

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K20483

研究課題名（和文）固体王水を利用した革新的な白金族金属のリサイクルプロセスの構築

研究課題名（英文）Construction of novel recycling process of platinum group metals using "dry aqua regia"

研究代表者

吉村 彰大 (Yoshimura, Akihiro)

千葉大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：60800935

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：白金に代表される白金族金属(Platinum Group Metals, PGMs)は、環境・先端技術に非常に重要な素材である一方、精錬やリサイクルの環境負荷が大きく、供給安定性も低い。本研究では、塩化鉄(III)を主体とする複合溶融塩を「固体王水」として利用することで、廃液の発生や高温での処理を抑制しつつ、穏和な条件でPGMsを直接処理・回収できる手法を確立した。加えて、従来は複雑なプロセスによる元素同士の相互分離も、ごく単純なプロセスで達成できる手法も確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

PGMsは貨幣や宝飾品の他に工業的にも利用され、環境・先端技術分野では自動車用触媒や半導体製造用るつぼなどが挙げられる。一方で精錬やリサイクルの環境負荷の大きさや、供給安定性の低さから、リサイクルによるスクラップの有効利用が極めて重要となる。本研究における「固体王水」は、従来よりも穏和な条件で効率よくスクラップを処理できる基礎的技術となり、二次資源としてのスクラップの利用可能性を向上させることで、一次資源必要量の削減とあわせてPGMsのライフサイクル全体での環境負荷の大きな軽減が期待される。

研究成果の概要（英文）：Platinum Group Metals (PGMs), such as platinum, are very important materials for the environment and advanced technologies, but their refining and recycling have a large environmental impact and low supply stability. In this study, we established a method to directly treat and recover PGMs under mild conditions by using a composite molten salt composed mainly of iron(III) chloride as "dry aqua regia" while minimizing the generation of liquid waste and treatment at high temperatures. In addition, we have also established a method that can achieve the separation of elements using a very simple process.

研究分野：金属精錬・リサイクル

キーワード：白金族金属 リサイクル 使用済み触媒 固体王水 固液分離

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

白金(Pt)に代表される白金族金属(Platinum Group Metals, PGMs)は、貨幣や投資用途のほか、工業用途の需要も大きい。例えば白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)の総需要と触媒向け利用が占める割合は、2020年でそれぞれ228 t, 31.2%、311.3 t, 85.4%、31.7 t, 92.7%とされている[1]。Rhは特に生産量が極めて少なく、僅かな需給変化でも価格への影響が大きい[2]。また精錬時の環境負荷も極めて大きく、PGMsを精錬時やリサイクル時の温室効果(Global Warming Potential, GWP)は、他のベースメタルやレアメタルよりも大きい[3]。

安定的な供給には使用済み製品からの回収が重要とされ、湿式法や乾式法に代表されるリサイクルが操業されている[4]。湿式法では、王水や塩素(Cl₂)を吹き込んだ塩素(HCl)など、強力な酸などを用いて溶出処理を行い、その後一般的な精錬手法によりPGMsを回収する。乾式法では、高温で熔融状態となった鉄(Fe)や銅(Cu)などをコレクターメタルとして利用し、スクラップ中のPGMsを濃縮する。このコレクターメタルを湿式法で処理してPGMsを回収する。また、複数の元素が共存する場合は溶媒抽出法などを用いた相互分離も必要となる。

上記のような問題に対し、近年では熔融塩を用いる手法の検討が進められている[5, 6,]。ただし、先述した既存手法と同様にCl₂の吹き込みや電解などの追加操作は必要であり、これらに起因する環境負荷やエネルギー消費の問題は解決されていない。一方、Barrらは塩化アンモニウム(NH₄Cl)と硝酸アンモニウム(NH₄NO₃)の混合熔融塩を「**固体王水**」(Dry Aqua Regia)として利用する手法を提案している[7]。この手法では、追加操作の必要なくPtや金(Au)を直接塩化可能な一方、特にNH₄NO₃は火薬の原料であるなど取り扱いが難しい。

以上の検討から、**環境負荷やコストを抑制しつつ、効率よくPGMsを処理できる**新しい「**固体王水**」の開発が必要であると考えられた。

2. 研究の目的

先述の通り、PGMsは供給の安定性が低く、また精錬・リサイクルのいずれにおいても環境負荷が大きい。そのため、安定的な利用には高効率かつ低環境負荷のリサイクル手法が必要となる。そこで本研究では、塩化鉄(III)(FeCl₃)と塩化カリウム(KCl)の混合熔融塩を「**固体王水**」として用い、直接塩化を利用したPGMsの溶解、および化合物を経由した回収プロセスを検討とした。

溶解では、PGMsの内Pt, Pd, Rhについて熔融塩に浸漬し、処理温度や時間を変化させることで溶解速度を評価した。特にPtとPdについては同時に処理し、共存による影響を評価した。回収では、化合物として回収する手法を検討した。今回検討対象としたPGMsの内、PtとPdについてはNH₄Clとの錯体として、Rhについては水酸化物として、それぞれ回収可能性を検討し、析出条件の変化が回収率に与える影響を評価した。また、PtとPdについては同時処理後の相互分離・回収手法についても検討を行った。

本研究では、上記の検討を通じ「**固体王水**」によるPGMsの効率的処理プロセスの確立を目的とした。

3. 研究の方法

本研究での処理フローは、固体王水によるPGMsの溶出と、固液分離を通じた回収に大きく分類される。また、固液分離を利用したPtとPdの相互分離も実施した。

(1) 固体王水によるPGMsの直接塩化・溶解

熱力学計算ソフト[8]を用いて作成したPtとFeCl₃のエリンガム図をFig. 2に示す。FeCl₃が塩化鉄(II)(FeCl₂)に還元される際に塩化されると考えられ、同様の傾向はPdの他、難溶解性とされる分類されるRhやイリジウム(Ir)などでも確認された。その際の反応は下記のように進行すると考えられる。なお、当該式内でのMはPGMsを指し、特に本報告書内では検討対象としたPt, Pd, Rhを想定する。また、PGMsの種類によって反応で得られるイオンの価数は異なると考えられる。



ただし、FeCl₃は融点と沸点が非常に近く、単体では熔融塩としての利用が難しい。そこで本研究では、FeCl₃とKClを混合することによる融点降下を利用した。熱力学計算ソフト[9]を用いて作成したFeCl₃-KCl系状態図をFig. 3に示す。この検討結果から、特にFeCl₃とKClを等モルで混合することで融点が大幅に低下すると考えられ、これによりFeCl₃の揮発を抑制しつつ、より低温での処理を可能とした。

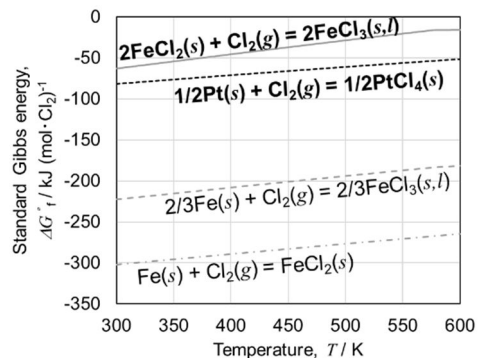


Fig. 2 Pt-Cl系/Fe-Cl系エリンガム図

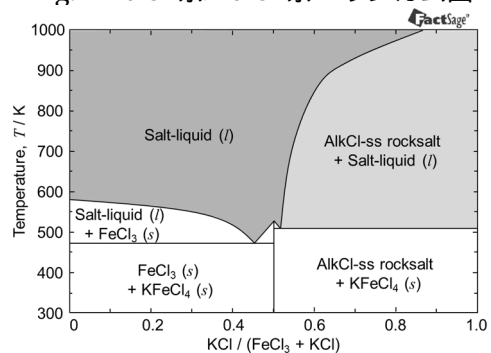


Fig. 3 FeCl₃-KCl系状態図

この固体王水を、PGMs のワイヤーサンプルとともに磁製るつぼ内に投入し、アルゴン(Ar)により不活性雰囲気としたガラス製反応管に設置して加熱した。処理後にサンプル残渣を回収し、重量差から溶解量を得た。また、サンプル表面積から初期の溶解速度を評価した。

また、温度を 560-660 K の間で、時間を 2-8 時間の間で条件を変化させ、これらが溶解に与える影響を評価した。なお、固体王水による PGMs の塩化は下記の反応により進行すると考えられる。



(2) 化合物を利用した PGMs の回収

Pt, Pd, Rh のそれぞれについて、各錯体の水に対する溶解度を Table 1 に示す。同じ配位子であっても、金属種によって溶解度が大幅に異なる。これに基づき、Fig. 5 に示すルートで回収を行った。このプロセスで得られた回収物については、SEM や XRD による組成分析から化合物を特定した。その上で、溶解量に対する回収量から回収率を評価した。また、Pt と Pd については、化合物の焼成による純粋な金属の回収もあわせて試みた。

(3) Pt-Pd の同時処理・分離回収

Pt と Pd は同時に利用される事例が多い。従来は溶媒抽出など複雑で多段の処理を必要とする一方、先述した通り固体王水による処理で得られた Pt と Pd の化合物は、特に KCl (aq) に対する溶解度が大幅に異なること、また Pd 化合物の析出に際しては硝酸(HNO₃)の添加が必要であることが分離に利用できる。そこで、Fig. 6 に示す 2 つのプロセスを検討し、固液分離、または選択的析出という簡便な手法での Pt と Pd の相互分離を試みた。なお、KCl (aq) を用いる (a) では Pt と Pd の分離能の高さが、HNO₃ を用いる (b) ではプロセスの単純化が期待される。これらの手法について、回収率や相互の混入度などについて評価した。

4. 研究成果

(1) 固体王水による PGMs の直接塩化・溶解

今回検討した PGMs について、温度ごとの溶解速度の変化を Fig. 7 に示す。いずれもサンプルの初期重量を 40 mg として換算した。

いずれも、温度の上昇により溶解速度が上昇するという結果が得られた。Pt では、初期の溶解速度が 0.45 mol・m⁻²・h⁻¹ 程度と王水の溶解速度にほぼ相当し、固体王水による処理は一定の実用性があることが確認された[16]。Pd は Pt と比較して大幅に低い温度でも高速で溶解した。一方、Rh は極めて遅い結果となった。ただし、現状の Rh 処理では、硫酸カリウム(K₂SO₄)と共に赤熱させるなどのプロセスを必要とし、Ir と同様難溶解性 PGMs とされる[17]。これに対し、固体王水では他の PGMs と同様に処理できる点が大きな利点となる。ただし、先述の通り溶解速度は大幅に低いことから、今後の社会実装では、処理条件の最適化が重要になる。

Table 1 各錯体の水に対する溶解度

	K _x MCl _y	Na _x MCl _y	[NH ₄] _x MCl _y
M = Pt	× [9]	[9]	× [10]
M = Pd	[11]	[12]	(Pd ²⁺) [13], × (Pd ⁴⁺) [10]
M = Rh	[14]	[15]	[15]

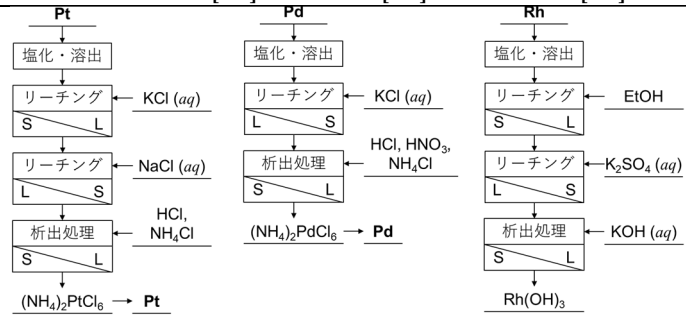


Fig. 5 Pt, Pd, Rh 単体の処理フロー

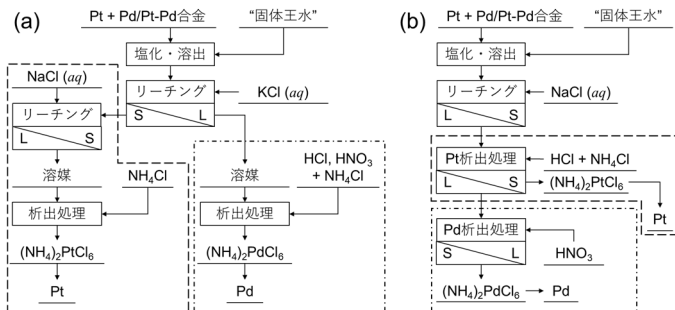


Fig. 6 Pt と Pd の処理・分離回収フロー

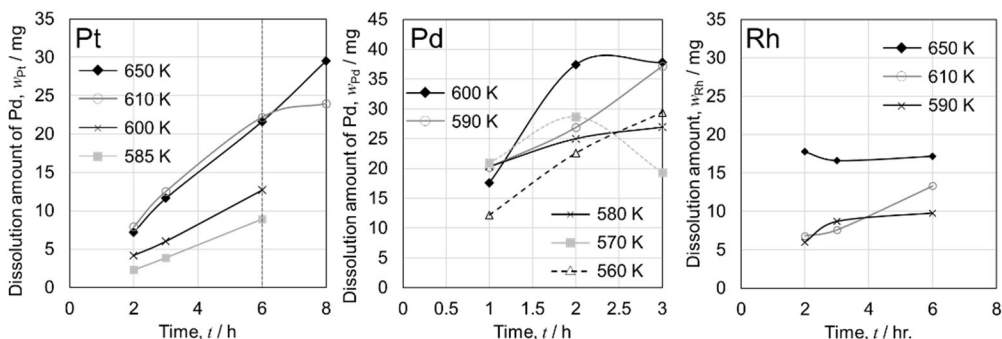


Fig. 7 PGMs 溶解速度の温度変化

(2) 化合物を利用した PGMs の回収

(a) Pt, Pd

NH₄Cl の添加で得られた析出物とその SEM 画像を Fig. 8 に示す。析出物は Pt では鮮黄色を、Pd では暗赤色を呈し、SEM 画像ではそれぞれ八面体を基本とする特異な形状を示した。SEM-EDS および XRD による分析では、この析出物は塩化白金(IV)酸アンモニウム([NH₄)₂PtCl₆)と塩化パラジウム(IV)酸アンモニウム([NH₄)₂PdCl₆)であると確認され、Fe などの不純物は確認されなかった。また、なお、化合物重量と PGMs 含有量から推計される回収率は、いずれも最大で 80%程度となった。このことから、固液分離による不純物除去が有効に作用したことが示された。析出処理に対する挙動などから、下記の反応が進行し Pt は Pt⁴⁺まで、Pd は Pd²⁺まで、それぞれ酸化されたと考えられる。

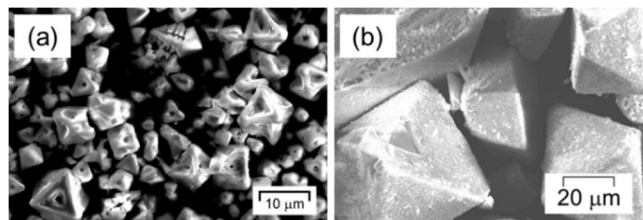


Fig. 8 回収された化合物 (a) Pt, (b) Pd

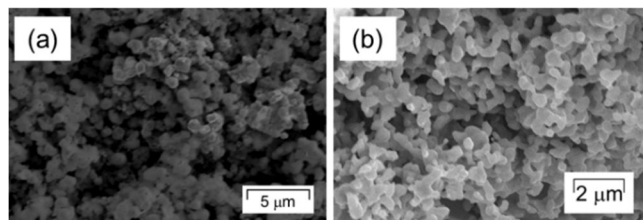
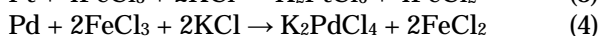


Fig. 9 焼成後の回収物 (a) Pt, (b) Pd



焼成後の回収物の SEM 画像を Fig. 9 に示す。Pt は粒子状を、Pd は多孔質の形態を示した。SEM-EDS での分析の結果、いずれの回収物はほぼ純粋な Pt または Pd であり、Fe などの不純物もほぼ確認されなかった。

(b) Rh

Rh の処理後、硫酸カリウム(K₂SO₄)水溶液中でのリーチングで得られた溶媒は Rh 特有の赤色を示し、FeCl₃ 特有の橙～茶色は見られなかった。この結果から、FeCl₃ を系から除去できたことが確認された。

また、その後の KOH の添加で得られた析出物は黒色を呈し、Fig. 10 に示す SEM 画像では不定形の形状が確認された。SEM-EDS による分析の結果から、この析出物は水酸化ロジウム(Rh(OH)₃)または酸化ロジウム(Rh₂O₃)であると考えられる。不純物の抑制も確認され、KOH による回収が有効であることが確認された。ただし、Pt や Pd のような高純度化合物ではなく、また回収率が最大で 30%程度であることから、今後改善も必要となる。

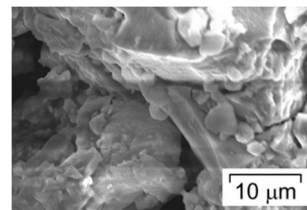


Fig. 10 Rh 処理後の化合物

(3) Pt-Pd の同時処理・分離回収

Pt と Pd を同時に 650 K で処理した際の溶解速度を Fig. 11 に示す。なお、双方とも初期投入量を 40 mg として換算した。

Pt と Pd の同時処理では、Pd の全量溶解後に Pt の溶解が進行する結果となった。要因としては、固体王水による塩化がより進行しやすい Pd の溶解が優先されたことが挙げられる。また、るつぼ中で Pt と Pd は接触していた可能性があり、局部電池の形成により Pd 溶出が促進され、逆に Pt 溶出が抑制された可能性も考えられる。いずれの要因でも、Pt と Pd の共存は特に Pt の溶出に対して大きく影響を及ぼすということが確認された。また、Pt-Pd 合金の溶解では、それぞれの単体を考慮した場合よりも溶解量が大幅に減少した。合金化によって双方の活量が下がったことが要因と考えられる。実際の自動車用触媒には複数の PGMs が含有されていること、また合金を触媒材料として利用する提案[18]もあることから、固体王水の適用に際してはこの影響を考慮したプロセスが必要となる。

Pt と Pd の同時処理後に分離回収で得られた回収物の SEM 画像を Fig. 12 に示す。また各析出物の組成と溶解量との比較で推計した回収率を Table 2 に示す。なお、(a)は KCl (aq)リーチングを、(b)は HNO₃ の添加タイミングを利用したものである。

得られた化合物は、いずれも単体処理時と同様の色や形態を示した。HNO₃ の添加タイミングを利用した分離回収(b)では、Pd については 90%程度の回収が確認されたものの、Pt を含有する化合物の析出量が少なく、含有量の分析は行えなかった。これは、KCl 共存時の NaCl (aq)に対する K₂PtCl₆ の溶解度が大幅に小さく、溶解した Pt の大半がリーチング後残渣に含有されたことが要因として考えられる。一方 KCl

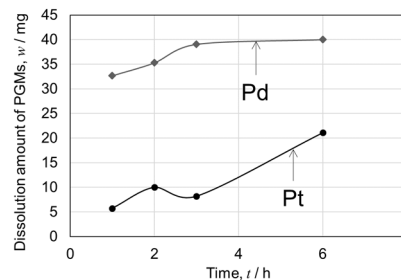


Fig. 11 同時処理時の溶解速度

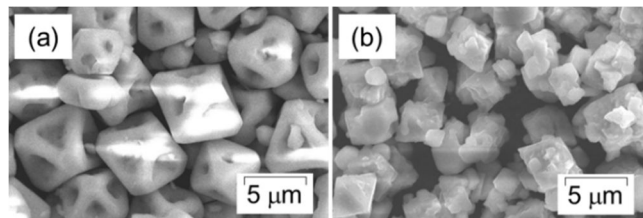


Fig. 12 同時処理後の回収物 (a) Pt, (b) Pd

(aq)リーチングを利用した分離回収(a)では、Pt含有の化合物の回収量が大幅に増加し、Pt回収率が75%と計算された。またPdについても94%程度の回収が確認された。さらに、Pt化合物へのPdの混入、およびその逆についてもほぼ見られなかったことから、相互分離も有効に作用していることが確認され、KCl(aq)リーチングの利用による高効率な回収が可能であるという結果が得られた。PtとPdのそれぞれに対する析出処理が必要なため、プロセス全体のリードタイムは長くなるものの、高い回収率と分離能を両立できることから、社会実装を進める際にはこのプロセスの選択が適切であると考えられる。

Table 2: 分離回収時の回収率	分離回収 (a)	分離回収 (b)
Pt, Pd 溶解量, D_{Pt} / mg, D_{Pd} / mg	19.5, 43.1	21.0, 31.9
Pt 化合物回収量, Pt 含有量, 回収率, D_{PtC} / mg, D_{Pt} / mg, (%)	36.9, 14.6, (74.7)	4.4, ()
Pd 化合物回収量, Pd 含有量, 回収率, D_{PdC} / mg, D_{Pd} / mg, (%)	149.1, 40.6, (94.1)	92.5, 28.6, (89.6)

本研究を通じて、下記の結果が得られた。

- (1) FeCl₃とKClの混合溶融塩を「固体王水」として用いることで、処理の難しかったPGMsについて従来よりも容易な条件での溶解、および回収が確認された。
- (2) PtとPdは、リーチング後の溶媒へのNH₄Cl添加などで、80%以上の**高い回収率を達成**した。Rhは、KOHの添加などにより水酸化物あるいは酸化物としての回収が確認された。
- (3) PtとPdについては、簡易な手法で分離・高効率な回収が可能であることが確認された。PGMsは同時に利用される事例が多いが、固体王水の利用で**容易かつ高効率な相互分離の達成**が期待される。今後の社会実装へ向けては、上記の基礎的な検討結果を実プロセスに適用するため、使用済み触媒などの実際のスクラップを対象とした検討が必要となる。また、Rhの他にIrのような難溶解性PGMsへも処理範囲を広げることで、「固体王水」の有用性を高めることも重要となる。

参考文献

- [1] USGS: "Platinum-Group Metals Statistics and Information," <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/platinum-group-metals-statistics-and-information> [accessed: 2022-5-30]
- [2] L. Bloxham, S. Brown, L. Cole, A. Cowley, M. Fujita, N. Girardot, J. Jiang, R. Raithatha, M. Ryan, E. Shao, B. Tang, A. Wang, F. Xiaoyan: "Johnson Matthey's pgm market research," 2021
- [3] 岡部 徹, 中田 英子, 森田 一樹: "白金族金属の回収技術", 19 (2008), 592-600
- [4] International Platinum Group Metals Association, "THE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PLATINUM GROUP METALS (PGMs)," [オンライン]. Available: <https://ipa-news.de/index/platinum-group-metals/pgm-fact-sheets.html>, [accessed: 2022-5-30]
- [5] 藤間 研也, 森本 太郎, 糸魚川 博之, 別役 大: "溶融アルカリ金属塩化物を用いた白金族金属のリサイクル技術の開発", 日本金属学会誌, 81 (2017), 168-177
- [6] 野瀬 勝弘: "溶融塩電解法を利用するイリジウムの革新的高速リサイクルプロセスの開発", 若手研究(B) (24760613), 研究成果報告書
- [7] W. M. Barr, "Recovery of precious metal values from ores". US 特許番号: US3988415A, 26-10-1974
- [8] C. W. Bale, E. Bélisle, P. Chartrand, S. A. Decterov, G. Eriksson, K. Hack, I. H. Jung, Y. B. Kang, J. Melançon, A. D. Pelton, C. Robelin, S. Petersen: "FactSage thermochemical software and databases — recent developments" Calphad, 33 (2009), 295-311
- [9] E. H. Archibald, W. G. Wilcox, B. G. Buckley: "A STUDY OF THE SOLUBILITY OF POTASSIUM CHLOROPLATINATE", J. American Chemical Society, 30 (1908), 747-760
- [10] 新井陽太郎: "レアメタル・貴金属の回収技術の基礎", 工業教育資料, 337 (2011),
- [11] G. G. Andres, D. F. Gervasio: "Pd-Pt nanostructures on carbon nanofibers as an oxygen reduction electrocatalyst" RSC Advances, 4 (2014), 42009-42013
- [12] 富士フイルム和光純薬株式会社: "塩化パラジウム(II)ナトリウム三水和物 SDS", <https://labchem-wako.fujifilm.com/sds/W01W0116-0008JGHEJP.pdf> [accessed: 2022-5-30]
- [13] 富士フイルム和光純薬株式会社: "テトラクロロパラジウム(II)酸アンモニウム SDS", <https://labchem-wako.fujifilm.com/sds/W01W0101-1570JGHEJP.pdf> [accessed: 2022-5-30]
- [14] J. N. FRIEND: "A TEXT-BOOK OF INORGANIC CHEMISTRY VOLUME IX. PART I," LONDON: CHARLES GRIFFIN AND COMPANY, LIMITED.
- [15] Independent scientific advisory body for government and parliament: "Rhodium and compounds - Evaluation of the carcinogenicity and genotoxicity", <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2002/06/27/rhodium-and-compounds-evaluation-of-the-carcinogenicity-and-genotoxicity> [accessed: 2022-5-30]
- [16] 前田正史: 環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書 "貴金属のリサイクル", 2012
- [17] 芝田 隼次, 奥田 晃彦: "貴金属のリサイクル技術", 資源と素材, 118 (2002), 1-8
- [18] JST: "白金族ハイエントロピー合金ナノ触媒の合成に成功" 3-8-2020, <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20200803/pdf/20200803.pdf> [accessed: 2022-5-30]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yoshimura Akihiro, Tochigi Shunta, Matsuno Yasunari	4. 巻 7
2. 論文標題 Fundamental Study of Palladium Recycling Using “Dry Aqua Regia” Considering the Recovery from Spent Auto-catalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Sustainable Metallurgy	6. 最初と最後の頁 266 ~ 276
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s40831-020-00335-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yoshimura Akihiro, Matsuno Yasunari	4. 巻 83
2. 論文標題 The Improvement of Platinum Recovery Ratio in the Recycling Process Using “Dry Aqua Regia”	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Institute of Metals and Materials	6. 最初と最後の頁 250 ~ 255
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2320/jinstmet.J2019011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yoshimura Akihiro, Matsuno Yasunari	4. 巻 60
2. 論文標題 The Improvement of Platinum Recovery Ratio in the Recycling Process Using “Dry Aqua Regia”	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 2223 ~ 2228
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2320/matertrans.MT-M2019167	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 吉村彰大	4. 巻 40
2. 論文標題 固体王水を用いた使用済み触媒からの白金回収	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 月刊機能材料	6. 最初と最後の頁 28-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 栃木駿太, 吉村彰大, 松野泰也
2. 発表標題 固体王水を用いた白金およびパラジウムの同時処理・分離回収プロセスの開発
3. 学会等名 資源・素材2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栃木駿太, 吉村彰大, 松野泰也
2. 発表標題 固体王水を用いたパラジウム回収プロセスの開発
3. 学会等名 資源・素材学会 2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Yoshimura, Yasunari Matsuno
2. 発表標題 Application of 'dry aqua regia' Pd treatment by FeCl ₃ -KCl and direct Pt recovery by FeCl ₃ -NaCl
3. 学会等名 Reactive Metal Workshop 15
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Yoshimura, Yasunari Matsuno
2. 発表標題 A novel platinum recycling process using "Dry Aqua Regia"
3. 学会等名 EARTH 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村彰大
2. 発表標題 新しい「王水」の開発 ~湿式法と乾式法の両面から~
3. 学会等名 環境資源工学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栃木 駿太、吉村 彰大、松野 泰也
2. 発表標題 固体王水を用いたパラジウム回収プロセスの開発
3. 学会等名 資源・素材2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 特許権	発明者 吉村彰大、松野泰也、 栃木駿太	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-021190	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

千葉大学 松野研究室 研究内容の詳細 https://matsuno-lab.tu.chiba-u.ac.jp/research.html#title07

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------