

理 科

第3学年「酸，塩，電解質」「イオン，化学反応式について

目 次

I 研究の目的	139
II 研究の内容と方法	139
1. 分析的研究の対象にした全国学力調査問題	139
(1) 分析の対象にした分野・領域等と問題のねらい	139
① 中学校第3学年 大問② 酸，塩，電解質のねらい	139
② 中学校第3学年 大問⑧ イオン，化学反応式のねらい	139
(2) 調査問題の内容	139
① 中学校第3学年 大問②の内容	140
② 中学校第3学年 大問⑧の内容	140
(3) これらの調査問題をとりあげた理由	141
2. 研究の方法	141
(1) 研究の手順	141
① 応答調査の概略	142
② 分析的問題作成のねらいと方法	142
③ 分析的問題のねらいと系列	143
(2) 分析的問題の内容	143
① 電解質・非電解質，リトマス紙・フェノールフタレインについて	143
② イオン・水酸化ナトリウム，アルカリ・酸について	145
③ 化学式・化学反応式・原子数・分子数について	146
(3) 分析的問題による調査の実施方法	149
(4) 分析的問題による調査結果の処理方法	149
III 研究の結果とその考察	150
1. 酸・塩・電解質について	150
(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点	150
(2) 分析的問題による調査の結果とその考察	151
① 希硫酸・硫酸銅の水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応について	151

② 希硫酸・硫酸銅の水溶液と電解質について	152
③ 水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応について	153
④ 水溶液の性質とフェノールフタレインの呈色反応について	154
(3) 学習指導上の留意点	155
2. イオンについて	155
(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点	155
(2) 分析的問題による調査の結果とその考察	155
① NaOHの水溶液の性質と水酸イオンについて	155
② 水溶液の性質と水素イオン・水酸イオンについて	157
(3) 学習指導上の留意点	159
3. 化学反応式について	159
(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点	159
(2) 分析的問題による調査の結果とその考察	159
① 化学反応式と反応物質・生成物質について	159
② 化学反応式と化学式・分子数・原子数について	160
③ 化学反応式と化学式・塩について	166
(3) 学習指導上の留意点	168
IV 研究のまとめと指導上の問題点	169
(1) 酸・塩・電解質について	169
(2) イオンについて	169
(3) 化学反応式について	170

I 研究の目的

中学校第3学年における化学的内容「酸，塩，電解質」「イオン，化学反応式」に関する全国学力調査の結果を，分析的問題による調査を通じて考察し，生徒の化学的内容に対する知識・理解の実態をばくし，問題を解決する過程におけるつまづきおよびその要因を究明し，理科学習指導上の問題点の解明に寄与する資料を得ることを目的とする。

II 研究の内容と方法

1 分析的研究の対象にした全国学力調査問題

(1) 分析の対象にした分野・領域等と問題のねらい

全国学力調査問題（以下調査問題という）のうち化学的内容に関する大問②「酸，塩，電解質」および大問⑧「イオン，化学反応式」を分析の対象にした。

各大問のねらいおよびそれに含まれる各小問のねらいを，文部省発表の資料によって記載すれば次のとおりである。

① 中学校第3学年 大問②「酸，塩，電解質」のねらい

- 酸，塩の性質についての具体的な知識
- 電解質，非電解質についての知識・理解

小問③ 酸，塩の性質についての具体的な知識と電解質についての知識・理解

小問④ 非電解物質についての具体的な知識と非電解質についての知識・理解

② 中学校第3学年 大問⑧「イオン，化学反応式」のねらい

- イオンについての知識・理解
- 化学反応式についての知識・理解と，それを与えられた条件から考察する力

小問⑩ イオンについての知識・理解と水酸化ナトリウムの化学式についての知識

小問⑪ 化学反応式についての知識・理解と，それを反応物質・生成物質の条件から考察する力

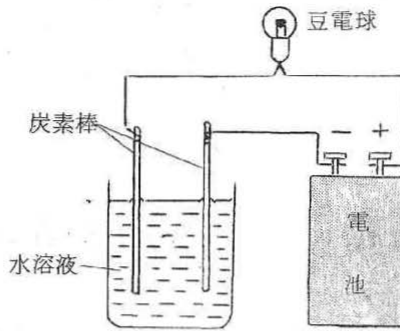
小問⑫ 化学反応式についての知識・理解と，それを原子数の条件から考察する力

(2) 調査問題の内容

この研究で分析の対象とした調査問題②および⑧の内容は次のとおりである。なお，ここでとりあげた調査問題に対する本県および全国の平均正答率は，この研究の初期の段階では不明であったが，現在では公表されているので付記する。

② 次の1, 2の問いの答えを, 各問いごとに下の [] の中に示したA群およびB群の中から, それぞれ一つずつ選んで, 解答用紙のその記号を○で囲みなさい。(右の図は, 水溶液が電気を通すかどうかを調べるための装置を示しています。)

- 1 希硫酸と硫酸銅の水溶液に共通にあてはまるものはどれとどれか。
- 2 アルコールの水溶液と砂糖の水溶液に共通にあてはまるものはどれとどれか。



小問 ③	
本県	3.25
全国	3.5.9

小問 ④	
本県	3.0.7
全国	3.3.6

- A群 ←
- ア フェノールフタレイン溶液を赤くしたので, 酸性である。
 - イ 赤リトマス紙を青くしたので, アルカリ性である。
 - ウ 青リトマス紙を赤くしたので, 酸性である。
 - エ フェノールフタレイン溶液を赤くしたので, アルカリ性である。
 - オ 青リトマス紙も, 赤リトマス紙も色が変わらなかったので, 中性である。
- B群 ←
- カ 上の図のようにして調べたが, 豆電球がつかなかったので, 非電解質である。
 - キ 上の図のようにして調べたが, 豆電球がつかなかったので, 電解質である。
 - ク 上の図のようにして調べたら, 豆電球がついたので, 非電解質である。
 - ケ 上の図のようにして調べたら, 豆電球がついたので, 電解質である。

- ⑧ I 水に溶かすと電離して水酸イオンを生じる物質を, 次のアからカまで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 H_2 イ O_2 ウ HCl エ HNO_3 オ $NaCl$
 カ $NaOH$

II 化学反応式は, 次のa, b, cのどれにあわなくても, 正しい化学反応式とはいえません。

- a 左辺には化学変化をする物質の化学式が, 右辺には新しくできる物質の化学式が書かれていること。

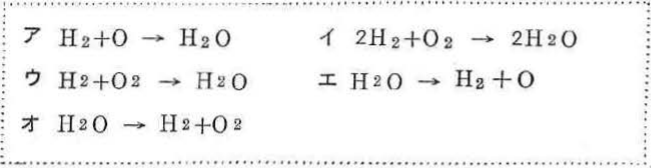
⑩

小問 ⑩	
本県	2.6.3
全国	3.3.7

- b 化学式に誤りが無いこと。
- c 左右両辺の各原子の数が等しくなっていること。

これらの条件からみて、下の [] の中に示したア、イ、ウ、エ、オは、水の分解を表わす化学反応式として、どれも誤っています。次の1、2の問いの答えを、ア、イ、ウ、エ、オ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。

- 1 aにだけあわないものはどれか。
- 2 cにだけあわないものはどれか。



小問 ⑭	
本 県	2 2.3
全 国	2 3.5

⑰
⑱

小問 ⑱	
本 県	2 4.1
全 国	2 6.1

(3) これらの問題を取りあげた理由

中学校第3学年理科の調査問題は、総数11個の大問から成り立ち、その中に26個の小問を含んでいる。その中から大問②および⑧を分析の対象として選んだ理由は次のとおりである。

- a 化学的内容については、教育課程の構成にあたっての問題点および学習指導上の困難点が多いといわれている。とくに、化学における基礎的知識を得させることや抽象度の高い化学的概念の形成を図ることについての問題点が多く含まれている。
- b 全国中学校学力調査において、化学的内容に関する正答率は、他の分野、領域等に属する問題よりも低いことが多い。(現在公表されている文部省の資料によれば、各分野・領域等の平均正答率は高い順に物理(37.7)、地学(32.8)、化学(30.6)、生物(26.1)となっている。)
- c 出題形式および内容が、数種類の要素を複雑に組み合わせてあるため、正答率および誤答傾向の分析結果だけでは、これらの問題を解くための知識・理解の様態や、思考過程ならびにつまずきの要因をはっきりつかむことができない。
- d 昭和38年度および39年度の「全国学力調査の結果に関する分析的研究」においても、化学的内容を取りあげている。したがって、継続研究として資料の比較およびつみあげができる。

2 研究の方法

(1) 研究の手順

この研究は、全国学力調査の実施直後に調査問題の内容を検討することから出発した。次いで各問題に対する生徒の応答状況を調べた。調査問題に対する応答状況の調査(以下応答調査という)は、抽出調査の対象として選定された学校の中から3か校を選び出し、それぞれの学校における第3学年1個学

級（計3個学級）について行なった。この中から無作為に抽出した100人の生徒の応答状況を考察の対象とした。この考察を参考にしてとりあげる調査問題を決定し、生徒の知識・理解の様態や思考過程ならびにつまずきの要因を明らかにするための問題（以下分析的問題という）を作成した。

分析的問題による調査は、全国学力調査の実施後約3か月を経た9月～10月にかけて、上記の3校で各1学級（計3個学級）に実施した。この生徒の中から抽出した100人の生徒の応答を分析することによって、本研究のねらいを達成しようとしたものである。

上記の手順にしたがってこの研究を進めたものであるが、以下これを、応答調査の概略、分析的問題作成の方法、分析的問題のねらい、分析的問題の内容、分析的問題による調査の実施方法について詳しく述べてみる。

① 応答調査の概略

応答調査の対象として抽出した100人の生徒の正答率および応答傾向を表示すると次のとおりである。表中の数字は各選択肢に回答した人数を示すとともに、抽出生徒100人についての百分率を示すものである。（以下の記述において、正答率として示すものもこれと同じである。）

表中の数字は、各選択肢に対する応答率を示したものであり、正答反応は○で囲んで示した。ただし小問③はウ、ケについて、小問④はオ、カについての完全正答を求めた問題である。

大問②	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	ク	ケ	他	正答率	
小問③	14	11	④9	11	6	18	8	9	④7	27	29.0	30.0
小問④	7	12	4	11	④6	④3	12	15	19	31	31.0	

大問⑧	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	他	正答率	
小問⑯	9	6	12	20	20	②7	6	27.0	23.0
小問⑰	11	①9	18	25	21		6	19.0	
小問⑱	13	17	28	14	②3		5	23.0	

② 分析的問題作成のねらいと方法

調査問題の検討および応答調査の結果を参考にして、分析的問題を作成したものであるが、そのねらいと方法を略記すれば次のとおりである。

- a 調査問題を解くために必要な知識・理解を要素的に分析し、それらの一つ一つについて問題を作り、基礎的な知識・理解の習得状況を把握する。
- b 調査問題を解く過程を分析して分節化し、それらの分節ごとに問題を作り、問題解決過程におけるつまずきや思考の様態をさぐる。
- c 調査問題の中の一部の要素を簡略にしたり、他の要素と入れかえたりして、問題解決に必要な知識・理解の実態を多角的に把握する。
- d 調査問題の解決には直接必要でなくとも、調査問題の内容と関連の深い知識・理解をみる問題を

作り，学習指導上の問題点を総合的に考察する。

③ 分析的問題のねらいと系列

この研究でとりあげた調査問題の内容に即して，分析的問題のねらいを次の三系列に分けた。

- a ○ 電解質・非電解質についての知識・理解
 - リトマス紙・フェノールフタレインの呈色反応についての知識・理解
- b ○ 水酸イオン・水酸化ナトリウムについての知識・理解
 - 電離・イオン・アルカリ・酸についての知識・理解
- c ○ 化学反応式における反応物質と生成物質についての知識・理解
 - 化学反応式における原子数についての知識・理解
 - 化学式・化学反応式・原子数・分子数についての知識・理解

分析的問題は，各系列ごとのねらいにもとづいて作成した。それぞれの分析的問題のねらいは，分析的問題の内容（次項）に即して記載する。

(2) 分析的問題の内容

中学校第3学年の分析的問題および各問題のねらいは次のとおりである。一つ一つの分析的問題は，先に述べた三系列のうちのいずれかに属するように作成したが，若干の問題は他の系列にまたがる内容を含んで構成されている。二つ以上の系列にまたがる問題は，一つの系列について一度だけ問題全文を掲載し，他の系列においては問題内容を省略して引用する。

なお，この項の記載は，下記の事項に準拠した。

○ 電解質・非電解質，リトマス紙・フェノールフタレインに関する問題を第1の系列とし，イオン・水酸化ナトリウム，アルカリ・酸に関する問題を第2の系列，化学式・化学反応式・原子数・分子数に関する問題を第3の系列とし，順に掲載する。

○ 調査問題の内容は，調2または調8とし，分析的問題の内容は，分1，分2として記述する。調査問題の内容をそのまま分析的問題として使用した場合は分析的問題として記載する。

○ 分析的問題ごとのねらいを問題の上部に示し，各小問ごとの正答率を右側に示す。この正答率は，分析的問題による調査の実施後に抽出した100人の生徒に対するものであるから，その数値は百分率を示すと同時に応答した人数を示すものである。なお，分析的問題の小問数が多い場合には，本研究に直接的関連の深いもの，および結果の考察においてとくにとりあげるものの正答率だけを示す。

① 電解質・非電解質；リトマス紙・フェノールフタレインに関する分析的問題

分1 (調2と同じ) 酸・塩の性質および電解質・非電解質について

分1

1	42
---	----

分2 1 水溶液が電気を通す性質について

2	40
---	----

2 次の1，2の問の答えを，それぞれ下の に示した中から二つずつ選んで，その記号を の中に書きなさい。

1 水溶液が電気を通すものはどれとどれか。

ア 希硫酸 イ 砂糖 ウ 硫酸銅 エ アルコール

1	62
---	----

2 a	水溶液が水素イオンを生じるものはどれとどれか。	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2 a	3 8												
b	水溶液が水酸イオンを生じるものはどれとどれか。	<input type="text"/>	<input type="text"/>	b	4 4												
<table border="1"> <tr> <td>ア</td> <td>水酸化ナトリウム</td> <td>イ</td> <td>硫酸</td> <td>ウ</td> <td>砂糖</td> </tr> <tr> <td>エ</td> <td>水酸化カルシウム</td> <td>オ</td> <td>塩酸</td> <td>カ</td> <td>食塩</td> </tr> </table>						ア	水酸化ナトリウム	イ	硫酸	ウ	砂糖	エ	水酸化カルシウム	オ	塩酸	カ	食塩
ア	水酸化ナトリウム	イ	硫酸	ウ	砂糖												
エ	水酸化カルシウム	オ	塩酸	カ	食塩												

分3 1 電解質・非電解質の意味について

分3	次の文中の <input type="text"/> に適当なことばを入れると正しい文章になります。入れることばを下の <input type="text"/> に示した中から選び、その記号を <input type="checkbox"/> の中に書きなさい。																										
1	ある物質を水に溶かした場合に、その水溶液が電気を通すようになるとき、その物質を <input type="checkbox"/> という。	1	7 6																								
2	原子や原子の集まりが、電子を失ったり、電子を余分にもったりして、十や一の電気をおびたものを <input type="checkbox"/> という。	2	4 3																								
3	水に溶けたとき <input type="checkbox"/> を生じるものが酸である。酸がいろいろな共通の性質を示すのは、このはたらきによるのである。	3	3 0																								
4	アルカリを水に溶かすと <input type="checkbox"/> を生じる。アルカリがいろいろな共通の性質を示すのは、このはたらきによるのである。	4	3 2																								
<table border="1"> <tr> <td>ア</td> <td>非電解質</td> <td>イ</td> <td>電解質</td> <td>ウ</td> <td>単体</td> <td>エ</td> <td>イオン</td> </tr> <tr> <td>オ</td> <td>水素イオン</td> <td>カ</td> <td>水酸イオン</td> <td>キ</td> <td>化合物</td> <td>ク</td> <td>混合物</td> </tr> <tr> <td>ケ</td> <td>合成</td> <td>コ</td> <td>分解</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				ア	非電解質	イ	電解質	ウ	単体	エ	イオン	オ	水素イオン	カ	水酸イオン	キ	化合物	ク	混合物	ケ	合成	コ	分解				
ア	非電解質	イ	電解質	ウ	単体	エ	イオン																				
オ	水素イオン	カ	水酸イオン	キ	化合物	ク	混合物																				
ケ	合成	コ	分解																								

分4 水溶液の性質とリトマス紙・フェノールフタレインの呈色反応について

分4	次に示した物質の水溶液についてあてはまるものを下の <input type="text"/> から選び、それぞれの物質の右側の番号を○で囲みなさい。(あてはまる番号はすべて○で囲みなさい。)																											
1	希硫酸	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1	1 5																								
2	塩化ナトリウム	1 2 3 4 5 6 7 8 9	2	3 6																								
3	硫酸銅	1 2 3 4 5 6 7 8 9	3	1 0																								
4	水酸化ナトリウム	1 2 3 4 5 6 7 8 9	4	2 2																								
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>酸性である</td> <td>2</td> <td>中性である</td> <td>3</td> <td>アルカリ性である</td> <td>4</td> <td>青リトマス紙が赤くなる</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>赤リトマス紙が青くなる</td> <td>6</td> <td>リトマス紙の色は変わらない</td> <td>7</td> <td>フェノールフタレイン液が赤くなる</td> <td>8</td> <td>フェノールフタレイン液が青くなる</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>フェノールフタレイン液の色は変わらない</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					1	酸性である	2	中性である	3	アルカリ性である	4	青リトマス紙が赤くなる	5	赤リトマス紙が青くなる	6	リトマス紙の色は変わらない	7	フェノールフタレイン液が赤くなる	8	フェノールフタレイン液が青くなる	9	フェノールフタレイン液の色は変わらない						
1	酸性である	2	中性である	3	アルカリ性である	4	青リトマス紙が赤くなる																					
5	赤リトマス紙が青くなる	6	リトマス紙の色は変わらない	7	フェノールフタレイン液が赤くなる	8	フェノールフタレイン液が青くなる																					
9	フェノールフタレイン液の色は変わらない																											

分⑤1 水溶液が電気を通す物質について

<p>⑤ 次の1, 2の問いの答えを, その下に示したア, イ, ウ, エの中から一つずつ選んで, その記号を□の中書きなさい。</p>	1	6 5
<p>1 次のア, イ, ウ, エのおのおのに3種の物質を示した。3種の物質の水溶液がどれもみな電気を通すのはどれか。</p>		
<p>ア 硫酸, 水酸化ナトリウム, 塩化ナトリウム</p>		
<p>イ 硫酸銅, 水酸化カルシウム, アルコール</p>		
<p>ウ 塩酸, 砂糖, 水酸化ナトリウム</p>		
<p>エ 砂糖, アルコール, 塩化ナトリウム</p>		
<p>2 電解質の水溶液に電極を入れて電圧を加えると, 電流が流れるのはなぜか。</p>	2	4 7
<p>ア 電解質の陽イオンは陽極へ, 陰イオンは陰極へ移動するから。</p>		
<p>イ 電解質の陽イオンは陰極へ, 陰イオンは陽極へ移動するから。</p>		
<p>ウ 電解質の分子は, 陽極から陰極へ移動するから。</p>		
<p>エ 電解質の分子は, 陰極から陽極へ移動するから。</p>		

② イオン・水酸化ナトリウム, アルカリ, 酸に関する分析的問題

分④(調⑧Iと同じ)イオンと水酸化ナトリウムの化学式について 分⑥

I	3 4
---	-----

分⑦(分③2, 3, 4と同じ)イオンの意味と水素イオン・水酸イオンについて

分⑧ 電離の意味と酸・水素, アルカリ・水酸基について

<p>分⑧ 次の文中の□に適なことを入れると正しい文章になります。入れることを, 下の□に示した中から選び, その記号を□の中書きなさい。</p>														
<p>1 物質が水に溶けてイオンに分かれることを□という。</p>	1	4 0												
<p>2 酸は, その成分として必ず□を含んでいる化合物である。</p>	2	4 2												
<p>3 アルカリとは, 一般に金属と□が結びついた化合物であるといことができる。</p>	3	3 1												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: left;"> <tr> <td>ア 化合物</td> <td>イ 混合物</td> <td>ウ 電解</td> <td>エ 電離</td> </tr> <tr> <td>オ 合成</td> <td>カ 分解</td> <td>キ 水素</td> <td>ク 水酸基</td> </tr> <tr> <td>ケ 単体</td> <td>コ 元素</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	ア 化合物	イ 混合物	ウ 電解	エ 電離	オ 合成	カ 分解	キ 水素	ク 水酸基	ケ 単体	コ 元素				
ア 化合物	イ 混合物	ウ 電解	エ 電離											
オ 合成	カ 分解	キ 水素	ク 水酸基											
ケ 単体	コ 元素													

分⑨(分②2と同じ)水溶液が水素イオン・水酸イオンを生じる物質について

分⑩(分⑤2と同じ)電解質の水溶液と陽イオン・陰イオンについて

分11(分4 4と同じ)水酸化ナトリウムの性質とリトマス紙・フェノールフタレインの呈色反応
 分12 電解質の化学式とイオン式について

分12 次の1, 2, 3, 4に示した物質を水に溶かしたとき, 電離する状態がわかるように <input type="text"/> の中にイオンの式を書きなさい。 1 NaCl → <input type="text"/> + <input type="text"/> 2 HCl → <input type="text"/> + <input type="text"/> 3 NaOH → <input type="text"/> + <input type="text"/> 4 KOH → <input type="text"/> + <input type="text"/>	1	2 7
	2	2 6
	3	2 3

③ 化学式・化学反応式・原子数・分子数に関する分析的問題

分13(調8 IIと同じ)化学反応式と反応物質・生成物質, 原子数について 分13
 分14 水の分解・水の合成を表わす化学反応式について

1	2 3
2	2 3

分14 次の1, 2の問いの答えを, 下の <input type="text"/> に示したアからクまでの中から一つずつ選んで, その記号を <input type="text"/> の中に書きなさい。 1 水の分解を表わす化学反応式はどれか。 <input type="text"/> 2 水の合成を表わす化学反応式はどれか。 <input type="text"/>	1	3 6
	2	4 1

ア $H_2O \rightarrow H_2 + O$ イ $2H_2O \rightarrow 2H_2 + 2O$
 ウ $H_2O \rightarrow H_2 + O_2$ エ $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
 オ $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ カ $H_2 + O \rightarrow H_2O$
 キ $2H_2 + 2O \rightarrow 2H_2O$ ク $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$

分15 水素分子・水素原子の数と水の分子数について

分15 次の1, 2, 3の問いの答えを, その下に示したアからカまでの中から一つずつ選んで, その記号を <input type="text"/> の中に書きなさい。 1 H_2 という化学式で表わされているものはどれか。 <input type="text"/> ア 水素の分子1個 イ 酸素の分子1個 ウ 水素の原子1個 エ 酸素の原子1個 オ 水素の分子2個 カ 酸素の分子2個	1	1 7
--	---	-----

2	2 H ₂ という化学式で、小さいほうの数字 2 で表わされているものはどれか。 ア 水素分子の数 イ 水素原子の数 ウ 水素分子の数と酸素分子の数 エ 水の分子の数 <input type="text"/>	2	3 8
3	2H ₂ O という化学式で、大きいほうの数字 2 で表わされているものはどれか。 ア 水素分子の数 イ 水素原子の数 ウ 水素分子の数と酸素分子の数 エ 水の分子の数 <input type="text"/>	3	2 3

分14 水素分子・酸素分子の数と水の分子数について

分14	次の1から4までに示したことがらを表わす化学式を、それぞれ□の中 に書きなさい。		
1	水素の分子 2 個 <input type="text"/>	1	1 7
2	酸素の分子 2 個 <input type="text"/>	2	9
3	水の分子 1 個 <input type="text"/>	3	6 1
4	水の分子 2 個 <input type="text"/>	4	6 0

分17 亜鉛と硫酸の化学反応式と水素の化学式および塩について

分17	下の〔 〕に適当な物質の化学式を入れると、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。 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + [\quad]$ (a) (b) (c) (d)		
1	上の〔 〕に適当な物質の化学式を書け。	1	7 9
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中から一つ選んで、その記号を <input type="text"/> の中に書け。 ア 亜鉛と硝酸との反応 イ 銅と硫酸との反応 <input type="text"/>	2	4 8
3	上の化学反応式に示してある(a), (b), (c), (d)の物質の中で、塩はどれか。次のアからオまでの中から一つ選んで、その記号を <input type="text"/> の中に書け。 ア (a) イ (b) ウ (c) エ (d) <input type="text"/>	3	4 6
	オ (a)と(b) カ (c)と(d) <input type="text"/>		

分18 化学反応と塩・水素および塩・水について

<p>分18 次の1, 2の問いの答えを, 下の <input type="checkbox"/> に示したアからオまでの中から一つずつ選んで, その記号を <input type="checkbox"/> の中に書きなさい。</p> <p>1 塩と水素ができるのはどの場合か。 <input type="checkbox"/></p> <p>2 塩と水ができるのはどの場合か。 <input type="checkbox"/></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ア 過酸化水素水に二酸化マンガンを加えたとき。</p> <p>イ 食塩水を電気分解したとき。</p> <p>ウ 石油を空気中で燃焼させたとき。</p> <p>エ 亜鉛に希硫酸を加えたとき。</p> <p>オ 水酸化ナトリウムの水溶液に希硫酸を加えたとき。</p> </div>	1	2 7
	2	2 9

分19 化学反応式・化学式・原子数と物質名について

<p>分19 次の1, 2に示した <input type="checkbox"/> に適当な物質の化学式を入れると, 正しい化学反応式になります。式中の <input type="checkbox"/> の中に化学式を書き, 右はし <input style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 20px;" type="text"/> の中にその物質名を書きなさい。</p> <p>1 $Zn + H_2SO_4 \rightarrow$ <input type="checkbox"/> $+ H_2 \cdots \cdots$ <input style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 20px;" type="text"/></p> <p>2 $Fe + H_2SO_4 \rightarrow$ <input type="checkbox"/> $+ H_2 \cdots \cdots$ <input style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 20px;" type="text"/></p>	1 左	8 6
	1 右	2 7

分20 水酸化ナトリウムと塩酸の化学反応式について

<p>分20 水酸化ナトリウムと塩酸が中和するときの変化を表わす化学反応式は, 次のどれですか。答えは, ア, イ, ウ, エの中から一つ選んで, その記号を <input type="checkbox"/> の中に書きなさい。</p> <p>ア $NaOH + HCl \rightarrow NaH_2 + ClO$</p> <p>イ $NaOH + HCl \rightarrow NaOCl + H_2$</p> <p>ウ $NaOH + HCl \rightarrow NaH + OHCl$</p> <p>エ $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"><input type="checkbox"/></div>		8 0
--	--	-----

分21 塩化ナトリウム・塩化カルシウムと化学式について

<p>分21 次の1, 2に示した <input type="checkbox"/> に適当な物質の化学式を入れると, 正しい化学反応式になります。式中の <input type="checkbox"/> の中に化学式を書き, 右はし <input style="border: 1px dashed black; width: 100px; height: 20px;" type="text"/></p>		
--	--	--

□の中にもその物質名を書きなさい。

1	$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \square + \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots \square$	1左	82
2	$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \square + 2\text{H}_2\text{O} \dots \square$	1右	41

分22 化学反応式と反応物質・生成物質の原子数について

22 次の1, 2, 3の化学反応式で, 化学式は正しいものとして適当な数字を書き入れ, 左右両辺の各原子の数を等しくしなさい。

1	$\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$	1	19
2	$\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CO}$	2	21
3	$\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{C}$	3	14

(3) 分析的問題による調査の実施方法

この調査の実施時期, 対象校および学年・学級数については先に述べたとおりである。分析的問題として前項に掲載した総数は22題であるが, この中には二系列にまたがる内容を含む問題(分7, 9, 10, 11)を二重に数えている。したがって, 実際の分析的問題は18題である。この18題の内容としては, 素材が同一で出題形式だけが違うものや, ある問題の質問または選択肢が, 他の問題の解答内容を含んでいるものなどがある。このため, 全問題を同一の時間に実施することは不都合をきたすこと, 問題数がかなり多いことなどをにらみ合わせて, 次のように分類した。

分析的問題	A	2 4 8 12 13 14 17 20 21	9 11
	B	1 3 5 6 15 16 18 19 22	7 10

Aの分類に属する9題は第1の校時に実施し, Bに属する9題は第2の校時に実施し, 調査用紙はそれぞれ校時ごとに回収した。分析的問題の配列にあたっては, 同一内容のものや, 関連の深いものとなるべくはなすように心がけたが, ここでは, 問題のねらいと内容の系列をわかりやすく示すような配列に変更して掲載したものである。

調査の実施時間は各校時とも50分(計100分)であるが, 生徒の筆答状況を観察した結果からみると, じゅうぶんな応答時間があつたといえる。

(4) 分析的問題による調査結果の処理方法

分析的問題は, 調査問題のねらいに即して, 酸・塩・電解質, イオン, 化学反応式の三系列に大別して作成した。酸・塩・電解質については分1から分5, イオンについては分6から分12, 化学反応式については分13から分22までが, それぞれの系列に属する分析的問題である。各問題のねらいおよび内容

は、先に述べたとおりであるが、分⑦、⑨、⑩、⑪は、それぞれ分③、②、⑤、④の内容の一部分が他の系列にまたがっているものである。調査結果の処理にあたっては、それぞれの系列に属する問題内容について、ある反応を示した生徒またはその集団が、関連の深い他の問題についてどのような傾向を示すかをはあくすることに重点をおいた。したがって、2個以上の問題について示された生徒の反応およびその傾向を関連的に考察できるような処理を行なったものである。

分析的問題の中には、分①(酸・塩・電解質)、分③(イオン)、分⑬(化学反応式)のように、調査問題と同一のものがある。応答調査における正答率よりは、分析的問題による調査の正答率が高くなっている。これは、後者の調査期日が、前者の調査期日より約3か月おけていること。したがって、その間に、問題内容に関連のある学習活動が行なわれたことを示すものであろう。調査問題を解くにあたってのつまずきおよびその要因を究明するためには、調査問題の応答との関連を重視すべきであろうが、正答率の変動や調査時期のずれを考慮に入れて、分析的問題相互の関連を中心にして処理し考察していくことにした。つまり、調査問題と同一の分析的問題に対する正答率および応答状況をみて、これと同系列にある分析的問題の正答率および応答状況との関連を考察し、それを通じて、調査問題を解決する過程での生徒のつまずきとその要因を推論しようと考えたものである。

Ⅲ 研究の結果とその考察

1 酸・塩・電解質について

(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点

酸・塩の性質についての具体的な知識と、電解質・非電解質についての理解をみる調査問題②は、両小問ともに完全正答を要求した問題であり、選択肢は実験と関連した理由とともに判断しなければならないので、かなりむずかしい問題となっている。硫酸と硫酸銅の水溶液が共通に酸性であり電解質であることの理解をみる小問③は29%、アルコールの水溶液と砂糖の水溶液が共通に中性であり非電解質であることの理解をみる小問④は31%の正答率である。問題の形式がやや複雑であることからみれば従来の同種の問題の成績にくらべると、じゅうぶんとはいえないが、やや向上しているといえよう。

応答内容を分析してみると、小問③で青リトマス紙を赤くしたので酸性であるというもの49、豆電球がついたので電解質であるというもの47、小問④で青リトマス紙も赤リトマス紙も色が変わらなかったのが中性であるというもの46、豆電球がつかなかったのが非電解質であるというもの43となっている。完全正答としないで各部分ごとの平均正答率をみれば46.2%となり、かなり高い成績を示している。したがって、部分ごとの平均正答率と完全正答率に大きな差があるのは、電解質・非電解質についての理解がじゅうぶんでないこと、リトマス紙・フェノールフタレインの呈色反応の理解が不確実であることを示すものといえよう。これらの点に関する知識・理解の実態を多角的にはあくするために分析的問題を作成したものである。

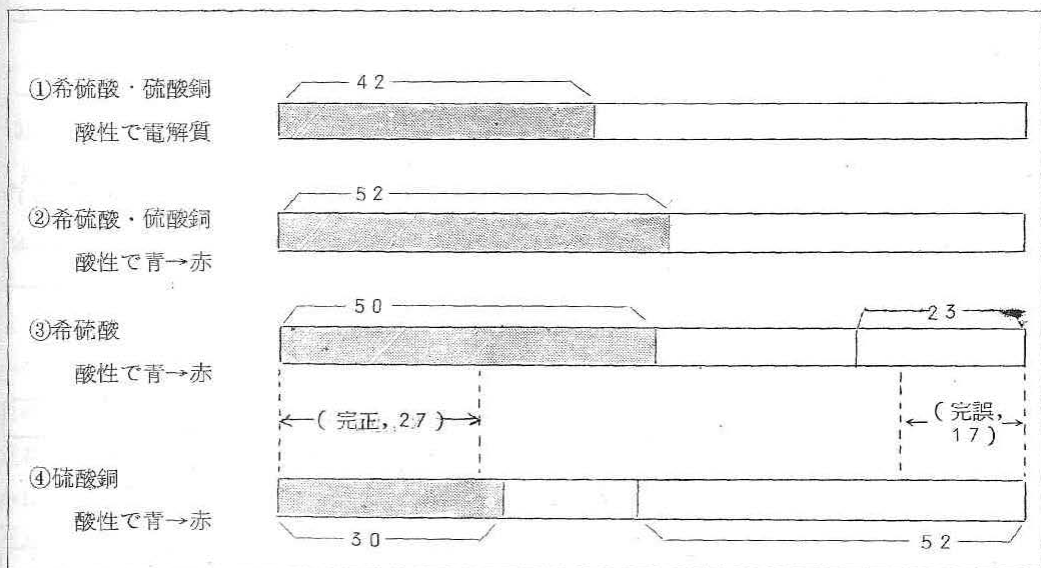
(2) 分析的問題による調査の結果とその考察

以下の記述において調査結果をグラフで表示する場合には、次の要領による。

- 正答率は黒くぬって表わし、誤答は白のままで示す。
- 正答および誤答の率を数値で示す場合には、単位を省略する。
- 2 問題以上に関する完全正答・完全誤答は、(完正) ・ (完誤) と略記して点線で示す。
- グラフの記号は、本稿全体を通じて一連番号とし、①・②……⑭とする。

① 希硫酸・硫酸銅の水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応について

希硫酸と硫酸銅の水溶液は共通に酸性であり電解質であることの理解を、調査問題と同じ内容でみよとしたものが分①¹であり、正答率は42%となっている。(グラフ①) この問題は完全正答を求めたものであるが、その前半のA群、つまり希硫酸と硫酸銅の水溶液は青リトマス紙を赤くするから酸性であることについてだけみれば、正答率は52%である。(グラフ②) さらに、希硫酸と硫酸銅を分けて、水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応をみたものが分④である。分④¹で、希硫酸についての性質と呈色反応の両問とも正答したものが50%、両問とも誤答したものが23%(グラフ③)であり、分④³の、硫酸銅については両問とも正答が30%、両問とも誤答が52%(グラフ④)となっている。分④¹(グラフ③)と分④³(グラフ④)での完全正答は、わずか27%であり、完全誤答は17%となっている。



これらの結果からみると、希硫酸の水溶液が酸性であり、青リトマス紙を赤くするといった、化学的教材においてはごく初歩的な知識でも、50%ていどの正答率で意外に低いといえる。昭和39年における分析の問題で、硫酸の水溶液の性質をきいたことがあるが、このときに酸性と正答したものが91%であったことから考えると、この問題で正答率が意外に低いのは、リトマス紙の呈色反応の理解が不足のためと思われる。また硫酸銅の水溶液の性質とリトマス紙の反応については、正答率がわずか30%である。これらのことから、化学的分野での重要な薬品の性質や、わかりきっているようなリトマス

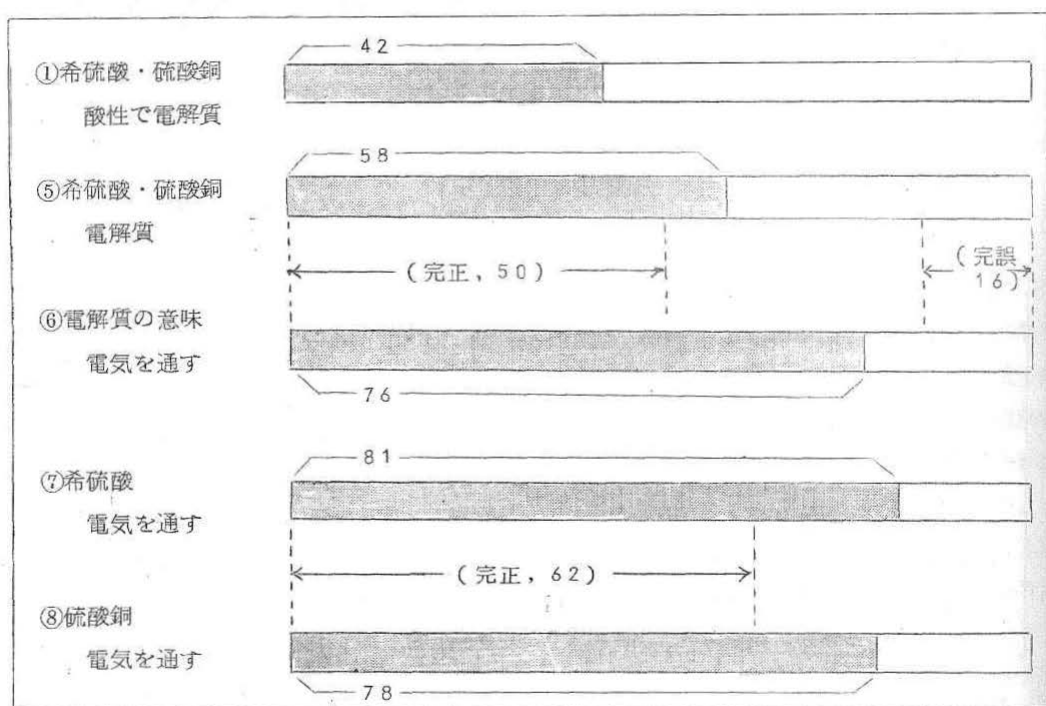
紙の呈色反応なども、まだまだ不じゅうぶんな理解程度であるといえよう。

② 希硫酸・硫酸銅の水溶液と電解質について

希硫酸と硫酸銅の水溶液は共通に酸性であり電解質であること、分①(1) (グラフ①)であり、その正答率は42%であった。この問題の後半にあたるB群、つまり希硫酸と硫酸銅の水溶液は、豆電球がついたので電解質であることについてだけみれば、正答率は58% (グラフ⑤)である。

この内容に関連して、「ある物質を水に溶かした場合に、その水溶液が電気を通すようになるとき、その物質を電解質という」こと、いわば電解質の意味をきいたのが分③(1)であるが、その正答率は76% (グラフ⑥)である。希硫酸と硫酸銅が電解質であることと、電解質の意味の両問に正答したものは50%であり、両問とも誤答したものが16%である。

また、希硫酸と硫酸銅の水溶液は電気を通し、アルコールと砂糖の水溶液は電気を通さないことについての理解をみた分②(1)で、希硫酸は電気を通すというものが81% (グラフ⑦)、分②(2)で、硫酸銅は電気を通すというものが78% (グラフ⑧)であり、両問の完全正答は62%である。この問題に誤答したものの中には、さとうは電気を通すというものの22%、アルコールは電気を通すというもの1%が含まれている。



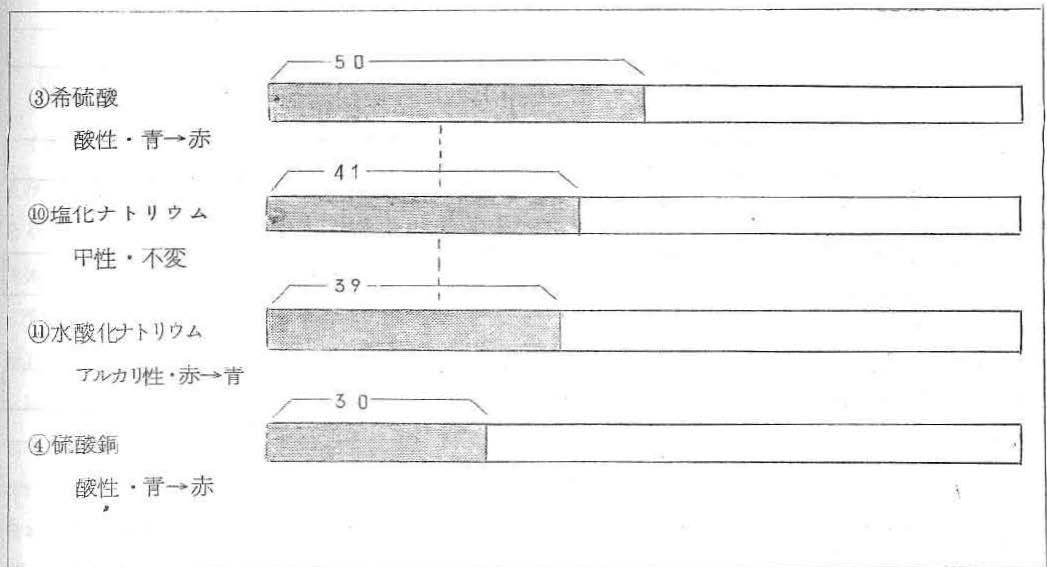
以上の結果からみると、電解質の意味については非常によく理解していると考えられる。また、希硫酸や硫酸銅の水溶液が電気を通し、アルコールや砂糖の水溶液が電気を通さないこともよく理解しているといえる。したがって、「希硫酸と硫酸銅は、豆電球がついたので電解質である」の正答率も58%と高くなっているのは当然であろう。分①の要素として、希硫酸の性質とリトマス紙、硫酸銅の性質とリトマス紙、電解質の意味および希硫酸・硫酸銅と電解質の4つを考えると、とくに成績が低い

は「硫酸銅の水溶液は酸性であり、青リトマス紙が赤くなる」ということである。グラフ①で示したように、分①の完全正答が低くなっているのは、主としてここに原因があると推察できる。

③ 水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応について

希硫酸・塩化ナトリウム・硫酸銅・水酸化ナトリウムの水溶液をあげて、酸性・中性・アルカリ性のうちのどれにあたるか、その水溶液はリトマス紙の色をどう変えるかについての具体的な知識・理解をみようとしたものが分④である。

分④1で、希硫酸は酸性であり、青リトマス紙が赤くなると正答したものが50%（グラフ③）、分④2で、塩化ナトリウムは中性であり、リトマス紙の色は変わらないと正答したものが41%（グラフ⑩）、分④4で、水酸化ナトリウムはアルカリ性であり、赤リトマス紙が青くなると正答したものが、39%（グラフ⑪）となっている。希硫酸・塩化ナトリウム・水酸化ナトリウムの3種類についての完全正答率は23%である。また、分④3で、硫酸銅は酸性であり、青リトマス紙が赤くなると正答したものは30%（グラフ④）である。



この問題でとりあげた水溶液が酸性・中性・アルカリ性を示す代表的な物質であるにもかかわらずその正答率は39%～50%であって意外に低く、グラフ③、⑩、⑪での完全正答率は23%に過ぎない。しかし、分④1と4について、水溶液の性質を区別する力だけを見ると、希硫酸で70%、水酸化ナトリウムで53%の正答率を示しているから、水溶液の性質そのものがわからないともいえないであろう。

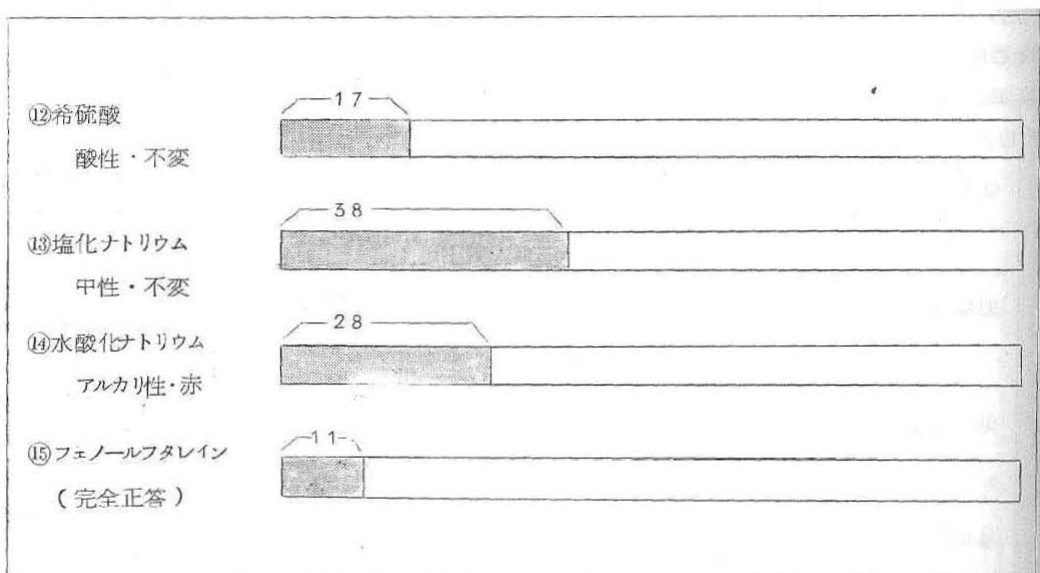
ここでの応答をさらに分析してみると、酸性の液での呈色反応を一応理解しているとみられるものが59%、中性の液で60%、アルカリ性の液で54%となっている。硫酸銅についての正答率が、他の3種類に比較して低いのは、生徒にとってよりいっそうなじみのうすい物質であったためであろう。

これらのことから、化学でとり扱う基本的な物質について、具体的な実験を通じてその性質を理解させるとともに、リトマス紙の呈色反応のようにごくありふれた指導内容についても、生徒の実態に即した具体的な指導を進めていく必要があると思われる。

④ 水溶液の性質とフェノールフタレインの呈色反応について

フェノールフタレインの呈色反応についての知識を、希硫酸・塩化ナトリウム・水酸化ナトリウムの水溶液に結びつけてみようとした問題が分④である。リトマス紙の呈色反応については小学校第5学年で指導されるが、フェノールフタレインは中学校ではじめて指導されるものである。両者とも、化学の学習の初歩における代表的指示薬であるから、その理解程度を比較考察しようとしたものである。

分④1で、希硫酸は酸性であり、フェノールフタレインの色は変わらないと正答したものが17% (グラフ⑫)、分④2で、塩化ナトリウムは中性であり、フェノールフタレインの色は変わらないと正答したものが38% (グラフ⑬)、分④4で、水酸化ナトリウムはアルカリ性であり、フェノールフタレインが赤になると正答したものが28% (グラフ⑭)となっている。希硫酸・塩化ナトリウム・水酸化ナトリウムの3種類についての完全正答率は11% (グラフ⑮)である。



ここで示された物質の水溶液の性質とフェノールフタレインの呈色反応に関する理解は、ひじょうに劣っているといわなければならない。分④1と4について、水溶液の性質を酸性・アルカリ性・中性に区別する力をみると、硫酸で70%、水酸化ナトリウムで53%も正答している。したがって、正答率の低い原因は、フェノールフタレインの呈色反応に関する理解の不足にあるといえる。中学校の化学教材における指示薬としては最も基本的なものであるだけに、じゅうぶんな指導が望まれる。

ここでの誤答をさらに分析してみると、分④1で、希硫酸は酸性であり、酸性では赤になると誤答したものが28%、分④4で、水酸化ナトリウムはアルカリ性であり、アルカリ性では青くなると誤答したものが15%ある。これらは、いずれも水溶液の性質には正答しながら、フェノールフタレインの呈色反応とリトマス紙の呈色反応とを全く同じに考えて誤答したものである。リトマス紙の呈色反応も、フェノールフタレインの呈色反応も混乱したままに記憶されているのではなからうか。また、分④1で希硫酸は酸性であり、酸性では青くなると誤答しているものが15%ある。これは、フェノールフタレインはアルカリ性で赤になるということから、逆に酸性では青くなると考えたための誤答であろう。

(3) 学習指導上の留意点

酸・塩・電解質についての調査問題におけるつまづきとその要因からみると、硫酸・塩化ナトリウム・水酸化ナトリウムの水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応についての理解がやや不十分であるが、とくに、硫酸銅の水溶液の性質とリトマス紙の呈色反応についての理解がきわめて不足しているといえる。化学教材におけるこのように基本的な物質の性質については、具体的な実験などを通じて、よりいっそう確実な理解を深めることが必要である。

リトマス紙の呈色反応についての理解そのものはかなり高いが、水溶液の性質とあわせて判断する力は意外に低くなっている。また、フェノールフタレインの呈色反応についての理解はきわめて低く、水溶液の性質とあわせて判断する力はほとんどないといえる。中学校の化学教材における重要な指示薬であるだけに、生徒の実態をはあくして理解の向上を図ることが必要である。

2 イオンについて

(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点

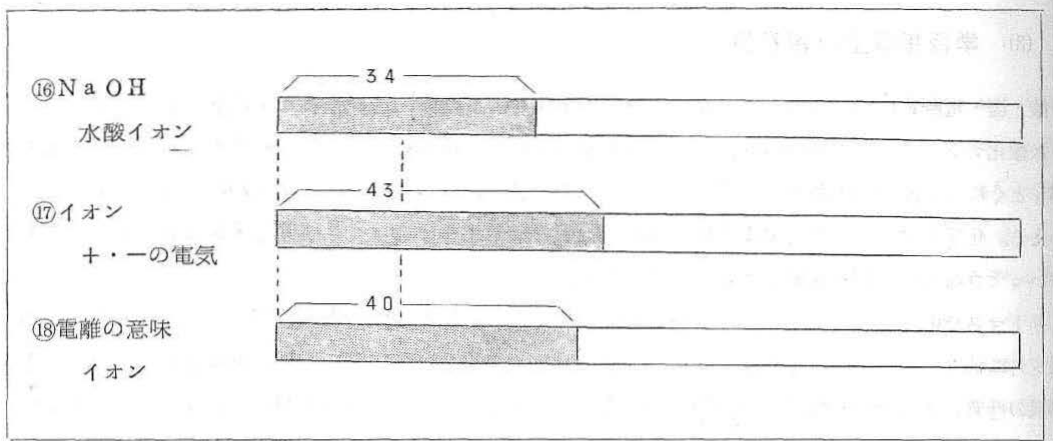
イオン・化学反応式についての調査問題⑧のうち、ここではイオンに関する小問⑩についてとりあげてみる。この小問は、 NaOH を水に溶かすと水酸イオンを生じることをみるきわめて基礎的な問題であるが、正答率は27%とかなり低い。化学的領域の問題は、一般的にいて、実験を通じて得られる具体的な知識や、それから直ちに導かれる概念については比較的よく理解されている。ところが、イオンや化学反応式のような抽象度の高い概念については、それほど理解が深まっていないといった傾向を示している。

応答内容を分析してみると、水酸イオンを生じる物質として NaOH を正しく選んだもの27%に対して、 HNO_3 に誤答したものが20%、 NaCl に誤答したものが20%である。このことから、化学式で示された物質名がわからないもの、その物質の水溶液の性質がわからないもの、水酸イオンやイオンについての知識が不足なものなどがかなりいると考えられる。これらの点に関する知識・理解の様態を段階的に把握するために分析的問題を作成したものである。

(2) 分析的問題による調査の結果とその考察

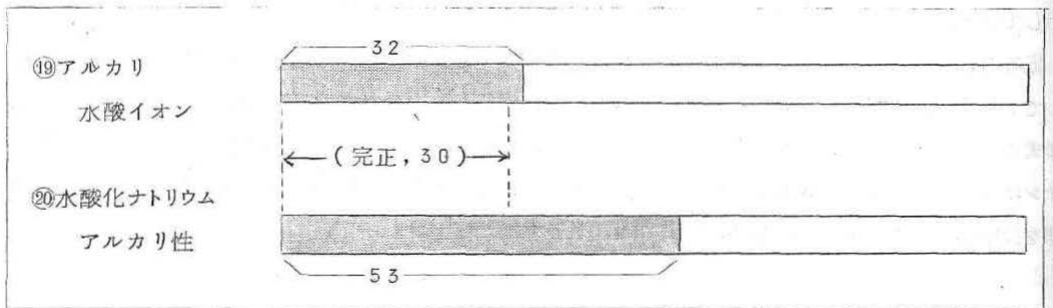
① NaOH の水溶液の性質と水酸イオンについて

NaOH を水に溶かすと電離して水酸イオンを生じることの理解を、調査問題と同じ内容でみようとしたものが分⑥であり、この正答率は34% (グラフ⑩)である。この問題を解くに必要な知識・理解のうち、イオンの意味についてきいたものが分⑦2でありこの正答率は43% (グラフ⑪)、電離の意味についてきいたものが分⑧1であり、この正答率は40% (グラフ⑫)である。



原子や原子の集まりが、電子を失ったり、電子を余分にもったりして、+や-の電気を帯びたものをイオンということの理解と、物質が水に溶けてイオンに分かれることを電離ということの理解は、いずれも40%前後であり、かなりよい成績といえよう。しかし、グラフ⑯、⑰、⑱で示された3問の完全正答率は16%であることからみると、NaOHは電離して水酸イオンを生じると正答したものの中には、イオンの意味や電離の意味を理解していないものが半数近くいると推察できる。

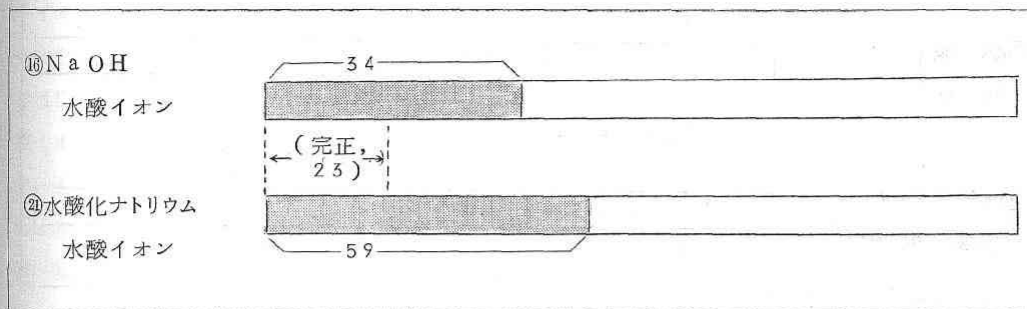
アルカリを水に溶かすと水酸イオンを生じること、アルカリがいろいろな共通の性質を示すのは水酸イオンのはたらきであること等の理解をみようとしたものが分7)4であり、その正答率は32%(グラフ⑲)である。また、水酸化ナトリウムがアルカリ性であること等の理解をみようとしたものが分1)4であり、その正答率は53%(グラフ⑳)である。この両問の完全正答率は30%である。



水酸化ナトリウムの水溶液がアルカリ性を示すことを理解できても、それが水酸イオンとどういう関係にあるかを理解することは、かなりむずかしいことであろう。前者は、リトマス紙やフェノールフタレインの呈色反応などを手がかりとして、実験結果から直接導かれる具体的な概念であり、後者はかなり抽象的な概念であることからすれば当然のことといえる。しかし、この時期の生徒に対する化学的内容の指導にあたって、前者のような具体的知識・理解を手がかりとして、どのようにしたら後者のような抽象的知識・理解を得させることができるかを、いっそう研究する必要があるように思う。

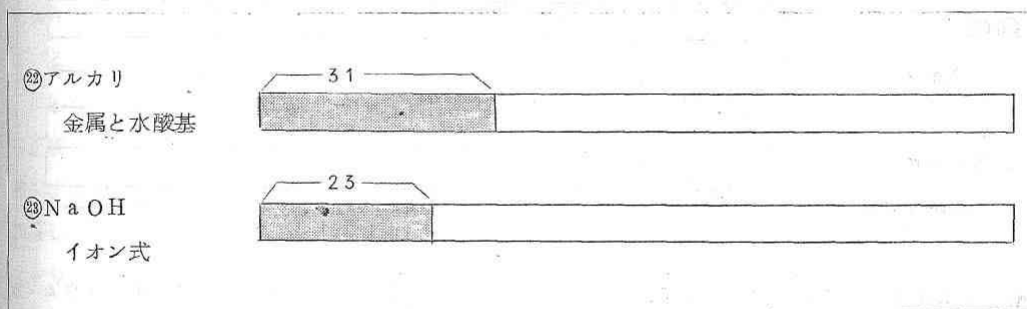
NaOHを水に溶かすと水酸イオンを生じること等の理解をみた分2)4(グラフ⑯)と同じように、水酸化ナトリウムを水に溶かすと水酸イオンを生じること等の理解をみようとしたものが分9)2bであり、そ

の正答率は59% (グラフ⑳)である。この両問で、NaOHも水酸化ナトリウムもともに水酸イオンを生じるという完全正答率は23%である。



水酸化ナトリウムの水溶液が水酸イオンを生じること、NaOHの水溶液が水酸イオンを生じることとの正答率には25%の差がみられる。これは、NaOHという化学式が、水酸化ナトリウムを表わしていることを理解できないために生じた差であろう。この時期に取り扱われる代表的な薬品でも、物質名・性質および化学式の3者について、確実な理解をもつことはかなり困難のように考えられる。学習指導にあたっては、具体的な場面に即して、くり返し指導することが必要と思われる。

アルカリとは、一般に金属と水酸基が結びついた化合物であることと理解をみようとしたものが分83であり、この正答率は31% (グラフ㉑)である。また、NaOHの水溶液についてそのイオン式を書く力をみたものが分123であり、その正答率は23% (グラフ㉒)である。

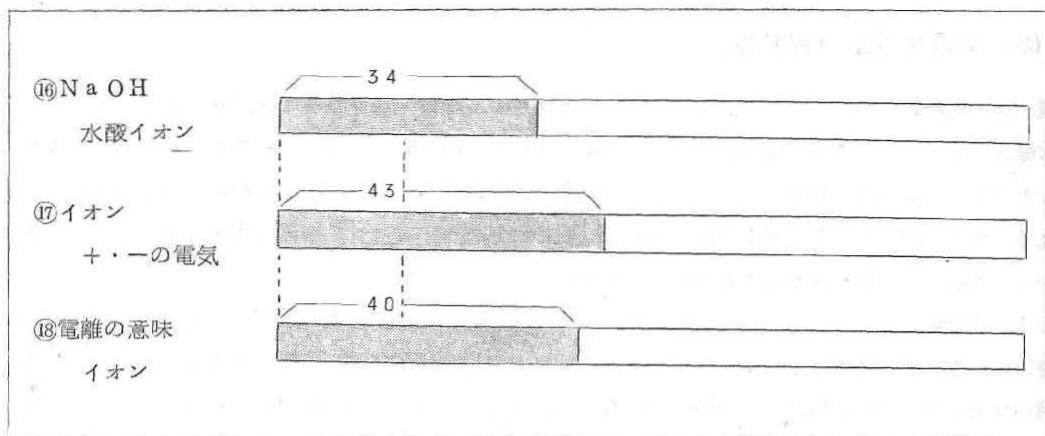


NaOHと水酸イオン、アルカリと水酸イオン、アルカリと金属および水酸基についてきいた3問は、34% (グラフ⑱)、32% (グラフ㉑)、31% (グラフ㉒)であり、いずれも同じ程度の正答率を示している。水酸イオンおよびアルカリについての全般的な理解程度を推察することができよう。

イオン式を書くことは、かなりむずかしい内容であると考えられるので、23%の正答率そのものはかなりよい成績ということができよう。なお、この問題に対する誤答の中には、ほとんど正答に近いとみられるものがあることとあわせて考えると、この面での指導がかなり行なわれているように推察される。

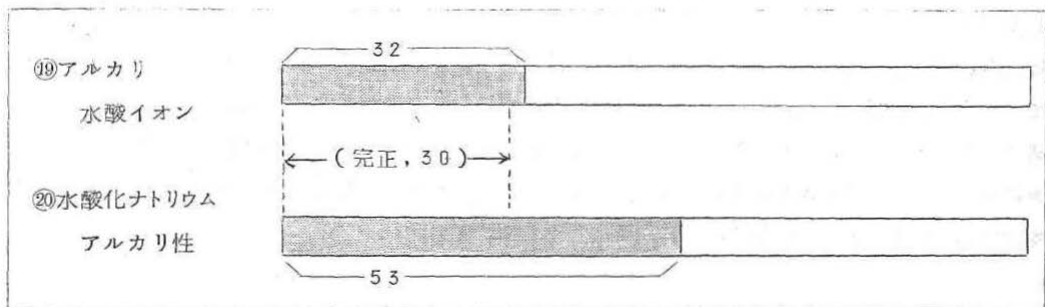
② 水溶液の性質と水素イオン・水酸イオンについて

硫酸と塩酸の水溶液が水素イオンを生じることの理解をみようとしたものが分92aであり、その正答率は38% (グラフ㉓)である。水酸化ナトリウムと水酸化カルシウムの水溶液が水酸イオンを生じる



原子や原子の集まりが、電子を失ったり、電子を余分にもったりして、+や-の電気をおびたものをイオンということの理解と、物質が水に溶けてイオンに分かれることを電離ということの理解は、いずれも40%前後であり、かなりよい成績といえよう。しかし、グラフ⑯、⑰、⑱で示された3問の完全正答率は16%であることからみると、NaOHは電離して水酸イオンを生じると正答したものの中には、イオンの意味や電離の意味を理解していないものが半数近くいると推察できる。

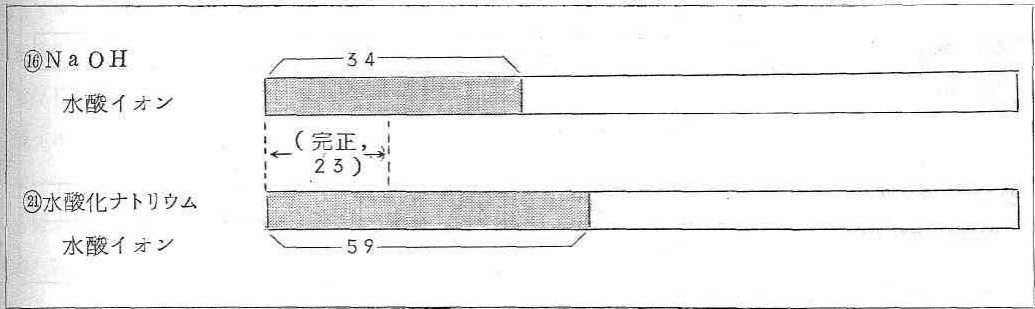
アルカリを水に溶かすと水酸イオンを生じること、アルカリがいろいろな共通の性質を示すのは水酸イオンのはたらきであることの理解をみようとしたものが分74であり、その正答率は32%（グラフ⑲）である。また、水酸化ナトリウムがアルカリ性であることの理解をみようとしたものが分114でありその正答率は53%（グラフ⑳）である。この両問の完全正答率は30%である。



水酸化ナトリウムの水溶液がアルカリ性を示すことを理解できても、それが水酸イオンとどういう関係にあるかを理解することは、かなりむずかしいことであろう。前者は、リトマス紙やフェノールフタレインの呈色反応などを手がかりとして、実験結果から直接導かれる具体的な概念であり、後者はかなり抽象的な概念であることからすれば当然のことといえる。しかし、この時期の生徒に対する化学的内容の指導にあたって、前者のような具体的知識・理解を手がかりとして、どのようにしたら後者のような抽象的知識・理解を得させることができるかを、いっそう研究する必要があるように思う。

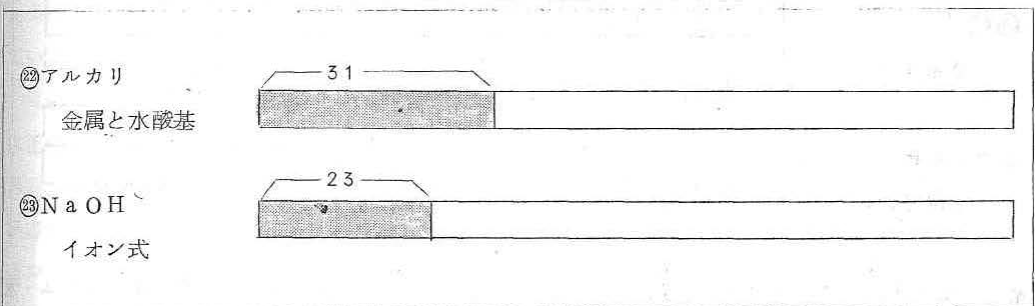
NaOHを水に溶かすと水酸イオンを生じることの理解をみた分6（グラフ⑯）と同じように、水酸化ナトリウムを水に溶かすと水酸イオンを生じることの理解をみようとしたものが分92bであり、そ

の正答率は59% (グラフ㉑)である。この両問で、NaOHも水酸化ナトリウムもともに水酸イオンを生じるという完全正答率は23%である。



水酸化ナトリウムの水溶液が水酸イオンを生じることと、NaOHの水溶液が水酸イオンを生じることとの正答率には25%の差がみられる。これは、NaOHという化学式が、水酸化ナトリウムを表わしていることを理解できないために生じた差であろう。この時期に取り扱われる代表的な薬品でも、物質名・性質および化学式の3者について、確実な理解をもつことはかなり困難のように考えられる。学習指導にあたっては、具体的な場面に即して、くり返し指導することが必要と思われる。

アルカリとは、一般に金属と水酸基が結びついた化合物であることへの理解をみようとしたものが分83であり、この正答率は31% (グラフ㉒)である。また、NaOHの水溶液についてそのイオン式を書く力をみたものが分123であり、その正答率は23% (グラフ㉓)である。



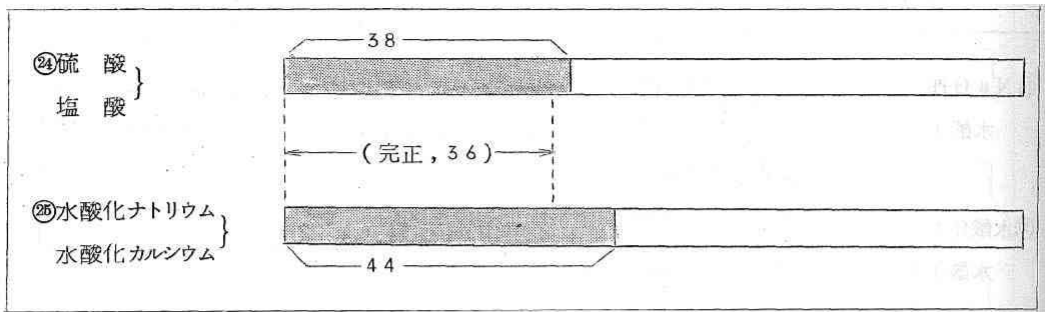
NaOHと水酸イオン、アルカリと水酸イオン、アルカリと金属および水酸基についてきた3問は、34% (グラフ㉑)、32% (グラフ㉒)、31% (グラフ㉓)であり、いずれも同じ程度の正答率を示している。水酸イオンおよびアルカリについての全般的な理解程度を推察することができよう。

イオン式を書くことは、かなりむずかしい内容であると考えられるので、23%の正答率そのものはかなりよい成績といえることができよう。なお、この問題に対する誤答の中には、ほとんど正答に近いとみられるものがあることとあわせて考えると、この面での指導がかなり行なわれているように推察される。

② 水溶液の性質と水素イオン・水酸イオンについて

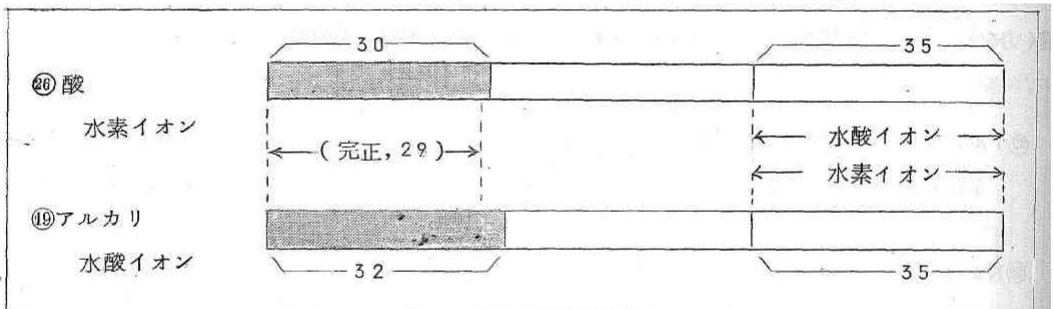
硫酸と塩酸の水溶液が水素イオンを生じることへの理解をみようとしたものが分72aであり、その正答率は38% (グラフ㉔)である。水酸化ナトリウムと水酸化カルシウムの水溶液が水酸イオンを生じる

この理解をみようとしたものが分[7]2bであり、その正答率は44% (グラフ⑲)である。



ここでの両問題は、いずれも2種類の物質の水溶液についての完全正答をみたものであるが、それぞれ38%、44%とかなりよい成績である。硫酸・塩酸・水酸化ナトリウム・水酸化カルシウムの4種類についての完全正答は36%であり、かなりよい成績であるということができよう。

酸を水に溶かすと水素イオンを生じることの理解をみようとしたものが分[7]3であり、その正答率は30% (グラフ㉑)である。アルカリを水に溶かすと水酸イオンを生じることの理解をみようとしたものが分[7]4であり、その正答率は32% (グラフ⑲)である。この両問題の完全正答率は29%となっている。



酸と水素イオン、アルカリと水酸イオンの理解は、硫酸・塩酸と水素イオン、水酸化ナトリウム・水酸化カルシウムと水酸イオンの理解より劣っている。この正答率にはかなりの差(グラフ㉑と⑲、⑲と㉑)がみられる。個々の水溶液について具体的に知っているも、それを酸またはアルカリの水溶液の示す一般的な性質としてはあくすることができにくいためであろう。学習指導にあたっては、個々の物質のもつ具体的な特徴をはあくさせるとともに、それらの上に立って、一般的な特性を抽象できるように導くことが必要と考えられる。

応答状況をさらに分析してみると、この両問(グラフ㉑、⑲)について、水素イオンと水酸イオンを逆に覚えているものが35%ある。水溶液が酸性またはアルカリ性を示すことは、具体的な実験に即して導き得る具体的な概念であるが、水溶液が水素イオンまたは水酸イオンを生じるとは、かなり抽象度の高い概念であるから、そこに混乱が生じるのは避け得ないといえよう。それだけに、このような化学用語または概念を導入する初期の段階で、じゅうぶんな指導をするとともに、その後の学習指導においても、できるだけ機会をとらえて正確な概念形式を図る必要があると考える。

(3) 学習指導上の留意点

イオンについての調査問題におけるつまずきとその要因からみると、実験を通じて得られる具体的な知識や概念があっても、それと関係のある抽象的概念については、それほど理解が深まっていないことを感じる。例えば、水酸化ナトリウムがアルカリ性を示すことを知っていても、水酸化ナトリウムが水酸イオンを生じることや、アルカリを水に溶かすと水酸イオンを生じるといった抽象的な概念を理解できない生徒が多い。学習指導にあたっては、前者のような具体的知識・理解を手がかりとして、どうしたら後者のような抽象的概念を形成することができるかをくふうすべきであろう。ことに、この時期の指導内容として基本的に重要なことがらに指導重点をおいて確実な理解を深めることにつとめ、イオンやイオン式については、いたずらに深入りしたりその種類を広げたりしないことが必要であろう。

3 化学反応式について

(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点

イオン・化学反応式についての調査問題⑧のうち、ここでは化学反応式に関する小問⑦および⑩についてとりあげてみる。この問題は化学反応式についての知識・理解と、それを与えられた条件から考察する力をみるもので、小問⑦では反応物質と生成物質、小問⑩では原子数がそれぞれ条件として与えられている。両問とも、水の分解を表わす化学反応式として誤っているものの中から、それぞれ与えられた条件にだけあわないもの、したがって他の条件にはあっているものを選び出させるという形式をとっている。

反応物質と生成物質の条件から考察する小問⑦の応答を分析してみると、イ ($2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$) に正答したものが19%で、エ ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}$) に誤答したものが25%である。原子数の条件から考察する小問⑩では、オ ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$) に正答したものが23%で、ウ ($\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$) に誤答したものが28%である。その他の選択肢に関する応答傾向は応答調査の概略として先に表示したとおりである。

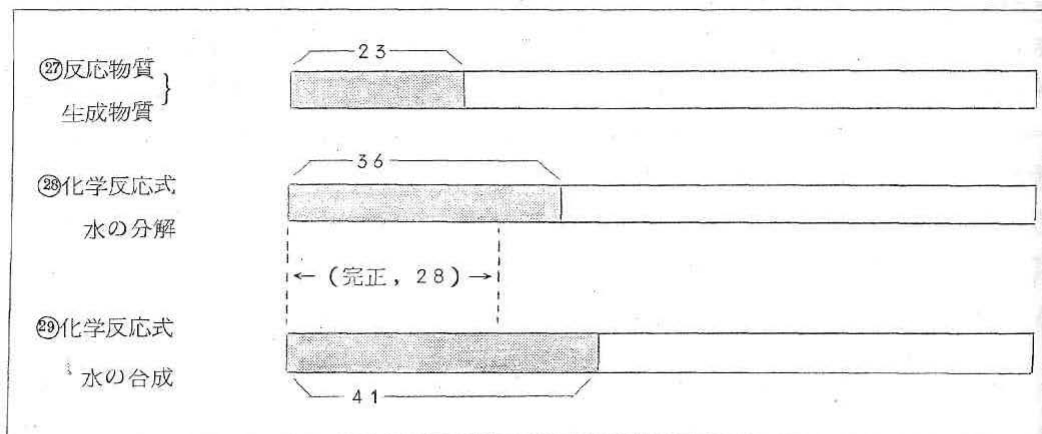
これらの結果から考えられることは、化学反応式の意味がわからないものや化学式で示されている物質が読みとれないもの、出題形式がやや複雑であるために問題の意味を理解できなかったものなどがかなりいたであろうということである。しかし、これらの要素がどの程度に影響しているかについては、問題内容が複合的のみにいっそうつかみにくいところである。それで、この問題を解くに必要な知識理解と、その背景または基礎と考えられる要素的知識・理解の実態を多角的にはあくするために分析的問題を作成したものである。

(2) 分析的問題による調査の結果とその考察

① 化学反応式と反応物質・生成物質について

水の分解を表わす化学反応式について、反応物質と生成物質の条件から考察する力を、調査問題と同じ内容でみようとしたものが分⑬1であり、その正答率は23% (グラフ㉞) である。また分⑭1で水

の分解を表わす化学反応式に正答したものが36% (グラフ⑳)であり,分㉒2で水の合成を表わす化学反応式に正答したものが41% (グラフ㉓)である。水の分解および合成の両問に対する完全正答率は28%となっている。

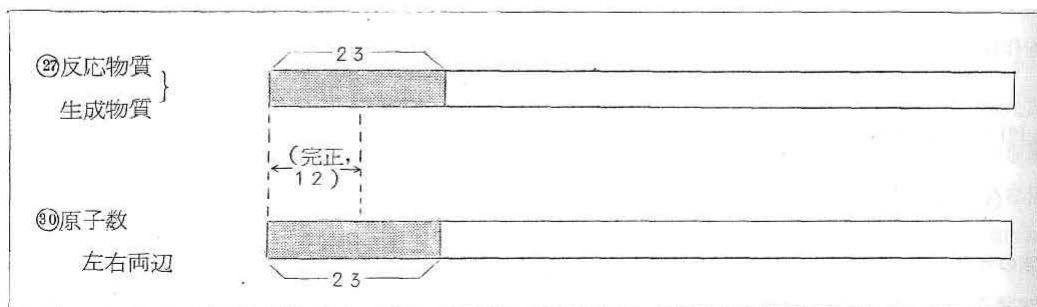


水の分解および水の合成を表わす化学反応式を,単純な出題形式で問いかければかなりの正答率を示している。この両問に正答した28%については,「化学反応式の左辺には化学変化をする物質の化学式が,右辺には新しくできる物質の化学式が書かれていること」という条件を理解しているとみてよいであろう。しかし,中学校で取り扱われる化学反応式としては,最も基礎的なものであるだけにかなり低い成績といわなければならない。化学式や化学反応式概念は,かなり抽象的で高次なものであるだけに,基本的なものについてはとくに理解の徹底を図る指導が必要であると思う。

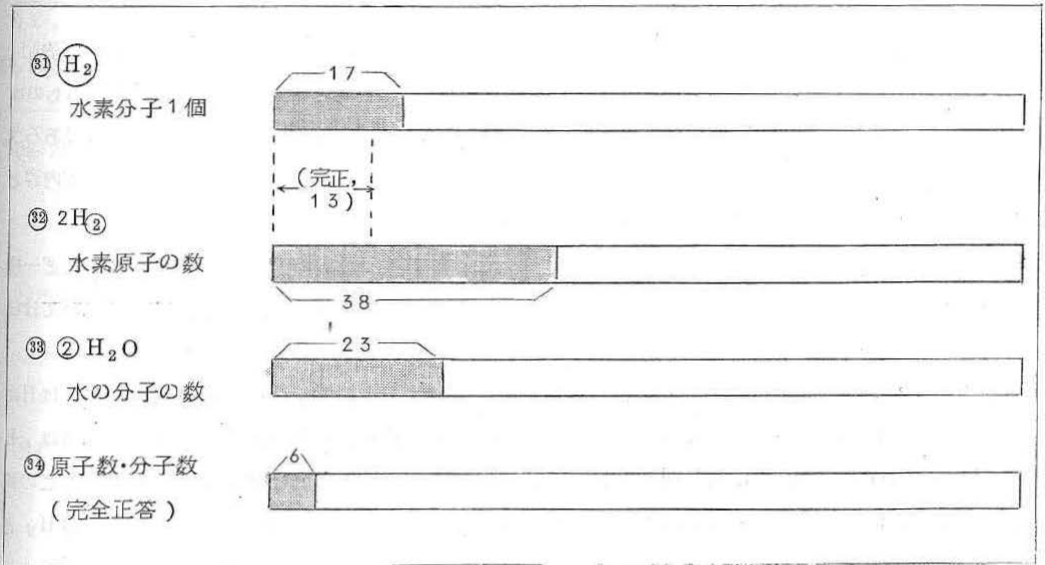
② 化学反応式と化学式・分子数・原子数について

調査問題では,水の分解を表わす化学反応式を原子数の条件から考察する力をみようとしているが,これに関連して,化学式と分子数・原子数についての理解をみようとしたものが分㉑,㉒である。

水の分解を表わす化学反応式についての分㉑および分㉒を正しく解答するためには,反応物質が左辺にあり,生成物質が右辺にあるという理解だけでなく, $H_2 \cdot 2H_2 \cdot O_2 \cdot 2H_2O$ といった一連の化学式の理解が必要である。また,このような理解に立脚した正答であってこそ意味のあるものといわなければならない。こういった点を分析するまえに,分㉑1で反応物質・生成物質についての正答率23% (グラフ㉗)と,分㉒2で原子数についての正答率23% (グラフ㉓)の完全正答率をみると,わずか12%となっている。

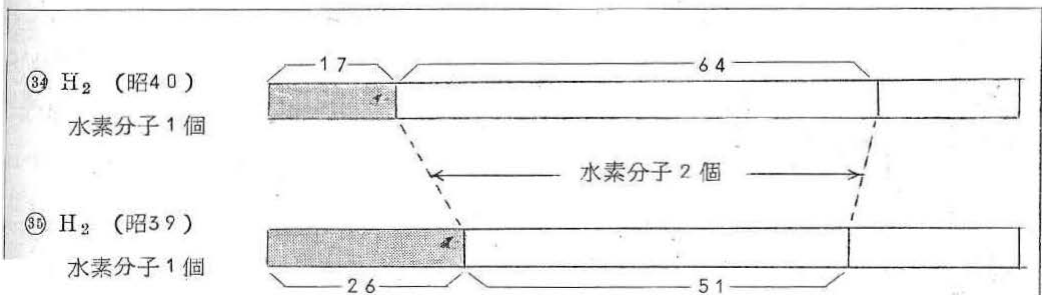


分④は調査問題⑧Ⅱと同じように、出題形式がやや複雑であることは先に述べたとおりであるが、その点を考慮に入れても、なおきわめて低い成績ということができよう。誤答の中には、化学式の表わす意味そのものが理解できないもの、したがって化学反応式の意味がわからないものがかかり多いことが推測される。これらのうち、とくに H_2 、 $2H_2$ 、 $2H_2O$ についての理解をみようとしたものが分④である。 H_2 で表わされるものは水素分子1個であるという正答率は17% (グラフ③①)、 $2H_2$ の小さい2は水素原子の数を示しているという正答率は38% (グラフ③②)であり、この両問の完全正答率は13%である。また、 $2H_2O$ の大きい2は、水の分子の数を示しているという正答率は23% (グラフ③③)である。グラフ③①、③②、③③の3問題の完全正答率は6% (グラフ③④)となっている。



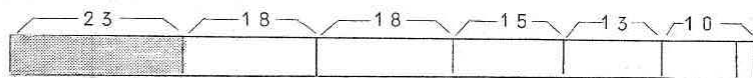
化学反応式を、反応物質・生成物質および原子数の条件から考察するためには、ここに掲げたような内容の理解がなければならない。ところが、「 $2H_2$ の小さい2は水素原子の数を表わす」についての正答率がわずかによいだけで、 H_2 および $2H_2O$ の読みとりについては、きわめて低い成績を示した。 H_2 、 $2H_2$ 、 $2O_2$ 、 H_2O 、 $2H_2O$ などのように基礎的な化学式について、とくに元素と原子記号や係数の理解がじゅうぶんでないように思われる。

H_2 についての誤答では、「水素分子2個を表わす」というものが64% (グラフ③④)でありきわめて多い。 $2H_2O$ についての誤答では、「水素分子と酸素分子の数を表わす」、「水素原子の数を表わす」というものが、それぞれ18% (グラフ③⑤)となっている。なお、この問題は昭和39年度にも分析的問題として調査したものであるが、その結果をグラフ③⑥、③⑦に参考として掲載する。



③⑥ ② H_2O (昭40)

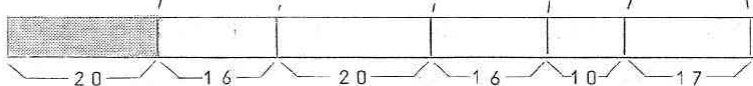
水の分子の数



(イ) (ロ) (ハ) (ニ) (ホ)

③⑦ ② H_2O (昭39)

水の分子の数



(イ) (ロ) (ハ) (ニ) (ホ)

これらの結果から考えると、HやOなどの原子記号の理解と、 $2H \cdot H_2 \cdot 2H_2$ の意味および表記上の原則などについて、基本的知識が不じゅうぶんであるということが出来る。Hで表わされるものは水素分子1個であるという誤解が、 H_2 は水素分子2個を表わすという誤答につながったものであろう。この応答傾向は、昭和39年度の調査結果にも同じようにみられる。化学式や化学反応式の学習内容としては、最も基本的な事項であるだけに、確実な理解を深めるための指導が望まれる。

化学式 $2H_2O$ についての誤答傾向は、各選択肢ごとにわずかの差がみられるだけで、ほとんど一様にちらばっているといえよう。このことは、 $2H_2O$ の係数が示す意味について、正答者を除いてはほとんど理解していないこと、偶然性にもとづく応答が多いことを示していると考えられる。

水素原子の数を表わすという18%の誤答者は、Hは水素原子であり、その直前に書く係数2はHについての係数であると考えたものであろう。また、水素分子の数を表わすという15%の誤答者は、 H_2 は水素分子であり、その直前に書く係数2は H_2 についての係数であると考えたものであろう。この両者は、いずれも H_2O で示されるものが一種類の化合物であることを理解せずに、HとOまたは H_2 とOとに分離して考えている点で共通性があるといえよう。

水素分子の数と酸素分子の数を表わすという18%の誤答者と、水素原子の数と酸素原子の数を表わすという10%の誤答者も、 H_2 とOとを分離して考え、係数のあとに示されたそれぞれの分子または原子数を表わすとしている点で共通性がある。つまり、 $2H_2O$ の係数2は、 H_2 が2個とOが2個あると考えているものであろう。

水の原子数を表わしているという13%の誤答者は、 H_2O を一種の化合物とみている点ではややすぐれているといえるかもしれないが、 H_2O で表わされるものが水の分子なのか原子なのかという点の理解ができないうちに、水の原子というものが存在すると考えている点で別の問題を含んでいるといえよう。これは、原子・分子・化合物についての基本的な理解の不足を示すものである。

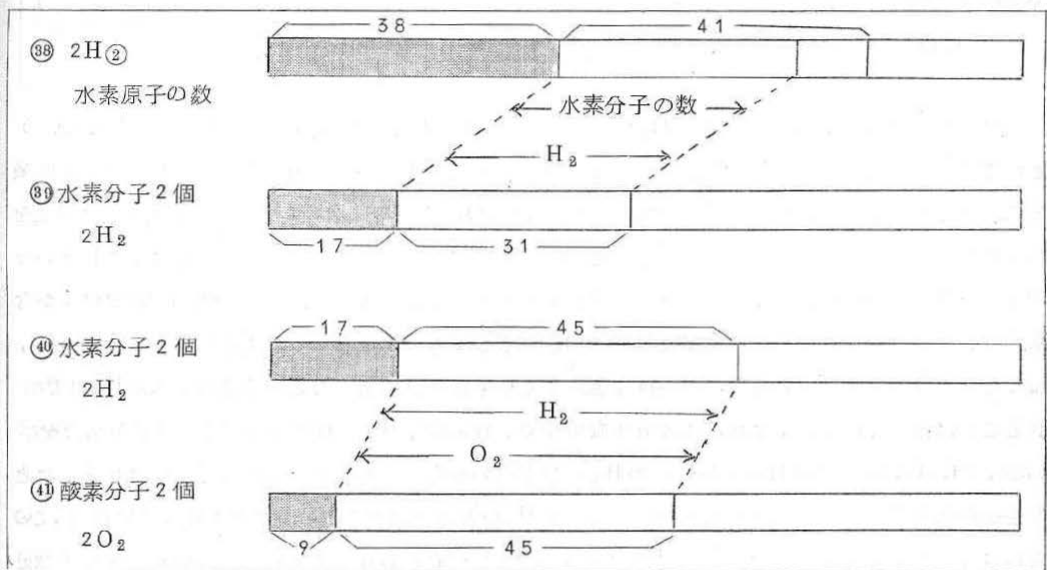
以上のような誤答内容は、いずれも、原子・分子・混合物・化合物などについての知識・理解と、それらにもとづいた化学式の理解が、きわめて不確実であることを物語っている。生徒にとっても、これまでの具体的な学習内容から、このような抽象的概念の学習内容にとり組むことはかなりむずかしいことであろう。それだけに、生徒の陥りやすい誤答傾向や、理解の実態をじゅうぶんにはあくして、適切な指導の手をさしのべる必要があると感じる。

化学式で示された物質の原子数や分子数について、基本的な知識・理解がじゅうぶんでなく、理解内容がかなり混乱していることは、これまで述べたところである。これらの考察は選択肢法による分析的

問題の調査結果にもとづいたものであるが、ここでは、分¹⁴における、水素の分子・酸素の分子・水の分子についての自由記述の結果にもとづいて考察してみる。

水素の分子2個は $2H_2$ と書き表わすという正答率は17% (グラフ³⁹)、酸素の分子2個は $2O_2$ と書き表わすという正答率は9% (グラフ⁴¹)である。ところで、先にグラフ³⁸として示した「 $2H_2$ の小さい2は水素原子の数を表わす」についての誤答内容では、「水素分子の数を表わす」というものが最も多く、41% (グラフ³⁹)を占めている。これは、化学式における水素原子と水素分子をとりちがえたものである。そのうち31% (グラフ³⁹)は、分¹⁴の自由記述において「水素分子2個は $2H_2$ と書き表わす」とすべきところ、「水素分子2個は H_2 と書き表わす」と誤答している。

なお、グラフ⁴⁰で $2H_2$ とすべきところを H_2 と誤答し、グラフ⁴¹で $2O_2$ とすべきところを O_2 と誤答したものは45%である。



この結果からいえることは、これまで述べてきたように原子記号および化学式の表わす意味についての理解が不じゅうぶんであり混乱しているということである。グラフ³⁹で $2H_2$ の小さい2は水素分子2個を表わすと考えた生徒が、水素分子2個を表わす記号として H_2 を書くのは当然といえよう。

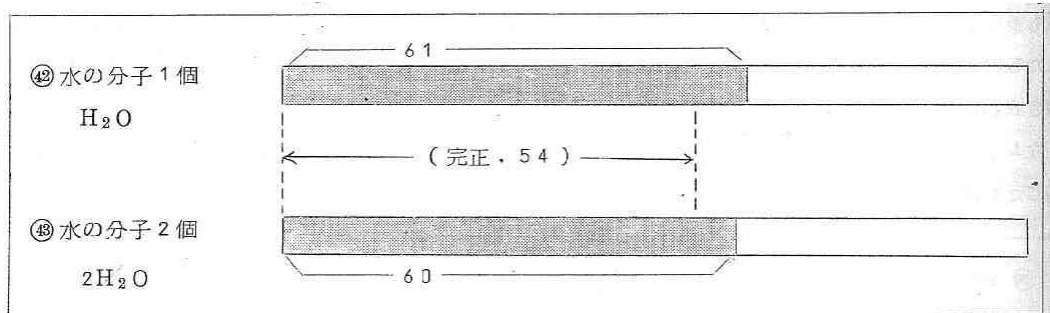
また、水素分子2個を H_2 と書き表わしたものが、酸素分子2個を O_2 と書き表わすことも、誤答は誤答なりにすじがとまっていると考えられる。

これらの分析を通じていえることは、このように基本的内容についての誤解が、単に偶然生じているのではなく、かなり根深いものと感じられることである。自由記述の問題であるだけに、偶然性の混じる余地がほとんどないと考えられること、誤答は誤答としてもそれなりにつつまが合っていることを考えると、このような初期の指導段階がいかに重要であるかを痛感するものである。原子記号や化学式について指導する初期の段階でいっそうのくふうを講じるとともに、その後においても、教えてしまったはずだというのではなく、できるだけ機会をとらえてくり返し指導することが必要であると思う。

なお、グラフ⁴⁰および⁴¹に関する誤答のうち、 $2H_2$ とすべきところを $2H$ とし、 $2O_2$ とすべきところを $2O$ としたものが3%であった。これらの誤答は、その事例がわずかであるとしても、原子記号や化学式の意味がわかりにくいこの時期の生徒が、陥りやすい誤答傾向の一端を示すものとして注目すべ

きであろう。

分④における自由記入の問題で、水の分子1個は H_2O と書き表わすという正答率は61% (グラフ④) 水の分子2個は $2\text{H}_2\text{O}$ と書き表わすという正答率は60% (グラフ⑤)であり、この両問での完全正答率は54%である。



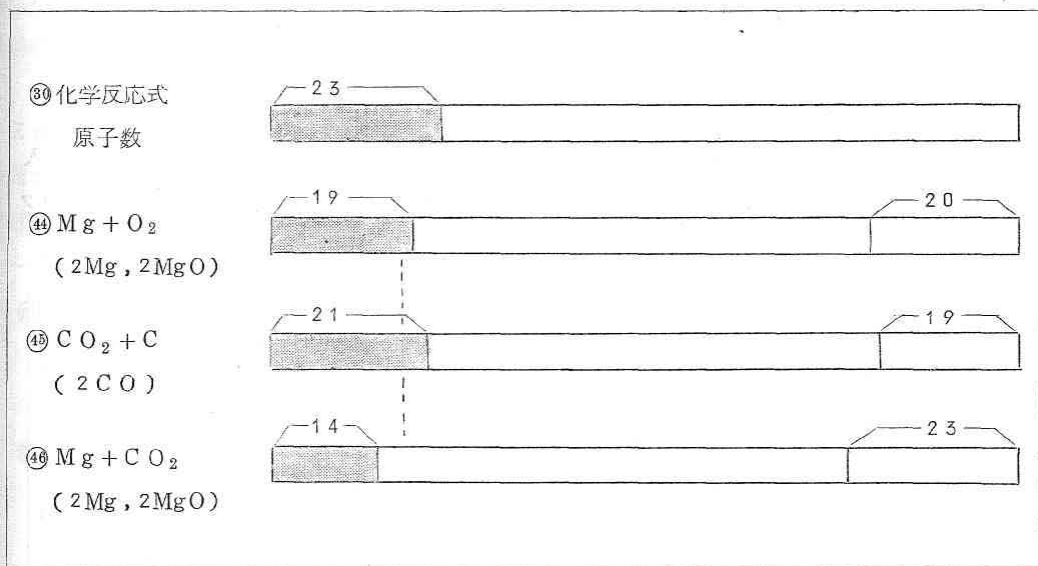
この結果からみると、 H_2O および $2\text{H}_2\text{O}$ の化学式については、ひじょうに高い正答率であるといえることができる。ことに、完全正答率が54%というのは、これまでの同種の問題にみられなかった成績である。ところが、この正答率とグラフ⑥で示した $2\text{H}_2\text{O}$ における係数2についての正答率23%とを比較すると、その差が意外に大きいことを感じる。これだけの差が生じた原因については、これといった明確な分析ができにくい、およそ次のように推察することができよう。グラフ⑥の問題では、かなりまぎらわしい選択肢が多く、原子または分子の説明としてもっともらしく見えること、したがって、明確な知識・理解をもっている生徒以外は、混乱する要素が多分にあったことである。水が H_2O で示されることは知っていても、それは水の分子なのか原子なのか、 H_2 と O との混合を示すのか化合を示すのか、 $2\text{H}_2\text{O}$ の係数2は H の係数なのか H_2 の係数なのかなどと考えてみたら、混乱してしまったという生徒があろう。一方自由記述の問題では、水は H_2O と書き表わすということを知っていれば、この場合には、それが分子なのか原子なのかということは直接問題にしないですむ。とにかく水の粒1個分が H_2O であると考えれば、その2個分は $2\text{H}_2\text{O}$ と書く以外に方法はなさそうである。一般的には、選択技法よりも自由記述の問題がむずかしいといわれるが、この場合には、むしろ H_2O および $2\text{H}_2\text{O}$ と書き表わすほうが楽であったと考えられる。

H_2O および $2\text{H}_2\text{O}$ と自由記述した正答率がひじょうに高いことを喜ぶと同時に、一方では、 H_2 、 O_2 、 2H_2 、 2O_2 、といった基礎的内容の理解が不じゅうぶんであることを考えなければならない。これらの点からみると、化学式についての形式的な知識・理解は高く見えても、その基礎または背景としての要素的な知識・理解が不じゅうぶんでないと感じられる。

化学反応式を原子数の条件から考察する力をみた分⑬2の正答率は23% (グラフ⑬)であるが、これと関連して、マグネシウムと酸素、二酸化炭素と炭素、マグネシウムと二酸化炭素の化学反応式で、原子数をそろえる力をみようとしたものが分④である。

マグネシウムと酸素の反応式で、左辺を 2Mg とし、右辺を 2MgO とする正答率は19% (グラフ④) 、二酸化炭素と炭素の反応式で、右辺を 2CO とする正答率は21% (グラフ⑤) 、マグネシウムと二酸化炭素の反応式で、左辺を 2Mg とし、右辺を 2MgO とする正答率は14% (グラフ⑥) であ

る。この3問について、係数および化学式を全く書けないというものが、グラフ④で20%、⑤で19%、⑥で23%あった。誤答としてめだったものは、 $2MgO$ とすべきところを MgO_2 としたり、 $2CO$ とすべきところを $2CO_2$ または CO_2 とするものなどである。



化学反応式をみて両辺の原子数をそろえる問題を自由記述の形式できいたものであるから、内容としてはかなり高度なものといえよう。したがって、3問の平均正答率が18%と低いことも止むを得ないと考えられる。この問題を解くためには、 $Mg + O_2$ 、 $CO_2 + C$ 、 $Mg + CO_2$ で表わされる左辺の反応物質がわかり、 $2MgO$ 、 $2CO$ 、 $2MgO + C$ で表わされる右辺の生成物質がわからなければならない。ところが、後述するように、化学式は書けるがその物質名または意味がわからないというものが意外に多い。したがって、どういう物質の化学反応であるかを判断できないため、実験をした経験はあっても、その現象と結びつけることができなかつたと考えられる。またこれまで述べてきたように、原子・分子・化合という概念がじゅうぶんでなく、これらの概念と化学式の結びつきも不確実であることや、化学式および化学反応式の表記法についての理解が不足であることも加わって、正答率が低下したものと考えられる。

$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ とすべきところを、 $Mg + O_2 \rightarrow MgO_2$ とした誤答が32%であった。化学反応式をみて、マグネシウムと酸素が反応して酸化マグネシウムを生じることを表わしたものと判断できるとともに、酸化マグネシウムは MgO と書き表わすことを理解していなければ、この問題を解き得ない。ところが、反応物質も生成物質もわからない生徒にとっては、左辺と右辺のつり合いをはかる操作をする以外に方法がない。また、酸化マグネシウムが MgO であっても MgO_2 であってもおかしくないと思う生徒もかなりいるであろう。したがって、 MgO_2 というものを右辺にかけば、 $Mg + O_2$ の左辺とは、原子数の点では等しいと考えたものであろう。

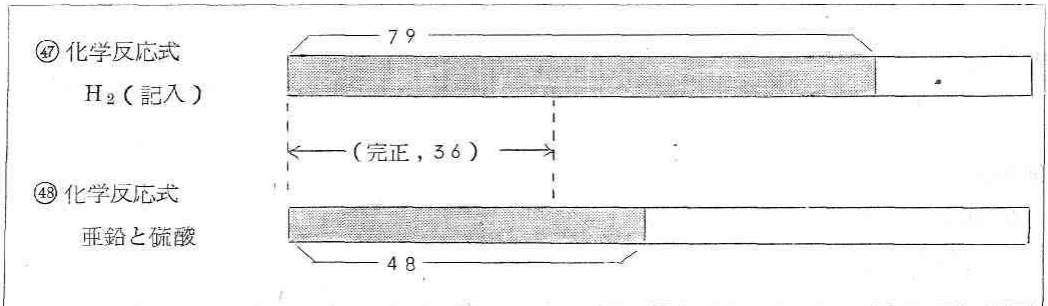
$CO_2 + C \rightarrow 2CO$ とすべきところを、 $2CO$ のかわりに $2CO_2$ としたものが19%、 CO_2 としたものが12%であった。 $2CO_2$ とした生徒は、左辺ではCが2個、 O_2 が1個あるから、 $2C$ と O_2 を組み合わせると右辺にかけばよいと考えたものであろう。化学式における係数の意味がわからないことは、グラフ⑥について考察したとおりであるが、この誤答も同じ傾向といえる。 CO_2 とした生徒は、

COが2個分あるというつもりでCO₂と書いたものと考えられる。この誤答傾向は2MgOのかわりに、MgO₂とするとところにもみられた。

これらのことから、形式的に両辺の原子数をそろえることはできても、原子、分子についての確実な理解にとほしく、化学式で表わされた物質を読みとる力がじゅうぶんでないと感じる。

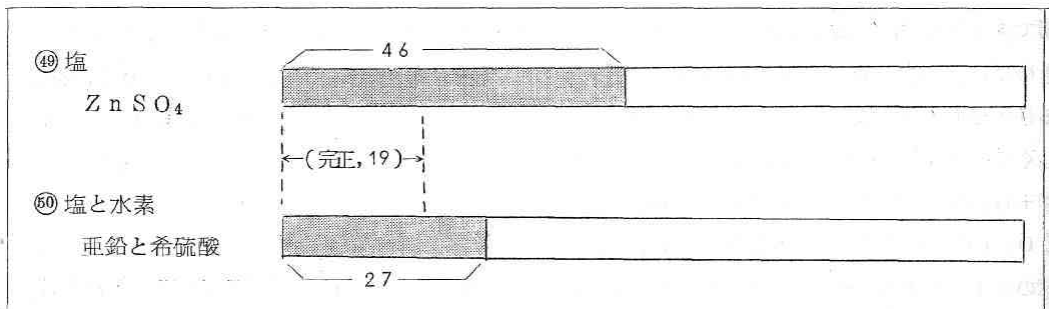
③ 化学反応式と化学式・塩

化学反応式を読みとる力と、水素の化学式を書く力をみようとしたものが分⑦である。H₂と書き入れる問題の正答率は79% (グラフ④⑦)、亜鉛と硫酸の化学反応であるという正答率は48% (グラフ④⑧)であり、この両問題の完全正答率は36%である。



$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + [\quad]$ について、[H₂]と書きこむ力はひじょうにすぐれている。化学反応式の両辺をみくらべて、原子記号を書き入れたり原子数をそろえたりする力がついていることはこれまでの分析結果にもしばしばみられた。しかし、H₂という化学式の意味をきいたグラフ④⑦の正答率がわずか17%であったことから考えると、H₂と書きこむことができたからといって安心するわけにはいかないであろう。この化学反応式が、亜鉛と硫酸の化学反応を表わしていると読みとれたものは約半数である。亜鉛と硫酸の化学反応であることがわかっていて、しかもH₂と書きこんだ生徒は36%となっている。意味がわかって書いている生徒が少ないことは、指導上の問題点となるであろう。

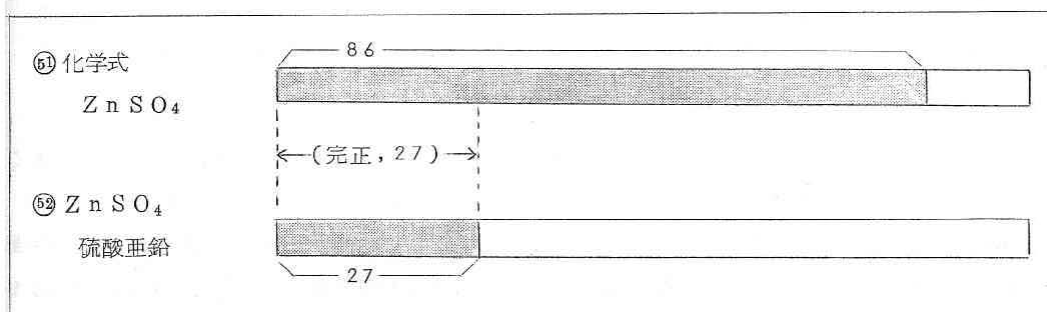
$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + [\quad]$ で、塩はどれかをきいた問題の正答率は46% (グラフ④⑨)、亜鉛に希硫酸を加えたときに塩と水素ができることの理解をみた分⑩の正答率は27% (グラフ④⑩)であり、この両問題の完全正答率は19%である。



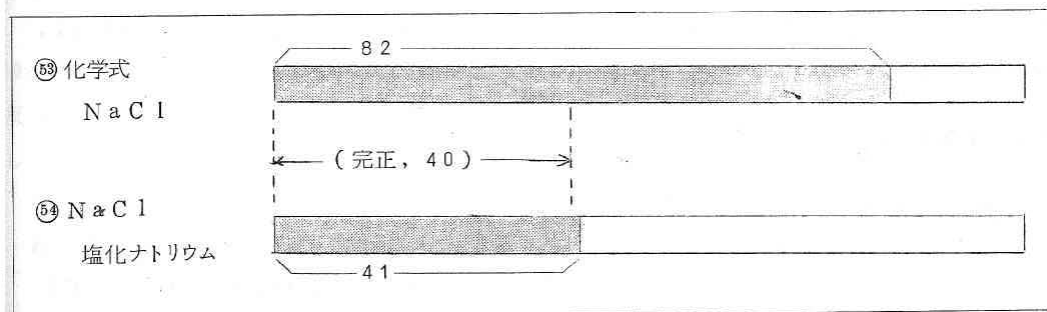
ZnSO₄が塩であるという正答率はかなり高い。このうち38%の生徒が[]にH₂と書き入れている。H₂で表わされたものが水素分子であるか水素原子であるかはわからないとしても、とにかく

水素であるという生徒が81%いることは、グラフ④からもうかがうことができる。したがって、この化学反応式で、塩と水素ができると考える生徒の数は、 $ZnSO_4$ が塩であることがわかった46%に近いとみることができる。しかし、グラフ⑤の結果からみると、塩と水素ができるという正答率および塩についての完全正答率はきわめて低くなっている。これは化学反応式の左辺($Zn + H_2SO_4$)が、亜鉛に希硫酸を加えることを表わしていると理解できない生徒がかなりいることを示している。

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow \square + H_2$ について、 $ZnSO_4$ を書き入れる力と、化学式で表わした物質名を読みとる力をみようとしたものが分⑱である。化学式($ZnSO_4$)の正答率は86%(グラフ⑥)、物質名(硫酸亜鉛)の正答率は27%(グラフ⑦)であり、両問の完全正答率は27%である。



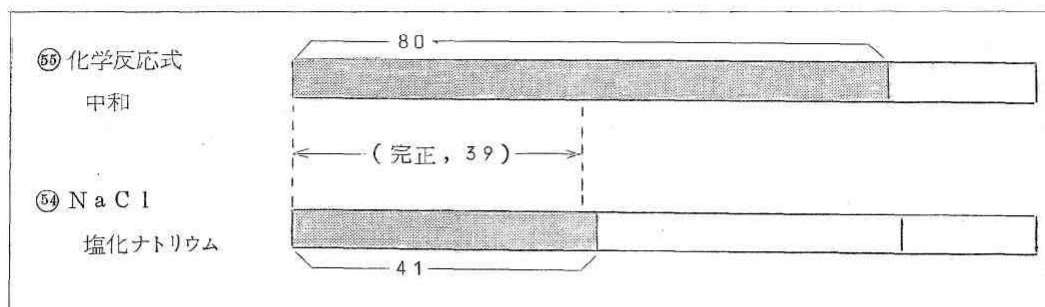
$HCl + NaOH \rightarrow \square + H_2O$ について、 $NaCl$ を書き入れる力と、化学式で表わした物質名を読みとる力をみようとしたものが分⑳である。化学式($NaCl$)の正答率は82%(グラフ⑧)、物質名(塩化ナトリウムまたは食塩)の正答率は41%(グラフ⑨)であり、両問の完全正答率は40%である。



化学反応式の中に、 $ZnSO_4$ や $NaCl$ と書き入れる力はひじょうにすぐれている。この両問の平均正答率は84%である。しかしながら、書き入れた化学式がどのような物質を示しているかについてはほとんどわかっていないといえる。グラフ⑧および⑨の平均正答率は34%である。平均正答率だけで比較してみると、約50%の生徒は、化学式は書けるがその物質名はわからないということになる。この問題で化学式が書けたということは、両辺の原子数をそろえることによって、計算の合う記号を並べたに過ぎなかったといえる。化学反応式の指導にあたって、化学式の意味や化学変化の理解を深めることよりも、形式的に両辺の原子数をそろえることに習熟させる点に重点がおかれているのではなからうか。 $ZnSO_4$ と $NaCl$ の両方とも書くことができ、物質名もわかるというものが22%であり、両方とも書くことはできるが、物質名は両方ともわからないというものが35%である。これらのこと

は学習指導にあたっての問題点と考えなければならないと思う。

水酸化ナトリウムと塩酸が中和するときの化学反応式についてきいたものが分^⑤であり、その正答率は80% (グラフ^⑤)であり、これとグラフ^④との完全正答率は39%である。



水酸化ナトリウムと塩酸の中和については、小学校5年でも指導される内容であり、生徒にとってはなじみの深い化学反応であるといえよう。先に述べたように、化学反応式の両辺の原子数を形式的にそろえる力はあるが、個々の化学式の意味がわからない生徒が多い。ここで示した化学反応式は、両辺の原子数が等しいという点ではどれも共通である。したがって、 $\text{NaOH} + \text{HCl}$ を左辺とする化学反応式で、 $\text{NaH}_2 + \text{ClO}$ 、 $\text{NaOCl} + \text{H}_2$ 、 $\text{NaH} + \text{OHC}$ を右辺とする選択肢に誤答する生徒がかなりいてもよいはずである。しかし、実際には、 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ を右辺とする選択肢に正答したものが80%を占めている。この生徒は、 NaH_2 、 ClO 、 NaH 、 OHC といったでたらめな化学式にまどわされずに、正しい化学式で示されている右辺は、 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ だけであると判断したといえよう。ところが、この問題の正答者の中で、 NaCl が塩化ナトリウムまたは食塩であることを理解しているものはわずか39%しかいない。このことは、中和の化学反応式に正答した生徒の約半数は、 NaCl の意味がわからなくて、 NaCl を選んでいることを示すものである。

(3) 学習指導上の留意点

化学反応式についての調査問題におけるつまづきとその要因からみると、形式的な知識・理解については、かなり高い成績を示すが、化学反応式、化学式、原子記号の表わす意味についての具体的な理解が不じゅうぶんであるといえる。例えば、化学反応式の両辺をみくらべて、 H_2 、 ZnSO_4 、 NaCl 等と書き入れる力は高いけれども、 H_2 で表わされたものが水素分子1個であること、 ZnSO_4 、 NaCl がそれぞれ硫酸亜鉛、塩化ナトリウムであることなどの意味を理解していない生徒が多い。実際の指導にあたって、形式的に両辺の原子記号や原子数をそろえる指導に重点がおかれ、化学式や原子記号の意味の理解を通じて、化学変化そのものについての概念を深める指導がおろそかになっているのではなかろうか。生徒にとっても、これまでの具体的知識・理解とそれに伴う概念形式の段階から、このような抽象的概念の学習に進むことは、かなりの困難を伴うものであろう。今後の学習の基礎としてもきわめて重要な内容であるだけに、生徒の実態をはあくして、基本的事項についてじゅうぶんに行き届いた指導を行なうことに主眼をおかなければならないと思う。ことに、限られた時間の中で、たくさんものことを取り扱い過ぎたり、その取り扱いの程度をいたずらに高くすることは、じゅうぶんに警戒しなければならないと感じる。

Ⅳ 研究のまとめと学習指導上の問題点

この研究は、中学校第3学年における全国学力調査問題のうち、化学的内容に関するものについて分析的問題による調査を実施し、その結果にもとづいて、問題を解決する過程における生徒のつまづきおよびその要因を究明し、理科学習指導上の問題点の解明に寄与する資料を得ようとしたものである。

分析的問題による調査の結果と考察およびそれにもとづく学習指導上の留意点については、これまでしばしば述べてきたところであるが、ここでは、全体を通じて、とくに学習指導上の問題点と考えられる事項について記述し、研究のまとめとしたい。

(1) 酸・塩・電解質について

希硫酸や硫酸銅の水溶液などのように、化学的分野での基本的な薬品の性質についての理解がやや不じゅうぶんである。具体的な実験を通じて確認する経験が不足しているのではなからうか。

酸性・中性・アルカリ性の液で、リトマス紙がどのような呈色反応を示すかについては、かなり高い理解を示しているが、希硫酸・塩化ナトリウム・水酸化ナトリウムなどの具体的な水溶液の性質とあわせて判断する力は、かなり劣っている。

フェノールフタレインの呈色反応についての理解はかなり低く、希硫酸・塩化ナトリウム・水酸化ナトリウムなどの具体的な水溶液の性質とあわせて判断する力は、ひじょうに低い。フェノールフタレインの呈色反応と、リトマス紙の呈色反応とを同じに考えているものもかなり多い。

硫酸銅の水溶液の性質についての理解はかなり低く、リトマス紙の呈色反応とあわせて判断する力はひじょうに低い。

化学教材における基本的な物質の性質については、具体的な実験などを通じて、よりいっそう確実な理解を深めることが必要である。また、リトマス紙やフェノールフタレインなどの重要な指示薬の呈色反応については、じゅうぶんな実験操作を通じて理解の向上を図るとともに、常に生徒の実態をはあくして、できるだけ多くの機会をとらえて指導をくり返すことが望まれる。

(2) イオンについて

水酸化ナトリウムの水溶液がアルカリ性を示すことはかなりよく理解しているが、水酸化ナトリウムの水溶液が水酸イオンを生じること、アルカリを水に溶かすと水酸イオンを生じることについての理解が不じゅうぶんである。これらの関係を正確に理解しているものはひじょうに少ない。

水酸化ナトリウムの水溶液が水酸イオンを生じることがわかっているが、 NaOH の水溶液が水酸イオンを生じることがわからないものが多い。化学式の理解に乏しいためであろう。

硫酸や塩酸が水素イオンを生じること、水酸化ナトリウムや水酸化カルシウムが水酸イオンを生じることの理解はかなりすぐれているが、酸の水溶液が水素イオンを生じること、アルカリの水溶液が水酸イオンを生じることの理解はひじょうに低い。個々の具体的な性質については知っていても、それらを通じて、酸またはアルカリの一般的な性質として抽象する力が不足なためであろう。

酸の水溶液が水素イオンを生じ、アルカリの水溶液が水酸イオンを生じることを、全く逆におぼえている生徒がかなり多い。

実験を通じて得られる具体的な知識や、それから直ちに導かれる概念については比較的よく理解されているが、イオンや化学式のような抽象度の高い概念については、それほど理解が深まっていない。学習指導にあたっては、具体的な知識や概念を手がかりにして、より抽象的な概念形成を図るためのくふうが必要である。とくに、イオンやイオン式については、いたずらに深入りしないこと、取り扱う種類を広げ過ぎないことに留意して、この時期の指導として基本的に重要なものだけについて、確実な理解を育てることに重点をおくべきであろう。

(3) 化学反応式について

水の分解、水の合成を表わす化学反応式については、単純な出題形式であれば、かなり高い正答率を示している。出題形式がやや複雑になると正答率はひじょうに低下する。中学校における化学反応式として最も基本的なものであるだけに、出題形式によって正答率が大きく変動することは、基礎的な理解が不確実であることを示すものであろう。

H_2 は水素分子 1 個、 $2 H_2$ は水素分子 2 個、 $2 O_2$ は酸素分子 2 個を表わすことについての理解はひじょうに低い。基礎的な化学式の意味がわからないこと、とくに元素と原子記号や係数の理解が不じょうぶな感じ。 $2 H$ 、 H_2 、 $2 H_2$ の意味および化学式についての表記法の理解が不足であること、化合物、混合物と化学式の関係を理解できないことがめだっている。このように抽象的な概念の学習は、生徒にとってもかなりむずかしいことであろう。学習指導にあたっては、生徒の理解の実態、とくにこの時期に陥りやすい誤答傾向をはあくして、適切な手袋を講じることが必要である。

$2 H_2 O$ の係数 2 は水の分子数を表わすこと（選択技法）についての理解はひじょうに低い、水の分子 1 個および水の分子 2 個（自由記述）についての正答率はひじょうに高い。このように大きな差がみられるのは、化学式における係数の意味の理解が不確実なためであろう。

マグネシウムと酸素、二酸化炭素と炭素、マグネシウムと二酸化炭素の化学反応式で、原子数をそろえる力（自由記述）はひじょうに低い。問題の内容がかなり高度であることからすれば正答率が低いのはやむを得ないと考えられるが、いずれも基本的な化学反応式であること、化学式を書き入れて原子数をそろえる問題の正答率がひじょうに高いことからみると、係数についての理解が不足であることを感じる。また、 $2 Mg O$ とすべきところを $Mg O_2$ としたり、 $2 C O$ とすべきところを $2 C O_2$ または CO_2 と誤答しているものが多いことから、係数の理解とともに化学式の意味そのものの理解が不じょうぶなことが推察される。

化学反応式の両辺をみくらべて、 H_2 、 $ZnSO_4$ 、 $NaCl$ というような化学式を書き入れる力はきわめて高い。しかし、自分が化学式で書き入れた物質名がわからないものがひじょうに多い。 H_2 が水素であることはわかるとしても、 $ZnSO_4$ 、 $NaCl$ と書きながらその物質名がわからないといものが約半数もいた。化学反応式に化学式を書き入れたようにみえても、両辺の原子数を形式的にそろえることによって、計算の合う記号を並べたに過ぎないと言える。実際の学習指導にあたって、形式的に原子記号や原子数をそろえる指導に重点がおかれ、化学式や原子記号の意味の理解を通じて、化学変化の本質そのものについての概念を深める指導がおろそかになっているのではなからうか。化学の学習において、最も基本的な内容であるだけに、生徒の実態をはあくすること、取り扱う範囲を広げ過ぎないこと、取り扱いの程度が高くならないように留意して、じょうぶに行き届いた指導を重点的に行なわなければならないと思う。

この研究を通じて明らかになった化学教材に関する生徒の実態は、従来の状況にくらべて、全般的には向上していると考えられる。しかし、誤答傾向、つまずきとその要因については、ほとんど従来の分析的問題による調査結果と同様である。学習指導にあたっては、これらの点を参考にして、生徒の実態はあくに万全を期されるとともに、学力向上のために活用していただけたら幸いである。

(渡 部 宇 威 智)