

# 地下資源の展望

①

郷原 範造

## I 緒言

世界の資源需要の増加率は60年代に年率4.6%と50年代の年率4.2%を上回り わが国の資源需要は1960—1970年で年率10—20%の伸びで世界全体の2—3倍の大ききで増加してきた。これは産業構造が資源多消費的構造に変質し 需要国構成の多極化が進んだためである。資源のうち地下資源は 埋蔵の有限性 地域による偏在性 開発着手から生産開始までの長期懐妊性および 国際大資本による支配などによる不安定性があり 資源保有国の経済ナショナリズムの高まりなどで一段と流動性を増している。

わが国は地下資源(素原料)中心に輸入しており 資源輸入国としては世界第1位で海外依存度が高く その需要規模は米国について自由世界第2位である。しかもわが国の輸入の70—90%が2—3の特定国に集中しているため わが国の情勢が輸入相手国に深刻な影響を及ぼし 逆に資源保有国の経済政策の変更によって企業危機さえまぬがれない立場にあるため 資源問題はわが国の経済では重要な問題である。こうした背景から 首相の諮問機関である経済審議会の資源研究委員会(委員長・中山素平=日本興業銀行相談役) 需要専門委員会(酒井忠二三主査) 協力開発専門委員会(高島節男主査)では 資源政策への提言を行っており さらに資源政策のあり方 展望として毎年 通産省は『資源白書』をまとめて発表していることはご承知の通りである。

地下資源は 地質構造的な面からみると 世界的にも片寄って埋蔵されている。これが資源の偏在であり 『持てる国と持たざる国』が生れ 一方鉱業という特性上 国際的な資源開発資本が持てる国の資源を支配して持たざる国に供給していたところから 資源ナショナリズムが潮流となり台頭してきたといえる。

こうした背景からわが国としては大きい展望に立ち 積極的に対応し 相互利益性を生かしていくためには

- (1) 資源ナショナリズムの現実動向のみではなく 歴史性と本質を理解し 経済発展の願望を充分に考慮し
- (2) 資源ナショナリズムは国連宣言の採択により『天然資源に対する恒久的主権』が認められている。
- (3) 世界資源は人類共通の財産であり 国際協調の下資源保有国の発展に寄与する。

考え方で推進して行く必要があると思われる。

わが国の資源政策については種々の提言が行なわれてはいるが 経済運営の基本方針が『成長中心』から『成長と福祉の調和』へと変わりつつあり 公害問題と技術革新による省資源の効果を期待する向きがある。従来の資源加工型成長中心産業構造を続けると 公害問題が一層深刻化することは必然である。しかし福祉との調和による 経済成長も高水準を維持する必要がある

- (1) 資源の海外依存度はさらに増大する。
- (2) 新地域への投融資が進み資源供給源は分散する。
- (3) 投融資形態の変化により資源供給形態も多様化する。
- (4) 公害問題の深刻化や海外投融資の促進により半製品 輸入の促進が行れる。

などの変遷も予想される。

こうした背景において私共 地質・鉱床・開発を担当とする専門家は世界資源供給能力を拡大するために何をなすべきであろうか。

その答えは 世界の未踏査地域に対し 国際機関と積極的に協力して調査を実施し 開発企業の体質を強め わが国の技術を提供して資源保有国に寄与することであろう。同時に資源に対する展望認識ではなからうか。

各鉱種ごとには今後 石油 アルミニウム ニッケルは伸びるが 鉛 石炭 銅の伸びは横ばいないしは低下するといわれている。これらは確証ある認識こそ必要である。筆者はここに各鉱種毎に現状 生産 埋蔵量を把握して展望を試みたものである。

## 1. 高騰を続ける金資源

### 1. はじめに

世界各地で高騰を続けた金価格は 最近(48年9月)若干平静を取戻したが 去る6月ロンドン市場で史上初めて1オンス100ドルの台に乗せ 今日なおその勢いは続いている。1昨年来の通貨危機の余波が種々の経済政策によってようやく静まってきたようにみただけに従来のゴールド・ラッシュとは性質が違う相場といわれその原因が論議的になっている。

市場筋の多くの見方は長期的な金の供給不足としているが 一方では通貨制度の改革なりゆきに対する思惑 金愛好者の買取りがその底流にあるのも事実 といわれ

ている。最近の各国の論評のなかには わが国の4月7月の金の自由化がこの『異変』の背景とするものもある。はたして何が波紋の1石かはその道の専門家に伺うこととしここでは金の生産現状供給 埋蔵金量にメスを入れてみたい。

金は有史以来6,000年にわたって採取され 今日まで約25億オンス(約78,000トン)が通貨 宝石貴金属に供給されたといわれている。展性 耐蝕性に富む金属中最高とされる金は 貨幣用に約13億オンス(約40,000トン) 教会装飾 宝石のほか近代史上では 電気工業材 歯科材がその残りということになる。

## 2. 金の需要

金は伝統的に国際交換通貨のおもな媒体(Medium)とされてきたが 最近はこの原則が崩壊しようとしている。1934年から最近まで米国が金1ドルの交換性を1オンス35ドルの一定レートを維持してきたが 第2次世界大戦後の支払バランスの崩壊 産金量の減少 金需要の逼迫 米国の金保有高の流出により 米国も抗し難く 1968年3月主要7国(ベルギー イギリス イタリア オランダ スイス 米国 西独)間において協定が結ばれ 断続的に金の売買は Open-Market とし 政府間の交換に当っては今後共1オンス35ドルを続けることにした。この協定の結果 米国は工業用金の販売を中止したのでドルの流出は徐々に低下した。しかし政府間支払バランスは連続して不足し 金価格はジリジリと値を上げ 米国政府は遂に1971年8月16日(わが国ではこれをニクソンショックと呼んでいる)交換性を中止した。1971年12月18日には10ヵ国蔵相会議(上記国に カナダ フランス スウェーデン 日本が参加し スイスが不参加となっている)が持たれ 金の公的価格を1オンス38ドルとして 各国の通貨レートを定め ニクソン大統領は1972年4月3日 これを認証している。こうした背景をたどりながらも ロンドン金市場の自由金価格は 各国の通貨変動相場移行を折込みつつうなぎ登りに高騰し ジリジリと値を上げ 1973年6月には遂に1オンス100ドルの大白台にのせてしまった。世界の新産金量は1950年以来増え続け 1963年以降は1,200トン台で頭打ちとなり ここ1 2年はむしろ減産の傾向である。

金生産の伸びが止まったのは 1970年以前はコスト高が原因で 西側諸国の産金量の78%(71年)を占める南ア共和国の産出価格と公定価格が同水準だったためプレミアムが少なく 深刻なコスト高に見舞われていたのであるが 1971年以後は市場価格が高いため低品位鉱でも採算にのるとの考え方から 産金量が減少しているといわれる。また現在世界に退蔵されている金は約3,000

トンといわれている。これが市場に放出されるかどうかは最大の保有国フランスの動向によるが 大きい期待はもたれていない。

これに対して産業用の金需要は毎年 確実に増え 最も需要の多いのは装飾工芸用 産業用金1,412トンのうち75%の1,058トンを占め 年率4.5%の増加といわれている。このほか歯科医療用 エレクトロニクス用など増加の傾向にある。使用量の多い米国を例にとると 1967—72年の年間需要は600—700万オンス(200—220トンわが国は30—40トン)で装飾工芸用が60% 工業エレクトロニクス用29% 歯科医療用が11%となっている。

## 3. 生産

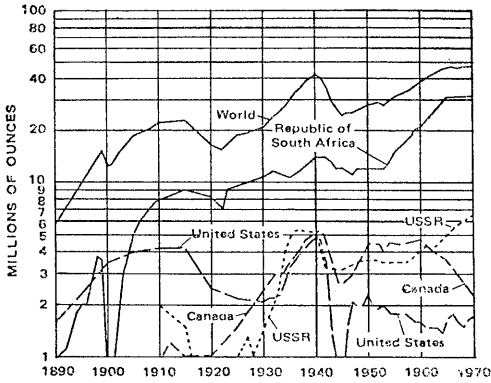
世界の最大の産金国は南ア共和国である。南アは有史以来産金された米国の約25億オンス(約77,750トン)の約35%を1900年より生産供給された。1900—1910年の間には米国の産金を超え 今日では西側諸国の産金量の78%を占めている。この国からの産金量は 年間約3,100万オンス(約964トン)である。南ア共和国に次ぐ100万オンス台の産金国は ソ連(650万オンス 202トン) カナダ(230万オンス 72トン) 米国(180万オンス 56トン)で 10万オンス台の産金国はオーストラリア ガーナ フィリピン ローデシア 日本 コロンビア ニカラグア ブラジル メキシコ ザイール ペルー インド及びフィジー島である。

共産圏の産金量は詳細不明であるが ソ連は上述の通り世界の産金国をリードし 米国鉱山局の推定によれば19世紀より1970年までの産金量は 3億5,000万オンス(約10,885トン)に達し 近年 北鮮が年間16万オンス(約5トン) 中国は北鮮を上回るが詳細は不明 これに続いて ブルガリア チェコスロバキア ハンガリー ルーマニアが中小産金国という。ソ連は1940年代は約100万オンス(約124トン)であったが 1963年には440万オンス(137トン)と発表されている。

金の生産 需要趨勢の明瞭な米国を例にその状況をみると 米国の過去40年の生産推移は 150万—200万オンス(47—62トン)であり その60%は鉱石より直接生産され 約40%は近年金属製錬の副産物である。一時はこの分は漂砂鉱床によって産金されているが 今日ではきわめて僅少である。

## 4. 金の地質背景

金は Rare-Element である。過去50年の研究資料によると地殻には0.001g/t—0.006g/t含まれているにすぎず70番目の元素である。0.003g/tという数字は300トンの岩石中に1gの金が含有されることを示すものであり



世界における金生産(1890—1970)

いかに少ないかがわかる。一般には酸性火成岩より鉄苦土岩に多く、幾分火成岩より水成岩に多い。特に砂岩が豊富という資料もある。鉄にとむいん石(Meteorites)には8g/tという報告もあり、0.67g/t—1.3g/tの範囲で含まれている。地殻のまさに150—300倍である。昔から海水に多いといわれるが、0.01ppb—0.05ppbである。これは90,000トン—20,000トンの海水中に1gということでありいかに少ないかが解る。

今日、鉱山で採掘可能な鉱石の含有量は、0.05—1.0oz/t(1.6g/t—31g/t)である。平均では0.3—0.5oz/t(9.3g/t—15.5g/t)であろう。

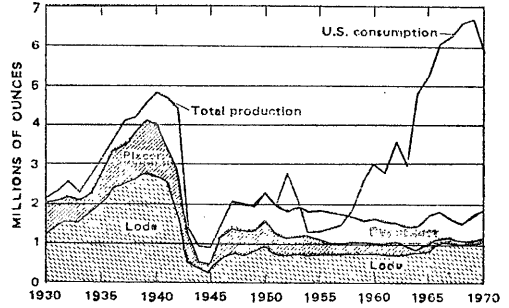
米国の3大鉱山〔南ダコタ州 ホームステーク (Homestake) 鉱山、ネバダ州 カーリン (Carlin) 及びコルテス (Cortez) 鉱山〕の平均品位は9g/t—10g/tである。これは地殻中の2,500—3,000倍に当る。鉱床中では金は一般に黄鉄鉱及び銀、銅の硫化物と共生し、種々の岩石中に認められる。どちらかといえば鉄苦土岩より酸性の火成岩中に金鉱床をなす場合が多い。また炭酸質の岩石より珪質或はばん土質の堆積岩、変成岩に伴うものが多い。金は自然環境においても化学変化なく所謂漂砂 (Placer) を形成する例は広く知られている。

#### 4-1 金の鉱物

金は自然金のほか銀や他の金属と合金でも産出する。自然金以外で、今日の鉱山で産金されている鉱物は Calaverite (AuTe<sub>2</sub>) 及び Sylvanite ([AuAg]Te<sub>2</sub>) である。一般の硫化鉱物中にも5g/t以下、1g/t程度の金があり、副産物として採取されている。

#### 4-2 金の鉱床

金は種々の地質環境下に分布するが、7つの Categories に分けることが出来る。



アメリカの金生産(1930—70) 鉱脈漂砂副産物および金消費量(1951—70)

#### (1) 熱水性鉱床 (但し先カンブリア紀堆積岩中のもの)

この型式の鉱床には、米国カリフォルニア州グラスバレイ (Grassvalley) マザーロード (Mother Lode) 南ダコタ州のホームステーク (Homestake) コロラド州のセントラルシティ (Central-City) アラスカのジュノーベルト (Juneau belt) カナダ オンタリオ州にあるポキユパイン—キルクランド (Porcupine-Kirkland) ブラジル ミナスゼライス州のモロベロー (Morro Velho) インドマイソール州にあるコラルベルト (Kolar belt) オーストラリアのカルグーリベルト (Kalgoorie belt) ビクトリア州のベンディゴ—バララト (Bendigo-Ballarat) ガーナのアサンティ (Ashanti) ロードシアのブラーヨ (Bulawago) 及びザイルのキロ及ボト (Kilo-Boto) の鉱床が代表例であろう。一般にこの型式の鉱床は金の品位が9g/t—20g/tで規模も大きく母岩を交代し、深部まで連続する。同時に先カンブリア紀の堆積岩中に分布し、生成時代もきわめて古い。生産実績—埋蔵量より規模を示すと

- 100万オンス台の鉱床 (Grassvalley, Centralcity)
- 200—500万オンス台の鉱床 (Juneau belt, Kalgoolie, Bendigo-Ballarat)
- 500—2,000万オンス台の鉱床 (Porcupine-Kirkland belt, Morro-velho)
- 2,000万オンス台の鉱床 (Homestake-Kolar)

の通りで、とくにホームステーク (Homestake) は最大の鉱脈型鉱床で、1876年発見以来、今日まで約3,000万オンス (約1,000トンに近い) の金を生産している。しかしこの量は南アのビットウオータランド (Witwatersrand) 地方の1年分と等しい処に、鉱脈型の弱みがある。

現在この型式の鉱床は、米国、ブラジル、インドでまだ安定生産されているが、他の国々では過去10年の間に次々と閉山されている。

なおこの型式の鉱床は一般に古く、インドの Kolar 鉱床は、2,000年の歴史をもち、世界産金における占める

割合は 1900年より近年まで約25%を占めてきたが1969年には20%前後となり減少の傾向にある。

(2) 浅熱水性 (ポナンザ) 鉱床 (ただし時代的に新しいもの)

この型式の鉱床は一般に銀 テルルを伴い 石英 方解石 重晶石 螢石が随伴し時代的には新しい岩石の裂隙に分布し 平均金品位は 15g/t~30g/t であるのが特徴である。

米国のコルディラ (Cordillera) 山脈 ネバダ州の有名なゴールドフィールド (Goldfield) コロラド州のクリップルクリーク (Cripple Creek) バージニアシティ コムストック (Virginia City, Comstock) 及びトナパ (Tonapah) メキシコのエルオロ (Eloro) パクカ (Pachuca) その他ルーマニアのトランシルバニア (Transylvania) や環太平洋域の日本 フィリピン ニカラグア ニュージランド等に著明な鉱床がある。日本の火山岩に伴う鉱床はこの型式に属する。この型式の鉱床は 開発も早く 金 銀鉱山として歴史も古い。Cripple Creek は約1,900万オンス(589トン)の金を生産し Comstock 地方からは850万オンス(264トン)の産金と2億オンスの銀が生産されている。また Goldfield からは420万オンスの金 Tonapahからは190万オンスの(59トン)金と1億オンスの銀が生産されている。

しかし上述の通り 500トン(1,500万オンス)以上という鉱山は少なく 各国ともしだいに休閑山し 今日ではこの型式の産金は低い。

(3) 若い時代の漂砂鉱床 (Young Placers)

この型式の鉱床には 次の地域が有名である。

米国 California 州 Sierra Nevada 山脈に流れる American, Feather 及び Yuba 流域  
Montana 州 Virginiacity, Alder Gulch 地域  
Alaska 州 Fairbanks, Yukon River, Nome 海岸  
カナダ Yukon Territory, Klondike 地域  
ソ連 Lena, Yenisey 及び Amur River 流域  
ポリビア ベルー エクアドル コロンビアの Andes 山脈の東山腹地域  
オーストラリアの Ballarat 地域

この型式の鉱床は 未固結の砂礫中に金及び重鉱物が含まれるもので この鉱床では1平方ヤード中に数ドルの金が含まれるとして表示される(1平方ヤード重さは約1.5トン この中に数グラムの金が含まれると富鉱砂金と呼んでいる)。この型式の鉱床は19世紀に発見されいわゆるゴールドラッシュの表現もこれからで生産の記録は明らかでない おそらく10億オンス(約30,100トン)は産金されたのではないかと推定されている。

米国では金鉱業が始まって以来 この漂砂鉱床が約1億1,400万オンス(3,534トン)の金を産し このうち約7,000万オンス(2,170トン)が Sierra Nevada の Placers である。この漂砂鉱床も世界的にしだいに減少し 今日ではソ連及びコロンビアでのみ産金されている。したがってその産金量は 世界生産の5—10%である。1969年 米国の産金は25,418オンス(0.8トン)であるがこの漂砂鉱床産は1%にすぎない。この減産の理由は種々あるが 探鉱不足 コストの上昇および 環境問題があげられている。米国では今後も期待できないといわれている。ソ連では現在までに2億9,000万オンス—3億5,000万オンス(9,090トン—10,850トン)産金されているが その1/2はこの型式の漂砂鉱床であり コロンビアでも過去10年前に較べると1/2ではあるが 20万オンス(6.2トン)は産金している。

(4) 古い時代の漂砂鉱床 (Ancient fossil placers)

この型式の鉱床は南アフリカ共和国のウィットウォーターランド (Witwatersrand) ガーナのタルクワ (Tarkwa) およびブラジル バイア州のセラデジャコビナ (Serrade Jacobina) が著明である。この鉱床は地質的には過去に形成されたもので礫岩中に分布し『化石漂砂鉱床』と呼ばれるものである。この礫岩は円礫の石英と黄鉄鉱 重鉱物 金銀白金ウラニウムよりなるアトリックスより構成され 単一礫岩層は厚さ50—60cm であるが数枚あって その分布は数 km にわたり 金の含有量は 6g/t—24g/t の範囲である。1893年—1969年の Witwatersrand の採掘の平均品位は 0.35oz/t (10,85g/t) である。なおガーナの Tarkwa 鉱は 0.2oz/t (6.2g/t) ブラジルの Jacobina 鉱は 0.5oz/t (15.5g/t) である。

この型式の鉱床は17世紀末 Jacobina 鉱が発見されたが その巨大さが認識されず細々と産金されていた。1885年南アの Witwatersrand が発見開発されるに至りこの型式の鉱床は注目され 1954年以降は全世界の産金量の1/2はこのタイプとなり 南アでは周辺に次々に鉱床が発見されて 1970年には Witwatersrand が全世界産金の67%を占めるに至っている。この Fossil Placers は将来共きわめて重要と過評の向きもあるが きわめて大規模な埋蔵量(約6億オンス(約17,000t))を Witwatersrand だけでも有し この寿命は1オンス35ドルと評価しても5年は充分といわれている。この型式の鉱床は注目すべきであり Canadian Shield, Brazil-Guyanese Shield, African-Arabian Shield は含金礫岩の可能性があり 事実地質的に類似するU—含有礫岩はすでに Blind-River あるいは Eliotlake に発見されている。

種々の資料より得た世界の金（単位100万オンス）の埋蔵量（Reserves）及び可能性ある資源量（Potential Resources）

Source of data <sup>3</sup>	A <sup>4</sup>		B	C		D
	Reserves	Potential resources	Reserves	Reserves	Potential resources	Reserves
United States.....	5 <sup>9</sup>	399	50	6 <sup>53</sup>	7 <sup>244</sup>	82
South Africa.....	.....	.....	} 950	} 300	} 600	600
Canada.....	.....	.....				25
Australia.....	.....	.....				10
Other non-Communist countries.....	.....	.....				83
Communist countries (excluding Yugoslavia).....	.....	.....				200
World total.....	.....	.....	1,000	353	844	1,000

<sup>1</sup> Reserves: Identified deposits from which minerals can be extracted profitably with existing technology and under present economic conditions.

<sup>2</sup> Potential resources: Identified mineral deposits not profitably recoverable with existing technology and economic conditions, and undiscovered mineral deposits whether of recoverable or subeconomic grade.

<sup>3</sup> A U.S. Bur. Mines (1967, p. 5); B, U.S. Geol. Survey (1968, p. A13); C, Ageton (1970, p. 577); and D, U.S. Bur. Mines (1972, p. 61).

<sup>4</sup> Exclusive of byproduct gold.

<sup>5</sup> Produciible at \$35 per ounce.

<sup>6</sup> Produciible at 1968 price—about \$40 per ounce. Includes 30 million ounces of byproduct gold.

<sup>7</sup> Produciible at prices up to \$145 per ounce. Includes 30 million ounces of byproduct gold.

(5) 海浜底漂砂鉱床 (Marine-Placers)

世界の2—3の海底泥に金が含まれることは知られてはいるが 現在産金されている例はない。しかし少量ではあるが マレーシアで錫の浚渫で副産したことはあり 北方ベーリング海の海泥に30—100ppb が分布し 米国太平洋大陸棚には10—390ppb の金が含まれる処もあり真剣に検討されている。したがって将来は重要な金資源として脚光を浴びることもあるやも知れない。

(6) 鉱染状鉱床 (Disseminated deposits)

この型式の鉱床で注目されるのは 過去40年以内に発見された米国のネバタ州のカーリン (Carlin) コルテス (Cortez) ゲッチェル (Getchell) およびゴールドアクリス (Gold Acres) 等の堆積岩中に分布する鉱床である。類似のものはユタ州のメルクール (Mercur) 鉱床 南ダコタ州のバルドマウンテン (Bald Mountain) デッドウッド (Deadwood) 鉱床があり すべて1935年以降の発見産金鉱山で Cortez 鉱床は1966年の発見である。

この鉱床の特徴は金粒が細かく(0.01—10ミクロン大)古生代 (Carlin—Cortez 両鉱床は Silurian 堆積岩中) の炭酸質—苦土質の石灰岩中に少量の黄鉄鉱その他の硫化物および重晶石 石英を伴い微量元素には砒素 アンチモン タングステンがみられ 金品位は 0.3oz/t (約9.3 g/t) で金の 1/10 の銀を伴うというものである。

鉱床は現在 熱水溶液による生成とされているが堆積源の疑いもあり 注目されるもので 鉱床はそれぞれ 100万オンス—500万オンス (31トン—155トン) を埋蔵するといわれている。この型式の鉱床の産金はまだ緒

についたばかりで少ないが しないで生産をあげ 1969年にはCarlin及Cortez両鉱床からはアメリカ産金の約22%に達するまでに成長している。

この型式の鉱床の将来性を予想することはまだ困難であるが 新しいタイプであることは注目される処であり 金粒のきわめて細かいこと 処理上より実収率の低いことが遅からず解決すると思われるのでその地質精査は大きい期待がもたれている。この鉱床は温泉と関連があるともいわれ ニュージランドのワイズベルグ (Weissberg) の 85g/t の金 500g/t の銀を含んだ堆積岩はホットニュースとして伝えられている。

こうしたことから米国では類似の堆積岩を求めて ネバダ州のアンテラー地区 (Antler Orogenic belt) 南アイダホのスネーク流域 (Snake River—Plain) は精力的に調査が行なわれている。

(7) 副産物としての金鉱床

金は通常 銅 鉛 亜鉛その他の金属鉱床に微量成分として随伴する。したがってそれらの精鉱から副産物として回収され経済的には重要な因子をなす。一般にその含有量は0.001—0.025oz/t (0.04—0.9g/t) で低品位であるが 銅鉛亜鉛鉱石の処理が近年大量処理される例が多いため その産金量も尨大である。

近年では米国産金の40%はこの副産物であり 銅鉱から80% 残りの20%は亜鉛 鉛 銅の雑鉱々石からである。ユタ州には Bingham の大型銅鉱床があるが 1969年米国副産金の1/2は同鉱床からである。全世界でも副産金は多く5—10%を占め わが国も約30%は製錬に

よる副産金である。

### 5. 金の埋蔵量と資源

全世界の金の埋蔵量は 10億オンス (31,103トン) と いわれる。うち60%は南アフリカ 20%は共産圏 残る20%が南北アメリカ オーストラリアその他である。現在の需要から20—25年分は存在するし いざという時は退蔵金約3,000 t もあり 金に対する危機感はないがわが国としては その産金は微々たるものであり 世界産金可能性ある処に注目する必要がある。今後注目される鉱床は 第三紀—白亜紀の Placers 含金礫岩 Carlin 型鉱染鉱床 および海底泥中の金ではなかろうか。まず第三紀Placersでは Sierra Nevada 一帯の30—40万平方 km には 2—3,000万オンス (700—1,000トン) の金が分布する可能性があると発表されており Witwatersrand 型の含金礫岩は Wyoming のほか各 Shield に注目すべきである。Carlin 型鉱染鉱床は Evaporite の分布と温泉の関係から今後次々に発見が期待され 米国では とくに Nevada 州の北部が注目されている。海底泥中の金はベーリング海では 0.03ppb 故 金1オンス70ドルでも 海水1トン中の金は 0.0000639 ドル故現在は問題にならないが将来は可能性を増すであろう。

## 2. 金の姉妹役 銀鉱について

### 1. はじめに

貴金属地金の銀も海外高が反映して 国内山元建値も大幅に上がり これにつれて市中相場も急伸している。

銀も経済上きわめて重要な金属で 人類が太古の時代から採取していた金属の1つであり 貨幣 装飾品 財宝として紀元前より採取し 地殻では67番目の稀少元素ではあるが 熱—電気的物性がすぐれているため 広い分野に利用されてきた。今日では その利用分野は変遷して 写真材が最も多いが 装飾 コイン利用も少なくない。利用率は下表の通りである。

銀の最大生産国はメキシコであり これに次ぐのはカナダ アメリカ ソ連 ペルーである(添付表参照)。

メキシコの場合はそのほとんどが Epithermal Veins

銀の主要利用分野

	Percentage
Photographic materials .....	29
Electrical and electronic products .....	22
Sterling ware .....	20
Electroplated ware .....	10
Brazing wares .....	10
Other, including dental and medical products, catalysts, bearings, and jewelry .....	9

[Data from U. S. Bur. Mines (1970, p. 1007)]

および Replacement 鉱床で生産され カナダの場合はその主体が世界的にも著明な Ontario, Timmins に開発された Kidd Creek の塊状 Ag-W-Zn 硫化鉱床である。このように銀鉱は種々の鉱床より産出する。その生産量は約3億オンス (9,300トン/年) となっている。

ところが 自由世界経済圏では1959年以降 需要と生産の間で長く不均衡を続けており 1965年からは毎年約1億オンス (約3,100トン) が不足しており 需要増に対して新しい鉱床の発見がないことが注目される。これも銀価格上昇の1因である(付表参照)。

1971年までの供給不足に対しては アメリカ財務省の貯えおよび回収銀により何とかバランスをとってきたがその備蓄も枯渇化しつつあり 早急な新鉱床発見 回収銀の整理が要望されている。

需要率29%の写真業界の最近の消費量は 約1,000万オンス (約310トン) であるが 今後30年間の間には 約1,000トンは必要であろうといわれている。

### 2. 生産

銀の価格は 19世紀より1オンス当り1ドル (0.5\$—1.4\$) を維持してきたが 需要増加と生産とのアンバランスにより 価格も急伸し1971年には 2ドル/トロイオンスの大台となり今日に至っている。

### 3. 銀鉱の地質背景

#### (1) 地球化学的性質

銀も陰イオンとの関係が深い。Ag<sup>+</sup>イオン半径は1.13Å で若干 Cu<sup>+</sup> 0.96Å に似ており 種々の鉱物に含まれる。地殻中では 0.07ppm で 玄武岩に 0.1ppm 安山岩に 0.07ppm 鉄苦土岩—花崗岩には 0.05ppm でどちらかといえば中性岩に多いのが特徴である。

世界の銀生産の約75%は Base-Metal 生産における副産物である。Base-Metals での随伴鉱物の順序は方鉛鉱 黄銅鉱 閃亜鉛鉱の順であり 方鉛鉱と閃亜鉛鉱における含有比率は50:1から100:1である。方鉛鉱は高い銀を含むのは常識で 従来の研究によれば 方鉛鉱中には0.2%(約60オンス/トン)は含有されうるとされており 実験研究ではAgSbS<sub>2</sub>-2PbS (Miargyrite-Galena) AgBiS<sub>2</sub>-2PbS (Matildite-Galena), AgBiS<sub>2</sub>-AgMnSe<sub>2</sub> (Matildite-Selenium Analog) の固溶体も知られ 方鉛鉱分析で Ag 3.79% Bi 7.86% という例もある。

MALAKHOV 氏は方鉛鉱を204サンプル分析し Sb, Bi の分布を調べ Sb:Bi比の低いものは高温型 Sb:Bi比の高いものは低温型の方鉛鉱であると発表している。

なお 2—3の鉛亜鉛鉱床で方鉛鉱より閃亜鉛鉱に濃集するという(S-E, Missouri Pb-Belt で 方鉛鉱中約

世界各国別銀鉱山生産量(1969)<sup>1</sup>

Country <sup>2</sup>	Silver (thousand troy ounces)
<b>North and Central America :</b>	
Canada .....	41,929
Haiti .....	e 17
Honduras .....	3,905
Mexico .....	42,904
Nicaragua .....	247
United States .....	41,906
<b>South America :</b>	
Argentina .....	2,820
Bolivia .....	6,013
Brazil .....	357
Chile .....	3,133
Colombia .....	77
Ecuador .....	82
Peru .....	34,147
<b>Europe :</b>	
Austria .....	129
Czechoslovakia .....	e 1,100
Finland .....	625
France (mine output) .....	2,000
Germany :	
East .....	e 4,800
West .....	e 2,000
Greece .....	258
Ireland (mine output) .....	e 1,866
Italy .....	1,832
Poland .....	e 165
Portugal (mine output) .....	339
Rumania .....	e 800
Spain <sup>8</sup> .....	e 1,700
Sweden (mine output) .....	3,683
U.S.S.R. .....	e 37,000
Yugoslavia .....	3,456
<b>Africa :</b>	
Algeria .....	e 100
Congo (Kinshasa) .....	e 1,896
Ghana .....	3
Kenya .....	2
Morocco .....	861
South Africa, Republic of .....	3,335
South-West Africa, Territory of <sup>4</sup> .....	1,273
Tanzania .....	2
Tunisia .....	e 47
Zambia <sup>5</sup> .....	e 768
<b>Asia :</b>	
Burma .....	e 1,000
China, mainland .....	e 860
India .....	127
Indonesia .....	316
Japan .....	10,804
Korea :	
North .....	e 700
South .....	906
Philippines .....	1,561
Taiwan .....	81
<b>Oceania :</b>	

Australia .....	24,667
Fiji .....	38
New Guinea and Papua .....	17
New Zealand .....	7
<b>Total<sup>6</sup></b> .....	<b>288,601</b>

[Data from U. S. Bur. Mines (1970, p. 1010). The letter "e" preceding figures indicates estimated]

<sup>1</sup> Recoverable content of ores and concentrates produced unless otherwise noted.

<sup>2</sup> Silver is also produced in Bulgaria, Guatemala, Hungary, New Zealand, Thailand, Turkey, and Southern Rhodesia and in several African countries. Quantities are insignificant or not reported.

<sup>3</sup> Smelter and (or) refinery production.

<sup>4</sup> Recoverable content of Tsumed Corp. Ltd. concentrates, as reported for year ending June 30.

<sup>5</sup> Includes recovery from copper refinery sludges.

<sup>6</sup> Total is of listed figures only.

1 oz/t 閃亜鉛鉱中 45oz/t) 例もあるがその成因はまだ明らかにされていない。

銀はまたよく酸化帯に濃集し 採掘された例も少なくない。おそらく Cerargyrite(AgCl), Embolite (AgClBr), Nativesilver (Ag), Sootyargentite (Ag<sub>2</sub>S), Acanthite (βBg<sub>2</sub>S), Rubbysilver (Proustite-Pyragyrite), Silver-Pb-Sulfate, Argentinian-Plumbojarosite, Argentiferous-Anglesite, Ab-Pb Carbonate, Mn-Oxide (Ag-Todorokite) 等によるものと思われる。粗鉱中に 100—1,000g/t という例もある。

### (2) 銀の鉱物

銀鉱物を移行対象として積極的に生産中の鉱山も 2—3 があるが 多くの生産銀は 銅 鉛 亜鉛 金 マンガン コバルト ニッケル およびウラン鉱からの副産・共産物である。しかし銀も生産対象の 1 つであり概略表示した鉱物より生産されている(銀鉱物一覧表参照)。

これらの銀鉱物は上記 Base-Metals 鉱物と共生しているが 比較的重要な銀鉱物は含銀方鉛鉱のほかでは 含銀四面銅鉱 (Tennantite-Tetrahedrite) 系鉱物および輝銀鉱であり Ag-Antimony, Bi-Galenite であり 固溶体として閃亜鉛鉱 黄銅鉱中に含まれるものであろう。

最近開発された金鉱山から 金—銀が合金をなし 銀が合金中 60% も含まれているという報告もあり アメリカ Mother Lode Belt の金には 10—20% Homestake 産金には平均 20% 銀が存在すると発表されている。なお 漂砂鉱床産金中には金—銀合金で Ag 2—7% という例も報告されている。

### (3) 銀の鉱床

銀の鉱床は 2 つのグループに大別される。その 1 つは上述の通り Base-Metals からの副産物—共産物鉱床で

自由世界経済圏における銀消費量と新鉱山生産量(1949—1970)

Period or year	Consumption in arts and industry		Consumption in coinage		Total consumption		New mine production		Free world surplus or deficit excluding coinage
	USA	Total free world	USA	Free world excepting USA	USA	Total free world	USA	Total free world	
1949—52 (average) .....	101.1	153.1	36.5	48.2	137.6	237.8	38.8	173.9	+ 20.8
1953—57 (average) .....	97.8	190.1	37.5	36.0	135.3	263.6	37.7	191.0	+ 0.9
1958.....	85.5	190.5	38.2	41.3	123.7	270.0	34.1	205.8	+ 15.3
1959.....	101.0	212.9	41.4	45.0	142.4	299.3	31.2	188.4	- 24.5
1960.....	102.0	224.6	46.0	57.9	148.0	328.5	30.8	206.9	- 17.7
1961.....	105.5	239.5	55.9	81.2	161.4	376.6	34.8	203.0	- 36.5
1962.....	110.4	247.8	77.4	50.2	187.8	375.4	36.8	206.9	- 40.9
1963.....	110.0	252.2	111.5	55.5	221.5	419.2	35.2	213.8	- 38.4
1964.....	123.0	285.9	203.0	61.5	326.0	550.4	36.3	215.5	- 70.4
1965.....	137.0	336.0	320.3	60.8	457.3	717.7	39.0	214.8	-121.8
1966.....	150.0	355.1	53.8	75.7	203.8	484.6	42.5	222.2	-132.9
1967.....	145.0	346.8	43.9	61.4	188.9	452.1	31.0	212.8	-134.0
1968.....	145.0	349.6	37.0	52.3	182.0	438.9	31.7	223.8	-125.8
1969.....	142.0	364.4	19.4	36.3	161.4	420.1	42.1	240.3	-124.1
1970.....	135.0	357.6	.7	39.6	135.7	397.9	44.1	254.0	-103.0

[Millions of fine troy ounces. From: U. S. Treasury Department staff study of silver and coinage, 1965; 1970 Yearbook of the American Bur. Metal Statistics; and U. S. Bur. Mines (1950—72)]

あり 他の1つは銀を主成分とする鉱床である。自由世界経済圏では前者が多い。

重要なby-product鉱床を茲にあげると次の通りである。

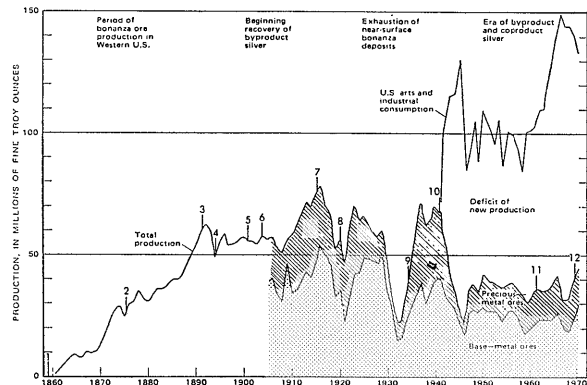
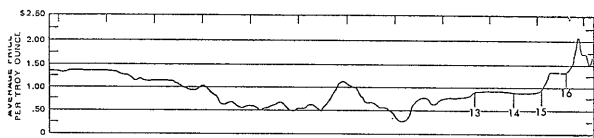
- [1] Porphyry Copper Deposits
- [2] Copper-Zinc-Lead Replacement Deposits & Veins Clusters
- [3] Massive Sulfide Deposits

以上3グループで カナダでは産銀の20% アメリカでは29%を生産している。

- [4] Lead-Zinc Replacement Deposits
- [5] Mississipp Valley & Alpine-Type Pb-Zn & Fluor-spardeposits
- [6] Copper Deposits in Sandstones & Shales
- [7] Native Copper Deposits
- [8] Golo Deposits in Veins, Conglomerates & Placers
- [9] Nickel & Magnetite Deposits

代表的銀生産国のアメリカにおける銀生産推移

1. Comstock lode, Nevada, discovered;
  2. Authorization for coinage of silver dollars;
  3. U. S. Treasury act to purchase silver;
  4. Purchasing act repealed and sharp price drop;
  5. Tonopah, Nevada, discovered;
  6. Production began from porphyry copper deposits;
  7. Peak from early silver and silver-gold mines and coinage demand of World War I allies;
  8. Heavy Chinese buying;
  9. Treasury began purchasing silver as monetary backing. Development Silver Belt, Idaho;
  10. World War II;
  11. Treasury began withdrawal of bullion reserve;
  12. Cessation use of silver for coinage;
  13. U. S. Treasury directed to purchase domestic silver at 90¢/oz and authorized to sell at 91¢;
  14. U. S. Treasury sales stabilizes price at 91¢;
  15. Cessation of U. S. Treasury sales;
  16. Exhaustion of U. S. Treasury bullion reserve.
- Modified from McKnight (unpub. data, 1962).





現在 銀鉱物として採行対象となっている銀鉱物

Tennantite (argentiferous).....	(Cu,Fe,Ag) <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub>
Tetrahedrite (argentiferous).....	(Cu,Fe,Ag) <sub>12</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub>
Halides :	
Bromyrite .....	AgBr
Cerargyrite .....	AgCl
Embolite .....	Ag(Cl,Br)
Iodyrite .....	AgI
Oxides :	
Aurorite .....	(Ag <sub>2</sub> Ba,Ca,Pb,K <sub>2</sub> CuMn <sup>+2</sup> )Mn <sup>+4</sup> O <sub>7</sub> ·3H <sub>2</sub> O
Argentian todorokite .....	(Ag <sub>2</sub> K <sub>2</sub> Ca,Ba,Na,Cu,Pb)Mn <sup>+4</sup> O <sub>9</sub> ·5H <sub>2</sub> O
Silver-bearing lead-manganese oxides	
Sulfates :	
Anglesite .....	PbSO <sub>4</sub> , commonly silver-bearing
Argentian plumbojarosite .....	(Pb,Ag)Fe <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>12</sub>
Argentojarosite.....	Ag <sub>2</sub> Fe <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>12</sub>
Native elements and alloys :	
Electrum.....	(Ag,Au)
Silver .....	Ag
Carbonate :	
Cerussite .....	PbCO <sub>3</sub> , commonly silver-bearing
Sulfides, sulfosalts, selenides, and tellurides :	
Andorite .....	PbAgSb <sub>5</sub> S <sub>9</sub>
Acanthite.....	βAg <sub>2</sub> S
Argentite .....	Ag <sub>2</sub> S
Diaphorite .....	Pb <sub>2</sub> Ag <sub>3</sub> Sb <sub>5</sub> S <sub>8</sub>
Dyscrasite .....	Ag <sub>3</sub> Sb
Fizelyite .....	Pb <sub>5</sub> Ag <sub>2</sub> Sb <sub>5</sub> S <sub>18</sub>
Galena (argentiferous) .....	(Pb,Ag)S
Hessite .....	Ag <sub>2</sub> Te
Matildite .....	AgBiS <sub>2</sub>
Miargyrite .....	AgSbS <sub>2</sub>
Naumannite .....	Ag <sub>2</sub> Se
Pearceite .....	Ag <sub>16</sub> As <sub>2</sub> S <sub>11</sub>
Petzite .....	Ag <sub>3</sub> AuTe <sub>2</sub>
Proustite .....	(Ag,Cu) <sub>16</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>11</sub>
Polybasite .....	Ag <sub>3</sub> AsS <sub>8</sub>
Pyrrargyrite .....	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>8</sub>
Stephanite .....	Ag <sub>5</sub> SbS <sub>4</sub>
Stromeyerite .....	CuAgS
Sylvanite .....	Ag <sub>2</sub> Au <sub>2</sub> Te <sub>8</sub>

一方 銀が主成分とする鉱床は幅広く 主として19世紀に採掘され 今日ではその生産量もきわめて少ない。一応その鉱床型をあげると 次の通りである。

- [1] Epithermal Veins; Lodes & Pipes
- [2] Epithermal Disseminated & Breccia Deposits
- [3] Epithermal Silver-Manganese Deposits
- [4] Epithermal Silver-Lead-Zinc Replacement Deposits
- [5] Epithermal Silver-Copper-Barite Deposits
- [6] Meso-Hermal-Silver-Lead-Zinc-Copper Deposits
- [7] Mesothermal, Silver-Coubald, Silver-Cobalt-Uranii-

- vite & Silder-Lo-Zeulite Deposits
- [8] Sandstone Silver Deposits
- [9] Sea-Floor Muds & Hot-Spring Deposits

重要な鉱床をここに紹介してみよう。

[1] Porphyry Copper Deposits

この種鉱床は大型であるため低品位でもきわめて重要な銀のソースとなっている。アメリカでは産銀の20%はこのタイプである。含有銀は一般に低く 0.01—0.1oz/t (0.3—3g/t) であるが 1970年 Bingham Cu-Mo Porphyry Copper は アメリカ第5位 260万オンス(80トン)の銀を生産している(粗鉱処理 4,000万 t/年 Ag 0.065oz/t)。アメリカには Arizona 州に多くの Porphyry Copper がある。14鉱山の平均は 0.06oz/t (1.86g/t, 8oz/cult) であり 銅金属 8,000万 t と銀 6億 4,000万オンス(19,840トン)が埋蔵されているといわれている。最近発見された Puertorico, B. C. Panama, Maine (Quebec-USA 国境近くの Jackman 地方)の Porphyry Copper は含銀量が高いと発表されている。またチリではこのタイプより350万オンス(108.5トン)が生産され ペルー イラン プーゲンビル島 パプアニューギニア等も同様である。ソ連の Balkhash 地方 Kounrad の Porphyry Copper, Pala-Bora の Carbonatite も銀は高い。

[2] Copper-Zinc-Lead Replacement Deposits & Veins

典型的な鉱床はアメリカの Butte がある。鉱床中心に銅があり周辺に 鉛 亜鉛 銀 マンガンが種々の鉱床形態をとって分布し Enargiteが銀の重要鉱物である。1880—1964年間に 6億 4,400万オンス(19,960トン)の銀を生産し Coeur d'aineについてアメリカ第2位の銀生産をあげている。鉱石中の品位は平均 2oz/t, Cu 1%当り 1oz/t で 最近では 0.3oz/t といっている。

Magma 鉱床も平均 1.93oz/t で年間30万—100万オンスの銀を走向3,000m 深さ約1,500mの鉱脈より生産し アラスカで有名な Kennecott 発祥の鉱床からは 1911—1938年間に 1,200万オンス(372トン)の銀が生産され銅鉱中には 14—16oz/t (450—500g/t)の銀が含まれていたといわれる。この鉱床は石灰岩ドロマイトを交代した不規則塊状一脈状鉱床である。

[3] Massive Sulfide Deposits

この種鉱床は世界に広く分布する。カナダ 日本 アイルランド サイプラス オーストラリア ソ連 スペイン スウェーデン フィリピン トルコ 西独 ノル

アメリカの銀埋蔵量 (鉱石中のトロイオンス換算)

Type of deposit	Identified resources <sup>1</sup>	Hypothetical resources <sup>2</sup>
<b>Deposits in which silver is a byproduct</b>		
Porphyry copper deposits.....	741,000,000	725,000,000
Copper-zinc-lead replacements and veins and copper-bearing sandstones and shales.....	398,000,000	1,585,000,000
Massive sulfide deposits.....	8,000,000	81,000,000
Lead-zinc replacement deposits...	170,000,000	235,000,000
Mississippi Valley-type deposit	54,000,000	50,000,000
Alpine-type zinc deposits in Valley and Ridge province.....	200,000	200,000
Native copper deposits.....	50,000,000	500,000,000
Gold veins and placers.....	5,000,000	35,000,000
Other types.....	2,000,000	2,000,000
<b>Total</b> .....	<b>1,428,200,000</b>	<b>3,213,200,000</b>
<b>Deposits in which silver is the main product</b>		
Epithermal veins, lodes, and pipes	128,000,000	93,000,000
Epithermal disseminated and breccia deposits .....	12,000,000	11,000,000
Epithermal manganese and barite deposits .....	18,000,000	18,000,000
Epithermal replacement deposits and mesothermal veins with lead and zinc.....	605,000,000	69,000,000
Mesothermal cobalt-uraninite-silver deposits .....	0	1,000,000
Sandstone silver deposits.....	2,000,000	10,000,000
<b>Total</b> .....	<b>765,000,000</b>	<b>202,000,000</b>
<b>Total byproduct plus main product silver resources</b> .....	<b>2,193,000,000</b>	<b>3,415,000,000</b>

<sup>1</sup> Identified resources: Specific, identified mineral deposits that may or may not be evaluated as to extent and grade, and whose contained minerals may or may not be profitably recoverable with existing technology and economic conditions.

<sup>2</sup> Hypothetical resources: Undiscovered mineral deposits, whether of recoverable or subeconomic grade, that are geologically predictable as existing in known districts.

ウェー アメリカ に知られる Base-Metals 鉱床である。時代的には Pre-Cambrian Shield (例 Kidd Kreek, Noranda 鉱床) から第三系のもの (日本 トルコ その他) まであり 含銀量が高いのが特徴である。

[4] Mississippi Valley & Alpine Type Deposits

この鉱床は 方鉛鉱 閃亜鉛鉱 黄鉄鉱 一部には螢石 重晶石 黄銅鉱 方解石および Co 鉱物を伴い 銀 コバルト ニッケルも副産物として生産されている。

現在 Missouri 地方からは約200万オンス (62トン/年) の銀が生産され アメリカ産銀地方の1つとなっている。

銀は 閃亜鉛鉱中に平均 (21.7g/t) 方鉛鉱中に平均 (17.98g/t) 含まれている。

この型の鉱床は各地で発見され Illinois 州 (15oz/t)

Kentucky 州 (5zo/t) の鉛精鉱品位が発表されており 東フランス オーストリア 北イタリア ユーゴスラビアでも類似の鉱床から銀が回収されている。

[5] Copper Deposits in Sandstones & Shales

鉱染銅鉱石に 鉛 亜鉛 コバルト パナジウム ウラニウムと共に銀が分布する例は最近各地で発見されている。銀は通常 Chalcocite, Djurleite, Argentite, Bornite, Chalcopyrite およびこれらの酸化物中に分布し 代表例は Whitepine-Shale の Upperpre-Cambrian Stratiform 鉱床であろう。

西独のMansfeldの Permian-Carbonaceous Cu-Shale, ポーランド ソ連のものも大きい。ポーランドの Cu-Shale は 80—750g/t 西独 Kornberg の Cu-Shale は 10g/t White-Pine のものは 372g/t の銀を含んでいる。

アメリカ西部(N. Mexico, Colo. Utah, Ariz.) 一帯に中生代の砂岩中に ウラニウム パナジウムを含み銅鉱物が鉱染する層状鉱床があり 今日ほとんど採掘はされていない。この鉱床にも銀があり将来は期待視されている。また同じ西部に Pre-Cambrian Belt Super-Group と呼ばれる層状銅鉱床が発見され Cu 1% Ag 32g/t の品位があるといわれ 今後が期待されている。

4. 銀の埋蔵量と資源

銀の鉱床分布も16世紀の Epithermal-Mesothermal 鉱床から今日では Porphyry-copper-Stratiform 鉱床に対象が変わりつつある。銀の埋蔵量は その主体が副産-共産物として生産されるものであり 確定したのもでも銀主産鉱床の約2倍となっている。

一覧表は アメリカにおける銀の埋蔵量を示したものであるが 副産埋蔵14億オンスに対して主産埋蔵は 7.6億オンス (24,000トン) である。これは一つの傾向も示しており 副産埋蔵では Porphyry Copper, Cu-Zn-Pb 交代 砂岩等鉱染型 および Pb-Zn 交代鉱床が多く主産埋蔵では浅熱水-中熱水性の Pb Zn を伴う銀鉱床が大きいことを示している。一方 将来の銀鉱床としては Cu Pb Zn 交代鉱床および砂岩等鉱染の層状鉱床がきわめて有望であることを示している。

なお 現在の技術 経済上で稼行対象となりうるアメリカの銀埋蔵量は 14.4億オンス (44,640トン) であり自由世界経済圏の銀埋蔵は 54億オンス (167,400トン) である。このことは現在の世界生産量 約3億オンス/年からみると寿命18年ということになり 需要 生産のアンバランス是正と寿命延長のためにも 探鉱が不足していることがうかがわれる。

(筆者は元所員 現丸紅(株) 海外資源調査役)