

アメリカ西部の金鉱床を訪ねて(2)

代表的な堆積岩はい胎・鉱染型（「カーリン型」）鉱床の鉱化作用

富 樫 幸 雄（鉱物資源部）
Yukio TOGASHI

1. はじめに

前稿（富樫 1988）では 現在最も注目されている金鉱床タイプの一つである堆積岩はい胎・鉱染型金銀鉱床（いわゆる「カーリン型」）について その地質的特徴や最近の成因論を総論的に御紹介した。今回は 筆者が実際に訪問する機会を与えられたいくつかの鉱床についてその地質と鉱化作用の概略や 鉱山の現況などを御紹介することにした。

2. Carlin 鉱床

主として石灰質堆積岩中にはい胎する鉱染型金銀鉱床が従来「カーリン型」と呼ばれていることに示されるように この鉱床はこのタイプの鉱床群を代表する最も著名な鉱床である。次節に述べる Gold Quarry 鉱床が1980年代初めに発見されるまでは このタイプのものとしては規模は最大であったため 1960年初頭に発見され 1965年に本格的採掘が開始されて以来 経済的に大いに注目されてきた。また 鉱床学的にも これまで多数の研究がなされ 単にこのタイプの金鉱化作用の解明に寄与しただけではなく 浅熱水性金鉱化作用全体の研究へも大きな刺激を与えてきた。さらに この鉱床からは数多くの新鉱物 稀産鉱物が発見され 鉱物学の分野への寄与も大きい。結局 それらの総合的な結果として 最近のネバダ州とその周辺で この種の鉱染型鉱床

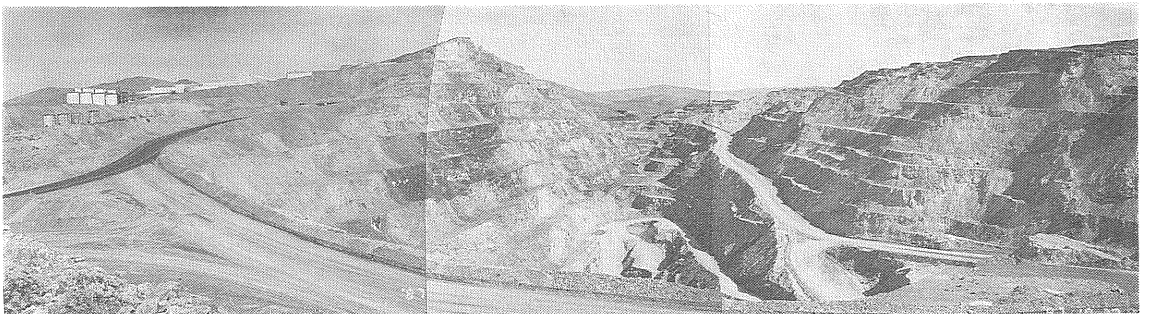
が次々と発見されていることは周知の事実である。Carlin 鉱床自体は操業開始以来すでに四半世紀近くが過ぎ さすがに鉱量は枯渇しつつあるが 以上の意味で世界の数ある金鉱床の中でも記念碑的な金鉱床の1つとすることが出来るだろう。

位置と沿革

Carlin 鉱床はネバダ州中北部の町 Carlin（人口約1000人）の北西 32km に位置している。鉱床は Tuscarora 山脈（Basin and Range 地形の Range の1つに相当）の中央部 標高約1900mの地点にあるが 自動車での交通は至便である。

鉱床周辺では 今世紀初頭の砂金採掘を皮切りに 小規模な鉱業活動が断続的に続けられていた。例えば 1907年には 小規模な含金石英脈が発見され 1930年代半ばには年間約15kgの金が生産されたという。また 1920年代には 現在の鉱床の東方1.5kmに 輝安鉱や重晶石を含む石英脈が発見されている。さらに1929年には 現在の鉱床の北西方5 kmで 宝石品位のトルコ石の鉱床が発見され その採掘総額は 150万ドルに及んだという。

さて 1950年代末には USGS による一帯の地質調査が進み この地域の地質がかなり明確になってきた。これをもとに USGS の Roberts は この地域の探査方針として Roberts Mountains 衝上断層の下盤（Lower Plate）が地窓状に露出する部分の 炭酸塩岩が最良の



第1図 Carlin 鉱床全景。露天採掘場西端から東側を望む。撮影時（1987年10月）には通常の採掘活動は行われていないように見えた。

ターゲットであると予想した。その理由は 地窓をもたらしした隆起構造は火成活動によるものであり 鉱化作用は火成活動と密接に関連して石灰岩中で行われているはずだからである。

この仮説に刺激されて この地域一帯での探査活動は一気に活発になったが とくに Newmont Mining 社はいくつもの地窓を評価した結果 Lynn Window が最も有望であるとし 1961年から集中的な探査活動を開始した。その結果 1962年にはボーリングにより(のちに Carlin 鉱床と名づけられた) 鉱体の一部を捕捉し 開発時点では 鉱量1100万トン 品位9.3 g/t Au の大規模な金鉱床の存在が確認されたのである(鉱量は最終的には1500~2000万トンにのぼったといわれる)(第1図)。

本格的な操業は1965年に開始され それ以来 この鉱床から採掘された金量は125トン Au 以上である(Newmont Mining 社資料)。しかし 現在では 実質的にはほとんど採掘され尽くしたといつて良い。

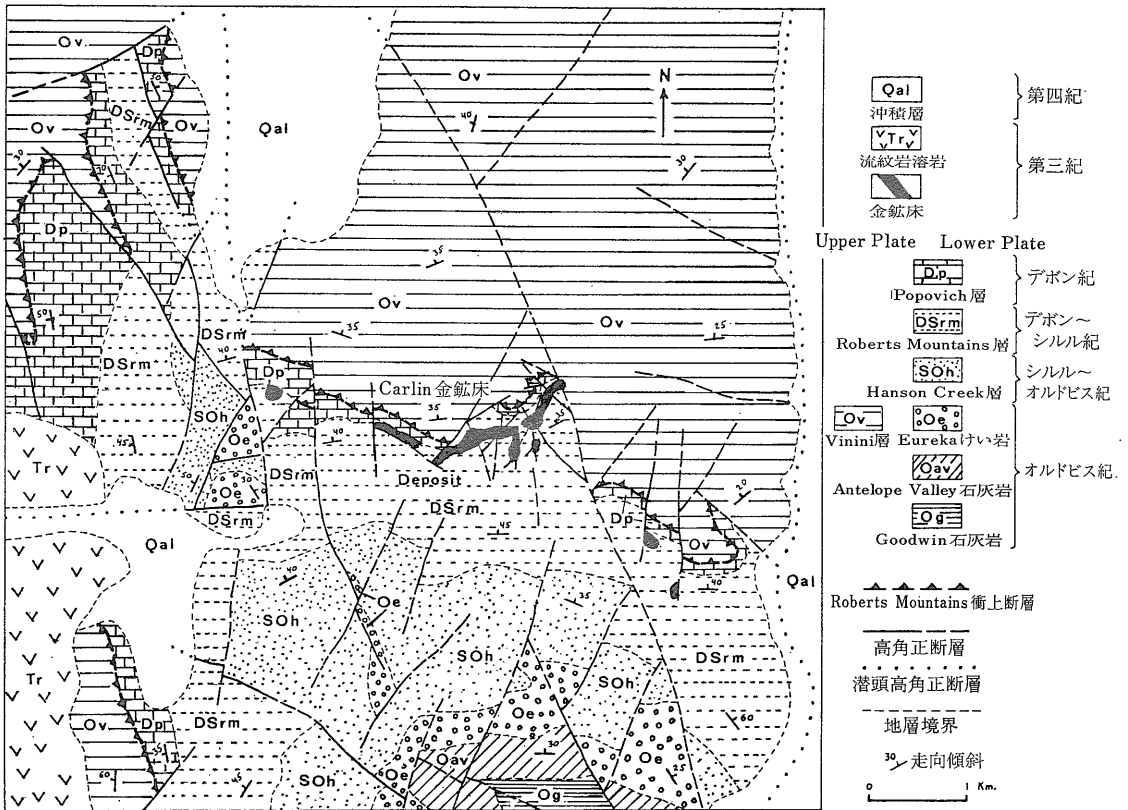
なお Carlin 鉱床を発見した Newmont Mining 社はその後にも積極的な探査活動を続けた結果 Carlin トレ

ンド一帯で次々に同種の鉱床を発見している。それらの鉱床は Carlin 以外に Gold Quarry, Maggie Creek, Blue Star, North Star, Genesis, Post など これら全体で今後採掘可能な金量の合計は 現時点でも 600トン Au を越すといわれている。

地質

Carlin 鉱床周辺にはオルドビス紀からデボン紀にかけての堆積岩類が広く分布するが 地層にはほぼ並行な Roberts Mountains 衝上断層を境にして その上盤側(Upper Plate)と下盤側(Lower Plate)の2つのグループに分けられる(第2図)。Lower Plateの地層は石灰岩 ドロマイトなどの炭酸塩岩を主とし 浅海のミオ地向斜条件で堆積したものである(上位より Popovich 層 Roberts Mountains 層 Hanson Creek 層など)。Lynn Window でのその厚さの合計は 2000m に近い。鉱床周辺では 走向はほぼ E-W 傾斜は 30~40°N である。

一方 Upper Plate はチャート 頁岩などのけい質岩類で構成されており 鉱床周辺に分布するのは Vinini



第2図 Carlin 鉱床周辺の地質 (Radtke, 1980 を一部改変)

層と呼ばれている(厚さ1900m)。この地層はネバダ州西部のユウ地向斜条件で堆積しその後 Roberts Mountains 衝上断層の活動で東方へ移動したものである。堆積の時代はオルドビス紀前期～シルル紀前期である。また衝上断層の活動はデボン紀後期～ミシシッピ紀前期の Antler 造山運動に伴うものである。

その後ジュラ紀後期から白亜紀前期にかけては N—S ないし NW—SE 方向の背斜が形成されその中軸部には石英閃緑岩 閃緑岩 花崗閃緑岩(131百万年前以下 Ma と記す)などが貫入した。こうして形成された隆起構造では Upper Plate が削はくされ Lower Plate が地表に露出して地窓が形成された。Carlin 鉱床が分布する Lynn Window では深成貫入岩体による空と考えられる空中磁気異常が確認されている。

さらに中新世には流紋デイサイトや流紋岩の活動がありその溶岩流(14Ma)が Carlin 鉱床西南方一帯に分布している。現在の Basin and Range 地形をもたらした伸長的な広域的構造運動は 17Ma 頃には始まったと考えられ中新世後期には最高潮に達し N—S ないし NNE—SSW 方向の高角正断層が Carlin 鉱床周辺にも多数形成されて現在に至っている。

鉱床

Carlin 鉱床は Lynn Window の北東縁に沿いほぼ NEE—SWW 方向に配列する層状ないし板状の鉱染状鉱体の連続として分布する。鉱床は Lower Plate の

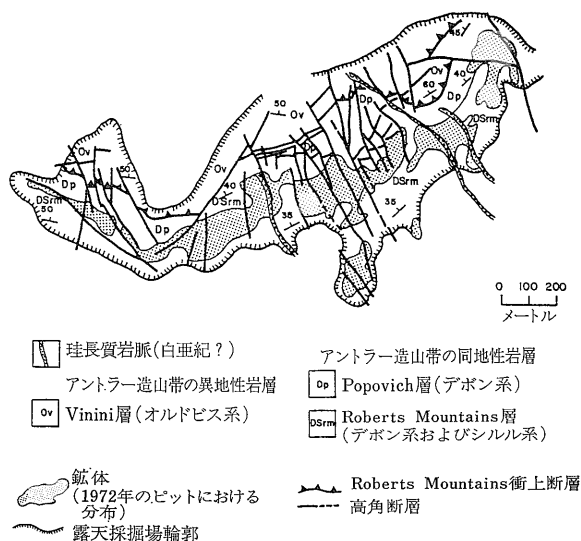
Roberts Mountains 層(縞状ドロマイト ドロマイト質石灰岩 石灰質頁岩などよりなり 層厚約 600m)の上部約 250m の層序的範囲にはい胎されている(第3図・第4図)。

鉱床は便宜上 東から East Main South Extension West の4つの鉱化帯(ore zone)に分けて呼ばれその各々はさらにいくつかの鉱体からなっている。鉱床全体の東西延長は1600mを越えすべて露天掘りされている。

鉱床を三次元的に見ると 上述の Roberts Mountains 層の一定の層準に規制されて 地層面に整合的に緩傾斜の層状鉱体をなす場合と 高角断層に沿って急傾斜の板状 脈状 ないしパイプ状をなす場合とがある。鉱床全体としては層状をなす場合が多いが Main 鉱化帯の一部や West 鉱化帯では急傾斜の脈状 板状などの産状が見られる。また Main 鉱化帯の一部のように単一の鉱体が 深部は高角断層に沿って脈状を 浅部は母岩に調和的に層状を それぞれ呈し いわばロート状の形状を示すものもある。この例に示されるように一般に 層状鉱体も その分布は高角断層の存在を密接に関連しており 特に 最大の Main 鉱化帯では N—S 系と NE—SW 系の正断層の交会部が 最も重要な富鉱部であると考えられている。

なお 層状鉱体の厚さは 一般に 20～30mであるが Main 鉱化帯の一部では90mを越える。一方 高角断層に沿って分布する鉱体の場合は厚さ1～10mである。

鉱床の地表付近の部分は鉱化後の酸溶脱(Acid leach-



第4図 Carlin 鉱床 East 鉱化帯露天北壁の外観。下部の白色部が鉱床(酸化鉱)。その上部の暗色部は多量の炭質物を伴うが鉱石ではない。

第3図 Carlin 鉱床の地質と鉱化帯の分布 (Bagby and Berger, 1985).

ing) や表成変質 (Supergene alteration) により酸化されている (第5図)。この酸化帯の基底は現地表より最大120mの深部に及び 比較的浅部に分布する South Extension 鉱化帯はすべて酸化鉱よりなっている。Carlin 鉱床全体での酸化鉱は700万トンといわれ これは全埋蔵量の3分の1から2分の1に相当する。

鉱化作用と変質作用

Radtke (1985) によれば Carlin 鉱床で認められる鉱化作用と変質作用を時間的順序で大きく分けると

- (1) 熱水変質作用 (Hydrothermal alteration)
- (2) 酸溶脱酸化作用 (Acid leaching oxidation)
- (3) 表成酸化作用 (Supergene oxidation)

の3つである。

(1)の熱水変質作用では まず 熱水溶液により堆積岩中の炭酸塩鉱物 (特に方解石) が選択的に溶脱され その結果 堆積岩類の孔隙率や透水性が増加した。これによって形成された多孔質の部分は 続く主鉱化期での鉱化溶液に通路を提供することになった。この主鉱化作用に伴う変質作用はセリサイト カオリナイト 細粒シリカなどの形成を伴うカリ質・粘土質変質で特徴づけられる。次に 鉱化作用の末期では 炭酸塩岩を交代して大量のシリカの沈殿が行われた。ジャスペロイドと呼ばれているこのようなけい化帯は Carlin 鉱床では後述する Jerritt Canyon 鉱床などに比べ 小規模である。しかし South Extension 鉱化帯では200m以上にわたり N-S方向に延長しているなど 鉱床各所に分布している。Carlin 鉱床においても ジャスペロイドの分布は高角正断層と密接に関連していることが明らかになっている。

なお 主鉱化期のカリ質・粘土質変質については

Rose and Kuehn (1987) が 鉱化溶液の通路となった高角断層周辺ではデイッカイトおよびカオリナイトを伴い その外側へ向けてセリサイト カリ長石などが順次現れる明瞭なゾーニングを認めている (前稿参照)。

(2)の酸溶脱酸化作用は鉱化作用後のステージのもので 熱水溶液中の H_2S が地表付近で酸化され その結果形成された H_2SO_4 を含む酸性溶液が下降してもたらしたものと考えられている。この変質作用は炭酸塩鉱物の溶脱で特徴づけられ その程度は高角断層沿いで最も激しい。このタイプの変質帯は細粒石英 カオリナイト セリサイト 明ばん石 ドロマイトなどよりなり 現在の地表より約75mの深部まで及んでいる。

この同じステージで 酸溶脱帯では重晶石脈 (第6図) が その周辺では方解石脈 (第7図) が それぞれ形成された。けい化作用はこの段階でも 特に浅所において続けられた。さらに この酸化作用により 有機炭素や硫化物は分解された。

(3)の表成酸化作用は熱水活動後の地表部で いわゆる風化作用として行われたもので 酸化作用の程度としては酸溶脱作用に比べるかに弱い。この変質帯はすでに形成されていた(1)および(2)の変質帯に重複し (2)の酸溶脱帯下底部よりさらに15~30m深部まで達している。

以上の考えをまとめた Radtke (1985) による鉱化・変質作用の過程での鉱物共生関係を 温度・塩濃度変化とともに第8図に示す。

鉱石

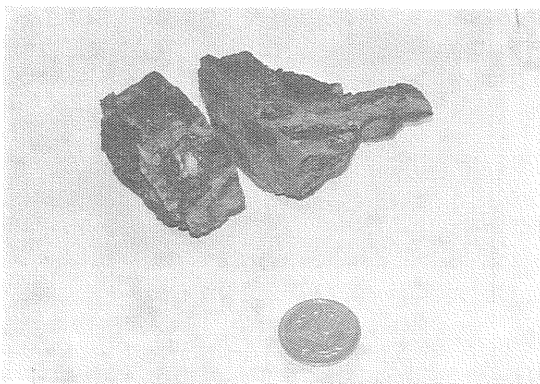
Carlin 鉱床に産する鉱石の金品位は 平均9g/t Au と このタイプの鉱床にしては著しく高いものである。しかし 金粒は微細で しかも 鉱染状に分布するために 未鉱化の変質母岩との識別は肉眼的には不可能である。したがって 金品位分析によって はじめて鉱石か否かを知ることが出来る。

鉱石はその鉱物組成や産状の特徴から 未酸化鉱は5つのタイプに分けられ 酸化鉱をあわせ 次のように計6つのタイプに分けることが出来る (Radtke 1985)。

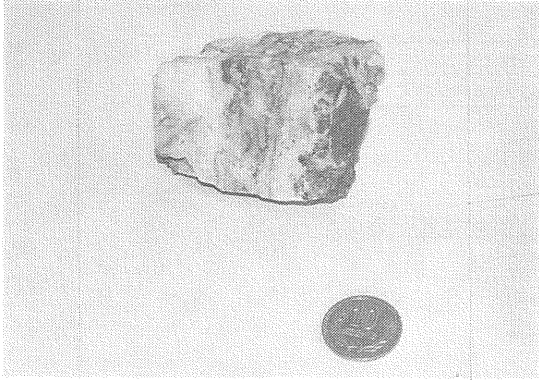
A 未酸化鉱

1. 通常鉱 (Normal ore)

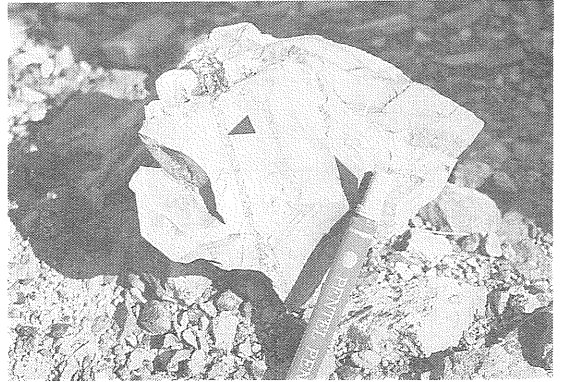
未酸化鉱の中では最も普通のタイプのもので ドロマイト セリサイト 石英を主とし より少量のカオリナイトと方解石を伴う。炭質物の含有量は0.5~0.6重量%で 新鮮な炭酸塩岩 (Roberts Mountains 層) の約2倍となっている。硫化物としては黄鉄鉱が卓越し その中にはフランボイド状のものも含まれる。この



第5図 Carlin 鉱床 East 鉱化帯産けい質酸化鉱。金品位7.5 g/t (推定)。石英の外に褐鉄鉱 セリサイト カオリナイトを伴う。



第6図 Carlin 鉱床産重晶石脈(酸化帯). 少量の石英を伴う.



第7図 Carlin 鉱床産含有機物方解石脈(試料左側の灰色の細脈; 黒矢印). X線的には方解石の他にアンケライト石英 微量のセリサナイト カオリナイトよりなる.

タイプの鉱石中の金は主に硫化物を被覆して産し 少量のものは石英に伴う自然金として産する.

2. けい質鉱 (Siliceous ore)

炭酸塩を交代したシリカが卓越するもので 石英は80~95%を占める. 残りはセリサイト カオリナイトとドロマイトで 少量の炭質物を伴う. 金は熱水起源の石英に包みこまれた自然金粒(径 $10\mu\text{m}$)として産する.

3. 炭質物鉱 (Carbonaceous ore)

多量(1~6%)の有機炭素を伴う特徴をもつ. この点を除けば通常鉱に類似している. 金は硫化物に伴われていると考えられている.

4. 黄鉄鉱質鉱 (Pyritic ore)

黄鉄鉱含量が3~10%と 他のタイプの未酸化鉱の場合(0.5~3%)に比べきわめて多い(第9図). 黄鉄鉱は最大径0.4mm程度の自形~半自形結晶をなして産し 少量のフランボイド状のものを伴う. 黄鉄鉱以外の硫化物は少く 鶏冠石 輝安鉱 辰砂 閃亜鉛鉱などが散点する程度である. 金は黄鉄鉱を被覆して産し Hg As Sb がこれに伴う.

5. 砒素質鉱 (Arsenical ore)

As を0.5~10%も含むことが特徴で その多くは石黄 鶏冠石 ある種の硫塩鉱物などとして産する. これらの砒素質鉱物は細脈としてあるいは晶洞充填物として産する(第10図). East 鉱化帯の一部では特に砒素質鉱石に 富む部分が見出される. この限られた部分は Tl-As-Sb-Hg-S 系の稀産鉱物や多数の硫化物を

伴うので「ごみバケツ鉱体」(Garbage Can Ore Body)などと呼ばれている. 金の産状は多様で

- i) As Sb Hg Tl などとともに黄鉄鉱上の薄いフィルムとして.
- ii) 熱水性石英に伴う黄鉄鉱中に Hg とともに含まれて.
- iii) 炭質物中に Hg とともに含まれて.
- iv) 鶏冠石中に含まれて.

などの場合が知られている.

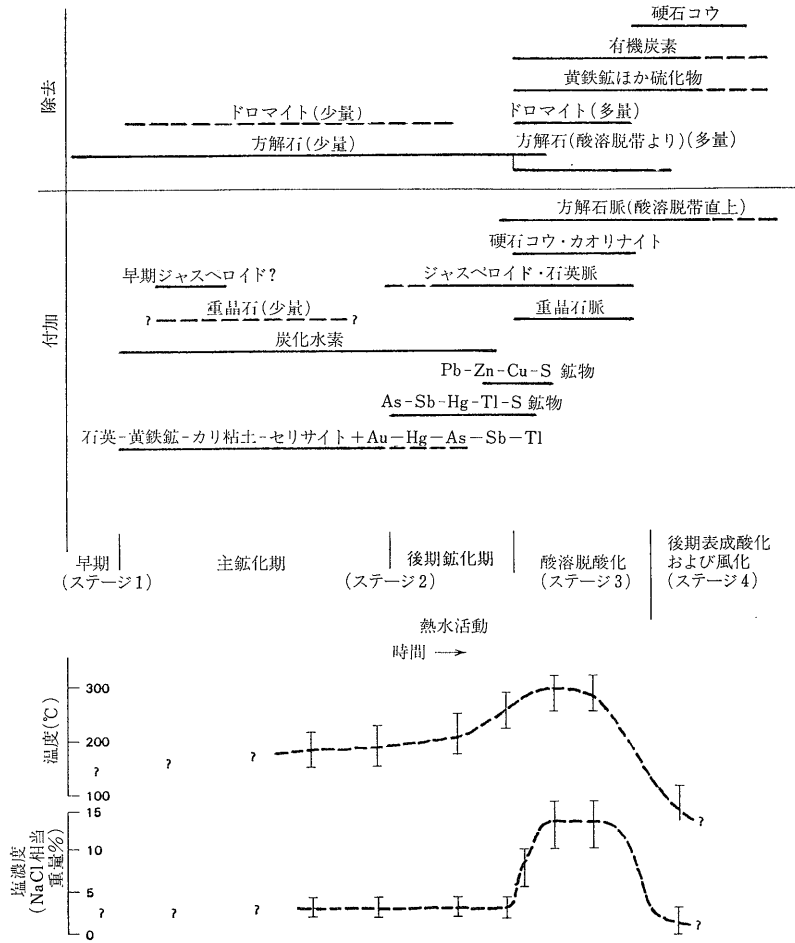
B 酸化鉱

鉱物組成は石英 粘土(セリサイト 少量のカオリナイト モンモロロナイト) ドロマイトを主とし この点では未酸化鉱の通常鉱と類似している. ただし 酸化鉱に共通した特徴は炭質物が0.03~0.35%と少ないことで このため 鉱石は漂白されたような外観を示す. 黄鉄鉱などの硫化物と方解石はきわめて乏しく かわって褐鉄鉱が散点する. 金は 石英 褐鉄鉱 粘土などに伴って きわめて微細な自然金粒として散在している.

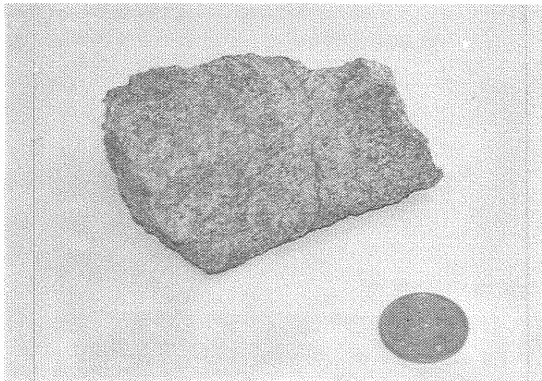
新鉱物・稀産鉱物

Carlin 鉱床は鉱物学的にも 数々の新鉱物・稀産鉱物が産出したことで有名である.

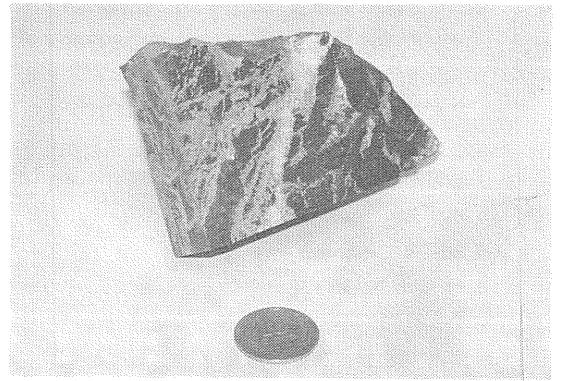
新鉱物としてこの鉱床から発見され これまでに報告されたものは Frankdicksonite (BaF_2) Carlinite (Tl_2S) Christite (TlHgAsS_2) Weissbergite (TlSbS_2) Ellisite (Tl_3AsS_2) の5つである(第1表).



第 8 図 Carlin 鉱床の鉱化・変質ステージと共生関係 (Radtke, 1985).



第 9 図 Carlin 鉱床 East 鉱化帯産黄鉄鉱質鉱 (未酸化)。この試料では黄鉄鉱以外に 石英 セリサイト カオリナイトを伴う。



第10図 Carlin 鉱床 East 鉱化帯産石英細脈 (未酸化)。石英細脈 (試料中央) に重複して網状に分布する。

これらの他にも 金鉱床では初めて発見された Lorandite (TlAsS₂) 同じ「カーリン型」の Getchell 鉱床で発見された Getchellite (AsSbS₂) の他 含 Tl 石黄 含 Sb 石黄などの稀産鉱物も報告されている。

以上の鉱物は すべて East 鉱化帯のごく限られた範囲(ゴミバケツ鉱体)に 自然砒素 鶏冠石 石黄 辰砂 輝安鉱 Galkhaite ((Hg, Cu, Tl, ZnAsS₂) などと共に産するのが特徴的である(第11図)。

また 以上の鉱物は Christite の一部を除き すべて未酸化帯に産する。 酸化帯からの産出が報告されている稀産鉱物としては Carlinite の酸化によってもたらされた Avicennite (Tl₂O₃) があげられる。

微量元素

Carlin 鉱床の金鉱化作用に特徴的に伴われる微量元素は Au の他に As Tl Hg Sb の4元素があげられる。

Au は黄鉄鉱に伴われる場合が最も多く 黄鉄鉱のみの試料では 500ppm Au もの濃度を示すことがある。

また 鉱石タイプとしては砒素質鉱が最も高品位で 最大 130ppm Au を示す。 しかし 鉱石全体としては Main 鉱化帯の場合 未酸化鉱で 7.1ppm 酸化鉱では 9.0ppm である(第2表)。 酸化による黄鉄鉱 有機物 方解石の分解・溶脱が金の富化作用をもたらしたものと解釈される。 ただし その程度はそれ程大きくはない。

As は鉱化作用との相関性が最も大きい 上記の元素グループの中では最も濃度が高く 砒素質鉱石では 2.5% As もの値を示すことがある。 鉱石全体の平均としては Main 鉱化帯の場合 未酸化鉱で 490ppm 酸化鉱で 380ppm である。

Tl は鉱床周辺の新鮮な岩石では 3 ppm 程度であるが

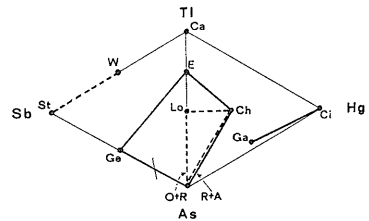
未酸化鉱では 40~50ppm と顕著な濃集を示す。 特に砒素質鉱では 150ppm と 最も濃度が高い。

Hg は Au とよく相関し Hg : Au 比はほぼ 4 : 1 ~ 2 : 1 の範囲に入る(平均 3 : 1)。 砒素質鉱では最大280 ppm を示すが Main 鉱化帯の未酸化鉱全体としては 20 ppm (酸化鉱は18ppm) である。

Sb は砒素質鉱にも多い(最大 115ppm) が 通常鉱にも多い(最大 140ppm) 点の特徴的である。 Main 鉱化帯全体の場合 未酸化鉱で 106ppm (酸化鉱で95ppm) と 全体的な変化幅は 5 元素の中で最も小さい。

Au に対して負の相関を示す元素は Ba で 重晶石脈には金は伴わない。 一般に ベースメタルが Ba と比較的高い相関を示す。

希土類元素については 新鮮な岩石に比べ若干の濃集が認められるものの 未酸化鉱の平均値として La 30



第11図 Carlin 鉱床産 Tl-Hg-Sb-As-S 系鉱物の組成と共生関係。 太い実線は鉱染状の共生を 太い破線は脈中の同時的な共生を それぞれ示す(線が閉じている場合はそれに囲まれた相も含む)。

鉱物名略号; A : 自然砒素 Ca : Carlinite Ch : Christite Ci : 辰砂 E : Ellisite Ga : Galkhaite Ge : Getchellite Lo : Lorandite O : 石黄 R : 鶏冠石 St : 輝安鉱 W : Weissbergite. (Dickson et al., 1979).

第1表 これまでに報告された Carlin 鉱床産の新鉱物

鉱物名	化学式	晶系	産状	文献
Carlinite	Tl ₂ S	三方	未酸化帯の有機質石灰岩中に石英 炭質物を伴う粒状結晶として産出。	Radtke and Dickson (1975)
Christite	TlHgAsS ₃	単斜	未酸化帯の有機質ドロマイト中の細脈 あるいは酸化帯基底部の重晶石脈の晶洞充填物として各種含 As 鉱物とともに産出。	Radtke et al. (1977)
Weissbergite	TlSbS ₂	三斜	未酸化帯のけい質ドロマイト中に少量の輝安鉱 石英を伴う粒状結晶として産出。	Dickson and Radtke (1978)
Ellisite	Tl ₃ AsS ₃	三方	未酸化帯の有機質ドロマイト中の細脈 パッチとして各種 As 鉱物を伴い産出。	Dickson et al. (1979)
Frankdicksonite	BaF ₂	等軸	未酸化帯の鉱化したけい質・有機質・As 質石灰岩中の石英細脈に伴い産出。	Radtke and Brown (1974)

ppm Y 20ppm Yb2ppm 程度である。

第2表に示す通り 酸化作用による挙動としては Ba と Au を除き どの元素も程度の差こそあれ 若干の溶脱をこうむっている。

流体包有物

Carlin 鉱床の流体包有物の研究結果を総括的に報告した Radtke (1985) によれば 主鉱化期 (ステージ2) の石英脈中の流体包有物は液相と少量の気相からなる二相包有物で その平均は充填温度が185℃ 塩濃度が3.7重量% (NaCl 相当 以下同じ) であった。 鉱化・変質作用の進行に伴う充填温度と塩濃度の変化は第8図に示してある。

酸溶脱期 (ステージ3) で形成したジャスペロイドの場合の平均は 充填温度225℃ 塩濃度7.5重量%を示すが 同ステージの重晶石脈の場合は 気相が卓越する包有物が多く その充填温度はしばしば300℃を越え 塩濃度も17重量%に達する。 このような高温と高塩濃度はこのステージを特徴づける沸とうによりもたらされたものと解釈されている。

安定同位体

各種の安定同位体の検討結果についても Radtke

(1985) は総括的に報告し 熱水鉱物や変質火成岩の δD 値が-140~-160‰であることなどから 熱水溶液は天水との交換がかなり進んだものであったとしている。 また 鉱床に伴う炭酸塩鉱物の $\delta^{18}O$ 値から ドロマイトと鉱液の交換は限られていたのに対し 方解石は交換が著しく かつ しばしば再結晶したと推定された。 さらに これら炭酸塩鉱物の $\delta^{13}C$ 値は鉱液中の CO_2 が堆積岩中の方解石の溶解によりもたらされたものであることを示した。 一方 未酸化帯中の黄鉄鉱の $\delta^{34}S$ 値は 4.2~16.1‰で 母岩の Roberts Mountain 層中の続成起源黄鉄鉱の値の範囲 (11.7~14.3‰) を含むことから 鉱化作用に伴う硫化物の硫黄は堆積岩起源と考えられている。

鉱化作用の時期

Carlin 鉱床の形成時期については まだ直接的なデータは得られていない。 変質作用と鉱化作用をともにこらむった深成岩が鉱床周辺に分布し それらの黒雲母の K-Ar 年代は 131Ma 121Ma 78Ma など白亜紀の値を示す。 一方 鉱床西方にジャスペロイドを覆って分布する流紋岩溶岩は未変質 未鉱化で そのサニディンの年代は 14.2Ma である。

以上の放射性年代から 鉱化作用の時期は 131Ma よ

第2表 Carlin 鉱床 Main 鉱化帯の微量元素濃度平均値

元 素	未 酸 化 帯	酸 化 帯	備 考
	ppm	ppm	
Au	7.1	9.0	
Ag	0.4*	0.7*	
Hg	20	18	
Tl	40	20	
As	490	380	
Sb	106	95	
Ba	500	1,500	
Cu	36	25	
Mo	7	3	
Pb	49	30	
Zn	193	95	
W	17	12	
Se	0.9	0.4	
Te	0.4	0.2	
Y	20*	20**	
La	30*	50**	
Yb	2*	3**	
有機炭素	重量% 0.38	重量% 0.07	未酸化帯では局部的に 1.5~5.0 重量%

* Carlin 鉱床全体の値。

** Main 鉱化帯産高品位酸化鉱 (100 g/t Au) の値。

(Radtke, 1985 を編集)

り新しく 14Ma より古い といことがいえる。しかし 全体の地質条件を考えると 金の鉱化作用は第三紀の火成活動がもたらしたものとするのが妥当のようである。ただし Bagby and Berger (1985) は 具体的な根拠はあげていないが Carlin 鉱床にみられるベースメタルの沈殿(少量)については 白亜紀の火成活動に伴うものである可能性があることを示唆している。

鉱床形成のモデル

Carlin 鉱床の研究の初期では 金鉱化作用の場は かなり地表に近い温泉的な環境(いわゆるテレスマールな条件)が考えられていたが その後 流体包有物や安定同位体などの研究が進み 今では より高温で より深い いわゆる浅熱水的な条件が一般に認められていることは 前稿で述べた通りである。

地質・鉱床・鉱物・地球化学など 広い分野での研究についての最も新しい集大成である Radtke (1985) が 提唱した Carlin 鉱床の形成モデルは前稿の第21図および本稿の第8図によく表わされている。

まず 白亜紀に珪長質火成活動があったが これは金鉱化作用をもたらさなかった。次に 第三紀中新世の伸長的な造構運動により多数の高角正断層が形成され それとはほぼ同時に鉱床付近は火成活動の場となった。深所に貫入した火成岩体の周辺には熱水系が形成され 高角断層群は上昇する熱水の通路となった(第12図)。熱水のほとんどは天水起源で これにわずかながら 堆積岩中の化石海水が混入していた。鉱液中の元素はす

べて 深部の堆積岩や火成岩(白亜紀のものも含む) から 溶脱されたものであったろう。

熱水は温度と圧力を減少させながら高角断層沿いに上昇した。そして 割れ目の多い縞状炭酸塩岩層に出会い 今後はその岩層内を側方に移動し そこで金を沈殿させた。また 高角断層沿いの破碎帯でも金の沈殿が行われた。

このステージでの鉱液は弱酸性で 温度は175~200℃ 塩濃度は2~4重量%(NaCl 相当)であった。炭酸塩岩層の方解石は溶脱され かわってシリカが沈殿するとともに セリサイト カオリナイトが形成された。同時に Au As Hg Sb Tl などの元素が沈殿し 鉱化作用が行われた。とくに Au と Hg は炭質物と反応して有機錯体を形成し 主に黄鉄鉱の表面の被膜として沈殿した。

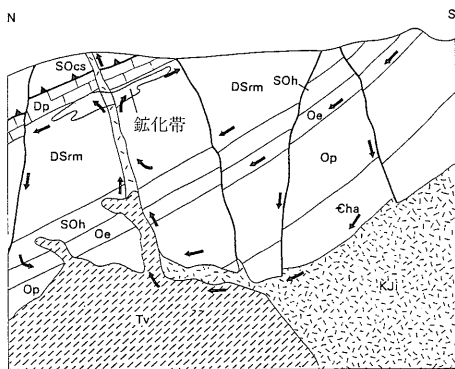
熱水活動がさらに活潑になると 熱水系は地表付近に達し 浅所で沸とうが生じた。このとき Carlinite や Frankdicksonite など比較的溶解度の大きい鉱物が沈殿した。また 熱水中の CO₂ と H₂S が失われ 溶液は S に乏しくなり かつ よりアルカリ性になった。これにより As-Hg-Sb-Tl-S 系鉱物の沈殿が促された。沸とうにより熱水から分離した H₂S は大気源の酸素に酸化されて H₂SO₄ を形成した。この硫酸酸性溶液は 母岩と すでに形成されていた鉱化帯をアタックし 炭酸塩鉱物 硫化物 炭質物を分解・溶脱した。この酸溶脱のステージで重晶石脈と石英脈をもたらした溶液の温度は250~300℃ 塩濃度は17重量%(NaCl 相当)に達した。

以上の一連の熱水活動の終了後は 天水による表成酸化作用が地表付近で行われた。このゾーンは酸溶脱のゾーンよりもさらに深部へ広がったが 酸化作用の程度は弱かった。

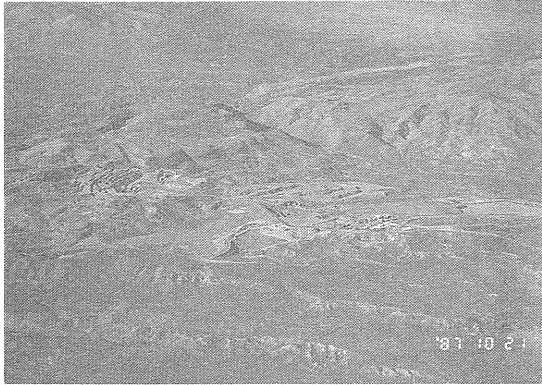
3. Gold Quarry 鉱床

Gold Quarry 鉱床は Carlin 鉱床の南東12kmに位置する浅熱水性の堆積岩はい胎・鉱染状金鉱床である。その発見は1979年と新しく 本格的操業も1985年に始まったばかりである(第13図・第14図)。

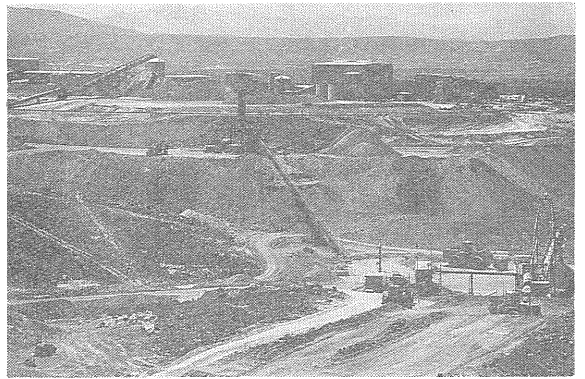
この鉱床の規模は現在知られているだけでも 可採鉱量で159百万トン 平均品位が1.58g/t Au 保有する金量が251トンと巨大で いわゆる「カーリン型」鉱床として最大のものである。この金量はアメリカ全体でも Bingham (928トン) Round Mountain (287トン) Comstock (282トン ただし採掘済み) (Wilkins, 1984) に次ぐものである。この巨大鉱床は経済的な意味でも世界的



第12図 Carlin 鉱床の熱水系のモデル (Radtke, 1985)。矢印は熱水の動きを示す。
 地層略号; Dp: Popovich 層 DSrm: Roberts Mountains 層 KJi: 白亜紀珪長質深成岩類 Oe: Eureka 珪岩 Cha: Hamburg ドロマイト Op: Pogonip 層群 SOcs: Vinini 層 SOh: Hanson Creek 層 Tv: 第三紀火山岩類



第13図 機上から見た Gold Quarry 鉱床採掘場の全景。



第14図 Gold Quarry 鉱床の作業風景 (Rota and Ekburg, 1988)。

に関心を持たれている鉱床であるが 開発後まだ間がないため その地質や鉱化作用についてまだわかっていない点が多い。

訪問時にはあいにく写真撮影が許可されなかったが最近では鉱床の概要を紹介する記事も鉱山側の地質家から公表されるようになってきたので その主なものをとりまとめ御紹介することにしたい。以下の記述は Tooker (1985) Rota (1987) Rota and Ekburg (1988) などをもとにしたものである。

沿革

Gold Quarry 鉱床周辺での探査活動の歴史は Carlin 鉱床周辺の場合より古く 1870年頃にはすでに最初の探査が行われていた。1920年代迄は ごく小規模に重晶石 酸化銅 炭酸銅などが採掘されたが 金については1926年に酸化けい質鉱(品位 13.7g/t Au 28g/t Ag) 54トンが採掘されたのが最初である。

さらに 1930~1950年代には Maggie Creek 地区で重晶石9000トン 金26kg 銀136kg 銅297トン 鉛12.5トンが生産された。この間 1930年代半ばの地質調査の結果 180万トンの金鉱床が発見されたが 低品位すぎる けい質なために粉碎コストが高いことなどのために 開発には至らなかった。

その後 1962年になって 同じ年に Carlin 鉱床を発見して勢に乗る Newmont Mining 社は Maggie Creek 地区周辺を対象に探査を開始した。その結果 ジャスペロイドの露頭周辺で行ったボーリングによりある程度金の鉱化帯を捕捉することが出来た。しかし 磨砕コストがかかりすぎる 金の精錬回収率が低いこと(金が主に石英中に包有されているため) などのため 開発を断念し 1971年には 一時 鉱区を放棄したこともあった(すぐに再取得)。1972年以降はさらに精密な

探査を行った結果 Maggie Creek 地区の東方に 現在の Gold Quarry 鉱床を捕捉するに至ったのである。

Gold Quarry 鉱床本体の規模は冒頭に述べた通りであるが 鉱床母岩が新期の砂礫層に広く覆われているため まだ鉱床の全容が把握されていない。そのため今後も埋蔵量が増加する可能性が大きい。また Gold Quarry 鉱床の南東側に付随する Maggie Creek 鉱床の規模は これまで確認された限り 440万トン 品位 3.15 g/t Au である(金量約 14トン)。

地質

鉱床は Carlin トレンドに分布する地窓の1つ Carlin Window の南縁に位置している(前稿第15図)。この地窓は Carlin 鉱床が分布する Lynn Window の南隣りに位置しており 直径約 3 km のほぼ円形を呈している。

Carlin Window の地史と地質構成は 基本的には前節で述べた Lynn Window の場合と異なる(第15図)。

地層は Roberts Mountains 衝上断層を境に 下盤(Lower Plate)の同地性炭酸塩岩層と 上盤(Upper Plate)の異地性けい質岩層とからなっている。これらは中新世以降に活動した高角正断層群に切られている。以上は Lynn Window の場合と同様であるが Carlin Window 周辺では 以上の岩層が広く鮮新統の湖成層に覆われている。

Lower Plate の地層は 下位から オルドビス~シルル系の Hanson Creek 層(ドロマイトを主とし チャートを含む; 厚さ 45m) シルル系の Roberts Mountains 層(シルト質・ドロマイト質石灰岩; 厚さ 400m) 及び 無名のデボン系石灰岩層(厚さ 75m) より構成されている。

Upper Plate の地層は けい質岩と炭酸塩岩の双方からなる無名のオルドビス系およびデボン系(厚さ計 450m)

と オルドビス系の Vinini 層 (チャート 頁岩 けい岩など; 厚さ 850m) よりなる。前者はその岩相から 漸移的岩層組合せ (Transitional Assemblage) と呼ばれている。Gold Quarry 鉱床をはい胎するのは この岩層グループの内 縞状シルト岩 けい質石灰岩 砂岩などである。

以上の岩層を覆って鮮新世に湖成層として堆積した砂礫状の Carlin 層 (厚さ 200m) が分布し 鉱床の「かぶり」となっている。

火成岩の露出は少なく 鉱床南西方0.7kmにレータイト岩脈が分布しているのみである。

鉱化作用

Gold Quarry 鉱床の鉱化作用を基本的に規制しているのは Carlin 鉱床の場合と同様 高角正断層群である。その中でも特に優勢なのは ともに Carlin Window の南縁を画するように分布する Gold Quarry 断層 (NE-SW 方向) と Good Hope 断層 (NW-SE 方向) の2つで 鉱床は両者の交会部一帯に分布している (第15図)。

鉱床内部では 鉱化作用を規制する主な構造はN-S 方向および NW-SE 方向のものである。また 鉱化作用は層準規制的にも行われ 全体としては 金の濃集帯は網状に分布している (第16図)。特に 母岩の中の

砂岩 シルト岩 シルト質石灰岩など 孔隙性に富む岩層の場合には鉱化作用が選択的に行われ (第17図) 主要な断層から遠く離れた場所でも金の濃集が見られる。

鉱化作用の範囲はまだ正確に把握されたわけではなく さらに 現在の鉱体の北東側 南西側 東側に鉱床が延長している可能性がある。

変質作用

Gold Quarry 鉱床の鉱体および変質帯の模式断面図を第18図に示す。この鉱床で認められる最も顕著な変質作用はけい化作用である。特に けい化作用と鉱化作用は密接に相伴うことが知られている。けい化作用は 高角正断層の 特に上盤側に顕著である。最初のけい化作用は黒色石英脈の形成として行われ ついで シルト質石灰岩を交代して大量のシリカの沈殿が行われた (ジャスペロイドの形成) (前稿第13図)。ジャスペロイドは何度にもわたって角礫化されており シリカの沈殿過程で母岩の石灰岩の崩壊などが生じたであろうことを示唆している。

けい化作用の最盛期に引き続いて 後期の熱水活動として明ばん石が形成された (第19図)。明ばん石脈は鉱体中心部で見出される。

重晶石は 比較的大規模の断層に伴って局部的に産する。その多くは晶洞中の自形結晶として あるいは破碎帯に脈状をなして 分布する。

熱水期の最末期には粘土化作用があり 鉱体上部の割れ目あるいは層理に沿ってセリサイトが形成されたほか 明ばん石帯の下部には下降する酸性溶液によりカオリナイト帯が形成された。

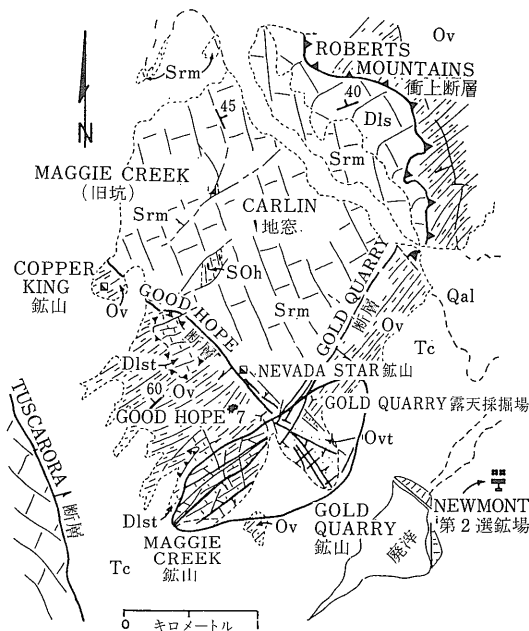
表成酸化 (風化作用) は鉱床形成後現在も続いており これによる酸化帯は現地表より約 200mの深部まで及んでいる。この段階で金の二次富化が行われた証拠は得られていない。

以上の鉱化-変質過程における鉱物共生関係を第20図に示す。

鉱石

鉱石はほとんどすべて酸化鉱で その平均的な鉱物組成は 石英 (40~60重量% 以下同じ) 明ばん石 (5~20) 酸化鉄 (2~6) セリサイト (4~5) である。局部的には 石英は 90% を超えることがあるほか 重晶石 (1~3) カオリナイト (4~20) などを伴うことがある。

金粒はやはり細粒で 径1~10ミクロン程度である。金は微少な割れ目や微晶質のけい質マトリックス中に鉱染状に分布している。



第15図 Gold Quarry 鉱床の分布する Carlin Window の地質概略図 (Rota and Ekburg, 1988)。

地球化学

地表部に露出するジャスペロイドには金の伴われることが多く 鉱化作用の良い指標となっているが 1~2 m程度の狭い範囲をとっても品位変化の幅が大きい。

銀は金に伴って普通に産するが 品位はサブエコノミックで 0.3~3.4 g/t Ag 程度である。 Au:Ag 比は高品位鉱 (>2 g/t Au) ではほぼ 2:1 だが 低品位鉱 (0.3~2 g/t Au) では 1:3 と むしろ銀に富む傾向を示す。

その他に異常を示す元素は Sb Cu Pb Ni Hg であるが これらの異常は断層に規制された鉱化帯にのみ認められる。 また Pb Sb の酸化物がジャスペロイドに伴って熱水系上部に産する。

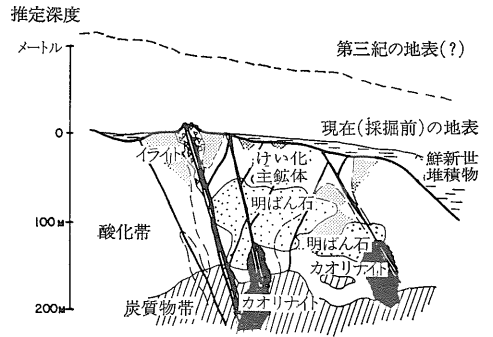
すでに述べたように鉱床をはい胎する岩層は厚く鮮新統 (Carlin 層) に覆われているため 地化学探査の有効性を著しく制約の多いものになっている。

鉱床における代表的な微量元素の濃度範囲を第3表に

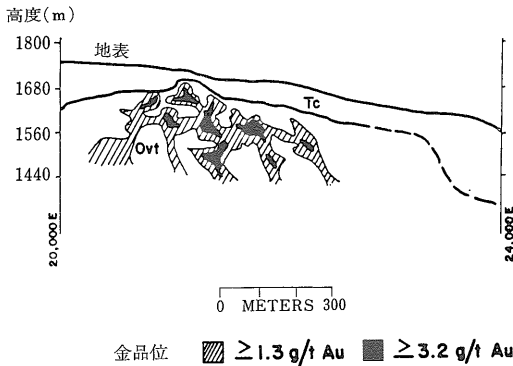
示す。

鉱化作用の時期

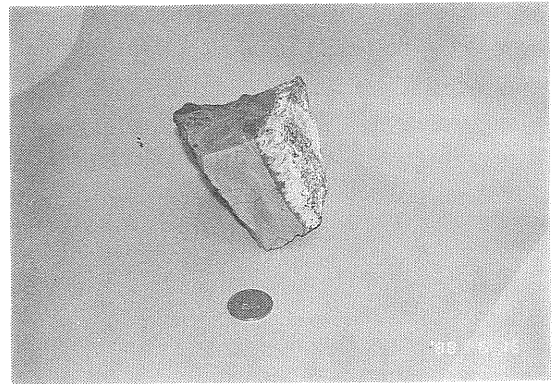
鉱化作用の時期を直接示すデータはまだ得られていない



第18図 Gold Quarry 鉱床の鉱化-変質帯の模式断面図 (Rota and Ekburg, 1988).



第16図 Gold Quarry 鉱床東西断面における金の濃度分布 (Rota, 1987)



第19図 Gold Quarry 鉱床産の明ばん石脈 (試料右側の白い部分)。



第17図 Gold Quarry 鉱床の典型的鉱石。シルト岩源で品位は約3 g/t Au (推定)。

鉱物および組織	異地性	続成源	浅熱水性	表成源
石英				
碎屑質	■			
チャート		■		
交代性			■	■
方解石	■			
イライト	■			■
モンモリロナイト		■		
カオリナイト				■
黄鉄鉱		■	■	■
酸化鉄			■	■
黄銅鉱			■	■
閃亜鉛鉱			■	■
方鉛鉱			■	■
金			■	■
重晶石			■	■
明ばん石			■	■
微小割れ目形成			■	■

第20図 Gold Quarry 鉱床の鉱物共生関係 (Rota, 1987)。

い、カーリントレンドの他の鉱床の場合と同様に 第三紀火成活動が鉱化作用の主要要因であったとするとその火成作用が最盛期を迎えた漸新世前期(43~34 Ma)頃であったかと推定されている。ちなみに 鮮新統 Carlin 層には鉱化された礫が含まれている。

4. Preble 鉱床

Preble 鉱床はネバダ州北部に認められる「カーリン型」鉱床の3つの線状配列(「トレンド」)のうち 最も西側のゲッチェルトレンドに位置している。このトレンドには Preble の他に Getchel, Pinson と計3つの鉱床が知られ Preble はその最も南に位置する鉱床である(前稿第17図)(第22図)。最寄りの街はウィネマッカ Winnemucca(人口3450人)(第21図)で 鉱床の西30kmにある。

Preble 鉱床の規模は金量で3.4トン(平均品位2.9g/t Au)と ゲッチェルトレンドの中で最も小さい。現在はほとんど採掘済みである。

規模の小ささのために 経済的にはほとんど注目されなかったこの鉱床も いわゆる「カーリン型」鉱床の中で けい化作用が鉱化作用に最も密接に伴うタイプのものである点が注目され 近年 しばしば研究の対象とされ 論文にもその名前が表れるようになってきている。なお 本稿の記述は Bagby and Berger (1985) Madrid and Bagby (1988) Bagby et al. (1988) などをもとにしている。

地質

Getchell トレンドの地質は 前稿で述べた通り 他の

2つのトレンドの場合と異なっている。Preble 鉱床はカンブリア系の Preble 層中にはい胎する(第23図)。この地層は千枚岩質頁岩よりなり(第24図) 一部に縞状石灰岩が挟在する。

Preble 層は緑色片岩相の変成作用をこうむっており 未変質部の鉱物組成は白雲母 石英 緑泥石 炭酸塩鉱物 スメクタイトなどである。その他 変成源の細脈として方解石や石英・方解石脈が多い。千枚岩質頁岩中には細密褶曲(crenulation)によるへき開がよく発達している。

断層は高角で その方向は N-S NE-SW E-W などである。とくに N-S 方向のものは鉱化作用を規制する要因の主なものとして重要視されている。傾斜はE落ちである。断層作用の時期は白亜紀と推定されている。褶曲の軸は NE-SW 方向である。



第21図 ネバダ州北部の主要都市の1つ ウィネマッカのメインストリート。ネバダ州の他の町と同様 カジノの看板が見える。

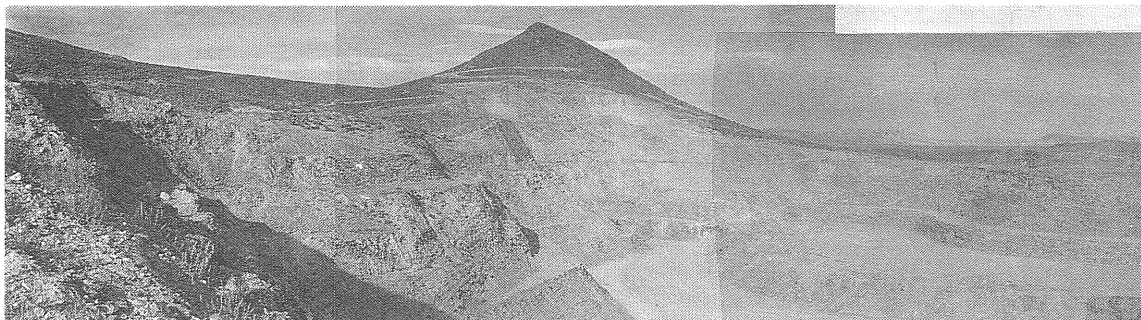
第3表 Gold Quarry 鉱床の微量元素濃度範囲*

(ppm)

元 素 名	鉱 床 全 体 (鉱床状の部分)	局 部 的 な 数 値 (構造的に規制された部分)
Au	0.3~ 1.6	>30
Ag	0.3~ 3.2	>80
As	200 ~300	>1,500
Mn	<400	500~ 1,000
Pb	<100	500~10,000
Ni	<100	300~ 1,000
Sb	< 50	200~ 5,000
Cu	< 1	3~ 200

* 1987年10月現在。

(Rota and Ekburg, 1988)



第22図 Preble 鉱床採掘場全景、ほぼ北東に向かって撮影。

鉱化作用

Preble 鉱床の鉱化作用の特徴は 種々の程度の けい化作用を伴うことであるが 鉱体の産状から見ると 大きく

1. 割れ目規制 (fracture-controlled) タイプ
2. 多孔性—透過性—反応性規制 (porosity—permeability—reaction controlled) タイプ

の 2つのタイプが認められる (Madrid and Bagby, 1988).

割れ目規制型の鉱体は母岩の千枚岩質頁岩層の層理や片理を切る高角断層と それに伴う破砕帯を充填するもので 主要な断層帯に沿って分布する (第25図)。一般に品位はもう一つのタイプのものよりも高く 変成源石英脈の破砕部には 50g/t Au 近い高品位の部分が認められている。

多孔性—透過性—反応性規制型の鉱体はやや石灰質の千枚岩質頁岩を交代したジャスペロイドやけい化帯に伴って分布する。これは この岩層の孔隙率 透水性 および反応性がいずれも高いことから 母岩の層理・片理・へき開などに規制されながら浸透的なけい化作用が行われ それに伴い金の沈殿が生じた部分である。即

ち 層準規制的な層状鉱体ということが出来る。品位は割れ目規制型の部分より低いが 局部的には 100 g/t Au 近い品位が報告されている。

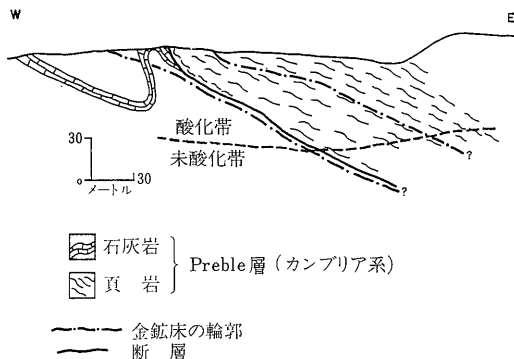
鉱体の産状についての以上2つのタイプは すでに述べた Carlin や Gold Quarry 各鉱床の場合と 基本的には変わらない。ただし Preble の場合 層状鉱体の部分が余り発達せず このことが鉱床全体の規模を小さく制限した主な原因の1つになったと思われる。

変質作用

母岩に認められる変質作用としては鉱化帯中心部でのけい化作用が最も顕著で それをとりまいてセリサイト・緑泥石を主としたフィロ珪酸塩化が広範囲に認められる。Carlin 鉱床などを特徴づける脱カルシウム化やドロマイト化はほんの一部に認められるにすぎない。

けい化帯は主要な鉱化帯によく発達している。鉱体内部 高角断層沿いにおいて特に強いけい化が見られ 鉱体周辺部でも 石灰質岩層が含金シリカに交代されている。

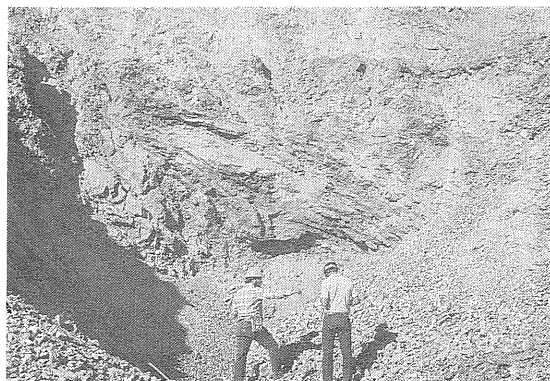
フィロ珪酸塩帯では 鉱床に近づくにつれて セリサ



第23図 Preble 鉱床の簡略化した断面図 (Bagby and Berger, 1985).



第24図 カンブリア系 Preble 層の未変質部の露頭。



第25図：Preble 鉱床の主要鉱化帯。左側(影の部分)の断層に沿って形成された。

イトのポリタイプ(2M₁および1M)が相対的に1Mに富む傾向を示す。また変質岩中の緑泥石中のFeが失われ、曹長石も分解する。これらの傾向は鉱床探査上有効な手段として注目されている。

鉱石

Preble 鉱床の鉱石は等しくけい質で、平均品位は3 g/t Au弱と低い。

金の産状は、一般には鉱染状のサブミクロン粒子(平均径0.5ミクロン程度)で、しばしばそれらがドメイン状の集合体(径10~30ミクロン)をなしている。未酸化鉱では、金粒子は含As黄鉄鉱に密接に伴うが、連晶はしていない。酸化鉱では、黄鉄鉱後の酸化鉄が金に伴う。

金粒子はしばしばシリカの空隙(径0.5~30ミクロン)中に産する(前稿第18図)。またシリカ結晶間の境界に葉片状に挟まれて産する場合もある。

珪酸塩以外の鉱物組成としては、未酸化鉱においては黄鉄鉱、炭質物、少量の硫化鉄鉱、白鉄鉱、黄銅鉱、辰砂、閃亜鉛鉱などが認められる。酸化鉱では酸化鉄がほとんどで、一部に少量の黄鉄鉱が残存する。

脈の形成

ミクロ的な見方をも含めると、Preble 鉱床自体がストックワーク状の大小の石英脈からなる鉱床で、各種の脈の分布や形成ステージを解析することは、鉱化作用の過程を把握し、鉱化作用の性格を明らかにするために大変重要な作業といえる。

Bagby et al. (1988)によれば、鉱化作用に関連した脈形成には、次のように5つの期(ステージ)が認められている：

第1期：ジャスペロイド-石英網状脈。けい化作用が最も盛んなステージに形成した。鉱体のジ

ャスペロイド中に普通に見られる。空隙がよく発達し、金鉱化を伴う。最大幅1 cm。

第2期：重晶石脈。ジャスペロイドを含むけい化帯中に産し、脈中では重晶石は鉱染状に分布。

第3期：ジャスペロイド角礫脈。ジャスペロイド角礫と石英または方解石のマトリックスよりなり、幅は最大20 cm。

第4期：方解石-ジャスペロイド角礫脈。ジャスペロイドや他の変質岩の角礫と方解石マトリックスよりなり、最大幅25 cm。

第5期：方解石脈。石英のほか、まれに含金ジャスペロイド角礫などを含む。幅1~10 cm。

上の第1~3期のけい質脈はけい化作用の顕著な鉱化帯に分布し、第4・5期の方解石脈はけい質脈の分布域を同心円状に取りまいて分布する。

以上のことから、脈のタイプや分布密度を把握することも、このタイプの鉱床の探査には重要であると考えられている。

地球化学

他の「カーリン型」鉱床と同様に、Preble 鉱床においてもAuはHg、As、Sbと強い相関を示している。またTl、Ba、Fにも正相関が認められる。母岩の鉱染状部と酸化鉄の酸化鉄被覆物における主要な微量元素含量の比較を第4表に示す。

炭質物は千枚岩質頁岩中に普通に含まれる。このため、それには胎する未酸化鉱も黒色を呈する。しかし、この炭質物は熱履歴のため石墨になっている。この有機炭素とAuの間には特に正相関は認められていない。

鉱化作用の時期

N-S方向の断層破砕帯に貫入し、鉱化-変質作用をこうむっている珪長質岩脈にはセリサイトが含まれる。このセリサイトのK-Ar年代は100Maである。これにより、Preble 鉱床も同じトレンドのGetchell 鉱床と同様に白亜紀に形成されたものと考えられている。ただし、今回の訪問時にこの鉱床内で採取された明ばん石についてごく最近測定されたK-Ar年代が11Ma(中新世)であったと知らされた。この明ばん石の詳細な産状については聞きもしたが、もし鉱化作用に関連するものであるとすれば、Preble 鉱床も第三紀に形成されたことになる。ただし、ネバダ州北部一帯は中新世の時点では激しい風化作用にさらされていたと考えられているので、この明ばん石も風化作用の産物であった可能性も考えられる。

第4表 Preble 鉱床の微量元素濃度範囲

(ppm)

	岩 石 (鉱染部)	酸化鉄被覆物
Au	0.95~1.7	0.31~4.73
Ag	0.1 ~0.4	<0.05~0.80
As	240~530	53~13, 140
Sb	13~ 34	21.1 ~330
Hg	6.4~ 16	0.44~24
Cu	NA*	20~1, 340
Zn	NA*	60~1, 800

* NA : 分析せず.

(TI については 鉱化された頁岩の試錐コアについて 1.1~2.4ppm の値がある)
(Bagby and Berger, 1985 より)

5. おわりに

本稿では Carlin 鉱床についての記述が特に長くなってしまった。その理由は 単に この鉱床が「カーリン型」鉱床の中で最大の規模を誇り かつ 歴史的にも最も古いものの一つであるということだけではない。何よりも この鉱床が地質学鉱床学鉱物学地球化学の諸分野で これまでに最も密度の高い研究の対象とされてきたことによるのである。Carlin 鉱床についてこれまで公表された研究成果は 質量ともに他の鉱床を抜きん出ており そのため「カーリン型」鉱化作用の詳細もこの鉱床を例にして初めて明らかにされたといってもよい。USGS の Radtke の業績は その中でも代表的なものであり 本稿の記述も主にそれに依っている。

しかし Carlin 鉱床の研究は このシリーズで紹介したように Kuehn らの若い研究者グループによって現在 活潑に進められており Radtke の把握し得なかった新しい事実が次々に認められつつある。このため従来の Carlin 鉱床および「カーリン型」鉱床の鉱化作用の考え方に対して重要な異論が提起されるようになっている。

その中で最も注目されるのは 鉱化過程における炭質物の役割についての問題と 鉱化時期の問題であるが つきつめれば 鉱化モデルそれ自体の基本的な部分が種々の観点から再検討されつつある といつて良いだろう。

炭質物については Carlin 鉱床のみならず Jeritt Canyon 鉱床などでも 第三紀の金鉱化に先立ってすでに焦性レキ青または石墨に熟成してしまっていたとされ金が有機物錯体として運搬された可能性はほとんど否定されている。この炭質物を「変質」させたのはおそら

く白亜紀の火成活動と考えられている。

鉱化時期については 確定的ではないものの ゲッチェル・トレンドでは白亜紀 カーリン コルテス両トレンドでは第三紀 というのが一般的な理解であるが 信頼し得る年代測定数はまだ十分とはいえない。特にしばしば伴われる明ばん石の成因が hypogene か supergene かによつて測定値の解釈が大きく異ってくる。上の炭質物の熟成の問題とからめて 例えは Carlin 鉱床においても ベースメタルの濃集は白亜紀に 金鉱化は第三紀に それぞれ行われたという重複鉱化の可能性も考えられている。

さらに Carlin 鉱床について Radtke が提唱したモデルのうち 金鉱化ステージに続く hypogene の酸溶脱については Kuehn はその存在を全面的に否定し すべて supergene とする考えを持っているという。もしそれが正しいとすれば 前稿第21図と本稿第8図に示される Radtke のモデルは根本的に訂正されなければならないだろう。

以上の他 金はどのような運搬形態だったのか 金はなぜ微細粒として沈殿したのか 最近浅熱水性鉱床全般にわたつて論議されている沸とうと金の沈殿との関連はどのようなものであったのか (Radtke のモデルでは両者は直接関係しない) など 興味深い問題は多い。いずれにしても 今後 新しい研究成果が次々に発表されることによつて この 日本人地質家にとって一風変わったタイプの鉱化作用の様相も次第にはっきりしたものとなつてゆくことだろう。

参 考 文 献*

Bagby, W. C., Madrid, R. J. and Bakken, B. M. (1988) :
Alteration and ve in relationships applied to explora-

- tion for sedimentary-rock-hosted, Carlin-type deposits. Extended Abstracts of Bicentennial Gold 88, Melbourne, May, 1988. p.509-511.
- Dickson, F. W. and Radtke, A. S. (1978) : Weissbergite, $TlSbS_2$, a new mineral from the Carlin gold deposit, Nevada. Am. Miner., vol.63, p.720-724.
- Dickson, F. W., Radtke, A. S. and Peterson, J. A. (1979) : Ellisite, Tl_3AsS_3 , a new mineral from the Carlin gold deposit, Nevada, and associated sulfide and sulfosalt minerals. Am. Miner., vol.64, p.701-707.
- Madrid, R. J. and Bagby, W. C. (1988) : Gold occurrence and its relation to vein and mineral paragenesis in selected sedimentary-rock-hosted, Carlin-type deposits in Nevada. Extended Abstracts of Bicentennial Gold 88, Melbourne, May, 1988. p.161-166.
- Radtke, A. S. and Brown, G. E. (1974) : Frankdicksonite, BaF_2 , a new mineral from Nevada. Am. Miner., vol.59, p.885-888.
- Radtke, A. S. and Dickson, F. W. (1975) : Carlinite, Tl_3S , a new mineral from Nevada. Am. Miner., vol.60, p.559-565.
- Radtke, A. S., Dickson, F. W., Slack, J. F. and Brown, K. L. (1977) : Christite, a new thallium mineral from the Carlin gold deposit, Nevada. Am. Miner., vol.62, p.421-425.
- Rota, J. C. (1987) : Geology of Newmont Gold Company's Gold Quarry deposit, Eureka County, Nevada. Proc. GEOEXPO '86, Exploration in the North American Cordillera, Elliot, I. and Smee, B., eds., Canada AEG, p.42-50.
- Rota, J. C. and Ekburg, G. E. (1988) : History and geology outlined for Newmont's Gold Quarry deposit in Nevada. Mining Engineering, vol.40, no.4 (April 1988), p.239-245.
- 富樫幸雄 (1988)** : アメリカ西部の金鉱床を訪ねて. 地質ニュース 第411号 (1988年11月) p.44-59.
- * 前稿と重複するものは省略する.
- ** 本稿ではしばしば「前稿」として引用.

最近中国で発見された新鉱床

岸本文男 (地質相談所)

Fumio KISHIMOTO

寧夏回族自治区に大理石

寧夏回族自治区地質鉱産局地質研究所は、中衛県香山の大道崖で中型大理石鉱床を探索・把握した。この発見によって、寧夏回族自治区の鉱産物の空白が埋められた。この大理石は濃灰色および灰黒色を呈する。研磨面の物理的・化学的反応の効果は良好で、光沢度は96%以上である。この大理石に対し、暫定的ながら「香山黒」と「白紋香山黒」の名が付けられた。

朱宗武 (中国地質報 1987.6.26)

曲陽県で試錐—大理石鉱床を確認

河北省地質鉱産局第13地質大隊は、1980年3月から曲陽県の大大理石鉱床に対する地質調査と試錐探索を開始し、鉱量3億3,000万 m^3 の大大理石鉱床の存在を確認した。

この鉱床は超大型に入る。鉱石の品質は良好で、鉱体が厚く、品種が多く、いわゆる漢白玉大理石、金雲母大理石、孔雀綠大理石、豆青大理石、雪花大理石がある。

田級生 (中国地質報 1986.10.27)

嘉陵江上流で大型砂金鉱床

陝西省地質鉱産局第2地質大隊は3年越しの探索を経て、嘉陵江上流の陝西省略陽県一帯で二つの大型砂金鉱

床を把握し、この度、その探索報告が陝西省鉱量委員会をパスした。

この2区域の砂金鉱床はいずれも河床と砂洲の沖積型鉱床で、鉱体の延長はそれぞれ40km前後、平均幅は100mで、鉱体の規模が大きく、切れ目が少なく、厚さの変動が小さく、鉱石の含金品位は北の鉱床の方が比較的高く、南の鉱床の方がやや低い。砂金の含金率は高い。鉱床の基盤面はかなり平坦で、砂金が水攻採鉱しやすく、選鉱しやすく、交通・水資源・水力発電の条件が整っている。現在、陝西省の黄金公司与政府は陽平関で2隻のドレジャー船を建造中である。

黄振山 (中国地質報 1988.2.12)

超塩基性岩中の金銀鉱床を発見

河北地質学院の彭嵐ほかの教官たちと現地の郷政府が共同して、河北省小張家口の超塩基性岩中の金家庄金銀鉱床を発見した。その含金品位は最高223.4g/t、平均>10g/tで、含銀品位は標準可採品位をはるかに越えている。同鉱床の規模は中型以上と推定される。現在、同鉱床は冶金部第1地質勘探公司第516探索隊が探索を引き継いで実施中である。

王文静 (中国地質報 1986.6.9)