



イオン液体研究会 サーキュラー No.10

CONTENTS

P1 特別寄稿

特定領域「イオン液体の科学」採択奮戦記
千葉大学 西川恵子

P6 TOPICS

イオン液体が拓く新たなイオン伝導とそのダイナミクス
新潟大学 梅林泰宏・渡辺日香里・荒井奈々・野崎永莉香

P13 開催報告

第8回イオン液体討論会 東京農工大学大学院工学研究院 西村直美・中村暢文・大野弘幸
第2回若手の会開催報告 東京農工大学 秋葉隆・金沢大学 黒田浩介

P18 受賞

第8回イオン液体討論会 ポスター発表 ポスター賞受賞者

P19 学会参加報告

第58回電池討論会参加報告
京都大学大学院エネルギー科学研究所 黄珍光・岡田春輝

P21 留学体験記

それぞれの北米留学～アイオワ州立大・UCSD・Toronto～
黒田浩介(金沢大学)・小林大悟(積水化学工業(株))・青柳茜

P26 研究室紹介

慶應義塾大学 片山研究室

P29 追悼文

Seddon先生を偲んで 東京農工大学 大野弘幸

P31 事務局からの連絡

イオン液体研究会主催会議案内 平成30年度イオン液体研究会
第9回イオン液体討論会 APCIL-6 など

Looking back

特定領域「イオン液体の科学」採択奮戦記

千葉大学特任教授 西川惠子

イオン液体研究の展開は目を見張る思いです。ある程度の発展を予想はしましたが、量・質ともに、その予想を遙かに超えているというのが実感です。それは、イオン液体のユニークさと潜在的な高い有用性が、新しい学術研究や応用研究・実用化研究を生んできたことに他なりません。また、世界的に見ても、日本は重要なイオン液体研究の拠点の一つと誇ることができます。日本におけるイオン液体研究をここまで大きく発展させたのは、文部科学省特定領域研究「イオン液体の科学」の採択が、大きな寄与を果たしたことは間違ひありません。ここでは、その採択に向けた思い出話と、イオン液体研究会の関わりを私の目線で紹介します。

私のイオン液体との出会いは偶然がもたらしたもので、東京大学理学研究科化学教室の濱口宏夫先生に、大学院修士コースの集中講義のチャンスをいただいたことでした。講義の合間の休憩時間にお茶をいただいているときでした。濱口先生は、米国での学会から帰国したばかりで、米国で注目を浴びている研究テーマの話題となりました。イオンだけからできているのに常温で液体の“ionic liquid”なるものが、米国の化学者の間で話題になっているという話を聞かせてくださいました。おもしろそうだから、グループを作ってこの分野の研究に取り組んでみようということになりました。私自身、その当時は、イオン液体について詳しくは知らず、分子性液体や超臨界流体の構造や物性研究を主要なテーマとしていました。液体や溶液の構造研究者は数が限られており、一応その分野の専門家と認知されていましたので、お声をかけてくださったのだと思います。濱口先生も私も物理化学を専門としております。物理化学は、物質その物よりもむしろ現象の解明、方法論の開拓、装置開発に軸足を置いてるので、興味深い物質があれば、すぐにそれを試料として取り組むことができます。私は、そんな軽い気持ちでイオン液体研究に飛び込んだのでした。

それに先だって、渡邊正義先生（横浜国大学）、大野弘幸先生（東京農工大）、濱口先生たちが中心になって、科研費調査研究（特定領域の組織作りをするための下調べ的研究、平成14年度）に採択され、特定領域採択を目指して準備を進めていました。日本全国にわたり、イオン液体研究を組織化しようとする機運は高まっておりました。そのような中で、私が領域代表を引き受けることになってしましました。集まったメンバーを考えますと、どなたが領域代表となつてもおかしくない状況でしたが、候補者の方々がすでに個人の大型研究費を獲得されていることと、もう一つの以下の理由で私が御神輿に乗せられることになりました。その理由とは、女性であることの一点につきます。特定領域などの複数のグループが行う大型研究で、それまでに女性が代表をつとめたのは、2～3例しか有りませんでした。女性が代表をつとめることにより、注目を集め、様々な状況でアピールできることがまず考えられます。男性の皆さんにはそれぞれの分野で第一人者です。どなたが代表となつてもおかしくないので、そのバランスをとって私となつたようです。性格が穏やか（本人はそのように自認）なので、錚々たるメンバーが集まった組織を運営するのに、調整役として適任と思われたのでしょう。また、少々頼りない女性が表に出た場合、皆さんには御神輿を担いで協力せざるを得ないと覚悟を決めたと推察いたします。領域立ち上げのメンバーは、物理化学分野では、濱口先生、大内幸雄先生（名大、後東工大）と私（千葉大）、有機化学分野では、北爪智哉先生（東

Looking back

工大）と伊藤敏幸先生（鳥取大）、高分子や機能材料科学から大野弘幸先生と渡邊正義先生です。何回か濱口研究室に集まり議論を重ねました。そこで、決まったことの一つに、“ionic liquid”をどう日本語で命名するかというものが有りました。「イオン性液体」、「常温溶融塩」や「低温溶融塩」など、いくつかの候補がありましたが結局「イオン液体」となり、今に至っている次第です。

皆さんに説得され、領域代表として特定領域に挑戦しましたが、1年目は見事に失敗しました。当時、私は、イオン液体とは別に超臨界流体をテーマとして研究グループをつくり、何とか研究費を得たいと思っておりました。超臨界流体もイオン液体もどちらも機能をデザインできる不規則構造系ですので、「デザイナー流体の科学」として申請しましたが、見事に落ちました。「二兎を追う者、一兎をも得ず」で、「焦点が絞られていない」との審査意見が帰ってきました。

2年目は、イオン液体に絞って、申請しました。2年目になりますので、申請する方も、戦術・戦略を十分に練りました。この2度目の申請で、採択に至ります。立ち上げのメンバーのたいへんな尽力もあるのですが、イオン液体研究の最初の発展と時を同じにしており、非常に時機を得た申請だったことが幸いしました。「磁石にくっつく液体」の記事が新聞に掲載されました。濱口研究室の林賢さんがつくったもので、メディアに取り上げられたのが平成16年11月10日でした（あえて日付まで記したのには意味があります。11月はまさに科研費申請の締め切りの時期です。）。新聞記事はぎりぎりで間に合い、それまでの成果を示す図として申請書を飾ることができました。この成果に限らず、常識を破るようなイオン液体の機能が出始めていたところなので、大いにアピールできました。

このことは、特定領域研究のような大型研究費などの審査にあたって重要です。我々は化学分野として申請しましたが、審査は理工系で行われます。この中には、純粋数学から物理、地球科学、化学、工学全分野、情報までが含まれます。したがって、化学だけでなく専門領域を超えた審査員に、申請する分野を越えて学術としてのおもしろさと、応用・実用研究に発展した場合の意義を理解してもらわなければなりません。こうした意味で審査員の興味を引く成果が出始めており、我々は申請にあたりそれを大いにアピールできたことが幸運と言えるでしょう。また、キャッチフレーズの的確さもプラスに働いたと思っております。組織を3班から成る構成としました。構造・物性を明らかにするグループのタイトルは「イオン液体とは何か？」、イオン液体を反応溶媒や分離媒体などの溶媒として使うグループは「イオン液体で何が起こるか？」、そしてイオン液体の機能を開発するグループは「イオン液体で何ができるか？」と名付けました。キャッチャーなネーミングとともに、その後のイオン液体研究の発展の方向性を示したフレーズだと思います。ちなみにこれは大野先生のアイデアです。

2回目の申請では、無事ヒアリング審査まで進みました。理工系全分野にわたる20名余りの審査員の前で、プレゼンテーションを行うのですが、一番に気をつけたことは、申請書と同様に化学を専門としない審査員に、いかにイオン液体のおもしろさと、その研究の意義を理解していただくかということでした。化学を専門とする審査員からより、むしろ異分野の審査員から高い評価を得たのではないかと推察しております。この申請は、無事採択され「イオン液体の科学」として、平成17年～21年までのプログラムとしてスタートすることになりました。最初申請書を書いた計画班に公募班を加え総勢50の研究グループでのスタートです。

この特定領域の採択は、イオン液体研究分野に大きな貢献をしたと思っております。本領

Looking back

域の構成グループとして、日本全国の様々なイオン液体研究者が集まつたことがその一つです。細分化された学会活動では、なかなか会うことができない研究者同士が集まり5年間にわたり活動できたことが、第一にあげられます。少しずつ専門の異なるグループ間でも、イオン液体を共通のキーワードとして、共同研究や連携がすすみました。イオン液体研究会もこの特定領域研究採択を一つの目的として立ち上げられました。分野として潤沢な研究費に恵まれたこと、海外との連携を求められたので必然的に海外の研究者との広くて強い絆ができたこともあげられます。例えば、COIL3は（2007年、平成19年）横浜で開催されました。特定領域のメンバーが中心となり、大きな成功を収めました。COIL3の本会議に前後して、4つのプレシンポジウムあるいはポストシンポジウムを開催しました。このことで多くの海外の研究者を招待することができ、その後の海外研究者とのつながりに貢献したと思っています。図1は、構造と物性をテーマとして行われたプレシンポジウム（平成19年、かずさアカデミアパーク）への参加者の集合写真です。日本を含め海外の著名なイオン液体研究者（特に物理化学分野）が写っています。



図1 COIL3 のプレシンポジウム（構造・物性）における集合写真
(平成19年8月、かずさアカデミアパーク)

特定領域プログラムとイオン液体研究会の活動は二人三脚ですすむことになります。例えば、特定領域の成果報告会が、そのままイオン液体研究会の討論会を兼ねることになり、どちらの組織にとってもメリットのある形で、この協力関係はすすみました。また、特定領域のメンバーは全員イオン液体研究会の主要メンバーでもありました。

平成21年度に、この特定領域は終了するのですが、平成22年の行われた総括では、もつ

Looking back

とも評価の高い A⁺（想定以上の大きな成果を収めた研究）と評価されました。その後の本分野の発展を予見したものと言えるでしょう。また、5年間の研究成果とともに、単にイオン液体研究者だけでなく化学を専門とする方々に紹介することを目的に「イオン液体の科学－新世代液体への挑戦－」（丸善出版、平成 24 年）をまとめました。この単行本は、イオン液体研究会監修となっています。

特定領域が終了とともに、イオン液体研究会も完全に独り立ちをしなければならないと、研究会組織が強化されました。年1回の討論会および年1回の研究会が常態化した主要な活動となりました。記念すべき第1回の討論会（平成 23 年 1 月）が、伊藤先生のお世話で、鳥取市で開かれました。大雪で、皆さん、鳥取市にたどり着くのに苦労した討論会で、今でも語りぐさとなっています。そのときの様子をまとめたのが図 2 です。



図 2 第1回イオン液体討論会
(平成 23 年 1 月、鳥取市、伊藤先生のお世話)

このように、特定領域「イオン液体の科学」の運営を通してイオン液体研究会にかかわってまいりました。設立 10 数年の若い研究会組織ですが、活発な活動とそれぞれの研究者な質の高い研究で支えられていると言えます。この間、イオン液体研究分野の組織作りにご尽力いただいた方々を亡くしました。立ち上げメンバーまた評価委員でもあった関一彦先生（名大、平成 20 年ご逝去）、精密熱測定でご貢献された班員の阿竹徹先生（東工大、平成 21 年ご逝去）、評価委員の井口洋夫先生（平成 26 年ご逝去）、物理の感性でイオン液体に取り組んで下さった八尾誠先生（平成 28 年ご逝去）、イオン液体特有の遅いダイナミクス研究に NMR の手法を絶対的なものにして下さった今成司博士（平成 28 年ご逝去）、そして評価委員の茅幸二先生

Looking back

(平成29年ご逝去)です。そして、ちょうどこの原稿を書き始めたときに、Prof. K. Seddon の訃報(2018年1月)がはいっていました。Prof. Seddonは、COIL3をはじめ、日本で開催されるイオン液体関係のシンポジウムには何回もご出席くださり、大の日本びいきとしても知られています。本特定領域の唯一の海外評価委員でもありました。イオン液体分野の発展にご尽力くださった方々であることをご紹介し、改めてご冥福をお祈りします。

[ミニコーナー] 西川先生への一問一答

Q1 初めて出会ったイオン液体は？

[C₄mim]Br

Q2 イオン液体に出会ったきっかけは？

お茶のみ話で、濱口宏夫先生（東大）に、イオン液体が米国で話題になっていることを聞いたこと。

Q3 お気に入りのイオン液体は？

すべて。強いて挙げるとすると、各部位ごとに多様な立体配座や個性的なダイナミクスを示すイオンから構成されているイオン液体。このようなイオン液体は、常識破りの物性を示すことが多いので。

Q4 嫌いな（苦手な）イオン液体は？

無し。

Q5 イオン液体の好きなところは？

常識破りの物性（特に熱物性）にてこずるが、解明できた際にはそのユニークさに感動する。

Q6 イオン液体研究で苦労されたことは？

想像もできないような遅いダイナミクスに支配されているイオン液体に出会ったこと。
通常の装置のタイムスケールでは、そのようなイオン液体の非平衡状態を観測している。
観測のたびに結果が異なり、非平衡状態だとわかるのに、1年以上かかった。（最初の試料の[C₄mim]Brの相挙動の研究がそれにあたる。）

また、わずかな不純物（たいてい水）が物性を大きく変えることを知らずに研究していたこと。

Topics



イオン液体が拓く新たなイオン伝導とそのダイナミクス

^a新潟大学 自然科学系 数理物質科学系列

^b新潟大学 大学院自然科学研究科 数理物質科学専攻

^c新潟大学 理学部

梅林泰宏^a・渡辺日香里^b・荒井奈々^c・野崎永莉香^c

1. はじめに

イオン液体の特徴の一つにイオン伝導性があり、これを用いた電池やキャパシタの開発が盛んに行われている。イオン液体のイオン伝導性は、これらの電流特性と密接に関係しており、高いイオン伝導性が望まれている。こうして開発された新しいイオン液体には、従来と異なる特異的なイオン伝導性が見出されつつある。本稿では、溶液中のイオン伝導について復習し、リチウムイオンとプロトンに焦点を絞り、著者らの最近の成果を中心にイオン液体が拓く新たなイオン伝導とそのダイナミクスについて概説する。

2. 溶液中のイオン伝導¹⁾

1874年、Kohlrauschは、イオン独立移動の法則を見出した。イオン独立移動の法則では、“無限希釈では電解質の解離が完了し、それゆえ、各イオンは、それに付随する他のイオンの性質にかかわらず、電解質の当量導電率に明確な寄与をする。したがって、電解質の極限当量導電率は、構成イオンの極限当量導電率の代数和である。”と述べられている。Arrheniusの電離説は1884年であり、電解質の溶解によるイオンへの解離は、Kohlrauschにより既に見出されていたことは興味深い。一方、塩のモルイオン導電率は、塩濃度の増加とともに減少する。Kohlrauschは、塩濃度の平方根に比例することを見出し、これはKohlrauschの平方根則と呼ばれる。Onsagerは、1923年のDebye-Hückel理論に基づいてKohlrauschの平方根則を理論的に説明した。つまり、有限濃度のイオンの伝導性は、イオン雰囲気による遠距離クーロン力の影響を受け、無限希釈下に比べ低下する。また、電解質は、解離の程度により強電解質と弱電解質に大別される。Ostwaldは、平衡定数である解離定数と解離度の関係を弱電解質のモルイオン導電率の濃度依存性に適用し、これは希釈律と呼ばれる。Kohlrauschの平方根則とOstwaldの希釈律は、それぞれ遠距離および近距離におけるクーロン力に基づくイオン間相互作用に帰結できる。Bjerrumは、イオンの熱運動エネルギーに比べ、深いクーロンポテンシャルにあるイオンを会合状態と考え、イオン会合定数を理論的に与えた。静的な観点では、Debye-Hückel理論とBjerrum理論は、それぞれ遠距離および近距離クーロン力に基づくイオン間相互作用である。ところで、イオン伝導に戻ると、強電解質であっても高濃度では平方根則が破綻し、これは、イオン会合によると考えられることが多い。低誘電率溶媒の場合、モルイオン導電率に極小が現れることがある。FuossとKrausは、トリプルイオンの生成で、CavellとKnightは、イオン会合したイオン対の再解離で、このモルイオン導電率の極小を説明している。最近、山口らは、この問題を再検討した。

一方、Waldenは、1905年、溶液中の溶質の極限モルイオン導電率と溶液の粘性率の積が、温度や溶媒によらず一定であるという、所謂、Walden則を経験的に見出した。これは、流体力学

Topics



における Stokes 式で理論的に導くことができ、Stokes 則として知られている。Stokes 則は、巨視的な粘性流体中の球体に関する流体力学を溶液中の荷電粒子に適用しており、言い換えると、イオンのサイズや電荷、これに基づく溶媒との相互作用は考慮されておらず、Stokes 則に基づいて決定された溶液中のイオンの流体力学的半径は、結晶中のイオン半径とは一致しない。1 値のアルカリ金属イオンでは、結晶イオン半径と流体力学的半径は逆比例し、水溶液でさえ Stokes 式は破綻する。とはいっても、Angell らが提唱しているように、Walden 則に基づくイオン伝導性の分類は、見通しが良く有用であろう。特に Walden 則に基づく溶液中のプロトン伝導に関する機構判定は有用である。Grotthuss は、1806 年の著書の中で水の電気伝導に関して Grotthuss 機構を提案した。これは、水溶液でプロトンジャンプとしてよく知られ、水素結合の切断と形成で電荷が輸送される Grotthuss 機構と呼ばれる。また、Kreuer らは、プロトンが荷車 (Vehicle) としての電気的中性な分子に載って輸送される Vehicle 機構を提案している。溶液中のプロトン伝導はこれらに大別でき、理想 Walden 線と同程度か下であれば、Vehicle 機構や類似の機構であり、上であれば、Grotthuss 機構のような超イオン伝導的な振る舞いといえる。ところで、Pauling によれば、水素結合について初めて言及したのは、1912 年の Moore と Winmill としており、”水素結合”が認識されるよりも凡そ 100 年も前に Grotthuss 機構が提案されていたことを考えると、Grotthuss の洞察力は驚きに値する。

線形応答理論では、輸送係数は一般に流束の時間相関関数で表すことができ、グリーン-久保公式として知られている。グリーン-久保公式によれば、溶液中のイオン導電率と溶液の粘性率は、それぞれ電荷の流れと圧力テンソルの時間相関関数で表される。イオン液体のイオン間相互作用の尺度として渡邊らのイオニシティはよく知られている²⁾。イオニシティは、電気化学的に測定されたモルイオン導電率 Λ_{EC} と NMR により測定された自己拡散係数を用いて Nernst-Einstein 則に基づいて見積もられたモルイオン導電率 Λ_{NMR} の比 $\Lambda_{EC}/\Lambda_{NMR}$ として定義される。この差の相対値 $\Delta = (\Lambda_{NMR} - \Lambda_{EC})/\Lambda_{NMR}$ は、従来溶融塩でよく議論されており、イオニシティと物理的意味は等価である。 Λ_{NMR} は、陽イオンと陰イオンが Kohlrausch のイオン独立移動の法則に従う、つまり、互いに影響をうけず勝手気ままに移動した導電率成分であり、陽イオンと陰イオンの自己拡散係数で決まる。一方、 Λ_{EC} は、これに加え、1 組のイオン間、すなわち、ある陽イオンと別の陽イオン、陽イオンと陰イオン、ある陰イオンと別の陰イオンの相対的な移動が寄与しており、これらは相互拡散係数で表現できる。イオニシティや Δ は、相互拡散係数に基づく項と自己拡散係数にもとづく項の比で与えられ、この意味で両者は、動的なイオン間相互作用に基づく尺度と言える。

3. リチウムーグライム錯体系溶媒和(キレート)イオン液体

Angell によれば、イオン液体は、i) 非プロトン性、ii) プロトン性、iii) 無機 および iv) 溶媒和(キレート)イオン液体に分類される³⁾。溶媒和イオン液体は、溶媒和したイオンとその対イオンからなり、従来のイオン液体と同様に蒸気圧が無視できるほど小さく、高いイオン伝導性を示す。一般に水和した塩は、析出する温度が高いほど水和数が少ない。比較的高い温度で析出する $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ は、融点が約 40°C であり、hydrate melt (水和融体) として知られている。渡邊らは、鎖状オリゴエーテル $\text{CH}_3\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I})_n\text{CH}_3$ であるトリグライムやテトラグライム ($n=3, 4$; G3, G4) とリチウム塩の等量混合物は室温で液体であり、イオン液体と類似の性質を示し、リチウム電池電解質として有用であることを報告した⁴⁾。これらは、リチウムイオ

Topics



ンに配位可能な4~5個の酸素原子を分子内に持つておる、その意味ではキレートイオン液体とも言える。渡邊らは、電極近傍でグライム類の耐酸化性が向上することから、電極近傍でリチウムイオンがグライム類と交換しながら効率的に輸送されるドミノ式リチウム伝導を提案している⁵⁾。一方、リチウムーグライム錯体系溶媒和イオン液体は、バルク溶液のイオン伝導性でも興味深い振る舞いを示す。一般に溶媒の分子量やサイズが大きければ、粘性率が高くなり、イオン導電率が低下する。ところがこの溶媒和イオン液体は、エチレンオキシド鎖を伸ばすと粘性率が低下し、イオン導電率が高くなる。

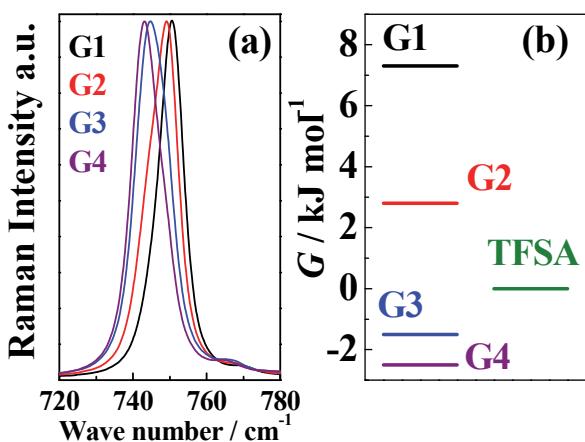


図1 G1~G4系溶媒和イオン液体のRamanスペクトル(a)と見かけの溶媒和自由エネルギー準位(b)

シド鎖が伸びるにつれピーク位置が低波数シフトするのがわかる。TFSA系非プロトン性イオン液体中のリチウムイオンの溶媒和構造の研究⁶⁾から、TFSAがリチウムイオンに配位すると高波数シフトすることが知られている。溶液中のリチウムイオンの配位数は、一般に4と考えられている。鎖長が短いG1やG2は酸素原子がそれぞれ2、3個であり、リチウムイオンにはTFSAも配位して接触イオン対(CIP)を生じ、ピーク位置が高波数になる。一方、G3やG4では1個のリチウムイオンあたり1分子のグライム類が配位し、ほとんどのリチウムイオンはTFSAと溶媒共有イオン対(SSIP)を生じ、これは低波数にピークを与える。つまり、G1やG2では主としてCIPが、G3やG4ではSSIPが生成していることがわかる。図1(a)のRamanバンドをCIPとSSIPにピーク分離し、面積比を求めると、近似的にGibbs自由エネルギーに換算できる。ここで、CIPのGibbs自由エネルギーがエチレン鎖長に依らないとする、図1(b)中にTFSAと示されている準位を基準に鎖長依存性を比較することができる。分子内に十分な数の酸素原子を持つG3やG4は、所謂、静的なキレート効果により溶媒和リチウムイオン $[Li(G3)]^+$ や $[Li(G4)]^+$ を含むSSIPが優勢であり、G1やG2では $[Li(G1)(TFSA)]$ や $[Li(G2)(TFSA)]$ のCIPが優勢である。ここで、Gibbs自由エネルギーの差に注目すると、TFSAを基準にしてG3やG4での安定性は、わずか2~3 kJ mol⁻¹に過ぎない。

Walden則によれば、イオン導電率は粘性率の逆数に比例し、この関係はイオン伝導性液体で一般によく成立する。言い換えると、イオン伝導の緩和と粘性の緩和は類似している。粘性の緩和過程を調べるのにDRSがよく用いられる。DRSでは、系に含まれる双極子モーメントの

著者らは、この奇妙なイオン伝導性を分子論的に立脚して明らかにすることを目的としてRaman分光、高エネルギーX線全散乱(HEXTS)および誘電緩和分光(DRS)の実験を行い分子動力学(MD)シミュレーションの助けを借りて研究した。図1にエチレンオキシド鎖長が1(モノグライム:G1)から4(G4)のグライム類とLiTFSA(TFSA:ビス-(トリフルオロメタンスルホニル)アミド)の等量混合物のRamanスペクトル(a)、および、その面積強度の解析から見積もられたGibbs自由エネルギーの準位(b)を示した。図1(a)は、TFSAに由来するRamanバンドであり、エチレンオキ

Topics

再配向が複素誘電率($\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon''$; ε' および ε'' は、それぞれ誘電率と誘電損失。 i は虚数単位)の周波数依存性として測定される。つまり、系に加える外部電場の周波数を高くすると、ある周波数で同じ時間スケールの極性分子の回転や分子内ねじれのような系に含まれる双極子モーメントが応答し、さらに周波数を高くすると外部電場に追随できなくなる様子を測定している。図 2 の (b), (c) および (d) は、それぞれ G2, G3 および G4 からなる溶媒和イオン液体の DRS スペクトルである。この図から明らかなように、エチレンオキシド鎖が長くなるにつれ、 ε'' のピーク位置が高周波数シフトしている。図 2(a) に、DRS の ε'' のピーク位置に対してイオン導電率および粘性率のプロットを示した。いずれの良好な直線関係を示し、DRS で観測された最も遅い緩和過程がイオン伝導と粘性を支配することが明らかになった。

この緩和過程についてさらに考察を進めるため、図 3 (a), (b) および (c) に示すように HEXTS 実験を再現できる MD シミュレーションの助けを借りよう。この MD シミュレーションから見積もられた熱力学量は、溶媒和イオン液体の飽和蒸気圧や蒸発エンタルピーといった対応する実験の傾向を再現する。図 3 (d), (e) および (f) は、MD シミュレーションから得られる $\text{Li}^+ - \text{O}(Gn)$ および $\text{Li}^+ - \text{O}(\text{TFSA})$ についての平均力ポテンシャル (PMF) である。分子の PMF は、 k_B を Boltzmann 定数、 T を絶対温度、 $g(r)$ を 2 体相関関数として、 $\text{PMF} = -k_B T \ln(g(r))$ で定義され、原子・分子レベルの自由エネルギーに相当する。いずれの PMF でも 2 Å 付近に極小があり、リチウムイオンに最近接の酸素原子を意味する。また、3 から 4 Å 付近の極大は、最近接酸素原子が第 2 近接に変化する活性化自由エネルギーに対応し、TFSA ではエチレンオキシド鎖長に依らず、ほぼ一定であるが、グライム類では鎖長が長くなると障壁が低くなり、TFSA の極大値とほぼ等しくなることがわかる。これは、リチウムイオン第 1 配位圈からの脱離が、TFSA 酸素原子では鎖長によらずグライムよりも速く、グライム酸素では鎖長が伸びると速くなり、TFSA と同

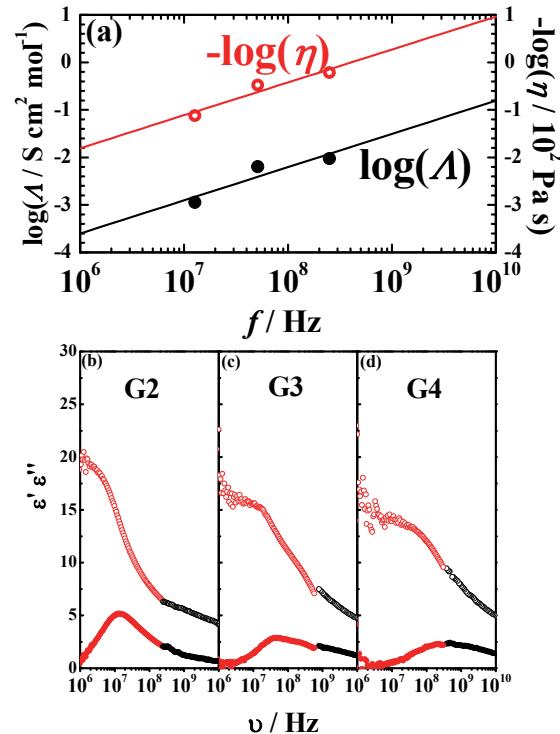


図 2 DRS の最も遅い緩和周波数に対するイオン導電率および粘性率 (a) G2 系 DRS スペクトル (b) G3 系 (c) および G4 系 (d)

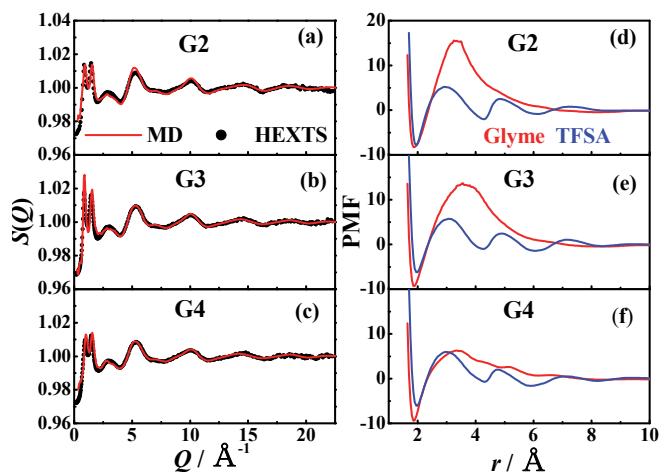


図 3 G2 系の X 線構造因子 (a) G3 系 (b) G4 系 (c) および G2 系平均力ポテンシャル (d) G3 系 (e) G4 系 (f)

Topics

程度になることを意味している。PMF から溶媒和イオン液体中のリチウムイオンの拡散や泳動を考えると、リチウムイオンが最も深いポテンシャルを与える酸素原子から、活性化障壁を経て次の酸素原子へ移動するには、グライム酸素と TFSA の障壁の高さが同程度であり、どちらでも利用できる G4 が有利といえる。溶媒和イオン液体では遊離溶媒が殆どなく、溶媒や陰イオンとの化学交換反応速度がリチウムイオンの拡散や泳動に影響を与えることを示唆している。実際、著者らが見積もった G3 系溶媒和イオン液体中の遊離 G3 の濃度と活量の関係を超濃厚 LiTFSA 水溶液の結果とともに図 4 に示す。溶媒和イオン液体、超濃厚水溶液とも、リチウムイオンに対する溶媒酸素原子の比が 4 の点を矢印で

示した。図 4 から明らかのように水溶液では活量が約 0.2 であるのに対し、遊離 G3 の活量はほぼ 0 である。1 mol dm⁻³ LiTFSA 水溶液のように、遊離溶媒が豊富な従来の希薄溶液では、遊離溶媒の活量は 1 に近い値であり、遊離溶媒の活量はイオンの拡散や泳動にはほとんど影響しないだろう。この点で溶媒和イオン液体中のイオン伝導は、従来希薄溶液とは全く異なると言ってよい。最近、獨古と渡邊らは、溶液中で溶媒や陰イオンに比べ、リチウムイオンが速く拡散する、すなわち、リチウムイオンホッピング系を見出した⁷⁾。この奇妙な現象を説明するには、従来のイオン伝導や拡散に関する概念から脱却する必要がある。

4. 擬プロトン性イオン液体

著者らは、最近、*N*-メチルイミダゾールやイミダゾール ($C_n\text{Im}$; $C_1 = \text{CH}_3$, $C_0 = \text{H}$) と酢酸 (CH_3COOH) の等量混合液体が、有意な電気伝導率を示すにも関わらず、この液体中には、事実上、電気的中性な分子しか存在しないことを明らかにした⁸⁾。著者らは、このような液体を擬プロトン性イオン液体 (*pPIL*) と呼んでいる。図 5 に $C_1\text{Im} - \text{CH}_3\text{COOH}$ 系の同位体置換 Raman スペクトル (ISRS) を示す。振動スペクトルの基準振動数の同位体効果は、調和振動子モデルで容易に理解でき、例えば、軽水素を重水素で置換すると、水素が関与する振動モードは、低波数シフトする。ISRS は、軽水素のみからなる $C_1\text{Im} - \text{CH}_3\text{COOH}$ *pPIL* と酢酸の解離可能な水酸基水素を重水素化した以外は全く同一組成試料の Raman スペクトルの差として定義し、図 5 (a) に

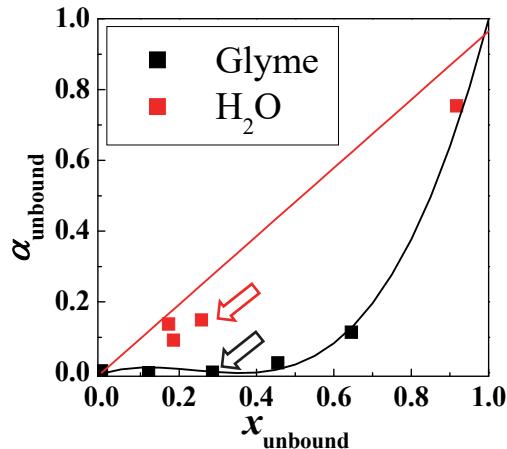


図 4 G3 系溶媒和イオン液体と超濃厚 LiTFSA 水溶液の活量と濃度の関係

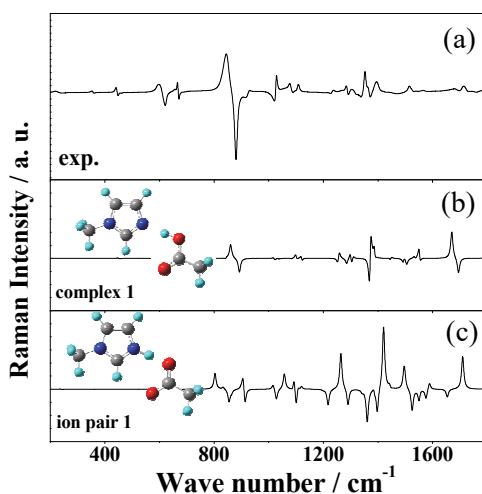


図 5 $C_1\text{Im} - \text{CH}_3\text{COOH}$ *pPIL* の ISRS スペクトル (a) 分子錯体の理論 ISRS (b) イオン対 (c)

Topics

結果を示している。微小シフトの差スペクトルなので、ピーク位置がシフトした Raman バンドは、微分様のシグナルを与えていた。図 5 (b) および (c) は、それぞれ $C_1\text{Im}\cdots\text{HOOCH}_3$ 分子錯体および $C_1\text{hIm}^+\cdots\text{OOCCH}_3$ イオン対に対する理論 ISRS である。詳細は割愛するが、図 5 から明らかのように、イオン対の理論 ISRS では実験を説明できず、分子錯体で説明できることがわかる。つまり、 $C_1\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ *p*PIL 中には、電気的中性な $C_1\text{Im}$ 分子と CH_3COOH 分子が水素結合した液体構造であることを示唆している。これは、HEXTS 実験と MD シミュレーションからも支持された。

パルス磁場勾配法 NMR で測定された $C_1\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ および $C_0\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ *p*PIL の ^1H の自己拡散係数 (D) を図 6(a) および (b) に示した。 $C_1\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ の場合、 $C_1\text{Im}$ の窒素と CH_3COOH の水酸基酸素間で化学交換される水素の D は、 $C_1\text{Im}$ のイミダゾール環水素よりも僅かに小さく、 CH_3COOH のメチル基水素とほぼ同程度である。これは、拡散測定の時間スケールでプロトンが CH_3COOH の水酸基として局在化していることを示しており、この系では、電気的中性な $C_1\text{Im}$ と CH_3COOH が主として存在する。一方、 $C_0\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ では、図 6(b) から明らかのように、 $C_0\text{Im}$ 窒素と CH_3COOH 水酸基酸素間で化学交換される水素の D が、他の水素の D に比べ最も大きく、この系では、プロトンが $C_0\text{Im}$ 窒素と CH_3COOH 水酸基酸素間で化学交換されながら拡散、言い換えると輸送されることを強く示唆している。これらのプロトン伝導機構は、DRS などからプロトントリレー機構や協同的プロトン伝導といった Grotthuss 機構のような特異的プロトン伝導であると推定された。

5. おわりに

$C_1\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ および $C_0\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ *p*PIL のイオニシティを求めてみた(図 7)。いずれの系でも系に含まれるイオンを 100 % あるいは、1 % としたときのイオニシティを示している。全ての化学種がイオンと考えると、イオニシティは非常に小さな値であり、イオン種の生成を 1 % とすると、イオニシティは 1 よりも大きな値となり、いずれも物理的意味がない。イオニシティと同様に、Angell の ΔT や ΔpK_a は、プロトン性イオン液体のイオン間相互作用やイオン性の良い尺度である⁹⁾。著者らは、*p*PIL のように Grotthuss 機構に似た特異

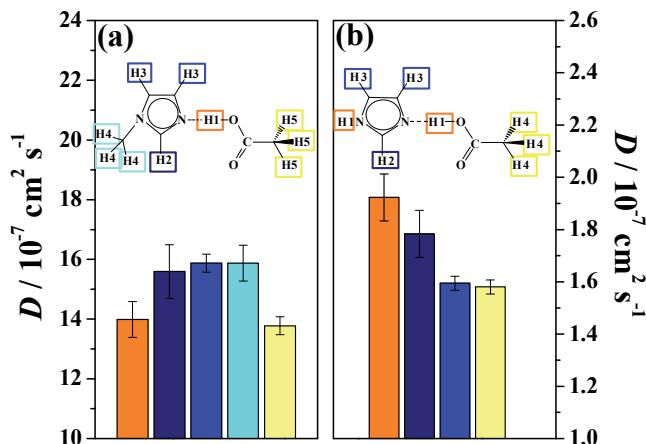


図 6 $C_1\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ (a) および $C_0\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ (b) *p*PIL の自己拡散係数

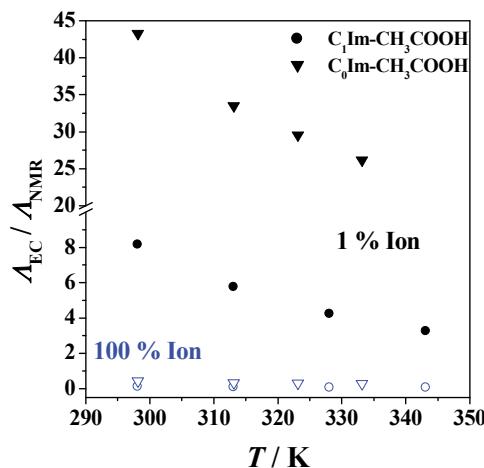


図 7 $C_1\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ (●) および $C_0\text{Im}-\text{CH}_3\text{COOH}$ (▼) *p*PIL のイオニシティ

Topics

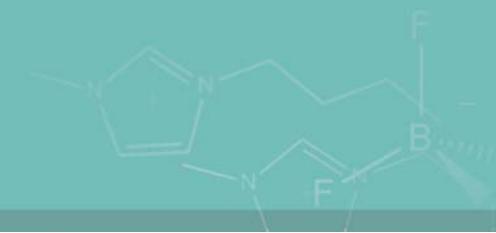


的プロトン伝導は、 ΔpK_a が小さな領域に現れると考えており、組み合わせは膨大であろう。また、リチウムイオンでも同じ概念で考えてよいとすれば、これから多くのプロトンやリチウムイオンのホッピング溶液が見出されるに違いない。イオン液体が、溶液中の新たなイオン伝導を切り拓くことを期待したい。

参考文献

- 1) 梅林泰宏, 山口毅, 電気化学便覧 第6版, 第3章, 3.1 電解質溶液, 電気化学会編, 丸善, 2013.
- 2) a) K. Ueno, H. Tokuda, M. Watanabe, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2010**, *12*, 15133. b) H. Tokuda, S. Tsuzuki, Seiji; M. A. B. H. Susan,; K. Hayamizu, M. Watanabe, *J. Phys. Chem. B*, **2006**, *110*, 19593-19600. c) H. Tokuda, K. Ishii, M. A. B. H. Susan, S. Tsuzuki, K. Hayamizu, M. Watanabe, *J. Phys. Chem. B*, **2006**, *110*, 2833-2839. d) H. Tokuda, K. Hayamizu, K. Ishii, M. A. B. H. Susan, M. Watanabe, *J. Phys. Chem. B*, **2005**, *109*, 6103-6110. e) H. Tokuda, K. Hayamizu, K. Ishii, M. A. B. H. Susan, M. Watanabe, *J. Phys. Chem. B*, **2004**, *108*, 16593-16600.
- 3) C. A. Angell, Y. Ansari, Z. Zhao, *Faraday Discuss.*, **2012**, *154*, 9-27.
- 4) a) T. Tamura, K. Yoshida, T. Hachida, M. Tsuchiya, M. Nakamura, Y. Kazue, N. Tachikawa, K. Dokko, M. Watanabe, *Chem. Lett.* **2010**, *39*, 753-755. b) K. Yoshida, M. Tsuchiya, N. Tachikawa, K. Dokko, M. Watanabe, *J. Phys. Chem. C* **2011**, *115*, 18384-18394.
- 5) K. Yoshida, M. Nakamura, Y. Kazue, N. Tachikawa, S. Tsuzuki, S. Seki, K. Dokko, M. Watanabe, *J. Am. Chem. Soc.*, **2011**, *133*, 13121-13129.
- 6) a) Y. Umebayashi, T. Mitsugi, S. Fukuda, T. Fujimori, K. Fujii, R. Kanzaki, M. Takeuchi, S. Ishiguro, *J. Phys. Chem. B* **2007**, *111*, 13028-13032. b) Y. Umebayashi, S. Mori, K. Fujii, S. Tsuzuki, S. Seki, K. Hayamizu, S. Ishiguro, *J. Phys. Chem. B* **2010**, *114*, 6513-6521.
- 7) 渡部大樹, 寺田尚志, 松前義治, 多々良涼一, 獨古薰, 渡邊正義, 1P28, 電気化学会第84回大会, 2017年3月25日—27日, 首都大学東京 南大沢キャンパス.
- 8) H. Doi, X. Song, B. Minofar, R. Kanzaki, T. Takamuku, Y. Umebayashi, *Chem. Eur. J.*, **2013**, *19*, 11522-11526.
- 9) M. Yoshizawa, W. Xu, C. A. Angell, *J. Am. Chem. Soc.*, **2003**, *125*, 15411-15419.

Meeting



第 8 回イオン液体討論会 開催報告

東京農工大学大学院・工学研究院・生命機能科学部門
西村直美 中村暢文 大野弘幸

第 8 回イオン液体討論会は平成 29 年 11 月 23 日(祝)～24(金)に、東京都小金井市にある東京農工大学小金井キャンパスにて開催されました。前日には、前回の金沢大学で開催された討論会から恒例となりました第 2 回イオン液体若手の会も開催されております。

今回のイオン液体討論会の参加登録数は 273 名で、おかげさまで、過去最高の参加者数となりました。ご参加いただきました皆様、ありがとうございました。発表の内訳は、特別講演 2 件、口頭発表 26 件、ポスター発表 114 件でした。

初日は前日からの小雨が残っていたものの、早朝から多くの方々にご参加いただきました。午前中は 9 件の口頭発表、午後から 5 件の口頭発表の後、鳥取大学の伊藤敏幸先生に特別講演をしていただきました。バイオサイエンスとイオン液体の研究から CB-RAM に関する研究に及ぶ内容で、伊藤先生の研究の幅広さに改めて感銘を受けました。また、来年鳥取大学で開催されます、The 6th Asian-Pacific Conference on Ionic Liquids & Green Process (APCIL-6)に関してのアナウンスもありました。その後 3 件の講演がありました。会場が狭くてご不便をおかけしたものの、素晴らしい内容の口頭発表と活発な質疑応答のおかげで初日の講演は無事終了致しました。

場所をキャンパス内の 140 周年記念会館(エリップス)に移して、懇親会が行われました。西川恵子先生から乾杯の御発声をいただき、和やかでアットホームな雰囲気の中で懇親会が始まりました。参加者も学生を含め 118 名に上り、アルコールが入るにつれ、活発な議論もなされ、参加者間の懇親を深めるための良い機会になったのではないかと考えております。

2 日目は朝 3 件の口頭発表の後、場所を懇親会会場と同じ、エリップスに移し、昼休憩を挟んで、偶数番号・奇数番号のポスターセッションが行われました。若干通路が狭く、換気の調節がうまくいかなかつ



伊藤先生特別講演



ポスター会場の様子

Meeting

たという開催者側からの反省すべき点はありました。参加者の方々に活発な議論を行つていただけたおかげで、有意義なポスター発表、ディスカッションの場になったものと思います。会場を再び講演会場に移し、University of Rostock の Prof. Udo Kragl 先生の特別講演が行われました。Kragl 先生も伊藤先生と同じく、バイオサイエンスとイオン液体の研究から始められ、その後、様々なイオン液体研究へと幅広く展開されておられます。

今回まとめてそのお話を伺いすることが出来たことは大変貴重な機会となり、刺激を受けた方々も多くおられたのではないかでしょうか。Kragl 先生は大の日本好きで、何度も来日されていますが、今回の紅葉の時期の日本訪問、イオン液体討論会への招待を非常に喜んでおられました。特に、ポスターセッションでの多くの学生とのディスカッションを楽しられておられました。特別講演の後、5 件の口頭発表で全講演を無事終了致しました。

講演終了後、投票結果を集計し、ポスター賞が発表されました。優秀賞、及び最優秀賞に加え、昨年度より Royal Society of Chemistry (RSC) の Chemical Communications 賞及び Green Chemistry 賞を授与しておりますが、RSC 日本マネージャーの浦上裕光博士より、今回から PCCP 賞の設定もご提案いただき、世話人会で授与が急遽決定いたしました。各賞受賞者は、最優秀賞：猿渡彩さん（横浜国立大学）、優秀賞：荒井奈々さん（新潟大学）、栗生木栞さん（防衛大学校）、Green Chemistry 賞：林英里さん（横浜国立大学）、PCCP 賞：野崎永莉香さん（新潟大学）、Chemical Communications 賞：野本紫織さん（東京工業大学）でした。おめでとうございます。



Kragl 先生特別講演



最優秀賞：猿渡彩さん



PCCP 賞：野崎永莉香さんと
浦上裕光博士 (RSC)

Meeting

最後になりましたが、座長を快くお引き受けいただいた先生方、ありがとうございました。また、イオン液体研究会事務局の笹部様、三谷様にも大変お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。

来年度は、第1回の討論会を開催していただいた鳥取大学の伊藤先生に、再びお世話していただけすることになり、第9回イオン液体討論会（10月29日、30日）、それに続き APCIL-6（10月31日～11月3日）の開催が決定しております。鳥取で再び活発な議論ができるることを楽しみにしております。

Meeting

イオン液体研究会 第2回若手の会開催報告

東京農工大学 中村暢文研究室 博士後期課程1年 秋葉 隆
金沢大学 助教 黒田 浩介

イオン液体研究会若手の会は昨年に始まり、今年で2回目を迎えました。第1回の記事を取りまとめなかつたことは黒田のミスです。心よりお詫び申し上げます。

我が国のイオン液体研究を眺めますと、この数年でイオン液体を第一線で牽引されてきた幾人の先生方がご退官されるため、この数年は日本のイオン液体界のひとつの大きな節目になると考へております。そのため私たちとしては「若手が日本のイオン液体界に新しい潮流を作り、研究会を盛り上げていくのだ！」という気持ちで、今回の若手の会を運営致しました。

さて、今年の若手の会は参加人数計68名と、前回の52名を大きく上回る大盛況であり、非常に活気溢れる会となりました。このように活気に満ちた会を開催できましたのも、ひとえにイオン液体研究会の皆様のご支援の賜物です。世話を先生方をはじめ、総ての会員の皆様にこの場をお借りして感謝申し上げます。

今回の若手の会では非常に興味深い講演をいくつも聞くことができ、活発な討論もできました。研究自体も興味深いもののが多かったのですが、なにより今回は「笑い」が多かったことが印象的でした。今回でまだ2回目ですが、フランクな「皆の集い場としての若手の会」という雰囲気が醸成され始めたのではないかと感じております。普段あまりイオン液体討論会に参加されない研究室からの発表、常連研究室の面白い紹介、一川尚広先生（東京農工大学テニュアトラック准教授）の生き様など、たくさん面白い発表がありました。そのどれもがイオン液体討論会の本会ではなかなか紹介されないような、楽しくも貴重な話ばかりでした。

また、イオン液体であっても、私たちの知らない興味深い研究がたくさん紹介されました。例えば、イオン液体中での金属ナノ粒子の合成や電子顕微鏡でのイオン液体の観察などは個人的に大変興味深く、「なるほど、そのようなイオン液体の使い道、イオン液体の分析の研究があるのか！」と、目が覚めました。そしてどの研究も本当に面白いものばかりでした。講演していただいた皆様に、この場をお借りして改めて感謝申し上げます。

今回、若手の会の幹事を務めさせていただき、大変ありがとうございました。若手の会の運営は非常にやりがいがあり、私たちにとって素晴らしい経験となりました。特に秋葉は学会の幹事のような、とりまとめが重要となる仕事は苦手です。しかしながら、皆様にご迷惑をおかけしつつも、多くの方々のご協力のおかげで、無事に若手の会を開催することができました。ご協力くださった皆様に心より感謝申し上げます。来年のイオン液体討論会、そしてイオン液体研究会若手の会が、さらに活気溢れるものとなりますよう願っておりますし、我々も今まで以上に貢献できたならとても幸せです。

Meeting



(上)若手の会および、(下)その後の懇親会にて。懇親会にもたくさんの方が参加していただき、気軽なプラットフォームが形成されつつあります。



Award



第8回 イオン液体討論会 ポスター発表 ポスター賞受賞者 於：東京農工大学 140周年記念会館（エリпус）

2017年11月24日に開催された第8回イオン液体討論会ポスター発表において、ポスター発表総数114件のうち、ポスター賞応募総数91件ありました（賞審査対象者は2018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6件に対し、ポスター賞が授与されました（下線は受賞者）。受賞者の皆さん、おめでとうございます！

● 最優秀賞

P073 光二量化反応を用いたイオングルの創製と光治癒性の検討

（横浜国大院工）猿渡 彩, 玉手 亮多, 小久保 尚, 渡邊 正義

● 優秀賞

P057 相補的最小自乗解析および同位体置換 Raman 分光による

不定比 Li-Glyme 系溶媒和イオン液体中の Li^+ の状態分析と生成分布

（新潟大理¹, 新潟大院自然², 工学院大先進工³, 産総研⁴, 横浜国大院工⁵, 山形大理⁶）

荒井 奈々¹, 渡辺 日香里², 野崎 永莉香¹, 関 志朗³, 都築 誠二⁴, 上野 和英⁵,
獨古 薫⁵, 渡邊 正義⁵, 亀田 恭男⁶, 梅林 泰宏²

● 優秀賞

P065 アルテミア耐久卵の孵化にイオン液体が与える影響

（防衛大応用化学¹, 創価大環境共生²）

栗生木 葵¹, 坂本 美南², 森 智祥¹, 福士 醍太¹, 竹清 貴浩¹, 清水 昭夫², 吉村 幸浩¹

● Green Chemistry 賞

P064 イオン液体/スルホン化ポリイミド複合膜の CO_2 分離特性におけるカチオン構造の役割

（横浜国大院工）林 英里, トマス モーガン・レスリー, 伊藤 彰香, 橋本 慧, 渡邊 正義

● Physical Chemistry Chemical Physics 賞

P066 中性子/X線散乱・Raman 散乱実験と MD シミュレーションによる

“Water-in-Salt”超濃厚 Li 塩水溶液中の Li^+ 局所構造

（新潟大理¹, 新潟大院自然², 横浜国大院工³, 山口大工⁴, 工学院大先進工⁵, 山形大理⁶）

野崎 永莉香¹, 渡辺 日香里², 上野 和英³, 藤井 健太⁴, 荒井 奈々¹, 関 志郎⁵,
獨古 薫³, 渡邊 正義³, 亀田 泰男⁶, 梅林 泰宏²

● Chemical Communications 賞

P007 紫外光電子分光法を用いたイオン液体のマーデルングエネルギーの評価

（東工大物質理工¹, 東理大理工²）野本 紫織¹, 梁 秀鎧¹, 岩橋 崇¹, 金井 要², 大内 幸雄¹

Report

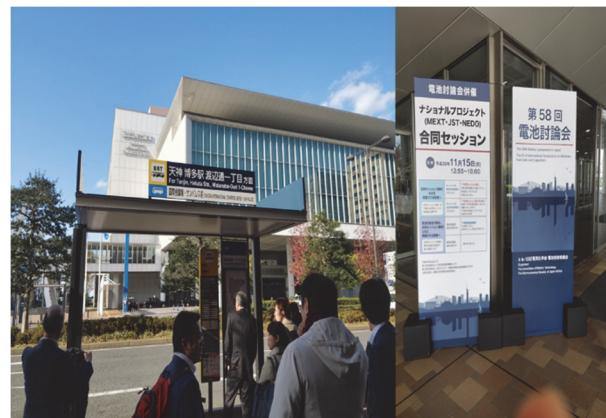
第 58 回電池討論会参加報告

京都大学大学院エネルギー科学研究所
博士課程 1 年生 黃 珍光、修士課程 2 年生 岡田 春輝

秋風が吹き始める平成 29 年 11 月 14 日から 16 日の 3 日間、福岡国際会議場で第 58 回電池討論会が開催された。電池討論会は、電気化学会電池技術委員会が主催する学会で、国内で最大規模の学会である。今回の学会では、リチウムイオン電池（正極、負極、助剤）、全固体電池、ナトリウムイオン電池、燃料電池、インターナショナルセッション、金属空気電池、リチウムイオン電池（大型・安全性・評価）、Ni-MH 電池・鉛蓄電池・レドックスフロー多価カチオン・新奇電池、キャパシタとナショナルプロジェクト（MEXT・JST・NEDO）合同セッションの合計 9 つの会場で学会発表が行われた。

会場の 2 階と 5 階では、58 社の企業展示が開かれ、インターナショナルセッションでは、日本、アメリカ、韓国、フランス、中国、シンガポールなどの著名な学者たちが参加して、高レベルの討議が行われた。ナショナルプロジェクト（MEXT・JST・NEDO）合同セッションは、一般公開で発表が行われた。先進バッテリー技術と研究についての発表があり、一般聴衆から多くの注目を集めた。

今回の学会では、最近台頭している電池の安全性の問題と大型化に応じて、イオン液体を用いた電池に関する発表も 20 件（インターナショナルセッションを含む）があった。発表では、リチウム二次電池用、ナトリウム二次電池用、リチウム空気電池、全固体電池用添加剤など、様々な電池の種類に渡ってイオン液体が電解質として使用されている研究発表があった。今年の発表では、イオン液体が中温領域での安定性だけでなく、室温でも有機電解質と同等の性能を示していて、次世代二次電池用電解質として有望な可能性を確認することができた。



写真（上）学会場の入口、下）学会発表会場

Report



写真（上） 那珂川と中州、下）もつ鍋

僭越ながら、特に筆者らの印象に残った講演として、活物質に $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ (NMC) とグラファイト、電解液に FSA 系イオン液体 を用いた二極式フルセル実験で優れたサイクル特性が得られていた報告、FSA 系イオン液体が全固体リチウム二次電池の添加剤として使用され、レート特性の性能向上に寄与したという報告、溶媒和イオン液体の構造に関する研究などが挙げられる。我々の研究グループでも、新しいタイプのイオン液体やイオン液体を用いたリチウム、ナトリウム二次電池用正極および負極の研究報告を行い、多くの方々とディスカッションを行うことができた。

学会が開かれた福岡は美しい港町で、那珂川と博多川にはさまれた中洲の夜は風情があった。また、福岡のグルメはおいしいものばかりで、学会日程が終了した後には、研究室の仲間たちと一緒に、福岡の名物のもつ鍋や博多ラーメンを食べに出かけた。この味にはまつたインドから来た留学生は学会期間中に合計 4 回のとんこつラーメンと 2 回の替玉を食べるほどであった。

福岡のおいしい食事を楽しみつつ、最先端の電池について学ぶことのできた充実した3日間であった。次回は、第59回電池討論会として平成30年11月27日（日）～29 日（木）に大阪国際会議場で開催される予定である。

Overseas Experience

それぞれの北米留学

黒田浩介(金沢大学、大野研卒)
小林大悟(積水化学工業(株)、大野研卒)
青柳茜(中村研卒)

皆様こんにちは。昨年よりイオン液体研究会サーキュラーの編集委員をさせていただいております、金沢大学の黒田です。今回は、私の米国アイオワ州への研究留学を記事にさせていただきました。その折、東京農工大学の大野・中村研(現中村・一川研)の後輩である小林大悟君と青柳茜さんがそれぞれ米国サンディエゴとカナダのトロントにいることがわかり、年末年始に一緒にグランドキャニオンに行きました。改めて大野・中村研のみんなの行動力と仲間意識の強さを感じ、米国に来て思わず、自分がかつていた研究室の良さを再認識しました。



グランドキャニオンへの道中、深い話も浅い話も尽きず、多くの話をしているうちに、3人とも全く違う環境で日本を離れていることがわかりました。そこで、お二人にも留学体験記の執筆に加わってもらえば、様々な観点から比較できるのではと思い、共同執筆をお願いいたしました。3人分の留学ということで少し長めの記事になってしましましたが、ぜひご覧ください。

グランドキャニオンにて再会(左から小林、青柳、黒田)

1. 自己紹介

黒田 私は 2014 年まで東京農工大学大野研に所属しており、「イオン液体を移動相とする高速液体クロマトグラフィー」で博士号を取得しました。イオン液体を HPLC の移動相として利用し、難溶性セルロースの分子量を測定できるシステムを世界に先駆けて開発できたことは今でも自慢の一つです。それから金沢大学の高橋研へ特任助教として移り、新規のイオン液体を使ったバイオリファイナリー研究を続けています。転機は 2017 年の卓越研究員制度に応募し、採択されたことです。それにより昨年 10 月より金沢大学のテニュアトラック助教(生理活性物質研究室)となり、「授業を担当することになったら海外に行くチャンスがなくなってしまうのではないか?」と思ったのがきっかけです。高橋先生や学科の先生に相談し、学生の卒論・修論前に帰国という条件で、3ヶ月間、米国アイオワ州立大学の Prof. Jared Anderson のもとへ行ってきました。

小林 私は大野研で「高極性イオン液体を用いた、微細藻類から生分解性プラスチックの単離」という研究テーマに取り組みました。私のテーマは、大野研のテーマの中でも少し応用寄りで、イオン液体の工学的利用価値を直接的に実証するものでした。その過程で、ものづくりに強い関心を抱くようになりました。そして大野研で修士学位を取得した後、

Overseas Experience

化学メーカーに研究開発担当として就職しました。今回私は、会社の公募制度を利用し、2017年10月から2年間カリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）でVisiting Scholarとして、再生医療の研究をするために留学しました。

青柳 私は中村研でシトクロムP450の基質ポケットに関する研究に携わっていました。直接的にイオン液体の研究に関わることはできませんでしたが、先輩方の研究を間近で見ていて、非常に興味深く、将来性のある分野だと感じていました。2013年に学部卒業後、化学メーカーに就職しました。就職先では最先端の半導体材料を製造しており、海外顧客とコミュニケーションする機会が数多くありました。しかし、私の英語レベルでは顧客と円滑に協議することができず、いつもジレンマを感じていました。しかしそのジレンマを抱える一方で、毎日の深夜残業の中で勉強に割ける時間は限られていたのも事実でした。この先もっと貢献できる人材になるために、どうにかして一度集中して勉強する時間を確保したいという思いが強くなつたため、会社を辞めて留学することを決意し、カナダ・トロントへ来ました。現在は6ヶ月目で、現地のカレッジに入学してカスタマーサービスの勉強をしています。

2. 留学先の検討

小林 会社には海外の教授とのコネクションがほとんどなかったので、私は様々な教授へCV（履歴書）を送り、留学希望の申し入れをしました。その後返信をくださった教授と何度も連絡を交わし、その教授のラボを訪問、面接という流れで私は留学先を決定しました。今は大変便利なweb会議があるので、わざわざ訪問しなくても留学先を決めることができます。しかしながら、留学先を決める前には必ず一度ラボを訪問し、教授やメンバーの雰囲気を直接感じることが重要だと思います。私は研究室を決める前に教授と直接会い、研究の話以外にも、趣味やご家族の話等を伺いました。このときに教授の人となりを知ることができ、これが留学先を最終的に決める際にとても大きなファクターとなりました。

現在は留学先でES細胞を用い、生物の発生原理やパーキンソン病などの難病の病理解明をする研究に取り組んでいます。留学当初は教授が可能な限り毎週私とミーティングを行い、私の研究が軌道に乗るまで熱心にサポートしてくださいました。またラボメンバーは、自分からなかなか声を掛けられない私を気遣ってくれて、毎日ランチやコーヒーブレイクに誘ってくれたり、「何か実験で困ったらすぐ聞けよ」と声をかけてくれたりします。このように、今の留学先の教授とラボメンバーは第一印象のまま変わらず本当に素晴らしい人たちで、とても充実した研究室生活を送っています。



ラボメンバーとBBQ！(小林)

Overseas Experience

黒田 私の場合は、2016年に行われたイオン液体に関するゴードン会議がきっかけです。当時海外でポスドクとして働くことを視野に入れており、イオン液体界の先生がたくさん集まり、たっぷりと時間のあるゴードン会議で積極的にお話を伺うことにしました。責任者の Prof. Jim Davis Jr.が若手参加者のために「ポスドク募集タイム」をわざわざ設けてくれましたが、なかなか分野などが合致しませんでした。そのときに大野先生から「CVを今すぐに作って配り歩け」と言われ、それを実践したところ、“磁性イオン液体を利用したDNA抽出”を当時やっていた Prof. Anderson が私をアクセプトしてくれました。私の場合も、教授の人となりを知ってから行けたのは良かったと思っています。残念ながらすぐにポスドクとして行くことはできませんでしたが、およそ1年後の今回、Visiting Scholarとして伺うことが叶いました。

Anderson Groupでは、イオン液体を利用した分析化学を研究しており、イオン液体をガスクロマトグラフィーのカラムとして利用している他、イオン液体ポリマーを使って簡易固相抽出などを行っています。そこで私は相互作用を考えながら新規物を含むイオン液体を20種ほど合成し、その分析に供するということを行いました。幸いにも良い結果が出て、現在特許を申請しています。学生時代やっていたイオン液体/クロマトグラフィーの知識がここで役に立つとは夢にも思っていませんでしたが、なんとなく運命めいたものを感じています。

青柳 私の場合は研究留学ではないのですが、留学先としてカナダ・トロントを選んだ理由のひとつに、数多くのカレッジや大学があることが挙げられます。ひとつの分野に対し、数十もの学校から選ぶことができます。また、カナダは移民の町として知られており、様々な文化に触れることができます。私が通っているカレッジでは特にフランス、ブラジル、台湾人が多く、考え方や感情表現の違いに毎日驚かされています。毎週一つの課題が与えられるのですが、このような多種の文化の中で、試行錯誤しながらその課題を遂行するという経験は、世界中の顧客と接する際に確実に活きてくると感じています。



世界中からの留学生、
1クラスになんと8か国！(青柳)

3. 留学先のネイティブスピーカーは多い方が良い？

小林 私のラボは全員ネイティブスピーカーという環境のため、私は予想以上に日常のコミュニケーションで苦労していますが、最終的に目指す英語レベルが格段に上がったので、今ではこの環境で良かったと思っています。特に、ラボの全体ミーティングのディスカ

Overseas Experience

ツションは毎回盛んで、学年やポストを問わず皆が意見を出し合う環境は非常に素晴らしいと感じています。

黒田 反対に、Anderson Group には留学生が多いのが特徴で、16人中12人が留学生でした。私はとにかくリスニングが苦手だったので、ゆっくりと喋ってくれる留学生が周りにいたことで安心できたこと、一歩ずつ着実にステップアップできることなどが良かったと思います。小林くんと比べてのデメリットは、ネイティブ独自の言い回しや細かいニュアンス、文法に疎くなってしまうことかな、と思います。自分を含め、留学生の英語は適当なので、真似をしながら覚えていると、実は違うということも起こりうるかと思います。でも、そんな感じであっても会話やディスカッションは十分に成り立つということもあります。自分の拙い英語にもあまり気負わなくて良かったのはメリットかもしれないと思っています。

小林 たしかに、各人の期間・目標にもよりますけど、留学生が少なからずいることは英語が得意でない人にとってポジティブな要素かもしれないですね。その一方で、先ほども述べましたが、ネイティブが多いことは自分の英語を高いレベルへ持って行くのに最適な環境だと思うので、自分の英語力・留学の目的に合わせてうまく選択できるといいですね。

4. これから留学を考えるみなさまへ

小林 正直、留学前後は大変苦しいことばかりでした。でも、留学先ではそれを上回るほどの楽しい研究や貴重な経験・出会いが待っています。特にアメリカは臨床開発の法規制が緩和されているため、臨床を目指したスピード感のある研究に取り組めます。またラボには MD や PhD など異なる専門領域をもったメンバーが集まっており、ミーティングやコーヒーブレイクの時などに面白いアイディアがたくさん出てきます。それだけでなく、アメリカで出会う日本人も自分とは違う領域で活躍されている方が多く、とても貴重な人脈拡大の機会にもなります。私の留学先の UCSD はアメリカの中でも最先端の医療技術をもつ大学なので、多くの日本人の医者や医療機器メーカーの方々が留学に来ています。最近は UCSD で出会った方々とお酒を飲みながら医療制度や大学病院の実情や課題の話を聞く機会も増えてきました。以上のように、留学先では留学前の自分の想像を超える出来事が良くも悪くもたくさん起こり、これらは必ずや皆さんの成長を促す機会となると思います。私は皆さんに留学を強く勧めます。

青柳 会社を辞めての留学は、今後のキャリアや金銭面の不安が大きく、本当に悩みました。しかし、将来なりたい自分像は、日本の誇る化学製品を世界へ発信できる人材であり、そこに近づくための手段として留学を決意しました。目標を明確にしたおかげで、自分にうまくプレッシャーをかけ、前向きな姿勢で学ぶことができていると思っています。周りには、特に目標も無く、なんとなく留学している人もいます。例えば、留学すれば英語が自然にできるようになるかな、と安易に考えるのは危険で、留学先で怠けてしまえば上達は見込めません。貴重な時間とお金を使って留学するのですから、まずは留学

Overseas Experience

の目標と、その先の人生プランをしっかりと照らし合わせて、慎重に計画すべきです。目標が明確ならば、多少の困難があっても挫けることなく、自分の期待以上の素晴らしい留学生活が待っているはずです。

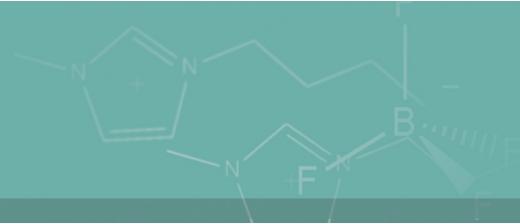
黒田 もちろんたくさんの人々に支えてもらってアメリカへ行くことができましたが、助教として行くのは日本からの仕事もあり、毎日9時～19時は実験、20時から日本の仕事、といった感じで両立が大変というのも事実でした(ボストンでお会いした上智大の藤田先生(大野研で博士取得)も全く同じことを仰っていました)。また、3ヶ月という期間も、もう少し長く滞在できれば研究も英語ももっとできたのに、と思う部分も否めません。それでも、Prof. Andersonとはとても良い関係を築くことができましたし、今後も共同研究を続けていく予定です。それと、小林くんの話の中で人脈拡大という言葉がでてきましたが、世界には日本では行われていない研究をしている教授がたくさんいます。そういう研究室を選んで行ってみるのもいいのではないでしょうか。

今回、記事には色々と書かせていただきましたが、どこへ行っても最後は自分次第で楽しむことができるはずです。それでは楽しい留学ライフを！



Anderson Group のメンバーと
黒田家でホームパーティー！

Laboratory



研究室紹介 ～慶應義塾大学 片山研究室～

慶應義塾大学 理工学部 応用化学科
大学院 理工学研究科 総合デザイン工学専攻

1 はじめに

慶應電気化学研究室は応用化学科に所属し、工学部（当時）設立時から続く理工学部でも最も長い歴史を持つ研究室の一つです。2018年春卒業の4年生は76期生にあたり、この間のOB・OGは600名を超える電気化学分野に留まらず各界でご活躍されています。2018年1月現在、第6代主宰教授である片山靖教授、芹澤信幸助教、立川直樹特任助教の教員3名と17名の学生（博士：1、修士：10、学部：6）の総勢20名でエネルギー変換・貯蔵（二次電池、燃料電池）やマテリアルプロセシング（めっき、合成）への応用を目的としてイオン液体を中心とした非水電解液を主な対象とした電気化学の研究に取り組んでいます。

研究室は神奈川県横浜市の矢上キャンパスにあります。矢上キャンパスは2014年に第4回イオン液体討論会（第45回溶融塩化学討論会と同時開催）が開催された日吉キャンパスから徒歩10分ほどの距離にある理工学部専用のキャンパスで、学部3年生以上が利用します。グランドの下を東海道新幹線が貫いており、品川を出た下り列車が最初に通過するトンネルになります。

2 研究紹介

(1) イオン液体中の金属電析[1]

イオン液体の数ある特徴のうち、水や有機電解液に比べて還元および酸化安定性が比較的高い、すなわち電気化学的電位窓が広いことをを利用して金属の電解析出、採取やナノ粒子作製を検討しています。非プロトン性イオン液体中では水素発生よりも低い（卑な）電位で還元される金属を得ることができる他、パラジウムなどでは水素の固溶による脆化も防ぐことができます。イオン液体の種類や電極電位によって析出形態を変化させることも可能です。特に、より低い電位において電析すると還元された金属の一部は基板上に電着せずナノ粒子としてイオン液体中に分散することがわかっています[2]。水晶の共振現象を利用して電極の微小質量変化や電解液の局所物性を“その場”観察できる水晶振動子マイクロバランス（EQCM）測定を組み合わせてイオン液体中の金属析出・溶解の機構解明を進めています。

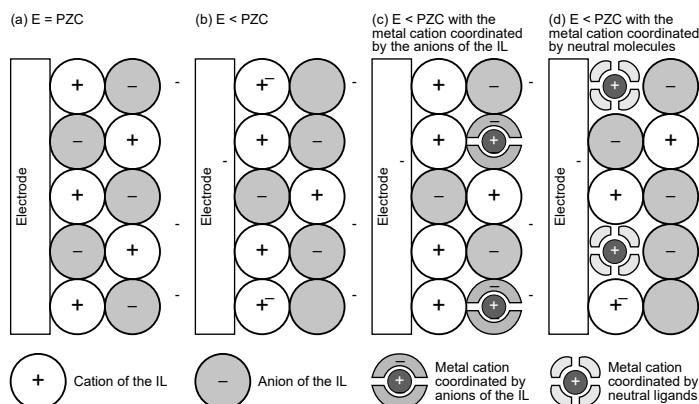


図1 イオン液体/電極界面における電気二重層のモデル

Electrochemistry, **80**, 585 (2012)より許可を得て転載

Laboratory

(2) イオン液体を電解液に用いたリチウム二次電池[3]

イオン液体の難燃性・難揮発性に注目して安全性の高いリチウム二次電池用電解液として検討しています。近年は負極活物質としてリチウム金属の適用可能性を調べています。リチウム金属負極の実用化には平滑な析出形態による短絡防止と、高い析出/溶解効率での充放電サイクルが求められます。当研究室では電解液組成や添加物によるデンドライト（樹枝状）成長の抑制や、析出初期や溶解中のリアルタイム観察による核生成機構や溶解サイトの解明を進めています。

(3) イオン液体中の金属錯体の電気化学[4]

イオン液体中の金属錯体の酸化還元（レドックス）反応は金属イオンの配位環境に大きく依存します。当研究室では鉄やアルテニウム錯体を中心に酸化還元電位、反応速度定数、拡散係数や反応エントロピーなどを調べてきました。これらを通じてイオン液体中の電気化学反応機構を探るとともに、レドックスフロー電池や温度差電池を構築するまでの知見として活用できます。

(4) 研究設備

イオン液体などの非水電解液やリチウムなどの活性の高い金属を扱うためのアルゴン雰囲気のグローブボックスが計 5 台稼働しています。電気化学測定はグローブボックス内に加えて、独自に設計した密閉セルを使用して行います。

電解液や析出物などの評価には理工学部共用の機器分析施設である中央試験所の利用に加えて、研究室独自に走査型電子顕微鏡 (SEM)、粉末 X 線回折装置 (XRD)、赤外分光装置 (FT-IR)、高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-OES)、ガスクロマトグラフィー (GC)、示差走査熱量測定装置 (DSC)、粘度計などを導入してオンデマンドで分析を行っています。中でも SEM、XRD、FT-IR はグローブボックス中で密閉したサンプルを大気非曝露で試料室に導入することが可能で、イオン液体や大気中で活性な金属などの分析に効果を発揮しています。

3 研究室生活

毎週月曜日一限のミーティングでは、各自が一週間の進捗を報告するとともに装置に起きた不具合などの情報を共有します。また週一回の輪講では三週間で全員が一巡するサイクルで研究進捗や最近の文献紹介を行います。また、春学期には配属直後の学部 4 年生を中心に電気化学測定や機器分析に関する勉強会を週一回開催しています。

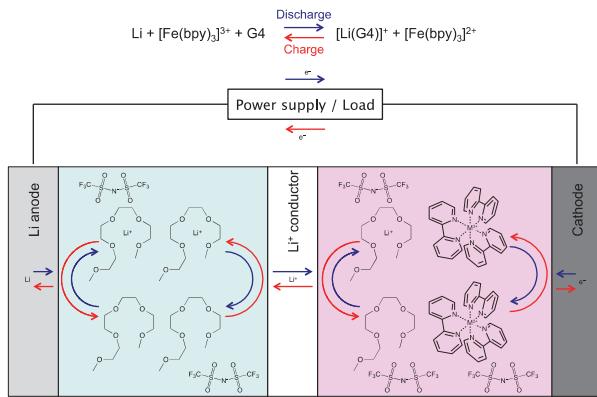


図 2 金属錯体のレドックスを正極反応に利用する二次電池の例

Laboratory

7月の下旬には長野県軽井沢にある加藤山崎教育基金の研修所（旧加藤科学振興会 軽井沢研修所）をお借りして二泊三日の中間発表合宿を行っています。この施設は第2代主宰教授である武井武名誉教授の師であり“フェライトの父”として知られる加藤与五郎先生（東京工業大学名誉教授）が1960年に建てられた教育研修所です。避暑地の快適な環境において昼間は全員が英語で研究発表を行い白熱したディスカッションを行うとともに、夜はアルコールも加わり研究談議や親睦を深めます。以前は花火や最終日にテニスやアウトドアを楽しむこともありました。

伝統的にソフトボールが盛んです。年度により戦力にはらつきはあるものの、理工学部の大会や関東圏の電気化学系研究室が参加するデンカカップスでは強豪校とされています。過去には学部の大会で当研究室からエントリーした2チームが勝ち進み、決勝戦が紅白戦となつた伝説も語り継がれています。



図3 軽井沢研修所にて集合写真
(2017年7月)

参考文献

- [1] (a) *J. Electrochem. Soc.*, **148**, C102 (2001). (b) *Electrochemistry*, **69**, 834 (2001). (c) *Electrochemistry*, **73**, 567 (2005). (d) *J. Electrochem. Soc.*, **154**, D534 (2007). (e) *Electrochim. Acta*, **53**, 87 (2007). (f) *Electrochim. Acta*, **53**, 6530 (2008). (g) *Trans. Inst. Metal Finish.*, **86**, 205 (2008). (h) *Electrochemistry*, **77**, 630 (2009). (i) *Electrochim. Acta*, **54**, 7502 (2009). (j) *J. Electrochem. Soc.*, **156**, D503 (2009). (k) *Electrochim. Acta*, **55**, 9019 (2010). (l) *Electrochemistry*, **78**, 808 (2010). (m) *Electrochim. Acta*, **56**, 346 (2010). (n) *Electrochim. Acta*, **56**, 1190 (2011). (o) *Electrochim. Solid-State Lett.*, **14**, D110 (2011). (p) *J. Electrochem. Soc.*, **159**, D699 (2012). (q) *Electrochim Acta*, **85**, 622 (2012). (r) *J. Electrochem. Soc.*, **160**, D251 (2013). (s) *Electrochim. Acta*, **123**, 303 (2014). (t) *Electrochim. Acta*, **183**, 42 (2015). (u) *J. Electrochem. Soc.*, **163**, D259 (2016). (v) *J. Electrochem. Soc.*, **163**, D401 (2016).
- [2] (a) *J. Electrochem. Soc.*, **158**, D567 (2011). (b) *Electrochemistry*, **81**, 532 (2013). (c) *J. Electrochem. Soc.*, **160**, D423 (2013). (d) *J. Electrochem. Soc.*, **161**, D87 (2014). (e) *Electrochim. Commun.*, **52**, 21 (2015). (f) *Electrochim. Acta*, **183**, 37 (2015). (g) *Electrochim. Acta*, **249**, 263 (2017).
- [3] (a) *Electrochemistry*, **71**, 1033 (2003). (b) *J. Power Sources* **195**, 6162 (2010). (c) *J. Electrochem. Soc.*, **160**, A1529 (2013). (d) *J. Electrochem. Soc.*, **162**, H634 (2015). (e) *J. Power Sources*, **295**, 162 (2015). (f) *Electrochemistry*, **8**, 824 (2015). (g) *Electrochemistry*, **8**, 846 (2015). (h) *Electrochemistry*, **85**, 667 (2017).
- [4] (a) *J. Power Sources*, **109**, 327 (2002). (b) *Electrochemistry*, **73**, 564 (2005). (c) *J. Electrochem. Soc.*, **153**, E5 (2006). (d) *Electrochim. Acta*, **52**, 3317 (2007). (e) *J. Electrochem. Soc.*, **F211** (2007). (f) *Electrochemistry*, **77**, 639 (2009). (g) *Electrochemistry*, **77**, 642 (2009). (h) *Electrochim. Solid-State Lett.*, **12**, F39 (2009). (i) *Electrochim Acta*, **82**, 43 (2012). (j) *J. Electrochem. Soc.*, **160**, H219 (2013). (k) *J. Electrochem. Soc.*, **160**, H309 (2013). (l) *Electrochim. Acta*, **131**, 36 (2014). (m) *J. Electrochem. Soc.*, **162**, H501 (2015). (n) *J. Electrochem. Soc.*, **164**, H5286 (2017).

Eulogy

Seddon 先生を偲んで

東京農工大学 学長
大野弘幸

Kenneth R. Seddon 教授が 2018 年 1 月 21 日に急逝されました。イオン液体研究の世界で彼の名前を知らない人はいません。イオン液体のみならず、博識で典型的な英国紳士であつた彼の存在は我が国のみならず、世界中に影響を及ぼしていただけに、この悲報は多くの人々を深い悲しみに沈ませました。彼のイオン液体研究を含む Green Chemistry 分野の偉業については周知のことなので、ここには学術的な部分を除いた極めてプライベートなことを述べることにします。

私が Ken と最初に会ったのは 2003 年 1 月 14 日に当時東大教授だった濱口宏夫先生が Ken を招待し、基盤研究の全体会議を開催した時でした。名前は当時から良く知っていましたが、会ってみると毛むくじゅらのおじさんという強い印象を受けました。しかし、話してすぐに意気投合し、会の終了後、本郷 3 丁目を二人で歩いた記憶があります。翌日には我々の研究室を訪問してくれ、いろいろと議論しました。その後も国際会議などで良く会い、我々の研究室にも数回来てくれました。Ken はアルコールが全くダメなのにもかかわらず、学生とのワインパーティにはいつも参加し、いろいろ話してくれました。

彼と最後に会ったのは 2017 年 2 月にブリュッセルの Solvay Institute で開催された Solvay Symposium on Ionic Liquids でした。日本からの参加者は私だけで、彼とはホテルが一緒だったので、足の調子が悪かった Ken をケアするため、会議期間中ほとんど一緒にいました。往復のタクシーの中や二人での夕食など、沢山話す時間がありました。その時に私が癌だったという話をしたと思います。その時は、「働き過ぎるなよ」と言ってくれましたが、その言葉は Ken 自身に言っていたのかも知れません。



私は 2009 年 10 月に前立腺癌が見つかり、既に Stage 4 であったため急遽 2010 年 1 月に全摘手術を受けました。失ったものもありましたが、命と引き換えたと思って納得しました。私が手術で癌を摘出したと話すと、「実は私も癌で…」と打ち明けてくれた大教授の数は片手に余ります。Ken もその一人で、2017 年 5 月に completely confidential なメールで彼が前立腺癌であることを告白してきました。QUILL の研究費獲得に影響するので、誰にも言わなという約束をこれまで厳守してきました。詳細は書きませんが、体調に関するこその後のメールでやり取りしてきました。何も措置しなければ余命 18 ヶ月以内ということも聞きました。辛い処置にも耐えなくてはいけない、という彼に 2019 年英国で開催する COIL

Eulogy

を盛大に成功させようと約束したものです。昨年暮れ以降の彼の Facebook への書き込みでは「最近惜しい人を亡くした」というようなコメントがいくつか見られるようになり、彼の病状が決して楽なものではなかったことを示唆しています。

Ken はイオン液体関連の国際会議やシンポジウムに参加し、議論するため世界中を走り回ってました。ほとんど自宅に戻らない多忙な生活を続け、イオン液体の普及にも力を注いできました。博識でユーモアがあり、だれとでも仲良くする半面、若手の発表態度が悪ければ辛口のコメントを述べ、正義ではないことには敢然と異を唱える姿は英國紳士そのものであり、専門知識以外にも見習うべきことを彼から学んだ人は少なくないと思います。親日家であった彼のためにも我が国から今後とも良いイオン液体研究を発信して行きたいものです。

親友である Kenneth R. Seddon 教授のご冥福を心からお祈り申し上げます。

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会議

■平成 30 年度イオン液体研究会 ■

テーマ： Where are ionic liquid researches heading?

日時： 2018 年 6 月 8 日（金）

会場： 上智大学 四谷キャンパス

（〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1）

参加費： 無料

懇親会費： 無料

世話人 藤田 正博

■イオン液体研究会平成 30 年度総会 ■

日 時: 2018 年 6 月 8 日（金）

場 所: 上智大学 四谷キャンパス

議 題: 平成 29 年度会計報告

平成 29 年度活動報告

平成 30 年度活動予定

■第 9 回イオン液体討論会 ■

日時： 2018 年 10 月 29 日（月） -30 日（火）

会場： 米子市民ホール

懇親会： ワシントンホテル米子

若手の会

■ APCIL-6 ■

The 6th Asian-Pacific Conference on Ionic Liquids & Green Processes

<https://sites.google.com/site/apcil6homepage/home>

October 31 – November 3, 2018

Yonago City Hall, Yonago, Tottori, Japan

Host: Ionic Liquid Research Association Japan

Organizer: Tottori University, Center for Research on Green Sustainable Chemistry

Co-organizer (tentative): The Chemical Society of Japan, The Electrochemical Society of Japan,
The Society of Polymer Science Japan, The Japanese Society for Process Chemistry

Announcement

関連国際会議

■ 第 35 回溶液化学国際会議 ■

日時：2018 年 8 月 26 日（日）-30 日（木）

場所：セゲド（ハンガリー）

要旨提出締切：2018 年 4 月 30 日（月）

URL : <http://www.mke.org.hu/ICSC2018/>

■ EMLG/JMLG annual meeting 2018 (第 41 回溶液化学シンポジウム併催) ■

日時：2018 年 11 月 4 日（日）-8 日（木）

場所：名古屋大学

URL : <http://www.solnchem.jp/emlg2018/index.html>

Editorial Note

■編集後記

編集委員としてサーキュラーに関わり 4 年が経ちました。2 号までは木村先生（同志社大）がおひとりで編集をされていましたが、何人かで編集作業をする方が良いということで、農工大の藤田恭子先生（現・東薬大）と共に 3 号より編集委員に加わりました。木村先生、藤田先生が 8 号で編集委員をご卒業され（実際は 9 号までは関与していただきました）、私が古株になってしまいました。遅ればせながら、木村先生、藤田先生、お疲れ様でした！これまでには編集委員長の木村先生による的確なご指示の下で動いていましたが、9 号から編集委員に就任された松本先生と黒田先生と共に（藤田－牧野－王のような？）トロイカ体制で運営しています。

木村先生からは「新体制では従来にとらわれず自由にやってくれ」とのお言葉を戴きましたので、これまでの企画に加え新企画を編集委員 3 名で練っています。その一つとして今回は、サーキュラー 10 号を記念して、イオン液体研究の「第一人者」である西川先生にご一筆お願ひいたしました。特定領域研究「イオン液体の科学」（2005–2010 年度）申請前・採択後の裏話が伺え、当時を知る身として大変興味深く読ませていただきました。黒田先生のご提案でミニコーナーを設けましたが、お付き合いいただき誠にありがとうございました。今号は梅林先生のグループによる特集記事、イオン液体討論会・若手の会開催報告、ポスター賞受賞者紹介、黒田先生らによる（一風変わった）留学体験記、電池討論会参加報告、片山研究室紹介と盛り沢山のサーキュラーに仕上りました。そして Seddon 先生の訃報に接し、大野先生へ追悼文のご執筆を依頼したところ、時をおかず成稿して戴きました。誠にありがとうございました。

そして、今号にご執筆していただいた全ての方々に感謝申し上げます。

（横浜国立大学 小久保 尚）

■編集委員

松本 一彦（京都大学大学院エネルギー科学研究所・准教授）

小久保 尚（横浜国立大学大学院工学研究院・特別研究教員）

黒田 浩介（金沢大学理工研究域・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@officenpolaris.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。