



イオン液体研究会

サーキュラーNo.20

CONTENTS

- P1 特別寄稿**
乱れを科学する—ゆらぎの研究 豊田理化学研究所 西川恵子
- P13 西川研での思い出**
今、西川研での時間を思い考えること 千葉大学 森田 剛
西川研と私 同志社大学 遠藤太佳嗣
西川先生の文化功労者顕彰に寄せて～先生との思い出 物質・材料研究機構 万代俊彦
西川研究室で学んだことと思い出 群馬大学 畠山義清
- P24 開催報告**
第12回イオン液体討論会 東京農工大学 一川尚広、田中正樹、中村暢文
第5回イオン液体若手の会開催報告 東京大学 北田 敦
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. 2. バイオ材料・ライフサイエンス応用への道 名古屋工業大学 本林健太
- P33 第12回イオン液体討論会 受賞者**
- P36 事務局からの連絡**
2023年度イオン液体研究会、第13回イオン液体討論会など

Looking back

乱れを科学する—ゆらぎの研究

豊田理化学研究所

西川 恵子

1. はじめに

昨年(2022年)秋に、文化功労者に選出された。まさに晴天の霹靂であり、私のような者がその栄誉に浴して良いのかととまどった。今は、地味ではあるが、科学技術を支える縁の下の力持ち的な基礎科学が評価されたことを素直に喜びたいと思っている。

評価の対象は「物質科学におけるゆらぎの研究」であった。イオン液体研究会サーキュラーで、私のライフワークとなった「ゆらぎの研究」を振り返る機会を頂いたことに感謝し、これまでの研究を簡単にご紹介する。

『ゆらぎ』は平均からのズレを表す概念であると私は定義している。空間的な分子分布のズレ(静的ゆらぎ)や時間の情報を含む変動(動的ゆらぎ)は、対象とする系の構造・物性を決め、その後の時間発展の駆動力となる。様々な分野で『ゆらぎ』が注目すべきキーワードとして取り上げられているが、私は以下の3つを、物質科学において『ゆらぎ』が顕在化する系として取り上げてきた。

(1) 分子分布の不均一な分布(密度ゆらぎ)・・・超臨界流体

(2) 混合状態(濃度ゆらぎ)・・・溶液, 相分離

(3) 動的ゆらぎ・・・相転移

(1)と(2)は静的ゆらぎといえるものであり、(3)は時間情報を持った動的ゆらぎである。(2)については、最近総説を書いたので^{1,2)}、そちらに譲ることにする。ここでは、主に(1)と(3)について紹介する。

2. 分子分布の不均一さ—密度ゆらぎ

分子が不均一に分布している最も良い例は、超臨界流体である。超臨界流体のコンピュータ・シミュレーションによる分子分布(試料: Xe, 岡崎進計算)を図1に示した。図示したように、超臨界状態における分子分布は、乱れているとしか言いようがない。この乱れを定量的に表現する発想は皆無であった。動径分布関数で試みようとした研究例もある。しかし、各原子周りの構造の平均化が動径分布関数法の基本であるので、超臨界流体の乱れ構造を平均化することにより、超臨界流体の特質そのものを鈍した情報しか得られない。

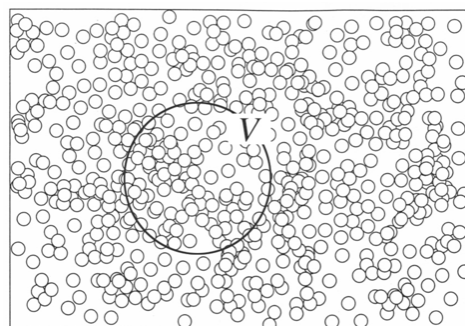


図1 超臨界状態における分子分布。体積 V 内の粒子数の不均一さを定量化。

Looking back

超臨界流体の分子分布の不均一さ(図 1)を『密度ゆらぎ』表示することを提案した。小角 X 線散乱強度から密度ゆらぎを求める実験法を確立し、多くの物質 (Xe^3), CO_2^4), $\text{CHF}_3^{5, 6}$), CH_2F_2^5), C_2H_4^7), C_6H_6^8), C_6H_{12} , CH_3OH^9), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{H}_2\text{O}^{10, 11}$)等の超臨界状態に適用した。研究の観点は、① 温度、圧力あるいは密度を変えた場合、密度ゆらぎはどのように変化するか? ;② 物質依存性は? ;③ ゆらぎと超臨界流体の物性とどのように関連しているか? を明らかにすることであった。

図 2 は、密度と温度の 2 軸に対して超臨界 H_2O の密度ゆらぎを描いたものである。密度ゆらぎは、臨界点に近づくにつれ大きな値をとり、臨界点で発散する。等温条件で密度を変えて密度ゆらぎを求めると、ある密度で極大値をとる。様々な温度で求めた極大値を連ねたのが、尾根線である(図 2 の青の破線)。この尾根線の温度・圧力の相図上への投影が気液曲線の延長線である。当初、この線を『ゆらぎの尾根線』と読んでいたが、最近では、**Nishikawa Line** (以下 **N-line** と省略)と呼んでいる。

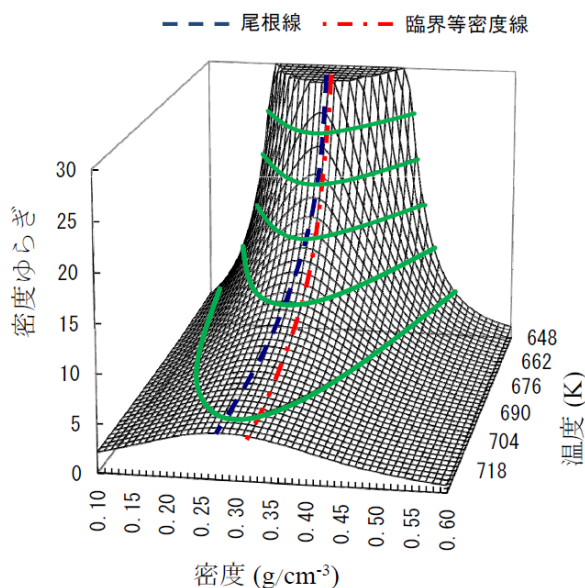


図 2 超臨界水の密度ゆらぎ。
水の臨界温度: 647 K。
臨界密度: 0.322g/cm^3 。

多くの物質の密度ゆらぎを求め、ゆらぎが系の性質を決めている重要な物理量であることを明らかにしてきた^{12, 13})。具体的にまとめると以下の通りである。

- 密度ゆらぎの等高線を温度・圧力の相図に描くと、気液曲線を延長する形で **N-line** が存在する。
- N-line** は、臨界点を除いて臨界等密度線とは一致せず、臨界点から離れるに従いそのずれは大きくなる。(図 2 の破線と一点鎖線)
- N-line** 上で、 G (Gibbs energy) の 2 次微分量に関連した物理量は極値をとる。(例えば、比熱、等温圧縮率、膨張率、音速、熱伝導率など)。
- 溶解度の変化率は、**N-line** 上で最大になる。すなわち **N-line** を境として非常に溶解度の大きな領域と溶解度の小さな領域に分かれる。

Looking back

e) 超臨界流体を媒体として反応を行った場合、反応の特異点は **N-line** 上にあることが多い。より正確に表現すると、 G の 2 次微分量が反応の律速段階を決めている場合、**N-line** 上が反応の特異点となる。

f) すべての物質で a)~e) は成立する。臨界定数で規格化すると、水素結合系と非水素結合系で尾根線の位置に多少ずれがあるものの、**N-line** はほとんど重なる(物質に依存しない普遍的性質の発見)。

上述した事実は、**N-line** は超臨界領域における何らかの境界線であることを暗示している。尾根線の物理的な意味づけを明らかにするため、van der Waals 状態方程式を用いて密度ゆらぎの尾根線を解析的に式で表してみた¹⁴⁾。物理的な意味を考察した結果、尾根線は G のすべての 2 次の微分量が極値となる点の軌跡であり、数学的にも臨界点で気液共存線と滑らかに繋がっていることが明らかになった。

横軸に温度、縦軸に圧力で表示した通常の相図では、気液曲線は臨界点でプツリと途切れている。しかし、以上の結果を相図の観点からまとめると、実は、「気液曲線を延長する形で、超臨界流体領域に名残の境界線が続いている。」と結論した。その名残の線が、**N-line** である。相図に描かれる各相の境界線は 1 次の相転移線である。それと対比させるならば、**N-line** は高次の相転移線とも表現できるかもしれない。

気液共存線が臨界点で途切れ、超臨界領域では何もその影響が無いというのは不自然である。**N-line** は、超臨界領域における気液共存線の名残であり、『より気体的な領域』と『より液体的な領域』の境界線と言える。c)~e) に示すように **N-line** 近辺は超臨界流体の特異性が最も顕著に出る領域であり超臨界流体を機能場として用いる際に重要な場となる。このように、ゆらぎが超臨界流体の特異的物性を決めていることを明らかにした。

3. 溶液の混合状態—濃度ゆらぎ

液体と同様、溶液構造を表現する方法は動径分布関数法が一般的である。動径分布関数は、液体あるいは溶液中の一原子の上に乗りに(中心原子と定義)、その周りに他の原子がどのように分布しているのかを示す関数である。そして、中心原子を次々に変えて得られる分布関数を平均化したものである。

動径分布関数は、中心原子から第1~第2近接分子までの構造情報である。単原子液体などでは意味があるが、複雑な系では動径分布関数の解釈は困難になり、得られる情報は非常に少なくなる。結晶構造との対応で議論することが多く、乱れた系を無理に規則構造で理解しようとする考え方と言える。また、クラスタリングやマイクロな相分離が起こっている系では、着目領域として数 nm~数 10 nm の構造を観測する必要があるが、動径分布関数法ではそれ等の情報を引き出せない。この大きさの空間領域は、“失われた領域”とも呼ばれ、複雑凝集系では、最も構造情報が得にくいメゾスケール領域である。動径分布関数に替わり、メゾスケールで混ざり具合を表現する方法として、濃度ゆらぎを考えた。詳細は最近まとめた総説を参照願いたい^{1,2)}。

Looking back

4. イオン液体の相転移ダイナミクス-動的ゆらぎ

動的ゆらぎが観測できる系は、相転移現象が最適であると位置づけた。通常、相転移は Avogadro 数個程度の粒子の協奏現象であり、通常物質ではマイクロ秒～ミリ秒の時間スケールで起こる。イオン液体を試料とした場合、相転移は比較的ゆっくり起こり、観測し易い。我々は、手造りの超高感度熱測定で相転移時の熱の出入りとして、また、NMR の緩和時間測定でイオン液体の相変化のダイナミクスを追ってきた。ここでは、最近まとまった NMR 測定の結果を多少詳しく報告する。

4.1. はじめに

柔粘性イオン性結晶 (IPC) は、イオンの配向秩序は融解しているが重心は秩序化しているイオン性物質の相と定義される。通常、球形に近いイオンが激しく回転しているか、配向が大きく乱れている。当初、物理化学者や物性研究者が、構成粒子が分子である柔粘性結晶 (PC) を液体と通常の結晶の中間状態として注目し、多くの基礎的な研究を行ってきた^{15, 16)}。最近では、PC 相を持つイオン液体 (IL) が多数発見されている。これらは IPC として、特に電解質の材料科学から注目され、MacFarlane のグループを中心に活発に研究が進められている¹⁷⁻²³⁾。「ゆらぎの研究」の立場からは、PC 相では構成イオンが活発な動きをしていることが予想され、動的ゆらぎを調べるのに格好の試料と言える。

回折実験から得られる IPC の静的構造は既報論文^{24, 25)}に譲り、ここでは動的挙動に注目する。イオン液体の動的挙動は、比較的遅いダイナミクスが支配的である。NMR 分光法は、物質の再配向ダイナミクスを調べるのに適した方法である。特に、縦緩和時間や横緩和時間 (T_1 , T_2) は、比較的遅いダイナミクスが支配的である粘性液体やガラス状固体の物質のダイナミクスや分子間相互作用に関する貴重な情報を与えてくれることが多い²⁶⁾。これまでも、 ^1H , ^{19}F , ^{13}C の NMR で、分子の再配向ダイナミクスや並進拡散が調べられているが、 T_1 , T_2 データを用いてイオン液体の相転移を論じた報告はほとんどない。これに対し、我々のグループでは、主に ^1H の T_1 , T_2 を測定することにより、いくつかのイオン液体の液体と結晶の間の相転移時のダイナミクスを研究してきた²⁷⁻³³⁾。

本研究では、液体相、PC 相、結晶相の間の相転移ダイナミクスに注目するために、PC 相を持つ IL を試料として選択した。N-butyl-N-methylpiperidinium hexafluorophosphate ($[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$, 図3) は、IL としてはあまりポピュラーな試料ではないが、PC 相を持つ IL や IL のプロトタイプが多くが融点以前もしくは融点で分解してしまうのに対し、液相を持つ試料である。この点で、系統的に相転移を調べるのに適している。 T_1 と T_2 はそれぞれ主に回転運動と並進運動を反映しているため、それぞれのダイナミクスに関する情報を個別に得ることができる。また、水素原子とフッ素原子はそれぞれ陽イオン $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ と陰

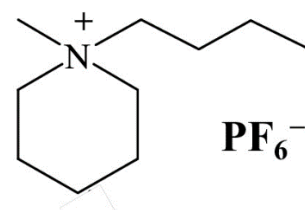


図3 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の構造。

Looking back

イオン PF_6^- にのみ含まれているので、 ^1H と ^{19}F 緩和時間の測定により、陽イオンと陰イオンのダイナミクスに関する情報を別々に得ることができる。

4.2. 結果と議論

4.2.1 相変化

本題の NMR 実験結果を理解するために、まず DSC の結果に基づいて $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の相挙動について概説する。試料を 370K まで加熱すると、完全に融解した。図 4 は 190~370 K の DSC 軌跡であり、冷却過程では 349 K と 287 K に、昇温過程では 324 K と 354 K にそれぞれ 2 つの発熱ピークと 2 つの吸熱ピークが観測された。この結果から、 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ は高温側から **Phase I** と **Phase II** という 2 つの結晶相を持つことがわかった。一般にイオン液体は過冷却相変化を起こしやすく、冷却過程での変化の温度は実験条件によって異なる。そのため昇温過程のデータがより本質的であり、融点は 354K、**Phase II** から **Phase I** への相転移温度は 324K であると決定される。以後、昇温過程での現象を議論する。

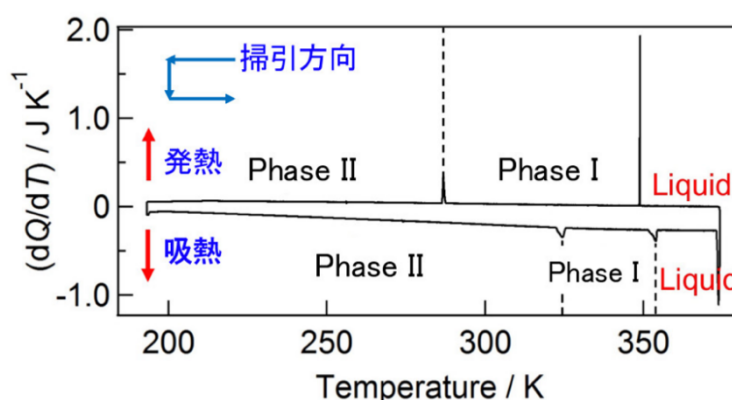


図 4 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の示差走査熱量 (DSC) 曲線。

試料は 5 mK/s の掃引速度で 370 K から 190K まで冷却、その後 370K まで昇温。

$[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の粉末 X 線回折パターンの解析で、**Phase I** は逆 NiAs 型構造の IPC 相、**Phase II** は通常の規則結晶であることを明らかにした。さらに、構成イオンの対称性とイオンの位置するサイトから要請される対称性の詳細な考察から、**Phase I** については、 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ は少なくとも 2 軸の周りを自由に回転している必要があり、対称性の高い PF_6^- は平衡位置の周りを自由に回転または稜動運動していると結論付けた²⁵⁾。

4.2.2 水素核の T_1 と T_2

^1H 共鳴周波数 25 MHz, ^{19}F 共鳴周波数 23.52 MHz のパルス NMR 装置 (いずれも JEOL 製) を用いた。低い共鳴周波数を選択しているため、化学シフトによる信号の分離が小さく、 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ イオン中の H 原子と PF_6^- イオン中の F 原子の全体的なダイナミクスを観測している。 T_1 測定は反転回復法を用い、 T_2 の測定では、液相は Curr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) 法を、PC 結晶相と結晶相は Solid echo 法を用いた³⁴⁾。

Looking back

プロトン間の双極子緩和機構では、 T_1 と T_2 は次のように記述できる。

$$\frac{1}{T_1} = \frac{3\gamma^4\hbar^2}{10r^6} [J(\omega) + 4J(2\omega)] \quad (1)$$

および

$$\frac{1}{T_2} = \frac{3\gamma^4\hbar^2}{20r^6} [3\tau_c + 5J(\omega) + 2J(2\omega)], \quad (2)$$

ここに γ は磁気回転比、 \hbar はディラック定数、 r はプロトン間距離、 τ_c は相関時間である^{34, 35)}。スペクトル密度関数 $J(\omega)$ は次のように記述される。

$$J(\omega) = \tau_c / (1 + \omega^2\tau_c^2). \quad (3)$$

粘性液体の $^1\text{H}-T_1$ と T_2 の温度依存性の典型例として、グリセリンの挙動を図5に示す。 $1/T_2$ 値は τ_c と正の相関のため、 T_2 は単純に温度が下がると減少する。 $1/T_1$ は、 $\omega\tau_c \ll 1$ の領域(極端先鋭化条件)では τ_c に、 $\omega\tau_c \gg 1$ の領域では $1/\tau_c$ に比例する。その結果、一相内での T_1 vs. 温度の曲線は、グリセリンの例で示されるように、高温領域では正、低温領域では負の傾きを持ち、極小値は $\omega\tau_c = 0.62$ である³⁵⁾。相転移を持つ試料では、各相転移温度で T_1, T_2 値の不連続な変化が観測される。

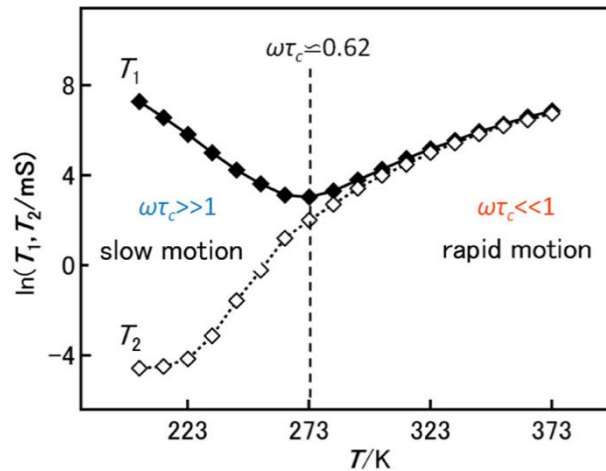


図5 グリセリンの $^1\text{H}-T_1$ と $^1\text{H}-T_2$ の温度変化。

粘性液体では、一般に双極子-双極子

緩和機構が支配的である。この機構では、図5に示すように、高温領域(すなわち $\omega\tau_c \ll 1$ の領域)において T_1 と T_2 の値はかなりよく一致し、次のように表される。

$$\frac{1}{T_1} \approx \frac{1}{T_2} \approx \frac{3\gamma^4\hbar^2}{2r^6} \tau_c \quad (4)$$

また、双極子-双極子緩和では、分子の再配向運動と分子内運動が T_1 の値に寄与する主要な運動であり、並進運動は主に T_2 の値に寄与する³⁴⁾。

まず、 $^1\text{H}-T_1$ の挙動に注目する。 H 原子は陽イオン $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ にのみ含まれるため、 ^1H の情報は陽イオンのダイナミクスに関係するものである。図6に、 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ の T_1 (開いた赤丸)と T_2 (閉じた赤丸)の振る舞いの温度依存性(加熱過程)を示す。

まず、 $^1\text{H}-T_1$ の温度依存性について述べる(図6参照)。 T_1 の曲線は324Kでわずかに不連続な変化が見られ、これは **Phase II**→**Phase I** の転移に相当するが、**Phase I**→液相の曲線は354Kで滑らかにつながっている。これは **Phase II** と **Phase I** の間に回転運動の差があり、**Phase I** と液相の間には無いことを示唆している。一般にIPCでは、イオンの重心は規則正しい格子を形成しているが、その配向が乱れていたり、イオンが回転運動しているとされている。粉末結

Looking back

晶X線回折データの構造解析で明らかにしたように、**Phase I** は IPC相であり、 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ イオンは少なくとも2軸の周りを回転運動している²⁵⁾。**Phase I** ↔液体状態の相転移点での ^1H - T_1 曲線が滑らかに繋がることから、**Phase I**での $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ イオンの回転ダイナミクスは液体状態と同じであると結論される。**Phase II** は通常の規則正しい結晶である²⁵⁾。**Phase I** と **Phase II** の相転移における T_1 曲線の不連続な変化は、それぞれの相におけるイオンの回転ダイナミクスの違いを反映している。**Phase II** では陽イオンはもはや完全に自由に回転することができないと考えられる。

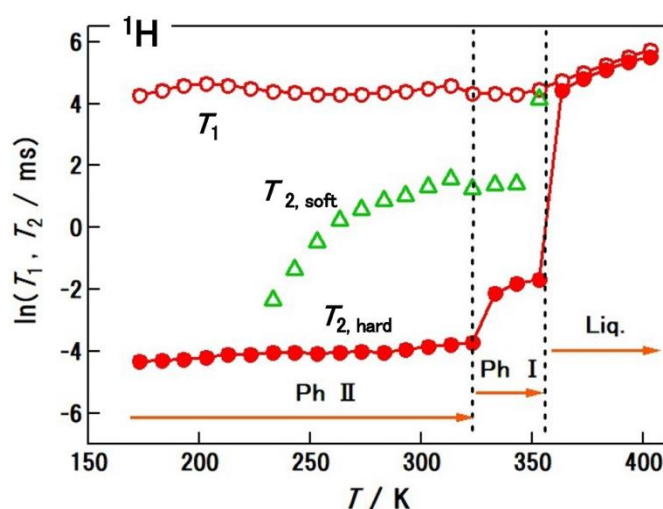


図 6 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の ^1H の T_1 (開いた赤丸) と T_2 (閉じた赤丸)。縦軸は対数スケール。緑の三角は、**Phase II** および **Phase I** に現れた柔らかい成分の T_2 。

次に、 ^1H - T_2 の挙動に注目する。 T_2 の温度依存性は図6の閉じた赤丸で示した通りである。 T_2 を決定する際、自由誘導減衰 (FID) 信号を注意深く観察したところ、硬い成分 (FIDの速い減衰、 T_2 が小) と柔らかい成分 (FIDの遅い減衰、 T_2 が大) の二つの緩和機構が存在することが判明した。硬い成分の T_2 値は結晶の T_2 値に対応し、図6の閉じた赤丸で示されている。柔らかい成分の T_2 値は緑色の三角形で示した。 ^{19}F の T_2 にも同様の現象が見られるので、 ^1H と ^{19}F の柔らかい成分の緩和機構については、後の4.2.4節で議論する。

T_2 は全領域で $1/\tau_c$ と正の相関があり、並進運動がその値に反映される。**Phase II** → **Phase I** →液体の各相転移点では、 T_2 の値は不連続に変化し、並進運動の形態が各相で異なっていることがわかる。 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の **Phase II** における T_2 の値は、イオン液体の通常の結晶相である他の塩の値とほぼ同じ大きさである。これは、 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ イオンの並進運動が **Phase II** で概ね固定化されていることを示している。**Phase I** (IPC 相) では、液相ほどではないものの、かなり大きな並進運動が存在することが示された。一般に IPC 相では、イオンは格子点を飛び越えるような運動をすると予想される。この T_2 のデータは、この予想を裏付けている。

Looking back

4.2.3 フッ素核の T_1 と T_2

^{19}F の核スピンは $1/2$ なので、 ^1H で用いた式(式(1)-式(4))がそのまま適用される。図7では、 ^{19}F の T_1 , T_2 の温度依存性をそれぞれ開いた赤丸、閉じた赤丸で示した。フッ素原子は陰イオンのみに含まれるため、 T_1 は主に陰イオンの回転運動の温度依存性を、 T_2 は主に並進運動の温度依存性を示している。

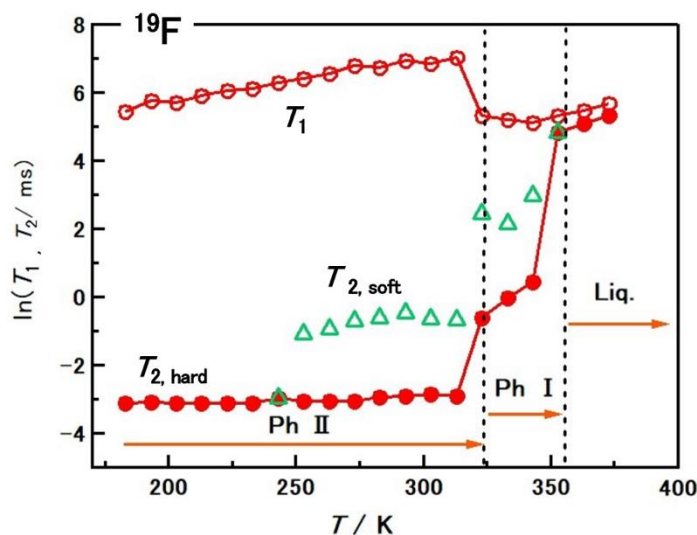


図7 $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の ^{19}F の T_1 (開いた赤丸)と T_2 (閉じた赤丸)。縦軸は対数スケール。緑の三角は、**Phase II** および **Phase I** に現れた柔らかい成分の T_2 。

まず、 T_1 の温度依存性に注目する。陽イオン(^1H データ)の場合と同様に、**phase I** → 液相の転移点において曲線が滑らかにつながっている。つまり、陰イオンは **IPC相 (phase I)** と液相で同様の自由回転運動をしていることが予想される。**phase II** → **phase I** の転移点で、 T_1 の不連続な変化を考慮すると、**phase II**の PF_6^- イオンは異なる回転運動様式になると想像され、その運動様式は平衡位置を中心とした稗動的な運動と予想される。陰イオンの回転運動は、平衡点での全体的な回転運動と稗動的な運動の2種類しかない。この運動モードの切り替えは、**phase II** → **phase I** の相転移点で起こる。 ^1H - T_1 とは異なり、**Phase II**における ^{19}F - T_1 の変化は温度の上昇に伴い単調に増加する。これは、この領域では陰イオンの回転モードが1つだけ存在することを示している。

図7の ^{19}F - T_2 (赤の閉じた円)は、 ^1H - T_2 と同様に、各相転移点での不連続な変化を示している。このことから、陰イオンの並進運動の形態は相ごとに異なり、高温相でより活発であると結論される。

4.2.4 自由誘導減衰(FID)信号における2つの成分

相転移のダイナミクスを別の角度から調べるために、パルスNMRの自由誘導減衰(FID)信号について調べた。FID信号とは、励起パルスを印加した直後に現れる磁化の横方向成分である。

Looking back

励起パルスをx軸方向に印加すると、 $t = 0$ での横磁化 $M(0)=M_0$ がy軸方向に現れる。 M_0 はz軸方向の平衡磁化であり、磁化は時間の経過とともにゼロの平衡状態まで減衰していく。 t 秒後のy軸方向の磁化、 $M(t)$ は次のように表される³⁴⁾。

$$M(t) = M_0 \exp(-t/T_2). \quad (5)$$

$^1\text{H}-T_2$ と $^{19}\text{F}-T_2$ の測定では、どちらの FID 信号も 2 つの成分から構成されている。横緩和時間が、硬い T_2 と柔らかい T_2 の2成分からなる場合、FID 信号は以下のように表される。

$$M(t) = (1-x) M_0 \exp(-t/T_{2, \text{hard}}) + x M_0 \exp(-t/T_{2, \text{soft}}), \quad (6)$$

ここに x は柔らかい成分の比率である。減衰の速い信号が硬い成分、遅い信号が柔らかい成分に相当する。

図6では、 $^1\text{H}-T_2$ の硬い成分と柔らかい成分の値を、それぞれ赤の閉じた丸と緑の開いた三角で示した。また、 $^{19}\text{F}-T_2$ のハード成分とソフト成分の値を、 $^1\text{H}-T_2$ と同じ記号で図7に示した。 ^1H 、 ^{19}F ともに、液体状態では $M(t)$ 信号の成分は1つだけである。融点では、**Phase I**の ^1H と ^{19}F の両方の柔らかい成分が、液体状態で赤い閉じた円で示されたそれぞれの成分につながっている。

今回の試料[$\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}$]PF₆では、温度の上昇とともに柔らかい成分(T_2 が大)が増加する現象が見られる。 $^1\text{H}-T_2$ に関しては、柔らかい成分の比率(x)の温度依存性を図8に示した。柔らかい成分が自由な並進運動を特徴とする液体状の成分を、硬い成分が通常の結晶を示している。これは、硬い成分の T_2 値がこれまで測定したイオン液体の秩序結晶の T_2 値と同じオーダーであること、および柔らかい成分の T_2 値が融点における液体の T_2 と滑らかにつながっていることから結論付けられる。

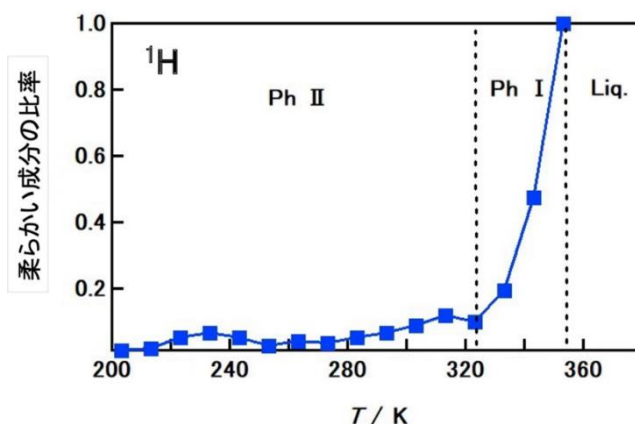


図8 $^1\text{H}-T_2$ における柔らかい成分の割合。

図8に示すように、柔らかい成分は通常の結晶状態(**Phase II**)で既に存在し、**Phase I**への相転移に向けてゆっくりと増加するが、その割合は数%以下である。**Phase I**では、温度の上昇とともに比率が急激に増加し、融点で1.0に達し、液体状態となる。**Phase II**における比率曲線のうねりは意味がなく、比率の値が非常に小さいために起こる解析誤差であると考えられる。図6、図7のソフト成分の値(緑の三角形)に着目してみよう。240K以下では存在比が低いですが、結晶領域でも

Looking back

phase Iまで徐々に増加する。phase Iの柔らかい成分は結晶中の T_2 値と液体中の T_2 値の間である。 T_2 値は主に目的元素を含む各イオンの並進運動が反映されている。以上をまとめると、ソフト成分の出現は、陽イオンと陰イオンがそれぞれ単独ではなく、共同して起こるダイナミックな現象であると考えられる。その現象の可能性としては、結晶の表面や界面で起こる表面融解や界面融解が考えられる。イオン液体の結晶状態において、表面または界面融解が起こりやすいことは既に報告した³⁶⁾。結晶の表面または界面において、一部の陰イオンと陽イオンは対になって融解し並進運動を開始するが、この運動は通常の液体における運動よりも自由度が低いと予想される。今回の $^1\text{H}-T_2$ の2つの成分の存在は、並進運動の前駆融解現象を捉えているものと思われる。

4.2.5 活性化エネルギー

相関時間 τ_c は、Arrhenius 方程式に従う。

$$\tau_c = \tau_a \exp(E_a/RT), \quad (7)$$

ここで、 E_a は活性化エネルギーである。 τ_c は緩和率 $1/T_1$ に比例するので、 $\tau_c \omega \gg 1$ の条件を満たす温度領域では、対応する運動の E_a を見積もることができる。

$[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]^+$ の回転運動を反映する ^1H データについては、 T_1 測定を行った2つの温度領域を選択した。一つは 353–393K の領域で、ここから $E_a=30$ kJ/mol が得られた。この値は、液相での陽イオンの回転運動全体の活性化エネルギーに相当すると思われる。もう一つは 173–183K の温度領域で、ここから $E_a=4.9$ kJ/mol が得られた。このエネルギーは、メチル基の回転活性化エネルギーに対応すると思われる。中間領域では、いくつかのモードの寄与が重なっている。この温度領域での T_1 挙動を特徴づける候補は、ブチル基の部分運動とピペリジニウム環の環運動であると考えられるが、その活性化エネルギーは推定できない。

PF_6^- の回転運動を反映する $^{19}\text{F}-T_1$ に関しては、2種類の回転モードに対する活性化エネルギーを得ることができる。一つは 347–373K の領域で 18.9 kJ/mol であり、この値は液体状態の PF_6^- の自由回転の活性化エネルギーに対応するものであろう。もう一つは、183–313K の領域から 5.8 kJ/mol である。この値は、秩序結晶相における PF_6^- の平衡位置の周りの秤動運動の活性化エネルギーに対応すると考えられる。 PF_6^- の運動のモードは単純であるため、モードの割り当てと活性化エネルギーの決定が可能である。

以上のように、PC 相を持つ試料では、PC 相はもちろん、結晶相でも活発なイオン移動が見られる。それらを捉えるには、NMR 緩和時間測定が最適であると結論づけられる。

また、IL はその高粘性のため、遅いダイナミクスで特徴づけられる。この点からも、IL は相転移現象を研究するのにうってつけの試料と言える。

なお、NMR による $[\text{C}_1\text{C}_4\text{pip}]\text{PF}_6$ の動的ゆらぎの研究は、投稿中の論文³⁷⁾を簡単にまとめ直し、解説したものである。

Looking back

文献

- 1) K. Nishikawa, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **94** (2021) 2170.
- 2) 西川恵子, *日本結晶学会誌*, **63** (2021) 197.
- 3) Y. Tanaka, Y. Takahashi, T. Morita, K. Nishikawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47** (2008) 334.
- 4) K. Nishikawa, I. Tanaka, Y. Amemiya, *J. Phys. Chem.* **100** (1996) 418.
- 5) T. Morita, Y. Takahashi, Y. Tanaka, A. A. Arai, K. Nishikawa *J. Chem. Phys.* **124** (2006) 124549.
- 6) K. Saitow, D. Kajiya, K. Nishikawa, *J. Am. Chem. Soc.*, **126** (2004) 422.
- 7) K. Nishikawa, H. Ochiai, K. Saitow, T. Morita, *Chem. Phys.* **286** (2003) 421.
- 8) A. A. Arai, T. Morita, K. Nishikawa, *J. Chem. Phys.* **119** (2003) 1502.
- 9) T. Morita, T. Kadota, K. Kusano, Y. Tanaka, K. Nishikawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **62** (2023) 016504.
- 10) T. Morita, K. Kusano, H. Ochiai, K. Saitow, K. Nishikawa, *J. Chem. Phys.* **112** (2000) 4203.
- 11) N. Yoshida, M. Matsugami, Y. Hirano, K. Nishikawa, F. Hirata, *J.*, **4** (2021) 698.
- 12) K. Nishikawa, T. Morita, *J. Supercritical Fluids* **13** (1998) 143.
- 13) K. Nishikawa, T. Morita, *Chem. Phys. Lett.* **316** (2000) 238.
- 14) K. Nishikawa, K. Kusano, A. A. Arai, T. Morita, *J. Chem. Phys.* **118** (2003) 1341.
- 15) J. Timmermans, *J. Phys. Chem. Solids* **18** (1961) 1.
- 16) 関集三, *化学と工業* **15** (1962) 1226 and referenced cited therein.
- 17) D. R. MacFarlane, J. Huang, M. Forsyth, *Nature*, **402** (1999) 792.
- 18) D. R. MacFarlane, M. Forsyth, *Adv. Mater.*, **13** (2001) 957.
- 19) J. M. Pringle, P. C. Howlett, D. R. MacFarlane, M. Forsyth *J. Mater. Chem.*, **20** (2010) 2056.
- 20) H. Zhu, D. R. MacFarlane, J. M. Pringle, M. Forsyth, *Trends Chem.*, **1** (2019) 126.
- 21) J. Hwang, K. Matsumoto, C. -Y. Chen, R. Hagiwara, *Energy Environ. Sci.*, **14** (2021) 5834.
- 22) H. Yamada, Y. Miyachi, Y. Takeoka, M. Rikukawa, M. Yoshizawa-Fujita, *Electrochim. Acta*, **303** (2019) 293.
- 23) D. Al-Masri, R. Yunis, A. F. Hollenkamp, J. M. Pringle, *ChemElectroChem*, **7** (2020) 4118.
- 24) K. Nishikawa, T. Yamada, K. Fujii, H. Masu, K. Tozaki, T. Endo, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **94** (2021) 2003.
- 25) K. Nishikawa K. Fujii, T. Yamada, M. Yoshizawa-Fujita, K. Matsumoto, *Chem. Phys. Lett.* **803** (2022) 139771.
- 26) C. A. Angell, *Chem. Rev.* **90** (1990) 523.
- 27) M. Imanari, K. Uchida, K. Miyano, H. Seki, K. Nishikawa, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12** (2010) 2959.
- 28) T. Endo, S. Widgeon, P. Yu, S. Sen, K. Nishikawa, *Phys. Rev. B*, **85** (2012) 054307.

Looking back

- 29) T. Endo, H. Murata, M. Imanari, N. Mizushima, H. Seki, K. Nishikawa, *J. Phys. Chem. B*, **116** (2012) 3780.
- 30) M. Imanari, K. Fujii, T. Endo, H. Seki, K. Tozaki, K. Nishikawa, *J. Phys. Chem. B*, **116** (2012) 3991.
- 31) T. Endo, H. Murata, M. Imanari, N. Mizushima, H. Seki, S. Sen, K. Nishikawa, *J. Phys. Chem. B*, **117** (2013) 326.
- 32) M. Imanari, K. Fujii, T. Mukai, N. Mizushima, H. Seki, K. Nishikawa *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **17** (2015) 8750.
- 33) Y. Shimizu, Y. Wachi, K. Fujii, M. Imanari, K. Nishikawa, *J. Phys. Chem. B*, **120** (2016) 5710.
- 34) T. C. Farrar, E. D. Becker, *Pulse and Fourier Transform NMR, Introduction to Theory and Method*, Academic Press, New York 1971.
- 35) I. Solomon *Phys. Rev.*, **99** (1955) 559.
- 36) K. Nishikawa, K. Fujii, Y. Hashimoto, K. Tozaki, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **22** (2020) 20634.
- 37) K. Nishikawa, K. Fujii, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, submitted.

Memory

今、西川研での時間を思い考えること

千葉大学 大学院理学研究院

森田 剛

西川先生のご功績が文化功労者として顕彰され、お祝いを申し上げますとともに、西川研門下生の一人として誠にご同慶に存じます。イオン液体などの規則構造を持たない複雑凝集系の科学において、新しい装置の構築や新たな解析理論を提案され、「ゆらぎ」の概念を取り入れた独創的な見地からのご研究をはじめとして、先生の尽きない湧き上がるご関心による広範なご研究成果や、学術行政・学会活動、学生指導におけるご尽力に対する顕彰と存じております。

「ゆらぎ」は平均からのズレを表しますが、西川研での私の研究活動は、超臨界流体とよばれる「ゆらぎ」が顕在化する系を、目視で観察することから始まりました。「目で観る超臨界流体」と名前の付いた装置の操作について説明を受け、実際に観察を始めました。超臨界流体の温度圧力を臨界点に接近させますと、真に夕焼けのような（「夕焼け現象」と西川先生が命名されています）黄色やオレンジから赤へと色調が変化し（図1）、なんと美しいことかと、すぐに「夕焼け現象」の虜になりました。装置の前に、朝から晩まで数ヶ月へばりついて、充填率を変えたり、溶質を添加したりと、夢中で観察していたことをよく覚えています。このことがきっかけで、私自身は研究者の道を目指すことにしました。西川先生は、学生をおもしろがらせる観点でも、大変優れた教育・研究者であると承知しております。また、この時に自身にも培われた「可能であれば研究対象を実際に目で観て理解を深める」とのスタンスは、イオン液体での研究（イオン液体-高分子系の相転移挙動研究、イオン液体-水系の構造研究、イオン液体-二酸化炭素系の研究など）においても系のより深い理解へとつながり、研究を進めるにあたり重要な方針の一つであると理解しております。



図1 西川研に入り初めて行った「夕焼け現象」の実験で当時撮影した写真（中央の黄色部分が超臨界流体）

博士後期課程に進学しました。高温高圧の実験をテーマとして選びました。装置を自作する必要があったため、金属工作を始めましたが、西川先生より直々に旋盤のご指南を頂きましたことは、今でもよく覚えています。「旋盤のテクニシャン」という参考書を手に、毎日、金属工作室に通っておりましたが、「内面削り（中ぐり）」とよばれる工程がよく理解できず、西川先生に相談しましたところ、実際に切削しながら手順等を丁寧にご指導頂きました。さらに、西川先生がご所属であった学習院大学の工作工場の方へ紹介を頂き、うかがわせて頂く機会を頂戴しました。本職の方の切

Memory

削を初めて見学させて頂き、設計製図についてアドバイスを頂くなど、学内だけでは得られない、貴重な勉強の機会を頂きました。この時期に学んだ金属工作の技術が、現在の研究推進に大きく役立っております。西川先生より、自分から出て行きご専門家の意見を乞う、このことの大事さをご教授頂いたものと承知しております。

学生時代、出来事としての思い出ではありませんが、いつも感じておりましたのは、西川先生にデータ等について議論を頂く際「終わりまで、自分の説明や解釈を、遮ることなく丁寧に聞いてくださる」ことでした。その時分はこの凄さがよくわかりませんでした。自身が教員として学生を指導する上で、そのように心掛けておりますが、なかなかできないことであると感じます。西川先生から、自然と身につけて頂いた大切な心得と理解しております。また、研究室には「輪読会(輪講)」とよばれる勉強会があり、X線散乱の理論を中心とした勉強会に参加しましたが、西川先生から示された「教科書の記述の行間を読む」との目標から、教科書に記載の式を丁寧に導出することや、関連の情報を調べ示しつつ教科書の記述を深く理解することを学び、これは、自身で講義を行う上でも重要な指針となっております。もちろん、この「X線輪講」は、現在の研究室でも続いている最も大切な勉強会です。学外活動としては、西川先生との学会参加や学外施設での実験が思い出されますが、特に「PF実験(高エネルギー加速器研究機構の放射光共同利用実験施設 **Photon Factory** での実験)」での活動です(図2)。普段、西川先生と並んで実験をする機会(ご指導を頂くこととは別として)はあまりないわけ

ですが、PF実験期間中は、西川先生と並び実験を行う時間になりました。実験操作として様々を教わりましたこととは別に、特に、X線光軸合わせの際の妥協のないこだわり、実験ノートを丁寧に記す実験研究者としての誠実さを学びました。学部学生の学生実験での指導を含めた、学生への実験指導を行う際の指針ともなっております。一方で、学外に出かけた際は「その土地の美味しいものをいただく!」との西川先生の楽しめるお気持ちから、沢山の美味しい食べ物、それと、美味しいお酒をご一緒に

頂きました。今でも研究室で継承させて頂き、学生と学外でささやかな贅沢をしております。研究室には「作戦会議」とよばれ、研究進捗説明と研究計画を議論するゼミがありますが、発表内容に関して十分に準備してのぞみませんと厳しいつつこみを受けることとなり、皆熱心に十分な時間をかけて準備していたことを思い出します。研究においても、発表の仕方そのものにおいても、西川研の学生皆にとって、良い鍛錬の場になったと感謝しております。

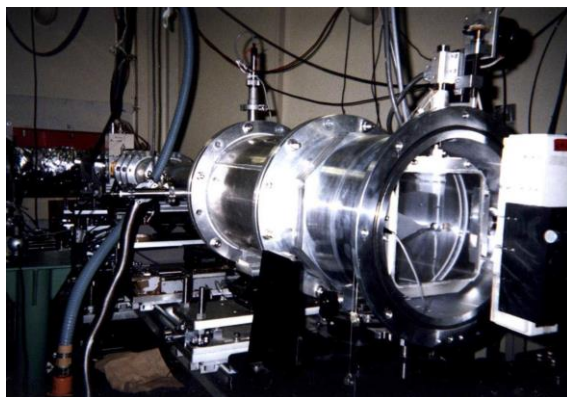


図2 西川先生を含め西川研メンバー総出で実験した PF BL-15A の光学系

Memory

西川研のメンバーは良い意味で「ゆらぎ」が大きく、個性的な面々であったと思います。そんな学生に対し、学生自身が力を発揮するまで十分にじっくり待ってくださり、やりたいと考えることはできるだけ実行させてくださり(これも大変貴重で有り難いことであったと認識しています)、大人として自主性を最大限尊重して下さる。さらに、西川研のテーマ展開も「ゆらぎ」が大きく、広く多岐にわたるため、学生間でも学際的な議論や広い観点での知識の吸収ができる。本稿依頼を頂いた際、「西川研の思い出」を巡らせた時、このような優れた環境で学べた時間を有り難く思い、その時間の中で多くの大切な教えを頂戴していたと今再認識し考える次第です。西川先生におかれましては、今後とも、お元気で研究をさらに前に進められ、また、引き続きご指導を賜りますようお願い申し上げます。



図3 博士論文公聴会での様子(2000年)
(右で質問されているのが西川先生)

Memory

西川研と私

同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科
遠藤 太佳嗣

1. 西川研との出会い

私は2009年3月に、千葉大学理学部の西川恵子先生の研究室で博士の学位を取得しました。ただ、修士課程までは、千葉大学工学部に在籍していました。修士課程までの研究室では、光機能性材料の研究をしていましたが、モノ作りよりも、メカニズムに興味に移り、研究室を変えることとしました。当時自分の研究に関連のあった、「光化学」或いは「レーザー分光」をキーワードとして基礎研究を行っている研究室を、学内外併せて10研究室位、見学させていただいたと思います。そのうちの一つが西川研でしたが、ただ、当時の西川研は、レーザー分光を専門とされていた助手の齋藤健一先生(現広島大)の異動後で、レーザー分光を精力的に進めているわけではなく、あくまで、小角 X 線散乱を主体とした研究室という印象を受けました。「光化学」、「レーザー分光」を専門とする研究室は他にあったのですが(その中の一つに東京大学の濱口宏夫先生の研究室もありました)、最終的に西川研を選んだのは、西川先生の人柄と、のびのび自由に研究を楽しんでいる研究室の雰囲気からだと感じます。また、千葉大学に学部+修士の6年間通って、愛着も湧いていました。

こうして、2006年4月から博士課程の学生として、西川研に所属しました。当時は、スタッフとして、西川先生と秘書の篠塚百合さんがおられたところに、西川研卒業生の鮎澤亜沙子さんが助手として、東京農工大学の太田弘幸先生の研究室から向井知大さん(現法政大学)がポスドクとして、新しく着任されていました。博士課程の先輩はいませんでした。同期に畠山義清君(現群馬大学)、田中良忠君(現産業技術総合研究所)がいました。田中君は、偶然にも高校のクラスメートでもありました。修士の学生は6名程度、学部生は、万代俊彦君(現物質・材料研究機構)を含め、4名くらいだったと記憶しています。

その後、博士課程の学生として3年間、更にポスドクとして3年間の合計6年間、西川研にお世話になりました。この間、ラトガース大学から准教授として城田秀明先生、愛知教育大学から助教として森田剛先生、京都大学の木村佳文先生の研究室からポスドクとして藤澤知績さん(現佐賀大)がいらっしやいました。更に、日本電子を退職された今成司さん、花王を退職された藤井幸造さんが、より研究を楽しむために、西川研に博士課程の学生として入ってこられ、充実した研究体制だったと思います。

2. 西川研で得たもの

西川研を改めて振り返ってみると、西川先生には、本当に色々な出会いやチャンスを頂きました。研究室内での出会いもそうですが、例えば、ポスドク時代は、西川研と千葉大学分析センターの掛け持ちをさせていただいたことも貴重でした。ここで、当時センターに所属していた関宏子先

Memory

生を通じて、学内外の多くの方と知り合うことが出来ましたし、また、現在私の武器の一つとなっているNMR分光法と出会い、存分に測定できる機会を得ることもできました。そもそも学位取得後、行先のない私をポストクとして雇っていただいたこと、更に、ポストク 3 年目、中々次のポジションが決まらない私に、3 ヶ月弱、アメリカのカリフォルニア大学デービス校に留学する機会を与えてくださいました。私の短期留学は、研究室としては何のメリットもなかったと思います。しかしその甲斐あって、3 年目に JSPS 海外特別研究員に採択され、上述の大学に異動することが出来ました。

また、研究と1対1で向き合う十分な時間を頂いたことも、非常に貴重でした。西川研は自由でした。研究室のコアタイムとして 10~18 時が一応設定されていたものの、研究活動は、あくまで各自の自主性に委ねられていました。西川先生から、実験や研究の方向性に対して、あれこれ細かい指示が飛ぶこともなく、「研究を楽しむ」ことを根幹として、各自の研究が進められていました。私自身、最初に研究の大きな方向性だけ与えられ、その他は、時々ディスカッションをして、アドバイスをいただく程度で、博士課程 3 年+ポストク 3 年の 6 年間、ほとんど独立した研究者として扱っていただきました。

しかし一方で、この自由さは、大変厳しいものであったことを後に気づかされました。博士課程 1 年目は、この自由さに甘んじ、実力もないのに、大した努力をしない日々を過ごしてしまいました。学位はどうか 3 年でとらせていただいたものの、研究者としては本当に恥ずかしい実力で、博士課程在学中、1 度も学振の DC や PD への書類を書くことが出来ない有様でした。西川研の 6 年間のうち、中盤は、自分の実力と未来に、失望と焦燥感を感じて過ごす日々だったと記憶しています。ただ、そのために、ではどうやったらちゃんと研究ができるのかを、真剣に考える時間を持てました。西川先生が辛抱強く見守ってくださったこの期間が、私を研究者として形作ったと思います。

ポストク 2 年目、次のポストが決まりかけたことがあります。しかし、諸事情により、寸前で白紙になってしまい、途方に暮れたことがありました。その際西川先生は、「白紙になってしまったことが良かったと、いつか思う日が来ます」と慰めの声をかけてくださいました。ただ当時の私は、「他人事だと思って！」という思いがなかったわけではありません。しかし、その次の年、JSPS 海外特別研究員に採択され、更に、私事ですが、今の妻と出会うことが出来ました。また、博士課程 3 年目頃に、論文を書いて西川先生に渡した後、珍しく数カ月音沙汰がなかったことがありました。しかしその後、その論文のある実験結果に重大な欠陥があること分かり、先生から「そろそろ論文の話をしませんか」とお声がかかったタイミングで、論文を取り下げることができました。どこまで意図されていたかははっきりとは分かりませんが、全ては西川先生の掌の上だったのかと、思うことがあります。

最後になりますが、西川先生、文化功労者に選出されましたこと、大変おめでとうございます。弟子が師に出来る最大の恩返しは、師を超えることだと信じやってみましたが、まだまだ時間がかかりそうです。生涯現役の気概で歩み続けていきたいと思いますので、今後ともご指導ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

Memory

西川先生の文化功労者顕彰に寄せて～先生との思い出

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究拠点
万代 俊彦

1. はじめに

私は西川恵子先生が領域代表として牽引された特定領域研究「イオン液体の科学」が開始される2006年に研究室に配属され、イミダゾリウム系イオン液体の結晶構造-分子ダイナミクス-物性相関に関する研究に従事しました。2012年3月に学位を取得してからは、西川研究室時代に培った有機合成と結晶構造解析技術を武器に、横浜国立大学、Chalmers University of Technology (@Sweden)、首都大学東京(現東京都立大学)、岩手大学を渡り歩き、現所属機関である物質・材料研究機構にてようやく、腰を据えて研究活動に従事できる環境を獲得することができました。以前イオン液体研究会の Topics にも寄稿させていただきましたが、現在では主に次世代蓄電池用電解液材料の研究開発に取り組んでいます。本稿では、西川研究室で過ごした濃密な6年の中でも特に印象深い出来事や先生との思い出をご紹介します。このような大変貴重な機会をくださいましたイオン液体研究会編集委員の先生方に、改めて御礼申し上げます。

2. 指導者、研究者としての西川先生

偶然目にした『磁性イオン液体』の新聞記事、そして学部授業にて「これからイオン液体という物質の研究を始める。これは本当に面白いんだ」と満面の笑顔で話された西川先生を見て、私は配属希望先を決めました。当時西川研では複雑凝集系の構造物理化学を研究基盤に、超臨界流体や多孔質炭素材料の『ゆらぎ』に関する研究を展開しており、イオン液体もそのラインナップに加わったところでした。私はイオン液体の構造物性相関をテーマにいただき、東京農工大学から赴任された向井知大博士(現法政大学教授)とともに、有機合成設備のセットアップから始めました。西川研の主流である『ゆらぎ』とは縁遠い研究テーマでしたが、その中で身につけた有機合成の素養と構造解析技術がその後のキャリアを導いてくれたことを思うに、流石の名采配であったなど実感しています(全く記憶にありませんが、「どうしてもイオン液体の合成がやりたい!」と私が主張したために、合成に詳しい向井さんの下につけたと後に教えていただきました)。

西川先生は『サイエンスを楽しむ』を信念に、いつも笑顔で研究に向き合っていたのが印象的です。イオン液体研究会の講演や討論会懇親会で、イオン液体の魅力や今後の展望を楽しそうにお話される西川先生をご覧になったことがある方も多いかと思います。千葉大時代は自分の手で研究ができないことを嘆いていらした西川先生ですが、2022年夏に千葉大学の共用機器センターで幸運にもお会いしたときには、豊田理研フェローとして獲得した科研費でNMRを購入しイオン液体の再配向ダイナミクス研究を継続していること、上智大学の藤田先生らと柔粘性イオン結晶の研究会を立ち上げることなどを嬉々として話してくださいました。純粹にサイエンスを楽しむことを正に体現されていて、これぞ研究者の理想像だと羨ましく思ったものです。

Memory

大学運営や出張のため不在なことも多く、1対1でお話する機会は多くありませんでしたが、学生の心情や動向は敏感に感じ取られており、スマートかつ大胆に解決されていく場面を何度も目にしました。かく言う私も西川先生に救っていただいた一人です。博士後期課程で潰れそうになり中途退学という選択肢が頭を過った際には、表情から察したのか優しくお茶に誘ってくださり、そこで別の道を指し示してくださいました。決断の後は別の苦労がありましたが、おかげで無事学位を取得することができました。大学教員も経験した今改めて当時のことを振り返ってみても易々と提案できることでは到底なく、西川先生の包容力と行動力が溢れたとっておきのエピソードです。

3. お茶会(&飲み会)

西川先生そして西川研を語る上で切っても切り離せないのがお茶会(&飲み会)です。西川研は学生居室の前に実験室と繋がる前室があり、有志による飲み会が夜な夜な開催される一方で、スウェーデンの Fika を思わせる健全な『3時のお茶会』も頻繁に開かれていました。西川先生が自費(!!)で購入されたコーヒー豆が研究室に常備され、西川先生の「お茶にしませんか」の合図で係の者が準備をします。ミルを挽き、お湯を沸かし、人数分のドリップコーヒーを淹れます。お茶請けには卒業生からのお中元やお歳暮をいただくこともあれば、誕生日などのお祝い事にはケーキを用意することもあります(図 1)。当時からお菓子作りを趣味としていた私は、(これ幸いと日頃のマイナスを取り返すべく)感謝の気持ちを込めてシフォンケーキやチーズケーキを作っては振る舞っていました。このことは西川先生においても印象深かったようで、卒業まで数えきれないくらい作りましたが、「最初はキャロットケーキで次がチーズケーキ、その次がシフォンで、チョコレートケーキが来て、、、」と順番まで覚えてくださっていました。プロの味に及ぶべくもありませんが、振る舞う度に褒めていただけたのは嬉しかったです。

前室で開催される飲み会では料理自慢達が腕を振るい、牛タンやジンギスカンなどの学会出張土産を調理することもあれば、先生からリクエストをいただいて研究そっこのけで前日から仕込むなんてこともありました。先生の号令の下突発的に開かれる飲み会のために、急いで馴染みの中華料理屋に走ったことも良い思い出です。そういったお酒を伴う会では、西川先生の学生時代の話、助教時代の苦労話、イオン液体研究会発足までの道程など実に様々な経験談をお聞かせくださいました(図 2)。ガソリンを得て、いつもの穏やかな語り口とは打って変わ



図 1. 2006 年 11 月西川先生の誕生日会の 1 コマ。手前には筆者作のシフォンケーキが。



図 2. 2011 年分子科学討論会@北海道にて開かれた西川研飲み会にて。前列中央：西川先生、後列右から 2 番目：筆者

Memory

って、感情が乗ったお話をされる西川先生を見ることができる研究室飲み会は貴重な機会であったなど、当時を振り返って感慨深く思う次第です。

4. おわりに

西川先生がサイエンスを本気で楽しんでいる姿を間近で見て、私も研究者を志しました。毎週のように髪色を変えるなど落ち着きのない学生だったと自覚していますが、学位を取得でき、今研究者として生きていくことができているのはひとえに、西川先生が優しく辛抱強く見守ってくださったおかげです。心から感謝申し上げます。私事で恐縮ですが、物質・材料研究機構と横浜国立大学間の連携制度により、この春から横浜国立大学の客員教員として学生教育にも従事することになりました。先生にご指導いただいたことを胸に、サイエンスに対する姿勢を学生に継承していきたいと思えます。

また西川先生の文化功労者顕彰を受け、西川研関係者による同窓会が実に 10 年振りに開催されることになりました。西川研を形作ってこられた先輩方、共に切磋琢磨した同期、研究室を盛り上げてきた後輩、そして西川先生にお会いできることを今から心待ちにしております。西川先生、この度の文化功労者顕彰、誠におめでとうございます。

Memory

西川研究室で学んだことと思い出

群馬大学大学院理工学府
畠山 義清

1. はじめに

筆者は西川恵子先生の研究室において2009年3月に博士後期課程を修了し、ポスドクとしてもお世話になりました。科研費特定領域研究『イオン液体の科学』が始まる年度に博士後期課程に進学し、学位はイオン液体中に調製される金ナノ粒子に関する研究で取得しています。群馬大学に着任して6年が経ちましたが、現在では西川研究室で身に着けた小角・広角 X 線散乱 (SAXS・WAXS) や X 線吸収分光 (XAFS) を用いた電気化学デバイス用炭素電極、電解液のオペランド構造解析を主なテーマとしています。第4級アンモニウム塩やリチウム塩を電解質として用いているため、ある程度イオン液体にも関わりがあります。今回西川研究室での記憶についてまとめるよい機会と思い、先生にご指導いただいたことや研究室での思い出について寄稿させていただきます。貴重な機会をいただきましたこと、編集委員の先生方に御礼申し上げます。

2. 西川先生のご指導

2003年春、西川研究室に配属された当時、研究室では研究対象や用いる測定手法から、ゆらぎ、分光、炭素の各班に分かれて研究が進められていました。同期4名とともに配属された筆者はこのうち炭素班に入り、カーボンエアロゲルの構造を SAXS により評価する研究を始めました。当時の西川研究室では多くの学生が温度調整機構や金属加工を含む装置製作に取り組んでおり、これを基盤として高エネルギー加速器研究機構のフotonファクトリー (PF) で放射光実験 (図1) や研究室での分光測定を行っていました。筆者も超臨界乾燥装置や電気炉の配管等、実験の立ち上げに四苦八苦したことを記憶しています。思い出深いのは超臨界乾燥装置の心臓部である高圧容器を工学部の小倉克之先生にいただいたときのことです。理学部と工学部の間を台車で行き来する道中、超臨界流体を扱う難しさや楽しさについて西川先生からお話していただきました。西川先生は覚えていらっしゃるかもしれませんが、今思うとこのときの会話が研究者を志した原点かもしれません。筆者は博士前期課程修了後イオン液体関係へテーマを変え、当時のカーボンエアロゲル研究を論文にすることはありませんでしたが、学位取得後思わぬとこ

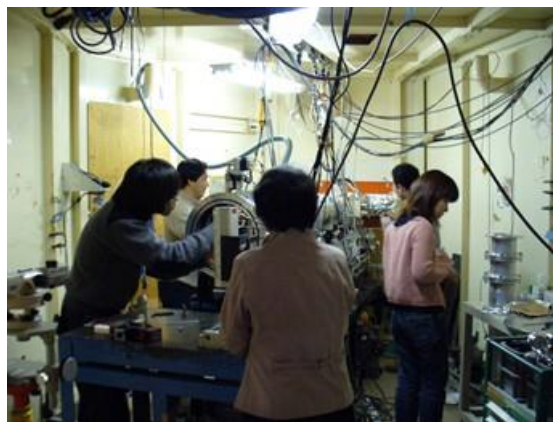


図1 PFの旧BL-15Aで実験を監督される西川先生(2005年11月)、左でビームストップをねじ止めしているのが筆者

Memory

ろから宇宙航空研究開発機構との共同研究へと発展し、立派な超臨界乾燥システムを構築することができました。近年またこの装置を用いて電極のメソ孔サイズに着目した研究を行っていますが、高圧容器や窓材は当時のままでして、たまに装置を眺めては学生の頃を思い返しています。

3. 怒らない西川先生

西川研究室は非常に自由度が大きく、先生から研究テーマについて具体的なことを言われるのは半年に1回進捗報告を行う“作戦会議”のときだけでした。その分1回にいただくコメント・宿題の量が多く、半年後の“作戦会議”に向けて計画的に研究を進めなければと毎回反省していました。自由度が大きい分筆者を含め学生の研究進捗状況にはムラが生じることがありましたし、測定や試料調製に関する失敗も多々ありましたが、少なくとも研究に関して西川先生が怒ることは1度もありませんでした。



図2 筆者が破壊した高真空ラインのヒックマンポンプ(2008年8月)

1つ筆者の失敗からご紹介いたします。西川研究室ではイオン液体を限界まで乾燥させるためヒックマンポンプを搭載した高真空ラインを使用していましたが、図2に示したように筆者はこの真空ラインをメンテナンス中に大破させたことがあります。お盆の初日だったと思いますが、分子科学討論会を翌月に控えていたため、筆者は当然青ざめました。登校されていた西川先生にすぐに報告しましたが、先生は筆者に怪我がないか確認すると、お盆明けにメーカーの幕張理化学硝子製作所に連絡するようにコメントしただけで、「お茶にしましょう。」と言われました。そしてお茶を飲みながら学習院大学での助手時代に装置を壊してしまったときのことをお話しになるのですでした。高真空ラインは多くの学生が使用し、多大な影響があるというのに、なんと寛容で教育的な対応でしょうか。数年前、新品のグローブボックス内で学生が電解液のガラス容器を割ったときの筆者とは大違いで恥ずかしくなります。

4. 西川先生との議論

怒らない西川先生ですが、研究に関する議論をしているときには熱くなります。学生・ポストドクの時、論文の内容に関して議論しているとき意見が食い違うこともあれば、的はずれな査読コメントに2人で文句を言い合うこともありました。よく覚えているのは、実験結果が示していることを読み取って広く知らしめる最後のチャンスが論文執筆、だからデータを絞り尽くしてあげないといけない、と言われたことです。西川先生をはじめ研究室のメンバーはいかにして研究対象の物質を測定するかに腐心していることが多かったため、出てきてくれたデータに対する愛着は強かったのではないのでしょうか。最近では筆者も大学院生を指導する際、簡単に失敗データを見捨てるので

Memory

はなく、そこに隠れたポジティブな部分を見つけてあげるようにと言っています。また、このいかにして測定するかという工夫や、データの示唆するところを絞り出すための発想にオリジナリティあふれる研究の源流があるのではないのでしょうか。議論の最中、先生の目がギラリと光る瞬間があるのですが、あれは先生の中で議論が大きく進んだり、よいアイデアが浮かんだりしたときなのかな、と先生の昔の写真を拝見したときに思ったことがあります。(図3)

西川研究室の装置設計・製作は金属や樹脂の性質、シール材について必要な知識が膨大で、なかなか短期間で身に着けられるものではありませんでした。しかしながら筆者の現在の研究ではこれが非常に役立っており、試料測定用の容器に関する共同研究も行っています。西川先生が装置製作を行うようになった経緯は2001年に内田老鶴圃から刊行された『MY LIFE』に書かれているので是非お読みいただきたいと思います。2014年3月に定年退職された後も何度も議論していただき、最近では昨年10月にも千葉大学で近況報告も兼ねて筆者設計の電気化学セルを持参し、電極のSAXS、WAXS、XAFSや共同研究についていくつか相談させていただきました。一部守秘義務で試料の素性を明かせなかったのですが、議論の途中で共同研究先を見破られたときは本当にびっくりしました。先生の幅広い知識が垣間見られた瞬間であったと思います。もちろん「そうです。」と素直に言うことはできませんので、「さすがです。」としか答えられませんでした。当然ながら西川先生、一緒に連れて行った大学院生には笑われてしまいました。



図3 学習院時代(1970年代後半?)と中国福建省厦门市訪問時(2014年8月)の西川先生

5. おわりに

現在からっ風吹きすさぶ群馬から一時的に脱出し、暖かな台南でこの文章を推敲しつつ学生・ポストドク時代の記憶を辿っています。西川先生は以前からご自身で、走りながら考えるタイプの研究者であるとお話しされており、研究室は多くの学生と一緒に走らせ、励ましながらタフに育てる場であったと思います。特に筆者が感じる場所では、少しずつ成功体験を積み重ねることで学生に自信をつけさせるという教育方針が西川先生の中にあっただけではないのでしょうか。昨日2月2日、バンケットで国立精華大学の胡啟章(Chi-Chang Hu)先生にこの話をしたところ、「君はいい先生の研究室で学位を取ったね。」とコメントをいただきました。今後も西川先生にご指導いただいたことを忘れず研究・教育に励んでいく所存です。西川先生、文化功労者顕彰、誠におめでとうございます。台南で食べた牡蠣オムレツがあまりに美味しかったので、西川先生の好物の1つが牡蠣であったことを思い出しました。以前ご案内した銀座のお店、またお誘いいたします。

第 12 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
一川 尚広、田中 正樹、中村 暢文

2022 年 11 月 24 日 (木) 25 日(金)の二日間にわたり、第 12 回イオン液体討論会を東京都小金井市宮地楽器ホールにて開催しました。現地実行委員会メンバーは、中村を実行委員長として、一川と田中が農工大から実行委員として加わり、更に藤田恭子先生(東京薬科大学)、阿部洋先生(防衛大学校)、根本文也先生(防衛大学校)の 3 名の先生方に実行委員として参画していただき、本討論会の企画・運営を進めました。三年ぶりの対面型の討論会ということで、例年以上に細かな準備を必要とし、実行委員の先生方には多大なる御尽力いただきました。また、事務局の方々や顕彰・評価を快くお引き受け下さった諸先生方及び発表者の方や参加者の皆様のお陰で無事に開催することができましたので、この場をお借りして改めて感謝申し上げますと共に、第 12 回イオン液体討論会の開催報告をさせていただきます。

第 12 回討論会は特別講演 1 件、招待講演 2 件、口頭講演 30 件、ポスター講演 63 件で構成され、参加者総数は 211 名を数えました。初日の招待講演では、東京大学の山田鉄兵先生と電力中央研究所の小野新平先生に御講演いただきました。山田先生は、**Phase behavior of ionic compounds in the nanopore of metal-organic frameworks** と題して御講演くださいました。配位高分子(Porous Coordination Polymer または Metal-Organic Framework, MOF)の細孔に水やイオン液体を取り込むことで、それらの相転移温度をコントロールする手法について概説してくださいました。このようなアイデアは様々な無機塩やイオン性化合物にも適用することができるため、革新的な全固体電解質としての応用展開についても御説明くださいました。小野先生は、**Electric double layer electrets and its future** と題して御講演くださいました。重合性のイオン液体から電気二重層エレクトレット(永久電荷)を生み出す方法を概説してくださいました。また、このようなエレクトレットを振動発電素子やエレクトロニクスへ用いた応用例についても御紹介してくださいました。二日目の特別講演では、東京大学の加藤隆史先生に「イオン液体の自己組織化と機能化：ナノ構造液晶を中心として」という題目で御講演いただきました。講演では、イオン液体を基本骨格とした液晶性分子の設計と、それらが自己組織化により形成するナノ構造について概説してくださいました。また、得られるナノ構造を利用したイオン伝導材料やナノ構造水処理膜などへの展開や最新の構造解析研究などについても御話してくださいました。何れの先生の御研究もイオンの個性を巧み且つ最大限に生かした研究を進められており、その独創性には圧倒的な迫力がありました。聴講者の方々は非常に学ぶ事が沢山の内容であり、久しぶりの対面の討論会を大いに活気づける特別講演・招待講演であったと感じております。三名の先生方にはご多用の中、ご講演をお引き受けいただき誠に有難うございました。

Meeting

顕彰事業としては 前回の討論会と同様に本討論会開催当初から続いておりますポスター講演賞に加え、口頭講演賞として Green Chemistry 賞と Chemical Communications 賞を用意いたしました。Green Chemistry 賞には、Wang Di さん(京都大学)、Chemical Communications 賞には、吉井一記さん(産業技術総合研究所)が選出されました。また、ポスター講演賞には、最優秀ポスター賞に吉本浩正さん(大阪大学)、優秀ポスター賞に菊池廣大さん(創価大学)、佐藤雅也さん(上智大学)、原昂宏さん(金沢大学)、徳舛奈々さん(同志社大学)がそれぞれ選出されました。7名の受賞者の皆様、誠にありがとうございます。尚、厳正なる審査を進めるにあたり、世話人の先生方を含む数多くの先生方に御力添えいただきました。改めて感謝申し上げます。また、審査結果は極めて拮抗したものであり、どの発表者も受賞可能性があったという印象ですので、残念ながら今回の選に漏れてしまった方も、次回の討論会で再度チャレンジしていただければ幸いです。

学生を含む若い研究者にも口頭発表に挑戦しやすくすることを1つの狙いとして、一般口頭講演を2会場制にいたしました。実際に、修士学生や博士学生を含む若い研究者が果敢に口頭発表に挑戦してくださいました。その姿は、学生を含む多くの参加者に非常に良い刺激となったように感じております。また、前回の討論会で大変好評であったディスカッションセッションを今回も採用させていただきました。3~5件の講演をひとまとめとし、ディスカッションセッションの時間を設けることで、講演者同士で質問やコメントをしあったり、講演時間ではできなかった質問を会場から受け付けたりすることで、より深い活発な議論を促すことができたと感じております。ディスカッションセッションを非常に良い形で進めることができたのは、講演者の方々はもちろん、司会進行を務めてくださいました座長の先生方の多大なる尽力の賜物と深く感謝しております。御協力くださいました座長の先生方、講演者の皆様方、本当に有難うございました。

ポスター講演に関しては、発表者全員によるフラッシュオーラル発表を設けました。参加者全員が大ホールに集っていただいた状態でポスター発表者全員に順番に1分間で自身のポスター講演の内容を発表していただきました。1人1分間でも1時間以上の時間を要しましたが、今回の討論会でどのような発表があるのか全貌を理解することができ、非常に有意義な企画だったと感じました。また、若い学生が1分間とはいえ、大舞台で発表する経験をするのは、その学生の今後の更なる成長を後押しする体験になったのではと思います。ポスター講演自体は、なるべく密を避けることを目的として会場を二つに分けて実施しましたが、どちらの会場も議論が尽きることなく熱い議論が繰り広げられておりました。

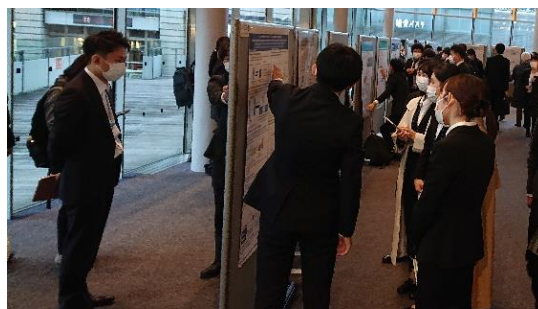
このように、第12回イオン液体討論会は三年ぶりの対面型の討論会ではありましたが、新しい試みにも幾つか挑戦しつつ、非常に良い形で開催することができたと思います。また、対面で議論することの重要性とその貴重さ及び価値を改めて痛感する契機になったかと思います。今回、全体での懇親会を開催することができなかったのが唯一の心残りですが、こちらに関しては、今後のイオン液体討論会に期待したいと思います。第13回イオン液体討論会は梅林泰宏先生(新潟大学)を実行委員長として2023年11月21日(火)、22日(水)に開催される運びとなっております。

Meeting

す。新潟市の朱鷺メッセという非常に素晴らしい会場で開催されるとのことですので、是非、皆様には次回の討論会にも御参加いただければと思います。イオン液体研究が益々盛んになることを祈念して、「第 12 回イオン液体討論会」の開催報告とさせていただきます。



東京大学・加藤隆史先生による
特別講演の様子



ポスター講演の様子



口頭講演会場(大ホール)



講演賞の授賞式の様子

Meeting

第 5 回イオン液体若手の会開催報告

東京大学大学院工学系研究科 北田 敦

3年ぶりの若手の会を、令和4年11月23日(水)に東京農工大学小金井キャンパスにて開催しました。今回は柔粘性結晶研究会のキックオフを記念して、本会主催、柔粘性結晶研究会共催のもとでコラボさせていただきました。参加登録者 54 名、うち学生は 33 名(博士 3 名、修士 21 名、学部 9 名)で、オンラインとのハイブリッド開催でしたが 9 割の学生が現地での参加となりました。参加学生人数は、第 1 回若手の会から順に 36→54→24→37→33 となりました。3年のブランクがあり、人が集まるか不安がなかったといえはウソになります。皆様のおかげで例年並みの人数となりましたこと、ここに感謝申し上げます。



図 1 成功裡に終わった会の集合写真

まず、横浜市立大学の本多尚先生が「固体 NMR を用いた柔粘性イオン結晶の研究」について、次に、神戸大学の持田智行先生が「有機金属で創るイオン液体・柔粘性イオン結晶」についてご講演くださいました。両先生とも圧巻のデータ量をもとに、イオン液体研究への多様な take-home message を示していただきました。そして学生時代、若手時代からの首尾一貫した研究姿勢や、(本当に)ヨソでは聞けない迫力ある苦労話は、若手への強烈なエンカレッジとなりました。



図 2 (左) 本多先生 (右) 持田先生のご講演。ありがとうございました！

Meeting

さて、イオン液体と柔粘性結晶は親戚のような関係です。イオン液体を合成しようとするとう柔粘性結晶ができた、あるいはその逆なんてこともあります。両者に加えて液晶や超濃厚電解液も、応用材料の目線からいまや統合的に語られるようになってきております。そこで今回、柔粘性結晶を中心とする2件のご講演をトリガーに、各自にとっての「イオン液体」(あるいは「柔粘性結晶」)を再認識するという目論見のもと、学生だけで「イオン液体とは何か?」について考えるグループワークを実施しました。



図3 グループワークの様子 (ホワイトボードで真剣勝負)。

結果は意外なものでした。概して学生は若手教員よりも定義にシビアで、個人的にもハッとさせられました。「イオン」の捉え方は様々で、本人達が扱っている物質にも大きく左右されるようでした。融点や化学構造ではなく、状態として定義しようというものもありました。今回、イオン液体をひとつの思考ツールとし、互いの研究内容を共有し、意見交換するなかで、自身の研究が他者にはどう映るのかという視点を持ち合わせ、演者であり観客であるという「離見の見」に目覚めてくれたのであれば幸いです。

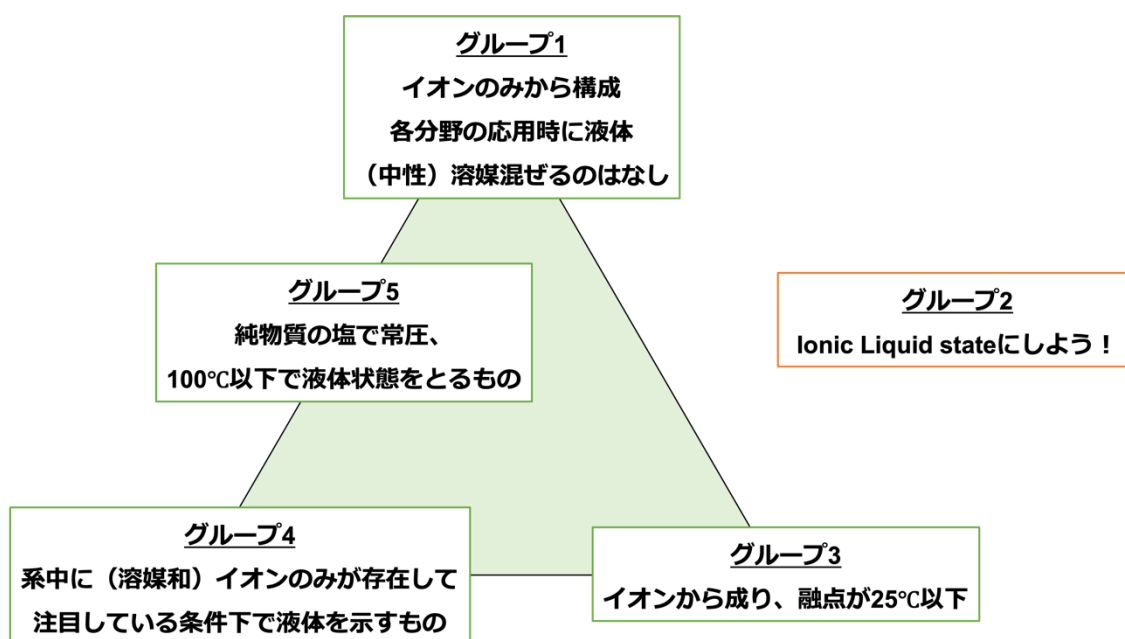


図4 ILの「再定義」の結果(原文ママ)。学生ほどとがっている!!!

Meeting

最後に、若手をエンカレッジする熱いご講演をしてくださいました本多先生、持田先生に改めて感謝申し上げますとともに、共同企画者の若手の会幹事の本林健太先生(名古屋工業大学)、会場をご手配くださいました一川尚広先生(東京農工大学)、コラボレーションをご提案くださいました藤田正博先生(上智大学)、開催をバックアップしていただきましたイオン液体研究会世話人の先生方と事務局の皆様へ厚く御礼申し上げます。次の若手の会も良い会になることを祈念して、本稿を締めくくりたいと思います。皆様本当にありがとうございました。



図5 会の最後、音がぴったりそろった一本締めは、心地良いものでした。

Meeting

開催報告:

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. 2. バイオ材料・ライフサイエンス応用への道

名古屋工業大学 工学部理工学科
本林 健太

2023年3月10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2回を行いました。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ことを目指して企画された、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その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(東京大学)と本林を中心に企画運営しております。昨年夏に開催された Vol.1 では電気化学をテーマとしましたが、今回 Vol.2 では、バイオ材料・ライフサイエンスの分野に着目しました。参加登録者数は67名、当日の同時接続者数は最高で60名弱となりました。非会員の企業の方々にもご参加いただくなど、大変盛況な会となりました。ご参加いただいた皆様に誠に感謝いたします。

和田 直樹 先生(金沢大学)には、「植物バイオマスの化学変換におけるイオン液体の現状と課題」と題し、イオン液体に溶解させたセルロースの化学変換について、バッチ式の反応系から工業化を見据えた連続プロセスまで検討した成果をご紹介いただきました。得られるプラスチック材料のライフサイクルの評価、イオン液体が「グリーン」であるために解決すべき課題など、本研究会ならではの話題をもご提示いただき、ディスカッションも大変盛り上がりました。

阿部 充 先生(産総研)には、「セルロース及び木材の効率的な化学修飾に寄与するイオン液体」と題し、分子から木紛・板材まで様々な次元の木材由来材料に関する、イオン液体およびその水溶液を用いた簡便な化学修飾手法の開発について、ご講演いただきました。ご自身のキャリアに合わせた研究内容の展開をテーマの一つとしていただき、その時々のお考えや課題意識を含めてご紹介いただきました。学生・若手の参加者にも大いに参考になる講演となりました。

上木 岳士 先生(物材機構)には、「疎水性イオン液体の界面を用いた細胞培養」と題しまして、疎水性イオン液体とタンパク質溶液の界面における細胞培養についてご講演いただきました。液液界面においてタンパク質の薄膜ができ、その性状によって培養される細胞の性質や分化の方向性などが決まることなどをご紹介いただく中で、直観的な理解とは異なる新しい現象が見えていることをわかりやすくお伝えいただきました。物理化学および生物物理など多方面からご意見や今後の期待が集まるなど、ディスカッションも大変盛り上がりました。

Meeting

黒田 浩介 先生(金沢大学) には、「ライフサイエンスにおけるイオン液体の可能性」と題しまして、細胞保持に用いる非水の溶媒、また細胞の凍結保護剤としての、(双性)イオン液体の可能性についてご講演いただきました。細胞の生存にあたり、有機溶媒を超える性能を示す興味深い成果を多数ご紹介いただきました。本研究会ならではの話題として、再生医療や臓器移植などへの貢献・実用化を夢として語っていただきました。ハードルの高さを見据えた上での十分な可能性が示され、黒田先生の情熱と確かな説得力を感じました。

宇都 卓也 先生(宮崎大学) には、「イオン液体の構造ダイナミクスに関する計算化学研究」と題しまして、イオン液体と細胞膜との相互作用を中心に、分子動力学計算や機械学習を用いた現象解析や材料探索に関する現状と課題についてご紹介いただきました。聴講者の大半を実験研究者が占める中で、ご紹介いただいた手法で実現できることとその限界、またこの限界を広げることに対する課題意識などについて、わかりやすい解説をいただきました。実験研究者との間で普段やり取りされているディスカッションの紹介を通じ、最先端で問題になっているポイントがリアルティーをもって示されたように思います。

ご講演の後には、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」を設けました。昨年の対面での討論会でも導入されたおなじみの試みですが、今回は特に時間制限をかなり緩め、面白い議論は盛り上がり任せにせずに進める方向で実施しました。結果として約 1 時間の大幅な時間超過が生じてしまい、ご参加の皆様にはご迷惑をおかけしましたが、それだけ議論は盛り上がり、半分の参加者の方々に最後まで残っていただけました。議論の中身も、「講演後の休憩時間に展開される議論の面白さを皆で味わえないか」という、制度設計当初の狙いがまさに体现されていたかと思います。先々の研究の展開や、身近な現象との比較など、普段の成果発表が中心の研究会後の質疑応答とは異なる方向で議論が進み、大変貴重な機会になったと感じております。

今回の盛況は、ディスカッション中心の討論会のために工夫を凝らしたご講演をご準備いただいた講演者の先生方のご尽力によるところが大です。改めて感謝申し上げます。準備にご協力いただいた事務局の三谷様、お集まりいただいた聴講者の方々、皆様のご協力の下で、研究会 Vol.2 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。また本研究会開催に向けて背を押していただき、多数のアドバイス・叱咤激励をいただきました、22 年度代表世話人の大内 幸雄 先生 (東工大)に、改めて感謝を申し上げます。

Vol.1,2 と続けることができましたこの勢いで、今後も分野を変えながら継続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。

Meeting

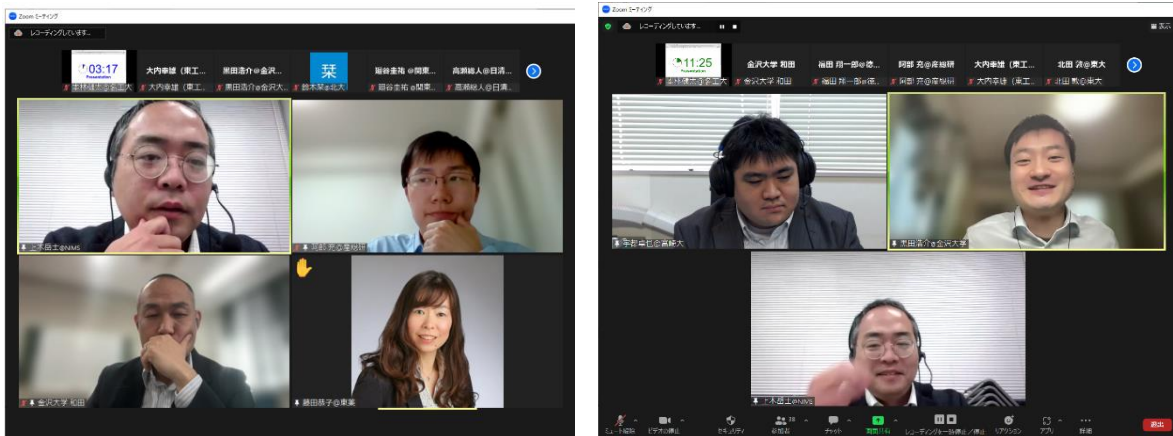


図 1. ディスカッションセッションの様子。



図 2. 講演者および世話人の記念写真。

Award

第 12 回イオン液体討論会 受賞者

2022 年 11 月 24 日-25 日に開催された第 12 回イオン液体討論会口頭講演において、口頭講演総数 30 件のうち、口頭講演賞への応募が 17 件ありました（賞審査対象者は 2023 年 3 月 31 日現在で年齢が 37 歳以下の方です）。また、ポスター講演において、ポスター講演総数 63 件のうち、ポスター講演賞への応募が 58 件ありました（賞審査対象者は 2023 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 Chemical Communications 賞および Green Chemistry 賞をそれぞれ 1 名、口頭講演賞として授与されました。また、ポスター講演賞として最優秀賞 1 名・優秀賞 4 名に対し、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！

口頭講演賞

● Green Chemistry 賞 WANG DI さん（京都大学）

1OB05: Enhancing Positive Electrode/Solid-State Electrolyte Compatibility for High-Voltage Sodium Batteries Using a PF₆-Based Ionic Liquid

○Di Wang, Masaya Takiyama, Jinkwang Hwang, Kazuhiko Matsumoto, Rika Hagiwara (Graduate School of Energy Science, Kyoto University)



First and foremost, I'd like to express my sincere appreciation to the Ionic Liquid Research Association for their recognition and encouragement. I may have done well, but this accomplishment would not be possible without the wonderful and great lab members. Please allow me to send my gratitude to Prof. Hagiwara, Prof. Matsumoto, and Prof. Hwang. They are my marvelous supervisors who have drove me to new heights in my research abilities. I'd also like to thank the coauthor, Mr. Takiyama, for his endeavours in this work. This award is also a motivation for me to contribute to the advancement of ionic liquid research in the future.



● Chemical Communications 賞 吉井 一記さん（産業技術総合研究所）

1OB01: トリフルオロアセトアミドからなる深共晶溶媒の溶液構造と電解液特性

○吉井 一記¹、前吉 雄太¹、宇都 卓也²、森内 敏之³
(1.産総研、2.宮崎大院工、3.阪公大院理)



非常に興味深い講演が多かった中で、口頭講演賞(Chem. Commun.賞)を受賞することができ大変光栄に思います。久しぶりの対面のみの学会で、face to face で議論することの重要性を感じた討論会でした。今後もイオン液体およびその関連分野の発展に貢献できるような研究を進めていくことができればと思っております。最後に、共同研究者および関係各位に感謝申し上げます。



Award

ポスター講演賞

●最優秀ポスター賞 吉本 浩正さん (大阪大学)

1P48: 電極近傍におけるイオン液体のドメイン構造が溶質金属イオン拡散挙動に与える影響

○吉本 浩正¹、福井 賢一^{1,2}、今西 哲士¹(1.阪大院工、2.分子研)

今回このような賞をいただけて大変光栄に思います。ポスター発表時に自ら考えている拡散モデルに対して、「面白いモデルですね」といっていただいたことは自信になりました。熱心にご指導いただいた 福井先生、今西先生に厚く御礼申し上げます。卒業まで残り僅かですが、今後も研究に励みたいと思います。



●優秀ポスター賞 菊池 廣大さん (創価大学)

1P14: セルロースハイドロゲルの物性に対するゲル作製条件の影響

○菊池 廣大¹、鄭 宣珠¹、市橋 秀一¹、金子 和義²、山田 麻紀子³、石井 寛崇³、井上 敏文³、清水 昭夫¹

(1.創価大院理工、2.創価大理工、3.株式会社ニチレイ)

この度は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。発表にお立ち寄り頂いた方々に感謝申し上げます。また、普段からご指導頂いております先生方、共著者の皆様にも感謝するとともに、今後も研究に邁進して参ります。



●優秀ポスター賞 佐藤 雅也さん (上智大学)

1P29: Preparation and Characterization of Solid Electrolytes Using Ion-Gels for Na-ion Batteries (III) - Effect of zwitterions on electrochemical properties -

○佐藤 雅也、竹岡 裕子、陸川 政弘、藤田 正博 (上智大理工)

この様な賞をいただけて大変光栄に思います。日ごろの成果に対して客観的な評価をいただいたことで、研究を続ける大きなモチベーションになりました。ご指導下さっている先生方に感謝しながら、今後も研究に邁進していきたいと思っております。



Award

●優秀ポスター賞 原 昂宏さん (金沢大学)

1P35: Separation of Acetic Acid/1-Ethyl-3-methylimidazolium Acetate (EmimOAc) Mixture with the cooperation of protic solvents

○原 昂宏¹、和田 直樹²、高橋 憲司² (1.金沢大院自然、2.金沢大理工)
まずこのような賞をいただけて大変光栄に存じます。2年間ほど取り組み、自分自身愛着のある研究内容だっただけに喜びもひとしおです。ご指導いただいた高橋先生、和田先生そして研究室のメンバーには大変感謝しております。今後も研究に精進してまいりたいと思います。



●優秀ポスター賞 徳舩 奈々さん (同志社大学)

1P58: Effect of cellulose/ionic liquid complex crystal formation on regenerated cellulose structure

○徳舩 奈々¹、中野 剛瑠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頂けて大変光栄に思います。本研究を進めるにあたり、ご指導して下さった遠藤先生、木村先生、多くの手助けをして頂いた中野さんにこの場をお借りしてお礼申し上げます。これからもこの賞を励みに研究に尽力していきたいと思ひます。



ポスター賞受賞の皆さん



口頭講演賞受賞のお二人



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

■2023 年度イオン液体研究会■

日程：令和 5(2023) 年 6 月 30 日(金)

主催：イオン液体研究会

共催：金沢大学 COI-NEXT 拠点、金沢大学先魁プロジェクト

会場：[金沢商工会議所ホール](#) 石川県金沢市尾山町 9-13

現地参加、Web 参加のハイブリッド方式

実行委員長：高橋憲司(金沢大学)

実行委員：黒田浩介(金沢大学)

■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

実行委員長：梅林泰宏(新潟大学)

実行委員：韓 智海(新潟大学)

第 6 回若手の会 開催予定

関連国際会議

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

April 24-28, 2023 Lyon, France

URL：<https://www.coil-9.congres-scientifique.com/>

2023 Joint Symposium on Molten Salts

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

November 12-16, 2023, Kyoto, JAPAN

Editorial Note

■編集後記

この度のサーキュラー20号では、イオン液体の物理化学研究の第一人者であり、イオン液体研究会の活動にもご尽力頂いております、西川恵子先生が文化功労者に選ばれたことを祝した特別号を企画いたしました。編集委員にて20号の内容の検討に入りました2022年10月末、西川先生の文化功労者選出の吉報を受けまして、編集委員全会一致で西川先生を祝した特別企画の掲載が決まりました。大変お忙しいところ特別記事をご寄稿いただきました西川先生をはじめ、西川先生との思い出をご執筆いただきました先生方には、この場をお借りして改めて深く御礼申し上げます。

西川先生の特別記事では、世界に先駆けて物質のマイクロな「ゆらぎ」に焦点を当てた革新的研究から、イオン液体や柔粘性イオン性結晶の相転移ダイナミクスに関する最新の研究成果までを非常に分かりやすくご紹介頂きました。西川先生が文化功労者に選ばれた理由となった業績が簡潔にまとめられた、大変有意義な記事となっております。また、千葉大・西川研究室のOBである千葉大・森田先生、同志社大・遠藤先生、物材機構・万代先生、群馬大・畠山先生には、学生時代の思い出を軸に、先生方の研究者としての道の原点についてご執筆頂きました。西川先生の研究者・教育者としての素晴らしさや、温もりが感じられる非常に興味深い内容となっております。同時に、これから研究者・教育者を目指す学生や若手研究者にとって、普段あまり知ることができない研究室教育の在り方についてのヒントがちりばめられており、研究室運営や学生との接し方について大変参考となる記事かと感じております。

2022年度は西川先生の文化功労者選出だけでなく、コロナ禍がようやく落ち着いてきたことで、2019年度以来となる対面式での第12回イオン液体討論会を開催することができ、イオン液体研究会としては大変喜ばしい年となりました。同時に、2022年8月に第1回が開催され、2023年3月に早くも第2回が開催されたオンラインセミナー「イオン液体先端課題研究会」の開始、イオン液体討論会と同時開催の第5回イオン液体若手の会における「柔粘性結晶研究会」の発足と、2022年度はイオン液体研究会にとって新たな潮流が生まれる変革の年にもなったように感じております。イオン液体討論会の成功にご尽力いただきました現地実行委員の東京農工大・一川先生、田中先生、中村先生、イオン液体若手の会を取りまとめ頂きました東大・北田先生、イオン液体先端課題研究会の世話人である名工大・本林先生による、現地の熱量が感じられる開催報告と併せて、イオン液体討論会で受賞された先生方、学生諸子の喜びの声をぜひご一読いただき、2023年度のイオン液体研究会の活動(イオン液体研究会@金沢、イオン液体討論会@新潟、イオン液体先端課題研究会など)への参加のモチベーションとなれば幸いです。結びといたしまして、この度お忙しいところ貴重な記事をご寄稿頂きました皆さま方には深く感謝申し上げます。誠にありがとうございました。

■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)

Editorial Note

■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。