

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

(課題番号:07458027)

平成7年度～平成8年度科学研究費補助金(基盤研究B)研究成果報告書

平成9年(1997年)3月

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)

は し が き

本報告書は文部省科学研究費補助金基盤研究(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」における調査研究の成果に加え、一昨年と昨年に作成した教材集に、2年間にわたる研究と実践により改訂した実験教材、さらにその際の実践報告をも集めたものである。

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いて、高等学校および中学校での調査を進められることになり、ここに中・高等学校で実践をしてきた結果をまとめることができた。特に、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、本研究のもう一つの重要な目的に実験教材の開発がある。本報告書の教材は高等学校化学I Bと中学校第2学年理科をおもな対象としている。実験実施の際に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利用し、実験が実施できるようになっている。また、実施した実験プリントは回収する場合、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。さらに、各実験教材には教師用手引きを後方のページにまとめて掲載し、実施の際の便宜もはかった。

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9年2月

研究代表者

松原 静郎

研 究 組 織

- 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)
- 研究分担者 堀 哲夫 (山梨大学 教育学部 教授)
- 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)
- 猿田 祐嗣 (国立教育研究所 科学教育研究センター
物理教育研究室長)
- 研究協力者 阿部 光雄 (群馬県総合教育センター 産業科学課長)
- 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)
- 白井 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)
- 小森谷 順一 (群馬県総合教育センター 指導主事)
- 吉田 繁 (福井県立武生東高等学校 国語科教諭)

研 究 組 織

調査協力者	赤 石 定 治	(東京都立晴海総合高等学校 教諭)
	石 川 朝 洋	(新潟県立教育センター 指導主事)
	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)
	吉 川 純 子	(神奈川県立菅高等学校 教諭)
	小 林 明 郎	(群馬県大胡町立大胡中学校 教諭)
	柴 崎 博 之	(群馬県渋川市立古巻中学校 教諭)
	須 藤 真	(神奈川県立生田東高等学校 教諭)
	竹 内 弘	(長野県立飯田風越高等学校 教諭)
	土 屋 佳 一	(長野県立須坂高等学校 教諭)
	伏 島 均	(群馬県太田市立休泊中学校 教諭)
	松 川 顕	(新潟県立新発田高等学校 教諭)
	宮 坂 千 文	(長野県立屋代高等学校 教諭)

研 究 経 費

平成7年度	4,600千円
平成8年度	2,600千円
計	7,200千円

研究目的および研究成果概要

「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」の目的は次のようなものである。

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あてられている。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。

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・高等学校の実験での予備調査でも、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、考案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。

個人実験についてはこれまでも調査研究を実施してきており、個人実験実施後の教師に対する調査で、試薬を少量化すれば準備の手間が軽減され、試薬量と廃液量もグループ実験より少なくなること、また、科学実験で重要と思われる再実験も容易であることなどが認められている。

本調査研究では、これまで開発した個人実験教材を中・高等学校で年に4回程度導入し、生徒の表現力育成法として、定型文を与えるクラス、自由記述させるクラスなど、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、表現力の変容を比較する。その結果をもとに具体的な個人実験教材例とともに科学実験レポートに関する生徒用および教師用手引書を作成する。

上記目的を達成するため、研究計画をもとに以下のような方法で研究を遂行した。

1. 研究代表・分担者とともに、群馬、新潟、長野の各県教育センターと都内の中学校および高等学校の研究協力委員により、毎月研究会を開催した。
2. 中学校2年の理科および高等学校の化学をおもな対象とし、これまで開発してきた個人実験項目を中心に、結果や考察を中心に教材を作成・改訂した。
3. 中・高等学校で年間に3～4回（多い学校では8回）個人実験と調査を実施した。
4. 研究会を開催して調査結果を分析するとともに、表現を中心とした実験レポートの生徒用および教師用手引書を作成・改訂し、この研究成果報告書を刊行した。
5. そのほか、次の影響についても実践し、調査した。初めは定型文を与えないで書かせ、次に定型文を指導してから書かせて、文章の違いを生徒自身に自己評価させる。その利点を意識させたときとそうでないときとで、定着の違いがあるかどうか検証する。生徒の提出した回答の中から適切な文章を提示した場合に、その後の文章への影響があるか調べる。

調査研究を遂行していくことで、以下のような研究成果があった。

1. 我々の開発した「結果」および「考察」の定型文を使うことで、中学生、高校生にかかわらず生徒は文章として結果や考察を記述できるようになった。ただし、その内容についてはまだ適切なものばかりではない。しかし、中学・高校生の実験レポートにおいては、結果や考察を文章ではなく、単語を記載するだけのものも見られる現状では、記述の仕方を整理して思考のしやすさへとつなげていく第一段階として評価できよう。
なお、実験での定型文を使った記述を何度も繰り返すことにより、生徒も定型文に慣れ、適切な文章を書けるようになっていった。
2. 「考察」の定型文における要素である「結果」と「結論」および「根拠」は、議論の一般構造として知られている「トゥルミン・モデル」における骨格の要素と同じであることを示し、科学における表現ばかりでなく、一般的な表現においても重要な要素であることを明らかにした。
3. 「結果」と「考察」を記述する際のチェックポイントとして、「質問されたことに答えているか」、「一つの定型文の中に、無理に多くの情報を詰め込みすぎているか」、「『考察』を書くときに『実験結果の原因』を書いていないか」など12のポイントを抽出した。
4. 設問の仕方や回答欄の大きさ、また、定型文についての説明の仕方や誰を対象として記述するかなどの因子が、回答へ影響を与えることを見いだした。
5. 調査結果に基づいて、「結果」および「考察」をさせる高校化学I B用の実験教材10項目と、中学校2年理科用の実験教材5項目とを開発・改訂した。

研究発表

口頭発表：

(1) 遠藤英夫, 石井哲彰, 吉田 繁, 有元秀文, 松原静郎

「高校化学実験における考察の記述」

日本理科教育学会第34回関東支部大会, 群馬, 1996, 11

出版物：

(1) 化学実験研究会

「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」

国立教育研究所内化学実験研究プロジェクト, 1996, 3

も く じ

はしがき	i
研究組織	ii
研究目的および研究成果概要	iv
研究発表	vi
第1章 表現力育成の意義とその効果	
1. はじめに	2
2. 個人実験の導入	3
3. 調査における留意事項	4
4. 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	5
5. トゥルミン・モデルと定型文	8
6. 理由としての事実と根拠	9
7. 定型文利用の効果	10
8. 実験教材「量的関係」での 根拠に関する論点	12
◎ 実験レポートの書き方（生徒用）	14
第2章 科学の学習における論理的表現力の 評価方法に関する研究	
1. 化学のレポートの「論理的表現力」とは何か	16
2. 化学のレポートの「論理的でない表現」 －チェックポイントと直しかた－	17
3. 中学校の理科実験レポートにおける 「論理的表現力」分析の試み	26

第3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 38
2. 高校化学における考察の記述 48
3. 表現力の調査を実施して 52
4. 成分元素の検出(炎色反応) 54
5. コロイド溶液 64
6. 反応熱とヘスの法則 78
7. 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色(再録) 86
8. 金属のイオン化傾向とボルタ型電池(再録) 94
9. 電気分解(再録) 100
10. 鉄イオンの検出(再録) 106
11. 水溶液の判別(再録) 108

第4章 高等学校化学用実験教材

1. 実験プリント教材 114
2. 教師用手引き 138

第5章 中学校における実践報告

1. 中学校の実験レポートにおける
 定型文指導の効果 150
2. 中学校における実験レポート記述指導の実践 160

第6章 中学校理科2年用実験教材

1. 実験プリント教材 170
2. 教師用手引き 180

第5章 実験に伴うアンケート

1. 科学観調査 186
2. 実験に関するアンケート 190
3. 実施上の問題点に関する調査(教師質問紙) 190

第1章 表現力育成の意義とその効果

(松原静郎)

1. はじめに	2
2. 個人実験の導入	3
3. 調査における留意事項	4
(1) 調査の実施	
(2) 生徒への注意事項	
(3) 実験教材プリントの特徴	
4. 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	5
(1) 教科書での問題点	
(2) 定型文の書き方とその意義	
5. ツールミン・モデルと定型文	8
6. 理由としての事実と根拠	9
7. 定型文利用の効果	10
(1) 定型文の有効性	
(2) 定型文における課題	
8. 実験教材「量的関係」での根拠に関する論点	12
(1) これまでの「量的関係」での考察の内容	
(2) 自明と考えられる根拠の扱い	
◎ 実験レポートの書き方(生徒用)	14

1 はじめに

これまで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。

ところで、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など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なのであり、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、「4. 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。

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、以下のものであった。

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 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た。

- ① 高校化学 I B または中学 2 年の 3 クラス程度を対象とする。
- ② 事前調査として科学観調査を実施する。
- ③ 調査の後、本章末の生徒用「実験レポートの書き方」を印刷配布し、説明を付け加える。
- 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原則として毎回確認する。また、実験終了後、生徒にアンケートを実施する。
- 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。

本教材集は A 4 判で作成しているのので、実験プリント等を使用の際は B 4 判に拡大する。また、実施し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）を後で配布する。

(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する。なお、本実験教材は個人実験が多いので、試薬は少なくても済むが、再実験できる余裕をもたして用意する。

- 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てある）。
- 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 実験結果は実験操作と並行して記述する。その際、操作の欄に指示があるので、その指示に従って、実験観察結果の記録や定型文の記述を書くようにする。

(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。

4 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、研究目的で述べたとおり、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科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。

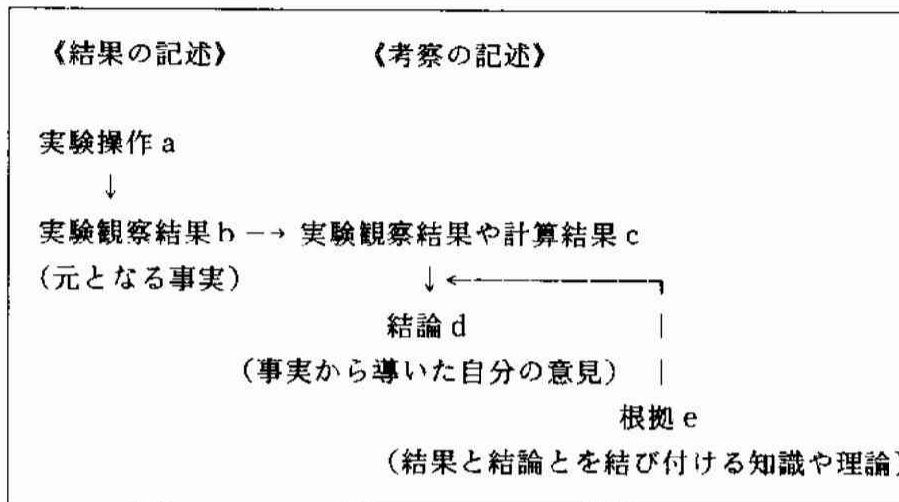
第二に前の考察を事実として考え、次の考察に進むことはよいのかという点である。これは前の実験結果から出てきた考察を正しい解釈として扱い（もちろんこの段階で間違った場合は論外となる）、次の段階では前の考察を実験事実として次の実験結果を考察していくことがよくあるが、本来その間に前の考察が“正しい”という保証か仮の結論であるという考えが必要である。

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、実験を考察する際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

すでに研究目的で記載したように、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（事実）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（考察の元となる事実）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は結論（事実から導いた自分の意見）が入り、一般的には「dと考えられる」

*：久田隆基(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。

と記述することが多いが、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」と記述することとした。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の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、結論dを導く元となるcの実験観察結果や計算結果も理由ではあるが、eでの理由とはこのcの結果ではなく、結果と結論とを結び付ける根拠となる知識や理論を意味する。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。ここでは、理由となるcとeとを区別するため、cの結果に対して、eを根拠と呼ぶことにする。

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、このような根拠の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、そのため根拠となる知識や理論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c)、未知試料Aにはリチウム元素が含まれていたと考えた(結論d)。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(根拠e;この場合は目的の実験の前に実施した操作4を根拠として使うよう教材が設計されている)。」

なお、上記の例で、根拠となる実験操作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。」のように根拠を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察している。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、練習と考察を進めていただきたい。知っていて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。

5 トゥルミン・モデルと定型文

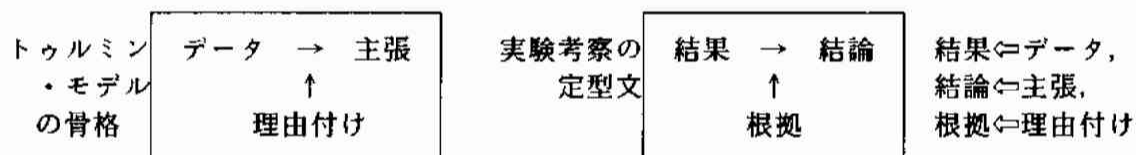
トゥルミン・モデルとは、三段論法より簡単なモデル（議論の一般構造）として S. E. トゥルミンにより提唱され、イギリスやアメリカで、ディベートやスピーチ・コミュニケーションのテキストによく出ているモデルである¹⁾。我が国でも高校「現代語」教科書の一つに論証のしかたとして記述されている。

このモデルは六つの要素から成り、それらの要素は以下のような構造になっている。



ここで、限定とは「きっと」や「たぶん」といった結論の確かさの程度についての要素である。また、反証とは「～でないかぎり」といった条件に関する要素である。さらに、理由の裏付けとは、なされている議論が拠って立つ分野の法律や法則、統計などの要素を指し、理由付けをさらに裏付けている。

ところで、この構造の元になる骨格として左下に示すような構造が考えられる。これをトゥルミンも第一の骨格であるとしている²⁾。また、井上尚美氏も左下に示した以外の3要素は、「『但し書き』として一括したほうが理論的にもすっきりするし、実際にも扱いやすい」と述べている。



この骨格構造は、我々が提唱している実験考察の定型文（右上）と同一の構造である。定型文における結果とは元となる事実であり、トゥルミン・モデルのデータと対応している。また、定型文の結論とは事実から導かれた自分の意見であり主張と、根拠とは事実と意見とを結び付ける知識であり理由付けとそれぞれ対応している。我々が考察の定型文で示した要素は論理的に説明していく場合に重要な要素であることがわかる。

残る3要素についても以下のように考えられる。まず限定は、学校で学習する理科実験においては、不確定な結論を扱うことがほとんどないので通常必要としない。次に反証であるが、これは科学論文で「～の条件下では」のように示される条件に対応するものであろう。理科実験においては操作などにこの条件が含まれている。したがって、定型文では操作を含む「結果の定型文」がこれに対応しよう。さらに理由の裏付けには、科学の法則や理論が相当するものと思われ、定型文では法則などが根拠に含まれることもある。ただし、分野が科学に決まっているのでいつも必要な要素ではないであろう。

1) 井上尚美(1996), 「論理的コミュニケーション能力を育てるために」, 国立教育研究所編, 『コミュニケーション能力調査 小学校調査報告書』, pp. 7-14.

2) S. E. Toulmin(1958), "The Use of Argument", Cambridge University Press, p. 99.

6 理由としての事実と根拠

理由に関する学習についての知見を得るため、第3回国際数学・理科教育調査の結果から小学3～4年生に対する次の問題について考察する¹⁾。

花子さんの前にも、たろうさんの前にも、同じようなカップに入れたスープがあります。どちらのスープも同じ温度でした。花子さんは、さらにふたをしました。			
(図省略)	(正答)	3年	4年
どちらのスープの方が長い時間さめないと思いますか。	(花子さんのスープ)	93%	97%
また、そのように答えたわけを書きなさい。	(冷たい空気が入らないなど)	40%	55%

このわけ(理由)として、「花子さんのスープにはふたがしてあるから」とする誤答をあげた生徒が3年で43%、4年で36%もいた。しかし、「ふたがしてある」という事実も理由には違いがない。このことは、理由と呼べるものが二つあることを示している。すなわち、「ふたがしてある」という「元となる事実」と、「冷たい空気が入らないから」という「事実と自分の導いた意見とを結び付ける根拠」の二つである。

日本においては、この二つの理由を区別して考えさせる場がなく、また、事実を示すことで根拠は示さなくとも自明の理として取り扱っていることが多い。さらには、根拠を言おうとすると理屈っぽいと毛嫌いされることも往々にしてある。つまり、ふたがしてあれば、冷たい空気が入らないことや熱が逃げないことなど言わずとも、スープが冷めにくいのは当然であると考えられる。これには、考察の定型文の理由として根拠を書かずに実験結果を書くことも対応していよう。欧米と日本とで論述の仕方が異なる点として、この根拠を重視するかどうかがあると思われる。

広中平祐氏は対談の中で以下のように指摘している²⁾。学生から質問を受けたときアメリカの教授はゲーム感覚で過去の知識まで考え直し、白紙にして考えたほうがおもしろいものが出てくるといった信念みたいなものがある。それに対して、日本では基本的なものを足場にして上に行かないと立ち遅れ、そこまで戻っていたら時代遅れになるという。

また、柳田氏は日本に欠けるものとして、イギリス人と比較して、日本人は物事を本質に溯って考える習慣がないことをあげている³⁾。

東京学芸大学の寺谷敏介氏によれば、イギリスでは知識のあるなしにかかわらず対等に話し合えることが、話し合いにおける民主主義と考えている節があるとのことであった。

これらのことをつなぎ合わせてみると、知識のあるなしにかかわらず対等に話し合うことができるのは、基礎に戻って話しているからとまず考えられる。そして、基礎から考え直すには根拠を明らかにすることが必要である。それに対して、我が国では、共通にもっている豊富な知識の上に立ち、そこから出発する。したがって、根拠を明らかにしなくとも自明の理とすることができるのではないだろうか。

1) 国立教育研究所編(1996)『小・中学生の算数・数学、理科の成績』東洋館出版, p. 130., IEA's Third International Mathematics and Science Study (1996), 'Science Achievement in the Middle School Years', Boston College. pp. 55-92.

2) 佐伯幹他編(1995)『科学する文化』東京大学出版会, pp. 177-214.

3) 柳田博明, 山吉恵子(1996)『テクノデモクラシー宣言』丸善ライブラリー, pp. 23-51.

7. 定型文利用の効果

(1) 定型文の有効性

実験教材を使った実践を通して得られた結果は、高等学校が第3章に、中学校が第5章にまとめて報告がある。各実践での結果の詳細はそちらを参照されたい。ここでは、結果の報告に基づいてその有効性をまとめてみる。

調査校の多くの先生から定型文に当てはめるとうまく書けるようになるとの報告や、定型文を示すことで単語での回答はなくなり明らかに文章として書けるようになっているとの報告があった。また、中学校では「実験結果は見たままを書く、考察は考えないと書けない」という違いの説明が有効であったとの報告を受けている。中には、学校の状況に合わせてどこまで許容するか決めることを前提として、との注釈付きの学校もあり、それぞれの学校に応じた方法で実施し、それなりの成果があることがわかった。また、まずは何でもよいから、根拠が文章として書けることが重要であり、根拠として実験結果を記入していたとしても書けるようになったことを評価したいとする意見もあった。なお、調査校には、ほとんどの生徒が大学短大に進学する高校や、一部が進学する高校、ほとんどの生徒が就職する高校など、多様な高校が含まれている。

その一方、うまく書けるようになるが、文章がおもしろくなくなる、感想などが書けないといった声も含まれていた。感想も生徒の活動を知る手掛かりとして重要であり、それに関しては、改めて感想の欄を設ければ、定型文を教えた後でも感想が出てくるだろうとの意見であった。感想と考察は対立する関係ではなく、並立する関係にあると思われ、教科書においても報告書の書き方として考察と感想の両方の項目があがっている。

生徒の評価としては、良くなった点として「後で読んでも意味がわかる」、「前はどうやって書いていいのか分からなかった」、「根拠とかもとめるところが化学らしい」など、悪くなった点は「仮説が立証したとか・・・どうやって書いていいのかわからない」、「文が長いし、もっとわかりやすい表現の仕方があるのではないか」などがあつた。なお、定型文を利用することで、真剣に考える姿勢が出てくるメリットがあるが、「私にも書けるんだ」になるか、「何と難しいのか」になるか、後始末が難しいとのことであつた。

そのほか、初めは定型文なしで書き、次に定型文を学習してから書いて、両方の文章の違いを生徒自身が自己評価し、その利点を意識したときとそうでないときとで、定着の違いがあるかや、生徒の提出した回答の中から適切な文章を提示した場合に、その後の文章への影響があるかを調べた。自己評価を入れた実践では、入れなかった場合とさほど違いが見られなかった。その一方、生徒の作文例を提示した場合と、提示しない場合とでの比較では、作文例を示した方が次回の記述がより多くなっていた。

さらに、実験で定型文を使った記述を何度か繰り返した後、結果や考察が書けるようになったのはなぜかとの質問に、なれてきたとするものが最も多かつた。定型文が自由に使いこなせるようになるためには、なれは重要な因子であり、定型文に容易にあてはめて各要素を抽出できることで自分の考えがより簡単に整理できるようになるものと思われる。

学年末に課したレポートでは、定型文をそのまま適応できるわけではないので多くはまだ適切に書けているとは言えなかつたが、その中でよく記述されているレポートに共通することは、短文であること、図や表などの活用が適切になされていること、適当なつなぎ言葉が使われていることであつた。

(2) 定型文における課題

以下に、定型文を書く上で問題となった点をあげ、その改善策を探る。

まず、定型文がどういう意味を持つかの理解が重要であり、定型文の形式よりその各要素（結果では操作と結果、考察では結果と結論と根拠）を記述することの認識が重要である。また、考察の定型文で結果、結論、根拠を具体的に示すのと同様、結果の定型文でもどれが実験操作でどれが結果なのか具体例を示すことが大切であろう。さらには、結果や考察に何をどこまで書くのか、考察に書くべき内容の目安は実験の目的に対応しているはずであるが、記載の途中に観察事実を書き加えることなどが重要な場合も実験内容によっては有り得ると思われる。これには実験教材が整理できていないことも考えられるが、今後一般的な記述方法の開発が必要と思われる。

一方、中学校では定型文を書いてまとめるという活動は少なく、次に進むための前提となる実験が多い。したがって、中学校用実験教材では各実験操作の後に、先生のまとめが入って進むことを前提に改訂したが、中学校での結果や考察の在り方の再検討をしたい。

また、中学校の実験教材において、考察を書きやすいように、根拠にあたることがらを順序だてて考え記述させていくと、理由として結果を書く割合が多くなることがわかった。これは、理由と呼ばれるものが二つある証しとも思われるが、根拠について記述した後に改めて理由を書くように指示されたときには、すぐ直前に記述したことと同じ内容を記述するのを避けて、もう一つの理由である実験結果を記入するためと考えられる。このように順序立てて考えていく場合、結果と根拠をともに改めて書く機会が必要であろう。

また、教材によっては反応が現れないことを確認するためのブランクテストが入っているが、これを考察に入れるといわゆるだらだら文になってしまうので、考察からはずすか、箇条書きにするなどの工夫が必要と思われる。一般に、考察の根拠の部分が多い場合には「その理由は次のとおりである。」とまず記入し、その後に箇条書きのようにして書く方法があるが、この方法をとるようにすると定型文がより広く応用でき、書きやすくなるものと考えられる。具体的な手立てを考えていきたい。

ところで、実際の授業を見学したおり、実験操作と回答を並行して行っている生徒はほとんどいなかった。今回この改善策の一つとして、実験操作の欄に結果を記入することを指示し、結果が出しだい記述させるようにした。また、まだ料理本のように、全体を把握せずに操作している生徒も散見されるので、目的と概要の部分をさらに工夫し強調することが必要であろう。また、実験の失敗に基づく誤解を避けるためにも、概要に各操作の意味を必要に応じて書いておき、操作そのものは大ざっぱにしておく従来の方法を再度確認した。しかし、科学的な事実が実験結果から得られないと話にならないので、どこかで気付けて結果を得られるような再実験の機会を作っておく方法の開発が望まれよう。

中学校においても、考察としてふつうは書かない自明と思われる根拠(次節参照)の「グラフが直線だから」は書きにくく、また、根拠として、「化合するときに割合が決まっているから」という比例になる理由を推論している記述や、「・・・ふつう比例するわけだが、比例はしなかった」や「論理的にいくと・・・この実験では4:1にならなかった。これが現実なのだと思った」などの記述があった。このような記述にどう対処するかその方法も考えていく必要がある。

最終的には、表現が思考と結び付き、定型文を使うことで思考しやすくなるかが問題であり、思考力育成とのつながりを今後の課題としている。

8. 実験教材「量的関係」での根拠に関する論点

第4章の高等学校化学用実験教材の2番目に化学反応における量的関係（略称、量的関係）がある。化学反応の量的関係の教材では、化学反応が起きた時の反応物質や生成物質間の物質量（モル）や質量、体積などの関係を調べることを目的としている。しかし、この考察として何を記述するのかについてはいつも問題となっていた。今回は例外的に3種類の実験教材をあげることにした。

(1) これまでの「量的関係」での考察の内容

以下に、これまでの考察における設問を記して、このように例外的な扱いをすることとなった経緯を示し、再度「何を考察したら良いのか」考えていただく契機としたい。

平成2年度報告書(1991.3), 平成5年度研究資料(1993.12)

目的：マグネシウムと塩酸を反応させると水素が発生する。この反応に関与する物質の量的関係を調べる。

設問：予想値と実験結果を比較しなさい。その数値が大きく異なった場合は、その理由を書きなさい。（着眼点：注射器の中にマグネシウムが残っているかどうか調べよう。）

回答例：3.0cmではほとんど等しいが、6.0cmでは大きく異なった。これは、マグネシウムすべてが反応しなかったからだ。

ここでは、量的な関係を知っていることを前提として、その関係が成り立たない理由を考えさせている。なお、この教材では定型文をまだ意識していなかった。

研究資料(1995.5)

目的：塩酸に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質量と水素の発生量について調べる。

設問：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。

回答例：マグネシウム 6.0cm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。

この場合も、上記と同様であり、量的関係が崩れている理由を考察させている。しかし、この考察は目的に直接対応するものではなかった。また、この実験においては時間的な余裕が少なく、時間内に考察まで書くことが難しかった。

中間報告書(1996.3)

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。

設問：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。

回答例：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、この反応を示す化学反応式は



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。

ここでは、物質量（モル）を全面に出すことにより、化学反応式に示される量的な関係（化学量論）を一目瞭然にとらえることができるように考えて改訂している。

しかしながら、この量的関係の考察では白紙が多く、考察に進む段階でギャップがあったことが考えられた。さらに調べた結果、考察に化学反応式を書くためには反応した塩酸や生成した塩化マグネシウムの量が必要であるのにそれがわからないことや、化学反応式を書けばその係数で量的関係がわかってしまうことなどから、何を根拠にしてよいかわからなくなっている状況が見いだされた。

(2) 自明と考えられる根拠の扱い

上記のことを踏まえて、考察で化学反応式を書かせることは止め、二つの根拠を回答例に入れて教材を改訂した。ただし、生徒に根拠二つを書くことは要求しない。この二つの根拠とは、反応にかかわった物質の量的関係が簡単な整数比となることと、実験値には誤差が含まれることである。ちなみに結論は「反応したマグネシウムの物質量と発生した水素の物質量は等しいと考えた」である。なお、この結論は目的に対応させるために案出したが、元の教材での結果にあたっており、この点からも生徒にとって結論はやさしく、根拠は自明であることが考えられる。

実践結果は正誤を別にして、根拠に回答した生徒は6割程度あった。その中で、結論に比例をあげた生徒は、根拠に実験結果そのものをもってきていた。また、根拠に誤差をあげた生徒はほとんどおらず、比例すると書いた生徒が多かった。

この回答結果から考察についてたくさんの意見が出された。この量的関係の教材にあげられた実験は中学校でも行われており、反応にかかわっている物質の量的関係が比例関係にあることや、一方の物質がなくなると他方の物質が過剰にあってもそれ以上反応が進まないことなどが含まれている。すなわち、前ページに示した例はいずれも物質量を除いて中学校で学習している範囲に入るのである。

高校としての考察はどうあるべきか、そして何を根拠にすべきか。一つには、たとえ中学校での学習範囲であろうとも、これまでの授業経験から理解している生徒がさほど多くないと思われるので、同じ実験を課しても問題はないとする考えがある。その一方、高校での考察と考えた場合には、上記の反応にかかわった物質の物質量関係が簡単な整数比になることを根拠とした考察が考えられる。しかし、この根拠は上記の通り、自明の理とも言えるものであり、生徒にそのような説明を求めることは我が国ではないと思われる。根拠が自明である場合には根拠を書かせることでかえって生徒を混乱させるので、根拠が必要のない考察とすべきとの意見や、この教材は定型文に合わないとする意見も出た。この自明の理とも言える根拠に対する先生方の賛否はほぼ半々に分かれた。

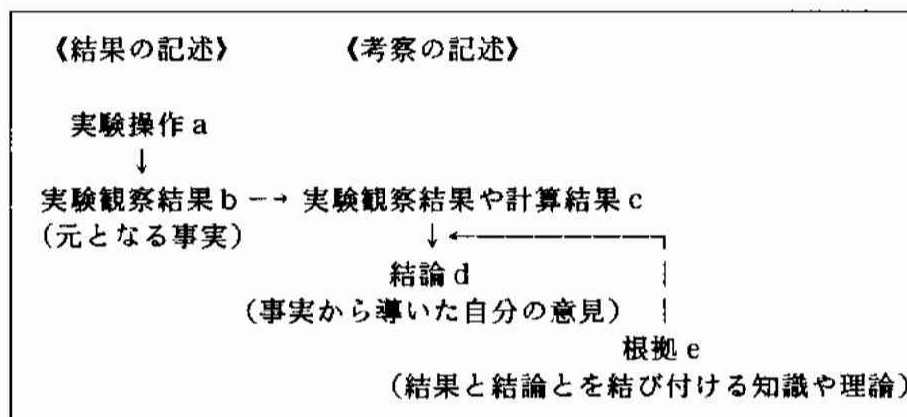
個人的には、知識重視ではなく考え方（過程）重視であれば、その元になるのは「基礎的な考え方」であり、自明の理であろうともそれを根拠として考察する訓練をすべきと考えている。その際の実験としては、一つの物質だけを扱って量を変えるのではなく、いろいろな物質を使っていろいろな化学量論関係を扱うべきであるとの意見もあった。

今回の量的関係の改訂版では、マグネシウムと塩酸の反応から、(1) 量的関係が成り立たない理由の考察、(2) 量的関係が簡単な整数比になる理由の考察、(3) アルミニウムと塩酸の反応との対比を入れて量的関係が簡単な整数比になる理由の考察を、それぞれ行うようにした。今後も実践を通して考察を深めていきたいと考えている。

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、そう考えた根拠（理由）も加えて書き、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）の例を参考として下に示します。



◎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、リトマス紙が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、結果(実験事実)から結論(自分の意見)を導くときに知識(他の事実)や理論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 科学の学習における 論理的表現力の 評価方法に関する研究

1. 化学のレポートの「論理的表現力」とは何か
(有元秀文) 16
2. 化学のレポートの「論理的でない表現」
ーチェックポイントと直しかたー
(有元秀文) 17
3. 中学校の理科実験レポートにおける
「論理的表現力」分析の試み
(吉田 繁) 26

科学の学習における論理的表現力の 評価方法に関する研究

—中学・高校生の化学のレポートを資料として—

国立教育研究所国語教育研究室 室長 有元 秀文
研究協力者 吉田 繁

1. 化学のレポートの「論理的表現力」とは何か

有元 秀文

1) この研究のねらい

この研究は、中学・高校生の化学のレポートの分析に基づいて、科学の学習における論理的表現力の評価方法を確立するための試みである。ただし、ここでレポートと呼ぶものは、専門課程の大学生が書くようなレポートではない。化学や理科の実験について、中学・高校生が表現した短い文章である。

この目的を設定した理由は、科学の学習において児童生徒の「論理的表現力」を育成する必要性が高まっているにもかかわらず、その評価方法が確立していないからである。

2) 「論理的表現力」を評価する手順

我が国の児童生徒が、「自分の考えを論理的に表現する力」が劣っていることが、様々な国際比較調査で指摘されている。しかしその推測の根拠は確かなのだろうか。本当に日本人の子供は「論理的に表現する力」がないのだろうか。日本人の子供の「論理的表現力」が劣っていることを確認するためには、次の2段階の手順を踏む必要がある。それは、先ず論理的表現力を評価する方法が確立され、次にその安定した評価方法に従って「論理的表現力」を比較するという手順である。

3) なぜ論理的に表現しなければならないのか。

論理的表現力の評価方法を確立する前にどうしてもはっきりしておきたいことがある。それは、科学の学習で「なぜ論理的に表現しなければならないか」ということである。

科学の学習で「論理的に表現しなければならない理由」は、科学の学習には、意見を発表したり相互批判することによって問題を解決する「コミュニケーションの過程」がどうしても必要だからである。なぜなら、「発表や相互批判」という過程を経なければ、万人が納得するような客観性を持った科学的な考えは成り立たないはずだからである。

科学の学習で「発表や相互批判」を行うためには、先ず自分の考えを論理的に筋道を立てて組み立てて、次にその考えをだれにも分かるように論理的に順序よく伝えなければな

ない。さらに、自分の考えを説明した後で、他の人からその意見に賛成や反対や批判や足や修正の意見があるだろう。他の人に反対されたら、もう一度説明し直したり、反論したり修正したりしなければならない。つまり科学の学習には「論理的表現力を重視した表・対話・討論」というインタラクティブな（相互交渉のある）コミュニケーションが不可欠である。

）化学のレポートで「論理的」とはどういうことか。

「論理的」という言葉は、様々な意味で用いられることが多い。化学の問題を解決するためのコミュニケーション活動に求められる「論理的表現力」とは何だろう。この研究で析したレポートから抽出したところによれば、ある実験結果がどういう意味を持つかについて推論する場面で要求される「論理的表現力」は次のような要素に支えられているとえられる。

- 1) 知識：前提となる正しい化学の知識に基づいていること。
- 2) 理解：実験結果を正しく理解していること。
- 3) 推論：知識と結果に基づいて、科学的に正しく結論が導かれていること。
- 4) 説明：共同で学習するどの生徒にも分かるように、説明されていること。

(4)の「どの生徒にも分かるように説明」するためには、「論理的な関係」がはっきりしている必要がある。

生徒たちのレポートから抽出された、「論理的な関係」とは主に次の4点である。

- 1) 「質問」と「答え」との関係：質問に直接関係することを答える。
- 2) 「事実」と「意見」との関係：事実を根拠として意見を述べる。
- 3) 「主語」と「述語」との関係：「だれ」が「なに」を「どうした」のか明確にする。
- 4) 「文」と「文」の関係：文と文がどのような関係で配置されているか。

2. 化学のレポートの「論理的でない表現」－チェックポイントと直し方－

以下に具体例によって、化学のレポートにおける「論理的でない表現」のチェックポイントと直し方を解説する。

）全体に関連する例

チェックポイント：質問されたことに答えているか。

例えば次のような問いに対する、例1のような答え方は、質問に答えていないから不適切である。

問い：気体の発生する反応1と反応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（質量保存の法則）

<質問したことに答えていない例>：

反応1と反応2の結果については、ふたをあけた反応は軽くなった。その理由は、ふたをあけた分、なかに入っていた発生した気体が出てしまっって軽くなった。

修正例：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、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である。

チェックポイント：「何」が「何」を「どうする」かが明示されているか。

これは、必要な主語や述語や目的語が欠けていないかということである。生徒の文には次の例のような「主語（何が）」の欠けたものが非常に多い。

<「何が」の欠けた例>：デンプンを糖分に変えるはたらきがあると分かった。

修正例：だ液はデンプンを糖分に変えるはたらきがあると分かった。

チェックポイント：主語と述語が対応しているか？

このチェックポイントは、「何」が「何」を「どうした。」という主語と述語の対応ができていないかどうかである。

<主語と述語が対応しない例1>：

だ液はデンプンを糖になると考えた。

解説：これは、「だ液はデンプンを」とあるのだから、述語部分は「糖に変化させる。」とすべきところである。

<主語と述語が対応しない例2>：

その理由は、ベネジクト液はだ液を入れると変化する。

解説：「理由は」と始まる文は、「変化するからである」と結ぶべきである。これは非常に多い誤りである。

2) 「結果」に関する例

チェックポイント：「実験結果」について説明する文が、次の定型文の形式にあっているか。

定型文1：「結果」を説明する定型文

[操作] をしたら (したところ), [結果] になった。

次のような問いに対する、例のような回答は定型文の形式にあっていない。

問い：操作(2)でセロハンを用いたときの変化を、結果の書き方(上記定型文)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。

(コロイド溶液)

<「結果」を説明する定型文の形式に合っていない例>：

セロハンの場合、水に酸性のものだけ透けて、ろ紙の場合、色が変わり、酸性はうすかった。

解説：定型文の形式に合っていないために、「何をどうしたらどうなった」という論理的な関係があいまいになっている。

次の例は定型文の形式に合わせた修正例である。

修正例：セロハンを用いて、操作2を行ったら無色透明のままだった。また、ろ紙を用いて操作2を行ったら赤褐色の溶液が出てきた。

しかし、定型文の形式に合っているが、次のように極めて分かりにくい例もある。

＜「結果」を説明する定型文に合っているが、文が複雑すぎる例＞：

セロハンに赤褐色の水酸化鉄コロイド溶液を10滴入れたのをパレットにスポイトで純水を5滴落とした所につけて液の色をリトマス紙で調べたら赤色になった。

解説：例2は、丁寧に操作を記述しようとしているが、非常に読みにくいし分かりにくい。それだけでなく結果も誤って記述している。分かりにくい原因は、文の構造が複雑すぎるからである。文の分かりにくさが、結果を誤って記述した原因に関与している可能性も考えられる。

【複雑すぎる文の解析】

＜複雑すぎる文の骨格＞：

{A：セロハンに赤褐色の水酸化鉄コロイド溶液を10滴入れたのをパレットにスポイトで純水を5滴落とした所につけて} {B：液の色をリトマス紙で調べ} たら {C：赤色に} になった。

この文の基本的な骨格は、次の通りであって日本語として文法的に間違いがあるわけではない。{操作Aをし} て {操作Bをし} たら {結果} になった。

この文が分かりにくいのは、{A：セロハンに…所につけて} という「操作」の部分が複雑すぎるからである。そのために、全体の構造は次のように複雑なものになっている。

＜複雑すぎる文の全体構造＞：

{操作A：< [セロハン] に […コロイド溶液] を […入れた] の > を
< [パレット] に [スポイト] で [純水] を […落とした] 所 > に < つけ > } て
{操作B：< 液の色 > を < リトマス紙 > で < 調べ > } たら
{結果：赤色に} になった。

これは、さらに単純化すれば次のような構造になっている。つまり、

{操作：AをBにつけてCを調べ} たら {結果：D} になった。

つまり、<< {操作をし} たら {結果} になった。 >> という定型文の構造にぴったり合っているのである。

【定型文に合った文がなぜ分かりにくいのか】

この文は「定型文」の構造にぴったり合っているのになぜ分かりにくいのだろうか。

その理由は、この一つの文の中に、余りにも多くの情報が詰め込まれ過ぎているからである。この文の中には合計五つの動詞が現れている。五つの動詞が現れているということは、次のような五つの動作や状態の変化が表現されているということである。

- (1) [セロハン] に […コロイド溶液] を […入れた]
- (2) [パレット] に [純水] を […落とした]
- (3) […入れたの] を […落とした所] に [つけて]
- (4) [液の色] を […調べ]
- (5) […コロイド溶液を10滴入れたの] [赤色になった]

上記の(1)～(5)までのいずれの文も、主語と述語を備えた独立した文になりうるのである。つまり、五つの文に分けて記述すれば分かりやすくなるはずである。

それでは、なぜこのような複雑な文が生まれたのだろう。それは皮肉なことに、「定型文」に忠実に書こうとしたからなのである。「分かりやすい文」を書かせるために与えた「定型文」に忠実に表現しようとしたために、極めて「分かりにくい文」が生まれてしまったのである。

このことから、この生徒の回答は次のチェックポイントにも違反している。

チェックポイント：一つの定型文の中に、無理に多くの情報を詰め込みすぎているか。

このように、一つの文の中に、多くの情報を無理に詰め込みすぎた文を「だらだら文」と呼ぶ。

【文を表現するという行為は、状況と深くかかわる「コミュニケーション活動」である。】

このことから分かることは、分かりやすく表現するためには、どんな状況でだれに向かって表現するかをよく考える必要があるということである。なぜなら、「表現」とは特定の状況の中で特定の相手に向かって行うコミュニケーション活動だからである。状況や読み手も考えずに、やみくもに「定型文」に合わせて表現しようとするとうろたうろたうの分かりにくい文が生まれる。

要するに、ここでは「操作2」についてくどくど説明する必要はないのである。なぜなら、この文を表現する「状況」では、「操作2」が何かを読み手は十分に知っているからである。だから、この「複雑すぎる文」は次のように修正すればよい。

修正例<誤例>：セロハンを用いて、操作2を行ったら赤色になった。

つまり、<「どうし」たら「どうなった」>という文の骨格がくっきりと見えるように、出来る限り単純化するとよい。このように単純化して表現できていれば、結果を誤認していることにも、2番目の問いに答えていないことにも気づいたのではないか。少なくとも、このように分かりやすく表現していれば、周囲で実験している友だちから誤りを指摘してもらえたはずである。だから相互批判というコミュニケーションを成立させるためには、「分かりやすく表現すること」が必須なのである。

【複雑で分かりにくい文は、思考を混乱させる原因になりうる。】

ここで解析した例は、複雑で分かりにくい表現を行い、同時に結果を誤認した例である。しかし、表現の複雑さが結果誤認の原因であるか、結果誤認が複雑な表現の原因であるという因果関係は断定できない。明らかなことは、論理的に思考していなければ論理的に表現することはできないということである。そして、論理的に分かりやすく表現していれば、自分自身で誤りを発見することも、他の友だちから誤りを指摘されることも容易になるはずである。つまり、論理的に表現することは論理的に思考するためにどうしても必要な過程なのである。

次も、定型文の中に無理に多くの情報を詰め込んだだらだら文の例である。

<定型文に多くの情報を詰め込んだだらだら文の例>：

白金線に濃塩酸を浸し、炎の中に入れ、炎に色がつかないのを確認して、未知試料Aをつけ炎の中に入れたら、赤になった。（炎色反応）

【説】：「だらだら文」を分かりやすく修正するためには、先ず、文をできるだけ短く切る。次に、短く切った文と文とを「つなぎ言葉」でつなぐとよい。ここで、「つなぎ言葉」とぶのは文と文の論理的関係を明らかにする語で、例えば、「まず、また、次に、さらに、後に」のような順序、「この、その」のような指示語などである。

【修正例】：先ず、白金線に濃塩酸を浸してから炎の中に入れ、炎に色がつかないことを確認した。次に、（白金線に）未知試料Aをつけ、炎の中に入れたら、赤くなった。

【チェックポイント】：結果について説明する文に、「考察」が混じっていないか？

【問い】：未知試料Aの炎色反応の結果を定型文を参考にして記述しなさい。

＜結果の中に考察が混入した例＞：

未知試料Aをつけた白金線をガスバーナーの炎の中に入れたら、炎色反応は赤色であったので、リチウムである。

【説】：上の「ので、リチウムである」は「考察」であるから次のように修正する。

【修正例】：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。

3) 「考察」に関する例

【チェックポイント】：「考察」の文に「理由」が欠けていないか？

【問い】：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なさい。
(消化液の働き)

＜「理由」の欠けた例＞：だ液にはデンプンを糖に変えるはたらきがあると考えた。

【説】：これは唾液のはたらきについて考察させる課題であるが「理由」がない。

次の修正例は「理由」を添えた例である。

【修正例】：だ液にはデンプンを糖に変えるはたらきがあると考えた。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。

【なぜ「理由」が必要か。】

なぜ考察には「理由」がなければならないのだろう。その理由は、「理由」がなければその「考察」に対して肯定も否定もできないからである。つまり、問題解決のための議論のしようがないからである。議論ができなければ、多くの人が納得するような問題解決を導くことができないからである。もし、この教師が答えの正否だけを問題にしたいのなら、「どう考察したか」について表現させる必要などない。教師が「正答」だけを目指すならば、膨大な正答を暗記させればよいのである。

しかし、われわれがこの研究でねらっている学習のねらいは、①事実を正確に把握し、②必要な知識に基づいて、③論理的に推論して④正しい結論を導き出す、思考過程なのである。「正答を得る」ことは、この4段階のステップの最終段階に過ぎない。だから「なぜ」そのように推論したかという「理由」づけがどうしても必要なのである。

チェックポイント：結果について考察する文に、必要な「理由」が挙げられているか。

それでは、「理由」がありさえすればよいのだろうか。「理由」は必要かつ十分でなければならない。次に示すのは、「理由が不十分な例」である。

＜理由が不十分な例＞：

だ液は、デンプンを消化して糖分に変えるはたらきがあると考えた。その理由は、実験で、デンプンのりにだ液を入れてヨウ素液を加えても色は変化せず、さらにその液にベネジクト液を加えたら赤かっ色に色が変化したからである。

解説：この例は一見「理由が十分記述されている」ように見える。しかし、だ液を入れない方の試験管がどう変化したかを述べない限り「理由が不十分」である。なぜなら、だ液を入れない方の試験管も、なんらかの別の要因が作用して、だ液を入れた試験管と同様の変化をしていたかもしれないからである。次に示すのが「理由が十分な例」である。

＜理由が十分な例＞：実験結果から、だ液はデンプンを糖に変えると考えた。その理由は、だ液を入れた試験管のみヨウ素液を加えても変化せず、ベネジクト液を加えると変化したからである。

解説：しかし、本当は「理由付け」が十分かどうかは状況と相手しだいなのである。もし生徒が説明している相手が教師でなくて、この実験のことをよく知らない下級生であればもっと詳しく説明しなければならないだろう。なぜなら、説明するという行為は、特定の状況の中で特定の相手に向かって行うコミュニケーション活動だからである。だから、相手が予備知識を持たなければ持たないほど、説明は詳しくなるはずである。例えば、相手が何も予備知識を持たない下級生であったら、ヨウ素液とベネジクト液の性質について当然知らせる必要がある。

だから、生徒に「表現の課題」を与えるときには、「どんな状況でだれに向かって説明するのか」という状況をできるだけ詳しく指定しておく必要があるのである。

【「考察」のための2種類の定型文】

上述のように、どこまで詳しく説明しなければならないかは、状況と相手次第だとすれば、われわれは状況に応じて何通りかの「定型文」を用意する必要がある。ここで「考察」のための定型文を、二通りだけに絞って提示してみたい。

「考察」の第1の定型文は、次のように「実験結果」を理由として結論を推論するタイプである。

【「考察」の定型文1】

実験結果から〔結論・主張〕と考えた。その理由は〔実験結果〕だからである。

＜定型文1の例＞：実験結果から、だ液はデンプンを糖に変えると考えた。その理由は、だ液を入れた試験管のみヨウ素液を加えても変化せず、ベネジクト液を加えると変化したからである。

第2の定型文は、次の通りである。

【「考察」の定型文2】

実験結果から〔結論・主張〕と考えた。その理由は〔根拠〕だからである。

＜定型文2の例＞：実験結果から、だ液はデンプンを糖に変えると考えた。その理由は、ヨウ素液はデンプンと反応し、ベネジクト液は糖と反応するからである。

【説：つまり、定型文1の理由は「実験結果」であり、定型文2の理由は「実験結果から結論・主張を導き出した根拠」である。どちらの定型文を生徒に要求するかもどこまで詳しい説明を要求するかも、指導者の判断次第である。しかし、どうしてもはっきりしておいてはならないのは、「教師がどんなことを生徒に要求しているか」を生徒に周知徹底することである。

【「理由+結論」と、表現の順序が定型文と逆転している例】

次のチェックポイントは、実験結果の理由について考察する文が、「結論+理由」という定型文の順序に表現されているかどうかである。

チェックポイント：「考察」の文が、「結論+理由」の順序になっているか。

【説：この研究では、考察の文の表現の順序を、先ず「結論・主張」を述べて次にその理由を述べるという順序に統一した。その理由は、聞き手や読み手が一番知りたい情報を真っ先に述べるべきであるというコミュニケーション観に立ったからである。もちろん、この順序とは反対だが、「理由」を先に述べてから、最後に結論を述べる表現の順序も誤りとは言えないのである。しかし、生徒たちにレポートを書かせるときに、「理由+結論」の語順を取ると、だらだらと理由が続いて、読み手には、「一体何を言いたいのだろう」というフラストレーションがたまってくる。つまり伝達効率が著しく悪いのである。

＜「考察」の文が「理由+結論」の順序になっている例＞

ふたをしたままだと質量に変化は起こらなかった。ふたをあけると、塩酸+石灰水の方が軽くなった。軽くなったことから、質量保存の法則が成り立たないと考えられる。（質量保存の法則）

【説：この例は、「理由+結論」という定型文と異なった順序で表現し、しかも誤った結論を導き出している。この例の構造は次のとおりである。

＜「理由+結論」の順序になっている例＞

{理由1：ふたをしたままだと質量に変化は起こらなかった。}

{ [理由2：ふたをあけると、塩酸+石灰水の方が軽くなった。] →

[結論：軽くなったことから、質量保存の法則が成り立たないと考えられる。] }

つまり、理由1の反応は無視して、理由2の反応から結論を導きだしたために誤った結論を導きだしたと言えるのである。

もし、この生徒が次のように「結論+理由」の順序で表現していたら、結論の誤りに気づいたかもしれない。

修正例（誤例）：質量保存の法則が成り立たないと考えられる。（その理由は、）ふたをしたままだと質量に変化は起こらなかった（のに）ふたをあけると、塩酸+石灰水の方が軽くなった（からである）。（括弧内は補足した語句）

この課題に対する修正例は次のとおりである。

修正例：質量保存の法則が成り立つと考えた。その理由は、ふたをして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である。

さらに、「考察」の文は、次の形式をとる必要がある。

チェックポイント：「考察」の文が、次のような形式になっているか。

定型文1：実験結果から〔結論〕と考えた。その理由は〔実験結果〕だからである。

定型文2：実験結果から〔結論〕と考えた。その理由は〔根拠〕だからである。

解説：定型文1，2に共通して重要なことは、次の2点である。第1は、「結論・主張を先に述べて、「・・・と考えた」と明示すること。第2は、「その理由は（なぜなら）・・・からである」という形式を備えることである。

次は、「考察」の内容に関するチェックポイントである。

チェックポイント：「考察」を書くときに、「実験結果の原因」を書いているか？

問い：未知試料Aの炎色反応の結果を定型文を参考にして記述しなさい。

＜「考察」の中に「実験結果の原因」を述べた例＞：

上の結果から炎が赤くなったのは、リチウムが入っているからと考えた。

解説：この例は、形式としては、「上の結果から～と考えた。」という定型文に合っている。しかし、「問い」が要求している、「未知試料Aが何かを推測すること」には答えていない。代わりに、炎が赤くなった「原因」を答えてしまっている。

修正例：上の結果から、未知試料Aはリチウムだと考えた。

次は「考察の理由」の「中身」に関するチェックポイントである。

チェックポイント：「考察」を書くときに、「実験と関係ない根拠」を書いているか？

＜実験結果に基づいて推論していない例＞：

上の結果から、未知試料Aはリチウムだと考えた。その理由は、教科書の炎色反応の表のところに赤い炎はリチウムと書いてあったからである。

解説：この例は、実験結果に基づいて考察することが求められているのに、教科書の記述に基づいて考察している。教科書に関する記述が正しくてもこれでは何のために実験したのか分からないことになる。

4) 結論：化学のレポートの「論理的表現力」に関するチェックポイント一覧

次の1～12の項目は、今までに取り上げた「論理的表現力」のチェックポイントを、全体の統一性に配慮して再分類したものである。

【全体に関するチェックポイント】

- 1 質問されたことに答えているか。
- 2 「何」が「何」を「どうする」かが明示されているか。
- 3 主語と述語が対応しているか？
- 4 一つの定型文の中に、多くの情報を詰め込みすぎているか。

【「結果」に関するチェックポイント】

- 5 結果を説明する文が定型文にあっているか。
- 6 結果を説明する文に、「考察」が混じっていないか？

【「考察」に関するチェックポイント】

- 7 考察する文に「理由」が欠けていないか？
- 8 考察する文に、必要な「理由」が挙げられているか。
- 9 考察する文が、「結論+理由」の順序になっているか。
- 10 考察する文が、定型文に合っているか。
- 11 考察するときに、「実験結果の原因」を書いているか？
- 12 考察するときに、「実験と関係ない根拠」を書いているか？

今後さらに多くのデータに基づいて、これらのチェックポイントを精選していけば、化学のレポートの論理的表現力を客観的に評価することができるようになるだろう。

しかし、既に述べたように、学習は状況と切り離されたところでたった一人ではできない。「表現活動」も必ず特定の状況の中で、特定の相手に向かって行われるものである。しかも、ここで扱ったレポートのように一方通行のまま終わるということはあり得ない。表現すれば必ず賛同や質問や反論や批判や補足がありうる。科学の表現活動はそのような集団の中での活発な討論を通して始めて確かなものになるはずである。

だから、論理的表現力のチェックポイントを基準にして、個々の生徒を評価して序列化するようなことはできないはずである。なぜなら、「論理的表現力」の評価は、「だれが、いつ、どのような状況で、だれに向かって」表現したかによって全く変わってくるはずだからである。生徒の表現は、ある状況では完全な表現でも別の状況では不完全かもしれない。特定の状況では、主語などなくても、単語だけでも分かり合えるのである。

また、もし教師が、生徒の表現に不足があると思ったならば、真っ先に生徒に対する教師自身の「問かけ」が適切であったかどうかを疑うべきだろう。次に、なぜそのような表現では不適切なのかを、生徒に説明するべきである。論理的に表現しないとどんな困った事態になるのか。論理的に表現すればどんなよいことがあるのか。

しかし、これらのことを生徒たちが本当に理解して身に付けるためには、生徒たちが、科学の問題を解決するための「表現と対話と討論」の体験を重ねる以外にはないのではないか。教師が一方的に説明するよりも、生徒が発表して質問や批判を受けてそれらに答える中で、始めて科学の学習に必要な「論理的表現力」が身についていくのではないか。

この研究で取り扱った化学のレポートとは、そのような集団の中での協同的な学習の過程の一断面に過ぎない。だから、生徒たちの出した結果が間違いであっても、テストのように致命的な過失ではない。どのように考えて間違えたかが重要なのである。そして間違えるために考えたことは立派な学習活動なのである。主語と述語のねじれた文やだらだらと長いセンテンスを書いた生徒がいても、それも致命的な誤りではないのである。それは一生涯考えた挙げ句の産物かもしれないからである。大切なことは自分で考えたことを自他との対話や相互批判を通して不断に修正し、解決に導こうとする意欲である。

3. 中学校の理科実験レポートにおける「論理的表現力」の分析の試み

吉田 繁

ここ3では、中学生が理科の実験後に書いたレポートの文章を、「論理的表現力」という観点から分析してみる。分析の方法は、前節1の4で述べられている『論理的な関係』の観点に沿って、4つの中学校から1クラスずつレポートを抽出して、その記述の傾向を分析する方法をとった。それぞれの分析箇所では、理解を助けるため典型的な例、特徴的な例を引用した。中には第二章で引用された例と重複するものもあることを断っておく。また、統計的な把握が可能な部分については、論理的に表現されている割合とそうでない場合の割合を集計してみた。

さて、第1章の4「化学のレポートで『論理的』とはどういうことか。」で、生徒達のレポートから抽出された「論理的な関係」は以下の4点であった。すなわち、

- (1) 「質問」と「答え」との関係
- (2) 「事実」と「意見」との関係
- (3) 「主語」と「述語」との関係
- (4) 「文」と「文」との関係

である。このうち(1)から(3)の関係に注目して、中学生のレポートの「論理的表現力」の実態をみていくことにする。

参考のために抽出したレポートの概要を以下にまとめておく。

	実験の種類	実験時期	人数	定型文の指導
A 中学	質量保存	1 学期	38	なし
B 中学	質量保存	1 学期	33	有
C 中学	消化液	1 学期	36	なしと有
D 中学	消化液	2 学期	29	有

1) 「質問」と「答え」とのあいだの論理性

日常的な話し合いから討論や会議での質疑応答に至るまで、質問されたことに適切に答えていない場面に出くわすことが時々ある。中学生の文章表現でも同じで、記述式の問題で質問に対する外れた解答をしてしまう場合や、課題とはずれた文章を書いてしまう生徒が時々見受けられる。表現された文章の論理性を云々する前に、表現する内容が果たして表現の目的にかなったものであるかどうかをチェックする必要がある。でなければ、どんなに論理的な文章を書いたところで表現の論理性は最初から破綻している、というような事態になりかねないからである。実験後のレポートで言えば、問いに適切に答えているかどうかの確認が必要であるということになる。

「質問」と「答え」の論理的関係の間違いが起こる原因は二つ考えられる。一つの原因は質問や課題が適切に提示されていない場合である。そして、もう一つの原因は生徒が問題を正確に読みとれない場合である。

(1) 質問や課題が適切に提示されていない場合

例えば、「質量保存の法則」の実験プリントにある〔問い3〕と定型文の提示の仕方はその例である。

〔問い3〕は次のように書かれている。

化学変化の前後の質量（質量保存の法則）

問い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。

定型文は同じ実験プリントの中で、次のようなコラムに囲まれて説明されている。生徒
はこのコラムを参考にして回答を記述したはずである。

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。」

この設問に対する生徒の記述から特徴のあるものを引用してみる。

〈定型文の意味を理解せず、コラムの説明の通りに簡条書きした例〉

例1 結果：うすい塩酸と石灰石をまぜて前後の質量をはかったら質量減った。

考察：質量が減ったことから発生した気体が逃げた。と考えた。その理由は
塩酸と石灰石で二酸化炭素が発生するから。

〈定型文の意味を理解せず、結果と考察をしてしまった例〉

例2 まぜあわせたら白いあわになった。このことから気体が発生したと考えた。
その理由は重さが減っていたからである。

例1のように、「結果」を問われているのにもかかわらず、定型文の説明されているコ
ラムを参考にして（というより鵜呑みにして）、「結果」と「考察」を簡条書きにしてい
る生徒が何人かいる。A中学で、この例のように簡条書きをした生徒を数えると、38人
中21人を数えた。簡条書きとまではいかなくとも、例2のように結果と考察の文章を、
「結果」として書いてしまった生徒もいる。生徒の勘違いと、責任を生徒にだけ押しつけ
ることはできないだろう。教師側も、生徒が「何について答えたらいいか。」また、「ど
のように答えたらいいか。」すぐに分かるように、日頃の発問や課題文の表現をより適切
なものに工夫していくことが必要である。

（2）問われていることに適切に答えていない場合

もう一つは、生徒が与えられた質問を正確に読み取らずに、結果としての的はずれな解答
や記述をする場合である。例えば、次の問いに対する例3のような答え方は、質問された
ことに適切に答えていないからだめである。

〈問われていることに適切に答えていない例〉

問い：気体の発生する反応1と反応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。

例3：反応1と反応2の結果については、ふたをあけた反応は軽くなった。その理由
は、ふたをあけた分、中に入っていた発生した気体が出てしまっ
て軽くなったから。

（参考）論理的に正しい答え方

成り立つ（あるいは成り立たない）と思う。その理由は～だからである。

質問されたことは、「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」であるのだから、「思う」あるいは「思わない」という表現で答えるべきであろう。ところが、実際にはこのような「質問」と「答え」の関係の適切な答え方ができない生徒が少なくない。同じ問いで、質問に適切に答えている生徒とそうでない生徒の割合を集計すると表1になる。

表1. 問われていることに適切に答えている生徒とそうでない生徒の割合
 (「質量保存の法則」の実験：考察の問い)

	A中学 (38人)	B中学 (33人)
適切に答えている生徒	47% (18人)	82% (27人)
そうでない生徒	53% (20人)	18% (6人)
備考		定型文指導の後に記述

B中学で「適切に答えている生徒」の割合がA中学よりも高いのは、定型文の指導後に記述させているためだと考えられる。

(3) 「考察する」という行為の理解について

◎「結果の起こる理由」を推論する生徒の存在

「考察」の文章を書くときに、問いをよく確かめずに「結果の起こる理由」を推論して書いてしまう生徒がいる。しかも、定型文に合わせて理由を添えてである。書かれた文章そのものは論理的であるかもしれないが、「質問」と「答え」の関係で見ると、論理的とはいえない解答になる。形式が定型文にあっていて内容が間違いである場合は、ほとんどがこのパターンに陥っているといってもよい。例えば、次のような答え方である。

〈実験結果の起こる理由を推論してしまっている例〉

問い：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。

例4：ベネジクト液が赤褐色に変化したのは、デンプンがブドウ糖に変化したからだと考えた。その理由は、ベネジクト液はブドウ糖があると赤褐色に変化するからである。

例4の文章の直し方

まず、「質問」と「答え」の関係を論理的にしなければならない。「だ液の働きについて」質問されているのだから、「だ液には、～という働きがあると考えた。」という形で答えを書けばよい。次に、推論や意見には根拠を添えるのが普通であるから、そう推論した根拠を「その理由は、～からである。」という形で書けばよい。

例4の修正例：結果からだ液にはデンプンを糖に変える働きがあると考えた。その理由は、だ液を入れたほうは入れなかった方と違って、デンプンの反応がなく、糖の反応があったからである。

◎「のは文」の存在

定型文の文章構成に見られる思考方法は、「実験の事実から、根拠をもとにして、結論を推論する」という思考方法である。例4の生徒はどういう思考方法で文章を書いているのだろうか。例4の生徒が「質問」と論理的につながらない「答え」を書いてしまった原因は、「結果の起こる理由」を推論してしまっただからである。そういう生徒の考察の文章

は、例4のような「○○のは～からだと考えた」という形式になっていることが多い。「○○のは」の○○の部分に実験結果を入れて文章を書き出すと、どうしても述語の所では○○部分の理由を考えて、「～から」と書くことになってしまう。その方が文章構成としては論理的だからである。

つまり、「○○のは」文の思考は、実験結果の起こる理由を根拠に基づいて推論するという思考になっているわけである。問いが「実験結果」の理由を尋ねる場合に限って、この思考方法は論理的であるといえる。しかし、それ以外の問いの場合は、「質問」と「答え」のあいだの論理性という点で、すべて誤りということになってしまう。生徒がこの文章構成に馴染んでしまうと、それ以外の問いの場合でも同じように答えてしまう可能性が高いと思われる。「○○のは」で書き始めるには、よくよく注意が必要である。

(4) 定型文指導の効果

次の表2は、定型文の指導前と指導後で、「質問」に対する「答え」の論理性がどう変わったかを比較した表である。集計に用いた問題は次の問題である。

問い：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。

表2. 問われていることに適切に答えているかどうかの、指導前と指導後の比較
(「消化液」の実験：考察の文章)

C中学 (36人)	定型文の指導前	定型文の指導後
適切に答えている生徒	46% (16人)	67% (24人)
適切に答えてない生徒	14% (5人)	22% (8人)
記述なし	40% (14人)	11% (4人)

指導後の記述なしの生徒の割合が14人から4人に減っている。何を書けばいいかがわかったからであろう。適切に答えてない生徒の割合が増えている。記述無しの生徒の減少分の10人が、まだ十分な文章を書けなかったせいである。適切に答えている生徒が36人中24人に増えた。定型文の指導の際には、単に形式だけを教えるのではなく、当然その定型文のどこに何を書くのかも指導するので、結果として実験内容がよく分かるようになり、質問に対して適切に答える生徒の割合が増えたのだろう。「質問」と「答え」との関係の論理性を高めるといっても、定型文指導は効果があると言えそうである。

(5) 教師の指導の工夫と答えの適切さ

定型文とは直接的関係はないが、レポートの分析時に生徒の解答の適切さが格段に高い面白い事例があったので、参考のために紹介しておく。C中学が2回目に行った「質量保存の法則」の実験レポートを見ると、1の(1)で指摘した設問のまぎらわしさが訂正された形で提示されていた。その結果として、問いに対する「結果」の記述内容の適切さが高くなっていることが見て取れた。

さらに、次のような結果が読みとれたのである。生徒達が提出したこの実験プリントを見ると、「考察」の問いの中心部分、すなわち「気体が発生するときも質量保存の法則が成り立つと思うか。」の部分に、アンダーラインやラインマーカーが引いてあった。生徒自身が引いたらしく、色な筆記具に違いがある。つまり、生徒達は「何が聞かれている

か」をもう一度確認した上で「質問」に対する「答え」を考えたのだと思われる。その解答の適切さを集計すると、なんと、94%（32人中30人）が、質問されたことに適切に答えていた。（そのうち正解は25人であった）

生徒が論理的思考を働かせる際に、その対象をはっきりと自覚することで思考が整理され、適切な答え方ができるようになったのではないだろうか。質問が適切に書いてあっても注意深く読まない生徒がいるかもしれない。実験レポートに限らずどんな時にも、実際に考え始める前に、こうして「質問」や「問い」を生徒自身が確認して、思考の対象をはっきりさせるステップが入ることが、有効であると思われる。教師のちょっとした工夫が論理的記述を導いた好例である。

2) 「事実」と「意見」（「推論」）とのあいだの論理性

(1) 「事実」と「意見」の区別 ～結果と考察の混在について～

理科の「実験結果」を説明する時には、実験の結果のみをあくまで客観的に説明することが大切である。そのために定型文を有効に利用したい。実験の「結果」を説明する時の定型文は次のようなものである。

定型文1 実験結果を説明する文の型

【操作】をしたら（したところ）、【結果】になった。

討論のような話し合いの場面でも、事実と意見、主観と客観を区別するように言われることが多いが、科学の学習ではより厳密に区別される必要がある。科学の学習での論理的思考は、客観的な事実と論理的な推論の積み重ねによってなされると考えられるが、その前提はやはり何と言っても実験結果の客観的で正確な把握であるからである。中学理科の実験レポートで、「客観的に実験結果を記述できているかどうか。」を調べてみる。

例えば、次の例5の文章は事実と推論が混じってしまっているので、客観的事実の報告とは言えない。

問い：反応1の結果を定型文を参考にして書きなさい。

例5：混ぜ合わせたらあわが出て気体が発生して質量が減った。ふたがなくて気体が外へ逃げたからだと思う。

修正の仕方

この例の場合は、下線部を削除しさえすれば事実の報告となる。（結果の記述としてもっと改善すべき余地はある）

例5のように、結果の記述に考察が混じってしまっている生徒の割合を調べてみると表3のようになる。集計に用いた問題は、上の例であげたものと同じ問いで、「質量保存の法則」の実験で、反応1の「結果」を書かせた問題である。

表3. 結果の記述に考察が混じってしまっている生徒の割合

	A中学（38人）	B中学（33人）
生徒の割合（人数）	29%（11人）	24%（8人）

集計方法：書かれている内容の正誤は度外視して、「結果」と「考察」の区別にだけ注目してカウントした。

この問題の場合、先ほど述べたように、設問文が書かれたプリントの定型文の提示の仕

方にも問題がなかったとは言えないが、合計で25%を超える生徒が結果に考察を混ぜてしまっている。

(2) 「事実」に基づいた「推論」～根拠の有無と根拠の妥当性について～

討論の時に自分の意見に根拠を添えるように、理科実験の後に考察する時にも、推論には必ず根拠を添えるようにしたい。定型文指導でいう「考察」の論理的思考は、実験の「結果」から「科学的事実」をもとに「結論」を推論するという道すじをとっている。その推論の論理性を評価する時のものさしとしては、「事実」に基づいた「推論」がされているかどうか用いられる。その際は、次のような手順を踏むであろう。まず第一に、推論の「根拠」があるかどうか。第二にその根拠が推論を支えるのに妥当であるかどうかという点である。

◎根拠の有無

まず、第一の根拠の有無について調べてみる。「考察」の文章を書く際の定型文は次の通りである。

定型文2 実験結果から結論を推論する時の文の型
 【結果】から【結論】と考えた。
 その理由は【根拠】だからである。

「消化液」の実験の考察で、根拠を添えて推論しているかどうか、つまり、定型文の説明にある第二文の有無を集計してみると、表4のようになる。

表4. 考察の時に、根拠を添えているかどうかの割合

	C中学 (36人)	D中学 (29人)
「考察」の定型文にあっている。 (推論して、根拠も述べている)	52% (19人)	41% (12人)
「推論」部分はあるが、「根拠」を述べていない。	14% (5人)	17% (5人)
その他	33% (12人)	41% (12人)

例えば、次のような記述は、根拠が示されていないのでだめである。

問い：だ液のはたらきについてまとめ、定型文を参考にして書きなさい。
 例6：結果から、だ液にはデンプンを糖に変えるはたらきがあると考えた。
 修正の仕方：例6の文章に「その理由は～だからである。」を添えればいい。

この例6は、根拠が添えられていないので定型文にあっていない。確かに推論そのものは正しい（と知識のある人は判断できる）かもしれない。が、たとえ教師であっても、この推論が正しく論理的になされているかを評価できない。ましてや相手が同級生であったら、この推論をめぐる批評や話し合いといったその後の共同学習が展開しない。批評や話し合いが展開しないということは、論理的な思考を鍛える場や機会がないということであり、科学の学習がここでストップしてしまうということである。やはり、推論の際には必ず「根拠」を添えるべきである。

◎根拠の妥当性

次に、その根拠が推論を支える妥当性を有しているかを見てみる。統計的な分析は難しいので、具体的な文例に沿って、根拠の妥当性を考えてみることにする。根拠の妥当性は二つの視点から評価出来るだろう。一つは根拠そのものが正しいかどうか、もう一つはその根拠が確かに推論を支えているかどうかという視点である。次の例はどうであろうか。

問い：反応1と反応2を比べて、気体が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。

例7：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、開けた時のほうが軽かったからである。

－根拠そのものが正しいか？－

もし、仮にこの例の「その理由は」以下が、「ふたをあけたほうが重かったからである。とでも書いてあったら、それが根拠そのものが誤りの場合になる。科学的に誤まったことを根拠にしても、その推論には説得力がない。形としてあるだけでは十分ではないのである。実際の記述に戻って分析を進めることにしよう。

－根拠が確かに推論を支えているか？－

例7の場合、根拠の部分の文章で書かれていることは、実験の結果分かった事実である。多少表現が足りない部分があるが、「その理由は、ふたを開けた時のほうが、質量が軽かったからである。」とすれば、少しはわかりやすくなるだろう。確かに、ふたを開けた時のほうが反応後の質量は軽くなった。しかし、それは推論の部分の「質量保存の法則が成り立つと考えた。」の根拠としては、妥当性がない。逆に「質量保存の法則が成り立たないと考えた。」という推論ならば根拠として妥当かもしれないが（科学的には誤まりである）、「質量保存の法則が成り立つ」と推論するからには、質量が保存されている事実を根拠として提示すべきであろう。具体的には、次のような根拠を添えることが考えられる

修正例7：気体の発生する反応でも、成り立つと考えた。その理由はふたを開けた時は反応後の質量が軽くなったが、ふたを閉めたほうの反応では質量は変わらず、発生した気体の質量も含めれば物質全体の質量は等しいと言えるからである。

では、次の例はどうであろう。

問い：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。

例8：だ液にはデンプンをぶどう糖に変える働きがあると考えた。その理由は、ご飯をかんでいると甘くなるから。

例8の根拠の文章に書かれていることも、確かに事実かもしれない。しかし、この根拠は今行った実験とは全然関係のないことである。根拠に妥当性がまったくないとは言えないが、何のために試薬を用いたかを考えるなら、このような根拠は妥当性が低いことがわかるだろう。推論の際は、できる限り妥当性の高い根拠を示すべきである。実際には、実験の結果そのものや、科学的法則や知識が、妥当性の高い根拠として有効である。

修正例8：だ液にはデンプンをぶどう糖に変える働きがあると考えた。その理由は、だ液を入れたほうは入れなかった方と違って、デンプンの反応がなく、糖分の反応が見られたからである。

3) 「主語」と「述語」とのあいだの論理性

(1) 「主語」と「述語」のねじれについて

理科の実験レポートに限らず、国語の作文や、日常生活の中で文章を書く（日記や手紙、テストでの記述式回答など）際には、常に心がけなければならないチェックポイントである。理科実験のレポートを書く際、中学生はどのくらいの割合で主語と述語が呼応しない文章を書いているだろうか。表5は、考察の記述の際に「主語」と「述語」のねじれた文章を書いた生徒の割合を調べた表である。

表5. 考察の記述で「主語」と「述語」が呼応していない文を一つでも書いた生徒の割合

	A中学	B中学	C中学	D中学
実験の種類	質量保存	質量保存	消化液	消化液
生徒の割合	18%	36%	22%	41%
人数/クラス	(7/38)	(12/33)	(8/36)	(12/29)

集計方法：一つの問いに対する考察の記述で、文章に1か所でも主語述語のねじれがあれば1としてカウントした。2か所以上あっても1としてカウントしてある。

実験の種類、実験の時期、定型文の指導などによって条件が変わるため、学校間の比較は意味がない。表を見ると、「主語」と「述語」が呼応していない文章を書いた生徒の割合には差があるが、かなりの生徒が「主語」と「述語」の呼応しない文章を書いていることがわかる。「消化液の実験」の考察の文章から具体例を紹介しておく。例の後には、主語と述語の呼応した修正例を掲げておく。

例9：だ液はデンプンを糖になると考えた。

修正例9：だ液はデンプンを糖に変えると考えた。

例10：だ液にはデンプンを糖に変えると考えた。

修正例10：だ液にはデンプンを糖に変える働きがあると考えた。

例11：その理由はベネジクト液が赤褐色に変化する。

修正例11：その理由はベネジクト液が赤褐色に変化したからである。

どの例も、文章を書いた後、再度主語とそれを受ける述語を確認する習慣があれば、気がつく程度の間違いである。単純な構造の文の場合は、主語と述語を確認する習慣さえあれば、ある程度は主語と述語のねじれを未然に防ぐことが出来よう。

また、次のような文を書く生徒が何人も見受けられた。

例12：その理由は、ヨウ素液はデンプンと反応する性質があり、ベネジクト液は糖分と反応する性質がある。そして、デンプンにだ液を入れたら、もともとあったデンプンがなくなり糖分が出来たからである。

例12の考察の文は二つの文から成り立っている。第一文の主語は「その理由は」であるが、それを受ける述語は「がある」になってしまっている。生徒の意識の中では、第二文の文末の「からである。」とつながっているのであろうが、文としては主述の呼応がおかしくなっていることに変わりはない。根拠として述べる内容は、「だ液を入れた方だけが、デンプンがなくなって糖が出来た」ということだから、「その理由は」をうける部分

でそれを書けばいい。

修正例 1 2：その理由は、だ液を入れた方だけに、デンプンがなく糖があるという試薬の反応があったからである。

(2) だらだらと長い文について

一つの文には一つのことを書くのが、誤りのない文を書くコツである。一つの文に複数のことがらを無理に押し込めようとするとう文が長くなり、その結果として主語と述語がねじれた文章になってしまう傾向が強い。

理科実験のレポートでのだらだら文は、実験操作がいくつもの段階を踏んでいる時の「結果」の記述や、根拠が複雑に絡んでいる時の「考察」の記述によく見られる。次の例 1 3 は、根拠を述べる部分がだらだらと長くなってしまっている。

問い：反応 1 と反応 2 を比べて、気体が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。

例 1 3：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。その理由は反応 1 では、質量がへり、反応 2 では変化しなかったが、反応 2 の結果は、密閉された容器の中で気体が発生して外に逃げなかったが、反応 1 の実験では気体が逃げたために質量がへったので気体が逃げなければ質量は変わらないからである。

ある意味では、例 1 3 のようなだらだら文は定型文を意識しすぎたところから生まれているのかもしれない。定型文のねらいとするのは、論理的な思考をすること、論理的な文章を書くことである。文章作成に限らず、何ごとでもいったん型が与えられると、型に縛られるあまり急に窮屈になったり固くなったりすることがあるが、型が与えられた目的を忘れないようにしたい。定型文を意識した結果、文章が非論理的になるのでは本末転倒である。定型文を参考にしつつも、定型文に縛られない文章作成をすることが大切である。

だらだら文の修正の仕方－短く区切る方法－

文が長くなってしまう時には、次の手順で修正を施すのがよく行われる。

- ①主語と述語の関係に注意して、文を短く区切る。
- ②区切った文と文の関係に注意して、適当な接続の言葉を使ってつなぐ。

今、例 1 3 の「その理由は」以下をこのやり方で修正すると、次のようになるだろう。

修正例 1 3：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(その 1) 由は次のことが言えるからである。まず、反応 1 では反応の結果発生した気体が外へ逃げて、その分の質量が軽くなったと考えられる。それに対し、反応 2 では密閉された容器の中で気体が発生し外へ逃げなかったので、質量が変わらなかったと考えられる。従って、気体の発生する反応でも、その気体の質量を逃がさなければ、反応の前と後で物質全体の質量は同じということがいえる。

だらだら文の修正の仕方－内容を精選する方法－

文が長い場合の対処として、もう一つ考えられるのは、書く内容そのものを精選すると

高校化学実験における考察の記述

○遠藤英夫^A, 石井哲彰^B, 吉田繁^C, 有元秀文^D, 松原静郎^D

○ENDO Hideo^A, ISHII Tetsuaki^B, YOSHIDA Shigeru^C, ARIMOTO Hidefumi^D,
MATSUBARA Shizuo^D

帝京長岡高等学校^A, 新潟県立佐渡女子高等学校^B, 国立教育研究所(研究協力者)^C, 国立教育研究所^D
高等学校, 化学, 記述, 実験活動, 考察

1. はじめに

私たち, 化学実験プロジェクト(代表松原静郎)では, 実験レポートにおける表現の実践調査研究を進めてきた。

実験レポートの書き方の例として, 定型文(記述させたい要素を書き入れる形式の文章)を作り, その指導前後で, 考察の記述内容がどのように変化したかを調べ, 定型文が論理的な記述力の育成に寄与したかどうか検討した。

2. 調査方法

(1) 調査対象

本調査の考察は, 「成分元素の検出(炎色反応)」と「水溶液の判別」を対象にした¹⁾。対象者は高等学校2学年, 化学I B 4単位履修中の男女44名の生徒である。

(2) 定型文の指導

考察を構成する3つの要素を次のように考えた。第1にどの実験結果を用いたのか(結果)。第2に自分で考えた判断は何か(結論)。第3に結果と結論を結びつけた知識や理論は何か(根拠)。記述指導のために, 考察の定型文「～から, …と考えた。その理由は…だからである」を用意した。

(3) 実施方法

5月中旬に, 定型文については説明しないで, 実験「成分元素の検出(炎色反応)」を実施し, 生徒に実験レポートを提出させた。9月上旬には, 定型文を説明した後, 実験「化学反応式の量的関係」を実施した。その後9月中旬に, 改めて定型文の指導はしないで, 実験「水溶液の判別」を実施し, 実験レポートを提出させた。最後に, 定型文の指導後の効果を問う目的で, アンケート調査を実施した。

3. 結果

(1) 実験「成分元素の検出(炎色反応)」の調査

生徒が提出したレポートの「考察」では, 結果は全員記述せず, 結論は28人(64%), 根拠は2人

(5%)が記述していた。なお, ここでの「結果」は, 考察の欄への結果の記載を意味する。

(2) 実験「水溶液の判別」の調査

考察として, 炭酸ナトリウム水溶液はAからDのどれであると考えたか, 説明させた。考察に, 結果・結論・根拠全てを記述した生徒は, 35人(80%)であった。生徒が実験レポートの考察に書いた適切な記述例を次に示す。

例: 実験の結果から, 炭酸ナトリウムは, Cと考えた。その理由は, 炭酸ナトリウムは, 他の試薬である塩酸と硫酸から気体の二酸化炭素を生じ, 塩化バリウムから炭酸バリウムの白濁を生ずる。そのことから2カ所で気体を生じ, 1カ所で白濁したのはCであったからである。

4. 考察

定型文指導の前後の比較をすると, 考察に結論を記述しても, その結論を導出した結果や根拠を記述していなかった生徒が, 定型文の記述指導をすることで, 結果・結論・根拠を記述するようになった²⁾。

科学的な記述をさせるために, 定型文を用いることで効果があり, 特に適切な根拠を記述できる生徒が出てきている。

定型文の指導後のアンケート調査で, ある生徒は, 考察とは, 他人に筋道を立てて説明できることであると述べている。定型文の指導は, 論理的な見方や考え方を高めることに寄与したと言える。

なお, この研究の一部は科学研究費基盤研究B(課題番号07458027)による。

<参考文献>

- 1) 松原静郎・他『高校化学・中学校における表現力の育成のための個人実験教材と実践報告』科研費中間報告書, 1996
- 2) 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, pp.683-686 (1994)

第4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）・・・・・・・・・・ 114
- (2) 化学反応における量的関係・・・・・・・・・・ 116
- (3) 気体の分子量・・・・・・・・・・ 122
- (4) コロイド溶液・・・・・・・・・・ 124
- (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・・・・・・・・ 128
- (7) 金属のイオン化傾向とボルタ型電池・・・・・・・・ 130
- (8) 電気分解（電解）・・・・・・・・・・ 132
- (9) 鉄イオンの検出・・・・・・・・・・ 134
- (10) 水溶液の判別・・・・・・・・・・ 136

2. 教師用手引き

- (1) 成分元素の検出（炎色反応）・・・・・・・・・・ 138
- (2) 化学反応における量的関係・・・・・・・・・・ 139
- (3) 気体の分子量・・・・・・・・・・ 141
- (4) コロイド溶液・・・・・・・・・・ 142
- (5) 反応熱とヘスの法則・・・・・・・・・・ 143
- (6) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色・・・・・・・・ 144
- (7) 金属のイオン化傾向とボルタ型電池・・・・・・・・ 145
- (8) 電気分解（電解）・・・・・・・・・・ 146
- (9) 鉄イオンの検出・・・・・・・・・・ 147
- (10) 水溶液の判別・・・・・・・・・・ 148

成分元素の検出（炎色反応）

目的 炎色反応を利用して、未知試料の中に含まれている元素を推定する。

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（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、白金線を手で洗った後、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)水溶液につけ、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する。 → 「結果と考察」1に記入しなさい。
- (5) 操作(1)、(2)を行った後、未知試料Aについて炎色反応調べ、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。 → 「結果と考察」2に記入しなさい。
- (6) 同様に、未知試料B～Eについても炎色反応を調べる。 → 「結果と考察」3に記入しなさい。

[参考]

◇ 「結果と考察」2の記述は、次の定型文を参考にして書くことよ。

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. 各元素の炎色反応（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）の結果を記入し、表を完成しなさい。

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、未知試料の中に含まれている元素を推定する。

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 (A, B, C, D, E)、濃塩酸

器具：白金鍍付き棒、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鍍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) 白金鍍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、白金鍍を水で洗った後、濃塩酸に浸してから、(1)の操作を再度行う。
- (3) 白金鍍の先に塩化銅(II)水溶液につけ、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する。 → 「結果と考察」1に記入しなさい。
- (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。 → 「結果と考察」2に記入しなさい。
- (6) 同様に、未知試料B～Eについても炎色反応を調べる。 → 「結果と考察」3に記入しなさい。

[参考]

◇ 「結果と考察」2の記述は、次の定型文を参考にして書くとよい。

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。」

成方元素の検出 (炎色反応) (実験1)

___年___組___番 氏名_____

結果と考察

1. 各元素の炎色反応 (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

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

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。

3. 操作(6)の結果を記入し、表を完成しなさい。

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 (1)

目的 塩酸に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質量と水素の発生量について調べる。

準備 器具 (各自: 注射器 50 ml 用と 2 ml 用, ビニル管;
各組: 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; 各組: 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、マグネシウムの長さを変えると水素の発生量がどのように変わるか、予想しながら調べる。

操作

- (1) マグネシウムリボン 1.0 cmあたりの質量を計る。 → 「結果と考察」1 に記入。
- (2) マグネシウムの長さを 2.0 cm, 3.0 cm, 4.0 cm, 6.0 cmの長さに正確に切る。
- (3) 2 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) 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。) → 「結果と考察」2 に記入。
- (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いで洗う。なお、その液も廃液用ビーカーにあげる。
- (7) 4.0 cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をおこなう。この値と、ここまでの結果にもとづいて、マグネシウムが 3.0 cm, 5.0 cm, 6.0 cmのときに発生する水素の体積が、それぞれ何mlになるかを予想した値を、「結果と考察」2 に記入する。
- (8) 実際に、3.0 cmと 6.0 cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をそれぞれ行う。実験結果を予想値と比較してみる。 → 「結果と考察」3~5 に記入しなさい。

【参考】 「結果と考察」3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 マグネシウムリボン 1.0 cmあたりの質量は、 gであった。

2 操作(1), (4), (6), (7)の結果を下の表に記入せよ。

マグネシウムの長さ	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm	5.0 cm	6.0 cm
マグネシウムの質量	g	g	g	g	g
発生した水素の体積	ml	-	ml	-	-
予想した水素の体積	-	ml	-	ml	ml
操作(8)で発生した水素の体積	-	ml	-	-	ml

3 実験結果を予想値との比較を含め、結果の定型文を参考にして記述せよ。

4 水素発生量の実験値が予想値と大きく違った実験について、どういう観察事実から予想値と違ったと考えられるか、またその理由を考察の定型文を参考にして記述せよ。

5 一定量の塩酸とマグネシウムの反応において、反応するマグネシウムの質量と水素の発生量とはどのような関係がありますか。

化学反応における量的関係 (1)

年 組 番 氏名 _____

目的 塩酸に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質量と水素の発生量について調べる。

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、マグネシウムの長さを変えると水素の発生量がどのように変わるか、予想しながら調べる。

操作

- (1) マグネシウムリボン 1.0 cmあたりの質量を計る。 → 「結果と考察」1 に記入。
- (2) マグネシウムの長さを 2.0 cm, 3.0 cm, 4.0 cm, 6.0 cmの長さに正確に切る。
- (3) 2 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) 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。) → 「結果と考察」2 に記入。
- (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いで洗う。なお、その液も廃液用ビーカーにあげる。
- (7) 4.0 cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をおこなう。この値と、ここまでの結果にもとづいて、マグネシウムが 3.0 cm, 5.0 cm, 6.0 cmのときに発生する水素の体積が、それぞれ何mlになるかを予想した値を、「結果と考察」2 に記入する。
- (8) 実際に、3.0 cmと 6.0 cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をそれぞれ行う。実験結果を予想値と比較してみる。 → 「結果と考察」3~5 に記入しなさい。

【参考】 「結果と考察」3と4の記述は、次の定型文を参考に書くときよい。

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 1.0cmあたりの質量は、 0.010 gであった。

2 操作(1), (4), (6), (7)の結果を下の表に記入せよ。

マグネシウムの長さ	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm	5.0 cm	6.0 cm
マグネシウムの質量	0.020 g	0.030 g	0.040 g	0.050 g	0.060 g
発生した水素の体積	21.2 ml	-	41.8 ml	-	-
予想した水素の体積	-	31.5 ml	-	52.5 ml	63.0 ml
操作(8)で発生した水素の体積	-	31.2 ml	-	-	58.0 ml

3 実験結果を予想値との比較を含め、結果の定型文を参考にして記述せよ。

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、6.0cmのときは予想値と大きく違い、注射器に未反応のマグネシウムが残った。

4 水素発生量の実験値が予想値と大きく違った実験について、どういう観察事実から予想値と違ったと考えられるか、またその理由を考察の定型文を参考にして記述せよ。

マグネシウム 6.0cmのとき、注射器に未反応のマグネシウムが残っていたから、水素の発生量の実験値が予想値と大きく違ったと考えた。その理由は、塩酸が全て反応に使われてしまったと考えられるからである。

5 一定量の塩酸とマグネシウムの反応において、反応するマグネシウムの質量と水素の発生量とはどのような関係がありますか。

反応するマグネシウムの質量と水素の発生量は比例する。

化学反応における量的関係 (2)

年 組 番 氏名 _____

目的 反応するマグネシウムと発生する水素の物質量を測定し、その関係を調べる。

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 10 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。いろいろな長さのマグネシウムを反応させ、反応に関わったマグネシウムの物質量と発生する水素の物質量の比を考える。

操作

- 「結果と考察」1 に記したマグネシウムリボン 1 cm あたりの物質量 (mol) から、長さ 1~4 cm のそれぞれに相当する物質量を計算し、「結果と考察」2 に記入する。
- 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。
- 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。塩酸を小型の注射器に 2.0 ml 入れ、小型の注射器と大型の注射器をビニル管でつなぐ。
- 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。) → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- 体積を読み取った後、反応液を廃液用ビーカーにあけ、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ける。
- 2~4 cm のマグネシウムで、(3)~(5)と同様の操作を行う。
 → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- 以下の参考より、発生した水素の物質量を算出し、「結果と考察」2 に記入する。
- 「結果と考察」の 3 と 4 を記入する。

【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」3 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 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(1),(4),(6),(7)の結果を下の表に記入せよ。

マグネシウムの長さ	1.0 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm
反応させるマグネシウムの物質量(1)	$\times 10^{-4}$ 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(7)	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol	$\times 10^{-4}$ mol

3 1.0 cm のマグネシウムを塩酸と反応させたら、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 上記2の結果から、反応したマグネシウムの物質量と発生した水素の物質量の関係を考え、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 (2)

年 組 番 氏名 _____

目的 反応するマグネシウムと発生する水素の物質量を測定し、その関係を調べる。

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 10 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。いろいろな長さのマグネシウムを反応させ、反応に関わったマグネシウムの物質量と発生する水素の物質量の比を考える。

操作

- (1) 「結果と考察」1 に記したマグネシウムリボン 1 cm あたりの物質量 (mol) から、長さ1~4 cmのそれぞれに相当する物質量を計算し、「結果と考察」2 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。塩酸を小型の注射器に 2.0 ml 入れ、小型の注射器と大型の注射器をビニル管でつなぐ。
- (4) 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。) → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- (5) 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ける。
- (6) 2~4 cmのマグネシウムで、(3)~(5)と同様の操作を行う。
→ 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- (7) 以下の参考より、発生した水素の物質量を算出し、「結果と考察」2 に記入する。
- (8) 「結果と考察」の3と4 を記入する。

【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」3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 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(1), (4), (6), (7)の結果を下の表に記入せよ。

マグネシウムの長さ	1.0 cm	2.0 cm	3.0 cm	4.0 cm
反応させるマグネシウムの物質量(1)	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(7)	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 1.0cm のマグネシウムを塩酸と反応させたら、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:

1.0cm(4.0×10^{-4} mol)のマグネシウムを塩酸と反応させたら、 4.1×10^{-4} molの水素が得られた。

- 4 上記2の結果から、反応したマグネシウムの物質量と発生した水素の物質量の関係を考え、考察の定型文を参考にしてその考えを記述せよ。

考察: 上記2の結果(マグネシウムと水素の物質量がそれぞれ似た数値を示していること)から、反応したマグネシウムの物質量と発生した水素の物質量は等しいと考えた。

その理由は、反応物の物質量と生成物の物質量の関係は簡単な整数の比になるからである(または、化学反応は原子や分子の組み替えなので、反応に関与する物質の物質量は簡単な整数関係になるからである)。[また、実験値が完全な整数比にならないのは測定値に誤差がふくまれているからである。]

化学反応における量的関係 (3)

目的 反応するマグネシウムおよびアルミニウムの物質質量と発生する水素の物質質量とを測定し、その関係調べる。

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 (各班: マグネシウムリボン, アルミニウム箔, 2 mol/l 塩酸)

実験の概要: マグネシウムおよびアルミニウムと塩酸とを注射器の中で反応させ、発生する水素の体積を測る。いろいろな長さのアルミニウムとマグネシウムを反応させ、反応に関わった物質質量と発生する水素の物質質量の比を考える。

操作

- (1) 「結果と考察」1 に記したマグネシウムリボンおよびアルミニウム箔 1 cm あたりの物質質量(mol)から、長さ 3 cmに相当する物質質量をそれぞれ計算し、「結果と考察」2 に記入する。
- (2) マグネシウムおよびアルミニウムをそれぞれ 3.0 cm の長さに正確に切る。
- (3) マグネシウムを大型の注射器に入れ、中の空気を抜く。塩酸を小型の注射器に 2.0 ml 入れ、小型の注射器と大型の注射器をビニル管でつなぐ。
- (4) 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。) → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- (5) 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ける。
- (6) 3 cmのアルミニウムで、(3)~(5)と同様の操作を行う。ただし、反応が激しいので、丸めて入れ、反応時は水で冷やすとよい。 → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- (7) 以下の参考より、発生した水素の物質質量を算出し、「結果と考察」2 に記入する。
- (8) 「結果と考察」の 3 と 4 を記入する。

【参考】◇ 常温常圧での水素 1 mlあたりの物質質量は、およそ 0.42×10^{-4} molである。

◇ 「結果と考察」3 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。」

年 組 番 氏名 _____

結果と考察

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

また、アルミニウム箔 1.0 cm あたりの物質質量は $\times 10^{-4}$ mol である。

2 操作(1), (4), (6), (7)の結果を下の表に記入せよ。

	マグネシウム 3.0 cm	アルミニウム 3.0 cm
反応させる物質の物質質量(1)	<input type="text"/> $\times 10^{-4}$ mol	<input type="text"/> $\times 10^{-4}$ mol
発生した水素の体積	<input type="text"/> ml	<input type="text"/> ml
発生した水素の物質質量 (7)	<input type="text"/> $\times 10^{-4}$ mol	<input type="text"/> $\times 10^{-4}$ mol

3 3.0 cm のマグネシウムを塩酸と反応させたら、どれくらいの物質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 上記2の結果から、反応したマグネシウムとアルミニウムの物質質量と発生した水素の物質質量の関係を考え、考察の定型文を参考にしてその考えを記述せよ。

考察: 上記2の結果から、

化学反応における量的関係 (3)

目的 反応するマグネシウムおよびアルミニウムの物質質量と発生する水素の物質質量とを測定し、その関係を調べる。

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 (各班: マグネシウムリボン, アルミニウム箔, 2 mol/l 塩酸)

実験の概要: マグネシウムおよびアルミニウムと塩酸とを注射器の中で反応させ、発生する水素の体積を測る。いろいろな長さのアルミニウムとマグネシウムを反応させ、反応に関わった物質質量と発生する水素の物質質量の比を考える。

操作

- (1) 「結果と考察」1 に記したマグネシウムリボンおよびアルミニウム箔 1 cm あたりの物質質量(mol)から、長さ 3 cmに相当する物質質量をそれぞれ計算し、「結果と考察」2 に記入する。
- (2) マグネシウムおよびアルミニウムをそれぞれ 3.0 cm の長さに正確に切る。
- (3) マグネシウムを大型の注射器に入れ、中の空気を抜く。塩酸を小型の注射器に 2.0 ml 入れ、小型の注射器と大型の注射器をビニル管でつなぐ。
- (4) 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。) → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- (5) 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ける。
- (6) 3 cmのアルミニウムで、(3)~(5)と同様の操作を行う。ただし、反応が激しいので、丸めて入れ、反応時は水で冷やすとよい。 → 「結果と考察」2 に記入しなさい。
- (7) 以下の参考より、発生した水素の物質質量を算出し、「結果と考察」2 に記入する。
- (8) 「結果と考察」の3と4 を記入する。

[参考] ◇ 常温常圧での水素 1mlあたりの物質質量は、およそ 0.42×10^{-4} mol である。
◇ 「結果と考察」3と4の記述は、次の定型文を参考に書くときよい。

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。」

年 組 番 氏名 _____

結果と考察

- 1 マグネシウムリボン 1.0 cm あたりの物質質量は

4.0

 $\times 10^{-4}$ mol であり、
また、アルミニウム箔 1.0 cm あたりの物質質量は

2.6

 $\times 10^{-4}$ mol である。

2 操作(1), (4), (6), (7)の結果を下の表に記入せよ。

	マグネシウム 3.0 cm	アルミニウム 3.0 cm
反応させる物質の物質質量(1)	12.0 $\times 10^{-4}$ mol	7.8 $\times 10^{-4}$ mol
発生した水素の体積	29.4 ml	27.8 ml
発生した水素の物質質量(7)	12.3 $\times 10^{-4}$ mol	11.7 $\times 10^{-4}$ mol

3 3.0cm のマグネシウムを塩酸と反応させたら、どれくらいの水素の物質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:

3.0cm(12.0 $\times 10^{-4}$ mol)のマグネシウムを塩酸と反応させたら、12.3 $\times 10^{-4}$ molの水素が得られた。

4 上記2の結果から、反応したマグネシウムとアルミニウムの物質質量と発生した水素の物質質量の関係を考え、考察の定型文を参考にしてその考えを記述せよ。

考察: 上記2の結果から、反応したマグネシウムの物質質量と発生した水素の物質質量とは1:1であり、アルミニウムの物質質量と水素の物質質量とは2:3の関係であると考えた。

その理由は、反応物の物質質量と生成物の物質質量の関係は簡単な整数の比になるからである(または、化学反応は原子や分子の組み替えなので、反応に関与する物質の物質質量は簡単な整数関係になるからである)。(また、実験値が完全な整数比にならないのは測定値に誤差がふくまれているからである。)

気体の分子量

気体の分子量(提出用)

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 各 自: 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 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。 → 「結果と考察」1 を記入しなさい。
- (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。 → 「結果と考察」1 を記入しなさい。

<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。
 → 「結果と考察」1~5 を記入しなさい。

【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 実験結果をまとめよ。

操作(1)の質量	操作(5)の質量	操作(7)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。

計算欄

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 各 目: 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。 → 「結果と考察」1 を記入しなさい。
- (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。 → 「結果と考察」1 を記入しなさい。

<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。
→ 「結果と考察」1~5 を記入しなさい。

【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 実験結果をまとめよ。

操作(1)の質量	操作(5)の質量	操作(7)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としとして計算しなさい。

計算欄

$$0.108 : 44 = 0.149 : x$$

$$x = 61$$

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、定型文にならって書きなさい。

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

コロイド溶液 (提出用)

____年 ____組 ____番 氏名 _____

目的 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくり、コロイド粒子の大きさを調べる。
さらに、コロイド溶液のイオンによる影響を調べる。

準備 各自: バレット, 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,
0.1 mol/l 硝酸銀水溶液, 0.1 mol/l 塩化カルシウム水溶液,
0.1 mol/l 塩化ナトリウム水溶液, 0.1 mol/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。次にバレット上で、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)のコロイド溶液をつくる。
→「結果と考察」1に記入しなさい。

<コロイド粒子の大きさ>

- (2) バ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覆し、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に記入しなさい。
- (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。
→「結果と考察」2に記入しなさい。
→「結果と考察」3, 4に記入しなさい。

<濾析>

- (5) 試験管3本に水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを下から1cm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, 6に記入しなさい。

【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ことよい。

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残る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)～(4)の結果を表にまとめよ。

	色	液性(酸性、7Mカリ性)	硝酸銀との反応
セロハンを通り抜けた溶液			
ろ紙を通り抜けた溶液			

3. 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。

結果:

4. 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:

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)コロイドを濾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 { 大き } な { 陽 } イオンで濾析が起こりやすいことから、
 { 小 } { 陰 }
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、濾析がコロイドに符号の異なるイオンがついて起き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、コロイド粒子の大きさを調べる。
さらに、コロイド溶液のイオンによる影響を調べる。

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、
0.1 mol/l 硝酸銀水溶液、0.1 mol/l 塩化カルシウム水溶液、
0.1 mol/l 塩化ナトリウム水溶液、0.1 mol/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)のコロイド溶液をつくる。
→「結果と考察」1に記入しなさい。

<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渡し、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に記入しなさい。
(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。
→「結果と考察」2に記入しなさい。
→「結果と考察」3、4に記入しなさい。

<凝析>

(5) 試験管3本に水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを下から1cm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、6に記入しなさい。

【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 $10^{-5}m$ 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。」

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残る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)～(4)の結果を表にまとめよ。

	色	液性(酸性、アルカリ性)	硝酸銀との反応
セロハンを通り抜けた溶液	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)

3. 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。

結果：セロハンの上に(1)でつくった溶液を加えて放置したら、外側の液は無色透明であったが、液にリトマス紙をつけたらリトマス紙が赤く変化して酸性を示し、硝酸銀溶液を加えたら白色沈殿を生じた。

4. 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 $10^{-5} \sim 10^{-6}m$ の大きさの粒子と考えた。その理由は、セロハンの目が $10^{-5}m$ で、ろ紙の目が $10^{-4}m$ だからである。

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)コロイドを凝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 { 大き } な { 陰 } イオンで凝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、凝析がコロイドに符号の異なるイオンについて起こる現象だからである。)

反応熱とヘスの法則

反応熱とヘスの法則 (提出用)

____年 ____組 番氏名 _____

目的 ヘスの法則を使って、水酸化ナトリウム水溶液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 (サーモカップ) 3個、温度計 1本、葉包紙 2枚
100mlメスシリンダー 1本、電子天秤 (または上皿天秤)
試薬：水酸化ナトリウム (固体)、2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液、蒸留水
2 mol/l塩酸、1 mol/l塩酸

実験の概要：水酸化ナトリウム (固体) を水に溶かした時に上昇する温度、水酸化ナトリウム (固体) を塩酸に溶かして反応させた時の上昇温度を測り、その結果から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予想する。さらに、実験で中和熱による上昇温度を測定し、予想値と比較する。

操作

- 発泡ポリスチレン容器Aに蒸留水100mlを入れ、液体の最初の温度 t_{A1} を測定する。
→「結果と考察」1に記入しなさい。
- (1)の容器Aに水酸化ナトリウムの固体4.0gを加え、温度計でかき混ぜて溶かし、溶解後の最高温度 t_{A2} を測定する。上昇した温度を計算から求める。
→「結果と考察」1に記入しなさい。
- 発泡ポリスチレン容器Bに蒸留水の代わりに1 mol/l塩酸100mlを入れ、(1)と(2)と同様な操作をする。液体の最初の温度 t_{B1} と溶解後の最高温度 t_{B2} を測定する。上昇した温度を計算から求める。
→「結果と考察」1と2に記入しなさい。
- 「結果と考察」3に物質名と適当な語を記入しなさい。
- 発泡ポリスチレン容器Cに2 mol/l塩酸50mlを入れ、2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液50mlを加えたときの上昇温度を予想しなさい。→「結果と考察」4に記入しなさい。
- 発泡ポリスチレン容器Cの2 mol/l塩酸50mlと2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液50mlをそれぞれ測定し平均値を求める。その値を最初の温度 t_{C1} とする。両水溶液を一槽にして、温度計でかき混ぜ最高温度 t_{C2} を測定する。上昇した温度を計算から求める。
→「結果と考察」5に記入しなさい。

【参考】

- ◇ 1 mol/l程度の水溶液の比熱は水とほぼ同じで、1と見なしてよい。
- ◇ この実験では、理論値と5%位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、上昇した温度を計算から求めよ。

	最初の温度	最高温度	上昇した温度
容器A	t_{A1} °C	t_{A2} °C	$t_{A2}-t_{A1}$ °C
容器B	t_{B1} °C	t_{B2} °C	$t_{B2}-t_{B1}$ °C

2 操作(3)の最高温度の結果を定型文を参考にし、記述しなさい。

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量 [mol] を [] には適当な語を記入し、表を完成させなさい。

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

4 操作(6)による上昇する温度を予想しなさい。その理由を考察の定型文にならって、その理由とともに書きなさい。

考察：

5 操作(6)の測定した結果を記入し、上昇した温度を計算から求めよ。

	最初の温度	最高温度	上昇した温度
容器C	t_{C1} °C	t_{C2} °C	$t_{C2}-t_{C1}$ °C

反応熱とヘスの法則

目的 ヘスの法則を使って、水酸化ナトリウム水溶液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（サーモカップ）3個、温度計1本、薬包紙2枚
100mlメスシリンダー1本、電子天秤（または上皿天秤）
試薬：水酸化ナトリウム（固体）、2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液、蒸留水
2 mol/l塩酸、1 mol/l塩酸

実験の概要：水酸化ナトリウム（固体）を水に溶かした時に上昇する温度、水酸化ナトリウム（固体）を塩酸に溶かして反応させた時の上昇温度を測り、その結果から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予想する。さらに、実験で中和熱による上昇温度を測定し、予想値と比較する。

操作

- 発泡ポリスチレン容器Aに蒸留水100mlを入れ、液体の最初の温度 t_{A1} を測定する。
→「結果と考察」1に記入しなさい。
- (1)の容器Aに水酸化ナトリウムの固体4.0gを加え、温度計でかき混ぜて溶かし、溶解後の最高温度 t_{A2} を測定する。上昇した温度を計算から求める。
→「結果と考察」1に記入しなさい。
- 発泡ポリスチレン容器Bに蒸留水の代わりに1 mol/l塩酸100mlを入れ、(1)と(2)と同様な操作をする。液体の最初の温度 t_{B1} と溶解後の最高温度 t_{B2} を測定する。上昇した温度を計算から求める。
→「結果と考察」1と2に記入しなさい。
- 「結果と考察」3に物質名と適当な語を記入しなさい。
- 発泡ポリスチレン容器Cに2 mol/l塩酸50mlを入れ、2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液50mlを加えたときの上昇温度を予想しなさい。
→「結果と考察」4に記入しなさい。
- 発泡ポリスチレン容器Cの2 mol/l塩酸50mlと2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液50mlをそれぞれ測定し平均値を求める。その値を最初の温度 t_{C1} とする。両水溶液を一掃にして、温度計でかき混ぜ最高温度 t_{C2} を測定する。上昇した温度を計算から求める。
→「結果と考察」5に記入しなさい。

【参考】

- ◇ 1 mol/l程度の水溶液の比熱は水とほぼ同じで、1と見なしてよい。
- ◇ この実験では、理論値と5%位までの誤差が生じることを考慮してよく。
- ◇ 「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。」

反応熱とヘスの法則（復習用）

____年 ____組 ____番氏名

結果と考察

1 操作(1),(2),(3)の結果を下の表にまとめ、上昇した温度を計算から求めよ。

	最初の温度		最高温度		上昇した温度
容器A	t_{A1}	23.0 ℃	t_{A2}	32.1 ℃	$t_{A2}-t_{A1}$ 9.1 ℃
容器B	t_{B1}	23.0 ℃	t_{B2}	44.1 ℃	$t_{B2}-t_{B1}$ 21.1 ℃

2 操作(3)の最高温度の結果を定型文を参考にして、記述しなさい。

結果：

1 mol/lの塩酸100mlが入った発泡ポリスチレンの容器Bに固体の水酸化ナトリウム4.0gを加え、温度計でかき混ぜたら、水溶液の最高温度は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質量 [mol] を [] には適当な語を記入し、表を完成させなさい。

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

4 操作(5)による上昇する温度を予想しなさい。その理由を考察の定型文にならって、その理由とともに書きなさい。

考察：

操作(1)から(4)の結果から、上昇温度は、12.0℃と考えた。その理由は、ヘスの法則より、水酸化ナトリウムの溶解と中和が同時に起こった時の発熱量から、溶解した時の発熱量を引いた差が、中和する時の発熱量に相当するからである。

5 操作(6)の測定した結果を記入し、上昇した温度を計算から求めよ。

	最初の温度		最高温度		上昇した温度
容器C	t_{C1}	23.0 ℃	t_{C2}	34.6 ℃	$t_{C2}-t_{C1}$ 11.6 ℃

年 組 番 氏 名 _____

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色

目的 BTB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 各自：パレット、スポイト2本

各班：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、 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1滴加え、液の色を観察する。→「結果と考察」1に記入。
- (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回繰り返し、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。→「結果と考察」1に記入。
- (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回繰り返し、液の色を観察する。→「結果と考察」1に記入。
- (5) (4)でできた液を使って(4)と同様の操作を行う。→「結果と考察」1に記入。
- (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。→「結果と考察」1に記入。
- (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。→「結果と考察」1と2に記入。

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	塩 基 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			
(3)	NaOH			
(4)	NaOH			
(5)	NaOH			
(6)	NaOH			
	NaOH			
--	ムラサキキャベツ液 ①	紫		7

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「上の結果から、…(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、塩基性で色が変化する。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 各自：パレット、スポイト2本

各班：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、塩基性で色が変化するを確認する。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1滴加え、液の色を観察する。→「結果と考察」1に記入。
- (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回繰り返し、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。 →「結果と考察」1に記入。
- (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回繰り返し、液の色を観察する。 →「結果と考察」1に記入。
- (5) (4)でできた液を使って(4)と同様の操作を行う。 →「結果と考察」1に記入。
- (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。 →「結果と考察」1に記入。
- (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。 →「結果と考察」1と2に記入。

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	塩 基 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の色	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「上の結果から、…(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： 上の結果から、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。

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：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、菜箸 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。 → 「結果と考察」1~4 を記入しなさい。

[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	-

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)

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) と考えた。
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

高等学校化学科基礎実験指導書

年 組 番氏名 _____

目的 電解質溶液に2種類の金属板を浸し導線で結びボルタ型の電池ができる。
電解質溶液に適当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、葉さじ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(Ⅲ)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(Ⅲ)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。 → 「結果と考察」1～4を記入しなさい。

【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(Ⅲ)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	-

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)と考えた。
その理由は、～(根拠)だからである。」

銅板付近の溶液が赤く変色したことから、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は溶液が塩基性であること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、リトマス試験紙、白金線、30mlスポイトびん

試薬：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

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。→「結果と考察」1に記入しなさい。
- (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。
→「結果と考察」2と3に記入しなさい。
- (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。
→「結果と考察」4と5に記入しなさい。

【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5の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

— 定型文の書き方 —

結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～（操作）をしたら、……（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。」

結果と考察

1. 操作（1）の結果を記入し、電極付近の溶液の性質を下に記せ。

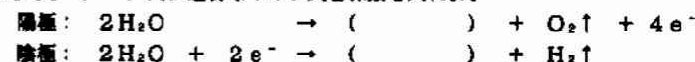
結果	青色リトマス紙	赤色リトマス紙
陽極 (赤いリード線)		
陰極 (黒いリード線)		

電極付近の液性 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：

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、リトマス試験紙、白金線、30mlスポイトびん

試薬：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

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。→「結果と考察」1に記入しなさい。

(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。

→「結果と考察」2と3に記入しなさい。

(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。

→「結果と考察」4と5に記入しなさい。

【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5の記述は、次の定型文を参考に書くことよ。

定型文の書き方

結果：操作の要点を含め過去形で書く。例「～（操作）をしたら、
……（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。」

年 組 番 氏名

結果と考察

1. 操作（1）の結果を記入し、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。

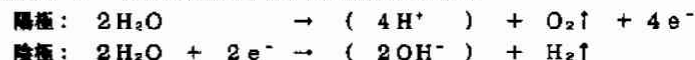
電極付近の液性 陽極：（ 酸 ）性 陰極：（ 塩基 ）性

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塩素（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

鉄イオンの検出 (提出用)

年 組 番 氏名

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、その水溶液の色と反応の違いから確認し、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：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%)、0.01 mol/l 塩化ナトリウム水溶液、
0.001 mol/l ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液、
0.001 mol/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+} の水溶液中で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のうち鉄イオンについて考える。

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、それぞれの水溶液の色を観察する。→「結果と考察」1に記入しなさい。
- (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、それぞれの水溶液の色の变化を観察する。→「結果と考察」2に記入しなさい。
- (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)酸カリウム水溶液を1滴、もう一方にはチオシアン酸カリウム水溶液を1滴加えて、それぞれの水溶液の色の变化を観察する。→「結果と考察」3に記入しなさい。
- (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約1mlとり、検出試薬としてヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムを3滴加え、そこに鉄くぎを入れて観察する。
→「観察と考察」4に記入しなさい。
- (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。
→「観察と考察」4に記入しなさい。

【参考】

- ◇ 操作(2)での過酸化水素水は、酸化剤として働いている。酸化剤とは、電子を放出しやうい物質から電子を奪う物質のことである。
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。」

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を記入せよ。

	水溶液の色	含まれる鉄イオン
硫酸鉄(II)水溶液		
塩化鉄(III)水溶液		

2. 操作(2)の観察結果を下の表に記入せよ。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)水溶液	
塩化鉄(III)水溶液	

イオン反応式

3. 操作(3)、(4)でのそれぞれの色の变化を表に記入せよ。

	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鉄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、その水溶液の色と反応の違いから確認し、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：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%)、0.01 mol/l 塩化ナトリウム水溶液、
 0.001 mol/l ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液、
 0.001 mol/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+} の水溶液中での色と過酸化水素を加え
 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のうち鉄イオンについて考える。

操作

- 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、それぞれの水溶液の色を観察する。→「結果と考察」1に記入しなさい。
- 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、それぞれの水溶液の色の变化を観察する。→「結果と考察」2に記入しなさい。
- 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)酸カリウム水溶液を1滴、もう一方にはチオシアン酸カリウム水溶液を1滴加えて、それぞれの水溶液の色の变化を観察する。→「結果と考察」3に記入しなさい。
- 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。
- パレットに塩化ナトリウム水溶液を約1mlとり、検出試薬としてヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムを3滴加え、そこに鉄くぎを入れて観察する。→「観察と考察」4に記入しなさい。
- 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。→「観察と考察」4に記入しなさい。

【参考】

◇ 操作(2)での過酸化水素水は、酸化剤として働いている。酸化剤とは、電子を放出しやすい物質から電子を奪う物質のことである。

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「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 _____

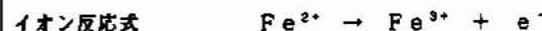
結果と考察

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を記入せよ。

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

2. 操作(2)の観察結果を下の表に記入せよ。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)水溶液	淡緑色から黄色に変化した
塩化鉄(III)水溶液	黄褐色のまま変化しなかった



3. 操作(3)、(4)でのそれぞれの色の变化を表に記入せよ。

	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+}	青色	変化なし
Fe^{3+}	緑～茶色	血赤色

4. 操作(5)、(6)の結果、および、鉄くぎの表面で生じる鉄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)酸カリウム水溶液を1滴加えた塩化ナトリウム水溶液に鉄くぎを入れたら、鉄くぎのまわりが青くなった。一方、チオシアン酸カリウム水溶液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、鉄くぎの表面では Fe^{2+} が生じ、 Fe^{3+} は生じなかったと考えた。

その理由は、ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウムは青色に呈色したとき Fe^{2+} の存在を示す試薬であり、また、チオシアン酸カリウムは血赤色に呈色したとき Fe^{3+} の存在を示す試薬だからである。

水溶液の判別

水溶液の判別 (提出用)

__年__組__番 氏名_____

目的 未知の水溶液どうしの反応を調べ、その反応をもとにして水溶液を判別する。

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

(1.0 mol/l 塩酸, 0.5 mol/l 硫酸, 0.5 mol/l 炭酸ナトリウム水溶液,
0.1 mol/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、それぞれが塩酸、硫酸、炭酸ナトリウム水溶液、塩化バリウム水溶液の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」1と2に記入しなさい。
- (2) 他の水溶液についても2種類ずつ組み合わせ、操作(1)と同様の操作をし、観察する。→「結果と考察」2に記入しなさい。
- (3) 下の参考2の空欄をうめ、「結果と考察」3と4を記入しなさい。

【参考】

1. 「結果と考察」1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：操作の要点を含む過去形で書く。

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。」

2. 塩酸・硫酸・炭酸ナトリウム・塩化バリウムのうち2種類ずつを混ぜ合わせるとき、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 + ()
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 + ()
H ₂ SO ₄ と BaCl ₂	H ₂ SO ₄ + BaCl ₂ → () + 2HCl
Na ₂ CO ₃ と BaCl ₂	Na ₂ CO ₃ + BaCl ₂ → () + 2NaCl

結果と考察

1. 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して以下に記述しなさい。

結果

2. 操作(1)と(2)の観察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				—

3. 水溶液A～Dは、塩酸・硫酸・炭酸ナトリウム水溶液・塩化バリウム水溶液のうちの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して以下に記述しなさい。

考察

水溶液の判別

水溶液の判別 (復習用)

年 組 番 氏名 _____

目的 未知の水溶液どうしの反応を調べ、その反応をもとにして水溶液を判別する。

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

(1.0 mol/l 塩酸, 0.5 mol/l 硫酸, 0.5 mol/l 炭酸ナトリウム水溶液,
0.1 mol/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、それぞれが塩酸、硫酸、炭酸ナトリウム水溶液、塩化バリウム水溶液の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」1と2に記入しなさい。
- (2) 他の水溶液についても2種類ずつ組み合わせ、操作(1)と同様の操作をし、観察する。→「結果と考察」2に記入しなさい。
- (3) 下の参考2の空欄をうめ、「結果と考察」3と4を記入しなさい。

【参考】

1. 「結果と考察」1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：操作の要点を含む過去形で書く。

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。」

2. 塩酸・硫酸・炭酸ナトリウム・塩化バリウムのうち2種類ずつを混ぜ合わせたとき、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)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して以下に記述しなさい。

結果

パレット上の水溶液A 5滴に、水溶液Bを5滴加えたら、気体が発生した。

2. 操作(1)と(2)の観察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	—

3. 水溶液A～Dは、塩酸・硫酸・炭酸ナトリウム水溶液・塩化バリウム水溶液のうちのどの物質の水溶液と考えたか。物質名で記入せよ。

A 硫酸	B 炭酸ナトリウム	C 塩化バリウム	D 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して以下に記述しなさい。

考察

上記の実験結果から、炭酸ナトリウムはBと考えた。

その理由は、参考2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が発生し、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しようとするものである。
- (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）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おくとうい。
- (2) 炎色反応を行う場合は、白金線を先の方から徐々に炎の中に入れていくと、長い時間炎色が観察することができる。
- (3) 操作(1)～(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 (1), (2)

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(ϕ 4 × 18 mm), マグネシウムリボン((1)15 cm, (2)10 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毎に(4人班では(1) 60 cm, (2) 40 cm)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、反応が起こり始めると激しいので、反応し始めたら水につけるなどの操作をするとよい。

化学反応における量的関係 (3)

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やアルミニウムを反応させると水素が発生する。反応するマグネシウムやアルミニウムの物質質量と水素の発生量について比較し、化学反応式の量的関係を理解させる。

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(ϕ 4 × 18 mm), マグネシウムリボン(3 cm),
 アルミニウム箔(2 cmの帯状に切ったものを半分に折るとよい).
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 入れる。
- (3) マグネシウムリボンとアルミニウム箔は班毎に適当な長さを配布するとよい。

3. 留意点

- (1) マグネシウムリボン 1 cmとアルミニウム箔 1 cm(× 2 cm)の物質質量は、あらかじめ適当な長さを用いて、電子天秤で質量を測定し、換算して求めておく。この数値を生徒に伝え、「結果と考察」の1に記入させる。
- (2) 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。
- (3) 注射器にマグネシウムやアルミニウムを入れるときは、ピストンのゴムで挟まないようにしっかりと折り畳んで入れる。
- (4) 反応させる際は、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、大きな注射器を上、小さな注射器を下にするとよい。
- (5) 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。
- (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。特にアルミニウムの反応では熱が発生するので、反応し始めたら水で冷やすとよい。
- (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) マグネシウムやアルミニウムの長さを変えて反応させてみる。

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。

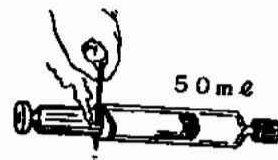


図 穴の開け方

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 (4 cm) 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入れないこととした。

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しようとするものである。
- (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、
0.1 mol/l 硝酸銀(式量 169.9)水溶液、
0.1 mol/l 塩化カルシウム(式量:無水物 111, 二水和物 147)水溶液、
0.1 mol/l 塩化ナトリウム(式量 36.5)水溶液、
0.1 mol/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。また、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、実験を通して、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：発泡ポリスチレンの容器（サーモカップ）3個、薬包紙2枚
温度計1本、100mlメスシリンダー1本、上皿天秤（電子天秤）

試薬：蒸留水100ml,
2 mol/l塩酸50ml,
1 mol/l塩酸100ml,
固体の水酸化ナトリウム8.0g,
2 mol/l水酸化ナトリウム水溶液50ml

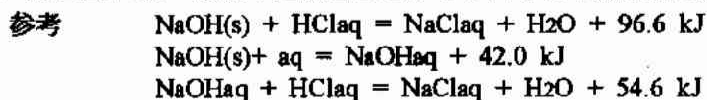
- (2) 温度計と100mlメスシリンダーは試薬が異なるので毎回洗う。それぞれ3本ずつ用意できれば、洗う手間は省ける。
- (3) 各水溶液はあらかじめ必要な使用量より多めに用意し、室温に保っておく。
- (4) フィルムケースの中に、電子天秤で秤量した固体の水酸化ナトリウム 4.0gを入れておき、これを各班に配ると、実験時間の短縮することができる。しかも水酸化ナトリウムの潮解性を防げる。

3. 留意点

- (1) 発泡ポリスチレン容器（サーモカップ）中に温度計を立てておくと温度計が転倒する可能性がある。発泡ポリスチレン容器が入るピーカーに入れることで転倒が避けられる。
- (2) 水酸化ナトリウムを溶かす際には、水溶液が目に入らないように注意する。必要に応じて安全めがねを着用させる。もし目に入った場合は直ちに流水で洗浄する。特にコンタクトレンズを使用している場合はレンズの裏側に水酸化ナトリウム水溶液が回り込み、洗浄が遅れることが多いので十分注意する。
- (3) 通常攪拌はガラス棒で行うが、ここでは温度計で行う。攪拌時に温度計で発泡ポリスチレン容器をささないように注意する。
- (4) 水酸化ナトリウムの潮解性や熱の散逸のため、測定値と理論値の5%以内の違いは誤差と見なしてよいことを生徒に説明してから実験を実施する。
- (5) 固体の水酸化ナトリウムは潮解性がありしかも二酸化炭素と反応するので、溶解熱の測定値は低めになることがある。
- (6) 発生した反応熱は、容器や空気にも吸収されるから、経過時間と測定温度の関係のグラフを作図し、水溶液の最高温度を補正する作業をおこなってもよい。

4. 発展実験

- (1) 液温センサーを用いたパソコンで測定してみる。
- (2) 測定値から、溶液の比熱を1としてそれぞれの反応熱を算出し、熱化学方程式を求める。



酸・塩基とムラサキキャベツ液の色

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) 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 ②1mol/l塩酸 HCl 約 10 ml
③1mol/l水酸化ナトリウム水溶液 NaOH 約10 ml
④1mol/lアンモニア水 NH₃ 約 10 ml（長く放置すると濃度が薄くなる）
- (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) ペ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、天秤で測らずに薬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、
薬さじ 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。
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、
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な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。

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。

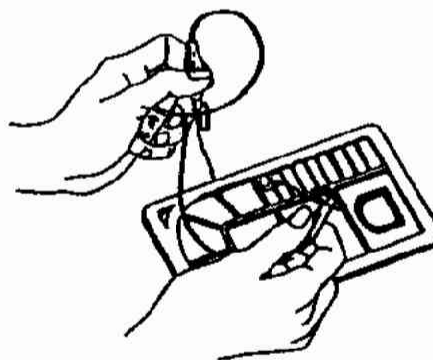


図1 電池と電極の持ち方

4. 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。

5. 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) 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）
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%)、 10^{-2} mol/l塩化ナトリウム水溶液(1%)、
 10^{-3} mol/lヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液(1%)
 10^{-3} 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、水溶液の調整は実験の直前に行うほうがよい。実験台ごとに硫酸鉄(II)の固体を配付し、生徒にその場で水溶液を作らせるのもよい。
また、保存するときは、希硫酸少量と鉄くぎとを加えて、ポリびんに入れる。なるべく早く使いきったほうがよい。
- (2) チオシアン酸カリウムは Fe^{3+} と敏感に反応する。上記(1)の調整で 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+} との反応が起こりにくいようにした。
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^{2+} との反応で、濃青色でなく、青色を呈する。
- (3) 鉄さびの発生のメカニズムの概略は次の通りである。まず、金属鉄の表面では、次のように Fe^{2+} が水溶液中に溶け出す酸化反応 ($Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$) が起こる。この電子はくぎの中に残されるが、水溶液中に酸素が溶けていると電子により還元反応 ($1/2O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$) が起こる。生成した Fe^{2+} はやがて OH^{-} と反応し、 $Fe(OH)_2$ (白色)を生ずるが、これは共存する酸素で酸化されて $Fe(OH)_3$ (褐色)となる。これが「さび」として知られる基本的な形である。

4. 発展実験例

- (1) 指示薬としてフェノールフタレインを用いて操作(5)と同様の操作を行い鉄くぎの表面で起こ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に長時間放置し、変化を調べる。

5. 参考文献

佐野博敏(1986), 化学と教育, 34, pp.318-319., 日本化学会訳編(1990), 「身近な化学実験II」, 丸善, pp.254-257.

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する方法：黄緑色の炎色反応、硝酸銀による白色沈殿。

第5章 中学校における実践報告

1. 中学校の実験レポートにおける
定型文指導の効果（石井良典）・・・・・・・・・・150

2. 中学校における実験レポート
記述指導の実践（小森谷順一）・・・・・・・・・・160

中学校の実験レポートにおける 定型文指導の効果

石井良典
実践校番号11

1 はじめに

中学校理科では、実験や観察を行う中で、科学的な見方や考え方を養い、その過程を通して、いろいろな事象における規則性を見いだすことを目標としている。また、それらの事象を日常生活と関連付けて考察する態度を育てることも目標の一つである。

このことから、中学校の理科教育においては、日常生活に関連の深い現象を取り上げ、さらに、実験・観察が行え、基礎的な範囲の科学現象を扱うことが多い。

本研究主題の科学的表現力の育成に関して、中学校段階では、実験結果の記述については、概ね理解しやすいと考えるが、考察の記述については、やや指導に弱る感じを受ける。その理由については後述するが、ここに中学校理科の実験レポートにおける表現力育成について報告する。ただし、調査範囲は限られたものであり、中学生全体について一般化するにはさらなる研究を要する。

2 実験レポート作成経験のアンケート調査結果から

中学2、3年生（男子99名・女子66名・合計165名）に対して、学年始めの時期に今までに実験レポートを書いたことがあるかについてアンケート調査を試みた。

また、書いた経験がある人について、「結果」と「考察」に何を記入するべきかを答えさせたものが以下のまとめである。

表1 実験レポート作成経験の有無 [単位：％]

実験レポート 作成経験	2年生			3年生			2、3年生合計		
	男子	女子	全体	男子	女子	全体	男子	女子	全体
あ る	20	4	15	55	38	46	34	24	30
な い	80	96	85	45	62	54	64	76	70

学年当初のアンケート実施であるので、2年生にとっては中学1年生までの経験、3年生にとっては中学2年生までの経験となる。

ここでいう実験レポートとは、ノートやプリントにまとめることなく、一つのある

テーマにそった実験について数ページにまとめ綴じたレポート形式を意味している。このため、作成経験がある生徒の比率が少なくなっているものと思われる。

小学校や中学校での理科の授業時に多くの実験を行っても、それをきちんとした形式のレポートにまとめることは、授業にかかわる教師の指導方法によるところが大きい。

当然、ノートやプリント等にまとめさせることは実施していると思うが、レポート形式のまとめについては、夏休みの自由課題等で興味のある生徒が自主的に作成しない限り、生徒自身が主体的に取り組むことは困難である。

アンケート結果からは、男子生徒の方が作成経験のある者の比率が高い傾向がある。このことは、男女で、理科という教科に対する好意度が異なることが考えられる。同時に行ったアンケート項目の一つに「他の教科・科目と比べて、理科は好きですか。」がある。この結果は、以下の通りである。

表2 理科の好意度調査

[単位：%]

	もっとも好き	好きな方	どちらでもない	嫌いな方	もっとも嫌い
男子	6	45	31	11	7
女子	5	27	41	22	5

男子の傾向として、女子よりも好き嫌いの度合いが高く、特に「好きな方」の割合が顕著である。逆に、女子は、「嫌いな方」の割合が男子の2倍に達する。

「もっとも好き」、「好きな方」を合わせると5割以上の男子は、理科に好意を持っているのに対して、女子は3割強に過ぎない。このことから、理科学習に対する取り組み姿勢に差違が生じるものと思われる。

表3 「結果」と「考察」の記入内容調査

No.	「結果」欄に記入すべき事柄	「考察」欄に記入すべき事柄
3103	実験で自分が出した答え	結果がどのようになるか自分で考える
3107	実験によって求めようとしたこと	自分が見て、思ったり感じたりしたこと
3109	実験観察の結果をそのまま書く欄	結果から推測されることを書く欄
3114	ありのままのこと。自分の考えは入れない	自分の頭で考えたこと。調べたこと。予想

No.	「結果」欄に記入すべき事柄	「考察」欄に記入すべき事柄
3202	実験を行ってわかったこと	自分の考え、思ったこと
3205	そのときに出た答え	考えたこと。思ったこと
3232	実験をして学んだこと、わかったこと	自分で考えたことや思ったこと
3243	実際にあったこと	その実験についての考え
3303	実験をしてみて起こったこと	結果からわかったこと、考えたこと
3332	自分で調べたことや本から得た答え	こうではないかと考えたり、予測すること
3335	その実験の答え	その実験について思ったこと
3336	実験をして出たそのままのもの	結果をもとにして考え、わかったこと
2101	実験したこと	結果から考えられること
2115	事実、自分が見たもの	結果から導き出されるもの
2136	最終的な事実	それに対する意見

実験レポートの「結果」と「考察」の部分に何を書いたらよいかという認識についてが、上記のものである。

「結果」については、比較的どの生徒も何を書いたらよいかを理解していると思うが、3103、3205や3335のように実験の結果を「答え」と考えている生徒もいる。あたかも数学の問題を解くような感覚で、実験を捉えているように感じる。

また、3332のようにその実験で起こった結果ではなく、自分で調べたことや書物からの知識を実験の結果欄に記入するのだと勘違いしている者もいる。

「考察」については、3303、3336、2101のように「結果から考えたり、導き出したりするもの」という認識を持っている反面、3107、3202、3205、その他のように「思ったこと」という認識の者もいる。「思った」を「考えた」と同義と捉えれば考察を理解していると考えられるが、単に「実験の感想」と捉えている場合もあろう。この区別をつけさせるためにも本研究で取り上げている定型文の導入が有効であると考えられる。

3 定型文指導の流れ

昨年作成した中学校2年生用の実験プリント教材5種類¹⁾(①消化液のはたらき ②化学変化の前後の質量(質量保存の法則) ③化合に関する物質の質量の関係 ④電熱線にかかる電圧と電流の関係 ⑤磁石とコイルと電流の関係)から①~④の実験を実施し、結果と考察の記述方法の変遷を調べた。本報告では、授業で直接に指導した①、②、④についてまとめる。

表4 実験概要について

実験名	実験目的と実験概要
①消化液のはたらき	デンプン溶液にだ液を加えた試験管と加えない試験管を用意し、適温にししばらく放置した後、ヨウ素液とベネジクト液の色の変化を利用して、糖に消化される変化を調べる実験
②化学変化の 前後の質量 (質量保存の法則)	ヨウ化カリウム水溶液と酢酸鉛水溶液の化合及びうすい塩酸と石灰石を開放系と閉鎖系で反応させ反応前後の質量の測定によって質量保存の法則を理解する実験
④電熱線にかかる 電圧と電流の関係	2種類の電熱線を使い、それぞれに電圧を変化させながら電流を流し電圧と電流の関係を測定させ、グラフ化によりオームの法則を理解する実験

年間指導計画の都合により、最初に第一分野(化学)の②を6月に実施し、次に第二分野(生物)の①を9月、最後に第一分野(物理)の④を12月に指導した。

対象生徒は、第2学年86名(男子60名・女子26名)の3学級である。

なお、結果や考察の記入の仕方と定型文については、中間報告書²⁾の実験レポートの書き方を配布し②の実験実施前時に約30分程度説明した。

4 結果の記述について

②化学変化の前後の質量(質量保存の法則)の実験において、ふた付きで、中に小さな容器の入った二重のプラスチック瓶にうすい塩酸と石灰石を別々に入れておき、反応させる前の質量を同量の水の質量と天秤でつり合わせる。その後、薬品同士を反応させて気体(二酸化炭素)を発生させ、しばらくしてから前述の水の質量と比べる。→(閉鎖系)
さらにプラスチック瓶のふたを開けてから同様に水の質量と比べる。→(開放系)
このときの実験結果について記述させた。

1) 松原静郎他(1996)『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』科学研究費研究成果中間報告書(課題番号07458027) pp.134-143

2) 同中間報告書p.9

表5 「結果」の記述例

模範 文例	塩酸と石灰石を反応させたら気体（二酸化炭素）が発生し、ふたを開けて反応前の質量（水の質量）と比べたら軽くなった。
2101	ふたを開けて、てんびんで計量したら、水の方が少し重かった。
2103	塩酸に石灰石を入れたとたんすぐに泡がでた。ふたを開けたら「プシュー」となって、てんびんにかけたら質量は軽くなっていた。
2104	プラスチックびんにうすい塩酸を入れ、石灰石を入れてふたを閉める。横にして少し時間がたってふたを開けると水より軽くなっていた。
2111	ふたを開けたら、泡が発生した分ぬけるから水の方が重くなった。
2115	石灰石をうすい塩酸に反応させたら、反応前より質量は軽くなった。
2118	うすい塩酸の中に石灰石を入れ、ふたを閉めたら気泡が増え、びんの内側にそれがついた
2132	うすい塩酸と石灰石を混ぜ合わせ、ふたを開けたら、はじめに比べて質量が軽くなった。
2207	ふたを開けたら気体がぬけて軽くなった。
2210	ふたを開けたら空気がもれて質量が小さくなった。
2218	ふたを開けたら軽くなった。
2232	ふたを開けた時、シュッという音がした。しかし、気体の発生する勢いは変わらなかった
2233	ふたを開けたら気体がぬけた。質量は水の方が重かった。このことから、石灰石がとけてでてきた気体がぬけたからと考えた。その理由は、石灰石がとけて小さくなったからである。
2304	プラスチックびんのふたを開けたら「プシュ」という音が出た。これはたぶん二酸化炭素だと思う。
2313	塩酸と石灰石が反応して二酸化炭素が発生した。
2332	ふたを開けても質量は変わらなかった。

結果の記述例から、「～（操作）したら、…（結果）になった。」という定型文の形式の中で、「…（結果）になった。」の部分には、実験の目的に見合った文章・言葉が入るはずである。この実験に関してならば、質量の変化についての言葉が入る。しかし、2118、2232、2304、2313のように化学変化の現象について記述している者がいる。このように結果の記述には、目の前で起こった事象をそのまま記述するのは当然であるが、何を書くべきかという実験の目的の把握が大切である。生徒にとっては、「音が出る」とか「光が出る」、「泡が出る」等、目の前の現象面が強く印象に残ってしまう傾向がある。ただ漫然と実験を行わせるのではなく、教師側に実験の目的をしっかりと指導する意識が必要である。

また、2115「反応させたら、……軽くなった。」のように、『ふたを開ける』という動作の記述が抜け落ちているものもある。この実験では、反応前の質量（ふたは閉じてある）とふたを閉じた質量、さらに開けた質量というように3つの場合について考えねばならない。どの状況の結果を記述させるのか、しっかりした教師の指示が必要である。

2233のように結果の部分に考察まで記述してしまうことも多い。実験の目的に見合った事実のみを記述することが大切である。

この実験において、結果の書き方が定型文に見合った形式になっているか。記述内容が実験目的にかなっているかを調査したものが表6である。

表6 結果の記述形式及び内容の評価 [単位：％]

形 式	男子	女子	全 体	形 式 の 評 価			
				内 容	男子	女子	全 体
○	36	36	36	○	33	52	39
△	32	28	31	△	8	0	6
×	32	36	33	×	22	20	31
				*	37	28	34

○：定型文のとおり
△：やや不十分
×：まったく異なる

内容の評価
○：ほぼ模範文例と同じ
△：やや不十分
×：実験結果のまちがい
*：目的からはずれた内容

形式については、「～（操作）したら、…」という部分の記述が不完全で、やや不十分な者（表6中の△印）も含めれば、定型文を意識して書こうとしている姿勢がうかがえる。

×印になった者の中にも「…なった。」という過去形ではなく「…なる。」「…である。」等の現在形で書いてしまった者も相当数いる。

しかし、内容については、「…（結果）になった。」という部分に記述すべき実験目的からはずれた（*印）現象面のみを書こうとしている者が目立つのは残念である。

×印の者は、実験技量が未熟なため天秤のつり合わせ方が不十分で、ふたを開けた場合に気体が逃げて質量が減るはずが、変化しなかったと捉えた生徒たちである。

消化液及び電熱線の実験結果の記述については、プリントの結果記入欄が語句書き入れの文章誘導形式になっているため、ここでの比較検討は行わなかった。

5 考察の記述について

実施した3つの実験について、その考察の記述が定型文「～（結果）から、…（結論）と考えた。その理由は…（根拠）だからである。」の形式に合致しているかどうか、また、記述内容が妥当かどうかを調査した結果が表7、生徒の記述例が表8である。

表7 考察の記述形式及び内容の評価 [単位：％]

実験名	形式	男子	女子	全体	内容	男子	女子	全体
②化学変化の 前後の質量 (質量保存の法則) 〔6月実施〕	○	22	40	27	○	3	0	2
	△	20	20	20	△	9	4	8
	×	55	40	51	×	85	96	88
	未記入	3	0	2	未記入	3	0	2
①消化液のはたらき 〔9月実施〕	○	28	54	36	○	28	35	30
	△	21	12	18	△	46	35	42
	×	39	19	33	×	16	15	16
	未記入	12	15	13	未記入	10	15	12
④電熱線にかかる 電圧と電流の関係 〔12月実施〕	○	30	39	33	○	35	50	40
	△	25	50	33	△	35	39	36
	×	38	0	26	×	23	0	15
	未記入	7	11	8	未記入	7	11	9

形式の評価

○印：定型文のとおり △印：やや不十分 ×印：まったく異なる

内容の評価

○印：ほぼ模範文例と同じか同意味

△印：やや不十分

×印：実験結果のまちがいや実験目的からはずれた内容

※ 未記入は、書けなかった者（空欄）

表8 「考察」の記述例

実験名：② 化学変化の前後の質量（質量保存の法則）〔6月実施〕

模範 文例	実験結果から、気体の発生する反応でも質量保存の法則は成り立つと考えた。その理由は気体にも質量があり、ふたを閉めて気体を逃がさないようにすれば、質量が変わらなかったからである。
2112	上記の実験結果から、化学変化がおこっても、全体の質量は変わらない。ただ化学変化がおこったときに出た気体などがにげてしまった場合は、にげてしまった分だけ軽くなったのだと思う。その理由は、ふたを閉めていたときは、変わらなかったのに、開けた後は軽くなったからである。
2115	気体が発生する反応では、石灰石をうすい塩酸に反応させると反応前より質量がかるくなった。その結果から、質量保存の法則は、反応1では、気体が逃げないので成り立つ。しかし、反応2では、気体が逃げてしまうので成り立たないと考えた。
2117	質量が軽くなったから、気体の発生する反応は質量保存の法則は成り立たないと考えた。その理由は、石灰石と薄い塩酸から気体が発生して質量が変化してしまったからである。
2118	塩酸によって石灰石から気体が出たが、それでも全体の質量は変わらなかった。これより気体の発生する反応でも質量保存の法則は成り立つと思われる。それは、教科書p.99の実験についても同様の結果が得られているからである。 (教科書pp.99の実験→密閉容器中でNaOHとNH ₄ ClからNH ₃ を発生させ質量を測定する実験)
2336	変化した後の質量が水の質量とほとんど同じになったことから気体の発生する反応でも質量保存の法則は成り立つと考えた。その理由は、変化する前と後の質量がほとんど同じだからである。

実験名：① 消化液のはたらき〔9月実施〕

模範 文例	実験結果から、体温くらいでは、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。
2102	実験結果から、だ液はデンプンを消化すると考えた。その理由は、だ液を入れなかったデンプンのりは、変化がなかったからである。
2120	だ液は、デンプンを消化して糖分に変えるはたらきがあると考えた。その理由は、実験でデンプンのりをだ液に入れてヨウ素液を加えても色は変化せず、ベネジクト液を加えたら赤褐色に色が変化したからである。

2134	ベネジクト液の色が変化したことから、だ液はデンプンを糖に変えるはたらきがあると考えた。その理由は、ベネジクト液は、糖に反応する性質があるからである。
------	--

実験名：④ 電熱線にかかる電圧と電流の関係 [12月実施]

模範 文例	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は比例関係を表すからである。
2233	グラフから、電熱線にかかる電圧と流れる電流の大きさの関係は比例すると考えた。 理由は、グラフが直線になったからである。
2309	図1のように配線して実験したら、上のグラフになった。グラフから、電圧と電流は比例すると考えた。その理由は、電圧が倍になると電流も倍になるからである。
2338	結果から、電熱線にかかる電圧と流れる電流の大きさは、比例の関係にある。

表7より、定型文の形式については、初めてのときと回を重ねた後とでは、○印と△印を合わせた数が増加している。空欄の者を除いた形式無視の×印の生徒数は、明らかに減少してきている。

①と④の実験で未記入者が多くなったのは、授業時間内に書き上げることができなかったためであると思われる。

記述内容については、②の実験の×印が多いのが目立つ。これは、表8の②の2115や2117のように「プラスチック瓶のふたを開けた場合の反応2では、気体が逃げて軽くなる。」ここまでの結果の記述は適しているのに、その後の「…(結論)と考えた。」の部分で、質量が減ることから「質量保存の法則が成り立たない」と結論づけてしまう者が大多数であったためである。事前の教師側の指導の不徹底を反省している次第である。

2118のように根拠にあたる部分に教科書の記述を書いている。実験事実だけから導けない場合ならば、他の資料を根拠にすることも可能だと思うが、この実験では、不適當と思う。

①の実験では、2102「…変化がなかったからである。」のように、根拠の部分に『どのような変化か』という記述が不足しているものや2120のように「色の変化」という現象を根拠にして、そこから導き出される事柄まで言及していない場合も多い。この実験の場合は、「糖」という語句がキーワードであるので、「色の変化から糖である」とうい文言が必要であると考えられる。

③の実験では、グラフと比例関係という比較的、生徒にとって馴染みの深い内容であったために根拠まで書きやすかったと考えられる。

それでも2233のように「原点を通る」という語句が抜けているものや2338のように根拠をまったく記述していない生徒も多くいた。

表9に②と④の実験レポート記述後に行った「結果や考察の書き方について」のアンケート結果の比較を示す。

表9 「結果や考察の書き方について」のアンケート結果

	男子	8	12	40	30	10	
②化学変化の前後の質量	女子	6	12	17	65	0	[%]
(6月実施)	全体	7	12	33	41	7	
結果や考察の書き方は、	よくわかった						ぜんぜんわからなかった
	男子	5	23	30	21	21	
④電熱線にかかる電圧と	女子	0	12	35	53	0	[%]
電流の関係	(12月実施) 全体	4	20	32	30	14	

3ヵ月の間隔で3回の実験について定型文の指導を行ってきたが、定型文の定着度は未だ不十分である。

表9のアンケート結果より、初回(6月実施)では、時間をかけて定型文を使って記述する方法を指導したにもかかわらず、「書き方がよくわかった」「ほぼよくわかった」を合わせても2割に満たない。逆に「あまりよくわからない」「まったくわからない」の合計が、男子で4割、女子で6割にも達する。定型文の形式を意識している度合いは、表7より○印、△印を合わせて、男子で4割、女子で6割であることから考えると男女とも定型文の書き方の理解が不十分な割には、形式を真似ようとしていることがうかがえる。ただし、内容との関連についての理解はまったく不十分である。

3回目(12月実施)では、「ほぼよくわかった」のポイントが上がった反面、女子は、「よくわかった」のポイントが0%になってしまった。ただし、「あまりよくわからない」の部分が10%強減って中位に上がったことがわかる。これらを総合して考えてみると若干ではあるが指導を重ね、書き方の理解が深まってきたように思う。

6 おわりに

今回の研究に関して、常時授業に携わる教師自身が意識を強く持って、日常的に実験を通して定型文の指導を行っていけば生徒の理解度も深まり、意識も強くなるように感じた。期間を開けての意識付けでは、その定着度の向上が難しいと痛感した。

また、中学校の実験において、考察に記述すべき根拠となる事実の検証が意外と難しいと感じた。今回の3つの実験に関しては、それほどでもないと思うが、中学校で扱う実験は、文頭で述べたように「基礎的な科学現象」を扱うことが多い。科学の「法則」や「規則性」の検証実験の場合、その根拠に当たる部分が実験対象になってしまうために、考察での記述に根拠を書き込むことが非常に難しくなる場合があるのも事実である。

今後さらに研究を深めて、中学生に適応した実験教材の開発を進めていきたい。

中学校における実験レポート記述指導の実践

小森谷 順一

実践校番号 21、22、23

1 はじめに

中学校理科における実験は、科学の基本的性質を確かめるものが多い。学習指導要領で「……を見出す」と記述されていても、実際にはすでに生徒が知識として持っている場合も少なくない。

学習形態については、教師からの働きかけを含む問答やクラスメートとの話し合い活動で進めることが多いほか、観察や実験は、器具数の条件からグループ活動となることが多い。そのため、協力し合うことに慣れている反面、他人に頼ろうとする傾向が目につき、知識として持っていない内容を自力で解決しようとする姿勢が少ない。

最近はこの点が指摘され、問題解決を中心とした学習の実践が試みられているが、これまでの与えられる学習に慣れた生徒には難しい課題である。そのため、日常の学習活動の中で少しずつ慣れる必要がある。現在進めている表現力育成の指導は、そのひとつの手だてになると考える。

ここでは、群馬県内3中学校で実践を行った結果について報告する。

2 実践校21における実践

(1) 表現技能の実態調査と記述指導 ～ 「消化液のはたらき」

中学校では、まとまった形式で実験レポートを書くことが少ない。そのため、適切な考察を書くことができるかどうかを調査した。このとき扱ったのは、だ液がデンプンを分解することをベネジクト液で確かめる「消化液のはたらき」の実験である。

2年生の2クラス計73名の生徒を対象に、記述方法について特別な指導をせずに実験レポート用紙を配布し、ふだんどおりに記入させた。その結果、考察の中に理由を書いた生徒は1名だけであった。

そこで、考察の記述には根拠となる理由を書く必要があることを告げ、例をあげて書き方を説明した後、再度考察を書くように促した。その結果、考察の中に理由を書くことができた生徒は44名になった。

全体的な結果は、次の通りである。

記述指導前に理由まで書いた生徒	1
指導後、理由まで書けていて、ほぼ完全な生徒	10
指導後、理由まで書けたものの、不完全な生徒	33
指導後も理由が書けない生徒	29

表1に、生徒の記述内容のいくつかを掲げる。

表1 実践校21における第1回の考察記述内容

No.	指導前	指導後	備考
1	だ液の働きは、デンプンを糖に変化させる働き。	消化液には、デンプンを糖に変える働きがあると考えた。その理由は、だ液を加えるとデンプンは糖に変化した、加えなかったら変化しなかったから。	指導によりほぼ適切な記述ができるようになった。
2	だ液は、デンプンを糖に変える働きがある。	消化液には、デンプンを糖に変える働きがあると考えた。その理由は、だ液を加えたほうだけベネジクト液が変化したからである。	考察の理由が、実験結果を述べただけになっている。
3	だ液はデンプンを分解し、糖分に変える。	だ液はデンプンを糖に変えると思う。その理由は、ベネジクト液は糖分に反応して赤褐色に変化するからである。	考察の理由が、ベネジクト液の性質を述べただけになっている。

No. 2の生徒は考察の中に理由を書いているものの、その内容は実験結果そのものである。また、No. 3の生徒の考察は、これだけでは試薬の性質を述べたにすぎない。このような生徒は非常に多く、「指導後、理由まで書けたものの、不完全な生徒」33名のうち29名が、理由として実験結果を書いていた。1回の説明では、考察に理由を添えることは理解されたものの、理由が結果と考察を結ぶ根拠（結論を導く前提となるもの）という意味の理解は不十分であることがわかった。

(2) 2回目の記述指導 ～ 「化学変化の前後の質量」

「消化液のはたらき」に続いて、「化学変化の前後の質量」の実験でも記述指導を行った。これは、沈殿を生じる反応と気体を発生する反応の2つの実験を通して、閉鎖系での質量保存則に気付かせるものである。

このとき、実験レポート用紙の内容を一部変更した方がよいのではないかと考え、次のように変更したものを使用した。

ア 使用する物質は教科書にあるものが適当と考え、ヨウ化カリウムと酢酸鉛の代わりに塩化バリウムと硫酸銅を使用することにした。

イ レポート用紙に記入する指示を見落とさないようにするため、ゴシック体文字で目立たせた。

ウ 記述欄の前に定型文を配置し、生徒が見落とさないように配慮した。

エ 考察記入について指示するところでは、「考察と理由を書きなさい」とし、理由を書くことを明示した。

このような方法で行ったところ、「ふたをしたら質量の変化はなかった」という実験結果の記述については、70%の生徒が正確に書けていた。他の生徒の多くは、「ふたをしたら」という条件を書き落とした不備であった。また、2名は「ふたをしめなかったので…」と一部考察を加えていた。

この実験の考察の記述については、表2のような結果であった。

表2 実践校21における第2回の考察記述の結果

分類	生徒の記述の様子	3組		4組		計
		男	女	男	女	
A	定型文形式で書かれていて、内容も適切である	6	2	1	3	12
B	定型文形式であるが、内容が不十分である	9	12	10	10	41
C	定型文の書き方ができていない	1				1
D	理由が記述されていない			2	2	4
E	内容に問題がある	1	1	2	2	6

B分類の生徒が多いが、そのほとんどは次のように書いている。

「実験結果から、気体が発生するときも質量保存の法則が成り立つと考えた。その理由は、ふたをしなかったときは気体が逃げたからである。」(4組男子)

閉鎖系の実験結果から法則が成り立つことを書くべきであるが、開放系で成り立たなかった理由を述べることで説明している。この説明は理由としては不十分であるが、生徒自身は実験結果の意味を理解しているので、指導により改善は容易であると考えられる。また、書き方については適切であり、Aと合わせた83%の生徒は、書き方そのものは理解したと考える。

一方、内容に問題があるE分類の生徒のほとんどは、開放系では成り立たないが閉鎖系では成り立つというように2つの実験を分けて考察していた。

(3) 検証 ～ 「化合に関係する物質の質量の関係」

それまでの2回の指導での成果を検証するため、2年4組での3回目の実験では特に指導せずに実験レポートを書くよう指示した。このとき扱ったのは、銅の酸化から化合する物質の質量の関係に気付かせる実験である。前の指導から6週間後に行った実験なので、記憶が薄らいでいたと思われる。このときの記録用紙については、次のような配慮をした。

ア 記入する指示をゴシック体文字で目立たせた。

イ 実験結果の欄を「観察された変化の様子」と「質量の変化」の2つに分けた。

ウ 考察記入については、「考察と理由を書きなさい」とした。

エ 検証なので、定型文についての記述をいっさい削除した。

その結果、実験結果の記述については35名中30名が適切に書けていた。5名は、「観察された変化の様子」について「色が変わった」としか書かなかった。

考察についての結果は、表3に示す。

表3 実践校21における第3回の考察記述の結果(4組のみ実施)

分類	生徒の記述の様子	3回目
A	定型文形式で書かれていて、内容も適切である	16
B	ほぼ適切であるが、書き方が不十分	2
C	内容理解はできているが、考察の書き方は不適切	1
D	理由が不適切	4
E	別内容、不適切、考察になっていない	4
F	理由が書いてない	4
G	その他	4

正確な記述ができたA分類の生徒は16名であったが、注目したいのは、G分類の生徒である。実験データがばらついたため、関係がわからないと書いている。実際、銅の酸化実験ではなかなか一定の結果にならないことが多く、無理のない記述である。

全体的にみて、半数の生徒は理由を添えた考察の書き方が身に付いたと考えられる。

3 実践校22における実践

(1) 表現技能の実態調査と記述指導 ～ 「化学変化の前後の質量」

実践校22では、113名の生徒について化学変化における質量変化を調べる実験で調査した。実験レポート用紙だけを見ての生徒の記述は、次のようであった。

結果

書き方も内容も適切	4 1
書き方は適切であるが内容が不十分	5 3
書き方が不十分	1 9

考察

理由まで書けていて、ほぼ完全な生徒	2 0
理由まで書けたものの、不完全な生徒	1 2
書き方が不適切な生徒	8 1

考察の書き方が不適切な生徒の中には、内容的には十分理解されている生徒がかなり多く含まれている。説明の手順が不備または飛躍しているものが多い。これは、自分では理解しているが他人に説明する技能が不足していることを示すものである。

そこで、書き方の意味について指導し、2回目の「化合に関する物質の質量の関係」実験でも同様の指導を行った。

(2) 検証 ～ 「消化液のはたらき」

前述の指導を1学期に2回行った後、9月に行った消化液のはたらきについての実験では、記述についての特別な指導をせずに用紙に書かせたところ、実験結果については、一部の生徒を除き適切に書かれていた。

考察については、実験結果から糖ができたことまで書くことをねらっていたが、結果は表4のようになった。

表4 実践校22における第3回の考察記述の結果

分類	生徒の記述の様子	A組		B組		C組		計
		男	女	男	女	男	女	
A	定型文形式で、内容に糖のことが書かれている	1		1	3	1		6
B	定型文形式であるが、内容が不十分	4	4	6	7	4	7	32
C	定型文形式であるが、内容に一部問題がある	2	3	3	2			10
D	定型文の書き方が正しくない	1		3			2	6
E	理由が書いてない	3	2			2		7
F	考察になっていない	5	8	4	7	8	6	38

2回の指導から期間があったために忘れかけていたこともあろうが、完全な形式で考察が書けたA分類の生徒は3クラスで6名と少なかった。

不備な記述例のいくつかを表5に示す。

表5 実践校22における第3回の考察記述内容

No.	分類	生徒の記述内容	備考
1	B	だ液はでんぷんを分解して糖に変える働きがあると考えた。その理由は、だ液を加えないとヨウ素液が反応するが、加えるとヨウ素液が反応するかわりにベネジクト液が反応したからである。	糖の記述がないだけで理解は十分されている。
2	C	だ液にはデンプンなどの炭水化物を分解し糖にする働きがあると考えた。その理由は、だ液を入れたものはデンプンが分解されて糖になってしまったけれど、入れないものにはデンプンが反応した。	内容的には大体よいが、デンプンから炭水化物に一般化していることに問題がある。この実験からは言えないことである。
3	C	…その理由は、だ液を入れたデンプンにヨウ素液を入れても変化がなかったからである。	変化がなかった方の理由になっている。
4	D	だ液はデンプンを糖に変化させることができる。その理由は、……	考察を越え、断定している。
5	F	だ液によってデンプンは分解されると考えた。その理由は分解された養分が腸に吸収できるようにするからである。	実験結果では分からないことにまで言及している。
6	F	…その理由は、だ液に含まれている消化化酵素の働きで…	実験結果では分からないことにまで言及している。

分類Bの生徒は、表のNo.1の生徒と同様に、理由に「ヨウ素反応がなくベネジクト反応だけがあったから」という意味の記述をしている。糖について書いていないだけで、実験の意味は十分理解されている。指導により正しい書き方はすぐ身に付くものと考ええる。

また、No.3のように、Cに分類した生徒の多くも、記述は不完全ながら内容的には理解されている。さらに、Dに分類した生徒も、記述上の問題はあるものの内容は理解されている。

このように考えると、記述形式に厳密にこだわらなければ、約55%の生徒が理由を添えて考察を書くことができたといえる。

4 実践校23における実践

(1) 表現技能の実態調査と記述指導 ～ 「化学変化の前後の質量」

実践校23では、「化学変化の前後の質量」実験で第1回の調査をした。最初、生徒は結果と考察の区別について理解できないようであった。そこで、教師は「実験結果は見たままのことを書く、考察は自分で考えないと書けない内容である」というような意味の説明をわかりやすく行った。表6に示すように、指導後は生徒66名中22名が適切な考察記述ができ、10名がわずかな不備はあるものの書き方の理解はできた。

表6 実践校23における第1回の考察記述結果

分類	生徒の記述の様子	人数
A	定型文形式で書かれていて、内容も適切である	22
B	ほぼ適切であるが、書き方が不足、または逆の説明	10
C	内容理解はできているが、考察の書き方は不適切	2
D	理由が不適切	11
E	別内容、不適切、考察になっていない	21
F	記入なし	

このときの特徴的な記述のいくつかを表7に示す。

表7 実践校23における第1回目の考察記述内容

No.	分類	生徒の記述内容	備考
1	A	実験結果から、気体の発生する反応でも質量保存の法則は成り立つと思う。それは、発生した気体を逃がさずにすると、その質量は変わらないから。	考察として、ほぼ適切である。
2	B	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思う。その理由は、物質全体の質量は気体も含めるからである。	実験の理解はされていると思われるが、ふたを用いたことに触れるべきである。
3	C	その結果から、空気中に逃がさないと質量保存が成り立つのではないかと考えた。それは、反応2で、ふたを閉めたときより開けた方が軽かったから。	ふたの意味は理解されているが、質量の変化がなかったという記述がほしい。
4	D	気体が発生しても質量が変わらないことから、成り立つと考えた。その理由は、気体はその物質から出たものであるから。	質量保存の法則が成り立つ理由を説明している。

この実験はわかりやすいので、内容的な理解はかなりできている。しかし、No.2～4の生徒の記述からわかるように、論理的に整った文に仕上げるのは難しい。

(2) 2回目の記述指導 ～ 「化合に関係する物質の質量の関係」

このときは、書き方についての簡単な説明だけで実験レポートを書くように指示した。その記述のいくつかを表8に紹介する。

表8 実践校23における第2回の考察記述内容

No.	分類	生徒の記述内容	備考
1	A	グラフの様子から、銅の質量と化合した酸素の質量は比例だと考えた。その理由は、グラフが比例しているから。	グラフが比例だから比例の関係という書き方もよいとした。
2	A	グラフから、化合した酸素は銅に比例していないと考えた。その理由は、グラフが直線にならないからである。	この生徒の実験では、どうみても比例のグラフではなかったので、適切な考察といえる。

3	B	銅の質量の変化は、化合した酸素の質量に比例していることがわかった。その理由は、グラフの線がまっすぐだから。	線が原点を通ることを書くが必要である。作図はできていた。
4	D	グラフから、銅と酸素が結びつく量は比例ではないかと考えた。その理由は、銅の質量が大きくなるほど結びつく酸素の量が増えているからである。	数値だけで比例を述べている。比例の意味を確実に身に付けさせたい。

このときの記述の結果では、B分類が多かった。(次項の表9の2回目を参照)これは、No.3の生徒のように、グラフが比例であることを説明するとき、原点を通ることを書き落とししたり、直線と書かずに右上がりの線とだけ書くなど、わかっているにもかかわらず正確に書けない生徒が多かったためである。比例のグラフの説明には、直線であることと原点を通ることの2つを書くことが必要と考える。

また、生徒No.2は、比例かどうか検討した後否定しているが、自分の結果から考察しているためA分類とした。この実験は結果にばらつきが出やすいので、こうした考察は当然といえる。ただし、他の生徒に同様の記述はなかった。

ここで注意したいのは、1回目と2回目を比較した結果である。1回目にAであった21名のうち、2回目もAであった生徒は4名だけで、残り17名はA以外であった。逆に、1回目はA以外で2回目にAとなったのは、わずかに1名である。これは、実験の内容によって、結果が大きく違ってくることを示すものと考えられる。

(3) 検証 ～ 「電熱線にかかる電圧と電流の関係」

それまでの2回の指導のあと、3回目の実験では定着について検証した。全体的な様子は、表9に示す。

表9 実践校23における記述結果の変化

分類	生徒の記述の様子	1回目	2回目	3回目
A	定型文形式で書かれていて、内容も適切である	22	5	38
B	ほぼ適切であるが、書き方が不足、または逆の説明	10	27	21
C	内容理解はできているが、考察の書き方は不適切	2	3	1
D	理由が不適切	11	5	2
E	別内容、不適切、考察になっていない	21	21	4
F	記入なし		5	1

この結果から見ると、書き方の理解は進んでいると考えられる。しかし、前項で指摘したように、実験結果のわかりやすさ、考察として求める内容などが違うので、一概には言えない。

5 生徒の反応、教師の感想

教師と一体の授業に慣れた生徒にとって、必要な内容を網羅したレポートを書くというのは、非常に難しいことである。実践校22と23の生徒は、3回の実験レポートについて、次のように感想を書いている。

- ・「結果や考察を書くことによって、自分の中で整理ができていいです。でも、結果は見たままを書けばいいけど、考察はどうしてそのようになったのか説明をしなくてはならないので、少し難しく感じます。」 (生徒O)
- ・「以前は実験結果だけだったけれども、考察を入れるとその結果になった理由が分かるので、学習が深まって分かりやすくなった。」 (生徒I)
- ・「何となく難しい気がした。というのは、イメージが、という意味で、『結果』『考察』と堅苦しくない方がいいと思う。」 (生徒H)
- ・「実験が難しくなるにつれて、頭が混乱してきて、何を書いていいかわからなくなった。」 (生徒M)

自分の考えを相手に確実に伝えることの大変さがわかったということであろう。

一方、指導に当たった教師は次のような感想を寄せている。

- ・「定型文で記述させることによって、教師自身が何に着目させなければならないかが明確になった。生徒は、定型文を書くことによって、自分のわからないところを確認することができた。しかし、考察に理由を書くことは、生徒にとっては難しい。また、定量実験は結果がきちんと出ないと考察するのが難しい。」 (実践校21)
- ・「(質量保存則実験) この実験結果から考察することは、成績上位の生徒にしかできないと思う。このレポートを書くには、国語力がかなり必要である。」 (実践校22)

6 まとめと課題

3校での実践から、次のことが明らかになった。

- ・ 生徒の多くは、特に指導をしなければ、結果や考察の表現が十分にはできない。しかし、教師に問われれば内容的には正しい応答をする。このことから、自分の考えを他人に説明する技能が不足しているといえる。
- ・ 生徒は、実験の結果と考察の区別ができていなかった。
- ・ 3回の指導により、60%程度の生徒が適切な表現をできるようになった。しかし、記述の正確さは実験内容によって違い、今回の実践だけでは定着度は把握できない。
- ・ 生徒の記述内容を見ると、用紙の指示をきちんと読まないことによる不備と思われるものがかなり見受けられる。指示の内容を教師が確認した場合には、その効果が見られたことから、指導者の説明や用紙の記述の工夫をする必要がある。

こうした表現力不足の原因として、ふだん教師から与えられる学習になっていること、テストで求められるのが正確な知識であり覚えることが重視されていること、教科書通りの結果が出ないと実験は失敗とされてしまうことなどが考えられる。いいかえれば、日常の理科指導の在り方が問われているものと考えられる。教科書中心、入試対応の授業からの脱皮が望まれる。

第6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・・・・・・・・・・・・・・・・・・170
- (2) 化学変化の前後の質量（質量保存の法則）・・・・172
- (3) 化合に関する物質の質量の関係・・・・・・・・・・174
- (4) 電熱線にかかる電圧と電流の関係・・・・・・・・・・176
- (5) 磁石とコイルと電流の関係・・・・・・・・・・・・178

2. 教師用手引き

- (1) 消化液のはたらき・・・・・・・・・・・・・・・・・・180
- (2) 化学変化の前後の質量（質量保存の法則）・・・・181
- (3) 化合に関する物質の質量の関係・・・・・・・・・・182
- (4) 電熱線にかかる電圧と電流の関係・・・・・・・・・・183
- (5) 磁石とコイルと電流の関係・・・・・・・・・・・・184

消化液のはたらき

消化液のはたらき（提出用）

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のか。だ液を使って、そのはたらきと変化を調べる。

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、温度計
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変化の違いを、ヨウ素液とベネジクト液を用いて調べる。

操作

- デンプンのりを約6～8cm³ ずつ2本の試験管に入れる。
- 口をすすいだ後、脱脂綿を口に含んで、だ液をしみこませる。
- 脱脂綿をしぼり、(1)の試験管の1本に4～5滴加えてよく振り混ぜる。
- (1)の試験管のもう一方には、だ液の代わりにスポイトを使って水を4～5滴加え混ぜる。
- (3)と(4)のできた試験管をピーカーに入れた35～40℃の湯に5分以上つけておく。
- 湯につけた後のそれぞれの試験管を2等分に分け、だ液入りの試験管と水入りの試験管をそれぞれ2本ずつにする。
- だ液入り、水入りそれぞれ1本ずつの試験管に、ヨウ素液を2～3滴加え、色の変化を調べる。 → 実験結果を右の1の①、②に書きなさい。
- 残りのそれぞれの試験管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。 → 実験結果を右の1の③、④に書きなさい。

まとめ

- 実験結果を右の2、3にまとめなさい。
- 操作(5)で試験管を湯につける理由を、右の4に書きなさい。
- 実験結果から得られる消化液のはたらきについての考察を右の5に書きなさい。

【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：操作の要点を含め、実験の結果を過去形で書く。
例 「～(操作)したら、……………(結果)になった。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。
例 「～(結果)から、……………(結論)と考えた。
その理由は、……………(根拠)だからである。」

結果

- 操作(7)と(8)での検出液の変化した色を右の表に書きなさい。
ただし、検出液が、元の色のままだら変化なしと書きなさい。

	ヨウ素液	ベネジクト液
だ液入り	①	③
水入り	②	④

- 1のまとめとして、次の検出液は何の物質と反応して何色を示すのか()に書き入れなさい。

ヨウ素液は、()と反応し、()色になる。

ベネジクト液は、()に加え加熱すると、()色になる。

- 1の③の結果について、()に語句や数字を書き入れてまとめなさい。

デンプンのりと()を混ぜた試験管を()℃くらいの湯にしばらくつけた後、ベネジクト液を加えて加熱したら、液の色は、()色になった。

- 実験中、それぞれの試験管を35～40℃の湯につけた理由を考えて書きなさい。

考察

- だ液のはたらきについて考えられることをまとめ、考察の定型文を参考にして書きなさい。

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か。だ液を使って、そのはたらきと変化を調べる。

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、温度計
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変化の違いを、ヨウ素液とベネジクト液を用いて調べる。

操作

- (1) デンプンのりを約6~8cm³ ずつ2本の試験管に入れる。
- (2) 口をすすいだ後、脱脂綿を口に含んで、だ液をしみこませる。
- (3) 脱脂綿をしぼり、(1)の試験管の1本に4~5滴加えてよく振り混ぜる。
- (4) (1)の試験管のもう一方には、だ液の代わりにスポイトを使って水を4~5滴加え混ぜる。
- (5) (3)と(4)でできた試験管をビーカーに入れた35~40℃の湯に5分以上つけておく。
- (6) 湯につけた後のそれぞれの試験管を2等分に分け、だ液入りの試験管と水入りの試験管をそれぞれ2本ずつにする。
- (7) だ液入り、水入りそれぞれ1本ずつの試験管に、ヨウ素液を2~3滴加え、色の変化を調べる。 → 実験結果を右の1の①、②に書きなさい。
- (8) 残りのそれぞれの試験管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。 → 実験結果を右の1の③、④に書きなさい。

まとめ

- (1) 実験結果を右の2、3にまとめなさい。
- (2) 操作(5)で試験管を湯につける理由を、右の4に書きなさい。
- (3) 実験結果から得られる消化液のはたらきについての考察を右の5に書きなさい。

【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：操作の要点を含め、実験の結果を過去形で書く。
例 「～(操作)したら、……………(結果)になった。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。
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

- 1 操作(7)と(8)での検出液の変化した色を右の表に書きなさい。
ただし、検出液が、元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
だ液入り	① 変化なし	③ 赤かっ色
水入り	② 青むらさき色	④ 変化なし

- 2 1のまとめとして、次の検出液は何の物質と反応して何色を示すのか()に書き入れなさい。

ヨウ素液は、(デンプンのり)と反応し、(青むらさき)色になる。

ベネジクト液は、(糖)に加え加熱すると、(赤かっ)色になる。

- 3 1の③の結果について、()に語句や数字を書き入れてまとめなさい。

デンプンのりと(だ液)を混ぜた試験管を(35~40℃)てくらの湯にしばらくつけた後、ベネジクト液を加えて加熱したら、液の色は、(赤かっ)色になった。

- 4 実験中、それぞれの試験管を35~40℃の湯につけた理由をを考えて書きなさい。

だ液が口の中にある状態と同じように、人間の体温と同じくらいの温度にするため

考察

- 5 だ液のはたらきについて考えられることをまとめ、考察の定型文を参考にして書きなさい。

実験結果の検出液の色の変化から、体温(35~40℃)程度の温度条件で、だ液は、デンプンを糖に変化させると考えた。
その理由は、だ液入りのデンプンのりは、ヨウ素液には反応せず、デンプンが分解されたことを示し、ベネジクト液を加えて加熱すると、赤かっ色になり糖があることを示したからである。

化学変化の前後の質量

化学変化の前後の質量 (提出用)

____年 ____組 ____番 氏名 _____

目的 物質が化学変化を起こすとき、その変化の前と後で質量にどんな規則性があるのかを調べる。

準備 器具： プラスチックのコップ (3個)、プリンカップ (2個)、上皿天びん、こまごめピペット、ふた付きプラスチックびん、小試験管
 ※ プリンカップは、コップの内径にはまる程度のものを用意する。
 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

実験の概要： 物質を混ぜ合わせる実験を2種類おこない、その反応の前と後で全体の質量にどのような変化が起こるかを上皿天びんで調べる。

操作

《沈殿のできる反応》

- (1) ヨウ化カリウム水溶液をコップに適量入れる。
- (2) 酢酸鉛水溶液をプリンカップに適量入れる。
 ※ どちらも入れすぎないように注意する。
- (3) (1)のコップに(2)のプリンカップを重ねて、上皿天びんの一方の皿にのせ、他方の皿に水を入れたコップをのせる。
- (4) (3)で水量をこまごめピペットで加減して、天びんの左右をつり合わせる。
- (5) 水入りコップはそのままにして、プリンカップの酢酸鉛水溶液をコップに入れてヨウ化カリウム水溶液と反応させ、その変化を観察する。
- (6) 変化が終わったら、空のプリンカップを再びコップを重ねて天びんにのせ、水入りコップと質量の変化を調べる。

→ 実験結果を右の1に書きなさい。

《気体が発生する反応1》

- (7) うすい塩酸をプラスチックのコップに適量入れる。
- (8) 石灰石をプリンカップに入れる。
- (9) (3)～(6)と同じ操作をしなさい。

→ 実験結果を右の2に書きなさい。

《気体が発生する反応2》

- (10) うすい塩酸を入れた小試験管と石灰石をふた付きプラスチックびんに入れてふたを閉める。
- (11) ふたを閉めたまま、水入りコップと質量をつり合わせる。
- (12) プラスチックびんを傾けてうすい塩酸と石灰石を反応させ、(5)～(6)と同じ操作をしなさい。

→ 実験結果を右の3に書きなさい。

まとめ

化学変化の前後の質量について、考察の定型文を参考にして、右の4に書きなさい。

【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。

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

結果

1 操作(1)～(5)の《沈殿のできる反応》の実験結果を、結果の定型文を参考に書きなさい。

混ぜ合わせたときの变化	
反応前後の質量の変化	

※ このような化学反応の前後の質量についてのきまりを「質量保存の法則」という。

2 操作(7)～(9)の《気体が発生する反応1》の実験結果を、結果の定型文を参考に書きなさい。

3 操作(10)～(12)の《気体が発生する反応2》の実験結果を、結果の定型文を参考に書きなさい。

考察

4 気体が発生する化学変化について、質量保存の法則が成り立つかどうかを考察の定型文を参考に考察しなさい。

化学変化の前後の質量

化学変化の前後の質量（復習用）

____年 ____組 ____番 氏名 _____

目的 物質が化学変化を起こすとき、その変化の前と後で質量にどんな規則性があるのかを調べる。

準備 器具： プラスチックのコップ（3個）、プリンカップ（2個）、上皿天びん、こまごめピペット、ふた付きプラスチックびん、小試験管

※ プリンカップは、コップの内径にはまる程度のものを用意する。

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

実験の概要： 物質を混ぜ合わせる実験を2種類おこない、その反応の前と後で全体の質量にどのような変化が起こるかを上皿天びんで調べる。

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適量入れる。
- 酢酸鉛水溶液をプリンカップに適量入れる。
※ どちらも入れすぎないように注意する。
- (1)のコップに(2)のプリンカップを重ねて、上皿天びんの一方の皿にのせ、他方の皿に水を入れたコップをのせる。
- (3)で水量をこまごめピペットで加減して、天びんの左右をつり合わせる。
- 水入りコップはそのままにして、プリンカップの酢酸鉛水溶液をコップに入れてヨウ化カリウム水溶液と反応させ、その変化を観察する。
- 変化が終わったら、空のプリンカップを再びコップに重ねて天びんにのせ、水入りコップと質量の変化を調べる。

→ 実験結果を右の1に書きなさい。

《気体が発生する反応1》

- うすい塩酸をプラスチックのコップに適量入れる。
 - 石灰石をプリンカップに入れる。
 - (3)～(6)と同じ操作をしない。
- 実験結果を右の2に書きなさい。
- ### 《気体が発生する反応2》
- うすい塩酸を入れた小試験管と石灰石をふた付きプラスチックびんに入れてふたを閉める。
 - ふたを閉めたまま、水入りコップと質量をつり合わせる。
 - プラスチックびんを傾けてうすい塩酸と石灰石を反応させ、(5)～(6)と同じ操作をしない。
- 実験結果を右の3に書きなさい。

まとめ

化学変化の前後の質量について、考察の定型文を参考にして、右の4に書きなさい。

【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。
例 「～(結果)から、……………(結論)と考えた。
その理由は、……………(根拠)だからである。」

結果

1 操作(1)～(5)の《沈殿のできる反応》の実験結果を、結果の定型文を参考に書きなさい。

混ぜ合わせたときの变化	ヨウ化カリウム水溶液と酢酸鉛水溶液を混ぜたら、黄色い沈殿が生じた。
反応前後の質量の変化	ヨウ化カリウム水溶液と酢酸鉛水溶液を混ぜて化学変化させても化学変化の前と後では、質量に変化はなかった。

※ このような化学反応の前後の質量についてのきまりを「質量保存の法則」という。

2 操作(7)～(9)の《気体が発生する反応1》の実験結果を、結果の定型文を参考に書きなさい。

うすい塩酸と石灰石をコップの中で、混ぜ合わせたら、気体が発生して、化学反応前より後の質量が小さくなった。

3 操作(10)～(12)の《気体が発生する反応2》の実験結果を、結果の定型文を参考に書きなさい。

ふたを閉めたプラスチックびんの中で、うすい塩酸と石灰石を混ぜ合わせたら、気体が発生し、反応の前後で質量を比べても変化はなかった。

考察

4 気体が発生する化学変化について、質量保存の法則が成り立つかどうかを考察の定型文を参考に考察しなさい。

反応1と反応2の結果の比較から、気体が発生する化学反応についても、質量保存の法則は成り立つと考えた。
その理由は、(コップの中での反応1は、発生した気体が逃げてしまって、質量が小さくなったけれど、)ふたをしたプラスチックびんの中での反応2で、気体を逃がさなければ、質量の変化がなかったからである。

化合に関する物質の質量の関係

化合に関する物質の質量の関係 (提出用)

____年 ____組 ____番 氏名 _____

目的 2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を調べる。

準備 器具：ステンレス皿 (3枚)、上皿天びん、ガスバーナー、三脚、三角架、金属製薬さじ、るつぼばさみ、ステンレス皿を冷やす台

試薬：銅の粉末

実験の概要： 銅の粉末の質量を変えて加熱し、空気中の酸素と化合させて、その質量にどのような変化が起こるかを上皿天びんで調べる。

操作

- (1) ステンレス皿だけの質量をはかる。
- (2) (1) の分銅に、0.8g 分分銅を追加してのせ、その分の銅粉を一方のステンレス皿にはかり取る。
- (3) (1)、(2) を繰り返して、1.6g、2.4g の銅粉をそれぞれのステンレス皿にはかり取る。
- (4) 0.8g の銅粉ののったステンレス皿を三角架にのせ、銅粉をうすく広げて、強火のガスバーナーでよく加熱する。
- (5) 銅粉全体の色が変化しても、30秒くらいは加熱を続ける。その後、るつぼばさみを用いてステンレス皿を冷やす台の上を下ろして十分に冷やし、再度、皿全体の質量をはかる。
- (6) (4) ~ (5) の操作をそれぞれの質量のステンレス皿についてもおこなう。

まとめ

- (1) 実験の測定値を右の1の表にまとめて書きなさい。
- (2) 銅粉の質量 0.8g の実験結果について、結果の定型文を参考にして、右の2に書きなさい。
- (3) (1) についての数値から、右の3にグラフを書きなさい。
- (4) 物質の質量についての考察を、考察の定型文を参考にして、右の4に書きなさい。

【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。

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

結果

1 操作 (1) ~ (6) の天びんでの測定結果を書きなさい。

銅粉の質量 A	0 g	0.8 g	1.6 g	2.4 g
ステンレス皿の質量 B				
加熱前の全体の質量 A+B				
加熱後の全体の質量 C				
変化した質量 C-(A+B)	0			

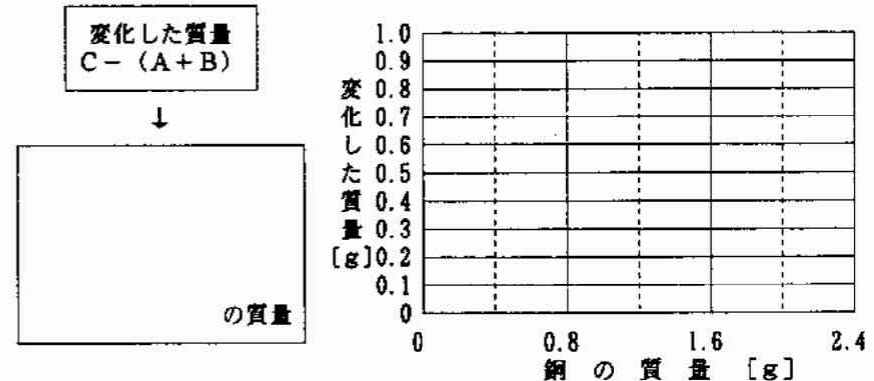
2 銅粉が、0.8g のときの実験結果を、銅粉の変化と質量の変化に分けて、結果の定型文を参考にして書きなさい。

銅粉を観察したときの変化のようす

銅粉の質量の変化のようす

考察

3 測定結果の1の表から、銅粉の質量と変化した質量「 $C-(A+B)$ 」の関係をグラフにしなさい。また、変化した質量は何の物質の質量を示すのかを答えなさい。



4 銅の質量と化合して変化した物質の質量の関係について、考察の定型文を参考にして、考察を書きなさい。

化合に関する物質の質量の関係

110に開示する物質の質量の関係 (仮番号)

年 組 番 氏名 _____

目的 2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のかを調べる。

準備 器具：ステンレス皿 (3枚)、上皿天びん、ガスバーナー、三脚、三角架、金属製菜さじ、るつぼばさみ、ステンレス皿を冷やす台

試薬：銅の粉末

実験の概要： 銅の粉末の質量を変えて加熱し、空気中の酸素と化合させて、その質量にどのような変化が起こるかを上皿天びんで調べる。

操作

- (1) ステンレス皿だけの質量をはかる。
- (2) (1) の分銅に、0.8g 分の分銅を追加してのせ、その分の銅粉を一方のステンレス皿にはかり取る。
- (3) (1)、(2) を繰り返して、1.6g、2.4g の銅粉をそれぞれのステンレス皿にはかり取る。
- (4) 0.8g の銅粉ののったステンレス皿を三角架にのせ、銅粉をうすく広げて、強火のガスバーナーでよく加熱する。
- (5) 銅粉全体の色が変化しても、30秒くらいは加熱を続ける。その後、るつぼばさみを用いてステンレス皿を冷やす台の上に下ろして十分に冷やし、再度、皿全体の質量をはかる。
- (6) (4) ~ (5) の操作をそれぞれの質量のステンレス皿についてもおこなう。

まとめ

- (1) 実験の測定値を右の1の表にまとめて書きなさい。
- (2) 銅粉の質量0.8gの実験結果について、結果の定型文を参考にして、右の2に書きなさい。
- (3) (1) についての数値から、右の3にグラフを書きなさい。
- (4) 物質の質量についての考察を、考察の定型文を参考にして、右の4に書きなさい。

【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。

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

結果

1 操作 (1) ~ (6) の天びんでの測定結果を書きなさい。

銅粉の質量 A	0 g	0.8 g	1.6 g	2.4 g
ステンレス皿の質量 B		それぞれの測定値	それぞれの測定値	それぞれの測定値
加熱前の全体の質量 A+B		"	"	"
加熱後の全体の質量 C		"	"	"
変化した質量 C-(A+B)	0	0.2	0.4	0.6

2 銅粉が、0.8g のときの実験結果を、銅粉の変化と質量の変化に分けて、結果の定型文を参考にして書きなさい。

銅粉を観察したときの変化のようす

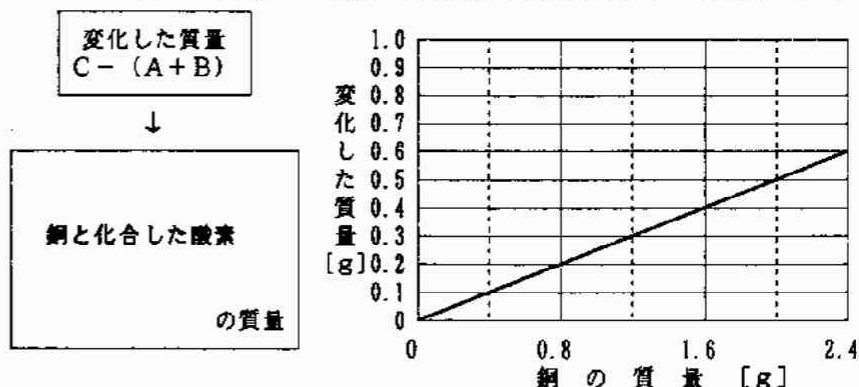
赤銅色の銅粉を加熱したら、黒色になった。

銅粉の質量の変化のようす

0.8g の銅粉を加熱したら、1.0g の酸化銅になり、0.2g の酸素が化合した。

考察

3 測定結果の1の表から、銅粉の質量と変化した質量「 $C-(A+B)$ 」の関係をグラフにしなさい。また、変化した質量は何の物質の質量を示すのかを答えなさい。



4 銅の質量と化合して変化した物質の質量の関係について、考察の定型文を参考にして、考察を書きなさい。

実験結果よりつくったグラフから、銅と化合する酸素の質量は、銅の質量に比例すると考えた。

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流れる電流の関係

電熱線にかかる電圧と流れる電流の関係（提出用）

年 組 番 氏名 _____

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について調べる。

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。

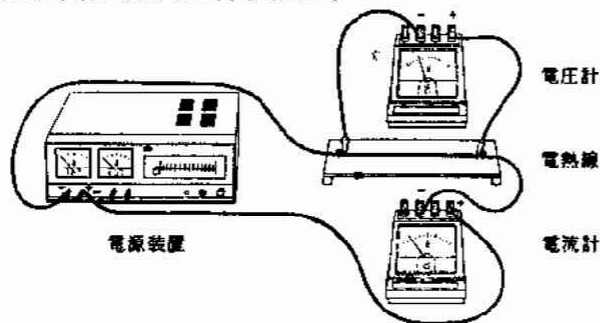
実験の概要： 電源装置により、電熱線の両端にかかる電圧を変化させ、そのときに流れる電流の大きさを測定して電圧、電流の関係を調べる。

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、そのときに流れる電流の大きさをそれぞれ測定する。
→ 測定結果を右の1の①～⑤の欄に書きなさい。
- (3) 電熱線を500W用に替えて、操作(2)と同様の操作を行う。
→ 測定結果を右の1の⑥～⑩の欄に書きなさい。

まとめ

- (1) 1の測定結果をもとに右の2にグラフを書きなさい。
- (2) 2のグラフから、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、考察の定型文を参考にして、結果の考察を右の3に書きなさい。



【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。
例 「～（結果）から、……………（結論）と考えた。
その理由は、……………（根拠）だからである。」

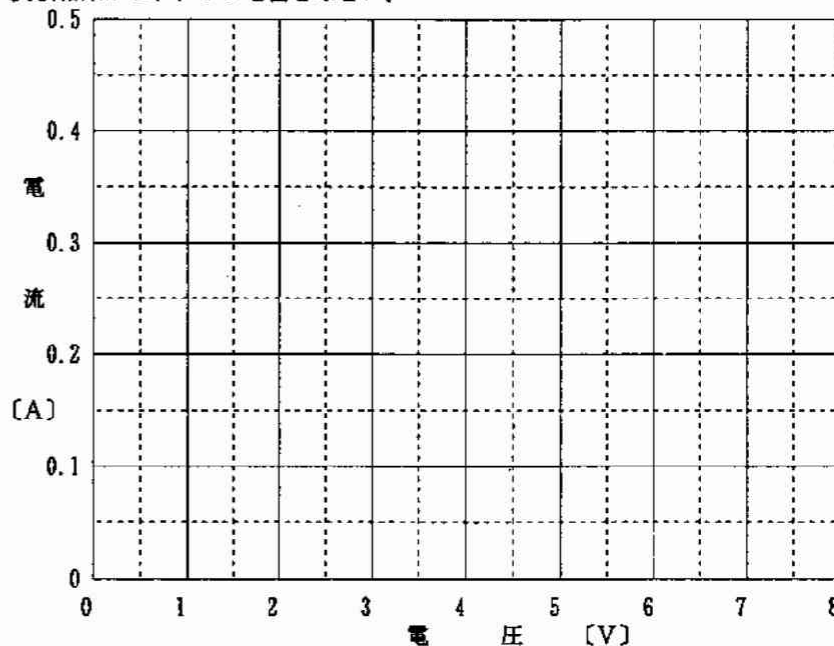
結果

1 実験結果を、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

考察

2 実験結果から、グラフを書きなさい。



3 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、考察の定型文を参考にしてまとめなさい。

電熱線にかかる電圧と流れる電流の関係

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について調べる。

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。

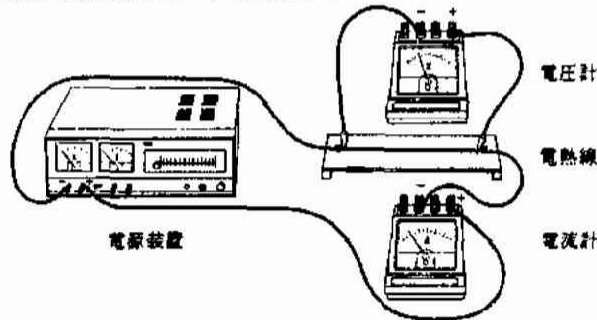
実験の概要：電源装置により、電熱線の両端にかかる電圧を変化させ、そのときに流れる電流の大きさを測定して電圧、電流の関係を調べる。

操作

- 200W用の電熱線を図のように配線する。
- 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、そのときに流れる電流の大きさをそれぞれ測定する。
→ 測定結果を右の1の①～⑤の欄に書きなさい。
- 電熱線を500W用に替えて、操作(2)と同様の操作を行う。
→ 測定結果を右の1の⑥～⑩の欄に書きなさい。

まとめ

- 1の測定結果をもとに右の2にグラフを書きなさい。
- 2のグラフから、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、考察の定型文を参考にして、結果の考察を右の3に書きなさい。



【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。
例 「～(結果)から、……………(結論)と考えた。
その理由は、……………(根拠)だからである。」

電熱線にかかる電圧と流れる電流の関係 (復習用)

年 組 番 氏 名 _____

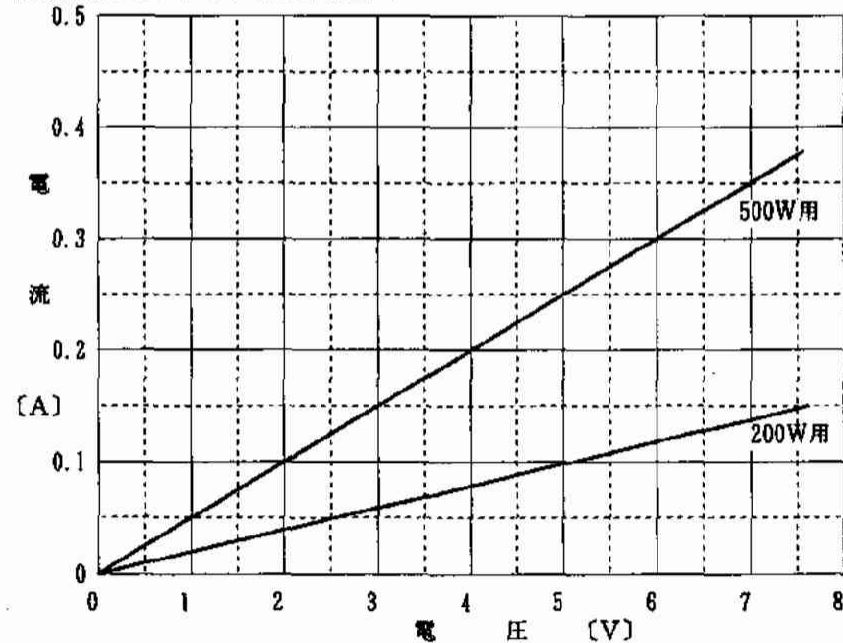
結果

1 実験結果を、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

考察

2 実験結果から、グラフを書きなさい。



3 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、考察の定型文を参考にしてまとめなさい。

実験結果のグラフから、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は比例関係を表すからである。

磁石とコイルと電流の関係

磁石とコイルと電流の関係（提出用）

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、非常に鋭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。
→ 右の1の①に書き入れる。
- (4) 入れたコイルを磁石からゆっくり引き抜く。
→ 右の1の②に書き入れる。
- (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。
→ 右の1の③、④に書き入れる。
- (6) 磁石のS極についても(3)～(5)と同様に行う。
→ 右の1の①～④に書き入れる。

まとめ

- (1) ①の実験結果について、右の2に書きなさい。
- (2) 実験結果から、考察を右の3、4に書きなさい。



【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文： 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。」

考察の定型文： 実験から導き出される考えとその理由を書く。
例 「～（結果）から、……………（結論）と考えた。
その理由は、……………（根拠）だからである。」

結果

1 実験の結果を、それぞれ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。

コイルの動き	検流計の針の動き	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、結果の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。

コイルの中心に磁石の（ ）極がくるように（ ）とコイルと磁石の距離を（ ）けたら、検流計の針は、（ ）方向に（ ）く振れた。

考察

3 コイルと磁極の位置関係の違いと電流の流れる向きについて、考察の定型文を参考にして書きなさい。

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（ ）すると考えた。
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（ ）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く速さ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、考察の定型文を参考にして書きなさい。

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なり、磁界の強さの（ ）する速さも速くなるからである。

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、非常に鋭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。
→ 右の1の①に書き入れる。
- (4) 入れたコイルを磁石からゆっくり引き抜く。
→ 右の1の②に書き入れる。
- (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。
→ 右の1の③、④に書き入れる。
- (6) 磁石のS極についても(3)～(5)を同様に行う。
→ 右の1の①～④に書き入れる。

まとめ

- (1) ①の実験結果について、右の2に書きなさい。
- (2) 実験結果から、考察を右の3、4に書きなさい。



【参考】

◇「結果」と「考察」の書き方については、次の定型文を参考にして書きなさい。

結果の定型文：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。」

考察の定型文：実験から導き出される考えとその理由を書く。

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

磁石とコイルと電流の関係（復習用）

年 組 番 氏名 _____

結果

- 1 実験の結果を、それぞれ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。

コイルの動き	検流計の針の動き	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

※ コイルの巻き方により左右の振れは逆になる場合もある。

- 2 上記①の結果について、結果の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。

コイルの中心に磁石の（ N ）極がくるように（ ゆっくり ）とコイルと磁石の距離を（ 近づけ ）けたら、検流計の針は、（ 左 ）方向に（ 小 ）く振れた。

考察

- 3 コイルと磁極の位置関係の違いと電流の流れる向きについて、考察の定型文を参考にして書きなさい。

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（ 変化 ）すると考えた。
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く速さ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、考察の定型文を参考にして書きなさい。

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 ）くなると考えた。
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なり、磁界の強さの（ 変化 ）する速さも速くなるからである。

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) 消化液としてだ液を使い、ヒトの体温に近い条件では、デンプンを糖に変化させることを調べる。

2. 準備

個人実験で行うものとし、次のものを準備する。

試薬：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

器具：試験管 4本 試験管ばさみ
試験管立て ビーカー（300cm³）
スポイト 1本
脱脂綿（口にくむことができる程度の大きさ）
加熱器具（実験機で共用してもよい）
温度計 1本

3. 留意点

- (1) だ液を出すことをいやがる場合が多いので、個人実験として全員で行う。
- (2) デンプンのりは、少量の水にかたくり粉を入れて混ぜ、そこへ湯を加えるとかたまらない。
- (3) だ液を入れたものと水を入れたものを対照実験として行う。
- (4) 本実験は、対照実験（比較実験）なので、実験条件の統一が大切であることを事前に説明しておく。
- (5) ヨウ素液、ベネジクト液の原液の色と反応色を事前に確認させておくことよい。
- (6) だ液を入れてからの時間が短いと完全に消化が行われず、ヨウ素液とベネジクト液の両方に反応してしまう場合があるので注意する。
- (7) 体温程度に温めるための湯は、事前に教師側でやかん等に沸かしておき、ビーカーに入れて配布した方が、生徒各自で湯を温めさせるより実験時間の短縮になる。
- (8) ごく希に、だ液の酵素のはたらきが鈍い生徒がいる場合がある。

4. 発展実験例

- (1) 氷水や熱湯（80℃程度）を使って温度条件を変えて、だ液のはたらきに適温があることを考えさせる。
- (2) だ液を加えたデンプンのりを一度煮沸してから適温の実験を行い、酵素が熱で壊されてしまうことも考えさせることができる。

化学変化の前後の質量

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) 物質が化学変化を起こすとき、その前と後では物質の質量が変わらないこと（質量保存の法則）を理解する。

2. 準備

個人実験で行うものとし、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

注）上皿天びんにのる大きさで、中が見える透明なものがよい。薄いポリスチレン製が適している。

プリンカップ（2個）

注）コップの口にはまる大きさだとコップと重ねて天びんにのせられる。

給食等で出されるプリンやゼリーの容器で代用できる。

ふた付きプラスチックびん

注）500cm³程度で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）

上皿天びん

こまごめピペット

水（分銅の代わりに天びんをつり合わせるために用いる）

3. 留意点

- (1) 質量測定に時間をかけないために、分銅の代わりに水を用いたが、電子天びんが準備できれば、それを使用して数値を測定してもよい。
- (2) 水溶液量の総量が天びんの秤量を超えないようにする。
- (3) 沈殿のできる反応は、他にもあるが、ヨウ化鉛の黄色沈殿が印象的である。
- (4) 沈殿のできる反応の酢酸鉛の鉛には、排水基準が設けられているので、中学校には適用されないものの、水溶液の濃度をうすくして、できるだけ少量にする。
また、廃液用のビーカー等を用意して回収する。
- (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、反応の程度を加減しておく。ふた付きびんが内圧で破裂しないように、あまり急激な反応にならないようにする。

4. 発展実験例

次の物質の化学変化でも質量保存の法則を確かめることができる。

- (1) マグネシウムの燃焼
- (2) 酸化銀の熱分解

化合に関係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) 物質が化合するとき、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

個人実験またはグループ実験で行うものとし、次のものを準備する。

試薬：銅の粉末（300メッシュの新しい粉がよい。）

器具：ステンレス皿 4枚（前もってガスバーナーで加熱して乾燥させたもの）

上皿天びん

ガスバーナー

三脚

三角架

金属製薬さじ

るつぼばさみ

ステンレス皿を冷やす台（スタンド、金網、ぬらした雑巾など）

3. 留意点

- (1) 質量の測定に時間をかけないためやより精密に測定するためには、電子天びんや精密ばかりが使えれば好都合である。
- (2) 4つの質量についての加熱が、時間的に難しい場合は、まわりの班と異なる質量になるように指導し、実験結果を共有するようにするとよい。
- (3) 銅粉は、なるべく空気に触れる面が広くなるように全体をうすく広げる。
- (4) 全体が黒く変化した後、さらに30秒ほど加熱を続ける。
- (5) 一つの皿を冷やしている間に次の皿を加熱できるように、最初に必要量をはかり取り、手順の簡素化を指導する。
- (6) 完全に酸化させることが難しい場合でも、比例関係がグラフから読みとれる程度ならばよい。
- (7) 加熱後のステンレス皿、三脚、三角架等で火傷をしないように十分注意を促す。

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）や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）理由を考えさせる。
- (3) 酸化後、冷えた物質を再度加熱しても質量に変化がないことを確認させ、その理由を考えさせる。

電熱線にかかる電圧と流れる電流の関係

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しようとするものである。
- (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の調べるものである。

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に留意する。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し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にも注意させる。
- (5) 電熱線に出てくるW (ワット) については、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言葉だけは、知っている生徒も多いと思われる。

4. 発展実験例

- (1) 電圧の大きさを一定にして、電熱線の長さを変化させて電流を測定し、電熱線の長さで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しようとするものである。
- (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

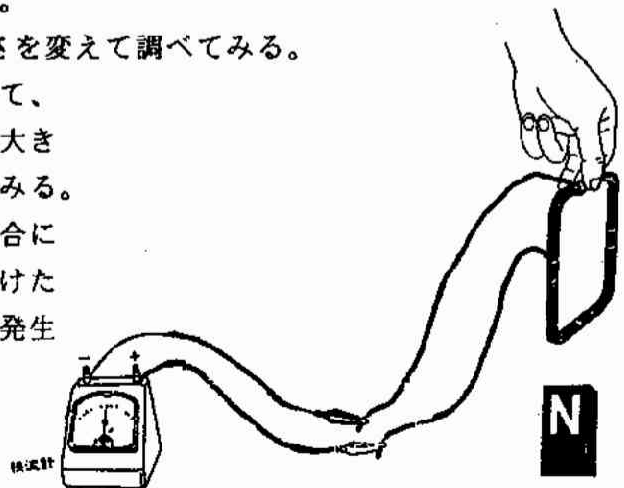
クリップつき導線（2本）

3. 留意点

- (1) 検流計に磁石を近づけたりしないように注意させる。
- (2) いつも一定条件にするために、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)の間のコイルが動か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) 検流計の振れ角の大小については、「大きい」「小さい」との記入ではなく、検流計の目盛りの数値でもかまわない。
- (5) 操作(5)で、コイルを動かす速さについて、あまり極端に速くし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。
- (6) 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調べてみる。
- (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7章 実験に伴うアンケート

- 1. 科学観調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・186
 - (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・・・・・・・・・・・・190

- 3. 実施上の問題点に関する調査(教師質問紙)・・・・・・・・190

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
 と思うものを一つずつ選び、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、あなたももし、
 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。

次の(1)から(16)までの項目については、あなたかもし、
 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、あなたがかもっとも適当
 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きにしてください。

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 パ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。

**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**

平成9年3月17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 盤 ア ラ イ 印 刷
