



イオン液体研究会

サーキュラーNo.21

CONTENTS

- P1 代表世話人挨拶**
となりの人と話をすることから始めるグローバル化 大阪大学大学院工学研究科 桑畑進
- P4 Topics**
イオン液体を利用したエレクトレット材料の開発 一般財団法人電力中央研究所 小野 新平
- P11 開催報告**
2023年度イオン液体研究会 金沢大学 黒田 浩介、高橋 憲司
イオン液体先端課題研究会 –イオン液体学の構築を目指して–
Vol. 3. 電池応用に向けた現状と課題 名古屋工業大学 本林 健太
分子研研究会
イオン液体インフォマティクスの発展にむけて 東京大学 北田 敦
- P18 学会参加報告**
The 9th International Congress on Ionic Liquids (COIL-9) 参加報告
金沢大学院自然システム学専攻 黒田研究室 博士後期課程1年 石崎 建、蜂巢 歩
生命理工学専攻 博士前期課程1年 松田 佑也
- P20 受賞報告**
COIL-9 Congress on Ionic Liquids 2023, Best Poster Prize Award
横浜国立大学 PHILIPPI Frederik
- P21 留学体験記**
Exploring Boundaries: A Transcontinental Journey from Portugal to Japan
University of Kanazawa Postdoctoral Researcher, Ana M. Ferreira
- P25 研究グループ紹介**
～神戸大学 持田研究室～
- P28 事務局からの連絡**
第13回イオン液体討論会など

Greetings



となりの人と話をすることから始めるグローバル化

大阪大学大学院工学研究科
桑畑 進

私は幼少時から根っからの理系で、文学書は苦手の、いわゆる本嫌いでした。今はほぼ解消しているものの、理系の雑誌等を読むときには興味のある記事中心に読んでしまい、こういう巻頭言は後まわしかパスしてしまいます。でも、色々な役に就く年頃となって巻頭言を依頼されて執筆するようになると、(私にとっては)意外なほど若い研究者や学生から「読みましたよ」と言われ、驚いております。ということで、今回は若い人向けに書いてみることにします。(注:年輩の方は読むなという意味ではありませんが・・・汗)

アメリカでは「エレベータートーク」という言葉と多くの例文があります。短時間でも相手の印象に残る話をする技術で、競争の激しいあの国のビジネス社会では、成功のための必須スキルだと言われています。事実、海外での学会等の会議で会場が複数階にある時、エレベーターで乗り合わせた人が名札で同じ会議に参加していることがわかると「どの会場に参加しているのか?」「その会場は *prosperous* か?」等をササッと話して、扉が開いたら「See you」と言って別れるカッコ良い姿を見る機会が多々あります。私もそれをするように心がけていますが、なぜか知らない日本人同士だと話が弾みません。日常生活でも、マンションの比較的上の階に住んでいる私は、通勤時に途中からエレベーターに乗ってくるご近所さんに「おはようございます」と声をかけますが、ほとんどの方は入って挨拶を返した後、扉の方を向いて、私に背中を向けて会話は終了。中学生、高校生(特に男子)だと挨拶も返してくれません。顔を合わせる機会が多い方で、以前に話したことのある方とは天気の話等をしますが、それでも話をしたことが無い方が入れば終わり。

エレベータートークに限らず、学会や会議等においても「では、この発表(or 議題)のご質問を受けませんが、いかがでしょうか?」の後に続くのは「し～ん」という気まずい沈黙。大学教員の場合、学生らに「積極的に質問しなさい」とか「日本の学生はシャイで質問とかしませんが」と日頃から言っているのにも関わらず、同じ状況になると学生らとほぼ同じ反応で、議長が指名したらやっとこさ発言。海外ではまず経験しない沈黙のひとつ。私は中国のある大学の客員教授で、コロナ禍前は年に2-3回行っておりました。久しぶりに行った初日に広いキャンパスを歩いていると、かなり離れた所から「プロフェッサー・クワバタ」と呼ばれ、そちらを見ると深々とお辞儀をされます。おそらく、前回の講義を受けた学生だと思います。(注:ちなみに、私はそれだけ遠くからも認知して貰えるのが得意技のひとつです(笑)) このようなこと、日本では経験したことがありません。特に学

Greetings

部学生の挙動は面白く、私を知らない学生は通りすがりにチラッと見たあと視線を真っすぐに戻すだけですが、私の授業を受けている学生は私とすれ違うかもしれないことを察知すると、急に歩く方向を変えるか、それが無理で近づくと後ろを見るとかスマホを見るとか、「あなたの存在を認知してませんよ」とアピールして挨拶せずに済むように頑張ります。授業中にそういう話を身振り手振りしながら話すと皆が笑い、その後挨拶してくれる学生が増えますが、しばらくすれば元通り。

海外の先生方にそういう状況を説明するのに、「Japanese students are very shy.」と言うのですが、もう 30 年以上言い続けていますが状況は変わらず、会議時の先生方の態度も変わらず。なぜなのでしょう？ 1992 年からアメリカ・コロラド州に 1 年間滞在していた私は、初対面でも昔からの知り合いのように普通に話をするあの国の人たちを見て「私もそうだろう」と決心するとともに「なぜ日本人はそうできないのか？」を考え始めるようになりました。たとえば、保育園 (Day-care) に通っている娘を迎えに行くと建物に入り、入口近くで遊んでいた男の子が私と目が合うと、その子は逃げることも照れて視線を外すこともなく「Hey! Susumu. How's it going?」と挨拶し、クルッと振り向いて「Hey! Rei (娘の名前です), your daddy is coming.」と大声で娘に私の到着を知らせてくれました。ちなみに、その子はよく知っている子でもないので、日本の保育園ではありえない一場面。こういうのを見ると「民族の違いかなあ？」と思ったり、またクリスマスの保育園の催しでサンタさんが来て、クラスの子やその両親がビッシリと居る前で、ひとりひとりサンタさんの膝に座らされ「Have you been good?」「What do you want for Christmas present?」等の会話を普通に話しているのを見て、「やはり幼少からの教育の違いかなあ？」と思ったり。この時、我が娘は途中で泣き出したので、私が救いました。そういう考察し続けて色々な仮説が頭に浮かんでいますが、それはここでは横に置いておきます。

では、日本にはそういう人はいないのか？・・・います、います。このイオン液体研究会にはいっぱいいます。そのよう言えば、皆さんの頭には大野先生、渡邊先生、伊藤先生はすぐに浮かぶことでしょう。西川先生も吸い込まれてしまいそうな穏やかな笑顔で、初対面の人であっても優しく受け入れて下さいますし、6 月のイオン液体研究会のお世話を頂いた黒田先生や高橋先生からも、初対面だからといって警戒する顔になるとは想像もつきません。実際、2005 年度から開始された特定領域研究である「イオン液体の科学」では、イオン液体という得体の知れない物質 (当時) を扱っている研究者は、各大学に少数ずつしかおらず、しかも異なる分野で興味を持った人たちの集まりゆえ、ほとんど初めましての方ばかりでした。でも、思い返してもそんな雰囲気は記憶になく、最初の懇親会から大変にぎやかでした。それを基に「なぜ日本人はアメリカ人のようではないのか？」を再考した場合、なぜの理由の仮説は置いといたとしても、イオン液体のような得体の知れない「物」に興味を持つような人は、初対面で得体の知れない「者」にも興味を持ってためらわずに普通に話しかけられるのかもしれない、という新たな仮説を立てることができました。

英語には「explore」(訳:探検する、調査する)という単語があり、新しい場所とか新しいもの等についての説明記事には頻繁に登場する単語で、おそらく開拓精神が強いアメリカ人の好む単語のひとつだと思っています。私はこの単語とは、スタートレックの最初のシリーズの始まりのアナウ

Greetings

ンス「Space, the final frontier. . . . It's five year mission, to explore strange new worlds, to seek out new life and new civilizations, to boldly go where no man has gone before.」で初めて出会い、心をときめかせる単語でした。(注:ちなみに、次のシリーズでは It's continuing mission , to explore strange new world, . . .に変わってました)

ということで、イオン液体研究会のメンバーになられた若い研究者の皆さん、世界の研究者と本当の意味で対等に接し、研究を切磋琢磨できるようになるためには、彼らに媚びを売っての笑顔ではなく、Explore の精神を基とした心からの笑顔で接し話ができるようになって下さい。そのためには、国内でも友人と初対面の人と分け隔てなく話ができる、国際的日本人になって下さい。「Ionic liquid, the final frontier in chemistry field」になるかどうかは不明ですし、若い皆さんの前には次の Frontier が出てくる可能性も十分にあります。新しいもの(物 and 者)に躊躇せず、積極的に向かい合う精神が皆さんを国際化するのだと信じております。そして、大学の教員の皆さんは、どうやったら学生らに隣にいる知らない人とエレベータートークをさせられるようになるか、考えて教育に工夫してみてください。「隣の見知らぬ人と話ができること」が、グローバルな人間になる必要十分条件ではないかと、本嫌いだった年寄りも思っております。

イオン液体を利用したエレクトレット材料の開発

一般財団法人電力中央研究所

小野 新平

1. はじめに

イオンは最も身近にある材料の一つである。そして、全ての生物はイオンを活用して生命活動を行なっている。人間は生命を維持するために、Na や K イオンを利用して身体の水分量を制御することで循環器を“維持”し、Ca イオンを用いて痛みなどの情報を“センシング”している²⁾。また、イオンは生体機能(例えば骨や歯など)の“修復”にも用いられており³⁾、人間の高度な生命活動の全てにイオンが関係しているといっても過言ではない。この様に生物内では高度なイオン制御を行なっており、また、イオンの持つ潜在能力は想像以上に多岐にわたっている。しかし、人類はこれらの高度なイオンの制御技術、およびイオンの機能を積極的に活用することがほとんどできていない。現時点で、イオンの機能を利用したデバイスとして実用化まで進んだのは電池やコンデンサといった“エネルギー貯蔵機能”(電気化学反応やイオン蓄積と放出)だけに留まっている。

我々は、「イオンの電気二重層を利用して新しい材料物性を探索する」という目的で、イオン液体に電圧を印加した際に形成される電気二重層を利用した材料の新機能創発と、その機能を利用した新規イオンデバイスの研究を行っている。電気二重層の作り出す超強電界を利用することで、イオン液体—材料界面に多くの電荷を誘起することができ、材料の物性を大幅に変調することができるようになった。このようにイオン液体の持つ多彩な性質を利用することで、イオンの持つ潜在能力を引き出すだけでなく、その機能を利用した多数の新規デバイスを実現できるようになった。本稿では、イオンを利用した電気二重層エレクトレット(永久電荷)材料に関する紹介を行う。一般的にはイオン移動度を向上させる研究が盛んに行われているが、それとは逆転の発想で、あえてイオンを固定化し永久電荷として利用することに挑戦した。

2. イオン液体が作り出す電気二重層

電気二重層とは、電解質を電極で挟み電極間に電圧を印加すると電解質の中でイオンの移動が起こり、正極には負イオンが負極には正イオンが蓄積された状態のことをいう。電気二重層の厚みは、イオンのサイズや構造によって決まるが、およそ 1 nm 以下であると言われている。印加した電圧は、電気二重層を形成しているイオンと電極の間にかかることから、イオンと電極の間の界面には超強電界を誘起することができる。例えば、1 V の電圧を電解質に印加するだけで、電気二重層と電極の間には、10 MV/cm という超強電界がかかる。この強電界が電極の表面で終端されるため、多くの電荷を電極の界面に蓄積することができる。この原理を利用したのが、電気二重層キャパシタであり、一般的な固体絶縁体を電極で挟んだキャパシタの 100 倍以上の電荷を

Topics

蓄積することができる。電解質としてイオン液体を利用した場合、電気二重層の静電容量は、現時点では最大 $10^{-4}\text{F}/\text{cm}^2$ 程度であり、キャパシタに蓄積できる電荷は最大 $10^{15}/\text{cm}^2$ まで達することが報告されている。⁴⁾⁻⁶⁾

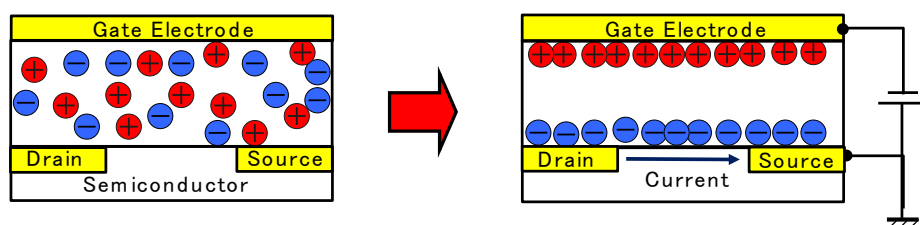


図1 電気二重層を利用した電界効果トランジスタの概念図

我々は、このイオン液体の電気二重層の作り出す超強電界を利用して材料の新機能探索の研究を行なっている。イオン液体を利用した電界効果トランジスタ構造(図1)を用いることで、半導体材料の金属—絶縁体転移の制御、磁性金属材料の磁性制御の研究などの新規物性探索を行った。一般に電界効果による電荷注入が可能な材料は、半導体、もしくは絶縁体に限られていたが、イオン液体の電気二重層を用いることで、金属へも電荷注入を行うことが可能となり、それに伴って金属の物性制御も行える様になった。これは、固体ゲート絶縁体を用いた電界効果と比較して、100 倍の電荷注入が行えることによる。また、これらの機能を利用して、超低電圧駆動が可能で、高い電荷移動度を実現する電界効果トランジスタ^{7), 8)}、磁化方向の制御を利用したスピントロニクスデバイス^{9), 10)}、熱電変換素子¹¹⁾などの新規イオンデバイスを提案した。さらに、イオンを積極的に移動させることで、自己組織 PN 接合の形成を利用した発光デバイス¹²⁾、正負のイオンサイズの差を利用したアクチュエータ¹³⁾などの作製などに成功した。

これらのイオンデバイスや二次電池の研究では、“如何にイオンを移動しやすくするか”に注力して研究が行なわれている。高いイオン移動度が実現できれば、デバイスをより高速に駆動することや、高速で充放電をすることができるというメリットがある。例えば、イオン液体の静電容量の周波数依存性を測定すると、低周波数から 100 kHz の高周波まで静電容量が高い状態を維持している。このことは、100 kHz 程度の周波数まで、イオンが印加した電圧に追従して移動して、電気二重層が形成されていることを意味する。100 kHz 以上の高速で電界効果トランジスタを駆動するためには、更なるイオン移動度の向上が求められる。そのために、イオン液体の低粘性化や、イオンの乖離度を向上させることで、高イオン移動度の実現を目指した研究が行われている。

3. 電気二重層エレクトレットの作製

次に、イオン液体を用いた電気二重層の研究の発展形として、あえてイオンの動きを“固定化する”という逆転の発想で、イオンのもつ電荷をエレクトレット(永久電荷)として利用することに挑戦した。エレクトレットとは半永久的に電荷を保持する帯電体のことで、江口元太郎によって考案され

Topics

た材料である。マグネットが双極性の磁場を永久に発生させるように、エレクトレットは誘電体に電荷を埋め込んだものであり、半永久的に静電界を発生させることができる材料のことである。現在ではエレクトレットは、マイクロホンや集塵機などとして利用されている。一般に、エレクトレット材料としては、 SiO_2 などの無機材料系と、フッ素樹脂などの有機材料系が使われている。 SiO_2 を利用したエレクトレット材料は、シリコンの Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)技術との整合性が高く、微細加工技術を利用してエレクトレット材料を設計・製造できることから、エレクトロニクスに多く用いられている¹⁴⁾。また、有機材料系ではフッ素樹脂である CYTOP 材料が、疎水性材料であり、非常に高い表面電荷を保持できることが報告されている¹⁵⁾。どちらの材料も、エレクトレット化を行う際には、高温に加熱して高い電圧を印加、もしくはコロナ放電を印加する必要があり、より簡易(室温および低電圧)で作製できるエレクトレット材料が求められていた。また、エレクトレットの性能向上のために、表面電荷密度を増大させる必要がある。そこで、我々はイオン液体を用いて電気二重層をエレクトレット化することに挑戦した。電気二重層エレクトレットが作製できれば、原理的には表面電荷密度が従来のエレクトレットと比較して 100 倍以上向上することができるはずである。また、室温で数 V の電圧を印加するだけで電気二重層が形成することから、簡易にエレクトレットが作製できると考えた。

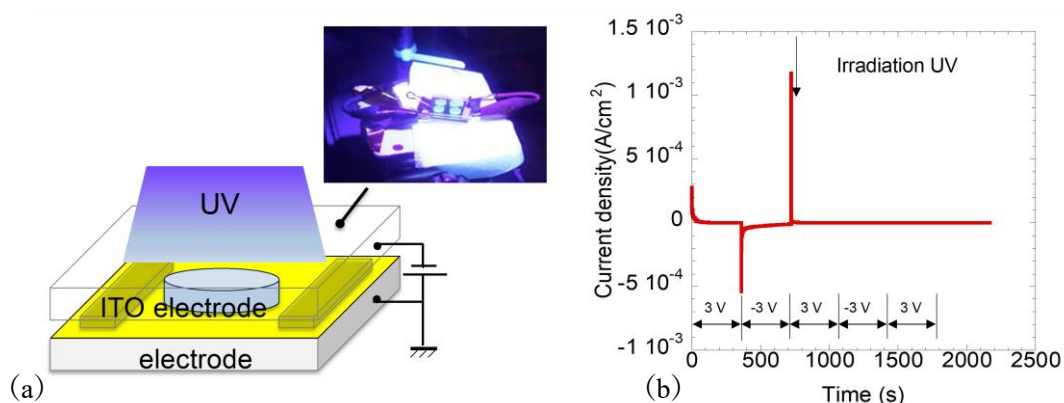


図2 (a)電気二重層エレクトレットの作製法。(b)電気二重層エレクトレットを作製時に電極間に流れる電流。UVを照射するとイオンが固定化され、ほとんど電流は流れない。

電気二重層エレクトレットを作製するために、電気二重層を形成した状態で、イオンを固定するにはどうしたらよいか？イオンを固定化するためには以下の2通りの方法が考えられる。1) 不飽和結合をもつ正負イオン液体を選択し、電気二重層を形成した後にイオン液体とポリマー材料の間で重合を行う、2) 高密度のネットワークポリマーの中にイオンを囲い込み、イオンを固定化する。現段階では、いずれの方法でも電気二重層エレクトレットを作製することに成功している。作製の手順として、1) ポリマー材料、イオン液体、光重合開始剤を混合したものを電極(片側は透明電極であるITO)の間に挟む。2) イオン液体の電位窓を超えない程度の電圧を電極間に印加し電気二重層を形成する。3) 電気二重層を維持したまま、UV

Topics

照射をすることで、イオン液体とポリマー材料の重合、もしくはネットワークポリマーを重合させて、電気二重層エレクトレットを作製した。

果たして電気二重層を形成した後にポリマー内に本当にイオンが固定されるのであろうか？まず、イオンが重合反応によって固定化されていることを確かめた^{16), 17)}。ポリマー材料とイオン液体を混合し、電極で挟み電圧を印加すると、イオンの移動によって電流が流れる。この電流は電圧を印加した直後は大きく流れるが、指数関数的に減少していく。また、電流がおおよそ数 nA オーダーで落ち着くが、この状態で電気二重層が形成されていると考える。また、印加する電圧を反転させると、今度は反対方向に電流が流れる。したがって、電圧印加によって流れる電流は、イオンの移動によるものと考えられる。したがって、イオンとポリマー材料の混合物に UV を照射する前後で流れる電流量を比較することで、ポリマー内に固定化されているイオンの量を見積もることができると考えられる。

まず、不飽和結合を持つイオン液体によるイオンの固定について調べた。アクリレート系のポリマー材料と不飽和結合を持つイオン液体、および不飽和結合を持たないイオン液体を用いて、UV の照射前後で流れる電流を調べた。正負のイオンとも不飽和結合を持つイオン液体を用いた場合は、UV の照射後に印加する電圧を反転させてもほとんど電流が流れない。それに対して、不飽和結合を持たないイオン液体を用いた場合は、UV の照射後も、照射前と同じ程度の電流が流れることが明らかになった。このことは、不飽和結合をもつイオン液体を利用することで、重合反応によりイオンを固定化できることを示している。今度は、ネットワークポリマーを用いた場合についても同様な実験を行なった。その結果、正負イオンともに不飽和結合を持たないイオン液体を用いた場合は、UV の照射後も電流が流れるが、不飽和結合をもつ正イオンと、不飽和結合をもたない負イオンを用いた場合は、UV の照射後にはほとんど電流が流れないことが明らかになった。何故、正イオンのみ不飽和結合を持つイオン液体を利用した場合のみ、イオンが固定できるのか不明であるが、ネットワークポリマーを用いた場合でも、イオン液体の種類によっては、イオンを固定化できることを示している。

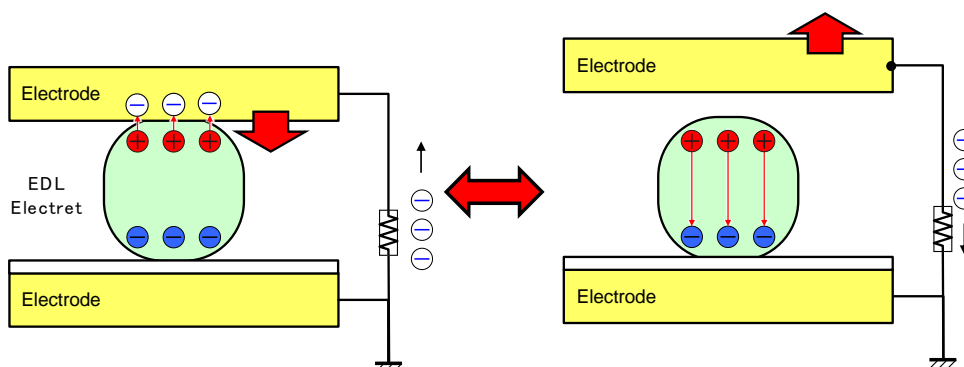


図3 電気二重層エレクトレットを利用した振動発電素子の概念図。上部電極が電気二重層に接触、解離することで発電する。

Topics

上記の実験で、イオンをポリマー中に固定できることが明らかになったが、電気二重層が固定できているのかは自明ではない。そこで、作製した電気二重層エレクトレットを電極で挟んだ振動発電素子を作製して、その性能を調べた。電気二重層エレクトレットを用いた振動発電素子の概念図を示す(図 3)。電気二重層エレクトレットに、電極を接触、もしくは解離することで、静電誘導で電極に電荷が蓄積、もしくは放出される。そこで、電気二重層エレクトレットの正イオン側を電極に接触・解離をした場合と、負イオン側を電極に接触・解離をした場合の発生する電流の向きを調べた。

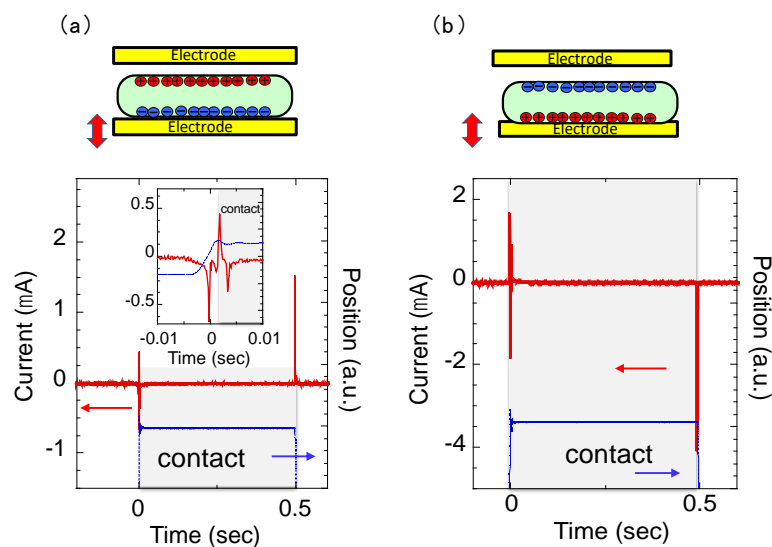


図 4 (a) 正イオン側、(b)負イオン側の電気二重層エレクトレットが電極に接触・解離した際に発生する電流を赤線で、電極の位置を青線で示す。

図 4 に電気二重層エレクトレットを利用した振動発電素子より発生する電流(赤線)を示す。電気二重層エレクトレットが、電極に接触・解離する際に電流が発生することがわかる。電気二重層の巨大な静電容量を利用できることから、静電誘導で電極に蓄積される総電荷量は巨大となり、大きな電力が得られる。直径 5mm 程度のサイズの電気二重層エレクトレットを利用した結果、一回の接触当たり 0.3 μJ の電力が得られることがわかった¹⁸⁾。また、電極に接触する直前から電極間に電流が流れている(図 4 挿入図)。振動周波数が早くなると、この電流は増加するが、これは静電誘導による効果であると考えられる。さらに、電気二重層エレクトレットが電極に当たった直後にも上下に電流が発生する。この時、電極は電気二重層エレクトレットを押し込んでいる状態になっており、電気二重層エレクトレットに圧力が加わったことによる圧電効果、または接触帯電による効果であると思われる。次に、解離時に注目すると、電気二重層エレクトレットの正イオン側と負イオン側で流れる電流の向きが反転していることがわかる。このことは、電気二重層エレクトレットの正イオン側と負イオン側で異なる符号の電荷が固定されていることを示しており、電気二重層が固定化されている証拠となる。電気二重層エレクトレットを利用した振動発電素子の発電量は、電極に接触する表面積を増大することで大きくなることは自明である。また、振動の振幅がある程度

大きければ、低周波から高周波までの振動まで対応することができるであろう。現在、得られた電流を整流、蓄電して、センサの電源として利用する研究を進めているところである。

4. まとめ

本稿では、イオンを利用した新材料として、イオンを固定した電気二重層エレクトレットに関して紹介を行った。イオンをあえて固定化することによって、イオンの電荷だけを利用する新しいエレクトロニクスの可能性を示すことができた。本稿では紹介できなかったが、片側のイオンだけを固定化した電気二重層エレクトレットの作製や、それを利用した電界効果トランジスタなど新しいイオントロニクスの可能性が見えてきた。磁石が現代のエレクトロニクス産業に不可欠な材料であるように、この電気二重層エレクトレットには、人類がまだ見ぬ高い潜在能力が隠されていると筆者は信じている。イオントロニクス研究はまさに始まったばかりであり、今後の発展が大いに期待できる。

文献

- [1] M. Gowrishankar, C. B. Chen, J. P. Mallie, M. L. Halperin. *Kidney Int.* **1996**, 50, 1490.
- [2] A. Miyawaki, J. Llopis, R. Heim, J. M. Mccaffery, J. A. Adams, M. Ikura, R. Y. Tsien, *Nature* **1997**, 388, 882–887.
- [3] R. Williams, *Biochimica et Biophysica Acta.* **2006**, 1763, 1139-1146.
- [4] S. Z. Bisri, S. Shimizu, M. Nakano, and Y. Iwasa, *Adv. Mater.* **2017**, 29, 1.
- [5] H. Shimotani, H. Asanuma, and Y. Iwasa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **2007**, 46, 3613.
- [6] M. J. Panzer, C. R. Newman, and C. D. Frisbie, *Appl. Phys. Lett.* **2005**, 86, 103503.
- [7] M. Nakano, K. Shibuya, D. Okuyama, T. Hatano, S. Ono, M. Kawasaki, Y. Iwasa, and Y. Tokura, *Nature* **2012**, 487, 459.
- [8] S. Asanuma, P. H. Xiang, H. Yamada, H. Sato, I. H. Inoue, H. Akoh, A. Sawa, K. Ueno, H. Shimotani, H. Yuan, M. Kawasaki, and Y. Iwasa, *Appl. Phys. Lett.* **2010**, 97, 142110.
- [9] Y. Yamada, K. Ueno, T. Fukumura, H. T. Yuan, H. Shimotani, Y. Iwasa, L. Gu, S. Tsukimoto, Y. Ikuhara, and M. Kawasaki, *Science* **2011**, 332, 1065.
- [10] K. Shimamura, D. Chiba, S. Ono, S. Fukami, N. Ishiwata, M. Kawaguchi, K. Kobayashi, and T. Ono, *Appl. Phys. Lett.* **2012**, 100, 122402.
- [11] Sunao Shimizu, Tomoya Kishi, Goki Ogane, Kazuyasu Tokiwa, and Shimpei Ono, *Scientific Reports* **2022** 12, 10908.
- [12] Tomo Sakanoue, Kosuke Sawabe, Yohei Yomogida, Taishi Takenobu, Shiro Seki, and Shimpei Ono, *Applied Physics Letters* **2012**, 100, 263301-1 – 263301-4.
- [13] Takafumi Yamaguchi, Naoto Usami, Kei Misumi, Atsushi Toyokura, Akio Higo, Shimpei Ono, Gilgueng Hwang, Guilhem Larrieu, Yoshiho Ikeuchi, Agnes Tixier-Mita, Ken Saito, Timothee Levi, Yoshio Mita, *Journal of Microelectromechanical Systems* **2022**, 1-112022

Topics

- [14] H. Toshiyoshi, S. Ju, H. Honma, C.-H. Ji, and H. Fujita, *Sci. Technol. Adv. Mater.* **2019**, *20*, 124.
- [15] Y. Suzuki, *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.* **2011**, *6*, 101.
- [16] a) S. Ono, K. Miwa, J. Iori, H. Mitsuya, K. Ishibashi, C. Sano, H. Toshiyoshi, and H. Fujita. *Journal of Physics : Conference Series*, **2016** 773, 012074.; b) S. Ono, C. Moir, K. Miwa, *IEICE Technical Reports* **2018**, *118*, 61-64
- [17] S. Ono, K. Miwa, *Sensors and Materials* **2022**, *34*, 1853-1858.
- [18] S. Ono, *The Chemical Records* **2023** 23, e202300045

Meeting

2023 年度イオン液体研究会 開催報告

金沢大学
黒田浩介、高橋憲司

今年のイオン液体研究会は、2023年6月30日(金)に金沢商工会議所ホールで行われました。この研究会は金沢大学 COI-NEXT 拠点と金沢大学先魁プロジェクトとの共催で実現し、合計 162 名の参加者が集まりました。その内訳としては、84 名が対面、78 名がオンラインからでした。オンライン参加者が多かったことから、今後もオンラインを続けていく重要性を感じました。

今回の研究会は、オンラインからは聴講のみの、簡易ハイブリッド形式で開催しました。この形式に対して不満の声は寄せられておらず、オンライン参加者にもある程度ご満足いただけたことと思います。次回以降、オンライン参加者向けの質疑応答や、オンラインからの講演を検討する余地があるかもしれませんが、会場の設備に合わせて開催方法を決定するのが望ましいと思います。(経験上、自分たちだけで一から整えるのは、とても大変でした)

研究会のテーマは「イオン液体の実用展開へ向けた最新動向」で、このテーマは大内幸雄先生(前 代表世話人、東工大)が監修された同名の本からいただきました。今回は、大学の先生方だけでなく、多くの企業の方からも講演が行われ、熱心なディスカッションが繰り広げられました。以下に、講演内容を簡単に紹介します。

研究会の最初のご講演は、東京理科大学の木下健太郎先生にお願いさせていただきました。木下先生からは、「イオン液体リザーバー - イオン液体による時系列データの学習 - 」と題しまして、イオン液体の新たな応用先である物理リザーバーコンピューティングについて紹介いただきました。AI やディープラーニングにイオン液体のユニークな物性を活用する、新しいご研究でした。

蝶理株式会社の芳嘉敏様、浙江藍徳の任旭華様より、「イオン液体の実用化事例について」と題して、中国を中心としたイオン液体実用化についてご講演いただきました。コストメリットを含めた実用化の成功事例が紹介され、今後の展望が示されました。

日本乳化剤株式会社の斉藤雄太様からは、「独自技術を用いたイオン液体の開発と社会実装に向けた取り組み」というテーマで、同社のイオン液体の実用化事例をご紹介いただきました。実用化に対して、具体的な利用方法や数値データが共有され、実りあるものとなりました。

株式会社アイ・エレクトロライトの高橋卓矢様からは、「イオン液体を用いた宇宙用リチウムイオン電池の開発と今後」についてご講演いただきました。イオン液体は不揮発性液体であり、宇宙での利用に適しているとされています。高橋様のご講演は、宇宙利用への可能性について夢を掴んでいく、まさにその途上と思わせるものでした。

サントリーホールディングス株式会社の久保田祐介様は、「食品素材の安全性試験における双

Meeting

性イオン溶媒の有用性」というテーマで登壇され、双性イオンを用いた食品関連化合物の安全性試験に対し、新しいアプローチを提案してくださいました。

九州大学の後藤雅宏先生は、「イオン液体の創薬利用 -社会実装に向けて求められること-」というタイトルでご講演くださいました。イオン液体を用いた経皮吸収促進剤に関する画期的な研究成果を、会の参加者全体で共有することができました。

最後に、大阪大学の山田裕貴先生が、「"活イオン液体"の科学:特異現象の理解と多様な分野への展開」と題してご講演されました。山田先生を中心として、岩橋先生(東工大)、芹澤先生(慶應大)、鈴木先生(北大)、西先生(京都大)、岡先生(大阪大)、黒田(金沢大)のメンバーで、科研費 学術変革領域 B「活イオン液体の科学」に採択されており、その領域についてご紹介いただきました。電気化学における「活イオン」が濃縮された液体を「活イオン液体」ととらえ、その応用と学術体系の構築をおこなっていくもの、とのご紹介でした。2005～2010 年度の科研費 特定領域「イオン液体の科学」(代表:西川恵子先生、現 千葉大名誉教授)のように、大きく成長していくことが期待されます。

研究会終了後、研究会代表世話人の桑畑進先生(大阪大)が主催する総会が行われ、研究会の進行状況や、第13回イオン液体討論会(11月21,22日、新潟朱鷺メッセ)に関するアナウンスが行われました。その後、懇親会会場(ANA ホリデイ・イン金沢スカイ)に移動し、懇親会が開催されました。懇親会への参加者は合計56名と、多くの方々が参加してくださいました。懇親会では金沢の地酒や、高橋先生から寄贈されたワインを皆様に楽しんでいただけたのではないのでしょうか。また、懇親会中には西川先生が「文化功労者」に選出されたことに触れ、ご挨拶をいただきました。文化功労者は、日本の文化に顕著な功績を挙げた人物に授与される栄誉の称号です。西川先生のご挨拶では、研究人生における苦労や困難、ターニングポイントを振り返ってお話しいただきました。学ぶことも非常に多く、また、聴いていて楽しいひとときでした。懇親会に参加したメンバーのうち、約20名が2次会へも参加し、夜のディスカッションを楽しむことができたことと思います。昨年度の研究会(豊田理研)では着席形式(なんとコース料理付き!)での懇親会でしたので、今回、コロナ禍前に近い懇親会を開催できたことは、非常に喜ばしく思います。ご参加いただいた皆様に対して、幹事一同、感謝の意を表します。

最後になりますが、会場の手配から事前準備、後片付けまで何でもテキパキとこなして下さった、理工研究域 生命理工学系の竹内美奈子さんに感謝申し上げます。また、様々にサポートいただいた河村さん、加藤さん(理工研究域 生命理工学系)、半沢さん(先端科学・社会共創推進機構)、芳坂さん、長尾さん(黒田研究室 技術補佐員)、および黒田研究室の学生の皆様にも感謝の意を表します。さらに、今回の研究会は実用化をテーマにしており、多くの企業様から広告などのご支援をいただいたことから、感謝の意を表し、お名前を以下に掲載して結びたいと思います。

Meeting

賛助会員様（敬称略、順不同）

関東化学株式会社 広栄化学工業株式会社 富士化学株式会社 株式会社 Es1
出光興産株式会社 エボニック ジャパン株式会社 三洋化成工業株式会社
第一工業製薬株式会社 蝶理株式会社 東京化成工業株式会社
日清紡ホールディングス株式会社 株式会社日本触媒 日本特殊化学工業株式会社
日本乳化剤株式会社 パイオトレック株式会社

広告企業様（敬称略、順不同）

COI-NEXT 株式会社アイ・エレクトロライト 旭化成株式会社
株式会社勝木太郎助商店 株式会社ダイセル 丸文通商株式会社



講演会終了直後の会場の様子。多くの方にご参加いただき、議論が盛り上がりました。

Meeting

イオン液体先端課題研究会 ―イオン液体学の構築を目指して― Vol. 3. 電池応用に向けた現状と課題

名古屋工業大学 工学部物理工学科
本林 健太

2023年9月6日、イオン液体研究会および同若手の会の共催事業として、「イオン液体先端課題研究会 ―イオン液体学の構築を目指して―」の第3回を開催しました。こちらは、イオン液体研究の進展の中で見出されてきた先端的課題について若手研究者が大いに議論し、ひいては「イオン液体学」の構築に結びつける機会に、ということで企画されたシリーズものの講演会です。①「課題意識」にフォーカスを当てるなど普段と違った角度からもご自身の研究について語って頂く、②内容について講演者同士や参加者と共に議論する、③お互いに刺激し合い協力研究の機運を高める機会とする、そんな研究会を目指して、若手の会幹事の北田 敦 先生（東京大）と本林を中心に企画したものです。昨年8月のVol.1では電気化学一般、本年3月のVol.2ではバイオ材料・ライフサイエンスをテーマとし、今回は電気化学のなかでも特に電池関連分野に着目しました。参加登録者数は77名、当日の同時接続者数は最高約60名となりました。前回、前々回に劣らず盛況な会となり、このスタイルのオンライン講演会の定着を感じています。ご参加いただいた皆様に誠に感謝いたします。

松本 一彦 先生（京都大）には、「イオン液体の特長を活かした二次電池設計」と題し、いわゆる中温領域で動作するナトリウム金属電池を中心とした二次電池、およびそこに用いるイオン液体に関する研究成果についてご紹介いただきました。固体電池の接合部にイオン液体を用いるなど新しい観点についてもご紹介をいただき、ディスカッションが広がりました。

清水 雅裕 先生（信州大）には、「イオン液体中におけるZn電析～イオン液体でなくとも析出可能な金属をターゲットに～」と題し、Zn電析を使った電池への応用に向けた検討、および被膜形成を伴わない電析過程の分析を通じたLiイオン電池のメカニズム検討について、ご紹介いただきました。プロトン電池の研究も合わせて紹介をいただき、イオン液体の有用性を示されました。

上野 和英 先生（横国大）には、「選択的イオン伝導性電解液の設計指針」と題し、Liイオンの輸率を向上するための電解液設計に関してご講演いただきました。溶媒和イオン液体・高濃度電解液からLi塩に少量の高分子を加えてできる過冷却液体まで幅広い電解液について、イオンのダイナミクスを溶液論に立脚して丁寧に追いかけた成果についてご紹介いただきました。

渡辺 日香里 先生（東理大）には、「次世代電池電解質の開発とイオン液体中の電極/電解液界面反応の描像」と題し、特に電池の充放電に対するin situでのインピーダンス解析を行った成果に関してご講演をいただきました。電気化学測定を通じた界面反応の描像の推定、新たなイオン液体の開発を含む、最近の精力的なご研究が伺えました。

Meeting

吉井 一記 先生（産総研）には、「イオン液体の構造と物性と電極電位—電池への応用を目指して—」と題し、イオン液体および深共晶溶媒における、化学構造と溶液物性・電池特性との関係に関する最近の成果についてご講演いただきました。金属イオンの配位環境の制御などの議論に加え、「深共晶溶媒」の定義に関する議論なども展開されました。

北田 敦 先生（東京大）には、「これまでの自身の電解液研究と電池とのギャップ」と題し、グライム類を金属イオンや H_3O^+ に配位させたイオン液体類を用いた電気化学を中心に講演をいただきました。いわゆる電気化学の研究と電池の研究との「文化」の違いについても、電池メーカーに就職する学生さんの目線にも立つような形でご紹介いただきました。

複数の講演者の先生方にご登壇頂いて総合的なディスカッションを行う「ディスカッションセッション」も行いました。前回と同様に時間制限を緩め、議論が続く限りは止めない方針としました。講演者同士の議論を含め大いに盛り上がり、全体で約 1 時間の時間超過となりました。一方で、講演者・座長以外の質問者が限られていたことが、反省点として残りました。より多くの方を議論に巻き込む座長の進め方などを、今後の課題といたします。

ご多忙の中、ディスカッション中心の本研究会のために工夫を凝らしたご講演を準備いただいた講演者の先生方に、改めて感謝申し上げます。準備にご尽力いただいた事務局の三谷様、お集まりいただいた参加者の方々、皆様のご協力の下で、研究会 Vol.3 が成功裡に終わったと感じています。本当にありがとうございました。また、本研究会の継続的な開催に向けて背を押していただきました、23 年度代表世話人の桑畑 進 先生（大阪大）に、改めて感謝を申し上げます。

次回 Vol. 4 についても、来年度を目途に継続して開催できればと考えております。まだまだ準備や運営の面でご迷惑をおかけする場面があるかと思いますが、皆様のご指導ご鞭撻をいただければ幸いです。これを持ちまして開催報告とさせていただきます。



講演者および世話人の記念写真。

Meeting

分子研研究会「イオン液体インフォマティクスの発展に向けて」

東京大学大学院工学系研究科
北田 敦

2023年9月13-14日に上記研究会を開催した。現地(岡崎コンファレンスセンター)とオンラインのハイブリッド開催で、参加者内訳は現地18名、オンライン19名の計37名であった。本研究会の主旨は、複雑系であるイオン液体を理解するうえで、データの力を借りるにはどのようにすれば良いかというものであった。そこで研究対象をイオン液体に限定せず、柔粘性結晶、高分子、合金(準結晶、近似結晶)、金属酸化物、液晶といった様々な材料に対して機械学習と計算科学の立場からアプローチしている専門家に意見を請うべく本研究会を企画した。

初日は機械学習を中心に3件のご講演を頂戴した。まず、東京工業大学の畠山敏先生に、『イオン液体・柔粘性結晶の実測データベースの構築と機械学習を用いた物性予測』というタイトルでご講演いただいた。アルキル鎖長の違いでイオン液体と柔粘性結晶に変化するのとはなぜかというイオン液体研究者ならではの疑問に答えうる、NISTのWebサイト等からの構造-物性データベースをもとにした、分子構造から物性を予測するプログラムを構築したことや、生成系AIであるGPT-4を活用した研究の一端をご紹介いただいた。

次に京都大学の世古敦人先生に、『第一原理計算と機械学習を用いた無機材料における原子間相互作用のモデリングとその応用』というタイトルでご講演いただいた。無機材料において最小二乗法を含む回帰分析や最大エントロピー法などの機械学習はむしろ馴染み深いものであることや、量子力学に基づく第一原理計算の多重実行にかかるコストを削減のための機械学習やアルゴリズム論的手法の導入事例としての、高精度原子間ポテンシャル構築や構造探索および構造列挙手法についてご紹介いただいた。

初日最後の講演は統計数理研究所の吉田亮先生に、『データ駆動型材料研究の諸問題: 統計的機械学習による予測・発見・理解』というタイトルでお話しいただいた。準結晶は発見から40年で見出された組成が100個と少なく、発見のペースも鈍化していたが、5年前に機械学習を取り入れることで組成予測による発見に至った。この実例とともに、限られたデータの壁を乗り越えるための統計的機械学習の方法論である転移学習や、ポリマー研究における構造物性データ収集のためのコミュニティの取り組みについてご紹介いただいた。

全体討議での活発な質疑応答と写真撮影(図1)ののち、現地にて4件のポスター発表と意見交換会を実施した。あらためての自己紹介など、終始和やかな雰囲気で行われ、初日は終了となった。

二日目は2件のご講演を賜り、まず北里大の石井良樹先生から『凝縮系の電子状態計算を用いたイオン液体の分子モデリングと大規模系への応用展開』というタイトルでご発表いただいた。

Meeting

熔融塩系と有機溶媒系の融合ともいえるイオン液体系では凝縮系の相互作用を考慮した分子モデリングが求められるが、その表現手法として密度汎関数理論(DFT)計算と分子動力学(MD)計算を自己無撞着に繰り返すことで多体効果を取り込んだ有効的な原子電荷分布を決定する手法と、複雑な高次構造を発現する自己組織化イオン液晶への展開事例などをご紹介いただくとともに、イオン液体から溶液系全般への理解普遍化につなげたいという今後についても語っていただいた。

次に岡山大学の篠田渉先生に、『濃厚電解液中のLiイオン伝導機構』というタイトルでご講演いただいた。溶媒和イオン液体を含むLi系濃厚電解液はリチウムイオン電池用材料として注目されているが、アニオンや溶媒分子の構造や組成によりLiイオンのダイナミクスが大きく変わり、伝導度や輸率が大きく変化する。グライム系やスルホラン系におけるMDシミュレーションについて、長時間MDによるグライム系での配位子交換挙動や、スルホラン系表現のために開発された誘起分極項を取り込んだ分極モデルなどについてご紹介いただいた。

講演後の全体討議でも様々な話題が出たが、最後に学生から質問があったことはひとつの喜びであった。先生方もご自身の経験を踏まえて答えられていた。このあと分子研世話人の解良聡先生による閉会の挨拶を頂戴して閉会となった。大変勉強になった二日間であった。

以下は、全体を通しての個人メモや、イチ実験屋としての感想を抜粋したものである。

- ・イオン液体のデータベースは充実しているが実験屋はその使い方を知らない。
- ・機械学習にしても計算にしても研究者は独自のいろいろな工夫をしている。
- ・合金には Hume-Rothery の電子濃度則、高分子の相溶性には Flory-Huggins 理論があり、データ駆動型研究に役立つが、イオン液体で人名がつくような理論、法則はあつたらうか。
- ・ネガティブな実験データが世に出ることはほぼなく、実験屋の脳内に蓄積され、学習される。
- ・途中で測定に失敗したゴミデータから AI により有用な知見を得るという文脈では、そのデータはゴミというよりもスクラップと呼ぶべきかもしれない。

最後に、講演者の先生方、参加者の皆様、分子研世話人の解良先生、事務支援員の神谷様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。



図1 集合写真

Report

The 9th International Congress on Ionic Liquids (COIL-9) 参加報告

金沢大学院自然システム学専攻 黒田研究室

博士後期課程 1年 石崎 建

蜂巢 歩

生命理工学専攻 博士前期課程 1年 松田 佑也

2023年4月24～28日の5日間に、フランスのリヨンにて開催された The 9th International Congress on Ionic Liquids (COIL-9)に参加しました。リヨンを訪れた4月末は、気温が日本と比べて比較的低めではありましたが、過ごしやすい気候でした。学会会場から少し離れたところには、15世紀から17世紀の中世の街並みが残っている旧市街と言われる世界遺産がありました。旧市街は、日本とは全く異なる風景で驚きました。また、リヨンは「美食の街」とも呼ばれており、どのレストランに行ってもとても美味しい料理を食べることができ、毎日感動していました。私たち学生3人は、全員が初めての国際学会であったので、英語での発表や海外の先生方との会話に緊張しつつも、イオン液体の最前線の研究を学ぶことができ、大きな刺激を受けることができました。

今回参加したCOILは、2005年に最初に開催され、今回が9回目の開催になります。2005年から2年に1回開催され続けていましたが、2021年は新型コロナウイルスの影響で開催できず、今回のCOILは4年ぶりの開催となりました。全体の参加者は280人程度で、Plenary Lecture 8件、Keynote Lecture 8件、Parallel Oral Session 166件、Poster session 132件となる大会でした。Plenary Lecture、Keynote Lectureでは、研究が始まった流れや、これまでの結果が非常にわかりやすくまとめられ発表されており、聞いているだけでもイオン液体が関連する分野の全体像をイメージすることができました。9回目となる今回は、イオン液体に関する様々なトピックがカバーされていました。Parallel Oral Sessionでは9つの分野に分かれて発表があり、イオン液体の物性からシミュレーションを用いたイオン液体の解析、イオン液体ポリマーの利用、バイオ分野への応用など幅広い分野での発表が行われました。自分たちの関連分野だけでなく、その他の分野の研究についても聞くことができ、自身の研究に対



フランスで食べた料理



COIL-9 開会式の様子

Report

する視野を広げることができたと思います。Poster session は、2つのグループに分かれ、25日と27日に2時間ずつ行われました。国内学会とは異なり2時間という長い時間が設けられていたため、発表者も聴衆も時間を気にせず気軽にポスターに関する研究のディスカッションを行っていました。国際学会ならではのポスター発表の雰囲気に圧倒される部分もありましたが、自分たちなりに良い発表ができたと思います。また同じ立場の学生の方とも交流することができ、大きな刺激になりました。ポスター賞は、参加者全員に投票権が与えられ、投票率の高かった上位5件が選ばれました。通常とは異なる方法でしたが、自分たちにも投票権があったため色々なポスターを見に行く良い機会となりました。その中で最優秀ポスター賞には、ENS de Lyon の Chiara Corsini さんが182票を獲得し、選ばれました。内容としては、ガス吸着分離のための多孔質深共晶溶媒のモデリングについての発表でした。ポスターのデザイン、研究の質が高く、今後の学会発表の参考にしたいと思いました。また昨年、私たちの研究室で特別研究員としておられた Ana M. Ferreira Takahashi さんがポスター賞を受賞しました。彼女の黒田研究室での努力と成果が認められたことに我々一同とても喜びました。

学会3日目の夜には、Gara dinner が開催されました。Gara dinner は、世界的にも有名な Paul Bocuse のイベント会場で行われました。この場を通じて豪華なディナーをいただきながら、COIL 参加者同士で研究の話や他愛もないお話をさせていただきました。とても親密な雰囲気で、私のような学生が海外の著名な先生方と接する良い機会になったと思います。また学会の空き時間にリヨンのランドマークとしても知られているノートルダム大聖堂に行くことができ、とても有意義なものとなりました。

最後になりますが、今回、このような場で発表出来たことにとても感謝しております。初めての国際学会で戸惑うことも多くありましたが、学生や教授、様々な研究者と交流することができました。研究に対する知識はもちろん、今後のモチベーションをさらに得ることができるようになりました。次の COIL-10 はオーストラリアで行われるということですので、再び参加することができるように研究を頑張りたいと思います。



ノートルダム大聖堂

Award

COIL-9 Congress on Ionic Liquids 2023, Best Poster Prize Award

横浜国立大学
PHILIPPI Frederik

P-85: Viscosity and Design of Imide Ionic Liquids: Flexibility, Fluorination, and Mass of the Anions.

Authors: Frederik Philippi (Yokohama National University and Imperial College London); Daniel Rauber (Saarland University); Christopher Kay (Saarland University); Tom Welton (Imperial College London).

I am very grateful to have received this award for my recent work on targeted modifications of ionic liquids. Targeted modifications are deliberate changes to the molecular structure, with the aim to disentangle confounding variables. Critically, we were able to show that a significant part of the success of fluorination is due to conformational flexibility; this aspect is commonly overlooked in conventional structure-property relationships. Currently, I am exploring the application of this concept to battery electrolytes as part of the electrochemistry group at YNU, with a focus on Lithium transference. The most recent results were topic of my oral presentation at COIL-9, which was given in addition to the poster presentation.

Interested readers may consult our recent articles (<https://doi.org/10.1039/d2sc03074h> and <https://doi.org/10.1039/d1cp00216c>).



Overseas Experience

Exploring Boundaries: A Transcontinental Journey from Portugal to Japan

University of Kanazawa
Postdoctoral Researcher, Ana M. Ferreira

Introduction: Embracing Opportunity

Hello, everyone or should I say みなさん、こんにちは ('Minasan, konnichiwa', one of the few Japanese expressions I learned)! I am happy to share with you a journey that combines curiosity and culture, bridging two continents. I am Ana Ferreira, a Portuguese explorer (researcher), and I recently had a remarkable adventure. I had the incredible opportunity to spend six months at Kanazawa University in Japan. You may be wondering how this transcontinental journey began?



Origins and Progression: A Journey in Academia

I obtained both my MSc and PhD degrees in Chemical Engineering from the University of Aveiro in Portugal in 2013 and 2018, respectively. During my PhD, I had the chance to broaden my scientific skills abroad, working at São Paulo State University (Brazil) and Tokyo University of Agriculture (Japan). My first stay in Japan was a three-month experience with Prof. Hiroyuki Ohno in 2016, where I realized how special Japan is to me. After completing my PhD, I worked as a postdoctoral researcher at the Technical University of Munich (Germany). Over the years, I focused on developing sustainable extraction, purification, and (bio)catalysis processes using eco-friendly solvents like ionic liquids (ILs), deep eutectic solvents (DESs), and bio-based solvents. As interest in alternative solvents grows, a new class emerges: Zwitterions analogous to ILs (ZIs). Some display very low toxicity, as demonstrated by Prof. Kosuke Kuroda and his group. This makes ZIs potentially useful for industries like pharmaceuticals, food, and cosmetics. This exciting discovery motivated my journey to Kanazawa University.

Research Expedition: A Collaborative Odyssey

Working with Prof. Kosuke Kuroda in Japan was only possible through a six-month JSPS postdoctoral fellowship, for which I am very grateful to JSPS. During that time, my research focused on improving the solubility of hydrophobic compounds in water using ZIs as alternative hydrotropes. Why this topic? Enhancing the water solubility of poorly soluble compounds is crucial for a variety of processes, such as extraction, separation, and formulation. The use of hydrotropes, compounds

Overseas Experience

that increase the solubility of hydrophobic compounds in aqueous solutions, is one solution. Why ZIs? Because, identifying new and more effective hydrotropes with low toxicity is essential.

The labs were well-equipped for my experiments, including ZIs synthesis and solubility tests. Language occasionally posed challenges, especially with Japanese equipment, but Prof. Kuroda's team helped overcome them. Remarkably, reagents were readily available within 2-3 days. Japan offers more options for lab waste separation, which makes sense, taking into account their home recycling system. Prof. Kuroda's team had around 15 members, which facilitated social interaction. Japanese colleagues may seem reserved initially, but they eventually become excellent colleagues.



Kanazawa University's infrastructure was impressive, with a huge campus that seemed endless. It provided comfort, featuring a cafeteria and different convenient stores. Additionally, the university welcomed a diverse international community from countries like Spain, Germany, India, China, Korea, Ukraine, and more.

During these six months, I also had the opportunity to give some talks, especially at the 12th TOYOTA RIKEN International Workshop, for which I am very grateful to Prof. Toshiyuki Itoh.

Life Beyond the Lab: Discovering Kanazawa and Other Cities

My journey through Japan was more than just a scientific experience. It was an exploration of Japan's rich blend of tradition and modernity. But before I tell you about Kanazawa, the capital city of Ishikawa Prefecture, let me share some details about my daily life as a foreigner living in Japan. I resided at the Ishikawa International Students House. The room I stayed in was equipped with everything that I needed, including wash and dry machines for clothes and a kitchen. The best thing about the residence, for me, was its location. I could easily go shopping, which could have been a problem as I spent too much time at AEON (supermarket)! Here, I could buy the famous bento lunch boxes (which included healthier options), and most of the times with good discounts available



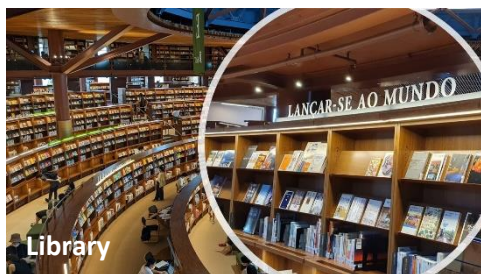
Overseas Experience

at the end of the day. Another very important aspect was the river near the residence, which was very pleasant for a walk after dinner.

To go to the university, there were several options: walking, biking, and the bus, depending on your location. Here is the catch with Kanazawa's bus system: the city buses are often delayed or very crowded during rush hours, which might require you to wait for the next bus. As for the locals, they were incredibly friendly despite the language barrier. Handling official documents like bank accounts and insurance was easier with a Japanese speaker, and Prof. Kuroda's team was helpful with this issue.



Now, let's shift our focus to the captivating city of Kanazawa! My first memory is Kenrokuen Garden - a peaceful beauty spot that perfectly captures the magic of Kanazawa city. Whether strolling through the charming streets of the old town or immersing yourself in the history of the samurai era, stories from the past seem to emerge at every corner. For library enthusiasts, the new Ishikawa Prefecture



Library is a must-see. It is vast and includes translated phrases in multiple languages, including Portuguese! And who could forget the onsens? To enjoy this amazing and relaxing treat, it is easier with a rented car or a friend who has one. If you have an international driver's license, there is an interesting system that allows you to rent cars for just a few hours.

However, remember they drive on the left. Beyond Kanazawa, there are numerous destinations, just an hour or two away by car, such as Eiheiji (for temple enthusiasts), Shirakawa-gou (to see the beautiful Gassho-style houses), Shiroyone Senmaida (to view the historical rice terraces), and more. Furthermore, Kanazawa's proximity to Kyoto and Tokyo is advantageous. Express trains or shinkansen connections make these cities easily accessible.

I must not forget to mention the food! Where to start? Perhaps with sushi? Kanazawa, in my opinion, as it offers the best sushi. Japanese cuisine, in general, is exceptional, from soba to oden. Oh, and I cannot leave out Japanese curry and ramen. Moreover, they have a diverse selection of snacks, like cod with cheese, fish with almonds or the famous rice crackers! I love their sweets, especially the ones with red bean paste, and in the summer, I enjoy 'Kakigori,' which is shaved ice flavored with

Overseas Experience

syrup or fruit flavors. Japanese sweets are not overly sweet, and they strike a captivating flavor balance. And I almost forgot about sake! The Ishikawa Prefecture is renowned for its sake, an ideal place to develop a liking for it.

In summary, in my opinion Kanazawa is a foreigner-friendly and convenient city to live and work in.

Regarding the buses, they are not that bad, just keep in mind that a bus is not the same as a subway, so delays are understandable.



Conclusion: Bidding Farewell with a 'Sayonara'

My journey from Portugal to Japan connected research challenges with cultural experiences, fostering personal growth and fresh perspectives. When I remember that moving from my small town to the big city (Aveiro), it was intimidating; who could have predicted I would cross the world? These adventures are not just work but personal growth, shaping who I am. To aspiring adventurers, I entirely encourage embracing the unfamiliar with open arms.

Writing this article, I have realized how fortunate I am to have met wonderful people on my journey to Japan, which is why I consider Japan my second home. I am grateful to Prof. Ohno for giving me the opportunity to explore Japan for the first time, Dr. Naomi Nishimura for introducing me to Japanese life, and Prof. Kenji Takahashi for my first Japanese conference. Special thanks to Prof. Kuroda for facilitating my return to Japan; your guidance shaped my journey. I extend my heartfelt gratitude to all at Kanazawa University, too many to name individually, for enriching my experience. Thanks to Prof. João Coutinho for encouraging me to explore beyond Portugal. Finally, I thank the editorial board for sharing my experience. Here is to the conclusion of this adventure and to countless more to come. And, as they say, またね ('mata ne') - see you soon.

Laboratory

研究室紹介 ～神戸大学 持田研究室～

神戸大学大学院 理学研究科 化学専攻
持田智行

【神戸大学の紹介】 神戸大学は、兵庫県神戸市にある、国立の総合大学です。神戸は大阪から電車で30分程度、交通の便も良く、大阪湾と六甲山にはさまれた風光明媚な観光都市です。市内には多くの観光名所(神戸港、異人館、六甲山、摩耶山、有馬温泉など)があります。



私は2007年に神戸大学に着任しました。研究室のある六甲台キャンパスは六甲山の麓にあり、研究室からの眺望も素晴らしく、夜景も綺麗です。最寄り駅(阪急六甲駅または JR 六甲道駅)から大学へは長い坂道が続きますが、大学からさらに坂道を登ると、六甲ロープウェイの駅があり、そこから六甲山に直接アクセスできます。六甲山には多くの観光スポットがあり、休日は観光客・登山客で賑わいます。

【イオン液体研究の経緯】 イオン液体研究は、神戸大学着任を契機に開始しました。それ以前は分子性固体の研究を行っていました。金属錯体は興味ある固体物性を示しますが、これらを液化できれば、多彩な機能性液体が生成すると考えました。そこで用いたのが、イオン液体の分子設計です。図1に研究のコンセプトを示しました。以来15年、イオン液体の分子設計を用いて、研究室の学生とともに、様々な機能性金属錯体の液化に取り組んできました。

【研究テーマ】 当研究室では、金属錯体をカチオンとする、多彩な機能性イオン液体との開発を進めています。通常のイオン液体はオニウム塩などの有機塩ですが、これらの液体は、金属錯体由来の多彩な機能性を示します。例えば、「温度で色変化する液体」、「蒸気で色変化する液体」、「磁場配向する液体」、「反応する液体」、「触媒になる液体」、「発光する液体」など、様々な外場応答性液体を合成してきました。現在も、さらに多彩な液体を開発中で、学生も意欲的に研究を進めています。これらは、溶媒用途と電気化学用途が主流のイオン液体研究に、新たな視点を与えます。具体例は、本サーキュラーのバックナンバー(No.13、“金属錯体の液化に挑む:イオン液体科学に基づく多彩な展開”)にも執筆しましたので、もしお目通しいただければ幸いです。

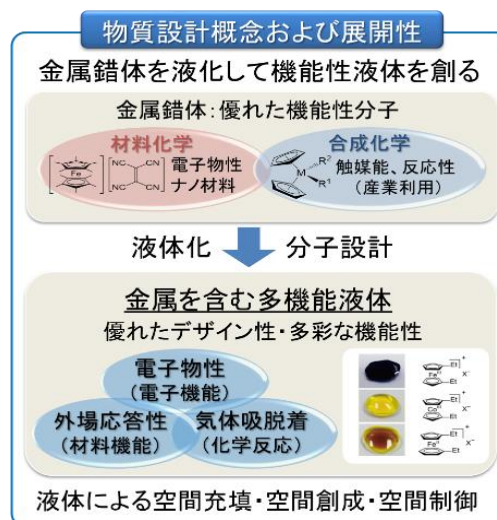


図1. 金属錯体のイオン液体化のコンセプト

Laboratory

最近はさらに、金属錯体イオン液体を用いて、固体がかかわる研究も行っています。第一に進めているのは、「液体で固体を創る・空間を創る」研究です(図2)。この構想に沿って、光照射によって配位高分子に転換するイオン液体や、ゲル・高分子を合成しています。この手法は、斬新な配位高分子形成法です。そして第二に、金属錯体をカチオンとする「柔粘性イオン結晶」の開発を進めています。ここでは、柔軟性に基づく金属錯体機能の発現を目指しています。

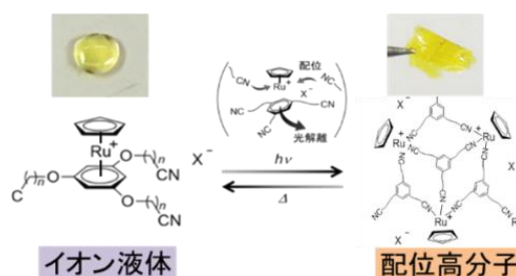
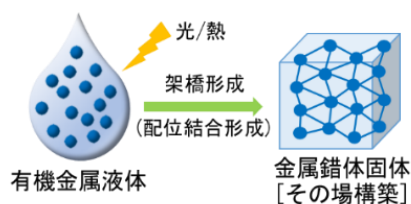
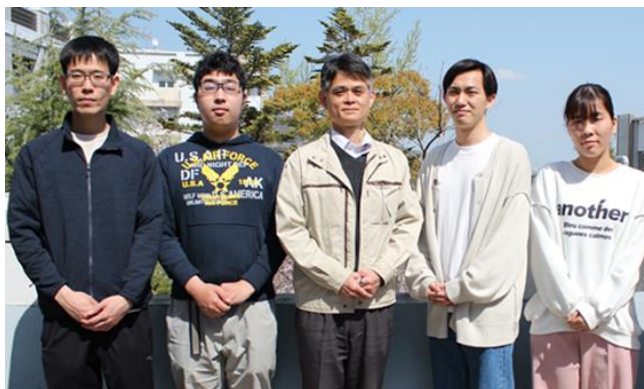


図 2. 有機金属イオン液体を用いた配位高分子形成の概念図(上)および反応例(下)

【研究室の現況】今年度の研究室構成は、教員1名と学生4名です(写真)。M2の島田は、様々な反応性イオン液体を開発してきました。合成がかなり上手くなり、種々の物質開発を進めています。M1の井上は、有機金属錯体を用いて柔粘性結晶を開発しています。非常に意欲的で、様々な測定手法を習得し、他にも多彩な挑戦的テーマを進めています。M1の中園は、化学反応を起こすイオン液体・柔粘性結晶の開発を進めています。なかなかセンスがあり、的確な調査結果や実験案を持ってきます。4年生の小篠は、光反応性イオン液体の開発を始めており、今後に期待です。秋からは、さらに外国人研究員が加わる予定です。

研究室ではこのほかに、昨年度はスペインからの訪問研究員、高専のインターンシップ生、本学1年生の化学実験体験を受け入れました。

研究室に卒業生が訪れてくれるのも、大変嬉しいことです。今年は8月に堀越亮博士(大阪産大、先般 ChemStation 記事にも登場)と角谷凌博士(DIC)、5月には舟浴佑典博士(和歌山高専)も訪問してくれました。コロナ前は、卒業生も交えてしばしば食事会など行っていました。最近では小規模になりました。



【研究室の運営】研究室では、毎週の行事として、研究打ち合わせと文献紹介・勉強会を行っています。勉強会では、研究室マニュアルの輪読、放送大学ビデオの視聴、安全講習などを行っています。研究室マニュアル「研究室の歩き方」は、その昔、堀越博士が在学中に初版を作成してくれたものです。その他、コロナで減りましたが、外部講師をお願いしてのセミナーも時折行っており、5月には「アイデアマラソンセミナー」(講師:樋口健夫博士)を開催しました。研究室では

Laboratory

各人がノートを常に活用し、メモを取り、アイデアを書く習慣をつけています。

研究室での連絡には、グループウェア(サイボウズ)を日常的に使っています。掲示・カレンダー・研究連絡・データ保管に使うほか、各自が退室前に日報(今日の内容・明日の計画・終夜実験)を簡単に記入しており、これは安全管理の一環です。毎月末には、グループウェアを介して卒修論原稿の加筆改訂を進めています。こうすると提出期限前にあわてることもなく、進捗管理や原著論文化もスムーズです。

4年生は毎年4月に配属ですが、まずは「研究室の歩き方」の輪読から開始し、データベース演習、ウェビナー受講、文献紹介演習、そして練習実験を順次行い、おおむね6月から研究を開始します。年中行事としては、年に4回、研究報告会を行っており、うち2回は無機系研究室合同です。コロナ以前は、学生による研究室旅行が毎年行われていました。

こうして振り返ると、コロナを機に途絶えた行事が多いことに改めて気づきます。コロナ後にいい意味で増えたのはオンラインウェビナーで、研究室内教育として、参加をしばしば勧めています。

【研究室の環境】 卒業研究で研究室に配属になる4年生は例年1-2名で、院生を含めると、例年3-5人程度の学生が在籍しています。スペース的にも余裕があるので、本当はもう少し多くの学生さんに来てほしいところですが、少人数だと、単独実験を避け、研究室の安全管理・維持・引き継ぎを行うにも、各人の自覚と注意が要るので、そこが難しいところですが、実際問題、コロナや学生の事情で、研究室運営が長期に渡って厳しい状況になったこともあります。この間、研究室を支えてくれた角谷博士(当時、博士課程学生)には感謝です。もともと、グループは小さいですが、他研究室との交流も随時あるので、学生にとってはそう悪い環境ではありません。コロナ以前は、留学生や大学院からの入学者が加わり、だいぶ賑やかだった年もあります。なお神戸大学は修士課程で大学を離れる学生がほとんどですが、博士課程では様々な経済的支援がありますし、社会的ニーズも大きく、学位を取ると将来の活躍の場が広がるので、イオン液体関連分野の学生さんには特に、臆せず博士課程への進学にチャレンジしてほしいと思います。

【さいごに】 この数年、日本発の論文の質・量低下が言われていますが、たぶん多くの研究者が、予算と人(と時間)さえあれば、現在の何倍も論文を出せるのに、と残念な思いをしているだろうと思います。私達の研究室でも、未着手の金属錯体が多数あり、手が回らず、多くの発想がノートに記されたままになっています。この数年、本学でも教員削減による負担増、雑誌・データベース契約や装置維持・更新の困難化が顕著で、全国的にもおそらく、似たような状況の研究室が相当に生じているだろうと思います。こういう厳しい時代にあって、イオン液体研究会を通じた交流は、ますます重要性が高まると思います。世話人・編集担当の皆様への感謝とともに、我が国におけるイオン液体研究のますますの発展を願いつつ、本稿を締めくくります。

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

■ 第 13 回イオン液体討論会 ■

日程: 令和 5(2023)年 11 月 21 日(火)、22 日(水)

主催: イオン液体研究会

会場: [朱鷺メッセ](#) 新潟市中央区万代島 6-1

特別講演: 西川 恵子 先生(千葉大学)

招待講演: 松村 和明 先生(北陸先端科学技術大学院大学)

上野 和英 先生(横浜国立大学)

口頭講演 : 3 階 中会議室 301、302

口頭講演賞を授与

ポスター講演: 2 階 メインホール B

ポスター賞を授与

URL: https://www.ilra.jp/13th_jsil/index.html

事前参加登録締切: 2023 年 10 月 20 日(金)

通常参加登録締切: 2023 年 11 月 7 日(火)

実行委員長: 梅林泰宏(新潟大学)

実行委員 : 神崎 亮(鹿児島大学)、黒木菜保子(中央大学)、韓 智海(新潟大学)、
藤井健太(山口大学)、牧 秀志(神戸大学)、松岡史郎(新潟大学)、
森 寛敏(中央大学)、渡辺日香里(東京理科大学)

第 6 回若手の会 開催予定

日時: 令和 5(2023)年 11 月 20 日(月) 14:00~17:00

会場: 朱鷺メッセ 3F、中会議室 301

■ 令和 6(2024)年イオン液体研究会 ■

日程、会場: 未定

実行委員長: 中村暢文(東京農工大学)

■ 第 14 回イオン液体討論会 ■

日程、会場: 未定

実行委員長: 金久保光央(産業技術総合研究所)

関連国際会議

2023 Joint Symposium on Molten Salts November 12-16, 2023, Kyoto, JAPAN

URL: <https://msc.electrochem.jp/ms12/>

Faraday Discussion on "Dense Ionic Fluids", July 8-10, 2024 @ Burlington House, London, UK

The 10th International Congress on Ionic Liquids, November 17-21, 2025 @ Perth, Australia

Editorial Note

■編集後記

本号では、まずは、本会代表世話人の桑畑進先生にご挨拶をいただきました。若くない人は読むな、と言われると釣られて読んでしまいます。海外出張から帰ってくると、日本人が他人と話をしないのに歩調を合わせるのに苦労しますよね(気軽に話しかけてぎょっとされる)。続いて、小野新平先生にトピックスとして「イオン液体を利用したエレクトレット材料の開発」をご紹介いただきました。2022年のイオン液体討論会でのご発表を聴講した際の衝撃を思い出しました。また、2023年度イオン液体研究会@金沢、イオン液体先端課題研究会@Zoom、分子研研究会@分子研の開催報告について、黒田浩介先生・高橋憲司先生、本林健太先生、北田敦先生にそれぞれ執筆いただきました。フランスのリヨンで開催されたCOIL-9について、金沢大学の石崎さん・蜂巢さん・松田さんに参加報告を、横浜国立大学のPhilippiさんにポスター賞の受賞報告を、それぞれいただきました。留学体験記として、金沢大のFerreiraさんに黒田研での研究や身の回りの思い出を鮮やかに描写いただきました。神戸大の持田智行先生に研究グループ紹介をいただきました。研究室の話から、「さいごに」では日本人研究者が抱える問題まで。私も抱えている未発表論文を世に出していかなければ、と気持ちを新たにしました。以上、執筆いただいた皆様にお礼申し上げます。

本会が主催する多彩なイベントに参加していますと、対面、ハイブリッド、オンラインのそれぞれのやり方で、それぞれの長所を生かしながらの開催が、定着しつつあるように感じます。面と向かっての議論や雑談がとても魅力的(お酒なしでも、ありならなおさら!)なのはもちろんのこと、短時間で集中して行えるオンラインでの聴講・ディスカッションも、コロナが落ち着いたからと言ってなくすには惜しい形式です。いずれにせよイベントを主催する先生方には、サーキュラーへの記事執筆も含めて、お時間お手数いただいていますこと、心からお礼申し上げます。(京都大学 西)

■編集委員

岩橋 崇	(東京工業大学物質理工学院・助教)
西 直哉	(京都大学大学院工学研究科・准教授)
河野 雄樹	(産業技術総合研究所化学プロセス研究部門・主任研究員)

■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。