

振動とムペンバ効果

2年3組 有岡 優 2年3組 三品 ひまり 2年3組 吉浦 悠姫
指導者 浦辻 規幸

1 研究の背景

先行研究によると、攪拌によって擬似的なムペンバ効果を得られるという、結果が出ている(藤岡ら 2017)。これは対流による温度の均一化を再現したものであり、流体の特性を利用している。流体において粒子は熱運動を行い、その運動によって熱が伝わる。振動は固体にも伝わることから、振動によってもムペンバ効果が得られるとすれば、食品の冷凍技術などに利用することができると考えられる。よって、振動とムペンバ効果の関連性について明らかにするために、本研究を始めた。

2 仮説

ムペンバ効果とは、温度に差がある2つの水を冷却したときに特定の条件下において温度の高い水のほうが先に凍るとい現象である。

藤岡ら(2017)により、振動によっても攪拌と同様にムペンバ効果が得られる可能性が指摘されている。このことから、攪拌による対流と振動による対流が似ているものと考え、振動でも擬似的なムペンバ効果が起こるのではないかと、仮説を立てた。

3 実験器具

冷凍庫(SJ-D23B-S)、温度計(MAS838)、スピーカー(81R83001B)、プラスチックコップ、割り箸

4 実験1の方法

- (1) 図1のようなプラスチック製のコップを使った実験装置を作成する。
- (2) 20mlの蒸留水を入れ、冷凍庫で1℃まで冷却する。温度は30秒ごとに記録し、1℃に到達するまでの時間を計測した。図2の器具で測定を行うことにより、冷凍庫の開閉なく水の温度を測定できる。
- (3) 図1のようにコップの横にスピーカーを設置し、音を発して水を振動させる。
 - ア 消音状態で測定。
 - イ スピーカーから10,000Hzの音を発生させて測定。の2つを測定した。



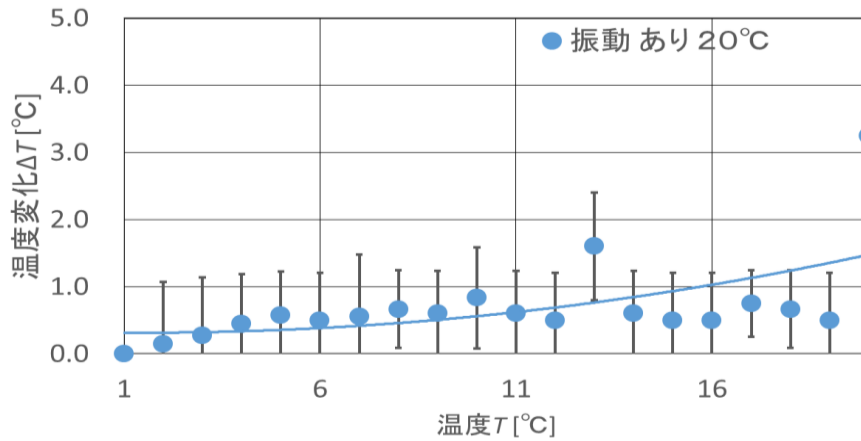
図1 実験装置



図2 温度計

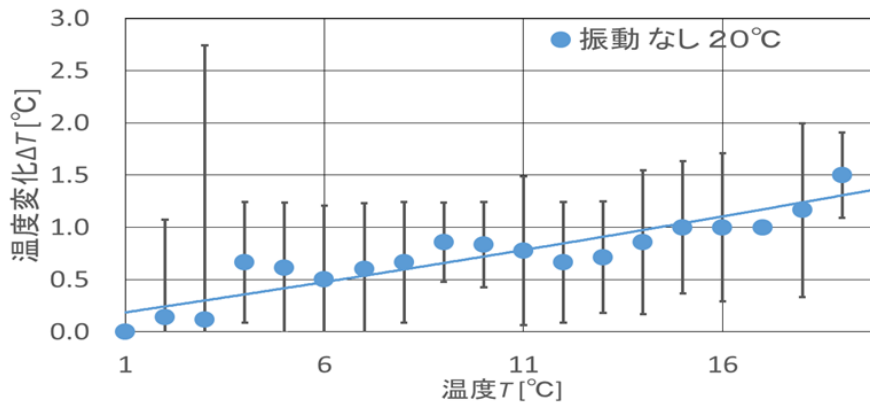
5 実験1の結果と考察

ア 消音状態で測定



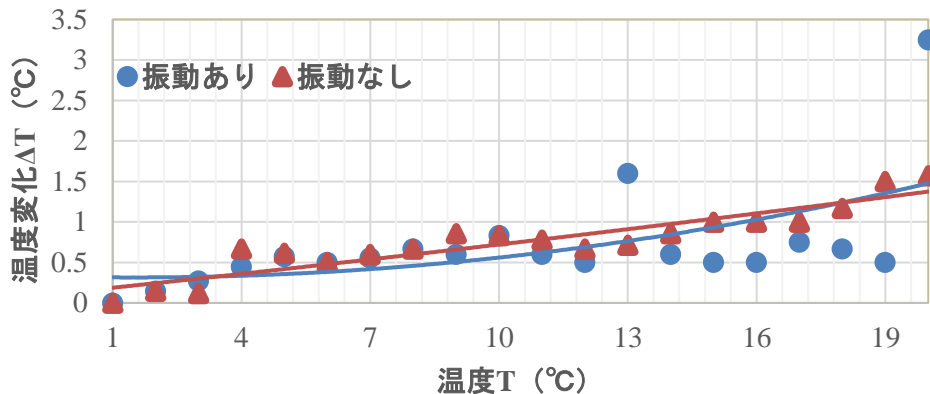
グラフ1 水の振動の有無による温度と温度変化の関係

イ スピーカーから 10,000Hz の音を発生させて測定



グラフ2 水の振動の有無による温度と温度変化の関係

この二つのグラフを重ね合わせると



グラフ3 水の振動の有無による温度と温度変化の関係

近似曲線がほとんど重なることから 10,000Hz の場合は擬似的なムペンバ効果が起こっていないことがわかる。振動なしのデータが、10,000Hz のデータを上回っている。よって振動なしのほうが温度変化が大きく、10,000Hz のときには冷却を妨げる効果が発生している。

6 実験2の方法

- (1) 図4のようなプラスチック製のコップを使った実験装置を作成する。コップの上部の空気が振動している可能性を考え、コップの上部を切断した。
- (2) 50mlの蒸留水を入れ、冷凍庫で1°Cまで冷却する。温度は30秒ごとに記録し、1°Cに到達するまでの時間を計測した。図2の器具で測定を行うことにより、冷凍庫の開閉なく水の温度を測定できる。
- (3) 図3のようにコップの横にスピーカーを設置し、以下の2つについて測定する。
 - ア 消音状態で測定。
 - イ 水の固有振動数の $2.45 \times 10^9 \text{Hz}$ の整数倍の $2,450 \text{Hz}$ の音を発生させて測定。

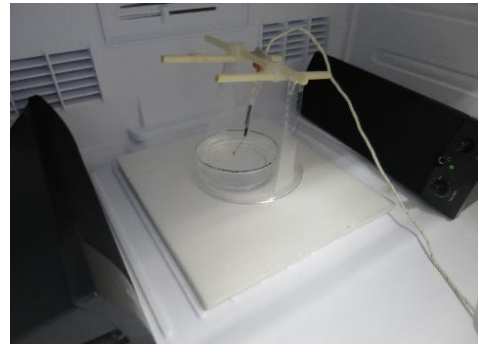


図3 実験装置

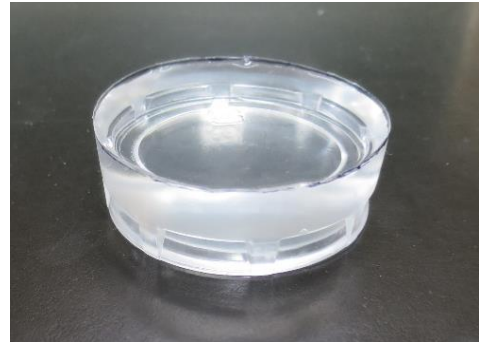
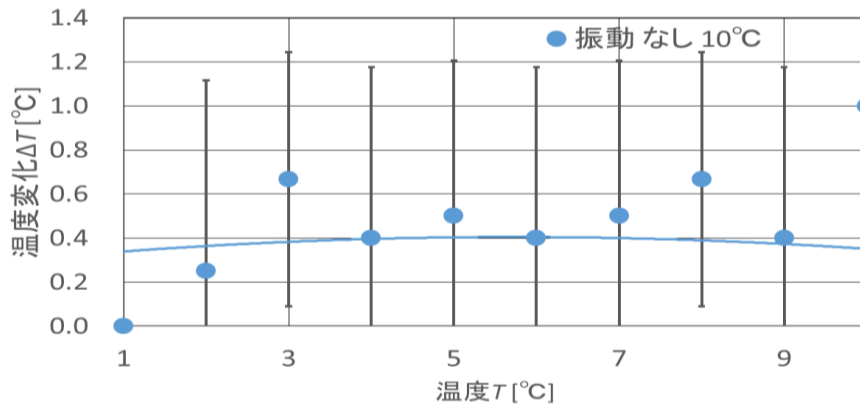


図4 上部を切断したコップ

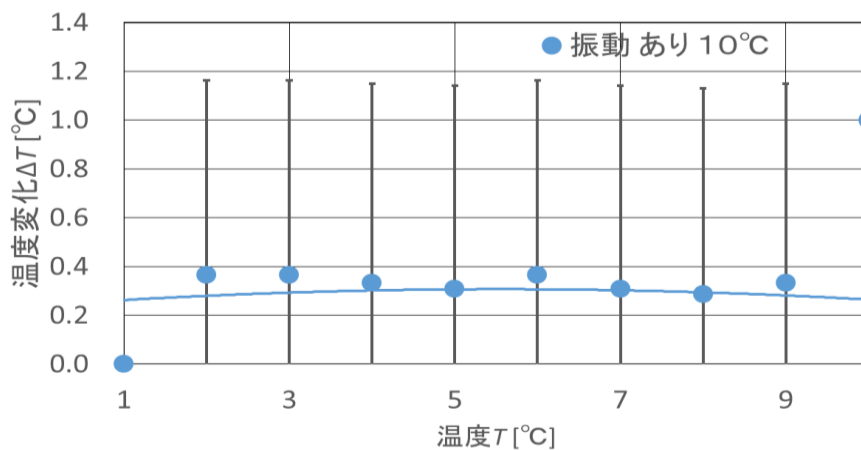
7 実験2の結果と考察

- ア 消音状態で測定。



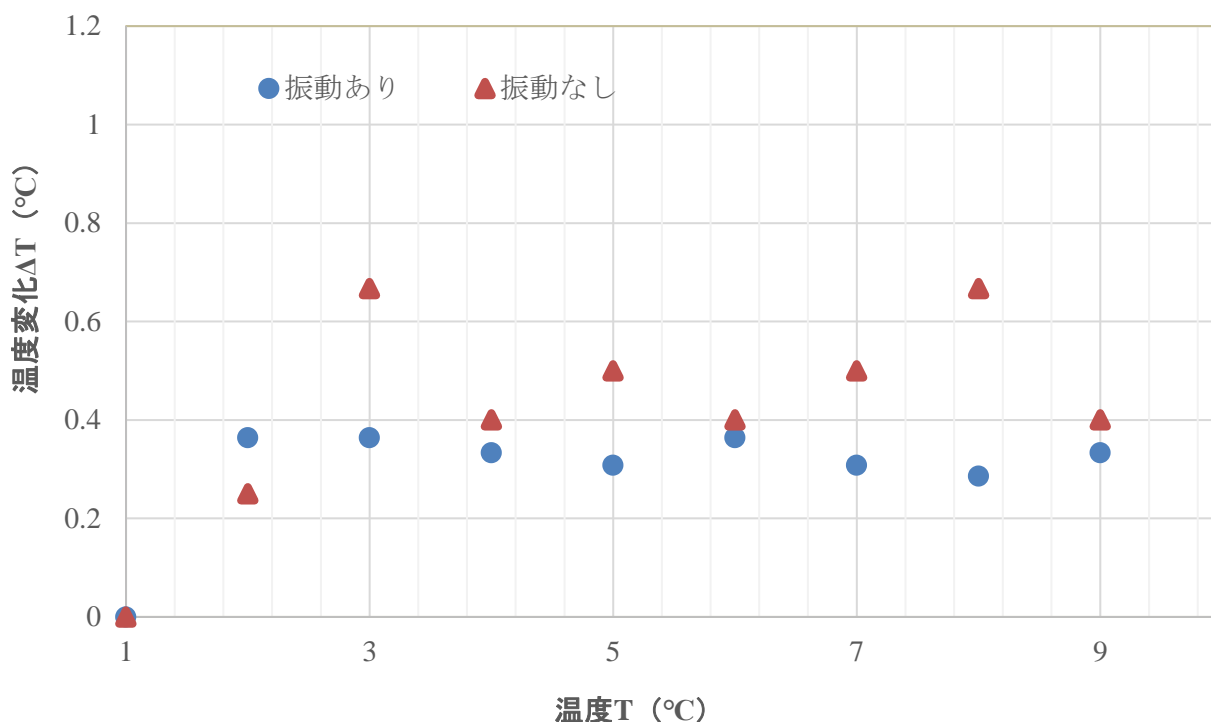
グラフ4 水の振動の有無による温度と温度変化の関係

- イ 水の固有振動数の $2.45 \times 10^9 \text{Hz}$ の整数倍の $2,450 \text{Hz}$ の音を発生させて測定。



グラフ5 水の振動の有無による温度と温度変化の関係

この二つのグラフをかさねあわせると



グラフ6 水の振動の有無による温度と温度変化の関係

このグラフから 2,450Hz の場合は擬似的なムペンバ効果が起こっていないことがわかる。振動なしのデータが、2,450Hz のデータを上回っている。よって振動なしのほうが温度変化が大きく、2,450Hz のときには擬似的なムペンバ効果は発生していない。2°Cにおいては、振動ありの方が温度変化が大きいことから振動では温度によって凍りやすい振動数があると考えられる。また、グラフの傾きから再び逆転する可能性が考えられる。

8 まとめと今後の課題

今回、途中で実験の方法を変更したため、**実験2**の回数が少なくなりました。データの精度を上げるため、実験の回数を重ねていきたい。また、冷凍庫内の温度を考慮していないため、温度を測定して実験をしたい。

温度によって振動数を変えることで、水が速く凍ることが考えられるため、各温度において最適な振動数を見つけ、最も凍りやすい振動数の関数を作りたい。

謝辞

本論文の作成にあたり、終始適切な助言を賜り、また丁寧に指導して下さった先生方に感謝します。愛媛大学教授佐野栄先生、井上敏憲先生、准教授倉本誠先生にはたくさんの助言をしていただきました。本当にありがとうございました。

参考文献

- ・藤岡勇揮、兵頭歩、矢野皓己「流体の運動とムペンバ効果の関係性」『平成29年度宇和島東高等学校 SSH 生徒課題研究論文集』