

モンゴルの地質と調査研究活動

高橋裕平*

Yuhei TAKAHASHI (1999) Geological research works in Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 50 (4), p. 279-289, 4 figs.

1. ま え が き

モンゴルはロシアと中国に囲まれた内陸国で、70年間にわたり社会主義体制をとっていたため、数年前まで日本にとって遠くて入り難い国であった(資料情報係, 1982)。日本とモンゴルの外交関係は1972年に樹立されたが、1980年前後でもモンゴルの地質情報については、日本ではソ連から発行されたナウカ出版物かモンゴルからの新聞が情報源であった。例えば、今では世界的に知られているモンゴルのエルデネット銅鉱山ですら、その場所を特定するのに苦労した(岸本, 1979a, b)。

1989年、旧ソ連と東欧に起こった劇的な政治の変化は、モンゴルに波及し、開放政策がとられ、日本を含めた西側諸国にモンゴルの地質・鉱業情報が全般的に開放された(佐藤, 1991)。制度的には1992年に新憲法施行を行い、社会主義路線を正式に放棄した。このような中、国の地質調査機関の機構改革が試行錯誤的に行なわれた。また外資導入による鉱物資源の探査も盛んに行なわれるようになった。

ここではモンゴルの地質や鉱床の概説と地質調査研究活動の歴史と現状を紹介する。日本語によるモンゴルの地質や鉱床に関する紹介記事は数多くあるが(Baras, 1993; Bat-Erdene, 1993; 栗本, 1997; 蟹澤, 1999)、ここでは地質調査史、地質図幅の進捗状況、研究集会などの研究活動を中心に紹介する。モンゴルの地質情報をどのように入手したら良いか、どんな機関に接触したら良いか、手引きとなるよう配慮した。引用文献は日本国内で入手可能なもの、もしくは地質調査所で閲覧可能なものとした。

2. モンゴルの地質概説

2.1 モンゴルの地質構造区分

モンゴルは、大局的には北側のシベリア卓状地と南側

のタリム・北中国ブロックに挟まれた中央アジア褶曲帯に位置する(第1図)。この褶曲帯は古生代の褶曲帯の集合体で、巨視的な構造は南側に湾曲した弓型を呈する。以下にモンゴルの基本的な地質構造区分をTseden *et al.*(1992)から紹介する。

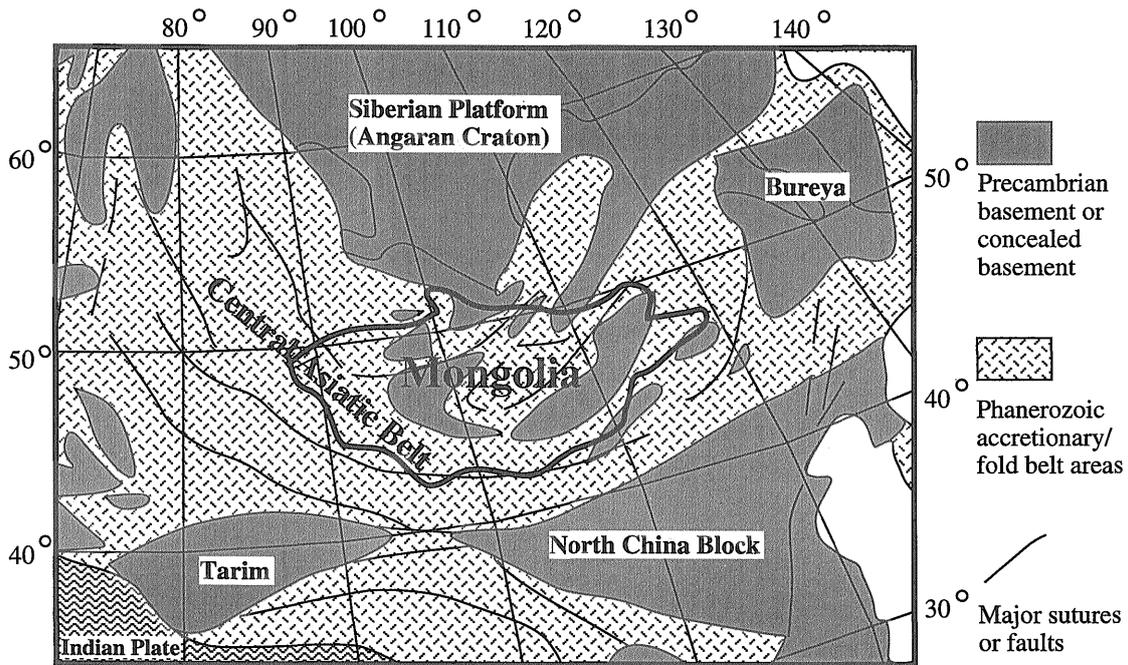
モンゴルの地質構造は、ウラルモンゴルリニアメント(UML)あるいはモンゴルメインリニアメント(MML)と呼ばれる構造線によって北ブロック(古生代前中期から後期)と南ブロック(古生代後期)にわけられる(第2図)。Tumurtogoo (1997)はテレンテクトニクスの概念を適用して北側のブロックをさらに二分したが今のところ一般的ではない。

北ブロックは北モンゴル褶曲帯とウランバートル褶曲帯からなる。北モンゴル褶曲帯は古生代前中期に形成されたもので中部モンゴル帯(第2図のI)、ヌール・アルタイ帯(II)、シシヒド・ゼッド帯(III)、ハンガイ・ヘンテイ帯(IV)からなる。中部モンゴル帯は太古代後期から原生代前期の高度変成岩類や原生代中期からカンブリア紀初めの低-中度変成岩類からなる。ヌール・アルタイ帯とシシヒド・ゼッド帯はリフェアン(原生代中-後期)後期のオフィオライトや変質した火山岩、リフェアン後期からカンブリア紀の堆積岩からなる。ヌール・アルタイ帯は中部モンゴル帯の西側に分布し、シシヒド・ゼッド帯は北側に分布している。ハンガイ・ヘンテイ帯は古生代前中期に形成されたもので7つの褶曲帯に細分される。細分された褶曲帯のあるものには低角の断層に沿ってオフィオライトが分布する。ウランバートル褶曲帯(V)は古生代後期に形成されたものでさらにいくつかの帯に分かれる。

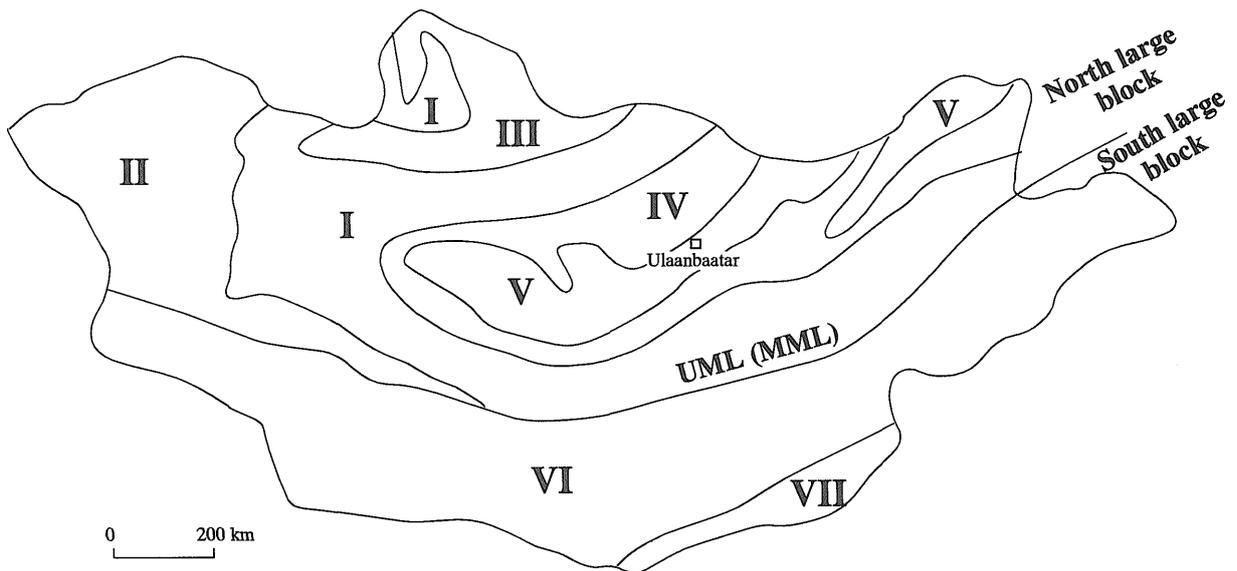
南ブロックはモンゴル南部のゴビ地域に広く分布し、大きく古生代後期の南モンゴル褶曲帯(VI)と古生代最後期の内モンゴル褶曲帯(VII)に二分できる。南モンゴル褶曲帯はオルドビス紀中期から石炭紀前期の火山岩、炭酸塩岩、碎屑岩類からなる。内モンゴル褶曲帯には石炭紀中期から二畳紀のメランジェ堆積物や時代未詳の異

*モンゴル地質鉱物資源研究所プロジェクト(JICA "Institute of Geology and Mineral Resources" Project), 現所属: 北海道支所 (Hokkaido Branch, GJSJ)

Keywords : Mongol, geology, institute, granite, mineral



第1図 モンゴル及び周辺地域の地質学的な位置付け (Lamb and Badarch, 1997に基づく)
 Fig. 1 Geologic setting of Mongolia and neighbouring (Based upon Lamb and Badarch, 1997).



第2図 モンゴルの地質帯区分 (Tseden *et al.* 1992に基づく)
 I-IV: 北モンゴル褶曲帯 (I: 中部モンゴル帯; II: ヌール・アルタイ帯; III: シシヒド・ゼット帯; IV: ハンガイ・ヘンテイ帯); V: ウランバートル褶曲帯; VI: 南モンゴル褶曲帯; VII: 内モンゴル褶曲帯. UML (MML): ウラルモンゴルリニアメント (モンゴルメインリニアメント).

Fig. 2 Major tectonic units of Mongolia (Based upon Tseden *et al.*, 1992).
 I-IV: North Mongolian Folded System (I: Central Mongolian Median Mass; II: Nuriin-Altai Folded Belt; III: Shishhid-Zeddin Megazone; IV: Khangai-Khentiin Megazone); V: Ulaanbaatar Folded System; VI: South Mongolian Folded System; VII: Inner Mongolian Folded System; UML (MML): Ural-Mongolian Lineament (Mongol Main Lineament).

地性の超苦鉄質岩類が分布する。このようにこれら2つの褶曲帯には基本的に古生代後半期に形成された岩石が分布するが、断片的ながら古生代前期あるいはそれ以前の岩石も分布する。

以上のようにモンゴルの地質構造区分は古生代末期までにその基本形が完成した。これらの基本的な地質体の形成にともない古生代から中生代にかけて活発な火成活動があり、花崗岩類・火山岩類が広く分布している。このほかにも古生代中期から中生代・新生代を通してさまざまな地質現象を認めることができる。その1つはモンゴル中央部や南部の内陸盆地に分布するモラッセや火山岩で、デボン紀から三畳紀にかけてのテクトニクスに関係している。ウランバートル周辺やモンゴル南部では、石炭紀から三畳紀初めにかけての沈降現象や火山・深成活動を認めることができる。中生代中期から新生代にかけては陸成の堆積盆が生じた。その堆積物は石炭層を挟んでいたり恐竜で代表される大型化石を産する。さらに深部断裂構造も注目し得る。この構造には超苦鉄質岩がしばしば伴っている。結晶片岩・角閃岩・ザクロ石片麻岩が断層に沿って産することもある。

2.2 地質構造発達史

2.2.1 ゴンドワナ大陸との関わり (先カンブリア時代から中生代初め)

モンゴルには断片的な先カンブリア時代の古期岩からなるマイクロコンチネントと顕生代の付加・褶曲地帯が存在する。リフェアンから三畳紀にかけてのマイクロコンチネントの動きとその周辺での堆積物の発達などの巨視的な変遷は、次のようになる (Tomurtogoo, 1997 ; Mossakovsky *et al.*, 1994)。

(1) リフェアンには、シベリアプラットフォーム (アンガラクラトン) と東ゴンドワナ大陸 (タリム・北中国ブロック) の間には広く古アジア海が広がっていた。現在モンゴルに断片的に分布する先カンブリア時代の地塊は、当時まだ東ゴンドワナ大陸の中で一体となっていた。

(2) リフェアン末からカンブリア紀にかけて海洋底拡大が起き、多くのマイクロコンチネントが東ゴンドワナ大陸から分離して古アジア海を移動していた。その記録が現在ハンガイ・ヘンテイ帯に超苦鉄質岩を伴う褶曲帯として残っている。

(3) 古生代前期には分裂していたマイクロコンチネントの多くが集合し、Tuva-Mongolianマイクロコンチネントと呼ばれるやや大きめのマイクロコンチネントが想定されている (Tomurtogoo, 1997)。これは中・高度変成岩類からなる北モンゴル褶曲帯の中部モンゴル帯 (第2図のI) に相当する。このマイクロコンチネントの縁ではサブダクションとそれに伴う堆積作用が起こった。

(4) 古生代中期には、シベリアプラットフォームとTuva-Mongolianマイクロコンチネントが接近した。両者

に挟まれた部分はモンゴルオホーツク海と呼ばれていて、そこでは堆積作用が盛んに起こっていた。このモンゴルオホーツク海の形成に関してはシベリアプラットフォームから半島状に伸びたクラトン (Tuva-Mongolianマイクロコンチネント) の屈曲により半分閉じた形の海になったという解釈もなされている (Lamb and Badarch, 1997のレビュー)。いずれにせよ北モンゴル褶曲帯の原形はこの頃にはできていた。これらと北中国ブロックとの間には古アジア海 (南モンゴル海) がまだ広く広がっていた。

(5) 古生代末には、現在のモンゴルに相当する地域は1つの大陸として一体となった。ただし現在のモンゴル南端部 (内モンゴル褶曲帯にあたる地域) は面積を狭めた古アジア海の一部であった。

(6) 中生代には古アジア海は完全に閉じて東ユーラシアは合体してモンゴルの基本的な構造は完成した。

要約するとモンゴルの基本構造は、シベリアプラットフォームとタリム・北中国ブロックに挟まれた古アジア海における先カンブリア時代末から中生代初めにかけてマイクロコンチネントの集合離散とそれに伴う堆積作用・火成活動の産物である。

2.2.2 ユーラシア大陸の一員として (中生代以降)

中生代以降の広域的な構造はモンゴルオホーツク帯である。それは古生代中期に形作られたモンゴルオホーツク海が中生代に消失していく過程 (コリジョン) とそれに関連した火成活動で特徴づけられる。この構造帯の分布はモンゴル東半部の古生代までに形成された構造と平行または斜交するもので、第2図のハンガイ・ヘンテイ帯の一部とウランバートル帯を横切る。さらにこの構造は東へと伸び沿海州に達する。モンゴル国内にモンゴルオホーツク海が存在していたという最後の証拠は、モンゴル北東部に知られているアンモナイトを産するジュラ系である。

大陸内部では昇降運動に伴い内陸盆地に湖が発達した。モンゴルでは白亜紀には気候が温暖で恐竜が栄えた (林原自然科学博物館準備室, 1995)。新生代にはアルカリ玄武岩の噴出が盛んにあった。

深部断裂に伴う地震活動は現在でもあり、1957年にモンゴル西縁のゴビアルタイで大地震が起こり長さ200kmに及ぶ断層が、1967年にはモンゴル中央部、ウランバートルから西約300kmのブルガン県の地震で100kmの断層が出現した。1991年にもM6.5ないし7.0クラスの地震がモンゴル北西部、ウランバートルから西北西約500kmのフブスグル県で発生している。モンゴルを含めた中央アジアの地震活動は、インド亜大陸のユーラシア大陸への押し上げに起因するという意見と中央アジア下のホットリッジに起因するという考えがある (木村, 1997)。

2.3 顕生代の花崗岩類

モンゴルの地質構造発達史を考えるうえで花崗岩類の活動史は重要である。花崗岩類の活動は先カンブリア時代から中生代まで認められるが、顕生代、とりわけ古生代後期および中生代の花崗岩類はモンゴルの鉱物資源の関連火成岩として重要である。

顕生代の火成活動は、古アジア海の消失に向かう一連の動きの中で位置づけられる。古生代には火成活動が活発で古生代前期と後期の大陸縁辺あるいは島弧のテクニクスと関係した。中生代の花崗岩類は大陸のコリジョンに成因的に関係していて、モンゴルオホーツク帯に分布する (Gerel, 1998)。以下に古生代から中生代にかけての火成活動を時代別に記述する。

古生代前期の火成岩類は、一般にカルクアルカリ系列のトータル岩や斜長花崗岩から始まり、続いて花崗閃緑岩と花崗岩で特徴づけられる。これらの岩石は北モンゴル褶曲帯に主に分布していて、サブダクションに関係すると考えられている。このほかシベリアプラットフォーム(第2図のIであらわした中部モンゴル帯の内、北に分布するもの)に、北西方向の深部断裂系に關係して貫入したと考えられるアルカリ岩が分布している。

古生代後期の火成岩類はカルクアルカリ及びアルカリ系列の岩石で、南モンゴル褶曲帯に分布するもの、北モンゴル褶曲帯のハンガイ・ヘンテイ帯に貫入するハンガイバソリスとそれを取り囲む火山岩類に分けられる。さらにモンゴル西部のヌール・アルタイ帯にも花崗岩類が分布する。

南モンゴル褶曲帯における古生代後期の火成岩はカルクアルカリ、サブアルカリ、アルカリ系列の岩石からなる。すなわち石炭紀前期の安山岩-デイサイト-流紋岩及び安山岩-玄武岩質安山岩シリーズ、石炭紀後期の優白質花崗岩、Iタイプの花崗閃緑岩-花崗岩、アルカリ質の石英閃長岩-モンゾニ岩からなる。加えてパイモダルな粗粒玄武岩-粗粒流紋岩-コメンダイトがリフトを満たす岩石として分布する。

北モンゴル褶曲帯には古生代後期から中生代初期のハンガイバソリスとして一括される深成岩類が分布する。ハンガイバソリスは岩相上の特徴から、花崗閃緑岩からなるタルバガタイ岩体、花崗岩や花崗閃緑岩からなるIタイプのハンガイ岩体、優白質花崗岩や花崗閃緑岩からなるシャルウス岩体に分けられる。これら深成岩の成因を大陸の衝突に求める説もあるが (Gerel, 1998)、衝突前の大陸縁の大規模な火成活動という見方も可能である (Takahashi *et al.*, 1998)。ハンガイバソリスの周囲には火山岩が分布していて北モンゴル・中央モンゴル火山岩帯と呼ばれている。この火山岩類はアルカリ質と非アルカリ質からなる前期火山岩類と、リフトに關係したパイモダルな組成のアルカリ火山岩からなる後期火山岩類とに分けられる。後期のアルカリ火山岩にはアルカリ花

崗岩が伴う。

中生代前中期のバソリス状火成岩が主にモンゴル東半分に分布し、モンゴルオホーツク帯の火成活動と位置づけられている。大陸の衝突に起因する火成岩と考えられている。核部にカルクアルカリ質火山岩と深成岩が、周囲によりアルカリ質の火山岩と深成岩が分布する。さらに中生代前期の火成岩が中国との国境沿いのモンゴル東南端部に分布する。これは中国側内モンゴルの中生代構造の一つであるヤンシャン構造帯の火成活動の延長と位置づけられている。このほか南モンゴル褶曲帯にはアルカリ系列の岩石がモンゴルメインリアメントに沿って分布し、リフトに關係したカーボナタイトを伴っている (Sawada *et al.*, 1996)。

2.4 モンゴルの主要鉱産物

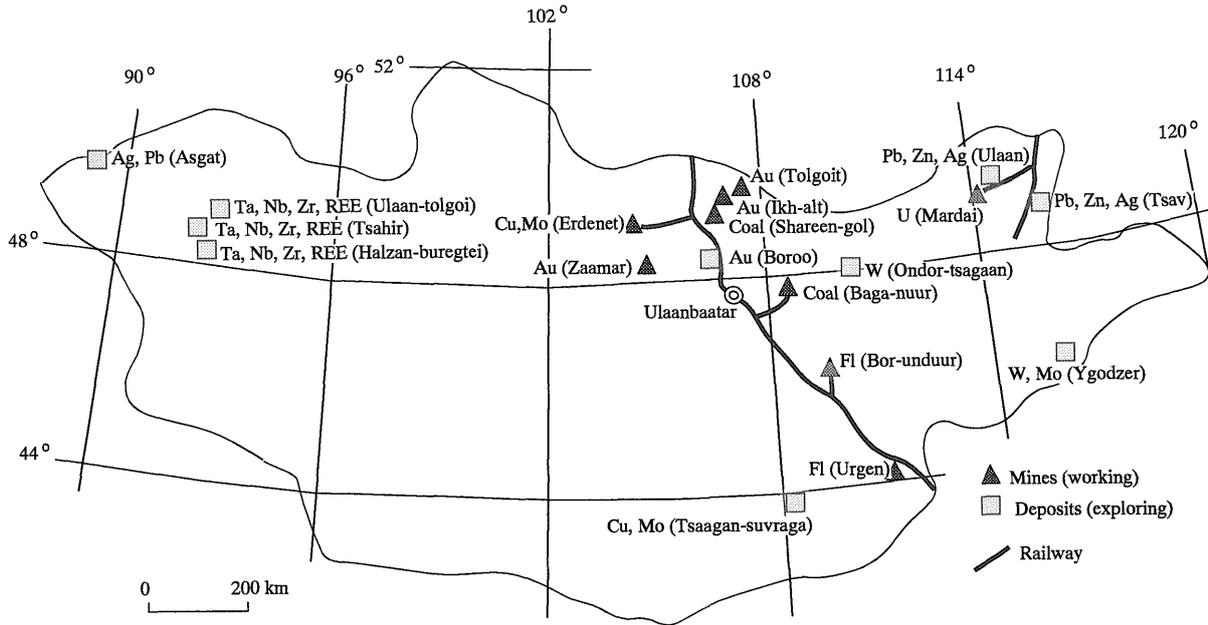
モンゴルの鉱物資源ポテンシャルは高く、約6000の鉱床・鉱徴地と80の鉱種が報告されている (Damdinsuren, 1998; Jargalsaihan *et al.*, 1996)。しかしながら実際に開発実績がある鉱床は限られる。ことに市場経済移行後は、鉱物資源市場の低迷やインフラ未整備のため、鉱山開発に多くの困難がある。最近の開発の状況についてはいくつかの紹介記事がある (荻津, 1992, 1993; 横川, 1995, 1996; 西川, 1997)。参考のため主要な稼行鉱山と探鉱中の主要鉱床を第3図に示した。

1980年前後から現在に至るまで、モンゴルでは銅・タングステン・螢石・石炭が主要鉱産物である。現在では金も主要な鉱産物となっている。銅・石炭の生産量は今も多いがタングステン・螢石の稼行鉱山は減少した。その他、石油やウラン鉱の生産もある。以下に主な鉱産物について説明を行う。

金：現在探査や開発が最も盛んに行なわれている。多くは砂金が対象であるが、鉱脈型金鉱床の開発も着手されている (樋口ほか, 1997)。従来砂金開発への外資投入は制限されていたが1997年からは外資100%による鉱山開発が可能となった (久保田, 1997)。金の生産量は順調に伸びていて、国が掲げる「2000年には年間10トンの金」という目標は前倒しに達成できそうである。

銅：モンゴル最大の鉱山であるエルデネット鉱山から銅精鉱で年間約35万トン、金属銅で年間11-12万トン生産されている。同鉱山はロシアとの合弁企業で、操業開始は1978年である。鉱床は古生代末から中生代初めにかけて火成活動に伴う斑岩型銅モリブデン鉱床である (Dejidmaa and Naito, 1998)。従来は銅精鉱の形で輸出されていたが、1997年から米国の投資でSX/EW法による精練も行なわれている。この方法で1日10トンの純銅が生産されている。エルデネット鉱山のほかに南ゴビにも斑岩銅鉱床 (ツァガンスヴァルガ鉱床ほか) が知られていて外資系企業が探鉱を行っている。

螢石：モンゴルの螢石埋蔵量は世界第5位である。鉱



第3図 モンゴルの主要な鉱床 (Mineral Resources Authority of Mongolia, 1997より)

Fig. 3 Major deposits and mines in Mongolia (Based upon Mineral Resources Authority of Mongolia, 1997).

床のほとんどが火山岩か深成岩に關係する浅熱水成鉱床である (Lkhamsuren and Hamasaki, 1998). 1980年前後には多くの螢石鉱山が稼行していた (岸本, 1982, 1983). 現在はモンゴルロスツヴェトメト社だけが螢石を生産している. 鉱石は主にロシアへ出荷されている. 1996年時点で, 同社は5鉱山から約13万トンの螢石を採掘している (樋口, 1997).

石炭: モンゴルには石炭が豊富に産し, 現在30前後の鉱山が稼行している. 年間約500万トンの生産がある. 新聞報道によると2000年には740万トン, 2005年には910万トンの生産が予想されている (Mongol Messenger紙1998年2月18日号). 一部は輸出されているが大半は国内の火力発電に供されている. 現在最大の生産量を誇るのはバガノール鉱山で, 首都ウランバートルの発電をまかなっている. 炭層は白亜紀湖成層中に存在し, 埋蔵量は6億トン強である.

南ゴビには古くからよく知られているタバントルゴイ鉱床がある. 埋蔵量約100億トンで, 二疊系に産する. 現在のところ地元の燃料として利用されているにすぎない.

その他: タングステンの採掘が小規模ながらウランバートル近郊で行なわれている. 錫も漂砂鉱床として最近の生産統計に載っている. モンゴル東端部の中国国境付近でアメリカとモンゴルの合弁で本格的な石油探査が進められている (Tayer, 1996). このほかいくつか有望な鉱床が知られているが, 環境問題やインフラ未整備, 国内産業基盤の脆弱さのため, 開発未着手である. その例として, モンゴル北部フブスグル湖周辺のリン鉱床, 北西端山岳地域の銀鉱床 (アスガット鉱床), 南部のカー

ボナタイトに伴うレアアース鉱床などをあげるができる.

3. モンゴルの地質関連機関

3.1 モンゴルの地質調査史

モンゴルの地質調査史については, 岸本 (1984)・Damdinsuren (1998)・Jargalsaihan *et al.* (1996) などにまとめられている. 以下これらの文献に沿ってモンゴルの地質調査や鉱山の開発について略述する.

19世紀後半に入りモンゴルの地質情報が世界に知られるようになった. アメリカ人のR.Pempellyがモンゴルを踏査した最初の地質専門家とされている. 彼は1864年に調査した岩石の報告を行うとともに南ゴビのタバントルゴイの石炭を報告した. また, ロシア科学アカデミーのV. A. Obruchevは1892年中央アジア探検に地質隊員として参加した. 以来彼は60年間にわたりモンゴルの地質解明に生涯を傾けた. 集大成の地質図が1957年に出版された. これは最初のモンゴル全土の地質図であり, 現在もウランバートル市内の地質鉱物博物館で見ることができる.

1922年から1930年にかけて, R. Ch. Andrewsを中心としたアメリカ自然史博物館による中央アジア探検が数回に分けて行なわれた. この探検でR. BarkeyとF. K. Morrisがモンゴルの地質全般を記述している. とりわけ白亜紀から第三紀にかけての堆積層とそれに含まれる恐竜やその卵の化石の発見は特筆される.

1921年にモンゴルで社会主義革命が起き, それ以後は

旧ソ連との結びつきが強くなっていく。1925年、ロシア科学アカデミーにモンゴル科学委員会が設置され、I. P. Rachkovskiiのもとで西モンゴル地域の地質及び鉱物資源に関する調査が始まった。1930年にはロシア地質省内に東方地質調査隊が設置され、モンゴルの地質調査及び資源探査が行われることとなった。この調査隊の15年にわたる長期鉱床探査計画には旧ソ連から1000名を越える地質専門家が派遣された。この調査により石炭・岩塩・石膏・石墨・石材・金・鉄・銅・錫などの鉱床が発見された。このようにモンゴルで地質調査が盛んになる中、1939年10月6日に建設・産業省に鉱山鉱物資源トラストが設立した。これはその後のモンゴル地質調査所(相当機関)となるものである。同時に科学委員会に地質研究室が開設され、後にモンゴル科学アカデミー地質学研究所に発展することになる。

1940年代から1960年代にかけてモンゴル東南部ドルノトゴビ盆地の白亜系を対象に石油探査が行われた。このうちズンバヤン油田で1950年から1969年にかけて生産実績があった。生産井は約200、日産量は1955年に1070bbl/d、1963年に377bbl/dであった。1970年以降、20年余り石油の生産はなく探査もまともに行なわれていなかったが、既に述べたようにこの数年間アメリカ資本が入って探査が行われている。

鉱山鉱物資源トラストは1957年に内閣直属の地質調査機関になり、その後すぐに地質省と同省直属の地質調査機関に改編・拡大された。1968年に地質省は地質エネルギー鉱山省、さらに1976年に鉱業省に改編され、その後再び地質エネルギー鉱山省となり市場経済に移行した。

地質調査事業の進展にともない1950年から1970年にかけてタングステン・錫・銅・モリブデン・金・鉄・鉛・亜鉛・レアメタル・螢石・石炭・岩塩・リン鉱石・石英(クリスタル)・宝石・建材の賦存状況が明かとなって開発が進んだ。さらに地質調査所の強化により1960年以降モンゴルにおける地質技術者の育成が進んだ。その結果各種地質図幅の調査が急速に進捗した。1969年には地方地質調査隊(Geological Expedition)が設立され20年間にわたって全国の系統的な各種地質調査を行い、150万分の1の縮尺で国土全域の地質図・地質構造図・鉱物資源図・水文地質図・土地地質図が作られた。それに加えて20以上の鉱種について、火成活動・変成作用・地質構造に絡めて解釈を加えた鉱物資源図が編纂された。

1990年以前は旧ソ連をはじめとする社会主義諸国からの支援を強く受けていた。1950年代から1960年代前半にかけて中華人民共和国とソビエト連邦のモンゴルに対する援助競争があり、大いに地質・鉱床の解明が進んだ。しかし、1964年7月に毛沢東の「モンゴルは中国固有の領土」という発言以後、モンゴルと中国は事実上の国交断絶状態となった。それ以後は、モンゴルはソ連のリーダーシップの下にある経済相互会議の加盟国として資源

に関して一定の役割を果たすとともに加盟諸国もモンゴルの地質・鉱床調査に強く関わっていったのである。

例えば1976年-1980年(第6次5カ年計画)における各国の鉱床探査への協力の状況は次の通りである。ソ連：エルデネット採鉱選鉱コンビナートの第2系列の建設とエルデネチーンオボポーフィリー型銅鉱床の精密探査及び1975年以前のモンゴル-ソビエト共同調査隊により把握された有望地の探査。ブルガリア：中部と南部地区の1/5万地質図幅調査と鉱床探査。ハンガリー：東モンゴル地区の地質図幅調査と鉱床の情報調査。各地の地下水調査。東ドイツ：中央部の北ヘンテイ金鉱床帯とバヤンホンゴル金鉱床帯における地質図幅調査・鉱床調査とモンゴル・東ドイツ共同による既知鉱床の精査。ポーランド：西部山岳地域の地質図幅調査と鉱床概査。全国の珪砂鉱床の評価。チェコスロバキア：北東地域及び北部地域における地質図幅調査と鉱床調査。キューバ：上記の各国分担分の空白部分の中で優先度の高い地域での地質図幅調査と鉱床評価調査。

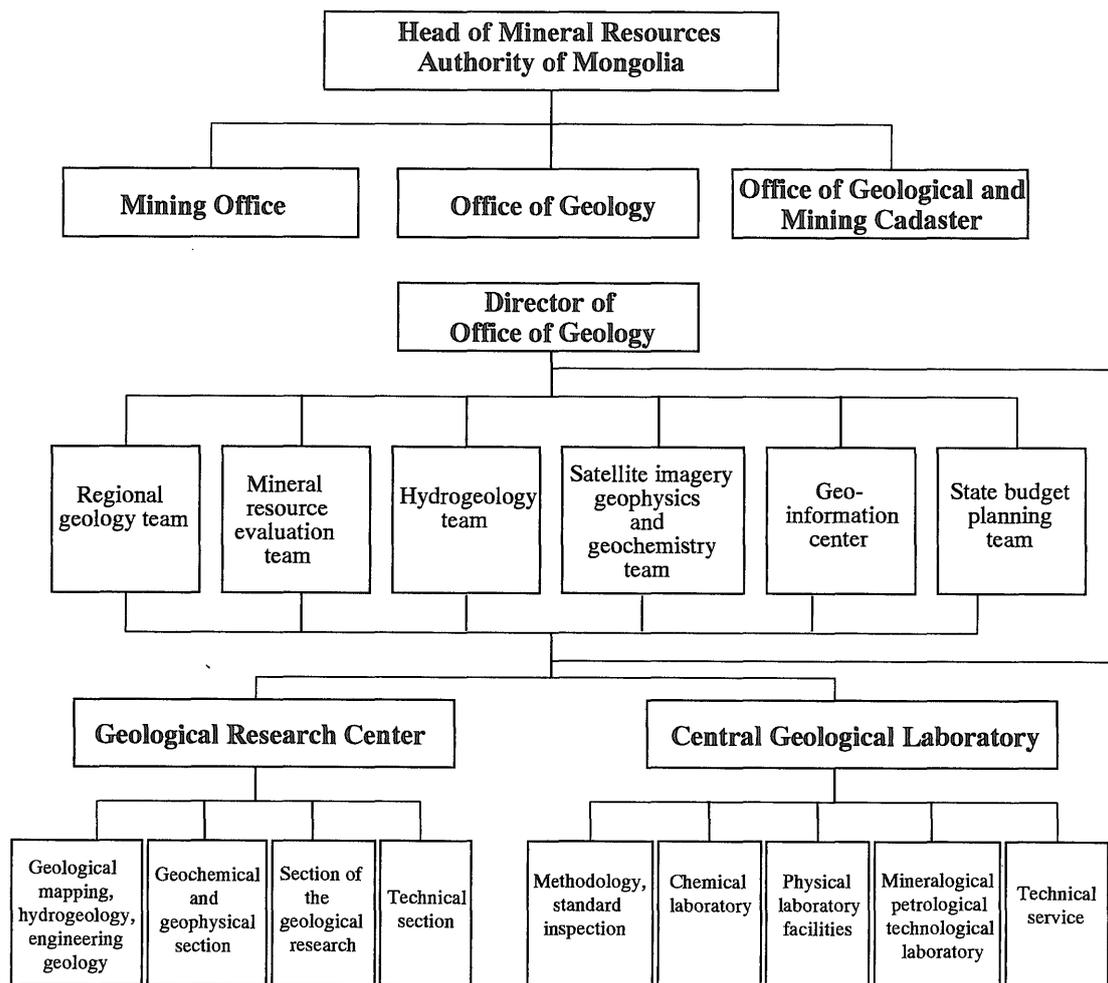
1990年以降は地質調査研究に日本、イギリス、アメリカなどからの専門家が加わるようになった。日本のモンゴルにおける地質鉱床に関する組織的な研究は、工業技術院国際研究(ITITプロジェクト)「モンゴルの地下資源探査・開発技術の研究」(平成3年度-平成6年度)である。この研究では西部山岳地域のモンゴルアルタイ地区地質概査、中南部地域のゴビ地区オイルシェール調査、北東部地域の金・銅・亜鉛鉱床概査、エルデネット鉱床の概査と精査が行なわれた(地質調査所編、1996)。

日本による資源開発協力調査事業としては、1991-1993年度に行なわれたモンゴル東・南部のオーダムタル地域における銅・鉛・亜鉛を対象とした調査、1992-1995年度のモンゴル東北部ツアブ鉱床(金・銀・鉛・亜鉛)調査、1994-1995年度のモンゴル中央南部のアルタンタル地域の広域調査、それに1996-1997年度実施のモンゴル中央部よりやや西よりのツアガンツアヒルウール地域の金鉱床調査がある。このほかエルデネット銅鉱山に対して近代化計画調査も行なわれた。これらの調査結果については部数限定の報告書のほか、要点は資源地質(資源地質学会誌)や海外鉱業情報(金属鉱業事業団)に掲載されている(例えば海外部計画課、1998)。

恐竜を中心とした大型化石の研究も国際共同で行なわれるようになった。日本の博物館によるモンゴル古生物研究者に対する支援は特筆できる(林原自然科学博物館準備室、1995)。

3.2 国の地質調査機関

既に述べたように1939年に鉱山鉱物資源トラストが設立され、それは地質調査所となり、国家的地質調査事業の遂行、各種地質図類の整備や多くの鉱床の発見に貢献した。社会主義体制崩壊直前、地質エネルギー鉱山省が



第4図 モンゴル国農牧業産業省の地質調査機関 (Mineral Resources Authority of Mongolia, 1997より)
 Fig. 4 Organization of geological investigation in Ministry of Agriculture and Industry, Mongolia (Based upon Mineral Resources Authority of Mongolia, 1997)

統括する地質調査・研究機関は8機関あり、加えて各県に置かれていた地方地質調査隊が現業業務（地質調査・資源探査）を行っていた。この当時地質調査事業に関係する全職員数は約7-8千人、うち研究者・技師は約4-5千人を数えていたという（坂巻, 1995, 1997）。

1992年から1993年にかけて地方地質調査隊は全て民営化した。直属の機関の再編も行なわれ行政のスリム化が進んでいる。地質エネルギー鉱山省は重工業省に編入、次いで国立地質センター、地質鉱物資源省へと移行した。これらの組織の下にあった地質鉱物資源研究所、中央地質分析所、地質情報センターは、統一されてモンゴル地質調査所が設立された。しかし、統一されたのもつかの間、モンゴル地質調査所は再び野外調査を主とする地質鉱物資源研究所、各種試料の分析を担う中央地質分析所、地質情報の管理を行う地質情報センターに分割された。これらの鉱業機関の再編成に伴いこれら3機関は1996年に農牧業産業省地質鉱山局地質課に属した。さらに1997

年夏には地質鉱物資源研究所の研究部門は科学アカデミーに移行し、農牧業産業省には新たな地質調査機関として地質調査センターが設立された。この組織はそれまでの地質調査公社「ツアヒルカンパニー」を母体としたもので、主に地質図幅調査と日本・ドイツ・チェコスロバキアなどの国際プロジェクトの受け皿となっている。

ここで現在の農牧業産業省における地質調査機関を整理してみる（第4図）。農牧業産業大臣の下に省とは独立した形で鉱物資源実施庁（Mineral Resource Authority of Mongolia）が設置された。同庁の下に鉱山局（Mining Office）、地質局（Office of Geology）、鉱山登記局（Office of Geological and Mining Cadaster）が置かれている。地質局の英訳にはMongolian Geological Surveyをあてることもある。地質局の下には地域地質、鉱物資源評価、水文地質、衛星画像解析、地質情報、会計・企画の各課がある。これらの課は現業部門として存在する地質調査センターと中央地質分析所のそれぞれの部門（機能）を

個別に監督している。

モンゴルではかつての地方地質調査隊から民営化した地質調査会社が国土の系統的調査を請負っていて、1/20万地質図幅は国土の80%、1/5万地質図幅は9%がカバーされている。ただしこれらの地質図は印刷出版の形をとっていないので、希望者は地質情報センターで閲覧やコピーすることとなる。これらの地質図を検索するために、モンゴルの地図上にグリッドを切って地質図の範囲とオープンファイル番号を記したインデックスマップが準備されていて、付属する冊子に番号順にレポートの英文タイトル、担当者、調査実施期間、重要な鉱種が記されている(State Geological Fund, 1997a, b)。1/5万と1/20万地質図のインデックスマップは毎年更新され実費で手に入れることができる。このほかモンゴル全域にわたる小縮尺地質図や鉱物資源図が印刷出版されていて外国人も容易に購入できる(例えば、State Geological Fund, 1995, 1996)。

3.3 科学アカデミー

現在のモンゴル科学アカデミーの地質系研究所には古生物学センターと地質鉱物資源研究所がある。古生物学センターには恐竜の研究で有名な所長のBarsbold博士やDashzeveg博士をはじめ、古生物研究者が多数いる。アメリカや日本との南ゴビにおける恐竜発掘調査も盛んに行なわれている。同センターは化石クリーニングを行う独立したラボを有している。このほかモンゴルの動植物化石研究の中核となって大学・地質鉱物資源研究所・地質調査センターの研究者も加えて総合的な研究を進めている。

現在の地質鉱物資源研究所は農牧業産業省傘下の旧地質鉱物資源研究所と科学アカデミー地質研究所地質研究室が合体したものである。所長はテクトニクスを専門とするTomurtogoo博士で、次長のBadarch博士もテクトニクスを専門としている。Badarch氏はモンゴル地質学会会長でもある。同研究所で行なわれている主要なプロジェクトは、レイク帯(ヌール・アルタイ帯のうち中部モンゴル帯に接した島弧的性格を有する帯)や南ゴビのテクトニクス・火成活動・メタロジェニー・モンゴルの1/100万地質図の編纂・西モンゴルの水文地質図などである。その他生層序や鉱床評価のプロジェクトも行なっている。なおアメリカ地質調査所が主導している東アジアの鉱物資源図プロジェクトのモンゴル側担当機関は、この地質鉱物資源研究所である。

3.4 大学

ウランバートルにモンゴル技術大学とモンゴル国立大学の二校があり、それぞれに地質学教室がある。モンゴル技術大学の地質鉱物学部は1960年に設立され現在は4つの学科と1つのセンターからなる。すなわち地質鉱物

学科、鉱業工学科、電気鉱業工学科、石油工学科それにトレーニングセンターである。

地質鉱物学科は地質学専攻と地球物理学専攻からなる。学部教育に加えて修士課程と博士課程もある。手許の大学案内資料によるとこれらに在籍する学生は総勢140名である。規模として日本の新制大学の地球科学系教室と同程度と考えて良いかも知れない。授業科目は1-2年次に地質学序説的な科目と数学・物理学・化学・外国語が必修である。3-4年次で専門的な科目が組まれている。現在の日本の教室と比べ資源関連の科目のウエイトが大きい印象を受ける。野外実習に1年次5週間、2年次6週間、3年次8週間、4年次12週間あてられている。4年次終了後数カ月の間に卒業研究をまとめる。この時点で多くの学生は就職している。仮採用なものであろうか。地質系学生の就職は良好で、ことに最近では外資系探査会社に就職することが多い。

モンゴル技術大学と交差点を挟んでモンゴル国立大学がある。同大学の地質学教室は技術大学に比べて石炭などのエネルギー資源に力を注いでいるようである。このほかウランバートルの北約250kmにあるモンゴル第2の都市ダルハンには地質系の専門学校があり国内の現場の技術者の養成を行っている。

3.5 最近の研究活動

モンゴルの地質研究活動は1990年以前は旧ソ連や東ヨーロッパとの結びつきが強く、その成果は従来ロシア語かモンゴル語で発表されてきた。社会主義体制解体後の経済的混乱が続く中でも研究意欲は旺盛である。例えば1996年の北京のIGCにはモンゴルから多数の研究者が参加し、成果が英語で発表された。モンゴル国内での研究集会も最近再び活発になってきた。

先に述べた地質調査機関のうち各種分析を一手に引き受けている中央地質分析所では、1997年11月に同所創立40周年記念事業として「鉱物資源の調査・分析」という会議を行った。会議で18の口頭発表が行なわれた。要旨集にはその口頭発表分を含め総計37編の論文が収められている(Central Geological Laboratory, 1997)。発表内容は化学分析の精度や再現性からモンゴルの石炭の岩石学的性質まで幅が広い。

1998年4月には層序・古生物学及び岩石・鉱物学に関する研究集会が大学と研究機関の研究者合同で行なわれた。層序・古生物学研究集会では15の講演が、岩石・鉱物学集会では14の講演が行われた。総じて質疑応答は盛んで、また個人講演後の総合討論も活発であった。この種の各分野の研究集会を今後年に一回行いたいという意見も多く出た。講演の多くはモンゴル語で行なわれたが講演の要旨は英語の出版物となっている。

同年10月には農牧業産業省地質局が核となってモンゴル初の英語を使用言語とする国際セミナーが行なわれた。

セミナーの名前は「東ユーラシア地質セミナー」で約60の講演が行われた。内容は資源地質、構造地質、層序学、岩石学、分析解析法と多岐にわたる。モンゴルからの多くの発表に加え、ルーマニア、オーストリア、フランス、ドイツそれに日本からも論文発表があった。また、在モンゴルの外資系会社の地質技術者が情報収集のため出席し国際色豊かなセミナーとなった。

4. あとがき

モンゴルから発進される地質情報は、要旨や論説として英文の地質定期刊行物“Mongolian Geoscientist”に掲載されている。このためモンゴルでどういった研究が行われていて誰にコンタクトすればよいか容易にわかる。同誌の抜粋を付録に付けたので参考にさせていただきたい。同刊行物は日本では地質調査所のほか、モンゴルと関係の深い大学の地球科学分野の教室、国際協力事業団で容易に閲覧することができる。

小論をまとめるにあたり、資源エネルギー地質部中嶋輝允氏には粗稿を読んでいただき内容に関する初歩的な間違いを指摘していただいた。モンゴル技術大学Ch. Minjin教授は著者の疑問点に丁寧に答えてくださった。情報管理普及室平野英雄氏からは原稿を改良する上で有益な助言をいただいた。ここに感謝の意を表します。

文 献

- Baras, Z. (1993) モンゴルの主要鉱物資源と鉱業の現状 (モンゴル国鉱業の現状講演抄訳). 海外鉱業情報, 1993.4, 33-39.
- Bat-Erdene, D. (1993) モンゴルの鉱物資源とポテンシャル (モンゴル鉱物資源セミナー講演抄訳). 海外鉱業情報, 1993.8, 25-37.
- Central Geological Laboratory (1997) Abstracts of “Research and Analytical Works of Mineral Resources”. 99p. (In Mongolian)
- 地質調査所編 (1996) モンゴルの地下資源探査・開発技術の研究. 工業技術院国際研究協力課, no. 91-1-3, 139p.
- Damdinsuren, M. ed. (1998) *Gold of Mongolia*. Interpress, 174 p.
- Dejidmaa, G. and Naito, K. (1998) Previous studies on the Erdenetiin ovoo porphyry cooper-molybdenum deposit, Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **49**, 299-308.
- Gerel, O. (1998) Phanerozoic felsic magmatism and related mineralization in Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **49**, 239-248.
- 林原自然科学博物館準備室 (1995) モンゴル恐竜調査の夢. 山陽新聞社, 230p.
- 樋口三岐子 (1997) モンゴル国第2の鉱山会社「モンゴルロスツヴェトメト」. ぼなんざ, 1997.6, 15-19.
- 樋口三岐子・村尾 智・佐藤芳治 (1997) モンゴル国ブンバッド金山の概要. ぼなんざ, 1997.7, 4-12.
- Jargalsaihan, D., Kazmer, Z., Baras, Z. and Sanjaadorj, O. (1996) *Guide to the geology and mineral resources of Mongolia*. GCS, 329p.
- 海外部計画課 (1998) 平成9年度資源開発協力基礎調査結果の概要. 海外鉱業情報, 1998.9, 1-32.
- 蟹澤聰史 (1999) モンゴルの火成活動. 地質ニュース, no.534, 31-40.
- 木村 学 (1997) テクトニクスと造山運動. 岩波講座地球惑星科学9, 187-276.
- 岸本文男 (1979a) モンゴルの斑岩銅鉱床の開発. 地質ニュース, no.299, 49-55.
- 岸本文男 (1979b) 新鉱床の発見つづくモンゴル. 地質ニュース, no.299, 56-57.
- 岸本文男 (1982) モンゴルとその螢石鉱床 (1). 地質ニュース, no.329, 25-34.
- 岸本文男 (1983) モンゴルとその螢石鉱床 (2). 地質ニュース, no.349, 28-40.
- 岸本文男 (1984) ゴビの大地で. 地質ニュース, no. 357, 47-51.
- 久保田博志 (1997) モンゴルの最近の鉱業状況～投資環境と金鉱床開発～. 海外鉱業事情, 1997.7, 35-50.
- 栗本史雄 (1997) モンゴル草原, バヤンホンゴルを訪ねて. 地質ニュース, no.509, 49-58.
- Lamb and Badarch (1997) Paleozoic Sedimentary Basins and Volcanic-Arc Systems of Southern Mongolia: New Stratigraphic and Sedimentologic Constraints. *International Geology Review*, **39**, 542-576.
- Lkhamsuren, J. and Hamasaki, S. (1998) Fluorite deposits in Mongolia; an outline. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **49**, 309-318.
- Mineral Resources Authority of Mongolia (1997) Mining Investment Environment of Mongolia. 9p.
- Mossakovsky, A.A., Ruzhentsev, S.V., Samygin, S.G., and Kheraskova, T.N. (1994) Central Asian Fold Belt: Geodynamic Evolution and Formation History. *Geotectonics*, **27**, 445-474.
- 西川有司 (1997) 草原の国モンゴル・資源フロンティアへ始動—世界銀行の国際鉱業投資会議が開催—. ぼなんざ, 1997.7, 13-21.

- 荻津 毅 (1992) モンゴル. 海外鉱業情報, 1992.12, 23-26.
- 荻津 毅 (1993) モンゴル. 海外鉱業情報, 1993.12, 37-41.
- 坂巻幸雄 (1995) モンゴル地質調査・研究事業の変遷と現況. ぼなんざ, 1995.5, 5-9.
- 坂巻幸雄 (1997) モンゴルの科学研究見たまま. 日本の科学者, 32, 89-93.
- 佐藤壮郎 (1991) モンゴルへの旅. 地質ニュース, no.438, 39-51.
- Sawada, Y., Batbold, D., and Enkhtuvshin, H. (1996) Carbonatites in the East Africa and Mongolia. *Earth Science*, 50, 207-212.
- 資料情報係 (1982) 経済地理メモー社会主義編ー(8) モンゴル. 地質ニュース, no.329, 53-54.
- State Geological Fund (1995) Geological Map of Mongolia, Scale 1:3,200,000.
- State Geological Fund (1996) Mineral Resource Map of Mongolia, Scale 1:3,200,000.
- State Geological Fund (1997a) 1:50,000 Scale Geological Mapping, 11p.
- State Geological Fund (1997b) 1:200,000 Scale Geological Mapping, 11p.
- Takahashi, Y., Oyungerel, S., Naito, K., and Delgertsogt, B.(1998) The granitoid series in Bayankhongor area, central Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 49, 25-32.
- Tayer, N. (1996) OIL-Black Gold. *Far Eastern Economic Review*, Oct. 31, 48-49.
- Tseden, T., Murao, S. and Dorjgotov, D. (1992) Introduction to Geology of Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 43, 735-744.
- Tomurtogoo, O. (1997) A new tectonic scheme of the Paleozooids in Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, no. 3, 12-19.
- 横川勝美 (1995) モンゴル. 海外鉱業情報, 1995.11, 12-14.
- 横川勝美 (1996) モンゴル. 海外鉱業情報, 1996.11, 59-61.

付 録

Mongolian Geoscientist論説題目

No.1 October 1, 1996

G. Dejidmaa: Gold Metallogeny of Mongolia.

No.2 January 1, 1997

Sh. Batjargal, J. Lkhamsuren and D. Dorjgotov:

Lead-Zinc ore deposits in Mongolia.

D. Dorjgotov, S.Murao, T. Nakajima and Sh. Batjargal: Genetic types of Mesozoic lead and zinc deposits in the Dornod Metallogenic Zone (DMZ) of Mongolia.

J. Sodov: On the Middle-Upper Jurassic biostatigraphy.

B. Delgerzagt: Tectonic setting and mineralization features of the Shuteen ring structure.

No.3 April 1, 1997

F. Tungalag: Stratigraphy and structural geology of Precambrian and Paleozoic strata in Bayankhongor area.

O. Tomurtogoo: A new tectonic scheme of the Paleozooids in Mongolia.

S. Murao, G. Dejidmaa, H. Kume, S. Jargalan, Y. Sato and M. Kurosawa: Characterization of Mongolian gold grains: progress and prospects in Japan-Mongolian cooperation.

No.4 July 1, 1997

Y. Takahashi, S. Oyungerel and B. Delgertsogt: Chemical features of granitic rocks, central Mongolia.

No.5 October 1, 1997

G. Bat-Erdene and M. Todbileg: Jon Gol chromitite occurrence.

Y. Takahashi, S. Oyungerel and B. Delgertsogt: Petrography of some dioritic bodies in the Bayankhongor area, central Mongolia-Special reference to relationship between plagioclase twinning laws and geological setting.

No.6 January 1, 1998

S. Tuul: Analytical work of chemistry laboratory and its quality and control system.

B. Erdenebayar and A. Karivai: Application of X-ray Fluorescence Spectrometry to the elemental analysis of geological samples in the Central Geological Laboratory.

T. Tsetsegmaa: Determination of Ultra-traces of gold in Geological samples by graphite-furnace atomic absorption spectrometry.

D. Baterdene: Impact of large scale mining on economy of Mongolia.

Y. Watanabe: Style of El Salvador porphyry-Cu deposit, Chile.

No.7 April 1, 1998

- D. Bat-Erdene: Mineral development policy and its importance.
- Y. Takahashi, S. Oyungerel, K. Naito and B. Delgertsogt: Geology and magnetic susceptibility of granitoids in Bayankhongor area, central Mongolia.

No.8 June 1, 1998

- F. Tungalag: Carboniferous crinoids of Bayankhongor area.
- S. Oyungerel: Petrography of the granitoids in Bayankhongor area.
- Y. Arakawa, K. Naito, Y. Takahashi, S. Oyungerel and H. Amakawa: Rb-Sr whole rock isochron age of Daltyn-am Complex in Bayankhongor area, central Mongolia.
- G. Eenjin and R. Forbes: Structure and mineralization of Tsagaan-uul region (pre-Huvsgol, northern Mongolia).
- S. Ariunbileg and P. Hosbayar: Geochemical features of porphyry copper mineralization in Bayan-uul occurrences.

No.9 August 1, 1998

- T. Sainzaya, Y. Kanazawa and Y. Seki: Mineralogical studies on the rock weathering of some rocks in southern Abukuma Plateau, Japan.
- N. Ichinnorov: Palynology characteristic of the lower Cretaceous deposit Aduunchuluu, Mongolia.
- N. Ichinnorov: New palynomorph assemblage

from the Lower Cretaceous sediments of Bayan-Erkhet, Mongolia.

- A. Perle: The primitive models of the pelvic and hind limb structures-muscles of reptiles (lizard, crocodiles and bird).

No.10 October 1, 1998

- D. Byambasuren and Y. Watanabe: Khan uul Au prospect in the Bayankhongor area.
- G. Badarch and D. Orolmaa: Overview of the Geology and Tectonic evolution of Southern Mongolia.
- D. Batulzii: Shoshonite latitic magmatism of Eastern Mongolia.

No. 11 December 1, 1998

- J.P. Deroin, C. Delor, A. Cocherie, P. Maurizot, D. Gansukh, and S. Belan: Magmatism and transcurrent faulting in the Ulaanbaatar Basin (Mongolia, Central Asia): the Early Mesozoic dextral-shearing of a Palaeozoic series.
- B. Kotlyar, T. Drown, F. Tungalag, and O. Gantsetseg: Two types of mineralization in the North Khentei gold tend.
- D. Tomurhuu: Alkaline basalts in the Jida zone: Remnant of a Paleoseamount (North Mongolia).
- D. Tomurhuu: Narmandal ophiolite complex of Jida zone.
- Y. Watanabe: Role of Permeability in Mineralization Systems.

(受付: 1998年11月6日; 受理1999年1月18日)