

エネルギーについての見方や考え方を育てる指導の工夫

—— 化学変化の学習を通して ——

品川区立荏原第四中学校 牧 野 順 子

「エネルギー」という言葉はよく耳にし、それを使って生活しているが、私たちはエネルギーについて日頃あまり意識していない。そこで、身の回りにある化学変化を通して、実験によりエネルギーを実感し、エネルギーに対しての興味や関心を高める指導法について考えた。

1 主題設定の理由

科学技術が進歩し、私たちは便利な生活を送っている。このような生活を維持し、さらに発展させていくためには、エネルギー資源について考えるとともに、地球上の有限な資源をどのようにしたら、より有効に活用していくことができるかを考えることがますます必要となってくる。

しかし、生徒の実態を見ると、生徒はエネルギーについてテレビや、雑誌など様々なメディアから情報を得ているが、そのイメージは「電気」や「力」というように個々の生活経験に基づいたものであり、一人一人様々である。また、中学校理科の学習についてみても、エネルギーと関連している内容が多いにもかかわらず、エネルギーを重視して学習をする機会が少ないのが現状である。

そこで、エネルギーについての生徒のイメージをもっと育てるためには、中学校理科の中で日頃からもっとエネルギーを意識した指導を行っていくことが必要であると考え、「エネルギーについての見方や考え方を育てる指導の工夫」という研究主題を設定した。

2 研究のねらい

化学変化の学習を通して、エネルギーについての見方や考え方を育て、身の回りの自然事象をエネルギーと関連付けて考えられる生徒を育成する指導法を工夫する。

具体的には、本研究ではエネルギーについての見方や考え方を、エネルギーについての多様性、転換性、保存性を認識することととらえ、化学変化が起きるとき、熱、光、電気など様々な形態のエネルギーの出入りがあり、これらのエネルギーは異なった形態のエネルギーに移り変わっていくこと、また、化学変化によるエネルギーは、生活

の中で利用されていることに気付くことができる指導の工夫をすることをねらいとする。

特に、学習指導計画の中に、探究活動を取り入れ、課題の発見→情報の収集→仮説の設定→実験→結論→発表→情報の共有化という学習過程の中で、自己学習能力を育成し、エネルギーを実感したり、生徒の興味・関心を高めさせることを試みた。

本研究は、第2学年「化学変化と原子・分子」の単元で行ったが、新学習指導要領では第3学年「物質と化学反応の利用」の単元で行うのが適していると考ええる。

3 研究の方法

エネルギーについてのイメージを豊かにする教材・教具を工夫し、自ら追究することによってエネルギーを実感できるような実験を取り入れた学習計画の工夫を行えば、エネルギーについての見方や考え方を育てることができると考えた。

(1) 教材、教具の工夫

① エネルギーを実感できる実験プリント作り

探究活動の資料として、日常生活で使っている身近な化学変化でエネルギーを実感するのに適した実験プリントを作成する。

② 高い温度の測定の工夫

燃焼時の温度を実際に測定できる器具を工夫する。

(2) 学習指導計画の工夫

「生徒を主体とし、生徒が活動する授業」を目指し、探究活動を授業に取り入れ、生徒自身が考え、活動し、結果を導き、互いに教え合うという流れを工夫する。

4 研究の内容

(1) 教材、教具の工夫

① エネルギーを実感できる実験プリント作り

化学実験なので、安全性を考えて、教科書で学習した実験、日常生活で使っている化学変化など身近なものを使った実験の方法を紹介したプリントを作成し、熱、電気、光などエネルギーについて生徒自らが実感できる内容を工夫した。また、プリントの中に「試してみよう」という項目をもうけ、実験内容について探究しやすいように配慮した。

〈熱エネルギーについて探究する実験プリント例〉

A-②

鉄粉でカイロをつくろう

市販のカイロの成分をみると鉄粉のほか色々なものが入っています。
市販のカイロに近いカイロを作ってみましょう。

準備するもの
鉄粉 (300メッシュ)、食塩水 (約5%)、キッチンペーパー (不織布のもの)
パーミキュライト (園芸用土) あるいは活性炭、温度計、ガムテープ

手順
①キッチンペーパー (不織布のもの) で、縦約5cm、横7cmの袋2つを作る。
*ガムテープでとめるとよい。
②ビーカーに活性炭15gを入れ、5%の食塩水約8cm³をしみこませる。
③②を2つに分けて①の袋の中に入れる。
④さらにそれぞれの袋に鉄粉約15gずつを入れる。
⑤袋の口を閉じ、よく振ってみる。暖かくなるか確かめる。
*この不織布の袋をポリ袋に入れて、密閉して空気を断つと暖かくなりやすい。
1つは、発表会の時までとっておこう。

① 不織布の袋 (み)

② 食塩水 8cm³ ③ ④

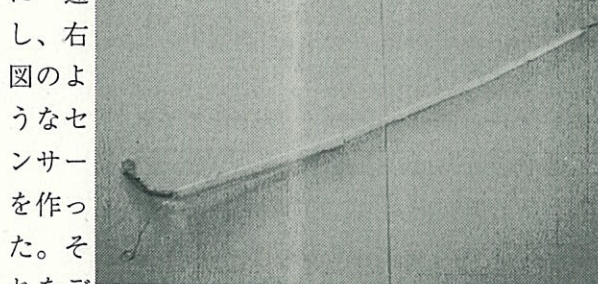
⑤ ⑥

⑦

試してみよう
①活性炭、パーミキュライト、鉄粉の割合によって温度の上がり方が変化するか調べてみよう。
②空気によく触れさせた場合と、あまり触れさせない場合では温度の上がり方がどのように変わるか調べてみよう。

下記のような温度計を使って燃焼時の温度を測定した。

アルメル・クロメルの熱電対を二つ穴の絶縁管に通し、右図のようなセンサーを作った。



デジタル温度計につなぎ、炎の中に入れると燃焼時の温度を測定することができた。

エタノールの炎の温度は約720℃、ろうそくの炎の温度は約600℃となり、燃焼時の温度が生徒の想像以上に高いことがわかり、生徒は驚いていた。

(2) 学習指導計画の工夫

「化学変化におけるエネルギー」というエネルギーについて学習する単元を設定し、生徒が主体的に実験し、エネルギーについて実感できるように、探究活動を取り入れた学習指導計画を作成した。

② 高い温度の測定の工夫

高い温度に対する生徒のイメージは、水が沸騰する温度である。生徒に今までに測定したことがある最高温度について質問したところ、ほとんどの生徒が100℃以下であった。学校の実験で使用するのも100℃のアルコール温度計であり、物質が燃焼しているときの温度についてはこれまでの生活経験から想像するにとどまっていた。

そこで燃焼時の温度や、鉄と硫黄の化合実験の時の温度を実際に測定し、化学変化が起きるとき多量の熱が発生することを実感させたいと考え、

① 目標

ア、化学変化が起きるとき、熱、光、電気の入りがあり、エネルギーの多様性について理解する。

イ、化学変化が起こるとき発生するエネルギーは、他の形態のエネルギーに転換することを理解する。

ウ、化学変化は身近なところで見ることができ、化学変化によるエネルギーは私たちの生活の中で利用されていることを理解する。

② 探究活動について

生徒一人一人のエネルギーについて見方や考え方を育てるには、生徒が自分自身でエネルギーを感じ取ることが大切である。そのために、生徒自らがエネルギーについて課題をもち、実験をし、課題を追究していく活動を通してエネルギーを実感できると考え、探究活動を行うこととした。

探究活動とは、本来は、生徒自らが問題を発見し、その解決のために自らが実験を企画、実施するものとする。しかし、今回の探究活動は、

- ・生徒が探究活動を行うのが初めてである。
- ・化学実験について、生徒は1年生の時に、気体の発生実験、2年生で分解・化合の実験と実験経験が少なく、基礎操作の習得が不十分な生徒

がいる。

- ・薬品や、火を使う実験であり危険が伴うなどの理由により、生徒が実験のすべてを計画するのは難しいと考えた。

そこで、学習の流れとしては、化学変化の実験を行い、問題を見付け、探究する課題について話し合い、みんなで課題を考え、その中から自分がやってみたい課題を決定した。

また、課題を追究するための実験については、今まで学習した実験、あるいは、身の回りの事象についての実験を取り上げた。実験方法は実験プリントを用意し、これをもとに必要な実験を各自が工夫し、課題を追究していくようにした。

③ 学習指導計画（8時間）

時間	探究活動の流れ	学 習 内 容	学 習 活 動	評価の視点
1	問題の発見	化学変化が起きる時の様子について調べ、化学変化についてどのようなことを調べてみたいか問題を発見する。	○酸素の発生実験を通して、観察の仕方を学習する。 ○エタノールの燃焼について観察する。 ○酢と炭酸水素ナトリウムの実験を通して化学変化について調べる。 ○気づいたこと、疑問に思っていること、やってみたいことなどをあげる。	[関心・意欲・態度] ・身近な化学変化に興味・関心を持ち、日常生活の中の化学変化について目を向けることができる。 [知識・理解] ・私たちの身の回りには色々な化学変化があることがわかる。
2	課題の設定	化学変化について調べたい課題を決定する。	○前回の実験結果について話し合い、化学変化とエネルギーに着目して、調べたい課題を決める。 ○調べてみたい実験を決定する。 ○課題を中心に実験の班を決める。	[関心・意欲・態度] ・化学変化が起きる時の現象に興味・関心を持ち、自分から課題を見いだそうとする。
3	実験の計画	実験プリントを参照して、実験の計画を立てる。	○各班で実験計画書を作成する。 ○実験方法、準備するもの、観察の仕方、結果のまとめ方などについて班で話し合う。	[関心・意欲・態度] ・自ら決めた課題を意欲をもって解決しようとする。 [科学的な思考] ・実験方法を自ら考えたり、工夫して課題を解決することができる。
	実験の実施	工夫して実験を進める。	○実験計画書に従って実験方法や、準備などを班で確認	[技能・表現] ・実験器具を正しく扱え

4 ・ 5			し、自主的に実験する。 ○実験を進めるに当たって必要な実験を追加して行う。	る。 〔知識・理解〕 ・化学変化が起きる時、熱の発生や吸収、電気、光などが発生することが分かる。
6	実験のまとめ	データ処理をし、規則性などを見つける。	○実験結果について考察し、化学変化とエネルギーについてわかったことをまとめる。 ○発表会の準備をする。 ○実験結果を他人にわかるように工夫してまとめる。	〔科学的な思考〕 ・実験結果から、規則性を見いだすことができる。 〔技能・表現〕 ・実験結果をわかりやすく整理できる。
7	発表	理科係が中心になり、発表会を行う。	○班ごとに実験結果を発表する。 ○自分の班以外の発表を聞き、結果をメモしたり、発表について相互評価を行う。	〔技能・表現〕 ・自分の考えをわかりやすく発表することができる。
8	まとめ	化学変化におけるエネルギーについて理解する。	○前回の発表会の内容を中心に化学変化におけるエネルギーについて理解する。 ○化学変化によるエネルギーは私たちの身近で使われていることを理解する。	〔知識・理解〕 ・化学変化が起きている時エネルギーは他の形態のエネルギーに転換することがあることを理解できる。 ・日常生活の中で私たちは化学変化によって発生するエネルギーを使っていることを理解できる。

(3) 授業実践

第1校時：問題の発見

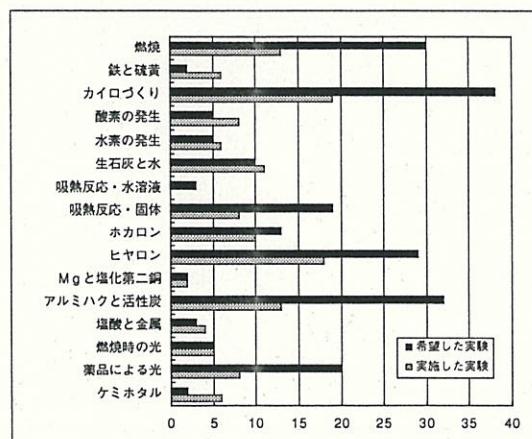
探究する課題を決める導入実験として、化学変化と熱の出入りの関係に気付くような二つの実験を取り上げた。熱が発生する実験としては、エタノールの燃焼時の温度の測定、温度が下がる反応としては、身近なものである酢と重曹を混ぜ合わせる実験である。酢と重曹の実験では、冷たくなることが実感できるように指でかき回した。

第2校時：課題の設定

塩化銅水溶液とマグネシウムリボンの反応によって豆電球がつく実験を演示し、化学変化が起きるとき電気のエネルギーが発生することにも気づいた。この実験や導入実験から共通することや異なることについて話し合い、化学変化が起きるとき、熱、電気、光などが発生することに気づくこ

とができ、これを探究していく課題とした。

次に熱エネルギー、電気エネルギー、光エネルギーのどれに取り組みたいか希望をとって、班を作った。班は原則として男女混合にし、人数は3～4人とした。生徒が希望した実験、実際に実施した実験は次の通りである。



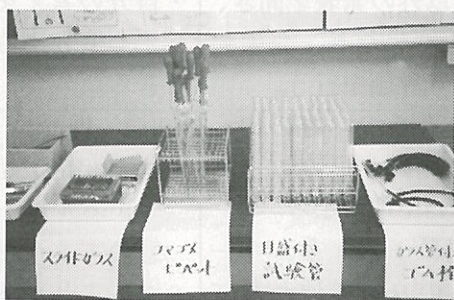
第3校時：実験の計画

実験計画書を、教材・教具の工夫で作成した実験プリントを参考にして各自が作った。プリントを写すのではなく、自分たちの課題を追究するためにはどのようにしたらよいか考え、計画を立てるよう注意した。

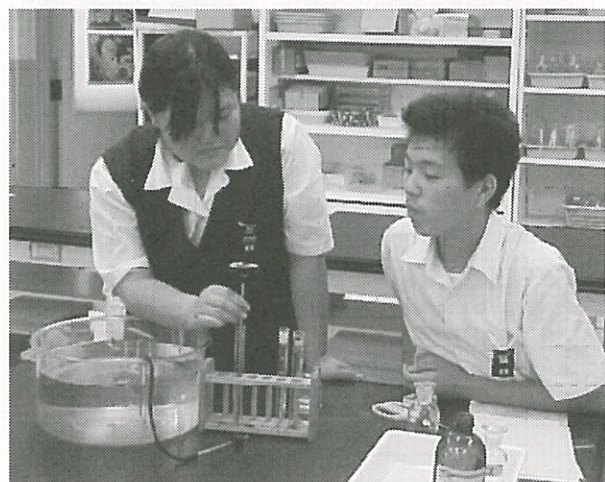
実験手順が一目で分かるように図などを使ってまとめることを心がけていた生徒もいた。班で、準備するもの、前もって調べておくことなどについても相談し、事前準備を行った。

第4・5校時：実験の実施

実験をするに当たって、生徒が活動しやすいように教室環境を整えた。実験基礎操作法を掲示したり、実験器具は名前を付けて並べた。



廃液の処理についてもわかりやすいように指示した。このように教室環境を整えることによって、生徒は必要なものを自分で捜して自主的にそして班員同士協力して実験することができた。生徒の感想にも、「始め何をしてよいか分からなかったが、気がついてみたら、こういう実験をしようなどと言っていた。」などがあげられ、試行錯誤を繰り返しているうちにやり方がわかり、考えていくことが楽しくなってきたようであった。また、友達の意見を聞いたり、実験方法を工夫したりと積極的に活動していた。注意点としては、今



回はエネルギーを実感できるような実験を行ったので、熱などの反応が比較的激しいものが多かった。けがをしないように注意すること、また班によって探究していることが異なるのでそれぞれの班が何をやっているかよく見て、適切なアドバイスをする必要がある。

第6校時：実験のまとめ

各自実験結果をまとめ、実験レポートを作成した。この他に班員で協力して発表会の準備を行った。発表する手順を示したプリントを配布し、発表原稿をきちんと書くように指導し、点検した。発表方法についても、演示実験を行ったり、ビデオや教材提示装置など視聴覚機器を活用するように工夫させた。

第7校時：発表会

発表会は理科系の司会で行い、生徒のたちで運営するようにさせた。

電池づくりを演示実験したり、前もって作っておいた花火やホカロンを実際に他の班の生徒に試してもらったりした。また、表現方法も一方的に発表するだけでなく、クイズ形式にするなどし、発表者と聞いている生徒が一緒に実験について考えている雰囲気があった。

友達の発表に対してどのように思っているか内容、発表態度などについて相互評価を行った。

第8校時：まとめ

発表会での情報を元に、化学変化とエネルギーについて話し合った。発表会の情報交換で生徒は、化学変化が起きるとき、熱、電気、光が発生することが理解できた。また、日常生活で化学変化のエネルギーを使っていること、エネルギーが転換していることについても意見が出された。化学変化とエネルギーの関係について深めると同時に、今まで以上に興味や疑問を持ち、考えることができるようになったと感じた。

5 研究のまとめ

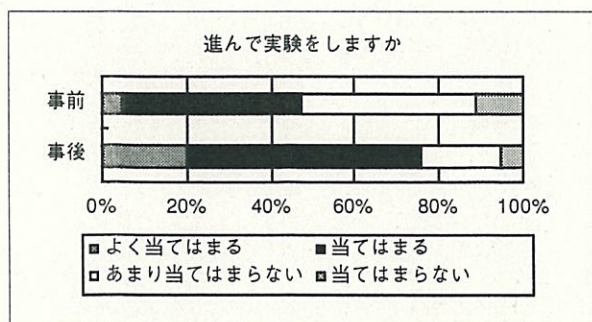
(1) 探究活動について

授業の様子を見ると、生徒は身近な化学変化を題材にした探究活動の中で、自ら調べたい課題に取り組み、色々と実験方法を工夫し、意欲をもつ

て活動していた。

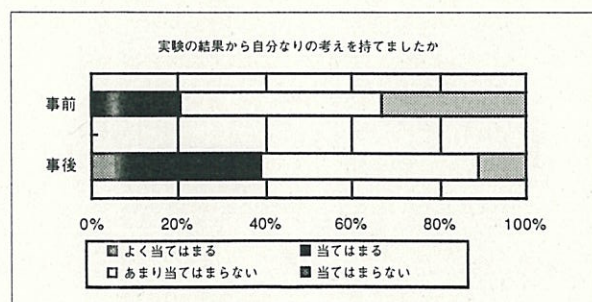
生徒の意識を事前、事後で調査したところ、次のような結果が得られた。

①進んで実験をしますか？



進んで実験を行うと答えた生徒が増え、探究活動を通して、生徒は実験に対して意欲的に取り組むようになってきたといえる。

②実験結果から自分なりの考えを持てましたか？



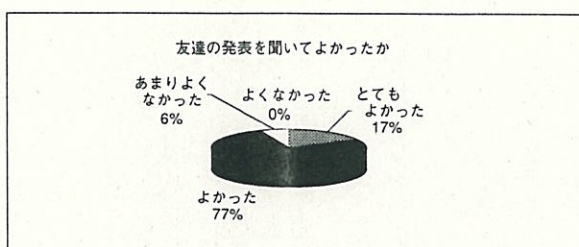
「自分なりの考えがもてるようになった」と答えた生徒が21%から39%と若干であるが増えた。

今回の探究活動を通して、生徒は自ら考え実験し結果を出し考察する。そしてまた考え意見を交換したりし、再度実験して結果を考察する。このような過程を通して、理論的に考えていくことのおもしろさを実感することができた。探究活動を理科の授業に取り入れることは、自ら問題を見つけ、試行錯誤しながら自分で考え解決していくなどの問題解決能力の育成に有効であるとともに、生徒の興味・関心を高め、科学的な見方や考え方を身につけていく上でも効果があることがわかった。

(2) 発表会について

発表会について、生徒の意識を事後に調査したところ、友達の発表に対しては、94%の生徒が「聞いてよかった」と答え、友達がやったことに

対して興味をもてたことがわかる。



発表会をすることは、情報を共有化するだけでなく、発表するための準備をすることで自分たちが行った実験をもう一度振り返ることができ、深く理解することにつながった。また、発表方法を工夫させることによって、発表者と聞き手一体になれば、興味・関心が高まった。

(3) エネルギーについての見方や考え方の変容

エネルギーに対するイメージについて生徒に聞いて見ると、今回の探究活動を取り入れた授業を通して、エネルギーについて次のようなことがわかってきたと考えられる。

①「熱」「電気」「光」はエネルギーの一種であり、エネルギーには色々な形態があること。

②自分達が日頃使っている電気も化学変化による熱のエネルギーによって作られているなど、エネルギーは異なる形態のエネルギーへ移り変わることができること。

③化学変化は身近に起こっている現象であり、私たちは化学変化によるエネルギーを使って生活していること。

今回行った身近な化学変化を用いてエネルギーについて生徒自らが探究していく過程の中で、今まで以上に、エネルギーを身近なものと感じることができるようになり、エネルギーについての興味や関心が高まったと考えられる。

6 今後の課題

新学習指導要領での、3年生「物質と化学反応の利用」の単元で、このような探究活動を取り入れた授業を実施し、化学エネルギーから力学的エネルギーへの転換にも注目し、エネルギーを転換させていく装置などの作成につなげていきたい。

目的意識をもって主体的に実験を行う課題解決学習

—— みかんの皮の利用法を探究する ——

港区立青山中学校 高 橋 美由紀

目的意識をもって主体的に行う課題解決学習を行い身近な素材を用いた実験をすることで、科学的に調べる能力と態度を育て、日常生活と関連づけてとらえさせることができるのではないかと考えた。そこで、主体的に学習活動を行えるような授業展開や教材についての研究を行った。

第Ⅰ章 研究のねらいと構想

1 研究の動機

激しく変化している現代社会で生きていく生徒たちにとって、学習のあり方も変化しているのではないかと思う。意欲的に観察・実験を行っているが、「何のために」観察・実験を行うのか、「日常生活で何の役に立つのか」ということに疑問をもっている生徒は多い。今までのように、知識を詰め込んでいけば生きていける社会ではない。生徒一人一人が社会の変化に柔軟に対応し、自ら考えて主体的・創造的に生きていくことができるように、生徒の視点から観察・実験を見直すことが大切であると考えた。

2 研究のねらい

- ①生徒が自分で課題を見つけ、その解決を図る学習展開の工夫
- ②身近な素材を利用し、日常生活と関連のある教材の工夫
- ③情報収集や発表活動を通してコミュニケーション能力を育成し、理解を深める工夫

第Ⅱ章 研究の方法と内容

1 学習展開の工夫

この学習は、日常生活の中から生徒が自分たちで課題を見つけたことから始まった。そこで、実験などの解決方法を自分たちで考えて実行し、試行錯誤をくり返しながらか解決する課題解決学習を行うことで「目的意識」をもった主体的・意欲的な学習ができるよう学習展開を工夫した。この題材の学習計画や展開は教師から与えたものではなく、学習を進めながら生徒たちとともに考え、実施したものである。

(1) 工夫した点

- ・できるだけ教師が課題を与えないようにした。
- ・生徒が自分たちで課題を見つけることができるようにした。
- ・調べ方や器具を生徒に考えさせ、必要に応じて助言した。生徒の発想で様々な器具が必要になるので、できるだけ準備しておく。
- ・失敗をおそれず理由を考え、失敗から学ぶことができるようにした。答えが1つではないので、ねばり強く取り組むことができる。
- ・日常生活で試すことができるようにした。

(2) 学習の流れ

課題を見つける→課題→事前調査→実験→考察→表現→評価

- ・生徒の興味・関心によって課題は無数にあり、同じ課題でも解決するための観察・実験は生徒によって違ってくる。そのため、生徒は「自分の課題」という意識をもち、主体的・意欲的に取り組むことができる。
- ・グループ活動を取り入れ、それぞれの意見を大切にしながら話し合い、協力しながら課題を解決できるようにした。

2 教材の工夫（みかんの皮を使った教材）

(1) 製作に当たって

「みかんの皮」という身近な素材を使った日常生活や環境保全と関わりのある実験を生徒たちが考えて行うことにより、理科を生活に役立つものとしてとらえさせることができ、生徒の興味・関心を高めることができるようにした。

(2) みかんの皮を使った教材

- ①「みかんエタノール」（平成12年 選択理科）
ア 準備するもの

1. みかんの皮（夏みかん、オレンジなど柑橘系なら何でも良い。）

2. エタノール (99.5%) 3. はさみ
4. ペットボトル

イ 作り方

1. みかんの皮を細かく刻み、直射日光が当たらない風通しの良い場所で乾燥させる。
2. 1. をペットボトルに入れ、エタノールを入れてフタをしめる。
3. 1週間ほど置き、みかんの皮の油がエタノールに溶けたらできあがり。

②「みかん石けん①」(平成12年 選択理科)

ア 準備するもの

1. みかんエタノール 3cm³ 2. 水 10cm³
3. 水酸化ナトリウム 1.3g
4. ステアリン酸 5g 5. ビーカー
6. 湯せんなべ 7. 三脚
8. 金網 9. ガスバーナー

イ 作り方

1. みかんエタノール3cm³と水10cm³水酸化トリウム1.3gをビーカーに入れ、よく混ぜながら湯せんで15分程度加熱する。
2. 全体が白くなり粘りがでてきたら、ステアリン酸5gと水少量を加え、エタノールのにおいがなくなるまで加熱する。
3. 加熱後、冷えてから飽和食塩水を入れてかき混ぜ、ろ過して水で洗い流すと石けんが残る。

(3) みかんの皮を使った教材の利点

- ・ 入手しやすい ・ 安い (もらえばタダ)
- ・ 身近である ・ 利用法が無数にある
- ・ 環境問題(ゴミ減量・リサイクル)に発展できる
- ・ 生徒の個性や目的意識に応じた展開が可能
- ・ 作った物が日常生活で利用できる
- ・ 1つの利用法を、さらに発展させてより良い物を作ることができる
- ・ 一般の人にも興味をもってもらえる

3 コミュニケーション活動の工夫

教師の支援だけでなく、全校生徒や栄養士さん、給食主事さんなどにも協力してもらった。また、インターネットや電話など様々なメディアを利用して、校外の企業や研究所の方とコミュニケーションすることにより、解決方法を考えるための情報収集や、研究の成果を表現する能力の育成を図るように工夫した。

(1) 情報収集のために利用したメディア

- ・ まわりの人 ・ 図書 ・ インターネット
- ・ 電話 ・ デジタルカメラ ・ デジタルビデオ
- ・ 企業や研究所の方

(2) 表現するために利用したメディア

- ・ パソコン (文章作成・表計算・ビデオ編集)
- ・ デジタルカメラ ・ デジタルビデオ
- ・ レポート ・ 作文
- ・ イラスト ・ ビデオ作品

(3) コミュニケーションした相手

- ・ 教師 ・ 選択理科の生徒 ・ 全校生徒
- ・ 栄養士さん ・ 給食主事さん ・ 家族
- ・ 企業や研究所の方 ・ 作品を見て下さった方々

第Ⅲ章 授業研究

1 学習内容

「みかんの皮の利用法」

2 目標

- (1) 自然の事物・現象に対する関心を高める。
- (2) 目的意識をもった観察・実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てる。
- (3) 自然の事物・現象についての理解を深める
- (4) 科学的な見方や考え方を養う。

3 学習の流れ

課題を見つける→課題→事前調査→
実験→考察→表現→評価

4 評価

- (1) 自然事象への関心・意欲・態度
 - ①「みかんの皮の利用法」について自分なりの着眼点を持ち、課題としてとらえることができる。
 - ②自分で決めた課題の解決方法を考え、意欲的に追求することができる。
 - ③「みかんの皮」の利用法を考え、日常生活に役立てることができる。
- (2) 科学的な思考
 - ①目的にあった実験方法を自分で考えたり調べたりして、課題を解決することができる。
 - ②実験の結果をもとに、なぜそうなったのか理由を考えることができる。
- (3) 観察・実験の技能・表現
 - ①適切な器具を利用し、実験を安全に行うことができる。

②実験結果をわかりやすくまとめ、考察することができる。

③いろいろな表現手段を使い、自分の考えを発表することができる。

(4) 自然事象についての知識・理解

①日常生活のどのような場面で「みかんの皮」が利用できるか、説明することができる。

②「みかんの皮の利用」について、環境保全の視点で説明できる。

5 授業実践

〈実践1：平成12年 3年選択理科〉

(1) ねらい

①生徒が自分たちで見つけた課題について、自分たちで試行錯誤しながらどこまで解決していくことができるか検証する。

②目的意識をもって主体的に実験を行うための支援のしかたを検証する。

③この学習によって、どのような資質・能力が育成されるか検証する。

(2) 学習の流れ

《プロジェクト1》

みかんの皮には汚れを落とす効果があるか？

課題① → 事前調査 → 実験①②③ → 考察 → 表現①②③ → 評価 → 課題②の計画

《プロジェクト2》

みかんの皮が汚れを落とす理由（わけ）

課題② → 調査①② → 実験①②③ → 調査③ → 実験④ → 考察 → 表現 → 評価 → 課題③の計画

《プロジェクト3》

研究を再現してビデオを作る

課題③ → まとめと自己評価 → 表現①② → 評価

(3) 評価

①教師による評価（資質・能力の変容）

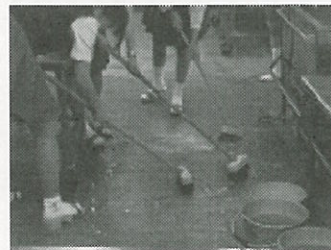
- ・ 課題の設定 → 発想力、問題を見つける力、関心・意欲、探究心、知的好奇心
- ・ 調査 → データ収集能力、データ処理分析能力、判断力、探究心、コミュニケーション能力、表現力
- ・ 実験 → 解決方法を考える力、予測する力、実験操作技能、科学的思考力、ねばり強く追求する力、持続力、知識・理解、判断力
- ・ 表現 → 表現力、情報発信能力、関心・意

欲、協調性

②自己評価

・「みかんの皮」という普段捨てているようなものでも石けんを作って有効利用できるということを知った。環境について考えることの大切さが良くわかった。

・調べれば調べるほど謎が増えてきた。でも、調べているとき、楽しいと感じる事が何回もあった。



・たくさん実験をしたり資料を探したりするのは大変だったけれど、とても楽しくもあった。

・たくさんの人に協力してもらえて、つくづく世の中の人々は親切だと思った。

③相互評価

・仲間の一人が、「みかんの皮」で汚れが落ちる事を発見したのはすごい。

・仲間と協力しあうと必ず何か良い事が起こる。

④表現したものに対する評価

・「子どもメッセージ」で発表を聞いてくれた小学生が、作文を送ってくれた。

・「環境に関する自主研究」で、区役所ロビーに展示してあったレポートを偶然見た方が、トウモロコシを使った植物系クリーナーを持って学校に来て下さった。

・ホームページで知り、電話で質問に答えていただいた徳島の方から、研究成果の問い合わせがあった。

・ビデオを見た保護者の方から、活動のようすや子どもの成長が良くわかったというご意見をいただいた。

〈実践2：平成14年 3年選択理科〉

(1) ねらい

・より多くの生徒を対象に「みかんの皮の利用法」を考えさせ、同じテーマから導き出される課題の多様性とその解決方法を検証する。

(2) 学習指導計画

《みかんの皮の利用法》（6時間）

第1時みかんの皮の利用法

- ・利用法について話し合う。
- ・利用法を調査する。（アンケートやインタビュー、インターネットなど）

・みかんの皮を使った実験を考えてくる。

第2時 みかんの皮を使った実験の計画を立てる

- ・みかんの皮のどの部分を利用し、何を作るか、班で話し合う。
- ・実験に使う器具、薬品、道具などを考え、次回持ってくる。

第3・4時 みかんの皮を使った実験を行う

- ・自分たちで考えた方法で実験を行う。
- ・うまくいかないときは班で話し合い、実験方法を修正する。
- ・実験結果をまとめる。

第5時 実験のまとめ

- ・自分たちで実験結果について考え、話し合う。
- ・本やインターネットなどで調べる。
- ・考察する。
- ・実験結果をレポートや模造紙にまとめる。

第6時 実験結果の発表

- ・レポートや模造紙、製作したものなどを使い、班ごとに発表する。
- ・質問に答える。
- ・他の班の結果を聞き、質問する。

(3) 生徒が考えて実施した課題

1 香りを利用する

①課題 インテリアにも最適?! アロマキャンドルを作って香りを楽しみいやされよう

目的 香りを楽しみいやされよう。

方法 グレープフルーツの皮を半分に切り、中身を取り出す。半分は容器に、半分はおろし金ですりおろし、クレヨンと一緒に溶かしたロウに混ぜる。皮の容器に入れて固める。

②課題 みかんで香水を作る

目的 フレッシュなみかんそのままの香りを楽しむ。

方法 みかんの皮をちぎり、お湯に入れて煮込む。

③課題 みかんの皮を香水に変えよう!

目的 使い道のないみかんの皮を、香水に変えてみましょう。みかんの皮は良いにおいがしそうだし、とってもいい香水になるはず。

方法 おろし金でみかんの皮を細かくする。ビーカーに入れて、エタノールと水を加える。湯せんで加熱し、ろ過する。

2 汚れ落とし効果を利用する

①課題 みかん洗剤

目的 洗剤とみかん洗剤とで、どちらがきれいになるか実験する。

方法 みかんの皮を粉状にしたものを洗剤に入れる。水でうすめ、汚れたぬいぐるみを洗う。

3 食品にする

①課題 みかん茶を作る

目的 飲めるみかん茶を作ろう。

方法 キンカンの皮をむき、乾燥させて細かく切る。急須に入れ、お湯を注いで香りを出す。

4 色や形を利用する

①課題 みかんの皮で蚊取り線香を作る

目的 みかんの皮で蚊取り線香が作れるか調べる。

方法 みかんの皮をアルミホイルで包み、ガスバーナーで加熱して炭にする。水で溶かした糊を少し加え、炭を固める。

(4) 授業のようす

「自分たちの課題」という意識があったため、主体的・意欲的に取り組んでいた。グループごとに課題がちがうため、掲示物を作るときに、わかりやすく伝える工夫をしていた。時間が少なかったため発表会ができなかったが、お互いに掲示物を見て情報交換していた。

(5) 授業の考察

多くの生徒を対象に「みかんの皮の利用法」を考えさせることができたので、同じテーマから予想以上の多様な課題と解決方法で実験を行うことができた。

〈実践3：平成14年 2年選択理科〉

(1) ねらい

①実践1・2の結果を生かし、生徒とともに目的に応じた学習指導計画を作成する。

②生徒に事後アンケートを実施し、目的意識をもって主体的に実験を行うことができたか検証する。

③SD法を利用し、学習の前後で「みかんの皮の利用法」についてのイメージの変化を測定し、情意面での有効性を検証する。

A班 《みかんエタノールでペットボトルロケットを飛ばす》

第1時 《みかんの皮の利用法》

- ・利用法について話し合う。
- ・利用法を調査する。(アンケートやインタビューなど)
- ・みかんの皮を使った実験を考えてくる。

第2時 《実験の計画を立てる》

- ・みかんの皮のどの部分を利用し、何を作るか班で話し合う。
- ・実験に使う器具、薬品、道具などを考え、次回持ってくる。

第3～5時 《みかんエタノールを燃料にしたペットボトルロケットを飛ばす実験》

- ・みかんエタノールを蒸留し、出てきた液体を調べる。
- ・みかんエタノールをスプレー容器に入れてペットボトルの中に吹き付け、酸素を混ぜて燃料にする。
- ・ペットボトルのフタに直径5mmの穴をあけ、火をつけて飛ばす。
- ・工夫しながら発射台を作り、飛距離をのばす。

第6～7時 《実験のまとめ》

- ・自分たちで実験結果について考え、話し合う。
- ・考察する。
- ・実験結果を模造紙にまとめる。

第8時 《実験結果の発表》

- ・模造紙、製作したものなどを使い、班ごとに発表する。

B班 《みかんの皮で食品・香水を作る》

第1～2時はA班と同じ。

第3時 《オレンジピールを作る》

- ・みかんの皮を刻んで鍋に入れ、砂糖と水を入れて加熱する。水が少なくなるまで煮つめる。
- ・先生、主事さんに試食してもらい、感想を聞く。

第4時 《オレンジティーを作る》

- ・オレンジピールが固まってしまったので、紅茶
- (2) 学習指導計画(8時間)
- ・オレンジティーを鍋に入れ、煮つめて飴を作る。
- ・友達や先生に試食してもらい、感想を聞く。

第6時 《みかん香水を作る》

- ・グレープフルーツの皮の白い部分を取り除き、黄色い部分を水に入れて加熱する。
- ・香りの成分がお湯の中に溶け出すと香水になる
- ・第7～8時はA班と同じ。

C班 《みかん石けんを作る・みかんの皮の利用法》

第1～2時はA班と同じ。

第3時 《「みかん石けん」を作る実験》

- ・自分たちで考えたいろいろな汚れに「みかん石けん」をつけて、汚れが落ちるか調べる。
- ・普通の石けんや合成洗剤と比べてみる。
- ・実験結果をまとめる。

第4時 《実験の計画を立てる》

- ・みかんの皮のどの部分を利用し、何を作るか班で話し合う。
- ・実験に使う器具、薬品、道具などを考え、次回持ってくる。

第5～6時 《みかんの皮を使った実験を行う》

- ・自分たちで考えた方法で実験を行う。
- ・うまくいかないときは班で話し合い、実験方法を修正する。
- ・実験結果をまとめる。

第7～8時はA班と同じ。

(3) 授業の考察

柔軟な発想で、意欲的に取り組んでいた。結果がすぐに予測できないため、試行錯誤しながら積極的に取り組んでいた。失敗を重ねるごとに実験方法を考え、工夫しながら時間をかけて取り組むことができた。選択教科の利点を生かし、生徒の目的に応じた学習指導計画を作成することができた。今回は8時間で行ったが、もっと時間をかけて行いたいという生徒が多かった。

また、多様な実験方法を考えるために、基礎・基本の大切さが実感できた。2年生の場合、知識や経験が不足していることから充分な考察を行うことは難しいが、関心・意欲を高めることができれば、今後の学習と関連づけることができる。

〈実践4：平成14年 科学部3年〉

(1) ねらい

①生徒が自分で見つけた課題について、試行錯誤しながら時間をかけて取り組み、どこまで発展させることができるか検証する。

②目的意識をもった主体的な実験を継続的に行うための支援のしかたを検証する。

(2) 学習展開 《みかん石けんを改良する》

①オルトケイ酸ナトリウムを使った「みかん石けん」を作る

・強いアルカリ性の水酸化ナトリウムを使っていた「みかん石けん」を、より安全なもので作ることにした。さらに、廃油をリサイクルした。

・改良版「みかん石けん」の作り方

1. ビーカーに水25mlとオルトケイ酸ナトリウム10gを入れて混ぜる。みかんエタノール20mlを加えて湯せんして加熱する。
2. 廃油50mlを少しずつ加えて湯せんし、加熱しながら混ぜる。
3. 白っぽくなってきたら型に入れて1ヶ月間熟成させて使う。

②「液体みかん石けん」を作る

・固形のみかん石けんは溶けにくいので、お湯で溶かして「液体みかん石けん」を作った。

1. 固形の「みかん石けん」をビーカーに入れ、お湯を加え、湯せんして加熱する。
2. 石けんが溶けたら、500mlのペットボトルに入れ、500mlになるまで水を入れて完成。

・「液体みかん石けん」は石けんの分子が小さくなって均等に散らばるため、固形の石けんよりも広い面積で汚れを包むため、汚れがよく落ちるのではないかと考えた。

③「みかん石けん（固形）」と「液体みかん石けん」の比較

- ・たくさんの人に「みかん石けん」を使ってもらい、汚れ落とし効果について調べた。
- ・液体の方が使いやすいことがわかった。
- ・ほとんどの人が普段合成洗剤を使っているが、「みかん石けん」の方が安心して使ってもらえることがわかった。

④「灰みかん石けん」を作る

- ・TV番組で「タバコの灰で油污れが落ちる」というのを見て、オルトケイ酸ナトリウムの代わりに灰を使って、安全性を高めたいと考えた。
- ・「草木灰」「桐灰」「新聞灰」で石けんを作った。
- ・タバコのヤニがついたプラスチック板や、ラー油、油性マジックが落ちるか実験し、市販の食器用洗剤と比較した。
- ・「灰みかん石けん」「液体みかん石けん」はすべての汚れをよく落としした。特に「草木灰みかん石けん」が一番汚れ落とし効果が高かったのは、炭が入っているからではないかと考えた。

⑤「炭みかん石けん」を作る

- ・「液体みかん石けん」に炭を入れ、「炭みかん石けん」を作った。炭はシュレッターにかけたわら半紙を燃やして作った。
- ・今までの「みかん石けん」の中で、一番汚れが

よく落ちた。炭には吸着作用があるためではないかと考えた。

- ・「液体みかん石けん」「炭みかん石けん」食器用洗剤で汚れ落とし効果を比較すると、2つの「みかん石けん」は、食器用洗剤よりもマジックやタバコのヤニをよく落とすことがわかった。コーヒーはどれもよく落ちた。

第Ⅳ章 研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

生徒たちが「みかんの皮の利用法」という課題を自分たちで見つけ、「みかん石けん」の作り方などの実験方法を考えるような学習展開を工夫することで、目的意識をもって主体的に実験を行う課題解決学習を行うことができ、科学的に調べる能力と態度を育てることができた。

また、「みかんの皮」という身近な素材を使った日常生活や環境保全と関わりのある実験を行うことにより、生徒の興味・関心を高めることができ、理科を生活に役立つものとしてとらえさせることができた。

さらに、解決方法を考えるための情報収集や、研究の成果をレポートやビデオにまとめて発表する活動を通して、たくさんの人たちとかかわりあうことにより、コミュニケーション能力を育成し、理解を深めることができた。

2 今後の課題

今回の学習は、生徒の偶然の発見によって始まったものであり、それをもとに様々な実践を行って見たが、十分な学習指導計画が完成したとはいえない。また、必修と比べて、選択理科で生徒が「目的意識」をもって主体的に行えるような課題解決学習の事例は少ない。

そこで、このような学習が計画的に行えるような学習展開と教材の工夫を行い、「目的意識」をもった観察・実験ができるような課題を生徒とともに見つけ、さらに研究を続けていく必要がある。

【参考文献】

「資質能力を育てる 中学校理科編選択・総合的な学習」江田稔編 明治図書（2001）
「目的意識を持って主体的に実験を行う課題解決学習」高橋美由紀全中理大阪大会誌P.43（2002）

燃料電池の教材化

新宿区立西新宿中学校 小林 輝 明

身近な材料を用いて、生徒が簡単に製作でき、繰り返し安全に実験ができる燃料電池教材を開発した。この燃料電池は、気体の水素と酸素を用いて電気を発生させ、ソーラーモーターを回したり、電子メロディーを鳴らしたり、発光ダイオードを光らせることができた。

1 主題設定の理由

現代社会におけるエネルギー資源の大量消費は、今後も世界的規模で増加し、将来的にも下降することは考えにくい。また、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料については、やがては枯渇することが予想されている。

人間が将来にわたってこのかけがえのない地球上で生存していくためには、貴重な化石燃料を有効に活用していくと同時に、新エネルギーの開発を進めていく必要がある。

しかし、科学技術立国と呼ばれる我が国でも、新エネルギーに関する教材・教具の開発例は少なく、理科の授業においても、生徒が実験を通して直接新エネルギーを体験することは難しかった。

2 研究のねらい

(1) 研究の背景

環境問題の解決は、すべての人に共通の課題であり、生徒自身にも関係があることである。しかし、それを指導する際にはややもすると、環境悪化の印象付けだけに終わってしまったり、将来に対する漠然とした無力感も与えやすい。そこで、環境教育の視点からも、自然との調和を図りながら科学技術によって問題の解決をめざそうとする意欲や、将来への展望を持たせられるような教材・教具が必要だと考えた。着目したのは、新エネルギーの中で最も実用化が期待されている燃料電池である。

(2) 燃料電池とは

新エネルギーのひとつである燃料電池は、19世紀初頭にイギリスのW. R. Groveによって発見された。水の電気分解の逆の反応を利用しており、気体の水素と酸素から直接電気のエネルギーを取り出すことができる。これは、タービン

を回して発電する従来の方法とは違って、科学技術が生み出した新しい電気化学的な発電方法といえる。

本研究では、生徒が簡単に製作できる燃料電池を開発し、この装置を用いて、新エネルギーについての興味・関心を高めさせることをねらいとした。

3 研究の方法

(1) 文献調査

燃料電池の教材開発に関する先行研究を、東京都立教育研究所学校教育情報システム（トムシス）で調査した。その結果、燃料電池に関する研究は、数例あることがわかった。

しかし、調査した先行研究にはいくつかの課題があげられた。

- | | |
|-----|------------------------------|
| 課題1 | 電解液が高濃度であること。 |
| 課題2 | 装置の作成が簡単でないこと。 |
| 課題3 | 多くは電気分解をして活性化させた電極を使用していること。 |

これらの課題をふまえ、燃料電池の開発に取り組んだ。

(2) 生徒の実態調査

エネルギー資源と環境に関する36の調査項目に対して、生徒がどの程度興味・関心をもっているのかを把握するため、都内A区公立中学校4校第3学年生徒336名を対象に質問紙法で調査した。

3校の調査結果を因子分析したところ、新エネルギーに興味・関心がある集団が、3校に共通して存在することが明らかとなった。この集団は全体のおよそ25%の割合であった。

また、第2集団（全体の8%）は原子力発電、

火力発電、水力発電などの従来のエネルギーに興味・関心を持った集団であることがわかった。

以上のことから、

電気をつくること（発電）に注目させ、特に将来へ向けて新しいエネルギーについての興味・関心を高めさせる

このことを重視した指導計画を作成することが重要と考えた。

(3) 教材・教具の開発の視点

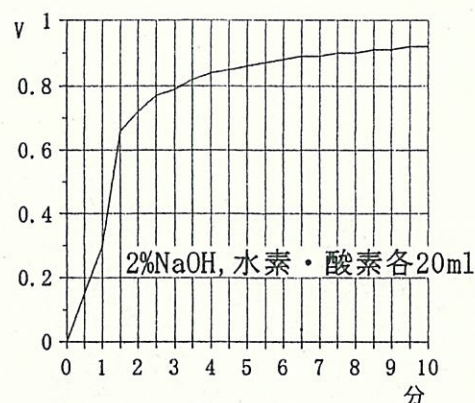
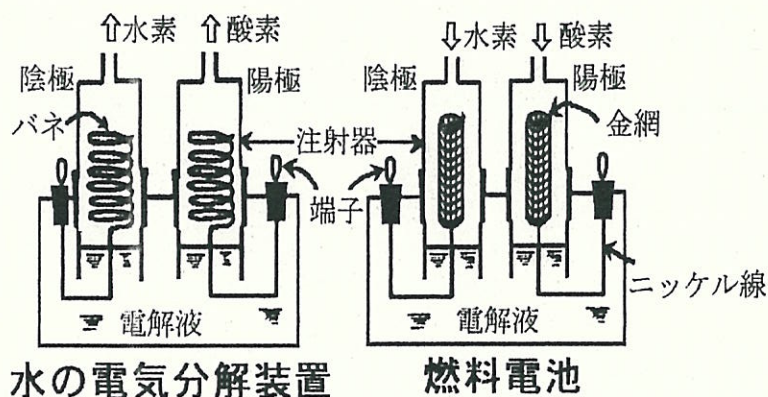
次のような視点で教材・教具の開発を行った。

1. 身近な素材を用いること
2. 構造が簡単で製作が容易なこと
3. 安全に実験ができること
4. 再現性があること。
5. できるだけ安価なこと

4 研究の内容

(1) 燃料電池の開発

電解液に低濃度のアルカリ溶液を用いた小型の燃料電池を開発した。材料には透明なプラスチック容器（タッパー）や注射器を用い、開発した水の電気分解装置と同じ形にした。触媒のはたらきをするパラジウムでメッキしたニッケル金網を注射器の筒に入れて電極とし、この電極と外部端子とをニッケル線でつないだ。電極部分に気体の水素と気体の酸素を注入すると、約1Vの起電力が得られ数分後に電圧は安定した。電子メロディーを端子に接続すると音が聞こえ、24時間以上鳴らし続けることができた。ソーラーモーターを端子に接続してプロペラを数十秒間回すこともできた。また、注入した気体が使われ、時間とともに減っていく様子が観察できた。



2%NaOHを電解液に用いて、水素・酸素を各20mlずつ注入したときの起電力の変化

この燃料電池の特徴は以下の通りである。

- ①低濃度（2%）の電解液で約1Vの起電力が短時間で得られる
- ②製作は身近な素材を使って「穴を開ける・曲げる・はめこむ」といった簡単なもの
- ③気体から直接電気が得られたことが、音や光、プロペラの動きで体感できる

あわせて水の電気分解装置も自作した。スプリングの先をのばして電極にしたものである。燃料電池も水の電気分解装置も、装置の構造や使用する電解液は、まったく同じである。電気を流して気体が発生するのが電気分解装置であり、気体を注入して電気をとり出すのが燃料電池になる。燃料電池が水の電気分解と逆の反応を利用した装置であることが容易に理解できた。

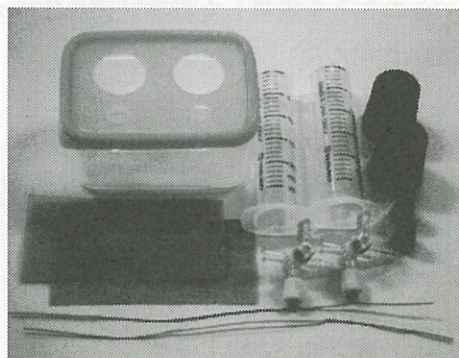


開発した燃料電池

(2) 燃料電池の作り方

燃料電池の製作に必要な材料

- ・ 200 ml タッパー、1 個 (100 円ショップで売っているものでよい)
- ・ 20 ml ディスポーザブル注射器 (プラスチック製)、2 本
- ・ ゴム栓 O C、2 個 (他のサイズでも可)
- ・ ゴム管、4 本 (内径 3 mm を 2 cm 位の長さに切ったもの、透明なシリコンゴム管が使いやすい)
- ・ ニッケル金網 200 メッシュ 5 cm × 10 cm、2 枚
- ・ ニッケル線 (太さ 1 mm 位) 10 cm、2 本 (針金でも可)
- ・ 三方活栓、2 個 (テルモ製、1 個 120 円)
- ・ 塩化パラジウム 0.05 g
- ・ 濃塩酸 0.1 ml
- ・ 蒸留水 (水道水でも可)



燃料電池の実験で使う薬品

- ・ 気体の水素 (実験用気体ボンベが便利)
- ・ 気体の酸素 (実験用気体ボンベが便利)
- ・ 水酸化ナトリウム
- ・ 蒸留水

燃料電池の製作に必要な道具

- ・ コルクボーラー (NO. 5 と NO. 12)
- ・ マグネチックスターラー
- ・ ラジオペンチ
- ・ 200 ml ビーカー
- ・ メスシリンダー
- ・ 駒込ピペット

燃料電池の実験で使う材料

- ・ ミノムシコード 2 本
- ・ プロペラつきソーラーモーター 1 個
- ・ 電子メロディー 1 個 (大和科学教材製)
- ・ 発光ダイオード 1 個
- ・ 50 ml ディスポーザブル注射器 2 本
- ・ 注射器の栓になるもの 2 個 (なくてもよい)
- ・ バット
- ・ 安全めがね



燃料電池のつくりかた

A メッキ液と電極の製作

①メッキ液をつくる

200mlの水（蒸留水、水道水でも可）に50mgの塩化パラジウムと0.1mlの濃塩酸を入れて、スターラーでよくかき混ぜる。スターラーがないときには、ガラス棒でかき混ぜ放置しておく。はじめ濁っているが、しばらくすると透明な黄色い液になる。これがメッキ液である。

②電極をつくる

ニッケル金網を5cm×10cmの大きさに2枚切る。この2枚をメッキ液に浸しておくと金網が黒く変色する。液の黄色が消えたら終わり。ニッケル金網の代わりに、スチールウール1gを丸めたものを2個入れてもよい。ただし、スチールウールは錆びるので何度も使えない。

B 本体の製作

①外部端子をつくる

ニッケル線（針金でも可）の一方をOCゴム栓に通し、先を曲げて外部端子とする。反対側はクリップのように曲げておく。

②筒部分をつくる

コルクボーラーを使って、タッパのふたに大小各2個の穴を開ける。大きい穴に注射器を通して立て、中に金網を入れる。注射器の先には三方活栓などで栓をする。小さい穴に外部端子を取り付け、クリップ部分で金網を挟んでおく。

C 電気を取り出す実験

①電解液と気体の注入

2～5%の水酸化ナトリウム水溶液200mlを容器に入れ、ふたをしていったん逆さにし、筒の上まで液を満たす。そして外部端子に電子メロディーをつなぎ音がしないことを確かめる。

水素と酸素を20mlずつ別に注射器に取っておき。電極部分に注入してふたをする。

②電気を取り出す

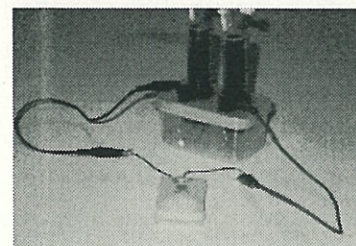
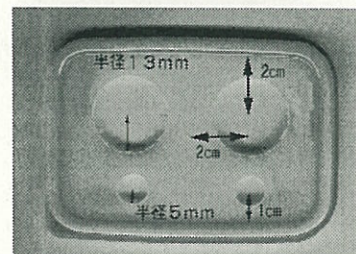
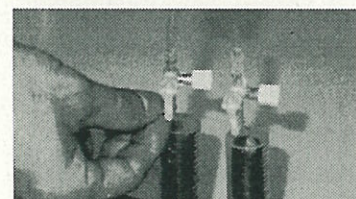
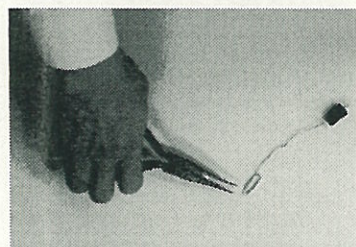
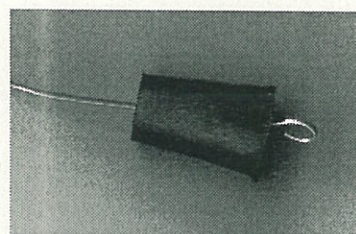
水素を注入した電極は－極になり、酸素を注入した電極は＋極になる。しばらくすると、電子メロディーの音が聞こえる。また、ソーラーモーターに接続するとプロペラが回る現象を見ることができる。

D その他

①この燃料電池装置2個を直列に接続すれば、発光ダイオードを光らせることもできる。

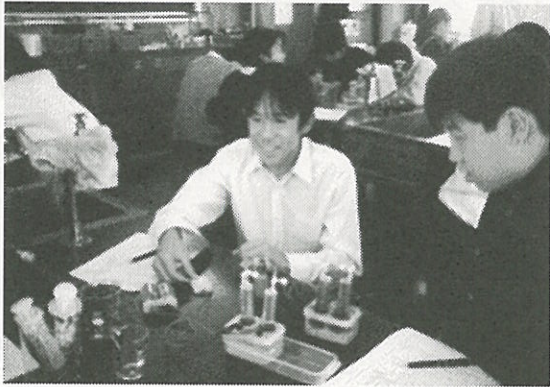
②1時間ぐらい経つと、一極側の電解液の液面が上昇してくる。このことから水素が減り燃料として使われたことがわかる。

③一極側の液面はほとんど変化しない。また酸素の代わりに空気を使っても実験できる。ただし反応はやや弱くなる。



(3) 授業実践

- ①題材名 実験－燃料電池の製作と実験－
 ②ねらい 燃料電池を製作して電気エネルギーを取り出そう

生徒の学習活動と見方や考え方	教師の働きかけ	資料
水を電気分解してみよう		
●水の電気分解実験をする。 ・水に電流を流すと水素と酸素になる。	・実験の方法を説明する。 ・短時間で終わらせる。	ワークシート
燃料電池とはどのようなものだろうか		開発した水の電気分解装置
●燃料電池とはどのようなものかを知る。 ・新エネルギーの一つなのか。 ・「水素から電気が得られるって！本当？」 ・水の電気分解の逆の反応を利用しているんだな。	・燃料電池のしくみを説明する。	
燃料電池を製作しよう		開発した燃料電池
●燃料電池を製作する。 ○装置を組み立てる。 ○電解液を入れる。 ○気体を注入する。	・装置の説明をする。 ・電解液と水素の取り扱いに注意させる。	
電気エネルギーを取り出そう		
●燃料電池の実験を行う。 ○電子メロディーを接続する。 ・「音が聞こえるよ。曲は何かな。」 ○ソーラーモーターを接続する。 ・「プロペラが回った。」 ○2個の燃料電池を直列につなげ、発光ダイオードに接続する。 ・「あっ光がついた。」 ●気づいたことをワークシートに書く。 ・「燃料の水素が減っているよ。」 ・接続を逆にするとプロペラは反対に回る。 ・2個直列にした方が音が大きい。	 ・わかったことをワークシートに記録しているか確認をする。	
新エネルギーについて考えよう		資料
●燃料電池や他の新エネルギーの長所と課題を知る。 ●自分に今できることは何かを考える。 ●授業の感想を書く。	・新エネルギーの開発努力とその課題を示す。 ・自分の生活を見直すことに気づかせる。	

③実践記録

ア、授業の導入として、水の電気分解実験を行った。水を電気によって分解すると水素と酸素に分かれることを短時間で復習させるため開発した水の電気分解装置を用いて実験を行った。装置に

2%水酸化ナトリウム水溶液を入れ、乾電池(2個を直列にしたもの)に接続させた。水素と酸素が発生して注射器部分にたまる様子が5分ほどで分かり、短時間でこの実験を終わらせることができた。

イ、続けて、水の電気分解に関連させて、燃料電池のしくみを説明した。水の電気分解の逆の反応を利用していることを強調し、開発した燃料電池の製作手順を解説した。製作は、ニッケル線にメッキした金網を止め、注射器の中に入れ、装置を組み立てるといった簡単なものである。

その後、2%水酸化ナトリウム水溶液を入れて、気体の水素と酸素を注入させた。気体の注入は手間取るのでしっかりと説明し、電解液を机の上にたらしてしまいやすいので注意が必要である。



ウ、水素と酸素を注入して電気エネルギーを取り出す実験は、すべての班（2クラス18班）で成功することができた。電子メロディーを接続すると、1分もしないうちに音が鳴り出すのが分かり、すぐにメロディーがはっきりと聞き取れた。生徒は「あっ鳴ってる鳴ってる。すごいすごい。」「やったー鳴った。」などと歓声を上げ、実験に成功した満足感にあふれる表情が読みとれた。

エ、電子メロディーを接続した後は、ソーラーモーターに接続させたり、いくつかの燃料電池を直列に接続させたりしてわかったことを記録させた。プロペラが回り、発光ダイオードが光る様子を見ているうちに、生徒の心の中に「なぜなんだろう」という疑問や「不思議だな」という驚きが生じてきているようだった。このことは、実験後の感想文からも読みとれた。

オ、30分あれば燃料電池の製作から実験まで行うことが可能であった。また、水素の使用量が少ないこと、火を使わないこと、2%という低濃度の電解液ですむことから実験を安全に進めることができた。

カ、授業の終わりに、新エネルギーの開発努力とその課題を知らせ、今、自分たちにできることは何かを考えさせた。その結果、多くの生徒がワークシートに自分の生活を見直すことや、ムダ使いをなくすことが必要と記入していた。

5 研究の成果

授業終了直後、2学級計62名に質問紙法で尋ねたところ、すべての生徒がこの実験がたいへん面白いと答えた。

燃料電池の実験は

面白かった	5		84%
	4		16%
ふつう	3		
	2		
面白くなかった	1		

・水素と酸素でなぜ電気が発生するのか、不思議でまた、ビックリした。

・今までにやってきた水を電気分解することを逆に考えるのは思いつかなかったし、2つの気体の力によって電気ができるなんて思っても見なかった。

・水素と酸素と水で電流ができてしまったのでオドロキでした。かがくってすごい。

・難しいことをやっているようだったけど、素材が身近だったのであまり難しいことをやっているようには思わなかった。

・おもしろかった。ためになる。自分もこういうことを将来やってみたいと思った。

さらに、上記のように、燃料電池の実験については、「面白い」「楽しい」「不思議」「すごい」といった言葉が感想文の中に随所に見られた。この記述やアンケート結果から、生徒が燃料電池を肯定的にとらえていることが、明確になった。また、別の質問紙によって、新エネルギーについての興味・関心も高まったことがわかった。

6 今後の課題

電気分解した電極に電子メロディーを接続すれば、一時的に音が鳴る。この現象を燃料電池とよんでいることがある。しかしこれは誤りである。燃料電池は燃料から直接電気をつくる発電装置である。電気分解をしないと電気を取り出せないのでは燃料電池とは呼べないし、生徒に蓄電池と勘違いさせてしまう。こうした誤解を解くためにも燃料電池の実験をさらに普及させたい。

7 参考文献

平成9年度 東レ理科教育賞受賞作品集

物質の微視的な見方や考え方を育てる実践的研究

— 第1学年 溶解と物質の状態変化の学習を通して —

品川区立日野中学校 山口 晃 弘

「身の回りの物質とその変化」の単元の溶解と物質の状態変化の授業を通して、生徒の微視的な見方や考え方を探るとともに、生徒の見方や考え方がどのように深まっていくのかを明らかにした。工夫の視点として有効だったのは、質量保存と体積変化について考察させることであることが分かった。

1 研究のねらい

化学的な事物・現象を微視的な見方や考え方でとらえることができるようにすることは、中学校理科における重要な目標の一つである。微視的な見方や考え方は中学校ではじめて学

表1 生徒の見方や考え方の構成を促す指導の過程

	ね ら い	方 法	
		溶 解	物質の状態変化
段階1	見方や考え方を引き出す。	食塩の水への溶解について、観察できる事象を記述させることにより、生徒の見方や考え方を引き出す。	多くの種類の物質の状態変化について、観察できる事象を記述させることにより、生徒の見方や考え方を引き出す。
段階2	見方や考え方の限界を明らかにする。	①食塩の溶解における質量保存と体積変化を調べさせる。 ②その結果について考察させ、巨視的な見方や考え方だけでは説明がつかないことに気付かせる。	①物質の状態変化における質量保存と体積変化を調べさせる。 ②その結果について考察させ、巨視的な見方や考え方だけでは説明がつかないことに気付かせる。
段階3	新たな見方や考え方を構成させる。	生徒の見方や考え方を互いに発表し、話し合うことによって微視的な見方や考え方を深める。	生徒の見方や考え方を互いに発表し、話し合うことによって微視的な見方や考え方を深める。
段階4	新たな見方や考え方を他の場合でも使わせる。	物質の状態変化について、変化の前後での現象の変化を微視的な見方や考え方で考察させる。	原子、分子のモデル化の学習等において、化学変化を微視的な見方や考え方で考察させる。

習し、その後、発展的に取り扱われる内容であり、段階的に無理なく身に付けるようにすることが望まれる。

本研究では、中学校第1学年「身の回りの物質とその変化」の単元の溶解と物質の状態変化の授業を通して、生徒の微視的な見方や考え方を探るとともに、生徒の見方や考え方がどのように深まっていくのかを明らかにすることをねらいとした。

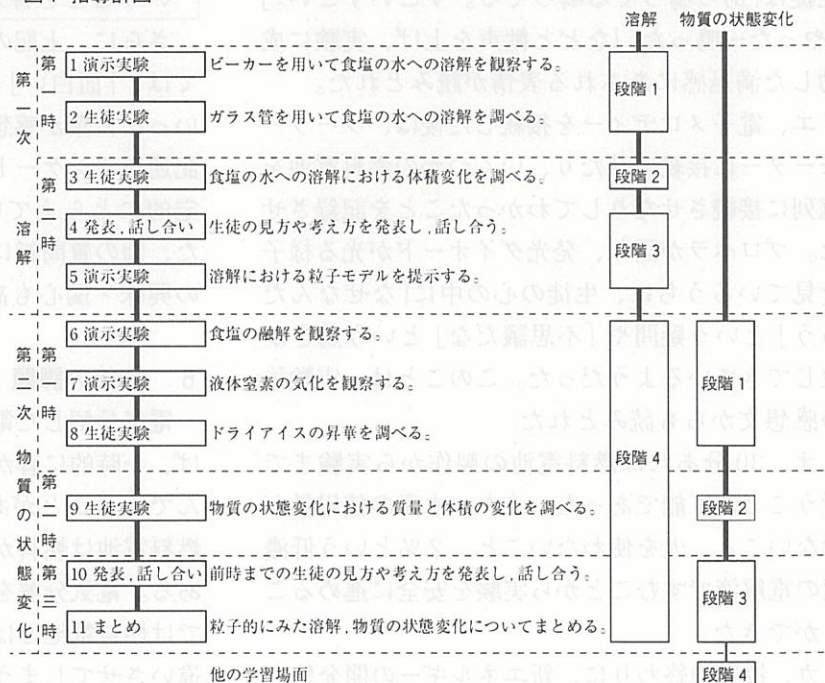
2 実践の方法と内容

(1) 指導計画の概要

原子、分子やイオンを学習する以前に、溶解や物質の状

態変化の学習において物質を微視的にとらえる見方や考え方を導入し、物質の微視的な見方や考え方を段階的に無理なく形成できるように指導計画物質の形状の工夫をした。

図1 指導計画



前頁の表1は、生徒の物質の微視的な見方や考え方の構成を促す指導の過程を、段階1から4に設定したものである。

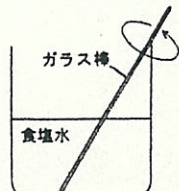
前頁の図1は、表1で示した段階1から4に基づいた指導計画である。なお、生徒実験は2人1組で行った。

(2) 観察、実験等の概要

① 演示実験「ビーカーを用いて食塩の水への溶解を観察する」

図2に示すように、水を入れたビーカーに食塩を入れ、溶解の演示実験を行う。ガラス棒でかき混ぜて食塩を水に溶解させる。

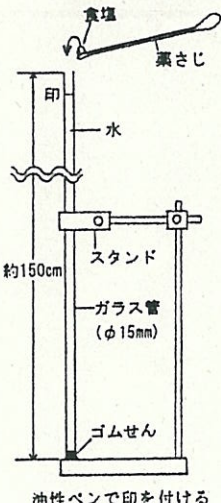
図2 演示実験：ビーカーを用いた食塩の水への溶解



② 生徒実験「ガラス管を用いて食塩の水への溶解を調べる」

図3に示すように、内径が15mm、長さが約150cmのガラス管の一方の端にゴムせんを付けて、スタンドで固定する。

図3 生徒実験：ガラス管を用いた食塩の水への溶解



ガラス管に水を入れ、水面の位置に油性ペンで印を付ける。

薬さじの小さい方の部分で食塩を一杯ずつ入れ、食塩を水に溶かす。

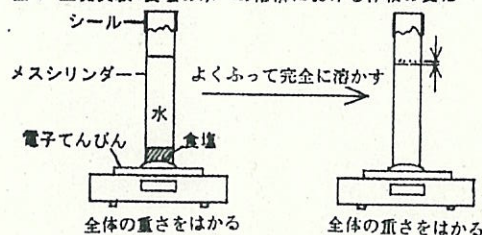
- ・食塩はガラス管の中をゆっくり沈んでいき、下から3分の1程度の部分で完全に溶解する。その際シュリーレン現象が観察できる。
- ・さらに食塩を入れていくと、しだいに完全に溶解する部分が下に近づき、ついには溶解しないままガラス管下部に食塩がたまるようになる。
- ・油性ペンで付ける印と水面との差から、水の体積がしだいに増える様子が観察できる。

③ 生徒実験「食塩の水への溶解における体積変化を調べる」

図4に示すように、食塩を入れたメスシリンダーに、食塩がなるべく溶けないように静かに水を入れた後、メスシリンダーの目盛りを読み体積を測定する。

次に、水溶液のもれを防ぐためシールをした後、メスシリンダーをよくふって、食塩を完全に溶かし、体積を測定する。

図4 生徒実験：食塩の水への溶解における体積の変化



- ・容量の異なるメスシリンダーを用意しておき、生徒に自由に選ばせる。
- ・フィルムの代わりにゴムせんでもよいが、ふったときにもれないように強くせんをする。

④ 発表、話し合い

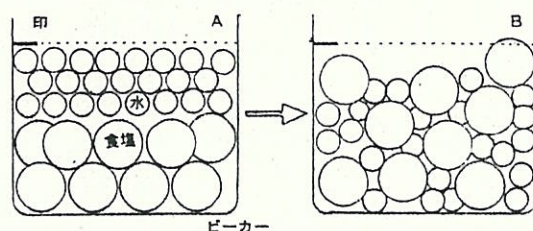
数名の生徒に自分の見方や考え方を発表させ、その内容を板書する。次に、生徒個人の見方や考え方が板書された内容のどれに近いのかを挙手で確認し、自分なりの見方や考え方をもてるようにする。

この後に、実験から得た科学的な観点(質量は変化しない、体積は変化する、食塩は溶けると見えなくなる、温度が変化すると物質が状態変化する等)を確認し、グループごとに話し合いをさせる。板書されているいろいろな見方や考え方を参考にして話し合わせる。各グループの話し合いの結果を学級全体で報告し合い、調査カードに自分の見方や考え方を記述させる。

⑤ 演示実験「溶解における粒子モデルを提示する」

図5のAに示すように、2リットル容のビーカーに大小2種の発泡ポリスチレン球を入れる。発泡ポリスチレンを詰めた上端の位置に油性ペンで印をつける。

ビーカーを揺すり、図5のBに示すように2種の球を混ぜる。



- ・2種の球を混ぜると体積は約1割減少する。体積が減少した様子は容易に確認できる。
- ・発泡スチロールの色をスプレーで色分けしておくと混ぜる過程がはっきりする。

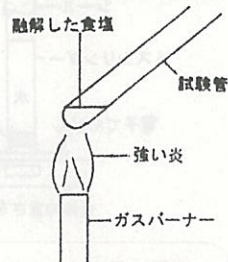
⑥ 演示実験「食塩の融解を観察する」

図6に示すように、試験管の底2cmほどの高さ

に食塩を入れ、
ガスバーナーの強い炎にか
ざし、食塩を融解する。

- ・試験管をガスバーナーの炎にかざした直後は食塩がはじけて一部飛び出すので安全面に配慮が必要である。
- ・食塩が融解している状態でマッチを試験管の外壁に当てると発火させることができる。

図6 演示実験：食塩の融解

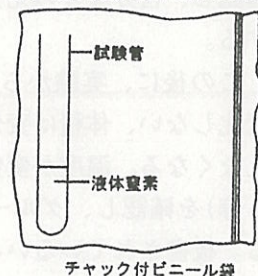


⑦ 演示実験「液体窒素の気化を観察する」

- ・液体窒素をジュワーびんに注ぐところを観察させる。
- ・ジュワーびんの液体窒素に生花やゴムボールを入れて冷却させ、液体窒素が極めて低温であることを示す。

- ・るつばさみを用いて試験管を、ジュワーびんの中に入れ、試験管に半分程度の液体窒素を取り出し、図7に示すように素早くチャック付ビニール袋に入れ、チャックを閉じる。

図7 演示実験：液体窒素の気化



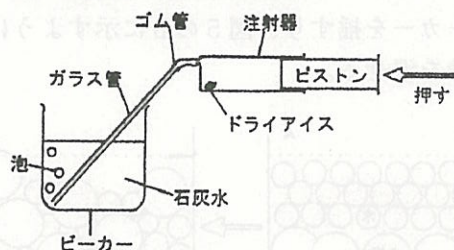
⑧ 生徒実験「ドライアイスの昇華を調べる」

- ・液体窒素が気化して、ビニール袋がふくらみだす。ビニール袋の中で、試験管の液体窒素をこぼすと気化が速まりビニール袋がふくらむのが速くなる。最終的にはビニール袋はパンと音を立てて破裂する。

ア 二酸化炭素の検出

- ・砕いたドライアイスの小片をシリンダーに入れ、ピストンを取り付け、口を指で閉じる。

図8 生徒実験：二酸化炭素の検出



注射器の中の気体を押出して、石灰水をくぐらせる

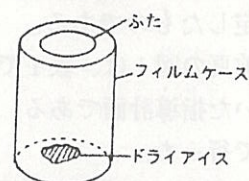
- ・図8に示すように、注射器にガラス管のついたゴム管を取り付け、ガラス管の先端は石灰水中に入れる。次に、ピストンを押し、シリンダー内にたまった二酸化炭素を石灰水をくぐらせる。

イ ドライアイスの昇華

図9に示すように、砕いたドライアイスの小

片をフィルムケースに入れ、ふたをする。

図9 生徒実験：ドライアイスの昇華



- ・フィルムケースのふたは勢いよくとぶ。顔や蛍光灯等に当たると危険であるので、安全面に配慮が必要である。

⑨ 生徒実験「物質の

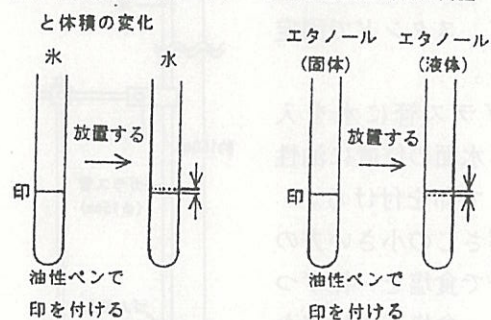
状態変化における質量と体積の変化を調べる」

アの水については全グループで実験を行い、他の物質については生徒の選択により、1グループが1種類の実験を行う。さらに、時間に余裕があるグループは2種類以上の実験を行う。

ア 水、エタノール

あらかじめ凍らせて固体にしておいた水とエタノールを試料として用いる。図10に示すように、油性ペンで試験管に印を付けて、質量を測定する。その後室温で放置し、融解させる。油性ペンで付けた印と液面との差で体積変化を調べ、再び質量を測定し質量保存を調べる。

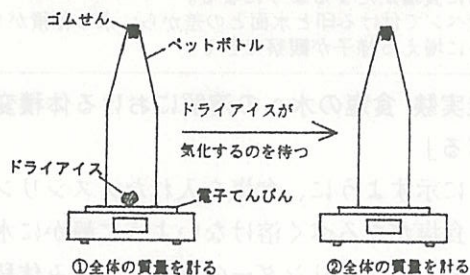
図10 生徒実験：水とエタノールの状態変化前後の質量



- ・エタノールは液体窒素中で固体にする。
- ・質量を計る際には、試験管の側面につく水滴をとるように注意を促す。

イ ドライアイス

図11 生徒実験：ドライアイスの状態変化前後の質量と体積の変化



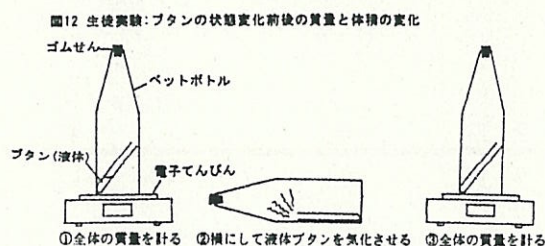
- ・図11に示すように、ペットボトルに砕いたドライアイスの小片を入れ、強くせんをする。全体の質量を測定する。
- ・室温で放置し、ドライアイスを昇華させる。

・ 再び質量を測定し、質量保存を調べる。

・ 圧力が高まり、気体が漏れて正確な測定ができなくなることがある。また、不意にせんが抜けて顔や蛍光灯等に当たると危険である。強くせんをさせるよう配慮する。

ウ ボタン

- ・ 市販のコールドスプレーから試験管に約3分の1の量の液体ボタンをとる。図12に示すように、ペットボトルに試験管ごと液体ボタンを入れ、強くせんをする。全体の質量を測定する。
- ・ ペットボトルを倒して液体ボタンを試験管の外にこぼし、気化させる。
- ・ 再び質量を測定し、質量保存を調べる



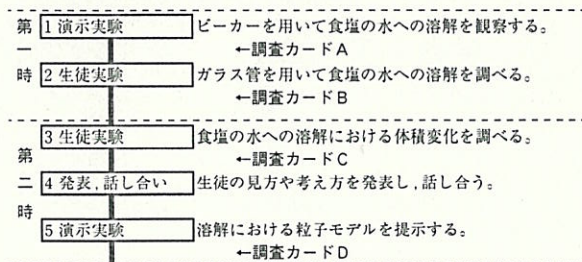
3 授業実践の結果と分析

(1) 生徒の見方や考え方の調査の方法と結果

①食塩の水への溶解に対する生徒の見方や考え方について

生徒の見方や考え方の把握は、図12に示すようなA～Dの四つの場面で、調査カードを用いて行った。調査カードに記載した発問は、次の枠内に示したもので、各回とも同じ内容で行った。

図12 溶解の授業の流れと調査カードの活用



次頁の表2は発問に対する生徒の記述内容を分類したもので、①～⑱の17種類に分類できた。

①～⑱は、生徒が記述した内容を、巨視的な見方や考え方の傾向が強いと思われるものから、微視的な見方や考え方の傾向が強いと思われるものへ大まかに並べた。その結果①～⑥は巨視的な傾向が、また⑱⑲は微視的な傾向が、それぞれ明らかであると思われる記述であり、⑦～⑱は巨視的と微視的の両面性があると思われる記述である。

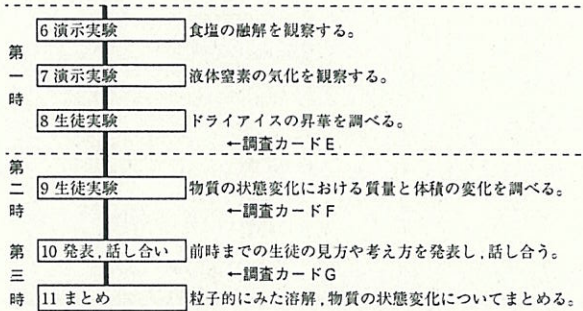
本研究では、以下①～⑥を「巨視的な記述」、⑦～⑱を「両面性のある記述」、⑱⑲を「微視的な記述」とする。

また、⑱～⑲は、授業者の意図からはずれた記述内容及び発問に正しく対応していないと思われる記述内容を回答数の多い順に並べた。

なお、調査人数は131名だった。

② 物質の状態変化に対する生徒の見方や考え方について

図13 物質の状態変化の授業の流れと調査カードの活用



生徒の見方や考え方の把握は、図13に示すようなE～Gの三つの場面で、調査カードを用いて行った。

発問「物質が状態変化をするとき、状態変化の前後でどんな違いがありますか」

調査カードに記載した発問は、各回とも同じ内容のもので行った。

表3は発問に対する生徒の記述内容を分類したもので、①～⑱の14種類に分類できた。

①～⑱は、生徒が記述した内容を、巨視的な傾向の強いと思われるものから、微視的な傾向の強いと思われるものへ大まかに並べた。その結果①～⑦は巨視的な傾向が、また⑱⑲は微視的な傾向が、それぞれ明らかであると思われる記述であり、⑧は巨視的と微視的の両面性があると思われる記述である。本研究では、以下①～⑦を「巨視的な記述」、⑧を「両面性のある記述」、⑱⑲を「微視的な記述」とする。

また、⑱⑲は、授業者の意図からはずれた記述内容及び発問に正しく対応していないと思われる記述内容である。なお、調査人数は131名だった。

(2) 調査カードの分析

調査カードA～Gの記述内容から、巨視的な記述、両面性のある記述、微視的な記述の回答率を、図14にまとめた。

① 段階1「生徒の見方や考え方を引き出す」調査カードA、B、E

溶解の学習(調査カードA、B)でも物質の状態変化の学習(調査カードE)でも、導入段階の授業では、両面性のある記述や微視的な記述はほとんどなかった。

このことから、このときに行った観察、実験だけでは生徒は微視的な見方や考え方をせず、巨視的な見方や考え方から脱しきないと思われる。

② 段階2「生徒の見方や考え方の限界を明確にする」調査カードC、F

溶解の学習(調査カードC)でも物質の状態変化の学習(調査カードF)でも、微視的な記述及び両面性のある記述をする生徒が増えた。

このことは、生徒が、段階1の巨視的な見方や考え方だけで質量保存と体積変化を論理的に説明するのは限界があることと分かったことが影響しているのではないと思われる。したがって、微視的な見方や考え方を深めるきっかけとして、質量保存と体積変化を考察させることは有効であると思われる。

③ 段階3「新たな見方や考え方を構成させる」調査カードD、G

溶解の学習では、24%の生徒が微視的な記述をしたが、それ以上の44%の生徒が「水と合体する」「液体になる」等の両面性のある記述をした。一方、物質の状態変化の学習では、93%の生徒が微視的な記述をし、物質の状態変化の方が、微視的な見方や考え方の記述をした生徒が多かった。

このことは、次の2つが要因と考えられる。

- ・溶解は二種類の物質が関わる現象であるのに対して、物質の状態変化は一種類の物質の現象であるため、微視的な見方や考え方が容易だったのではないかと。

表2 発問「食塩は水に溶けるとどうなりますか」に対する生徒の記述内容及び割合

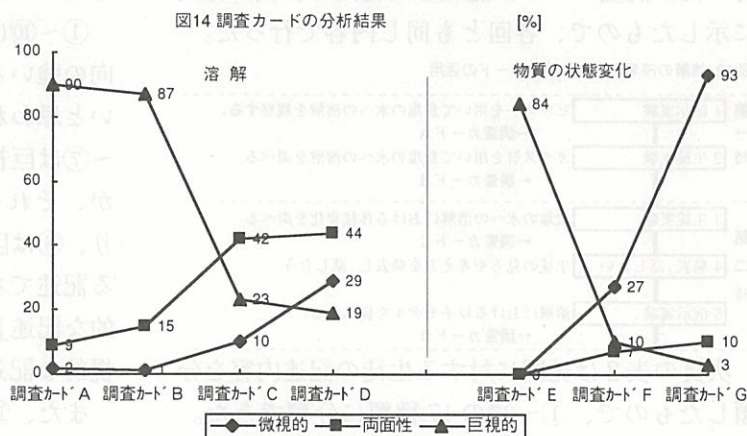
複数回答		[%]			
傾向	生徒が記述した内容	調査カードA	調査カードB	調査カードC	調査カードD
巨視的 ↑	①食塩水になる、水溶液になる	53	13		
	②見えなくなる、透明になる	29	26	12	2
	③白っぽくなる	26			
	④しよっぽくなる	16	1		
	⑤なくなる、消える	13	9	8	1
	⑥モヤモヤになる、よどむ	3	48	8	17
	⑦液体になる、水になる	7	10	20	5
微視的 ↓	⑧全体に広がる、均一になる	3		1	
	⑨水と合体する	1	5	24	40
	⑩小さい粒になる、絵で表現	2	1	10	18
	⑪すきまが減る				13
その他	⑫体積が変わる	23	52	22	
	⑬質量は変化しない、変化する	12	3	15	
	⑭温度によって溶ける量が違う	5			
	⑮そのときは溶けても、やがて食塩が沈殿する	3			
	⑯その他	2	4	5	8
	⑰無記入				6

網掛：巨視的と微視的の両面性があると思われる記述

表3 発問「物質が状態変化をするとき、状態変化の前後でどんな違いがありますか」に対する生徒の記述内容及び割合

複数回答 [%]		[%]		
傾向	生徒が記述した内容	調査カードE	調査カードF	調査カードG
巨視的 ↑	①水を例にしたたとえで表現	11		3
	②体積が違う	60		
	③温度が違う	10		
	④質量が違う	44		
	⑤かたさが違う	3		
	⑥形が違う		7	
微視的 ↓	⑦見えるか、見えないか	2	3	
	⑧絵(連続的)で表現		7	10
	⑨すきまの間隔が違う		17	83
	⑩絵(粒子的)で表現		10	37
その他	⑪溶解と混同		7	
	⑫その他	13	27	
	⑬無記入	5	23	

網掛：巨視的と微視的の両面性があると思われる記述



- ・溶解の学習において微視的な見方や考え方で現象を説明できるようになったことが、物質の状態変化の学習において生かされたのではないかと。
- 2つ目については、以下の④でさらに詳細に考察する。

④ 段階4「新たな見方や考え方を他の場面でも
使わせる」調査カードD、F

溶解の学習で微視的な見方や考え方を獲得できた生徒は、その見方や考え方を物質の状態変化の学習に生かすことができるのではないかと考えられる。そこで、溶解の学習（調査カードD）と物質の状態変化の学習（調査カードF）における記述内容を比較し、生徒の見方や考え方の変容を探った。

表4 調査カードDで微視的な記述内容をした
生徒の調査カードFでの記述内容
複数回答 [%]

生徒が記述した内容	割合*1	割合*2
⑨すきまの間隔が違う	13	56
⑩絵(粒子的)で表現	8	27

*1は回答人数全体に対する割合

*2はDで記述した生徒に対する割合

○の数字は表3による

溶解の学習でも物質の状態変化の学習でも微視的な記述をした生徒の割合を表4に示し、溶解の学習では微視的な記述をしなかったが物質の状態変化の学習では微視的な記述をした生徒の割合を表5に示した。

表5 調査カードDで微視的な記述内容をしな
かった生徒の調査カードFでの記述内容
複数回答 [%]

生徒が記述した内容	割合*1	割合*2
⑨すきまの間隔が違う	4	5
⑩絵(粒子的)で表現	2	2

*1は回答人数全体に対する割合

*2はDで記述しなかった生徒に対する割合

○の数字は表3による

表4と表5で示した割合(*2)について、生徒の記述内容の変化をまとめると図15のようになった。

図15 生徒の調査カードの記述内容の変化

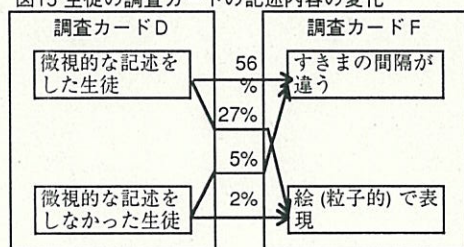


図15から、溶解の学習で微視的な記述をしていた生徒は、微視的な記述をしていなかった生徒に比較すると、物質の状態変化の学習において微視的な記述をする割合が高くなることが分かった。

これらのことから、溶解の学習で獲得した微視的な見方や考え方を、物質の状態変化の学習で生かしている生徒が多いのではないかと考えられる。

4 研究のまとめ

- (1) 観察、実験を行った直後は、大部分の生徒は結果を正確に記述することができたが、微視的な見方や考え方を記述することができなかった。
- (2) 授業の工夫の視点として有効だったのは、巨視的な見方や考え方では説明できない質量保存と体積変化の現象について考察させることだった。
- (3) 生徒が発表することによって自分の考えを明らかにし、話し合うことによって他の生徒の見方や考え方を知ると授業の工夫をすると、微視的な見方や考え方を深めることができるようになった。
- (4) 溶解の学習で微視的な見方や考え方を獲得した生徒の大部分は、物質の状態変化の学習でそれを生かしていたことが分かった。
- (5) 溶解の学習において、大部分の生徒は、最初「食塩水になる」「見えなくなる」「モヤモヤになる」等の巨視的な傾向が強いと思われる記述をしていたが、最終的には「水と合体する」「液体になる」等の微視的と巨視的の両面性のある記述や「小さい粒になる」「すきまが減る」等の微視的な傾向が強いと思われる記述をするようになった。
- (6) 物質の状態変化の学習において、大部分の生徒は、最初「体積が違う」「質量が違う」等の巨視的な傾向が強いと思われる見方や考え方をしていたが、最終的には粒子のすきまの間隔が違う微視的な傾向が強いと思われる表現を図や文章でするようになった。
- (7) 質量保存と体積変化の生徒実験に用いる物質として、溶解については食塩水、物質の状態変化については水、エタノール、ブタン、ドライアイス再現性のある結果を出すことができたことが分かった。

5 今後の課題

第2学年「化学変化と原子、分子」及び第3学年「化学変化とイオン」等の学習場面でさらに指導を展開し、本単元の学習内容と関連付けながら、生徒の微視的な見方や考え方がどのように深まっていくのかを明らかにする。

○参考文献

- ・山口晃弘、中学校理科における微視的な見方や考え方を育てる実践的研究、東京都教員研究生報告書（平成7年）