

学習内容の関連を踏まえた思考力・判断力・表現力の育成に関する研究 ～第1学年「物質の姿と状態変化」の実践を通して～

鹿児島市立河頭中学校
教諭 吉永 夕香

1 単元の概要

(1) 単元名 物質の姿と状態変化 (大単元 身のまわりの物質)

(2) 単元について

本単元「物質の姿と状態変化」は、日常生活で触れている物質全てに当てはまる変化であり、その変化は加熱や冷却により行われる。生徒にとって身近な温度変化と状態変化を通して、科学の面白さに触れたり考えたりすることのできる題材である。物質を加熱したり冷却したりすると状態が変化することを観察し、状態が変化する前後の体積や質量を比べる実験を行い、状態変化は物質そのものが変化するのではなくその物質の状態が変化するものであることや、状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことを見いだし、粒子のモデルと関連付けて理解させることをねらいとしている。

小単元「状態変化するときの体積と質量」と学習内容の関連が深い既習単元として、「物質が水に溶けるとは」が挙げられる。内容の系統性の面では、両単元ともに物質が粒子から構成されていることを基にした考察が必要であり、観察、実験を通して、粒子の保存性や粒子のもつエネルギーなど粒子概念の基礎を培いたい。また、科学的な思考力・表現力の段階性の面では、両単元ともに物質の変化の様子を観察、実験の結果から推論させ、粒子モデルを用いて自分の考えを表現する必要がある、言語活動を通して、観察、実験の結果を分析、解釈し、モデルを用いて表現する能力を高めたい。

(3) 生徒の実態 (調査人数36人 平成25年10月15日実施)

	質 問 項 目	とても好き	好き	嫌い	とても嫌い
1	あなたは理科が好きか。	10	24	2	0
2	新しいことを知る・覚えることは好きか。	16	17	3	0
3	結果や変化を予想することは好きか。	4	23	9	0
4	実験を行うことは好きか。	28	8	0	0
5	観察することは好きか。	10	18	7	1
6	考察することは好きか。	4	17	15	0
7	結果について話し合うことは好きか。	7	24	3	2
8	水を凍らせ氷を作ったとき、水と氷で質量は変わるか。	増える 7	減る 10	変わらない 18	無回答 1
9	水を凍らせ氷を作ったとき、水と氷で体積は変わるか。	増える 20	減る 1	変わらない 14	無回答 1
10	やかんでお湯を沸かし、水から水蒸気にしたとき、水と水蒸気で質量は変わるか。	増える 2	減る 22	変わらない 11	無回答 1

本学級の生徒は、明るく楽しい雰囲気の中で学習に取り組むことができる。理科の授業においても意欲的に取り組み、身の回りの現象に興味・関心を示す生徒も多い。また、観察や実験は、グループで協力しながら意欲的に取り組むことができる。しかし、身の回りの事象について自分なりの予想や仮説を立てたり、観察や実験の結果について、他者と話し合うことはできるが、間違えることを恐れるため、結果を分析・解釈したことを説明することに消極的な生徒が多い。

また、生徒は、小学校において、水は温度によって水蒸気や氷に変わること、水が氷になると体積が増えることについて学習している。しかし、事前調査の結果を見ると、水を冷やして氷にすると体積が増えることを理解できている生徒は、半数程度しかいなかった。さらに、その時に質量の変化がないと理解できている生徒も半数であった。水蒸気への変化に関しては、質量の変化がないことを理解できている生徒は6%以下であった。このように、今回の調査で物質の状態変化に関する学習において、定性的、定量的な内容の理解ができていない生徒が多いことが明らかとなった。

指導に当たっては、体感的な観察、実験を重視し、器具の操作、記録の仕方などの基礎的な技能を習得するとともに、物質に直接触れて調べる楽しさと意欲を養い、物質に対する興味・関心を高めるようにする。また、科学的な思考・表現についての「判断基準」を設定することで、物質の状態変化に伴う質量、体積の変化を粒子モデルで説明できる活動を充実させる。さらに、生徒の発表にワークシートを使ったり、学習のまとめなどにおいてICTを効果的に活用させたりすることで、生徒の思考の状況を見取りやすくし、適時に補充指導や深化指導を行うようにする。

2 学習内容の関連を踏まえた「判断基準」の設定

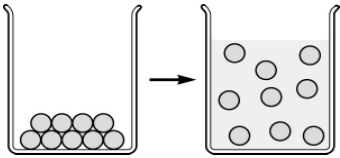
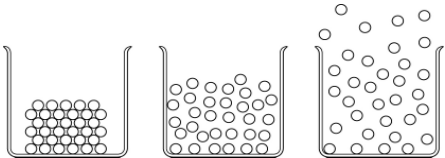
(1) 単元の評価規準

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての 知識・理解
状態変化と熱に関する事物・現象に進んで関わり、それらを科学的に探究するとともに、事象を日常生活との関わりでみようとする。	状態変化と熱に関する事物・現象の中に問題を見いだし、目的意識をもって観察、実験などを行い、事象や結果を粒子モデルと関連付けた状態変化による体積の変化について自分の考えを表現している。	状態変化と熱に関する事物・現象についての観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察・実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことなどについて基礎的な概念を理解し、知識を身に付けている。

(2) 指導計画（全6時間中の3時間）

中単 元名	小単 元名	時間	主な学習活動	評価規準
物質の 姿と 状態 変化	状態 変化 する 時の 体積 と 質量	1	・ 演示実験を見て、そのときの状態変化の様子を捉える。 ・ 状態変化について説明を聞き、まとめる。	【知識・理解】 固体・液体・気体の状態変化と温度の関係及び物質が温度によって状態変化することを理解し、知識を身に付けている。
		1	・ 実験を行い、ロウの状態が変化するときの体積と質量の変化を調べ、予想と比較する。	【技能】 状態変化に関する実験を行い、実験の結果を正しく表やグラフにすることができる。
		1 (本時)	・ ロウや水が固体になるときの体積変化やエタノールが気体になるときの体積変化について、粒子のモデルを用いて説明する。	【思考・表現】 状態変化では、体積は変化するが質量は変化しないことを、粒子のモデルと関連付けて自分の考えを表現している。

(3) 「判断基準」の設定

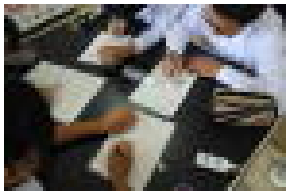
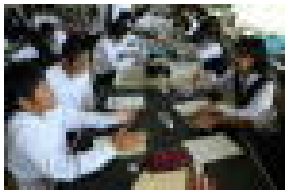
既習単元「物質が水に溶けるとは」	本単元「状態変化するときの体積と質量」
評価規準「科学的な思考・表現」	
物質が水に溶けると、水溶液は透明になり濃さがどこでも同じになることを、粒子のモデルと関連付けて自分の考えを表現している。	状態変化では、体積は変化するが質量は変化しないことを、粒子のモデルと関連付けて自分の考えを表現している。
評価時期及び評価の対象（思考・判断に基づく表現内容）	
実験結果から考察する場面で、自分の考えを記述したノートの内容や生徒の発表、説明の様子から評価する。	
判断の要素	
ア 水溶液が透明になることを粒子の大きさや数と関連付けた考察 イ 水溶液の濃さが均一になることを粒子の分散と関連付けた考察 ウ 粒子モデルを用いた表現	ア 体積の変化と粒子の間隔を関連付けた考察 イ 質量が不変であることを粒子の大きさや数と関連付けた考察 ウ 粒子モデルを用いた表現
判断基準 B	
ア 物質が水に溶けると、集まっていた粒子がその大きさや数は変わらずにばらばらになるために目に見えなくなることを説明できる。 イ 粒子が均一に拡散することで濃さが同じになることを説明できる。 ウ 物質が水に溶ける様子を、粒子モデルを使って説明できる。	ア 体積の変化は、粒子の間隔が変化して起こることを説明できる。 イ 物質の状態や体積が変化しても、粒子の大きさや数は変化しないので、質量が変化しないことを説明できる。 ウ 物質が状態変化するときの様子を粒子モデルを使って説明できる。
(予想される表現例) 物質が水に溶けると、固まりであった粒子が粒が均一に散らばり透明になる。 	(予想される表現例) 物質が熱せられると、粒子の間隔が広がって体積が膨張する。 
C 状況生徒への指導	
- 溶かす前後で物質全体の質量は変わっていないことを意識させる。 - 粒子を具体物で操作させることで、大きさや数が変化しないことを意識させる。	- 密閉された空間内での状態変化について、演示実験等を通して確認させる。 - 粒子を具体物で操作させることで、大きさや数が変化しないことを意識させる。
判断基準 A	
【判断基準 B に加えて】 - 過剰に溶かした場合の溶け残りとして、水溶液の状態を粒子モデルを用いて説明できる。 - 物質の粒子が水の粒子の間に入り込む様子を粒子モデルを使って説明できる。	【判断基準 B に加えて】 状態変化は、温度によって粒子の動きが変わるために、粒子同士の間隔が粒子の運動によって変わることを説明できる。
B 状況生徒への指導	
- 溶け残りのある水溶液の粒子の様子を推論させる。 - 水も粒子であることを理解させ、水溶液の粒子の様子を推論させる。	- 状態変化は、加熱と冷却でくり返し起こる変化であることを、演示実験等を通して再確認させる。 - 冷やすとしばむという現象を意識させる。

3 検証授業の実際（3／6）

(1) 本時の目標

状態が変化する前後の体積や質量を比べる実験結果を基に、モデルを用いて推論する活動を通して、状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことを粒子モデルと関連付けて理解できる。

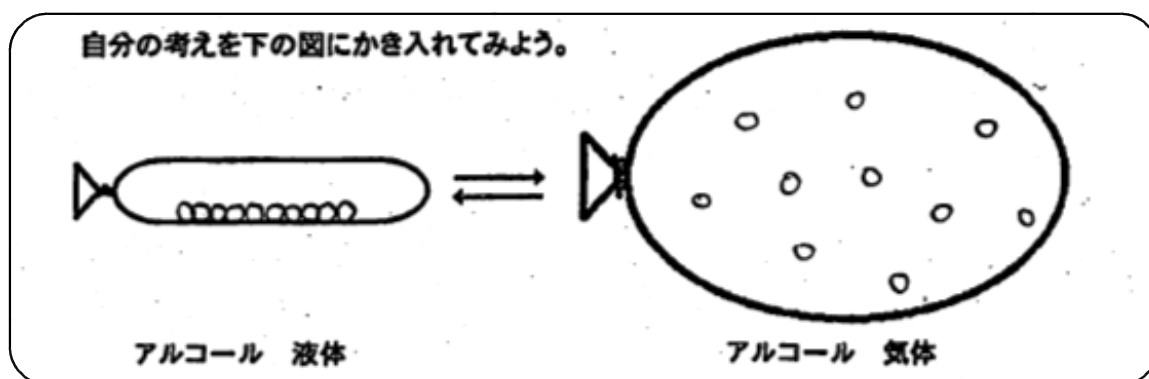
(2) 本時の実際

過程	主な学習活動	学習形態	時間	指導上の留意点
導入	1 ロウの固体と液体の変化を振り返る。 2 事象提示を行う。 エタノールの気化、液化の様子とそれに伴う質量と体積の変化を見る。 3 学習課題を設定する。 状態が変化するとき、質量は変化せず、体積だけが変化するのなぜか。	一斉	5	1 前時で学習したロウが、液体から固体に変化するとき、体積は変化するが質量は変化しないことをスライドを見せて確認させる。 2 事象から分かる事実を整理させる。 3 学習課題を把握させ、意欲的に学習に取り組ませる。
展開	4 目に見えない粒子の様子を表現する方法を考える。 5 粒子のモデルを用いて、状態が変化する様子を考える。 ① ロウが固体から液体に状態変化しても、質量は変わらないが、体積は変化する。 ② エタノールが液体から気体に変化しても、質量は変わらないが、体積は変化する。   ・物質は、粒子の集まりである。 ・粒子間には、すき間が存在する。 6 個人の考えをグループ内でそれぞれ発表する。 各グループの考えを書画カメラを使用して全体に発表する。 	一斉 個別 15 15 グループ 一斉	5 5 15 15	4 モデルを使って可視化（具体化）すればよいことに気付かせる。 5 ものが溶けて見えなくなっても粒子そのものはなくならないことを想起させる。 5 発泡スチロール球をビニール袋に入れたものを提示し、どうすれば袋が膨らむか考えさせる。  6 生徒のワークシートの記述や発表を「判断基準」で評価する。 
終末	7 まとめを行う。 状態変化では、粒子の数や大きさは変化しないので質量は変わらないが、粒子の運動の様子が変化するの、粒子の間隔が変わり体積が変化する。	一斉	5	7 状態変化による粒子の運動の様子を、粒子モデルを使って説明したスライドを見せて確認させる。

(3) 「判断基準」を生かした指導

ア「判断基準」による見取りと補充・深化指導

(ア) B 状況の記述例



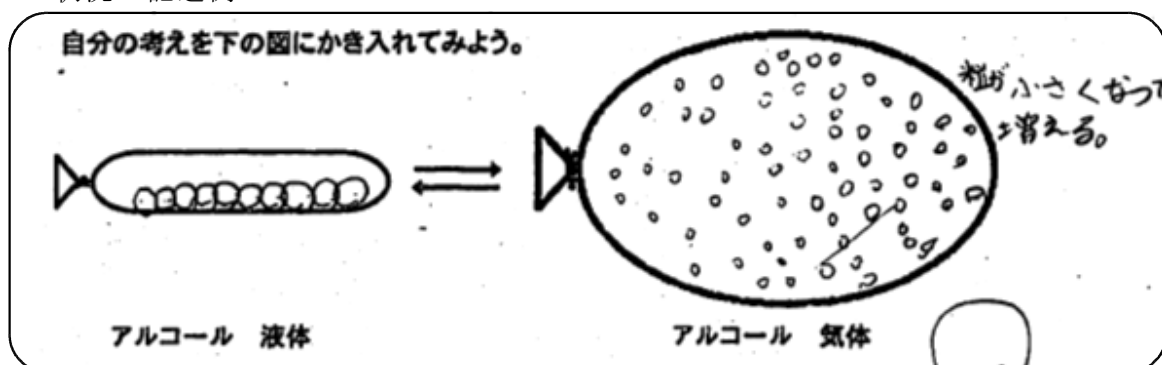
【判断基準Bの状況】

体積の変化が、粒子の間隔が変化して起こることを示しており、物質の状態や体積が変化しても、粒子の大きさや数は変化していない。

【深化指導】

演示実験で加熱と冷却でくり返し状態変化が起こることを確認させ、粒子同士の間隔が変わる理由をグループで考えさせた。活発に意見を出し合い、ほとんどのグループが粒子の運動によるためであるという結果を導くことができた。

(イ) C 状況の記述例



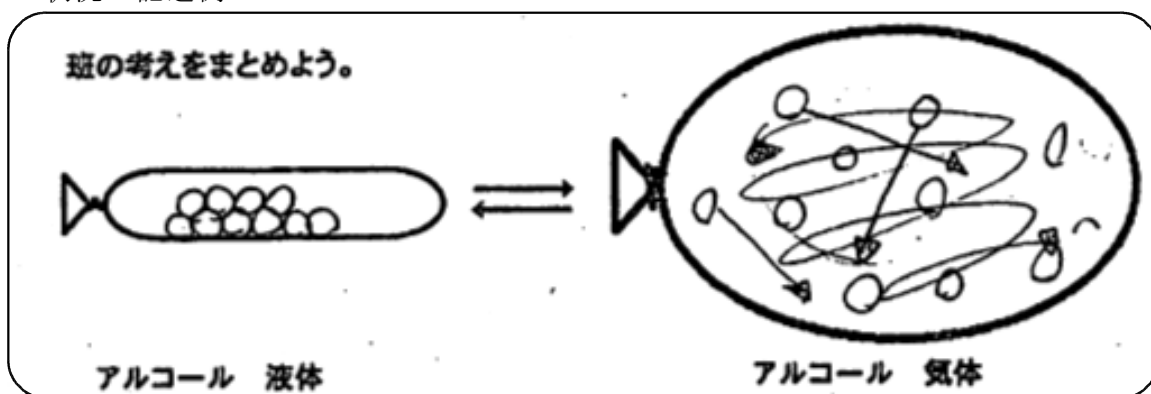
【判断基準Cの状況】

体積が増えるということを、粒を小さくして数を増やすことで表現している。粒を小さくした理由は、質量が変わらないためと答えた。質量については理解ができているが、粒の大きさは変化しないという点で判断基準Bを満たしていない。

【補充指導】

既習事項の「ものの溶け方」の学習をノートを使って振り返らせ、粒の大きさは変化しなかったことを今回のモデルとの関係から考えさせるようにした。また、粒子の模型を用意し、具体物を使って考えることで粒子の大きさが変わらないことに気付かせるようにした。

(ウ) A状況の記述例



【判断基準Aの状況】

判断基準Bに加えて、粒子の運動によって粒子間の距離が広がっていく様子が表現されている。

イ 「判断基準」による見取りと補充・深化指導

生徒のワークシートの記述を基に、個人で予想を立てた時点での粒子モデルの図を「判断基準」に照らし合わせてみると表1のようになった。この結果から、自分の考えを描く段階で、すでにB・Aの状況に達している生徒が約70%いる。これは、既習単元の学習内容である粒子モデルの概念がしっかりと身に付いているためであると考えられる。表2は、グループでの話し合い活動の後の評価結果であり、判断基準B・A段階に達した生徒が86%と更に増えており、グループでの話し合い活動が、生徒の科学的な思考力・表現力を高めるのに有効であると考えられる。

表3は、グループでの話し合いの前後でどのように粒子モデルの表現が変わったかを調べた結果である。生徒一人一人の思考の変容を見てみると、話し合いによって、考えを修正し、より高い基準へと達した生徒が多いことが表3のア～エから読み取ることができる。また、カで示されている判断基準BからCに考えを変えた3人の生徒は4人組の同一グループで学習をしている。残りの1人は、初めからA状況に達している生徒であった。3人の生徒は、A状況の考えを共有し、理解できつつあり、話し合いも活発にできていたが、図や言葉で表現するには至らなかった。このグループには、表現力を高めるような声掛けや、繰り返しの指導が必要であると感じた。クで示されている判断基準AからBに考えが変わった生徒は、グループでの話し合いの前にA段階に達していたが、グループ内の学力の高い生徒が初めにB段階の表現を示したため、他のC段階の生徒とともにB段階の生徒の考えに傾いてしまった。このグループへの指導の反省としては、A段階の生徒に早く気づき、この生徒が自信をもって発言ができるような声掛けをするべきであった。それに加え、全ての生徒にも自分の考えを自信をもって表現させることと、間違ふことを恐れない雰囲気づくりをすることが課題だと感じた。

表1 個人で予想した時点での評価

評価	生徒の割合
判断基準A	8.3%
判断基準B	61.1%
判断基準C	30.6%

表2 グループで話し合った後の評価

評価	生徒の割合
判断基準A	55.6%
判断基準B	30.6%
判断基準C	13.8%

表3 話し合い前後での評価の変化

	評価の変化	人数
ア	A→A	2人
イ	B→A	13人
ウ	C→A	5人
エ	C→B	4人
オ	B→B	6人
カ	B→C	3人
キ	C→C	2人
ク	A→B	1人

4 研究の成果と課題（○・・・成果，●・・・課題）

(1) 学習内容の関連を踏まえた指導について

- 「ものの溶け方」の単元では，粒子モデルを使って表すことが難しく，図に表すことができなかった生徒も多かったが，今回は同じ粒子モデルを使って表現するというこ
とで全ての生徒がワークシートへの記入をすることができた。
- 授業中の話し合い活動がいつも以上に活発になった。理由として，教師が既習単元と，
本単元の「判断基準」を設定して指導を行ったため，生徒に粒子モデルの考えが定着し，自
分の意見に自信がもてたためと考えられる。

(2) 「判断基準」を基にした指導と評価について

- 「判断基準」の設定により，生徒の表現から補充指導をすべきか，深化指導をすべき
かを即座に判断することができ，生徒の理解度に応じた指導を行うことができた。
- 言語活動を充実させていくために，単元を絞るなどして，「判断基準」の設定を長
期的，計画的に進めていく必要がある。