

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K05165

研究課題名(和文) 難抽出性物質に対する新規イオン液体抽出系の開発

研究課題名(英文) Development of novel extraction systems for hardly extractable substances using ionic liquids

研究代表者

勝田 正一 (Katsuta, Shoichi)

千葉大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号：40277273

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：物質の分離・濃縮技術として重要な溶媒抽出法をさらに発展させるため、従来抽出が困難とされていた物質に対し優れた抽出能力をもつ新たな「イオン液体抽出系」の開発を目指した。具体的には、(1)白金族金属の抽出に適したイオン液体抽出系の開発、(2)ランタノイドの有機リン酸系抽出剤によるイオン液体抽出：イオン液体の抽出溶媒としての特性の解明、(3)ヨウ素化学種のイオン液体抽出挙動の解明とかん水中ヨウ素のイオン液体抽出による分離・濃縮、(4)高親水性第四級アンモニウム薬物のイオン液体抽出による分離・濃縮、などを行った。これらの研究により、いくつかの難抽出性物質の効率的な抽出分離・濃縮に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

抽出対象に適したイオン液体抽出型の設計に取り組む上で、試行錯誤的なアプローチではなく、研究代表者らがこれまでに明らかにしてきたイオン液体抽出系の抽出機構、平衡理論、抽出特性に関する基礎的な知見をベースにした理学的なアプローチを用いることで、効果的な抽出系を見つけることができた。このアプローチは、対象物に応じた抽出系を効率的に設計・見出すために有用であり、学術的な意義がある。また、本研究によって見出された難抽出性物質の分離濃縮法は、有価元素の分離回収や薬毒物の分析等に役立ち、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：In order to further develop the solvent extraction method, which is an important technique for separation and concentration of substances, we aimed to develop a new "ionic liquid extraction system" that has excellent extraction ability for substances that have been considered difficult to extract. Specifically, (1) development of an ionic liquid extraction system suitable for extraction of platinum group metals, (2) ionic liquid extraction of lanthanides with organophosphate extractants: elucidation of the characteristics of ionic liquids as extraction solvents, (3) elucidation of the ionic liquid extraction behavior of iodine chemical species and separation and concentration of iodine in brine by ionic liquid extraction, and (4) separation and concentration of hydrophilic quaternary ammonium drugs by ionic liquid extraction. Through these studies, we succeeded in the efficient extraction and concentration of several hardly extractable substances.

研究分野：分析化学，分離化学

キーワード：イオン液体 溶媒抽出 分離濃縮 白金族金属 ランタノイド 第四級アンモニウム系薬物 ヨウ素

1. 研究開始当初の背景

試料中の微量成分をいかに高感度・高精度に定量するか - これは分析化学において恒久的かつ重要度の高い課題である。その解決アプローチの一つとして、目的成分を高効率・高選択的に分離・濃縮する前分離法・前濃縮法の開発が行われてきた。現在、前分離法・前濃縮法として、溶媒抽出や固相抽出などの抽出法が最もよく用いられている。抽出法は簡便な操作で迅速かつ効率的に物質の分離・濃縮を行うことができるという特長を持ち、特に溶媒抽出法は、マクロ量の物質分離にも有効であることから、レアメタルやバイオマス等の有用資源の分離・回収・精製など幅広い分野で利用されている。

その一方、抽出法では一般に有機溶媒を使用するため、その有害性・危険性が長年指摘されてきた。しかしこの問題は、イオン液体などの環境調和性溶媒（グリーン溶媒）の開発や、有機溶媒をほとんど用いないマイクロ抽出法、固相抽出法等の進歩により、解決されつつある。近年は、抽出が困難な物質をいかに効率的・選択的に抽出するかという課題への挑戦に関心が集まっている。例えば、常温で液体の塩であるイオン液体（Ionic Liquid, IL）を用いた抽出の研究では、抽出機構の解明とともに、従来の溶媒では抽出が困難であった反応不活性金属イオンや高親水性有機化合物への応用が注目されている。抽出媒体としてのイオン液体の特性を最大限に活かした新しい抽出系の開発が求められている。

2. 研究の目的

上記のような学術的背景や、社会的ニーズ、申請者らのこれまでの研究内容を考慮し、本研究課題では、物質の分離・濃縮技術として重要な溶媒抽出法を更に発展させるために、従来抽出が困難とされてきた物質に対して優れた抽出能力を持つ新たな IL 抽出系を開発することを目的とした。本稿では実施した研究のうち、下記の 4 テーマについて記述する（他に「IL によるトリプトファンの抽出」、「IL による酸化銅ナノ粒子の抽出・定量」などの研究も行ったが、紙面の都合により割愛した）。なお、IL 構成イオンの略号を次のように定義する：[HTOA]⁺ = トリオクチルアンモニウムイオン，[BMIm]⁺ = 1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムイオン，[EMIm]⁺ = 1-エチル-3-メチルイミダゾリウムイオン，[HMIm]⁺ = 1-メチルイミダゾリウムイオン，[MTOA]⁺ = メチルトリオクチルアンモニウムイオン，[HTEHA]⁺ = トリ(2-エチルヘキシル)アンモニウムイオン，[THTDP]⁺ = トリヘキシルテトラデシルホスホニウムイオン，[NTf₂]⁻ = ビス(トリフルオロメタン)スルホニルイミドイオン，[NNf₂]⁻ = ビス(ノナフルオロブタン)スルホニルイミドイオン。また、分配比 (= [IL 相中の対象物質の濃度] / [水相中の対象物質の濃度]) を *D* で表す。

(1) 白金族金属の抽出に適した IL 抽出系の開発

Ru, Rh, Pd, Pt などの白金族元素は産業上特に重要なレアメタルであり、その分離・回収にはしばしば溶媒抽出法が用いられている。しかし、抽出効率が低い、抽出速度が遅い等の課題もある。IL は従来の有機溶媒とは異なる抽出特性をもっており、この特性を利用して当研究室では先に、第三級アンモニウム系 IL である塩化トリオクチルアンモニウム ([HTOA]Cl) を用いた Rh の効率的な抽出分離法を開発した [1]。本研究ではさらに、塩酸溶液からの Ru, Pd, Pt の抽出に有効な IL 抽出系を見出すことを目的とし、[HTOA]Cl, [HTOA][NO₃] 等の IL によるこれらの金属の抽出挙動を調べた。

(2) ランタノイドの有機リン酸系抽出剤による IL 抽出：IL の抽出溶媒としての特性の解明

ランタノイド元素は化学的性質が酷似しているため、その相互分離は困難である。現状では一般に有機リン酸系の抽出剤を用いて抽出を多数回繰り返す多段抽出によって相互分離が行われている。抽出回数を少なくして分離効率を上げるためには、より選択性に優れた抽出系を見出すことが重要である。本研究では、ランタノイドの代表的な抽出剤であるリン酸ビス(2-エチルヘキシル) (HDEHP) を溶かした [BMIm][NTf₂] を用いた IL 抽出系について詳しく調べ、その特徴を評価・解明することを目的とした。

(3) ヨウ素化学種の IL 抽出挙動の解明とかん水中ヨウ素の IL 抽出による分離・濃縮

ヨウ素は幅広い用途のある有用な元素であると共に、我が国にとって重要な輸出資源でもある。国内でのヨウ素の原料は、天然ガスとともに地下から汲み上げられる「かん水」である。かん水中のヨウ素の多くはヨウ化物イオン (I⁻) であり、分離の際は I⁻ を I₂ や I₃⁻ に酸化した後、ブローアウト法やイオン交換樹脂法が適用されている。また、ヨウ素の定量目的によく用いられる溶媒抽出法の場合も、I⁻ を I₂ に酸化するプロセスが必要である。本研究では、IL がイオン種を抽出する能力をもつことに着目し、種々の IL/水二相系における I⁻ および IO₃⁻ の抽出挙動を明らかにすると共に、I⁻ の形のまま効率的に抽出可能な IL 抽出系を見出すことを目的とした。

(4) 高親水性第四級アンモニウム薬物の IL 抽出による分離・濃縮

当研究室では、親水性が高く溶媒抽出が困難なイオン性薬毒物であるパラコートに対して、[EMIm][NNf₂] を用いた *in situ* 溶媒形成マイクロ抽出 (ISFME) - HPLC 分析法を開発し、パラコートの微量分析に応用した [2]。また、[EMIm][NNf₂] の陽イオンを第三級アミンのプロトン付加体に置き換えた IL を用いることで、本分析法を他の第四級アンモニウム薬物にも適用できることを見出した [3]。本研究では、さらなる分析対象成分の拡大と分析試料の HPLC 適合性

の改善を目的として、高親水性第四級アンモニウム薬物でコリンエステラーゼ阻害剤であるピリドスチグミン ([PYR]⁺) およびネオスチグミン ([NEO]⁺) を対象に、新規 IL である [HMIm][NNf₂] を用いた ISFME 法について検討した。

3. 研究の方法

(1) 白金族金属の抽出に適した IL 抽出系の開発

Ru^{III}, Pd^{II}, Pt^{IV} をそれぞれ含む塩酸溶液を調製後、この水溶液を IL と共に 25°C で一定時間振とう機で振り混ぜた。二相を遠心分離後、抽出後の水相中の金属を黒鉛炉原子吸光分析法または ICP 発光分析法により定量し、金属の *D* および抽出率を算出した。続いて、IL 相を数種の逆抽出液 (水、塩酸、硝酸、チオ尿素水溶液) と振り混ぜた。逆抽出後の水相中の金属を定量し、金属の逆抽出率を算出した。また、これらの白金族金属と他の金属との分離選択性を評価するため、種々の金属イオン (Mn^{II}, Fe^{III}, Co^{II}, Ni^{II}, Cu^{II}, Zn^{II} 等) が共存する塩酸溶液からの抽出についても同様に調べた。

(2) ランタノイドの有機リン酸系抽出剤による IL 抽出: IL の抽出溶媒としての特性の解明

HDEHP および 5% (w/w) 1-オクタノールを含む [BMIm][NTf₂] 溶液を調製し、これを 3 価ランタノイドの HNO₃ / NaNO₃ 水溶液 (イオン強度: 0.1, pH: 1-3) と混合し、25°C で振り混ぜた。抽出後の水相中の金属濃度を ICP 発光分析法で測定し、*D* を求めた。また、水相 pH を測定した。

(3) ヨウ素化学種の IL 抽出挙動の解明とかん水中ヨウ素の IL 抽出による分離・濃縮

LiI または NaIO₃ の水溶液と種々の IL とを 25°C で振り混ぜ、平衡化させた。遠心分離後、水相または IL 相に含まれるヨウ素化学種をイオン選択性電極 (I⁻) または紫外吸光度法 (IO₃⁻) で定量し、IL/水間における *D* を求めた。

また、LiI と NaCl を溶かした水溶液および主要無機成分を天然ガスクん水に合わせた模擬かん水を調製した。これを IL と共に一定の体積比で遠沈管に取り、一定時間振り混ぜた後、二相を遠心分離した。水相に残った I⁻ をヨウ素抽出吸光度分析法 (JIS K0102 法) により定量した。得られた結果から IL/水間における I⁻ の抽出率を算出した。天然かん水についても同様の抽出を行い、抽出後の IL 相をエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置により分析した。

(4) 高親水性第四級アンモニウム薬物の IL 抽出による分離・濃縮

[PYR]⁺ 水溶液または [NEO]⁺ 水溶液 10 mL に、IL ([HMIm][NNf₂]) 10-100 μL 分に相当する [HMIm]Cl と Li[NNf₂] の各水溶液を 1 mL ずつ順次添加してエマルションを生成させ、ISFME を行った。ポルテックスミキサーで 15 秒間攪拌した後、10000×g で 5 分間遠心分離した。紫外吸光度法により水相又は IL 相中の薬物イオン濃度を定量し、*D* および抽出率を算出した。また、ISFME 後の IL 相に CsCl 水溶液 100-1000 μL を添加し、Cs[NNf₂] 沈殿を生成させた。ポルテックスミキサーで 1 分間攪拌した後、40-80°C で 10 分間又は 30 分間の沈殿熟成操作を行った (逆抽出)。10000×g で 5 分間遠心分離した後の上清について、紫外吸光度法を用いて薬物濃度を定量し、回収率を算出した。さらに、ISFME 後の IL 相に対して 2-プロパノールによる希釈または CsCl 水溶液による逆抽出で処理した試料を HPLC 分析に供した。

4. 研究成果

(1) 白金族金属の抽出に適した IL 抽出系の開発

[HTOA][NO₃] と [HTOA]Cl はいずれも室温で固体であるが、水を飽和させると室温で液体となった。また、それぞれ 25°C における粘度は 267.1 mPa·s と 183.0 mPa·s、水への溶解度は 0.2821 mmol/L と 0.394 mmol/L であり、そのまま抽出溶媒として使用可能であることがわかった。

図 1 に水相の 1/100 容の [HTOA][NO₃] を用いていくつかの金属イオンを塩酸溶液から抽出したときの塩酸濃度と抽出率 (%*E*) の関係を示す。Pd^{II} と Pt^{IV} はいずれの塩酸濃度においてもほぼ定量的に抽出され、IL 相に 100 倍濃縮された。一方、他の金属イオンは、塩酸濃度が低い条件ではほとんど抽出されなかった。この結果から、[HTOA][NO₃] のみによって Pd^{II} と Pt^{IV} の選択的な分離・濃縮が可能であることが示された。抽出後の IL 相をエレクトロスプレーイオン化質量分析法で調べた結果、抽出化学種は Pd^{II} では [PdCl₃]⁻ と [PdCl₂(NO₃)₂]⁻、Pt^{IV} では [PtCl₆]²⁻ と [PtCl₅]⁻ であることが示唆された。

塩酸濃度 0.10 mol/L の条件で種々の IL について Pd^{II} と Pt^{IV} に対する抽出能を調べたところ、Pd^{II} では [HTOA][NO₃] (24000) > [MTOA][NO₃] (17000) >> [HTOA]Cl (1100) >> [HTOA][NTf₂] (16) > [MTOA][NTf₂] (2.5) >>

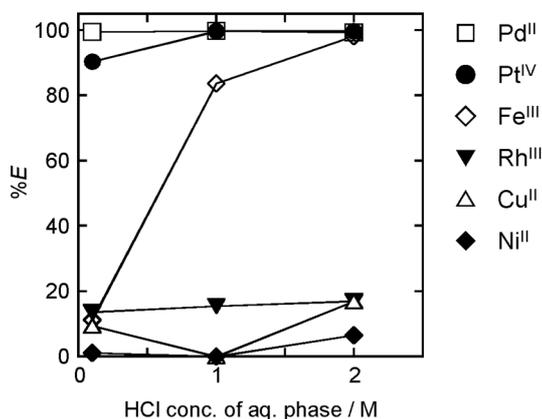


図 1. [HTOA][NO₃] による塩酸溶液からの Pd^{II}, Pt^{IV}, Fe^{III}, Rh^{III}, Cu^{II}, Ni^{II} の抽出における塩酸濃度と抽出率の関係 (IL 相/水相体積比 = 1/100)

[BMIm][NTf₂] (0.05), Pt^{IV} では [MTOA][NO₃] (5900) > [HTOA][NO₃] (960) > [HTOA]Cl (460) > [HTOA][NTf₂] (6.3) > [MTOA][NTf₂] (3.3) > [BMIm][NTf₂] (2.1) であった (括弧内の数値は *D* 値)。Pd^{II} の抽出には、特に [HTOA][NO₃] が優れていることがわかった。

抽出後の IL 相から Pd^{II}, Pt^{IV} を逆抽出するための条件を検討した結果、チオ尿素と硝酸を含む水溶液を用いて定量的に逆抽出することが可能であった。また、チオ尿素の濃度と振とう時間を制御することで Pd^{II} と Pt^{IV} をある程度相互に分離して逆抽出ができることや、逆抽出で使用した後の IL 相を硝酸水溶液で洗浄することによって再利用できることなどを示した。

Ru^{III} についても [HTOA]Cl を用いて同様の実験を行った。Ru^{III} の抽出は非常に遅く、平衡化に 18 時間以上の振り混ぜが必要であった。図 2 に抽出平衡時の塩酸濃度と Ru^{III} の *D* との関係を示す。塩酸濃度が 4 mol/L の

ときに *D* は最大値 106 (抽出率: 99%) を示し、この *D* 値は従来の Ru^{III} の溶媒抽出に関する報告 (*D* の最大値 = 約 50) に比べてかなり高い。同条件で他の IL を用いて抽出能を調べたところ、Ru^{III} の分配比は [THTDP]Cl (784) > [HTOA]Cl (106) > [HTEHA]Cl (90.2) > [HTOA][NO₃] (50.6) > [MTOA]Cl (3.01) > [BMIm][NTf₂] (0.174) > [HTOA][NTf₂] (0.162) であった (括弧内の数値は *D* 値)。

Ru^{III} の抽出能に優れる [THTDP]Cl と [HTOA]Cl について、IL 相からの Ru^{III} の逆抽出を検討した。その結果、[HTOA]Cl からは 1.0 mol/L チオ尿素水溶液を用いて 21 時間以上振り混ぜることで Ru^{III} をほぼ 100% 逆抽出できることがわかった。一方、[THTDP]Cl からの逆抽出は困難であった。また、4 mol/L 塩酸溶液からの [HTOA]Cl による抽出とチオ尿素水溶液による逆抽出を組み合わせることで、Ru^{III} を Al^{III}, Ti^{IV}, Cr^{III}, Fe^{III}, Ni^{II}, Zn^{II}, Mo^{VI}, Nd^{III}, W^{VI} から効果的に分離できることもわかった。

(2) ランタノイドの有機リン酸系抽出剤による IL 抽出: IL の抽出溶媒としての特性の解明

Pm を除くランタノイド 14 元素の 3 価イオン (Ln^{III}) について 0.010 mol/L の HDEHP を含む [BMIm][NTf₂] への抽出挙動を検討した結果、抽出は非常に遅く、平衡化に 36 時間以上の振り混ぜが必要であった。これはトルエン等の通常の溶媒を用いた場合 (振り混ぜ 1 時間以内に平衡化) に比べて抽出が非常に遅いことを示している。また、トルエンによる抽出系に比べて、IL 抽出系はすべての Ln^{III} に対してより高い抽出能力を示し、周期表上で隣り合う一部の Ln の組 (Ce/La や Tb/Gd など) に対してより優れた抽出選択性を示した。

pH および HDEHP 濃度に対する *D* の依存性から、主な抽出化学種は原子番号 57 - 65 (La - Tb) では無電荷の LnR₃(HR)₃ (ここで HR = HDEHP), 原子番号 66 - 71 (Dy から Lu) では陰イオンの LnR₄(HR)₂⁻ と LnR₅(HR)₂⁻ であることが示唆された。また、二相間に生じる第三相の生成を防ぐために IL 相に 1-オクタノールを少量 (5%) 添加したが、その濃度を増すと Ln^{III} の *D* が低下することがわかった。この結果は、1-オクタノールが Ln^{III} の抽出反応に直接関与していないこと、IL 相中で 1-オクタノールと HR との間に相互作用があることを示唆している。

(3) ヨウ素化学種の IL 抽出挙動の解明とかん水中ヨウ素の IL 抽出による分離・濃縮

IL/水系における I⁻ および IO₃⁻ の *D* 値を 14 種類の IL を用いて調べた結果、IL 種によって *D* 値が大きく (最大 10⁴ 倍以上) 異なることがわかった。*D* 値の IL 種依存性について、先に研究代表者らが導いた抽出機構に基づく理論式 [4,5] を用いて考察した結果、より疎水性の高い陽イオンとより親水性の高い陰イオンから成る IL ほど I⁻ および IO₃⁻ に対して高い抽出能をもつこと、また、プロトン性陽イオンを含む IL は特異的な高抽出能をもつことが示された。これは、プロトン性陽イオンと I⁻ および IO₃⁻ との間に水素結合のような特殊な相互作用が働くことを示唆している。I⁻ と IO₃⁻ の比較では、いずれの IL/水系においても I⁻ のほうが抽出され易いことがわかった。

以上より、[HTOA]Cl および [THTDP]Cl が I⁻ の抽出に適する IL であると考え、これらの IL によるかん水中 I⁻ の抽出を検討した。その結果、[HTOA]Cl および [THTDP]Cl を用いた抽出により、かん水試料中の微量ヨウ素をそれぞれ 40 倍、100 倍まで濃縮できることがわかった。IL をイオン交換体と考え、Cl⁻ に対する I⁻ の選択係数 (*K*_{Cl⁻}^{I⁻}) を見積もったところ、これらのイオン液体が市販の強塩基性陰イオン交換樹脂 (Amberlite IRA400, IRA410) よりも 10 倍以上高い *K*_{Cl⁻}^{I⁻} 値を持ち、I⁻/Cl⁻ 選択性に非常に優れていることが明らかになった。

図 3 に示すように、天然かん水 (試料量 2 mL) をそのまま蛍光 X 線分析してもヨウ素の蛍光

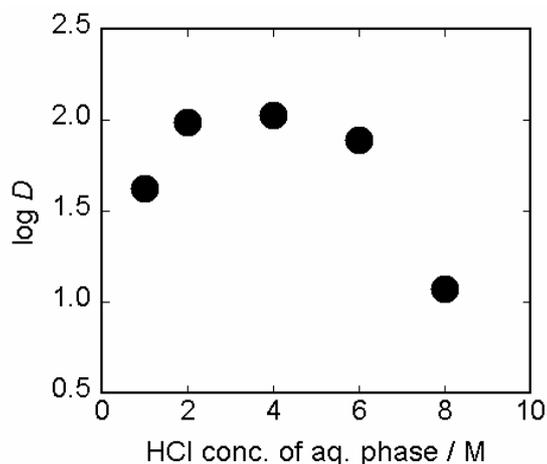


図 2. [HTOA]Cl による塩酸溶液からの Ru^{III} の抽出における塩酸濃度と分配比の関係 (IL 相/水相体積比 = 1)

X線は観測されないが、[THTDP]Clを用いた抽出によって100倍濃縮されたIL相(試料量:100 μ L)を分析すると、ヨウ素の蛍光X線が明瞭に観測された。このデータを検量線法によって解析することにより、天然かん水中のヨウ素の濃度(0.039 g/L)を正確に求めることができた。また、[HTOA]Clで抽出したI⁻は、NaOH等のアルカリ水溶液への逆抽出によって96%回収できた。これらの結果は、IL抽出法が塩水中のヨウ素の分離・濃縮に有用であることを示している。

(4) 高親水性第四級アンモニウム薬物のIL抽出による分離・濃縮

[PYR]⁺または[NEO]⁺(=Target, T)の水溶液から[HMIIm][NNf₂]への抽出を行ったときのDのT濃度依存性から、[HMIIm][NNf₂]は各Tの低濃度水溶液に対して1000倍程度の分離濃縮能をもつことが示された。そこで、各Tの低濃度水溶液に対して、水相に対する[HMIIm][NNf₂]の相比が1/1000の条件でISFMEを試みたところ、いずれのTについても非常に高い抽出率(97–98%)が得られた。さらに、[HMIIm][NNf₂]へ抽出された各Tを最適化された条件(CsCl水溶液濃度2 mol/L, CsCl水溶液添加体積100 μ L, 沈殿熟成温度50 $^{\circ}$ C, 沈殿熟成時間10分間)でCsCl水溶液に逆抽出できることを見出し、それら一連の操作を通じた回収率も良好な値(70–83%)であった。

また、ISFME(1000倍濃縮)を行う前の元の水溶液(T濃度:0.5 mg/L)と、それにISFMEを行った後のIL相の10倍希釈溶液(希釈剤:2-PrOH)について、UV検出によるHPLC分析を行った。その結果、ISFME前の水溶液ではTのピークが見られなかったが、ISFME後のIL相希釈試料ではTのピークを確認できるようになった。しかし、同じIL相希釈試料についてMS検出によるHPLC分析を行うと、図4(a)のように、Tのピークの直前にIL成分由来の大きなピークが見られた。一方、CsClを加えて逆抽出を行った水溶液試料についてMS検出によるHPLC分析を行った場合(図4(b)), IL由来のイオンが減少し、TのピークとIL由来のピークが良好に分離し、適切に分析できることが分かった。以上の結果から、本法は微量の陽イオン性薬物試料の前処理法として有用であることが示された。

<引用文献>

- [1] S. Katsuta, K. Kawahara, J. Tamura, The 21st International Solvent Extraction Conference (ISEC2017), Miyazaki, Nov. 2017.
- [2] T. Hamamoto, S. Katsuta, *Anal. Sci.*, **34**, 1439–1444 (2018).
- [3] 瀨本拓也, 勝田正一, 日本分析化学会第67年会, K3005 (2018).
- [4] Y. Watanabe, S. Katsuta, *J. Chem. Eng. Data*, **59**, 696–701 (2014).
- [5] S. Katsuta, Y. Watanabe, Y. Araki, Y. Kudo, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, **4**, 564–571 (2016).

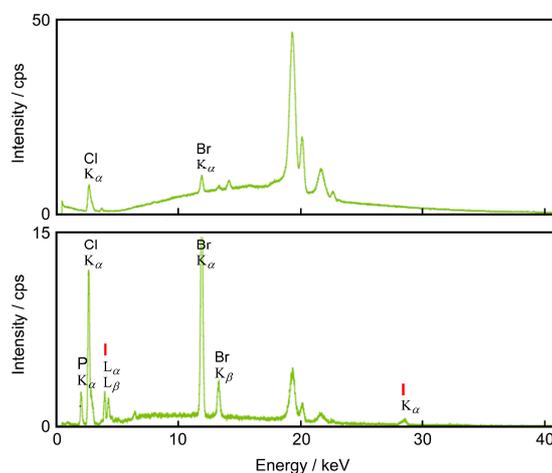


図3.天然かん水(上)および[THTDP]Cl(かん水の1/100容)による抽出後のIL相(下)の蛍光X線スペクトル

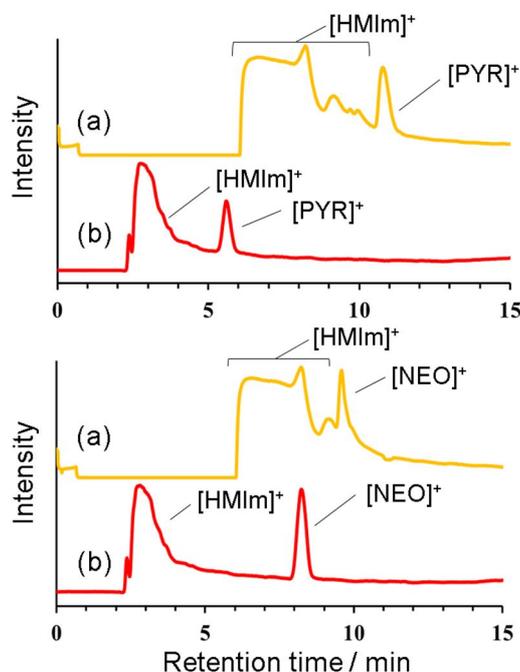


図4.LC-MSクロマトグラム(全イオン電流クロマトグラム): (a)0.5 mg/Lの[PYR]⁺水溶液または[NEO]⁺水溶液からISFMEを行った後のIL相([HMIIm][NNf₂])の2-プロパノール希釈液; (b)上記IL相からCsCl逆抽出を行った後の水溶液

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 MATSUTANI Takafumi、KATSUTA Shoichi	4. 巻 30
2. 論文標題 Extraction Behavior of Lanthanoids(III) with Bis(2-ethylhexyl)phosphoric Acid into Ionic Liquid 1-Butyl-3-methylimidazolium Bis(trifluoromethanesulfonyl)imide	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 121 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15261/serdj.30.121	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 Katsuta Shoichi、Sugimoto Akito	4. 巻 39
2. 論文標題 Use of ionic liquids for extraction separation and concentration of iodide ions in brine samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 785 ~ 789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-023-00327-3	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 CHIDA Hiroyuki、KAWAHARA Kanshi、KATSUTA Shoichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Highly Effective Extraction of Ruthenium from Hydrochloric Acid Solutions with a Protic Ionic Liquid Trioctylammonium Chloride	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solvent Extraction Research and Development, Japan	6. 最初と最後の頁 135 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15261/serdj.27.135	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 Hamamoto Takuya、Katsuta Shoichi	4. 巻 34
2. 論文標題 An Ionic Liquid-based Microextraction Method for Ultra-High Preconcentration of Paraquat Traces in Water Samples Prior to HPLC Determination	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1439 ~ 1444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.18P369	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 Katsuta Shoichi, Tamura Junko	4. 巻 47
2. 論文標題 Extraction of Palladium(II) and Platinum(IV) from Hydrochloric Acid Solutions with Trioctylammonium Nitrate Ionic Liquid without Dilution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Solution Chemistry	6. 最初と最後の頁 1293 ~ 1308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10953-018-0745-9	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24件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 橋本 智陽, 高橋 沙枝, 辺 洪明, 勝田 正一
2. 発表標題 トリプトファンのイオン液体抽出挙動
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 橋本 智陽, 辺 洪明, 高橋 沙枝, 勝田 正一
2. 発表標題 ビス(ノナフルオロブタンスルホニル)イミド系イオン液体によるトリプトファンの抽出
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 宮本 優子, 中村 俊裕, 勝田 正一
2. 発表標題 In situ イオン液体生成を利用した水中の微量銅(II)コロイド種の分離濃縮と吸光光度法による定量分析
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 岩佐 光起, 杉本 瑛都, 勝田 正一
2. 発表標題 塩化物系イオン液体のヨウ化物イオンに対するイオン交換特性
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 小川 美幸, 小林 結衣, 勝田 正一
2. 発表標題 イオン液体 - 水二相系におけるヨウ素分子の分配挙動
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 松谷 貴文, 勝田 正一
2. 発表標題 イオン液体 - HDEHP系におけるランタノイド(III)の抽出挙動
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 一木 悠平, 勝田 正一
2. 発表標題 第三級アンモニウム系イオン液体を用いた自動車用廃触媒からのロジウムの選択的抽出分離
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡 卓哉, 瀧本 拓也, 勝田 正一
2. 発表標題 プロトン性イオン液体を用いた第四級アンモニウム薬物の分離・濃縮
3. 学会等名 第39回溶媒抽出討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 勝田 正一, 杉本 瑛都
2. 発表標題 イオン液体を用いた塩水中ヨウ素の抽出分離・濃縮
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 岡 卓哉, 勝田 正一
2. 発表標題 イオン液体を用いたピリドスチグミン及びネオスチグミンのマイクロ抽出
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 小林 結衣, 勝田 正一
2. 発表標題 種々のイオン液体抽出系におけるヨウ素化学種の抽出挙動
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 杉本 瑛都, 勝田 正一
2. 発表標題 イオン液体抽出による塩水中のヨウ化物イオンの分離・濃縮
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 勝田正一
2. 発表標題 イオン抽出溶媒としてのイオン液体の特性と応用
3. 学会等名 第15回茨城地区分析技術交流会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝田正一, 羅 允珠, 小林結衣
2. 発表標題 ヨウ化物イオンの種々のイオン液体への抽出挙動
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 千田宏幸, 勝田正一
2. 発表標題 プロトン性イオン液体を用いた塩酸溶液からのルテニウムの溶媒抽出
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 千田宏幸, 勝田正一
2. 発表標題 イオン液体塩化トリオクチルアンモニウムを用いた塩酸溶液からのルテニウムの抽出
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 勝田正一, 羅 允珠
2. 発表標題 イオン液体/水二相系におけるヨウ化物イオンの分配挙動
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 瀨本拓也, 勝田 正一
2. 発表標題 筋弛緩剤の分析へのイオン液体マイクロ抽出系の応用
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 勝田正一
2. 発表標題 イオン液体抽出系における溶媒効果
3. 学会等名 鈴木信男先生記念シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018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
---------	---------