

理科学習における理解の実態と指導過程

〔2〕

小4「食塩水」・小5「中和」について

目 次

I 研究の構想	1
1. 研究の趣旨	1
2. 研究の目的	3
3. 研究の計画	3
4. 研究の手順と方法	4
II 食塩水（4年）の事例について	6
1. 指導内容の検討と問題点の考察	6
(1) 学習指導要領と理科指導書の内容について	6
(2) 学習指導要領と理科指導書の内容からみた問題点	9
2. 「食塩水」に関する児童の実態調査と結果の考察	12
(1) 調査問題のねらいとその内容	12
(2) 調査の方法と対象	16
(3) 調査の結果とその考察	17
(4) 全国学力調査等の結果とその考察	34
3. 「食塩水」の学習指導過程の組織化	40
(1) 教科書にみられる展開例とその考察	40
(2) 「食塩水」の学習指導過程（私案）とその考察	43
4. 学習指導の実際とその考察	48
(1) ものが溶けることについて	48
(2) ほうさんと食塩の溶けかたについて	49
(3) 飽和の概念について	50
(4) 温度とものの溶けかたについて	51
(5) 溶液が均質であることについて	52
(6) 溶液を分け取ることについて	53
(7) 食塩水の蒸発乾固について	54
(8) ろ過の原理と溶けた物質について	55
(9) ろ過した物質の確かめについて	56
(10) 蒸留装置と水蒸気について	57
(11) 溶けた食塩の重さについて	58
5. 学習指導後の調査からみた児童の実態	60
III 中和（5年）の事例について	66
1. 研究の経過	66
2. 「中和」に関する児童の実態調査と結果の考察	66
(1) 調査問題のねらい	66
(2) 調査問題の内容	66
(3) 調査の結果とその考察	70
あ と が き	74

1 研究の構想

1 研究の趣旨

小学校の理科教育に関する最近の研究は、とくに学習過程や学力の形式過程の究明についてさかんである。それと同時に、どのような学力を形成すべきであるか、現代の理科教育の内容としてどういうものがふさわしいのかという点についての検討も行なわれている。これらに関する問題点は、実際の指導にたずさわる小学校教師から、現行の学習指導要領にもとづいた教育実践の反省として提示されたり、高校、大学、各種研究機関にあって科学教育にたずさわる諸学者から、現在とりあげられている指導内容に対する批判、教材解釈または教材把握のしかたに対する批判という形で提示されたりしている。これらの検討は、めざましい近代科学の発展と、児童の心身の発達に即応した科学教育を確立するためにも、じゅうぶんに行なわなければならないことであろう。

これまでに実施された各種の学力調査などの結果にみられる児童の学力は、必ずしも満足できる状態にあるとはいえない。断片的な知識の再生によって解答できるものについてはかなり高い正答率を示しながら、同じ内容でも観点や出題形式を変えたりすると急に誤答が増加するようになる。また、既存の知識・理解を問題場面に応用して解決する力や、習得した知識・理解を活用して総合的に判断したり解決したりする力の劣っていることが指摘される。

このような学力上の欠陥は、指導内容としての科学的な事実・概念・法則などが、児童によく理解されていないことのあらわれである。習得した知識・理解を問題場面に応用して解決する力が足りないということを反面からみれば、いかなる問題場面にも一貫して応用できるような知識・理解、いわゆる生きてはたらく知識・理解として習得させることができなかったことを意味するものである。この点からすれば、児童がそれらの内容を理解していく過程に問題があると同時に、教師の側からいえば、その内容を理解させていく過程、つまり指導過程に問題があるといわなければならない。このような観点にもとづいて、指導内容を適確に理解させ、科学的概念の形式を図る指導過程の検討を試みるために、この研究を始めたものである。

小学校理科における指導過程に関する問題点は、理科の各分野・領域等にわたって数多くあげることができよう。これらは、いずれも理論的・実践的な検討を経て解決されなければならないものであろうが、この研究では主として化学的分野・領域の教材について、その指導過程に関する諸問題を解明するための手がかりを得ようとするものである。指導過程の構成は、教材の性格に大きく影響されるものであり、化学的教材の指導過程も化学事象そのものの特性から生ずる問題点を多く含んでいる。自然現象の化学的側面を認識することは、児童にとっていろいろな点でむずかしくまた誤りやすいものである。たとえば、物質の個別性を知らせるといっても、その識別にあたっては形態にたよることができないから、間接的な手法、ときにはかなり複雑な手法に頼らなければならない。化学変化または物質変化のメカニズムを眼でとらえることができないので、因果関係を追求することがむずかしく、推理的興味を失わせがちである。このために、個々の実験結果を断片的にとらえて記憶するだけになったり、むりに推

理させると実験結果から遊離した空論になってしまったりする。また、化学実験はていねいな操作と入念な観察をしないと、変化の原因を明らかにしたり物質の異同を識別したりすることがむずかしい。そのために、限られた指導時間の中で、どの実験・観察を重視するか、なにについてどの程度まで徹底したらよいか、が明確になっていないと、うわすべりの指導に終わってしまいやすい。物質の量的側面からの認識を確かにした上で、それにもとづいて質的な側面からの認識を深める過程をとらなければならないと考えても、量的関係をとらえることのできる初歩的な実験は、化学的教材においてはとくに少ない。

こういったいろいろの問題点について、それぞれの学年の指導内容に即した検討を加えるとともに、化学的教材全般に関する理科学習の論理・系統というべきものが究明されなければならないであろう。物質変化および化学変化の事実に基づかせ、正しい物質概念の形成を図り、物質の保存性についての理解の素地を養うという点では、化学的教材の指導目標は明確である。しかし、上に述べた細かい問題点に対する実践的な検討を加えなければ、化学的教材の指導過程の構成が困難となる。この研究で、とくに化学的教材の指導過程を研究対象としたのは、以上述べた理由にもとづくものである。

適切な学習指導過程を構成するためには、第一にその教材の指導内容とねらいが明確になっていなければならない。小学校理科の指導内容とねらいについては、いずれも学校の指導計画に含まれ指導されるべきものとして、学習指導要領および理科指導書に示されている。しかし、これらの記述内容はかなりおおまかであって、指導過程を構成するにあたっての細かい手がかりを与えてくれるものではない。このことは、学習指導上の創意工夫と自由を、より多く授業者自身にゆだねるための配慮からきたことでもあろうが、それだけに、指導内容および教材に対する解釈の違いやねらいの把握のしかたの相違によって、学習指導における重点のおきかたや展開のしかたに大きな差が生じてくるところである。この研究でとりあげた化学的教材についてみても、物質のゆくえをさぐるといった基本的な点についておおまかに示してあるだけで、なにについて、どんな過程で、なにを指導したらよいか、一貫した学習のすじをどこに求めるかといった細部の点については必ずしも明らかではない。

一般的には、理科指導書（文部省・P12）に示されたように「連続して発展していく学習のつねに下位にあって、学習の発展をささえているものを明らかにして、これをもとにして学習を進めていくことが望ましいのである。理科では、こうした基礎的なものをしっかりおさえて、学習を組織立てることがたいせつである。つまり、自然科学上の基礎的な事実や原理の理解が得られるように組織立てられ、その学習によって科学的な能力や態度が育てられるべきものである。」ということができる。しかしながら、この学習の発展をささえている基礎的なものはなにか、この学習で習得させるべき基本的な内容はなにか、この学習を組織立てるにはどうしたらよいか、組織立てるための中核としてなにをすえたらよいか、この学習をどう発展させたらよいか、よりよい発展を図るためにはどう指導したらよいかといった一連の問題点を検討しなければ、実際の指導過程は構成できないであろう。この研究でとりあげた「食塩水」（4年）および「中和」（5年）についてみても、いずれも物質概念を形成する上でひじょうに重要性をもつ教材でありながら、これらの指導を通じて〈物質の不滅性〉についての理解を育てるための一貫した指導過程の組織化が不じゅうぶんであると考えられる。「食塩水」および「中和」の指導内容についての具体的な問題点は、以下の各章で述べるが、この研究では、以上のような問題点について実践的な検討を試み、効果的な指導過程を構成するための諸条件に関する考察を行なおうとした

ものである。

学習指導過程を構成するためには、指導内容とそのねらいが明確におさえられなければならないと同時に、児童の心身の発達、とくに指導内容とそのねらいに対する児童の実態が把握されていなければならない。自然科学上の基礎的な「事実や原理をそのまま教えておぼえこませよう」としたり、科学の先端の知識を観念的に知らせようとする誤りをおかしてはならない。あくまで、児童の心身の発達に応じて児童の日常生活のなかの自然の事物・現象をもとにして、その底にひそむ事実や原理を明らかにし、さらにまた、これらを別の事物・現象に適用して説明することができ、しかも道が未来に通ずるように、指導を進めなければならない。(理科指導書・文部省・P12)」ということができよう。

児童の実態といえは、ある内容の指導前におけるあるがままの姿として考えられることが多い。事前調査などによって把握されるものは主としてここの側面であり、いわば静的な断面からの把握と考えることができる。これは、指導過程の構成にあたって、かなり大きな影響を与える資料となるものである。しかし、実際に構成された指導過程の是非を検討するためには、ある内容についてある種の指導をしたときに、児童がどのような反応または変容を示したかという、いわば動的な側面からの実態把握がなされなければならない。さらには、そこである反応または変容を示した児童が、つぎの新しい指導あるいは刺激に対して、どのような反応または変容を示すかという、いわば動的・連続的な側面からの実態把握がなされなければならない。また、学習指導後における知識・理解の定着状況の把握が必要なことはいままでもない。これらの他面的な把握によって、はじめて児童の実態が明確になるとともに、これらの実態にもとづいて指導過程の再検討がなされなければならないと考える。指導内容とねらい、および指導過程の是非を論じるにあたっては、一連の指導内容を児童がどう受けとめるか、効果的な受けとめかたや望ましい変容をもたらすことが可能であるかどうかをさぐらなければならないであろう。この研究を進めるにあたって、調査および授業、とくに授業中のいろいろな断面での児童の実態把握を試みたのも、このような意図によるものである。

2 研究の目的

この研究は、小学校理科における化学的教材(4年・食塩水および5年・中和)について、科学的概念を形成する上で効果的な学習指導過程を構成するための諸条件を検討しようとするものである。

指導内容を適確に理解させ、科学的概念の形成を図るためには、素材となる事実や命題を系統的・論理的に指導していかなければならない。しかも、このような系統や論理は、指導内容としての個々の法則や概念の構造を分析することによって生み出されると考えられる。ここでは、化学的教材に関する指導内容を分析して系統的な学習指導過程を構成する上で問題点をさぐるとともに、授業および調査を通じて、物質変化についての児童の実態、とくに知識・理解の様態およびつまずきとその要因を把握して、科学的概念の形成を図る学習指導過程を構成する上で必要な諸条件について考察したいと思う。

3 研究の計画

この研究は、おおよそ次のような計画にしたがって進めた。

第1年次（昭和39年度） 研究紀要第48集

5年「中和」の授業と調査を中心とした研究

- 「中和」に関する授業内容を検討し、学習指導過程を構成する上での問題点を考察した。
- 「中和」に関する授業と調査を通じて、物質変化についての児童の理解状況を把握し、それにもとづいて学習指導過程構成上の問題点を考察した。
- 中和実験の指導法を検討し、児童の実験技能の実態からみた実験指導上の問題点を検討した。

第2年次（昭和40年度） 研究紀要第57集

4年「食塩水」、5年「中和」の授業と調査を中心とした研究

- 「食塩水」に関する指導内容を検討し、学習指導過程を構成する上での問題点を考察した。
- 「食塩水」、「中和」に関する授業と調査を通じて、物質変化についての児童の実態、とくに知識・理解の様態およびつまづきとその要因を把握して、学習指導過程を構成するために必要な諸条件を考察した。
- 「食塩水」、「中和」の学習指導を通じて、物質変化に関する科学的概念を形成するための系統的・論理的な指導過程の構成に関する問題点を検討した。

第3年次（昭和41年度） 予定

3年・物の受けかた、4・食塩水、5年・中和、6年・金属の性質の授業と調査を中心とした研究

4 研究の手順と方法

この研究は、およそ次の手順にしたがって進めてきた。

(1) 指導内容の検討と問題点の考察

この研究でとりあげた化学的教材に関する事象の発展的展開過程を具体的に検討すること、さらに、その発展的展開過程をささえている基本的な観点・従属する観点を立体的に構造化して明らかにすることにつとめる。それにもとづいて、学習指導過程を構成する上に必要な諸要因のうち、とくに指導内容の問題追究に対する視点を設定する。

(2) 指導内容に関する児童の構え（主として知識・理解）の吟味

紙上調査を通じて、児童が学習内容について全体的なイメージとしてどんなものを描いているか、どの程度の知識・理解をもっているかをさぐる。また、与えられた学習問題を、児童がどのような角度または方法で解決しようとするかを検討する。これらにもとづいて、学習指導過程においてとり上げる実験の種類と方法、および必要と考えられる指導の内容と程度を検討する。

(3) 学習指導過程の組織化——学習指導案の作成——

指導内容の問題追究に対する視点にもとづいて、指導内容に関する児童の見方、考え方の実態と関連づけながら指導目標を設定し、さらにその目標を実現するための具体目標を分析する。これに即して、予想される学習活動・学習場面等を検討し、全体として発展的・立体的な展開過程として組織化するようにつとめる。

(4) 学習指導の実施と、その結果に対する分析と考察

実際の学習指導を実施し、その結果について分析的に考察し、指導目標がどのように達成されたか、また、どんなところに問題があったかを、授業展開の事実にもとづいて吟味する。とくに、授業の途中において行なった調査問題および質問事項に対する児童の反応や推論を手がかりとして、あらかじめ意図した問題追究の視点が適切であったかどうかを検討する。

(5) 指導内容に対する児童の理解程度と変容についての検討 (次年度継続)

紙上調査を通じて、指導内容に対する児童の理解程度をさぐり、新しい問題場面にそれを応用する力について吟味する。また、物質変化に対する物の見方・考え方についてどのような深まりかたを示したかについても、できるだけの検討を加える。これらを通して、化学的教材の指導過程の構成にあたってのより確かな手がかりを得たいと考える。

なお、この研究において授業および調査の対象とした学年および学級数は次のとおりである。

「食塩水」4年について

授業 第4学年(2学級)

調査 第4学年(7学級) 第5学年(3学級) 第6学年(3学級)

「中和」5年について

授業 第5学年(2学級)

調査 第5学年(5学級) 第6学年(3学級) 中学校第1学年(3学級)

「食塩水」の授業は、昭和40年10月中旬から下旬にかけて実施し、「中和」の授業は、昭和40年11月中旬に実施した。この授業は、いずれも新潟市立浜浦小学校において、それぞれの学年の普通学級を対象として、筆者がその展開の全過程を指導したものである。授業を実施した学級と調査だけの対象とした学級の関係等について表示すると次のようになる。

項 教 目 材	区 分	学級数 (延人数)	学習経験の有無など	調査・授業の時期	知能偏差値 (標準偏差)	学 校 名
「 食 塩 水 」	4年A	3 (124)	受けていない (調査だけの対象)	調査 昭40・9	平均56.6 (8.9)	浜 浦 小
	5年	3 (133)	1年前に担任から (調査だけの対象)	調査 昭40・10	平均56.2 (8.0)	浜 浦 小
	6年	3 (151)	2年前に担任から (調査だけの対象)	調査 昭40・10	平均56.0 (8.0)	浜 浦 小
	4年B	2 (82)	受けていない (調査と授業の対象)	調査 昭40・9~12 授業 昭40・10	平均56.2 (8.8)	浜 浦 小

項 教 材	区 分	学級数 (延人数)	学習経験の有無など	調査・授業の時期	知能偏差値 (標準偏差)	学 校 名
食塩水	4年C	2 (85)	受けていない (調査だけの対象)	調査 昭40.9	平均61.4 (5.2)	付 属 小
「 中	5年A	3 (133)	3か月前に担任から (調査だけの対象)	調査 昭41.2	平均56.2 (8.0)	浜 浦 小
	6年	3 (151)	1年前に筆者から (調査だけの対象)	調査 昭40.12	平均56.0 (8.0)	浜 浦 小
和 一	中1年	2 (107)	2年前に担任から (調査だけの対象)	調査 昭40.12	平均58.7 (9.5)	関 屋 中
	5年B	2 (87)	3か月前に筆者から (授業と調査の対象)	授業 昭40.11 調査 昭41.2	平均56.5 (7.8)	浜 浦 小

この表の区分欄に示したもののうち、「食塩水」の5年と「中和」の5年A、「食塩水」の6年と「中和」の6年は、同一の学級である。

Ⅱ 食塩水(4年)の事例について

1 指導内容の検討と問題点の考察

(1) 学習指導要領と理科指導書の内容について

「食塩水」についての指導内容を、学習指導要領から転載すれば次のとおりである。

第4学年 エ 食塩水を水と食塩とに分ける

- (ア) 食塩にごみがまじっているときには、これを水に溶かしてろ過し、固形物と食塩水とに分けることができるようになる。
- (イ) 食塩水(または海水)を熱して水分を蒸発させ、食塩を取り出すことができることに気づくとともに、製塩法を知る。
- (ウ) 食塩水を熱し、出てきた水蒸気を集めて冷やし、その水を味わって、食塩が含まれていないことに気づく。

また、理科指導書ではこの内容の解説として次のように述べている。

第3学年(3)サ「物の溶け方を調べる」では、固体の食塩が水に溶け、その姿が見えなくなる

ことや、ほうさんが温度が低くなるにつれて、また形を表わすことなどを学んだ。

この学年では、溶けた食塩はまたもとの姿にもどして結晶として取り出すことができることを指導して、自然物から物質を分離する操作に合わせて、物質のゆくえをさぐるのがねらいである。

第6学年ア(カ)「鉄やアルミニウムが酸に溶け、水素を発生する」ことに関連する。

この記載にもとづいて、第3学年「物の溶け方」および、第6学年「金属の性質」に関する学習指導要領と理科指導書の記述内容をみると次のとおりである。

第3学年 サ 物の溶け方を調べる

(ア) 食塩やほう酸を使って、うがい水を作り、食塩は水に溶けやすいが、ほう酸は水に溶けにくいことに気づく。

(イ) ほう酸を水や湯に溶かして比べ、その溶け方が水の暖かさによって違うことに気づく。

(ウ) 湯に溶けたほう酸の液を冷やすと、湯がさめるにつれて、液中にほう酸が小さな粒となって出てくることに気づく。

(エ) 濃い食塩水(飽和溶液)を10倍ないし20倍にうすめて、うがい水をつくることができるようになる。

(オ) マッチやアルコールランプの扱い方を知り、安全に使うことができるようになる。

第1学年では、せっけんの溶け方やシャボン玉のでき方を調べて、せっけんは水よりも湯に速く溶けることを扱ったが、第3学年では、児童がうがい水を作るのに食塩やほう酸などを使うことから、うがい水を正しく作ることに関連して、食塩やほう酸の溶け方を学ばせる。

(ア) 食塩やほう酸を水に入れて、溶ける様子を見る場合には、せっけんを水に一度に多く入れると溶けにくかったことなどを思い出させ、少量ずつ入れてよくかきまぜ、食塩やほう酸の結晶が見えなくなったら、また少量加えるように導く。

また、せっけんの場合には、溶けると水が白濁するが、この場合には白濁しないで、水と同じ無色になることに注意を向けさせる。

(イ) ほう酸を湯に溶かすことについては、うがい水をぬるま湯で作ることや、せっけんを湯に溶かすと水よりもよく溶けたことなどに関連して考えるように導く。

(ウ) 湯に溶けたほう酸を冷やすには、自然に放置しておく場合と、器を水に浸して冷やす場合とが考えられる。湯がさめるにつれて起こる変化に注意させるようにする。

(エ) うがい水をつくるには、溶けるだけ溶かした食塩の液、すなわち飽和溶液を作り、それをうすめることを考えている。児童には、何倍にうすめるということの意味がつかみにくいので指導を要する。

なお、ここで10倍ないし20倍というのは、だいたいこの範囲内で整数倍にうすめさせることを考えているのである。

(オ) ほう酸を湯にとかすためには、湯が必要であるが、それに関連して湯を作るために、アルコールランプを使用することやマッチの使い方を指導する意図である。これは今後の学習の基礎

となるものであるからじゅうぶんに練習させ、安全に使えるようにし、危険防止に努めることがたいせつである。

第6学年 ア 鉄・銅・アルミニウムなどの性質を調べる

(カ) 鉄を酸性の液に入れたり、アルミニウムを酸性・アルカリ性の液に入れたりすると溶けることに気づき、そのとき出てくる気体が水素であることを知る。

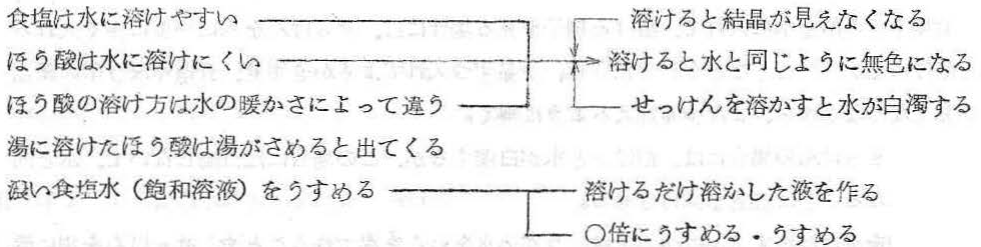
日常よく使われる鉄・銅・アルミニウムなどの金属の色・かたさ・酸性やアルカリ性の液に対する性質などは、それぞれ金属によって違うことを実験を通して気づかせるとともに、金属の伸びたり広がったりする性質や、焼き方によってかたさの変わることなどを利用して針金や箔を作ったり刃物に利用したりしていることを知らせる。また、さびの種類やその性質・でき方などを知り、さびを防ぐ方法を考えられるように導く。

(ク) 酸性の液としては、たとえば塩酸・硫酸・酢酸などが適当であろう。硝酸は有毒なガスを出すので小学校では使用しない。

指導内容について検討する手はじめとして、学習指導要領および理科指導書に述べられている上記の内容を整理すると、およそ次のようになる。

3年「物の溶け方」

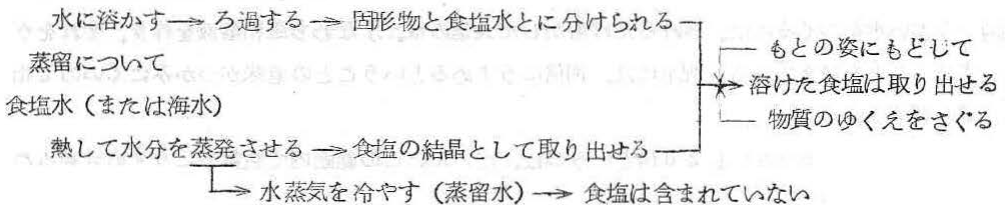
溶液・溶解について



4年「食塩水」

ろ過について

食塩とごみがまじっているとき



6年「金属の性質」

薬品に対する性質について

鉄 → 酸性の液 → 溶ける → 出てくる気体は水素である
アルミニウム → 酸性・アルカリ性の液 →

現行の学習指導要領および理科指導書の性格、学習指導上の創意工夫と自由をより多く授業者自身にゆだねるための配慮からすれば当然のことともいえるが、指導内容とそのねらいに関する記述内容がかなりおまかであり、これにもとづいてただちに指導過程を構成することは困難であると感じる。

(2) 学習指導要領と理科指導書の内容からみた問題点

先の項で述べた内容を概観して感じる問題点について、4年「食塩水」の指導内容を中心にしてまとめると次のとおりである。

① この学習の発展をささえている基礎的なものはなにか（3年の指導内容から）

溶液または溶解についての理解がどの程度にあるものと考えて指導してよいか。溶けやすいものと溶けにくいものがあること、水の暖かさによってほうり酸のとけ方が違うことには触れているが、これによってほうり酸と食塩の溶け方の共通点や相異点が理解されているとみてよいか。せっけんを溶かすと水が白濁する、食塩やほうり酸は溶けると水と同じように無色になることを述べているが、白濁するものと無色になるものとの違いについてどう受けとめているであろうか。溶けると結晶が見えなくなるということについて触れているが、このことから、ほうり酸と食塩の溶け方の共通点や相異点が理解されているとみてよいか。また、ほうり酸と食塩について物質の個性が把握されていると考えてよいか。

せっけんを水に溶かすと白濁するが、食塩やほうり酸は溶けると水と同じように無色になることを述べてあるが、白濁している液と無色になる液との違いをどのように理解しているであろうか。物が溶けた液は水のように無色になるが、溶けない液は白濁するとかにごるといったような、概念の分離が可能になっているとみてよいか。

溶けると結晶が見えなくなることと、物が溶けた液は水と同じように無色になるということ、どう関係づけてとらえているだろうか。溶けた液は無色になるということから、有色の液は溶液でないと考えてはしないだろうか。無色と透明ということ、溶液に関連してどうとらえているであろうか。

ほうり酸の溶け方は水の暖かさによって違うことと、湯に溶けたほうり酸は湯がさめると出てくることを、関連づけて把握しているであろうか。

溶けるだけ溶かした液とそれを何倍かにうすめた液などをとおして、飽和についての概念や、溶媒中における溶質についてどんな考え方をしているのだろうか。

3年での指導内容についてこのように考えてみると、溶液または溶解についての基本的な内容がほとんどここに含まれているといえよう。そうはいても、3年という発達段階でそのように基本的な内容がじゅうぶん理解できると考えているわけではない。溶液または溶解に関する概念は、児童にとってかなり抽象度の高いものであるから、学年を追ってほしいに深めていかなければならないものであることはいうまでもない。しかし、上記のような指導内容を取り上げるからには、3年の段階なりに関連的・

統一的な理解を得させなければ意味がないと考えるものである。そのためには、3年での指導内容をうんとしぼって、溶液および溶解の現象を通じて物質保存の概念形成に役立つ内容の1項目だけについての指導をじっくりふんにすべきであると思う。現在の状況では、相当にむずかしい指導内容がかなり多くあり、しかも、それらの構造的関連にとほしい姿で指導されていることが多い。このような指導を通じて児童が得ることのできる理解は、溶液や溶解についての表面的・断片的なものにしかならないであろう。これは、授業者の創意工夫を求めるだけで解決されるものではなく、指導内容としてとりあげる内容自体の決めかたと、それにもづく教科書の編集や表現のしかたにもかかわるものと思う。

② この学習で習得させるべき基本的なものはなにか（4年の指導内容から）

「食塩水」の指導内容としては、ろ過と蒸留がとりあげられている。食塩とごみが混じっているときには、水に溶かしてろ過すれば、固形物と食塩に分けられること、食塩水の水分を蒸発させると食塩が結晶として取り出せること、蒸発した水蒸気を冷やすと蒸留水ができその中には食塩が含まれていないことなどが具体的内容となっている。

「食塩水」の指導にあたって、単にろ過や蒸留の操作方法を習得させるだけでは、指導書に述べてあるような「物質のゆくえをさぐる」力を形成することはできない。どうしても、ろ過や蒸留の意味をしっかり理解させなければならぬと考える。ろ過や蒸留の操作が成り立つのは、溶質が保存されているからであり、溶質や溶媒が物質として個有の特徴をもっているためであることがわからなければ、ほんとうにろ過や蒸留の意味を理解することができぬと考えられる。したがって、ろ過や蒸留の意味を確実に理解させるためには、その基礎として溶液や溶解についての概念が必要であると同時に、ろ過や蒸留の意味を理解させる過程で、物質概念や溶液・溶解の概念をいっそう深めることができる。溶液や溶解に関する3年での指導内容には、かなりむずかしいものが多いこと、その内容に構造的関連がみられないことから、児童の理解が表面的・断片的なものになりやすいことは先に考察したとおりである。「食塩水」の学習を進めるにあたっては、その基礎としての溶液概念が形成されているという考え方に立たないで、むしろ「食塩水」の指導を通じて物質概念や溶液概念を形成していくのだという考え方に立つほうが適当であると思う。この点からいえば、溶液に関する3年での指導内容も含めた形で「食塩水」の指導内容を検討し、物質概念、溶液概念の形成を図り、物質の不滅性に関する理解を深めることが必要であると思う。

③ この指導過程をどのように組織化したらよいか（3, 4年の指導内容から）

「食塩水」の指導内容が、ろ過と蒸留を中心としていること、ろ過と蒸留の理解を深めるためには溶液概念が前提となること、溶液概念の指導を含めて「食塩水」の指導内容を検討する必要があることについては、先に述べたところである。

溶液や溶解についての概念は、溶質が見えなくなって透明になること、溶質が沈澱しないこと、ろ紙を通りぬけること、溶質が均等に散らばっていることなどについて、構造的に把握することによって形成されるものであり、そのような構造的把握が可能になることによって物質概念がより深められていくといえよう。溶けて見えなくなっても溶質はそこにある。ろ紙を通りぬけるようになっても溶質はそこ

にあるという理解が得られることによって物質の不滅性に関する概念が形成されていくであろう。

「食塩水」の指導過程は、透明、沈殿、ろ過、均質といった事象を通じて溶液中における溶質の状態に目を向けさせ、そこから物質概念と溶液概念の形成を図るための組織化を行なわなければならない。さらに、物質の保存性についても、溶液の重さには溶質の重さが含まれていること、溶質は蒸留すれば取り出すことができるという視点から組織化を行なうことが必要である。溶液概念と物質不滅の概念を形成することは、「食塩水」の指導過程を組織化する上での根本的な視点といえよう。

④ この学習をどう発展させたらよいか(4, 5, 6年の指導内容から)

理科指導書によれば、「食塩水」の指導内容は、「この学年では、溶けた食塩はまたもとの姿にもどして結晶として取り出すことを指導して、自然物から物質を分離する操作に合わせて、物質のゆくえをさぐるのがねらいである。第6学年ア(カ) (鉄やアルミニウムが酸にとけ、水素を発生する) ことに関連する」とある。記述の前段に関してはこれまで述べたから、ここでは後段について考察したい。

小学校における化学的教材の系統としては関連をもつといえることができるけれども、具体的な内容をみるとどのように関連するのが案じられる。4年の指導内容は、物質の状態変化を主としたものであるが、6年の指導内容は化学変化そのものを取り扱うものであって、内容としては異質のものであると考えなければならないと思う。もしも、そういう異質性を無視するかまたは重視しないでよいという立場をとるとすれば、関連の深さは、むしろ5年「中和」にあるとってよいであろう。中和によって生成した物質が、新しい溶質として中和した液の中にはいること、水分を蒸発させれば食塩が結晶として取り出せること、このことから逆に、中和した液の成分は食塩と水であったことを考えさせ、この食塩が無から生じたものでないことを推論させることが、「中和」の指導の中心となるはずである。そこに登場する物質をみても、物質のゆくえを追究させる手法からみても、5年「中和」との関連が重視されなければならないと思う。6年の指導内容として、「溶けることに気づき、そのとき出てくる気体が水素である」があげられている。いうまでもなく、「食塩水」での「溶ける」と、「金属の性質」での「溶ける」とは異質のものであり、「食塩水を蒸留すると食塩が出てくる」と、「金属が溶けると水素が出てくる」という場合の「出てくる」も異質のものである。

ここに述べたことがらは、「食塩水」の学習の発展または関連を「金属の性質」に求めるか「中和」に求めるかという点だけを考察するためのものではない。このことを通じて、「食塩水」の指導視点を明確にするためにも必要なことと考えたからである。小学校でとりあげる一連の化学的教材、「物の溶け方」、「食塩水」、「中和」、「金属の性質」を通じて、物質変化に関する児童の概念の中に、次のようなことが正確に位置づいていなければならないと思う。それは、「物の溶け方」と「食塩水」で取り扱う事象は、物質の状態変化という点で共通性があり、「中和」と「金属の性質」で取り扱う事象には、物質の質的变化という点での共通性があるということ、前者は「もとの姿にもどすことのできる変化」であり、後者は「もとの姿にもどすことのできない変化」であるから、同じ物質変化に関する事象ではあるけれども、そこに本質的な相違点があるということの理解である。「食塩水」の学習の発展を考える場合には、単に教材の関連性という立場からでなく、形成させるべき児童の概念の様相または質の問題を考えて検討しなければならないと思う。

2 「食塩水」に関する児童の実態調査と結果の考察

これまで、学習指導要領および理科指導書の記述内容と、それについての問題点を検討してきたが、ここでは、「食塩水」の指導内容に関する各種の調査結果にもとづいて児童の実態を考察したい。

(1) 調査問題のねらいとその内容

この調査は、児童の物質概念および溶液概念の実態を把握して、「食塩水」の指導過程を構成する上で問題点を考察しようとしたものである。調査の対象とした学年は、4年および5年・6年である。4年については、「食塩水」の授業をまだ受けない時期に調査を実施した。このことによって、3年での指導内容が児童の概念形成に及ぼしている状態をさぐる手がかりを得たいと考えたからである。5年および6年については、4年での「食塩水」の指導内容がどんな形で児童の概念として定着しているかをみようと調べて調査を実施したものである。

① 調査問題のねらい

調査 I

- ㊦ 問. 1 溶液（食塩水）が均質であることについて
- 問. 2 溶けた食塩の重さや溶質（食塩）の拡散について
- ㊦ 問. 3 溶液（食塩水）の重さと溶質（食塩）の重さについて
- ㊦ 問. 4 食塩水での溶質（食塩）の拡散と溶液（食塩水）を分け取る操作について
- ㊦ 問. 5 溶液（食塩水）が均質であることについて
- ㊦ 問. 6 溶けた食塩の重さや溶質（食塩）の拡散について
- 問. 7 溶液（食塩水）の重さと溶質（食塩）の重さについて

調査 II

- ㊦ 問. 8 a 食塩水の蒸留について
- b 水と溶質（食塩）の性質および溶質（食塩）の重さについて
- 問. 9 a 食塩水の重さについて
- b 溶液（食塩水）の重さと溶質（食塩）の重さについて

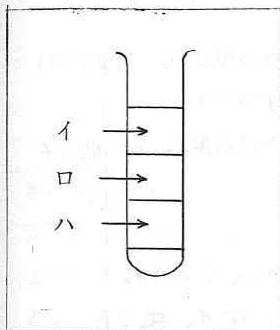
調査 III

溶液（食塩水）における溶質（食塩）のイメージについて

② 調査問題の内容

理科の調査			整理番号 (答え)
(調査 I)	組	番 氏名	

① しけんかんの中の水に、食塩をすっかりとかし、よくかきまぜてしばらくおきました。



この食塩水を、図のようにイ、ロ、ハの三つの部分に分けて、そこにはいってい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の中から一つだけえらんで、その番号を□の中に書きなさい。

- 1 イの部分にはいっている食塩の量が多い。
- 2 ロの部分にはいっている食塩の量が多い。
- 3 ハの部分にはいっている食塩の量が多い。
- 4 どの部分にはいっている食塩の量もみな同じ。

問. 1

上の問題で、その番号をえらんだわけを、つぎの1、2、3、4、5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 とけた食塩は、重くなるから。
- 2 とけた食塩は、軽くなるから。
- 3 とけた食塩は、重くも軽くもならないから。
- 4 とけた食塩は、重さがなくなるから。
- 5 とけた食塩は、水のどの部分にも同じようにちらばるから。

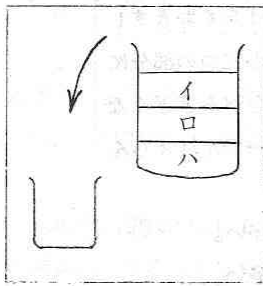
問. 2

② フラスコに水を入れてその重さをはかったら1000グラムありました。この水の中に食塩を200グラム入れてよくかきまぜたら、食塩がすっかりとけました。フラスコと食塩水の重さをはかったらいくらになりますか。つぎの1、2、3、4、5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。

- 1 900グラムから950グラムのあいだ。
- 2 1000グラム。
- 3 1050グラムから1150グラムのあいだ。
- 4 1200グラム。
- 5 1250グラムから1300グラムのあいだ。

問. 3

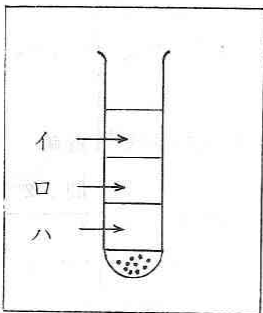
③ 大きいピーカーの中に水を入れ、図のようにイ、ロ、ハのめじるしをピーカーにつけました。このピーカーをしずかにかたむけて、食塩水を $\frac{1}{3}$ だけ小さいピーカーうつしました。小さいピーカーの中には、イ、ロ、ハのうちどの部分の食塩水がたまりますか。つぎの1、2、3、4、5の中から一つだけえらんで、その番号を□の中に書きなさい。



- 1 イの部分だけがたまる。
- 2 イとロの部分と同じくらいずつたまる
- 3 イとロがたまるけれども、イが多くてロが少ない。
- 4 イ、ロ、ハの三つの部分と同じくらいずつたまる。
- 5 イ、ロ、ハがたまるけれども、イがいちばん多く、ハがいちばん少ない。

問. 4

4 ④ しけんかんの中の水に食塩を入れて、よくかきまぜてしばらくおいたら、とけきれない食塩がしけんかんの底にすこし残りました。この食塩水を図のようにイ、ロ、ハの三つの部分に分けて、そこにはいつてい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の中から一つだけえらんで、その番号を の中に書きなさい。

- 1 イの部分にはいつている食塩の量が多い。
- 2 ロの部分にはいつている食塩の量が多い。
- 3 ハの部分にはいつている食塩の量が多い。
- 4 どの部分にはいつている食塩の量もみな同じ。

問. 5

上の問題で、その番号をえらんだわけを、つぎの1、2、3、4、5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 とけた食塩は、重くなるから。
- 2 とけた食塩は、軽くなるから。
- 3 とけた食塩は、重くも軽くもならないから。
- 4 とけた食塩は、重さがなくなるから。
- 5 とけた食塩は、水のどの部分にも同じようにちらばるから。

問. 6

5 ⑤ ビーカーに水を入れてその重さをはかったら1000グラムありました。この水の中に食塩を200グラム入れてよくかきまぜたら、とけきれない食塩がビーカーの底にすこし残りました。ビーカーと食塩水の重さをはかったらいくらになりますか。つぎの1、2、3、4、5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。

- 1 900グラムから950グラムのあいだ。
- 2 1000グラム。
- 3 1050グラムから1150グラムのあいだ。
- 4 1200グラム。
- 5 1250グラムから1300グラムのあいだ。

問. 7

理科の調査

整理番号

(調査Ⅱ)

組	番	氏名
---	---	----

(答え)

ビーカーの中の水に、食塩を50グラム入れてよくかきまぜてしばらくおいたら、食塩はすっかりとけました。入れた食塩がビーカーの水の中にぜんぶはいつているかどうかをたしかめるために、つぎの①と②の実験をしようと考えました。実験の結果がそのようになるかどうかを考え1、2、3の中から一つだけえらんで、その番号を①の中に書きなさい。また、そう考えたわけをア、イ、ウ、エ、オ、カの中から一つだけえらんで、その記号を②の中に書きなさい。

① ビーカーの中の食塩をとかした水を熱すると水がじょう発する。水をすっかりじょう発させてしまえば、食塩だけが残る。あとに残った食塩の重さをはかれば、50グラムになる。

- 1 そのようになる。
- 2 そのようにならない。
- 3 わからない。

- ア 水も、とけた食塩もじょう発しない。
 イ 水はじょう発するが、とけた食塩はじょう発しない。
 ウ 水はじょう発しないが、とけた食塩はじょう発する。
 エ 水もとけた食塩もじょう発する。
 オ 水がじょう発するとき、とけた食塩もすこしじょう発する。
 カ 水にとけると、食塩の重さは変わってしまう。

問. 8 a

①

問. 8 b

②

② はじめにビーカーと水の重さをいっしょにはかってから、その水の中に食塩を50グラム入れる。よくかきまぜて食塩をすっかりとけて、もういちど重さをはかる。このとき、はじめの重さよりも50グラム重くなるから、50グラムだけの食塩がはいつていることになる。

- 1 そのようになる。
- 2 そのようにならない。
- 3 わからない。

- ア とけてしまえば、食塩の重さはなくなる。
 イ とけてしまえば、食塩は軽くなる。
 ウ とけてしまえば、食塩は重くなる。
 エ とけてしまっても、食塩の重さは変わらない。
 オ 重さがふえても、それだけの食塩があるとはいえない。

問. 9 a

①

か 重さがふえれば、それだけの食塩があるといえる。

問. 9 b

②

理科の調査

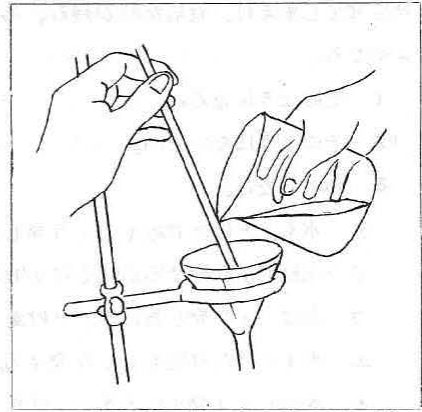
〔調査Ⅲ〕

組	番	氏名
---	---	----

下の図のようなしかけをつくり、かわいた食塩をろ紙の上にのせました。かわいた食塩はろ紙を通りぬけませんでしたが、この食塩に水をかけたら、食塩水になってろ紙を通りぬけて、下のビーカーにたまりました。ろ紙にのせた食塩は、すっかりなくなりました。

この実験で、はじめのかわいた食塩と、ろ紙を通りぬけた食塩とではどういうところがちがうのでしょうか。また、水をかけたときに、かわいた食塩はどうなったのでしょうか。

あなたのそらぞりを、絵や文で書いてください。



(2) 調査の方法と対象

この調査は、先に掲げた質問紙を用いて実施したものである。調査は、問題を読みとる上での児童の抵抗を排除すること、調査上の諸条件をできるだけ均一にすることを意図して、筆者自身が実施したものである。なお、質問紙に掲げた問題場面を正確に把握させるために、実験の手順や実験装置を示した図表等を用いて説明した。

調査の対象は、「食塩水」の授業を受ける直前の第4学年について3個学級（以下これを4年Aと略称する）、第5学年について3個学級（以下これを5年と略称する）、第6学年について3個学級（以下これを6年と略称する）としたものである。なお、第4学年については、上記3個学級のほかに筆者が「食塩水」の授業を実施した2個学級（以下これを4年Bと略称する）、「食塩水」の授業を受ける直前の第4学年で、知能偏差値等からみてその水準が4年Aおよび4年Bに比較してかなり高いと考えられる2個学級（以下これを4年Cと略称する）も調査の対象とした。

(3) 調査の結果とその考察

④ 調査 I 1 問.1 について

この問題は、食塩水の中に含まれている「溶けた食塩」が、どの部分に多くはいつているかをきいたもので、この応答を通じて、溶液が均質であることについての理解や、溶けた食塩の重さについての考え方をみようとしたものである。

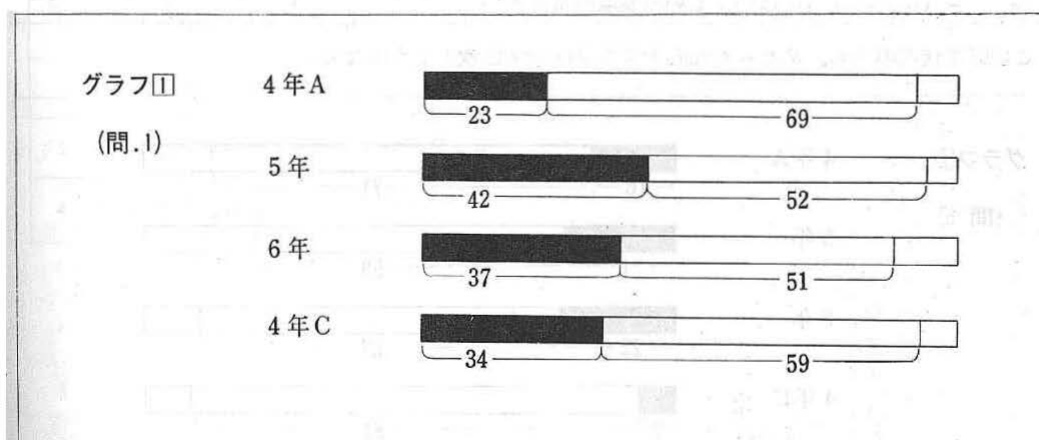
応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4	どの部分にはいつている食塩の量もみな同じ	23	42	37	34
3	ハ(下)の部分にはいつている食塩の量が多い	69	52	51	59
1	イ(上)の部分にはいつている食塩の量が多い	7	3	7	8
2	ロ(中)の部分にはいつている食塩の量が多い	1	3	5	9

この応答状況のうち、めだつた傾向をグラフに表わすと次のようになる。

(本稿において、応答状況等をグラフで示す場合は、次の要領による。)

- グラフの番号は、本稿全体を通じて一連番号とする。
- 正答率は黒ぬりで表わし、その他は白または点で表わす。
- 正答率およびめだつた誤答率を数字で示し、%は省略する。)



この結果からみると、溶けた食塩が食塩水の中に一樣に存在することについての理解は、かなり低いといわなければならない。4年Aおよび4年Cは、まだ「食塩水」についての指導を受けない時期の児童であるから、「どの部分にはいつている食塩の量もみな同じ」という正答率が、それぞれ23%、34%、「ハ（下）の部分にはいつている食塩の量が多い」という誤答率が、それぞれ69%、59%となっているのは止むを得ないともいえる。しかし、4年で「食塩水」の授業を受けた5年および6年でも、正答率はそれぞれ42%、37%と低く、誤答率はそれぞれ52%、51%とかなり高い。これらのことから、3年での「物の溶け方」、4年での「食塩水」の授業を通じて、「溶けた食塩は、食塩水の中に一樣にちらばっている」という概念はさほど深まっていなことを、半数以上の児童は、「溶けた食塩は、食塩水の底のほうに多く含まれている。したがって、上のほうの食塩水はうすく、下のほうの食塩水は濃い。」と考えていることがうかがわれる。

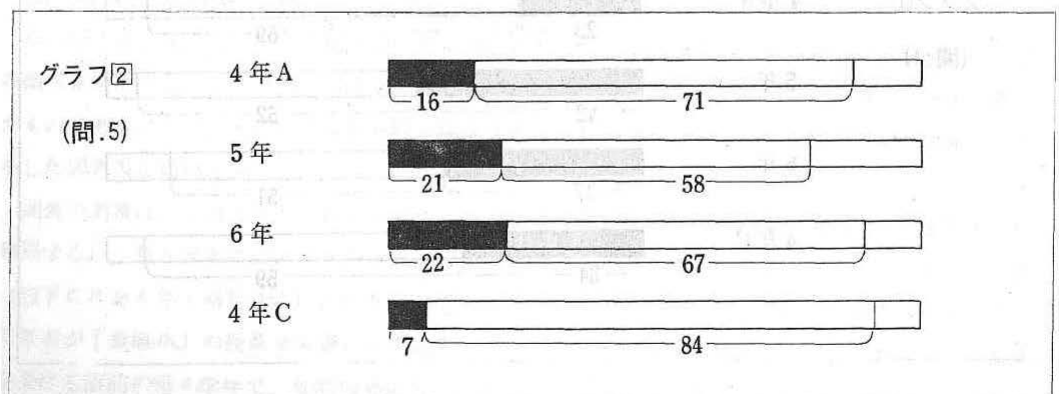
② 調査I 4問.5について

この問題は、飽和食塩水の中に含まれている「溶けた食塩」が、どの部分に多くはいつているかをきいたものである。この応答を通じて、溶液が均質であることについての理解や、溶けた食塩の重さについての考え方をみようとしたものである。また、問1における「食塩が溶けきった食塩水」に対する考え方と、ここでの「食塩が溶けきれないで残った食塩水」に対する考え方とについて、その類似点や相異点の比較を意図したものである。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4	どの部分にはいつている食塩の量もみな同じ	16	21	22	7
3	ハ（下）の部分にはいつている食塩の量が多い	71	58	67	84
1	イ（上）の部分にはいつている食塩の量が多い	8	10	9	4
2	ロ（中）の部分にはいつている食塩の量が多い	5	10	2	5

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、溶けた食塩が食塩水の中に一様に存在することについての理解は、きわめて低いといわなければならない。この問題で、「溶けきれないで残った食塩」そのものと、「ハの部分の食塩水」とを混同することがないように、説明図を用いてくり返し注意したものである。したがって、問題に示されたハの部分は、「飽和食塩水の下の方の部分」であることを理解した上での応答と考えてよいと思う。「どの部分にはいつている食塩の量もみな同じ」という正答率は、問・1における「食塩が溶けきった食塩水」に対する正答率よりもかなり低くなっている。一方では、「溶けた食塩は、食塩水の底のほうに多く含まれている。したがって、上のほうの食塩水はうすく、下のほうの食塩水は濃くなっている。」という誤答率が高くなっている。溶けきれないで底に残っている食塩に近い部分が濃いと考えていること、底に残った食塩は、近くの食塩水をより濃くするために影響していると考えていることがうかがえる。また、「食塩が溶けきれないで残った」という食塩水、つまり飽和食塩水または飽和溶液について初歩的な概念にも乏しいものがあると感じる。

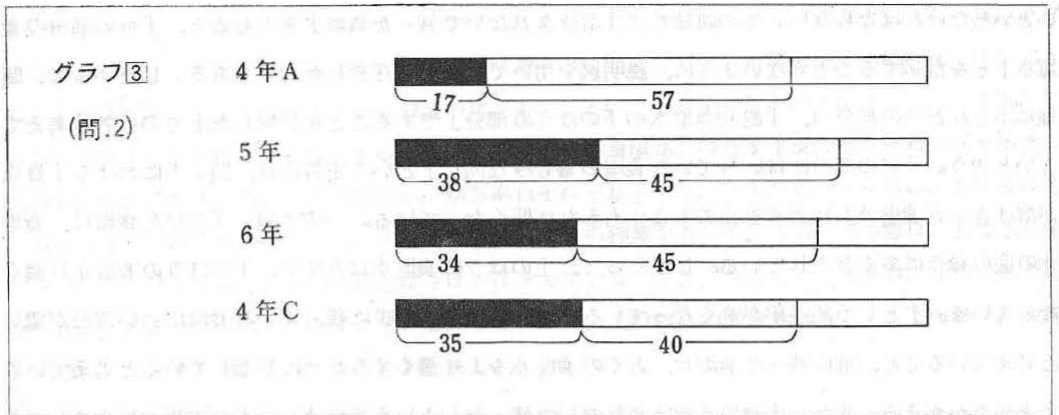
③ 調査 I ① 問.2 について

この問題は問.1で、「溶けた食塩(溶質)」がどこに多く含まれているかについて、それぞれの選択肢を選んだ理由をきいたものである。この応答を通じて、溶質の重さや溶液中での溶質の状態に対する児童の考え方をみようとしたものである。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
5	とけた食塩は水のどの部分にも同じようにちらばるから	17	38	34	35
1	とけた食塩は重くなるから	57	45	45	40
2	とけた食塩は軽くなるから	11	6	9	9
3	とけた食塩は重くも軽くもならないから	9	8	5	12
4	とけた食塩は重さがなくなるから	6	3	7	4

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「溶けた食塩は水のどの部分にも同じようにちらばる」という正答率（グラフ 3）と、「食塩水のどの部分にはいつている食塩の量もみな同じ」という正答率（グラフ 1）とが、ほぼ同じであるといえよう。また、「とけた食塩は重くなるから」という選択肢に対する応答が、40%から57%に達していることは、注目しなければならないと思う。

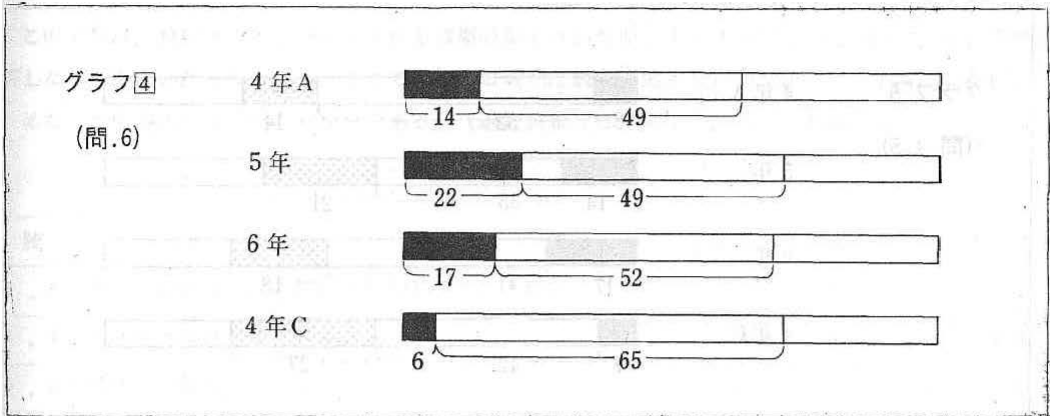
④ 調査 I ④ 問.6について

この問題は、問.5で「飽和食塩水中での溶けた食塩（溶質）」がどこに多く含まれているかについて、それぞれの選択肢を選んだ理由をきいたものである。この応答を通じて、溶質の重さや溶液中での溶質の状態に対する児童の考え方をみようとしたものである。また、①の問.2で、「食塩が溶けきった食塩水」についての理由を選んだ傾向と、この問題で「食塩が溶けきれないで残った食塩水」についての理由を選んだ傾向とを比較し、その類似点や相異点をさぐろうとしたものである。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
5	とけた食塩は水のどの部分にも同じようにちらばるから	14	22	17	6
1	とけた食塩は重くなるから	49	49	52	65
2	とけた食塩は軽くなるから	15	10	11	6
3	とけた食塩は重くも軽くもならないから	17	13	11	8
4	とけた食塩は重さがなくなるから	5	6	9	5

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、飽和食塩水の中で「溶けた食塩が一樣にちらばる」という考え方は、グラフ③で示したものよりもかなり減少している。また、「溶けた食塩は重くなる」という考え方がやや増加しているといえよう。「食塩が溶けきった食塩水」と、「食塩が溶けきれないで残った食塩水」とでは、それぞれの食塩水に対する児童のイメージ、とくに、食塩水の中での溶質（食塩）の存在状態に対する児童のイメージが異なることを示すものであろう。このことは、「食塩が溶けきった食塩水の中でも、食塩が溶けきれないで残った食塩水の中でも、溶けた食塩（溶質）は、それぞれ一樣にちらばっているはずだ」という、一貫した考え方ができないことを表わすものであろう。

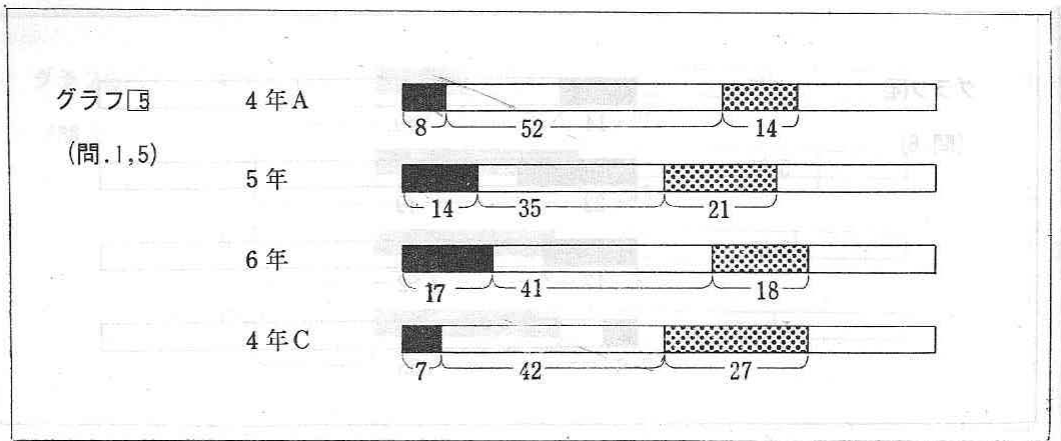
⑤ 調査Ⅰ ①問.1、④問.5について

この2問は、食塩水の中に含まれている「溶けた食塩」がどの部分に多くはいっているかをきいたものである。問1は「食塩が溶けきった食塩水」、問.5は「食塩が溶けきれないで残った食塩水」についての問題である。ここでは、この両問に対する応答状況の関連について考察し、それぞれの食塩水に対する児童のイメージ、溶けた食塩（溶質）の存在状態に対する児童のイメージをさぐりたい。

めだった応答状況は、次のとおりである。（選択肢番号は、問.1、問.5の順に示す。）

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4・4	それぞれ、どの部分の食塩の量もみな同じ	8	14	17	7
3・3	どちらも、ハ（下）の部分の食塩の量が多い	52	35	41	42
4・3	食塩が溶けたときは、どの部分の食塩の量も同じ 溶けきれないときは、ハ（下）の部分の量が多い	14	21	18	27

この応答状況をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「どちらの食塩水も、そこに含まれている食塩は、一様にちらばっている」という考え方がきわめて少ないといえよう。「どちらの食塩水も、下のほうに多くの食塩を含んでいる」というものがひじょうに多い。また、「食塩が溶けきったときは一様にちらばっているが、溶けきれないで残った場合には、下のほうに多くの食塩が含まれている」というものも、かなり多い。これらのことから、食塩水に含まれる食塩が一様にちらばって存在すること、ひいては、溶液の均質性ということについての概念は、きわめて低いということができよう。ことに、5年および6年については「食塩水」の授業を受けた児童であるだけに、「食塩水」での指導内容に対する検討の必要性を示唆するものと考えられる。

この研究にあたって参考とした主たる文献は次のとおりである。

化学の教育	大竹三郎・若林覚編著	明治図書	(I) (II, 1・3) (II)
授業研究の基礎理論	砂沢喜代次編	明治図書	(I) (II, 3) (II)
学習過程の構造	小川正著	明治図書	(I, 4) (II, 3) (II)
現代教育科学10	田中実・三井澄雄	岩波書店	(II, 1・3) (II)
子どもの思考過程	砂沢喜代次編著	明治図書	(II, 3・4)
思考力を育てる学習過程	香川大附属坂井小著	明治図書	(II, 3・4)
理科教授論	真船和夫	明治図書	(I) (II, 1) (II)
教科における思考と構造	蛭谷米司他著	東洋館	(I) (II, 3)
授業研究「教授・学習過程研究」の構想		明治図書	(I) (II, 1・3)
科学の実験1965, №5	小林実・中西啓二	共立出版	(II, 1・3) (II)
学習過程 序説	広岡亮蔵	明治図書	(I) (II, 1・3)
教材と授業過程	井上 弘	明治図書	(I) (II, 1・3)
仮説実験授業入門	板倉聖宣・上廻昭編著	明治図書	(II, 2・4)

⑥ 調査Ⅰ 問. 2、問. 6について

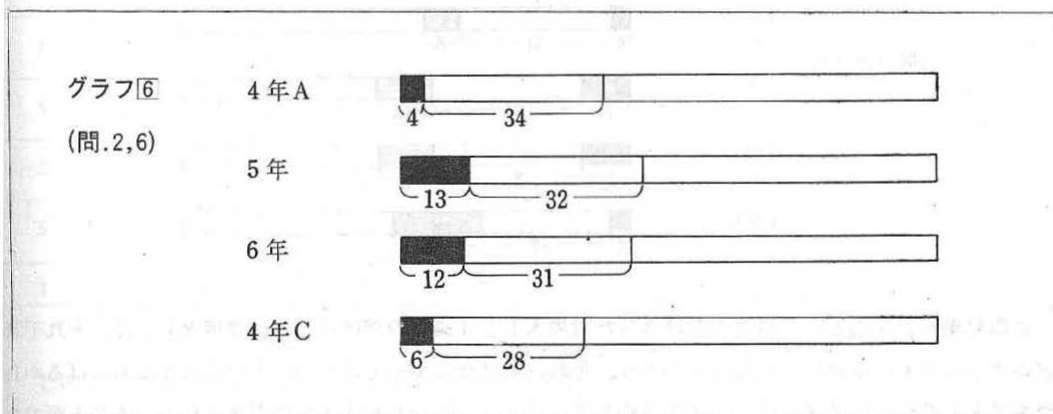
この2問は、食塩水の各部分に含まれる食塩の量をきいた問. 1および問. 5について、それぞれ応答した理由をきいたものである。ここでは、この両問に対する応答状況の関連について考察したい。

めだった応答状況は、次のとおりである。（選択肢番号は、問. 2、問. 6の順に示す。）

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
5.5	溶けた食塩は、どの部分にも同じようにちらばる	4	13	12	6
1.1	溶けた食塩は、重くなる	34	32	31	28
2.2	溶けた食塩は、軽くなる	2	2	3	4
3.3	溶けた食塩は、重くも軽くもならない	4	5	2	2
4.4	溶けた食塩は、重さがなくなる	1	0	2	1

ここに示した応答は、溶けた食塩のちらばり方や重さについて、「食塩が溶けきったとき」も、「食塩が溶けきれないとき」も一貫した傾向の考え方を表わしているものだけである。

この応答状況をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「溶けた食塩は、食塩水のどの部分にも同じようにちらばっている」という考え方で一貫しているものはきわめてわずかであるといえる。

「溶けた食塩は、食塩水の下の方に多く含まれている」というものがひじょうに多いことは、問.1および問.2の関連としてグラフⅥに示したとおりであるが、その理由として、「溶けた食塩は重くなる」と応答したものが多くいることは当然といえよう。

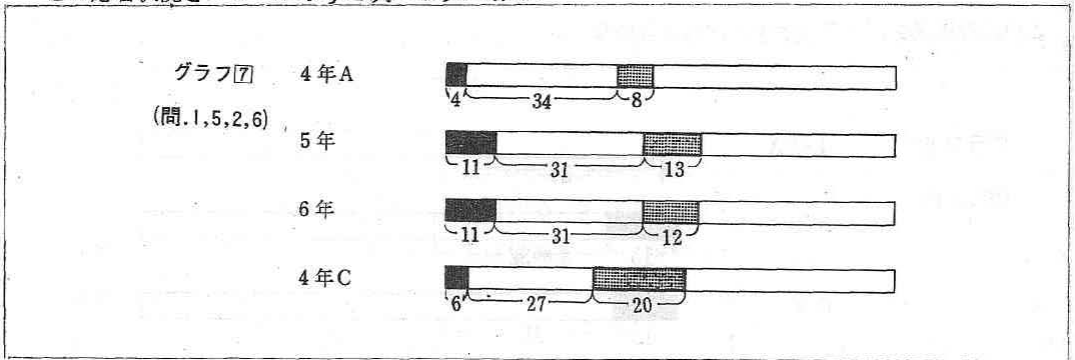
⑦ 調査 I 四問. 1、四問. 5、四問. 2、四問. 6について

この4問は、これまで述べてきたように、「溶けた食塩は、食塩水のどの部分に多くあるか」をきいた2問と、それぞれに応答した理由をきいた2問とから成り立っている。ここでは、この4問に対する応答状況を関連的に考察して、児童のイメージの傾向性をみたいと思う。

めだった応答状況は、次のとおりである。(選択肢番号は、問. 1、5および問. 2、6の順に示す。)

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4. 4 5. 5	それぞれ、どの部分の食塩の量もみな同じ 溶けた食塩は、どの部分にも同じようにちらばる	4	11	11	6
3. 3 1. 1	どちらも、ハ(下)の部分の食塩の量が多い 溶けた食塩は、重くなる	34	31	31	27
4. 3 5. 1	溶けたときは同じ、溶けきれないときは下が多い 溶けきれればちらばる、溶けきれないと重くなる	8	13	12	20

この応答状況をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「食塩の溶けきった食塩水」と「食塩の溶けきれない食塩水」とは、それぞれどの部分に含まれる食塩もみな同じであり、それは溶けた食塩がどの部分にも同じようにちらばるからであるという正しいイメージは、4年で約5%、5年・6年でも約11%の児童にしかみることができないといえる。一方、「どちらの食塩水も、下の部分に溶けた食塩が多くはっている。それは、溶けた食塩が重くなるからである。」という児童は、4年で約30%、5年・6年でも約31%と多くなっている。また、「食塩が溶けきった食塩水では、どの部分に含まれる食塩の量も同じであるが、食塩が溶けきれない食塩水では、下の部分に含まれる食塩の重が多い。それは、食塩が溶けきったときには同じようにちらばるが、食塩が溶けきれないときには、溶けた食塩が重くなるからである。」という児童が、4年で約14%、5年・6年でも約13%いることになる。この応答傾向は、4問を通じてみられるものであるから、児童のイメージの一類型を示すものといえるのではなかろうか。

これらの点からみると、食塩水についての概念、とくに食塩（溶質）の重さや存在する状態などについての理解が不足していると考えられる。「食塩水」の授業にあたって、こういった点に関する指導内容を導入する必要があると感じる。

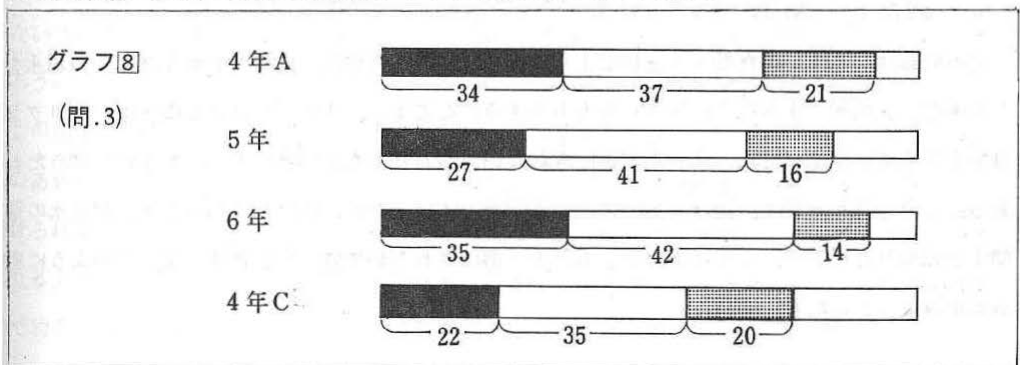
⑧ 調査Ⅰ 問. 3 について

この問題は、一定量の水の中に、一定量の食塩を加えて食塩水を作ったときの、食塩水の重さについてきたものである。この応答を通じて、溶けた食塩に対する児童のイメージや、溶けた食塩の重さ、食塩水の重さに関する児童の考え方をさぐり、重量保存ひいては物質保存の概念を形成するための指導の手がかりを得ようとしたものである。この問題は、1,000グラムの水に、200グラムの食塩を加えてかきまぜ、「食塩がすっかり溶けきった食塩水」を作った場合を問うたものである。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4	1200グラム	34	27	35	22
3	1050グラムから1150グラムのあいだ	37	41	42	35
2	1000グラム	21	16	14	20
5	1250グラムから1300グラムのあいだ	6	12	5	21
1	900グラムから950グラムのあいだ	2	4	4	2

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、1,000グラムの水に200グラムの食塩を入れてすっかり溶かしたときに、その食塩水の重さが1200グラムになるという正しい理解は、5年で27%、6年で35%にすぎないということになる。4年で「食塩水」の授業を受けたにもかかわらず、重量保存の概念がこのように低いのは、その授業が、ろ過、蒸留、製塩法の理解という面にだけ重点がおかれ、ろ過の方法、蒸留の方法、製塩の方法については理解させ得ても、それらの理解を深める過程で、ろ過や蒸留の意味するものを物質の特性から理解させ得なかったためであろう。溶液や溶解に関する児童の理解が、表面的・断片的になりかねないことは、現在の学習指導要領および理科指導書に示された指導内容、およびそれにもとづく教科書の編集や表現のしかたにかかわるもので、あながち指導する教師自身の責任に帰せられないことと考えられる。この点については、すでにこの章のはじめにおいて、「学習指導要領と理科指導書の内容からみた問題点」として考察したとおりである。

食塩水の重さが、1200グラムになるという正しい理解は、4年Aで34%、4年Cで22%みられる。この児童は、3年で「物の溶け方」の授業を受けただけで、4年での「食塩水」の授業を受けていない時期であるから、上に述べた5年・6年の実態から考えても、この程度に低いのは当然であろう。

食塩水の重さが、1050グラムから1150グラムのあいだになるという児童は、5年および6年でも約42%を占め、4年では約36%を占めている。この考え方は、「200グラムの食塩を水に溶かせば、食塩の重さは200グラムにならない。」というものである。溶けた食塩の重さや、溶かした物質のゆくえんに対して児童のもつイメージを示唆する傾向として、注目すべき応答といえよう。

食塩水の重さが、1000グラムになるという児童は、5年および6年でも約15%あり、4年では約21%となっている。この考え方は、「200グラムの食塩を水に溶かせば、食塩の重さは0になってしまう。」というものである。物質保存の概念を形成するための一つの手がかりとして、溶液における溶質の重量を理解させることは、きわめて重要であると考えられる。この点からみて、重視しなければならない応答というべきであろう。

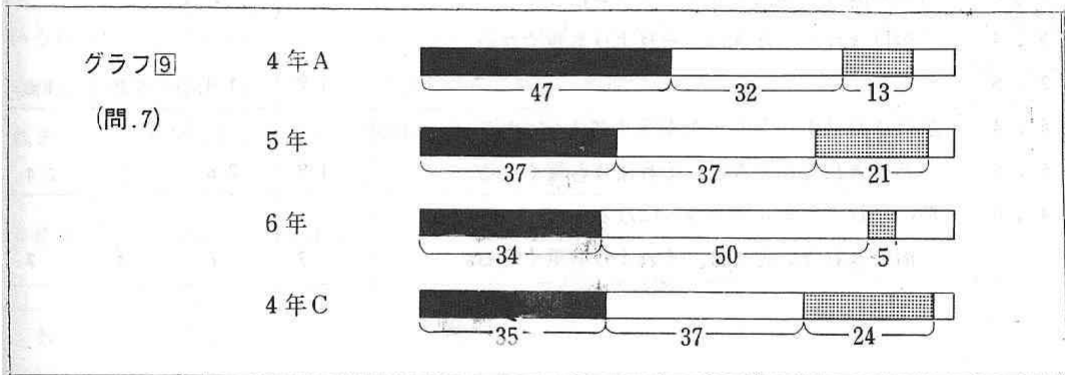
⑨ 調査I 5問. 7について

この問題は、上に述べた問. 3と同じように、一定量の水の中に一定量の食塩を加えて食塩水を作ったときの、食塩水の重さについてきたものである。ここでは、1000グラムの水に200グラムの食塩を加えてかきまぜたら、「食塩が溶けきれないで少し残った食塩水」を作った場合を問うたものである。この応答を通じて、溶けた食塩に対する児童のイメージや、溶けた食塩の重さ、食塩水の重さに関する児童の考え方が、「溶けきった」ときと「溶けきれないで残った」ときとで、どのように変動するかをみようとしたものである。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4	1200グラム	47	37	34	35
3	1050グラムから1150グラムのあいだ	32	37	50	37
2	1000グラム	7	2	11	3
5	1250グラムから1300グラムのあいだ	13	21	5	24
1	900グラムから950グラムのあいだ	1	3	0	1

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、1000グラムの水に200グラムの食塩を入れた「食塩が溶けきれないで少し残った食塩水」の重さは、1200グラムになるという正しい理解は、4年Aで47%、その他はいずれも35%前後にすぎない。グラフ⑧の正答率よりも、グラフ⑨の正答率が高くなっているようにみえるが、それは、「溶けきった」「溶けきれないで残った」という見かけの現象によって変動しただけであって、理解の深まりを示すというものではなさそうである。おそらく、「溶けきった食塩には重量がないけれども、溶けきれないで残っている食塩には重量がある。」と考えた児童がかなりいたためであろう。

この問題に対する応答として注目されることは、「食塩水の重さは1250グラムから1300グラムのあいだ」となるという児童が、4年Aで13%、4年Cで24%あり、5年および6年でも若干みられることである。応答率としてはわずかであるが、「食塩水の重量は、水と食塩の重さの和以上になる」という考え方であり、「食塩水の重量は、水と食塩の重さの和未満になる」という応答が、4年で約35%、5年で37%、6年で50%もみられることともに重視しなければならないと思う。

⑩ 調査 I 問. 3、問. 7 について

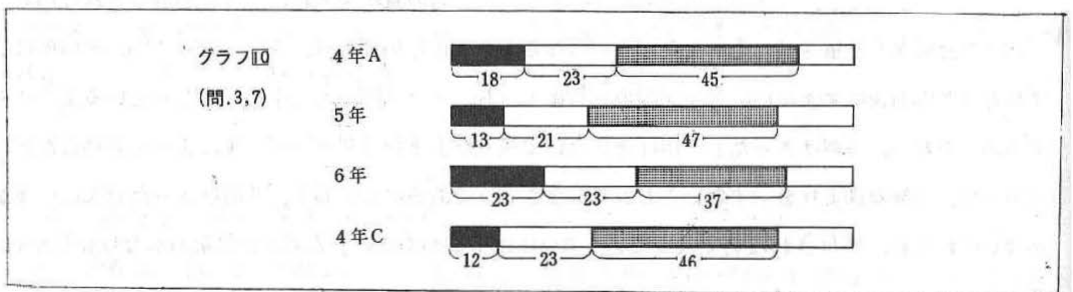
この2問は、1000グラムの水に200グラムの食塩を入れて作った食塩水の重さについてきいたものであり、問. 3は「食塩がすっかり溶けきった食塩水」、問. 7は「食塩が溶けきれないで少し残った食塩水」についての問題である。

この2問に対する応答状況を関連的にみて、その類似点や相違点を考察することによって、溶液についての児童のイメージや、溶けた食塩や食塩水の重量に対する児童の考え方をさぐりたいと思う。

めだった応答状況は、次のとおりである。(選択肢番号は、問. 3、問. 7の順に示す。)

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
4.4	どちらも1200グラムになる。	18	13	23	12
2.2	どちらも同じ重さになる				
3.3	しかし、1200グラムにはならない				
5.5		23	21	23	23
2.3	食塩が溶けきれれば1000グラムになる				
2.4	溶けきれないときは、それよりも重くなる				
2.5		19	14	32	18
3.4	溶けきれれば1050～1150グラムになる				
3.5	溶けきれないときは、それよりも重くなる	19	26	2	21
4.5	溶けきれれば1200グラムになる				
	溶けきれないときは、それよりも重くなる。	7	7	3	7

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「1000グラムの水に、200グラムの食塩を入れた食塩水の重さは、その食塩が溶けきったか、溶けきれないで残ったかにかかわらず、1200グラムになる。」という正しい応答は、4年Aで18%、5年で13%、6年で23%である。

どちらも同じ重さにはなるけれども、1200グラムにはならないというものが、4年Aで23%、5年で21%、6年で23%ある。このうち、どちらも1050グラムから1150グラムのあいだであるという応答が、それぞれ18%、13%、12%を占めている。

食塩がすっかり溶けきれば1000グラムになるけれども、溶けきれないときは1000グラムよりも重くなるというものが、4年Aで19%、5年で14%、6年で32%を占めている。このように、「食塩が溶けきったときと、溶けきれないときとは重さが違う。食塩が溶けきったときよりも、食塩が溶けきれないで残ったときが重い。」というものが、4年Aで45%、5年で47%、6年で37%を示している。これらの児童は、「溶けきった」とか、「溶けきれないで残った」という見かけの現象にまどわされたものであろうが、いずれも、重量保存の概念、ひいては物質保存の概念に欠けているものとして注目しなければならないと思う。

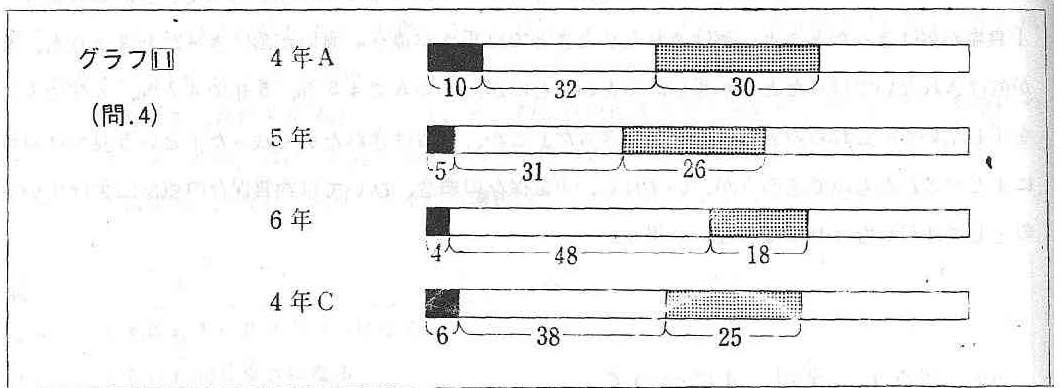
⑩ 調査I 図問. 4について

この問題は、大きいビーカーに入れた食塩水を、その $\frac{1}{3}$ だけ小さいビーカーにうつしたとき、どの部分の食塩水が小さいビーカーにうつし取られるかをきいたものである。食塩水または溶液を分け取るという操作は、化学的な実験ではきわめて数多く行なわれるものである。この応答状況を通じて、分け取られた溶液に対する児童のイメージをさぐるとともに、溶液内における溶質のちらばりかたに関するこれまでの調査結果とを関連させて考察しようと考えたものである。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
1	イ(上)の部分だけがたまる	10	5	4	6
5	イ(上)、ロ(中)、ハ(下)の順に多くたまる	32	31	48	38
3	イ(上)、ロ(中)の順に多くたまる	30	26	18	25
4	イ(上)、ロ(中)、ハ(下)が同じにたまる	11	22	23	15
2	イ(上)、ロ(中)が同じにたまる	17	16	7	16

この応答状況のうち、めだった傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、大きいビーカーから分け取られる食塩水は、上の部分だけであるという正しい理解が、各学年とも10%以下にすぎないといえる。上、中、下の三部分の食塩水が分け取られ、上の部分が最も多く、下の部分が最も少なく分け取られるというものが、4年Aで32%、5年で31%、6年で48%を占めている。また、上と中の二部分の食塩水が分け取られ、上の部分が多く、中の部分が少ないというものが、4年Aで30%、5年で26%、6年で18%となっている。

このことから考えると、溶液を分け取る操作などについても、正確にやるとか、じょうずにやるとかに留意するだけでなく、溶液のどの部分を分け取ったことになるのか、分け取ることによって溶質の存在状態はどのようになるのかなどについても、適切な指導をしなければならないと感じる。

この問題に対する応答と、グラフⅠ、Ⅱ、および図に示した結果（溶けた食塩は、食塩水の下の方に多く含まれていると考える傾向）を関連させてみると、「溶けた食塩は、食塩水の下の方に多く含まれている。食塩水の容器を傾けて分け取れば、上、中、下の三部分（または、上、中の二部分）が順に多く分け取られる。だから、容器を静かに傾けて食塩水を半分だけ分け取れば、分け取ったほうよりも、残りの半分にはいっている食塩の量が多い。」と考えている児童がかなりいると推測される。このような点も考慮に入れて、ろ過・蒸留などの指導を行わなければならないと思う。

⑫ 調査Ⅱ 1 問. 8 について

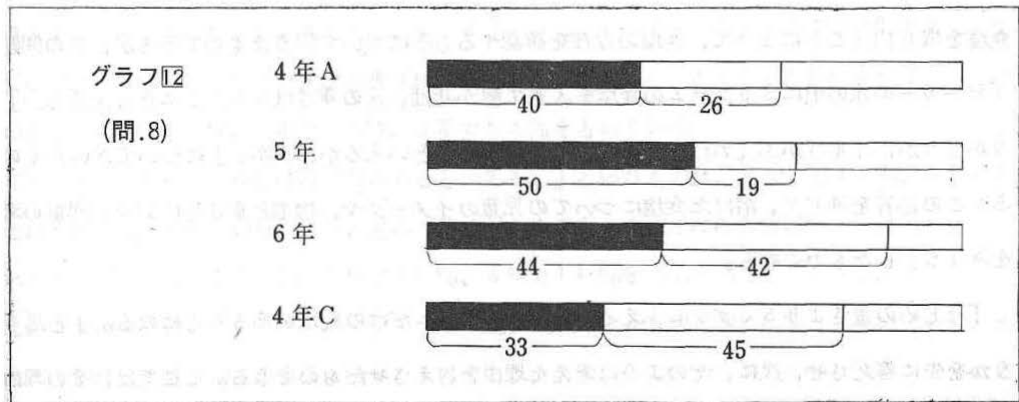
この問題は、「ビーカーの中の水に、食塩を50グラム入れてすっかり溶かした。入れた食塩がビーカーの水の中に全部はいつているかどうか」を確かめるための「実験の方法」についてきいたものである。この応答を通じて、食塩水に対する児童のイメージや、溶けた食塩の重さ、水と食塩の性質などについての児童の考え方をみようとしたものである。

「ビーカーの水をすっかり蒸発させて、ビーカーに残った食塩の重さをはかれば50グラムになる」と思うかどうかを先に答えさせ、次に、そのように考えた理由を答えさせたものである。ここでは、その理由についての応答を主として考察したい。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5 年	6 年	4年C
イ	水は蒸発するが、溶けた食塩は蒸発しない	40	50	44	33
オ	水が蒸発するとき、溶けた食塩も少し蒸発する	26	19	42	45
カ	水に溶けると食塩の重さは変わってしまう	15	19	9	6
エ	水も、溶けた食塩も蒸発する。	12	8	2	13
ウ	水は蒸発しないが、溶けた食塩は蒸発する	3	3	0	3
ア	水も、溶けた食塩も蒸発しない。	4	1	3	0

この応答状況のうち、めだつた傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「水は蒸発するが、溶けた食塩は蒸発しない。したがって、食塩は50グラム残る。」という正しい理解は、4年Aで40%、5年で50%、6年で44%となっている。5年と6年においては、すでに「食塩水」の授業において、食塩水の蒸留の指導を受けたものであるから、その正答率が50%以下であることは、意外に低い結果といわなければならない。食塩水を蒸留すると蒸留水ができること、水分がなくなると食塩が出てくることは理解しても、あとで出てきた食塩と、はじめに加えた食塩とが同量であること、その重量は等しいこと、ひいては、物質不滅の概念形成に関する指導内容がなかったことによるものであろう。

「水に溶けると食塩の重さは変わってしまふ。したがって、溶けてしまったあとでは50グラムにならない。」というものが、4年Aで26%、5年で19%、6年で42%を占めている。この選択肢の内容は、溶けた食塩の重さについてきいたもので、他の5選択肢がいずれも水と食塩の蒸発についてきいたことと比較すれば、やや異質であるといえよう。しかし、物質不滅の概念を、重量保存の事実を手がかりにして形成しようとするならば、この応答傾向は注目しなければならないと思う。

⑬ 調査Ⅱ 2 問・9 について

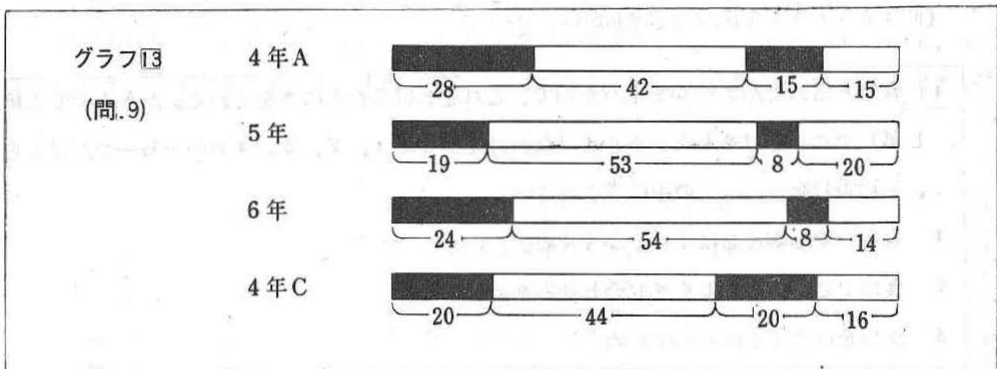
この問題は、先の間・8と同じく、「溶かした食塩が、食塩水の中に全部はいつているかどうか。」を確かめるための「実験の方法」についてきいたものである。先の間・8では、食塩水の水分を蒸発させて食塩を取り出すことによって、食塩の存在を確認する方法について問うたものであるが、この問題では「ビーカーの水の中に50グラムの食塩を入れて溶かせば、水の重さは50グラムだけふえる。」と思うかどうか、「重さがふえれば、それだけの食塩があるといえるかどうか。」についてきいたものである。この応答を通じて、溶けた食塩についての児童のイメージや、物質と重さに対する児童の考え方をみよとしたものである。

「はじめの重さより50グラムふえるから、50グラムだけの食塩があることになる。」と思うかどうかを先に答えさせ、次に、そのように考えた理由を答えさせたものである。ここでは、その理由についての応答を主として考察したい。

応答状況は、次のとおりである。

肢	内 容	4年A	5年	6年	4年C
エ	溶けてしまっても、食塩の重さは変わらない。	28	19	24	20
イ	溶けてしまえば、食塩は軽くなる	18	20	29	24
ア	溶けてしまえば、食塩の重さはなくなる	13	16	19	1
ウ	溶けてしまえば、食塩は重くなる	11	17	6	19
カ	重さがふえれば、それだけの食塩があるといえる	15	8	8	20
オ	重さがふえても、それだけの食塩があるとはいえない	15	20	14	16

この応答状況のうち、めだつた傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「溶けてしまっても、食塩の重さは変わらない。したがって、水の重さは50グラムふえる。」という正しい考え方は、4年Aで28%、5年で19%、6年で24%である。これに反して、「溶けてしまえば、食塩の重さは(軽くなる、なくなる、重くなるから)変わる。」というものが、4年Aで42%、5年で53%、6年で54%を占めている。

「重さがふえれば、それだけの食塩があるといえる。」というものは、4年Aで15%、5年・6年でそれぞれ8%となっている。また、逆に「重さがふえても、それだけの食塩があるとはいえない。」というものが、4年Aで15%、5年で20%、6年で14%を占めている。

この問題の選択肢のうち、ア・イ・ウ・エの4選択肢は溶けた食塩の重さに関するものであり、オ・カの2選択肢は重量と物質の存在に関するものであり、前者と後者はやや異質の選択肢群と思われる。しかし、この問題に対する児童の応答の一般的傾向としては、「溶けてしまっても、食塩の重さは変わらない。」「重さがふえれば、それだけの食塩があるといえる。」という選択肢に対する応答と、「溶けてしまえば食塩の重さは変わる。」「重さがふえても、それだけの食塩があるとはいえない。」という選択肢に対する応答とに二分して考えることができるであろう。この点についてみると、4年Aで

43%、5年で27%、6年で32%が正答し、4年Aで57%、5年で73%、6年で68%が誤答しているといえよう。

(4) 全国学力調査等の結果とその考察

これまで、「食塩水」の指導内容に関して、筆者が作成した調査問題による調査結果を中心として、児童の理解の実態や指導上の問題点について考察してきたが、ここでは、この研究内容と関連の深い全国学力調査その他の結果を参考にして、児童の理解の実態について概観したいと思う。

① 食塩・でんぷんの性質（水との関係）について

(昭40・5年・全国学力調査問題・18)

1 食塩と白いでんぷんがまじったので、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 食塩やでんぷんをはやくとかすため。
- 2 食塩やでんぷ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 食塩やでんぷんのつぶを小さくするため。

平均点 全国36.6 本県34.9

② 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40・5年・全国学力調査問題・14)

2 コップの中の水に、食塩をさして1ばいずつ入れてかきまぜ、よくかきました。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ばいめ、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□の中に書きなさい。

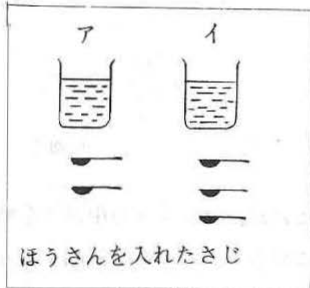
- 1 4はいめ入れたときが、いちばんこくて、5はい、3ばいのじゆんにこい。

- 2 3ばいめ、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ばい入れたときが、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ばいめはそれよりうすい。

平均点 全国 5 5.5 本県 5 3.8

- ③ ほうさんが水に溶ける状態と溶液の濃さおよび水温との関係について
(昭40・5年・全国学力調査問題・ 15)

- 3 下の図のように、アとイの二つのビーカーに、同じ量で温度のちがう湯を入れました。アとイにほうさんを2はい入れたとき、アではとけきらないで少し残りましたが、イのほうは、3ばいめを入れたとき、少し残りました。アとイの湯の温度と、ほうさんのこさについて、正しいものを、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 アはイより温度が高くてこい。
- 2 アはイより温度が低くてうすい。
- 3 アはイより温度が低くてこい。
- 4 アはイより温度が高くてうすい。

平均点 全国 4 6.8 本県 4 5.8

- ④ 食塩の水に溶けた状態について

(昭40・5年・全国学力調査問題・ 3)

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

平均点 全国 3 9.9 本県 4 1.0

⑤ 食塩水を熱して出てくる物質について

(昭38・5年・全国学力調査問題・20)

5 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。



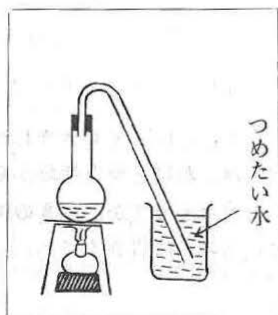
- 1 食塩のつぶ。
- 2 こい食塩水。
- 3 うすい食塩水。
- 4 食塩のとけていない水。

平均点 全国31.1 本県28.6

⑥ 空気と水の性質の違いの理解について

(昭40・5年・全国学力調査問題・6)

6 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とについて、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、あとはあたたかい空気である。
- 2 はじめのは空気、あとはすいじょう気である。
- 3 はじめのはすいじょう気、あとは空気である。
- 4 はじめのはつめたいすいじょう気、あとはあたたかいすいじょう気である。

〔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。
- 3 空気は気体で、すいじょう気は、液体である。
- 4 空気もすいじょう気も気体で、水中ではとけにくい。

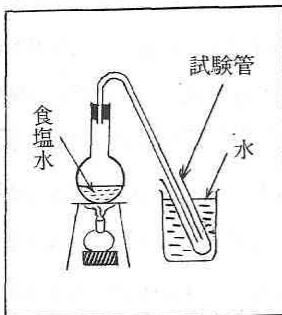


平均点 (完全正答) 全国 3 0.9 本県 2 8.1

⑦ 水と食塩の性質の違いと温度の変化に対する関係の理解について

(昭 4 0 . 6 年・全国学力調査問題・ 6)

7 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、食塩水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。
 - 2 熱を伝えにくい。
 - 3 あたためると、じょうはつがさかんになる。
 - 4 中性である。

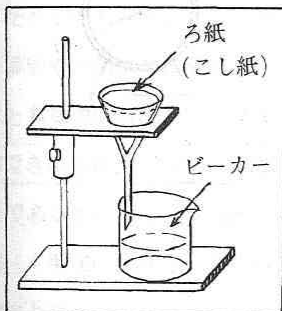


平均点 (完全正答) 全国 2 9.9 本県 2 9.0

⑧ 食塩とでんぷんの混じった水のろ過について

(昭 3 8 . 5 年・全国学力調査問題・ 16)

8 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 の中に書きなさい。



- 1 食塩だけがとけている水。
- 2 でんぷんだけがとけている水。
- 3 食塩もでんぷんもとけている水。
- 4 食塩もでんぷんもとけていない水。



平均点 全国 3 4.1 本県 3 3.9

⑨ 溶けた砂糖の重さについて

(仮説実験授業入門・明治図書・P87・4年の調査例より)

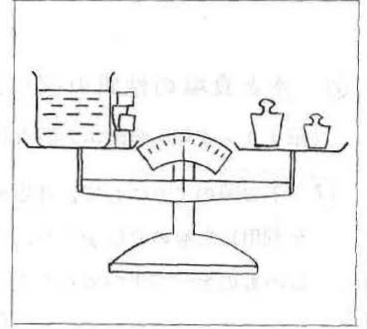
9 はじめに、水をいれたいれものと角砂糖4こを、てんびんの一方のさらのにのせ、もう一方におもりをのせてつりあわせておきます。

そこで、つぎに角砂糖を水の中に入れてよくかきまぜてとかし、もういちど、てんびんにのせることにします。そのとき、てんびんはどうなるでしょう。

<予想>

砂糖をとかした方は、

- ア かるくなってあがる
- イ 重くなって下がる
- ウ つりあつたまま動かない。



はじめの予想 (正答率) 82%

⑩ 溶けた食塩の重さについて

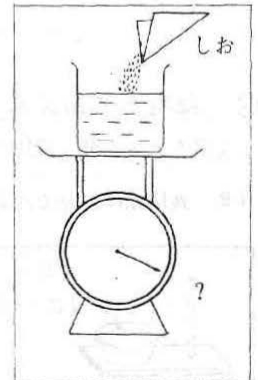
(仮説実験授業入門・明治図書・P88・4年の調査例より)

10 いれものに水をいれて、その重さをはかったら、110g ありました。べつに、食塩(しお)をとって、重さをはかったら、20g ありました。

つぎに、この食塩を前にとった水の中に入れて、よくかきまぜて、ぜんぶとかします。この食塩水をいれものごととはかりにかけたら、重さはどのくらいでしょう。

<予想>

g くらいになると思う。



はじめの予想 (正答率) 99%

食塩とでんぷんの水に対する性質をみた①では、「食塩は水に溶けるが、でんぷんは水に溶けない。」という、明確な概念の区別がなくて応答に混乱を生じたものもあろう。「溶かす」または「溶ける」という用語は、児童の日常生活ではかなり広範囲に使われている。したがって、この問題でも、「かきまぜることによって、食塩もでんぷんもはやくとける。」と考えたものがかなりいたであろう。

食塩が水に溶けた状態と食塩水の濃さとの関係をみた②では、「4はいめを入れると、とけきらないで少し残りました。」というときの食塩水の状態を考えられない児童が多かったと推察できる。「4はいめを入れたときに飽和の状態になった、だから、5はい以上入れても、食塩水はそれ以上濃くなることはない。」という概念がないために、正しく応答することができなかったものであろう。

ほうさんが水に溶ける状態と溶液の濃さおよび水温との関係をみた③では、「AとIにほうさんを2はい入れたとき、Aではとけきらないで少し残りましたが、Iのほうは、3はいめを入れたとき、少し残りました。」という記述から、飽和の状態とさじではかった量との関係を理解できないと正しい応答ができない。また、ほうさんの溶け方は、水の量よりも温度の違いに大きく影響されること、水の温度が高ければ、ほうさんはよけい溶けることが、同時に理解されていなければ正しく応答できない。これらの関係について混乱を生じた児童も、かなり多かったと考えられる。

食塩の水に溶けた状態についてきた④では、食塩水の中には、食塩が一様に含まれていることへの理解がないと正しい応答ができない。筆者の調査でも、溶液の均質性についての理解がかなり低いことがうかがわれる。また、「ピーカーを、静かにかたむけて、別のピーカーに半分わけた」ときに、食塩水のどの部分に分け取られたと考えるかによっても、この問題の応答が変わってくるものであろう。

食塩水を熱して出てくる物質についてきた⑤は、昭和38年度の問題であるが、「溶けた食塩も少しは蒸発する。したがって、うすい食塩水がたまる。」と考えた児童もかなりいたと思われる。「溶けた食塩は蒸発しない。」という概念は、なかなか形成しにくいと考えられる。

空気と水の性質の違いについての理解をみた⑥は、水を入れたフラスコから加熱されて出てくる気泡の性質を判断し、これに空気と水の性質の違いを結びつけなければ、正しく応答することができない。空気と水蒸気のどちらが先に加熱されたフラスコから出てくるかなどの判断に困難を感じた児童もかなりいたことであろう。この問題の後半になっている「水蒸気と水」に対する児童の正答率などをふまえて、蒸留や蒸留水の指導を検討する必要があると考えられる。

水と食塩の性質の違いと温度の変化に対する関係の理解をみた⑦は、食塩水から蒸留水を取り出すことができるのは、「食塩はあたためても蒸発しない。」が、「水はあたためるときかんに蒸発する。」ためであるといった、食塩と水の性質の違いを明確に理解していないと正しい応答ができない。この問題は、6年生に出題されたものであるが、内容の程度からみて、かなり低い正答率といえよう。

食塩とでんぷんの混じった水のろ過についてきた⑧は、昭和38年度の問題であるが、「食塩水」

での重要な指導内容を、しかも、単純な出題形式で問うたものであるだけに、きわめて低い正答率といわなければならない。おそらく、食塩水のろ過については経験していても、でんぷんの混じった食塩水についての経験がなかったためであろう。食塩とでんぷんを混ぜることは、実際の日常生活ではほとんど考えられないことであるが、溶液概念の形式、ろ過の原理の理解と物質の特徴の把握には、有効な実験ではないかと考える。

溶けた砂糖の重さについてきいた⁹⁾と、溶けた食塩の重さについてきいた¹⁰⁾は、仮説実験授業入門(板倉聖宣・上廻昭・編著、明治図書刊)に掲載されているものである。出題の内容が、筆者の調査と関係が深く、参考になる点が多い。しかし、「はじめの予想(いわば正答率)」がきわめて高い点は、筆者の調査結果からみると意外に思う。「食塩水」の授業を受けていない時期の4年生が、溶質(この場合は砂糖と食塩水)の重さについて、それほど高い正答率を示すものとは考えられなかった。調査対象となった学級の学力および知能の水準が高ければ、あるいはそのようになるのかとも考えたので、4年Aの3学級と、4年Cの2学級を調査対象として選定したものである。これまで述べたように、筆者の調査からは、溶質の重量に関する児童の経験や推論が、その学級の学力および知能水準の高低によって変わるようには考えられない。むしろ、授業前における児童の理解の実態は、かなり低いところにあるとみななければならないように思われる。

3 「食塩水」の学習指導過程の組織化

これまで、指導内容を検討してその問題点について考察し、「食塩水」の指導内容に関する児童の実態調査とその結果について述べてきた。ここでは、それらにもとづいた学習指導過程の組織化について述べたい。

(1) 教科書にみられる「食塩水」の展開例とその考察

「食塩水」の展開例については、各社とも学習指導要領にもとづいていろいろのくふうをこらしている。ここでは、G、D、Tの3種類の教科書における展開例を比較して考えてみたい。

(教科書の全文を掲載できないので、本研究および私案と関係の深い内容だけに限定し、省略した部分は点線で示した。なお、右欄の番号および記号は、記述のつごうから筆者がつけたものである。)

展開例 A (G教科書による)

食塩のとりだし方

1 とけているものとまじているもの

……水にとけずにいるものは、ろ紙でこしとることができます……

食塩のように水にとけているものは、ろ紙でこしとることはできません。

①

②

2 食塩水から食塩をとりだす

……食塩水から食塩をとりだすには、食塩水をあたためて、水をかわかせればよいことがわかります。……

③

じょうはつぎらの食塩水が少なくなるのは、水がすいじょう気にかわって、空気中に出ていくからです。

④

食塩水をねえすと、水がなくなったあとに、水にとけていた食塩がのこります。

⑤

3 じょうりゅう水

……水にとけていた食塩は、ぜんぶじょうはつぎらの中にのこったでしょうか。

△

にたっている食塩水から出るすいじょう気に、食塩はふくまれていないでしょうか。

△

すいじょう気を集めて、水にして、その水に食塩がとけているかどうか……

△

……すいじょう気を集めて、水にするには、どうしたらよいでしょうか。いろいろのしかたを考えてみましょう。……

△

すいじょう気を集めて、ひやしてできた水のことを、じょうりゅう水といいます。

⑥

じょうりゅう水には、とけているものも、まじているものもありません。

⑦

4 塩田

……海水を塩田にくみ上げて、すな(小石)の間を流し、水をじょうはつぎせて、こい海水を作る。

⑧

……いっそうこい海水にする。

⑨

じょうはつがまでにつめる。

⑩

展開例 B (D教科書による)

食塩水

1 食塩とごみの分け方

……大きなごみはガーゼにのこりますが、小さなゴミやすなはガーゼを通りぬけてしまいます。

①

……ろ紙は、食塩のように水にとけているものは通します……

②

ごみやすなのように水にとけていないものは通しません。

③

それで、水にとけるものととけないものがまじているときには、水にとかしてからこし分けることができます。……

④

2 食塩のとり出し方

………食塩水をつめると、水は水じょう気になって空気中に出ていき、あとに食塩のこりがあります。

食塩水をつめるときに出てくる水じょう気には、食塩がふくまれているでしょうか。

………こうして集めた水は、しおからくありません。

それで、水じょう気には食塩がふくまれていないことがわかります。

このようしかたで、食塩水を食塩と水とに分けることができます。

また、こうしてできた水をじょうりゅう水といいます。じょうりゅう水には、ほとんどまじりものがありません。

研究 さとう水を使って………じょうりゅう水を作ってみよう。

3 製塩のしかた

海の水から食塩をとるときも、水をじょう発させて、だんだんこくしていきます。

………くみ上げた海水を、………太陽の熱であたためたり、風にあてたりして、水をじょうはつさせ、こい食塩水を作ります。

この食塩水をかまに入れて、につめて食塩をとっています。

展開例 C (T教科書による)

1 食塩のとり出ししかた

(1) 食塩とごみの分けかた

………食塩は水にとけてしまうが、ごみやすなは水にとけない。ろ紙でこすと、ごみやすなはろ紙の上のこり、ろ紙を通ったえきは、すきとおっている。

このえきは、あじをしらべてみると、食塩水であることがわかる。

水にとけた食塩は、ろ紙のこまかいすきまを通る。

水にとけるものと、とけないものがまじっているときは、水にとかしてからろ紙でこすと、分けることができる。………

(2) 食塩のとり出ししかた

………食塩を熱すると、水がじょう発して、あとに白い小さなつぶがのこる。あじをしらべてみると、食塩であることがわかる。………

ひやしてつくったえきにはあじがない。

このことから、食塩水を熱してできた水じょう気には、食塩がふくまれていない……

このように、食塩水を熱して水をじょうはつさせると、食塩をとり出すことができる。

じょうりゅう水

水じょう気をひやしてつくった水をじょうりゅう水という。じょうりゅう水には、ものがとけたりまじったりしていない。

⑤

⑥

⑦

⑧

△

⑨

⑩

⑪

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

⑨

2 食塩のとりかた

………海水をポンプでくみ上げ、太陽の熱で水をじょうはつさせる。

これを、さらに………流して水をじょうはつさせ、こい食塩水をつくる。

ごみをとりのぞいたこい食塩水

(ごみをとりのぞいたこい食塩水)をかまに入れて熱し、水をじょうはつさせる。……

⑩

⑪

⑫

⑬

以上3種類の教科書における展開例をみると、指導内容の主たる重点が、食塩水のろ過、食塩水の蒸留、製塩法におかれていることがわかる。これは、学習指導要領および指導書の記述内容からすれば当然なことといえよう。また、教科書作成上の種々の制約があり、あれこれと掲載するわけにもいかず、重点的なものにしぼらなければならない事情があることからしても止むを得ないと考えられる。

しかし、これまでの考察で明らかにした児童の理解の実態と、指導内容の検討結果からみると、物質変化に対する概念形成を図るという点で、全体を通じる学習の筋がはっきりしていないように思う。ことに、食塩の溶け方、溶液概念の形成という点と、溶けた食塩の存在、物質保存の概念形成という点について不じゅうぶんさがあるように感じる。これらの2点に対するじゅうぶんな理解があつてこそ、ろ過および蒸留の学習が、化学的教材の中で占める意義が重要なものとなるのではなからうか。溶液概念および物質保存の概念形成を重視して指導過程を組織化しないと、ろ過や蒸留についての技術的な面に関する理解だけに終わって、かんじんのねらいが達成されないと考える。

(2) 「食塩水」の学習指導過程(私案)とその考察

「食塩水」の指導内容としては、ろ過と蒸留が大きな比重を占めている。食塩とごみが混じっているときには、水に溶かしてろ過すれば、固形物と食塩とに分けられること、食塩水の水分を蒸発させると食塩が結晶として取り出せること、蒸発した水蒸気を冷やすと蒸留水ができ、その中には食塩が含まれていないことなどが、その具体的内容となっている。

しかし、単にろ過や蒸留の操作方法を習得させるだけでは、指導書に述べるような「物質のゆくえをさぐる」力を育てることはできない。ろ過や蒸留の操作が成り立つ意味を確実に理解させなければならないと思う。ろ過や蒸留の操作が成り立つ意味がわかるということは、溶液概念や物質保存の概念が形成されるということである。つまり、ろ紙を通る物質と通らない物質があること、溶液になったものはろ紙を通ることなどを通じて、溶けた食塩や食塩水についての概念が深まり、ろ過した食塩水の味をみたり、食塩を加えた分だけ食塩水の重さが増すことなどを通じて、物質の不滅性についての理解が深まり、食塩水を熱すると水は蒸発するが食塩は蒸発しないこと、蒸発した水蒸気を冷やすと蒸留水になること、水がなくなると食塩は再び結晶として取り出せることなどを通じて、それぞれの物質に固有の特徴に気づき、物質の変化とその不滅性についての概念が深まると考えるものである。

このような考えに立って、次の学習指導過程(私案)を作成した。

(先に掲げた、A、B、Cの展開例の内容で、私案と関連の深いものの番号と記号を付記する。)

主たる学習活動および指導内容	私案	例A	例B	例C
<p>1 食塩のとけかた</p> <p>食塩を水にとかして、とけるようすをしらべる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 食塩を水にとかすと、とう明になる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 食塩は水にとける。 ・ 食塩水は、にごっていない。 ・ とけた食塩は、見えない。 ・ とけた食塩は、底にしずまない。 ○ とけきれない食塩は、下のほうにしずむ。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水にとける食塩の量には、かぎりがある。 ・ 食塩水のこさには、かぎりがある。 ・ とかす水の量を多くすると、とける食塩の量も多くなる。 ○ 食塩水は、どの部分も同じようにしおからい。 <ul style="list-style-type: none"> ・ とけた食塩は、どの部分にもいちようにちらばる。 ・ とけた食塩は、どの部分にも同じようにふくまれている。 ・ 食塩水を分けとれば、とけた食塩も分けとることができる。 <p>2 食塩水のろ過</p> <p>食塩水をろ過して、ろ過したようすをしらべる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 水にまじったごみやすなは、ガーゼのめを通りぬける。 <ul style="list-style-type: none"> ・ ろ過するあみのめより小さいものは、通りぬける。 ○ 水にとけた食塩は、ろ紙を通りぬける。 <ul style="list-style-type: none"> ・ ろ過した食塩水は、しおからい。 ・ 水にとけた食塩は、ろ紙のめよりも小さい。 ○ 水にまぜたでんぷんは、ろ紙を通りぬけない。 <ul style="list-style-type: none"> ・ でんぷんは、ろ紙のめよりも大きい。 ・ でんぷんをまぜた水は、にごっている。 ○ 水にとけているものととけていないものは、ろ過すれば分かれる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水にとけているものは、ろ紙を通りぬける。 ・ 水にとけていないものは、ろ紙を通りぬけない。 	<p>1.1</p> <p>1.2</p> <p>1.3</p> <p>2.1</p> <p>2.2</p> <p>2.3</p> <p>2.4</p>	<p>①</p> <p>②</p> <p>②</p> <p>④</p> <p>①</p>	<p>①</p> <p>②</p> <p>③</p> <p>④</p> <p>③</p>	<p>①</p> <p>②</p> <p>③</p> <p>④</p>
<p>3 食塩水の重さ</p> <p>食塩を水にとかして、食塩・水・食塩水の重さをくらべる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 食塩を水にとかすと、水のめかたは重くなる。 	<p>3.1</p>			

主たる学習活動および指導内容	私案	例A	例B	例C
<ul style="list-style-type: none"> ・ 食塩水の重さは、水の重さととかけた食塩の重さの和になる。 ・ とかけた食塩は、すべて食塩水の中にはいつている。 ○ 食塩をたくさんとかせば、食塩水は重くなる。 ・ 食塩をたくさんとかせば、食塩水はこくなる。 ・ こい食塩水は、うすい食塩水よりも重い。 	3.2	△		
<p>4 食塩のとりだしかた</p> <p>食塩水の水分をじょう発させて、そのようすをしらべる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 食塩水の水分をじょう発させると食塩がのこる。 ・ 水は熱するとじょう発する。 ・ とけた食塩は、熱してもじょう発しない。 ○ 熱してできた水じょう気には、食塩がはいつていない。 ・ 熱してできた水じょう気をひやすと水になる。 ・ 水じょう気を集めてひやした水を、じょうりゅう水という。 ・ じょうりゅう水を作るしかけには、いろいろのものがある。 ・ 食塩水をじょうりゅうした水には、食塩がはいつていない。 ・ じょうりゅう水は、ほとんどまじりけのない水である。 ○ じょうりゅうすれば、食塩水を食塩と水に分けることができる。 ・ じょう発するものとしなないものをくべつすることができる。 ・ 水にとけているものは、とりだすことができる。 	<p>4.1</p> <p>4.2</p> <p>4.3</p>	<p>③</p> <p>④</p> <p>⑤</p> <p>△</p> <p>⑥</p> <p>△</p> <p>⑦</p> <p>△</p> <p>⑦</p>	<p>⑥</p> <p>⑦</p> <p>⑤</p> <p>⑧</p> <p>⑦</p>	<p>⑤</p> <p>⑦</p> <p>⑥</p> <p>⑨</p> <p>⑧</p>
<p>5 製塩のしくみ</p> <p>海水から食塩をとりだすしくみをしらべる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 海水の水分をじょう発させるとこい海水になる。 ・ 太陽の熱であたためると、海水の水分がじょう発する。 ・ 海水にふくまれている食塩はじょう発しない。 ・ 海水の水分をじょう発させれば、こい海水ができる。 ○ こい海水をろ過すれば、ごみや砂をとりのぞくことができる。 ・ 海水にまじっているごみや砂は通りぬけない。 ・ 海水にふくまれている食塩は通りぬける。 ○ こい海水をにつめて水分をじょう発させると食塩がのこる。 ・ 強く熱すれば水分のじょう発がさかんになる。 ・ 海水にふくまれている食塩はじょう発しない。 	<p>5.1</p> <p>5.2</p> <p>5.3</p>	<p>⑧</p> <p>⑨</p> <p>⑩</p> <p>⑩</p>	<p>⑨</p> <p>⑩</p> <p>⑪</p>	<p>⑪</p> <p>⑩</p> <p>⑫</p> <p>⑬</p>

私案は、以上のように、1 食塩のとけかた、2 食塩水のろ過、3 食塩水の重さ、4 食塩のとりだしがたの5分節から成り立っている。先に掲げたA、B、Cの展開例の指導内容は、そのほとんどが私案の2、4、5分節に関連するものであり、私案の1、3分節に関連するものはみられない。

以下、私案の指導内容と指導の意図について、分節ごとに若干の補説を試みたい。

1 食塩のとけかたについて

1.1 食塩水を水にとかすと、とう明になる。

試験管に水を入れ、食塩を加えてよくかきまぜ、明るいほうにかざしてみる。また、試験管の中の水にでんぷんを加えてかきまぜ、明るいほうにかざしてみる。食塩を入れた試験管と、でんぷんを入れた試験管をしばらくそっとしておいてから、もう一度明るいほうにかざしてみる。このような実験を通じて、食塩は水に溶ける、食塩水はにごらない、溶けた食塩の粒は見えない、溶けた食塩の粒は底に沈まないということに気づかせる。また、でんぷんの水はにごる、でんぷんの粒は見える、でんぷんの粒は底に沈むことと比較させ、その状態の違いに気づかせる。食塩水の中の食塩は「溶けた」ものであり、でんぷんは溶けているものでないことを説明し、「溶ける」ということばのあいまいさに気づかせ、溶けた食塩水の事実と結びつけて、溶けるということばの意味を理解させたい。

1.2 とけきれない食塩は、下のほうにしずむ。

少量の水を2本の試験管に入れて、溶けきれなくなるまで食塩を加える。一方の試験管をアルコールランプで熱してみる。もう一方の試験管には水を加えてよくかきまぜる。また、ほうさんについてもこれと同じ実験をやってみる。このような学習活動を通じて、水に溶ける食塩の量には限度があること、ある量までは溶けるがそれ以上は溶けない、したがって、食塩水の濃さには限度があること、ある程度まで濃くなるとそれ以上は濃くならないことを理解させる。溶液および飽和についての考え方をここで深めたいと考える。また、一定量の水に溶ける食塩の量は、水の温度が変わっても変わらない、水の量を多くすれば、その水に溶ける食塩の量が多くなることに気づかせる。

ほうさんについては、一定量の水に溶けるほうさんの量は、水の温度が高くなると多くなり、水の温度が下がると少なくなること、したがって、水の温度が下がるとほうさんは結晶になって出てくることなどに気づかせる。ここでの学習を通じて、食塩やほうさんの溶けかたの類似点や相違点に気づかせ、溶液概念を深めるとともに、物質個々に特有な性質についての理解を深める。

1.3 食塩水は、どの部分も同じようにしおからい。

試験管に入れた食塩水を、ガラス管などで上、中、下の各部分から少しずつ取り出し、分け取った食塩水をなめてみたり、スライドガラスにのせてアルコールランプで暖めたりしてみる。これらの学習を通じて、食塩水はどの部分を取り出しても同じようにしおからいこと、食塩水のどの部分からも食塩を取り出せること、溶けた食塩の粒は食塩水の中に一様に含まれていることを理解させたい。また、食塩水の水分を蒸発させると食塩がスライドガラスの上に残ることから、溶けた食塩の粒は蒸発しないことに気づかせたい。この学習は、あとで行なう蒸留の実験でいっそう深めるようにしたい。

2 食塩水のろ過について

2・1 水にまじったごみやすなは、ガーゼのめを通りぬける。

小さなごみやすなの混じった水をガーゼでこしても、ごみやすなはガーゼを通りぬけることから、ろ過する網の目より小さいものは、通りぬけることを実感としてとらえさせたい。網の目をうんと小さくすれば、きわめて微小なものでもろ過することによって分離できることに気づかせることが必要であると思う。これが、ろ紙のめの細かさと、それでも通りぬけるような「溶けた食塩の粒」を関連づけて、溶液中における溶質の状態に対するイメージを深める点で重要な役割を果たすものと考えられる。

2・2 水に溶けた食塩は、ろ紙を通りぬける。

ビーカーに水を入れ、食塩を加えてよくかきまぜ、ろ紙を使ってろ過する。ろ過した食塩水をなめてみてしおからいこと、ろ過した食塩水をスライドガラスにとって暖めると食塩が残ることなどを確かめる。このことから、水に溶けた食塩の粒はろ紙を通りぬけること、水に溶けた食塩の粒はろ紙のめよりも小さいことを理解させる。溶液概念としては、1・1で透明なこと、1・2で沈澱しないこと、1・3で均質なことを指導してきたが、ここでは、ろ過のめを通るという点が付加されることになる。

2・3 水にまぜたでんぷんは、ろ紙を通りぬけない。

ビーカーに水を入れ、食塩とでんぷんを加えてよくかきまぜ、ろ紙を使ってろ過する。ろ過した液をスライドガラスにとって暖めると食塩が残ること、ろ過した液にヨウソ液を加えても色が変わらないこと、ろ過に使ったろ紙にヨウソ液をたらすと青紫色に変わることを確かめる。これらの実験を通じて、水に溶けた食塩はろ紙のめを通りぬけるが、でんぷんはろ紙のめを通りぬけないこと、水に溶けた食塩の粒はろ紙のめよりも小さいが、でんぷんの粒はろ紙のめよりも大きいことに気づかせ、ろ過の原理を理解させるとともに溶液概念の形成を図りたい。

3 食塩水の重さについて

3・1 食塩を水に溶かすと、水のめかたは重くなる。

ビーカーに入れた水の重さと、食塩の重さをそれぞれはかり、その水に食塩を加えてかきまぜ食塩水を作り、食塩水の重さと、はじめの水と加えた食塩の重さとをくらべる。この実験を通じて、食塩水の重さは、はじめの水の重さと溶かした食塩の重さの和になることに気づかせ、食塩が溶けてしまっても見えなくても重さがあること、重さがあることは食塩があることになり、物質があるかぎり必ず重さがあることを知らせる。物質の状態や形が変わっても、物質そのものがなくなることはないこと、物質があることは、重さがあることによっても確かめられることから、物質不滅の概念形成を図りたい。

3・2 食塩をたくさん溶かせば、食塩水は重くなる。

ビーカーに水を入れて重さをはかり、その水の中にスプーンなどで1ばいずつ食塩を加えて溶かしながら、そのたびに食塩水の重さをはかっていく。加える食塩を増していけば、それにつれて食塩水の重さも増していくことから、食塩をたくさん溶かせば食塩水は濃くなること、濃い食塩水はうすい食塩水よりも重いことに気づかせる。また、1・2での飽和の概念と関連させて、一定の水に溶ける食塩の量には限度があること、したがって、食塩水の濃さや食塩水の重さにも限度があることに気づかせたい。

4 食塩のとりだしかたについて

この分節に関する指導内容は、私案も、A、B、Cの展開例もほとんど同様である。例Aで△じるしで示した記号は、問題の形で児童になげかけている内容である。蒸留水を作る装置や方法について考えさせた△は、重要な学習内容であると感じる。蒸留装置の意味を考える過程で、溶けた食塩や水に対す

る児童の概念がうきぼりされるから、それに応じた指導の手をさしのべることが可能になると考えるからである。

食塩水をフラスコに入れて熱し、できた水蒸気を冷やして蒸留水を作り、その水の中に食塩が含まれていないことを確かめたり、食塩水の水分がなくなるとあとに食塩が残ることを確かめる。これらのことから、水は蒸発するが食塩は蒸発しないという性質を利用して、食塩水から水と食塩を分け取られることを理解させる。また、溶かす水の温度が変わっても、その水に溶ける食塩の量は変わらない、溶かす水の量が変わると、その水に溶ける食塩の量が変わるという既習内容と結びつけて、食塩水がだんだんと濃くなり、しまいには食塩が結晶として出てくることを理解させたいと思う。つまり、溶けている食塩の量ははじめから変わらないのに、熱すると水だけが減っていく、したがって、食塩水はだんだん濃くなっていくことになり、水が減っていけば余分に溶けている食塩はかたまりになって出てくるという論理的な考え方ができるようにしたいと思う。

5 製塩のしくみについて

この分節に関する指導内容も、私案とA、B、Cの展開例はほとんど同様である。私案では、できるだけ、1～4の分節の指導内容と関連づけた表現をとるようにつとめたつもりである。

4. 学習指導の実際とその考察

「食塩水」の学習指導過程の私案については先に述べたとおりであるが、ここでは、その私案にもとづいて筆者が指導した授業の実際について述べ、そこにみられた児童の反応を手がかりとして、学習指導過程に関する問題点を考察したい。

授業は、昭和40年10月、新潟市立浜浦小学校第4学年2個学級を対象に実施したものであり、指導時間は各学級それぞれ6時間ずつである。ここでは、記述の便宜上、授業の各分節の中での主要な部分だけについて紹介し、記載の方法は、必ずしも学級別および指導の順序によらない。なお、話し合いの内容は、テープレコーダーに吹き込んでおいたものである。

(1) ものが溶けることについて

最初の時間での導入の授業場面。

T. ものを溶かすとか、ものが溶けるとかいったら、どういう物を考えますか。

P. てつ P. こおり P. ろうそく F. 食塩 P. ガラス P. ほうさん

P. ジュース

T. この中で、溶かすやりかたの違うものがないかな。みんな同じですか。

P. 鉄やガラスやろうそくは、火で溶かす。

P. 食塩、ほうさん、ジュースは水や湯で溶かす。

P. こおりはしぜんに溶ける。

- T. しぜんに溶けるというのは、どういうことかな。
- P. 温度が上がることだ (一斉に)
- P. 温度が上がると溶ける (一斉に)
- T. きようは、ものの溶けかたのうち、水や湯で溶けるものについて考えていこう、
 これらの中で、いままでに勉強したものはないかな。
- P. しお P. ほうさん
- T. しおの溶けかたのせいしつ、きまり、くせはどんなだったかな。
- P. あつい湯でやると溶ける。(反論なし、はっきりしていない)
- P. 水でやると溶けない。(反論なし、はっきりしていない)
- T. しおは水とお湯で溶けかたが違うのかな。
- P. お湯のほうがよく溶ける。(かなり多い、反論なし)
- T. ほうさんはどうだろう。
- P. 水だとあまり溶けない。
- P. 暖めるとよく溶ける。

ここでは、「溶ける」ということがひじょうに広く使われていること、食塩の溶け方とほうさんの溶け方が、いずれも溶媒の温度に影響されると考えていることが感じられた。3年での溶解の指導では、それほど深まった概念が形成しにくいことを示しているように思われる。

(2) ほうさんの溶けかたと食塩の溶けかたについて

試験管の中の水にほうさんを溶かし、溶けきれなくなった試験管を熱したあとの授業場面。

- T. この前の実験で、ほうさんの溶け方をまとめるとどうなるかな。
- P. はじめ溶けたが、すぐ溶けなくなった。熱したらまた溶けた。さましたらまた出てきた。
- P. こおりみたいになって、出てきた。
- T. まとめると、ほうさんはこうなるね。
- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------|-----|--|---|-----|---|--|---------|---|--|---------|---|--|-----------|---|---|---|-----|--|---|-----|---|--|---------|---|--|---|---|--|---|
| <p>(板書) ほうさん</p> <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 10px;">1</td> <td style="font-size: 2em;">{</td> <td style="padding-left: 5px;">とけた</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">とけた</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>とけなくなった</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>熱したらとけた</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>さましたら出てきた</td> </tr> </table> | 1 | { | とけた | | } | とけた | 2 | | とけなくなった | 3 | | 熱したらとけた | 4 | | さましたら出てきた | <p>食塩</p> <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="width: 10px;">1</td> <td style="font-size: 2em;">{</td> <td style="padding-left: 5px;">とけた</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">とけた</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>とけなくなった</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>?</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>?</td> </tr> </table> | 1 | { | とけた | | } | とけた | 2 | | とけなくなった | 3 | | ? | 4 | | ? |
| 1 | { | とけた | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | } | とけた | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | とけなくなった | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | 熱したらとけた | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | さましたら出てきた | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | { | とけた | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | } | とけた | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | とけなくなった | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | ? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | ? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
- T. 1、2、3、4の順序になったが、食塩もそうなるだろうか。
- これまでの勉強では、1、2までははっきりしている。(右側に板書)
- P. 2番まで同じ (ガヤガヤ)
- P. 3番まで (ガヤガヤ)
- T. はっきりとまとめていってみよう。どこまでがほうさんと同じだと思いますか。
- 1までは同じ (41人、全員)

- 2までは同じ(41人、全員)
- 3まで同じになると思う人(41人中36人)(熱したら溶ける)
- 3では違うと思う人(41人中5人)(熱しても溶けない)
- 4でも同じだと思う人(41人中15人)(さましたら出てくる)

ここでは、食塩が溶けなくなったら、熱してやれば、ほうさんと同じように溶けると考えるものが多い。また、水の温度が下がれば、食塩が出てくるというものもかなり多い。

(3) 飽和の概念について

試験管の中の水に、ほうさんと食塩をそれぞれ加えて、溶けきれないで少し底に残るような液を作ったあとの、話し合いの場面。

- T. これまでの実験で、ほうさんと食塩のとけかたについてわかったことをまとめてみよう。
- P. ほうさんは何回入れても溶けたみたい。食塩は少し入れたらちょうどよくなった。
- P. ぼくは違うよ。(ぼくも、私も、賛成の声若干)
- 食塩のほうは何回も入れたけど、ほうさんのほうは少ない回数で溶けなくなった。
- P. 同じ量ずつ入れていったら、ほうさんは3回くらいでできたし、食塩は10回くらいだった。
- T. 溶かした水の量はどちらも同じにしておいたのだが、加えたほうさんと食塩の量は、はっきりくらべられないね。
- これまでの実験ではっきりいえることは、きまっただけの水があるとすると、ほうさんも食塩もあるところまでは溶ける、あるところから先はもう溶けなくて残るということだね。
- 何グラムまで溶けるというさかいは、はっきりしないけれども、溶ける、溶ける、溶けるといって、どこかをさかいはにして、もう溶けないということになる。
- このとき、水の中はどうなっているのだろうか。こんなことが毎日の暮らしの中にないだろうかね。だいじょうぶ、まだだいじょうぶ、こんどはだめ、つぎもだめなんてことが……
- P. あのね、バスの中で土曜の昼ごろ、女学生が乗ってきてね、ギューギュー満員になると、あとはだめだとドアしめちゃう。
- P. ああそうか、ぼくのもにている。
- P. バスが満員になったみたいだ。
- T. バスとこの実験はどこが似ているのだろう。
- P. 人がしおやほうさんだ。(賛成の声多し)
- T. 満員になったのはどれだろうか。
- P. 試験管の底だ。 P. 水の中だ。 P. 水の中の底だ。(ガヤガヤ)
- P. 上の水が満員になったからだ。
- T. バスなら大型にすればもっと乗れるが、食塩水のばあいはどうだろう。
- P. 水をよけいにするはよい。
- P. 水をよけいにするば、たくさんの食塩が溶かされる。(賛成の声多し)

ここでの話し合いから、飽和についての児童のイメージがうかがわれる。溶かす水の量が一定であれば、それに溶ける食塩やほうさんの量がきまってくることに目を向けさせることができたと思う。

(4) 温度と物の溶けかたについて

食塩とほうさんを溶かした試験管をそれぞれ3本ずつ作り、溶液の量と、溶けきれないで残っている食塩とほうさんの量をおのおの同じくらいにする。これを熱した場合のようすと、さました場合のようすとをまとめた記録をみながら話し合った場面。(図中の○印は試験管を示す。)

T. まとめの記録をみてどんなことがわかるかな。

○印は、試験管の数ですね。

P. 食塩は残っていたのが多い。

P. 食塩は、熱しても残っていたし、さましても残っている。

P. ほうさんは溶けて、食塩はあまり溶けない。

P. ほうさんは熱したら溶けて、さましたら残ったのが多い。

P. ほうさんは熱すると溶けたし、食塩は溶けない。

T. 食塩の溶けかたは、水のときも、熱したときも同じ。

ほうさんは、熱するとみな溶けて、さましたらまた出てきたことになるね。

T. ほうさんのところをみてごらん。きのうほうさんを溶かしたときは満員だった。それなのに熱したら溶けたということはどういうことかな。

P. 熱したら満員でなくなった。

P. 水のときは満員だったが、熱したら満員でなくなった。

T. バスにあたるものは、大型になったのかどうか。

P. 大きくなるない。

P. 水がよけいになったんでないもの、大きくなるない。

P. バスが大きくなったと同じみだよ。

P. よけい溶けたんだから、大きくなったことになる。

P. 水がよけいでないから、バスは同じことだ。

T. 水がよけいになったわけでないけれども、熱してやるとほうさんはうんとよけい溶けるようになる。これが、ほうさんと食塩の違うところなんだね。

T. 食塩はどういえばよいか。大部分の試験管がどうなっているかでいってみよう。

P. 熱してもあまり溶けない。

P. 熱いから、つめたいからといって、よけいとか少ないとかいうことはない。

T. それが食塩のだいたいな性質なんです。水のときとお湯のときでほとんど変わらない。

P. 食塩も、熱したほうがよけい溶けると思っていた。

P. ほくは、何でも熱したほうがよけい溶けると思っていた。

ここでは、溶媒の温度の違いによる食塩やほうさんの溶けかたに対する児童の考え方がみられる。児童がこれまでもっている概念としては、ほうさんの溶けかたと食塩の溶けかたが同じこと、食塩も溶媒の温度によって溶けかたが変わるというものが多く感じられた。

(5) 溶液が均質であることについて

2本の試験管に水を入れて、食塩を加え、1本は食塩がすっかり溶けきった食塩水、1本は食塩が溶けきれないで少し残っている食塩水を作ったあとの話し合いの場面。

T. これは、あなたがたの机の上にある食塩水を、2つに分けて書いたものです。1本は、食塩が溶けきれないで少し残っている食塩水、1本は、食塩がみんな溶けた食塩水です。
この食塩水を、図のように上、まん中、下に分けたら、どこがいちばんしおからいと思いますか。しおからいということは、食塩があることだから、うんとしおからいということは、たくさんの食塩があるということだね。

T. 食塩が溶けきれないで少し残っているときは？

P. 下がいちばんしおからい。(41人、全員)

T. いちばんしおからくないのは？

P. 上です。(41人、全員)

T. 試験管の中に残っている、食塩のつぶつぶをきいているんでないよ。まちがわないでね。

P. はい。 P. わかります。

T. 食塩がすっかり溶けてしまった食塩水では？

P. 上の方が、いちばんしおからい。(挙手41人中21人)

T. どうしてそう思う。

P. 溶けたら上に浮かんでいけよう。

P. 食塩のつぶが上に浮かんでいく。

P. 上に上がるといっていいけど、時間がたてば少しずつ上にいく。

T. いちばんしおからいのは、そのほかにあるという人は？

P. 下がしおからい。(挙手41人中2人)

P. みんな同じだ。(挙手41人中18人)

T. まん中がいちばんしおからいという人はいない？(挙手なし)

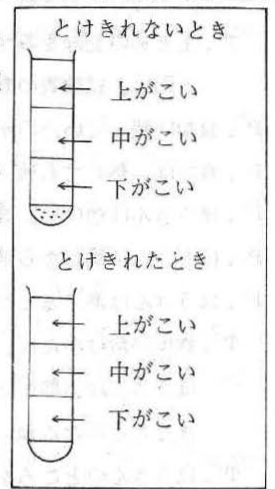
T. なんとかして実験で調べられないかなあ。

P. 実際に作ってみれば、塩みたいのが見えるんじゃない？

P. 少しずつ上に浮かんでいくよ。

P. 黒い紙をおいて、うしろにすかしておいてかきませたら、白いつぶが見えるんじゃないかな。

P. 溶けてしまうんだから、白いものもないと思うよ。見えないうんじゃないかな。



P. しおは溶けたんでしょう？ 溶けたんなら白いなんかいうことないでしょう。

P. やってみなきゃ、わかんないよ。

ここでは、溶液の均質性についての理解にとぼしいことがうかがわれた。不飽和食塩水については、やや均質と推論しているようであるが、飽和溶液については、全く均質でないと考えている。

(6) 溶液を分け取ることにについて

食塩水のどの部分にも一様に食塩が含まれていることを確かめるために、上、中、下の3部分の食塩水を取り出す方法について話し合った場面。

T. 上の食塩水、まん中の食塩水、下のほうの食塩水と分けて取ることができないかなあ。

P. 試験管にあなをあけて……むりだ、われちゃうな。

P. 上から少しずつ取っていく。ちよっとずつ捨てていく。

P. そんなのないよ。だめだよ。(ガヤガヤ)

P. ちよっとずつこぼしていく。少しずつこぼしていけばよいんじゃない。

P. だめだよ。混ぜっちゃうよ。(ガヤガヤ)

P. まげていったら、混ぜってしまう。上だけ取るとはできないよ。

P. スポイトで取る。

P. スポイトで取るなら、ストローでもできるよ。

P. はし入れてなめたら？

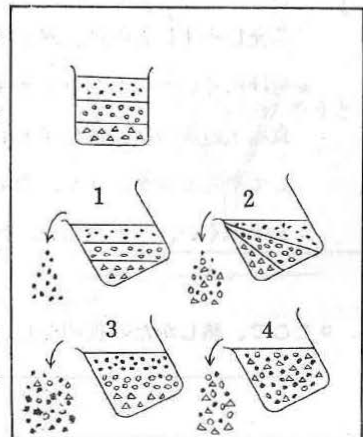
P. だめだよ。ごちゃごちゃになってしまうよ。(ガヤガヤ)

ここでは、食塩水の分け取り方について、素朴な内容の話し合いがなされている。われわれが、当然のこととして使用する実験の方法が、実は意外なほど児童に理解されていないことの1例であろう。とくに、「まげていったら混ぜってしまう。上だけ取るとはできない。」とか、「少しずつこぼしていったってだめだ。混ぜってしまう。」という意見が多いのにおどろいた。

そこで、次のような問題を与えて意見を出し合った。

T. 水に色をつけて、点々が見えるようにするわけにはいかないが、図のように3つの部分を考えてみるとしよう。静かにビーカーを傾けると、どうなるだろう。次の4つに分けて手をあげてもらおうかな。

- 1 上は上できれいに出てくる。(挙手なし)
- 2 ななめにすると出口のところがいっしょになる。みんな同じくらいずつ出てくる。(挙手なし)
- 3 ななめにすると出口のところがいっしょになる。だけど上がいちばんよけいで、下がいちばん少なく混



じって出てくる。(挙手41人、全員)

4 ななめにすると同時に、みんな混じり合ってしまう。(挙手なし)

○以上のような結果になったので、比重の異なる3種類の液(飽和食塩水、稀食塩水、水)をインクで着色してビーカーに入れ、静かに傾けてどの部分が分け取られるかを観察させた。

T. 静かにかたむけると、まず上の液が分け取られたね。次にまん中の液、その次に下の液と分け取られたでしょう。みんなの予想とどう違ったかな。

P. ぜんぜん違う。 P. 正反対だ。 P. ふしぎだな。

T. この前の図でいうと、1の図のようなことができるということになるね。液体を分けて取るときには、いつも頭の中で、どの部分を移し取っているのかを考えてやるとよいね。

T. みんなの予想と似ていたところは？

P. さかいめのまじりかた。

P. さかいめのところは、少しずついり混じっていること。

試験管の食塩水を取り出して、スライドガラスにのせ、アルコールランプで熱して蒸発乾固させる実験では、ガラス管を使って食塩水を取り出させ、容器を傾けて分け取る方法をとらなかった。実験にあたって、ある方法を用いることが、なぜ必要なのか、なぜ合理的なのか、ということと関連させて、それらの理解にもとづいて基礎技術の指導を行なうことがたいせつであると感じた。

(7) 食塩水の蒸発乾固について

食塩水に含まれている溶けた食塩は、食塩水のどの部分にも一様にあることを、スライドガラスにのせた食塩水の蒸発乾固によって確かめるときの話し合いの場面。

T. 取り出した食塩水を、2〜3滴スライドガラスにのせます。それをアルコールランプで熱するのです。(割れないかな？という児童あり)

蒸発しやすいものは、熱するとどンドンにげていく。あとには、蒸発しないものが残る。

分けにくいものがあるときは、蒸発するものを追い出すとよいのです。

食塩水の場合は、蒸発するものは水で、蒸発しないで残るものが食塩なのです。だから、熱してやると水が逃げて、食塩が取り出せるというわけです。

分けにくい、水と食塩を、性質の違いを利用してうまく分ける方法ですね。

○ここで、熱しかたの説明をし、割らないように注意を与えた。

P. 3枚とも、食塩がでてきた。

T. どこがいちばんよけいだったかな。

P. 下がよけいだ。(大部分が賛成)

P. まん中がよけいだ。(41人中8人)

T. いまの実験だけでは、どこがよけいだかを決められないと思うが、どうしてかな。

P. 水の量が違う。 P. ガラスにのせた食塩水の量が違う。(大部分が賛成)

P. あぶりがたが違う。(数人が賛成)

T. きょうのことで大事なことは、きょうの実験でいえることは、上・中・下のどこにも食塩があるということ、食塩水のどの場所にも食塩があるということだよ。

食塩水をガラス管で取り出すとき、水圧の関係で、どうしても下部の食塩水がよけいに取り出され、したがって、スライドガラスにもよけいのせられる結果になった。もう少し、定量的な実験ができるようなくふうをする必要があると感じた。

(8) ろ過の原理と溶けた物質について

ろ過の指導にはいる最初の話し合いの場面。

T. 水に溶けている食塩は見えない。しかし、熱すると水と食塩を区別することができた。

もう一つ大事な区別のしかたがある。それは「ろ過」という方法です。ろ過というのは、ろ紙というこし紙を使ってこすことです。これを、理科のことはでは「ろ過」というのです。

(別図を用いて)あみのめより大きいものと、小さいものが分けられる。あみのめより大きいものはひっかかるし、あみのめより小さいものは通りぬける。

このあみのめの役をするのが「ろ紙」というものです。

ろ紙も一種のあみですね。

T. じゃ、このろ紙を使ってこしたら、今まで習ったもののうち、どんなのが通りぬけて、どんなのが通らないと思うかな。

P. 水は下へいく。(41人、全員)

P. お湯は下へいく。(41人、全員)

P. 食塩は上に残る。(ほとんど全員)

P. ほうさんは上に残る。(ほとんど全員)

P. でんぶんは上に残る。(ほとんど全員)

T. まとめてみると、こうなるね。(板書)

ろ紙を通ぬけるもの

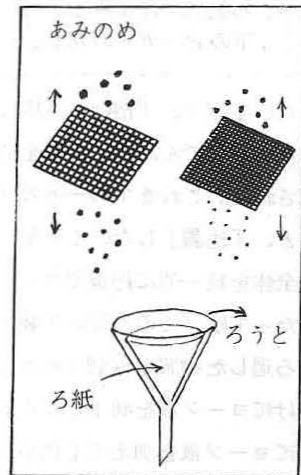
水↓ 湯↓

(ろ紙のめより小さい)

ろ紙を通りぬけないもの

食塩↑ ほうさん↑ でんぶん↑

(ろ紙のめより大きい)



T.こんなに一度にやれないから、水に食塩とでんぷんをまぜてやってみよう。

ここでは、ろ紙のあみのめの大きさについての実感がないこと、食塩、ほうさん、でんぷんというものの大きさについての理解が足りないことから、上記のような概念をもっていることがわかった。ろ過の操作を通じて、溶液または溶質に対する理解を深める一つの手がかりとなるであろう。

(9) ろ過した物質の確かめかたについて

水の中に食塩とでんぷんを入れてかきまぜ、ろ過したあとでの話し合いの場面。

T.ろ紙を通りぬけて、下にたまった水を、ガラス棒にとってなめてごらん。

P.しょっぱい、しょっぱい。

P.食塩も、下に通りぬけた。

T.食塩水をろ過すると……

P.食塩はろ紙のめを通りぬける。

P.あんな細かいあみでも通った。

T.でんぷんはどうなったかな。

P.ひっかかったんでないか。

P.でんぷんは濁っていたのに、下の水はすきとおっている。

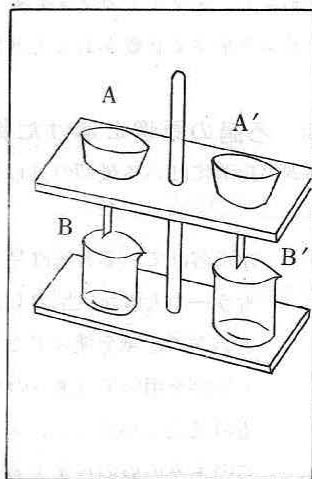
T.でんぷんはどうやって確かめられるかな。

P.ヨーン液。P.ヨードデンプン。

T.ヨーン液で確かめられるよね。ヨーン液をどういうふうに使えばよいか。

P.ろ紙につけてみる。

P.下のビーカーの水も。



この学習で、「溶けた食塩はろ紙を通りぬける。」「溶けた食塩のつぶはろ紙のめより小さい。」ことや、「でんぷんはろ紙を通りぬけない。」「でんぷんのつぶはろ紙のめより大きい。」ことが確認された。これまでの一連の学習によって、溶液というものは、「透明」であること。「均質」であること、「沈澱」しないことを理解してきたが、ここで「ろ紙を通りぬける」ことの意味が加わり、これら全体を統一的に把握できるように指導しなければならないと思う。溶液概念を形成するための指導にあたっては、このろ過の実験がきわめて重要な意義をもっていると感じる。

ろ過した物質を確認するためにヨーン液を加える実験で、上図におけるB、B'だけ、または、A、A'だけにヨーン液を滴下して止めている児童がいた。A、A'にヨーン液を加えて青紫色になることと、B、B'にヨーン液を加えても色が変わらないことを確かめて、はじめて、一つの証明ができるという論理的な考え方ができないためであろう。このような点についても、指導していかないと、ここでの実験や操作の意味を正しく理解させることができなると感じた。

(10) 蒸留装置と水蒸気について

食塩水を蒸留する装置についての話し合いの場面。

T. 食塩水をスライドガラスにのせて熱したら、水分が蒸発してあとに食塩が残ったね。それを大じかけにするためには、このフラスコで熱するとよい。

できた水蒸気を逃がさないで集めたいと思うので、ゴムせんをつけたガラスかんで引いていこうと思う。ガラス管で引いていってからのことはあとで考えよう。

ところで、ガラス管を、フラスコのどのへんまで入れたらよいか考えてみよう。

右の図でいうと、どれがよいかな。

Aがよいという人。(なし)

Bがよいという人。(41人中27人)

Cがよいという人。(41人中14人)

T. Aのしかけがだめなわけは?

P. ゆげが、くだの中にはいらぬよ。

P. 水蒸気は出ようとして上へいくが、でばしよがないからたまる。

P. 蒸気がいっぱいたまると、逃げ場がないよ。

P. 蒸気がいっぱいたまると、ゴムせんがはずれる。

P. ポーンといっちゃう。

P. 水蒸気は出てくるけど、でばしよがない。

T. Aのしかけで熱したら、水が出てくると思わないか?

P. 出ない。

P. 水がずっと上がるわけないよ。急だからな。

P. 水にはそんな力ないよ。

P. 水が上がるかも知れないよ。

P. 水は出ないよ。にたつだけだ。

P. にたつたあとで、ふたが飛ぶよ。

P. 空気室のポンプみたいに、水が出てくるよ。

T. Bのしかけで悪いという人は?

P. (はっきりした理由なし)(11人)

T. Bのしかけがよいという人は?(30人挙手)

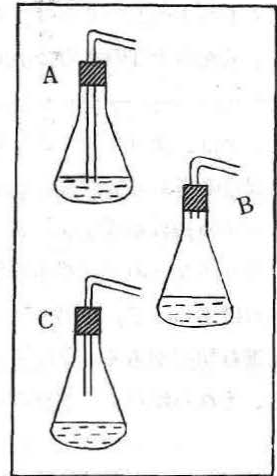
T. Cのしかけでいけないわけは?

P. 水蒸気は上へいくから、ゴムせんのでばしよがない。

P. 上へいって、もどって来ない。

P. くだが細いから出れないで、大部分は外へいく。上へ上へと上がってつかえてしまう。

P. 雨と同じように、上につかると落ちてしまう。



P. あとからどんどん上がってくるから、降りることはできない。

T. 水蒸気は、ゴムせんてつかえたら、下にもどってガラス管から出るだろう。

P. もどらない。上へ上へといく。

P. もどろうとしても、あとからくるのに押される。

P. やっぱり、ゴムせんが取れて、ポーンといく。

T. Oでも水蒸気が出てくるといふ人は？

P. 少しは出てくるよ。

P. たまってはね返ってもどる。もどってだから出る。

P. 上へ上へといくから、くだのそばのものは少しは出てくる。

P. くだのそばのものは出ていく。

ここでは、蒸留装置や水蒸気に関する児童のイメージが、きわめて多様な形で現われている。このような児童の考え方を把握した上で蒸留の指導をしないと、機械的な操作方法の習得だけに終わってしまい、蒸留の操作が成り立つ意味を理解させ、ひいては、溶液概念や物質保存の概念を形成するための学習となり得ないのではなからうか。ことに、実験の装置や方法が、従来から一般に用いられているものであればあるほど、安易に授業場面に導入してしまい、児童に対するじゅうぶんな解説や指導を忘れて先に進む傾向があるように感じる。それだけに、ここでの蒸留装置や、先に述べたろ過装置などについても、それらに対する児童の理解の実態把握が重要であると考ええる。

(11) 溶けた食塩の重さについて

水の中に溶かした食塩の重さをはかるときの話し合いの場面。

T. ビーカーの中に水を入れて、ビーカーと水の重さをいっしょにはかいたら、1000グラムあった。この水の中に、別にはかっておいた200グラムの食塩を入れて、よくかき混ぜてすっかり溶かしました。そして、もういちど重さをはかったら、いくらになるでしょうか。みんなの答えがどれにあたるか、図の番号で教えてください。

1 900~950という人。(なし)

2 1000ちょうどという人。(41人中15人)

3 1050~1150という人。

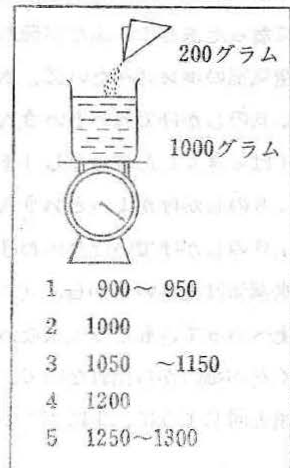
(41人中20人)

4 1200ちょうどという人。(41人中6人)

5 1250~1300という人。(なし)

T. 意見をいってください。どうしてそう思うのか。

T. 1000ちょうどという2番の人たちから。



- P. 溶かしたんだからさ、めかたはなくなると思う。(賛成の声)
- P. 入れてすっかり溶かしたんだから、めかたはふえない。(賛成の声)
- T. 1050から1150という3番の人は?
- T. 1000よりはよけいになる。足した1200よりは少ない。これはどうしたわけかな?
- P. 食塩の200グラムはね、溶けなかったのもあるから。(ガヤガヤ)(賛成の声)
- T. じゃ、溶けないのがあれば、ちょっとだけ少なくなるというのかな。
みんな溶けたら、あなたがたの考えでは1200になるの?
- P. 違う。(ガヤガヤ)
- P. みんな溶けたらね、1000になるの。
- P. みんな溶けたら1000になる。少し溶けないのがあるから1000より少しよけいになる。
- T. 少し溶けないのがあるかも知れないから、少しめかたがよけいになるということだね。
- P. はい。(賛成多し)
- T. じゃ、もういちど3番の人にききますが、あなたがたは、食塩がすっかり溶けてしまったなら、
2番(1000グラム)になるんですか、3番(1200グラム)になるんですか。
- P. 2番です。(賛成多し)
- T. はじめから4番、1200かっきりだという人は?
- P. いくら溶かしたんだってね、食塩は200グラムをはかって入れたんだから、溶かしてもその
分だけ水の中に含まれると思う。(賛成の声)
- P. 食塩を入れたんだから、食塩がはいっているだけ、めかたもはいっているんでないか。
- T. 200グラム入れたのに、200グラムふえないのはどうしてかな。2番と3番の人は?
- T. 200入れたのに200にならない。そのめかたはどこへ行ったのかな。
- P. 溶けたから。(ガヤガヤ)(賛成多し)
- P. 溶けたから、その200グラムのめかたは、はかりにはいらぬ。(賛成の声)
- P. 溶けたから、めかたはふえない。(賛成の声)
- P. 食塩のつぶは、溶けたんだから少しは軽くなるだろう。
- T. じゃ、2番と3番の人にきくけど、溶かさなくて、200グラムの食塩をわきにのせたらどう
なるかな。
- P. そりゃ1200になる。(一斉に賛成の声)
- T. 食塩を紙に包んで、ビーカーのわきにおいてはかれれば1200になるが、水に入れて溶かして
しまえば1200にはならないということだね。
- P. はい。(一斉に)

ここでは、溶質としての食塩の重さに対する児童のイメージが、かなりよく現われていると思う。食塩水の学習を通じて、物質のゆくえをさぐる力、物質不滅の概念形成を図るためには、その手がかりとして、重量保存の概念を確実に育てることが先決であると考えられる。ここにみられる児童の発言内容は、食塩と水の重さ、そして食塩水の重さをはかるといった実験がどうしても必要であること、そして、こ

の実験とろ過や蒸留の実験とが、構造的関連をもって指導されなければならないことを示唆していると思う。

以上述べてきた学習指導場面は、各分節における主要部分のうち、筆者の調査問題および私案の指導重点に関連の深いものだけであるが、これらを通じて、調査結果の再検討および私案の再構成に対する手がかりを得たいと考えるものである。

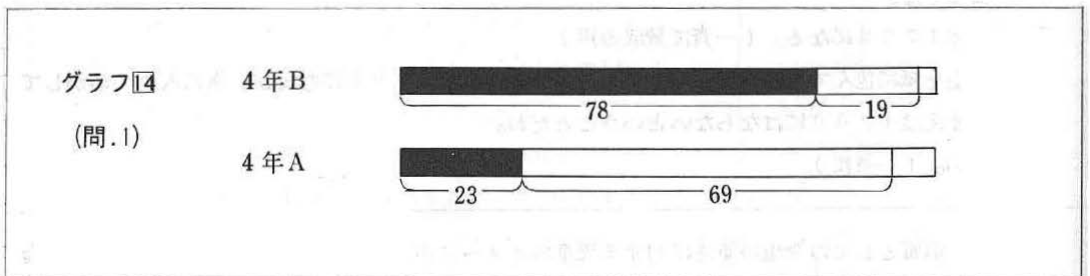
5 学習指導後の調査からみた児童の実態

授業学級の児童を対象とした、理解程度の調査と、物質変化に対する物の見方・考え方の変容については、次年度における研究内容の一部とする予定であり、「食塩水」の指導内容に対する児童の理解度をさぐり、新しい問題場面にそれを応用する力について吟味したい。また、物質変化に対する物の見方・考え方の深まり方についても、できるだけの検討を加えたいと思う。これらを通じて、小学校における化学的教材の指導過程を構成する上での、より確かな手がかりを得たいと考える。

ここでは、授業学級の児童に対して、授業の2か月後（昭和40年12月）に実施した、調査結果の一部分について記述する。なお、研究日程の関係から、授業前と授業後の調査期日の間隔を、じゅうぶんととることができなかったこと、調査問題の内容をそのまま授業における問題場面として提示する必要があったことから、授業学級（4年B）に対しては、授業を行なわない学級（4年A）と同一の問題を事後調査として実施したものである。以下、授業学級（4年B）における事後調査の結果を記述するにあたって、授業を行なわない学級（4年A）における事前調査の結果を参考として付記する。

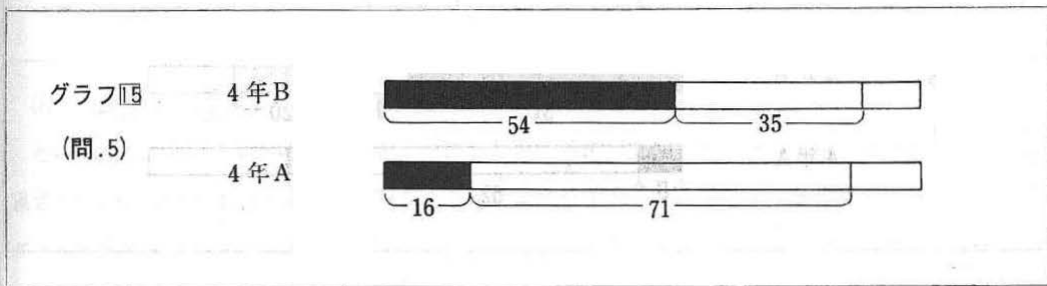
(1) 調査I [1]問.1について

この問題は、食塩がすっかり溶けきった食塩水の中に溶けている食塩は、食塩水のどの部分に多くあるかをきいたものである。「どの部分にはいつている食塩の量もみな同じ」という正答率が78%を占めている。「下の部分にはいつている食塩の量が多い」という誤答は19%である。



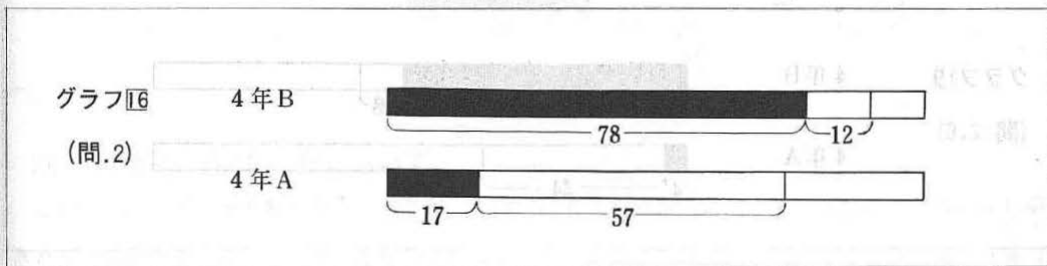
(2) 調査 I 4問. 5について

この問題は、飽和食塩水の中に溶けている食塩は、食塩水のどの部分に多くあるかをきいたものである。「どの部分にはいっている食塩の量もみな同じ」という正答率が54%であり、「下の部分にはいっている食塩が多い」という誤答は35%でかなり多い。溶けきれないで底に残っている食塩が、児童の判断にかなり強い影響を与えているためであろう。



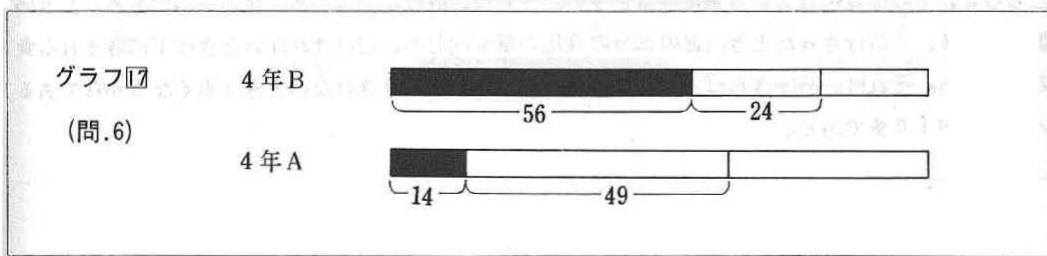
(3) 調査 I 1問. 2について

この問題は、問. 1について判断した理由をきいたものであるが、「溶けた食塩は水のどの部分にも同じようにちらばるから」という正答率は78%であり、「溶けた食塩は重くなるから」という誤答は12%である。



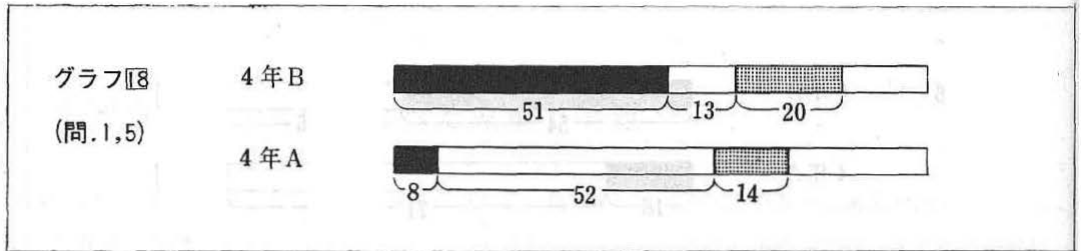
(4) 調査 I 4問. 6について

この問題は、問. 5について判断した理由をきいたものであるが、「溶けた食塩は水のどの部分にも同じようにちらばるから」という正答率が56%であり、「溶けた食塩は重くなるから」という誤答は24%である。



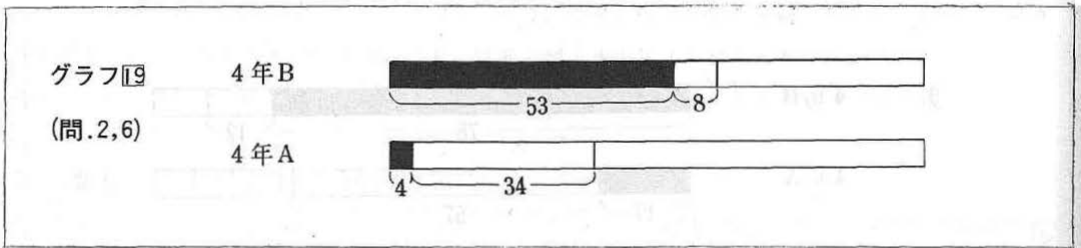
(5) 調査 I 1問・1、4問・5について

この2問は、いずれも食塩水の中に溶けている食塩の状態をきいたものである。不飽和食塩水と飽和食塩水のどちらも「どの部分に含まれている食塩の量もみな同じ」という正答率は51%であり、「どちらも、下の部分に含まれている食塩の量が多い」という誤答が13%、「食塩が溶けきったときはどの部分の食塩の量も同じが、食塩が溶けきれないときは下の部分が多い」という誤答が20%である。



(6) 調査 I 1問・2、4問・6について

この2問は、食塩水の各部分に含まれる食塩の量をきいた問。1および問。2について、それぞれ応答した理由をきいたものである。「溶けた食塩は、どの部分にも同じようにちらばる」という正答率は53%であり、「溶けた食塩は、重くなる」という誤答が8%である。

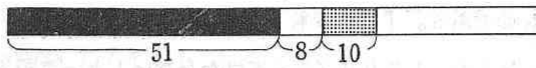


(7) 調査 I 1問・1、4問・5、1問・2、4問・6について

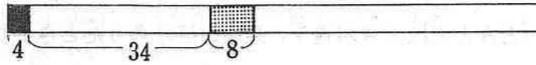
この4問は、溶けた食塩の状態についての2問と、それぞれに回答した理由をきく2問とであり、ここでは、それら全体の関連をみようとするものである。「それぞれ、どの部分の食塩の量もみな同じ。それは、溶けた食塩がどの部分にも同じようにちらばるからである」という正答率は、51%である。「どちらも、下の部分に含まれる食塩の量が多い。それは、溶けた食塩が重くなるからである。」という誤答が8%、「溶けきったときはどの部分の食塩の量も同じが、溶けきれないときは下に含まれる食塩の量が多い。それは、溶けきれればどの部分にもちらばるが、溶けきれないときは重くなるからである」という誤答が10%である。

グラフ⑩
(問.1,5,2,6)

4年B



4年A

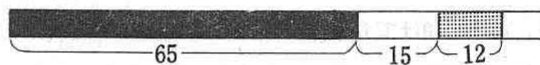


(8) 調査 I ②問.3について

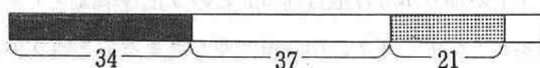
この問題は、水とその容器で1000グラムのところに、食塩200グラムを加えて溶かしたときの重さについてきいたものである。「1200グラムになる」という正答率は65%であり、「1050グラムから1150グラムのあいだになる」という誤答が15%、「1000グラムになる」という誤答が12%である。

グラフ⑪
(問.3)

4年B



4年A

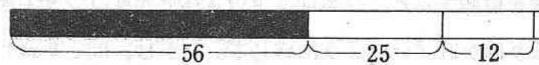


(9) 調査 I ⑤問.7について

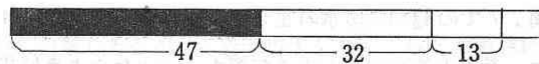
この問題は、水とその容器で1000グラムのところに、食塩200グラムを加えたとき、少し溶けきれない場合の重さについてきいたものである。「1200グラムになる」という正答率は56%で、「1050グラムから1150グラムのあいだになる」という誤答が25%、「1000グラムになる」という誤答が12%である。

グラフ⑫
(問.7)

4年B

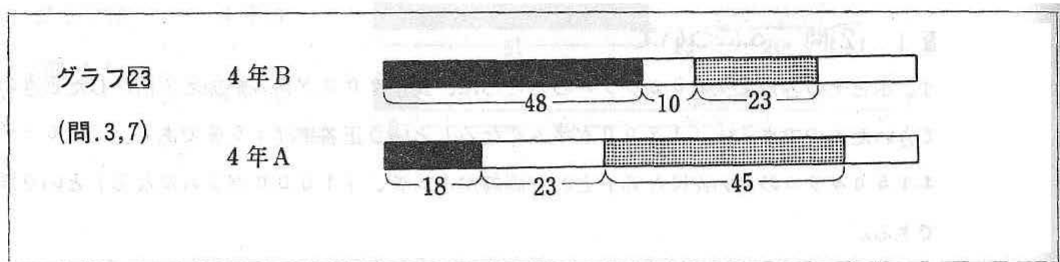


4年A



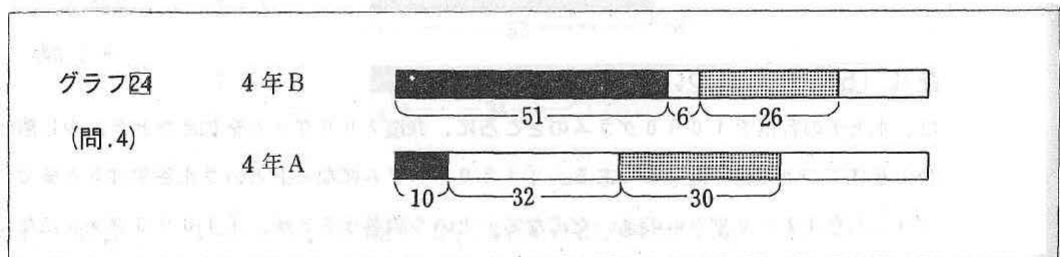
(10) 調査1 2問・3、5問・7について

この2問は、不飽和食塩水と飽和食塩水の重さについてきいたものであるが、ここでは両問の関連をみようとしたものである。「どちらも1200グラムになる」という正答率は48%であり、「どちらも同じ重さになるが、1200グラムにはならない」という誤答が10%、「食塩が溶けきったときと溶けきれないときとは重さが違う。食塩が溶けきったときよりも、溶けきれないで残ったときのほうが重い」という誤答が23%である。



(11) 調査1 3問・4について

この問題は、容器を傾けて食塩水を分け取るとき、どの部分の食塩水が多く分け取られるかをきいたものである。「上の部分が分け取られる」という正答率は51%である。「上、中、下の順に多くたまる」という誤答が6%、「上、中の順に多くたまる」という誤答が26%である。



以上の結果を概観すると、授業前に予想された児童のつまずきと誤解や、授業中にみられた混乱などが、かなり取り除かれているように感じる。しかし、問.5および6における溶けた食塩の状態についての理解、問.7での飽和食塩水の重さについての理解、問.4での食塩の分け取り方と溶質についての理解などは、その正答率からみてまだ深まっていないように思う。これらについても検討を進めることが必要であると考えられる。

(12) 調査Ⅲ 溶けた食塩に対する児童のイメージについて

この調査は、「かわいている食塩」と「水に溶けた食塩」との違いに対する児童の意見を、食塩水のろ過の授業後に自由記述させたものである。主たる意見をまとめると次のとおりである。

- ① 食塩が溶けたからろ紙を通りぬけた。〔24人〕
- ② 食塩が溶けて、ろ紙のめより小さいつぶになったから、ろ紙を通りぬけた。〔22人〕
- ③ 水のはたらきで、ろ紙のめを通りぬけた。〔10人〕
 - 食塩に水をかけると、水のおす力でろ紙を通りぬける。(3)
 - 食塩は水と混じって、いっしょに流されていく。(2)
 - 食塩が、水の方で流されていく。(2)
 - 水を流すと、水といっしょに沈む。(1)
 - 水をかけたら、その勢いで、食塩のつぶが飛び散って、水といっしょに流される。(1)
 - 水をざぶーんと入れたから。(1)
- ④ 食塩水是水だから、ろ紙のめを通りぬける。〔9人〕
 - 食塩に水をかけると、水と同じになるから通りぬける。(3)
 - ろ紙のあみのめに水があるから、食塩も水になる。(1)
 - 水を入れると、水に混ざって同じになる。(2)
 - 食塩水になったから、通りぬける。(3)
- ⑤ 食塩のつぶが細かく分かれるから、ろ紙を通りぬける。〔8人〕
 - 水やお湯といっしょになると、つぶが細かく分かれる。(3)
 - 溶けた食塩は、ろ紙のめより細かい線のように水に分解されるから。(1)
 - 水をかけると、食塩のつぶがばらばらになる。(1)
 - 食塩は、水にけずられて細かく分かれる。(1)
 - 水をかけると、食塩のまわりのやわらかいところが分かれる。(1)
 - 食塩のまわりがけずられて、細かくなってしまう。(1)
- ⑥ その他〔6人〕
 - 食塩はつぶだから通れないが、食塩水はつぶでないからろ紙を通る。(2)
 - はじめはただの食塩だけど、液体に変わったから、水はろ紙を通るから。(1)
 - あめをしゃぶったのと同じに、食塩も溶けてあめのようなになる。(1)
 - 水に完全に溶けると、ただ味が残るだけで、つぶはなくなって水と同じになる。(1)
 - 水を注ぐとつぶがなくなる。お湯を注げば、なおよく通るようになる。(1)

以上の記述内容は、きわめておおまかな分類であるが、ろ過の現象を通じてみた食塩水に対する児童のイメージを概観できると思う。自由記述そのものについての抵抗もかなりあると考えられるので、さらに調査の方法をくふうして、児童の概念の実態をさぐりたいと考える。

Ⅲ 中和（５年）の事例について

1 研究の経過について

小学校５年における「中和」については、本研究の第１年次（昭和３９年度）にとりあげ、指導内容の問題点、学習指導過程案、学習指導の実際と児童の反応、中和実験の指導過程、中和実験に関する児童の実態、中和現象に関する児童の理解の実態の検討を行なったものである。これらの内容については研究紀要第４８集（昭和４０年３月発行）に掲載したのでご参照いただきたい。

第２年次（昭和４０年度）の研究では、主として４年「食塩水」に重点をおいたが、継続研究として５年「中和」の授業および調査も実施した。授業は、第１年次における学習指導過程案にもとづいて行なったものであるが、授業に関する考察と、授業学級に対する事後調査の結果については割愛し、第３年次における研究結果をまとめて、総括的な検討を加えたいと考えている。

ここでは、主として第２年次に実施した紙上調査の結果とその考察について述べたいと思う。紙上調査は、後に掲げる質問紙を用いて、５年（３個学級）、６年（３個学級）、中学１年（２個学級）を対象として実施した。中和現象そのものに関する調査問題は、「中和」の学習指導前に行なうことができない。したがって、５年については授業後３か月、６年については１年間、中学１年については２年間を経過した時点での事後調査ということになる。なお、６年の３個学級は、筆者が第１年次の研究にあたって「中和」の授業を実施した学級である。

2 「中和」に関する児童の実態調査と結果の考察

(1) 調査問題のねらい

調査Ⅳは、塩酸と水酸化ナトリウムの中和によって食塩（と水）が生成する現象について、中和液の重さをきいたものである。中和液の重さに関する推論を通じて、反応物質と生成物質の関係についての見方・考え方や、化学変化に関する重量保存、ひいては物質の不滅性に関する概念の実態をさぐる手がかりを得ようとしたものである。

調査Ⅴは、塩酸と水酸化ナトリウムの中和について、中和とはどういうことか、生成物質はどこからきたか、反応物質はどこへいったかをきいたものである。この応答を通じて、中和現象に対するイメージ、反応物質と生成物質に対する見方・考え方、物質の不滅性に関する概念の様態をみようと考えた。

調査Ⅶは、酸性・アルカリ性・中性の液を、混ぜたとき、それぞれどのような性質を示すかについてきいたものである。この応答を通じて、酸性・アルカリ性・中性についてのイメージ、ことに中性を示す液についての見方・考え方の実態をみようと考えた。

(2) 調査問題の内容

理科の調査

〔調査Ⅳ〕

組	番	氏名
---	---	----

整理番号

(答え)

うすいえんさんと、水さんかナトリウムのうすい液を、ちょうどよくまぜると、中和して中性になり、その水分を蒸発させると食塩が残ります。

いま、うすいえんさんを50グラム、水さんかナトリウムのうすい液を50グラムまぜたら、ちょうどよく中和しました。

このとき、中和した液の重さをはかったらどうなるでしょうか。つぎの1、2、3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 はじめの重さ(100グラム)よりも重くなる。
- 2 はじめの重さ(100グラム)よりも軽くなる。
- 3 はじめの重さ(100グラム)と変わらない。

問.10 a

上の問題で、その番号をえらんだわけを、つぎのア、イ、ウ、エの中から一つだけえらんで、その記号を□の中に書きなさい。

(上の問題でえらんだ番号と同じ番号について、一つだけ書きなさい。)

- 1 はじめの重さ(100グラム)よりも重くなる。
 - ア 水さんかナトリウムが中和して食塩に変わったのだから
 - イ えんさんが中和して食塩に変わったのだから
 - ウ 水さんかナトリウムとえんさんが中和して食塩に変わったのだから
 - エ はじめになかった食塩があたりしくできたのだから

問.10 b

- 2 はじめの重さ(100グラム)よりも軽くなる
 - ア 中和して食塩ができるとき、水さんかナトリウムがへるから
 - イ 中和して食塩ができるとき、えんさんがへるから
 - ウ 中和して食塩ができるとき、水さんかナトリウムとえんさんがへるから
 - エ 中和してできた食塩は、とけているから

問.10 c

- 3 はじめの重さ(100グラム)と変わらない
 - ア 水さんかナトリウムのへったぶんと同じだけ食塩ができるから
 - イ えんさんのへったぶんと同じだけ食塩ができるから
 - ウ 水さんかナトリウムとえんさんのへったぶんと同じだけ食塩ができるから
 - エ 中和するまえのものと同じ重さのものが中和してできるから

問.10 d

理科の調査

〔調査V〕

組	番	氏名
---	---	----

整理番号

(答え)

中和の実験(うすいえんさんと水さんかナトリウムのうすい液を、ちょうどよくまぜると中和して中性になり、その水分を蒸発させると食塩が残る)について、いろいろなことが書いてあります。つぎのA、B、Cの問題について、それぞれの下に書いてある1、2、3、4、5、6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。

A まぜたら中和したというのは、どんなことでしょうか。

- 1 まぜた物がなくなってしまうことだから、物がなにもないのと同じことになる。
- 2 まぜた物がなくなるのではなくて、その物の性質が変わるだけのことである。
- 3 まぜた物の性質が変わることだから、その物がなくなると同じことである。
- 4 まぜた物が同じくらいずつはいついて、両方の性質がなくなることである。
- 5 まぜた物がたがいに相手の性質を消しあって、両方の性質がなくなることである。
- 6 まぜた物が同じくらいずつはいついて、たがいに相手の性質を消しあっていることである。

問.11

B 中和してできた食塩のものは、どこにあったのでしょうか。

- 1 はじめから、えんさんの中にぜんぶはいついていた。
- 2 はじめから、水さんかナトリウムの中にぜんぶはいついていた。
- 3 はじめから、えんさんと水さんかナトリウムの中に少しずつはいついていた。
- 4 はじめから、えんさんと水さんかナトリウムの中に半分ずつはいついていた。
- 5 はじめは、えんさんにも水さんかナトリウムにもはいついていなかったが、中和したのでできた。
- 6 はじめは、えんさんにも水さんかナトリウムにもはいついていなかったが、中性になったのでできた。

問.12

C まぜたえんさんや水さんかナトリウムは、どうなったのでしょうか。

- 1 水分を蒸発させたときに、水といっしょに蒸発してしまった。
- 2 中和して性質が変わったので、両方ともなくなってしまった。
- 3 両方をまぜただけだから、中和した液の中にはじめのまま残っている。
- 4 両方の性質は変わったけれども、中和した液の中にはいつている。
- 5 水さんかナトリウムはなくなったが、えんさんは中和した液の中にはいつている。
- 6 えんさんはなくなったが、水さんかナトリウムは中和した液の中にはいつている。

問.13

理科の調査

〔調査Ⅶ〕

組	番	氏名
---	---	----

整理番号

(答え)

つぎのA、B、Cの問いの答えとして、正しい文書にはその番号の□に○じるしを書き、正しくない文章にはその番号の□に×じるしを書きなさい。

(○じるしや×じるしはいくつ書いてもよいのです。□の中には必ず○じるしか×じるしを書き入れなさい。)

A さん性の液とアルカリ性の液をまぜるとどうなりますか。

- 1 さん性の液がつよいときは、さん性になる。
- 2 アルカリ性の液がつよいときは、アルカリ性になる。
- 3 両方の液のつよさが同じときには、中性になる。
- 4 いつでも、さん性になる。
- 5 いつでも、アルカリ性になる。
- 6 いつでも、中性になる。

1	
2	
3	
4	
5	
6	

問.14

--

B 中性の液とさん性の液をまぜるとどうなりますか。

- 1 さん性の液がつよいときは、さん性になる。
- 2 中性の液がつよいときは、中性になる。
- 3 両方の液のつよさが同じときには、中性になる。
- 4 いつでも、さん性になる。
- 5 いつでも、アルカリ性になる。
- 6 いつでも、中性になる。

1	
2	
3	
4	
5	
6	

問.15

--

C 中性の液とアルカリ性の液をまぜるとどうなりますか。

- 1 アルカリ性の液がつよいときは、アルカリ性になる。
- 2 中性の液がつよいときは、中性になる。
- 3 両方の液のつよさが同じときには、中性になる。
- 4 いつでも、さん性になる。
- 5 いつでも、アルカリ性になる。
- 6 いつでも、中性になる。

1	
2	
3	
4	
5	
6	

問.16

--

(3) 調査の結果とその考察

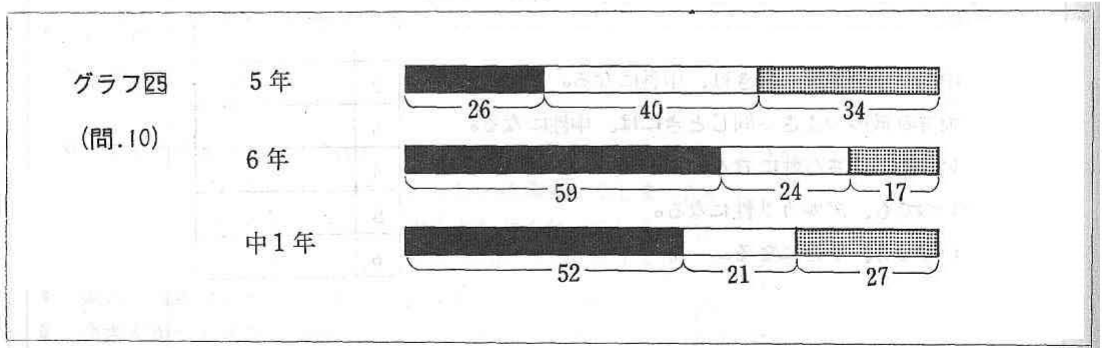
① 調査Ⅳ 問.10 について

この問題は、塩酸50グラム、水酸化ナトリウム液50グラムをまぜて中和させたとき、中和液の重さが、はじめの重さ(100グラム)にくらべてどうなるかをきいたものである。

応答状況は次のとおりである。

選 択 肢	内 容	5 年		6 年		中1年	
1 重くなる	ア 水酸化ナトリウムが食塩になった	1	34	0	17	3	27
	イ 塩酸が食塩になった	4		2		2	
	ウ 水酸化ナトリウムと塩酸が食塩になった	10		6		11	
	エ はじめになかった食塩が新しくできた	19		9		11	
2 軽くなる	ア 水酸化ナトリウムが減る	5	40	5	24	3	21
	イ 塩酸が減る	2		1		7	
	ウ 水酸化ナトリウムと塩酸が減る	21		10		10	
	エ できた食塩は溶けている	12		8		1	
3 変わらない	ア 水酸化ナトリウムの減っただけ生成する	1	26	0	59	5	52
	イ 塩酸の減っただけ生成する	1		3		5	
	ウ 両者の減っただけ生成する	6		16		7	
	エ 中和反応の前後では重量が等しくなる	18		46		35	

この応答傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、「中和反応の前後では、重量は変わらない」と推論しているものが、5年で2.6%、6年で5.9%、中1年で5.2%となっている。しかし、この中には、誤った理由（3における選択肢ア、イ）にもとづくものも含まれているので、実際にはもう少し低いものと考えられる。とくに、5年での軽くなると考えている4.0%、重くなると考えている3.4%の内容については、注目しなければならないと考える。

② 調査V 問.11、12、13について

この問題は、「まぜたら中和したというのはどういうことか」をきいた問.11、「中和してできた食塩のもとはどこにあったのか」をきいた問.12、「はじめにまぜたものはどうなったのか」をきいた問.13である。これらに対する応答全般を通じて、物質変化の事象に対する「望ましい傾向の見方・考え方」を概観しようとしたものである。選択肢の内容には、正誤をはっきり判定できるものもあるが、さらに細かく応答状況を分析しないと、正誤いづれとも判断しにくいものがあるので、ここでは、それぞれの選択肢に対する応答率だけを紹介する。

肢	内 容	5 年	6 年	中1年
(問.11 中和したということはどんなことか。)				
1	混ぜたものがなくなることで、物がなにもないことと同じ	1	1	0
2	混ぜたものがなくなるのではなく、物の性質が変わるだけ	15	17	15
3	混ぜたものの性質が変わるから、物がなくなることと同じ	6	7	3
4	混ぜたものが同じくらいずつはいついて、両方の力が同じになる	39	33	35
5	混ぜたものが相手の性質を消しあって、両方の性質がなくなる。	24	27	32
6	混ぜたものが同じくらいずつはいついて、相手の性質を消しあう	15	15	15
(問.12 中和してできた食塩のもとはどこにあったのか。)				
1	はじめから塩酸の中に全部はいついていた	7	10	14
2	はじめから水酸化ナトリウムの中に全部はいついていた	1	0	1
3	はじめから両方に少しずつはいついていた	13	10	17
4	はじめから両方に半分ずつはいついていた	3	3	2
5	はじめは両方になかったが、中和したのでできた	65	64	53
6	はじめは両方になかったが、中性になったのでできた	11	13	13
(問.13 はじめにまぜたものはどうなったのか。)				
1	水分を蒸発させたとき、水といっしょに蒸発してしまった	18	20	15
2	中和して性質が変わったので、両方ともなくなってしまった	21	28	14
3	両方を混ぜたのだから、中和液の中にはじめのまま残っている。	11	7	11

肢	内 容	5 年	6 年	中1年
4	性質は変わったけれども、中和液の中にはいっている	41	38	44
5	水酸化ナトリウムはなくなったが、塩酸は中和液の中にある	9	7	11
6	塩酸はなくなったが、水酸化ナトリウムは中和液の中にある	0	0	5

この結果からみると、問・11での選択肢4（混ぜたものが同じくらいずつはっていて、両方の力が同じになる）、問・12での選択肢5（はじめは両方になかったが中和したのでできた）に対する応答内容については、いっそう分析的な実態把握が必要であると思う。

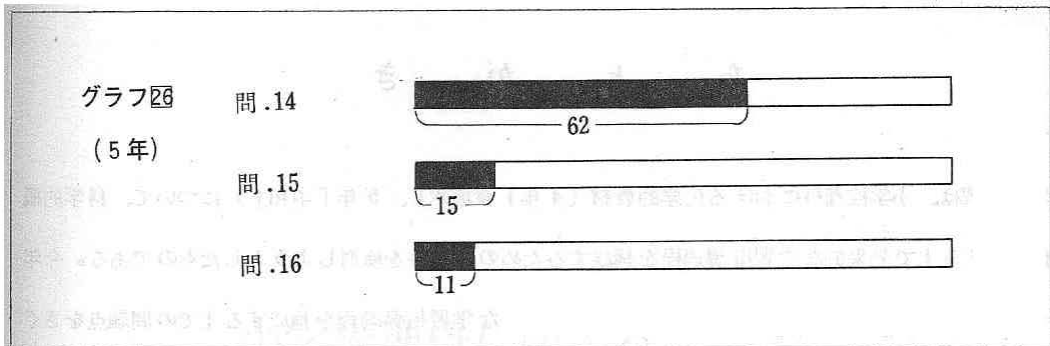
③ 調査Ⅵ 問・14、15、16について

この問題は、「酸性の液とアルカリ性の液を混ぜるとどうなるか」をきいた問・14、「中性の液と酸性の液を混ぜるとどうなるか」をきいた問・15、「中性の液とアルカリ性の液を混ぜるとどうなるか」をきいた問・16である。この応答を通じて、それぞれの液の性質についてのイメージ、ことに中性の液についての概念をみようとしたものである。この調査は、第1年次において、中性の液に酸性またはアルカリ性の液を加える実験を指導した学級に対する調査では、それぞれ79%、73%の正答率であったこと、そのような実験を指導されなかった学級に対する調査では、それぞれ41%、34%であったことから、中性の液に対する児童の概念をみる必要を感じたので、追試の意味を含めて実施したものである。

応答状況は次のとおりである。

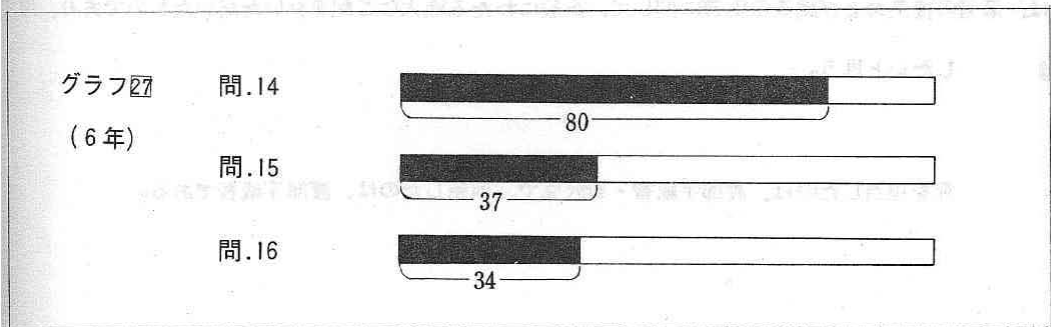
内 容	5 年	6 年
問・14における完全正答 <ul style="list-style-type: none"> 1（酸性が強いときは、酸性になる） 2（アルカリ性が強いときは、アルカリ性になる） 3（両方の強さが同じときは、中性になる） 	62	80
問・14における完全正答者のうちで <ul style="list-style-type: none"> 問・15で、4（いつでも酸性になる）に回答したもの 問・15で、1（酸性が強いと酸性になる） 4（いつでも酸性になる） に回答したもの	1 14	12 25
問・14における完全正答者のうちで <ul style="list-style-type: none"> 問・16で、5（いつでも、アルカリ性になる） 問・16で、1（アルカリ性が強いとアルカリ性になる） 5（いつでも、アルカリ性になる） に回答したもの	1 10	10 24

この応答傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、酸性とアルカリ性をまぜたときの問.14に完全正答しながら、中性と酸性をまぜた問.15、中性とアルカリ性をまぜた問.16に誤答しているものが、きわめて多いといえる。問.15および問.16における誤答の中には、「中性が強いときは中性になる」とか「両方の強さが同じときには中性になる」という選択肢に回答したものがかなり多い。中性の液というものに対する概念が、きわめてあいまいであり、酸性またはアルカリ性と同等にとらえられているように思われる。この結果は、酸性とアルカリ性をまぜたときについては、その液性を完全に理解している児童に対するものであるだけに、指導上の大きな問題を示唆しているように思う。

なお、6年の応答傾向をグラフに示すと次のようになる。



この結果からみると、6年における正答率および誤答傾向は、5年に述べたものと同様である。ことに、この調査対象となった3個学級については、第1年次の授業において、「中性液と酸性液」「中性液とアルカリ性液」をまぜる実験指導を筆者自身が指導したものであるだけに、実験指導にあたって、液の性質および物質の特性を把握させる点で至らぬ点があったのではないかと思う。これらに関する実態の具体的な解明については、今後の研究においても継続してとりあげたいと考える。

あ と が き

この研究は、小学校理科における化学的教材（4年「食塩水」、5年「中和」）について、科学的概念を形式する上で効果的な学習指導過程を構成するための諸条件を検討しようとしたものである。今年度は、化学的教材に関する指導内容を分析して、系統的な学習指導過程を構成する上で問題点をさぐるとともに、授業および調査を通じて、物質変化についての児童の実態、とくに知識・理解の様態およびつまずきとその要因を把握して、科学的概念の形成を図る学習指導過程を構成する上で必要な諸条件について考察してきた。来年度は、3年「物の溶けかた」、6年「金属の性質」についての授業および調査も実施して、小学校理科における化学的教材全般にわたって検討したいと思う。

この研究をすすめるにあたって、新潟市立関屋中学校、新潟大学教育学部附属新潟小学校、新潟市立浜浦小学校から多大のご協力をいただいたことを付記して謝意を表したい。ことに、浜浦小学校においては、筆者の授業および調査の実施に関して、各般にわたる絶大なご配慮をいただいたものであり、厚く謝意を表したいと思う。

この研究を担当したのは、渡部宇威智・野沢弘で、執筆したのは、渡部宇威智である。