

理解を深める化学実験の進め方

千葉県立 ○○○○ 高等学校 ○○ ○○ (化学)

1 はじめに

近年行われた教育課程実施状況調査によると、理科が好きな子どもの割合は、小学5年生で約74%であるが、中学2年生で約59%、高校3年生では約38%（化学、物理、生物、地学の平均）と学年が進行するに従って減少していく。高校では、特に化学で低い調査結果が出ている。しかし、私は、これまでの授業実践を通じて観察された実験時の生徒の生き生きとした表情から、元来子どもたちは理科が好きで実験が好きであり、授業展開を工夫することによって、化学に対する興味も高めていくことができると考えている。

高等学校学習指導要領によれば、理科教育の目標は「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、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、科学的な自然観を育成する。」ことにある。児童生徒に対し、新聞や雑誌の広告、ウェブサイトで目にする科学的根拠がありそうな話に対して、合理的で客観的に判断できる「科学リテラシー」を高めさせること、自然と人間とのかかわりについて認識を深め、責任ある市民としての知識と素養を身につけさせていくことが、私たち理科教育に携わる者の使命であると考えている。

子どもたちの現状は、じっくりと考えることをせず、理解する前に諦めてしまっているように感じる。特に、学年の進行とともに学習内容が難しくなるにつれて、その傾向が顕著になるように思える。実験には、児童生徒の興味・関心を喚起し学習内容を定着させるという目的があるが、生徒の現状を見ると、十分に目的を達成していないと考えた。そこで、生徒が楽しめる実験を通して、学習内容の理解を深める授業実践を行い、生徒へのアンケート調査等でその効果について検証した。

2 研究方法

- (1) 生徒の実態調査
- (2) 「楽しい」から「理解」への橋渡し
生徒の気持ちをつかむ演示実験を工夫する。
- (3) 「驚き」を「考察」につなげる活動
ペアワーク、生徒相互がかかわり合う活動により理解を深める。
- (4) 「内容の理解」に対する「目的の理解」の有効性

3 研究内容

(1) 生徒の実態調査

ア 中学時代の取組について

中学校時代の生徒の実態を把握するために、担当する1年生3クラス（120名）を対象に右のようなアンケートを実施した。

- | | |
|----|--------------------------------|
| 問1 | 中学校時代、理科は好きでしたか。 |
| 問2 | それは何故ですか。（自由記述） |
| 問3 | 中学校時代、実験は好きでしたか。 |
| 問4 | 中学時代、実験の目的を理解しながら実験をやっていましたか。 |
| 問5 | 中学時代、実験をやって学習内容の理解が深まったと思いますか。 |

問1では58%の生徒が、理科が好き・どちらかといえば好きと回答した。問3では実験が好き・どちらかといえば好きと回答した生徒の割合は84%で、問1の結果と一致しない。そこで、理科の好き嫌いを実験の好き嫌いの相関を調べたところ、理科が嫌いだが実験は好きと回答した生徒の割合が31%であった(図1)。このことから、実験は、理科に対する生徒の興味・関心を喚起する有力なツールとなりうると考える。

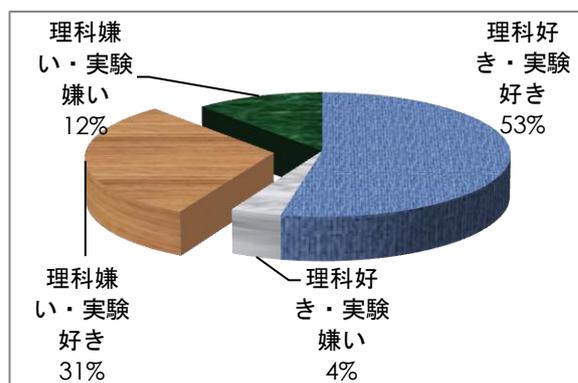


図1 理科好きと実験好きの相関

問2の結果を以下に示す。

理科が好きな理由	<ul style="list-style-type: none"> ・実験が楽しかった。実験で不思議に思うことが多かった。 ・次々と疑問が出てきて、それを解決するのが面白い。
理科が嫌いな理由	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の結果がなぜそうなるか分からない。 ・意味がわからない。計算とかもあって難しい。

この結果から、生徒は学習内容に興味を持って取り組み、疑問が解けていく面白さを感じているようである。さらに、現象の裏に隠されている理由を知り、納得しながら理解を深めたいという意欲も湧いたようである。その一方、意欲が持続できない生徒には、計算力が不足して理解できなくなる場合と、新しい考え方・概念が理解できない場合がある。その点を十分に見分けながら生徒の指導に当たっていく必要があると考える。

問4では35%の生徒が、実験の目的を理解せずに実験をやっていたと回答しており、問5では23%の生徒が、実験をやっても学習内容の理解が深まらないと回答している。実験好きと学習内容の理解は一致すると予想していたが、14%の生徒が、実験は好きだが学習内容の理解が深まらないと回答している(図2)。そこで、実験目的の理解と学習内容の理解について相関をとったところ、実験の目的を理解している生徒の大部分が学習内容を理解していたのに対し、目的を理解していない生徒の半数は内容を理解できていなかった(図3)。このことから、実験を通して学習内容の深化を狙うには、実験の目的をきちんと理解させることが必要であると考えられる。

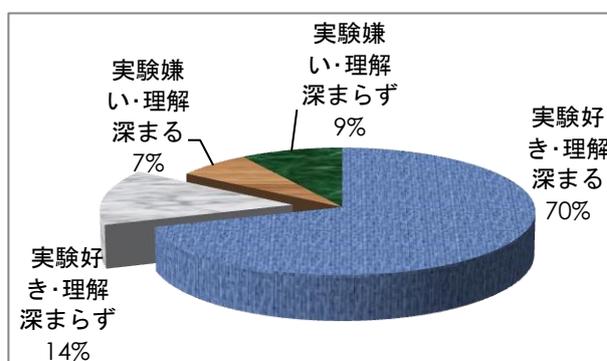


図2 実験好きと学習内容理解の相関

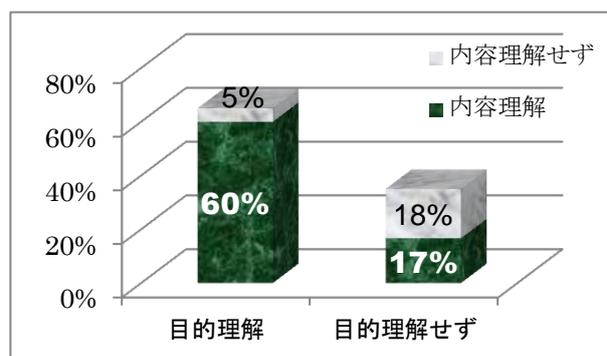


図3 実験目的と内容の理解の相関

イ 実験操作について

中学校時代に、基本的な実験操作にどのくらい積極的に取り組んだかを調査した(図4)。

ガスバーナーを率先してつけていた生徒は31%、温度計の目盛りを率先して読んでいた生徒は30%、天秤で質量を率先して測定した生徒は17%という結果であった。実験に率先して取り組んだと考えている生徒は58%であったので(図5)、数値の開きが大きい。そこで、実験の際の洗い物(片付け)について聞いたところ、60%の生徒が率先してやったと回答した。また、指示されたことをやったと回答した生徒が38%いたことから、本校の生徒の実態としては、授業に積極的に参加するが、実験のリーダーとして主体的に活動してきた経験をもつ生徒は少ないと考えられる。

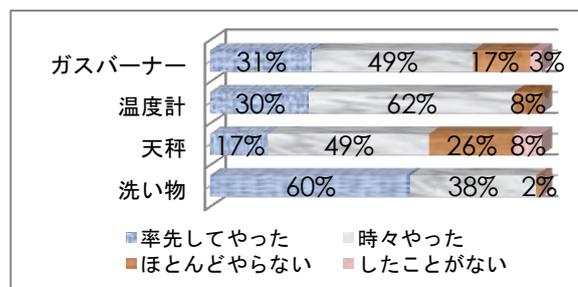


図4 実験時の様子

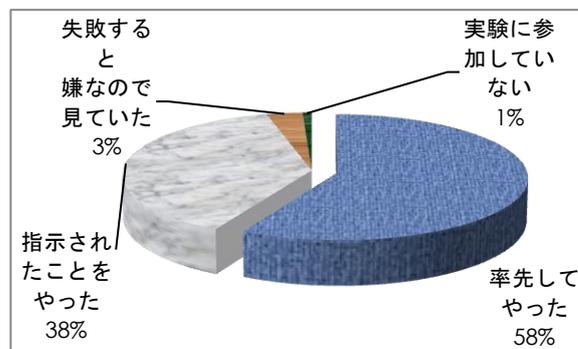


図5 実験に取り組む姿勢

(2) 「楽しい」から「理解」への橋渡し～生徒の気持ちをつかむ演示実験～

生徒の「興味・関心」を喚起するためには、操作が簡単で「驚き」のある実験がよい。私は、年度当初の授業で次の簡単な生徒実験と演示実験を行っている。

実験項目

- 酢酸ナトリウム三水和物の加熱
- 尿素・硝酸アンモニウム水溶液の温度測定
- 試験管で行う炎色反応
- ブタンの燃焼と爆発

ア 実験の内容

(ア) 酢酸ナトリウム三水和物の加熱

a 目的

結晶水を知る、ガスバーナーの扱い、結晶水への溶解、蒸発乾固、融解について学ぶ。

b 実施上の留意点と関連する単元

酢酸ナトリウム三水和物を、スプーンに軽く1杯のせて、バーナーで加熱する。このとき、スプーンに試薬をたくさんおくと、加熱中にとび跳ねバーナーの中に入ってしまうので注意する。また、最終的には燃えてしまうので、程々のところで加熱を終わらせる。生徒は物質の三態変化について知っているが、2回とける(溶解と融解)ことに疑問をもつ。

「混合物と純物質」の単元で混合物の分離を扱う際に、加熱により結晶水への溶解が起こり、蒸発乾固させた後に状態変化の融解が起きたことを、「物質の三態」の単元と関連付けて説明している。また、「化学結合」の単元でイオン結合や電解質を扱う際に、酢酸ナトリウムが水に溶けたことを思い出させ、イオン性物質は水に溶けやすいことにつなげている。

(イ) 尿素・硝酸アンモニウム水溶液の温度測定

a 目的

目盛付試験管と洗びんの扱い、水銀温度計(最小目盛 1/5℃)での測定、吸熱反応、薬包紙の使い方と天秤の使い方について学ぶ。

b 実施上の留意点と関連する単元

尿素 2g と硝酸アンモニウム 2g を、温度を測定した 2 mL の純水に溶かし、温度を測定する。生徒は薬包紙の折り方を覚えていないので、折り目を正しくつけた方が、運びやすく試験管に入れる際にこぼし難いことを強調し思い出させる。また、薬包紙をのせてから天秤の零点合わせすることを教える。温度計の 0℃ の位置を基準に、目盛が 0.2℃ 刻みであることを確認させ、温度を測定させる。生徒の目盛の読み方は十分ではないが、水銀温度計についても慣れさせる。少し温度が下がったら、試験管に触れさせて冷たくなってきていることを確認させる。温度が上昇し始めたころ、「室温が 20℃ の部屋は、-3℃ から見た場合と比較して温度が高い。」と説明し、空気で加熱していることに気付かせる。「物質の変化と熱の出入り」の単元と関連付けて、発熱反応と吸熱反応の違いや吸熱が起こると温度が下がることを体験させて定着を図っている。

(ウ) 試験管で行う炎色反応

a 目的

炎色反応について学ぶ。

注意点

- ・破損の恐れがあるので試験管は傷のない新品を使う
- ・生徒を教室の中ほどまで下がらせる

b 実施上の留意点と関連する単元

塩化バリウム二水合物 1g と塩素酸カリウム 5g の混合物を入れた 25mm 径の試験管と、炭酸ストロンチウム 1g と塩素酸カリウム 5g の混合物を入れた 25mm 径の試験管を用意する。試験管を加熱して融解させて沸騰させた後、炎から外して薬さじ 1 杯の硫黄を試験管に入れる。結晶水がある場合は、穏やかに加熱して結晶水を除去した後に強熱する。「物質の構成元素」の単元や「アルカリ金属とその化合物」の単元で、炎色反応の色を思い出させ、その定着を図る。

(エ) ブタンの燃焼と爆発

a 目的

燃焼と爆発の違いについて学ぶ。

注意点

- ・生徒を教室の後ろまで下がらせる
- ・耳を保護する

b 実施上の留意点と関連する単元

傘袋を底から 17cm 程切り、シリコンチューブ等が差し込めるように袋を折り、気体が漏れないようにセロハンテープで袋を閉じる。予め、バケツに水を用意しておく。卓上コンロのボンベの先端にシリコンチューブを取り付け、ブタンを袋に入れる。袋をセロテープで漏れないように止めてから、棒の先端に吊るし、ろうそくの炎に近づけ点火する。次に、別の袋にブタンを 1/5 位入れ、さらに酸素ボンベから酸素を入れて膨らまし、ろうそくで点火する。このとき、係数比通りに混合すると爆発が激しすぎるので、ブタンを少し多めにしている。また、ブタンが多すぎると燃えるだけで爆発しないので、適量を事前に検討しておく必要がある。「化学反応の速さ」の単元で、反応物の濃度や衝突回数と関連付けて扱うことも可能である。

イ これらの実験から読み取れる効果

(ア) 化学に対する興味・関心が高まり、生徒の気持ちをつかむことができる。

表 1 に本実験に対する生徒の評価を示す。中学校時代、実

表 1 演示実験の評価

中学時代、実験好きか	総数	高めた	少しは	高めない
好き	47 人	28 人	19 人	0 人
どちらかといえば好き	54 人	27 人	27 人	0 人
どちらかといえば嫌い	17 人	6 人	11 人	0 人
嫌い	2 人	0 人	2 人	0 人

験が好きと答えた生徒に限らず、嫌い・どちらかといえば嫌いと答えた生徒も、化学に対する興味・関心を高めた、少しは高めたと回答している。

(イ) 基本的な実験操作の習得により、今後の実験をスムーズに展開することができる。

(3) 「驚き」を「考察」へつなげる活動

学習内容の深化を図るには、生徒の「興味・関心」を現象の表層的な観察から本質的理解に向かわせることが必要である。体験を基に知識を関連付け、現象の理解を深めるには、考察の過程が重要である。その方法として、生徒相互がかかわり合う活動を取り入れた。

ア 赤ワインの蒸留～ペアワークで理解を深める～

「混合物と純物質」の単元で、広く行われている簡易蒸留装置による赤ワインの蒸留の実験において、他の単元との関連を図るために、生徒に逆流を観察させている。留出物が入った試験管を湯浴から取り出した後、気体の誘導管を冷却水の入ったビーカーの中に入れてから、ガスバーナーの火を消させる。中学校時代にやってはいけないと言われていたことを、実際にやってみることに、生徒は興味を示す。逆流という言葉は知っていても、実際に観察した経験は、ほとんどの生徒にない。気体の誘導管内をビーカーの水が上下しながら上昇してくる様子を、生徒は熱心に観察している(図6)。



図6 実験時の様子

(ア) 本実験で期待される効果

- 生徒自身が、疑問を解決する楽しさを実感できる。
- 気体分子の運動・気体の圧力・大気圧・飽和蒸気圧の単元を関連付けて扱うことができる。
- 体験を伴いながら知識を関連付け、「逆流」という現象を説明できるようになる。
- 大気圧の概念の習得により、他の実験で観察された現象を理解しやすくなる。

(イ) 生徒の疑問に応える授業展開

生徒が提出した実験プリントを読むと、生徒は次のような疑問をもっていることが分かる。

生徒の 疑問

- ・なぜ、逆流が起こるか。
- ・他のお酒でやると、どうなるのか。
- ・なぜ、留出物が無色になるか。
- ・なぜ、留出物を手につけるとスーッとするか。

そこで、生徒の理解を深めるためにプリントを返却する際に説明と追加実験を行っている。

a 逆流が起きる理由について

(a) 気体の圧力について理解させる。

- ・気体の分子が壁に衝突するとき壁を押すことが、原因であることを強調する。
- ・二人組で2秒間に1回の割合で掌を押した場合と、1秒間に2回の割合で押した場合に、掌に受ける力の違いから、衝突回数に比例することを感覚的に理解させる。

(b) 大気圧を実感させる。

- ・真空ポンプで減圧すると風船が膨らみ、常圧に戻すとしぼむ現象を、外圧と内圧の関係から説明する。また、膨らむにつれて衝突回数が減少して、圧力が低下することを感覚的に理解させる。
- ・20Lのオイル缶を潰す。

(c) 飽和蒸気圧について理解させる。

- ・蒸気圧曲線を使わずに、夏の暑い日と冬の寒い日で洗濯物の乾きやすさが違うこと

と同温でも風のある日のほうが乾きやすいことから、定性的に飽和蒸気圧について考えさせる。大気圧や飽和蒸気圧は、身近な現象を説明するために必要な概念なので、計算はさせずに定性的に扱っている。

(d) 大気圧と試験管内の飽和蒸気圧の力比べによって水面が動くことを理解させる。

- 静止しているときには力が釣り合っていて、より力の強い方向に動き始めることを、綱引きを基に考えさせる。

b 留出物が無色になる理由について

生徒の理解を深めるために行っている演示実験は、次の通りである。

演示実験

- 赤い絵の具を溶かした水溶液を蒸留する。
- 赤ワインに活性炭を入れ、色素を吸着させた後、ろ過する。
- ビールを蒸留する。

赤い色には原因となる物質があり、その物質が蒸留の際に気体となって出てこなければ留出物に色につかないことを実感させる。絵の具の水溶液の蒸留に時間がかかるのを確認させてから、エタノールより沸点の高い水を取り出すために、湯浴ではなく直火で加熱して蒸留する。また、「炭素・ケイ素とその化合物」の単元と関連付けて、赤ワインから吸着により赤い色の原因となっている物質を取り除き、色がなくなることを見せつけて理解を深めさせている。また、ビールでも赤ワインと同様に、無色のエタノールが取り出せることを観察させている。

c 留出物を手につけるとスーとする理由

(a) 液体が気体に変化させるときには、蒸発熱が必要なことを理解させる。

- お湯を沸騰させるには、加熱が必要。
- 手の表面では、どこから熱をもらっているかを考えさせる。

(b) 手にエタノールを塗って、手の表面温度の変化を温度センサーで測定する。

(c) 打ち水で、涼しくなる理由を考えさせる。

(ウ) 生徒の自己評価と課題

生徒実験における、生徒の自己評価結果を示す(図7)。身近なワインを用い、未知なる現象が、生徒の興味を喚起したと考える。

生徒の感想

- 逆流とか目を奪われてしまう様な楽しい実験でした。
- 留出物に火がついたりして楽しかった。

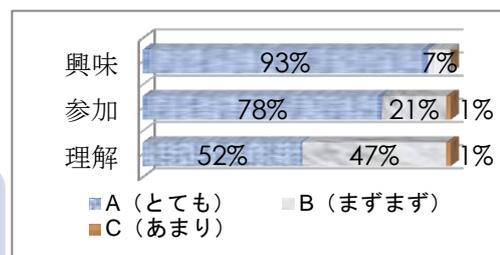


図7 赤ワインの蒸留

(エ) 生徒相互に話し合い理解を深める取組

生徒が筋道立てて考える素材を提供するために、上記(イ)の演示実験を行った。その後、自分の考えを文章に表現させた。

自分の考え

- 色素がぬけた？
- 色の方が沸点が高く、水の方が先に出てくるから
- 分離するから
- 蒸留でなんやかんやあったから

ペアワークで留出物が無色になる理由を相手に説明し、聞き手にそう考えた理由を質問させた。班全体でも相談し、自分の思考過程を振り返り、他者にわかりやすい文章にまとめさせた。その後、班の考えを発表させた。

発表内容

- ・沸点の低い方から出てきて、色素は蒸発しないから。
- ・赤色の成分は取り出せないから。
- ・エタノールと水のみが蒸留されて、それらは無色透明だから。

一人では表現が不十分であっても、生徒相互がかかわり合う活動により、言葉を補い合い、より論理的にまとめられるように変容している。

次の授業で小テストを実施し、ペアワークが有効と感じたかを併せて調査した。表2に示すように、生徒の41人中34人(83%)がペアワークを有効であると感じている。定期考査でこの内容について出題したところ、筋道立てて考えられた生徒は、小テスト誤答の生徒9人中8人が正答できた。これは、相手の考えを聞くことにより、考えを深めることができたためと推察する。筋道立てて考えられなかった生徒については、定期考査の正答率の大幅な向上は見られなかったが、学習活動に主体的に取り組んでいる様子が見られ、じっくりと考えさせ学習意欲を喚起することができたと感じている。

生徒の思考し表現する力を高め、理解を深める上で、ペアワークは有効な手立てになるという手ごたえを感じた。

表2 ペアワークの有効性

		筋道立てて考えられた		考えられなかった	
		ペア有効	ペア無効	ペア有効	ペア無効
回答数		20人	1人	14人	6人
小テ誤答 (20人)	定期誤答	1人	0人	5人	2人
	定期正答	8人	0人	4人	0人
小テ正答 (21人)	定期誤答	0人	1人	2人	1人
	定期正答	11人	0人	3人	3人

イ 水素と酸素の反応～過不足ある反応を理解する～

教科書の記述によれば、「水素と酸素の混合気体に点火すると、爆発的に反応して水を生じる。」とある。水素と酸素から水ができる反応は有名だが、実際にその反応を体験した生徒は多くはない。そこで、「非金属元素の単体と化合物」の単元で、水素の性質を知るために、塩ビパイプの中に水素と酸素の混合気体を入れ、圧電素子で電気火花を飛ばして点火し、その様子と反応の激しさを実際に体験させている。

(ア) 本実験で期待される効果

- a 化学の実験に対する興味・関心が格段に高まる。

実験の方法を理解するまでに時間はかかるが、やり始めると班内で役割分担をして、歓声を上げながら取り組んでいる。また、授業にあまり積極的に取り組まない生徒にもパイプを持たせ、反応の激しさを体験させることにより、共感的な交流が可能となり、豊かな人間関係づくりの一助となっている。

- b これまでの知識が、実体験を伴い定着する。

水上置換の際、集気ビンに倒立させずに水に入れたり、空気を追い出さずに倒立させたりする生徒は多い。水と発生した気体を置き換えることを体験し、知識が定着していく。

- c 新たな実験操作を習得する。

初めて目にする二又試験管や集気ビンの操作に慣れ、別の実験で使用する際にも迷わずに操作できるようになる。

- d 過不足のある反応について理解が深まる。

実験ではどちらかが余ることが多い。いつも化学反応式の係数通りに混合して実験しているわけではないことが分かる。

e 生徒相互がかかわり合う活動ができる。

生徒同士の活動を取り入れ、生徒同士に教え合わせることにより、考えを表現し、相手に伝え、受け止める言語活動を行うことができる。

f 誤差について考えることができる。

パイプに入れる水素の純度が、今回の実験のポイントである。生徒の実態に合わせ、誤差原因について考察させることもできる。実際のデータが回数を重ねるほど、2:1に近づくことから、水素の純度に注目させ、空気が混入していたと仮定して計算することにより、実際に2:1から外れた班のデータも起こり得ることを示すことができる。

(イ) 実験装置

a パイプの準備

① 外径 26mm 内径 20mm 長さ 500mm の塩ビパイプ、6号ゴム栓、針金 (18番)、釘 (1cm)、接着剤 (セメダインスーパーX2 クリア)、ビニールテープ、透明テープ、グラフ用紙を用意する。



図8 電極の調整



釘で固定

② ゴム栓に千枚通しで穴を開けて、電極となる針金を2本差し込む。内側の部分で2本の針金の先端が鋭くなるように切り、先端の間隔が2mm程度になるように調整する(図8)。パイプ上部に出る針金は、ワニロクリップを挟みやすくするために丸くしておく。針金の根元4箇所



グラフ用紙

図10 目盛の貼付

③ ゴム栓に接着剤を付け、パイプに挿入する。側面から加熱した釘を差し込み固定する(図9)。このとき、先に差し込んだ針金と接触しないように、針金を挿入した面と垂直方向から釘を差し込むとよい。さらに、釘の頭の部分に接着剤をつけておく。

図9 電極の固定



図11 パイプの全体像

④ グラフ用紙を細長く(25cm)切り、パイプの先端から貼り、透明テープを貼って補強する(図10)。

⑤ パイプ上部の針金の部分に水が浸入するとショートして火花を飛ばせなくなるので、ビニールテープを巻いて水が浸入しないようにする。さらに、ゴム栓とパイプの境界部分にも巻いて補強する(図11)。



圧電素子

図12 コードの固定

b 圧電素子の準備

① 市販の着火装置を分解し、ブタンガスのタンクから伸びるチューブを外し、手で握る部分以外の火が着く先端部分を取り外す。

② 商品によって違いがあるが、電気が流れる細いコードを取り外す。ワニロクリップを付けたコードを圧電素子にハンダ付けして固定する(図12)。

③ ガスタンク以外の部品を再び組み立て直す。2個のワニロクリップを接近させ、「カチッ」と握った時に電気火花が飛ばば完成である。

(ウ) 実験方法

① 二又試験管に亜鉛板約5枚(2g)と3mol/L硫酸を20mLとる。混合して発生する水素は試験管3本分捨てて、硫酸と亜鉛を分離し水素の発生を止めておく。

② 教卓にある酸素ボンベから水上置換で集気ビンに酸素を捕集し、フタをする。

- ③ パイプに水を満たして水槽に立て、水素を発生させて一定量入れ（目安は 100mm）、目盛を mm 単位で読み記録する。さらに、酸素を捕集してある集気ビンを水槽に入れ、フタをずらして少しずつ酸素をパイプに入れ（目安は全体で 150mm）、目盛を読み mm 単位で記録する。（気体の総量が 200mm を超えないように注意する）
- ④ 水槽の中でパイプの口にゴム栓をして取り出し、数回逆さにして気体をよく混合し、水槽内に立て、ゴム栓を外す。放電部分に水滴が着いていたら、パイプを叩いて落とす。
- ⑤ パイプの下部の開口部が水槽の底から数 cm 浮かせた状態で、一人が両手でパイプをしっかり握り、もう一人が合図をしてスイッチを入れる。この時の様子をよく観察する。
- ⑥ 反応後、残った気体の量を mm 単位で読み記録する。

(エ) データ整理

本校の生徒は、計算が苦手な生徒が多い。右の問 1 を生徒の 18% が間違い、問 2 の誤答率は 40% である。苦手意識の強い分数計算の練習を兼ねて、過不足のある反応のモデルとして、この実験を扱っている。

問 1. 次の比を計算し、下線部に数字を入れよ。

$$10 : 4 = \underline{\quad\quad} : 1$$

問 2. 次の比を計算し、下線部に数字を入れよ。

ただし、小数第 2 位を四捨五入して小数第 1 位まで答えよ。 $7.8 : 1.4 = \underline{\quad\quad} : 1$

次の授業で、理解を助けるために補助プリントを使い、データ整理の仕方を説明している(図 13)。生徒は水素と酸素が同時に残ると考えがちなので、男女で組をつくる話から入り、「あの子と組になるのは嫌! というのは無し。相手がいれば必ずペアになる。」という話を導入に用いている。

その後、生徒を 5~6 人のグループに分け、生徒同士に教え合わせ、相互にかかわり合い学び合う活動を取り入れた授業展開を行った。

水素と酸素の反応 補助プリント

1. 過不足のある反応

① 男子が 10 人、女子が 4 人いました。男子 2 人と女子 1 人の 3 人組をつくと、男子と女子のどちらが何人余りますか? 【男子 : 女子 = 2 : 1】

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
● ● ● ●

➤ 男子が全員組をつくるには、

➤ 女子が全員組をつくるには、

あの子と組になるのは嫌! というのは、なし

② 水素君が 120 人、酸素さんが 55 人いました。水素君 2 人と酸素さん 1 人が 3 人組をつくと、水素君と酸素さんのどちらが何人余りますか? 【水素君 : 酸素さん = 2 : 1】

➤ 水素君が全員組をつくるには、

➤ 酸素さんが全員組をつくるには、

水素君と酸素さんが両方とも残るのは、なし

実験では、様々な原因で誤差を生じます。水素と酸素が同時に残ることはないので、パイプに入れた水素と酸素の量から、残る気体を予想し、実際に残った気体の量が、残ると予想した水素または酸素の量と考えます。ただし、残った気体の量が予想したものより、あまりにも多かったら、実験操作に、ミスがあったと考えられます。

③ データ整理の練習 小数第 1 位まで ↓

	H ₂	O ₂	残り	反応した H ₂	反応した O ₂	反応した H ₂ : O ₂ = ◇ : 1
1	110	50	10			
2	100	60	10			
3	100	60	21			
4	110	50	20			
5	100	50	10			

図 13 補助プリント

(オ) 生徒の評価

a 実験の感想

- 今までの実験で一番ワクワクした。火を付けたら、ものすごい勢いで上に向かって吹き飛んだ。飛んだ瞬間、パイプの中が爆発した様に見えた。
- 最初は怖かったけど、慣れてきて爆発するときに持っている係が楽しかった (図 14)。
- 反応時のスリルが凄かった。実験時に残った疑問が、次の授業でしっかりと晴れた。



図 14 実験時の様子

b データ整理について

- 過不足のある反応について、「どちらかという」とも含め、理解できた生徒は 58%であった。授業展開をさらに工夫する必要がある。
- データ整理の仕方について、「どちらかという」とも含め、理解できた生徒は 52%であった。理解できなかった生徒に、さらに補足的な学習活動を行う必要がある。
- グループでの取組が理解を深めるのに役立ったと感じた生徒は、92%であった。やはり、生徒相互がかかわり合い学び合う活動は、理解を深める上で有効である。

(4) 「内容の理解」に対する「目的的理解」の有効性

学習内容の深化を狙うには、実験の目的をきちんと理解させることが必要である。実験の結果を予想させ、評価規準を提示することにより、実験の目的を把握させることができる。ここでは、水素シャボン玉の実験において発生量とシャボン玉の動きを予想することによって、実験の目的を理解させる授業展開が、内容の理解に有効か検証した。

ア 予想値の算出による目的的理解

「化学反応式と物質の量的関係」の単元において、化学反応式の係数から、発生する水素の体積を計算により求めさせる。0.01mol のアルミニウムを用いた時に発生する水素の体積は、標準状態で 336mL となる。このことにより、実験の目的が明確になる。

(ア) 本実験で期待される効果

- a 化学反応式の係数から、反応に関係する物質の量的関係を求められることを理解できる。
- b 分子量を比較することにより、軽い気体を指摘することができる。
- c 水に溶けやすい気体を集める時に適した捕集方法を考えさせることにより、知識が体験によって裏付けられ、一層の定着が図れる。
- d 発生させた水素が周りの空気より軽いことを実感させ、分子量と気体の重さを体験的に理解させることができる。

(イ) 実験方法

- ① 水槽に水を張り、水を一杯に入れたペットボトルを倒立させる。
- ② 二又試験管に 0.27g のアルミホイルと 6 mol/L 塩酸 10mL を別々に入れる。
- ③ 気体誘導管の先をペットボトル内に入れてから、反応を開始させ水素を集める。
- ④ 反応が激しくなるので、二又試験管ごと水槽に入れ冷却する。
- ⑤ 逆流しないように気体誘導管の先端を水から出し、暫く放置する。



図 15 シャボン玉に点火する様子

- ⑥ 水面の位置に輪ゴムを固定する。
- ⑦ 注射器の先に付けたシリコンチューブをペットボトル内に入れ、水素を吸い出す。
- ⑧ シリコンチューブの先にシャボン玉液を付け、シャボン玉を飛ばし点火する (図 15)。
チューブの先端から離れないシャボン玉に、絶対に点火させない。
- ⑨ 輪ゴムの位置までペットボトルに水を入れ、その体積をメスシリンダーで測定する。

(ウ) 気体の分子量を用いた考察

- a 空気の見かけの分子量と水素の分子量を比較させ、水素のシャボン玉の動きを考えさせる。下降するシャボン玉もあり、その理由を、空気を入れたシャボン玉の動きから考えさせる。
- b 水槽にドライアイスを入れ、二酸化炭素が充満したことを確認する。空気を入れたシャボン玉を、水槽に入れたときの動きを予想させてから、実際に見せる (図 16)。その後、ブタンを入れたシャボン玉ではどうなるかを考えさせる。また、生徒の実態に応じて、空気中で受ける浮力について考えさせるなど、発展させていくことができる。



図 16 二酸化炭素中でのシャボン玉

イ 目的の理解の有効性

(ア) 生徒の評価

実験の目的を把握させるため、評価規準を提示し学習内容の定着を図った。その抜粋と生徒の自己評価結果を示す (図 17)。

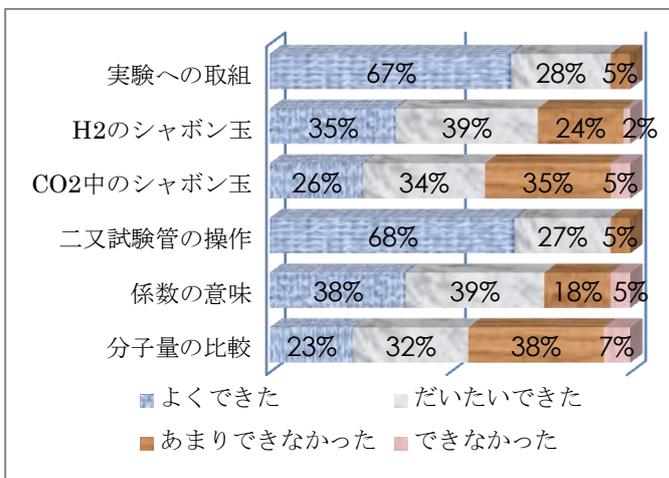


図 17 自己評価結果

- 【関心・意欲・態度】
 - H₂のシャボン玉を飛ばす実験に関心を持って取り組めた。
- 【思考・判断・表現】
 - H₂を入れたシャボン玉の動きを予想できた。
 - CO₂を満たした水槽に空気のシャボン玉を飛ばした時の動きを予想できた。
- 【技能】
 - 二又試験管を上手く使ってH₂を発生させられた。
- 【知識・理解】
 - 化学反応式の係数の意味がわかる。
 - 分子量を比べることにより、軽い物質を選ぶことができる。

いずれの項目でも、評価が高い結果と

なった。

実験時に、プリントに明記した実験の目的を強調したこれまでの実験では、目的をあまり理解しないで実験を行っていた生徒の割合が 20~24%であった。しかし、評価規準を示した本実験では、目的を余り理解しないで実験を行った生徒の割合は、表 3

表 3 実験目的の理解と学習内容の理解の相関

	学習内容を理解	まあまあ理解	余り理解できず	理解できず
実験目的を理解	26%	14%	2%	0%
まあまあ理解	11%	31%	6%	0%
余り理解できず	0%	6%	4%	1%

に示すように 11%と半減した。やはり、生徒の目標となる評価規準は、実験の目的を把握させるのに有効であると推測される。

また、表 3 に示すように、82%の生徒が実験の目的を理解し、学習内容を理解できたと回答している。学習内容の理解の深化を図るには、やはり、実験の目的をしっかりと理解させることが有効であると言える。

(イ) 生徒の変容

中学校時代に、気体の捕集法である上方置換と下方置換の原理を理解していたと考える本校生徒は、16%にとどまる。しかし、高校で分子量を学習し、その比較により軽い気体を選べるようになったと考える生徒は、85%に増加した。

生徒の変容を検証するため、定期考査において次の問題を出題した。その結果を以下に示す (図 18)。

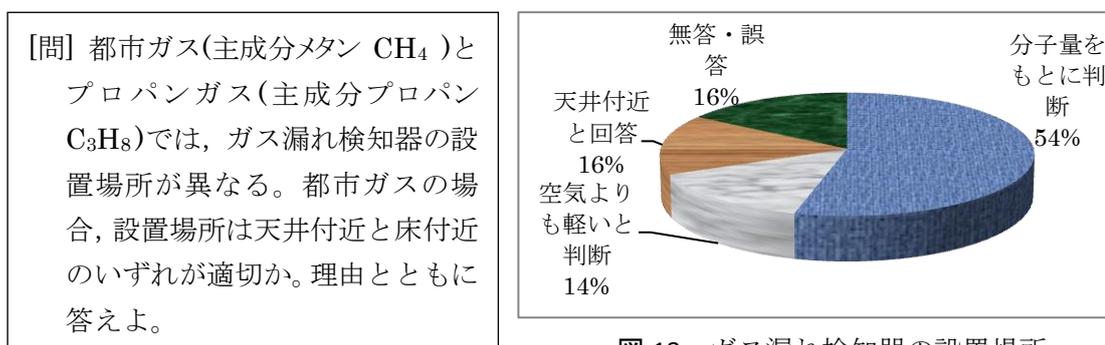


図 18 ガス漏れ検知器の設置場所

分子量を判断基準として解答できた生徒の割合は 54%で、空気よりも軽いと判断できた生徒を含めると 68%であった。自己評価で 86%の生徒が、ガス漏れ検知器の設置場所について理解できたと回答している。自分の考えを表現する力が発達段階にあることを考えると、概ね分子量の比較により物質の軽重を判断するという学習内容の理解を深めることができたと考える。

4 おわりに

本研究を通じて、「楽しい」から「理解」へ橋渡しをし、「驚き」を「考察」につなげ、学習内容の理解を深める上で、実験の目的を予め理解させておく重要性を確認することができた。また、ペアワークをはじめとする生徒相互にかかわり合う活動が、有効であることも検証することができた。楽しめる要素を取り入れ、生徒の興味・関心を喚起するだけでなく、生徒に実験の目的を理解させる重要性を、改めて痛感している。目的を理解させるために、評価規準の提示も含めて研究していきたい。また、県教育委員会が作成した「思考し、表現する力」を高める実践モデルプログラムを参考にして、生徒が自分の考えを表現し、伝え合う力を伸ばす授業展開を次の課題として、今後の授業実践を行っていきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導・御助言をいただいた教育庁教育振興部指導課の小芝一臣先生、尾竹良一先生、前指導課の高野義幸先生、本宮照久先生、教科指導員の岡田実先生、秋本行治先生ならびに教科研究員の諸先生方に心よりお礼申し上げます。

参考文献 「教師と学生のための化学実験」 日本化学会編 東京化学同人 (1987年)

参考 URL 「科学技術理解増進政策に関する懇談会」報告書

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/006/houkoku/05072701/007.htm

「平成 17 年度高等学校教育課程実施状況調査」

http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h17_h/index.htm