

北東ロシアの金銀鉱床

石原舜三¹⁾

まえがき

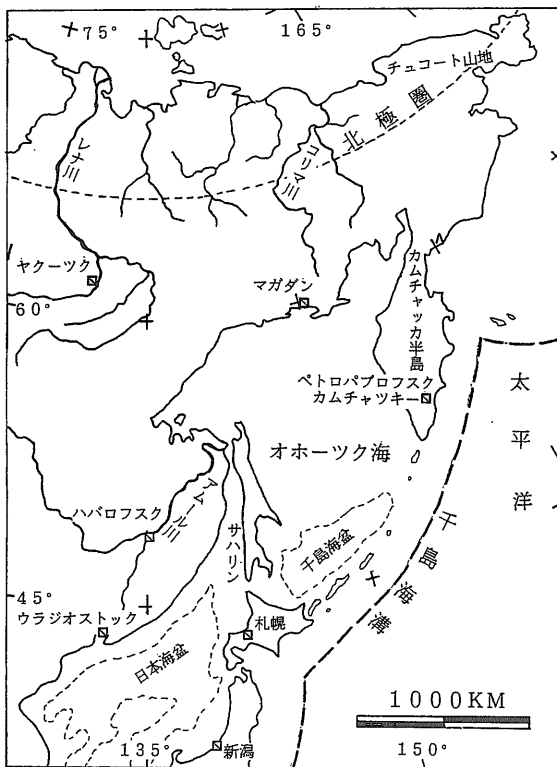
昨年の9月5-9日の間、北東ロシアのマガダンにおいて第二回目の国際北極海周辺地域地質会議(I-CAM, Internatinal Conference on Arctic Margin)が開催されたが(石原, 1994), その会議後巡検として『コリマ・ゴールド・リング』巡検が実施された。これはマガダン北方, コリマ河中流域の産金地帯を2,200 km, 12日間をかけて見学するもので, ループ状に地域開発用の道路があり, それに沿って多数の

金鉱床が発見されているためにその名がある(第4図参照)。

参加費は一日当り一人150米ドル, 参加者はアメリカ合衆国5名(本土3, アラスカ2), カナダ4名, オーストラリア1名および筆者の合計11名であった。ここにその旅の印象とともに旧ソ連邦時代から現在まで政府の重要な財源である金銀鉱床について記してみたい。

マガダンは札幌の北方約2,000 kmにあるにすぎないが(第1図), この地に至るにはまず新潟へ南下し(札幌-新潟1日2便), 新潟-ウラジオストク(夏期週3便, 通常2便)または新潟-ハバロフスク(週2便), ウラジオストク-マガダン(週5便)またはハバロフスク-マガダン(週3便)と乗り継いで, 約3,800 kmの空の旅を強いられる。マガダン-札幌間に直行便の開設が望まれるところである。

空港はウラジオストクと同様に霧を避けて海岸から56 km離れた内陸に作られている。筆者は9月4日(日)に出発し, ウラジオストク経由の月曜日の便でマガダンへ向かったが, 航空機の遅れで出発が



第1図 北東ロシアの略図とマガダン・コリマ川の位置。

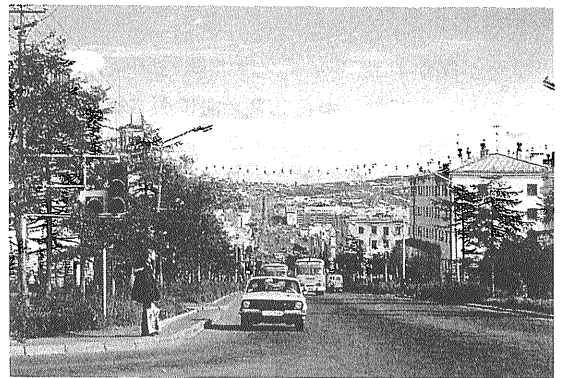


写真1 広々としたマガダン中心地の通り。

1) 北海道大学理学研究科地球惑星物質科学教室:
〒060 札幌市北10条西8丁目

キーワード: モンゴル-オホーツク帯, コリマ, 砂金, ジュラ紀-白亜紀花崗岩, デュカート銀鉱床, ナタルカ金鉱床



写真2 マガダン市内の中心のオフィス街。



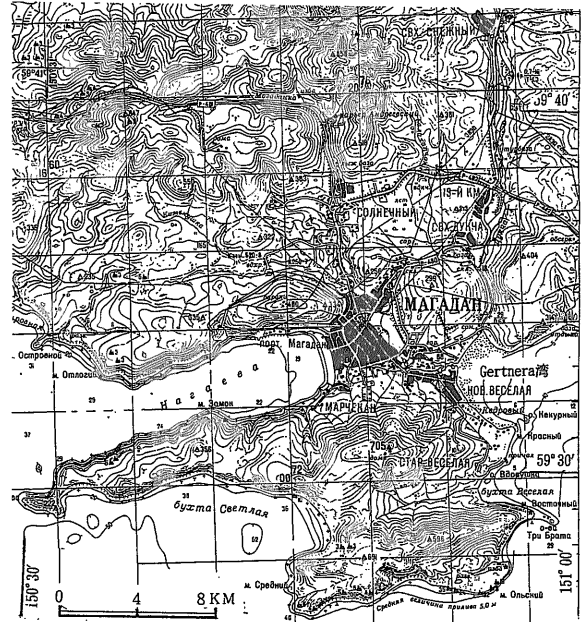
写真3 マガダン周辺の隆起した海岸風景。白い岩は海鳥糞による。

大幅に遅れ、9月6日(火)の午前3時頃マガダンのホテルオケアン(大洋)に着いた。

開発基地マガダン

学会が開かれたマガダンは北緯約60度、北東ロシア最大の都市で、オホーツク海に突き出た半島の付け根に位置し、東西両面で湾に面する美しい丘の街である(写真1, 2)。冬でも氷は薄く、砕氷船の運航によって港は使用可能である。背後には高さ900 mに達する山が連なり、南方の半島部も700 mに達し南北両側は山で囲まれる(第2図)。一般に、シベリアでは河川が南方で分水嶺をもち、北方に緩く流れるが、マガダンの地域も例外ではなく、モンゴル—オホーツク帯の南縁に沿って新生代の隆起量が大きかったことを物語っている(写真3)。

北東ロシアの地質調査はYu. A. Bilibinを団長として1928年に開始され、コリマ河流域を中心とし



第2図 マガダン周辺の地形的特徴(20万分の1地形図に基づく)。

て実施された。引続く調査で当地は金・錫・石炭・建築材料その他資源で有望なことが判明した。1929年にはNagaev湾に最初の建物が作られ、マガダン市街の建設は1932年から活発化した。

1935年、時のスターリン政府は悪名高いGULAG(ロシア語で強制労働収容所管理局の頭文字)を設置し、欧州ロシアにおいて『政治犯』の名のもとに逮捕した多数の民間人をマガダン—コリマ河流域に組織的に送りこんだ。これが『GULAG 囚人』と言われるもので、別名20世紀の奴隷とも呼ばれる。一説によれば、その数、百数十万人に達した。GULAGは政治犯に刑事犯を混ぜ、強面の刑事犯に現場の指揮を取らせて強制労働を実行したと言う。

囚人たちにはまずマガダン周辺とコリマ河流域へ向けての道路建設が割り当てられ、1938年にはその道路延長が1,000 kmに達した。自らが建設した道路を通して新しいGULAG囚人が更に奥地へと送られた。囚人たちの主要業務は砂金採取を中心とする金・錫・ウランなどの鉱山開発であり、1930—1940年代に2,000トン以上の砂金が生産された。そのGULAGキャンプの廃墟はマガダンの北方約300 kmのButugychagに無数の髑髏と共に残って



写真4 今も残る GULAG 収容所の廃墟(Y. R. Dobrotin 撮影).



写真5 学会会議場となったロシア科学アカデミーの北東センター。

いる(写真4)。

強制労働収容所は1953年に閉鎖され、1954年以降のマガダンは北東ロシアの開発拠点として整備され、必要な公共・娯楽・研究施設が備えられた。科学アカデミーには地球科学の境界領域研究所、North-East Science Center(写真5)、が1960年代に設置されており、時代を先取りした新興都市であるとも言える。人口は14万人と言われて久しいが、最近では経済的混乱により数万人がモスクワなどへ帰り、まだその減少が続いているように見受けられた。産業としては、鉱山機械の製造・修理、船・自動車の修理、魚加工など僅かである。

ロシアにとってのシベリアとは『黒貂を捕獲しては毛皮をパリで売る』略奪産業の舞台以外のなものでもないと言うのが司馬(1986)の解釈だが、その伝で言えば黒貂に引続きラッコ、更に20世紀に入ってから『砂金』を採ってはヨーロッパへ持ち帰った、同様な略奪の時代であった。これからは日

1995年5月号



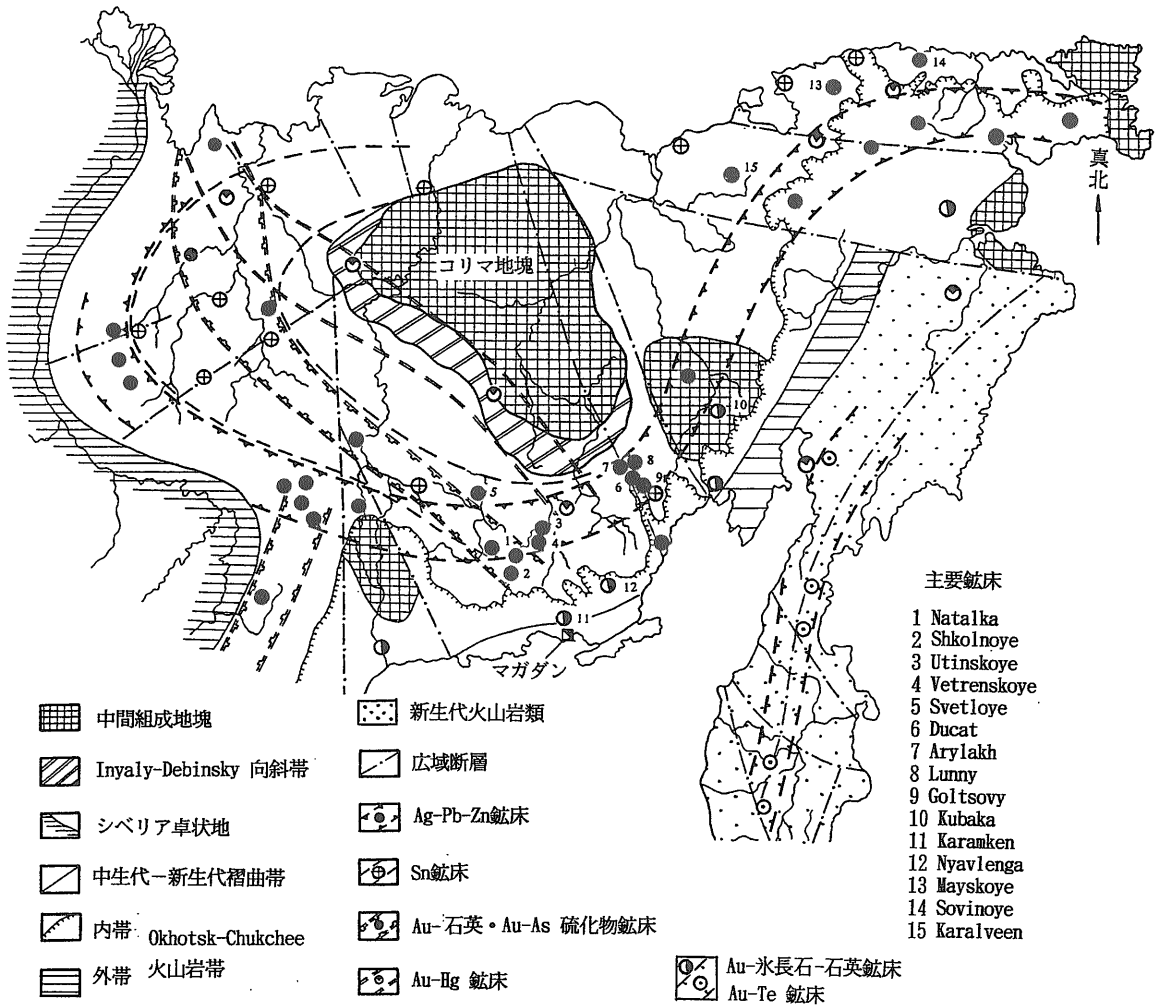
写真6 巡検用に使用した水中でも使える四輪駆動バス。高さと運転席直上の排気塔(水中走行用)に注目。



写真7 第1日目に宿泊したTolay温泉場(第4図)。90°Cの温泉が出る。

本との密接な連携の基に、豊富な天然資源を活用する産業を育成し、自立経済の時代に移行するのがマガダンの生きる道であろうと思われる。

私達4名は案内者と共に、1994年9月9日の午前中、学会場から2台の大型バスでまず空港へと向かった。そこでアンカレッジからの7名と合流し、そのまま巡検に出発するためである。この大型バスは強力で水中走行も可能であり(写真6)、まさに原野の地質調査用であり、非常に有効であった。一行は空港から北東へ走り、まず温泉地に一泊し(写真7)、ついで東方のデュカートを尋ね、引き返してススマンに至り、ゴールド・リングを反時計回りに一周してマガダンに帰着した(第4図参照)。



第3図 北東ロシアの初生鉱床の概要 (Konstantinov et al. 1992a).

北東ロシアの地質概要と花崗岩類

北東ロシアはシベリア卓状地の東方に位置し、その“基盤”はコリマ地塊とその南東方のオモロン地塊が中心であり(第3図)、ロシアでは Intermediate massif と呼ばれている。それぞれの地塊は内部にオルドビス紀-石炭紀初期の近海性炭酸塩岩・火山岩類・凝灰岩質フリッシュ堆積岩からなり、これらが石炭紀-ジュラ紀に亘る緩やかな沈降帯に堆積した近海性フリッシュ堆積岩類に覆われる。これら堆積岩類はジュラ紀後期-白亜紀初期の火山深成岩類によって何回もの貫入を受ける。

白亜紀初期には構造場の転換があって大陸縁周辺部に東-西系の断裂帯が発達し、それに沿って安山

岩-流紋岩類の噴出があり、古第三紀初期の玄武岩類の活動で火成活動は終了した。これら火成岩類はオホーツク-チュコト火成岩帯と呼ばれ、内帯と外帯に分けられる。

花崗岩類はジュラ紀後期と白亜紀に分けられ、後者は更に前期と後期に分けられる。ジュラ紀後期の花崗岩類は北北西系のヤナーコリマ褶曲帯に広く分布し、2種類に分けられる。

(i) 堇青石-柘榴石含有両雲母花崗岩類 (Rb-Sr 154-146 Ma) (Gorodinsky and Abbott, 1994)

(ii) 角閃石-黒雲母花崗岩類 (Rb-Sr, K-Ar 140-135 Ma, 一部で95-90 Ma)

両雲母花崗岩類は粗粒-中粒、Al 珪酸塩鉱物で特徴づけられ、角閃石や輝石を欠き、S タイプ花崗岩

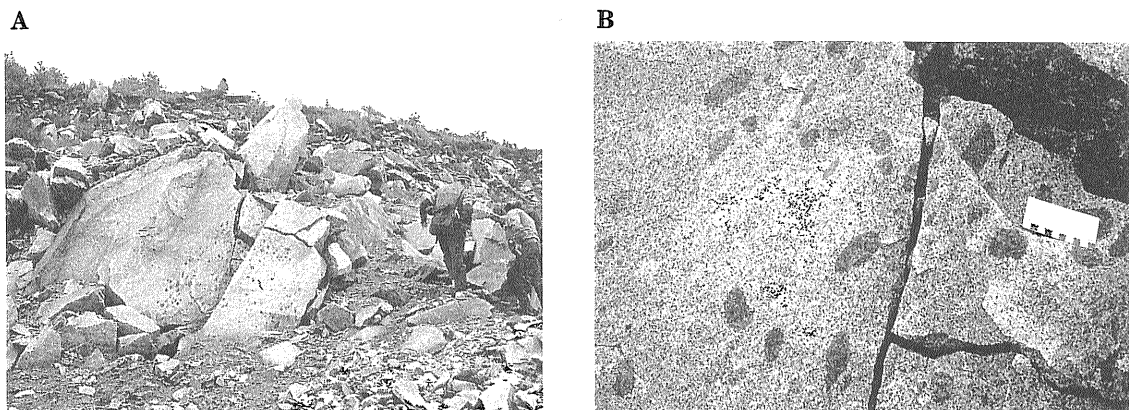
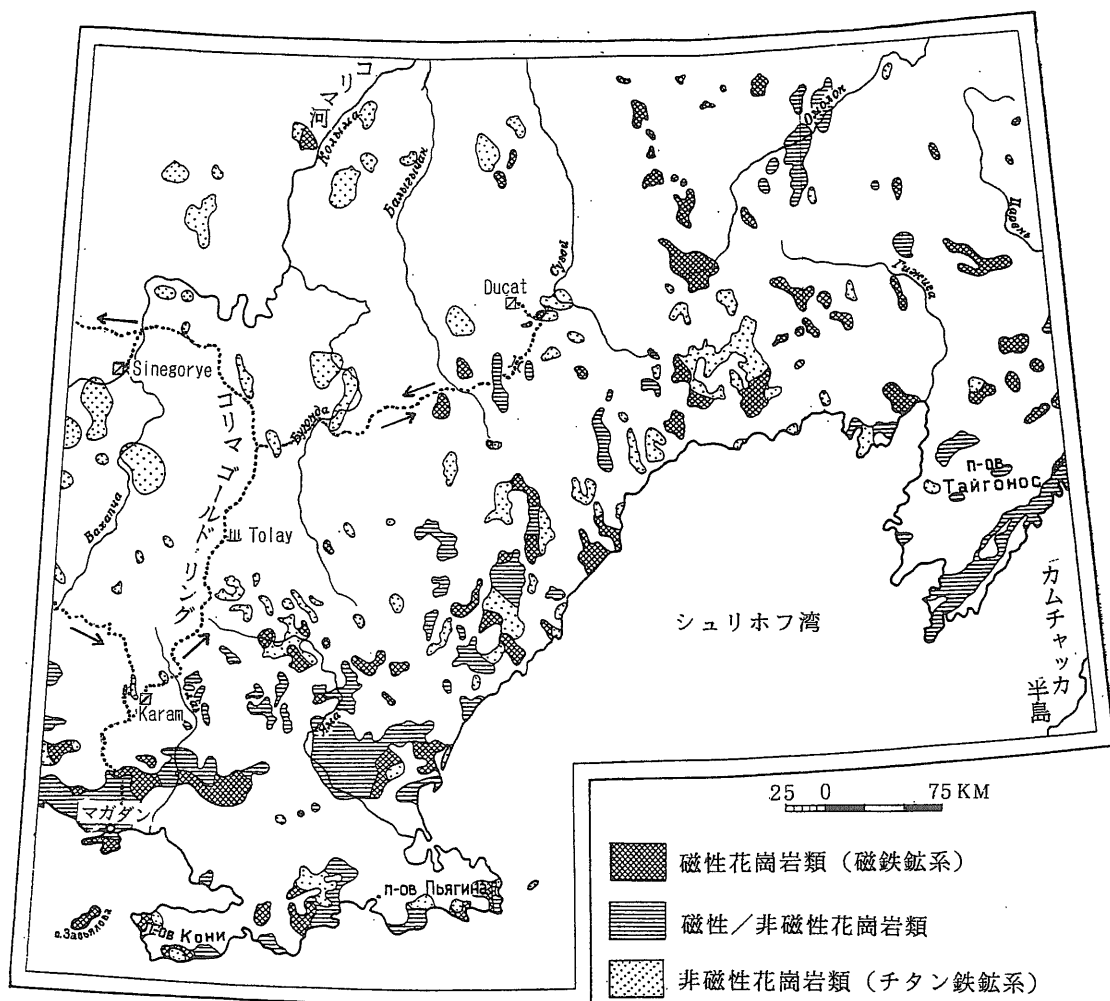


写真8 マガダン郊外の花崗閃緑岩中の同生岩脈(ロシア側説明による)。花崗閃緑岩中にやや脈状に(A)暗色包有物の亜角礫が(B)が散在する。典型例(本誌289号参照)と比較すると『同時』よりも少し『後期』。



第4図 オホーツク火成岩帯の花崗岩類の磁性による分布(Gel'man 私信に加筆)。破線に矢印は幹線道路と巡検の移動方向。

第1表 マガダン北方域の主要な初生金銀鉱床(Goncharov, 1994).

鉱山名	稼行年数	総生産量 (t)		稼行品位 (ppm)		採掘品位 (ppm)	
		Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
デュカート鉱床区域							
Lunny	5 0	14	4,000	1.4	415	0.4	54
Ducat	2 0	20	10,000	1.0	300	0.9	900
Natalka	3 1	237	64	4.0	-	8.0	4
Julietta	1 8	30	327	24	290	2.3	26
Shkolvoye	5	17	17	29	45	3.0	3

の特徴を有する。これは1930年代の調査初期から知られていたもので、岩体は700 km²の規模で北西方向に伸長する。堆積岩類の背斜軸に貫入するなど被貫入岩類の構造と調和的である。第2のグループは150-200 km²以下の小規模岩体として露出し、中～細粒で閃雲母花崗岩を主体とし、周縁部で花崗閃緑岩・花崗閃緑斑岩、閃緑岩・石英閃緑岩・斑斕岩・モンゾニ岩などを伴う。これはIタイプ花崗岩と見なしうるものである。

白亜紀花崗岩類は120-70 Maの年代を持ち、東西系のオホーツク-チュコト火成岩帯に分布する。斑斕岩、閃緑岩、トロニウム岩～花崗岩の多様な組成を持ち、IまたはSタイプに属するものである。白亜紀前期斑斕岩類は同火成岩帯の内帯に分布する角閃石優白色斑斕岩類、外帯に分布する輝石-角閃石斑斕岩などからなる。これら苦鉄質岩類は閃緑岩類や花崗岩類と相伴って産出する。

花崗岩類は2大別され、花崗閃緑岩-トナル岩複合体は内帯に多く、石英モンゾニ岩-トナル岩複合体は外帯に広く分布する。マガダンは後者に属する花崗閃緑岩質のマガダンバソリス(露出面積520 km², 放射年代100 Ma)に位置する。ここには大陸地殻における花崗岩質マグマ発生時に玄武岩質マグマの寄与があった証拠となる同生岩脈(synplutonic dike)が見られる(写真8)。またオホーツク-チュコト火成岩帯の周縁部ではモンゾニ岩や閃緑岩・閃長斑岩類のアルカリ岩類が斑斕岩類に伴われて産出する事がある。

以上の様に北東ロシアの中生代花崗岩類は最初にSタイプが活動し、後にIタイプに移行している。Sタイプはチタン鉄鉱系と思われるが、Iタイプについては定かではない。第4図はマガダン周辺域とその北東域の岩石磁気による花崗岩類の区分図である(M. H. Gel'man, 私信1994)。これによると磁

鉄鉱系に属すると思われる磁性花崗岩類は海岸部に卓越している。チタン鉄鉱系と思われる非磁性花崗岩類は内陸部に出現し、中朝大陸(Ishihara, 1984)やシホテリアン(佐藤ほか, 1993)などと同様な傾向が認められる。

一方、マガダン滞在中にGoryachev氏のサンプルを拝借して帯磁率計(WSL-A型)で測定した所では、マガダンから北方へ500 km, 幅300 kmの地域に分布する25花崗岩体からの55試料について、次の結果が得られた。

岩体	付随鉱床							
	Mo	REE	W	Sn	Co	Au	不明	合計
磁鉄鉱系	3	0	0	0	0	0		3
チタン鉄鉱系	2	1	1	8	1	4	5	22

すなわち、磁鉄鉱系はマガダン岩石など海岸近くの3岩体のみであり、チタン鉄鉱系が22岩体と大勢を占める。付随する鉱床は前者がモリブデン、後者が錫を伴う点で我が国で発見された規則性と一致するが、金がチタン鉄鉱系に関連して濃集する点がマガダン北方地域の特色と見なしうる。

鉱床は以上を含む深成岩類および同源の貫入岩類に関係して生成したもので、母岩は一般にこれら火

第2表 極東ロシアの主要な錫鉱床(Levine and Bond, 1994)

鉱化区域	品位	推定総金属量
Chukhotka	0.5-0.9 %	1.5万トン
Kolyma	0.6	4
Deputatskiy	0.8-2.4	1.7
Komsomol'sk	0.4-0.6	1.4
Kavalerovo	1.1-1.4	3.4
合計		8.4



写真9 デュカート鉱化フィールド探鉱地の全景。無数のトレンチが走る。

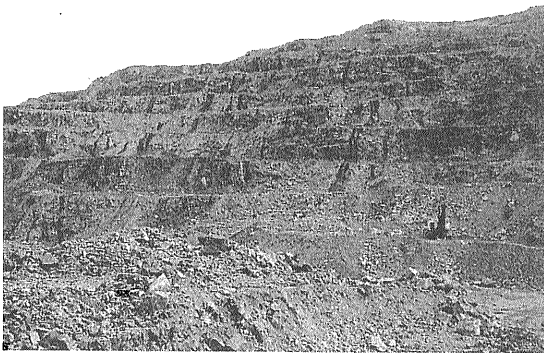


写真10 デュカート鉱山オープンピット。鉱量の1/4がこの下に存在する。黒色脈は古第三紀玄武岩岩脈。

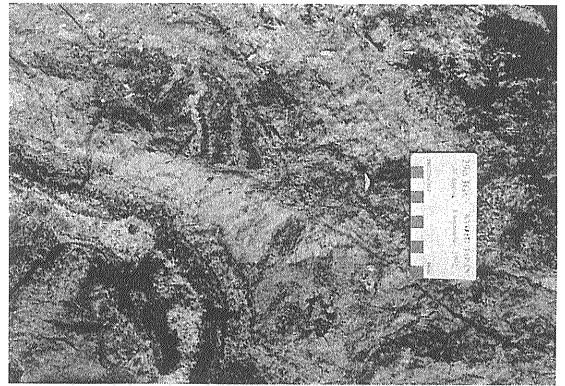


写真11 オープンピットの鉱石。スケールは10 cm。黒色部が銀鉱物濃集部。

成岩類と被貫入岩である堆積岩類である。主要鉱種はAu, Ag-Pb-Zn, Sn(第3図)およびUなどである。第3図のマガダンに近い南部に鉱床が多いのは探査条件が良く、探査密度が高いためと思われる、この事実はインフラを整備し探査密度を高めれば、なお多量の鉱物資源が期待できることを物語っている。

鉱業的に最も重要なものは砂金鉱床であり、1931年以降これまでに約2,400トンの自然金が採取された。初生金銀鉱床としてはナタルカの525トン(生産量+残存鉱量)を最大として、数十トンクラスのものが多い。主要稼行鉱床を第1表に示す。鉱山としてはデュカート鉱床群がロシア最大で、その生産量+残存鉱量は18,000トンと言われている。

金銀鉱床について錫・ウラン鉱床が重要と思われる。錫はロシア全体の95%、金属量にして約84万トンがロシア東部から産し、そのうちカバレロボ地

域が最大で41%、北東ロシアではコリマ5%、チュコト18%である(第2表)。ウランや銅・鉛・亜鉛については残念ながら情報が得られなかった。

ロシアでは初生鉱床地域をその広がりによって、ore district(数千km²に及ぶ。ここでは鉱化区域と訳す)、ore knot 数百km²(鉱化ノットと呼ぶ)、ore field(数十km² 鉱化フィールド)、および ore deposit(鉱床)に分けられている。金銀鉱床で最大の鉱化地域はオホーツク-チュコト火山帯と Om-sukchansky 大断裂帯が交替する所に存在するデュカート(Ducat)鉱化区域であろう(第3図)。

デュカート鉱化区域

デュカート鉱化地域の発見は新しく、1967年である。それまでこの地域は1940年代のGULAG囚人が採掘した錫鉱床のみと思われていた。1965年



写真12 デュカート開発基地, Omsukchan のアパート。
永久凍土が溶けて建物が歪み, 使用不能となる。

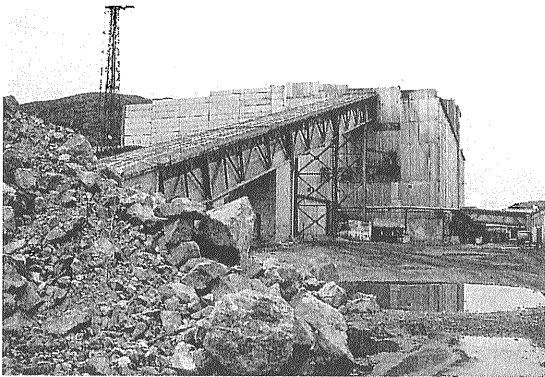
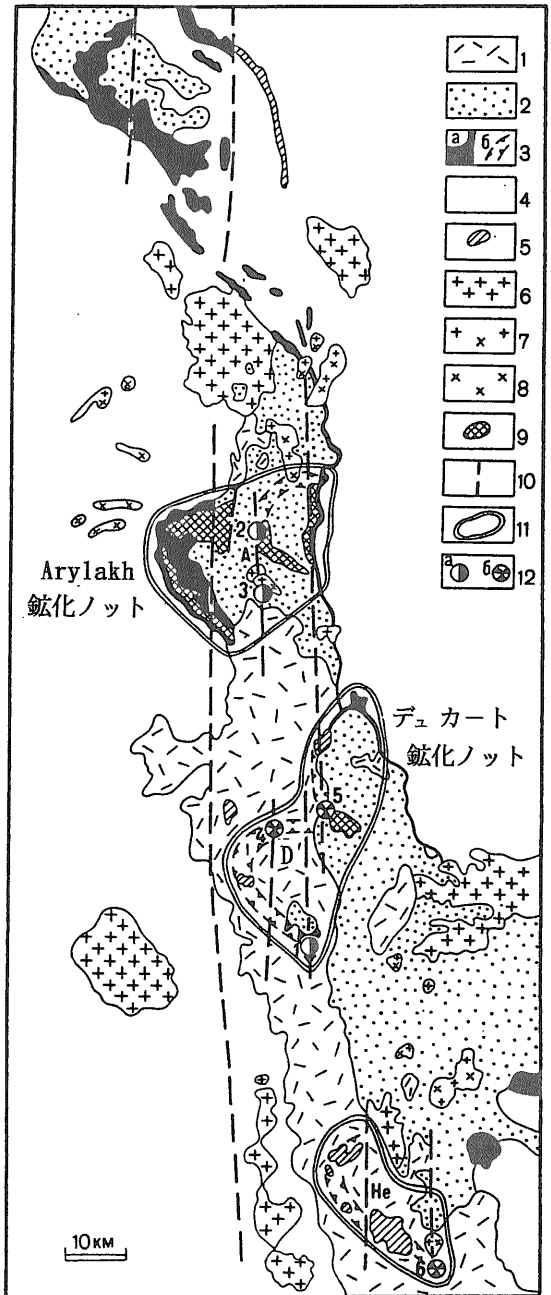


写真13 Omsukchan 選鉱場。40 km 北西に在るデュカート
鉱山の鉱石を処理。

以降の組織的な探査で(写真9)1967年のデュカートを含めて30か所以上に金銀鉱床が発見されている。鉱石はオープンピット(写真10-11)と坑内掘りで採掘され, 近くの開発拠点である Omsukchan に運ばれて処理される(写真12-13)。

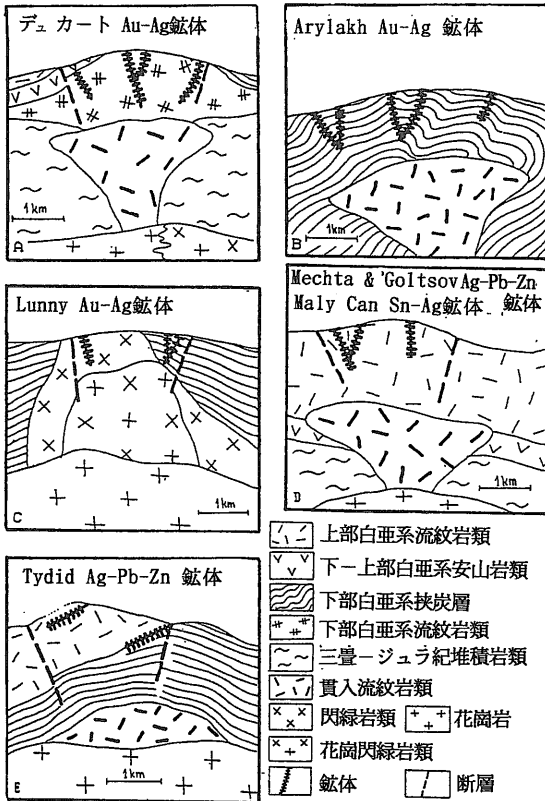
鉱化作用は南北系の断裂地溝帯を堆積岩類や流紋岩類が埋め, それらが貫入岩類の貫入に伴って盛り上がりムード状を呈する付近に見られる(第5図)。鉱床は主に被貫入岩類の流紋岩(Ducat, Mechta など)あるいは堆積岩(Arylakh, Tydid など), 一部閃緑岩(Lunny)中にも見られる(第6図)。

デュカート鉱床は流紋岩類を母岩とし, それは無斑晶状・斑岩状・斑状の流紋岩・流紋岩質凝灰岩に堆積岩薄層を挟むもので, 溶岩の Rb-Sr 年代は 120 Ma, Sr 初生値は 0.7039 である。貫入岩類は流紋岩, 同質貫入角礫岩などで, 花崗岩は地表下 1.3



第5図 デュカート鉱化フィールドの地質図(Konstantinov et al. 1992a)。

1 上部白亜紀酸-中性火山岩類, 2 下部白亜系夾炭層, 3(a) 下部白亜紀超 K 火山岩類, 3(b) 下部白亜紀火山沈降帯の予想位置, 4 浅海堆積岩類, 5 上部白亜紀酸性貫入岩類, 6 同花崗岩類, 7 下-上部白亜紀花崗閃緑岩, 8 同閃緑岩, 9 下部白亜紀酸性貫入岩類, 10 鉱化規制断層, 11 鉱化ノット, A Arylakhsky, D Ducatsky, He Nevsky, 12 鉱火フィールド(a) Au-Ag (b) Ag-Pb-Zn, 1 デュカート, 2 Arylakh, 3 Lunny, 4 Mechta, 5 Tydid, 6 Goltsovy。



第6図 デュカート鉱化フィールドの各鉱床模式的な位置 (Konstantinov et al. 1992b).

kmに潜在することが知られている。花崗岩は82 Maの年齢を有し、そのSr初生値は0.7119と著しく高い (Konstantinov et al., 1992b)。

デュカート鉱化地域ではAu-Ag, Sn-Ag, Ag-Pb-Znの3者ゾーニングが見られ、この順に中心から周辺へ分布する。変質作用は垂直方向にゾーニングが見られる。鉱化レベル以深の深部では長石-

黒雲母ホルンフェルス、緑泥石-柘榴石-電気石帯などの高温変質帯がみられ、鉱化帯に入ると緑泥石-緑泥石-アルバイト帯から上部へ緑泥石-加水雲母-石英帯、加水雲母-石英-粘土帯などの低温変質帯が分布する。

鉱化作用は鉱脈あるいは角礫脈状で、脈石は早期の石英-緑泥石-水長石(K-Ar年代80-94 Ma)、晩期の石英-ロードナイト-菱マンガン鉱で特徴付けられる。前者は高角度割目を満たし、後者は高角度割目とそれに付随する羽毛状割目を埋める。鉱体は下部で細く、上部で脈幅が広がると共に分岐脈、鉱染部が肥大化するなどして鉱況が良い。

鉱石鉱物は早・晩2時期の鉱化作用に伴われる自然銀・アークサイト・ピラージ鉱・custerite・エレクトラム、希に自然金である。少量の方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を伴うことがあるが、一般に硫化物量は少ない。富鉱部は楕円形から斗状で、150-300 m間隔で母岩の火山岩の構造、鉱化断層屈折部、同断層交差部(落合直り)、複数時期重複鉱化部分などに見られる。富鉱部ではAu・Agのみならず、Pb・Zn・Cu・Bi・Beの他、W・Sn・Hg・Sb、そして螢石にも富む。

流体包有物の研究によると(第3表)、デュカートで代表されるAu-Ag鉱脈は幅広い均一化温度、変化に乏しい低塩濃度を示す。デュカート鉱床の早期、晩期の鉱脈石英からは均一化温度350°と370°(平均値)、塩濃度2.7と3.3重量%NaCl当量が、それぞれ得られている。Ag-Pb-Zn, Sn-Agの鉱脈はAu-Ag鉱脈と比べて均一化温度がやや低く、塩濃度がやや高い傾向をもつ(第3表)。

私達はOmsukchan基地に2泊し、まず選鉱場、続いてデュカートおよびLunny鉱床を見学した。

第3表 デュカート鉱化区域の石英の流体包有物データ (Konstantinov et al., 1992b)

鉱種	鉱床名	均一化温度 (C°) 幅/平均 (試料数)	塩濃度 (wt% NaCl) 幅/平均 (試料数)	沸騰	CO ₂ 相
Au-Ag	デュカート 第1期	300-400/350(250)	1.8-5.0/2.7(31)	有	有
	第2期	290-450/370(26)	2.3-5.3/3.3(3)	有	有
Au-Ag	Lunny	190-400/300(16)	未測定/未測定	有	有
	Arylakh	180-380/290(108)	未測定/未測定	有	有
Ag-Pb-Zn	Mechta	220-365/290(200)	2.1-19.0 / 7.1(34)	無	無
Sn-Ag	Tydid	230-300/270(21)	5.2-14.0 / 7.2(5)	無	無
Sn-Ag	Maly Can	300-320/310(10)	1.4- 5.0 / 3.5(3)	無	無

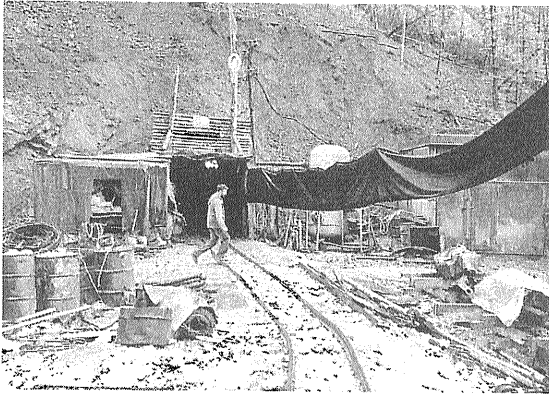


写真14 Lunny 第9 鉱体への坑口。

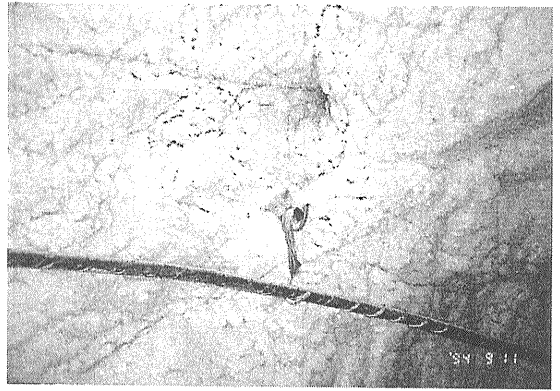


写真16 Lunny 第9 鉱体の坑道風景。時間が経つと直ぐに氷結する。



写真15 Lunny 第9 鉱体の鉱脈。最大幅 4 m, 角礫は母岩の変質安山岩。

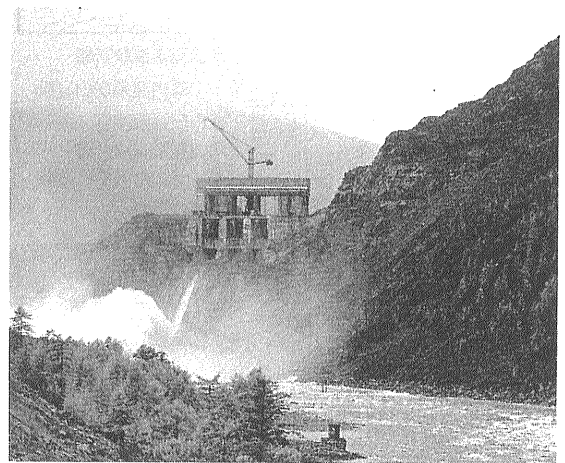


写真17 放水する Sinegorye の水力発電所。

選鉱場は重力選鉱と浮遊選鉱とからなり、精鉱は旧ソ連邦時代はカザクスタンへ送り製錬していたが、代金未払いのため1994年2月から送付を中止して貯鉱し、9月時点では選鉱場の稼働を中止していた。マガダン北方96 km の Karamken の製錬所にシアン法の抽出設備を建設中であり、今年5月の完成後は精鉱はここで処理される。

Lunny は到着後に加えられた新しい見学地である。これはデュカート鉱床の北方50 km にあり、河とも道とも名がつかない原野の道を嵐の海の小船のように揺られながら現地に着いた。Lunny 鉱床では発見されたばかりの第9 鉱体を見学したが(写真14-16)、これは Arylakh 鉱化ノット(第5 図)の中にあり、堆積岩類に貫入する斑斕岩・閃緑岩・花崗閃緑岩・花崗斑岩などが卓越するタイプである(第6 図参照)。鉱床は堆積岩類と深成岩類の両者を母岩とする鉱脈型と角礫鉱脈型で、石英-ロードナイ

ト-菱マンガン鉱に伴われてデュカート鉱床と同様な銀鉱物が含まれる。

Lunny 鉱床の鉱石は Ag4-7 kg/t に達するなど著しく高品位である。デュカートとは別に個人企業による開発が予定されており、現在年間粗鉱処理量12万トンの選鉱場を建設中である。採掘鉱石は銀量・金量にしてそれぞれ75トン、75 kg ほど貯鉱されている。デュカートから主道路に戻る途中、いくつかの錫鉱床を見学した。いずれも錫石-電気石-石英脈型であった。

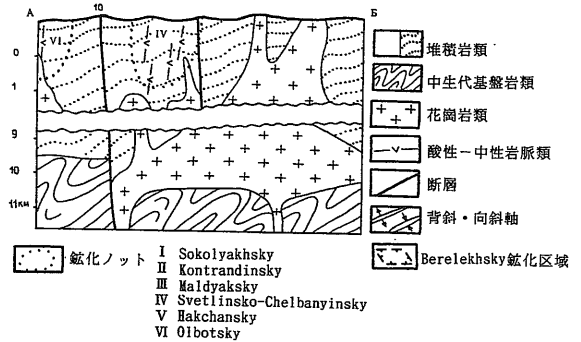
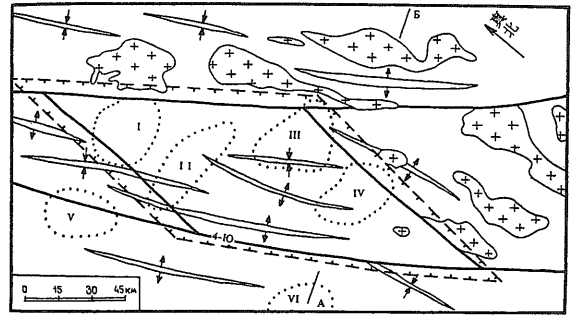
またゴールデンリング道路をススマンに向かう途中、Sinegorye の水力発電所を見学した(写真17)。これはコリマ河の中流を140,000 m³ のコンクリート、13年の年月をかけて塞止め、1981年に完成したもので、ダムの水14 km³ を使い、5基のタービン

により980メガワットを発電する。発電コストは15ルーブル(キロワット/時), この時点のレートである1米ドル=2,399ルーブルで換算すると, 僅か0.7円となる。Sinogorye町の人口は建設時に最高で12,000人, 現在は9,500人, 週1回アントノフ25型機がマガダンから飛来する。

ススマン地域の鉱床

ススマンはゴールデンリング北部の中心地で, マガダンとの間を週3回, アントノフ25型機が往復している。この地域には多数の砂金鉱床があった。初生鉱床については, いくつかの小規模鉱床がある。

Svetloye 鉱化ノットはその代表的なもので Berelekhskaya 鉱化区域に属し, ススマンの西南西方約20 km に位置する。確定鉱量は9万トン, 品位40 g/t(含金量 Au 3.6トン)と, その高品位が魅力的である。周辺を含めた推定鉱量は別に Au 10ト



第7図 Berelekhsky 鉱化区域の地質略図と東西断面図 (Konstantinov et al. 1992a).

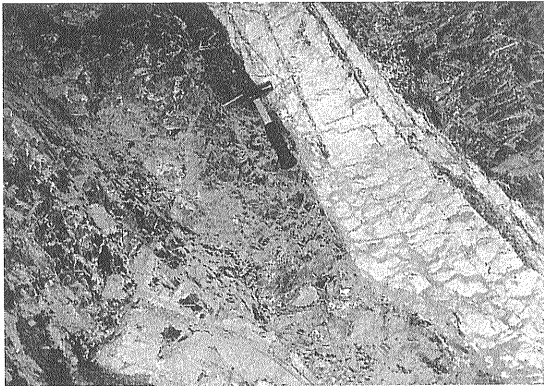


写真18 Svetloye 鉱床の石英脈。母岩は黒色頁岩。

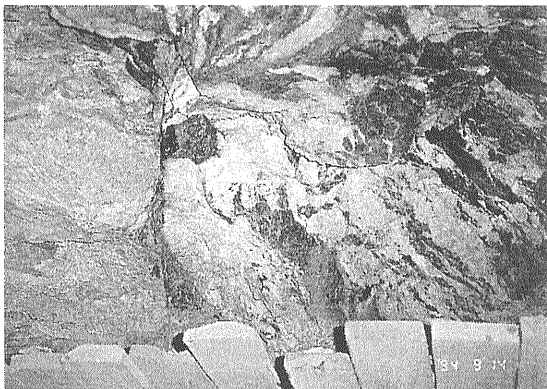
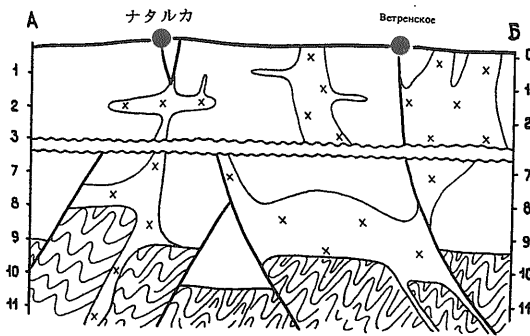
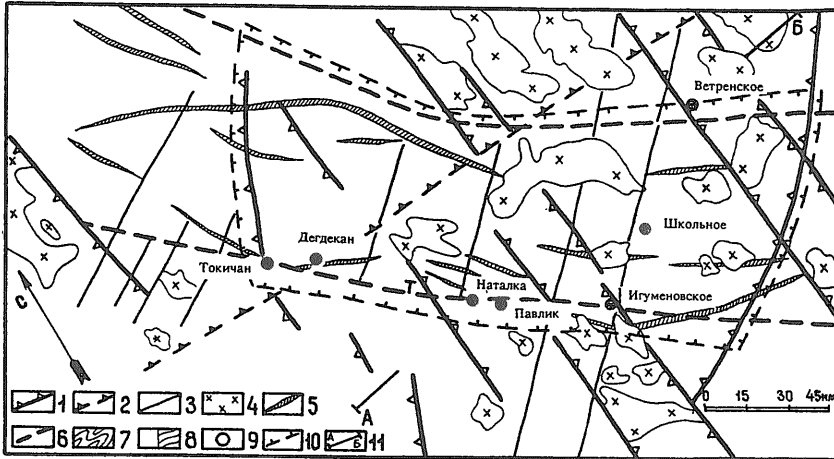


写真19 Svetloye 鉱床。断層規制による肥大化部分。



写真20 Svetloye 鉱床。直ぐに氷結する坑道。これがやがて写真16となる。



第8図 ナタルカ鉱床付近の地質略図と東西断面図(Konstantinov et al. 1992a).

1 基盤の深成-変成岩類の陥没構造, 2 Okhotosko-Pautovsky 深部断層, 3 浅部断層, 4 花崗岩, 5 褶曲軸, 6 Tenkinsky(T)とChay-Uruinsky断層, 7 中生層基盤, 8 Verkhoyansky 複合体, 9 鉱床, 10 鉱化区域, 11 断面線。

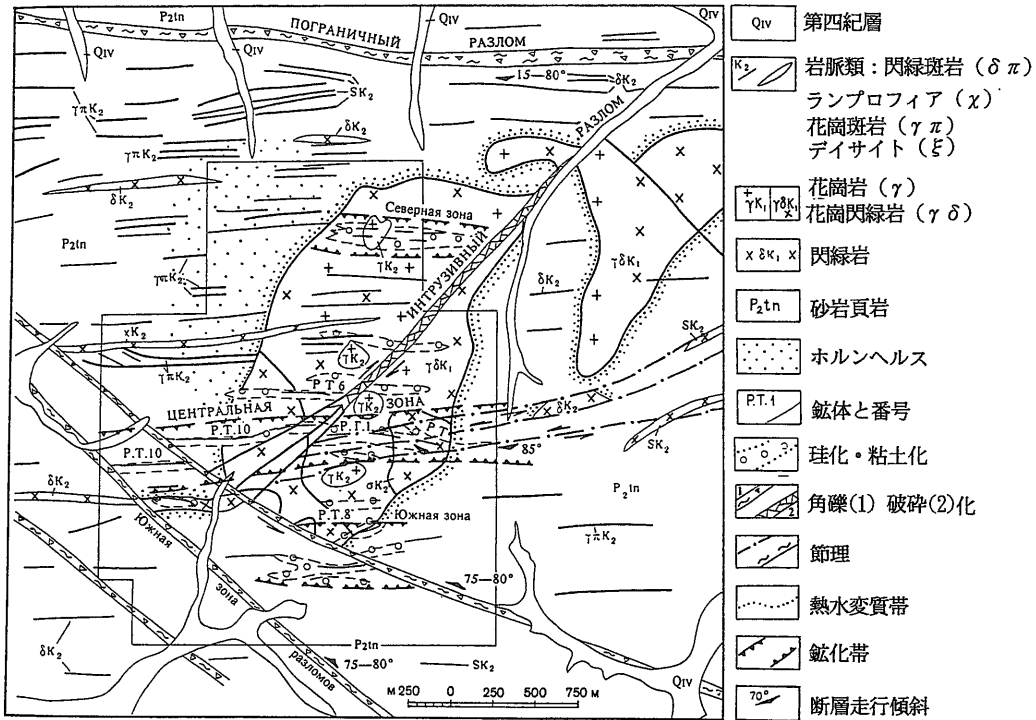
走向はNNW系, 傾斜は60-80°SW, 走向延長は最大1,000 m, 脈幅は0.5~1.5 mである。鉱脈はその85-100%を石英が占め(写真18-20), 少量のアルバイト・氷長石・緑泥石・炭酸塩鉱物を含む。鉱石鉱物は硫砒鉄鉱・方鉛鉱・灰重石, まれに閃亜鉛鉱・黄銅鉱・磁硫鉄鉱である。稼行鉱石はAu-硫砒鉄鉱-石英(早期)とAu-方鉛鉱-石英(晩期)の組み合わせを持つ(Gorodinsky and Abbott, 1994)。

Svetloye 選鉱場は500トン/日の容量をもち, 現在350トン/日(品位15 g/t)を処理している。スパイラルとテーブルの重力選鉱で70%の金を回収し, シアン処理後には90%を回収する。硫磁鉄鉱と母岩に由来する有機炭素に含まれる金は回収されていない。

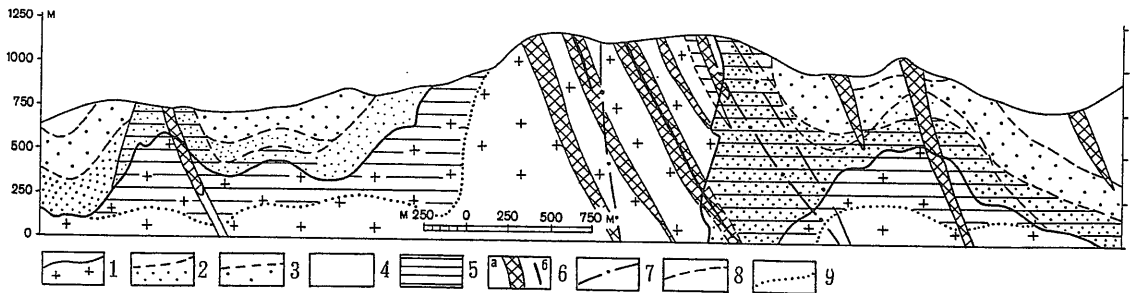
Dayka Novaya 鉱床は岩脈にAu 鉱化が見られるもので, その規模が魅力的である。大きい岩脈は走行延長800 km, 幅数十 km に及ぶと言われるが, 筆者等が見学したススマン北西方5 km のBerelekh 河に面するものは, ジュラ紀堆積岩類に貫入する北北西系の閃緑斑岩で, 走行延長1,300



写真21 Dykanova 鉱床の含金石英細脈(白, 主に緩傾斜)入り岩脈。



- Qiv 第四紀層
- K₂ 岩脈類：閃緑斑岩 (δπ)
ランプロフィア (χ)
花崗斑岩 (γπ)
デイサイト (ξ)
- γ, γδ, γδK₁ 花崗岩 (γ)
花崗閃緑岩 (γδ)
- δK₁, X 閃緑岩
- P₂tn 砂岩頁岩
- PT.1 鉍体と番号
- 珪化・粘土化
- 角礫(1) 破碎(2)化
- 節理
- 熱水変質帯
- 鉍化帯
- 70° 断層走行傾斜



第9図 Skolnoye 鉱床の地質平面および断面図 (Konstantinov et al. 1992a).

1 Burgaginsky 花崗岩類, 2-4 ペルム紀浅海性堆積岩類中の接触変成帯, 2 黒雲母-堇青石帯, 3 高黒雲母化帯, 4 中黒雲母化帯, 5 高グライゼン化帯, 6 珪化・粘土化・石英-絹雲母-加水雲母化帯, 7 断層, 8 接触変成帯の境界線, 9 グライゼン化帯の境界線。

m, 幅 8-15 m, 品位は Au 0.2-1,385 g/t, 平均 3.6 g/t の Au を含むものである (写真 21)。試錐により Au 平均 14 g/t の高品位部が 17 m に亘って確認されており, 可採鉱量が全体として Au 7 トンと算定されていた。富鉱部は黄鉄鉱・硫鉄鉱・自然金, 希に黄銅鉱・方鉛鉱を含む。鉍石鉱物は多い場合に 20% に達する。母岩の変質は緑泥石化・炭酸塩鉍物化, そして珪化などである。岩脈鉱床がある付近には大きな砂金鉱床がある。

ナタルカ鉱床

ナタルカ鉱床は Omchaksky 鉍化ノット (350 km²) 中にある北東ロシア最大の金鉍床であり, 過去 50 年以上に亘って採掘されている。鉍山側の説明によると, 既に Au 7 トン, Ag 22 トンを生産し, 残存鉍量は Au 450 トンである。付近の鉍床には更に Au 130 トンの鉍量があり, 同様に近傍の砂金鉍床からは Au 160 トンが既に採掘されており, Au に関しては最大の鉍化区域である。



写真22 ナタルカ鉱床の細脈状石英脈(Y. R. Dobrotin 撮影)。

ナタルカ鉱化フィールド(40 km²)は Tenkinsky (Omchaksky) 鉱化区域(350 km²)に属し、ここではペルム紀の堆積岩類が褶曲し、かつ各種の断層によって切断される(第8図)。特に北西側と南東側に深部断層があり、重力調査によって基盤がこの断層ぞいに大きく変動していることが判明している。これら堆積岩類はジュラ紀-下部白亜紀の花崗岩類の貫入を受ける。金鉱化作用は深部断層帯と花崗岩類に関係してみられる。

ナタルカ鉱床は石英脈の転石、Au・As・Ag・Wなどを利用した地化探や比抵抗法などの電気探査で発見された。鉱床周辺には広域的な変質も認められ、炭酸塩化が鉱化の中心にあり、絹雲母化・緑泥石化がその周辺を取り巻く。鉱脈と接しては氷長石-硫砒鉄鉱-燐灰石-磁鉄鉱とアルバイト-黄鉄鉱-燐灰石-磁鉄鉱の組合せが見られ、前者は鉱化中心部に後者は周縁部で一般的である。

鉱床は方向性を持つ細脈-網状鉱床で(写真22)、脈幅は3 cm以下、50%は幅5 mm以下である。鉱脈の走向は経度方向とそれに直交するものが多く、特に前者が細脈の60-80%を占める。鉱脈は主に石英と硫砒鉄鉱からなり、硫化物量は3%程度である。富鉱部は母岩の層理面・断層の直り・屈曲部・分岐部などに発達する。母岩にも選択性があり、火山-堆積岩類や泥質片岩(有機炭素含有量2.4%)で鉱況がよい。鉱体の外郭は品位分析で決定される。

Skolnoye 鉱床

この鉱床はヤナーコリマ金鉱化帯の南西にある

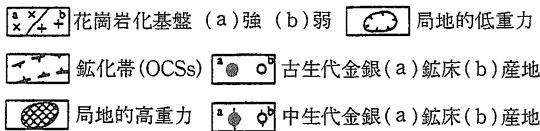
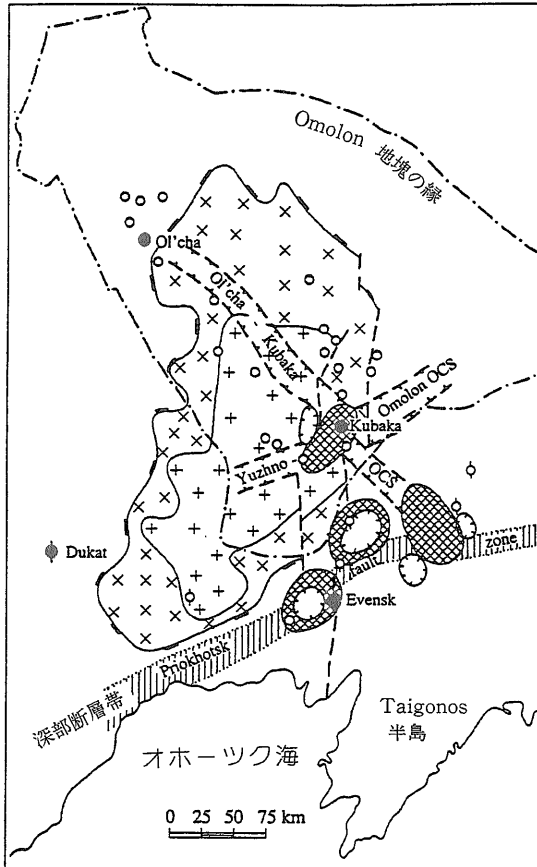
Duskanya 鉱化ノットに属する。ここでも金鉱床は鉱脈型と砂金からなる。初生鉱床は下部ペルム系の砂岩・シルト岩に貫入するか、あるいは Burgaginsky 花崗岩中に胚胎する Au 石英脈である。学童がピクニックに行つて発見し、『学校』の名が付けられた。これまでに Au 5 トンを生産し、残存鉱量は 25 トンとの事であった。50 m 間隔の 5 レベルで採掘されている。

鉱床付近は NW, E-W, NE 系断層によって楔形にブロック化する。NW 系の Duskanya 断層は幅 0.5~1.5 km の断層群からなり、傾斜 85°NE、移動量 100 m 程度の逆断層である。E-W, NE 系はそれぞれ幅 100 m, 50 m の断層帯で、中心に幅 20 m の角礫化帯を持つ。

花崗岩は 2.6 km² に楕円形を示し、壁岩に 70-90° の急傾斜に貫入するプラグ状で、幅 200~300 m のホルンフェルス化を与える(第9図)。岩質は斑斕-閃緑岩~花崗岩で岩相変化が著しい。その年代は 127~152 Ma である。マグマ活動の最末期は E-W 系の苦鉄質~珪長質岩脈である。鉱化作用はグライゼン-絹雲母化、スカルン化に関連してみられるが、主力は E-W 系の断層帯を埋める含金石英脈で、走行延長 800~2,000 m, 幅 0.5~5 m である。北部・中部・南部の鉱化帯のうち、中部が稼行品位に達する。

鉱脈は石英脈と派生細脈群からなり、個々の石英脈は走向延長 20~200 m, 脈幅 0.1~1.5 m である。富鉱部は鉱脈の緩傾斜部や鉱脈と E-W 系急傾斜割目との交差部で得られる。主要鉱石鉱物は自然金・freibergite・黄鉄鉱・硫砒鉄鉱である。Au/Ag は 1 で富鉱部ほど Au に富む。金量の 75% は石英脈中に産し(平均 50 g/t), 25% は母岩中の絹雲母-加水雲母-石英変質帯に産する(平均 7~10 g/t)。

鉱脈は上部でコロイド状、下部で角礫化など多様な組織を示す。鉱脈はカルセドニー・石英のほか、氷長石・加水雲母・炭酸塩鉱物・カオリナイト、鉱石鉱物として canfieldite・freibergite・naumannite・polybasite・自然金・自然銀・黄鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄銅鉱などを含む。



第10図 Kubaka 鉱床の位置図(Stepanov, 1994).

Kubaka 鉱床

Kubaka 鉱床はデュカート鉱山の北東方約250 km にあり、外資系企業(Cyprus-Ame Mining Co.)が稼行する唯一のものである。これまでの鉱床と異なり、Omolon 地塊中に胚胎する(第3図)。この地塊の再活動によって生じた火成活動(デボン紀)により生じた浅熱水性鉱脈であり、上述の中生代の鉱床と比較して螢石、重晶石に富み、硫化物・硫塩鉱物に乏しい性格を持つ。

鉱床は北東・北西2系列の構造線の交点に位置し(第10図)、鉱床付近には多くのリング構造や正の重力異常が認められ、火山噴出口であったものと思われる。デボン紀火山活動は中性～珩長質組成

で、カリウムに富む(4～8% K_2O)。

鉱床は火山リング構造の南東部を切る Kubaka 逆断層付近で、リング構造と逆断層で規制されたブロック(8 km²)中に存在する。母岩は主として珩長質イグニブレイトと流紋デイサイトであり、鉱脈はそれを覆う中性集塊岩では断続的となり、下位の苦鉄質岩では消滅する。

鉱床の走行はリング構造に沿って北西(南東部)から東西(北東部)に至る変化を示し、個々の鉱脈は走向延長400～600 m、エシュロン状に分布する。傾斜も変化し、南東部ではほぼ垂直、北西部では40～60°を示す。各鉱脈の断面は扇状で(第11図)、上下方向に200～250 mである。

鉱脈は石英-氷長石型で、角礫状・縞状・櫛状な多様な組織を示す。脈石鉱物は石英・カルセドニー・氷長石・炭酸塩鉱物・加水雲母のほか、少量の緑泥石・絹雲母・螢石・重晶石を含む。鉱石鉱物は0.5重量%以下で、自然金・銀、黄鉄鉱の他、少量の黄銅鉱・硫砒鉄鉱・方鉛鉱・白鉄鉱・硫銀鉱からなる。

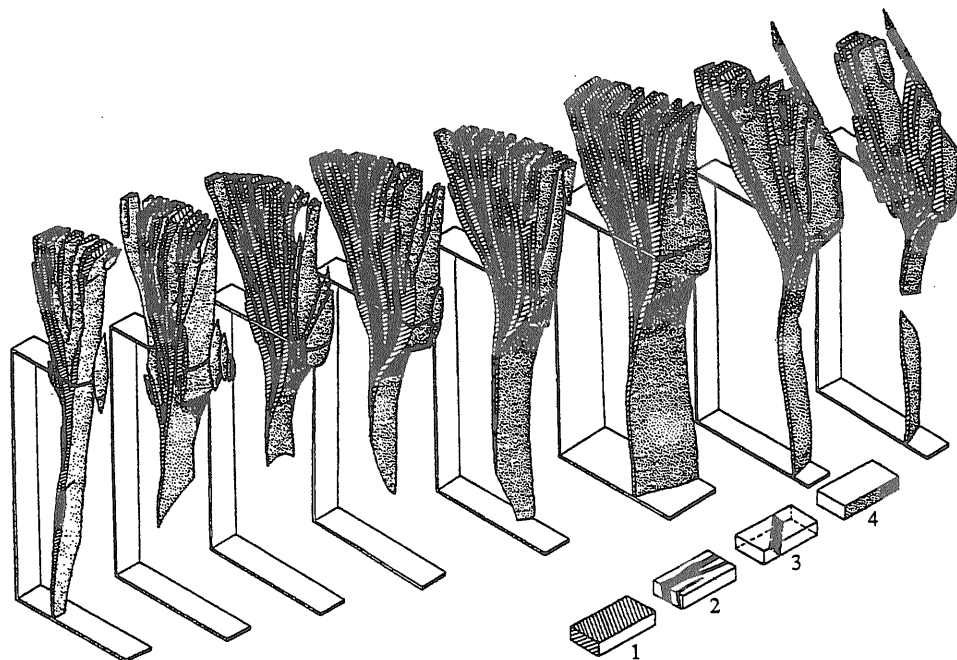
砂金鉱床

コリマ砂金地帯は次の7ヶ所に大別される。Berelekh-Chai-Yuryuya, Debirn-Ortukan, Sango-Talon, Ten'ka, Shamaniha-Stolbovaya, Visual'ninskaya, Taygonoskaya。

これらは北方へ流れるコリマ河中部部に位置し、河川が諸構造を横断する付近に当るそうであるが、具体的な分布図は見ることすら出来なかった。鉱床数は1,000ヶ所に達し、中規模の谷間に多い。沖積層中に多く、テラスのものは稀である。埋没砂金層は河川中の凹部や氷河地形に規制されて見出される。

砂金の形成時代は若く、更新世後期-完新世と思われる。中部更新世の埋没砂金は Debin-Ortukan-Srednekan と Sango-Talon 地帯に知られている。下部-中部更新世砂金が Shamaniha-Stolbovaya 地域に産出する。

砂金の深さは様々であるが、平均8 m、凹部では200 mに達する。金は中～粗粒、純度は710～975、平均840パーミルである。数kgに達するナゲットも発見されている。粗鉱中の金含有量は一般に1～



第11図 Kubaka 鉱床の鉱脈形態図(Stepanov, 1994).
1-中品位鉱, 2-高品位鉱, 3-断層, 4-鉱体の側面.

20 g/m³. Debin-Orotukan-Srednakan 地域では錫石が, Visual'ninskaya 地域では自然銀が回収された。

砂金の多くは採掘済みであり, 1931年の探査の開始以後, 自然金2,400トンが回収された。砂金の起源は石英脈・縞状鉱・岩脈・鉱染網状鉱などである。現在ではコリマ河支流の中-上流部のものが5-10月に稼行されている。私達が見学した砂金鉱床は次の様なものであった。

Topky 鉱床: これはデュカートに近く, 三疊紀頁岩中の石英-方解石脈から風化・侵蝕した砂金鉱床で, ブルドーザと移動式水洗・比重選鉱機により(写真23), 品位1.75 g/m³の鉱石を50 m³/時, で処理している。採算層は深度2-3.5 mの80 cmである。自然金は粒度1-2 mm, 希に30 gに達するナゲットが産出する。探鉱目的の試錐は100 m間隔でおこない, 鉱量100 kgAuを確保している。

Nadezda 地区: これはススマン南東方約100 km, Sinegorye-ススマン間にある。ジュラ紀堆積岩類中に後期ジュラ紀の石英閃緑岩-花崗閃緑岩が小ストック状または岩脈状に貫入する。これらを母岩とする石英脈が分解して流出した砂金を1940年

から採掘し, これまでの総生産量は2トンである。現在は平均品位0.7-0.8 g/m³, 処理量800 m³/日で生産が続けられている。

Strelka 鉱床: デュカート銀鉱山から本道へ戻って Strelka にある。砂金と錫石を採取している。

ススマン地域: この地域(29,000 km²)には多数の鉱床があり, 1937年以降1,000トンの砂金を採掘した。年間最高は1940年代の42トンであったと言われる。初生鉱(山金)からの産金量はこの地域から僅かに2トンであるから, 砂金比率が著しく高いことが明瞭である。ナゲットの最高は12 kgであった。現在の残存鉱量はAu 7-10トンとされている。

Nekcykan 砂金: これはススマン南西方30 km にあって, Susuman-Byoryolyok 河から Holodny バケツ式ドレジャーを使って採掘している(写真24)。バケツは250リットル, 年間処理量100万立方メートル, 産金量は年間300 kg である。

おわりに

以上, 北東ロシアの鉱物資源をマガダン北方のご

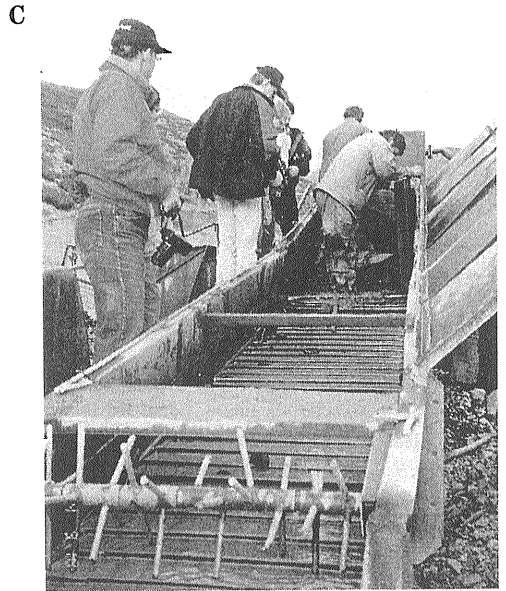
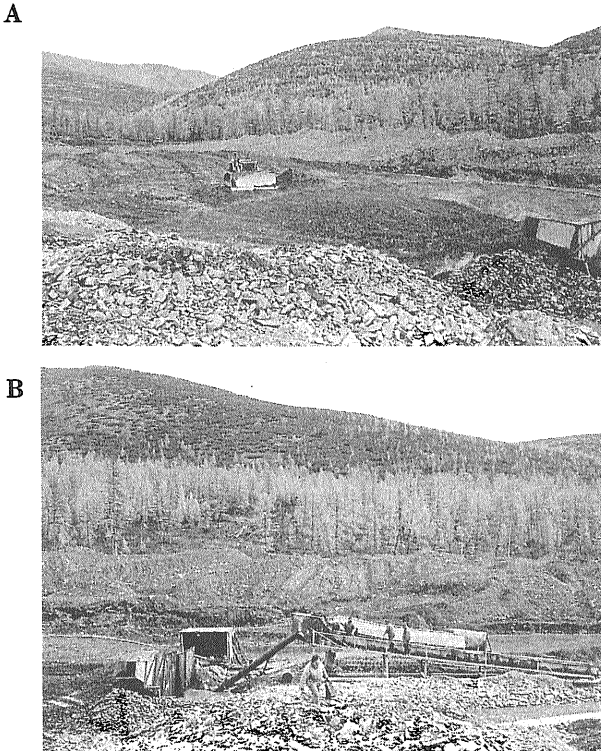


写真23 砂金の小規模採掘の例：Topky 鉱床。A：ブルドーザで剝土し厚さ80 cmの鉱土層を集める。B：圧力水で洗い礫を除き、砂泥を沈殿池(写真左)に集め、それをかんな流し(写真右)で比重選鉱する。C：作業を中止し、底のゴム板上の砂金を回収する。

く一部について紹介した。圧倒的に金銀鉱床が多く、しかもそれはモンゴル-オホーツク帯の南部に多い。この事実の背景には、(1)砂金採掘の経験から初生金銀鉱床探査の手掛りが得られていた、(2)厳しい自然条件の中で高価格元素が優先された、かつ(3)マガダンに近いところが開発条件が良かった、ことなどが考えられる。

地質現象の常として、またモンゴルの豊富な鉱物資源を見るまでもなく、金銀以外にも多くの鉱物資源がモンゴル-オホーツク帯には眠っている筈である。今後の社会基盤の整備如何によっては、北東ロシアに大きな探鉱価値が生まれるであろう。

今回の旅行で感じたことの一つに、第二次世界大戦を経験した年配者がヨーロッパ・ロシアに対して“コンチネント”と呼ぶ言葉がある。既述のようにマガダンはGULAG 囚人運搬の基地として選ばれ、長い間まさに『陸の孤島』であって、その感覚を拭い去ることが出来ないであろうと思われた。現在ではヤクーツクを経てシベリア鉄道まで自動車道路が一応通じているが、最近の経済的混乱によって再び陸の孤島に戻りつつある。

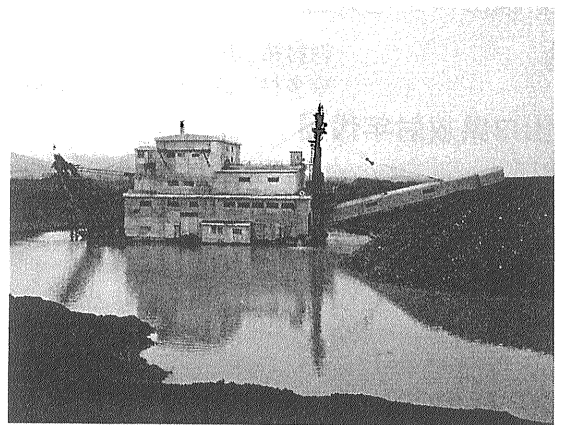


写真24 ススマン南西方のドレッジを使った砂金の大规模採掘(Y. R. Dobrotin 撮影)。

北海道とマガダンの距離は僅か2,000 km であり、ロシア製の流氷も毎年来る。資源開発や地域の産業技術開発のいずれを取っても、わが国、特に北海道と交流しながら進めることが最も効率的と思われるが、勢い良く走りまわっている日本製中古車以外に、マガダンにおいて“日本色”が認められなかつ

たことは非常に残念であった。まずは人的交流を進めることが第一歩と思われ、札幌—マガダンに定期航空路の開設が待たれる。今後の関係者の努力に期待したい。

謝辞：現地においてお世話くださり、また試・資料を提供された V. I. Goncharov, M. E. Gorodinsky, M. L. Gel'man, N. A. Goryachev, S. F. Strujkov, Y. R. Dobrotin の各位に心からお礼申し上げる。

文 献

Gel'man, M. L. (1994): Late Mesozoic granites of the Siberian Northeast. Abstract 8th Intern. Conf. Geochron. Cosm. Isotope Geol. U. S. Geol. Surv. Circular 1107.

Goncharov, V. I. (1994) Mineral resources of Magadan region and problems of their development. Program & Abstract, Mineral Resources NW Pacific Rim (S. Ishihara ed.) 3, Hokkaido Univ., Sapporo.

Gorodinsky, M. E. and Abbott, G. ed. (1994): Kolyma gold ring (Northeast Russia). Field Trip Guidebook, Part 1, 20p., Northeast Geology Committee "Sevvostgeolcom", Magadan.

Ishihara, S. (1984): Granitoid series and Mo/W-Sn mineralizations in East Asia. Rept. Geol Surv. Japan, 263, 173-208.

石原舜三(1994) : ICAM(国際北極海周辺地域地質会議)について。

地質雑, 100, 891.

Konstantinov, M. M., Rosenblum, I. S. and Zinnatullin, M. Z. ed. (1992a): Predictive exploration models for gold and silver deposits in Northeast Russia. Northeast Geology Committee, Moscow, 140 p.

Konstantinov, M. M. Rosenblum, I. S. and Strujkov, S. F. (1992b): Types of epithermal silver deposits, northeastern Russia. Econ. Geol., 88, 1797-1809.

Konstantinov, M. M. ed. (1994): Epithermal gold-silver deposits of the Ducat mining district, Northeast Russia. Field Trip Guidebook, 72p.

Levine, R. M. and Bond, A. R. (1994): Tin reserves and production in the Russian Federation. Intern. Geol. Review, 36, 301-310.

佐藤興平, Lavrik, N. I. and Vrublevsky, A. A. (1993): Sikhotealin の地質と鉱床。地質ニュース, no. 468, 16-26.

司馬遼太郎(1986) : ロシアについて : 北の原形。朝文芸春秋, 251p.

Stepanov, V. A. (1994): The Kubaka gold-silver deposits (Northeast Russia). Geol. Ore Deposits, 76, 328-334.

ISHIHARA Shunso (1995): Gold-silver deposits of Northeast Russia.

<受付 : 1995年 2月 6日>

新刊紹介

新編山口県地質図

西村祐二郎・今岡照喜
宇多村 讓・亀谷 敦 編集

山口県放射年代図

西村祐二郎・今岡照喜 編集

共に15万分の1縮尺, 1995年3月発行,
定価はそれぞれ3000円, 200円(送料別)。

上記2書が山口地学会から出版されたので紹介したい。山口県には長門構造帯, 三郡変成岩, 秋吉石灰岩層などの著名な古期岩類に中生代の付加岩類, 夾炭層, あるいは白亜期末の火山岩類と深成岩類(チタン鉄鉱系), 更には古第三紀のコールドロに伴う火山・深成岩類(磁鉄鉱系)など非常に興味深い地質体が多く, かつ19世紀から地質図が発行されている良き伝統を持つ。

山口県地質図は長く20万分の1であったが, 1988年に15万分の1へと改訂された。今回はそれを更に三郡変成岩, 玖珂層群, 中生代火成岩, 新生代火山岩, 第四紀層などの区分や分布について修正すると共に, 活断層が移動のセンスと共に朱書き加筆された。

山口県放射年代図では, 1994年までの放射性年代(Rb-Sr, K-Ar, フィッショントラック, ¹⁴C法など)が

総括され, 同一縮尺図に図示された。その数は下記の総計259個に及ぶ。

高圧, 低圧型他多種の変成岩類	53個
堆積岩類ホルンフェルス	23個
領家, 広島型など貫入岩類	59個
中生代—新生代火山岩類	49個
古生代—新生代堆積岩類	49個
第四紀層 ¹⁴ C年代	26個

また詳しい資料集として「山口県の放射年代—1994年総括」山口地学会誌第34号別刷が添付されている。

以上のように標記の2書は15万分の1縮尺であるため地質系統の細部がより適確に表現され見やすく, 活断層や放射年代を加えることにより, 利用価値がさらに高められた。本書は研究者から山口県にかかわる現場実務担当者に至るまで幅広く利用できる内容を有しており, 手元におかれることをお勧めする。

なお問い合わせ・入手先は下記のとおり:

〒753 山口市春日町8-2

山口県立博物館内山口地学会

☎0839-22-0294 Fax 0839-22-0353

郵便振替は, 下関4-14347 山口地学会

販売先は他に

関西地図センター(☎075-761-5141)

中国書店(☎082-247-0968)など

(石原舜三)