

銀資源の現状と展望

Present Status and Prospect of Silver Resources

石川 洋 平*

Yohei Ishikawa

はじめに

銀はその美しい銀白色で、古くから金とともに人間に愛好され、最も多くは食器として、また装飾品として利用されてきた。インドや中国では、特に銀が愛好され、貨幣も銀単位であり、銀器は金にも増して愛着をよんでいる。現代では銀の物理・化学的性質が他の金属に比べてすぐれている点が利用されている。工業用における広い用途のための消費が増大しており、写真材料として主に用いられているほか、工芸品、電子工業用の素材として利用されている。

銀を生産する鉱床の大部分は他の金属の副産物として回収されている。また、世界の銀資源の分布には地質的偏りが著しい。これらのことは世界そして日本における銀資源の現状と将来の供給に少なからぬ影響を与えている。本稿では、銀資源の現状と予測される将来の需要と供給の状況について述べるものとする。

1. 貴金属原料・銀資源

1.1 銀の特性

銀の比重は約10であり、電気伝導度が高く（比抵抗 $1.62 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ）、展性・延性に富んでいる。また、銀はハロゲン、 HNO_3 、イオウに腐食されるが、高温でも酸素、水蒸気に侵されない。HClには侵されるが H_2SO_4 にも低温で酸化剤がない場合には侵されない。このように銀は金に次いで化学的に安定な元素であることから貴金属 (preceous metal) とよばれている。これに対して、鉄、銅、亜鉛その他の多くの金属は化学的に不安定であり、容易に他の元素と化合物をつくりやすく、卑金属 (base metal) とよばれている。

1.2 地殻における銀の含有量と鉱床

われわれ人間生活に欠かすことの出来ない金属は、46億年の歴史を刻んだ地球内部から取り出される。金

属は一様に存在するものではなく、金属が特定の場所に異常に濃集して“鉱石”となっている。鉱石形成の源は、普通は海面下16kmの地殻からもたらされる。地殻を構成する85元素の中で4番目に多い鉄に対して、銀の平均含有量は0.07 ppmであり、67番目を占めるに過ぎない。銀の鉱石として採掘、製錬して利用できるのは、鉱石品位として通常はAg 300 g/トン以上である。すなわち、鉱石として利用できるには、地殻中の銀が4千倍まで濃縮されなければならない。この濃縮度は金の約2千倍に対しても大きい。これに対して銅や亜鉛などの鉱石をつくる場合の濃縮度は2百から6百倍程度である。銀が金とともに昔から貴重な金属とされたのもうなずけよう。

ところで、このような異常な濃縮現象は通常の地質的な現象では起こり得ない。金属元素は溶液の温度が高いほどよく溶け込むことが知られている。銀に限らず、われわれの利用する大部分の金属資源は、地下深部のマグマ溜りで温められて高温となった温泉水（専門的には熱水とよんでいる）に含まれていた金属元素が、割れ目を通して地表近くまで上昇して、海水や雨水により冷却されることにより、低温では溶け込み得ない余分の金属元素が鉱物として沈殿したものである。

1.3 銀鉱物と銀鉱床の種類

銀の鉱物のうち主なものは、シゼンギン (Ag理論含有量, 100%)、キギン鉱 (87%)、ノウコウギン鉱 (60%)、ストロメイヤ鉱 (53%)、ピラス鉱 (77%)、ポリバス鉱 (74%) であり、このほかシメンドウ鉱には最大18%程度の銀を含むことがある。

これらのうち、シゼンギンは鉱床の酸化帯に毛状・針状などとして産するが、ほかの鉱物は、イオウと結び付いた含銀硫化鉱物からなっている。最も普通にはキギン鉱であり、黒色であるので「ギングロ」と呼ばれ微細の結晶が集合している。またハウエン鉱にも銀が含まれることがあり、鉛・亜鉛鉱などから副産物として回収されており、これら含銀鉱物から回収される

* 秋田大学鉱山学部鉱山地質学科教授

〒010 秋田市手形学園町1-1

銀は世界の生産量の50%以上となっている。

銀の鉱物は単体として鉱石を構成することはまれであり、銀だけの生産にたよれるだけの高濃度の銀の鉱石のある鉱床はほんの一部である。銀は常に金と密接に伴って産出するほか、ほかの硫化鉱物に伴うことが多い。

銀は次のような火成活動に関連したいろいろの熱水鉱床に産する。1) 銅その他の金属は極めて少なく石英を伴う金・銀脈鉱床、2) 含銀ホウエン鉱、含銀シメンドウ鉱そのほか多くの金属鉱物からなる鉱脈鉱床、3) 北・南アメリカ大陸西岸に沿う銅低品位大型鉱床(斑岩銅鉱床という)、4) 日本のクロコ-鉱床を始めとする、火山の噴火に伴った鉛-亜鉛の層状鉱床、5) 花崗岩が貫ぬいた石灰岩中の鉛-亜鉛の塊状鉱床などである。これらのうち1)と2)を除くタイプの鉱床では一般に含銀量は数百~数千g/トンで品位は低いが処理する鉱石の量が大きいので、結果として銀の大鉱山となっている。

銀の産出量を鉱床タイプで見れば、上述の4のタイプに属するカナダ・オンタリオ州のキッドクリーク鉱山は膨大な鉛と亜鉛を生産するが、これに伴って年間で4百トン近い銀が回収され、この量は一鉱山としては世界最大である。斑岩銅鉱床ではアメリカだけで年間約2百トンの銀が生産されている。またカナダのニッケルを多く含む硫化物鉱床は年間約30トンの銀を生産している。

1.4 銀鉱石の用途

銀は、かつては装飾品として愛好されてきたが、現代では工業用原料として使用されることが圧倒的に多い。図-1に昭和61年における国内における銀の用途別需要量

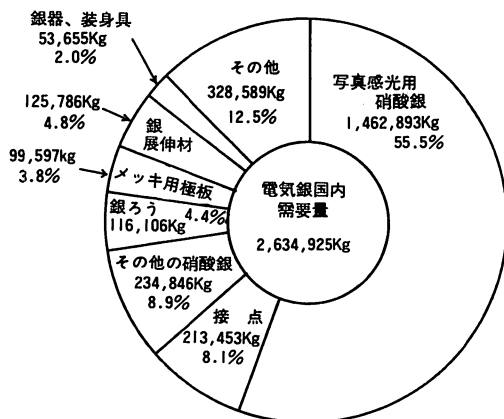


図-1 昭和61年1月～12月における銀の国内用途別需要量 (秋田県資料)

の需要を示す¹⁾。最も多いのはその化学的特性を利用した硝酸銀であり、写真感光には約56%が、さらにはその他として約9%が用いられており、硝酸銀として使用される量は全体の約65%に達している。次いで電気機器の接点として約8%が、展伸材として約5%の順になっている。装飾品・銀食器・銀ろうとしては約6%が用いられているにすぎない。

2. 世界の銀鉱石の需給

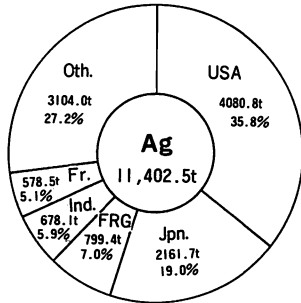
2.1 銀鉱石の埋蔵量

主な銀資源埋蔵国：銀に限らず世界における鉱物資源の地理的分布は極めて不公平であり、その埋蔵は非常に偏っている。1980年度時点における世界の銀の埋蔵量は、世界合計では253,000トンが計上されている²⁾。この量は、いわば現在われわれが銀資源に関して仕える貯金を、どこにどれだけ持っているかを示すものである。このなかで主な銀資源埋蔵国をみれば、第1位はカナダとソ連であり、それぞれ48,700トン(世界全体に対してそれぞれ19.7%)を保有している。次いでアメリカ合衆国の47,058トン(18.6%)、メキシコの32,890トン(13%)、オーストラリアの31,625トン(12.5%)の順になっており、この5ヶ国だけで全体の88.5%の銀埋蔵量を占めていることになる。そしてこれらの国々では、おおむね他の金属資源の主要埋蔵国となっている。ちなみに日本の銀の埋蔵量は590トン程度であり、世界に対して0.2%にすぎない。

主な銀資源産出国：1978年度における銀の生産量は全世界で10,500トンである²⁾。国別ではメキシコが1,460トン(13.4%)、ソ連1,400トン(13.3%)、カナダ1,321トン(12.5%)、ペルー1,220トン(11.6%)、そしてアメリカ合衆国1,190トン(11.3%)であり、これら5ヶ国で世界の産銀量の62.1%を占めている。このうちの半分近くの48.8%はアメリカ大陸からのものである。とくに北・南アメリカの太平洋沿岸、カナダ内陸のハドソン湾周辺地域は、世界的な銅、鉛、亜鉛の産出地域であり、銀はこれらの金属の生産量に支配されている。日本の国内鉱山における1980年度における銀産出量は262トン(2%)にすぎない。

2.2 銀の消費量

1983年度における世界の銀の消費量は、11,403トンである(図-2)³⁾。共産圏を除く自由世界各国においては、アメリカ合衆国の4,081トン(35.8%)を筆頭に、日本の2,162トン(19%)、西ドイツの799トン(7%)、インドの678トン(5.9%)、フランスの579トン(5.1%)、



凡例：USAアメリカ合衆国，JPN日本，FRG西ドイツ，
Indインド，Frフランス，Oth他の国々

図-2 1983年度における世界の銀の消費量 (昭和61年度鉱業便覧)

その他となっており、上記5ヶ国での消費量は8,299トンに達し、全体の72.8%を占めている。

ここで注目すべきは、消費国と銀資源埋蔵・産出国とは必ずしも一致しないことである。とくに日本は、銀の国内での産出量は極めて少ないにもかかわらず、アメリカ合衆国に次いで2番目の銀資源消費国となっ

ている。世界の中で日本が資源の大消費国であることは、エネルギー資源を始めとして際立っている。1983年度の日本の主要金属資源の消費量の順位は、そのほとんどが第1位から第3位を占めている。

3. 日本における銀資源の供給と需要の変遷

資源エネルギー庁発行の鉱業便覧には、昭和40年代から60年度までの国内における銀の供給と需要の状況が示されている。この期間における銀の供給と需要状況をみると、全体的には供給に対して需要が若干上回っているが、昭和48年暮の第1次石油危機を契機としてこれ以前と以降には大きな違いがみられる。

3.1 第1次石油危機以前の順調な需給の伸び

第1次石油危機以前は、高度経済成長に支えられて、銀の供給と需要は順調な伸びを示した時期であった。

すなわち、昭和40年度と48年度の9年間で比較すると、国内生産量は40年度の751トンから48年度の1,148トン（1.53倍）、輸入銀を含めた供給量の合計は1,068トンから2,715トン（2.54倍）、そして国内需要は830

表1 国内における銀の年度別需給状況

(資源エネルギー庁、昭和61年度版)(単位：トン)

項目		年度										備考
		45	50	55	56	57	58	59	60	61		
供給	期初在庫	366	723	581	591	581	633	681	821			
	電気銀	941	1,004	1,171	1,298	1,343	1,529	1,602	1,651			
	国内鉱出	392	305	262	290	293	320	323	336			
	海外鉱出	380	446	579	629	679	754	820	873			
	その他出	169	293	330	379	371	455	458	442			
	再生銀	186	104	99	68	79	99	94	97			
計		1,127	1,148	1,270	1,366	1,422	1,628	1,696	1,748			
輸入		358	481	570	443	476	399	463	549			
供給計		1,851	2,352	2,421	2,400	2,479	2,660	2,840	3,118			
需要	写真感光用硝酸銀	608	767	1,020	1,075	1,174	1,287	1,243	1,356		(主要企業) 三菱金属 三井金属鉱業 同和鉱業 日本鉱業 住友金属工業	
	その他の硝酸銀	106	86	162	170	181	220	234	212			
	展伸材	173	131	96	104	97	111	119	112			
	銀ろう	136	101	101	99	102	111	124	113			
	接点	162	171	216	208	196	244	254	221			
	その他	226	294	269	238	259	344	385	358			
計		1,411	1,550	1,864	1,894	2,009	2,317	2,359	2,372			
輸出		9	194	145	89	131	100	61	40			
期末在庫		410	589	591	581	633	681	821	967			
需要計		1,830	2,333	2,599	2,564	2,772	3,093	3,241	3,379			
過欠補正		21	19	△178	△164	△294	△438	△401	△261			
主要輸入先	主要国の埋蔵鉱量メトリックトン(%)	主要国の生産量トン(%)		主要国の消費量			自給率の推移					
(昭和60年度) トン (%)	(昭和60年)						国内鉱出					
メキシコ 342.1 (62.3)	アメリカ 55,986 (16.7)						国内鉱出 + 海外鉱出 + 輸入 = (%)					
ペルー 141.3 (25.7)	カナダ 43,545 (13.0)						45年度 34.7					
アメリカ 26.7 (4.9)	メキシコ 43,545 (13.0)						50年度 24.8					
オーストラリア 24.0 (4.4)	ペルー 29,548 (8.8)						55年度 18.6					
その他 14.9 (2.7)	その他の自由圏 99,531 (29.6)						60年度 19.1					
世界計 549.0	ソ連 49,766 (14.8)											
	共産圏 12,441 (3.7)											
	世界計 335,918											

(注) 1. 需給は資源統計年報による 2. 主要国の埋蔵鉱量, Mineral Commodity Summaries 1986による。

トンから2,164トン(2.61倍)となっている。このようにこの期間は、国内需要の順調な伸びに対して生産が追いつけず輸入の急増(40年度の117トンから、48年度は1,074トンまで上昇)により不足分が賅われていた。

3.2 第1次石油危機による需要の鈍化

第1次石油危機に端を発した金融の引き締め、総需要抑制策により49年度の国内需要は、当初の見込みを大幅に下回り1,563トンに落ちた。これとともに、それまで順調な伸びをみえてきた国内生産量、供給量の合計、さらには輸入量ともに48年度を下回るという事態になった。表1には国内における近年の銀の需給状況を示している³⁾。

第一次石油危機以前と比較のために、49年度から57年度の9年間で比較すると、49年度と57年度での国内生産量は1,083トンから1,422トン(1.31倍)、同じく供給量合計は2,557トンから2,479トン(0.97倍)、そして国内需要は1,563トンから2,009トン(1.29倍)にとどまっている。そして国内需要の伸びなやみに換って国外への輸出が急増した期間であった。

3.3 銀鉱石の自給率の低下

国内鉱山の年間産出量は、昭和47年度の434トンをピークとしてこれ以降は300トン前後であり、自給率は昭和40年度の44.5%から45年度の34.7%、50年度の24.8%と年とともに減少し昭和60年度では19.1%にまでおちている。このため生産量の伸びは、海外鉱石及び輸入銀によって補充されており、昭和45年度に比して昭和60年度の海外鉱石は2.3倍に及んでおり、海外鉱石の依存度は益々増大するとみこまれる。

銀の主要輸入先をみると、昭和60年度ではメキシコ、ペルーの2ヶ国だけで88%に達しており、輸入先国の偏りが著しい。

4. 銀資源の将来

4.1 銀の需給の将来の見通し

近年の銀の生産量と消費量の伸びは年とともに増加

している。ローマクラブ報告第4号(1976)によれば、第2次大戦後の25年間での銀生産量の平均年生長率は2.2%となっている。鉱物資源の将来の需要と供給の見通しを建てることは、社会・経済の構造変化、技術の進歩など多くの予測しがたい要因を含み大層困難である。ひとつの試算として、鉱物資源の年生産量及び消費量の経年変化の様子が指数関数的に生長してきたことから、金属資源の将来の需要と供給のおおまかな量的予測が行われている²⁾。

4.2 銀の需要の見通し

銀が将来どの位必要とされるかの試算は、現時点での埋蔵量、年生産量、年需要量、そして想定したある期間までの需要量の平均年生長率を設定することによって求めることができる(表2)。これによると紀元2000年までの予測累積需要量は322,000トンとなる。そしてこれを1980年度の埋蔵量(253,000トン)で割ると1.27となる。このことは1980年度で持っている埋蔵量では、今後15年間ほどに予測される累積需要量すら賅い得ないことを意味している。また紀元2030年までの予測累積需要量(1,050,000トン)との同様な比では4.15となる。本試算によると、紀元2000年という短期間の間に、各種金属のうち予測需要量が1980年度の埋蔵量を越えるものは、金、銀、亜鉛と推定され、これらの金属は今後早急に現在の埋蔵量を増やす必要がある。さらにはインジウム、ビスマス、水銀なども近い将来での枯渇が推測されている。

4.3 銀の供給の見通し

しからば、この切迫した銀の予測需要量に対して、銀の供給はどの位確保できるのであろうか。将来の銀の供給の見通しは、基準年(ここでは1978年度のものを用いている)での埋蔵量(253,000トン)と銀生産量(10,700トン)、そして生産量の平均年生長率(1.9%)を設定することによって試算されている(表3)。これによると、銀は上述の平均年生長率で生産されると、1978年度の埋蔵量では20年間の耐久年数でしかないと

表2 銀の需要予測 立見(1987)の表から一部抜粋

鉱種	単位	基準年*1 需要量 (1978) P_0	平均*1 年生長率 (1978 ~2000) 100_a	需要予測				埋蔵鉱量*1 (1980) R_{1980}	比較値	
				年需要量 $P_t = P_0 e^{at}$		累積需要量 $Q = P_0 / a (e^{at} - 1)$			Q_{2000} / R_{1980}	Q_{2030} / R_{1980}
				2000年 $P_{t=22}$	2030年 $P_{t=52}$	2000年 $Q_{t=22}$	2030年 $Q_{t=52}$			
Au	$\times 10^3$ t	1.44	1.5	2.00	3.14	37.5	113	32.3	1.16	3.50
Ag	$\times 10^3$ t	11.8	1.9	17.9	31.7	322	1.05×10^6	0.253	1.27	4.15

*1 USBM (1981).

表3 銀の需給予測 立見(1987)の表から一部抜粋

鉱種	基準年 埋蔵鉱量*1,2	基準年 鉱石生産量*1,2	予 測 鉱石生産量 年 生 長 率*1 (1978—2000) 100 a (%)	予 測 耐 久 年 数 $te = [\ln \{(aR/Po) + 1\}] / a$		
	$R_{(1980)}$	$Po_{(1978)}$		R	3 R	5 R
Au	32.3×10^3	1.22×10^3	1.5	22	52	73
Ag	253×10^3	10.7×10^3	1.9	20	45	52

*1 USBM (1981) *2 鉱石中目的成分含有量(トン)

いうことになる。

実際にはこの間に探査活動が活発に行われることによって、銀資源のある程度の増加は十分に期待でき耐及年数を引き伸ばすことは可能である。

表3には、今後獲得が期待される銀の埋蔵量を設定した場合の耐久年数を予測している。これによると基準年度の銀埋蔵量の2倍(759,000トン)が新たに獲得され場合には45年の耐久年数となり、そして基準年度の銀埋蔵量の4倍(1,012,000トン)が加わった場合ですら52年の耐久年数しかないことが示されている。

この期待増加銀量(759,000トン)を、前に予測された紀元2030年までの需要累積値(1,050,000トン)で割ると0.72となる。このことは、仮りに今後の探査により、現時点で確認している銀埋蔵量の2倍の507,000トンに及ぶ新しい埋蔵量を獲得してもなお、将来増大が予測される需要を賄い切れないことを意味している。

ほかの金属でこの比(期待増加銀量/2030年までの需要累積値)の小さいものには金、鉛、亜鉛がある。

次に、今後の45年間という短い期間での銀の供給を補償するに必要な759,000トンの銀を獲得することが可能であろうか。詳細は省略するが、地質学上での広い意味での資源には「総鉱物資源量」と呼ぶものがある。これは前に述べた実際に使える埋蔵銀量に加えて、現在では利用し難い経済限界下品位であるが理論計算値として地殻に賦存が期待されるものまでを総合したものである。そして銀の総鉱物資源量は、上述の獲得を期待したい銀量759,000トンはほぼ等しい値と推定されている。このことは、このままの生長率で銀資源が生産されるならば、今後の45年間程度の短い期間の供給を維持するためには、現在の経済技術水準の稼行限界をはるかに下回る品位以下のものまで利用するための努力を必要とすることを意味している。

5. まとめ

4で述べた銀資源の将来の需給の予測は極めて厳し

いものとなっている。将来ともに長期にわたって安定した銀資源を確保するには、現在にも増して次のような努力を続ける必要がある。

- 1) 地球科学に関する基礎的研究の発展と資源探査への応用分野の拡大
- 2) より積極的な探査活動による情報の収集と新しい探査・採掘技術の開発
- 3) 経済限界以下の銀資源開発のための処理技術の研究の開発
- 4) 限りある資源の再利用・省資源による有効利用
- 5) レアメタル、ニューセラミックスなど含めた未利用資源の活用
- 6) 現在の社会・産業構造(大量生産—大量消費—大量廃棄)の改革

日本のおかれている立場を考えるとさらに事態は深刻となる。地下資源に乏しいわが国の産業構造は、大量の原材料・エネルギー資源を海外から輸入し、これを製錬・加工して製品の形で輸出するという形式をとってきており、いわゆる資源多消費型構造となっている。

前述したように、世界の資源は地理的な偏りが著しく、わが国における資源の海外依存度は年とともに増大せざるを得ない。このような基盤にたつ日本にとって、現在の円高ドル安という経済情勢は、資源の輸入には幸いしているが、経済情勢の変化や資源をめぐる国際紛争の問題があり、将来ともに安定した供給が得られるという補償はないのである。わが国は世界の資源の動向や枯渇に対して世界に率先して対処する姿勢が重要と思われる。

参 考 文 献

- 1) 秋田県商工労働部資源エネルギー課(1987);昭和61年秋田県鉱業統計資料
- 2) 立見辰雄(1987);鉱物資源を考える(5),地質ニュース,392号
- 3) 資源エネルギー庁;鉱業便覧,昭和61年度版