

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：17601

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K20067

研究課題名(和文)イオン認識・還元機能をもつナノファイバーの創出と貴金属イオンの革新的分離法の開発

研究課題名(英文)Creation of nanofiber with ion recognition and reduction functions and development of innovative separation method

研究代表者

馬場 由成 (Baba, Yoshinari)

宮崎大学・工学部・特任教授

研究者番号：20039291

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、希少性から安定確保が問題となっている貴金属を産業廃棄物からリサイクルし、さらにナノ粒子として再資源化することである。本研究では高比表面積のナイロンナノファイバーとセルロースナノファイバーを基体として、密着性の高い自己組織型ポリマーをコーティング後、ファイバーの微小空間に「濃縮・還元・脱離」の3機能を集積した今までにない反応場を創出した。金属はAu(III)、Pd(II)、Pt(IV)などの貴金属イオンを対象とし、バッチ法により吸着(濃縮)・還元・脱離実験を実施した。これらの「イオンを固体のナノ粒子」として回収できる高い省エネ性で、高選択的な貴金属のリサイクルシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は安定確保が困難である希少金属の中の貴金属を産業廃棄物からリサイクルすることで、環境保全および資源の有効利用を目指すものである。環境・資源の観点から社会的に意義があり、資源循環システムの構築による持続可能な社会づくりへの貢献が期待できる。さらに、回収した貴金属をナノ材料として再資源化することは学術的にも価値も高く、センシング、医療、フォトニクス材料などへの応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research is to recycle precious metals from industrial wastes as nanoparticles. In this study, high specific surface area Nylon nanofibers and cellulose nanofibers are used as substrates, coated with self-assembling polymers with high adhesiveness, and then "concentration/reduction/desorption" is applied to the microspace on the fibers. We created an unprecedented reaction field that integrates these three functions. Precious metal ions such as gold (III), palladium (II) and platinum (IV) were targeted, and their adsorption (concentration), reduction and desorption experiments were carried out by the batch method. We have constructed a highly selective precious metal recycling system that can recover these "ions as solid nanoparticles" with high energy efficiency.

研究分野：分離機能材料工学

キーワード：ナイロンファイバー 濃縮・還元機能 スペーサー 金・パラジウムの回収 セルロースナノファイバー
金ナノ粒子 パラジウムナノ粒子 バイオマス

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

貴金属は優れた物性(導電性、耐食性、耐熱性、展性など)により、電子部品、触媒などのように様々な分野で工業的に使用されている。しかし、その需要の高まりと希少性から近年価格が急騰し、その安定確保が重要である。一方、我が国は、鉱山資源の不足により希少金属や貴金属等を海外からの輸入に依存しており、幅広い産業分野において必須の素材となっている貴金属や希少金属は2050年までに現有埋蔵量を使い切り、埋蔵量ベースをも超えてしまうと言われている。よって、金属資源の安定供給の確保は、先端技術産業分野にとって緊急の課題である。そのような中で、産業廃棄物には金属鉱山と並ぶ優良な二次資源が含まれており、日本に蓄積している金属資源は世界有数の資源国に匹敵すると予想されている。このような状況から金属資源のリサイクルは資源の安定確保、さらには廃棄物処理による環境保全にもつながるため、日本の産業にとって極めて重要な課題の一つとなっている。

貴金属やレアメタルの分離・回収法には、従来から電解法、溶媒抽出法あるいはキレート樹脂を用いた吸着法が一般に使用されている。しかし、電解法では大量のエネルギーが必要であり、選択的な精密分離が困難である。溶媒抽出法では、有害で大量な有機溶媒の使用や装置に防爆装置の設置を必要とする。また吸着法では、高速処理や大量処理が難しいことやリサイクル操作が煩雑などの欠点を有しており、将来の循環型社会を目指すには、従来法とは異なる新たな革新的技術の創出が求められている。

我々は、これまでバイオマス廃棄物である海老や蟹の殻の有効活用を目指して、これらの殻から得られる「キチン・キトサン」を基体とする多くの吸着材を開発し、廃電子機器やメッキ廃液から希少金属元素の分離・回収技術の開発を行ってきた。その中で Au, Ag, Pd, Pt, Rh 等の貴金属は吸着速度が遅く、しかも吸着した貴金属イオンを脱離するのが困難であるという大きな課題が見えてきた。また、天然多糖類や活性炭による溶液中の金イオンが還元されるという報告は以前からなされているが、その現象を積極的に応用した研究は全く行われていない。

本研究は、この現象を積極的に利用し、「水中に溶存している金属イオン」を「固体のナノ粒子」として、しかも貴金属のみを高選択的に取り出すことで、革新的な省エネルギープロセスで環境保全型の貴金属の実用的回収技術として期待される。その際、大きな要素技術となる「濃縮・還元機能を付与した新機能性吸着材」の創出と、吸着材と生成した金ナノ粒子との分離(脱離)のために、「疎水性相互作用」を巧みに活用することによって解決するという着想に至った。

2. 研究の目的

循環型社会の構築を目指す我が国において、貴金属・レアメタルの資源不足は国際競争において大きな弱点となっており、希少金属資源の確保に関する革新的科学技術の創出は緊急を要する研究課題である。本研究の目的は、産業廃棄物である廃電子機器やメッキ廃液中の貴金属に関する新しい次世代型の分離回収システムを考案し、国家的弱点を克服する革新的リサイクル技術を創出することにある。本研究では、まず分離メディアとして環境調和型の自己組織化ポリマーに焦点を絞り、高比表面積でしかも構造形成された微小空間に「濃縮・還元・脱離」の三機能を集積した、今までにない反応分離場を創出する。産業廃棄物から溶出された酸溶液中の「貴金属イオン」を「イオン」としてではなく、微小空間(ナノ反応場)を利用して、吸着(濃縮)された貴金属イオンをナノ微粒子化する、省エネで環境に配慮した高効率・高選択的な希少金属資源のリサイクルシステムを構築する。

3. 研究の方法

本研究は、貴金属イオンを含む浸出液や廃液から貴金属イオンのみを固体ナノ粒子として分離回収することができる、今までにはない貴金属イオンの革新的分離・回収技術の創出である。そのための分離材として、「濃縮・還元・脱離」機能を有するナノファイバー(不織布)を新たに分子設計・合成し、これらの分離機能の評価と新しい分離システムの構築を行った。計画の前半では、特に学術上重要な概念である「濃縮・還元機能をもつ官能基」に関する基礎データ(化学構造・濃縮・還元機構や脱離機構)を金イオンを対象に確実に集積し評価した。計画の後半では、ターゲットを金イオンだけでなく貴金属イオンに応用し、これらに関する基礎データを集積し、本分離・回収システムの実用化に向けた検討も同時に行った。

3.1 吸着材の合成

廃液から貴金属をリサイクルする場合に、他に含まれる多くの金属との分離を効率よく行う吸着材を創出し、それを利用した新たな分離プロセスを構築しなければならない。本研究では高い強度をもち、化学的安定性に優れた環境調和性を有し、しかも高比表面積を示すナイロンナノファイバー(NNF)およびセルロースナノファイバー(CNF)を基体とし、これらのナノファイバーは我々の研究室でエレクトロスピニング法(図1)により調製した。これらのナノファイバーをベースに密着性の高い自己組織型ポリマー(キトサン・ブチラル・タンニン)をコーティングする。キトサンは反応活性な一級アミノ基、水酸基、ブチラルはエステル基、タンニンは多くの水酸基を持っており、次にこれらのファイバー上に「濃縮・還元・脱離」の3機能を集積した今までにない反応分離場を創出するために、例えばキレート形成能と還元性を同時に発揮できる配位子である硫黄アミノ酸であるシステインやチオール基のような化学構造を持った官能基を導入し、金イオンの濃縮・還元機能の評価した。この配位子を持ったナノファイバーを吸

着材とすることによって「溶液中のイオンを固体のナノ粒子」として回収し、省エネで、環境に配慮した高効率・高選択的な希少金属資源のリサイクルシステムの構築を目指した。

一方、セルロースナノファイバー（CNF）の場合には、コーティングすることなく CNF 上にある反応活性な多数の水酸基を利用して、ファイバー上の微小空間に、例えば二硫化炭素（CS₂）をアルカリ溶液中で反応させると、ワンステップで「濃縮・還元・脱離」の3機能を集積した今までにない選択的な反応分離場が創出でき、「イオンを固体のナノ粒子」として回収し、貴金属資源のリサイクルシステムを構築することが期待できる。

3.2 吸着実験

塩酸濃度依存性

実験はすべてバッチ法により行った。各金属イオンの塩化物塩を任意の濃度の塩酸溶液に溶解し、金属イオン Au(III), Pt(IV), Pd(II), Fe(III), Co(II), Ni(II)の初濃度を 1mmol/l、Rh(III)の初濃度を 100ppm とした。各溶液 20ml に対して新規に合成した吸着材（CNF+CS₂）0.005g を加え、30 恒温槽中で 1 時間振とうした。平衡後の金属イオン濃度の定量は、原子吸光光度計を用いて測定し、平衡後の塩酸濃度は中和滴定により求めた。

平衡時間測定

特に吸着が確認された Au(III), Pt(IV), Pd(II)の CNF+CS₂に対する平衡時間の測定を行った。用いた金属溶液は 1mM-Au(III), Pt(IV), Pd(II)溶液 20mL、CNF+CS₂ 0.005g、30 恒温槽中で振とうした。結果を図 4 に示す。

飽和吸着量の測定（吸着等温線の作成）

と同様に Au(III), Pt(IV), Pd(II)の CNF+CS₂に対する飽和吸着量の測定を行った。用いた金属溶液は 1mM-Au(III), Pt(IV), Pd(II)溶液 20mL、30 恒温槽中で 1 時間振とうした。結果を図 7 に示す。

CNF を用いた Au(III)の吸着に対する塩酸濃度依存性

未修飾 CNF による Au(III)の塩酸濃度依存性を行った。用いた金属溶液は約 200ppm AuCl₃の NaNO₃溶液 10mL、30 恒温槽中で振とうした。

4. 研究成果

平成 29 年度 - 平成 30 年度

初年度はナイロンとの相溶性がよい「タンニン酸やキトサン誘導体」がナイロンナノファイバーの重量の半分以上固定化され、微小空間に「濃縮・還元・脱離」の3機能を集積した場所の確保は、「水溶液中の金やパラジウムイオン」を「固体の金やパラジウムのナノ粒子」にするのに大きく貢献した。金イオンがタンニンに吸着することが必須だと思われるが、金のナノ粒子の形成はある程度の距離（-CH₂-）がないと容易に始まらないこともわかってきた。これはタンニン酸が「保護コロイド」の役割をしているのではないかと予想している。

一方、ナイロンナノファイバーにキトサン誘導体（アシル化キトサン誘導体）を固定化する際、アンカーの役割をする長鎖アルキル基を導入したキトサン誘導体/ナイロンナノファイバーについても、金イオンを選択的に吸着し、それをそのまましばらく置いておくと、金のナノ粒子らしきものが、表面や表面近くに観察できた。特にキトサンの場合には金イオンが吸着すると考えられる吸着座は「規則的に配列された官能基（-NH₂）」と「高度に制御された細孔構造」が金やパラジウムのナノ粒子の大きさや形状にも大きく影響しているようだ。さらに、「カルボキシル基やリン酸」のような新たな配位子を導入した新規なキトサン誘導体を用いて、ナイロンとハイブリッドした「キトサン誘導体/ナイロンナノファイバー」の作成を詳細に検討した。（図 2）使用したキトサン誘導体の吸着選択性はそのまま発現され、またその強度についても工業的なモジュール化に十分な強度であることが明らかとなり、特許申請中である。



図 1 エレクトロスピンニング装置

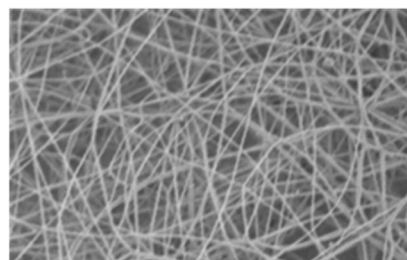


図 2 キトサン誘導体-ナイロンナノファイバー

さらに、金、パラジウム、白金が混合している pH5 の塩化物溶液から吸着すると、金イオンだけが吸着され、そのナノファイバーを各種の還元剤に浸漬すると、各種の形状をしたものやナノ粒子からマイクロ粒子までキトサン/ナイロンナノファイバーの表面に作成することができた。

キトサン誘導体あるいはタンニンでコーティングしたナイロンナノファイバーは、高い比表面積とタンニン（還元剤）や硫黄原子を含んだ配位子を導入することによって「濃縮・還元・脱

離」の3機能を集積した微小空間を創出することに成功した。しかし、キトサン誘導体でコーティングしたナイロンナノファイバーの場合には、溶液中に存在している貴金属イオンの少量(30%-50%)が還元され、あとは吸着材に吸着されたままになっており、大量の貴金属イオンの固体のナノ粒子を得ることができなかった。そこで特に実用化を目指して、次年度からCNFをCS₂とワンステップ反応によって「濃縮・還元・脱離」の3機能を集積した微小空間を創出に成功したので、この反応を利用し、実用化を目指して詳細に検討した。

平成30年度 - 令和元年度

CNF+CS₂ (CS₂で化学修飾したセルロースナノファイバー)による塩酸濃度依存性

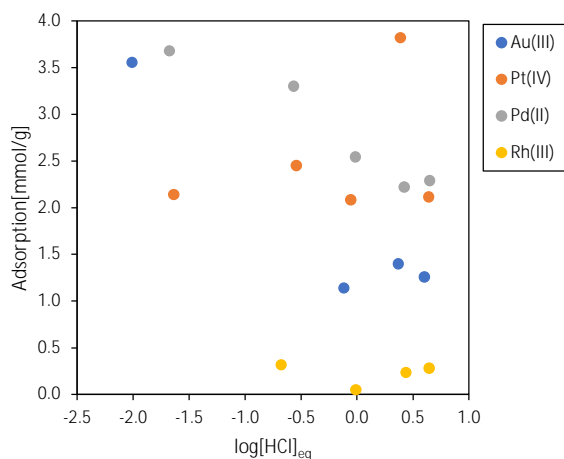


図3 CNF+CS₂による塩酸濃度依存性

図3には、塩酸濃度と吸着量との関係を示している。明らかに Au(III), Pt(IV), Pd(II)

は低塩酸濃度域での吸着が見られた。これは、低塩酸濃度域では金属のクロロ錯体の安定性が失われた結果、吸着剤中の非共有電子対と静電的に結合しやすくなったためであると考えられる。Au(III)とPd(II)は溶液を吸着剤に加えた直後に黒色の浮遊物が生じ、しばらくするとそれらが沈殿し、溶液の色が無色透明に変化した。Pt(IV)も同様に浮遊物が生じ、沈殿が生じたものの、溶液の色は薄くなっただけであった。また、Rh(III)の溶液に変化は見られなかった。従って、CNF+CS₂は、Au(III)とPd(II)に対して吸着選択性が高いと考えられる。なお、Fe(III), Co(II), Ni(II)の吸着は全く見られなかった。

Au(III), Pt(IV), Pd(II)の吸着平衡到達時間

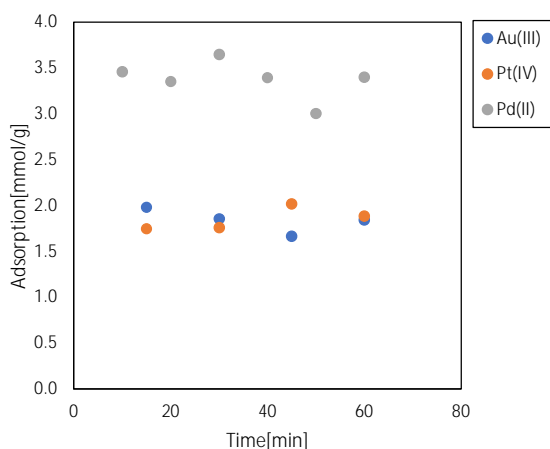


図4 Au(III), Pt(IV), Pd(II)の吸着平衡到達時間

図4から明らかなように、CNF+CS₂のAu(III) ([HCl]=2.40M), Pt(IV) ([HCl]=2.81M), Pd(II) ([HCl]=0.003M)に対する吸着平衡時間は振とう開始20分以降に変化が見られないことから開始20分前までに反応が平衡に達していると考えられる。一般的には貴金属の吸着時間は数十時間が必要であり、本吸着剤は吸着だけではなく「濃縮(吸着)還元」が起こっていることが予想される。Au(III)の平衡時間後の未過溶液の写真を以下の図5に示す。左から用いた吸着剤の粒径が大きくなっている。さらに、図6には吸着平衡後のパラジウムの溶液の状況を示している。

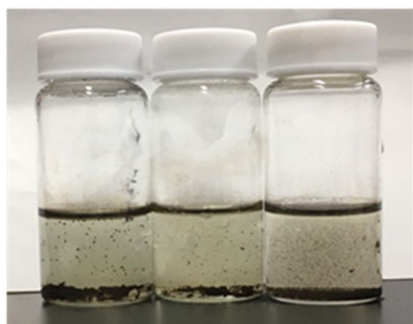


図5 吸着平衡後の金の溶液

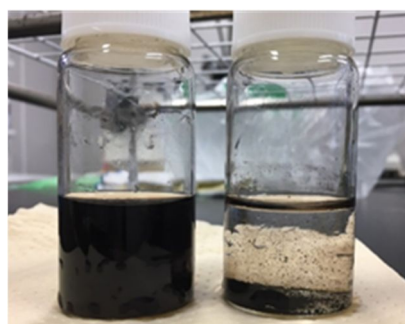


図6 吸着平衡後のパラジウムの溶液(粒径の違い)

図6では吸着材の粒径が異なっており、左の溶液<右の溶液のようになっている。どの溶液も黒色の沈殿が見られ、光を当てると金属光沢が確認されたため、金およびパラジウムの還元による析出が起きたと考えられる。

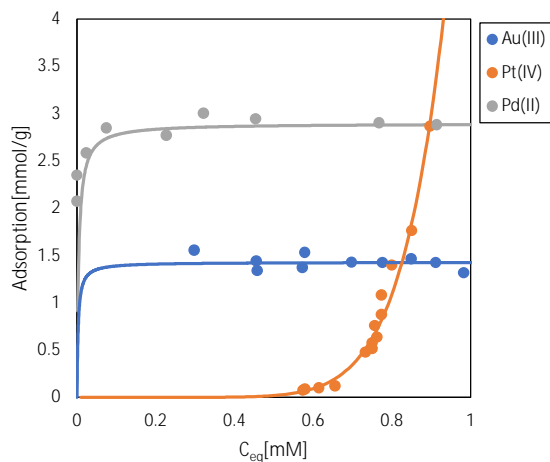


図7 Au(III), Pt(IV), Pd(II)の吸着等温線

CNF+CS₂による Pd(II), Au(III), Pt(IV)に対する吸着等温線を [HCl] = 1M のときのそれぞれを図7に示している。それぞれ吸着データは Langmuir の式に適用しており、それらの飽和吸着量は、それぞれ 3mmol/g, 1.5mmol/g であった。また、Pt(IV)は Freundlich の式に適用しており、飽和吸着量は Pd(II)とほぼ同じ程度だと思われる。

また、CNF の Au(III)に対する吸着量は、pH が低くなるにつれて吸着量が若干増加する傾向が見られたが、明らかに大きな差は見られなかった。一方、振とう後の吸着剤の色が以下に示した図8の写真のように変化した。pH が高くなるにつれて桃色を示すような傾向が見られた。これは、金のナノ粒子の形成によるものと考えられる。

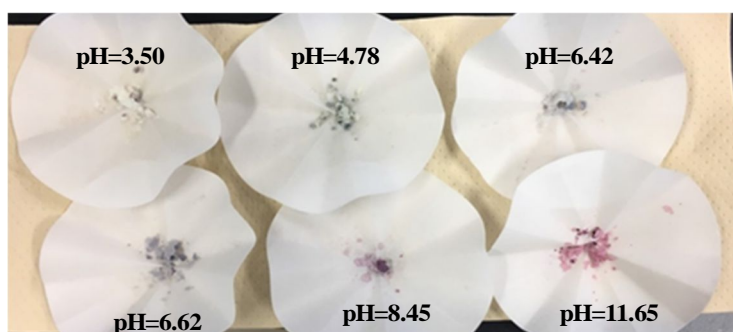


図8 pH による金ナノ粒子の色の变化

さらに、今までに得られた基礎データをもとに、実サンプルとして擬似のメッキ廃液や擬似の廃電子機器に含有する貴金属・レアメタルを試料サンプルとして「吸着(濃縮)・還元・脱離」の試験を行った。特に貴金属イオンの非常に希薄な濃度領域でさえも、「濃縮 還元 ナノ粒子形成」機能が発現し、本法が極希薄溶液にも適用できることを実証することができた。また、上述したプロセスの中で「金属イオンの還元」という現象が起こるためには、ナノファイバーの表面および内部における「濃縮」というプロセスがいかに重要であることを見いだすことができた。また、これらの基礎データと応用データに基づいて、金イオンを含む銅、ニッケル、コバルトの混合系からの実用化試験を行い、金のみが金箔として溶液の表面に浮かんで分離・回収を行うことができ、本法が高効率な革新的技術であることを検証することができた。今後は、ターゲットを貴金属だけでなく、水環境汚染重金属にも応用し、これらに関する基礎データを集積し、本分離・回収システムの実用化に向けた検討も同時に遂行することが重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件(うち査読付論文 12件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件)

1. 著者名 日高 菜、伊藤 崇裕、金丸 慎太郎、馬場 由成	4. 巻 46
2. 論文標題 クエン酸を固定化したキトサン誘導体の合成と太陽光廃パネルのモデル浸出液からのIn()およびGa()の高選択的分離・回収	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学工学論文集	6. 最初と最後の頁 13-17
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1252/kakoronbunshu.46.13	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 T.Ito, S.Kanemaru, T.Shiragami and Y.Baba	4. 巻 in press
2. 論文標題 Selective Extraction of In() and Ga() Using N-Lauroylsarcosine (NLS)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) -	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 Oshima T., Horiuchi T., Matsuzaki K., Ohe K.	4. 巻 183
2. 論文標題 Effect of structure of aromatic ethers on their extraction of Au(III) from acidic chloride media	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hydrometallurgy	6. 最初と最後の頁 207-212
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.12.017	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 T.Oshima, T.Koyama, K.Ohe, N.Otsuki	4. 巻 26
2. 論文標題 Extraction behavior of metal cations using 8-quinolinol as an extractant in cyclopentyl methyl ether	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15261/serdj.26.1	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 大柴 薫, 大島 達也, 小畑佑介, 金丸慎太郎, 本多剛, 臨護	4. 巻 45
2. 論文標題 ポリビニルアミン架橋樹脂由来の新規イミノ二酢酸キレート吸着剤による金属の高容量吸着	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工学論文集	6. 最初と最後の頁 66-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1252/kakoronbunshu.45.66	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 市川大稀, 塩盛弘一郎, 大柴 薫	4. 巻 8
2. 論文標題 酸化水酸化鉄微粒子を内包したポリアクリルアミドクライオゲルによるヒ素(V)のカラム連続吸着特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 科学・技術研究	6. 最初と最後の頁 23-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11425/sst.8.23	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 MATSUO Naoki, OSHIMA Tatsuya, OHE Kaoru, OTSUKI Noriyasu	4. 巻 26
2. 論文標題 Extraction behavior of arsenic, selenium, and antimony using cyclopentyl methyl ether from acidic chloride media	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 81-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15261/serdj.26.81	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 T.Oshima, S.Iwao, N.Matsuo, K.Ohe	4. 巻 26
2. 論文標題 Extraction behavior of precious metals in hydrochloric acid media using a novel amine extractant bearing a furan group	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 69-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15261/serdj.26.69	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 鹿屋 京平, 馬場 由成	4. 巻 3(vol.45)
2. 論文標題 キトサン膜を用いた金イオンの吸着および膜からの金ナノ粒子の分離回収	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工学論文集	6. 最初と最後の頁 123-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1252/kakoronbunshu.45.123	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 Tsuyoshi SUGITA, Iori FUJIWARA, Hiroyuki OKAMURA, Tatsuya OSHIMA, Yoshinari BABA, Hirochika NAGANAWA, Kojiro SHIMOJO	4. 巻 24(vol.2)
2. 論文標題 A Comprehensive Extraction Study Using a Mono-alkylated Diglycolamic Acid Extractant: Comparison Between a Secondary Amide Group and a Tertiary Amide Group	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 61-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15261/serdj.24.61	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Tatsuya OSHIMA, Naoki OHKUBO, Iori FUJIWARA, Takashi HORIUCHI, Takao KOYAMA, Kaoru OHE, Yoshinari BABA	4. 巻 24(vol.2)
2. 論文標題 Extraction of Gold(III) Using Cyclopentyl Methyl Ether in Hydrochloric Acid Media	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 89-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15261/serdj.24.89	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Yuji SASAKI, Tatsuya OSHIMA, Yoshinari BABA	4. 巻 25(vol.1)
2. 論文標題 Synthesis of Aminophosphonic Acid Extractants and the Effect of the Alkyl Chain on Their Extraction Selectivities for Indium(III), Gallium(III), and Zinc(II)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 11-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15261/serdj.25.11	査読の有無 有
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25件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Takahiro Ito, Tsutomu Shiragami, Yoshinari Baba, M. Ines G.S.Almeida, Spas D. Kolev
2. 発表標題 Highly selective separation of In(III) and Ga(III) with N-lauroylsarcosine and its application to PIMs
3. 学会等名 JTK2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Ito, Tsutomu Shiragami, Yoshinari Baba, Spas D. Kolev
2. 発表標題 アルキルアミドサルコシンを用いたIn(III)、Ga(III)の選択的抽出とPIMsへの応用
3. 学会等名 第38回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro Kanemaru, Takahiro Ito, Tsutomu Shiragami, Yoshinari Baba, Spas D. Kolev
2. 発表標題 N-n-ドデシル-2-ピロリドンによる金の高選択的抽出
3. 学会等名 第38回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Ito, Tsutomu Shiragami, Yoshinari Baba, M. Ines G.S.Almeida, Spas D. Kolev
2. 発表標題 Selective Separation of In(III), Ga(III) from Zn(II) using Polymer Inclusion Membranes
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会・外国人研究者交流国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Ito, Shintaro Kanemaru, Yukie O'bryan, M. Ines G.S.Almeida, Spas D. Kolev, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Selective Solvent Extraction of In(), Ga() over Zn() from Wastes of Solar Panels
3. 学会等名 APChE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro Kanemaru, Takahiro Ito, Spas D. Kolev, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Development of highly selective extractant of Cd() over Zn() and its application to the CTA membrane transport
3. 学会等名 APChE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro Kanemaru, Takahiro Ito, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Selective extraction of In() and Ga() over Zn() with thiol-containing extractants and its application to membrane separation
3. 学会等名 APChE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Ito, Shintaro Kanemaru, Yoshinari Baba, Yukie O'bryan, M. Ines G.S.Almeida, Spas D. Kolev
2. 発表標題 Selective membrane separation of In(III) , Ga(III) over Zn(II) from wastes of solar panel using PIMs
3. 学会等名 APChE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tokiya ASANO, Tatsuya OSHIMA, Kaoru OHE, Keisuke OHTO
2. 発表標題 Solvent extraction of amino acid esters using a calix[6]arene carboxylic acid derivative in aromatic ethers
3. 学会等名 APChE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松崎 喜代治, 大島 達也, 大榮 薫
2. 発表標題 芳香族エーテルを用いたイオン溶媒和に基づく塩酸系からの金属イオンの抽出
3. 学会等名 第38回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野 迅矢, 大島 達也, 大榮 薫, 大渡 啓介
2. 発表標題 カリックスアレーン誘導体の溶媒となるエーテル化合物の開発と抽出特性の評価
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鹿屋 京平, 塚崎 孝規, 大島 達也, 馬場 由成
2. 発表標題 活性炭への化学修飾による高機能性吸着材の開発と有機化合物および金属吸着能の評価
3. 学会等名 化学工学会 第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鹿屋京平,大島達也,馬場由成
2. 発表標題 N, Oを配位原子とする新規抽出剤による貴金属イオンの選択的分離
3. 学会等名 化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鹿屋 京平,大島 達也, 馬場 由成
2. 発表標題 活性炭表面の化学修飾による高機能性吸着剤の開発と水環境浄化への応用
3. 学会等名 化学工学会 第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 愛甲 尚正,大島 達也,馬場 由成,大榮 薫
2. 発表標題 キチンを原料としたポリオールキトサン誘導体の合成とAs, SeおよびSbの吸着特性
3. 学会等名 化学工学会 第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 花田 隆文,岩熊 美奈子,馬場 由成
2. 発表標題 硫黄原子と窒素原子を配位子とする2座高分子型抽出剤の新規合成と金(III)の抽出平衡
3. 学会等名 化学工学会 第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 愛甲尚正 杉本匡弥 大島達也 馬場由成
2. 発表標題 水酸基を導入したキトサン誘導体による半金属元素の吸着特性
3. 学会等名 平成29年度繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鹿屋京平 馬場由成
2. 発表標題 キトサン膜の生成と金ナノ粒子化への応用
3. 学会等名 平成29年度繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shintaro Kanemaru, Rieko Miura, Megumi Tokumaru, Tatsuya Oshima, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Selective Extraction Separation of Indium and Gallium with Thiol Derivative
3. 学会等名 The 21st International Solvent Extraction Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kyohei Kanoya, Tatsuya Oshima, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Extraction Behavior of Precious Metals from Hydrochloric Acid with 8-Dodecoxyquinoline
3. 学会等名 The 21st International Solvent Extraction Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Minako Iwakuma, Takafumi Hanada, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Synthesis of Methylacrylate-Styrene Copolymer Containing A Sulfur Atom and Extraction Equilibrium of Gold(III) from Hydrochloric Acid
3. 学会等名 The 21st International Solvent Extraction Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Matsuo, Tatsuya Oshima, Yoshinari Baba, Noriyasu Otsuki
2. 発表標題 Extraction of Arsenic and Antimony Using Cyclopentyl Methyl Ether in Hydrochloric Acid Media
3. 学会等名 The 21st International Solvent Extraction Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rieko Miura, Tatsuya Oshima, Yoshinari Baba
2. 発表標題 Selective Extraction of Antimony and Arsenic with Alkylated Piperazine Derivative
3. 学会等名 The 21st International Solvent Extraction Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kaoru Ohe, Ryosuke Tabuchi, Tatsuya Oshima, Yoshinari Baba, Takayoshi Hara, Shogo Shimazu
2. 発表標題 Anion Exchange of Arsenic Oxyanions by Ni-Zn Hydroxide Double Salts
3. 学会等名 The 21st International Solvent Extraction Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩熊美奈子
2. 発表標題 高専での研究活動～貴金属回収技術をテーマとして
3. 学会等名 化学工学会第83年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 貴金属の分離回収方法及びその方法によって回収される貴金属微粒子	発明者 馬場由成	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-039583	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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
研究分担者	大榮 薫 (Ohe Kaoru) (00315350)	宮崎大学・工学部・准教授 (17601)	
研究分担者	岩熊 美奈子 (Iwakuma minako) (00342593)	都城工業高等専門学校・物質工学科・教授 (57601)	