

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K05183

研究課題名（和文）金属イオンのイオン液体抽出における優勢抽出種荷電状態の評価

研究課題名（英文）Evaluation of charge state of dominant extracted species in ionic liquid extraction of metal ions

研究代表者

平山 直紀（Hirayama, Naoki）

東邦大学・理学部・教授

研究者番号：20260557

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：陰イオン性配位子を用いる金属イオンのイミダゾリウム型イオン液体への抽出に際し、分配平衡とイオン交換平衡の優劣を支配する因子すなわち優先抽出種を支配する因子の系統的評価を試みた。さまざまな抽出系を用いて検討した結果、イオン液体陽イオンの疎水性の差異がイオン種の抽出を支配することや、配位不飽和陽イオン錯体の抽出には錯体自身に一定の疎水性が必要であること等の知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、イオン液体を抽出溶媒として用いる際に無電荷種、荷電種いずれの抽出を目的とするかによって適切な抽出系を使い分けるための基準となる指針を提供することができた。この結果は、イオン液体の学術および工業的応用範囲の拡大に貢献するとともに、環境に有害とされる有機溶媒の使用量削減といった社会的ニーズに寄与する一定の基礎的な情報を提供できたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In the extraction of metal ions into imidazolium-type ionic liquids using anionic ligands, systematic approaches were attempted for evaluating that govern whether the distribution equilibrium of uncharged complexes or the ion exchange equilibrium of charged complexes is dominant. It was suggested that differences in the hydrophobicity of ionic liquid cations govern the extraction of charged complexes, and that extraction of coordinatively unsaturated cationic complexes requires a certain level of hydrophobicity in the complexes themselves.

研究分野：分析化学

キーワード：イオン液体 キレート抽出 分配平衡 イオン交換平衡 三相系 金属イオン 立体障害

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 (共通)

1. 研究開始当初の背景

常温で液体の塩であるイオン液体を従来の有機溶媒に替わる新たな液体媒体として用いることを試みる研究が、今世紀初頭より化学の各分野において精力的に展開されており、溶媒抽出分離における抽出相媒体として疎水性イオン液体を用いる試みも数多くなされている。

抽出相溶媒としてのイオン液体には、その特性上「極性非水溶媒」と「液状イオン交換体」の二つの側面がある。したがって、陰イオン性配位子を用いる金属イオンの抽出の際には、陽イオン交換、無電荷種分配、陰イオン交換のすべてが起こり得る、すなわち様々な荷電状態の錯体が抽出され得ることになるが、その抽出機構相互の関係はほとんど評価されていなかった。したがって、金属イオン抽出に際してどの機構が優先的に働くかを系統的に知る必要があると考えられた。

2. 研究の目的

上記の背景を基に、本研究では、陰イオン性配位子を用いる金属イオンのイオン液体への抽出に際し、分配平衡とイオン交換平衡の優劣を支配する因子すなわち優先抽出種を支配する因子を系統的に評価することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、最も一般的なイオン液体である 1-アルキル-3-メチルイミダゾリウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド($C_n\text{mimTf}_2\text{N}$)を主に用い、金属イオンのイオン液体への抽出の際に抽出化学種の荷電状態がどのように影響を与えるかについて、次の2つのケースを中心に検討を行った。

(1) イオン液体キレート抽出において無電荷種の抽出優先性が破られる場合の評価

疎水性の多座配位子を抽出剤として用いるイオン液体キレート抽出では、多くの場合無電荷錯体が優勢抽出種となるが、荷電錯体が優先抽出種となるケースもしばしば見られる。そこで、この特別なケースが「本当に特別なのか」「どの程度特別なのか」という観点から、抽出剤とイオン液体の双方からのアプローチで検討を行った。

(2) ハロ錯体等の陰イオン交換抽出における抽出種の荷電状態の評価

ハロゲン化物イオンなどの無機陰イオン性単座配位子は比較的疎水性が低いことから、これらを用いた金属イオンのイオン液体への抽出では多くの場合陰イオン錯体が抽出される。この抽出ではイオン液体構成成分の違いが抽出挙動に顕著に影響するが、その影響は単に抽出性能の大小に留まらず、優勢抽出種の荷電状態の変動にまで及ぶ可能性がある。そこで、主に構成成分の変化という観点で検討を行った。

4. 研究成果

(1) イオン液体キレート抽出において無電荷種の抽出優先性が破られる場合の評価

1価2座配位子テノイルトリフルオロアセトン(Htta)を用いるイオン液体キレート抽出における陰イオン錯体優勢抽出の機構解析

Httaを用いる2価金属イオンの抽出において、配位数6の金属イオンについて配位飽和陰イオン錯体の抽出が優勢である。Htta分子内の CF_3 基とイオン液体陽イオン($C_n\text{mim}^+$)との水素結合がこの優勢抽出に関与しているという仮説の下に、有機溶媒による希釈を用いて当該陽イオンの絶対量を減少させて検討したところ、絶対量が減少しても一定の効果が見られることを確認した。また、この CF_3 基を C_2F_5 基に転換した抽出剤を用いて比較を行ったところ、陰イオン錯体優勢抽出の系で顕著な抽出増大がみられたが、さらに C_3F_7 基に転換した場合には更なる増大は見られなかった。

次に、1-アルキル鎖長の異なる $C_n\text{mimTf}_2\text{N}$ 相互間での抽出挙動の差異を系統的に評価した。全体的に1-アルキル鎖長が長い、すなわちイオン液体陽イオンの疎水性が高いイオン液体ほど抽出に有利である傾向が見られたが、分配平衡に基づく抽出の場合はその差がわずかであるのに対し、陰イオン交換平衡に基づく抽出の場合は顕著な差となった。この違いは、イオン液体の選択による優先抽出種制御の可能性を示唆するものである。

1価3座配位子1-(2-チアゾリルアゾ)-2-ナフトール(Htan)を用いるイオン液体キレート抽出における抽出種荷電状態の評価

1-アルキル鎖長の異なる $C_n\text{mimTf}_2\text{N}$ 相互間での抽出挙動の差異を系統的に評価した。配位数6

の 2 価金属イオンの抽出では配位飽和無電荷錯体が優勢種となり、イオン液体相互間での差異がほとんどみられなかったのに対し、配位数 4 の銅(II)の抽出ではイオン液体により抽出種に違いが見られ、1-アルキル鎖長の短いイオン液体では配位不飽和陽イオン錯体 $\text{Cu}(\text{tan})^+$ の抽出が優勢となった。配位骨格の類似した 1-(2-ピリジルアゾ)-2-ナフトール(Hpan)ではこの荷電種優勢の現象は見られなかったことから、錯形成能の差異が優勢抽出種決定に寄与するという知見を得た。

1 価 2 座配位子 2-メチル-8-キノリノール(Hmq)を用いる 3 価 13 族金属イオンのイオン液体キレート抽出における優勢抽出種の評価

立体障害によりアルミニウム(III)と 1:3 錯体を形成しにくい Hmq を抽出剤として用いてイオン液体へのキレート抽出を試みたところ、アルミニウム(III)やガリウム(III)では配位不飽和 1:2 陽イオン錯体が抽出種となるのに対し、よりイオンサイズが大きく立体障害が起きにくいインジウム(III)では陽イオン錯体の抽出は見られないという知見が得られた。特にアルミニウム(III)については、以前検討した立体障害のない 8-キノリノール(Hq)とは異なる結果となった。

1 価 2 座配位子 8-(*p*-トルエンスルホンアミド)キノリン(Htsq)を用いる 3 価 13 族金属イオンのイオン液体キレート抽出における優勢抽出種の評価

Hq と同一の配位骨格を有するがドナー原子の異なる Htsq を抽出剤として用いてイオン液体へのキレート抽出を試みたところ、イオンサイズの大きなインジウム(III)で配位不飽和 1:2 陽イオン錯体が選択的抽出種となるという新たな基礎的知見が得られた。相対的に大きな金属イオンでは配位不飽和錯体の疎水性が不十分なため抽出に不利となるが、Htsq にはかさ高い *p*-トルエンスルホニル基が結合しているためこの問題が緩和されたと推定される。

(2) ハ口錯体等の陰イオン交換抽出における抽出種の荷電状態の評価

複数のイオン液体を混合した系における陰イオン交換抽出挙動の解析

金属イオンのハ口錯体やチオシアナト錯体の陰イオン交換抽出において、1-アルキル鎖長の異なる複数の $\text{C}_n\text{mimTf}_2\text{N}$ を混合した抽出相を用いた場合の抽出挙動と抽出種について検討を行った。抽出種の荷電状態については組成依存性は見られなかったが、抽出効率については単純な混合比ではなく、イオン液体陰イオンである Tf_2N^- の水相への溶出量との間に強い相関が見られ、高疎水性イオン液体の寄与が大きく現れるという基礎的知見が得られた。

チオシアナト錯体の新規濃縮抽出系の構築

の研究の過程で、無電荷配位子であるトリオクチルホスフィンオキシド(TOPO)を系に添加した場合に第三の新たな微小体積相が生じる現象が見いだされ、この新たな相にチオシアナト錯体が選択的に抽出されるという新しい知見が得られた。ここに抽出されるチオシアナト錯体の荷電状態は複雑で、今後詳細な解析が必要である。

(3) 陽イオン錯体の陽イオン交換抽出における抽出種の荷電状態の評価

(2)の研究の発展系として、錯体の電荷を反転させたケースについても検討を行った。

複数のイオン液体を混合した系における陽イオン交換抽出挙動の解析

(2)の研究の発展系として、ストロンチウム(II)のクラウンエーテルとの陽イオン錯体をモデルとして混合イオン液体系における抽出挙動の解析を行ったところ、陰イオン錯体の場合と同様に高疎水性イオン液体の寄与が大きく現れる結果となった。

陽イオン錯体間の分別抽出系の構築

(2)の研究をさらに展開させ、互いに混和しない疎水性イオン液体と脂肪族有機溶媒を共存させた三相系を構築して、鉄(II)イオンと鉄(III)イオンの分別抽出を試みた。その結果、鉄(II)イオンは無電荷配位子 2,2'-ビピリジンとの陽イオン錯体としてイオン液体相に、鉄(III)は無電荷配位子 TOPO との陽イオン錯体とイオン液体相から溶出した Tf_2N^- とのイオン対として有機溶媒相にそれぞれ分別抽出可能であることを見いだした。すなわち、同じ荷電錯体であっても、対抽出相親和性の差異による抽出制御が可能となることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 TOITA Mizuki, MORITA Kotaro, HIRAYAMA Naoki	4. 巻 29
2. 論文標題 Extraction Behavior of Metal-Thiocyanato Complexes into Third Phase Formed in an Ionic Liquid Extraction System Using Trioctylphosphine Oxide	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 61 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15261/serdj.29.61	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 平山直紀	4. 巻 31
2. 論文標題 錯生成と液相間物質移動に基づく金属イオン分離系の構築と機能評価に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本イオン交換学会誌	6. 最初と最後の頁 29 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5182/jaie.31.29	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 TOITA Mizuki, MORITA Kotaro, HIRAYAMA Naoki	4. 巻 36
2. 論文標題 Mutual Separation of Fe(II) and Fe(III) Using Cyclohexane/Water/Ionic-liquid Triphasic Extraction System with 2,2'-Bipyridine and Tri-n-octylphosphine Oxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1387 ~ 1391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20P198	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 OKAMURA Hiroyuki, HIRAYAMA Naoki	4. 巻 37
2. 論文標題 Recent Progress in Ionic Liquid Extraction for the Separation of Rare Earth Elements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 119 ~ 130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20SAR11	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 Ayano Eguchi, Kotaro Morita, Naoki Hirayama	4. 巻 35
2. 論文標題 Ionic liquid chelate extraction behavior of trivalent Group 13 metals into 1-alkyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethanesulfonyl)imides using 8-quinolinol as chelating extractant	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1003-1007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.19P132	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 Hiroyuki Okamura, Masayoshi Mizuno, Naoki Hirayama, Kojiro Shimojo, Hirochika Naganawa, Hisanori Imura	4. 巻 59
2. 論文標題 Synergistic enhancement of the extraction and separation efficiencies of lanthanoid(III) ions by the formation of charged adducts in an ionic liquid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 329-340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.9b04998	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 Mizuki Toita, Kotaro Morita, Naoki Hirayama	4. 巻 34
2. 論文標題 Formation of minimal third phase in ionic liquid extraction system with trioctylphosphine oxide and its possible application to extraction concentration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1063-1065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.18C016	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 -

〔学会発表〕 計42件(うち招待講演 5件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 平山直紀
2. 発表標題 物質分離場としての疎水性イオン液体 –姿を変えた液状イオン交換体–
3. 学会等名 第36回イオン交換セミナー(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 筒井桃子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 2-メチル-8-キノリノールによるアルミニウムのイオン液体カチオン交換抽出
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 筒井桃子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 2-メチル-8-キノリノールによる13族金属イオンのイオン液体キレート抽出
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 筒井桃子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 スルホンアミドキノリン型抽出剤による13族金属イオンのイオン液体キレート抽出
3. 学会等名 第42回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 筒井桃子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 2-メチル-8-キノリノールによる13族金属イオンのイオン液体抽出における抽出化学種の評価
3. 学会等名 第84回分析化学討論会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大脇綾華, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 混合イオン液体へのストロンチウム-クラウンエーテル錯体の抽出挙動
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平山直紀
2. 発表標題 分離化学研究と放射化学との関わり
3. 学会等名 日本放射化学会第66回討論会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 OWAKI Ayaka, MORITA Kotaro, HIRAYAMA Naoki
2. 発表標題 Evaluation of mixed ionic liquid cation exchange extraction phase using a cationic strontium-crown ether complex
3. 学会等名 8th International Conference on Ion Exchange (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 TAKEDA Rio, TSUZAKI Wataru, MORITA Kotaro, HIRAYAMA Naoki
2. 発表標題 Ionic liquid chelate extraction of copper(II) with tridentate extractants
3. 学会等名 8th International Conference on Ion Exchange (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 筒井桃子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 2-メチル-8-キノリノールによるアルミニウムのイオン液体キレート抽出挙動
3. 学会等名 第41回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田莉央, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 1-(2-チアゾリルアゾ)-2-ナフトールを用いた二価遷移金属イオンのイオン液体キレート抽出
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大脇綾華, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 混合イオン液体を用いたストロンチウム-クラウンエーテル錯体のカチオン交換抽出挙動
3. 学会等名 第35回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹田莉央, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 1-(2-チアゾリルアゾ)-2-ナフトールを用いたCu(II)のイオン液体キレート抽出挙動
3. 学会等名 第40回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Hirayama
2. 発表標題 Unique characteristics of imidazolium type ionic liquids as metal extraction solvents
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野あすか, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 シクロペンチルメチルエーテルを抽出相に用いる2価金属イオンのキレート抽出
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平山直紀
2. 発表標題 イオン液体抽出系研究と高山フォーラム
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋場優里, 山田佳林, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 イミダゾリウム型イオン液体へのキレート抽出挙動に及ぼすイオン液体カチオン側鎖長の寄与
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mizuki Toita, Kotaro Morita, Naoki Hirayama
2. 発表標題 Extracted species of Fe(III) thiocyanato-complex into the formed third phase in ionic liquid extraction system using TOPO
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江口綾乃, 岡村浩之, 杉田 剛, 上田祐生, 森田耕太郎, 下条晃司郎, 長縄弘親, 平山直紀
2. 発表標題 三価ランタノイドのイオン液体キレート抽出におけるイオン液体アニオン側鎖の効果
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸岡由佳, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 テノイルトリフルオロアセトンを用いるキレート抽出における添加剤としてのアンモニウム型イオン液体の効果
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸井田美月, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 TOPOを用いたイオン液体抽出系におけるFe(III)チオシアナト錯体の第三相抽出化学種の解析
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳥羽優美香, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 イミダゾリウム型イオン液体抽出系における1-アルキルイミダゾールの効果
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平山直紀
2. 発表標題 錯生成と液相間物質移動に基づく金属イオン分離系の構築と機能評価に関する研究
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸井田美月, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 トリオクチルホスフィンオキシドを用いたイオン液体抽出系におけるアニオン性単座配位子共存下での金属イオンの第三相への抽出挙動
3. 学会等名 第34回日本イオン交換研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸井田美月, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 TOPOを用いたイオン液体抽出系におけるFe(III)の抽出速度低下
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 鳥羽優美香, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 1-アルキルイミダゾールとクラウンエーテルによる2価金属イオンのイミダゾリウム型イオン液体への協同抽出
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 丸岡由佳, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 テノイルトリフルオロアセトンを用いるキレート抽出における添加剤としての疎水性イオン液体の効果
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 Ayano Eguchi, Hiroyuki Okamura, Tsuyoshi Sugita, Yuki Ueda, Kotaro Morita, Kojiro Shimojo, Hirochika Naganawa, Naoki Hirayama
2. 発表標題 Odd-even effect of ionic liquid anion perfluoroalkyl chain length on ionic liquid chelate extraction of trivalent lanthanoids
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mizuki Toita, Kotaro Morita, Naoki Hirayama
2. 発表標題 Effect of thiocyanate ion on mutual separation of iron(II) and iron(III) using ionic liquid triphasic extraction system
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸井田美月, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 イオン液体三相抽出系に基づく鉄の価数分離におけるチオシアン酸イオンの効果
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島伊織, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 中性配位子ビス(2-ピリジルメチル)アミンによるイオン液体への二価遷移金属イオンの抽出
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮島麻都香, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 テノイルトリフルオロアセトンを用いた二価金属イオンのイオン液体キレート抽出におけるイオン液体カチオンの水素結合能の効果
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田佳林, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 イオン液体キレート抽出における β -ジケトン抽出剤のパーフルオロアルキル鎖長の効果
3. 学会等名 第37回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸井田美月, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 TOPOを用いたイオン液体抽出系における第三相へのチオシアナト錯体の分配挙動
3. 学会等名 第37回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口綾乃, 岡村浩之, 杉田 剛, 上田祐生, 森田耕太郎, 下条晃司郎, 長縄弘親, 平山直紀
2. 発表標題 イオン液体アニオン側鎖長が及ぼす三価ランタノイドの抽出への影響
3. 学会等名 第37回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平山絢子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 2-メチル-8-キノリノールによる2価金属のイオン液体キレート抽出における立体障害の効果
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口綾乃, 岡村浩之, 杉田 剛, 上田祐生, 森田耕太郎, 下条晃司郎, 長縄弘親, 平山直紀
2. 発表標題 イオン液体アニオンパーフルオロアルキル鎖長の偶奇が及ぼす三価ランタノイドのイオン液体キレート抽出への影響
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸井田美月, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 トリ-n-オクチルホスフィンオキシドを用いたイオン液体抽出系における第三相への各種チオシアナト錯イオンの分配挙動
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白鳥貴大, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 スルホンアミドキノリン型抽出剤によるキレート抽出における溶媒効果
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川知子, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 混合イミダゾリウム系イオン液体におけるアニオン交換抽出特性
3. 学会等名 第31回イオン交換セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丸岡由佳, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 テノイルトリフルオロアセトンを用いるキレート抽出における添加剤としてのイミダゾリウム型イオン液体の効果
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳥羽優美香, 森田耕太郎, 平山直紀
2. 発表標題 イミダゾリウム型イオン液体抽出系における抽出剤としての1-メチルイミダゾールの特性
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------