

指導資料



鹿児島県総合教育センター

理科 第245号

- 高等学校，盲・聾・養護学校対象 -

平成16年10月発行

希薄溶液における身近な素材を用いた 凝固点降下の測定法

温暖な鹿児島でも，冬季になると坂道に塩化カルシウムの袋が積まれている。これは，道路の凍結を防ぐために散布されるもので，凝固点降下の原理を利用した身近な例の一つである。

凝固点降下とは，純溶媒の凝固点よりも，溶質を溶かして溶液となった時の凝固点の方が低くなる現象のことである。溶質濃度の高い溶液の場合は，溶質と溶媒間の作用，溶質同士の作用などの要因が複雑に働き，単純に法則性を導き出すことができない。一方，溶質濃度の低い希薄溶液の場合は，「溶質の種類に関係なく，凝固点降下度は溶液の質量モル濃度に比例する」という法則性がみられる。

高校における化学では，観察，実験を通してこの法則性を見だし，理解させることがそのねらいである。ところが，凝固点降下の実験では，正確な温度測定が困難であることや測定に時間がかかりすぎることなどの問題がある。

そこで，本稿では20分程度で測定を行い，グラフ作成及び考察までを50分の授業時間内で実施することができる方法を紹介したい。また，実験に使用する溶媒として，ベンゼンやナフタレンなどの有機化合物を使用する場

合もあるが，ここでは生徒が凝固点降下を認識しやすく，最も身近な素材である水(蒸留水)を使用した希薄溶液における身近な素材を用いた凝固点降下の測定法について述べる。

1 凝固点降下について

純溶媒が固液平衡の状態(融解と凝固のバランスがとれている状態)にある時に溶質を加えると，液体から固体へ凝固する溶媒粒子の数が減少する。これは，溶質粒子が溶媒粒子の凝固を妨げるためであり，そのまま放置すると固体はどんどん融けていく。バランスを回復するためには，固体の溶媒粒子の熱運動を小さくし，融け出す溶媒粒子の数を減少させるために，その温度を下げていく必要がある。その結果，純溶媒の凝固点よりも，溶液の凝固点の方が下がることになる。この現象が，凝固点降下である。

2 過冷却現象について

凝固点及び凝固点降下の測定実験は，純溶媒又は溶液を寒剤で冷却しながら温度を測定していく。

水の凝固点は，圧力1気圧の下では0

である。水が0℃まで冷却されると、寒剤により熱を奪われると同時に、水が氷に状態変化を起こす際に熱が放出されるため、凝固が完了するまで温度が0℃に保たれると説明される。しかし、実際の実験では、図1に示されるように、0℃以下になっても凝固しない過冷却と言われる現象がみられる。

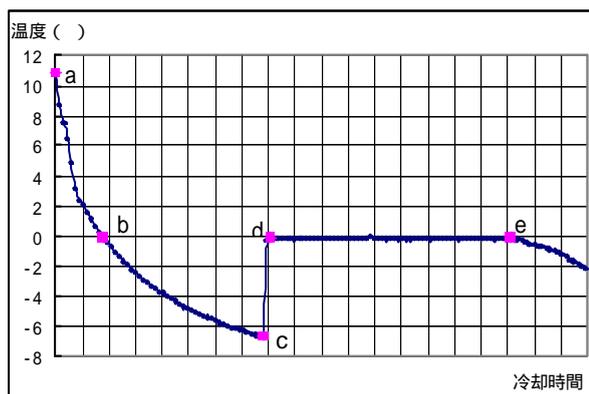


図1 水が凝固する際の温度変化

図1のb～cが、過冷却の状態である。過冷却の状態から凝固が始まると、冷却による吸熱を凝固に伴う発熱が上回るため、c～dのように温度が0℃まで急上昇する。その後、凝固が完了するまでd～eのように0℃で一定となる。すなわち、cが凝固の始まりである。この温度変化の様子は、溶液の場合も同様である。

以上のことから、凝固点降下の実験を行う場合は過冷却現象を説明し、凝固が始まるとともに急激な温度上昇があること、直線d～eを左の方向に伸ばした線と曲線a～cとの交点が凝固点であることを、事前に生徒に指導しておく必要がある。そのことにより、生徒は急激な温度変化を見逃さないように注意深く観察するようになり、凝固点を正しく読み取ることで法則性を見

付けられるのである。

3 凝固点降下測定実験の工夫

(1) 温度測定方法の工夫

凝固点降下実験における温度測定は0.1単位で読み取る必要があるため、通常温度計では正確に読み取れない。そこでデジタルサーモメーター（CUSTOMCT-1200）を使用することにした。デジタル温度計はパソコンを接続して直接パソコンにデータを取り込みグラフを作成することも可能であるが、生徒による実験では、温度の読み取り、記録を行わせることが正確な実験をする技能や観察する力を高めることにつながると思える。

(2) 測定装置の工夫

ア 寒剤

主な寒剤として氷-塩化ナトリウム、氷-塩化カルシウム六水和物、ドライアイス-エタノールなどの組合せがある。今回の実験では、約-20℃の低温ができればよいので、氷-塩化ナトリウム（質量比3：1）寒剤を使用した。

イ 装置

写真1にあるピーカー（300mL）、市販の氷菓キャンディーに使われているチューブ、小型試験管（内径13mm×長さ100mm）、デジタルサーモメーターを組み合わせ測定した。



写真1 使用器具

市販の氷菓キャンディーに使われているチューブを、ビーカーの壁面にセロハンテープで張り、まわりを寒剤で埋める。寒剤は、できるだけ透き間がないように埋めるため、細かく砕いて使用した。チューブにはエタノールを入れ、試料の入った小型試験管全体が冷却されるよう工夫した。配置は、図2のようになる。

このように配置することによって、小型試験管はビーカーの壁面近くにあるので、凝固する

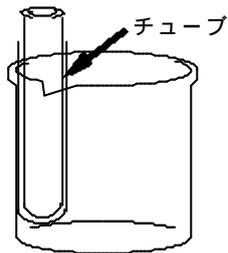


図2

の様子を観察することが可能である。冷却能力を維持させるために、小型試験管部分以外を脱脂綿で覆った(写真2)。

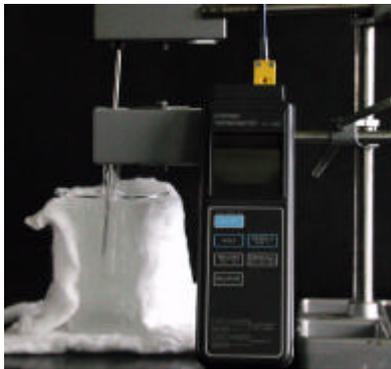


写真2 測定装置

(3) 時間短縮の工夫

ア 寒剤

事前に準備し、冷凍庫(室)で保管したものを、実験の直前に取り出して使用した。

実験の際は、チューブ内のエタノールの温度が -18 より低いことを確認しておく。

イ 試料

試料溶液は事前に濃度調整し、小型試験管の底から3 cm程度取り、アルミニウムはくをかぶせ、冷蔵庫で保管したものを使用した。測定を始める試料温度は、 $12 \sim 13$ の場合実験が成功しやすい。また、実験中ビーカー表面の曇りをふき取りながら行うことで、より観察しやすくなる(写真3, 4)。



写真3 凝固前



写真4 凝固後

4 測定結果と考察

測定には、次の4種類の水溶液を用いた。

塩化ナトリウム水溶液(0.5mol/kg)

塩化ナトリウム水溶液(1mol/kg)

スクロース水溶液(1mol/kg)

尿素水溶液(1mol/kg)

30秒ごとに温度を測定し、 -5 以下からは10秒ごとに測定した。凝固後は、再び30

秒ごとに測定した。

測定開始から早いものは4分、遅くとも6分程度で凝固が始まり、測定は10分で終了した。それぞれの実験において、凝固の様子が観察できた。

得られたデータは表計算ソフトを使い、グラフ化した。結果は、図4～7に示す。各グラフは、実線（青色）が温度変化で波線（赤色）が凝固点を求めるための近似直線である。

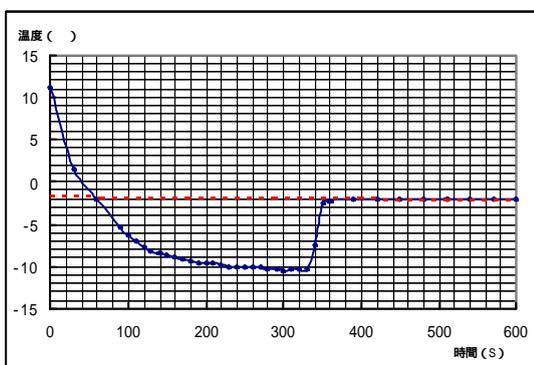


図4 塩化ナトリウム水溶液(0.5mol/kg)

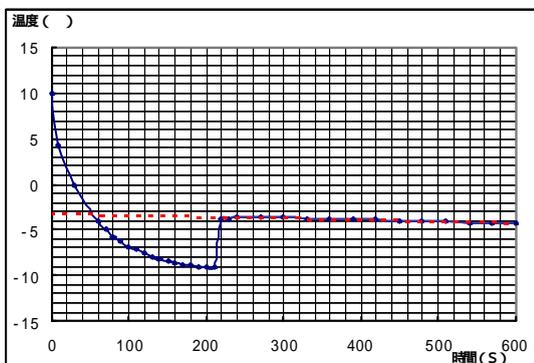


図5 塩化ナトリウム水溶液(1mol/kg)

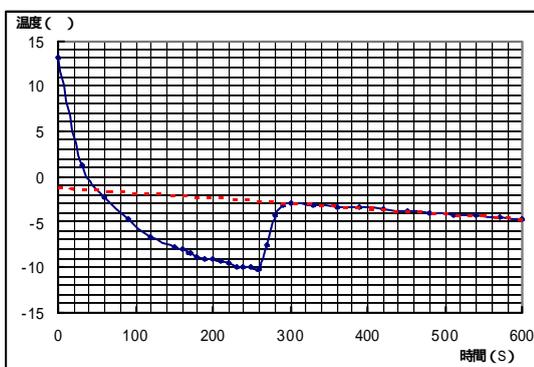


図6 スクロース水溶液(1mol/kg)

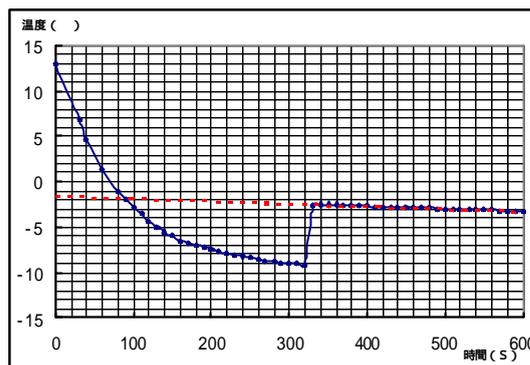


図7 尿素水溶液(1mol/kg)

グラフから求めた凝固点は、

- 1.7 (理論値-1.85)
- 3.4 (理論値-3.7)
- 1.6 (理論値-1.85)
- 1.8 (理論値-1.85)であった。

との比較から、凝固点降下度が2倍になっており、質量モル濃度に比例するという法則性を導くことができる。

との比較から、凝固点がほぼ一致しており、溶質の種類に無関係であることが確認できる。

と・との比較から、イオン結晶と分子性物質の違いを考慮すると、凝固点降下度が溶けている溶質の粒子濃度に比例するという法則性を導くことができる。

実験方法や装置、準備などを工夫することにより、観察、実験の実施が可能になり、その体験を通して、生徒は観察、実験の技能・表現や科学的に追究する方法、考え方を身に付けることになる。さらに、観察、実験の結果を基に、原理・法則を自ら見いだすことは、主体的に学習しようとする態度を育てることにつながるものと思われる。

(教科教育研修課)