

中等教育研究開発室年報 第32号（2019年3月31日発行）別冊電子版
2018年度 授業実践事例

理科 中学校第1学年

状態変化の表現による粒子モデルの深化

授業者 沓脱 侑記

（教育研究大会 公開授業）

広島大学附属中・高等学校

日 時 平成 30 年 10 月 13 日（土） 第 1 限 9：30～10：20

場 所 第 1 化学教室

学年・組 中学校 1 年 A 組 41 人（男子 19 人 女子 22 人）

単 元 物質のすがたとその変化

単元目標

1. 物質は融点や沸点を境に状態が変化すること、純物質では融点、沸点が一定であることを理解する。
(知識・技能)
2. 状態変化では、物質そのものは変化せず、状態（粒子の運動）のみが変化することを見出し、粒子モデルと関連づけて表現する。
(思考・判断・表現)
3. 融点や沸点の違いを利用して、混合物の分離や物質の同定を行うことができる。(知識・技能)

指導計画（全 7 時間）

第一次 状態変化の観察と理解 1 時間

第二次 状態変化と温度 4 時間（本時 5/7）

第三次 状態変化の利用と混合物の分離 2 時間

授業について

1. 教材観

(1) 状態変化について

小学校では身近な物質のひとつである水を題材に状態変化の観察を行い、温度によって物質がすがたを変えること、その際に物質そのものは変わらないことなどを学ぶ。しかし、化学的な視点から見ると水が持つ性質は一般的とはいえず、水素結合による特異な振舞い（固体のほうが液体よりも体積が大きい、融点、沸点が高いなど）を示す。中学校ではエタノールやパルミチン酸、本時で扱うセタノールなどを用いて、融点や沸点の測定、蒸留などの実験を行う中で、三態それぞれの特徴や状態変化に伴う物質の変化を粒子的な視点から捉え、状態変化という現象の一般化を行うことになる。

新学習指導要領およびその解説では、状態変化は粒子のモデルと関連づけての理解が強調されている。多くの教科書では、三態の物質のようすについて粒子モデルを用いて示した後に、水やエタノールの加熱沸騰、融点の確認が行いやすいパルミチン酸の加熱融解などの実験が取り扱われている。

本時では、①比較的低温（49～50℃）で融解し、取り扱いが容易で安全であること、②固体は白色、液体は透明であり、見た目の変化で融解と凝固に伴う体積や性質の変化を捉えやすいこと、③分子間にはたらく引力がファンデルワールス力とヒドロキシ基による水素結合と比較的シンプルであり、粒子としての振る舞い（粒子間の結合や結晶の構造などの条件）が単純で、粒子モデルで表現することに化学的誤謬が少なく、生徒もモデルを使った予想や説明がしやすい、といった条件を重視し、セタノール（1-ヘキサデカノール）を用いることとした。

(2) 粒子モデルについて

化学分野では、「粒子」の概念が重要視されている。物質を構成する原子や分子といった目に見えない粒子を、モデルを使って表すという方法は、小学校では物質の混合を説明する際などに用いられている。しかし、「粒子が何を表しているか」を意識しながらモデルを扱うことは、多くの生徒にとって初めてであり、「粒子＝原子・分子・(イオン)」というイメージの定着には至っていないと考えられる。

本時では、状態変化が粒子の運動のようすの変化であることを改めて確認すると同時に、粒子の運動のようすが変化する際に熱(エネルギー)の出入りが起こることを印象づけることを目的に、実験において「物質のようす」の観察と「物質の温度」の測定をもとに、状態変化中の物質のようすを粒子モデルを用いて説明することを試みる。

2. 生徒観

(1) 状態変化・粒子モデルに関する既習事項について

本年度このクラスでは、「水溶液の性質」および「状態変化」の単元において、粒子モデルを用いて事象を説明する活動を行っている。また、中学2年生で扱う「原子・分子」の内容について、物質が原子や分子といった小さな粒子で構成されていること、物質の種類によって粒子の種類も異なることなどを先行して学習している。粒子モデルが原子や分子を表すことについても学習しているが、モデルの扱いには慣れておらず、教科書に示されている図をなぞっただけに留まる生徒もいる。

(2) 学級のようすについて

1年A組は授業担当者の担任学級でもあり、実験をはじめとして、議論や発表などの活動に積極的に取り組むことができる学級である。反面、注意力が散漫となることや、事実ではなく自分の考え(思い込み)を中心に議論を進めようとするところがあり、科学的な思考やそのプロセスには未熟な部分も見られる。本時の実験の重要なポイントとなる時間や温度の正確な記録に丁寧に取り組ませ、目の前の事象をもとに、説明・議論ができるよう心がけたい。

3. 指導観

本校では、「内化と外化の往還を取り入れた授業」の実践を目指している(理科教科主題:本日配布のものに詳述)。本時では、授業開始時にこれまでに得た状態変化に関する知識や、物質のそれぞれの状態についての粒子モデルを確認することで本時の目的を明確にし、それを意識しながらセタノールの状態変化の実験を行うことで、温度変化に伴う状態変化についての新たな情報(物質のようすや手ごたえ、温度変化の度合いなど)を知覚し、状態変化中の物質のようすについて、新たに得られた情報を用いながら粒子モデルを用いて表現することで、主に(1)自然の事物・現象の理解を深めるために、既存の知識や技能を関連付けたり組み合わせたりすることができる、という点にフォーカスして、状態変化および粒子モデルについての深い学びを目指したい。

また、適切かつ安全に実験を行い、その結果をもとにして、グループで粒子モデルを用いて考え、議論する活動を行う中で内化と外化の往還が強化され、より確からしい(事象をうまく説明できる)結論に到達することを期待している。

4. 本時の指導過程

題 目 状態変化の表現による粒子モデルの深化

本時の目標

1. 物質の状態変化について粒子モデルを用いて現象を表現し、説明する。(思考・判断・表現)
2. 純物質の凝固についての実験を安全に行い、結果を適切に処理する。(知識・技能)

本時の評価規準 (観点/方法)

1. 純物質が凝固する際に見られる変化を、既習の内容をもとに粒子モデルで説明している。
(思考・判断・表現/机間指導・ワークシートによる評価)
2. 純物質の凝固についての実験を安全に行い、温度変化を適切に記録し、グラフ化している。
(知識・技能/ワークシートによる評価)

本時の学習指導過程

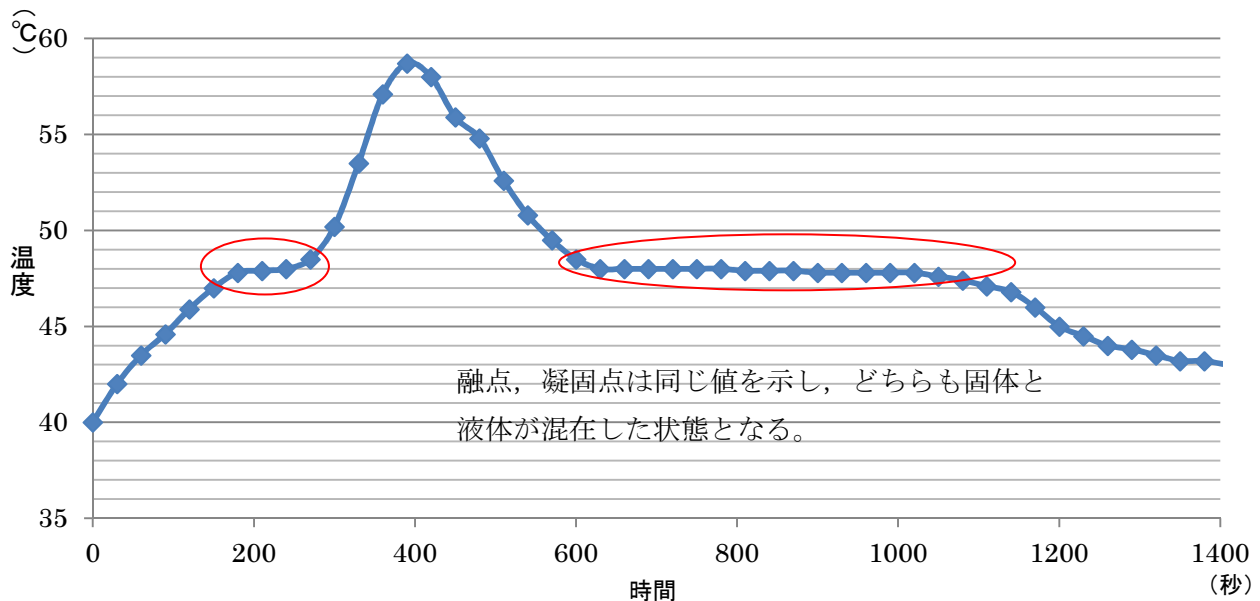
| 学習内容 | 学習活動 | 指導上の留意点 (◇評価) |
|--|--|--|
| <p>[導入]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 前時までの復習 ・ 物質の三態に対応する粒子モデルの確認 ・ 純物質を加熱した際の温度変化の確認 | <p>物質には気体・液体・固体の3つの状態があること、それぞれの状態が粒子モデルでどのように表現できるか確認する。</p> <p>純物質の融点、沸点は一定の値であったことを確認する。</p> | <p>板書や教科書を用いた確認程度にとどめる。</p> |
| <p>[展開]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 純物質を冷却していくと、状態と温度はどのように変化するだろうか <p>【実験】</p> <p>セタノールの状態変化を観察し、物質のようすを説明しよう</p> | <p>純物質の融点と凝固点は同じになるか、異なるかを個人で予想する。</p> <p>融点、凝固点での物質の状態に着目して実験を行う。</p> <p>教卓に準備されたセタノールを各班に持ち帰り、攪拌しながら湯浴で一旦融解させ、その後攪拌を続けながら自然冷却する。</p> <p>その際、加熱および冷却に伴う</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 温度 2. 状態 (見た目・手ごたえ) <p>の変化を観察し、記録する。</p> <p>記録された温度変化をグラフにプロットし、状態変化のようすとあわせて、セタノールのようすを粒子モデルで表現する。</p> | <p>既習である温度上昇に伴う状態変化をもとに、温度低下に伴う状態変化について予測させる。</p> <p>試薬に直接触れないよう注意する。</p> <p>過冷却がみられた場合は、前後の温度変化に着目させて考えさせる。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 実験結果の整理と分析 ・ 実験中に観察されたそれぞれの状態を、粒子モデルを用いて表現する。 | <p>記録された温度変化をグラフにプロットし、状態変化のようすとあわせて、セタノールのようすを粒子モデルで表現する。</p> | <p>◇純物質の凝固についての実験を安全に行い、温度変化を適切に記録し、グラフ化している。 (知識・技能/ワークシートによる評価)</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p>・実験結果と考察の共有</p> <p>[終結]</p> <p>・本時のまとめ</p> <p>・次時の予告：混合物を加熱すると、どのような変化が起こるか実験で確認してみよう</p> | <p>各班の結果と粒子モデルをホワイトボードに記入し、クラス全体で共有する。</p> <p>物質を加熱した際と同様に、物質を冷却した際にも固体と液体が混在し、温度が一定になるとき(凝固点)があり、純物質であれば融点と凝固点は同じ温度になることを確認する。</p> <p>ワークシートやこれまでの学習内容の振り返りをもとに、三態の粒子モデルの確認と状態変化中の粒子のようすを想起する。</p> | <p>◇純物質が凝固する際に見られる変化を、既習の内容をもとに粒子モデルで説明している。</p> <p>(思考・判断・表現/ 机間指導・ホワイトボードで評価)</p> <p>他班の説明を聞き、自分の班の粒子モデルとの共通点、相違点を確認させる。代表的なモデルを数班、発表させる。</p> <p>凝固に伴って熱が発生する(凝固熱)については、粒子の運動の様子が変わることについて触れる程度にとどめる。</p> |
|--|---|---|

備考 使用教科書 未来へひろがるサイエンス1 (啓林館)

使用器具 ビーカー、セタノール入り試験管、温度計、攪拌棒、ガスバーナー、三脚、金網
ホワイトボード (モデル共有用)

※ 予備実験によるセタノールの温度変化データ



セタノールの状態変化と温度

融点測定で用いたセタノールについて、加熱や冷却を行いながら状態変化のようすと、温度変化を確認しよう。

【実験】セタノールの状態変化と温度

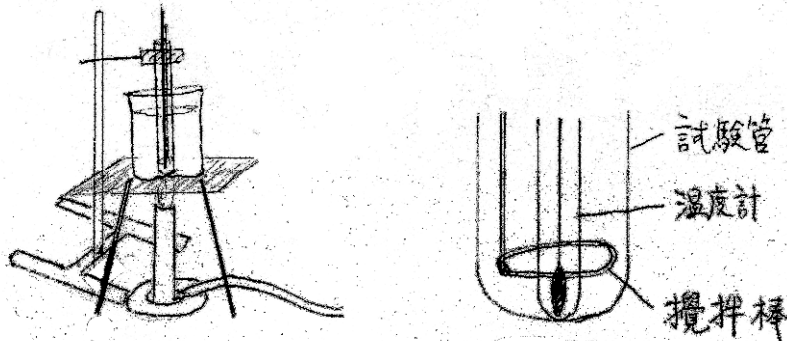
準備物：ビーカー(500mL)、湯、温度計、セタノール入り試験管、三脚、金網、マッチ、沸騰石、ガスバーナー、スタンド

手順

1. 下図のように装置を組む。
2. ガスバーナーに点火し、温度計が40℃を示したら30秒ごとに温度を記録する。
3. 適宜攪拌しながら加熱し、55℃になったら試験管を湯から出し、火を消す。
4. 攪拌を続けながら自然冷却し、凝固点を過ぎて2分経ったら終了する。
5. 記録したデータをグラフにする。
6. 融点、凝固点を記録し、その時の状態をあわせて記録する。

融点 ()℃ 状態 () 凝固点 ()℃ 状態 ()

※実験装置



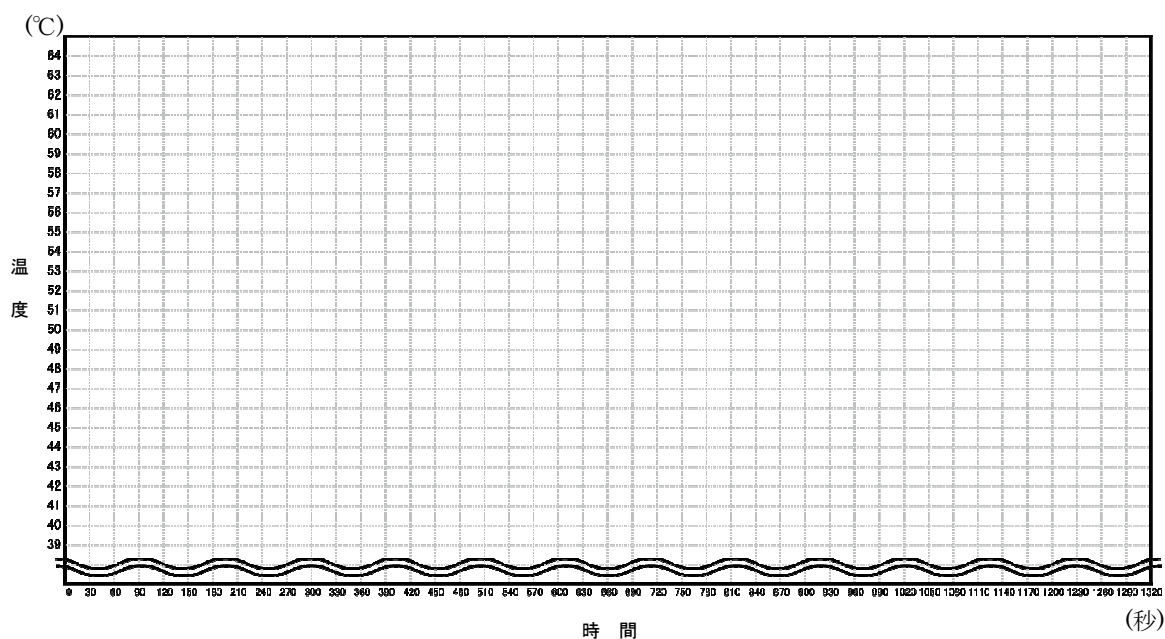
【考察】

1. 融点・凝固点は同じ温度だと言えるだろうか？
2. 融点・凝固点では、物質はどのような状態になっているか？
見た目や手ごたえ（ようす）をもとに、モデルを用いて説明してみよう。

1年 組 番 名前

【結果】

| | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 秒 | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 |
| 温度 | | | | | | | | | |
| ようす | | | | | | | | | |
| 秒 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 420 | 450 | 480 | 510 |
| 温度 | | | | | | | | | |
| ようす | | | | | | | | | |
| 秒 | 540 | 570 | 600 | 630 | 660 | 690 | 720 | 750 | 780 |
| 温度 | | | | | | | | | |
| ようす | | | | | | | | | |
| 秒 | 810 | 840 | 870 | 900 | 930 | 960 | 990 | 1020 | 1050 |
| 温度 | | | | | | | | | |
| ようす | | | | | | | | | |
| 秒 | 1080 | 1110 | 1140 | 1170 | 1200 | 1230 | 1260 | 1290 | 1320 |
| 温度 | | | | | | | | | |
| ようす | | | | | | | | | |
| 秒 | 1350 | 1380 | 1410 | 1440 | 1470 | 1500 | 1530 | 1560 | 1590 |
| 温度 | | | | | | | | | |
| ようす | | | | | | | | | |



実践上の留意点

1. 授業説明

本校理科では、「内化と外化の往還を取り入れた授業」の実践を研究テーマに掲げ、理科におけるアクティブ・ラーニング、深い学びのあり方について探ってきた。本時では、中学校理科1分野「状態変化」をテーマに、温度変化に伴う物質の様子の変化を捉え、物質のそれぞれの状態を粒子モデルで表すという目的のもと、セタノールの状態変化の実験を行うことで、温度変化に伴う状態変化についての新たな情報（物質のようすや手ごたえ、温度変化の度合いなど）を知覚し（個人の中での内化）、状態変化中の物質のようすについて、新たに得られた情報を用いながら粒子モデルを用いて表現する（集団への外化および集団での内化）ことで、アクティブ・ラーニングを通じた深い学びの実現を目指した。

新学習指導要領およびその解説では、状態変化は粒子のモデルと関連づけての理解が強調されている。本時では、①比較的低温（49～50℃）で融解し、取り扱いが容易で安全であること、②固体は白色、液体は透明であり、見た目の変化で融解と凝固に伴う体積や性質の変化を捉えやすいこと、③分子間にはたらく引力がファンデルワールス力とヒドロキシ基による水素結合と比較的シンプルであり、粒子としての振る舞い（粒子間の結合や結晶の構造などの条件）が単純で、粒子モデルで表現することに化学的誤謬が少なく、生徒もモデルを使った予想や説明がしやすい、といった条件を重視し、セタノール（1-ヘキサデカノール）を用いることとした。また、試験管を二重構造にすることで、直接加熱を避け、温度の急激な上昇を防ぐようにした。さらにリング状の攪拌棒を入れることで均一に温度変化が起きるような工夫を施すなど、1時間の授業時間内に実験・考察が可能となるような展開とし、実験で感じたことや気づいたことなどの記憶が新鮮なうちに言葉として表現し、粒子モデルへと転移し、その考えを共有することを試みた。しかし、結果的に時間不足で生徒の気づきを全体へ還元することが叶わなかったこと、特に融点の温度が一定であるという考察が深まらなかったことが本時の課題として残った。

2. 研究協議より

- ・今回の実験において、融点を導くのが難しそうであった。その原因について、どのように考えているか？
 - 「中火から強火で加熱しなさい」といった指示はしていたものの、一部の生徒たちは強火で加熱を続けていた。そのため、温度が急激に上昇し、判断が難しくなったと考えられる。机間指導をもう少し徹底できれば良かった。
- ・実験・観察・考察・モデルを考えるといのは、やはり時間的に厳しいのではないだろうか。それでも1時間の中で完結させる場合には何を優先させれば良いと考えているか。
 - とくに中学生の場合は、抽象的なものをイメージする力が乏しいため、実態をみて、それを元にして考えていくことが重要になると考えている。そのため、まずは実験観察に重点を置き、そのときの様子を記録として残し、あとで記録を見て、実験を思い出せるような指導が重要、優先であると考えられる。そこがきちんとできていれば、振り返りが可能になるのではないか。
- ・探究活動には、論証活動を入れていく必要がある。そのため、観察・実験が個人であったとしても、グループでシェアする。グループであったとしても、クラス全体でシェアすることが必要になる。
- ・この授業はグループでの探究活動を基盤にした粒子概念のモデル化を考える過程での内化と外化の往還を実施したということである。グループ活動はアクティブ・ラーニングを促進しやすい一つの要因である。

