

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (23)

白金族金属資源の現状と展望

Outlook on Platinum Group Metals

江 澤 信 泰*

Nobuyasu Ezawa

1. はじめに

白金族金属は現在日本においてはまったく生産されていない。しかしその消費は世界の総需要量の半分近くを日本一国によっている。特に白金は50%を日本が消費し、一方供給は南アフリカが84%を占めている。供給国及び消費国が著しく偏在している白金族について需要と供給の現状と問題点について述べてみたい。

2. 白金族金属とは

白金族は表1に示す6元素を総称し、元素周期律表の第Ⅳ族の第5、第6周期に位置している。

金および銀とともに白金族は貴金属とも呼ばれ、希少な資源と有用性から、高価な金属である。特に白金、ロジウムは金と同様に1g当り2000~6000円と最も単価の高い物質の一つである。

白金族の物理的性質の特長は融点が高く、密度が高い、特にオスmium、白金、イリジウムは物質中最高の密度を有する。化学的性質は金に次いで化学的に安定で、白金は王水以外の酸には溶けない。また特異な反応活性を有し触媒として化学工業等に欠くことのできない元素でもある。

表1 白金族元素

元 素 名	元素記号	融 点 (°C)	密度 (g/cm ³)
白 金	Pt	1769	21.45
パラジウム	Pd	1555	12.0
ロジウム	Rh	1769	12.5
ルテニウム	Ru	2450	12.2
イリジウム	Ir	2443	22.4
オスmium	Os	2700	22.5

3. 白金族の用途

(1) 白金

白金の需要の3分の1は自動車の排気ガス浄化用の触媒である。この触媒は白金、パラジウム、ロジウムから成り、三元触媒と呼ばれ、エンジンからの燃焼ガスに含まれるNO_x (窒素酸化物)、HC (ハイドロカーボン) を水、窒素に変換させる。

次は宝飾品に30%使用されるがこの内90%が日本での需要である。白金を宝飾に使用するのは日本、ドイツ、イタリアだけで、日本が白金の総需要の50%を占める要因となっている。

白金の用途としては他に化学工業用の触媒、電極、電子回路の配線電極材料、ガラス製造用装置などがある。

表2に白金の需要¹⁾を示す。

(2) パラジウム

パラジウムの需要の50%は電気・電子産業での電気接点・接触子、配線、電極材料である。次いで、歯科用合金に30%が使用される。日本での消費は、総需要の45%を占めている。

表3にパラジウムの需要¹⁾を示す。

(3) ロジウム

現在ロジウムの75%近くが自動車触媒に使用され、今後さらに増えると思われる。自動車排ガス規制がアメリカ、日本に次いでEC欧州諸国、韓国、オーストラリアなど増えているからである。その他に白金-ロジウム合金で熱電対、硝酸製造用触媒、発熱体、ガラス製造用装置がある。

(4) ルテニウム

ルテニウムの需要の50%はハイブリットICの、抵抗体に使用され、日本がその半分近くを消費している。その他にソーダ工業の塩素発生用電極材料、燃料ガスの改質触媒である。

(5) イリジウム

イリジウムの需要の50%はサファイヤ、イットリウム・アルミニウム・ガーネット (YAG) などの各種

* 田中貴金属工業(株)開発企画部
〒103 東京都中央区日本橋茅場町2-6-6

表2 プラチナの用途別需要:地域別

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	000オンス									
日本										
自動車触媒	180	200	210	190	170	170	170	210	250	295
化学	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15
電気	15	15	15	15	20	20	30	40	45	45
硝子	40	40	40	50	45	60	75	60	30	45
投資:小	-	-	-	-	-	5	15	35	35	60
宝飾	-	-	160	195	115	65	150	170	(125)	275
石油	835	590	440	625	620	560	625	675	740	900
その他	15	10	15	15	15	15	20	15	-	-
その他	75	55	50	50	55	45	40	30	20	15
合計	1,170	920	940	1,150	1,050	950	1,140	1,250	1,010	1,650
北米										
自動車触媒	430	670	440	430	455	420	590	630	660	590
化学	140	130	115	50	80	100	100	75	65	55
電気	100	135	145	70	70	90	95	80	65	65
硝子	100	100	50	20	10	15	30	40	25	25
投資:小	-	-	-	-	40	40	30	130	300	85
宝飾	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15
石油	105	195	140	55	20	15	15	10	10	15
その他	75	95	75	60	20	25	35	30	50	50
合計	960	1,340	980	700	710	720	910	1,010	1,190	900
欧州を含む 西側世界の その他の国										
自動車触媒	20	30	30	20	20	25	35	70	140	255
化学	190	205	135	190	170	135	145	135	115	125
電気	85	90	50	100	80	65	65	80	70	70
硝子	50	110	50	30	30	30	35	40	35	50
投資:小	-	-	-	-	5	45	125	95	115	70
宝飾	140	160	105	115	130	140	135	120	95	75
石油	50	(45)	(25)	70	30	(10)	(20)	(10)	10	40
その他	35	40	65	55	95	80	60	40	60	55
合計	570	590	410	580	560	510	580	570	640	740

当書では上記表の「投資:小型」を10オンス以下の重量のバーとコインの形態のプラチナの長期保有と定義する。
 「投資:大型」は日本での500gと1kgバーの形態のもので、前号までは用途の「その他」に入れていた。
 当書に示す需要見積量は正味数字で、各部門の需要量は消費者の総購入量から市場への売戻し量を差し引いたものである。従って毎年の総量は何れの年においても消費者により取得される一次地金の量を表わす。

表3 パラジウムノ用途別需要:地域別

	1983	1984	1985	1986	1987
	000オンス				
西側世界合計					
自動車触媒	300	320	290	225	205
歯科	820	900	870	925	995
電気	1,090	1,230	1,100	1,320	1,615
宝飾品	200	210	210	170	165
その他	290	300	270	270	270
合計	2,700	2,960	2,740	2,910	3,250
地域別					
日本					
自動車触媒	150	140	100	80	65
歯科	290	290	270	280	290
電気	650	680	600	750	925
宝飾品	50	60	60	70	80
その他	80	80	50	50	60
合計	1,220	1,250	1,080	1,230	1,420
北米					
自動車触媒	150	180	190	130	120
歯科	280	330	340	375	430
電気	290	370	300	330	425
宝飾品	10	10	10	10	10
その他	100	100	100	120	115
合計	830	990	940	965	1,100
欧州を含む西側世界の その他の国					
自動車触媒	-	-	-	15	20
歯科	250	280	260	270	275
電気	150	180	200	240	265
宝飾品	140	140	140	90	75
その他	110	120	120	100	95
合計	650	720	720	715	730

当書に示す需要見積量は正味数字で、各部門の需要量は消費者の総購入量から市場への売戻し量を差し引いたものである。従って毎年の総量は何れの年においても消費者により取得される一次地金の量を表わす。

酸化物の単結晶を作るつばである。その他に化学工業用触媒、電極材料がある。

(6) オスミウム

オスミウムは白金族中最も希少な金属ではあるが、あまり利用されていない。往時には万年筆のペン先に他の白金族と使われた。触媒としての用途がある。

4. 供給と需要

白金族の供給は南アフリカ、ソ連、カナダに99%近くを依存している。ソ連の生産高は定かでないのでここではいわゆる西側世界の需給関係を見てみる。

なおここで使用する重量の単価オンス(OZ)はトロイオンス(金衡)の事で、1トロイオンスは31.1035gである。

(1) 白金

他の白金族同様に供給は南アフリカに80%近くを依存し年間300,000オンス近くが産出され、ほぼ同量が消費されていく。消費されるといっても資源として消耗させてしまうことはなく、50%以上はリサイクルさせて繰り返し使用される。

表4¹⁾に供給・需要バランスを示す。

(2) パラジウム

表5¹⁾に見るようにパラジウムの供給はソ連に50%

表4 プラチナ供給と需要：西側世界

供給	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	000 オンス									
南アフリカ	1,950	2,180	2,320	1,800	1,960	2,070	2,280	2,340	2,350	2,520
カナダ	170	130	130	130	120	80	150	150	150	140
その他	40	30	30	30	30	40	40	40	40	40
ソ連売却	2,160	2,340	2,480	1,960	2,110	2,190	2,470	2,530	2,540	2,700
合計	490	460	340	370	380	290	250	230	290	400
在庫の変動	2,650	2,800	2,820	2,330	2,490	2,480	2,720	2,760	2,830	3,100
需要地域別										
西 欧	400	430	290	420	330	330	410	400	470	560
日 本	1,170	920	940	1,150	1,050	950	1,140	1,250	1,010	1,650
北 米	960	1,340	980	700	710	720	910	1,010	1,190	900
西側世界のその他	170	160	120	160	230	180	170	170	170	180
コメコン/中国向け	2,700	2,850	2,330	2,430	2,320	2,180	2,630	2,830	2,840	3,290
西側の売却	120	30	30	30	30	20	30	30	40	30
在庫の変動	2,820	2,880	2,360	2,460	2,350	2,200	2,660	2,860	2,880	3,320
	(170)	(80)	460	(130)	140	280	60	(100)	(50)	(220)
	2,650	2,800	2,820	2,330	2,490	2,480	2,720	2,760	2,830	3,100

当書の供給の数字は一次プラチナの鉱山による販売の見積り量である。この表の需要見積りは正味数字であり、各部門需要は消費者の総購入量から市場への売戻し量を差し引いたものである。従って毎年の総量は、何れの年においても消費者により取得される一次地金の量を表わす。

特定の年の在庫量の動きは、加工業者、取引業者、銀行、個人の手持地金のような一次精錬業者や最終消費者以外の者に保有される在庫量の変化を反映する。プラスの数字は投資用に購入されたプラチナを含む在庫量の増加を示し、マイナスの数字は在庫量の減少を示す。

表5 パラジウムの供給と需要：西側世界

供給	1983	1984	1985	1986	1987
	000 オンス				
南アフリカ	790	980	1,010	1,040	1,090
カナダ	110	190	190	190	190
その他	80	90	90	90	90
ソ連売却	980	1,260	1,290	1,320	1,370
供給合計	1,560	1,700	1,440	1,600	1,760
需要地域別					
西 欧	470	520	520	540	555
日 本	1,220	1,250	1,080	1,230	1,420
北 米	830	990	940	965	1,100
西側世界のその他	180	200	200	175	175
需要合計	2,700	2,960	2,740	2,910	3,250
在庫の変動	(160)	-	(10)	10	(120)
	2,540	2,960	2,730	2,920	3,130

当書の供給の数字は一次パラジウムの鉱山による販売の見積り量である。この表の需要見積りは正味数字であり、各部門需要は消費者の総購入量から市場への売戻し量を差し引いたものである。従って毎年の総量は、何れの年においても消費者により取得される一次地金の量を表わす。

特定の年の在庫量の動きは、加工業者、取引業者、銀行、個人の手持地金のような一次精錬業者や最終消費者以外の者に保有される在庫量の変化を反映する。プラスの数字は在庫量の増加を示し、マイナスの数字は在庫量の減少を示す。

以上を負っている。これは南アフリカの鉱床が白金が主体でパラジウムはその40%の割合しかないのに比べ、ソ連産の場合はパラジウムが主体で、パラジウムは白金の3倍近く産出することによる。表6²⁾に主要原産地の成分表を示す。

1987年の需要は3,250,000オンスに達し、供給量3,130,000オンスを上回り、不足分は白金同様にソ連原産パラジウムのチューリッヒ・アムステルダムに長年おいてあった在庫やNYMEX（ニューヨーク商業取引所）の倉庫の在庫の取り崩し（引き出し）によって埋合された。

(3) ロジウム

1987年は310,000オンスの需要に対して供給はタイトである。

供給のほとんどを南アフリカに依存し、ソ連は少ない生産量の約半分を西側に売却している。

(4) ルテニウム

ルテニウムの需要は電子工業に左右され、変動が大きいが1987年は165,000オンス消費された。供給は全て南アフリカと言ってもよく、同年191,000オンスであり、需要を上回っている。

(5) イリジウム

イリジウムの需要は33,000オンス程度で殆ど変化がない。供給は38,000オンスあり、そのうち80%以上が

南アフリカ産によっている。その中で9%近くはアメリカ政府の備蓄用である。

(6) オスミウム

生産も消費も少なく、価格水準に変化がないことから、需要バランスは約合っている。

5. 資源

5.1 地下資源

白金族の地殻中の存在率は金の0.004ppmに対して白金、パラジウム、ルテニウムは0.01ppm、ロジウムは0.005ppm、イリジウム、オスミウムは0.001ppmで前者3元素はその率が比較的高い。しかし金が地球上、ほとんどの地域、国で産出するのに比べ、白金族は著しく偏っている点に特徴がある。

白金族の埋蔵量の約99%が南アフリカ、ボプタツワナ、ソ連およびカナダの4か国に偏在している。

南アフリカとボプタツワナにまたがる東西460km南北250kmの盆地の白金族埋蔵量は9.71億オンスで約60%が白金と推定される。現行の生産量で行くと200年以上はもつであろう。ソ連の白金族金属はニッケルの副産物として産出され、主産地はノルルスクで埋蔵量は白金が6,000~6,500万オンス、パラジウムがその3倍と推定される。カナダのサドベリー盆地はソ連と同じくニッケル・銅の副産物として白金族が産出され、白金の埋蔵量は約360オンスと推定される。アメリカのモンタナ州スティルウォーターにカナダと同程度の量の白金と約3倍量のパラジウムが見い出され、近年採掘されるに致った。

一つの問題点としては、白金族6元素が主要鉱床中に一定した比率で存在する傾向があり、1つの元素の生産量だけを増すとすることは不可能に近い。表6²⁾に主要原産地の成分を示す。

5.2 リサイクル

(1) 動く鉱山

日本および米国の自動車排ガス規制が実施されてから13年がたち、廃車から使用済触媒が回収され、「車に乗った鉱山」とか「動く鉱山」と呼ばれている。

年々回収量は増え続け、1987年は100,000オンスの白金が回収されたものと思われ、これらの回収は今後さらに増えるものと思われる。

年間約1,000,000オンスの白金が自動車触媒に使用され、現在は約10%が回収されているが、まだまだ未回収の触媒が多い。これは使用済触媒が集荷業者や車のディーラーによって集められても、白金地金価格が低いと回収に要するコストとの見合いで、回収—精製業

表6 主要原産地別白金族金属の見積り成分表
(重量パーセント)

金属名	カナダ サドベリー	南アフリカ			ソ連 ノルルスク	アメリカ スティル ウォーター
		メレン スキー	UG2	プラット リーフ		
白金	43	61	42	43	25	20
パラジウム	45	26	35	48	67	67
ルテニウム	4	8	12	4	2	4
ロジウム	4	3	8	3	3	7
イリジウム	2	1	2	1	2	2
オスミウム	2	1	1	1	1	-

者の手にまで渡らず(現金化されず)、どこかにストックされていると見られている。また日本では廃車を乗り捨てることはないが、米国においてはスクラップ集荷業者に廃車が届かず、放置されていることも考えられる。

(2) オフィスの鉱山

電子工業製品のコンピューターや周辺機器、OA機器に使用されるパラジウム、ルテニウムなどの配線、接続、回路素子が使用済となった時、それらは解体業者により回路基板ごと取りはずされ、回収される。しかし回収されずに粗大ゴミとなっているものが多い。

これらのスクラップの回収はパラジウム、ルテニウムよりもその中に含まれる金の含有率により回収されるか否かが決ってしまう。

(3) 通い地金

硝子工業の白金、(ロジウム)製の製造設備や化学工業の白金族触媒、電気化学工業の白金、ルテニウム、イリジウムの電極などは定期的に補修のために回収され、再び製品となり、それら産業の工場へ帰って行く。

ここでは白金族の消耗を極力抑えるための工夫と消耗した白金族の捕集がなされている。

(4) 退蔵地金

宝飾品となった白金や投資・投機用の白金、パラジウムは、そのほとんどが消滅することなく保管され、時々の地金価格によって再び市場に流れ出す。

6. 白金族資源の問題点

(1) 日本は白金族元素の最大の消費国でありながら、多くの金属資源同様にすべてを輸入に依存しなければならない。白金は宝飾品という形で国内に大量にストックされ続けているが他の5元素のストックはほとんど皆無に近い。白金族を使用している工業や製品は、白金族の代替品を鋭意研究はしているが、これらが高価

な金属であるにもかかわらず使用せざるを得ない状況で、白金族の安定な供給が常に問題となる。

(2) 白金族資源の80%が南アフリカに偏っているため、一国の国情によって、その供給が支配されかねない。事実、南アフリカの鉱山ストライキや精製工場の火災でこれらの供給がおびやかされた事もある。安定供給のためにも少量とは言え新規の鉱山を探す、探鉱プロジェクトがアメリカ、オーストラリア、カナダ、ジンバブエ、ブラジルなどで行なわれている。

(3) 白金、パラジウムは金、銀と同様に投機・投資の対象となり、金融事情により大きくその価格が日時変動し、工業用資材・原料としてはその原価を見積りににくい点がある。またロジウム、ルテニウム、イリジウム、オスミウムは生産量が少なく、自由市場（オープンマーケット）が形成されておらず、仮需要や噂などで価格が急騰しやすい。

(4) 地下資源がとばしいため、需要を完全に満たすためには白金族の積極的なリサイクルが行なわなければならない。

ならない。一部はクローズドなリサイクルがなされているが、自動車触媒や電子工業製品のように含有率が低く、分散してしまったスクラップからの回収・リサイクルは今後の課題として多くの問題を解決しなくてはならない。

7. むすび

希少な資源である白金族は一方で利用価値が高く欠く事のできない金属である。日本においては資源保護のためにも省貴金属化や耐消耗性向上の研究や使用済製品・材料の回収・リサイクルをさらに進めていく必要がある。

参 考 文 献

- 1) Johnson Matthey発行;PLATINUM1988（日本語版、田中貴金属工業(株)発行）
- 2) 田中貴金属発行;貴金属の科学

話 の 泉

遠赤外線のエネギー効果 (其の2)

(注) p.10の続き

織物に複合した特殊（と表現している）セラミックによって外温及体温からの遠赤外線を皮膚に到達することによる保温或は加熱を特に防寒衣として発表している。また、てんぷら鍋に入れたセラミックによって、油の温度によって発する遠赤外線が、てんぷらの種がころもを通しつ傳導する加熱よりも遠赤外線の浸透による内部への加熱が優先することから、表面が過熱されない間に内部まで十分火が透る。さらに焼酎の速成、種子の発芽の促進など直接の加熱作用ではないらしく別の作用があるらしい。塗装の乾燥、焼付けは数ミクロンの波長の遠赤外線の、高分子塗料への優先的吸収を利用した賢明な技術の一つであろう。

遠赤外加熱の利用は今更強調するまでもなく、以前からのストーブのスケルトン、電熱器の陶板、石焼芋のかまど、天津甘栗の黒い小石、石風呂、日向ぼっこ、いりこ、開き小魚の天日乾燥など身の周りに充満している。

遠赤外線は一般に高温物（黒）体より放射される輻射エネルギーで、熱源の温度の高い程大きいのが、総輻射エネルギーに対する遠赤外線のエネギーの割合は小さい。この割合は熱源の温度が低くなるに従って大きくなる（黒体輻射理論）ことから、遠赤外線を目的とした場合は必然的に温度は低く設定されるが、熱源の温度低下は総輻射エネルギーは急激に低下するから、両方できず現実には適当な温度に妥協せざるを得ない。

総輻射エネルギーに対する遠赤外線エネルギーの比率は、何れの温度においてもそれぞれ一定の比率をもっていることから、二つの特定波長における輻射エネルギーの比率は、その温度と密接な関係のあることを利用した比較的低温度の非接触式温度計がある。また特定の二つの波長を選択することによって物質中の水分の測定器も商品化されている。

遠赤外線セラミックは Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgO が中心となっており、それらの混合比率によって放射される遠赤外線の波長をコントロールされるらしく、さらにレヤーマタル、アルカリアース等の使用により効率のよい遠赤外線放射体が期待される。

(F)