

寒剤を用いた蒸留水の過冷却

Supercooling of the Distilled Water Using a Freezing Mixture

久保静香 本田菜津子 真鍋明子
Kubo Shizuka , Honda Natsuko , Manabe Akiko

A. 研究目的

研究のテーマを決めかねているとき、インターネットの某動画サイトで過冷却の動画を見つけて興味を持ち、調べていくうちに過冷却状態を作り出すことは難しいと知った。そこで、冷却するときの条件を変えると液体の温度の下がり方はどう変わるのかが気になり、今回、冷却するときの寒剤の温度、一度に冷却する液体の量という2つの条件について蒸留水で実験してみることにした。

B. 研究方法

過冷却とは？

過冷却状態とは凝固点以下の温度でも液体のままの状態のことを主に言う。

液体が固体へと変わるのに必要な条件は2つある。

1つは液体の温度が凝固点以下になること、もう1つは衝撃である。

液体分子は絶えず運動を続けており、その状態から熱を奪うという形で運動エネルギーを小さくすると、分子の運動エネルギーは小さくなる。急速に冷却すると、全体が均等に冷却されず、分子の運動量は場所によって差ができ、運動量の大きい分子が小さい分子に衝突することが衝撃となって固体へと変わる。

ゆっくり冷却すると、固体へと変化するために必要なエネルギーが与えられず、運動エネルギーが小さくなり続ける＝温度が下がり続けるという現象が起こる。

まず、蒸留水を安定して過冷却状態にするための方法を探す。

予備実験

- ① 過冷却状態にする蒸留水を試験管(一重)に入れ、水温を10秒ごとに測る
- ② 氷に食塩を加えた寒剤を発泡スチロールの容器に入れ、そこに試験管を立てる

見つかった問題点

- ・氷が直接試験管に接する部分とその他の部分ができ、全体が均等に冷却されない
- ・寒剤の氷が融け、食塩が流されて底に溜まってしまう
- ・試験管の内側に水滴が付き、それが蒸留水に流れ込み凍ってしまう

改善策

- ・試験管を二重にすることによって寒剤と蒸留水の間には空気層を作り、全体を均等に冷却する
- ・予め食塩を水に溶かしておき、氷にその食塩水を加える
- ・寒剤の水面と試験管内の蒸留水の水面の高さを同じにする

よって、本実験では次の方法で実験を行う。

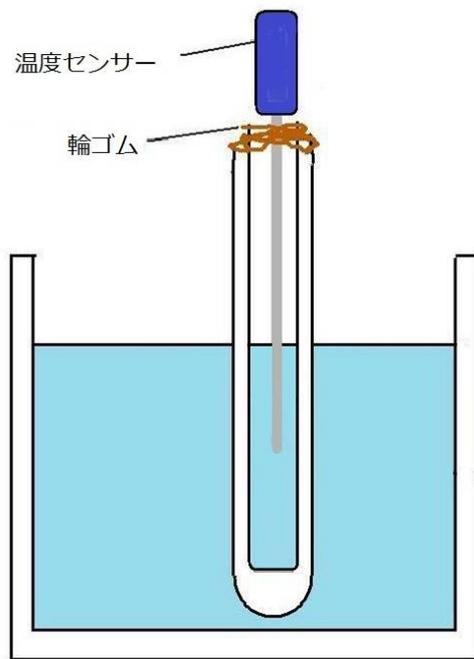
準備物

試験管(大きさの違うものを2本重ねて使用：内径 2.08cm と 1.53cm)

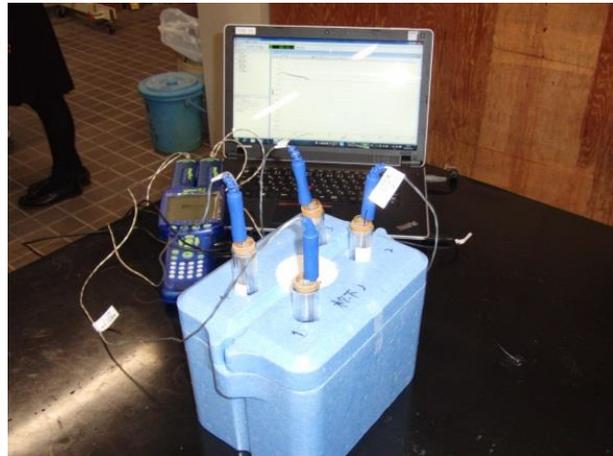
温度センサー(PS-2125)

発泡スチロールの容器(蓋付き)

寒剤(氷,水,食塩を混合したものを使用)



断面図



全体像

実験方法

- ① 試験管内に蒸留水を入れる
- ② 寒剤に使用する水と食塩水を予め混ぜておく
- ③ 発泡スチロールの容器内に氷を入れ、先ほど作った食塩水を加える
- ④ 容器に蓋をし、蓋に空いた穴から蒸留水の入った試験管を差し込み、温度センサーで10秒ごとの蒸留水の温度を記録していく

○実験1

寒剤の温度の違いによる蒸留水の冷却曲線の違い、関連性を見つける。

実験方法

- ① 試験管内の蒸留水の量は 10ml に統一
- ② 寒剤の食塩の量を水 1100g、氷 1100g に対して 220g, 275g, 330g, 385g と変化させ質量の割合を 20:20:4, 20:20:5, 20:20:6, 20:20:7 とした

○実験2

冷却する蒸留水の量の違いによる冷却曲線の違い、関連性を見つける。

実験方法

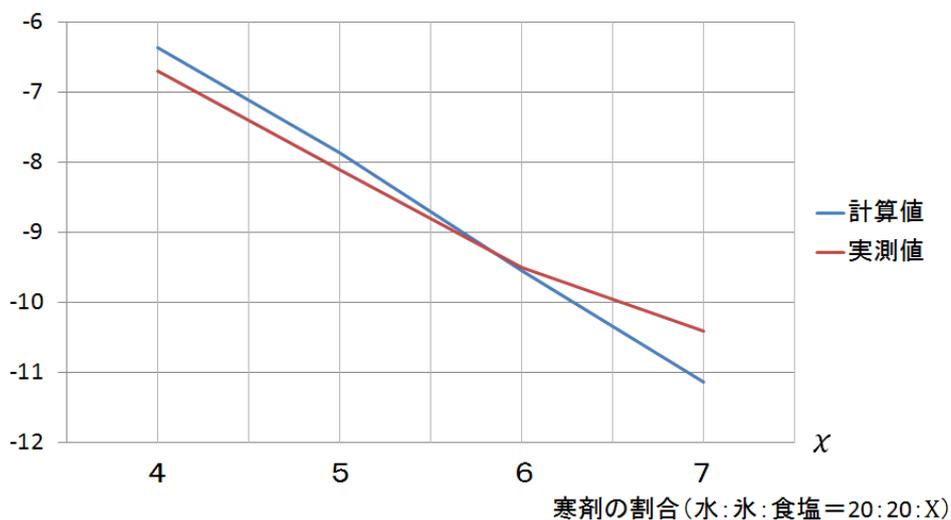
- ① 試験管内の蒸留水の量を 5ml,10ml,15ml と変化させる
- ② 寒剤の水と氷と食塩の割合は 20:20:6 で統一、量は 5ml のとき水 800g 10ml のとき水 1100g 15ml のとき水 1400g を使用する

C.得られた結果

○実験1(寒剤の温度を変える)

・食塩の割合と寒剤の温度

温度(°C)



計算値の出し方

溶媒……氷と水(1.1+1.1=2.2[kg])

溶質……食塩(NaCl→Na⁺+Cl⁻)

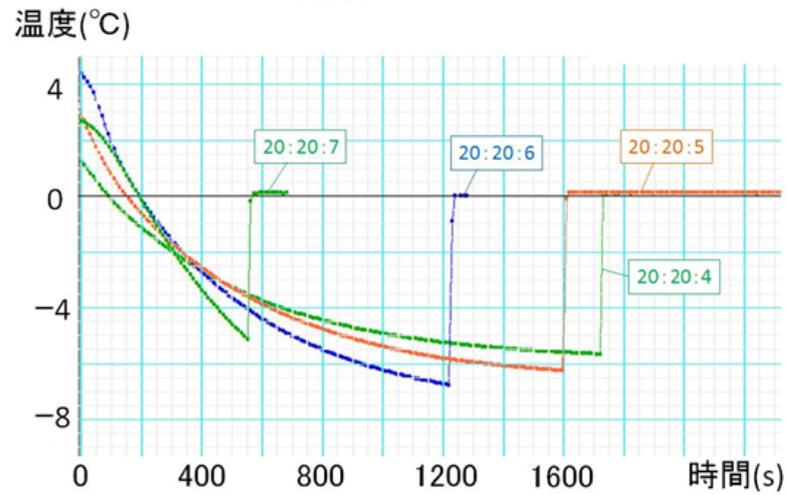
水のモル凝固点降下……K=1.86[K・kg/mol]

食塩の分子量……M=58.5

加えた食塩……X とおく

$$\begin{aligned} \Delta t &= \text{モル凝固点降下} \times \text{質量モル濃度} \\ &= 1.86 \times (X/58.5) \times 2 \times (1/2.2) \end{aligned}$$

・冷却曲線

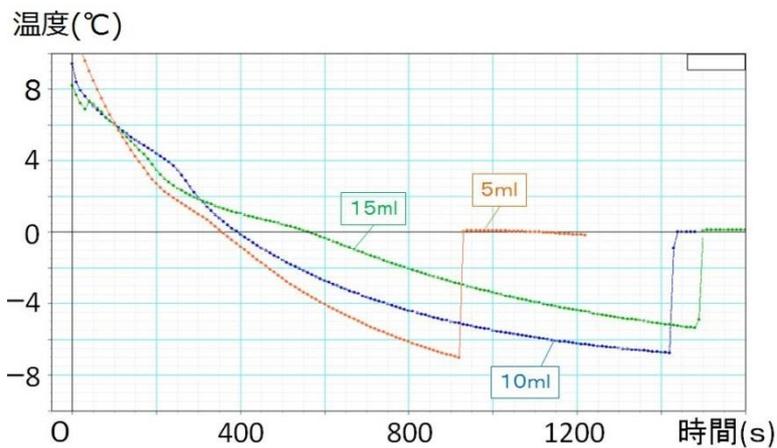


・寒剤中の食塩濃度の違いによる寒剤の温度と蒸留水の最低温度

水：氷：食塩	寒剤の温度(°C)	最低温度(°C)
20:20:4	-6.7	-5.7
20:20:5	-8.1	-6.3
20:20:6	-9.5	-6.8
20:20:7	-10.4	-5.1

○実験 2 (冷却する蒸留水の量を変える)

・冷却曲線



・実験で得られた蒸留水の最低温度

水の量(ml)	最低温度(°C)
5	-7.0
10	-6.8
15	-5.4

D.考察

○実験 1

- ・寒剤の温度は食塩の割合に比例する
- ・寒剤を作る際に食塩や水を少しこぼしてしまったことが計算値と実測値の差につながってしまったのではないか
- ・20:20:4～20:20:6 の寒剤の割合だと蒸留水の最低温度は寒剤の温度に比例するが、20:20:7 では最低温度が思ったほど低くならなかった
- ・寒剤の温度が低すぎると、蒸留水内での温度の差が大きくなってしまい十分に下がる前に凍ってしまったのではないか
- ・寒剤の温度が低いほど過冷却を維持できる時間は短い

○実験 2

- ・冷却する蒸留水の量が少ないほど最低温度が低くなったのは、蒸留水の量が少ないほど（蒸留水内での）温度の差ができにくいためではないか
- ・冷却する蒸留水の量が少ないほど温度の差ができにくいため、最低温度も低くなったのではないか

○今後の課題

- ・冷却する蒸留水の量を 5ml よりもさらに少なくすれば、より最低温度も低くなるのではないか
- ・5ml、15ml のとき、寒剤の温度を変えるともっと下がるのではないか

E.結論

寒剤の温度が低くなるほど冷却曲線の勾配は急になる。また、試験管内の蒸留水の量が少ないほど低い温度の過冷却水を得ることができるとわかった。

F.参考文献

化学Ⅱ 新訂版

出版：実教出版株式会社

発行年：2008年2月25日

過冷却水の作り方

http://book.geocities.jp/white_rime/kareikyaku.htm