

JM

PGM市場レポート

2021年2月



Johnson Matthey
Inspiring science, enhancing life

今回のPGM市場レポートは
Alison Cowleyが執筆した。

ジョンソン・マッセイの
PGM市場調査担当者：

Lucy Bloxham

Stewart Brown

Laura Cole

Alison Cowley

Mikio Fujita

Nicolas Girardot

Jason Jiang

Rupen Raithatha

Margery Ryan

Elaine Shao

Beck Tang

Athena Wang

Fei Xiaoyan

免責事項

ジョンソン・マッセイPLCは本レポートに記載される情報および資料を正確なものにするよう努めるが、正確さ、完全性、特定目的への適合性を保証するものではない。読者が本レポートに記載された情報および資料に依拠し、自らの責任でこれを使用しても、ジョンソン・マッセイPLCはその結果に対していかなる責任も負わない。

本レポートはジョンソン・マッセイPLCによって作成され、PGM市場の動向に関する情報、見解、推定値ならびに予測を掲載している。かかる情報、見解、推定値ならびに予測は提示された時点のものであり、変更されることがある。本レポートに掲載されたいかなる情報も規格貴金属関連商品、その他の規格品、有価証券、投資の売買を推奨するものではなく、またそのようにみなしてはならない。さらに、かかる情報が規格貴金属関連商品、その他の規格品、有価証券、投資の売買、その他の処分に関連する推奨、投資、その他のアドバイスを提供しているとみなしてはならない。

本レポート中に提示された情報または資料に依拠して、規格貴金属関連商品、その他の規格品、有価証券、投資に対する投資決定を行ってはならない。本レポートは、いずれかの規格貴金属関連商品、その他の規格品、有価証券、投資を後援、擁護、推薦、奨励するものではなく、またそのような役割を果たすものとみなしてはならない。

目次

定義	4
<hr/>	
プラチナ市場の要約 2020年の供給と需要	5
<hr/>	
パラジウム市場の要約 2020年の供給と需要	13
<hr/>	
ロジウム市場の要約 2020年の供給と需要	18
<hr/>	
PGM市場の展望 2021年の供給と需要	20
<hr/>	
表	
<hr/>	
プラチナの供給と需要：トロイオンス	26
<hr/>	
プラチナの地域別総需要：トロイオンス	27
<hr/>	
プラチナの供給と需要：トン	29
<hr/>	
プラチナの地域別総需要：トン	30
<hr/>	
パラジウムの供給と需要：トロイオンス	32
<hr/>	
パラジウムの地域別総需要：トロイオンス	33
<hr/>	
パラジウムの供給と需要：トン	35
<hr/>	
パラジウムの地域別総需要：トン	36
<hr/>	
ロジウムの供給と需要：トロイオンス	38
<hr/>	
ロジウムの供給と需要：トン	39
<hr/>	
表の注釈	40
<hr/>	
用語集	41
<hr/>	
排ガス規制	42
<hr/>	
排ガス規制Euro 6	43
<hr/>	

定義

欧州	EU+（トルコを含むがロシアは除く）
日本	日本のみ
北米	米国およびカナダ（メキシコを除く）
中国	中国のみ
世界のその他の地域	上記で捉えられないすべての国
供給	供給量は鉱山会社によるPGMの販売量を表しており、地域の分類は加工地ではなく採掘地を基準としている。
リサイクル	<p>リサイクル量はPGMの二次供給量を表しており、オープンループリサイクル（すなわち、地金の所有権が最初の購入者から移転する）による地金回収量である。自動車触媒、宝飾品、電子材の諸分野を除き、オープンループリサイクルによる地金回収量はごくわずかに過ぎない。</p> <p>使用済み自動車触媒のリサイクル量は廃車となった自動車から回収された地金の重量を表している。こうした数値は、担保となるスクラップまたは製造工程で発生するスクラップを含まない。地域の分類については廃車となってスクラップされた地域ではなく、当該自動車が最初に販売された地域を基準としている。</p>
総需要	<p>総需要は、それぞれの分野における新規地金の需要の合計を表している。つまり、クローズドループリサイクル（すなわち、地金の所有権が変わらないリサイクルのことで、例えば使用済み化学触媒のリサイクルで回収された地金は、転用されて新規の触媒に再使用される。）によるリサイクル量は差し引かれていることになる。</p> <p>総需要には、各分野における未精錬の地金在庫も含まれる。未精錬の在庫が積み上がると需要は増加し、在庫が取り崩されると（化学プラントの閉鎖といった場合の業界からの地金放出を含む）需要は減少する。</p> <p>自動車触媒用需要は自動車の生産時点で計上され、地域の分類は自動車製造地を基準とする。この需要には、自動車、オートバイ、オート三輪および公道を走行しない特定特殊自動車（NRMM）の排ガス浄化触媒が含まれる。（燃料電池自動車は産業用需要として算定される。）</p> <p>宝飾需要の場合、地域の分類は完成品の販売地ではなく製造地を基準とする。</p>
純需要	総需要からオープンループリサイクルによるリサイクル量を差し引いたものである。
在庫変動	この数値はある1年の市場全体の需給バランスを示すもので、当該年に需給を均衡させるために動員しなければならない在庫の規模を表している。したがって、加工業者、ディーラー、銀行および受託者が保有している在庫の変動の代用となるが、鉱山会社と精錬業者および最終ユーザーが保有している在庫はこの対象とならない。この数値がプラスの場合（供給過剰）は世界の市場在庫が増加したことを表す。この数値がマイナスの場合（供給不足）は世界の市場在庫が減少したことを示す。

プラチナ市場の要約

2020年の供給と需要

供給量の急減と旺盛な投資需要によって、プラチナ市場は2020年も引き続き供給不足となった。

欧州のディーゼル車生産台数が急減したことから、自動車触媒分野のプラチナ需要も22%の大幅な減少となった。

石油精製分野とガラス分野の事業拡大が進んだ中国を中心として、産業用需要は自動車触媒分野よりも早期に回復した。

金の記録的な高値によってプラチナ宝飾品の仕入れを増やした小売店もあったものの、中国の宝飾需要は20年ぶりの低水準まで落ち込んだ。

2020年の投資需要は、上半期に大量のプラチナ地金が日本で買われ、下半期には欧米でETF投資が大幅に増加した。

南アフリカにおける精錬工場の稼働停止とパンデミックに伴う混乱によって、プラチナの一次供給量は20%減少した。

欧州ではディーゼル車の廃車台数が低迷し、リサイクル処理能力も限定的であったことから、自動車分野からの二次供給量（リサイクル量）は急減した。

プラチナの需要と供給はいずれも2020年に急減した。新型コロナウイルスの感染拡大によって鉱山や自動車工場が一時的に閉鎖され、PGMを含むスクラップの回収が中断され、また、消費者による新車や宝飾品の購入が打撃を受けたためである。新型コロナウイルス関連の混乱に加えて、アングロ・アメリカン・プラチナムの転炉の稼働停止により、一次供給量は世界全体で20%減少した。欧州のディーゼル車生産台数が大幅に落ち込んだことを受けて自動車触媒需要が22%の激減となると同時に、中国の宝飾メーカーへのプラチナ販売量は20年ぶりの最低水準まで減少して100万オンス（31トン）を割り込んだ。しかし、産業用需要の立ち直りは早く、中国では石油化学会社とガラス会社の新規プラント建設が計画通りに進み、プラチナの安値を受けて将来のプロジェクトに備えたプラチナの事前購入もみられた。価格動向は現物投資の追い風となり、日本では円建て価格が17年ぶりの安値まで急落した局面では現物投資需要が急増し、米国と欧州では投資家がプラチナETFを買い増した。総じて、需給の増減はほぼ同程度で、市場は引き続きわずかな供給不足となった。

2020年の需給に関する我々の推定値は2020年10月末現在で入手可能な情報に基づいている。新型コロナウイルスの感染第二波が欧州と北米の多くの国で加速していることから、11月と12月の需給への影響はまだ不透明である。2020年の最終推定値は2021年5月に刊行する次回のレポートで発表する予定である。

プラチナ市場は、2010年代の数年間にわたる供給過剰を経て、2019年と2020年に供給不足となったものの、理論上は十分な供給がある（図1参照）。それでも、昨年は異常に逼迫した時期があった。主因は、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受けて地域の需給バランスおよび必要とされる地金の形状が上半期を中心に変化したことにある。欧州や米国のロックダウンによってプラチナのスポンジ（欧米の産業分野および自動車分野が一般的に求めるプラチナの形状）の需要は減少したが、アジアではプラチナ地金（インゴット）の購入が引き続き旺盛であった。2020年3月には、プラチナ価格の急落によって記録的な量のプラチナ地金が上海黄金交易所（SGE）で買われると同時に、日本でも個人投資家による投資用地金の購入量が月間最高水準に達した。

「3月には、プラチナ価格の急落によって上海黄金交易所（SGE）におけるプラチナ購入量が記録的な水準に達した」

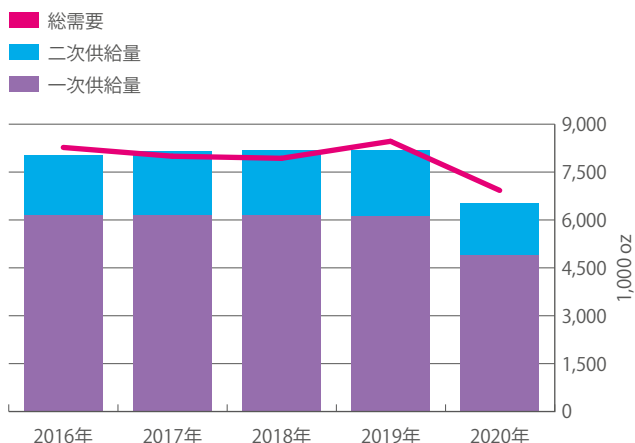


図1 プラチナの供給と需要

供給 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	4,467	4,398	3,199
ロシア	687	721	662
その他	972	958	1,027
一次供給合計	6,126	6,077	4,888

需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	3,017	2,858	2,224
宝飾品	2,258	2,056	1,581
産業用	2,585	2,415	2,214
投資	67	1,131	901
総需要合計	7,927	8,460	6,920
リサイクル量	-2,066	-2,082	-1,642
純需要合計	5,861	6,378	5,278
在庫変動	265	-301	-390

表1 プラチナの供給と需要

このように異例の買いがみられた一方で、PGM精錬所の稼働率低下と民間航空機の減便によって一次供給と二次供給、双方の精錬業者からのプラチナ出荷が打撃を受けた。その結果、欧州の伝統的なプラチナ取引中継地では地金在庫が極端に不足し、これを受けて3月と4月にはリースレートが10%を上回る最高水準まで上昇した。

特にSGEでの買いは2020年の大半を通じて高水準で推移し、1月～11月には2019年の2倍に相当する120万オンス（37トン）強のプラチナがSGEで買われた（図2参照）。これは、感染拡大に伴ってほかの供給ルートが絶たれたことも一因であったが、石油化学とガラスの両分野を中心とする旺盛な産

■ 2017年 ■ 2019年
■ 2018年 ■ 2020年

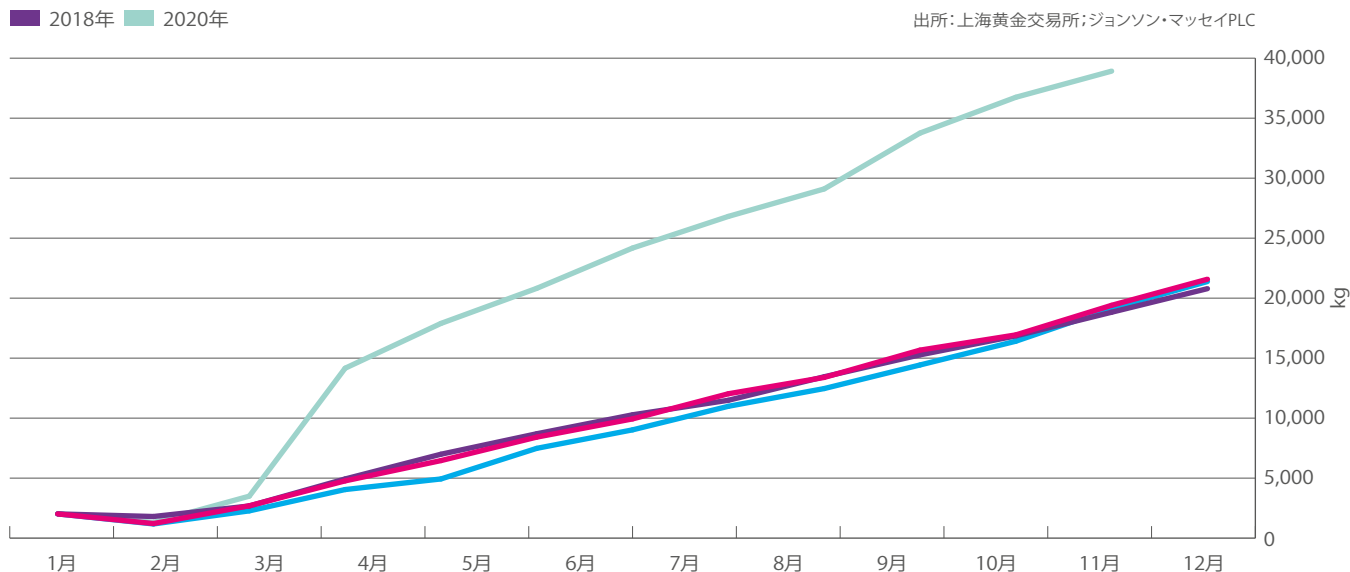


図2 SGEにおける累計プラチナ販売量

「2020年も需要は引き続き供給をやや上回るペースで増加し、供給不足は拡大して約40万オンス（12トン）となった」

業用需要を反映したものでもあった。中国では、生産能力の拡充計画がほぼ予定通りに進められ、一部の企業はこの機会を利用して、2021年～2022年に予定している拡張計画に先立ってプラチナを安値で購入した。

アジアの旺盛な需要による地金不足はプラチナ先物市場に重大な影響を与えた。新型コロナウイルス感染第一波のピーク時に、NYMEX（ニューヨーク・マーカンタイル取引所）では受渡適合品の不足と航空貨物便の減便によって、NYMEXの保管庫に現物を移動させて契約を履行することが難しくなった。これにより、NYMEXのプラチナ先物価格はロンドンの現物価格を大幅に上回り、最終的にはNYMEXが認可する北米の保管庫のプラチナ在庫が大幅に増加して、2020年10月には65万7,000オンス（20トン）の記録的な水準に達した。このようにプラチナ市場の流動性がなくなったため、プラチナのリースレートはほぼ通年にわたって下支えされ約2%で推移した。

我々としては、リースレートが上昇した原因はプラチナ不足ではなく、入手できるプラチナの形状や受渡可能な場所にミスマッチが生じたことにあったと考えている。それでも、市場の需給バランスを示した我々の数値によると、2020年には需要が引き続き供給をわずかながらも上回り、供給不足はやや拡大して約40万オンス（12トン）となった。

「ガソリン車と燃料電池分野のプラチナ需要が増加する可能性があることで、投資家心理が上向いた」

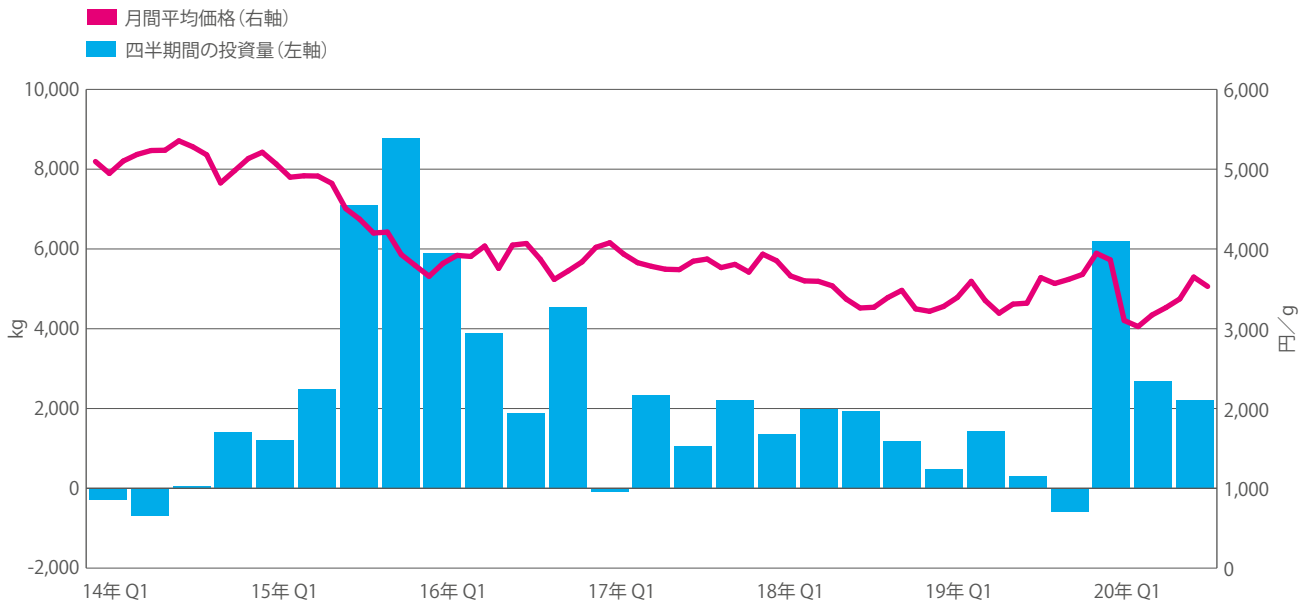


図3 日本のプラチナ地金投資

投資需要

この2年間は、投資需要が供給不足の主な要因となってきた。日本では、プラチナの小売価格が急落して鍵となる3,000円を割り込み、一時的に17年ぶりの安値となるグラム当たり2,500円強を付けたので、投資用現物地金の需要が2020年3月に月間最高水準に達した。

今回のこうした動きは日本市場の過去の投資行動と変わらなかった。すなわち、価格の下落によって買い意欲が刺激される傾向にあり、特に価格が心理的に重要な水準を割り込むと、その傾向が強まるというものである。加えて、2020年にはプラチナと金の価格差が大幅に拡大し、8月にはプラチナ価格が金価格を4,000円/グラムも下回って、価格差が1月の水準の約2倍となった。これによって、投資家はプラチナの安値が買い場を意味するとの認識を強めた可能性があり、第2・第3四半期に価格が3,500円に向けて回復してもプラチナを買い増し続けた(図3参照)。年末に向けて、需要は緩み、価格が3,800円/グラムを上回ると、一時的に売りが買い

を上回ることもあった。それでも、日本の投資需要は2020年に計34万オンス(11トン)を上回り、4年ぶりの高水準に達したと推定される。(注：ここに挙げた価格は日本の税込小売価格であり、現行の消費税率は10%である)。

世界のプラチナETFの現物保有残高は2020年上半期に比較的安定して推移していた。ランド安によって南アフリカの投資家には利益確定のための売り場となっていたが、これは欧州と北米からの買いが再燃したことで相殺された。第3四半期中には、日本を除くすべての地域でかなりの買いが再燃し、7月から9月にはプラチナETFの現物保有残高が約50万オンス(16トン)増加して計380万オンス(119トン)の記録的な水準に達した(図4参照)。この一部はおそらく、安全資産を求めて金投資からこぼれた資金がプラチナの購入に向かったことによるものであったが、プラチナ需要がガソリン車向けの自動車触媒と燃料電池で増加する可能性があり、これに基づく市場心理の好転もプラチナ投資への追い風となった。

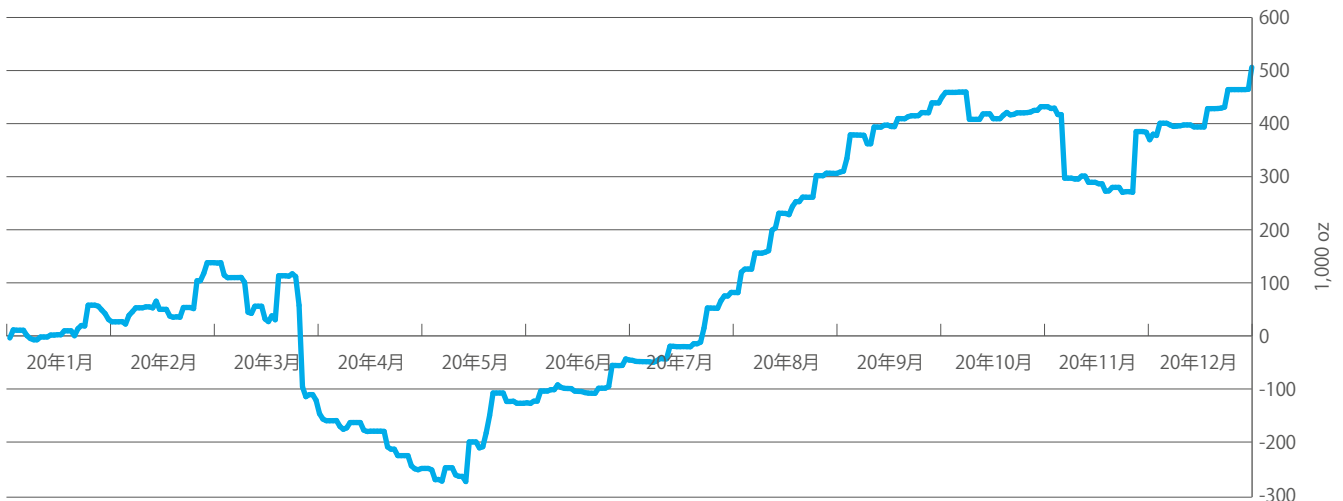


図4 プラチナETFの現物保有残高の純増減(2020年)

自動車触媒需要

ガソリン車向けの自動車触媒でプラチナが代替されるようになるとの見通しはすでに投資行動に影響を与えたようだが、自動車触媒用プラチナ需要にはまだはっきりとした影響が現れていない。伝統的なプラチナの用途は小型および大型ディーゼル車の自動車触媒であり、2020年も引き続きこの用途が自動車業界のプラチナ需要の大半を占めた。新型コロナウイルスの感染拡大によって、すでに低迷していた欧州の主要ディーゼル車市場の不振に拍車がかかり、大型トラックメーカーは中国を除くすべての主要市場で大幅減産を実施した。その結果、自動車触媒用プラチナ需要は22%減の222万オンス（69トン）となり、世界金融危機（リーマンショック）以来の最低水準まで落ち込んだ（図5参照）。

自動車触媒でのプラチナ使用量が群を抜いて多い欧州では、需要が20年ぶりの最低水準まで減少して100万オンス（31トン）を割り込んだ。3月第2週に始まったロックダウンによって、新車販売台数は落ち込み、欧州の自動車工場の大半は一時的に閉鎖された。その結果、欧州の自動車生産台数は2020年上半期に前年同期比で約40%減少した。

年央以降、自動車業界は徐々に回復し始め、本稿執筆時点で、欧州の小型車生産台数は2020年通年で前年比20%減の約1,540万台になったと推定される。もっとも、ディーゼル車への打撃はガソリン車や電気自動車以上に大きかった（図6参照）。ディーゼル車の生産台数は4分の1もの急減によって約550万台となり、5年前には生産台数全体の半分を占めていた市場シェアがわずか36%にまで縮小した。

欧州のディーゼル車の後処理システムではプラチナの平均充填量が緩やかながらさらに減少したが、これもプラチナ需要への打撃に拍車をかけた。欧州では、プラチナを使用したディーゼル車用微粒子捕集フィルター（DPF）に代わり、「SCRF（DPFにSCR機能を統合し、PGMを使用しない）」ブリックが窒素酸化物（NOx）の排出量制御と微粒子捕集の双方の役割を果たす装置として徐々に使われるようになっていく。もっとも、欧州で販売されるすべてのディーゼル車にはPGMを使用した触媒を少なくとも1ブリック（通常はディーゼル酸化触媒および/またはNOx吸蔵触媒）装着することが引き続き義務づけられている。

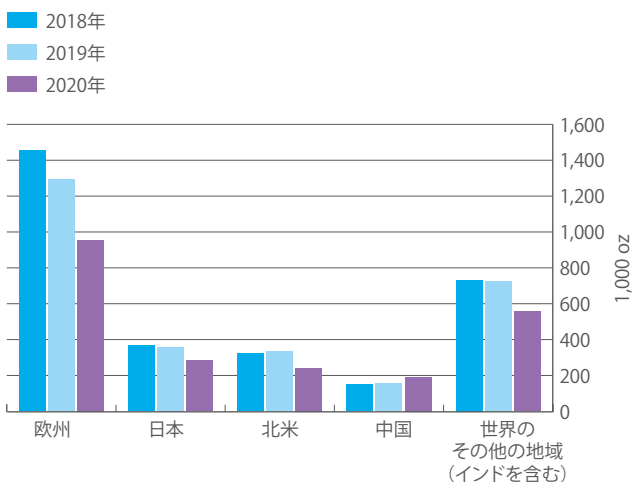


図5 プラチナの自動車触媒需要（総需要）

総需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
欧州	1,452	1,291	955
日本	365	357	283
北米	321	333	241
中国	148	155	191
その他の地域	731	722	554
合計	3,017	2,858	2,224

表2 プラチナの需要:自動車触媒分野

インドは以前、世界第2の規模を誇るディーゼル車市場を擁していたが、2020年にはディーゼル車の生産台数が約3分の2も減少した。新型コロナウイルスが流行する以前から、インドのディーゼル車市場はすでに強い逆風を受けていた。2020年の年初の2ヶ月間には、大型商品の購入資金を主に貸し付けてきた「ノンバンク」に対する政府の締め付けを受けて、インドの自動車生産台数および販売台数は激減した。同時に、自動車メーカーは排ガス規制Bharat VI（BSVI）が導入される2020年4月に先駆けて、ディーゼル車の販売合理化を図った。この新しい排ガス規制では、ディーゼル車の後処理システムに複雑で高価なNOx制御技術を追加することが義務づけられている。これに要する追加コストによって、小型ディーゼル車は利益が見込めなくなり、ディーゼル車セクターから完全撤退したとみられる国内自動車会社もあった。その結果、BSVIの施行によってプラチナの平均充填量は増加したものの、インドのディーゼル車セクターのプラチナ需要は2020年に半減した。

世界的には、インドと中国の大型ディーゼル車セクターが自動車触媒用プラチナ需要にとっての一筋の光明となった。とはいえ、このセクターでさえも、プラチナ需要の増加はわずかにとどまった。BSVIの導入を受けて、2020年4月からインドで販売されるすべてのトラックにはPGM触媒の装着が義務づけられたが、インドの大型車生産台数が約50%も減少したことにより、規制強化はそれほど需要の増加には結びつかなかった。

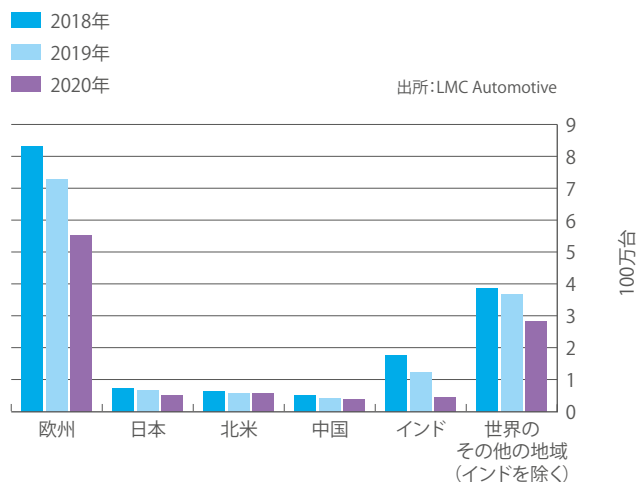


図6 地域別の小型ディーゼル車生産台数

中国でも、プラチナ需要が大型車セクターでわずかながら増加した。排ガス規制China VIに対応可能なプラチナ触媒システムを装着した大型トラックがわずかながらも増加したためである。2021年7月以降は、この厳しい排ガス規制がすべての大型車を対象として中国全土で導入される予定である。

中国のトラックの大半はディーゼル車だが、圧縮天然ガス（CNG）エンジンを搭載した大型車の市場も拡大している。こうした大型車はすでに2019年7月からChina VIの適用対象となっている。CNGトラックが装着しているのはパラジウム、ロジウムから成る通常の三元触媒だが、そのPGM充填量は同等のガソリン駆動トラックよりもはるかに多い。そのため、パラジウム価格とロジウム価格が史上最高値に達したことにより、一部のCNGトラックメーカーは2020年にプラチナ、パラジウム、ロジウムから成る三元触媒を採用し始めた。

2020年の小型ガソリン車向けの自動車触媒用プラチナ需要は主に一握りの日本の自動車会社向けに限定されていた。日本の自動車会社は以前からガソリン車向けの自動車触媒に一定割合のプラチナを使用することを続けており、こうした自動車メーカーからの需要は新型コロナウイルスの影響で生産台数が減るに連れて落ち込んだ。しかし、感染拡大に起因する経営難とパラジウムの高値により、自動車会社は方針を変えてプラチナでの代替に舵を切った様子で、今では一部のガソリン車用にプラチナ、パラジウム、ロジウムから成る三元触媒やプラチナ・ロジウム触媒を採用する計画を固めた自動車メーカーや、この技術を将来的に実践することに強い関心を示している自動車メーカーも多い。

2020年には、プラチナでの代替が少数の型式に装着されたプラチナ触媒に限定されており、しかもその大半は、低温の「床下」に装備されたために、PGM充填量が一般的に少なかった。従って、プラチナ需要全体への寄与はごくわずかにとどまり、いずれにしても自動車生産台数の落ち込みを補うことはなかった。これまでのところ、エンジンに近接する（closed-coupled）高温部で使用されているプラチナ触媒（PGM充填量のはるかに多い）は極めて少ないが、将来的にはこの技術が普及すると予想される（21～22ページ参照）。

産業用需要

自動車触媒分野の需要は新型コロナウイルスの感染拡大によって深刻な打撃を受けたが、石油化学、石油精製、ガラスといった主要産業用途のプラチナ需要は比較的堅調であった（図7参照）。特に、中国の需要は極めて旺盛で、同国では事業拡充が進められ、安値を利用して前倒しでプラチナを購入する産業用ユーザーもいた。

新型コロナウイルス感染拡大の影響は産業分野や地域によって非常にまちまちであった。中国では、2020年は石油精製分野や化学分野における自給自足の拡大を柱とする第13次5

「新規プラントの建設とプラチナの事前購入によって、中国の産業用需要の立ち直りは早かった」

需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
化学	657	676	614
電子材	241	230	239
ガラス	501	441	378
医療&バイオメディカル	223	230	206
石油	372	251	322
その他	591	587	455
合計	2,585	2,415	2,214

表3 プラチナの需要:産業用

カ年計画の最終年であった。この3～4年間にわたり、この計画は接触吸質やプロパン脱水素、パラキシレンの生産などのプロセスで使用されるプラチナ触媒の需要を強力に支えてきた。こうした分野の設備投資はこの5カ年計画に基づくものであったため、2020年に予定されていた大方のプロジェクトは計画通りに実行され、感染拡大の影響をほとんど受けていなかった。

中国政府によるそれ以外の計画もプラチナ需要を支えた。例えば、独立系の精油所や石油化学メーカーに新規参入の道を拓く最近の石油市場の自由化や、地域および国際的なインフラ開発の促進を目的とした「一帯一路」構想などである。こうした計画により、2021年～2022年には生産能力の拡充がさらに進むと予想される。大型石油化学コンビナートでは一般的に、プラントの稼働開始の数ヶ月前にプラチナを購入するが、2020年上半期には、一部の会社がプラチナの安値を利用して1年あるいはそれ以降に必要なプラチナを前倒しで確保した。

中国の化学分野や石油分野の旺盛なプラチナ需要はコロナ禍においても影響をほぼ受けなかったばかりか、感染拡大の直接的な影響によって製品需要が増加し、これを追い風とした分野もあった。これが特に顕著だったのは個人用防護具（PPE）やその原材料を供給する企業である。プラチナ触媒は医療用シリコンの製造に加え、マスクや防護服などのPPE製品の不織布に使われるポリプロピレンの製造原材料となるプロパンの脱水素（PDH）に使われる。

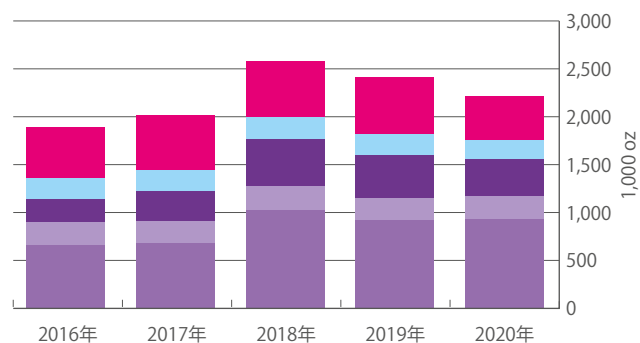


図7 プラチナの産業用需要

「在宅勤務の拡大は、データセンター向けのハードディスクの売上げを支えた」

これとは対照的に、欧州や北米では、設備稼働率の低下によって触媒の耐用年数が延び、「増地金」の需要（処理中および使用済み触媒の精錬中の双方で失われる触媒を補充するためのプラチナ購入で、この両地域のプラチナ需要全体のかなりの割合を占めている）が減少したため、2020年には石油分野や化学分野からの需要が減少した。加えて、北米では、東海岸の精油所が爆発して閉鎖されたため、我々はこの精油所で使用されていたプラチナが市場に売却されたことも考慮している。世界のその他の地域では、石油化学プラントの建設件数が減少したことから、プラチナ購入量は近年の異例の高水準から激減した。もっとも、これは感染拡大の影響というよりも設備投資循環に関連するものであった。

ガラス分野では、中国のガラス繊維会社による生産能力の拡充が進み、ここでも将来のプロジェクトのためにプラチナを前倒しで購入する動きがみられた。こうした新規プラントの目的は主に国内市場向けのガラス繊維を生産することにある。中国のガラス繊維需要は2020年も引き続き旺盛であった。背景には、自動車生産台数が新型コロナウイルスに関連した工場閉鎖の打撃から速やかに回復したことや、インフラ関連プロジェクトがロックダウン解除後の政府の景気刺激策の対象となっていたことがあった。特に、一帯一路構想ではアジア全域にわたる風力発電網の創設が目標とされており、この一環として風力発電分野（ガラス繊維強化素材を風力発電タービンの羽根に使用）への投資が旺盛となった。5G電気通信インフラでも、ガラス繊維の需要が引き続き旺盛となっている。

ガラス繊維以外のガラス分野では、新型コロナウイルスワクチンの供給網の開発によって、プラチナを使用する特殊ガラス瓶製造装置への投資が促された。他方で、ディスプレイ用ガラスメーカーによるプラチナ購入量は液晶ディスプレイ業界の合理化を反映して2020年に急減した。これにより、ガラス分野全体のプラチナ需要は14%減少したが、歴史的な推移の中で見ると、需要は依然として堅調な水準にあった。

電子材分野におけるプラチナの最大のエンドユーザーはハードディスクセクターであり、ここでは小さな表面に大容量データの記録を可能にする磁気コーティングにプラチナを使

用している。新型コロナウイルス感染拡大の影響により2020年初頭には部品や完成品の生産・輸送が短期的に中断されたものの、ハードディスク市場はこうした打撃からすぐに回復した。貿易を巡る米中間の緊張を受けて、年明けには生産部門でも流通部門でも在庫がかなり乏しかったため、ロックダウンが解除され、サプライチェーンの混乱が沈静化するとすぐに、ハードディスクやドライブに対するかなりの需要が顕在化した。

新型コロナウイルスの感染拡大は仕事や社会的行動に広範な変化をもたらし、これは電子材分野全般にとって、とりわけハードディスクセクターにとっての追い風となった。在宅勤務の大幅な拡大によって、「クラウド」ストレージの必要性が高まり、データセンター向けのハードディスクの売り上げを支えることになった。総合的に見ると、ハードディスク部門のプラチナ需要は2020年に約5%増加したと推定される。

PGMのその他の用途では、輸送と密接に関連する分野が新型コロナウイルス感染拡大の影響により最も深刻な打撃を受けた。エアバスとボーイングが航空機の製造を約40%も大幅削減したことから、航空エンジンのタービンブレードのプラチナ需要は約50%減少した。また、航空機の稼働率が低下したため、エンジンの改修整備も大幅に落ち込んだ。エンジンの定期的な保守整備ではタービンブレードを取り外して交換する、あるいはコーティングし直すことがあり、航空機産業におけるプラチナ需要の多くはこうした保守整備作業から発生する。2020年には人/キロ〔訳注：輸送量の単位。航空機が運んだ旅客数に輸送距離を乗じたもの〕が推定で約3分の2落ち込んだことから、保守整備される航空機の数が増加する一方で退役する航空機の数が増加し、解体された航空機からエンジンを取り外す際のプラチナ回収量が増加した。陸上輸送分野では、主に自動車の生産動向を受けて、スパークプラグや酸素センサー、NOxセンサーなどの車載部品におけるPGM需要が約15%もの急減となった。

宝飾需要

宝飾分野では、プラチナの総需要が2020年に約23%減少したと推定されるが、中古宝飾品のリサイクル量も減少したため、正味需要は19%の減少にとどまった（図8参照）。プラチナ宝飾品の最大市場である中国では、プラチナ宝飾需要が2020年上半期に極端に低迷した。背景には、新型コロナウイルス感染拡大による店舗休業期間が延長され、小売店再開後

需要（単位：1,000オンス）	総需要			リサイクル量			純需要		
	2018年	2019年	2020年	2018年	2019年	2020年	2018年	2019年	2020年
欧州	191	190	157	-5	-5	-5	186	185	152
日本	293	294	247	-185	-175	-140	108	119	107
北米	224	201	153	0	0	0	224	201	153
中国	1,316	1,119	842	-505	-465	-295	811	654	547
その他の地域	234	252	182	-4	-5	-4	230	247	178
合計	2,258	2,056	1,581	-699	-650	-444	1,559	1,406	1,137

表4 プラチナの需要：宝飾分野

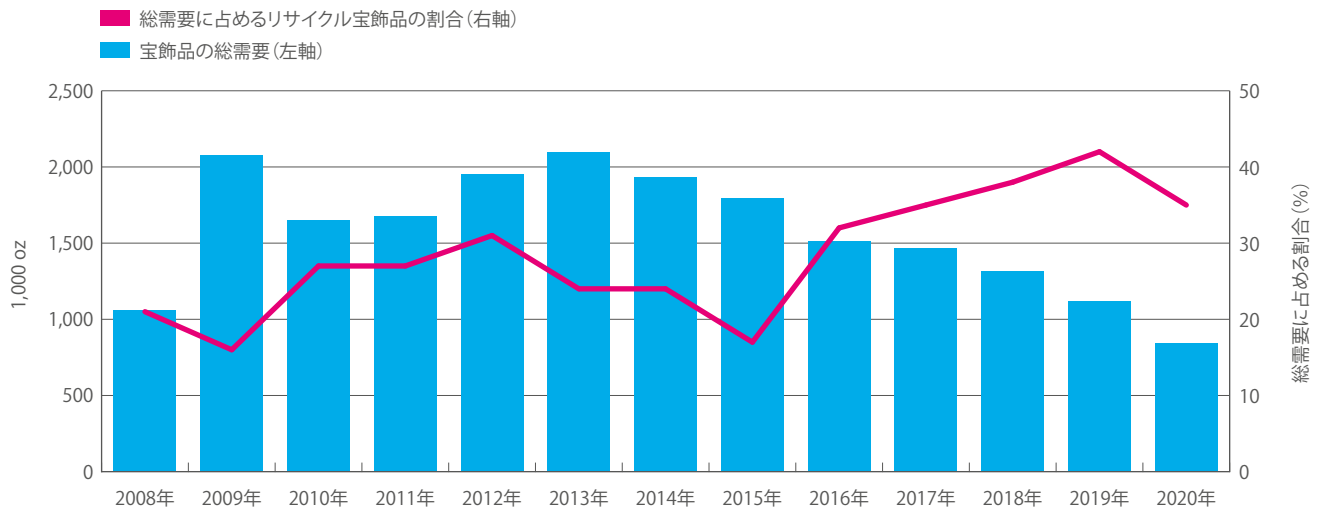


図8 中国のプラチナ宝飾需要とリサイクル動向

も2月と3月は来店者数が少なく、消費者が高級品消費に消極的になったことがあった。しかし、第3四半期には、金の記録的な高値によって中国の宝飾小売店が18金等の金宝飾品に代わってプラチナ宝飾品の陳列スペースを拡大したため、プラチナ宝飾品の加工量が大幅に回復した。これは、在庫の維持費用を削減する手段であると同時に、18金等の金宝飾品に対する極めて低調な消費需要に対応したものであった。

2020年10月の貴金属相場によれば、プラチナ宝飾品の貴金属としての価値は同じ価格帯にある18金等の金宝飾品の価値を約15%~20%下回っていた。中国では、18金等の金宝飾品が商品単位で価格設定される（金の本質的価値よりも割高になる）のに対してプラチナ宝飾品は重量単位で価格設定されることから、消費者にとって、18金等の金宝飾品とプラチナ宝飾品の小売価格差はそれぞれの貴金属相場の値差以上になっていた。2020年の最終四半期にはプラチナのファッションジュエリーの売り上げが増加したとの報告があったが、割安な小売価格に加えてプラチナ宝飾品が小売店で目立つようになったことが相俟って最終的に小売需要が増加するか否かはまだ明らかではない。

中国では、宝飾品の価格設定に関する現地の慣例や加工業者や流通業者の利益率が非常に低いことによって、宝飾市場の価格感度が世界の中でも群を抜いて高い。中国を除くと、2020年の需要動向は主に消費支出や消費行動の変化、ならびにロックダウンや旅行等の移動制限による来店者数の減少に左右された。日本市場は、ブライダル宝飾品が大方のファッションジュエリー部門ほど打撃を受けなかったため、ほかの市場よりもやや好調だった。宝飾加工業者によると、プラチナの喜平チェーンの売り上げが金の喜平チェーンよりも早く回復したとされている。喜平はシンプルなチェーンタイプの貴金属のネックレスで、装飾品としてだけでなく、貴金属地金としての価値を求めて購入されることも多い。

一次供給

世界のプラチナ供給量は2020年に20%減少した。これは、3月26日からの5週間にわたる南アフリカ全土のロックダウンを受けたもので、ロックダウン期間中には南アフリカの大半

のプラチナ採掘事業がロックダウン期間を一時的に保守整備作業に充てるなどして操業を停止し、多くの製錬・精錬施設も遊休となった。

4月初めから、南アフリカ政府は採掘事業を限定的に再開することを認め、鉱業分野は4月16日に、鉱山労働者の健康診断と検査といった徹底的な安全策を条件として通常レベルの50%で鉱山の生産を再開するための許可を得た。

6月初めには通常レベル並みの生産が認められたが、多くの鉱山ではソーシャルディスタンスの確保や感染防止策の実施および、南アフリカ周辺の国から移民労働者が戻ってくる事が遅れて労働力不足となり生産能力が抑えられたため、鉱山生産の再開に時間がかかり、増産が進まなかった。通常の労働集約型の手法で鉱脈を採掘している地中深くのプラチナ鉱山では、ソーシャルディスタンスの確保が特に難しいため、再開プロセスが複雑になった。それでも、第3四半期末までには、鉱床が浅い鉱山の多くがほぼ通常操業に戻り、地中深くの鉱山でも通常生産レベルの少なくとも90%まで生産水準を回復させた。

南アフリカでは、鉱山閉鎖の打撃が精錬施設の稼働停止によって増幅したため、2020年の主要生産者のプラチナ地金生産量は例年よりも大幅に変動した。アングロ・アメリカン・プラチナムでは、アングロ転炉工場（ACP）のエリアAとエリアBの稼働停止により、プラチナ地金生産量が前年比で約70%減少した。同社では、すべての転炉が停止したため、精鉱買い入れ契約または有料精錬契約を結んでいる第三者の鉱山と顧客の双方に対する不可抗力事由の宣言を余儀なくされた。

エリアAは完全に再建するために10ヶ月間にわたって生産ラインから外れ、エリアBの転炉は応急修理によって稼働停止から2ヶ月後に生産を再開することができた。稼働停止が続く間、PGMを含む仕掛在庫がアングロの精鉱施設や製錬所ばかりか、自社の精鉱を引き渡すことができない第3社の鉱山にも積み上げられた。もっとも、新型コロナウイルスに関連した鉱山閉鎖がACPの操業停止と部分的に重なったため、これらの在庫の蓄積はある程度限られたものとなった。

エリアBの転炉は修理を終えて、下半期の大半を通じて稼働したが、保守整備は続いたため、引き続き操業を中断することもあり、11月初めには安全上の理由から閉鎖された。アングロはエリアAの再建を終え、予定を前倒して12月初めに再開することができたが、それでもPGMの仕掛在庫は2020年末に100万オンス（31トン）を上回った。こうした未処理在庫の加工分は2021年と2022年の供給量に算入されることになる。

2020年には、インパラ・プラチナムでも仕掛在庫が大幅に変動した。同社は、2019年下半期に製錬所の保守整備を行ったことから、仕掛在庫を大量に抱えたままロックダウン期間に突入した。2020年第2四半期と第3四半期には、こうした仕掛在庫の加工によってプラチナ地金生産量が下支えされた。

総合的に見ると、南アフリカのプラチナ鉱山生産量は2020年に約17%減少したと推定される。もっとも、在庫の変動を考慮すると、供給量（新規に採掘されたプラチナの市場への引き渡し量と定義）は27%減少して約320万オンス（100トン）になったと算定される。

ジンバブエの鉱業界も感染拡大によって打撃を受けたものの、PGMの生産は南アフリカほど混乱しなかった。ジンバブエでは、いずれのプラチナ鉱山も機械化されており、ロックダウン期間中も政府から適用免除を受けて操業を継続していた。同国のプラチナ供給量は2020年にわずかに増加して約49万オンス（15トン）になったと推定される。

それ以外の鉱山でも、新型コロナウイルス感染拡大による生産中断は南アフリカよりも限定的であった。ノリリスク・ニッケルの報告によると、パンデミックに関連して生産を中断した鉱山はなく、生産計画にも変更はなかった。2020年のプラチナ生産量はわずかながらも減少したが、これは近年の生産量に大きく寄与してきたPGM含有量の多い採掘済み精鉱が枯渇したためであった。

政府が鉱業を最重要事業に指定しているカナダでは、副産物としてプラチナを生産しているヴァーレとグレンコアのサドバリーニッケル鉱山に対する新型コロナウイルスの直接的影響はほとんどなかった。もっとも、ヴァーレのサドバリー鉱山とその関連施設では定期的な保守整備と臨時的なそうした作業が相次いだため、下半期には鉱石採掘量とプラチナ生産量の双方が落ち込んだ。米国では、シバニエ・スティルウォーターのモンタナ鉱山が通常通りに操業したものの、感染拡大に関連して生産性が低下し、拡充プロジェクトの作業も延期された。全体的には、北米のプラチナ供給量は2020年に3%減少したと推定される。

二次供給（リサイクル）

二次供給は新型コロナウイルスに関連して大きく混乱した。使用済み自動車触媒と中古宝飾品の回収量の急減により、プラチナ回収量は約21%減少した。加えて、使用済み自動車触媒のリサイクル分野はサプライチェーンや技術に関して固有の問題を抱えており、自動車触媒に使われているPGMの中では、プラチナがこの問題から最も大きな打撃を受けた。

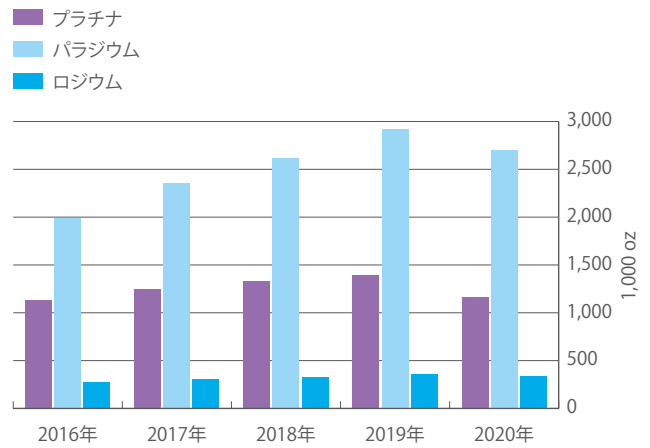


図9 使用済み自動車触媒からの品種別回収量

新車登録台数は使用済み自動車触媒の供給量を決定する重要な要因である。そのため、大型車と小型車の販売台数がいずれも世界的に大幅に落ち込んだこと（それぞれ22%減と17%減と推定される）は使用済み自動車触媒の供給量に打撃を与えた。ロックダウンと旅行等の移送制限も自動車の利用状況に影響を与え、経年劣化や事故によって自動車が損壊することが少なくなったため、2020年には業務用車両や自動車のレンタル業界を中心として、買い替え需要が減少した。さらに、経済の先行き不透明感と新車引き渡しまでのリードタイムの長期化が相俟って、個人や企業は現行車両のリース期間を延長するか、新車の代わりに中古車を購入するようになった。これにより、市場から中古車数が減少し、米国や欧州を中心とする一部の地域では中古車価格が大幅に上昇したため、所有者は通常であれば解体される自動車の登録抹消を先延ばしにしている。

廃車台数の減少に加えて、使用済み自動車触媒の集荷も大きく混乱した。新型コロナウイルス感染拡大防止のためのロックダウン期間中には、一部の解体作業場が閉鎖され、集荷業者は国際輸送を中心に、スクラップの輸送が困難になった（使用済み自動車触媒は他国もしくは他大陸の精錬所に出荷されることも多い）。特に欧州では、感染第一波の時期に、国境を越えたスクラップの集荷が問題となった。

2020年には、使用済み自動車触媒からのプラチナ回収量がパラジウムやロジウム以上に大きく落ち込んだ（図9参照）。これは、使用済み自動車触媒の集荷に対する新型コロナウイルスの影響が、ガソリン車の使用済み触媒が圧倒的に多い米国よりもディーゼル車の使用済み自動車触媒が多い欧州でより深刻だったことを反映している可能性がある（これら2つの国・地域が、使用済み自動車触媒から回収される全PGM量の4分の3超を占める）。また、一部の集荷業者では、価値が高く処理しやすいパラジウム・ロジウム触媒の集荷が優先されたとも考えられる。ガソリン車の使用済み触媒と比べると、ディーゼル車の使用済み触媒はPGMとしての価値も低く、炭化ケイ素を含んでいて処理しにくいいため、集荷業者にとっても精錬業者にとっても魅力に欠ける。炭化ケイ素を含む原材料の場合、少量をほかの材料と混ぜて炭素の含有量を許容可能な水準まで引き下げなければならないため、大方の精錬所ではこうした材料の処理能力が非常に限られている。

パラジウム市場の要約

2020年の供給と需要

パラジウム市場は依然として大幅な供給不足であったことから、パラジウム価格は2020年序盤に史上最高値に達した。

自動車生産台数の急減による影響はガソリン車におけるパラジウム充填量の増加によって緩和された。

中国における旺盛な新規プラント投資によって、化学触媒分野のパラジウム需要は引き続き好調であった。

新型コロナウイルスの感染拡大に伴う混乱と高値を受けた使用量の削減により、その他の産業用需要は急減した。

パラジウムETFの解約が進んだため、投資需要は引き続きマイナスとなった。

一次供給量が鉱山閉鎖と精錬工場の稼働停止によって打撃を受けると同時に、自動車触媒のリサイクルも減速した。

供給 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	2,543	2,626	1,939
ロシア	2,976	2,987	2,727
その他	1,506	1,504	1,501
一次供給合計	7,025	7,117	6,167

需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	8,876	9,672	8,497
宝飾品	148	130	93
産業用	1,902	1,702	1,490
投資	-574	-87	-186
総需要合計	10,352	11,417	9,894
リサイクル量	-3,108	-3,407	-3,121
純需要合計	7,244	8,010	6,773
在庫変動	-219	-893	-606

表5 パラジウムの供給と需要

2020年のパラジウム需要は大幅に縮小した。これは、新型コロナウイルスの感染拡大に関連してエンドユーザーの大半の分野で事業継続が困難になったことや、記録的な高値によって一部の産業ユーザーが使用量の低減を進めたことを反映した結果であった。自動車触媒分野でのパラジウム需要は12%減少したものの、中国と欧州における自動車触媒充填量の増加が追い風となり、約16%減となった小型車生産台数ほどの落ち込みにはならなかった。化学分野の需要は堅調な水準を維持したが、それ以外の産業用需要は低調で、歯科分野と電子材分野では高値を受けて代替材料への切り替えが進み、これがパンデミックによる打撃に拍車をかけた。

一次供給量と二次供給量を合計した総供給量は12%減少した。南アフリカの生産量は一時的な鉱山閉鎖と精錬所の稼働停止によって打撃を受け、使用済み自動車触媒のリサイクル量も自動車販売台数の減少と使用済み触媒の集荷を巡る物流問題によって低迷した。パラジウムETFの解約は続いたものの、市場は依然として大幅な供給不足であった（図10参照）。パラジウム価格は2月に2,800ドルを突破して史上最高値まで上昇し、それ以降は年末までのほぼ全期間にわたって2,000ドルを上回る水準で推移した。

2015年から2020年には、ETFの解約によって250万オンス（78トン）のパラジウムが市場に放出されたものの、パラジウムの累積不足量は合計でほぼ300万オンス（93トン）にのぼると推定される。伝統的に現物取引の中継地となっている英国やスイスでは、保管されているパラジウムの現物在庫が大幅に減少したため、流動性が逼迫した期間にはリースレートが断続的に急騰し、パラジウム価格は上昇の一途をたどった。2016年の年明けに約500ドルだったパラジウム価格は2018年序盤に1,000ドルを突破し、2019年3月には1,500

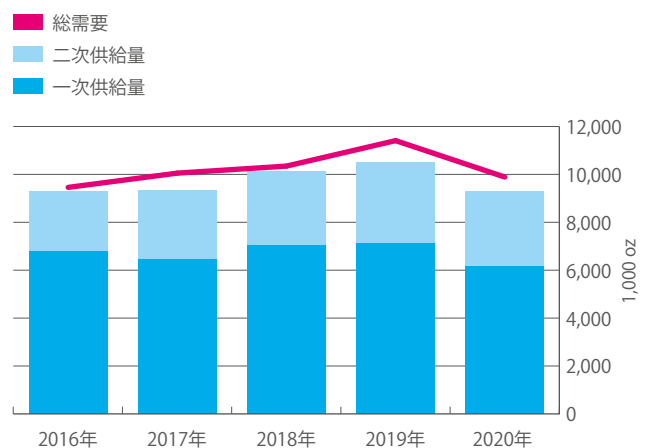


図10 パラジウムの供給と需要

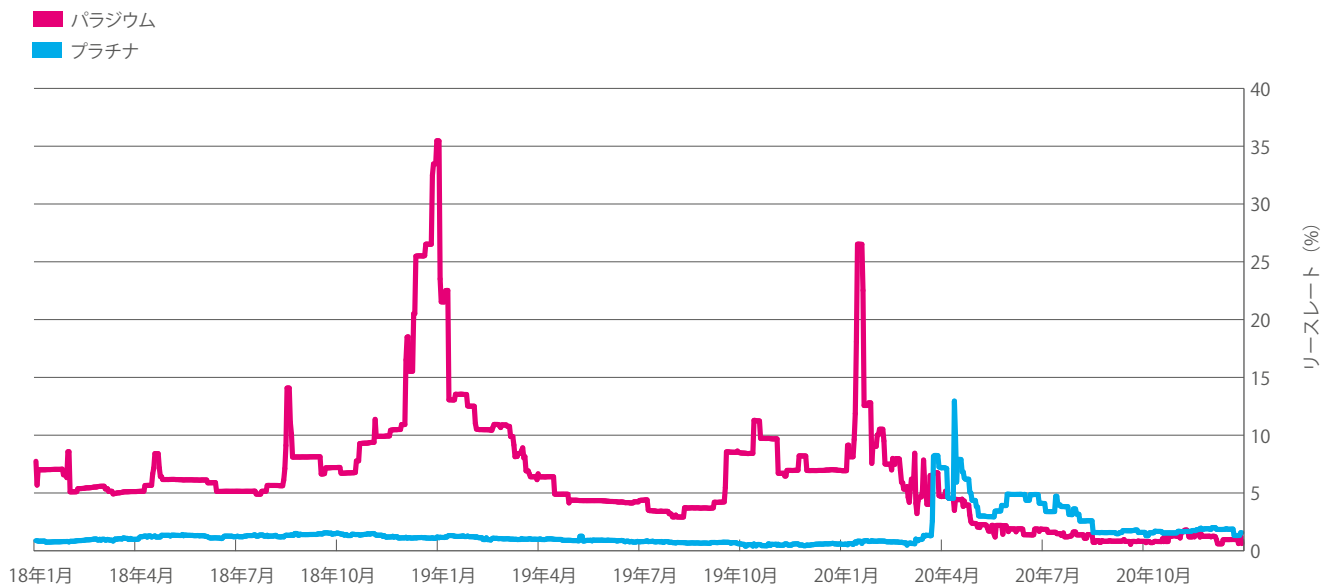


図11 プラチナとパラジウムのリースレート(3ヶ月物)

ドルを上抜けて、2020年の初めにはついに2,000ドルに達し、同年2月には2,800ドルを上回って史上最高値を付けた。

世界の市場がコロナ危機の規模をようやく把握した2020年3月には、株式や大半のコモディティが大量に売り浴びせられ、パラジウムもこの動きに巻き込まれた。パラジウム価格は1,600ドルを割り込む水準まで急落したものの、この落ち込みは短期間で終息し、力強い回復によって下半期の大半にわたり2,000ドルを上回る水準を維持した。

2020年初頭にはリースレートも急騰し、1月にはパラジウム地金の異常な需給逼迫によって、1ヶ月物のリースレートが一時的に30%を上回った(図11参照)。しかし、コロナ危機が中国で深刻化し、同国の自動車産業が全面的に一時閉鎖され、パラジウム地金の需要が消失したことから、リースレートの急騰も短期間で終わった。(中国では一般的にプラチナやパラジウムを地金の形状で購入することを好むが、欧米の

自動車業界を初めとする産業用ユーザーは一般的にスポンジ形状(粉末の形状)のものを望む)。

中国の自動車工場は2月後半に生産を再開したが、3月半ば以降は新型コロナウイルスの感染拡大によって、まず欧州でそして米国で自動車メーカーが工場を閉鎖した。これによってパラジウムのスポンジ需要が急減した一方で、地金(インゴット)の形状を好む中国の需要が回復し始め、地金の価格がスポンジに対して大幅に上昇した。このため、欧米の市場参加者の間では大量のスポンジを地金へと転換する動きが加速した。こうした地金にはアジアで買われたものもあったが、欧州の取引中継地に持ち込まれたものもあり、貿易統計によると、英国とスイスにおける指定倉庫に保管されたパラジウムの地金在庫は2020年の年初来8ヶ月間に50万オンス(16トン)以上も増加し、少なくともこの10年間で初めての大規模な増加となった(図12参照)。NYMEXでは受渡適合品のパラジウム地金が不足し、先物価格が現物価格よりも大幅

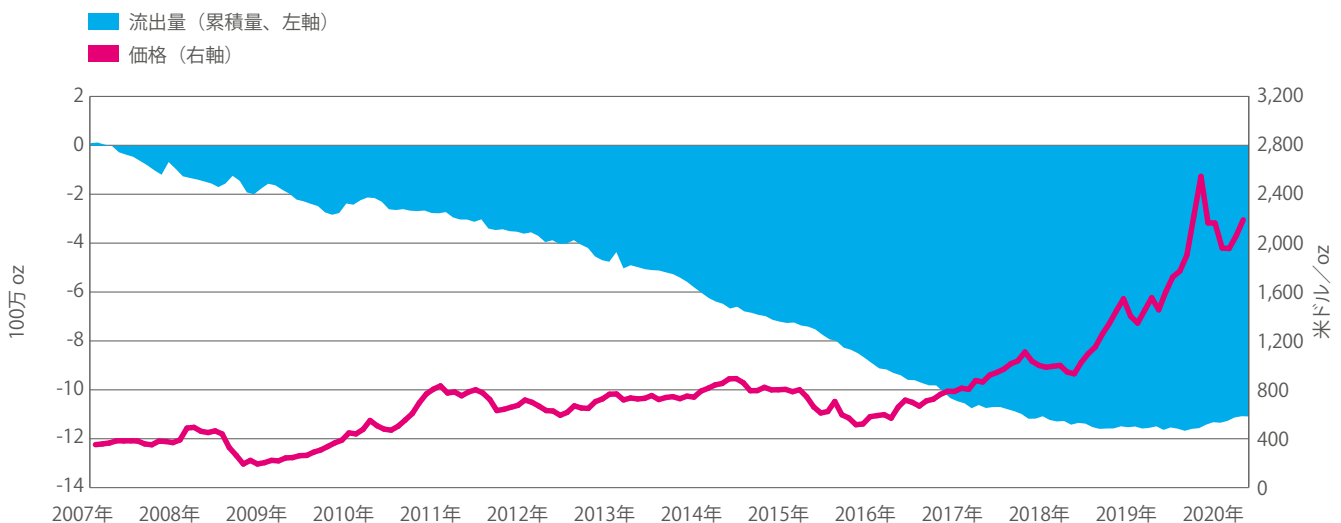


図12 2007年以降のイギリスとスイスからの累積流出量(パラジウム)

に割高となっていたため、地金に転換されたパラジウムは北米にあるNYMEXの指定倉庫にも持ち込まれ、NYMEXの取引所在庫は2020年9月に5年ぶりの最高水準となる13万8,000オンス（4トン）まで増加した。

このように市場在庫が「目に見えて」増加したことは、供給不足の解消を示唆するものではなく、主に形状や保管場所が変わったことを示すものであると考えられる。こうした市場在庫の一部は欧米の精錬所から放出された仕掛かり在庫であった可能性もある。

二次供給（リサイクル）

2019年から2020年初めまでは、使用済み自動車触媒のリサイクル量が非常に堅調だったことに加えて二次供給品からの精製能力に限界があったことから、精製を終えるまでの時間が徐々に伸び、それに伴ってパラジウムを含有するスクラップや仕掛在庫が積み上がっていた。しかし、コロナ危機によってスクラップの受入量が激減し、精製能力に余裕が生まれたため、このような余剰在庫を精製することができた。

自動車のスクラップ業界の事業継続が困難になっていたこの時期に、このような余剰在庫を精製して現物が市場へ放出されたことで、パラジウム供給量は下支えされた。加えて、パラジウムの高値を受けて、市場参加者はスクラップの回収精製を急いだ。それでも、使用済み自動車触媒の集荷および輸送の一時中断に加えて、新車販売台数の急減により廃車解体台数も減少したことから、使用済み自動車触媒からのパラジウム回収量は2020年に8%減少した。

一次供給

一次供給量も減少したが、減少幅はプラチナやロジウムほどではなかった。パラジウムの生産地域は分散しており、パラジウムを豊富に含む鉱石は3大陸で採取されるのに対して、パラジウム以外の白金族金属（PGM）の生産地域はアフリカ大陸南部にかなり集中している。このように生産地域が分散していることで、南アフリカの鉱山閉鎖やプラント閉鎖が2020年のパラジウム供給量に与えた打撃は緩和された。

ロシアと米国では政府が課したロックダウンが南アフリカほど厳しくなく、また労働集約型でもないため、この両国の鉱

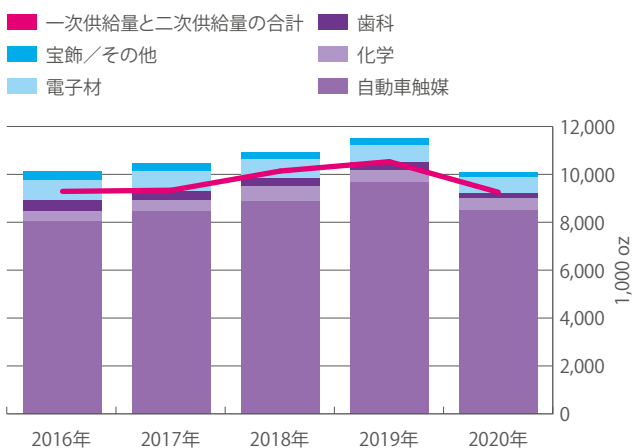


図13 消費用途のパラジウム需要 (投資を除く)

「新車販売台数の急減によって廃車解体台数が減少した」

山に対するパンデミックの影響は南アフリカのパラジウム事業ほど深刻ではなかった。ノリリスク・ニッケルの報告によると、ロシアのパラジウム事業はコロナウィルスによって大幅に中断することはなかったが、近年のPGM生産量に大きく寄与してきた既採掘の鉱石（surface material）が枯渇したこと、仕掛在庫からの供給量が安定しなかったことから、2020年の年初来9ヶ月間のパラジウム生産量は8%減少した。

シバニエ・スティールウォーターの米国モンタナ州の事業では、生産性がやや打撃を受け、事業拡張活動も延期されたが、パンデミック中も操業を続け、年初来3四半期間のPGM生産量が3%増加した。北米のそれ以外の地域では、カナダの採掘事業がやや中断し、具体的にはラック＝デュ＝セール（Lac des Iles）パラジウム鉱山（インパラ・カナダ）とラグランのニッケル事業（グレンコア）が感染第一波の期間中に数週間にわたって閉鎖された。総じて、北米のパラジウム供給量は2020年に約5%減少したと推定される。

これとは対照的に、南アフリカでは、新型コロナウイルス関連の鉱山閉鎖に加えて、アングロ・アメリカン・プラチナムの転炉での相次ぐ稼働停止によって未精錬のPGM在庫が大量に積み上がったため、供給量が約4分の1も減少した。鉱山生産量は供給量ほど減少せずに約15%減にとどまり、プラチナ（17%減）やロジウム（20%減）の減少率も下回った。南アフリカで最大のパラジウム生産量を誇るアングロのモガラクエナ鉱山は新型コロナウイルス関連の措置にもかかわらず、ほぼ中断することなく事業を続けることができた。モガラクエナのような機械化の進んだ露天掘りの鉱山ではブッシュフェルト複合岩体にある他の労働集約型の地中鉱山よりも、感染対策の実施やソーシャルディスタンスの確保がはるかに容易であった。2020年の年初来9ヶ月間には、南アフリカのほかの鉱山が10%～40%の減産となったのに対して、モガラクエナの生産量は2%の減少にとどまった。

自動車分野およびその他の産業分野でのパラジウム需要は2020年に大幅に落ち込んだ（図13参照）。小型車生産台数は推定で16%減少したため、10年間に及んだ自動車触媒需要の増加傾向には突然の終止符が打たれたものの、パラジウムの平均充填量が増加したことによってこの打撃は緩和された。パラジウムの産業用需要も感染拡大によって深刻な打撃を受けたが、影響は事業分野や地域によってまちまちであり、中国の石油精製分野のパラジウム購入量は記録的な高水準になったが、歯科、電子材、宝飾分野での需要は大幅に減少した。

自動車触媒需要

感染拡大が各地域の自動車産業に与えた影響は実に様々であった（図14参照）。中国の小型車生産台数は2020年に約6%減少して2,100万台強にとどまった。1月に、新型コロナウイルスの感染者数が増加して様々な規制が課されると、中国の自動車メーカーは新年の休暇期間を延長し、一部の工場は8週間にわたって操業停止した。その後、本格的な生産体制に戻り始めたものの、当初は労働者不足と部品不足が障害と

総需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
欧州	1,902	2,061	1,782
日本	875	905	760
北米	2,129	2,104	1,720
中国	2,081	2,686	2,627
その他の地域	1,889	1,916	1,608
合計	8,876	9,672	8,497

表6 パラジウムの需要:自動車触媒分野

なった。その結果、第1四半期の小型車生産台数は前年同期の水準からほぼ半減した。しかし、その後は国や地域が実施した奨励策、すなわち自動車買い換えのための補助金や旧型車の買い替え促進策の整備、ナンバープレートの発行制限の緩和などを追い風として、自動車産業は力強く回復し、第2・第3四半期の生産台数は前年同期の水準を約8%上回った。

中国では新型コロナウイルスの影響がほぼ一四半期に限定された一方で、ほかの地域では中国よりも急激に状況が悪化し、回復も遅れた。感染がアジア、欧州、北米へと拡大すると、大規模自動車工場の多くは3月と4月の数週間にわたって閉鎖された。世界の自動車生産台数は4月に底を打ったものの、中国を除くすべての地域で小型車生産台数が100万台を割り込み、通常の月間生産台数の20%にも満たない水準まで落ち込んだ。ちなみに4月の生産台数は、欧州がわずか10万台程度に過ぎず、北米も1万台を割り込み、インドに至ってはゼロであった。

自動車工場は5月から順次再開され、6月には増産体制へと急速に移行したが、第2四半期の生産台数は大方の地域で通常レベルの半分から3文の1程度にとどまり、下半期になっても多くの国で大幅な巻き返しは実現できなかった。2020年通年の小型車生産台数は、日本が約15%減、北米と世界のその他の地域が20%減、欧州が23%減になったと推定される。

パラジウム需要は小型車生産台数ほど低迷しなかった(図15参照)。ガソリン車の触媒充填量が前年の水準から増加したため、自動車触媒におけるパラジウム需要は世界全体で約12%の減少にとどまったと推定される。

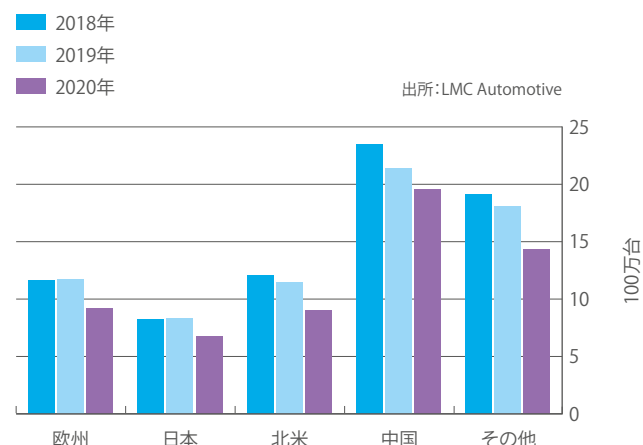


図14 小型ガソリン車の地域別生産台数

中国では、パンデミックに伴う経営難の時期にパラジウムとロジウムが記録的な高値に達したことから、PGM使用量の削減プログラムを強化して、ガソリン車の後処理システムのコスト削減に努めていたが、排ガス規制China 6に準拠した新型車の発売により、ガソリン車の触媒システムにおけるパラジウムの平均充填量は前年ほどではないものの、2020年も緩やかに増加した。

こうした削減努力を後押ししたのは政府の戦略であった。特に2020年3月に導入された新たな新車型式認証プロセスでは手続きの簡素化が図られた。これにより、自動車会社が排ガス規制などの型式認証基準を遵守しているか否かを自己認証することができるようになり、その結果認証に要する時間が大幅に短縮された。当初は一時的な措置とされる予定だったこの新たな認証プロセスだが、本稿執筆時点でも引き続き有効となっており、このプロセスが導入されなかった場合と比べると、自動車会社はより迅速に自社の触媒装備プログラムを変更できるようになった。

排ガス規制China 6への移行中に、中国の自動車メーカーはほぼ一律に排ガス規制China 6bに適合可能な触媒の装備を選択した。China 6bについては一部の省や都市で早期導入されているものの、全国での導入は2023年7月以降となる予定である。2020年中には、中国国内の自動車会社の一部が新たな自己認証プロセスを利用し、地域の規則が認める一部の型式についてChina 6aを遵守した触媒への切り替えを図った。しかし、対象となった自動車がわずかな数にとどまったため、PGMの平均充填量への影響はこれまでのところわずかに過ぎない。

中国の自動車会社の多くはパラジウムの使用量削減の機会を精力的に追求すると同時に、代替プログラムに着手し、三元触媒に使われるパラジウムの一部をプラチナで代用することを目指している。2020年には、少数のモデルがプラチナ、パラジウム、ロジウムから成るガソリン車用触媒を装着したが、主に充填量が比較的少ない床下触媒として装着されたため、パラジウム需要への影響はごくわずかに過ぎなかった。しかし今後の中国市場では、こうした触媒がますます重要な要因となるであろう。22ページでは、三元触媒におけるパラジウムからプラチナへの置き換えに関する見通しをさらに詳細に取り上げている。

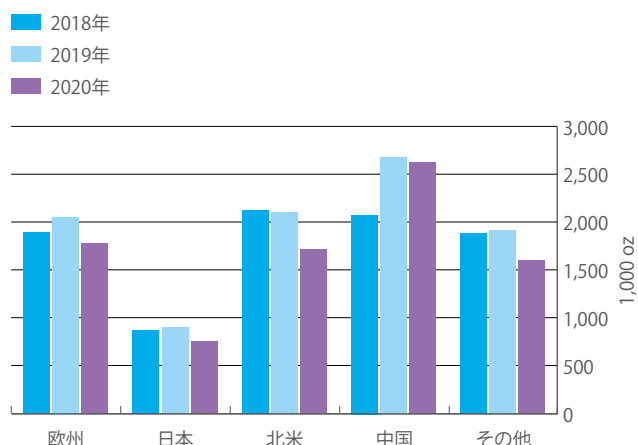


図15 パラジウムの自動車触媒需要(総需要)

中国以外の地域でも、自動車会社は低調な売り上げとPGMの高値を受けてコスト削減を優先させたことから、パラジウムの使用量削減と代替材料への切り替えが課題として取り上げられた。もっとも、中国以外では、中国ほど迅速に触媒システムを変更することができず、プラチナへの切り替えが2020年中にパラジウムの充填量に大きな影響を与えることはなかった。しかし実際のところ、2020年にはガソリン車の後処理システムのパラジウム充填量がすべての地域で増加しており、増加が最大だったのは排ガス規制Euro 6dを導入した欧州とBharat VIを施行したインドであった。

欧州では、排ガス規制Euro 6d-TEMPが2020年1月からすべての小型商用車を対象としたことを受けて、2020年に欧州で販売された小型車についてはいずれの型式認証でも実路走行（RDE）試験が実施された。一方、Euro 6dではRDE試験中の窒素酸化物排出量に関するCF値が2.1（Euro 6d-TEMP）から1.43に強化されており、2020年に発売された乗用車の新型車種はこの基準を遵守することになっている。

RDE試験中は、加速と減速が不規則に繰り返される。その目的は自動車が寿命を終えるまでに実路で経験すると思われる多様な走行状況を再現することにある。有効なRDE試験はこうした広範なパラメータの範囲内で様々な形をとり得るため、第三者による試験の厳格さが予測できなくなっている。つまり、自動車メーカーは、想定し得るほぼすべての走行状況下で排ガス制御装置が有効に機能することを確実にする必要がある。

RDEの導入とそれに続くCF値の強化によって、排ガス基準の遵守は技術的に一段と困難となり、PGM充填量を大幅に押し上げる結果となった。我々の見積もりによると、Euro 6dに完全に準拠した自動車はRDE導入前のEuro 6に適合した自動車と比べると、パラジウムの充填量が概ね40～50%増加している。

近年、多くの自動車会社が二酸化炭素排出基準に対応するために、大量の資源を自動車の電動化に注ぎ込んできたが、そうした時期に欧州の自動車メーカーはEuro 6dへの遵守を実現することに自社の技術力をほぼ吸い取られてしまった。この間、PGMの充填量を最小限に抑えることは一般的に二の次であった。しかし、2020年には再びコストへの注目が高まった。自動車会社は現在および今後の排ガス規制を遵守する能力を損なうことなく、自社の触媒システムのPGM充填量を減らす機会、あるいはパラジウムをプラチナで代用する機会をさらに綿密に調べ始めた。これは昨年のPGM需要に実質的な影響を及ぼさなかったものの、今後はその重要性が高まるであろう。

インドでは、排ガス規制Bharat VI（BSVI）が2020年4月に施行されたことを受けて、ガソリン車の平均パラジウム充填量が2020年に10%以上も増加した。インド市場はEuro 4並みの基準からEuro 6相当の基準に一足飛びに進んだ（もっとも、当面のところRDE試験は実施しない）。BSVIでは排ガス規制が大幅に強化されたため、PGM充填量も大幅に増加した。

排ガス規制は北米でも徐々に強化されており、連邦規制のTier 3は、非常に厳しいSULEV（極超低公害車）基準を満たす新車の割合を2017年から2025年にかけて毎年高めることを求めている。ガソリン車の平均PGM充填量は2016年～

需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
化学	600	499	486
歯科	358	313	239
電子材	769	714	634
その他	175	176	131
合計	1,902	1,702	1,490

表7 パラジウムの需要:産業用

2020年に4分の1強も増加しており、充填量全体の増加傾向は少なくとも2025年まで続くと思われる。

米国の小型車は通常、ほかの地域の小型車よりも大きく重い。従って、米国の自動車メーカーがパラジウムをプラチナで代用する可能性に特別な関心を示すことは当然である。2020年には、プラチナ、パラジウム、ロジウムから成る触媒が少数の型式に採用されたものの、これまでのところ需要への影響はごくわずかとなっている。

産業用需要

パラジウムの産業用途の中でもとりわけ深刻な打撃を受けたのが歯科分野のPGM需要であった。歯科医にとって、飛沫感染とエアロゾル感染双方のリスクにさらされる歯科治療は危険な行為になり得る。感染拡大が活発に続いていた間は多くの治療が先送りにされたため、治療に使われるはずだったパラジウムの需要の一部は恒久的に必要ななくなる。パラジウム合金の大型市場である日本では、特定のパラジウム合金の治療が健康保険の対象となっているために価格圧力を受けにくい部分があるものの、パラジウムの高値はパラジウムを使用した歯科用合金の需要にとって逆風となった。

電子材分野は当初の予想ほど低迷しなかったものの、この分野のパラジウム需要も感染拡大による打撃を受けた。2020年第1四半期には、アジアのサプライチェーンがひどく混乱したが、その回復は速く、消費者の動向が概して支援材料となった。リモートワークの拡大と家庭での娯楽消費の増加はラップトップコンピュータやゲーム端末といった機器の売り上げの追い風となり、第5世代移動通信技術（5G）の本格展開も電子部品の牽引役となっている。パラジウムの高値によって、メーカーはパラジウム含有量が少ない電子ペースト（圧膜材料）を使うなど、パラジウムの使用量を可能な限り最小限に抑えているが、過去20年間に使用量を大幅に削減したこともあり、もはやこれ以上の削減の余地は限られている。

化学分野では、新型コロナウイルスに関連した事業中断にもかかわらず、パラジウム需要が引き続き非常に堅調であった。実際、中国では、石油化学メーカーによるパラジウム触媒の購入量が2年前に記録した史上最高水準に匹敵し、新型コロナウイルス感染拡大の中にもかかわらず、生産能力の拡充計画も進められた。このような拡充の動きを主に牽引したのは、2020年に終了した第13次5カ年計画の自給自足目標と近代化目標であった。

ロジウム市場の要約

2020年の供給と需要

ロジウム市場は供給が需要を上回るペースで落ち込んだため、供給不足が拡大した。

排ガス規制の強化によって自動車触媒のロジウム充填量が増加したことから、自動車触媒用需要は10%未満の落ち込みにとどまった。

ロジウムの高値によって使用量の削減が促されたため、ガラス会社による需要は急減した。

南アフリカの鉱山閉鎖と精錬工場の稼働停止により、一次供給量は大幅に減少した。

ロジウム価格は2020年12月に史上最高値の17,000ドルまで急騰した。

2020年のロジウム市場は供給不足が前年の2倍に拡大した。というのも、一次供給量の落ち込みが自動車触媒用需要と産業用需要の落ち込みを大幅に上回ったためである。南アフリカの供給量は、新型コロナウイルス感染症に関連する鉱山閉鎖からかなりの打撃を受けたが、精錬工場の稼働停止がそれにさらに追い打ちをかけた。他方で、排ガス規制の強化によって自動車触媒用需要の落ち込みは10%未満にとどまり、小型車生産台数（約16%減）ほどの減少には至らなかった。化学分野の需要は引き続き堅調だったが、ガラス分野では、ロジウムの高値によってガラス製造に使われる合金のロジウム含有量を削減したため、需要も少なくとも20年ぶりの最低水準まで激減した。2020年序盤には、供給を巡る問題とアングロ・アメリカン・プラチナムの不可抗力事由の宣言を受けて、ロジウム価格が急騰したが、その後には、新型コロナウイルス感染拡大による混乱が世界中に拡大したため、価格は反落した。しかし、年末を迎えると、アングロの処理工場が再び稼働停止に見舞われたことから、価格は上昇し、史上最高値に達した。

この2年間のロジウム相場の動向は驚くべきもので、2019年1月の3,000ドル割れの水準から2020年12月末には史上最高値となる17,000ドルまで上昇した。ロジウム相場は2020年に乱高下し、3月には当時の史上最高値であった13,800ドルから2週間もしないうちに約3分の2安の5,500ドルまで急落し、安値を付けた。もっとも、自動車生産台数が新型コロナウイルス感染拡大の混乱から回復すると、ロジウム価格は8月に再び急騰し始め、9月終盤には3月のピークを上回り、さらにアングロ・アメリカン・プラチナムが転炉工場（ACP）の再度の閉鎖を発表したことを受けて、11月には15,000ドルを上回る水準まで急伸した。ACPは12月序盤に操業を再開したが、ロジウム相場は急騰を続け、12月31日には17,000ドルに達した。

供給 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	618	624	450
ロシア	69	68	65
その他	69	68	68
一次供給合計	756	760	583

需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	885	1,023	925
その他	158	132	80
総需要合計	1,043	1,155	1,005
リサイクル量	-331	-357	-338
純需要合計	712	798	667
在庫変動	44	-38	-84

表8 ロジウムの供給と需要

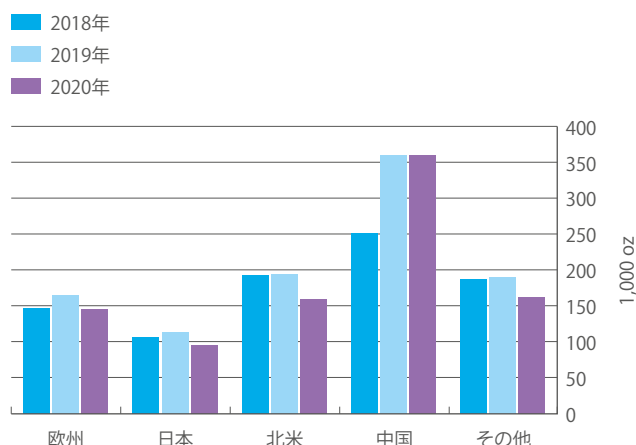


図16 自動車触媒用ロジウム需要 (総需要)

こうした極端な価格の動きは、ロジウムの低い市場流動性、供給不足、価格による弾力性に乏しい需要を反映している。ロジウムの産業用途は、主に自動車触媒、化学分野、ガラス分野などわずかに過ぎないが、ロジウムが持つ固有の化学特性や物理特性があるため、こうした用途においてはほかの素材で代用することが難しい。一方、供給量全体は南アフリカにかなり集中している。同国のUG2鉱石はロジウムの品位がほかの地域のPGMに比べて極めて高いが、UG2鉱石の大半は労働集約型の採掘方法によって地中鉱山、特に地中深くから採掘される。そのため、2020年のロジウム供給量は、南アフリカの採掘・処理事業の混乱により大きな打撃を受けた。

ガラス分野のみが、ガラス製造装置に使用されるプラチナ・ロジウム合金におけるロジウムの含有量を増減させることによって、ロジウムの使用量をかなりの程度まで柔軟に変えることができる。ロジウム価格が安い時期には、ガラス製造用合金のロジウム含有量が最大で20%になることもあるが、この含有量を10%（さらにはこれを下回る水準）まで引き下げることができる。もっとも、その代償として、合金の性能は低下し、ガラス製造装置の耐用年数も短くなる。2020年には、ロジウム含有量の削減によって、ガラス分野のロジウム需要は1990年代序盤以来の水準まで急減した。

自動車触媒需要

自動車分野におけるロジウム需要は主に排ガス規制によって決まる。というのも、後処理システムの触媒として、ロジウムのNOx浄化性能は依然として群を抜いて優れているからである。世界の主要市場ではNOx排出基準が引き続き強化され、欧州では実路走行（RDE）試験が実施されていることから、ガソリン車のロジウム充填量はこの3年間に急増している。世界全体で見ると、小型ガソリン車のロジウム充填量は2020年に前年比で約10%増加し、2017年以降では40%以上も増加していると推定される。

充填量の増加は特に欧州と中国で顕著になっている。2017年から2022年にかけて段階的に導入されるEuro 6dに従って展開されているRDE試験は、規制の導入が進むにつれて次第に厳しくなっている。これは自動車触媒用のPGM需要全般にとって追い風となっているが、影響が最も大きいのはロジウムである。というのも、RDEではNOxの排出削減に重点が置かれているからである。

需要 (単位:1,000オンス)	2018年	2019年	2020年
化学	63	60	56
電子材	5	6	6
ガラス	103	45	7
その他	-13	21	11
合計	158	132	80

表9 ロジウムの需要:産業用

中国では、China 6が2019年半ばに多くの都市や省で施行され始めたため、同年にはガソリン車向けの自動車触媒のパラジウム充填量とロジウム充填量が大幅に増加した。2020年には、China 6に対応した新型車の相次ぐ発売と足並みを揃える形で、平均充填量がさらに増加した。現在、中国の自動車メーカーは後処理システムの費用削減努力を重ねているが、これまでのところ、わずかな量のロジウムの削減に留まっている。

こうした充填量の増加は小型車生産台数の大幅な減少によって相殺され、世界の自動車触媒用需要は2020年に10%未満ながらも減少した（図16参照）。自動車生産台数が中国では2月に、欧州の主要自動車市場では3月と4月にそれぞれ激減したため、自動車触媒用需要の減少は上半期に集中していた。偶然にも、こうした時期と南アフリカにおけるPGM採掘作業の停止ならびにアングロ・アメリカン・プラチナムによる不可抗力事由の宣言が重なったものの、価格への影響は自動車生産台数の落ち込みだけに留まり、ロジウム相場の上昇は一時的に一服した。具体的には、市場流動性が高まり、ロジウムが市場で入手しやすくなったことから、4月から8月序盤には価格が7,000ドル～9,000ドルで安定して推移した。自動車触媒の集荷業者と使用済み自動車触媒の精錬業者が、未処理スクラップや仕掛在庫の削減に努めたことによって市場流動性も支えられ、自動車解体台数の減少による影響も部分的に緩和された。

しかし、自動車生産台数の急激な回復（特に中国では、生産台数が第2四半期と第3四半期のほとんどの月で前年同月の水準を上回った。（図17参照）によって過剰流動性は徐々に吸収され、8月以降には市場流動性が再び低下してロジウム価格は上昇し、史上最高値を次々と更新した。

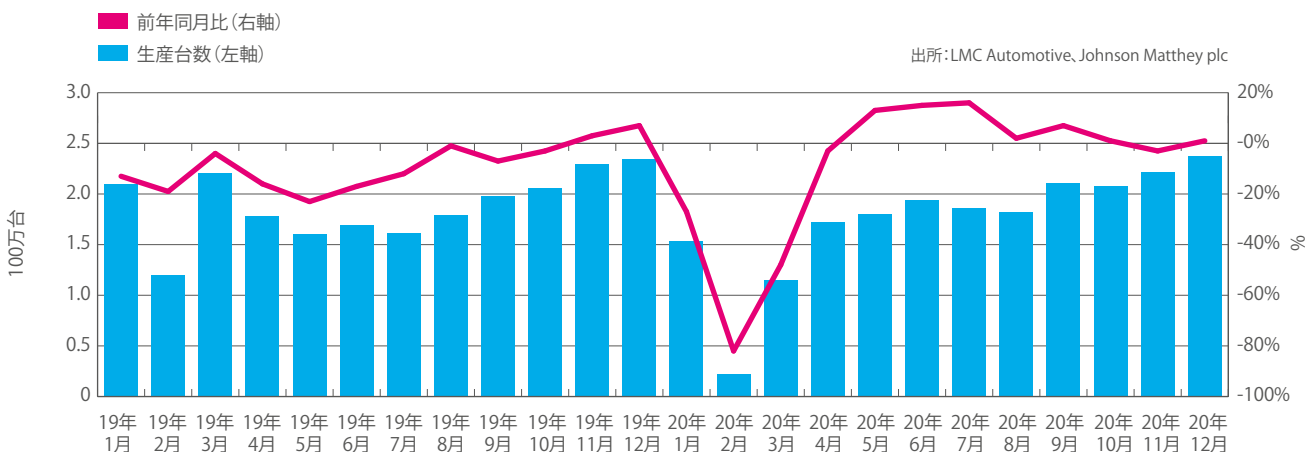


図17 小型車月間生産台数-中国

PGM市場の展望

2021年の供給と需要

PGMの需要と供給は2021年にV字回復すると予想される。

自動車生産台数の増加と中国におけるトラック排ガス規制の強化によって、自動車触媒分野の需要は力強く回復するであろう。

化学製品の製造に使用されるPGMの需要が史上最高水準に達することから、産業用需要は旺盛な水準を維持するであろう。

アングロの転炉が2020年に稼働を停止したことによって積み上がった仕掛在庫の精製処理が進むことによって、南アフリカの供給量は増加するであろう。

世界の自動車市場と使用済触媒等のリサイクル供給網が正常に戻ることから、自動車触媒の回収量は回復するであろう。

「需要と供給の足並みが揃っていることから、市場の需給バランスは2021年もほぼ変わらないであろう。パラジウム市場とロジウム市場は引き続き供給不足となり、プラチナ市場は宝飾品の消費動向と投資行動に左右され、とりわけ後者の影響が強いとみられる」

PGMの需要と供給は2021年にコロナ禍以前の水準に向けて回復するだろう。ただし、これは新型コロナウイルスによる混乱が緩和することを前提としている。南アフリカでは、2020年のアングロ・アメリカン・ブラチナムの転炉工場の稼働停止を受けて積み上げられたPGMの仕掛在庫が精製されるため、供給量の増加が見込まれる。加えて、二次供給量（リサイクル量）も回復すると予想される。もっとも、ディーゼル車の使用済み自動車触媒の処理能力には制約があるため、プラチナ回収量は引き続き低迷する可能性もある。需要については、小型車生産台数が力強く回復するとともに、中国における排ガス規制China VIの施行によって大型ディーゼルトラックのプラチナ充填量が増加することから、自動車触媒用PGM需要が約13%増加するだろう。産業用需要は引き続き堅調な水準を維持するとみられる。というのも、化学メーカーのPGM購入量は史上最高水準へと向かっており、それ以外の用途についても新型コロナウイルスの影響による落ち込みから回復しているからである。

需給の足並みが揃っていることから、市場の需給バランスは2021年も過去2年間の状況とほとんど変わらないであろう。パラジウム市場とロジウム市場は引き続き供給不足になると見込まれ、プラチナ市場は宝飾品の消費動向と投資行動に左右され、とりわけ後者の影響が強いとみられる。2020年下半期には、中国の宝飾市場の回復の兆しがわずかながら見られたが、この回復が持続可能か否かはまだ不透明である。投資分野では、投資家によるプラチナ保有残高が過去2年間で200万オンス（62トン）強も増加している。しかし、プラチナ価格が金価格を大幅に下回っていることに加え、ガソリン車向けの自動車触媒と燃料電池におけるプラチナ需要が増加するとの見通しによって、さらなる買い増しがおきる可能性もある。もっとも、投資需要が2019年～2020年の水準から大幅に減少すれば、プラチナ市場の需給バランスは均衡する、あるいは供給過剰になる可能性がある。

自動車触媒需要

世界の自動車触媒用PGM需要は2021年に約13%増の1,300万オンス（404トン）強になると見込まれる。これは2019年の水準をやや下回るものの、史上2番目の高水準である。この見通しの根拠となるのは、自動車生産台数の強力な回復を見込む業界予測と、中国の大型ディーゼル車（HDD）におけるPGM充填量の増加を見込む我々の予想である。ちなみに、2021年の年央にはHDDに対する新規の排ガス規制が中国全土で施行される。

中国では、乗用車生産台数が上向き、微粒子排出数の規制を含むChina 6の第一段階が2021年1月から全国的に施行されるにもかかわらず、小型車のPGM需要は2021年に横ばいで推移もしくは減少すると予想される。China 6に対応した自動車

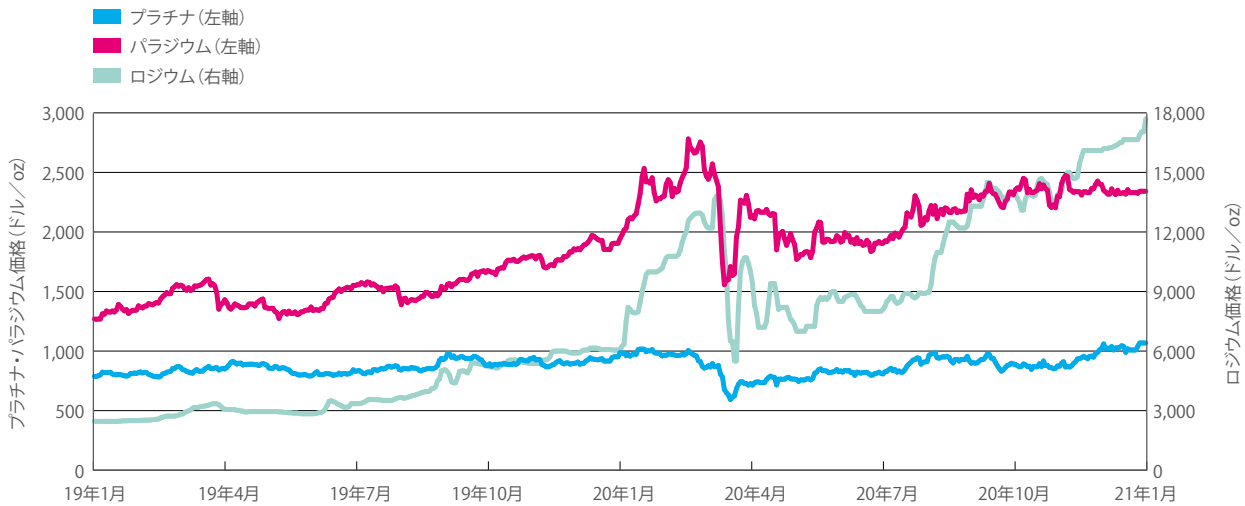


図18 プラチナ価格、パラジウム価格、ロジウム価格

が広く発売された2年前には、ほぼすべての自動車メーカーがChina 6aよりもさらに厳しいChina 6bに対応できる触媒を自社の自動車に装備することを選択した。一部の都市や省では全国に先駆けてChina 6bを実施していたことから、触媒装着作業の効率化を図り、より厳しい基準に対応した自動車を全国的に販売することは理に適っていた。当時、PGM充填量の削減について考慮することは二の次であった。

その後、パラジウム価格とロジウム価格が急騰する一方（図18参照）、自動車メーカーは新型コロナウイルスの感染拡大によって深刻な経営難の時期を迎えた。これによって、中国ではガソリン車のPGM充填量の削減努力が続けられた。この動きは特に、ほかの主要市場の自動車会社よりもエンジン技術が遅れており、厳しい排ガス基準に対応した経験に乏しい国内自動車会社で顕著であった。こうしたメーカーは最近、エンジン性能の向上によってエンジンからの排出量そのものを削減する努力に重点を置いている。つまり、触媒の役割が縮小することから、PGM使用量が削減され得るのである。加えて、地域の排ガス規制の施行予定に合わせてChina 6aに対応した触媒の装備を選択した自動車メーカーもあった。すべての要因を考慮すると、使用量の削減努力によって、中国では自動車のPGM充填量が2021年に少なくとも5%減少し、予想される小型自動車生産台数の増加分をほぼ相殺するとみられる。

小型車についてはPGM需要が概ね横ばいに推移すると予想される中国だが、我々は、大型車のPGM需要については力強い増加を見込んでいる。大型車に関しては、2021年7月までにChina VIの段階的な施行が中国全土で完了し、これによりすべての大型車に義務づけられる排ガス基準は、現状よりもはるかに厳しくなる。（ガソリンや圧縮天然ガスを燃料とするトラックは以前からすでにChina VIの適用対象となっていたが、市場シェアがまだ極めて小さい）。

China VIに対応するためには、HDDの後処理システムを全面的に見直す必要がある。つまり、これまでの基準には一般的にSCR技術を使って対応することができ、PGM触媒担体が全く必要ない場合も多かったが、新たな基準に対応するためにはディーゼル酸化触媒（DOC）とディーゼル車用微粒子捕集フィルター（DPF）の利用を大幅に拡大しなければならない。そのため、中国の大型ディーゼル車のPGM充填量は

2021年に約3倍となり、この増加の大半をプラチナが占めることになるであろう。

欧州と北米のいずれにおいても、小型車生産台数は2021年に2桁の増加になると予想される。もっとも、コロナ禍以前の水準まで回復するのは少なくとも2022年以降となるであろう。中国とは対照的に、欧州および北米の小型車市場ではEuro 6dと米国連邦基準Tier 3に基づく排ガス規制の強化が続いていることから、PGM充填量も引き続き増加している。従って米国と欧州では、小型車生産台数がコロナ禍以前の水準を下回るにもかかわらず、小型車におけるPGMの利用に関してはコロナ禍以前の需要に迫ると予想され、この水準に届く可能性さえある。

「自動車生産台数の回復と中国製トラックのPGM充填量の増加によって自動車分野のPGM需要は約13%増加するだろう」

世界的に見ると、自動車触媒におけるPGM使用量全体に占めるプラチナの割合はこの15年間、縮小傾向を辿っている。最初はパラジウム/ロジウム触媒がほぼすべてのガソリン車に採用されたことが原因だったが、最近ではディーゼル車の市場シェア縮小が理由となっている。2005年には、プラチナが自動車触媒のPGM使用量全体の約半分を占めたが、昨年はこの割合が20%を割り込む水準まで縮小した（図19参照）。

2021年には、この傾向が反転し始め、自動車触媒におけるPGM需要全体に占めるプラチナの割合が緩やかに拡大して約21%になると予想される。その原動力となる大型ディーゼル車セクターでは、中国の排ガス基準強化と大方の主要市場におけるトラック生産台数の2桁の増加を受けて、プラチナ需要が50%の急増となると予想される。

さらに先行きを見通すと、後処理システムの費用削減が必要な自動車メーカーはガソリン車向け自動車触媒のパラジウムの一部をプラチナで代替しようとするため、PGM需要全体に占めるプラチナのシェア拡大は小型車セクターによっても後

■ プラチナ
■ パラジウム
■ ロジウム

出所:ジョンソン・マッセイPLC、自動車メーカーの在庫変動を除く

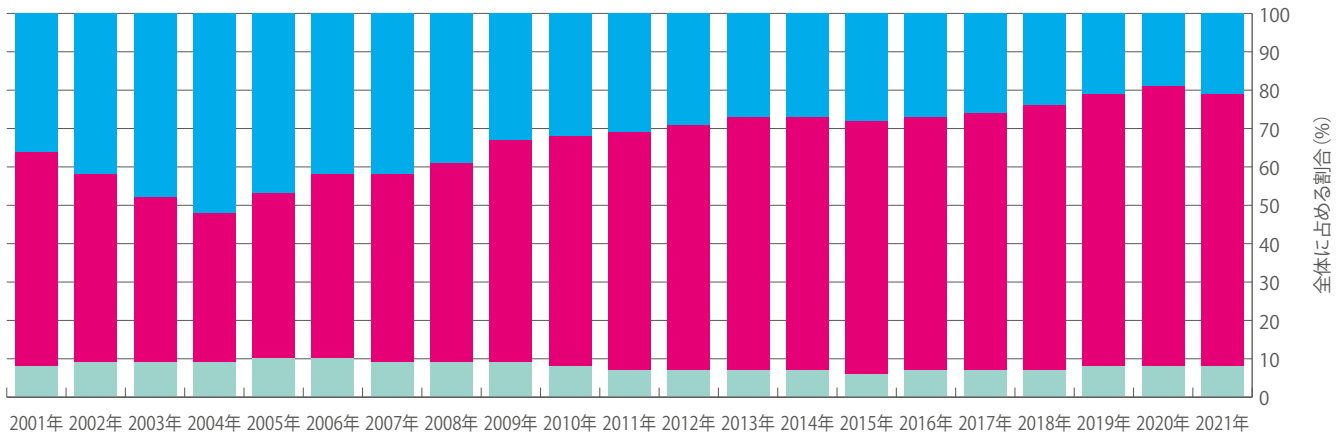


図19 自動車触媒用PGM需要における品種別の内訳

押しされることになる。2020年の要約ですすでに報告したとおり（9ページ参照）、一部のガソリン車はすでにプラチナ・パラジウム・ロジウムから成る触媒を採用している。当初触媒はPGM充填量が比較的少なくて済む床下の低温部に装着されていたが、今年はプラチナを使用した触媒が高音部にあるPGM充填量のはるかに多いエンジン直下触媒でも使用されるようになる。プラチナ需要に対する目先の影響は限定的だが、将来的にはエンジンに近い高温部でプラチナを含むパラジウム、ロジウムから成るエンジン直下触媒の採用が拡大するとみられる。

「自動車メーカーはコスト削減を図るために、ガソリン車向け自動車触媒のパラジウムの一部をプラチナで代替する動きを続けるだろう」

しかし、プラチナ、パラジウム、ロジウムから成る三元触媒技術の展開は技術的にも商業的にもまだ不透明であり、技術の採用についても地域によってかなりバラつきが生じるであろう。自動車メーカー各社はそれぞれに極めて異なるアプローチをとっており、パラジウムをプラチナで代替することに積極的なメーカーもあれば、リスクをとることに消極的なメーカーもしくは自動車触媒のPGM充填量を削減することに重点を置こうとするメーカーもある。代替が利益につながる可能性は車種や地域によって異なる。例えば、北米では自動車の大きさや触媒のPGM充填量が世界平均をはるかに上回っているため、代替に対する収益面での動機が最も強い。

プラチナの採用規模と採用ペースを決定するうえでは、技術的な問題を考慮することも重要になる。触媒の開発と検証では、加速劣化プロトコルを用いて、触媒が自動車の耐用期間にわたってどのように働くかをシミュレーションする。こうした試験は地域によって異なり、また自動車メーカーによっても幾分か異なる。中国と米国では、加速劣化プロトコルの走行速度が遅めで、触媒がさらされるピーク温度が制限されるため、触媒の耐久性や安定性については比較的あまい試験法となっており、こうした場合にはプラチナを利用しやすくなる。

これとは対照的に、欧州の自動車メーカーが採用している劣化プロトコルは、この地域における実際的高速走行を反映してより厳しいものとなっている。その場合、触媒が高温にさらされる時間が長くなるため、プラチナでの代替がより難しくなる。加えて、欧州では実路走行（RDE）試験や市場フィールドサーベイ（市場で使用されている車両のランダム排ガス試験）の要件を満たすことについても複雑さが増しているため、自動車メーカーは引き続き触媒製法の大幅な変更には慎重になっている。それにもかかわらず、欧州の自動車会社の中には、技術開発によって技術的な問題に取り組み、コンプライアンスリスクを最小限にとどめることを期待して、プラチナでの代替機会を追求している会社もある。

自動車触媒のPGM使用量全体に占めるロジウムの割合はこの3年間にやや拡大した。これは排ガス基準の強化と、相当に厳しいNOxの排出基準に準拠した車両試験プロトコルの厳格化を反映したものである。パラジウムをプラチナで代替しても、ロジウムの使用量は重大な影響が及ばないと予想される。というのも、ロジウムのNOx排出削減効果はずば抜けているためである。欧州や北米では、Euro 6dやSULEV基準を遵守する自動車の割合が拡大していることから、ロジウムの充填量がじりじりと増加し続けている。しかし、今年および来年は、中国の自動車メーカーが2023年の実路走行（RDE）試験導入に先駆けて、ロジウム充填量の小幅な削減を達成すると予想される。中国の実路走行（RDE）試験プロトコルの詳細についてはまだ確認されていないが、欧州の経験から、China 6bに基づく実路走行基準を確実に遵守するためにはロジウム充填量を再び引き上げる必要が出てくる可能性もある。

産業用需要

PGMの産業用需要は2018年～2020年に極めて堅調に推移した。これは、中国が化学、石油、ガラス繊維の各分野に大型の設備投資を行ったためである（図20参照）。こうした設備投資を後押しした複数の要因には、消費財や自動車の国内需要の増加、第13次5カ年計画（2020年に終了）の重点課題であった自給自足、独立系精油所の発展を促した石油市場の自由化などがあつた。製造に必要な原材料が入手できるのか、あるいは、製造に必要な技術をライセンスしてもらえるのかという問題が主因となって、一部のメーカーがPGMを使用し

■ 石油精製分野
■ ガラス分野
■ 化学分野

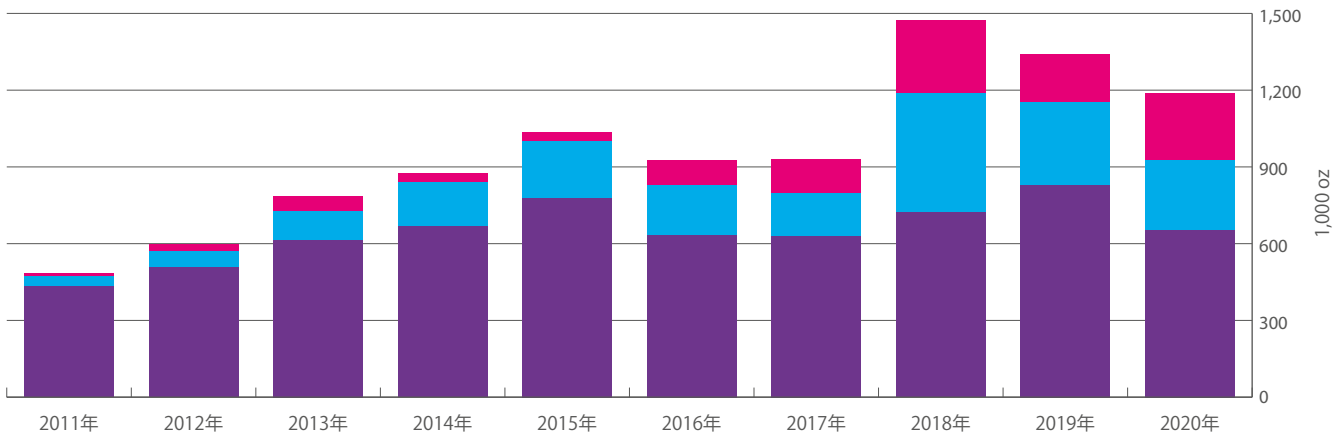


図20 化学分野、ガラス分野、石油精製分野における中国のPGM需要

ない技術よりもむしろPGM触媒を使用する方法を好んだことも、中国におけるPGM需要の追い風となった。例えば、中国は外国からの技術ライセンスを避けるために、パラジウム触媒を使用して国産の石炭からモノエチレングリコール (MEG) を、ルテニウム触媒を使用してカプロラクタムをそれぞれ製造している。

2021年には、産業用途の大半が昨年のコロナ禍からの力強い回復を遂げるため、産業用PGM需要も再び旺盛になるだろう。実際、化学メーカーによるPGM購入量が史上最高水準を更新する可能性もある。大型の統合型石油コンビナートへの設備投資が続き、パラキシレン生産設備の新設のためにプラチナ触媒の購入が、酢酸の生産用にロジウムの購入が促されると予想される。また、パラジウム触媒を使用して石炭からMEGを製造する設備、ルテニウム触媒を使用したカプロラクタム生産設備や触媒湿式酸化排水処理 (CWAO) 設備のさらなる拡充が進むとみられる。

中国ではカプロラクタムと同様に、CWAOには一般的にルテニウム触媒を使用する。その目的は石油コンビナートあるいは医薬品生産施設からの廃水を浄化することにある。という

のも、こうした製品の製造過程から発生する芳香族化合物は地域の生態系に有害となり得るので、酸化させて水と二酸化炭素にしなければならないためである。これを達成するための方法は様々で、PGMを使用する技術とベースメタルを使用する技術の双方があるが、中国のメーカーは一般的に、安定性や耐用期間の長さ、性能といった面からルテニウム触媒を好む。

これとは対照的に、石油精製分野のPGM需要は2021年に減少すると予想される。中国と世界のその他の地域を中心として、新規設備への投資が依然として続いているものの、今年の拡充に必要なプラチナは安値だった2020年中にすでに購入されている。また、欧州もしくは北米では、ガソリン需要の低迷によって老朽化して非効率的な精油所が閉鎖される可能性もある。

ガラス産業によるPGM購入量は2021年も堅調な水準を維持すると予想される。中国のガラス繊維需要は2020年序盤のコロナ禍から力強く回復しており、これを支えているのが自動車分野の回復と、風力発電や電気通信および建設といった各産業で使用されるガラス繊維強化材需要のPGM所要量の増加

■ ポータブル燃料電池、他
■ その他の車両
■ 定置型
■ 自動車

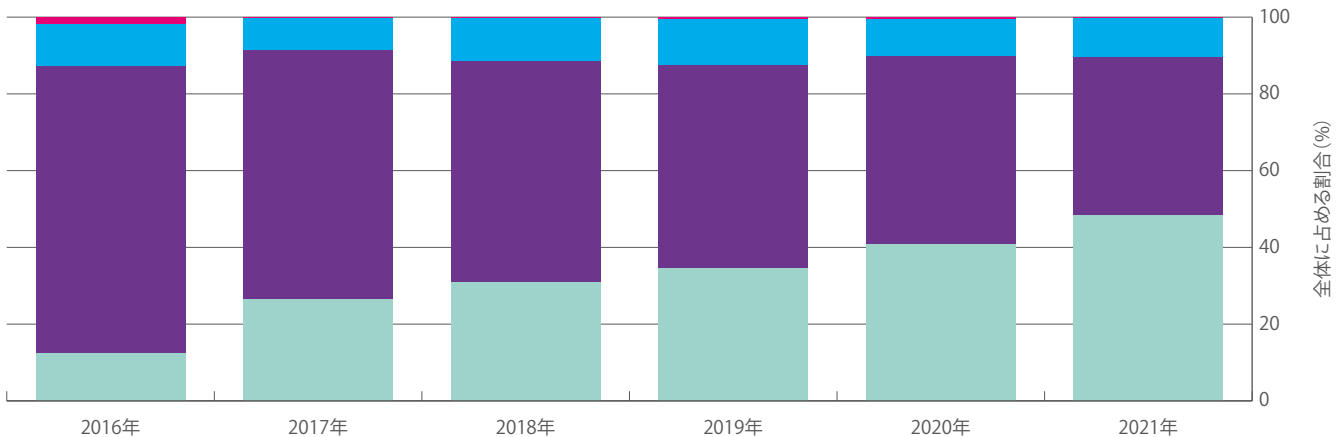


図21 燃料電池分野のプラチナ需要の最終用途別内訳

である。電子材分野のPGM需要も6年ぶりにやや回復すると見込まれる。その原動力となるのはデータ記録装置の旺盛な需要で、これがハードディスクにおけるプラチナの利用を刺激するとともに、2019年の米中貿易戦争を受けて低迷していた抵抗器やコンデンサといった電子部品の市況改善を促すであろう。

電子材分野に関する我々の推定値には、燃料電池のプラチナ需要も含まれており、この需要は2021年に45%強も増加して9万オンス（3トン）に迫ると予想される。今年の伸びの大半は道路走行車両分野に由来するもので（図21参照）、トヨタ単独でも約3万台のFCEV（燃料電池車）を生産すると予想される。定置型燃料電池用の需要もやや増加すると見込まれるが、これはプラチナを必要としない燃料電池技術（主に固体酸化物形燃料電池）との競争が激しくなっており、特に日本における従来の家庭用燃料電池分野でその傾向が顕著になっている。しかし、特に韓国では、燃料電池を使用した大型のモジュール型発電プラントの配備が推奨されており、これによりインフラ設備の重要な尺度となる優れた耐用年数と信頼性を提供するプラチナ利用技術への需要が高まるであろう。

供給

2021年には、プラチナ、パラジウム、ロジウムの一次供給および二次供給を併せた総供給量が力強く回復するであろう。昨年のコロナ禍の後に鉱山生産量が回復するとともに、アングロ・アメリカン・プラチナムの転炉工場が2020年に停止したために積み上げられていた仕掛在庫の一部が放出されるためである。

こうした仕掛在庫の動向により、今年も南アフリカのPGM生産動向は不透明になる。南アフリカからのPGM供給量は2020年に約27%減少したが、これに対して鉱山生産量の減少は17%にとどまったと推定される。この差は、アングロの2カ所の転炉工場の閉鎖が長期化したことによって、昨年の鉱山生産量の約3ヶ月分の仕掛在庫の処理が2021年と2022年に繰り延べられた結果である。

再建された転炉工場のエリアAが計画通りに再開され、今後生産が中断しないことを前提とすると、今年も南アフリカのPGM地金生産量が3分の1以上も増加するであろう。この増加規模は、アングロによる仕掛在庫の処理スピードと、業界がコロナ禍後の鉱山生産量の力強い回復をどの程度まで維持し、継続することができるかに左右される。2020年末までに、南アフリカの大半の鉱山は通常レベルもしくは通常レベルに近い水準で稼働するようになったが、2019年～2020年のシャフト閉鎖によって、今年も生産量はコロナ以前の水準を引き続き下回ると予想される。

南アフリカ以外の地域からの一次供給量は2021年に横ばいもしくは小幅な増加になると見込まれる。ノリリスク・ニッケルは新型コロナウイルスの感染拡大による重大な生産停止はなかったと発表しているが、パラジウム生産量は2020年に減少しており、その原因はおそらく未処理の採掘済み精鉱などから採掘される鉱石が減少したことにある。同社はサウス・クラスター事業とタルナカの選鉱施設の大規模拡充を計画しているが、これが供給量に大きく寄与するのは少なくとも3～4年後になると予想される。それまで、ロシアの供給量は、パラジウムとプラチナの年間生産量がそれぞれ約270万

「中国の統合型石油コンビナートへの投資によって、化学分野の需要は最高水準を更新するであろう」

オンス（84トン）と約65万オンス（20トン）と、2017年～2018年の水準からほぼ変わらないとみられる。

自動車販売台数が引き続き回復してコロナ禍以前の水準になり、中古車市場が正常化に向かうことを前提とすると、使用済み自動車触媒からのPGMのリサイクル量は2021年に力強く回復すると予想される。昨年は、新型コロナウイルスの流行によって消費者心理が変化したことから中古車の登録抹消台数が減少した。つまり、新車登録台数の減少によって中古車需要が大幅に増加し、中古車価格が急騰した。これによって、車が通常よりも長く乗り続けられることになり、寿命を終えて解体される自動車の平均使用年数が長くなった。

新型コロナウイルスによるこうした影響が緩和していることから、PGMのリサイクル量は2019年並みの記録的な水準まで回復する可能性がある。しかし、使用済みディーゼル車用微粒子捕集フィルターの処理能力が引き続き制約されていることから、プラチナ回収量はやや低迷すると予想される（12ページ参照）。これとは対照的に、パラジウムとロジウムについては引き続きその高値によって、リサイクルチェーンを通じたスクラップの速やかな回収が促され、市場参加者は未処理のスクラップ在庫や仕掛在庫を可能な限り減らすことになろう。

一次供給と二次供給を併せた総供給量が2019年の水準まで回復し、産業用および自動車触媒用需要も以前の水準に戻ると予想されることから、今年の需給バランスは前年からほとんど変わらないであろう。パラジウム市場とロジウム市場は引き続き供給不足になると見込まれるが、プラチナ市場の方向性は再び投資行動に大きく左右されることになろう。

投資需要および宝飾需要

過去2年間にわたり、パラジウムとロジウムに関しては投資資金の流出が続いてきたが、プラチナに関しては約200万オンス（62トン）が買い越されている。このうちの推定60万オンス（19トン）は地金とコインで、特に円建てプラチナ価格の安値を受けた日本における2020年上半期の旺盛な買いを中心とするものであった。残りはプラチナETFの買いで、この2年間に投資家心理が変化した欧州と米国を中心としたものであった。金価格とパラジウム価格がいずれも史上最高値を更新したことから、貴金属を求める投資家はプラチナを低リスクで割安な代替投資対象とみなした。米国と欧州におけるプラチナ投資の多くは、まだ購入価格が現行の市場価格を下回っており、特に2020年3月の新型コロナウイルス流行による価格下落前に購入されたものについてその傾向が顕著である。プラチナ価格が大幅に上昇しなければ、この状況が引き続き利益確定売りの歯止めとなろう。

2020年には、プラチナ宝飾需要もプラチナの相対的な安値を追い風とし、特にプラチナ価格が金価格を下回っていたことが支援材料となったようである。これはこれまでの基調とやや異なっている。1990年代終盤から2000年代序盤にはプラ

■ 金
■ プラチナ

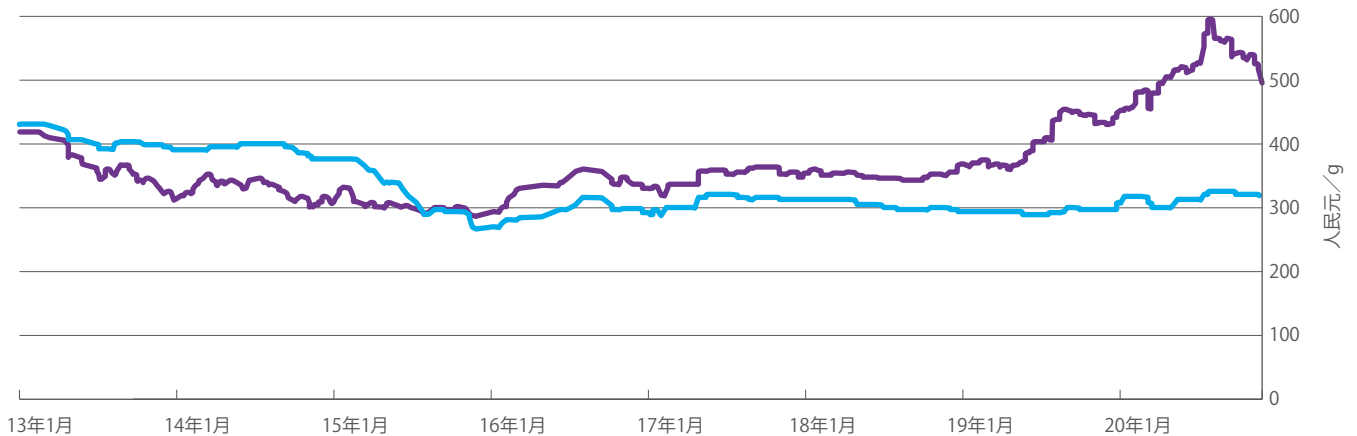


図22 宝飾品の小売価格(上海)

チナ価格が金価格を上回っていることが一般的で、その時期に発展した中国の宝飾市場ではプラチナを最も高価な貴金属として販売することができた。そのため、プラチナの安値が長期間にわたって続いていることはプラチナの評判を損なう要因となっている。特に、プラチナ宝飾品は従来から重量単位で販売されているため、中国の消費者がプラチナの貴金属としての本質的な価値に非常に敏感であることを考えればなおさらである。この3~4年間には、消費者の間で18金等の宝飾品の人気が高まってきたことからファッションジュエリー部門におけるプラチナ宝飾品のシェアが縮小した。それと同時に、18金等の宝飾品が重量単位ではなく商品単位で価格設定されていることを利用して利益率の拡大を図るため、メーカーや卸売業者はプラチナ宝飾品から18金等の宝飾品の製造へと切替えた。

しかし、2020年には、金相場が非常に堅調だったため、控えめながらもプラチナへの回帰があったとみられる(図22参照)。これまでのところ、金からプラチナへの移行は主に費用を考慮してのことである。金価格が2,000ドル弱で推移していたことから、金の宝飾品在庫の維持費用が劇的に上昇したためである。同時に小売売上げが減少し、ワールド・ゴールド・カウンシルの推定によると、中国における金の宝飾需要は2020年の年初来9ヶ月間に25%減少した。これによって、一部の小売店ではプラチナ宝飾品の陳列スペースを拡大したが、消費者がどのように反応するか、すなわちプラチナへの移行を受け入れて、2020年下半期にみられたプラチナの宝飾加工需要の控えめな回復が今年も続くか否かはまだ不透明である。しかし、消費者の需要が弱ければ、流通網が商品で満たされるとすぐに、宝飾加工量は減少するであろう。

すべてを考慮すると、プラチナ宝飾需要と投資需要に対するリスクの大部分は下振れであり、2021年のプラチナ市場は需給均衡に向かい、供給過剰に転じる可能性さえあると考えられる。

パラジウム市場やロジウム市場にとって、投資需要や宝飾需要の影響はプラチナ市場よりもはるかに小さい。宝飾部門の需要はごくわずかで、投資も数年間にわたって流出しており、2020年12月序盤にはすでにパラジウムETFとロジウムETFの現物保有残高はそれぞれ54万オンス(17トン)弱と

「すべてを考慮すると、プラチナ宝飾需要と投資需要に対するリスクは下振れであると考えられる」

1万5,000オンス(0.5トン)となっていた。このパラジウムとロジウムが2021年にすべて売られたとしても、各市場の需給が均衡するには不十分であろう。

PGM投資に関する我々の推定値は、ETFや「プラチナ定額積立」(こちらは日本のみで販売)といった現物を裏付けとする長期の見通し可能な金融商品や、コインやメダルなどの硬貨、日本の個人投資家に店頭で販売されているプラチナ地金の形状で保有されている現物地金を捉えたもので、銀行やヘッジファンドなどの市場参加者(前述の形態を除く)による現物投資は考慮していない。パラジウム市場とロジウム市場は需給が逼迫しているため、こうした投機筋に保有されている地金の一部が市場に売却されている。残りの地金保有残高は不明だが、パラジウムとロジウムのこうした保有者は当然ながらさらなる高値を求めていると想定される。

2021年には、パラジウム市場もロジウム市場も引き続き供給不足になると予想されるため、流動性が不足して価格が上昇する可能性はある。もっとも、アングロの転炉工場が生産を再開し、PGMの供給が通常レベルに近づけば、需給の逼迫は一時的にでも緩和するであろう。産業分野および自動車分野のユーザーはあらゆる買い場を利用すると予想されるが、供給が増えれば、市場は短期的には落ち着きを取り戻すであろう。

これが特に当てはまるのがロジウムである。アングロの転炉工場の稼働停止はパラジウム市場やプラチナ市場にとってロジウム市場ほど重大なことではなかった。というのも、この両市場はロジウム市場より流動性に優れ、南アフリカからの供給量への依存度も低いからである。もっとも、今後2年間にわたって世界の自動車市場がコロナ禍後の回復を続けるとの前提に基づけば、自動車者触媒用のPGM需要がさらに増加すると予想されるが、他方で短期的には一次供給量の増加を示す見通しがほとんどないことから、需給逼迫の緩和も一時的となるだろう。

プラチナの供給と需要

トロイオンス

供給 (単位:1,000オンス) ¹	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	4,572	4,392	4,450	4,467	4,398	3,199
ロシア ²	670	714	720	687	721	662
北米	354	370	368	346	351	339
ジンバブエ ³	400	489	466	474	451	489
その他 ³	158	162	157	152	156	199
供給合計	6,154	6,127	6,161	6,126	6,077	4,888

需要 (単位:1,000オンス) ⁴	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒 ⁴	3,273	3,339	3,225	3,017	2,858	2,224
化学	502	477	453	657	676	614
電子材 ⁴	228	232	232	241	230	239
ガラス	227	247	314	501	441	378
投資	451	620	361	67	1,131	901
宝飾品 ⁴	2,746	2,413	2,385	2,258	2,056	1,581
医療&バイオメディカル ⁵	215	218	220	223	230	206
石油	140	186	227	372	251	322
その他	494	535	575	591	587	455
総需要合計	8,276	8,267	7,992	7,927	8,460	6,920

リサイクル量 (単位:1,000オンス) ⁶	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	-1,147	-1,132	-1,249	-1,329	-1,392	-1,160
電子材	-30	-32	-35	-38	-40	-38
宝飾品	-574	-738	-746	-699	-650	-444
リサイクル量合計	-1,751	-1,902	-2,030	-2,066	-2,082	-1,642

純需要合計 ⁷	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
在庫変動 ⁸	-371	-238	199	265	-301	-390

プラチナの地域別総需要

トロイオンス

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
欧州	自動車触媒	1,672	1,786	1,708	1,452	1,291	955
	化学	120	122	117	122	124	114
	電子材	13	13	10	12	13	14
	ガラス	11	11	11	11	13	19
	投資	-88	109	36	-102	566	303
	宝飾品	203	177	176	191	190	157
	医療&バイオメディカル	71	71	70	62	63	54
	石油	-4	3	7	29	15	9
	その他	136	154	172	174	180	138
	合計	2,134	2,446	2,307	1,951	2,455	1,763

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
日本	自動車触媒	384	360	358	365	357	283
	化学	43	42	37	40	42	40
	電子材	33	32	31	31	30	30
	ガラス	4	2	25	7	27	16
	投資	700	543	171	220	32	344
	宝飾品	314	310	303	293	294	247
	医療&バイオメディカル	16	15	15	16	16	14
	石油	3	3	2	2	2	2
	その他	80	77	79	79	79	67
	合計	1,577	1,384	1,021	1,053	879	1,043

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北米	自動車触媒	379	360	325	321	333	241
	化学	114	103	112	108	109	103
	電子材	22	26	33	37	30	29
	ガラス	10	29	45	18	21	32
	投資	-32	109	127	66	156	580
	宝飾品	227	221	225	224	201	153

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北米	医療&バイオメディカル	85	87	88	96	100	91
	石油	40	35	18	15	17	-4
	その他	138	146	147	156	155	105
	合計	983	1,116	1,120	1,041	1,122	1,330

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
中国	自動車触媒	136	151	157	148	155	191
	化学	131	122	74	207	274	269
	電子材	38	42	44	51	49	52
	ガラス	178	135	111	388	294	253
	投資	0	0	0	0	0	0
	宝飾品	1,796	1,510	1,470	1,316	1,119	842
	医療&バイオメディカル	19	19	20	20	21	20
	石油	32	76	120	254	157	235
	その他	59	72	83	87	82	68
	合計	2,389	2,127	2,079	2,471	2,151	1,930

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
その他の地域	自動車触媒	702	682	677	731	722	554
	化学	94	88	113	180	127	88
	電子材	122	119	114	110	108	114
	ガラス	24	70	122	77	86	58
	投資	-129	-141	27	-117	377	-326
	宝飾品	206	195	211	234	252	182
	医療&バイオメディカル	24	26	27	29	30	27
	石油	69	69	80	72	60	80
	その他	81	86	94	95	91	77
	合計	1,193	1,194	1,465	1,411	1,853	854

総需要合計	8,276	8,267	7,992	7,927	8,460	6,920
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

プラチナの供給と需要

トン

供給(単位:トン) ¹	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	142.2	136.6	138.4	138.9	136.8	99.5
ロシア ²	20.8	22.2	22.4	21.4	22.4	20.6
北米	11.0	11.6	11.5	10.8	10.9	10.5
ジンバブエ ³	12.5	15.2	14.5	14.7	14.0	15.2
その他 ³	4.9	5.0	4.9	4.7	4.9	6.2
供給合計	191.4	190.6	191.7	190.5	189.0	152.0

需要(単位:トン) ⁴	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒 ⁴	101.7	103.9	100.3	93.9	88.9	69.1
化学	15.6	14.8	14.1	20.4	21.0	19.1
電子材 ⁴	7.1	7.2	7.2	7.6	7.1	7.3
ガラス	7.0	7.7	9.8	15.6	13.7	11.8
投資	14.1	19.3	11.2	2.1	35.2	28.0
宝飾品 ⁴	85.5	75.1	74.2	70.2	63.8	49.3
医療&バイオメディカル ⁵	6.7	6.8	6.8	6.9	7.2	6.3
石油	4.3	5.8	7.1	11.6	7.9	10.1
その他	15.4	16.6	17.9	18.3	18.3	14.2
総需要合計	257.4	257.2	248.6	246.6	263.1	215.2

リサイクル量(単位:トン) ⁶	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	-35.6	-35.2	-38.8	-41.4	-43.3	-36.1
電子材	-0.9	-1.0	-1.1	-1.2	-1.2	-1.2
宝飾品	-17.9	-23.0	-23.2	-21.7	-20.2	-13.8
リサイクル量合計	-54.4	-59.2	-63.1	-64.3	-64.7	-51.1

純需要合計 ⁷	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
在庫変動 ⁸	-11.6	-7.4	6.2	8.2	-9.4	-12.1

プラチナの地域別総需要 トン

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
欧州	自動車触媒	52.0	55.6	53.1	45.2	40.1	29.7
	化学	3.7	3.8	3.6	3.8	3.9	3.6
	電子材	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
	ガラス	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6
	投資	-2.7	3.4	1.1	-3.2	17.6	9.4
	宝飾品	6.3	5.5	5.5	5.9	5.9	4.9
	医療&バイオメディカル	2.2	2.2	2.2	1.9	2.0	1.7
	石油	-0.1	0.1	0.2	0.9	0.5	0.3
	その他	4.2	4.8	5.3	5.4	5.6	4.3
	合計	66.3	76.1	71.6	60.6	76.4	54.9

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
日本	自動車触媒	11.9	11.2	11.1	11.4	11.1	8.8
	化学	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	電子材	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9
	ガラス	0.1	0.1	0.8	0.2	0.8	0.5
	投資	21.8	16.9	5.3	6.8	1.0	10.7
	宝飾品	9.8	9.6	9.4	9.1	9.1	7.7
	医療&バイオメディカル	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
	石油	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	その他	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5	2.1
	合計	49.0	43.1	31.9	32.8	27.3	32.4

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北米	自動車触媒	11.8	11.2	10.1	10.0	10.4	7.5
	化学	3.6	3.2	3.5	3.4	3.4	3.2
	電子材	0.7	0.8	1.0	1.2	0.9	0.9
	ガラス	0.3	0.9	1.4	0.6	0.7	1.0
	投資	-1.0	3.4	4.0	2.1	4.9	18.0
	宝飾品	7.1	6.9	7.0	7.0	6.2	4.8

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北米	医療&バイオメディカル	2.6	2.7	2.7	3.0	3.1	2.8
	石油	1.2	1.1	0.6	0.5	0.5	-0.1
	その他	4.3	4.5	4.6	4.8	4.8	3.3
	合計	30.6	34.7	34.9	32.6	34.9	41.4

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
中国	自動車触媒	4.2	4.7	4.9	4.6	4.8	5.9
	化学	4.1	3.8	2.3	6.4	8.5	8.4
	電子材	1.2	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6
	ガラス	5.6	4.2	3.5	12.1	9.1	7.9
	投資	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	宝飾品	55.9	47.0	45.7	40.9	34.8	26.2
	医療&バイオメディカル	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6
	石油	1.0	2.4	3.7	7.9	4.9	7.3
	その他	1.9	2.2	2.6	2.7	2.6	2.1
	合計	74.5	66.2	64.7	76.8	66.9	60.0

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
その他の地域	自動車触媒	21.8	21.2	21.1	22.7	22.5	17.2
	化学	2.9	2.7	3.5	5.6	3.9	2.7
	電子材	3.8	3.7	3.5	3.4	3.4	3.5
	ガラス	0.7	2.2	3.8	2.4	2.7	1.8
	投資	-4.0	-4.4	0.8	-3.6	11.7	-10.1
	宝飾品	6.4	6.1	6.6	7.3	7.8	5.7
	医療&バイオメディカル	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8
	石油	2.1	2.1	2.5	2.2	1.9	2.5
	その他	2.5	2.7	2.9	2.9	2.8	2.4
	合計	37.0	37.1	45.5	43.8	57.6	26.5

総需要合計	257.4	257.2	248.6	246.6	263.1	215.2
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

パラジウムの供給と需要

トロイオンス

供給 (単位:1,000オンス) ¹	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	2,683	2,570	2,547	2,543	2,626	1,939
ロシア ²	2,434	2,781	2,452	2,976	2,987	2,727
北米	874	917	956	978	985	934
ジンバブエ ³	320	396	386	393	379	388
その他 ³	144	129	131	135	140	179
供給合計	6,455	6,793	6,472	7,025	7,117	6,167

需要 (単位:1,000オンス) ⁴	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒 ⁴	7,690	8,042	8,463	8,876	9,672	8,497
化学	449	419	435	600	499	486
歯科	468	429	391	358	313	239
電子材 ⁴	903	872	844	769	714	634
投資	-659	-646	-386	-574	-87	-186
宝飾品 ⁴	220	189	167	148	130	93
その他	134	157	144	175	176	131
総需要合計	9,205	9,462	10,058	10,352	11,417	9,894

リサイクル量 (単位:1,000オンス) ⁶	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	-1,952	-1,986	-2,358	-2,621	-2,924	-2,698
電子材	-475	-481	-479	-475	-471	-414
宝飾品	-46	-21	-21	-12	-12	-9
リサイクル量合計	-2,473	-2,488	-2,858	-3,108	-3,407	-3,121

純需要合計 ⁷	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
在庫変動 ⁸	-277	-181	-728	-219	-893	-606

パラジウムの地域別総需要

トロイオンス

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
欧州	自動車触媒	1,622	1,637	1,703	1,902	2,061	1,782
	化学	74	74	75	64	67	47
	歯科	70	65	60	51	42	28
	電子材	101	99	97	92	86	73
	投資	-200	-269	-287	-141	-56	-14
	宝飾品	59	58	53	49	43	29
	その他	27	24	23	30	26	21
	合計	1,753	1,688	1,724	2,047	2,269	1,966

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
日本	自動車触媒	758	786	828	875	905	760
	化学	15	15	17	17	17	16
	歯科	227	200	174	156	140	112
	電子材	231	227	221	199	182	162
	投資	4	-3	-3	-1	1	-1
	宝飾品	66	64	57	52	45	36
	その他	9	9	9	9	9	8
	合計	1,310	1,298	1,303	1,307	1,299	1,093

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北米	自動車触媒	2,039	1,992	2,028	2,129	2,104	1,720
	化学	76	73	75	76	72	40
	歯科	145	138	131	125	106	79
	電子材	131	128	124	112	103	91
	投資	-181	-71	-19	-87	-5	-31
	宝飾品	39	36	29	27	22	13
	その他	60	46	44	44	45	32
	合計	2,309	2,342	2,412	2,426	2,447	1,944

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
中国	自動車触媒	1,654	2,038	2,179	2,081	2,686	2,627
	化学	209	162	174	268	237	271
	歯科	8	7	7	7	6	6
	電子材	158	156	155	141	131	118
	投資	0	0	0	0	0	0
	宝飾品	34	10	9	2	1	0
	その他	17	45	51	72	73	54
	合計	2,080	2,418	2,575	2,571	3,134	3,076

総需要 (単位:1,000オンス)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
その他の地域	自動車触媒	1,617	1,589	1,725	1,889	1,916	1,608
	化学	75	95	94	175	106	112
	歯科	18	19	19	19	19	14
	電子材	282	262	247	225	212	190
	投資	-282	-303	-77	-345	-27	-140
	宝飾品	22	21	19	18	19	15
	その他	21	33	17	20	23	16
	合計	1,753	1,716	2,044	2,001	2,268	1,815
総需要合計		9,205	9,462	10,058	10,352	11,417	9,894

パラジウムの供給と需要

トン

供給(単位:トン) ¹	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	83.4	79.9	79.2	79.1	81.7	60.3
ロシア ²	75.7	86.5	76.3	92.6	92.9	84.8
北米	27.2	28.5	29.7	30.4	30.6	29.0
ジンバブエ ³	10.0	12.3	12.0	12.2	11.8	12.1
その他 ³	4.5	4.0	4.1	4.2	4.4	5.6
供給合計	200.8	211.2	201.3	218.5	221.4	191.8

需要(単位:トン) ⁴	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒 ⁴	239.1	250.1	263.3	276.1	300.8	264.2
化学	14.0	13.1	13.4	18.6	15.5	15.1
歯科	14.6	13.3	12.2	11.2	9.8	7.5
電子材 ⁴	28.1	27.2	26.3	24.0	22.3	19.7
投資	-20.5	-20.1	-12.0	-17.8	-2.7	-5.8
宝飾品 ⁴	6.9	5.9	5.2	4.6	4.0	2.9
その他	4.2	4.8	4.5	5.4	5.5	4.1
総需要合計	286.4	294.3	312.9	322.1	355.2	307.7

リサイクル量(単位:トン) ⁶	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	-60.7	-61.7	-73.4	-81.6	-91.0	-83.9
電子材	-14.8	-15.0	-14.9	-14.8	-14.7	-12.8
宝飾品	-1.4	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-0.3
リサイクル量合計	-76.9	-77.4	-88.9	-96.8	-106.1	-97.0

純需要合計 ⁷	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
在庫変動 ⁸	-8.7	-5.7	-22.7	-6.8	-27.7	-18.9

パラジウムの地域別総需要 トン

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
欧州	自動車触媒	50.4	50.9	53.0	59.2	64.1	55.4
	化学	2.3	2.3	2.3	2.0	2.1	1.5
	歯科	2.2	2.0	1.9	1.6	1.3	0.9
	電子材	3.1	3.1	3.0	2.9	2.7	2.3
	投資	-6.2	-8.4	-8.9	-4.4	-1.7	-0.4
	宝飾品	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	0.9
	その他	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.7
	合計	54.4	52.4	53.6	63.7	70.6	61.3

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
日本	自動車触媒	23.6	24.4	25.8	27.2	28.2	23.6
	化学	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	歯科	7.1	6.2	5.4	4.9	4.4	3.5
	電子材	7.2	7.1	6.9	6.2	5.7	5.0
	投資	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
	宝飾品	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.1
	その他	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	合計	40.9	40.4	40.6	40.7	40.5	33.9

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北米	自動車触媒	63.4	62.0	63.1	66.2	65.4	53.5
	化学	2.4	2.3	2.3	2.4	2.2	1.2
	歯科	4.5	4.3	4.1	3.9	3.3	2.5
	電子材	4.1	4.0	3.9	3.5	3.2	2.8
	投資	-5.6	-2.2	-0.6	-2.7	-0.2	-1.0
	宝飾品	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.4
	その他	1.9	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0
	合計	71.9	72.9	75.1	75.5	76.0	60.4

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
中国	自動車触媒	51.4	63.4	67.8	64.7	83.5	81.7
	化学	6.5	5.0	5.4	8.3	7.4	8.4
	歯科	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	電子材	4.9	4.9	4.8	4.4	4.1	3.7
	投資	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	宝飾品	1.1	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0
	その他	0.5	1.4	1.6	2.2	2.3	1.7
	合計	64.6	75.2	80.1	79.9	97.5	95.7

総需要(単位:トン)		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
その他の地域	自動車触媒	50.3	49.4	53.6	58.8	59.6	50.0
	化学	2.3	3.0	2.9	5.4	3.3	3.5
	歯科	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4
	電子材	8.8	8.1	7.7	7.0	6.6	5.9
	投資	-8.8	-9.4	-2.4	-10.7	-0.8	-4.4
	宝飾品	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5
	その他	0.7	1.0	0.5	0.6	0.7	0.5
	合計	54.6	53.4	63.5	62.3	70.6	56.4
総需要合計		286.4	294.3	312.9	322.1	355.2	307.7

ロジウムの供給と需要

トロイオンス

供給 (単位:1,000オンス) ¹	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	611	615	611	618	624	450
ロシア ²	80	85	78	69	68	65
北米	22	24	24	21	21	21
ジンバブエ ³	36	44	42	43	40	41
その他 ³	5	5	5	5	7	6
供給合計	754	773	760	756	760	583

需要 (単位:1,000オンス) ⁴	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒 ⁴	760	806	833	885	1,023	925
化学	73	64	71	63	60	56
電子材	3	4	5	5	6	6
ガラス	52	85	103	103	45	7
その他	30	41	20	-13	21	11
総需要合計	918	1,000	1,032	1,043	1,155	1,005

リサイクル量 (単位:1,000オンス) ⁶	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	-281	-276	-310	-331	-357	-338
リサイクル量合計	-281	-276	-310	-331	-357	-338

純需要合計⁷	637	724	722	712	798	667
在庫変動 ⁸	117	49	38	44	-38	-84

ロジウムの供給と需要

トン

供給(単位:トン) ¹	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
南アフリカ	19.0	19.1	19.0	19.2	19.4	14.0
ロシア ²	2.5	2.6	2.4	2.1	2.1	2.0
北米	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ジンバブエ ³	1.1	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3
その他 ³	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
供給合計	23.6	24.0	23.6	23.5	23.6	18.2

需要(単位:トン) ⁴	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒 ⁴	23.6	25.1	25.8	27.5	31.8	28.7
化学	2.3	2.0	2.3	2.0	1.9	1.8
電子材	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
ガラス	1.7	2.6	3.1	3.2	1.4	0.2
その他	1.0	1.3	0.6	-0.4	0.6	0.3
総需要合計	28.7	31.1	32.0	32.5	36.0	31.3

リサイクル量(単位:トン) ⁶	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
自動車触媒	-8.7	-8.6	-9.6	-10.3	-11.1	-10.5
リサイクル量合計	-8.7	-8.6	-9.6	-10.3	-11.1	-10.5

純需要合計⁷	20.0	22.5	22.4	22.2	24.9	20.8
在庫変動 ⁸	3.6	1.5	1.2	1.3	-1.3	-2.6

表の注釈

- ¹ **供給**は、鉱山会社によるPGMの販売量の推定値を示しており、地域の分類は精練地ではなく採掘地を基準としている。
- ² **ロシアの供給量**は、ロシアと独立国家共同体(CIS)におけるPGM採掘量の合計を示している。ロシアの需要は世界のその他の地域に算入されている。
- ³ **ジンバブエ**からの供給量はその他の供給量と区別されている。ジンバブエで採掘されたPGMは現在、南アフリカで精練されており、本稿ではPGM精鉱またはマット状PGMの出荷量を標準的な精練実収率で調整した数値で示している。
- ⁴ **総需要**は、いずれの用途についても、当該用途のためのメーカーの新規地金に対する需要と当該セクターが保有する未精練の在庫の増減の合計を示している。未精練の在庫を積み上げると需要が増加し、在庫が取り崩されると需要が減少する。
- ⁵ **医療・バイオメディカル**の分野については、医療、バイオメディカル、歯科の3セクター合計の需要を示しているが、製薬用の地金使用量は化学用需要に算入されている。
- ⁶ **リサイクル量**は、オープンループリサイクル(すなわち、地金の所有権は最初の購入者から移転される)による地金回収量の推定値を示している。例えば、自動車触媒のリサイクル量は個々の地域で廃車となった自動車やアフターマーケットの廃車、廃部品から回収された地金の重量を示している。これらの数値には、担保となるスクラップもしくは製造工程で発生するスクラップは含まれていない。リサイクル量が示されていない場合は、オープンループリサイクルによるリサイクル量がごくわずかであることを意味する。
- ⁷ **純需要**は、ある用途の総需要の合計から当該用途のオープンループリサイクルによる地金回収量を差し引いた数値に相当する。リサイクルされた地金が当該産業で再利用されるか、他の用途に販売されるかは問わない。リサイクル量が示されていない用途については、総需要と純需要は同一である。
- ⁸ ある年の**在庫変動**は、加工業者、ディーラー、銀行、受託者が保有している在庫の変動を示しているが、鉱山会社と最終ユーザーが保有する在庫はこの対象とならない。この数値がプラスの場合(「供給過剰」と示されることがある)は市場在庫の増加を示し、マイナスの場合(「供給不足」と示されることがある)は市場在庫の減少を示す。

用語集

ASC	アンモニアスリップ触媒	NEDC	新欧州ドライビングサイクル
BEV	電気自動車	NEV	新エネルギー車(BEV、PHEVまたはFCEV)
CF	CF値(台上試験の規制値に対する倍数)	NOx	窒素酸化物
CO	一酸化炭素	NRMM	特定特殊自動車
CO₂	二酸化炭素	NYMEX	ニューヨークマーカンタイル取引所 (New York Mercantile Exchange)
DOC	ディーゼル車用酸化触媒	PDH	プロパン脱水素法
DPF	ディーゼル微粒子捕集フィルター	PHEV	プラグインハイブリッド車
EC	欧州委員会	PM	粒子状物質または煤
ELV	廃車	PN	粒子数
ETF	上場投資信託	PNA	NOx吸着触媒
FCEV	燃料電池車	PTA	高純度テレフタル酸
GDI	ガソリン直噴エンジン	PX	パラキシレン
GPF	ガソリン車用微粒子捕集フィルター	RDE	実路走行
HC	炭化水素	RoW	世界のその他の地域
HDD	大型ディーゼル車	SCR	選択還元触媒
ISC	使用中の自動車に対する排ガス試験	SCR[®]	選択還元触媒機能付のフィルター
LAB	直鎖型アルキルベンゼン	SGE	上海黄金交易所
LDG	小型ガソリン車	SUV	スポーツユーティリティ車
LDD	小型ディーゼル車	WLTP	乗用車等の国際調和排出ガス・燃費試験法
LEV	低公害車	4E品位	4種類の元素すなわちプラチナ、パラジウム、 ロジウムおよび金の合計含有量
MLCC	積層セラミックコンデンサー		

排ガス規制

小型車

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年	2029年
北米(米国環境保護庁)	Tier 2							Tier 3												
北米 (カリフォルニア州大気資源局)	LEV II				LEV III 段階的实施						LEV III さらに強化 (予想)									
欧州	Euro 5		Euro 5b/b+		Euro 6b		Euro 6c / Euro 6d-TEMP		Euro 6d				Euro 7 (予想)							
日本	Japan 2009 (JC08)								Japan 2018 (WLTC)											
中国(対ガソリン車、全土)	China 3	China 4				China 5			China 6a		China 6b + RDE			China 7 (予想)						
中国(対ディーゼル車、全土)	China 3			China 4		China 5		China 6a		China 6b + RDE			China 7 (予想)							
インド(主要都市)	BS IV										BS VI			BS VI + RDE (予想)						
インド(全土)	BS II	BS III				BS IV			BS VI		BS VI + RDE (予想)									
ロシア	Euro 4			Euro 5													Euro 6 (2025年以降予想)			
ブラジル	PROCONVE L5		PROCONVE L6							PROCONVE L7			PROCONVE L8							
韓国(対ガソリン車)	K-LEV II					K-LEV III 段階的实施														
韓国(対ディーゼル車)	Euro 5			Euro 6b		Eu 6d-TEMP		Euro 6d												
タイ	Euro 3		Euro 4										Euro 5			Euro 6				

上記は新型乗用車の承認に適用される規制と適用期間である。

大型車

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年	2029年
北米	EPA10			GHG (温室効果ガス) 規制フェーズ1						GHG (温室効果ガス) 規制フェーズ2					CARB Ultra-low NOx					
欧州	Euro V			Euro VI													Euro VII (予想)			
日本	Japan 2009							Japan 2016 (WHTC: 世界統一試験サイクル)												
中国(全土)	China III		China IV			China V			China VI a		China VI b			China VII (予想)						
インド(主要都市)	BS IV										BS VI									
インド(全土)	BS II	BS III				BS IV			BS VI											
ロシア	Euro IV			Euro V													Euro VI (2025年以降予想)			
ブラジル	PROCONVE P6		PROCONVE P7							PROCONVE P8 (バスは2020年から)										
韓国	Euro V			Euro VI																

排ガス規制Euro 6

Euro 6 は、小型車の排ガス規制を規定する包括的な規範であり、多様なテストや手続きに従って随時段階的に導入される

Euro 6a は任意の段階だったが、これによって Euro 6 の基準遵守が義務付けられるよりも先に、この型式認証を取得した自動車売り出すことができた。この段階は PGM の需要に非常にわずかな影響を与えたに過ぎなかった。

Euro 6b は 2014 年 9 月から乗用車の新たな型式認証に適用され、2016 年 9 月からは欧州市場で販売されるすべての自動車に適用されている。2016 年 9 月以降、新欧州ドライビングサイクル (NEDC) を通じた試験では Euro 6 の排ガス基準を満たさなければならなくなった。Euro 6b のガソリン車排ガス基準は一点を除き、Euro 5 と同じである。その相違点とは、ガソリンエンジンに対する粒子状物質の排出粒子数 (PN) の上限が Euro 6b で導入された点である (もともと、メーカーは PN 基準に関する 3 年間の免除期間を申請すれば、やや緩やかな基準に対応することから始めることもできた)。ディーゼル車については、NEDC のテストサイクルで許容される NOx 排出量が、Euro 5 の基準から 56% も引き下げられた。これはディーゼル車の PGM 触媒充填量に非常に大きな影響を与えた。

Euro 6c は 2017 年 9 月から段階的に導入され、2019 年 9 月からすべての自動車に適用された。ディーゼルエンジンに対する排ガス規制については 6b と 6c で違いはないが、ガソリンエンジンについては、すべての自動車を対象に PN の排出上限が 6c で引き下げられ、ディーゼル自動車並みとなった。これはガソリンエンジン用微粒子捕集フィルター (GPF) の装着動向に影響を与えている。

同時に、NEDC に代わる新たな台上試験方法が採用された。2017 年 9 月からは「乗用車等の国際調和排出ガス・燃費試験法 (WLTP)」が新たな型式認証となり、2018 年 9 月からはすべての自動車に適用された。

Euro 6d は 2017 年 9 月から数年間にわたって段階的に導入されている。NOx 排出量と PN のテスト方法および計測方法に関して Euro 6d と Euro 6b・6c で異なるのは、台上試験に加えて実路走行 (RDE) 試験が導入された点である。RDE 試験では、加速と減速を任意に繰り返しながら自動車を走行させ、車載式排ガス測定装置 (PEMS) を使用して排出量を測定する。

CF 値 が導入され、自動車の NOx 排出量および PN が RDE 試験中に基準を超える場合の許容制限が倍数で規定されるようになった。こうした超過許容制限は、PEMS による計測の許容誤差を設けることを意図している。CF 値は 2 段階に分けて導入される。

第一段階 (**Euro 6d-TEMP**) では、NOx に関する CF 値が 2.1 倍、PN に関する CF 値が 1.5 倍で、2017 年 9 月から乗用車の新たな型式認証に、2018 年 9 月からは小型商用車 (LCV) の新たな型式認証にそれぞれ適用されている。乗用車の新車すべてに対する CF 値の適用については、PN が 2018 年 9 月から、NOx が 2019 年 9 月から実施され、LCV の新車すべてに対する適用はその 1 年後に実施された。

第二段階 (**Euro 6d**) では、NOx の CF 値が 1.43 倍に引き下げられ、乗用車の新たな型式認証には 2020 年 1 月から適用されており、すべての自動車には 2022 年 1 月から適用される。

PEMS の精度向上に合わせて欧州委員会は今後も CF 値を見直し、2023 年には 1.0 倍まで引き下げて、試験中の許容誤差を撤廃するとしている。

こうした移行により、触媒システムの設計および充填量の変更は不可避となる。

