

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月14日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04182

研究課題名(和文)ハロゲン浴浸出とカニばさみ型抽出剤を利用した貴金属リサイクル技術の開発

研究課題名(英文) Development of recycling technology for precious metal by halogen leaching and pincer type extractant

研究代表者

柴山 敦 (Shibayama, Atsushi)

秋田大学・国際資源学研究所・教授

研究者番号：30323132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：金あるいは白金族金属を溶解するハロゲン浴浸出法を明らかにするとともに、新規に合成したカニばさみ(Pincer)型抽出剤による溶媒抽出技術を開発した。

ハロゲン浴浸出では、ヨウ化物溶液を用いた浸出とアスコルビン酸を用いた沈殿法により、廃電子基板焼却灰の金を98%以上回収できることを明らかにした。また、Pincer型抽出剤に関しては、パラジウムに高選択性を有し、高い抽出能力を持つ新たな抽出剤の合成に成功した。このPincer型抽出剤を使うと、自動車排ガス触媒を対象にした浸出液からパラジウムのみを抽出・逆抽出可能で、抽出剤を繰り返し利用できるなど、実用性の高いリサイクル技術への可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

貴金属等の酸溶解では一般に強酸溶液を使用するが、本研究では、ヨウ素-ヨウ化物溶液により金を選択的に溶解し、溶液中の錯イオン形成や金の沈殿回収プロセスを明らかにした。また、廃電子基板焼却灰に含まれる金の98%以上を回収できるなど、新たなリサイクル技術の可能性を提案した。一方、新たに開発したカニばさみ(Pincer)型抽出剤は、パラジウムに高選択性を有するほか、抽出能力が極めて高く、酸への安定性が高いなど、優れた特性を有することがわかった。また、逆抽出も可能で、自動車排ガス触媒の塩酸浸出液からパラジウムのみを繰り返し抽出が可能で、実用性が高く、学術的価値の高い研究成果を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：This research was investigated the novel recycling technology for precious metals recovery combined with halogen leaching and pincer type extractant.

In the halogen leaching method, more than 98% of gold was recovered from incinerated ash of wasted electronic circuit board (E-waste) by the iodine leaching and the precipitation method. Moreover, pincer-type ligand as new effective Pd(II) extractant, 1,3-bis(2-(octylthio)propan-2-yl) benzene (1), was synthesized, and its ability to extract Pd(II) from HCl and HNO₃ media was studied. The 1 showed superior Pd(II) extractability (E% = 99.9) relative to DOS from HCl and mixed HCl + HNO₃ media. Selective extraction of Pd(II) by 1 was achieved from the leach liquors of automotive catalysts containing Pd, Pt, Rh, rare metals, and base metal ions.

研究分野：資源リサイクル

キーワード：貴金属 リサイクル 溶媒抽出 Pincer 抽出剤 ヨウ素浸出

1. 研究開始当初の背景

金あるいは白金族金属 (Platinum Group Metal : PGM) を湿式リサイクルする場合、王水やシアン等の環境負荷の大きい溶液が頻りに用いられるが、安全性や生態系への影響を考えると新たな浸出 (溶解) 技術を開発する必要がある。一方、浸出した後の金や白金族に対しては、溶媒抽出法が広く用いられるものの、選択性や抽出能力に課題があることから、実用的には、リン酸エステルなど極限られた抽出剤のみが使用されている。最近では、イオン液体や分子認識性を有するクラウンエーテルなど、新しい材料が提案されているが、使用できる溶媒が制限される上、価格が極めて高いことから未だ広く実用化に至っていないのも事実である。

そこで本研究では、新たな貴金属リサイクル技術として、ハロゲン溶液を中心とする金および白金族金属への浸出プロセスを調査するとともに、白金族等の錯イオンに選択的に配位できるカニばさみ (Pincer) 型抽出剤を開発し、新たな溶媒抽出技術の確立を目指す。

2. 研究の目的

金あるいは白金族金属を効果的に溶解するハロゲン浴浸出法を明らかにし、新たに合成するカニばさみ型抽出剤と組み合わせた貴金属リサイクル技術を開発する。ハロゲン溶液による浸出法では、ヨウ素-ヨウ化物溶液によって金が速やかに溶けることを利用し、白金族金属には塩酸溶液や加圧酸浸出法を利用することで、王水やシアンを必要としない浸出技術を確認する。一方、新たに開発を目指す抽出剤は、白金族の塩化物錯体を取り囲むように配位できるカニばさみ (Pincer) 型構造という特徴的な分子構造を有している。この抽出剤を溶媒抽出法に利用し、ハロゲン溶液中の貴金属イオンを選択的に分離回収するリサイクルプロセスの構築を行う。

3. 研究の方法

3-1. ヨウ素浸出と沈殿法を用いた基板焼却灰からの金回収

3-1-1. 実験試料

実験試料には、純度 99.95 %以上の純金片および粉碎後の廃電子基板を 800 °Cで焼成した試料 (DOWA ホールディングス株式会社提供、以下、基板焼却灰) を用いた。基板焼却灰の主な化学組成を Table 1 に示す。この中には Au 327 g/t、Ag 441 g/t のほか、Cu 20.68 wt%、Al 4.55 wt%、Ca 4.29 wt%、Fe 2.49 wt%、Zn 1.56 wt%が含まれていた。なお、基板焼却灰に含まれる銅など多くの金属は、ヨウ化物浸出で用いる I⁻や I₃⁻と反応しやすいことから、本研究では事前に基板焼却灰を希硫酸で加圧浸出し、これら金属を除去した試料 (以後、焼却基板加圧浸出残渣) を用意の上、実験に供した。

3-1-2. 実験方法

ヨウ化カリウム (KI) と硫酸 (H₂SO₄)、過酸化水素水 (H₂O₂) を所定濃度で混合調整した浸出剤を PFA 容器に投入し、マグネティックスターラーを用いて 15 分間攪拌した。恒温槽を用い 40 °Cまで加温した後、純金片または焼却基板加圧浸出残渣を投入し浸出を開始した。所定時間浸出した後、固液分離を行い、金を含む溶液を得た。この Au 含有溶液を遠沈管に入れ、0.1 mol/L の NaOH を用いて pH 調整した後、0.1 mol/L の L(+)-アスコルビン酸 (C₆H₈O₆) を添加し、マグネティックスターラーを用いて 20 分間攪拌した。反応後、遠心分離を行い、得られた沈殿物を解析した。

3-2. カニばさみ (ピンサー) 型抽出剤による白金族元素の選択抽出

ピンサー型抽出剤の合成は、次の通り行った。1,3-ビス(2-(オクチルチオ)プロパン-2-イル)ベンゼン (1) の合成: ジクロロエタンに α, α' -ジヒドロキシ-1,3-ジイソプロピルベンゼンの出発原料を加えて溶解させ、よう化亜鉛と 1-オクタンチオールを添加し、窒素気流下、2 時間、室温で攪拌した。その後、ジクロロメタンを反応溶液に加えて希釈・洗浄し、分液ロートで水相を分離した後、有機相については 1 M NaOH (M = mol dm⁻³) 水溶液で数回洗浄した。有機相を無水硫酸ナトリウムにて脱水後、溶媒を留去することで、目的物のピンサー型抽出剤 1 (Fig. 1) の合成を行った (収率は 96%)。

ピンサー型抽出剤 1 の Pd(II)抽出メカニズム

の解析は次の手法にて実施した。Pd(II)の濃度が 1 mM となるように調製した塩酸溶液と 1 の濃度が 1 mM のクロロホルム溶液を準備し、両相を室温で振とうすることにより平衡状態を保持し

Table 1 基板焼却灰および加圧浸出残渣の化学組成

Elements	PCBs ash		After POAL		Elements	PCBs ash		After POAL			
	g/t		wt%			wt%					
Au	327	604	Al	4.55	2.93	Ag	441	2100	B	0.80	0.64
Bi	166	377	Ba	0.68	1.47	Ca	4.29	4.30	Cr	0.11	0.19
Co	180	84	Cu	20.68	0.61	Fe	2.49	1.59	Mg	0.30	0.26
Mn	763	525	Fe	2.49	1.59	Ni	0.71	0.32	Pb	1.73	2.65
Pd	224	230	Mg	0.30	0.26	Zn	1.56	0.18			
Sr	608	899	Ni	0.71	0.32						

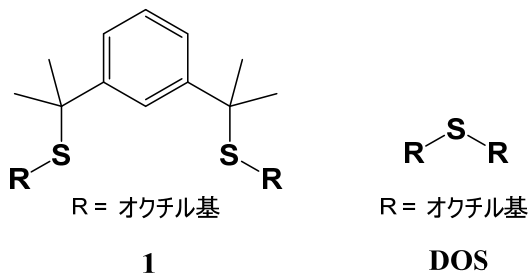


Fig. 1 ピンサー型抽出剤(1)と工業的 Pd(II)抽出剤のジオクチルスルフィド(DOS)の構造式

た。有機相中のクロロホルムを完全に除去して得られた成分を、核磁気共鳴スペクトル($^1\text{H NMR}$)や赤外吸収スペクトル(IR)などを使って解析することで、抽出剤 **1** と Pd(II)との間に特異的な結合が形成されるか確認した。

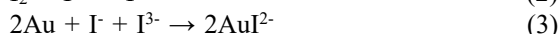
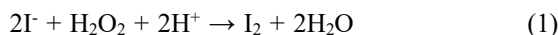
次いで、自動車排ガス触媒の酸浸出液 (Pd, Pt, Rh の他にレアアースやベースメタルを含む) に関しては、論文を参考にして調製し、適宜、希釈使用した (Shibayama, A. et al., *Mater. Trans.*, **2006**, *47*, 129)。溶媒抽出試験では有機相と各水相を同体積にて混合し、所定時間、室温で振とうすることで平衡状態を確保した。平衡後の金属濃度は ICP 発光分光分析装置で定量分析し、浸出率 $E\%$ を算出するとともに、各抽出剤の性能を評価した。有機相に抽出された金属を水相に移動させる逆抽出工程では、剥離剤に 0.1 M チオ尿素/1.0 M 塩酸混合水溶液或いは 5% アンモニア水、1 M 塩酸、1 M 硝酸、1 M 硫酸を、有機相と同体積で混合し、所定時間、室温にて振とうした。平衡後の金属濃度を同じく定量分析することで、逆抽出率 ($S\%$) を算出した。さらに、逆抽出後の抽出剤を含む有機相に、再度、同体積の希釈した自動車排ガス触媒の酸浸出液を加えることで抽出剤の繰り返し試験を行った。これら抽出と逆抽出のサイクルを 5 回実施し、抽出率 $E\%$ に与える影響や抽出金属の濃度等を調べることで、抽出剤の再利用の可能性を検討した。

4. 研究成果

4. 1. ヨウ化物浸出と沈殿法を用いた廃電子基板 (焼却基板加圧浸出残渣) からの金回収

4. 1. 1. 純金片を用いた $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KI}$ 浸出における H_2O_2 と KI 濃度の影響

過酸化水素 (H_2O_2) 添加量とヨウ化カリウム (KI) 濃度が純金片 (Au) の浸出率に及ぼす影響を調査した。結果を Fig. 2 に示す。ヨウ化カリウム濃度 72.3 mmol/L の場合、過酸化水素添加量 13.4 mmol/L までは、金の浸出率は増加するが、それ以降では減少することを確認した。ヨウ化カリウム濃度 48.2 mmol/L と 18.1 mmol/L の場合も同様に、過酸化水素添加量がある一定値を超えると、金の浸出率が減少した。本実験における金の浸出は、以下の反応に従って進行すると考えられる。



金を効率的に浸出するためには、(1)~(3)の反応をスムーズに進行させる必要があるが、過酸化水素水を添加しすぎると、(1)式により溶液中の I^- が消費される。一方、今回の条件では硫酸 (H^+) を加えていないことから、必ずしも I_2 の生成反応が進行するわけではなく、液中のヨウ化物バランスに影響を与えることが考えられる。その結果、(2)と(3)の反応が起こりにくくなり、結果として金の浸出率が低下する傾向を示したと推察される。以上の実験結果から、金の浸出における最適なヨウ化カリウム濃度は 72.3 mmol/L、過酸化水素水の添加量は 13.4 mmol/L とした。

4. 1. 2. 焼却基板加圧浸出残渣からの金浸出

焼却基板加圧浸出残渣に対する $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KI}$ 浸出を行った。各金属の浸出率を Fig. 3 に示す。今回は比較のため、固体ヨウ素とヨウ化カリウムを用いた $\text{I}_2\text{-KI}$ 浸出を行ったので、その結果を併せて示す。 $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KI}$ 浸出は、 $\text{I}_2\text{-KI}$ 浸出と同様に金の浸出率は 99% 以上となるなど、焼却基板加圧浸出残渣のように多様な成分を有する原料からも、効率的に金を浸出できることがわかった。一方、金以外にも銅、カルシウム、亜鉛、アルミニウム、鉄、鉛もある程度浸出され、 $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KI}$ 浸出の場合には、 $\text{I}_2\text{-KI}$ 浸出と比べ銅の浸出率が高くなることを確認した。

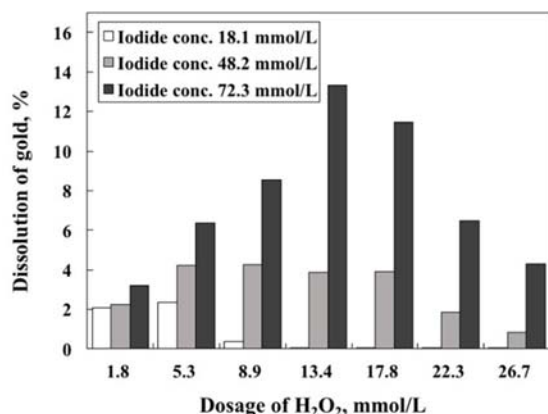


Fig. 2 純金片を用いた $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KI}$ 浸出における H_2O_2 と KI 濃度の影響

[実験条件]: 過酸化水素濃度 1.8~26.7 mmol/L, ヨウ化カリウム濃度 18.1~72.3 mmol/L, 硫酸濃度 40 mmol/L, 浸出温度 40 °C, 浸出時間 120 min, 攪拌速度 550 rpm

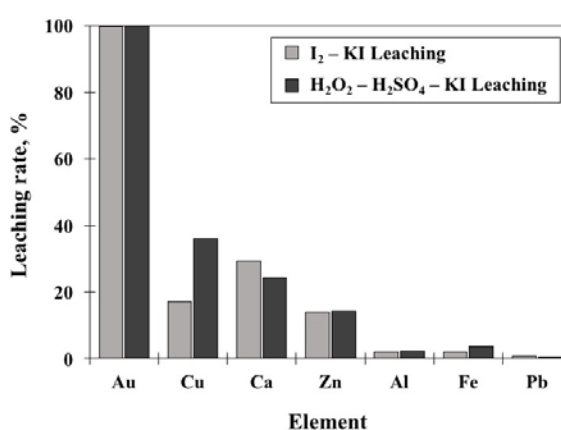


Fig. 3 ヨウ化物浸出における焼却基板加圧浸出残渣からの各種金属の浸出挙動

[実験条件]: 過酸化水素濃度 13.4 mmol/L, ヨウ化カリウム濃度 72.3 mmol/L, 硫酸濃度 40 mmol/L, 浸出温度 40 °C, 浸出時間 720 min, 攪拌速度 550 rpm

4. 1. 3. 沈殿法による浸出液からの金回収

焼却基板加圧浸出残渣への H₂O₂-H₂SO₄-KI 浸出で得られた浸出液を対象に、L(+)-アスコルビン酸 (C₆H₈O₆) を用いた金の沈殿回収を試みた。結果を Fig. 4 に示す。なお、L(+)-アスコルビン酸を浸出後液に直接添加すると銅も沈殿することから、水酸化ナトリウムを用いて pH を 11 に調整し、銅を除去した溶液を金の沈殿回収実験に供した。Fig. 4 より、L(+)-アスコルビン酸を 10 mmol / L 添加することで、98.9 %の金を沈殿物として回収することができた。金は液中に AuI²⁻として存在していると考えられるため、式(4)~(5)に示す通り、L(+)-アスコルビン酸が溶解する際に生じる電子により Au が還元析出したことが推察される。

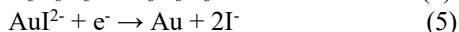
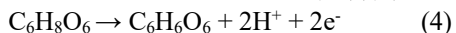
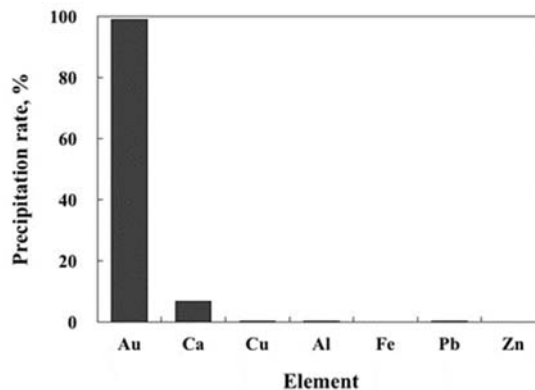


Fig. 4 (右図)

L(+)-アスコルビン酸を用いた沈殿法における浸出液中各種金属の沈殿率

[実験条件]: L(+)-アスコルビン酸添加量 10 mmol/L, 攪拌時間 20 min



4. 2. カニばさみ (ピンサー) 型抽出剤による白金族元素の選択抽出

ここでは主に、塩酸溶液中に含まれる Pd の回収に着目した抽出実験を行った。まず、塩酸濃度が Pd(II)の抽出率 E%に与える影響について、抽出剤 1 と工業用 Pd(II)抽出剤の DOS を用いた比較試験を行った。結果を Fig. 5 に示す。ピンサー型抽出剤 1 は塩酸濃度が上昇しても、抽出率 E%は 99%以上と極めて高く Pd(II)の高効率な抽出が可能であることがわかった。一方、DOS は、酸濃度が高くなるにつれ、徐々に抽出率が低下し、最終的に 8.0 M 塩酸中からの Pd(II)の E%は 90%となった。さらに、Pd(II)の抽出率が高い 8.0M 塩酸溶液中における抽出時間の影響を調査した。結果を Fig. 6 に示す。塩酸濃度 8.0 M の環境下で Pd(II)を抽出した際、ピンサー型抽出剤 1 は振とう時間 30 分で抽出率がほぼ 100%に達することがわかった。一方、工業用 Pd(II)抽出剤の DOS は 180 分を要し、1 に比べ約 6 倍の時間を有することがわかった。このことから、本研究で開発したピンサー型抽出剤は、Pd(II)に対して非常に高い親和性を有していることが明らかになった。また、塩酸と硝酸の混合浴で長時間の振とう試験を行った結果、今回の抽出剤 1 は酸性溶液中での抽出能力の低下が確認されず、優れた耐酸能力を有した、安定した化合物であることを確認した。

抽出メカニズムの解析については、¹H NMR と IR を測定することで実施した。Pd(II)抽出前の 1 は、¹H NMR より 7.76 ppm に観測されていた芳香族部位の水素 (赤色) の化学シフトが、Pd(II)抽出後には消失していることがわかった。このことから、抽出剤 1 が Pd(II)を捕捉する際に、芳香族部位の水素を放出しており、ピンサー配位子特有の結合形成、即ち、「配位子中の 3 元素で Pd(II)を捕捉する」ことによって、Pd(II)を抽出していることが明らかになった。また、IR 解析からも、Pd(II)抽出前後で C-S ピークのシフトが観測されていることから、上記メカニズムを支持する結果が得られたと考えている。

続いて、自動車排ガス触媒の酸浸出液 (Pd(II) = 92.8 ppm、Pt(IV) = 54.2 ppm、Rh(III) = 37.2 ppm、La(III) = 86.7 ppm、Ce(III) = 608.8 ppm、Y(III) = 3.8、Zr(IV) = 25.6 ppm、Ba(II) = 289.3 ppm、

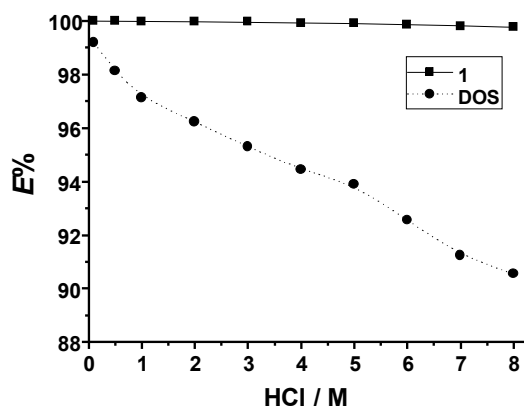


Fig. 5 塩酸濃度の変化におけるピンサー型抽出剤 1 と DOS の Pd(II)抽出効率の影響

[実験条件]: 塩酸濃度 0.1M~8.0 M、有機相: 抽出剤 1 濃度 10 mM、DOS 濃度 20 mM、水相: Pd(II)濃度 1 mM、希釈剤: ケロシン、振とう時間=1 時間

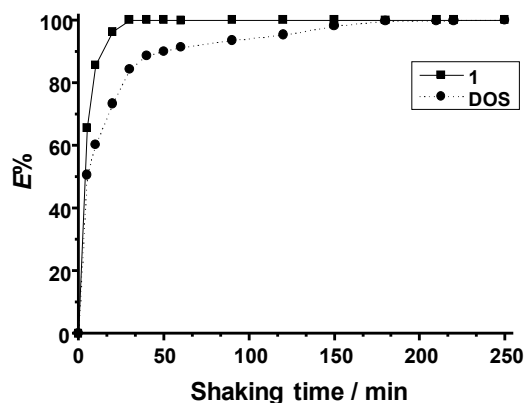


Fig. 6 高濃度塩酸溶液中 (8.0 M) での各抽出剤による Pd(II)抽出時間の依存性

[実験条件]有機相: 抽出剤 1 濃度=10 mM、DOS 濃度=20 mM、水相: Pd(II)濃度=1 mM、希釈剤: ケロシン、振とう時間: 0~250 分

Al(III) = 320.9 ppm の 9 種を含む酸性溶液) から選択的に Pd(II) を抽出できるか抽出剤 1 と DOS で検討した (Fig. 7)。DOS は Pd(II) の抽出率が 90% 程度と高いが、他の金属を少なからず抽出する。対照的に 1 は Pd(II) に高選択性を有し、抽出率も 99.9% と極めて高い値を示した。また、他の金属は抽出しないことを確認した。次に、逆抽出実験についても同様に検討を行った。剥離剤に選定した 0.1 M チオ尿素/1.0 M 塩酸混合水溶液、5% アンモニア水、1 M 塩酸、1 M 硝酸、1 M 硫酸の 5 種の内、チオ尿素/塩酸混合水溶液が最も効率が良い (逆抽出率 (S%) = 99.9%) ことを明らかにした。更に、①自動車排ガス触媒の酸浸出液から Pd(II) を抽出後、②チオ尿素/塩酸混合水溶液による Pd(II) の逆抽出、③抽出剤を含む有機相の洗浄の①~③工程を 5 回繰り返し、各回の E% と S% を評価することで、ピンサー型抽出剤 1 の再利用の可能性を検討した。その結果、抽出・逆抽出工程を 1 回目から 5 回目へと繰り返しても各回の E% と S% は 99% 以上と高効率であり、再利用が可能であるなど、本研究で開発したピンサー型抽出剤 1 は有用性に富む抽出剤であることを明示することができた。

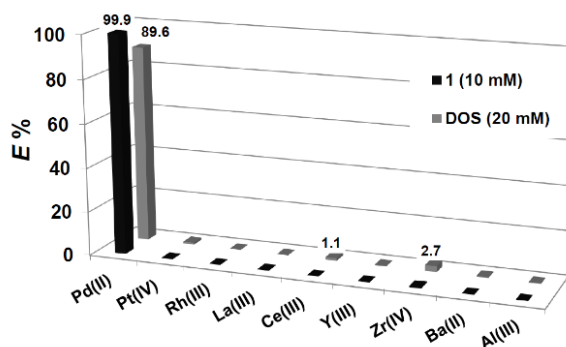


Fig. 7 ピンサー型抽出剤 1 と DOS による自動車排ガス触媒の浸出液からの抽出実験

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

1. B. Altansukh, K. Haga, H. H. Huang, A. Shibayama, "High-Pressure Oxidative Leaching and Iodide Leaching Followed by Selective Precipitation for Recovery of Base and Precious Metals from Waste Printed Circuit Boards Ash", *Metals*, Vol. 9, 363, (16 pages), doi:10.3390/met9030363 (2019).
2. B. Altansukh, K. Haga, H.-H. Huang, A. Shibayama, "Gold Recovery from Waste Printed Circuit Boards by Advanced Hydrometallurgical Processing", *Materials Transactions*, 60(2), 287-296, (2019).
3. K. Haga, S. Sato, M. Rajivgandhi, M. Yamada, A. Shibayama, "Selective recovery of Palladium from PGM Containing Acid Solution Using Thocarbamoyl-substituted Adsorbents", *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources*, 23(2), 173-177 (2018).
4. M. Yamada, M. Rajiv Gandhi, A. Shibayama, "Rapid and selective recovery of palladium from platinum group metals and base metals using a thioamide-modified calix[4]arene extractant in environmentally friendly hydrocarbon fluids", *Scientific Reports*, 8, 16909 (2018), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35026-x>.
5. M. Rajiv Gandhi, M. Yamada, K. Haga, A. Shibayama, "Synthesis of pincer-type extractants for selective extraction of palladium from PGMs: An improved liquid-liquid extraction approach to current refining processes", *Scientific Reports*, 7, 8709 (2017), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09053-z>.

他 3 件

[学会発表] (計 1 8 件)

1. 柴山 敦, 山田 学, 芳賀一寿, 「貴金属等の回収を目的とする高効率抽出剤の開発」, 一般社団法人資源・素材学会 平成 31 (2019) 年度春季大会, 千葉, 平成 31 年 3 月 6 日~8 日, 企画講演・口頭
2. 岡部 悠, 山田 学, 芳賀 一寿, 柴山 敦, 「新規チオアミド型抽出剤の合成と Pd(II) に対する抽出特性の評価」, 第 37 回溶媒抽出討論会, 京都, 平成 30 年 11 月 26 日~27 日, 一般講演・ポスター
3. M. Yamada and F. Hamada, "Selective recognition of metal ions or vaporous organic compounds using acyclic and macrocyclic molecules", International Workshop on Materials and Applications, インド, ベロールール, VIT 大学, 平成 30 年 10 月 11 日~12 日, 招待講演 (国際ワークショップ)
4. B. Altansukh, K. Haga, A. Shibayama, "Leaching of Gold from Waste Printed Circuit Boards in Iodine-Iodide Solution and Regeneration of the Spent Lixiviant", International Mineral Processing Congress Proceeding (IMPC2018), Electronic report (2018) (国際会議)
5. 岡部 悠, Muniyappan Rajiv Gandhi, 芳賀 一寿, 山田 学, 柴山 敦, 「直鎖・分岐アルキル部位を持つチオアミド系抽出剤の開発と Pd(II) 抽出特性」, 一般社団法人資源・素材学会 平成 30 (2018) 年度春季大会, 東京, 平成 30 年 3 月 27 日~29 日, 一般講演・口頭
6. 山田 学, 「ピンサー型 Pd(II) 抽出剤とシクロヘキサンを認識する有機結晶の開発」, 平成 29 年度日本素材物性学会研究会, 秋田, 平成 29 年 12 月 8 日, 招待講演
7. K. Haga, S. Sato, M. Rajivgandhi, M. Yamada, A. Shibayama, "Selective recovery of Palladium from PGM Containing Acid Solution Using Thocarbamoyl-substituted Adsorbents", International

Conference on Materials Engineering for Resources 2017 (ICMR2017), p.196-200 (2017) (国際会議)

8. B. Altansukh, K. Haga, A. Shibayama, "Pressure Oxidative Leaching of Spent Automobile Catalysts: Leaching Behavior of Platinum Group Metals", 資源・素材 & EARTH2017 (札幌) (The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology), Sapporo, Japan, Electronic reports (2017) (国際会議)
9. 岡部 悠, 山田 学, Muniyappan Rajiv Gandhi, 芳賀 一寿, 柴山 敦, 「チオアミド部位を有する新規抽出剤の合成と Pd(II)に対する抽出特性」, 資源・素材 2017 (札幌), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 一般講演・ポスター

他 9 件

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: パラジウム抽出剤、パラジウム抽出方法、パラジウム回収方法、パラジウム抽出剤の再生方法、および、パラジウムの反復回収方法

発明者: 山田 学, ムニヤパン ラジブ ガンジー, 芳賀一寿, 柴山 敦

権利者: 国立大学法人 秋田大学

種類: 特許

番号: 特願 2017-111863

出願年: 2017

国内外の別: 国内、国外

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 山田 学

ローマ字氏名: Yamada Manabu

所属研究機関名: 秋田大学

部局名: 大学院理工学研究科附属革新材料研究センター

職名: 講師

研究者番号 (8 桁): 90588477

研究分担者氏名: 芳賀 一寿

ローマ字氏名: Haga Kazutoshi

所属研究機関名: 秋田大学

部局名: 大学院国際資源学研究科

職名: 准教授

研究者番号 (8 桁): 10588461

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: アルタンスック バトナサン

ローマ字氏名: Altansukh Batnasan

研究協力者氏名: 岡部 悠

ローマ字氏名: Okabe Haruka

※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、研究者個人に帰属されます。