

## 第2回日本鉱物科学会・モンゴル資源地質学会合同現地地質見学会報告 (2012年モンゴル鉱山見学記)

日程：平成24年9月3日～9月6日

参加者：渡邊公一郎（九州大学・工学研究院）、高橋裕平（産業技術総合研究所・東北産学官連携センター）、中西哲也（九州大学・総合研究博物館）、宮本 真（九州大学・工学研究院）、瀨瀬佑衣（名古屋大学・環境学研究科）、紅梅（名古屋大学・環境学研究科） 計6名

案内者：S. Jargalan (Mongolian University of Science and Technology)、B. Bold-Erdene (Mine Info LLC)、N. Tungalag (Institute of Geology and Mineral Resources)

見学地域：9月3日ウランバートル発エルデネット着、9月4日エルデネット鉱山、  
9月5日ボロー鉱山、9月6日テレルジ（花崗岩とペグマタイト）

### 9月3日

10時、ウランバートルのボヤージュホテルに参加者が揃い、2台の車両で出発した。ウランバートルは急速な都市化で交通渋滞がひどく、市内を出るのが難儀である。また、市内の空気は排気ガスと埃で霞んでいる。それでもこの季節はまだ良く、冬になると石炭ストーブの煙でスモッグが濃くなる。

ウランバートル市内を出ると草原の平地や丘を通り抜けひたすら北に向かう。途中、オボー(石を積み上げたケルンのようなもの)で旅の安全を祈念した。さらに進むと窓越しに3日目に見学するボロー鉱山のズリ山を見ることができる。

ウランバートルから北約220kmのダルハンで少し遅い昼食をとる。ダルハンはモンゴルで2番目の都市で鉄鋼業等の工業が盛んな所である。

ダルハンから西へエルデネットに向かうが、途中幹線から北に外れた寺院に寄る。漢字で「勅建慶寧寺」と書いてある。フランスの観光ツアーの一団もおり、北部の観光のポイントらしい。ラマ僧が仏典などの説明をしていた。清朝時代の寺院であるが、最近造った参道などがあり、寄進があり栄えているようだ。

エルデネットには21時到着、すぐに食事を摂り、明日に備える。モンゴル側は温泉がなく申し訳ないと言っていたが、ここはモンゴル、その空気を吸えるだけで十分である。

### 9月4日

朝食後、エルデネット鉱山へ向かう。鉱山入口でパスポートのチェックなどを経て、まずは事務所で地質部長トーシンバヤル氏を表敬した。この地質部では埋蔵量の把握や新たな鉱床発見に向けた調査などを行なっている。また、日本から試錐装置が供与され有効に利用されていることの紹介があった。鉱山はモンゴル(49%)とロシア(51%)の合弁の国営鉱山で、現在300人のロシア人が働いているそうだ。

1日7-8トンを採取し、年間では2500万から2600万トンの採掘となる。これは粗鉱で品位0.5%余りとして13-15万トンの銅に換算できる。ただ、モンゴルでは精錬に至らず精鉱の形でロシアに送られている。一部、カソード法(SX-EW法)で純銅を得ているが量的には少ない。

現場の案内は地質技師のチョロン氏である。2007年頃から働いているとのことである。まずは展望台で、現在の採掘状況を鳥観し、概要の説明を受けた。現在採掘しているのは北西鉱体である。広さの数字を聞き及ばなかったが、かつての見学記(内藤・須藤, 1999)によると東西1.6km、南北1.2kmで展開されている。内藤・須藤(1999)の報告の時点では深さ130m程度しか掘り進んでいなかったが、現在は400m掘り進んでいる。このレベルで鉱体の二次富化鉱をほぼ掘り尽くすことになる。現在は銅の品位は0.53%であるが、今後は下部の初生鉱となり品位が下がる。それでも今後24年間は掘り続けられるそうだ。また、この北西鉱体の南東には中央鉱体があり、それを来年から開発を始めるとのことであった。この中央鉱体は40年間稼働予定である。

鉱山付近はペルム紀の花崗閃緑岩や花崗岩からなるセレンゲ複合岩体が広く分布し、それにペルム紀末から三疊紀初めの各種斑岩からなるエルデネット複合体が貫入している。エルデネット複合体の分布域と、高品位鉱分布域と強変質域が一致することなどから、鉱床はエルデネット複合体の貫入に伴い形成されたと考えられている。

展望台で鉱山の採掘状況の雰囲気概略をつかんだ後(写真1)、展望台に残置してある見学者への説明試料の花崗閃緑岩を観察する。鉱化部の黄銅鉱、黄鉄鉱、斑銅鉱、孔雀石、藍銅鉱などを観察する。

ホストのセレンゲ複合岩体（花崗閃緑岩）が鉍化したものという説明であった。

展望台から約400m下った現在の採掘場に至り、採取状況や鉍石の観察・採集を行う。採掘は大型(30m<sup>3</sup>)のパワーショベルと120トン積みのダンプトラックで鉍石の採取と運搬が行われている(写真2)。

展望台で観察した試料の銅鉍物のほかにここでは輝水鉛鉍の良好な標本も採取できた。エルデネット鉍山では銅の副産物としてモリブデンが採取されていると聞かされていて、精錬過程で抽出されるに過ぎないという印象だったが、立派な標本である。このほか微量成分で金などさまざまな有用金属が含まれるということであるが、今のところ対象鉍種となっていない。

観察と試料採集後、そこから南南東35kmにあるシャンド(Shand)探鉍地区に移動した。到着したのが14時で、キャンプでツォイワン(肉焼きうどんのようなもの)を昼食として用意していただいた。

ここは、ソ連時代に鉍体の予想がなされていた地区で、現在行なっている探鉍では、比抵抗法などで絞り込みを行い、試錐で確認を行なっている。銅品位が0.1-0.2%で100万トンの銅が見込まれている。試錐の岩芯は平地に広げてあり容易に観察できる。変質はあまり進んでおらず、また、一瞥した限り高品位部は目立たない。相場をにらみながら操業を始めるのかもしれない。

夕方、再び鉍山事務所に戻り小休止した。そこで案内者のジャルガラン(Jargalan)氏が20年ぶりにかつての同僚と邂逅した。これはまったく偶然であつたらしい。社会主義の崩壊に伴い当時の地方の地質調査機構(Geological Expedition)が解体され、消息しれずになっていたようだ。

時間が迫っていたのでエルデネット鉍山から180km、再びダルハンへ向かい、21時にホテルに到着する。すぐに夕食を摂り、アルコールなどは控えめにして翌日のボロー鉍山見学に備える。

## 9月5日

朝8時過ぎにダルハンのホテルを出発。町の出口ではアイアンマン(写真3)が我々を見送ってくれ、ダルハンが鉄の町である事を再度認識した。そのまま幹線道路を南下し約30km離れたボロー鉍山へ向かう。

鉍山は幹線道路のすぐ脇に位置するが、丘を一つ隔てるため、ピット自体は道路からは見えない。代わりに周辺に探鉍のトレンチが見られる。幹線道路から脇道に入り、5分程すると鉍山事務所と露天採掘場が見え始める。鉍山入口では入念な持ち物検査とアルコールチェックが行われる。前日のエルデネット鉍山と異なり、アルコールの持ち込みは厳禁で、二日酔いも許されない。無事に全員チェックを通過し、ヘルメット、防護メガネ、安全ベストを着用した後、鉍山の車でオフィスへと向かう。ボロー鉍山は、現在2年間無事故という事で安全管理が徹底している。オフィスでは、地質技師のバドバヤル氏から鉍山の地質概要について説明を受け、引き続きコアハウスで古い試錐岩芯を見せて頂いた。昼食の後、バドバヤル氏の案内でピットの見学を行った。

ボロー金鉍床は古生代の堆積岩と、そこに貫入した花崗岩を母岩としており、花崗岩の年代は約190Ma前後の値が得られている。鉍床は造山型金鉍床に分類されており、主に花崗岩中に発達した鉍染状の硫化物と石英脈からなる。主な硫化物は黄鉄鉍、方鉛鉍、閃亜鉛鉍と硫砒鉄鉍であり、硫砒鉄鉍は母岩中、石英脈中共に自形結晶が認められる。金は砒素とよく相関しており平均品位は3g/t前後であるが、部分的に高品位の石英脈が存在し、1000g/tにおよぶ。

ボロー鉍山は、モンゴル初の露天採掘の金鉍山であり、2004年の生産開始以来、これまでに約50トンの金を産出している。露天採掘は北東から順にピット2、3、5、6が稼働されてきたが、現在ピット6がほぼ終掘に近づき、2014年度には採掘が終了する予定になっている。現在は0.2~0.8g/tのサブグレードの鉍石を山積みし、ヒープリーチングの準備を行っている(写真4)。

ピットの見学は、まずピット6で現在採掘中の露天採掘場を遠望し(写真5)、続いてピット5、ピット3の順に行われた。ピット5では、スラスト断層とされている低角のボロー断層と、フラワー構造と呼ばれる鉛直方向の横ずれ断層、および閃緑岩の岩脈の関係が良く観察できた。また、幸運にもボルド氏が自然金を含む高品位鉍石の転石を発見した。鉍山全体では、黄銅鉍はほとんど見られないが、自然金は孔雀石、藍銅鉍に伴われて産出している様子がよくわかる(写真6)。ピット3は採掘終了に伴い溜まった雨水により、入口付近での見学となったが、ピットの壁面で花崗岩の貫入により砂質片岩が屋根岩として残った様子を良く観察できた(写真10)。

鉍山見学後は、ウランバートルへと戻る途中のゲルで小休止し、馬乳酒(アイラック)を頂いた。馬の乳を発酵させた酒で、独特の酸味が特徴的である。ウランバートルでは、日本での巡検に参加したバツテルデン氏が加わり、イタリアンレストランでの会食となった。西ゴビ地域での浅熱水鉍床やシ

リカシターの存在についての情報を聞き、今後の学術調査の対象を考える上で有意義な時間となった。

## 9月6日

10時にホテルのロビーに集合して、2台の車でウランバートル市内から東に向かった。まずは、ウランバートルから50kmほど東のエルデネ村にあるチンギスハーン像テーマパークに向かった。テーマパークには高さ40mのチンギスハーン像があり、彼の故郷がある東南方向を向いていた。また、博物館も併設されているが、あいにくこの日が停電だったため、資料室を見学することができなかった。しかし、案内の方の交渉のお陰で、建物の中に入れてもらう事はでき、エントランスに展示してある高さ9mの巨大なモンゴルの靴のモニュメントや、土産ショップの資料などを閲覧する事ができた。資料の本には、紀元前後に作られた馬やヤギなどの家畜をモチーフにしたナイフや装飾品が解説してあった。

12時半ごろにテーマパークを後にし、テレルジ国立公園に向かった。昨日までのなだらかな丘が続く風景とは異なり、荒々しい山がせせり立つ地形で、至るところに動物のような形に見える花崗岩の大きな岩が見られた(写真7)。これらはゴルヒ花崗岩(Gorkhi granite)と呼ばれており、黒雲母のK-Ar年代は205-220Maが報告されている(Gerel and Lkhamsuren, 1999)。まずは、13時ごろにレストランに入って昼食を注文したが、準備に1時間ほどかかるとの事だったので、近くの花崗岩を観察した。国立公園であるため、ハンマーの使用は禁止されているが、風化によって岩石片がたくさん落ちており、灰色の煙水晶らしきものも見られた。テレルジにはかつて水晶を掘っていた鉱山があり、7トンを超える巨大な水晶の塊が取れたこともあったらしい。昼食をとった後は、蛙岩(亀岩)と呼ばれる花崗岩に向かった。モンゴル人の案内の方の説明では“蛙”らしいが、ガイドブックには亀岩と記されており、実際に見た感じも甲羅を背負った亀の姿に見えた。近くによって見ると、5cm以上ある長石の巨大な斑晶が観察できた。また、ところどころに細粒で塩基性に見えるエンクレイグも観察された。

その後、別の花崗岩の山に移動してペグマタイトを探した。山の傾斜は急で、登るのが大変だったが、ところどころに人や家畜が歩いたような細い道があり、それをたよりに山を登った。目をこらして足元を観察すると、白や黒の水晶の塊が落ちていた。また、山の一部にはガレが見られ、近くによってみると、晶洞が確認された。その付近では、自形の煙水晶を拾うことができた(写真8,9)。

18時ごろにテレルジを後にし、ウランバートル市内に向かった。市内では相変わらずひどい交通渋滞に巻き込まれたが、20時過ぎにジャルガラン氏が手配してくれたレストランに到着した。店には、巡検に参加したメンバー以外にも、菱刈鉱山の見学で日本に来てくれたモンゴルの方が2名と、モンゴルに調査に来ていた九州大学の職員の方2名がおり、皆で楽しく食事をし、帰路についた。

## 参加者の感想

・モンゴルでは、国内の至る所で鉱微地の調査が進んでいる事を再認識した。今後モンゴルは鉱業国として発展する事が期待され、少なくとも、リスクの少ない学術研究については、日本の大学による積極的なアプローチが重要である。次回の巡検には是非多くの研究者の参加を期待したい。

・鉱山についての知識がほとんどなく、初めは理解できるか心配だったが、諸先輩からの丁寧な解説のお陰で色々勉強することができた。道中モンゴルの伝統的な食事や生活に触れる機会も多く作っていただき、貴重な体験がたくさんできた。今後もこのようなモンゴルとの交流が続くことを願っている。

・エルデネット(Erdenet)鉱山は私にとって初めて訪れるポーフィリーカップーの鉱山であり、貴重な経験をさせていただいた。特に、硫酸銅により青く染まった露頭が印象的であった。ボロー(Boroo)鉱山では露頭をゆっくり観察させていただくことができ、大陸性金鉱床の理解を深めることができた。また、道中出会った方々は皆大らかで優しく、モンゴルの気風を知ることができた。

## 引用文献

Gerel, O. and Lkhamsuren, J. (1999) The Gorkhi granite pluton with miarolitic pegmatites. Excursion Guide, International Geological Symposium on East Asia, 12p.

内藤一樹・須藤定久(1999)モンゴル・エルデネット鉱山を訪ねて。地質ニュース、534号、19-30。

(文責：高橋、中西、瀧瀬)



**写真1** 展望台からエルデネット鉱山露天掘り全容を見る。



**写真2** 採掘現場。右は130トンダンプ。



**写真3** ダルハン入り口のアイアンマン。



**写真4** ヒープリーチングのプラントと積み上げられた低品位の鉱石。



**写真5** ピット6の露天採掘場。稼働しているダンプは150トン。



**写真6** 自然金を含む高品位石英脈（写真横幅は約20cm）。孔雀石、藍銅鉱を伴う。



写真7 テレルジ国立公園の風景



写真8 ガレ場に這いつくばって標本を探す参加者。



写真9 テレルジ国立公園で採取された煙水晶



写真 10 ピット5での集合写真。 入口側から北東を望む  
前列左から渡邊、中西、バドバヤル、トンガラック、  
後列左からボルド、宮本、ジャルガラン、バドバヤル(ボロー鉱山)、高橋、纈纈、紅梅、以上敬称略。