

Liquid

# 液体班

「"中間"の困難さに挑む」

## 班紹介

現在、物理学の大きなジャンルとして、半導体や磁石などのマクロな物質の性質を物理学の視点から研究する物性物理学が存在しますが、現状での主な研究は原子の並びが規則的な構造を持つ固体に関するものが多く、粒子の並びが不規則かつ時々刻々変化していく液体に関する研究は比較的遅れている状況です。そこで、この五月祭という機会を利用して、液体の性質に対する理解を少しでも深める事を目標として立てられたのがこの液体班です。

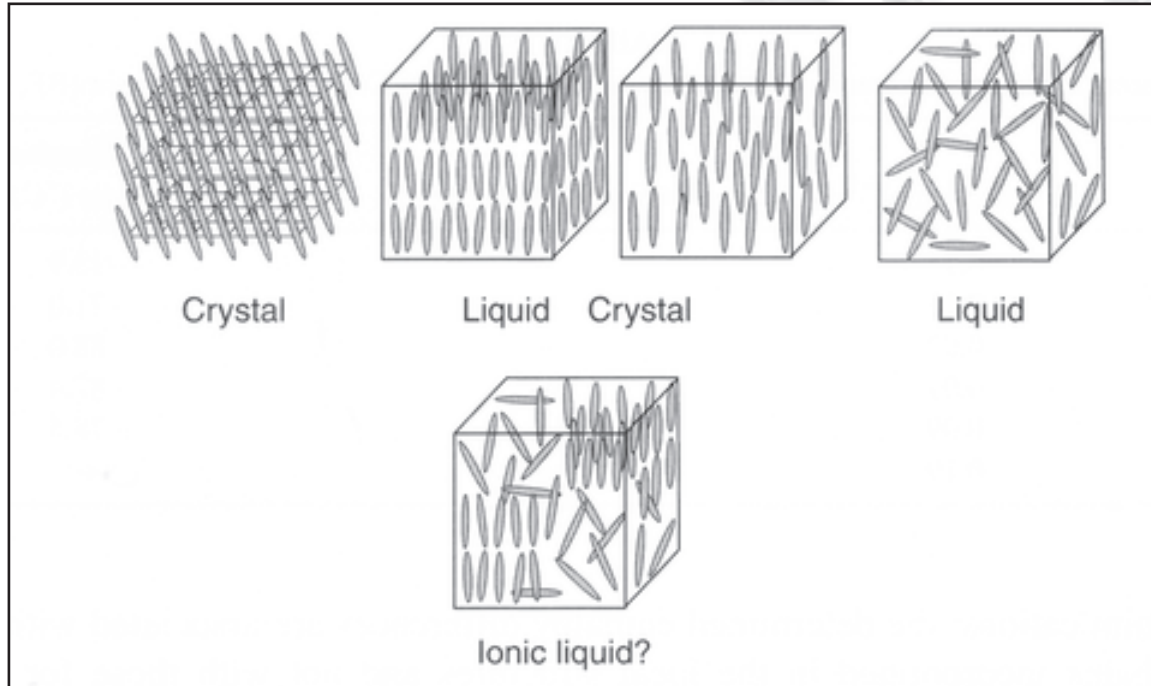
## 実験内容

### イオン液体の分光測定

イオン液体とはイオン性物質でありながら常温付近で液体になるという、非常に珍しい性質を持った物質であり、その奇妙な性質を持つ理由を解明するために行われた多くの研究がなされてきました。それらの研究から、どうやら右の図のように小規模ではあるものの、分子がある程度規則的に並んでいる局所構造を持つのではないかと推測されています。

そこで、今回はイミタゾリウム塩という代表的なイオン液体の一種について、これらの局所構造の中で揃っていると考えられている回転異性体の比率をラマン分光という方法（詳しくはコラム参照）によって調べ、その温度変化を観察しました。どうい

うことかと言いますと、室温付近では本来不安定な方の回転異性体は他の物質に比べ比較的安定になっているという実験結果があるため、局所構造が不安定な方の回転異性体を安定化させているのではないかと考えられています。そのため、温度を上げれば局所構造らしき物が壊れて、回転異性体の安定性が本来の物に戻っていく様子が見えるかもしれないと考えた上で計画したのがこの実験であるということです。



↑左上から順番に結晶(Crystal)、液晶(Liquid Crystal)、液体(Liquid)、そしてイオン液体(Ionic liquid)。イオン液体の局所構造は、結晶や液晶のように延々と続くわけではないが、普通の液体の局所構造に比べれば大きいと考えられている。(H.Hamaguchi and R.Ozawa, Adv.Chem.Phys 131, 85(2005) から引用)

### ケイ効果

気象予測や航空機的设计等に用いられる普通の流体力学は、扱う対象である流体(気体や液体のように流動する物体)が

- ✔ 粘り気が流れの激しさに関わらず一定の値をとる。(ただし、温度などによって変化するのは構わない。)
- ✔ 「固さ」を持たない。

という二つの性質を満たす事を仮定して計算しています。

## Column Space



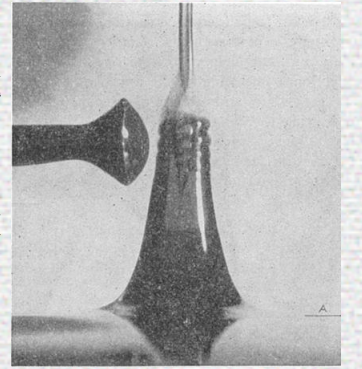
### 「ラマン分光法とは」

単色光を物質にあてた際に元の光とはわずかに違う色の光が散乱されてくることがあります。この現象をラマン散乱と言うのですが、ラマン散乱によって現れる光と元の光の色のずれ具合は、物質の分子構造によって変わってきます。そのため、この現象を用いて試料内に含まれる物質の化学種や、固体試料であれば結晶構造などを知ることが出来ます。この実験方法をラマン分光法と言います。

### 「家庭で見られる現象：ロープコイル効果」

蜂蜜などの粘り気のある液体を垂直に垂らすと、図のようにらせんを描くことが知られています。これをロー

プコイル効果と呼びます。ケイ効果は液体が固さを持っていたり、粘り気が流れの激しさによって変化したりする液体でのみ観察されていますが、この現象が発生するにはそういった複雑な条件は要らないように、ケイ効果を起こすのに失敗した時などによく見られました。一般家庭で見ると、蜂蜜をスプーンですくって、適当なところに垂らすだけで大丈夫です。



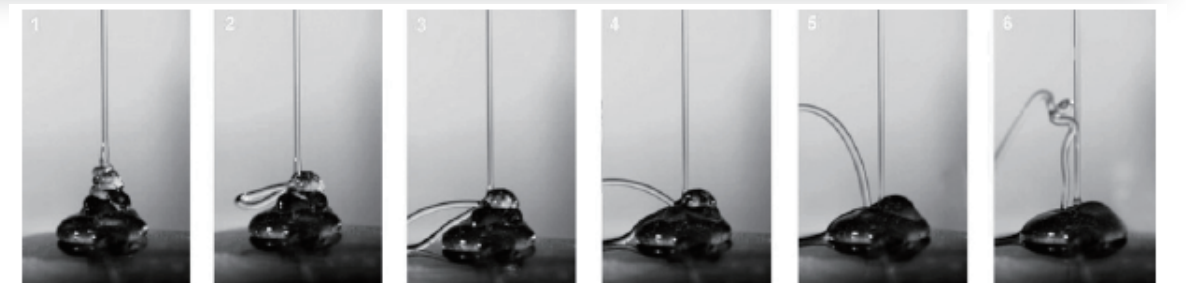
↑ロープコイル効果。G.Barnes & J.Mackenzie, American Journal of Physics(1959) から引用。

水や空気を普通の時間、空間スケールで見るとこれらのは仮定は何故か良く成り立っているようです。

しかし、高分子溶液やマグマなど、これらの仮定が成立しない液体は沢山存在し、通常の流体力学に従う流体では成立しないような現象も確認されています。

今回はそのような現象の一つとして、ケイ効果と呼ばれる、シャンプーを垂らした際に写真のように跳ね上がる現象を調べます。

この現象が発生する原因としては、「Shear thinning」と呼ばれる、激しい流れの下で粘り気を減らす性質を液体が持っている事が本質的に重要であるという意見と、「Shear



↑シャンプーを上から垂らす実験で観測されたケイ効果。シャンプーを垂らす速さは一定だが、シャンプーが着地した周辺からシャンプーが(左から2番目の図のように)飛び出し、だんだんと飛び出す角度が変化して、一番右の図のように落下方向とは逆の方向、つまり下から上にシャンプーが飛び出す、というケイ効果が観測されている。(写真は J.M.Binder and A.J.Landig, Eur. J. Phys. 30 (2009) S115-S132 から引用)

thinning」だけでなく液体が固さを持つ事も大事であるという意見があります。

そのため、液体の粘り気や固さを測った上で、ケイ効果が発生するか否かとの関係性を調べる実験を行い、固さが大事なのか、それとも「Shear thinning」だけでケイ効果を語れるのかの解明を図ります。

## キャッチコピーについて

一般的に自然現象は様々な要因が引き金となって起こっていますので、それらの全てを考慮して研究をするというのは非常に困難を伴います。極端な条件や特殊な状況の下であれば、それらのうち一部を考慮して、他の要因を無視する、或いは後から小さいずれとして計算すると言った事が出来ますが、そういった状況でない"中間"の状態の考察は大変難しいという訳です。

イオン液体が持つとされる局所構造は結晶のような大規模な物でもなく、一つのイオンと隣り合うイオンだけ考え

ればいいような小規模な物でもありません。また、ケイ効果を調べる際には、液体の性質として考えられる事が多い粘り気と、固体の性質として考えられる事が多い固さの両方を考察する事になります。また、そもそも液体自体、気体のように個々の粒子がバラバラに動くという訳でもなく、固体のように規則正しく並んでいる訳でもない、ある意味"中途半端"な状態です。「"中間"の困難さに挑む」というキャッチコピーはこういった困難に挑むという意志を込めて付けました。

## DVD収録内容

1. 実験動画
2. 実験・理論の解説文書