

高等学校 理科

化学的な事象を理解し表現する力を向上させる
効果的なデモンストレーションの導入について

—興味・関心を引き付け、化学的事象を理解させる教師力の向上を目指して—

高校教育課 指導主事 神 孝 幸

要 旨

高等学校における化学の授業では、授業時間の制約等で実験に費やす時間は限られている。そこで、PISA・TIMSSの結果および教員の実験に対するアンケート結果を踏まえながら、現状と課題を把握し、生徒の化学的事象に対する興味・関心を引き出す効果的なデモンストレーションを導入し、そのデモンストレーションに直結した内容を理解し表現できるような授業の中での演示実験の指導法について考察するものである。

キーワード：演示実験 簡易 効果的なデモンストレーション 安全性 興味・関心 表現力

I 主題設定の理由

現行の高等学校学習指導要領の化学Iには「化学的な事物・現象についての観察、実験などを行い、自然に対する関心や探究心を高め」とあり、観察・実験を通して化学的な事象の原理について理解させることが目的として示されている。平成20年12月に公示された高等学校学習指導要領案の化学では「化学的な事物・現象に対する探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い」とあり、現行の高等学校学習指導要領以上に観察、実験を重視している。さらに、PISAやTIMSSの分析から生徒の表現力や科学リテラシーに低下が見受けられるため、高等学校学習指導要領案における理科の配慮事項として「観察、実験などの結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現するなどの学習活動を充実すること」のように、言語活動に関する表現力を向上させるための記述もみられる。そのため、実験結果から定性的・定量的に事象を解釈し、表現する力の育成が必要となってくる。

高等学校における化学実験の現状は、授業時数の制限、実験器具の準備、予備実験、器具や薬品の不足等の問題を抱え、なかなか実験ができないのが現状である。そこで、簡易で1単位時間内に生徒に提示できる演示実験の意義は大きいと考える。

本論では高等学校における化学実験の現状と課題を明らかにし、生徒に興味・関心を抱かせ、表現力を向上させることができる簡易で安全な演示実験による指導法について考察を加えてみたい。

II 研究の目標

本県における高等学校の化学実験の実情と課題を把握し、授業導入時に簡易で安全に実施できる効果的なデモンストレーションによる指導法を提案し、考察する。生徒の興味・関心を引き付け、結果に至る過程を考え、化学的な事物・現象を表現できるような魅力ある教材づくりを目指すものである。

III 研究の実際とその考察

1 理科教育の現状

(1) PISA2006より

PISAの2006年の調査には57か国が参加し、日本では全日制高等学校から層化比例抽出された第1学年生徒約6000名が参加した。この調査で使用している尺度は「読解力」、「数学的リテラシー」、「科学的リテラシー」である。問題形式としては、用意された答えを選ぶだけでなく、理由を論述するなど自由記述形式による出題となっているのが特徴である。

PISA2006の結果として、

- ①「科学的な疑問を認識すること」の領域 8位(57か国中)
- ②「現象を科学的に説明すること」の領域 7位(57か国中)
- ③「科学的証拠を用いること」の領域 2位(57か国中)となっている。

③の能力は高いが、①・②については上位にいる割には、それほど高くないことが分かる。その原因として、科学への興味・関心や科学の楽しさを感じている生徒の割合が低いこと、観察・実験を重視した理科の授業を受けていると認識している生徒が少ないことが挙げられる。このことから、「科学的に考察し結論を導くこと」、「観察・実験を通して自ら発見することの喜びを感じること」、「実生活や実社会に応用すること」が課題として挙げられることになる。

(2) TIMSS2007より

2007年のIEA(国際教育到達度評価学会)の「国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)」では約40か国が参加し、小学校4年生と中学校2年生がその対象で、全国の小・中学校から層化比例抽出した約5000人ずつの児童・生徒について調査したものである。理科の基本的な科学知識・概念や観察・実験の技能などの学習到達度を尺度としたものである。

調査結果として、小学校4年生は4位(36か国中)、中学校2年生は3位(54か国中)というように、理科の到達度は高い。しかし、その一方で表1、表2から分かるように、学習に対する意識等については国際的に見て依然として低い。

表1 理科の勉強は楽しい 小学校4年生

	「強くそう思う」と答えた割合(%)				「そう思う」と答えた割合(%)		
	2007	2003	1995		2007	2003	1995
日本	57	45	38	日本	30	36	50
国際平均	59	55	44	国際平均	24	27	31

表2 理科の勉強は楽しい 中学校2年生

	「強くそう思う」と答えた割合(%)				「そう思う」と答えた割合(%)		
	2007	2003	1995		2007	2003	1995
日本	18	19	8	日本	40	40	45
国際平均	46	44	23	国際平均	32	33	49

TIMSS2007そのほかの調査項目より、理科の勉強が楽しいと思う割合は小学校で増加傾向にあるが、中学校では低くなっている。また、テレビ等を視聴する時間が長く、家の手伝いをする時間が短いなど、生活経験も乏しくなっていることもうかがえる。

(3) 授業に関する生徒の認識

TIMSS2003とPISA2006では、理科の授業に関する生徒の認識を調査している。表3、表4の質問項目は下のとおりである。

- A 先生が実験を実演する。
- B どのように調べるかを、生徒が計画する。
- C 生徒が実験を行う。
- D 実験結果と、その結果が生じた理由を考える。
- E 理科で学んだことを日常生活に結びつける。

表3 授業に関する生徒の認識 PISA2006

	ほとんどの授業であるとした生徒の割合(%)				
	A	B	C	D	E
日本	17	9	10	26	11

表4 授業に関する生徒の認識 TIMSS2003

	半数以上の授業で活動あるとした割合(%)				
	A	B	C	D	E
日本	66	51	75	69	27

小・中学校で多い実験活動が高等学校ではその割合が減少している。このことから、高等学校の理科の授業は座学中心であり、理科の勉強が楽しいと考えている生徒の割合は中学生よりも少ないことが予想できる。

(4) 中央教育審議会答申より

PISA2006等の結果から平成20年1月の中央教育審議会答申では、理科の課題として次の五つの点を挙げている。

- ① 理科の学習に対する意欲は他の教科と比較して高いが、それが大切だという意識が高くないという、

理科の学習に対する意欲とそれが大切だという意識の乖離。

- ② 国民の科学に対する関心の低さ。
- ③ 理科の学習の基盤となる自然体験，生活体験の乏しさ。
- ④ 内容の基礎的な知識・理解が十分でない。
- ⑤ 科学的な思考力・表現力が十分でない。科学的に解釈する力や表現する力に課題がある。

この五つの課題を受け，学習指導要領改訂の基本的な考えとして，

- ① 科学に関する基本的な概念の一層の定着を図り，科学的な見方や考え方，総合的なものの見方を育成すること。
- ② 科学的な思考力，表現力の育成を図ること。
- ③ 科学を学ぶ意義や有用性を実感させ，科学への関心を高めること。
- ④ 科学的な体験，自然体験の充実を図ること。

を掲げている。現行の学習指導要領よりも一層観察・実験の重要性が見直されることになった。平成20年12月に公示された高等学校学習指導要領案によれば，「化学基礎」の目標は，「日常生活や社会との関連を図りながら物質とその変化への関心を高め，目的意識をもって観察，実験などを行い，化学的に探究する能力と態度を育てるとともに，化学の基本的な概念や原理・法則を理解させ，科学的な見方や考え方を養う。」とあり，「化学」には「化学的な事物・現象に対する探究心を高め，目的意識をもって観察，実験などを行い，化学的に探究する能力と態度を育てるとともに，化学の基本的な概念や原理・法則の理解を深め，科学的な自然観を育成する。」とある。したがって，観察や実験の回数を増やすだけでなく，実験の過程や結果から導きだされる理論的背景を表現する力の育成も必要になってくる。

2 化学実験に関するアンケート

(1) アンケート調査の概要

- ア 調査対象 県立高等学校の理科（化学）教員（講師含む）
イ 方法 青森県高等学校教育研究会 理科部会 化学分科会で配付し，回収
ウ 調査日時 平成20年8月19日（火）
エ 回収結果 30名
オ 調査項目 ①授業中の演示実験は，どの程度の割合で実施しますか。
②実験室で行う生徒実験は，どの程度の割合で実施しますか。
③授業導入時に演示実験等の動機づけは，必要でしょうか。
④演示実験を行う上で大切なことは，何だと思いますか。
⑤演示実験や生徒実験を行う上で困難だと思われる点は，何だと思いますか。
⑥演示実験や生徒実験で怖い思いをしたことがありますか。

(2) アンケート調査の実施結果と考察

- ① 授業中の演示実験は，どの程度の割合で実施しますか。
・ほぼ毎回 1人 ・1週間に1回 3人 ・月に1回 18人
・年に1回 5人 ・ほとんど行わない 3人
月に1回の割合で演示実験しているとの回答が約半分を占めた。月に1回以上は何らかの演示実験をしているという回答が73%であった。授業中に教員による演示実験で化学的な事象を示し，生徒に興味・関心をもたせる動機づけをした上で授業を行いたいという教員の姿勢と思われる。一方，進度等の制約で，ほとんど演示実験を行わず授業をしている実態も見受けられた。
- ② 実験室で行う生徒実験は，どの程度の割合で実施しますか。
・ほぼ毎回 0人 ・1週間に1回 2人 ・月に1回 14人
・年に1回 11人 ・ほとんど行わない 3人
月に1回以上実験室で生徒実験を行っているとの回答が約半分であった。演示実験での割合に比べてその割合は少なくなっている。生徒全員分の実験器具等の準備・後始末や授業時数の制約のため，実験室における生徒実験の割合は少ないものと考えられる。
- ③ 授業導入時に演示実験等の動機づけは，必要でしょうか。
・必要 25人 ・必要ない 0人 ・どちらともいえない 5人
ほとんどの回答者が興味・関心への動機づけとなる演示実験や生徒実験の必要性を感じているとの回答であった。しかし，必要性は認めているものの，実験の準備や実験の工夫・改善等のハードの

面、授業時数や授業進度等などのソフトの面で、演示実験や生徒実験ができていないことが見受けられた。

④ 演示実験を行う際に大切なことは、何だと思えますか。

主な意見は、次のとおりである。

- | | |
|-----------------|-------------------|
| ・シンプルで授業に直結するもの | ・準備が簡単 |
| ・インパクトがあるもの | ・結果が全員に分かるようにすること |
| ・コストがかからないもの | ・再現性が高いもの |
| ・短時間で結果が出るもの | ・安全なこと |

授業導入時に、生徒が興味・関心を抱きインパクトを与えるような内容のものが大切であるという意見が多かった。単にインパクトを与えるだけでなく、生徒に「なぜこの現象が起こるのか？」という展開につながる実験例で授業を行いたいという意見も多かった。

また、準備やコストがあまりかからず、誰がやっても同じ結果を示す再現性の高いことという意見も多数あった。授業者の側としても、手軽に安全にできて、生徒の興味・関心を引き出すことのできる実験を望んでいる。

⑤ 演示実験や生徒実験を行う際に困難と思われる点は、何だと思えますか。

主な意見は、次のとおりである。

- | | |
|---------------------|------------|
| ・危険なことをする生徒への対応 | ・準備や後始末が大変 |
| ・薬品や実験器具等の不足 | ・実習講師がいない |
| ・授業進度の関係で多くの時間を割けない | ・廃液の処理について |

「④ 演示実験を行う際に大切なことは何だと思えますか。」とほぼ同じ結果となった。演示実験や生徒実験をする際に大切なこととされている事項が、現状では演示実験や生徒実験する上での留意事項になっている。

また、「危険なことをする生徒への対応」という回答もあり、安全面に配慮し、廃液等があまり出ない実験の工夫が課題となっているようである。

⑥ 演示実験や生徒実験で怖い思いをしたことがありますか。

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ・ある | 18人 | ・ない | 12人 |
|-----|-----|-----|-----|

「演示実験や生徒実験で怖い思いをしたことがある」との回答が過半数を超えた。その中の事例の多くは、生徒の火傷、薬品が目に入った、面白半分で薬品をなめたなどの事例であった。また、薬品の引火、薬品の爆発、ビーカーなどの実験器具の破損など実験操作の未熟さからくる事故の事例も多く挙げられていた。

⑦ まとめ

授業の導入時に生徒の興味・関心を引き付けるデモンストレーションとなる演示実験の必要性を認めながらも、あまり実験がなされていないというのが現状である。

予備実験の実施、実習講師不在の中での実験の準備と後始末、器具や薬品の不足、準備や後始末に費やす時間が多いことを、実験を実施する際の困難な点として多くの教員は挙げている。また、安全に実験を行う難しさが、実験をあまり実施されないことに拍車をかけている。

現在、インターネットや市販されている実験書は、時間のかかる「実験室での生徒実験」、もしくは最近メディアで紹介されている「おもしろ実験」の類が多く、短時間で終わられる演示実験に関するものはほとんどない。したがって、効果的なデモンストレーションとなりうる演示実験の工夫と、その演示実験によって興味・関心を持続させ理論的背景への理解につながるような展開を考えていきたい。

3 演示実験実践事例

(1) 演示実験のねらいと留意点

生徒の興味・関心を引き付ける効果的なデモンストレーションは、黒板、教科書および実験室での実験と同じように教育効果を高める一つの手段である。そのため、次の五つの点に留意して行うべきであり、自分自身の授業でも従来このことに留意して実践してきた。

- ① 演示実験は実験室で生徒自身が行う実験の延長として考えるべきであり、生徒が鋭い観察者となりうるもう一つの機会である。
- ② 演示実験は教師が行うにしても、可能な限り生徒に手伝わせることで参加させるべきである。

- ③ 演示実験は簡単で容易に理解できるものでなければならない。
- ④ 演示実験は生徒に興味・関心を抱かせ、持続させるものでなければならない。実験時間が短く、生徒にインパクトを与えるものでないといけない。
- ⑤ 演示実験は必ず成功しなければならない。教室で演示する前に必ず予備実験をする必要がある。実験は試みであるが、演示実験はショーであることを念頭に置くべきである。

(2) 授業における演示実験実践事例

以下に挙げる授業における演示実験事例は、高等学校学習指導要領『化学Ⅰ』「(1)物質の構成 イ物質の構成粒子 (イ)物質量」, 『化学Ⅱ』「(1)物質の構造と化学平衡 ア物質の構造 (ウ)液体と固体」の中で、物質の溶解として学習する事例である。溶解は、小学校では「第5学年B物質とエネルギー(1)ものの溶け方」という単元で学び、中学校では「第1分野(2)身の回りの物質 イ水溶液」で学習している事項である。

水に可溶性の固体の溶ける様子を観察し、溶解の仕組みを目で確認する演示実験である。生徒の予想とは異なる現象も見ることができ、様々な予想を立てさせ、興味・関心を引き付ける実験としては、簡易ではあるがインパクトが大きい。

ア 準備

・500mL ビーカー 1個, ガラス棒, タコ糸 30cm程度, あめ玉(直径3cm程度) 1個

イ 実験手順

- ① あめ玉を糸でしっかりくくりつけ、糸の端をガラス棒の中央部分で結ぶ。
- ② ビーカーに水を入れ、静かにあめ玉を入れる(図1)。
- ③ 様子を観察する。5分程度で結果がでる。



図1 水に入れた様子



図2 実験結果

ウ 導入方法

授業の導入時、生徒に実験手順を口頭で示し、4人1班編成で実験を行う。5分くらいで観察を終えることになるが、観察をしている待ち時間中に、生徒に次の2点を提示する。

- (ア) あめ玉がどのように溶けるか、しっかり観察すること。
- (イ) 「あめ玉はどのように溶けていくのか？」を予想すること。

生徒に(イ)を予想させ、その予想を発問しながら待ち時間を過ごす。

物質が溶ける現象は、日常生活においてじっくり観察されていることは少なく、あめ玉の溶け方に驚く生徒も多い。「あめ玉はどのように溶けていくか？」の生徒の予想の中で一番多い回答は、「周りから溶けて小さくなる」「上から溶けていく」という回答が多い。

5分後、あめ玉を取り出すと「あめ玉は下の方からV字型に溶ける(図2)」ことが分かる。不思議な結果が出たことにより生徒は興味・関心を持ち、現象の理論的背景を考えていくことになる。この結果を踏まえ、もう一度、同じ実験を行うと「あめ玉は下の方からV字型に溶ける」以外に、あめ玉が溶けるとモヤモヤとゆらぎが見えるシュリーレン現象に気付く生徒も多数である。このように興味・関心を引き付け、溶解の仕組みについて実験事例を取り上げながら展開していくことが可能である。

エ 考察

水に対する溶解について、現行の高等学校学習指導要領では、分子の配列や結晶構造、極性と水などから現象をとらえていくこととしている。溶解の単元は、教科書だけの事実の羅列では感覚的にとらえにくい。しかし、生徒の予想と反する簡易な実験を5分程度見せただけで、生徒の興味・関心を引き付け、視覚からの情報も得られ、化学的な事象を思考し、表現する力が向上すると考えられる。

この実験からは溶解の事象だけでなく、様々なことが観察できる。

- (ア) あめ玉が溶けるときに見えるモヤモヤのゆらぎが見えるシュリーレン現象
- (イ) シュリーレン現象のゆらぎがビーカーの底で、渦を巻く乱流

(ウ) 色のついたあめ玉を使用した場合は、溶けたあめ玉の色素の拡散の現象を確認することができる。この授業ですべての現象を解説することはできないが、いろいろな現象を見て学ぶことができる実践事例であることは確かだ。

4 実験講座で紹介した効果的なデモンストレーションとなる演示実験

効果的なデモンストレーションとなりうる簡易で安全な演示実験について研究を行った。今年度の小学校理科実験講座〔B物質とエネルギー〕では35、高等学校理科実験講座〔化学〕では33の興味・関心を引き付け、興味・関心が持続するような演示実験例を紹介した。ここでは、高等学校理科実験講座〔化学〕で行った七つの実験の操作手順と考察を示す。

(1) 雪のようにふる結晶

高等学校学習指導要領『化学Ⅰ』「(1)物質の構成 ア物質と人間生活 (イ)物質の探究」の中で再結晶として学習する。

再結晶は、小・中学校でも学習する事項である。高等学校では、硝酸カリウムの再結晶の実験を行うことが多い。しかし、地味な化学的事象であり生徒に与えるインパクトは少ない。再結晶する物質をうまく選定することで、生徒が興味・関心を引き付ける演示実験となる。

ア 準備

- ・試験管 1本、ガスバーナー、塩化アンモニウム

イ 実験手順

- ① 試験管に塩化アンモニウム 5g、水10mlを入れる。
- ② 試験管を穏やかに加熱し、溶かす。
- ③ 試験管を氷水で冷やした後、試験管立てに置き、静かに待つ。

再結晶が起きにくい場合は、種結晶を一粒入れる(図3)。

ウ 考察

この再結晶では、氷水で冷やしてから5分程度で水溶液の上部から針状の結晶が雪のように降ってくる。試験管の底からジワジワとゆっくり結晶化する硝酸カリウムやホウ酸の再結晶と異なり、生徒に与えるインパクトの大きい演示実験である。また、種結晶を入れることで一気に再結晶が進行するため、化学マジックとしての利用も可能である。

しかし、この演示実験では加熱時に突沸が起こりやすく、注意深く加熱しないと突沸により火傷をすることもあるので注意が必要である。

(2) 踊る金属ナトリウム

高等学校学習指導要領『化学Ⅰ』「(2)物質の種類と性質 ア無機物質 (ア)単体」の中でアルカリ金属の性質として学習する。また、「(3)物質の変化 ア化学反応 (イ)酸化と還元」では金属のイオン化傾向として学習する事項である。

アルカリ金属はイオン化傾向が大きく、水と反応する金属である。水との反応は、生徒にはとてもスリリングであり、非常に興味・関心を引き付ける実験である。水と反応して爆発するため、面白半分で実験する生徒もいるため、なかなか生徒実験で実施することができないのが実情である。安全で、簡易にできる演示実験が必要不可欠である。

ア 準備

- ・試験管 1本、ピンセット、ナトリウム、ヘキサン、フェノールフタレイン溶液

イ 実験手順

- ① 試験管に水を3分の1入れ、フェノールフタレイン溶液を1、2滴加える。
- ② この水にヘキサンを同量加え、放置する。
- ③ 米粒ほどの金属ナトリウムを入れ、観察する(図4)。

ウ 考察

大きなナトリウム片を水に投入すると大きな火柱が立ち、生徒に与えるインパクトは大きいですが、安全ではない。この実験では、水とヘキサンの界面上で反応がおき、水素を発生させる。ナトリウムはその水素の泡と伴ってヘキサン層を上昇する。その後、泡から離れ界面上に戻り、再び水との反応を繰り返す。



図3 再結晶の様子

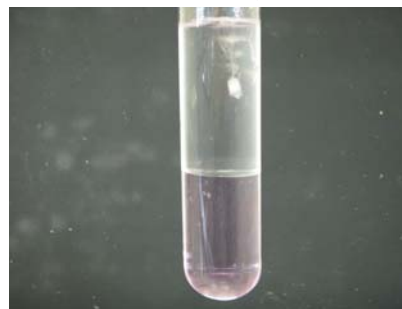


図4 反応の様子

返す。少量のナトリウムで安全に演示実験が可能であり、かつ見ていて楽しい。また、反応後水層では、水酸化物イオンが生成するため、水層のフェノールフタレイン溶液が赤く変色することも観察することができる。

アルカリ金属であるリチウムやカリウム、アルカリ土類金属であるカルシウムも同様な方法で水との反応性を視覚的に確認できる。

(3) アルカンの置換反応

高等学校学習指導要領『化学Ⅰ』「(2)物質の種類と性質 イ有機化合物 (ア)炭化水素」の中でアルカンの置換反応として学習する。

アルカンの置換反応は、授業では資料集などを見て学習することが多い化学反応である。また、実験では常温で気化しやすい液体の臭素を使用するため扱いが面倒であり、演示実験で実際に生徒に提示することが少ない。しかし、使用するアルカンの種類次第では、簡易な操作で反応が起こり、生徒には時々刻々と変わる様子が感じられる化学反応である。

ア 準備

- ・試験管 2本, ピペット 2本, ヘキサン, 臭素水

イ 実験手順

- ① ヘキサンを試験管の3分の1まで入れる。
- ② 臭素水を少量加え、軽く試験管を振り混ぜる。
- ③ 対照実験として、ヘキサンのみの別の試験管を準備する(図5)。
- ④ 太陽光にあてて、観察する(図6)。



図5 置換反応前
(右の試験管が臭素水入り)

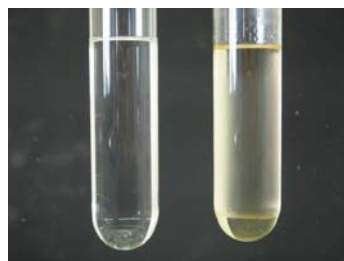


図6 置換反応後
(右の試験管が臭素水入り)

ウ 考察

教科書では白熱灯で実験手順を説明しているが、白熱灯の紫外線でなくとも、太陽光を5分程度照射することで臭素水の褐色がゆっくり無色に変化し、置換反応を視覚的に確認することができる。曇りの日でも教室の電灯をつけることで紫外線強度を補うことができる。

アルカンとしては常温で液体のヘキサンが適当であり、太陽光程度の強度の紫外線で反応が進行する。また、水とヘキサンは溶けあわないが、振り混ぜることによって、水に溶けていた非極性分子である臭素が、非極性溶媒であるヘキサンに移動するため、扱いにくい臭素よりも臭素水を使用することで代替することができた。

ヘキサン・ヘプタン以外のアルカンでは、太陽光程度の紫外線強度では置換反応が進行しないことが多いので、高等学校で学習するどのアルカンにおいても置換反応が進行するような工夫が必要であり、普遍性に乏しいのが課題と言える。

(4) ボルタ電池

現行の高等学校学習指導要領で学習内容から削除されたボルタ電池ではあるが、はじめに発明された電池であり、最もシンプルにモデル化された電池のため、『化学Ⅰ』「(3)物質の変化 ア化学反応 (イ)酸化と還元」の電池の授業の始めに取り扱うことが多い事項である。しかしながら、このボルタ電池をモデルどおりに行おうとすると、水素が発生するために分極が起こり、数秒で起電力が落ちる。そのため、生徒実験を行うことは少ない実験ではあるが、欠点を克服したボルタ電池の演示実験を工夫して行った。

ア 準備

- ・A5カードケース(ソフト) 1枚, 磁石シート(白20cm×30cm) 1枚,
電子メロディー 1個, 亜鉛板, 銅板, 希硫酸

イ 実験手順

- ① A5カードケースに磁石シートを両面テープで張り付ける。
- ② 希硫酸（赤く着色）をカードケース内に入れる。
- ③ 亜鉛板，銅板を入れる。
- ④ 電子メロディーをつなげる（図7）。

ウ 考察

黒板に貼り付けて演示実験ができるようにした。また，電解液として希硫酸が入っていることを示すために，赤の色素で着色したものをを用いた。

この実験では，低電圧で作動する電子メロディーを使用しているため，分極による起電力の低下も少なく，長時間電子メロディーを鳴らすこともできる。希硫酸を皮膚に触れても大丈夫な程度まで薄めても電池として機能するため，生徒に手伝わせず，演示実験を行う方が効果的である。

電解液として硫酸銅(II)水溶液を入れ，硫酸亜鉛水溶液と亜鉛板の入ったセルロースチューブを準備することで，このキットでのダニエル電池の演示実験も可能である。

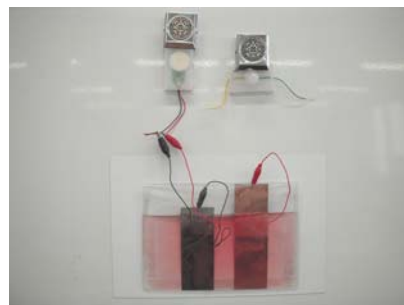


図7 ポルタ電池

(5) 燃料電池

高等学校学習指導要領『化学I』「(3)物質の変化 ア化学反応 (ウ)酸化と還元」の中で学習する事項である。燃料電池は中学校でも学習する事項であるが，高校の酸化還元反応の単元でも学習する。市販されている燃料電池のキットは2万円前後であり，生徒実験に対応できる数量を確保することは難しい。そこで，簡単かつ安価に作成できる燃料電池を開発し，演示実験に用いることにした。

ア 準備

- ・ 2Bの鉛筆 2本，ペットボトル 1個，LED 1個，乾電池 DC9V 1個，硫酸ナトリウム

イ 実験手順

- ① 2Bの鉛筆をガスバーナーで焼いて，鉛筆の芯を取り出す。
- ② ペットボトルのふたにキリで2か所穴を開けて，先ほどの芯をセットする。
- ③ ペットボトルに10%程度の硫酸ナトリウム水溶液を入れ，②で作った電極をセットする。
- ④ 乾電池をつなぎ，電極に気泡がつくまで数分間電気分解をする。（図8）。
- ⑤ 電池を取り外し，LEDを接続する（図9）。



図8 電池を接続

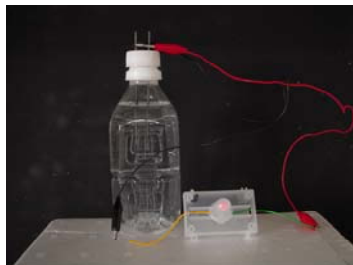


図9 LEDに接続

ウ 考察

実験時間は3分程度である。300円程度あれば1セット作ることが可能である。生じる電圧が低いいため内部抵抗の大きい豆電球を光らせることはできないが，電子メロディーであれば接続することで聴覚的に電流が発生することが確認できる。

市販されている高価なキットを用いることなく，演示実験することができる。使用する薬品も危険がなく，感電する心配もないので，生徒に手伝わせず，演示実験を行う方が効果的である。

(6) 電気分解

高等学校学習指導要領『化学I』「(3)物質の変化 ア化学反応 (ウ)酸化と還元」の中で学習する事項である。実験室での電源装置からの直流電源を必要としているため，感電等の安全面の心配から実施の少ない実験である。現行の中学校の学習指導要領では大きく扱うことがないので，ほとんどの生徒は高校ではじめて見る化学的事象のため，できるだけ生徒に電気分解の実験を体験させることが望ましい。そのため，教室や演示で簡易に安全にできるものを考え，行った。

ア 準備

- ・ 瓶管（直径18mm，高さ90mm） 1個，コルク栓 1個，銅線 2本，ステンレス線 2本，

乾電池 DC9V 1個, 電解液

イ 操作手順

- ① コルク栓に電極としてステンレス線を差し込む。
- ② 瓶管に電解液を入れ、電極に乾電池をつなげる(図10)。

ウ 考察

隔膜がないので生成物を電極ごとに回収できないが、電極間距離が少ない分、単3の乾電池でも実験可能である。実験器具を授業時間で簡単に準備でき、使用する薬品も少ない量で実施できるため、教室で安全に生徒に行わせることも可能である。電極の金属を変えたり、電解液を変えたりすることで、数多くのバリエーションで簡易な定性的な実験をすることができる。

電極ごとに生成物を回収したい場合は、コルク栓に1本の電極を差し込み、片方を塩橋で結ぶことで、この装置でも可能であり、工夫の余地はまだある。

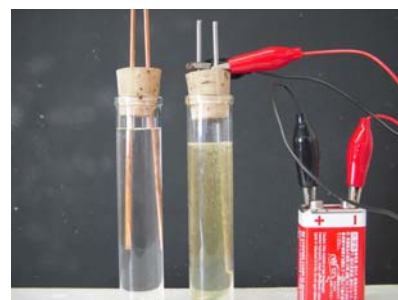


図10 電気分解

(7) 小さな雷 ―界面上での酸化還元反応―

高等学校学習指導要領『化学I』「(3)物質の変化 ア化学反応 (ウ)酸化と還元」の中で学習する事項である。酸化還元反応の酸化剤の単元で取り上げると興味・関心を引き付ける演示実験である。液体の界面上で反応が進行すること、また小さな雷のような閃光と音を伴う反応であること、見た目にはきれいな反応であることから、演示実験として生徒に好まれる実験である。

ア 準備

- ・試験管 1本, スタンド 1個, ピペット 2本, 濃硫酸, メタノール, 過マンガン酸カリウム

イ 操作手順

- ① 試験管にピペットを使って濃硫酸を5ml入れる。
- ② この上に別のピペットを使って、メタノール10mlを混合しないようにゆっくりと試験管の壁を伝わらせるように加える。このとき、液体は2層に分かれ、下の層は濃硫酸で、上の層はメタノールである。
- ③ 過マンガン酸カリウムの結晶2～3粒を上から加える。
- ④ 様子を観察する(図11)。



図11 界面上での反応の様子

ウ 考察

酸化還元反応が界面上で進行し、さらに雷のような閃光と音を伴う反応で、生徒の興味・関心を引き付ける。濃硫酸と過マンガン酸カリウムが反応し、緑色の酸化マンガンが界面上で生成する。酸化マンガンは強力な酸化剤であり、メタノールと酸化還元反応を起こし、雷のような閃光を観察することができる。この実験で起こる閃光の理由を考えることで、酸化数の変化、酸化剤・還元剤の仕組みなどに発展させることができる。ただし、この実験は濃硫酸を使用すること、少量の過マンガン酸カリウムで実験しないと危険を伴うため、生徒に実験させるのではなく、演示実験で観察させるに留めたい。

IV 研究のまとめ

PISAやTIMSSの調査結果より、「理科の勉強は楽しい」と思う生徒は学年が進行するとともに減少傾向にある。学習到達度は国際比較してみると高いにもかかわらず、学習意欲については国際的に見て依然として低い。また、自然体験や生活体験が年々乏しくなっているため、「科学的な疑問を認識すること」や「現象を科学的に説明すること」の能力が国際的に低く、「科学的に考察し結論を導くこと」や「観察・実験を通して自ら発見することの喜びを感じる」とや「実生活や実社会に応用すること」が課題として浮き彫りになっている。

この結果を受け、中央教育審議会答申(平成20年1月)では、生活体験、科学的な体験、自然体験の充実を図り、科学的な思考力や表現力の育成を新学習指導要領の改訂の基本的な考え方として盛り込み、観察・実験の重要性が増していくものと考えられる。

本県の授業における化学実験の現状は、教員のアンケートによれば次のようであった。

生徒の興味・関心を引き付ける実験を取り入れた授業の改善の必要性を認識しているものの、数多くの実

験を実施しているとは言い難い現状であった。生徒の興味・関心を引き付ける実験を授業の中に取り入れたいという意欲はあるものの、授業時間の制限、実験の準備に時間をかけられないという現状を打破できないことは残念である。

観察・実験は生徒の興味・関心を引き付け、科学的な思考力・表現力を育成するには最も有効なツールである。しかし、教科書の実験、市販されている実験書の実験、インターネットで紹介されている実験は、準備や器具を多数使い、簡易に短時間で演示実験できるものはほとんどない。自ら既存の実験を工夫または改善していく必要があるため、授業での演示実験の機会を失っているケースが多い。

そこで、今年度の実験講座では、数多くの演示実験を紹介し、既存の実験への工夫や改善を提示した。これらの演示実験を自らの授業スタイルにあったものに工夫していくことが望まれる。自ら実験を作り出していく経験が、創造的な実験を生み出し、授業に活用していこうとする意欲につながる。さらには、生徒の興味・関心を引き付け、教師力の育成につながるものとする。

V 本研究における課題

本研究の今後の課題は三つある。

本研究によって、演示実験や生徒実験を行いたいが、授業時数や進度による制限、実験器具や薬品の不足、準備する時間がないなどの教員側の葛藤が浮き彫りになった。このような教員に対して演示実験や生徒実験の情報をどのように提供するかということである。また、実験に関する質問や悩みなど、意見交換できる場が必要である。そのためには、すべての教員で情報を共有できるメーリングリストやデータベースなどを活用した情報共有が今後の課題と言える。

二つ目としては、授業時間ごとの演示実験のバリエーションを増やすことである。原子の構造や物質量の単元では、演示実験の教材化は難しい。生徒の興味・関心を引き付けるために、生徒の五感に訴えることができる教材化が課題となる。

三つ目としては、本研究の目的は主に定性的な化学事象の演示実験の工夫や開発である。現行の高等学校学習指導要領では定性的な取扱いが主であったが、平成20年12月に公示された高等学校学習指導要領案では、化学的な事象の定性的な取扱いと同時に定量的な取扱いにも重点を置くことになった。したがって、定量的な演示実験の工夫や改善をしていく必要もある。

生徒の視点に立ち、興味・関心を引き付け、表現力を向上させる演示実験や生徒実験の更なる工夫と改善に取り組みたい。

<引用文献>

文部科学省 1999 『高等学校学習指導要領解説 理科編 数理編』, p. 92

文部科学省 2008 『高等学校学習指導要領案』, p. 54, p. 56, p. 69

<参考文献>

文部省 (現文部科学省) 1999 『小学校学習指導要領解説 理科編』

文部省 (現文部科学省) 1999 『中学校学習指導要領解説 理科編』

文部科学省 2005 『読解力向上に関する指導資料』 (平成17年12月)

Lee R. Summerlin James L. Ealy, Jr 1986 『Chemical Demonstration A Sourcebook for Teachers』

<参考URL>

文部科学省 「OECD生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006年調査国際結果の要約」

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/071205/001.pdf (2009. 1. 8)

国立教育政策研究所 「国際数学・理科教育動向調査の2007年調査 (TIMSS2007) 国際調査結果報告 (概要)」

<http://www.nier.go.jp/timss/2007/gaiyou2007.pdf> (2009. 1. 8)

国際教育政策研究所 「国際数学・理科教育動向調査の2003年調査 (TIMSS2003)」

<http://www.nier.go.jp/kiso/timss/2003/gaiyou2003.pdf> (2009. 1. 8)

文部科学省 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf (2009. 1. 8)

文部科学省 「教育課程部会におけるこれまでの審議のまとめ (2007. 11. 7)」

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/07110606/001.pdf (2009. 1. 8)