

# 凝固点降下と過冷却

## Depression of Freezing point and Supercooling

関口 礼佳 廣瀬 結愛 余西 未羽

Ayaka Sekiguchi Yua Hirose Miu Yonishi

### 要約

私たちは、過冷却に興味を持ち、食塩水の濃度と凝固点の関係を調べた。その中で、高濃度では過冷却が起きにくいことを発見した。

### Abstract

We are interested in supercooling. Supercooling is the state of liquid or a gas below the temperature of its freezing point without becoming a solid. We try to research how the freezing point changes by the change of salt concentration.

### 目的

一般的に、希薄溶液の凝固点降下度と水溶液の濃度は次式の様に比例するとされている。

$$\Delta t = k \frac{n}{W}$$

$\Delta t$  : 凝固点降下度       $k$  : モル凝固点降下

$W$  : 溶媒の質量(kg)       $n$  : 溶質の物質質量

私たちは、高濃度の溶液では凝固点とどのような関係があるかを調べてみることで電離度との関係を考えることにした。また、その際の過冷却について観察してみることにした。

### 実験 I

濃度の異なる食塩水溶液の凝固点を測定し、関係を調べる。

#### <準備物>

300mL ビーカー、試験管、デジタル温度計  
蒸留水、食塩、ワイヤレス温度センサ

#### <方法>

- ①試験管に蒸留水 15mL をはかりとる。
- ②そこへ質量を測定した食塩を入れて溶かす。
- ③その試験管を寒剤（氷と食塩）が入ったビーカーにいれ、温度変化を計測する。  
蒸留水 15mL に質量幅 0.1 g で 0g~1.0g までの

食塩水で行った。



写真1 実験 I の様子

#### <結果>

図1の点は溶かした食塩の質量と凝固点の関係を表したものである。一見関係がないように思えたが、塩化ナトリウムが電離しない場合の凝固点の理論値（点線）と完全に電離したときの理論値（実線）を表に示してみた。すると、各点が点線、または実線上に分布していることに気づいた。

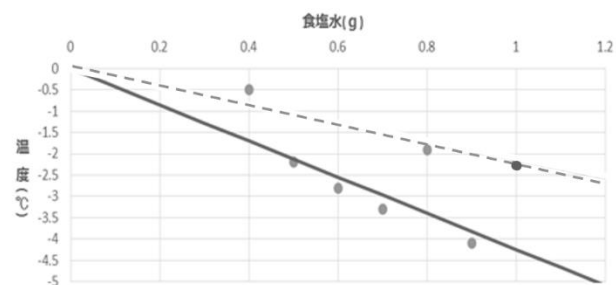


図1 水 15mL に溶かした食塩の量と凝固点の関係

### <考察>

塩化ナトリウムの場合は、希薄溶液では2つのイオンに完全に電離するため、実線上に分布するはずである。しかし、図1のように点線上にも分布した。

私たちは、

- (1) 装置の関係でビーカー内の氷と試験管の間に隙間ができてしまった。
- (2) 試験管の周りが氷のだけの時と氷と水のとときがあったりしたことによって試験管の周りの温度が一定ではなかった。  
などが原因と考え、装置を変えて測定を試みた。

## 実験Ⅱ①

### <準備物>

300mL ビーカー、500mL ビーカー、試験管、蒸留水、食塩、ワイヤレス温度センサ、発泡スチロール

### <方法>

- ①試験管を立て、水道水をいれて凍らしておいた300mL ビーカーを用意する。
- ②そのビーカーを500mL ビーカーにいれ、保冷のためにビーカー同士の隙間に発泡スチロールをつめる。
- ③試験管に作っておいた水溶液をいれて温度計を立てる。
- ④温度を計測する。  
蒸留水 10mL に質量幅 0.2g で 0g~3.0g までの食塩水で行った



写真2  
実験Ⅱの様子

### <結果>

過冷却が見られずに凍った。

### <考察>

同じ方法で水溶液の濃度を変えて実験を続けたが過冷却はみられないうちに凍ってしまった。

私たちは、食塩水を試験管に流し込んだ際に食塩水が運動している状態になり過冷却が起らなかったのではないかと考えた。

また、試験管の厚みが薄く、周りの氷によって急激に冷やされてしまうことが関係しているのではないかと考えた。

## 実験Ⅱ②

装置の保冷性を高めて測定する。

### <準備物>

300mL ビーカー、500mL ビーカー、試験管、食塩、蒸留水、ワイヤレス温度センサ、発泡スチロール

### <方法>

- ①水を入れた300mL ビーカーに空の試験管を立て、凍らせたものを作る。
- ②そのビーカーを500mL ビーカーにいれ、保冷のためにビーカー同士の隙間に発泡スチロールをつめる。
- ③あらかじめ濃度を調整した食塩水をこの試験管に入れる。
- ④温度を計測する。  
蒸留水 10mL に質量幅 0.2g で 0g~3.0g までの食塩水で行った

### <結果>

過冷却が見られないうちに凍るようになった。

### <考察>

水溶液の濃度を変えて同じ方法で実験を続けたが過冷却はみられないうちに凍ってしまった。温度変化から凝固点を求める予定だったが、凍った時間が分からないため、測定ができなくなった。

過冷却が起こらない原因をいくつか考えた。

- (1) 実験Ⅱ①同様に食塩水を試験管に流し込んでいるため食塩水が運動している状態になり過冷却が起こらなかった。
- (2) 試験管が薄く、周りの氷によって急激に冷やされてしまうことが関係している。
- (3) ビーカー内で凍らせた氷を用いる方法に変えたため、寒剤(氷と食塩)より冷却温度が高く、冷え切らせることができなかった。

### 実験Ⅲ

冷凍庫を用いて、冷却する。

#### <準備物>

500mL ビーカー、ワイヤレス温度センサ、試験管、蒸留水、スポンジ、冷凍庫

#### <方法>

- ①500mL ビーカーにスポンジを入れ、その中に濃度を調整した試験管を入れる
- ②これを冷凍庫に入れて温度を測定する。  
蒸留水 10mL に質量幅 0.2 g で 0g~3.0g までの食塩水で行った



写真3  
実験Ⅲの様子

#### <結果>

図2のような結果になった。ほとんどが完全に電離したときの理論値(実線)上に結果が見られた。しかし、一部に違う値のものも見られた。

また、2.0g以上の高い濃度では、過冷却が起こりにくく凝固点は実線から離れて分布した。

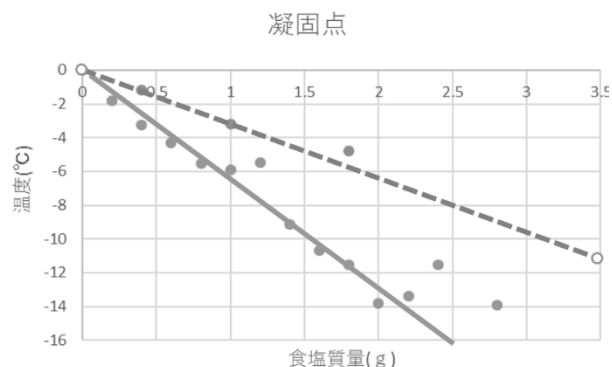


図2 冷凍庫での冷却による食塩の量と凝固点の関係

#### <考察>

高濃度になるほど電離が起こりにくくなるため凝固点が完全に電離した時の理論値(実線)より離れて分布するのではないかと考えたが、結果にばらつきがあり関係性は見つけられなかった。

また、水が凝固するには水分子が規則正しく配列する必要がある。しかし水分子の間に塩化物イオンやナトリウムイオンが入り込むことによって配列しにくくなるため、凝固に時間がかかり、過冷却が終わりにくくなるのではないかと考えた。

デジタル温度計を用いているために、一点での温度測定ではないため、溶液の上部と下部の平均温度を測定してしまう。

#### 参考文献

サイト名『教材実験としての凝固点降下測定法の改良』

([natsci.kyokyou.ac.jp/~rigaku/forum/2gou/gyouko ten.pdf](http://natsci.kyokyou.ac.jp/~rigaku/forum/2gou/gyouko ten.pdf))