

水の冷却プロセス

3503 市川允英 3538 山田颯一郎 3619 関谷晟

要旨

ムペンバ効果（熱水のほうが冷水よりも早く凍るとい物理学的上の主張）を再現するために実験を行った。温度の異なる水をプラスチックカップに入れ、冷凍庫を用いて凍らせた。なお、ムペンバ効果の再現に成功したのは、一度だけだった。

1. 目的

0℃以前の温度逆転が最も起こりやすい温度を見つける。

2. 仮説

温度差が小さく、温度が高いほうがムペンバ効果は起こりやすいと考える。

凍結の定義

目視による判断が難しいため、0℃になったタイミングを凍ったと定義する。

過冷却

物質の凝固を考えるにあたって、過冷却は重要であるが、凍結の定義により今回の実験では、無視してよいこととする。

3. 研究・実験

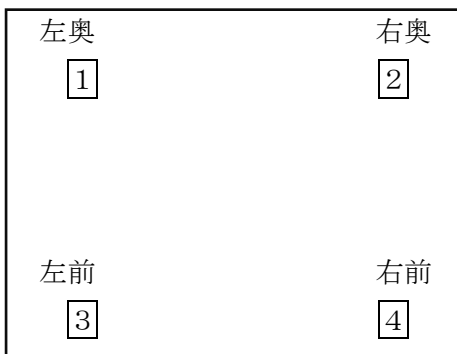
事前実験①

目的

冷凍庫内で冷却時間（冷え方）に違いはあるのか確認する。

実験

(1) 冷凍庫内に下図のようにカップを配置する



(冷凍庫内を上から見た図、□はカップを置く位置を表し、1~4の番号を振る。)

(2) 常温の水 50mL を凍らせる。

結果

約20分後4が凍った。約30分後2,1が凍った。3は、40分たっても凍らなかった。2,1の冷却時間に大きな差は、見られなかった。

よって、凍る順番は、4→2→1→3であった。

考察

冷凍庫の場所によって凍りに違いがある。奥の1,2に大きな差はなかったが、扉側の3,4は冷却時間に大きな差があった。

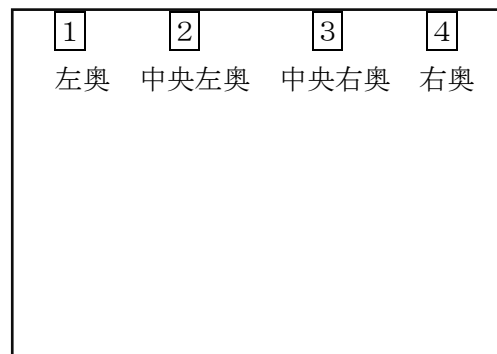
事前実験②

目的

事前実験①から、冷凍庫の場所によって冷却時間に差があることが分かった。その中で、差がほとんどなかった奥で本当に差が小さいのかを確かめる。

実験

(1) 冷凍庫内に下図のようにカップを配置する。



(冷凍庫内を上から見た図、□はカップを置く位置を表し、1~4の番号を振る。)

(2) 常温の水 50mL を凍らせる。

結果

約 20 分後 2, 3 が凍った。その後、1, 4 の順に凍った。2, 3 の冷却時間に大きな差はなかった。

考察

冷凍庫の奥では、中央 2 つで差は見られなかった。

結論

事前実験①, ②から本実験は冷凍庫の中央奥を使用する。

事前実験③

目的

50mL の水 (40℃) を冷凍庫を用いて凍らせ、凍る時間を確認する。

実験

ビーカーに 40℃の水 50mL を入れ冷凍庫中央奥に置く、凍るまでの時間を 3 回計測する。

結果

凍るまでの時間

- 1 回目 約 1200 秒
- 2 回目 約 1300 秒
- 3 回目 約 1300 秒

考察

1300 秒あれば凍ることが分かったので、本実験では、2000 秒間、測定することとする。

本実験

(1) 温度の異なる水を用意する。

温度センサーが、正確に温度を読み取れるよう水量は 50mL とする。

(2) 冷凍庫を用いて凍らせる。

実験中のビーカーが破損する恐れがあるため、プラスチックカップを用いる。

(3) 温度センサーと計測用ソフトを用い、温度変化をコンピュータで記録する。

(4) 計測は、毎秒ごと 2000 秒間行う。

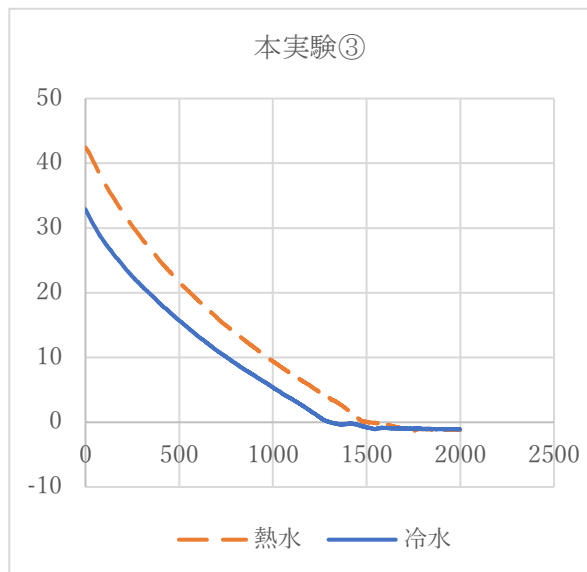
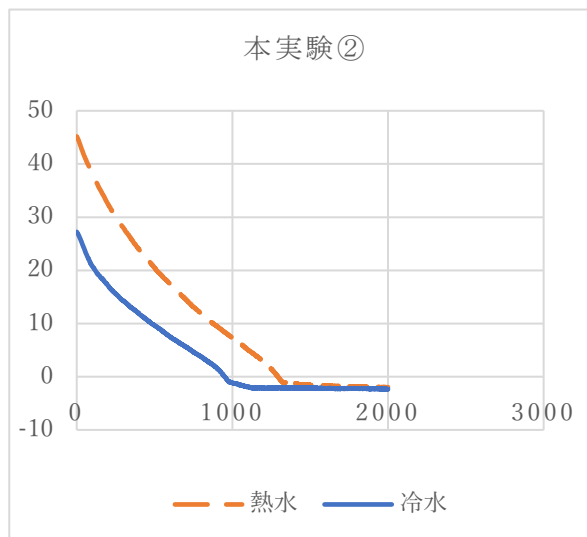
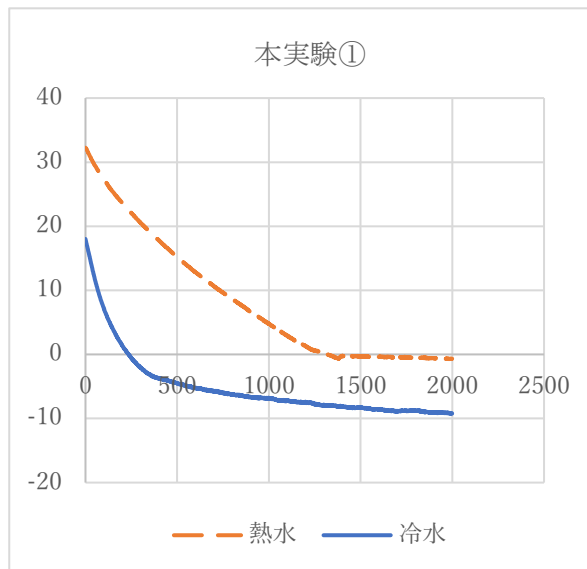
実験器具

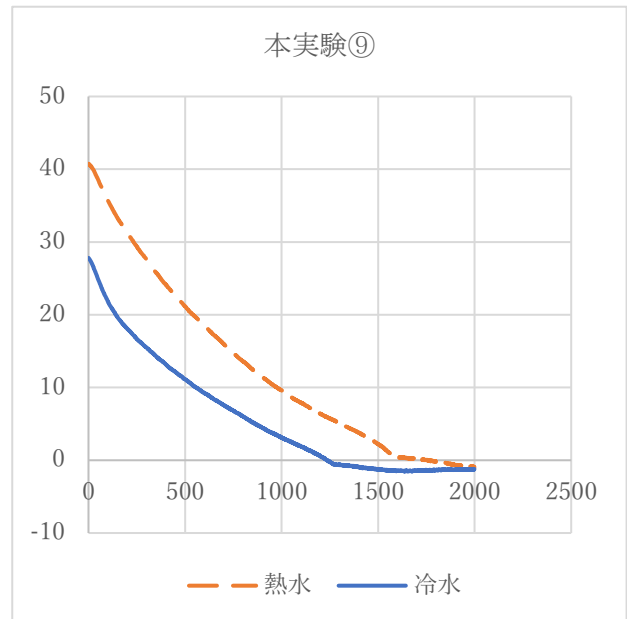
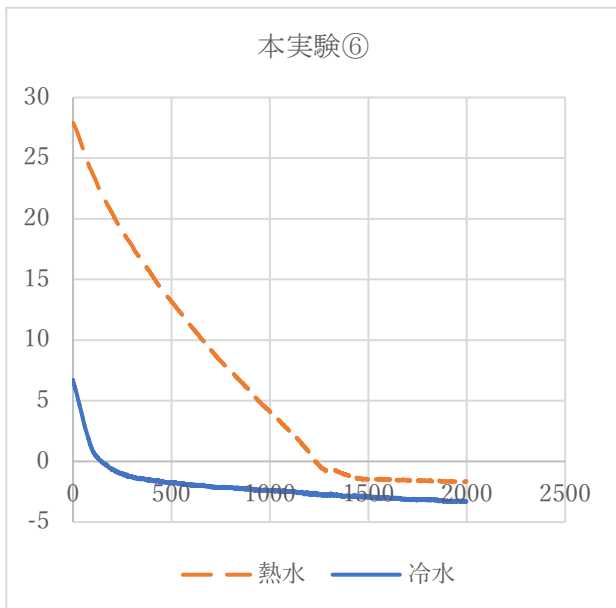
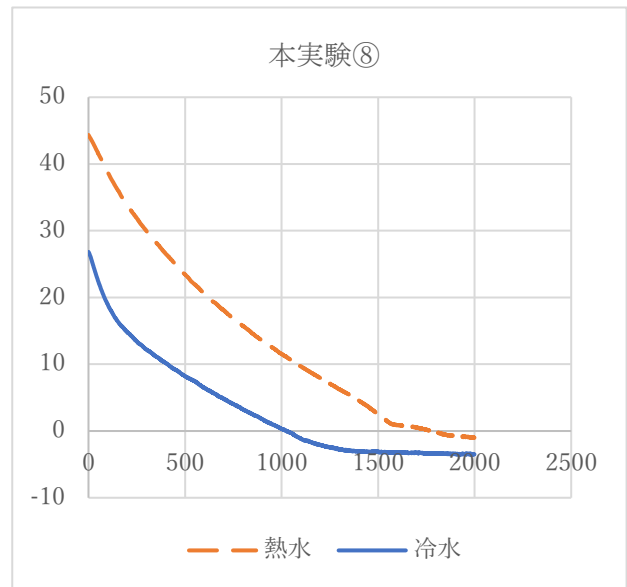
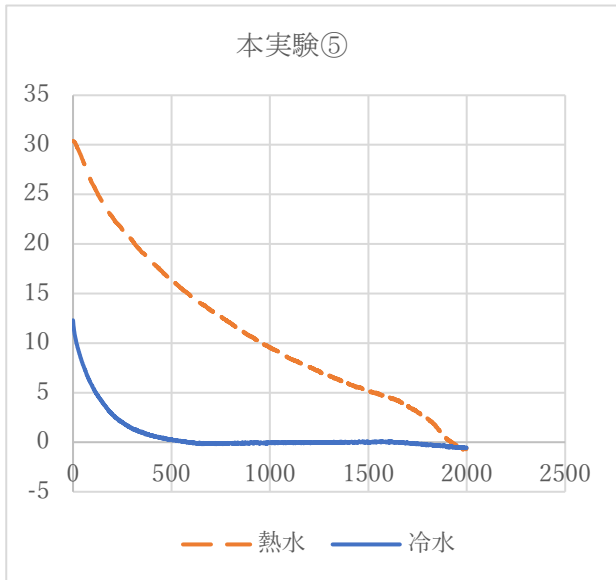
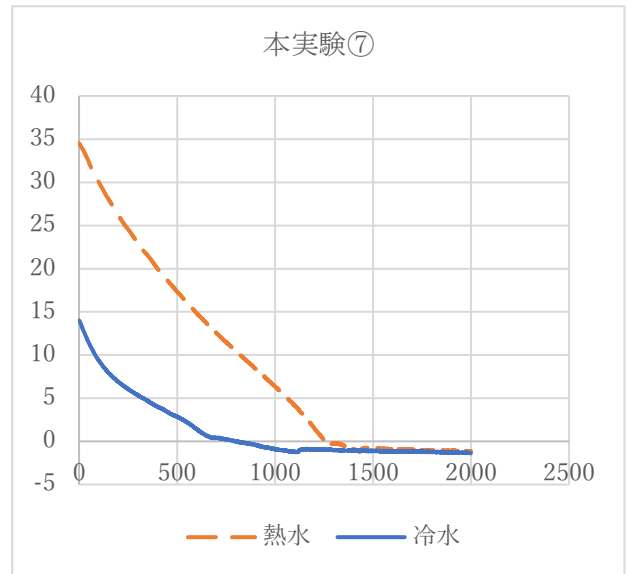
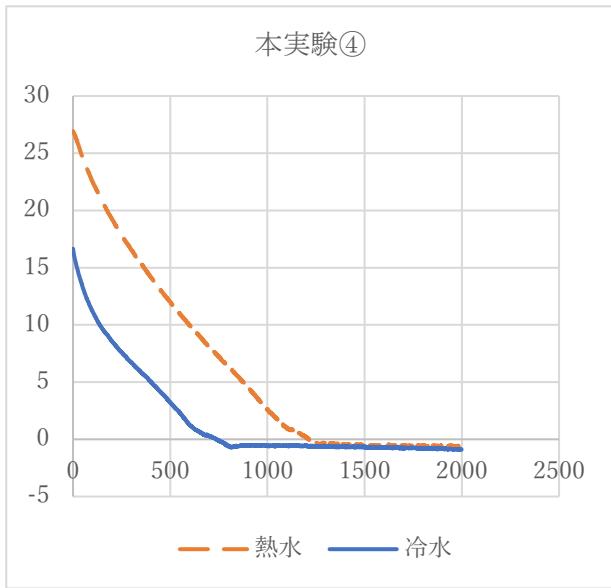
水、プラスチックカップ、冷凍庫

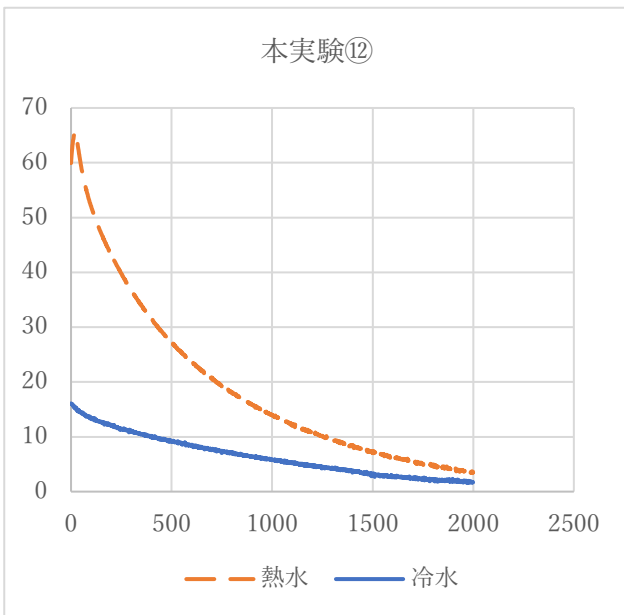
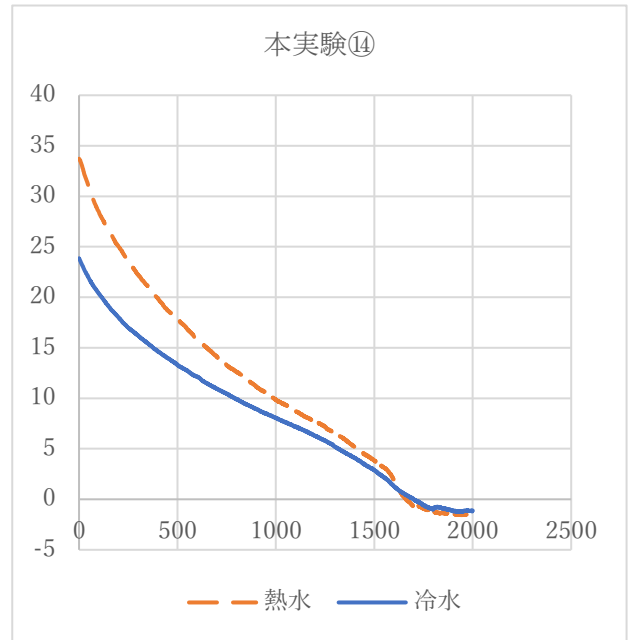
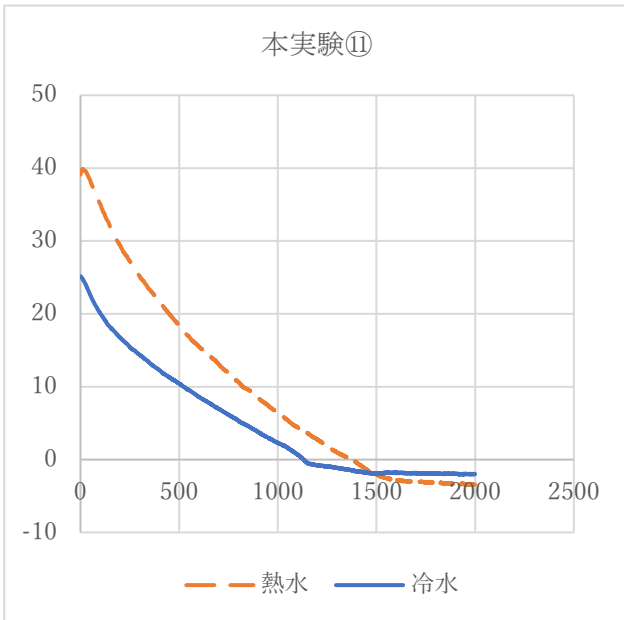
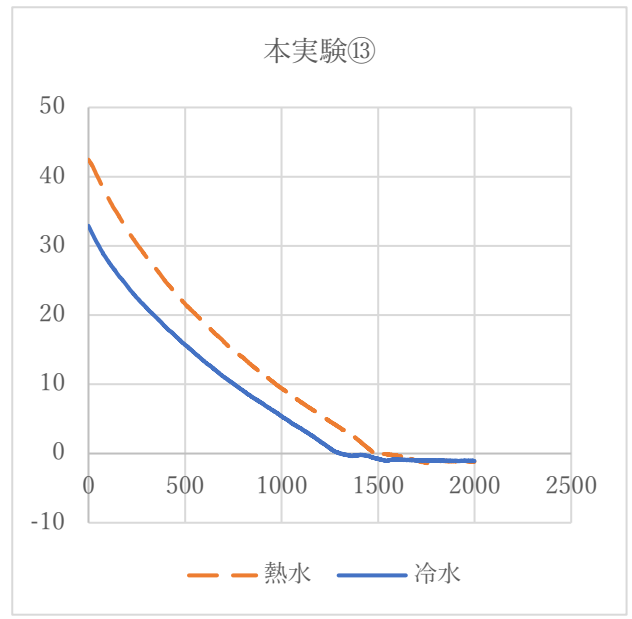
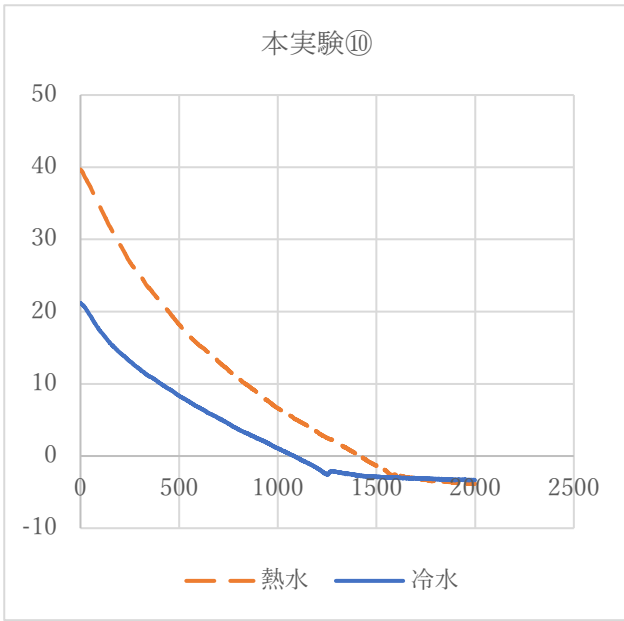
温度センサー→温度変化を測定

パソコン→温度変化のグラフ作成

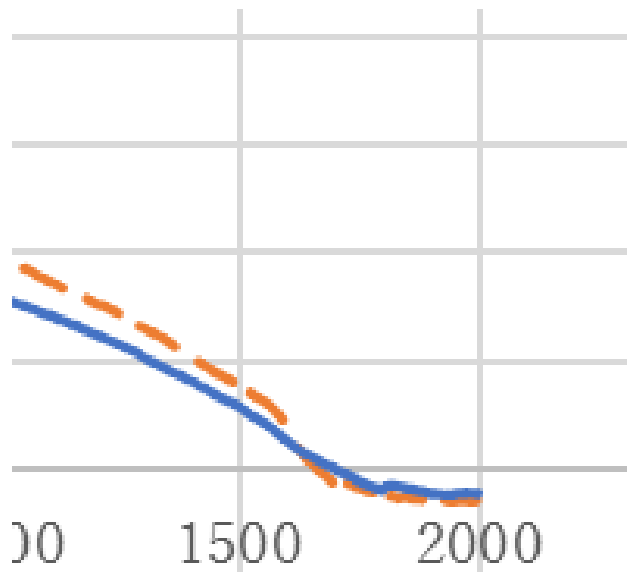
結果







本実験⑭の拡大図



4. 考察1

本実験①～⑬では、ムペンバ効果を確認することはできなかった。

本実験⑤、⑥を見ると、冷水の傾きが明らかに、熱水よりも大きい。よって、冷水の温度が極端に低い場合ムペンバ効果が起こる可能性は低い。

本実験⑭において、ムペンバ効果の再現に成功した。0℃になる直前に、急激に温度が下がっている。実験⑤の熱水も同じように、0℃の直前で急激に温度が下がっている。どのような温度条件でこのような温度変化がみられるのか検討中である。

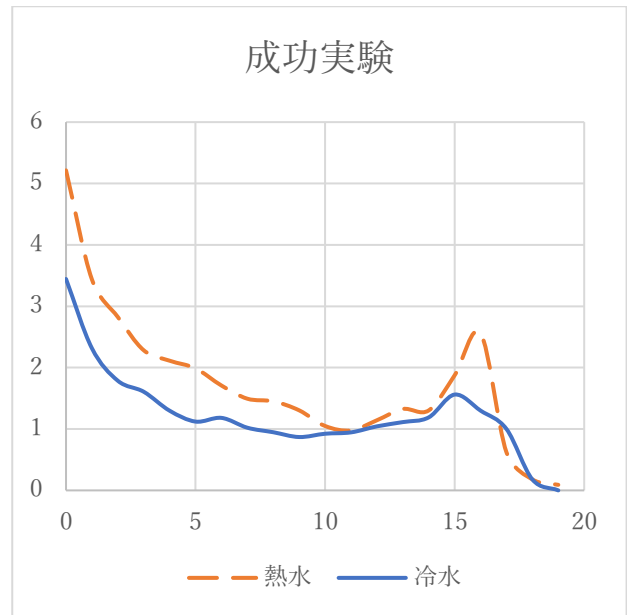
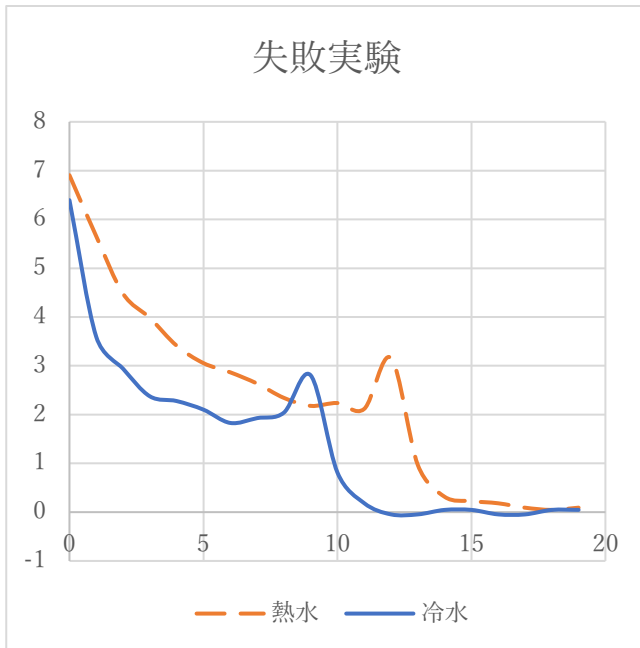
本実験⑫について、冷水も熱水も 2000 秒間で凍らなかった。熱水の温度が高いため、熱水側が凍らなかったのは、当然だが、冷水がなぜ凍らなかったのかは、わからない。

同じ温度から凍らせているのに凍結するまでの時間になぜ差があるのかについて、冷凍庫や温度センサーなどの器具による誤差の場合、実験方法の変更も考える必要がある。

熱水が冷水に影響を与えている場合、実験が成り立っていない可能性がある。

考察2

単位時間当たりの温度変化について考えてみる。



上図は、100 秒ごとの温度変化である。

失敗した実験のグラフを見ると、熱水も冷水も、始めは、温度変化が大きいですが、次第に温度変化が小さくなっていき、最終的に温度変化はなくなっている。

温度変化が無くなったタイミングで、水が凍り始めたと考えられるため、熱水と冷水で、温度変化が無くなるタイミングを近づけていくことが、ムペンバ効果の再現性の向上につながると考えられる。

成功した実験のグラフを見ると、失敗実験と比べて、全体的に温度変化が小さい。

失敗実験の熱水と冷水のグラフは似た結果となっているが、成功実験では、最後の部分で大きな異なりが見られる。

最後で熱水の温度変化が冷水よりも大きくなっており、これが、ムペンバ効果が起きた要因であると考えられる。

熱水と冷水の温度逆転が起こるためには、熱水のほうが冷水よりも温度変化が大きくなる必要があり、グラフは、それを満たしているため、ムペンバ効果が起こる可能性はあると言える。

温度変化が無くなったタイミングで、水が凍り始めたと考えられるため、熱水と冷水で、温度変化が無くなるタイミングを近づけていくことが、ムペンバ効果の再現性の向上につながると考えられる。

5. 展望

ムペンバ効果を再現することは一度しかできなかった。再現性の向上のため、実験が成功した時と同じ条件で実験を繰り返す。

また、ムペンバ効果が起こりやすい条件を見つけるため、温度差などの条件を変えて実験を繰り返す。

6. 謝辞

研究に対して、適切な助言をくださった先生方ありがとうございました。

7. 参考文献

- ・『水の常識ウソホント 77』
- ・大阪市立東高等学校理化学研究会
「湯と水の温度逆転現象について」
- ・ <https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H22ssh/sc2/21037.pdf>