

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、構造発達史に関して、主に 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に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Table I-3-1 に示す。また Sengor et al., (1996) および Mineral Resources Authority of Mongolia (unpublished) の構造区分図を Fig.I-3-1a, I-3-1b に示す。モンゴルの地質構成は、既述の様にサブダクションに関連した付加体およびマグマ弧の集合体であり、各地質当間での層序対比が好ましいが、未だ解析には至っていない。およそその地質年代別の岩相特徴とその分布地域を Table I-3-2 に示す。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

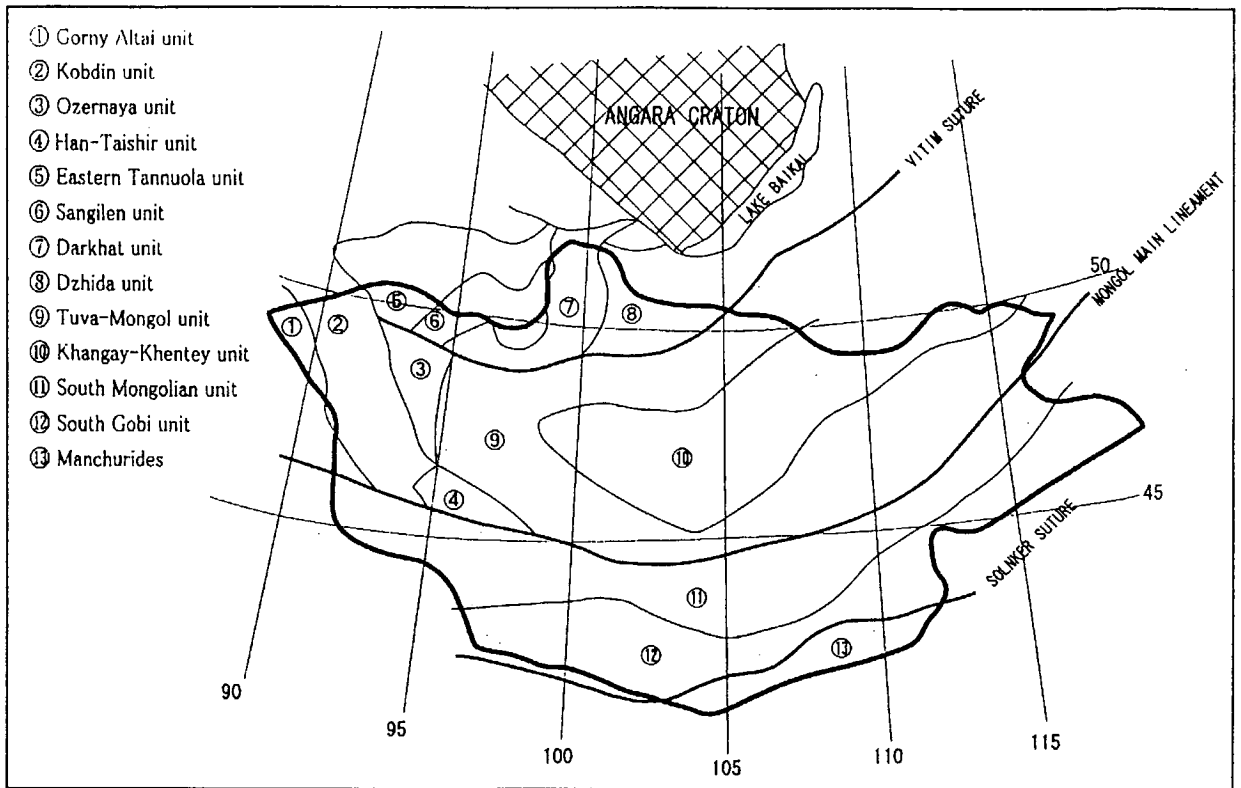


Fig. I-3-1a Tectonic units of Mongolia (Sengor et al., 1996)

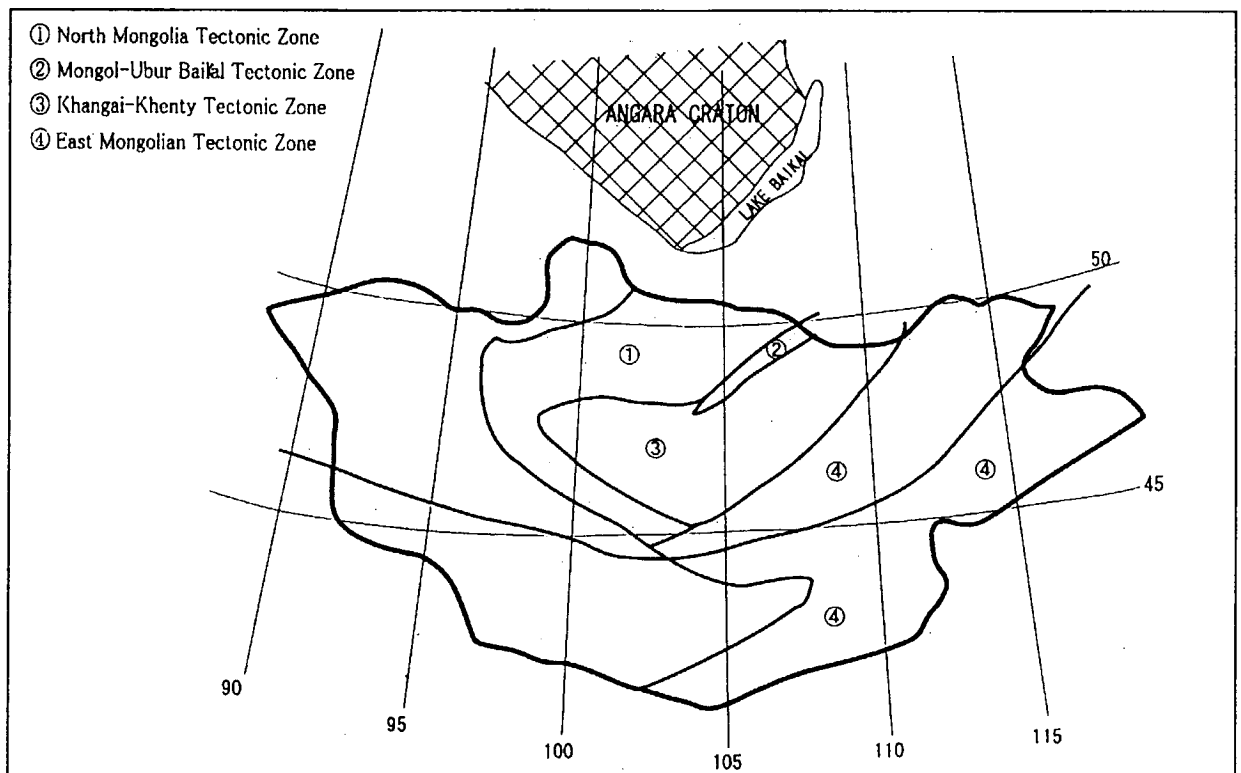


Fig. I-3-1b Tectonic units of Mongolia (MRAM, unpublished)

Table I-3-2 Simplified stratigraphy of Mongolia

	PERIOD	EPOCH	LITHOLOGICAL CHARACTERISTICS	DISTRIBUTION	
Cenozoic	Quaternary		glacial, aeolian, lacustrine, lacustrine-alluvial, telus-proluvial, volcanogenic		
		Upper Pliocene	brown and reddish silt, siltstone, gravel and debris	Selenge, Orhon river basin	
		Lower Pliocene	Altanteel suite: fan debris gravel, gravel debris, argillite sandstone	foothills, slope of the Mongol Altai mountain range	
		Tertiary	Miocene	Ilyargasuur suite: light sand, silt, siltstone, marl Lougzin suite: greenish and green carbonate-silt, siltstone, gravel, gravelstone and basalt	depression of large lake, valley of lakes depression of large lakes, valley of lakes, eastern part of Gobi, Dariganga and Tamsag depression
			Paleogene	Qosh suite: yellow grey gravel, gravelite, sand, green-grey calcareous silt and marl Naranbulag, Bumban, Eken, Ergelin Zoo, Haichin, Holboonnyur, Shandgol suite: red or reddish-brown argillite, light sand, claystone, sandy silt, gravel and siltstone. Layered beds of basalt are observed in the Shandgol suite	depression of large lakes valley of lake, eastern slope of the Gurbansaihan mountain range
	Mesozoic	Cretaceous	Upper Cretaceous	Sainshand horizon: claystone, argillite, sandstone, siltstone Bavanshirez horizon: sandstone, conglomerate, argillite, siltstone, volcanic flow	widely distributed; Lake, Ulaanuur, East Gobi, Borzou, Gailyn Gobi depression
			Lower Cretaceous	Guruvaneen horizon: calcareous shale, argillite, sandstone, siltstone Ikhiteek horizon: coaly shale, coal, sandstone, conglomerate, siltstone, argillite	Guruvaneen, Arhangai, Dornot Nyulga, Dornot, Tamsag, east Gobi
			Jurassic	Upper Jurassic	Dary, Iheasuur, Trombon, Jarantal, Ulaanerev, Serunbulag, Urtal, Yahynobi series: breccia, conglomerate, sandstone (continental deposits)
		Triassic	Lower-Middle Jurassic	Jargalant, Bahar, Tseel, Holboonnyur, Zaramatain suit: conglomerate, sandstone, siltstone, argillite	
			Lower Jurassic	siltstone, argillite, oil shale	
Lower Jurassic-Upper Triassic			Mogod suite: sedimentary-volcanogenic series(trachyandesite)	Orhon, Tuul river, Tsoh river, east Mongolia	
Middle-Upper Triassic			continental molasse	Selenge river basin, northern Gobi, Ukz-Herlen river, Noyosum depression	
Paleozoic		Carboniferous	Lower Triassic	marine deposits: basal conglomerate, sandy loam, siltstone, claystone, clay-coaly shale continental deposits: coal bearing sedimentary rocks	Jargalant, Doch river basin Tenger ul-Nuhetdavaa
			Permian	Hanuyun series: subaerial basalt, andesite, trachybasalt, trachyandesite, rhyolite, comendite and their tuff	[North Mongolian volcanic belt] eastern and southern Khuvsgol, Orhon-Selenge basin
				Harna-Tsokholyn series: similar to the Hanuyun series, but no tuff and alkaline rocks Serkhinuur series: andesite-basalt, trachyrhyolite, trachybasalt Burtasagaan series: trachydacite, andesite-basalt, trachyandesite, trachyrhyolite, terrigenous deposit	[Central Mongolian volcanic belt] south-western Khangai
	Carboniferous	Permian	Lauvyn Gol series: flysch-terrigenous deposit Sulicheer allochthone: volcanogenic-terrigenous deposit	southern Gobi southern edge of the Lauvyn Gol depression [South Mongolian Volcanic Belt]	
		Middle-Upper Carboniferous	alkaline-subalkaline continental volcanic rocks	Gobi, Tenger Uul-Nuhetdavaa	
		Lower-Middle Carboniferous	Arceel suite: sandstone series Baidrag and Orkhonulal suite: flysch series flysch terrigenous series carbonate-terrigenous-volcanogenic, volcanogenic series subaerial volcanic rocks, tuff, sandstone, siltstone andesite, dacite, rhyolite lava, their tuff, tuffaceous sedimentary rocks	Orhon river basin Khangai, Khentii mountain Bavansagaan Gobi Altai Gobi Hatansuudal, Tost mountain ranges	
			Lower Carboniferous	Jargalant and Altan ovoo suites: flysch Bayanzhoshu, Bagabayan and Tai suite: limestone, sandstone, siltstone, argillite, intermediate and acidic volcanics Olombulag, Nuhinuruy, Borheihen and Tashirynuruy suite: sandstone, siltstone, argillite, limestone, acidic volcanics basalt, andesite, latite, tuff, red chert, sandstone, limestone	Khangai, Khentii mountain Gichene mountain range, Shine Jiust, Mandal ovoo Barunhural depression Argalant mountain range
		Devonian	Lower Carboniferous ophiolite	ophiolite suite of complex	Sulicheer
			Upper Devonian-Lower Carboniferous	flysch series Alaxabayan suite: sandstone, siltstone, argillite, intermediate and acidic volcanics	Sulicheer Ih Dariv, Gurvan Haraat
			Upper Devonian	Sannuurul suite: conglomerate, sandstone, siltstone, siliceous tuffite	Barunhural depression in Gobi
Middle-Upper Devonian			Hutuugol and Tsagaanala suites: flysch, terrigenous deposits Tsetserlek and Gorch suites: flysch, limestone, olistolith of red chert	Deluun-Sagsai depression Khangai, Khentii mountain range	
			carbonate-terrigenous sediment Modonovoo, Erdembayanhural and Dolinhar suites: sandstone, siltstone, tuffite, pillow lava, basalt, andesite, dacite, rhyolite, tuff, jasper Barunhural suite: flysch, intermediate volcanics, limestone	Utz river basin Gobi, Altai-Delun Har mountain Barunhural depression, Erden Zoolon Gurvansaihan	
Middle Devonian			Togost suite: limestone, sandstone, siltstone, intermediate volcanics subalkaline basalt, andesite, shoshonite, quartz latite, tuff, jasper, sandstone, conglomerate, limestone	Gobi Altai Barunhural depression	
Lower Devonian	dark grey sandstone, siltstone Herlen and Herzen series: black shale, carbonate and siliceous terrigenous sediments		southern part of Atlas and Tsagaan Ereendavaa mountain range, Utz river basin		
Upper Silurian-Lower Devonian	Chilin xol suite: sandstone, siliceous siltstone, red chert, effusives, limestone, tuffite, andesite, dacite Narin suite: calc-alkaline subaerial volcanics Ulaanhan suite: carbonate-terrigenous deposits		Gobi Tenger, Egen mountain, Hashaayn Tsagaan northern Terh, Chuluut basin Gobi Altai, Tenger mountain Orgon Ulaan crest, Nonget, Zoolon, Gurvansaihan, Gobi		
Silurian	Upper Silurian-Lower Devonian ophiolite		dismembered ophiolite, serpentinite melange	Orgon Ulaan crest, Nonget, Zoolon, Gurvansaihan, Gobi	
	Undivided Silurian		volcanogenic-terrigenous, tuffaceous-terrigenous, carbonate terrigenous, siliceous terrigenous	Mongol Altai, southern Khangai, Herlen, Eg and Uur	
	Upper Silurian	reef limestone, carbonate-volcanogenic-terrigenous deposits	Har Azragyn, Erden, Halh river basin		
	Lower Silurian	carbonate-terrigenous sediment of shelf facies	Mongol Altai, Nuur, Heren, Gobi Tenger		
	Ordovician and Silurian ophiolite	dismembered ophiolite in the fault zone	Gobi, southern periphery of the Khangai-Khentii		
	Ordovician	Upper Ordovician-Silurian	carbonate-volcanogenic-terrigenous sediments, basic-intermediate volcanics, reef limestone, siliceous siltstone	Mongol Altai, Gobi Altai, Herlen	
		Middle Ordovician-Lower Silurian	siliceous terrigenous sediment, limestone, volcanics	Herlen	
		Upper Ordovician	carbonate-terrigenous, volcanogenic-carbonate-terrigenous sediments	Mongol Altai, Baidrag-Orhon	
		Middle-Upper Ordovician	carbonate-terrigenous sediments	Mongol Altai, Herlen, Tenger Uul-Nuhetdavaa	
		Middle Ordovician	conglomerate, sandstone	Mongol Altai	
Lower-Middle Ordovician		andesite, andesite-basalt lava, tuff, tuffaceous sedimentary rocks terrigenous sediments, subaerial volcanics Bavansagaan suite: carbonate-terrigenous sediments volcanogenic-carbonate terrigenous member	Mongol Altai large lakes Gobi Altai Gobi Tenger Uul		
Lower Ordovician		sandstone, siltstone	Mongol Altai		
Middle Cambrian-Lower Ordovician		Mongol Altai series: flysch(4000-6000m) Zou and Harna series: marine deposits(metamorphic age:454-440 Ma)	Mongol Altai Khangai-Khentii		
Lower-Middle Cambrian		oligomictic flysch(2000m) carbonate-tuffaceous-terrigenous sediments olistostrome containing limestone, carbonate flysch carbonate-volcanogenic sediments	Eg and Uur river basin Seer mountain range, Ak-Bashi island Ih Dariv mountain range Batarharhan, Har Azragyn		
Lower Cambrian		Khuvsgol and Tsagaanulom series: limestone, dolomite, siliceous rocks, sandstone, argillite, siltstone	Khuvsgol, Baidrag-Orhon		
Cambrian	Vendian-Lower Cambrian	carbonate-terrigenous olistostrome basal conglomerate, sandstone, limestone Baryonovoo suite: carbonate-terrigenous sediments	Hanhuhii mountain range southern Herlen southern Tenger ul-Nuhetdavaa		
		basalt, andesite, rhyolite lava, pyroclastics, limestone, greywacke	Eg and Uur river basin, depression of large lake, Herlen		
	Vendian-Middle Cambrian unclassified	limestone, greenschist, slate dolomite, limestone, sandstone, conglomerate, slate Khuvsgol series: conglomerate, dolomite, limestone, phosphorite, slate	southern Khangai Orhon, western Gobi, Ulaan mountain Khuvsgol, Baidrag-Orhon, Nuur		
		Tsagaanulom series: conglomerate, dolomite, limestone, phosphorite, sandstone, argillite, flysch Harhad series: conglomerate, dolomite, limestone Hexeyn series: dolomite, limestone, phosphorite Horidol series: limestone Uhartokol suite: tuff, terrigenous sediments Uka xol suite: limestone, calcareous clay, siliceous slate			
	Vendian-Early Cambrian ophiolite association	dismembered-suite complex(569±21 Ma)	Bayanzhonor, Mongol Altai, Herlen		
	Late Riphean-Early Cambrian undivided	narrilized crystalline, bituminous and amphibolite, carbonate-chlorite, siliceous, clayey, and sericite schists	Khuvsgol		
	Precambrian	Proterozoic	Vendian		
			Riphean	Late Riphean ophiolite association: dismembered-suite complex(695±25 Ma) Middle-Upper Riphean: quartz-sericite, sericite-chlorite, micaceous schist Middle Riphean: volcanogenic schist (624±52, 829±23 Ma) quartz-carbonate schist (840 Ma) Lower-Middle Riphean: marine sediment deposits Polymetamorphic formation(amphibolite gneiss, sillimanite schist etc.)	Khuvsgol, Hantaishir, Ih Dariv, Hanhuhii, Har Azragyn, Erden Khuvsgol, Baidrag-Orhon, Herlen, Tenger ul-Nuhetdavaa Ih Dariv, Hasagthairhan, Khuvsgol, Baidrag-Orhon, Tes, Zavhan, Khangai Gobi, Tenger ul-Nuhetdavaa, Sulicheer Baidrag-Orhon, Gobi, Khuvsgol, Herlen, Tenger Uul-Nuhetdavaa
		Early Proterozoic	Bombogor, Gaunbulag, Bureelin, Nuruy complex Tseel megacoma Haichinool suite		
			Grey gneiss complex(fragment of Island arc volcanic-plutonic association) (2646±45 Ma)	Baidrag	
Archean		accumulate complex(proto-ophiolite)	Ih Dariv		

Edited from Mineral Resources Authority of Mongolia and Mongolian Academy of Sciences (1998)

られている (Fig.I-3-2)。

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 Kipchak 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-Mongol 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

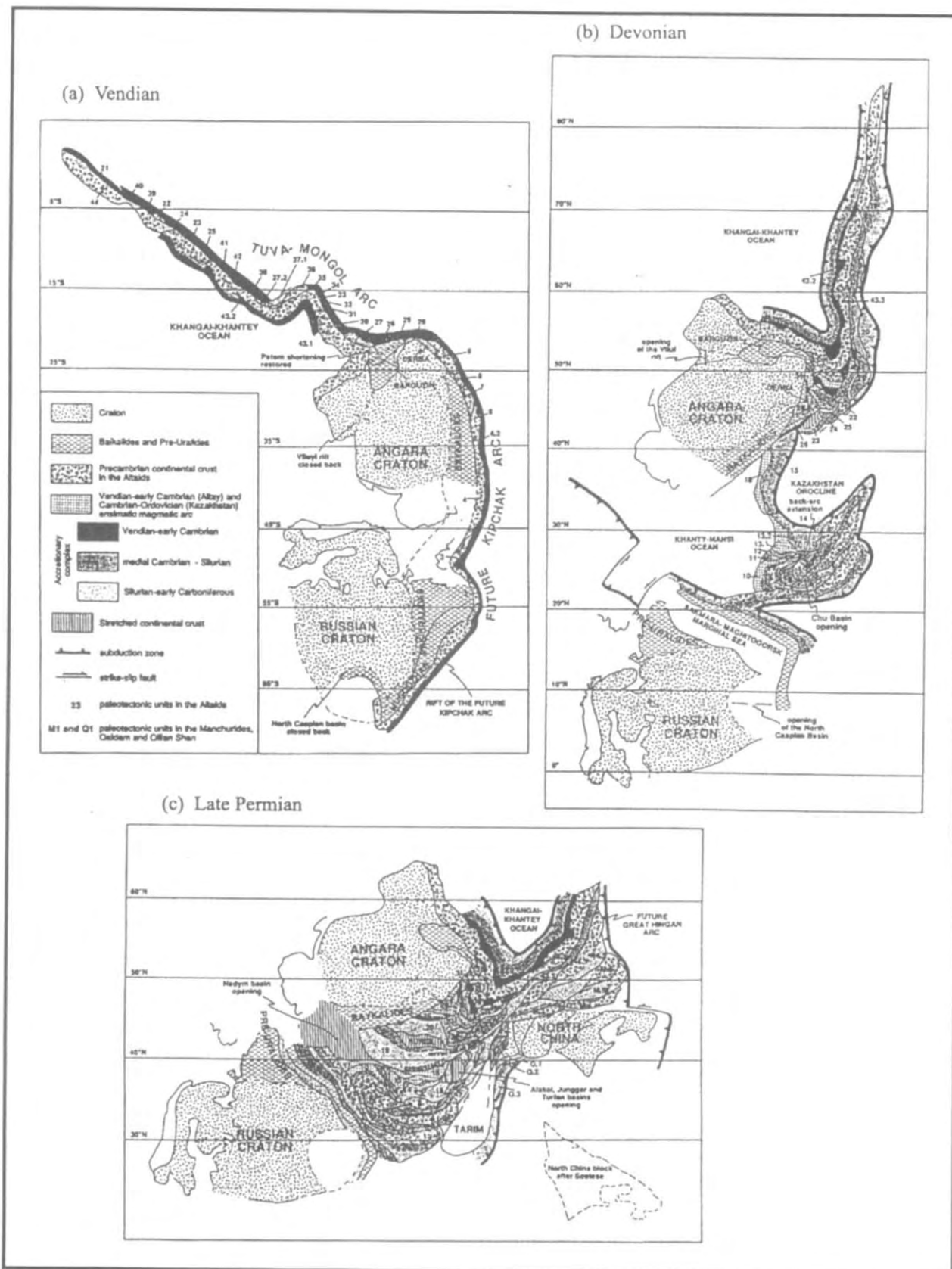


Fig. I-3-2 Schematic tectonic evolution of the Mongol - Okhotsuk folded belt (Sengor et al., 1996)

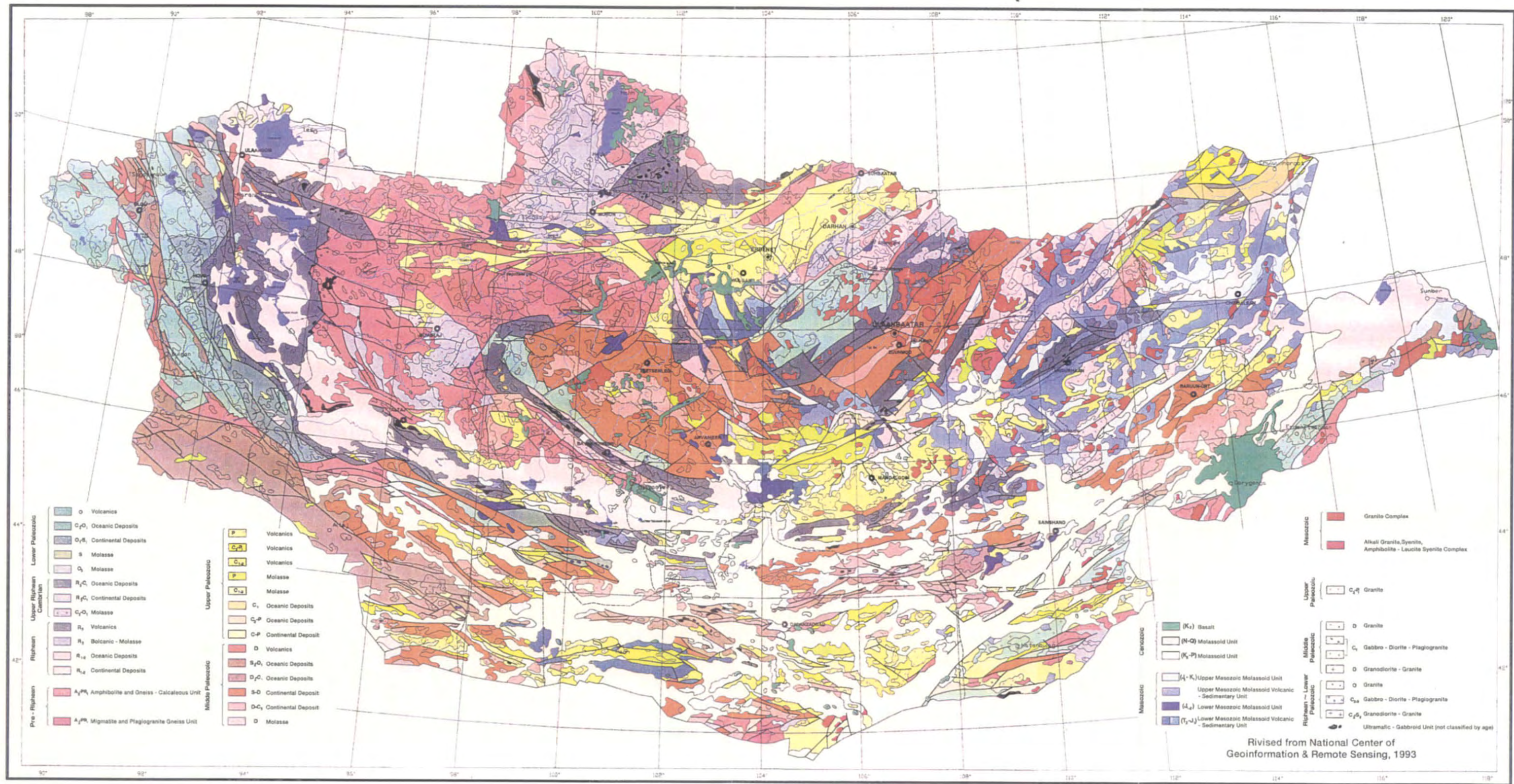


Fig. I-3-3 Geological and tectonic map of Mongolia (MRAM, 1993)

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。

(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、珪長質火山岩、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の年代を示す高圧変成岩、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) Ozerneya 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。多量のトーナール岩、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。

* : Tsuden et al. (1996) による区分

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

リフェアン紀に Darkhat Unit と Tuva-Mongol Unit に衝突した Baikhalide 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、オフィオライト・メランジュ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-Baikhalid 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、Altaiids に取り込まれた Baikhalid 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)

Altaiids 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 ± 6Ma ~ 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～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、微小大陸が集合して Tuva-Mongol 微小大陸を形成し、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、蛇紋岩メランジュ、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、斑れい岩、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、二疊紀、三疊紀、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、砕屑岩類よりなる。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)

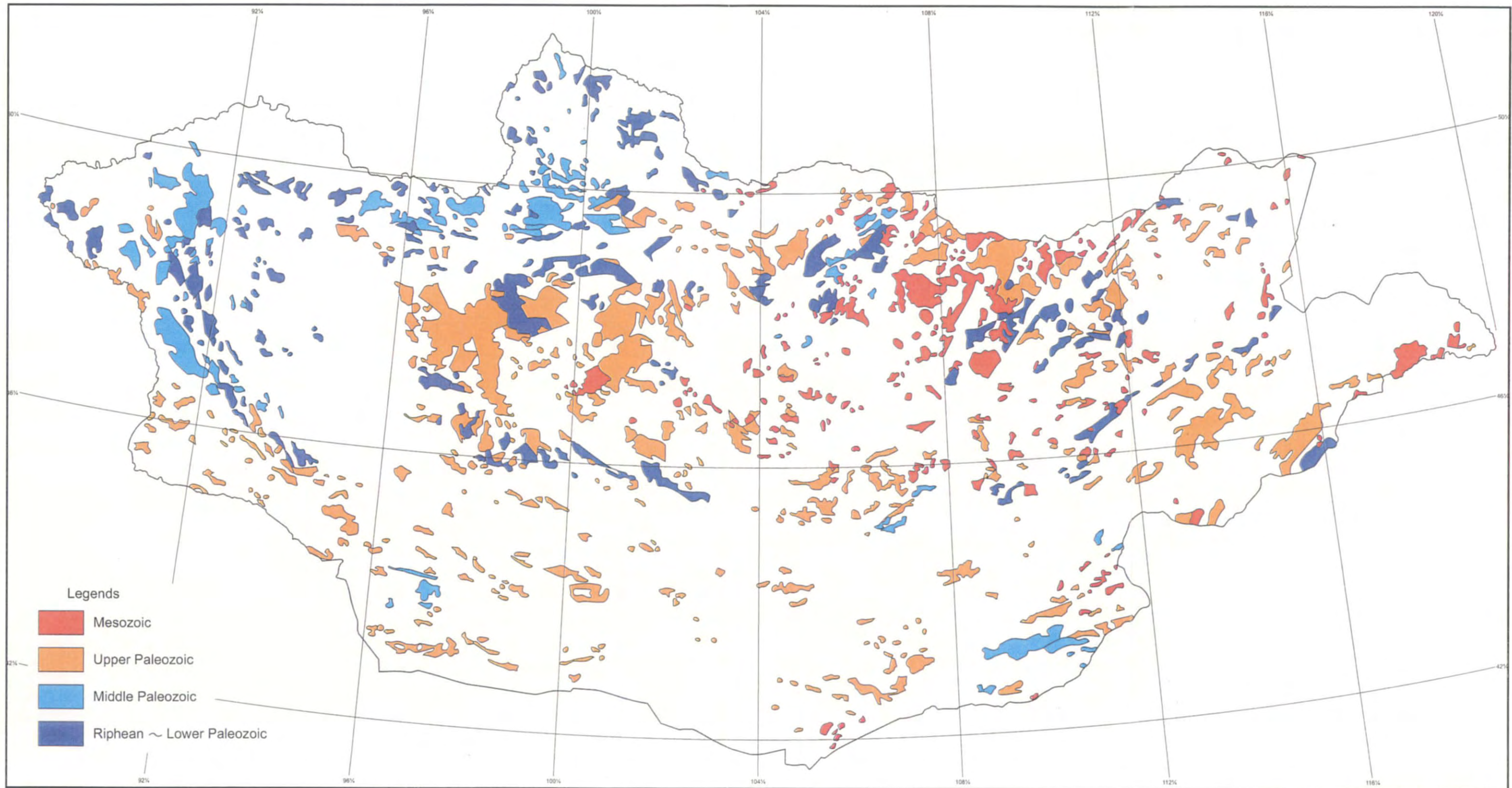
Pre-Altaids の大陸地殻、古生代の島弧、古生代前期～後期の付加体よりなる。基盤をなす先カンブリア時代の片岩、片麻岩、花崗岩質片麻岩、ミグマタイト、角閃岩はリフェアン～ベンディアン紀～カンブリア紀前期の珪岩、ドロマイト、石灰岩、大理石に不整合に覆われる。付加体は北から南に向かって成長し、オルドビス紀、シルル紀、デボン紀、石炭紀、二疊紀の浅海性堆積物、陸源性砕屑岩、頁岩、中性～酸性火山岩類、石灰岩よりなる。南部では古生代前期の付加体は存在しない。

(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砕屑岩、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、深成岩



(Taken from MRAM, 1993)

Fig. I-3-4 Distribution of granitic rocks of Mongolia (MRAM, 1993)

関連型金鉱床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～二畳紀後期の Khangai バソリス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～中生代前期にかけは South Mongolia Unit および Tuva-Mongol Unit のプレート収斂域において広範囲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、ソレアイト、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-Mongol 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-Khenty 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、三畳紀後期～ジュラ紀前期、白亜紀前期に集中する。前二者は、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-Mongol 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 斑岩質貫入岩複合岩体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 系のもは、モンゴル西部の Gorny Altai, Kobdin Unit, Ozernaya 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、Tavt (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。

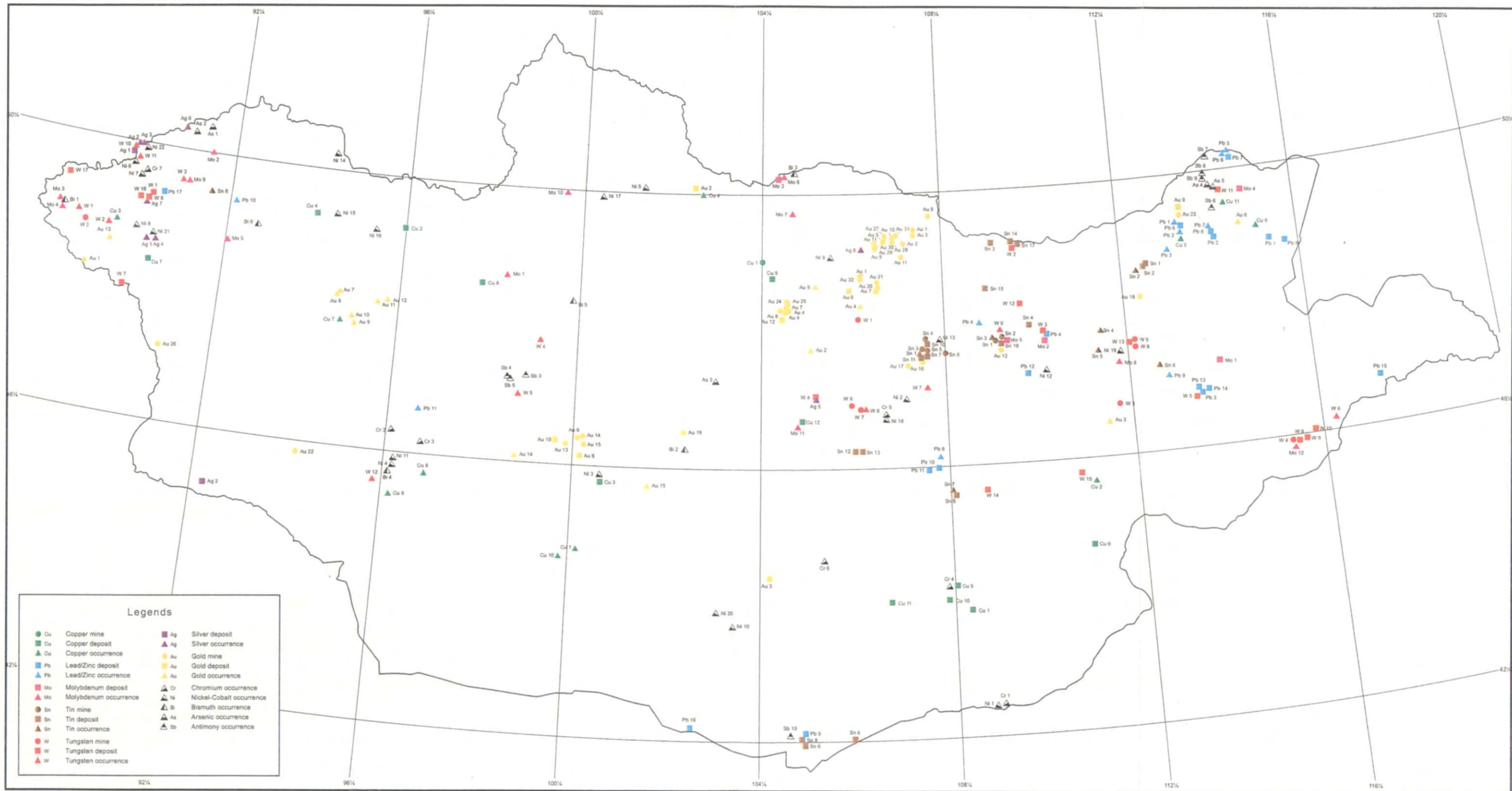
3-1-5 鉱床概要

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型銅・モリブデン鉱床および深成岩関連型金鉱床がより経済性を有するものと考えられる。Fig.I-3-5 および 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、



(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	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
Cu12	Bayan uul	quartz zone in granitoid intrusive		
LEAD/ZINC	DEPOSITS	Pb1	Shirt-1	mineralized zone, lens
		Pb2	Chandmana uul-3	skarn mineralization in diorite intrusive contact
		Pb3	Ojut	quartz-carbonate metasomatic zone
		Pb4	Tsahir uul	skarn ore bodies
		Pb5	Temeen chuluut	quartz veins in granite intrusive contact
		Pb6	Lam chuluut	stockwork mineralization in granitoid intrusive
		Pb7	Nergui	epidote-garnet skarn and ore lenses in shale
		Pb8	Bituut	mineralized zone in gabbroid intrusive
		Pb9	Shar tal	silicified zone in shale
		Pb10	Hondloi	mineralized zone in milonite
		Pb11	Erdene tolgoi	silicified zone in skarn
		LEAD/ZINC	DEPOSITS	Pb1
Pb2	Ulaan			mineralized breccia pipes and fracture zones in volcanics
Pb3	Tumurin 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
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	Hol 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	Biluut 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	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	Havtsagait	mineralized zone
		Pb10	Shiveen gol	mineralized zone in fracture
		Pb11	Nergui	altered and silicified limestone
		SILVER	DEPOSITS	Ag1
Ag2	Nuhni Nuruu			mineralized shear zones in sediment
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
GOLD	OCCURRENCES	Ag7	Occurrence N 428	mineralized shear zone
		Ag8	Ujuu	mineralized zone
		Au1	Tolgoit	placer
		Au2	Ih adjir	placer
		Au3	Ih ulunt	placer
		Au4	Hailaast	placer
		Au5	Sharin gol	placer
		Au6	Muhar ereg	placer
GOLD	MINES	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	Jargalantin 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

(3/5)

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DESCRIPTION
GOLD	MINES	Au23	Tsagaan chuluut hudag	placer
		Au24	Tosongin denj	placer
		Au25	Tsagaan chuluut bulag	placer
		Au26	Hurai 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
		Au5	Huiten	veins in altered metamorphics
	DEPOSITS	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	Shazgait	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	Urlin 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

(4/5)

COMMODITY	CATEGORY	NO.	NAME	DESCRIPTION
CHROMIUM	OCCURRENCES	Cr6	Ongin 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	Ujaan bulgin hundiy	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	Tsagduultin davaa	altered zone
		Ni17	Tsagaan burgas	altered zone
		Ni18	Tsahir uul	mineralized zone in ultrabasics (listvenite, serpentinite)
Ni19	Herten	mineralized zone in ultrabasics		
BISMUTH	OCCURRENCES	Ni20	Baruun saihan	mineralized zone
		Ni21	Teht	mineralized shear zone
		Ni22	Nergui	metasomatic zone
		Bi1	Arshaan	mineralized zone
		Bi2	Nergui	mineralized zone
		Bi3	Hojuu ovoo	quartz vein
		Bi4	Tahilt uul	skarn zone
		Bi5	Tsagaan honh	mineralized shear zone, veins
		Bi6	Shar tolgoi	mineralized zone
		ARSENIC	OCCURRENCES	As1
As2	Hairs			silicified and skarn zone
As3	Bayzurh			mineralized shear zone
As4	Zaagin hundiy			quartz veins
As5	Tsagaan hundiy			quartz veins
ANTIMONY	OCCURRENCES	Sb1	Olonbulag	silicified shear zone, quartz-antimonite veins
		Sb2	Nergui	mineralized shear zone in granite-porphry intrusive stock
		Sb3	Metegin ovoo	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 chulluut	quartz antimonite veins

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

(5/5)

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

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

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

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 (Berzina et al., 1979)、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 斑岩質貫入岩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。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、三畳紀後期～ジュラ紀前期 ($207.4 \pm 2.5\text{Ma}$: Lamb and Cox, 1998; 220Ma : Sotnikov et al., 1994) を示しており、Erdenet 斑岩質貫入岩複合岩体の年代 ($250 \sim 245, 250 \sim 220, 205 \sim 195\text{Ma}$: 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～二畳紀の貫入岩中に幅 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 ($313.0 \pm 2.9\text{Ma}$: Lamb and Cox, 1998) を示す。Shuteen 鉱床は、石炭紀～二畳紀の火山岩、堆積岩中に発達し、lithocap 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～二畳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、三畳紀後期 ($220 \sim 230\text{Ma}$: 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、ポーフィリー型銅・モリブデン鉱床に分類される。Erdenet 鉱床以外に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、深成岩関連型金鉱床、堆積岩胚胎型金鉱床、変成岩型金鉱床等が知られている。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 Zaamar 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。砂金鉱床の埋蔵量は約 130t とされている (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を被覆する新第三紀～第四紀の堆積物中に存在する。このソースは、後述する Zaamar 山塊の含金石英脈と考えられる。

深成岩関連型金鉱床は、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。Zaamar 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なのである。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 (Jargalsaikhan 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二疊紀の石灰岩に As, Sb の他、弱い金の鉱化が見られ堆積岩胚胎型金鉱床の示徴を示す (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、変成岩型金鉱床と考えられる (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変成岩型金鉱床が期待される (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金鉱床と思われる 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、ポーフィリー型銅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-ロシア共和国国境付近の Ulgii 町の 170km 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、ピスマス、アンチモンを伴う。銀の埋蔵量は 6,900t と見積られている。Mungun Undur はウランバートル東方 310km (Khentii 県) に位置する。銀の他に鉛、亜鉛、錫を伴う。銀の埋蔵量は 3,212t と見積られている。

(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 (Jargalsaikhan, 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。角礫はジュラ紀の珩長質母岩、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 350~2,000m, 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 (二畳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。

錫鉱床は三畳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, WO₃:0.17%, 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、およ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 Nb₂O₅:0.2%, Ta₂O₅:0.05%, ZrO₂:1.5%, Y₂O₃:0.35% 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