

〈中学校理科（化学分野）〉

量的な課題解決に主体的に取り組む態度を育む指導の工夫

— 質量比が一定の原子・分子モデルを活用した授業づくりを通して（第 2 学年） —

沖縄市立宮里中学校教諭 安 里 恭 子

I テーマ設定の理由

平成 29 年告示中学校学習指導要領では、「自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成すること」を理科の目標とし、「主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を行うこと」と示されている。また、本研究の単元である化学変化の主なねらいは、学習指導要領では「理科の見方・考え方を働かせ、化学変化についての観察、実験などを行い、化学変化における物質の変化やその量的な関係について、原子や分子のモデルと関連付けて微視的に捉えさせて理解させるとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせ、思考力、判断力、表現力等を育成すること」と示されている。

本校生徒の学力調査や定期テストを分析すると、1 分野の定着度が 2 分野よりも低く、特に量的な課題解決に関しては正答率が低だけでなく無答率も高くなっており、生徒の意欲も低いと考えられる。また、理科に関するアンケート（2 学年 4 学級）を行った結果、実験やグループ活動は「できる」と答える生徒は多いが、計算は「苦手」と答える生徒が多くみられた。本校の生徒は、理科で扱う自然の事物・現象を、実験を通して規則性や関係性を学び表現することは意欲的に行えるが、量的な課題解決になるとただの計算と捉えて意欲・関心が低くなり、主体的に取り組むことができない課題があると考えられる。

これまで、量的な課題解決に消極的な生徒に対して、グループ学習やペア学習を取り入れ学び合い活動を増やしたり、家庭学習と連動させたりと個への対応を行ってきたが十分ではなかった。理科はどの分野でも、まず実験や観察等を通して規則性や関係性を学び、理解した上で量的な関係を見いだす内容に発展していく。生徒が量的な課題解決に取り組むとき、その規則性や関係性と結び付けて現象をイメージすることに課題があり、モデルなどの教具があると理解が深まるのではないかと考えた。

そこで本研究では、質量比が一定の原子・分子モデルを作製し、化学反応の前後における物質の質量にも一定の関係があることをモデルの活用を通してイメージさせ、自分なりにまとめ、さらに対話的な学習を取り入れることで、量的な課題解決にも主体的に取り組む態度が育まれると考え、本テーマを設定した。

〈研究仮説〉

「化学変化と原子・分子」の単元において、化合する質量を考える場面で、質量比が一定の原子・分子モデルの教具を効果的に活用することで量的な関係をイメージさせ、自分なりにまとめ、さらに対話的な学習を取り入れることで、量的な課題解決に主体的に取り組む態度が育まれるであろう。

II 研究内容

1 実態調査

(1) 目的

生徒の化学変化に対する理解度について実態を把握すると共に、事前・事後アンケートにより仮説の検証のための資料とする。

(2) 対象及び実施期日

対象：沖縄市立宮里中学校 2 年 8 組（38 名）、実施期日：令和 2 年 7 月 9 日・10 日

(3) 事前アンケートの結果及び考察

「化学変化では何が起きているのか、頭の中でイメージすることはできるか」の質問に対し、「できる」「だいたいできる」と回答した生徒が 65%であった。生徒は、単元の最初で行う原子・分子のモデルについて、コロナ禍により実習を行うことができなかったため、化学変化を粒子でイメージする概念の定着が6割程度となっていると

考えられる。また「自分の考えをまとめて、考察やホワイトボードなどに書くことはできるか」に対して、「できる」「だいたいできる」と回答した生徒が 49%であった。生徒は原子・分子モデルのイメージができないので、それを用いて考察したり説明したりすることは難しいと考えられる。そこで、原子・分子のモデルの理解を深める必要があると考えられる。そして、「理科で出てくる質量（g）や割合（%）などを計算することはできるか」に対し、「できる」「だいたいできる」と回答した生徒が 33%であり、「できない」が 67%と圧倒的に多くなっていた。これは、定期考査や模試で量的な問題の正答率が低い傾向と一致しており、生徒が量的な課題解決を苦手としている実態が見られる（図1）。

以上の結果より、化学変化の概念をイメージさせ、規則性から計算へつなげるために、質量比が一定の原子・分子のモデルを作製し、その教具を活用した授業を行うことで、主体的に取り組む態度が養われるであろうと考えられる。

2 仮説検証の手立て

(1) 検証の観点

- ① 化学変化における物質の質量比の関係を、質量比が一定の原子・分子モデルを活用し、主体的に理解しようとする態度が育まれたか。
- ② 化学変化における金属の質量を求める課題解決に、原子・分子モデルを活用し、対話的な活動を通して、主体的に学習に取り組む態度が育まれたか。

(2) 検証の方法

- ① 教材・教具の開発と活用
- ② 生徒の行動分析
- ③ 事前・事後アンケートによる分析
- ④ ワークシートの分析
- ⑤ Webを活用した小クイズの分析

3 理論研究

(1) アクティブ・ラーニングを位置づけた中学校理科の授業プラン

平成 26 年 11 月の文部科学大臣から中教審への諮問において、アクティブ・ラーニングは「課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習」とされ、何度も登場するようになった。次期の学習指導要領では、知識や技能の習得には傾倒せず、思考力や表現力の育成も重視するという方針や、「学習過程の質的改善」が打ち出されている。これは学習内容にとどまらず、児童・生徒の学び方にまで広がるかなり踏み込んだ改訂となっており、この児童・生徒の学び方を改革するキーワードが「アクティブ・ラーニング」である。このことは、「知識は教科書に書かれていて教師が教えるもの」と考えていた教師には、「知識は、児童・生徒の頭の中で構成され、つくり直されながら獲得されるもの」という考え方への転換が迫られることを意味する。これは別の言い方をすると、知識伝達・注入型の授業ではなく、資質・能力を身につけるための主体的・協働的な学びを位置付けた授業が求められていると言える。

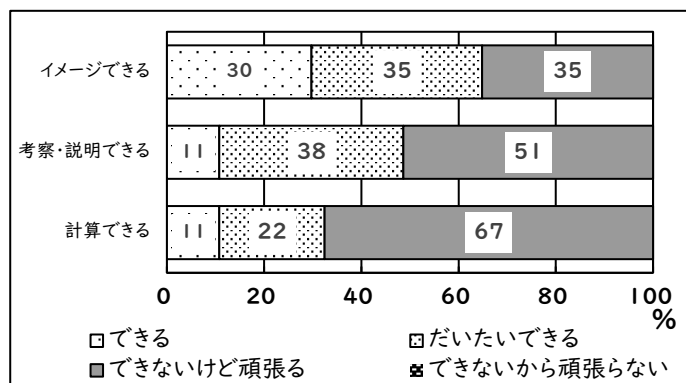


図1 事前アンケートの結果 (n=38)

つまり、「何を教えるか」「どう教えるか」ということだけでなく、児童・生徒に「どう学ばせるか（学びの力）」まで細やかな注意を払って授業を組み立ててきたかどうか、きちんと振り返る必要があり、教師の大きな意識改革が必要になる。

理科の授業で真に求められているのは、自然事象に対する知識・理解をはじめ、科学的な思考力の高まりなど、必要な能力の向上を図ることである。「自然の事物・現象に進んでかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに、自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う」という目標達成のためにアクティブ・ラーニングを取り入れる。身に付けさせたい力をはっきりさせないまま、グループワークや発表などをさせても、生徒の活動が目立つだけで中身のない授業になってしまう。課題解決が形式的になっているパターンになっていないか十分に留意する。

(2) 図解思考の流れについて

1973年にカナダのL.スタンディング教授は人の記憶に関してある実験を行った。それは、1000人の被験者に対し絵で覚えさせた場合は99.2%の正解率であり、単語で覚えさせた場合は70%の正解率にとどまったという報告がされている。この結果について、スタンディング教授は、言葉で覚えるよりも、図・イメージ・映像で覚えたほうが右脳が刺激され、記憶の出し入れが早くなる（知識・理解の定着）。また、抽象的な概念や未経験なものであっても、物事を図で映

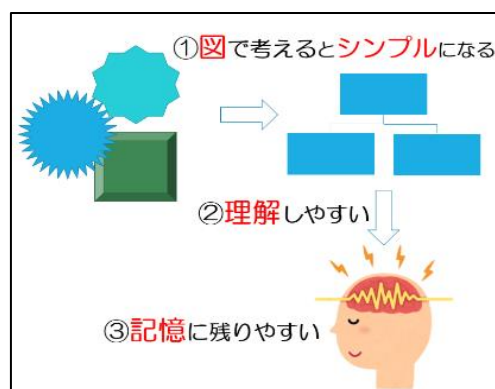


図2 図解思考の流れ

像化することによって、相手に全体像が伝わるように説明できるようになる（思考力・表現力の向上）としている。これは、複雑な内容も、図で考えることにより思考がシンプルになり、理解しやすくなるため、記憶にも残りやすくなるということである（図2）。以上のことより、本研究において図解思考の利点を取り入れ、生徒が「知識を頭の中で構成し、作り直す」ための思考の支援として原子・分子モデルを活用し、作図を通して理解を深めるワークシートの工夫を行う。

(3) 指導と評価の一体化

新学習指導要領から評価項目が改訂され、これまで「関心・意欲」として評価してきた項目が「主体的に取り組む態度」となる。その評価の方法として、第2学年第1分野（4）化学変化と原子・分子」の授業例を参考とした。

① 評価規準「主体的に学習に取り組む態度」

二酸化炭素中でマグネシウムリボンが燃焼する現象を、原子や分子のモデルを用いて、試行錯誤しながら説明しようとしている。

② 評価のポイント

二酸化炭素中でマグネシウムリボンが燃焼する現象を、原子や分子のモデルを用いて説明しようとしているかを、ワークシートの記述を基に評価する。

③ 「主体的に学習に取り組む態度」の評価例

ワークシートの記述を分析することにより、評価を行う。

【評価Bの例】

二酸化炭素中でもものは燃えないと思っていたのに、マグネシウムが燃えて驚いた。みんなの説明を聞いたら、二酸化炭素中でもものが燃えることが分かった。

学習前後を振り返って、対話を通して、課題を解決しようとしている。このことから、主体的に学習に取り組む態度の観点で「おおむね満足できる」状況（B）と判断できる。

【評価Aの例】

酸素が無いので二酸化炭素中でのものは燃えないと思っていたが、酸素はより結び付きやすい物質と結び付き性質があるという友達の発言から、モデルを使ってマグネシウムは二酸化炭素中の酸素と結び付いて燃えていることが説明できた。

最初は、マグネシウムが燃焼した後に、なぜ炭素ができたのか分からなかった。実験結果を班で話し合う中で、集気びんの中で炭素が含まれているのは二酸化炭素しかないことに気付いたけど、モデルで説明はできなかったのもう一度よく考えたい。

学習前後を振り返って、対話を通して、試行錯誤しながら課題を解決しようとしており、学習前後における変容を具体的に記述している。このことから、主体的に学習に取り組む態度の観点で「十分満足できる」状況（A）と判断できる。

【評価Cの例】

二酸化炭素中でマグネシウムが燃えた。

実験の結果だけを記述している。このことから、主体的に学習に取り組む態度の観点で、「努力を要する」状況（C）と判断できる。

【「努力を要する」状況と評価した生徒に対する指導の手立て】

自分がどこまで考えて、どこから分からないのか明らかにさせ、他者の考えを聞いたり対話をしたりして、課題の解決に向けて取り組むことができるように支援する。

4 素材研究

(1) 原子・分子モデルの立体的な掲示物の作製

中学校学習指導要領では、「物質を構成している単位は原子や分子であることを理解させ、物質の種類の違いは原子の種類の違いとその組合せによること及び原子は記号で表されることを理解させることがねらいである。原子の初歩的な概念を導入し原子は質量をもった非常に小さな粒子として取り扱う。また分子については、いくつかの原子が結び付いて一つのまとまりになったものであることを扱う。原子の記号としては、基礎的なものとその後の学習でよく使用するものを取り扱う」と示されている。

そこで、質量をもった小さな粒子のモデルとして、球形の発泡スチロールを使用し、立体的な原子・分子モデルを作製した。原子の色は教科書と同じ配色をアクリル絵具でぬり、イメージの整合性を保つよう努めた。また、これまでの授業で、分子と分子をつくらないものの区別がはっきりしていない生徒もいるため、「単体」「化合物」「分子」「分子でない」の4つの区別が分かりやすいように工夫した、立体掲示物を作製する（図3）。さらに、実験を扱う化学変化や教科書に掲載されている化学変化を、原子・分子モデルでイメージできるように立体掲示物を作製した（図4）。「分子」はカッターで側面を切ってはり合わせ、「分子をつくらないもの」はそのまま貼り合わせる。これにより、原子の結合の違いを表現し高校へのつながりを意識したモデルとした。



図3 原子・分子モデルの立体掲示物

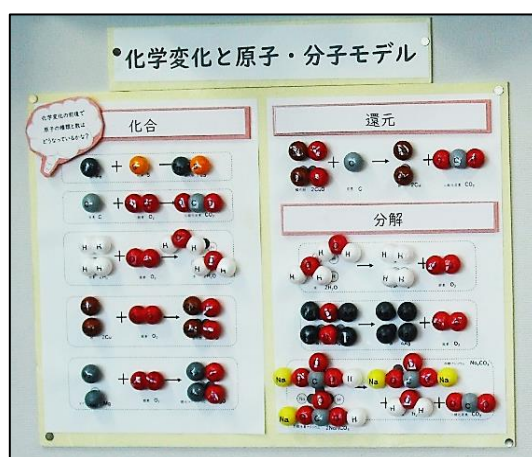


図4 化学変化とモデルの立体掲示物

(2) 質量比が一定の原子・分子モデルの作製

中学校学習指導要領では、「化学変化に関する物質の質量を測定する実験を行い、反応する物質の質量の間には、一定の関係があることを見いださせることがねらいである。ここで見いださせる『一定の関係』とは、一定の質量の物質に反応する他方の物質の質量には限度があり、その限度の質量は一方の質量に比例することである。原子や分子のモデルと関連付けて微視的な見方や考え方を養うようにする。」と示されている。



図5 原子モデルの作製

そこで酸素、マグネシウム、銅について質量を実感できる原子モデルを作製した。立体掲示物のモデルと同じ配色にし、質量（g）が酸素：マグネシウム：銅＝2：3：8となるおもりを釣具店にて購入し、モデルの裏側にねじ入れて作製する（図5）。また、原子同士が化合し、分子になる化学変化が感じ取れるよう、ループとフックが同じ面に混在した特殊なマジックテープを原子モデルに貼り付ける。通常マジックテープとは違い、面の種類によらないため、どの原子同士でもくっつく事ができる。

実験においては、小数点がでないキッチン用のはかりを使用する。その理由は、小数点以下の表示とあると、質量比を計算するときに複雑になってしまい、学習内容の焦点がずれてしまう可能性があると考え、最小単位が1g程度の精度に設定するようにする（図6）。



図6 質量比を一定にした酸素、マグネシウム、銅の原子モデル

この原子モデルをペア活動用として、プラスチック容器に酸素原子2g×2個、マグネシウム原子3g×2個、銅原子8g×2個ずつ入れる。金属の酸化は「金属原子2個」「酸素分子1個」が化合するので、生徒が化学反応式を作れるように個数を考慮して準備する。これを2人に1セット、1グループに2セットずつ配布し、全員が触って体験できるようにした（図7）。



図7 ペア活動用セット

また、黒板で説明する際に、後ろの席からも見えるよう、大きな原子モデル（100mm発泡スチロール球形）も作製した。黒板の原子モデルと、生徒が活動する原子モデル（25mmの発泡スチロール球形）は同じ配色にして統一性をもたせた。さらに、モデルの裏に磁石を貼り付けて、黒板に付けたり移動できるよう工夫した（図8）。

(3) ワークシートの作成

学習指導要領の目的では、「一定の質量の物質に反応する他方の物質の質量には限度があり、その限度の質量は

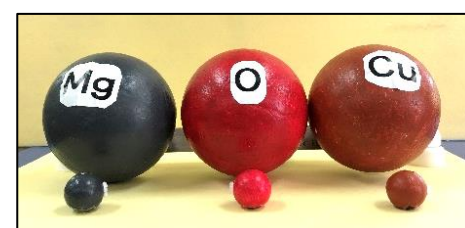


図8 黒板用の大きなモデル

一方の質量に比例すること」を理解した上で、「互いに反応する物質の質量比が一定であるという量的な関係を見出させる」としている。前時で金属の酸化と質量のグラフを書き、互いに反応する物質の質量が比例することや、グラフの傾きから金属と酸素の化合する質量比を学んでいるが、表やグラフからだけでは化学反応を原子や分子でイメージしにくい。

そこで、質量比を一定にした原子・分子モデルを活用し、図解思考を取り入れたワークシートの記入を通して、化学変化の規則性から量的な関係性の理解へと思考の流れを重視する。まず原子・分子モデルを使って、金属の酸化における原子の数と組み合わせを調べる。次にキッチン用はかりでそれぞれの質量を計る。そして実測値（整数）から質量比を求める。ここまでの活動はペアで行い、対話を通して理解を深めるようにする。最後の活用問題では、まずは個人で考え、グループでまとめて発表し、学級で共有することで、多様な考え方があることを全体で確認する（図9）。

(4) Webを活用した小クイズの作成

本年度はコロナ禍による休校の影響により、授業数の大幅な減少があり、知識・理解の定着を促す時間が持てない状況である。そこで、生徒が家庭で主体的に学習するサポートとして、Webアプリケーションを活用し、小クイズを作成する。スマートフォンですぐに回答できるよう、URLをQRコードに変換してプリントを作成し、授業の最後に生徒に配布する（図10）。生徒全員が機器を持っていないため必修課題とはできないが、主体的に課題に取り組ませるツールとして活用する。

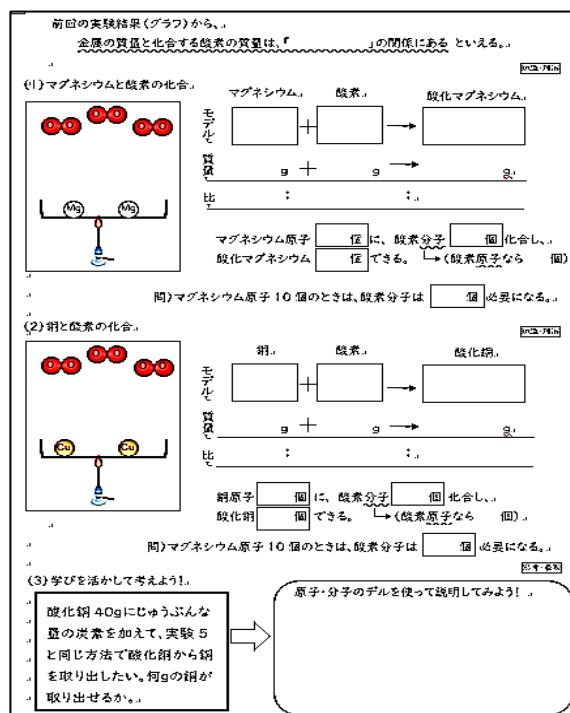


図9 ワークシート



図10 Webを活用した小クイズの配布プリント

Ⅲ 指導の実際

1 単元名 「化学変化と原子・分子」

2 単元の目標

化学変化についての観察・実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解するとともに、これらの事象を原子・分子のモデルと関連づける見方や考え方を養い、物質の成り立ちや化学変化のしくみに対する興味・関心を高める。

3 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
化学変化を原子や分子のモデルと関連付けながら、化学変化と質量の保存、化学変化の規則性についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	化学変化について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、原子や分子と関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における物質の変化やその量的な関係を見いだして表現しているなど、科学的に探究している。	化学変化に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

4 単元の指導計画と評価規準

化学変化と原子・分子 全32時間

第1章 物質のなりたち 8時間

第2章 物質どうしの化学変化 8時間

第3章 酸素がかかわる化学変化 6時間

第4章 化学変化と物質の質量 6時間 (本時6/6)

第5章 化学変化とその利用 4時間

時間	ねらい・学習活動	重点	記録	評価方法
1	これまでに学習したさまざまな化学変化について、全体の質量がどうなるか考える。	態		化学変化の前後の質量変化に興味をもち、主体的に考えている。[記述分析]
2	【実験 6】化学変化がおこる時、反応の前と後では、全体の質量がどうなるか調べる。	知	○	化学変化の前後での物質の質量を正しく測定し、表にまとめることができる。
3	実験結果より、化学変化の前後での質量は変わらないことを理解し、表現する。	思		実験結果から、化学変化における物質の質量の関係を見だし表現している。[記述分析]
4	【実験 7】銅を熱する前後の質量の変化を調べ、銅の質量と化合する酸素の質量の関係について調べる。	知	○	銅を熱して、反応の前後の質量を正しく測定し、その結果をグラフに表すことができる。[記述分析]
5	実験結果や教科書のデータから、金属の質量と、できた酸化物の質量や化合した酸素の質量との間には、何か決まりがあるか考える。	思	○	実験の結果のグラフから、金属と化合する酸素の質量の関係の規則性を見だすことができる。[記述分析]
6 本時	物質はいつも一定の質量比で化合することを、モデルを活用し理解を深め、新しい問題を主体的に取り組むことができる。	態	○	モデルを活用しながら、化学変化における物質の質量の関係を、粘り強く理解しようとしている。[記述分析]

5 本時の展開

(1) 小単元名 化合するときの物質の割合

(2) 指導目標

化学変化の観察・実験を通して、化合・分解における物質の変化やその量的な関係を理解するとともに、これらの事物現象を原子・分子モデルと関連付けた見方や考え方を身に付ける。

(3) 本時の評価規準

「主体的に取り組む態度」

モデルを活用しながら、化学変化における物質の質量の関係を粘り強く理解しようとしている。

(4) 「努力を要する」状況と評価した生徒に対する指導の手立て

モデルを使って考える方法を友達から聞いたり、教えてもらったりさせながら、記述できるよう支援する。

(5) 評価のポイント

モデルを活用しながら、化学変化における物質の質量の関係を、粘り強く理解しようとしているかを、ワークシートの工夫の記述を基に評価する。

(6) 準備する教材・教具

ワークシート、原子・分子モデル、キッチン秤、ホワイトボード、ペン、PC、電子黒板

(7) 本時の展開

過程	生徒の活動	教師の支援(指導)	準備・備考	○評価方法【評価規準】
導入 5分	・前回の実験結果のグラフから、金属の質量と化合する酸素の質量について復習する。	・出席確認 ・前回のグラフを電子黒板に表示する。	PC 電子黒板	
展開 35分	課題：2種類の物質が化合するとき、それぞれの物質の質量には、どのような関係があるのだろうか。 ・黒板用の原子・分子モデル見ながら、マグネシウムの酸化について、ワークシートにモデルで記入する。 ・モデルの質量をはかりながら、銅と酸素が化合するときの質量比を考える。 ・原子・分子モデルを使い、同様に、銅の酸化を考える。 ・黒板にグループの割当て部分を記入する。	・黒板用の原子・分子モデルを使い、マグネシウムの酸化について説明する。 ・課題の説明を行い、原子・分子モデル、はかりを配布する。 ・発問しながら机間巡視を行い、生徒の活動を確認する。 ・生徒の記入を全体で確認する。	ワークシート 原子・分子モデル、キッチン用はかり	

	問題：酸化銅 40g にじゅうぶんな量の炭素を加えて、実験 5 と同じ方法で酸化銅から銅を取り出したい。何g の銅が取り出せるか。		
	- 酸化銅に含まれる銅の質量を、原子モデル、はかりを活用して、個人で考える。 - グループで考えを伝え合い、ホワイトボードにまとめて発表する。	- 机間巡視を行い、困っている生徒に、モデルを使ってヒントを与える。 - 学級の発表を確認し、様々な方法があることを共有する。	ホワイトボード、ペン モデルを活用しながら、化学変化における物質の質量の関係を、粘り強く理解しようとしている。 【主体的に取り組む態度】
まとめ 10分	- 学習の前後を比較し、他の人の考えも聞いて、分かったことまとめる。(振り返り) - 数名、発表する。 - ワークシートを提出する。	「学習前は～だったね。モデルを使って学習して、何がわかったかな」 - 変容が見られる生徒に発表を促す。シートを回収する。	モデルを活用しながら、化学変化における物質の質量の関係を、粘り強く理解しようとしている。 【主体的に取り組む態度】

IV 仮説の検証

1 化学変化における物質の質量比の関係を、質量比が一定の原子・分子モデルを活用し、主体的に理解しようとする態度が育まれたか。

(1) 教材・教具の開発と活用

本年度はコロナ禍による休校の影響により、4～5月は理科室が使えず、単元初めに行う原子・分子モデルの実習を行えなかった。そのため、化学変化が原子や分子の組み換えであり、種類や数は変わらないという、規則性の定着が低く感じられた。

これを受けて、大きな原子モデルを使って、金属の酸化の化学変化を生徒と一緒に考える授業を行った。黒板に大きな原子モデルを張ったり動かしたりすることで、生徒は興味・関心をもって学習を始めることができた(図 11)。原子・分子モデルを配布すると、生徒はモデルを手に取り原子の記号をじっと見たり、質量の違いを感じたりしており、化学を苦手とする生徒もモデルをよく観察していた。また、金属原子と酸素原子をくっつけて確かめながら、化学反応をモデルを使って思考している様子がみられた。ペア学習としたため、話し合いながら学習をすすめており、主体的に活動している様子が見られた(図 12)。

原子の質量比を考える場面では、原子モデルの質量をキッチン用はかりで測定し、原子の数や分子の組み合わせを、対話を持ちながら活動していた。誤解しやすい化学変化の「個数比」と「質量比」の違いを、ペアで相談しながら学ぶ様子が見られた。原子の個数が増えると質量も増えるという、比例の関係をモデルで見いだすことができ、実習によって学習の理解を深めていた。小数点が出ないキッチン用はかりを使用することで、整数で質量が表示され、質量比をすぐに求めることができ、スムーズな理解につなげることができた(図 13)。

2 化学変化における金属の質量を求める課題解決に、原子・分子モデルを活用し、対話的な活動を通して、主体的に学習に取り組む態度が育まれたか。

(1) 生徒の行動分析

原子・分子モデルを使って調べた結果を発表させる際に、グループで相談しながら学習をすすめられたため、役割を指示しなくても自主的に発表する態度が見られた。原子・分子モデ



図 11 黒板用の大きなモデル

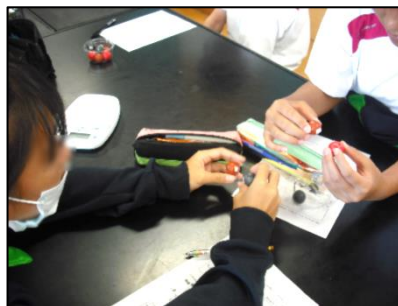


図 12 モデルを使う生徒の様子



図 13 質量をはかる生徒の様子

ルを用いて化学反応を考える問題では、個人で考えた説明を友達に話し、意見をまとめ上げていく活動が活発に行われ、協力しながらホワイトボードに記入していく様子が見られた（図 14）。各グループの発表を見ると、モデルの質量を測定、質量比から答える、質量を「X」として計算で答えるグループなど、様々な求め方がみられた。それらを学級で共有し、理解を深めることができた（図 15）。

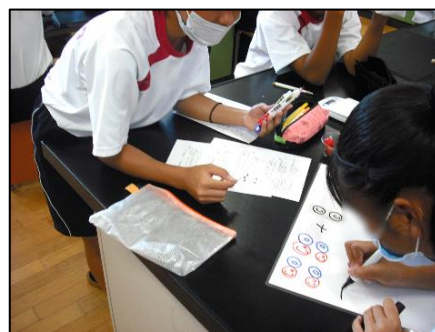


図 14 グループ活動の様子

(2) 事前・事後アンケートによる分析

授業後のアンケートの結果について、「化学変化では何が起きているのか、頭の中でイメージすることはできるか」に対し、「できる」「だいたいできる」と回答した生徒が事前では 65%であったが、授業後は 82%に増加した（図 16）。このことは、原子・分子モデルを使うことによって、目で見えて化学変化を考えることができ、イメージしやすくなったためだと考えられる。

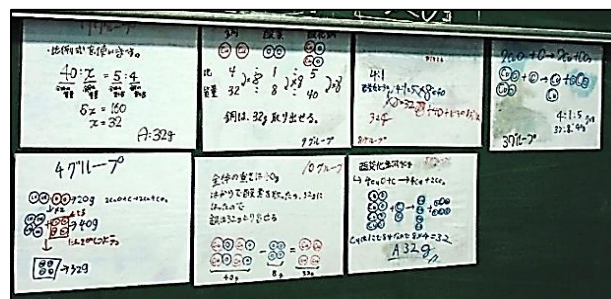


図 15 グループ発表の内容

また、「理科で出てくる質量(g)や割合(%)などを、計算することはできるか」に対し、「できる」「だいたいできる」と回答した生徒が事前では 33%であったが、授業後に「質量(g)をモデルで考えてみると、計算しやすくなったか」と問うと、「なった」「少しなった」と回答した生徒は 85%であった（図 17）。これは、原子・分子モデルの質量を実際にはかりながら質量比を考えることで、個数が増えると質量も比例して増えるという、量的な関係を実感でき、計算しやすくなったためだと考えられる。

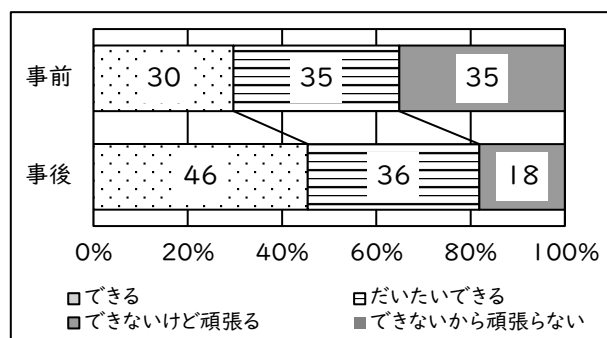


図 16 化学変化をイメージできるか (n=38)

以上の結果より、化合する質量を考える場面において、質量比が一定の原子・分子モデルの活用は、有効な手立てであったことがわかる。

しかし、「自分の考えをまとめて、考察やホワイトボードなどに書くことはできるか」に対して、「できる」「だいたいできる」と回答した生徒が事前は 49%であり、授業後も 57%とあまり改善されなかった（図 18）。ただ、ワークシートを分析すると、ほとんどの生徒はモデルを使った考察がきちんと記述されていた。このことより、自分でまとめることはできなかったが、ペアやグループ活動を通して理解を深めていると考えられる。生徒は、図を使って説明する「考察」や「発表」に不慣れなため、今後もモデルを使った実習と、図解思考を取り入れたワークシートを組み合わせた継続指導が必要である。

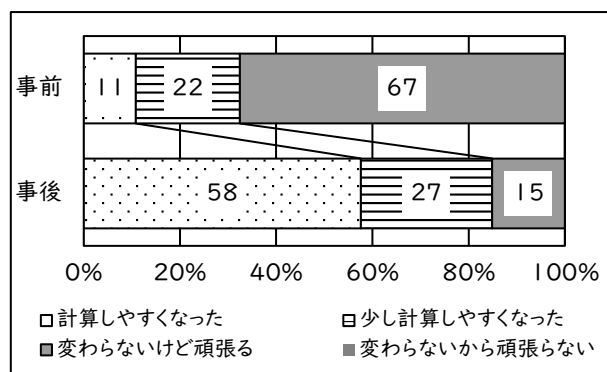


図 17 計算しやすくなったか (n=38)

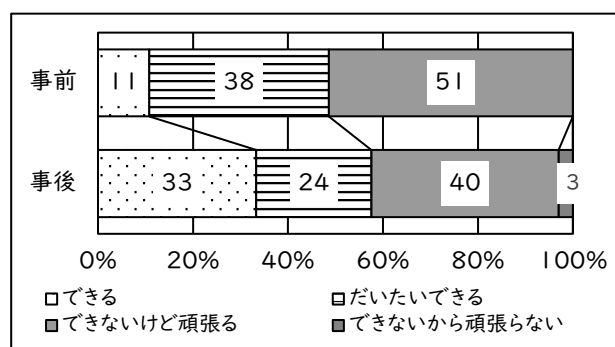


図 18 考察・説明できるか (n=38)

(3) ワークシート分析

授業の始めでは、化学反応式をモデルで書くことが全体的にできていなかったが、授業後は、ほとんどの生徒がモデルで説明することができており、原子・分子のモデルと関連付けて、微視的に考えられる生徒が増えた。そして、化合の質量を求める問題では、実際に金属の質量を計ったり、質量比を用いて求めたりしていた。そして、個人で考えた方法をペアやグループで話し合い、対話を通して色々な方法があることを知り、粘り強く考えを深めている様子が見られた(図19)。

振り返りでは、「数字や文字や絵だけで考えるよりも、原子モデルを実際に手に取って動かしたり、計ったり、くっつけたりすると分かりやすかった」という感想が多くみられた。原子モデルがあることで、活動がより主体的になり、様々な見方や考え方ができたためだと考えられる。さらに、「比とは何か理解を深められた」という記述もみられたことより、量的な課題解決をただの計算ではなく、化学変化の規則性と関連付けて考えられる生徒が増えた。他にも「次もモデルで考えていきたい」「何か条件が変わった時にも求められる」「メリットやデメリットを考えて活用する」などの感想もあり、主体的に取り組む態度の育成につながることができたといえる(図20)。

(4) Webを活用した小クイズの分析

化学式、化学反応式の2つの小クイズを作成した。その回答を確認すると、約1割の生徒が取り組んでいた(表1)。生徒から「化学式だけではなく、重要用語など別のクイズも欲しい」「これならやりたくなる」という感想があった。今後さらに小クイズを増やし、生徒が主体的に課題に取り組む手立てとして、改善し活用していく。

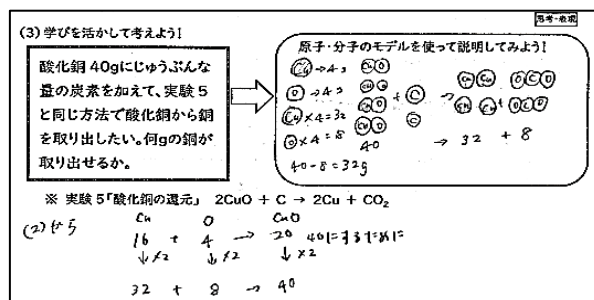


図19 生徒のワークシートの課題解決

今日は原子・分子のモデルを使って実際に計算したり、はかりで測ることも出来ました。やはり実際にモデルを使ってやってみると分かりやすいし考えやすかったです。授業の最初は、あまり分からなかったのですが、授業を通して、よく分かってどうやって計算していくか、モデルはどれとどれか、どれが何個必要かなどが分かりました。でも、自分の頭でモデルを組み合わせて考えていきたいです。また、自分自身でモデルをつくってみたいと思います。

文字だけで考えようと、分かりにくかったけど、モデルを使うと、質量がすぐ分かった。質量が分かれば、比もすぐに分かって、さらに、その比を利用することで、何か条件が変わったときにも答えが求められた。

原子・分子の比も求め方が分かった。一つの答えを求めるだけでも、さまざまな方法や考え方があったと思った。それぞれの求め方のメリットやデメリットも考えテストの時に活用していこうと思った。

図20 生徒のワークシートの振り返り

表1 Webを活用した小クイズの回答データ(例)

A	B	C	D	E
タイムスタンプ	スコア	学年・クラス・番号を、水	二酸化炭素	塩素
2020/07/12 15:44:26	20 / 100	2331 O ₂	O ₂ C	Cl ₂
2020/07/12 17:41:05	90 / 100	2317 HO ₂	CO ₂	Cl ₂
2020/07/12 21:33:34	90 / 100	H ₂ O	CO ₂	Cl ₂
2020/07/13 6:29:59	70 / 100	2313 O ₂	CO ₂	Cl ₂
2020/07/13 22:22:40	100 / 100	2816 H ₂ O	CO ₂	Cl ₂
2020/07/14 19:15:06	100 / 100	2602 H ₂ O	CO ₂	Cl ₂
2020/07/14 20:25:24	90 / 100	2613 H ₂ O	CO ₂	Cl ₂
2020/07/14 23:36:49	100 / 100	2602 H ₂ O	CO ₂	Cl ₂
2020/07/16 19:39:07	80 / 100	2825 H ₂ O	CO ₂	Cl ₂

V 成果と課題

1 成果

- (1) 質量比が一定の原子・分子モデルを活用し、対話的な学習を取り入れることで、量的な関係をモデルでイメージさせることができ、主体的に取り組む態度を育むことができた。
- (2) 化学変化を原子・分子モデルで考える授業を通して、規則性は他の現象にも活用できるという、主体的に取り組む態度の育成につながられた。

2 課題

- (1) 図を使って説明する考察に、生徒は不慣れなため自己評価が低かった。今後もモデルを使った実習と、図解思考を取り入れたワークシートを組み合わせた継続指導が必要である。
- (2) 質量比を一定にした原子モデルの種類を増やし、実習内容を充実させる。

〈参考文献〉

- 文部科学省国立教育政策研究所 2020 『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 中学校理科』
- 文部科学省国立教育政策研究所 2020 『平成 30 年度全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた理科の学習指導の改善・充実に関する指導事例集』
- 文部科学省国立教育政策研究所 2019 『学習評価の在り方ハンドブック』
- 石川 一郎 2019 『2020年からの新しい学力』 S Bクリエイティブ株式会社
- 永田 豊志 2018 『頭のいい人は「図解思考」で考える！』 三笠書房
- 文部科学省 2017 『中学校学習指導要領（平成 29 年告示）』
- 田中 博之 2017 『アクティブラーニング「深い学び」実践の手引き』 教育開発研究所
- 山口 晃弘 2016 『アクティブ・ラーニングを位置づけた中学校理科の授業プラン』 明治図書出版
- 西川 純 2016 『すぐわかる！すぐできる！アクティブラーニング』 学陽書房
- 小林 昭文 2016 『図解アクティブラーニングがよくわかる本』 講談社
- 福島 淳史 2014 『勉強のできる子は「図」で考える』 大和出版

〈参考 WEB サイト〉

- 沖縄県 2020 『「問い」が生まれる授業サポートガイド(理科)』
https://www.pref.okinawa.jp/edu/gimu/gakuryoku/toisapo/documents/17_r2_rika.pdf（最終閲覧 2020 年 8 月）
- 文部科学省 2017 『中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 理科編』
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_005.pdf（最終閲覧 2020 年 7 月）