

プラチナ投資のエッセンス

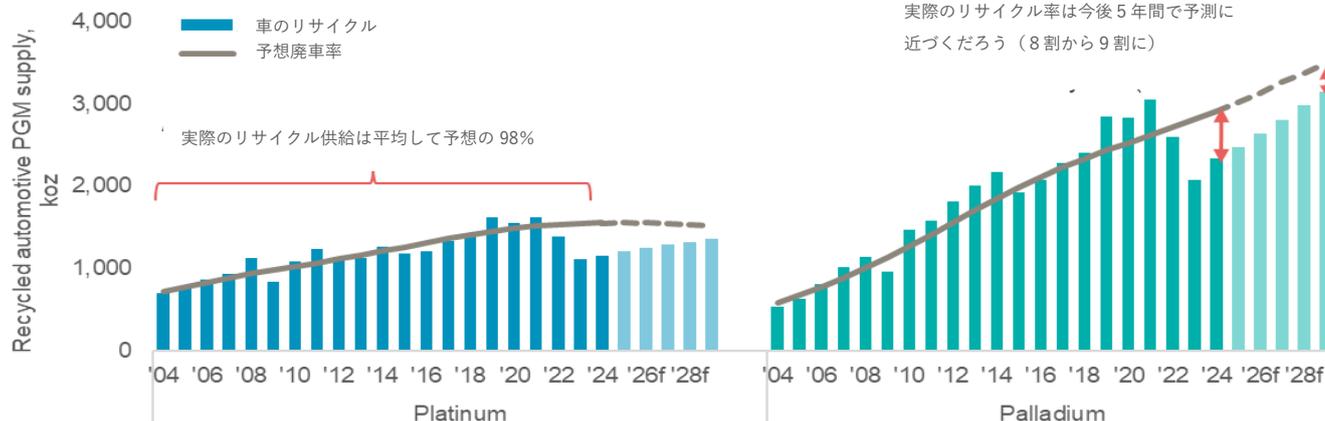
廃触媒は重要なリサイクル供給源だが、PGM 価格が採算の取れる水準にあってこそ

本稿では自動車産業における PGM リサイクルのサプライチェーンを掘り下げていきたい。近年、廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は、従来考えられていたよりもメタル価格に敏感であると認識され始めている。2022年から2024年にリサイクル供給が予測を大きく下回ったのも価格との関係が一因のようだ。今年は PGM 価格が上がっているためリサイクル供給も増えるだろうが、廃触媒のリサイクルによるプラチナ供給は、ピークだった2021年の水準に戻ることはなく、それが2029年まで続くプラチナの供給不足の要因の一つになると考えられる。

基本的に PGM はほとんど永遠に再利用することができ、持続可能な循環型経済の流れに合致する原材料と言える。自動車触媒が1970年代に登場して以来、世の中には大量の「使用中」PGM があり、理論的には将来必要な供給を賄えるはずだ。今やリサイクルは世界各国で法規制の整備とともに促進され、PGM リサイクルのサプライチェーンは PGM 産業の一環として発達してきた。しかし、PGM のリサイクル量を実際に左右するのは、廃触媒の流通量と、そのリサイクル処理の採算性という二点にある。今まで PGM リサイクルの採算性があまり取り上げられなかったのは、サプライチェーンに不透明な部分が多いことに起因している。市場関係者ですら、廃触媒の精錬業者には安定した収益があり、処理量はメタル価格に全く影響を受けないと考えている面がある。しかし、PGM のリサイクル量の増減に影響を与える立場にある解体業者や回収業者が PGM 価格から受ける影響を十把一絡げに扱うのは単純すぎると言えるし、鉱山供給のリスクも考慮に入れるべきである。今回我々が行った分析で、リサイクル供給は価格弾力性が高いことがはっきりした。2022年から2024年の PGM バasket 価格下落局面にはリサイクル供給が減り、我々は予測を何度も下方修正した。逆に2019年～2021年に PGM Basket 価格が上がった時期には、リサイクル PGM 供給予測を幾度か上方修正した。

今回の分析の結果、2029年までの5年間の我々の予測において、廃触媒のリサイクルによるプラチナ供給の年間予測を2.1トン(-5%)、パラジウム供給の年間予測を7.0トン(-7%)減らすことになったが、同じ時期の廃触媒のリサイクルによる、プラチナを含む PGM の供給は、廃触媒の増加と年初来のBasket 価格の上昇を根拠に、年間平均で3.3%(プラチナ)、6.2%(パラジウム)伸びる予測だ。しかし、上述したように廃触媒のリサイクルによる PGM 供給はメタル価格に対して敏感なため、リサイクルの中心であるパラジウム市場が予想通りに2026年以降に供給過剰になれば、リサイクル量はそれほど伸びない可能性もある。従って、廃触媒のリサイクルによるプラチナ供給は、廃車(end-of-life vehicle, ELV)スクラップ曲線が示す供給可能な量の9割にとどまることになるだろう。ちなみに2022年から2024年の実際のリサイクル供給量は同じ曲線の8割、2019年から2021年は110%だった。

図1.廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は増える予測



出典: ジョンソン・マッセイ (2004年-2012年)、SFA (オックスフォード) (2013年-2018年)、メタルズフォーカス (2019年-2025年予測)、WPIC リサーチ

Edward Sterck
Director of Research
+44 203 696 8786
esterck@platinuminvestment.com

Wade Napier
Analyst
+44 203 696 8774
wnapier@platinuminvestment.com

Kaitlin Fitzpatrick-Spacey
Associate Analyst
+44 203 696 8771
kfitzpatrick@platinuminvestment.com

Brendan Clifford
Head of Institutional Distribution
+44 203 696 8778
bclifford@platinuminvestment.com

World Platinum Investment Council
www.platinuminvestment.com
Foxglove House, 166 Piccadilly
London W1J 9EF

2025年8月20日

廃触媒のリサイクルによる PGM 供給はメタル価格に反応。2022年～2024年は PGM 価格低迷がリサイクル供給を抑制した。昨今の PGM 価格上昇でリサイクルの採算性は改善されたが、パラジウムの供給過剰予測がリサイクル供給の伸びに影響する可能性

目次

はじめに	2
自動車触媒の PGM	3
廃触媒のリサイクル.....	4
スクラップ曲線からの乖離.....	6
リサイクルを支える要因.....	9
廃触媒のリサイクルによる PGM 供給の将来	16

はじめに

リサイクルは、2024年までの5年間のプラチナ供給全体の平均24%を占めてきた PGM 供給の重要な供給源だ。非常に高い割合で再利用ができるプラチナ及びその他の PGM メタルの回収量はスクラップ回収の効率性にかかっている。PGM はリサイクルされても物理的特性を保ち、新たに鉱山から採掘されて加工されたものと全く同じように利用できる。このおかげで PGM は循環経済及び持続可能な生産活動において非常に重要な役割を果たす。2015年以降3Eの鉱山生産供給は年平均0.7%減、既存の鉱山の埋蔵量も減少する中、PGM のリサイクル率を高めることはプラチナ供給全体においても重要な課題だ。

廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は価格に反応し、2023年と2024年のメタルの低価格が供給量に影響した

リサイクル供給は、廃触媒から PGM を回収するリサイクル、宝飾品のリサイクル、そして主に電子機器など製品が元の素材に戻らないオープンサイクルの工業製品のリサイクルなどからなる。メタルの種類によっては PGM のリサイクル供給の84%が自動車の廃触媒のリサイクルによるものもある。

今回の分析は廃触媒をリサイクルすることによって得られるプラチナ、パラジウム、ロジウムの供給を分析した。このリサイクル業界の健全な運営に重要なのは次の二点である。

- 1) 廃触媒の流通
- 2) 廃触媒処理から得る利益

PGM を取り出すための廃触媒のリサイクルは、一般的にメタルの価格に左右されないと思われているが、リサイクルの収益性、つまり供給量はメタル価格に対する弾力性が高いということが我々の今回の分析で明らかになった。しかし、価格に左右される度合いが大きいのはリサイクルバリューチェーンの上流、スクラップヤードでの作業であり、それを正確に把握するのは困難だ。入手可能なリサイクルに関する財務データのほとんどは、バリューチェーンの下流、精錬加工処理などを行う業者のものであるからだ。PGM 価格が低かった2022年から2024年にリサイクル供給が低迷したのは、メタル価格の影響が大きかったと考えられる。

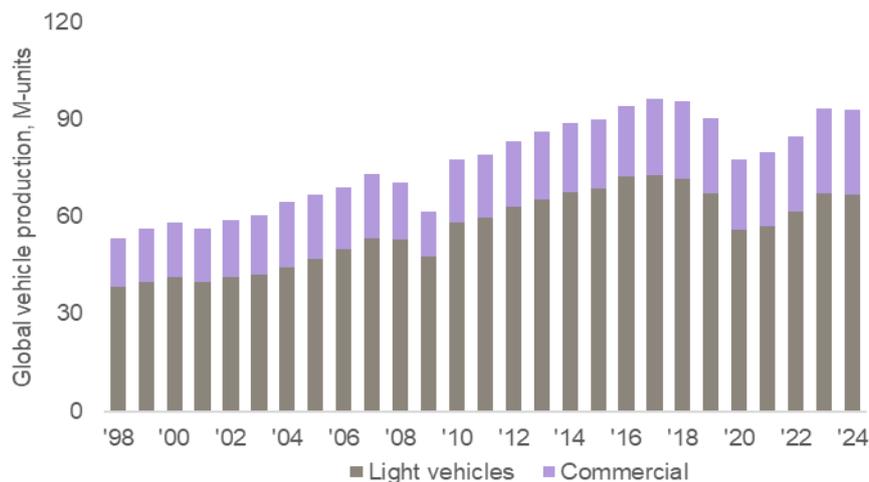
今後は廃触媒の流通量が増える見込みで、廃触媒のリサイクルによるプラチナとパラジウムの供給は増える可能性がある。しかし、今年第2四半期から上がり始めたに始 PGM 価格の動きが続かなければ、供給はそれほど回復しない可能性もある。

自動車触媒の PGM

1966年、カリフォルニア州は増え続ける都市部の大気汚染対策として、世界で初めて自動車の排気ガス規制を導入し、排ガス規制に定められた基準値に対応するために浄化触媒装置は欠かせない部品となった。そして、ほとんどの触媒装置には、一酸化炭素(CO)、窒素酸化物(NOx)、炭化水素(HC)などの有害物質の軽減に有効なプラチナ、パラジウム、ロジウムなどの PGM が使われた。

自動車の PGM 需要は、年間生産台数と触媒装置に使われる PGM の量によって決まる。過去25年間の世界の普通乗用車(LCV)と大型輸送車(HD)を含む自動車生産は、年平均で約2%増え続け、年間9300万台に達している(図2)。

図2. 増え続ける世界の自動車生産は自動車の PGM 需要を支えてきた

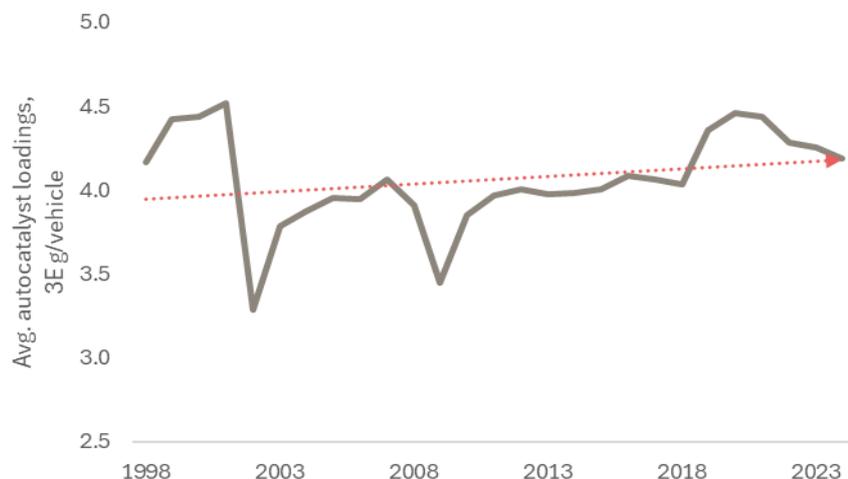


自動車の PGM 需要を実質的に決めるのは年間の自動車生産台数と触媒装置の PGM 使用量

出典: 国際自動車工業連合会(OICA)、WPIC リサーチ

触媒装置の PGM の量は排ガス規制が厳しくなるとともに増えていった(図3)。しかし細かく見ると、PGM の量は新たな規制が導入されると増え、しばらくすると節約(基準値に準じながらもメタルの使用量を抑える装置設計開発など)を通じて減るといった傾向を繰り返してきた。

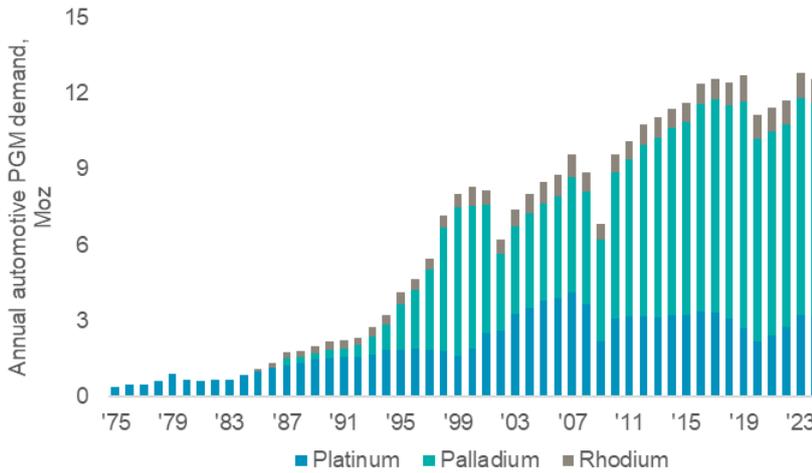
図3. 自動車触媒の PGM 使用量は、新たな排ガス規制とともに増え、その後は使用量節約が目的の技術開発のおかげで減るといったサイクルを繰り返してきたが、全般的には自動車の PGM 需要の増加を支えてきた



出典: WPIC リサーチ

自動車生産の増加と触媒装置の PGM 使用量の増加の両方が、自動車の PGM 需要を押し上げ、2024年は、2000年当時の約186.6トンのほぼ倍の373.2トン(3E)になった(図4)。自動車の PGM 需要はプラチナの年間需要のほぼ35%、パラジウムとロジウムの年間需要の8割以上を占める。

図 4. 大気汚染と排ガス規制の導入で、1970 年代から触媒装置の搭載が始まった



出典: ジョンソン・マッセイ(1975年-2012年)、SFA (オックスフォード) (2013年-2018年)、メタルズフォーカス (2019年-2024年)、WPIC リサーチ

廃触媒のリサイクル

リサイクルのタイムライン

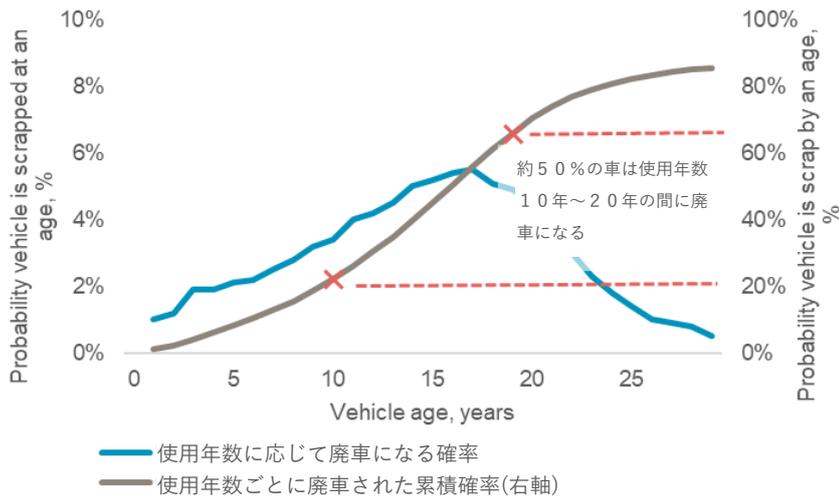
PGM は高い比率で再利用が可能な金属で、廃車から触媒装置を回収し、材料を抽出・精製することでリサイクルできる。高温(乾式)冶金法や、湿式冶金法など適切な方法を使えば95%以上の金属を回収することができるが、それには何よりも廃車両がスクラップヤードに到着しなければならない。

車が廃車にされるのは、走行できる状態を維持するコストが新車を購入するコストを上回った時だが、一般的には車の使用年数が増えるにつれて経年劣化が生じ、さまざまな箇所を整備する必要性が増えて廃車となる可能性が高くなる。特に使用年数10年から20年の間に廃車となる確率が最も高く、この期間に全体の約半数の車が廃車処分となる。新しい車でも重大な事故に遭えば廃車になることもある。

PGM は 50 年以上も触媒装置に使われているため、再利用のシステムが確立している、いわゆる都市鉱山の仕組み

数十年にわたるデータに基づいて作成されたスクラップ曲線と呼ばれる指標は、車の使用年数ごとに廃車になる確率を弾き出したもので、使用期間が長くなるにつれて廃車になる確率が高くなる(図5)。このスクラップ曲線の確率をそれぞれの年の自動車販売台数に当てはめれば、毎年どの程度の車が廃車になるか大体推測することができる。この情報は、自動車メーカーにとっては買い替え需要に応じるための新車生産台数を弾き出す上で、アフターマーケット業者にとってはスペアパーツの在庫量や供給のタイミングを把握する上で非常に有益な指標である。

図 5. 米国の普通乗用車の廃車累積予測率 (2003 年、2011 年、2019 年)



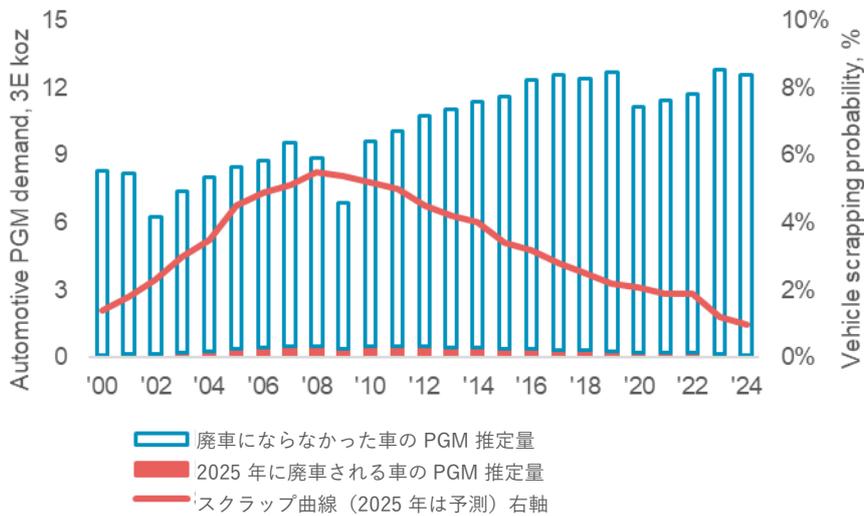
ほとんどの普通乗用車は 10 年から 20 年の間に廃車になる

出典: 「Statistical Estimation of Trends in Scrappage and Survival of U.S. Light-duty Vehicles」 (DL. Greene, B Leard)、WPIC リサーチ

スクラップ曲線を使えば、廃車になる可能性がある車の年式が推定でき、廃車対象の車が生産された年の排ガス規制、搭載されている触媒装置に使われた PGM の量も推測することができる。つまり、スクラップ曲線から廃触媒のリサイクルによる PGM 供給の理論的な数値を弾き出すことができるというわけだ。

スクラップ曲線からこの理論値を求める計算を、過去の自動車の PGM 需要に当てはめることも可能だ。下図 6 では、過去 25 年間の自動車の需要に廃車率を乗じたものの累積を求め、理論上は 25 1.9 トンの 3E PGM がリサイクルによって供給されたとの結論を得た。

図 6. 米国の普通乗用車の廃車累積予測率 (2003 年、2011 年、2019 年)



出典: POLK, WPIC リサーチ

しかし、当然ながら、スクラップ曲線から計算したリサイクル可能な PGM が全て実際にリサイクルされるわけではない。廃触媒のリサイクルによる PGM 供給の実際の予測には以下の点を考慮に入れなければならない。

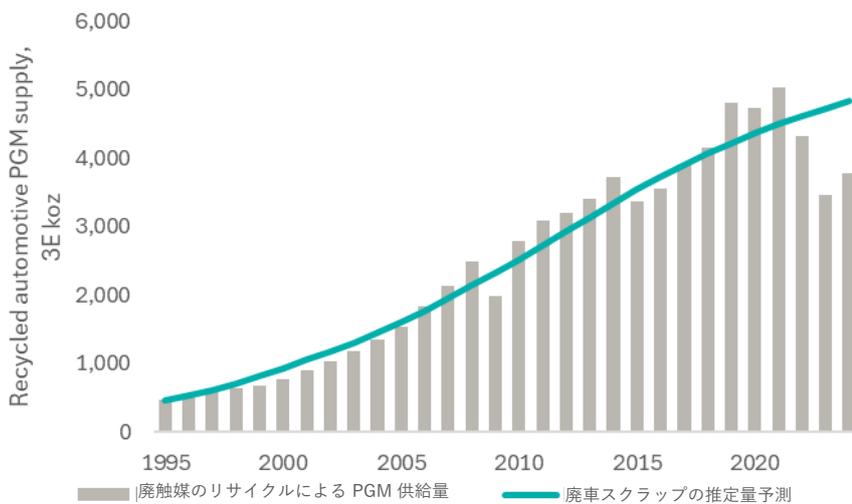
- 使用期間中の損失: 触媒装置の使用期間中、物理的な摩擦によって PGM を含む基材が少しずつ損失している場合がある。触媒装置の設計改善などでこの損失は減りつつあるが、我々は、リサイクルによるメタルの回収率はこの理由で 5%下がると推定した。
- 輸出: 自動車産業は国際貿易に支えられている。その中心は新車や新しい部品だが、中古車の取引も非常に盛んだ。中古車は、アフリカや南米など、多く

の消費者にとって新車が高く手がかからない途上国の市場に向けて先進国から輸出されるが、中古車を輸入するこれらの国々では PGM を経済的に回収できるリサイクルインフラが整っていないことが多い。我々は約 25% の車が正式なリサイクル産業のない国へ輸出されていると推定した。

- 触媒装置の未搭載: 廃車の中には触媒装置を搭載していないものや触媒装置が誤って埋め立て処分されてしまうものもある。我々は触媒装置搭載の廃車は全体の 75% と推定した。
- リサイクル中の損失: 少ない数字ではあるが、触媒装置の取り外し、製錬・精錬の過程で約 3%~5% の PGM が失われると考えられる。
- その他の要因: 車の使用期間中の保守・修理用のアフターマーケット部品、盗難にあった触媒装置の交換などは、触媒装置に使われる PGM 使用量に上乗せし、回収量にも加えた (約 15%)。

リサイクルは地域によって大きな差がある。例えば日本は北米に比べて中古車の輸出が非常に多いなど、廃車スクラップの量を計算する上で地理的な要因も含めるべきである。しかし、本稿の目的は一般的な情報を広めることにあることを考慮し、今回の分析対象は世界全体とした。そのため総合的に見ると、スクラップ曲線から算出した廃触媒のリサイクルによる PGM 供給には、およそ 40% から 45% の下方修正(回収率調整係数)が必要だと考えた。1995 年以降の廃触媒のリサイクルによる実際の PGM 供給量を、スクラップ曲線から推測した予測と比較すると、実際の供給量は予測の 98% となり、前述の回収率調整係数を考慮するのは妥当であると言える(図 7)。

図 7. 廃触媒リサイクルによる PGM 供給の過去の量は、調整を加えたスクラップ曲線に基づいた予測の約 98%



出典: POLK、ジョンソン・マッセイ(1995年-2012年)、SFA(オックスフォード)(2013年-2018年)、メタルズフォーカス(2019年-2024年)、WPICリサーチ

スクラップ曲線からの乖離

過去30年間のデータを見ると、廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は、スクラップ曲線から推定できる理論的な供給量と概ね一致してきた。しかし、2019年から2024年にかけて、実際と理論値のずれは明らかに拡大している。ここまでリサイクル曲線を用いて計算した理論的なリサイクル供給量を説明してきたが、以後、廃触媒の供給量とその処理の採算性に大きな変化が起こると、廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は、予想から大きく外れる可能性があることを説明したい。

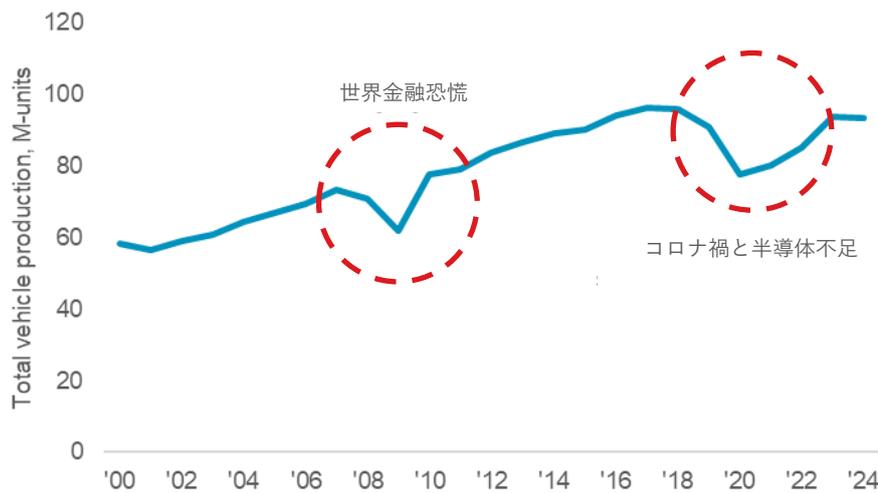
廃触媒の流通:

スクラップ曲線を使えば車が廃車される確率を予測できるとはいえ、スクラップ曲線はあくまでも過去のデータから計算されたものであるため、新車市場の変化を捉えにくい面がある。しかし、廃車処理、中古車市場、新車市場は独立して機能しているわけではない。この三分野の変化が PGM のリサイクル供給に影響を与えた最近の例としては、2008年の世界金融恐慌とコロナ禍がある。

世界金融恐慌とコロナ禍がピークにあった期間、新車の需要は激減した(図8)。経済の先行きが不透明になり消費者が新車など大きな支出に慎重になったからだ。コロナ禍ではロックダウンと在宅勤務の広がりですら車を減らす機会が減り、車の減価償却が遅れて、消費者が長く車を保有しリサイクルに回る車が減った。さらに、自動車メーカーはコロナ禍による新車需要の落ち込みを予期して関連半導体の発注を減らし、半導体メーカーは家電などその他の分野に生産能力を振り分けていた。しかし、コロナ禍収束後、新車の需要が回復した際に、自動車メーカーの需要予測が過大に少なかったため、新車需要に応えようにも十分な半導体が確保できずに新車生産に支障が生じた。このおかげで消費者はすでに所有している車を廃車にせずさらに長く乗り続ける結果を招き、新車の不足で中古車の価格は5割も上がった。

新車の不足は中古車市場とリサイクルにも影響を及ぼした

図8. 新車市場が大きく変わるとリサイクルに回る中古車の数に影響する



出典: OICA, WPIC リサーチ

リサイクルの採算性

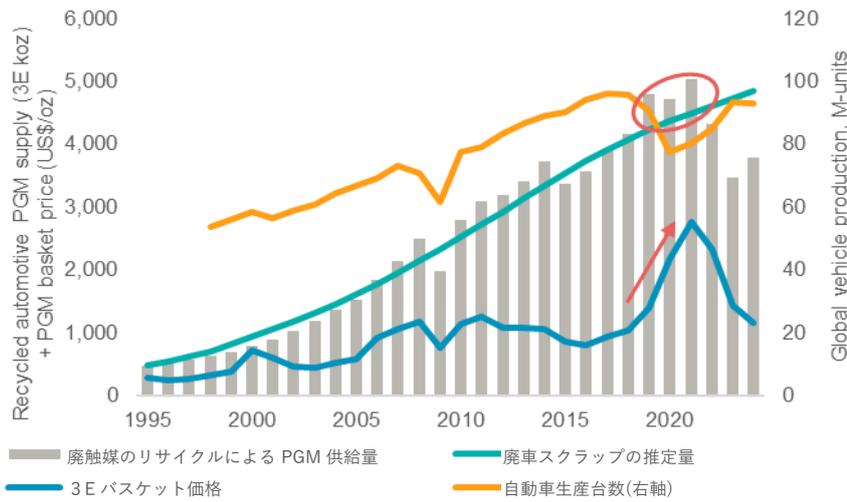
スクラップ曲線からは、ある年にどれだけの廃触媒が回収されてスクラップヤードに集まるかが予測できるが、集まった廃触媒を実際に処理することでどの程度採算が取れるのかまでは推測できない。結論先に言えば、PGM 価格が高ければ廃触媒のリサイクル量が増え、メタル価格が低ければリサイクル量が減る。

2019年、2020年、2021年にかけて廃触媒のリサイクルによる PGM 供給はスクラップ曲線に基づく予測を平均1割上回った。これはこの期間コロナ禍の影響で廃車される中古車が減っていたにもかかわらず、パラジウムとロジウムの価格が急騰(図9)したことで、リサイクル処理を増やす大きな経済的な動機があったからと思われる。一方で、廃触媒の価格が上がったことで車から触媒装置が盗まれるという事件が急増した。

その後2022年からパラジウムとロジウムの価格が下がり始めると、2022年~2024年間のリサイクル供給量はスクラップ曲線に基づく予想から平均して18%少なくなった。

パラジウム価格は廃触媒のリサイクルの採算性に最も大きな影響

図 9. 2019 年-2021 年はパラジウムとロジウムの価格上昇がバスケット価格 (3E) を釣り上げ、廃触媒のリサイクルを後押しした

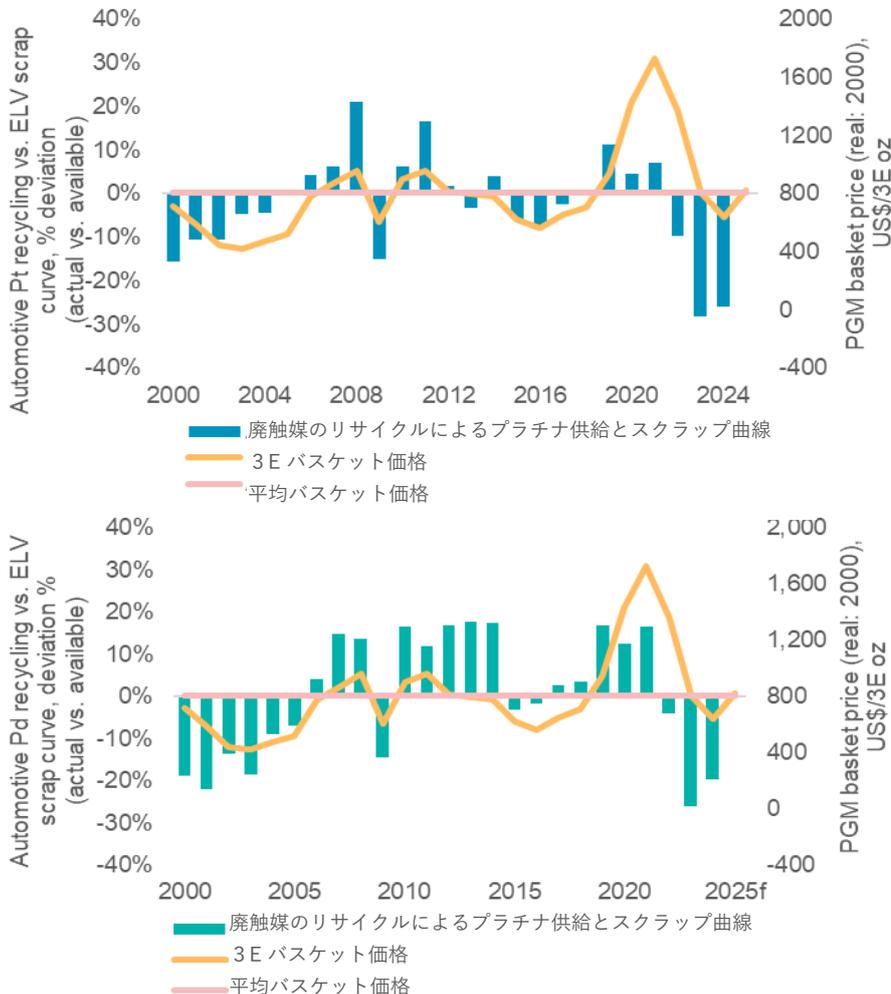


出典: OICA、ブルームバーグ、ジョンソン・マッセイ(1995年-2012年)、SFA(オックスフォード)(2013年-2018年)、メタルズフォーカス(2019年-2024年)、WPIC リサーチ

廃触媒のリサイクル量はメタル価格に反応、PGM 価格が高い期間はスクラップ曲線を上回る

廃触媒のリサイクルによるプラチナとパラジウムの実際の供給と、スクラップ曲線に基づく理論的な予測を比べると、バスケット価格が過去の平均より低い時にはリサイクルの PGM 供給はスクラップ曲線の理論的予測を下回っており、リサイクル供給がメタル価格に左右されていることがわかる (図 10)。

図 10. 廃触媒のリサイクル量とスクラップ曲線に基づく予測の乖離は PGM 価格が平均から大きく変動する時期と重なる



出典: ブルームバーグ、WPIC リサーチ

リサイクルを支える要因

車を廃車にする際に正式な手続きを義務付ける規制や、調達リスクを減らす手段は、リサイクル率をあげるための有効な仕組みだ。廃触媒のリサイクルによる PGM 供給が増えれば、自動車メーカーは南アフリカ、ジンバブエ、ロシアなど地政学的リスクの高い地域に偏っている鉱山生産 PGM への依存を減らすことができる。また、リサイクルによる PGM は、鉱山生産よりも炭素排出量が少ない安全な環境からの供給とも言える。

PGM のリサイクル供給を増やすためにこのような外的要因がある一方で、供給量を左右する最大の要因は PGM 価格だ。なぜそう言えるのか、その理由を理解するには、廃触媒からの PGM リサイクルにおけるバリューチェーン全体を知る必要がある。

廃触媒リサイクルのバリューチェーン

リサイクルのバリューチェーンは以下のようなステップを経る。

1. 車両の廃車: 寿命を迎えた車はスクラップヤードに送られ、解体業者によって触媒装置を含むその他様々な部品に分解される。
2. 回収と仕分け: 回収業者がスクラップヤードから触媒装置を回収し、PGM がコーティングされたハニカムを金属製かセラミック製かで分類し、さらに触媒の PGM 量を分析して解体業者にとっての価値を査定する。
3. 外装の除去: 触媒装置の外側の排気管を取り除き、PGM を含むハニカム基材を取り出す。
4. 粉碎とサンプリング: 均一な原料にするためにハニカム基材を粉碎し、サンプルをとって PGM 含有量を測定して回収業者にとっての価値を査定する。
5. メタルの回収(製錬) :
 - a. 高温(乾式)冶金法: 粉碎した触媒原料を通常は 1 2 0 0 度以上の溶鉱炉で溶解し、金属成分と非金属成分に分離する。
 - b. 湿式冶金法: 溶解と組み合わせて行われることが多く、化学薬品液で PGM を濃縮して抽出する。より多くの PGM を回収できる。
6. 精錬: 化学的な処理によって最終不純物を除去し、PGM をスポンジ、塩化合物など最終製品に変換する。精錬工程には溶媒抽出、蒸発、沈殿、濾過などがある。リサイクルされた精錬 PGM は鉱山で生産された PGM と物理的・化学的に同質で、エンドユーザーはどちらも同じように利用できる。

**リサイクルの上流の業界は細分化、
製錬・精錬業界は大手数社が独占**

リサイクルのバリューチェーンにおける「取引」

廃車となった車をリサイクルして PGM を取り出す過程は以上だが、廃触媒のリサイクルからなる PGM 供給がなぜメタル価格によって増減するかを理解するには、リサイクルのバリューチェーンにおける取引の流れを詳しく見る必要がある。そのためには、リサイクルの最終地点、つまり廃触媒から取り出される PGM の価値が精錬業者にとってどう決まるかという点から始めるのが一番わかりやすい。

精錬業者の観点

スクラップ曲線を見ると、車は平均で 1 2 年から 1 6 年の使用期間後に廃車となる。下に述べる条件を使うと、車が使用されていた期間の排ガス規制から、触媒装置に使われていた PGM の量は平均 2 グラムから 6 グラムで、触媒装置に含まれる PGM の価値は中国では 8 5 ドル、北米では 2 5 0 ドルとなる(図 1 1)。地域によって差があるのは、排ガス規制の違いから触媒装置に使われる PGM の量が異なることによる。ここでは触媒に使われる PGM の種類は考慮しないことにするが、この価格の算出には以下の条件を使った。

- 2 0 2 4 年の PGM の平均価格
- 2 0 1 0 年製の車(つまり 1 4 年落ちの車)

図 11. 地域ごとの排ガス規制と消費者に好まれる車の種類が触媒装置の PGM 使用量を左右し、それによって廃触媒の価値が決まる

	North America	Europe	China
平均 PGM 使用量 (2010 年モデル) 一台あたりのグラム数	5.8	5.4	2.2
Platinum	1.3	2.7	0.2
Palladium	4.0	2.3	1.9
Rhodium	0.6	0.4	0.1
メタルの価値 (2024 年の価格) 一基当たりのドル価	250	211	84
Platinum (US\$957/oz)	39	84	5
Palladium (US\$982/oz)	126	73	61
Rhodium (US\$4,640/oz)	85	54	18

出典: ブルームバーグ、WPIC による推定

リサイクルの採算性は地域によって大きな差がある

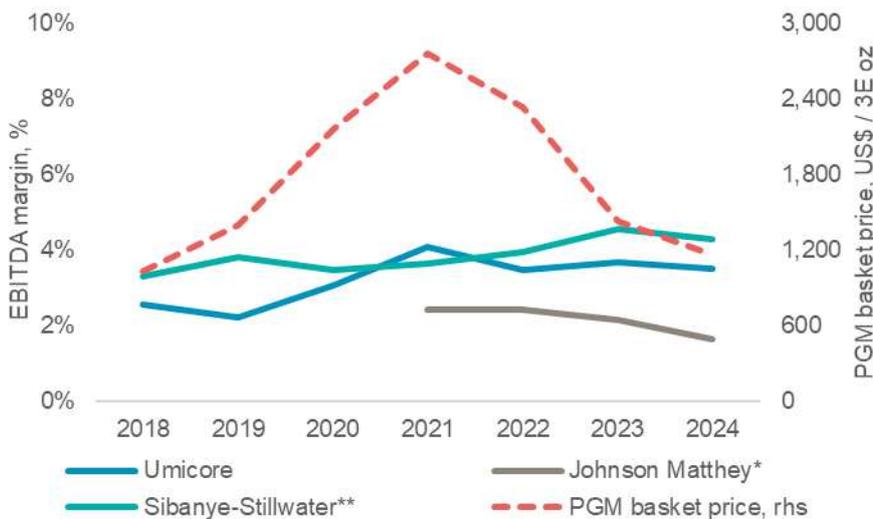
単純に言えば、廃触媒に含まれるメタルの価値とは、精錬業者が回収業者から仕入れた触媒原料を処理しそれを売却して得られる収入であり、触媒に含まれるメタルの価値から逆算すると、おおよその目安として次の二点を推測することができる。

- PGM 製錬・精錬業者が回収業者から触媒原料を買い取る時に支払う価格
- 回収業者が解体業者から触媒を買い取る時の損益分岐点価格。回収業者の中には、PGM 含有量などを含む廃触媒の情報をデータベース化して、リアルタイムで価格を提示するスマホアプリを持っている業者もいる。

製錬・精錬業者が回収業者に提示する価格:

PGM をリサイクルする精錬業者は、触媒原料の仕入れ価格と、精錬後に PGM を販売して得られる価格(普通は市場価格)の差を利益として得る。このビジネスのマージンは大きくなく、比較的予測できる、また抑えることも可能な製錬と精錬にかかるコストを賄うために使われる。精錬業者は PGM 価格の変動リスクを抑え、安定した収益を確保できるようヘッジ取引を行う(図 12)。

図 12. リサイクル PGM の製錬・製錬業者は、PGM 価格の変動にかかわらず概ね安定した収益がある



出典: 各社データ、ブルームバーグ、WPIC リサーチ * ジョンソン・マッセイは利払い・税引き前損益 ** シバニエ・スティルウォーターの触媒リサイクルは製錬のみ

精錬された PGM は時価で販売されること、精錬業者は安定した収益を得ているという二点から、精錬業者が触媒原料を仕入れた回収業者に支払う価格は、廃触媒に含まれる PGM の価値の 90% から 95% であると推測できる。

PGM 製錬・製錬業者（ジョンソン・マッセイや ユミコアなど）にとっては、廃触媒の買い取りは原材料費(コスト)、回収業者にとっては同じ廃触媒を売り上げとして計上する（図 13）。

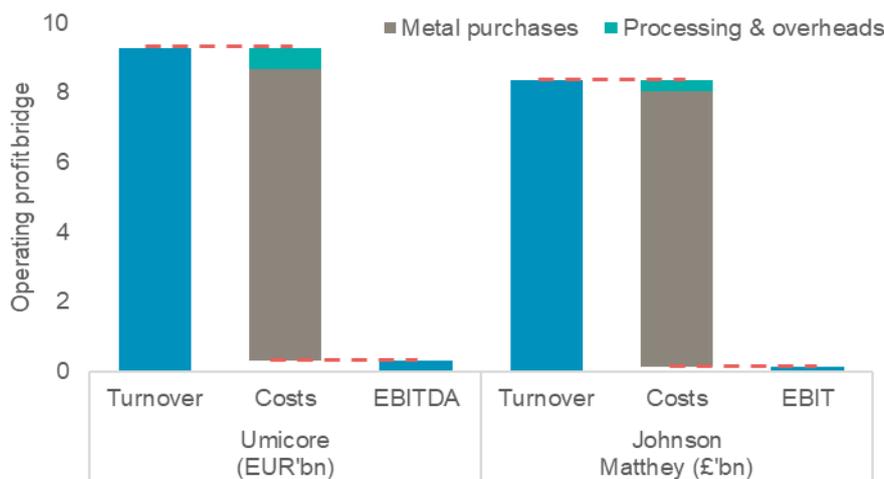
図13. 回収業者は(外装を除去し粉碎した)触媒原料を、それに含まれる PGM の価値の約 9 割で売る

	North America	Europe	China
メタルの価値 (2024 年の価格) 一基当たりのドル価	250	211	84
プロセス中のロス 精錬所の提示価格	2.0%	2.0%	2.0%
回収業者の収益 一基当たりのドル価	227	191	76

出典: WPIC による推定

PGM のリサイクルはメタル価格に左右されないという誤解が生まれるのは、バリューチェーンのこの時点を見ているからだと思われる。スクラップの回収作業を行う業界は細分化されていて財務データがほとんど公表されていない一方で、リサイクル PGM の製錬・精錬はジョンソン・マッセイやユミコア、BASF といった大手がシェアの大部分を占め、彼らはメタル価格が変動する中でも、比較的安定した収益を含む財務データを公表している（図 12）。精錬業者の収益が安定しているのは、原材料コストの約 9 割 が市場価格に連動した触媒原料（図 14）であり、将来これを販売する時の販売価格はすでにヘッジ済みだからだ。

図 14. PGM を含むリサイクルされた触媒原料の購入は、製錬・精錬業者のコストベースの中の最大項目



出典: 各社データ、WPIC リサーチ

回収業者の損益分岐点価格:

一方、PGM 精錬業者と違い、スクラップ回収業者の廃触媒処理コストや管理コストは彼らにかかる全体のコストの中で決して小さい割合ではない。回収業者が廃触媒を回収し、触媒を取り外し、粉碎して査定し、精錬業者に売るまでにかかるコストは、地域によって差はあるが、だいたい 90 ドルから 200 ドルと考えられる（図 15）。

こういった前処理コストは概ね固定コストであり、さらに、解体業者から廃触媒を買い取るコスト(変動)とは別に発生するコストだ。

PGM 精錬業者はヘッジ取引によって価格変動があっても安定した収益を上げる

PGM 精錬業者に触媒原料を販売するまでに、廃触媒の回収・取り外し・粉碎・査定には 1 基 90 ドル～200 ドルかかる

図 15. 回収業者が PGM 精錬業者に廃触媒を売るまでに行う前処理の固定コストは大きい

2023 年～2024 年の PGM 価格低迷期、廃触媒に含まれる PGM の価値はリサイクルコストを下回った

		North America	Europe	China
回収業者のコスト		193 + ?	167 + ?	89 + ?
Processing costs	US\$ / catalyst	193	167	89
<i>Logistics/handling</i>		100	80	50
<i>Sampling</i>		30	30	20
<i>De-canning/shredding</i>		10	10	5
<i>Storage</i>		5	5	2
<i>Overheads</i>		15	15	5
<i>Financing/hedging</i>		33	27	7
Autocatalyst purchase price	US\$ / catalyst	?	?	?

出典: WPIC による推定

回収業者が解体業者から廃触媒を買い取る価格はわからないため、簡略化のために損益分岐点価格とする。この価格は、回収業者が PGM 精錬業者に触媒原料を売却する時に得られる収入を超えない範囲で、解体業者から廃触媒を買い取る時に提示できる最大価格を意味する。

我々の分析を図 16 にまとめたが、これを見ると、2024 年の北米や欧州の回収業者の損益分岐点価格は触媒 1 基に対してほぼ 30 ドルとなる。中国の場合はマイナスとなるが、これはこれまでの中国車の触媒装置に使われた PGM 量が少なかったためと考えられる。現実には回収業者は利益を出さなければならないため、損益分岐点価格より低い価格で廃触媒を買い取っていると思われるが、そうすると買い取った廃触媒を、さらに費用をかけて処理する経済的理由はますます減ることになる。

図 16. 損益分岐点価格が低い、あるいはマイナスになれば、廃触媒のリサイクルからの PGM 供給のバリューチェーン上流の業者にとっては経済的負担が増える

		North America	Europe	China
Avg. loadings (2010 model-year)	g / vehicle	5.8	5.4	2.2
<i>Platinum</i>		1.3	2.7	0.2
<i>Palladium</i>		4.0	2.3	1.9
<i>Rhodium</i>		0.6	0.4	0.1
Contained metal value (2024 prices)	US\$ / catalyst	250	211	84
<i>Platinum (US\$957/oz)</i>		39	84	5
<i>Palladium (US\$982/oz)</i>		126	73	61
<i>Rhodium (US\$4,640/oz)</i>		85	54	18
Processing losses	%	2.0%	2.0%	2.0%
Refiner offer	%	92.5%	92.5%	92.5%
Aggregator revenue receipt	US\$ / catalyst	227	191	76
Aggregator processing costs	US\$ / catalyst	(193)	(167)	(89)
<i>Logistics</i>		100	80	50
<i>Sampling</i>		30	30	20
<i>De-canning/shredding</i>		10	10	5
<i>Storage</i>		5	5	2
<i>Overheads</i>		15	15	5
<i>Financing/hedging</i>		33	27	7
Implied breakeven	US\$ / catalyst	34	24	-13

出典: WPIC による推定

上の図に、例えば直近で価格上昇局面がピークになった 2021 年の PGM の平均価格を使うと、回収業者が解体業者に提示できる損益分岐点価格は 2024 年の 10 倍近くになる (図 17)。

搭載されている触媒装置の PGM 使用量が多い地域ほどリサイクルの採算性が高い

図 17. 回収業者が解体業者に払う、理論的損益分岐点価格は PGM 価格に大きく左右される

		North America	Europe	China
Avg. loadings (2010 model-year)	g / vehicle	5.8	5.4	2.2
Platinum		1.3	2.7	0.2
Palladium		4.0	2.3	1.9
Rhodium		0.6	0.4	0.1
Contained metal value (2021 prices)	US\$ / catalyst	719	509	231
Platinum	(US\$1,089/oz)	45	95	6
Palladium	(US\$2,392)	307	178	148
Rhodium	(US\$20,080/oz)	367	235	77
Processing losses	%	2%	2%	2%
Refiner offer	%	92.5%	92.5%	92.5%
Aggregator revenue receipt	US\$ / catalyst	652	461	210
Aggregator processing costs	US\$ / catalyst	(250)	(204)	(94)
Logistics		100	80	50
Sampling		30	30	20
De-canning/shredding		10	10	5
Storage		5	5	2
Overheads		15	15	5
Financing/hedging		90	64	12
Implied breakeven	US\$ / catalyst	402	257	116

出典: WPIC による推定

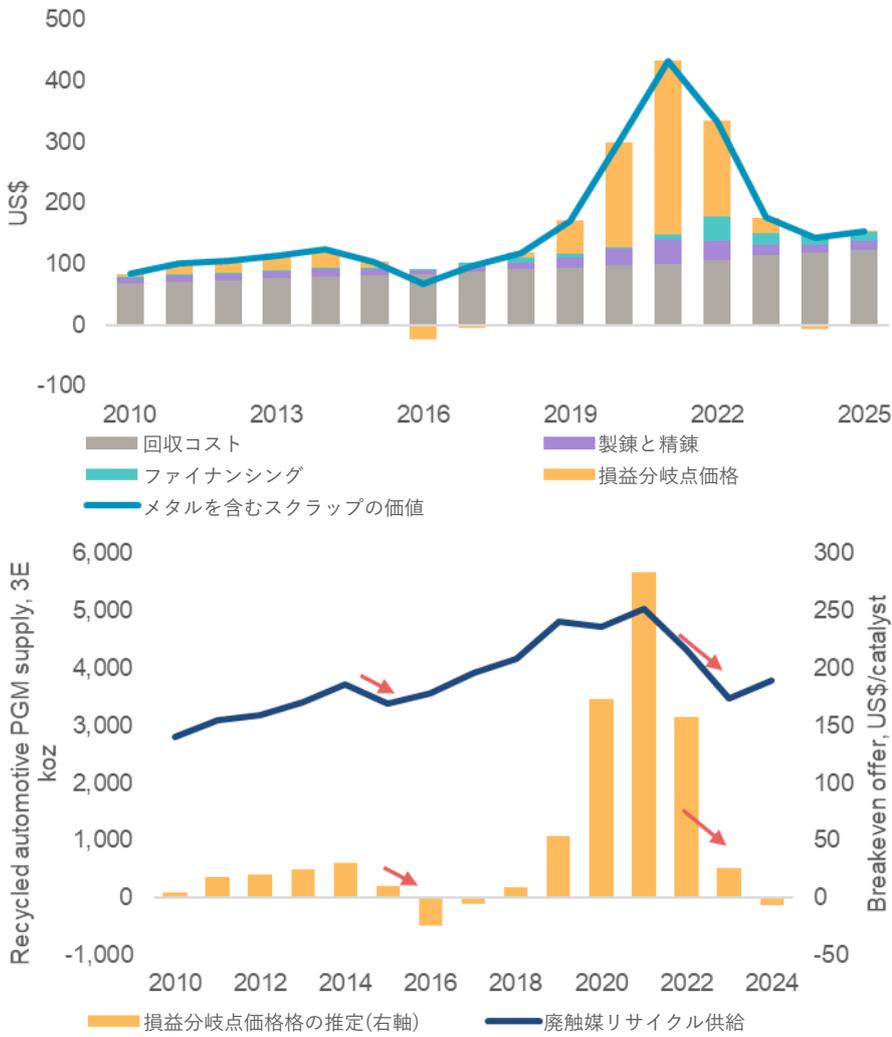
PGM 価格が 2020 年、2022 年の水準まで戻ることを期待する解体業者が廃触媒を溜め込んでいる可能性、供給に影響

供給は価格に敏感

2021年から2024年にかけて、回収業者が解体業者に提示できる価格が大きく下がったことを考えると、我々が当時受け取っていた、「解体業者が今後の価格上昇を見込んで廃触媒を売らずに溜め込んでいる」という報告の背景が説明できるのではないだろうか。実際のところ、解体業者は、触媒装置の他に廃車を解体して鋼材、内装の布地、使用済みエンジンオイルなどあらゆる部品や素材をリサイクルして複数の収入源を得ているため、触媒装置を手元に置いておくことができるのだ。

我々の推定では、廃車リサイクルにおける損益分岐点価格は2010年以降だと、2010年代半ばと2023年終わりから2024年にかけてはマイナスになる時期がある(図 18-1)。廃触媒のリサイクルによる 3E PGM 供給と損益分岐点価格を重ねると(図 18-2)、供給は価格に反応しており、リサイクルによる PGM 供給は、損益分岐点価格が上がると増え、損益分岐点価格が下がると減ると言える。

図18. PGM を含む廃触媒原料の購入は精錬業者のコストベースの中の最大部分



解体業者の損益分岐点価格が下がり、
廃触媒のリサイクルによる PGM 供給
は減少

出典: ブルームバーグ、WPIC による推定

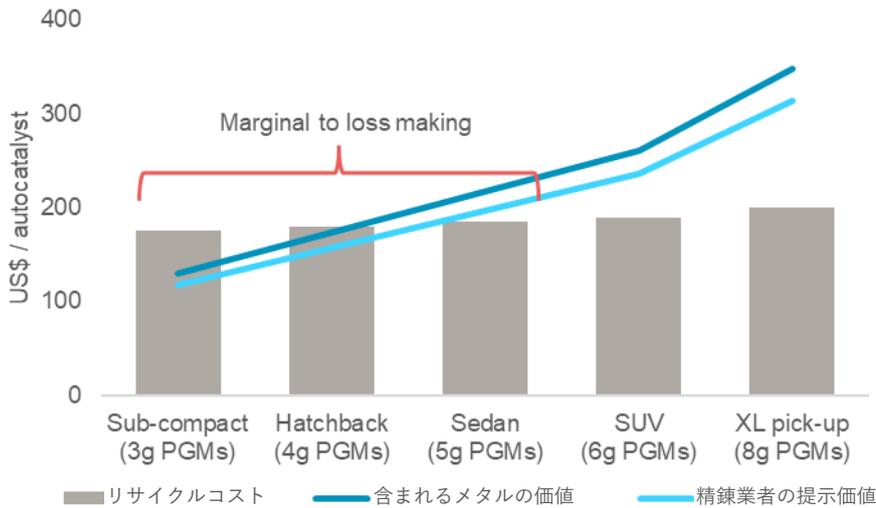
リサイクルのバリューチェーンにおける採算性の計算には、触媒装置の PGM 量の平均を使ったが、そうすると、車の種類やドライブトレインの違いによるリサイクルの採算性には配慮できないことになる。2022年から2024年にかけてリサイクルの PGM 供給が落ち込んだ背景には、そのような採算性の違いも影響している可能性がある。

車の種類による違い:

排ガス規制以外に、触媒装置の PGM 量を決める最大の要因はエンジンの大きさで、車の種類によって PGM 量は大きく変わる。例えばセグメント B の車 (ハッチバックなど) のエンジンは 1.0 リットルほどだが、セグメント J (SUV など) の車は 2.5 リットルのこともある。車によって PGM の使用量が違うということは、ある触媒装置は別の触媒装置よりも価値があることになる (図 19)。しかし、PGM を 3 グラム含む触媒装置をリサイクルすると、PGM を 7.0 グラム含むもののリサイクルのコストは、ほとんどの場合同じだ。シリコンカーバイド系の触媒は処理が難しいためコストが高くなるが、それは PGM 使用量の大小によるものではない。

大型車の場合、大型の触媒装置ではなく、触媒装置を前後に一つずつ搭載しているケースもあり、このような場合は処理すべき触媒のコストが上がるため、リサイクルの採算性が下がることになる。

図 19. 小型車の触媒装置は PGM 使用量が少ないため採算性が低く、解体業者が溜め込む可能性が高くなる



出典: WPIC による推定 *PGM 使用量とコストの計算は北米の例に基づく **触媒に含まれるメタルの価値と精錬業者の買い取り提示価格は 2024 年の PGM 価格の平均を使った

触媒装置をリサイクルして採算が合うかどうかは、エンジンの大きさとドライブトレインによる

現在の PGM 価格水準では、小型車の触媒装置は採算性が低いため、解体業者に買い取りオファーがほとんどなく(図 19)、これが廃触媒リサイクルによる PGM 供給の減少と価値の低い廃触媒を溜め込む背景にある。

PGM の量を定めるのはドライブトレイン:

排ガス規制の基準値を守るために触媒装置にどの PGM を使うかは、車がガソリン車かディーゼル車かによる。一般的にディーゼル車には主にプラチナを、ガソリン車には主にパラジウムが使われる。(近年はパラジウムの代替として同量のプラチナを使う傾向はある。)触媒に数種類の PGM が使われている場合は、その割合によって廃触媒の価値が変わる。例えば今の時価だと、同じ 5.0 グラムの PGM を含む触媒でも、プラチナ 90%・ロジウム 10%のディーゼル車の廃触媒は、パラジウム 90%・ロジウム 10%のガソリン車の廃触媒よりも約 13% (33 ドル) 高くなる。このような違いが、特定の廃触媒をリサイクルして採算が取れるかどうかの差となり、リサイクルしても採算が取れない触媒はスクラップヤードで保管されたままになる。

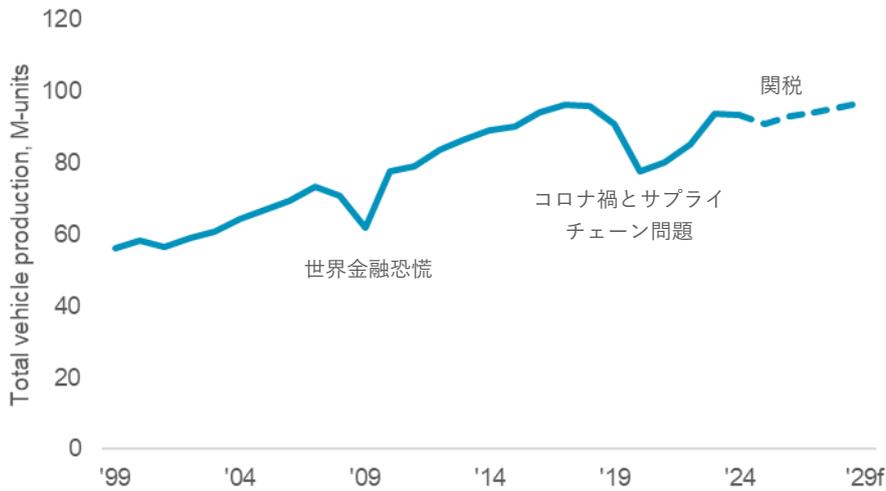
廃触媒のリサイクルによる PGM 供給

ここまで、廃触媒のリサイクルによる PGM 供給を支える二つの要因について解説してきた。一つ目は廃触媒がどれだけ手に入り、それが新車市場、中古車市場の両方に影響されているという点と、二つ目は廃触媒のリサイクルにどれだけ採算性があるかという点だ。

廃触媒の流通

我々は中期的には廃触媒の流通量は増えると予測している。コロナ禍と収束後のサプライチェーンの混乱によるリサイクルの低迷は、新車販売の回復とともに正常化しつつある。自動車に対する米国の関税政策や保護主義的な貿易政策は、新車価格を押し上げて需要を抑える可能性はあるが、その影響は年間およそ 100 万台から 300 万台に限られるだろう。ちなみに 2020 年と 2021 年の自動車生産台数は 1000 万台から 2000 万台も減少した(図 20)。

図 20. 世界の自動車生産は関税の影響を受けるだろうが、世界金融恐慌とコロナ禍が与えた打撃よりは少ない



出典: OICA、WPIC リサーチ

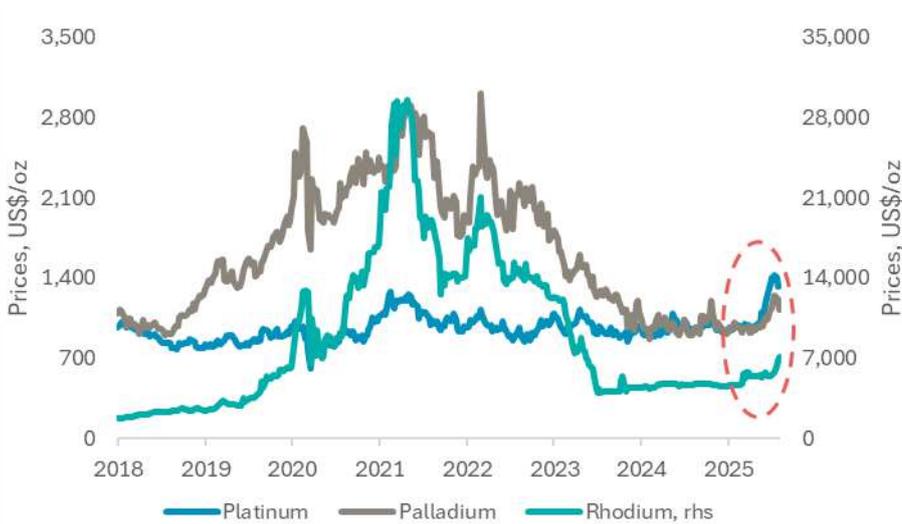
コロナ禍後の新車生産は平常化し、
廃車の流通を促進

PGM 価格、底値圏を抜ける

プラチナ価格は今年初めから 4.3% 上昇しており、廃触媒リサイクルの収益性は向上するはずだ。しかし、平均的な普通乗用車の触媒装置にはプラチナの約 3 倍のパラジウムが使われており、リサイクルの採算性を左右するのは、パラジウム価格（年初から+38%）の方が重要だ。2011年モデル、14年落ちの平均的な普通乗用車の触媒装置に使われているメタルの価値は、昨年よりも 3.5% 上がっている。2024年は回収業者が解体業者から廃触媒を買い取る時の損益分岐点価格が1基につきマイナス6ドルだったが、メタル価格が上がったおかげで今年6月30日のスポット価格だと19ドルになる。

2025年のPGM価格の上昇で廃触媒
のリサイクル採算性は改善

図 21. 今年の PGM 価格の上昇はリサイクル業者の収益を押し上げるはず



出典: ブルームバーグ、WPIC リサーチ

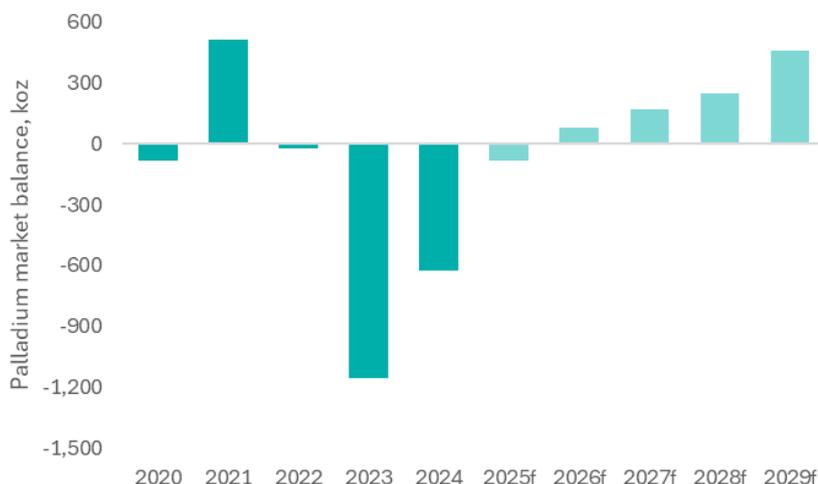
リサイクル供給の展望

前述したように、1995年以降の廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は、スクラップ曲線から推定される理論的な供給量の平均 98% を維持してきた(図 7)。スクラップ曲線に基づく予測は長期間でも有効だが、廃触媒のリサイクルによる 2022年から2024年の実際の PGM 供給は、スクラップ曲線に基づく理論的予測値を平均 18% 下回り、その偏差は小さいとは言えない。

我々は、廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は、今後廃触媒の流通量が増えてリサイクル産業の収益性も上がることで、スクラップ曲線の理論値予測に近づくと考えている。しかし、パラジウム市場が2026年以降は供給過剰になる予測のため、以前ほど実際と理論値が近づくことはないだろう(図22)。パラジウム市場の供給過剰が続けばパラジウム価格は下がり、我々が言うように価格に反応した廃触媒のリサイクル量(プラチナ、パラジウム、ロジウム)はそれほど伸びないだろう。

パラジウム市場が供給超過に転じて価格を押し下げれば、廃触媒のリサイクルが減りプラチナのリサイクル供給にも影響する可能性

図22. パラジウム市場は2026年以降、自動車需要の低迷と廃触媒のリサイクルが増えるおかげで供給過剰になる予測



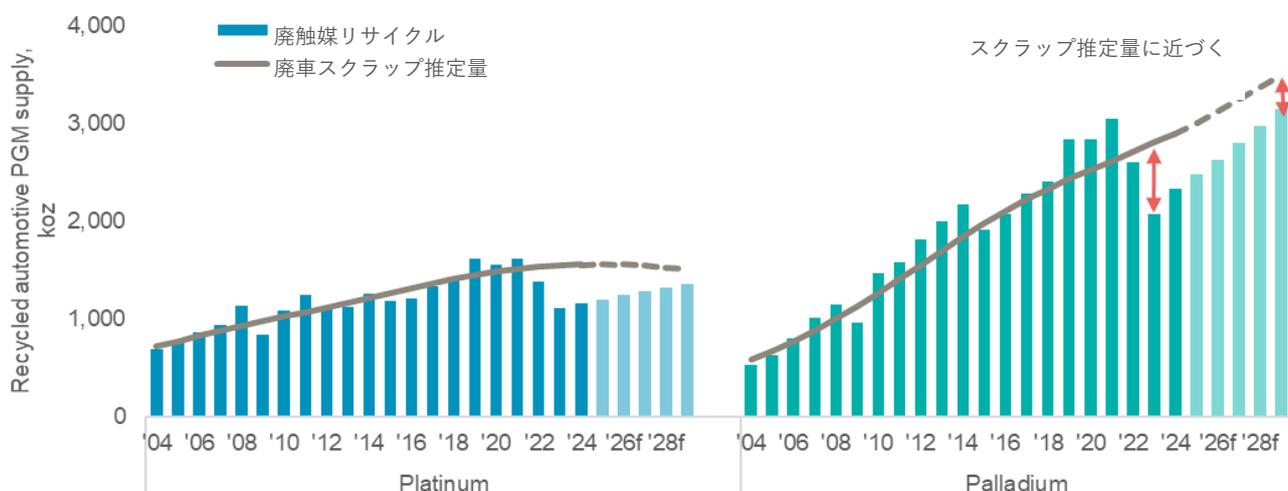
出典:メタルズフォーカス(2020年-2024年)、WPICリサーチ

我々の推測では廃触媒のリサイクルによる PGM 供給は、2029年までにスクラップ曲線の理論値の9割までにしか戻らないと思われる(図23)。廃触媒のリサイクル量の増加を支える要因と、それを抑える要因とが互いに打ち消し合う動きになる一方で、パラジウム市場が供給過剰になるのを、2029年の需要の5%程度にとどめる効果があるかもしれない。

我々の具体的な予測は

1. プラチナとパラジウムのリサイクル供給は2024年から2029年の間年平均3.3%と6.2%それぞれ増える。
2. 2029年の廃触媒のリサイクルによる供給予測を、プラチナは2.1トン(5%)、パラジウムは7.0トン(7%)それぞれ下方修正する。

図23. 2030年までにリサイクルのプラチナ供給はスクラップ曲線に基づく理論的予測の9割近くまで回復するだろう

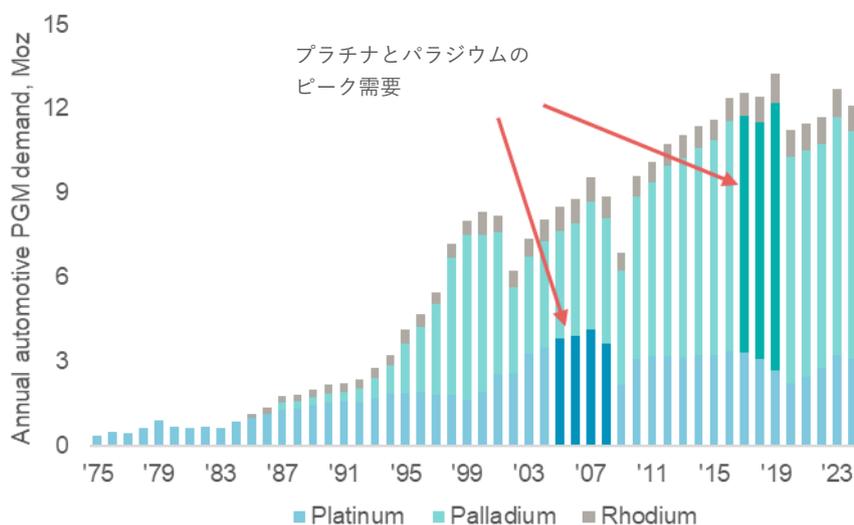


出典: ジョンソン・マッセイ(2004年-2012年)、SFA(オックスフォード)(2013年-2018年)、メタルズフォーカス(2019年-2025年予測)、それ以降はWPICリサーチ

廃触媒のリサイクルによる PGM 供給予測の中で、プラチナとパラジウムのスクラップ曲線の乖離にも注目する必要がある。プラチナのスクラップ曲線は 2026 年以降減り始めるが、パラジウムのそれは予測期間中上昇が続く。ある意味でこの違いは、これまでの需要、2007 年に 127.5 トンでピークを迎えた自動車のプラチナ需要を反映している (図 24)。パラジウム需要は 2010 年代も伸び続け、ピークは 2019 年だった。

WPIC は廃触媒のリサイクルによるプラチナ供給は 2019 年がピークだったと推定。

図24. 自動車のプラチナ需要は世界金融恐慌以前にピークを迎え、これまでにそのほとんどがリサイクルされたと言える

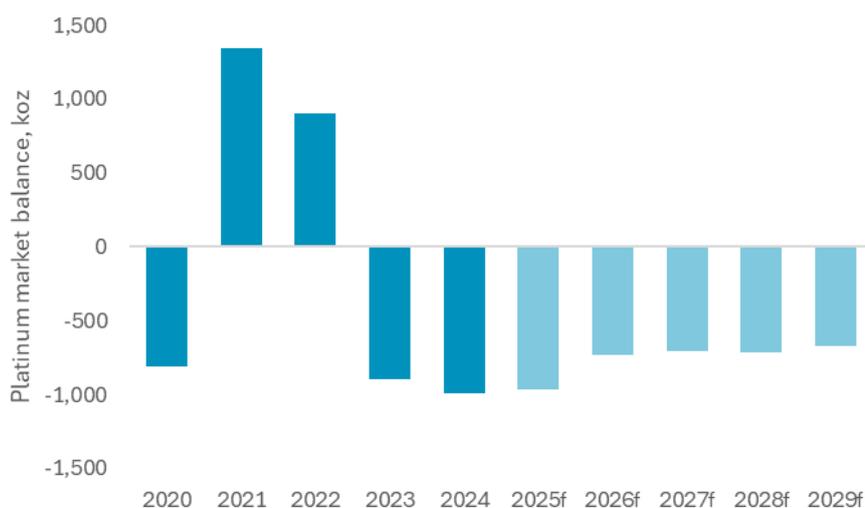


出典: ジョンソン・マッセイ(1975年-2012年)、SFA(オックスフォード)(2013年-2018年)、メタルズフォーカス(2019年-2025年予測)、WPIC リサーチ

自動車のプラチナ需要のピークは 2007 年だったが、その当時の車のほとんどはすでにリサイクル処理されているはずであるから、廃触媒のリサイクルによるプラチナ供給は 2021 年がピークだったはずだ。2029 年までにリサイクル量は幾分回復するだろうが、右肩下がりのスクラップ曲線が示すように、プラチナの供給リスクは否めなく、少なくとも 2029 年までプラチナ市場は継続的に供給不足になるという我々の予測をさらに裏付けているといえよう (図 25)。

プラチナ市場は、供給が増える可能性が限られることから、少なくとも 2029 年まで供給不足の予測

図25. プラチナ市場は 2029 年まで供給不足が続く予測



出典:メタルズフォーカス(2020年-2025年予測)、WPIC リサーチ

プラチナ投資拡大を目指す WPIC

ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシル (WPIC)は、具体的な見識の提供と目標を定めたプラチナ投資を促進することを目的として、2014 年に南アフリカの大手 PGM 鉱山会社各社によって設立された。我々は投資家に正確な判断材料となる情報として『[プラチナ四半期レポート](#)』、月刊『[プラチナ展望](#)』、及び『[プラチナ投資のエッセンス](#)』を提供している。また投資家、生産者、経路、地理など全ての面からプラチナ投資のバリューチェーンを分析し、市場の効率を上げ、あらゆるタイプの投資家のために、投資に見合った商品を提供できるようパートナー各社とともに努力を重ねている。

WPIC は投資アドバイスを提供する法的資格はない。詳細は[免責事項](#)を参照

免責事項: 当出版物は一般的なもので、唯一の目的は知識を提供することである。当出版物の発行者、ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシルは、世界の主要なプラチナ生産会社によってプラチナ投資需要発展のために設立されたものである。その使命は、それによって行動を起こすことができるような見識と投資家向けの商品開発を通じて現物プラチナに対する投資需要を喚起すること、プラチナ投資家の判断材料となりうる信頼性の高い情報を提供すること、そして金融機関と市場参加者らと協力して投資家が必要とする商品や情報ルートを提供することである。

当出版物は有価証券の売買を提案または勧誘するものではなく、またそのような提案または勧誘とみなされるべきものでもない。当出版物によって、出版者はそれが明示されているか示唆されているかにかかわらず、有価証券あるいは商品取引の注文を発注、手配、助言、仲介、奨励する意図はない。当出版物は税務、法務、投資に関する助言を提案する意図はなく、当出版物のいかなる部分も投資商品及び有価証券の購入及び売却、投資戦略あるいは取引を推薦するものとみなされるべきでない。発行者はブローカー・ディーラーでも、また 2000 年金融サービス市場法、Senior Managers and Certifications Regime 及び金融行動監視機構を含むアメリカ合衆国及びイギリス連邦の法律に登録された投資アドバイザーでもなく、及びそのようなものと称していることもない。

当出版物は特定の投資家を対象とした、あるいは特定の投資家のための専有的な投資アドバイスではなく、またそのようなものとみなされるべきではない。どのような投資も専門の投資アドバイザーに助言を求めた上でなされるべきである。いかなる投資、投資戦略、あるいは関連した取引もそれが適切であるかどうかの判断は個人の投資目的、経済的環境、及びリスク許容度に基づいて個々人の責任でなされるべきである。具体的なビジネス、法務、税務上の状況に関してはビジネス、法務、税務及び会計アドバイザーに助言を求めるべきである。

当出版物は信頼できる情報に基づいているが、出版者が情報の正確性及び完全性を保証するものではない。当出版物は業界の継続的な成長予測に関する供述を含む、将来の予測に言及している。出版者は当出版物に含まれる、過去の情報以外の全ての予測は、実際の結果に影響を与えるリスクと不確定要素を伴うことを認識しているが、出版者は、当出版物の情報に起因して生じるいかなる損失あるいは損害に関して、一切の責任を負わないものとする。ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシルのロゴ、商標、及びトレードマークは全てワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシルに帰属する。当出版物に掲載されているその他の商標はそれぞれの商標登録者に帰属する。発行者は明記されていない限り商標登録者とは一切提携、連結、関連しておらず、また明記されていない限り商標登録者から支援や承認を受けていることはなく、また商標登録者によって設立されたものではない発行者によって非当事者商標に対するいかなる権利の請求も行われぬ。

WPIC のリサーチと第 2 次金融商品市場指令 (MiFID II)

ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシル(以下 WPIC) は第 2 次金融商品市場指令に対応するために出版物と提供するサービスに関して内部及び外部による再調査を行った。その結果として、我々のリサーチサービスの利用者とそのコンプライアンス部及び法務部に対して以下の報告を行う。

WPIC のリサーチは明確に Minor Non-Monetary Benefit Category に分類され、全ての資産運用マネジャーに、引き続き無料で提供することができる。また WPIC リサーチは全ての投資組織で共有することができる。

1. WPIC はいかなる金融商品取引も行わない。WPIC はマーケットメイク取引、セールストレード、トレーディング、有価証券に関わるディーリングを一切行わない。(勧誘することもない。)
2. WPIC 出版物の内容は様々な手段を通じてあらゆる個人・団体に広く配布される。したがって第 2 次金融商品市場指令 (欧州証券市場監督機構・金融行動監視機構・金融市場庁) において、Minor Non-Monetary Benefit Category に分類される。WPIC のリサーチは WPIC のウェブサイトより無料で取得することができる。WPIC のリサーチを掲載する環境へのアクセスにはいかなる承認取得も必要ない。
3. WPIC は、我々のリサーチサービスの利用者からいかなる金銭的報酬も受けることはなく、要求することもない。WPIC は機関投資家に対して、我々の無償のコンテンツを使うことに対していかなる金銭的報酬をも要求しないことを明確にしている。

さらに詳細な情報は WPIC のウェブサイトを参照。

<http://www.platinuminvestment.com/investment-research/mifid-ii>

当和訳は英語原文を翻訳したもので、和訳はあくまでも便宜的なものとして提供されている。英語原文と和訳に矛盾がある場合、英語原文が優先する。