

令和 2 年 5 月 23 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2017～2019

課題番号：17KT0012

研究課題名(和文) イオン液体の不均一場を活用した化学反応の選択性の制御

研究課題名(英文) Control of the selectivity of chemical reaction by using the heterogenous structure of ionic liquids

研究代表者

木村 佳文 (Kimura, Yoshifumi)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：60221925

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では極性部位と非極性部位からなるドメイン構造をもつイオン液体中での化学反応のポテンシャル面を、不均一な溶媒和座標と反応座標の二次元イメージとしてとらえ、反応経路を溶媒によって制御する可能性を追求した。イオン液体のドメイン構造による不均一構造は、電荷移動のような長距離相互作用が重要な反応では、顕著な効果をもたらさないが、プロトン移動のような短距離の反応では、選択的な効果をもたらすこと、またそれと関連してイオン液体の非極性部位での分子運動がイオン液体の構造的な運動とは相関していないことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イオン液体のもつ構造特異性と反応基質の構造をデザインすることにより、化学反応の収率をコントロールできる可能性があることが本研究によって示され、またその物理化学的な背景があきらかとなった。特に、反応特異性が示される系とそうでない系の特徴を本研究で示したこと、また無極性部分の運動性の特徴が解明されたことは、今後イオン液体を活用していくにあたって、重要な指針をあたえるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we tried to control the reaction selectivity by solvent ionic liquids which have a segregated structure composed of polar and non-polar domains from the view point of reaction coordinate and solvent coordinate. We clarified that the domain structure did not make a significant control of the reaction rate of the electron transfer reaction which is controlled by the long-ranged Coulomb force. On the other hand, photo-induced intramolecular proton transfer reaction is strongly affected by the domain structure and excitation wavelength of the reaction. The molecular dynamics of the non-polar domain was revealed not to have the relation with the solvent dynamics which affects the viscosity.

研究分野：溶液物理化学

キーワード：イオン液体 不均一性 プロトン移動 励起波長依存性 反応選択制

1. 研究開始当初の背景

多くの化学反応プロセスは溶液中で行われる。溶液反応の収率や選択性を高めるため、従来は目的に合った物性をもつ溶媒が数ある有機溶媒の中から選択されてきた。しかしながら今日、目的に合った物性をもつ液体を合成し、それを利用する道が開けつつある。常温において液体状態で存在する塩であるイオン液体はその代表例である。イオン液体ではアニオン、カチオンの化学構造を様々にデザインすることで、液体の流動性を保ちながら、通常の液体には見られない流体構造を持たせることが可能である。例えばカチオンの極性部位と非極性部位の化学構造を制御することにより、流体中において局所的に電荷を高めたり、水素結合性を制御したりすることができる。その結果、化学反応におけるポテンシャル面を変化させ、反応性や選択性を高めていくことが実現されつつある。

研究代表者は、このような現象の実例として、イオン液体中で光励起プロトン移動反応の選択性が励起波長によって変化する現象を世界で初めて見出した。ジエチルヒドロキシフラボン (DEAHF) は電子励起状態で Normal 体(N*)から Tautomer 体(T*)へ分子内プロトン移動反応を行う。この光励起反応における T*体の収率が長波長側で励起すると大きく減少するのである。この発見に対し、研究代表者は超高速時間分解蛍光測定を用いて反応ダイナミクスの励起波長依存性を評価し、また溶媒構造を取り入れた最先端の電子状態計算を行って、反応メカニズムを詳細に検討した。その結果、反応収率の励起波長変化は、反応初期における溶媒和状態の違いと溶媒和状態の時間変化による遷移状態の変化に由来すること(Hayaki et al. J. Phys. Chem. B, 117, 6759 (2013))、カチオンの非極性部位における炭素数が、反応ポテンシャル面の変化に大きく関連していること(Suda et al. J. Phys. Chem. B, 117, 12567 (2013))、を明らかにした。この研究成果は、イオン液体の構造とダイナミクスを制御することで、反応速度や収率の制御、すなわち遷移状態の制御が可能となることを示している。さらに申請者らの研究グループは、特に上記のに関連して、溶質分子の並進および回転ダイナミクスが、アルキル炭素数に相関して変化することを実験的に初めて明らかにした (Kimura et al., J. Phys. Chem. B 119, 8096 (2015); Yasaka and Kimura J. Phys. Chem. B 119, 15493 (2015))。特に一酸化炭素の並進・回転ダイナミクスは、イオン液体の無極性部位の指標として用いることが可能であることを明らかにした。

以上のことから、イオン液体の構造や光反応における励起波長を制御することで、化学反応の遷移状態を制御し、化学反応の収率を変化させることが可能であると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、イオン液体の不均一構造と揺らぎを活用した反応制御を追求する。そのために、イオン液体中の反応分子の時空間解析を行い、反応場としてのイオン液体の特性を解明することを目的とする。先にあげた研究例で示されるように、イオン液体中での反応の遷移状態通過を理解するためには、反応の始状態から遷移状態に至る反応座標上のトラジェクトリの全体像を包括的に理解することが重要である。これまでの実験では、励起状態でのダイナミクスに焦点を当てて実験を行っていたが、この問題の理解をさらに大きく前進させるためには、反応の始状態における溶媒和環境を明らかにすることが必要である。すなわち、反応の始状態における分子のスペクトル情報を詳細にするとともに、イオン液体を系統的に調査し、その溶媒特性を明らかにしていくことが必要となる。具体的目標は以下のとおりである。

励起波長選択的化学反应素過程の溶媒、溶質依存性の理解 超高速過渡吸収システムにより基底状態の変化を含めた反応のダイナミクスを観測し、励起状態での反応に相関した基底状態での不均一性とその揺らぎの緩和速度を評価する。対象としてはプロトン移動をおこすフラボノール類やヒドロキシキノリン、また電荷移動部反応としてニトロアニリン類を対象とする。

イオン液体の作る無極性環境の理解 イオン液体の不均一性の議論においては、その無極性環境を評価することが重要である。我々のグループが明らかにしたように、CO の並進・回転ダイナミクスは、イオン液体の無極性環境の指標となる。この実験を種々のイオン液体に拡張し、その回転緩和時間を NMR で、並進拡散係数を過渡回折格子レーザー分光法より評価することによって、イオン液体の不均一環境をプローブする指標を作成する。

以上の研究を総括することにより、イオン液体のもたらす不均一場をどのように構築すれば、遷移状態の制御が可能となるかと検討する。

3. 研究の方法

上記の および の目的を達成するために、反応物であるフラボノール類や C¹⁷O の合成、また溶媒となるイオン液体の合成を行った。 においては、研究費で購入した CCD カメラおよび分光器を用いて、種々の励起波長を用いて高い S/N で超高速過渡吸収が測定できるシステムを構築した。アミノ基についてアルキル鎖長の異なるフラボノール(図参照 C_nHF)を合成し、アルキル鎖長の異なる様々なイオン液体(図参照)中で、定常蛍光を測定し、励起状態のプロトン移動収率が励起波長によってどのように異なるか検討し、また典型的な系について、過渡吸収測定をおこなった。他のプロトン移送反応を示す系についても、反応のメカニズムの検討を行った。またジメチル-p-ニトロアニリン(DMpNA)を用いて、電荷移動速度を種々のイオン液体中で評価した。

については、種々のイオン液体中での $C^{17}O$ の酸素の NMR の T_1 測定を広範な温度領域で測定し、四極子緩和機構に基づき回転緩和時間を評価した。研究費で購入した粘度計を用いて、高温での粘度を測定し、実験結果と相関を調べた。また分子動力学計算を行い、CO の回転ダイナミクスの詳細を検討した。

4. 研究成果

(1) イオン液体のドメイン構造と電荷移動反応の相関

DMpNA の電子励起状態から基底状態にもどる過程は、Marcus の逆転領域における電子移動反応に相当し、その反応速度は溶媒の極性に依存する。過渡吸収測定により、DMpNA を光励起したのちの基底状態へ戻る時間をアルキル鎖長の異なる種々のイオン液体で測定した結果を図 1 に示す。図 1 には本研究でもちいたイオン液体の構造とその略記法が合わせて載せてある。図に示されるように、イオン液体のアルキル炭素の数 (#C) が大きくなると電子移動時間にかかると時間 (τ_{b-ET}) が長くなること分かった。グラフにはまたイオン液体の極性パラメーター (π^*_{band}) のアルキル鎖長依存性を示してある。アルキル鎖長が伸びるにつれて、極性パラメーターが小さくなる、すなわち極性が下がることがわかる。この極性パラメーターの変化と電子移動反応速度は非常によく相関しており、電荷移動反応においてはイオン液体の不均一性はそれほど重要な役割を果たしていないことが分かった。

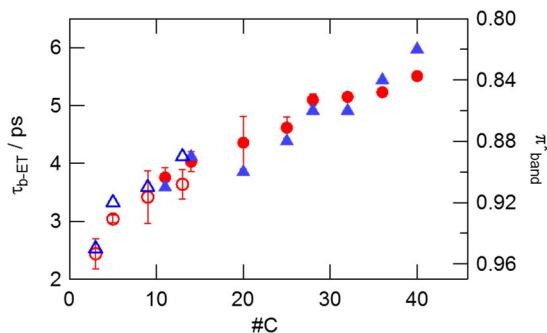
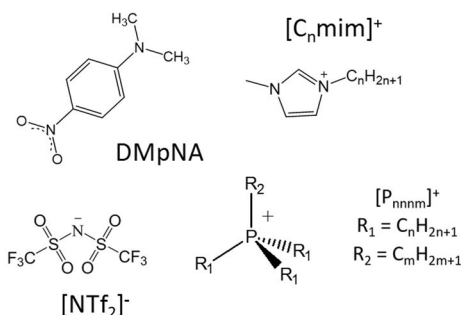


図 1 (上)DMpNA とイオン液体の構造。(下)DMpNA の電子移動時間 (τ_{b-ET}) とイオン液体のアルキル炭素数 (#C)、およびイオン液体の極性パラメーター (π^*_{band}) との相関

(2) イオン液体のドメイン構造とプロトン移動反応の相関

今回、フラボノール分子として C_2HF , C_4HF , C_8HF を合成し、様々なアルキル鎖長のイオン液体中で、まず定常蛍光スペクトルを測定し、励起状態の反応性が、溶質のアルキル鎖長および溶媒のアルキル鎖長によってどのように変化するかを検討した。図 2 に示すように、 C_nHF は電子励起状態によって分子内プロトン移動反応をおこし、Normal 体から Tautomer 体へと変化する。この反応は平衡反応といわれており、それぞれの励起状態から蛍光が観測される。したがって両者の蛍光強度を比較するとプロトン移動の収率を評価することが可能となる。図 3 (左) に C_4HF の様々なイオン液体中での蛍光スペクトルを示す。アルキル鎖長が伸びるにつれて、あきらかに Tautomer 体の由来の蛍光強度が強くなっていることがわかる。反応の収率を定量的に比較した結果を図 3 (右) に示す。図に示されるように、溶質のアルキル鎖の長さにかかわらず、イオン液体のアルキル鎖長が伸びると励起状態の反応収率が大きくなることが明らかとなった。一方で興味深いことに、同じイオン液体で比較すると、溶質のアルキル鎖長が伸びると反応の収率が下がることが明らかになった。当初は、溶質のアルキル鎖長を伸ばすと、溶媒の非極性ドメインと親和性が高くなり、反応の収率が上がると期待していたが、予想と反する結果となった。

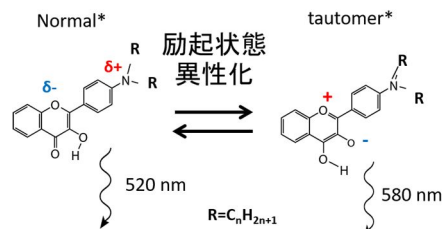


図 2 ヒドロキシフラボノールの光異性化反応のスキーム

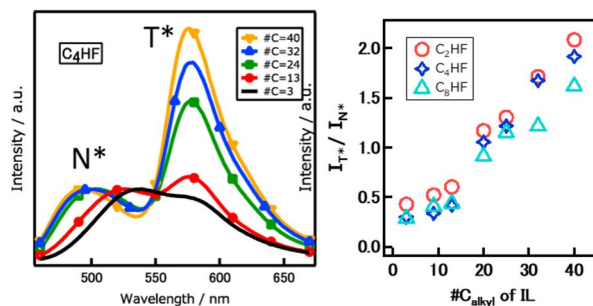


図 3 左はカチオンのアルキル鎖長を変化させたときのスペクトル変化。右は収率のアルキル鎖長依存性。

この背景を明らかにするために、過渡吸収測定を行った。過渡球種スペクトルの一例を図 4 に示す。過渡吸収は少なくとも 5 成分からなる複雑なダイナミクスを示すことが明らかとなった。

これらのスペクトル解析を行い、励起状態における藩の速度定数を評価した。その結果得られた速度定数は、定常蛍光から得られた収率とよい相関を示した。すなわち、反応速度の速い系ほどプロトン移動の収率が大きくなった。このことは、励起状態における反応の活性化エネルギーの違いが反応の収率を左右していると理解される。また過渡吸収スペクトルを詳細に検討すると、アルキル鎖長の短いイオン液体中では、基底状態のブリーチスペクトルの形状にほとんど時間変化が見られないのに対し、アルキル鎖長の長いイオン液体では、初期の段階でスペクトル形状に変化が確認された。現在その詳細を検討しているところであるが、基底状態の不均一性を反映しているものであると考えている。

また、励起波長を変化させたときの反応性の変化についても検討を加えた。図5は励起波長を変化させたときの蛍光スペクトルの変化を示す。同じイオン液体で比較したとき、励起波長が長波長側にうつるにしたがって反応の収率が大きく減少していることがわかる。また溶媒のアルキル鎖

長を伸ばしていくと励起波長依存性が非常に大きくなっていくことが右図に示される。これは溶媒のアルキル鎖長を変えても同じ傾向が確認された。この点を詳細に検討するため、励起波長を変えて過渡吸収を測定した。予備的な解析結果では、反応速度と反応

(3)COの回転緩和から見たイオン液体の無極性領域

一般に回転緩和時間を議論する際にStoke-Einstein-Debye (SED)の式が基準となる。この式では回転緩和時間 τ_{2R} は溶媒の粘度に比例し、温度に逆比例する($\tau_{2R} = VC\eta/kT$; V は溶質の体積、 C は比例定数、 η は粘度、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度)。そこで様々なアルキル鎖長のイオン液体でNMRによりCOの回転緩和時間を決定し、その結果を η/T に対してプロットした。その結果はこれまでの報告通り、SED式の予測よりも二けた近く速い回転を示していることがわかった。また種々のイオン液体中での回転緩和時間の逆数を、同じ η/T で比較してみた。SED式が成立するのであれば、これはイオン液体の種類によらない定数であるが、図6に示されるようにイオン液体のカチオンの種類をとわず、アルキル鎖長に比例して大きくなることがわかった。このことはイオン液体のアルキル鎖長が長くなると、COの回転緩和が速くなることを示している。

この背景を探るために、分子動力学計算をおこない、イオン液体中のCOの回転相関関数を計算した。その結果を図7に示す。図には333Kで種々のイオン液体中での回転緩和を比較した結果を示している。図に示されるようにおよそ90%以上の緩和が最初の0.2~0.3 ps程度の間におこり、またこの部分の緩和についてはほとんどイオン液体依存性がないことがわかった。少し遅い時間領域で

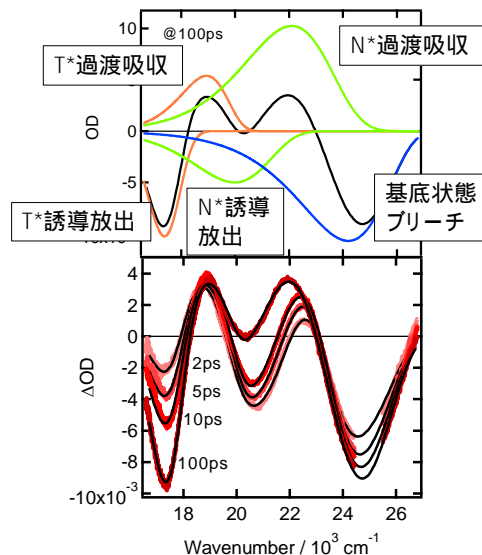


図4. C_8HF の $[P_{4441}][NTf_2]$ 中での過渡吸収スペクトル。400 nm 励起。

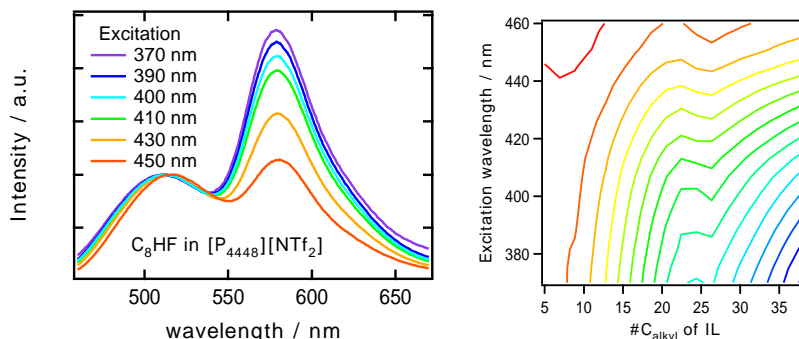


図5. C_8HF の $[P_{4448}][NTf_2]$ 中での蛍光の励起波長依存性。右図は Tautomer 蛍光の強度と溶媒のアルキル鎖長の相関

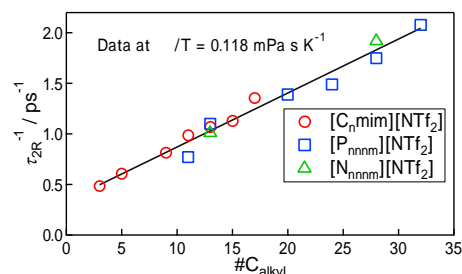


図6. COの回転緩和時間のアルキル鎖長依存性

溶媒による違いがみられる。一般的に粘性の高い溶媒中で遅い緩和時間が遅くなる傾向がみられる。また動径分布関数から CO のイオン液体中における分布を調べてみたところ、カチオンに対してはアルキル鎖の長い部分の近くにより存在確率が高いことが分かった。これらの結果をあわせて考えると、やはり、CO は無極性部位に偏在しており、その回転ダイナミクスはアルキル鎖の環境を反映して溶媒依存性が小さいということが考えられる。さらに、遅い部分のダイナミクスだけ見ると、イオン液体のアルキル鎖のうちメチル基の部分の回転ダイナミクスと類似した振る舞いをしめしており、これもまた CO の回転が無極性部位のダイナミクスを反映している証拠として考えられる。

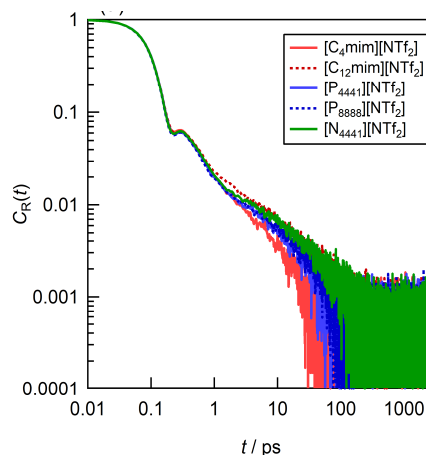


図 7. 分子動力学計算から得られた CO の回転相関関数。

(4) 分子間プロトン移動における極性部位の役割

これまでの話ではもっぱら極性部位と非極性部位の乖離が反応のポテンシャル面を変化させることについて議論を行ってきた。一方で、我々は 6-ヒドロキシキノリンの分子間のプロトン移動を、種々のイオン液体中で検討したところ、カチオンとアニオンの反応基質に対する協奏的な分子配置が化学反応を促進するという結果も得た。

以上の結果よりイオン液体のドメイン構造やカチオン・アニオンの配向がもたらす化学反応のエネルギー面の変化について新しい知見をうることができ、反応の遷移状態制御に向けた溶媒のデザインについて新たな展開が可能になったと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kimura Yoshifumi	4. 巻 0
2. 論文標題 Solvation heterogeneity in ionic liquids as demonstrated by photo-chemical reactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Pure and Applied Chemistry	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） 10.1515/pac-2019-1116	査読の有無 無
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 Kimura Yoshifumi, Fukui Teppei, Okazoe Shinya, Miyabayashi Hanamichi, Endo Takatsugu	4. 巻 289
2. 論文標題 Photo-excitation dynamics of N, N-dimethyl-p-nitroaniline in ionic liquids: Effect of cation alkyl-chain length	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Molecular Liquids	6. 最初と最後の頁 111128 ~ 111128
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.molliq.2019.111128	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 Kaori Fujii, Megumi Aramaki, and Yoshifumi Kimura	4. 巻 122
2. 論文標題 Excited-State Proton Transfer of 5,8-Dicyano-2-Naphthol in High-Temperature and High-Pressure Methanol: Effect of Solvent Polarity and Hydrogen Bonding Ability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. B	6. 最初と最後の頁 12363-12374
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpcc.8b09235	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 Y. Kimura, S. Ibaraki, R. Hirano, Y. Sugita, Y. Yasaka, M. Ueno	4. 巻 19
2. 論文標題 Photoexcitation dynamics of p-nitroaniline and N,N-dimethyl-p-nitroaniline in 1-alkyl-3-methylimidazolium-cation based ionic liquids with different alkyl-chain lengths	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Chem.Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 22161-22168
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/c7cp03610h	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 Kaori Fujii, Yoshiro Yasaka, Masakatsu Ueno, Yoshinari Koyanagi, Sora Kasuga, Yoshihiro Matano, Yoshifumi Kimura	4. 巻 121
2. 論文標題 Excited-State Proton Transfer of Cyanonaphthols in Protic Ionic Liquids: Appearance of a New Fluorescent Species	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. B	6. 最初と最後の頁 6042-6049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b03658	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23件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Y. Kimura
2. 発表標題 Molecular Dynamics and Chemical Reactions in Ionic Liquids Reflecting the Heterogeneous Structure
3. 学会等名 The 36th International Conference on Solution Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaori Fujii, Yoshifumi Kimura
2. 発表標題 Excited state proton transfer of cyanonaphthol in high-temperature and high-pressure alcohol: Effect of solvent polarity and hydrogen bonding ability
3. 学会等名 The 36th International Conference on Solution Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Miyabayashi, K. Fujii, Y. Matano, T. Endo, Y. Kimura
2. 発表標題 Alkyl-chain length dependence of the excited state intramolecular proton transfer reaction in ionic liquids studied by the transient absorption spectroscopy
3. 学会等名 Joint EMLG/JMLG Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 隅田大樹, 八坂能郎, 木村佳文, 遠藤太佳嗣
2. 発表標題 一酸化炭素の回転から見るイオン液体の不均一構造
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮林花道, 藤井香里, 俣野善博, 遠藤太佳嗣, 木村佳文
2. 発表標題 イオン液体中のフラボノール誘導体に関する 光反応ダイナミクスの系統的理解と反応制御
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村千尋, 藤井香里, 七原悠夏, 遠藤太佳嗣, 木村佳文
2. 発表標題 6-ヒドロキシキノリンのプロトン移動からみたプロトン性イオン液体のプロトン活性
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村千尋, 藤井香里, 七原悠夏, 遠藤太佳嗣, 木村佳文
2. 発表標題 6-ヒドロキシキノリンのプロトン移動からみたプロトン性イオン液体のプロトン供与能と受容能
3. 学会等名 第42回溶液化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮林花道, 藤井香里, 渡邊拓未, 俣野善博, 遠藤太佳嗣, 木村佳文
2. 発表標題 イオン液体の特異な極性構造を用いた電子励起状態における反応制御
3. 学会等名 第42回溶液化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 隅田大樹, 遠藤太佳嗣, 木村佳文
2. 発表標題 一酸化炭素の回転緩和によるイオン液体の不均一性の評価
3. 学会等名 第42回溶液化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hanamichi Miyabayashi, Kaori Fujii, Takumi Watanabe, Yoshihiro Matano, Takatsugu Endo, Yoshifumi Kimura
2. 発表標題 On the excited state intramolecular proton transfer reaction in ionic liquids studied by the transient absorption
3. 学会等名 Student Conference on Light 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 隅田大樹, 木村 佳文, 遠藤太佳嗣
2. 発表標題 一酸化炭素の回転から見るイオン液体: アルキル鎖長依存性
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 宮林花道、藤井香里、渡邊拓未、俣野善博、遠藤太佳嗣、木村佳文
2. 発表標題 イオン液体中におけるフラボノール誘導体の励起状態分子内プロトン移動過程の励起波長依存性
3. 学会等名 第100回日本化学会春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村佳文, 福井哲平, 岡副眞也, 遠藤太佳嗣
2. 発表標題 イオン液体中でのニトロアニリン類の励起状態緩和過程に対するアルキル鎖長効果
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井 香里, 荒巻 愛, 木村 佳文
2. 発表標題 超臨界アルコール中での励起状態プロトン移動の測定と拡散反応モデルに基づく解析
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaori Fujii, Megumi Aramaki, Yoshifumi Kimura
2. 発表標題 Excited state proton transfer of 5, 8-dicyano-2-naphthol in supercritical alcohol assessed by diffusion-controlled reaction model
3. 学会等名 Joint Conference of EMLG/JMLG Annual Meeting 2018 and 41st Symposium on Solution Chemistry of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshifumi Kimura, Teppei Fukui, Shinya Okazoe, Hanamichi Miyabayashi, Takatsugu Endo
2. 発表標題 Photo-excitation dynamics of p-nitroaniline compounds in ionic liquids: Effect of alkyl-chain length of cations
3. 学会等名 Joint Conference of EMLG/JMLG Annual Meeting 2018 and 41st Symposium on Solution Chemistry of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮林花道、藤井香里、俣野善博、遠藤太佳嗣、木村佳文
2. 発表標題 イオン液体中のフラボノール誘導体の励起状態分子内プロトン移動過程におけるアルキル鎖長効果
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshifumi Kimura
2. 発表標題 Solvation Heterogeneity of Ionic Liquids Viewed from Translational and Rotational Dynamics of Solutes
3. 学会等名 8th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kaori Fujii, Yoshiro Yasaka, Masakatsu Ueno, Yoshinari Koyanagi, Sora Kasuga, Yoshihiro Matano, Yoshifumi Kimura
2. 発表標題 Excited-state proton transfer of cyanonaphthols in protic ionic liquids
3. 学会等名 EMLG - JMLG annual meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井香里, 八坂能郎, 上野正勝, 小柳誉也, 春日想楽, 俣野善博, 木村佳文
2. 発表標題 プロトン性イオン液体中におけるプロトン移動反応 : イオン液体に特有の反応中間体の観測と同定
3. 学会等名 第11回分子科学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村佳文, 茨木伸哉, 平野隆成, 杉田陽佑, 八坂能郎, 上野正勝
2. 発表標題 アルキル鎖長の異なるイミダゾリウムカチオン系のイオン液体中におけるニトロアニリン類の光励起ダイナミクス
3. 学会等名 第40回溶液化学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村佳文, 茨木伸哉, 平野隆成, 杉田陽佑, 八坂能郎, 上野正勝
2. 発表標題 [Cnmim][NTf2]中におけるニトロアニリン類の光励起ダイナミクス
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 藤井香里, 八坂能郎, 上野正勝, 小柳誉也, 春日想楽, 俣野善博, 遠藤太佳嗣, 木村佳文
2. 発表標題 プロトン性イオン液体中におけるシアノナフトールのプロトン移動ダイナミクス
3. 学会等名 第8回イオン液体討論会
4. 発表年 2017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
研究 分担者	八坂 能郎 (Yasaka Yoshiro) (80631910)	金沢大学・自然システム学系・特任助教 (13301)	
研究 分担者	遠藤 太佳嗣 (Endo Takatsugu) (50743837)	同志社大学・理工学部・准教授 (34310)	
連携 研究者	俣野 善博 (Matano Yoshihiro) (40231592)	新潟大学・自然科学系・教授 (13101)	
連携 研究者	佐藤 啓文 (Sato Hirofumi) (70290905)	京都大学・工学(系)研究科・教授 (14301)	
連携 研究者	中農 浩史 (Hiroshi Nakano) (20711790)	京都大学・工学(系)研究科・助教 (14301)	