- ⑧ Dzhida unit
- ⑨ Tuva-Mongol unit
- ⑩ Khangay-Khentey unit
- ⑪ South Mongolian unit
- ⑫ South Gobi unit
- ⑬ Manchurides

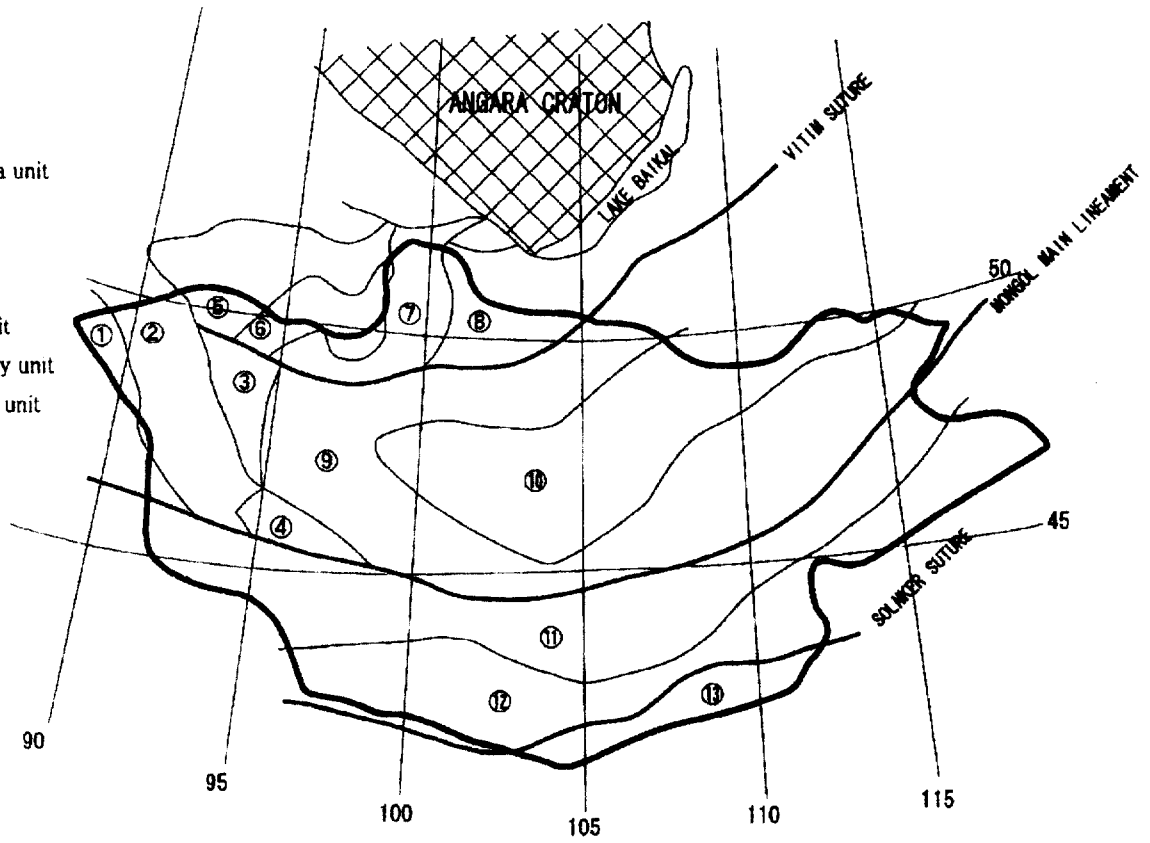


Fig.I-3-1a Tectonic unit of Mongolia (Sengor et al., 1996)

- ① North Mongolia Tectonic Zone
- ② Mongol-Ubur Baikal Tectonic Zone
- ③ Khangai-Khenty Tectonic Zone
- ④ East Mongolian Tectonic Zone

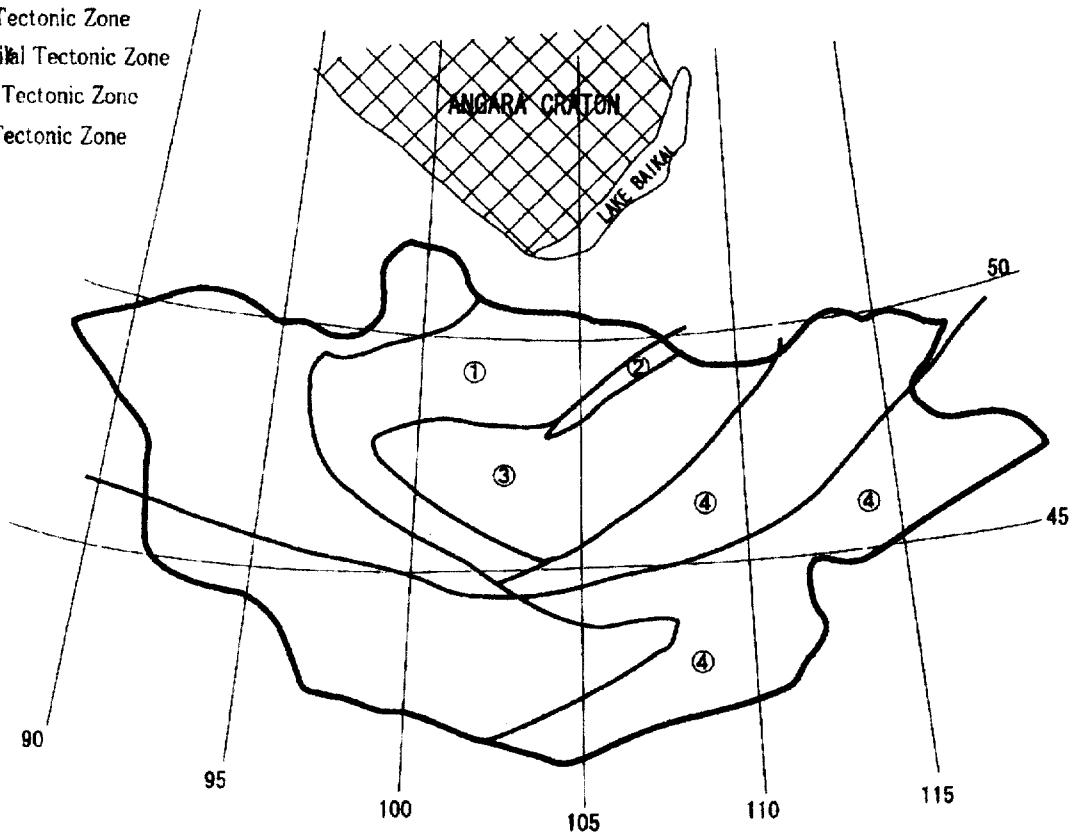


Fig.I-3-1b Tectonic unit of Mongolia (MRAM, unpublished)

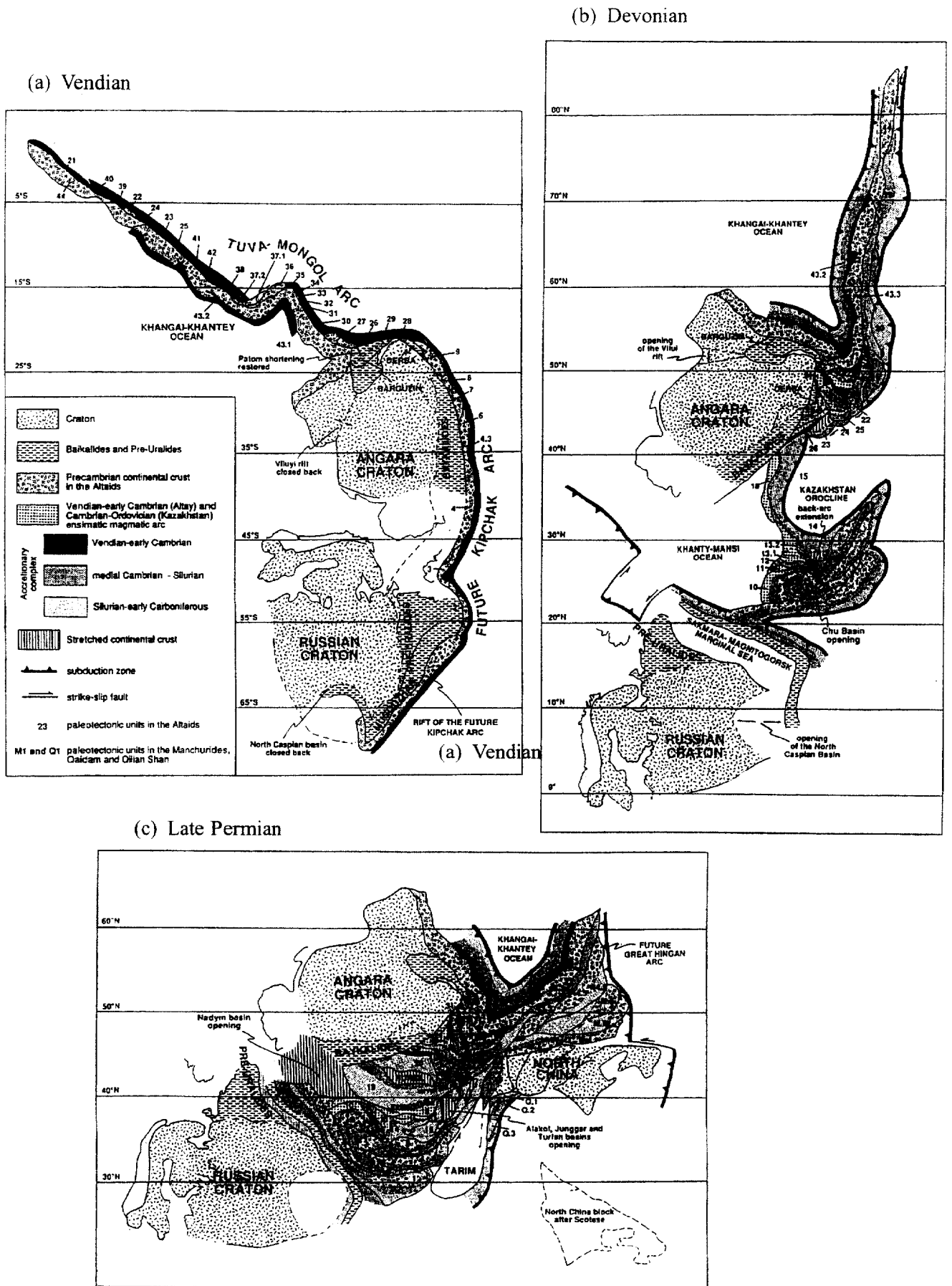


Fig.I-3-2 Schematic tectonic evolution of the Mongol-Okhotsuk folded belt (Sengor et al., 1996).

ベンディアン紀～カンブリア紀には、スーパープレームによりロディニア (Rodinia) 超大陸が分裂し、その分裂した大陸の1つとしてロシアおよびアンガラクラトンが存在した。リフエアン紀～ベンディアン紀にはロシアおよびアンガラクラトンの東側が活動的大陸縁辺部であった。Tuva-Mongol の Baykalide Collision (微大陸) 等の微小大陸の存在はその外側(東側)でのサブダクションの引き金となった。Tuva-Mongol の東および北東でのサブダクションは古生代まで続いた。その後アンガラクラトンとロシアクラトンの分裂により、カンブリア紀には南半分の Kiptchak 島弧が大陸より分離した。

カンブリア紀～デボン紀前期までにアンガラクラトンとロシアクラトンのリフティングにともない南部の Kiptchak 島弧が大陸から分離する。北部の Tuva-Mongol 島弧では、現在のフィリピンのように島弧の両側でサブダクションが続き、大規模な付加体、マグマ弧が成長した。デボン紀になると再度両クラトンの接近により、北に伸びる Tuva-Mongol 島弧の折れ曲がり

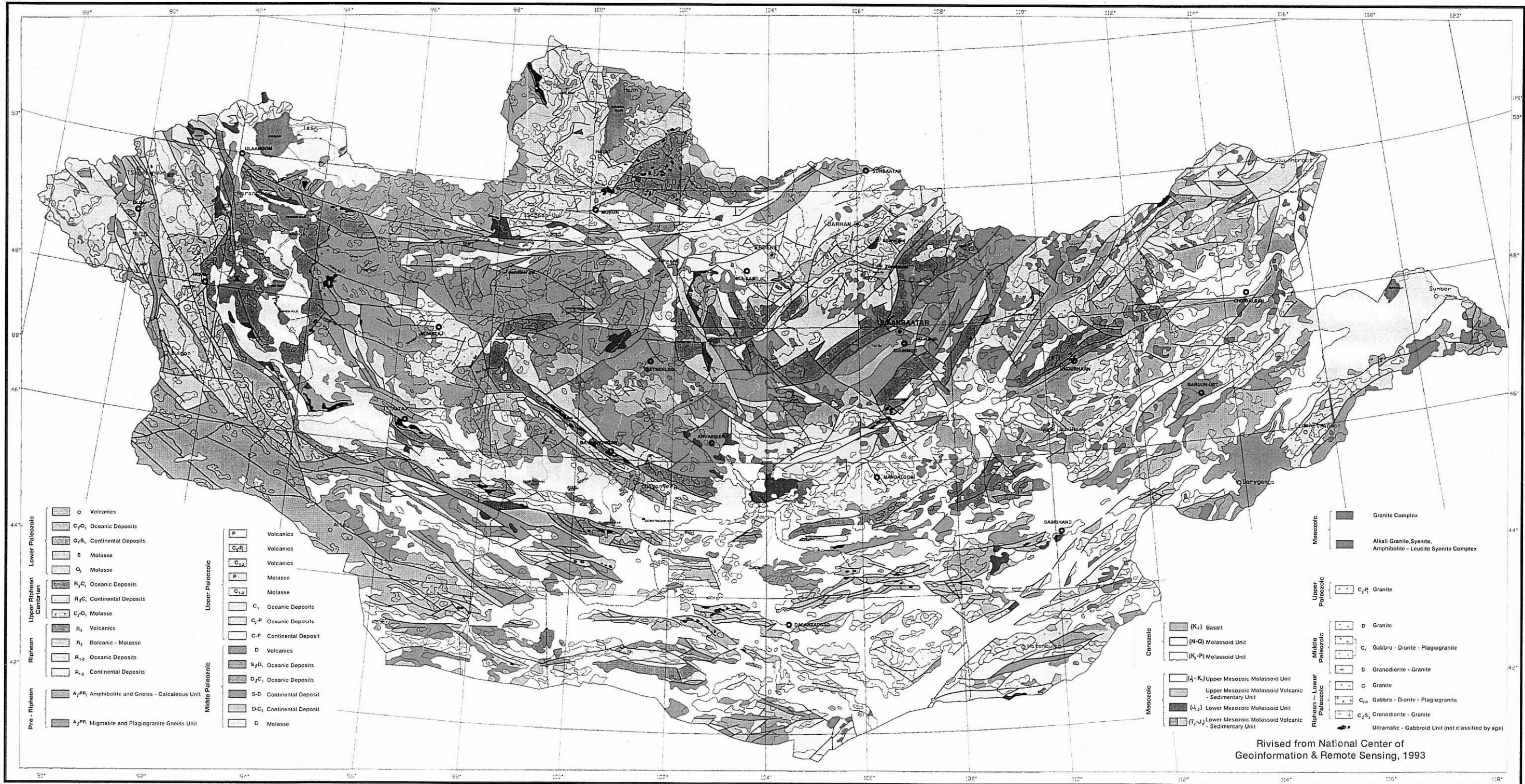
(Orocline) が始まり、トランスサブダクション断層に沿う短縮および島弧の折れ曲がりにより屈曲部に島弧がスタッキングして集積するようになる (Fig. I-3-2, (b))。石炭紀になると、更に屈曲と集積が進むとともにマグマ活動の中心が前弧側、すなわち北東側に移動し大陸地殻が成長した。一方南部に存在した北中国クラトン北縁では、サブダクション帯に沿って付加体-マグマ弧 (Manchulides) が形成されるとともに北上し、三疊紀前期には、Tuva-Mongol 島弧 と北中国クラトンの間に存在した Solonker Ocean が閉塞した (Fig. I-3-2, (c))。古生代後期～ジュラ紀中期には島弧、クラトンが結合し海域は消滅し安定大陸化した。結合したプレート内では、ジュラ紀後期～第四紀完新世にかけてプレート内火成活動が続いた。

なお、最近出版されたモンゴルの地質構造概略図を Fig. I-3-3 に示す。

3-1-2 構造区分

モンゴルには南側に凸に張り出した東西系の多くの顕著な構造線が発達し、南北両側のクラトンに挟まれた東西に伸びる地質構造を反映している。その顕著な構造線の1つが Mongol Main Lineament (MML) または Trans Mongolian Tectonic Lineament で、Tseden et al., (1992) はこれを境として Northern Large Block と Southern Large Block に分けた。Tumurtoogoo (1996) は、Khangai Displacement により、Northern Block を更に2つのブロックに分けた。基本的には、Sengor et al. (1996) は、モンゴル中央部で東西に伸張するレンズ状のベンディアン紀～石炭紀のサブダクション-付加コンプレックスである Khangai-Kheiti Unit とその外側を取り囲む Pre-Altai 大陸地殻を基盤とするサブダクション-付加コンプレックスである Tuva-Mongolia Unit、更に MML を挟んでその南に発達するカンブリア紀～石炭紀のサブダクション-付加コンプレックスである South Gobi Unit および South Mongolia Unit および南側に存在した北中国クラトンへの付加コンプレックスである Manchurides Unit に分けた。後述するように Manchurides Unit 以外は連続する1つの島弧 (Tuva-Mongolia 島弧) で形成された付加コンプレックスとマグマ弧が折りたたまれたものであり、東西性の顕著な構造線あるいはリニアメントはこの折りたたみ時期のトランスサブダクション断層構造を表しているものと推定されている。各地質体の特徴は以下のとおりである。

TECTONIC AND GEOLOGIC MAP OF MONGOLIA



Revised from National Center of
Geoinformation & Remote Sensing, 1993

Fig.I-3-3 Geological and tectonic map of Mongolia (MRAM, 1993).

(1) Gorny Altai Unit

古生代初期のマグマ弧および付加コンプレックスよりなる。ベンディアン紀～カンブリア紀中期の玄武岩、安山岩、珩長質火山岩、礫岩、および礁性石灰岩より構成され、西方では前弧の環境に変化し、浅海性の堆積物が卓越する。付加体は、オフィオライト、410-580Maの年代を示す高压変成岩、カンブリア紀前期～シルル紀前期の乱泥流堆積物よりなる。島弧マグマ活動に関連したシルル紀前期の花崗岩が分布する。

(2) Kobdin Unit (Nuriin Altai Folded Belt*)

古生代前期と中期のマグマ弧および付加コンプレックスよりなる。カンブリア紀中期～オルドビス紀前期のタービダイトおよびこれを不整合に覆うオルドビス紀～シルル紀の安山岩、砂岩、泥岩、石灰岩よりなる。シルル紀～デボン紀の花崗岩類が分布する。

(3) Ozernaya Unit (Nuriin Altai Folded Belt)

ベンディアン紀～カンブリア紀前期のマグマ弧と付加コンプレックスよりなる。付加コンプレックスは、ベンディアン紀～カンブリア紀前期の蛇紋岩メランジュ、チャートおよびタービダイトよりなる。これらを覆ってカンブリア紀中期の前弧海盆の浅海性堆積物が分布する。多量のトータル岩、花崗閃緑岩、花崗岩、斑レイ岩が貫入する。これらの同位体年代は540-410Maを示す。

(4) Han—Taishir Unit (Nuriin Altai Folded Belt)

Altaids生成前の大陸地殻、ベンディアン紀～カンブリア紀前期のマグマ弧および付加コンプレックスよりなる。基盤はTuva-Mongolia Unitと同様、完全なオフィオライトが付加コンプレックスとの境界部に分布する。付加コンプレックスは、ディスマンバードオフィオライト、チャート、タービダイト、石灰岩等よりなる。島弧玄武岩、安山岩が堆積岩中に産する。カンブリア紀中期の花崗岩が分布する。

(5) Eastern Tannuola Unit

古生代前期のマグマ弧および付加コンプレックスよりなる。玄武岩、凝灰岩、安山岩、石英安山岩、流紋岩、石灰岩等のマグマ弧の生成物よりなる。マグマ弧の活動はカンブリア紀中～後期の花崗岩の貫入で終了する。付加体は、ベンディアン紀～カンブリア紀前期の玄武岩、チャート、石灰岩、砂岩、頁岩、カンブリア紀中期～後期のオリストストローム、タービダイトよりなる。オルドビス紀～シルル紀の浅海性堆積物が分布する。

(6) Sangilen Unit (Darkhad-Zavkhan-Orkhon terrane)

リフェアン紀にDarkhat UnitとTuva-Mongolia Unitに衝突したBaikalide微小大陸等よりなる。リフェアン紀(1100Ma)の年代を示す片麻岩、グラニュライト相の変成岩、オフィオライ

* Tsuden et al. (1996)による区分

ト・メランジェを含むベンディアン紀～カンブリア紀前期の付加コンプレックス・スリバーよりなる。

(7) Darkhat Unit (Central Mongolian Median Mass)

pre-Baikalid 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のマグマ弧の産物である玄武岩、流紋岩、凝灰岩および陸源性堆積物よりなる。前者は、Altaids に取り込まれた Baikalaïd の断片と考えられる。火山岩の Rb-Sr 年代は、718Ma を示す。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。このユニットの東側には、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。

(8) Dzhida Unit (Shishihid-Zeddin Megazone の一部)

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。

(9) Tuva-Mongol Unit (Central Mongolian Median Mass)

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。島弧基盤には $2364 \pm 6\text{Ma}$ ～ 1630Ma の花崗岩が貫入する (Mineral Resources Authority of Mongolia, 1998)。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、リフェアン紀の島弧火山岩類よりなる。基盤はベンディアン紀-カンブリア紀の陸棚石灰岩により覆われる。古生代前期～中期の碎屑岩、古生代の花崗岩類が広く分布する。デボン紀から二畳紀の閃長岩、デボン紀のカルクアルカリ岩、二畳紀のカルクアルカリ岩、アルカリ岩が分布する。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)。

(10) Khangay-Khentey Unit (Ulaanbaatar Folded system)

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、そして古生代前期～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、石炭紀～三畳紀のタービダイト、斑レイ岩、玄武岩よりなる。北東に開いた馬蹄形を示し、スタックして畳み込まれた幾つかの島弧ユニットが存在し、それぞれのユニットの中でも北東側に向かって若くなるポラリティーを示す。これらは、二畳紀、三畳紀、ジュラ紀の花崗岩類によって貫かれる。

(1 1) South Mongolia Unit (South Mongolian Folded System)

付加体とマグマ弧よりなる。付加体は、Tuva-Mongol Unit との境界付近に最も古いゾーンが広がり南に向かって若くなる。これらは、シルル紀の花崗岩の貫入を受けるとともに、デボン紀前期の礁性石灰岩あるいはデボン紀中～後期のタービダイト、デボン紀前期～後期の安山岩、デイサイト、流紋岩、凝灰岩、碎屑岩類よりなる。デボン紀前期～後期の島弧火山岩類は、走向移動断層により構造的に同時代の付加体の岩石が繰り返し出現する。

(1 2) South Gobi Unit (Inner Mongolian Folded System)

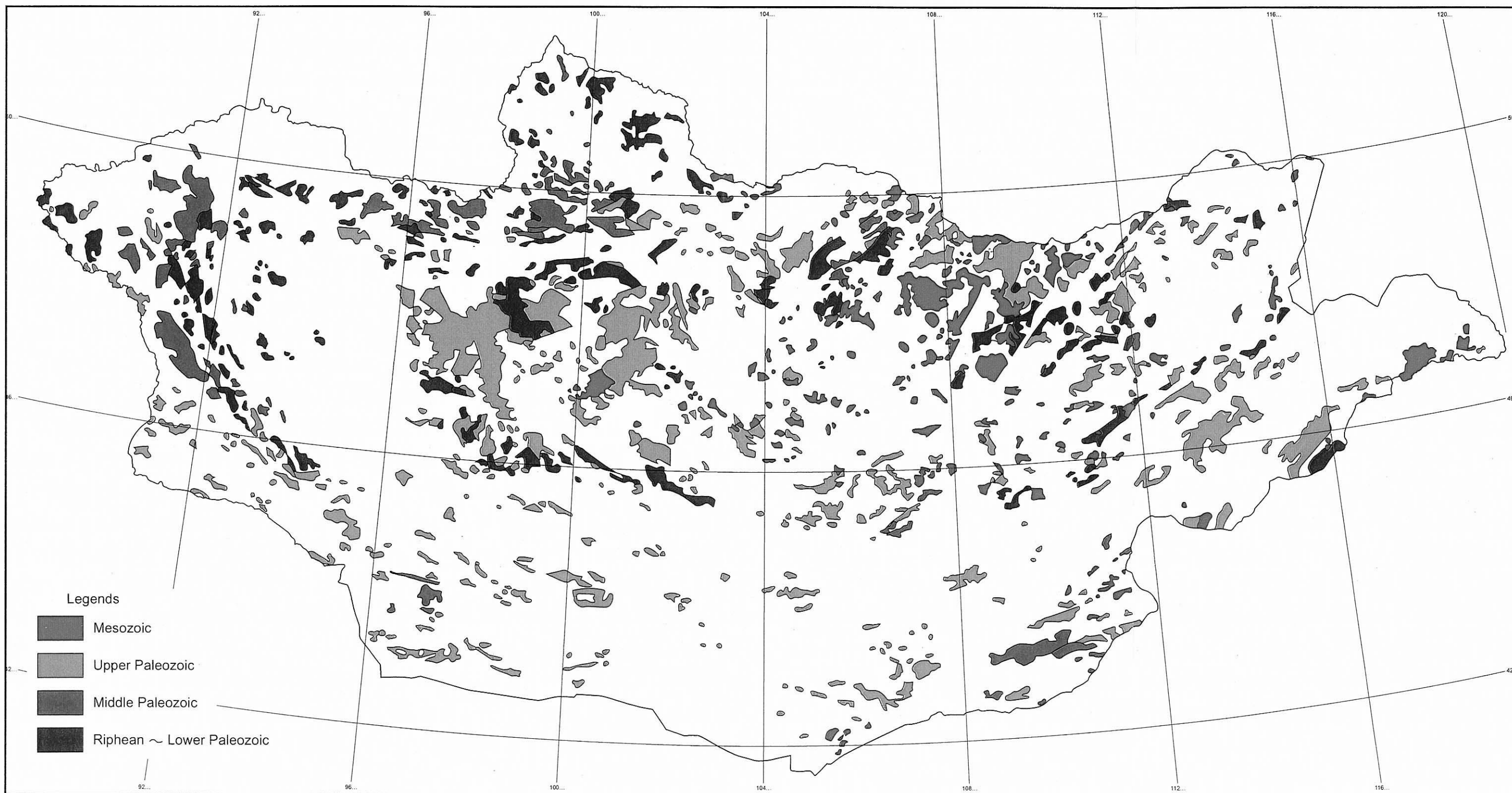
pre-Altai の大陸地殻、古生代の島弧、古生代前期～後期の付加体よりなる。基盤をなす先カンブリア時代の片岩、片麻岩、花崗岩質片麻岩、ミグマタイト、角閃岩はリフェアン～ベンディアン紀～カンブリア紀前期の珪岩、ドロマイト、石灰岩、大理石に不整合に覆われる。付加体は北から南に向かって成長し、オールドビス紀、シルル紀、デボン紀、石炭紀、二疊紀の浅海性堆積物、陸源性碎屑岩、頁岩、中性～酸性火山岩類、石灰岩よりなる。南部では古生代前期の付加体は存在しない。

(1 3) Manchurides

北中国クラトンの縁辺部でのサブダクションに関連して形成された付加体—マグマ弧である。2535Ma の角閃岩、グラニュライトおよび 706Ma の緑色片岩相の変成作用を受けた碎屑岩、炭酸塩岩等を基盤として、北側に向けて付加体—マグマ弧が成長した。

3-1-3 火成活動

モンゴルは、リフェアン紀から古生代を通じてのマグマ弧を伴う島弧でのサブダクションおよび中生代の大陸衝突といったイベントが旺盛であったことから、これらに関連して形成された多量の火成岩が分布する。また、安定大陸化した白亜紀以降はプレート内火成活動が続いた。Geological Survey of Mongolia(1993)に基づく年代別の深成火成岩の分布を Fig. I-3-4 に示す。分布は巨視的に見れば、前項で述べた北東方向に開いた馬蹄型を示す広域的な地質構造とほぼ調和的で Khangay-Khenti Unit を中心とした同心円状の分布を示す。リフェアン紀～古生代前期の深成岩は、MML より南側の South Gobi Unit および South Mongolian Unit 以外の各 Unit に広く分布する。主に石英閃緑岩、トータル岩、アルカリ花崗岩、優白質花崗岩よりなる。特に古生代前期の火成活動は Tuva-Mongolian Unit に広く分布し、カルクアルカリ花崗岩、トータル岩、花崗閃緑岩で特徴付けられる。噴出岩類は、カルクアルカリ岩質の安山岩、流紋岩よりなる。特に、Eastern Khuvsgul、Boroogol 等の 450-445Ma の年代を示す花崗岩類からなる複合岩体は、Pulton-related gold deposit の母岩となっている。古生代中期のものは、Dzhida Unit、Darkhat Unit、south Mongolia Unit にほぼ限定される。古生代後期の火成活動は東部の Kobdin Unit、Ozernaya Unit および北部の Dzhida Unit、Darkhat Unit では欠如するがモンゴル全域に広範囲に見られ、カルクアルカリ～アルカリ岩系により特徴付けられる。Tuva-Mongol Unit の北側 から Khangai-Khenti Unit にかけては、石炭紀後期から二疊紀後期の Khangai パソリス



(Taken from MRAM, 1993)

Fig.I-3-4 Distribution of granitoids in Mongolia (MRAM, 1993).

と称される花崗閃緑岩、花崗岩、Iタイプ花崗岩、花崗閃緑岩、閃長質花崗岩を伴う優白質花崗岩が分布する。また、Khangai バソリス 周辺には、アルカリ岩（粗面玄武岩、粗面安山岩、粗面流紋岩）および非アルカリ岩火山岩が広く分布する。Khangai バソリスの成因については、コリジョン時期とする考え（Gerel, 1998）とサブダクションに関連したとする考え（Takahashi et al., 1998）がある。古生代前期～中生代前期にかけては South Mongol Unit および Tuva-Mongol Unit のプレート収斂域において広範に火成活動が生じている。

Mongolian Altai では、南西から北東に向かって、ソレライト、カルクアルカリ、アルカリ岩へと系統的な組成変化を示し、背弧側に向かってアルカリが増加するサブダクション帯の特徴を有する。また、Bayanhokgor 地域では、南東側から北西側に向かって、マグネタイト系からイルメナイト系へと系統的な変化が見られ北西から南東へのサブダクションが推定されている

(Takahashi et al., 1998)。このように、散在する地質体から、プレートのサブダクションを示唆する火成活動のポラリティーが得られている。これらは、これまで述べたように、古生代前期から古生代後期の火成活動は島弧（例えば Tuva-Mongolia Arc: Sengor et al., 1996）でのプレートサブダクションに起因すると考えられる。構造発達史から判断すると中生代前期以前のもは、現在位置での火成活動の産物とは考えられないことになる。

アンガラクラトンと北中国クラトンの接近による Mongol-Okhotsk Ocean Basin (Khangai-Khentey Ocean) の西方からの閉塞により、サブダクションに伴う火成活動も次第に東方に移動した。中生代の深成岩類は、東経 100° より東に分布する。これらの火成活動は、島弧でのプレートサブダクション以降のアンガラクラトンと北中国クラトンのコリジョン～ポストコリジョン期のものと考えられており（Gerel, 1998）、ジュラ紀前期、三疊紀後期-ジュラ紀前期、白亜紀前期に集中する。前2者は、主に Northern Block の東半分、Khangai-Khentai Unit および Tuva-Mongol Unit において生じている。中生代後期になると火成活動の範囲は更に東に移動し、その範囲も狭くなる（Gerel, 1998）。衝突後は、アルカリ玄武岩、粗面岩、霞岩、フォノライト、Li-F 花崗岩等のアルカリ岩系のプレート内火成活動が続いた。Erdenet 鉱床は Tuva-Mongolia Unit に位置しており、鉱床母岩である Selenge 複合岩体と鉱化関連火成岩である Erdenet complex とは同源でありその活動時期は3期に分けられそれぞれ、250-245、250-220、205-195Ma を示す（Berzina et al., 1999）。この時期は、モンゴルの構造発達史から見るとコリジョン期のものと考えられる。一方には、大陸衝突以前のサブダクションによるものとの解釈もある（Takahashi, 1998）。

3-1-4 構造線・リニアメント

モンゴルでは南に凸な E-W 系リニアメントが多く発達すると共に、これらと斜交する NW-SE 系のリニアメントが発達する。E-W 系リニアメントは、Vitim Suture (Sengor et al., 1996)* および Main Mongolian Lineament: MML（または Trans Mongolian Tectonic Lineament: TMTL）で代表される。一方、NW-SE 系のものは、モンゴル西部の Gorny Altai、Kobdin Unit、Ozernaya

* 今回の現地調査では「Ikhe Bogd Deep Fracture」という名称を使用した。

Unit および Tuva-Mongol Unit の地質体を境する断層と、中央部の Erdenet から南ゴビに至るものがある。前者は、MML に切られ、その南への延長は見られない。一方、後者は、MML を跨いで、South Mongolia Unit にも発達する。特に E-W 系のリニアメントは、石炭紀の島弧内走向移動断層の形成時期、島弧の屈曲たみ込み時期または、それ以降に形成されたものと推定され、それ以前の基盤の構造を反映しているものではないと考えられる。Erdenet 鉱床およびその周辺のポーフイリー型銅・モリブデン鉱床の鉱徴および鉱化作用と関連のある貫入岩類の方向は中央部の NNW-SE 系のリニアメントに沿っており、この深部断裂が火成活動、鉱化作用に重要な役割を果たしたものと考えられる (Sotnikov et al., 1984)。一方、Tavl (Ereen) 金鉱床ゾーンは、その生成時代は正確には把握されていないが、比較的明瞭な NW-SE 系リニアメント近辺に位置する。

3-1-5 鉱床概要

モンゴルの地質は、上記のように、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およ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様々なタイプの鉱床が存在する。なかでもマグマ弧の酸性火成活動に関連したポーフイリー銅・モリブデン鉱床および深成岩に関連した金鉱床がより経済性を有するものと考えられる。Fig. I-3-5, Table I-3-3 にモンゴルの鉱床・鉱徴地の分布を示す。

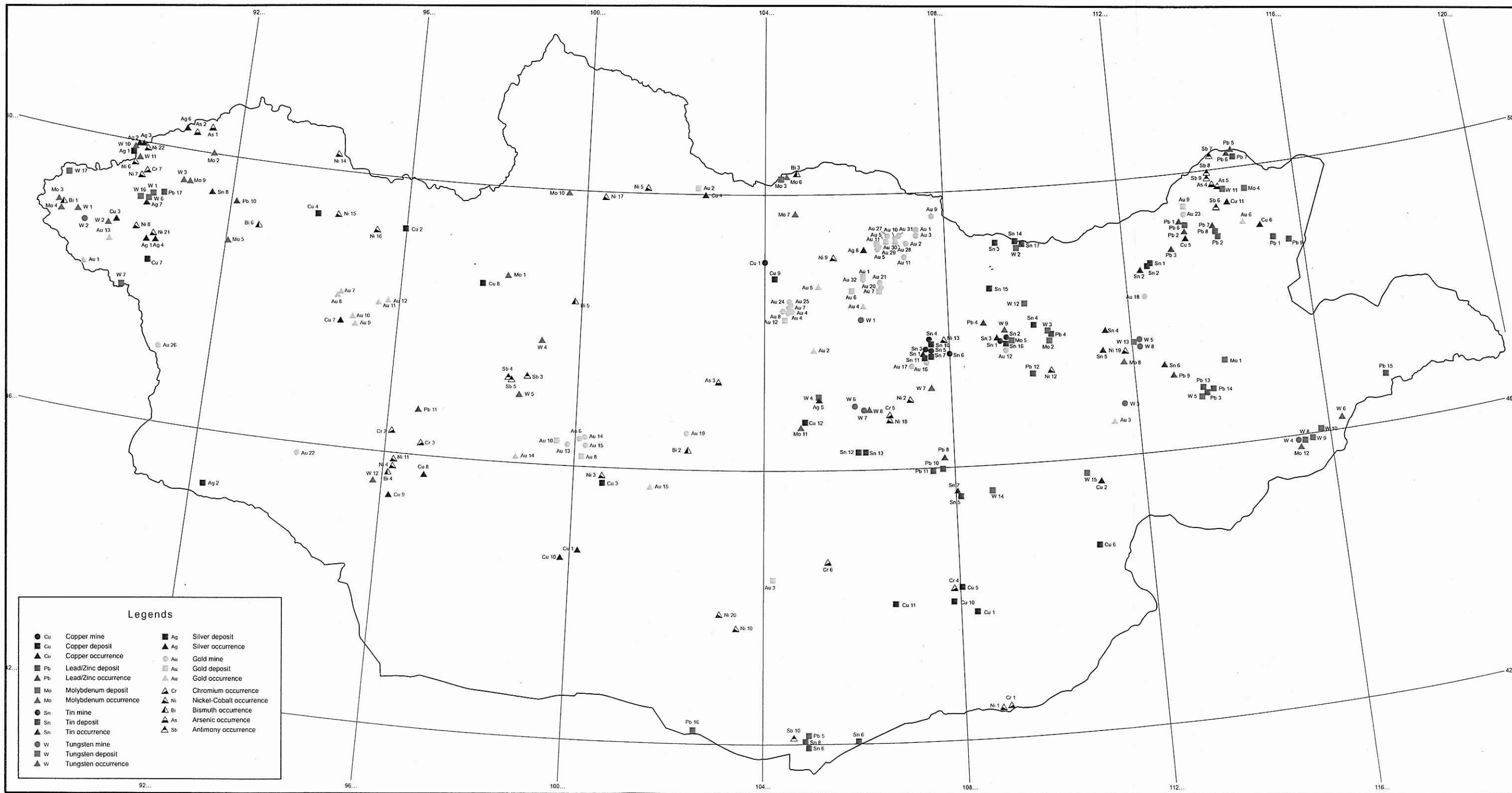
(1) ポーフイリー鉱床

モンゴルにおける主なポーフイリー鉱床（または鉱徴）として Erdenet, Bayan-uul, Tsagaan Suvarga, Oyu Tolgoi, Kharmagatai, Shuteen, Ikh Shanhai が知られている (Fig. I-3-5)。このうち稼行中のものは Erdenet 鉱床のみである。その他はポーフイリー銅鉱化作用に関連した変質帯、鉱徴として知られている。

Erdenet は Tuva-Mongol Unit に、Bayan-uul は Khangai-Khenti Unit に、Tsagaan Suvarga, Kharmagatai, Shuteen および Ikh Shanhai は South Mongolia Unit に属する。ポーフイリー鉱床のテクトニックセッティングは、一般にアンデス型サブダクションゾーン、島弧のサブダクションゾーン、島弧のサブダクション停止後の背弧側でのリフトゾーン、大陸のリフトゾーン、コリジョン帯のリフトゾーンに分けられる (Sillitoe, 1980)。モンゴルにおけるこれらのポーフイリー鉱床のうち、South Mongolia Unit の Tsagaan Suvarga, Kharmagatai, Shuteen, Ikh Shanhai 鉱床は、時代的にみて明らかにサブダクションに伴うマグマ弧で形成されたものと考えられる。一方、Khangai-Khenti Unit の大規模なバソリスを伴う Khentii uplift は、アンガラクラトンと北中国クラトンのコリジョンに伴って形成され、この Khentii uplift に存在する Erdenet および Bayan-uul 鉱床は、中生代のコリジョン期に形成されたと考えられている

(Gerel, 1998)。コリジョン期よりも後のリフト期でのマグマ活動とする考え、大陸縁辺部でのサブダクションに伴うマグマ活動とする考え (Takahashi, 1998) もある。

Erdenet 鉱床は、二畳紀後期の酸性深成岩からなる Selenge 複合岩体の貫入による隆起の中央部に貫入する二畳紀後期～三畳紀前期の花崗斑岩、花崗閃緑斑岩よりなる Erdenet 複合岩体に伴われる。これらは、NW-SE, N-S, E-W 系の構造線の交差部に概ね NW-SE 方向に貫入岩が発達する。



(Taken from MRAM, 1993)

Fig.I-3-5 Distribution of major base and precious metal deposits and occurrences in Mongolia (MRAM, 1993)

Table I-3-3 List of base-and precious metal deposits in Mongolia (1/5)

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DEPOSIT DESCRIPTION
COPPER	MINES DEPOSITS	Cu1	Erdenetin ovoo	porphyry copper/molybdenum stockwork
		Cu1	Tsagaan suvarga	porphyry copper/molybdenum stockwork
		Cu2	Ojut tolgoi	porphyry copper/nickel mineralization
		Cu3	Saran uul	copper molybdenum stockwork
		Cu4	Borts uul	ore bed in volcanics, copper/pyrite
		Cu5	Narin hudag	mineralized zone in volcanics and intrusive
		Cu6	Ojut	mineralized zone, lens in contact of diorite dike
		Cu7	Huh adar	mineralized shear zone, copper/pyrite
		Cu8	Naran bulag	ore lenses and beds in granite intrusive contact
		Cu9	Shand	stockwork
		Cu10	Hunguut	mineralized zone
		Cu11	Harmagtai	stockwork
OCCURRENCES		Cu12	Bayan uul	quartz zone in granitoid intrusive
		Cu1	Shirt-1	mineralized zone, lens
		Cu2	Chandmana uul-3	skarn mineralization in diorite intrusive contact
		Cu3	Ojut	quartz-carbonate metasomatic zone
		Cu4	Tsahir uul	skarn ore bodies
		Cu5	Temeen chuluut	quartz veins in granite intrusive contact
		Cu6	Lam chuluut	stockwork mineralization in granitoid intrusive
		Cu7	Nergui	epidote-garnet skarn and ore lenses in shale
		Cu8	Bituut	mineralized zone in gabbroid intrusive
		Cu9	Shar tal	silicified zone in shale
		Cu10	Hondloi	mineralized zone in milonite
Cu11	Erdene tolgoi	silicified zone in skarn		
LEAD/ZINC	DEPOSITS	Pb1	Tsav	multiple veins in intrusives, volcanics and metamorphics
		Pb2	Ulaan	mineralized breccia pipes and fracture zones in volcanics
		Pb3	Tumurtin ovoo	stratabound skarn zinc deposit in roof pendant in granite massif
		Pb4	Mungun undur	hydrothermal alteration zone in sediments
		Pb5	Har tolgoi	mineralized shear zones in Proterozoic limestone
		Pb6	Bayandun-1	garnet-pyroxene skarn intrusive contact zone
		Pb7	Baits ovoo	altered zone in Mesozoic granite
		Pb8	Muhar	mineralized breccia pipes and fracture zones in volcanics
LEAD/ZINC	DEPOSITS	Pb9	Bayan uul	stockwork silicified zone and quartz veins
		Pb10	Haraat uul	magnetite skarn in granosyenite contact
		Pb11	Tumurtei	skarn zone in Mesozoic granite intrusive contact
		Pb12	Tugalgain nuruu	hydrothermal alteration zones in sediment
		Pb13	Hoi hudag	garnet-magnetite skarn lens intrusive contact
		Pb14	Salhit	stratabound skarn zinc deposit in roof pendant in granite massif
		Pb15	Modon-III	mineralized shear zone
Pb16	Bituut ovoo	mineralized zone in sediments		
Pb17	Dulaan har uul	ore lenses and beds in volcanics		
Pb1	Bayandun-III	pyroxene-amphibole skarn		

Table I-3-3 List of base-and precious metal deposits in Mongolia

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DEPOSIT	DESCRIPTION
LEAD/ZINC	OCCURRENCES	Pb2	Sogoot uul		skarn body
		Pb3	Erdene tolgoi		skarn body
		Pb4	Muhar gutai gol		skarn body
		Pb5	Buun		hydrothermal altered zone in volcanics
		Pb6	Iher		quartz-sulfide veins in altered fracture zone
		Pb7	Namrin		mineralized zone
		Pb8	Zuun toirom		skarn bodies
		Pb9	Havtsigait		mineralized zone
		Pb10	Shiveen gol		mineralized zone in fracture
		Pb11	Nergui		altered and silicified limestone
		SILVER	DEPOSITS	Ag1	Asgat
Ag2	Nuhmi Nuruu				mineralized shear zones in sediment
OCCURRENCES	Ag1		Tolbo nuur		shear zone
	Ag2		Dund narin gol		silver veins in fracture zone
	Ag3		Dund narin gol		silver veins in fracture zone
	Ag4		Shar bureg		mineralized shear zone
	Ag5		Undur tolgoi		vein in aplite dyke
	Ag6		Mergenbulag		mineralized shear zone
Ag7	Occurrence N 428		mineralized shear zone		
Ag8	Ujuu		mineralized zone		
GOLD	MINES	Au1	Tolgoit		placer
		Au2	Ih adjir		placer
		Au3	Ih ulunt		placer
GOLD	MINES	Au4	Hailaast		placer
		Au5	Sharin gol		placer
		Au6	Muhar ereg		placer
		Au7	Bayangol		placer
		Au8	Tuul		placer
		Au9	Huder		placer
		Au10	Ulunt		placer
		Au11	Yalbag		placer
		Au12	Hadagtai		placer
		Au13	Bumbatin am		placer
		Au14	Ar chuluut		placer
		Au15	Jargalanin am		placer
		Au16	Baruun urt		placer
		Au17	Salhit		placer
Au18	Salhit		placer		
Au19	Ult		placer		
Au20	Gachuurt		placer		
Au21	Biluut		placer		
Au22	Shar hooloi		placer		

Table I-3-3 List of base-and precious metal deposits in Mongolia

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DEPOSIT DESCRIPTION	
GOLD	MINES	Au23	Tsagaan chuluut hudag	placer	
		Au24	Tosongin denj	placer	
		Au25	Tsagaan chuluut bulag	placer	
		Au26	Huurai salaa	placer	
		Au27	Huiten	placer	
		Au28	Tsamhag	placer	
		Au29	Burhant	placer	
		Au30	Havchuu	placer	
		Au31	Harganat	placer	
		Au32	Ih dashir	placer	
		Au1	Boroo	altered breccia zones at granite-sediment contact	
		Au2	Ereen (Tavt)	veins with alteration halos	
		Au3	Oloon Ovoot	multiple veins in altered diorites and sediments	
		Au4	Bumbat	veins in metamorphics	
		GOLD	DEPOSITS	Au5	Huiten
	Au6			Narantolgoi	quartz veins in sediments, granites and metamorphics
	Au7			Sujigtei	quartz veins, mineralized zone
	Au8			Tsagaan tsahir uul	quartz veins in fault zone
	Au9			Tsagaan chuluut	veins and placer
	Au10			Huh bulagin hundiy	gold skarn
	Au11			Shaazgait	quartz veins in fault zone
	Au12			Narin gol	quartz veins in fault zone
	Au1			Korumty (Chjamti Gol)	Placer
	Au2			Lun	stockwork
	Au3			Ulziit	veins in granodiorite
	Au4			Bayantsagaan	mineralized zone in granite
	Au5			Tsagaan gozgor	quartz veins mineralized zone
	Au6			Urin ovoo	quartz veins mineralized zone
	Au7			Zuun shuvuu uul	quartzite bed, lens
	Au8			Shuvuun har uul	quartzite bed, quartz veins
	Au9			Bayan airag	quartzite bed, mineralized zone
	Au10	Nergui	mineralized zone		
Au11	Airag uul	mineralized zone			
Au12	Erdene hairhan	skarn, quartz vein zone			
Au13	Sagsai	quartz veins, metasomatite			
Au14	Buutsagaan	skarn			
Au15	Han uul	mineralized zone			
CHROMIUM	OCCURRENCES	Cr1	Sulinheer group occurrences	magmatic chrome spinel deposit, lenticular chromite ore bodies in ultrabasics	
		Cr2	Nogoon tolgoi	magmatic chrome spinel deposit, lenticular chromite ore bodies in ultrabasics	
		Cr3	Jongin gol group occurrences	magmatic chrome spinel deposit, lenticular chromite ore bodies in ultrabasics	
		Cr4	Ulhid	magmatic chrome spinel deposit, lenticular chromite ore bodies in ultrabasics	
		Cr5	Onh hudag	magmatic, chromite ore in serpentinite	

Table I-3-3 List of base-and precious metal deposits in Mongolia

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DEPOSIT DESCRIPTION
CHROMIUM	OCCURRENCES	Cr6	Origin zoo uul	magmatic, chromite ore in serpentinite
		Cr7	Havtsal	magmatic, chromite ore in serpentinite
NICKEL-COBALT	OCCURRENCES	Ni1	Sulinheer	mineralized zone in ultrabasics (serpentinite)
		Ni2	Duut uul	mineralized zone in ultrabasics (nontornite-serpentinite)
		Ni3	Ulaan bulgin hundi	mineralized zone in ultrabasics (serpentinite)
NICKEL-COBALT	OCCURRENCES	Ni4	Tsagaan gol	mineralized zone in carbonate rocks
		Ni5	Burhan tolgoi	mineralized zone in ultrabasics (serpentinite)
		Ni6	Nergui	mineralized zone in ultrabasics
		Ni7	Bor hag	mineralized zone in ultrabasics
		Ni8	Shar nuur	mineralized zone
		Ni9	Hutul	mineralized zone
		Ni10	Zulegt	mineralized zone
		Ni11	Nergui	silica-quartz veins in carbonate rocks
		Ni12	Tuntger har	serpentinite in gabbro
		Ni13	Har uzuur	metasomatic silicified zone
		Ni14	Sort tolgoi	altered zone
		Ni15	Jargalant	altered zone
		Ni16	Tsagduulin davaa	altered zone
		Ni17	Tsagaan burgas	altered zone
		Ni18	Tsahir uul	mineralized zone in ultrabasics (listvenite, serpentinite)
		Ni19	Herlen	mineralized zone in ultrabasics
		Ni20	Baruun saihan	mineralized zone
		Ni21	Teht	mineralized shear zone
Ni22	Nergui	metasomatic zone		
BISMUTH	OCCURRENCES	Bi1	Arshaan	mineralized zone
		Bi2	Nergui	mineralized zone
		Bi3	Hojuu owoo	quartz vein
		Bi4	Tahilt uul	skarn zone
		Bi5	Tsagaan honh	mineralized shear zone, veins
		Bi6	Shar tolgoi	mineralized zone
ARSENIC	OCCURRENCES	As1	Tsamgin uul	silicified and skarn zone in granodiorite contact
		As2	Hairs	silicified and skarn zone
		As3	Baynzurh	mineralized shear zone
		As4	Zaagin hundi	quartz veins
		As5	Tsagaan hundi	quartz veins
ANTIMONY	OCCURRENCES	Sb1	Olonbulag	silicified shear zone, quartz-antimonite veins
		Sb2	Nergui	mineralized shear zone in granite-porphry intrusive stock
		Sb3	Metegin owoo	mineralized zone
ANTIMONY	OCCURRENCES	Sb4	Ar huvin am	quartz veins in shear zone
		Sb5	Urt am	quartz veins in shear zone
		Sb6	Modot undur	quartz veins in granite intrusive
		Sb7	Tsagaan chuluut	quartz antimonite veins

Table I-3-3 List of base-and precious metal deposits in Mongolia (5/5)

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DEPOSIT	DESCRIPTION
ANTIMONY	OCCURRENCES	Sb8	Baruun bulag		quartz antimonite veins
		Sb9	Tagin burd		quartz antimonite veins
		Sb10	Naran		mineralized zone

Note: NO. is coincident with Figure1-3-5. Mo, Sn and W are not listed.

Data source: MRAM (1963), Jargalsaihan et al. (1996)

また、NW-SE 方向に延長約 22km、幅 1.5km にわたり、Erdenet 鉱床を含め 5 つの鉱化帯が発見されている。鉱化年代は、三疊紀後期～ジュラ紀前期 (207.4±2.5Ma: Lamb and Cox, 1998; 220Ma: Sotnikov et al., 1994) を示しており、Erdenet 複合岩体の年代 (250-245, 250-220, 205-195Ma: Berzina et al., 1999) とほぼ一致した年代を示す。Tsagaan Suvarga 鉱床は、市場経済移行前に探査され、デボン紀～二疊紀の貫入岩中に幅 0.8-3km、延長 10km に亘って銅・モリブデン鉱化帯が広がっている。鉱床の規模は、埋蔵鉱量は 240 百万 t、品位 Cu:0.53%, Mo:0.018%とされている。鉱床生成年代は、石炭紀 (313.0±2.9Ma: Lamb and Cox, 1998) を示す。Shuteen 鉱床は、石炭紀～二疊紀の火山岩、堆積岩中に発達し、リソキャップを伴う。鉱床の規模は、埋蔵鉱量 12.6 百万 t、品位 (Cu:0.31%) と推定されている。Kharmagatai 鉱床は、デボン紀の堆積岩類、石炭紀～二疊紀の閃緑岩から花崗閃緑岩斑岩中に鉱化作用が及んでいる。鉱床規模は、埋蔵鉱量 13.9 百万 t、品位 Cu:0.25%と推定されている。

また、South Gobi Unit には、Tsagaan Suvarga 鉱床の南西 125km の Oyu Tolgoi において BHP によりポーフィリー鉱床が発見されている (Mining Journal, Sep. 4, 1998)。Bayan-uul 鉱床は、三疊紀後期 (220-230Ma: Lamb and Cox, 1998) の形成年代を示す。一般にこれらのポーフィリー鉱床・鉱徴は、熱水変質、関係火成岩、および鉱化時代等それぞれ異なった特徴を有しているが、いずれもポタシクな火成活動と関連している (Sillitoe et al., 1996)。また金の含有量は低く、ポーフィリー銅・モリブデン鉱床に分類される。Erdenet 鉱床以外は二次富化帯はあまり発達しない。

(2) 金鉱床

モンゴルの金鉱床は、砂金鉱床、深成岩に関連した金鉱床、浅熱水性金鉱床、変成作用型金鉱床、堆積岩胚胎型金鉱床が知られている。モンゴル全体の金埋蔵ポテンシャルは、3,100t という情報もある (Mining Journal, February 28, 1997)。

モンゴルでは、19世紀半ば頃より Zamaar および Altai 山脈で砂金の採取が始められたとされる。現在稼行中のものは、漂砂鉱床のみである。本格的生産は、市場経済化以降に政府の奨励政策により活発化し、1997年には8.5tの金を生産した。主要な砂金地帯は、Northern Khentii belt の Huder, Yuruu, Boroo, Zaamar および Bayankhongor belt である。砂金鉱床の埋蔵金量は約 130t といわれている (Jamasarandorj and Diatchkov, 1996)。このうち本格的な生産活動が行われているのは、Zaamar 山塊西側斜面から Tuul 川に至る一帯で二疊紀前期の基盤岩に載る新第三紀～第四紀の堆積物中に存在する。このソースは、後述する Zamaar 山塊の Pluton-related gold deposits と考えられる。

Pluton-related gold deposits は、Altaids の酸性深成岩に伴われてモンゴルに広範囲に産する。なかでも、Ulaanbaatar 北方のロシア連邦との国境から、Bulgan の東方に至る Khentii 山脈の北側および Bayankhongor に集中して産する。Huder, Yuruu 砂金鉱床の存在する Boroo-Zuunmond, Erogol 地区では、二疊紀後期～三疊紀の花崗岩が関係深成岩である。一般に幅数 cm～数 10cm の低角度の石英脈であることが多い。Ulaanbaatar の北西約 130km にある Boroo 地区では、延長 2.5km 幅 800m 深さ 300m の範囲に多数の含金石英脈が知られており、約 40t の金量が

見積もられている。Zaamar 地区も Boroo と同様に古生代前期の花崗閃緑岩・花崗岩が関係深成岩と考えられ、その内部および周囲の泥岩も母岩とする。品位 10-20g/t の約 150 近い含金石英脈が知られている。Zamaar の北部の Bumbat ではカナダ民間会社との J/V により開発が検討中のようである。Tavt (Ereen) 鉱床は、Erdenet の北西方 100km に位置する。ベンディアン紀～カンブリア紀前期の火山岩、堆積岩類およびこれらに貫入する二疊紀前期～ジュラ紀前期の酸性深成岩類が分布する。また、NW-SE 系リニアメントが発達し、この方向に一致する約 100 条の石英脈が 22km² の範囲内に集中して存在する。金品位は非常に変化に富む (Jargalsaihai et al, 1996)。Bayankhongor 地区では、含金石英脈は、カンブリア紀の花崗閃緑岩、原生代のミグマタイト化した片岩に胚胎される。変成作用起源の石英脈、浅熱水性石英脈が存在する (Jargalan and Murao, 1998)。

Solonker suture にアバットする South Gobi Unit の貫入岩により珪化を受けたペルム紀の石灰岩に As, Sb の他、弱い金の鉱化が見られ Sediment hosted gold deposit の示徴を示す (Sillitoe et al., 1996)。

South Mongolian Unit の変成作用を受けた付加体のタービダイト中に硫化物に乏しい含金石英脈が知られており、Metamorphogenic gold と考えられる (Sillitoe et al., 1996)。特に、Mongol-Okhotsk belt の東延長である極東地域は有数の砂金地帯で、これまで約 1000t の金を産出した実績がある。この砂金鉱床のソースとして付加体の頁岩の卓越する地域での Metamorphogenic gold 鉱床が期待される (Yakubchuk and Edwards, 1999)。

モンゴル国境から約 180km 入った南ロシアの Transbaikalia のジュラ紀後期のリフトゾーンに約 200 t の金量を有する低硫化系と思われる Beli 鉱床が知られており、その延長に当たるモンゴル国内の Mongol-Okhotsk belt の類似した環境に、このタイプの鉱床が期待される。また、ポーフィリー鉱床の上部には高硫化系金鉱床が期待される。

(3) 銀鉱床

銀鉱床については、Asgat 鉱脈型銀鉱床と Mungun Undur 多金属型銀鉱床の 2 つの鉱床タイプが発見されている。その他 argentiferous ベースメタル鉱床やポーフィリー型銅鉱床の副産物としても生産される。Asgat 鉱床はモンゴル国北西部のモンゴル-ロシア国境付近の Ulgii 町の 170 km 北に位置し、1976 年に発見された。銀は硫酸塩の形で産し、他に銅、ビスマス、アンチモンを伴う。銀の埋蔵鉱量は 6,900 t と見積もられている。Mungun Undur はウランバートル東方 310 km (Khentii 県) に位置する。銀の他に鉛、亜鉛、錫を伴う。銀の埋蔵鉱量は 3,212 t と見積もられている。

(4) 鉛・亜鉛鉱床

モンゴル東部の Tsav, Ulaan, Muhar, Tumurtin Ovoo, Mungun Under 等に分布し、1 つの小規模な鉱床区をなす。現在稼行中のものはない。鉱床タイプは、角礫岩パイプ、鉱脈、スカルン、および剪断帯型に分類される (Jargalsaihan, 1996)。

角礫岩パイプ型は、NNW-SSE と E-W 系の断層の交差に発達するパイプ状の形態を示し、水平面

で70-12×120-650m、垂直方向に800m以上連続する。角礫はジュラ紀の珪長質母岩、破碎された花崗斑岩岩脈よりなり、石英-螢石-硫化物、石英-硫化物が埋める。代表的鉱床である Ulaan 鉱床は Choibalsan の北西110kmに位置し、68Mt, Zn:2.0%, Pb:1.2%, Ag:53g/t, Au:0.21g/t の埋蔵鉱量が見積られている。

鉱脈鉱床の典型的なものは Tsav 鉱床で、NW-SE, N-S 系の羽状断層に支配されている。走向延長350-2000m、傾斜延長200-600m、平均幅0.8m であるが品位変化が激しい (Pb:0.12-49.5%, Zn:0.05-28.0%, Cu:0.02-1.19%, Ag:20.5-27.35%)。

剪断帯型は Altan tolgoi 鉱床に代表され、花崗岩類と片岩との境界に限定される。剪断帯の石英ストックワークに伴う、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、四面銅鉱、輝蒼鉛鉱、硫砒鉄鉱等よりなる。

スカルン型鉱床は、モンゴル国東部 Dornod 県の Choibalsan の南西180kmに位置する Tumurtiin Ovoo 鉱床に代表される。デボン紀の火山岩・堆積岩（二疊紀花崗岩類のルーフペンダント）を母岩とし、7.7Mt, Zn:11.5%の埋蔵鉱量が推定されている。

(5) 錫・タングステン・モリブデン鉱床

錫とタングステンの鉱化帯は主としてモンゴル国の中央部と東部に位置し、NE-SW 方向に伸びる2つのゾーンに属する。

錫鉱床は三疊紀後期からジュラ紀にかけての優白色花崗岩に伴い産出する。小規模のものが数多くあるが、それらは主として漂砂鉱床である。漂砂鉱床は鮮新世～更新世に生成し、Modot 地区や Janchivlan 地区（Banganuur 石炭鉱山付近）の沖積層に胚胎する。

タングステン鉱化帯は広い範囲で確認されており、しばしばモリブデンを伴う。鉱床タイプとして鉱脈型、ストックワーク型、グライゼン型がある。Ondor-Tsagaan タングステン・モリブデン鉱床はウランバートル東方の Khentii 県 Ondorkhaan から70kmに位置し、鉱量186Mt, WO_3 :0.17%, Mo:0.2%である。モリブデンは Erdenet 鉱床や、ウランバートルから600km南東の Aryn Nuur 鉱床のようなポーフイリー型鉱床にも認められる。

(6) レアアース鉱床

レアアース鉱床は古生代中～後期、及び中生代の優白質花崗岩に伴い、モンゴル西部と南部、および北部に分布するが、現在稼行中のものはない。Halzan-Buregtei 鉱床は西部 Khovd 県の中心 Khovd の北50kmに位置する。螢石に伴うレアアース鉱物の鉱染鉱床で、品位は Nb_2O_5 :0.2%, Ta_2O_5 :0.05%, ZrO_2 :1.5%, Y_2O_3 :0.35%である。南部ゴビ砂漠の Dornogov 県にある Lugiingol 鉱床ではアルカリ岩に伴いレアアース鉱物を鉱染したカーボナタイト脈が17条確認されており、レアアース酸化物の品位は3.2%である。南部ゴビ砂漠の Omnogov 県の中心 Dalanzadgad の北100kmに位置する Mushgain hudag 鉱床は、カーボナタイトとアパタイトに伴うレアアース鉱床である。品位は La:0.02～0.42%, Ce:0.02～0.59%, Sm:0.03%等である。

(7) クロム、白金鉱床

これまでに生産実績はないが、オフィオライト中のハルツバージャイト、ダナイト中に期待される。

(8) ウラン鉱床

ウラン鉱床は鉱脈・ストックワーク型 (Dornot, Gurvanbulag, Mardain-gol, Nemer 鉱床) および砂岩型 (Haraat, Nars 鉱床) が知られている。

3-2 調査地域の地質・鉱床概要

モンゴルで発行される予定のデジタル化した地質図 (縮尺 50 万分の 1) をリバイスしたものを Fig. I-3-6 に示す。構造区分上では、北緯 49° 付近を東西に走る顕著な構造線である Vitim Suture (Sengor et al., 1996) を挟んで南側の Tuva-Mongol Unit と北側の Darkahat Unit、Sangilen Unit および Dzhidha Unit (Sengor et al., 1996) に分けられる。概して、その北側には、先カンブリア時代の変成岩類、付加体の構成物が卓越するのに対して、南側ではその分布が限られている。また顕生代の花崗岩類は、北緯 50° 以北には少なく、以南に卓越する。二疊紀から三疊紀の火山岩類は、Erdenet、Bulgan 周辺および Vitim Suture ゾーンに沿って東西に広く分布する。Vitim Suture は顕著な断裂帯 (構造線) で、派生断層が多く存在する。地質図 (Fig. I-3-6) 上では二疊紀の花崗岩類、三疊紀～ジュラ紀の火山岩類を切っている。

Vitim Suture の北側、Khuvsgul 湖東岸の Dzhidha Unit の北側 (Tumutogoo(1996)の Uvs, Eg-Eur テレーンに相当) は、先カンブリア時代の大陸地殻断片 (Baikalides) が分布し、カンブリア紀～石炭紀の花崗岩類が貫入する。南側 (Tumutogoo(1996)の Eastern Khuvsgul テレーンに相当) は古生代前期の付加体よりなり、フリッシュ堆積物、石灰岩、デイスメンバードオフィオライトおよび玄武岩、安山岩、流紋岩等の島弧の火山岩類より構成される。同様にカンブリア紀～石炭紀の花崗岩類が貫入する。一方、Khuvsgul 湖周辺およびその西岸の Darkahat Unit

(Tumutogoo(1996)の Tes-Darhadh テレーンに相当) は、先カンブリア紀初期の片麻岩、片岩、リフェアン紀の陸源性堆積物、島弧火山岩類およびこれらを不整合に覆う浅海性のベンディアン～下部石炭紀の石灰岩、燐灰土、ポーキサイト、ドロマイト、カンブリア紀の炭酸塩岩質フリッシュ堆積物等よりなる (Sengor et al., 1996)。

Tuva-Mongol Unit (Tumutogoo(1996)の Ulziit テレーンおよび Crystalline Core に MRAM(unpublished)の North Mongolia Tectonic Zone に相当) は既述のように、アンガラクラトンと類似のグラニュライト・角閃岩・トーナル岩からなる大陸地殻を核としたサブダクションに伴う付加体で、ベンディアンから二疊紀後期のマグマ弧と考えられている。調査地域内に大陸地殻の断片である先カンブリア時代の基盤岩類が散点的に分布する。Erdenet の北側には、幅約 50km で NE-SW 方向に約 150km にわたって、先カンブリア時代の花崗岩類、変成岩類が分布する。これは MRAM(unpublished)では、Mongol-Ubur Baikal Tectonic Zone として独立したゾーンとし

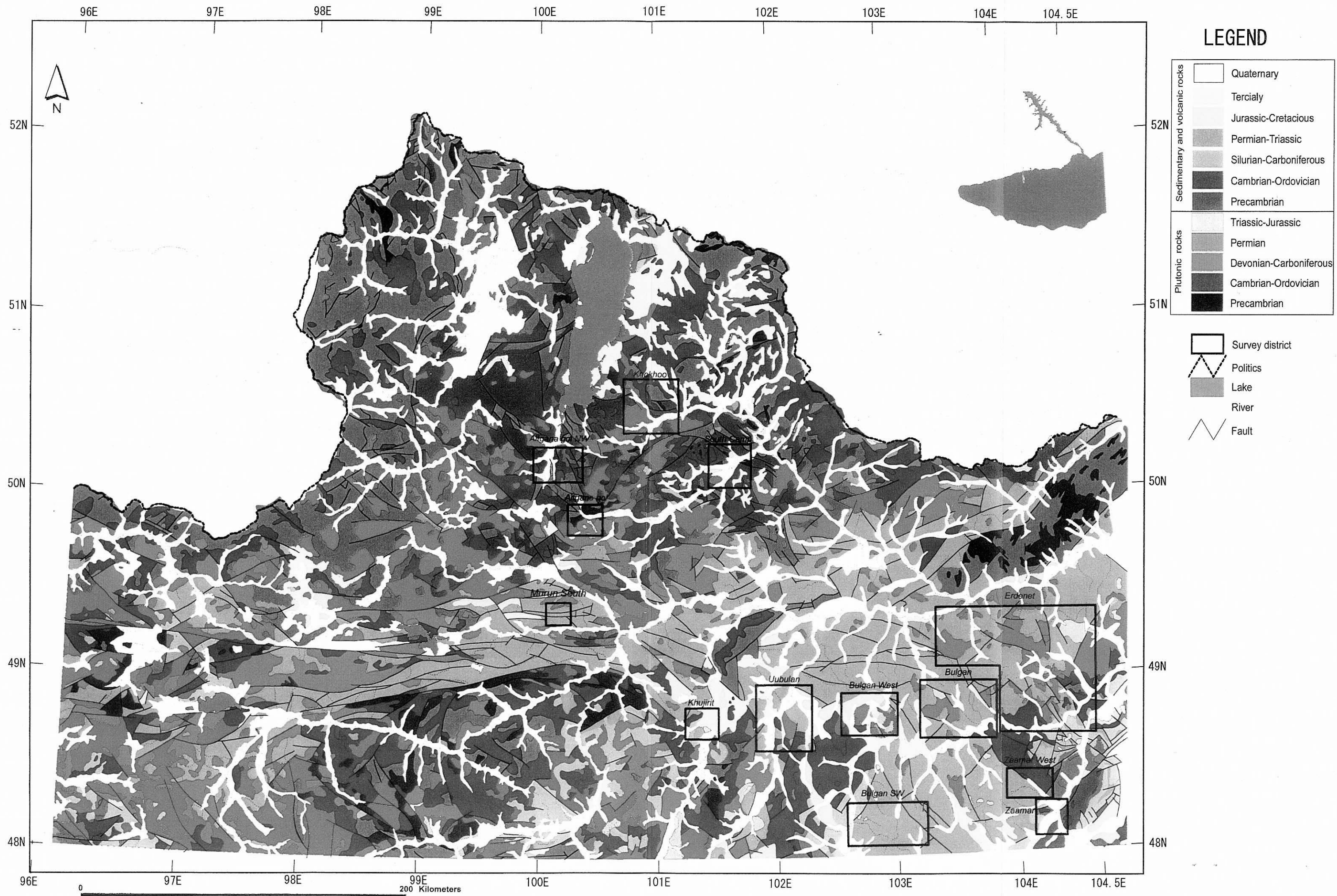


Fig.I-3-6 Geological map of the central-north area, Mongolia

て取り扱っている (Fig. I-3-1b)。シルル紀～二疊紀の碎屑岩類およびカンブリア紀～二疊紀の花崗岩類が分布する。特に花崗岩類の占める割合が大きい。Erdenet 付近から Selenge 川上流にかけては、二疊紀～三疊紀の火山岩類 (例えば、Mogod 層群) が広く分布する。

なお、本報告書の調査地点の地質記載は、Mineral Resources Authority of Mongolia (MRAM) が使用している地層名を踏襲して使用した。地層名とその特徴・生成環境は以下のとおりである。

- Zed formation (ジュラ紀中期-白亜期前期) : 大陸リフト、火山碎屑岩類
- Khangai formation (二疊紀後期-ジュラ紀前期) : 活動的大陸縁辺、火山/深成マグマ活動
- Khangai-Khenty formation (古生代前期-中生代前期) : 深成マグマ活動
- Orkhon-Selenge formation (古生代前期) : 火山碎屑岩類
- Ider formation (古生代) : 塩基性～アルカリマグマ活動
- Khenty または North Khenty formation (古生代前期) : 活動的大陸縁辺、変成岩類
- Near Khuvs gul formation (原生代前期～古生代前期) : 大陸リフト、堆積岩-変成岩類
- Tariat-Selenge formation (原生代-古生代前期) : 変成岩
- Buteeliin uruu formation (始生代-原生代前期) : 微小大陸、変成岩
- Tuva-Mongol formation (始生代～原生代) : 変成岩

調査地域全域の花崗岩類の分布と既知鉱徴地の分布を Fig. I-3-7 に、調査地域東側の既知鉱徴地の分布を Fig. I-3-8 に示す。

操業中の 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ヶ所のポーフィリー型銅鉱化帯が捕捉されている。MRAM のデータによると、Erdenet 鉱山西側の Tuva-Mongol Unit、特に Khangai バソリスの分布域には多数の銅、金等の鉱徴地が捕捉されており、その中にポーフィリー型鉱床が存在する可能性がある。金鉱床は、Darkhan 西方の Khunder、Togit から Boroov を経て南西に伸びる含金石英脈ゾーンが Zamaar 山塊に広がる。また、アクセスの問題があるが Tavt (Ereen) 鉱床には、100～150t 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、調査地域の北東端ロシアとの国境 Zelter 付近には、比較的まとまった金の鉱徴地が存在する。詳細な情報はないが、カンブリア紀～オルドビス紀の堆積岩類を母岩としていることから、Bumbat と類似の鉱床ではないかと推定される。

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。

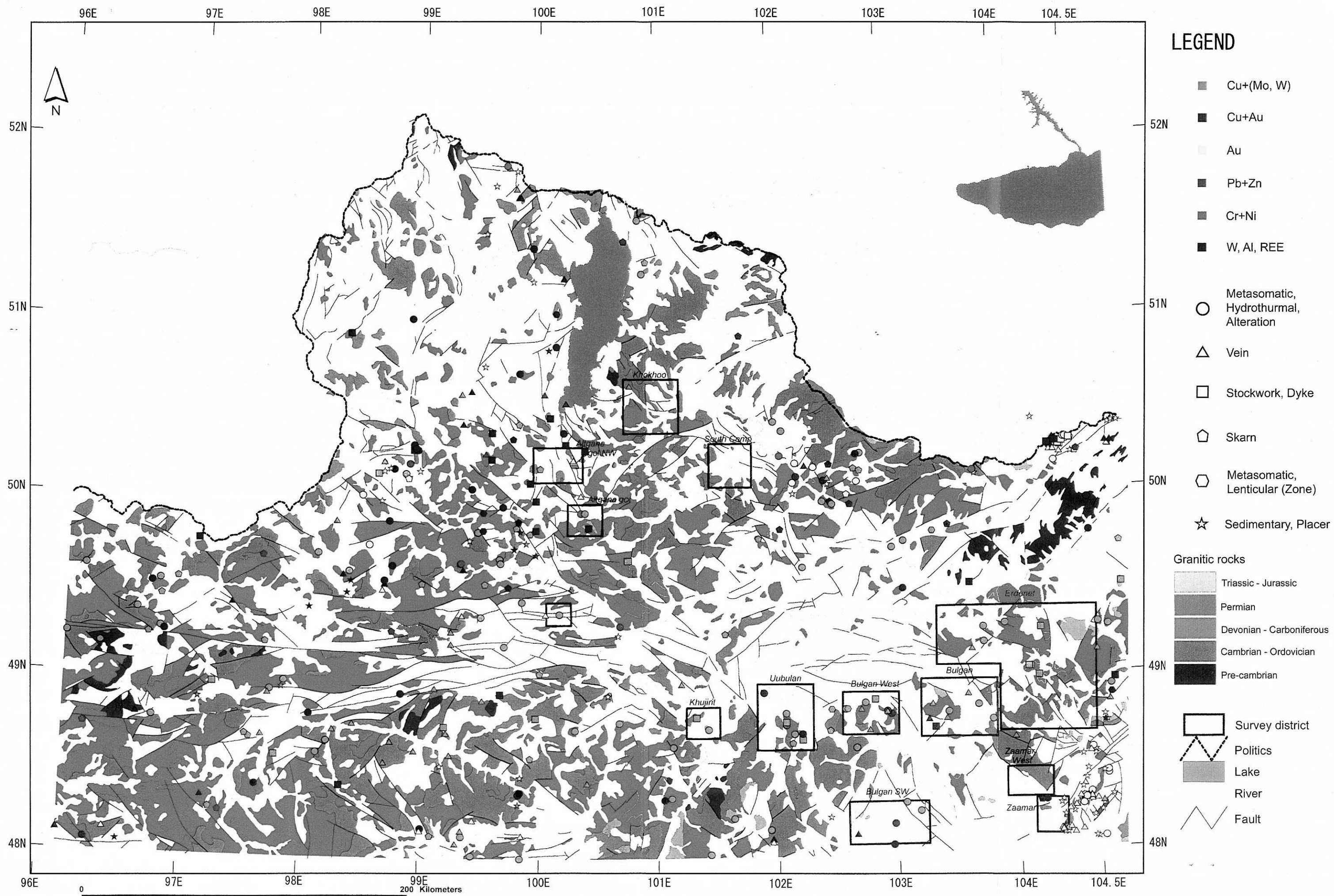


Fig.I-3-7 Distribution of granitic rocks and location of known mineral occurrences in the central-north area, Mongolia

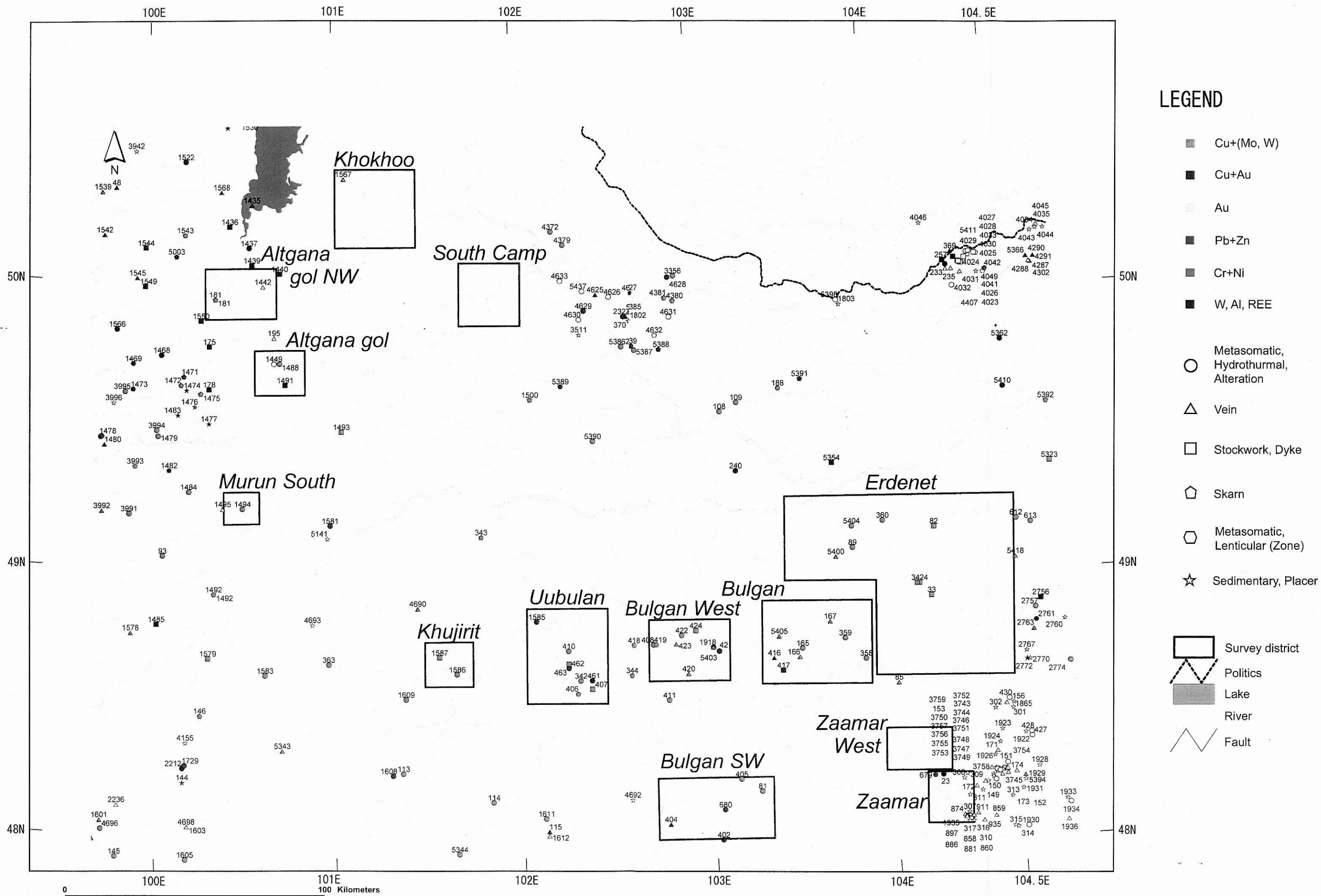


Fig.I-3-8 Location of ore deposits, mineral occurrences, and geochemical anomalies in eastern part of the central-north area, Mongolia

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

- ・COMECON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-3-4 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	120.2	121.9	123.04	124.4
Mo in Concentrate (t)	1978	1747	1540	2053	2066	1823	2202	1992.3
Au (kg)	810.8	722.6	775.6	1117	1789.5	4080	5997.8	8000

(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-3-4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イリー型銅・モリブデン鉱床であり、現在Erdenet鉱山が操業している。

○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%, Cu 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 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 1200 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/y 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 Complex (花崗岩・花崗閃緑岩・閃長岩・閃緑岩・斑レイ岩等) が広く分布する。Selenge Complex 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 Porphyritic Intrusion Complex (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つの鉱化帯が NW-SE 方向に延長 22 km, 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は 1,340m, ベンチの高さは 15m である。LHD 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, ロシアピラツ製 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。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-以下) および選鉱場からの廃さいで、これらを硫酸でヒーブ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, ロシア製のものを, 起泡機にはフィンランド 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。

○その他の銅鉱床

Tsagaan Suvarga 鉱床は、モンゴル国南東部 Dorngovi 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。

（3）螢石

1946年に Berh 地区で生産を開始した。1970年代中頃に“Mongolsovtsvetmet”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“Mongolsovtsvetmet”が操業している。オープンピットで、31~34%の螢石を年間 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螢石の埋蔵鉱量は 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、埋蔵鉱業 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%は褐炭である。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。ウランバートル東方 125km の Baganuur 炭田では年間約 4Mt の Brown Coal を生産している。ウランバートル北方 240km の Sharyngol 炭田では年間約 1.5Mt を生産している。ウランバートル南方 240km の Shivee Ovoo 炭田では年間 500,000t の Brown Coal を生産している。ウランバートル南方 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 Mbbl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。
- 採掘権は 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採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

採掘権者の権利

- 採掘鉱区内で鉱物の採掘に従事する排他的権利
- 操業をマネージメントし、生産物をマーケティングする権利
- 採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
- 採掘鉱区内で鉱物の探査を行う排他的権利
- 採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
- 採掘権を 1 回に限り 40 年間更新できる権利
- 採掘鉱区に入り、通過し、使用する権利、必要な設備を建設する権利、採掘や探鉱に関係した他の活動を行う権利
- 採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
- ・ 探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 費用は探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。
- ・ 探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. のウランパ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

2000 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 5 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）/Boro Gold：ウランバートルの北東で金鉱山を開発中。

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 Agriculture & Industry（農牧産業省）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5万分の1および20万分の1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50万分の1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、200,000km²の東半分の100,000km²について、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。

リニアメントの抽出結果から、中央部ではE-W系の連続性の良い顕著なりニアメントが卓越し

(NW-SE の短いリニアメントを伴っており)、北部は抽出密度が低く、短いNW-SE 系とE-W 系のリニアメントが認められる。これらに対し、南部はNW-SE 系とN-S 系のリニアメントが卓越し、特に南東部で抽出密度が高い。これらのいずれの部分でもNW-SE 系のリニアメントが認められるが、これらは本地域南東部 (Bulgan 図画) から北西部の Khuvsgul 湖の南部およびその南方にかけて集中して分布しており、中央部のE-W 系のリニアメントと斜交している。

環状構造は5箇所で抽出したが、これらのうち Jarganant の西部と Hutag の南東部で抽出されたものは、小規模岩体の貫入によって形成されたものである可能性とそれが変質帯を伴っている可能性があり、興味深い。

この衛星画像解析結果と既知の鉱徴地分布を比較検討した結果、広域的な調査ターゲット地区として以下の2箇所を抽出した。

(1) Khuvsgul 湖の南部およびその南方から南東部 (Bulgan 図画) にかけてのNW-SE 系リニアメントの卓越するゾーン

ポーフイリー型および鉱脈型の金および銅の鉱床が対象である。このゾーンのうち Egiyn 川の周辺地区と調査地域中央部 (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) 調査地区南東部 (Jarganant 図画西部) の環状構造が認められる地区

この地区の周辺では銅の鉱徴が知られている。この環状構造は丘陵地状のところに存在しており、中央にカルデラ状の凹地が認められることから、変質帯を伴う小規模岩株の存在が期待できる。

4-3 グランドトルース

本年度は調査地域の東側半分を対象に、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、13地区、80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、鉱化作用の特性と鉱化規制

中央北部地域の地質は、先カンブリア時代から中生代前期にかけて形成もしくは付加された複数の微大陸および島弧からなり、数回の造山運動による影響を受ける。古生代末期から中生代にかけて活発な火成活動があり、Erdenet 鉱床の生成も同時期であることが判明している。本年度調査により認められた鉱化作用の特徴を次に記す。

- (1) 超塩基性岩に関連したニッケル、クローム、白金等の鉱床を除き、各調査地区で確認された鉱化作用には花崗岩類の活動が関与する傾向が認められる。本年度調査で確認された鉱化作用として、ポーフィリー型鉱床、浅熱水性金鉱床、スカルン型鉛・亜鉛鉱床がある。
- (2) 地質はE-W系の断層で大きく南北に2分され、北方は原生代から古生代中期までの火山岩類・堆積岩類・貫入岩類からなり、南方は、古生代前期から中生代の火山岩類・堆積岩類・貫入岩類が卓越する。それに伴い、北側の鉱化作用は、古生代前期～中期の花崗岩類の活動に伴うものと考えられ、南側は古生代末期から中生代前期にかけての花崗岩類の活動によるものと考えられる。
- (3) 主要な構造要素はE-W系のリニアメントに代表されるが、鉱化作用にはNNW-SSE系のリニアメントとN-S系のリニアメントの関係が重要で、特にErdenet鉱床はそれらの交錯部に位置し、関係火成岩とされるErdenet複合貫入岩体の貫入方向もNNW-SSE系である。これは古生代末期～中生代初期のサブダクションゾーンに垂直な方向を示す可能性がある。
- (4) Erdenet鉱床の鉱化に関連する花崗岩類は、岩石学的な検討からカルクアルカリ岩系に属し、島弧型の火成活動の特徴を有していることが明らかとなった。また、REEの特徴から、大陸地殻の未分化な花崗岩と比較してトータル岩-トロニウム岩系列の分化が進んでいることが明らかになった。
- (5) 銅の鉱化ポテンシャルが最も高いのは明らかにErdenet地区であるが、Erdenet地区西方のBulgan地区やBulgan West地区では、銅と共に金の品位が高いことを特徴とする。
- (6) 調査地域南東部のZaamarや北部のTavt鉱床として知られる既知の金鉱床は、いずれも原生代～古生代前期の花崗岩類・堆積岩類を母岩とした鉱脈型鉱床で、成因や鉱化作用のタイプは明確になっていない。これは古生代前期～中期の花崗岩類の活動に伴うものと推定されるが、ポーフィリー型銅鉱床とは明確に異なった性質を持つと考えられる。

4-5 鉱床賦存ポテンシャルと有望鉱徴地の選定

グラントルース調査の結果に室内試験の結果を加え検討し、有望鉱徴地の選定を行った。

Erdenet地区のTsagaan choluut鉱徴地、Megein gol鉱徴地、およびDanbatseren鉱徴地では、珪化変質と白色変質が認められ、パイロフィライトや紅柱石が生成しており、ポーフィリー型鉱床の上部の特徴的な変質としてAdvanced argillic alteration (Lithocap)の存在が示唆されたことから最も探査優先順位の高い鉱徴地として抽出した。

Bulgan地区では、Mt. Zain gobaav鉱徴地に弱い珪化と白色粘土化が認められ、パイロフィラ

イトが検出されたことから、高温酸性熱水の活動が及んでいる。近傍に銅の鉱徴も認められることからポーフリー型鉱床が賦存する可能性があるため、探査優先順位の高い鉱徴地として抽出した。また、Tsookher mert 鉱徴地では、石英脈に銅・鉛の鉱徴を確認するとともに Au:6.29g/t の分析値を得たため、ポーフリー型鉱床の累帯配列の縁辺部としての金鉱化作用の可能性があるので、探査優先順位の高い地域として抽出した。

Bulgan SW 地区では、Oyuut khonkhor 鉱徴地において熱水角礫岩を伴う珪化変質、酸性変質が認められ、ポーフリー型鉱床や高硫化系の浅熱水性金鉱床賦存の可能性はある。ただし、分析値に顕著な異常が認められないことから優先順位を低くした。

Bulgan West 地区では、Burged Khyr 鉱徴地、および Undrakh 鉱徴地において珪化変質、酸性変質、褐鉄鉱化を伴うことから、ポーフリー型鉱床賦存の有望地として抽出した。詳細な調査が未実施のため、今後、変質帯の規模の把握が必要である。

Zaamar 地区の Ulziit ovoo 鉱徴地は、既往調査で地表下深部に富銅部があるとされており、ボーリングコアに輝石スカルンを確認したが、物理探査およびボーリング調査により評価を行うことが望まれる。

Khokhoo 地区の、20a 地点および 20d 地点では、花崗閃緑岩中に銅・鉛・銀の鉱徴が認められ、周辺にスカルン等の鉱化作用が期待される。

本年度調査で抽出された有望鉱徴地は計 17 鉱徴地／地点である。そのうちわけは、Erdenet 地区が 8 鉱徴地／地点、Bulgan 地区が 3 鉱徴地／地点、Bulgan West 地区が 2 鉱徴地、Khokhoo 地区が 2 鉱徴地、Bulgan SW 地区が 1 鉱徴地、そして Zaamar 地区が 1 鉱徴地である。抽出された有望鉱徴地／地点のほとんどが Erdenet、Bulgan、および Bulgan West 地区に分布し、これらは最も鉱床賦存ポテンシャルが高いエリアといえる。また、想定される鉱化作用のタイプはポーフリー型およびこれに関連する高硫化系の浅熱水性金鉱床やスカルン鉱床という結果を得た。

第5章 結論および提言

5-1 結論

第1年次にあたる本年度は、調査地域を東西に2分し、そのうち東側について既存データ解析、衛星画像解析、グラントルース調査を実施した。

既存データ解析では、収集した鉱徴地データ、既存の地質データ、および本調査で準備したSAR画像を併せて検討し、有望鉱徴地・地点の選定を行った。

衛星画像解析では、JERS-1のSARデータを用い、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。リニアメントの解析結果と既知の鉱徴地分布を比較検討した結果、広域的な調査地区として、調査地区中央部から南東部にかけて、NNW-SSE系リニアメントの卓越するゾーンのうち調査地区東部、そして調査地区南東部の環状構造が認められる地区が調査検討地区として抽出された。

グラントルースでは、既存データ解析、衛星画像解析結果、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トルース候補地点の選定を行い、13地区、80鉱徴地/地点において現地調査を実施した。

その結果、Erdenet地区のTsagaan choluut 鉱徴地、Megein gol 鉱徴地、およびDanbatseren 鉱徴地では、珪化変質と白色変質が認められ、パイロフィライトや紅柱石が生成しており、ポーフイリー型鉱床の上部の特徴的な変質としてAdvanced argillic alterationの存在が示唆されたことから最も探査優先順位の高い鉱徴地として抽出した。

Bulgan地区では、Mt. Zain gobaav 鉱徴地に弱い珪化と白色粘土化が認められ、パイロフィライトが検出されたことから、高温酸性熱水の活動が及んでおり、さらに近傍に銅の鉱徴も認められることからポーフイリー型鉱床が賦存する可能性があるかと判断し、優先順位の高い鉱徴地として抽出した。また、Tsookher mert 鉱徴地では、石英脈に銅・鉛の鉱徴を確認するとともにAu:6.29g/tの分析値を得たため、ポーフイリー型鉱床の累帯配列縁辺部の金鉱化作用の可能性があり、近傍にポーフイリー型鉱床の賦存が期待されるため、探査優先順位の高い鉱徴地として抽出した。

Bulgan SW地区では、Oyuut khonkhor 鉱徴地において分析値に顕著な異常が認められないものの、熱水角礫岩を伴う珪化変質、酸性変質が認められ、ポーフイリー型鉱床や高硫化系の浅熱水性金鉱床賦存の可能性を確認した。

Bulgan West地区では、変質帯の規模や広がり不明なもの、Burged Khyr 鉱徴地、およびUndrakh 鉱徴地において珪化変質、酸性変質、褐鉄鉱化を伴うことから、いずれもポーフイリー型鉱床賦存の有望地として抽出した。

Zaamar地区のUlziit ovoo 鉱徴地は、既往調査で地表下深部に富鉱部があるとされ、ボーリングコアにポーフイリー型鉱化作用と関連する可能性があるスカルンを確認しているが、今後さらに物理探査・ボーリング調査により評価を行う必要がある。

Khokhoo地区の、20a地点および20d地点では、花崗閃緑岩中に銅・鉛・銀の鉱徴が認められ、

花崗閃緑岩貫入のコンタクト付近にスカルン等の鉍化作用が期待できるため有望地として抽出した。

本年度調査により17の有望鉍徴地／地点が抽出された。そのうち Erdenet 地区が8鉍徴地／地点、Bulgan 地区が3鉍徴地／地点、Bulgan West 地区が2鉍徴地、Khokhoo 地区が2鉍徴地、Bulgan SW 地区が1鉍徴地、そして Zaamar 地区が1鉍徴地で、抽出された有望鉍徴地／地点のほとんどが前述の Erdenet、Bulgan、および Bulgan West 地区内に分布することから、この3地区が最も鉍床賦存ポテンシャルの高いエリアといえる。また、想定される鉍化作用のタイプはポーフィリー型銅鉍床およびこれに関連する高硫化系の浅熱水性金鉍床やスカルン鉍床という結果を得た。

5-2 第2年次調査への提言

第2年次は調査地域西側を対象とした調査となる。調査地域西側は、これまでの探査密度の問題もあるが、既知鉍徴地が散在する傾向が見られる (Fig. I-3-7)。そのため、次年度も本年度同様、花崗岩類の分布とリニアメントに着目し、地表兆候や Erdenet 鉍床で把握した岩石学的特性をもとに調査有望地を抽出することが推奨される。

また、調査計画等に余裕があれば、第1年次では調査できなかった深成岩に関連した鉍脈型金鉍床と考えられる調査地域北東部の Tavt 鉍床および同じく調査地域北東部のロシア連邦との国境付近の金鉍床群についても調査を行い、鉍化作用の特徴等を把握し、評価することが望まれる。さらに、第1年次調査で有望鉍徴地／地点が集中して認められた Erdenet 地区、Bulgan 地区、そして Bulgan West 地区において、第1年次調査では未調査の鉍徴地を調査するとともに、第1年次調査で有望とされた鉍徴地／地点において、変質帯の広がり、性状に関する詳細な調査を実施することが推奨される。