

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源(8)

金資源の開発の現状と将来

Review and Prospect of the Gold Resources Development

内 田 欽 介*

Kinsuke Uchida

1. 緒 言

金は、人類が最も古くから利用してきた金属であり、その美しさ、優れた物理、化学性、“適度の稀少性”から、金属の王として君臨して来た。最近では、電子工業関連の用途が増加しており、今後とも重要性が増すと考えられる古くて新しい金属である。

金の地殻中の存在度は、Re, Os, Ir等に次いで低く0.004ppmといわれる¹⁾。これは、Cu, Zn等の 10^{-4} のオーダーとなり、いわゆるレアメタルの大部分よりも、はるかに稀少な金属ということになる。

また、鉱床の最低稼行品位でも、露天掘で2g/T(g/Tはppmと同じ)、坑内掘で6g/T前後であり、ベースメタルの $10^{-3} \sim 10^{-4}$ オーダーの低品位のものが採掘されており、この面でも稀少性が知られる。

一方、地殻のバックグラウンドから、稼行対象品位への必要濃集倍率という尺度では、金は500~1,500倍となる。これは、Mo, Pb, Sn, U, Pt等とほぼ同じレベルで、この面では、必ずしもそれ程稀少ではない。

上記のように、地殻中の存在度が非常に低いにもかかわらず、有用鉱床への濃集が比較的容易であることと、ppmオーダーの低品位のものが古代から採掘、回収された理由には、価値が高いこと以外に、次のような特異な物理性や化学性が貢献している；①金は、他の元素なら独自の鉱物を作らず、造岩鉱物中の原子置換や吸着となるような低品位レベルでも、自然金として存在する。②自然金は、最も溶けにくく、かつ物理的に破壊されにくい物質の一つであり、母岩が物理的や化学的風化作用によりおかされる状態でも変化しない。また、風化~単体分離した粒が、水流等で移動運搬される際も殆んど破壊されない。③比重が大(19.3)で、砂鉱床形成に最適。砂鉱床は一般に採掘、分離、濃集が容易であるが、金の場合その上に、黄金色と光沢か

ら発見が容易で、かつ純度が高いので、殆んど製錬等を要しなかったという利点がある。

金資源開発を考える際看過出来ぬ大きな要因は、金の“不滅性”である。有史以来、人類が採掘した金量は、80,000~100,000Tといわれる。このうち約65,000Tが現在でも保存されており、その内訳は、自由圏の公的保有約35,500T、民間保有約28,000T、共産圏の公的保有約2,200Tと推定されている²⁾。これらの金は、複雑な要因で市場に還流して、価格、ひいては鉱山開発に影響する。

金資源のもう一つの特異性は、極端な偏在性である。1984年(以後1900を省略)の鉱山生産金量(以後鉱山産金)の実績では南ア一国で自由圏の59.5%を占める。南アのシェアは、70年の79%をピークに逐年減少しているが、他の主要元素と比較し、異常に高い。

2. 鉱床タイプ・規模、および地質単位・産金量

金鉱床の分類には多くの案があり、決定版はない。ここでは、Homestake社の報文³⁾にある実用的な分類を若干補足して以下に示す。

- (1) 浅熱水性鉱脈鉱床およびその近縁のもの。
- (2) 中熱水~深熱水性鉱脈鉱床。
- (3) 鉱染型(Carlin type)および網状型鉱床。
- (4) 先カンブリア紀の緑色岩や鉄鉱層に伴う層準規制鉱床(Homestake type)。
- (5) 新期(新生代)の砂鉱床。
- (6) 古期(化石化)砂鉱床(Rand type)。
- (7) 他金属鉱床の副産物。

このうち、(3)および、(4)の一部には成因的には浅熱水性といわれるものがあり、(2)の一部には(4)とされるものも多い。

(1)~(6)のタイプ別にみた鉱量-品位-金量との関係を図-1に示した。

次に観点をかえ、地質単位別の現在迄の産金量と、その比率を下に示す。右端の()内の数値は、上

* 住友金属鉱山(株) 鉱山資源本部資源調査部長
〒105 東京都港区新橋5-11

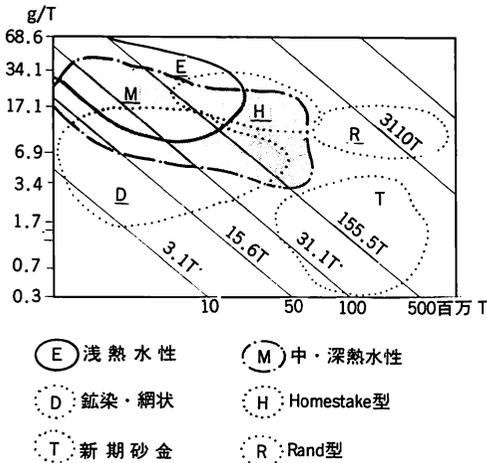


図-1 鉱床タイプと鉱量・品位・金量
* 出典：Anderson (1982)²⁾をメートル法に換算

表1 地質単位と産金量

地質単位 ^{*1}	産金量(T)	%	主要鉱床タイプ
始生代岩石中の鉱床	13,000	17.1	(4)と(2)の一部
原生代(古期砂鉱床)	30,000	39.6	(6)
古生代以降の岩石の鉱床	9,200	12.1	主として(1), (3)と, (2)の一部
新期砂鉱床	16,000	21.1	(5)
他金属鉱床の副産物	7,600 ^{*2}	10.0	(7)
計	75,800		

*1：必ずしも、鉱床生成時期を示すわけではない。
*2：全体の10%との記述に従い逆算。

記の鉱床タイプを示す。なお、数値はWoodall(1979)⁴⁾の図より読みとったもので、出典が異なるため、採掘の合計値等が前出の米鉱山局のものと異なるが、概略の傾向はつかめよう。

3. 金資源開発の現況

3.1 自由世界鉱山産金の現況と80~84年間の増加率

国際市場に供給される金は、①鉱山産金、②自由圏の公的機関からの買却、③共産圏からの買却、④民間保有金の買却、⑤リサイクル等からなる。このうち、①~③を本稿では一次的供給と呼ぶ。一次的供給のうち、現時点で最も重要なものは、①の鉱山産金である。

80年と84年の自由世界の国別鉱山産金と、この期間の伸び率を表2に示した。この表からわかるように、南アが圧倒的なシェアを示し、2位以下に大差つけている。なおソ連の産金量は、250~300Tといわれ、全世界では第2位に位置する。ソ連を含め上位6ヶ国が、いずれも先カンブリア紀楕状地をもつ国である。

一方、80年を100とした伸び率では、上位9ヶ国の

表2 自由世界の国別鉱山産金量と伸び率
——1984年対1980年——

国名	(A)1984年		(B)1980年		A / B	
	金量(T)	%	金量(T)	%	%	順位
南アフリカ	683.3	59.5	675.1	70.7	101.2	13
カナダ	81.3	7.1	50.6	5.3	160.7	6
米国	71.5	6.2	30.2	3.2	236.8	3
ブラジル	55.1	4.8	35.0	3.7	157.4	7
豪州	39.0	3.4	17.0	1.8	229.4	4
フィリピン	34.1	3.0	22.0	2.3	155.0	8
コロンビア	21.3	1.9	17.0	1.8	125.3	11
パプアニューギニア	18.3	1.6	14.3	1.5	128.0	9
チリ	18.0	1.6	6.5	0.7	276.9	2
ジンバブエ	14.5	1.3	11.4	1.2	127.2	10
ガーナ	11.6	1.0	10.8	1.1	107.4	12
ドミニカ	10.8	0.9	11.5	1.2	93.9	14
ペルー	10.5	0.9	5.0	0.5	210.0	5
ザイール	10.0	0.9	3.0	0.3	333.3	1
その他諸国	69.4	6.0	45.0	4.7	154.2	—
自由世界鉱山産金合計	1,148.7	100.1	954.4	100.0	120.4	—

1. 生産量はConsolidated Gold Fields社¹⁰⁾による。
2. 伸び率の順位は、1984年産金量10T以上の国に対して。

うち、ブラジルを除き8ヶ国が、上位産銅国であることは興味深い。これは、①金と銅が鉱床学的、地理的に近縁関係にある。②産銅国には大手鉱業会社があり、探鉱、開発が容易である、③最近の銅価の低迷により産銅会社の探鉱・開発意欲が金に移行している、等の事実を示していると思われる。これに対して南アは、101%と横ばいを示しており、自由世界平均を大幅に下回っている。

3.2 自由世界鉱山産金の変遷 (68~84年)

自由世界の最近17年間の鉱山産金の変遷を、価格等と対比して図-2に示した。自由世界計は70年をピークに75年迄急激に減少する。その後、72~75年の価格上昇に支えられて下げ止り、80年まで横ばいとなる。81年から反転し、84年には1,150Tと、80年に較べ、約200Tの増加を示す。これは、明らかに、79~80年の急激な価格上昇に刺激されたと考えられる。従来、鉱山産金は価格弾力性が低いとされてきたが、少なくともこの期間に限れば、産金量は数年のタイムラグを伴って、価格上昇との相関を示しているように思われる。

この期間、南アの生産は弾力性を示しておらず、自由世界計の見掛上の弾力性は、南ア以外の諸国の増産による。

この期間の、産金量のパターンを国別に検討すると、次の4タイプに分類出来る(図省略)。

(1) 単調増加型：価格いかにかわかわらず、単調に増

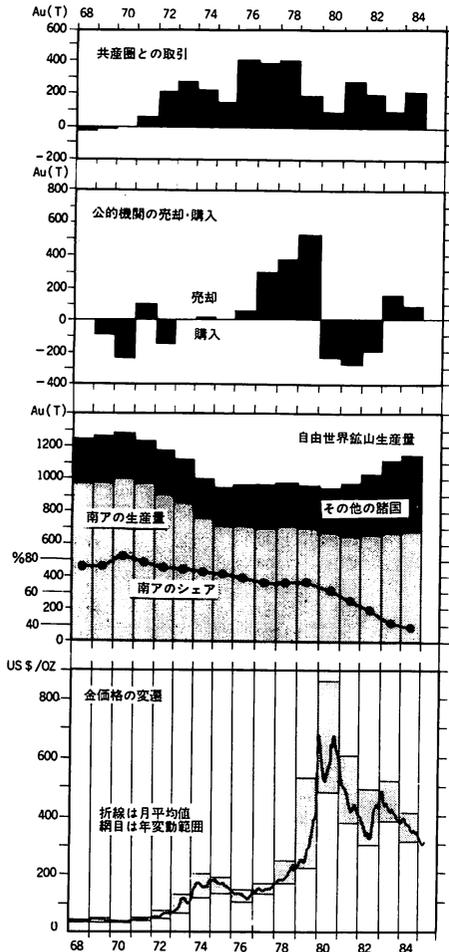


図-2 金価格と民間への一次的供給量の変遷 (1968-84)

* 出典：Consolidated Gold Fields (1985)¹⁰⁾

加している国で、ブラジルが典型的である。金鉱床の開発が、潜在能力に比し遅れている国や、現地通貨建金価格の高かった国、政府助成優遇策の行われている国に多い。コロンビア、チリがこの範ちゅうに入る。フィリピンにも類似点がある。

(2) 単調減少型：価格の上昇の影響を殆んど受けず、逐年減少している国で、南アや本邦がこれに当る。開発がピークを越し、衰退期に入った国とも言えよう。

(3) 価格反応型：カナダが典型的で、米国、豪州がこの範ちゅうに入る。フィリピンには、このタイプに似た面もある。過去にかなり開発が進んではいるが、まだ潜在能力が残されている国で、価格の上昇により、休・閉山の再開や、新鉱床開発が容易な国と言える。この中で、米国とフィリピンは、非鉄の副産金の比率が高いため、70年前後にも、低いピークが認められる。

(4) 少数鉱床支配型：鉱床数が少く、卓越した1、2の鉱床が生産量を代表している国で、チリ(El Indio)、パプアニューギニア(Pangua)、ドミニカ(Pueblo Viejo)、ガーナ(Ashanti)等が、その例である。このタイプの国は、各鉱床のライフサイクル上の位置により、それぞれ、(1)~(3)のパターンを示す。

3.3 金鉱山開発最近の話題

ここ数年間で、世界の金鉱業界の話題を賑わしたものは、カナダオンタリオ州のHemlo鉱床と、鹿児島県の菱刈鉱山の発見であろう。ともに1981年前後に発見され、両国の最大級金鉱床になろうとしている。

Hemloは、カナダ楯状地に産する層準規制鉱床(Homestake typeの一種か?)で、現在、鉱量7,000万T以上、品位約8.5g/T Au、含金量590T以上が確認されている。同一鉱床に3社の鉱区が設定されており、いずれも今年から操業を開始した。差し当り、産金量13.3T/年が予想されるが、90年迄には25T/年に達すると言われている^{5, 6, 7)}。

菱刈金山は、浅熱水性含金氷長石-石英脈で、81年金属鉱業事業団の広域調査試錐により発見された。以後、鉱業権者住友金属鉱山(株)により探鉱され、鉱量150万T、品位Au80g/T、含金量120Tと発表されている。本年7月坑道で着脈し、現在錘押探鉱中で掘進鉱石が出鉱されている。61年度中には、粗鉱量200T/日処理に達し、年産5Tの本邦最大の金山になると予想される。

両者に共通する点は、①古くからの金山地帯にあり、②地表部はかつて探鉱されたが劣勢のため放置され、最近の深部試錐により発見された一種の半潜頭鉱床である、③Hemloは、カナダ横断国道17号の僅か1km、菱刈も鹿児島空港から23kmに位置し、交通至便である、④ともに、両国の史上最大級鉱床に発展しそうである。

両鉱山の発見は、意外な所にまだ探鉱余地の残されていることを証明し、両国で金探鉱活発化を促進している。

3.4 主要開発プロジェクト

紙数の制約から、国別の動向の記述は省き、ここでは85年開山予定を含め、ここ1、2年のうちに操業開始を報道されている鉱床のうち、年産2T以上のものを、表3に示した。この表でわかるように、①年産6T以上の鉱山はHemloとKidstonのみであり、中小規模のものが多く、②米国、豪州では、低品位鉱の露天掘が圧倒的である、③処理法ではCIP(Carbon-in-pulp)が主流となっている。

表3 自由世界の最近の開発予定主要金鉱山 (Au ≥ 2 T/Y)

	会社名	鉱量		採鉱法	処理・回収方法	生産予定量		起業費 百万US \$	生産開始 年・月	
		1000MT	Aug/T			粗鉱T/D	金量T/Y			
カナダ	(Hemlo)									
	Williams	Lac Minerals	43,000	6.8	OP→UG	CIP	3,000→6,600	6.2→	275.0	85
	Corona	Teck/Corona	7,620	12.3	UG	CIP	1,000	4.0	90.0	85.3
	Golden Giant	Noranda/Golden Giant	19,900	9.6	UG	CIP	1,000→3,000	3.1→	292.0	85.3
	3 鉱区計		70,520	8.18				13.3→		
米国	Cannon	Asamera/Break Water	4,535	8.5	UG	FL/?	2,090	5.3	47.5	85.7
	Gold Quarry	Newmont	40,000	2.7	OP	FL/CIP	6,350	5.3	130.0	85
	Mesquite	Gold Fields	40,000	1.9	OP	HL・CIP	7,260	3.9	66.0	86.1
	Mc Laughlin	Homestake	20,000	5.0	OP	CIP	2,720	6.2	250.0	85.7
	Montana Tunnel	USMX/Centennial	48,000	1.1	OP	FL/CY	13,600	5.3	97.3	86
	Rich Gulch	Inca Resources	15,600	3.0	OP	FL/?	2,720	3.1	28.0	85
ブラジル	Aracy (Fazenda Brasileiro)	DOCEGEO	4,100	7.5	OP	HL	1,200	2.0		87
サウジアラブ	Mahd Adh Dhahab	Gold Fields	1,080	28.6	UG		360	2.7		
日本	菱刈	住友金属鉱山㈱	1,500	80.0	UG	FLX	200*	5.0*		86*
										*探鉱出鉱は85年7月より開始
豪州	Boddington	Worsley Al	45,000	3.0	OP		10,000	5.3		87
	Harbour Light	ESSO/Carr-Boyd	5,500	4.0	OP	CIP	1,540	2.3	17.3	85.7
	Kidston	Placer/Elders	38,540	1.9	OP	CIP	7,500	6.0	144.0	85.2
	Nevoria	Jingellic/Southern	1,800	4.5	UG→OP	CIP	2,400	2.4	4.8	85
	Paddington	Pancontinental	7,800	3.3	OP	CIP	2,450	2.5	25.5	85.7
	Red Dome	Mungana	13,800	2.7	OP		2,720	2.6	25.5	86

註：各種資料を総合したので、個々の出典は省略。採鉱法略号 OP：露天掘、UG：坑内掘、UG→OP：露天掘後坑内掘
 処理・回収方法略号 CIP：Carbon-in-pulp, CY：在来苛化法, HL：Heap leaching, FL/-：浮選後一, FLX：陸焼

	IDENTIFIED RESOURCES		UNDISCOVERED RESOURCES		
	Demonstrated		Inferred	Probability Range	
	Measured	Indicated		Hypothetical	Speculative
ECONOMIC	Reserve		Inferred		
MARGINALLY ECONOMIC	Base		Reserve		
SUB-ECONOMIC			Base		

図-3 Reserve-Resourcesの定義

* 出典：U. S. B. M. (1985)²⁾；原典はU. S. G. S. (1980)⁸⁾

4. 金資源開発の将来

4.1 埋蔵量について

将来の金資源開発の鍵を握るものは、残されている資源量であるが、正確な推定は、鉱産物の場合困難である。特に金の場合、圧倒的なシェアをもつ南アの鉱山会社が、ローリング方式で次の5年分の鉱量しか公表しないこともあり、比較的確度の高い埋蔵鉱量でさえ、他鉱種に較べ難かしい。ここでは参考までに、米国鉱山局の84年における推定値⁸⁾を記す。なお、ここにいる“Reserve Base”と“Resources”の定義は、米国地質調査所⁸⁾による(図-3)。

(1) Reserve Base (メトリックTに換算)²⁾

南アフリカ	24,880 T
米国	3,110
カナダ	1,560
豪州	930
その他自由圏諸国	6,530
共産圏諸国	8,090

世界合計 45,100

(2) World Resources²⁾

上記Reserve Baseを含み(図-3)、世界合計で約74,600T、このうち15~20%が副産金という。国別に

は、南アが約50%を占め、米、ソ、伯がそれぞれ12%と推定されている。

4.2 今後の主要産金地域

衰退期に入ったとはいえ、当分南アの首位は変わらぬと思われる。政府は出来る限り鉱山寿命を延ばし、税収、雇用水準の維持を計っており、業界も利益をあげる限り低品位で出鉱する方針をとっている。価格が上昇しても、余り金量は増加しない。83年黒人鉱山労働組合が公認され、労働関係に転機を生じた。また、現在人種差別をめぐる政情不安がおこっており、同国金鉱業の将来に一沫の不安もある。しかし、政情不安は現地通貨の対米ドル相場を弱め、現地通貨建のコスト上昇を相殺する方向に働くので、事柄は簡単でない。いずれにしても、同国の金鉱業が衰退期にあることに変わりなく、価格設定を現状よりかなり楽観的にみた試算でも、87年迄は700T程度を維持するが、以後下降線をたどり、今世紀末には約350Tになるともいわれている⁹⁾。

南ア以外の諸国で、南アの減少量を補うことは困難との意見が強いが、ここでは、ごく雑に、南ア以外の地域の今後の資源開発の可能性に定性的に触れる。

(1) 量的に重要なのは、先カンブリア紀楯状地をもつソ連、カナダ、米国、豪州、ブラジル、中国、インド、アフリカ諸国の一部等で、このうちでも特に、鉄鉱層や、“green stone”のある地域といえよう。さらに、短・中期的に言えば、探鉱開発能力の大きい産銅国である前四者が主役になると思われる。しかし、長期的には、熱帯降雨林、砂漠、厚い風化土壌等による被覆部の多い、ブラジル、豪州、アフリカの一部等の重要性が増す可能性がある。

(2) 量的には問題にならぬが、El Indio や菱刈の発見が示すように、高品位・高収益鉱床発見の可能性の高いのは、熱水性鉱床の多い環太平洋地域である。

(3) このほか、量的に看過出来ぬのは、Pangau, Olympic Dam (豪州), Ok Tedi (PNG)等の巨大銅鉱床の動向で、銅市況が回復し技術上、環境上の問題が解決出来れば、かなりの産金余地がある。ちなみにOlympic Dam 鉱床の含金量は、1,200 Tと発表されている。

4.3 考 察

今後の新鉱山開発の鍵は、当然のことながら、価格と生産費の関係である。このほか、金の場合、シアンを使用する処理法が主流であるため、環境問題の解決が、他の鉱物以上に大きな課題となる。

金価格形成の要因や機構は複雑で、本稿の課題を超える。ここでは、ごく常識的な点二、三と、若干の私見に触れるにとどめる。詳しくは、青柳(編)の入門書(1982)¹¹⁾を参照されたい。

金価格も、他の商品と同様に、需要と供給により決定される。しかし、金の場合、需要の中に私的退蔵金やこれに準ずるものの比重が大(後記)、他の商品以上に投機的要素、政治・社会的要素が強く作用し、価格予想を極めて困難にしている。

供給については、従来初生の鉱山産金が重要であり、これに対して南アが圧倒的な影響力を与えて来た。しかし、すでに触れた様に、南アのシェアは逐年低下しており、そのためか、従来価格弾力性がないと言われていたものが、ここ10数年の傾向では、自由世界合計に弾力性が出て来ている。南アの生産は、今世紀末までには350 T迄低下するとの予想もあるが、これを他生産国の増産で相殺出来ぬとの見方が一般的であり、南アのシェア低下に伴って、今後、鉱山産金の価格弾力性が高くなる方向にあるとも言える。

一方、金の供給で看過出来ぬのは、民間保有という巨大な一種の“緩衝在庫”の存在である。金の需要の大部分は、①カラット装飾品、②勲章・記章・メダル・模造金貨、③公的金貨、④金塊等の私的投資購入であり、これら4項目の計は、74~84年の11年間に合計11,460T年平均1,040Tにも達する¹⁰⁾。現在民間保有金は約28,000Tとされるが²⁾、今後上記のような割合で積み増しされるとすれば、鉱山産金の“緩衝在庫”に対する比率は、ますます低下する。この面からは、金の価格は、短期変動はあっても、長期的には平準化し、鉱山の平均的コスト+ α に推移するとも思える。したがって、今後の生産コストの推移が重要となろう。

生産コストのうち、インフレ、現地通貨の対米ドル相場、税制等々の純経済的側面は省略し、ここでは、コストに関連する技術的側面につき、簡単に触れる。

実収金量当りのコストを下げる、あるいは粗利益をあげる上の、主な技術的要因を①良い鉱床を探す探査技術、②採掘技術、③処理・回収技術、の3点に絞る。

①に対しては、潜頭、半潜頭鉱床の比重が増大するので、物理探査の役割が高まろう。ただし、金には、ウランに対する放射能のような直接検出方法が開発される可能性は少く、間接的に有望地域・個所を絞ることになり、一般の金属鉱床探査と大差ない。たとえば、現在、まず広域重力探査や、航空機による磁気、電磁(EM)探査を行って、地質調査と総合して有望地域を

選定する。これらに対して、スペクトルIP法、シュランベルジャー法のような電気探査、さらにCSAMT法や、MT法のような地磁気・地電流法を、必要に応じて実施し、地質調査、地化学探査、試錐と総合判断することが一般的になってきた。

地球化学的探査では、金の微量分析技術が飛躍的に発展したので、鉱体周辺のハロ（暈）を捕捉することが容易となった。すなわち、金の検出限界は、古典的分析では0.3 g/T前後であったが、60年代中葉には、溶媒抽出と、原子吸光分析法(AA)の組合せにより10~20 ppbとなり、現在ではElectrothermal AA, DC Plasma, Neutron Activation法等により1 ppb前後に向上している¹²⁾。

②の採掘に対しては、米、豪等で露天掘が採用され、低品位鉱を低コストで採掘している。しかし、あくまで鉱床の産状や、地形等の条件に影響される要素が大きく、在来の採鉱法に依存する限り、コスト面でそれほど改善される余地は少ない。

③の処理・回収のコスト面では、現在、矢張り青化処理が主流と考えられている。しかし、在来の青化法にかわり、Carbon-in-pulp (CIP) 法やCarbon-in-leach (CIL) 等が盛になっている(表3)。

生産コストとも関連するが、環境問題の解決は、今後ますます、開発に対する重要要因となろう。特に我国は工場排水基準が厳しく(シアン<1 ppm)、CIPの採用には、今後この面での研究が必要となる。また、規制値をクリア出来る在来の青化法でも、シアンに対する心理的拒否反応から、新規開発鉱山への採用には

問題が多い。また、銅製錬所用の熔剤としての供給には、処理量、珪酸品位、鉱山立地等に制約がある。現在、乾式精錬、チオ尿素等を試薬とする湿式製錬等が研究されており、コスト引き下げが鍵となる。

最後に、Consolidated Gold Fields 社が作成した自由世界鉱山産金のコスト対累計金量の図¹⁰⁾から、79年と83年のカーブを取り出して図-4に示した。今後の生産コストや金価格を奈辺に見るかは、読者の賢察に待ちたい。また、本稿は、金資源の開発を、主として巨視的なトレンドから論じているが、Hemlo、菱刈、あるいは、銅鉱床ではあるが、Olympic DamやLa Escondida(チリ)の例のように、優秀鉱床が意外な所に発見されており、個々の新鉱床発見は、必ずしも巨視的なトレンドと関係ないことをお断りしておきたい。

参 考 文 献

- 1) Taylor, S. R.; Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust; Geochim. Cosmochim. Acta (1964), 1273~1285.
- 2) U. S. B. M.; Minerals Commodity Summaries 1985.
- 3) Anderson, J. A.; Gold—its History and Role in the U. S. Economy and the U. S. Exploration Program of Homestake Mining Co.; Mining Congress Journal, Jan (1982), 1~34.
- 4) Woodall; Publications of the Geology Dept. and Extension Service, Univ of Western Australia, Vol. 3 (1979), 1~34.
- 5) Mining Magazine; The Teck-Corona Project at Hemlo, Mining Magazine, July (1985), 20~24.
- 6) Mining Magazine; Noranda Inc. —Hemlo Division Gold Giant Mine; Mining Magazine, July (1985), 25~27.
- 7) Mining Magazine; Lac Minerals Hemlo project; Mining Magazine, July (1985), 28~31.
- 8) U. S. G. S.; Principles of Resources/Reserve Classification for Minerals, U. S. G. S. Circular 831 (1980).
- 9) Consolidated Gold Fields; Gold 1980.
(その他1978~1985各編を各所に参考とした)
- 10) Consolidated Gold Fields; Gold 1985.
- 11) 青柳守城(編); 金の知識(1982), 東洋経済新報社.
- 12) Colvine, A. C. and Stewart, J. W.; Precambrian Shield Gold Exploration Trends Detailed; Mining Eng. (1984), 1642~1645.

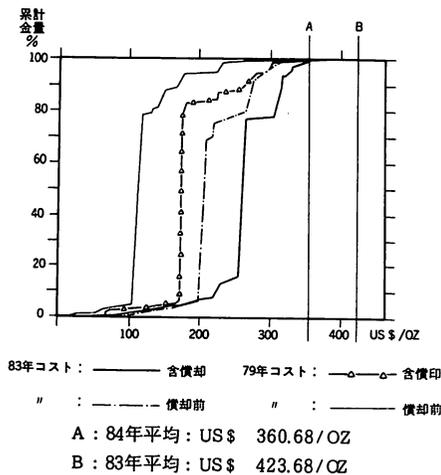


図-4 生産コスト対累計金量(1980:83)

* 出典: Consolidated Gold Fields (1985)¹⁰⁾

p. 22~23の図を簡略化