

理 科

中学校第3学年について

目 次

I 研究の目的と方法

1 研究の目的	159
2 研究の方法	159

II 研究内容と結果の考察

1 化学的内容—酸・アルカリ・塩，酸と塩—	160
2 物理的内容—電 流—	170
3 物理的内容—音 —	179
4 生物的内容—光 合 成—	184

I 研究の目的と方法

1 研究の目的

全国学力調査の結果に関する分析的研究を行なうにあたって、理科において目的としたことは、主として次の三点である。

a. 問題を解決するために必要な知識・理解の実態をはあくすること。

全国学力調査の結果そのものも、生徒の理科的知識・理解の実態を示しているが、実施上の制約から考えて問題解決に必要な知識・理解の実態を多角的にとらえることは困難である。そこで、全国学力調査の結果を手がかりとして、知識・理解の習得状況をさらに具体的にはあくしようとしたものである。

b. 問題の解決過程における生徒のつまずきや思考の様態をさぐること。

全国学力調査は、単に知識・理解の程度をみるだけでなく、基礎的知識・理解を応用する力・総合し判断する力・関係を考察する力についてもみられるように意図されている。しかし、個々の問題を解決するにあたっての生徒の思考過程や、つまずきやすい点を明らかにするためには必ずしもじゅうぶんでない。そこで、個々の問題に应答した背景ともいうべき、生徒のつまずきの実態や思考過程の様相をさぐるようとしたものである。

c. 指導内容の検討および指導方法の改善のいとぐちをみつけること。

全国学力調査は、学習指導の改善に役立てる資料とすることも一つの目的としている。しかし、aおよびbで述べたような実施上の制約からみて、改善のための具体的な手がかりを得るためには、やや不じゅうぶんと考えられる。そこで、この研究を通じて、指導内容に即して指導法の改善に役立つ具体的な資料を得たいと考えたものである。

2 研究の方法

中学校第3学年を分析の対象として、次の方法に基づいて実施した。

(1) 分析の対象とした全国学力調査問題

大問の番号	分野・領域等
[1]	生物的内容 光合成
[2], [12]	化学的内容 酸・アルカリ・塩, 酸と塩
[3]	物理的内容 音
[6], [12]	物理的内容 電流

(2) この問題をとりあげた理由

① 生物的内容 [1] 光合成について

県平均正答率は18.9%で非常に低い。これは、光合成の条件と水酸化ナトリウムの性質についての知識・理解が不じゅうぶんであることと、実験装置と目的との関係を考察する力が不じゅうぶんであることがからみあっているものと考えられる。それで、これらの要素ごとに理解状況をはあくし、各要素間の関係について検討しようとしたものである。

② 化学的内容 [2], [12] 酸・アルカリ・塩および酸と塩について

化学的内容の正答率は、各小問の内容によってかなり上下の差がある。割合に基礎的で具体的なものの正答率が意外に低かったりすることから、化学的内容について系統的に理解していないように考えられる。それで、どの段階のどのような部分にたずねがきが多いかをさぐるうとしたものである。

③ 物理的内容 [3] 音について

この問題の県平均正答率は62.7%で、かなり高い。しかし、両小問の完全正答と、その誤答内容をさぐってみると、音の高低を規定する条件の理解にかなりの混同がみられ、その理解内容は必ずしも確実とはいえないふしがある。小学校および中学校を通じて学習した内容でありながら、このような混同がみられる原因をさぐるうとしたものである。

④ 物理的内容 [6], [10] 電流について

この問題の県平均正答率は47.1でかなり良い。しかし、各小問ごとの正答率を検討してみると、オームの法則に関する計算力と、電流回路についての基礎的な知識・理解との間にかんがりのずれが感じられる。そこで、オームの法則に関する知識・理解が、どの程度統一的なものとして身につけているかをさぐるうとしたものである。

(3) 分析的調査の実施方法

先に述べた大問ごとの内容について、問題の解決に必要な基礎的知識・理解をみる問題、条件を総合して判断する力をみる問題、知識・理解の応用力をみる問題を分析的問題として作成した。(問題内容および問題作成のねらいについては、P162以下を参照されたい。)

これらの問蔵のうち、同時に提示すると支障のあるものについては別々の時間で実施するように考慮して、A、Bの2群に分類した。調査にあたっては、Aの問題群を50分間で実施し、解答用紙を回収して10分間休憩の後、さらにBの問題群を50分間で実施した。(調査の方法および結果の処理法については、序説を参照されたい。)

Ⅱ 研究内容と結果の考察

I 化学的内容 — 酸・アルカリ・塩、酸と塩 —

(1) 調査問題について

① 調査問題

[2] I 次の1、2の問いの答えを、下の の中に示したアからカまでの中からそれぞれ二つずつ選んで、解答用紙のその記号を○で囲みなさい。

- 1 うすい塩酸の性質を述べたものはどれか。
- 2 水酸化ナトリウムのうすい水溶液の性質を述べたものはどれか。

ア 赤色リトマス紙を青くする。 イ 青色リトマス紙を赤くする。
ウ すっぱい味がする。 エ 水に注ぐと、はげしく発熱する。

オ 指につけてこすると、ぬるぬるする。

カ 二酸化炭素を吹き込むと、水に溶けない物質ができる。

II 水酸化ナトリウム水溶液 10 ml と、希塩酸 10 ml があります。この二つの溶液を混ぜてつくった溶液に、フェノールフタレイン溶液を 1 滴加えたら赤くなりました。この実験について、次の

1, 2 の問いに答えなさい。

1 二つの溶液を混ぜてつくった溶液が、フェノールフタレイン溶液で赤くなったのはなぜか。次のアからオまでのの中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。

ア この溶液中に水酸化ナトリウムが残っていて、酸性を示すから。

イ この溶液中に水酸化ナトリウムが残っていて、アルカリ性を示すから。

ウ この溶液中に塩酸が残っていて、酸性を示すから。

エ この溶液中に塩酸が残っていて、アルカリ性を示すから。

オ この溶液中には、水酸化ナトリウムも塩酸も残っていないから。

2 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸とを混ぜてできる物質を、次のアからオまでのの中から二つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。

ア 炭酸ナトリウム

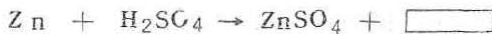
イ 水

ウ 塩化カリウム

エ 食塩

オ 塩素

12 下の のところに適当な物質の化学式(分子式)を入れると、正しい化学反応式になります。この化学反応式について、次の 1, 2, 3 の問いに答えなさい。



(a) (b) (c) (d)

1 上の のところには、どんな化学式を入れたらよいか。その化学式を解答用紙に書け。

2 上の化学反応式は、次のどの化学反応を表わしているか。次のアからオまでのの中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。

ア ^{あえんしゅう}亜鉛と^{りゅう}硫酸との反応 イ ^{りゅう}銅と^{りゅう}硫酸との反応 ウ 亜鉛と塩酸との反応

エ 銅と硝酸との反応 オ 亜鉛と硫酸との反応

3 上の化学反応式に示してある(a), (b), (c), (d)の物質の中で、^{えん}塩はどれか。次のアからカまでのの中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。

ア (a) イ (b) ウ (c) エ (d)

オ (a)と(b) カ (c)と(d)

② 調査問題のねらい

大問 12 ○ 酸・アルカリについての知識

○ 中和についての知識・理解

大問 12 ○ 化学式・化学反応式についての知識・理解

○ 金属と酸によってできる塩についての知識・理解

③ 結果とその考察

上記の大問および各小問の正答率は、次のとおりである。

大問	小問	小問のねらい	正答率			
			全国平均	県平均	抽出平均	
[2]	③	塩酸の性質についての具体的な知識	29.4%	27.5%	25.4%	26%
	④	水酸化ナトリウム水溶液についての具体的な知識		26.0%	24.5%	22%
	⑤	中和についての知識・理解		46.1%	44.3%	52%
	⑥	水酸化ナトリウム水溶液と塩酸との中和による生成物質の知識・理解		18.1%	13.2%	7%
[12]	②	亜鉛と硫酸との化学反応式と、水素の化学式についての知識・理解	53.3%	65.0%	63.2%	73%
	②	亜鉛と硫酸との化学反応式についての知識		52.7%	49.6%	47%
	③	亜鉛と硫酸との化学反応によってできる塩についての知識・理解		42.1%	39.1%	47%

化学的領域の問題のうち、酸・アルカリ・塩に関する調査問題大問 [2] は、県平均正答率が 26.9% で、抽出平均正答率が 26.8% であり、同じとみてよい。そのうち、うすい塩酸の性質と、水酸化ナトリウムのうすい水溶液の性質についてきいた小問③および④は、それぞれ問題の程度からみてかなり低い正答率であるといえる。これは、酸・アルカリに関する個々の実験がばらばらに受けとめられていて、酸やアルカリの一般的な性質としてじゅうぶんにまとめられていないためと考えられる。また、中和の現象についてみる小問⑤は、県平均および抽出平均ともに高い正答率を示している。しかし、中和のときの生成物についてきいた小問⑥は、県平均および抽出平均ともに低く、化学的領域では最低の正答率である。このことは、中和についての本質的な理解の不足を示すものである。実際の学習指導にあたって、物質変化や中和の事実と理論との結びつきを強めるくふうが必要であると思う。

酸と塩に関する調査問題大問 [12] は、県平均正答率が 50.6% で、抽出平均正答率が 55.7% であって、かなり高い正答率である。ことに小問②に対する抽出平均正答率が 73% であることは、化学式についての指導がじゅうぶんになされているように考えられる。しかし一方では、小問⑥で、中和による生成物質の正答率が 7% であって、全小問中でも最低に近い。同じ化学的領域に属する小問のうちで、正答率がこのように極端な差を示すのは、生徒の理解内容にかなりのアンバランスがあるものと考えられる。

(2) 分析的問題について

① 分析的問題作成のねらい

先に述べたような考察に基づいて、次のねらいによって分析的問題を作成した。

- a, リトマス紙の呈色反応、塩酸や水酸化ナトリウム水溶液の性質、中和実験の方法、中和による生成物質についての具体的な知識や理解を、できるだけ多角的にとらえるようにする。

- b 化学式や化学反応式についての知識・理解と、それによって表わされる物質や化学変化の内容についての理解程度を、できるだけ段階的にとらえるようにすること。
- c 最近数年間に実施された文部省全国学力調査の結果と、比較検討できるようにくふうすること。

② 分析的問題と結果の考察

a 段・アルカリと中和について

□1 次の a, b の問いの答えを、下の □□□□□□ の中に示した 1 から 6 までの中からそれぞれ二つ選んで、その番号を □□□□□□ の中に書きなさい。

- a うすい塩酸の性質を述べたものはどれか。
- b 水酸化ナトリウムのうすい水溶液の性質を述べたものはどれか。

- 1 赤色リトマス紙を青くする。
- 2 青色リトマス紙を赤くする。
- 3 すっぱい味がする。
- 4 水に注ぐと、はげしく発熱する。
- 5 指につけてこすると、ぬるぬるする。
- 6 二酸化炭素を吹き込むと、水に溶けない物質ができる。

この問題は、調査問題の小問③および④をほとんどそのまま実施したものであり、調査問題の正答率があまりに低いと考えたので、時期をはなして再度実施することによって、変動および定着の状況をみようとしたものである。正答率は次の通りである。

塩 酸	リトマス紙	すっぱい味	完全正答
原小問 ③	44%	54%	27%
分析 □1 a	49%	45%	29%

水酸化ナトリウム	リトマス紙	ぬるぬる	完全正答
原小問 ④	39%	62%	23%
分析 □1 b	51%	59%	30%

この結果をみると、化学的領域の学習にあたって最も基本的ともいえる内容の理解としては、非常に低い正答率といえよう。なお、この問題は、リトマス紙の呈色反応と、味または触感との組み合わせで解答するものであるから、それだけ低率になる要素をふくんでいるとも考えられる。しかしながら、塩酸・水酸化ナトリウムのリトマス紙に対する呈色反応などの基本的なことの理解までも、約 50%どまりであること、また、小学校 5 年でもとりあげられている内容であることを考えると、誤答の要因についてじゅうぶんな検討を加えるとともに、指導法の上でも、いっそうのくふうが必要であることを感じる。そこで、次のような観点から検討を加えてみることにした。

- 酸性・アルカリ性・中性の各液と、リトマス紙の呈色反応の関係を理解しているか。
- 塩酸・水酸化ナトリウムの水溶液の具体的な性質を理解しているか。
- 塩酸・水酸化ナトリウムの水溶液を、中和実験などの具体的な場面で考えることができるか。

o 中和反応および中和反応によって生成する物質について、どの程度に理解しているか。

[2] 次の性質を示す液に、リトマス紙を入れるとどうなりますか。正しいものの番号を一つずつ の中に書きなさい。

- a 酸性の液
- ・青色リトマス紙を入れると (1) 赤くなる (2) 変わらない
 - ・赤色リトマス紙を入れると (1) 青くなる (2) 変わらない

以下、アルカリ性・中性と続く(略)

[3] 次に示したaからfまでの物質の中で、その水溶液が酸性を示すものには○を、アルカリ性を示すものには△を、 の中に書きなさい。

- a 硫酸 → b 塩酸 → c 水酸化ナトリウム →
 d 石灰水 → e 硝酸 → f アンモニア水 →

分析問題 [2] および [3] の正答率は、次のとおりである。

分析 [2]	項目	正答率
a	酸性の液とリトマス紙の反応	5.6%
b	アルカリ性の液とリトマス紙の反応	4.7%
c	中性の液とリトマス紙の反応	7.8%

分析 [3]	項目	正答率
a	塩酸の性質(酸性)	8.3%
b	水酸化ナトリウムの性質(アルカリ性)	7.4%
c	石灰水の性質(アルカリ性)	8.5%

分析 [3] a と b からみると、塩酸が酸性であり、水酸化ナトリウムがアルカリ性であるということは、かなりよく理解されているといえる。これに比べると、アルカリ性の液・酸性の液に対するリトマス紙の呈色反応の理解が、かなり劣っているといえよう。分析 [2] でリトマス紙の反応について酸性・中性・アルカリ性ともに完全に正答できたものは4.0%である。これらのことから、調査問題小問③、④の正答率が低い原因としてリトマス紙の呈色反応そのものの理解が不じゅうぶんであったことが考えられる。

[4] うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい水溶液をまぜ合わせて、リトマス紙で調べたらアルカリ性でした。この液を中和させるにはどうしたらよいですか。次の1, 2, 3, 4の中から一つだけ選んで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 液が中性になるまで、水を少しずつ加える。
- 2 液が中性になるまで、水酸化ナトリウムのうすい液を少しずつ加える。
- 3 液が中性になるまで、うすい塩酸を少しずつ加える。
- 4 液が中性になるまで、食塩水を少しずつ加える。

この問題は、中和実験の方法に関する知識、および塩酸・水酸化ナトリウム水溶液等の性質に関する理解をみようとしたものである。この問題の正答率と、調査問題小問③④におけるリトマス紙の呈色反応との関係を示すと次のとおりである。

分析 [4]	正答	54% (塩酸を加える)								
分析 [4]	誤答	46%								
誤答内容	—	<table border="0"> <tr> <td>水酸化ナトリウムを加える</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>食塩水を加える</td> <td>14%</td> </tr> <tr> <td>水を加える</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>2%</td> </tr> </table>	水酸化ナトリウムを加える	25%	食塩水を加える	14%	水を加える	5%	その他	2%
水酸化ナトリウムを加える	25%									
食塩水を加える	14%									
水を加える	5%									
その他	2%									

分析 [4] の正答54%中で	
リトマス反応(小問③, ④とも)に正答したもの	26%
リトマス反応(小問③, ④とも)に誤答したもの	22%
分析 [4] の正答54%中で	
塩酸(小問③, 分析 [1] aとも)に誤答	26%
水酸化ナトリウム(小問④, 分析 [1] bとも)に誤答	24%

分析「4」で、アルカリ性の液を中和させるために塩酸を加えると正答したものは54%である。ところで、この正答者について調査問題小問③, ④での応答との関係を見ると上の表のようになる。塩酸・水酸化ナトリウムのリトマス反応について、小問③, ④ともに誤答した22%のものが分析「4」の正答者中にいるわけである。中和実験において基本的なことがらであるリトマス反応の理解がない状態で、中和実験の方法を正確に理解することは困難なことであろう。また、同じ分析「4」の正答者について、小問③と分析「1」a、および小問④と分析「1」bに対する応答をみると、塩酸の性質が不明のもの26%、水酸化ナトリウムの性質が不明のもの24%がふくまれている。中和反応に関する個々の物質についてじゅうぶんな理解をもたないで、中和現象を理解することも困難であろう。これらのことから、学習指導にあたって、生徒自身が自ら操作し、入念に観察する機会を与えること、生徒の実態に即した順序によって理解を深めていくことの必要性が感じられる。

[5] 次の化学反応が起こったときに、できる物質のなまえを の中に書きなさい。

a 水酸化ナトリウムを硫酸で中和したとき

b 水酸化ナトリウムを塩酸で中和したとき

c マグネシウムと酸素が化合したとき

この問題は、調査問題小問⑥に対応する問題であって、化学反応による生成物質の理解をみようとしたものである。小問⑥および分析 [5] b について正答率を示すと次のとおりである。

小問⑥ 正答率	7% (食塩と水)
食塩だけを選んで誤答となったもの	17%
食塩と他の物を選んで誤答となったもの	14%
食塩以外の選択肢だけを選んだもの・無答	62%

分析 [5] b 正答率	4% (食塩と水)
食塩だけを書いて誤答となったもの	39%
食塩以外の選択肢を選んだもの・無答	57%
小問⑥, 分析 [5] b とも食塩にふれていないもの	54%

この結果から、塩酸と水酸化ナトリウムとが中和すると、塩化ナトリウム(食塩)と水とができること、さらには、一般に酸とアルカリとが中和すると、塩と水とができることについての理解が、非常に低いといえよう。ことに、小問⑥と分析 [5] b で、両問題とも食塩に気づかないものが54%もあるということに注目しなければならない。この中和実験の場合には、化学変化に関係する反応前の物質と生成物質とははっきりつかまえさせることがそれほど困難ではないだけに、もっとじゅうぶんに、実験を通じて化学変化の事実を観察させる必要がある。生成物質のうちの水については、生成の事実を確認することが困難であるから、化学反応式の指導を手がかりとして、類推的に理解させることが必要であると考えられる。

b 化学式と化学反応について

[6] 次の a, b の問いの答えを、その下に示した 1 から 6 までの中からそれぞれ一つずつ選んで、その番号を の中に書きなさい。

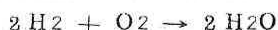
a 水の分解を表わす化学反応式はどれか。

- 1 $H_2O \rightarrow H_2 + O$ 2 $H_2O \rightarrow 2H + O$ 3 $H_2O \rightarrow H_2 + O_2$
 4 $2H_2O \rightarrow 2H_2 + 2O$ 5 $2H_2O \rightarrow 4H + 2O$ 6 $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

b H_2 という化学式で表わされているものはどれか。

- 1 水素の原子 1 個 2 酸素の原子 1 個 3 水素の分子 1 個
 4 酸素の分子 1 個 5 水素の分子 2 個 6 酸素の分子 2 個

[7] 次の化学反応式について、a から c までの問いに答えなさい。答えはそれぞれ一つずつ選んで、その番号を の中に書きなさい。



a この化学反応式はどのようなことを表わしているか。下の 1, 2, 3, 4 の中から選べ。

- 1 水が分解して、水素と酸素ができる。 2 水素と酸素が混合して、水ができる。
 3 酸素が燃焼して水ができる。 4 水素が燃焼して水ができる。

b この化学反応式の中の 2H_2 の、小さいほうの数字 2 は何を表わしているか。下の に示した 1 から 6 までの中から選べ。

- 1 水素分子の数 2 水素原子の数
 3 水素分子の数と酸素分子の数 4 水の分子の数
 5 水の原子の数 6 水素原子の数と酸素分子の数

[8] 下の [] の中に適当な物質の化学式(分子式)を入れて、正しい化学反応式を作りなさい。また、そこに入れた物質のなまえを()の中に書きなさい。

- a $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{[]} \dots\dots\dots (\quad)$
 b $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{[]} \dots\dots\dots (\quad)$
 c $2\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{[]} \dots\dots\dots (\quad)$

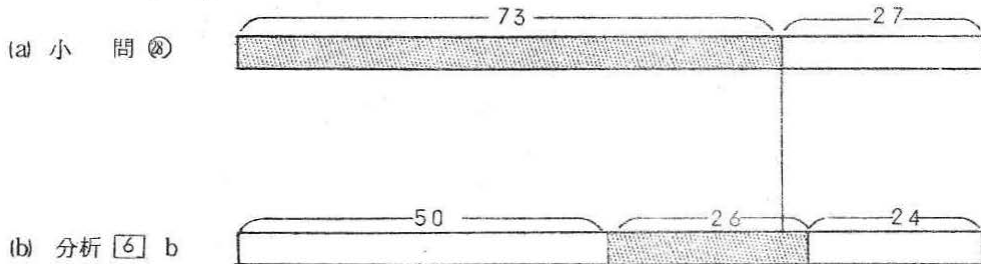
ここに掲げた、分析的問題 [6], [7], [8] は、化学式および化学反応式に対する知識・理解を、調査問題小問 ㉒, ㉓, ㉔ と関係づけて検討するためのものである。なお、分析 [6] は昭和 39 年度中学 2 年、分析 [7] は昭和 37 年度中学 2 年の文部省全国学力調査問題を転用したものである。また、分析 [8] は、分析 [5] に出題した化学反応について、化学反応式を完成する力と、化学式で表わされた生成物質を読みとる力とをみようとしたものである。各問題の正答率は、次のとおりである。

分析 [6]	a	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	61%
	b	H_2 という化学式の意味	26%

分析 [8]	a	化学式($2\text{H}_2\text{O}$)	36%
	b	化学式(NaCl)	58%
	c	化学式(2MgO)	31%

分析 [7]	a	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ (昭 37・中 2・全国平均 12.8%)	20%
	b	$2\text{H}_2 \dots\dots\dots$ (小さいほうの数字 2) (昭 37・中 2・全国平均 29.8%)	50%
	c	$2\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots$ (大きいほうの数字 2) (昭 37・中 2・全国平均 15.0%)	20%

調査問題の小問⑧(亜鉛と硫酸の化学反応式の中に、生成物質としての水素を化学式で記入する問題)の正答者について、分析的問題 [6] bにおける反応をグラフに示すと次のとおりである。(黒の部分は正答を示す)



この結果からみると、H₂ という化学式を記入した73%のうちには、H₂の表わす内容を知らないものが50%もふくまれていることになる。また、H₂と記入できなかったものの大部分が、H₂の表わす内容を知らないといえることができる。小問⑧で示した73%という高率も、その理解内容についていえば、かなりあいまいなものがふくまれているといえることができる。

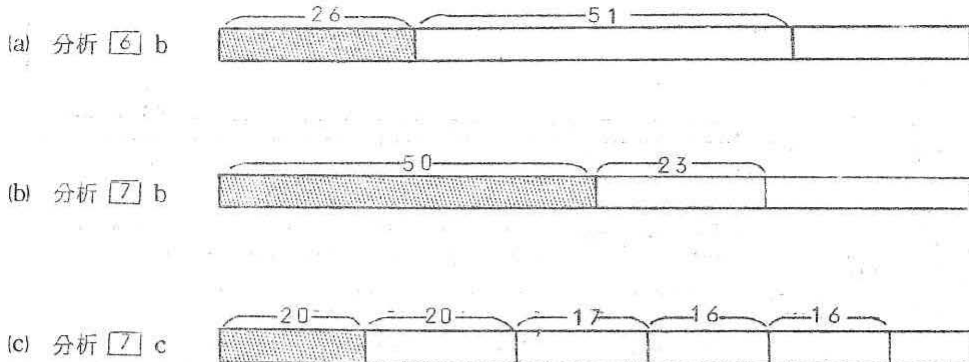
ところで、小問⑧の正答者・誤答者別に、分析 [8] に対する反応をみると、次のとおりである。

小問⑧ 正答 73%	分析 [8]	3問正答	13%	正答なし 39%
		2問正答	12%	
		1問正答	9%	

小問⑧ 誤答 27%	分析 [8]	3問正答	2%	正答なし 21%
		2問正答	2%	
		1問正答	2%	

この結果からみると、H₂ というような比較的わかりやすい化学式を書くことは一応できるが、2H₂O, NaCl, 2MgO というようにいくらか複雑な化学式を書くことは、かなり困難であるといえる。ことに、分析 [8] a, bは、係数をきちんとつけることが要求されるわけで、この係数の意味を理解させる指導のむずかしさが感じられる。物質変化にかかわる分子・原子などは、肉眼でとらえることができないだけに、化学式・化学反応式が具体性のないものとして生徒に受けとられやすい。しかし、物質変化の理解を深める上では、きわめて重要なことがらであるだけに、順を追っていかに指導し、化学式および化学反応式のもつ意味を、正確に理解させる必要があると考える。

そこで、化学式に対する生徒の受けとり方を分析 [6] b および [7] b, cについて示すと次のとおりである。(黒の部分は正答を示す。)



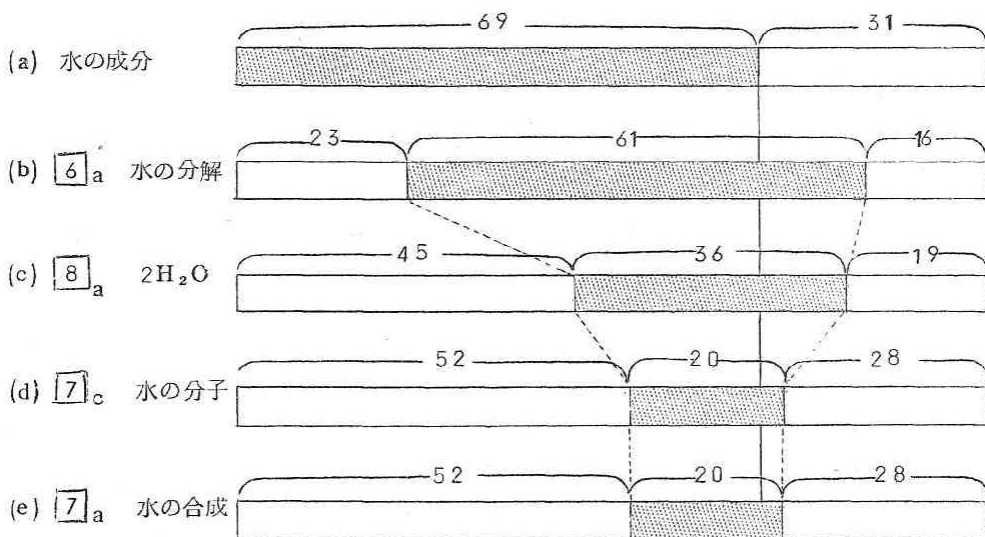
グラフ(a) H_2 という化学式で表わされているものは、水素の分子1個であると正答したものが26%であり、水素の分子2個であると誤答したものが51%にのぼっていることを示している。

グラフ(b) $2H_2$ の化学式で、小さいほうの数字2で表わされているものは、水素原子の数であると正答したものが50%であり、水素分子の数であると誤答したものが23%であることを示している。

グラフ(c) $2H_2O$ の化学式で、大きいほうの数字2で表わされているものは、水の分子の数であると正答したものが20%である。誤答傾向としては、水素分子と酸素分子(20%)、水素原子と酸素原子(17%)、水素分子(16%)、水素原子(16%)というように、平均して散らばっていることを示している。

以上のことから、原子・分子を実在するものとしてつかませることのむずかしさ、また、原子記号を実在する原子のシンボルとして生徒に了解させることのむずかしさが感じられる。少なくとも、化学式として書き表わす上でのきまりについては、基礎的な事項についてじゅうぶん理解させるために、指導上のくふうを講じなければならないであろう。

化学式および化学反応式の理解程度をみる手がかりとして、分析的問題中の水に関係した部分についてまとめると次のようになる。la)のグラフは「水は二種類の元素が化合してできていて、室温(常温)では液体となっている物質である」という問題に対する反応である。この問題は、本研究における一連の分析的問題として、昭和36年度・中3・全国学力調査問題から引用したものである。(紙面のつごうから、問題の全文は省略し、この項に直接関係した部分だけとする)。この問題に正答した69%の生徒は、水についての化学的知識を一応もっていると考えてよいであろう。そこで、水に対する化学的知識と、上記のような文章表現を結びつけることのできた生徒が、水に関係する化学式や化学反応式をどのように理解しているかをみたものが、(b)~(e)のグラフである。(黒の部分は正答を示す。)



この結果を比較すると、当然のことながら、化学式・化学反応式が複雑になるほど正答率が低くなっていることがわかる。とくに、(b)と(e)において、水の分解と水の合成を示す化学反応式の理解の差が大きいこと、(c)で $2\text{H}_2\text{O}$ を記入できたものと、(d)で $2\text{H}_2\text{O}$ が水の2分子を示すことがわかるものとの正答率に差のあることが注目される。このことから、化学式や化学反応式の表記法の指導にあたって、それが示す分子・原子についての生徒の理解状態を常に的確につかんで、それに即した進め方が必要であると考えられる。

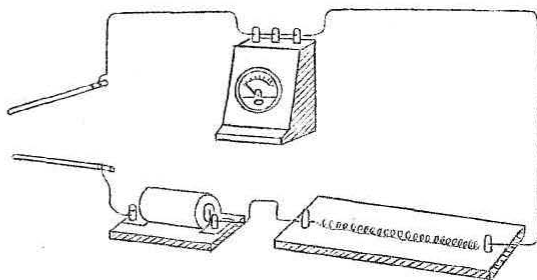
2 物理的内容 — 電流 —

(1) 調査問題について

① 調査問題

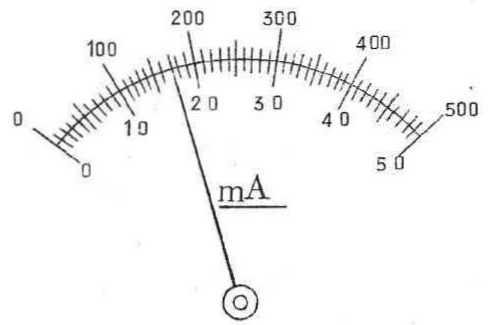
- 6 直流電流計A, 抵抗器R, 乾電池E, 銅の棒B, Cを第1図のようにつなぎました。この装置について、次の1, 2の問いに答えなさい。

- 1 この装置の乾電池Eの電圧が1.5ボルトのとき、銅の棒B, Cの先端をふれあわせたら、50ミリアンペ



ア(0.05アンペア)の電流が流れた。このときの抵抗器Rの抵抗は何オームか。次のアからオまでのの中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。ただし、抵抗器R以外の抵抗はないものとする。

- ア 0.03オーム イ 0.075オーム
ウ 30オーム エ 38オーム
オ 75オーム

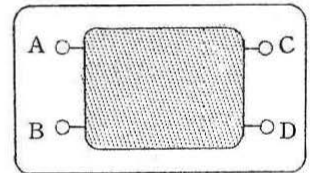


第2図

- 2 銅の棒B、Cの先端の間に、ニクロム線を入れたら、電流計の指針は第2図のようになった。このときの回路を流れている電流は何ミリアンペアか。答えを解答用紙に書け。ただし、この電流計は、指針が目もりいっぱいにふれたとき、50ミリアンペアを示すようになっている。

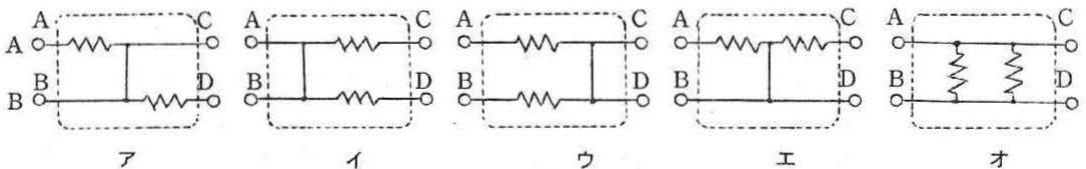
- 10 下の第1図は、四つの端子A、B、C、Dをもった箱を示したものです。これらの端子の間の抵抗を調べて、次の結果①、②、③を得ました。これについて、次の1、2の問いの答えを、アからオまでのの中から一つずつ選んで、解答用紙のその記号を○で囲みなさい。

- 結果 { ① AB間には、きまった大きさの抵抗がある。
② AC間には、AB間の2倍の抵抗がある。
③ BD間には、抵抗がない。



第1図

- 1 下の第2図のアからオまでの配線図の中で、上の三つの結果のようになるものはどれか。ただし図の \sim の記号は抵抗を表わし、その抵抗の値はすべて等しいものとする。



第2図

- 2 第2図のアの配線図で、AD間の抵抗の大きさは、AC間の抵抗の大きさに比べるとどうか。
ア AC間の抵抗の $\frac{1}{4}$ に等しい。 イ AC間の抵抗の $\frac{1}{2}$ に等しい。
ウ AC間の抵抗に等しい。 エ AC間の抵抗の2倍に等しい。
オ AC間の抵抗の4倍に等しい。

② 調査問題のねらい

- 大問 [6] ○ 電流回路についての基礎的な知識・理解
 ○ オームの法則についての知識・理解と、その応用力
 ○ 電気計器についての具体的な知識

- 大問 [10] ○ 電気抵抗についての知識・理解
 ○ 与えられた条件を総合して判断する力
 ○ 配線図を読む力

③ 結果とその考察

各小問のねらいおよび、それぞれの正答率は次のとおりである。

大問	小問	小問のねらい	正答率			
			全国平均	県平均	抽出平均	
[6]	⑬	オームの法則についての知識・理解と、それを電流回路に应用する力	50.7%	50.5%	47.6%	49%
	⑭	電流計の指針を読む具体的な知識		50.8%	46.4%	54%
[10]	⑲	電気抵抗の知識・理解と、条件を総合して判断する力・配線図を読む力	48.5%	64.0%	62.8%	69%
	㉔	電気抵抗についての知識・理解と配線図を読む力		33.0%	31.7%	28%

調査問題大問 [6] は、県平均正答率 47.0%、抽出平均正答率 51.5% である。小問⑬、⑭の平均正答率と、問題の難易とをあわせて考えてみると、小問⑭の正答率が意外に低いと感じる。つまり小問⑭は、単に計器の指針を読みとるだけの問題である。電気の実験では最も基本的なもので、出題方法も具体的・平易であると考えられるのに、約半数の生徒しか正確に読みとることができないということになる。これは、設備の不足・実験指導の不徹底にかかわることで、電気計器に直接ふれる機会が少ないことを意味するものであろう。

調査問題大問 [10] は、県平均正答率が 47.3% で、抽出平均正答率が 48.0% であり、全国平均とはほとんど同じである。電気抵抗に関して与えられた条件を満足する配線図を選び出す小問⑲の正答率に比べると、同じような内容の小問⑳の正答率が急に低くなっている。これについては、小問㉔の程度がやや高いともいわれているが、それよりも、問題の意味を誤ったために小問㉔で適用すべき配線図をまちがった要因が大きいように思われる。しかし、いずれにしても、配線図を読みとる力、電流回路における抵抗についての理解が不十分であることを感じさせるものである。

(2) 分析的問題について

① 分析的問題作成のねらい

先に述べたような考察にもとづいて、次のねらいによって分析的問題を作成した。

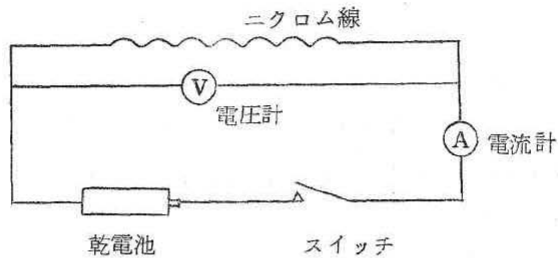
- a. オームの法則についての知識・理解と、それに関連した電流・電圧・抵抗についての具体的な理解を、できるだけ多角的にとらえること。
 b. 電気抵抗についての知識・理解と、配線図を読む力を、できるだけ段階的にとらえること。

c. 最近数年間に実施された、文部省全国学力調査の結果と、比較検討できるように、できるだけくふうすること。

② 分析的問題と結果の考察

a. オームの法則について

1 直流電流計、ニクロム線、乾電池、スイッチを次の図のようにつないで電流を通しました。この実験についてaからcまでの問いに答えなさい。ただし、この実験ではニクロム線以外の抵抗はないものとします。



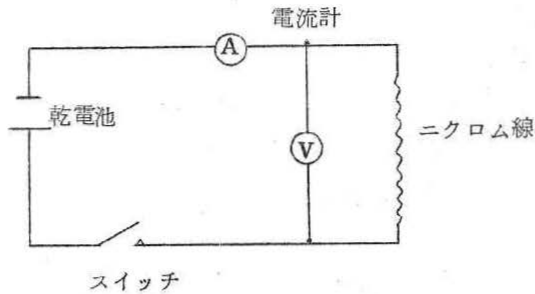
a この実験で、電流計の読みが0.2アンペア、電圧計の読みが3ボルトであったとしたら、このニクロム線の抵抗は何オームか。 の中に数字を書け。

b この実験で使ったニクロム線のかわりに、同じ質で同じ太さのニクロム線で、長さが2倍のものを使ったら、抵抗の値と電流計の読みはどうなるか。下の の中に示した1から5までの中から一つだけ選んで、その番号を の中に書け。

c この実験で使ったニクロム線のかわりに、同じ質で同じ長さのニクロム線で、切口の面積が2倍のものを使ったら、抵抗の値と電流計の読みはどうなるか。下の の中に示した1から5までの中から一つだけ選んで、その番号を の中に書け。

- 1 抵抗の値が変わらないから、電流計の読みは変わらない。
- 2 抵抗の値が $\frac{1}{2}$ になるから、電流計の読みは大きくなる。
- 3 抵抗の値が $\frac{1}{2}$ になるから、電流計の読みは小さくなる。
- 4 抵抗の値が2倍になるから、電流計の読みは大きくなる。
- 5 抵抗の値が2倍になるから、電流計の読みは小さくなる。

2 ニクロム線、乾電池、電流計、電圧計、スイッチを使って下の図のように配線しました。これについて次の問いに答えなさい。



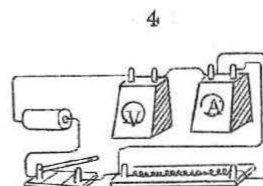
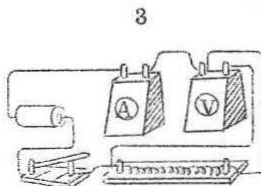
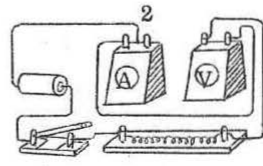
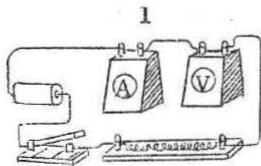
a この実験で、乾電池の数を変えないで、電流を小さくするにはどうすればよいか。下の1, 2, 3, 4の中から一つだけ選んでその番号を の中に書け。

- 1 ニクロム線を、それと長さも太さも同じ銅線にとりかえる。
- 2 ニクロム線の長さを短くする。
- 3 ニクロム線を、それと長さが同じで細いニクロム線にとりかえる。
- 4 導線をもっと太くする。

b この実験で、乾電池の数をふやして直列につなぎ、電圧を変えると電流の強さはどう変わるか。下の1, 2, 3, 4の中から一つだけ選んで、その番号を の中に書け。

- 1 電圧を2倍、3倍……に変えると、電流の強さは、ほぼ2倍、3倍……に変わる。
- 2 電圧を2倍、3倍……に変えると、電流の強さは、ほぼ $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ ……に変わる。
- 3 電圧を2倍、3倍……に変えると、電流の強さは、ほぼ4倍、9倍……に変わる。
- 4 電圧を2倍、3倍……に変えると、電流の強さは、ほぼ $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{9}$ ……に変わる。

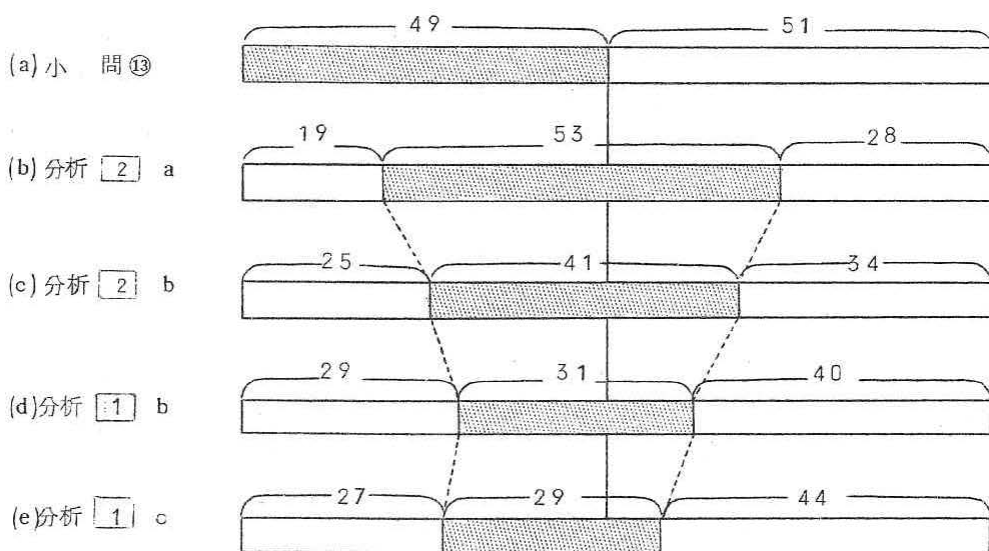
c 下の1から4までの図の中から、上の配線図と同じようになっているものを一つだけ選んで、その番号を の中に書け。



ここに掲げた分析的問題 [1], [2] は、オームの法則および電流・電圧・抵抗に対する知識・理解を調査問題小問⑬と関係づけて検討するためのものである。なお、分析 [1] は昭和37年度中学3年、分析 [2] は昭和35年度中学3年の文部省全国学力調査問題を引用したものである。小問⑬の正答率は49%であるが、分析 [1] a の正答率は57%である。一連の分析的問題として行なったオームの法則に関する他の計算問題(2問、問題省略)でも、平均59%の正答率であった。これから考えると、オームの法則に関する計算の力はかなり高いとみてよいであろう。ところで、この正答率のうらづけとなるべき、電流・電圧・抵抗についての具体的な知識・理解の程度はどうであろうか。そこで、小問⑬での応答をもとにして、分析的問題に対する応答の状況を表示すると次のとおりである。


分析的問題の内容	小問⑬ 正答 49%		小問⑬ 誤答 51%		グラフ
	誤答	正答	正答	誤答	
電圧が一定のとき、ニクロム線を細くすれば電流は小さくなる	19	30	23	28	(b)
抵抗が一定のとき、電圧を2倍にすると電流もほぼ2倍になる	25	24	17	34	(c)
電圧が一定のとき、抵抗を2倍にすると電流は小さくなる	29	20	11	40	(d)
電圧が一定のとき、抵抗を $\frac{1}{2}$ にすると電流は大きくなる	27	22	7	44	(e)

ここでとりあげた分析的問題の内容は、小問⑬に解答するために直接必要なものではない。このような理解が不じゅうぶんであっても、オームの法則に関する形式的な計算に習熟することは可能であろう。しかし、オームの法則についての確実な理解を培うために重要な内容であると同時に、このような内容の理解に立脚しないでなされる計算では、きわめて具体性にとぼしいものである。以上のことがらをグラフに示すと次のようになり、形式的な計算ができて、電流・電圧・抵抗についての理解にとぼしい状況を概観できるであろう。(黒の部分は正答を示す)

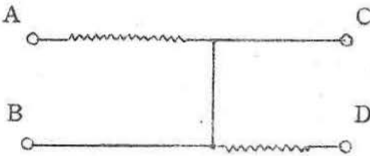


これまでのことから、電流・電圧・抵抗についての基礎的理解がきわめて低いと考えることができる。電圧が一定のとき、抵抗を変えると電流がどう変わるか(正答率約30%)、抵抗が一定のとき、電圧を2倍、3倍に変えると電流がどう変わるか(正答率41%)、などについての理解が不じゅうぶんであるといえる。また、オームの法則に関する形式的計算はかなりできて、具体的な電流回路の中でオームの法則を適用して推論する力が足りないと考えられる。このことは、電池・豆電球・銅線・電熱線・メーターといったような実験器具に手でふれ、それらを実際に使ったりする経験が不足であることを意味するものであろう。電流が直接目に見えるものでないだけに、観察という手段だけではどうしても明確な概念を形成することができないから、電流の学習では、生徒に直接実験をさせる必要性が特に大きい。電流を自分の手で流したり、測定したりする経験を段階的に積み重ねることによって、はじめて確実な理解がつけられていくものであろう。

b 抵抗と配線図について

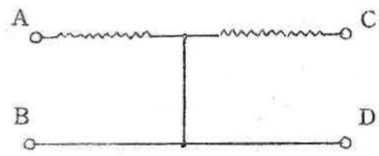
3 次の a, b 二つの配線図の説明として正しいものを、下の 1 から 5 までのの中からそれぞれ一つずつ選んでその番号を の中に書きなさい。ただし、図の  の記号は抵抗を表わし、その抵抗の値はすべて等しいものとす。

a 図



a 図

b 図



b 図

- 1 AD間の抵抗の大きさは、AC間の抵抗の大ききの $\frac{1}{4}$ に等しい。
- 2 AD間の抵抗の大きさは、AC間の抵抗の大ききの $\frac{1}{2}$ に等しい。
- 3 AD間の抵抗の大きさは、AC間の抵抗の大ききに等しい。
- 4 AD間の抵抗の大きさは、AC間の抵抗の大ききの2倍に等しい。
- 5 AD間の抵抗の大きさは、AC間の抵抗の大ききの4倍に等しい。

分析的問題「3」は、調査問題小問(24)における配線図と抵抗についての理解内容を検討しようとしたものである。小問(23)は、ア～オまでの5個の配線図の中から、出題条件に合ったものを一つ選ぶものであるが、小問(24)では、同じ5個の配線図の中のアについてあてはまる条件を選び出すものである。同一の配線図が二重に使用されているために、問題の読みとりに混乱が生じ、いっそう小問(24)の正答率が低下したのではないかと考えられる。この関係をみるために小問(23)での正答者69

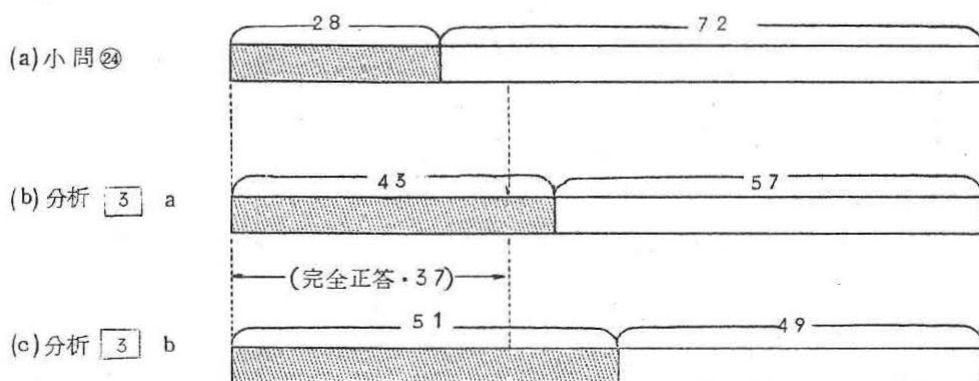
%について、小問(24)の応答を示すと次のとおりである。

小問(24)	選択肢の内容	応答率	考 察
ア	AC間の抵抗の $\frac{1}{4}$ に等しい	8%	(誤)
イ	AC間の抵抗の $\frac{1}{2}$ に等しい	20%	(誤) 配線図エについていうならばあてはまる
ウ	AC間の抵抗に等しい	19%	(誤) 配線図ウについていうならばあてはまる
エ	AC間の抵抗の2倍に等しい	20%	(正) 小問(23)、(24)の完全正答は、20%である
オ	AC間の抵抗の4倍に等しい	2%	(誤)

この結果をみると、エの選択肢に正答した20%と、同率の応答がイの選択肢にみられる。小問(23)で正答と判断したエの配線図をそのまま使って、それに適合する条件をさがせば、イの選択肢に回答することになる。このことから問題の読みとりに混乱があったと考えられる。また、エ・イに回答したものと同率のものがウに回答している。選択肢ウの内容は、配線図ウについて適合する条件である。これは、配線図の記号と、選択肢の記号を対応させて考え、ア・イ・エ・オの配線図と、ア・イ・エ・オの選択肢は適合しないが、ウの配線図とウの選択肢は適合すると考えて回答したものと推察される。小問(24)は、(23)よりもむずかしくした問題であるともいわれるが、以上のことから考えると、問題の意図を誤解したことが、正答率の低くなった要因であるといえよう。

分析[3] a は、小問(24)におけるアの配線図だけについて、小問(23)と同一の選択肢に回答させたものであり、解答に使用すべき配線図を明確にして、問題の読みとりに混乱が生じないようにした。分析[3] b は、小問(23)の正答にあたる配線図エについて、小問(24)の選択肢に回答させたものである。これによって、選択肢の内容や表現の変化による応答の変動を検討し、理解の定着状況を考察しようとしたものである。

これをグラフに示すと、次のとおりである。(黒の部分は正答を示す)



この結果によれば、分析[3] a の正答率43%、分析[3] b の正答率51%となり、両問題の完全正答率は37%である。この分析的問題に対する正答率と、先に述べた小問(24)における解答方法の誤解についての考察とをあわせ考えると、配線図を読みとる力そのものは、抽出平均28%という数値よりもいっぴり高いものと推察できる。それにしても、電流に関する全小問の中で最低の正答

率と考えられるだけに、具体的な実験場面に即して、電流回路や抵抗についての確実な指導をすることが必要であることを感じる。

なお、分析 [2] c)における、実体と配線図との結合状態の調査では、正答率 73%であった。調査問題小問 (23)、(24)の両問とも誤答したものは 24%であるが、この全員が分析 [2] c) に誤答している。この 24%の生徒にとっては、記号によって書かれた配線図が、具体的な実体のうらづけをもってうけとられていなかったと考えられる。このことから、日常の学習指導の中で、抵抗や電流回路に関する基本的な実験を重視して具体的な経験をつみ上げていくとともに、記号や配線図として抽象化したものと実体との結合関係を強めるようにくふうする必要性を感じる。

3 物理的内容 ———— 音 ————

(1) 調査問題について

① 調査問題

3 右の図は、細い鉄線Aと太い鉄線Bを台の上のこまP、Qの上に張り、(a)、(b)、(c)、(d)、(e)のようにしてPQ間の距離と張る強さを変えて、PとQの間をはじいたときに出る音の高さを調べる装置を示したものです。これについて、次のI、IIの問いに答えなさい。ただし、図のおもり1個の重さはすべて等しいものとします。

小問番号	⑦	⑧	平均正答率
県平均	58.1	67.2	62.7
全国平均	57.6	68.7	63.2
抽出平均	63.0	72.0	67.5

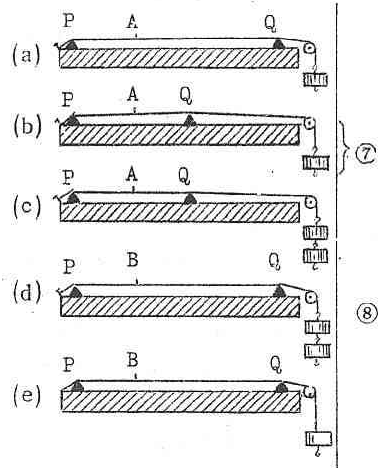
I 次の1、2の問いに答えを、下の [] の中に示したアからオまでの中から一つずつ選んで、解答用紙のその記号を○で囲みなさい。

- 区の中で最も高い音を出すのはどれか。
- 図の中で最も低い音を出すのはどれか。

ア (a) イ (b) ウ (c) エ (d) オ (e)

II 出る音の高さが、鉄線の太さによってちがうことを調べるには、どの装置とどの装置を比べたらよいか。次のアからオまでの組の中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲みなさい。

- ア (a) と (b) を比べる。 イ (b) と (d) を比べる。
 ウ (c) と (d) を比べる。 エ (a) と (e) を比べる。
 オ (b) と (e) を比べる。



② 調査問題のねらい

小問⑦ — 音の高さと弦の太さ・長さ・張力との関係についての知識・理解と、条件を総合して判断する力をみる。

小問⑧ — 音の高さと弦の太さ・長さ・張力との関係についての知識・理解と、実験の目的と実験装置とを関連させて考える力をみる。

③ 結果とその考察 ※ 以後の集計や考察はすべて分析的問題の実施校、3学級より抽出した生徒100名によって行なったものである。

○ 調査問題に対する応答結果は右表のとおりで、正答率をみると小問⑦で63%、⑧では72%で、県平均・全国平均(原調査問題のらんに掲載)と比較して、それぞれ約5%よい。しかもこの問題は正答率だけみれば、この学年の理科全問題中最上位のものであり、別に問題はないと思われるであろう。しかし次のような点について考えてみると問題があると思う。

小問	ウ・オ	ア	イ	ウ	エ	オ	無答その他
⑦ I	63	4	5	19	4	3	2
⑧ II		1	6	17	72	4	0

・ この問題の内容はすでに小学校で学習したものであり、中学2年でさらに音についての学習を深めているのであるから、もっと高率を示してよいと考えられる。

・ 小問⑦と⑧の完全正答は55%と減っており、さらに実際誤答の原因を生徒の応答によって検討してみると、

- 小問⑦では {
- 音の高低を決定する条件の、片方しか正しく判断できなかったもの ----- 20%
 - 条件を逆に考えたり、理解が混同していると思われるもの ----- 14%
- 小問⑧では —
- 弦の太さ以外の条件は同じでなければならないのに {
 - 長さの違いのみおとしたもの ----- 17%
 - 長さも張る強さの違いのみおとしたもの ----- 6%

などであって、音の高低を決定する条件の理解が混同しているための誤答が目だっている。

○ 正答率がすぐ正しい理解度を示すものではない。

上記のことから、正答率がそのまま音の高低を決定する条件を、正しく理解しての判断であるかどうかは疑問である。この点を明確につかむこと、混同の原因を確かめてみる必要があるのではないか。また38年度小学校6年に実施された、理科の問題 7 「音の高低と強弱についての理解」を、当研究所の分析的研究にとりあげている。(研究紀要 第45集P9 1~94参照)これと関連して、みることによって有効な資料が得られるものと思う。

(2) 分析的問題について

① 問題作成のねらい

調査問題の結果と考察の項で述べたように、小問 ⑦⑧の完全正答が55%であることや、誤答の状態などから考え、

- 音の高低が発音体の振動数によること、強弱は振幅の大小によることの認知状態
- 音の高低・強弱の判断に混同を生じる原因

などを確かめる目的で、次のようなねらいをもった分析的問題を作成した。

a. 分析的問題 A

「たいこ」を用いた問題により、音の高低・強弱と、それを決定する要因についての、基礎的な知識や理解の状態をつかむことをねらったものである。

b. 分析的問題 B

「こと」を用いた実験場面で、与えられたそれぞれの条件を総合的に判断して、音の高低と強弱を明確に決定する能力をみようとしたものである。なおこの分析的問題Bの、小問 aは与えられた実験条件を考え、それぞれ音の高さと、強さのどちらが違うのかを判断させ、小問 bでは結果として音の高低や強弱を与え、その条件に合った実験場面を選ばせたものである。(なおこの問題は、昨年小学校6年に実施された、全国学力調査の問題、およびこれをもとにして作成した分析的問題を参考にした。)

② 分析的問題と結果の考察

a. 分析的問題

分析的問題 A

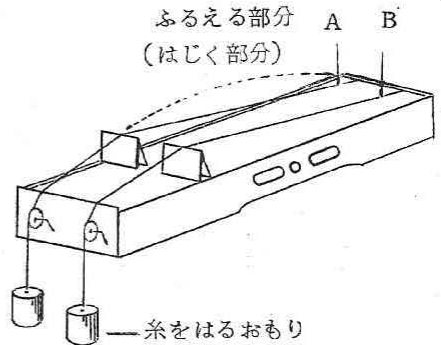
10 次のaとbは、「たいこ」をたたいたときの音の出かたについて書いたものです。()の中に、下の「 」の中に示した1から8までの中からそれぞれ一つずつ選んで、その番号を書きなさい。

- a 同じ「たいこ」ならば、ばちで強くたたくほど音は()なる。そのわけは、「たいこ」の皮の()なるからである。
- b 同じ「たいこ」ならば、皮を強くはってたくほど音は()なる。そのわけは、「たいこ」の皮の()なるからである。

- 1 高く 2 低く 3 強く(大きく) 4 弱く(小さく) 5 振幅が大きく
6 振幅が小さく 7 振動数が多く 8 振動数が少なく

分析的問題 B

10 右の図のような「こと」を使って、2本の糸(AとB)の太さ、糸をはる力、糸のふるえる部分の長さ、糸をはじく力を、いろいろ変えて、次の(1)から(5)までのような実験をしました。この実験について次のa、bの間に答えなさい。



実験

- (1) Aの糸の太さをBより太くし、ほかは同じにして糸をはじいた。-----
- (2) 糸の太さ、はる力、ふるえる部分の長さを同じにして、AをBよりも強くはじいた。-----

- (3) Aの糸をBよりも強くはり、同じにして糸をはじいた。-----
- (4) Aの糸のふるえる部分の長さを、Bよりも長くし、ほかは同じにして糸をはじいた。-----
- (5) 糸の太さ、はる力、ふるえる部分の長さを同じにして、AをBよりも弱くはじいた。-----

a 上の(1)から(5)までの実験で、AとBの糸から出る音の高さがちがうものには○を、強さ(大きさ)がちがうものには△をそれぞれ右の の中に書き。

b 上の(1)から(5)までの実験は、それぞれAとBの糸から出る音の高さだけをくらべるとどうなりますか。次の①から④までの結果を の中に、それぞれあてはまる実験の番号を書き入れよ。

- ① AがBより高い音を出す。----- ③ 出る音の高さは同じ。-----
- ② BがAより高い音を出す。----- ④ どちらが高い音を出すかわからない。-----

b, 結果とその考察

結果の考察にあたっては、対象生徒全体の傾向をみることに、調査問題の完全正答者55%を、追跡して考察することの、二つに主眼をおくことにした。

ア 分析的問題 Aについて

○ 小問a・b個々の応答は下記のとおりである。 ※ 数字を○で囲んだのは正答を示す。

a 「たいこ」を強くほど音は	{ (強く) なる … ⑦③% (高く) なる … 17 (弱く) なる … 6 その他 … 3 }	→ そのわけは皮の	{ (振幅が大きく) なるから … ⑥②% (振動数が多く) なるから … 27 (振幅が小さく) なるから … 6 (振動数が少なく) なるから … 5 }
b 皮を強くはってたたくほど音は	{ (高く) なる … ⑦①% (強く) なる … 14 (低く) なる … 10 その他 … 5 }	→ そのわけは皮の	{ (振動数が多く) なるから … ⑤⑧% (振幅が小さく) なるから … 20 (振幅が大きく) なるから … 11 (振動数が少なく) なるから … 9 その他 … 2 }

○ 音の判定と原因が正しく結びついているもの → 小問a …… 49%, 小問b …… 45%, 小問a・bとも正答 40% という結果になり、調査問題の正答率と比較すると、20%余りも減少していることが目立つ。

○ 次に誤答の状態をみることにする。下の①~④は、その誤答の原因を考えて類型別に書いたものである。

	[類 型]	[小問a]	[小問b]
①	現象としての音の高低・強弱は正しく判断したが、その原因を逆に考えたもの。	23%	22%
②	現象としての音の高低・強弱は正しく判断したが、その原因としての量的な関係を逆に考えたもの。	2	4
③	音の高低・強弱のおこる原因は知っているが、現象の判断は高低と強弱を逆にしたもの。	5	7
④	現象としての音の高低と強弱を逆に判断し、しかもその原因も逆に考えたもの。	18	19
⑤	その他解釈不能なもの。	3	3
		計 51%	55%

- ①②のように現象としての、音の高低・強弱は正しく判断した生徒が、その原因としての条件をとり違えているのは、④とともに、音の学習が聴覚的な判断だけにたよった記憶や、単なる知的な記憶に、たよりがちなためではなかろうか。
- ④の語答は、強くたたけば高い音、皮を強くはれば強い音、というように、条件と結果の関係を考えずに、すぐ直感的に判断してしまったものであろう。小学校においては、この傾向はさらに強く、約30%もみられた。これは高低・強弱ということばと、それを決定する振動の条件と対応させる指導に、何か改善がのぞまれるのではないかと思う。

- いずれにしてもこの調査結果からみる限りでは、半数以上の生徒が音の高低・強弱を決定する条件を、正しく理解していないことになる。

○ 調査問題の応答状態との関連

- 調査問題、小問①、②の完全正答者55%の、この分析的問題 A についての応答状態は右表のとおりである。なお誤答の種類は前項と同じものである。

小問 \ 正答	誤答の種類					計
	①	②	③	④	⑤	
Aのa	34	6	0	1	2	55
Aのb	33	3	1	3	2	55

- これによってみると、完全正答者55%の中には、音の高低・強弱を決定する原因を正しく理解していないと思われる生徒が20%以上もまじっていることになる。もちろんテスト自体にも問題があったり、限界が当然考えられるし、また類型④や⑤のように、量的な関係や現象の判断には思い違いも当然あることなども考慮に入れなければならないであろう。
- なおこの分析的問題 Aの小問 a・bをともに正答したものは30%である。また調査問題の小問①を正答した63%の生徒のうちこの分析的問題 Aの小問 a・bをともに正答したものは33%であった。

イ 分析的問題 Bについて

○ 小問 aに対する応答の結果は右表の通りである。

- 表中の小問 (1) 太さ、(3) 張り方、(4) 長さ、それぞれ の条件は違うが、いずれも音の高さだけが変わるわけであるのに、正答率が10%ぐらいずつ違っている。特に(4)は65%と全体で一番低い正答率である。(昨年6年の調査でも同じような結果が出た)弦の長さを変える実験を指導する場合には、普通一本の弦で「こどじ」だけの移動で行なうことが多い。このため他の二つの実験に比べて、印象がうすいのが原因の一つではなからうか。反省してみる必要がある。

◎ 原調査問題完全正答者55%の反応

正答数	46	46	49	44	47
-----	----	----	----	----	----

- なおそれぞれの正答状態の関係をみると、

(1)~(5)を全部正答したの	4.2%
(1)(3)(4)をともに正答したの	4.3%
(2)(5)両方とも正答したの	6.7%

 である。これを見ると、生徒の理解があいまいだと、問題場面によって判断がまちまちになってしまうことがわかる。

○ 調査問題・分析的問題 Aの応答状態と、小問 aとの関連。

- 調査問題の完全正答者55%の、この分析的問題 Bの aに対する応答は右の表のとおりである。なお正答状態の関係をみると、

◎ 原調査問題 両方とも完全正答し 分析的問題 A た30%の反応

正答数	24	27	29	23	28
-----	----	----	----	----	----

- (1)~(5)を全部正答したの 3.3%

(1)(3)(4)をともに正答したの	3.4%
(2)(5)両方とも正答したの	4.5%

 である。これも分析的問題 Aの場合と同じく、約20%理解のあいまいなものがまじっていることになる。

- 調査問題および分析的問題 Aを完全正答した30%の、この分析的問題 Bの aに対する応答は上の表のとおりである。なお正答状態の関係をみると、

- (1)~(5)を全部正答したの 1.8%

(1)(3)(4)をともに正答したの	1.8%
(2)(5)両方とも正答したの	2.7%

 である。これを見ると、音の高低・強弱を決定する原因を正しく理解して、しかもこれを与えられた実験条件にあてはめて、出る音の違いを正しく判断することのできるものは、わずか1.8%ということになる。なお強弱だけの判断ならば2.7%で、前記二つの結果も6.7%、4.5%と、それぞれ高低の判断よりも正答率が高くなっている。

○ 小問 bに対する反応結果は次の帯グラフに示したとおりである。

帯グラフの見方

- 上の長い方の帯グラフは小問aの応答率を示したものである。
- パーセントを表わした数字を○で囲んだのは正答率を示す。小問②④に数字を○で囲んだのは、二つの正答を選ぶところ、一つだけ正答を選んだものを示す。
- 各帯グラフの下に斜線を付した帯グラフは、調査問題の完全正答者55%のこの問題に対する応答を示したもので、それぞれ該当する個所の下に分けて記載した。

① Aの方が高い出す実験は？

強くはつた方	66	強くはじいた方	13	長い方	6	太い方	4	その他	11
42		5	11	3	4				

② Bの方が高い音を出す実験は？

細くて短い方	19	短い方	27	細い方	20	弱くはじいた方	14	はる力の弱い方	13	強くはじいた方	5	その他	7
11	14	19	5	2	2	2	2						

③ A・B同じ高さの音を出す実験は？

はり方を変える

はじく強さをかえる	19	強くはじく	21	弱くはじく	12	太さをかえる	20	長さをかえる	15	3	その他	10
5		2	6	9	2	4						

④ A・Bどちらが高い音を出すかわからない実験は？

はり方を変える

該当なし	9	はじく強さをかえる	50	太さをかえる	14	長さをかえる	18	5	4
7	2	6	10	その他					

- この問題の小問①～④をとおしての完全正答は、調査問題からこの問題に至るまでの全部を正答したものと一致してわずか5%であった。

- 小問②④は、それぞれ該当する実験が二つずつあるわけであるが、二つとも正答できたものは、②で14%、④で19%と低率である。どちらか片方だけ正答できたものも入れると、②で61%、④で52%となっている。
- なおここで音の高低・強弱を決定する条件の混同をみると、①で約30%、②では約40%と、だいたい調査問題の応答と同様な結果になっている。また④でも同じ高さの音を出す実験を選ぶのに、まちがって高さが変わる実験に回答したものが50%近くいる。これも分析的問題Aの結果と似たものである。
- 小問④では正答がわずか9%である。これは音の高さを変える条件に回答してしまった約40%は別として、弦をはじく強さを変える実験 すなわち音の強弱は変わるが高低は同じであると考えた50%の生徒は、<弦をはじく強さだけを変えても、他の条件が同じであれば、出る音の高さは同じはずである。したがってどちらが高い音だか分からないというのはあてはまらない。そこでこの④に該当する実験はない。>と、いうように論理的に考えをすすめていくことができず、<出る音の高さが同じであれば><どちらが高いかわからないはずだ>と考えてしまったためであろう。前記のような論理的に考えをすすめていくことは、中学3年生でもまだ相当困難なためであろう。

なおこの問題の正答率が低いのは、生徒に問題の意味が正しく読みとれなかったためもあるのではないかと、作問について反省している。

○ 調査問題・分析的問題の応答状態と、小問bとの関連。

- 調査問題の完全正答者55%の、この問題に対する反応結果は上記に示したグラフのとおりである。傾向については上記のことと同じわけであるが、各小問とも正答の率がよくなっているのは当然なことである。なお調査問題・分析的問題A・Bのaを通して完全に正答してきた18%の生徒の、この問題に対する反応をみるとさらに正答の率がよくなっている。[正答だけを示すと、①-16%、②-8% (17%)、③-8% (17%)、④-5%] また分析的問題AとBのaをもとに正答した20%の生徒の応答もだいたい同じである。[正答だけを示すと、①-18%、②-9% (3%、5%)、③-9% (3%、3%)、④-5%]

以上各問題ごとに、その結果により考察をすすめてきたが、この調査の結果からみると原調査問題の正答率を、そのまま正しい理解に基づ

いての、判断と見ることに問題があると思う。一応基礎的な知識・理解の状態をみようとした、分析的問題Aの段階でみても、正しい理解に基づいての判断であると思われるものは約30%である。これが条件の組み合わせられた問題場面になると、もちろん論理的な判断力の差で、大きく異なってくるものと思われるが、理解があいまいなためからくるまちがいが目だつかうになっている。そのため一貫性をもって、正しく判断できないものと考えられる。そこで音の高低、強弱を決定する分析的な条件を、ことばとして記憶させるだけでなく、直接振動数や振幅の違いが見られるような、実験方法などのくふうにより、強く印象づけるようにして、理解が混同しないよう指導することがたいせつだと思う。

4 生物的内容 —光合成—

(1) 調査問題について

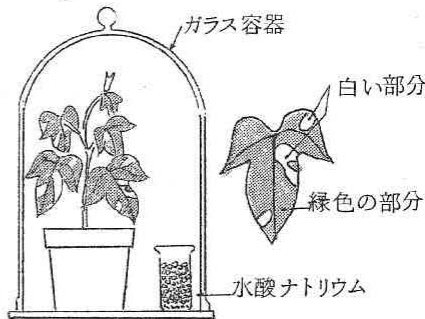
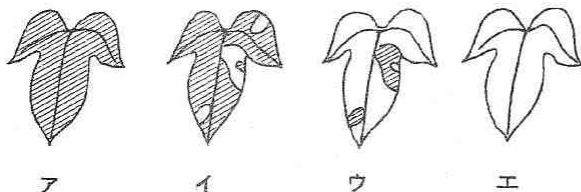
① 調査問題

I ふいりの葉（葉緑素のない部分が白くまだらになっている葉）のあるアサガオを、

A図のようにして、前夜から水酸化ナトリウムの粒とともにガラス容器に入れておきました。次の朝、この装置に日光をあて、午後3時ごろB図のような葉をとってデンプンのでき方を調べました。この実験をもとにして、次の1、2の間に答えなさい。

小問番号	①	②	平均正答率
県平均	11.7	26.1	18.9
全国平均	11.4	25.9	18.7
抽出平均	4.0	23.0	13.5

1 B図の葉をヨウ素試法で調べると、どのようになるか。次のア、イ、ウ、エの図の中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。（図の斜線は、デンプンができてしまったところ。） ① A図 B図



2 この実験で、水酸化ナトリウムを用いたのは、何のためか。次のアからオまでの中から一つ選んで、解答用紙のその記号を○で囲め。 ②

- ア ガラス容器の二酸化炭素をふやして、光合成が盛んに行なわれるようにするため。
- イ ガラス容器内の二酸化炭素を吸収させて、光合成が行なわれないようにするため。
- ウ ガラス容器内の酸素をふやして、光合成が盛んに行なわれるようにするため。
- エ ガラス容器内の水分を吸収させて、光合成が行なわれないようにするため。
- オ 光合成の結果がでてくる酸素を吸収させて、その量を調べるため。

② 調査問題のねらい

- 小問① — 光合成には二酸化炭素が必要なことについての知識・理解
 - 小問② — 水酸化ナトリウムの性質についての知識
- と、実験装置と目的との関係を考察する力をみる。

⑧ 結果とその考察 以後の集計や考察はすべて分析的問題の実施校、3年級より抽出した生徒100名によって行なったものである。

○ 調査問題の小問①と、小問②の各選択肢に対する応答、ならびにその関連は右表のとおりである。結果をみると小問①、②とも正答は、県・全国平均よりも低く、特にヨウ素試法の結果をきいた小問①は4%と、きわめて低い。しかもこのうちNaOHの性質をきいた小問②に正答したものはわずか2%である。

	小 問 ②							計
	ア	イ	ウ	エ	オ	無答	計	
小 問 ①	ア	0	2	1	2	2	0	7
	イ	10	7	13	8	4	0	42
	ウ	9	12	10	6	8	2	47
	エ	1	2	0	0	1	0	4
①	無 答	0	0	0	0	0	0	0
	計	20	33	24	16	15	2	100

○ ヨウ素試法の結果をきいた小問①だけについて、その応答をみると、イの葉を選んだ42%と、エの葉を選んだ4%の計

46%は、光合成については知っていることになる。またアとウに回答した計54%は、葉のふいりの部分の性質がわからないために誤答したとも考えられるが、一応光合成については理解していないものといえるであろう。なおここでイとウの誤答に89%も集中していることが目立つ。

○ この実験装置で、NaOHがCO₂を吸収する性質の理解をみた、小問②だけについて応答をみると、CO₂を吸収するというイに正答した23%と、エのH₂Oを吸収するとした16%の計39%は、NaOHの性質の一部分は知っていることになる。そのほかの61%はNaOHの性質を知らないためか、ア、ウ、オのそれぞれに、約20%の回答を示し大きく分散している。

○ 上に示した表によって、小問①と②の関連からみると、いろいろと問題がある。その二・三について述べると次のようである。

- ・ 小問①、イに回答した42%は、NaOHの性質についての知識がないため、光合成を行なうと考えたのであろうか。それならばNaOHの条件を除外して考えたとき、42%が光合成については理解していることになる。はたしてそうであろうか。
- ・ 小問①、ウに回答した47%は、NaOHの性質についての考え方はいろいろであるが、光合成はしないと判断し、しかも葉のふいりの部分の性質を理解していないことになるが、はたしてそうであろうか。
- ・ 小問②、イに回答した23%は、ガラス容器内のNaOHがCO₂を吸収するから、光合成はしないと回答したものであろう。しかし小問①における回答の分布をみると、エに回答した2%を除けば、他は誤答となる。

このほかにも、それぞれの関連から考えると、いろいろな問題点や、回答に対する疑問が生じてくる。

(2) 分析的問題について


① 問題作成のねらい

全国学力調査問題の正答率が非常に低いのは、水酸化ナトリウムの性質を理解していないことや、光合成における葉のふいりの部分の性質がよくわからないことなどが、そのおもな原因と予想される。しかしこの調査問題だけの分析では、前項で述べたような問題を確かめることはできない。そこで次のようなねらいをもった分析的問題を作成し、考察を行なうことにした。

- 分析的問題Aは、ふいりのある葉を用いた、普通一般に行なわれていると思われる実験場面で問いかけ、光合成に必要な条件やヨウ素試法の結果の判断についての、基礎的な知識・理解はどうか、確かめることをねらったものである。
- 分析的問題Bは、問題Aのあとをうけて、もう一度調査問題の形式を変えて提出し、光合成には二酸化炭素が必要なことの知識・理解はどうか確かめること。および光合成と水酸化ナトリウムの性質との関係についての、知識・理解をみることをねらったものである。

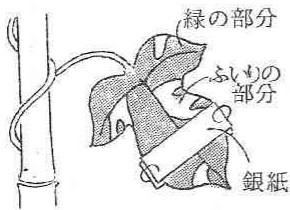
② 分析的問題と結果の考察

a 分析的問題

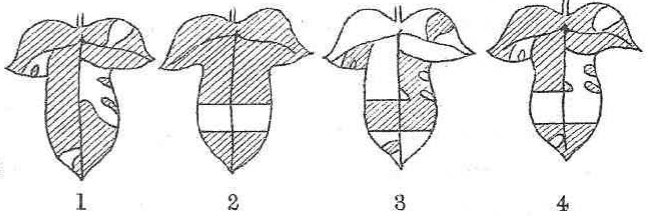
分析的問題 A  この問題は昭36全国学力調査の問題をもとにして作成した。

I ふいりのあるアサガオの葉に(葉緑素のない部分が白くまだらになっている葉)、第1図のように、前夜から銀紙(アルミニウム)をあてておきました。これを次の日、朝から日光にさらしておき、午後3時ごろまだ日光があたっているうちに葉をとりました。この葉の葉緑素をアルコールでぬいてからヨウ素液にひたしてデンプンのでき方を調べました。この実験について、次のa、bの問いに答えなさい。

第 1 図



第 2 図



a, 上の実験の結果、アサガオの葉はどのように染まるか。第2図の1から4までの中から一つだけ選んで、その番を の中に書け。(図の斜線は、デンプンができて染まったところである。)

b, 次の①②のそれぞれの問いの答えを、下の の中に示した1から5までの中からそれぞれ一つずつ選んで、その番号を の中に書け。

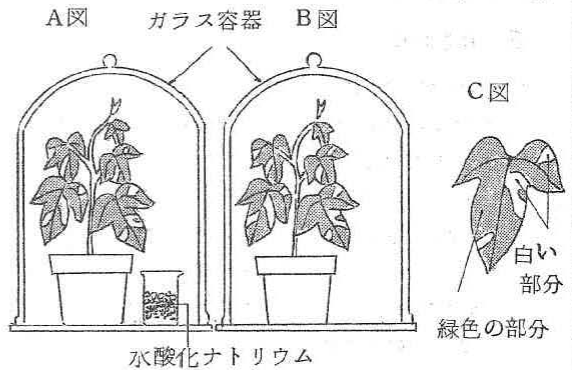
① 上の実験で、ふいりのある葉を用いたのは、何を調べるためか。

② 上の実験で、銀紙で葉の一部をおおいをしたのは、何を調べるためか。

- 1 光合成(炭酸司化)には日光が必要なこと。
- 2 光合成には水が必要なこと。
- 3 光合成には二酸化炭素が必要なこと。
- 4 光合成には葉緑素が必要なこと。
- 5 光合成の結果、酸素ができること。

分析的問題 B

1 1 ふいりの葉(葉緑素のない部分が白くまだらになっている葉)のある、はち植えのアサガオを、A図、B図のようにして、前夜から用意しておきました。(Aの容器の中には、はじめから水酸化ナトリウムの粒も入れておいた) 次日、朝からこの装置に両方とも同じように日光にあて、午後3時ごろ、まだ日光があたっているうちにA、Bそれぞれのアサガオから、C図のような葉を一枚ずつとって、葉緑素をアルコールでぬいてから、ヨウ素液にひたしてデンプンのでき方を調べました。この実験をもとにして、次のa、bの問いに答えなさい。



a, A, Bそれぞれからとった葉はどのように染まるか。

次の1から4までの図の中から一つずつ選んで、その番号をそれぞれ の中に書け。(図の斜線は、デンプンができて染まったところである。)

Aの容器からとった葉

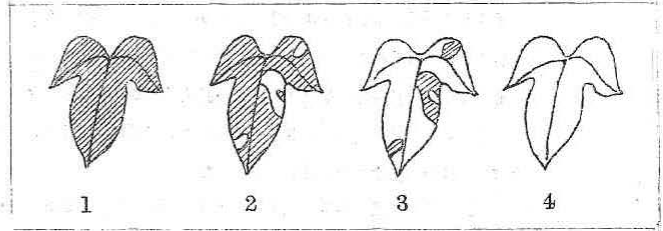
Bの容器からとった葉

b, 問い aで, それを選んだわけを, それだけ

□の中に書け。

(A → □ B → □

は省略する。)



b, 結果とその考察

○ 分析的問題A, Bの各選択肢に対する生徒の反応は次の表のとおりである。

分析的問題 A					
肢 小問	1	2	3	4	
a	5	17	6	7	2

分析的問題 B					
類型	a	b	c	d	e
b-A	15	7	2	1	7

肢 小問	1	2	3	4	5
①	14	3	8	6	9
②	7	4	1	17	4

類型	ア	イ	ウ	エ
b-B	28	1	1	7

• 分析Aを完全正答したもの — 50%

分析的問題 B					
肢 小問	1	2	3	4	無答
A	14	3	2	19	5
B	7	5	1	26	15

- 分析Bのa-A, a-b両方も正答したもの — 28%
- 分析Bのb-A, b-B両方も正答したもの — 14%
- 分析Bを完全正答したもの — 12%
- 分析A, Bの完全正答 — 10%

※ 分析B, 小問bは記述形式をとったので, 応答を下記のような類型に分けて集計した。

- a, NaOHがCO₂を吸収するから
- b, NaOHが容器の中にはいるから
- c, NaOHがH₂Oを吸収するから
- d, NaOHがO₂を吸収するから
- e, その他, 無答

- ア, NaOHがないのでCO₂が中にある
- イ, ガラス容器だから
- ウ, O₂が中にあるので日光にあてればよい
- エ, その他, 無答

分析的問題Aの光合成だけの問題では, それぞれ約70%の正答率で, 三つの小問をともに正答したものは50%である。しかし分析的問題Bになり, NaOHの条件がはいると, ヨウ素試法の判断をきいた小問a-Aでは33%, その原因を記述させた小問b-Aでは15%と, 正答が減っている。

○ この分析的問題を実施したねらいにより, 調査問題の小問①と②の関連から考えられるおもな問題点について, 分析的問題の応答結果と対応させて考察してみると, 次のようなことがいえる。

(ア) 調査問題小問①のイに回答した42%は, <光合成が行なわれ, デンプンができる>と, 判断したものと考えられる。この誤答の原因は, NaOHの性質がわからないためかどうかをみると, 調査問題小問②で7%が, NaOHの性質には正答している。分析B小問a-Aでみると, NaOHがはいている容器からとった葉の, ヨウ素試法の判断では, 42%のうち15%が正答している。この15%がNaOHの性質をことばで説明できるかを, 分析B小問b-Aでみると8%が正答であった。したがってこの8%はNaOHの性質を理解していると判断される。そこでNaOHの性質がはつきりわからないため誤答したものは, 34%であるといえる。

またはじめの42%は, NaOHの条件を除外して考えたとき, 光合成のはたらきは理解しているということになる, これをヨウ素試法の結果を問うた, 分析A小問aでみると, 33%の正答になっている。

(イ) 調査問題小問②のウに回答した47%は, <光合成は行なわれない>と, 判断したものと考えられる。そこで正しくNaOHの性質を理解しての判断かどうかを前項(ア)と同じよう分析してみると, NaOHの性質を理解しているものは4%である。したがって, NaOHの性質は正しく理解していないのに, 光合成はしないと判断したものが43%ということになる。

また47%は、調査問題小問②の応答から、光合成のはたらきを理解していないことがわかる。(特に葉のふいりの部分の性質)しかし分析A小問aによってみると、30%が光合成のはたらきは理解していることが確かめられた。

葉のふいりの部分の理解はどうか、分析A小問b-①によってみると、32%が正答していることがわかった。

以上のことから考えると、はじめ誤答した47%は、光合成のはたらきがわからないためではなく、ほとんどがNaOHの性質がはっきりわからないためということになる。

(ウ) 調査問題小問②の正答イに回答した23%は、 $\langle \text{NaOHがCO}_2 \text{を吸収する} \rangle$ ということは知っていると考えられる。このうち $\langle \text{光合成はしない} \rangle$ と、判断したのは14%である。この14%が、NaOHの性質と光合成をむすびつけて正しく判断しているかどうか、分析B小問a-AとBでみると、正答は4%にすぎない。はじめの23%についても同様にとみると、9%が正答であった。なおこの23%の中で、17%は光合成のはたらきだけならば知っていることが、分析A小問aの応答でわかった。

以上の結果だけから考えると、NaOHがCO₂を吸収することを知っている23%のうち、17%は光合成のはたらきもわかっている、しかしその関係を正しくむすびつけて考察・判断したものは、9%だということになる。

(エ) 調査問題小問②のAに回答した、誤答の20%は、 $\langle \text{NaOHがCO}_2 \text{をふやすので、光合成を盛んにする} \rangle$ と、考えたものである。したがってNaOHがCO₂を吸収することは明確には知らないわけである。ところがこの分析的問題のような順に問うてみると、9%のものがNaOHの性質と光合成のはたらきをむすびつけて、正しく判断できるようになっている。

(オ) 前項(エ)で述べたように、NaOHの性質と光合成のはたらきをむすびつけて、正しく考察・判断したと考えられるものを、(分析B小問aのAとBに正答したのもの)原小問②のウ、エ、オに回答したそれぞれについてみると、

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| • 調査問題小問②のウに回答した24%のうち、この該当者は6%である。 | } さきの(ウ)、(エ)の各9%を加え、
合計28%である。 |
| • " " エ " 16% " , " 3% " 。 | |
| • " " オ " 15% " , " 1% " 。 | |

この分析的問題Bのような形式の問題ならば、光合成の条件としてCO₂の必要なこと、およびNaOHが容器内にあるとCO₂が吸収されるので、光合成が行なわれないことに気づかせることができたわけである。しかしこのことを、はっきりことばとして記述できたものは、分析B小問b-Aの応答でみると、さきの28%中、12%だけであった。

以上この分析的問題の調査結果から考察したことをまとめると、光合成に必要な条件や、ヨウ素試法に関する知識については、約70%がもっていることが確かめられた。また水酸化ナトリウムが二酸化炭素を吸収することの知識だけならば、23%がもっていることが調査問題の応答に現われている。しかし水酸化ナトリウムの性質と、光合成のはたらきをむすびつけて、正しく考察・判断できるのは12%である。したがって調査問題の小問①でわずか4%しか正答できなかった原因は、光合成についての知識・理解がないためではなく、この知識と、水酸化ナトリウムの性質についての知識とをむすびつけて、総合的に考察・判断することができなかったためだといえる。このことは、生徒が学習によって習得した個々の知識を、他の具体的な場面で活用されるよう、指導にあたっては配慮すべきことを示唆するものと思う。(執筆者 野沢 弘・渡部宇威智)