

文部省科学研究費(一般研究B) 番号:07458027

「中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究」中間報告書

高校化学・中学理科における
表現力育成のための
個人実験教材と実践報告

平成8年(1996年)3月

研究代表者 松原 静郎
(国立教育研究所)

はしがき

本教材集は文部省科学研究費補助金一般研究(B)「中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究」における調査実施のため、昨年5月に研究資料「高校化学における表現力育成のための個人実験教材集」を作成したが、これに1年間にわたる実践と検討を加え、さらに、高等学校の実践報告と中学校理科の教材も収めたものである。

化学実験研究プロジェクトでは、1988年度よりおもに高等学校化学における個人実験導入とその影響について研究してきた。1993年度からは国立教育研究所国語教育研究室のご協力もいただき、化学実験における表現力を中心に調査研究を進めてきた。

今回、科学研究費補助金の交付を受けることとなり、新潟、長野、群馬の各県センターにもご協力いただき、高等学校および中学校での調査を進められることになった。特に高等学校では実践をした結果を、いくつかの学校において中間報告としてまとめることができた。執筆された委員の方には実施するときの参考になるように心がけて書いていただいた。

また、本報告書の教材は高等学校化学I Bと中学校第2学年理科を対象としているが、実験実施の際にはA4判の教材をB4判に拡大し、実験プリントとしてそのまま生徒に配布し、実験が実施できるようになっている。さらに、実施した実験プリントを回収する場合、生徒には復習用のプリント(回答例を示したもの)を配布できるよう、実験プリントと見開きで掲載している。なお、各実験教材に対する教師用手引きは後方のページにまとめて掲載し、実施の際の便宜をはかった。

実験教材に関してはこれまで何度も検討してきたが、まだ未完成な部分が散見される。より良いものにしていくため、先生方の忌憚のないご意見、ご叱正をお願いする次第である。

最後に、この報告書をまとめるにあたり、小川友子さんには多大のご協力をいただいた。記して感謝する。

平成8年2月

研究代表者

松原 静 郎

研究委員一覽

研究代表者	松原 静郎	国立教育研究所科学教育研究センター化学教育研究室長	
共同研究者	赤石 定治	東京都立晴海総合高等学校	教 諭
	阿部 光雄	群馬県総合教育センター	指導主事
	有元 秀文	国立教育研究所 教科教育研究部	国語教育研究室長
	石井 哲彰	新潟県立佐渡女子高等学校	教 諭
	石井 良典	東京都新宿区立牛込第一中学校	教 諭
	石川 朝洋	新潟県立教育センター	指導主事
	臼井 豊和	東京都立八王子東高等学校	教 諭
	遠藤 英夫	帝京長岡高等学校	教 諭
	小俣あや子	神奈川県茅ヶ崎市立北陽中学校	教 諭
	清田 三郎	東京都立牛込商業高等学校	教 諭
	久保 博義	東京都立石神井高等学校	教 諭
	後藤 顕一	埼玉県立松伏高等学校	教 諭
	五島 政一	神奈川県三浦市立南下浦中学校	教 諭
	古澤 繁喜	長野県教育センター	専門主事
	増田 宗夫	栃木県宇都宮市立教育研究所	指導主事
	堀 哲夫	山梨大学 教育学部	教 授

も く じ

はしがき	i
委員一覧	ii
第1章 表現力育成の意義	1
1. はじめに	2
2. 個人実験の導入	3
3. 研究の目的	4
4. 調査における留意事項	5
5. 化学実験・理科実験での表現に関する問題点と 定型文利用の意義	6
6. 実験レポートの書き方(生徒用)	9
第2章 高等学校における実践報告	11
1. 実験レポートにおける表現の指導	12
2. 成分元素の検出(炎色反応)	26
3. 化学反応における量的関係	30
4. 分子量の測定	46
5. コロイド溶液	48
6. 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色	64
7. 金属のイオン化傾向とボルタ型電池	76
8. 電気分解	88
9. 鉄イオンの検出	94
10. 水溶液の判別	96
第3章 高等学校化学用実験教材	101
1. 実験プリント教材	102
2. 教師用手引き	122
第4章 中学校理科2年用実験教材	133
1. 実験プリント教材	134
2. 教師用手引き	144
第5章 実験に伴うアンケート	149
1. 科学観調査	150
2. 実験に関するアンケート	154
3. 実施上の問題点に関する調査(教師質問紙)	154

第1章 表現力育成の意義

1. はじめに	2
2. 個人実験の導入	3
3. 研究の目的	4
4. 調査における留意事項	5
(1) 調査の実施	
(2) 生徒への注意事項	
(3) 実験プリントの特徴	
5. 化学実験・理科実験での表現に関する問題点と 定型文利用の意義	6
(1) 教科書での問題点	
(2) 定型文の書き方とその意義	
6. 実験レポートの書き方（生徒用）	9

1 はじめに

新学習指導要領では理科の観察、実験の重視がうたわれ、指導要録では評価の観点として表現が加えられた。理科では観察、実験の技能に表現の観点が加わり、実験レポート等での表現に焦点が当てられている。しかし、中等理科教育における実験レポートに関しては、実験結果の記述に自分の意見が混在したり、結論の記述で主語を入れなかったり、単語しか書かないといった、表現の面での問題点が多いことがこれまでの調査で見いだされている。

IEA国際理科教育調査の中3の実験テストでは、わが国の正答率が他に比べて30%以上低かった3問は実験計画等を記述する問題であった。このような説明を必要とする推論や実験計画には思考力や自己学習力が重要であるが、それを高める視点がこれまでははっきりしていなかった。表現力は思考力と結び付いており、表現の具体的な手立てが明確化してくることにより、思考しやすくなり、また、自分の考えに気づき自己学習力も高められると考えられる。中・高等学校での予備調査でも、具体的な記述の仕方を指導しないクラスに比べ、指導したクラスでは適切な回答が大幅に伸びるのが見られた。ただし、そのまま生徒に定着するわけではなかった。

一方、新課程の中学校理科や高校化学ⅠA、ⅠBの教科書や教師用指導書において、考察として問題が入っている例や、教師用指導書の考察部分に結果の解説が書いてあるなどの混乱が見られる。さらに、教科書にも実験レポートの書き方は載っているが、書き方の手立てまで記載されている例はなく、生徒がレポートを作成する際、形式はわかるが、結果と考察をどう区別するかなどはわからないことも多いと思われる。また、レポートにおいて結論を実験事実から導く際、一般に法則や理論、他人の意見などを根拠として引用するが、この点も教科書に抜けており、入れていく必要がある。

また、科学教育における表現力に関して、かつて特定研究「言語」として大規模かつ総合的な調査研究がなされた。久田氏はこれに続く一連の調査結果に基づいて、表現を訓練するには、観察、実験を授業の中に入れ、その観察、実験は生徒自らができるようなものがよいと、提言している。すなわち、事実と意見との区別を中心とした表現の育成は、目の前で起きる事実を自ら観察する実験をとおして行うのが適していると考えられる。その際、手順どおり操作をするだけでなく、生徒一人一人が主体的に取り組める実験の機会が必要である。つまり、上記の問題点の解消には、個人個人に操作を考えさせたり、結論を考察させる内容を含んだ個人実験の導入が適当と思われる。

これまでも我々は個人実験について調査研究¹⁾を実施してきており、個人実験により興味・関心が高まることが認められた。次に、個人実験をとおしての思考力の育成について調査をしていくにしたがって、表現に問題のあることが浮かび上がってきた。これをうけて、平成5年度より表現力の育成について調査研究を続けている。

1) 松原静郎他(1991)『高校化学における生徒の科学的態度に及ぼす個人実験の影響に関する調査研究』科学研究費補助金研究成果報告書(課題番号02680244) 111p.; 松原静郎他(1993)『高校化学における個人実験導入とその影響に関する調査研究』科学研究費補助金研究資料(課題番号03680256) 95p.

2 個人実験の導入²⁾

これまで個人実験を導入実施した経過とその結果は次のとおりである。

我が国ではグループでの実験が多い。しかし、グループ実験では手分けをして実験操作に手を出さない児童生徒や、手を出せない児童生徒もいる。

そこで、高2を対象として個人実験を実施してみた。化学実験を自分でするのが好きな生徒は6割であったが、個人実験を楽しいとした生徒は2割程度と少なかった。個人実験の悪い点としては「結果が不安」や「ひとに聞けない」などを7割近くの生徒が挙げており、実験における結果重視の姿勢が認められた。一方、個人実験の良い点として「マイペースでやれる」や「くりかえしできる」を3割の生徒が挙げていた。また、新しい器具に対して「進んで使う」は3割であった。この結果を踏まえて、さらに13の高等学校において、個人実験を年に数回導入してみた。

実験プリントでは、操作の説明をなるべく簡潔にし、器具等を自由に使用させること、さらに、実験方法を限定しやすい図はなるべく少なくすること、実験結果の予想など、生徒自身で考えさせる項目を入れること、少量実験を採用し、パレット等廉価な器具を使用するなどの配慮をした。

実験を少量化すると、科学実験で重要な再実験も容易となった。実験の失敗による再実験はもちろん、考察をした後に再実験することで、実験事実の再確認ができる。また、類似の実験を行うなど、自らの考えを発展させることもできる。そのほか、廃液量も減少し、項目によっては反応時間が短縮され、爆発などの危険性も軽減される。ただし、パレットは実験用にできていないので、一般に有機物には不適當といった短所もある。

生徒には、失敗したらもう一度やり直せばよいこと、結果に疑問の点があったら、くりかえし実験して確かめること、実験が一通り終わったら、各自の興味により進んだ実験をしてよいこと、実験結果等は条件により同一にはならないこともあり、自分の結果や考えを重視すること、以上の点を強調した。

実施後の、個人実験に対する生徒の態度や教師の評価は、以下のようであった。

化学反応の量的関係に関する実験でみると、上記と同じ学校の生徒の反応は、「プリントに書いてない実験もした」は1割弱であったが、「実験が面白かった」は7割、「積極的に実験に取り組んだ」が8割であった。また、その他の個人実験を含めて、9割方の教師は消極的な生徒も主体的に取り組んだとしていた。なお、実験内容についてはほぼ8割の教師が肯定的な回答であった。

また、器具については適切であり、試薬量は普段と同じかより少なく、試薬等の管理スペースでもほぼ普段と同じとする回答が多かった。しかし、実験準備等の手間をグループ実験と比較した結果は、7割程度の教師がより手間がかかるとしていた。実験の準備は2～3時間でできたとする回答が6割近くと多かった。準備時間30分以内もあったが、5～6時間かかったとする回答もあった。これが個人実験を実施する際の最大の障害であろう。ただし、溶液の小分け方法を工夫することで短時間に済ませている例も見られた。

2) 松原静郎(1993)「化学実験における問題点と個人実験導入の試み」『理科の教育』42(8), pp. 523-525

3 研究の目的

日本語における特徴として、ひとと話をしたり文章を書く際に、主語を抜かしたり、1人称を書くことを避けたり、賛成反対を最後に述べたり、自明のことはあえて言わないようにしたり、目上の人の意見に合わせるようにするなどのことがあげられる。これらのいずれもが自分自身の意見を明確に表現することを避けた言い方となっている。これには、相手の言ったことに異論を差し挟むことが相手の人格を否定することにつながるとの考えが日本では働くとの説もある。

その一方、ギリシャから発生し、ヨーロッパで育まれてきた自然科学においては、物事を明確に記述することが必要である。そして、相手の意見に反論し論争することは、公にはその後の人間関係に悪影響を及ぼすことはないとされている。ただし、聞くところによると、個人的には論争による確執がやはりできるようであり、それも日本人の比ではないとの話も聞く。

それはともかく、こういった言語の特徴はその国における文化的な背景を示しており、日本語の特徴は日本社会の特徴を表すものでもあり、それらの特徴を変えることは、日本の文化を変えることだともいえる。一方、日本において自然科学における表現を学習することはヨーロッパ型の人間をつくるのではなく、2文化を有する人間をつくることであると木下是雄が述べていることも聞いている。

我々も、自然科学における表現の学習がいわゆる国際人としての素養を持ち合わせた2文化人の育成に対応するものと考えている。すなわち、理科教育における表現の学習は、自然科学という学問を基礎としていることから、生徒にとってそれまで日常で触れ、学校で学習してきた表現形式とは異なる形式を持ち、新たに学習していくことで獲得できる表現であると認識している。

その表現の一つとして、本研究における実験レポートでの表現の学習を考えているのである。なお、その意義については、「5. 化学実験・理科実験での表現に関する問題点と定型文利用の意義」で述べる。

本研究の具体的な目的は化学実験レポートないし理科実験レポートを書く技術を修得させることである。技術の修得に伴って適確な表現が可能となることにより、生徒自身の思考が整理され、より適切なレポートを作成することができるようになることを予想している。この仮説を検証するため本教材を使用して表現の訓練をした後に実験レポートを提出させ、記載方法、内容等について調査分析する。

高等学校においてはこれまで開発した10の高等学校用個人実験教材を年に3～4回程度導入し、生徒の表現力育成法として、定型文を与え、それ以前の自分自身の記述と比較するなど、これまでの調査を基に適当と思われるいくつかの方法を使って、表現力の変容を調べる。

また、中学校についてはこれまで開発した5教材を年に3回程度導入し、中学校においても高等学校と同様の調査を実施する。

これらの調査結果をもとに、表現力を育成するための個人実験教材の改訂と開発における観点を明らかにするとともに、科学実験レポートに関する具体的な記述法を記載した生徒用および教師用手引書を改定作成する。

4 調査における留意事項

(1) 調査の実施

次の計画に沿って実験を実施してください。

- ① 高校化学ⅠBまたは中学2年の3クラス程度を調査対象とする。
- ② 事前調査として科学観調査を実施する。なお、本調査研究の評価のため、可能な限り対照(本実験教材を実施しない)群を2～3クラス設定し、同一の事前調査を実施する。
- ③ 調査の後、生徒用「6 実験レポートの書き方」を印刷配布し、説明を付け加えていただく。
- ④ 年間3～4回ここにある実験教材を授業の進度に合わせて実施する。その際、原則として定型文の記述方法については毎回確認する。また、実験終了後、生徒にアンケートを実施し、担当教師にも教師用調査に回答いただく。
- ⑤ 2学期の終わりに適当な実験(本実験教材である必要はない)においてレポートを提出させる。また、事後調査を実施する。その際、原則として対照群にもレポートと事後調査を実施する。なお、このときは定型文の説明は特別しない。

本教材集はA4判で作成しているので、実験プリント等を使用の際はB4判に拡大してください。また、実施いただいた実験プリントは回収するので、生徒には復習用のプリント(回答例を示したもの)を後で配布してください。

(2) 生徒への注意事項

生徒には実験に際して次の点を強調してください。

- ① 失敗したらもう一度やり直せばよい。
- ② 結果に疑問の点があったら、くりかえし実験して確かめる。
- ③ 実験が一通り終わり考察等の定型文も書けたら、各自の興味により進んだ実験をしてよい(参考として各実験教材の教師用手引きに発展実験例をあげた)。
- ④ 実験結果等は条件により変わり得るものであり、一人一人の結果が重要となるので、自分自身の結果や考えを重視する。
- ⑤ 定型文は実験操作と並行して記述するのではなく、実験観察結果は一旦適当なところに記録しておき、操作が一段落してから定型文を書くようにする。

(3) 実験教材プリントの特徴

実験教材プリントでは次のことに配慮した。

- ① 各生徒が自分のペースで実験操作が進められるよう、個人実験を原則とした。
- ② 実験操作はなるべく簡単にし、時間的な余裕を持たせることで、科学実験で重要な再実験の時間を確保するようにした。
- ③ 各実験教材プリントには原則として一つずつの結果と考察を記述させる箇所を設けた。
- ④ どの実験教材プリントにも、定型文による結果や考察の表現方法を提示し、生徒が確認できるようにした。
- ⑤ 年度当初の実験教材は、結果や考察の記述がやさしいものとし、定型文の訓練になるよう配置した。

5 化学実験・理科実験での表現に関する問題点と定型文利用の意義

(1) 教科書での問題点

すでに、はじめに述べたとおり、中・高等学校における実験レポートには、実験結果の記述に自分の意見が混在したり、結論の記述で主語を入れなかったり、単語しか書かないといった、表現の面での問題点が多いことがこれまでの調査で見いだされている。

また一方、新課程の中学校理科や高校化学ⅠA、ⅠBの教科書や教師用指導書において、「考察」として「問題」が入っている例や、教師用指導書の考察部分に結果の解説が書いてあるなどの混乱が見られる。すなわち、結果と考察（事実と意見）を意識して分けては書かれていないものと思われる。

さらにこれらの問題点は、中・高等学校の教科書における考察をたずねる問いに、実験結果を使って考察する場面がほとんど入っておらず、また、考察の多くは操作上の留意点に関する事項が多いといったことにも起因していると思われる。

我々は実験が化学マジックの時間に終わることなく、講義の流れと有機的に結び付くためには、レポートでまとめさせることが重要と考えている。

すでに述べたように、教科書にも実験レポートの書き方は載っているが、書き方の手立てまで記載されている例はなく、生徒がレポートを作成する際、結果と考察を書く必要があることはわかっても、結果と考察をどう区別すればよいのかは具体的にわかっていないと思われる。また、結論を実験事実から導く際、一般に法則や理論、他人の意見などを根拠として引用するが、この点も教科書に抜けており、入れていく必要がある。

このような考えから、定型文を作りそれに合わせて記述させる訓練が必要であると思われる。定型文の書き方を習得することで実験結果が整理され、思考がまとまりやすくなると考えられる。すでに実施した学校では生徒が自分自身でレポートを書けたことに満足しているようであったとの報告ももらっている。

しかし、それでも次のような化学実験における根本的な問題点が残っている。その第一は、ただ一種類の実験から考察してよいのかという点である。時間の制約もあることから通常問題にされないことではあるが、実験結果を一般化するに至るまでには多数の実験結果または理論的な根拠が必要である。さらには、精度の問題として1回の実験でそのデータを“正しい”結果として扱ってよいのかという問題も残っている。ただし、これに関しては自分一人のデータを使うばかりでなく各班各人の実験データを集めることでより精度の高い結果とすることができよう。

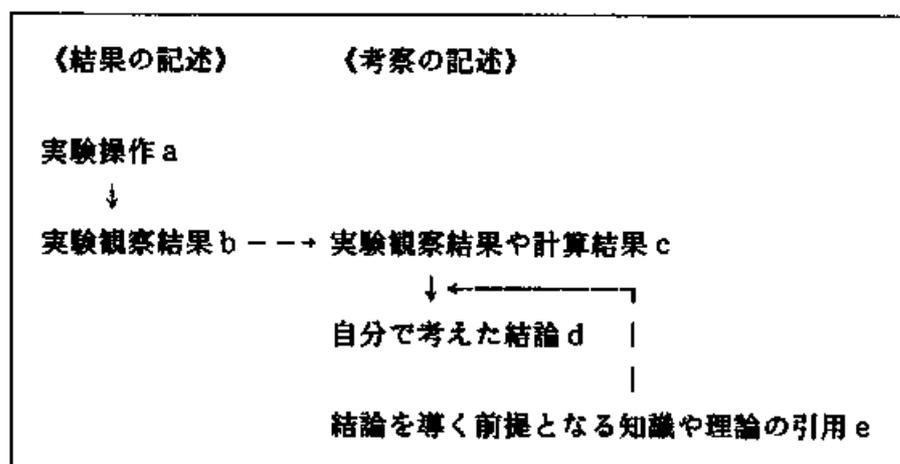
第二に前の考察を事実として考え、次の考察に進むことはよいのかという点である。これは前の実験結果から出てきた考察を正しい解釈として扱い（もちろんこの段階で間違っただけは論外となる）、次の段階では前の考察を実験事実として次の実験結果を考察していくことがよくあるが、本来その間に前の考察が“正しい”という保証か仮の結論であるという考えが必要である。

これら二つの問題点は、中・高等学校段階では教科書を調べるなり参考書を見るなりして確認すべきことと思える。しかしながら、実験を考察するにはそのような時間的余裕またはそのような習慣がないのである。なお、このことについては次節の②考察と関連してくる。

(2) 定型文の書き方とその意義

すではじめにで記載したように、表現力は思考力と結び付いており、表現の具体的な手立てが明確化してくることにより、思考しやすくなり、また、自分の考えに気づき自己教育力も高められると考えられる。

実験レポートを書く際に必要な結果と考察の内容と、それらの関係は以下のように考えられる。



結果と考察の書き方として次のような定型文*を作った。

①結果 「aをしたら、bになった」

このときのaは実験操作が入り、実際に行った操作を入れることが重要である。すなわち、教科書や実験プリントにおいて「2～3滴入れる」とあった場合、実際には「2滴入れた」か「3滴入れた」はらずであり、それを記述することである。

また、bには自分自身で実験を観察した結果を記入する。自分自身での実験観察結果であるから「赤くなった」のように過去形で記入すべきであろう。

例えば、実験プリントの「成分元素の検出（炎色反応）」では、「白金線を未知試料Aに浸して炎の中に入れたら（実験操作5での実際の操作の記述）、炎の色は赤色になった（実験観察結果）。」となる。

②考察 「cから、dと考えた。その理由はeだからである」

このときのcは実験観察結果や計算結果が入るが、どの結果を使って考察しようとしているのかを明確に認識するために重要である。

①の結果に続けて記載するときは、①の実験観察結果bと同じ内容が②での実験観察結果cとして入ることになる。したがって、この文が長くなるような場合には「上記の結果から」や「操作1の結果から」といった記載でかまわないと思われるが、どの結果を使うか明示した書き方が必要である。

また、dは考察（自分で考えた結論）が入り、一般的には「dと考えられる」の文型

*：久田基隆(1990)『科学的記述力を育成するためのカリキュラム開発』科学研究費研究成果報告書（課題番号02680244）pp.6-35に示された標準文を参考にし、新たに定型文として作成し直したものである。

であることが多いが、ここでは自分自身で考えたことを認識させるために「dと考えた」の文型とした。なお、例えばリトマス紙を使った実験である水溶液を青色リトマス紙につけたところ赤く変化したときの考察としては、「その水溶液は酸性である」や「その水溶液は酸性であることがわかった」のようにふつう記述し、「その水溶液は酸性であると考えた」と記述するまでもない間違いない事実と思われる場合もあるが、ここでは訓練として上記の形式で統一した。ただし、生徒が前者2例のように書いても間違いとするものではない。

ところで、dを考察する際はcの実験観察結果や計算結果がその理由となるが、eでの理由とは、dを導く直接的な実験観察結果や計算結果cのことではなく、その前提となる知識を意味する。すなわち、そこには既に生徒自身が知っている知識を示したり、教科書や参考書、資料に書かれている事象や理論、法則などを引用することが入る。

科学ではそれまでの知識を基に新しい考えを積み上げていく学問であり、このような引用は必要不可欠な部分であり、およそ論文と呼ばれるものには必ず文献の引用がある。教科書などに書かれている実験レポートについての解説では、この部分が抜けており、そのため前提となる知識が示されている教科書や講義での内容との結び付きが弱かったと思われる。

例えば、実験プリントの「成分元素の検出(炎色反応)」では、「炎の色は赤色になったことから(または、上記の結果から;実験結果)、未知試料Aにはリチウム元素が含まれていたと考えた(自分で考えた考察)。その理由は、操作(4)で調べた炎色反応の色はリチウム元素だけが赤色だったからである(前提となる知識;この場合は目的の実験の前に実施した操作4を前提として使うよう教材が設計されている)。」

なお、上記の例で、前提となる実験操作4がない場合は、「その理由は、教科書p.00にあるように、炎色反応の色はリチウム元素だけが赤色だからである。」のように記述することができ、この場合該当箇所を調べることにより講義内容との結び付きもはかりやすくなる。

なお、表現の一形態である表やグラフを使った場合、我々は次のように考えている。

どの操作の結果をまとめたかを明示した表はそのまま結果を示していると考えられる。一方、測定データ(結果)をグラフにしたときは考察と考えている。それは、どういった線をひくかがグラフを描いた生徒自身の考えによると思われるからである。

計算についても、温度差などを求めるための単純な計算以外はやはり考察の一種と考えられるが、そこで算出された数値を使ってさらに考察を進めていく場合は、これを計算結果として扱うこととした。

また、表やグラフに描かれた内容を改めて文章で書くことがあるが、これは考えを整理していく上で役に立つものと考えている。実験プリントでも結果の記述内容をさらに表にまとめている例があるが、このような考えからである。

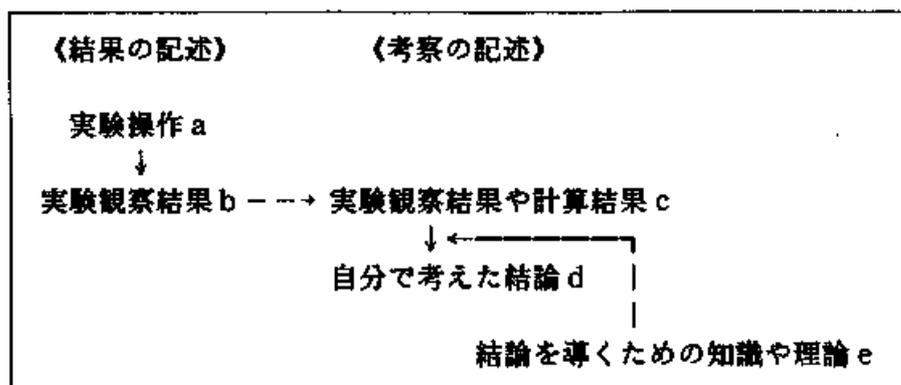
実験プリントでは、特に最初の頃はわざわざ書かせるまでもないやさしい考察などがあり、くどいと思われるかもしれないが、練習と考えて進めていただきたい。知っている書かない場合と知らないで書けない場合とでは、内容の理解という点で大きな差が出てくるものと考えられるからである。

6. 実験レポートの書き方

みなさんは実験レポートを書いた経験がありますか。経験のある人もない人も、実験レポートで最も重要な結果と考察にはどんなことを書けばよいか、一緒に考えてみましょう。そのほかの実験レポートに書く必要のあること（日時や試薬などの記述）は教科書で調べておいてください。

では本題に戻って、結果と考察には何を書くのでしょうか。結果とは実験して自分の目で見えた事実を、考察とはその結果から考えた自分の意見を書き、他の人に伝えるのです。

実験レポートを書く際に必要な結果と考察の中身と書き方（定型文）を下に示します。



◎結果 「a（操作）をしたら、b（結果）になった。」

aには教科書や実験プリントに書いてある操作をそのまま写すのではなく、例えば実験プリントに「2～3滴入れる」とあった場合、実際に入れるのは「2滴」か「3滴」のはずですから、実際に自分自身で行った操作をレポートには書くのです。

bにはその操作で観察した結果を、「赤くなった」のように過去形で記入します。

◎考察 「c（結果）から、d（結論）と考えた。その理由はe（根拠）だからである。」

cには実験観察結果や計算結果が入りますが、これを書くわけはどの結果から結論を導いているかを確認し、明示することが重要だからです。また、dには自分で考えた結論が入り、「dと考えた」または「dと考えられる」、「dであった」のように記します。

さらに、eでの根拠とは結果と結論を結び付けるものです。すなわち、cの結果からdの結論を導くために必要な知識や理論を意味します。そこにはすでに知っていることを書いたり、教科書や参考書などで調べた事実や理論などを入れます。簡単な例では、「リトマス紙を溶液に入れたら赤くなったことから、その溶液は酸性と考えた。その理由は、リトマス紙は酸性のとき赤く変化する試験紙だからである。」となります。

ところで、考察ではただ一つの実験から結論を導いてよいのかという問題がいつも出てきます。実はこの点を補うため、実験事実から結論を導くときに理論や他の事実などを根拠として引用するのです。つまり、学校では教科書を調べるなり参考書を見るなりして自分の考えを確認したり補ったりすることに相当するのです。

これからは、この結果と考察の書き方を頭に置いて、実験をまとめてみましょう。

第2章 高等学校における実践報告

1. 実験レポートにおける表現の指導 (事例1;石井哲彰)・12
(事例2;臼井豊和)・20
(事例3;遠藤英夫)・24
2. 成分元素の検出(炎色反応) (遠藤英夫) 26
3. 化学反応における量的関係 (事例1;臼井豊和) 30
(事例2;久保博義) 38
4. 分子量の測定 (石井哲彰) 46
5. コロイド溶液 (事例1;久保博義) 48
(事例2;後藤顕一) 56
6. 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 (臼井豊和) 64
7. 金属のイオン化傾向とボルタ型電池(事例1;石井哲彰) 76
(事例2;後藤顕一) 78
8. 電気分解 (久保博義) 88
9. 鉄イオンの検出 (石井哲彰) 94
10. 水溶液の判別 (遠藤英夫) 96

実験レポートにおける表現の指導（1）

石井 哲 彰
実践校番号 25

1 はじめに

本校では、3年で化学を、2年で化学I Bを開講している。個人実験教材集を用いた実践対象クラス数は表1に示すとおりであり、3クラスの生徒数は各30名である。

表1 実践対象クラス

化学	3年	普通科1クラス
化学I B	2年	普通科2クラス

2 個人実験教材を用いた実践の概要

本校では、個人実験教材を用いた実験活動を年間6回実施した。年間計画に基づく教材の使用は表2のとおり行った。本校での実験は一人一人が操作や考察を行う個人実験としている。本実践では、6回すべて個人実験で行った。

定型文を用いた記述指導の理解を図るために、「成分元素の検出」実験の前に、1校時を用いて、4ページ後に示す自作「記述資料」を配付し、科学的な記述に必要な事柄や定型文を用いた記述指導を行った。

表2 年間教材実施状況

教材集No	指導内容	報告書の形式	実施クラス
——	1 記述に関する事前指導（自作、「記述資料」使用）		3年、2年
(1)	2 成分元素の検出(炎色反応)	実験プリント	3年、2年
(2)	3 化学反応の量的関係	実験プリント	3年、2年
(3)	4 分子量の測定	実験プリント	3年、2年
(4)	5 コロイド溶液	実験プリント	3年、2年
(9)	6 鉄イオンの検出	実験プリント	3年、2年
(7)	7 イオン化傾向とボルタ型の電池	実験プリント	3年1クラス
		自由記述形式	2年2クラス

結果と考察のまとめは、本実験教材集の実験プリントに記述させた。各実験の冒頭で、定型文を用いて実験プリントに記述をするように口頭で指導した。また、実験後の授業で、模範文が記入されている実験プリントを配布し、定型文の記述指導を行った。

個人実験集のなかで、最後に使用した「イオン化傾向とボルタ型の電池」で、2年生の2クラスには、自由記述形式の報告書を課した。年間を通した定型文による記述指導の効果を見るためのものであった。

評価のために事前調査、事後調査を行った。年度当初に、本実験教材集の中にある科学観などを問う事前調査を行った。また、実験ごとに、本実験教材集の中にある事後調査を行った。さらに上記の六つの実験終了後、評定尺度法による事後調査、および記述式アンケートによる事後調査を行った。

以下、六つの実験終了後に行った事後調査について述べる。

3 定型文指導について

① 事後調査

全生徒に評定尺度法により、定型文の効果をみるための事後調査を行った(表3)。

表3 定型文の効果 n = 85

	+2	+1	0	-1	-2	
ア 定型文を使うと結果を書きやすい	18	21	35	8	3	書きにくい
イ 結果の記録を書けるようになった	7	28	29	17	4	書けなかった
ウ 定型文を使うと考察を書きやすい	10	21	34	14	6	書きにくい
エ 考察を書けるようになった	2	21	34	20	8	書けなかった

生徒が結果の記録と考察の記述をする場合、定型文指導の効果があったと考えられる(表3)。

定型文を用いると「書きやすい(+2と+1の合計、以下同じ)」と考えている生徒が多い。特に、結果の記録は「書きやすい」(46%)と同時に「書けるようになった」(41%)とする生徒が多い。

一方、考察の記述では、定型文を用いると「書きやすい」と考える生徒は多い(36%)が、「書きにくい(-2と-1の合計、以下同じ)」とする生徒も1/4程度いる(24%)。また、「書けるようになった」(27%)生徒よりも、「書けなかった」(33%)とする生徒の方が多かった。

これは、結果の記録よりも考察の記述が難しいことによるものと考えられる。考察の記述が難しいことは、他の調査においても同様の結果であった¹⁾。

考察の記述が難しい理由を探るために再度事後調査を行った(表4)。事後調査は、5選択肢から、1~3の順位をつけて選択させた。ただし、「その他」の選択肢では、理由を記述させた。

表4では、考えがまとまらないとする生徒がどの順位においても多い。また、定型文を

表4 考察の書きにくい理由 n = 59

理由	順位	1	2	3	総計
定型文の「根拠」がわからない		20	18	9	47
定型文の「結論」がわからない		14	17	18	49
考えがまとまらない		17	19	18	54
定型文の型があるため		3	3	8	14
その他		5*	1**	2***	8
無回答		0	2	4	6

*結果からどのようなことがわかるかわからない、書き方がわからない、書き慣れていない、定型文に慣れていない、考察がわからない、**考えがまとまって定型文で書こうとすると大変長くなるから、***途中で資料や結論のことを持ち出すと文章があやふやになる、表現が難しいから。

書く際に、「根拠」や「結論」がわからないとする生徒も多い。

中でも、書きにくい理由の第一に「根拠」がわからないをあげている生徒数が特に多いことから、生徒には定型文の「根拠」を書くことが難しいことがわかる。根拠は、今まで学んだ知識を用いて記述する部分である。今後、根拠となる知識の与え方とその利用の仕方などを定型文指導に取り入れ、考察を書く手だてを示すことが課題と思われる。

4 報告書の作成における定型文の効果

個人実験集の「イオン化傾向とボルタ型の電池」では、2年生の2クラスに自由記述形式による報告書を課した。その実践結果を示す。

① 報告書の作成指導について

対象生徒は、高校理科では1年次の生物I Bおよび化学I Bにおいて、実験プリントによる実験報告の経験がある。しかし、自由記述形式の報告書作成は今回が初めてである。そのため、報告書作成にあたっては、実施クラスでの使用教科書に記載されている「報告書の作成」を用いて指導をおこなった。また、自由記述形式の報告書に、結果及び考察の定型文を用いる、用いないの判断は生徒に任せた。

② 記述例

実験結果および考察の記述例を示す(図1, 2)。

<p>塩化ナトリウム水溶液に、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム(約0.02g)を加えると、透明だった水溶液が、黄色に変化した。</p> <p>さらに、この水溶液に、フェニルアラニン溶液2〜3滴を加え、鉄板と銅板をそれぞれにひたすよう、導線のクリップが固定した。</p> <p>すると、約10秒後、鉄板の周りは緑色、銅板の周りは赤褐色に変化した(図)。</p>	<p>操作(4)より、鉄板の方が青色になったのは、Fe^{2+}ができたと考えられる。その理由は、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムとFe^{2+}が反応すると、青色があらわれるからである。</p> <p>操作(4)より、銅板の方が赤色になったのは、H_2Oが少し電離して、H^+があらわれ、H^+とFeから流れてきた$2e^-$とが反応し、H_2ができた。このOH^-はフェニルアラニン溶液と反応したと考えられる。その理由は、フェニルアラニン溶液と塩基性(OH^-)が反応すると赤色があらわれるからである。</p>
<p>(図1)</p>	

図1 生徒Aの「結果」の記述

図2 生徒Bの「考察」の記述

③ 評定尺度法による事後調査

定型文の効果調べるため、報告書作成と定型文指導との関連について事後調査を行った(表5)。対象は2年生2クラスである。

表5 報告書作成と定型文指導との関連について n = 56

	+2	+1	0	-1	-2	
7 定型文で結果を書いた	17	19	10	4	6	書かなかった
イ 定型文で考察を書いた	11	18	16	7	4	書かなかった
ウ 定型文練習は役だった	13	21	19	0	3	役立たなかった

④ 事後調査（記述式アンケート）

生徒C：何も書いていないレポート用紙にレポートを書くのは、思ったより難しかった。言いたいことがうまく書けず、とまどい、時間がかかってしまった。

その反面、いろいろ考えることで、今回の実験の応用的なことも思いついたし、実験後の方が楽しかった。

実験をし、レポートを書いていくうちに、あやふやだった酸化・還元や金属のイオン化傾向がわかってきた。レポートを書くことはとてもいいことだ。

⑤ 考察（報告書の作成と定型文指導との関連）

前述したように、報告書の作成にあたっては、定型文の使用は任意とした。結果や考察の記述の仕方によっては、定型文を用いることができない場合や用いることが適当でない場合もあると予想されたからである。

一方、提出された報告書を見ると、上記、生徒AとBの報告書の例のように定型文を用いて記述してあるものが多かった。また、事後調査（表5のA、I）をみても、定型文を用いて結果や考察を書いた生徒が多いことがわかる。また、報告書作成に定型文指導は役だったと考える生徒が多かった（表5のウ）。

ところで、以前本校の生徒は文章でなく単語や語句で記入することが多かった。また、主語を抜かしたり、結論だけを書いたりすることも多かった。ところが、本年度は実験プリントを3～4回実施した時点で、主語、述語を用いて文章で書く生徒が、目立つようになった。さらに、定型文を用いる指示がない回答欄でも、定型文で書く生徒が多くいた。

このことは、生徒が結果や考察を書く場合、記述の基準として定型文を活用していたためと思われる。これは定型文という具体的な手だてを生徒に示した効果と考える。

さらに、上記生徒Cの感想で、「何も書いていないレポート用紙にレポートを書くのは、思ったより難しかった。」とある。しかし、「・・・、レポートを書いていくうちに、あやふやだった酸化・還元や金属のイオン化傾向がわかってきた。レポートを書くことはとてもいいことだ。」とある。白紙のレポート用紙は生徒にとって、大海に放たれたボートのようなものかも知れない。定型文は羅針盤の役割を果たしていたと思われる。

5 まとめ

以上の結果より、次の①～③がいえる。

- ① 結果や考察をする際、定型文指導は、生徒が主語や述語を適切に用いながら文章で記述することに役立つ。
- ② 定型文指導を繰り返すことで、自由記述形式の報告書を書く際に、生徒が結果や考察を記述するための具体的な手だてとして有効である。
- ③ 生徒は、結果の記述は書きやすいが、考察の記述は難しい。生徒にとって、定型文を使って書くことが難しいのではなく、結論を導くための思考力の不足や定型文の「根拠（理由）」に関する知識不足に原因があると思われる。

【参考文献】

- 1) 石井哲彰：「高等学校における新しい『化学』の指導と評価の実践」理科の教育, 43(10), pp. 683-686(1994)

科学的に書くための資料（記述資料）

新潟県立佐渡女子高等学校

1 はじめに

国際化の進展に対応できる人間像として、積極的にコミュニケーションをはかる態度が望まれる。そのためには詰め込まれた知識の多い少ないを競うだけでなく、記憶した知識を分かりやすく説明したり、説得力をもって討論する能力が求められる。

理科について言えば、習得した知識や観察した事実に基づき、論理的な推論や創造的な思考を、文章、スピーチで表現したり討論したりすることが必要と考えられている。

具体的には、次の①～④があげられる。

- ①実験の報告書をつくること、
- ②実験の内容を口頭で発表すること、
- ③実験の内容について討論すること、
- ④実験計画の立案と発展実験をおこなうこと

ところで、アメリカでは小学校から価値観の異なった相手とのコミュニケーション能力を高める勉強が日頃から重視されているという。反面、日頃訓練されていない日本の高校生が、上記①～④について突然要求されても簡単にできるはずがない。

そこで、上記①の報告書の作成について練習することにする。報告書の中で必ず求められる、実験結果の書き方や考察の記述の仕方を学んでみよう（定型文とよぶことにする）。さらに、何回かの練習をとおし、わかりやすく、説得力のある文章を書けるようにしよう。

II 報告書（レポート）における文章表現

A 理科・科学の文章で大切なこと

(1) 論理的であること

- ①他人が続んで意味がはっきり分かるためには、話の筋道を立てて書く必要がある。
- ②論理的であるために、頭の中で問題点をしっかり整理する。
- ③文章が苦手な人は、気をつけて論理的な考え方、書き方をするように心がける。

(2) 簡潔な文章（意味が明確に述べられること）を心がけること

- ① 主語、述語の関係を正しくする（主語のねじれがないように）。
- ② 文を短くする（一つの文では、一つのことを言う）。
- ③ 文末は断定的にする。
- ④ あいまいな指示語（その、これらの、そんななど）、接続詞（そして、しかし）をできるだけ使わないようにする。

(3) 事実（結果）と考え（考察）とを区別すること

<演習1> 事実の文章と意見の文を読み分ける

次の①～⑥の文について、事実を述べた文を○、意見の文は△、どちらともとれる文章は、○と△をつけ、なぜそう見るか、それぞれ理由を説明しなさい。

また、事実・意見のどちらでもない文があったら、×をつけなさい。

①	塩化銅を電気分解する実験を行ったら、陰極に赤黒い粒子が付いた。	
②	塩化銅を電気分解する実験を行ったら、陰極に赤黒い銅の粒子が付いた。	
③	塩化銅を電気分解する実験を行ったら、陰極に物質が付着した。 それは銅であろう。	
④	塩化銅を電気分解する実験を行ったら、陰極に銅が付着した。	
⑤	塩化銅を電気分解する実験を行えば、陰極またはその付近に 銅があらわれるであろう。	
⑥	塩化銅を電気分解する実験を行ったら、陽極に泡が生じた。	
⑦	塩化銅を電気分解する実験で、陽極に生じた泡は、塩素と考えられる。 塩素水は酸性の性質と漂白作用を持つので、青リトマス紙を 入れてみると、塩素かどうかわかるであろう。	

<演習2> 次の文で科学的な書き方でないものを読み分ける

「A溶液にB溶液を入れたところ、しばらくしたら試験管のまわりに銀色に輝くきれいな膜ができた。」

しばらくしたら→定量的でない→正確な時間を測定する

きれいな →主観 →書く必要がない

輝く →(半)主観 →他の適当な語を用いる

例「金属光沢」

<演習3>

密閉した大きなビンの中でろうそくに点火するとどうなるか考えて、書いてみなさい。

自分の書いた文を事実と考えに分けてみなさい。

事実	
考え	

B その他

(1) 化学用語を使おう

①化学式、記号、化学反応式を使うと文章が簡潔、明確になり便利である。

②次の用語も積極的に使い、慣れる。

- ・観察、性質、推論、分子、圧力などの抽象的な用語
- ・均一、充満、一様などのなじみのない言葉
- ・「～と関係ある」、「～と考えられる」という表現

(2) 文章を推敲すること

文章を書くことで一番大切なことは、推敲することである。そして、他人が読んでも、内容が理解できる文章にまとめあげることが大切である。

Ⅲ 実験報告書（プリント）における書き方

(1) 結果の書き方

実験操作（手順）を含める。事実を書くこと。

例 「操作③、④で、A溶液に硝酸銀溶液を滴下したら、白色沈殿が生じた。」

結果は二つの部分に分けて書く。		
① 操作を記述する部分	下線	
② 結果を記述する部分	下線	
「操作〇～〇で、 <u>～したら</u> 、 <u>・・・になった。</u> 」		
↑ ↑	↑	↑
操作にある番 号を記入する	操作を簡 潔に書く	結果を過去形で書く

(2) 考察の書き方

実験結果と結論、考えの根拠を含む。

例 「上の結果より、溶液中に塩化物イオンが含まれていたといえる。その理由は、白色沈殿が生じたのは銀イオンが塩化物イオンと反応し、AgClを生じたからである。」

考察は二つの文章に分けて書く。	
① 結論（推論、判断）を記述する文章	下線 _____
② 根拠、理由を記述する文章	下線 _____

① 結論（推論、判断）を記述する文章	
「上の結果から、 <u>～は・・・と考えた。</u> 」	
↑	↑
主語を忘れない	結論（推論、判断）を書く
② 根拠、理由を記述する文章	
「その理由（根拠）は、 <u>～である。</u> 」	
↑	
結論の根拠、理由を書く。	
（根拠となる事実。今までの知識や教科書の内容を用いて書く）	

(3) 記述例

塩化鉄(Ⅱ)水溶液を、熱した純水中に入れ、水酸化鉄コロイド溶液をつくる。これを半透膜のチューブに入れ、純水中に置いた。半透膜チューブの外部液の色を観察しなさい。

結果 ろ紙の上に(1)でつくった溶液を加えて放置すると、ろ紙の目を通過した液が水酸化鉄(Ⅲ)コロイドと同じ赤褐色であった。

また、セロハンを用いた場合には液の色に変化はなかった。

考察 上の結果より、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは $10^{-9} \sim 10^{-6}$ μの大きさの粒子であると考えた。その理由は、ろ紙の目(10^{-6} μ)は通過できたが、セロハンの目(10^{-9} μ)は通過できなかったからである。

IV おわりに

ここまで話を考えると、国語の勉強をしているような気がするかも知れない。しかし、実験のレポート、課題、報告書などで、相手に正確に事実や意見が伝わらなければ、自分の得た事実や体験が自分の中にとどまってしまうことになる。それでは、化学を学んでいる意味が半減してしまう。

また、文を書くうちに次第に自分の考えがまとまっていくことを体験したことがあるはずである。書くことと考えることは、表裏の関係にあると考えられる。「書くことで、考える力を伸ばすことができる」といえる。事実の記録や考察の記述は、化学変化や物質の性質などについて認識や理解を深めることになる。このように考えれば、レポートで結果の記録や考察を書く練習をすることは、国語の勉強をしているわけではない。

ところで、科学的とは、次の3点が必要だと言われている。

- ① 客観性→事実(誰でも認める内容)と意見(主観の入る内容)の区別
- ② 論理性→論理的で簡潔な文章を書くこと
- ③ 実証性→観察や実験をとおして物質や反応を実証すること

客観性、論理性や実証性が皆の書いたレポートに表れていないとしたら、それは化学を学んでいるとは言えないことになる。皆の努力を期待する。

実験レポートにおける表現の指導（2）

日 井 豊 和
実践校番号15

本校の化学の単位数は、2年必修3単位、3年選択3単位であった（現在は指導要領の改訂に伴い、1年必修3単位、3年選択4単位で行っている）。その中で平成6年度に行った実験回数を表1に示した。2年生の18回の実験のうち3回が個人実験であり、本研究で用いた実験集のプリント（成分元素の検出、化学反応における量的関係、酸・塩基とムラサキキャベツの色）を利用した。実験レポートは、1年生、3年生ともに任意の実験を選んで学期に1通以上書くことを要求している。表現力の指導を行っていなかった頃のレポートには、表2に示したような不適切な表現が数多くみられた。しかし、平成7年度は、本研究の実験プリント、レポートの書き方を示したプリント（図1）、表現を評価の観点加えたレポートの表紙（図2）を利用することにより、不適切な表現をかなり減少させることができた。このうち、表紙の具体的な効果については現在調査中であるが、表現力の指導に極めて有効に働くものと考えている。表現力の指導法について、今後も検討を重ねたい。

表1 平成6年度の実験回数

学年(単位数)	1 学期	2 学期	3 学期	計	備 考
2 年(3 単位)	5 回	7 回	6 回	18 回	個人実験 3 回を含む
3 年(3 単位)	10 回	13 回	1 回	24 回	

表2 生徒のレポートに見られた不適切な表現

[]: 実験の種類, (): 正しい表現

分類	生徒の書いた不適切な表現
用語の使い方が不適切	イオン化傾向が高い。(イオン化傾向が大きい。) 沈殿を生じさせる。(沈殿を生じる。) 銅イオンが発生した。(銅イオンが生成した。) 沈殿が発生した。(沈殿が析出した。) 酸素が析出する。(酸素が発生する。) 沈殿が無くなった。(沈殿が溶解した。)
あいまいな表現	結晶が <u>白っぽく</u> なると同時に水がかなり出た。[CuSO ₄ ・5H ₂ Oの熱分解] 試験管を引きあげると <u>褐色っぽい</u> 色がついた。[NOと空気中のO ₂ との反応]

分類	生徒の書いた不適切な表現
主観的な表現	<p>とても嫌な臭いがした。[NH₃の発生]</p> <p>久しぶりに炭酸飲料を飲んでげっぷをし、鼻にきてしまったときのようなつんとくるにおいがした。[SO₂の発生]</p>
言葉が不足している表現	<p>さらし粉は、CaCl(C10)・H₂O, それに濃塩酸 HCl を加え、黄緑色の気体が発生した。[Cl₂の発生]</p> <p>(さらし粉の化学式は、CaCl(C10)・H₂O で表される。さらし粉に濃塩酸 HCl を加えたら、黄緑色の気体が発生した。)</p> <hr/> <p>このとき起電力は約 1.1 V でダニエル電池と同じ。[ボルタ電池のはじめの起電力]</p> <p>(このとき起電力は約 1.1 V でダニエル電池と同じであった。)</p> <hr/> <p>塩化アンモニウムと水酸化カルシウムは酸塩基反応である。[NH₃の発生]</p> <p>(塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの反応は酸塩基反応である。)</p>
不要な言葉のある表現	<p>銅板を鉄くぎに代え、そしてモーターを接続した。[電極を代えたダニエル電池]</p> <p>(銅板を鉄くぎに代え、モーターに接続した。)</p>
主語と述語の関係が不適切な表現	<p>操作1で発生した刺激具はアンモニアである。[NH₃の発生]</p> <p>(操作1で発生した刺激具をもつ気体はアンモニアである。)</p>
長文のために意味の通りにくい表現	<p>4種のイオンの中で Cl⁻ と反応して沈殿を生じるのは AgCl という白色沈殿を生じる Ag⁺ だけなので、ろ過すると、ろ紙についたものは AgCl となり、Ag⁺ がまず分離でき、ろ液には Cu²⁺ と Zn²⁺ と Al³⁺ が残ったと考えられるが、Ag⁺ 全部が一度に AgCl になるとは考えにくいので、さらに HCl を加えて白色沈殿を生じなくなるまで 4 度ろ過した。</p> <p>[陽イオンの分離： Ag⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺]</p> <p>(4 種のイオンの中で、Ag⁺ だけが Cl⁻ と反応して白色沈殿を生じる。この沈殿は AgCl であり、ろ過することにより他のイオンと分離できる。ろ液には、Cu²⁺, Zn²⁺, Al³⁺ の他に、沈殿しきらなかったわずかな Ag⁺ が残っていると考えられる。そこで、Ag⁺ を完全に取り除くために、ろ液に HCl を加えてろ過する操作を、4 度繰り返した。)</p>
反応式の挿入が不適切な表現	<p>アンモニアは濃塩酸と反応して NH₃ + HCl → NH₄Cl が発生したと思われる。[濃塩酸による NH₃ の確認]</p> <p>(アンモニアは濃塩酸と反応して塩化アンモニウムを生じた。この反応は、次の化学反応式で表される。 NH₃ + HCl → NH₄Cl)</p>

実験レポートの書き方

【目的】

【操作】 実際に行った操作を細かく書く（過去形）。

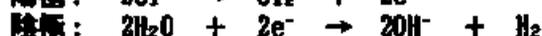
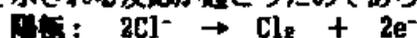
【結果及び考察】 英語では、Results and Discussion

どのような実験事実（結果）が得られ、その事実からどのようなことが言えるのかを文章で書く（Discussion）。必要ならば、図表や化学反応式を添える。

（良い例）

結果および考察

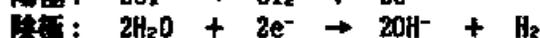
炭素棒電極を用いて食塩水の電気分解を行うと、陰極・陽極ともに無色透明な気体が発生した。両極での単位時間あたりの気体の発生量を表1に示した。陰極と陽極での気体の発生量の比は約1:1であるが、陰極に比べ陽極での発生量は約5%少なかった。また、陰極で発生した気体はマッチを近づけると青白い炎を出して燃え、陽極で発生した気体には刺激臭があった。このことから、陰極で発生した気体は水素、陽極で発生した気体は塩素と考えられる。両極では次の化学反応式で示される反応が起こったのであろう。



陽極の気体の発生量が陰極の気体の発生量に比べて少なかったのは、塩素の水への溶解度が水素の水への溶解度よりも大きいため（表2）、陽極で発生した塩素の一部が水に溶解してしまい、見かけ上発生量が少なくなったものと思われる。

（悪い例）

結果および考察



水素と塩素は1:1で発生するはずであるが、私たちの班は20mlと10mlであり、誤差を考えると成功したと言える。

（その他悪い例）

◎用語の使い方の間違い

イオン化傾向が強い → (正)イオン化傾向が大きい

◎結果から考察する姿勢の欠如

たぶん操作のミスだろう → 自分の出した結果に自信が無いのなら実験をやり直せ

◎文章を書く上での基本的な約束ごと

主語と述語の関係が明確でない

【文献】必要に応じて書く。

(本文中での表記の仕方: ~が知られている³⁾。)

3) 東 化太郎, "高校化学", 東出版(1993), p69.

文献番号) 著者, "タイトル", 出版社(発行年月日), ページ.

【感想】

図1 レポートの書き方を示したプリント

化学実験レポート

実験題目							評価
報告者	年 組 番 (班)						A ⁺ A A'
	氏名						B ⁺ B B'
共同実験者							C
	氏名						再提出
実験日時	年 月 日		時限目				
実験場所	化学実験室						
天候		気圧	mmHg	温度	℃	湿度	%
概 評	<p>1. 深く考察している。 2. よく観察している。 3. よく調べてある。 4. まとめ方がよい。 5. 丁寧に書けている。 6. 図・表がよい。 7. さらに深く考察することを望む。</p> <p>8. レポートのスタイルを整えよ (操作をまとめて書くなど)。 9. 操作・結果などの事実を過去形で書くこと。 21. 主語述語の関係が適切でない。 10. 事実と意見 (考察) の区別を明解にせよ。 22. 記号が多く意味をつかみにくい。 11. 結果に基づいて考察を展開せよ。 23. 文献や参考書を活用するとよい。 12. 考察が不足している。 24. 図・表を活用するとよい。 13. もうすこし深く考察するとよい。 25. 箇条書きのスタイルを活用するとよい。 14. 表現のレベルが低い。 26. 反応式は文から独立させた方が読み易い。 15. 言いたいことを整理せよ。 27. 化学式・化学反応式を正しく書くこと。 16. あいまいな表現は避ける。 28. 化学用語の使用法が不適切である。 17. 文章に流れがなく内容が伝わりにくい。 18. 長文で意味が通りにくいので 2 つの文に分けるとよい。 19. 論理的な (わかりやすい) 文章になるよう工夫せよ。 20. 実験をしていない人に通じるように、詳しく書くこと。</p>						
<p>〔実験の感想〕</p> <p style="text-align: right;">今年度レポート提出第 回目</p>							

図 2 レポートの表紙

実験レポートにおける表現の指導 (3)

遠藤英夫
実践校番号26

1 はじめに

平成7年度、3学年の普通科の化学の実験で、表現力を育成する個人実験を実施した実験項目と時期を次に示す。「成分元素の検出 炎色反応」(4月下旬)、「化学反応の量的関係」(5月中旬)、「分子量の測定」(6月中旬)、「コロイド溶液」(9月中旬)、「ヘスの法則」(10月下旬)、「水溶液の判別」(11月上旬)、「電気分解」(11月下旬)。これらの表現力を育成する個人実験を合計7回、これらの実験以外に教科書に対応した実験を合計6回実施した。

2 実践結果

別に示す実験「成分元素の検出(炎色反応)」と「水溶液の判別」のそれぞれの結果の記述A・B・Cと考察の記述D・Eの人数の割合、および同じ方法で分析した実験「分子量の法則」と「ヘスの法則」を加えて表1に示した。

表1. 実験項目と分類項目

分類項目	成分元素の検出	分子量の測定	ヘスの法則	水溶液の判別
A	24%	18%	15%	8%
B	31%	20%	10%	6%
C	6%	20%	13%	28%
D	22%	10%	13%	11%
E	18%	15%	20%	8%

別に示す実験「成分元素の検出(炎色反応)」と実験「水溶液の判別」で示した分類項目の内容を再度表2でまとめた。

表2. 分類項目の内容

分類項目	内容
A	実験結果の文章中に考察が含まれている。
B	実験結果の記述に主観が入った内容がある。
C	質問に対応した結果の内容になっていない。
D	実験事実から考察を導出していない。
E	質問に対応した考察の内容になっていない。

表1と表2から、Aの「実験結果の文章中に考察が含まれている。」は24%、18%、15%、8%へと実験回数を重ねるにしたがって、人数の割合が減少し、同じように、Bの「実験結果の記述に主観が入った内容がある。」は31%、20%、10%、6%へ減少している。つまり、生徒は事実と考察の区別をする判断ができるようになったし、主観的に観察しているのかそれとも客観的に観察しているのかについて区別しながら、文章で表現しようとするようになったといえる。

Cの「質問に対応した結果の内容になっていない。」とE「質問に対応した考察の内容になっていない。」は実験回数を重ねても人数の割合にばらつきがあった。

3 今後の課題

表現力の育成について、ここではABCDEの五つの分類項目で分析し、その結果、生徒は実験結果の文書中に考察が含まれることが減少し、主観的な文章表現も減少したことを報告した。

しかしこれらの分析方法は、この分析の観点の有効性を含めて、数ある中のひとつである。また、定型文を生徒に与えながら反復練習することにより、定型文で記述する条件をなくした実験レポートを実際に書かせた時、表現力の向上に寄与したのかについては、調査中である。しかも、ここでの報告は、ある特定の学校そしてクラスの成果であること、実験を行った生徒全体の人数の割合ではなく、また、個々の生徒に対して追跡調査をしていない。

したがって、表現力を育成させる実験を実施した成果が得られたと確信する一方で、今後の調査分析の方向性が見出されたように感じた。今後実験をされる先生方の参考になれば良いと考え、上記文章にまとめ、各先生方から助言をお願い致したい。

成分元素の検出（炎色反応）

遠藤英夫
実践校番号26

1. はじめに

実験「成分元素の検出（炎色反応）」は結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成しようとするものである。実験内容は炎色反応を利用して、物質の中に含まれている元素を検出する。

2. 実験に関するアンケート結果

「成分元素の検出（炎色反応）」の実験に関するアンケートの結果について次に示した。ここでの調査対象は3学年85人の生徒で、数字は人数を、()内の数字は人数の割合をパーセントで表1に示した。

表1. 実験に関するアンケート

① 今回の実験は	面白かった	22	20	33	5	5	つまらなかった
		(26)	(24)	(39)	(6)	(6)	
② 実験の操作は	やさしかった	16	20	27	14	8	難しかった
		(19)	(24)	(32)	(16)	(9)	
③ 化学反応は	よく観察できた	37	20	19	7	2	観察できなかった
		(43)	(24)	(22)	(8)	(2)	
④ 実験の内容は	よくわかった	20	9	40	8	8	わからなかった
		(24)	(11)	(47)	(9)	(9)	
⑤ プリントに書いていない実験も							書いてある実験も
	いろいろやってみた	12	13	40	10	10	できなかつた
		(14)	(15)	(47)	(11)	(11)	
⑥ 実験には	進んで取り組んだ	40	20	14	7	4	仕方なくやった
		(47)	(24)	(16)	(8)	(5)	
⑦ プリントの結果や考察は							ぜんぜん
	よく書けた	10	15	28	19	13	書けなかった
		(11)	(18)	(33)	(22)	(15)	

実験に関するアンケートから、「化学反応はよく観察でき」、「実験には進んで取り組んだ」など肯定的な意見が多かった。「プリントの結果や考察はよく書けた」生徒数は多くなかった。このようなアンケート結果になったのは最初の実験であるため、生徒は意欲的に取り組む一方、結果や考察の書き方が理解していない生徒が多かったためであろう。

3. 結果の記述

復習用実験プリントの結果に示した模範文を次のに示す。

[結果の模範文]

未知試料Aをガスバーナーの炎の中に入れたら、炎の色は紫色に変化した。

生徒の提出用実験プリントの結果の記述を、次のA、B、Cに分類し、それらに該当する生徒数と生徒数の割合およびその例を次に示した。

[A] 実験結果の文章中に考察が含まれている。 21名 (24%)

例 A-1 試料Aを炎の中に入れると、カリウム元素の色が現れた。

A-2 ガスバーナーの炎に試料Aを差し込んだら、紫色のカリウムが出た。

A-1およびA-2では「カリウム」であると判断した生徒がいるが、これは考察に含まれる。実験の結果は事実と考察を区別し、事実だけを記載する。

[B] 実験結果の記述に主観が入った内容がある。 26名 (31%)

例 B-1 未知試料Aがついた白金線を火の中に入れると、ブドウ色になる。

B-2 炎の中に入れると、きれいな紫に近い色になった。

B-1は「ブドウ色」、B-2は「きれいな紫に近い色」の記述がある。ブドウの色は紫色を連想させるが、かならずしも紫色とは限らない。「きれいな紫に近い色」について、きれいかどうかは各自の感じかたにより異なるし、近い色は程度を示すにはあいまいである。結局これらは主観的な内容である。色を適確に表現することと、どの表現が客観的なのか、生徒には判断しにくいようであった。

[C] 質問に対応した結果の内容になっていない。 5名 (6%)

例 C-1 未知試料Aの炎の色は、銅の緑色とナトリウムの黄色と同じではない。

C-2 炎の中に入れると、未知試料Aは燃えた。

C-1の「銅の緑色とナトリウムの黄色と同じではない」は未知試料Aの炎色と銅およびナトリウムの炎色とを比較するという意味においては理解できるが、未知試料Aの炎色に直接答えていない。C-2の「燃えた」は燃えるまたは燃えないについて答える質問でなく、炎の色について記述しなければならなかった。実験結果の記述は何を聞きいている質問なのか、何に答えるのかを適確に意識させる指導が必要である。

4. 考察の記述

復習用実験プリントの考察に示した模範文を次に示す。

[考察の模範文]

実験結果から、未知試料Aにはカリウムの元素が含まれていると考えた。
その理由は、炎の色が紫を示すのはカリウム元素を含む水溶液だからである。

生徒が提出した実験プリントの考察部分の記述を、次のDとEに分類し、その分類に該当する人数とその人数の割合およびその例を次に示した。

[D] 実験事実から考察を導出していない。19名(22%)

例 D-1 紫色を示したのはカリウムなので、未知試料Aはカリウムと考えられる。
D-2 試料Aはカリウムの元素を含む。理由は紫だから。

D-1とD-2はどの実験結果を用いて結論を導出しているのか記載がない。省略したのかもしれない。ここではどの実験結果を用いて考えているのか、他の生徒に理解できるように文章で示せることと、記述する生徒が思考する際に、道筋を明確にする点から指導が必要である。

[E] 質問に対応した考察の内容になっていない。15名(18%)

例 E-1 結果から、炎の色はいろいろある。理由は炎の色は元素によって決まっているから。
E-2 結果より、カリウム元素は炎の中で特有の炎色反応を示したので、物質中の中に含まれる元素を検出できる。

未知試料Aについての炎色は特定の色なのに対して、E-1の「いろいろある」や、含まれる元素が検出できるまたはできないを問う質問ではないのにE-2の「含まれる元素を検出できる」と答えている。設問に対応した内容になっていない。

5. この実験を実施した感想

実験「成分元素の検出(炎色反応)」は平成7年度4月下旬に実施した。表現力を育成する実験中、最初に実施したのがこの「成分元素の検出(炎色反応)」であった。実験を実施した感想を含め、以下報告したい。

(1) 五感を通して知識を確実にすることができた。

ガスバーナーの炎の中に各種の試薬を入れると、生徒は炎色自体に興味を示した。生徒は教科書の中で書かれていた炎の色の知識は記憶にすぎず、実際に五感を通して感じることの差の大きさを再認識することができた。

(2) 事実をどのような文章で記載したらよいのか、考えさせるきっかけを与えることができた。

炎色の色をどのように書き示したら良いのか生徒は考え込んだ。炎色を見てない人にも色調を伝わるように事実をよく観察し、それをいかに伝えることのできる文章として表現することのむずかしさを知り得た。

(3) 簡便な実験操作で成分元素を推測できることに生徒は感銘していた。

成分元素を推定することに対して、生徒は難しい実験操作を考えていたようだ。調べたい元素が含まれている試薬をバーナーの炎の中に入れるという簡単な実験操作で良いと知り得たときは不思議そうな表情をしていた。

(4) 安価な実験器具で生徒一人一人実験操作ができるように工夫した。

白金線は高価なため個人実験としては適しにくい。そこで、脱脂綿の小さな塊を用意し、これに試薬を着け、この脱脂綿をピンセットで押えてガスバーナーの炎の中に入れた。この方法だと、白金線付き棒よりピンセットと脱脂綿の方が安価なので、実験器具を個人個人に準備できる。実験では実際に操作をおこなう生徒の人数が多い方が大切であり、各自が実験操作をすることで、印象を強く持つことになり学習の定着が向上すると考えた。

化学反応における量的関係 (1)

白井豊和
実践校番号15

1. はじめに

この実験は、中学生でも実験できるようにつくられたものである。したがって、高等学校で実験する場合には、高等学校入学後のなるべく早い時期、遅くともモルの学習以前に行うのが適している。また、この実験は、生徒が予測する値と実験結果の値の一部が異なるようにつくられており、そこから化学反応における量的関係を考えさせようとするものである。そのため、定型文に附った記述の訓練としてはややむずかしい教材であった。しかし、実験操作が簡単な個人実験であり、学習初期の生徒が興味をもって真剣に取り組める実験であるため、敢えて取り上げた。その結果、生徒の記述内容は多様であったが、記述量は多く、表現を考えるきっかけとしては有効であった。高等学校1年生2クラス(a, b組)で実践した結果を以下に述べる。

2. 結果の記述

本実験は、結果を予想値との比較を含めて記述するよう指示している点で、他の実験に比べ特殊である。復習用プリントに示した模範文を次に示す。

模範文	マグネシウム 3.0 cm に塩酸を加えたら、発生した水素の体積は予想値とほぼ一致したが、6.0 cm のときは予想値と大きく異なっていた。また、マグネシウム 6.0 cm のときには、注射器に未反応のマグネシウムが残っていた。
-----	--

結果の記述は考察のそれに比べ簡単であるため、本校の生徒に他の実験(酸・塩基とムラサキキャベツ液の色)を行い結果を記述させた場合には、定型文の形で記述できた生徒は約70%であった。これに比べ、この実験の場合には、「操作の要点を含めて過去形で書く」という結果の書き方とその定型文(～したら、…になった。)が実験プリントに示されていたにも関わらず、定型文の形で結果を記述できた生徒は19%しかいなかった(表1)。これは、予想値との比較も含めるよう指示されていたため、それを記述しようとしたときに定型文の形で表現が困難となり、定型文を無視したものとする。操作の要点を含めた定型文の形で記述させるためには、本実験の「予想値との比較」のような他の要素は、すべて排除する必要がある。生徒の記述が極めて多様であり、定型文を基準とした表現上の分類が困難であることから、記述内容に注目して、表2のA~Dの4種類に分類した。これは、指示通り予想値との比較を含めて記述しているか、考察する際の根拠となる未反応のマグネシウムについて記述しているかという二つの観点から分類したもの

である(表2,備考)。予想値との比較をした生徒は、AとB合わせて41%であり、残り59%の生徒は実際に行った実験結果だけを記述していた。予想値との比較は、一般的な結果の記述よりも高い表現レベルが必要であり、本実験が1年生の学習初期に行われたことを考えると、指示しているにも関わらず予想値との比較をした生徒が少なかったことに納得がいく。一方、未反応のマグネシウムについて記述した生徒は、AとCを合わせてわずか20%であった。これは、定量実験では数値ばかりに気を取られ観察やその記述がおろそかになりがちなることを示唆するものである。復習用のプリントを配布する際、実験時における観察のポイントなどを改めて注意するとよい。具体的な記述例を表3に示した。

表1 結果の定型文に従った操作の記述

実験	操作の記述あり	備考
化学反応における量的関係	19%	割合は2クラスの平均値
酸・塩基とムラサキキャベツ液の色	61~81%	上の2クラスを含む

*過去2年間に調べたクラスごとの割合

表2 結果の記述の分類とその割合

分類	a組 (n=42)	b組 (n=41)	計 (n=83)	備考
A	8	3	11 (13%)	○。予想値との比較についての記述がある。 ○ 未反応のマグネシウムについての記述がある。
B	16	7	23 (28%)	○ 予想値との比較についての記述がある。 × 未反応のマグネシウムについての記述がない。
C	1	5	6 (7%)	× 予想値との比較についての記述がない。 ○ 未反応のマグネシウムについての記述がある。
D	17	26	43 (52%)	× 予想値との比較についての記述がない。 × 未反応のマグネシウムについての記述がない。

*)それぞれの記述があるものを○、ないものを×で示した。

表3. 結果の記述の例

分類	結果の記述												
A	<p>2.0 cm の時 4.0 cm のときを比較するとちょうど 2 倍になった。だから 6 cm も同じように比例して結果がでると思ったが最後まで反応せず Mg が残った。予想通りいかなかった。</p>												
	<p>上の表のように、2 cm では 20.1 ml、4 cm では 40 ml のように、1 cm で 10 ml ぐらいずつ水素が発生したが、6 cm のときは 50.0 ml しか発生せず、注射器の中にマグネシウムリボンが少し残った。</p>												
	<p>3.0 cm は予想より多く出てしまったが、6.0 cm は予想より少なく出てしまった。が、6.0 cm の方は Mg がのこった。</p>												
B	<p>マグネシウムと塩酸とを反応させると、上表のように、マグネシウムリボンが 2 cm ~ 4 cm では、マグネシウムリボンと発生した水素の体積が比例している。しかし、6.0 cm のときでは比例を用いて予想した分より大きく下回った。</p>												
	<p>マグネシウム 6.0 cm の場合、予想では水素の体積は 70.0 ml だが、結果では 49.2 ml であった。(水素が発生した)</p>												
	<p>3.0 cm の時、予想は 30.0 ml だったが、実際は 30.5 ml だった。だいたい予想と同じ値だった。6.0 cm の時は、予想と違った。</p>												
C	<p>マグネシウムの長さを 2 倍にしたら、水素の量も 2 倍になった。(マグネシウム量と水素の量は比例関係) 6 cm のときには未反応のマグネシウムが残ってしまった。</p>												
	<p>マグネシウムを 1 cm ずつ増すと塩酸の量にかかわらず水素の体積は 10 ずつ増した。最後の方はマグネシウムが少し残って反応しなかった。</p>												
	<table border="0"> <tr> <td>2.0 cm のマグネシウムと塩酸 2 ml では水素が</td> <td>22 ml</td> <td>発生した</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>"</td> <td>32 "</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>"</td> <td>39 " またマグネシウムが残った</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>"</td> <td>44 " "</td> </tr> </table>	2.0 cm のマグネシウムと塩酸 2 ml では水素が	22 ml	発生した	3.0	"	32 "	4.0	"	39 " またマグネシウムが残った	6.0	"	44 " "
	2.0 cm のマグネシウムと塩酸 2 ml では水素が	22 ml	発生した										
3.0	"	32 "											
4.0	"	39 " またマグネシウムが残った											
6.0	"	44 " "											
D	<p>マグネシウムの長さが 2 cm ~ 4 cm までは水素の発生量が比例していたが、6 cm の長さでは、49 ml で比例関係がくずれてしまった。</p>												
	<p>Mg を 1 cm ずつ増やしたら、水素が 10 ml ずつ増えた。5 cm までしか反応が起こらない。</p>												
	<table border="0"> <tr> <td>2.0 cm のマグネシウムを塩酸 2 ml と反応させたら、水素が</td> <td>20.1 ml</td> <td>発生した</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>"</td> <td>30.4 ml 発生した</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>"</td> <td>40.0 ml 発生した</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>"</td> <td>48.2 ml 発生した</td> </tr> </table>	2.0 cm のマグネシウムを塩酸 2 ml と反応させたら、水素が	20.1 ml	発生した	3.0	"	30.4 ml 発生した	4.0	"	40.0 ml 発生した	6.0	"	48.2 ml 発生した
2.0 cm のマグネシウムを塩酸 2 ml と反応させたら、水素が	20.1 ml	発生した											
3.0	"	30.4 ml 発生した											
4.0	"	40.0 ml 発生した											
6.0	"	48.2 ml 発生した											

3. 考察の記述

実験プリントの考察欄の上には、「予想値と実験結果が大きく異なったものについて、その理由を考察せよ。」という指示が記されている。復習用プリントに示した模範文を次に示す。(なお、この調査を行ったときの考察の定型文は、「～は…と考えられる。」というスタイルのものである。現在は、「～は…と考えた。」というスタイルに修正している。)

模範文	マグネシウム 6.0 cm のとき水素の発生量が予想と大きく違ったのは塩酸が全て反応に使われてしまったからと考えられる。その理由は注射器に未反応のマグネシウムが残っていたからである。
-----	---

定型文に従って根拠「その理由は～だからである。」まで記述した生徒は、全体の 39%であった。しかし、その中には根拠としてふさわしくない記述も多くみられた(表4, No.6～9)。模範文で根拠としている未反応のマグネシウムについては、結果の欄に記述できた生徒が 20%しかいないため、ほとんどの生徒は模範文のような考察を書くことができなかった。

結果と同様に、この実験での考察の内容を定型文の形で表現することは、生徒にとって極めて困難であった。生徒の記述が極めて多様であり、定型文を基準とした分類が困難であったことから、文型での分類ではなく、何を考察しようとしているかという内容面に着目し、O～Uの7種類に分類した(表5)。それぞれの具体例を、表6に示した。

発生した水素が予想値より少なかったことに対する生徒が記述した理由は、O～Rの4種類に分類できた。Oは塩酸が足りなかったからというもの、Pはマグネシウムが多かったというもの、Qは反応する量には限度があるからというもの、Rは反応する量は決まっているからというものである。これらは、いずれも 6.0 cm のマグネシウムが塩酸に対して過剰量であることを認識した上での記述である。これに対して、Sは、その認識が文章から読み取れず、マグネシウムと発生した水素の量が比例関係にあることのみを述べたものである。また、Tは 6.0 cm のマグネシウムの実験結果を操作のミスまたは計算ミスと勘違いしているもの、Uはその他である。

O～Rに分類されたものは、全体の 64%であった。残り 36%は、教師側が期待するような認識ができていない生徒の記述である。実験結果とその意味を適正に把握している生徒が 64%しかおらず、さらに、その生徒たちが多様な表現(O～R)で記述しているため、定型文を活用した指導はしにくかった。しかし、生徒にとっては比較的やさしい実験であり、ほとんどの生徒が欄いっぱい記述していた。このことは、本実験が「自由にたくさん記述させる」教材として適していることを示唆するものである。定型文の指導以前のはじめの実験として本実験を活用するとよい。

表4 定型文に従った考察の記述の例

No.	考察の記述
1	6 cm で 50.0 ml しか水素が発生しなかったのは、塩酸 2 ml 全て反応しきってしまったからと考えられる。その理由は、マグネシウムが残っていたからである。
2	6.0 cm のときは、塩酸の量がマグネシウムをすべて反応させるのに必要な量より少なかったと考えられる。その理由は、反応の最後の方で、マグネシウムから気泡が出てなかったから。
3	一定量の塩酸に反応するマグネシウムの量には限度があると考えられる。その理由は 6 cm のときの水素量が予想値と大きく異なり、未反応のマグネシウムが残ったからである。
4	発生する水素の体積はある一定量より増加しないと考えられる。その理由は塩酸の量が 2 mol/l と定められているからである。
5	マグネシウムと水素の発生量は比例していると考えられる。その理由は 2.0 ~ 5.0 の間で長さと同体積が比例するからである。
6	発生する水素の体積はマグネシウムの質量に比例すると考えられる。その理由は、結果に記したように、マグネシウムの量が増えるにつれて、ほぼ一定の割合で水素が増えているからである。
7	マグネシウムの量が 2 倍になると、水素も 2 倍発生すると考えられる。その理由は実験結果の数値を見て、比例の関係になっているから。
8	水素の体積とマグネシウムの体積が比例していると考えられる。その理由は水素がマグネシウムをつかって発生されているから。
9	結果と予想値が異なった理由は、上に書いたこと（目盛りを読みまちがえた、塩酸を注射器にとる際に分量をまちがえた）と、2.0、4.0 cm のときに、反応が終わる前に冷やしてしまうなどして、正確な数値がとれていなかったからと考えられる。その理由は、自分たちがあいまいな操作をしたかもしれないと思うからである。

表5 考察の分類とその割合

分類 (予想値と実験結果が異なった理由)	a組 (n=42)	b組 (n=41)	割合
O (HCl が足りなかった)	15	8	(64%)
P (Mg が多かった)	1	3	
Q (反応する量には限度がある)	9	12	
R (反応する量は決まっている)	1	4	
S (実験 (計算) ミスである)	4	1	(6%)
T その他	12 (10)	13 (9)	(30%) (23%)

†: その他の中で、予想値と実験結果が異なった理由ではなく、「反応するマグネシウムと塩酸は比例する」という考察のみを記述した生徒の人数または割合を()内に示した。

表6 考察の記述の例

分類	考察の記述
O HCl が 足 り な い	2.0 ml の塩酸では、0.060 g を完全に反応しきれないと考えられる。その理由は、反応がおわっても、マグネシウムがのこっていたからである。
	6.0 cm の時は、塩酸の量が足りずに完全に反応できなかったと考えられる。理由はそれまでのマグネシウムと塩酸の比例関係からと、実際にマグネシウムが注射器に残ってしまった事による。
	マグネシウムの長さが長くなるにしたがって、予想値と実験結果が大きく異なった。(とくに 6.0 cm のとき) それは塩酸の量が足りなくなったと考えられる。その理由は、マグネシウムリボンが長くなるからである。
	塩酸 2.0 ml とマグネシウム 6.0 cm のとき発生する水素の量が予想よりはるかに少ない。これは塩酸の量がたりなかったと思われる。その結果マグネシウムが残ってしまったのだろう。
	6.0 cm のとき、水素が 46.0 ml しか発生しなかったのは、塩酸中の塩化物イオンが途中でなくなってしまったためと考えられる。塩酸をもっとふやして反応させれば予想した値に近い体積(水素の)が得られたと思う。

分類	考察の記述
	<p>6 cm の場合は、1g 6 cm を完全に反応させるための塩酸がなかったため、予想と大きくずれたと思われる。</p> <p>マグネシウムの長さが 2 倍になると、水素の体積が 16.5 ml 増える。このことより、1 cm 増えると 8.25 ml ずつ増えると考えられる。6.0 cm のとき予想よりだいぶ少なかったが、これは塩酸の量が少なかったためであろう。</p> <p>6.0 cm のマグネシウムを 2 ml の塩酸と反応させたとき、発生した水素の量はとうぜんへり、マグネシウムがのこった。それは塩酸の量がたりないから。</p> <p>6.0 cm の時 48.2 ml しか水素が発生しなかったのは塩酸の方がたりなかったからである。</p>
<p>P Mgが 多い (P)</p>	<p>6.0 cm のマグネシウムで 60 ml の水素が発生しなかったのは、塩酸 2 ml に対するマグネシウムが多かったのだと考えられる。</p> <p>2.0 ~ 4.0 cm まではマグネシウムが十分に反応しきれたが 6.0 cm だと水素がマグネシウムと反応しきれなかったからと考えられる。</p> <p>6 cm のマグネシウムリボンには十分に塩酸と反応しなかったため</p>
<p>Q 反 応 量 に は 限 度 が あ る</p>	<p>一定量の体積の塩酸に反応するマグネシウムには限度があると考えられる。その理由はマグネシウムの長さが大きくなると、発生する水素の体積とマグネシウムの長さの比が同じでなくなるから。</p> <p>塩酸とマグネシウムの反応は溶解度のような反応する限界があると考えられる。反応する量は決まっていると考えられる。3.0 cm の時は 40 ml の塩酸だったら 1.5 倍になったのではと考えられる。</p> <p>予想値と実験結果が大きく異なったその理由は、マグネシウム 4.0 cm までが塩酸と反応する限界で、5.0 cm 以降は、マグネシウムが残り反応しないからである。</p> <p>6.0 cm のマグネシウムが塩酸 2 ml と全部反応しなかったのは、一定量の塩酸と反応するマグネシウムには限界があるためと考えられる。</p> <p>6 cm のマグネシウムがすべて反応できなかったのは、2 ml の塩酸が反応する限界をすぎてしまったからだと思う。</p> <p>結果から 2.0 ml の塩酸は、5.0 cm のマグネシウムまでとしか反応しないことがわかる。5.0 cm までのマグネシウムと塩酸は、結果から見て比例関係に反応していった。</p> <p>水素の量は、マグネシウムと塩酸の反応する量に比例すると考えられるが、塩酸が一定の量なので、途中から完全に反応せず、比例の関係ではなくなってくると考えられる。</p>

R 決 ま っ て い る	<p>Mg は決まった HCl の量で反応すると考えられる。理由は 3 cm のとき全部反応し、それ以上は反応しきれず残ってしまったから。</p>
	<p>6 cm のマグネシウムするとき、反応後も破へんがのこっていたので、マグネシウムは、一定量の塩酸と反応すると考えられる。</p>
	<p>2.0 ml の塩酸に溶けられるマグネシウムの量は決まっている。</p>
S (S)	<p>予想値はマグネシウムの質量に対応して水素の発生量がふえるのかと思ったが、結果はちがってしまった。計算まちがいをした。</p>
	<p>マグネシウムリボンの長さも正確にはかり、体積も正確にはかったので、どこで数字が合わなくなったのか考えられません。</p>
ミス	<p>大きな誤差が出た理由は、塩酸の量はそのたびに少しずつちがってしまったことが一つある。それと、最初の 2.0 cm と 4.0 cm のところでめもりを読みまちがえたので、予想値の基準をまちがえてしまったことも考えられる。</p>
T そ の 他	<p>マグネシウムが増えたとき、水素が発生しきれなかったようだが、理由がよくわからない。</p>
	<p>Mg が塩酸と過不足なく反応すると 1 g あたり 1000.0 ml の水素が発生すると考えられる。理由は、結果より両者の関係が比例だからである。</p>
	<p>マグネシウムリボンの大きさと塩酸の量とは、比例関係と思われる。理由は、結果をみて。</p>
	<p>水素の体積はマグネシウムの質量に比例していると考えられる。その理由は塩酸はマグネシウムと反応するときマグネシウムの量で反応する塩酸の量が決まるから。</p>
	<p>マグネシウムの質量と水素の発生量には比例の関係があると考えられた。その理由はとけるマグネシウムが増えたからだと思う。</p>
	<p>0.020 g の Mg では 22.1 ml の H₂、0.030 g の Mg では 31.7 ml の H₂、0.040 g の Mg では 41.2 ml の H₂ になった。だから発生する H₂ の量はマグネシウムに比例すると考えられる。</p>
	<p>マグネシウムの長さが増えるにつれ発生する気体の量が一定の割合で増加することから、マグネシウムの長さで発生する水素の量は比例関係にあるということがわかった。</p>
	<p>水素の体積は、マグネシウムの質量に比例していると考えられる。</p>
	<p>マグネシウムと水素の量は比例。</p>
	<p>マグネシウムリボンの量に対応して発生する水素の量は増えると考えられる。その理由は、発生する水素とマグネシウムが比例関係だから。</p>

化学反応における量的関係 (2)

久保博義
実践校番号12

1. はじめに

この実験は、下記の「生徒へのアンケート」の集計結果からもわかるように、生徒にとっては興味を持って真剣に取り組めるものである。生徒は、「実験は比較的面白く」、「操作はやさしく」、「反応はよく観察でき」、「内容はよくわかり」、「実験には進んで取り組んだ」ようである。また、2年理系化学選択者にとって、これが初めての個人実験であった。

ここでは、2年理系化学選択者42名(1クラス分)について、結果及び考察の記述部分の分析を行った。なお、記述部分の分類については、臼井氏の実験報告を参考にした。

「量的関係」の実験に関する生徒へのアンケート							
(対象：2年理系化学選択者42名)							
(数字は%)							
①今回の実験は	面白かった	24	48	24	2	2	つまらなかった
②実験の操作は	やさしかった	67	19	14	0	0	難しかった
③化学反応は	よく観察できた	45	26	24	2	2	観察できなかった
④実験の内容は	よくわかった	45	29	19	5	2	わからなかった
⑤プリントに	書いてない実験も いろいろやってみた	12	12	62	12	2	書いてある実験も できなかった
⑥実験には	進んで取り組んだ	57	19	14	5	5	仕方なくやった
⑦プリントの結果や考察は	よく書けた	14	21	48	12	5	ぜんぜん 書けなかった

2. 結果の記述

実験の結果をきちんと記述させるために、「実験結果を予想値との比較を含めて記述せよ。」という文の下に[書き方]として「結果：操作の要点を含めて過去形で書く。例『～したら、…になった。』」という定型文を例としてあげてある。

復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

模範文	マグネシウム 3.0 cmに塩酸を加えたら、発生した水素の体積は予想値とほぼ一致したが、6.0 cm のときは予想値と大きく異なった。また、マグネシウム 6.0 cm のときには、注射器に未反応のマグネシウムが残った。
-----	---

生徒の「結果の記述」を、表1のようにA～Dの4種類に分類した。これは、指示通り予想値との比較を含めて記述しているか、考察する際の根拠となる未反応のマグネシウムについて記述しているかという2つの観点から分類した。さらに、この中で定型文「～したら、…になった。」にそった記述をしている生徒の割合をそれぞれの右側に示した。

表1. 結果の記述の分類とその割合

		定型文の例のように書けている
A: 予想値との比較を含めて結果を記述している。 未反応のマグネシウムについての記述がある。	10%(4名)	5%(2名)
B: 予想値との比較を含めて結果を記述している。 未反応のマグネシウムについての記述がない。	47%(20名)	21%(9名)
C: 予想値との比較を記述していない。 未反応のマグネシウムについての記述がある。	10%(4名)	2%(1名)
D: 予想値との比較を記述していない。 未反応のマグネシウムについての記述がない。	33%(14名)	26%(11名)

予想値との比較をした生徒は、AとBを合わせて57%であった。また、未反応のマグネシウムについて記述した生徒は、AとCを合わせてわずか20%であった。しかし、これは、後の「考察の記述」から考えると、未反応のマグネシウムに気付いてはいたが「結果の記述」として書かなかただけの生徒もいたはずである。「表現力育成のための個人実験」として、初めての実験であったために、何をどのように記述してよいのかが、まだよくわかっていない段階であったと思われる。実験における観察の観点や記述の例を示す必要がありそうである。

次に、定型文にそった記述であるが、全体の54%の生徒が定型文の形にあてはめて記述していたが、この中で結果の記述として内容的に妥当なものはAとBを合わせた26%であった。Dの26%は形式的にはあてはまるが、「…になった」の記述が「水素が発生した」「マグネシウムと発生した水素の体積は比例した」「マグネシウムの長さによって発生する水素の体積が変わった」などで、内容的に不十分であった。

生徒の記述例

A: 予想値との比較を含めて結果を記述している。

未反応のマグネシウムについて記述がある。・・・4名

- 4-26・マグネシウム0.020gに対し塩酸2mlを反応させると16.1mlの水素が発生した0.040gのときは約32.0mlになるはずだが、35mlになった。0.060gのMgに塩酸2mlをいれたら、マグネシウムが少しのこったうえ、47.6mlとなった。Mgがあまったのは、塩酸2mlがマグネシウムをとかわせる量をこえたからだと思う。
- 3-12・2.0cm(0.020g)、4.0cm(0.040g)のマグネシウムにそれぞれ2.0mlの塩酸を加えたら、それぞれ19ml、39mlの水素が発生した。これに基づいて3.0cm、5.0cm、6.0cmの場合のときを予想して3.0cm、6.0cmを実験したら3.0cmのときは予想に近かったが、6.0cmのときはマグネシウムが少し残ってしまってちゃんとした結果がでなかった。
- 3-25・5.0cmからだ反応しきれずに残ってしまった 2.0cmで18.0ml、3.0cmでは29.0ml、4.0cmは34.0mlだった。又、6.0cmだと予想に大きく反して、48.5mlだった
- 2-34・結果は予想とは6cmの時だいぶちがう。マグネシウムリボンがだいぶのこった。

B：予想値との比較を含めて結果を記述している。

未反応のマグネシウムについての記述がない。・・・20名

- 3-23・マグネシウムと塩酸をまぜたら水素になった。水素の体積を61と予想したが48になった。
- 4-40・マグネシウムに塩酸を加えたら気体(水素)が発生した。予想と全々ちがった。
- 1-09・2cm、3cm、4cm、6cmのマグネシウムリボンを塩酸にとかして発生する気体の量を調べた。3cmでの予想はだいたい当たったが、6cmでの予想は大幅にちがった。だいたい、マグネシウムの長さが大きくなるにしたがって、出る気体の量も多くなった。
- 4-19・2.0、4.0cmのマグネシウムを塩酸をとかしたらそれぞれ20、40mlになった 6.0cmの時は予想とぜんぜん違ってしまった
- 3-13・マグネシウム2.0cmを塩酸と反応させたら18mlの水素が発生
4.0cm " 36ml "
3.0cmは27mlと予想した。28ml発生した
5.0cmは45mlと予想
6.0cmは54mlと予想した。41ml発生した
- 4-25・3.0cmのマグネシウムリボンを2mlの塩酸を反応させたら、30mlの水素が発生する予想だったのに32.0mlだった。6cmのマグネシウムリボンも反応させたら、予想では60mlなのに実際には48mlだった。
- 4-18・2cmのマグネシウムを反応させたら、22mlの水素が発生した。4cmのマグネシウムを反応させたら、42mlの水素が発生した。2cmと4cmだと水素の体積が約2倍になっていたので、3cmの時は、1.5倍に予想した。そうしたら、当たったので6cmの時も、3倍したら、42mlしか発生しなかった
- 1-41・3.0cmの予想は23mlだったけど実験したら25mlだった。6.0cmは時間がなくなってできなかった。2.0cmから3.0cmは10ml増えたけど、3.0cmから4.0cmは6mlしか増えていなかった。
- 3-08・実験をやった2、3、4cmまでは約10mlづつふえていたが6.0cmの時はそれを反して40mlになった。

- 1-12・6.0cmのマグネシウムの予想をしたら、予想よりももっと小さい値になった。
- 1-36・3.0cmを27mlと予想したら30mlとなった。6.0cmを60mlと予想したら44mlとなった。
- 2-09・6cmはできなかったけど、3cmのほうはだいたい予想どおりだった。1cm長くなるごとに約10mlずつふえていく。
- 2-21・2cmのマグネシウムに20ml発生した。3cmと6cmのは予想してたのより5mlくらいずつ少なかった。
- 2-22・3.0cmのMgでは予想より少し多めに出たが、6.0cmのMgの実験では予想よりかなり気体の量がすくなかった。
- 2-24・予想したのとほぼ同じ結果だった。
- 2-25・0.020gのときに、18mlで0.040gのときには35mlで0.030gのときを前の2つをもとに予想したらびったりになった。
- 2-27・マグネシウムの長さが1cmずつ長くなるにつれて、水素の体積が約10mlずつ増えた。マグネシウムの長さが3cmのときの水素の体積の予想はほぼ同じになったが、6cmのときは、大きく異なってしまった。
- 3-02・Mgの質量が0.020gと0.040gの時の体積の差が14mlだったので1cm長くなるごとに体積が7mlずつ増えると予想したけど結果は1cm長くなるごとに体積の増える量が減っていった。
- 4-01・3.0cmのとき、30.0mlと予想したら、予想にかなり近くなった
6.0cmのとき、60.0mlと予想したら、予想とは大きくちがった。
- 4-34・2から4cmまでは質量の量にしたがって発生した水素の量に変化したけど、6cmの時は予想と違って、47mlしか発生しなかった。

C：予想値との比較を記述していない。

未反応のマグネシウムについての記述がある。・・・4名

- 2-29・塩酸とマグネシウムを反応させたらあわを出し、溶液の温度を上昇させながら水素になった。4.0cmまではよく反応したが6.0cmまでいくととけにくかった。少し残った。
- 4-14・Mgが2cmだったらかんたんにとけたが6cmになったらとけにくかった。
- 3-14・2cmから3cmのときは10cm、3cmから4cmのときは6cm、4cmから6cmのときは6cmふえた。2～3cm、3～4cmのときをみてふえるにつれて、増加する量は減っていった。6cmの時は反応しないマグネシウムリボンが残った。
- 3-26・6.0cmだとあまりマグネシウムがとけなかった。2、3、4cmはだいたい比例していた。

D：予想値との比較を記述していない。

未反応のマグネシウムについての記述がない。・・・14名

- 2-18・2cm、3cm、4cm、6cmのマグネシウムを2mlの塩酸で反応させたら水素の量は次の様になった。2cm→20ml 4cm→42ml
3cm→30ml 6cm→51ml
- 3-10・マグネシウムに塩酸を入れたら水素が発生した。水素の量とマグネシウムの量はだいたい比例しているか、塩酸の量のある一定以上のマグネシウムを入れると反応か

よくなるから塩酸の量も比例している。

3-40・マグネシウムを塩酸の中に入れたら、水素が発生した。

4-30・マグネシウムと塩酸をまぜると水素になった。

2-03・マグネシウムと塩酸と反応させたら、マグネシウムの量と発生した水素の体積は比例した。

1-24・マグネシウムの長さを変えて同じ量の塩酸と反応させた。マグネシウムの長さによって発生する水素の体積が変わった。

1-22・マグネシウムを塩酸の中で反応させたら、ちっちゃなあわが出てきた。注射器は少しあつくなっていた。

4-23・真空状態の中にあるマグネシウムと塩酸を化学反応させたら、水素ができた。

4-27・マグネシウムを塩酸ではんのうさせたら水素がはっせいした。

2-15・操作どおりにしたら、マグネシウムが塩酸に反応して水素が発生した。(その水素で注射器は押し上げられていた。)・・・図入り

4-07・塩酸とマグネシウムが反応し、水素が発生した
(4ml)

3-17・マグネシウム0.010gごとに7~6mlぐらいの水素が発生した。

3-37・マグネシウムの長さが4cm以上になると発生した水素の体積が一定になってきた。

4-37・2.0cm, 3.0cm, 4.0cmのマグネシウムが溶けて発生した気体の体積は比例していた。

3. 考察の記述

考察を書き易くするために、「予想値と実験結果が大きく異なったものについて、その理由を考察せよ。」という文の下に[書き方]として「考察：理由を含めて書く。例「～は、～と考えられる。その理由は～だからである。」」という定型文を例としてあげてある。

復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

模範文	マグネシウム 6.0 cm のとき水素の発生量が予想と大きく違ったのは、塩酸が全て反応に使われてしまったからと考えられる。その理由は注射器に未反応のマグネシウムが残っていたからである。
-----	--

生徒の「考察の記述」を表2のようにO~Uの7種類に分類した。これは、定型文にそくした分類ではなく、何を考察しようとしているかという内容面に観点をおいた分類である。分類についての詳しい説明は、白井氏の実践報告をご覧下さい。なお、定型文のように書けていた生徒の割合も参考として右側に書き添えた。

O~Rの合計である52%の生徒は、6.0cmのマグネシウムが塩酸に対して過剰量であることを認識した上での記述である。これに対して、Sは、マグネシウムと発生した水素の量が比例関係にあることのみを述べたものである。Tは、6.0cmのマグネシウムの実験結果を操作ミスや失敗と勘違いしているもの、そして、Uはその他である。

また、定型文のように書いている生徒は、全体の25%であった。

表2. 考察の分類とその割合

		定型文の例のよう に書けている
O : HClが足りなかった	24% (10名)	10% (4名)
P : Mgが多かった	21% (9名)	
Q : 反応する量には限界がある	2% (1名)	5% (2名)
R : 反応する量は決まっている	5% (2名)	
S : 比例である	7% (3名)	5% (2名)
T : 実験ミス	7% (3名)	
U : その他	33% (14名)	5% (2名)

生徒の記述例

O : HClが足りなかった・・・10名

- 2-030 マグネシウムと発生した水素の体積は比例の関係と考えられるが、マグネシウム6.0cmの時は予想値とは大きく異なった。その理由は、マグネシウムの量に対して塩酸が少なかったからである。
- 3-130 マグネシウムの長さに比例すると考えたが6.0cmのときに大きく異なった。その理由は、塩酸が反応しなくなったからだ。
- 4-270 マグネシウム6.0cmが発生した体積と比例しなかったのは、マグネシウムがほんのうしきらなかつたからと考えられる。その理由は塩酸の濃度が足りなかつたためである。
- 2-150 マグネシウムが少量の場合は塩酸とよく反応できて、予想どおりとなったがマグネシウムが増加するにつれ、塩酸の量が足りなくなり、思い通りに反応しなかつた。6.0cmのマグネシウムが残ってるのは塩酸が反応しきってしまい飽和であったと考えられる。つまりマグネシウムの量を増すならそれに共ない塩酸の量を増やせばうまく反応すると考えられる。
- 2-270 6cmのとき予想を大きく異なったのは、マグネシウムが全部とけなかつたため、水素が完全に発生しなかつたのだと思う。塩酸の量がそれ以上反応しない量だったから、マグネシウムがのこつたから塩酸をふやせば、全部反応しきると思う。
- 3-120 塩酸とマグネシウムが反応して発生する水素のそれぞれの比はだいたいきまつている。6.0cmのときマグネシウムが残つたのは塩酸の量が少なかったと考えられる。
- 3-170 最後の6.0cmをやつた時に完全に反応しなかつたのは塩酸の量が少なかったからだと思う。塩酸2mlで5.0cmのマグネシウムを反応させることができると思う。
- 4-010 6.0cmのときは、塩酸の量が少なかったと考えられる。それは、2mlの塩酸がマグネシウムを溶かせられなる量をこえた
(飽和量をこえた)
- 3-100 6.0cmの時の予想した水素の発生量と実際発生した量のちがいは塩酸の量のちがひだから。
- 4-180 マグネシウムがすべて反応した。2cm, 3cm, 4cmは水素の体積も22ml, 32ml, 42mlとだいたい比例関係にあつた。しかし、すべて反応しきれなかつた6cmの時は42mlと比例にはならなかつた。6cmすべて反応させるには塩酸がもう少し必要だと思ふ。

P : Mgが多かった・・・9名

- 3-080 塩酸2mlにとけるマグネシウムの最大が6.0cmより少し少ないぐらいだと考えられその理由は6.0cmが全部とけなかったからである。
- 1-090 6cmの予想と結果が大きく異なった理由は、多分、マグネシウムリボンが完全に反応しきってなかったからだと思う（けっこう余っていた。）塩酸の量を多くしてたら、予想通りになっていたんじゃないかと思う。
- 1-120 それは、マグネシウムが反応せずに残ったからである。
- 1-360 6.0cmの時の予想が大きく異なったのは塩酸の量に対してマグネシウムが長すぎてとけきらなかったから。
- 2-220 6.0cmのMgが実験ではMgが全部とけきらなかったからだと思う。
- 2-340 体積がちがったのは塩酸にとけるマグネシウムリボンの量が少なかったため予想とちがった。
- 3-020 体積の増える量が減っていたのはMgが塩酸と反応する時に同じ量の塩酸でやったからMgの反応しない部分が少しずつ増えていったからだと考えられる。
- 3-230 それはなぜかという、マグネシウムがさいごまで反応しないのでこったから最後まで反応していれば、ピッチシ61になっていた。
- 4-370 3.0cmの時の予想値はあっていたが、6.0cmの時の予想値が大きく異なったのはマグネシウムが全部溶けなかったからである。

Q : 反応する量には限界がある・・・1名

- 4-230 マグネシウム6.0cmから発生した水素の体積は予想と大きく違ったことより、発生した水素の体積には限界があると考えられる。理由は、どの実験でも塩酸は一定量だったからである。

R : 反応する量は決まっている・・・2名

- 4-190 6.0cmの時の発生した水素の体積は43mlになった 2.0cmの時は20ml, 4.0cmの時は40mlだったので6.0cmの時は60mlだと思ったけれど違った。その理由はマグネシウムが全てとけなかったからと思う
- 3-250 この反応は比例関係だと思うが実験でもあるように、決まった塩酸に溶けるマグネシウムの量は、決まっているのかと考えられる。

S : 比例である・・・3名

- 2-250 マグネシウムの質量と発生した水素は、比例していると考えられる。その理由は、質量がふえると発生する水素の量もふえていくから。
- 2-090 上にも書いたけれど、1cm長くなると、約10mlふえる。結果からみて比例してく（？）から。
- 4-400 発生した水素の体積はマグネシウムの質量に比例していると考えられる

T : 実験ミス・・・3名

- 3-290 この実験で出た結果は全ったく正しいとは思わない。その理由はやっぱりどっ

で発生した水素がぬけると思うから。

- 1-220 マグネシウム2cmに対して質量は19ml, 4cmに対しては36ml, 長さとはほぼ例している。6cmのときはなんかやたら少なかった。もしかしたら、とちゅうで失敗したのかもしれない。
- 4-260 マグネシウムリボン1.0cmに対する水素の発生する量は、8.0ml (約) となっている。それで「ごさ」が生じたのは、自分のただのみずだと思う。実験にごさはつきものだ。水素が発生するとき熱をだした。

U: その他・・・14名

- 2-180 6cmの予想と結果がずいぶん違った。これは6cmのマグネシウムが2mlの塩酸では応じきれなかったからだと思う。そのわけは2, 3, 4cmのマグネシウムは全部反応してだいたい10倍ぐらいの数字(長さの)が出たからである。
- 4-250 上の始めの実験の変化は微妙な違いでたいしたことはないが、2つ目の実験は、だいたいの数が違った。その理由は6cmの時でも、5cmの時でも約50mlの水素しか反応しないはずだ。
- 1-240 なかなかおもしろかった。
- 1-410 2.0cmと4.0cmを比べたら16ml増えていたので、1cmで8ml増えると思っていたけど、2.0cmと3.0cmでは10ml増えていた。5.0cmと6.0cmの予想もちがうと思う。
- 2-240 実験は成功した。
- 3-140 予想値がかなり違ったのは増加する量がリボンが増すにつれて減っていったためだった。
- 3-260 マグネシウムの長さを長くすればするだけ発生した水素の体積が少しづつへってできていたのがわかった。
- 3-370 ある質量以上になると発生する量が一定になることがわかった。
- 3-400 マグネシウムMgと塩酸HClが反応して塩化マグネシウムMgClと水素H₂になったからだと思う。
- 4-070 0.06gのMgの時は、全部はんのうしなかったためH₂が少なかった。
- 4-140 注射器によって実験結果がちがくなると思う。
- 4-340 6cmの時に47mlしか発生しなかったのは、47mlしか発生する水素の最大の量だと思う。だから5cmの時も47しか発生しないと思う。熱が発生したのは反応の時に起こったものだと思うけど、くわしくはわからない。

記述無し 2-210 4-300

分子量の測定

石井 哲 彰
実践校番号 25

1 はじめに

本実験は、二酸化炭素とブタンガスの気体の質量をそれぞれ求め、二酸化炭素の分子量からブタンガスの気体の分子量を求めるものである。

その後、定型文を用いて結果と考察を行わせる。特に、分子量を比例式で求める際に根拠として、アボガドロの法則を示しながら考察を記述させることとする。

2 実験の概要

注射器に二酸化炭素を充填し、容器を含めた質量を秤量する。同様に、ブタンを充填させ、容器を含めた質量を秤量する。容器の質量を秤量し、容器内の二酸化炭素、ブタンの質量を求め、その値から未知の気体の分子量を求める。

3 操作

実験は個人実験とし、担当する3クラスで実施した。実験の準備は、教師の手引きを参照していただきたい。

電子天秤は 1 mg まで測定できるものを用意した。注射器のピストンの十字型部分には、鉄くぎをさし込むための穴を事前に開けておいた。

実験中、ポンベから注射器に気体を注入する際、ポンベのノズルを強く押すと注射器のピストンが飛び出す。ノズルの押し加減を間違わない限り安全であるが、万一の場合に備えて人に向けないようななどの指導が肝要である。

この実験は、簡便に分子量を求めることを意図し、生徒が分子量の求め方を理解することに中心をおいた実験である。そのため、実験後の授業で、実験誤差の原因として、実験用気体ポンベの純度(95%)があることや真空状態の注射器容器の変形があることを指導した。

4 結果

実験結果は、本実験集の実験説明プリントのとおりであった。クラス平均でブタンガスの分子量は 61 になった。

また、発展実験として、気体の状態方程式を用いて、空気の平均分子量を求めた。クラス平均で、24 であった。



図1 鉄くぎを差し込んだ注射器

5 考察

① 実験活動に関する生徒の反応について実験の様子を示す(図2)。操作(1)で、真空状態にする際、ピストンを引く力が予想以上であったとする感想が多かった。

また、くぎを不完全に差し込んだ状態で、力が維持できずピストンを放した生徒が数人おり、いずれもくぎがピストンとシリンジ内にはさまり、注射器が再使用不能になった。



図2 気体の分子量の実験

② 定型文を用いた回答例

定型文を用いた生徒の回答例を下に示す。定型文指導では3回目に当たるが、事前の説明は丁寧に行った。

結果：注射器の中にCO₂を60 ml入れて質量を測ったら44.815gになった。これには注射器の重さも含まれるので、注射器内を真空状態にして測ったら、44.716gとなった。これを差し引いて、CO₂の質量は0.099gであった。

考察：実験結果より、未知試料の分子量は62となった。理由はアボガドロの法則より、同じ圧力、温度、体積のとき、その中に含まれる粒子の数は同じだからである。

③ 事後調査と記述式アンケートの結果

事後調査から、生徒は興味深く実験を行っていたことがわかる。

特に図4の感想にあるように、真空状態が簡単にできることや空気にも重さ(浮力)があることに興味を持っていたようである。

また、実験操作はやさしく、意図したとおり簡便な実験と考えられる。

一方、進んで取り組んでいるものの、実験プリントへの記入は、よく書けなかった様子である。

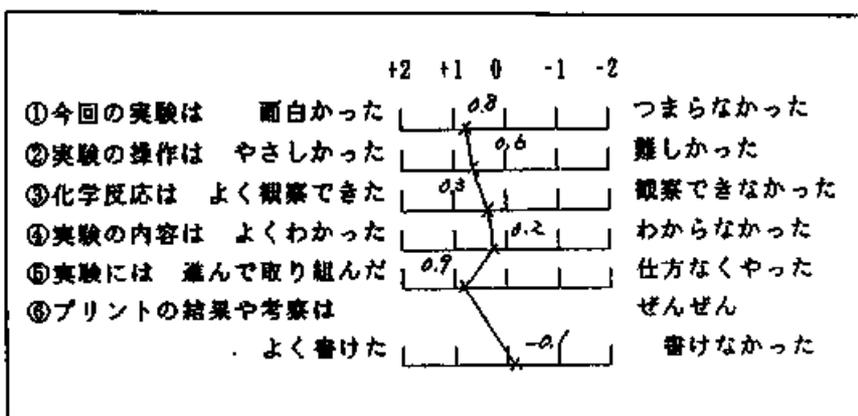


図3 ポストテスト(評定尺度法) n = 28

注射器に栓をしてピストンを引くだけで、真空ができるなんてちよと嬉しかった。定型文が難しい。

図4 ある生徒の感想

コロイド溶液 (1)

久保博義

実践校番号12

1. はじめに

この実験は、2年理系化学選択者に対して「コロイド」を学習した後に実施した。「実験レポートにおける生徒の表現力の育成するための実験教材」としては、2回目である。

ここでは、2年理系化学選択者42名(1クラス分)について、結果及び考察の記述部分の分析を行った。

2. 結果の記述

「操作(2)での変化を、結果の書き方を参考にして記述せよ。また、セロハンを用いた場合にはどうであったか、合わせて記述せよ。」に対して、定型文として「結果：過去形で書く。例「～は～となった。」」を参考としてあげてある。

復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

模範文	ろ紙の上で(1)でつくった溶液を加えて放置すると、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドがろ紙の目を通り外側の溶液が赤褐色になった。また、セロハンを用いた場合には水酸化鉄(Ⅲ)のコロイドは通らず、肉眼では変化を観察できなかった。
-----	--

今回の実験書の定型文の例が「～は～となった。」となっていたので、操作の記述は、ほとんど見られず記述があったのは42名中3名(生徒の記述例の番号 1-22 2-03 4-19)だけであった。分類は、主語を何にしたかという観点で行った。Aは「ろ紙を(から)～した溶液(液体、液)は、」というもの、Bは「(水酸化鉄コロイド、コロイド)溶液は(が)」というもの、Cは「ろ紙は～、セロハンは～」というもの、Dはその他である。なお、主語の無い例(2-03)や述語の無い例(4-26)はほとんどなかった。

表1. 結果の記述の分類とその割合

A: 主語が「ろ紙を(から)～した溶液(液体、液)は、」	12% (5名)
B: 主語が「(水酸化鉄コロイド、コロイド)溶液は(が)」	29% (12名)
C: 主語が「ろ紙(の方)は～、セロハンは～」	29% (12名)
D: その他	31% (13名)

Bでは、この主語の後に「ろ紙を」という目的語を記述した生徒がほとんどであった。Cでは、12名中7名が「(水酸化鉄)コロイド(溶液)を通した」というように目的語を伴う形で記述しているが、残りの3名は「ろ紙は通り抜けた」という記述であった。言いたいことはわかるが、言葉が足りない例である。

生徒の記述例

A : 「ろ紙を (から) ~した溶液 (液体, 液) は, 」・・・5名

- 3-12・ろ紙を通った溶液は酸性で硝酸銀を加えると白いものが沈殿した。セロハンを通った溶液は酸性で硝酸銀を加えるにごった
- 3-26・ろ紙をとおりぬけた液はうすくなっていった。そしてセロハンをとおった液は無色だった
- 3-37・ろ紙からたれてきた液は色がうすくなっていった。そしてセロハンからたれてきた液は無色になっていた。
- 4-23・パレットの溝に落ちた液体は、ろ紙の場合水酸化鉄コロイド溶液を少しうすくした様な液体だったが、セロハンの場合、無色透明でセロハンからしみ出したのかどうか分からない液体となった。
- 1-09・ろ紙を通りぬけたコロイド溶液は茶色だった。セロハンを通りぬけた液体は無色だった。

B : 「(水酸化鉄コロイド, コロイド) 溶液は (が), 」・・・12名

- 2-22・水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液はろ紙は色がのこったまま通り、セロハンはおらない
- 2-18・ろ紙の場合水酸化鉄コロイド溶液はろ紙を通りぬけた。セロハンの場合水酸化鉄コロイド溶液はセロハンを通りぬけなかった。
- 2-21・水酸化鉄コロイド溶液はろ紙は通る。セロハンは通らない。
- 1-12・コロイド溶液は、ろ紙を通り抜けた。コロイド溶液はセロハンを通り抜けず、塩化水素が通り抜けた。
- 1-21・コロイド溶液はろ紙を通った
〃 セロハンを通らなかった
- 4-14・水酸化鉄コロイド溶液がろ紙を通過して水とまざった。セロハンは通さなかった。
- 1-24・コロイド溶液はろ紙を通り、セロハンを通らなかった。
- 3-34・コロイド溶液はろ紙を通った。セロハンを通らなかった。
- 1-41・水酸化鉄コロイドはろ紙を通りぬけた。セロハンを通り抜けなかった。
- 2-25・ろ紙を使うと、水酸化鉄コロイド溶液は通過するけど、セロハンを使うと通過しなかった。
- 4-18・ろ紙の方は溶液が通った。セロハンには、溶液が通らなかった
- 3-17・溶液は水酸化コロイドをうすくしたような液体だった。セロハンを使うと色が無色

C : 「ろ紙 (の方) は~, セロハンに~」・・・12名

- 2-15・ろ紙は水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを通した。セロハンには水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを通さなかった。
- 2-34・ろ紙は、コロイド溶液を通したがセロハンには溶液を通さなかった。
- 3-02・ろ紙は水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを通したがセロハンには通さなかった
- 3-14・ろ紙は水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を通した。セロハンには通さなかった。
- 4-27・ろ紙は水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を通す。セロハンには通さなかった。
- 4-40・ろ紙は水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を通す。セロハンには通さなかった
- 2-27・ろ紙で行なった場合は、水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を通りぬけた。セロハンには、通

- りぬけたようには、見えなかった。
- 1-36・ろ紙は通りぬけた。セロハンは通りぬけなかった。
- 2-24・ろ紙は通りぬけた セロハンは通りぬけなかった
- 4-37・ろ紙のほうは通るが セロハンは通らなかった
- 4-25・ろ紙に通した場合は少し色がおちたが赤褐色だった。セロハンに通した場合は褐色だった。
- 3-40・ろ紙の方では、コロイド溶液の色のまま通り抜けた。セロハンの方では比較的コロイド溶液の色は無色ででてきたらしい。

D:その他・・・13名

- 2-09・ろ紙を取ったら 下の液は茶色だった セロハンの時は 無色だった。
- 1-22・コロイド溶液をろ紙の上に数滴落とす茶色の液体がろ紙を通り抜けた。セロハンでは無色の液体が通りぬけた。
- 3-29・ろ紙を通った水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの色に変化は見られなかった。セロハンを通った水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの色は無色へと変わった。
- 4-07・ろ紙の目を通ったように見える セロハンを通さなかったように見える
- 4-30・水酸化鉄コロイド溶液が水とまざった(すこし色がついている)セロハンを通さない
- 3-13・茶色い沈殿物がでた セロハンは無色だった
- 2-03・ろ紙に水酸化コロイド溶液をたらずに通した。
セロハンに " " 通らなかった。
- 3-08・ろ紙～ろ紙を通りぬけ、水とまざり、おど色に変わった。そして、硝酸銀を入れたら、白い物質が現れた。
セロハン～見ためでは変化はない様だったが、リトマス紙の反応によって酸性である事がわかった。時間がたってから白い物質が現われた
- 3-25・ろ紙・・・水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの色がうすくなった。
セロファン・・・無色の液が出てきた。
- 4-01・水に液体がおちた色に変化なし セロハンをつかうと無色の液体が出てくる。
こされた液体が無色
- 4-19・コロイド溶液を入れても変化なかった セロハンを用いた場合は無色の液体がでてきた
- 3-15・リトマス紙は赤くなった。つまり酸性。セロハンでも赤くなったので酸性になった。
- 4-26・この水溶液は $10^{-4} \leq \text{水溶液} \leq 10^{-9}$ ということからコロイド粒子($10^{-7} \sim 10^{-9}$)の大きさ

3. 考察の記述

「2の結果から水酸化鉄(Ⅲ)コロイドはどのような大きさの粒子と考えられるか。考察の書き方を参考にして記述せよ。」に対して、定型文として「考察：理由を含めて書く。例『～は～と考えられる。その理由は～だからである。』」を参考としてあげてある。

復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

模範文	水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは 10^{-9} ~ 10^{-6} μの大きさの粒子であると考えられる。その理由は、ろ紙の目(10^{-6} μ)は通過できたが、セロハンの目(10^{-9} μ)は通過できなかったからである。
-----	--

生徒の「考察の記述」を表2のように、まず、E~Iの5種類に分類した。定型文の「～は～と考えられる。」は、自分で考えた結論部分である。この主語が何であるかで分類してみた。

Eは主語が「水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの大きさは」「水酸化鉄コロイドの大きさは」というもの、Fは主語が「コロイド粒子は」「粒子は」「粒子の大きさは」「水酸化鉄コロイド(溶液)の粒子の大きさは」「コロイド粒子の大きさは」というもの、Gは「水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは」「水酸化鉄コロイドは」というもの、Hは「コロイド溶液は」又は「コロイド溶液の大きさは」というもの、Iはその他である。

さらに、この中で定型文の例のように記述している生徒の割合をそれぞれの右側に示した。

表2. 考察の分類とその割合

		定型文の例のように書いている
E: 「水酸化鉄コロイドの大きさは、」	12% (5名)	10% (4名)
F: 「(水酸化鉄コロイド、コロイド)粒子(の大きさ)は」	19% (8名)	12% (5名)
G: 「水酸化鉄コロイドは、」	21% (9名)	14% (6名)
H: 「コロイド溶液(の大きさ)は、」	10% (4名)	7% (3名)
I: その他	39% (16名)	12% (5名)

Iでは39%のほとんどの生徒が結論部分の記述で主語を書いていない。他の教材でも指摘されていたが、自明の事として主語を省いてしまうようである。

また、定型文の例のように書いた生徒は、全体で55%であった。「～(根拠)なので、…(結論)と考えられる。」という形で根拠が前にきている記述も加えると、全体で74%になる。根拠は「ろ紙を通り、セロハンは通らない」という形で、ここでも根拠を示す記述でほとんど主語が省かれていた。これは、日本語の特性によるものと思われる。

生徒の記述例

E: 「水酸化鉄コロイドの大きさは」・・・5名

- 2-030 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの大きさは、 $10^{-7}\mu\text{m}$ ～ $10^{-9}\mu\text{m}$ と考えられる。その理由は目の大きさが $10^{-6}\mu\text{m}$ のろ紙は通り、目の大きさが $10^{-9}\mu\text{m}$ のセロハンは通さなかったからである。
- 3-120 水酸化鉄コロイドの大きさは $10^{-6}\mu\text{m}$ 以下、 10^{-9} 以上の大きさと考えられる。その理由はろ紙を通り、セロハン通らないからだ。
- 4-230 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの大きさは $10^{-6}\mu\text{m}$ ～ $10^{-9}\mu\text{m}$ と考えられる。その理由はろ紙は通り($10^{-6}\mu\text{m}$)、セロハンは通らなかった($10^{-9}\mu\text{m}$)からである。
- 4-070 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの大きさは、 $10^{-6}\mu\text{m}$ ～ $10^{-9}\mu\text{m}$ と思われる。なぜならセロハンには通らず、ろ紙には通ったから
- 2-090 ろ紙を通過して、セロハンを通らなかったので、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの大きさは $10^{-6}\mu\text{m}$ よりは大きく、 $10^{-9}\mu\text{m}$ よりは小さい。

F: 「(水酸化鉄コロイド、コロイド)粒子(の大きさ)は」・・・8名

- 1-240 コロイド粒子は 10^{-8} ～ 10^{-9} と考えられる。その理由はろ紙(10^{-6} をわけることができる)を通り、セロハン(10^{-9} をわけることができる)を通らなかったから。
- 1-360 粒子はろ紙の穴より小さいと考えられるその理由はろ紙を通りぬけたから
- 2-240 粒子はろ紙の穴より小さいと考えられる。その理由はろ紙を通りぬけたから
- 3-250 粒子は、ろ紙の網目より小さいし、セロファンの網目よりも小さいと思われるそれは、それぞれから液体がとおったから。
- 2-250 水酸化鉄コロイドの粒子の大きさは $10^{-6}\mu\text{m}$ より小さく、 $10^{-9}\mu\text{m}$ より大きいと考えられる。理由は、通過するかしないかということ。
- 2-210 ろ紙のあみの大きさは 10^{-6} でセロハンは 10^{-9} なので水酸化鉄コロイド溶液の粒子の大きさは、 10^{-6} より大きくて 10^{-9} より小さい。
- 4-260 ろし、 $10^{-6}\mu\text{m}$ の目の大きさ セロハン $10^{-9}\mu\text{m}$ の大きさ。 $10^{-6}\mu\text{m}$ の大きさは水がそのままとーるが $10^{-9}\mu\text{m}$ になると通らない、ということは $10^{-6} < \text{水} < 10^{-9}$ 、コロイド粒子の大きさは、 10^{-6} から 10^{-9} の間であることがわかる。水溶液はとーらにがなんらかのものはとーりぬけている(イオン)そのため中性のはずの純水が酸性になった
- 2-220 粒子の大きさはろ紙 10^{-6} より小さくセロハン 10^{-9} よりでかい

G: 「水酸化鉄コロイドは」・・・9名

- 2-150 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは 10^{-6} ～ $10^{-9}\mu\text{m}$ の大きさと考えられる。理由は $10^{-6}\mu\text{m}$ の目の大ききのろ紙を通し、 $10^{-9}\mu\text{m}$ の目の大きさであるセロハンは通らなかったからである。
- 2-270 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは、 10^{-7} ～ $10^{-9}\mu\text{m}$ と考えられる。その理由は、目の大きさが $10^{-6}\mu\text{m}$ のろ紙は通りぬけ、 $10^{-7}\mu\text{m}$ の大きさのセロハンは通りぬけなかったからである。

- 3-020 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは $10^{-6} \sim 10^{-9} \text{m}$ の間の大きさの粒子と考えられる。
理由は 10^{-6}m の目の大きさのろ紙を通ったけど 10^{-9}m の目の大きさのセロハン
は通らなかったから
- 3-080 水酸化鉄コロイドはコロイド溶液と考えられる。その理由は、セロハンを通った
けいせきがあったから。
- 3-170 水酸化鉄コロイドは $10^{-6} \sim 10^{-9} \text{m}$ と考えられる その理由はろ紙 (10^{-6}m)
は通ったがセロハン (10^{-9}m) は通らなかったから
- 3-140 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは $10^{-7} \sim 10^{-6} \text{m}$ の大きさと考えられる。それはろ紙は通
してセロハンは通さなかったからである。
-
- 1-410 水酸化鉄コロイドはろ紙を通り、セロハンを通らないので、 10^{-6}m と 10^{-9}m の間
- 4-400 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドはろ紙を通ったので粒子は小さい
- 4-300 水酸化鉄コロイドはろし目の目より小さくセロハンの目より大きい

H: 「コロイド溶液 (の大きさ) は」・・・4名

- 1-090 コロイド溶液は、セロハンの目よりも大きいと考えられる。理由は、ろ紙ではコ
ロイド溶液の色のついた液が出るがセロハンでは、コロイド粒子が出ずに無色だっ
た。
- 1-220 コロイド溶液はろ紙の目より小さいがセロハンよりは大きいものと考えられる。
なぜならろ紙を通してきた液体は茶色だったけどセロハンの場合は無色だったから。
- 1-210 コロイド溶液の大きさは 10^{-6}m より小さく 10^{-9}m より大きいと考えられる。
その理由はろ紙は通るがセロハンを通らないことから (結果上記参照) である
(10^{-6}m) (10^{-9}m)
-
- 3-340 コロイド溶液は、 10^{-6} より小さい。 10^{-9} より大きい。

I: その他・・・16名

- 1-120 ろ紙よりセロハンの方が目が小さいと考えられる。その理由は、水酸化鉄(Ⅲ)
コロイドは通り抜けなかったからである。
だと考えられる。
- 4-010 10^{-6} よりも小さな粒子と考えられる。その理由は色に変化がないからここでは
コロイドが通っていないと考えられる。その理由は水酸化鉄のコロイド粒子がこされ
たから
- 4-190 10^{-6} より小さいと考えられる その理由はろ紙を通してしまうからである
- 4-250 10^{-6} よりも小さな粒子だと考えられる。その理由として、色に変化がないから
ここではコロイドが通っていないと考えられる その理由は水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド
粒子がこされたから
- 3-290 ろ紙の目 (10^{-6}m) よりも小さい粒子だと考えられる。ろ紙を使ったとき色に変
化が見られ、セロハンだと無色なのはセロハンのとき通った物質が水素イオンと塩
化物イオンだけだったからだと考えられる。
-
- 2-180 水酸化鉄コロイドには、ろ紙は通りぬけ、セロハンは通りぬけなかったので、
 10^{-6}m より小さく 10^{-9}m より大きいと考えられる。

- 3-130 $10^{-6}\mu$ を通して $10^{-9}\mu$ は通さないので、その間の大きさの粒子だと考えられる
- 3-400 ろ紙、セロハンを通すほど小さい粒子だと考えられる。
- 3-150 コロイド溶液と考えられる、セロハンを通るから。
- 4-140 $10^{-9}\mu$ より大きく $10^{-6}\mu$ より小さい
- 4-270 $10^{-9}\mu$ より大きく $10^{-6}\mu$ より小さい
- 2-340 $10^{-9}\mu$ 以上のものはコロイドは通すが $10^{-9}\mu$ 以下のものは通さない。
- 3-260 リトマス紙が青から赤になったことから酸性とわかった
- 3-370 ろ紙の目の大きさ $10^{-6}\mu$ より小さく セロハンの目の大きさ $10^{-9}\mu$ より大きい。
- 4-180 ろ紙は目の大きさが $10^{-6}\mu$ なので溶液に通ったが、セロハンは目の大きさが $10^{-9}\mu$ なので、溶液は通ることができなかったが、なんらかのものは通ることができ、中性のはずの下の水が酸性を示すようになった
- 4-370 ろ紙の方が穴が大きいから通ったがセロハンは穴が小さいので通らなかった

4. 生徒へのアンケートの集計結果

下にこの実験に関するアンケートの集計結果をあげた。この結果から、生徒は「この実験はまあ面白く」「進んで実験には取り組めた」し「結果や考察はまあ書けた」ということがわかる。しかし、一方で実験の操作で「難しかった」という生徒が12%おり、化学反応が「あまり観察できなかった」という生徒が21%、実験の内容が「あまりわからない」という生徒が19%いたことも見逃せない。

「コロイド」の実験に関するアンケート							
(対象：2年理系化学選択者48名)							
(数字は%)							
①今回の実験は	面白かった	21	23	51	5	0	つまらなかった
②実験の操作は	やさしかった	37	26	19	7	12	難しかった
③化学反応は	よく観察できた	19	37	23	19	2	観察できなかった
④実験の内容は	よくわかった	21	33	28	14	5	わからなかった
⑤プリントに	書いてない実験も いろいろやってみた	12	14	53	16	5	書いてある実験も できなかった
⑥実験には	進んで取り組んだ	56	19	23	2	0	仕方なくやった
⑦プリントの結果や考察は	よく書けた	12	44	30	7	7	ぜんぜん 書けなかった

5. 実験を実施する上での留意点

この実践を行った時の実験プリントでは、不十分な点がいくつかあった。今度の実験プリントでは改善されているが、実験を実施する上での留意点をあげてみたい。

- (1) ろ紙及びセロハンの取扱い方だが、プリントの「注」にあるようにピンセットを用いると操作がしやすい。ろ紙もセロハンも4つ折りにして端をピンセットでつまむようにして、水酸化鉄コロイド溶液を滴下するとよい。
- (2) ろ紙の場合に、水酸化鉄コロイド溶液を10滴落とすとあるが、それよりも多く入れないと、ろ紙が水を吸ってしまってろ液として下に液が落ちないこともあるので注意が必要である。
- (3) ペレット上では、凝析は非常に見にくい。今度の実験プリントでは、試験管になっているので見やすいと思うが、使用するスポイトを各試薬ごとにきちんと使い分けないと正しい結果が得られない。例年、スポイトの使い分けが出来ない生徒が必ずいる。

コロイド溶液 (2)

後 藤 顕 一
実施校16,26

1. はじめに

本実験は水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくりその性質をバレットを用い調べる。さらに結果と考察の書き方を定型文として与えることにより実験レポートにおける生徒の表現力を育成しようとするものである。実験内容はコロイド粒子の大きさを推定すること、凝析に関する実験を試薬を加え沈殿を観察することによって理解させることにある。実施時期はコロイドの分野を学習し終えた時点で行うのに適している。実験は個人実験の形態を取った。生徒の「結果と考察」の記述について実践後考察を加えていく。

2. 「結果と考察」

「定型文」は以下のように示した。

結果：過去形で書く。例「～（操作）したら、…（結果）になった。」 考察：理由を含めて書く。例「～（結果）より、…（結論）と考えた。 その理由は、…（根拠）だからである。」

2-1-1 結果の記述

模範文 ろ紙を用いて実験したら赤褐色の溶液が通過した。またセロハンの上に(1)で作った溶液を加えて放置したら外側の液は無色透明で通過した物質を肉眼で観察することはできなかった

生徒の記述を記述形式と記述内容の二つの方向から考察する。まず、記述の形式の主旨に沿って定型文の記述が行われているかを以下A～Eに分類した。内容的には、今回要求した「結果」で表1のように1～5に分類した。なお、データ数は65人である。

2-1-2 「結果」の記述について

生徒の記述をAからEまでの5種類に分けたが、操作も含めて述部も過去形で書けたものが、60%、定型文の指示通り「……したら～なった」の形式で書けたのは22人全体の34%であった。今回目立ったのは操作を記述しない生徒がたいへん多いことである。実験をしながら記述を行うと操作に気を取られ、操作自体の記述がおろそかになり、結果のみ記述してしまいがちになることがうかがえる。このことから、まず、結果を記録しておき、そのまとめである定型文の記述は、操作が一段落した後に書くようにすることが必要であろう。

表1 記述形式による分類

形式	(操作)	A	B	C	D	E	
内容	したら	○	○	×	×	未 記 入	
	(結果)に なった。	○	×	○	×		
1	内容的によく書けているもの	12		12	2		26
2	要求以上に書きすぎたもの	2			2		4
3	要求している内容より不足しているもの	6		1			7
4	内容的に誤通いがあるもの。(生徒自身の思いこみがあるものなど)	18					18
5	結果としてよきわしくもないもの。	2		4			6
		40	1	7	4	4	

2-1-3 生徒の例

A-1

水酸化鉄をろ紙の上にたらしたら/下の水に赤い色が着いた。//水酸化鉄をセロハンにたらしたら/下の水は元の色のママだった。

A-1

ろ紙でやった時は水酸化鉄コロイドが、/ろ紙を通過して//セロハンの時は通らなかった。/通らなかった。

A-1

ろ紙の上にコロイド溶液をいれたら/コロイド溶液は通過した。//セロハンの上にコロイド溶液を入れたら/溶液は通過しない。

A-1

ろ紙とセロハンに水酸化鉄コロイドをたらしたら/ろ紙の下には茶色の液体、セロハンの上には透明の液体がでていた。

A-1

ろ紙に茶色い液をたらしたら/茶色い液がでた。=通過した。//セロハンに茶色い液をたらしたら/茶色い液はでてこなかった。=通過しなかった。

A-1

ろ紙を使った場合/茶色の液が落ちていた。//セロハンの場合/無色の液が落ちていた。

A-1

ろ紙とセロハンにコロイドをたらしたら/ろ紙だけコロイドが通過した。

A-1

ろ紙に通したら/茶色の液がそのまま通って//セロハンは/通らなかった。

A-2

ろ紙の上にコロイド液を入れたら/通過しリトマス紙はオレンジ色になった。//セロハンの上にコロイド液にリトマス紙を入れたら/通過しリトマス紙はオレンジ色になった。

A-2

セロハン/液1をたらしたら下までとおおり抜けない。(透明)//ろ紙/液1をたらしたら下まで液が通した。(茶色)//AgClをたしたら/ねずみ色っぽくなった。

A-3

ろ紙の上にコロイド溶液をたらししたのは／通過したのは色が着いた。

A-3

ろ紙の上にコロイド溶液をたらししたのは／コロイド溶液は赤いから黄色っぽいのに変わった。

A-3

ろ紙にコロイドを溶液を通したら／オレンジ色になった。

A-3

茶色の液をたらしたら／ろ紙では通過した。

A-4

ろ紙にたらしした水酸化鉄は／ろ紙を通り越して水に溶けた。

A-4

ろ紙にたらしした水酸化鉄は／ろ紙を通り越して水に溶けた。//また塩化物イオンと水酸化物イオンは／通過せず肉眼では変化を観察できなかった。

A-5

ろ紙の上にコロイド溶液をたらししたのは／リトマス紙はオレンジ色になった。//セロハンのうえにコロイド液を入れた後、リトマス紙を入れたら変らなかった。

A-5

セロハンに水酸化鉄コロイド溶液をたらしたら／液はパレットに入っていなかった。

B

ろ紙にたらしした水酸化鉄は

C-1

ろ紙の場合は／液が通った。//セロハンの場合は／液は通らなかった。

C-1

水酸化鉄コロイドはセロハンは／黄色っぽくなった。//塩化物イオン、ナトリウムイオンだけは／無色だった。

C-1

セロハンの時には／透明の液がでた。//ろ紙の時には／茶色の液がでた。

C-1

ろ紙では水酸化鉄コロイド溶液は通ったが、セロハンでは通れなかった。//H⁺イオンは／わからなかったが//Cl⁻イオンは／どちらも通ることが出来た。

C-1

ろ紙では／茶色//セロハンでは／透明だったので//ろ紙は／コロイドを通した。//セロハンでは／コロイドを通さない。

C-1

水酸化鉄コロイドはろ紙は／通ったけど//セロハンでは／通らなかった。//Cl⁻イオンは／ろ紙が通ったしセロハンも通った。//コロイドは／ろ紙からセロハンの間の大きさ

C-1

ろ紙のときは/茶色い液がでた。//セロハンの時は/通らなかった。

C-3

セロハンを通った水酸化鉄コロイド溶液は/無色になった。

C-5

ろ紙で/リトマス紙は赤くなった。

C-5

ろ紙の方は茶色い液を入れると/白くにごった。//セロハンの方は目が小さいから茶色を入れても/何も変らなかったように見えました。

D-1

セロハンは/通りぬけない。//ろ紙は/通りぬける。

D-2

ろ紙は/どちらも通すが//セロハンでは/C¹⁻しか通らない。

D-2

ろ紙では/コロイドもC¹⁻も通すが、//セロハンでは/C¹⁻は通すが、コロイドは通さない。

2-2-1 「考察」の記述について

模範文

2の結果より水酸化鉄コロイドはろ紙の目は通過でき、セロハンの目は通過できなかったので水酸化鉄コロイドは $10^{-9} \sim 10^{-8} \text{m}$ の大きさの粒子と考えられる。その理由は、セロハンの目が 10^{-9}m でろ紙の目が 10^{-6}m だからである。

内容的には、今回要求した「考察」の述部で以下のように分類した。

枠内の数字は人数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
(結果)より	○	○	○	×	○	×	×	×	×	
~と考えた	○	○	×	○	×	×	○	○	×	
その理由は(根拠)だからである。	○	×	×	○	×	○	○	×	×	
1 内容的によく書けているもの	5	6	5	5	13	3	3			32
2 要求以上に書きすぎたもの										0
3 要求内容より不足しているもの		14	5	5	1	2	1			24
4 内容的に間違いがあるもの								0		
5 考察としてふさわしくないもの				2			3			5
	5	20	1	2	20	1	5	7	4	

*)表中「あ,い,う,え,お」は考察理由に関する分類であり、表側の1~5に相当する。

なお、「う」(要求内容より不足しているもの)は、生徒自身の思い込みがあるものなどである。

2-2-2 生徒の「考察」の記述について

生徒の記述を「形式」でAからIまでにわけた結果、「その理由は」の理由内容まで定型文通りに書けているものは、わずか5人であった。「その理由は」の理由内容が書けなかったものも含めると、(表のAとBにあたる)38%であった。考察の定型文の定着は難しいようだ。さらに今回は未記入者も含め考察の理由の部分を形式通り書かなかった生徒が、80%と多かった。一方で形式通り書かなかった生徒以外で「～ので」「～より」の形態で根拠を書いた生徒で、「内容」項目1または3の生徒は86%にまでなるので実験内容自体は理解が及ぶものであったと考えられる。

2-2-3 生徒の例

A1う

(2)の結果よりコロイドの大きさはろ紙より小さくてセロハンより大きいと思う。／その理由はろ紙は通ったのにセロハンは通らなかったから。

A1う

(2)の結果より水酸化鉄コロイドの粒子はろ紙より小さくてセロハンより大きいと考えられる。／その理由は水酸化鉄コロイドがろ紙は通ったから。

A1う

(2)の結果よりろ紙より小さくてセロハンより大きいと考えられる。／その理由はろ紙の時水酸化鉄コロイドの茶色がパレットに入っていた。セロハンの時はパレットの中は透明であったからである。

A1う

(2)の結果よりろ紙とセロハンに水酸化鉄コロイドをたらしたことから、／水酸化鉄コロイドはセロハンより大きい粒子だと考えた。／その理由はろ紙には水酸化鉄コロイドの茶色の液、セロハンには透明液(C1-)が出てきたから。

A1う

(2)の結果よりろ紙より小さくセロハンより大きかったと考えた。／その理由は、セロハンを通さないがろ紙は通すからである。

B1

(2)の結果よりろ紙は通り抜けられるがセロハンは通り抜けない。//コロイド粒子の大きさはセロハンより大きいろ紙より小さいと分った。

B1

(2)の結果より水酸化鉄コロイドの大きさはろ紙とセロハンの間であることが考えられる。

B1

(2)の結果より水酸化鉄コロイドはろ紙では通れたがセロハンでは通れなかったので水酸化鉄の大きさはろ紙の目より小さくセロハンの目より大きかったと考えられる。

B3

ろ紙を通ることよりろ紙の穴より小さいと考えられる。//またセロハンは通過できなかった。

B 3

(2)の結果よりろ紙はセロハンより目が大きいため水酸化鉄はろ紙より小さいためとおったと考えられる。

C 1う

(2)の結果より水酸化鉄コロイドの大きさはろ紙より小さくてセロハンより大きいと分った。/その理由はろ紙の方は茶色の水があったけどセロハンの下は透明だったから。

D 3う

水酸化鉄のコロイドはろ紙を通過したと考えられる。/その理由は 10^{-6} mよりコロイドの粒子が小さいからである。//水酸化鉄のコロイド粒子はセロハンを通過しないと考えられる。/その理由は 10^{-9} mよりコロイド粒子が大きいからである。

E 1

ろ紙は通過するので/小さい。//セロハンは/大きい。

E 1

(2)の結果よりろ紙より小さくセロハンより大きい。

E 1

(2)の結果よりろ紙よりも小さくセロハンよりも大きい。/だから粒の大きさはろ紙は通ったがセロハンは通らなかった。

E 3

ろ紙を通ることよりろ紙の穴より小さい。

E 3

セロハンの下の水は色が着かなかったので/水酸化鉄コロイドはセロハンの穴よりおおきい。

E 3

(2)の結果よりコロイドは 10^{-9} mより大きい。

E 3

(2)の結果よりセロハンはコロイドを通さない。ろ紙は通した。

E 5

(2)の結果より塩化物イオンはセロハンの目を通ってしまうほど小さい。

E 5

(2)の結果より水酸化鉄は $C1^{-}$ より粒子が大きい。

F 3あ

コロイド粒子はろ紙を通るがセロハンは通らない。/その理由はろ紙は 10^{-6} でセロハン 10^{-9} だからである。

G1

ろ紙は通過するが／セロハンは通過しない。//コロイドは 10^{-6} より小さい。／ 10^{-9} より大きい粒子である

G1

水酸化鉄コロイドの大きさは 10^{-6} mから／ 10^{-9} mとかがえられる。

G1

ろ紙の 10^{-6} mより小さく／セロハンの 10^{-9} mより小さいとかがえられる。

G3

ろ紙は通過するが／セロハンはしない。

G3

ろ紙は通過するが／セロハンは通過しなかった。

H1

セロハン (10^{-9} m) より大きく、／ろ紙 (10^{-6} m) より小さい。

H3

ろ紙は通過するが／セロハンは通過しない。

3 実験に関するアンケート

3-1 教師アンケート (2人)

1. この実験の実施時は対照となる章の 学習後 2人
2. 実験の準備にかかった時間 2時間 2人
3. 実験時間として 1校時 2人
4. パレットについて 使いこなせた 1-3-5 使いこなせなかった
度数 4 2人
5. 結果や考察などの記述 簡単そうだった 1-3-5 むずかしそうだった
度数 4と5
6. この実験に対する生徒の反応 よかった 1-3-5 わるかった
度数 2と4
7. 実験内容について気づいた点
 - 1) 1の「反応式を参考にして2種類のイオンを記せ。」について
できるだけ実験から結果を導ける設問にしてほしい。
 - 2) 結果と考察2・・・併せて記述せよ。
2項目の記述は生徒にとって混乱しやすい。どちらか一方にしてほしい。
 - 3) 結果と考察6で、凝析させるには・・・
凝析という語句は学習後でないと理解できない。
 - 4) 実験内容が水酸化鉄コロイドの色を解っていないとできない。
 - 5) 銀イオンと塩化物イオンの反応を前提として知っていなければ何をやっているの
かがつかみにくい。
 - 6) 中和反応の学習前の実験であるので H^+ が酸性を示すということを考えさせるの
は少し抵抗がある。

3-2 生徒のアンケート

		1	2	3	4	5	
1) 今回の実験は	おもしろかった	2	10	32	14	16	つまらなかった
2) 実験の操作は	やさしかった	7	9	23	14	17	むずかしかった
3) 化学反応は	よく観察できた	3	10	16	29	10	観察できなかった
4) 実験の内容は	よくわかった	4	7	16	21	20	わからなかった
5) プリントに 書いてない実験	いろいろやってみた	3	2	26	19	20	できなかった
6) 実験には	進んで取り組んだ	10	22	24	14	0	しかたなくやった
7) 結果や考察は	よく書けた	9	9	23	17	14	全然書けなかった。
8) 自由に書きなさい (参考例)							

- ・今一つ実験内容が解らなかった。
- ・けっこうめんどろだった。
- ・どれがコロイドだか解らない
- ・液をたらずとしろく濁ったところは印象に残ったが難しすぎて結果や考察が書けなかった。
- ・操作は優しいが内容がよくわからない。
- ・セロハンがものを通すことを知れて嬉しかった。
- ・結局何を調べていたのかが解らなかった。

4 改善点など

1. 本実験でコロイドの内容がすべて網羅されているわけではない。たとえば、コロイドの物性を理解させるためのチンダル現象であるとかブラウン運動、コロイドの性質をより深く理解させるための塩析の実験や、保護コロイドを確かめる実験などは生徒実験の時間を考慮の上、今回は発展実験に回した。
2. 学習の進度によって各校で設問の置き方は柔軟性をもたせる。コロイドの色などについて生徒の状況によって柔軟性を持たせる。
3. 凝析などコロイドに関する用語は本実験を行う前に学習させておくことが望ましい。
4. 前半のコロイドの大きさを測定する実験は本会が以前に提唱したパレットを用いるが、後半の凝析の実験を行うと凝析したのかしないのかの判別が非常につけにくいとので試験管を用いて行うこととした。
5. 操作の記述が見にくく実験の主旨がわかりにくいので配列を改善した。
6. 考察の記述は「(2)の結果より」と記載しておいた。
7. 5. の「含まれるイオン」はわかりにくい点も考えられるので書き入れておいた。
8. セロハンやろ紙を扱う際ピンセットを扱うことを教師用の手引きに載せた。

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色

白井 豊 和
実践校番号 15

1. はじめに

本実験は、パレット上でムラサキキャベツ液が色鮮やかに変化する個人実験であり、pHの学習の前後いずれでも実施可能である。ここでは、高等学校1年生3クラスでpHの学習直後に実践した結果を報告する。なお、実験には、この調査を踏まえて最終的に採用した実験プリント(A2)を含む、結果の定型文の異なる3種のプリント(A1～A3)を用い、クラスごとに異なるプリントを使って実験を行い生徒の記述例を調べた。

2. 結果の記述

3種のプリント(A1～A3)に示した結果の定型文と、復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

プリントA1: 「～したら…になった。」

プリントA2: 「～したら、…は…になった。」

プリントA3: 「～を～したら、…は…になった。」

模範文	1 mol/l のアンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加えたら、溶液は紫色から緑色に変化した。
-----	--

これまでの研究で、定型文を示さない場合には、結果の欄に操作の記述を含めて書ける生徒が12%しか存在しなかったのに対し、定型文を示した場合には81%にも及んだことを報告している¹⁾。今回、同様なプリント(A1)を用いて生徒の記述を調べたところ、操作の記述を含めて書けた生徒は70%であった(表1)。模範文として復習用プリントに示した文型はプリントA3のものと同じであり、操作の記述を含むだけでなく主語の記述も含んでいる。つまり、下の4つの文節により構成されている。

- ① 1 mol/l のアンモニア水 1 滴を
- ② ムラサキキャベツ液 9 滴の中に加えたら、
- ③ 溶液は
- ④ 紫色から緑色に変化した。

この文型で記述できたものを「全て満たしている」としたとき、その割合はプリントA2、A3ともに多かった。模範文の成分の中で一番抜けやすいのは③の主語(…は)の部分である²⁾。定型文に主語の記述を示したプリントA2は、A3と同様の効果があったと考えることができる。具体的な記述例を表2に示した。

1) 白井豊和, 赤石定治, 堀哲夫, 松原静郎, 日本化学会第69春季年会予稿集I, p.443, 3F104 (1995); 資料1, 2参照。

2) 有元秀文, 文型別分類データ(本研究会資料), 1995. 3月; 資料3参照。

表 1. 結果の内容の分類とその割合

分類		A1 (n=40)	A2 (n=39)	A3 (n=41)
操作の記述 があるもの	全て満たし ている	33 % (13)	54 % (21)	39 % (16)
	一部欠けて いる	38 % (15)	26 % (10)	22 % (9)
操作の記述 が無いもの	濃度で記述	13 % (5)	5 % (2)	7 % (3)
	述語のみ	0	0	5 % (2)
考察が混入		8 % (3)	5 % (2)	12 % (5)
その他		10 % (4)	10 % (4)	15 % (6)

表 2 結果の記述の例

分類	結果の記述	
操作の 記述 あり	全て満た している	1 mol/l アンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加 えたら、液は緑色になった。
		1 mol/l アンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加 えた溶液は、緑色になった。
		アンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴に加えた溶液の色 は、実験(4)のときの色と同じ色になった。
一部欠け ている	ムラサキキャベツ液 9 滴の中にアンモニア水 1 滴を加えたら、 緑色に変色した。	

	(一部欠けている)	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を垂らしたら、ムラサキキャベツ液は緑色になった。
操作の記述なし	濃度で記述	0.1 mol/l アンモニア水は、緑色になった。
	述語のみ	緑色になった。 水酸化ナトリウム 0.01 mol/l のときと同じ色になった。
考察が混入		1 mol/l アンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加えた溶液 (0.1 mol/l アンモニア水) の pH は 12 となった。
その他	A1	酸性は赤を示した。中性から塩基性に近づくとつれて紫→青→緑→黄と徐々に黄色に近い色になっていった。
		NaOH で実験をすすめていくと NH ₃ でやった時 NaOH の 2 回目の NH ₃ の 1 回目のそう作で同じ色になった。
		酸性のムラサキキャベツに HCl, 濃度の異なる NaOH, 濃度の異なる NH ₃ を加えると色が変わった。
		NH ₃ の方が NaOH より色の変化が大きかった。
	A2	アルカリ性のものは黄色くなり、酸性のものは赤くなった。
		ムラサキキャベツ液に酸性の塩酸、塩基性の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、色が変わった。また、1 mol/l のアンモニア水溶液をムラサキキャベツ液に加えて、0.1 mol/l にしたら緑色に、0.01 mol/l にしたら青緑色、0.001 mol/l にしたら灰色(青みがかった)に変化した。
		NH ₃ 1 mol/l をむらさきキャベツの液に加えると、NaOH 0.1 mol/l の時と同じになった。NH ₃ 0.1 mol/l のときは NaOH 0.1 mol/l と 0.01 mol/l の間の色になった。NH ₃ 0.01 mol/l のときは NaOH 0.0001 と同じ色になった。
	A3	ムラサキキャベツにアンモニアを加えると、黄緑色、緑色、紫になった。また、塩酸を加えると上の表のようになった。
		上の結果よりむらさきキャベツの色は酸が赤で塩基が黄色になると考えた。それは、酸と塩基の強さによりムラサキキャベツ液の色が赤→ムラサキ→黄色とあらかずからである。よって酸に近いほど赤く、中性に近いほどムラサキになり、塩基に近いほど黄色になる。
		NaOH の 0.01 と NH ₃ の 0.01 が同じみどりになった。

その他	<p>ムラサキキャベツ液に塩酸を入れて 0.1 mol/l にすると、液は赤くなった。また、ムラサキキャベツ液に水酸化ナトリウムを入れたとき、0.01 mol/l のとき緑、0.001 mol/l のときあい色になった。アンモニアは 0.1 mol で黄色に近い緑、0.001 mol/l のとき緑、0.001 mol/l のときあい色となった。</p>
	<p>NaOH と NH₃ を濃度 0.1 mol/l で比べると、ほぼ同じ緑色となった。しかし、濃度 0.01 mol/l で比べると、NaOH は青色、NH₃ は青緑色となった。</p>
	<p>ムラサキキャベツ液は、酸性、塩基性で色が変換することが確かめられた。また、酸性では赤く、塩基性では黄→緑→青→紫と戻ることがわかった。そして、0.01 mol/l の濃度の NaOH (ムラサキキャベツ溶液に入れると) は青紫になった。</p>

3. 考察の記述

結果の定型文が異なる 3 種のプリント (A1 ~ A3) には、どれも同じ考察の定型文を示した。考察の定型文と復習用のプリントに示した模範文は、次の通りである。

プリント A1 ~ A3 共通 「～より、…と考えた。その理由は～だからである。」
「～なので、…と考えた。」など。

模範文	<p>上の結果より、0.1 mol/l アンモニア水の pH は約 11 と考えた。その理由は、水酸化ナトリウムを用いた実験で、ムラサキキャベツ液が緑色を示したときの pH が 11 だったからである。</p>
-----	---

考察の中に根拠が記されているかを中心に、生徒が考察の欄に記述した内容を分類した (表 3)。定型文が共通のため、どのプリント (A1 ~ A3) を使っても、記述内容に大きな差はみられず、79 % の生徒が、色を根拠として pH を考察することができた。考察の内容は結果の内容に影響を受けるため、79 % の中には、次の例に見られるように、模範文とは多少表現の異なるものも含めた。

[結果]	アンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴に加えた溶液の色は実験(4)のときの色と同じ色になった
[考察]	色が同じになったので それぞれの pH は同じと考えられる。そしてその値は 12 pH

表3 で分類した考察の具体的な記述例を 表4 に示した。根拠が不十分として分類したものの中には、溶液の色を比較したということだけを述べていて、実際に同じ色（緑色）になったのかどうか記述していないものが多かった（No. 3, 6, 7, 8）。それとは逆に、緑色になったことだけを述べて、なぜ緑色だと pH 12 と言えるのかが述べられていないものもみられた（No. 2, 4）。No. 5 の記述は表現が不適切であり、「NaOH の実験結果と NH₃ の実験結果を比較することにより、pH 12 と考えた」ということを述べたいようであるが、比較した中身も述べられていない。色を根拠とせず、電離度を根拠とするものが3名いた（No. 9 ~ 11）。また、まったく根拠を記述していないものは2名だった（No. 12, 13）。

その他に分類した生徒の考察を理解するためには、結果と考察の両方をみなければならぬ（表5）。プリントの指示とは異なり、実験全体の考察を述べたもの（No. 14 ~ 18）、アンモニアの性質を考察したもの（No. 19）、電離度を考察したもの（No. 20, 21）などがあった。

表3 考察の分類とその割合

分類		A1 (n=40)	A2 (n=39)	A3 (n=41)	計 (n=120)
pH を考察 している	色を根拠と している	83 % (33)	82 % (32)	73 % (30)	79 % (95)
	根拠が 不十分	5 % (2)	5 % (2)	10 % (4)	7 % (8)
	色以外のもの を根拠	0	8 % (3)	0	3 % (3)
	根拠がない	0	0	5 % (2)	2 % (2)
その他 (pH以外のものを考察)		13 % (5)	5 % (2)	12 % (5)	10 % (12)

表4 考察の記述の例(1)

分類	考察の記述	No
pH を考察 している	上の結果より、0.1 mol/l のアンモニア水は pH 12 と考えた。その理由は、NaOH の実験で pH 12 のときの色がみどり色で同じだったからである。	1

(pH を考察している つづき)	根拠が不十分	pH は 12 と考えられる なぜならムラサキキャベツ液が緑色になったから	2
		上の結果より, pH は 12 と考えた。その理由は NH ₃ は電離度がわからず, pH も計算ではわからないため, NaOH の色と比較をして考えたからである。	3
		上の結果より, 溶液(0.1 mol/l アンモニア水)は pH 12 と考えられる。その理由は, 溶液の色が緑になったからである。	4 2 名
		結果から NaOH に NH ₃ を合わせると pH 12 だった。	5
		上の結果より, ムラサキキャベツ液 9 滴に 1 mol/l アンモニア水 1 滴を加えた溶液の pH は 12 と考えた。その理由は, 実験 1 の (2)~(6)までの結果を参考に考察したからである。	6
		上の結果より, 1 mol/l のアンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加えた溶液の pH は 12 と考えられた。その理由は, 操作 1(2)~(6)までの結果を参考に考察したからである。	7
		上の結果よりこの溶液の pH は 12.5 と考えた。その理由は操作 (3)~(6)の結果と比較した結果からである。	8
	色以外のものを根拠	実験結果より, (7)-(3)の pH は 12 (7)-(4)の pH は 11.5 (7)-(5)の pH は 9.5 と考えられる。NaOH と異なる理由は, アンモニアの電離度が NaOH と異なるためである。	9
上の結果より pH は $12 < (7)-(3) < 13$ $11 < (7)-(4) < 12$ $7 < (7)-(5) < 9$ のようになった。異なる理由は, アンモニアの電離度は 1 ではないからである。		10	
上の結果より pH 11 と考えた 電離度は 0.01 なので $0.1 \times 0.01 = 0.001$ であるから pH 11 と考えられる		11	
根拠がない	上の結果より, 0.1 mol/l のアンモニア水の pH は 12 と考えられる。	12	
	結果より, 0.1 mol/l アンモニア水の pH は 13 であると考えられる。	13	

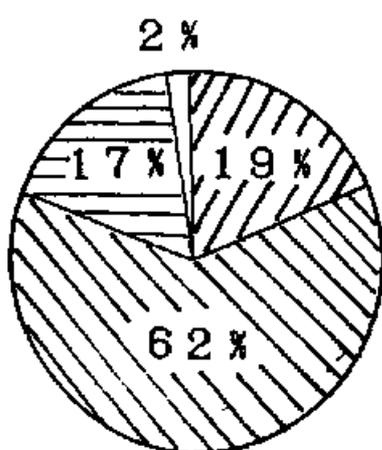
表5 考察の記述の例(2)

分類	結果の記述	考察の記述	
その他	紫キャベツに HCl を加えたら pH は 1 になり, NaOH の場合モル濃度を変えたら, pH も同じく変化した。NH ₃ でも同じ結果がえられた。	上の結果より, アルカリ性の場合, モル濃度を 1/10 倍することに pH は 1 ずつ下がると考え, そして, 濃度をうすめるごとに, だんだん, もとの紫キャベツの紫に近づいていく, と考えられた。その理由は, 紫キャベツの中性に近づいていくからである。	14 2 名
	NaOH の実験と色を比較すると, 0.1 mol/l アンモニア水の pH は, 11 になった。	上の結果より, NaOH は NH ₃ に比べると強い塩基性であると考えた。	15
	12。アンモニア水 0.1 ml の緑色と, 水酸化ナトリウムで 0.01 mol の緑とが色具合がほぼ同じになった。	上の結果より, NH ₃ は NaOH の pH は違うと考えた。その理由は, 同じ濃度ずつ薄めても, pH 値の下がる割合が少し違うからである。NaOH のほうが強い pH を示している。	16
	酸性のムラサキキャベツに HCl, 濃度の異なる NaOH, 濃度の異なる NH ₃ を加えると色が変わった。	上の結果より, ムラサキキャベツの pH が変わったと考えられる。その理由は濃度の異なる溶液により色が変わったからである。	17
	NH ₃ の方が NaOH より色の変化が大きかった。	NH ₃ は NaOH よりも塩基性が弱い。したがって pH も NaOH より小さいと考えた。	18
	1 mol/l のアンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加えたら緑色になった。	上の結果よりアンモニアは塩基であると考えた。その理由は NaOH は塩基とわかっており, その変化と同じ変化が, アンモニアにもみられたからである。	19
	1 mol/l のアンモニア水 1 てきをムラサキキャベツ液 9 てきに入れたら色が緑になり, pH 12 となった。	上の結果より, アンモニアの電離度は 0.1 と考えられる。その理由は, アンモニアは 0.1 mol/l なのに NaOH 0.01 mol/l と同じ色になったからである。	20
	1 mol/l のアンモニア水 1 滴をムラサキキャベツ液 9 滴の中に加えた溶液 (0.1 mol/l) の pH は 12 になった。	NaOH と NH ₃ の pH 12 の時の濃度が, 0.01 mol/l と 0.1 mol/l となっているので, この 2 つの塩基の電離度が違うと思われる。	21

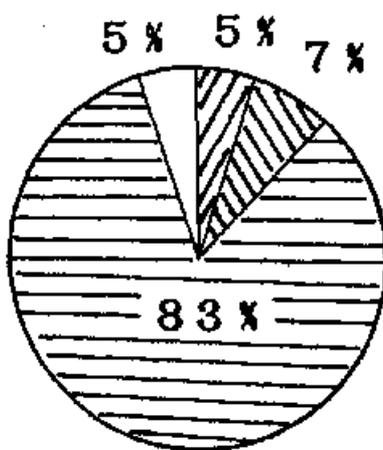
		($\alpha(\text{NaOH}) < \alpha(\text{NH}_3)$)	
その他	0.1 mol/l のアンモニア水を入れたら、pH は 13 になった。0.01 mol, 0.001 mol にしたら、pH は 12, 11 となった。	上の結果より、NaOH と NH ₃ の pH は同じであると考えた。その理由は上記のように実験をしたからである。もし、NH ₃ を 0.0001 にしたら紫のままになると考えられる。	22
	上の結果よりむらさきキャベツの色は酸が赤で塩基が黄色になると考えた。それは酸と塩基の強さによりムラサキキャベツ液の色が赤 → ムラサキ ← 黄とあらかずからである (pH)。よって酸に近いほど赤く、中性に近いほどムラサキになり、塩基に近いほど黄色になる。	なぜ酸になると赤で塩基になると黄色になるのか？色がきれいです。黄の中に赤い色がでてきた。これは何かまじっていたからだった。よく洗おう！	23
	pH 13 は黄、pH 12 はわかばいろ、pH 11 はねずみ色、pH 10 は紫、pH 9 は紫となった。	0.01 mol/l の NH ₃ の pH は 12 だったので 0.1 mol/l の NH ₃ の pH は 13 と考えた。	24

資料1 結果の記述に与える定型文および記述欄の大きさの影響
 (日本化学会第 69 春季年会にて発表)

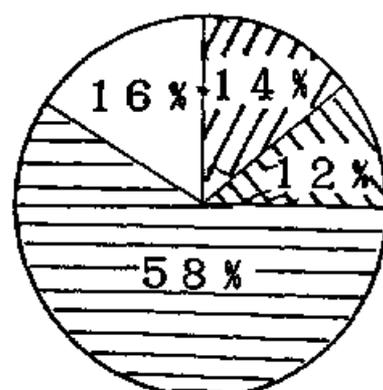
 : 操作の記述あり (全て満たしている)
  : 操作の記述あり (一部欠けている)
  : 操作の記述なし
  : その他



A
定型文あり



B
定型文なし



C
定型文なし
記述欄2倍

3 F1 04

化学実験での生徒の表現力

— 結果の記述に与える記述欄の影響 —

(都立八王子東高・都立東高・山梨大教育・国立教育研)

○臼井豊和・赤石定治・堀 哲夫・松原静郎

Students' ability to express themselves in chemical experiments
— the influence of the space for answers on the students' descriptions
of the results of the experiments —

(Hachioji Higashi High School, Higashi High School, Yamanashi Univ.,
National Institute for Educational Research) ○Toyokazu USUI, Sadaharu
AKAISHI, Tetsuo HORI, Shizuo MATSUBARA.

1. 学習指導要領の改訂に伴い、これまで指導要録の評価の観点として挙げられていた実験・観察の技能に、新たに表現が加えられた。高等学校化学では、表現力の評価を、主に、実験レポートの作成という形で行っている。しかし、その指導に関する研究は、これまであまりなされていなかった。演者らは、生徒一人ひとりに実験させる個人実験を通して、科学的思考を伴った表現力の育成を試みている。今回、実験結果の記述欄が異なる3種類のプリントを用いて個人実験を行い、生徒の記述を調べた。そして、その結果を基に、実験レポート作成につながる基礎的な表現力指導を行うためのプリントの形式について検討した。

2. 1 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液を紫キャベツ液で 10 倍ずつ薄めていったときの色の変化を観察し、紫キャベツ液の色と pH との関係を考えて後、アンモニア水の pH を紫キャベツ液の色の变化から推定する「酸・塩基と紫キャベツの色」の実験を、pH について未習の 2 年生 3 クラスで実施した。実験プリントは、定型文として書き方を示したもの (A)、定型文は示さず結果の欄の大きさが A と同じもの (B)、定型文は示さず結果の欄を約 2 倍の大きさにしたもの (C) の 3 種類を用意し、それぞれのクラスで個人実験させた後、その時間内で記述させた。なお、考察の欄の大きさは、どのプリントも同じにした。A のプリントに示した定型文では、結果は「～すると～になった。」のように操作を含めて過去形で書き、考察は「～より～と考えられる。その理由は～だからである。」のように理由を含めて書くことを求めた。

3. 結果の欄に操作の記述を書くことができた生徒は、A 81%, B 12%, C 25% であった。また、生徒一人当たりが結果の欄に記した平均文字数は、A 47 字、B 21 字、C 41 字であった。記述内容をみると、C のプリントの記述には結果をなるべく詳しく記述しようとする姿勢がうかがえたが、反面、考察に書くべき内容の混入が他のクラスに比べ多くみられた。この事実は、記述スペースが十分にある通常のレポートでは、記述量を増やそうとするために、実験事実と自分の考えが混在しやすいことを示唆している。実験レポートでの表現力を育成するためには、定型文の指導を含めた論理的な思考および表現の訓練が大切であると考えられる。

資料3 文型別分類データ
(定型文を示したAクラスを分析)

表3 表 TBL 95年 3月13日 13:04

NO	X
308a	葉キャベツ液 9 滴中に 1 mol/l のアンモニア水 1 滴を加えると溶液の色は、みどり色になった。
310a	ムラサキキャベツ液 9 滴にアンモニア水 1 滴を加えると、溶液は黄緑色になった。
323a	葉キャベツ液 9 滴に対して、1 mol/l のアンモニア水 1 滴を加えたところ、色が黄緑色に変化した。
309a	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入れたら、葉キャベツ液の色が黄みどり色に変化した。
339a	0.1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴に加えたら、液は緑色になった。
325a	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、色が緑色に変化した。
328a	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、溶液の色は、黄緑に近い緑色になった。
340a	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、液の色は緑になった。
312c	葉キャベツ液 9 滴の中に 1 mol/l のアンモニア水を加えた結果 0.1 mol/l のアンモニア水ができ、緑色に染まった。
307c	葉キャベツ液 9 滴の中に 1 mol/l アンモニア水を入れると緑になった
335c	ムラサキキャベツ 9 滴に 1 mol/l のアンモニア水を加えると黄緑色になった。
329c	ムラサキキャベツ溶液にアンモニア水を 1000 倍にうすめた溶液の色と、NaOH を 10000 倍にうすめた溶液の色を比べると両者とも同じ青色になった。
337c	ムラサキキャベツ 9 滴に NH ₃ を 1 滴加えたら緑になった。
305c	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入れたら、やや黄色っぽい緑になった。
302c	アンモニア水を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、うぐいす〜黄緑色になった。
306c	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると緑茶の色になった。
318c	アンモニア水一滴を葉キャベツ液の中に入るとほぼ黄緑になった。
326c	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、0.1 mol/l の水酸化ナトリウムを葉キャベツ液 9 滴に加えた液とかなり近い色になった。
327c	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、黄緑色に変化した。(4) と同じ色
330c	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると黄色くなった、NaOH 0.01 mol/l と同じ色
332c	アンモニア水 1 滴を葉キャベツ液 9 滴の中に入ると、みどりになった。
336c	1 mol/l のアンモニア水 1 滴を葉キャベツ 9 滴に加えると、黄みどり色になった。(0.1 mol/l アンモニア水)
311b	0.1 mol/l {HCl, NaOH, NH ₃ }の液はムラサキキャベツ液を加えると{赤、黄、黄緑}色になった。
314d	0.1 mol/l のアンモニア水を入れると色は黄緑に、0.01 mol/l のアンモニア水を入れると色は青緑に、0.001 mol/l のアンモニア水を入れると色は黄紫になった。
304d	アンモニア水(1 mol/l) 1 滴を加えたら黄緑色になった。
334c	アンモニア 0.1 mol/l のムラサキキャベツの溶液をつくらと、水酸化ナトリウム 0.01 mol/l の溶液と同じ色をあらわした。
301d	上の操作を行うとこの黄緑となった。
315d	アンモニア水 1 滴を入れるとみどりになった。その色は、NaOH 0.01 mol/l の時の色と対応したので pH 12 と推測できる。
321d	1 滴たらすと NaOH の濃度 0.01 mol/l の色と同色になった。また、次の操作(操作 4)を行うと 0.001 mol/l の色とはほぼ同色になった。
331d	酸性である HCl はムラサキキャベツ液に加えると赤くなった。アンモニアを加えると緑になった。
333d	NH ₃ の濃度を 0.1 mol/l にすると、黄みどり色になった。それは、NaOH を 0.01 mol/l にしたときと同じ色だった。
342d	アンモニア水 1 滴をたらすと、緑になった。この色は NaOH 0.01 mol/l と同じ
343d	アンモニアを 1 滴をたらすと、黄緑色になった、NaOH 0.01 mol/l と同じ色である。
322d	(3) ではアンモニア水をたらすと、うぐいす色になった。(4) では(3)の溶液を 1 ml 混ぜたら、なんといかエメラルドグリーンみたいな色になった。(5) では(4)と同じような手順でやったら紫色になった。
319e	NH ₃ →黄緑になる HCl →ピンクになる NaOH →黄-緑とかわる
320e	NH ₃ →黄緑色になる HCl →ピンクにかわる NaOH →黄-緑とかわる
341e	NaOH 0.01 mol/l と NH ₃ 0.1 mol/l の溶液の色がほぼ同じ色になった。NaOH 0.001 mol/l と NH ₃ 0.01 mol/l、NaOH 0.0001 mol/l と NH ₃ 0.001 mol/l もほぼ同じ色であった。
316f	NaOH が pH 13 のとき NH ₃ aq が pH 12、NaOH が pH 12 のとき NH ₃ aq が pH 11、NaOH が pH 11 のとき NH ₃ aq が pH 10 と同じ色になった。
313e	できた溶液の色は、「操 2 : 黄緑 1 の混合の色」になり、左下の表(4)の色によく似た。
317e	水酸化ナトリウムは 0.01 mol/l で緑になったのに対し、アンモニアは 0.1 mol/l の状態で緑になった。
324e	NH ₃ は緑色になる、pH 13
338e	NaOH 0.01 mol/l のとき黄緑、0.001 mol/l のとき青緑、0.0001 mol/l のとき緑、NH ₃ 0.1 mol/l のとき黄、0.01 mol/l のとき青緑、0.001 mol/l のとき黄紫。

金属のイオン化傾向とボルタ型電池（1）

石井 哲 彰

実践校番号 25

1 はじめに

実施は酸化還元反応の学習後におこない、イオン化傾向や電池の学習ための導入実験とした。その中で、電池の反応が酸化還元反応であることを理解させた。

実験プリントを用い、定型文による結果と考察の記述練習は3年の1クラスで実施した。また、自由記述形式の報告書作成を2年生の2クラスに課した。

2 実験の概要

塩化ナトリウム水溶液に試薬と指示薬を少量加える。この水溶液に鉄板と銅板を浸し導線で結び、電極付近での変化を観察する。



図1 実験の様子1

3 操作

実験「鉄(II)イオンの検出反応」を先に実施したため、本実験の参考資料は説明しなかった。実験の準備は、教師の手引きのとおりに行った。鉄板と銅板は 2.5 cm

角に切ったものを用意した。ベトリ皿は $\phi = 9$ cm のものを用意し、純水 10 ml とした。塩化ナトリウムとヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムは薬さじを使った見本を用意し、目分量とした。鉄板と銅板は、紙やすりで生徒一人一人に磨かせた。操作は個人実験とした。

4 結果

実験結果は、本実験集の説明用実験プリントどおりであった。また、発展実験は行わなかった。

5 考察

① 実験活動に関する生徒の反応(図1, 2)。

簡易な装置と簡単な操作でイオン化傾向と電池の原理を理解させることができた。

また、電流の発生を試薬を用いて検出するという、科学の手法を会得することもできる。また、ある生徒は、実験計画および発展実験も考えていた。

② 生徒の定型文を用いた回答例

定型文を用いた生徒の回答例を下に示す。定型文指導では6回目に当たる。3年生の記述例を次に示す。

結果：NaCl 1gとヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.02g を溶かし、フェノールフタレン溶液を加えた水溶液に鉄板と銅板を入れ、クリップ付き導線でつないだら、鉄板の方は青色になり、銅板の方は赤になった。

考察：鉄板の方が青くなったのは、 Fe^{2+} ができてヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウムと反応したからと考えた。その理由は、参考資料の鉄(Ⅱ)イオン Fe^{2+} の欄でわかるからである。



図2 実験の様子2

今回の実験は両金属板を導線で結ぶことにより、電子(電流)が流れるといったおもしろい実験で、わかりやすかったし、操作も簡単でよかった。鉄や銅以外の他の金属もやってみたかったが、今度は塩化ナトリウム水溶液ではなく塩酸などを使ってやってみたい。

図3 ある生徒の感想

③ 事後調査の結果

事後調査の回答から、今回の実験の操作は簡単であったと考えていることがわかる。実験操作そのものに要した時間は15～20分程度であった。本校では、残りの時間を実験プリントの記入時間、または自由形式の報告書作成時間にしたが、発展実験にあてることもよい。

④ 自由記述形式の報告書作成について

上記したように、2年生には自由記述による報告書を課した。この結果については、「実験レポートにおける表現の指導」に記述した。

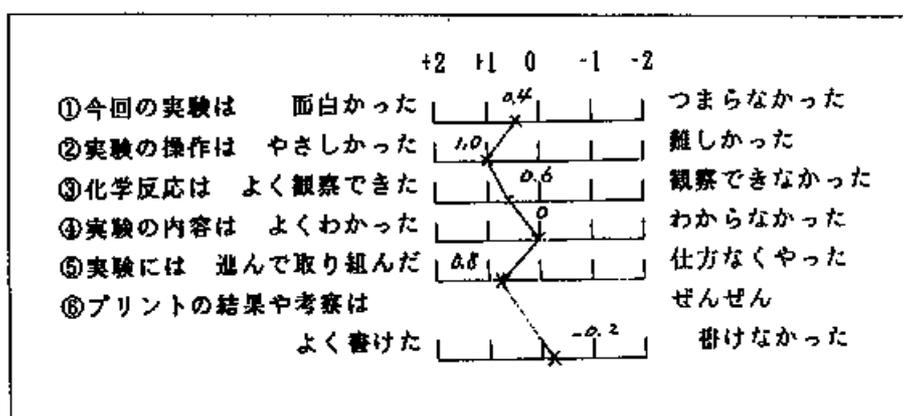


図4 事後調査(評定尺度法)

n = 83 (⑥の質問は、n = 26)

金属のイオン化傾向とボルタ型電池（2）

後 藤 顕 一
実践実施校 12

1. はじめに

本実験は、電解質溶液に 2 種類の金属板（鉄板と銅板）を浸し導線で結ぶとボルタ型の電池ができ電極付近の変化を観察することによって、電池の反応が酸化還元反応であることを理解させる。さらに、結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成しようとするものである。実験内容はボルタの電池を学習し終えた時点で行うのに適している。今回実験は個人実験の形態で行った。生徒の「結果考察」の記述について実践後考察を加えていく。

2. 「結果と考察」

「定型文」は以下のように示した。

結果：過去形で書く。例「～（操作）したら、…（結果）になった。」
考察：理由を含めて書く。例「～（結果）より、…（結論）と考えた。
その理由は …（根拠）だからである。」

2-1 結果の記述

模範文 溶液に鉄板と銅板を浸し導線で結ぶと、
鉄板付近では、青色の沈殿が生成した。
銅板付近では、淡い黄色の溶液は赤色に変化した。

生徒の記述を記述形式と記述内容の二つの方向から考察する。まず、記述の形式は上の定型文の主旨にそって記述が行われているかを分類した。なお、今回のデータ数は 86 人であった。

記述形式については以下の A～E に分類した。

	A	B	C	D	E
（操作）したら	○	○	×	×	記入
（結果）なった。	○	×	○	×	なし

記述内容については以下の1～5に分類した。

- 1 内容的によく書けているもの
- 2 要求以上に書きすぎたもの
- 3 要求している内容より不足しているもの
- 4 内容的に間違いがあるもの。(生徒自身の思いこみがあるものなど)
- 5 結果としてふさわしくないもの。

2-1-2 「結果」の記述について

生徒の記述をAからEまでの5種類に分けたが、定型文の指示通り「～したら……なった」の形式で書けたのは22人で全体の34%であった。今回目立ったのは操作を記述しない生徒がたいへん多いことである。実験をしながら記述を行うと操作に気を取られ、操作自体の記述がおろそかになり、結果のみ記述してしまいがちになることがうかがえる。このことから、まず、結果を記録しておき、そのまとめである定型文の記述は、操作が一段落した後に書くようにすることが必要であろう。

2-1-3 生徒の例

A1

カリウムを加えると／蛍光黄色になった。// Fe^{2+} - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を加えると／油脂の様なものが出てきた。//鉄周りが青く、銅の周りが赤くなった。

A1

銅を磨き鉄を磨き食塩水に H_2SO_4 /鉄酸カリウムを溶かしたものに Fe^{2+} - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を加え銅鉄両方を結び溶液にひたしたら／鉄が青色沈殿して／銅が赤褐色沈殿した。

A1

よく磨いた銅板と鉄板を食塩水に H_2SO_4 /鉄酸カリウムと Fe^{2+} - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を混ぜた溶液にひたしたら／鉄は青色に／銅は赤色に変化した。

A1

食塩水に H_2SO_4 /鉄酸カリウムと Fe^{2+} - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を混ぜた溶液にひたした時／油みたいなのが浮いていたが//鉄板、銅板をいれて導線をつないだら、／鉄は青いものが、銅は赤いものが表れて油みたいなのは消えた。

A1

鉄板と銅板をひたし導線のクリップ水溶液に浸してみると／鉄のほうが青色に変化し、銅のほうが赤くなった。

A1

緑の液の中に導線のクリップで鉄と銅を結び付けたところ／鉄のまわりが青くなり、銅のまわりが赤くなった。

A1

鉄板と銅板を導線でむすぶと／鉄板は青色なり、銅板はすこし赤色になった。

A1

鉄を液に入れると／その附近は青色なり、//銅板を液に入れると／その附近はすこし赤色になった。//液が緑になった。

A 1

金属を液に入れると／鉄板は青色なり，銅板はすこし赤色になった。

A 1

水溶液に塩化ナトリウムと硝酸鉄／鉄酸カリウムを入れると／液は黄色くなり，//鉄板の方では青い沈殿//銅板の方では赤い沈殿がおこった。

A 1

水溶液に鉄板と銅板を入れると／鉄板の方では青い沈殿，銅板の方では赤い沈殿があらわれた。

A 1

鉄と銅を作った水溶液に入れると／鉄の方では青く，銅の方は赤くなった。

A 1

水溶液は黄緑になり，//水溶液に鉄板と銅板を入れると／鉄板の方では青になり，銅板の方では赤になった。

A 1

水溶液は黄緑色，//鉄板と銅板を入れると／鉄板の周りは青，銅板の周りは赤になった。

A 1

作った水溶液は黄緑になった，//鉄板と銅板を入れると／鉄板の方は青になり，銅板の方は赤になった。

A 1

作った蛍光の緑の水溶液に鉄板と銅板をひたすと／鉄板の方は青になり，銅板の方は赤になった。

A 1

鉄板と銅板をひたすと／それぞれ鉄板の方は青に，銅板の方は赤になった。

A 1

鉄板と銅板をひたして導線で結ぶと／鉄板の方だけ青くなり，銅板の方は赤っぽくなった。

A 1

黄緑色の中性溶液に鉄板と銅板をひたすと／鉄板の方は青くなり最後はこっちも赤くなった，//銅板の方は赤っぽくなった。

A 1

実験をはじめて少したつと／鉄板の方から青い液が，銅板の方から赤い液があらわれた。

A 1

操作で作った水溶液の中に鉄板と銅板を入れたら／鉄板の方は青い液体，銅板の方は赤い液体がでてきた。

A 1

溶液にひたすと／鉄ばんの方が緑色，銅板の方が赤色の液がでた。

A 1

作業で作った水溶液に鉄板と銅板を入れると／少しして鉄板は青くなった，銅板はワインレッドの色の液がゆらゆら出来た。

A 1

水溶液に鉄板と銅板を入れると／鉄板は緑色になって，銅板は赤くなった。

A 1

鉄と銅を浸し導線で結ぶと、／鉄附近は青く、銅附近は赤になった。

A 1

左に書いてある操作をすると／鉄板が青くなった、銅板が赤くなった。

A 1

操作1から5をすると／銅板は赤く、鉄板は青くなった。

A 1

操作を終えて観察すると／鉄板が青くなり、銅板が赤くなった。

A 1

電流が流れると／鉄板周辺は青色、銅板周辺は赤色になった。

A 1

左の通り実験すると／鉄板は青くなり、銅板は赤になった。

A 1

操作を終えると／銅の方がうっすらと赤く、鉄側は鉄を中心に青い沈殿物が出来ていた。

A 1

塩化ナトリウム水溶液にヘキサ/鉄酸カリウムとフェノ/カルシウムを加えると／銅板が赤く、鉄板が青くなった。

A 1

ベトリ皿の水溶液中に鉄板と銅板をひたすと／銅板は赤くなり、鉄板は青くなった。

A 1

ベトリ皿に塩化ナトリウム水溶液にヘキサ/鉄酸カリウムとフェノ/カルシウムを加え鉄板と銅板をひたし導線のクリップでとめてみると／銅板は赤いもの、鉄板は青いものがでた。

A 1

純水10mlをベトリ皿にいれ塩化ナトリウムとフェノ/カルシウムをいれたら／白いモヤがでた。//溶液にやすりで削った鉄板と銅板をひたし結んだら／青い沈殿ができた。銅板のところには赤くなった。

A 1

塩化ナトリウム水溶液にヘキサ/鉄酸カリウムを入れその後フェノ/カルシウムを加えた。この溶液に鉄板と銅板をひたし導線でむすんだら／鉄は青くなり、銅は赤くなった。

A 1

鉄板と銅板を水溶液に浸し導線でむすんで鉄板と銅板の近くにフェノ/カルシウムを1滴ずつたらし、／鉄板附近では赤いろに、銅板附近では青色に変化した。

A 1

鉄板を入れると／青くなった。//後からフェノ/カルシウムを加えると／銅板が赤くなった。

A 1

塩化ナトリウム水溶液とヘキサ/鉄酸カリウムを加えると／黄色になった。//鉄板と銅板をクリップ付き導線でつないで溶液に浸してフェノ/カルシウムを入れると／フェノ/カルシウムの白い液が鉄板のほうでは青いものがでてきて、//銅板のほうでは赤いものがでてきた。

A 1

純水10mlに塩化ナトリウム約1gとヘキサシアノ鉄酸カリウムを約0.102gとフェノールフタレイン溶液をとかしたものに鉄板と銅板をそれぞれ導線でつなげたたら／鉄板附近では青くなり、銅板附近では赤くなった。

A 1

塩化ナトリウム水溶液とヘキサシアノ鉄酸カリウムとフェノールフタレインを3滴加えた溶液にやすりで磨いた鉄板と銅板をひたしクリップで皿とともにはさんで2、3分たったら／鉄のまわりは青くなり、銅のまわりは赤くなった。

A 1

フェノールフタレインをたらすと／鉄は青くなり、銅は赤くなった。

A 3

2つをつなげると／銅附近が赤っぽくなった。

A 3

電極附近での観察をすると／鉄の周りの液が青くなった。

B 1

操作を終えると／ペトリ皿内は黄色くなり、銅板は赤くなり、鉄板は青くなる。

C 1

鉄附近の水溶液が青緑っぽくなり銅附近の水溶液が黄色から赤くなった。

C 1

鉄板の方が青いもあもあ、銅の方が赤もあもあができていた。

C 1

鉄板のまわりとてもきれいな青色になった。銅のまわりが赤色になった。

C 1

銅の近くが赤くなり、鉄の近くが青くなった。

2-2-1 「考察」の記述について

模範文

銅板付近の溶液が赤く変色したので、銅板付近の水素イオン濃度は減少したと考えられる。その理由は、フェノールフタレインが赤くなるのは塩基性のときだからである。

記述形式、考察述部の内容的には、今回要求した「考察」を以下のように分類した。

枠内の数字は人数

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
(結果) より	○	○	○	×	○	×	×	×	×
～と考えた	○	○	×	○	×	×	○	○	×
その理由は(根拠)だからである。	○	×	×	○	×	○	○	×	×
1 内容的によく書けているもの	♯10	11	♯9	♯2	♯2				
	♯17		♯2						
	♯1								
	♯2								
2 要求以上に書きすぎたもの	♯1		♯1						
	♯1								
3 要求内容より不足しているもの	♯2								
4 内容的に間違いがあるもの	♯1		♯1						
5 考察としてふさわしくないもの	♯2		♯3						
	♯4								
	47	11	16	2	3				6

なお、考察理由の内容に関しては以下のように分類した。

- あ 内容的によく書けているもの
- い 要求以上に書きすぎたもの
- う 要求している内容より不足しているもの
- え 内容的に間違いがあるもの。(生徒自身の思いこみがあるものなど)
- お 考察理由としてふさわしくないもの。

2-2-2 生徒の「考察」の記述について

生徒の記述を「形式」でAからIまでにわけた結果、「その理由は」の理由内容まで定型文通りに書けているものは、わずか5人であった。「その理由は」の理由内容が書けなかったものも含めると、(表のAとBにあたる)38%であった。考察の定型文の定着はなかなか難しいようだ。さらに今回は未記入者も含め考察の理由の部分を書かなかった生徒が、92%とたいへん多く本実験の考察で理由を記述させる事は困難であると思われる。しかし、内容面から考えるとおおよそ理解し得たと考える「内容」項目1または3の生徒は86%にまでなるので内容的には理解が及ぶものであったと考えられる。

2-2-3 生徒の例

A1あ

指示薬が塩基性に反応した赤いろに変わることより/銅板付近の水素イオンの濃度は薄くなったと考えられる。

A1あ

フェノールフタレインの赤色変化より、/H⁺の濃度が小さいと考えられる。

A1あ

銅板付近の水素イオンの濃度は減少すると考えられる。/その理由はフェノールフタレインの性質より銅板が赤く色が着いたから銅板付近のOH⁻の濃度が増えたからである。

A1あ

銅板付近の水素イオンの濃度は減少すると考えられる。／その理由はフェノールフタレインが反応して赤くなったからである。

A1あ

銅が赤くなったことから、／濃度は小さいと思う。//参考資料より／塩基性になったと考えられる。

A1あ

銅イオンとヘキサシアノ鉄酸イオンが反応したと考えられる。／その理由参考資料より上の2つが反応すると赤褐色になることがわかり、実際実験で銅板は赤色に変わったからである。参考資料によりこれは塩基性だから H^+ の濃度は小さくなったと思う。

A1い

赤くなったことより、／水素イオンは減少したと考えられる。//青くなったことより／水酸化物イオンはふえたと考えられる。

A1う

銅板付近の水素イオンは H^+ の濃度がうすい。と考えられる。／なぜなら銅が還元されたからである。

A1う

銅板付近が赤くなったことから／銅板付近の水素イオンの濃度が減少したと考えられる。

A1う

1の結果より／水素イオンの濃度は減少したと考えられる。／その理由は赤く色が着いたからである。

A1う

銅板付近が赤くなったことから／濃度はちいさい。／だから塩基性だと考えられる。

A1う

銅板付近の水素イオンの濃度は減少すると考えられる。／その理由は塩基性を示す赤い色が着いたからである。

A1う

銅板付近の水素イオンの濃度は減少すると考えられる。／その理由は銅板付近が赤くなったからである。

A1う

銅板付近の水素イオンの濃度は減少すると考えられる。／その理由はフェノールフタレインが反応して赤くなったから OH^- の濃度が大きいからである。

A1う

濃度は減少すると考えられる。／その理由は銅板付近が赤くなったからである。

A1う

水素イオンの濃度は減少すると考えられる。／その理由は赤い色が着いたから OH^- の濃度が増えて塩基性だとわかるからである。

A1う

銅が還元されるから／水素イオンの濃度は減少したと考えられる。

A1お

1より銅板付近の水素イオンの濃度は減少すると考えられる。／その理由は銅が負極だったから。

A2あ

鉄板の方では青色沈殿ができたことからフェノールフタレインとの反応は鉄板の方は無色。／つまり鉄板付近は酸性溶液に変っていると考えられる。//フェノールフタレインの赤色変化より、銅板付近の水酸化物イオンの濃度がおおきい。／つまり H^+ の濃度は小さくなったと考えられる。

A 2う

鉄が赤くなったことから／鉄は塩基性になったと思う。//銅が赤くなったことから／銅は Fe^{2+} だったと考えられる。

A 3え

水素イオンの濃度は変化したと考えられる。／その理由はFeよりイオン化傾向が大きいので鉄は表面から Fe^{2+} となり電子を鉄板に残して溶液の中に移るから。

A 4え

水素イオン濃度は濃くなったと考えられる。／その理由は酸化数が増加したからである。

A 5あ

銅板付近が赤くなったので／銅板の周りは塩基性になったと考えられる。／その理由は左の表を見たから。

A 5あ

フェノールフタレイン反応より赤い液が析出したので／銅板は塩基性と考えられる。／その理由は H^+ イオンの濃度は減ったからである。

A 5う

銅板付近が赤くなったことから／銅板が塩基性になったと考えられる。

A 5う

鉄板の方では青色沈殿ができたことから、／フェノールフタレインとの反応は鉄板の方は無色。／つまり鉄板付近は酸性溶液に変っていると考えられる。//フェノールフタレインの赤色変化より、／銅板付近の水酸化物イオンの濃度がおおきい。／つまり H^+ の濃度は小さくなったと考えられる。

B 1

まわりより銅付近の水素イオンは少なくなったと考えられる。

B 1

銅板付近が赤くなったのは OH^- が増えたからである。／水素イオンの濃度は電子を受けて H_2 になった。

B 1

銅板付近が赤くなったのは OH^- の濃度が大きくなったからである。／つまり水素イオンの濃度は大きくなったと考えられる。

B 1

銅板付近が赤くなったのは／銅板付近の塩基性溶液がフェノールフタレインと反応して赤くなったと考えられる。／ゆえに H^+ の濃度は低くなったと考えられる。

B 1

銅板付近が赤くなったのは／銅板付近の塩基性溶液がフェノールフタレインと反応して赤褐色沈殿する。／ゆえに H^+ の濃度は大きいから小さくなった。

B 1

フェノールフタレインは OH^- が多くなるので／銅板付近は塩基性に変ったと考えられる。

B 1

銅の方の水素イオンの濃度は塩基性に变化したのは／銅板が赤いろに変化したから。

C 1う

フェノールフタレインの作用により／銅板の方は塩基性になったと思う。／水素イオンの濃度が減った。／なぜなら、銅板付近が赤くなったことから

C 1う

銅板付近の水素イオンの濃度はうすい。／その理由は赤い色が着いたから OH^- の濃度が増えて塩基性だとわかるからである。

C1う

水素イオンの濃度は減少する。/Fe板の方では $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ となりその過程で e^- がCu板へと移動していきCu板のあたりの H^+ と結びついて H_2 が発生するからである。

C1う

銅板付近が赤くなったので/つまり水素イオンの濃度は減少した。

C1う

赤沈殿がおきたということより塩基性になったということだから/ H^+ は逆に濃度が薄くなったわけである。

C1お

銅が+極で鉄が-極より/銅板付近の水素イオンの濃度は減少する

C2お

1の結果より/ H^+ の濃度は小さくなった。 OH^- の濃度は大きくなった。/その理由は溶液が青くなった赤くなったから

C5う

1より/銅板付近の OH^- の濃度はおおきいとわかる。/その理由は、銅付近では H^+ は電子を受け取り水素を発生し OH^- が残るからである。

C5う

銅が赤くなったということは/ OH^- がおおくなり、//さらに中にあった水素イオンの濃度は電子を受け取りやすいことより/水素は気体になり OH^- がどんどん増えていく。

D1あ

銅が赤くなったことから、参考資料より/塩基性になったと考えられる。

E1

銅の方に水素イオンが減った。

E1う

銅板附近の水は鉄附近の水より H^+ の濃度がうすい。/なぜなら銅が還元されて

E1う

銅の周りが赤いろになったことで、/ H^+ の濃度がうすくなったことがわかった。

E2う

フェノールフタレインの作用で赤くなったことから/そのまわりは OH^- の濃度が大きい。/よって銅板付近は H^+ の濃度がひくい。

E4え

フェノールフタレインは OH^- が多くなるので/銅板では//鉄はヘキサシアノ鉄酸イオンが結びついて黄緑色になるので/ $FeCl_3$ ができたことがわかる。

E5う

銅板付近が赤くなったことから/水素イオンは塩基性になったと思う。

3 生徒のアンケート

1) 今回の実験は	おもしろかった	13	14	37	8	6	つまらなかった
2) 実験の操作は	やさしかった	45	21	19	3	1	むずかしかった
3) 化学反応は	よく観察できた	34	24	28	7	0	観察できなかった
4) 実験の内容は	よくわかった	16	16	29	21	2	わからなかった
5) プリントに 書いてない実験	いろいろやってみた	3	10	61	6	6	できなかった
6) 実験には	進んで取り組んだ	33	24	24	5	2	しかたなくやった
7) 結果や考察は	よく書けた	10	13	38	19	4	全然書けなかった。

4 教師アンケート（2人）

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| 1. この実験の実施時は対照となる章の | 学習後 |
| 2. 実験の準備にかかった時間 | 2時間 |
| 3. 実験時間として | 1校時 |
| 4. パレットについて | 使っていない |
| 5. 結果や考察などの記述 | 簡単そうだった 12345 むずかしそうだった
度数 4 |
| 6. この実験に対する生徒の反応 | よかった 12345 わるかった
度数 2 |
| 7. 実験内容について気づいた点 | |

ベトリ皿に純水10mlでは液量が少ないのでベトリ皿に半分ほど入れさせた。

5 改善点など

留意点

- (1) 鉄（Ⅱ）イオンの検出反応は未習ですので参考資料を活用させて下さい。参考資料を読むだけでは理解できそうもない場合には、生徒の学力に応じてヒントとなる参考資料の説明を適宜加える。
- (2) 鉄板と銅板は、紙やすりでよく磨いてから使うようにする。

発展実験

- (1) 電圧計につなぎ、起電力を測定する。
- (2) 鉄板を亜鉛板など様々な金属板に代え、塩化ナトリウム水溶液中で（1）を行う。

電気分解

久保博義
実践校番号12

1. はじめに

この実験は、簡易電解装置を用いていろいろな水溶液の電気分解を行い、陽極と陰極で起こる変化を考えるものである。個人実験として作成したが、グループ実験として実施してもよい。また、この実験は、「電気分解」の学習後に実施する事を想定している。

この実験は、3年化学選択者にも実施したが、定型文を参考とした、結果および考察の記述部分の分析結果は、2年理系化学選択者37名についてのみ行ったものである。また、この時の実験では、ムラサキキャベツのかわりにムラサキ玉ねぎを用いた。

2. 結果の記述

「操作(2)の観察結果を定型文を参考にして記述せよ。」に対して、定型文として「結果：例「～をしたら、～になった。」」をあげた。

復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

模範文	陽極；電解したら、無色、無臭の気体が発生し、溶液の色がピンク色に変化した。 陰極；電解したら、無色、無臭の気体が発生し、溶液の色が黄緑色に変化した。
-----	---

生徒の「結果の記述」を、定型文と同じ形の文章にすることができたかどうかで表1のA～Dの4種類に分類した。分類は、「結果の記述」の定型文「～(操作)したら、…(結果)になった。」に基づき、操作の記述が有るか無いか、自分の観察結果の記述部分が主語と述語からなる文になっているかどうかという観点で行った。観察の記述について全ての回答に述語はあったので主語の有無で分類した。

表1. 結果の記述の分類とその割合

A：操作の記述有り・観察の記述で主語有り	19% (7名)
B：操作の記述有り・観察の記述で主語無し	43% (16名)
C：操作の記述無し・観察の記述で主語有り	11% (4名)
D：操作の記述無し・観察の記述で主語無し	27% (10名)

「結果の記述」で、操作の記述が有る生徒がA+Bで62%、無い生徒がC+Dで38%いた。また、観察の記述部分で主語の有る生徒がA+Cで30%、無い生徒がB+Dで

70%いた。主語を書かない生徒が多数いることは、別の教材でも指摘されていたが、ここでも同じような傾向が見られる。観察の記述内容を検討すると、色の変化の観察が不十分なものが多数見られた。Aでは7名中3名、Bでは16名中5名、Dでは10名中7名が陽極付近での色の変化を黄色と記述している。この実験は、酸塩基指示薬として「ムラサキキャベツ」で用いるべきところを代用品として「ムラサキ玉ねぎ」を使用したことが変化を見にくくしてしまったようである。

生徒の記述例

A：操作の記述有り・観察の記述で主語有り・・・7名

- 2-21・電気分解したら溶液が赤くなった。・電気分解したら溶液が黄色くなった。
- 2-22・電気分解したら溶液が赤くなった。・電気分解したら黄緑になった。
- 2-15・電気分解したらムラサキキャベツの液（ワイン色）は赤色に変化した。
・電気分解したらムラサキキャベツの液（ワイン色）は黄緑に変化した。
- 3-02・電気分解をしたらムラサキキャベツ液は赤色になった
・電気分解をしたらムラサキキャベツ液は黄緑色になった
- 2-24・電気分解を行ったら陽極付近が黄緑色になった。
・
陰極付近
- 3-12・電気分解を行ったら陽極付近が黄緑色になった
・電気分解を行ったら陰極付近が黄緑色になった
- 4-18・電気分解をしたら陽極付近が黄色になった
・電気分解をしたら陰極付近が黄色になった

B：操作の記述有り・観察の記述で主語無し・・・16名

- 1-12・電気分解したら、赤くなった。・電気分解したら、緑になった。
- 1-36・電気分解したら、赤色になった。・電気分解したら、緑色になった。
- 1-41・液を電気分解したら赤色に変化した。・電気分解したら黄緑色に変化した。
- 3-17・電気分解したら赤色の液になった。気体発生
・電気分解したら黄緑色の液になった。気体発生
- 3-25・電解をしたら赤くなった。・電解をしたら黄緑になった
- 3-26・電解をしたら赤くなった。・電解をしたら黄緑になった
- 4-07・電気分解をしたら赤くなった。しかし気体は発生していない。
・電気分解をしたら黄色くなった。しかし気体は発生していない。
- 1-21・陽極を近づけたら、黄色くなった。・陰極を近づけたら、こいオレンジ色になった。
- 3-34・陽極を入れたら、オレンジ色になり、気体が発生した。臭い有り。
・陰極を入れたら、黄色になり、気体が発生した。臭い有り。
- 2-03・玉ねぎ液を電気分解したら、黄色になった。玉ねぎくさい。
・玉ねぎ液を電気分解したら、黄色になった。玉ねぎくさい。
- 2-09・陽極を近づけたら、黄色になった。気体の発生 無。臭い 有。
・陰極を近づけたら、黄緑になった。

- 2-27・電気分解したら、赤色に変化した。 ・変化なし。
 3-08・電気分解したら、赤い色に変化した。 ・電気分解したら、何にも変化はしなかった。
 3-37・電気分解したら黄色になった ・電気分解したら陽極と同じ黄色になった
 4-23・電気分解をしたら、黄色く変化した。 ・電気分解をしたら、黄色く変化した。
 4-37・電気分解をしたら黄色くなった ・電気分解をしたら黄色くなった

C : 操作の記述無し・観察の記述で主語有り・・・4名

- 1-09・気体が出て液の色がさらに赤っぽくなった。
 ・負の電極では、気体が出て赤茶色の液体が黄色くなった。
 3-40・まわりが赤くなった, 気体発生。 ・まわりが黄緑になった, 気体発生。
 3-29・気体が発生し, 何か析出した。 ・気体が発生し, 水溶液の色が変わった。
 4-01・気体が発生し, 何か析出した ・気体が発生して, 水溶液の色が変わった

D : 操作の記述無し・観察の記述で主語無し・・・10名

- 1-22・気体が出て, さらに赤くなった。臭いは感じなかった。
 ・気体が出て, 黄色くなった。臭いは感じなかった。
 2-34・赤く変化した。 ・緑に変化した。
 4-19・気体が発生しピンクに変化 ・気体が発生し黄色に変化
 3-13・陰極よりも黄色に変化した ・黄色に変化したが高極よりも少ない
 3-14・黄色なった。気体の発生はわからない。たまねぎ臭い
 ・黄色なった。気体の発生はわからない。たまねぎ臭い
 3-23・高極の方が黄色が多くでた。臭いはわからない ・すこし黄色がでた。
 4-14・黄色になった。たまねぎのにおい ・黄色になった。たまねぎのにおい
 4-25・赤色から黄色にかわった。たまねぎの臭い有り。
 ・赤色から黄緑にかわった 気体発生なし。
 4-26・黄色が強くてた。においなし。 ・黄色がでた
 4-27・黄色になった つーんとくるにおい ・記述無し

3. 考察の記述

「操作(3)の中で塩化銅(II)水溶液を電解したときに高極で生成した物質を推定し、定型文を参考にして記述せよ。」に対して、定型文として「考察:例「～より(結果), …(結論)と考えた。その理由は…だからである。」」をあげた。

復習用のプリントに示した模範文は次の通りである。

模範文	高極で発生した気体が刺激臭をもっていたことより、高極で生成した物質は塩素(Cl_2)であると考えた。その理由は、塩化物水溶液では高極から塩素が発生するからである。
-----	---

生徒の「考察の記述」を、定型文と同じ形の文章にすることができたかどうかで表2のE～Iの5種類に分類した。分類は、「考察の記述」の定型文「～（結果）より、……（結論）と考えた。その理由は、～（根拠）だからである。」に基づいて行った。

表2. 考察の記述の分類とその割合

E: 結果・自分で考えた結論・根拠の記述有り	5% (2名)
F: 自分で考えた結論・根拠の記述有り, 結果の記述無し	32% (12名)
G: 結果・自分で考えた結論の記述有り, 根拠の記述無し	22% (8名)
H: その他	16% (6名)
I: 無回答	24% (9名)

「考察の記述」の内容を検討すると、Eは「実験結果、自分で考えた結論、根拠のすべての記述があるもの」であるが、2名中1名は根拠があいまいであり、もう1名は内容はあっているが形式が不十分で「～と考えた」や「その理由は」が抜けている。Fは、「自分で考えた結論、根拠の記述はあるが、実験結果の記述が無いもの」である。どの生徒も根拠が一応書けていた。Gは「実験結果、自分で考えた結論の記述はあるが、根拠の記述が無いもの」である。8名全員が実験結果である「臭い、刺激臭」を基に塩素を推定していた。もしここで、「臭い」を根拠にするには「その理由は、塩素は刺激臭をもち、ここでの変化で塩素が生成する可能性があるからである」というような記述であればよかった。全体に考察部分の記述は難しかったようである。

なお、電極電位の値から OH^- と Cl^- とを比較すると、 OH^- の方が Cl^- よりも電子を奪われやすい。しかし、これは濃度が等しい場合であって、ここでの条件では、 Cl^- の濃度が圧倒的に大きいので、根拠として「その理由は、陽極では OH^- よりも Cl^- の方が電子を奪われやすいからである。」という記述も正しい。

生徒の記述例

E: 結果・自分で考えた結論・根拠の記述有り・・・2名

2-270 発生した気体がしげき臭だったことより、塩素と考える。その理由は、 Cl^- イオンが電子と結びついて塩素になったからである。

4-260 結果から、陽極に塩素がでた Cl^- イオンは多原子イオンよりうばわれやすいから

F: 自分で考えた結論・根拠の記述有り, 結果の記述無し・・・12名

1-120 陽極で生じた物質は、塩素分子と考えた。その理由は単原子イオンは多原子イオンに比べて電子を奪われやすいから OH^- ではなく Cl^- が発生したのである。

↓

臭いも発生。

1-360 陽極で生成した物質は塩素分子と考えた。その理由は単原子イオンは多原子イオンに比べて電子を奪われやすいから OH^- ではなく Cl^- が発生したのである。

- 3-020 陽極には Cl^- と OH^- が近づいて、 Cl^- は単原子イオンなので多原子イオン OH^- より電子が奪われやすいので Cl_2 が発生すると考えた
- 3-120 陽極より塩素が発生したと考えられる。理由は Cl^- イオンは単原子イオンで多原子イオンより電子がうばわれやすいからである。
- 3-140 陽極より塩素が発生したと考えられる。その理由は Cl^- イオンは多原子イオンより単原子イオンの方が電子を奪われやすいから。
- 3-170 陽極より塩素が発生したと考えた。その理由は塩素イオンは多原子イオンより単原子イオンの方が電子を奪われやすいからである。
- 3-250 陽極から発生した気体は塩素分子と考えた。その理由は、単原子イオンは多原子イオンにくらべ電子をうばわれやすいため OH^- ではなく Cl^- が発生したのである。
- 4-070 陽極から出るイオンには Cl^- と OH^- より、陽極で生成した物質は塩素(Cl_2)と考えた。そのわけは多原子イオンより単原子イオンの方が電子をうばわれやすいので $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ だからである
- 4-230 陽極から出るイオンには Cl^- と OH^- より、陽極で生成した物質は塩素(Cl_2)と考えた。その理由は多原子イオンより単原子イオンの方が電子をうばわれやすいので $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ だからである。
- 4-370 陽極で生成した物質は塩素分子と考えた。その理由は単原子イオンは多原子イオンに比べて電子を奪われやすいから OH^- でなく Cl^- が発生したのである
- 2-030 陽極より塩素が発生したと考えられる。その理由は Cl^- イオンは多原子イオンより単原子イオンの方が電子を奪われやすいから。
- 2-090 塩素と考えた。その理由は、臭いがしたので。水素と酸素は臭いがしないから、臭いがするのは塩素以外にないから。

G: 結果・自分で考えた結論の記述有り、根拠の記述無し・・・8名

- 3-080 実験より塩素と考えた。その理由は、臭いがあるからである。
- 4-190 陽極で刺激臭があったから発生したのは塩素
- 4-250 塩素である。なぜなら、少し刺激臭したからである。
- 1-410 以上より陽極には陰イオンが、陰極には陽イオンが集まると考えた。なぜなら、電子の受けわたしが行われるから。強い臭いだったので塩素だと考えた。
- 1-090 陽極についたらプールのにおいがした。このことからこの気体は塩素だと考えた。
- 1-220 陽極をつけたらプールの臭いがしたことから塩素であると考えた。
- 2-210 CuCl_2 を電気分解したら固体がでた。刺激臭がした。これより塩素が発生したと考えた。塩素が生成されて刺激臭がしたからだ。
- 2-220 実験結果より生成した物質は塩素と考える。その理由は刺激臭がしたからである。

H: その他・・・6名

- 2-150 以上より陽極には陰イオンが、陰極には陽イオンが集まると考えた。なぜなら電子の受けわたしが行われているから。
- 2-340 気体が発生して Cu_2 ができた。
- 3-260 陽極で生成した物質は塩素と考えられた

3-290 $\text{Cl}^- + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{CuCl}_2$ により Cl^- の発生。そのわけは陽極で電子をはなして Cl_2 になるから。

3-400 気体が発生した。 Cl_2 であるらしい

4-010 $\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{CuCl}_2$ により Cl^- が発生したと考えられ、その理由は陽極で電子をはなして Cl_2 になるからだ

I : 無回答・・・9名

記述無し 1-21 2-24 3-13 3-23 3-34 3-37 4-14 4-18 4-27

4. 生徒へのアンケートの集計結果

これまでの分析は、2年生のデータであったが、2年生にはアンケートを実施していないので、3年生へのアンケートの集計結果を示す。

「電気分解」の実験に関するアンケート (調査対象：3年化学選択者63名)
(数字は%)

①今回の実験は	面白かった	29	24	37	6	5	つまらなかった
②実験の操作は	やさしかった	60	14	24	0	2	難しかった
③化学反応は	よく観察できた	25	30	35	5	5	観察できなかった
④実験の内容は	よくわかった	19	29	25	17	10	わからなかった
⑤プリントに	書いてない実験も いろいろやってみた	10	16	52	13	10	書いてある実験も できなかった
⑥実験には	進んで取り組んだ	43	27	19	8	3	仕方なくやった
⑦プリントの結果や考察は	よく書けた	11	24	33	21	11	ぜんぜん 書けなかった

上のアンケートの集計結果からは、「実験の操作はやさしく」、「実験には取り組みやすく」、「化学反応の観察はまあできた」ようであるが、結果や考察の記述は難しいようである。これは、2年生でも大差ないと思われる。

5. 実験を実施するにあたっての留意点

- (1) 簡易電気分解装置といって、コードはリード線付きの006Pスナップにワニグチクリップを取り付けたもので市販されている。このコードに電池(9V)をつないだけのものである。白金線は、銅線にハンダ付けしなくてもそのまま使用してもよい。
- (2) ムラサキキャベツが一年中あるわけではないので、これにこだわらなくてもよい。ムラサキ玉ねぎや葡萄でも代用できる。また、試薬として市販されている酸塩基指示薬を使用してもよい。

鉄イオンの検出

石井 哲 彰
実践校番号25

1 はじめに

本実験は、無機化学の教材としてだけではなく酸化・還元教材としても使えるようにしたものである。また、酸化数の異なる鉄イオンの確認と性質を調べることにした。

その後、定型文を用いて結果と考察を行わせる。特に、根拠を示しながら考察を記述させるために、実験操作の後半では、鉄くぎの錆びる様子を観察させる。考察の記述では、前半の実験結果を根拠としながら考察を行わせることを意図している。

2 実験の概要

Fe^{2+} 、 Fe^{3+} の色と酸化剤に対する性質を比較した後、それぞれのイオンに特有な呈色反応を観察する。その呈色反応を利用して、塩水の中で鉄くぎが変化するときの反応を考える。

3 操作

実験は個人実験とし、担当する上記3クラスで実施した。実験の準備は、教師の手引きを参照していただきたい。本校には、

50 ml注射器が多く用意してあるため、注射器を配布用ビーカーの代わりとした(図1)。注射器に各薬品を入れ、4人一組の実験台上に配布した。注射器から直接パレットに滴下するため、スポイトは使用しなかった。

鉄くぎは、22mmのものを用い、塩酸中で亜鉛皮膜をはがした。硫酸鉄(II)水溶液の調製は、実験開始15分前に行った。水素を多量に発生させるために加熱した。



図1 試薬を入れた注射器

4 結果

実験結果は、本実験集の説明実験プリントのとおりであった。また、発展実験は行わなかった。

5 考察

① 実験活動に関する生徒の反応について

実験の様子を示す(図1, 2)。実験に進んで取り組んでいた。

本実験では、白のパレットを用いていることもあり、少量の液で発色が明確に観察できた。

女子生徒は、反応における色の変化に関心が高いようであった（図3）。



図2 鉄イオンの実験

試薬を変えただけで、色がパステル調に変化し面白かった。また、呈色反応がはまりすぎて観察しやすかった。

図3 ある生徒の感想

② 生徒の定型文を用いた回答例

定型文を用いた生徒の回答例を下に示す。定型文指導では5回目に当たり、だいぶ生徒も慣れてきた様子であった。

結果：NaCl 1 mlにヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を1滴加え、鉄くぎを入れたら、青くなった。NaCl 1 mlにチオシアン酸カリウム水溶液を1滴加えて、鉄くぎを入れたら、変化は見られなかった。

考察：上の結果より、鉄くぎは Fe^{2+} に酸化されたと考えられる。その理由は、ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウムで青変し、チオシアン酸カリウムで変化がなかったからである。

③ 事後調査の結果

事後調査から、生徒は興味をもってこの実験に参加していたと思われる。

特に図3の感想にあるように、試薬との反応で色変化に興味を持っていた。

また、実験には進んで取り組んでくれたこともうかがえる。

一方、この実験においても、プリントの結果や考察の記述は難しいと感じている。

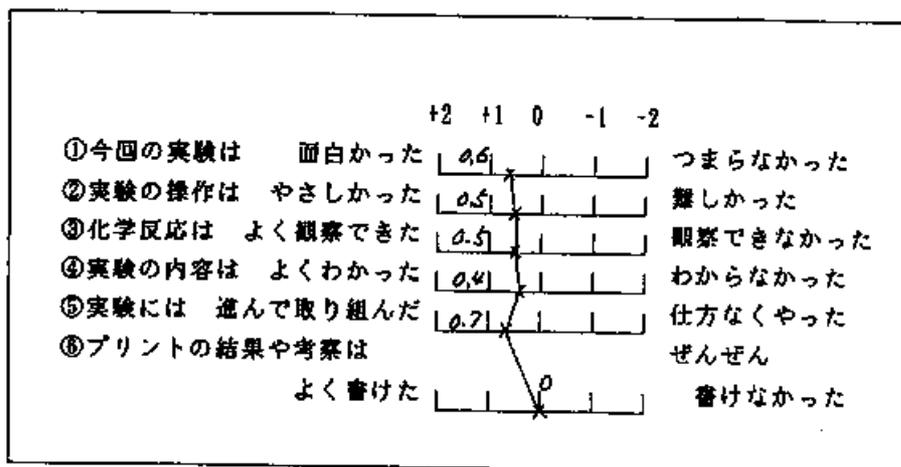


図4 事後調査(評定尺度法) n = 20

水溶液の判別

遠藤英夫

実践校番号26

1. はじめに

実験「水溶液の判別」はナトリウム塩とバリウム塩の性質の違いを利用して、未知試料の判別をさせる。結果と考察の書き方を定型文として与える学習を通して、生徒の表現力を育成する実験である。

2. 実験に関するアンケート調査結果

「水溶液の判別」の実験に関するアンケートの結果について次に示した。ここでの調査対象は第3学年72人の生徒で、数字は人数を示し、()内の数字は人数の割合を表1に示した。

表1. 実験に関するアンケート

① 今回の実験は	面白かった	28	16	25	5	3	つまらなかった
		(32)	(22)	(35)	(7)	(4)	
② 実験の操作は	やさしかった	26	25	17	4	0	難しかった
		(36)	(35)	(24)	(6)	(0)	
③ 化学反応は	よく観察できた	36	17	16	3	0	観察できなかった
		(50)	(24)	(22)	(4)	(0)	
④ 実験の内容は	よくわかった	24	16	26	6	0	わからなかった
		(33)	(22)	(36)	(8)	(0)	
⑤ プリントに書いていない実験も、 いろいろやってみた		5	3	50	5	9	書いてある実験も できなかった
		(7)	(4)	(60)	(7)	(13)	
⑥ 実験には	進んで取り組んだ	33	16	19	3	1	仕方なくやった
		(46)	(22)	(26)	(4)	(1)	
⑦ プリントの結果や考察は							ぜんぜん
	よく書けた	17	18	28	8	1	書けなかった
		(24)	(25)	(39)	(11)	(1)	

実験に関するアンケートから、「今回の実験は面白く」、「実験操作はやさしく」、「化学反応はよく観察でき」、「実験には進んで取り組んだ」など肯定的な意見が多かった。「実験内容はよくわかる」と「プリントの結果や考察はよく書けた」生徒数が増加する。

3. 結果の記述

復習用実験プリントの結果に示した模範文を示す。

結果 パレット上の水溶液A(5滴)に水溶液B(5滴)を加えたら、
 無色の気体が発生した。

生徒の復習用実験プリントの結果の記述を、次のA、B、Cに分類し、それに該当する生徒数およびその例を次に示した。

A	実験結果の文章中に考察が含まれている。 6名(8%)
例 A-1	水溶液Aに水溶液Bを加えたら、 <u>二酸化炭素</u> が発生した。
A-2	水溶液AにBを加えたら、 <u>二酸化炭素</u> の気体が発生した。

A-1、およびA-2では気体が「二酸化炭素」であると判断したことは考察に含まれる。結果は事実と考察を区別し、事実だけを情報伝達することを目的とする。

B	実験結果の記述に主観が入った内容がある 4名(6%)
例 B-1	水溶液Aに水溶液Bを入れたら、 <u>大きな泡</u> が次々と発生した。
B-2	水溶液AにBを加えたら、 <u>つぶつぶ</u> の泡が発生した。

B-1は「大きな」、B-2は「つぶつぶ」の記述があるが、前者は泡の大きさの大小は比較する対象により、後者の「つぶつぶ」は各自の感じかたにより異なる。つまりこれらは主観的な内容である。実験結果は客観的な情報伝達を目的とする。

C	質問に対応した結果の内容になっていない。 20名(28%)
例 C-1	AとBを混ぜたら気体が発生した。無色だったAとCを混ぜたら白色沈殿、AとDを混ぜたら無色で変化はなかった。BとCを混ぜたら白色沈殿、BとDを混ぜたら無色で気体が発生した。CとDを混ぜたら無色で変化しなかった。
C-2	水溶液Bが入ると、気体が発生した。Dが入ると反応がなかった。

質問内容は「水溶液Aに水溶液Bを加えた」ことに対して記述すべきところを、C-1およびC-2は水溶液AとB以外についての結果も記述してある。実験結果の記述は質問に対応した内容であることが必要である。

4. 考察の記述

復習用実験プリントの考察に示した模範文を示す。

考察 実験結果から、炭酸ナトリウムはBと考えた。
 その理由は、左の表でもわかるように、炭酸ナトリウムはHCl、
 H₂SO₄のどちらとも反応してCO₂を発生するからである。

生徒の復習用実験プリントの考察の記述を、次のDとEに分類し、その分類に該当する人数とその人数の割合およびその例を次に示した。

D	実験事実から考察を導出していない。 8名 (11%)
例 D-1	化学反応式から考え、水溶液Bは炭酸ナトリウムと考えた。
D-2	左の表中の $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ から、炭酸ナトリウムはBであると考えた。その理由は気体が発生したときは水溶液Bが入っていて、炭酸ナトリウムは反応式を見ると気体が発生しているからです。

D-1の「化学反応式から」とD-2の「左の表中の」は実験結果を用いて結論を導出していない。実験結果の事実を踏まえて、結論を導出し、化学反応式等はそれを裏付けするものである。

E	質問に対応した考察の内容になっていない。 6名 (8%)
例 E-1	上の結果から、Aは H_2SO_4 、Bは Na_2CO_3 、Cは BaCl_2 、Dは HCl であると考えた。その理由は左の表を見て、反応なしが二つあり、どちらにもDがある。この中に HCl があるのでDを HCl にした。Cは白色沈殿になるから BaCl_2 、次にBは気体の発生から Na_2CO_3 、残ったものは H_2SO_4 でこれがAになる。
E-2	変化しない結果からDの水溶液は HCl と考えた。沈殿が生成することからCの水溶液は BaCl_2 、気体の発生があることからBの水溶液は Na_2CO_3 、この三つに共通する液体がAの H_2SO_4 である。

質問は「炭酸ナトリウムの水溶液はA～Dのどれであるか」聞いているのに対して、炭酸ナトリウム以外についてE-1とE-2は記述している。聞かれたことに対応した内容であることが必要である。

5. この実験を実施した感想

実験「水溶液の判別」は平成7年度11月上旬に実施した。生徒の実験の実施した時のようすや生徒の提出したプリントから、感想を以下報告する。

(1) 実験の準備は容易にできた

1班を4人で構成する場合、一人につき1枚のバレットを配るため各班に4枚を、未知試料のビーカーA、B、C、Dの4種類を各班の実験台に配った。未知試料の水溶液1種類につき2本のスポイトを添えた。実験に必要な器具はバレット、スポイト、ビーカーで価格は安価で、しかも他の実験でも使える長所を持っている。試薬は特別危険なものはなく、価格も高価なものではない。準備する薬品数は4種類を調製するだけなので、実験準備は容易であった。実験は生徒が一人一人できる個人実験で実施することができた。

(2) 生徒の実験操作は簡単で短時間で実施できた

未知試料の水溶液4種類のうち2種類ずつまぜる合わせる実験操作は生徒にとって簡単

である。各水溶液の混ぜ合わせる組み合わせ数は6組のため、実験に要する時間は短時間で実験操作を終了することができた。

(3) 化学反応の変化はよく観察できた

生徒が観察する気体の発生や沈殿物生成の有無およびその色は、確認することが容易であった。今回白色のペレットを使用したため白色の沈殿物の観察が不明確になることを心配したが、そのような訴えを申し出た生徒はいなかった。ただし、この点について解決する方法の一つとして、事前にペレットの一部(3カ所程度)を油性の黒マジックで塗っておき、その部分で沈殿物生成の有無や沈殿物の色を観察する方法を取ることによって、この問題点を解消できる。

(4) 実験プリントの参考の項目に化学反応式を完成させる項目を用意した

実験を実施する前に参考に記載されてある化学反応式に化学式を記入させた。生徒は沈殿物生成や気体の発生の有無を化学反応式から予測して実験を実施することができるし、実験を実施した後、化学式を記入した生徒は、観察した変化のようすを化学反応式で確認することができた。生徒は観察した事実と化学反応式との関連を学習することができた。

(5) 推論や判断をすることのできる実験であった。

気体の発生や沈殿物の生成、色の変化という観察した事実から、未知試料名を推論したり判断することを生徒にさせることができた。教科書に記載されてある内容を確認させる実験ではないため、未知試料名を決めるのに化学変化の観察事実を利用して、パズルを解くような感覚で水溶液名を推定した後、生徒は考察の箇所を記述することができた。

(6) 実験を実施する際の補則説明は、少なくて済んだ。

実験に関する説明を教師はできるだけしないで、生徒各自が実験プリントを読んで、内容を把握してから、実験をするように今回は指導した。実験操作は簡便で、実験結果も明白なため、補則説明はしなくてもよかった。ただ一点注意するところは、生徒の提出したプリントを見ると、質問がなんについて聞かれているのか質問事項に対する的確な解答になっていない場合があった。例えば、結果(2)では「水溶液Aと水溶液Bの観察結果を・・・」の質問に対し水溶液AとB以外の水溶液の組み合わせについても記載したり、考察(4)では「炭酸ナトリウム水溶液はAからDのどれと考えましたか。」の質問に対して炭酸ナトリウム以外の水溶液についても生徒の考えが記載されてあった。質問内容は実験プリントに書いてあるが、何について記載すればよいのか、生徒に注意を喚起させることも場合によって必要であろう。

(7) 文章を生徒は書くことで、科学的な見方や考え方を養うことができた。

考察(4)「炭酸ナトリウム水溶液はAからDのどれと考えたか。・・・」の質問で、答えは解ったが、理由をどのようにして文章で説明したら良いのか考える生徒が多数いた。また、教師は生徒が提出した実験プリントを読むことで、生徒各自がどのように文章を書いたならば説明したいことが十分に記述できるのか知り得る。生徒が文章を書くことでいかに考え、どのように内容を書いて主張を伝えたいのかを、教師が指導できる実験教材として最適であった。

高等学校化学および中学校理科実験教材の作成担当者

実験教材の作成に当たっては、本プロジェクトメンバーが全員で検討してきたが、各教材をおもに担当した委員を以下に示す。

[高等学校化学]

- | | |
|----------------------|---------|
| (1) 成分元素の検出 (炎色反応) | 遠藤委員 |
| (2) 化学反応における量的関係 | 臼井委員 |
| (3) 気体の分子量 | 石井(哲)委員 |
| (4) コロイド溶液 | 後藤委員 |
| (5) 反応熱とヘスの法則 | 清田委員 |
| (6) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 | 臼井委員 |
| (7) 金属のイオン化傾向とボルタ型電池 | 後藤委員 |
| (8) 電気分解 (電解) | 久保委員 |
| (9) 鉄イオンの検出 | 石井(哲)委員 |
| (10) 水溶液の判別 | 遠藤委員 |
- ただし、素案のいくつかは赤石委員が作成した。

[中学校理科]

- | | |
|--------------------------|---------|
| (1) 消化液のはたらき | 小俣委員 |
| (2) 化学変化の前後の質量 (質量保存の法則) | 阿部委員 |
| (3) 化合に関係する物質の質量の関係 | 小俣委員 |
| (4) 電熱線にかかる電圧と電流の関係 | 石井(良)委員 |
| (5) 磁石とコイルと電流の関係 | 石井(良)委員 |
- ただし、化学と物理の素案は増田委員が、
その改訂案は阿部委員が作成した。

第3章 高等学校化学用実験教材

1. 実験プリント教材

- (1) 成分元素の検出 (炎色反応) 102
- (2) 化学反応における量的関係 104
- (3) 気体の分子量 106
- (4) コロイド溶液 108
- (5) 反応熱とヘスの法則 110
- (6) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 112
- (7) 金属のイオン化傾向とボルタ型電池 114
- (8) 電気分解 (電解) 116
- (9) 鉄イオンの検出 118
- (10) 水溶液の判別 120

2. 教師用手引き

- (1) 成分元素の検出 (炎色反応) 122
- (2) 化学反応における量的関係 123
- (3) 気体の分子量 124
- (4) コロイド溶液 125
- (5) 反応熱とヘスの法則 126
- (6) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 127
- (7) 金属のイオン化傾向とボルタ型電池 128
- (8) 電気分解 (電解) 129
- (9) 鉄イオンの検出 130
- (10) 水溶液の判別 131

成分元素の検出（炎色反応）

成分元素の検出（炎色反応）（提出用）

___年___組___番 氏名_____

目的 炎色反応を利用して、物質の中に含まれている元素を検出する。

準備 試薬：銅、リチウム、ナトリウム、カリウム、カルシウム、バリウムの各元素を含む塩化物水溶液、未知試料の水溶液（A、B、C、D、E）、濃塩酸
器具：白金線付き棒、ガスバーナー、マッチ

実験概要： いろいろな金属元素を含む塩化物水溶液を白金線につけて炎の中に入れ、その炎の色を観察する。次に、未知試料の炎色反応を観察し、成分元素を推定する。

操作

- (1) 白金線をガスバーナーの酸化炎（無色に近い炎の部分）の中に入れ、炎に色がつかないことを確認する。
- (2) 炎に色がつく場合は、白金線を水で洗い流した後、濃塩酸に浸してから、(1)の操作を再度行う。
- (3) 白金線の先に塩化銅(II)水溶液をつけ、炎の中に入れる。銅の炎色が緑色であることを観察する。
- (4) 試薬をかえるたびに操作(1)・(2)を行い、炎に色がつかないことを確認した後、リチウム・ナトリウム・カリウム・カルシウム・バリウムの各元素を含む塩化物水溶液の炎色を観察し、「結果と考察」1に記入する。
- (5) 操作(1)・(2)を行った後、未知試料Aについて炎色反応を調べ、その結果から未知試料Aに含まれている元素を推定する。それを「結果と考察」2に記述する。
- (6) 同様に、未知試料B～Eについても炎色反応を調べ、「結果と考察」3の表に記入する。

【参考】

◇ 「結果と考察」2の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文

結果：操作の要点を含め過去形で書く。

例「～（操作）したら、…（結果）になった。」

考察：理由を含めて書く。

例「～（結果）から、…（結論）と考えた。

その理由は…（根拠）だからである。」

結果と考察

1. 各元素の炎の色（操作(4)の結果）を記入する。

元素記号	Cu	Li	Na	K	Ca	Ba
炎色反応						

2. 未知試料Aの炎色反応（操作(5)）の結果と考察を、定型文を参考にして記述しなさい。

結果

考察

3. 操作(6)の結果を下記の表に記入しなさい。

未知試料の記号	炎色反応	炎色を示す元素の名称
B		
C		
D		
E		

成分元素の検出（炎色反応）

目的 炎色反応を利用して、物質の中に含まれている元素を検出する。

準備 試薬：銅、リチウム、ナトリウム、カリウム、カルシウム、バリウムの各元素を含む塩化物水溶液、未知試料の水溶液（A、B、C、D、E）、濃塩酸

器具：白金棒付き棒、ガスバーナー、マッチ

実験概要： いろいろな金属元素を含む塩化物水溶液を白金棒につけて炎の中に入れ、その炎の色を観察する。次に、未知試料の炎色反応を観察し、成分元素を推定する。

操作

- 白金棒をガスバーナーの酸化炎（無色に近い炎の部分）の中に入れ、炎に色がつかないことを確認する。
- 炎に色がつく場合は、白金棒を水で洗い流した後、濃塩酸に浸してから、(1)の操作を再度行う。
- 白金棒の先に塩化銅(II)水溶液をつけ、炎の中に入れる。銅の炎色が緑色であることを観察する。
- 試薬をかえるたびに操作(1)・(2)を行い、炎に色がつかないことを確認した後、リチウム・ナトリウム・カリウム・カルシウム・バリウムの各元素を含む塩化物水溶液の炎色を観察し、「結果と考察」1に記入する。
- 操作(1)・(2)を行った後、未知試料Aについて炎色反応を観、その結果から未知試料Aに含まれている元素を推定する。それを「結果と考察」2に記述する。
- 同様に、未知試料B～Eについても炎色反応を観、 「結果と考察」3の表に記入する。

【参考】

◇ 「結果と考察」2の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文

結果：操作の要点を含め過去形で書く。

例「～（操作）したら、…（結果）になった。」

考察：理由を含めて書く。

例「～（結果）から、…（結論）と考えた。

その理由は…（根拠）だからである。」

結果と考察

- 各元素の炎の色（操作(4)の結果）を記入する。

元素記号	Cu	Li	Na	K	Ca	Ba
炎色反応	緑色	赤色	黄色	紫色	橙色	黄緑色

- 未知試料Aの炎色反応（操作(5)）の結果と考察を、定型文を参考にして記述しなさい。

結果

未知試料Aをガスバーナーの炎の中に入れたら、炎の色は赤色に変化した。

考察

上記の結果から、未知試料Aにはリチウム元素が含まれていたと考えた。その理由は、操作(4)で調べた炎色反応の色は、リチウム元素だけが赤色だったからである。

- 操作(6)の結果を下記の表に記入しなさい。

未知試料の記号	炎色反応	炎色を示す元素の名称
B	橙 色	カルシウム
C	紫 色	カリウム
D	黄緑色	バリウム
E	黄 色	ナトリウム

化学反応における量的関係

年 組 番 氏名 _____

目的 マグネシウムと塩酸との反応の物質量の関係を調べ、その化学反応式を考える。

準備 器具 (各自: 注射器 50 ml 用と 2 ml 用、ビニル管;
各皿: 物差し、はさみ、塩酸入りビーカー、洗浄用ビーカー、廃液用ビーカー)
試薬 (各自: マグネシウムリボン 15 cm; 各皿: 2 mol/l 塩酸)

実験の概要: マグネシウムと塩酸を注射器の中で反応させ、発生する水素の体積を測る。塩酸の量を一定にして、いろいろな長さのマグネシウムを反応させ、反応に関わった塩酸、マグネシウム、水素の物質量の比を考える。

操作

- (1) マグネシウムリボン 1 cm あたりの物質量 (mol) から、長さ 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm のそれぞれに相当するマグネシウムリボンの物質量を計算し、表に記入する。
- (2) マグネシウムの長さを 1.0 cm, 2.0 cm, 3.0 cm, 4.0 cm の長さに正確に切る。
- (3) 1 cm のマグネシウムを大型の注射器に入れ、中の空気を抜く。
- (4) 塩酸を小型の注射器に 2.0 ml 入れ、小型の注射器と(2)の大型の注射器をビニル管でつなぐ。
- (5) 大型注射器が上になるようにしてから、塩酸を小型の注射器から大型の注射器へ押しだし、マグネシウムと塩酸を十分に反応させる。
注射器を水道水で冷やしてから、発生した水素の体積を、注射器の目盛り 1/10 まで目分量で読み取る。(水道水の温度は、ほとんど変化しない。また、体積から塩酸 2.0 ml 分を差し引くことを忘れない。)
- (6) 体積を読み取った後、反応液を廃液用ビーカーにあげ、注射器を必ず水でゆすぐ。なお、その液も廃液用ビーカーにあげる。
- (7) 2~4 cm のマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作を行う。

【参考】

- ◇ 常温常圧での水素 1 ml あたりの物質量は、およそ 0.42×10^{-4} mol である。
- ◇ 「結果と考察」2 の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果: 操作の要点を含め過去形で書く。例「~ (操作) したら、
... (結果) になった。」
考察: 理由を含めて書く。例「~ (結果) から、... (結論) と考えた。
その理由は... (根拠) だからである。」

結果と考察

1 マグネシウムリボン 1.0 cm あたりの物質量は $\times 10^{-4}$ mol である。

2 操作(4)と(5)の結果を下の表に記入せよ。また、参考を示した数値を用いて発生した水素の物質量を算出せよ。

マグネシウムの長さ	1.0 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm
マグネシウムの物質量	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol
発生した水素の体積	ml	ml	ml	ml
発生した水素の物質量	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol

3 マグネシウムと塩酸を反応させたら、どれくらいの物質量の水素が得られたか。結果の定型文を参考にして記述せよ。

結果:

4 マグネシウムと水素の物質量の関係から、この反応を示す化学反応式を考え、考察の定型文を参考にしてその考えを記述せよ。

考察:

化学反応における量的関係

年 組 番 氏名 _____

目的 マグネシウムと塩酸との反応の物質量の関係を調べ、その化学反応式を考える。

準備 器具 (各自: 注射器 50 ml 用と 2 ml 用, ビニル管;
 各班: 物差し, はさみ, 塩酸入りビーカー, 洗浄用ビーカー, 廃液用ビーカー)
 試薬 (各自: マグネシウムリボン 15 cm; 各班: 2 mol/l 塩酸)

実験の概要: マグネシウムと塩酸を注射器の中で反応させ、発生する水素の体積を測る。塩酸の量を一定にして、いろいろな長さのマグネシウムを反応させ、反応に関わった塩酸、マグネシウム、水素の物質量の比を考える。

操作

- (1) マグネシウムリボン 1 cm あたりの物質量 (mol) から、長さ 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm のそれぞれに相当するマグネシウムリボンの物質量を計算し、表に記入する。
- (2) マグネシウムの長さを 1.0 cm, 2.0 cm, 3.0 cm, 4.0 cm の長さに正確に切る。
- (3) 1 cm のマグネシウムを大型の注射器に入れ、中の空気を抜く。
- (4) 塩酸を小型の注射器に 2.0 ml 入れ、小型の注射器と(3)の大型の注射器をビニル管でつなぐ。
- (5) 大型注射器が上になるようにしてから、塩酸を小型の注射器から大型の注射器へ押しだし、マグネシウムと塩酸を十分に反応させる。
 注射器を水道水で冷やしてから、発生した水素の体積を、注射器の目盛り 1/10 まで目分量で読み取る。(水道水の温度は、ほとんど変化しない。また、体積から塩酸 2.0 ml 分を差し引くことを忘れない。)
- (6) 体積を読み取った後、反応液を廃液用ビーカーにあげ、注射器を必ず水でゆすぐ。なお、その液も廃液用ビーカーにあげる。
- (7) 2~4 cm のマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作を行う。

【参考】

- ◇ 常温常圧での水素 1 ml あたりの物質量は、およそ 0.42×10^{-4} mol である。
- ◇ 「結果と考察」2 の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果: 操作の要点を含め過去形で書く。例「〜(操作)したら、
 …(結果)になった。」
 考察: 理由を含めて書く。例「〜(結果)から、…(結論)と考えた。
 その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

- 1 マグネシウムリボン 1.0 cm あたりの物質量は 4.0×10^{-4} mol である。
- 2 操作(4)と(5)の結果を下の表に記入せよ。また、参考に示した数値を用いて発生した水素の物質量を算出せよ。

マグネシウムの長さ	1.0 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm
マグネシウムの物質量	4.0 $\times 10^{-4}$ mol	8.0 $\times 10^{-4}$ mol	12.0 $\times 10^{-4}$ mol	16.0 $\times 10^{-4}$ mol
発生した水素の体積	9.7 ml	20.1 ml	29.4 ml	37.1 ml
発生した水素の物質量	4.1 $\times 10^{-4}$ mol	8.4 $\times 10^{-4}$ mol	12.3 $\times 10^{-4}$ mol	15.6 $\times 10^{-4}$ mol

- 3 マグネシウムと塩酸を反応させたら、どれくらいの物質量の水素が得られたか。結果の定型文を参考に記述せよ。

結果:
 マグネシウムと塩酸を反応させたら、水素はマグネシウムとほぼ等しい物質量だけ発生した。

- 4 マグネシウムと水素の物質量の関係から、この反応を示す化学反応式を考え、考察の定型文を参考にその考えを記述せよ。

考察:
 反応したマグネシウムと発生した水素の物質量がほぼ等しいことから(上記3から)、この反応を示す化学反応式は

$$\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + \text{MgCl}_2$$
 と考えた。
 その理由は、反応物質と生成物質の物質量の比が化学反応式の係数になるからである。

気体の分子量

目的 二酸化炭素の分子量を用いて、未知の気体の分子量を求める。

準備 各自：50 ml注射器、鉄くぎ（約4 cm）、ゴム栓 各1個
 クラス：電子天秤（最小表示1 mg）、実験用気体ボンベ（二酸化炭素）、
 実験用気体ボンベ（未知気体）、ポリエチレンチューブ

実験の概要：注射器に二酸化炭素を充填し、その質量を秤量する。同様に、未知の気体を充填させ、質量を秤量する。二酸化炭素の分子量をもとにして未知の気体の分子量を求める。

操作

<二酸化炭素の質量を測定する>

- (1) 注射器にゴム栓をし、ゆっくりとピストンを引き、ストッパーをかける。この注射器の質量を測定する。
- (2) チューブで二酸化炭素の実験用気体ボンベと注射器を接続する。
- (3) ボンベから注射器に二酸化炭素を注入する。
 (注意！ 注射器に急激に注入しないこと。ピストンが飛び出す場合がある。)
- (4) 注射器に二酸化炭素を充填させた後、ストッパーをかける。同時に、ゴム栓で注射器に栓をする。
- (5) (4)の注射器の質量を測定する。

<未知の気体の質量を測定する>

- (6) 二酸化炭素と同様に、未知の気体を用いて(3)～(5)と同様の操作を行う。
- (7) 未知の気体が入った注射器の質量を測定する。

【参考】

◇ 「結果と考察」2と5の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文

結果：操作の要点を含め過去形で書く。

例「～（操作）したら、…（結果）になった。」

考察：理由を含めて書く。

例「～（結果）から、…（結論）と考えた。
 その理由は…（根拠）だからである。」

気体の分子量（提出用）

年 組 番 氏名 _____

1 実験結果をまとめよ。

操作(1)の質量	操作(4)の質量	操作(6)の質量

2 注射器内の二酸化炭素の質量はいくらか。その際、結果の定型文を用いて記述せよ。

3 注射器内の未知試料の質量はいくらか。

4 結果2、3より、未知試料の分子量を求めなさい。二酸化炭素の分子量を44としとして計算しなさい。

計算例

5 4の計算を文章で書きなさい。その際、根拠となる法則を理由として、定型文にならって書きなさい。

気体の分子量

気体の分子量 (復習用)

年 組 番 氏名 _____

目的 二酸化炭素の分子量を用いて、未知の気体の分子量を求める。

準備 名 目：50 ml注射器、軟くぎ (約 4 cm)、ゴム栓 各1個
 クラス：電子天秤 (最小表示 1 μg)、実験用気体ボンベ (二酸化炭素)、
 実験用気体ボンベ (未知気体)、ポリエチレンチューブ

実験の概要：注射器に二酸化炭素を充填し、その質量を秤量する。同様に、未知の気体を充填させ、質量を秤量する。二酸化炭素の分子量をもとにして未知の気体の分子量を求める。

操作

<二酸化炭素の質量を測定する>

- (1) 注射器にゴム栓をし、ゆっくりとピストンを引き、ストッパーをかける。この注射器の質量を測定する。
- (2) チューブで二酸化炭素の実験用気体ボンベと注射器を接続する。
- (3) ボンベから注射器に二酸化炭素を注入する。
(注意！注射器に急激に注入しないこと。ピストンが飛び出す場合がある。)
- (4) 注射器に二酸化炭素を充填させた後、ストッパーをかける。同時に、ゴム栓で注射器に栓をする。
- (5) (4)の注射器の質量を測定する。

<未知の気体の質量を測定する>

- (6) 二酸化炭素と同様に、未知の気体を用いて(3)~(5)と同様の操作を行う。
- (7) 未知の気体が入った注射器の質量を測定する。

【参考】

◇ 「結果と考察」2と5の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文

結果：操作の要点を含め過去形で書く。

例「～(操作)したら、…(結果)になった。」

考察：理由を含めて書く。

例「～(結果)から、…(結論)と考えた。

その理由は…(根拠)だからである。」

1 実験結果をまとめよ。

操作(1)の質量	操作(4)の質量	操作(6)の質量
36.399 g	36.507 g	36.548 g

2 注射器内の二酸化炭素の質量はいくらか。その際、結果の定型文を用いて記述せよ。

操作(1)の空の注射器と(4)の二酸化炭素の注射器の質量を使って計算したら、二酸化炭素の質量は0.108 gになった。

3 注射器内の未知試料の質量はいくらか。

0.149 g

4 結果2、3より、未知試料の分子量を求めなさい。二酸化炭素の分子量を44ととして計算しなさい。

計算例

$$0.108 : 44 = 0.149 : x \quad x = 61$$

5 4の計算を文章で書きなさい。その際、根拠となる法則を理由として、定型文にならなくて書きなさい。

実験結果と二酸化炭素の分子量から、未知の試料の分子量は61と考えた。その理由は、アボガドロの法則で、同温、同圧、同体積中の分子数は同じだからである。

コロイド溶液

目的 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくり、その性質を調べる。

準備 各自：パレット、セロハン、ろ紙、リトマス紙、試験管 3 本、ピンセット
 各班：スポイト 6 本(試薬ごとに 1 本)、純水、塩化鉄(Ⅲ)飽和溶液、
 0.1mol/l 硝酸銀水溶液、0.1mol/l 塩化カルシウム水溶液、
 0.1mol/l 塩化ナトリウム水溶液、0.1mol/l 硫酸ナトリウム水溶液

実験の概要：水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をつくる。次にパレット上で、コロイド溶液をろ紙やセロハンに滴下し通り抜けた物質を調べ、粒子の大きさを推定する。また、試験管中でコロイド溶液に塩の水溶液を加え、沈殿ができるか調べる。

操作

- (1) 逐ごとに、100 ml のビーカーで純水 50 ml を沸騰させ、塩化鉄(Ⅲ)飽和水溶液 0.5 ml を加えて赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をつくる。(結果と考察 1)

<コロイド粒子の大きさ>

- (2) パレットの溝にスポイトで純水を 5 滴落とす。その溝に円すい形にしたセロハンの下部を浸し、そのセロハン上に(1)でつくった水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をスポイトで 10 滴落とす。数分間放置する。
 (3) セロハンを取り除いた後、(2)の溝の液の色を観察し、リトマス試験紙で液性を調べ、さらに硝酸銀水溶液を 1 滴加えて変化を観察する。(結果と考察 2~4)
 (4) セロハンの代わりにろ紙を使って(2)および(3)と同様の操作を繰り返す。

<解析>

- (5) 試験管 3 本に水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を下から 1 cm くらいまでスポイトでとる。
 (6) (5)の試験管に、塩化カルシウム水溶液、塩化ナトリウム水溶液、硫酸ナトリウム水溶液をそれぞれ 10 滴ずつ加える。「結果と考察」5 を記入する。

【参考】

- ◇ 操作(1)の化学反応式 $FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl$ ($HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$)
 ◇ ろ紙の目の大きさ 10^{-4} m、セロハンの目の大きさ 10^{-3} m である。
 ◇ 「結果と考察」2 と 3 の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
 …(結果)になった。」
 考察：理由を含めて書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
 その理由は…(根拠)だからである。」

コロイド溶液 (提出用)

年 組 番 氏名

結果と考察

1. 操作(1)でつくった溶液には水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの他にどのようなイオンが含まれていると考えられるか。化学反応式を参考にして得る 2 種類のイオン名を記せ。

含まれている物質 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド、

2. 操作(2)でセロハンを用いたときの変化を、結果の書き方を参考にして記述せよ。また、ろ紙を用いた場合にはどうであったか、合わせて記せ。

結果：

3. 2の結果から赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)コロイドはどのような大きさの粒子と考えられるか。考察の書き方を参考にして記述せよ。

考察：

4. 操作(2)～(4)の結果を表にまとめよ。

	色	液性(酸性、7M性)	硝酸銀との反応
ろ紙を通り抜けた溶液			
ろ紙を通り抜けた溶液			

5. 操作(6)の結果を記入し、下の表を完成させよ。

	含まれる陽イオン	含まれる陰イオン	操作(6)の結果
塩化カルシウム	Ca^{2+}	Cl^-	
塩化ナトリウム	Na^+	Cl^-	
硫酸ナトリウム	Na^+	SO_4^{2-}	

6. 5の結果、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを解析させるのに有効なイオンから、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは正・負どちらに帯電していると考えられるか。

電荷の () な () イオンで解析が起こりやすいことから、
 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは () に帯電していると考えられる。

(その理由は、解析がコロイドに符号の異なるイオンがついて起こる現象だからである。)

目的 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくり、その性質を調べる。

準備 各自: パレット、セロハン、ろ紙、リトマス紙、試験管 3 本、ピンセット
 各班: スポイト 8 本(試薬ごとに 1 本)、純水、塩化鉄(Ⅲ)飽和溶液、
 0.1mol/l 硝酸銀水溶液、0.1mol/l 塩化カルシウム水溶液、
 0.1mol/l 塩化ナトリウム水溶液、0.1mol/l 硫酸ナトリウム水溶液

実験の概要: 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をつくる。次にパレット上で、コロイド溶液をろ紙やセロハンに滴下し通り抜けた物質を調べ、粒子の大きさを推定する。また、試験管中でコロイド溶液に塩の水溶液を加え、沈殿ができるか調べる。

操作

(1) 班ごとに、100 ml のビーカーで純水 50 ml を沸騰させ、塩化鉄(Ⅲ)飽和水溶液 0.5 ml を加えて赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をつくる。(結果と考察 1)

<コロイド粒子の大きさ>

- (2) パレットの溝にスポイトで純水を 5 滴落とす。その溝に円すい形にしたセロハンの下部を浸し、そのセロハン上に(1)でつくった水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をスポイトで 10 滴落として数分間放置する。
- (3) セロハンを取り除いた後、(2)の溝の液の色を観察し、リトマス試験紙で液性を調べ、さらに硝酸銀水溶液を 1 滴加えて変化を観察する。(結果と考察 2~4)
- (4) セロハンの代わりにろ紙を使って(2)および(3)と同様の操作を繰り返す。

<観察>

- (5) 試験管 3 本に水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液を下から 1 cm くらいまでスポイトでとる。
- (6) (5)の試験管に、塩化カルシウム水溶液、塩化ナトリウム水溶液、硫酸ナトリウム水溶液をそれぞれ 10 滴ずつ加える。「結果と考察」5 を記入する。

【参考】

- ◇ 操作(1)の化学反応式 $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ ($\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$)
- ◇ ろ紙の目の大きさ 10^{-4} m, セロハンの目の大きさ 10^{-3} m である。
- ◇ 「結果と考察」2 と 3 の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果: 操作の要点を含め過去形で書く。例「〜(操作)したら、
 …(結果)になった。」
 考察: 理由を含めて書く。例「〜(結果)から、…(結論)と考えた。
 その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1. 操作(1)でつくった溶液には水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの他にどのようなイオンが含まれていると考えられるか。化学反応式を参考にして得る 2 種類のイオン名を記せ。

含まれている物質 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド、水素イオン、塩化物イオン

2. 操作(2)でセロハンを用いたときの変化を、結果の書き方を参考にして記述せよ。また、ろ紙を用いた場合にはどうであったか、合わせて記せ。

結果: セロハンの上に(1)で作った溶液を加えて放置しても、外側の液は無色透明であった。ろ紙を用いて溶液を加えたら、赤褐色の溶液が出てきた。

3. 2の結果から赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)コロイドはどのような大きさの粒子と考えられるか。考察の書き方を参考にして記述せよ。

考察: 水酸化鉄コロイドはろ紙の目は通過でき、セロハンの目は通過できなかったことから、水酸化鉄コロイドは 10^{-3} ~ 10^{-6} m 程度の大きさの粒子と考えられる。その理由は、セロハンの目が 10^{-3} m でろ紙の目が 10^{-4} m だからである。

4. 操作(2)~(4)の結果を表にまとめよ。

	色	液性(酸性、7~14性)	硝酸銀との反応
ろ紙を通り抜けた溶液	無色透明	酸性	白濁(白色沈殿)
ろ紙を通り抜けた溶液	赤色透明	酸性	白濁(白色沈殿)

5. 操作(6)の結果を記入し、下の表を完成させよ。

	含まれる陽イオン	含まれる陰イオン	操作(6)の結果
塩化カルシウム	Ca^{2+}	Cl^-	変化なし
塩化ナトリウム	Na^+	Cl^-	変化なし
硫酸ナトリウム	Na^+	SO_4^{2-}	赤褐色の沈殿が生成

6. 5の結果、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを電析させるのに有効なイオンから、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは正・負どちらかに帯電していると考えられるか。

電荷の (正) な () イオンで電析が起こりやすいことから、
 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは (正) に帯電していると考えられる。

(その理由は、電析がコロイドに符号の異なるイオンがついて起こる現象だからである。)

反応熱とヘスの法則

目的 ヘスの法則を使って、水酸化ナトリウムと塩酸の中和熱を予想し、実験で調べる。

準備 器具: 発泡ポリスチレンの容器 (カップ) 3個, 温度計 (1/10 °C目盛り) 3本,
100ml メスシリンダー 3本, 上皿てんびん(または電子てんびん), 葉包紙,
試薬: 水酸化ナトリウム(固体), 2mol/l 水酸化ナトリウム水溶液,
2mol/l 塩酸, 1mol/l 塩酸, 蒸留水

実験の概要: 水酸化ナトリウム(固体)を水に溶かしたときに上昇する温度、水酸化ナトリウム(固体)を塩酸に溶かし反応させた時の上昇温度を測り、水酸化ナトリウム水溶液と塩酸を中和させた時の上昇温度をヘスの法則から予想する。さらに、実験で中和熱による温度上昇度を測定し、予想値と比較する。

操作

- (1) 3個の発泡ポリスチレンの容器A, B, Cにそれぞれ次の溶液を入れ、温度を測定する。温度をそれぞれ t_{A1} , t_{B1} , t_{C1} に記録する。
A: 1mol/l 塩酸 100ml, B: 蒸留水 100ml, C: 2mol/l 塩酸 50ml
- (2) Aに水酸化ナトリウム 4.0gを加え、温度計でゆっくりかき混ぜて溶かし、反応させた時の最高温度 (t_{A2}) を記録する。
- (3) Aの代わりにBで(1)と同様の操作をし、最高温度 (t_{B2}) を記録する。
- (4) 次の反応の最高温度 (t_{C2}) を予想する。Cと2mol/l水酸化ナトリウム水溶液 50mlが同温であることを確認し、一緒にして温度計でゆっくりかき混ぜて、反応させる。
- (5) (4)の操作をして、最高温度を測定し、その結果を記録する。

【参考】

- ◇ 1mol/l程度の塩基や塩の水溶液の比熱は、水とほぼ同じで1とみなしてよい。
- ◇ この実験では、理論値と5%ぐらいまでの誤差が生じることを考慮しておく。
- ◇ 「結果と考察」2と4の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文

結果: 操作の要点を含め過去形で書く。

例「～(操作)したら、…(結果)になった。」

考察: 理由を含めて書く。

例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

- 1 操作(1), (2), (3)の結果を下の表にまとめ、上昇した温度を求めよ。

	はじめの温度	最高温度	上昇した温度
A	t_{A1}	t_{A2}	$t_{A2} - t_{A1}$
B	t_{B1}	t_{B2}	$t_{B2} - t_{B1}$

- 2 操作(2)の結果を定型文を参考にして、記述せよ。

結果:

- 3 下の表は発熱が起こった原因についてまとめたものである。()にはそれぞれの物質の物質質量(mol)を、[]には適当な語を記入し、表を完成させよ。

はじめの溶液	加えたもの	溶液の全量	発熱した原因
1mol/l塩酸 100ml HCl()mol	水酸化ナトリウム 4.0g NaOH()mol	約 100ml	[]と[] が同時に起こった時の熱
蒸留水 100ml	水酸化ナトリウム 4.0g NaOH()mol	約 100ml	NaOH が水に[] した時の熱

- 4 操作(5)による上昇温度を予想し、その理由を考察の記述の定型文にならって記せ。

考察:

- 5 操作(5)の結果を記せ。

溶液の最高温度	
上昇温度	

反応熱とヘスの法則

目的 ヘスの法則を使って、水酸化ナトリウムと塩酸の中和熱を予想し、実験で調べる。

準備 器具:発泡ポリスチレンの容器(カップ) 3個、温度計(1/10℃目盛り) 3本、
100mlメスシリンダー 3本、上皿てんびん(または電子てんびん)、薬包紙、
試薬:水酸化ナトリウム(固体)、2mol/l水酸化ナトリウム水溶液、
2mol/l塩酸、1mol/l塩酸、蒸留水

実験の概要:水酸化ナトリウム(固体)を水に溶かしたときに上昇する温度、水酸化ナトリウム(固体)を塩酸に溶かし反応させた時の上昇温度を測り、水酸化ナトリウム水溶液と塩酸を中和させた時の上昇温度をヘスの法則から予想する。さらに、実験で中和熱による温度上昇度を測定し、予想値と比較する。

操作

- 3個の発泡ポリスチレンの容器A、B、Cにそれぞれ次の溶液を入れ、温度を測定する。温度をそれぞれ t_{A1} 、 t_{B1} 、 t_{C1} に記録する。
A:1mol/l塩酸 100ml、B:蒸留水 100ml、C:2mol/l塩酸 50ml
- Aに水酸化ナトリウム 4.0gを加え、温度計でゆっくりかき混ぜて溶かし、反応させた時の最高温度(t_{A2})を記録する。
- Aの代わりにBで(1)と同様の操作をし、最高温度(t_{B2})を記録する。
- 次の反応の最高温度(t_{C2})を予想する。Cと2mol/l水酸化ナトリウム水溶液 50mlが同量であることを確認し、一緒にして温度計でゆっくりかき混ぜて、反応させる。
- (4)の操作をして、最高温度を測定し、その結果を記録する。

【参考】

- ◇ 1mol/l程度の塩基や塩の水溶液の比熱は、水とはほぼ同じで1とみなしてよい。
- ◇ この実験では、理論値と5%ぐらいまでの誤差が生じることを考慮しておく。
- ◇ 「結果と考察」2と4の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文

結果:操作の要点を含め過去形で書く。

例「～(操作)したら、…(結果)になった。」

考察:理由を含めて書く。

例「～(結果)から、…(結論)と考えた。」

その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1 操作(1)、(2)、(3)の結果を下の表にまとめ、上昇した温度を求めよ。

	はじめの温度	最高温度	上昇した温度
A	t_{A1} 23.0℃	t_{A2} 44.1℃	$t_{A2}-t_{A1}$ 21.2℃
B	t_{B1} 23.0℃	t_{B2} 32.1℃	$t_{B2}-t_{B1}$ 9.1℃

2 操作(2)の結果を定型文を参考にして、記述せよ。

結果:

1mol/lの塩酸100ml Aに 4.0gの水酸化ナトリウムを加え、温度計でゆっくりかき混ぜ反応させたら、溶液の最高温度は44.1℃になった。

3 下の表は発熱が起こった原因についてまとめたものである。()にはそれぞれの物質の物質量(mol)を、[]には適当な語を記入し、表を完成させよ。

はじめの溶液	加えたもの	溶液の全量	発熱した原因
1mol/l塩酸 100ml HCl(0.10)mol	水酸化ナトリウム 4.0g NaOH(0.10)mol	約 100ml	[溶解]と[中和] が同時に起こった時の熱
蒸留水 100ml	水酸化ナトリウム 4.0g NaOH(0.10)mol	約 100ml	NaOH が水に[溶解] した時の熱

4 操作(5)による上昇温度を予想し、その理由を考察の記述の定型文にならって記せ。

考察:

操作(1)、(2)、(3)の結果から、中和時の上昇温度は 12.1℃と考えた。
その理由は、ヘスの法則により、水酸化ナトリウムの溶解と中和が同時に起こったときの発熱量と、溶解したときの発熱量との差が中和熱にあたるからである。

5 操作(5)の結果を記せ。

溶液の最高温度	34.6℃
上昇温度	11.6℃

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色

年 組 番 氏 名 _____

目的 B T Bなどの指示薬は、酸性、塩基性で色が変わる。ムラサキキャベツ液を指示薬として色の変化と酸、塩基の濃度、pHとの関係調べる。

準備 器具 名目：パレット、スポイト2本
各薬：試験入りビーカー①～④、各試薬毎スポイト1本

試薬 ①ムラサキキャベツ液、 ②1mol/l塩酸HCl
③1mol/l水酸化ナトリウム水溶液NaOH、 ④1mol/lアンモニア水NH₃

実験の概要：ムラサキキャベツ液が酸性、塩基性で色が変わることを確認する。次に水酸化ナトリウム水溶液とアンモニア水を10倍ずつムラサキキャベツ液でうすめていったとき、ムラサキキャベツ液の色がどのように変化するかを観察し、記録した結果とpHとの関係を考えてみる。

操作

- (1) パレットの10カ所の溝にムラサキキャベツ液をスポイトで9滴ずつ入れる。
- (2) 一番端の溝の液に②の塩酸を1滴加え、液の色を観察する。
- (3) 隣の溝の液に③の水酸化ナトリウム水溶液を1滴加え、個人用のスポイトでその液を吸い込んで出す操作を2～3回繰り返す、液の色を観察する。なお、個人用のスポイトは水で洗わずにそのまま(4)～(6)の操作に使う。
- (4) (3)の液の1滴を、隣の溝の液に滴下する。残った液を元に戻した後、液を吸い込んで出す操作を2～3回繰り返す、液の色を観察する。
- (5) (4)でできた液を使って(4)と同様の操作を行う。
- (6) (5)の液で(4)と同様の操作を行い、さらに、できた液で(4)と同様の操作を行う。
- (7) 溶液④のアンモニア水についても操作(3)～(5)と同様の操作を繰り返す。なお、個人用のスポイトは新しいもの(アンモニア水用)を使うこと。

表1 酸・塩基の濃度とpHの関係(25℃)

[HCl] (mol/l)	pH	液性	[NaOH] (mol/l)	pH	液性
0.1	1	酸	0.1	13	塩 基
0.01	2		0.01	12	
0.001	3		0.001	11	
0.0001	4	性	0.0001	10	性
0.00001	5		0.00001	9	
	6			8	
水(H ₂ O)	7	中性	水(H ₂ O)	7	中性

結果と考察：

1. 実験結果(溶液の色とそのときの試薬の濃度)を記入し、さらに、表1を参考にしてpH(酸性・塩基性の強さを表す指標：ピーエイチまたはペーハーと読む)を記入せよ。

操作番号	試薬の種類	溶液の色	濃度(mol/l)	pH
(2)	HCl			
(3)	NaOH			
(4)	NaOH			
(5)	NaOH			
(6)	NaOH			
---	ムラサキキャベツ液	紫		?

操作番号	試薬の種類	溶液の色	濃度(mol/l)	pH
(7)	NH ₃			
	NH ₃			
	NH ₃			

2. 1mol/lのアンモニア水1滴をムラサキキャベツ液9滴の中に加えた溶液(0.1mol/lアンモニア水)のpHはいくつと考えられるか。実験結果と考察に分けて書きなさい。

[書き方] 結果：操作の要点を含め過去形で書く。

例「～(操作)したら、…は…(結果)になった。」

考察：理由を含めて書く。例「上の結果より、…(結論)と考えた。

その理由は、…(根拠)だからである。」等

結果：

考察：

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色

年 組 番 氏名 _____

目的 B T Bなどの指示薬は、酸性、塩基性で色が変わる。ムラサキキャベツ液を指示薬として色の変化と酸、塩基の濃度、pHとの関係を探る。

準備 器具 名目：パレット、スポイト2本
各試薬：試薬入りビーカー①～④、各試薬毎スポイト1本

試薬 ①ムラサキキャベツ液、 ②1 mol/l塩酸HCl
③1 mol/l水酸化ナトリウム水溶液NaOH、 ④1 mol/lアンモニア水NH₃

実験の概要：ムラサキキャベツ液が酸性、塩基性で色が変わることを確認する。次に水酸化ナトリウム水溶液とアンモニア水を10倍ずつムラサキキャベツ液でうすめていったとき、ムラサキキャベツ液の色がどのように変化するかを観察し、記録した結果とpHとの関係を考えてみる。

操作

- (1) パレットの10カ所の溝にムラサキキャベツ液をスポイトで9滴ずつ入れる。
- (2) 一番端の溝の液に②の塩酸を1滴加え、液の色を観察する。
- (3) 隣の溝の液に③の水酸化ナトリウム水溶液を1滴加え、個人用のスポイトでその液を吸い込んで出す操作を2～3回繰り返す。液の色を観察する。なお、個人用のスポイトは水で洗わずにそのまま(4)～(6)の操作に使う。
- (4) (3)の液の1滴を、隣の溝の液に滴下する。残った液を元に戻した後、液を吸い込んで出す操作を2～3回繰り返す。液の色を観察する。
- (5) (4)でできた液を使って(4)と同様の操作を行う。
- (6) (5)の液で(4)と同様の操作を行い、さらに、できた液で(4)と同様の操作を行う。
- (7) 溶液④のアンモニア水についても操作(3)～(5)と同様の操作を繰り返す。なお、個人用のスポイトは新しいもの(アンモニア水用)を使うこと。

表1 酸・塩基の濃度とpHの関係(25℃)

[HCl] (mol/l)	pH	液性	[NaOH] (mol/l)	pH	液性
0.1	1	酸 性	0.1	13	強 碱 性
0.01	2		0.01	12	
0.001	3		0.001	11	
0.0001	4		0.0001	10	
0.00001	5		0.00001	9	
	6			8	
水(H ₂ O)	7	中性	水(H ₂ O)	7	中性

結果と考察：

1. 実験結果(溶液の色とそのときの試薬の濃度)を記入し、さらに、表1を参考にしてpH(酸性・塩基性の強さを表す指標：ピーエイチまたはペーハーと読む)を記入せよ。

操作番号	試薬の種類	溶液の色	濃度(mol/l)	pH
(2)	HCl	赤	0.1	1
(3)	NaOH	黄	0.1	13
(4)	NaOH	黄緑	0.01	12
(5)	NaOH	緑	0.001	11
(6)	NaOH	青	0.0001	10
	NaOH	青	0.00001	9
--	ムラサキキャベツ液 0.1	紫		7

操作番号	試薬の種類	溶液の色	濃度(mol/l)	pH
(7)	NH ₃	緑(黄緑)	0.1	11(12)
	NH ₃	青緑(緑)	0.01	10(11)
	NH ₃	青(青)	0.001	9(10)

2. 1 mol/lのアンモニア水1滴をムラサキキャベツ液9滴の中に加えた溶液(0.1 mol/lアンモニア水)のpHはいくつと考えられるか。実験結果と考察に分けて書きなさい。

[書き方] 結果：操作の要点を含め過去形で書く。

例「～(操作)したら、～は～(結果)になった。」

考察：理由を含めて書く。例「上の結果より、…(結論)と考えた。

その理由は、…(根拠)だからである。」等

結果： 1 mol/lのアンモニア水1滴をムラサキキャベツ液9滴の中に加えたら、紫色の溶液は緑色に変化した。

考察： 上の結果より、0.1 mol/lアンモニア水のpHは約11と考えた。

その理由は、水酸化ナトリウムを用いた実験で、ムラサキキャベツ液が緑色を示したときのpHが11だったからである。

年 組 番氏名 _____

金属のイオン化傾向とボルタ型電池

目的 電解質溶液に 2 種類の金属板を差し導線で結びボルタ型の電池ができる。
電解質溶液に適切な試薬を加えたときの、両極での反応を考える。

準備 器具：ベトリ皿 (小さめのもの)、みのむしクリップ付き導線 (1 本)、
紙やすり、高さ 2 本
試薬：鉄板・銅板 (各 1 枚)、塩化ナトリウム、フェノールフタレイン溶液、
ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム

実験概要：塩化ナトリウム水溶液に試薬と指示薬を少量加え、この水溶液に鉄板と銅板を差し導線で結び、電極付近での変化を観察する。

操作

- (1) 純水約 10 ml をベトリ皿に入れ、塩化ナトリウム約 1 g を溶かす。
- (2) この水溶液にヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム約 0.02 g を加えて溶かした後、フェノールフタレイン溶液 1 ~ 2 滴を加える。
- (3) 鉄板と銅板を紙やすりで良く磨き、1/3 程度の位置で折曲げる。
- (4) ベトリ皿中の水溶液に鉄板と銅板が浸るようにして、鉄板と銅板をそれぞれ導線のクリップでベトリ皿とともにはさみ固定する。
- (5) 電極付近での変化を観察する。

[参考]

イオン	イオンの化合物とその色	イオンの性質
鉄(Ⅱ)イオン Fe^{2+}	$FeCl_2$ 淡緑色溶液 $Fe(OH)_2$ 緑白色沈殿	ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸イオンで、青色沈殿を生成する。
鉄(Ⅲ)イオン Fe^{3+}	$FeCl_3$ 黄褐色溶液 $Fe(OH)_3$ 赤褐色沈殿	ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸イオンで、黒褐色溶液になる。
銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+}	$CuCl_2$ 緑色溶液 $Cu(OH)_2$ 青白色沈殿	ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸イオンで、赤褐色沈殿を生成する。

フェノールフタレイン	酸性 (H^+ の濃度が高い) 溶液と中性溶液で無色。 塩基性 (OH^- の濃度が高い) 溶液で赤色を示す。
------------	--

結果と考察

1. 次の定型文を参考にして、実験結果を記せ。

→ 定型文
結果：操作の要点を含めて過去形で書く。
例「～(操作)すると、…(結果)になった。」(色などを含めて書くこと)

2. 1の結果から銅板付近の水素イオン H^+ の濃度はどのように変化したと考えられるか。定型文を参考にして考察せよ。

→ 定型文
考察：理由を含めて書く。例「～(結果)から、…は…(結論)と考えられる。
その理由は、…(根拠)だからである。」

3. 1と2から、酸化された物質と還元された物質を考えよ。

酸化された物質	
還元された物質	

4. 導線中を電子はどの向きに流れたか。また、鉄板と銅板は正極・負極のどちらか。

電子は	から	へ流れた	正極:	負極:
-----	----	------	-----	-----

金属のイオン化傾向とボルタ型電池

目的 電解質溶液に2種類の金属板を浸し導線で結ぶとボルタ型の電池ができる。
電解質溶液に適切な試薬を加えたときの、両極での反応を考える。

準備 器具：ペトリ皿（小さめのもの）、みのむしクリップ付き導線（1本）、
紙やすり、蒸さじ2本
試薬：鉄板・銅板（各1枚）、塩化ナトリウム、フェノールフタレイン溶液、
ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム

実験概要：塩化ナトリウム水溶液に試薬と指示薬を少量加え、この水溶液に鉄板と銅板を浸して導線で結び、電極付近での変化を観察する。

操作

- (1) 純水約 10 ml をペトリ皿に入れ、塩化ナトリウム約 1 g を溶かす。
- (2) この水溶液にヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム約 0.02 g を加えて溶かした後、フェノールフタレイン溶液 1～2 滴を加える。
- (3) 鉄板と銅板を紙やすりで良く磨き、1/3 程度の位置で折曲げる。
- (4) ペトリ皿中の水溶液に鉄板と銅板が浸るようにして、鉄板と銅板をそれぞれ導線のクリップでペトリ皿とともにはさみ固定する。
- (5) 電極付近での変化を観察する。

【参考】

イオン	イオンの化合物とその色	イオンの性質
鉄(Ⅱ)イオン Fe^{2+}	$FeCl_2$ 淡緑色溶液 $Fe(OH)_2$ 緑白色沈殿	ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸イオンで、青色沈殿を生成する。
鉄(Ⅲ)イオン Fe^{3+}	$FeCl_3$ 黄褐色溶液 $Fe(OH)_3$ 赤褐色沈殿	ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸イオンで、黒褐色溶液になる。
銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+}	$CuCl_2$ 緑色溶液 $Cu(OH)_2$ 青白色沈殿	ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸イオンで、赤褐色沈殿を生成する。

フェノールフタレイン	酸性 (H^+ の濃度が大きい) 溶液と中性溶液で無色、 塩基性 (OH^- の濃度が大きい) 溶液で赤色を示す。
------------	--

結果と考察

1. 次の定型文を参考にして、実験結果を記せ。

定型文

結果：操作の要点を含めて過去形で書く。

例「～（操作）すると、…（結果）になった。」（色などを含めて書くこと）

溶液に鉄板と銅板を浸し導線で結んだら、鉄板付近では青色の沈殿が生成し、銅板付近の淡い黄色の溶液は赤色に変化した。

2. 1の結果から銅板付近の水素イオン H^+ の濃度はどのように変化したと考えられるか。定型文を参考にして考察せよ。

定型文

考察：理由を含めて書く。例「～（結果）から、…は…（結論）と考えられる。
その理由は、～（根拠）だからである。」

銅板付近の溶液が赤く変化したことから、銅板付近の水素イオン濃度は減少したと
考えた。その理由は、フェノールフタレインが赤くなったことが塩基性を示してい
るからである。

3. 1と2から、酸化された物質と還元された物質を考えよ。

酸化された物質	鉄
還元された物質	水(H^+)

4. 導線中を電子はどの向きに流れたか。また、鉄板と銅板は正極・負極のどちらか。

電子は 鉄板 から 銅板 へ流れた 正極： 銅板 負極： 鉄板

電気分解(電解)

目的 いろいろな水溶液の電気分解を行い、陽極と陰極で起こる変化を考える。

準備 器具：電解装置(コードと電池)、パレット、蒸留水、リトマス紙、白金棒、30mlスライドびん

試薬：0.1mol/l水酸化ナトリウム水溶液、0.1mol/l硫酸、
0.1mol/l塩化銅(Ⅱ)水溶液、0.1mol/l硫酸銅(Ⅱ)水溶液、
ムラサキキャベツ液

実験の概要：白金電極を用いて、リトマス紙上で水の電気分解を行った後、ムラサキキャベツ液を電気分解する。さらに、4種類の水溶液についても電気分解を行い、陽極と陰極で起こる変化を観察する。

操作

- (1) 赤と青のリトマス紙各1枚をパレットに置き、それぞれの上に水を1滴ずつ滴下してリトマス紙をしめらせてから、それぞれのリトマス紙上で水の電気分解を行い、結果を記入する。
その際、2本の電極の間隔はおよそ5mmとし、赤いリード線は電池の正極(+極)、黒いリード線は電池の負極(-極)につなぐ。
- (2) パレットにムラサキキャベツ液を数滴滴下して、(1)と同じように電解を行い、溶液の色の变化、気体の発生の有無、臭いの有無などについて観察結果を記入する。
- (3) 水酸化ナトリウム水溶液、硫酸、塩化銅(Ⅱ)水溶液、硫酸銅(Ⅱ)水溶液の4種類の溶液をパレット上に別々に滴下して、それぞれの電気分解を行い、溶液の色の变化、固体の析出の有無や色、気体の発生の有無、臭いの有無などについて観察結果を記入する。

【参考】

- ◇ 電気分解は、陽極では物質が他へ電子を与える変化が起こり、陰極では物質が他から電子を受け取る変化が起こる。
- ◇ 「結果と考察」2と4の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
…(結果)になった。」
考察：理由を含めて書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1. 操作(1)の観察結果を記入し、電極付近の溶液の性質を下に記せ。

結果	青色リトマス紙	赤色リトマス紙
陽極 (赤いリード線)		
陰極 (黒いリード線)		

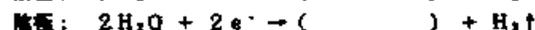
電極付近の液性は、陽極：()性、陰極：()性

2. 操作(2)の観察結果を定型文を参考にして記述せよ。

陽極：

陰極：

3. 操作(2)で電解する物質が水であるとすれば、各電極での反応式は次のように表すことができる。()内に適切なイオン式と係数を入れよ。



4. 操作(3)の観察結果を記入せよ。

水溶液	陽極(赤いリード線)	陰極(黒いリード線)
水酸化ナトリウム		
硫酸		
塩化銅		
硫酸銅		

5. 操作(3)の中で塩化銅(Ⅱ)水溶液を電解したときに陽極で生成した物質を推定し、定型文を参考にして記述せよ。

考察：

電気分解(電解)

目的 いろいろな水溶液の電気分解を行い、陽極と陰極で起こる変化を考える。

準備 器具：電解装置(コードと電池)、パレット、蒸留水、リトマス紙、白金線、30mlスポイトびん
 試薬：0.1mol/l水酸化ナトリウム水溶液、0.1mol/l硫酸、0.1mol/l塩化銅(Ⅱ)水溶液、0.1 mol/l硫酸銅(Ⅱ)水溶液、ムラサキキャベツ液

実験の概要：白金電極を用いて、リトマス紙上で水の電気分解を行った後、ムラサキキャベツ液を電気分解する。さらに、4種類の水溶液についても電気分解を行い、陽極と陰極で起こる変化を観察する。

操作

(1) 赤と青のリトマス紙各1枚をパレットに置き、それぞれの上に水を1滴ずつ滴下してリトマス紙をしめらせてから、それぞれのリトマス紙上で水の電気分解を行い、結果を記入する。

その際、2本の電極の間隔はおよそ5mmとし、赤いリード線は電池の正極(+極)、黒いリード線は電池の負極(-極)につなぐ。

(2) パレットにムラサキキャベツ液を数滴滴下して、(1)と同じように電解を行い、溶液の色の変化、気体の発生の有無、臭いの有無などについて観察結果を記入する。

(3) 水酸化ナトリウム水溶液、硫酸、塩化銅(Ⅱ)水溶液、硫酸銅(Ⅱ)水溶液の4種類の溶液をパレット上に別々に滴下して、それぞれの電気分解を行い、溶液の色の変化、固体の析出の有無や色、気体の発生の有無、臭いの有無などについて観察結果を記入する。

【参考】

◇ 電気分解は、陽極では物質が他へ電子を与える変化が起こり、陰極では物質が他から電子を受け取る変化が起こる。

◇ 「結果と考察」2と4の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
 …(結果)になった。」
 考察：理由を含めて書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
 その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1. 操作(1)の観察結果を記入し、電極付近の溶液の性質を下に記せ。

結果	青色リトマス紙	赤色リトマス紙
陽極 (赤いリード線)	電極付近が赤くなった。	変化は見られなかった。
陰極 (黒いリード線)	変化は見られなかった。	電極付近が青くなった。

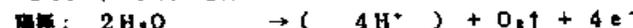
電極付近の液性は、陽極：(酸)性、陰極：(塩基)性

2. 操作(2)の観察結果を定型文を参考にして記述せよ。

陽極：ムラサキキャベツ液を電解したら、
 気体が発生し、溶液の色が赤色に変化した。

陰極：ムラサキキャベツ液を電解したら、
 気体が発生し、溶液の色が黄緑色に変化した。

3. 操作(2)で電解する物質が水であるとすれば、各電極での反応式は次のように表すことができる。()内に適切なイオン式と係数を入れよ。



4. 操作(3)の観察結果を記入せよ。

水溶液	陽極(赤いリード線)	陰極(黒いリード線)
水酸化ナトリウム	(無臭の)気体が発生	(無臭の)気体が発生
硫酸	(無臭の)気体が発生	(無臭の)気体が発生
塩化銅	刺激臭をもつ気体が発生	固体が析出
硫酸銅	(無臭の)気体が発生	固体が析出

5. 操作(3)の中で塩化銅(Ⅱ)水溶液を電解したときに陽極で生成した物質を推定し、定型文を参考にして記述せよ。

考察：陽極で発生した気体が刺激臭をもっていたことから、陽極で生成した物質は素Cl₂であると考えた。

その理由は、塩化物水溶液中の陰イオンはOH⁻とCl⁻であり、刺激臭のする気体は塩素しか発生し得ないからである。(または、塩化物水溶液では陽極から塩素が発生するからである。)

鉄イオンの検出

目的 鉄イオンには酸化数の異なるものが存在することを確認し、塩水中での鉄くぎの酸化について調べる。

準備 器具 各人：パレット、鉄くぎ 2本、各試験用スポイト 2本ずつ（計14本）
 試薬 各班：1mol/l 硫酸鉄(II)水溶液、1mol/l 塩化鉄(III)水溶液、1mol/l 硫酸、
 0.1mol/l 過酸化水素水(3%)、0.01mol/l 塩化ナトリウム水溶液、
 0.001mol/l ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液、
 0.001mol/l チオシアン酸カリウム水溶液

実験の概要：パレット上で、 Fe^{2+} と Fe^{3+} の色と過酸化水素を加えたときの色の変化を観察する。さらに、それらのイオンとヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムやチオシアン酸カリウムとの呈色反応を観察し、塩水中での鉄くぎの反応を考える。

操作

- (1) 硫酸鉄(II)水溶液と塩化鉄(III)水溶液をそれぞれ別々にスポイトで3滴ずつパレットにとり、水溶液の色を観察する。
- (2) それぞれの溶液に希硫酸を1滴ずつ加えた後、過酸化水素水を1滴ずつ加えてよく振り、水溶液の色の変化を観察する。
- (3) 硫酸鉄(II)水溶液を3滴ずつパレットの2か所にとり、一方にはヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液、もう一方にはチオシアン酸カリウム水溶液を加えて、溶液の色の変化を観察する。
- (4) 硫酸鉄(II)水溶液の代わりに塩化鉄(III)水溶液を用いて、(3)と同様の操作を行う。
- (5) パレットに塩化ナトリウム水溶液を1mlとり、検出試薬としてヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液を1滴加え、そこに鉄くぎを入れて観察する。
- (6) 検出試薬としてチオシアン酸カリウム水溶液を用いて、(5)と同様の操作を行う。

【参考】

- ◇ 操作(2)で過酸化水素水は酸化剤として働く。酸化剤とは、電子を放出しやすい物質から電子をえる物質のことである。
 例えば、 Cu^+ イオンは酸化剤と反応すると電子を放出して Cu^{2+} イオンに変化する。
 イオン反応式： $Cu^+ \rightarrow Cu^{2+} + e^-$
- ◇ 「結果と考察」4の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～（操作）したら、
 …（結果）になった。」
 考察：理由を含めて書く。例「上記の結果から、…（結論）と考えた。
 その理由は、…（根拠）だからである。」

鉄イオンの検出（検出用）

年 級 番 氏 名 _____

結果と考察

- 1 操作(1)で観察した水溶液の色と、含まれる鉄イオンの化学式とを記入せよ。

	水溶液の色	含まれる鉄イオン
硫酸鉄(II)		
塩化鉄(III)		

- 2 操作(2)の結果を下の表に記せ。また、その結果から変化したと考えられるイオンの反応を、【参考】の例に示したような e^- を含むイオン反応式で表しなさい。

	過酸化水素水を加えたときの色の変化
硫酸鉄(II)	
塩化鉄(III)	

イオン反応式

- 3 操作(3)、(4)での色の変化を表に書き入れよ。

	ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム	チオシアン酸カリウム
Fe^{2+}		
Fe^{3+}		

- 4 操作(5)、(6)の結果、および、鉄くぎの表面で生じるイオンについての考察を【参考】の定型文を使って記述しなさい。

結果

考察

鉄イオンの検出

目的 鉄イオンには酸化数の異なるものが存在することを確認し、塩水中での鉄くぎの変化について調べる。

準備 器具 各人：パレット、鉄くぎ 2本、各試薬用スポイト 2本ずつ（計14本）
 試薬 各班：1mol/l 硫酸鉄(II)水溶液、1mol/l 塩化鉄(III)水溶液、1mol/l 硫酸、
 0.1mol/l過酸化水素水(3%)、0.01mol/l 塩化ナトリウム水溶液、
 0.001mol/l ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液、
 0.001mol/l テオシアン酸カリウム水溶液

実験の概要：パレット上で、 Fe^{2+} と Fe^{3+} の色と過酸化水素を加えたときの色の变化を観察する。さらに、それらのイオンとヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムやテオシアン酸カリウムとの呈色反応を観察し、塩水中での鉄くぎの反応を考える。

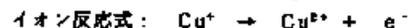
操作

- (1) 硫酸鉄(II)水溶液と塩化鉄(III)水溶液をそれぞれ別々にスポイトで3滴ずつパレットにとり、水溶液の色を観察する。
- (2) それぞれの溶液に稀硫酸を1滴ずつ加えた後、過酸化水素水を1滴ずつ加えてよく振り、水溶液の色の变化を観察する。
- (3) 硫酸鉄(II)水溶液を3滴ずつパレットの2か所にとり、一方にはヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液、もう一方にはテオシアン酸カリウム水溶液を加えて、溶液の色の变化を観察する。
- (4) 硫酸鉄(II)水溶液の代わりに塩化鉄(III)水溶液を用いて、(3)と同様の操作を行う。
- (5) パレットに塩化ナトリウム水溶液を1mlとり、検出試薬としてヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液を1滴加え、そこに鉄くぎを入れて観察する。
- (6) 検出試薬としてテオシアン酸カリウム水溶液を用いて、(5)と同様の操作を行う。

【参考】

◇ 操作(2)で過酸化水素水は酸化剤として働く。酸化剤とは、電子を放出しやすい物質から電子をえる物質のことである。

例えば、 Cu^+ イオンは酸化剤と反応すると電子を放出して Cu^{2+} イオンに変化する。



◇ 「結果と考察」4の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
 …(結果)になった。」

考察：理由を含めて書く。例「上記の結果から、…(結論)と考えた。
 その理由は、…(根拠)だからである。」

鉄イオンの検出(復習用)

年 組 番 氏名 _____

結果と考察

1 操作(1)で観察した水溶液の色と、含まれる鉄イオンの化学式とを記入せよ。

	水溶液の色	含まれる鉄イオン
硫酸鉄(II)	淡緑色	Fe^{2+}
塩化鉄(III)	黄褐色	Fe^{3+}

2 操作(2)の結果を下の表に記せ。また、その結果から変化したと考えられるイオンの反応を、【参考】の例に示したような e^- を含むイオン反応式で表しなさい。

	過酸化水素水を加えたときの色の变化
硫酸鉄(II)	淡緑色から黄色に変化した
塩化鉄(III)	黄褐色のまま変化しなかった



3 操作(3)、(4)での色の变化を表に書き入れよ。

	ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム	テオシアン酸カリウム
Fe^{2+}	青色	変化なし
Fe^{3+}	黄褐色	濃褐色

4 操作(5)、(6)の結果、および、鉄くぎの表面で生じるイオンについての考察を【参考】の定型文を使って記述しなさい。

結果 ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムを加えた塩化ナトリウム水溶液に鉄くぎを入れたら、鉄くぎの回りが青くなった。一方、テオシアン酸カリウムを用いて同じ操作を行ったら、変化は見られなかった。

考察 上記の結果から、くぎの表面では Fe^{2+} が生じ、(Fe^{3+} は生じなかつた)と考えた。

その理由は、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムが青色に呈色したとき Fe^{2+} の存在を示し、テオシアン酸カリウムが濃褐色に呈色したとき Fe^{3+} の存在を示す試薬だからである。

水溶液の判別

目的 未知の水溶液の性質を調べ、その性質をもとに水溶液名を判別する。

準備 器具 各名：パレット

各皿：スポイト8本 (各溶液2本ずつ)

試薬 各名：未知試料：A, B, C, D

(1.0mol/l 塩酸, 0.5mol/l 硫酸, 0.5mol/l 炭酸ナトリウム水溶液,
0.1mol/l 塩化バリウム水溶液のいずれか)

実験の概要：水溶液名が表示されていない4種類の水溶液A, B, C, Dを2種類ずつ
混合して反応のようすを観察し、どの水溶液であるかを推定する。

操作

- (1) 水溶液Aをスポイトでとり、5～6滴パレットの溝に入れる。次に水溶液Bをスポイトでとり、パレットの水溶液Aに5～6滴スポイトで加え、変化(気体発生や沈殿生成の有無、色の変化)を観察する。結果と考察の1と2を記入する。
- (2) 他の水溶液についても2種類ずつ組み合わせ、操作(1)と同様の操作をする。

【参考】

◇ 「結果と考察」2と4の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、

…(結果)になった。」

考察：理由を含めて書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。

その理由は…(根拠)だからである。」

◇ 塩酸・硫酸・炭酸ナトリウム・塩化バリウムのうち2種類ずつを混ぜあわせたとき、
化学反応式は次のようになる。()に適切な化学式を入れ、それらの物質が気体
として発生するときには上矢印、沈殿として生じるときには下矢印をつけなさい。

組み合わせ	化学反応式
HCl と H ₂ SO ₄	反応せず
HCl と Na ₂ CO ₃	2HCl + Na ₂ CO ₃ → 2NaCl + H ₂ O + (CO ₂)
HCl と BaCl ₂	反応せず
H ₂ SO ₄ と Na ₂ CO ₃	H ₂ SO ₄ + Na ₂ CO ₃ → Na ₂ SO ₄ + H ₂ O + (CO ₂)
H ₂ SO ₄ と BaCl ₂	H ₂ SO ₄ + BaCl ₂ → (BaSO ₄) + 2HCl
Na ₂ CO ₃ と BaCl ₂	Na ₂ CO ₃ + BaCl ₂ → (BaCO ₃) + 2NaCl

結果と考察

1 操作(1)と(2)の結果を簡潔に記入せよ。

	水溶液A	水溶液B	水溶液C	水溶液D
水溶液A	—			
水溶液B		—		
水溶液C			—	
水溶液D				—

2 操作(1)の水溶液Aに水溶液Bを加えた観察結果を、定型文の結果の書き方を参考に、
以下に記述せよ。

結果：

3 水溶液A～Dはどの物質の水溶液と考えたか。物質名で記入せよ。

A	B	C	D

4 炭酸ナトリウム水溶液はA～Dのどれであると考えたか。定型文の考察の書き方を参
考に、以下に説明せよ。

考察：

水溶液の判別

目的 未知の水溶液の性質を調べ、その性質をもとに水溶液名を判別する。

準備 器具 各自：パレット

各班：スポイト8本 (各溶液2本ずつ)

試薬 各班：未知試料：A, B, C, D

(1.0mol/l 塩酸, 0.5mol/l 硫酸, 0.5mol/l 炭酸ナトリウム水溶液,
0.1mol/l 塩化バリウム水溶液のいずれか)

実験の概要：水溶液名が表示されていない4種類の水溶液A, B, C, Dを2種類ずつ
混合して反応のようすを観察し、どの水溶液であるかを推定する。

操作

- (1) 水溶液Aをスポイトでとり、5～6滴パレットの溝に入れる。次に水溶液Bをスポイトでとり、パレットの水溶液Aに5～6滴スポイトで加え、変化(気体発生や沈殿生成の有無、色の変化)を観察する。結果と考察の1と2を記入する。
- (2) 他の水溶液についても2種類ずつ組み合わせ、操作(1)と同様の操作をする。

【参考】

◇ 「結果と考察」2と4の記述は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
…(結果)になった。」

考察：理由を含めて書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
その理由は…(観測)だからである。」

◇ 塩酸・硫酸・炭酸ナトリウム・塩化バリウムのうち2種類ずつを混ぜあわせたとき、
化学反応式は次のようになる。()に適切な化学式を入れ、それらの物質が気体
として発生するときには上矢印、沈殿として生じるときには下矢印をつけなさい。

組み合わせ	化学反応式
HCl と H ₂ SO ₄	反応せず
HCl と Na ₂ CO ₃	2HCl + Na ₂ CO ₃ → 2NaCl + H ₂ O + (CO ₂)
HCl と BaCl ₂	反応せず
H ₂ SO ₄ と Na ₂ CO ₃	H ₂ SO ₄ + Na ₂ CO ₃ → Na ₂ SO ₄ + H ₂ O + (CO ₂)
H ₂ SO ₄ と BaCl ₂	H ₂ SO ₄ + BaCl ₂ → (BaSO ₄) + 2HCl
Na ₂ CO ₃ と BaCl ₂	Na ₂ CO ₃ + BaCl ₂ → (BaCO ₃) + 2NaCl

結果と考察

1 操作(1)と(2)の結果を簡潔に記入せよ。

	水溶液A	水溶液B	水溶液C	水溶液D
水溶液A	—	気体発生	白色沈殿	変化なし
水溶液B	気体発生	—	白色沈殿	気体発生
水溶液C	白色沈殿	白色沈殿	—	変化なし
水溶液D	変化なし	気体発生	変化なし	—

2 操作(1)の水溶液Aに水溶液Bを加えた観察結果を、定型文の結果の書き方を参考に、
以下に記述せよ。

結果：

パレット上の水溶液A(5滴)に水溶液B(5滴)を加えたら、気体が発生した。

3 水溶液A～Dはどの物質の水溶液と考えたか。物質名で記入せよ。

A	B	C	D
硫酸	炭酸ナトリウム	塩化バリウム	塩酸

4 炭酸ナトリウム水溶液はA～Dのどれであると考えたか。定型文の考察の書き方を参
考に、以下に説明せよ。

考察：

実験結果から、炭酸ナトリウム水溶液はBと考えた。

その理由は、左の表からもわかるように、炭酸ナトリウム水溶液は塩酸と硫酸の2
種類の水溶液と反応して気体を発生し、塩化バリウム水溶液と反応して白色沈殿を生
じる物質だからである。

成分元素の検出（炎色反応）

教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 炎色反応を利用して、物質の中に含まれている元素を検出する。

2. 準備

- (1) 2人から4人を1班とし、次の器具・試薬を各班に配る。

試薬：塩化銅(Ⅱ)水溶液、 塩化リチウム水溶液、
塩化ナトリウム水溶液、 塩化カリウム水溶液、
塩化カルシウム水溶液、 塩化バリウム水溶液

◎上記の各水溶液の濃度はおよそ1 mol/lとする。

未知試料AからEの記号を記載した水溶液（(2)参照）、
6 mol/lの塩酸

器具：白金線付き棒、 ガスバーナー、 マッチ

- (2) 未知試料として、次の水溶液を作り、容器ラベルAからEを表示する。これらの試薬の濃度はおよそ1 mol/lとし、準備に示した試薬と同じものを使う。

未知試料A : 塩化リチウム水溶液
未知試料B : 塩化カルシウム水溶液
未知試料C : 塩化カリウム水溶液
未知試料D : 塩化バリウム水溶液
未知試料E : 塩化ナトリウム水溶液

3. 留意点

- (1) 炎色反応に用いる塩としては塩化物が適しているが、他の塩（硝酸塩など溶解度の大きな試薬がよい）でも実験ができる。ただし、硝酸銅(Ⅱ)水溶液を用いると銅の酸化物ができてしまい、濃塩酸で何度も洗わないと白金線から取り除くことができない。また、濃度によっては炎色の弱いもの（カリウムやバリウム）もあるので、あらかじめ予備実験をして確かめておくとよい。
- (2) 炎色反応を行う場合に、白金線の先の方から徐々にバーナーの炎の中に入れていくと、長い時間炎の色を観察することができる。
- (3) 操作(1)から(4)の銅の炎色反応は、教師が操作の説明も兼ねて行ってもよい。
- (4) 未知試料の水溶液の種類や試薬数は、班毎に変えてもよい。

4. 発展実験

- (1) 直視分光器をつかって塩化ナトリウム水溶液の炎色反応を観察し、黄色がナトリウム元素の輝線に基づくものであることを観察し確認する。
- (2) 塩化物だけでなく、いろいろな陰イオンを含む塩について炎色反応を観察する。

化学反応における量的関係
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成しようとするものである。
- (2) 塩酸とマグネシウムを反応させると水素が発生する。塩酸の量を一定にしたときに反応するマグネシウムの物質質量と水素の発生量について調べる。

2. 準備

- (1) 個人実験または二人一組で行うものとし、次のものを配る。
各自： 50 ml 用注射器, 2 ml 用注射器 (または 2.5 ml 用),
ビニル管 ($\phi 4 \times 18$ mm), マグネシウムリボン (15 cm).
各班： 2 mol/l 塩酸, ものさし, はさみ.
- (2) 2 mol/l 塩酸は、試薬びん または 100 ml ビーカーに約 50 ml 入れたものを用意する。
- (3) マグネシウムリボンは、班ごとに 40 cm (4 人班の場合) ずつ配布するとよい。

3. 留意点

- (1) 注射器から塩酸が飛び出さないよう操作には注意させる。
- (2) 注射器にマグネシウムを入れるときは、ピストンのゴムで挟まないように小さく切って入れるか、しっかりと折り畳んで入れる。
- (3) 塩酸とマグネシウムを反応させる際は、大きい注射器のピストンのゴムが反応熱で傷まないように、ゴムの部分が上 (水素が貯っている側) にくるようにする。
- (4) 反応時には、ビニル管が外れないよう大小 2 本の注射器をしっかりと持つ。
- (5) マグネシウム 1.0 cm あたりの物質質量は、ある適当な長さ (たとえば 40 cm) のマグネシウムの物質質量をはかり、それから求めた物質質量を示すとよい。
- (6) 小型の注射管に塩酸を吸い込む際は、注射管の先にあった空気が注射管の中に残っていてよい。このようなことも適宜考えさせるとよい。
- (7) 注射管のピストンは抵抗があるので、大型の注射管の目盛りを決めて、小型の注射管のピストンを何度か動かして値を読むとよい。なお、水素の体積はピストンで読んだ値から 2.0 ml (塩酸の体積) を引いた数値である。
- (8) 反応時間は 1 ~ 5 分程度である。反応によって熱が発生するので、反応後は水で冷やすとよい。
- (9) 水素の物質質量は、常温(18℃)常圧での値で代表させた。

4. 発展実験例

- (1) アルミ箔と 6 mol/l 塩酸を用いて、同様の実験を行う。ただし、反応が激しいので注意が必要である。

気体の分子量

教師用手引き

1 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 二酸化炭素と未知の気体の質量をそれぞれ求め、二酸化炭素の分子量から未知の気体の分子量を求める。

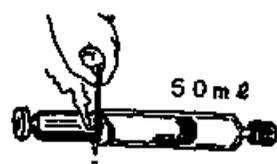


図 穴の開け方

2 準備

- (1) 次の器具、薬品を配布する。
各自：注射器 (50 ml) 1本、くぎ (4cm) 1本、ゴム栓1個
クラス：家庭用ブタンガスボンベ 3本、二酸化炭素実験用簡易ボンベ(純度95%) 3本、ポリエチレンチューブ 6本、電子天秤(最小目盛 1 mg)
- (2) 注射器のピストンの十字型部分には、鉄くぎをさし込むための穴を開けておく。ピストンを引いた状態で穴に鉄くぎを差し込んで、一定量の体積 (60 ml) を保つ。穴を開けるときには、上図のように注射器のピストンを最も引いた状態で、ピストン部分に、先端を熱した鉄くぎを差し込む。鉄くぎは軽く熱するだけでよい。
- (3) 注射器の先端を塞ぐゴム栓には、注射器の先端を差し込む穴を開けておく。

3 留意点

- (1) 実験は個人実験だが、注射器に鉄くぎを差し込むときは隣の生徒と助け合う。
- (2) 真空状態にした注射器の質量を計る際は、注射器のピストンをゆっくりと引くようにする。急速にピストンを引くと、隙間から空気が入り込むことがある。
- (3) ボンベから注射器に二酸化炭素、またはブタンを注入する際、注射器に急激に注入するとピストンが飛び出して危険である。少量ずつ注入すること、また、万一の場合のため、人に向けてないように指導しておく。
- (4) この実験は、簡便に分子量を求めることを意図し、生徒が分子量の求め方を理解することを中心においた実験である。実験用気体ボンベの純度が95%であることや真空状態での注射器容器の変形による影響が想定されるが、上記の理由により本実験では実験誤差の範囲として計算にはいれないこととした。

4 発展実験例

- (1) 気体の状態方程式を用いて、空気や二酸化炭素などの分子量を求める。
- (2) 気体1モルの体積を考えさせる。
- (3) ピストンを引いて注射器に空気を入れた場合、注射器のピストンを押し込んだ場合の質量を測定し、空気の浮力について考えさせる。

5 参考文献

盛口 襄 (1994) 『いきいき化学明日を拓く夢実験』 pp. 40-42, 新生出版

コロイド溶液
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくり、コロイド溶液の性質を理解させる。

2. 準備

- (1) 操作(1)は各班で、操作(2)以下は個人実験で行う。
一人ひとりには次のものを配る。
各自 バレット、リトマス紙(赤・青)、セロハン(5×5 cm程度のもの)、ろ紙(直径5 cm程度のもの)。
- (2) 各班には次のものを配る。溶液はスポイトビンや点眼ビンに入れておくと便利である。無い場合にはビーカーに入れて配る。また、塩化鉄(Ⅲ)水溶液は必要量を試験管に入れて配布するとよい。
スポイト 6本(各試薬ごとに1本)、
純水、 塩化鉄(Ⅲ)飽和水溶液、
0.1mol/l 硝酸銀(式量 169.9)水溶液、
0.1mol/l 塩化カルシウム(式量:無水物 111, 二水和物147)水溶液、
0.1mol/l 塩化ナトリウム(式量 36.5)水溶液、
0.1mol/l 硫酸ナトリウム(式量:無水物 142, 十水和物 322)水溶液
- (3) 教師用実験台の上に廃液回収用ビーカーとスポイトを用意しておき、塩化銀を回収させる。

3. 留意点

- (1) 市販のセロハンには透析できないものがあるので、透析用セロハンを購入する。
- (2) セロハンやろ紙を扱う際、ピンセットを用いるとよい。
- (3) 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドをつくる際、純水を沸騰させすぎると溶液の量が減ってしまうので、操作は速やかに行う。
- (4) 操作(3)で生成した塩化銀は、廃液回収用のスポイトで回収するよう指示する。

4. 発展実験

- (1) 時間が余った生徒には保護コロイドについての実験を用意する。

実験例；

水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液に1%ゼラチン溶液を加えてよく混ぜた後、硫酸ナトリウム水溶液をスポイトで1滴加え、変化を観察する。

- (2) コロイド溶液として、牛乳や泥水、インクなどを用いて実験する。泥水は負に帯電しているので凝析にはアルミニウムイオンを用いる。なお、インクには保護コロイドとしてにかわなどが加えられている。

反応熱とヘスの法則

教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 発生する熱量の簡便な測定方法を習得し、実験を通じて、ヘスの法則を学ぶ。

2. 準備

- (1) 2～4人の班で実験するものとし、各班に次の器具、試薬を配る。

器具：発砲ポリスチレンの容器 3個、 上皿天秤、 薬包紙、

温度計(1/10℃目盛り) 3本(1℃目盛りの場合は誤差が大きくなることを了解させた上で実験する)。

100 ml メスシリンダー 1本(毎回洗ってから使用する)。

試薬：水酸化ナトリウム(使用量 8.0 g)。

2 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液(使用量 50 ml)。

2 mol/l 塩酸(使用量 50 ml)。

1 mol/l 塩酸(使用量 100 ml)。

蒸留水(使用量 100 ml)。

- (2) 2 mol/l の塩酸は、濃塩酸を水で6倍の体積に薄めればよい。必要量よりやや多めに用意するとよい。
例えば、10班の場合、濃塩酸 100ml に 水 500ml を加える。
- (3) 他の溶液もあらかじめ十分な量をつくっておき、室温に保っておく。

3. 留意点

- (1) 発砲ポリスチレン容器に温度計を立てておくと転倒しやすいので注意する。
- (2) 水酸化ナトリウムを溶かす際には、溶液が目に入らないよう特に注意する。もし目に入った場合には直ちに流水で洗うが、コンタクトレンズではレンズの裏側に回りこみ洗浄が遅れることが多いので、使用している生徒には特に注意させる。
- (3) 攪拌は温度計で行ってよい。その際、発砲ポリスチレンの容器をさすなどして容器を破損することがあるので注意させる。
- (4) 実験者(生徒)に余裕があれば、操作(5)の結果と操作(4)の予想値を比べ、検討させてもよい。その場合、参考に記してある様に5%までの誤差であれば、同値とみなしてよいことを確認しておく。

4. 発展実験

- (1) どの溶液の比熱も 1 として、水酸化ナトリウム 1 mol が水に溶けたときの溶解熱(kJ/mol または kcal/mol)を求め、さらに、中和熱も求めて文献値と比較する。水酸化ナトリウムは潮解性があり、溶解熱の実験値は小さめになることが多い。

NaOH の溶解熱 … 44.5 kJ/mol 中和熱 … 56.5 kJ/mol

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色
教師用引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) ムラサキキャベツの色の変化を通して、酸塩基指示薬の存在を認識させる。
- (3) 酸塩基の濃度とpHの関係を調べ、酸塩基の強弱について考えさせる。

2. 準備

- (1) 個人実験で行うものとし、次のものを配る（実験器具は適宜変更して構わない）。
各自：パレット 1 枚、スポイト 2 本
各班：試薬①～④の入ったビーカーにスポイトを添えたもの。
①ムラサキキャベツ液 約 30 ml ②1 mol/l塩酸 HCl 約 10 ml
③1 mol/l水酸化ナトリウム水溶液 NaOH 約10 ml
④1 mol/lアンモニア水 NH₃ 約 10 ml
- (2) ムラサキキャベツ液は濃い方が観察しやすい。1/4 カットで市販されているムラサキキャベツの場合、外側の大きめの葉 5 枚を約 300ml の沸騰水で抽出する。一晩置くと沈殿を生じ、色調もやや変化するので、なるべく当日につくる。抽出に要する時間は、さます時間も含めて 1 ~ 2 時間（3 クラス分：約 1 リットルつくる場合）はみておいたほうがよい。当日に抽出することができない場合には、抽出液が熱いうちにビーカーにアルミホイルを被せ、放冷後冷蔵庫に入れると約 2 週間の保存が可能である。色調が変化してしまった場合には極少量の酸または塩基で色調を調整する。

3. 留意点

- (1) 紫キャベツの葉が入った抽出用ビーカーを教卓に置いておくと、生徒の興味を高めるのに役立つ。抽出後の葉は緑色であり光合成していることに触れるとおもしろい。
- (2) ムラサキキャベツの液の色は、濃度や気温などによって異なるので相対的なものとして考えさせる（色とpHの関係を暗記しても意味が無い）。
- (3) 操作(3)~(7)で、溶液をスポイトに吸い込んで出すという操作を繰り返し行うことを徹底させる（濃度の高い溶液が後で混入しないように）。
- (4) 隣の溶液が混ざった場合など、再実験したいものには可能な限り繰り返し行わせる。
- (5) 実験終了後、パレットとスポイトをよく洗わせる。色素が水でどうしても落ちない場合は、アルコールで洗浄するとよい。

4. 発展実験例

- (1) 希釈を続けてもpH 7 を越えて変化することがないことに気付かせる。
- (2) 万能指示薬やpHメーターを用いて、同様の実験を試みる。
- (3) ろ紙にムラサキキャベツ液を染み込ませたものを試験紙として利用し、身近なもののpHを計ってみる。

金属のイオン化傾向とボルタ型電池
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 電池の反応が酸化還元反応であることを理解させる。

2. 準備

- (1) 鉄板と銅板は 2 ~ 3 cm角に切ったものを用意する。
- (2) ベトリ皿の大きさにより、入れる水の量は適宜変更する。
- (3) 塩化ナトリウムとヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウムは、天秤で測らずに葉さじを使った目分量でもよい。また、はじめからそれぞれの水溶液を与えてもよい。
- (4) 各テーブルに次の試薬と器具を配る。
塩化ナトリウム、
ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム、
フェノールフタレイン溶液、
葉さじ 2 本。
- (5) 個人実験または 2 ~ 4 人の班で行うので、班の数に応じて次のものを配る。
ベトリ皿 (小さめのもの)、
みのむしクリップ付き導線 (1 本)、
紙やすり、
鉄板・銅板 (各 1 枚)。

3. 留意点

- (1) 鉄(Ⅱ)イオンの検出反応は未習ですので参考資料を活用させる。参考資料を読むだけでは理解できそうもない場合には、生徒の学力に応じてヒントとなる参考資料の説明を適宜加えていただく。
- (2) 鉄板と銅板は、紙やすりでよく磨いてから使う。

4. 発展実験

- (1) 電圧計につなぎ、起電力を測定する。
- (2) 鉄板を亜鉛板など様々な金属板に代え、塩化ナトリウム水溶液中で (1)の操作を行う。

電気分解（電解）

教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) いろいろな水溶液の電気分解を行い、陽極と陰極で起こる変化を考えさせる。

2. 準備

個人実験で行う（実験器具の関係でグループ実験としてもよい）。

- (1) 試薬は 30 ml スポイトびんに入れておくと便利である。無い場合には、ビーカーに入れ、スポイトを添えておく。
- (2) 次のものを配布する。

各自：パレット、白金線（太めの銅線にハンダ付けしたもの）2本（陽極・陰極用）、
電解用コード（リード線付き006Pスナップにワニグチクリップを付けたもの）、
電池（006Pの乾電池：9V）、リトマス試験紙。

各班：0.1 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液、0.1 mol/l 硫酸、
0.1 mol/l 塩化銅（II）水溶液、0.1 mol/l 硫酸銅（II）水溶液、
ムラサキキャベツ液（作り方については「酸・塩基とムラサキキャベツ液の色」
の教師の手引きを参照）、蒸留水。

3. 留意点

- (1) 電解する溶液の量は数滴ずつとする。
- (2) 電池は手で持ち、2本の電極は互いに接触しないように注意すること（図1）。
- (3) 電極の白金線は毎回ティッシュペーパーで軽くふき、パレットに入れた蒸留水ですすいでから使用する。
- (4) 色の薄れた青色リトマス紙は、電解によって、さらに青色になることがある。
- (5) ムラサキキャベツのかわりに他の酸・塩基指示薬を用いてもよい。

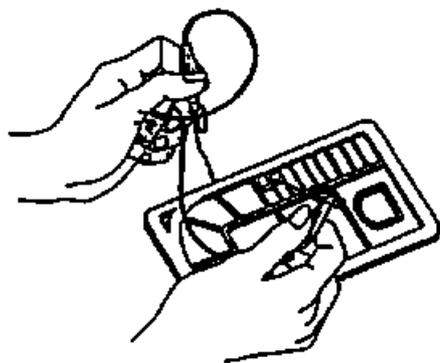


図1 電池と電極の持ち方

5. 発展実験例

- (1) 塩化ナトリウム水溶液、硝酸銀水溶液についても電解を行い結果を比較する。
- (2) 電極を銅線、シャープペンシルの芯、クリップに替えて電解を行い結果を比較する。

6. 参考文献：

蕭次融他（1988）「実験を通して探求学習する化学教材の開発」日本科学教育学会年会論文集，12，PP. 277-280.

鉄イオンの検出 教師用引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 鉄イオンには酸化数の異なるイオンが存在することを確認させ、それぞれの性質を調べさせる。無機化学の教材としてだけではなく酸化・還元教材としても使える。

2. 準備

パレットを用いた個人実験とする。

- (1) 各自 パレット、鉄くぎ2本(事前に亜鉛皮膜を紙やすりで除去しておく)
- (2) 各班 各試薬用スポイト 2本ずつ(14本)
1 mol/l硫酸鉄(II)水溶液, 1 mol/l塩化鉄(III)水溶液, 1 mol/l硫酸,
0.1 mol/l過酸化水素水(3%), 10^{-2} mol/l塩化ナトリウム水溶液(1%),
 10^{-2} mol/lヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液(0.1%),
 10^{-2} mol/lチオシアン酸カリウム水溶液(0.1%)

3. 留意点

- (1) 硫酸鉄(II)はその保管中に空気中の酸素や水中の溶存酸素により酸化される。そのため、水溶液調製は実験直前に行うほうがよい。また、その際に次の操作を行う。
1 mol/lの硫酸に磨いた鉄くぎを入れ水素を発生させる。これに必要な量の硫酸鉄(II)を加えて溶かし、 Fe^{3+} を還元する。水素を充分発生させる必要があり、反応が遅い場合は加熱するが、水素が発生しているので十分注意する。
必要であればアンモニア水で中和できるが、本実験では、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム、チオシアン酸カリウムが硫酸酸性であっても反応に影響はない。
- (2) チオシアン酸カリウムは、 Fe^{3+} と鋭敏に反応する。上記(1)の調製で Fe^{3+} を極力減少させたり、チオシアン酸カリウムの濃度を薄くして、 Fe^{3+} との反応が起きにくいようにした。そのため、チオシアン酸カリウムと Fe^{2+} との反応は、血赤色にならず濃褐色を呈する。また、操作(6)の結果がわずかに赤みがることもある。
同様に、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムも濃度を薄くしたため、 Fe^{3+} との反応で、濃青色でなく、青色を呈する。
- (3) 生徒への[参考]として、さびのメカニズムを紹介してもよい。
鉄さびの発生のメカニズムの概略は次のとおりである。まず、くぎの中央部で、電子を放出する酸化反応 $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$ が起こる。周辺部では中央部から移動した電子により還元反応 $1/2O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$ が起こる。この二つの反応が起こる境界部では生成したそれぞれのイオンにより水酸化鉄(II)ができる。 $Fe^{2+} + 2OH^{-} \rightarrow Fe(OH)_2$ 。この水酸化鉄がさらに酸化され、鉄さびとなる。

4. 発展実験例

- (1) 指示薬としてフェノールフタレンを用いて操作(5)と同様の実験を行い、鉄くぎの表面で起きる酸化還元反応を考える。
- (2) 操作(5)、(6)の鉄くぎを塩化ナトリウム水溶液中に長時間放置し、変化を調べる。

[参考文献] 日本化学会訳編(1990)『身近な化学実験Ⅱ』pp. 254-257, 丸善。

水溶液の判別 教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることから、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) ナトリウム塩とバリウム塩の性質の違いを利用して、未知試料を判別させる。

2. 準備

個人実験で行うものとし、次のものを配る。

各自：パレット

各班：下記の水溶液をビーカーに入れ、それぞれにスポイト2本ずつ計8本添える。

未知試料 A … 0.5mol/l 硫酸

未知試料 B … 0.5mol/l 炭酸ナトリウム水溶液

未知試料 C … 0.1mol/l 塩化バリウム水溶液

未知試料 D … 1.0mol/l 塩酸

3. 留意点

- (1) 水溶液の試薬一つにつきスポイト二つをそれぞれ用意する。スポイトを混用するとビーカーの中で反応する場合があるので、注意する。

これらを防ぐ方法の一つとして、ビニルテープをビーカーとスポイトに巻いてビニルテープの色やAからDの記号を記載することで区別できるようにする方法がある。

- (2) A～Dの水溶液は班ごとにかえて実験を実施することができる。しかし、準備に示した通りにA～Dを決めれば、生徒の回答の正誤を調べるとき容易である。
- (3) 実験器具のパレットの区画三つくらいに、油性の黒マジックで色をつけておくと白色沈殿や気体の泡を観察しやすくなる。
このことは他の実験にも共通するので、あらかじめ黒い箇所を作っておくとよい。
- (4) 実験器具のパレットを製氷皿や試験管に、スポイトを注射器や駒込ピペットに替えて、実験を実施することもできる。

4. 発展実験例

判別した水溶液をさらに確認するための方法を考えさせ、実験させる。予想される方法を次に示した。

塩酸を確認する方法：マグネシウムリボンによる水素の発生、青色リトマス紙の赤変、硝酸銀による白色沈殿、石灰石による二酸化炭素の発生。

硫酸を確認する方法：マグネシウムリボンによる水素の発生、青色リトマス紙の赤変、石灰水による白色沈殿。

炭酸ナトリウムを確認する方法：黄色の炎色反応、石灰水による白色沈殿、フェノールフタレインの赤変、赤色リトマス紙の青変。

塩化バリウムを確認：黄緑色の炎色反応、硝酸銀による白色沈殿。

第4章 中学校理科2年用実験教材

1. 実験プリント教材

- (1) 消化液のはたらき・・・・・・・・・・・・・・・・134
- (2) 化学変化の前後の質量（質量保存の法則）・・・・136
- (3) 化合に関係する物質の質量の関係・・・・・・・・138
- (4) 電熱線にかかる電圧と電流の関係・・・・・・・・140
- (5) 磁石とコイルと電流の関係・・・・・・・・・・・・142

2. 教師用手引き

- (1) 消化液のはたらき・・・・・・・・・・・・・・・・144
- (2) 化学変化の前後の質量（質量保存の法則）・・・・145
- (3) 化合に関係する物質の質量の関係・・・・・・・・146
- (4) 電熱線にかかる電圧と電流の関係・・・・・・・・147
- (5) 磁石とコイルと電流の関係・・・・・・・・・・・・148

消化液のはたらき

消化液のはたらき (調出用)

年 組 番 氏名

目的 栄養分は消化液のはたらきでどのように変化するか。また、消化液のよきはたらき条件を調べる。

準備 器具：試験管4本、試験管ばさみ、試験管たて、ピーカー、スポイト、脱脂綿、加熱器具
試薬：デンプンのり、ヨウ素液、ベネジクト液

実験の概要： デンプンに、だ液を加えた場合と加えない場合の違いを、ヨウ素液とベネジクト液を使って調べる。

操作

- (1) デンプンのりを約6~8cm³ずつ2本の試験管にとり、35~40℃の湯に5分以上つけておく。
- (2) 口をすすいだ後、脱脂綿を口にくんで、だ液をしみこませる。
- (3) 脱脂綿をしばらく、(1)の1本の試験管に4~5滴加える。振り混ぜた後、2本の試験管に分ける。
- (4) (1)の他の1本の試験管には、スポイトを使ってだ液の代わりに水で(3)と同じ操作をする。
- (5) (3)と(4)でまた液を入れた試験管それぞれ1本ずつに、ヨウ素液を2~3滴加え、色の変化を調べる。
- (6) 残りの試験管1本ずつに、ベネジクト液を1cm³加えて加熱し、色の変化を調べる。

まとめ

- (1) 実験の結果を右の1, 2, 3に書きなさい。
- (2) 結果の考察を右の4, 5, 6に書きなさい。

【参考】

◇ 「結果と考察」3と6の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
…(結果)になった。」

考察：考えた理由も書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1 次の検出液は何と反応し何色になるのか()に書き入れなさい。

ヨウ素液	()と反応し、()になる。
ベネジクト液	加熱すると()と反応し、()になる。

2 操作(5)と(6)での色の変化を右の表に書きなさい。ただし、検出液のもとの色のままなら、変化なしと書きなさい。

	ヨウ素液	ベネジクト液
だ液を入れたとき		
だ液を入れないとき		

3 操作(6)でだ液を入れたときの結果を、定型文を参考にして書きなさい。

暖めた()とだ液を入れた液にベネジクト液を加えて加熱したら、液の色は()に変化した。

4 検出液の色の変化から考えられることを書きなさい。

だ液を加えた場合、デンプンは()に変化した。
だ液を加えなかった場合、デンプンは()に()。

5 デンプンのりを暖めた35~40℃は、何の温度と対応すると考えられるか。()

6 実験結果から、だ液のはたらきについて考えられることをまとめ、定型文を参考にして書きなさい。

実験結果から、

消化液のはたらき

目的 栄養分は消化液のはたらきでどのように変化するのか。また、消化液のよきはたらき条件を調べる。

準備 器具：試験管4本、試験管ばさみ、試験管たて、ビーカー、スポイト、脱脂綿、加熱器具
試薬：デンプンのり、ヨウ素液、ベネジクト液

実験の概要： デンプンに、だ液を加えた場合と加えない場合の違いを、ヨウ素液とベネジクト液を使って調べる。

操作

- (1) デンプンのりを約6~8cm³ずつ2本の試験管にとり、35~40℃の湯に5分以上つけておく。
- (2) 口をすすいだ後、脱脂綿を口にふくんで、だ液をしみこませる。
- (3) 脱脂綿をしぼり、(1)の1本の試験管に4~5滴加える。振り混ぜた後、2本の試験管に分ける。
- (4) (1)の他の1本の試験管には、スポイトを使ってだ液の代わりに水で(3)と同じ操作をする。
- (5) (3)と(4)でできた液を入れた試験管それぞれ1本ずつに、ヨウ素液を2~3滴加え、色の変化を調べる。
- (6) 残りの試験管1本ずつに、ベネジクト液を1cm³加えて加熱し、色の変化を調べる。

まとめ

- (1) 実験の結果を右の1, 2, 3に書きなさい。
- (2) 結果の考察を右の4, 5, 6に書きなさい。

【参考】

◇ 「結果と考察」3と6の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
…(結果)になった。」
考察：考えた理由も書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

- 1 次の検出液は何と反応し何色になるのか()に書き入れなさい。

ヨウ素液	(デンプン)と反応し、(青紫色)になる。
ベネジクト液	加熱すると(糖)と反応し、(赤褐色)になる。

- 2 操作(5)と(6)での色の変化を右の表に書きなさい。ただし、検出液のものの色のままなら、変化なしと書きなさい。

	ヨウ素液	ベネジクト液
だ液を入れたとき	変化なし	赤褐色
だ液を入れないとき	青紫色	変化なし

- 3 操作(6)でだ液を入れたときの結果を、定型文を参考にして書きなさい。

暖めた(デンプンのり)とだ液を入れた液にベネジクト液を加えて加熱したら、液の色は(赤褐色)に変化した。

- 4 検出液の色の变化から考えられることを書きなさい。

だ液を加えた場合、デンプンは(糖)に変化した。
だ液を加えなかった場合、デンプンは(糖)に(変化しなかった)。

- 5 デンプンのりを温めた35~40℃は、何の温度と対応すると考えられるか。(ヒトの体温)

- 6 実験結果から、だ液のはたらきについて考えられることをまとめ、定型文を参考にして書きなさい。

実験結果から、
温度が35~40℃(体温)では、だ液のはたらきでデンプンが糖に変化したと考えた。その理由は、だ液を加えない液ではデンプンがそのままであったのに、だ液を加えた液ではデンプンがなくなって、糖ができていたからである。

化学変化の前後の質量（質量保存の法則）

目的 物質が化学変化を起こすとき、その変化の前と後で物質の質量は変わらないことを理解する。

準備 試薬：ヨウ化カリウム水溶液、酢酸鉛水溶液、うすい塩酸、石灰石

器具：プラスチックのコップ（3個）、プリンカップ（2個）、こまごめピペット、ふた付きプラスチックびん、小試験管、上皿てんびん、水（おもり用）

実験の概要：それぞれの実験で、2種類の物質をまぜあわせる前に全体の質量を測定し、まぜあわせて反応させた後でも全体の質量を測定して反応前後の質量を比べる。

操作

<沈殿のできる反応>

- ヨウ化カリウム水溶液をコップに入れ、酢酸鉛水溶液をプリンカップに入れる。
- これらを上皿てんびんの片方の皿にのせ、一方の皿には水を入れたコップをのせ、こまごめピペットで水を加減してつりあわせる。水のコップはそのまま換しておく。
- 酢酸鉛水溶液をヨウ化カリウム水溶液のコップに入れ、変化のようすを観察する。
- 変化が終わったら、再び全体を上皿てんびんにのせ、水のコップと比べて質量が変化したかどうかを確かめる。
- 実験の結果と考察を右に書く。

<気体の発生する反応1>

- うすい塩酸をプラスチックのコップに入れ、石灰石をプリンカップに入れる。
- (2)～(5)と同じ操作を行う。

<気体の発生する反応2>

- プラスチックびんにうすい塩酸が入った小試験管と石灰石を入れてふたを閉める。
- ふたをしたまま、(2)～(5)と同じ操作を行う。ただし、うすい塩酸と石灰石をまぜあわせるときは、びんを横にする。

【参考】

◇ 「結果と考察」3と5の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～（操作）したら、
 …（結果）になった。」
 考察：考えた理由も書く。例「～（結果）から、…（結論）と考えた。
 その理由は…（根拠）だからである。」

結果と考察

1 操作(1)～(5)の沈殿のできる反応の結果を書きなさい。

まぜあわせた ときの質量		全体の質量 の変化	
-----------------	--	--------------	--

2 1の結果のように、化学変化の前後の質量について、次のような法則が成り立つことが知られている。（ ）に適する語を書きなさい。

化学変化の前と後とで、物質全体の（ ）は（ ）。
 これを（ ）の法則という。

3 操作(6)～(7)の気体の発生する反応1の結果を、定型文を参考にし書きなさい。

4 操作(8)～(9)の気体の発生する反応2の結果を書きなさい。

まぜあわせた ときの質量		全体の質量 の変化	
-----------------	--	--------------	--

5 気体の発生する反応1と2を比較して、気体の発生する反応でも質量保存の法則が成り立つと思うか、定型文を参考にし書きなさい。

化学変化の前後の質量（質量保存の法則）

目的 物質が化学変化を起こすとき、その変化の前と後で物質の質量は変わらないことを理解する。

準備 試薬：ヨウ化カリウム水溶液、酢酸鉛水溶液、うすい塩酸、石灰石
器具：プラスチックのコップ（3個）、プリンカップ（2個）、こまごめピペット、ふた付きプラスチックびん、小試験管、上皿てんびん、水（おもり用）

実験の概要：それぞれの実験で、2種類の物質をまぜあわせる前に全体の質量を測定し、まぜあわせて反応させた後でも全体の質量を測定して反応前後の質量を比べる。

操作

<沈殿のできる反応>

- ヨウ化カリウム水溶液をコップに入れ、酢酸鉛水溶液をプリンカップに入れる。
- これらを上皿てんびんの片方の皿にのせ、一方の皿には水を入れたコップをのせ、こまごめピペットで水を加減してつりあわせる。水のコップはそのまま置いておく。
- 酢酸鉛水溶液をヨウ化カリウム水溶液のコップに入れ、変化のようすを観察する。
- 変化が終わったら、再び全体を上皿てんびんにのせ、水のコップと比べて質量が変化したかどうかを確かめる。
- 実験の結果と考察を右に書く。

<気体の発生する反応1>

- うすい塩酸をプラスチックのコップに入れ、石灰石をプリンカップに入れる。
- (2)~(5)と同じ操作を行う。

<気体の発生する反応2>

- プラスチックびんにうすい塩酸が入った小試験管と石灰石を入れてふたを閉める。
- ふたをしたまま、(2)~(5)と同じ操作を行う。ただし、うすい塩酸と石灰石をまぜあわせるときは、びんを横にする。

【参考】

◇ 「結果と考察」3と5の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～（操作）したら、
…（結果）になった。」
考察：考えた理由も書く。例「～（結果）から、…（結論）と考えた。
その理由は…（根拠）だからである。」

結果と考察

- 1 操作(1)~(5)の沈殿のできる反応の結果を書きなさい。

まぜあわせた ときの変化	黄色い沈殿が生じた。	全体の質量 の変化	変化しなかった。
-----------------	------------	--------------	----------

- 2 1の結果のように、化学変化の前後の質量について、次のような法則が成り立つことが知られている。（ ）に適する語を書きなさい。

化学変化の前と後とで、物質全体の（ 質量 ）は（ 変わらない ）。
これを（ 質量保存 ）の法則という。

- 3 操作(6)~(7)の気体の発生する反応1の結果を、定型文を参考にして書きなさい。

塩酸と石灰石をまぜあわせたら、気体が発生して、全体の質量は小さくなった。

- 4 操作(8)~(9)の気体の発生する反応2の結果を書きなさい。

まぜあわせた ときの変化	気体が発生した。	全体の質量 の変化	変化しなかった。
-----------------	----------	--------------	----------

- 5 気体の発生する反応1と2を比較して、気体の発生する反応でも質量保存の法則が成り立つと思うか、定型文を参考にして書きなさい。

気体の発生する反応2で、発生した気体を逃がさなければ質量は変化しなかったから、気体の発生する反応でも質量保存の法則が成り立つと考えた。
その理由は、物質全体の質量には気体もふくめてはかることが必要だからである。
(実験結果から、気体の発生する反応でも質量保存の法則が成り立つと考えた。
その理由は、気体にも質量があるので気体を逃がさないようにしなければならないからである。)

化合に関する物質の質量の関係

目的 二つの物質が化合するとき、反応に関係する物質の質量の間にどのような関係があるか調べる。

準備 銅の粉末、ステンレス皿2枚、上皿てんびん、ガスバーナー、三脚、三角架、金属製葉さじ、るつぼはさみ、ステンレス皿を冷やす台

実験の概要 ある質量の銅の粉末を加熱して空気中の酸素と化合させ、このときの質量を測定し、その変化を調べる。

操作

- (1) ステンレス皿だけの質量をはかる。
- (2) (2)のままの分銅に、さらに0.4~3.2gの分銅を加える。(0.4gの倍数にする。)
- (3) (2)につりあう銅粉をステンレス皿にのせる。(加えた分銅=銅粉の質量となる。)
- (4) 銅粉をステンレス皿に薄く広げ、強火のガスバーナーで図のように、よく熱する。
- (5) 銅粉全体が黒くなったら、ステンレス皿を金属製の台の上におろして十分冷やし、再び皿全体の質量をはかる。
- (6) 別のステンレス皿を使って、銅粉の質量を変え、(1)~(5)の操作をくりかえす。
- (7) 異なる質量をはかりとった、他の2~3人の結果をうつし合う。

まとめ

- (1) 実験の結果を右の1, 2に書きなさい。
- (2) 結果の考察を右の3, 4, 5に書きなさい。



図 実験装置

【参考】

◇ 「結果と考察」2と5の文章は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、
 …(結果)になった。」
考察：考えた理由も書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。
 その理由は…(根拠)だからである。」

年 組 番 氏名 _____

結果と考察

- 1 実験に用いた銅を空気中で加熱してできた酸化物の名前を下の欄の()に書き、また、自分の測定結果を、他の2~3人の測定結果とともに下の表にまとめなさい。

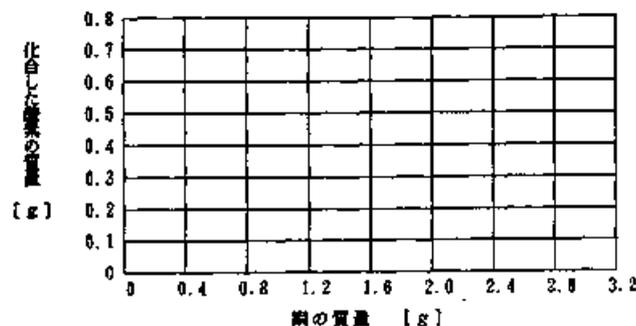
銅の質量[g]	0								
(酸化銅)の質量[g]	0								

- 2 自分の測定した結果の一つを、定型文を参考にして書きなさい。

- 3 それぞれについて化合した酸素の質量を計算によって求めなさい。

銅の質量[g]	0								
化合した酸素の質量[g]	0								

- 4 変化させた量を横軸にとり、それにより変化した量を縦軸にとって、3の結果をグラフにかいてみよう。



- 5 銅の質量と、化合した酸素の質量との関係について、定型文を参考にして書きなさい。

化合に関する物質の質量の関係

____年____組____番 氏名_____

目的 二つの物質が化合するとき、反応に関する物質の質量の間にどのような関係があるか調べる。

準備 銅の粉末、ステンレス皿2枚、上皿てんびん、ガスバーナー、三脚、三角錐、金属製さじ、ろつばはさみ、ステンレス皿を冷やす台

実験の概要 ある質量の銅の粉末を加熱して空気中の酸素と化合させ、このときの質量を測定し、その変化を調べる。

操作

- (1) ステンレス皿だけの質量をはかる。
- (2) (2)のままの分銅に、さらに0.4~3.2gの分銅を加える。(0.4gの倍数にする。)
- (3) (2)につりあう銅粉をステンレス皿にのせる。(加えた分銅=銅粉の質量となる。)
- (4) 銅粉をステンレス皿に薄く広げ、強火のガスバーナーで図のように、よく熱する。
- (5) 銅粉全体が黒くなったら、ステンレス皿を金属製の台の上におろして十分冷やし、再び皿全体の質量をはかる。
- (6) 別のステンレス皿を使って、銅粉の質量を変え、(1)~(5)の操作をくりかえす。
- (7) 異なる質量をはかりとった、他の2~3人の結果をうつつし合う。

まとめ

- (1) 実験の結果を右の1, 2に書きなさい。
- (2) 結果の考察を右の3, 4, 5に書きなさい。



図 実験装置

【参考】

◇ 「結果と考察」2と5の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら、…(結果)になった。」
 考察：考えた理由も書く。例「～(結果)から、…(結論)と考えた。その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1 実験に用いた銅を空気中で加熱してできた酸化物の名前を下の欄の()に書き、また、自分の測定結果を、他の2~3人の測定結果とともに下の表にまとめなさい。

銅の質量[g]	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2
(酸化銅)の質量[g]	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

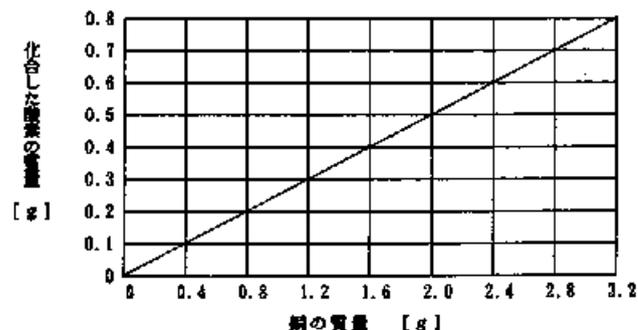
2 自分の測定した結果の一つを、定型文を参考にして書きなさい。

0.4gの銅を空気中で加熱したら、0.5gの酸化銅になった。

3 それぞれについて化合した酸素の質量を計算によって求めなさい。

銅の質量[g]	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2
化合した酸素の質量[g]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8

4 変化させた量を横軸にとり、それにより変化した量を縦軸にとって、3の結果をグラフにかいてみよう。



5 銅の質量と、化合した酸素の質量との関係について、定型文を参考にして書きなさい。

グラフから、銅の質量と化合した酸素の質量は比例すると考えた。その理由は、原点を通る直線のグラフは比例関係を表すからである。

電熱線にかかる電圧と電流の関係

目的 電熱線にかかる電圧と流れる電流の大きさにどのような関係があるのか調べる。

準備 電熱線（200W用、500W用）、電源装置、電流計、電圧計、導線

注意：電流計、電圧計の配線に気を付ける。

実験の概要：図にしたがって配線し、電源装置で電熱線の両端にかかる電圧を変化させ、そのとき流れる電流の大きさを測定して電圧、電流の関係を調べる。

操作

- (1) 200W用の電熱線を図1のように配線する。
- (2) 電熱線の両端にかかる電圧を、3.0V、4.0V、5.0V、6.0V、7.0Vにそれぞれ変化させ、そのとき流れる電流の大きさをそれぞれ測定する。
- (3) 電熱線を500W用に変えて、操作(2)と同様の操作を行う。

まとめ

- (1) 実験の配線を回路図で図2にかく。
- (2) 実験の結果を右の1、2に記入する。
- (3) 結果の考察を右の3、4に記入する。

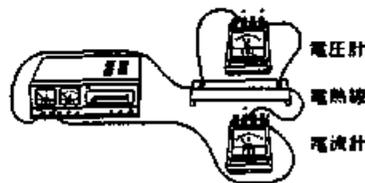


図1 実験の配線

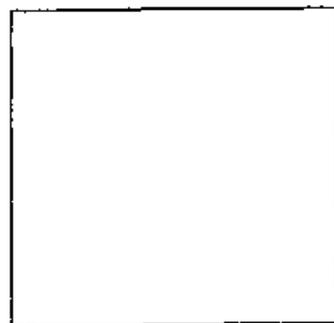


図2 実験の回路図

【参考】

◇ 「結果と考察」2と4の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～（操作）したら、
 ……（結果）になった。」
 考察：考えた理由も書く。例「～（結果）から、…（結論）と考えた。
 その理由は…（根拠）だからである。」

年 組 番 氏 名 _____

結果と考察

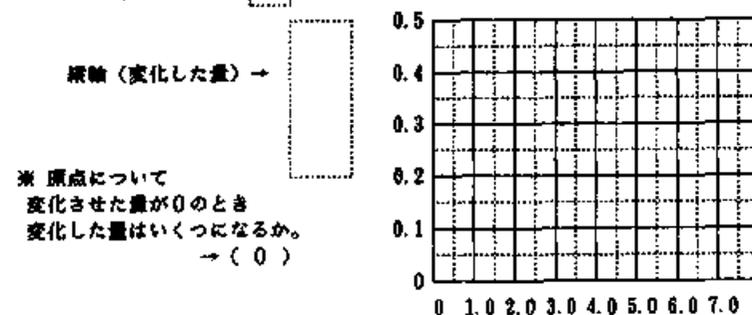
1 実験の結果を、それぞれ表に書き入れなさい。

電 圧 [V]		3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
電 流 [A]	200W用 電熱線	①	②	③	④	⑤
	500W用 電熱線	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

2 上記の①について、定型文を参考にして（ ）の中に適切な言葉を書き入れなさい。

（ ）W用電熱線の両端に（ ）Vの電圧をかけたら、（ ）Aの電流が流れた。

3 変化させた量を横軸にとり、変化した量を縦軸にとったグラフをかきなさい。また、グラフ軸の項目について□の中に適切な言葉を入れなさい。



4 電熱線にかかる電圧と流れる電流の大きさの関係について、定型文を参考にして書きなさい。

□

電熱線にかかる電圧と電流の関係

目的 電熱線にかかる電圧と流れる電流の大きさにどのような関係があるのか調べる。

準備 電熱線 (200W用, 500W用), 電源装置, 電流計, 電圧計, 導線

注意: 電流計, 電圧計の配線に気をつける。

実験の概要: 図にしたがって配線し, 電源装置で電熱線の両端にかかる電圧を変化させ, そのとき流れる電流の大きさを測定して電圧, 電流の関係を調べる。

操作

- (1) 200W用の電熱線を図1のように配線する。
- (2) 電熱線の両端にかかる電圧を, 3.0V, 4.0V, 5.0V, 6.0V, 7.0Vにそれぞれ変化させ, そのときの流れる電流の大きさをそれぞれ測定する。
- (3) 電熱線を500W用に変えて, 操作(2)と同様の操作を行う。

まとめ

- (1) 実験の配線を回路図で図2にかく。
- (2) 実験の結果を右の1, 2に記入する。
- (3) 結果の考察を右の3, 4に記入する。

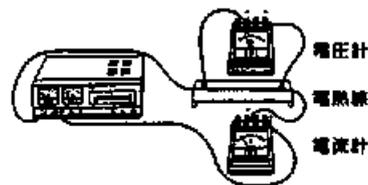


図1 実験の配線

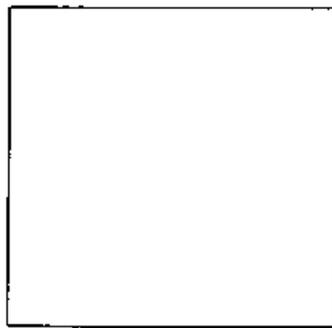


図2 実験の回路図

【参考】

◇ 「結果と考察」2と4の文章は, 次の定型文を参考に書くといよ。

定型文 結果: 操作の要点を含め過去形で書く。例「～(操作)したら, …(結果)になった。」
 考察: 考えた理由を書く。例「～(結果)から, …(結論)と考えた。その理由は…(根拠)だからである。」

年 組 番 氏名 _____

結果と考察

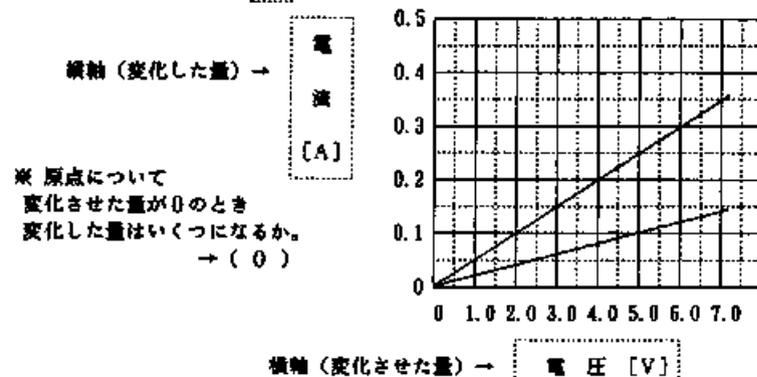
1 実験の結果を, それぞれ表に書き入れなさい。

電 圧 (V)		3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
電 流 (A)	200W用 電熱線	① 0.06	② 0.08	③ 0.10	④ 0.12	⑤ 0.14
	500W用 電熱線	⑥ 0.15	⑦ 0.20	⑧ 0.25	⑨ 0.30	⑩ 0.35

2 上記の①について, 定型文を参考にして () の中に適当な言葉を書き入れなさい。

(200)W用電熱線の両端に(3.0)Vの電圧をかけたなら, (0.06)Aの電流が流れた。

3 変化させた量を横軸にとり, 変化した量を縦軸にとったグラフをかきなさい。また, グラフ軸の項目について の中に適当な言葉を入れなさい。



4 電熱線にかかる電圧と流れる電流の大きさの関係について, 定型文を参考にして 書きなさい。

実験結果のグラフより, 電熱線にかかる電圧と流れる電流は比例すると考えた。その理由は, 原点を通る直線のグラフが比例関係を表すからである。

磁石とコイルと電流の関係

目的 コイルの近くで磁界を変化させたときに、コイルに発生する電流について調べる。

準備 コイル (エナメル線を40回巻いたもの)、棒磁石、検流計、クリップつき導線

注意: 検流計は、非常に敏感な電流計でごくわずかな電流が流れても針が振れる。磁石に近づけたりしないこと。
また、保管するときは、両方の端子を導線でつないでおく。

実験の概要: コイルの中に磁石を通し、その位置を変化させて、コイルに発生する電流の向きや大きさを検流計で調べる。

操作

- (1) 図のようにコイルを検流計につなぐ。
- (2) 次の(3)~(5)の操作のときに、検流計の針の向きと振れ角の程度を観察する。
- (3) コイルの中心に磁石のN極がくるように、コイルをゆっくり近づける。
- (4) 入れたコイルを磁石からゆっくり引き抜く。
- (5) コイルを動かす速さを速くして(3)~(4)と同様の操作を行う。
- (6) 磁石のS極についても(3)~(5)と同様に行う。

まとめ

- (1) 実験の結果を右の1, 2に記入する。
- (2) 結果の考察を右の3, 4に記入する。



【参考】

◇ 「結果と考察」2~4の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果: 操作の要点を含め過去形で書く。例「~(操作)したら、... (結果) になった。」
考察: 考えた理由も書く。例「~(結果) から、... (結論) と考えた。その理由は... (根拠) だからである。」

結果と考察

1 実験の結果を表に書き入れなさい。ただし、振れる向きには右・左を、振れる角には大きい・小さいを記入する。

検流計の針の動き コイルの動き	検流計の針の振れる向き		検流計の針の振れ角	
	N極に対して	S極に対して	N極に対して	S極に対して
① ゆっくり入れる				
② ゆっくり引き抜く				
③ 速く入れる				
④ 速く引き抜く				

2 上記①の結果について、定型文を参考にして () に適当な言葉を書き入れなさい。

コイルの中心に磁石の () 極がくるように () とコイルを磁石に () たら、検流計の針は () 方向に () 振れた。

3 コイルと磁極の位置関係の違いと電流の流れる向きの関係を考察し、定型文を参考に記入しなさい。

4 磁石の近くでのコイルの動きとコイルに発生する電流の大きさの関係から、磁界の強さと発生する電流の大きさの関係について () に適当な言葉を書き入れなさい。

コイルを動かす速さが速いとコイルに発生する電流の大きさが大きくなることから、磁界の強さの () が速いと電流の大きさが () になると考えた。その理由は、磁極との位置が磁界の強さに関係するので、コイルを速く動かすと磁極との位置の変化も速く、磁界の強さの () する速さも速いからである。

磁石とコイルと電流の関係

年 組 番 氏 名 _____

目的 コイルの近くで磁界を変化させたときに、コイルに発生する電流について調べる。

準備 コイル (エナメル線を40回巻いたもの)、棒磁石、検流計、クリップつき導線

注意: 検流計は、非常に繊敏な電流計でごくわずかな電流が流れても針が振れる。
磁石に近づけたりしないこと。
また、保管するときは、両方の端子を導線でつないでおく。

実験の概要: コイルの中に磁石を通し、その位置を変化させて、コイルに発生する電流の向きや大きさを検流計で調べる。

操作

- (1) 図のようにコイルを検流計につなぐ。
- (2) 次の(3)~(5)の操作のときに、検流計の針の向きと振れ角の程度を観察する。
- (3) コイルの中心に磁石のN極がくるように、コイルをゆっくり近づける。
- (4) 入れたコイルを磁石からゆっくり引き抜く。
- (5) コイルを動かす速さを速くして(3)~(4)と同様の操作を行う。
- (6) 磁石のS極についても(3)~(5)を同様に行う。

まとめ

- (1) 実験の結果を右の1, 2に記入する。
- (2) 結果の考察を右の3, 4に記入する。



【参考】

◇ 「結果と考察」2~4の文章は、次の定型文を参考に書くとよい。

定型文 結果: 操作の要点を含め過去形で書く。例「〜(操作)したら、
…(結果)になった。」
考察: 考えた理由も書く。例「〜(結果)から、…(結論)と考えた。
その理由は…(根拠)だからである。」

結果と考察

1 実験の結果を表に書き入れなさい。ただし、振れる向きには右・左を、振れる角には大きい・小さいを記入する。

検流計の針の動き コイルの動き	検流計の針の振れる向き		検流計の針の振れ角	
	N極に対して	S極に対して	N極に対して	S極に対して
① ゆっくり入れる	左	右	小さい	小さい
② ゆっくり引き抜く	右	左	小さい	小さい
③ 速く入れる	左	右	大きい	大きい
④ 速く引き抜く	右	左	大きい	大きい

2 上記①の結果について、定型文を参考にして () に適当な言葉を書き入れなさい。

コイルの中心に磁石の (N) 極がくるように (ゆっくり) とコイルを磁石に (近づけ) たら、検流計の針は (左) 方向に (小) 振れた。

3 コイルと磁極の位置関係の違いと電流の流れる向きを考察し、定型文を参考にしておきなさい。

実験結果より、コイルと磁極の位置関係の違いで、コイルに発生する電流の向きが変わると考えた。
その理由は、検流計の針の振れる向きが変わることは電流の流れる向きが変わることを示しているからである。

4 磁石の近くでのコイルの動きとコイルに発生する電流の大きさの関係から、磁界の強さと発生する電流の大きさの関係について () に適当な言葉を書き入れなさい。

コイルを動かす速さが速いとコイルに発生する電流の大きさが大きくなることから、磁界の強さの (変化) が速いと電流の大きさが (大) になると考えた。
その理由は、磁極との位置が磁界の強さに関係するので、コイルを速く動かすと磁極との位置の変化も速く、磁界の強さの (変化) する速さも速いからである。

消化液のはたらき
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) ヒトの体温では、だ液のはたらきによりデンプンは糖に変化することを調べる。

2. 準備

- (1) 個人実験で行うものとし、次のものを配る。

デンプンのり（試薬の可溶性デンプンより、食用のかたくり粉がよい）、
ヨウ素液（水 100cm³にヨウ化カリウム 1.5gとヨウ素 0.3gをよく溶かす）、
ベネジクト液、
試験管 4本、
試験管ばさみ、
試験管たて、
ビーカー（300cm³）、
スポイト 1本、
脱脂綿（梅干しくらいの大きさに丸めたもの）、
加熱器具

- (2) デンプンのりを入れた試験管2本は、湯に5分以上つけておいたものを用意しておく
とよい。

3. 留意点

- (1) だ液を他の人の前で出すのをいやがるので、ぜひ個人実験として行いたい。
- (2) デンプンのりは、少量の水にカタクリ粉を入れて混ぜ、そこへ湯を加えるとかたまらない。
- (3) だ液を入れた実験と、水を入れた対照実験とを並行して行うとよい。
- (4) 本実験は、対照実験（比較実験）なので、条件統一が大切であることを説明しておく
と、考察が考えやすくなる。
- (5) ヨウ素液、ベネジクト液を加えた時、加えた液の色のままなら変化はなかったこと
を示していることを実験前に確認しておく
とよい。
- (6) ごくまれであるが、だ液の酵素のはたらきが悪い生徒がいるので、できれば全員ま
たは数人のだ液を混ぜたものを使うのが望ましい。

4. 発展実験例

- ◎ この教材での湯を使った実験に対して、①氷水につけた実験や、②だ液を加えてから
加熱沸騰させた実験を追加すれば、だ液のはたらきには適温があることも考えさせるこ
とができる。

化学変化の前後の質量（質量保存の法則）

教師用手引き

1 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 物質が化学変化を起こすとき、その変化の前と後では物質の質量は変わらないことを理解する。

2 準備

個人実験とし、次のものを準備する。

試薬：ヨウ化カリウム水溶液（約5%）、

酢酸鉛水溶液（約5%）、

うすい塩酸（約10%）、粉末にした石灰石（2.0g程度）、

器具：プラスチックのコップ（3個；上皿てんびんにプリンカップとともにのるもの、透明で薄いポリスチレン製がよい）、

プリンカップ（2個）、

ふた付きプラスチックびん（500cm³程度、密栓のできるポリエチレン製がよい）

小試験管（ふた付きプラスチックびんに入る大きさのもの）、

上皿てんびん、こまごめピペット、

水（分銅の代わりに天秤をつりあわせるために用いる）

3 留意点

- (1) 本実験では質量測定に時間をかけないようにするため、分銅の代わりに水を用いたが、電子てんびんがあれば短時間に、また、風袋差引の測定もできる。
- (2) 水溶液量は天秤の秤量を超えないようにする。
- (3) 沈殿のできる反応では、塩化バリウム水溶液と硫酸銅水溶液の反応を用いてもよいが、ヨウ化鉛の黄色沈殿の方が印象的である。
- (4) 沈殿のできる反応では、酢酸鉛の鉛には（硫酸銅の銅も）排水基準が設けられている物質であるので、中学校には適用されないものの、水溶液の濃度をうすく、できるだけ少量にする。また、廃液用のビーカーを用意し、回収する。
- (5) 気体の発生する反応では、適切な石灰石の大きさと塩酸の濃度を予備実験により確認しておく。反応が激しすぎたり、時間がかかりすぎたりしないように、また、びんの内圧は3気圧程度なら十分耐えられるが、あまり高くないように留意する必要がある。

4 発展実験

次の反応で質量保存の法則を確かめるためには、どのような実験をすればよいかを考えさせる。できれば演示実験をするとよい。

- (1) 酸化銀の熱分解、
- (2) マグネシウムの燃焼

化合に関する物質の質量の関係
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 物質が化合するとも、化合するそれぞれの物質の質量の割合はいつも決まっていることを、実験結果のグラフ化を通して推論する。

2. 準備

- (1) 個人実験またはグループ実験で行うものとし、次のものを配る。
銅の粉末 (300メッシュの新しい粉がよい。小ピーカー等で適量ずつ配る)
ステンレス皿 (2枚、前もってガスバーナーで加熱・乾燥させたもの)
上皿てんびん、
ガスバーナー、
三脚、
三角架、
金属製薬さじ、
るつぼばさみ
- (2) 冷やすための台 (スタンド、金網、ぬらした雑巾、など) があるとよい。

3. 留意点

- (1) 質量の測定には、精密ばかりか電子上皿てんびんを使えば、より正確な値が得られ、考察に都合がよい。
- (2) グラフをかくことを考え、まわりの人と異なる質量の銅粉を測り取るようにするとよい。
- (3) 銅粉を加熱する炎の高さは、12cmくらいがよい。
- (4) 全体が黒く変化した後、さらに30秒ほど加熱する。
- (5) 1回目に加熱した皿を冷やしている間に、2回目の実験を行う。
- (6) 完全に酸化させるのが難しい場合でも、比例関係がグラフから読み取ればよい。
- (7) 加熱後ステンレス皿、三脚、三角架で火傷をしないよう十分注意を促す。

4. 発展実験例

- (1) 銅の粉末の代わりにマグネシウム(粉、リボン)、スチールウールを用いてもよい。
- (2) 完全に酸化しない(理論値にならない)のは、なぜか考えさせる。
- (3) 加熱後冷えてからもう一度十分に熱しても質量が増えないことを確認させ、なぜかを考えさせることを加えてもよい。

電熱線にかかる電圧と電流の関係
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) 電熱線の両端にかかる電圧とそのとき流れる電流の大きさにどのような関係があるかを調べる。

2. 準備

◎ 個人実験、または、2～3名の班で行うものとし、次のものを配る。

電熱線（200W用、500W用）、
電源装置、
電流計、
電圧計、
導線

3. 留意点

- (1) 電流計、電圧計の配線を間違えないよう留意する。また、端子と導線の接触をしっかりとさせる。
- (2) 電流計は500mAの端子、電圧計は15Vの端子を使用するが、測定量が小さいときは、端子を変えるように指示しておく。
- (3) 配線図と実際の配線が同じであることを確認させてから電源装置のスイッチを入れさせる。
- (4) 通電中は、電熱線に触らないように注意しておく。また、通電時間が長くなると電熱線は熱を持つので、やけどに注意させる。また、実験終了後の片づけのときも注意させる。
- (5) 電熱線に出てくるW（ワット）は学習する前であるが、2本の電熱線を区別する記号として取り扱う。ただし、電球など日常生活ですでに知っている生徒も多いと思われる。

4. 発展実験例

- (1) 電圧の大きさは一定にし、電熱線の長さを変化させて電流を測定し、電熱線の長さ
と流れる電流の大きさの関係を調べる。
- (2) 2本の電熱線を直列につないで、それぞれの電圧や電流の大きさについて測定し、
電熱線の接続方法と電流、電圧の関係を調べる。
- (3) 発展実験例(2)で、2本の電熱線の接続方法を並列にして、同様の測定を行い、電
熱線の接続方法と電流、電圧の関係を調べる。

磁石とコイルと電流の関係
教師用手引き

1. 目的

- (1) 結果と考察の書き方を定型文として与えることにより、実験レポートにおける生徒の表現力を育成する。
- (2) コイルを貫く磁界を変化させることにより、コイルに電流が流れることを確かめて電磁誘導のしくみを理解する。

2. 準備

個人実験で行うものとし、次の器具を配る。

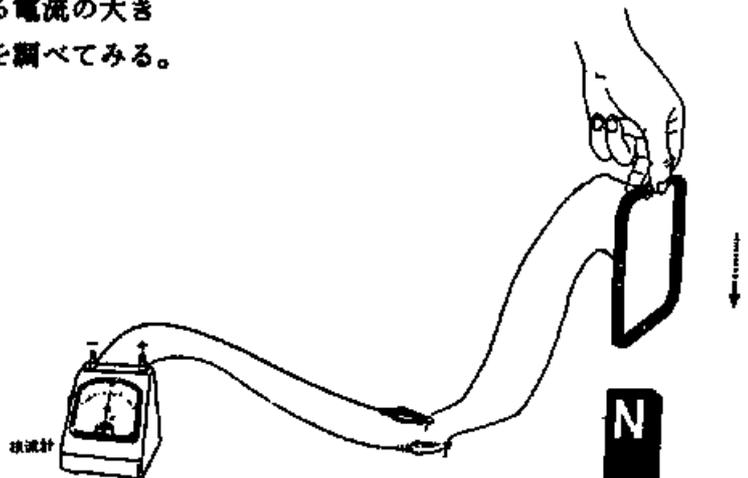
コイル（エナメル線を40回巻いたもの）、
棒磁石、
検流計、
クリップつき導線（2本）

3. 留意点

- (1) 検流計に磁石を近づけないように注意させる。
- (2) いつも一定条件にするため、検流計とコイルのつなぎ方を実験ごとに変えないようにさせる。
- (3) 操作(3)と操作(4)の間のコイルを動かさないときの検流計の振れについてもどうなるかを観察するように指示しておく。
- (4) 操作(5)で、コイルをあまり極端に速く動かさないように注意を与えておく。速く動かし過ぎると、検流計の針の動きが追いつかず、十分に振れなくなる。
- (5) 使用後は検流計の両方の端子を導線でつないでおくように指示しておく。

4. 発展実験例

- (1) コイルを固定して、磁石のN極やS極を近づけたり遠ざけたりして、コイルに流れる電流の大きさや方向を調べさせる。
- (2) 発展実験例(1)で、磁石を動かす速さを変えてみる。
- (3) コイルの巻き数を変えたものを作って、巻き数の違いでコイルに流れる電流の大きさがどのように変化するかを調べてみる。
- (4) コイルの中心面の向きを本実験の場合に比べて垂直に変化させて、磁極に近づけたり、遠ざけたりして、コイルに電流が発生するかどうかを調べてみる。（右図）



第5章 実験に伴うアンケート

1. 科学観調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・150
 - (1) 事前調査（高等学校用）
 - (2) 事後調査（高等学校用）
 - (3) 事前調査（中学校用）
 - (4) 事後調査（中学校用）

2. 実験に関するアンケート・・・・・・・・・・154

3. 実施上の問題点に関する調査(教師質問紙)・・・・・・・・154

科学観調査(事前:調査時間 約10分)

次の(1)から(16)までの項目については、あなたがもし、
 そうだ(賛成)と思うときは 賛 に ○、
 そうではない(反対)と思うときは 反 に ○、
 どちらともいえないときは(中立) 中 に ○をつけなさい。

- | | 賛成 | 反対 | 中立 |
|--|----|----|----|
| (1) 科学は、日常生活の問題を解決するのに役立ちます。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (2) 科学関係の研究所に勤めることは、魅力のある生き方です。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (3) 科学は、国の発展にとって非常に重要なものです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (4) 科学関係にお金を使うことは、十分に価値のあることです。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (5) これからは、どの職業にも、科学の知識が必要となるでしょう。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (6) 国は、科学関係の研究にもっとお金をかけるべきです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (7) 科学は、創造的な人々が進むのに適した学問分野です。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (8) 学校で学んだ化学の知識や考え方を将来の職業に役立てたいです。
..... | 賛 | 反 | 中 |
| (9) 科学に関するものを読むことが好きです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (10) テレビやラジオの科学番組が好きです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (11) 化学はおもしろいと思います。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (12) 化学は器具の取り扱いがあるとむずかしいです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (13) 化学は学ぶ内容が多すぎます。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (14) いま化学で学んでいることがなぜ必要なのかわかりません。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (15) 理科の学習で、実験があると楽しいです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (16) 理科の学習で、屋外での生物を観察したり地形を観察することが好きです。
..... | 賛 | 反 | 中 |

高等学校 年 組 番 氏名

次の(17)から(19)までの項目については、選択肢ア～オのうち、あなたがもっとも適当と思うもの一つずつを選び、その記号を○でかこみなさい。

- (17) 他の教科・科目とくらべて、化学は好きですか。
- ア、もっとも好きな科目だ。
 イ、好きなほうの科目だ。
 ウ、もっとも嫌いな科目だ。
 エ、嫌いなほうの科目だ。
 オ、好きとも嫌いともいえない。
- (18) 化学の実験で目新しい実験器具を使うことになりました。あなたならどうしますか。
- ア、初めて見る実験器具には興味があるので進んで使ってみる。
 イ、興味はあるが使い方に自信がないので、友達の実験するのを見てから自分で使ってみる。
 ウ、興味はあるが、自分では使わず友達が使うのを見ている。
 エ、新しい実験器具といっても特別興味はないが、自分でも使ってみる。
 オ、新しい実験器具といっても特別興味はなく、友達が実験するのを見ている。
- (19) 理科や化学の実験で、これまであなたは主にどのような役割をはたしてきましたか。
- ア、中心となって、器具や薬品を扱ってきた。
 イ、中心ではないが、自分から進んで器具や薬品を扱ってきた。
 ウ、ひとから指示されることが多かったが、自分で器具や薬品を扱ってきた。
 エ、ひとから指示されたときだけ、器具や薬品を扱った。
 オ、実験は観察したが、自分で器具や薬品を扱うことはほとんどなかった。
- (20) 実験観察レポートを書いた経験がありますか。書いたことのある人は、レポートでの「結果」と「考察」とはそれぞれどのようなことを書くのか、答えてください。

結果:

考察:

次の(1)から(16)までの項目については、あなたがもし、
 そうだ(賛成)と思うときは 賛 に ○、
 そうではない(反対)と思うときは 反 に ○、
 どちらともいえないときは(中立) 中 に ○をつけなさい。

- | | 賛成 | 反対 | 中立 |
|--|----|----|----|
| (1) 科学は、日常生活の問題を解決するのに役立ちます。 | 賛 | 反 | 中 |
| (2) 科学関係の研究所に勤めることは、魅力のある生き方です。 . . | 賛 | 反 | 中 |
| (3) 科学は、国の発展にとって非常に重要なものです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (4) 科学関係にお金を使うことは、十分に価値のあることです。 . . | 賛 | 反 | 中 |
| (5) これからは、どの職業にも、科学の知識が必要となるでしょう。 . | 賛 | 反 | 中 |
| (6) 国は、科学関係の研究にもっとお金をかけるべきです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (7) 科学は、創造的な人々が進むのに適した学問分野です。 | 賛 | 反 | 中 |
| (8) 学校で学んだ化学の知識や考え方を将来の職業に役立てたいです。
. | 賛 | 反 | 中 |
| (9) 科学に関するものを読むことが好きです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (10) テレビやラジオの科学番組が好きです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (11) 化学はおもしろいと思います。 | 賛 | 反 | 中 |
| (12) 化学は器具の取り扱いがあるとむずかしいです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (13) 化学は学ぶ内容が多すぎます。 | 賛 | 反 | 中 |
| (14) いま化学で学んでいることがなぜ必要なのかわかりません。 . . | 賛 | 反 | 中 |
| (15) 理科の学習で、実験があると楽しいです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (16) 理科の学習で、屋外での生物を観察したり地形を観察することが好きです。
. | 賛 | 反 | 中 |

次の(17)から(19)までの項目については、選択肢ア～オのうち、あなたがもっとも適当と思うもの一つずつを選び、その記号を○でかこみなさい。

(17) 他の教科・科目とくらべて、化学は好きですか。

- ア. もっとも好きな科目だ。
- イ. 好きなほうの科目だ。
- ウ. もっとも嫌いな科目だ。
- エ. 嫌いなほうの科目だ。
- オ. 好きとも嫌いともいえない。

(18) 化学の実験で目新しい実験器具を使うことになりました。あなたならどうしますか。

- ア. 初めて見る実験器具には興味があるので進んで使ってみる。
- イ. 興味はあるが使い方に自信がないので、友達が実験するのを見てから自分で使ってみる。
- ウ. 興味はあるが、自分では使わず友達が使うのを見ている。
- エ. 新しい実験器具といっても特別興味はないが、自分でも使ってみる。
- オ. 新しい実験器具といっても特別興味はなく、友達が実験するのを見ている。

(19) 理科や化学の実験で、これまであなたは主にどのような役割をはたしてきましたか。

- ア. 中心となって、器具や薬品を扱ってきた。
- イ. 中心ではないが、自分から進んで器具や薬品を扱ってきた。
- ウ. ひとから指示されることが多かったが、自分で器具や薬品を扱ってきた。
- エ. ひとから指示されたときだけ、器具や薬品を扱った。
- オ. 実験は観察したが、自分で器具や薬品を扱うことはほとんどなかった。

(20) 実験観察レポートで「結果」や「考察」を書いてみて、以前とどんな点で結果や考察に対する考え方が変わったと思いますか。あなたの考えを書いてください。

科学観調査(事前:調査時間 約10分)

次の(1)から(16)までの項目については、あなたがもし、
 そうだ(賛成)と思うときは 賛 に ○、
 そうではない(反対)と思うときは 反 に ○、
 どちらともいえないときは(中立) 中 に ○をつけなさい。

- | | 賛成 | 反対 | 中立 |
|--|----|----|----|
| (1) 科学は、日常生活の問題を解決するのに役立ちます。 | 賛 | 反 | 中 |
| (2) 科学関係の研究所に勤めることは、魅力のある生き方です。 . . | 賛 | 反 | 中 |
| (3) 科学は、国の発展にとって非常に重要なものです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (4) 科学関係にお金を使うことは、十分に価値のあることです。 . . | 賛 | 反 | 中 |
| (5) これからは、どの職業にも、科学の知識が必要となるでしょう。 . | 賛 | 反 | 中 |
| (6) 国は、科学関係の研究にもっとお金をかけるべきです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (7) 科学は、創造的な人々が進むのに通じた学問分野です。 | 賛 | 反 | 中 |
| (8) 学校で学んだ理科の知識や考え方を将来の職業に役立てたいです。
. | 賛 | 反 | 中 |
| (9) 科学に関するものを読むことが好きです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (10) テレビやラジオの科学番組が好きです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (11) 理科はおもしろいと思います。 | 賛 | 反 | 中 |
| (12) 理科は器具の取り扱いがあるとむずかしいです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (13) 理科は学ぶ内容が多すぎます。 | 賛 | 反 | 中 |
| (14) いま理科で学んでいることがなぜ必要なかわかりません。 . . | 賛 | 反 | 中 |
| (15) 理科の学習で、実験があると楽しいです。 | 賛 | 反 | 中 |
| (16) 理科の学習で、屋外での生物を観察したり地形を観察することが好きです。
. | 賛 | 反 | 中 |

____中学校 ____年 ____組 ____番 氏名 _____

次の(17)から(19)までの項目については、選択肢ア～オのうち、あなたがもっとも適当と思うもの一つずつを選び、その記号を○でかこみなさい。

- (17) 他の教科・科目とくらべて、理科は好きですか。
- ア. もっとも好きな科目だ。
 イ. 好きなほうの科目だ。
 ウ. もっとも嫌いな科目だ。
 エ. 嫌いなほうの科目だ。
 オ. 好きとも嫌いともいえない。
- (18) 理科の実験で目新しい実験器具を使うことになりました。あなたならどうしますか。
- ア. 初めて見る実験器具には興味があるので進んで使ってみる。
 イ. 興味はあるが使い方に自信がないので、友達の実験するのを見てから自分で使ってみる。
 ウ. 興味はあるが、自分では使わず友達が使うのを見ている。
 エ. 新しい実験器具といっても特別興味はないが、自分でも使ってみる。
 オ. 新しい実験器具といっても特別興味はなく、友達が実験するのを見ている。
- (19) 理科の実験で、これまであなたは主にどのような役割をはたしてきましたか。
- ア. 中心となって、器具や薬品を扱ってきた。
 イ. 中心ではないが、自分から進んで器具や薬品を扱ってきた。
 ウ. ひとから指示されることが多かったが、自分で器具や薬品を扱ってきた。
 エ. ひとから指示されたときだけ、器具や薬品を扱った。
 オ. 実験は観察したが、自分で器具や薬品を扱うことはほとんどなかった。
- (20) 実験観察レポートを書いた経験がありますか。書いたことのある人は、レポートでの「結果」と「考察」とはそれぞれどのようなことを書く欄か、答えてください。
- | |
|-----|
| 結果: |
| 考察: |

次の(1)から(16)までの項目については、あなたがもし、

- そうだ(賛成)と思うときは 賛 に ○、
 そうではない(反対)と思うときは 反 に ○、
 どちらともいえないときは(中立) 中 に ○をつけなさい。

- | | 賛成 | 反対 | 中立 |
|--|----|----|----|
| (1) 科学は、日常生活の問題を解決するのに役立ちます。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (2) 科学関係の研究所に勤めることは、魅力のある生き方です。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (3) 科学は、国の発展にとって非常に重要なものです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (4) 科学関係にお金を使うことは、十分に価値のあることです。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (5) これからは、どの職業にも、科学の知識が必要となるでしょう。・ | 賛 | 反 | 中 |
| (6) 国は、科学関係の研究にもっとお金をかけるべきです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (7) 科学は、創造的な人々が進むのに適した学問分野です。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (8) 学校で学んだ理科の知識や考え方を将来の職業に役立てたいです。
..... | 賛 | 反 | 中 |
| (9) 科学に関するものを読むことが好きです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (10) テレビやラジオの科学番組が好きです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (11) 理科はおもしろいと思います。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (12) 理科は器具の取り扱いがあるとむずかしいです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (13) 理科は学ぶ内容が多すぎます。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (14) いま理科で学んでいることがなぜ必要なのかわかりません。.. | 賛 | 反 | 中 |
| (15) 理科の学習で、実験があると楽しいです。..... | 賛 | 反 | 中 |
| (16) 理科の学習で、屋外での生物を観察したり地形を観察することが好きです。
..... | 賛 | 反 | 中 |

次の(17)から(19)までの項目については、選択肢ア～オのうち、あなたがもっとも適当と思うもの一つずつを選び、その記号を○でかこみなさい。

- (17) 他の教科・科目とくらべて、理科は好きですか。
- ア. もっとも好きな科目だ。
 イ. 好きなほうの科目だ。
 ウ. もっとも嫌いな科目だ。
 エ. 嫌いなほうの科目だ。
 オ. 好きとも嫌いともいえない。
- (18) 理科の実験で目新しい実験器具を使うことになりました。あなたならどうしますか。
- ア. 初めて見る実験器具には興味があるので進んで使ってみる。
 イ. 興味はあるが使い方に自信がないので、友達の実験するのを見てから自分で使ってみる。
 ウ. 興味はあるが、自分では使わず友達が使うのを見ている。
 エ. 新しい実験器具といっても特別興味はないが、自分でも使ってみる。
 オ. 新しい実験器具といっても特別興味はなく、友達の実験するのを見ている。
- (19) 理科の実験で、これまであなたは主にどのような役割をはたしてきましたか。
- ア. 中心となって、器具や薬品を扱ってきた。
 イ. 中心ではないが、自分から進んで器具や薬品を扱ってきた。
 ウ. ひとから指示されることが多かったが、自分で器具や薬品を扱ってきた。
 エ. ひとから指示されたときだけ、器具や薬品を扱った。
 オ. 実験は観察したが、自分で器具や薬品を扱うことはほとんどなかった。
- (20) 実験観察レポートで「結果」や「考察」を書いてみて、以前とどんな点で結果や考察に対する考え方が変わったと思いますか。あなたの考えを書いてください。

実験に関するアンケート

年 組 番 氏名 _____

◎ 今回やった実験の題目は何ですか。

1 今回の実験に関して以下のスケールで適当なところに○をつけなさい。

①今回の実験は 面白かった |-----| つまらなかった

②実験の操作は やさしかった |-----| 難しかった

③化学反応は よく観察できた |-----| 観察できなかった

④実験の内容は よくわかった |-----| わからなかった

⑤プリントに書いてない実験も 書いてある実験も
いろいろやってみた |-----| できなかった

⑥実験には 進んで取り組んだ |-----| 仕方なくやった

⑦結果や考察の書き方は ぜんぜん
よくわかった |-----| わからなかった

2 今回の実験であなた自身がわかったと思うことを箇条書にしてください。

実施上の問題点に関する調査（教師質問紙）

実験実施後毎回、以下の項目に先生ごとに回答をお願いします。

学校 年 調査クラス _____
なお、調査クラスの名簿も、いっしょに送ってください。

◎ 今回実施された実験の標題を書いてください。

1 この実験の実施時は、対象となる章の学習前ですか後ですか。

ア 学習前 イ 学習後 ウ 学習中

2 実験の前準備にかかった時間はどのくらいでしたか。

() 時間 () 分

3 実験時間としては、どのくらいかけましたか。

ア 1校時 イ その他 ()

4 バレットや注射器を使いましたが、生徒は使いこなせましたか。

使いこなせた |-----| むずかしかった

5 結果や考察などの記述は、生徒に簡単でしたか。

簡単そうだった |-----| むずかしそうだった

6 この実験に対する生徒の反応はいかがでしたか。

良かった |-----| 悪かった

7 実験内容は適当でしたか。自由に気付いた点を書いてください。

高校化学・中学理科における表現力育成のための
個人実験教材集と実践報告

平成8年3月14日 発行

153 東京都目黒区下目黒6-5-22

発行者 国立教育研究所内
化学実験研究プロジェクト

印刷所 鎌成田印刷
