



イオン液体研究会

サーキュラーNo.16

CONTENTS

P1

Topics

固体物理とイオン液体
防衛大学校機能材料工学科 阿部 洋

P10

開催報告

イオン液体ワークショップ2020開催報告
東京工業大学 大内幸雄

P13

受賞報告

イオン液体ワークショップ2020 ポスター賞受賞者

P15

研究グループ紹介

～神奈川大学 河合研究室～

P20

事務局からの連絡

2021年イオン液体研究会、第11回イオン液体討論会など

固体物理とイオン液体

防衛大学校機能材料工学科
阿部 洋

1. はじめに

もともと固体物理分野で研究していた。固体の構造は図 1 のような分類によって構造的特徴が明らかになる。研究テーマはマルテンサイト変態のカイネティクス⇒誘電体リクサー⇒準結晶の相転移⇒過冷却液体の超音波照射効果⇒電気流体力学⇒イオン液体と変わり、“固体”から“液体” にシフトした。イオン液体の研究を始めるきっかけは、濱口先生の固体物理(科学雑誌)のイオン液体の解説だった¹。イオン液体の研究を進めていくと、固体物理や統計力学の視点・発想が役立つことに気づいた。

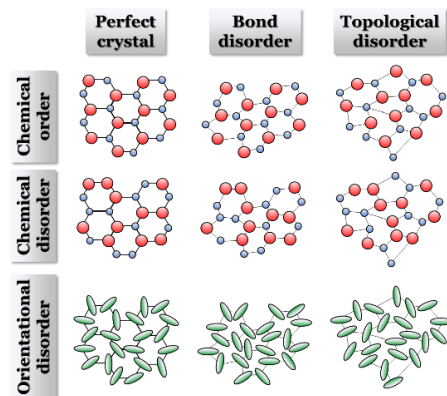


図1 固体の秩序と無秩序。

水の高圧の相挙動は非常に複雑であることは良く知られている²。双極子モーメント(ベクトル)、水素結合(指向性+極性)、配位数(トポロジー)に起因する。一方、強相関電子系では電荷(スカラー)・スピン(ベクトル)・軌道(テンソル)の自由度によって多彩な物性が発現する。イオン液体の場合は、前述のパラメータに加えて分子回転自由度によるコンフォメーション(幾何異性)が重要になる。

過冷却液体とガラスは『自由エネルギーランドスケープ』³を用いて、構造エントロピーと非平衡性が議論されている。『自由エネルギーランドスケープ』は局所的なポテンシャルの谷で多数の準安定構造を表す。イオン液体の複雑な挙動を理解するために『ケージエネルギーランドスケープ』(図2)が導入された⁴。イオン性と有機性の二面性で局所ポテンシャルの深さとスロープが変化し、イオン液体の非平衡性が説明

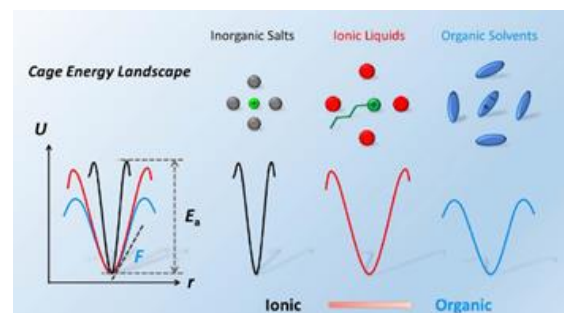


図2 ケージエネルギーランドスケープ。

される。また、創薬の分野で『結晶エネルギーランドスケープ』が提唱されている⁵。低分子系の医薬品はコンフォメーション変化による結晶多型を有し、結晶構造によって薬物動態特性や製剤の安定性が影響される。特に、結晶多形の結晶間の格子エネルギー差が小さいため、錠剤の加圧過程で原薬形態が簡単に变化する。原薬バルクの安定化のための結晶多型スクリーニングの研究が進んでいる⁶。

イオン液体やイオン液体-水混合系の階層構造やナノ領域に閉じ込められた水のダイナミクス

Topics

は解説^{7,8} にまとめられている。そこで、本稿では低温・高圧下のイオン液体の結晶多型と多経路性 (表 1) を中心に述べる。

	Polymorph		Multiple pathway	
	LT	HP	LT	HP
EAN	○	○	○	?
PAN	○	?	○	?
[C ₂ mim][NO ₃]	×	○	×	○
[C ₄ mim][PF ₆]	○	○	?	?
[C _n mim][PFBS]	○	○	?	?
[C ₁₀ mim][Cl]	○	○	○	?

表1 プロトン性イオン液体(EAN, PAN)と非プロトン性イオン液体の結晶多形と多経路性。

2. コンフォメーションと結晶多型

カチオンのコンフォメーションと低温の結晶多型は早くから研究がされてきた。ここでは室温で液体である代表的な[C₄mim][PF₆]の結晶多型を取り上げる。量子化学計算から[C₄mim]⁺ カチオンは安定なコンフォメーションが3つある^{9,10}。[C₄mim][PF₆]の低温の結晶多型とコンフォメーションの関係は詳細に解説されている¹¹。冷却過程で結晶化は起きないが昇温過程で $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma$ の結晶多型が観測される(図 3)¹²。一方、[C₄mim][PF₆]の単結晶構造解析から[PF₆]⁻ アニオンが空間的に分布していることが分かった¹³。³¹P-NMR から得られた結晶中の[PF₆]⁻ アニオンの回転運動と矛盾しない¹¹。また、アルキル鎖長の異なる[C_nmim][PF₆]の結晶構造から、格子エネルギー、コンフォメーション、結晶多型が多角的に議論されている¹⁴。

X 線回折とラマン分光を用いて、高圧下の[C₄mim][PF₆]の結晶多型が調べられた¹⁵。図 3 のように加圧過程で $\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \delta \rightarrow \delta' \rightarrow A$ (アモルファス) と相変化する。低温の α 相と β 相と同じ結晶構造が高圧でも現れるが、高圧特有の δ 相が 2.6 GPa (= P_2) で生じた。さらに、この圧力で新しい G_c コンフォメーションのラマンバンドが出現した。結晶構造解析から G_c は低温の安定

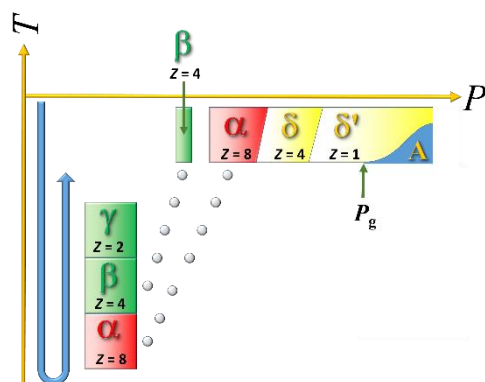


図 3 [C₄mim][PF₆]の結晶多型。

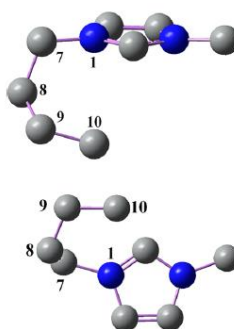


図 4 畳みこまれた[C₄mim]⁺コンフォメーション。

Topics

な[C₄mim]⁺ コンフォメーションと異なり、アルキル鎖が大きく畳み込まれている。6 GPa (= P_g)でガラス化が始まり、G_c コンフォメーションの割合が増大する。大きく畳み込まれたコンフォメーションを図4に示す^{10,16}。一番エネルギーの低い *gauche* は $ng'g'$ ¹⁰ であるが、パッキング効率を考慮すると、各 *gauche* 体のランダム形成がG_c コンフォメーションであると予想される。つまり、球形に近いG_c コンフォメーションが方向秩序を失ってガラス化が進むと考えられる。いろいろな *gauche* が混ざっている“コンフォメーション・ガラス”状態はエントロピーとパッキング効果でエネルギー的に安定化している。

3. プロトン性イオン液体の結晶多型と多経路性

典型的なプロトン性イオン液体の MAN, DAN, EAN, PAN は室温で固体か液体の状態が存在し、室温の状態を相変化を分類することができる¹⁷(図5)。室温で固体のMANとDANは高温の結晶多型の1つの相として柔粘性結晶が出現する。イオン性、水素結合、プロトンネットワークが密接に絡んでいる。一方、室温で液体のEANとPANは低温で結晶多型と多経路性が起きる。単純な分子構造であるが、非常に複雑な相転移を示すので、わずかな状態変化もプローブできるX線回折+DSC 同時測定が必要になる。同時測定によってプロトン性イオン液体の隠された特性を抽出することができる。

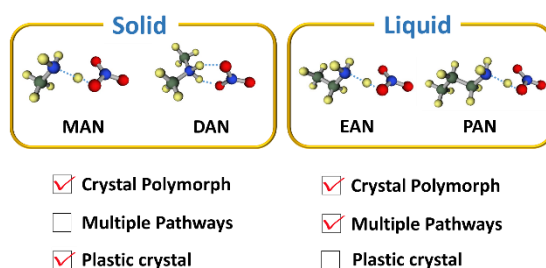


図5 プロトン性イオン液体の分子構造と低温の相挙動。

EANの低温の結晶多型・多経路性と高圧結晶多型を図6に示す¹⁸。低温の結晶多経路性は分岐温度 T_B で特徴づけられる。 T_B 以下に冷却すると、昇温過程で新たにII相とII'相が現れる。この T_B でX線回折パターンとDSCに変化は見られない。PAN¹⁷も同様な T_B が存在するが、未だに T_B の原因は良く分かっていない。低温のII相の結晶構造¹⁹は[NO₃]⁻アニオンのsin波の変調で表されるのに対し、低温のI相は[NO₃]⁻アニオンの1次元的なオーダー¹⁸が発達している。一方、高圧では、低温と異なる結晶多型が誘起された。高圧の α' 相は2次元的な[NO₃]⁻アニオンのネットワーク、 γ 相は3次元的なネットワークが形成される。X線回折で水素の情報を得ることは非常に難しいが、多様な[NO₃]⁻ネットワークはプロトンを介して発達していると考えられる。

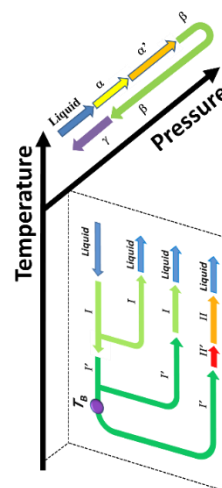


図6 EANの低温・高圧の相転移。

Topics

4. アルキル鎖長とアニオン効果

Triolo のグループの X 線回折実験によって、イミダゾリウム系イオン液体 $[C_n\text{mim}][X]$ のナノ不均一性が明らかにされた^{20, 21}。 n はアルキル鎖長で、 n に比例してナノ不均一性が顕著になる。また、分子動力学(MD)計算で、 $n > 6$ でアルキル鎖の非極性ナドメインが大きくなり²²、 $n_c = 6$ 付近でイオン性から有機性へ乗り換わる。MD の計算結果は X 線回折の低 Q ピークの増大に対応している。一方、アニオン効果は、相互作用エネルギーで評価されている²³。大きい順に $F^- > Cl^- >$

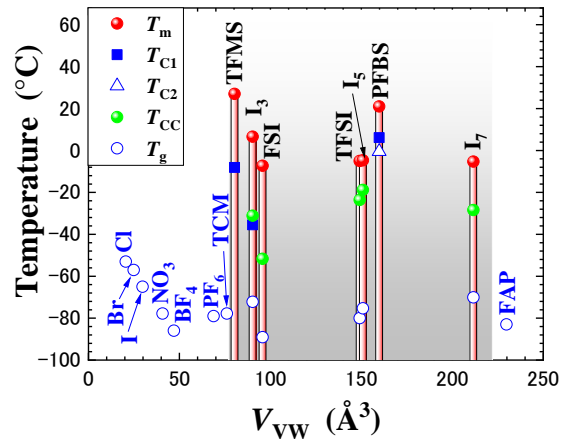


図 7 $[C_6\text{mim}][X]$ の結晶化・ガラス転移温度。

$OAc^- > Br^- > NO_3^- > I^- > HSO_4^- > SCN^- > ClO_4^- > BF_4^- > TFSI^-$ となっている。最近、 $[C_6\text{mim}][X]$ にガラス化・結晶化にアニオンのサイズ効果が現れることが分かった(図 7)²⁴。アニオンのサイズが TCM 以下だとガラス化するのに対し、TFMS のサイズより大きくなると結晶化が誘発される。アルキル鎖の短い $[C_4\text{mim}][X]$ 系では、アニオンサイズプロット上で明瞭なガラス化領域・結晶化領域が現れないで、アニオン相互作用によって固体状態が決まる。従って、 $[C_6\text{mim}][X]$ の $n_c = 6$ の特異性がアニオンサイズ効果に関与していると考えられる。実際に、イオン性から有機性へ乗り換わる n_c では、アルキル鎖が大きくゆらいでラマンスペクトルのバックグラウンドが大きくなる。図 7 の明瞭なガラス化領域と結晶化領域は、 $[C_6\text{mim}][X]$ だけ『ゆらぎ』が増大して、アニオンの幾何学的な異方性の影響を受けないことを示している。

4.1 $[C_2\text{mim}][NO_3]$

$[C_2\text{mim}][NO_3]$ は低温で単純に結晶化する²⁵。 $[C_2\text{mim}][NO_3]$ の結晶構造が求められ、non-planar (NP) の $[C_2\text{mim}]^+$ のコンフォメーションが選択される²⁶。 $[C_2\text{mim}]^+$ のねじれ角のポテンシャルエネルギー計算から NP が安定に存在することが分かった(図 8)²⁷。それぞれのエネルギー差は planar (P) = NP + 1.8 kJ/mol, planar' (P') = NP + 4.3 kJ/mol と求めら

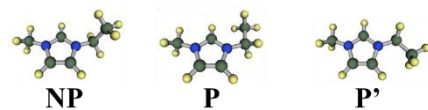


図 8 $[C_2\text{mim}]^+$ のコンフォメーション。

れた。実際に、液体状態では、NP と P が共存している。高压のラマン分光実験から高压相転移とコンフォメーションの関係が明らかにされた²⁸。4 GPa 付近から P' が現れた。常圧では P' は観測されないの、高压固有のコンフォメーションである。6 GPa 以上で P' の存在比が一定になる(～ 25%)。P' で分子パッキング効率が上がるが、ねじれ角のポテンシャルエネルギーが高いので P' の存在比が 25% より大きくなることができない。

Topics

高压でのコンフォメーション変化は高压の結晶多形を示唆しているので、高压 X 線回折実験を行った²⁵。図 9 のように非常に複雑な結晶多形が生じる^{25, 29}。特に、6 GPa 以上で新たな変調構造 ($\gamma \rightarrow \gamma' \rightarrow \gamma''$) が発生して格子定数が大きくなる。 P' は 25% 以上に増大しないので、新たな分子配向秩序によって分子パッキング効率を上げている。また、 P' が発生しない圧力以下で減圧すると、可逆的な相転移を示す。これに対し、 P' が発生すると減圧過程で γ'' 相が現れる。この相転移の経路を決める分岐圧力を P_B とする。高压特有の P' コンフォメーションによって、相転移経路が決まることが分かった。

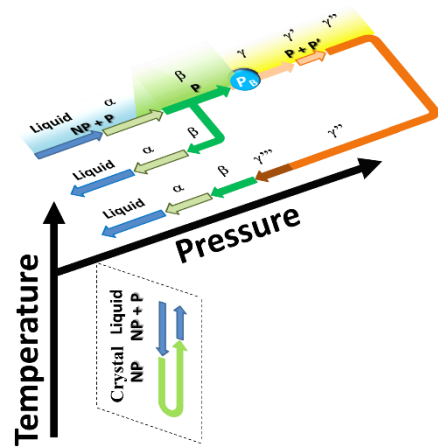


図 9 [C₂mim][NO₃]の高压の結晶多型と多経路性。

4.2 [C_nmim][PFBS] ($n = 4, 6, 8$)

アニオンにコンフォメーション自由度のある[TFSI]⁻は $3 \leq n$ で低温と高压で結晶化しない。[TFSI]⁻ は二つのコンフォメーション (C_1, C_2) を有し³⁰、分子静電ポテンシャルマップから、[TFSI]⁻ の酸素近傍の負電荷密度が大きくなっている³¹。コンフォメーション変化によって2つの-SO₂ 基の位置が相対的に大きく変わるので、静電的な相互作用が多自由度になる。さらにアニオンのサイズが大きいのので負表面電荷密度も小さくなる。これらの要因は[C_nmim][TFSI] ($3 \leq n$) のアモルファス化の起源としてみなされる。

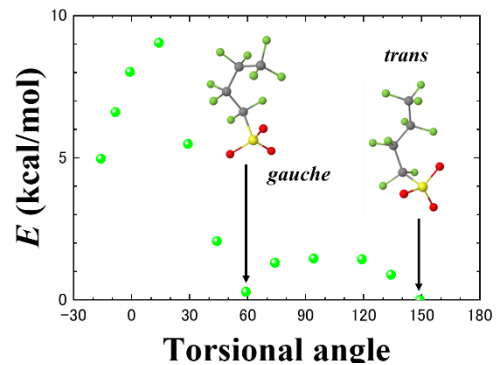


図 10 [PFBS]⁻ のねじれ角ポテンシャルエネルギー。

[PFBS]⁻ アニオンも2つの安定なコンフォメーションをもつ(図 10)³²。[PFBS]⁻ は-SO₃ 基が一つしかなく、コンフォメーションが変化しても、分子静電ポテンシャルマップはほとんど変わらない。-SO₃ 基の酸素に負電荷が分布し、[C₄mim]⁺ の正電荷分布の大きいイミダゾリウム環の C2 の水素と相互作用している。カチオンとアニオンの位置がユニークに決まるので、低温で [C_nmim][PFBS] ($n = 4, 6, 8$) は結晶化する³²。図 11 のように、[C₄mim][PFBS] は、冷却過程で $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma$ の結晶多型が観測されるが、昇温過程は α 相が現れない。一方、[C₈mim][PFBS] は昇温過程で $\gamma \rightarrow \beta \rightarrow \delta \rightarrow \alpha$ の相

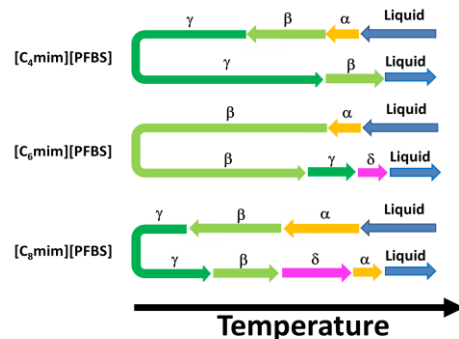


図 11 [C_nmim][PFBS] ($n = 4, 6, 8$)

Topics

変化をして、新たに δ 相が出現する。 $[\text{C}_6\text{mim}][\text{PFBS}]$ は、 $[\text{C}_4\text{mim}][\text{PFBS}]$ と $[\text{C}_8\text{mim}][\text{PFBS}]$ の中間の相変化をすることが分かった。つまり、アルキル鎖長が長くなるにつれて、相変化が複雑に変化していく。実際に、 $[\text{C}_8\text{mim}][\text{PFBS}]$ の格子定数は非常に大きくなる³²。また、 $[\text{C}_4\text{mim}][\text{PFBS}]$ の結晶構造解析から、 $[\text{PFBS}]^-$ のコンフォメーションはすべて *trans* であることが分かった。高压でも結晶多形が生じるが、低温の多経路性とは異なる³³。

4.3 $[\text{C}_{10}\text{mim}][\text{Cl}]$ のアルキル鎖の圧力効果

かなり前から、イミダゾリウム系イオン液体でアルキル鎖長が長くなると液晶相が形成されることが分かっている³⁴。イミダゾリウムカチオンの有機性が液晶相形成に寄与している。 $[\text{C}_8\text{mim}][\text{Cl}]$, $[\text{C}_8\text{mim}][\text{PF}_6]$, $[\text{C}_8\text{mim}][\text{TFSI}]$ の動的階層性が中性子準弾性散乱によって明らかにされた³⁵。また、高压化でナノ不均一性が消失する $[\text{C}_n\text{mim}][\text{BF}_4]$ ³⁶とそのまま不均一性が残る $[\text{C}_n\text{mim}][\text{TFSI}]$ ³⁷がある。アニオンの種類によって大きく異なる場合があるので注意しなければならない。 $[\text{C}_{10}\text{mim}][\text{Br}]$ は高压化で結晶化しないが、 $[\text{C}_{10}\text{mim}][\text{Cl}]$ は非常にユニークな低温の結晶多形が現れた(図12)¹²。³⁸。低温では T_B 以下に冷却すると、昇温過程で液晶相が現れる。液体状態の時のブロードな低 Q ピークが、液晶に相転移すると同じピーク位置でシャープなブラッグ反射が変わる。また、粘性の大きい $[\text{C}_{10}\text{mim}][\text{Cl}]$ は冷却速度に比例して結晶化温度が低下する³⁸。最終的に $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 以上で結晶化しないでガラス化する。高压では、液体状態の低 Q ピーク位置よりも低角にブラッグ反射が現れる。また、低角の $00l$ 反射は、格子定数の大きい層状構造が形成されていることを示している。つまり、圧力の効果で液晶の層構造と異なる層構造が誘起される。構造解析から、積層方向の格子定数が 4 nm で、アルキル鎖が *gauche* の”Folding layer”とアルキル鎖が *trans* の”Stacking layer”が交互に積層しているハイブリッドな構造である(図13)^{12,38}。

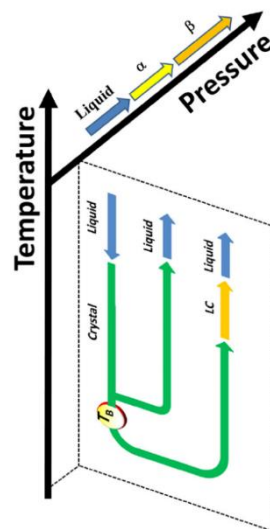


図12 $[\text{C}_{10}\text{mim}][\text{Cl}]$ の結晶多形と多経路性。

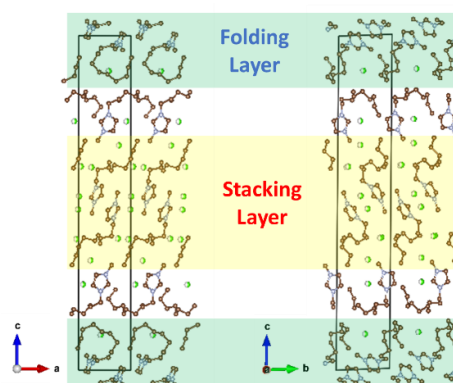


図13 $[\text{C}_{10}\text{mim}][\text{Cl}]$ の結晶構造。

3.0 GPa で $\alpha \rightarrow \beta$ と相転移する。相転移後、 $hk0$ 反射のピーク幅が大きくなるのに対し、 $00l$ 反射のピーク幅はほとんど同じである。”Folding layer”の面内の方向秩序をもっているドメインが小さくなっている。つまり、球状の $[\text{C}_{10}\text{mim}]^+$ カチオンが方向秩序を失っているが、パッキング効率の高い”Stacking layer”の *trans* のカチオンが層状構造を保っている。そ

Topics

それぞれのカチオンの形状の効果を考察する。”Folding layer”の球状のカチオンはせん断応力に対し強く、アルキル鎖が切れるのを未然に防いでいる。また、 β 相は面内の球状カチオンの配向無秩序化に伴い、結晶の対称性が上がる。”Folding layer”面内のカチオンの配向ランダム化はエントロピーで得をしている。一方、”Stacking layer”のパッキングを優先しながら、層状構造が壊れないことに寄与している。最高圧力(5.1 GPa)でもそれぞれの *trans* と *gauche* 役割で結晶を保っている(機能性の保持)。長いアルキル鎖のイオン液体のハイブリッド構造は高圧特有の結晶構造で、極限条件下でも本来の機能を保とうとする分子の本来の姿なのかもしれない。

5. 終わりに

紙面の都合上、エーテル結合を有する[DEME][X]と[MEMP][X] (X = NO₃⁻, BF₄⁻, PF₆⁻, TFMS⁻, TFSI⁻) の柔粘性結晶、結晶多形と多経路性³⁹は省略するが、エーテル結合由来の結晶の多様性と複雑性が明らかになった。

最後に、イオン液体は単純な分子系であるが、水素結合・コンフォメーション・電荷・双極子モーメントが織りなす多自由度系で、固体物理の視点から見てもかなり面白い素材である。高圧下の水分子の振舞も魅力的だが、イオン液体のような組み合わせ自由という“遊び心”に欠ける。イオン液体には何かもっと面白い物理が潜んでいると信じている。一連のイオン液体の『ゆらぎ』とフラストレーションの研究は文献²⁹にまとめてある。

謝辞

イオン液体の研究を進めるにあたり防衛大の応化の吉村先生、竹清先生、機能材料の岸村先生、根本先生、下野先生、電気電子の吉田先生にお世話になりました。特に、初期のころに吉村先生との超高压ラマン分光実験は大きな成果につながりました。超高压の X 線回折実験はお茶の水女子大の浜谷先生にご指導していただきました。浜谷先生とは学生時代の時からの縁で、これからも師として仰ぎます。創価大の清水先生と立命館の花崎先生、日清紡の増田さんには、試料や研究の進め方などの手ほどきをうけました。放射光実験、中性子回折実験では施設のスタッフの方々にお世話になりました。また、防衛大の院生たちにも実験を手伝ってもらい、非常に良いデータを得ることができました。量子化学計算は都築先生にサポートしてもらいました。都築先生の本⁴⁰をゼミに使って勉強しています。

最後に、豊田理研の西川恵子先生にいろいろな研究会でお話をいただき、感謝しています。もともと結晶・準結晶などの『ゆらぎ』の研究をしていて、学生の時から西川先生の結晶学会の解説を読んで勉強していました。静的・動的な『ゆらぎ』は、イオン液体の分野でも、今後、重要性を増すと感じています。

Topics

参考文献

1. 濱口宏夫, *固体物理*, 40, 923 (2005)
2. C. G. Salzmann, *J. Chem. Phys.* 150, 060901 (2019)
3. P. G. Debenedetti and F. H. Stillinger, *Nature* 410, 259 (2001)
4. R. Shi and Y. Wang, *Sci. Rep.* 6, 19644 (2016)
5. A. Johnston, A. J. Florence, N. Shankland, A. R. Kennedy, K. Shankland and S. L. Price, *Cryst. Growth Des.* 7, 705 (2007)
6. M. A. Neumann, J. van de Streek, F. P. A. Fabbiani, P. Hidber and O. Grassmann, *Nature Commun.* 6, 7793 (2015)
7. 阿部 洋, *日本結晶学会誌* 58, 24 (2016)
8. 阿部 洋, *波紋* 29, 100 (2019)
9. S. Tsuzuki, A. A. Arai and K. Nishikawa, *J. Phys. Chem. B* 112, 7739 (2008)
10. T. Endo, T. Higuchi and Y. Kimura, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 93, 720 (2020)
11. 遠藤太佳嗣, 西川恵子, *日本結晶学会誌* 58, 7 (2016)
12. H. Abe, H. Kishimura, T. Takekiyo, Y. Yoshimura and N. Hamaya, *J. Mol. Liq.* 283, 196 (2019)
13. S. Saouane, S. E. Norman, C. Hardacre and F. P. A. Fabbiani, *Chem. Sci.* 4, 1270 (2013)
14. T. Endo, H. Masu, K. Fujii, T. Morita, H. Seki, S. Sen and K. Nishikawa, *Cryst. Growth Des.* 13, 5383 (2013)
15. H. Abe, T. Takekiyo, N. Hatano, M. Shigemi, N. Hamaya and Y. Yoshimura, *J. Phys. Chem. B* 118, 1138 (2014)
16. Y. Zhao, X. Liu, X. Lu, S. Zhang, J. Wang, H. Wang, G. Gurau, R. D. Rogers, L. Su and H. Li, *J. Phys. Chem. B* 116, 10876 (2012)
17. H. Abe, T. Takekiyo, Y. Yoshimura, A. Shimizu and S. Ozawa, *J. Mol. Liq.* 269, 733 (2018)
18. H. Abe, Y. Koyama, H. Kishimura and Kiyoto Matsuishi, *J. Mol. Liq.* 318, 113959 (2020)
19. W. A. Henderson, P. Fylstra, H. C. De Long, P. C. Trulovea and S. Parsons, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 14, 16041 (2012)
20. A. Triolo, O. Russina, H. -J. Bleif and E. Di Cola, *J. Phys. Chem. B* 111, 4641 (2007)
21. O. Russina, A. Triolo, L. Gontrani and R. Caminiti, *J. Phys. Chem. Lett.* 3, 27 (2012)
22. C. E. S. Bernardes, K. Shimizu, A. I. M. C. Lobo Ferreira, L. M. N. B. F. Santos and J. N. Canongia Lopes, *J. Phys. Chem. B* 118, 6885 (2014)
23. P. Naert, K. Rabaey and C. V. Stevens, *Green Chem.* 20, 4277 (2018)
24. H. Abe, S. Tsuzuki and S. Ozawa, *Chem. Phys. Lett.* 712, 30 (2018)
25. H. Abe, T. Takekiyo, Y. Yoshimura, N. Hamaya and S. Ozawa, *Aust. J. Chem.* 72, 87 (2019)
26. J. S. Wilkes and M. J. Zaworotko, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, 965 (1992)
27. J. N. Canongia Lopes, J. Deschamps and A. A. H. Pa'dua, *J. Phys. Chem. B* 108, 2038 (2004)

Topics

28. Y. Yoshimura, T. Takekiyo, H. Abe and N. Hamaya, *J. Mol. Liq.* 206, 89 (2015)
29. H. Abe, *J. Mol. Liq.* (2021), *in press*.
30. K. Fujii, T. Fujimori, T. Takamuku, R. Kanzaki, Y. Umebayashi and S. Ishiguro, *J. Phys. Chem. B* 110, 8179 (2006)
31. K. A. Kurnia, C. M. S. S. Neves, M. G. Freire, L. M. N. B. F. Santos and J. A. P. Coutinho, *J. Mol. Liq.* 210, 264 (2015)
32. Y. Koyama, S. Shimono, H. Abe and K. Matsuishi, *J. Mol. Liq.* 317, 113908 (2020)
33. Y. Koyama, S. Shimono, H. Kishimura, T. Takekiyo, Y. Yoshimura, H. Abe and K. Matsuishi, submitted to *J. Mol. Liq.*
34. J. D. Holbrey and K. R. Seddon, *Clean Prod. Proc.* 1, 223 (1999)
35. M. Kofu, M. Nagao, T. Ueki, Y. Kitazawa, Y. Nakamura, S. Sawamura, M. Watanabe and O. Yamamuro, *J. Phys. Chem. B* 117, 2773 (2013)
36. Y. Yoshimura, M. Shigemi, M. Takaku, M. Yamamura, T. Takekiyo, H. Abe, N. Hamaya, D. Wakabayashi, K. Nishida, N. Funamori, T. Sato and T. Kikegawa, *J. Phys. Chem. B* 119, 8146 (2015)
37. Y. Yoshimura, T. Takekiyo, Y. Koyama, M. Takaku, M. Yamamura, N. Kikuchi, D. Wakabayashi, N. Funamori, K. Matsuishi, H. Abe and N. Hamaya, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 20, 199 (2018)
38. H. Abe, N. Hamaya, Y. Koyama, H. Kishimura, T. Takekiyo, Y. Yoshimura, D. Wakabayashi, N. Funamori and Kiyoto Matsuishi, *ChemPhysChem* 19, 1441 (2018)
39. H. Abe, H. Kishimura, T. Takekiyo, T. Hanasaki, Y. Yoshimura and N. Hamaya, *J. Mol. Liq.* 300 (2020) 112340
40. 都築誠二, 『有機分子の分子間力 : Ab initio 分子軌道法による分子間相互作用エネルギーの解析』(東京大学出版会, 東京, 2015)

Meeting

「イオン液体ワークショップ 2020 開催報告」

東京工業大学 大内幸雄

「COVID-19」

このキーワードから始めさせていただき開催報告です。

本来であれば 2020 年 11 月 19 日(木)、20 日(金)の両日、東京目白の学習院大学において第 11 回イオン液体討論会を開催する予定でした。ところが 2020 年 1 月に突然降って湧いた「COVID-19」のため春先の学会・討論会は中止もしくは延期、当会におきましても 7 月の世話人会で「第 11 回討論会の 1 年延期も止む無し」との結論に至っていました。ただ、「この年度で卒業する学生諸氏に発表の場を設けてあげたい」という声が、「ポスターセッションだけ良いから、兎に角 Web 開催のワークショップを走らせてみては如何か?」という誠に自然な(自発的な)流れとなり、第 11 回討論会の現地実行委員会(岩田先生(学習院大)、河合先生(神奈川大)、大内)に若手会の本林先生(名工大)、北田先生(京大)を加え、どうにか「イオン液体ワークショップ 2020」の開催に漕ぎつけた次第です。講演には ZOOM を、ポスターセッションには Remo を使いましたが、ネット環境の立案・実施準備には本林先生、北田先生の献身的なご努力がありました。コロナ禍にあつて先の全く見通せない中、「イオン液体研究会」を支えて下さる皆様方・事務局の方々、実行委員会からの突然の無茶振り、数々の無理難題を快くお聞き届け下さった諸先生方、面倒な環境設定を乗り越え、ポスター発表に果敢にチャレンジしてくれた学生諸氏に紙面をお借りして改めて感謝申し上げます。

今回のワークショップは、12 月 4 日(金)午前・午後のポスターセッションと 2 件のエンカレッジ講演で構成されました。参加人数は 126 名、ポスター発表件数は 43 件で、これは通常の討論会の半数の規模に相当します。1/4 程度を予想していた実行委員会メンバーには嬉しくも厳しい誤算でした。午前のエンカレッジ講演では、豊田理化学研究所の西川恵子先生(図 1a)に「日本におけるイオン液体研究と一研究者の関わり」という題目で、午後の講演では横浜国立大学の渡邊正義先生(図 1b)に「千里の道も一歩から」という題目でご講演頂きました。西川先生には「イオン液体研究会」発足の歴史的経緯と日本におけるイオン液体研究の流れ、そしてその中にある先生ご自身のイオン液体研究の展開を分かりやすくお話し下さいました。「イオン液体ならではの物性・その人ならではの研究視点」に改めて深く感じ入った次第です。渡邊先生にはご自身のご研究を学生・若手研究者の時代から俯瞰していただき、イオン液体の新たな可能性を講じて下さいました。これだけ纏まった学術的な流れを拝聴することは実は初めての事で、其々の時代にあつて時代に流されない、時流の本質を見抜いてこられた先生の着眼点には大いに説得力を感じました。いずれのご講演も解りやすく熱のこもったもので、学生諸氏・若手研究者の心に響くものでした。お二人の先生にはご多用の中、ご講演をお引き受けいただき誠に有難うございました。

ポスターセッション実施に際しては種々の方法が提案され、結局 Remo(図 2)に落ち着きました。Web 上で拝見しても、何れのフロアーにも参加者が発表テーブルを囲んでおり、Remo が有効な「場」を提供していたことが分かりました。Web 開催の学会では他にも色々な手法が使われて

Meeting

いるようですが、幸い今回のワークショップでは大きなトラブルも発生せず、手弁当ではこの辺りの Web 環境が適度な着地点かと思われま

す。本ワークショップの目的の一つにポスター賞の選考がありました。Royal Society of Chemistry (王立化学会)のご厚意により、通常の討論会と同様、Chem. Comm. 賞と Green Chem. 賞をお認めいただき、当会のも最優秀賞 1 件、優秀賞 2 件と合わせて合計 5 名の方にポスター賞を授与することができました。最優秀ポスター賞:P22・藤井さん(同志社大)、優秀ポスター賞:A02・森さん(京大)、優秀ポスター賞:P17・小松さん(東北大)、Green Chem. 賞:A21・濱田さん(同志社大)、Chem. Comm. 賞:P01・角谷さん(神戸大)の 5 名の皆さん、本当におめでとうございます。また惜しくも選に漏れてしまった皆さん、今回の発表をきっかけに更なる展開を目指して下さることを願っています。

お目当てのポスターで発表者と密な議論が出来るのが Remo の長所かと思

います。反面、ポスターをザッと見て回りたい、概略だけ知りたい場合には Remo は(チラ見ができず)少々面倒だったかもしれません。それらの擦り合わせのために発表者の方々に「1 分動画」の提出をお願いしたのですが、必ずしも実行委員会の思惑通りに機能したかどうか、改めての検討が必要でしょう。もう一つ、Web 開催であったこともあり、ポスター発表の評価は従来の参加者投票方式を採用することが出来ませんでした。代わりに審査委員方式を導入したのですが、発表件数が想定を上回り、従って多くの先生方に審査委員を依頼せねばなりませんでした。Web 環境での慣れぬ審査を快くお引き受け下さった先生方には重ねて御礼申し上げます。また、ポスター評価担当の河合先生には(集計に関する)想定外のロードにご対応いただきました。この辺りの評価システムも今後の検討課題かと思

います。

2021 年度の(新)第 11 回イオン液体討論会は、先の計画と同じく東京目白の学習院大学を予定しています。しかしながら、コロナ禍は今もって予断を許さず、対面方式での開催可否は暫く先の判断になるでしょう。決まり次第皆様にはご連絡致しますが、対面・Web を問わず、皆様方のご参加と活発な学術討論が討論会開催の意義かと思

います。コロナ禍にありましても、イオン液体研究が益々盛んになることを祈念して、「イオン液体ワークショップ 2020」の開催報告とさせていただきます。

Meeting



図 1(a) 午前の部:エンカレッジ講演・西川恵子先生(豊田理化学研究所)、
図 1(b) 午後の部:エンカレッジ講演・渡邊正義先生(横浜国立大学)

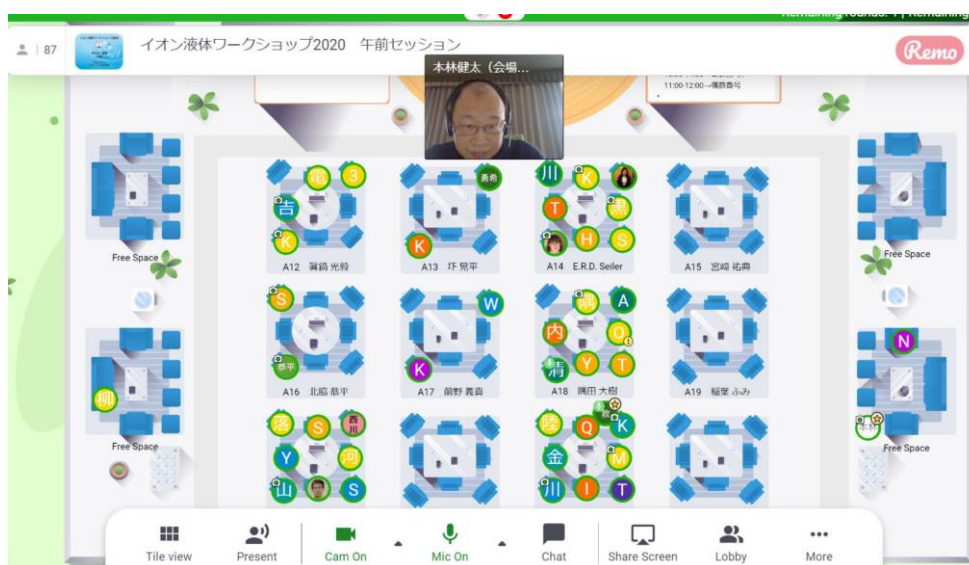


図 2 ポスターセッション(午前)開始直後の Remo の画面、それぞれのテーブルが 1 件のポスターに対応します。テーブルごとに参加者の粗密があるのは、ポスター番号の偶奇で発表義務時間を設定したためです。

Award

イオン液体 Workshop2020 ポスター発表 ポスター賞受賞者 於オンライン(Remo)

2020年12月4日に開催されたイオン液体 Workshop2020 ポスター発表において、ポスター発表総数 43 件のうち、ポスター賞への応募が 38 件ありました(賞審査対象者は 2021 年 3 月 31 日現在で年齢が 35 歳以下の方です)。厳正なる審査を経て以下の 5 件に対し、ポスター賞が授与されました。受賞者の皆さん、おめでとうございます！

- 最優秀ポスター賞 藤井 香里さん(同志社大学)

P22 Unique molecular dynamics triggered by photo-dissociation reaction in ionic liquids

○藤井 香里¹、矢木 智章²、中農 浩史²、
佐藤 啓文²、遠藤 太佳嗣³、木村 佳文^{1,3}

(1.同志社大院理工、2.京大院工、3.同志社大理工)

最優秀ポスター賞をいただき、とても嬉しく、光栄に思います。発表を聞きに来てくださった方、立ち寄ってくださった方、ありがとうございます。(オンラインでのポスター発表、とても楽しかったです！)これからも、自分にしかできない研究でイオン液体研究を盛り上げていきたいなと思います。

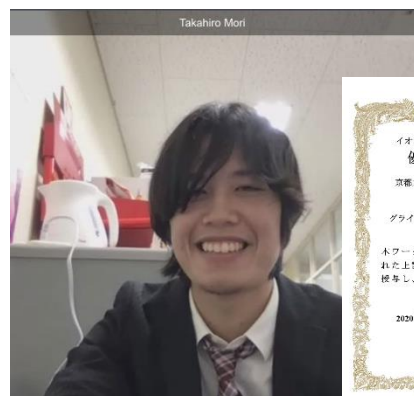


- 優秀ポスター賞 森 崇裕さん(京都大学)

A02 グライム系銀溶媒和イオン液体からの銀電析

○森 崇裕、北田 敦、土田 直輝、深見 一弘、
邑瀬 邦明 (京大院工)

今回このような賞をいただけて大変光栄に思います。今後さらに研究に邁進していきたいと思います。共著者の先生方に感謝申し上げます。



Award

- 優秀ポスター賞 小松 陽花さん(東北大学)

P17 Fabrication and characterizations of ionic liquid crystal thin films toward device applications

○小松 陽花、丸山 伸伍、松本 祐司
(東北大院工応化学)

普段から楽しんで行っております研究成果にて、このような名誉ある賞を頂きましたことを大変光栄に思います。ご指導頂いております先生方感謝しながら、今後も研究に邁進してまいります。

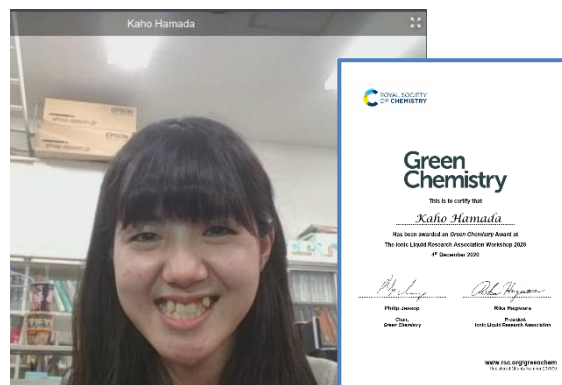


- Green Chemistry 賞 濱田 佳穂さん(同志社大学)

A21 セルロース溶解におけるイオン液体のカチオン平面性の効果

○濱田 佳穂¹、木村 佳文^{1,2}、遠藤 太佳嗣²
(1.同志社大院理工、2.同志社大理工)

この度はこのような賞を受賞することができて、大変嬉しく思います。ご指導いただいた木村先生・遠藤先生をはじめとして、支えてくださった物理化学研究室の皆さんには感謝の気持ちでいっぱいです。本学会が私にとって学会デビューであり、またオンライン開催ということで不安しかなかったです。しかし多くの方々にブースに来ていただいてディスカッションができたこと、新たな発見ができたことで、とても有意義な時間になりました。ありがとうございました。これからも日々の努力を重ねて、来年度も学会に参加できるように頑張ります！



- Chemical Communications 賞 角谷 凌さん(神戸大学)

P01 Photoreactive Ionogels Containing Organometallic Ruthenium Complexes

○角谷 凌¹、持田 智行^{1,2}
(1.神戸大院理、2. 先端膜工研究セ)

昨年の若手の会 (IL 杯受賞)に続き、ChemComm 賞を頂けて大変光栄に思います。これまでのイオン液体討論会で皆様とディスカッションを行い、研究を進展させることができたおかげだと思えます。来年も良い発表ができるよう、研究に精進して参ります。



Laboratory

研究室紹介

～神奈川県 河合研究室～

神奈川県理学部化学科 河合明雄

【はじめに】

神奈川県は、県名が大学名になっていながら国公立大学ではない数少ない私学です。建学は、今から 93 年前の 1928 年で、横浜市の中心地域である「みなとみらい(現在の名称)」において、「横浜学院」として発足しました。その時代は、昭和初期で日本が海外列強との競争で国難の時代にあつた頃でありました。地元の国会議員の米田吉盛氏が、意見を自由に言えない当時の雰囲気を変えたいと願って創立した学校と聞いております。発足から 2 年後の 1930 年には、六角橋キャンパスが開設されました。その後、1989 年に平塚キャンパスが追加開設され、18000 人の学生が学ぶ現在の姿になりました。

筆者が所属する理学部化学科は、平塚キャンパスにあります。こちらは、丹沢山地のふもとにある風光明媚な場所にあり、交通の便は劣るものの広々としてゆったりとした環境にあります。筆者は、個人的には自然豊かな環境が好きのため、現在の平塚キャンパスをととても快適に感じています。しかしながら、世情では私立大学キャンパスの都心回帰の流れがあり、神奈川県も横浜の中心地への移転を目指したキャンパス再配置計画が進んでいます。平塚キャンパスでは、2021 年に経営学部が新設の「みなとみらいキャンパス」に移転し、2023 年には理学部が六角橋のキャンパスに移転する予定です。

神奈川県には、イオン液体が関連する可能性のある学部として理学部と工学部の 2 つがあります。理学部には物理・化学・生物と 3 つの分野の学科があり、工学部には応用化学を扱う物質生命化学科があります。残念ながらイオン液体研究を行っている研究室は少ないですが、イオン液体廃棄物の化学処理によるフッ素回収を研究している堀久男教授が化学科に在籍しています。筆者は、講義などで学生さん達にイオン液体の話をよくしますが、あまり聞いたことがないとの応答が返ってきます。しかし、初めて聞いたイオン液体に対する反応はとても良いようで、例えばイオン液体のデモでよく使われた磁性イオン液体 BmimFeCl_4 の磁石に吸い付くビデオを見せたりすると、楽しく感じてくれます。

【研究室生活の紹介】

神奈川大学の理学部化学科は、毎年 10 名弱の 4 年生が卒業研究を行います。研究室には 3



平塚キャンパスからの富士山の眺め
(2021 年の冬、午前と夕方)
朝と夕方が、一番きれいです。

Laboratory

年後期から配属し、指導教員のもとで研究準備を始めます。化学科からの大学院進学率は 2 割弱程度で、これらの学生のほぼすべてが 4 年で所属した研究室でそのまま大学院に進みます。理学部の教員構成では、各教授・准教授がそれぞれ単独で研究室をもつ場合がほとんどです。若手の助教や技術系職員は数名が所属していますが、各研究室に専任で所属しているわけではなく、おもに学生実験などのサポートを行っています。従って、研究室では、教授が学生さんとかなり近い距離で日々の研究生活を送ることになります。筆者は気持ちの上では若いつもりですが、学生さん達から見ればだいぶ年輩です。学生さん達は、筆者に対して友達や先輩感覚で会話する雰囲気にはないのもしれません。この辺りが筆者にとって少し悩ましく思うところです。理学部には総合理学研究所という組織があり、こちらでは積極的に客員教授や客員研究員の採用を行っています。筆者の場合、若手教員が研究室にいないことに留意し、他大学の若手研究者に客員研究員を務めていただいています。これにより、神奈川大学の学生さん達が少しでも若手研究者と交流できるように努力しています。例年でしたら各客員研究員の先生方に年数回来学いただき、共同研究をしながら学生さんに指導していただいています。しかし今年度は、コロナ禍による大学ロックダウンのため、このような機会は数回しかありませんでした。

さて、現在の河合研究室では、修士が 1 年と 2 年で計 2 名、4 年生が 9 名、研究準備中の 3 年生が 8 名おります。また、客員研究員としては、付博士(神戸大学)、高橋助教(岡山理科大学)、吉田講師(防衛大学)の 3 名の研究者に就任いただいています。彼らは、筆者が東京工業大学におりました 2017 年までに、筆者らの研究室にポスドクや博士学生として在籍していました。事務のサイドからは秘書の川井さんをご助力くださり、研究室の研究教育活動、学会活動、学生の研究室生活のケアをしています。

筆者の専門は分光計測による新規現象の探査や機構解明であり、好んで用いる分光法にはパルス ESR 法、時間分解近赤外分光法、過渡吸収法、光音響分光法などがあります。特に ESR 分光は若いころからの思入れが深く、理学部内にレーザー同期のパルス ESR 装置、ENDOR 装置、汎用 ESR 装置を有して維持管理しています。これらの分光装置を用い、ラジカルなどの常磁性種を主な観測対象として、溶液中での化学反応速度の決定や液体溶媒和構造の分光計測を行っています。イオン液体に関する研究も、イオン液体中でのラジカルの溶媒和や反応速度測定などが中心となっています。

研究室の研究以外のイベントとしては、自然豊かな環境を反映し、大学近場でのバーベキュー、大学近郊の観光地である富士山や伊豆、箱根、鎌倉・江の島へのツアーなどがあり、レクリエーションの場にはこと欠きません。海外からのお客さんが来る際も、学生さんが交代でこれらの観光地への遠足に付き合ってくれます。飲食店で宴会が唯一ハンデのあるイベントで、大学の周辺に飲み屋が 1 軒しかありません。平塚市あるいは秦野市の繁華街までバスに揺られて移動する必



汎用 ESR と ENDOR 装置。パルス ESR は別室でレーザーとセットで設置

Laboratory

要があります。通勤や通学に車やバイクを使う人が多く、飲み会では前もって交通手段の準備が必要です。ある意味、健全なキャンパスライフとなる環境なのかもしれません。

都市部にはない研究室ですので、交流イベントは積極的に行っています。例えば理学部の予算では、湘南平塚 Youth Science Seminar という名のセミナーを開催し、学生の英語発表を奨励しています。海外の講師を招いて英語発表を見てもらい、キャンパス内の宿泊研修施設で学生と寝泊りを共にしてもらいます。毎回、学生さんが手料理をふるまってくれます。イオン液体の溶媒和で先駆的研究をしたインドの A.Samanta 教授にも、2 回ほど講師をお願いしました。



研究室の宴会。
にぎやかな学生さん達と教授 1 人



丹沢ふもとのバーベキュー施設

【研究紹介】

筆者は、東京大学濱口先生のグループが 2003 年の日本化学会でイオン液体に関する Raman 分光計測について発表されたのを聴講し、イオン液体への興味を持ちました。イオン液体が、一般的な分子性溶媒とどのように異なり、化学反応や溶媒和にどう影響するのか、おそらくは当時の多くの研究者が抱いたのと同じ興味に惹きつけられました。このような出発点から、(1)ニトロキシドラジカルや有機ラジカルを溶質に見立てた ESR 分光法による溶媒極性評価、溶質回転速度の決定と溶媒和構造の推測、(2)酸素分子を溶質に見立てた過渡吸収や近赤外発光分光による溶媒と溶質の相互作用の解明、(3)気相イオン液体の紫外吸収分光による蒸発熱測定、(4)フェニルアゾ基を有するフォトクロミックイオン液体の創製とその光緩和ダイナミクス、などの物理化学分野の研究を行いました。ここでは、筆者が東京工業大学におりました頃に始めましたラジカルや酸素を用いた溶質溶媒和環境の話を紹介させていただきます。

イオン液体中の溶質分子拡散は、液体物性や化学反応などに関連する重要課題です。分子拡散が流体力学的な取り扱いにどこまで適用できるか興味深く、もし適応限界があればそれがイオン液体の特異な性質となるはずです。分子の回転拡散については、有機蛍光色素による回転速度の測定や溶媒和の動的過程の観測が行われていました。有機蛍光色素は、一般にイオン液体溶媒分子よりも大きいですが、筆者らはより小さなラジカル分子を溶質に見立てた研究を行い、先行していた色素による研究との違いを探りました。この研究は、現在、京都工芸繊維大学で教鞭をとる三宅祐助教が博士論文研究で行ったものです。用いた具体的な溶質は右図中に示したフレミ塩のカチオン成分である PADS ラジカルです。この PADS は、水にしか安定にとけません

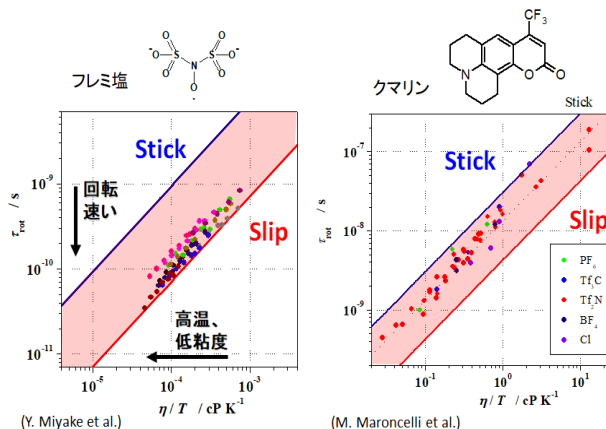
Laboratory

が、イオン液体にはよく溶けることがわかり、意外な発見でした。様々なイオン液体中で PADS の EPR スペクトル線形解析を行い、溶質の回転相関時間を決定しました。これを回転拡散理論からの予測と比較検討しました。図は回転相関時間を溶媒粘度/温度に対してプロットしたもので、左が ESR 計測した PADS、右が蛍光計測したクマリン色素のもので、左が ESR 計測した PADS、右が蛍光計測したクマリン色素のもので、イオン液体中の溶質回転拡散の議論を深めるため、溶質・溶媒間境界条件を考慮した準流体力学モデルとして Stokes-Einstein-Debye の式に補正を加えた式を用いています。図中にあるような Stick (溶媒粘性を感じる) と Slip (溶媒粘性を感じない) の2つの極限を考え、実際の回転運動がどのような振る舞いをするか調べました。重要な結果として、比較的小さい分子である PADS の方が Slip 極限に近かったことがあげられます。このときの解釈として、イオン液体には比較的大きな隙間が空いていると推察され、この隙間が小さな溶質に粘性を感じずに自由に回転する機会を与えていると考えました。このような研究結果を受け、より小さな分子を溶質にした研究が次のテーマとなりました。

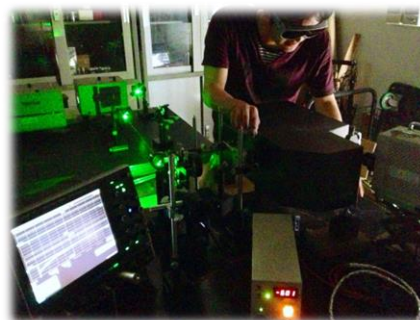
境界条件を考慮した準流体力学モデルとして Stokes-Einstein-Debye の式に補正を加えた式を用いています。図中にあるような Stick (溶媒粘性を感じる) と Slip (溶媒粘性を感じない) の2つの極限を考え、実際の回転運動がどのような振る舞いをするか調べました。重要な結果として、比較的小さい分子である PADS の方が Slip 極限に近かったことがあげられます。このときの解釈として、イオン液体には比較的大きな隙間が空いていると推察され、この隙間が小さな溶質に粘性を感じずに自由に回転する機会を与えていると考えました。このような研究結果を受け、より小さな分子を溶質にした研究が次のテーマとなりました。

2 原子分子である酸素は、非常に小さな分子であることは言うまでもなく、極性を持たないために溶媒との相互作用も小さくなります。また、酸素の励起状態である一重項酸素 $O_2 a^1\Delta_g$ は近赤外波長域にりん光を発生し、そのスペクトルは単純なローレンツ線形でほぼ近似できるため、溶媒和の研究対象として価値があると考えました。筆者の研究室で博士論文を仕上げた吉田氏(現、防衛大)が、この発光スペクトル形状や発光寿命を計測し、 $O_2 a^1\Delta_g$ の緩和速度がイオン液体のカチオンのメチレン側鎖にある CH_2 基の数に比例することを見出しました。また発光ピーク波長が、イオン液体のアニオンの大きさと良い相関があることを見出し、イオン液体中の隙間の大きさと発光ピーク波長の関係について新しいモデルを構築しています。

これらの研究例のように、イオン液体中の溶質環境は、分子性溶媒中とは大きく異なることが実験でしっかりと示されてきており、イオン液体に初めて出会ったころの素朴な疑問がだいぶ解明された感触をもっています。



フレミ塩とクマリンの回転相関時間と溶媒粘度/温度の関係



イオン液体中の一重項酸素の発光を計測する吉田さん

Laboratory

【おわりに】

今回、研究室紹介のレポートを執筆するにあたり、編集サイドからの依頼として、国立大学から私立大学に異動したキャリアについてコメントいただければと伺いました。筆者の場合、これまでの学歴、職歴ではすべて国公立の機関でお世話になっておりました。4年前に私学に採用していただき、初めて公的な機関とは別の歯車に身を置いたこととなります。神奈川大学は、私学の例にもれず、受験生を集めたり良い学生に入学してもらうための努力を教員に対して求めていると思います。定員割れの危機感を常に感じている点が、国公立とは少し違うと感じます。研究室の運営費は、思ったよりも良い状況にあります。基本的には、高額の授業料を収めている学生さん達が、不自由のない研究環境で学べるようにするために当然のことなのかもしれません。非常に高価な大型装置の獲得に関しては、国公立以上に難しいかと思いますが、日々の研究の運転資金については安心できる環境です。神奈川大の理学部化学科に関しては、実験スペースが教授1人につき80m²程度あり、別途教員室や大型装置専用の部屋があります。本篇でも述べましたが、教員1人で研究室を運営しますので、私の場合はこの位の広さが程よく感じます。ただし、一緒に研究室活動する学生さん達の人数は、やはり多くなりますので、飲み会やレクリエーション時の財布重量の減衰速度は、半端ではありません。

河合研究室は、2年後には横浜の中心地域に移転になり、自然豊かな時代を終えて都会の雑踏に身をおくこととなります。交通の便はとも良くなりますので、イオン液体研究会の皆様との交流がより活発になることを期待しています。

最後に、研究室紹介の機会をいただきました編集担当の先生方に御礼申し上げます。また、これまで共同研究でお世話になった方々、学生の諸氏や事務支援の皆様へ感謝申し上げます。

Announcement

イオン液体研究会関連行事のご案内

イオン液体研究会主催

■令和3(2021)年度イオン液体研究会■

※中止

■第11回イオン液体討論会■

日程:令和3(2021)年11月18日(木)、19日(金)

会場:学習院大学 予定

学習院大学、東京工業大学による共同開催

イオン液体研究会共催

■令和4(2022)年度イオン液体研究会■

日程:令和4(2022)年

主催:豊田理化学研究所

共催:イオン液体研究会

会場:公益財団法人豊田理化学研究所 井口洋夫記念ホール
長久手市横道 41-1

関連国際会議

(延期)

-Physical Chemistry session of the ACS Meeting in March 20-24, 2021

2022年に延期

-The 9th International Congress on Ionic Liquids (COIL-9) in April 19-24, 2021

2022年に延期

-Gordon Conference in August 17-22, 2021

2022年に延期

Editorial Note

■編集後記

サーキュラー15号に引き続いて、編集後記を書かせていただいております。前号の頃と比較して、少し研究機関のアクティビティも戻ってきたと思いますが、このサーキュラーが皆様のお手元に届くころには、また状況が変わっているかもしれません。大内先生のご報告にも有りますように、イオン液体研究会は昨年ワークショップを開くことができ、研究会の活動を維持することができたと思っています。ワークショップを準備いただいた先生方に深く御礼申し上げたいと思います。本号トップの阿部先生によるトピックスでは、固体物理的な視点から、イオン液体の構造と相変化について述べていただき、イオン液体の構造がいかに多様であるかというのを改めて認識できました。また、河合先生にご執筆いただいた研究室紹介では、新しい研究室の運営と物理化学的なイオン液体研究について、興味深くまとめていただきました。今後は財布重量の減衰速度の定式化に、是非取り組んでいただきたいと思います。

本号を持ちまして、編集委員を引退することとなりました。2017年の9号から編集委員として参加し、編集のお手伝いをさせていただきました。編集委員になって良かったことは、サーキュラーを校閲する過程で、常にイオン液体に関する最新の情報に触れられたことです。また、諸先生方の研究に対するお考えを拝読して、科学者としてエンカレッジされる良い機会となりました。今後もイオン液体研究会サーキュラーをよろしくお願い申し上げます。(京都大学 松本 一彦)

■編集委員

松本 一彦 (京都大学大学院エネルギー科学研究科・准教授)

黒田 浩介 (金沢大学理工研究域・准教授)

岩橋 崇 (東京工業大学物質理工学院・助教)

■事務局からのお知らせ

会員の皆様で本サーキュラーに掲載されたい記事がございましたら、お知らせください。

ご連絡先：ionicliquid@officepolaris.co.jp

■著作権について

本サーキュラーに掲載されている記事の著作権はイオン液体研究会に属します。