

物質の融点と沸点

I 身近なものを用いて状態変化を簡単に観察できる観察・実験例

1 観察・実験のあらまし

物質の融点・沸点の測定をする実験では、温度が正確に求められなかったり、温度上昇が止まらず融点がわかりにくくなることも多い。また、実験に時間がかかり、データ処理を後日行うこともある。そこで教科書で紹介されているパルミチン酸（融点63℃）よりも融点が低く、早い時間で融点に達し、また安全で手に入れやすい試薬としてチオ硫酸ナトリウム（一般にハイポの名称で売られている。以下「ハイポ」と記入（融点48℃））を用いる。また、いったん溶けた物質を再度冷やしてその温度変化を測定して融点（凝固点）を調べることで、状態変化の間は温度変化が起こらないことを確実に確認することができる。固体から液体に変化する時の温度変化では一定になる時間が短くわかりづらいことも多いが、液体から固体に変化する時の温度変化では比較的長い時間一定温度を保つのでわかりやすい。

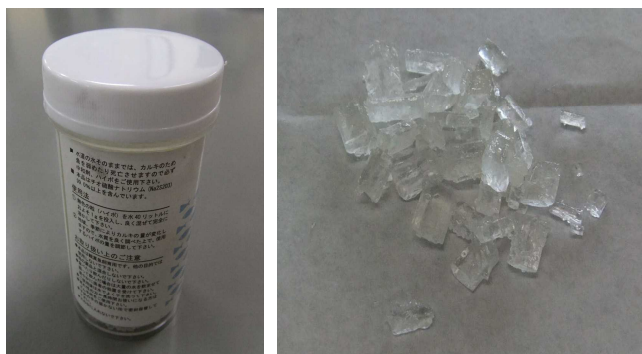
2 準備するもの

(1) 器具

- ・ビーカー（300 mLのもの）
- ・試験管（内径15 mmのものと内径18 mmのもの）
- ・温度計
- ・割り箸
- ・スタンド
- ・三脚、金網
- ・マッチ

(2) 材料・試薬等

- ・ハイポ（チオ硫酸ナトリウム）
 - 観賞魚の水質中和剤として売られているもので一般に市販されているものは五水和物 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- ・沸騰石



ハイポ(無色透明な直方体の結晶)

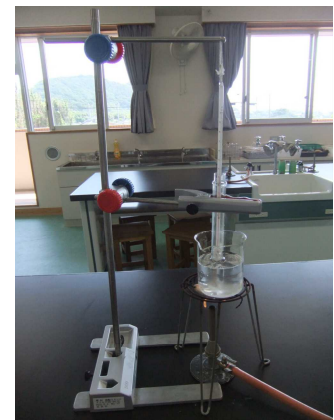
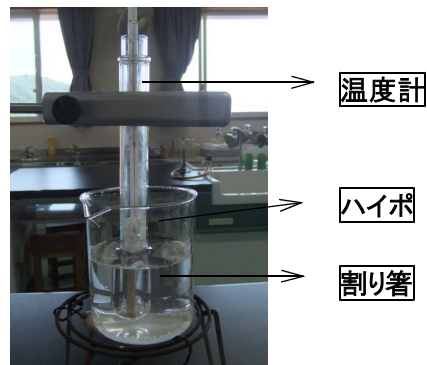
3 学習前の観察・実験の指導の手立て

- (1) ガスバーナーの使い方、温度計の目盛りの読み方を事前に確認しておく。
- (2) 前時の学習で、水が液体から気体になる温度（沸騰する温度）が実験から100℃であることを学んでいる。そこで液体から気体になる温度（沸点）は100℃であるが、気体から液体になる温度は何℃になるかを考えさせておくことよい。今回の実験ではハイポの融点をあためていく場合と冷やしていく場合の両方から求め、状態変化の温度がどちらも同じであることを学習する。その際の興味づけになる。
- (3) この実験では無色透明な結晶を用いるので溶け終わりがわかりづらい。その点も事前に生徒に伝えておき、注意深く観察するようにさせるとよい。

4 観察・実験の手順・様子

(1) 実験装置の作成手順

- ア** 試験管（内径15mm）の中に、ハイポを約4g入れる。
- イ** 試験管（内径18mm）の中に、5cmの割り箸を入れ、その上に**ア**で作成した試験管を入れる。
- ウ** 300mLビーカーに水を200mL入れ、その中に沸騰石を入れる。
※水が少ないとすぐに沸騰してしまい、ハイポの温度上昇も早くなるため、状態変化の最中の温度が一定にならない。
- エ** 右の写真のように実験装置を組み立てる。
水面がハイポを入れた試験管の下面とほぼ同じぐらいにする。それより上にしてしまうとハイポが液体になりはじめた様子が見づらくなってしまう。また、あまり下だとハイポの温度上昇に時間がかかってしまうので注意する。
火力はあまり強くしない方がよい。



加熱装置

(2) 実験の手順

〔融点を求める〕【観察・実験1】

- ア** 最初の温度を測定する。
- イ** ガスバーナーに火をつけ、加熱を開始する。
- ウ** 30秒ごとに温度を測定し記録する。
- エ** 温度測定と同時にハイポが溶けているかどうかを目で確認し、記録する。
- オ** 60℃くらいになったら火を止める。

〔凝固点を求める〕【観察・実験2】

- カ** ビーカーをはずし、ハイポの入った試験管だけをスタンドに取り付け、30秒ごとに温度を測定し記録する。
- キ** 温度測定と同時にハイポが固体になり始めているかを目で確認し、記録する。



加熱時



冷却時

(3) 変化の様子

ア 加熱中の温度変化について

約30秒で1℃ほど上昇し、7～8分ほどで43℃～44℃に達し、ハイポが溶け始める。約3分間ほど温度は一定を保ち、ほぼ溶け終わる（この時点では若干溶け残っているハイポがある）。その後、再び温度が上昇し始める。

イ 加熱終了後の温度変化について

約30秒で1℃ずつ温度は下降していき、15分ほどでいったん38℃くらいまで温度が下がる（過冷却のため）。その後、針状の結晶ができはじめると温度が上昇していき、44℃くらいまで達する。約20分程度44℃を保ち、8割以上が結晶となる。



凝固開始

5 学習後の観察・実験の指導の手立て

実験後の固まったハイポについては、試験管ごと教師が回収し、再度あたためて溶かして流しに流すなど処理をする。

温度変化のデータについては、グラフ化し、その特徴を読み取る。

6 器具や薬品等の扱い方等

(1) 指導面

ビーカーの水が蒸発して試験管の壁面を曇らせることがあるので、温度計の目盛りの読み取りやハイポが液体になっている様子が観察しづらいことがある。割り箸にティッシュを巻き付けたものなどを用意しておいて随時ふきながら観察するとよい。

(2) 安全面

ハイポは酸と混ざると、有毒な SO_2 （二酸化硫黄）を発生するので気をつける。また、ガスバーナーの火が一定の強さで均等に当たるように実験は風のないところで行うとよい。加熱終了後ビーカーを抜くときには、沸騰したお湯が入っていてビーカーがかなり熱くなっているため、その取り扱いに気をつける。

(3) その他

ハイポは、水に溶けて害も少ないので実験後は水に溶かして流すことができる。ただし、使用後の試験管に水をいれておいても固まったハイポは簡単には溶けないので、急ぐ場合はガスバーナーで加熱すればすぐに溶ける。異物が混じらなければ何度でも使えるので、保管しておくとうよい。

II 指導の例

1 単元名 物質の融点と沸点

2 単元のねらい

物質の状態が変化するときの温度の測定を行い、物質は融点や沸点を境に状態が変化することや沸点の違いによって物質の分離ができることを見いだすこと。

3 指導計画 (全5時間)

状態変化と温度 (3時間) 本時 2 / 3

蒸留 (2時間)

4 学習問題

物質が固体から液体に変わる時の温度はどうなっているだろうか。ハイポを熱して、その温度変化を調べてみよう。

5 観察・実験の展開例

(1) ねらい

- ・物質の融点に関心を持ち進んで調べることができる。 (関心・意欲・態度)
- ・温度計の使い方、ガスバーナーの使用方法を確認し、実験装置を正しくセットし、融点を求めることができる。 (観察・実験の技能)
- ・物質には融点があること、その温度は物質によって決まっていること、物質が状態変化をしている間は温度が変化しないことを実験を通して理解できる。 (知識・理解)

(2) 展開

※評価の観点

| 学習内容・学習活動 | 指導上の留意点と評価の観点 |
|--|--|
| 1 前時の学習内容の確認をする。 ・水が水蒸気になるとき（液体が気体になるとき）の温度は物質によって決まっています、状態変化の間は温度は一定である。 | ・ノートや学習カードで確認をさせる。 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">物質が固体から液体に変わる時の温度はどうなっているだろうか。ハイポを熱して、その温度変化を調べてみよう。</div> | |
| 2 固体から液体に変わるときの温度はどうなっているか予想する。また液体から固体にかわるときの温度はどうなっているか予想する。 ・物質によって決まっています。 ・状態変化の間は温度は一定である。 ・どちらの温度も同じである。 3 考えたことを理由とともに発表する。 ・液体が気体になるときと同じだと思うから。 ・加えられた熱が温度を上げるのに使われず、状態を変化させるのに使われるから。 4 実験装置を組み立てる。 5 実験を開始する。 【観察・実験1】 ①最初の温度を測定する。 ②30秒ごとに温度計の目盛りを読み、記録する。同時にハイポが液体になり始めたかを確認する。 ③温度測定と同時にハイポが溶けているかどうかを目で確認し、記録する。 ④60℃を超えたら火を止める。 6 実験結果をグラフにする。 7 まとめる。 | ・予想する時は必ずその理由も考えるように指導を行う。 ・理由については経験に基づくものでもよいことを伝える。 ・実験装置の準備ができたなら教師のチェックを受け、不備がなければ次の指示を待つ。 ・すべての班が準備ができたなら教師の指示のもと一斉に実験を開始する。 ・時間の経過は教師が伝える。 ※実験装置を正しくセットし、融点を求めている。（観察・実験の技能） ※物質の融点に関心を持ち進んで調べている。（関心・意欲・態度） ・ビーカーを抜くときはスタンドや三脚も熱くなっているので専用の手袋を用いて気をつけて抜くように注意する。 ※物質には融点があり、状態変化の間は温度変化しないことを理解している。（知識・理解） |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">ハイポが固体から液体に変化する間は、温度は変化しない。</div> | |

Ⅲ よりよい観察・実験にするために

1 生徒・教師の失敗例

(1) 実験の途中でガスバーナーの火を消してしまった。

<対処法>

- 途中で火が消えてしまったり、火の強さが変わると温度上昇の変化に影響が出てしまう。実験の途中で火を強くしようとしたり、炎の色を変えようとしたりする生徒がいるので、あらかじめ実験中はガスバーナーに触れないように伝えておく。また、実験開始前に教師がすべての班のガスバーナーの火の状態を確認した上で、一斉にガスバーナーをビーカーの下にセットするようにするとよい。

(2) 融点が班によって異なる。

<対処法>

- 原因のひとつに温度計の目盛りの器差が考えられる。事前に標準温度計と比較して調べておくとうい。ただ正確な温度はわからなくても、融点が存在すること、状態変化の間は温度が変化しないということを確認できればよいのであれば班によって多少融点がずれても問題ない。

(3) ハイポが液体になり始めた瞬間を見逃した。

<対処法>

- 気がついたら液体になり始めていたということがよくある。徐々に液体になり始めて試験管の下にたまり始めるのであらかじめ40℃近くになったら、教師の方で「そろそろ溶け始めるかもしれないので注意して見ているように」と助言した方がよい。

(4) 冷却時に40℃を下回っても固体にならない。

<対処法>

- ゆっくりと冷やすと温度は下がって融点(凝固点)を下回っても固体にならないことがある。これを過冷却という。外部からの物理的な刺激(振動など)で急速に結晶化するので、試験管をたたくと急に固まる。

2 経験談から

理科の実験では「なぜだろう?」という疑問を持たせることが大切だと考えています。疑問を持つことで、興味・関心が高まり、意欲的に観察・実験に取り組み、考えようとするができると思います。興味を持って考えたり、取り組んだことは知識として定着しやすいと考えます。どんなに加熱しても温度が上がらない、どんなに冷やしても温度が下がらないということに対して疑問を持つような発問等を教師が積極的にしていくことが必要です。また、過冷却後に温度が上がっていくことにも生徒は興味を持つはずで、過冷却の仕組みは中学校で学習する内容ではありませんが、どうしてそんなことが起こるのか考えさせてみることもおもしろいのではないかと思います。そのためには教師がその仕組みをしっかりと理解して、生徒にわかりやすく説明できるように準備しておくことが大切です。

※参考資料

1 実験データ

薬品(ハイポ)の分量や気温、ガスバーナーの火力等により条件は変化するが、気温約32℃の室内(理科室)で、中火で4gの薬品を用いて行った実験の結果は以下の通りである。

(1) 加熱時の温度変化

| 時間 | 温度 |
|-------|------|
| 30秒 | 30.5 |
| 1分0秒 | 30.5 |
| 1分30秒 | 31.0 |
| 2分0秒 | 31.0 |
| 2分30秒 | 32.5 |
| 3分0秒 | 34.0 |
| 3分30秒 | 35.0 |
| 4分0秒 | 36.5 |
| 4分30秒 | 38.0 |
| 5分0秒 | 39.0 |

| 時間 | 温度 |
|-------|------|
| 5分30秒 | 40.0 |
| 6分0秒 | 41.0 |
| 6分30秒 | 42.0 |
| 7分0秒 | 43.0 |
| 7分30秒 | 43.0 |
| 8分0秒 | 44.0 |
| 8分30秒 | 44.5 |
| 9分0秒 | 44.5 |
| 9分30秒 | 45.0 |
| 10分0秒 | 45.5 |

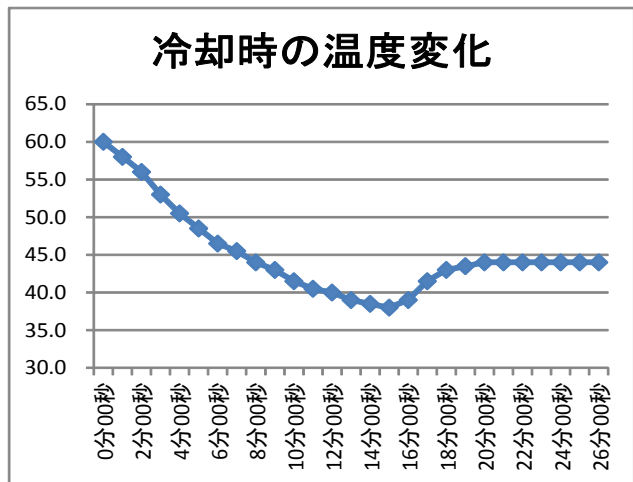
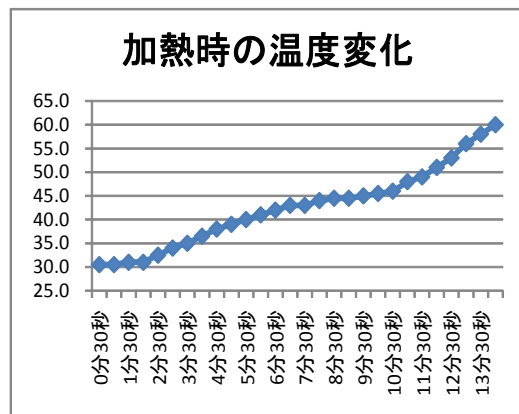
| 時間 | 温度 |
|--------|------|
| 10分30秒 | 46.0 |
| 11分0秒 | 48.0 |
| 11分30秒 | 49.0 |
| 12分0秒 | 51.0 |
| 12分30秒 | 53.0 |
| 13分0秒 | 56.0 |
| 13分30秒 | 58.0 |
| 14分0秒 | 60.0 |

(2) 冷却時の温度変化

| 時間 | 温度 |
|-------|------|
| 30秒 | 59.0 |
| 1分0秒 | 58.0 |
| 1分30秒 | 57.0 |
| 2分0秒 | 56.0 |
| 2分30秒 | 54.0 |
| 3分0秒 | 53.0 |
| 3分30秒 | 51.5 |
| 4分0秒 | 50.5 |
| 4分30秒 | 49.5 |
| 5分0秒 | 48.5 |
| 5分30秒 | 47.5 |
| 6分0秒 | 46.5 |
| 6分30秒 | 46.0 |
| 7分0秒 | 45.5 |
| 7分30秒 | 44.5 |
| 8分0秒 | 44.0 |
| 8分30秒 | 43.5 |
| 9分0秒 | 43.0 |
| 9分30秒 | 42.0 |
| 10分0秒 | 41.5 |

| 時間 | 温度 |
|--------|------|
| 10分30秒 | 41.0 |
| 11分0秒 | 40.5 |
| 11分30秒 | 40.0 |
| 12分0秒 | 40.0 |
| 12分30秒 | 39.5 |
| 13分0秒 | 39.0 |
| 13分30秒 | 39.0 |
| 14分0秒 | 38.5 |
| 14分30秒 | 38.0 |
| 15分0秒 | 38.0 |
| 15分30秒 | 38.0 |
| 16分0秒 | 39.0 |
| 16分30秒 | 40.0 |
| 17分0秒 | 41.5 |
| 17分30秒 | 42.0 |
| 18分0秒 | 43.0 |
| 18分30秒 | 43.5 |
| 19分0秒 | 43.5 |
| 19分30秒 | 44.0 |
| 20分0秒 | 44.0 |

| 時間 | 温度 |
|--------|------|
| 20分30秒 | 44.0 |
| 21分0秒 | 44.0 |
| 21分30秒 | 44.0 |
| 22分0秒 | 44.0 |
| 22分30秒 | 44.0 |
| 23分0秒 | 44.0 |
| 23分30秒 | 44.0 |
| 24分0秒 | 44.0 |
| 24分30秒 | 44.0 |
| 25分0秒 | 44.0 |
| 25分30秒 | 44.0 |
| 26分0秒 | 44.0 |
| 26分30秒 | 44.0 |
| 27分0秒 | 44.0 |
| 27分30秒 | 44.0 |
| 28分0秒 | 44.0 |
| 28分30秒 | 44.0 |
| 29分0秒 | 44.0 |
| 29分30秒 | 44.0 |
| 30分0秒 | 44.0 |



(3) 考察

今回の実験を別条件で行った時の実験結果は以下の通りである。

- ① 200 mLのビーカーに水100 mLを入れ、アルコールランプで加熱した場合
10分ほどで沸騰し、40°Cを超えたあたりから徐々に溶け始める。20分を過ぎてもまだ溶け終わらず、温度はどんどん上昇してしまう（液体部分の温度が上がるため）。その一方でビーカーの中の水が徐々に蒸発してしまい、水面がどんどん下がってしまう。
- ② ハイポの結晶を砕いて粉末にして実験を行った場合（水は200 mL、ガスバーナー使用）
4～5分で溶け始め、結晶状態のものとは比べ一気に液体になってしまい、状態変化の間の温度が一定になるのがわかりにくい。
- ③ 加えるハイポの量を多くしたり、太めの試験管を使うなどすると温度変化の時間は変化する。予備実験をいくつかのタイプでやっておくとよい。

※加熱時の温度変化をもっとわかりやすくするために、加熱の仕方、水の量、ハイポを入れるもの（試験管を二重にするなど）、ハイポの量などを工夫してみてください。