

化学分野における粒子概念の獲得をめざした授業の研究

ほりい ひさつぐ
堀井 久嗣

抄録：小学校・中学校・高等学校の中で，化学分野の学習を進めるにあたって，粒子概念の形成をめざすことが重要である。特に化学変化の本質をとらえるためには，「粒子」の観点が必要となる。また，小学校と高等学校での学習内容に大きな開きがある。本研究では，このギャップをつなぐ粒子概念の獲得をめざした授業の実践を行った。授業の実践を通して，粒子をモデル化することの必然性と粒子概念の形成のきっかけとなることが示された。

キーワード：化学教育，中学校理科，粒子概念，モデル図・化学変化

1. はじめに

小学校・中学校・高等学校を通して学習を進めていく化学分野において粒子に関する概念の形成というのが重要となる。令和 2 年度～4 年度にかけて小学校・中学校・高等学校において，新学習指導要領の完全実施が進められている。以下の図は学習指導要領解説において定められている粒子領域での学習事項である。

資料 1 小学校・中学校理科と化学基礎の粒子を柱とした内容の構成

| 校種 | 粒子・化学 | | | | 校種 | |
|------|---|--|--|--|--|--------|
| | 粒子の存在 | 粒子の結合 | 粒子の保存性 | 粒子の持つエネルギー | | |
| 小学校 | 第 3 学年 | | | 物と重さ ・形と重さ ・体積と重さ | 第 3 学年 | |
| | 第 4 学年 | 空気と水の性質 ・空気の圧縮 ・水の圧縮 | | | 金属、水、空気と温度 ・温度と体積の変化 ・温まり方の違い ・水の三態変化 | |
| | 第 5 学年 | | | 物の溶け方 (溶けている物の均一性(中1から移行)を含む) ・重さの保存 ・物が水に溶ける量の限度 ・物が水に溶ける量の変化 | 第 5 学年 | |
| | 第 6 学年 | 燃焼の仕組み ・燃焼の仕組み | 水溶液の性質 ・酸性、アルカリ性、中性 ・気体が溶けている水溶液 ・金属を変化させる水溶液 | | | 第 6 学年 |
| 中学校 | 第 1 学年 | 物質のすがた ・身の回りの物質とその性質 ・気体の発生と性質 | | 水溶液 ・水溶液 | 状態変化 ・状態変化と熱 物質の融点と沸点 | 第 1 学年 |
| | 第 2 学年 | 物質の成り立ち ・物質の分解 ・原子・分子 | 化学変化 ・化学変化 ・化学変化における酸化と還元 ・化学変化と熱 | | | 第 2 学年 |
| | 第 3 学年 | 化学変化とイオン ・原子の成り立ちとイオン ・酸・アルカリ ・中和と塩 化学変化と電池 ・金属イオン ・化学変化と電池 エネルギーと物質 ・エネルギーとエネルギー資源(放射線を含む) ・様々な物質とその利用(プラスチック(中1から移行)を含む) ・科学技術の発展 ・自然環境の保全と科学技術の利用 ・自然環境の保全と科学技術の利用(第2分野と共通) | 化学変化と物質の質量 ・化学変化と質量の保存 ・質量変化の規則性 | | | 第 3 学年 |
| 高等学校 | 化学と物質 ・化学の特徴 物質の構成粒子 物質と化学反応式 ・物質質量 ・化学反応式 | | 物質の分離・精製 ・単体と化合物 物質と化学結合 | | | 高等学校 |
| | 化学が拓く世界 ・化学が拓く世界 | | 化学反応 ・酸・塩基と中和 ・酸化と還元 | | | |

学習内容の構成にあるように，小学校では身のまわりの物質を主として物質そのものの性質を捉えていくことで質的な見方を習得している。中学校では小学校で学習した内容を深く学習することで，それぞれの性質がどのような粒子の様相が関係しているのかという点についての理解を深めることで，実体的な視点を習得している。高等学校では小学校・中学校で定性的に学んできた質的・実体的な視点をもとに，定量的な観点を持って化学変化について学習することが求められる。本研究では，イメージ化を進めるための授業づくりを提案していきたい。

2. 粒子概念の獲得について

化学変化の本質をとらえるためには、「粒子」の観点が必要となる。しかし、実験的にそれら確かめるときには、「粒子」そのものの測定を行うことができないため「質量」を測定値として用いることが多い。ここで生じる問題点は「質量比≠反応比」であるということである。

そして、小学校では身のまわりの物質の性質について学習を進めているため、「ある物質に対しては、このような性質があります。」といったことを確認することで話を進められるが、物質ごとにおける説明がなされているだけで、一般化されていないものが多い。高等学校での化学基礎では、「物質量 (mol)」を学ぶなかで、「粒子」と「質量」の反応における関係性を統合した概念を学ぶ。この「質量比≠反応比」であるということの理解が求められる。

中学校の段階では、小学校で学習した内容について一般化された説明をできるように学習し性質をモデル図を考えたり、物質のどうしの反応の様相を考えたり、そのなかで「質量比」と「反応比」については各論での学習を行う。

粒子領域に限った話ではないが、このように小学校での学習と高等学校での学習の間にとっても大きなギャップがあることが容易に想像できる。その橋渡しをしていくためにも、正しい「粒子領域」の見方・考え方を確立させることは大変重要である。

3. 粒子概念のイメージ化の手法の概要

今回は、中学校1年生・2年生の化学分野において粒子概念の形成を目指した授業のモデルを3つ検討した。検討した授業毎に対応した単元を次に示す。教科書は『未来へひろがるサイエンス』（啓林館）を使用した。

(1) 第1学年：身のまわりの物質（3章 水溶液の性質）

この章の学習では、物質が水に溶ける際の水溶液の均一性を、粒子のモデルで理解させることを目標としている。授業の過程で物質が水にとけるようすを確認してから、モデルを作成することで粒子の概念を持つことをめざした。水溶液のようすのモデル化から粒子のようすを考えるアプローチ。

(2) 第2学年：化学変化と原子・分子（1章 物質の成り立ち）

この章の学習では、物質は原子や分子からできていることを認識させることを目標としている。ここでは分子を学習する過程において2つの過程でアプローチを試みた。

①気体反応の法則の実験から反応のようすを考えるアプローチ

水素と酸素が化合するようすの実験を行うことで気体反応の法則を確認してから、水素と酸素が化合するときの化学反応式をもとに、質量保存の法則との整合性を考えさせた。

②水が分子であるというところから原子を考えるアプローチ

水の電気分解の反応比から粒子の組み合わせを考えさせるところから、粒子の存在のイメージを持たせる。そして、水素が酸素と化合するようすに気体反応の法則とアボガドロの法則を当てはめて反応のモデルを作成することで分子の形を考えさせた。

4. 指導における学びの振り返り

授業を行うにあたって、学びの振り返りを行うために「学びのりれき」というものを活用した。教科書の各章ごとに学習した内容を振り返るためのツールとして毎回の授業の蓄積と章ごとの振り返りを行った。特に、学びのりれきを作成するときには次の点について書くように指導している。（資料5参照）

①授業内で学習した内容をまとめる。

②授業内で疑問に思ったことを記録する。

③授業内で学習した内容と身近な現象とのつながりの気づきを記録する。

授業内でまとめを行うことで、授業で学習した知識や疑念を概念化したり、自らの考えを文章化したしたりすることができる。また、疑問に思ったことを記録すると、新たな課題を見つけて取り組むことができる。

5. 1 学年：身のまわりの物質（3章 水溶液の性質）の授業

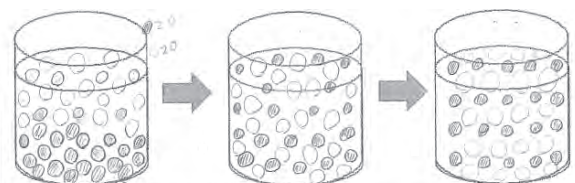
（1）授業構想

この授業では、物質が水に溶ける様子をモデル化することで、目に見えない世界を実体的に捉えさせ考えさせる。そうすることで、小学校までの既習事項を具体的なイメージをつくること、第2学年における化学変化と原子・分子の単元においてイメージを定着させるための足掛かりになると考える。

| 過程 | 学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準（評価方法） |
|-------------|---|--|--|
| 第1時 ※資料6 | 硫酸銅が水に溶ける様子を見ながら、ものが水に溶けていくようすを考えて、モデル図を作成する。 水のみモデルをイメージしながら、水の粒子も含めた水溶液のモデルを考える。 | モデル図の作成においては、粒子の数もふくめて妥当なモデルであるのかについても考えさせる。 水のみモデルについては、提示する形で進める。 | 水に物質がとけていく様子を粒子のモデルで考えることができている。（ワークシート） |
| 第2時 | 水と硫酸銅のモデルを完成させる。 | 教科書のモデル図なども参考にさせる。 | |

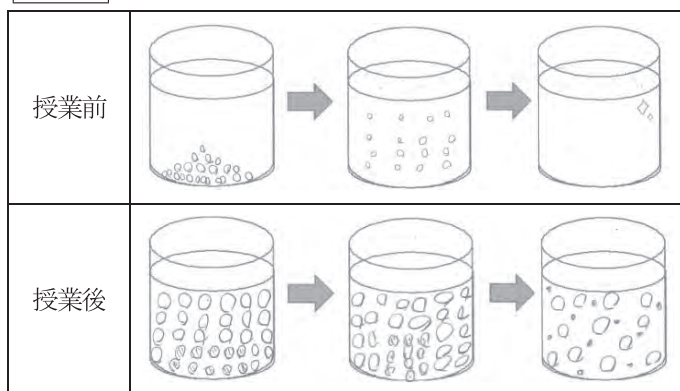
（2）授業を行ったあとの生徒の振り返り

授業後に生徒それぞれが書いた振り返りでは、授業前のモデル図では完全に溶けた様子を示すときに、粒子がなくなってしまうイメージを持っている生徒が、粒子の存在を示すモデル図の作成に変化した。理解が深まった生徒については、粒子の数などにも気を付けて溶媒と溶質の違いがわかるように表現できている者も出てきた。学習後の気づきについても粒子の大きさに言及するなどのまとめも出た。



上のとけていくようすを文章で説明しなさい
○が水、●がとけていく物質で、入れてすぐは、全体にとけてい
物質があるけど、下にたまっている。数日後は、入れてすぐより
下にたまっている量がへっている。完全に溶けた後は全体に
均等に広がっている。（物質はいる前の水も均一に水の粒がある）

資料2



学習後に気づいたこと

本当は見えないものをモデル化すれば「分かり
やすいです」

粒子が均等に大きさをしているということ。

水をモデル化することは少し大変だけど、
でも、モデル化することで、粒子の溶け方がよく分かった。

6. 第2学年：化学変化と原子・分子（1章 物質の成り立ち）における気体反応の法則の実験から反応のようすを考えるアプローチ

（1）授業構想

この授業では、原子・分子について学習するときに気体反応に関する実験を行うことで、「探究する力」を養うことを目指している。この授業では気体反応の法則を学習してから、ドルトンの考えをもとに原子の存在を認識し、アボガドロの考えを参考に分子の存在を認識するという流れで授業を構成している。

また、この授業を行う際に Google Classroom のストリーム機能を用いて、授業内で段階的に考えるための枠組みをヒントとして生徒に発信する形で授業を展開した。この方法はオンライン上でリアルタイム授業を行った際に活用することが見込まれる。

| 過程 | 学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準（評価方法） |
|-------------|---|--|--------------------------------|
| 第1時 | 簡易ユージオメーターを用いた水素と酸素の反応を考える。 | 実験のようすを各班で撮影を行い。記録として残しておくように指導する。 | |
| 第2時 | 水素と酸素の反応についてグラフを書きながら考える。 気体反応の法則について学習する。 | 残った気体の量から、何が反応したのかを考えさせるようにする。 | |
| 第3時 ※資料8 | 質量保存の法則から、ドルトンが考えた原子説を考える。 気体反応の法則の例を考えて、原子説の矛盾点を探す。 矛盾点を解決するにはアボガドロの分子の考えを当てはめることで、反応式が成立することを確認させる。 | 実際の反応をもとに仮の物質を提示するようにする。 アボガドロの分子説の考え方を何段階かにわけてヒントを与える。 | 分子の考え方をを用いて、なぞの物質の反応式を完成させている。 |

(2) 授業を行ったあとでの生徒の振り返り

ドルトンの原子説に対してゲーリュサックの気体反応の法則を当てはめることで矛盾が生じることについてはほとんどの生徒が理解しており。矛盾をクリアするためにも分子という考え方が必要であるという気付きをもった生徒がでてきた。

資料3

$(\text{○} + \text{○} \rightarrow \text{○○}) \quad \text{○} + \text{○} \rightarrow \text{○} \text{○}$
 $2:1:2, \quad 3:1:2$
 あるならば成り立たない。
 ↓
 ドルトンの原子だけで、ある物質の反応は説明できない。
 分子の考え方で説明がつく。

アボガドロが発見した
化学変化を説明する際に、分かりやすい
やくぐみ、原子が何個か結び入ってできる

ドルトンの原子説には矛盾があり。
反応前の気体と反応後の気体の
体積比がおかしい。
分子で考えれば、矛盾がなくなる。

気体は、2つの分子が集まって原子（気体、原子は2.倍分り）
と成る。↓この説の矛盾を解決して？

原子が集まってつくられるもの
ドルトンさんの原子説では説明がつかない反応を、説明がつかないようにするためにつくられた。
 $\text{○} + \text{○} \rightarrow \text{○○}$
 体積比 2:1:2
 体積が減っておかしい！
 $\text{○○} + \text{○○} \rightarrow \text{○○○○}$
 これで成り立つ。
 この□が分子。

7. 第2学年：化学変化と原子・分子（1章 物質の成り立ち）における水が分子であるということから原子を考えるアプローチ

（1）授業構想

この授業では、原子・分子を学習するために、水の電気分解の反応をモデル図で表すことから始めた。そして、逆の反応である水素の燃焼を、気体反応の法則とアボガドロの法則のルールをもとに適切な粒子モデルを考えるということを行うことで、反応をもとに分子の存在を考えてからそれを構成する粒子を学習するという流れで、粒子モデルをイメージしながら学習を進めていった。

| 過程 | 生徒の学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準 |
|-------------|---|--|--|
| 第1時 | 第1学年で学習した水溶液のモデルと状態変化のモデルをふり返る。 水のモデル図をイメージする。 電気分解の反応をモデル図で表す。 | 水も粒子の集まりであるということ認識させるようにする。 電気分解で発生する水素と酸素の体積比をもとに、発生する粒子について考えさせる。 | |
| 第2時 | 気体反応の法則とアボガドロの法則を水素と酸素の化合に当てはめて、反応における粒子の数を考える。 | 気体反応の法則とアボガドロの法則は中学校で学習しない内容なので、あくまで考えさせる反応についてのみ考えさせるようにする。 | |
| 第3時 ※資料9 | 水素と酸素が化合する反応について反応における粒子の数や集まり方について考える。 | 生徒が考えたものと考えさせる矛盾点を探して考えさせるきっかけにする。 | モデル図を考えていく中で、物質がそれぞれ分子の形を示しているか。（ワークシート） |
| 第4時 | 原子と分子について学習する。 | これまでに考えてきた分子のモデルをイメージしながら説明し、分子が複数の粒子で構成していることを理解させる。 | |

（2）授業を行ったあとでの生徒の振り返り

この授業では、電気分解のモデル図や水素と酸素の化合のモデル図を描いたときは、まだ酸素も水素も1つの○で表していたものが、学習が進むにつれてモデル図が分子の形になっていくような変容がみられた例もあった。また、学習の中で与えられたルールを満たすためには、水素や酸素が二原子分子の構造でないと矛盾が生じるなどの気づきをもった生徒もいた。（資料4参照）

| 学習前 | | | 学習後 | |
|--------------------------------|--|--|----------------------------|------------------------|
| <p>水素 + 酸素 → 水</p> <p>モデル図</p> | | | <p>反応前（水素+酸素） モデル図</p> | <p>反応後（水） モデル図</p> |
| <p>水素 + 酸素 → 水</p> <p>モデル図</p> | | | <p>反応前（水素+酸素） モデル図</p> | <p>反応後（水） モデル図</p> |

資料4

水素や酸素の粒子が1つずつたつた場合、気体反応の法則が成り立たなくなるため、粒子のモデル図は2つの粒子をくっつけて考えることが分かった。

やはりモデル図の大体のこまさがわかってスッキリした。

気体反応の法則より
水素:酸素:水
2:1:2 となる

これで1つと考える。

気体反応の法則とアボガドロの法則をどうも合わせてモデル図を作るのは難しいかったです。
数と体積の両方を考えて図を書かなければいけないんだなと思いました。

8. 今後の課題

今回の授業実践では、それぞれの授業を展開した後に、生徒それぞれの振り返りを行ってきたが、テストなどを用いての効果の確認はできなかった。今後、同様の授業を受けていない生徒を対象にモデルを描かせるようなテスト受けてもらい比較・分析を行ってみたい。また、モデル図の作成をする場面においてルールの設定が甘い場面がいくつかあったので、あらためて同様の授業をおこなうときにモデル図を描くための明確なルールを設定を行ったうえでモデル図を描かせるという授業展開も必要であると感じた。この授業を受けた生徒が第3学年の粒子領域の学習においてどのような反応であるかも追ってみたい。

9. おわりに

今回は、第1学年・第2学年での授業を行ったが、原子・分子というものをさらに深く学習していくということは、中学生の発達段階を鑑みるととても理解にいきらない部分が多くある。授業実践では、高校で学習する法則なども取り入れながら学習を進めたが、「ある反応においてはこれが成り立つ」というような結果のみを示して指導を行った。このように、中学校での粒子領域の学習は、中学校で学習することだけでなく高等学校で学習する内容も限定的に提示しながら進める事で理解を深めることができると感じた。ただ、情報を与えすぎることによって逆に混乱させてしまうことも考えなければならないということも分かった。このように、この学習についてはどこまでの情報を学習することが生徒にとって良いものかを改めて考えていきたい。

10. 参考文献

- 1) 篠原孝雄 堀井久嗣 (2020). 「物理分野における「見方・考え方」を働かせる授業の研究」, 『大阪教育大学附属天王寺中学校・高等学校天王寺校舎研究集録』第62集, 53-68.
- 2) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科編』
- 3) 『未来へひろがるサイエンス1』啓林館
- 3) 『未来へひろがるサイエンス2』啓林館

資料 5

| 氏名 | 氏名 | 氏名 | 氏名 |
|----|----|----|----|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

第 1 章 物質の成り立ち 2 年 [] 組 [] 番 氏名 []

| | | |
|--|--|--|
| <p>月 日</p> <p>みのもりの物質は何からできているか。</p> <p>化学変化と状態変化の違いを図で示しなさい。</p> | | <p>月 日</p> <p>みのもりの物質は何からできているか。</p> <p>化学変化と状態変化の違いを図で示しなさい。</p> |
| <p>授業の中で気づいたこと・考えが変わったこと</p> | | |

資料6 第1学年：身のまわりの物質（3章 水溶液の性質）の第1時の授業指導案

理科 学習指導案

大阪教育大学附属天王寺中学校
指導者 堀井 久嗣

1. 日時 令和3年11月5日（金）第4限目（11:40～12:30）
2. 場所 大阪教育大学附属天王寺中学校 化学講義室（東館2階）
3. 学級
4. 単元名 身のまわりの物質（使用図書は、教科書：未来へひろがるサイエンス）
5. 単元（題材）の目標
 本章（3章 水溶液の性質）の目標
 物質が水に溶ける際の水溶液の均一性を、粒子のモデルで理解させる。また、水溶液から溶質を取り出す実験を行い、その結果を溶解度と関連付けて理解させる。
 本節（物質のとけ方）の目標
 身のまわりにある水溶液の性質について興味をもち、物質が水に溶ける様子について考えさせる。物質が水に溶ける際の水溶液の均一性を、粒子のモデルで表現できるようにさせる。
6. 教材観
 物質が水に溶けた状態のモデル図を描かせることは目には見えない世界を実体的に捉えさせ考えさせるための手法として利用できる。また、モデル図を描くという学習活動が小学校までの既習事項の具体的なイメージ化をさせることと、第2学年における化学変化と原子・分子の単元においてイメージを定着させるための足掛かりになる。
7. 生徒観
 本章は、物が水に溶ける様子を見て、溶けるということのイメージの定着を図るところである。粒子領域において物質が水に溶けるということは小学校5年生の段階で学習する。そこでは、モデル図を用いた表現は学習しない。また、完全に溶けた後に時間を空けると下にたまってしまいうというイメージを持つ生徒もいる。そして、第1学年の生徒が水溶液の範囲について粒子概念をもたないまま学習を終えてしまうと、第2学年の原子・分子の単元の学習で誤った粒子概念の構築をしてしまう可能性がある。高校の化学基礎において物質量の観点でも躓く可能性がある。そのため、第1学年での粒子概念の獲得が必要となる。
8. 指導観
 (1) 指導にあたって
 本授業では、物質が水に溶ける様子を見てからモデル図を描くという作業を行うので、このクラスにおいて生徒それぞれのアイデアを共有しながら授業を進めていくために、ホワイトボードを用いて共有を行い。班ごとの発表を行う。全体の共有の場面では、モデル図の正確さについて考えさせたい。
 (2) 学校の研究テーマ実現のために
 中高一貫した指導の実現のために、粒子領域における原子・分子のイメージの確立が求められる。中学校段階で粒子モデルが実際の反応に則って表現できるようになることで、化学基礎で学習する物質量の概念の獲得を進めることに効果があると考えられる。
9. 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 |
|--|--|--|
| 身のまわりの物質の性質や変化に着目しながら、水溶液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つけている。 | 水溶液について、問題を見だし見通しをもって観察、実験などを行い、物質の性質やその変化を見いだして表現しているなど、科学的に探究している。 | 水溶液に関する事物・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。 |

10. 章の指導計画（全5時間）

| 区分 | 内容 | 時数 |
|-----|----------|-----------|
| 第一次 | 物質のとけかた | 2（本時はその1） |
| 第二次 | 濃さの表し方 | 1 |
| 第三次 | 溶質のとり出し方 | 2 |

11. 本時の指導

(1) 本時の目標

- ①物質が水にとけていくときの様子を粒子のモデルで表すことができる。
- ②物質が水にとけた状態のときは溶質が一様に広がっていることを理解する。

(2) 本時の評価規準および判断基準

- ①水が物質に溶けているようすを粒子のモデルで表すことができている。(思考・表現・判断)

| 十分満足できる状況 | おおむね満足できる状況 | 努力を要する子どもへの支援 |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 水に物質がとけていく様子を粒子のモデルで考え、適切に表現している。 | 水に物質に溶けていくようすを粒子のモデルで考えている。 | すべての物質は小さな粒子でできていることを説明する。 |

- ②物質が水にとけた状態のときは溶質が一様に広がっていることを理解する。(知識・技能)

| 十分満足できる状況 | おおむね満足できる状況 | 努力を要する子どもへの支援 |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| 物質が水にとけた状態のモデル図に表現したときに、溶質が一様に広がっており、その周囲には水が存在している。 | 物質が水にとけた状態のモデル図に表現したとき、溶質が一様に広がっている。 | とけていく過程を実際のようなとと比較しながら再度モデル化を行う。 |

(3) 本時の学習過程

| | 学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準（評価方法） |
|-----|--|---|--|
| 導入 | 氷砂糖が水にとけていくようすをみて、小学校5年での既習事項を確認する。 | 氷砂糖のとけるようすを提示し確認させる。 | |
| 展開 | <p>目標の確認</p> <p>物が溶けていくようすを自らの経験から考える。</p> <p>水に硫酸銅がとけていく様子を確認して、モデル図を作成し、説明文を考える。</p> <p>班で相談し、それぞれ説明を行い、班ごとの発表を行う。</p> <p>水のみのもようすをモデル図で表す方法を考える。</p> <p>再度硫酸銅水溶液のモデルを考えさせる。</p> | <p>目標を提示し意識させる。</p> <p>イメージしにくいようであれば、紅茶などを飲むときに砂糖を溶かしたときの例をだして、考えを促す。</p> <p>モデル図の作製においては、粒子の数もふくめて妥当なモデルであるのかについても考えさせる。</p> <p>表現に対してなぜそう説明しているのかについても言葉かけを行う。</p> <p>このとき水も粒子で存在していることを捉えさせる。</p> <p>ここまでに学習した内容を踏まえるように指導する。</p> | <p>水に物質がとけている様子を粒子のモデルで考えることができる。(ワークシート)</p> <p>説明するときに適切な科学的表現がなされている。(ワークシート)</p> |
| まとめ | 教科書のモデルを参考に個人で描いたモデル図の不十分な部分を確認する。 | 自分たちのモデルとの違いを比較させながら確認させる。 | 比較した内容が確認の結果適切な形に変容している(ワークシート) |

12. 御高評欄

資料7 第1学年：身のまわりの物質（3章 水溶液の性質）の第1時の授業プリント

いろいろな物質とその性質

教科書 P165～P168

☆物質のとけ方

◎最初に見た写真では氷砂糖はどのようになっていくか。

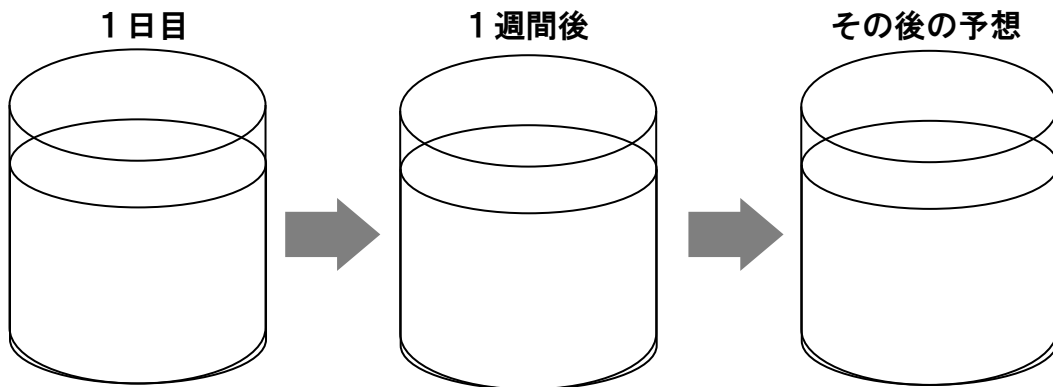
[]

[?]

水にものをとかすときはまぜることが多いですが、まぜなければ、どうなりますか。
また、まぜずにおいたものをそのまま長い時間おいておくと、どうなりますか。

[]

◎氷砂糖を水にとかすと、やがて、氷砂糖の粒は見えなくなる。このとき、氷砂糖はとけたという。硫酸銅という青色の物質に水を静かに加えてそのまま放置して観察すると、写真のようになった。このときの様子を硫酸銅の粒子を○であらわしてみよう。さらにその後はどうなるかを予想してみよう。下の欄にはそれぞれのときに硫酸銅の粒子がどのようなになっているかを説明する文章をかいてみよう。



| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

資料8 第2学年：化学変化と原子・分子（1章 物質の成り立ち）における気体反応の法則の実験から反応のようすを考えるアプローチ 第3時の授業指導案

理科 学習指導案

大阪教育大学附属天王寺中学校
指導者 堀井 久嗣

1. 日時 令和3年1月27日（金）第4限目（11:40～12:30）
2. 場所 大阪教育大学附属天王寺中学校 化学講義室（東館2階）
3. 学級
4. 単元名 化学変化と原子・分子（使用図書は、教科書：未来へひろがるサイエンスⅡ）
5. 単元（題材）の目標
 本章（1章 物質の成り立ち）の目標
 物質を分解する実験を行い、分解して生成した物質からもとの物質の成分が推定できることを見いださせる。また、物質は原子や分子からできていることを理解する。
 本節（物質のもとになる粒子・原子が結びついてできる粒子）の目標
 物質を細かく分けていくと、どのような粒子が存在しているのか。また、その粒子はどのようにして物質を構成しているのかについて理解する。
6. 教材観
 この単元は、粒子領域の学習において特に重要である原子・分子という考え方を獲得するところである。また、ここで学習する原子・分子の存在をイメージすることは、第3学年で学習するイオンへとつながる内容としても理解しておくことが求められる。ここで、イメージを確立しないまま粒子のイメージを持たない状態で化学反応式について学習を進めると、原子の数が合わない反応式を作ってしまう、正しく理解することができない。そのためにも、この単元で原子・分子の存在を粒子として捉えることの必要性がある。そこで、この授業では気体反応の法則についての学習を通して、ドルトンの考えに対する矛盾を発見し、分子という考え方の発見を目指している。
7. 生徒観
 本章は、物質を分解する実験を行っていく過程で、これ以上分解することができないものを見いだしていくところである。1つの物質から複数の物質が出来上がるということから、どんどん細かく分けていき最小の単位になったところが原子であるという構成になっている。そこで、原子・分子というものを学習するが、何が原子で何が分子でという風にわからないまま学習を進めてしまう生徒が多い。
8. 指導観
 本授業では、生徒それぞれが実験した動画をもとに前時で気体反応の法則について学習を進めてきた。そして、本時において、GoogleClassroomを用いて生徒の考えのタイミングに合わせてヒントの画像を提供する形で対応をしていった。机間巡視を行いながら授業をすすめていき、生徒の考えに即した課題の出し方を検討した。
9. 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 |
|--|--|--|
| 化学変化やいろいろな分解について説明することができ、物質は原子からできていることを理解し、その原子がいくつか結びつくことで分子ができることを説明できる。 | 実験で生成した物質の性質を調べるための実験方法を適切に選択し、行うことができる。また、そのような反応についてできている物質のモデルをつくることができる。 | 身のまわりの化学変化に興味を示し、これまでに学習してきたことを活用し、実験取り組んでおり、結果にどのような変化が起こるか考えている。 |

10. 本章の指導計画（全8時間）

| 区分 | 内容 | 時数 |
|-----|-----------------|-----------|
| 第一次 | 物質を加熱したときの変化 | 2 |
| 第二次 | 水溶液に電流を通したときの変化 | 2 |
| 第三次 | 物質のもとになる粒子 | 3（本時はその3） |

11. 本時の指導

(1) 本時の目標

ドルトンの原子説をもとに、反応を考えていくと矛盾点があることに気づき、分子の考え方を導入することで説明ができるようになることを理解する。

(2) 本時の評価規準および判断基準

ドルトンの原子説をもとに、反応を考えていくと矛盾点があることに気づき、分子の考え方を導入することで説明ができるようになることを理解する。

| 十分満足できる状況 | おおむね満足できる状況 | 努力を要する子どもへの支援 |
|---|--|-----------------------------|
| 例で考えている反応式について、分子の考え方を導入しており、他の化学反応式についても、適用されることについて説明できている。 | 例で考えている反応式について、分子の考え方を導入することで説明ができるということを理解している。 | ドルトンの反応式では矛盾があるということに気づかせる。 |

(3) 本時の学習過程

| | 学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準（評価方法） |
|-----|--|---|------------------------------|
| 導入 | 前時の授業で気体反応の法則について学習していることをかくにんする。 | | |
| 展開 | 水素と酸素の反応で水ができる化学反応式を質量保存の法則をベースにドルトンの原子説に当てはめて考える。 気体反応の法則をもとに考えると反応式の矛盾があるため、解消法を考える。 分子の考え方を導入して反応式にでてきた矛盾を解消する。 | 反応している物質が分からないように、ドルトンの原子の記号を活用する。 気体反応の法則については軽く触れる程度にする。 GoogleClassroomを用いているので、生徒の様子を見ながら追加のヒントの画像を配布するタイミングを考える。 | 分子の考え方を当てはめた反応式をもとに説明ができている。 |
| まとめ | 史実の流れをもとに考えていたことを確認する。 | アボガドロの分子の考え方はなかなか認められなかったことを説明する。 | |

12. 御高評欄

資料9 第2学年：化学変化と原子・分子（1章 物質の成り立ち）における気体反応の法則の実験から
反応のようすを考えるアプローチ 授業プリントと配信した画像をまとめたもの

化学変化と原子・分子

◎原子について考えてみよう

ドルトンは、ある気体どうしの2つの反応は次のように考えた。



追加の情報①

ある物質の反応における説明の画像をみて、ドルトンの原子の説明できないところはどこでしょう。



追加の情報②

反応1

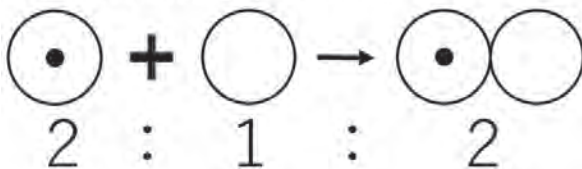
反応2

追加の情報を見て、どのように考えれば説明ができるのだろうか。

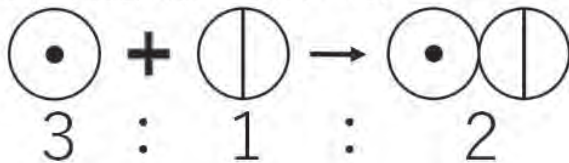


原子と分子の概念の導入

この反応は気体どうしの反応で、反応したときの体積の比は次のようになった。



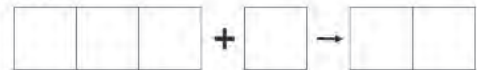
この反応は気体どうしの反応で、反応したときの体積の比は次のようになった。



反応1



反応2



反応1 A



反応2 A



反応1



反応2



資料10 第2学年：化学変化と原子・分子（1章 物質の成り立ち）における水が分子であるということから原子を考えるアプローチ 第3時常行指導案

理科 学習指導案

大阪教育大学附属天王寺中学校
指導者 堀井 久嗣

1. 日時 令和3年7月5日（月）
2. 場所 大阪教育大学附属天王寺中学校 化学講義室（東館2階）
3. 学級
4. 単元名 化学変化と原子・分子（使用図書は、教科書：未来へひろがるサイエンスⅡ）
5. 単元（題材）の目標
 本章（1章 物質の成り立ち）の目標
 物質を分解する実験を行い、分解して生成した物質からもとの物質の成分が推定できることを見いださせる。また、物質は原子や分子からできていることを認識させる。
 本節（物質のもとになる粒子・原子が結びついてできる粒子）の目標
 物質を細かく分けていくと、どのような粒子が存在しているのか。また、その粒子はどのようにして物質を構成しているのかについて理解する。
6. 教材観
 この単元は、粒子領域の学習において特に重要である原子・分子という考え方を獲得するところである。また、ここで学習する原子・分子の存在をイメージすることは、第3学年で学習するイオンへとつながる内容としても理解しておくことが求められる。ここで、イメージを確立しないまま粒子のイメージを持たない状態で化学反応式について学習を進めると、原子の数が合わない反応式を作ってしまう、正しく理解することができない。そのためにも、この単元で原子・分子の存在を粒子として捉えることの必要性がある。そこで、本授業では電気分解の学習で水素と酸素が2：1の体積比で発生するところからモデル図を考えていき、逆の反応の水素と酸素の反応でのモデル図に当てはめて同様に考え、気体反応の法則とアボガドロの法則の情報を加えて妥当なモデルを作成することで、分子のイメージを行った。
7. 生徒観
 本章は、物質を分解する実験を行っていく過程で、これ以上分解することができないものを見いだしていくところである。1つの物質から複数の物質が出来上がるということから、どんどん細かく分けていき最小の単位になったところが原子であるという構成になっている。そこで、原子・分子というものを学習するが、何が原子で何が分子でという風にわからないまま学習を進めてしまう生徒が多い。
8. 指導観
 本授業では、生徒が学習してきたものをもとに、モデル図を考える事で結果から分子の形を推測することが求められる。そして、本時までには段階を踏んでモデル図を描いてきたものをもとに、気体反応の法則とアボガドロの法則を当てはめた条件を追加することで、条件を満たすモデル図を作ることで、二原子分子の形や多原子分子の構造をイメージするきっかけを作った。
9. 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づけながら、物質の分解や原子・分子についての基本的な概念や原理・法遅く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どを身につけている。 | 物質の成り立ちについて、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、原子や分子と関連づ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を見いだして表現しているなど、科学的に探究している。 | 物質の成り立ち関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったりふり返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。 |

10. 本章の指導計画（全8時間）

| 区分 | 内容 | 時数 |
|-----|-----------------|-----------|
| 第一次 | 物質を加熱したときの変化 | 2 |
| 第二次 | 水溶液に電流を通したときの変化 | 2 |
| 第三次 | 物質のもとになる粒子 | 4（本時はその3） |

11. 本時の指導

(1) 本時の目標

水素と酸素の反応において、反応のモデル図を分子の組み合わせに意識して書き表すことができる。

(2) 本時の評価規準および判断基準

水素と酸素の反応において、反応のモデル図を分子の組み合わせに意識して書き表すことができる。

| 十分満足できる状況 | おおむね満足できる状況 | 努力を要する子どもへの支援 |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 反応のモデル図を分子の形なども含めて明確に表すことができている。 | 反応のモデル図を分子であるものを分けて明確に表すことができている。 | 粒子モデルを表すときに分子を作るものについて、個別に考えさせる。 |

(3) 本時の学習過程

| | 学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準（評価方法） |
|-----|--|---|-------------------------------------|
| 導入 | 前時の授業までに学習した、モデル図を確認する。 | | |
| 展開 | 水素と酸素の反応で水ができる反応を物質ごとにモデルに表す。 気体反応の法則とアボガドロの法則に水素と酸素の反応に当てはめて考える。 班で交流し、お互いのモデル図を確認する。 | 生徒が考えているモデル図確認しておく。 気体反応の法則とアボガドロの法則については中学校では学習しないので、このようなルールがあるということを知らせる程度にする。 体積比と粒子の数のどちらかがあっていない班のモデルについては、その点を指摘して考える。 | |
| まとめ | クラスで確認したモデル図を見てから自分のモデル図との違いを考えどうするのがよいかを考える。 | 原子の性質を逸脱しないように声をかける。 | 分子をイメージした適切なモデル図を描けている。 (ワークシート) |

12. 御高評欄

Research on teaching to acquire the concept of particles in the field of chemistry

HORII Hisatsugu

Abstract: In elementary, junior high, and senior high schools, it is important to aim to formulate the concept of particles in the study of chemistry. Particularly, in order to grasp the essence of chemical reactions, the perspective of "particles" is necessary. In addition, there is a large gap between what is taught in elementary school and high school. In this study, we conducted a class to acquire the concept of particles to bridge this gap. As a result, it was shown that modeling particles is inevitable and can be a trigger for the formation of the particle concept.

Key Words: Chemistry Education, Secondary School Science, Particle Concepts, Modelling, Chemical Transformation