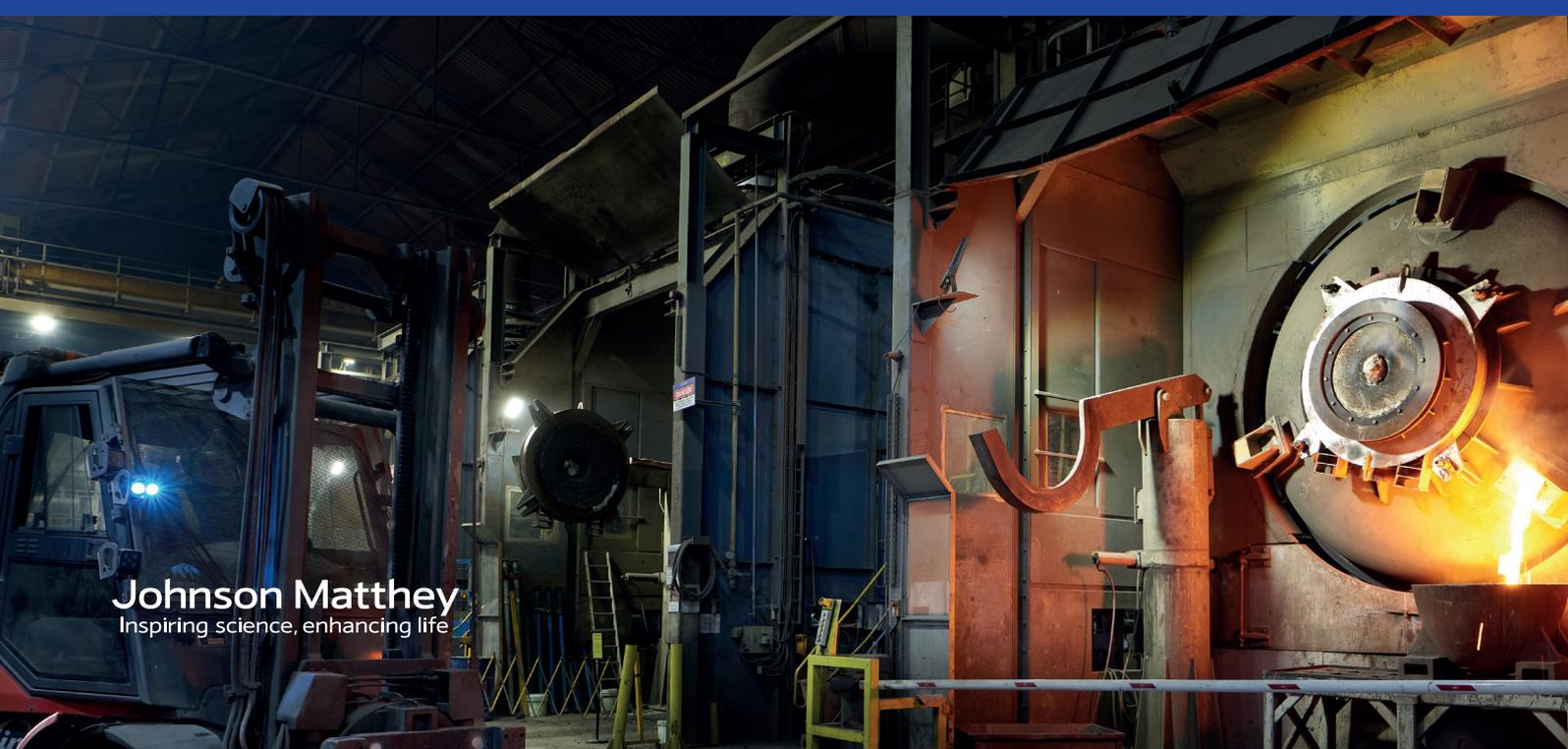




JM

PGMのガイド

白金族金属の基礎を理解する



Johnson Matthey
Inspiring science, enhancing life

白金族金属(PGM)はJMの基幹物質です。PGMを200年以上にわたって扱ってきた当社は、その化学的性質と触媒反応に関する独自の専門知識を有しています。

当社はこの知識を使って専門的な製品を生み出し、世界最大のPGM二次資源リサイクル業者(量ベース)として、この貴重な金属を回収し、再利用できるようにする重要な役割を担っています。PGMを調達・管理する専門家のグローバルチームと、独自の情報に基づくPGM市場洞察力とともに、当社は、これらの重要な原材料の信頼性が高く、持続可能で、循環的な供給へのアクセスを確保しています。

このガイドでは、JMの広範な知識をもとに、PGMの概要、すなわちPGMがどこから来て、どのように使用され、なぜ重要なかを説明します。PGMとは、プラチナ、パラジウム、ロジウム、ルテニウム、イリジウムを指します。オスミウムも白金族金属ですが、その用途は非常にニッチであるため、ここでは取り上げません。

免責事項

含まれる情報および資料は、情報提供のみを目的として提供されるものであり、金融その他の専門的な助言、または貴金属関連取引がいかなる投資目的、財務状況にも適しているという助言ではなく、またそのように解釈すべきではありません。さらに、貴金属または貴金属関連製品の売買の申し出または勧誘を行うものではなく、またそのように解釈すべきではありません。貴金属、貴金属関連製品、有価証券または投資への決定は、ここに含まれるいかなる情報または資料にも依拠して行われるべきではなく、Johnson Mattheyはこれに関してもいかなる責任も負わないものとします。本ガイドに含まれる情報および資料は、明示的に自己の責任において使用するものとします。投資に関する決定を行う前に、適切な財務、法律、税務、会計アドバイザーから独立した専門家の助言を受ける必要があります。





PGMの供給源	4
一次供給	4
二次供給とリサイクルの重要性	5
地質学的PGM鉱床	6
PGMの使用	7
PGMの入手可能性	8
PGMのグローバルネットワーク	9
PGMの用途	12
プラチナ	13
パラジウム	14
ロジウム	15
ルテニウム	16
イリジウム	17
Johnson Mattheyの需給統計との連動	18
PGMエコシステム	19



PGMの供給源

一次供給

一次供給は鉱山から供給される金属で、バージンメタルとも呼ばれます。PGMは限られた場所で採掘され、通常複数のPGMが同時に採掘されます。

PGMの採掘はアフリカ南部に集中しており、南アフリカとジンバブエの火成鉱床を対象としています。この鉱床は、20億年前に地球のマントルからマグマが大量に侵入し、地表下で固化して形成されたものです。ほとんどのPGM採掘はそれ自体で行われますが、一部のPGMは他の金属採掘の副産物としても採掘されます。

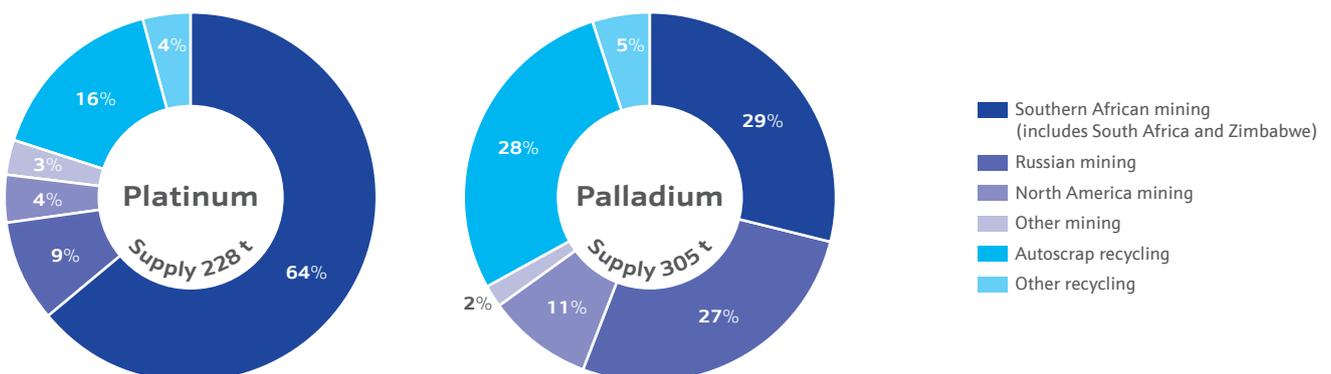
PGMの採掘と精錬のプロセスは複雑で、技術的に困難なものです。その結果、この業界では、株式上場している多国籍の大鉱業会社が数社存在しており、それらは厳しい採掘規制と労働規制を遵守しています。他の鉱業では、より「職人的」であることが懸念されるにもかかわらず、南アフリカの定評ある大手PGM採掘会社は、責任を持って金属を供給することを保証するために、高い環境・社会・ガバナンス(ESG)基準を維持しています。これは生産量とともに毎年報告されます。

プラチナはアフリカ南部のPGM採掘の主産物であり、この地域は世界の金属鉱物供給の約80%を供給しています。残りは、他の地域の卑金属またはパラジウム採掘の副産物として産出されます。

パラジウムの供給プロファイルはより多様です。毎年採掘されるパラジウムの約40%はロシアから、さらに同量がアフリカ南部から産出され、残りは主に北米から産出されます。ロシアでは卑金属採掘の副産物として産出され、アフリカ南部ではプラチナと一緒に採掘されます。北米では、パラジウムが主産物の鉱山からの産出によるものと、卑金属の採掘によるものがあります。そのため、アフリカ南部やロシアで採掘されるパラジウムの量は、一次産品(プラチナやニッケル)の生産量に大きく左右されます。

これはロジウム、ルテニウム、イリジウムについても同様で、これらはすべて、主にアフリカ南部のプラチナ採掘から副産物として採取されます。これらは、プラチナやパラジウムに比べて産出量が比較的少ないため、「マイナーメタル」と総称されます。

2023年の一次および二次(オープンループ、5ページ参照)供給源からのPGM市場供給





二次供給とリサイクルの重要性

PGMは、その独特な特性と地殻中の相対的な希少性から高い価値を有します。5種類のPGMの採掘（一次）供給量は年間約450トンですが、需要は年間約600トンであるため、リサイクル金属（「二次」供給として知られる）がこの需要を満たすために重要な役割を果たしていることは明らかです。

PGMは高価値であるため、広くリサイクルが行われています。用途にもよりますが、ほとんどのPGMは、製造工程のスクラップから使用済み材料に至るまで、製品のライフサイクル全体を通じて回収可能です。いったんリサイクルされると、二次PGMは一次PGMとまったく同じ性質を持つため、現在までに採掘されたPGMのほとんどは、まだ使用されているか、使用可能な形になっています。

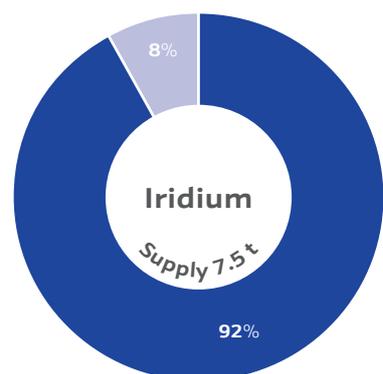
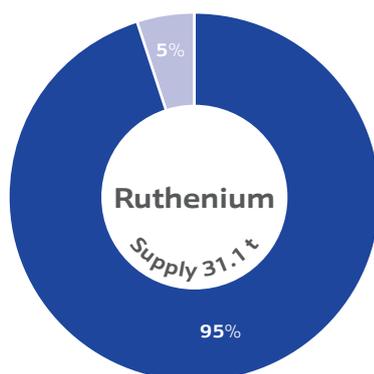
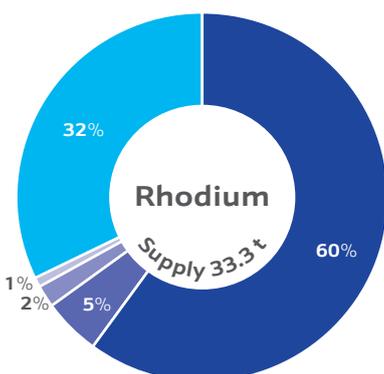
PGMは次の2つの方法でリサイクルされます。

1. オープンループリサイクルは、最初の購入者がPGMの継続的管理をしない場合に行われ、金属は回収されると再び市場に出回ります。これは、市場供給に貢献し、需要と供給のギャップを埋めるのに役立ちます。オープンループ金属の主な供給源は自動車触媒コンバーターです。これは、廃車から広く回収され、リサイクルされて、そこに含まれるプラチナ、パラジウム、ロジウムを回収します。自動車触媒、宝飾品、電子機器市場以外では、オープンループリサイクルはごくわずかです。

2. クローズドループリサイクルとは、金属の所有者が同用途内で金属を保持することです。例えば、使用済みの化学プロセス触媒から金属を回収し、それを使用して新しい触媒を製造し、使用済みのチャージと置き換えることができますこの金属はPGM精製業者によってリサイクルされ、同量が元の所有者に返還されるため、元の所有者はそのプロセスを通じて金属の価値を維持します。使用されている金属の正味量は変化していないため、この「返還」金属は市場供給としてカウントされません。しかし、金属を使用し続けることによって、クローズドループリサイクルは純需要、すなわち新しい金属の必要性を減らすため、需要をより持続可能なものにします。これはルテニウムとイリジウムにとって特に重要です。これらのPGMは毎年かなりの量がリサイクルされているが、その大部分はクローズドループで行われているため、市場では「目に見えません」。

PGMのリサイクル総量とは、オープンループリサイクルとクローズドループリサイクルの合計のことです。PGMのリサイクル率を見積もる場合、オープンループリサイクルのみを考慮するのは妥当ではありません。（ただし、クローズドループリサイクルの数値は公表されていません。15ページの「JMの需給統計との連動」を参照してください。）

PGMの総市場供給量は、以下の図に示されているように、採掘された（一次）供給量とオープンループリサイクルのみの二次供給量の合計です。





地質学的PGM鉱床¹

地球上で、PGMが採掘可能な量だけ存在する場所は限られており、それ以外の場所でPGMが大量に生産される見込みはほとんどありません。PGMの一次供給は、アフリカ南部の鉱床を筆頭に、既知の鉱床に依存し続けることとなります。幸いなことに、これらの鉱床は広範囲に広がっており、今後長期にわたって我々のニーズを満たすことができます。

PGM鉱床は鉱物「埋蔵量」または「資源量」に分類され、その報告は厳格な国際基準を満たさなければなりません。PGM鉱業で使用される定義によれば、鉱物「埋蔵量」とは、経済的採掘が可能であると確信できる十分な情報が存在する鉱体のことです。鉱業会社は通常、このカテゴリーに属する鉱石を数年分確保できるよう、探鉱および評価戦略を計画します。鉱物「資源量」とは、最終的に採掘できる合理的かつ現実的な見込みのある鉱体のことです。鉱業会社は、このカテゴリーに属する鉱石をさらに10年分確保することを目標とする場合があります。

すでに埋蔵量や資源量として評価されているもの以外にも、将来にわたって何十年もPGM採掘を維持するのに十分な、相当量の広範なPGM鉱床が存在することが知られています。主な鉱床の概要は以下のとおりです。これらはすべて、深海や隕石採掘のような非従来型のPGM供給源よりも、はるかに経済的に実行可能である可能性が高いです。

ブッシュフェルト複合岩体

世界最大のPGM鉱床は、南アフリカのブッシュフェルト複合岩体であり、主にメレンスキーリーフとUG2リーフと呼ばれるPGMに富む2つの層で形成されています。ブッシュフェルト複合体には、現在の

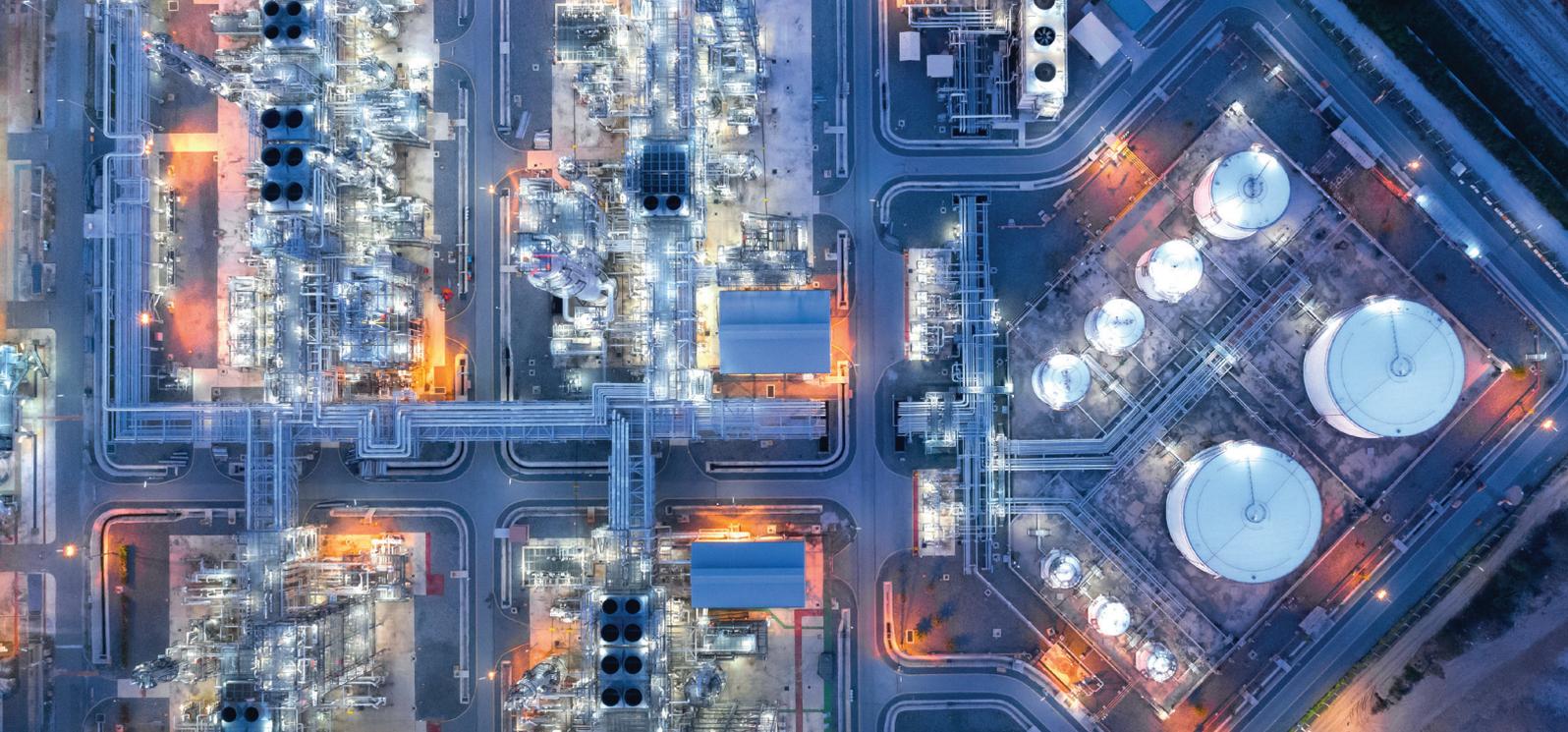
採掘技術で何十年も採掘を続けられるだけのPGM鉱床があります。地質学的証拠は、これらの鉱床がすでに報告されている埋蔵量や資源をはるかに超えて続いていることを示しています。プラチナだけをとりまいても、ブッシュフェルト複合岩体の地中1kmの深さにつき、約3億5,000万オンスのプラチナが存在しますが、現在の年間生産量は約600万オンスです。

その他の重要な鉱床

メレンスキーリーフとUG2リーフが最大であるが、他にもPGMの重要な鉱床があります。

- プラットリーフは南アフリカのブッシュフェルト複合岩体の北部の露頭で、現在露天採掘法で採掘されています。プラットリーフの傾斜は少なくとも深さ2kmまで続いているため、この鉱脈に適した地下採掘法が開発されれば、将来的に大量のPGMが採掘される可能性があります。
- グレートダイクはジンバブエで採掘されている大規模なPGM鉱床で、メレンスキーリーフに似ていますが、貫入面積ははるかに小さいものです。
- 米国モンタナ州のスティルウォーター複合岩体は、ブッシュフェルト複合岩体やグレートダイクよりもはるかに小規模ですが、鉱石中にかなり高濃度のPGMを含んでいます。しかし、PGM含有ゾーンはパッチ状に集中しており、急傾斜しているため、採掘可能な鉱石の量は減少しています。
- シベリア北部にあるノリリスク・タルナフ・ニッケル銅鉱床は、ニッケルの副生成物であるPGM多量に含み、PGMの埋蔵量と資源を合わせると5億オンスを超えます。

¹ Cawthorn, 2010



PGMの使用

PGMはリサイクル性が高く、リサイクル後も同じ性質を保つため、現在使用されている金属の「都市鉱山」は、何十年もの間、これらの金属の貴重な供給源であり続けるでしょう。実際、使用済み機器に含まれるPGMが可能な限り効率的に回収されるよう規制当局が支援すれば、将来的にはさらに多くのPGMが回収される可能性があります。

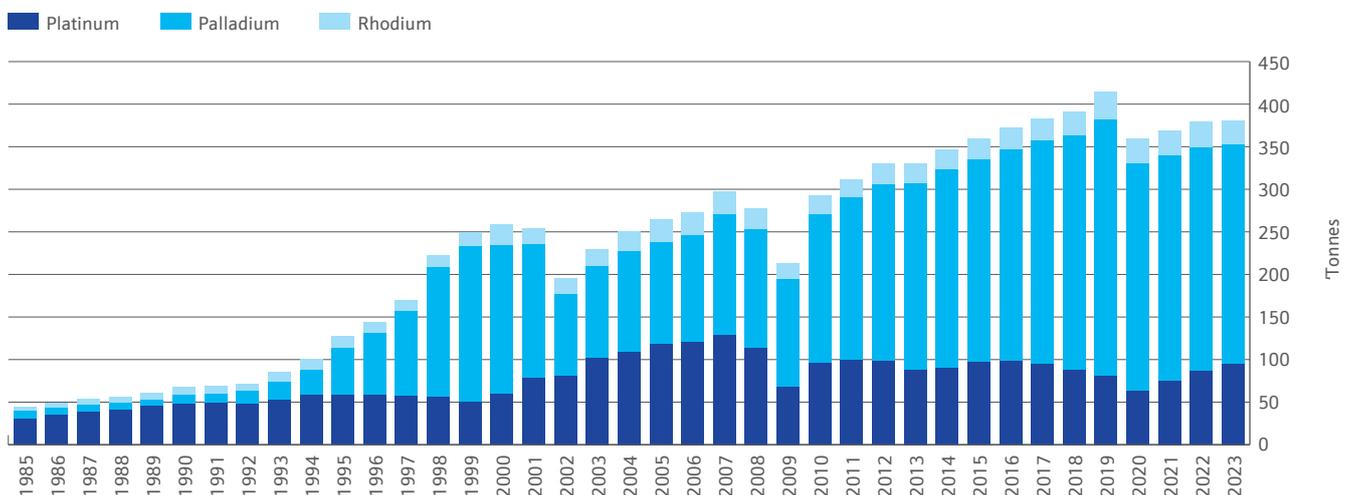
現在、二次供給の最大の供給源は触媒コンバーターであり、これは現在、プラチナ、パラジウム、ロジウムを確固たる市場となっています。内燃機関(ICE)自動車は通常、15年から20年(場合によってはそれ以上)走行するため、これは今後長期にわたってPGMの供給源となります。

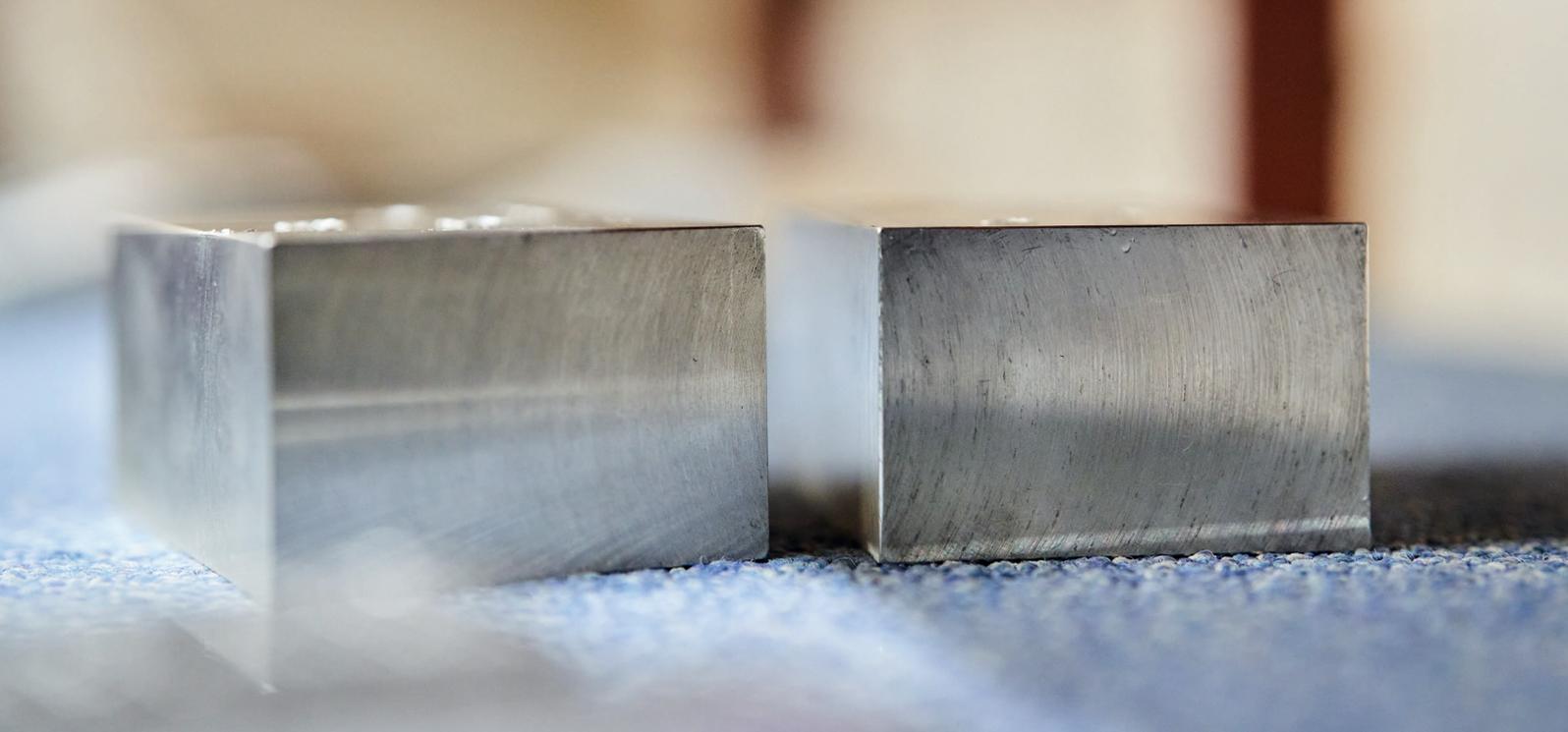
宝飾品用途では、主にプラチナの在庫が存在し、消費者によって保有されています。欧米地域では、古い宝飾品のリサイクルはほとんど行われていませんが、中国や日本では日常的に行われています。

相当量のプラチナ宝飾品が消費者の手元に残っており、その多くが市場に出回りそうにありません。しかし、将来プラチナが不足し、価格が上昇すれば、消費者がこうした宝飾品の一部を売却するきっかけになる可能性があります。

工業用途で使用中のPGMも在庫の一形態であり、これらは現在、クローズドループで循環しています。このPGMは特定の用途のために購入されたものであるため、その使用期間中は利用できません。しかし、新技術や製品需要の変化により、将来その用途が不要になった場合、金属を回収して他の用途に利用することができます。石油精製所や石油化学工場など、一部の用途では何年も何十年もかけて相当量のPGMが蓄積されているため、新たな用途に将来利用できる可能性がある供給源として見逃してはなりません。

1985年から内燃機関(ICE)自動車に使用されたPGM





PGMの入手可能性

どの年でも、PGMの総需要が(一次金属とオープンループリサイクルからの)総市場供給と異なることがあります。実際、PGM市場が毎年供給過剰または供給不足になるのはごく普通のことであり、在庫がバランスをとる役割を果たします。

在庫として保有されている金属や、市場に放出される可能性のある金属がユーザーによって保有されていることが多い(常にというわけではない)ため、どの時点においてもPGMの入手可能性は、単なる供給とは異なります。これらの地上在庫は、市場供給の不足を補うことができます。

採掘者が保有するPGM在庫(「生産者在庫」)、または世界中の加工業者、ディーラー、銀行、預託機関が保有するPGM在庫(「市場在庫」)は比較的流動性が高く、金属がまだ購入されていないか、工業用途に使用されていないか、純粋に投資目的で購入されているため、市場で容易に入手できます。これらの在庫は、生産過剰の時期から時間をかけて蓄積されたものです。

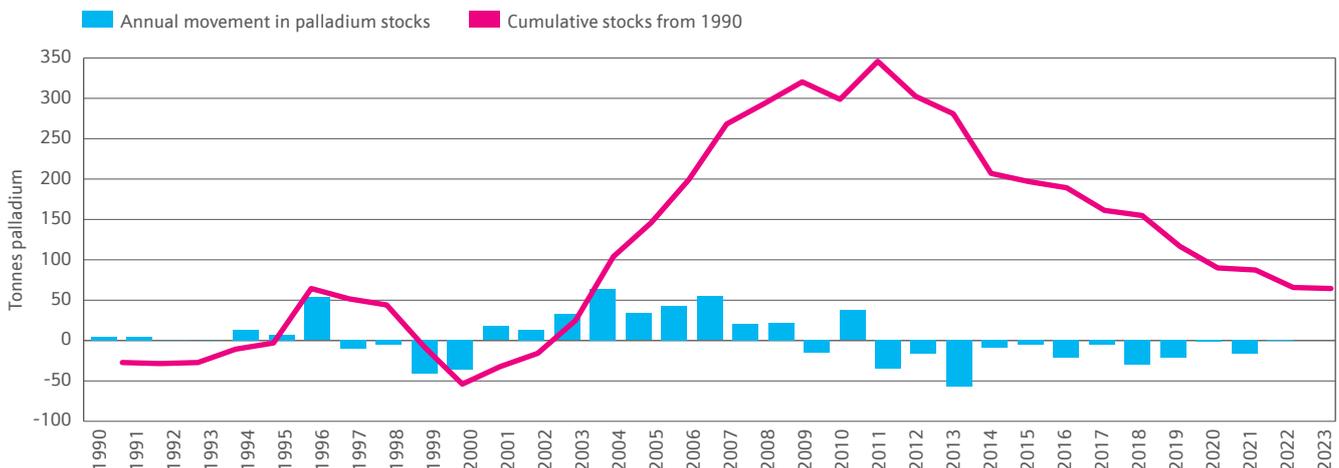
生産者在庫は、採掘者によって売却されたときのみ市場への供給としてカウントされます。一方、市場在庫はすでに市場への供給としてカウントされているため、そのような在庫の移動は新たな供給としてカウントされません。

従来、プラチナとパラジウムの生産者在庫と市場在庫は、「店頭」(OTC)貴金属市場の「清算場所」としての極めて重要な役割を担っているため、ロンドンカチューリッヒのいずれかにインゴットの形で保有されてきました。

このような在庫の正確な量は不明ですが、これらの場所へのプラチナとパラジウムの出入りを追跡することは可能です。近年の取引データは、パラジウム在庫の大幅な減少を示していますが、これはパラジウムの年間供給量の不足期間とほぼ一致しており、地上在庫が供給不足を補うために使用されたことを示唆しています。近年、プラチナが同様に流出しているのは、中国の需要が急激に伸びていることが多少影響しています。

ロジウム、ルテニウム、イリジウムの流動在庫は少なく、生産者の金庫に保管されている可能性が高いです。

1990年以降のパラジウム市場在庫



世界のPGM ネットワーク



PGMは、真にグローバルなネットワークの中で、常にさまざまな形で世界中を移動しています。特定の地域で最初に販売された金属が、必ずしもその地域で使用、回収、加工、再販されるとは限りません。

PGMは、世界の数カ所でのみ採掘またはリサイクルされています。一方、PGM含有製品は専門加工業者によって製造され、それらの製品は世界中のさまざまな末端市場で販売されます。耐用年数を迎えた後、効果的に回収やリサイクルがなされるために、PGMの専門精製業者の手に渡るべきPGM材料が世界中にあります。PGMは非常に価値の高い商品であるため、これらの金属の売買と輸送は一筋縄ではいきません。安全性、資金調達の手配、流動性、品質確認、適切な取り扱いと保管を考慮する必要があります。

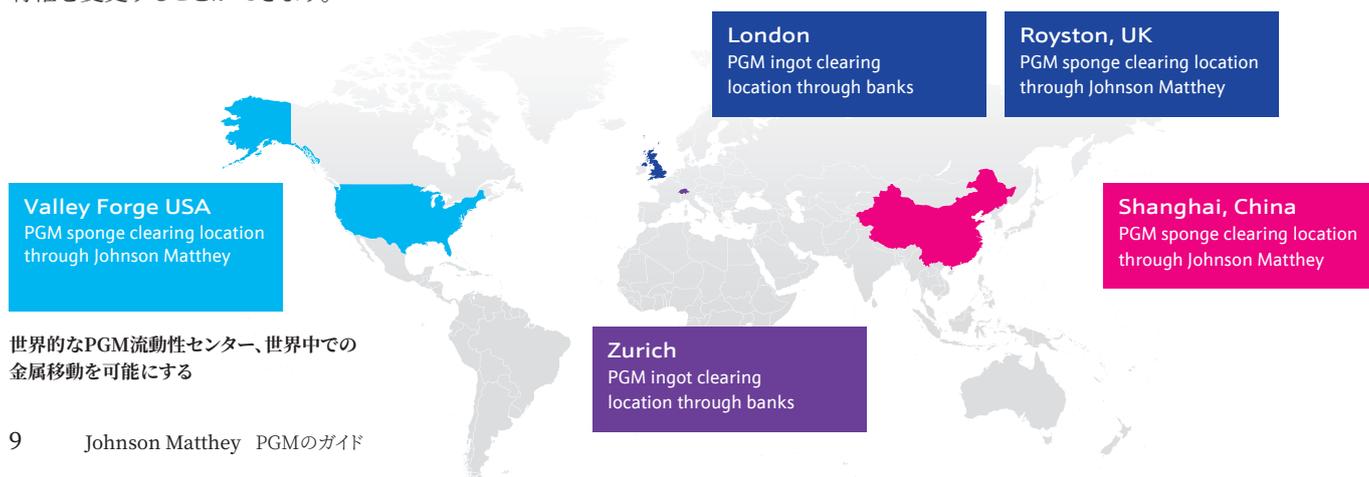
PGM供給の動き

供給側から始めると、南アフリカ、ロシア、または北米からの一次金属は、航空輸送を経由して世界中の精製所や顧客口座に移動します(ただし、制裁や輸入規制など、ロシアの事業者に対する現在の制限により輸出が制限されています)。ほとんどの場合、金属は前駆体や製品用に金属を加工または使用する精製業者や加工業者に引き渡され、それらは別の場所で最終製品の製造に使用されます。精製業者や加工業者は、顧客に代わって金属を加工することが多く、金属そのものを所有しているわけではありません。金属の物理的所在地が所有者の所在地と異なることはよくあり、金属が物理的に移動することなく、シームレスな電子的プロセスで所有権を変更することができます。

このような地域間の金属の移動は、Johnson Mattheyなど、世界中の精製所や流動性ハブを通じて比較的大量のPGMを扱う企業によって促進されます。「グッドデリバリー」メタルスポンジ(化学物質や触媒の製造によく使用されるPGMの「純粋な」粉末状)の2つのハブは、(中国以外では)英国と米国の2カ所に存在します。これらのハブは、スポンジの取引を促進すると同時に、検証、安全な保管、輸送を行います。

ロンドン・プラチナ・パラジウム市場(LPPM)の「グッドデリバリー」基準に適合していることが証明されたインゴットは、工業用途に使用される代わりに、取引目的でロンドンまたはチューリッヒのインゴットハブにある銀行預託所に引き渡されることがあります。欧米の保管場所に保管されている「グッドデリバリー」の金属は交換可能であり、製品の製造に使用されることなく、契約上の義務を満たすために場所を移動できることに留意することが重要です。

そのため、これら4つのハブまたは「清算場所」は、地域間のPGM取引を迅速化し、金属ユーザーが安心して金属を売買できるようにします。これは、PGMの産業使用を支援します。製品にPGMを使用したい企業は、金属そのものを物理的に取り扱う必要はありません。供給業者から金属を購入し、それを加工業者に「送る」ことで、出荷、安全性、点検を検討することなく製品を製造し、購入から納品までの遅延をなくすることができます。



世界的なPGM流動性センター、世界中での金属移動を可能にする



PGM需要の動き

需要側では、PGMは膨大な種類の部品や製品として国境を越えて移動するため、金属は貿易データに明示的に現れない場合があります。例えば、PGMを含む自動車排ガス制御触媒は、ある地域で生産され、充填工程のために別の地域に出荷され、新車に取り付けるために別の地域に出荷され、さらにこれらの車両は販売のために別の地域に輸出される場合があります。このような動きは、貿易データでは明らかなPGMの動きとして捉えられません。

製品寿命が尽きてPGMをリサイクルすることになると、効果的な回収を可能にするために、国境を越えた移動が日常的に発生します。このような形態の使用済み金属は現金化しにくいいため、装甲輸送船や航空機ではなく、通常の陸上・海上貨物ルートで移動する傾向があります。使用済み材料の形態には多種多様なものがあり、大手リサイクル業者は時間をかけて、様々なPGM材料(中には、有害であったり、取り扱いや処理に困難を伴うものもある)を取り扱う際の効率と規模の経済を最大化するようにプロセスを設計してきました。その結果、PGMの世界的なリサイクルは、多数のリサイクル業者がそれぞれの国内市場で少量の異なる種類の材料をすべて処理する場合よりも、はるかに最適化され、費用対効果が高くなっています。

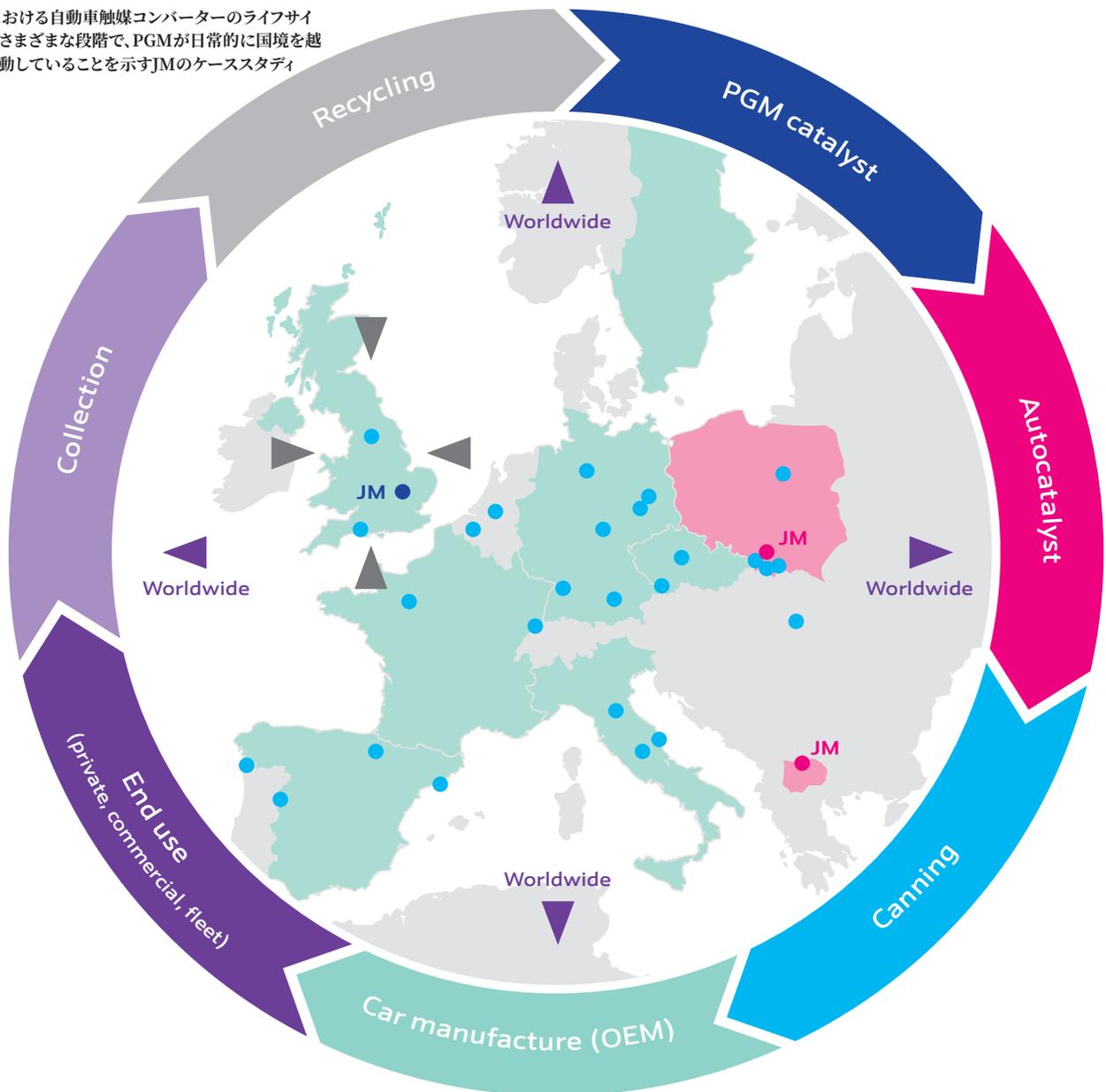
PGMがリサイクルされると、二次精製業者(リサイクル業者)は多くの場合、回収された金属そのものを購入したり使用したりしないので、契約を締結するために(スポンジまたはインゴットの形で)再び出荷する必要があり、これは再びハブによって促進されます。

欧米市場以外では、金属の移動を制限する貿易障壁や輸出障壁が存在し、中国、インド、ロシアなどの国々については特に考慮する必要があります。しかし、世界の他の地域にとっては、PGMのインゴット、スポンジ、製品、使用済み材料の国境を越えた移動は普通であり、PGMサプライチェーンが機能している重要な部分です。

PGMは日常的に国境を越えて移動しており、貿易データではたいてい見ることができません。



欧州における自動車触媒コンバーターのライフサイクルのさまざまな段階で、PGMが日常的に国境を越えて移動していることを示すJMのケーススタディ



PGMの用途



PGMは、日常生活を向上させる製品の製造に使用されていますが、それが必要とされている幅広さと規模については、気づかない場合があります。プラチナ、パラジウム、ロジウム、ルテニウム、イリジウムには、他の材料にはない非常に有用な特性の独自の組み合わせがあり、多くの用途で代替できないことがよくあります。

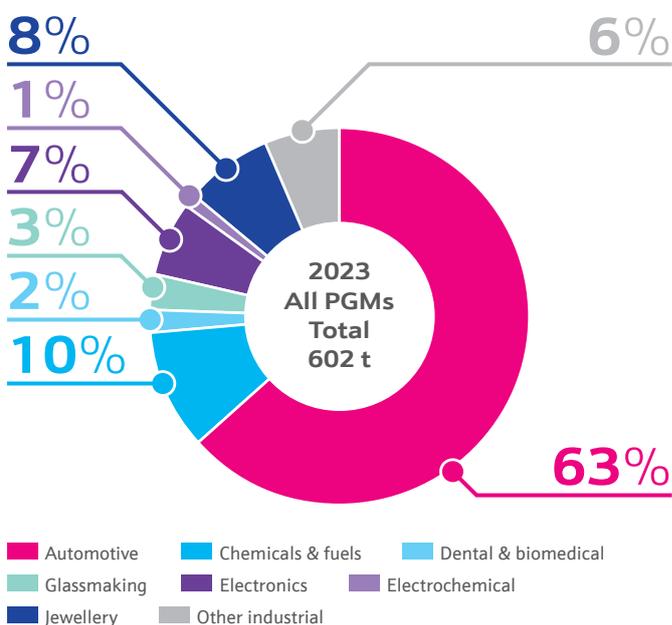
これらの特性には、高い熱安定性、耐食性、耐酸化性、幅広い化学反応を触媒する能力などが含まれます。これにより、自動車から汚染物質を除去し、石油を燃料や化学原料に変えることから、命を左右する医薬品の合成、携帯電話をモバイルデータネットワークに接続する部品の製造に至るまで、ほとんど無限のプロセスで不可欠なものとなっています。また、コンピュータのハードディスクドライブ、自動車のエアバッグ、飛行機のジェットエンジンなど、さまざまな製品にも使われています。

PGMは、エネルギー転換におけるその広範な用途を考えると、将来にとって重要かつ戦略的な金属でもあります。例えば、持続可能な燃料の製造と使用だけでなく、水素経済のための技術にも不可欠です。

これらの用途や、以下で詳述するその他の産業用途のほかに、特にプラチナとパラジウムは、宝飾市場と投資市場の双方で支持されています。プラチナは長年、金よりも希少な宝飾用高級金属として市場に出回っており、パラジウムはホワイトゴールドの合金元素または「白色化のための割り金」としてよく使われています。

このセクションのグラフは、クローズドループリサイクル、すなわち各用途への「新しい」金属の年間流入を考慮した後の、各用途における正味のPGM需要（投資需要を除く）を示しています。多くの用途では、非常に大量の金属が組み込まれて使用されており、それらはクローズドループリサイクルを通じて循環しているものの、使用中の金属は正味需要の見積もりでは「目に見えません」。

5種類のPGMの用途別正味需要





プラチナ

プラチナは様々な用途に使用されています。現在、プラチナの最大の用途は自動車排ガスの後処理(触媒コンバーター)であり、次いで宝飾品ですが、その他にも多様な用途があります。

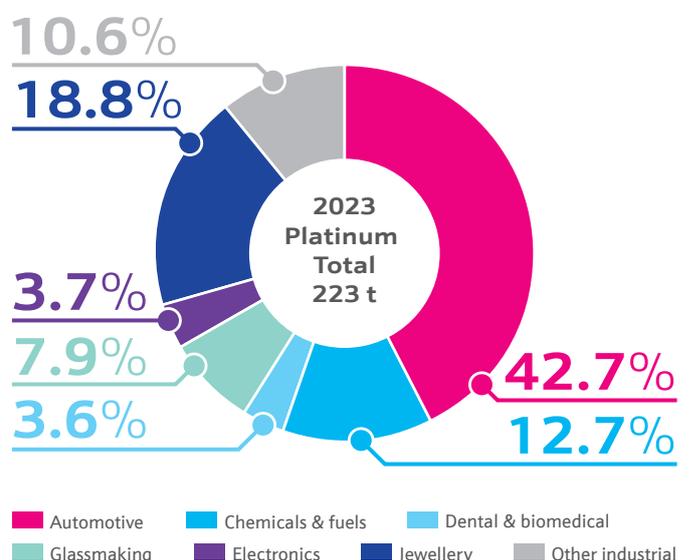
ディーゼル車の排ガスとガソリン車の排ガスには、様々な混合ガスと汚染物質が含まれています。どちらもPGMベースの触媒による排ガス制御を必要としますが、プラチナ、パラジウム、ロジウムの量は異なります。プラチナは、自動車、バン、トラック、バスを問わず、ディーゼル車からの排ガスを制御するために特に重要であり、この用途ではプラチナに代わるものはありません(パラジウムは部分的な代替品として使用できます)。

プラチナは、燃料や化学物質を生産する触媒として使用され、ここでもまた、世界経済の中核をなす数多くのプロセスを触媒する能力において匹敵するものではありません。ナフサを改質し、ハイオクガソリンのブレンド基材や化学薬品を製造することから、肥料用硝酸や医療用シリコンを製造することまで、その範囲は多岐にわたります。

医療用途では、プラチナはさまざまな癌を治療するための化学療法に使用されるほか、歯科材料やステント、ペースメーカーなどの生体医療機器を作るための合金としても使用されています。

ガラス産業では、プラチナ・ロジウム合金は、腐食性の高い溶融ガラスからガラス製造設備を保護するために使用され、特に、ファイバークラスや、テレビや電話の画面用の高品質の平面ガラスを製造するために使用されます。

プラチナは、プロトン交換膜(PEM)燃料電池とリン酸燃料電池(PAFC)という2つの主要な燃料電池技術にも不可欠です。PAFCは何十年も前からバックアップ電源として使用されており、現在では韓国で送電網への電力供給に使用されています。PEMは、自動車用途の需要に適した唯一の燃料電池技術です。世界が実質ゼロの炭素排出を目指すようになるにつれて、燃料電池自動車が増加し、この用途でのプラチナ需要が大幅に増加すると予想されます。





パラジウム

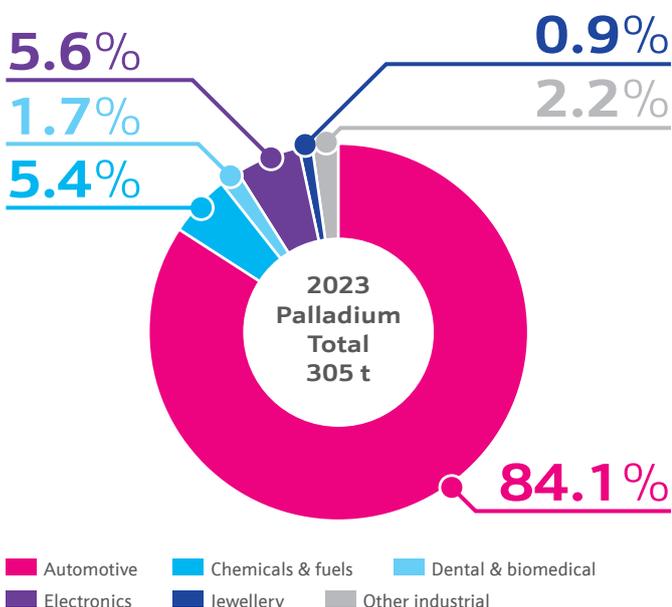
プラチナとは対照的に、パラジウムの需要は、自動車排ガス制御での使用が大きな比重を占めており、主にガソリン車で使用されています。

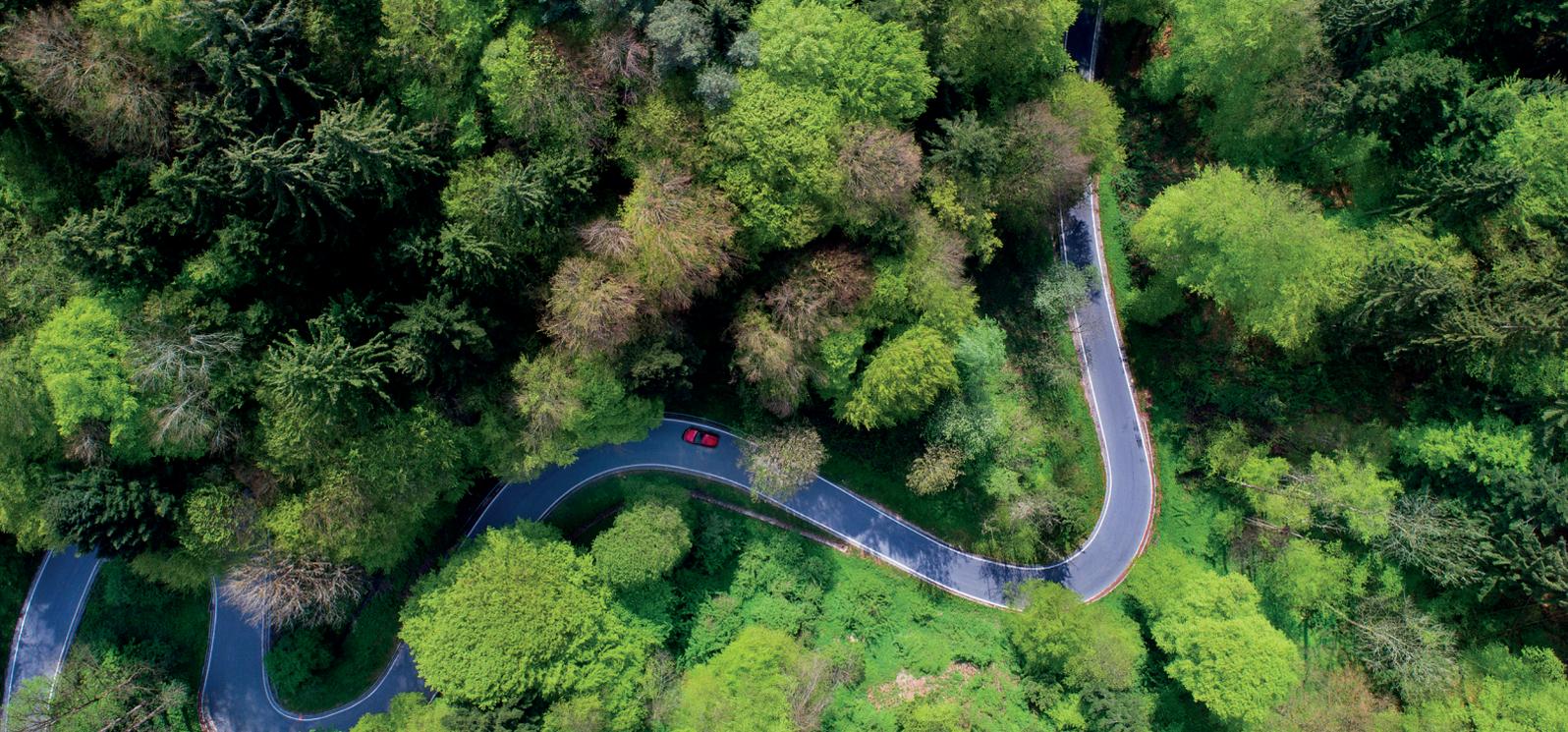
ガソリン車の触媒コンバーターでパラジウムと競合できる金属はプラチナだけですが、パラジウムの方が耐久性が高く、価格も安かったため、より広く使用されてきました。最近になってパラジウムがプラチナよりも高価になったため、ガソリン車ではプラチナが再び使用されるようになってきていますが、この用途での開発と最適化の長い歴史によって、パラジウムが有利であることに変わりはありません。

電子工業におけるパラジウムは、主に、プリント基板(PCB)、リードフレーム、コネクターのめっき成分として、また、コンデンサ、アクチュエータ、抵抗器、サーミスタなどの部品のペースト製品として使用されています。過去数十年にわたり、チップ部品におけるパラジウムの使用は大幅に減少し、代わりにニッケルなどの代替卑金属が使用されています。パラジウムは、通常、銀と組み合わせて、主に医療、軍事、航空宇宙用チップの用途で使用されています。めっき用途では、導電性、耐食性、硬度(耐摩耗性)の優れた組み合わせが珍重され、ニッケルや金と組み合わせて使用されることが多くあります。

パラジウムは、プラスチック製造のいくつかの主要中間体、過酸化水素、硝酸、および膨大な種類の医薬化合物を含む、さまざまなバルク化学品および特殊化学品の製造に不可欠な触媒です。これらのプロセスにおいて、パラジウムは最適な活性、安定性、選択性を提供し、不要な副生成物を最小限に抑え、出発原料を最大限に活用します。さらに、リサイクル性が高いという利点もあります。

その他の用途では、パラジウムはホワイトゴールドやプラチナの宝飾品の合金成分として使用されています。パラジウムは歯科用合金にも使用され、他の金属との溶解性がよいため、合金化によって強度を増すことができる一方、生体適合性と耐変色性/耐食性によって口腔内での使用に適しています。パラジウム合金は、クラウンやブリッジなどの歯科再建術に使用されていますが、近年、こうした用途では、セラミック材料がパラジウム合金のシェアを奪っています。





ロジウム

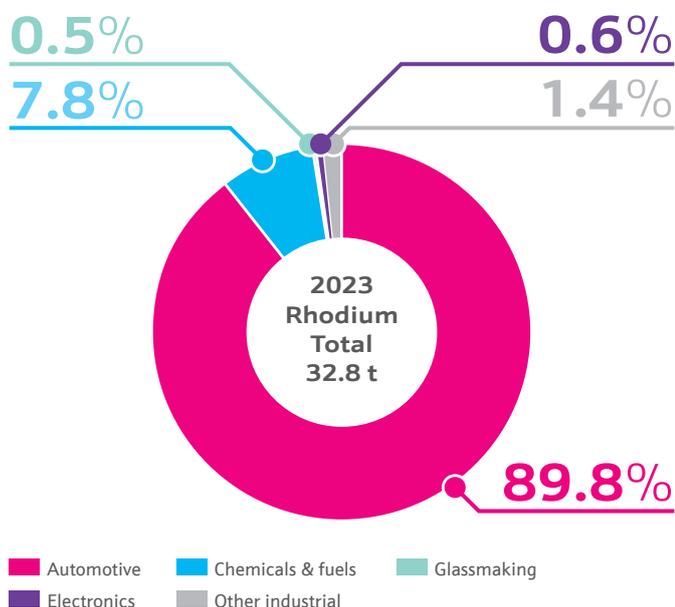
パラジウムと同様、ロジウムの最大の用途は自動車排ガス制御です。ガソリン車の窒素酸化物(NOx)削減におけるロジウムの選択性と活性、排ガス中の毒物に対する耐性は、他の金属の追随を許しません。

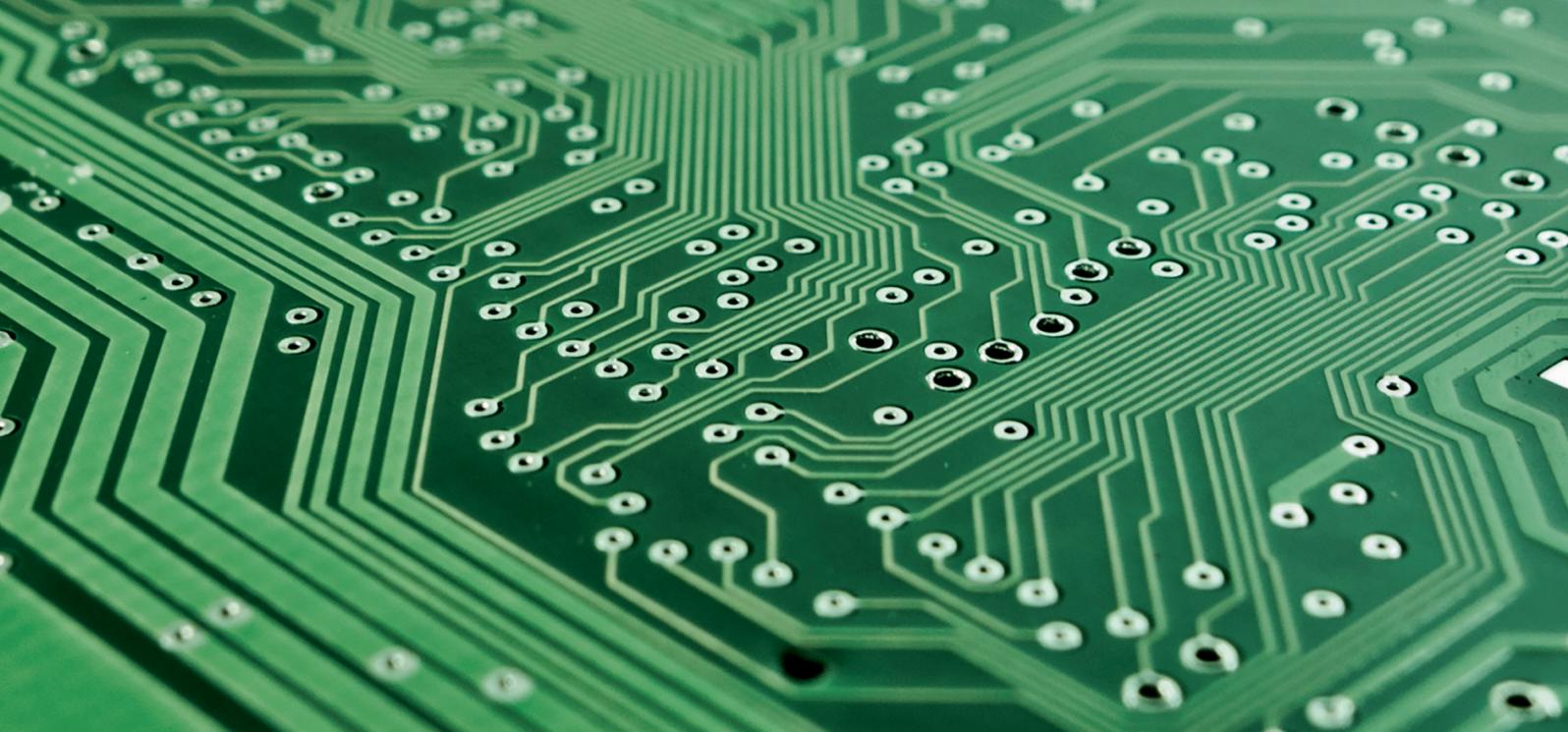
パラジウムにもある程度の窒素酸化物削減能力はありますが、原子1個当たりの効果はロジウムよりはるかに低くなります。そのため、窒素酸化物排出規制の対象となるガソリン車に装着される触媒コンバーターには、必ずロジウムが含まれていなければなりません。(ディーゼル車には通常、ロジウムが必要ありません。ディーゼル排ガスの組成によって、他の方法で窒素酸化物を制御できます。)

自動車産業以外の工業用ロジウム需要は、化学産業とガラス製造産業が大半を占めており、その他の用途は比較的ニッチです。

ロジウムは融点が高いため、ガラス製造の耐久性を向上させるためにプラチナ-ロジウム合金に使われます。ファイバーグラス製造に使用される合金には、従来10%から20%のロジウムが含まれています。ロジウムの含有量が高いほど、ファイバーグラス製造に伴う超高温に耐えることができるため、装置の寿命が長くなります。しかし、ロジウム価格が高騰すれば、ガラスメーカーが合金のロジウム含有量を10%未満に下げることが理にかなっており、最近ではその傾向が見られます。

化学産業では、ロジウムは主に酢酸(モンサントプロセスによる)やオキシアルコール製品の製造触媒として使用されます。酢酸は多くの川下製品に使用される汎用バルク化学品であり、オキシアルコールは可塑剤として、例えばPVCの強度と剛性を高めるためによく使用されます。





ルテニウム

ルテニウムは自動車の排ガス制御には使用できませんが、工業的には非常に有用なさまざまな独自の特性を持っています。

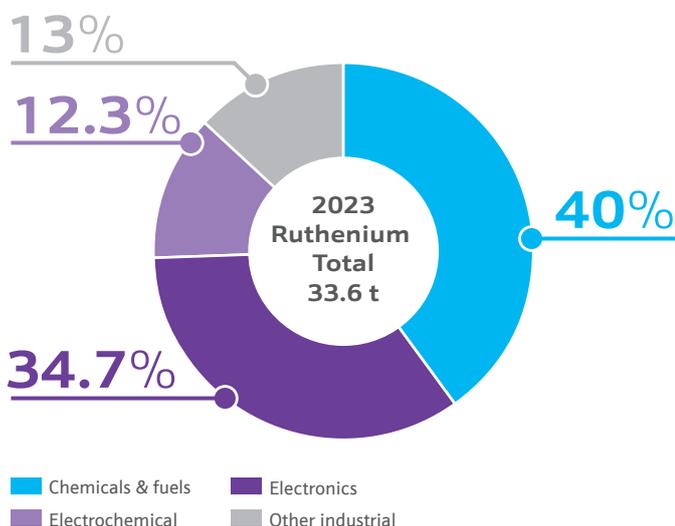
ルテニウムは、ハードディスクベースのコンピューターメモリの（プラチナを含む記憶層の）下地層として使用することで、ハードディスクドライブのデータ記憶密度を大幅に向上させました。電子機器におけるルテニウムのもう一つの重要な用途は、抵抗器部品です。抵抗器部品は、チップ部品、アレイ、ハイブリッド集積回路として、ほとんどすべての電子機器に搭載されています。ここでは、ルテニウム酸化物ベースのセラミックペーストが抵抗素子として使用されています。

ルテニウムは、電気化学反応における電極上の触媒コーティングとして広く使用されています。この用途には、クロロアルカリ製造、スイミングプールの塩水塩素処理、外来種を殺すための船舶バラスト水の電気化学的処理などが含まれます。電気分解ではイリジウムとともに使用されることが多いですが、ルテニウムも、その安定性を対処できれば、場合によってはイリジウムの代用となる可能性があります。

化学産業では、ルテニウムは酢酸の製造、触媒湿式空気酸化による産業廃水の処理、中国のカプロラクタム産業の触媒として使用されます。カプロラクタムはナイロン製造の出発原料ですが、中国以外では通常このプロセスに代替の非PGMルートが使用されます。

ルテニウムは、工作機械工業で使用される非常に硬い炭化タングステン合金や、石油、ガス、化学産業で使用される耐食性合金など、さまざまな合金にも使用されています。

エネルギー転換用途、特に水素経済においてルテニウムへの関心が高まっています。





イリジウム

ルテニウムと同様に、イリジウムは、その独自の高温、強度、耐食性特性が重要な、さまざまな専門工業用途で使用されています。

イリジウムは電気化学的に非常に有用であり、ルテニウムとともにクロールカリ製造や船舶のバラスト水処理用の電極によく使われています。さらに、イリジウムは、電着によって薄く均一な銅箔を形成するための陽極に使用されます。この箔は、回路基板やバッテリー式電気自動車 (BEV) のリチウムイオン電池に使用されます。

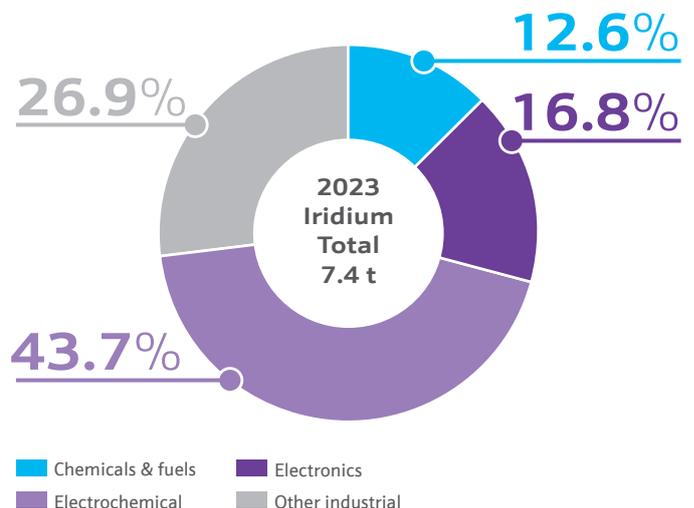
別の電気化学的用途では、水のプロトン交換膜 (PEM) 電解による電解 (「グリーン」) 水素製造の需要が伸びています。PEM電解槽は材料にとって過酷な環境であり、このような条件下での陽極反応に有効な触媒は、イリジウムまたはルテニウムのPGMだけです。この2つのうち、イリジウムは高電圧下で最も安定しており、今日の商業的なPEM電解槽は、PEM陰極にプラチナと並んでイリジウムを使用しています。

イリジウムの電子機器需要は、「結晶引き上げ」(チョクラルスキープロセス)によってさまざまな金属酸化物の単結晶を製造するために使用されるイリジウムルツボが大半を占めています。イリジウムは、約1600°C以上の高温で製造される結晶の用途にのみ使用されます。これらの結晶の主な用途は、携帯電話やその他の無線通信技術用の表面弾性波 (SAW) フィルターです。

近年最も急成長している電子技術用途のひとつが、有機発光ダイオード (OLED) ディスプレイ用の特殊イリジウム化学品の使用です。OLEDは、電流を流すと発光する材料から作られており、エネルギー効率が非常に高くなっています。

また、イリジウムは、合金材料としてガソリン車や航空宇宙産業の高級スパークプラグの先端に広く使用されており、卑金属の先端に比べてプラグ寿命がはるかに長く、着火性が向上して燃費が良くなります。

化学製品製造用のイリジウムプロセス触媒の需要は、主にカティバ酢酸製造ですが、イリジウムは、特殊化学反応、特に製薬産業でも使用されています。



Johnson Mattheyの需給 統計との連動



毎年5月にJohnson Matthey (JM) では、PGM市場調査を発行しています。これは無料で一般に公開されており、PGM市場の需給動向についての洞察を与えています。本セクションでは、報告書におけるデータの報告方法について詳しく説明します。

供給

一次供給: 毎年採掘者が販売する、採掘された(一次)金属供給。これは販売量であるため、どの年の下層採掘生産量とも異なる可能性があります。生産者は、既存の在庫からPGMを販売し、供給としてカウントするか、在庫に入れることができます。供給は、採掘が行われた地域に配分されます。

二次供給: オープンループリサイクルのみ - 言い換えれば、毎年市場に供給される二次金属。クローズドループリサイクルは、新たな金属を市場に供給しないため、供給量には含まれません。JMはクローズドループリサイクルの数値を公表していません。

一次供給と二次供給の合計: その年に市場に出されたすべての金属を反映した総供給量。一次および二次PGMは同一の特性を持つため、PGMの一次供給のみをカウントするのは正しくありません。

需要

正味需要とは、クローズドループリサイクルを差し引いた後の、各用途における「新しい」金属の年間必要量です。つまり、これはクローズドループリサイクルの純量となります。

総需要には、クローズドループリサイクルで所有者に戻され、新しい製品に再利用される金属も含まれます。そのため、製品に使用される金属の総需要は、クローズドループによって部分的に賄われています。したがって、クローズドループリサイクルは、金属を使用し続けることで、PGMの使用をより持続可能なものにし、一次供給の必要性を減らします。しかし、クローズドループリサイクルは市場の金属バランスに影響を与えないため、報告された数字には現れないことに注意してください。

つまり、報告されている需要とは、自動車、宝飾品、工業用途の全てへの金属の物理的流入を考慮した正味需要のことです。一部の産業的使用者が、PGM在庫の一部を売却する場合があります。これはJMの数字ではマイナス需要(供給ではなく)として捉えられています。

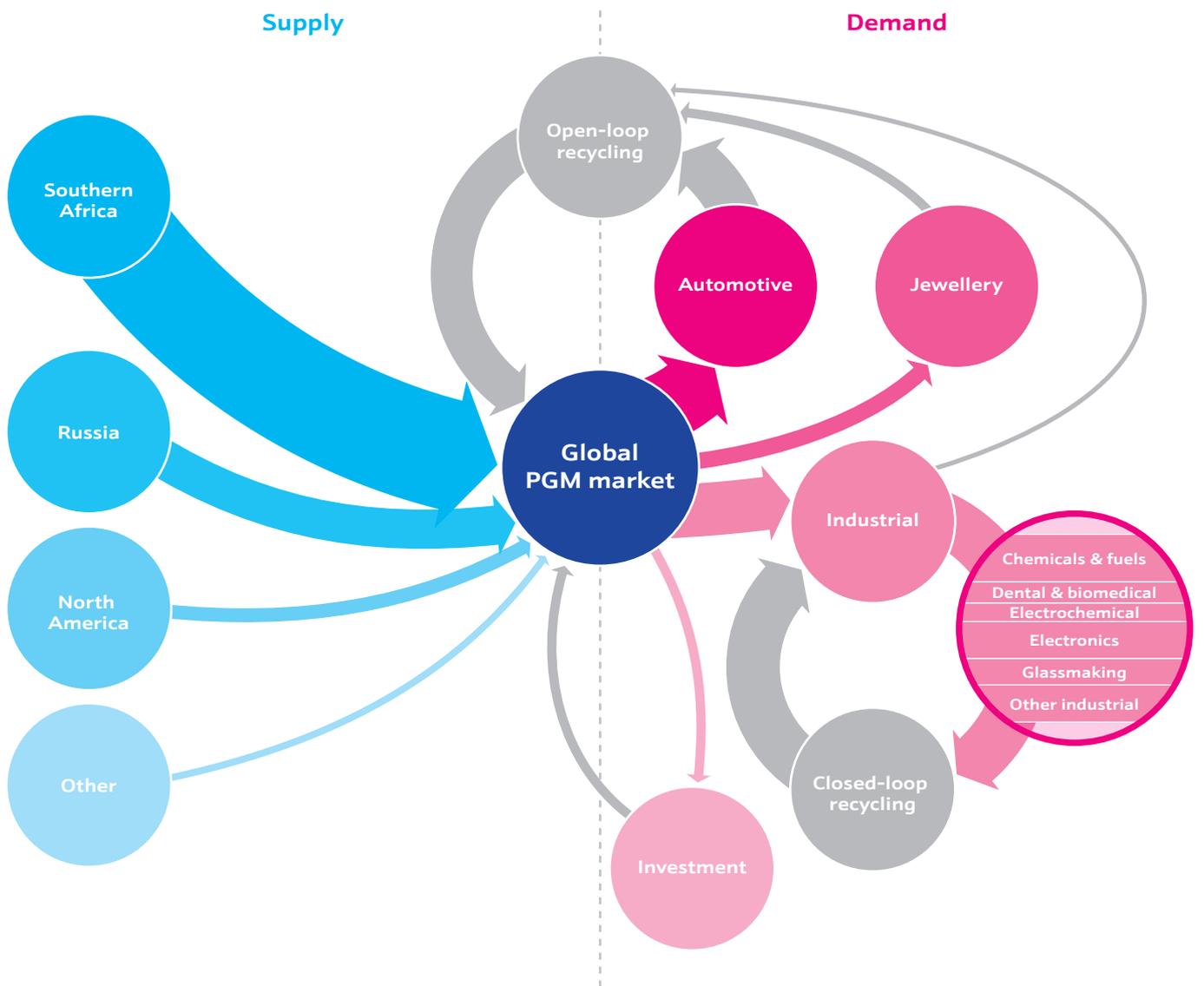
需要には、物理的に裏付けされる識別可能な形態でのPGM投資も含まれ、主に保管庫に保管されている現物金属に裏付けされた上場投資信託(ETF)、またはプラチナ延べ棒やコインがあります。PGM、特にプラチナへの投資エクスポージャーを得る方法は他にもあり、これらは価格に影響を与える可能性があります。しかし、JMは測定可能な物理的な投資フローのみをカウントしています。どの年の純投資額もマイナスになる可能性があり、これは保有投資額から市場への物理的な流出を反映しています。

表中の数字との連携:

総供給量から正味需要を差し引くと需給バランスが得られます。これは毎年市場のバランスを取るために動かさなければならない市場在庫の程度を示します。

JMの数字が供給過剰(黒字)を示している年は、市場在庫への流入を反映していると想定されます。供給不足(赤字)の場合、これは市場在庫の取り崩しを示すことが考えられます。

PGM エコシステム



PGMおよび当社の市場調査の詳細については、
matthey.com/pgm-markets を参照してください