

文部省科学研究費(一般研究C)題号:03680256  
「中等教育における化学実験と科学的思考能力  
の育成との関連に関する調査研究」研究資料

# 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

平成5年(1993年)12月

研究代表者 松原 静 郎  
(国立教育研究所)

# は し が き

正 育

圖書貼紙

本研究資料は、科学研究費補助金一般研究C「中等化学における化学実験と科学的思考能力の育成との関連に関する調査研究」で実施された調査を中心とした結果の一部をまとめ、研究資料とするものである。

高等学校においても、いよいよ来年度より新課程が順次実施され、I Aの付された科目や課題研究など新しい内容が加わってくる。一方、高等学校での新しい指導要録では、小・中学校と同様にその観点として第1に関心・意欲・態度を挙げ、次いで思考・判断、観察・実験の技能・表現と続き、これまで評定のはとんどを占めた知識・理解は最後に挙げられている。

また、大学入試センターでは、従来の知識中心の試験から思考を取り入れた試験へと徐々に脱皮を図っているとのことも聞く。

このような新しい状況は、国際的に見ても日本の生徒の理科の知識は多いが、学習に対する意欲や他の人へ伝える技術、自分で考える機会が足りなかった弊害を直そうとするものであろう。実験を1時間かけるより、黒板に1行書いた方が知識を得る効率が高いと考えられていたこれまでの状況からは、教えられたことは覚えるが、自分から進んで学習しようとする姿勢や自ら疑問をもつ余地など生まれてこなかった。

これに答えるひとつの手立てが、個人実験の導入と考えられる。これまでのグループ実験と異なり、個人実験を加えることで、一人一人が自分のペースで実験を進める機会をつくることになる。これは、理科学習への興味・関心や思考力、表現力の育成へとつながっていくものと考えている。

我々の研究は、まだ長い流れの途中にある。本資料はその一里塚である。本資料や研究に関して、先生方のご意見やご指導、ご叱正賜れば幸いである。

最後に、一連の調査研究では非常に大勢の方々にご協力をいただけてきた。調査実施にご尽力いただいた先生方や実習助手の方、また、調査に回答してくれた生徒諸君、さらに、本資料作成にあたり渡辺千恵子さんには資料整理など他方面で、小川友子さんには入力の方でお世話になった。ここに記して感謝申し上げます。

平成5年12月

研究代表者

松原 静郎

## 研究組織

研究代表 松原 静郎 (国立教育研究所 化学教育研究室長)

### 共同研究委員

(平成3,4年度) 赤石 定治 (東京都立東高等学校 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)  
畠野 弘通 (新潟県立教育センター 指導主事)  
増田 宗夫 (栃木県総合教育センター 指導主事)  
吉川 純子 (神奈川県立生田東高等学校 教諭)  
(平成4年度) 白井 豊和 (東京都立八王子東高等学校 教諭)  
古沢 繁喜 (長野県教育センター 専門主事)

### 調査協力委員

(平成3,4年度) 大平 日出夫 (新潟県立十日町高等学校 教諭)  
高山 緑 (栃木県立上三川高等学校 教諭)  
渡辺 光 (栃木県立宇都宮東高等学校 教諭)  
(平成3年度) 石川 朝洋 (新潟県立見附高等学校 教諭)  
(平成4年度) 吉 楽 雅典 (新潟県立見附高等学校 教諭)

上記のほか、小池和子氏にも調査にご協力いただいた。

## も く じ

はしがき	i
研究組織	ii
研究発表	iv
1. 調査概要	1
2. 調査対象および調査項目	2
3. 調査内容および結果	
(1) 化学個人実験教材の開発	3
(2) 化学個人実験に関する生徒の意識	5
(3) 個人実験を実施しての生徒の意識と教師による評価	11
(4) 高校化学における個人実験の導入	18
(5) 化学実験における問題点と個人実験導入の試み	22
(6) 理科における表現の問題点	25
4. 個人実験教材	
(1) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色	30
(2) 沈殿反応と生成物の推定	32
(3) 化学反応の量的関係	34
(4) 反応の速さと濃度との関係	36
(5) コロイド溶液	38
(6) イオン化傾向と電池	40
(7) 平衡の移動	42
5. 個人実験教材に関する教師用手引き	44
6. 実施した調査	
(1) 科学観調査	48
(2) 実験に関するアンケート	49
(3) 化学の実験に関する調査	50
7. 記述を要する設問の回答	
(1) 実験「酸・塩基」と「反応の速さ」の考察の記述	58
(2) 実験「成分元素の検出」での結果と考察の記述	66
8. 集計一覧	70

## 研究発表

### 口頭発表：

- (1) 清田三郎, 吉川純子, 増田宗夫, 松原静郎  
「化学個人実験教材の開発」  
ケミカルサイエンス教育研究会第1回年会, 東京, 1992.
- (2) 久保博義, 赤石定治, 畠野弘通, 松原静郎  
「化学個人実験に関する生徒の意識」  
ケミカルサイエンス教育研究会第1回年会, 東京, 1992.
- (3) 増田宗夫, 松原静郎, 清田三郎, 久保博義, 赤石定治  
「個人実験を実施しての生徒の意識と教師による評価」  
日本化学会第64秋季年会, 新潟, 1992.
- (4) 松原静郎, 増田宗夫, 畠野弘通, 古沢繁喜  
「高校化学における個人実験の導入」  
全国理科教育センター研究発表会第31回化学部会, 大阪, 1993.

### 報文発表：

- (1) 松原静郎, 「理科における表現の問題点」  
理科の教育, 41(9), pp. 588-591(1992).
- (2) 松原静郎, 「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(1993).

### 出版物：

- (1) 松原静郎, 清田三郎, 久保博義, 齊藤幸一, 大野弘, 金田民江,  
赤石定治, 「高校化学における生徒の思考」  
科学研究費補助金研究資料, 1992.

## 1. 調査概要

新しい学習指導要領では、小・中・高等学校のどの段階においても理科の観察・実験の重視がうたわれており、また、その実験も単に検証実験を行うのではなく、自らが考え、創意工夫していくことが望まれている。

中学校3年生に対して実施されたIEA第2回国際理科教育調査での日本の実験テストの結果は良いとはいえず、特に推論や実験計画という高次な目標に対して悪かった<sup>1)</sup>。また、国立教育研究所において実施してきた実験テストの結果では、実際に実験を行うことで、次の実験計画の正答率を上げることが示された<sup>2)</sup>。

推論や研究計画など科学的思考能力を育成するためには、実験手順どおりに操作をする料理本的な実験ではなく、生徒一人一人が主体的に取り組めるような個人実験を行う機会をつくる必要があると考えられる。これまで、個人実験について調査研究を実施しており、実験時間の制約や、器具の数、試薬量、実験準備の手間などの問題が考えられたが、少量化学実験を採用したところ、試薬量ではかえって全量を減らすことさえも可能であった<sup>3)</sup>。実験項目によっては反応時間の短縮や、水素を扱っても爆発などの危険性は少量なので軽減されるなどの利点も指摘された。

本調査研究においては、本研究に則した個人実験を年に3回程度導入し、生徒の反応を実験テストにより評価する。また、各実験の後、質問紙でも調査を進めた。

一方、器具は高価な実験キットは使用せず、絵の具用パレットやポリ製注射器などの身近な器具を使用してきたが、それらの器具はもともと実験用には作製されておらず、パレットでは有機溶媒を使用する際に、注射器では発熱反応を繰り返したときに、それぞれ変質することがわかった。ただし、注射器では発熱の際にシリンダのゴムが溶液と接触しないように立てて使用することで、劣化を遅らせることができる。

思考力の育成について調査をしていくにしたがって、事実と意見（結果と考察）の区別といった表現に問題のあることが浮かび上がってきた。

- 1) 小島他「理科教育における実験・観察等の実際的活動に関する国際比較研究」科学研究費研究成果報告書(課題番号58410016), p. 21, 1986.
- 2) 松原他, 日本科学教育学会年会論文集, 11, pp. 275-278, 1987.
- 3) 松原他「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」科学研究費研究成果報告書(課題番号02680244), p. 7, 1991.

## 2. 調査対象および調査項目

調査対象は、3都県の6普通高校で2学年の複数のクラスを対象とした。

1学期に事前調査としての科学観調査を実施し、個人実験を中心とした化学実験から2～3テーマの実験を、各校の進度に合わせて実施した。3学期には事前調査と同様の科学観調査および実験テストを実施した。また、昨年と同様に生徒の関心や意欲、態度の変化をみるため、毎回簡単な質問紙調査を実施し、教師に対しても教師からみた生徒の実験に対する態度や教師の手間などに関する項目を調査した。

なお、実験教材の作成の際は、操作の説明はなるべく簡潔にして、器具等を自由に使用させること、さらに、使用方法に影響を及ぼしやすい図など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、器具は廉価な消耗品を使用することなどの配慮をした。

個人実験実施時においては、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、以上のことを強調していただいた。

実験項目は以下の7項目から選択していただいた。

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| (1) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 | (2) 沈殿反応と生成物の推定  |
| (3) 化学反応の量的関係        | (4) 反応の速さと濃度との関係 |
| (5) コロイド溶液           | (6) イオン化傾向と電池    |
| (7) 平衡の移動            |                  |

各高校で実施された実験項目は次のとおりである。

学校 番号	平成3年度					平成4年度							大学短大 進学率	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		
1 1						◎		◎	◎					4割
1 2	◎	◎	◎				◎	◎						8割
1 3			◎	◎				◎	◎			◎		3割
2 1		◎	◎				◎				◎	◎		5割
2 3	◎		◎	◎		◎	◎	◎						2割
3 1	◎			◎	◎	◎				◎	◎			9割
3 4	◎			◎	◎	◎			◎				◎	4割

注) ◎は、実験を実施した項目を示す。

### 3. 調査内容および結果

#### (1) 化学個人実験教材の開発

(都立牛込商業高・神奈川県立生田東高・栃木県教育研修セ・国教研)

○清田 三郎・吉川 純子・増田 宗夫・松原 静郎

##### 1. はじめに

我が国における小・中・高等学校の理科実験の多くはグループ実験であり<sup>1)</sup>、消極的な児童・生徒の中には器具にまったく触れなかったり、一部の作業を担当するだけで終わることも多い。また、児童・生徒は一つひとつの操作の意味より、結果にこだわったり<sup>2)</sup>、実験の全体像がつかめていないと思われることもよくある。

生徒一人ひとりが考えながら操作できるようにするため、個人実験を導入していくことの必要性を感じ、具体的な個人実験教材を作成して、高等学校で実施したので報告する。

##### 2. 個人実験開発における方針

個人実験を行うためには器具の数や試薬の量、教師の手間の問題が浮かび上がってくる。そこで、器具については身近で安い日常品を使うこととし、試薬については少量実験にすることとした。また、教師の手間については、各実験項目ごとにできるだけ負担軽減をはかり、事後にそれぞれの手間について意見を問うことにした。

個人実験の内容は次ページに示す。これらの個人実験では、プリントを配布し、その指示に従って実験を個人で実施した。実験プリントには、目的や概要を載せて全体像の把握をしやすくし、操作については簡潔な文章にして生徒の考える余地をできるだけ残した。

##### 3. 実施した結果

器具は、パレット<sup>3)</sup>や注射器<sup>4)</sup>を用いることで数をまかなった。試薬は、少量実験としたことにより、通常の生徒実験に比べてクラス全体でも2～3割の液量で済ませることができた。教師の手間については、調査の結果から通常の実験より負担がやや大きいとした回答が2/3であるが、1/3は変わらないと答えており、生徒に手伝わせるなど工夫すれば負担の軽減ができそうである。

きよたさぶろう・よしかわじゅんこ・ますだむねお・まつばらしずお



### ① 沈澱反応と生成物の推定

使用器具：パレット、滴ビンまたはビーカーとスポイト

実験内容：4種の金属イオンと4種の陰イオンを混合し、沈澱を生じるかを調べ、沈澱した場合には化学式を推定させる。

実験の特色：パレット上での少量実験。重金属溶液が少量で済む。

### ② 酸・塩基と紫キャベツ液の色<sup>3)</sup>

使用器具：パレット、ビーカー、スポイト

実験内容：紫キャベツの抽出液がpHによりどのような色になるか観察し、アンモニア水を薄めたときの色からpHを推定する。

実験の特色：パレット上での少量実験。スポイトで定量的に希釈。

### ③ 化学反応の量的関係<sup>4)</sup>

使用器具：注射器、ビニル管、ものさし、ハサミ、ビーカー

実験内容：マグネシウムと塩酸を反応させ、発生する水素の体積から化学反応の量的関係を理解させる。

実験の特色：注射器を容器とし、実験の簡素化と少量化を図る。

### ④ 反応の速さと濃度の関係

使用器具：パレット、ビーカー、スポイト、時計

実験内容：チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度変化とメチレンブルーの褪色時間の関係を調べる。

実験の特色：パレット上での少量実験。

### ⑤ コロイド溶液

使用器具：パレット、セロハン、ろ紙、ビーカー、スポイト

実験内容：水酸化鉄(III)コロイドをつくり、ろ紙の通過や透析からその大きさを推定させ、また、凝析について調べる。

実験の特色：パレット上での少量実験。

### ⑥ 電気分解<sup>3)</sup>

使用器具：パレット、乾電池、電極材（白金・銅・鉛筆の芯等）

実験内容：電解液と電極材の組合せを変えることで、陽極と陰極での反応がどう違うかを調べる。

実験の特色：パレット上での少量実験。短時間で変化が見える。

1)松原, 日本科学教育学会年会論文集, 12, 131(1988).

2)赤石, 松原他, 日化第59春季年会講演予稿集 I, 859(1990).

3)廣, 松原, 三宅, 日本科学教育学会年会論文集, 12, 277(1988).

4)那須編, 葦目監, P A C 化学 PART2, 107, 富士プリント(1985).

## (2) 化学個人実験に関する生徒の意識

(都立石神井高・都立東高・新潟県立教育セ・国立教育研)

○久保 博義・赤石 定治・畠野 弘通・松原 静郎

### 1. はじめに

私達は、個人実験教材（沈澱反応と生成物の推定・酸、塩基と紫キ+ベツ液の色・化学反応の量的関係）を用いて実際に個人実験を行い、それらに対する生徒の意識調査を個人実験の事前及び事後に実施したので、その結果を報告する。

### 2. 調査対象と調査方法

調査対象生徒は、石神井高校2年生（化学必修2単位）127名（男子67名、女子60名）である。調査方法は、質問紙法により行った。調査は、事前調査（1学期）と個人実験（1学期1回、2学期2回）実施後の事後調査（3学期）である。なお、事前と事後の調査項目は同一である。

### 3. 結果と考察

事前、事後の調査は、20の質問項目があるが、その中の4項目の結果を右図に示した。全体では余り変化が見られないが個人別の変化をみると、(11)の「化学はおもしろいか」で、中立と賛成間の変化は、男子は約7%、女子は12%が入れ変わっている。(15)の「実験があると楽しいか」で、中立から賛成への望ましい変化は、男子9%であったのに対して、女子では20%であったのが注目される。

(19)の「グループの人数」では、事前と事後でイの「二人で協力」が14%増加し、エの「四人で協力」が9%減少した。しかし、依然「四人で協力」が多いことは、これまでの実験では4人程度のグループ実験が主流であることの影響と考えられる。男女別ではイの「二人で協力」は、男子が19%から28%であるのに対して、女子では23%から42%と増加が大きい。また、個人別の変化では、男女共「エからイへの変化」が12%ずつみられた。

(20)の「目新しい実験器具」では、事前調査で、アの「進んで使う」は男子34%に対して女子45%と女子が多かった。しかし、その後の変化では男子の中で「エからアへの変化」が12%あった。

くぼひろよし・あかいしただはる・はたのひろみち・まつばらしずお

以上、今回の個人実験での実験に対する生徒の意識では、大きな変化は認められなかったが、「グループの人数」に関しては、「四人で協力」が減り、「二人で協力」が増加していることがみられた。

(11) 「化学はおもしろいと思うか。」

事前	24%	50%	26%
	「賛成」	「中立」	「反対」
事後	28%	51%	23%

(15) 「理科の学習で実験があると楽しいですか。」

事前	62%	33%	5
	「賛成」	「中立」	「反対」
事後	68%	26%	8

(19) 「化学で実験をするとき、あなたは何人のひととグループになってやるのがよいと思いますか。」

事前	4	21%	9	54%	10
	「ア」	「イ」	「ウ」	「エ」	「オ」
事後	5	35%	7	45%	9

- ア. 自分一人でやる    イ. 二人くらいで一緒に協力して  
 ウ. 二人くらいで手分けして  
 エ. 四人くらいで一緒に協力してやる  
 オ. 四人くらいで手分けしてやる

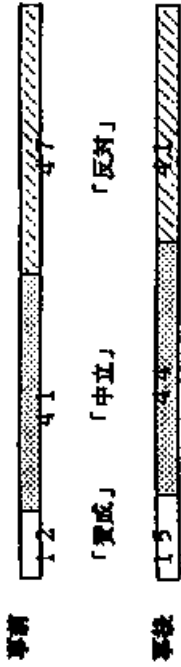
(20) 「化学の実験で、目新しい実験器具を使うことになりました。あなたなら普通どうしていますか。」

事前	39%	28%	2	20%	7
	「ア」	「イ」	「ウ」	「エ」	「オ」
事後	41%	31%	4	19%	5

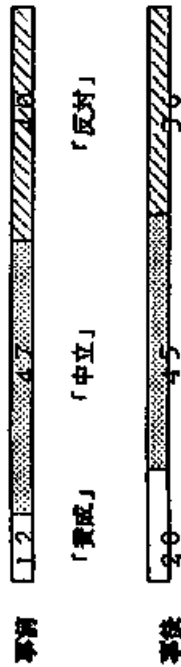
- ア. 運んで使う    イ. 見てから使う  
 ウ. 使うのを見ている    エ. 興味ないが使う  
 オ. 興味はなく使うのを見ている

図 事前・事後の意識調査の結果

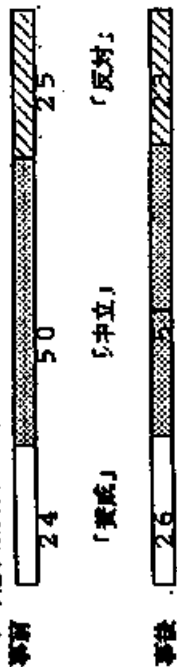
(9) 科学に関するものを読むことが好きです。



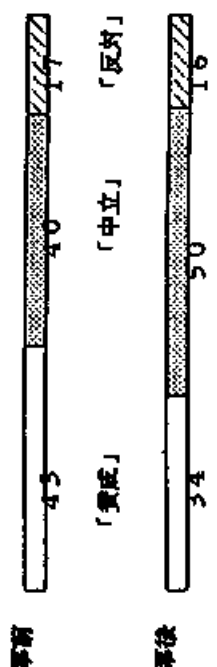
(10) テレビやラジオの科学番組が好きです。



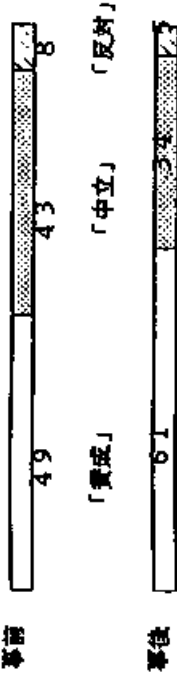
(11) 化学は面白いと思います。



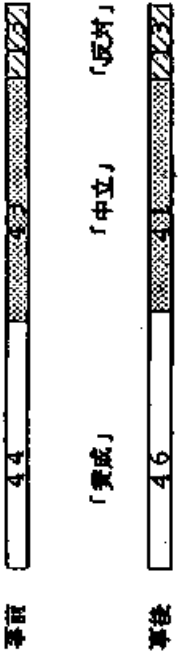
(12) 化学は器具の取り回しがあるとむずかしいです。



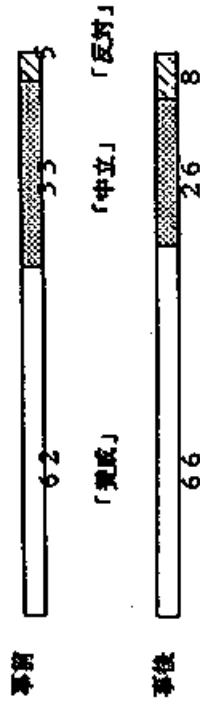
(13) 化学は学ぶ内容が多すぎます。



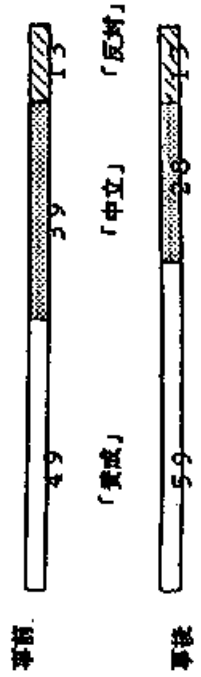
(14) 今、化学で学んでいることがなぜ必要なのかわかりません。



(15) 理科の学習で、実験があると楽しいです。



(16) 理科の学習で、課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。



(17)他の教科・科目と比べて、化学は好きですか。



「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」



ア. 最も好きな科目だ。 イ. 好きなほうの科目だ。  
ウ. 最も嫌いな科目だ。 エ. 嫌いなほうの科目だ。  
オ. 好きとも嫌いともいえない。

(18)化学の勉強をするのに、実験が必要なわけとして、あなたが最も大切と思うものは、次の中のどれですか。



「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」



ア. 実験によって、いろいろな考えを実験に導くため。  
イ. 学んだことをよりよく覚えらるるために、実際に体験するため。  
ウ. 実験によって見いだされた事実から、規則を見つかるため。  
エ. 誰がやっても同じ結果が得られることを確かめるため。  
オ. いろいろな器具がしよらずに使えるように練習するため。

(19)化学で実験をするとき、あなたは何人の人とグループになってやるのがよいと思いますか。

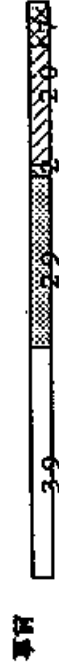


「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」



ア. 自分一人でやるのが、自分のペースで出来てよい。  
イ. 二人くらいで一緒に協力してやるのが、わかりやすくしてよい。  
ウ. 二人くらいで手分けしてやるのが、早くできてよい。  
エ. 四人くらいで一緒に協力してやるのが、わかりやすくしてよい。  
オ. 四人くらいで手分けしてやるのが、早くできてよい。

(20)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。あなたなら普通どうしますか。



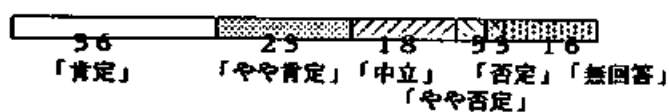
「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」



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っているのを見てみる。  
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みる。

沈殿反応と生成物の推定

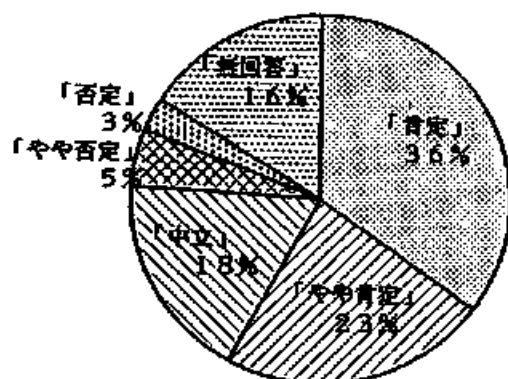
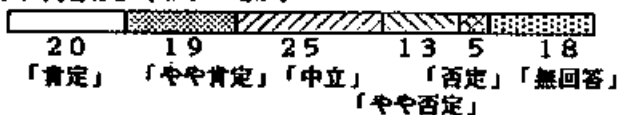
PS-1(1) 実験は面白かったか。



PS-2(2) 反応はよく観察できたか。

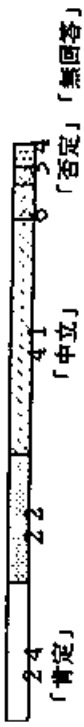


PS-3(3) 内容はよくわかったか。



酸・塩基と紫キヤベツ液の色

AB-2 (1) 実験は面白かったか。



AB-3 (2) 操作はやさしかったか。



AB-4 (3) 反応はよく観察できたか。



AB-5 (4) 内容はよく分かったか。



AB-6 (5) プリント以外で積極的にやったか。

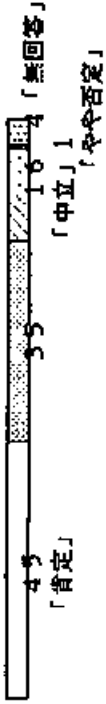


AB-7 (6) 実験に楽しんで取り組んだか。

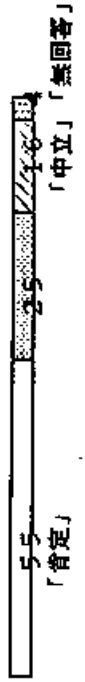


化学反応の量的関係

ST-2 (1) 実験は面白かったか。



ST-3 (2) 操作はやさしかったか。



ST-4 (3) 反応はよく観察できたか。



ST-5 (4) 内容はよくわかったか。



ST-6 (5) プリント以外で積極的にやったか。



ST-7 (6) 実験に楽しんで取り組んだか。



- (3) 個人実験を実施しての生徒の意識と教師による評価  
橋木県教育研修センター・国立教育研究所・都立牛込商業高等学校・  
都立石神井高等学校・都立東高等学校

○増田宗夫・松原静郎・清田三郎・久保博義・赤石定治

### 1. はじめに

個人実験に対する生徒の意識（理解、操作の難易、意欲）及び教師の評価（実験内容、準備、器具及び試薬、生徒の反応）を調査したので、実験項目「化学反応の量的関係」を例に報告する。

### 2. 調査対象と調査方法

調査対象は、東京、新潟、橋木の7高校、普通科2年生984名教師6名である。実験は、反応による水素発生量の測定で、試薬はマグネシウムと塩酸、器具はプラスチックの注射器を使用した。

調査方法は、実験結果については実験プリント、実験に対する生徒及び教師の意識は、質問紙により行った。

### 3. 結果と考察

この個人実験に対する生徒の反応(表1)は、7割がよく観察でき、やさしかったと答えている。内容面は、7割が面白く、6割がよくわかったと答え、意欲面では積極性が7割で、自発性は1割程度であった。また、時間不足や理解不足等の感想が2割程度あった。

教師の評価(表2)は、全員の生徒が今までの実験以上に楽しく一生懸命実験している姿がみられたと答えている。一方、疑問・



改善意見(表3)もあるが、総合してこの個人実験は生徒にも、教師にも好意的に受け入れられている。

	肯定	←	中立	→	否定
面白かったか	34	35	24	4	3
やさしかったか	42	31	20	4	3
よく観察できたか	40	31	22	6	1
よくわかったか	26	31	30	10	3
自発的にやってみたか	4	10	72	10	4
積極的に取り組んだか	41	29	25	3	2

肯定的	5人	全員が実験に参加できるので大変よい 生徒実験は原則として個人実験の方が効果的 など
中間	1人	グループ実験と個人実験どちらもどっちケースバイケース

肯定的	3人	予想させる思考部分は有効である とてもよいアイデアだと思う 個人実験だと手を出さない生徒も主体的にやる 気体の発生、発熱、体積がよくわかり好評 など
疑問・改善	3人	結果からの考察は、細かな指示(グラフなど)が必要 プリントの後半の設問はほとんど答えられない 3クラス目位からシリンジが移動しにくい。 体積の測定をこんな方法でいいのか疑問を持つ など

1) 赤石・松原他 日化第59春季年会講演予稿集I(1990)

平成4年10月5日

現在高等学校の化学実験は、時間的、経済的な理由から、その多くがグループ実験であります。しかし、そのため、生徒が実験器具に全く触れなかったり、自主的に実験を進められないなどの弊害も出でています。

そこで、私たちは、これから発表するような一人一人が実験でき、しかも自分のペースで進められる個人実験を計画し実施してきました。「個人実験に対する生徒の意識」については、赤石が日本化学会第59会春季年会で発表しました。今回は、「化学反応の量的関係」の個人実験を実施後に、生徒がこの実験をどのようにとらえているか、また実施にあたった教師は、どのようにとらえ評価しているか、を中心に調査しましたので報告いたします。

(TP1)

調査対象は、東京、新潟、栃木の高等学校7校の普通科2年生と指導に当たった教師を対象にしました。生徒は7校合わせて984名、教師は6名(研究同人1名は、除きました)です。

(TP2)

時間や経済性などの制約を考慮にいった個人実験として、少量化学実験の形式で行いました。今回行いました「化学反応の量的関係」の実験は、反応による水素発生量の測定で、試薬はマグネシウムと塩酸、器具は使い捨てプラスチックの注射器を使用し、実験方法はこのように行いました。(演示実験)

(TP3)

調査は、個人実験実施後に、質問紙法によって行いました。生徒用の質問紙では質問1で「個人実験についての印象」、質問2で「個人実験に関する、疑問、感想等」を含めて記述式にて、教師用の質問紙では、「個人実験の実施時期や準備」、「生徒の反応等6項目」と「個人実験に対する教師の評価」を答えてもらいました。詳しくは、お手元にお配りしました質問紙をご覧ください。(質問紙配付)

(TP4)

これは、生徒用質問1についての集計結果です。やや肯定及び肯定を含め肯定的反応と考えます。その結果肯定的反応を示したのは「今回の実験が面白かった」「化学反応はよく観察できた」「実験の操作はやさしかった」という項目で約7割という高い数値を示しています。生徒にとってこの実験は、操作がやさしく、よく観察できる実験方法と考えられます。また「積極的に取り組んだか」という項目に対しても、やはり約7割の生徒が積極的に取り組んだことを示しています。

(TP5)

一方、同じ生徒用質問1についての集計結果で、肯定的反応に高い数値が見られなかった項目は、「実験内容はよくわかったか」が5割弱でした。自らが考えながら実験する機会を与えるため、予想させ思考させる問いを入れて、実験プリントを工夫しました。(プリント配付)

しかし、4の部分で無回答者が4割を超え、難しかったと考えられるようです。

理解不足の感想も2割程度ありました。

また、「実験ではプリントに書いてないこともいろいろやってみたか」という自発性に対する質問項目も1割弱で大変少ない数値を示しています。これは時間不足の感想が2割程度存在し、実際、この実験がスムーズにいて1校時の時間をふるに使い、もう一つよけいに実験するゆとりがなく、生徒自身の工夫を生かすことができなかつたことも、一因と考えられます。このことは、他の実験でもやはりその値は小さく、方法に工夫が必要と考えています。

#### (TP6)

指導者として、この少量化学個人実験に対する感想は、全員が実験に参加できるので大変よい、生徒実験は原則として個人実験の方が効果的など肯定的回答が5人グループ実験と個人実験どちらもどちらケースバイケースと回答したものの1人でありました。このことは、実験項目によりグループ実験の場合の方がよいと考える項目も存在するが、生徒一人一人が実験器具に触れたり、自らが考えながら実験する機会を意図的に与えることは、効果的であると指導者も感じていると受け取ることができます。ただし、私たちもすべて個人実験がよいと考えてはいません。

しかし、このような個人実験を入れることにより、グループ実験でも積極的に取り組むようになるのではと考えています。

#### (TP7)

これは、この実験方法に対する指導者の感想です。予想させる思考部分は有効である。とてもよいアイデアだと思う。個人実験だと手を出さない生徒も主体的にやる。気体の発生、発熱、体積がよくわかり生徒に好評であるなど肯定的回答が3人。

一方、結果からの考察は、頼かな指示(グラフなど)が必要、プリントの後半の設問はほとんど答えられない、3クラス目位からシリンジが移動しにくい。体積の測定をこんな方法でいいのか生徒が疑問を持つなど改善を望むものが3人という結果でありました。注射器のトラブルは、この実験専用の器具でなく日用品を用いているためですが、反応中は、注射器を立てるとこのトラブルが防げるとの報告をもらっています。

また、生徒の疑問にしても、今までの化学実験と違い簡単で、体積も厳密でないための疑問の声と感じられます。しかし、このような簡単な方法でもある程度測定できることを知り、その際、生徒の考えが誤差にまで進めばすばらしいことと思います。

一方、教師から見た生徒の反応について、全員の生徒が今までの実験以上に楽しく一生懸命実験している姿がみられたと答えています。実験プリント4の項目にグラフを入れるなどの改善が指摘されていますが、総合してこの個人実験は生徒にも、教師にも好意的に受け入れられていると思われます。

今後、このような個別実験の機会を作ることが、生徒の実験に対する積極的な取り組みを促すことにつながっていくか、また生徒の科学的態度がどのように変容するか、今後さらに調査を進めていく予定であります。

(TP3) 調査方法

質問紙法

生徒用

質問 1 「個人実験についての印象」

質問 2 「個人実験に関する、

疑問、感想等」

教師用

「生徒の反応等」

「個人実験に対する教師の評価」

(TP1) 調査対象

東京、新潟、栃木

高等学校 7校

普通科2年生 984人

教師 6人

(TP2) 今回の個人実験

少量化学実験

テーマ【化学反応の量的関係】

身近な道具：デスボーターザルシリリンジ (50ml及び5ml)

ビニル管

試薬：マグネシウムリボン

2.0mol/l 塩酸

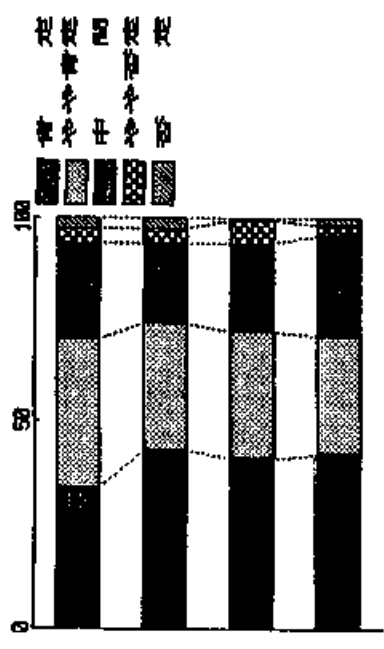
(TP4)

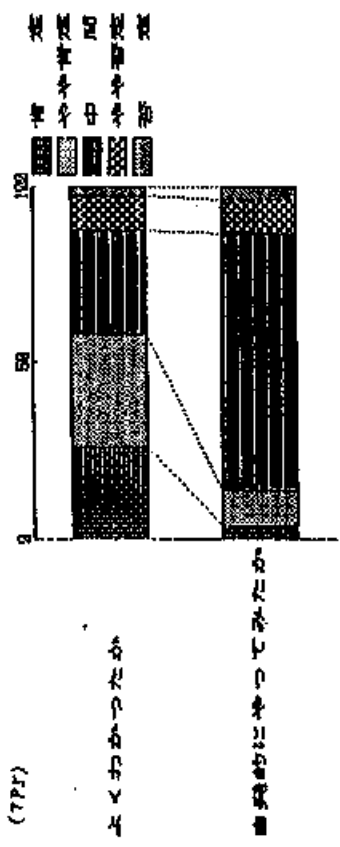
面白かったか

やさしかったか

よく観察できたか

積極的に取り組んだか





(77G) 教師の感想

【実験方法】

肯定的 3人

予想させる感者部分は有効である  
 ことよよいアアアアだと思ふ  
 個人実験だと事を出さない生徒も道徳的に  
 やる  
 気体の発熱、発熱、体積がよくわかり好評  
 など

疑問・改善 3人

結果からの考察は、細かな指示（グラフな  
 ど）が必要  
 プリントの後半の疑問はほとんど答えられ  
 ない  
 3クラス目位からシリレンジが移動しにくい  
 体積の測定をこんな方法でいいのか疑問を  
 持つ  
 など

(77H) 教師の感想

【指導者として個人実験に対する感想】

肯定的 5人

全員が実験に参加できるので大賛よい  
 生徒実験は原則として個人実験の方が効果  
 的  
 など

中間 1人

グループ実験と個人実験どっちもどっちケ  
 ースバイケース

表1. 各個人実験に対する教師質問紙の結果

項目	内容	量的関係
1	ア 学習前に実施	6名
	イ 学習後に実施	6
	ウ 学習中に実施	0
2	30分以内	2
	1時間以内	0
	2時間以内	2
	3時間以内	1
	4時間以上	1
	最大値	5名
3	ア 十分取えた	6
	イ 取えなかった	0
4	ア 1校時で実施	4
	イ 1校時を超過	2

表2. 個人実験全般についての教師質問紙の結果 (16名)

項目	肯定内容	肯定	中立	否定	否定内容			
1	① 生徒の目的意識が多い	0	4	1	1 消極的態度多い			
	② 消極的な生徒も取り組んだ	7	7	2	0 やる生徒もだめ			
	③ 内容などの質問が多かった	0	8	3	2 全く質問はない			
	④ 操作の質問が多かった	1	3	7	3 2 全く質問はない			
	⑤ 操作手順は読み取れた	5	7	2	2 0 読み取れてない			
2	① 生徒によくわかった	3	10	2	1 0 わからなかった			
	② よく理解できた	2	10	4	0 0 理解できなかった			
	③ 操作はやましがかった	4	9	3	0 0 じずしがかった			
	④ 実験器具は使いこなせた	4	9	3	0 0 使いこなせない			
	⑤ 授業の進捗と合っていた	0	4	3	2 7 合わなかった			
3	① 手順はより簡単だった	0	1	3	7 5 手順がかかった			
	② 配布時はより簡単だった	1	0	5	6 4 手順がかかった			
	③ 片付けはより簡単だった	1	0	5	6 4 手順がかかった			
4	① 保管用スペースは十分	2	1	9	4 0 足らなかった			
	② 実験机のスペースは十分	1	4	7	4 0 足りなかった			
	③ 装置は普段より少なかった	0	9	6	1 0 多く必要だった			
	④ 器具は使いやすかった	1	10	4	1 0 使いづらかった			
	⑤ 器具の設置劣化はなかった	8	4	2	2 0 設置劣化があった			
3	① 手順などに就いた時間	1	2	3	4	5	6	7時間
	準備	4	2	2	2	4	1	1
	片付け	1	1	3	1	0	0	0 (調査1)
	② 実験助手の負担	高	1	2	無	4		

## (4) 高校化学における個人実験の導入

国立教育研究所 松原 静郎  
栃木県総合教育センター 増田 宗夫  
新潟県立教育センター 畠野 弘通  
長野県教育センター 古澤 繁喜

### 1. はじめに

第2回 I E A 国際理科教育調査では、中学校3年生に対して実験テストが実施された。表1に示すとおり、結果の比較できる国は少ないが、3カ国の中で我が国の実験テストの結果は良いとはいえず、特に推論や実験計画という高次の目標に対して悪かった<sup>1)</sup>。

表1. 実験テストの目標別の正答率 (%) <sup>1)</sup>

目標	日本	ハンガリー	シンガポール
観察/操作	62	76	64
推論	33	54	42
調査・研究	28	86	79

一方、新しい学習指導要領では、小・中・高等学校のどの段階においても理科の観察・実験の重視がうたわれており、また、その実験も単に検証実験を行うのではなく、自らが考え、創意工夫していくことが望まれている。

我が国での実験は、数人のグループをつくって実施されることが多い<sup>2)</sup>。グループ実験は効率的で、操作や結果について話し合いができるなどの長所がある反面、実験で手分けをすることで実験には手を出さない児童生徒や、手を出せない児童生徒も出てくる。

さらに、推論や研究計画など科学的思考能力を育成するためには、実験手順どおりに操作をする料理本的な実験ではなく、生徒一人一人が主体的に取り組めるような個人実験を行う機会をつくることが必要と考えられる。また、国立教育研究所において実施してきた実験テストの結果では、実際に実験を行うことで、次の実験計画の正答率が上がることが示された<sup>3)</sup>。

## 2. 個人実験教材の開発

予備調査として、高2を対象とした個人実験を実施し、生徒の反応を調査した<sup>4)</sup>。その結果、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、個人実験を楽しみとした生徒は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、実験においても結果の成否を重視している姿勢が認められた。一方、個人実験の良い点としては「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、新しい実験器具に関する項目では、「進んで使う」と回答した割合は3割であった。

この結果も踏まえて、高校化学における個人実験教材を作成した<sup>5)</sup>。その際、実験プリントでは以下のことに配慮した。

- 1) 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。
- 2) 実験方法を限定しやすい図はなるべく少なくする。
- 3) 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。
- 4) 少量実験を採用し、パレットなど廉価な器具を使用する。

ここで、少量実験を採用した理由は、少量化することの長所として次のことが考えられたからである。

- ① 科学実験で重要な再実験が容易となる。実験の失敗ばかりでなく、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。
- ② 類似の実験を行うなど、自らの考えを発展させることができる。
- ③ 廃液量がグループ実験のときより減少する。
- ④ 実験によって反応時間が短縮され、爆発などの危険性も軽減される。

またその一方、短所としては以下のことが考えられた。

- ① パレットなどは実験用ではないので、有機物や熱により変質する。
- ② 実験内容によっては、反応が見えにくい。

ただし、すべての実験を個人実験とするのではないことを考えると、これらは大きな問題ではないと思われた。

作成した個人実験教材の項目は、以下の7項目である。

- (1) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色
- (2) 沈殿反応と生成物の推定
- (3) 化学反応の量的関係 (右ページ参照)
- (4) 反応の速さと濃度との関係
- (5) コロイド溶液
- (6) イオン化傾向と電池
- (7) 平衡の移動



### 3. 調査およびその結果

調査対象は、3都県の普通高校で2学年の複数のクラスを対象とした。

1学期に事前調査としての科学観調査を実施し、個人実験を中心とした化学実験から2～3テーマの実験を、各校の進度に合わせて実施した。3学期には事前調査と同様の科学観調査および実験テストを実施した。また、生徒の関心や意欲、態度の変化をみるため、毎回簡単な質問紙調査を実施し、教師に対しても教師からみた生徒の実験に対する態度や教師の手間などに関する項目を調査した<sup>5)</sup>。

なお、生徒には実験に際して次の点を強調した。

- 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) 実験が一通り終わったら、各自の興味により進んだ実験をしてよい。
- 4) 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。

個人実験実施後の生徒の態度や教師の評価は以下のものであった<sup>5) 6)</sup>。

化学反応の量的関係に関する実験でみると、生徒の反応は「プリントに書いてない実験もした」は1割であったが、「内容はよくわかった」が6割、「積極的に実験に取り組んだ」が7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。

1学期と学年末に実施した、科学観調査の質問項目を右のページに、その得点結果を表2に示す。なお、得点とは賛成の割合(%)から反対を引いた値である。ただし、(12)では望ましい回答の「易しい」が正の数値となるようにし、(18)では四人とした回答から一人とした回答を引いた数値である。

表2. 科学観調査の男女別得点

項目内容	男子		女子	
	事前	学年末	事前	学年末
(11)化学は面白い	16	12	12	4
(12)器具操作は易しい	-9	-14	-33	-24
(15)実験が楽しい	68	64	65	61
(17)化学が好き	21	1	6	-17
(18)実験は一人	-61	-53	-64	-52

注) 得点とは各項目に賛成の割合(%)から反対の割合を引いた値。

科学観調査の結果をみると、その得点が事前と学年末で減少している項目は、男女とも(17)の化学が好きで20以上変化しており、化学嫌いが増えている。得点が増加している項目は、女子の(12)の器具操作と、男女とも(18)の実験は一人で10近い変化が見られる。これは、化学や実験に対して楽しいとする割合がわずかながらも減少している中で、いくぶん実験に対する意識が変化していることが認められる。

そのほか、教師に対する調査では、実験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。

#### 4. おわりに

第2回国際理科教育調査での実験テストは小学校5年生に対しても実施されており、各調査対象クラスから6名が無作為抽出された。ある小学校では、実験に参加したことの無い女子児童が抽出されたそうである。調査の当日、先生方が心配していたとおり、その児童はじっと実験器具を見たまま動こうとしない。ところが、しばらくして実験器具に触り始めたかと思うと、その後は喜々として実験に取り組んだとの話をうかがった。

実験の楽しさを伝えるためにも、また、学習内容を改めて考えさせる機会をつくるためにも、個人個人が自分の考えで実施できる実験を年に何回か導入していくことが重要と感じている。

#### 文献

- 1) 小島他「理科教育における実験・観察等の実際の活動に関する国際比較研究」科学研究費研究成果報告書(課題番号58410016), p. 21, 1986.
- 2) 国立教育研究所「第2回国際理科教育調査報告書-国内結果の概要-」国立教育研究所紀要第111集, p. 117, 1985.
- 3) 松原他, 日本科学教育学会年会論文集, 11, pp. 275-278, 1987.
- 4) 赤石他, 日本化学会第59春季年会講演予稿集 I, p. 859(1990).
- 5) 松原他「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」科学研究費報告書(課題番号02680244), pp. 7-8, 1991.
- 6) 増田他, 日本化学会第64秋季年会講演予稿集 I, 4E503(1992).

## (5) 化学実験における問題点と 個人実験導入の試み

松原 静郎

### はじめに

新しい学習指導要領では小・中・高等学校のどの段階においても理科の観察、実験の重視がうたわれている。化学においては、児童生徒の活動としていろいろな実験が行われてきている。しかし、児童生徒にとって実験が学習内容と結びつかず、何を調べるために実験しているのかわからないまま、料理本的に進められる例もかなりあると聞く。ここでは、実験を通しての化学の問題点と個人実験の長短を探ってみたい。

### 1 大学生は高等学校までの化学をどう見ているか

高等学校までの化学関連の教科科目と実験についての大学生の印象を見てみよう。調査は1989年に関東地区を中心として35大学で行われた<sup>1)</sup>。ここでは「人文系」と「理工系」を比較してみる。

#### (1) 化学関連教科科目の好き嫌い

小・中・高等学校で履修してきた化学関連の教科科目の好き嫌いは表1のとおり、小、中、高等学校と進むにつれて好きから嫌いへと変わっている。

中学校では、理工系は第1分野（物理、化学）の好きだった学生が多い。人文系は第2分野（生物、地学）のほうが好きな学生が多い。人文系の中では国公立のほうが理科好きが多く、これは大学入試に理科があったかどうかと関連していると思われる。理科の好き嫌いは、中学校の段階で理工系と人文系、人文系の中でも国公立と私立ですでに傾向が異なっている。

高等学校では、理工系でも国公立で化学の好き

表1 小・中・高等学校における化学関連教科科目の好き嫌い

系 列		小学校	中学校		高等学校	
			1分野	2分野	物 理	化 学
国・公立	人文系	好 嫌 度 0.67 不履修率 —	0.25	0.55	-0.12	-0.03
	理工系	好 嫌 度 0.60 不履修率 —	0.66	0.34	0.25	0.52
私 立	人文系	好 嫌 度 0.53 不履修率 —	-0.06	0.33	-0.28	-0.19
	理工系	好 嫌 度 0.66 不履修率 —	0.67	0.39	0.21	0.02

注) 好嫌度は、好きが+1、嫌いが-1、回答と不履修が0のときの平均。不履修率は、高等学校でその科目を履修しなかった学生の割合(%)。

嫌いに差が見られる。また、いずれの系列でも中学第1分野に比べて嫌いのほうへ移っている。

#### (2) 観察、実験の好き嫌い

小学校理科では、観察・実験を理科が好きな理由として挙げた割合は、全数に対して人文系で37~38%（理科好きの学生の中では45~48%）、理工系では16~17%（同17~21%）であった。中学第1分野では、人文系で17~21%（同33~37%）、理工系では12~14%（同14~19%）であり、高校化学では、その割合が両系統とも10%以下（同人文系では22~23%、理工系では0~13%）となる。人文系のほうが化学関連の教科科目は好きが少ないにもかかわらず、実験を好きの理由に挙げた割合は理工系より多いのがほとんどであった。また、学校段階が進むにつれて実験の占める割合は減っている。

一方、小・中・高等学校で、好きだった観察・実験と嫌いだった観察・実験を、それぞれ三つ以内で回答させた。表2のとおり、実験項目の一人あたりの列挙数は、人文系理工系とも全学校合計

表2 化学実験および全理科授業・実験の好き嫌い列挙数

系 列		小学校		中学校		高等学校		全学校合計		
		化学	理科	化学	理科	化学	理科	化学	理科	
国・公立	人文	好き	0.18	0.97	0.28	0.55	0.23	0.55	0.61	1.93
		嫌い	0.04	0.41	0.06	0.37	0.06	0.29	0.12	0.98
	理工	好き	0.11	0.80	0.19	0.44	0.40	0.77	0.61	1.82
		嫌い	0.01	0.25	0.04	0.23	0.14	0.30	0.18	0.79
私立	人文	好き	0.17	1.06	0.18	0.54	0.14	0.34	0.43	1.88
		嫌い	0.01	0.40	0.05	0.48	0.05	0.28	0.10	1.11
	理工	好き	0.08	0.59	0.16	0.46	0.16	0.40	0.38	1.43
		嫌い	0.01	0.24	0.02	0.11	0.04	0.21	0.07	0.58

注) 表中の数値は、該当する実験項目の一人あたりの列挙数。学校数単位は複数回答があり、小・中・高等学校の合計と全学校合計は一致しない。

で「好き」が2項目、「嫌い」は1項目程度であった。化学関係の実験では、好きの列挙数は人文系理工系にかかわらず国公立のほうが多かった。嫌いはいずれも0.1項目程度と少ない。小・中学校では好きな実験の列挙数はどこも大差ないが、高等学校では国公立理工系で好きな実験が他と比べて多かった。

理工系では、好きな実験の列挙数は人文系と似ているが、好きな理由としては実験の占める割合が少ない。理工系では好きな理由の無回答が2割程度あり、なにが主要な理由であるか決められないことを意味していると思われる。

それに対して、人文系の理科好きは実験好きがより多い。また、実験は好きだったが化学や理科は面白くなかったということも耳にする。人文系では、学校段階が進むにつれて実験が学習内容と結びつきにくくなっていくことが考えられる。

## 2 実験における問題点はなにか

第2回国際理科教育調査では実験テストが実施され、我が国とハンガリー、シンガポールの3か国の、中3での結果が公表されている<sup>2)</sup>。我が国の結果は、観察/操作では他の国と差は少ないが、推論では1~2割程度我が国の得点が低く、調査・研究では他の2か国の得点の3分の1であった。また、他の国に比べて30%以上正答率の低かった3問はすべて説明を記述する問題であった。

表現力に関しては、小学校5年から国語教育の中で、「事象と感想、意見などを区別して」記述することが学習指導要領に記載されている。

また、指導要録の評価の観点として、理科でも観察、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。

科学教育においては、久田氏が中学校1年生を対象とした科学的記述力の調査研究をし<sup>3)</sup>、実験事実と説明の言語指導を実践している。その言語指導は、実験した直後の実験結果を書く場面と、その後、考察する場面で行われている。そこでは次の文型を標準文として与え、それに類する文章で書くように指導している。

「実験事実」についての標準文は「～すると、……になる」または「～すると、……になった」とし、操作などを含めて書く。

「説明」についての標準文は「～なので、……と考えられる」または「～ということから、……といえる」とし、これに類する文章で書く。

この指導を通して氏は次のように述べている。「書き方の指導をした授業時の記述文では、70%以上の生徒が文型A(実験事実の標準文)のように書いているが、指導をしない授業時では文型Aのように書く生徒は大幅に減少して」おり、「4~5回程度の言語指導では、科学的記述の仕方の定着は不十分である」。しかし、「自分の意見をまとめやすくなった」とする感想などから、言語指導することの教育的意義を感じると。

また、その結果に基づいて、表現を訓練するには観察・実験が授業の中にあり、その観察・実験も生徒自らができるものがよいと提言している。

推論したり、実験計画をする場面では、表現力ばかりでなく、内容の把握もできていなければならない。しかし、実験は実験室使用の都合で、講義の進度と一致しないで実施されることも往々にしてある。器具や試薬の数が少ない場合には普通教室での実験も可能であろう<sup>4)</sup>。講義の流れの中で実験をし、事実の確認をしながら進められるならば、表現力の育成とともに、内容の把握もより容易になると思われる。講義の流れの中での実験ができなくとも、生徒自らが主体的に行い、思考する実験を入れられないだろうか。

## 3 化学への個人実験の導入

我が国ではグループでの実験が多い<sup>5)</sup>。しかし、グループ実験では手分けをして実験には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、高校2年生を対象として個人実験を実施してみた<sup>6)</sup>。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2～3回導入してみた<sup>7)</sup>。

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、化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、考案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、有機物には不適合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、実験が一週り終わったら、各自の興味により進んだ実験をしてよいこと、実験結果等は条件により同一にはならないこともあり、自分の結果や考えを重視すること、以上の点を強調した。

実施後の、個人実験に対する生徒の態度や教師の評価は、以下のようであった<sup>7)8)</sup>。

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割であったが、「内容はよくわかった」が6割、「積極的に実験に取り組んだ」が7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。

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。

### おわりに

第2回国際理科教育調査で実施された実験テストは、各調査対象クラスから6名を無作為抽出して実施された。ある小学校では、実験に参加したことのない女子児童が抽出されたそうである。

調査当日、先生方が心配したとおりその児童はじっと実験器具を見たまま動こうとしない。ところが、しばらくして実験器具に触り始めたかと思うと、その後は喜々として実験に取り組んだとのことであった。

実験の楽しさを伝えるためにも、また、学習内容を改めて考えさせる機会をつくるためにも、個人個人が自分の考えで実施できる実験を年に何回か導入していくことが重要と感じている。

### 【文献】

- 1) 松原他「各学校段階での化学実験の好き嫌い—大學生に対するアンケート結果—」東北地区化学教育研究協議会講演要旨集, pp.41-43, 1990
- 2) 小島他「理科教育における実験・観察等の実践的活動に関する国際比較研究」科学研究費研究成果報告書(課題番号58410016), pp.19-21, 1986
- 3) 久田隆基「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63580226), pp.6-35, 1990
- 4) 原次融他「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.227-280, 1988
- 5) 国立教育研究所「第2回国際理科教育調査報告書—国内結果の概要—」国立教育研究所紀要第111集, p.117, 1985
- 6) 赤石他, 日本化学会第59春季年会講演予稿集1, p.859, 1990
- 7) 松原他「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」科学研究費研究成果報告書(課題番号02680244), pp.7-8, 1991
- 8) 増田他, 日本化学会第64秋季年会講演予稿集1, 4 E503, 1992

まつばら しずお  
国立教育研究所化学教育研究室長

## (6) 理科における「表現」の問題点

松原 静郎

◇「表現」の重要性、これについては、これまでの日本の理科教育の中での扱いは、決して本格的なものではなかった。それゆえに起こっている問題もあるし、日本の科学者や学生が損をしている事実もある。このたび、この項目が加えられたことをいかに受け止め、いかなる努力をするべきであるか、このあたりを中心に論じていただきたい。

## はじめに

表現については、これまでおもに国語教育で扱われてきた。しかし、他の教科においても、またさらには、学校外のどのような場面においても、自分の言いたいことをいかに相手にわかるように表現できるかは重要なことであろう。

新・教育の辞典<sup>1)</sup>によれば、表現力とは意識内容を的確に、または効果的に形にあらわす能力のことである。狭義には「ことばにあらわす力」と解され、「正しい」言語運用能力と、「じょうずな」言語運用能力に分けられる。広義には、話の構成力や構想力、メッセージを効果的に受け手に送り込む能力までもふくむ。そしてまた、事実を正確に認識・把握する力のほか、物事に即して具象的に知覚する観察力と、抽象的思考力・論理整序能力は表裏の関係にあることを指摘している。

わが国では、細かいところまで間違いのない表現をすることに多くの注意がはられ、自分の言いたいことをよりよく伝える工夫は二の次になってきた感がある。

あるとき、英国の Wendy Keys 氏とともに発

表をする機会があったが、彼女はOHPを作るのに、手書きで大きく書くよう心がけていた。発表に使うOHPに、ワープロで作った原稿の拡大コピーを使うと字はきれいであるが、ときとして会場の後方では字が小さくて見えにくい場合もある。このような工夫も相手にいかに言いたいことをよく伝えられるか大事な条件の一つであろう。

## 1 理科における表現力とは

今回の指導要録の改訂により、これまで評価の観点として挙げられていた技能に、表現が加えられた<sup>2)</sup>。小学校理科での「観察・実験の技能・表現」の観点としては「自然事象を観察し、実験を計画、実施し、機械、器具などを目的に応じて工夫して扱うとともに、それらの過程や結果を的確に表現する」こと、中学校では「観察、実験の基本操作を習得するとともに、自然の事象・現象を科学的に調べる方法を身に付け、それらの過程や結果を的確に表現する」こととある。また、中学校生徒指導要録付属資料での表現に関する記載には第1・第2分野いずれも「創意ある実験報告書の作成や発表を行う」とある。

新学習指導要領での表現に関する記述を拾ってみると、中学校指導書<sup>3)</sup>第1分野の目標には「実験レポートを書かせたり、実験結果を発表させるなども必要なことである」とある。高等学校学習指導要領解説<sup>4)</sup>の総合理科の内容とその取扱いには「『ウ 観察、実験の整理とまとめ』については、観察や実験によって得られたデータのまとめ

方、グラフ化や結果の整理の仕方、研究報告書のまとめ方などを具体的に扱う」とあり、また、高等学校理科の他の多くの科目にも「創意ある研究報告書の作成」が記載されている。

以上のことより、学習指導要領等における理科の観察、実験の表現とは、「結果の発表」もあるものの、おもに「実験レポート」ないし「研究報告書」の作成に必要な表現力をイメージしていることがわかる。

中学校指導資料<sup>5)</sup>では、より広く次のような表現方法の事例を挙げている。①言葉や文字による表現、②実物による表現(標本や実験で)、③製作物による表現、④スケッチによる表現、⑤図・表及び、記号化、数量化、図式化による表現、⑥間接的な提示方法による表現(レプリカ、写真、VTR、テープレコーダーなどで)

さらに、次のように述べられている。

理科における表現力は、観察、実験から得られた事実や測定したデータ及び結論を再現性の高い公正妥当な方法で伝達する能力であり、観察、実験の報告書を作成することは、成果を伝えるための表現力を高めると同時に観察、実験の成果を関連づけたり順序だてて整理するなどの理論的思考力を高めるのに役立つ。また、観察、実験を通して問題を発見し、一般化するなどの過程で教師と生徒及び生徒相互の情報交換や討論等のコミュニケーションの中で、聞く、話す、新しい価値を創造するなど適切な表現ができるようにしていくことが大切である、と。

## 2 科学用語の問題点は

ちょっと古い調査ではあるが、大橋秀雄氏は表現の基礎となる、義務教育段階の理科教育で用いられている主要な用語について検討している<sup>6)</sup>。その中で大橋氏は「理科においても言語教育が必要である。しかし、それは用語の正しい定義を教えようということではない。児童・生徒が自然の事象を調べて、自分なりのイメージをつくり、自分なりの言語表現をする。その学習が積み重ねられ、学習の終わりに正しい言語表現ができるようになればよい。こういうねらいで、児童・生徒の概念形成と言語の関係を調べ、知見を蓄積することが

必要であろう」と述べている。

その調査結果から、理科教育で重要な用語は1万を超えるが、他教科であまり指導されていない用語は2,600語であり、これらの用語は理科の中で統一した的確な使い方をすべきであろう。また、中学生が理科の教科書を読んで意味がよくわからないことばは、未習の単元では1~3割、既習の単元でも3~7%の語がわかりにくいとしていた。このような状態では、全体の文章の意味を把握することは難しいであろうとされている。

さらに、どの生徒も共通に指摘するわかりにくい用語を次のように分類している。

### (1) 科学用語

自然の事象、原理、法則などに関する用語。日常語と同一の用語の場合、例えば、力、仕事、熱性質、とけるなどは、連想することがらが見童・生徒と教師とで食い違うため、授業のスタートを混乱させることがみられる。

### (2) 科学の方法に関する用語

理科を学習していく方法や思考に関する用語。プロセススキルに関する用語には、分類、予想、仮説、推定、グラフ化、モデルなどがあるが、これらの用語の意味はいくらことばで説明してもわかるようにはならない。

### (3) 事象の状態や程度を示す用語

「不規則な」運動というような修飾語や「少量の」水など程度を示す用語。「一定」を例にとれば、「沸点は物質によって一定である」では唯一のきまった値、「炭素と酸素は一定の割合で化合する」ではそれぞれきまった二つ以上の値、荷物を一定の高さにもち上げる」では一つの任意の値、「物体は一定の速さで動き続ける」はある状態が続くという意味で用いられている。

ある生徒は、「レンズには一定の焦点距離がある」を、「すべてのレンズの焦点距離は同じである」と解釈し、混乱してしまったという。

## 3 わが国の理科の成績からみると

IEA国際理科教育調査<sup>7)</sup>では、わが国の小・中学校の児童・生徒の成績は世界のトップレベルにある。しかし、これらの結果は5肢選択の出題形式によるもので、わが国の児童・生徒がなじん

表1. 実験テストの目標別の正答率 (%)

目標	日本	ハンガリー	シンガポール
観察/操作	62	76	64
推論	33	54	42
調査・研究	28	66	79

でいる出題形式である。

一方、この国際調査の中学生に対する実験テストの結果はどうであろうか<sup>6)</sup>。実験テストでは表1のとおり、わが国の正答率はハンガリーとシンガポールに比べて低い。正しいか間違いかを比較的是っきりしている観察/操作では他の2ヶ国と大差はないが、正誤のはっきりしない推論や調査・研究(実験計画)で特に正答率が低い。

実験テストでハンガリーとシンガポールに比べて正答率が30%以上低い問題は3問あったが、その設問は①「デンプンの存在を確かめるにはヨウ素溶液が用いられ、デンプンがあると変色する。A, B, Cのどれに小麦粉がまじっているかを調べるにはどうしたらよいか。その方法を説明せよ」②「実験の結果からどのような結論が得られるか。また、そう考えた理由を書け」③「リトマス紙を使って調べるとしたらどのような手順で行えばよいか。よいと思われる方法を書き、それを実行せよ」である。以上の3問はどれも自分なりに考え、その説明を書く問である。

最近注目されているSTS教育においても、例えば英国のSATIS(社会の中の科学、技術)プロジェクト<sup>9)</sup>には意志決定や課題解決などを中心とした教材のほか、討論やロールプレー、発表を中心とした教材がある。また、米国のChem Com(社会の中の化学)<sup>10)</sup>でも、各章で意志決定や課題解決の活動が含まれ、その中で討論やディベートを行う。こうした活動では自分の意見を述べるなど、表現力が必要となる。

科学における表現方法の一つであるグラフ化においても、縦軸、横軸の名称や単位のほか、どのようなグラフをかけば自分の言いたいことを反映し、よりよく伝えられるか。また、なぜそのグラフが適切なのかを考えさせる必要がある。

グラフ化の目的は、関係が一目瞭然に示されること、内挿や外挿ができることにあると思われる。このことを利用するには、プロットを線で結ぶ際、おれ線なのか、直線なのか、なめらかな曲線なの

表2. 英国ナフィールド化学Aレベルの試験

(%)	内容
18	実験技能の評価
30	短文回答問題
15	小論文(教科書持ち込み可)
27	多肢選択問題
10	特定分野への科学の応用

か、また、原点を通るかを判断しなければならない。同じグラフ化でも、学校で学習する典型的なグラフ化についてはいろいろな高校生対象の調査で正答率が6~7割と比較的高い。しかし、どんな場合にどのグラフをかけばよいのかとなると、とたんにその正答率は2~4割と低くなる<sup>11)</sup>。

Coldbeck氏は英国のAレベルの試験と日本のセンター試験とを比較している<sup>12)</sup>。表2のとおりAレベル試験のねらいどころはセンター試験とかなり異なっており、表中の小論文は、自分なりの文章で考えを説明する能力を示させるものである。

わが国の大学入試センター試験化学の1987~90年の分類では、知識64%、理解9%、応用27%で、知識の部分にその重点が置かれており、また、すべて多肢選択による試験である。もちろん、わが国でも各大学で行われる第2次試験では小論文を課している例も少なくないが、それはその方面へ進む生徒に課すものである。

すなわち、英国では多くの生徒が化学の学習の中から知的なスキルを学び取ることが必要であり、化学的な事実の広範な知識はこれから化学に進もうとする生徒だけに価値のあることと考えている。わが国ではある程度広い化学的な知識が多くの生徒に必要であり、考え方についてはその方面に進む生徒にのみ重要と考えていることとなると氏は指摘している。

#### 4 表現についての方策は

木下是雄氏<sup>13)</sup>は、理科系仕事の文書を書くときの心得を、(a)主題について述べるべき事実と意見を十分に精選し、(b)それらを、事実と意見とを峻別しながら、順序よく、明快・簡潔に記述することに要約できるとしている。

日本人は表現がへたであるとの意見も聞かれるが、小・中・高生に対する意識調査では、幸いにも発表することが好きな児童・生徒も3~4割い



る<sup>14)</sup>。また、高等学校でエネルギー問題に関して発表させたところ、少数ではあるが、教師が想像していた以上に積極的に発表した生徒もいた<sup>15)</sup>。

それでは、授業でどうしたらよいか。もちろん、表現する機会を増やすことであろう。知識の教授の時間を減らしても、観察・実験レポートの作成や発表の時間を入れ、具体的にどのような表現がより良いか考えさせたり、示したりしていくことが、知識を使える知識に変えていくために必要ではないだろうか。表現させることは、児童・生徒がどのような考え方をしているか知る機会にも、教師自身の表現のチェックにもなる。また、知識の教授に関しても児童・生徒がより納得できる表現を発見するなどの効果もあると思われる。

話題となっている科学的な問題を授業で扱うこと、それに教師自身の意見を述べることも提案したい。もちろん、教師は専門家である必要はないが、事実と自分の意見とは分けて話すことが肝心である。教師が意見を言うと生徒が引きずられるということも聞くが、多くの教師が自分の意見を言えば、生徒の意見が偏ることもないであろう。それに、マスコミなどから得た知識について、大人の代表としての教師の意見を聞きたい、話したいと思っている生徒も多いと感じている。これは、生きた表現の学習の場になるであろう。

ところで、瀬沼花子氏によれば、アメリカで小学校の授業を見学した際、教師と生徒個人との対話はあるが、一斉授業でも全体の議論がないのに奇異な感じを受けたとのことである。また、アメリカでは仮説実験授業で重視している討論が成り立たないとの話も板倉登直氏より聞いた。ロールプレーはできるし、ディベートも、先生との討論もできるが、自分の意見を述べるのが優先される結果、ひとの話を聞き、相手の考えを受け入れる態度に欠けるところがあるのではないだろうか。

これはわが国と欧米との教育についての考えや文化の違いによるように思われる。例えば、欧米での教育では後継者養成が中心となってきたので、自分の中での論理構成の正しさを主張することが重要とされ、わが国では多数の平均的な生徒に重心が置かれてきたので、ひとの話をよく聞くことが必要とされてきたと推測している。

なにはともあれ、わが国においてはまず第1に、ひとの話を聞くという態度を身につけさせられる。この点を長所とふまえた上で、これまで理科で重視されてこなかった表現力を育成することが、これからの理科教育において大切であろう。

【文献】

- 1) 東洋他編「新教育の事典」p.690, 1979, 平凡社。
- 2) 文部省「小・中学校指導要録」p.36, pp.80-81, pp.99-100, 1991, 明治図書。
- 3) 文部省「中学校指導書理科編」p.15, 1989, 学校図書。
- 4) 文部省「高等学校学習指導要領解説理科編理数編」p.17, 1989, 実教出版。
- 5) 文部省「中学校理科指導資料 指導計画の作成と学習指導の工夫」pp.57-59, 1991, 大日本図書。
- 6) 大橋秀雄「理科教育の変遷—選官記念論文集」pp.77-83, 1980。
- 7) I E A. "Science Achievement in Seventeen Countries" Pergamon Press, pp.25-43, 1988。
- 8) 小島繁男他「理科教育における実験・観察等の実際の活動に関する国際比較研究」科学研究費研究成果報告書, pp.19-21., 1986。
- 9) J. Holman, etc., "Science and Technology in Society, General Guide for Teachers", Association for Science Education, pp.24-42, 1986。
- 10) American Chemical Society, "Chemistry in the Community, Teacher's Guide", Kendall/Hunt, pp. xxiii-xxx, 1988。
- 11) 松原静郎「中等教育における多面性をもつグラフ化教材の開発研究」科学研究費研究成果報告書, pp.6-10, 1987。
- 12) M. Coldbeck, J. Sci. Educ. Japan, 15, pp.110-149, 1991。
- 13) 木下基雄「理科系の作文技術」中公新書, pp.2-12, 1981。
- 14) 小島繁男他, 1991「理数調査報告書—本調査第2年次集計結果—」科学研究費研究成果報告書, p.100, p.124, p.148.; 梅堂國夫他「小・中・高等学校における理科学習と科学的態度の質的変容についての継続的調査研究」科学研究費研究成果報告書, p.118, p.142, 1992。
- 15) 松原静郎他「許容量概念を基礎とした放射能教材の開発研究」科学研究費研究成果報告書, pp.13-23, 1990。

まつばら しずお / 国立教育研究所室長

#### 4. 個人実験教材

調査に使用した個人実験教材および生徒用資料を次ページ以降に示す。  
個人実験項目および掲載ページは以下の通りである。

- (1) 酸・塩基とムラサキキャベツ液の色・・・・・・・・・・ 30
- (2) 沈殿反応と生成物の推定・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
- (3) 化学反応の量的関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
- (4) 反応の速さと濃度との関係・・・・・・・・・・・・・・ 36
- (5) コロイド溶液・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
- (6) イオン化傾向と電池・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
- (7) 平衡の移動・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色

年 組 番 氏名

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 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NH<sub>3</sub>）

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とアンモニアの水溶液を10倍ずつ水（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カ所の溝に溶液①のムラサキキャベツ液をスポイトで9溝ずつ入れる。パレットの溝

図、パレットの一部

(2) その中の一番端の溝の液に溶液②の塩酸を1滴加え、液の色を観察する。

(3) となりの溝の液の中に溶液③の水酸化ナトリウム水溶液を1滴加え、各自のスポイトでその液を吸い込んではいはなす操作を2～3回繰り返して、液の色を観察する。なお、各自のスポイトは水で洗わずに(4)～(6)の操作に使う。

(4) (3)の液の1滴をとなりの溝の液に滴下する。残った液を元に戻した後、液を吸い込んではいはなす操作を2～3回繰り返して、液の色を観察する。

(5) (4)の液で(4)と同様の操作を行う。

(6) (5)の液で(4)と同様の操作を行い、さらに、できた液で(4)と同様の操作を行う。

(7) 溶液④のアンモニア水についても操作(3)～(5)と同様の操作を繰り返して下さい。なお、各自のスポイトは新しいもの(アンモニア水用)を使うこと。

以上の実験から、ムラサキキャベツ液の色は、異なったpHで異なった色を呈することが見られた。実験結果を下の表に記入しなさい。

なお、酸・塩基の濃度と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）は、次の表に示すような関係になっている。

表、酸、塩基の濃度とpHの関係（25℃）

[HCl] (mol/l)	pH・酸性	[NaOH] (mol/l)	pH・塩基性
0.1	1	0.1	13
0.01	2	0.01	12
0.001	3	0.001	11
0.0001	4	0.0001	10
0.00001	5	0.00001	9
0.000001	6	0.000001	8
水 (H <sub>2</sub> O)	7・中性	水 (H <sub>2</sub> O)	7・中性

実験結果：濃度はおよそその値を記入しなさい。また、HClとNaOHについてpHは表から読み取りなさい。

操作番号	試薬の種類	濃度 (mol/l)	溶液の色	pH
(2)	HCl			
(3)	NaOH			
(4)	NaOH			
(5)	NaOH			
(6)-1	NaOH			
(6)-2	NaOH			
	5分待たせ液のみ		紫	7

次に、NH<sub>3</sub>のおおよその濃度を記入し、pHは溶液の色から推定しなさい。

操作番号	試薬の種類	濃度 (mol/l)	溶液の色	pH
(7)-(3)	NH <sub>3</sub>			
(7)-(4)	NH <sub>3</sub>			
(7)-(5)	NH <sub>3</sub>			

問、NaOHとNH<sub>3</sub>では、同じ濃度でのpHや希釈したときのpHの変化はどのように違っているか、比較してみよ。

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。

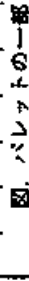
準備：器具（各自：パレット、スポイト2本）

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 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NH<sub>3</sub>

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とアンモニアの水溶液を10倍ずつ水（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カ所の溝に溶液①のムラサキキャベツ液をスポイトで9滴ずつ入れる。パレットの溝



(2) その中の一番端の溝の液に溶液②の塩酸を1滴加え、液の色を観察する。

(3) となりの溝の液の中に溶液③の水酸化ナトリウム水溶液を1滴加え、各自のスポイトでその液を吸い込んで操作を2～3回繰り返す。液の色を観察する。なお、各自のスポイトは水で洗わずに(4)～(8)の操作に使う。

(4) (3)の液の1滴をとなり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、はなす操作を2～3回繰り返す。液の色を観察する。

(5) (4)の液で(4)と同様の操作を行う。

(6) (5)の液で(4)と同様の操作を行い、さらに、できた液で(4)と同様の操作を行う。

(7) 溶液④のアンモニア水についても操作(3)～(5)と同様の操作を繰り返す。なお、各自のスポイトは新しいもの(アンモニア水用)を使うこと。

以上の実験から、ムラサキキャベツ液の色は、異なったpHで異なった色を呈することが見られた。実験結果を下の表に記入しなさい。

なお、酸・塩基の濃度とpH（酸性、塩基性の強さを表す指標；ピーエッチまたはペーハーと読む）は、次の表に示すような関係になっている。

表 酸、塩基の濃度とpHの関係（25℃）

[HCl] (mol/l)	pH・酸性	[NaOH] (mol/l)	pH・中性
0.1	1	0.1	13
0.01	2	0.01	12
0.001	3	0.001	11
0.0001	4	0.0001	10
0.00001	5	0.00001	9
0.000001	6	0.000001	8
水(H <sub>2</sub> O)	7・中性	水(H <sub>2</sub> O)	7・中性

実験結果：濃度はおおよその値を記入しなさい。また、HClとNaOHについてpHは表から読み取りなさい。

◎ 以下に結果の一例を示すが、溶液の色は気温によっても異なるので注意。

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

次に、NH<sub>3</sub>のおおよその濃度を記入し、pHは溶液の色から推定しなさい。

操作番号	試薬の種類	濃度 (mol/l)	溶液の色	pH
(7)-(3)	NH <sub>3</sub>	0.1	緑	11.5
(7)-(4)	NH <sub>3</sub>	0.01	青緑	11
(7)-(5)	NH <sub>3</sub>	0.001	青	10

問. NaOHとNH<sub>3</sub>では、同じ濃度でのpHや希釈したときのpHの変化はどのように違っているか、比較してみよ。

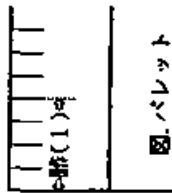
回答例) 同じ濃度でもアンモニアの方がpHが小さく(塩基性が弱い)、希釈したときの変化もアンモニアの方が小さい。

沈殿反応と生成物の推定

目的：水溶液どうしを混合すると結合せよっては反応して沈殿を生じる。反応を鑑別し、生成物の化学式を推定する。

準備：濾紙（パレット）、スポイト8本、試薬入りビーカー各班8個）  
 試薬A（硝酸銀AgNO<sub>3</sub>、硫酸銅(Ⅱ)CuSO<sub>4</sub>、塩化鉄(Ⅲ)FeCl<sub>3</sub>、硫酸亜鉛ZnSO<sub>4</sub>の各水溶液）  
 試薬B（塩化ナトリウムNaCl、水酸化ナトリウムNaOH、酸化ナトリウムNa<sub>2</sub>O、クロム酸カリウムK<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>の各水溶液）

実験の概要：パレット上で試薬AとBから一つずつ混ぜ合わせて16組の混合溶液をつくり、それぞれ沈殿が生じるか、また、生じた沈殿はどのような色か観察する。  
 注意）スポイトは各試薬専用のものを使う。



- 操作：
- (1) 試薬Aの硝酸銀水溶液を上図のようにパレットの一番左側の溝から順に4か所の溝にスポイトで2滴ずつ滴下する。
  - (2) 次に(1)の溶液の一つに、試薬Bの塩化ナトリウム水溶液をスポイトで2滴落とし、白色の沈殿が生じることを観察する。なお、この結果は記入例として表中に示した。
  - (3) (2)と同様に、(1)の溶液の入った他の三つの溝には試薬Bの水酸化ナトリウム水溶液、塩化ナトリウム水溶液、クロム酸カリウム水溶液をそれぞれ2滴ずつ滴下し、変化を観察して表に記録する。
  - (4) (1)で使用した溝の隣の4か所に、硫酸銅(Ⅱ)水溶液を2滴ずつ滴下する。以下、(2)および(3)と同様に試薬Bの4種類の水溶液をそれぞれ滴下する操作をくりかえし、結果を表に記録する。
  - (5) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を使って(4)と同様の操作をくりかえす。
  - (6) 硫酸亜鉛水溶液を使って(4)と同様の操作をくりかえす。
  - (7) ナトリウムおよびカリウムの化合物は水に溶けやすいことを参考にして、沈殿生成物の化学式を推定してみなさい。
- 実験終了後は、なるべく早くパレットやスポイトを洗っておこう。また、溶液は先生の指示にしたがって処理すること。

沈殿反応と生成物の推定（提出用）

\_\_\_\_ 学年 \_\_\_\_ 組 \_\_\_\_ 番 氏名 \_\_\_\_

結果と考察  
 硝酸銀水溶液と塩化ナトリウム水溶液との反応の例にしたがって、上欄には沈殿の色、下欄には化学式を、沈殿が生じないときは“-”を記入すること。

	NaCl (Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> )	NaOH (Na <sup>+</sup> , OH <sup>-</sup> )	Na <sub>2</sub> S (2Na <sup>+</sup> , S <sup>2-</sup> )	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (2K <sup>+</sup> , CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
AgNO <sub>3</sub> (Ag <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	白色 沈殿			
CuSO <sub>4</sub> (Cu <sup>2+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	AgCl			
FeCl <sub>3</sub> (Fe <sup>3+</sup> , 3Cl <sup>-</sup> )				
ZnSO <sub>4</sub> (Zn <sup>2+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )				

1. パレットと沈殿が同色の場合、沈殿が見えにくい。この場でできる具体的な工夫を考え、以下に記入してみよ。
2. 先生にことわってから、その工夫を実施してみよ。うまくいったか、その結果を以下に記しなさい。

目的：水溶液どうしを混合すると組合せによっては反応によって沈殿を生じる。反応を確認し、生成物の化学式を推定する。

準備：器具（パレット、スポイト8本、試薬入りビーカー各班8個）  
 試薬A（硝酸銀 $\text{AgNO}_3$ 、硫酸銅(II) $\text{CuSO}_4$ 、塩化鉄(III) $\text{FeCl}_3$ 、硫酸亜鉛 $\text{ZnSO}_4$ の各水溶液）  
 試薬B（塩化ナトリウム $\text{NaCl}$ 、水酸化ナトリウム $\text{NaOH}$ 、酸化ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}$ 、クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{CrO}_4$ の各水溶液）

実験の概要：パレット上で試薬AとBから一つずつ混ぜ合わせて16組の混合溶液をつくり、それぞれ沈殿が生じるか、また、生じた沈殿はどのような色か観察する。  
 注意）スポイトは各試薬専用のものを使う。

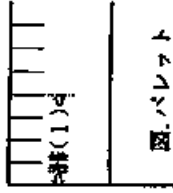


図.パレット

- 操作：
- (1) 試薬Aの硝酸銀水溶液を上図のようにパレットの一番左端の溝から順に4か所の溝にスポイトで2滴ずつ滴下する。
  - (2) 次に(1)の溶液の一つに、試薬Bの塩化ナトリウム水溶液をスポイトで2滴落とし、白色の沈殿が生じることを観察する。なお、この結果は記入例として表中に示した。
  - (3) (2)と同様に、(1)の溶液の入った他の三つの溝に試薬Bの水酸化ナトリウム水溶液、塩化ナトリウム水溶液、クロム酸カリウム水溶液をそれぞれ2滴ずつ滴下し、変化を観察して表に記録する。
  - (4) (1)で使用した溝の隣の4か所に、硫酸銅(II)水溶液を2滴ずつ滴下する。以下、(2)および(3)と同様に試薬Bの4種類の水溶液をそれぞれ滴下する操作をくりかえし、結果を表に記録する。
  - (5) 塩化鉄(III)水溶液を使って(4)と同様の操作をくりかえす。
  - (6) 硫酸亜鉛水溶液を使って(4)と同様の操作をくりかえす。
  - (7) ナトリウムおよびカリウムの化合物は水に溶けやすいことを要考にして、沈殿生成物の化学式を推定してみなさい。

実験終了後は、なるべく早くパレットやスポイトを洗っておこう。また、溶液は先生の指示にしたがって処理すること。

\_\_\_\_年 \_\_\_\_組 \_\_\_\_番 氏名

結果と考察

硝酸銀水溶液と塩化ナトリウム水溶液との反応の例にしたがって、上欄には沈殿の色、下欄には化学式を、沈殿が生じたときは“—”を記入すること。

	NaCl ( $\text{Na}^+, \text{Cl}^-$ )	NaOH ( $\text{Na}^+, \text{OH}^-$ )	$\text{Na}_2\text{S}$ ( $2\text{Na}^+, \text{S}^{2-}$ )	$\text{K}_2\text{CrO}_4$ ( $2\text{K}^+, \text{CrO}_4^{2-}$ )
$\text{AgNO}_3$ ( $\text{Ag}^+$ , $\text{NO}_3^-$ )	白色 沈殿	灰褐色 沈殿	黒色 沈殿	暗赤色 沈殿
無色溶液	$\text{AgCl}$	( $\text{AgOH}$ ) $\text{Ag}_2\text{O}$	$\text{Ag}_2\text{S}$	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4$
$\text{CuSO}_4$ ( $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ )	—	青色 沈殿	黒色 沈殿	褐色 沈殿
青色溶液	—	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{CuS}$	( $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO}$ ) $\text{CuCrO}_4$
$\text{FeCl}_3$ ( $\text{Fe}^{3+}$ , $3\text{Cl}^-$ )	—	褐色 沈殿	黒色 沈殿	褐色 沈殿
黄色溶液	—	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}_2\text{S}_3$	$\text{Fe}_2(\text{CrO}_4)_3$
$\text{ZnSO}_4$ ( $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ )	—	白色 沈殿	白色 沈殿	黄色 沈殿
無色溶液	—	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$\text{ZnS}$	$\text{ZnCrO}_4$

なお、色は反応条件により多少異なる。表中の色は結果の1例である。

1. パレットと沈殿が同色の場合、沈殿が見えにくい。この場でできる風体的な工夫を考え、以下に記入してみよ。  
 工夫例）プラスチック製の下敷きの上で反応させたり、色のついた机の上にはラップを敷き、その上で反応させるなど。
2. 先生にこたわってから、その工夫を奨励してみよ。うまくいったか、その結果を以下に記しなさい。

化学反応の量的関係

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。

準備：器具（各自：注射器 50ml用と 5 ml用、ビニル管；

各班：物差し、はさみ、試薬入りビーカー）

試薬（各自：マグネシウム 15cm；各班：2.0mol/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はかる。塩酸の量を一定にしてマグネシウムの長さを変えた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) マグネシウムを 2 cm、3 cm、4 cm、6 cmの長さに正確に切る。
- (2) 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。
- (3) 塩酸を小型の注射器に 2 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。
- (4) 塩酸を小型の注射器から大型の注射器へ押し出し、マグネシウムと塩酸を十分に反応させる。注射器を冷やしてから、発生した水素の体積を、注射器の目盛りで読み取る。
- (5) 体積を読み取った後、注射器は必ず水でゆすいでおく。
- (6) 4 cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をおこなう。

ここまでの結果から、マグネシウムが 3 cm、5 cm、6 cmのときに発生する水素の体積は、それぞれ何mlになるか予想し、右表に記入しなさい。また、予想値をそのように考えた理由を書いてみなさい。

- (7) 実際に、3 cmと 6 cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をそれぞれおこなう。

実験結果を予想値と比較してみなさい。また、塩酸とマグネシウムの反応の量的関係について右の同いにしたがって答えなさい。

化学反応の量的関係（提出用）

学年 組 番 氏名

結果と考察

マグネシウムリボン 1 cmあたりの質量は ( ) g である。

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	ml	ml	ml
予想した水素の体積	ml	ml	ml	ml	ml
発生した水素の体積	ml	ml	ml	ml	ml

1. 予想値を考えた理由を書きなさい。

2. 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。）

3. 実験結果から、この塩酸 2.0ml すべてが反応するときには、水素が何ml発生するだろうか。（ ml）


4. また、この体積の水素を発生させるのに必要なマグネシウムは、最低何gだろうか。マグネシウムの質量(横軸)と発生した水素の体積(縦軸)のグラフを書いて考えてみよう。（ g）

5. この塩酸(HCl)の濃度は2.0mol/l、マグネシウム(Mg)の原子量は24である。3と4の結果より、塩酸とマグネシウムが過不足なく反応するときの物質質量(mol)比を求めなさい。

HClの物質質量	Mgの物質質量	=	2.0 mol/l × $\frac{2.0}{1000}$ l	×	$\frac{24}{1000}$ g/mol	=	( ) g
		=	( ) mol	:	( ) mol	=	( ) mol
		=	( ) mol	:	( ) mol	=	1.0 mol

結果と考察

マグネシウムリボン 1 cmあたりの質量は (0.010) g である。

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	2.1 ml	3.2 ml	4.2 ml	5.3 ml	6.3 ml
予想した水素の体積	2.0 ml	3.0 ml	4.0 ml	5.0 ml	6.0 ml
発生した水素の体積	2.1 ml	3.2 ml	4.2 ml	5.3 ml	6.3 ml

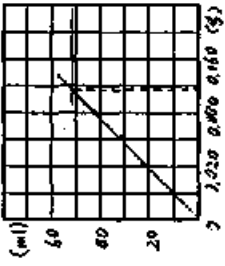
1. 予想値を考えた理由を書きなさい。

反応したマグネシウムの質量と発生した水素の体積は比例するから。

2. 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。)

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。

3. 実験結果から、この塩酸 2.0ml すべてが反応するときには、水素が何ml発生するだろうか。 ( 5.1 ml )



4. また、この体積の水素を発生させるのに必要なマグネシウムの質量(最低何g)だろうか。マグネシウムの質量(横軸)と発生した水素の体積(縦軸)のグラフを書いて考えてみよう。 ( 0.048 g )

5. この塩酸(HCl)の濃度は2.0mol/l、マグネシウム(Mg)の原子量は24である。3と4の結果より、塩酸とマグネシウムが過不足なく反応するときの物質の質量(mol)比を求めなさい。

$$\begin{aligned} \text{HClの} & \text{Mgの} \\ \text{物質} & \text{物質} \\ & = 2.0 \text{ mol/l} \times \frac{2.0}{1000} \text{ l} = \frac{0.048}{24} \text{ g/mol} \\ & = ( 0.0040 ) \text{ mol} : ( 0.0020 ) \text{ mol} \\ & = ( 2.0 ) \text{ mol} : 1.0 \text{ mol} \end{aligned}$$

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。この反応に関する物質の量的関係を調べる。

準備：器具 (各自：注射器 50ml用と 5ml用、ビニル管；各組：物差し、はさみ、試薬入りビーカー)  
試薬 (各自：マグネシウム 15cm；各組：2.0mol/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はかる。塩酸の量を一定にしてマグネシウムの長さを変え、発生する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) マグネシウムを 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cmの長さに正確に切る。
  - (2) 2cmのマグネシウムを大型の注射器に入れ、中の空気を抜く。
  - (3) 塩酸を小型の注射器に 2ml 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。
  - (4) 塩酸を小型の注射器から大型の注射器へ押し出し、マグネシウムと塩酸を十分に反応させる。注射器を冷やしてから、発生した水素の体積を、注射器の目盛りで読み取る。
  - (5) 体積を読み取った後、注射器は必ず水でゆすいでおく。
  - (6) 4cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をおこなう。

ここまでの結果から、マグネシウムが 3cm, 5cm, 6cmのときに発生する水素の体積は、それぞれ何mlになるか予想し、右表に記入しなさい。また、予想値をそのように考えた理由を書いてみなさい。

(7) 実際に、3cmと6cmのマグネシウムで、(2)~(5)と同様の操作をそれぞれおこなう。

実験結果を予想値と比較してみなさい。また、塩酸とマグネシウムの反応の量的関係について右の問いにたがって答えなさい。



反応の速さと濃度との関係

目的：一定量のメチレンブルーが、褪色(たひやく)するまでの時間はチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度によって変化する。濃度を変えて、褪色する時間および速さとの関係を図る。

準備：器具（各自：パレット1つ；  
各班：試薬入りビーカー4個、各試薬每スポイト2本）  
試薬（0.12mol/lチオ硫酸ナトリウム水溶液、0.1%メチレンブルー水溶液、1mol/l硫酸、水）

実験の概要：チオ硫酸ナトリウム水溶液と水とをあわせて5滴の溶液に、メチレンブルー水溶液1滴を混合し、希硫酸を1滴加える。希硫酸を加えてからメチレンブルーの青色が無色になるまでの時間をはかる。

操作：

- (1) チオ硫酸ナトリウム水溶液と水とを、合計が5滴になるように、パレットの溝にスポイトで滴下する。たとえば、チオ硫酸ナトリウム水溶液が5滴であれば水は0滴である。
- (2) メチレンブルー水溶液を、(1)の水溶液のそれぞれに1滴加える。
- (3) チオ硫酸ナトリウム水溶液5滴と水0滴の組み合わせの溶液に、希硫酸をスポイトで1滴加え、滴下してからメチレンブルーの青色が無色になる(褪色する)までの時間を秒単位ではかる。パレットを前後に動かし、液を混ぜながらおこなう。
- (4) その他の組み合わせの溶液について、(3)と同様の操作をおこなう、時間を記録する。
- (5) メチレンブルーの青色が無色になる(褪色する)までの反応の速さは、 $\frac{\text{メチレンブルーの量 (滴)}}{\text{褪色時間 (s)}}$  に比例する。

チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度と褪色時間の結果をグラフに表し、褪色する速さと濃度との関係を考えよう。

反応の速さと濃度との関係 (提出用)

学年          組          番 氏名         

結果と考察

チオ硫酸ナトリウム水溶液と水の組み合わせ	a	b	c
メチレンブルーの滴下量 (滴)	1	1	
チオ硫酸ナトリウム水溶液の滴下量 (滴)	5	4	
水の滴下量 (滴)	0	1	
チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度 (mol/l)	0.10	0.08	
褪色時間 (s)			
メチレンブルーの量 / 褪色時間 (滴/s)			

1. 褪色時間と濃度、メチレンブルーの量 (反応の速さに比例)と濃度のグラフをつくる。

褪色時間 (s)	メチレンブルーの量 (滴)

褪色時間 (s)	メチレンブルーの量 (滴)

チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度 →

チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度 →

2. 褪色する速さと濃度とは、どんな関係があるといえるか。

褪色する速さと濃度とは、         関係があるといえる。

反応の速さと濃度との関係

目的：一定量のメチレンブルーが、褪色(くわい)するまでの時間はチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度によって変化する。濃度を変えて、褪色する時間および速さとの関係を調べる。

準備：器具（各自：パレット1つ；

各皿：試薬入りビーカー4個、各試薬毎スポイト2本）

試薬（0.12mol/lチオ硫酸ナトリウム水溶液、0.1%メチレンブルー水溶液、1mol/l硫酸、水）

実験の概要：チオ硫酸ナトリウム水溶液と水とをあわせて5滴の溶液に、メチレンブルー水溶液1滴を混合し、希硫酸を1滴加える。希硫酸を加えてからメチレンブルーの青色が無色になるまでの時間をはかる。

操作：

- (1) チオ硫酸ナトリウム水溶液と水とを、合計が5滴になるように、パレットの溝にスポイトで滴下する。たとえば、チオ硫酸ナトリウム水溶液が5滴であれば水は0滴である。
- (2) メチレンブルー水溶液を、(1)の水溶液のそれぞれに1滴加える。
- (3) チオ硫酸ナトリウム水溶液5滴と水0滴の組み合わせの溶液に、希硫酸をスポイトで1滴加え、滴下してからメチレンブルーの青色が無色になる(褪色する)までの時間を秒単位ではかる。パレットを前後に動かし、液を混ぜながらおこなう。
- (4) その他の組み合わせの溶液について、(3)と同様の操作をおこなう、時間を記録する。
- (5) メチレンブルーの青色が無色になる(褪色する)までの反応の速さは、 $\frac{\text{メチレンブルーの量(滴)}}{\text{褪色時間(s)}}$  に比例する。

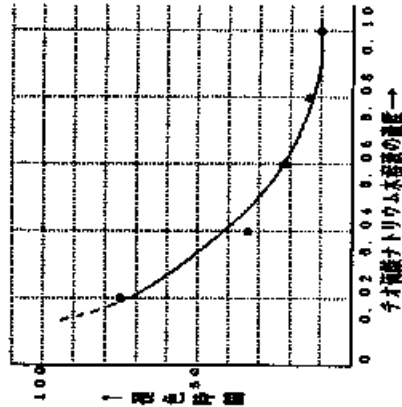
チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度と褪色時間の結果をグラフに表し、褪色する速さと濃度との関係を考えてみなさい。

反応の速さと濃度との関係(復習用)

結果と考察

チオ硫酸ナトリウム水溶液と水の量(滴)	a	b	c	d	e	f
メチレンブルーの滴下量(滴)	1	1	1	1	1	1
チオ硫酸ナトリウム水溶液の滴下量(滴)	5	4	3	2	1	0
水の滴下量(滴)	0	1	2	3	4	5
チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度(mol/l)	0.10	0.08	0.06	0.04	0.02	0.00
褪色時間(s)	10	14	22	33	75	$\infty$
メチレンブルーの量/褪色時間(滴/s)	0.10	0.071	0.045	0.030	0.013	0

1. 褪色時間と濃度、 $\frac{\text{メチレンブルーの量}}{\text{褪色時間}}$  (反応の速さに比例)と濃度のグラフをつくる。



2. 褪色する速さと濃度とは、どんな関係があるといえるか。

右上のグラフが直線になることから、メチレンブルーの青色が褪色する速さは、チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度に比例するといえる。

目的：水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくり、性質を調べる。

準備：器具 (各自：パレット、セロハン、ろ紙(径5 cm程度)；各班：試薬入りビーカー4個、各試薬毎スポイト2本、100mlのビーカー1個、ガスバーナー、三脚、金網)  
 試薬 (水酸化鉄(Ⅲ)飽和水溶液、試薬A：1%ゼラチン水溶液、試薬B：0.1mol/l 塩化ナトリウム水溶液、試薬C：0.1mol/l 硫酸ナトリウム水溶液、0.1mol/l 硝酸銀水溶液、リトマス試験紙)

実験の概要：近ごとに、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくる。次に各自パレット上で、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、コロイド粒子の大きさを推定する。また、コロイド溶液のみと、試薬Aを加えたコロイド溶液とに、それぞれ試薬BやCを加え、沈殿が生じるか観察し、考察する。

操作：

- (1) 100mlのビーカーで純水約50mlを煮沸させ、塩化鉄(Ⅲ)飽和水溶液0.5mlを加えると、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液ができる。
- (2) パレットの溝にスポイトで純水を5滴おとす。その溝に、円すい形にしたろ紙の下部を渡し、そのろ紙に水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液をスポイトで10滴落とし、数分後、ろ紙を取り除く。
- (3) 次に(2)の溝の液の色を観察し、また、リトマス試験紙で液性を調べ、硝酸銀水溶液を1滴加えて変化を観察する。
- (4) ろ紙の代わりに、セロハンを使って(2)および(3)と同様の操作をくりかえす。
- (5) コロイド溶液をパレットの4か所の溝にスポイトで5滴ずつ滴下する。次に、この4か所のうち、端の溝と一つおいた隣の溝の2か所の溝に試薬Aのゼラチン溶液をスポイトで1滴ずつ加える。
- (6) (5)の隣どうしの二つの溝の溶液に、試薬Bの塩化ナトリウム水溶液をスポイトで1滴ずつ加えて変化を観察する。
- (7) 残りの二つの溝の溶液に、試薬Cの硫酸ナトリウム水溶液を1滴ずつ加えて変化を観察する。

結果と考察

ろ紙を通じた溶液	色	液性(酸性・中性)	硝酸銀との反応
セロハンを通じた溶液			

Fe(OH) <sub>3</sub> コロイド溶液	塩化ナトリウム NaCl	硫酸ナトリウム Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Fe(OH) <sub>3</sub> コロイド溶液 +ゼラチン溶液		

1. ろ紙(目の大きさ $10^{-3}$ m)を通り抜けたのは何だろうか。
2. セロハン(目の大きさ $10^{-3}$ m)を通り抜けたのは何だろうか。
3. 実験結果から、コロイド粒子とはどのような大きさの粒子だと考えられるか。
4. 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは正に帯電した疎水コロイドであり、ゼラチンは親水コロイドであることをふまえて、観察結果を説明しなさい。(着眼点：凝析とは何か、保護コロイドとは何か)

目的：水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくり、性質を調べる。

準備：器具 (各自：パレット、セロハン、ろ紙(径5 cm程度)；  
各班：試薬入りビーカー4個、各試薬毎スポイト2本、  
100mlのビーカー1個、ガスバーナー、三脚、金網)  
試薬 (水酸化鉄(Ⅲ)飽和水溶液、試薬A：1%ゼラチン水溶液、  
試薬B：0.1mol/l 塩化ナトリウム水溶液、試薬C：  
0.1mol/l 硫酸ナトリウム水溶液、0.1mol/l 硝酸銀水  
溶液、リトマス試験紙)

実験の概要：班ごとに、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液をつくる。  
次に各自パレット上で、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、コロイド粒子  
の大きさを推定する。また、コロイド溶液のみと、  
試薬Aを加えたコロイド溶液とに、それぞれ試薬B  
やCを加え、沈殿が生じるか観察し、考察する。

操作：

- (1) 100mlのビーカーで純水約50mlを沸騰させ、塩化鉄(Ⅲ)飽和水  
溶液0.5mlを加えると、水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液ができる。
- (2) パレットの薄にスポイトで純水を5滴おとす。その薄に、円す  
い形にしたろ紙の下部を浸し、そのろ紙に水酸化鉄(Ⅲ)コロイド  
溶液をスポイトで10滴落とし、数分後、ろ紙を取り除く。
- (3) 次に(2)の薄の液の色を観察し、また、リトマス試験紙で液性  
を調べ、硝酸銀水溶液を1滴加えて変化を観察する。
- (4) ろ紙の代わりに、セロハンを使って(2)および(3)と同様の操作  
をくりかえす。
- (5) コロイド溶液をパレットの4か所の薄にスポイトで5滴ずつ滴  
下する。次に、この4か所のうち、端の薄と一つおいた隣の薄の  
2か所の薄に試薬Aのゼラチン溶液をスポイトで1滴ずつ加える。
- (6) (5)の隣どうしの二つの薄の溶液に、試薬Bの塩化ナトリウム水  
溶液をスポイトで1滴ずつ加えて変化を観察する。
- (7) 残りの二つの薄の溶液に、試薬Cの硫酸ナトリウム水溶液を1  
滴ずつ加えて変化を観察する。

結果と考察

	色	液性(酸、塩基)	硝酸銀との反応
ろ紙に通り抜けた溶液	赤色透明	酸性	白濁(白沈)
セロハンに通り抜けた溶液	無色透明	酸性	白濁(白沈)

	塩化ナトリウム NaCl	硫酸ナトリウム Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Fe(OH) <sub>3</sub> コロイド溶液	変化なし	赤く濁る (赤色沈殿)
Fe(OH) <sub>3</sub> コロイド溶液 +ゼラチン溶液	変化なし	変化なし

1. ろ紙(目の大きさ $10^{-3}$ m)を通り抜けたのは何だろうか。

水酸化鉄(Ⅲ)コロイド、水素イオン、塩化物イオン、水

2. セロハン(目の大きさ $10^{-2}$ m)を通り抜けたのは何だろうか。

水素イオン、塩化物イオン、水

3. 実験結果から、コロイド粒子とはどのような大きさの粒子だと  
考えられるか。

ろ紙の目( $10^{-3}$ m)は通り抜けるが、セロハンの目( $10^{-2}$ m)は通  
り抜けないので、この実験からは粒子の直径が $10^{-2}$ m~ $10^{-3}$ mの  
範囲に入る程度の大きさと考えられる。

4. 水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは正に帯電した疎水コロイドであり、ゼ  
ラチンは親水コロイドであることをふまえて、観察結果を説明し  
なさい。(着眼点：観察とは何か、保護コロイドとは何か)

水酸化鉄(Ⅲ)コロイドは疎水コロイドなので、少量の硫酸ナ  
トリウムで沈殿した。観察は価数の大きいイオンの方が起こり  
やすいので、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)より硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)で沈殿  
しやすい。ゼラチンは保護コロイドとして働いている。

イオン化傾向と電池

目的：3種の金属板で電池を組み立て、それら3種の金属についてイオン化傾向の大小を比較する。

準備：

器具(二人一組)：紙ばさみ2個、スライドガラス2枚、導線付モーター1個、ろ紙12枚、セロハン3枚；

各班：試薬入りビーカー3個、各試薬毎ピンセット1本)

試薬(二人一組)：マグネシウムリボンMg、銅板Cu、金属板A各4枚；

各班：塩化マグネシウムMgCl<sub>2</sub>、塩化銅CuCl<sub>2</sub>、金属Aの塩化物の各水溶液)

実験の概要：電池を組み立て、モーターの回る向きを調べる。モーターの回る向きと電子の流れる向きとの関係から金属のイオン化傾向の大小を調べる。

操作：1. モーターの回る向きと電子の流れる向きとの関係を探る。  
 (1) 乾電池とモーターを接続した回路図を右ページの1に書き、乾電池の負極・正極と電子の流れる向きを書き入れる。  
 (2) 乾電池でモーターを回転させ、(1)の回路図にモーターの回る向きを記録する。

2. マグネシウムと銅の電池における負極と正極を調べる。

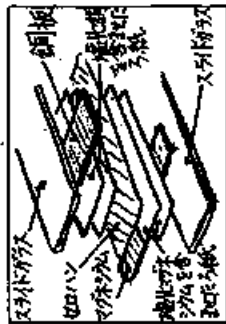
(1) 右図のように、スライドガラス、紙マグネシウム、銅、ろ紙を重ね、紙はさみで押さえ電池をつくる。

(2) 電池とモーターを接続しモーターの回る向きを記録する。その結果からこの電池の負極と正極を考える。

3. 3種類の金属のイオン化傾向の大小を調べる。

(1) マグネシウム、銅、金属Aのイオン化傾向の大きさを比較する実験の方法を計画し記録する。

(2) 実験結果より、3種の金属のイオン化傾向の大小を求める。



(6) イオン化傾向と電池

イオン化傾向と電池 (提出用)

学年 \_\_\_\_\_ 組 \_\_\_\_\_ 番 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

結果と考察

1. 乾電池とモーターを接続した回路図を書く。

記号：電池 \_\_\_\_\_

モーター \_\_\_\_\_

2. 実験結果と1の結果と比較し、この電池の負極と正極、電子の流れる向きを求める。

電池	モーター回転方向	負極板	正極板
Mg Mg <sup>2+</sup>  Cu <sup>2+</sup>  Cu			
		電子の流れる向き	
		極の板から	極の板へ

電子の流れる向きより、電池の負極と正極での変化を電子e<sup>-</sup>を含む反応式(半反応式)で表す。

電池	負極での変化	正極での変化
Mg Mg <sup>2+</sup>  Cu <sup>2+</sup>  Cu	→	→

以上のことから、マグネシウムと銅ではどちらがイオンになっているかを考える。このことから、イオン化傾向の大きい金属は負極と正極のどちらになるか。

イオンになりやすい金属	イオン化傾向の大きい金属の極
-------------	----------------

3. マグネシウム、銅、金属Aのイオン化傾向の大きさを比較する実験の方法と実験結果を記録する。

--

三つの金属をイオン化傾向の大きい順に並べる。

--	--

# イオン化傾向と電池

目的：3種の金属板で電池を組み立て、それら3種の金属についてイオン化傾向の大小を比較する。

準備：

器具(二人一組)：紙ばさみ2個、スライドガラス2枚、導線付モーター1個、ろ紙12枚、セロハン3枚；

各班：試薬入りビーカー3個、各試薬毎ピンセット1本)

試薬(二人一組)：マグネシウムリボンMg、銅板Cu、金属板A各4枚；

各班：塩化マグネシウムMgCl<sub>2</sub>、塩化銅CuCl<sub>2</sub>、金属Aの塩化物の各水溶液)

実験の概要：電池を組み立て、モーターの回る向きを調べる。モーターの回る向きと電子の流れる向きとの関係から金属のイオン化傾向の大小を調べる。

操作：1. モーターの回る向きと電子の流れる向きとの関係を調べる。

(1) 乾電池とモーターを接続した回路図を右ページの1に書き、乾電池の負極・正極と電子の流れる向きを書き入れる。

(2) 乾電池でモーターを回転させ、(1)の回路図にモーターの回る向きを記録する。

2. マグネシウムと銅の電池における負極と正極を調べる。

(1) 右図のように、スライドガラス、マグネシウム、銅、ろ紙を重ね、紙はさみで押さえ電池をつくる。

(2) 電池とモーターを接続しモーターの回る向きを記録する。その結果からこの電池の負極と正極を考える。

3. 3種類の金属のイオン化傾向の大小を調べる。



(1) マグネシウム、銅、金属Aのイオン化傾向の大きさを比較する実験の方法を計画し記録する。

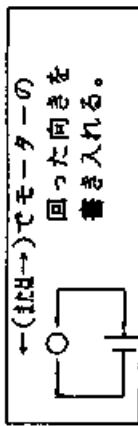
(2) 実験結果より、3種の金属のイオン化傾向の大小を求める。

# イオン化傾向と電池 (復習用)

結果と考察

1. 乾電池とモーターを接続した回路図を書く。

記号：電池  モーター 



2. 実験結果と1の結果と比較し、この電池の負極と正極、電子の流れる向きを求める。

電池	モーター回転方向	負極	正極
Mg Mg <sup>2+</sup>  Cu <sup>2+</sup>  Cu	?	マグネシウム板	銅板
		電子の流れる向き	
		負極のマグネシウム板から	正極の銅板へ

電子の流れる向きより、電池の負極と正極での変化を電子e<sup>-</sup>を含む反応式(半反応式)で表す。

電池	負極での変化	正極での変化
Mg Mg <sup>2+</sup>  Cu <sup>2+</sup>  Cu	Mg → Mg <sup>2+</sup> +2e <sup>-</sup>	Cu <sup>2+</sup> +2e <sup>-</sup> → Cu

以上のことから、マグネシウムと銅ではどちらがイオンになっているかを考える。このことから、イオン化傾向の大きい金属は負極と正極のどちらになるか。

イオンになりやすい金属	イオン化傾向の大きい金属の極
マグネシウム	負極

3. マグネシウム、銅、金属Aのイオン化傾向の大きさを比較する実験の方法と実験結果を記録する。

マグネシウムと金属A、銅と金属Aを組み合わせて電池を作りモーターの回転方向から極を調べて、イオン化傾向の大小を知る。実験の結果、金属Aは、マグネシウムとの組み合わせでは正極、銅とでは負極であった。

三つの金属をイオン化傾向の大きい順に並べる。

マグネシウム > 金属A > 銅
------------------

平衡の移動

目的：平衡の移動の原理について実際に実験し、共通イオンの影響を確認して、結果を予想できるようにする。

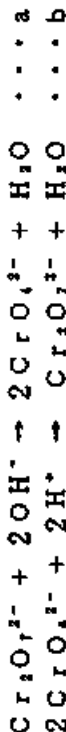
準備：器具（個人：パレット）

試薬（班：クロム酸鉛飽和水溶液、1 mol/l 硝酸鉛水溶液、1 mol/l 硝酸カリウム水溶液、0.2 mol/l ニクロム酸カリウム水溶液、0.2 mol/l クロム酸カリウム水溶液、1 mol/l 塩酸、1 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液）

実験の概要：平衡移動の法即より、平衡状態にある溶液に別の溶液を滴下した時の変化を予測し、調べる。

操作：[A、ニクロム酸イオンとクロム酸イオンの平衡]

ニクロム酸イオン  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  とクロム酸イオン  $\text{CrO}_4^{2-}$  は次の反応が成立する。



(1) ニクロム酸カリウム水溶液をパレットの薄に5滴入れる。式aにおいて、反応を進めるために水酸化ナトリウム水溶液を加える。その変化を記せ。

(2) クロム酸カリウム水溶液の式bについて、(1)と同様に反応を進めるため、塩酸を加える。その変化を記せ。

(3) (1)でできたクロム酸イオンを、再びニクロム酸イオンに戻すにはどうすればよいかを考え、方法と理由、実験での変化を記せ。

(4) (2)の実験後の溶液を使って、(3)と同様に実験を行う。

[B、クロム酸鉛の沈殿生成] 平衡： $\text{PbCrO}_4 \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-}$

(1) クロム酸鉛飽和水溶液をパレットの薄に5滴ずつ3カ所に入れる。

(2) 硝酸鉛水溶液、硝酸カリウム水溶液、クロム酸カリウム水溶液をそれぞれ1滴ずつ(1)の別々の薄に入れたらどう変化するかを予想し、また、そう判断した理由を記せ。

(3) (2)の実験をして結果を記せ。

(7) 平衡の移動

平衡の移動（提出用） 学年 組 番 氏名

結果と考察

[A] 操作方法と実験結果

(1)変化（実験結果）	
(2)変化（実験結果）	
方法	
(3)理由	
変化（実験結果）	
方法	
(4)理由	
変化（実験結果）	

a と b の式から水  $\text{H}_2\text{O}$  を消去して、平衡を示す一つの反応式にし、その反応式を使って実験結果を説明せよ。

反応式：	
説明：	

[B] 予想と実験結果

硝酸鉛	予想：	実験結果：
硝酸カリウム	判断理由：	
クロム酸カリウム	予想：	実験結果：
クロム酸カリウム	判断理由：	
クロム酸カリウム	予想：	実験結果：
クロム酸カリウム	判断理由：	

目的：平衡の移動の原理について実際に実験し、共通イオンの影響を確認して、結果を予想できるようにする。

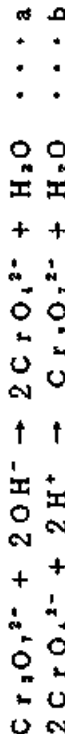
準備：器具 (個人：パレット)

試薬 (班：クロム酸鉛飽和水溶液、1 mol/l 硝酸鉛水溶液、1 mol/l 硝酸カリウム水溶液、0.2 mol/l ニクロム酸カリウム水溶液、0.2 mol/l クロム酸カリウム水溶液、1 mol/l 塩酸、1 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液)

実験の概要：平衡移動の法則より、平衡状態にある溶液に別の溶液を滴下した時の変化を予測し、調べる。

操作：[A. ニクロム酸イオンとクロム酸イオンの平衡]

ニクロム酸イオン  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  とクロム酸イオン  $\text{CrO}_4^{2-}$  は次の反応が成立する。



(1) ニクロム酸カリウム水溶液をパレットの溝に5滴入れる。式 a において、反応を進めるために水酸化ナトリウム水溶液を加える。その変化を記せ。

(2) クロム酸カリウム水溶液の式 b について、(1)と同様に反応を進めるため、塩酸を加える。その変化を記せ。

(3) (1)でできたクロム酸イオンを、再びニクロム酸イオンに戻すにはどうすればよいかを考え、方法と理由、実験での変化を記せ。

(4) (2)の実験後の溶液を使って、(3)と同様に実験を行う。

[B. クロム酸鉛の沈殿生成] 平衡： $\text{PbCrO}_4 \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-}$   
 (1) クロム酸鉛飽和溶液をパレットの溝に5滴ずつ3カ所に入れる。  
 (2) 硝酸鉛水溶液、硝酸カリウム水溶液、クロム酸カリウム水溶液をそれぞれ1滴ずつ(1)の別々の溝に入れたらどう変化するかを予想し、また、そう判断した理由を記せ。

(3) (2)の実験をして結果を記せ。

結果と考察

[A] 操作方法と実験結果

(1)変化 (実験結果)	溶液の色が橙から黄に変化した。
(2)変化 (実験結果)	溶液の色が黄から橙に変化した。
方法 (1)でできた溶液に塩酸を加える。	
(3)理由	式 b の反応を進めるため、酸 ( $\text{H}^+$ ) を加える。
変化 (実験結果)	溶液の色が黄から橙に変化した。
方法 (2)でできた溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加える。	
(4)理由	式 a の反応を進めるため、塩基 ( $\text{OH}^-$ ) を加える。
変化 (実験結果)	溶液の色が橙から黄に変化した。

a と b の式から水  $\text{H}_2\text{O}$  を消去して、平衡を示す一つの反応式にし、その反応式を使って実験結果を説明せよ。

反応式： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}^+$
説明：平衡を示す式から、ニクロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ に水酸化イオン $\text{OH}^-$ を加えるとクロム酸イオン $\text{CrO}_4^{2-}$ 、クロム酸イオンに水素イオン $\text{H}^+$ を加えるとニクロム酸イオンの増える方向に平衡が移動する。

[B] 予想と実験結果

硝酸	予想：沈殿が生じる。	実験結果：黄色沈殿生成
鉛	判断理由：クロム酸鉛の平衡をしめす反応式で鉛イオン $\text{Pb}^{2+}$ が増えるので平衡が左に移動するから。	
硝酸	予想：沈殿は生じない。	実験結果：変化なし
カリウム	判断理由：硝酸カリウムを加えても、平衡の反応式のどの物質の濃度にも影響を与えないから。	
クロム	予想：沈殿が生じる。	実験結果：黄色沈殿生成
酸カリウム	判断理由：平衡の反応式でクロム酸イオン $\text{CrO}_4^{2-}$ が増えるので平衡が左に移動するから。	



酸・塩基とムラサキキャベツ液の色  
教師用引き

目的：本教材は、生徒一人一人が自ら実験操作することを通して化学の楽しさを知らせ、物質の変化を感ぜさせる実験である。さらに、酸性塩基性でムラサキキャベツ液の色が変化することを体験させ、酸・塩基の濃度とpH(酸性塩基性の強さ)との関係、その変化を考えさせる。

操作の手順：ここでの実験操作は、標準的なものとして挙げたものであり、先生がたの度量により適宜変更されてもかまいません。  
この実験は、簡便で、何度でも操作を繰り返して出来るので、試薬がこぼれてしまったり、パレット上で隣の試薬と混ざってしまったようなことがあった場合や、生徒が再実験をやりたい場合などは、繰り返しさせる。

準備：パレットは各生徒に一つずつ配り、その上で実験を行う。スポイトは、各試薬入りのピッカー毎に本ずつ使用する。また、各生使用のスポイト(各目のスポイト)として2本ずつ配る。

各ピッカーには、それぞれの試薬を50%程度入れ、試薬を区別できるようにしておく。なお、試薬①のムラサキキャベツ液は濃い方がよく観察できる(沸騰水300mlにムラサキキャベツの葉で大きなもの5枚程度を入れる)。

なお、右ページのようになり、生徒の前でムラサキキャベツ液を作り、配布すると生徒の興味をより引くものとなる。

留意点：ムラサキキャベツ液の色は、温度や濃度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。

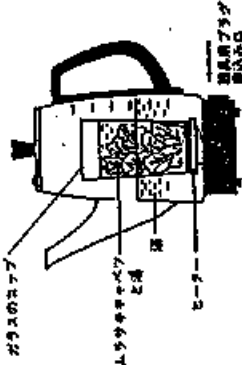
実験の発展例1：塩基の代わりに酸を使って、例えば塩酸と酢酸でpHやその変化の仕方を比較したり、ムラサキキャベツ液の代わりに万能指示薬やナスの抽出液を使って同様の実験をするなど発想させることができる。

ただし、指示薬使用時は、少量の指示薬が傾って次の実験に支障を来すことがあるので、使用後すぐに溶液を捨て、パレットに指示薬が少量でも残らないよう留意させる。なお、水ではどうしても落ちない場合はアルコールで洗浄してみよう。

実験の発展例2：本実験をふまえて、酸と塩基のそれぞれをどんだん希釈していったらどうなるかを推測させ、実際に希釈させて、pH7を越えて変化することがないことに気づかせる。

ムラサキキャベツの色  
いろいろ

講、松原、化学と教育、  
36, 602(1988)



キャベツの中には赤色素をした成分があり、生鮮品のヤブタなどによく使われている。アメリカではこのキャベツを一般に red cabbage と呼んでおり、日本ではムラサキキャベツまたは赤キャベツと呼んでいる。小学校の理科教科書では、酸・アルカリの学習でその抽出液を指示薬として使っている例がある。ムラサキキャベツに対しては、発色本質にも報告があるが、本報では酸・塩基で抽出したムラサキキャベツから色素を抽出して1校時の実験教材として使えよう工夫した。

【ムラサキキャベツの色】

試 験  
ムラサキキャベツ、酢、塩基 (NaHCO<sub>3</sub>)、1M 塩酸 (1M=1mol/dm<sup>3</sup>)、1M 水酸化ナトリウム、電導ポット、透明プラスチックコップ(7個)、ガラスコップ(1個)、10 ml ノースツングラー(2本)。

- 操 作
- (1) ムラサキキャベツの葉1枚をちぎって、コップに入らぬ程度大ききまにちぎって入れる。それに沸騰水を入れ、湯に10分くらい浸け置くか、または、湯分けて湯を蒸気に通かし出す。
  - (2) 湯色の抽出液を5つのコップに分ける。それぞれのコップをすべて強煮、左から見て塩酸を第1のコップとし、以下第2～第5のコップとする。
  - (3) 第1のコップに酢を少量入れ、よく混ぜる。
  - (4) 第2のコップに第1の液を少し入れてかき混ぜると、液は赤紫色の色になる。

5. 個人実験教材に関する教師用引き

- (5) 次に、第3のコップに塩酸を少し(約0.1g)入れ、十分にかき混ぜて色を観る。次に、液は赤くなる。さらに、しばらくすると液の色は赤くなる。
- (6) 第4のコップに第3の液を少し入れ、コップを軽く揺って色の変化を見る。色は淡紫色となる。
- (7) 5つのコップを順序どりに振り混ぜて色を観る。
- (8) 準備段階にムラサキキャベツの液を5mlずつを調製するには、5つのコップに同じ色の液を5mlずつ取り、順々の液に1M NaOHを1ml加え、かき混ぜる。そのうちの1mlを別の液に移すとが塩化ナトリウム溶液はさらに10分の1に希釈されたことになり、液のpHの値は13から12に変わる。この方法を繰り返してpHを下げ、観察すること、おぼろげなpHを測定でき、色と比較することができる。
- (9) 簡単に、水酸化ナトリウムは水を含まない高純度のナトリウムのシートの上に、多量ずつ調下したムラサキキャベツ液の液を5mlずつ取り、上記と同様の方法を繰り返す。今回は、1mlの代わりに液を塩酸に希釈し、pHと色の関係を生徒に問うべしとよい。

説 明

- (1) これはムラサキキャベツの中にある色素の色が、酸・塩基で抽出したムラサキキャベツ液の色に由来することによる。本報で述べた方法で抽出したムラサキキャベツ液の色は、pH1以下で赤、pH1～7で黄、pH8で青、pH9以上で紫が上からと並び変わっていく。なお、色とpHとの関係については詳細は参考文献に示す。
- (2) 水酸化ナトリウムなどの強いアルカリを加えると、液の色は青紫色に変わっていき、しばらくすると黄色になり、この黄色の溶液に酸を加えても赤にならない。これはおそろしく強アルカリにより、色素が完全に変化したことによるものである。

操作上の注意

- (1) 不明な点は図4 3cmほどの円形を5つ切り、塩基、OH<sup>-</sup>上に5つのコップを置き、それぞれの液の色を比較することより便利である。
- (2) ムラサキキャベツの抽出液はそのままで塩基を加えてもいいが、色を加えても濃くなる。使用時は塩基を加えておいておき、そのほか、ムラサキキャベツの葉を1枚ずつ取り、湯を沸かす。色はほとんど変わらないことになり、海塩で洗った葉でもよい。塩基が濃いとき、抽出液の色は変化して赤くなる。
- (3) 電導ポットを使えば、装置に入ってから液をかき混ぜ、電導ポットでムラサキキャベツの抽出液を抽出することができる。カセットのように、ムラサキキャベツに塩を加えたコップを、電導ポットの中に入れておくと、液をより早く抽出することができる。

目的：本教材は、生徒一人一人が自ら実験操作し考察することを通して化学の楽しさを知らせるとともに、思考力を養成しようとするものである。具体的には、マグネシウムの質量と発生する水素の体積について、実際の実験値を使ってグラフを描かせ、内挿と外挿により水素の発生量を予測させる。塩酸がすべて反応したときの水素の発生量と、反応したマグネシウムの質量から、過不足なく反応するときの物質質量(mol)の関係を求めさせる。

操作手順：ここでの実験操作は、標準的なものとして挙げたものであり、先生方の裁量により適宜変更されてもかまいません。

この実験は、何度でも操作を繰り返し出来るので、試験がごぼれてしまったリ、パレット上で隣の試験と混ざってしまうなどのことがあった場合や、生徒が再実験をやりたい場合などは、繰り返し行わせる。

準備と留意点：①100mgのビーカーに、2.0mol/lの塩酸を50ml程度入れ、各班一つずつ配布する。マグネシウムは各班(4人班の場合)60mgずつ配布する。

②表面が酸化した黒くなったマグネシウムは、配布前に希塩酸で表面を軽くとかす。具体的には、1クラス分のマグネシウムを切り取り、大きめのビーカーで、裏表ともに希塩酸(0.1mol/l程度)に触れるよう数秒反応(全体に泡立つ程度に反応)させ、よく水洗いした後、ティッシュ等で水分をふきとる。

③マグネシウムの質量は、ある適当な長さ(たとえば60cm)のマグネシウムの質量をはかり1cmの質量を求め、その数値を実験におこなう際は、注射管の先に

④小型の注射管に塩酸を2.0ml程度入れておく。このようにすることも適宜考えさせるとよい。なお、注射管から塩酸が飛び出さないよう操作には注意させる。

⑤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2.0ml(塩酸の体積)を引いた数値である。

⑥反応時間は1分～5分程度である。反応によって熱が発生するので、反応後水で冷やすとよい。

実験の危険例：マグネシウムリボンの代わりにアルミハクを用いてもよい。ただし、その場合は6Mの塩酸を使用することになるので、取り扱いにより注意をはらう必要がある。

目的：本教材は、生徒一人一人が自ら実験操作することをおして化学の楽しさを知らせ、また、化学式を実際の反応と対応させて考えさせることで反応を考察させるための実験である。また、実験の工夫も考えさせるが、沈殿反応や個々の反応を覚えさせようとするものではない。

準備：器具①パレットは各自一つずつ配り、その上で実験を行う。②スポイトは各試薬入りビーカーの中に入れておく。③各ビーカーにはそれぞれ、1mol/l (NaOHのみ1mol/l)の試薬を50ml程度入れ、試薬を区別できるようにする。

操作手順：プリントに従って実験させ、終了後実験プリントを回収、回答例を配布する。先生方の裁量で適宜内容を変更されたり、パレット上で隣の試験と混ざってしまうなどのことがあった場合や、生徒が再実験をやりたい場合、何度でも操作を繰り返してよい。

この実験は簡便なので、試験がこぼれたり、パレット上で隣の試験と混ざってしまったなどのことがあった場合や、生徒が再実験をやりたい場合、何度でも操作を繰り返してよい。

留意点：表に記入する化学式は、例えば水酸化銅の場合は水溶液中で分解されて酸化銅となるので、酸化銅と書くべきところを水酸化銅とすることはこの実験の回答においては許容し、酸化銅は例外として説明で扱う。

また、銅や鉄、亜鉛イオンとクロム酸イオンとの反応生成物は、単一物質ではないとされているが、これについても詳しくは扱わず、表には代表的な物質ということで挙げてある。なお、銅イオンとクロム酸イオンの反応ではおもにオキシクロム酸銅  $\text{CuCrO}_4 \cdot 2\text{CuO}$  ができていると思われる。

色は反応条件により多少異なる。蒸中の色は結果の1例である。また、工夫させる際には、黒い下地にラップを敷きその上で白沈の実験をさせると見やすい。実験中に皿に液をたらしても問題はないが、これらの工夫は実験の「作法」の問題であり、実験やってみようかどうかは先生方に判断していただきたい。なお、実験後はきちんと拭かせる必要がある。

後処理：実験終了後は、例えば、線引き用の消石灰を入れたバケツにすべての試薬を入れさせるなど、環境に対する配慮もできれば行いたい。特にクロム酸は有害物質とされている。

なお、上記の方法での処理ではバケツ1杯で数年使え、最終処分は地方自治体等に委ねるのがよいと考えられる。

## 反応の速さと濃度の関係

### 教師用手引き

目的：本教材は、生徒一人一人が自ら実験操作することを通して化学の楽しさを知らせ、物質の変化を実感させる実験である。  
さらには、褪色時間と濃度、[メチレンブルーの量/褪色時間]と濃度のグラフをつくらせる。[メチレンブルーの量/褪色時間]が反応の速さに比例することから、グラフをかかせて褪色する速さと濃度の関係を求めさせる。

操作の手順：ここでの実験操作は、標準的なものとして挙げたものであり、先生がたの観望により適宜変更されてもかまいません。この実験は、簡便で、何度でも操作を繰り返して出来るので、試薬がこぼれてしまったり、パレット上で隣の試薬と混ざってしまうなどのことがあった場合や、生徒が再実験をやりたい場合などは、実験を繰り返し行うことができる。また、試薬の量をかえたり、他の試薬で同様の実験をするなど自主的に実験を発展させることができる。

### 準備と留意点：

パレットは各生徒に一つずつ配り、その上で実験をおこなう。スポイトは二人で1本の割合になるよう、各試薬入りピッカー毎に2本ずつ用いるとよい。各ピッカーにはそれぞれの試薬を20mL程度入れ、試薬が区別できるようしておく。

実験操作では、チオ硫酸ナトリウム溶液の滴下量が5滴～1滴の組み合わせは是非行なわせたい。

チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度は、メチレンブルー水溶液も含めて合計6滴であれば、0.12mol/Lの溶液がそれぞれ5分、6分の4、6分の3、・・・に希釈されたことになり、計算しやすいように設定してある。

### 実験の発展例：

メチレンブルーの量を2滴にするなど変えて、反応の速さと濃度の関係と同様の実験を通して確かめる。その際、全体の量を6滴として同じにした方が比較計算しやすいが、生徒に操作や計算を行わせる中で自ら考えさせるのもよいと思われる。

## コロイド溶液 教師用手引き

目的：本教材は、生徒一人一人が自ら実験操作することを通して化学の楽しさを知らせ、物質の変化を実感させる実験である。さらに、コロイド溶液をろ紙とセロハンでろ過し、コロイド粒子の大きさを考えさせる。コロイド溶液に電解質溶液を加え、沈殿生成の有無から、コロイド溶液の性質を考えさせ、また、コロイド溶液に関連する用語も理解させる。

操作の手順：ここでの実験操作は、標準的なものとして挙げたものであり、先生がたの観望により適宜変更されてもかまいません。この実験は、簡便で、何度でも操作を繰り返して出来るので、試薬がこぼれてしまったり、パレット上で隣の試薬と混ざってしまうなどのことがあった場合や、生徒が再実験をやりたい場合などは、実験を繰り返し行うことができる。また、試薬の量をかえたり、他の試薬で同様の実験をするなど自主的に実験を発展させることができる。

### 準備と留意点：

最近、市販のセロハンの中に遷折できないものがあるので、購入の際にはご注意ください。

パレットは各生徒に一つずつ配り、その上で実験をおこなう。セロハンは1辺が5cm程度の大きさのものを、ろ紙も同程度の大きさのものを各生徒に1枚ずつ配る。スポイトは各試薬入りピッカー毎に2本使用する。

各ピッカーには、それぞれの試薬を10mL程度入れ、試薬が区別できるようにしておく。ただし、塩化鉄(III)飽和水溶液は使用量が少ないのでクラスで10mL程度(水10mLに対して塩化鉄(III)約6g溶かして)つくり、必要量を試験管等に小分けして配布する。

できれば、脱折でてきた沈殿物が、化学変化した硫酸鉄(III)ではないことを示すため、硫酸鉄(III)が水に溶けることを見せるとよい。

### 実験の発展例：

コロイドを牛乳や泥水、インクなどに代え、それぞれ同様の実験を行い、コロイドの性質を調べる。ただし、泥水は負に帯電しており、ミョウバンなど多価の陽イオン（アルミニウムイオン）を含む化合物で落ちやすい。また、インクではにかねわなどが保護コロイドとして加えられている。

目的：2種の金属とその塩の水溶液から電池が出来ることをモーターの回転により確認させ、モーターの回る向きからこの電池の負極と正極を判断させる。電池の負極から正極へ電子が流れることより、電極での半反応式を書かせ、2種の金属のイオン化傾向の大小を考えさせる。

さらに、3種類の金属のイオン化傾向の大小を比較する実験を計画させる。実験結果を整理させ、3種の金属のイオン化傾向の大小を求めさせる。

準備：50mlの各ビーカーに、約1mol/lのそれぞれの水溶液を10ml程度入れ、各一枚ずつ配る。ピンセットは、各試薬ごと1本ずつ使用する。なお、実験では3種の電池を作成することになる。

ろ紙は4cm×4cmに切り、各グループ12枚ずつ使用する。

金属板は幅4cm、長さ4cmに切り(電池の塩板用の金属板が幅4cmである)、各グループ2枚ずつ使用する。このとき、金属板の厚みは薄い方が切りやすい。マグネシウムリボンは長さ4cmに切りとって各自2～3本使用する。金属板Aは、亜鉛板を使用するとよい。なお、表面が酸化している金属板は、配布前に希塩酸で表面を軽く溶かしておくことよい。

留意点：乾電池によるモーターの回転は早いので、指で羽根を止めたりして、モーターの回る向きを確認するとよい。

金属板は導線と接続するので、金属板の一端をスライドガラスの外に出すように重ねるが、その際、それぞれの金属板の一端を反対側に出しておくことシートしにくい。

自作の電池でモーターが回らないときは、スライドガラスがうまく圧着しているか確認させる。この大ききの電池でモーターは1分以上回転する。新しく電池をつくる毎に、スライドガラスは水で洗い、ティッシュ等で水分をふきとる。使用済みのろ紙は、流し等に捨てさせずに、回収する。

実験の発展例：銅板の代わりにステンレス板なども利用できる。ステンレス板でも電池がつくることが確認でき、正極での反応が金属陽イオンの還元反応であることが理解されやすい。また、ろ紙の数を増やしてモーターの回る時間を計ってみる。正極側の溶液が多いとモーターは長く回る。

以上のことから、電池の性能を高めるには、負極に酸化されやすいものを、正極に還元されやすいものを使用するとよいといえる。

目的：この実験は、平衡の移動の原理を確かめる実験で、よく知られているものであるが、実験結果から考察させるという手順ではなく、結果を得るための操作方法を自分で考えさせ、実際にその操作で実験を行わせ、結果を記述させたり、実験結果を予想させてから実験を行うという形式をとっている。

平衡移動については、その基本となる考えを把握することが重要で、この実験は授業での平衡移動の原理が、実験の場面に結び付け、生かされるかを、簡単な操作ではあるが的確に記述できるかにより見積るものである。

準備：各試薬の濃度はそれほど正確である必要はない。ただし、クロム酸鉛の沈殿を生成させる実験では、後から加える試薬(硝酸鉛水溶液やクロム酸カリウム水溶液)の濃度がうすすぎると沈殿が生じない場合がある。

試薬は滴ビンに入れ、個人実験でも、4人に一つの割合で減せば、十分に合う。

試薬はスポイトを使って滴下するので、各生徒にスポイトを8本ずつ配って使い分けさせるか、1回ごとにきれいに洗浄させる必要があるが、滴ビンと同様に、四人または二人でスポイトを使わせることもできる。ただし、試薬を間違えないようくれぐれも注意させる必要がある

留意点：実験はパレット上で行うので、パレットは各生徒に一つずつ配るが、加える試薬は1～3滴程度にするよう留意させる。

式aとbを一つにまとめることが難しいと思われる場合には、最初にそのやり方を示しておくことよい。また、場合によっては式を示してもよい。

実験の発展例：実験Bにおいて、クロム酸鉛の飽和溶液に、濃度のうすい鉛イオンやクロム酸イオンの溶液を加えて、沈殿が生じない理由を考えさせる。この場合、濃度が元の濃度より薄められることによるが、このような定量的な考えは他の実験でも常に念頭に置いておくべきことと思われる。

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。

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| (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。<br>. . . . .      | 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。<br>. . . . . | 賛 | 反 | 中 |

次の(17)から(20)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  
 と思うものをつつ選び、その記号を○でかきなさい。

- (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) 化学で実験をするとき、あなたは何人くらいの一ひととグループになってやるのがよ  
 いと思いますか。
- ア. 自分一人でやるのが、自分のペースですべてよい。  
 イ. 二人くらいで一緒に協力してやるのが、わかりやすくよい。  
 ウ. 二人くらいで手分けしてやるのが、早くできてよい。  
 エ. 四人くらいで一緒に協力してやるのが、わかりやすくよい。  
 オ. 四人くらいで手分けをしてやるのが、早くできてよい。
- (19) 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。
- (20) 理科や化学の実験で、これまであなたは主には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。

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実験ではプリントに  
書いてないことも 書いてあることも  
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

2 今回の実験で印象に残った点や疑問点、感想などを下に書きなさい。

(2) 実験に関するアンケート

【実施上の問題点に関する調査】

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。

都県立 高等学校 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は、次のどれですか。

- ①酸・塩基 ②量的関係 ③反応の速さ ④コロイド  
⑤沈殿反応 ⑥鉄の腐食 ⑦イオン化列 ⑧平衡移動

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 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。  
ア 使いこなせた イ 使いこなせなかった

4 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 ( )

5 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。

6 生徒の反応はいかがでしたか。

7 試験管を使っのグループ実験とパレットや注射器による個人実験とを総合的に比較してどのような評価をされますか。

### (3) 化学の実験に関する調査

化学調

90-CHE

## 化学の実験に関する調査

国立教育研究所

次ページより、化学の実験に関する調査項目が入っています。内容は、科学に対する意見を尋ねる項目や、実験を実際にしたり、頭の中で考えて答えてもらう項目です。先生の指示にしたがい、ほかのひとの意見は気にせず、自分の思うとおりに回答してください。

高等学校 年 組 番 (男・女) 氏名

複製を禁ずる

- 1 -

1. 科学調査 (調査時間 10分)

次の(1)から(16)までの項目については、あなたがもし、

そうだ(賛成)と思うときは 賛 に ○、  
 そうではない(反対)と思うときは 反 に ○、  
 どちらともいえないときは(中立) 中 に ○をつけなさい。

- |      |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|
| (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。<br>. . . . .     | 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。<br>. . . . . | 賛 | 反 | 中 |

次の(17)から(20)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選び、その記号を○でかこみなさい。

- (17) 化学の勉強をするのに、実験が必要なのとして、あなたがもっとも大切と思うものは、次の中のどれですか。
- ア. 実験によって、いろいろな考えを実際に確かめるため。  
 イ. 学んだことをよきよき覚えられるように、実際に体験するため。  
 ウ. 実験によって見いだされた事実から、規則を見つけるため。  
 エ. だれがやっても同じ結果が得られることを確かめるため。  
 オ. いろいろな器具がしょらずに使えるように練習するため。
- (18) 化学ではいろいろな法則が出てきますが、この法則について、あなたがもっとも大切だと思うものはどれですか。
- ア. 法則をできるだけたくさん覚えること。  
 イ. 法則を使ってたくさん問題を解き、法則になれること。  
 ウ. それぞれの法則がどうやって出てきたのか、理由を知ること。  
 エ. 法則を忘れても、どこを調べればよいかを知っていること。  
 オ. 法則を忘れても、自分で導き出せるようにすること。
- (19) 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。
- (20) 化学のイメージとしては、次のどれがもっとも強いですか。
- ア. 化学式など、覚えること中心の科目。  
 イ. モル計算のような計算中心の科目。  
 ウ. 教師や生徒自身による実験中心の科目。  
 エ. いろいろな法則や理論など、考え方中心の科目。  
 オ. その他、具体的に ( )

ここまで終わったなら、そのまま先生の指示を待ってください。



1. 科学観測 (調査時間 約5分)

次の(1)から(16)までの項目については、あなたがもし、  
 そうだ(賛成)と思うときは 賛 に ○、  
 そうではない(反対)と思うときは 反 に ○、  
 どちらともいえないときは(中立) 中 に ○をつけなさい。

- |   |    |    |    |
|---|----|----|----|
| (1) 科学は、日常生活の問題を解決するのに役立つ。              | 賛成 | 反対 | 中立 |
| (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選んだ学問分野です。           | 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) 化学は道具の取り扱いがむずかしいです。                | 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、野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(20)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) 化学で実験をするとき、あなたは何人くらいの一ひととグループになってやるのがよいと思いますか。

- ア. 自分一人でやるのが、自分のペースでできてよい。
- イ. 二人くらいで一緒に協力してやるのが、わかりやすくできてよい。
- ウ. 二人くらいで手分けしてやるのが、早くできてよい。
- エ. 四人くらいで一緒に協力してやるのが、わかりやすくできてよい。
- オ. 四人くらいで手分けしてやるのが、早くできてよい。

(19) 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を使うのを見ている。
- 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。

(20) 化学の勉強をするのに、実験が必要なのとして、あなたがもっとも大切と思うものは、次の中のどれですか。

- ア. 実験によって、いろいろな考えを実際に確かめるため。
- イ. 学んだことをよりよく覚えられるように、実際に体験するため。
- ウ. 実験によって見いだされた事実から、規則を見つめるため。
- エ. だれがやっても同じ結果が得られることを確かめるため。
- オ. いろいろな器具がじゃぶじゃぶに使えるように練習するため。

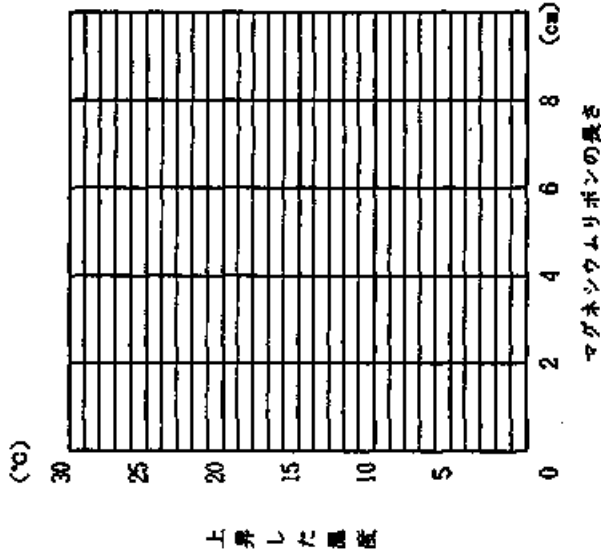
ここまで終わったなら、そのまま先生の指示を待ってください。

2. 反応熱の測定 (調査時間 15分)

- (1) 机の上にある4個のサーモカップ (A~D) に、 $20\text{cm}^3$  ずつ希硫酸を入れなさい。
- (2) 最初にそれぞれの液温 ( $T_1$ ) をはかり、下の表の(2)に記入しなさい。
- (3) Aのサーモカップに $2\text{cm}$ のマグネシウムリボンを入れ、よく反応させ、反応し終わったところで液温 ( $T_2$ ) を測定しなさい。また、B~Dには、それぞれ $4$ 、 $6$ 、 $8\text{cm}$ のマグネシウムリボンを入れ、Aと同様に温度を測定しなさい。そして、その結果を次の表の(3)に記入しなさい。

	(2)		(3)	
	初めの液温 ( $T_1$ )	反応後の液温 ( $T_2$ )	反応後の液温 ( $T_2$ )	上昇した温度 ( $T_2 - T_1$ )
A (2 cmのマグネシウムリボン入)	°C	°C	°C	°C
B (4 cmのマグネシウムリボン入)	°C	°C	°C	°C
C (6 cmのマグネシウムリボン入)	°C	°C	°C	°C
D (8 cmのマグネシウムリボン入)	°C	°C	°C	°C

- (4) 反応したマグネシウムリボンの長さで上昇した温度 ( $T_2 - T_1$ ) の関係をグラフに表しなさい。



- (5) 上の実験でマグネシウムリボンを $5\text{cm}$ にしたら、上昇温度 ( $T_2 - T_1$ ) は何度と考えられますか。

終わったなら、そのまま先生の指示を待ってください。

3. 液性の実験 (調査時間10分)

(1) 机の上の滴ビン①～④には、次の4種類の液体のいずれかがそれぞれ入れられています。

液体：希塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、食塩水、水

(2) また、「フェノールフタレイン」と記された滴ビンにはフェノールフタレイン溶液が入っています。なお、この溶液は酸性および中性の溶液中では無色、アルカリ性溶液中では赤色を示す。

(3) 与えられた薬品を用いて、水酸化ナトリウム水溶液が入っているのは、①～④のうちのどの滴ビンであるかを調べる方法を計画しなさい。なお、操作はすべてパレット上で行い、必要ならばスポイトを使用することとします。

(4) あなたの計画に基づいて実験をしなさい。

(5) その結果、水酸化ナトリウム水溶液の入っていた滴ビンはどれでしたか。

(6) 次に、希塩酸が①～④のどれに入っているかを調べるためにはどんな実験をしたらよいですか。あなたの実験の計画を書きなさい。ただし、ここで使える薬品と器具は、滴ビン中およびパレット上の溶液とスポイトとする。

(7) あなたの計画に基づいて実験をしなさい。

(8) その結果、希塩酸が入っていた滴ビンは①～④のうちのどれでしたか。

終わったら、そのままで先生の指示を待ってください。

次の表は、タンク(水槽)に水を入れたとき、入れはじめから時間の時間と、そのとき測定した水の深さを示しています。

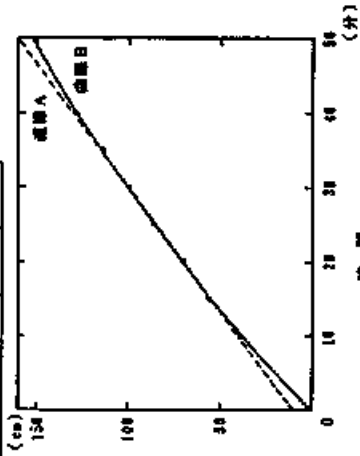
時間 x (分)	10	15	20	25	30	35	40
深さ y (cm)	39	56	70	86	100	114	129

この数値をもとに、直線Aと曲線Bの二つのグラフをつくった。測定値からのグラフのずれはどちらも同じである。

なお、直線Aの式は  $y = 3x + 10$

曲線Bの式は  $y = \frac{625x}{156+x}$

でそれぞれ表される。



- (1) A, Bのグラフは、それぞれどのような状況を示したものでしょうか。最初の水の量や水の入り方など、二つのグラフを比較して説明しなさい。

- (2) 上表のデータからは、どちらのグラフの方が適当と考えられますか。

ア. Aの方がよい。 イ. Bの方がよい。

ウ. どちらとも決められない。

- (3) (2)でそう考えた理由を書きなさい。

次の表は、タンク(水槽)に水を入れたとき、入れはじめから時間の時間と、そのとき測定した水の深さを示しています。

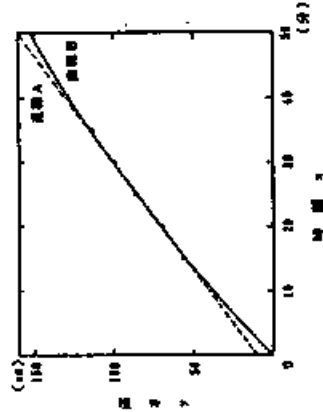
時間 x (分)	10	15	20	25	30	35	40
深さ y (cm)	39	56	70	86	100	114	129

この数値をもとに、直線Aと曲線Bの二つのグラフをつくった。測定値からのグラフのずれはどちらも同じである。

なお、直線Aの式は  $y = 3x + 10$

曲線Bの式は  $y = \frac{625x}{156+x}$

でそれぞれ表される。



- (1) A, Bのグラフは、それぞれどのような状況を示したものでしょうか。最初の水の量、水の入り方、どこまで水が入るかについて二つのグラフを比較して説明しなさい。

- (2) 上表のデータからは、どちらのグラフの方が適当と考えられますか。

ア. Aの方がよい。 イ. Bの方がよい。

ウ. どちらとも決められない。

- (3) (2)でそう考えた理由を書きなさい。

4. 溶質の推定 (調査時間 5分)

89

- (1) 糖試験紙は、ブドウ糖溶液につけると黄色から緑色に変化します。また、ヨウ素溶液は、デンプン溶液に入れると褐色から茶色になります。これらの反応をまとめると次の表のようになります。

	ブドウ糖溶液	デンプン溶液
糖試験紙 (黄色)	黄 → 緑	変わらない (黄色)
ヨウ素溶液 (褐色)	変わらない (褐色)	褐色 → 茶

- (2) 試験管AとBに入っている液について調べたところ、以下の表のような結果になりました。

	試験管A	試験管B
糖試験紙 (黄色)	黄 → 緑	変わらない (黄色)
ヨウ素溶液 (褐色)	褐色 → 茶	変わらない (褐色)

- (3) 上の実験結果をもとにして、試験管AとBにブドウ糖とデンプンが入っていたかどうかを書きなさい。

	試験管A	試験管B
ブドウ糖		
デンプン		

## 7. 記述を要する設問の回答

実験に関して記述を求める設問項目を設定しているが、その回答を、生徒の記述のまま掲載する。これは実験ばかりでなく、理科や化学の学習における高校生の表現の仕方がどのようなものであり、また、どの程度表現できるかを示す目安と考えられる。

(1) 実験「酸・塩基」と「反応の速さ」の考察の記述

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 学校11, 2年B組

- 01, 02, 04, 07, 08 -  
09 濃度が同じでもPHがちがう。  
10 アルカリの濃度同じでも、PHが違う。  
11 濃度は同じでも、PHは違う。  
12 -  
13 電離する量が違うから 色が違う。  
NaOHは強塩基→0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 →0.1mol/l≠0.1mol/l  
14 NaOHは強塩基→0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 →0.1mol/l≠0.1mol/l  
電離する量が違うから 色がちがう。  
16 電離する量がちがうから色が違う。  
NaOHは強塩基→0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 →0.1mol/l≠0.1mol/l  
17 アルカリの濃度は同じだけど、PHの値はちがっている。  
19 NaOHは 強塩基で、NH<sub>3</sub>は 弱塩基で 電離度の違いから色が違って来る。  
20 アルカリの濃度は同じだけど、PHの値は違って来る。  
21 NaOHは強塩基→0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 →0.1mol/l≠0.1mol/l 色から判断  
22 NaOHは強塩基→0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 →0.1mol/l≠0.1mol/l 色から判明  
23 NaOHは 強塩基で、NH<sub>3</sub>は弱塩基で、2つの電離度のちがいがから、色がちがって来る。  
NaOH 0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub> 0.1mol/l≠0.1mol/l  
24 NaOHは、強塩基で、NH<sub>3</sub>は弱塩基で、2つの電離度の違いが色にでて来る。  
NaOH→ 0.1mol/l=0.1mol/l  
NH<sub>3</sub> → 0.1mol/l≠0.1mol/l  
26 NaOHは強塩基で、0.1mol/lは すべて 0.1mol/lになるが  
NH<sub>3</sub>は弱塩基で、すべて0.1mol/lにはならないから、(電離度が違うから)  
色がちがっていく。  
27 NaOHは強塩基 0.1mol/l=OH<sup>-</sup> =0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 0.1mol/l≠0.1mol/l 色から判明  
28 NaOHは強塩基 0.1mol/l=OH<sup>-</sup> =0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 0.1mol/l≠0.1mol/l  
29~32 -  
33 NaOHは強塩基 0.1mol/l=OH<sup>-</sup> =0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 0.1mol/l=0.1mol/l  
同じ濃度のときは色がちがってくる。アンモニアは色はあまり変化しない。  
34 -  
35 NaOHは強塩基、NH<sub>3</sub>は弱塩基で2つの電離度がちがうから色もちがってくる。  
36 NaOHは強塩基 0.1mol/l=OH<sup>-</sup> =0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 0.1mol/l≠0.1mol/l 色から判明  
38 NaOHは強塩基 0.1mol/l=OH<sup>-</sup> =0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 0.1mol/l≠0.1mol/l 色から判明  
色がちがってくる。  
39 NaOHは強塩基 0.1mol/l=OH<sup>-</sup> =0.1mol/l  
NH<sub>3</sub>は弱塩基 0.1mol/l≠0.1mol/l 色から判断

酸・塩基とムラサキキャベツ液の色 学校23, 2年5組

- 01 あまり変化しない  
02 NH<sub>3</sub>の方が変化の度合いが小さい

- 03  $\text{NH}_3$ では!  $\text{NaOH}$ と同じ濃度で希釈したときに $\text{NaOH}$ とちがって、はっきりと溶液の色が変わる
- 04  $\text{NH}_3$ の方がPHがすくない
- 05 同じ濃度でのPHはちがっているが希釈すると差が少なくなる
- 06  $\text{HCl}$  0. 1のときに、 $\text{NH}_3$ は1 2とか、数に差があり、しかも大きい。しかし、0. 01の時は、0. 5ぐらいの差なので、よくわからん
- 07 同じ濃度では違うが、希釈すると差が少ない
- 08 違ってない。
09. 1 0 ちがってない
- 11 ほぼ同じ
- 12 ちがってない
- 13 同じ濃度ではPHにちがいがあるが 希釈すると、PHの差がすくなくなる。
- 14  $\text{NH}_3$ の方がなんとなく、濃度が同じなのに  $\text{NaOH}$ よりPHが小さい。
- 15 ちがってない。
- 16 よくわからん。
- 17 あまり違ってない。
- 18 ほとんど同じです
- 19 ほとんど同じ濃度。
- 20 (だいたい) 同じです
- 21 ほぼ同じ
- 22 色の変化にもあるように、希釈していくにつれ、中性に近付いていく。 $\text{NaOH}$ の時はPH値が低くなっていても色はそれほどかわってないが $\text{NH}_3$ は徐々にかわっていく。
- 23 だんだん数値が小さくなっていった。
- 24 だんだん色がかわっていった
- 25 (3)は時間たつにつれて黄色に。(7)~(3)はみどりのままだった。
- 26 3)は最初は黄緑だったけど、黄色になった。7)~3)は黄緑まま変わりなかった。
- 27  $\text{NaOH}$ が0. 1 mol/lの時、最初は黄緑だったが 黄に変化していった。
- 28 (3)は最初は黄緑だったけど時間がたつにつれて、黄色になったけど、(7)~(3)は最初から最後までずっと黄緑だった。
- 29 操作(3)は最初は黄緑だったのが、黄色に変化したけど 操作(7)~(4)は最初から最後まで 緑だった
- 30  $\text{NaOH}$ の0. 1 mol/lの濃度の時は、きみどりから黄色になった。でも $\text{NH}_3$ の0. 1 mol/lのほうは 色が変わらずきみどりのままだった。
- 31  $\text{NaOH}$ の0. 1 (mol/l)と $\text{NH}_3$ の0. 1 (mol/l)の色がちがう。
- 32  $\text{NaOH}$ の一番最初にしたものが、時間をおいて見ると黄色に変わった。
- 33  $\text{NaOH}$ の方が同じ濃度でもPHの値が大きい
- 34  $\text{NH}_3$ は $\text{NaOH}$ よりもPHの変化がゆっくりとおこる
- 35  $\text{NaOH}$ よりも $\text{NH}_3$ のほうは細かく変化する
- 36 色がだんだん変化して、前のものより薄くなるかんじがする。
- 37 0. 01 (mol/l)のとき、 $\text{NH}_3$ のPH派、 $\text{NaOH}$ のPH(12 11)の中間になっている。
- 38 同じ濃度でもPHが違う なぜだろう。
- 39 ほぼ、変わらないが  $\text{NH}_3$ は、中間の色が多かった。
- 40 濃度が同じくても 試薬によって PHが違うのは なぜだろうか?
- 41  $\text{NaOH}$ と $\text{NH}_3$ の色の変化は濃度が0. 1ずつ違った  $\text{NaOH}$ は0. 1mol/lのとき黄色がまじっていた。
- 42  $\text{NaOH}$ は希釈するほど PHは小さくなるが、 $\text{NH}_3$ では、希釈するほど、PHが大きくなる。
- 43 (3)が(7) - (3)とはじめ同じだったけれど、時間がたったら(3)が黄に変化した。
- 44 同じぐらい(量を)まぜても、色がちがった。
- 45  $\text{NaOH}$ は希釈するほどPHは小さくなる  
 $\text{NH}_3$ は希釈するほどPHは大きくなる。



反応の速さ 学校11, 2年B組

- 01-直線になると 濃度と速さは、比例しているといえる。
- 02-右のグラフは比例するそうであるが このグラフは、なっていない。(直線になると速さと濃度は比例している)
- 03-直線になると濃度と速さが比例しているといえる。
- 04-比例しているはずだが
- 05-濃度がうすくなると速度はおそくなった。
- 06-比例の関係
- 07-濃度がうすくなると、反応の速度は、極端におそくなる。
- 08-09-比例の関係
- 10-比例関係
- 11-曲線になったが比例関係
- 12-水の量が増すと退色する時間がおそくなっている
- 13-チオ硫酸ナトリウムの濃度と、メチレンブルー量/退色時間のグラフが直線になることから、チオ硫酸ナトリウムの濃度と退色の速さは比例しているといえる。
- 14-右側のグラフが直線になることから、速さと濃度は比例しているといえる。
- 15-チオ硫酸ナトリウムの濃度と、メチレンブルー量/退色時間のグラフが直線になっていたのだから 濃度と速さは比例しているといえる。
- 16-チオ硫酸ナトリウムの濃度と、メチレンブルー量/退色時間のグラフが直線になることから、チオ硫酸ナトリウムの濃度と退色の速さは比例しているといえる
- 17-直線になるとチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度と退色する速さは比例しているといえる。
- 19-直線になるとチオ硫酸ナトリウムの濃度がこくなると退色時間は速くなるから チオ硫酸ナトリウムと速さは比例する。 ☆濃度がこくなると速さが速くなる
- 20-直線になったので、チオ硫酸ナトリウムの濃度がこくなると、退色時間は速くなるから、チオ硫酸ナトリウムと速さは比例する。
- 21-退色時間と濃度は反比例の関係にあって、メチレンブルーの量と濃度は比例の関係にあるといえる。  
退色時間
- 22-退色時間と濃度は反比例の関係にあるので、速さは濃度と比例するといえる。
- 23-24-退色時間と濃度は反比例の関係にあって、メチレンブルーの量と濃度は比例の関係にあるといえる。  
退色時間
- 26-速さと濃度には比例関係がある。
- 27-28-比例関係
- 30-濃度がこくなれば時間は速くなる
- 31-退色する速さとチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度とは 比例の関係
- 32-退色時間とチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度は 反比例の関係 退色の速度とチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度は 比例の関係。
- 33-退色する速さと濃度とには だいたい比例関係にあるといえる。
- 34-直線になったので退色する速さと濃度は、比例の関係になっている。※ついでに退色時間と濃度は反比例になっている。
- 35-だいたい直線になったので 比例しているといえる。
- 36-比例関係
- 37-濃さと退色する関係は反比例する メチレンブルーの量/退色時間と濃度の関係は比例する
- 38-比例関係
- 39-直線になるから退色する速さと濃度は比例しているといえる。
- 40-退色時間と水溶液の濃度は反比例で、時間分の量と水溶液は比例だった。

反応の速さ 学校13, 2年9組

- 02 - 比例
- 04 - グラフが比例や反比例みたいになった
- 05 - 濃度が高くなるほど、
- 06 - 比例していると思う
- 07 - よくわからなかった
- 08 - 比例している
- 09 - 濃度が高くなるにつれてはよくなる
- 10 - 反比例かもしれない。
- 11 - 反比例
- 12 - 比例の関係にある いつも同じ量ができるとはかぎらないから記録がちがっている。
- 13 - 濃度が高いほど退色するスピードが早い。仮説2
- 14 - チオ硫酸ナトリウムが多いほど速く退色する
- 16 - 濃度が高いほど退色する速さは速くなる
- 17 - 濃度が濃ければ濃いほど退色する速さは速くなる ということは 比例しているのである。
- 18 - 濃度と退色の関係はほぼ反比例、濃度と量 色は一部分変だけどほぼ比例。濃度が濃いほど反応速度は速い。
- 19 - 反比例である
- 20 - -
- 21 - チオ硫酸Na水溶液の濃度と時間は反比例する。
- 22 - 濃度が高くなるにつれ、退色が速くなる。
- 23 - 濃度が濃くなると反応も速くなる
- 24 - チオ硫酸ナトリウムと退色時間は反比例する
- 25 - 26 - 濃度が高いと速い。
- 27 - 濃度が高いほど退色する速さがはやい
- 28 - 濃度が高い方が反応が速いと思う。速さはだいたいチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度と同じになった。
- 29 - 濃度が高い方が速度が速い。
- 30 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高くなると退色時間が比例して短くなる。
- 31 - チオ硫酸の濃度が濃いほど、退色時間は、速い。
- 32 - 濃度が高い方が、退色する速さが速い。
- 34 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が低くなるほど退色時間がかかる。
- 35 - 濃度が低ければ低いほど退色時間がかかる。
- 36 - チオの濃度が高いほど退色時間は速く 比例の関係であるといえる。
- 37 - 反比例の関係だと思う。
- 38 - -
- 39 - 反比例の関係
- 40 - だいたい比例の関係といえる
- 41 - -
- 42 - 速ければ速い程、濃度は低い→反比例。
- 43 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が濃くなるにつれて 反応が速くなる。
- 44 - チオ硫酸ナトリウムの濃度が濃くなることにより反応が速くなる。

反応の速さ 学校13, 2年10組

- 01 - 濃度が濃いほど退色するのが速かった。
- 02 - -
- 03 - 反比例 ファイヤー
- 05 - 比例している。
- 06 - 時間と濃度は反比例。チオと濃度は比例。  
時間
- 07 - 比例している
- 08 - 比例する
- 09 - のうどがこいほど はやく化学変化する 比例
- 10 - 濃度が高いほど退色時間が少ない 比例している
- 11 - 比例関係である。
- 12 - 比例している
- 13 - ほほ比例していると言っていいと思う。
- 14 - 17 - 比例
- 18 - 比例の関係
- 19 - 濃度が濃いほど速くなるので比例関係になる。
- 20 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度がこいほど速くなるので比例の関係
- 22 - 濃度が濃いほど退色するのが速かった。
- 23 - 濃度がうすくなると退色する時間は短くなる(みたいだ)。
- 24 - メチレンブルの量と水の量によって色のかわるはやさがちがう。水の量がすくないほどはやくかわる。
- 25 - 濃度が高いほど速さも比例して速くなる。
- 26 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高いほど退色する速さが速い。
- 27 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高いほど退色時間が短い。濃度が低いほど時間は長い。比例関係である。
- 28 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高いほど退色時間が短い。
- 29 - チオ硫酸ナトリウムの濃度が濃いほど、反応が速い。
- 30 - 濃度が濃いほど、反応が速い。  
(チオ硫酸ナトリウムの)
- 31 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が濃いほど、反応は速くなる。
- 32 - チオ硫酸の濃度がこいほど反応が速い
- 33 - チオ硫酸ナトリウムの濃度によって色がとう明になる速さがちがう。
- 34 - 37 -
- 38 - チオ硫酸ナトリウムの量によって退色する速さがちがうといえる。チオ硫酸ナトリウムの量が多いとはやく退色する。
- 39 - -
- 40 - チオ硫酸ナトリウムの量によって、退色時間が違う。チオが多くなればなるほど時間が短い。
- 41 - -
- 42 - -
- 43 - チオ硫酸ナトリウムの量によって、退色する速さがちがうといえる。チオ硫酸ナトリウムの量が多いほど、はやく退色する。
- 44 - 濃度がこいほどはやく色が変わる。

反応の速さ 学校31, 2年2組

- 01 - 濃度が高いほど反応の速さは速くなる 比例する。  
02 - 濃度が高いほど速さは大きくなる。比例する。  
03 - 比例の関係がある。  
04 - 濃度が高いほど速さは大きくなる 正比例  
05 - 比例関係  
06 - 濃度が大きくなれば、反応の速さも速くなる。比例の関係になっている。  
07 - 比例する。  
08 - 退色する速さは、濃度に比例する  
09 - 12 - 比例の関係  
13 - 退色する速さは、チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度と比例の関係にある  
14 - 濃度が高ければ高いほど、退色する速さが速くなる。  
15 - 濃度が高くなると、反応の速さも速くなるので、比例の関係にある。  
16 - 退色する速さと濃度とは、比例の関係がある  
17 - 18 - 比例の関係  
19 - 正比例の関係  
20 - 比例の関係  
21 - 退色する速さと濃度は、反比例の関係。  
22 - 退色する速さは 濃度がまずと速くなる。  
23 - 反比例の関係  
24 - 退色時間と濃度は反比例の関係  
25 - 退色する速さは濃度の2乗に比例する。反応物の濃度が高ければ高いほど、速さは速い。  
26 - 退色する速さは濃度に比例する。  
27 - 退色する速さは濃度の2乗に比例する。  
28 - 退色する速さは  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  水溶液の濃度に比例している。  
29 - 濃度が大きくなるにつれて 退色する速さは速くなる。よって反比例している。  
30 - 比例  
31 - 濃度の大きさは速さと比例する。  
32 - 反比例  
33 - 退色する速さは濃度に比例する  
34 - 退色する速さは濃度に比例  
35 - 退色する速さは濃度に比例する  
36 - 速さと濃度には、比例の関係がある。  
37 - 38 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高くなると反応の速さは速くなる。  
39 - チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高くなるほど退色する速さが速くなる。  
41 - 退色時間と濃度とは反比例の関係があって メチレンブルーの量 と濃度とは比例の関係がある。  
褪色時間  
42 - 退色時間と濃度には反比例の関係があり速さと濃度には比例の関係がある。  
43 - 濃度が高くなるにしたがって、反応時間は、減少する（反比例の関係）濃度が高くなるにしたがって、メチレンブルーの量は、増加する。（比例の関係）  
褪色時間  
44 - 退色する速さはチオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が高くなるほど速くなる。  
45 - 46 -、48 - 比例の関係がある。

反応の速さ 学校31, 2年4組

- 01 - 濃度が濃いほど退色する速さは速い。
- 02 - 03 - 比例
- 04 - 正比例の関係
- 05 - 比例の関係にある。
- 06 - 比例
- 07 - 08 - 比例する
- 09 - 11 - 比例関係
- 12 - 正比例の関係
- 13 - 14 - 比例の関係
- 15 - 退色する速さは濃度に比例する
- 16 - 退色する速さと濃度とは比例関係がある
- 17 - 比例関係
- 18 - 濃度が高くなると時間がかかる
- 19 - 反比例の関係がある。
- 20 - 反比例の関係がある
- 21 - 22 - 正比例
- 23 - 上図より正比例にある
- 24 - 最初の方は反比例、後の方は正比例
- 25 - 26 - 比例関係
- 27 - 比例関係がある (濃いほど速い)
- 28 - 比例関係がある
- 29 - 反比例
- 30 - 反比例の関係
- 31 - 正比例
- 32 - 正比例の関係
- 33 - -
- 34 - 35 - 比例の関係
- 36 - 比例関係
- 37 - 38 - 反比例の関係
- 40 - 濃度が高いほど 色は速い 反比例の関係
- 42 - -
- 43 - 44 - 比例関係
- 45 - 反比例
- 46 - 反比例の関係
- 47 - 濃度が高いほど退色は速い。反比例の関係
- 48 - 濃度が低いほど遅く、濃度が高いほど早い 反比例の関係

反応の速さ 学校31, 2年選択

7組

- 06 - 濃度が濃くなれば、退色する速さは速くなる 比例
- 09 - 速さは、チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が、濃くなるほど速くなる。濃度は、チオ硫酸ナトリウムの濃度が濃くなるほど濃くなる。
- 11 - 濃度が濃くなれば、退色する速さも速くなる。
- 18 - 右のグラフは比例
- 23 - 比例関係がある。
- 26 - 比例関係
- 27 - 反比例、比例関係とまでの正確な結果はでなかったがそんなかんじだった。
- 30 - 速さと濃度は、比例関係にある
- 31 - 正比例
- 35 - 正比例の関係
- 40 - 濃度の濃さに比例して、速さは速くなる。

8組

- 02 - 褪色時間と濃度には反比例の関係があり、退色する速さと濃度には比例の関係がある。
- 21 - 濃度と時間は、反比例関係、濃度と速さは比例関係が成り立つ
- 25 - 退色する速さと濃度とは比例関係がある。
- 26 - 濃度が濃いほど反応が速い
- 27 - 比例関係
- 29 - 退色する速さは濃度に比例する。
- 31 - 比例関係がある。
- 36 - 比例する
- 37 - 濃度が濃くなると退色する速さは速くなる。しかし一定の割合で速くなっていくわけではない。
- 40 - 時間と濃度は反比例をしめし、速さと濃度は正比例をしめしていると思います。

◎ 結果および考察部分の記述

以上は、「酸・塩基」と「反応の速さ」における記述部分を、生徒の記述どおりに書き出したものである。ただし、「酸・塩基」は結果、「反応の速さ」は考察の記述である。

久田によると、標準例文を使って言語指導をした後の結果の記述では、A：実験の手順を含む記述、B：結果のみの記述、C：説明文の形の記述、D：意味不明または文末表現が不適当な記述の文型に、また、説明(考察)の記述では、F：考えの根拠と実験結果を含む記述、G：実験結果に言及していない記述、H：事実と説明の不明確な記述、I：事実か考えか不明確な記述または考えの根拠が断定的な記述の文型にそれぞれ分けられる<sup>1)</sup>。

上に挙げた回答を見ると、クラスによって記述の文型がかなり異なり、考察の記述ではFの「考えの根拠を含む記述」は一つのクラスでしかみられていない。また、記述の指導をしていないこともあり、上記の文型にない、単語での回答もかなり多く見られた。

思考力の育成には、自らの考えを進めた後、それを他の人に伝える表現力も重要であると考えられる。今回の調査では、関心をもって実験を進めることはできたが、生徒が事実と考えの表現方法を習得してないため、十分な思考力が発揮できなかったと思われる。

なお、標準文型を示して記述させた、学校12での結果を、次ページ以降に示した。

- 1) 久田隆基「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63580226), pp. 21-33, 1990.

成分元素の検出 (炎色反応)

[目的] 炎色反応を利用して、物質の中に含まれている元素を検出する。

[準備] 試薬：銅の試料(フィルムケース、Cu)、

未知試料(フィルムケース、1~5)、濃い塩酸

器具：白金線つきの棒(1本)、ビーカー(50ml、1個)、ガスバーナー、マッチ

[実験の概要] Cuの試料を白金線につけて炎の中に入れ、炎の色を観察する。Li、Na、K、Ca、Baの各元素の炎色反応を観察する。未知試料の炎色反応の結果より、試料中の成分元素を推定する。

[操作]

1. Cuの炎色反応を観察する
  - (1) 白金線をガスバーナーの酸化炎(無色に近い部分)の中に入れて、炎に色がつかないことを確認する。
  - (2) 色がつかない場合は、白金線を塩酸に浸してから、(1)の操作を再度おこなう。色がつかなければ、(3)の操作にうつる。
  - (3) 白金線の先端をフィルムケース内のCuの試料につけ、炎の中に入れる。炎の色を観察する。結果1の表中、自分の整理の欄に記入する。
  - (4) 結果1の表中、教科書の記述の欄には、教科書に書かれているそれぞれの元素の炎色反応の結果を調べて書き込む。

2. 試料の炎色反応を観察する

- (1) 教師のおこなう炎色反応の実験を観察する。
- (2) 結果2の表中、自分の表現の欄に、それぞれの元素の炎の色を記録する。
- (3) 結果2の表中、教科書の記述の欄には、操作1の(4)と同様に書き込む。

3. 未知試料中の元素を推定する

- (1) 操作1の(1)・(2)をおこなった後、未知試料1について操作1の(3)をおこなう。
- (2) 同様に、未知試料2~5について、操作3の(1)をおこなう。
- (3) 結果より、未知試料1~5に含まれる元素を推定する。結果3の表の該当する欄に、元素名と元素記号を入れる。

4. 結果と考察を文章で記述する

- (1) 未知試料1についてのみ、結果と考察(この場合、炎色反応の結果と、成分元素の推定)を文章で記述しなさい。

[結果と考察]

1. Cuの炎色反応の結果

元素記号	元素名	自分の表現	教科書の記述
Cu			

2. 未知試料1~5に含まれている元素の炎色反応の結果

元素記号	元素名	自分の表現	教科書の記述
Li			
Na			
K			
Ca			
Ba			

3. 炎色反応の結果と未知試料に含まれている金属元素の推定

未知試料	炎色反応	含まれる金属元素名	元素記号
1			
2			
3			
4			
5			

4. 未知試料1についての結果と考察の記述

[書き方] 結果: 「～すると、…になった」のように操作を含め、過去形で書く。

考察: 「～なので、…と考えられる」または「～ということから、…といえる」のように理由を含めて書く。

[結果]

[考察]

参考) 炎色反応とは、元素またはその化合物が、炎の中でその元素に特有な色の炎を生ずること。(炎の色によってその元素を検出することができる。)

[感想]

( ) 年 ( ) 月 ( ) 日 ( )

( ) 年 ( ) 組 ( ) 番 氏名 ( )





12

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

14

[結果] 未知試料1を炎の中に入れてみると、炎が赤くなる。

[考察] 未知試料1は、銅の化合物である。

15

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

16

[結果] ガスバーナーで白金線を燃やると、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線が赤くなるのは、白金線が赤い色を吸収するからである。

17

[結果] ガスバーナーで白金線を燃やると、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線が赤くなるのは、白金線が赤い色を吸収するからである。

18

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

19

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

20

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

21

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

22

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

23

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

24

[結果] 白金線に1の赤を塗ると、白金線の中に赤い色が入り、白金線が赤くなる。

[考察] 白金線の中に赤い色が入ると、白金線が赤くなる。これは、白金線が赤い色を吸収するからである。

25. [結果] 未知試料1について酸化炭素の中に入れると  
 炎色反応が赤上った。  
 [考察] 結果が赤だったのは未知試料1の元素は  
 リチウム(Li)と考えられる。

26. [結果] 白金線を1の試料につけたら強い赤の炎がでた。  
 赤の色が他の元素よりも明るく熱そうに感じた。  
 他にも赤、ぼいのはあったが区別がつけずすい  
 [考察] 強い赤の炎の色をだすことから似たような色がないために  
 すく他の試料との区別がつけられるといえる。

27. [結果] 1番を炎の中に入れると深い赤になり、2番はきざざり色、3番は紫色、  
 4番は紫色、5番はやまぶき色になった。  
 [考察] 2の結果から、1番は赤なのでリチウム、2番は緑色なのでバリウム、  
 3番は黄色なのでカルシウム、4番は紫色なのでリチウム、5番は黄色なので  
 リチウムであるといえる。

28. [結果] 白金線に未知試料1をつけた。ガスバーナーの炎に近づけると、  
 炎は、真、赤な色に染まった。  
 [考察] 炎が赤く染まったというところから、この未知試料1は  
 リチウムだと考えられる。

29. [結果] 1と2の炎の中に入ると、炎色反応は赤になった。  
 [考察] 炎色反応は赤になったので、リチウムだと考えられる。

30. [結果] 未知試料1を白金線につけて炎の中に入ると、炎の色が赤の上から  
 赤い炎がでてきた。  
 [考察] 最初の炎には色がついていないが未知試料1を付けた時、炎の色が赤の上から  
 赤い炎がでてきたので、未知試料1は、リチウム(Li)だと考えられる。

31. [結果] 白金線に1の液をつけた。炎の中に入ると、炎が赤くなった。  
 [考察] 炎が赤くなったというところからリチウムといえる。

32. [結果] 白金線を2の試料につけたら、ガスバーナーの炎が赤く、  
 赤い炎がでてきた。  
 [考察] 赤い炎がでてきたのはリチウムしかないので、リチウムだと  
 いえる。

33. [結果] 白金線に未知試料1をつけた。炎の色が赤くなった。  
 [考察] 炎の色が赤くなったので、リチウムだと考えられる。

34. [結果] 白金線に未知試料1をつけた。炎の中に入ると、炎の  
 色が赤くなった。  
 [考察] 炎の色が赤く変化したというところから、リチウムと  
 考えられる。

35. [結果] 白金線に未知試料1をつけた。炎の中に入ると、炎の色が  
 赤くなった。  
 [考察] 炎の色が赤くなったというところから、この未知試料1は  
 リチウム(Li)だと考えられる。

36. [結果] 白金線に未知試料1をつけた。炎の中に入ると、炎の色が  
 赤くなった。  
 [考察] 炎の色が赤くなったというところから、この未知試料1は  
 リチウム(Li)だと考えられる。

## 8 集計一覧

実験テストの調査結果について、その単純集計およびその分類コードを以下に示す。

集計結果	(1) 男女別科学観の変化	74
	(2) 実験テスト90	76
	(3) 実験テスト91	80
	(4) 実験テスト92	84
	(5) 実験テスト88-89	88

(1) は事前事後での変化を男女別に集計したもので、数値は反応率(%)を示す。

(2) ~ (5) の実験テストの回答は、上欄が人数、下欄は反応率を示す。

また、回答は次のように分類し、集計した。なお、括弧内の数字は項目番号を指し、次に集計一覧での略称を示す。右側の数字は分類番号(コード)を示す。

ただし、ことわりのない限り、0は無回答、9は複数回答を示す。

### 1. 科学観調査

(1) ~ (16) 科観1~16    1:賛成,    2:反対,    3:中立,    4:複数回答

(17) ~ (20) 科観17~20    1:選択肢ア,    2:選択肢イ  
                                  3:選択肢ウ,    4:選択肢エ  
                                  5:選択肢オ,    6:複数回答

### 2. 反応熱の測定

(2), (3) 液温A1~D-    A, B, C, Dの順に液温を小数第1位まで3桁で入力  
                                  888:無答  
                                  999:桁数オーバー, 80.0℃以上

(4) 図点4: グラフのプロット    1:プロットが正しく打っている  
                                  2:プロットが間違っている

図形4: グラフの形状    1:原点を通る直線  
                                  2:原点を通らない直線  
                                  3:折線  
                                  4:棒  
                                  5:曲線  
                                  6:点のみ  
                                  9:その他(二重に線が引いてあるなど)

(5) 液温5: 液温を小数第1位まで3桁で入力

                                  888:無答

単位5: 温度の単位    1:℃, 度  
                                  2:°  
                                  3:単位違い  
                                  8:不適当な回答(液温5とともに8888で表示)

### 3. 液性の実験

(3) 計画3 滴びんの液を滴下し、それにフェノールフタレインを加える。

- 1:判断基準あり(赤くなった, 変化した, 反応したものが・・・)
- 2:判断基準あるが誤答(色の誤り, 無色, 白色)
- 3:判断基準なし(アルカリ性, 反応をみる, 色をみる)
- 4:判断基準なくて誤答(酸性)
- 5:操作のみ
- 6:結果の記述(操作ありも含む, ・・・すると赤くなった)
- 7:具体的な操作なし(赤くなるのは水酸化物だから, 色のつくもの)
- 8:フェノールフタレインの記述なし
- 9:誤答
- 0:無答

### 3. 液性の実験

(5) 結果5 1～4：滴びんの番号

(6) 計画6 ①②④にフェノールフタレインを入れた③を少量加えると赤が消える。

- 1：量に言及
- 2：判断基準あり（無色になる，色が薄くなる）または  
（フェノールフタレインの入った③を入れて変化なし，反応しない）
- 3：判断基準あるが誤答（色の誤り，白くなる，沈殿する，反応なし）
- 4：判断基準なし（酸性，中性になる，変化をみる，反応をみる）
- 5：判断基準なくて誤答（アルカリ性）
- 6：操作のみ
- 7：結果の記述（操作ありも含む）
- 8：具体的な操作なし（消えるのは塩酸）
- 9：誤答
- 0：無答

指業6 1：フェノールフタレインが文中にある  
2：文中にないが，「(3)の操作や前の実験の③や赤い液を使って」  
3：文中にない  
0：計画6が0の場合

(8) 結果8 1～4：滴びんの番号

### 4. グラフの解釈

(1) 最初1 最初の水量について，Aには少し入っていた。

Bには水が入っていなかった。

- 1：A B両方について記述
- 2：Aについてのみ記述
- 3：Bについてのみ記述
- 4：誤った記述
- 9：この項目について無回答

入方1 水の入る様子について，Aでは一定量ずつ入る。

Bではだんだん少なくなる。

- 1：A B両方について記述
- 2：Aについてのみ記述
- 3：Bについてのみ記述
- 4：誤った記述
- 9：この項目について無回答

限界1 タンクに入る水量について，Aでは限度がない（いくらでも入る）。

Bでは限度がある。

- 1：A B両方について記述
- 2：Aについてのみ記述
- 3：Bについてのみ記述
- 4：誤った記述
- 8：調査用紙によって，該当しない
- 9：この項目について無回答

なお，この分類は，設問との関係で91年度以降のみ該当する。

#### 4. グラフの解釈

- (1) 他 1 1 : 具体的なものの説明 (タンクの形, 蛇口, 蒸発や降雨など)  
2 : Bは測定値のまま, Aは平均化 (予測, 理論上, 理想的)  
3 : 説明の繰り返し (水の入り方を示したグラフ)  
4 : 出題意図と無関係で, 勝手な解釈  
5 : その他  
6 : 誤答 ただし, 5と6は4と区別が難しくほとんど4に入っている。  
9 : この項目について無回答

- (2) 適図 2 1 : 選択肢ア  
2 : 選択肢イ  
3 : 選択肢ウ

- (3) 理由 3ア 1 : 増量が一定, 比例  
(2) でアの回答者 2 : Aが正確 (Bは正しくない)  
3 : Bが正確 (Aは誤差を含む)  
4 : Aは簡潔, 数学的 (グラフの基本, 予測できる)  
5 : Bは分かりづらい, 根拠がない  
6 : 誤答  
9 : 該当しない

- 理由 3イ 1 : 原点を通る, 始めが0  
(2) でイの回答者 2 : Aが正確 (Bは誤答を含む)  
3 : Bが正確 (Aは正しくない)  
4 : Bは簡潔, 数学的 (計算上はあっている)  
5 : Aは分かりづらい, 根拠がない  
6 : 誤答  
9 : 該当しない

- 理由 3ウ 1 : データ不足+グラフに適合 (タンクの形が違えばグラフ  
(2) でウの回答者 は当然違う)  
2 : データ不足 (タンクの形が分からない, 最初の水の量や  
入り方によっても違う)  
3 : グラフに適合 (どちらも正しい)  
4 : A Bそれぞれに長短あり (初めの水量と増量, 水が入っ  
ているのはおかしい)  
5 : グラフの意味不明  
6 : 誤答  
9 : 該当しない

なお, (3) のそれぞれで二つの分類に該当する回答では, はじめに書いてある回答を優先させ, 採用した。

(88-89年用)

#### 4. 溶質の推定

- (3) プーA, プーB, デーA, デーBの各反応からの推定  
ただし, プはブドウ糖, デはデンプン, Aは試験管A, Bは試験管Bを指す。  
ブドウ糖またはデンプンについて 1 : 入っている  
2 : 入っていない

## (1) 男女別科学観の変化 (化学実験 90)

\* 事前調査P - 実験テスト(事後調査)T ; 男子 B - 女子 G \*  
調査項目はp.52参照。

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	無答	賛成	反対	中立	複数回答					
(1) 日常役立つ										
01PB	0.1	32.7	52.8	14.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
01TB	0.7	40.0	45.9	13.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
01PG	0.6	29.2	58.1	11.8	0.2	*****	*****	*****	*****	*****
01TG	*****	40.2	53.3	6.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(2) 研究所魅力										
02PB	0.1	29.5	49.0	21.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
02TB	0.7	34.8	42.5	22.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
02PG	0.4	25.2	54.3	20.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
02TG	0.2	28.8	53.3	17.5	0.2	*****	*****	*****	*****	*****
(3) 発展に重要										
03PB	0.3	70.8	26.4	2.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
03TB	0.7	77.1	19.2	2.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
03PG	*****	67.4	30.4	1.9	0.2	*****	*****	*****	*****	*****
03TG	0.4	70.6	26.8	2.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(4) 科学に価値										
04PB	0.1	44.0	48.4	7.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
04TB	0.7	56.0	37.7	5.4	0.1	*****	*****	*****	*****	*****
04PG	0.2	30.0	63.6	6.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
04TG	0.2	35.7	58.6	5.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(5) 知識が必要										
05PB	0.1	23.5	53.1	23.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
05TB	0.7	22.9	51.0	25.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
05PG	0.2	15.2	66.0	18.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
05TG	0.2	13.3	62.2	24.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(6) 研究に予算										
06PB	0.1	27.4	57.8	14.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
06TB	1.0	30.9	55.9	12.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****
06PG	0.6	11.6	68.7	18.8	0.2	*****	*****	*****	*****	*****
06TG	0.2	10.4	71.7	17.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(7) 科学は創造										
07PB	0.6	40.6	49.9	8.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
07TB	0.9	41.3	46.3	11.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
07PG	0.6	37.0	55.0	7.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
07TG	0.4	38.3	52.0	9.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(8) 職業に役立つ										
08PB	0.1	26.7	56.5	16.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
08TB	0.7	25.1	52.6	21.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
08PG	0.8	17.3	54.5	27.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
08TG	0.4	17.8	49.7	32.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(9) 科学読み物										
09PB	0.3	25.1	45.2	29.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
09TB	0.9	29.5	42.2	27.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
09PG	*****	11.6	44.8	43.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
09TG	0.2	12.7	42.1	45.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(10) 科学番組										
10PB	*****	21.8	47.7	30.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10TB	0.7	25.5	42.2	31.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10PG	0.2	13.5	44.4	41.6	0.2	*****	*****	*****	*****	*****
10TG	0.2	14.6	42.9	42.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(11) 化学は面白い										
11PB	0.1	33.0	49.6	17.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11TB	0.7	31.4	48.2	19.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11PG	0.4	30.2	51.4	18.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11TG	0.4	25.4	52.4	21.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO.			2	3	4	5	6	7	男女別科学観の変化	
	0	1							8	9
(12)	器具が難しい		反対	中立	複数回答					
12PB	0.1	29.2	50.9	19.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****
12TB	0.9	32.1	49.4	17.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
12PG	0.4	48.6	35.3	15.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
12TG	0.2	39.5	44.8	15.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(13)	内容が多すぎる									
13PB	*****	48.4	45.5	6.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13TB	0.7	50.7	40.5	8.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13PG	0.2	52.6	42.5	4.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13TG	0.2	56.0	38.9	4.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(14)	学習がなぜ必要									
14PB	*****	37.8	49.3	12.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
14TB	0.9	33.7	47.4	18.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
14PG	0.4	33.8	53.1	12.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
14TG	0.4	35.3	51.4	12.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(15)	実験が楽しい									
15PB	0.3	72.4	23.3	4.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
15TB	0.7	69.2	25.2	4.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****
15PG	*****	70.4	24.1	5.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
15TG	0.2	68.5	23.3	8.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(16)	野外観察が楽しい									
16PB	0.4	51.0	33.9	14.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
16TB	0.9	53.5	31.2	14.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
16PG	0.2	50.3	37.0	12.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****
16TG	0.2	55.8	30.9	13.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(17)	化学の好き嫌い									
		好き		中立		嫌い				
17PB	0.4	4.5	38.3	34.8	19.1	2.9	*****	*****	*****	*****
17TB	0.6	3.7	33.7	27.9	28.4	5.7	*****	*****	*****	*****
17PG	0.2	2.7	32.3	35.9	23.7	4.9	0.2	*****	*****	*****
17TG	0.4	1.7	26.2	26.4	34.5	10.8	*****	*****	*****	*****
(19.18)	実験グループの人数									
		一人	二人		四人					
19PB	0.6	4.3	22.7	6.9	50.7	14.8	*****	*****	*****	*****
18TB	0.6	5.3	26.7	8.8	46.3	12.0	0.3	*****	*****	*****
19PG	0.6	2.5	25.2	4.7	54.1	12.1	0.8	*****	*****	*****
18TG	0.4	3.4	34.2	6.3	46.9	8.7	*****	*****	*****	*****
(20.19)	新しい器具への対応									
		積極	消極	見学	興味なし					
20PB	0.4	39.6	30.9	4.7	18.5	5.7	0.1	*****	*****	*****
19TB	0.6	40.0	28.2	5.6	19.9	5.7	*****	*****	*****	*****
20PG	1.9	30.7	46.3	4.4	13.3	3.0	0.4	*****	*****	*****
19TG	0.4	29.2	43.3	5.3	17.5	4.2	*****	*****	*****	*****
(18.20)	実験する理由									
		検証	体験	発見	確認	訓練				
18PB	0.4	47.8	37.0	9.4	4.1	1.0	0.3	*****	*****	*****
20TB	0.6	47.2	37.8	9.5	3.7	0.6	0.6	*****	*****	*****
18PG	0.4	55.0	34.9	6.3	1.5	*****	1.9	*****	*****	*****
20TG	0.6	60.9	28.3	7.2	2.3	0.4	0.2	*****	*****	*****

なお、最左欄の数字は項目番号、Pは事前調査、Tは実験テスト(事後調査)。

Bは男子、Gは女子を指す。

また、事前調査は1学期に、実験テストは3学期に実施された。



## (2) 実験テスト90

NO. (I D)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
年度1	****	****	****	****	****	****	****	****	****	**** 1473
年度2	1473	****	****	****	****	****	****	****	****	**** 100.0
地域3	100.0	****	****	****	****	****	****	****	****	****
番号4	2	673	414	384	****	****	****	****	****	****
学年5	0.1	45.7	28.1	26.1	****	****	****	****	****	****
組 6	2	352	250	341	432	96	****	****	****	****
生徒7	0.1	23.9	17.0	23.2	29.3	6.5	****	****	****	****
生徒8	2	****	1429	42	****	****	****	****	****	****
男女9	0.1	****	97.0	2.9	****	****	****	****	****	****
10	36	247	86	101	208	180	116	247	178	74
	2.4	16.8	5.8	6.9	14.1	12.2	7.9	16.8	12.1	5.0
	289	330	295	299	218	21	21	****	****	****
	19.6	22.4	20.0	20.3	14.8	1.4	1.4	****	****	****
	126	157	161	153	171	161	150	139	136	119
	8.6	10.7	10.9	10.4	11.6	10.9	10.2	9.4	9.2	8.1
	2	893	578	****	****	****	****	****	****	****
	0.1	60.6	39.2	****	****	****	****	****	****	****
	1473	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	****	****	****	****	****	****	****	****	****

## 1. 科学観調査

科観1	7	586	161	719	****	****	****	****	****	****
	0.5	39.8	10.9	48.8	****	****	****	****	****	****
科観2	8	464	296	704	1	****	****	****	****	****
	0.5	31.5	20.1	47.8	0.1	****	****	****	****	****
科観3	9	1101	37	326	****	****	****	****	****	****
	0.6	74.7	2.5	22.1	****	****	****	****	****	****
科観4	8	720	80	664	1	****	****	****	****	****
	0.5	48.9	5.4	45.1	0.1	****	****	****	****	****
科観5	8	295	354	816	****	****	****	****	****	****
	0.5	20.0	24.0	55.4	****	****	****	****	****	****
科観6	10	344	223	896	****	****	****	****	****	****
	0.7	23.4	15.1	60.8	****	****	****	****	****	****
科観7	10	597	156	710	****	****	****	****	****	****
	0.7	40.5	10.6	48.2	****	****	****	****	****	****
科観8	9	337	374	753	****	****	****	****	****	****
	0.6	22.9	25.4	51.1	****	****	****	****	****	****
科観9	10	335	502	626	****	****	****	****	****	****
	0.7	22.7	34.1	42.5	****	****	****	****	****	****
科観10	8	320	517	628	****	****	****	****	****	****
	0.5	21.7	35.1	42.6	****	****	****	****	****	****
科観11	9	413	305	746	****	****	****	****	****	****
	0.6	28.0	20.7	50.6	****	****	****	****	****	****
科観12	10	520	243	700	****	****	****	****	****	****
	0.7	35.3	16.5	47.5	****	****	****	****	****	****

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 科学観調査										
科観13	8	790	91	584	****	****	****	****	****	****
	0.5	53.6	6.2	39.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観14	10	529	225	709	****	****	****	****	****	****
	0.7	35.9	15.3	48.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観15	8	1003	95	367	****	****	****	****	****	****
	0.5	68.1	6.4	24.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観16	9	805	198	461	****	****	****	****	****	****
	0.6	54.7	13.4	31.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
27	1473	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観17	9	41	437	106	463	417	****	****	****	****
	0.6	2.8	29.7	7.2	31.4	28.3	*****	*****	*****	*****
科観18	9	65	404	107	720	166	2	****	****	****
	0.6	4.4	27.4	7.3	48.9	11.3	0.1	*****	*****	*****
科観19	9	517	503	85	279	80	****	****	****	****
	0.6	35.1	34.1	5.8	19.0	5.4	*****	*****	*****	*****
科観20	12	765	503	135	41	12	5	****	****	****
	0.8	51.9	34.1	9.2	2.8	0.8	0.3	*****	*****	*****
32	1473	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2. 反応熱の測定										
液温A1	29	1375	68	****	****	****	****	****	1	****
	2.0	93.3	4.6	*****	*****	*****	*****	*****	0.1	*****
液温A1	54	56	83	111	223	269	179	164	217	117
	3.7	3.8	5.6	7.5	15.1	18.3	12.2	11.1	14.7	7.9
液温A1	1137	17	28	7	9	210	4	10	36	15
	77.2	1.2	1.9	0.5	0.6	14.3	0.3	0.7	2.4	1.0
液温A2	11	667	789	5	****	****	****	****	1	****
	0.7	45.3	53.6	0.3	*****	*****	*****	*****	0.1	*****
液温A2	182	179	182	126	94	67	77	131	227	208
	12.4	12.2	12.4	8.6	6.4	4.5	5.2	8.9	15.4	14.1
液温A2	1140	23	32	13	5	201	8	8	26	17
	77.4	1.6	2.2	0.9	0.3	13.6	0.5	0.5	1.8	1.2
液温A-	1451	15	****	2	****	****	1	****	4	****
	98.5	1.0	*****	0.1	*****	*****	0.1	*****	0.3	*****
液温A-	21	14	92	351	525	253	125	49	34	9
	1.4	1.0	6.2	23.8	35.6	17.2	8.5	3.3	2.3	0.6
液温A-	1070	23	28	19	11	236	10	18	39	19
	72.6	1.6	1.9	1.3	0.7	16.0	0.7	1.2	2.6	1.3
液温B1	30	1373	68	****	****	****	****	****	2	****
	2.0	93.2	4.6	*****	*****	*****	*****	*****	0.1	*****
液温B1	55	59	83	104	235	257	181	164	217	118
	3.7	4.0	5.6	7.1	16.0	17.4	12.3	11.1	14.7	8.0
液温B1	1152	20	23	9	5	208	1	9	26	20
	78.2	1.4	1.6	0.6	0.3	14.1	0.1	0.6	1.8	1.4

類ヲト90

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. 反応熱の測定										
液温B2	10	92	1323	46	1	****	****	****	1	****
	0.7	6.2	89.8	3.1	0.1	*****	*****	*****	0.1	*****
液温B2	108	176	233	193	179	145	144	107	108	80
	7.3	11.9	15.8	13.1	12.2	9.8	9.8	7.3	7.3	5.4
液温B2	1120	23	35	20	5	211	8	11	23	17
	76.0	1.6	2.4	1.4	0.3	14.3	0.5	0.7	1.6	1.2
液温B-	1258	207	1	****	****	1	1	****	5	****
	85.4	14.1	0.1	*****	*****	0.1	0.1	*****	0.3	*****
液温B-	110	46	28	17	29	91	204	344	382	222
	7.5	3.1	1.9	1.2	2.0	6.2	13.8	23.4	25.9	15.1
液温B-	1033	20	29	33	16	264	10	13	36	19
	70.1	1.4	2.0	2.2	1.1	17.9	0.7	0.9	2.4	1.3
液温C1	30	1374	67	****	****	****	****	****	2	****
	2.0	93.3	4.5	*****	*****	*****	*****	*****	0.1	*****
液温C1	55	60	78	105	224	267	188	157	222	117
	3.7	4.1	5.3	7.1	15.2	18.1	12.8	10.7	15.1	7.9
液温C1	1162	18	24	13	8	197	3	8	29	11
	78.9	1.2	1.6	0.9	0.5	13.4	0.2	0.5	2.0	0.7
液温C2	10	2	1082	355	21	2	****	****	1	****
	0.7	0.1	73.5	24.1	1.4	0.1	*****	*****	0.1	*****
液温C2	133	117	121	93	140	168	185	198	185	133
	9.0	7.9	8.2	6.3	9.5	11.4	12.6	13.4	12.6	9.0
液温C2	1115	30	27	17	10	209	6	10	32	17
	75.7	2.0	1.8	1.2	0.7	14.2	0.4	0.7	2.2	1.2
液温C-	258	1175	33	2	****	****	****	****	5	****
	17.5	79.8	2.2	0.1	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温C-	227	250	320	192	110	45	44	45	75	165
	15.4	17.0	21.7	13.0	7.5	3.1	3.0	3.1	5.1	11.2
液温C-	1017	30	33	24	12	268	10	23	36	20
	69.0	2.0	2.2	1.6	0.8	18.2	0.7	1.6	2.4	1.4
液温D1	30	1372	69	****	****	****	****	****	2	****
	2.0	93.1	4.7	*****	*****	*****	*****	*****	0.1	*****
液温D1	58	61	76	103	225	271	183	158	221	117
	3.9	4.1	5.2	7.0	15.3	18.4	12.4	10.7	15.0	7.9
液温D1	1155	20	26	12	8	195	5	7	29	16
	78.4	1.4	1.8	0.8	0.5	13.2	0.3	0.5	2.0	1.1
液温D2	12	****	475	928	52	5	****	****	1	****
	0.8	*****	32.2	63.0	3.5	0.3	*****	*****	0.1	*****
液温D2	184	147	148	160	132	134	138	135	147	148
	12.5	10.0	10.0	10.9	9.0	9.1	9.4	9.2	10.0	10.0
液温D2	1140	27	26	13	12	202	8	4	30	11
	77.4	1.8	1.8	0.9	0.8	13.7	0.5	0.3	2.0	0.7
液温D-	32	1287	143	6	****	****	****	****	5	****
	2.2	87.4	9.7	0.4	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温D-	80	89	120	159	217	220	217	145	118	108
	5.4	6.0	8.1	10.8	14.7	14.9	14.7	9.8	8.0	7.3
液温D-	1033	30	27	22	13	260	16	19	35	18
	70.1	2.0	1.8	1.5	0.9	17.7	1.1	1.3	2.4	1.2
69	1473	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>2. 反応熱の測定</b>										
図点4	10 0.7	1386 94.1	77 5.2	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
図形4	8 0.5	774 52.5	93 6.3	402 27.3	1 0.1	112 7.6	38 2.6	**** *****	**** *****	45 3.1
液温5	625 42.4	783 53.2	39 2.6	3 0.2	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	23 1.6	**** *****
液温5	351 23.8	196 13.3	141 9.6	63 4.3	40 2.7	52 3.5	66 4.5	120 8.1	227 15.4	217 14.7
液温5	897 60.9	11 0.7	20 1.4	23 1.6	8 0.5	437 29.7	7 0.5	11 0.7	50 3.4	9 0.6
単位5	203 13.8	1184 80.4	33 2.2	28 1.9	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	24 1.6	1 0.1
<b>3. 液性の実験</b>										
計画3	14 1.0	860 58.4	2 0.1	113 7.7	**** *****	208 14.1	70 4.8	173 11.7	16 1.1	17 1.2
結果5	11 0.7	**** *****	10 0.7	1445 98.1	7 0.5	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
計画6	155 10.5	52 3.5	762 51.7	90 6.1	90 6.1	**** *****	122 8.3	45 3.1	69 4.7	88 6.0
指薬6	156 10.6	791 53.7	189 12.8	337 22.9	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
結果8	153 10.4	25 1.7	1260 85.5	8 0.5	27 1.8	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
<b>4. グラフの解釈</b>										
最初1	446 30.3	465 31.6	213 14.5	17 1.2	15 1.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	317 21.6
入方1	441 29.9	337 22.9	138 9.4	41 2.8	54 3.7	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	462 31.4
他 1	445 30.2	92 6.2	69 4.7	31 2.1	92 6.2	3 0.2	62 4.2	**** *****	**** *****	679 46.1
適図2	342 23.2	481 32.7	310 21.0	340 23.1	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
理由37	617 41.9	150 10.2	92 6.2	6 0.4	103 7.0	18 1.2	22 1.5	**** *****	**** *****	465 31.6
理由34	618 42.0	86 5.8	7 0.5	77 5.2	21 1.4	11 0.7	21 1.4	**** *****	**** *****	632 42.9
理由39	617 41.9	10 0.7	75 5.1	20 1.4	98 6.7	14 1.0	24 1.6	**** *****	**** *****	615 41.8
88	1473 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****

## (3) 実験テスト91

NO. (ID)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
年度1	****	****	****	****	****	****	****	****	****	624
	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	100.0
年度2	****	624	****	****	****	****	****	****	****	****
	*****	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
地域3	****	228	217	179	****	****	****	****	****	****
	*****	36.5	34.8	28.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
番号4	****	362	109	110	43	****	****	****	****	****
	*****	58.0	17.5	17.6	6.9	*****	*****	*****	*****	*****
学年5	****	****	624	****	****	****	****	****	****	****
	*****	*****	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
組 6	****	153	80	122	53	55	47	38	76	****
	*****	24.5	12.8	19.6	8.5	8.8	7.5	6.1	12.2	*****
生徒7	121	139	132	146	86	****	****	****	****	****
	19.4	22.3	21.2	23.4	13.8	*****	*****	*****	*****	*****
生徒8	58	67	69	68	68	67	60	56	54	57
	9.3	10.7	11.1	10.9	10.9	10.7	9.6	9.0	8.7	9.1
男女9	****	398	226	****	****	****	****	****	****	****
	*****	63.8	36.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	624	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

## 1. 科学観調査

科観1	****	266	66	290	****	****	****	****	****	2
	*****	42.6	10.6	46.5	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観2	****	212	119	291	****	****	****	****	****	2
	*****	34.0	19.1	46.6	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観3	****	471	13	137	****	****	****	****	****	3
	*****	75.5	2.1	22.0	*****	*****	*****	*****	*****	0.5
科観4	****	314	31	277	****	****	****	****	****	2
	*****	50.3	5.0	44.4	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観5	****	143	133	346	****	****	****	****	****	2
	*****	22.9	21.3	55.4	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観6	****	149	82	391	****	****	****	****	****	2
	*****	23.9	13.1	62.7	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観7	****	241	64	317	****	****	****	****	****	2
	*****	38.6	10.3	50.8	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観8	****	149	138	334	****	****	****	****	****	3
	*****	23.9	22.1	53.5	*****	*****	*****	*****	*****	0.5
科観9	****	146	202	274	****	****	****	****	****	2
	*****	23.4	32.4	43.9	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
科観10	****	147	198	276	****	****	****	****	****	3
	*****	23.6	31.7	44.2	*****	*****	*****	*****	*****	0.5
科観11	****	198	117	306	****	****	****	****	****	3
	*****	31.7	18.7	49.0	*****	*****	*****	*****	*****	0.5
科観12	****	180	119	321	****	****	****	****	****	4
	*****	28.8	19.1	51.4	*****	*****	*****	*****	*****	0.6

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 科学観調査										
科観13	**** *****	288 46.2	61 9.8	273 43.7	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
科観14	**** *****	228 36.5	96 15.4	298 47.8	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
科観15	**** *****	399 63.9	51 8.2	171 27.4	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	3 0.5
科観16	**** *****	318 51.0	76 12.2	228 36.5	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
27	624 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
科観17	**** *****	22 3.5	240 38.5	36 5.8	158 25.3	165 26.4	**** *****	**** *****	**** *****	3 0.5
科観18	**** *****	48 7.7	186 29.8	36 5.8	293 47.0	58 9.3	**** *****	**** *****	**** *****	3 0.5
科観19	**** *****	211 33.8	205 32.9	37 5.9	138 22.1	30 4.8	**** *****	**** *****	**** *****	3 0.5
科観20	**** *****	301 48.2	240 38.5	46 7.4	29 4.6	4 0.6	**** *****	**** *****	**** *****	4 0.6
32	624 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
2. 反応熱の測定										
液温A1	4 0.6	614 98.4	4 0.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
液温A1	6 1.0	6 1.0	14 2.2	79 12.7	150 24.0	63 10.1	77 12.3	117 18.7	91 14.6	21 3.4
液温A1	413 66.2	9 1.4	25 4.0	9 1.4	5 0.8	127 20.4	4 0.6	4 0.6	16 2.6	12 1.9
液温A2	**** *****	329 52.7	293 47.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
液温A2	105 16.8	90 14.4	68 10.9	25 4.0	4 0.6	6 1.0	40 6.4	91 14.6	119 19.1	76 12.2
液温A2	414 66.3	14 2.2	27 4.3	9 1.4	3 0.5	110 17.6	3 0.5	7 1.1	17 2.7	20 3.2
液温A-	622 99.7	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
液温A-	**** *****	1 0.2	39 6.2	237 38.0	282 45.2	52 8.3	3 0.5	3 0.5	1 0.2	6 1.0
液温A-	372 59.6	17 2.7	20 3.2	13 2.1	7 1.1	125 20.0	14 2.2	21 3.4	18 2.9	17 2.7
液温B1	2 0.3	616 98.7	4 0.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
液温B1	6 1.0	3 0.5	15 2.4	81 13.0	158 25.3	54 8.7	77 12.3	114 18.3	91 14.6	25 4.0
液温B1	411 65.9	14 2.2	30 4.8	11 1.8	6 1.0	113 18.1	4 0.6	6 1.0	15 2.4	14 2.2

実験91

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. 反応熱の測定										
液温B2	1	20	598	3	****	****	****	****	****	2
	0.2	3.2	95.8	0.5	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
液温B2	61	89	112	87	85	72	43	31	21	23
	9.8	14.3	17.9	13.9	13.6	11.5	6.9	5.0	3.4	3.7
液温B2	407	16	20	9	10	110	6	4	18	24
	65.2	2.6	3.2	1.4	1.6	17.6	1.0	0.6	2.9	3.8
液温B-	585	37	****	****	****	****	****	****	****	2
	93.8	5.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
液温B-	27	4	5	3	9	26	92	207	179	72
	4.3	0.6	0.8	0.5	1.4	4.2	14.7	33.2	28.7	11.5
液温B-	374	14	24	18	10	113	14	10	28	19
	59.9	2.2	3.8	2.9	1.6	18.1	2.2	1.6	4.5	3.0
液温C1	2	612	7	****	****	****	****	****	1	2
	0.3	98.1	1.1	*****	*****	*****	*****	*****	0.2	0.3
液温C1	9	5	11	77	159	59	73	114	91	26
	1.4	0.8	1.8	12.3	25.5	9.5	11.7	18.3	14.6	4.2
液温C1	408	11	19	8	8	127	2	5	23	13
	65.4	1.8	3.0	1.3	1.3	20.4	0.3	0.8	3.7	2.1
液温C2	1	****	513	107	1	****	****	****	****	2
	0.2	*****	82.2	17.1	0.2	*****	*****	*****	*****	0.3
液温C2	56	27	28	41	68	73	113	90	69	59
	9.0	4.3	4.5	6.6	10.9	11.7	18.1	14.4	11.1	9.5
液温C2	397	21	19	10	5	117	11	6	25	13
	63.6	3.4	3.0	1.6	0.8	18.7	1.8	1.0	4.0	2.1
液温C-	89	530	2	****	****	****	****	****	1	2
	14.3	84.9	0.3	*****	*****	*****	*****	*****	0.2	0.3
液温C-	126	128	168	74	21	7	6	8	17	69
	20.2	20.5	26.9	11.9	3.4	1.1	1.0	1.3	2.7	11.1
液温C-	357	18	17	15	14	125	17	22	20	19
	57.2	2.9	2.7	2.4	2.2	20.0	2.7	3.5	3.2	3.0
液温D1	2	613	7	****	****	****	****	****	****	2
	0.3	98.2	1.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
液温D1	8	6	10	74	160	64	74	113	84	31
	1.3	1.0	1.6	11.9	25.6	10.3	11.9	18.1	13.5	5.0
液温D1	411	12	26	10	4	116	5	2	17	21
	65.9	1.9	4.2	1.6	0.6	18.6	0.8	0.3	2.7	3.4
液温D2	1	****	237	381	3	****	****	****	****	2
	0.2	*****	38.0	61.1	0.5	*****	*****	*****	*****	0.3
液温D2	100	77	64	64	48	27	35	47	81	81
	16.0	12.3	10.3	10.3	7.7	4.3	5.6	7.5	13.0	13.0
液温D2	417	17	26	8	9	102	5	11	14	15
	66.8	2.7	4.2	1.3	1.4	16.3	0.8	1.8	2.2	2.4
液温D-	3	605	14	****	****	****	****	****	****	2
	0.5	97.0	2.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.3
液温D-	19	14	63	86	93	143	123	52	19	12
	3.0	2.2	10.1	13.8	14.9	22.9	19.7	8.3	3.0	1.9
液温D-	353	21	20	14	20	136	11	19	18	12
	56.6	3.4	3.2	2.2	3.2	21.8	1.8	3.0	2.9	1.9
69	624	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. 反応熱の測定										
図点4	7 1.1	582 93.3	35 5.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
図形4	3 0.5	361 57.9	36 5.8	181 29.0	2 0.3	15 2.4	7 1.1	**** *****	**** *****	19 3.0
液温5	320 51.3	290 46.5	9 1.4	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	5 0.8	**** *****
液温5	203 32.5	63 10.1	17 2.7	11 1.8	9 1.4	8 1.3	21 3.4	51 8.2	115 18.4	126 20.2
液温5	346 55.4	12 1.9	14 2.2	19 3.0	5 0.8	190 30.4	3 0.5	3 0.5	20 3.2	12 1.9
単位5	104 16.7	495 79.3	6 1.0	14 2.2	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	5 0.8	**** *****
3. 液性の実験										
計画3	7 1.1	361 57.9	**** *****	56 9.0	**** *****	68 10.9	29 4.6	84 13.5	11 1.8	8 1.3
結果5	1 0.2	1 0.2	1 0.2	618 99.0	1 0.2	1 0.2	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.2
計画6	44 7.1	22 3.5	384 61.5	14 2.2	36 5.8	**** *****	44 7.1	19 3.0	35 5.6	26 4.2
指薬6	44 7.1	351 56.2	131 21.0	98 15.7	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
結果8	38 6.1	2 0.3	580 92.9	1 0.2	3 0.5	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
4. グラフの解釈										
最初1	123 19.7	274 43.9	103 16.5	4 0.6	3 0.5	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	117 18.7
入方1	123 19.7	187 30.0	67 10.7	24 3.8	33 5.3	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	190 30.4
限度1	110 17.6	36 5.8	7 1.1	8 1.3	6 1.0	**** *****	**** *****	**** *****	286 45.8	171 27.4
他 1	123 19.7	28 4.5	41 6.6	8 1.3	40 6.4	**** *****	16 2.6	**** *****	**** *****	368 59.0
適図2	80 12.8	261 41.8	125 20.0	158 25.3	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
理由37	204 32.7	60 9.6	40 6.4	12 1.9	83 13.3	10 1.6	4 0.6	**** *****	**** *****	211 33.8
理由34	204 32.7	25 4.0	1 0.2	27 4.3	8 1.3	25 4.0	5 0.8	**** *****	**** *****	329 52.7
理由39	204 32.7	4 0.6	36 5.8	14 2.2	47 7.5	14 2.2	5 0.8	**** *****	**** *****	300 48.1



(4) 実験テスト92

NO. (1D)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
年度1	****	****	****	****	****	****	****	****	****	763
	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	100.0
年度2	****	****	763	****	****	****	****	****	****	****
	*****	*****	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
地域3	****	287	315	161	****	****	****	****	****	****
	*****	37.6	41.3	21.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
番号4	****	372	121	226	44	****	****	****	****	****
	*****	48.8	15.9	29.6	5.8	*****	*****	*****	*****	*****
学年5	****	****	753	10	****	****	****	****	****	****
	*****	*****	98.7	1.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
組 6	39	51	178	52	93	96	52	65	55	82
	5.1	6.7	23.3	6.8	12.2	12.6	6.8	8.5	7.2	10.7
生徒7	151	172	175	172	93	****	****	****	****	****
	19.8	22.5	22.9	22.5	12.2	*****	*****	*****	*****	*****
生徒8	70	83	81	77	81	81	80	76	70	64
	9.2	10.9	10.6	10.1	10.6	10.6	10.5	10.0	9.2	8.4
男女9	****	479	284	****	****	****	****	****	****	****
	*****	62.8	37.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	763	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

1. 科学観調査

科観1	2	241	131	389	****	****	****	****	****	****
	0.3	31.6	17.2	51.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観2	1	247	181	334	****	****	****	****	****	****
	0.1	32.4	23.7	43.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観3	2	509	31	221	****	****	****	****	****	****
	0.3	66.7	4.1	29.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観4	1	333	64	364	****	****	****	****	****	1
	0.1	43.6	8.4	47.7	*****	*****	*****	*****	*****	0.1
科観5	1	119	199	444	****	****	****	****	****	****
	0.1	15.6	26.1	58.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観6	2	154	137	470	****	****	****	****	****	****
	0.3	20.2	18.0	61.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観7	3	331	79	349	****	****	****	****	****	1
	0.4	43.4	10.4	45.7	*****	*****	*****	*****	*****	0.1
科観8	3	186	207	367	****	****	****	****	****	****
	0.4	24.4	27.1	48.1	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観9	2	163	313	285	****	****	****	****	****	****
	0.3	21.4	41.0	37.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観10	1	172	289	301	****	****	****	****	****	****
	0.1	22.5	37.9	39.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
科観11	2	241	199	320	****	****	****	****	****	1
	0.3	31.6	26.1	41.9	*****	*****	*****	*****	*****	0.1
科観12	1	280	125	357	****	****	****	****	****	****
	0.1	36.7	16.4	46.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. 科学観調査										
科観13	1 0.1	428 56.1	60 7.9	274 35.9	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
科観14	2 0.3	308 40.4	101 13.2	352 46.1	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
科観15	2 0.3	508 66.6	65 8.5	188 24.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
科観16	1 0.1	396 51.9	114 14.9	252 33.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
27	763 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
科観17	1 0.1	27 3.5	243 31.8	59 7.7	239 31.3	194 25.4	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
科観18	2 0.3	46 6.0	238 31.2	48 6.3	333 43.6	95 12.5	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.1
科観19	1 0.1	253 33.2	256 33.6	43 5.6	162 21.2	47 6.2	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.1
科観20	5 0.7	385 50.5	265 34.7	75 9.8	23 3.0	8 1.0	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3
32	763 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
2. 反応熱の測定										
液温A1	24 3.1	673 88.2	66 8.7	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
液温A1	31 4.1	86 11.3	120 15.7	110 14.4	82 10.7	76 10.0	117 15.3	62 8.1	31 4.1	48 6.3
液温A1	588 77.1	8 1.0	18 2.4	4 0.5	1 0.1	127 16.6	**** *****	2 0.3	11 1.4	4 0.5
液温A2	12 1.6	463 60.7	287 37.6	1 0.1	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
液温A2	90 11.8	54 7.1	38 5.0	40 5.2	44 5.8	74 9.7	104 13.6	133 17.4	96 12.6	90 11.8
液温A2	596 78.1	11 1.4	9 1.2	6 0.8	5 0.7	97 12.7	3 0.4	5 0.7	21 2.8	10 1.3
液温A-	760 99.6	1 0.1	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	2 0.3	**** *****
液温A-	11 1.4	2 0.3	36 4.7	188 24.6	342 44.8	134 17.6	38 5.0	7 0.9	3 0.4	2 0.3
液温A-	535 70.1	8 1.0	15 2.0	13 1.7	8 1.0	143 18.7	11 1.4	11 1.4	15 2.0	4 0.5
液温B1	24 3.1	672 88.1	66 8.7	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.1	**** *****
液温B1	31 4.1	89 11.7	121 15.9	103 13.5	85 11.1	76 10.0	118 15.5	60 7.9	33 4.3	47 6.2
液温B1	582 76.3	9 1.2	17 2.2	5 0.7	1 0.1	126 16.5	1 0.1	2 0.3	15 2.0	5 0.7

実験192

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. 反応熱の測定										
液温B2	11	99	600	53	****	****	****	****	****	****
	1.4	13.0	78.6	6.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
液温B2	123	113	128	91	67	29	38	47	46	81
	16.1	14.8	16.8	11.9	8.8	3.8	5.0	6.2	6.0	10.6
液温B2	587	8	12	4	7	119	2	4	13	7
	76.9	1.0	1.6	0.5	0.9	15.6	0.3	0.5	1.7	0.9
液温B-	650	111	****	****	****	****	****	****	2	****
	85.2	14.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温B-	75	36	7	4	4	23	101	216	187	110
	9.8	4.7	0.9	0.5	0.5	3.0	13.2	28.3	24.5	14.4
液温B-	531	8	16	7	3	152	6	11	18	11
	69.6	1.0	2.1	0.9	0.4	19.9	0.8	1.4	2.4	1.4
液温C1	24	671	66	****	****	****	****	****	2	****
	3.1	87.9	8.7	*****	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温C1	31	84	126	103	84	73	119	61	34	48
	4.1	11.0	16.5	13.5	11.0	9.6	15.6	8.0	4.5	6.3
液温C1	581	12	17	6	****	125	3	2	13	4
	76.1	1.6	2.2	0.8	*****	16.4	0.4	0.3	1.7	0.5
液温C2	11	14	556	181	1	****	****	****	****	****
	1.4	1.8	72.9	23.7	0.1	*****	*****	*****	*****	*****
液温C2	24	48	89	100	136	117	90	89	49	21
	3.1	6.3	11.7	13.1	17.8	15.3	11.8	11.7	6.4	2.8
液温C2	599	6	9	11	3	96	5	6	18	10
	78.5	0.8	1.2	1.4	0.4	12.6	0.7	0.8	2.4	1.3
液温C-	96	664	1	****	****	****	****	****	2	****
	12.6	87.0	0.1	*****	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温C-	133	177	155	82	60	38	25	12	30	51
	17.4	23.2	20.3	10.7	7.9	5.0	3.3	1.6	3.9	6.7
液温C-	537	5	13	12	11	138	6	13	20	8
	70.4	0.7	1.7	1.6	1.4	18.1	0.8	1.7	2.6	1.0
液温D1	24	670	67	****	****	****	****	****	2	****
	3.1	87.8	8.8	*****	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温D1	32	81	125	107	85	74	116	60	36	47
	4.2	10.6	16.4	14.0	11.1	9.7	15.2	7.9	4.7	6.2
液温D1	575	15	15	4	****	130	****	2	17	5
	75.4	2.0	2.0	0.5	*****	17.0	*****	0.3	2.2	0.7
液温D2	11	5	370	340	37	****	****	****	****	****
	1.4	0.7	48.5	44.6	4.8	*****	*****	*****	*****	*****
液温D2	87	78	60	32	36	39	81	118	112	120
	11.4	10.2	7.9	4.2	4.7	5.1	10.6	15.5	14.7	15.7
液温D2	597	9	11	6	6	103	4	7	13	7
	78.2	1.2	1.4	0.8	0.8	13.5	0.5	0.9	1.7	0.9
液温D-	16	674	71	****	****	****	****	****	2	****
	2.1	88.3	9.3	*****	*****	*****	*****	*****	0.3	*****
液温D-	46	51	57	79	130	127	107	79	49	38
	6.0	6.7	7.5	10.4	17.0	16.6	14.0	10.4	6.4	5.0
液温D-	520	3	22	8	7	149	10	14	23	7
	68.2	0.4	2.9	1.0	0.9	19.5	1.3	1.8	3.0	0.9
69	763	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO.	実験192									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>2. 反応熱の測定</b>										
図点4	4	724	34	****	1	****	****	****	****	****
	0.5	94.9	4.5	*****	0.1	*****	*****	*****	*****	*****
図形4	4	415	43	214	7	16	14	****	****	50
	0.5	54.4	5.6	28.0	0.9	2.1	1.8	*****	*****	6.6
液温5	359	366	13	4	****	****	****	****	21	****
	47.1	48.0	1.7	0.5	*****	*****	*****	*****	2.8	*****
液温5	183	82	73	39	10	12	21	52	126	165
	24.0	10.7	9.6	5.1	1.3	1.6	2.8	6.8	16.5	21.6
液温5	429	6	11	16	5	244	4	8	34	6
	56.2	0.8	1.4	2.1	0.7	32.0	0.5	1.0	4.5	0.8
単位5	89	633	9	11	****	****	****	****	21	****
	11.7	83.0	1.2	1.4	*****	*****	*****	*****	2.8	*****
<b>3. 液性の実験</b>										
計画3	8	412	****	85	****	118	37	78	17	8
	1.0	54.0	*****	11.1	*****	15.5	4.8	10.2	2.2	1.0
結果5	4	1	3	754	****	****	****	****	****	1
	0.5	0.1	0.4	98.8	*****	*****	*****	*****	*****	0.1
計画6	72	23	423	29	48	3	76	28	36	25
	9.4	3.0	55.4	3.8	6.3	0.4	10.0	3.7	4.7	3.3
指薬6	72	414	119	158	****	****	****	****	****	****
	9.4	54.3	15.6	20.7	*****	*****	*****	*****	*****	*****
結果8	68	16	674	1	4	****	****	****	****	****
	8.9	2.1	88.3	0.1	0.5	*****	*****	*****	*****	*****
<b>4. グラフの解釈</b>										
最初1	294	282	80	6	8	****	****	****	****	93
	38.5	37.0	10.5	0.8	1.0	*****	*****	*****	*****	12.2
入方1	294	192	62	4	32	****	****	****	****	179
	38.5	25.2	8.1	0.5	4.2	*****	*****	*****	*****	23.5
限度1	294	105	24	4	36	****	****	****	****	300
	38.5	13.8	3.1	0.5	4.7	*****	*****	*****	*****	39.3
他 1	294	11	33	18	62	1	****	****	****	344
	38.5	1.4	4.3	2.4	8.1	0.1	*****	*****	*****	45.1
適図2	219	204	151	189	****	****	****	****	****	****
	28.7	26.7	19.8	24.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****
理由37	344	37	19	17	59	8	10	****	****	269
	45.1	4.8	2.5	2.2	7.7	1.0	1.3	*****	*****	35.3
理由34	344	35	5	26	16	32	9	****	****	296
	45.1	4.6	0.7	3.4	2.1	4.2	1.2	*****	*****	38.8
理由39	344	7	35	20	45	35	4	****	****	273
	45.1	0.9	4.6	2.6	5.9	4.6	0.5	*****	*****	35.8

(5) 実験テスト88-89

\*\* 88 年 10 月 27 日 実施 \*\*

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 学	0 0.0	95 28.4	131 39.1	91 27.2	18 5.4	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
2 組	0 0.0	0 0.0	64 19.1	0 0.0	46 14.3	83 26.3	44 13.1	45 13.4	46 13.7	0 0.0
3 表	64 19.1	68 20.3	60 17.9	50 14.9	45 13.4	17 5.1	19 5.7	12 3.6	0 0.0	0 0.0
4 号	28 8.4	36 10.7	39 11.6	34 10.1	35 10.4	34 10.1	35 10.4	32 9.6	34 10.1	28 8.4
5 男	0 0.0	160 47.8	175 52.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
6 女	335 100.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
7 1	5 1.5	111 33.1	49 14.6	170 50.7	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
8 2	4 1.2	72 23.3	86 25.7	167 49.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
9 3	4 1.2	231 69.0	7 2.1	93 27.8	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
10 4	6 1.8	124 37.0	33 9.9	172 51.3	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
11 5	4 1.2	41 12.2	95 28.4	195 58.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
12 6	5 1.5	42 12.5	59 17.6	229 68.4	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
13 7	4 1.2	114 34.0	43 12.8	174 51.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
14 8	4 1.2	44 13.1	107 31.9	130 37.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
15 9	7 2.1	44 13.1	171 51.0	113 33.7	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
16 10	5 1.5	57 17.0	155 46.3	118 35.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
17 11	6 1.8	70 20.9	103 30.7	156 46.6	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
18 12	4 1.2	152 47.2	46 13.7	127 37.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
19 13	4 1.2	205 61.2	9 2.7	117 34.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
20 14	4 1.2	145 43.3	47 14.0	139 41.5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

21	4	205	31	95	0	0	0	0	0	0	0
	1.2	61.2	9.3	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	4	164	49	113	0	0	0	0	0	0	0
	1.2	49.0	14.5	35.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	9	161	102	47	7	7	7	0	0	0	2
	2.7	48.1	30.4	14.0	2.1	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.6
24	7	6	126	105	13	76	0	0	0	0	2
	2.1	1.8	37.6	31.3	3.9	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
25	7	6	57	36	136	93	0	0	0	0	0
	2.1	1.8	17.0	10.7	40.6	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	7	112	78	41	81	11	0	0	0	0	5
	2.1	33.4	23.3	12.2	24.2	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
(27)	335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.反壳群	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	6	312	17	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.8	93.1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	15	8	1	1	1	7	43	63	95	101	
	4.5	2.4	0.3	0.3	0.3	2.1	12.8	18.8	28.4	30.1	
30	260	2	4	0	1	58	5	1	3	1	
	77.6	0.6	1.2	0.0	0.3	17.3	1.5	0.3	0.9	0.3	
31	5	17	311	0	0	0	0	0	2	0	
	1.5	5.1	92.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	
32	60	89	91	52	12	9	1	2	3	16	
	17.9	26.6	27.2	15.5	3.6	2.7	0.3	0.6	0.9	4.8	
33	282	1	1	0	1	44	1	1	3	1	
	84.2	0.3	0.3	0.0	0.3	13.1	0.3	0.3	0.9	0.3	
34	328	0	4	0	0	0	0	0	3	0	
	97.9	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	
35	4	0	36	126	129	30	2	1	7	0	
	1.2	0.0	10.7	37.6	38.5	9.0	0.6	0.3	2.1	0.0	
36	246	1	2	3	4	69	2	2	5	1	
	73.4	0.3	0.6	0.9	1.2	20.6	0.6	0.6	1.5	0.3	
37	6	313	16	0	0	0	0	0	0	0	
	1.8	93.4	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
38	14	7	2	1	1	7	46	60	98	99	
	4.2	2.1	0.6	0.3	0.3	2.1	13.7	17.9	29.3	29.6	
39	259	2	6	2	0	58	3	2	3	0	
	77.3	0.6	1.8	0.6	0.0	17.3	0.9	0.6	0.9	0.0	
40	5	0	322	6	0	0	0	0	2	0	
	1.5	0.0	96.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	
41	5	2	12	42	20	71	68	37	14	4	
	1.5	0.6	3.6	12.5	23.9	21.2	20.3	11.0	4.2	1.2	
42	274	3	4	2	3	41	1	1	2	4	
	81.8	0.9	1.2	0.6	0.9	12.2	0.3	0.3	0.6	1.2	

43	315 94.9	10 3.0	3 0.9	1 0.3	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	3 0.9	0 0.0
44	9 2.7	3 0.9	2 0.6	2 0.6	6 1.8	22 6.6	67 20.0	118 35.2	83 24.8	23 6.9
45	244 72.8	0 0.0	3 0.9	1 0.3	2 0.6	65 19.4	3 0.9	4 1.2	11 3.3	2 0.6
46	6 1.8	312 93.1	10 4.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 0.3	0 0.0
47	14 4.2	7 2.1	1 0.3	1 0.3	1 0.3	6 1.8	47 14.0	62 18.5	97 29.0	99 29.6
48	259 77.3	3 0.9	5 1.5	1 0.3	1 0.3	57 17.0	3 0.9	1 0.3	4 1.2	1 0.3
49	5 1.5	0 0.0	210 62.7	118 35.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	2 0.6	0 0.0
50	57 17.0	32 9.6	19 5.7	11 3.3	4 1.2	7 2.1	29 8.7	51 15.2	71 21.2	54 16.1
51	273 81.5	2 0.6	2 0.6	2 0.6	1 0.0	47 14.0	0 0.0	1 0.3	6 1.8	2 0.6
52	72 21.5	256 76.4	1 0.3	3 0.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	3 0.9	0 0.0
53	62 18.5	84 25.1	72 21.5	34 10.1	9 2.7	2 0.6	2 0.6	10 3.0	20 6.0	40 11.9
54	249 74.3	3 0.9	3 0.9	0 0.0	2 0.6	65 19.4	1 0.3	1 0.3	9 2.7	2 0.6
55	6 1.8	311 92.8	17 5.1	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 0.3	0 0.0
56	15 4.5	7 2.1	1 0.3	1 0.3	1 0.3	7 2.1	47 14.0	60 17.9	96 28.7	100 29.9
57	258 77.0	2 0.6	5 1.5	1 0.3	0 0.0	59 17.6	3 0.9	1 0.3	4 1.2	2 0.6
58	5 1.5	0 0.0	34 10.1	291 86.9	3 0.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	2 0.6	0 0.0
59	38 11.3	53 15.8	59 17.6	52 15.5	40 11.9	31 9.3	11 3.3	8 2.4	21 6.3	22 6.6
60	282 84.2	1 0.3	3 0.9	1 0.3	1 0.3	36 10.7	1 0.3	0 0.0	8 2.4	2 0.6
61	10 3.0	313 93.4	5 1.5	4 1.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	3 0.9	0 0.0
62	11 3.3	17 5.1	36 10.7	51 15.2	50 14.9	58 17.3	61 18.2	25 7.5	16 4.8	10 3.0
63	253 75.5	1 0.3	4 1.2	0 0.0	3 0.9	59 17.6	3 0.9	0 0.0	11 3.3	1 0.3
64 (+) 7 <sup>th</sup> yr	5 1.5	310 92.5	20 6.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0

65	5	105	34	176	5	0	9	1	0	0
977	1.5	31.3	10.1	52.5	1.5	0.0	2.7	0.3	0.0	0.0
66	192	112	6	2	6	0	0	0	23	0
(5)	57.3	33.4	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0
67	82	19	10	3	5	4	15	50	77	70
	24.5	5.7	3.0	0.9	1.5	1.2	4.5	14.9	23.0	20.9
68	194	1	3	9	1	95	1	0	29	2
	57.5	0.3	0.9	2.7	0.3	28.4	0.3	0.0	8.7	0.6
69	33	208	7	4	0	0	0	0	23	0
單位	9.5	80.0	2.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0
(70)	335	0	0	0	0	0	0	0	0	0
液性	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
71	29	198	0	12	1	64	12	13	3	12
(3)	6.0	59.1	0.0	3.6	0.3	19.1	3.6	3.9	0.9	3.6
72	13	2	6	309	0	0	0	0	0	0
(4)	5.4	0.6	1.8	92.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	104	1	132	10	13	0	40	2	11	17
(6)	31.0	0.3	39.4	3.0	5.4	0.0	11.9	0.6	3.3	5.1
74	104	138	30	63	0	0	0	0	0	0
	31.0	41.2	9.0	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
75	95	5	217	4	14	0	0	0	0	0
(8)	28.4	1.5	64.6	1.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(76)	335	0	0	0	0	0	0	0	0	0
長穩定	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
77	30	297	8	0	0	0	0	0	0	0
A	9.0	88.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
78	36	52	247	0	0	0	0	0	0	0
B	10.7	15.5	73.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	30	269	36	0	0	0	0	0	0	0
A	9.0	80.3	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	35	37	263	0	0	0	0	0	0	0
B	10.4	11.0	78.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



実験テスト89

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	****	****	****	****	****	****	104	92	****	****
5番	*****	*****	*****	*****	*****	*****	53.1	46.9	*****	*****
2	****	75	16	79	26	****	****	****	****	****
11	*****	38.3	8.2	40.3	13.3	*****	*****	*****	*****	*****
3	47	50	46	36	17	****	****	****	****	****
3 送 答	24.0	25.5	23.5	18.4	8.7	*****	*****	*****	*****	*****
4	15	24	20	18	22	20	21	19	20	17
4 5	7.7	12.2	10.2	9.2	11.2	10.2	10.7	9.7	10.2	8.7
5	****	113	83	****	****	****	****	****	****	****
8番	*****	57.7	42.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
(6)	196	****	****	****	****	****	****	****	****	****
(6) 1. 初答組	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7	****	81	27	88	****	****	****	****	****	****
7 1	*****	41.3	13.8	44.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8	****	71	32	93	****	****	****	****	****	****
2	*****	36.2	16.3	47.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9	****	153	8	35	****	****	****	****	****	****
3	*****	78.1	4.1	17.9	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	****	96	15	85	****	****	****	****	****	****
4	*****	49.0	7.7	43.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11	****	46	48	102	****	****	****	****	****	****
5	*****	23.5	24.5	52.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
12	****	55	32	109	****	****	****	****	****	****
4	*****	28.1	16.3	55.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13	1	66	27	102	****	****	****	****	****	****
7	0.5	33.7	13.8	52.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
14	1	60	46	89	****	****	****	****	****	****
8	0.5	30.6	23.5	45.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
15	****	49	70	77	****	****	****	****	****	****
7	*****	25.0	35.7	39.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
16	****	52	63	81	****	****	****	****	****	****
10	*****	26.5	32.1	41.3	*****	*****	*****	*****	*****	*****
17	****	62	43	91	****	****	****	****	****	****
11	*****	31.6	21.9	46.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
18	****	68	41	87	****	****	****	****	****	****
14	*****	34.7	20.9	44.4	*****	*****	*****	*****	*****	*****
19	****	113	12	71	****	****	****	****	****	****
12	*****	57.7	6.1	36.2	*****	*****	*****	*****	*****	*****
20	****	72	44	80	****	****	****	****	****	****
18	*****	36.7	22.4	40.8	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	****	137	12	47	****	****	****	****	****	****
15	*****	69.9	6.1	24.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****
22	1	109	26	60	****	****	****	****	****	****
16	0.5	55.6	13.3	30.6	*****	*****	*****	*****	*****	*****
23	1	94	82	16	2	****	1	****	****	****
17	0.5	48.0	41.8	8.2	1.0	*****	0.5	*****	*****	*****
24	1	9	55	70	8	53	****	****	****	****
18	0.5	4.6	28.1	35.7	4.1	27.0	*****	*****	*****	*****
25	****	12	58	21	58	47	****	****	****	****
19	*****	6.1	29.6	10.7	29.6	24.0	*****	*****	*****	*****
26	****	83	46	29	26	10	1	****	****	1
20	*****	42.3	23.5	14.8	13.3	5.1	0.5	*****	*****	0.5
(27)	196	****	****	****	****	****	****	****	****	****
	100.0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
28	1	112	82	****	****	****	****	****	1	****
A	0.5	57.1	41.8	*****	*****	*****	*****	*****	0.5	*****
29	25	32	28	34	31	25	10	****	2	9
	12.8	16.3	14.3	17.3	15.8	12.8	5.1	*****	1.0	4.6
30	162	****	****	1	****	31	****	****	2	****
	82.7	*****	*****	0.5	*****	15.8	*****	*****	1.0	*****
31	****	89	106	****	****	****	****	****	1	****
	*****	45.4	54.1	*****	*****	*****	*****	*****	0.5	*****
32	11	2	6	13	22	33	35	22	27	25
	5.6	1.0	3.1	6.6	11.2	16.8	17.9	11.2	13.8	12.8
33	152	1	****	****	1	38	****	****	3	1
	77.6	0.5	*****	*****	0.5	19.4	*****	*****	1.5	0.5
34	193	****	****	****	****	****	****	****	3	****
	98.5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	1.5	*****
35	****	3	10	57	87	32	3	****	4	****
	*****	1.5	5.1	29.1	44.4	16.3	1.5	*****	2.0	*****
36	152	2	****	****	1	35	****	1	5	****
	77.6	1.0	*****	*****	0.5	17.9	*****	0.5	2.6	*****
37	1	112	82	****	****	****	****	****	1	****
B	0.5	57.1	41.8	*****	*****	*****	*****	*****	0.5	*****
38	24	33	28	33	31	26	9	****	1	11
	12.2	16.8	14.3	16.8	15.8	13.3	4.6	*****	0.5	5.6
39	162	****	****	1	****	31	****	****	2	****
	82.7	*****	*****	0.5	*****	15.8	*****	*****	1.0	*****
40	1	13	148	33	****	****	****	****	1	****
	0.5	6.6	75.5	16.8	*****	*****	*****	*****	0.5	*****

実験リスト89

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	29 14.8	28 14.3	33 16.8	17 8.7	11 5.6	4 2.0	5 2.6	10 5.1	31 15.8	28 14.3
42	159 81.1	1 0.5	**** *****	1 0.5	**** *****	32 16.3	1 0.5	**** *****	1 0.5	1 0.5
43	184 93.9	9 4.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	3 1.5	**** *****
44	8 4.1	1 0.5	**** *****	**** *****	**** *****	2 1.0	23 11.7	41 20.9	75 38.3	46 23.5
45	159 81.1	1 0.5	**** *****	1 0.5	**** *****	29 14.8	**** *****	1 0.5	5 2.6	**** *****
46	1 0.5	113 57.7	81 41.3	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.5	**** *****
47	24 12.2	33 16.8	30 15.3	30 15.3	31 15.8	26 13.3	10 5.1	**** *****	1 0.5	11 5.6
48	159 81.1	**** *****	**** *****	1 0.5	1 0.5	33 16.8	**** *****	**** *****	2 1.0	**** *****
49	**** *****	1 0.5	100 51.0	93 47.4	**** *****	**** *****	1 0.5	**** *****	1 0.5	**** *****
50	3 1.5	13 6.6	26 13.3	38 19.4	24 12.2	25 12.8	20 10.2	30 15.3	10 5.1	7 3.6
51	164 83.7	2 1.0	2 1.0	**** *****	**** *****	25 12.8	**** *****	**** *****	3 1.5	**** *****
52	9 4.6	184 93.9	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	3 1.5	**** *****
53	22 11.2	49 25.0	51 26.0	42 21.4	16 8.2	2 1.0	2 1.0	**** *****	4 2.0	8 4.1
54	152 77.6	**** *****	3 1.5	1 0.5	**** *****	35 17.9	1 0.5	1 0.5	3 1.5	**** *****
55	1 0.5	112 57.1	82 41.8	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.5	**** *****
56	25 12.8	32 16.3	29 14.8	30 15.3	32 16.3	26 13.3	10 5.1	**** *****	1 0.5	11 5.6
57	158 80.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	34 17.3	**** *****	**** *****	2 1.0	2 1.0
58	1 0.5	**** *****	43 21.9	146 74.5	5 2.6	**** *****	**** *****	**** *****	1 0.5	**** *****
59	23 11.7	13 6.6	18 9.2	13 6.6	10 5.1	20 10.2	25 12.8	25 12.8	27 13.8	22 11.2
60	154 78.6	1 0.5	1 0.5	**** *****	**** *****	37 18.9	1 0.5	1 0.5	1 0.5	**** *****

NO.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
61	**** *****	186 94.9	7 3.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	3 1.5	**** *****
62	3 1.5	3 1.5	11 5.6	14 7.1	30 15.3	33 16.8	41 20.9	30 15.3	26 13.3	5 2.6
63	151 77.0	**** *****	3 1.5	**** *****	**** *****	37 18.9	1 0.5	1 0.5	3 1.5	**** *****
64 <sub>(4)</sub> 70, t	4 2.0	183 93.4	9 4.6	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
65 f??	4 2.0	81 41.3	13 6.6	70 35.7	**** *****	15 7.7	10 5.1	**** *****	**** *****	3 1.5
66 (r)	71 36.2	108 55.1	6 3.1	1 0.5	1 0.5	**** *****	**** *****	**** *****	9 4.6	**** *****
67	62 31.6	40 20.4	10 5.1	2 1.0	2 1.0	**** *****	1 0.5	10 5.1	28 14.3	41 20.9
68	119 60.7	**** *****	**** *****	5 2.6	**** *****	63 32.1	**** *****	**** *****	9 4.6	**** *****
69 <sub>単位</sub>	29 14.8	155 79.1	1 0.5	2 1.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	9 4.6	**** *****
(70)	196 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
J. 液位										
71 (3)	**** *****	131 66.8	**** *****	1 0.5	3 1.5	37 18.9	5 2.6	16 8.2	1 0.5	2 1.0
72 (3)	2 1.0	**** *****	1 0.5	193 98.5	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
73 (6)	16 8.2	14 7.1	118 60.2	8 4.1	7 3.6	**** *****	20 10.2	3 1.5	6 3.1	4 2.0
74	16 8.2	104 53.1	51 26.0	25 12.8	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
75 (6)	19 9.7	1 0.5	172 87.8	1 0.5	3 1.5	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
(76)	196 100.0	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
α. 指定										
77 7-A	6 3.1	190 96.9	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
78 7-B	7 3.6	12 6.1	177 90.3	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
79 7-A	6 3.1	180 91.8	10 5.1	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****
80 7-B	6 3.1	13 6.6	177 90.3	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****	**** *****

---

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

平成5年12月1日 印刷

平成5年12月10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

代表 松原 静 郎

印刷所 課 成 田 印 刷

---

6. 6. 30

松原 静 郎 氏 寄 贈 入 石