

イオン液体の温度測定

Temperature measurement of ionic liquid

青井 雄幹 山田 将也 田村 里彩 守屋 咲季
Aoi Yuki Yamada Masaya Tamura Risa Moriya Saki

A, 研究目的

まず私たちはイオン液体という比較的新しい物質の存在を先生から教わり、興味を持ったので調べてみると、イオン液体は過冷却状態になりやすいと知った。

そこでイオン液体を過冷却状態にしてみようと思い、その前段階としてイオン液体を状態変化させる実験を行うことにした。

実験 1

B1, 研究方法

- ① イオン液体を温める…イオン液体を入れた試験管を水蒸気が入らないように膜をつけビーカーで湯煎する。(構造が変化しないように)
水が沸騰するまで温め、イオン液体が溶けたかどうか見る。
- ② イオン液体を冷やす。
①で溶けたイオン液体を氷と食塩を入れた水槽に入れ、固まるかどうか見る。

C1, 研究結果

温めて溶けたイオン液体でも、冷やして固体に戻らないものがあった。冷やしても固体にならなかったイオン液体を固体に戻したい。

冷やしても固体に戻らなかったイオン液体は過冷却状態だと考えた。過冷却状態の水の場合、核ができると固まり始めるのでイオン液体にも核を入れてみる。

実験 2

B2, 研究方法

核を入れる…②で固まらなかったイオン液体に同じ種類で固体のイオン液体を入れ、固まるかどうか見る。

C2, 研究結果

すべて固まった。

実験 1・2 の結果

	bmim Br mp 57	bmim Cl mp 73	emin Br mp 74	emim Cl mp 77~79
①温める (最高100度)	溶ける	溶ける	溶ける	溶けない
②冷やす (最低-12度)	固まらない	固まらない	固まる	
③核を入れる	固まる	固まる		

表 1 : 実験 1・2 の結果をまとめたもの



固まったイオン液体

D1・2, 考察

イオン液体は核がなかったら融点以下でも固体にもどらない。このことについて、インターネットなどで調べたのだが理由はわからなかった。

そこでイオン液体について研究をなさっている香川大学の高木先生に話を伺ったところ、融点とは別にガラス転移温度というもの存在を聞き、またイオン液体を熱しているときの温度をもっと詳しく調べるべきだという助言を頂いた。正確な温度を測るには湯煎のお湯の温度を測るのでは不十分なのではないかと考え、イオン液体自体の温度を正確に測る方法を考えることにした。

*イオン液体でのガラス転移温度とは、状態変化したと見て分かるときの温度

＝私たちが融点だと思っているところ

イオン液体での融点とは、エネルギーを吸収しているときの温度

＝目で見て判断できないところ

温度を正確に測る方法の確立

① 水を用いない温度上昇方法

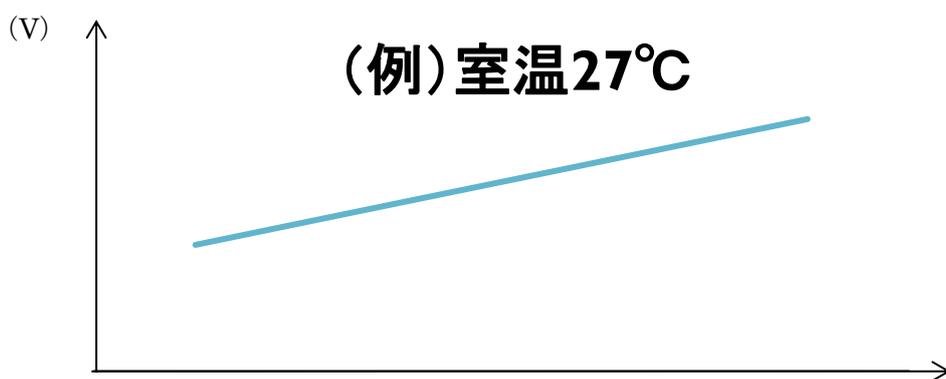
イオン液体は水蒸気に弱いと知ったので、水を使わずに温める方法として、ヒートブロックを使用した。ヒートブロックには温度調節機能があり、その画面には設定温度と現在の温度が表示される。試しに水を加熱してみたところ沸騰したときの現在の温度は約 110 度だった。このことから表示と内部の温度には差があることがわかった。

これからの実験では設定温度を最高の 150 度に固定し、徐々に試薬を加熱することにした。また、ヒートブロックはイオン液体を温める道具として使用しそれと別に内部の温度を測るために温度計が必要になった。

イオン液体の温度を正確に測るために温度計を直接入れて温度を測ろうと思ったが、イオン液体は高価で少量しか手に入らず、小さい容器を用いたため温度計を直接入れることはできなかった。だから、先の細い温度計を作ることにした。

② 熱電対による温度計

温度計を作るために熱電対を使用した。熱電対とは異なる 2 本の金属線を接続して 1 つの回路にしたもので、ふたつの接点に温度差を与えると、回路に電圧が発生するという現象を利用したものである。これをゼーベック効果という。よく使われるクロメルとアルメルという金属線でできた熱電対を使った。次の実験では外気とホットバスの水の温度差で電圧を発生させた。水を加熱して外気と水の温度差がだんだん大きくなる。すると電圧も上がってくる。アルメル-クロメル熱電対は温度差と電圧の関係から直線性の高いグラフが得られると言われている。そのためこのように、傾き一定のものが得られるはずだ。



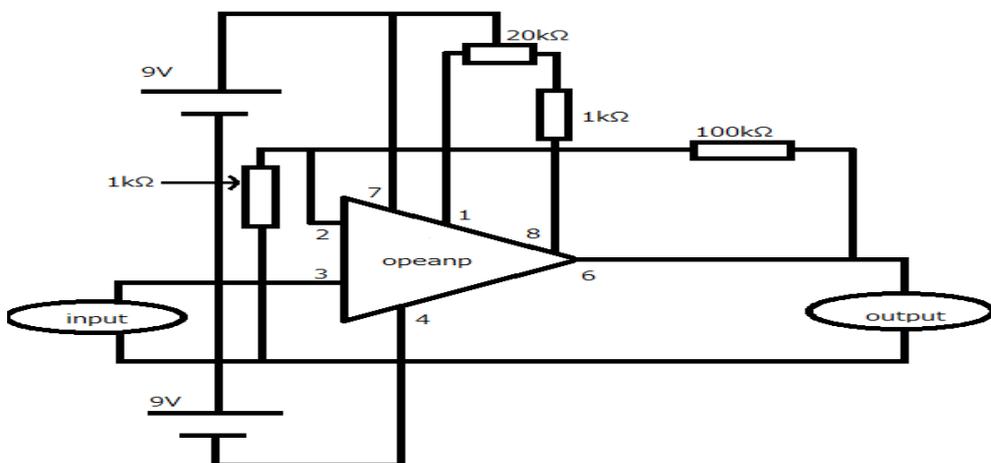
グラフ 1 : 熱電対によって得られると予想されるグラフ (°C)

傾きが一定なので、平行移動させるだけで実験時の室温に対応したグラフを得られる。このようにあらかじめグラフを作っておくことで熱電対の一端の温度と電圧が分かれば、もう一端の温度も知ることができる。その時の室温に合うようにグラフを平行移動させたら、その時の電圧に対応する温度がグラフから読み取れる。グラフを作るために熱電対の一端を水につけ、その水の温度を上昇させて起電力と温度のグラフを書くことにした。

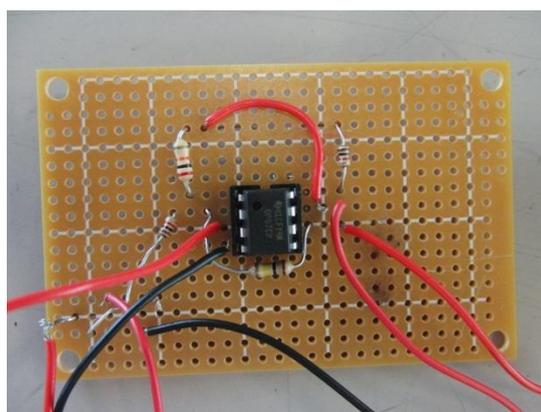
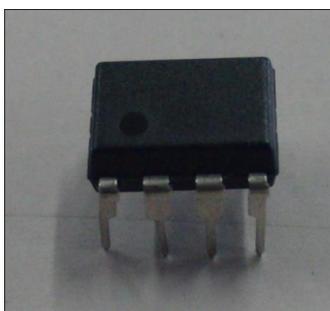
③ オペアンプによる電圧増幅

しかし、この実験ではゼーベック効果による起電力があまりに小さく、テスターで測定可能な範囲では、温度変化による電圧の変化があまり見られなかった。

そこで、ゼーベック効果による電圧を増幅させてテスターに出力させるためにオペアンプを使用することにした。オペアンプは、常に 2 つの入力端子である非反転入力端子と反転入力端子の電位差（電圧差）を見ており、この電位差が 0V となるような出力電圧を探している。入力した電圧を増幅して出力するための回路である。このような回路を組んだ。6 のアウトプットから増幅されて出てくる。



100 倍増幅の回路図



例え オペアンプ の表示される機械で 0.004 と表 実際の回路 100 倍にすると 0.350 から 0.449 という値が出るはずである。つまり 100 分の 1 倍して直すと例えば 0.00350 のように小数点第 5 位までが読み取れることになる。

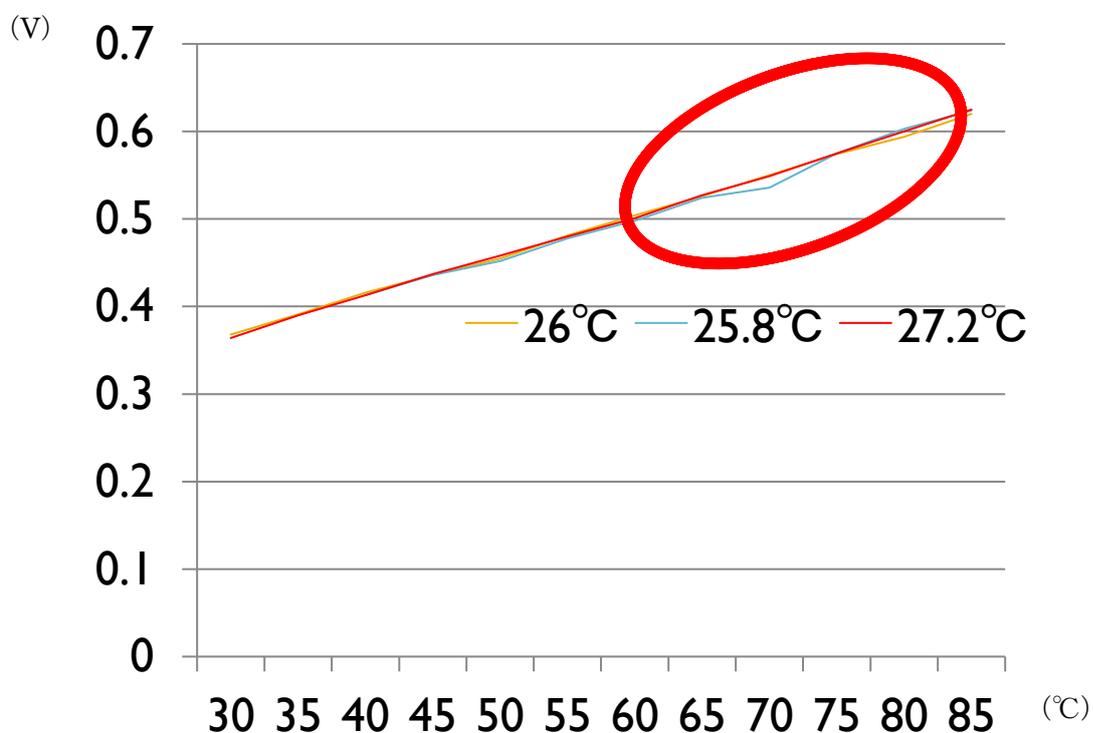
先ほどの実験で使った装置にオペアンプの増幅回路を組み込み、同じ実験をした。

実験 3

B3, 研究方法

- ①回路を組む。
- ②室温を測る。
- ③ホットバスで水を温めながら水の温度を測り、同時にテスターで電圧の変化を調べる。
(30°C~85°C、5°Cごとに電圧を記録)
- ④ 温度と電圧の変化をグラフにする。

C3, 研究結果



グラフ 2 : 研究 3 の結果をグラフ化したものグラフ化したもの

室温が違うのにほとんど線が重なっている。

75°C付近からグラフが交差しているところがある→傾きが一定のグラフではありえない。

それぞれのグラフの傾きが一致しない→室温が一定ではないのでは？

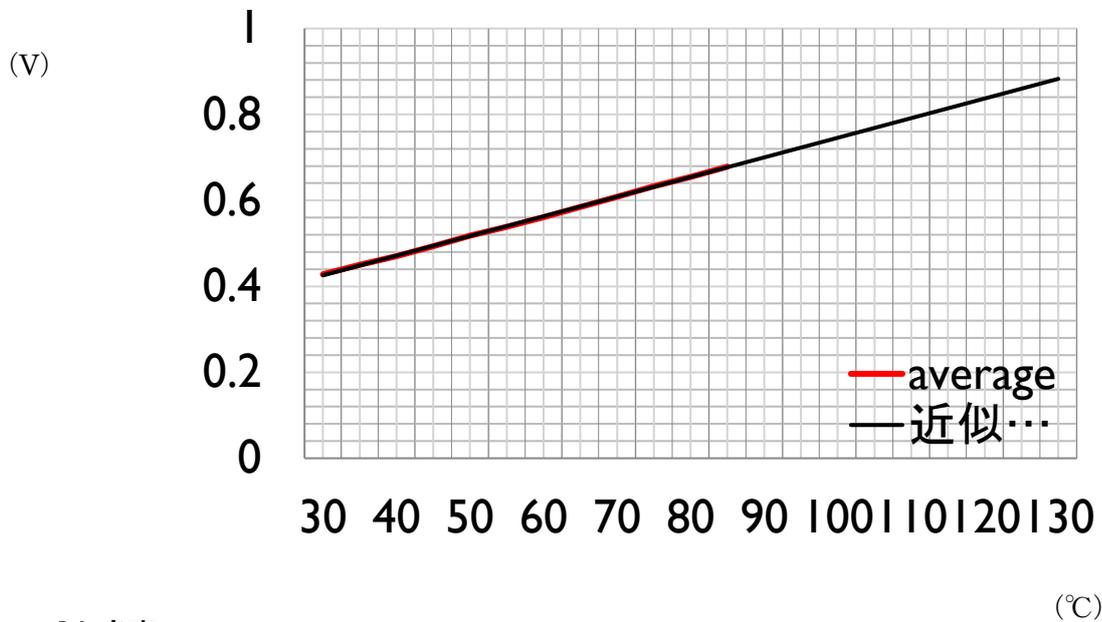
ために室温を何度か測ってみると数分の間にも 2°C程度の変化があることが分かった。

(エアコン、人の出入りなどが原因なのは)

そこで、温度を一定にするために熱電対のもう一端を室温よりも一定な氷水につけることにした。これで、一定な氷水の温度とホットバスの温度の差からの電圧でグラフを書くことになる。

実験 4

C4, 改良後の実験結果



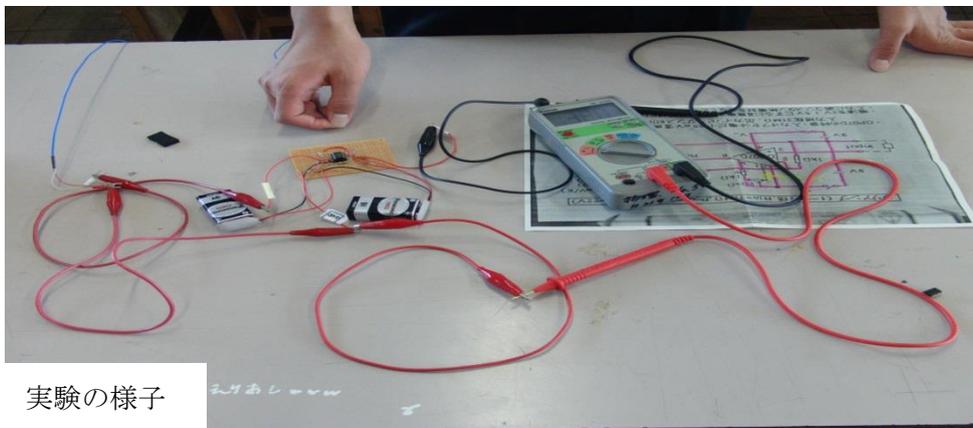
D4, 考察

氷水はいつも同じ グラフ 3 : 電圧と温度のグラフ (改良後) となり、常に同じグラフで温度を導き出すことができるようになった。イオン液体を容器に移し熱電対で電圧の変化を調べ、作ったグラフと照らし合わせることで温度変化をみることができる。

実験 5

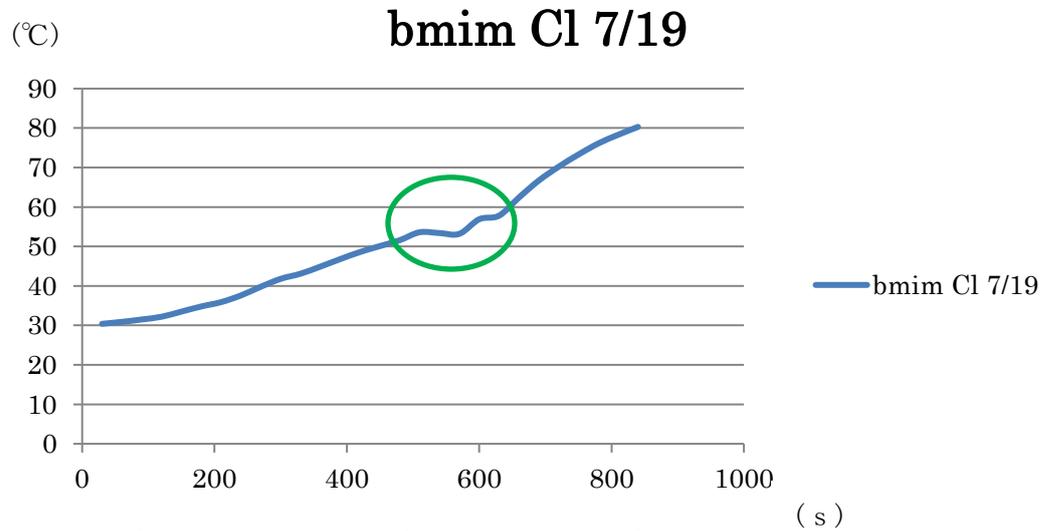
B5, 研究方法

- ①イオン液体をヒートブロック専用の容器に移してヒートブロックで加熱し熱電対を用いて電圧を測る。
- ②グラフ 3 を用いて温度変化を調べる。

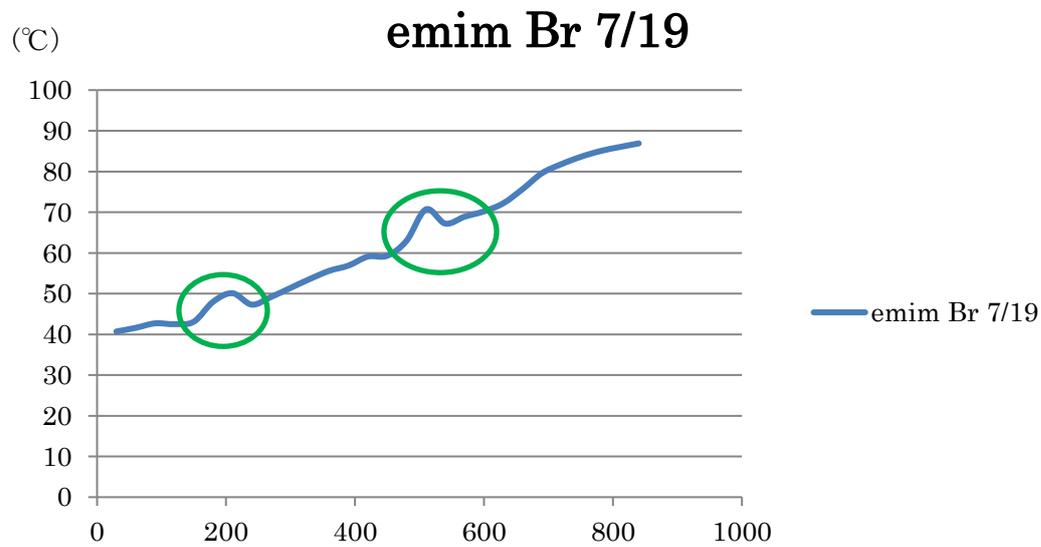


実験の様子

C5, 研究結果



グラフ 4 : bmim Cl を溶かして得られたグラフ



グラフ 5 : emim Br を溶かして得られたグラフ (s)

D5, 考察

一定の傾きのグラフの中に数か所変化がみられる点(緑の丸の点)がある。

→何らかの変化があったに違いない！

しかし、時間の都合上これ以上調べることはできなかった。

E, 結論

グラフの変化について調べることはできなかったが、特にグラフ 4 の方では融点らしき変化がみられる。さらに多くの実験を行うことによって何か発見できるに違いない！

最終的にイオン液体の温度変化をとらえることはできた！

この温度測定方法を用いてイオン液体についてもっと調べてほしい。

F, 謝辞

香川大学高木先生

いろいろとご協力していただき感謝します。

G, 参考文献

ニュートン(2007年4月号)

化学と教育(Vol. 56/No. 11/2008)

<http://www.kairo-nyumon.com/opamp1.html>

<http://www.kanto.co.jp/siyaku/ion.html>