

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：15501

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K19139

研究課題名(和文)脂溶性と水溶性が変化できるスイッチングイオン液体を使った抽出分離化学の新展開

研究課題名(英文) new development on extraction-separation chemistry using new type of ionic liquids switchable their solubility

研究代表者

上村 明男(Kamimura, Akio)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：30194971

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：イオン液体はそのユニークな特性から新しい液体として注目されているが、分離の問題があった。そこで本研究では、イオン液体を液液抽出で容易に分離できるようにするために、イオン液体の溶解抽出特性を保護基の化学を使って容易に変換してしまう、スイッチングイオン液体の新概念を提唱し、種々の誘導体を合成した。カチオン部にアセタール ジオールの変換を可能としたイオン液体の溶解抽出特性をしらべ、無機イオンの錯形成や有機合成反応に応用して生成物とイオン液体の完全分離を達成した。この溶解抽出特性の変化がジオール部の水素結合性によることをMDシミュレーションと物理化学的測定によって明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

溶媒の水溶性/脂溶性は通常は変更しづらいものとされている。この研究はそれをあえて簡単な化学操作によって変換して、溶ける/溶けない、を変えてしまおうという試みである。イオン液体はカチオンとアニオンの組み合わせによってできる新しい溶媒であるが、その溶解性を変えてしまう試みはこれまで少なく、脂溶性/水溶性の制御因子を探ることで、自由自在に操ることにつながる学術的な意義がある。これによりイオン液体の分離除去を容易にできることから、例えば錯体形成による放射性イオンの水溶液からの効果的な新規除去法の開発にも新しい可能性を開くことができ、社会的にも意義深い研究である。

研究成果の概要(英文)：Ionic liquids are recognized as a unique solvent that opens a new field of chemistry. However, they have serious drawback in their separation from desired products. In this research work, we develop a new concept of solubility-switchable ionic liquids (SSILs), which enables their hydrophilicity and lipophilicity exchangeable by simple and mild chemical treatment. We applied the chemistry of protective groups to SSILs, and synthesized several derivatives to investigate the threshold and the origin of lipophilicity and hydrophilicity. We also employed SSILs for the development of separation of inorganic heavy metal cations forming their complex in SSILs. Some synthetic organic reactions were also successfully performed, and products and SSILs were completely separated. MD simulation and measurements based on physical chemistry revealed that the origin of their hydrophilicity comes from hydrogen bonding caused by the diol unit in the cationic part of SSILs.

研究分野：有機化学

キーワード：イオン液体 抽出分離 脂溶性 水溶性 保護基

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。

### 1. 研究開始当初の背景

イオン液体は従来の液体にはない興味深い特性を有する液体であり、新しい材料や反応開発などの展開が図られている。しかし、イオン液体を化学反応や抽出に利用しようとしたとき、物質とイオン液体の分離が困難となる問題がある。物質と溶媒を分離するためには一般に溶媒留去と液-液抽出分離の2つの方法がよく用いられる。しかしイオン液体の場合、その両方が使えないことが起こる。例えば溶媒留去の方法は、イオン液体が高沸点であるために事実上利用は不可能である。後者の液-液抽出分離では、水溶性と脂溶性の違いを利用するのであるが、もし生成物とイオン液体が「ともに水溶性」あるいは「ともに脂溶性」の場合は、もはや液-液抽出分離では、イオン液体と目的物質がともに同じ相にきてしまい分離は絶望的になる(図1)。イオン液体の脂溶性/水溶性はカチオンやアニオンの組み合わせによって決まっており、それを変化させるには、そのいずれかを交換するしかない。しかしカチオンもしくはアニオン交換は一般に面倒な操作を要求し、効率もよくないので、これらの方法は事実上使えない。我々は、簡単な化学的操作によってカチオンの化学構造を変化させればイオン液体の水溶性と脂溶性を転換できるのではないかと、との着想を得、「スイッチングイオン液体(図2)」開発してきた。

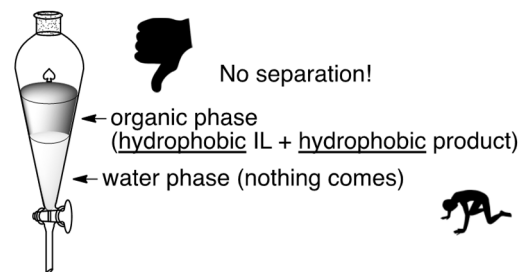


図1. Concept of solubility-switchable ionic liquids

これまでこのような考えでイオン液体の脂溶性/水溶性を変化させることは常識外であり、このアイデアに基づくイオン液体は物質分離に画期的な方法を提案できると考えた。そこで、本研究ではスイッチングイオン液体の概念を確立し、イオン液体の分離を容易にする。これを通じて、イオン液体の活用範囲をもっと幅広くし、イオン液体の科学に新展開を開く。

### 2. 研究の目的

本研究では、この画期的なアイデアに基づく、脂溶性と水溶性を簡単な化学変換によって変換できる新しいタイプのイオン液体、スイッチングイオン液体、をデザインし合成する。合成したイオン液体を、化学的に変化(この場合は保護基の脱着)させ、その構造や物性に関する知見を得る。特に水溶性にスイッチしたときには多数の水酸基を持つことになるので、それによる興味深い特性も期待できるのでそれらについても調べる。多数のスイッチングイオン液体の誘導体を合成する。そこで得られた知見を基にスイッチングイオン液体の設計指針を得る。得られたスイッチングイオン液体を用いて、抽出分離や化学変換反応に活用する。研究で明らかにしたい点は以下の3点である。

(1)各種スイッチングイオン液体の合成開発と、その物性的な興味の展開

(2)スイッチングイオン液体を活用した新しい抽出法による物質分離

(3)スイッチングイオン液体を活用した新しい有機反応による物質生産

について研究を進め、スイッチングイオン液体の概念の確立とその基礎的な展開を目的に研究を進める。

### 3. 研究の方法

(1)各種スイッチングイオン液体の合成開発と、その物性的な興味の展開: このテーマではこれまでに開発したジオール-アセタールの変換が可能なカチオンユニットを有するイオン液体を種々合成し、それらの抽出特性や物性について検討を行う。カチオン部分ではアンモニウム型に加えイミダゾリウム型やホスホニウム型イオン液体の合成を行う。アニオン交換も実施しトリフルオロメチルメタンスルホンアミド(=NTf<sub>2</sub><sup>-</sup>。以下TFSAと記載)アニオン以外のアニオンを持つイオン液体を合成し、その抽出特性を検討する。またアセタール-ジオールの相互変換の化学的な条件についても最適化を行い、温和な条件で定量的に相互変換できる反応条件を見いだす。またいくつかの代表的イオン液体に対しては、物理化学的測定やMDシミュレーションを行いスイッチング特性の物理化学的な考察も合わせて行う。

(2)スイッチングイオン液体を活用した新しい抽出法による物質分離: 脂溶性イオン液体を使った無機イオンの抽出法による分離について検討する。特にアクチノイドイオンの水溶液からの効果的分離法の開発を念頭に、イオン液体中でのその錯形成による抽出分離法のモデル研究を進める。ただし、本学の研究設備では放射性イオンを使った研究はできないので、モデル系として遷移金属イオンや化学的性質の近いランタノイドイオンを用いた抽出分離について検討を進める。本研究では水に溶解している金属イオンを、脂溶性モードのスイッチングイオン液体を用いて錯形成させ、水相から脂溶性イオン液体相へ分離し、ついでスイッチングイオン液体

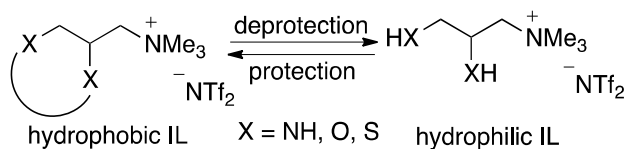


図2. Basic design for solubility-switchable ionic liquids

を水溶性とすることで、水洗除去によりイオン液体を除くことで、有機相に錯形成した金属イオンを簡単に回収することを検討する。  
 (3)スイッチングイオン液体を活用した新しい有機反応による物質生産：スイッチングイオン液体を用いたいくつかの有機反応を検討し、そのスイッチング特性を活用することでイオン液体と脂溶性有機物である生成物の簡便な分離が容易に実現できることを示す。

#### 4. 研究成果

(1)各種スイッチングイオン液体の合成開発と、その物性的な興味展開：マンニトールから容易に合成可能なグリセルアルデヒドジメチルアセタールを種々の第二級アミンと還元的アミノ化し、引き続きヨウ化メチルによるN-メチル化することでアンモニウムイオンを合成した。最後にアニオン交換することで目的のアセタール型イオン液体を合成した。また、グリセルアルデヒドジメチルアセタールを還元して得られるアルコールをヨウ素に置換した後、ピリジン、トリアルキルホスフィン、N-アルキルイミダゾールと反応させることで、ピリジニウム塩、ホスホニウム塩、イミダゾリウム塩を合成し、アニオン交換してTFSA塩に変換した。得られた化合物はすべて液体であり、イオン液体であることが分かった。合成した塩の一覧を図3

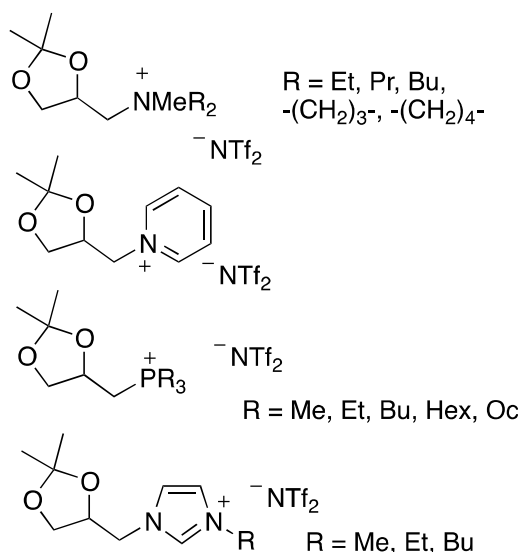


図3. Synthesized solubility-switchable ionic liquids

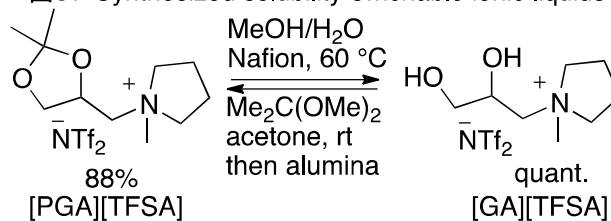


図4. Conversion of diol-acetal unit

に示す。これらのイオン液体はいずれも脂溶性を示し、水と有機溶媒（塩化メチレンやエーテル、酢酸エチル）との液-液抽出実験ではいずれも有機相に抽出されることが分かった。

アセタールユニットはNafionなどの少量の固体酸触媒存在下、含水メタノール中50ないし60 °C程度に加熱することで、ほぼ定量的にジオール型イオン液体に変換できることが分かった（図4）。一方、ジオール型イオン液体のアセタール型への変換は、反応条件を種々精査したところ、最終的にアセトン中室温で化学量論のジメトキシプロパンを化学量論作用させ、得られた生成物をアルミナカラムに通すことで、88%で変換できることが分かった。これによりスイッチングイオン液体のジオール-アセタールユニットを効率的に繰り返して変換させて利用できるようになった。

得られたジオール型スイッチングイオン液体の抽出特性について検討を行った。エーテルや塩化メチレンを有機溶媒として用いた場合は、多くのジオール型イオン液体は優先的に水相に分配されることがわかった。一方酢酸エチルを有機溶媒として用いた場合は、すべてのイオン液体が有機相に抽出されることがわかった。これはジオール型イオン液体の回収には酢酸エチルを用いるのが有効であることを示す結果となった。

一方いくつかのジオール型イオン液体は、水よりもエーテルや塩化メチレンに優先的に抽出された。その特性はカチオン部分の炭素数によって大きく依存し、炭素数が8もしくは9を超えたイオン液体は、ジオールに変換されたあとでも有機溶媒に優先して抽出されることが分かった。すなわちスイッチングイオン液体の抽出特性を制御する要因としてジオール-アセタールの保護基の効果以外に、カチオンユニットの総炭素数の効果も影響することが分かった。例えば、カ

carbon number	Structure	water:CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
6		98:2
7		98:2
8		96:4
9		45:55
10		15:85

図5. CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>:water distribution of diol-type ionic liquids

チオンユニットの総炭素数が6~8であるジオール型イオン液体 1, 2, 3 はそのほとんどが水相に抽出されるのに対し、炭素数が9 ジオール型イオン液体 4 は水と塩化メチレン相にほぼ 1:1 に分配され、炭素数が 10 のジオール型イオン液体 5 はその大半が塩化メチレン相に分配された(図5)。すなわち TFSA をアニオンとして持つジオール型イオン液体では水溶性と脂溶性の境が総炭素数 9 から 10 にあることが分かった。

イオン液体の水溶性と脂溶性は対アニオンによっても影響を受ける。そこで種々のアニオンに交換したジオール型のイオン液体を合成して、それらの分配特性を調べた。イオン液体の合成は TFSA アニオンを有するものと同様に行うことができた。すなわち前駆体である第四級アンモニウムヨウ化物塩、イミダゾリウムヨウ化物塩、第四級ホスホニウムヨウ化物塩を該当するアニオンのアルカリ金属塩と交換して合成し、酢酸エチルなどの高溶解性の有機溶媒で水相から抽出単離した。この抽出は効果的に進行し、かつヨウ化物塩は TOF-MS で観測する限りまったく検出されず、完全にアニオン交換ができることがわかった。合成したイオン液体の溶媒抽出特性についての網羅的な検討はまだ完全には行われてはいないが、これまでの結果によれば、例えばジブチルメチルアンモニウム基をカチオンに持つ場合、TFSA をアニオンとして持つ場合は塩化メチレン相に 85:15 の比で優先して分配されるのに対し、対アニオンとして PF<sub>6</sub><sup>-</sup> や OTf<sup>-</sup> を持つものでは、それぞれ 72:28 や 95:5 の比で水相に優先して分配された。すなわち、TFSA アニオンと比べ、OTf<sup>-</sup> や PF<sub>6</sub><sup>-</sup> はジオール型スイッチングイオン液体の水溶性を強める作用があることが示唆された。

アセタール型及びジオール型イオン液体の水溶性と脂溶性の変換はどこにその原因があるのだろうか？我々は[GA][TFSA](図5の3のイオン液体および図4参照)とそのアセタール型イオン液体[PGA][TFSA](図4参照)に対して精密密度測定およびDFT計算を行い、分子間相互作用体積(V<sub>inter</sub>値)を算出したところ、幅広い温度領域で[PGA][TFSA] > [GA][TFSA]であった。また、イオン伝導度および粘度データに基づいてイオンの解離度(ionicity)の指標となるWalden plotを作成した。これらの基礎物性評価により、新規スイッチングILは、従来型ILと比較してイオン間相互作用が弱いこと、[PGA][TFSA]から保護基を外して[GA][TFSA]に変換するとイオン間相互作用が強くなる(凝集力が大きくなる)こと、がわかった。放射光X線散乱実験およびMDシミュレーションを遂行し、スイッチングILの構造特性を分子レベルで調べたところ、最近接のカチオン-アニオン相互作用は両IL系でほぼ類似していたのに対し、第二近接以降の長距離相互作用に大きな違いが見られた。これは、イオン液体に特有な液体状態での構造秩序性がGA系で顕著であることを示唆しており、上記のマクロ物性の結果と良く一致した。

(2)スイッチングイオン液体を活用した新しい抽出法による物質分離:水溶液中での金属イオンの錯形成による除去反応の検討として最初にニッケルイオンを用いた分離実験を行った。金属塩(M)としてNi(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(濃度0.1M)を溶解した水溶液と、疎水性配位子である1,10-フェナントロリン(Ph)を溶解した脂溶性モードの[PGA][TFSA]を使って、Ni錯体の溶媒抽出実験を行った。平衡状態にある水相及びイオン液体相に対し紫外可視吸収スペクトルを測定したところ、両相共にNiイオンの6配位八面体構造に特有な吸光スペクトルが得られた。配位子であるPhの濃度を増加させるとスペクトル変化から、水相Niイオンが減少し、[PGA][TFSA]相では増加した。これにより、配位子を加えることでNiイオンは効果的にイオン液体相に抽出されることが分かった。スペクトル強度変化を解析すると、[PGA][TFSA]相に抽出されたNi<sup>2+</sup>錯体は、1つのPhと2つのTFSAアニオンからなる[Ni(Ph)(TFSA)<sub>2</sub>]錯体として溶存していると考えられた(図7)。

これはDFT計算による理論的な赤外吸収スペクトルが[PGA][TFSA]相の実測IRスペクトルとよく一致したことから確認できた。すなわち適切な配位子を用いることで脂溶性イオン液体[PGA][TFSA]にNiイオンが効果的に抽出できることが明らかとなった。現在水溶性[GA][TFSA]に変換してイオン液体とNi錯体の分離について検討を進めている。

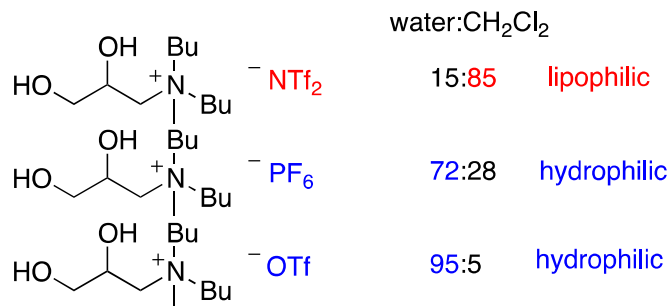


図6. Difference of hydrophilicity/lipophilicity among SSILs with different anionic part

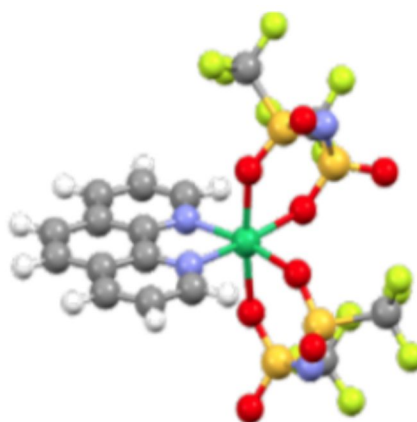


図7. Ni(Ph)(TFSA)<sub>2</sub> complex

(3)スイッチングイオン液体を活用した新しい有機反応による物質生産:合成したスイッチングイオン液体を有機合成反応に利用することを考えて、いくつかの反応をモデル反応として選びその反応の進行や、反応後のイオン液体と生成物の分離特性について検討した。

一つ目の例として単純な Diels-Alder 反応を実施した。シクロペンタジエンとマレイミドの反応を [PGA][TFSA] 中で行った。このイオン液体は 210 °C まで分解しない熱安定性があるので、ジシクロペンタジエンをそのまま加え 160 °C に加熱して反応を実施したところ、イオン液体中で効果的にジシクロペンタジエンからシクロペンタジエンへの熱分解が進行して Diels-Alder 反応が効果的に進行した。反応終了後、生成物は脂溶性であるので、反応混合物をアセタール型イオン液体中で反応を行い、反応終了後希酸処理してアセタールを外してイオン液体を水溶性に変換した。水溶液となった反応混合物から、塩化メチレン抽出によって目的の Diels-Alder 付加体が、酢酸エチル抽出によってジオールに変換した [GA][TFSA] が、それぞれ純粋な形で完全に分離することに成功した (図 8)。

また単純なエステル化反応も SSIL 中ではうまく進行する。すなわちカルボン酸と臭化ベンジル及び炭酸セシウムを作用させると、エステル化が進行する。反応終了後ホスホニウム型スイッチングイオン液体を加水分解してジオール型として水溶性としてから、エーテル抽出することで目的のエステルのみが、ついで酢酸エチル抽出することでジオール型 SSIL が、最後に残った水相にセシウム塩が、それぞれ分離して得られることが分かった。すなわち、SSIL の特性を活用することで、反応にかかわる溶媒、生成物副生成物のすべてを分離できることが分かった。これは物質を回収して再利用を目指す SDGs の目標にあう形での有機合成を達成する一つの解を与えるかもしれない (図 9)。

(4)本研究の成果のまとめ:以上の研究により、スイッチングイオン液体の概念を考案し、その実現に向けた努力を進めた結果、アセタール-ジオールの保護/脱保護の化学を駆使することで、[PGA][TFSA] および [GA][TFSA] イオン液体を創成し、その誘導体を多数合成した。またそれらを使って液-液抽出分配特性の検討を行い、イオン液体の溶解性を効果的にコントロールすることができることを示した。また水溶性の寄与が当初の予想通りジオールの水素結合に大きく起因することを明らかにしたほか、スイッチング特性にはカチオンユニットの炭素数も大きな影響を与えることを見いだした。アニオンを交換することでその脂溶性/水溶性の境を変化させることも見いだした。

このイオン液体を使って金属カチオンの水溶液からの錯形成による抽出分離の可能性を示唆する結果も得ることができた。また有機合成反応でも生成物とイオン液体分離に有効に作用できることが分かり、イオン液体科学の物質合成や分離に新しい手段を提供することを示すことができた。

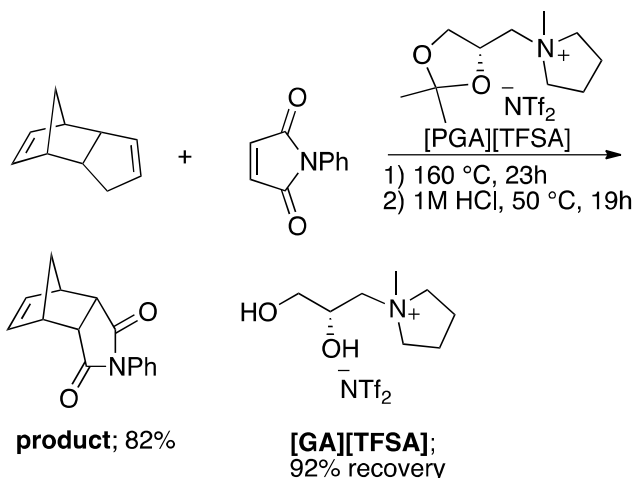


図8. Diels-Alder reaction in [PGA][TFSA] enabled complete and easy separation of adduct and ionic liquids.

また単純なエステル化反応も SSIL 中ではうまく進行する。すなわちカルボン酸と臭化ベンジル及び炭酸セシウムを作用させると、エステル化が進行する。反応終了後ホスホニウム型スイッチングイオン液体を加水分解してジオール型として水溶性としてから、エーテル抽出することで目的のエステルのみが、ついで酢酸エチル抽出することでジオール型 SSIL が、最後に残った水相にセシウム塩が、それぞれ分離して得られることが分かった。すなわち、SSIL の特性を活用することで、反応にかかわる溶媒、生成物副生成物のすべてを分離できることが分かった。これは物質を回収して再利用を目指す SDGs の目標にあう形での有機合成を達成する一つの解を与えるかもしれない (図 9)。

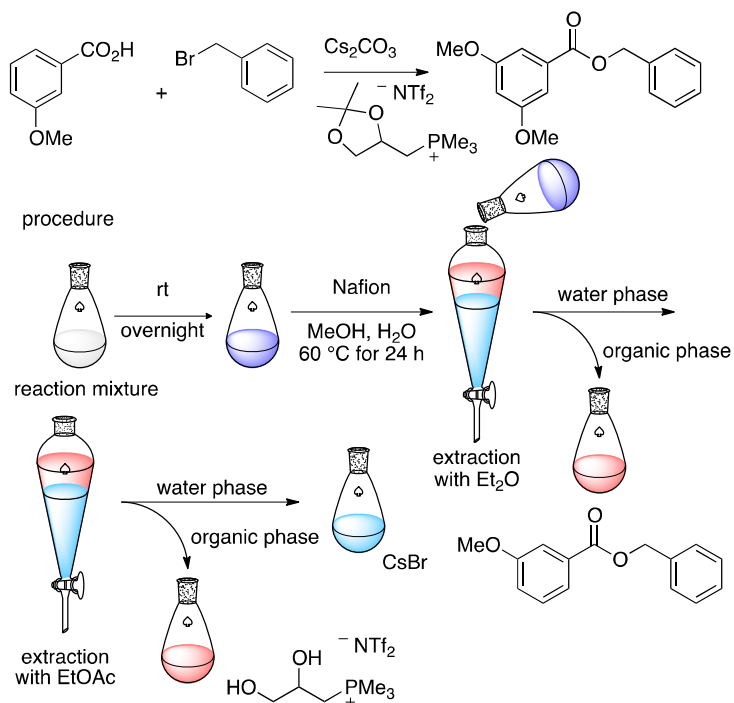


図9. Esterification reaction in SSILs; achieving complete separation of all materials

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ohkubo Kota, Yanagisawa Keiya, Kamimura Akio, Fujii Kenta	4. 巻 124
2. 論文標題 Physicochemical and Structural Properties of a Hydrophobicity/Hydrophilicity Switchable Ionic Liquid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 3784-3790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c02067	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 Valerija Karaluka, Kengo Murata, Shinto Masuda, Yuto Shiramatsu, Takuji Kawamoto, Helen C. Hailes,* Tom D. Sheppard* and Akio Kamimura*	4. 巻 8
2. 論文標題 Development of a microwave-assisted sustainable conversion of furfural hydrazones to functionalised phthalimides in ionic liquids	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RSC Adv.	6. 最初と最後の頁 22617-22624
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ra03895c	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 該当する
1. 著者名 Akio Kamimura,* Yuto Shiramatsu, Kengo Murata, and Takuji Kawamoto	4. 巻 47
2. 論文標題 Solubility-switchable ionic liquids: A control of hydrophilicity and hydrophobicity using a protective group	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1079-1081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180382	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 Akio Kamimura,* Yuto Shiramatsu, and Takuji Kawamoto	4. 巻 4
2. 論文標題 Depolymerization of polyamide 6 in hydrophilic ionic liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Green Energy Environ	6. 最初と最後の頁 166-170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gee.2019.01.002	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19件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 大久保晃太・柳澤圭哉・上村明男・藤井健太
2. 発表標題 疎水性/親水性をスイッチできる新基イオン液体を用いた金属イオンの溶媒抽出
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 柳澤圭哉・川本拓治・藤井健太・上村明男
2. 発表標題 脂溶性/水溶性を変換可能なスイッチングイオン液体の合成および物性
3. 学会等名 イオン液体Workshop2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金子 奈央・柳澤 圭哉・川本 拓治・藤井 健太・上村 明男
2. 発表標題 スイッチングイオン液体の合成とその分配特性の検討
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳澤 圭哉・川本 拓治・藤井 健太・上村 明男
2. 発表標題 脂溶性と水溶性を制御できるスイッチングイオン液体の合成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akio Kamimura*, Yuto Shiramatsu, Takuji Kawamoto
2. 発表標題 Solubility switchable ionic liquids providing a good separation of ionic liquids and products
3. 学会等名 ILSEPT2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳澤 圭哉・川本 拓治・藤井 健太・上村 明男
2. 発表標題 脂溶性/水溶性を変化できる 新規なスイッチングイオン液体の合成とその溶解性の検討
3. 学会等名 第10回イオン液体討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上村明男
2. 発表標題 有機合成化学を活用した化学リサイクル
3. 学会等名 第68回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akio Kamimura
2. 発表標題 Use of ionic liquids for polymer degradation chemistry
3. 学会等名 The 27th Conference on Molten Salts and Ionic Liquids _ EuCheMSIL 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 水溶性と脂溶性をスイッチできる新規イオン液体の合成と物性
2. 発表標題 白松 勇人・村田 健虎・川本 拓治・藤井 健太・上村 明男
3. 学会等名 第9回イオン液体討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akio Kamimura
2. 発表標題 New Aspect of Ionic Liquids: from Selective Decomposition of Polymers to Controlling Solubility
3. 学会等名 The 6th Asian-Pacific Conference on Ionic Liquids and Green Processes (APCIL-6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大久保晃太・白 松勇人・上村明男・藤井健太
2. 発表標題 疎水性/親水性をスイッチできる新規イオン液体の基礎物性とイオン間相互作用
3. 学会等名 日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akio Kamimura
2. 発表標題 Selective Depolymerization and Direct Conversion of Polyamides
3. 学会等名 International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and Polymers in 2018 (ICAPPP 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上村明男・白松勇人・村田健虎・川本拓治
2. 発表標題 溶解性を变化できる新規なイオン液体の開発
3. 学会等名 第8回イオン液体討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白松 勇人・村田 健虎・Karaluka Valerie・川本 拓治・上村 明男
2. 発表標題 脂溶性と水溶性を変換可能な新規なイオン液体の創成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akio Kamimura
2. 発表標題 Is Ionic Liquids Good Solvent to Convert Polymeric Materials?
3. 学会等名 9th International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials (9th ISFR 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akio Kamimura
2. 発表標題 Application of Recent Organic Synthesis helps Chemical Recycling of Polymers
3. 学会等名 10th International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials (ISFR2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金子奈央・南宏汰・川本拓治・藤井健太・上村明男
2. 発表標題 多様な保護基を用いたスイッチングイオン液体の開発
3. 学会等名 第11回イオン液体討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金子奈央・南宏汰・藤井健太・川本拓治・上村明男
2. 発表標題 溶解特性を変化できるスイッチングイオン液体の創成研究：アニオン交換の効果
3. 学会等名 日本化学会第102回春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南宏汰・金子奈央・藤井健太・川本拓治・上村明男
2. 発表標題 溶解特性を変化できるスイッチングイオン液体の創成研究：トリオールユニットの導入効果
3. 学会等名 日本化学会第102回春季年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>溶解性を簡単な化学操作でコントロールできるイオン液体  <a href="http://www.chem.yamaguchi-u.ac.jp/work.html">http://www.chem.yamaguchi-u.ac.jp/work.html</a>          バイオマスの変換をイオン液体を使って高効率に実現  <a href="http://www.chem.yamaguchi-u.ac.jp/work.html">http://www.chem.yamaguchi-u.ac.jp/work.html</a></p>
---

## 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	藤井 健太  (FUJII Kenta)  (20432883)	山口大学・大学院創成科学研究科・教授    (15501)	
研究分担者	川本 拓治  (KAWAMOTO Takuji)  (70756139)	山口大学・大学院創成科学研究科・助教    (15501)	

	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
研究協力者	村田 健虎  (MURATA Kengo)	山口大学・創成科学研究科・修士課程学生   (15501)	
研究協力者	カラルーカ バレリヤ  (Karaluka Valerija)	山口大学・創成科学研究科・博士研究員   (15501)	
研究協力者	白松 勇人  (SHIRAMATSU Yuto)	山口大学・創成科学研究科・修士課程学生   (15501)	
研究協力者	柳澤 圭哉  (YANAGISAWA Keiya)	山口大学・創成科学研究科・修士課程学生   (15501)	
研究協力者	大久保 晃太  (OHKUBO Kota)	山口大学・創成科学研究科・修士課程学生   (15501)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	金子 奈央  (KANEKO Nao)	山口大学・創成科学研究科・修士課程学生  (15501)	
研究協力者	南 宏汰  (MINAMI Kota)	山口大学・工学部・学部学生  (15501)	

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			
英国	UCL			