

シホテアリン北端の金鉱床 ムノゴベルシンノエ

佐藤 興平¹⁾・Sergey M.Rodionov²⁾・円城寺 守³⁾

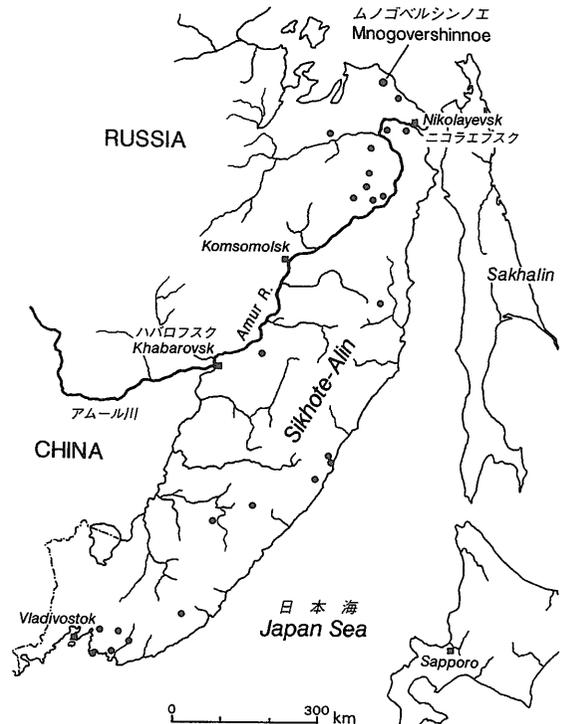
1. はじめに

ロシア極東のシホテアリン (Shikhote-Alin) 地域には、白亜紀-古第三紀の珪長質火成岩類が広く分布し、これに伴って様々な鉱化作用が見られる。この地域は錫やタングステンに富むことで知られるが(佐藤ほか, 1993a), 金の鉱化も広い範囲に分布する(第1図)。

ロシア経済全体の停滞の中で、鉱業も例外ではなく、現在(1995年)シホテアリン地域で稼行中の金鉱床は、最北端にあるムノゴベルシンノエ (Mnogovershinnoe) だけである。この鉱床は、白亜紀-古第三紀の火成活動に関係して形成された熱水性鉱脈からなり、鉱量はAu200トン余りとされ、シホテアリン地域最大の金鉱床である。ただしロシアでは、少数の例外を除いて(注1), Au50トン以上の大規模な金鉱床の鉱量は秘密とされており、正確なところは不明である。公表された文献も極めて少なく(注2), この鉱床について詳細を把握することは困難であるが、1995年10月初旬訪れる機会があったので、その一端を紹介したい(口絵参照)。日本人としてだけでなく、研究を目的に訪れた外国人としても、我々が最初とのことであった。

2. ハバロフスクからムノゴベルシンノエへ

ムノゴベルシンノエ鉱床はシホテアリン地域の最北端にあり(北緯53°57' 東経139°58'), その緯度はサハリンの北端にほぼ等しい(第1図)。ハバロフスクからの距離約700kmは、東京から函館までの距離に匹敵するから、ヘリコプターでも使わない限り、鉱山にたどり着くまで2日はかかる。最も確実に安価な交



第1図 シホテアリン (Sikhote-Alin) 地域の金鉱床の分布とムノゴベルシンノエ (Mnogovershinnoe) 鉱山の位置。Van-Van-E et al. (1992) 参照。

通手段は、アムール川の船便である(写真1, 2)。川面が氷結してしまう冬季以外は(5-10月), 河口に近いニコラエフスク(正式にはNikolaevsk-na-Amure)まで、途中の町や村を經由して毎日水中翼船が通う(注3)。片道の料金は262000ルーブル(約6100円)であった。

アムール川はハバロフスクより下流では主流部だけでも幅が1-3kmもあって、船は岸に設置された標識とレーダーを頼りに、水深の深いところを選んで航

1) 地質調査所 鉱物資源部

2) Far East Research Institute of Raw Materials

3) 筑波大学 地球科学系

キーワード: ロシア, シホテアリン, ニコラエフスク, ムノゴベルシンノエ, ベラヤゴラ, 金鉱床, 鉱脈, 白亜紀, 古第三紀, 花崗岩, 酸化型



写真1 アムール川の水中翼船



写真2 水中翼船はたいがい満席だ。背景にある売店が時々開いて軽食を売る。

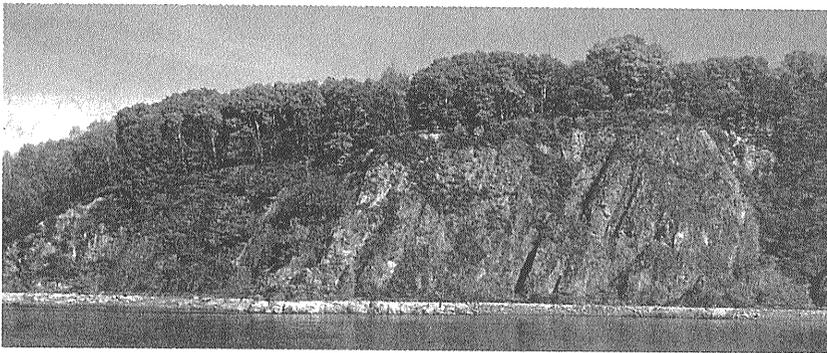


写真3 アムール川の岸辺の露頭(白亜紀の砂泥互層)。なだらかなシホテアリン地域では、こうした良好な露頭は貴重である。コムソモルスクの南約80km。

行する(注4)。水面は湖面のように静かだから、時速50-60kmで走っても船はほとんど揺れず、船室の狭さやサービスの悪さを気にしなければ、時々岸辺に現れる露頭を見ながらの快適な旅となる。ハバロフスク地方第2の都市コムソモルスク(正式にはKom-somolsk-na-Amure)までアムール川は低地(アムール低地)を流れるので、露岩を見ることはまれであるが、これより下流ではシホテアリン山脈を斜めに横断する形になるため、流域を構成する白亜紀の堆積岩や火山岩の連続露頭が河岸にしばしば現れる(写真3, 口絵参照)。

早朝ハバロフスクを出た船は、3分の2ほど走ったところで一日目の行程を終え、乗客は岸に繋がれた浮き船の宿に一泊する。宿にも船にもレストランなど無いので、基本的な食料は持参する方がよい(注5)。10月に入れば外気温は0℃近くまで下がるので、防寒具も必需品である。翌朝の出発はまだ暗い6時頃である。前日と同様の景色を半日眺めた後、昼近く

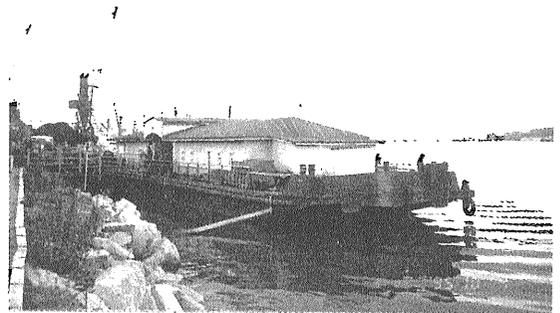


写真4 ニコラエフスクの水中翼船の船着場。護岸の石は中粒の花崗閃緑岩(帯磁率 $17-19 \times 10^{-3}$)。ニコラエフスクはアムール川の河口にひらけた主に漁業の町。

になってようやくニコラエフスクに着く(写真4)。ここから鉾山までは直線距離で約100km、未舗装だがよく整備された広い道路が通じている。しかし、バスの便はない。

ニコラエフスクに着くと、期待していた迎えの車

が来ていない。なにか手違いがあったらしい。あれこれ折衝したあげく、午後遅くになって、関連会社のジープが送ってくれることになった。どこまでも続くタイガの中を2時間半走り続けて、夕闇の迫る鉱山にたどり着くことができた。ここまで来る途中に集落は皆無だから、バスの便が無いのもまた当然なのであった。鉱山には5000人余りの人が生活しているという。低くたれこめた雲からみぞれの降りしきる鉱山町は、まさに「陸の孤島」という形容がぴったりであった(写真5)。実際に、ニコラエフスクより北側には、大きな集落はこの鉱山町を除いて全く存在せず、道路も鉱山に至る幹線道以外は未発達なため、この地域の踏査にはヘリコプターなど特別な移動手段が必要である。

3. ムノゴベルシンノエ地域の概略

3.1 地形・植生・気象

ムノゴベルシンノエ(Mnogovershinnoe)とは多数の(mnogo)頂上(vershina)という意味である。全体としては低平なシホテアリン北端部のなかで、鉱山付近は比較的標高が高く、ドーム状の形をした山頂(最高1097m)が多数ならぶ様からこの名前が付けられたという。山頂部は岩屑で被われることもある。しかしこの地域の大半は針葉樹の卓越した森林で占められ、下生えの灌木も発達するため、低地の湿地帯と共に、通過はしばしば容易ではない。鉱山に至る道路は、ニコラエフスクから100km余り低平な森林地帯を通る。この区間に露頭は全く見られなかった。

この地域の冬(11月末～4月)は、雪は少ないが風

が強く、1月の気温は通常 $-20\sim-25^{\circ}\text{C}$ で -40°C まで下がることもある。半年続いた冬が終わり、春(5月～6月前半)になっても、風はなお強く気温も 5°C 程度までしか上がらない。夏は雨期で、8月の平均気温は $12\sim18^{\circ}\text{C}$ 程度である。秋(9月後半～11月初旬)は比較的快適であるが、それでも月間の平均気温は $3\sim12^{\circ}\text{C}$ にすぎず、雪も降り始める。我々が鉱山に着いたのは10月4日であったが、運悪く翌日は吹雪の中で露天採掘場を調査することになった。「陸の孤島」の生活条件は、想像していた以上の厳しさである。

3.2 地質

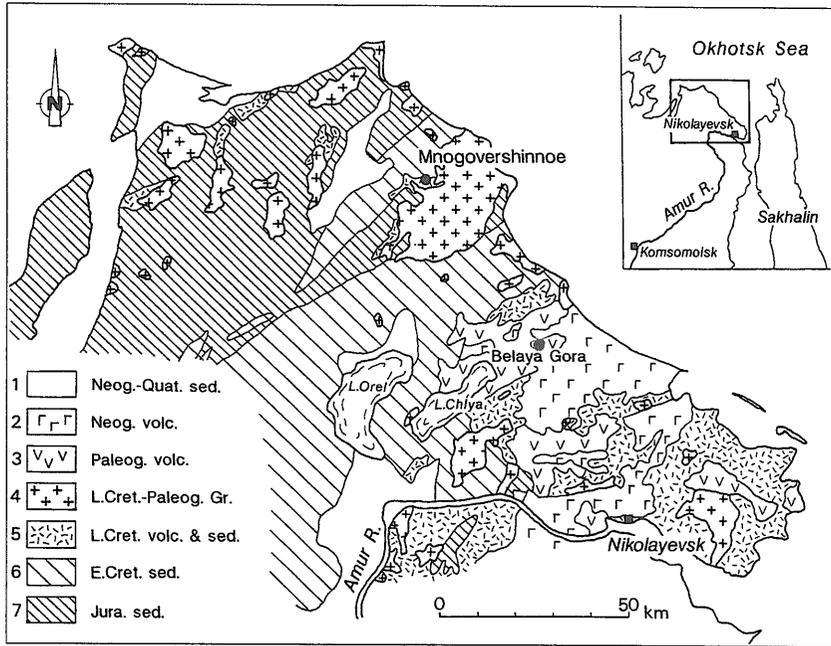
シホテアリン北端部の地質の概略を第2図に示した。この地域を構成する地質単元は、古い方から新しい方へ、(1)ジュラ紀～前期白亜紀の付加体、(2)後期白亜紀～古第三紀(初期)の花崗岩類と火山岩類、(3)古第三紀(始新世)以降の火山岩と堆積岩類、に分けられる。

1) ジュラ紀～前期白亜紀の付加体

既存の報告書に付加体と記述されているわけではないが、砂岩と泥岩を主とする複雑な構造の堆積物にチャートやレンズ状の苦鉄質火山岩を挟むとの記述から、沈み込み帯の堆積物と判断される(注6)。地域の北西部にはジュラ系が、南東部には主として下部白亜系が分布し、北東～南西方向の軸をもって褶曲を繰り返すという。ただし、前期白亜紀とされた地層にはチャートなど海洋底起源の岩石が記載されていない例もあり、下部白亜系の全てがジュラ系と一連の付加体を構成しているのかどうか必ずしも明確ではない。この地域では、前述の厳しい条件もあって、層序学的研究が十分なされていない点に注意しておく必要がある。



写真5 ムノゴベルシンノエ金鉱山の一角。5000人ほどの住民の多くは左のようなアパートに住む。



第2図 シホテアリン最北部の地質概略。

Salun (1979)を簡略化。1.新第三紀—第四紀の堆積岩類, 2.新第三紀火山岩類(玄武岩), 3.古第三紀火山岩類(漸新世の流紋岩—安山岩, 始新世の玄武岩), 4.後期白亜紀—古第三紀の花崗岩類, 5.後期白亜紀の火山岩類(流紋岩—安山岩)と堆積岩類, 6.下部白亜系, 7.ジュラ系(6-7は付加コンプレックス)。

2) 後期白亜紀—古第三紀の花崗岩類と火山岩類

シホテアリンの他の地域と同様に, この地域にも多数の花崗岩体が貫入し, 周囲の堆積岩類に熱変成を与えている。変成帯の幅は見かけ上5-6kmに達することがあるという。この地域の岩体は, 主に花崗岩—花崗閃緑岩質で, 一部は半深成岩様組織を示し, 酸化型(磁鉄鉱系)に分類される(Romanovsky et al., 1995)。これまで報告されたK-Ar年代は50-80Maのものが多いが, 同一地点でも非常に大きな変化を示すことがあって, データの信頼度には疑問も残る。しばしばAu・Mo・Cu・Pb-Znを含む石英脈を伴うが, Snの鉱化は知られていない。

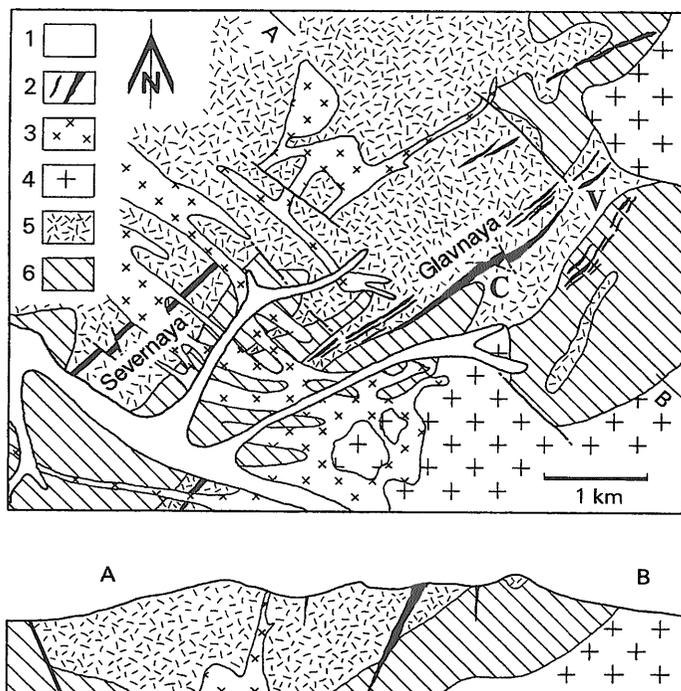
古第三紀の岩体は, オホーツク海岸に近い東部に分布する。ムノゴベルシンノエ山塊の岩体は, 花崗閃緑岩—一部石英モンゾニ岩質の早期相と優白質な斑状花崗岩の後期相からなり, 全体として後期白亜紀の岩体より大きな露出をなす(Bekchi-Ul'sky岩体)。ただし, この岩体の時代については, かなりの部分を後期白亜紀とする見解もあって(Salun, 1979), この岩体の北西縁に産するムノゴベルシンノエ金鉱

床の形成時期についても, 後期白亜紀とする見解と古第三紀とする見解とがある。

火山岩類は第2図の北部では花崗岩類に伴う比較的小規模な岩体であるが, ニコラエフスク付近から南側では広く分布し, シホテアリン東縁部に広大な分布をなす「シホテアリン東部火山岩帯」へと続く。この地域の後期白亜紀の火山岩類は, それ以前のすべての地層を不整合に被い, 全体に緩やかな構造をもつ(傾斜10-30°)。組成的には下位で安山岩—デイサイト質, 上位で流紋岩質である。長く延びた岩体の縁では, 中心部に向かって急傾斜(40-60°)を示すことがあり, トラフ状の沈降盆地を埋積したと解されている。

3) 古第三紀(始新世)以降の火山岩類

古第三紀以降の火山岩は主に始新世と中新世の玄武岩で, 地域の東部に分布し(第2図), ほとんど水平の構造をもつことで特徴づけられる。漸新世には少量の安山岩や流紋岩も噴出した。20万分の1地質図には(Kozlov and Beletskaia, 1969), きわめて小規模であるが第四紀の玄武岩も記されている。



第3図

ムノゴベルシノエ (Mnogovershinnoe) 金鉱床の地質概略。

東半分の主要鉱化地域。1kmのスケールはおおよその見積り。Bakulin (1991) 参照。断面図は筆者らの推定。Severnaya (北) 鉱脈はPromezhutochinaya (中間) 鉱脈とする資料もある。Glavnaya (主) 鉱脈のCとVは、それぞれ中央 (Central) 鉱体、上部 (Verhnee) 鉱体で、露天採掘が行われている (写真7)。

1. 第四紀堆積物、2. 金鉱脈、3. 花崗閃緑斑岩 (古第三紀?)、4. 花崗閃緑岩 (後期白亜紀?)、5. 後期白亜紀安山岩類、6. ジュラ系。3-4はBekchi-Ulsky岩体の一部 (平面図の中央下で帯磁率 $15-23 \times 10^{-3}$)。閃緑ひん岩・花崗斑岩・安山岩-デイサイト質の北西-南東系岩脈が多産するが、幅が狭いので省略。

4. ムノゴベルシノエ地域の金鉱床

この地域に砂金が産することは19世紀中頃から知られており、100年以上にわたって断続的に採掘されてきた。砂金はこの地域の川のいたる所で見出され、その上流に鉱床や鉱徴地が発見された。1959年に地質調査隊員により発見されたムノゴベルシノエ鉱床は、この地域だけでなくシホテアリン最大の金鉱床である。この地域では2番目に大きいベラヤゴラ (Belaya Gora) 鉱床は、1898年に発見され、稼行された実績をもつので、これも併せて紹介しよう。

4.1 ムノゴベルシノエ鉱床

ムノゴベルシノエ鉱床は、1980年代に開発が始まり、現在も稼行中である。これまで国営鉱山であったが、半ば民営化され、今年 (1995) からは外国企業の融資も受けて運営されている。総埋蔵量は200トン余りとも言われる。現在採掘中の粗鉱品位はAu7g/t程度のようなのだが、生産量に関する詳しい数値は公表されていない。

この鉱床は、Bekchi-Ulsky岩体の接触変成帯中に産する北東-南西系の石英脈群からなる (第3図)。鉱脈の母岩は後期白亜紀の安山岩質火山岩類あるいはその下位にあるジュラ紀 (一部前期白亜紀?)

付加体の堆積岩類で、強い熱水変質を受けている (注7)。鉱脈の規模は、走行延長50-2000mで、傾斜 (北西または南東に $60-80^\circ$) 方向には200-400mまで確認されており、脈幅は1-40mである (第4図参照)。これまで50条近くの石英脈が見出されているが、当面採掘対象となるのは2つの鉱脈 (群) で、それぞれ北 (Severnaya) 鉱脈および主 (Glavnaya) 鉱脈と呼ばれる (第3図)。現在、北鉱脈は坑内で (写真6)、主鉱脈はその中央部 (Central, 標高約600m, 写真7) と上部 (Verhnee, 北東の山頂部, 標高約700m) が露天で採掘されている。

金は石英脈とその周辺の珪化変質帯に自然金として含まれ、場所により1mの溝堀り試料でAu1kg/tに達することもある。品位は鉱脈の中心部で高い傾向があるが、富鉱部の形状は複雑で (第4図)、石英脈と一致するわけではない。肉眼では品位が判定できないので、採掘計画は多数の分析結果を基に立てられており、Au2g/t以下の貧鉱部は鉱石としては扱われない。珪化変質帯は、石英のほか少量の絹雲母や黄鉄鉱を含む岩石で、母岩の構造はほとんど残っておらず、鉱山では交代岩 (Metazomatite) と呼んでいる (写真8)。不規則な石英細脈も多産するため、中心の石英脈との境界は必ずしも明瞭では

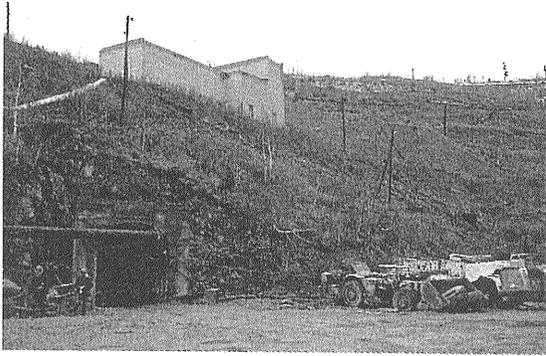


写真6 ムノゴベルシノエ鉱山の北 (Severnaya) 鉱脈 380m坑準の坑口。周囲は弱変質安山岩 (帯磁率 $7-20 \times 10^{-3}$)。



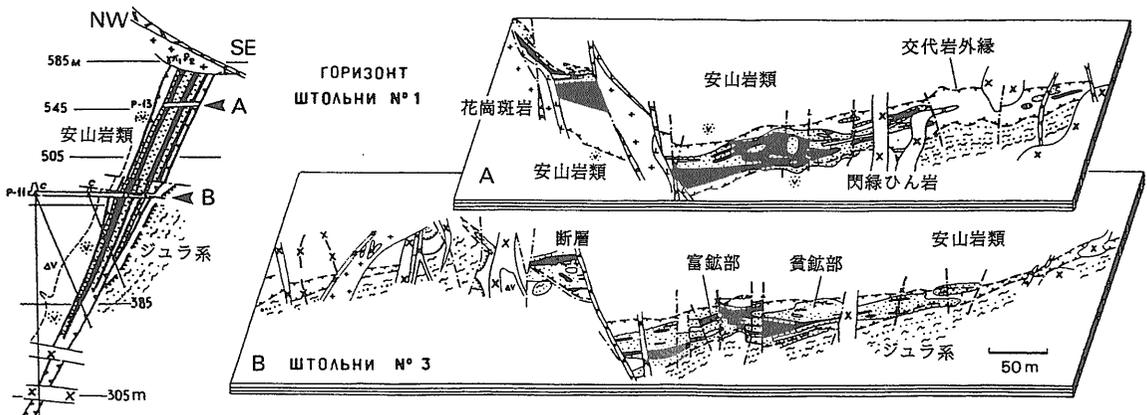
写真7 ムノゴベルシノエ鉱山の主 (Glavnaya) 鉱脈中央鉱体の露天採掘風景。吹雪の中でも採掘が続く。

ない。この変質帯の幅は40mにも及び、場所によっては石英脈とともに露天掘りによる採掘も可能である(写真7)。珪化変質帯の外側の安山岩類は、緑簾石・緑泥石・炭酸塩鉱物・絹雲母などからなる変質岩に変わっているが、原岩の構造を残している。この部分まで含めると、地表付近での変質帯の規模は幅70m以上で延長は2kmを超える。

鉱石中の金粒の大きさは通常0.2mm以下であるが(写真9)、稀には肉眼で容易に見える大粒もある。鉱体を詳しく観察すると、石英の晶出には複数の段階が認められ、Auはその最後の段階に沈澱したと考えられるという。自然金以外の金属鉱物として黄鉄鉱・四面銅鉱・硫砒鉄鉱・黄銅鉱・磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・輝水鉛鉱などが認められるが、黄鉄鉱以外は微量で、Cu・Pb・Znの含有量は0.02%以下である。

鉱石にはAgも含まれるが($<175\text{g/t}$)、その含有量はAuの2倍程度が一般的で(第5図参照)、Agに乏しい金鉱床と言えよう。Agは金粒に固溶している他に輝銀鉱(Ag_2S)としても存在するという。

鉱脈はこれと直交する北西—南東系の多数の断層や岩脈に切られており(第3, 4図)、このことは採掘上不利な条件となっている。岩脈は断層に沿って貫入したものとみられ、花崗閃緑斑岩・閃緑ひん岩・花崗斑岩・安山岩などからなり、幅は通常30cm-20mで延長は1-2kmに及ぶ。花崗閃緑斑岩脈は幅数100mに達することがある。ほとんどの岩脈は鉱脈を明瞭に切り、とくに閃緑ひん岩・花崗斑岩・安山岩-デイサイト質岩脈(幅が狭いため第3図では省略)は比較的后期のものと解される。一部には珪化や絹雲母化を受けた岩脈もあり、鉱化の時期にも貫入した可能性が考えられる(注8)。



第4図 ムノゴベルシノエ鉱床Glavnaya鉱脈中央鉱体(第3図のC付近)の鉱石の産状。左は断面図、右は平面図。Van-Van-E et al. (1992) 参照。

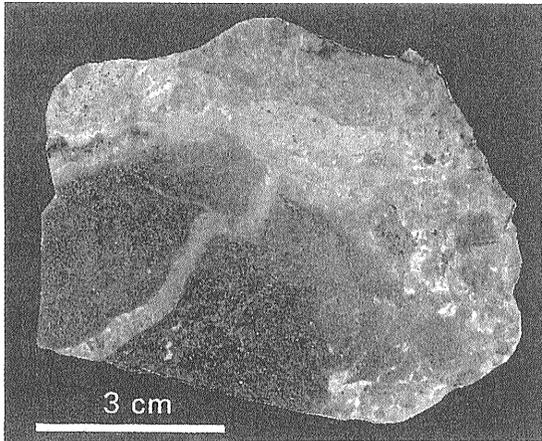


写真8 ムノゴベルシンノエ鉱床の変質安山岩中の含金石英脈(白色部)。灰色部は黄鉄鉱・緑泥石化を受けた安山岩(Severnaya鉱脈366m坑準, 95SA-59)。

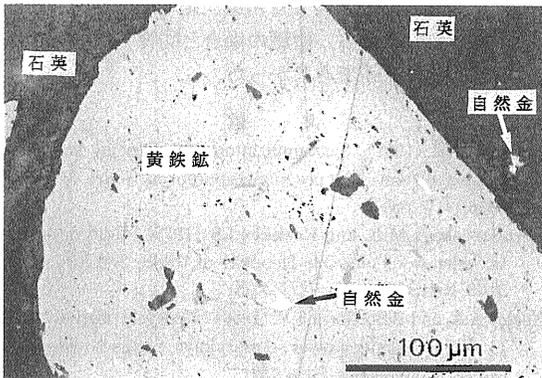
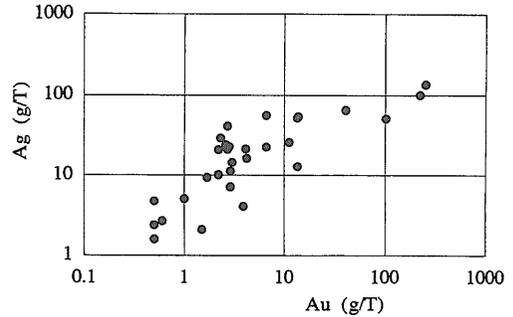


写真9 ムノゴベルシンノエ鉱床の自然金の産状。自然金(矢印)は黄鉄鉱や石英の内部あるいは粒界に散点的に分布(95SA-59a)。

この鉱床の形成時期については、後期白亜紀とする見解が大勢を占めているようである。この地域の後期白亜紀花崗岩体にはAuの鉱化が普通に見られること、鉱脈を切る岩脈は古第三紀と考えられることなどが根拠になっているらしい。しかし、上に述べたように、鉱化時に貫入したと思われる岩脈もあって、古第三紀とする見解も有力である(注9)。鉱床の南東側に広く露出するBekchi-Ulsky花崗岩体については、報告されたK-Ar年代が40Maから100Maにわたるとされ、鉱化作用との関係を議論できる状況にはない。鉱石に含まれる絹雲母などの鉱物の年代測定をはじめとする鉱化時期の検討が待たれる。

1996年5月号



第5図 ムノゴベルシンノエ鉱床の鉱石のAu・Ag含有量の分析例。

4.2 ベラヤゴラ鉱床

ベラヤゴラ(Belaya Gora)とは白い山を意味するが、東側のオホーツク海(サハリン湾)と西側のChlya湖の分水嶺にある低い山地にある(第2図)。周辺には始新世の玄武岩質火山岩が広く分布し、これを貫く漸新世のトラカイト質貫入岩体に金の鉱化が見られる。この岩体が珪長質でかつ変質を受けて白くなっているため白い山の名が付けられたという。最も大きなBelogorsky岩株は径約800mの規模をもち、下部に向かって小さくなって茸状の形をなす。周辺の珪長質な凝灰岩や溶岩との接触部は角礫化しており、漸新世の火山体の深部が現れているものと思われる。

この岩株と周辺の火山岩類は8km²にわたって熱水変質を受け、石英・ディッカイト・加水雲母・氷長石などの組み合わせが変わっている。鉱床はこの変質帯中に胚胎する網状石英脈からなり、自然金のほかに黄鉄鉱・硫砒鉄鉱・黄銅鉱や硫塩鉱物などを含む。金品位は0.5-36g/tで、比較的高品位の部分が幅100-150mで北東-南西方向に500m伸びた地帯にポケット状に分布する。総埋蔵量は約20トンと見積られるが、金品位が一定せずまた全体に低いため、現在は採掘されていない。

5. あとがき

シホテアリン北端部にある2つの金鉱床とその周辺の地質の概略を紹介した。この地域は、還元型(チタン鉄鉱系)花崗岩類にSnやWの鉱化を伴うシホテアリン中央部とは異なり(佐藤ほか, 1993a, b参照)、酸化型(磁鉄鉱系)花崗岩類にAuなどの鉱化を伴うという点で、「シホテアリン東部火山岩帯」に対比され、その北端部にあたるとみなすことができよう。

この地域の金鉱床はムノゴベルシンノエに代表され、ベラヤゴラは特異なものであり、形成時期も他より若く漸新世らしい。ムノゴベルシンノエ鉱床は、日本の金鉱床と比べると、貫入岩体に近接する比較的深成の鉱脈という点で、例えば宮城県の大谷鉱床に似る。

我々のムノゴベルシンノエ鉱床見学は、主鉱脈の露天掘りと北鉱脈の坑内それぞれ3時間余りという、ハバロフスクとの往復に要した4日間と比べれば、きわめて短い時間であった。しかし鉱山の地質担当者の親切な説明で、鉱床の概略を把握することができた。

坑内見学を終えたその日の午後、ニコラエフスクまで車で送ってもらえることになった。ニコラエフスクへの道路は、鉱山近くで標高約700mの峠を通過する。来る時は無かった雪があたりを被い、ドーム状の形をした山が夕日に輝く。無人のタイガの彼方にはオホーツクの海も望まれる。帰る時になって天気が回復してきたのであった。

謝辞：Mnogovershinnoe鉱床の見学を許可された鉱山当局と解説や案内をしてくださったA. Mikhaluk・V. D. Shershunov両地質技師に深謝する。Far East Geological Institute (Vladivostok) のV. Y. Khomich氏からはSikhote-Alin地域の金鉱床の概略を解説していただき、地質調査所の利光誠一氏からは文献に記載された化石についてご教示いただいた。この調査は科学技術振興調整費による個別重要国際共同研究の一部として行われたものである。

注1) ロシア最大の金鉱床のひとつであるナタルカ鉱床(Natalka, マガダン北西)については、確定鉱量Au307トン、推定鉱量Au617トン、合計Au924トンという数値が公表されている。

注2) 1987年の「ソ連邦鉱物資源図」を見ると、シホテアリン北部には金鉱床が記されていない。この図ではいくつかの重要鉱床が政策として省かれたという見方もある。

注3) ハバロフスクとニコラエフスクを結ぶ飛行機の便もある。道路も通じていて冬季も通行可能だが、条件は良くないとのことである。

注4) この地域のアムール川は、湿原状の部分まで含めると、10-20kmの幅をもつことも稀ではない。船の航行する主流部の水深は通常5-10mだが、川幅の狭まった所では50mを超えることもあるという。

注5) ロシア極東では、外食の習慣が無いためカレストランが少なく、あったとしてもその味は保証の限りではない。外食の習慣が発達しないのは、低い人口密度も関係しているのかも知れない。

注6) 苦鉄質火山岩は、地質調査報告書(未公表)では緑泥石・緑簾石・角閃石・炭酸塩鉱物からなる変質岩、100万分の1地質図では輝緑岩やスピライトなどと記載されている。シホテアリンの他の地域のジュラ下部白亜系と比べて、チャートや玄武岩は著しく少ないとされ、付加体とはみなさない意見もある(N. P. Loshak, 談, 1995)。地層の時代は、二枚貝・アンモナイト・ベレムナイト・腕足類・放射虫の化石で決められた。

注7) ジュラ系に含まれる石灰岩と鉱脈の交差部には、スカルンも形成されているという。

注8) 変質を受けた岩脈は、貫入関係から比較的早期と判断される花崗閃緑斑岩脈の可能性が考えられるが、岩質については明確な情報が得られなかった。

注9) 鉱床母岩の安山岩類を古第三紀とする見解もあるという。しかし、岩脈の場合と同様、具体的な年代資料は入手できなかった。

文 献

- Bakulin, Yu. I. (1991): Systematization of tin-bearing and gold-bearing systems with prognosis purposes. Nedra, Moscow, 192p. (ロシア語)
- Borodaevskaya, M. B. and Rozhkov, I. S. (1978): Gold deposits, In: Smirnov, V. I. ed., Ore Deposits of USSR, 2nd Ed., vol. 3, 5-75, Nedra, Moscow. (ロシア語)
- Kozlov, A. A. and Beletskaya, S. V. (1969): Geologic map of USSR (1:200,000 scale, Lower Amurskaya series N-54-XX), Ministry of Geology. (ロシア語)
- Romanovsky, N. P., Gurovich, V. G. and Sato, K. (1995): Magnetic susceptibility and metallogenic characteristics of granitoids in the Circum-Japan Sea region. Pacific Geology, 14, 24-31. (ロシア語, 英文要旨)
- Salun, S. A. ed. (1979): Geologic map of USSR (1:1,000,000 scale, new series, pre-Cenozoic units) N- (53), 54, Ministry of Geology. (ロシア語)
- 佐藤興平・N. I. Lavrik・A. A. Vrublevsky (1993a): Sikhote-Alinの地質と鉱床。地質ニュース, no. 468, 16-26.
- 佐藤興平・石原文実・A. A. Vrublevsky・石原舜三 (1993b): Sikhote-Alin南部の磁気異常分布と火成岩類。地質ニュース, no. 470, 18-28.
- Van-Van-E, A. P., Orlova, T. A., Nevstruev, V. G., Peltsuman, I. S. and Eirish, L. V. (1992): Atlas of Polyfactors Models of Gold Deposits of Far East of Russia. Far East Research Institute of Raw Materials, Khabarovsk, 150p. (ロシア語)

SATO Kohei, Sergey M. RODIONOV and ENJOJI, Mamoru (1996): Mnogovershinnoe Au deposit in northern Sikhote-Alin, Far East Russia.

< 受付: 1996年3月8日 >