

理 科

第 6 学年 「水と食塩の性質」「花のしるの色の变化」について

目 次

I 研究の目的	37
II 研究の内容と方法	37
1 分析的研究の対象にした全国学力調査問題	37
(1) とりあげた領域と調査問題のねらい	37
(2) 調査問題の内容	37
(3) これらの調査問題をとりあげた理由	38
2 研究の方法	39
(1) 研究の手順	39
(2) 分析的問題作成の方法と問題のねらい	39
① 応答調査の概略	39
② 分析的問題作成のねらいと方法	39
③ 分析的問題のねらい	40
(3) 分析的問題の内容	40
① 調査問題 6 に関する分析的問題の内容	41
② 調査問題 17 に関する分析的問題の内容	44
(4) 分析的問題による調査の実施方法	47
III 研究の結果とその考察	48
1 水と食塩の性質の違いと温度変化について	48
(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点	48
(2) 調査結果の分析的考察の方法	48
(3) 分析的問題による調査結果とその考察	49
① 食塩水を熱した場合の変化について	49
② 食塩やでんぷんなどの溶解・ろ過について	56
③ 食塩の水に溶けた状態や濃さについて	58
2 アサガオの花のしるの色を変化させるものについて	59
(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点	59
(2) 調査結果の分析的考察の方法	60

(3) 分析的問題による調査結果とその考察	60
① リトマス試験紙の酸性・アルカリ性・中性の溶液に対する呈色反応について	61
② アサガオの花のしるの色を変化させるものと、その物の性質名について	63
③ 酸性とアルカリ性の溶液の中和について	65
7 まとめ	67

I 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、小学校理科では、第6学年の「物質とその変化」に関した、全国学力調査問題に対する児童の応答状況に基づき、分析的問題を作成・実施した。この調査結果の考察を通して、問題の解決に必要と思われる基礎的な知識・理解の様態、および、その過程におけるつまずきとその要因を究明し、指導内容の検討および学習指導方法の改善に役立つ資料を得たいと考えた。

II 研究の内容と方法

1 分析的研究の対象とした全国学力調査問題

(1) とりあげた領域と調査問題のねらい

全国学力調査問題(以下調査問題とよぶ)の、「物質とその変化」に関する領域で大問 6 「水と食塩の性質」および大問 17 「花のしるの色の変化」を分析の対象にした。

各大問のねらいおよび小問のねらいは、文部省発表の資料によると次のとおりである。

① 小学校第6学年 大問6のねらい

水と食塩の性質の違いと温度の変化に対する理解の関係

② 小学校第6学年 大問17のねらい

【あ】花(アサガオ)のしるの色と変化させるものの類似点から赤変させるものの推定

【い】具体的な現象とそれに対する用語の正確さについての理解

(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 6 および 17 の内容は次のとおりである。なお、この研究の構想をたて問題を決定した段階では、本県および全国のこの調査問題に対する平均正答率は不明であったが、現在では公表されているので付記する。

6 下の図のようにして、食塩水から水を集めました。このことは、食塩や水のどんな性質を利用したものでしょうか。つぎの **食塩** と **水** の1, 2, 3, 4の中から、それぞれ正しいものを一つずつえらんで、その番号を□の中に書きなさい。

食塩

- 1 水の温度によって、とけ方がちがう。
- 2 白いつぶである。
- 3 しおからい。
- 4 あたためても、じょうはつしない。

水

- 1 0℃でこおる。

6 の答え

食塩の答え

水の答え

	本県	29.0
	全国	29.9

較およびつみあげができる。なお本年度は同じ観点に立って中学校でも化学的内容に関する分野・領域をとりあげているので、発展的関連をみることができる。

2 研究の方法

(1) 研究の手順

この研究は、全国学力調査が実施された直後に調査問題の内容を検討することから始めた。次いで各問題に対する児童の応答状況を調査した。調査問題に対する応答状況の調査（以下応答調査とよぶ）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5学年（第5学年を調査・研究の対象にした理由については序説Ⅱの1、C項による。）と第6学年各1個学級（計各学年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人の児童の応答状況を考察の対象とした。この応答調査結果の考察に基づいてとりあげる調査問題を決定し、児童が調査問題を解決するに必要であり、かつこれに関連のある基礎的な知識・理解の様態ならびに思考過程におけるつまずきの要因を明らかにするための問題（以下分析的問題とよぶ）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3か月を経た9月～10月にかけて、上記応答調査校の同じ学級に実施した。この児童の中からさきに抽出した100人と同一児童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。

(2) 分析的問題作成の方法と問題のねらい

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、応答調査の概要、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順を追って述べることにする。

① 応答調査の概略

応答調査の対象として抽出した100人の児童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、抽出児童100人についての百分率を示すものである。

（正答数は○で囲んで示す。大問 6 は4・3で完全正答、大問 17 [あ]は5・8で正答となる）

大問 6	1	2	3	4	無答 その他	正答率
食塩	14	28	15	37	6	31.0
水	7	11	59	17	6	

大問 17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	無答 その他	正答率
[あ]	10	8	10	32	44	4	15	45	21	5	6	22.0
[い]	39	46	10	/	/	/	/	/	/	/	5	46.0
												16.0

② 分析的問題作成のねらいと方法

調査問題の検討と応答調査の結果などを参考にして、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と思われる知識・理解の内容を分析し、それらを内容とした問題を作成して、基礎的な知識・理解の習得の様態を把握する。

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、問題解決の過程におけるつまづきや思考の様態をさぐる。

c 調査問題の内容や形式を簡略にしたり、他の要素と入れかえたりして提出し、問題解決に必要な知識・理解の様態を多角的に把握する。

d 調査問題の解決にあたり、直接必要とは思われないが、調査問題の内容と関連の深いもの、あるいはその内容の基礎として当然持たねばならぬと思われる知識・理解をさぐる問題を作成し、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

この研究でとりあげた二つの調査問題の内容を、上記分析的問題作成のねらいと方法によって検討し、分析的問題の具体的なねらいを次のように考えた。右に記載したのはそれに該当する分析的問題の番号である。

a 調査問題⑥ 「水と食塩の性質」について

ア 食塩など水に溶けるものと、でんぷんなど水に溶けないものの性質についての知識・理解はどうか …… 分析的問題 ①（以下分 ① とよぶ）、②、④の〔あ〕、⑤

イ 食塩などの溶解・ろ過についての意味を正しく理解しているかどうか …… 分 ①、②、④の〔あ〕

ウ 食塩が水に溶解した状態や濃度についての知識・理解はどうか …… 分 ③、⑥

エ 水の温度による変化（蒸発、水蒸気の水への還元など）についての知識・理解はどうか …… 分 ④の〔い〕、⑦、⑧

オ 食塩水を水と食塩に分離できることについての知識・理解はどうか …… 分 ④の〔い〕、⑨、⑩

カ ア～オの知識・理解に基づいて物質の状態変化についての関係を総合的に判断する能力はどうか …… 分 ④、⑨

b 調査問題⑦ 「花のしるの色の変化」について

ア リトマス試験紙の酸性・アルカリ性・中性の液に対する呈色反応についての知識・理解はどうか …… 分 ⑩、⑪、⑬

イ アサガオの花のしるがアでとりあげた物質の水溶液に対する呈色反応と、その物質の性質の判断についての知識・理解はどうか …… 分 ⑫、⑬、⑮

ウ 中和実験の方法や中和現象についての基礎的な知識・理解はどうか …… 分 ⑭、⑮

エ 塩酸および水酸化ナトリウムの水溶液の具体的な性質についての知識・理解はどうか …… 分 ⑮

それぞれの分析的問題のねらいは、次項の分析的問題の内容に即して記載することにした。

(3) 分析的問題の内容

上述のねらいに基づいて作成した分析的問題の全文をそのまま以下に記載する。なお、この項の記載については、下記の事項に準拠した。

○ 分析的問題の記載順序は分析調査の場合の問題提出順位と一致しない。（このことについては後述）

○ 調査問題の内容は、調 ⑥、調 ⑮ とし、分析的問題の内容は、分 ①、分 ② ……として

記載する。調査問題（今年度第6学年以外の学年や他年度の調査問題も含む）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。

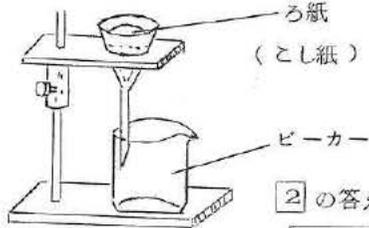
○ 分析的問題ごとのねらいは、各問題の上部に記載し、各大問および小問ごとの正答率を右側のらんに示した。この正答率は、分析的問題による調査実施後に抽出した100人の児童を対象にしたものであるから、その数値は百分率を示すと同時に応答した実際の人数を示すことになる。

① 「水と食塩の性質の違いと温度の変化に対する理解の関係」に関する調査問題 6 の分析的問題

分 1 食塩と砂の性質の違いから、溶解・ろ過によって砂をとり除くことができることについて。

<p>分 1 食塩に小さな砂がたくさんまじっています。この砂をとりのぞくにはどうしたらよいでしょうか。つぎの1, 2, 3, 4の中から正しいものを一つえらんで、その番号を <input type="text"/> の中に書きなさい。</p> <p>1 この食塩を紙の上にひろげて、砂を一つずついねいにひろろ。</p> <p>2 この食塩をふるいにかけてふるろ。 1 の答え</p> <p>3 この食塩を水にとかしてにつめ、水をじょう発させる。 <input type="text"/></p> <p>4 この食塩を水にとかしてから、ろ紙でこしとる。</p>	70
--	----

分 2 食塩とでんぷんの溶解・ろ過について。（昭和38年度第5学年 調 16 に同じ）

<p>分 2 食塩水に白いでんぷんを入れて、よくふってから、下の図のようにして、ろ紙（こし紙）でこすと、ビーカーには何がたまりますか。つぎの1, 2, 3, 4の中から一つだけえらんで、その番号を <input type="text"/> の中に書きなさい。</p> <p>1 食塩だけがとけている水。</p> <p>2 でんぷんだけがとけている水。</p> <p>3 食塩もでんぷんもとけている水。</p> <p>4 食塩もでんぷんもとけていない水。</p>	 <p style="text-align: right;">2 の答え</p> <input type="text"/>	19
--	--	----

分 3 食塩が水に溶けた状態と溶液の濃さとの関係について。（昭和40年度第5学年 調 14 に同じ）

<p>分 3 コップの中の水に、食塩をさじで1ばいずつ入れてかきまぜ、よくとかししました。4はいめを入れると、とけきらないで少し残りました。なお5はいめを入れてみました。食塩水のこさは、3はいめ、4はいめ、5はいめを入れたあとでは、どちらがいますか。つぎの1, 2, 3, 4の中から、正しいものを一つえらんで、その番号を <input type="text"/> の中に書きなさい。</p>	
--	--

- 1 4はい入れたときが、いちばんこくて、5はい、3はいのじゅんにこい。
- 2 3はいめ、4はいめ、5はいめのときのこさは、どれも同じになっている。
- 3 3はい入れたときが、いちばんこくて、4はい、5はいのじゅんにこい。
- 4 5はいめと4はいめのこさは、ほとんど同じで、3はいめはそれよりうすい。

3 の答え

65

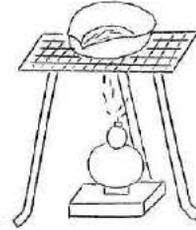
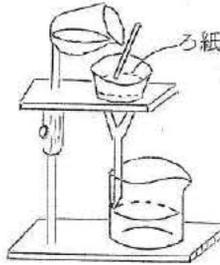
分 4 食塩とさとうの溶解・ろ過および蒸発乾固により水と分離できることについて。

分 4 食塩とさとうがまじっていました。これを㉠→㉡→㉢のようにしました。つぎの[あ]、[い]の問いに答えなさい。

㉠ 水に入れてよくかきまぜてとかす

㉡ ろ紙でこす

㉢ こしとった水を熱する



[あ] 上の㉡のようにして、ろ紙でこしとったビーカーの中の水はつぎの1、2、3、4のうちどれになるでしょうか、正しいものを一つえらんで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 ろ紙にこされるので、ま水だけがたまる。
- 2 食塩水だけがたまる。
- 3 さとう水だけがたまる。
- 4 食塩とさとうがとけている水がたまる。

4 [あ]の答え

[あ]

57

[い] 上の㉢のようにして、こしとった水を熱するとつぎの1、2、3、4のうちどれになるでしょうか、正しいものを一つえらんで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 食塩だけがのこる。
- 2 さとうだけがのこる。
- 3 食塩とさとうがのこる。
- 4 食塩もさとうものこらない。

4 [い]の答え

[い]

31

完全正答

25

分 5 食塩・でんぶんの性質（水との関係と攪拌の意義）について。（昭和40年度第5学年 調 18 に同じ）

分 5 食塩と白いでんぶんがまじったので、これをわけるために水をくわえ、かきまぜてろ紙（こし紙）でこしわけました。かきまぜたわけをつぎの1, 2, 3, 4の中から一つだけえらんで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 食塩やでんぶんをはやくとかすため。
- 2 食塩やでんぶんをよくまぜ合わせるため。
- 3 食塩をはやく水にとかすため。
- 4 食塩やでんぶんのつぶを小さくするため。

5 の答え

20

分 6 食塩の水に溶けた状態について。（昭和40年度第5学年 調 3 に同じ）

分 6 ビーカーの中の水に食塩を入れ、よくかきまぜてすっかりとかして、しばらくおきました。このビーカーを、静かにかたむけて、別のビーカーに半分わけました。わけとった半分からとれる食塩の量と、残りの半分からとれる食塩の量をくらべると、どうなりますか。つぎの1, 2, 3, 4の中から正しいものを一つだけえらんで、その番号を の中に書きなさい。

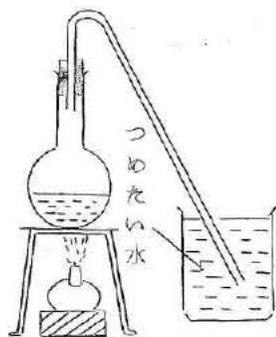
- 1 静かにわけとったので、残りの半分のほうが多い。
- 2 かたむけたので、わけとったほうが多い。
- 3 しばらくおいたので、どちらも同じである。
- 4 とかしてよくかきまぜたので、どちらも同じである。

6 の答え

25

分 7 空気と水の性質の違いについて。（昭和40年度第5学年 調 6 に同じ）

分 7 下の図のようにして、ガラス管の先をつめたい水の中に入れ、フラスコの中の水を熱しました。はじめは、あわが水面にまであがりましたが、さらに熱しているうちに、あわがガラス管の先で消えてしまって、水面まで、あがらなくなりました。つぎの【あ】、【い】の問いに答えなさい。



【あ】 はじめに出たあわと、あとの水中で消えたあわについて、つぎの1, 2, 3, 4の中から正しいものを一つだけえらんで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 はじめのはつめたい空気、あとののはあたたかい空気である。
- 2 はじめのは空気、あとのはいじょう気である。
- 3 はじめのははいじょう気、あとののは空気

である。

4. はじめのはじめのすいじょう気で、あとのはあたたかいすいじょう気で
 ある。 [あ]

7. [あ]の答え

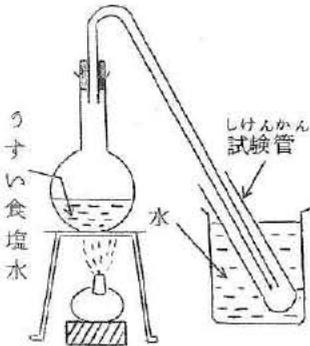
5 1

[い] 上の[あ]で、答えをえらんだわけを、つぎの1, 2, 3, 4の中から一つだけえらんで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 すいじょう気は、空気と同じものである。
 2 すいじょう気は、ひえると水になる。 7. [い]の答え
 3 空気は気体で、すいじょう気は、液体である。 完全正答
 4 空気もすいじょう気も気体で、水中ではとけにくい。 3 2

分 8 食塩水を水と食塩とに分離できることについて。(昭和58年度第5学年 調 20 に同じ)

分 8 下の図のようにして、うすい食塩水を熱すると、試験管の中には、何がたまり
 ますか。つぎの1, 2, 3, 4の中から一つだけえらんで、その番号を
 の中に書きなさい。



- 1 食塩のつぶ。
 2 濃い食塩水。
 3 うすい食塩水。
 4 食塩のとけていない水。

8. の答え

3 9

分 9 (問題略, 調 6 に同じ) 水と食塩の性質の違いと温度変化について。

② 「花(アサガオ)のしるの色を変化させるもの」に関する調査問題 17 の分析的問題。

分 10 リトマス試験紙の酸性・アルカリ性・中性の液に対する呈色反応について。

分 10 つぎの性質を示す液を、リトマス紙につけ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。

- 青色リトマス紙につけると
- アルカリ性の液 { ①赤くなる ②変わらない
- 赤色リトマス紙につけると
- { ①青くなる ②変わらない

4 5

酸性の液	青色リトマス紙につけると	①赤くなる	②変わらない	<input type="checkbox"/>	4 3
	赤色リトマス紙につけると	①青くなる	②変わらない	<input type="checkbox"/>	
中性の液	青色リトマス紙につけると	①赤くなる	②変わらない	<input type="checkbox"/>	6 8
	赤色リトマス紙につけると	①青くなる	②変わらない	<input type="checkbox"/>	

完全正答
2 9

分 11 青・赤色リトマス試験紙の呈色反応とその溶液の性質について。

分 11 下の表に書いてあるもののうちには、

- 1 青色リトマス紙を赤色に変えるもの
- 2 赤色リトマス紙を青色に変えるもの
- 3 リトマス紙の色を変えないもの

があります。それぞれのものが①, ②, ③のどれにあたりますか。答えのらんにあてはまる番号を書きなさい。

もの	答え	もの	答え
1 食塩水		6 せっかい水	
2 はいじる		7 みかんのしる	
3 さとう水		8 アンモニア水	
4 す		9 ま水(じょうりゅう水)	
5 うすい塩酸の液			

① 5 5
② 4 0
③ 5 8
完全正答
2 8

分 12 アサガオの花のしるの酸性, アルカリ性, 中性の液に対する呈色反応と, 変色させた液の性質名(用語)について。

分 12 [あ] アサガオの花のしるをしぼったら, 赤むらさき色でした。これを9本の試験管にわけていれ, それぞれの中につぎの1から9までのものを少しずつ別々に入れて, 色の変わりかたをしらべてみました。赤色になるものには○を, 青色になるものには×を, 色が変わらないものには△を の中に書きなさい。

- 1 食塩水
- 2 さとう水
- 3 はいじる
- 4 す
- 5 うすい塩酸の液
- 6 せっかい水
- 7 みかんのしる
- 8 アンモニア水
- 9 ま水(じょうりゅう水)

[い] 上の[あ]で○, ×, △をつけたそれぞれのものの性質をなんといえますか。下の の中からえらんで, つぎの1, 2, 3のそれぞれの()の中にその性質を書きなさい。

- 1 ○をつけたもの(赤色になったもの) → ()

[あ]と
[い]が
一致した
もの

酸 性
3 7
アルカリ性
2 3

2	×をつけたもの(青色になったもの)→()	中 性
3	△をつけたもの(色が変わらないもの)→()	5 7
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> アルカリ性 酸 性 中 性 </div>		完全正答
		1 9

分 13 酸性, アルカリ性, 中性の溶液の性質名(用語)について。

分 13	つぎに示した1から9までの物質の中で, 酸性を示すものには○を, アルカリ性を示すものには×を, 中性を示すものには△を, それぞれ□の中に書きなさい。	酸 性
	1 さとう水□ 2 うすい塩酸 <small>えんさんえき</small> の液□ 3 せっかい水□	7 0
	4 みかんのしる□ 5 ま水(じょうりゅう水)□	アルカリ性
	6 す□ 7 アンモニア水□ 8 はいじる□	4 6
	9 食塩水□	中 性
		4 9
		完全正答
		3 1

分 14 酸性, アルカリ性の液の中和と, 中和による食塩の生成について。

分 14	つぎの文のうちで, 正しいものには○を, 正しくないものには×を□の中に書きなさい。	1. 8 0
①	□ 1 水酸化ナトリウム液 <small>えき えんさん</small> に塩酸を加えていくと中和できる。	2. 6 5
	□ 2 さとう水に食塩水を加えていくと中和できる。	3. 7 7
	□ 3 食塩水に塩酸を加えていくと中和できる。	4. 6 9
	□ 4 アンモニア水に塩酸を加えていくと中和できる。	①完全正答
②	□ 5 せっかい水にすを加えると, その液の中に食塩ができる。	5 2
	□ 6 水酸化ナトリウム液に塩酸を加えると, その液の中に食塩ができる。	5. 7 6
	□ 7 水酸化ナトリウム液にすを加えると, その液の中に食塩ができる。	6. 6 1
	□ 8 水酸化ナトリウム液に塩酸を加えると, その液の中に食塩ができる。この食塩は塩酸の中からでてきたものである。	7. 7 1
		8. 2 8
		②完全正答
		8
		①・②完全正答
		3

分 15 塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の中和について。(昭和38年度第6学年 調 17 に同じ)

分 15 ^{えんさん} うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい液^{えき}をまぜあわせて、リトマス紙でし
らべたら、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。つぎの1, 2, 3, 4の中から一つだけえらんで、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。 15 の答え
- 4 液が中性になるまで、食塩水を少しずつ加える。 □

4 6

分 16 塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の性質について。(昭和39年度中学校第3学年 調
2 を参考にして作成)

分 16 つぎの【あ】と【い】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ずつえらんで、その番号を□の中に書きなさい。

【あ】 うすい塩酸の性質をのべたものはどれか。……………□ □ 完全正答 5 8
3 3

【い】 水酸化ナトリウムのうすい液の性質をのべたものはどれか。……□ □ 完全正答 5 2
5 7
完全正答 1 5
【あ】・【い】完全正答 1 1

- 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 水にそそぐと、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 二酸化炭素を吹きとむと、白くにごる。

分 17 (問題略, 調 17 に同じ)アサガオの化のしるの色を変化させるものについて。

(4) 分析的問題による調査の実施方法

この調査の実施期間、対象校および学年・学級数・集計処理方法などについては先に述べたとおりである。分析的問題は前項に記載した総数17題であるが、これらの問題の中には素材が同一で出題形式をかえたものや、また、ある問題の質問または選択肢が他の問題を解答する場合の内容やヒントを与えることになるものがある。このため、全問題を同一の時間に実施することをさけ、次のように分類した。

		そ の 1				そ の 2			
分析的問題	A	1	2	3	4	10	12	13	14
	B	5	6	7	8	9	11	15	16

上記分類表による分析的問題の実施方法は次のとおりである。

○ 第5学年Aその1-20分間, Bその1-20分間……計40分間……1校時使用

○ 第6学年Aその1-20分間, Aその2-20分間……計40分間……1校時使用
○ 第6学年Bその1-20分間, Bその2-20分間……計40分間……1校時使用 } 計2校時使用
調査用紙はそれぞれ20分ごとに回収した。調査の実施期間は説明も加えて各校時とも45分であるが、児童の解答状況を観察すると、応答時間はじゅうぶんであった。

Ⅲ 研究の結果とその考察

1 水と食塩の性質の違いと温度変化について

(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点

調査問題の選択肢に示された食塩と水のそれぞれ四つずつの性質の中から、食塩水を熱してま水を集めるといふ条件設定で、食塩と水のどんな性質を利用したものかを判断させ、食塩と水の性質の違いについての理解と、温度の変化によって生じる現象の理解との関係についてみようとした問題である。

この実験は、装置についての違いは多少あるものと思われるが、どこの学校でもよく行なわれているはずなのに、正答率は3%と意外に低く、また誤答もちらばっている。このような結果になった直接的な要因としては、次のいずれかの理由によるものと考えられる。

ア 問題の選択肢に示された各四つの性質は、いずれも食塩と水のそれぞれ一部分の性質をあらわしたものである。それで、問題の意図をよく読みとれないため判断にまよった児童がいるのではないか。

イ この問題は、食塩と水の両方とも正しく判断しなければ正答とはならないわけである。したがって、水の温度による変化、および、食塩の性質から考えて食塩水を水と食塩に分離できることの基礎的な知識・理解が不じゅうぶんなためではないか。

ウ この問題では、実験装置のもつ機能についての知識・理解と、食塩水を熱した場合生じる変化についての知識・理解とが、正しく関係づけて考えられなかったのではないか。

さらに、この問題を解決するにあたって直接的な要因とはいえないが、上記ア～ウのような知識・理解が解答にあたって適確にはたらくためには、調査問題の内容と関係の深いもの、あるいはその内容の基礎的なものとして、次に述べるようなことについての知識・理解は当然正しく児童の身につけていなければならないものと考えられる。

エ 問題のフラスコの中の食塩水について、ものには水に溶けるものと溶けないものがあること、およびその違いはろ紙を用いたる過渡の違いによってわかることなど、溶液についての正しい知識・理解に基づいて考えているか。

オ 食塩を水に溶かす場合の攪拌の意味や、溶解した状態、温度についての知識・理解はどうか。

以上述べてきた、ア～ウについてはもちろん、エ・オについてもその知識・理解が不確実であったための結果と予想される。これらのことについては調査問題の正答率や応答分析の結果だけでは明確にわかむことは困難である。そこで、これらのことに関する知識・理解の実態を多角的に把握するために分析の問題を作成したものである。

(2) 調査結果の分析的考察の方法

○ 分析的問題による調査にあたっては、問題の提出順序は次のようにした。

- 分9 (調6に同じ)を解答するに先だて、まずこの問題と関連が深い内容を取り扱った問題すなわち、先に述べたエ・オについての知識・理解の実態をみる問題について解答を求めた。
- 次に、分9を解くために必要と思われる知識・理解事項を内容とした問題、すなわち、先に述べたア～ウについて確かめる問題を解答させる。
- 最後に、これまで段階を追って提出された問題を解答してきて、各児童がもったであろう知識理解を総合して分19を判断させる。

○ 以上のような順序によって問題を提出したのは、最後に提出した分9から上記の段階を逆に追って、それぞれの調査結果を分析・考察していくことにより、児童の知識・理解の様態や思考過程におけるつまづきとその要因などが把握しやすいと考えたからである。

○ この分析的問題による調査は、全国学力調査実施後約3か月を経た後に行なったものである。したがって、その間に教師や家族などとの話し合いや深導、または児童自身の反省や経験などによってその知識・理解の変容は当然あるものと考えねばならない。そこで分9を最後に再提出して、他の分析的問題の解答と同じ条件で考察できるようにした。

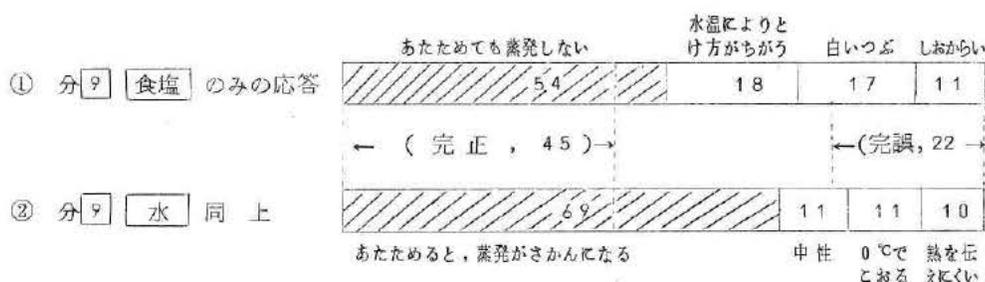
(3) 分析的問題による調査結果とその考察

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。

- 正答率は黒くぬりつぶして表わし、誤答は白のままで表わす。
- 正答および誤答の百分率は単位を省略して示す。
- 2問題以上に關する完全正答・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……とし、文中に引用する場合はグラフ①、グラフ②……と記載する。

① 食塩水を熱した場合の変化について

水と食塩の性質の違いと、温度の変化に対する理解との関係のみようとした分9 (調6に同じ)の応答結果は、次のとおりである。(グラフ①、②)



この問題は、食塩と水の両方ともできてはじめて正答となるものである。この完全正答率は45%であるから、本県および全国平均正答率より約15%高くなっている。これは先にも述べたとおり、この分析的問題による調査は、5か月後実施したものであり、しかも、いくつかの問題で段階を追って行なったことなどがおもな原因と考えられる。しかし、誤答の状態をみるとかなりちがっているし、ここで完全正答した45%が、食塩水を熱した場合に生じる変化について正しく理解して正答したものであるか。また、食塩と水のそれぞれに正答した、54%・69%の児童は、その性質について正しく理解しているのか。完全誤答した23%は、設問の意味が読みとれなかったのか、あるいは、問題でねらっ

ている前記の内容についての知識・理解がないためなのかなど、いろいろな問題点があると考えられる。これらのことについて以下、本研究で実施した分析的問題による調査結果をもとにして考察を進めることにする。

a まず、分[9]を正答するために必要な、食塩水・水を熱した場合生じる変化についての基礎的な知識・理解はどうか、分[8]、[7]、[4][い]についての応答結果とその関連をみると次のとおりである。

③ 分[8]のみの応答

A 食塩のとけていない水		B うすい食塩水		C 食塩のつぶ		D こい食塩水	
A	39	B	31	C	27	3	
←(完正17)→				(完誤12)			

④ 分[7][あ]のみの
応答

A はじめ空気・あと水蒸気		B 水蒸気、空気		C つめた水蒸気・暖かい水蒸気		D つめた空気、暖かい空気	
A	51	B	24	C	21	4	
←(完正, 32)→				(完誤17)			

⑤ 分[7][い]のみの
応答

A 水蒸気は、冷えると水になる		B 空気は気体、水蒸気は液体		C 空気と同じ		D どちらも気体、水中ではとけにくい	
A	64	B	26	C	5	5	

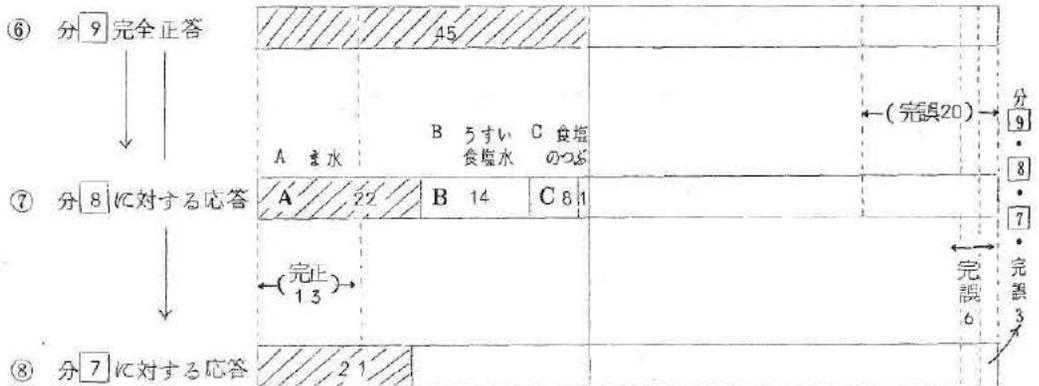
○ 分[B]は、食塩水を分[9]と同じ実験装置で熱し、水蒸気を水の中で冷やした試験管に導くことを設問の条件とし、この試験管の中に何がたまるかを問題にしたもので、食塩水を水と食塩に分離できることの理解をみよとしたものである。この問題だけの応答結果はグラフ③に示したとおり、Aの「食塩のとけていない水がたまる」と正答したものは39%（昭和38年度の本県平均正答率は28.6%で、国の平均正答率は31.1%であった。）で予想したとおり低い。しかも、Bの「うすい食塩水」、Cの「食塩のつぶ」がたまるに、それぞれ約30%が誤答している。この問題は分[9]に比べれば、実験の結果を直接判断させるものであるから容易なものと考えられる。ところが応答をみると約60%が食塩水は熱しても、中の食塩は蒸発しないで、水だけが蒸発するのだということを習得していないことになる。なお、この分[B]でもやはり実験装置に対する抵抗による誤答など、いくつかの問題がある。これらについてはあとで考察することにする。また、分[9]の完全正答者の分[B]に対する応答状況は分[7]の考察後これといっしょに述べることにする。

○ 分[7]についてみると、この問題もやはり分[9]・[8]と同じような実験装置で水を熱し、この水蒸気を冷たい水中に導いて冷やしたときに起こる変化についての考え方を選択肢として、空気と水の性質の違いについての知識・理解をみよとしたものである。応答結果をグラフ④・⑤によってみると小問[あ]の「水蒸気は冷えると水になる」という知識だけならば64%の児童がもっている。しかし小問[い]の水を入れたフラスコを熱すると、空気と水蒸気のいずれが先に出てくるかについての正答は51%と減っている。したがって、空気と水の性質の違いを正確に理解していると思われるものは、分[7]を完全に正答した32%だけということになる。

水の温度変化に対する現象を正しく理解し、これに基づいて、食塩水を熱すると水と食塩に分離するこ

とができるのだ、という確実な知識・理解をもって分 8 を判断したものは、グラフ③～⑤で示したとおりわずか 17%である。

○ 分 9 に完全正答した 45 人の、分 8, 7 に対する応答をみると、次のとおりである。



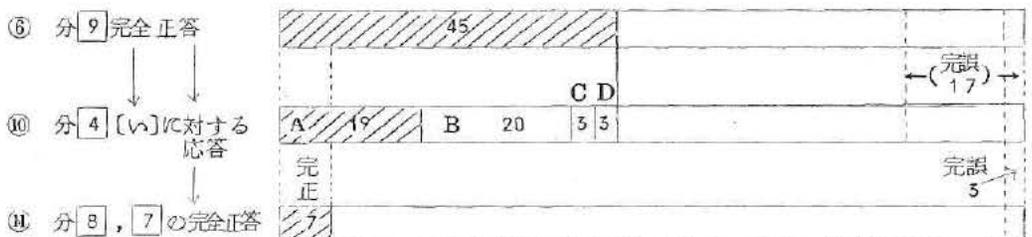
分 9 では、「食塩は蒸発しないで水は蒸発する」と 45 人が正答している。(グラフ⑥)しかし、この 45 人の中には、蒸留した水の中には食塩がまじっていると誤った考えをもっているものが、23人もまじっている。(グラフ⑦)また、「水は蒸発がさかんになる」ということは知っているが、蒸発した水蒸気が水に還元されることについての正しい理解に基づいて判断したものは 21 人である。(グラフ⑧)上記の両者とも正しく理解して分 9 に正答したと考えられるものは、わずか 13 人である。

以上の結果から考えると、分 9 を解決するための、基礎的な知識・理解の習得状況は、きわめて不確実であるといえるし、食塩水を熱した場合生じる変化については、統一的に理解している児童が、きわめて少ないといえることができると思う。これが分 9 の完全正答を少なくした要因ではあるが、さらに分析してみる必要がある。

○ 分 4 の小問 [い] は、分 9 でとりあげた実験装置に対する児童の抵抗もあると考えられるので、普通学校で取り扱っていると思われる、ごく一般的な実験装置である蒸発皿を用いた方法で設問し食塩水を熱しても食塩は蒸発しないで残ることの理解をみようとしたものである。なお、この分 4 はあとで述べるが、溶液についての理解状況をさぐるため、食塩だけでなくさとうもいっしょにして作問した。したがって、条件が異なっているようであるがここでの分析意図はじゅうぶん遅せられると考えている。応答の結果や他の問題との関連は、次のとおりである。

⑨ 分 4 [い] のみの応答

A 食塩とさとうがのこる	B 食塩だけ	C どちらものこらない	D さとうだけ
31	50	11	8



グラフ⑨は、分④の小問〔い〕だけの応答結果を示したものである。食塩とさとうの溶液を熱すると、蒸発皿の中に「食塩とさとうが残る」と正答できたものは31%で、予想以上に低かった。ただしさとうを除外したとして考えると、約80%が食塩が残ることは知っていることになる。なお、分⑨の完全正答者の分④〔い〕に対する応答結果は、グラフ⑩のように正答が19人となっている。これらの結果から考えると、食塩水を蒸発皿に入れて熱すれば、食塩が残ることを80%が正答しているのであるから、この実験はかなりよく実施されており、食塩が残ったという結果はよく記憶していたといえる。しかしこの教材でねらっている基本的な事項である、溶液を蒸発乾固することによって溶質を取り出すことができることについての指導に手ぬかりがあったためか、基礎的な知識・理解が正確に習得されないまま、実験の結果だけを記憶した児童がひじょうに多いということになる。このことは、前項で述べた結果と考え合わせてみるとさらに明確になる。

○ 分⑨、⑧、⑦、④〔い〕のそれぞれの応答結果や、分⑨の完全正答者との関連をみると、分⑨および分③では、実験装置に対する抵抗による誤答とは考えられず、分④〔い〕で判明したように、食塩が残るという知識はただ結果の記憶だけであって、蒸発するのは水だけで食塩は蒸発しないという理解がなされていないためである。このことについて、分⑨の「食塩」と「水」それぞれに正答したものを追跡してみるとさらに明らかになる。

① 分⑨「食塩」の正答

54				←(完誤, 34)→	
A 水	B うすい食塩水	C 食塩のつぶ	D		
A 27	B 14	C 12	D 1		
←(完正)12→				←(完誤, 47)→	
A 食塩とさとう	B 食塩だけ	C D			
A 19	B 27	C 4	D 4	←(完誤)15→	

② 分⑧に対する応答

③ 分④〔い〕同上

④ 分⑨「水」の正答

69				←(完誤, 24)→	
A	B	C	D		
A 32	B 23	C 11	D 5		
←(完正)17→				完誤 8	
A 29	40				
←(完正)9→				完誤 4	
A 25	B 31	C 9	D 4		

⑤ 分⑧に対する応答

⑥ 分⑦に対する正答

⑦ 分④〔い〕に対する応答

○ 上のグラフ①は、分9の食塩だけの正答を示したものである。この54人は、分9の設問条件では食塩水を熱しても食塩は蒸発しないと正答したものである。ところが、分8で、蒸留した水に食塩がまじっていないと正答したものは27人であり、これは前に示したグラフ⑦と同じ傾向を示している。

また、上記54人の分4[い]に対する応答(グラフ⑬)をみると、食塩とさとうが蒸発しないで残ると正答したものは、19人と減っている。3問とも完全に正答できたものはわずか12人であった。

グラフ②は、分9の水だけの正答を示したもので、この69人は水は熱すると蒸発が盛んになることについては、この問題の場合においては一応知っているものと考えられるわけである。ところが、この水蒸気が冷やされて水に還元されるという、水の温度変化に対する性質を正しく理解していると思われるものは、グラフ⑭でみると、食塩水を熱すると水の蒸発が盛んになるが、蒸発するのは水だけであることを理解しているのは69人中32人だけということになる。さらに、その水の温度変化に対する性質の正しい理解に基づいて、分8を正答しているのは17人である。同じように分4[い]ではわずか9人であった。したがって、食塩や水の温度変化に対する状態の変化についての知識・理解が不じゅうぶんなことが、上記3問題の正答者が少ない要因と考えられる。しかも正答はしているが、その中には正しい理解に基づく判断ではなく、偶然の正答者がそれぞれ半数近くもまじっていると考えるのが妥当であろう。この分析結果を裏がえせば、児童の問題解決過程におけるつまずきの原因を示すものである。

b 分9を完全誤答した22人について、他の分析的問題3問に対する応答状況を調査し、その誤答の要因や基礎的な知識・理解の様態をさぐることにする。

⑰ 分9完全誤答

⑱ 分9食塩に対する応答

⑲ 分8に対する応答

⑳ 分9食塩との関連

㉑ 分4[い]に対する応答

㉒ 分8との関連

㉓ 分7[い]に対する応答

㉔ 分9食塩との関連

㉕ 分8との関連

22													
ア とけ方がちがう		イ 白いつぶ			ウ しおからい								
ア	6	イ	7	ウ	9								
A ま水		B うすい食塩水			C 食塩のつぶ								
A	B	6	C		14								
イ													
ウ	ア	2	1	ウ	3	ア	4	イ	6	ウ	4		
食塩とさとうがのこる				食塩だけのこる			どちらも のこらない さとうだけ						
6				12			1 3						
A		B			C		9			C A			
A	B	3	C	2	B	3	C	9		1	1	C	2
水蒸気は冷えると水になる					空気が気体、水蒸気は液体								
15					9								
ア	4	イ	5	ウ	4	ア	2	イ	2	ウ	5		
B		3	C			10		A		B	3	C	4

グラフ⑭の22人は、分⑨における設問条件では、水と食塩のそれぞれどんな性質を利用したもの
 であるか判断できなかったものである。この22人について、主として食塩水を熱した場合、食塩につ
 いての変化をどう考えて判断しているかを分析してみたものである。

○ グラフ⑱は、上記の22人が分⑨の「食塩」に対する応答を示したものである。ここでは特に
 目だった傾向はみられない。グラフ⑲をみると、正答した2人は偶然と考えることが妥当として、B・
 Cに20人いるということは、設問の意図をとり違えてフラスコの中に残ると考えたものと思われる。
 特にCの14人はこれに該当するものと考えられる。Bの6人は、グラフ③で示した分⑧のみの応答で「
 うすい食塩水がたまる」に31人も反応しているの中に含まれるわけであるが、これは実験装置や操作の
 不備・手ぎわから蒸留した水をなめてみたら、わずかに塩からかったことなどが印象に残っていたの
 ではないかと考えられる。グラフ⑳は分⑧と⑨との関連をみたものであるが、ウの2人を除けばい
 ずれも応答がらばっており、設問の意図がくみとれなかったか、基礎的な知識・理解がなかったもの
 と思われる。

○ グラフ㉓は、分⑦〔い〕に対する応答結果で、水蒸気は冷えると水になることだけの知識なら
 ば、13人が正答している。しかしグラフ㉔・㉕で、分⑨・⑧との関連をみると、この知識は
 生かされていないことがはっきりうかがわれる。

以上の結果をまとめてみると、完全誤答者の22人は、個々の問題で2人、6人、13人と正答はし
 ているが、その知識が個々ばらばらであったり、ただ実験結果の記憶であるためか、食塩水の温度変化
 によって生じる現象の判断には役だてることができなかったであろう。

● これまでの考察をより一そうはつきりさせるため、分⑧、⑦〔い〕、④〔い〕のそれぞれの
 応答状況の関連をみることにする。分⑨についてはすでに述べたのでここでは省くことにする。

	ア 食塩のとけていない水	イ うすい食塩水	ウ 食塩のつぶ	エ こい食塩水
⑬ 分⑧のみの応答	ア 39	イ 1	ウ 31	エ 27
⑲ 分④〔い〕との関連	A 17 B 12 C 6	A 6 B 20	A 5 B 18	
⑳ 分⑦〔い〕との関連	a 25 b 12	a 20 b 7	a 7 b 7	

	a 水蒸気は、冷えると水になる	b 空気は気体、水蒸気は液体				
⑮ 分⑦〔い〕のみの応答	a 64	b 26				
㉔ 分④〔い〕との関連	A 15 B 36 C 9	A 12 B 10				
㉕ 分⑧との関連	ア 25	イ 20	ウ 17	ア 12	イ 17	ウ 7

	A 食塩とさとうがのこる	B 食塩だけ	C どちらものこらない	D さとうだけ		
⑭ 分④〔い〕のみの応答	A 31	B 50	C 11	D 8		
⑳ 分⑧との関連	ア 17	イ 8	ウ 5	ア 12	イ 20	ウ 18
㉓ 分⑦〔い〕との関連	a 15	b 12	a 36	b 10		

上のグラフ③・⑤・⑨は、それぞれの問題の応答状態を示したものである。このそれぞれの応答者が他の問題ではどこに回答しているかを示したのがグラフ②④～⑤⑩である。なお、グラフに斜線を引いたり空らんになっている部分は省略したか所である。

各問題ともそれぞれ関連を示したグラフをみるとわかるように、回答がちらばっているのが目立つ。これは、食塩水の温度変化に対する性質についての知識・理解が正しく統一的につかまれていることを示すものと思われる。この実際について各問題とも、その全部の応答項目にわたってその考察を述べることは重複があり、しかも冗漫になると考えられる。そこで、ここではその一部について述べることにし、他は同じような手法によって容易にグラフから読みとることができるので省略することにした。

○ グラフ③のアは、食塩水から蒸留した水には食塩が溶けていないと正答した39人である。したがって、この39人は食塩水を熱しても中の食塩は蒸発しないと判断したものである。しかし、グラフ⑥をみると、食塩とさとうの溶液を熱すると何が残るかという問題では、溶質である食塩とさとうが残ると正答したものは17人に減っている。また、さきの39人で蒸発した水蒸気は冷やすと水になることを理解しているのは、グラフ⑦でみると25人である。この結果からわかるように分8で正答したからといって、その問題を解くために必要な知識・理解を完全に習得しているのではないことがわかる。この調査だけに限るならば、完全に習得していると思われるものは17人以下ということになる。

○ グラフ③のイ・ウは、アと反対に蒸留した水に食塩がまじると誤答したものである。両者の計58人中蒸発した水蒸気は冷やすと水になることについては、グラフ⑦・分7〔い〕の応答結果をみると37人が理解していることになり、21人が理解していないことがわかる。また、グラフ⑥・分4〔い〕の問題に対する応答をみると、溶質が残ると正答したものが12人、溶液を蒸発乾固しても溶質が残ることの理解が不確実なものが45人ということになる。ただし、以上の結果が直ちに分8における誤答の原因の全部でないことはもちろんである。誤答の原因としては、設問の意図が読みとれなかったもの、あるいは逆にフラスコの中に残ると考えてしまったもの、実験装置の機能が理解できず適当に回答したものなどもまじっていると考えねばならぬであろう。しかし、58人中上で述べた、水が蒸留できることについては21人、溶液を蒸発乾固すると溶質が残ることについては45人理解不確実だということは明らかであり、分8、4〔い〕に対する誤答の要因としてそうとう影響しているものと思われる。

以上、食塩水を熱した場合生じる変化についての知識・理解の様態をさぐってきたが、それらの結果を総合して、この分9（調査問題6）をもさす）を解いていく過程で、何がその障害になっているかまとめてみると、次のようなことがいえるのではなからうか。

○ この問題の場合では、設問意図の読みとりや実験装置のもつ機能の理解などが困難なためもあるが、最も大きな要因は、食塩水を熱しても中の食塩は蒸発しないで残ること、水は水蒸気となって蒸発しこれを冷やすと再び水にもどることについての、基礎的な知識・理解が不じゅうぶんなためと思われる。

○ 上記の基礎的な知識の個々については、ある程度記憶されていたり、実験結果としては知っているが、与えられた問題場面にあてはめて、その現象を判断する場合に生かされていないのではないか。

○ 特に、溶液を蒸発乾固する場合、溶媒である水は蒸発してしまい、溶質（空気中では蒸発しない

ものでなければならぬこと(の確かめや指導がたいせつである)は残ること、および溶液についての基礎的な知識・理解が不じゅうぶんなためではなからうか。

○ 食塩をとり出す実験は、どこの学校でもよく行なわれていると思われる。しかし、実験にあたっては、食塩水から食塩をとり出すことに興味や関心が集中されてしまい、食塩水についての考察(溶解や溶液についての意味)、食塩水を熱することの意味、熱せられた食塩水の変化についての考察、また蒸発しているゆげ(水蒸気)のゆくえやその中に食塩が含まれていないことの検証と考察、さらにこれらのことと実験装置のそれぞれがもつ機能との関係など、学習の過程でおさえなければならない事項についての理解が不徹底だったのではなからうか。

調査問題を解くために必要と思われる知識・理解の実態や、その解決過程における問題点などについて考察を進めてきた。しかしながら以上行なった分析調査からでは、先に述べるような溶液や溶解についての知識・理解の実態はつかむことができない。物質の溶解などに関するこれら一連の教材を指導するにあたっては、この実態をつかんでおくことがたいせつと思われる。そこで、食塩やでんぷんなどを素材として作成した、溶解やろ過に関する問題の調査結果とその考察について次に述べてみる。

② 食塩やでんぷんなどの溶解・ろ過について

分①, ②, ④[あ], ⑤は、食塩・さとうは水に溶け、その溶けた液はろ紙ではろ過されるが、砂やでんぷんは水には溶けないのでろ紙ではろ過されないこと、および、攪拌の意味などについての知識・理解をみようとしたものである。それぞれの問題は前にまとめて記載したのでここでは省くことにする。まず各問題の応答結果を示すと次のとおりである。

	A 水にかして、ろ紙でこしとる	B 水にかしてにつめる	C ふるいにかける
③② 分①のみの応答	A 70	B 20	C 9
←(完正18)→			
	a 食塩だけがとけている水	b 両方とけている水	c でんぷんだけ
	d ま水だけ		
③③ 分② 同上	a 19	b 41	C 21
	d 19		
←(完正8)→			
	ア 食塩とさとうがとけている水	イ 食塩水だけ	ウ ま水だけ
	エ さとう水だけ		
③④ 分④[あ] 同上	ア 57	イ 22	ウ 13
	エ 8		
←(完正, 23)→			
	A 食塩とさとうがのこる	B 食塩だけ	C どちらものこらない
	D さとうだけ		
③⑤ 分④[い] 同上	A 31	B 50	C 11
	D 8		
	あ 食塩をはやくとかす	い よくまぜ合わす	う 両方をはやくとかす
	え 両方のつぶを小さく		
③⑤ 分⑤ 同上	あ 20	い 41	う 21
	え 17		

○ 分①は、食塩と砂の性質の違いから、両者がまじった場合に砂をとり除くにはどうしたらよいかを判断させるもので、食塩は水に溶ける紙でろ過してもろ過液の中に含まれているが、砂は水に溶けないのでろ過されないことの理解をみる問題である。この内容は食塩をとり出す実験の際にも経験して

いることでもあり、ごく単純な問題であるから70%の正答はむしろ低いと考えられる。誤答は「水にかかしてはつめる」に集中すると予想していたが、20%がこれに反応している。これは上で述べた実験ではその結果だけが強く印象に残っていたためか、砂が溶けないことに気づかなかったものと思われる。またこの20%も含めて誤答した30%は、溶液をろ過することの意味が正しく理解されていなかったためであろう。(グラフ32)

○ 分2では、特にでんぶんの溶解・ろ過について、食塩との違いをはっきり区別して理解しているかを見ようとして出題したものである。グラフ33でもわかるように約60%もでんぶんが水に溶けしかもろ過されると誤答している。このほか食塩が溶けてろ過されることの理解が不確実なものが40%もいた。調査当日筆者の担当した学級で机間巡視中これに気づいたので、調査終了後「でんぶんは水にとけるかどうか」だけを単独に発問して、回答を記述させてみた。結果は52人中「水にとける」と誤答したものが16人(約31%)であった。しかも食塩などと比較してろ過、および沈殿などの違いについて話し合ったところ、これらのことについての理解はきわめてあいまいであった。以上の結果は食塩やでんぶんなど、物質の溶解とろ過・混合とろ過の関係が正しくつかまれていると思われず、指導の盲点を示してくれたものとして注目すべきことであろう。

○ 分4[あ]は、上記2問と同様なねらいをもつものであるが、ここではとりあげる素材を二つとも水に溶ける食塩とさとうにして溶解・ろ過についての理解を見ようとした問題である。結果は(グラフ34)日常よく経験していることでもあるためか約60%が両者が溶けている水と正答している。しかし、この問題でも溶解とろ過の関係を確実に理解していないものが約40%いることがわかった。なお、グラフ⑨は、食塩とさとうのろ過液について正答した57人が、蒸発乾固によって溶質をとり出せることの理解と正しく結びつけて考えているかを見るために記載したものである。(考察については前に述べたので割愛する)

○ 上記3問の正答についての関連をみると、分1と2の完全正答は18%、分2と分4[あ]ではわずか8%、3問とも完全に正答したものは7%である。なお、5問とも完全に誤答したものは15%であった。これらの内容は同じ学年で(4年)指導することになっているが、分析調査を行なった第5学年の結果もほとんど同様な傾向であったことなどから考え、これまでに述べてきたようなことが児童一般の実態に近いものと考えられる。したがって、指導にあたっての盲点といえるのではなからうか。

○ 分5は、食塩とでんぶんの性質の違いから、攪拌することは、水に溶ける物質の溶ける速さをはやめるためであることの意味をみようとした問題である。結果は(グラフ35)、食塩とでんぶんを取り扱った分2とはほぼ同様な応答状況で、これも予想をはるかに下回った結果であった。攪拌するのは食塩を速く溶かすためであると正答したのは、わずか20%であった。これは、でんぶんは水に入れていくらかきまぜても白濁(混合)するだけで、食塩と違って溶けるのではないという理解が不確実なことが最大の原因と考えられるが、誤答の選択肢「よくまぜ合わす……」に41%、「つぶを小さく……」に17%も反応していることからみると、児童は「かきまぜる」「まぜる」「ふる」……などの用語と、その操作がもついろいろな具体的な場面での機能とを結びつけて正しく使っていないこともその要因と考えられる。これら用語のもつ意味内容を機会をとらえて指導し統一しておく必要がある。

○ 分9(調査問題6)の解答には、上述の知識・理解は直接必要なものでないとしても、物質の状態変化に対する正しい概念を養うためには重要な関連をもつものと思われる。この実態をみるため

分 [9] の正答者 45 人がこれら 4 問にどの程度正答しているかをみると、

分 [1] を正答したものが 37 人、分 [2] → 12 人、分 [4] [あ] → 18 人、分 [5] → 8 人であった。

この結果をみると、溶解とろ過についての関係を正しく理解して分 [9] を正答したものは案外少ないことがわかる。

③ 食塩の水に溶けた状態や濃さについて

②で述べたと同じような研究意図をもって、さらにくわしく、分 [9] の解決にあたってその内容と関連のある、食塩が水に溶けることの意味や、溶液の状態についての知識・理解の様態や問題点をさぐるため実施した 2 問について述べることにする。この 2 問の応答結果は次のとおりである。

⑤⑥ 分 [3] のみの応答

A 5・4 はいはほとんど同じく 3 はいめはそれよりすい		B 3・4・5 C どれ D 4・5	
はいの順にこい も同じ 3 の順			
A	65	B	19
		C	8
		D	8
←(完正) 16→		←(完誤, 26)→	
a	どちらも同じ	b	しばらくおいたので残りの半分の方が多い
a	25	b	51
		C	12
		d	12

⑤⑦ 分 [6] 同上

c 静かむけとつたので残りの半分の方が多い d かたむけたのでむけとつた方が多い

○ 分 [3] は、食塩水における食塩の飽和を扱った問題で、食塩が水に溶けた状態と溶液の濃度との関係についての理解をみようとしたものである。問題の中に記述してある「4 はいめを入れると、とけきらないで少し残りました」が、解決の糸口になるわけである。水の量が一定ならば食塩の溶ける量がきまっており、それ以上はもう溶けないことについての学習は 3 年の「うがい水づくり」で取り扱われる内容である。この食塩水の溶解に飽和状態のあることについての知識は、グラフ ⑤⑥ に示したごとく 65% が知っていることになる。しかし、この 65% 全員が食塩の水に溶けた状態、すなわち溶媒である水に溶質である食塩が一樣に溶けているという溶液や溶解についての正しい理解がなされているとはいえない。これは分 [6] の溶解についての問題に対する応答結果から考えられる。溶液の濃度や飽和については、これに関連した一連の教材の指導を通して、まず溶質が溶媒中に溶けるといことは、その溶質が液中(溶媒)に均等に溶けこんでいることの基礎的な理解を確実に得させてから進めることがたいせつであろう。

○ 分 [6] は、食塩水を半分わけとって両者からとれる食塩の量の多少を判断させる問題で、食塩の水に溶けた状態についての知識・理解をみようとしたものである。食塩の溶解については、3 年および 4 年で取り扱っているが、食塩水は水より重いことについては、4 年の「物の浮き沈み」で強く印象づけられている。したがって、溶解や溶液についての正しい理解がなければ、下の方へ濃い食塩水がたまっていると考える児童が多いのは当然だと予想される。グラフ ⑤⑦ の、b・c に応答した計 63% は残りの半分からとれる食塩の量が多いと誤答したもので、予想以上にわるい結果であった。なお、5 年生においても 58% が同じ誤答をしていた。分 [3] と分 [6] を完全に正答したものはわずか 16 人である。また、分 [9] の正答者 45 人とこれら 2 問の正答との関係をみると、分 [3] に正答しているのは 34 人、分 [6] には 9 人しか正答していない。これらの結果から考えると、やはり溶解や溶液に関する基礎的な内容についての知識・理解が、きわめて不じゅうぶんだという実態が確認されたものと思う。食塩の溶解(食塩に限らず物質の溶解)についての指導にあたっては、分 [3] の考察で述べたことや上

記のことなどが重要なポイントになるものであろう。これらについての正しい理解を得させるためには実験方法のくふうが必要と思われる。たとえば、でんぷんの混合液（懸濁液）はしばらくたつと沈殿が生じるが、食塩水は生じないこと。両者の液をろ紙でろ過してみること。また食塩の溶液などで容器の上・中・下の各部分から同じ量だけとって（スポイト、ピペット、サイホン等で）、濃度をいろいろな方法（なめてみる、重さを比べる等）で比較させてみることなどが有効な方法だと考える。

以上、①・②・③と順を追ってそれぞれ調査の結果に基づいて、いろいろ考察してきたが調査はテストを中心にしたことなどから、じゅうぶん満足するような結論は得られたとは思っていない。しかし、一応この教材に関する児童の知識・理解の実態はつかむことができたものと思う。

小学校で取り扱われる「物質とその変化」に関する領域中で、溶解・溶液とろ過との関係、溶液から溶質をとり出すことなどを内容とした教材の指導にあたっては、その個々の実験・観察などの結果だけを追求して覚えさせることにとどめないで、これら一連の教材における学習でねらっている「物質の状態の変化」という基本的な概念（ここでは特に「溶液とその変化」についての概念）を育てることを中心にして、指導過程でおさえなければならぬ基礎的な知識・理解の内容や、実験の装置や操作がもつ意味内容、および前者との関係など、それぞれ個々別々なものとしてとらえさせるのではなく、それらの関連をよく考え整理し、統一的に理解させることがたいせつである。

2 アサガオの花のしるの色を変化させるものについて

(1) 応答調査からみた問題点と分析の観点

調査問題 17 は、花のしる（アサガオ）の色と変化させるものの類似点から、赤変させるものの推定。および、この現象とそれに対する用語の正確さについてみようとした問題である。なお、文部省の中間報告書によると、アサガオの花のしるをもとにした第3学年の「植物のしる」に関連させたものであり、出題の「赤むらさき色」から赤変することと酸性の関係はリトマス紙の酸性の検出と違うところがあるので、まちがいがやすいのではないかと考え、出題された具体的な物の液について、味などこれまでの経験を手がかりにして、経験をもとに推理する力をみようとしたものである。と述べている。

小問〔あ〕の酸性の物質である「す」と「みかんのしる」の二つとも正答したものは22%で、予想以上にわるい結果であった。これは、第5学年「酸・アルカリ・中和」の学習では、リトマス試験紙による性質の判定を取り扱いが、アサガオの花のしるによる実験は行なわないのが普通である。したがって、児童は上に述べたように3年生で経験した「色水あそび」までさかのぼって、花のしるに「す」や「はいじる」を入れて色の変化をみた学習と関連づけなければならぬわけである。このため、アサガオの花のしるの変化と5年で学習したりリトマス反応と関連づけることが困難だったためとも思われるが、とりあげられた物の性質名と花のしるを赤変させる事実についての理解が不確実なためもあろう。

また、小問〔い〕では、正答率が46%であるが、〔あ〕において「赤色になったもの」という記述から酸性と反応したものが多と思われる。これは〔あ〕と〔い〕の完全正答が16%であり、両問題の応答結果をみると混乱の多いことなどからもいえることである。したがって、酸・アルカリ・中性の液のリトマス反応と、具体的な物の液の変色とを関連づけて判断する知識・理解があまりないということになる。そこで、ここではいろいろな物質の化学的性質を、リトマス試験紙やアサガオの花のしるを

どで区別する基礎的な知識・理解の様態をできるだけ多角的にとらえ、あわせて関連の深い内容と思われる中和実験の方法および、中和による食塩の生成などに関する基礎的な知識・理解の実態をさぐり、この領域における問題点をつかむことにねらいをおいた。

(2) 調査結果の分析的考察の方法

○ 昨年度行なった中学校第3学年の分析調査の結果や、実際指導の経験などをから、酸性・アルカリ性・中性の液のリトマス反応を逆に考えていたり、具体的な現象ごとに適当に判断する児童・生徒がきわめて多いことがわかった。そこで、まずこのリトマス反応についての基礎的な知識・理解の実態を、分10・11・16の3問で確かめることにした。分10では、三つの性質の液に対する、青・赤色リトマス紙の変化を判断させるという最も単純な形式で設問した。分11では、分10とは逆にリトマス紙の色の変化を設問条件にして、与えられた具体的な物質の液と正しく結びつけることができるかを確かめるものである。分16は、小学校で取り扱われる酸性・アルカリ性の代表的薬品である塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の具体的な性質についての知識・理解をみることをねらった問題の一部として、リトマス反応の判断も含めたものであり、上記でねらった理解の実態をより明確にしようとしたものである。

○ ついで、分12・13・17は上記の基礎的な知識・理解が、アサガオの花のしるでも適応できるかを確かめたものである。またここでは、その物質の性質名(用語)についての正確さも確認することにした。分12では、分11と同一の物質をとりあげ、その溶液がアサガオのしるの色をどう変えるかについて判断させ、物質の性質名の判断と一致した知識・理解に基づいているかどうかをみようとしたもので、これと同じ物質の溶液で性質名だけの判断をみようとした分13で、さらにその知識・理解の確かさを確かめることにした。分17(調17に同じ)は、まえに述べたとおり、この分析調査がるか月後であることなどから、分析的問題として再びとりあげれば最後に提出し、分析的考察はこの応答結果によることにした。

○ 上記二つの項目で述べたことは、調査問題17(分17)を解決する過程で必要と思われる知識・理解の様態をつかむためのものである。次にとりあげることは、調17を解くには直接必要とはいえないが、(1)で述べたように、関連の深い内容であり、しかも酸性・アルカリ性の液の中和についての学習では基本的なねらいである中和実験の方法および、中和による食塩の生成などに関する基礎的な知識・理解の実態をつかむことをねらって、次の3問を提出して分析的考察を行なったものである。分14では、中和現象と中和による生成物質についての基礎的な知識・理解を真偽法によって確かめ、分15ではさらに、中和実験の方法についての理解をみることによりいっそう明らかにしようとした。分16は、まえにも述べたとおり塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の性質についての具体的な知識・理解をみるもので、前記2問との関連をみることにより、その確かさと問題点をさぐろうとしたものである。

(3) 分析的問題による調査結果とその考察

以下の記述において調査結果をグラフに表示する場合は、調6と同じ要領とする。(P49参照)
 ここでの考察に先だって、まず分17の応答結果を示すと次のとおりである。

肢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	無答 その他	正答率		
分17														
小問[あ]	10	13	13	25	45	11	12	43	23	5	0	500	27.0	
小問[い]	33	60	7								0	600		

○ この結果をみると、小問〔あ〕においては調17の応答調査の結果（P 39参照）とほぼ同様な傾向である。ただし、小問〔い〕では、赤変させるものは酸性であると正答したものが60%にふえている。また小問〔あ〕の完全正答率が30%、小問〔あ〕と〔い〕の完全正答率が27%とともによくなっている。このよくなった原因については調6の場合と同様であると考えるのでここでは省略する。（P 49参照）

正答率だけならば、調17の結果に比較して少しよくなっているが、応答分析をしてみるとやはりいろいろな問題点がある。そのおもなものをあげると次のようなことであろう。

- ・ 小問〔い〕で花のしるを赤変させる物は酸性の液であると60人が正答している。これは〔あ〕の正答、すなわち酸性の物質を選ぶことと一致すべきであるが半分以下の27人にとどまっている。したがって他の33人は、具体的な現象に対する正しい理解がないままに、問題中の「赤変させるもの」という記述から酸性と判断したものであろう。

- ・ 小問〔あ〕で花のしるを赤変させるものを、二つともアルカリ性の物質を選んだものが18人いた。この18人が全部性質名（酸・アルカリ）を逆に考えているか、花のしるの色を赤変させる現象も逆に考えているのではない。このうち6人は物質名を酸性であると判定している。したがってこの6人は物質の性質名がよくわからないものと考えられる。また11人は性質名もアルカリ性と判定している。したがってこの11人は現象を逆に考えているものと思われる。

- ・ 上でとりあげた18人とこの分17の完全正答者27人、計45人以外は応答が混乱しており、この問題だけの応答分析からはそのつまずきや、はっきりとした誤答の傾向をつかむことは困難である。以下前項(2)の計画にしたがって考察を進めることにする。

① リトマス試験紙の酸性・アルカリ性・中性の溶液に対する呈色反応について

○ 酸・アルカリ・中性の液のリトマス反応についての知識・理解をみた、分10・11・16の応答結果を示すと次のとおりである。なお、これらの問題の集計および、解答の類型は次のような方法で行なってグラフに表示したものである。

集計方法

- ・ 分10では、各液とも全部できて正答とした。
- ・ 分11では、酸・アルカリ・中性各3種類の物質中二つ以上できて正答とした。
- ・ 分16では、小問〔あ〕・〔い〕とも、ここではリトマス反応だけに対する応答を集計した。

解答の類型

- ・ A………正答したもの。（3問共通）
- ・ B………中性は正答したが、酸とアルカリを逆に判断したもの。（分10, 11 共通）
- 分16は、中性の問題がないから酸とアルカリを逆に判断したもの。
- ・ C………酸・アルカリは正答したが、中性を誤答しているもの。（分10・11 共通）
- ・ D………無答および、その他判断が混乱しているもの。（3問共通）

⑳ 分10 のみの応答	A	29	B	22	C	12	D	37
	← ← 完正 12		← ← 6					
㉑ 分11 同上	A	28	B	13	C	8	D	51
	← ← 完正 10		→ 完誤 4 →					
㉒ 分16 同上	A		50		B	31	D	19

○ 分¹⁰では、酸性・アルカリ性・中性の各液と、リトマス反応との関係を正しく理解しているかをみるもので、物質の酸性・アルカリ性の検出には最も基礎的な知識である。各液とも正答したものが29%と予想以上に少なかった。この問題は、昨年度中学3年に実施した分析的問題と同一のものであるが、正答率を比較してみると次のとおりである。

	酸性の液	アルカリ性の液	中性の液	完全正答率
本年度・小6	43%	45%	68%	29%
昨年度・中3	56%	47%	78%	40%

この問題は形式からみてもわかるように、単なる知識だけによってじゅうぶん解答できるもので、次に述べる分¹¹の内容に比べればはるかに容易なものであるにもかかわらず、グラフ³⁹や上記の表などの結果からみると、リトマス反応そのものの理解が不じゅうぶんであると考えられる。指導上にあたっては、この呈色反応についての知識と具体的な溶液の性質についての知識とを、正しく結びつけて理解させることがたいせつであろう。

○ 分¹¹は、上で述べた結びつきがどうであるかを、酸性・アルカリ性・中性のそれぞれに三つ、計九つの具体的な物質の溶液を示して、その液のリトマス反応を判定させることによってみようとしたものである。結果は、グラフ³⁹でみられるように、具体物の性質とリトマス反応とを正しく結びつけて理解していると思われるものは、全体の $\frac{1}{3}$ にも満たない28%であった。なお、この問題では集計があまり複雑になることを避けるため、各液とも二つできれば一応正答としたものであるから、厳密にいうならば28%をかなり下回っている。また、この28%は酸性・アルカリ性・中性の小問を三つとも正答したものを示したものである。参考までに各小問ごとの正答率をみると、酸性→55%・アルカリ性→40%・中性→58%であり、個々の物質の呈色反応ならば約50%が正答しているが、リトマス反応としてまとめて理解しているのではないということが以上の結果から判明したのと思う。分¹⁰・¹¹をともに正答したものは、わずか12%であった。

○ 分¹⁷を完全正答した27人と、上記分¹⁰・¹¹との正答関係をみると、分¹⁰で正答しているのは13人、分¹¹では14人が正答しているだけである。したがって、物質の性質名とリトマス反応との関係を正しく理解して分¹⁷を正答したのは、27人のうち約半分だけだということになる。

○ 分¹⁶は、塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の具体的な性質についての知識・理解をみる問題であるが、このうち、リトマス反応だけについての応答結果を示したのがグラフ⁴⁰である。この薬品はともに酸性・アルカリ性を代表するものであり、小学校で取り扱われる薬品としては使用の回数も多くよく知っているためと思われるが、正答は50%と予想よりよかった。この問題が前記2問より容易なためもある。なお、設問の選択肢は六つあるが、リトマス紙の呈色反応を述べた肢に着目したものはAとBの計81人であるから、正答の確率は $\frac{1}{2}$ (約40人)であることなどから考えると、必ずしもよい結果とはいえない。この正答者50人中、分¹⁰に正答したものの21人、分¹¹にも21人が正答しているだけで、3問とも正答したものはわずか10人であることからもうなずけるであろう。

以上、リトマス反応についての知識・理解の実態をさぐる問題について考察してきたが、分¹⁷の設問にとりあげられた、アサガオの花のしるではどうかを次に述べることにする。

② アサガオの花のしるの色を変化させるものと、その物の性質名について

ここでは、児童が分17を解決するにあたって、問題に示された10種類の物質の溶液の性質名をどのように理解して、花のしるの色をどう変えるものとして判断しているかをさぐることにした。次に示したグラフは、分12・13の応答結果である。なお分17はこれと比較するため同じような方法で集計した結果をグラフとして示した。これらの問題の集計および、解答の類型は次のような方法で行なった。

集計方法

- ・ 分12では、小問〔あ〕の酸性・アルカリ性・中性各3種類の物質中二つ以上でき、小問〔い〕においてその物質の性質名と正しく一致したものを正答とした。
- ・ 分13では、酸性・アルカリ性・中性各3種類の物質中二つ以上できて正答とした。
- ・ 分17では、小問〔あ〕で「す」と「みかんのしる」を、〔い〕で「酸性」と一致して正答とした。

解答の類型

- ・ A………正答したもの（3問共通）
- ・ B………中性は正答したが、酸性とアルカリ性を逆に判断したもの。（3問共通であるが、分12と17では、しるの色を赤くするものとして、アルカリ性の物質を選び、性質名もアルカリ性としたものである。）
- ・ C………酸性・アルカリ性は正答したが、中性を誤答したもの。（分12, 13）分17は、〔あ〕で酸性またはアルカリ性の物質を選び、〔い〕ではその物質の性質名を反対に判断したものの。
- ・ D………無答および、その他判断が混乱しているもの。（3問共通）

④1 分12のみの応答	A 19	B 25	C 8	D	48
	← 完正 12 →		← (完誤, 35) →		
	B				
④2 分13 同上	A 31	4	C 13	D	52
	← 完正 8 →		← (完誤, 27) →		
④3 分17 同上	A 27	B 11	C 8	D	54

○ 分12は、リトマス紙ではなく、花のしるの酸性・アルカリ性・中性の液に対する呈色反応と変色させた液の性質名についての知識・理解をみようとしたものである。問題の形式は分17とはほとんど同じにして比較の便をはかった。ただし、この問題場面では「せっけん水」はまぎらわしいので省き、分11・13と同じ9種類の物質とした。応答結果をグラフ(41)でみると、花のしるがそれぞれの溶液に対する呈色反応を正しく判断し、その現象と液の性質名とが的確に理解されていると思われるものはわずか19%である。なお、酸性の液だけについてみると、その呈色反応と性質名との判断をともに正答したものは37%、アルカリ性だけでは23%、中性だけでは57%であった。酸性とアルカリ性を逆に考えているものが、類型Bの25%で予想以上に多い。これらの結果をみると、児童の花のしるの

色が酸性やアルカリ性の物質の液によって変わる現象についての知識・理解は、リトマス反応についての理解状態をみようとした、前記問題分⑩，⑪の結果と同様にやはり不じゅうぶんであると思われる。

○ 分13は、前問⑫と同一の九つの物質について、その溶液が酸性かアルカリ性であるか、または中性であるかだけを判断させるもので、この問題ではリトマス紙や花のしるによる呈色反応とは関係なしに、溶液の性質名だけについての知識をみようとしたものである。個々についての結果をみると、酸性の溶液だけの正答（ただし二つ以上できて正答とした）は70%であり、同じくアルカリ性だけでは46%、中性だけでは49%と、約半数の児童が知っていることになるが、全体を通して正しく溶液の性質名を知っているのは31%である。（グラフ⑫）

ここでとりあげた溶液は、いずれも児童にとっては目新しいものとは思われないが、その性質名についての知識はまだ不確実だといえる。理科の学習だけでなく機会あるごとにとりあげ、物質の性質と現象とを結びつける指導をくりかえし、知識の定着をはかることが必要と思われる。

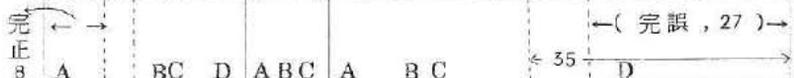
○ グラフ⑬は、分17の応答結果を前記2問と同じような類型によって示したものである。これによると類型Bの11%は、花のしるの色を赤変させるものにアルカリ性の物質を選び、性質名もアルカリ性と判断したもので、現象を逆に考えていると思われるものである。類型Cの8%は、花のしるの色を赤変させるものとして二つともアルカリ性（6%）、または酸性（2%）の物質を選び、性質名はそれぞれ逆に判断したもので、類型Dの54%と同様、現象と溶液の性質名についての知識・理解がいまいちなものと思われる。これらについては、分17の応答状態と分12・13との関連をみることによりいまい少し分析してみたいと思う。

⑬ 分17の応答

A	27			B	11		C・D	62		
A	B	C	D	A	B	D	A	B	C	D
12	4	3	8	2	8	5	13	5	39	
A	BC		D	A	B	C	D			
15	4	7	5	2	3	11	6	44		

⑭ 分12との関連

⑮ 分13との関連



○ 上記のグラフ⑫～⑮にみられるように、分17で正答した27人中、花のしるの色が酸性・アルカリ性・中性の各溶液に対する変化と、その溶液の性質名とを正しく理解していると思われるものは、わずか8人である。グラフ⑭・⑮の類型B・C・Dと分17の応答状況との関連をみると、児童の問題解決過程でのつまずきや誤答の最も大きな要因と考えられるのは、花のしるの色が各溶液に対して変化する現象をリトマス反応と関連づけて推理することができなかつたためであろう。その他この現象と溶液の性質名を逆に理解していたり、各溶液の性質名についての知識が不じゅうぶんなためと考えられる。なお、これらを前項①での結果と考え合わせてみると、児童が仮りにアサガオの花のしるをリトマス反応と同じような検出法として考えることができたとしても、リトマス反応についての理解と、溶液が三つの性質に分けられるという基礎的な理解、およびそれらの溶液の性質名についての知識が不じゅうぶんなことから考えると、結果はほぼ同じものと考えられる。

以上のことから考えると分 $\boxed{17}$ は、第3学年の「植物のしる」に関連させたものであると、文部省は中間報告書で述べているが、内容としては第5学年の教材「酸性・アルカリ性の物質」で取り扱われるものであり、児童は3年で花からとった色水に「す」や「灰汁」を入れると色が変わることを経験してはいるが、いろいろな溶液のリトマス反応とアサガオのしるの呈色反応を結びつけることは困難だったものと考えられる。溶液の性質についての指導にあたっては、ここでさぐり得た児童の実態を参考にし、具体的を実験を通して個々の現象やその結果だけではなく、この学習でねらっている溶液の性質についての基礎的な前記内容を、統一的に理解させることが最もたいせつであろう。

③ 酸性とアルカリ性の溶液の中和について

前項①と②では、分 $\boxed{17}$ を解くために必要と思われる溶液の性質についての基礎的な知識・理解の様態をさぐってきたが、ここでは、この「酸性・アルカリ性の物質と中和」を指導するにあたって、溶液の変化、すなわち酸性の液とアルカリ性の液との中和についての知識・理解の実態と、その問題点をさぐることにする。

次に実施した分 $\boxed{14}$ 、 $\boxed{15}$ 、 $\boxed{16}$ の3問について述べる。分 $\boxed{14}$ は、中和現象と中和による生成物質について、分 $\boxed{15}$ は中和実験について、分 $\boxed{16}$ では塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の性質についてそれぞれ具体的な知識・理解をみる問題である。

分 $\boxed{14}$ の調査結果を示すと次のとおりである。

④ 分 $\boxed{14}$ の① 各選択肢に対する応答(加えていくと中和できるかどうか)

- 1 水酸化ナトリウム液+塩酸
- 4 アンモニア水 +塩酸
- 2 さとう水 +食塩水
- 3 食塩水 +塩酸

(I)	32	完正	20	完誤
	←(完正, 57)→		8	
	(16)			
	69(18)	31		
(II)	3	完正	35	完誤
	←(完正, 45)→		5	
	(6)			
	77	25		

⑤ 分 $\boxed{14}$ の② 各選択肢に対する応答(その液の中に食塩ができるかどうか)

- 6 水酸化ナトリウム液+塩酸
- 8 水酸化ナトリウム液+塩酸→食塩ができる、この食塩は塩酸の中からでてきたものだ
- 5 アンモニア水 +塩酸
- 7 水酸化ナトリウム液+す

(1)	8	完正	39	完誤
	←(14)→		(完誤, 25)	
	(6)			
	28(8)	72		
(3)	7	完正	24	完誤
	←(完正, 54)→		7	
	(6)			
	71	29		

○ 分14の小問①では、2種類の溶液を加えて中和できるかどうかを判断させることにより、中和現象は酸性とアルカリ性の溶液が反応して、両者の性質をもたない中性の溶液になることの知識・理解をみようとしたものである。小問②は、中和によって食塩が生成されるのは、水酸化ナトリウムの水溶液と塩酸が中和したときだけに生成される物質であることの知識・理解を確かめようとしたものである。

小問①の中和現象については、予想以上よい結果と思われる。(グラフ④⑨)肢4のアンモニア水と塩酸の中和実験はあまり実施されていないと思われるのに約70%が正答している。しかし、この問題が真偽法をとったことから考えると、この結果をすぐ児童の正しい理解状態と受けとることはできない。このことは、肢1, 4をととも正答した57人中、次の分15でアルカリ性がかっている溶液を中和させるには、酸性であるうすい塩酸を少しずつ加えればよいと正答したのは26人だけであった。また、肢4の「アンモニア水に塩酸を加えていくと中和できる」に○をつけた(正答)69人が、この二つの溶液の性質を分13でどう判断しているかをみると、アンモニア水をアルカリ性と塩酸を酸性と正しく判断したのは半分にも満たない26人で、他の43人はまったく逆に考えたり、あるいはどちらかを中性、どちらも中性・酸性・アルカリ性とその応答が混乱していることからいえる。

小問②でも、肢8の正答28%を除けば他の三つはよい結果とみられる。(グラフ④⑦)しかし、水酸化ナトリウム液と塩酸が中和して生成される食塩は、塩酸の中からでてきたものだと考えているものが72%もいたことは、直接この食塩の生成される原因については小学校で取り扱うわけでないが、指導上参考になるものと思われる。

なお、分17の完全正答者27人が、この分14で関係のあると思われる選択肢1, 4, 6, 8で何人正答しているかを参考にしてもらい、グラフ中該当か所に()を付して示した。(以下のグラフでも()を付した数字は同じものとする)

○ 分15は、中和についての基礎的な理解内容である、中和実験の場合まだアルカリ性がかっている溶液を中和させるには、どの溶液を加えたらよいかを問題にしたものである。中和現象だけについての知識ならば、グラフ④⑨の1でみたとおり80%が正答していたのに、ここでは塩酸を加えればよいと正答したのは46%であった。(グラフ④⑧)この正答率だけならば昭和38年度小学校第6学年の県平均45.4%、全国45.8%、39年度中学3年(分析校)54%に比較すれば、むしろ高い結果といえる。しかし、この正答者や誤答者について、中和現象についての理解はどうか、また溶液の性質名についての知識は正しいかどうかを確かめてみる必要がある。前者については、グラフ④⑥の1と、後者については分13との関連をみると次のとおりである。

	塩酸	水酸化ナトリウム液	食塩水	水
④⑧ 分15の応答	46(9)	29	16	9
④⑨ 分14①1との関連	39	7	23	6
⑤⑩ 分13塩酸との関連	35	11	15	14

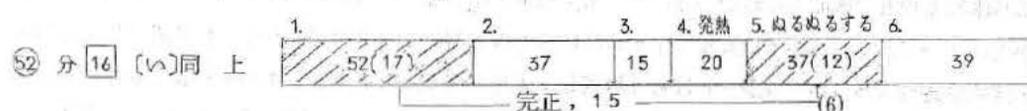
分15では誤答したものも、グラフ④⑨でわかるように中和現象だけならばそうとう知っていることがわかる。グラフ⑤⑩で黒くぬりつぶしたのは、分13で塩酸は酸性の溶液であると判断(正答)したものを示す。これと④⑧との関連をみるとわかるように、分15の誤答のおもな原因は中和現象と溶液

の性質についての知識・理解が不確実なためといえる。

中和実験の指導にあたっては、これらの実態を考慮に入れて、まず溶液の性質をしっかりと確認させ、中和することの意味としっかりと結びつけることがたいせつだと思う。

○ 分16は、中和実験で使用する塩酸と水酸化ナトリウムの水溶液の性質についての具体的な知識をみよとしたもので、小問〔あ〕は塩酸の性質を、〔い〕では水酸化ナトリウムの性質を次の選択肢の中からそれぞれ二つずつ選ばせる問題である。設問にとりあげた選択肢は次の六つである。

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 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 水にそそぐと、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 二酸化炭素を吹きこむと、白くにごる。 |



上記のグラフ⑤1・⑤2は、それぞれ二つずつその性質を示した選択肢を選ぶものであるから数字の合計は200%になるわけである。塩酸の性質として、3の「すっぱい味がする」に61%正答しているのに比して、水酸化ナトリウムの性質として、5の「指につけてこすると、ぬるぬるする」にわずか37%しか正答していないのが目だつ。誤答で問題となるのは、リトマス反応を逆に考えているものが〔あ〕で55%、〔い〕では37%いる、両方で完全に逆に誤答したのは31%であった。また、「二酸化炭素を吹きこむと白くにごる」に多いことなどであろう。試薬の性質やその特徴を指導する場合の参考になるものと思ふ。

なお、この問題は昨年度中学校第3学年に出題されたものである。参考までに本県および全国平均正答率を比較してみると、小問〔あ〕の正答率は、本県25.4%、全国27.5%。小問〔い〕では、本県24.5%、全国26.5%であった。これを見ると、小学校の6年であることを考えると、分16の正答率はそれ程わるいとはいえないと思われる。

Ⅳ ま と め

以上、二つの調査問題を対象にいろいろな面から分析と考察を進めてきたが、調査は主として質問紙法のテストによる限界や、作問の困難さなどもあって、この研究結果から直ちに指導法の改善点を指摘することは困難である。しかし、児童の問題解決にあたって必要な事項についての知識・理解の様態やその内容に関連する事項についての知識・理解の実態、およびつまづきやその要因などをある程度つかみ得たものと思つている。

この研究でつかみ得た児童の実態から、問題点と思われることや指導上考慮すべきだと思われることについては、それぞれ該当するか所で述べてきたが、まとめてみると次のようなことがいえると思う。

1 水と食塩の性質の違いと温度変化について

○ 食塩水を熱して食塩をとり出す実験指導にあたっては、食塩水を熱しても中の食塩は蒸発しないが残ること、水は水蒸気となって蒸発し、これを冷やすと再び水にもどること、すなわち、溶液中に溶けこんだ溶質はすべてとり出すことができ、溶質と溶媒は分離することができるという基礎的な知識・理解を的確に習得させることがたいせつである。さらにこの理解をたしかなものにするためには、溶液や溶解についての知識・理解、およびその実験装置や実験操作のもつ意味・機能との関係についての知識・理解など、学習の過程でおさえなければならぬ上記事項をそれぞれ個々別々なものとしてではなく関連的に指導することによって、溶液の温度変化によって起こる現象として統一的に理解させることがたいせつだと思われる。

○ 物質の溶解、溶液のろ過・濃度などについての指導では、まず、実験操作や日常使用している化学的な用語(たとえば、「かきまぜる」「ふる」「とける」「まじる」……)と、その用語がもっている具体的な現象や機能との結びつきについて、児童全体に統一した正しい理解のもとで使用させることがたいせつである。次いで物質には、水に溶けるものと溶けないものがあることを確認させ、その違いを溶液が透明であるかどうか。しばらく静置して沈殿が生じるかどうか。また、ろ紙でろ過したろ過液を比較するなど、いろいろな実験がくりかえされると思いますが、それらの実験を通して、物質が溶けたといふことは溶液の中にすべて均質にまじった現象をさすこと(この均質にまじっていることの検証もたいせつであろう。これについてはまえに述べたので省く。)を的確に習得させることが必要である。なお、ここでもそれぞれの知識・理解が個々ばらばらなものではなく、「物質の状態の変化」という概念を育てることを中心にして統一的に理解させることがたいせつである。こゝでなければ溶液の変化についての正しい概念を育てることは困難であり、個々の内容についての知識をもって、実際に具体的な現象を判断する場合には役立たぬことが、本研究である程度明らかになったものと思われる。

2 アサガオの花のしるの色を変化させるものについて

○ いろいろな物質の溶液の性質についての指導では、

- ・ リトマス反応などによって、酸性・アルカリ性・中性の三つに区別することができるという、液体の性質についての基礎的な知識・理解。
- ・ リトマス紙が各性質の溶液に対する呈色反応についての知識・理解。
- ・ 児童が日常生活で経験していると思われる、ごく一般的な溶液の性質名についての知識。

が、確実に習得されていることが最もたいせつである。このいずれかが不じゅうぶんであると、具体的な現象や問題場面で的確な判断をくだすことができない要因となることが、本研究である程度明らかになったものと思ふ。なお、上記三つの知識・理解は、この内容を取り扱った教材のときだけではなく、それ以後機会あるごとにくりかえし指導することにより、その徹底をはかることがたいせつである。

○ 溶液の中和については、その中和現象の結果だけについての知識ならば、この実験がよく行なわれていることやその現象が強く印象づけられているためか、分析的問題による調査ではかなりよい結果を示している。しかし、他の分析的問題による調査結果からみると、その溶液の性質(酸性・アルカリ性の確認)についての理解とが正しく一致しているものは案外少ないことが判明した。この指導にあたっては、ただその現象だけではなく、溶液の性質をまずしっかり確認させ、その異なった性質の二つの

溶液を適量混ぜ合わせることによって互いに作用し合い、前の物質と全然性質が異なった新しい物質が生成されるといり、「溶液（物質）の変化」についての概念を育てることを中心に統一的に理解させることがたいせつだと思われる。

最後に、この研究が指導内容の検討、および、指導方法改善のための資料として、少しでも役だてていただければ幸いである。

（野 沢 弘）

あ と が き

この研究のねらいとしたことは、全国小学校学力調査にあらわれた児童の学力について、①その要因をさぐり、②学習指導の改善点を示すことであった。研究の頭初において、わたくしたちが頭に充がいていたねがいは、かなり達成されたと考えているが、とくに②については、まだまだ不じゅうぶんな点があるように思われる。それは、この研究の研究手法が主としてテストという方法であるためであると考え。テストという方法だけから、“こうすれば、もっとよくなる”という結論をひき出すことはかなり困難であることを、わたくしたちは、研究を進めながら感じたのである。このことは、この研究の限界を示すものであるだけでなく、学力調査というものから学習指導の改善を生み出すことの困難さをも示していると考え。

この研究は、当教育研究所員全員の研究協議を経て生まれたものであるが、次の8名の所員によって構成された小委員会が主として研究の推進に当たった。

大森忠勢 大久保正司 沢田勉 野沢弘 片桐安治 渡部宇威智 刈部良吉 南場毅
このうち、全体の企画を片桐安治、社会を南場毅、理科を野沢弘が担当した。