

群 教 セ	G04 - 03
	平 14.209 集

化学変化に関する学習を 支援する教材の作成

- 原子・分子モデルの導入とモデル操作の工夫 -

特別研修員 永井 智幸 (高崎市立並榎中学校)

<<研究の概要>>

本研究は、中学2年理科の化学変化と原子・分子の学習において、画像や立体的なモデルなどを表示するソフトを使って、原子・分子モデルを操作できる教材を作成した。本教材を利用することによって、生徒が水の電気分解の実験結果をもとに、水分子モデルから原子モデルをマウス操作によって移動して、水素と酸素の分子モデルを作成することが可能になり、水の分解を原子・分子モデルを使って説明できるようになった。

【キーワード：理科-中 化学変化と原子・分子 原子モデル 分子モデル】

主題設定の理由

中学2年理科の化学変化と原子・分子の単元の目標に「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させるとともに、これらの事象を原子、分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う」とある。

ところが、本校の生徒にとって、実際に見ることが困難な原子・分子を化学変化に結びつけ、物質の化合や分解について原子・分子モデルを使って正しく表現し、説明できるようにすることは難しかった。それは、原子・分子の基本的な概念と、実験で発生した水素と酸素の気体の体積比をもとに、分子数比を求め、原子・分子モデルを使って、水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を説明することが難しかったからだと考えられる。この点を補うために、原子・分子の基本的な概念を理解した後に、自作した紙のモデルや球体のモデルを使わせて、化学変化前の分子から化学変化後の分子を作る実習をやらせてきた。しかし、これらのモデルを使用しただけでは、実験と関連付けて、水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を説明することはできなかった。

そこで、画像や立体的なモデルなどを表示できるソフトを使って、原子・分子の基本的な概念の理解を助けるために、立体的な原子・分子モデルを導入することと、巨視的な物質が分子からできていることを、物質を拡大していくと分子の粒が現れるようにすることによって視覚的にわかりやすくする。その上で、実験に対応させながら、水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を理解させるために、原子・分子モデルの操作を工夫すれば、水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明できるようになると考えた。

以上のようなことから、原子・分子モデルの導入とモデルの操作を工夫した教材を利用することで、生徒が水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明できるようになると考え、本主題を設定した。

研究のねらい

水の電気分解に関する学習において、生徒に、原子・分子モデルの導入と水分子から水素と

酸素の分子が生成される過程を理解させるために、水分子モデルから原子モデルをマウス操作によって移動して、水素と酸素の分子モデルが作成できる教材を利用させることによって、水の分解を原子・分子モデルを使って説明できるようになることを実践を通して明らかにする。

研究の見通し

- 1 本教材の作成には、動画や画像を表示したり、立体的なモデルを作成し、マウスで操作したりできるソフトの作成が可能な、Director8.5 Shockwave Studio を使用した。このソフトを使うことで、次のようなことができると考えた。

原子と分子の基本的な概念を理解させるために、画像や立体的な原子・分子モデルを提示する。

実験における水の分解の過程と原子・分子モデルとの対応を図りながら、水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を理解させるために、実験結果の画像を参照しながら、原子・分子モデルをマウス操作によって移動して、水分子モデルから水素と酸素の分子モデルを作成できるようにする。

- 2 水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を理解する学習で、次のような学習活動を行えば、水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明できるようになると考えた。

分子の基本的な概念として、分子が、物質の性質を示す最小の単位の粒であることと、巨視的な物質が分子からできていることを写真を拡大していくと分子の粒が現れる画面から理解する。

原子の基本的な概念として、原子が大きさと質量を持った粒であり、非常に小さくて目に見えないものであることを巨視的なものとのサイズの対応や立体的な原子モデルの導入によって視覚的に理解する。

分子モデルの導入によって、分子がいくつかの原子からできていることを視覚的に理解する。次に、水の電気分解の実験で発生した気体の体積比が分子数比、さらに、水分子1個中の原子数比になっていることを使って、水素と酸素の原子モデルをマウス操作によって移動し、水分子モデルを作成する。

から を通して原子と分子についての基本的な概念を理解した後に、実験で発生した気体の体積比が分子数比になっていることを使って、生徒が、水分子モデルの中の原子モデルをマウス操作によって移動して、水素分子モデルと酸素分子モデルを作成する。

研究の内容

1 教材の概要

(1) 基本的な考え方

本教材は、水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明することができるようになることをねらいとしている。そのためには、次の3つの点について教材を工夫することが必要であると考えた。

ア 原子と分子の基本的な概念を理解するための工夫

分子の基本的な概念を示すとともに、巨視的な物質が分子からできていることを画面から示すために、写真を拡大していくと分子の粒が現れるようにした。

原子の基本的な概念として、原子は質量を持った粒であることを表現するために原子モデルを球体で表し、原子は非常に小さく、約1億分の1 cm の球であることを、地球とりんご

の大きさの違いにたとえて、視覚的にわかるようにした。

分子は原子からできていることを理解した後、水分子のつくりを理解するために、実験結果から水分子中の原子数比を予想させ、原子モデルの操作によって、水素原子モデル2個と酸素原子モデル1個から、水分子モデルを作れるようにした。結合する角度については、厳密性は問わないが、正解の画面には、実際の分子構造に近い形で分子モデルを表現した。

イ 実験と原子・分子モデルとの対応の工夫

水の分解を原子・分子モデルを使って説明するときに、電源装置のスイッチを入れると電極から気体が発生することと対応するように、画面上のスイッチボタンをONにしてから、水素と酸素の原子モデルを電極の表面へ移動し、分子モデルを作成するようにした。

実験結果の画像を参照しながら、発生する気体の体積比が2対1であることから、分子数比を知り、それをもとに、原子モデルを操作できるようにした。

ウ 水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を理解する工夫

画面上のスイッチボタンをONにすると分解が始まって、水分子モデルから水素と酸素の原子モデルが分離した状態になり、この原子モデルを移動できるようにした。

水の分解に必要な最少の水分子の数を考えさせるために、2個の水分子から水素分子2個と酸素分子1個ができることが求められるまで、繰り返し試行できるようにした。

(2) 教材の構成

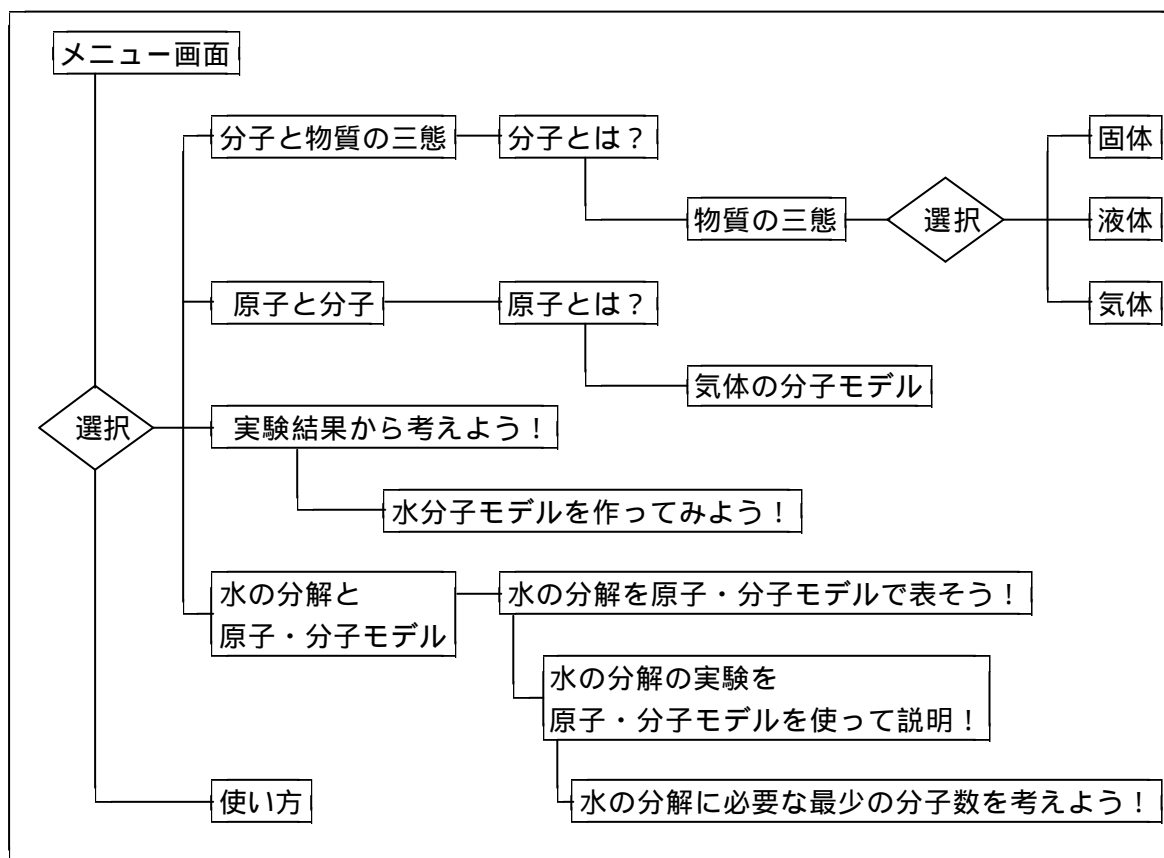


図1 教材の全体構成図

(3) 作成環境

作成ソフト：Director8.5 Shockwave Studio

このソフトを利用すると画像や立体的なモデルなどを表示するソフトが作成できる。

作成言語：Lingo (Director8.5Shockwave Studio に付属)

ビデオ再生ソフト：QuickTime Version6

配布形式：実行ファイル形式

(4) 動作環境

以下の環境で動作を確認した。

OS Microsoft Windows95/98/XP 日本語版

CPU Pentium MMX 266MHz 及び AMD256MHz、AMDAthlon 1.4GHz

メモリー 64MB、96MB、512MB の RAM

ビデオ再生ソフト QuickTimeVersion6

2 教材の内容

(1) メニュー画面 (図2)

画面中央の上には、本ソフトの使い方の説明を表示する「使い方」のボタンを用意した。

左の4つのボタンをクリックすると、右側に、内容を説明するウィンドウが表示され、一番右にある「次へ」のボタンをクリックすると、その場所へジャンプするようにした。

選択項目の並んでいる順序は、研究の見通しで示した学習活動の順序と同じにした。

(2) 「分子とは？」の画面 (図3)

図3にあるような説明が、画面の下にある「次へ」をクリックするごとに出てきて、研究の見通しに挙げた分子の基本的な概念について学習が進められるようにした。

「前へ」をクリックするとひとつ前の画面に戻るようにした。

この画面の最後に「次へ」をクリックすると「物質の三態」へ進めるようにした。

(3) 「物質の三態」の画面 (図4)

巨視的な物質が分子からできていることを理解させるために固体の画像をクリックすると、画像が拡大して、最後に分子が現れるようにした。ここでは、原子について学習する前なので、分子を仮に球体で表現した。

たとえば、「物質の三態」の画面で液体の画像をクリックすると、図5にあるように、画像を拡大した画面が連続して現れ、拡大の最後に、分子の画像が出てくるようにした。固体や気体でも同様の工夫をした。また、水分子は分子間距離を考慮して示した。

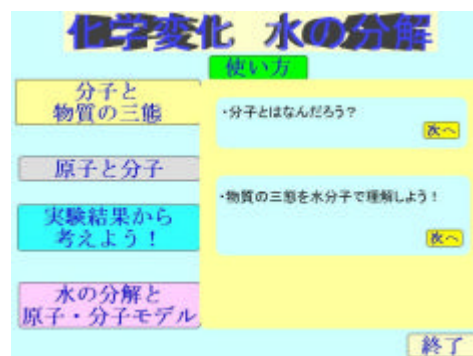


図2 メニュー画面

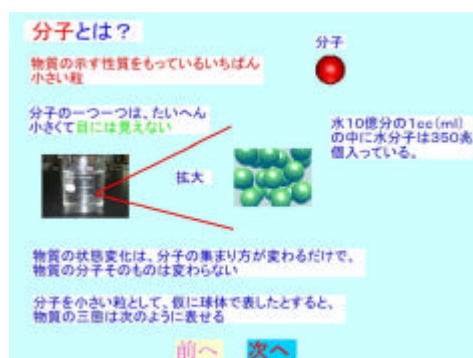


図3 分子とは?

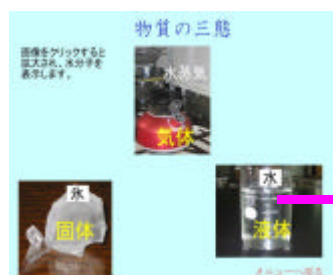


図4 物質の三態の画面



図5 液体(水)の拡大図と水分子

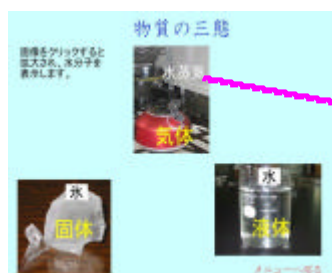


図4 物質の三態の画面



図6 気体(水蒸気)の拡大図と水分子

(4) 「原子と分子」の画面

「原子とは？」の画面(図7)から原子の基本概念として質量を持った粒であり、非常に小さいことを理解できるようにし、原子モデルを導入した。次に図8の画面を使い水素と酸素の気体の分子モデルを導入した。

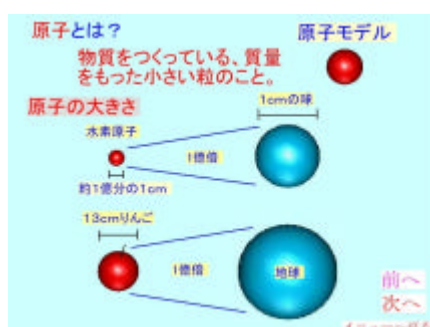


図7 原子とは？

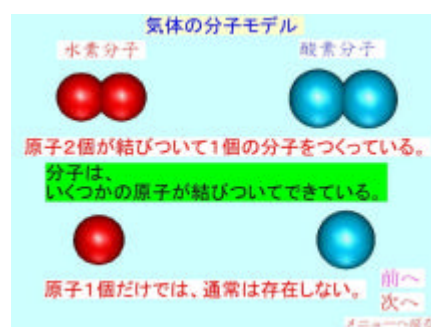


図8 気体の分子モデル

(5) 「実験の結果から考えよう！」の画面

実験結果の理解ができるように質問形式でいくつかの問題を用意した。まず、発生した気体を調べる方法として、4つの中から選ぶ形式を取り入れた。(図9)間違っているときには、図10のように、「もう一度やり直す」か「結果のビデオを見てやり直す」か「正解を見る」のうちどれかを選ぶようにした。

次に、気体の体積比を答える問題では、2つからどちらかを選ぶ形式とした。(図11)

さらに - 極と+極に発生する水素と酸素の気体の体積比が、2対1であることから、分子数比を知り、水分子1個の中にある原子数比を予想できるようにした。(図12)

これは、発展的な学習なので、特に解答を選ばせたりはせずに、次へ進めばよいようにした。

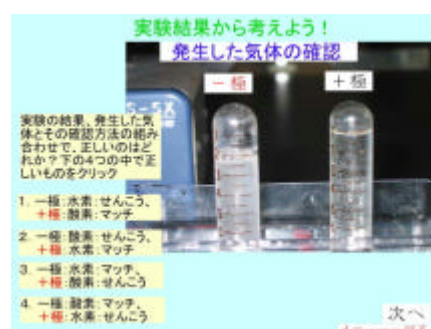


図9 発生した気体の確認

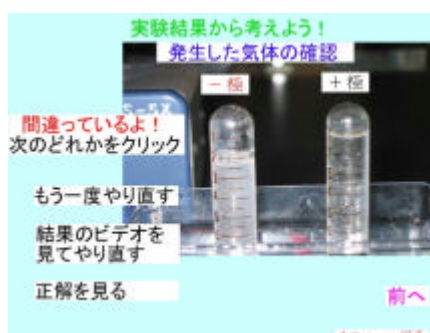


図10 間違っているとき

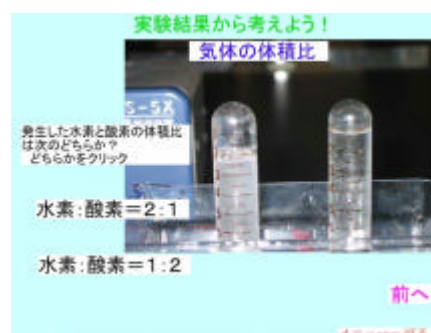


図11 気体の体積比

この原子数比が2対1であることをもとに、水分子のつくりを予想させるようにした。(図13)

そして、次の画面に進むと水素と酸素の原子モデルを移動して水分子モデルを予想した通りに作れることを示した。

(6) 「水分子モデルを作ってみよう」の画面

「実験結果から考えよう」の続きとして、水分子を予想したとおり、原子モデルを移動して、作れるようにした。

(図14) 実験結果の画像と同じ配置になるように、水素分子モデルを左に、酸素分子モデルを右に配置した。左右から必要な原子モデルを真ん中へ移動して結合させるように説明を付けた。水素原子モデル2個と酸素原子モデル1個で結合させられることを目標とし、水分子モデルは全部で4つ作れるが、図15の正解の画面には、いつでも進めるようにした。

(7) 「水の分解と原子・分子モデル」のメニュー画面

ここからは、次の3つの画面構成へ「次へ」ボタンを押すことによって進めるようにした。(図16)

「水の分解を原子・分子モデルで表そう！」

「水の分解の実験を原子・分子モデルを使って説明！」

「水の分解に必要な最少の分子数を考えよう！」

以下、この3つについて説明を加える。

ア 「水の分解を原子・分子モデルで表そう！」

ここでは、実験との対応を考え電極を左右に配置し、真ん中にある水分子モデルを分解する形にした。ただし、画面上のスイッチボタンがONにならないと、原子モデルを移動できないようにした。

はじめに表示される画面(図17)では、このソフトの使い方の説明を見る「使い方」のボタンが、使い始める「次へ」のボタンの選択ができるようにした。

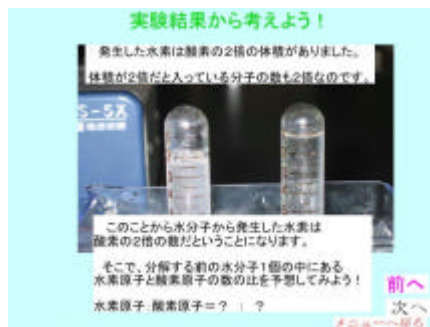


図12 水分子1個中の原子数比を予想してみよう



図13 水分子のつくりを予想してみよう



図14 水分子モデルを作ってみよう

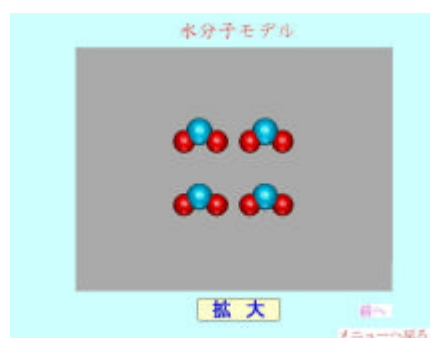


図15 正解の画面

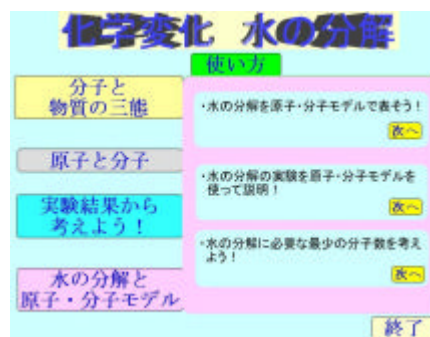


図16 水の分解と原子・分子モデルのメニュー

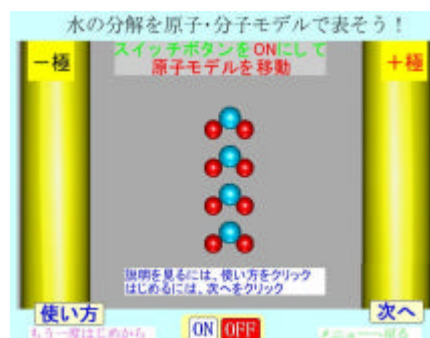


図17 はじめの画面

「使い方」をクリックすると、この画面上に、簡単な操作方法の説明が順に出てきて使い方がわかるようにした。(図18)

画面中央下の画面上のスイッチボタンは、押されている側が赤く光るようにしてあり、この赤くなった側は、クリックできないようにした。それによって、画面上のスイッチボタンの ON と OFF の区別ができるようにした。

画面上のスイッチボタンを ON にすると、水分子モデルから原子モデルがばらばらに別れ(図19)、マウス操作によって原子モデルを移動可能な状態になるようにした。表示された水分子モデルから水素と酸素の原子モデルを電極に移動して、気体が発生する様子が再現できるようにした。

このことによって、水分子から水素と酸素の分子が生成される過程が理解できるようになると考えた。画面右下に実験の画像を参照できるように画像を表示するボタンと、画像が確認できたら画像を消すボタンを配置した。うまくできないときは、はじめに戻ってもう一度作り直せるようにし、出来上がったら、「正解へ」をクリックすると「水の分解の実験を原子・分子モデルを使って説明！」の画面へ進み、正解を確認できるようにした。

イ 「水の分解の実験を原子・分子モデルを使って説明！」(図20)

画面上のスイッチボタンを ON にすると水分子から、水素原子と酸素原子が離れ、電極に引かれ、- 極で水素分子、+ 極で酸素分子となる様子を 3 つのモデルの図を使って示した。

右上に、+ 極と - 極に、生成した分子が気体として発生していることがわかるように、気体の分子モデルを示した。

ウ 「水の分解に必要な最少の分子数を考えよう！」の画面

水の分解に必要な最少の水分子の数を考えさせるために、2 個の水分子から水素分子 2 個と酸素分子 1 個ができることが求められるまで、繰り返し試行できるようにした。

これまで、4 個の水分子モデルから、水素と酸素の分子モデルを作成する操作をしてきたが、図21では水素と酸素が発生するために、必要な最少の水分子の数はいくつか解答を選ばせるようにした。

選択肢をクリックすると、その数に応じて分子が表れ(図22)、次へをクリックすると正解かどうかの解説が分解結果と一緒に出るようにした。(図23)

不正解のときは、もう一度はじめからやり直すようにすることで、正解が得られるまで繰り返し試行できるようにした。

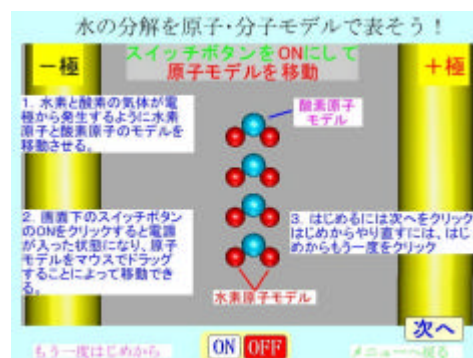


図18 使い方についての表示



図19 画面上のスイッチボタンを ON にしたとき

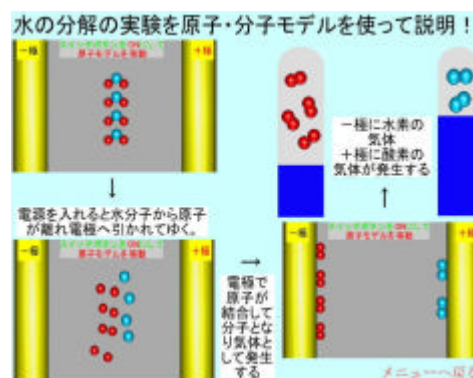


図20 水の分解の実験を原子・分子モデルを使って説明！

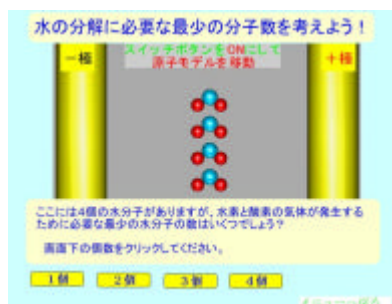


図21 水の分解に必要な最少の分子の数を考えよう

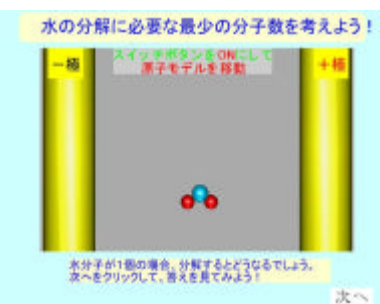


図22 1個の分子モデル

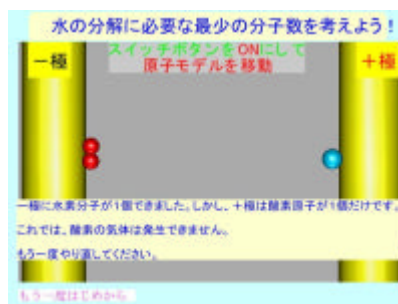


図23 解答の画面

3 実践の結果と考察

(1)授業実践

単元名 「化学変化と原子・分子」

対象 中学校2年生(2クラス59人)

ねらい 水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明できる。

指導計画 全4時間

時 数	主な学習活動 (アンダーラインは本教材の使用箇所) (本教材の中の項目名)	評価項目(評価方法) B 規準をもとに作成した			
		自然事象への関 心・意欲・態度	科学的な 思考	観察・実験の 技能・表現	自然事象につい ての知識・理解
1	<ul style="list-style-type: none"> 加熱では分解できない水を、電気を使えば分解できることを知る。 電気分解装置の使い方を知り練習する。 手順に従って実験し、結果をノートにまとめる。 水を分解すると - 極に水素 + 極に酸素が 2 : 1 の体積比で生成することを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 水を分解するとは何ができるのか関心を持ち、分解してできた物質の性質を調べようとする。(ノート) 		<ul style="list-style-type: none"> 水の電気分解の方法と発生した物質を調べる方法が身に付いている。(観察・レポート) 	<ul style="list-style-type: none"> 水を分解すると水素と酸素が発生することを理解している。(ノート)
1	<ul style="list-style-type: none"> 水や砂糖といった物質を構成する粒が分子であることを知り、分子の基本的な概念を理解する。 物質の三態を立体的に表現し、分子の集まり方の違いを理解する。(分子と物質の三態) 分子が原子でできていることを知り、原子の基本的な概念を理解する。 水素分子と酸素分子は、2 原子で 1 分子となっていることを理解する。 単体と化合物を理解する。(原子と分子) 				<ul style="list-style-type: none"> 物質の状態変化は分子の集まり方の違いによることを理解している。(挙手)
1	<ul style="list-style-type: none"> 実験結果から水分子は水素原子と酸素原子からできていることを理解する。 発生した気体の体積比から、含まれる分子の数の比が 2 : 1 となることを理解する。 このことから水分子は水素原子 2 個と酸素原子 1 個からできていることを理解する。(実験結果から考えよう！)(水の分子を作ってみよう！) 		<ul style="list-style-type: none"> 水分子中の原子の構成比を予測する。(ワークシート) 		<ul style="list-style-type: none"> 水分子が水素原子 2 個と酸素原子 1 個からできていることを理解している。(ワークシート)
1	<ul style="list-style-type: none"> 水の電気分解は、電流が流れることによって、水素分子と酸素分子がそれぞれの電極にできることだと理解する。 水の分解が起こるために必要な最少の分子数を求める。(水の分解を原子・分子モデルで表そう！) 	<ul style="list-style-type: none"> 水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明しようとする。(ワークシート、画面の確認) 	<ul style="list-style-type: none"> 水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明できる。(ワークシート、画面) 		

(2) 結果と考察

化学変化に関する学習において、化学変化を原子・分子モデルを使って説明できるようになったかを生徒のアンケートやワークシートの記録、授業実践で生徒の画面をキャプチャーした結果などから検証を行った。

ア 分子の基本的な概念の理解について

物質の状態変化の学習において、「物質の3つの状態がよくわかりましたか」という質問に対して図24のように「よくわかった」と「わかった」を合わせると95%の生徒が理解できた。その理由として、図25にあるように

- ・「画像があったから」50%
 - ・「分子の粒が動いたから」46%
 - ・「先生の説明があったから」32%
 - ・「画像と分子の粒が続けて出てきたから」26%
- となっていた。

この結果から、分子の基本的な概念の理解については、次の成果があったと考える。

画像があり、分子の粒が表示されて動いたことにより理解が深まった。

巨視的な物質が分子からできていることは、教師の説明によって理解できた生徒が多かったが、画像に続けて分子の粒を表示した工夫により理解できた生徒は4分の1程度いた。

イ 原子の基本的な概念の理解について

ワークシートの記録から、実験で発生した気体の体積比から分子数比を知り、水分子中の原子数比を予想して、水素と酸素の原子モデルをマウス操作によって移動し水分子モデルを作成できた生徒が93%いたことは原子の基本的な概念が理解できていたからだと考えられる。

ウ 実験から求められる量的関係を使い、水分子モデルを作成したことについて

「水分子がどのような構造になっているのかよくわかりましたか」という問いに対して、図26に示されるように92%の生徒が理解できたと答えていた。

ワークシートの記録も、93%の生徒が正解となっていたことから、ほぼ理解できたものと考えられる。また、理解できた理由として、

- ・「原子モデルを自分で動かすことができたから」85%
- ・「水分子モデルがわかりやすかった」30%となっていた。

この結果から、原子モデルをマウス操作で動かすことによって、水分子のつくりについての理解が深まったものと考えられる。

「水分子モデルがわからなかった」「ワークシート

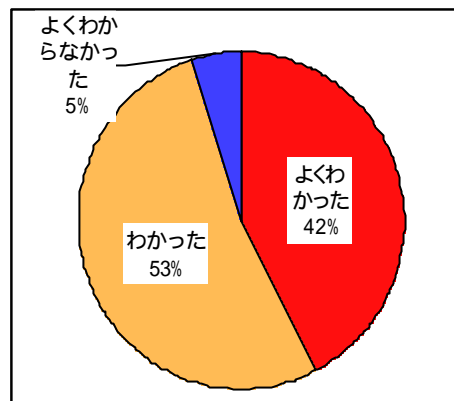


図24 物質の状態変化について

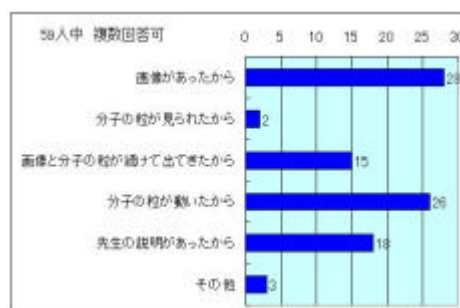


図25 物質の状態変化がわかった理由

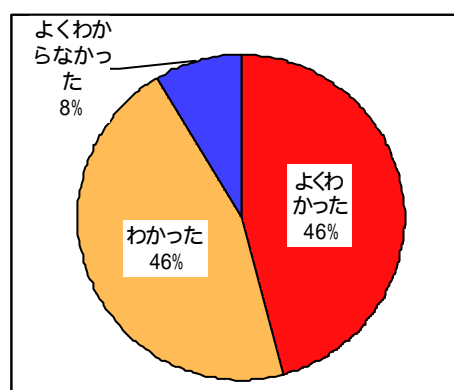


図26 水分子がどのような構造になっているのかよくわかりましたか

がわからなかった」といった感想もあり、分子モデルの提示方法やワークシートについては工夫がさらに必要であることもわかった。

エ 実験から求められる量的関係を使い、水素と酸素の分子モデルを作成したことについて
(ア) 実験から求められる量的関係を使い、原子モデルを操作できるようにしたことについて
次のような生徒の発言があった。

- ・「2対1なのだから2個と1個できればいいんでしょう」
- ・「水素が2倍になるように作ればいいんだろう」

このことから、気体の体積比の理解が、原子モデルを移動する水分子モデルの数と作成する水素と酸素の分子モデルの数についての理解に役立ったものと考えられた。

(イ) ワークシートの記録から

59人中4名の生徒は、正解に至らなかったが、他の93%の生徒は、正しく表現できていた。

この結果は、画面によって、正解者を数えた数とも一致しており、水の電気分解を正しく表現できる生徒が、多かったことがわかった。

ただし、後にも記述したが、授業中の支援によってできた生徒の数がこれには入っていないので、もう少し、実際には、理解できなかった生徒がいたと考えられた。

理解できた理由として、

- ・「原子モデルを動かすことができたから」79%
- ・「原子モデルを自分で動かすことによって、何回でもできてわかりやすかった」
- ・「分子を実際に分解したり、化合させたりできたのでわかりやすかった」
- ・「原子モデルを動かせれば自分で解くことができる

のでよかった」となっていた。

この結果から、原子モデルをマウス操作によって移動したことによって、水分子から、水素分子と酸素分子が分解によってできる過程が理解できた生徒が多くなったものと考えられた。

(ウ) 理解できなかった生徒の理由から

・「原子・分子の理解が足らずよくわからなかった」という生徒がいた。

また、画面をキャプチャーした結果、図27では、原子モデルをマウス操作によって移動はできるが、水素と酸素の分子モデルにすることができない生徒が数名いた。この生徒には、水素分子と酸素分子の学習に戻って支援が必要であった。

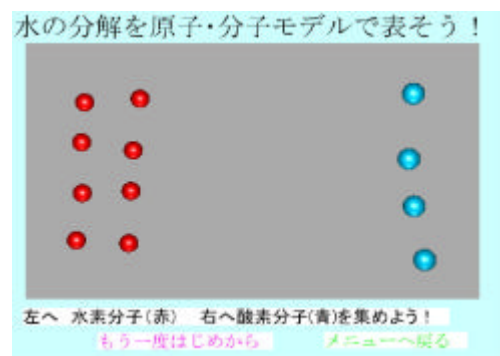


図27 キャプチャーした生徒の画面

研究のまとめと今後の課題

研究の結果、次のような成果と課題が明らかになった。

1 成果

水の電気分解に関する学習で、ワークシートの結果から93%の生徒が水の電気分解を原子・分子モデルを使って説明できるようになった。それは本研究において行われた、次の手立てが有効であったからだと考えられる。

水分子のつくりを理解するために、実験結果から水分子中の原子数比を予想をもとに、原子モデルをマウス操作で移動し、水分子モデルを作成できるようにした。

水分子から水素と酸素の分子が生成される過程を理解するために、実験から求められる量

的關係を使って、水分子モデルから水素と酸素の原子モデルをマウス操作によって電極へ移動し、水素と酸素の分子モデルが作成できるようにした。

2 課題

原子・分子のモデル化への思考の深まりを図るために、単体と化合物の違いを理解するための工夫が必要であると考ええる。

化学変化を化学反応式で表す学習において、原子・分子モデルと化学式が一緒に表示されれば、化学反応式の理解に役立つ教材となると考える。

< 参考・引用文献 >

- ・ 文部省 中学校学習指導要領解説 理科編 大日本図書(2000)
- ・ かわはら たかし 著 『ゲーム作りで学ぶ Shockwave3D』 SCC(2002)
- ・ 大重 美幸 著 『DIRECTOR8.5 Shockwave 3D オーサリングガイド』 オーム社(2001)

< 商標について >

Macromedia、Director、Lingo 及び Shockwave は Macromedia, Inc. の米国及びその他の国における商標または登録商標です。

QuickTime は、米国及びその他の国々で登録された Apple Computer,Inc.の商標です。

Microsoft 及び Windows は米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における商標または登録商標です。”

Pentium 及び MMX はアメリカ合衆国及び他の国における Intel Corporation 及び子会社の登録商標または商標です。

AMD Athlon は、AdvancedMicroDevices,Inc.の登録商標です。