

理科学習における理解の実態と指導過程

〔3〕

—小学校・化学的教材について—

目 次

I	研究の構想	1
1	研究の趣旨	1
2	研究の経過	4
3	研究の目的	5
II	研究の内容と方法	5
1	研究内容と方法の概略	5
2	調査の内容と方法	6
(1)	調査の意図	6
(2)	調査の対象とした教材	7
(3)	調査の対象とした児童・生徒	7
(4)	調査問題のねらい	8
①	調査問題Aのねらい	8
②	調査問題Bのねらい	9
③	調査問題Cのねらい	9
④	調査問題Dのねらい	9
⑤	調査問題Eのねらい	9
⑥	調査問題Fのねらい	9
(5)	調査の時期と方法	9
3	授業の内容と方法	10
(1)	授業の意図	10
(2)	授業の対象とした教材と学級	11
(3)	授業の時期と方法	11
III	研究の結果	11
1	調査の結果とその考察	11
(1)	調査結果の処理について	11
(2)	溶液の概念および溶液に関係した保存の概念について	12

①, ②, ③	食塩水の均質性について (問題A[1], B[1])	13
④, ⑤, ⑥	食塩水の重量について (問題A[2], B[2])	15
⑦, ⑧	溶液や溶質の重量について (問題B[5])	17
⑨, ⑩, ⑪	傾斜法と溶液の移動について (問題A[3], B[3])	19
⑫, ⑬	溶液の濃度と飽和について (問題A[4])	22
⑭, ⑮, ⑯	溶液の濃度・飽和・希釈法について (問題A[5], B[4])	23
⑰, ⑱	食塩水の蒸留と蒸留水について (問題C[1])	26
⑲, ⑳	食塩水の蒸留と濃度・析出について (問題C[2])	27
(3)	化学変化の概念および化学変化に関係した保存の概念について	29
①, ②, ③	中和実験における物質の重量と体積について (問題D[1], D[2])	30
④, ⑤	中和実験における物質の由来とゆくえについて (問題E[1])	33
⑥, ⑦	溶液の混和と呈性反応について (問題E[2])	34
⑧, ⑨	ろうそくの燃焼について (問題F[1])	37
⑩, ⑪, ⑫	化学変化と物質の重量について (問題F[2], F[4])	37
⑬, ⑭, ⑮, ⑯	化学変化と生成物質の由来について (問題F[3], F[5], F[6])	39
2	授業の結果とその考察	41
(1)	授業結果の処理について	41
(2)	第6学年「金属の性質」の授業から	42
①	鉄くぎのさびの重量変化について	42
②	鉄粉のさびと反応物質について	46
③	アルミニウムと水酸化ナトリウムの反応について	47
(3)	授業結果の考察	49
	あ と が き	51
	参 考 資 料	52

I 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動向は、指導内容および教材の精選、教科内容の構造化または現代化、指導方法および授業の構造化といったテーマになって現われているように、教育目標、教育内容、教育方法の全般にわたって、きわめて多彩な形で進められている。これらのテーマに関する問題点の指摘や解決策の提案は、実際の指導にたずさわる小学校教師から、現行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、大学または各種研究機関にあって科学教育および教育研究にたずさわる諸学者から、現在の教育課程とくに教育内容および教育方法に対する批判という形で提唱されたりしている。その主張するところは、諸説入り乱れている状況であり、いずれがどうといった即断が許されないものと思う。これらの検討は、めざましい近代科学の進歩や社会の発展と、児童の心身の発達と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であろう。

「今日のわが国の理科教育を支配する思潮は、大きく分けて二つの流れに区別することができる。すなわち、その一つは、しばしば生活理科ということばで呼ばれるような、教育内容を現実の生活から遊離させてはならないとする考えであり、もう一つは、系統的理科学習と呼ばれる、むしろ、自然科学の体系を重視しようとする考えである。しかも、そのそれぞれは、指導者の重点の置き方のちがいによって、さらにいくつかずつの相違となって現われている。(永田義夫・注1)」そして、このような思潮が、現行の学習指導要領の立場を肯定し、それに基づく理科教育を推進しようとする立場と、根本的な改訂を主張したり、さらには否定しようとする立場となって現われている。肯定や否定といっても、その程度には種々の差があり、解決策の提示のしかたにもかなりの差がみられる。これらが入り乱れて奔流のように教師の上におおいかぶさっているという実情であり、今日ほど理科教育に関する論争が活発な時期は、他に例をみないといってよからう。

ところが、これまでに実施された各種の調査や分析の結果にみられる児童の学力は、理科教育論争の活発さにもかかわらず、必ずしも満足できる状態とはいえない。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、既有的知識・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できる。

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・法則などが児童によく把握されていないことの現われである。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ことは、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つたことを意味するものである。その原因は、学習指導法の巧拙といった面に関係が深いことも否定できないが、それと同時に、指導目標の設定や指導内容の選択に関するあいまいさに重大なかわりがあると思う。

今日、小学校理科の直接指導にあたる教師は、現行学習指導要領の枠の中にあつて、理科だけではなく、ほとんど全教科にわたつて担当し、それぞれの教科の指導時数の確保と指導目標の達成に努力し、さらに、応接にいとまのない状態でのしかかる諸事務や行事をさばっているのである。このような状態のもとで、「できるだけ広く観察・実験を行なうことが必要であつて、観察・実験を行なわないで、単に知識にのみ偏することは厳に避けなければならない。観察・実験にあつては、論理的思考の発展、技能の習熟に努めることはもとより、習得した知識の整理や結論の確認にじゅうぶん予定して指導するように留意する必要がある。（学習指導要領・注2）」ことはわかるが、その実現性を考えるといささか悲観的にならざるを得ない。現在において、真に理科教育の向上を図るためには、教師の研究と努力の方向を、授業の改善や効率化に求めるだけでなく、むしろ、指導内容を精選し、目標としているものの中身を具体的に明らかにすることと、それに基づき、何を使って、どこまでわからせるか、どこまでできるようにさせるかを明示する必要があると思う。指導内容の精選にかかわる一連の仕事は、理科教育に熱心な学校や教師が、個々にまた小グループで手がけることは不可能である。この仕事は、理論的・学問的にもじゅうぶんな検討が必要であるとともに、実践的にも組織的・継続的な積み上げによる究明が必要であり、それらが結集されて、必然的に学習指導要領の改訂と教科書の再編成がなされなければならないと考えるだけに、決して容易な事業ではないと思う。

小学校理科の指導内容とそのねらいについては、学校の指導計画に含ま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、これらの記述はかなりおおまかであつて、学習指導過程を構成するにあつ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、「学校において、適切な組織・順序をもつた指導計画を立てて指導する必要がある。学校の指導計画作成にあつては、児童の能力や経験、児童が見いだした疑問や問題、教師の指導目標などを考慮して、全体をいくつかのまとまりに組織することが望ましい。学習指導にあつては、その地域の実情や学校の施設・設備などに応じ、適切な方法により、そのねらいを達成するように努めることがたいせつである。（学習指導要領・注3）」というように、学習指導上の創意やくふうを、個々の学校および教師自身にゆだねるための配慮からきているものといえよう。しかし、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、授業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。先に述べた理科教育に関する論争は、指導内容および教材に対する解釈やねらいの適否を問題にしているものが多くあり、これらにふりまわされたり追従したりすることから、具体的な学習指導に関する混迷が生じているように思う。この点からみて、学習指導のよりどころを具体的に明示することを急がないと、授業の改善や効率化を望んでも、実際面での実りが少ないように感じる。

「理科教育の構造化は決して容易なものでないことがわかる。科学の進歩にかんがみて、学習内容を組織するだけなら一応の体系はできよう。しかし、すべての子どもに対するいっそう効果的な教授法やその予備的段階まで考えると、手をつけられないくらいにむずかしい。・・中略・・上の方から大綱がきまってくれば細部の易なわけであるが、逆に、細部の構造をある程度見通さなければ上部構造ができないのである。・・中略・・教材の構造化を主張する人はとかく方法論を切り離そうとする。

そして、教授法は各教師の手腕の見せどころと考えている。これでは結局名人芸になってしまう。教育学が科学的に進歩するには、名人芸や鮮やかな手腕は微細なところで発揮してもらいたい。教育技術の水準を高めるためには、幹ないし大枝ぐらまでの指導法の大綱ができていた方がよい。(高野兼吉・注4)」という意見に筆者は賛意を表するものである。おおまかな指導内容や目標だけを示して、あとは教師自身でくふうせよというのでは困る。目標に到達する方法としていろいろあることもじゅうぶんわかるが、学習指導法についての確かな見通しがないうままに、指導内容をちりばめると、実際には目標そのものが空文化してしまうおそれがある。それぞれの学年で、何についてどの程度まではやれるはずだということを、指導法が成立する見通しをもったうえで決定し、それらに基づいて内容の選択と配列が行なわれるべきである。

この研究で意図するところは、以上述べたことがらを背景として、小学校理科における化学的教材について、効果的な学習指導過程を構成するための諸条件を検討することである。現行の学習指導要領に基づく化学的教材は、いずれも児童の物質概念を形成するためには、ひじょうに重要性をもつものと考えられる。これらの指導を通じて、物質変化および化学変化の事実気づかせ、正しい物質概念を形成し、物質の保存性に関する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、これらの指導を通じて、上記の科学的概念を育てるための一貫した指導過程の組織化が不十分であり、この組織化を図るための具体的な手がかりが示されていないと思う。この研究では、そのような具体的な手がかりを得るためにも、指導内容とねらいの是非を論じるためにも、一連の指導内容を児童がどう受けとめているか、有効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ったかどうかをさぐらなければならないと考えたものである。したがって、各種の調査および授業を通じて、いろいろな場面における児童の実態を把握し、それに基づいて指導過程構成上の諸問題を検討するとともに、指導内容とそのねらいについても吟味しようとしたものである。

理科教育および教育研究に関する論説の中には、次のようなものもある。「今日のわが国の学校教育の最大の欠陥は、学習指導要領というものが、33年の改正以来、いわゆる法的拘束力を持ったものになり、教師と子どもの教育—学習の活動を金しげりにし、したがってまた教師の教育内容についての、創意にみちた研究・試行を封じたということにある。(梅根悟・注5)」、「教育研究の自由を保障して、学習指導要領のわくの中でなければ研究してはならないというような愚かしい制度をなくすることである。そうでなければ、理科教育は国民への責任を果たすことができない。(真船和夫・注6)」、「現在、民間の教育研究団体で考えられている教科構造は、多くの点で現行の学習指導要領と根本的に対立している。つまり、それは部分的な修正でとどまるようなものではないのである。それだけに、現在の文部省がそのようなものを取り入れる可能性はきわめて乏しいだろう。しかし、学問研究の立場を貫く限り、今の指導要領にこだわってはいは、研究は発展しない。(柴田義松・注7)」

しかし、現行の学習指導要領に示された目標や内容を無視したり、その拘束力をはねのけて教育研究ができると割り切るならば、むしろ苦勞が少ないであろう。大学の研究室では、そういう研究も可能かと思われるが、筆者のように、じかに児童に触れて調査や授業を実施することを研究の中心的手法と

する場合には、公教育を営む学校であることを前提に考えなければならない。したがって、現行指導要領を肯定し、その意図するところに向かって授業を進め、児童を停滞させることがないように配慮しながら研究上の資料を収集するという手法をとってきたものである。また、筆者がいただくところの指導過程に関する試案は、全くの私見と考えるべきであり、教育効果についても確証があるわけではない。だから、研究的意図によって、公的な学校における教科指導の本流、むしろ平均的な流れと呼ぶにふさわしいかも知れないものを、大幅に変えることに不安をいただくものである。したがって、現行指導要領に基づく平均的な指導過程にそって授業が進められた場合について、児童の変容する実態を把握してその是非または長短を検討し、そこから逆に、現行学習指導要領に関する問題点を考察したり、学習指導過程の改善に関係する提案を試みたりしようと考えたものである。

2. 研究の経過

この研究は、3か年にわたる継続的研究であるが、およそ次のような経過をたどった。

第1年次(昭和39年度) 研究紀要第48集

小学校第5学年「中和」に関する授業および調査を中心とした研究

- 「中和」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全般的な問題点について、小学校の化学的教材を考察するための手がかりを得ようとした。
- 「中和」に関する授業と調査を通じて、化学変化の事象に対する児童の理解状況を把握し、それらに基づいて指導上の問題点を考察した。
- 「中和」に関する実験の指導法を検討し、とくに、授業中における児童の実験技能の実態をとらえ、これに基づいて実験指導上の留意点を検討した。

第2年次(昭和40年度) 研究紀要第57集

小学校第4学年「食塩水」、第5学年「中和」に関する授業および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、とくに溶液の概念および保存の概念について考察した。
- 「食塩水」および「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、とくに理解の様態とつまずきについて検討した。
- 「食塩水」および「中和」に関する授業と調査を通じて、物質変化に関する科学的概念を形成するための系統的な学習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) 研究紀要第60集

小学校第3学年「物の溶け方」、第4学年「食塩水」、第5学年「中和」・「火と空気」・「酸素と二酸化炭素」・「燃焼」、第6学年「金属の性質」に関する授業および調査を中心とした研究

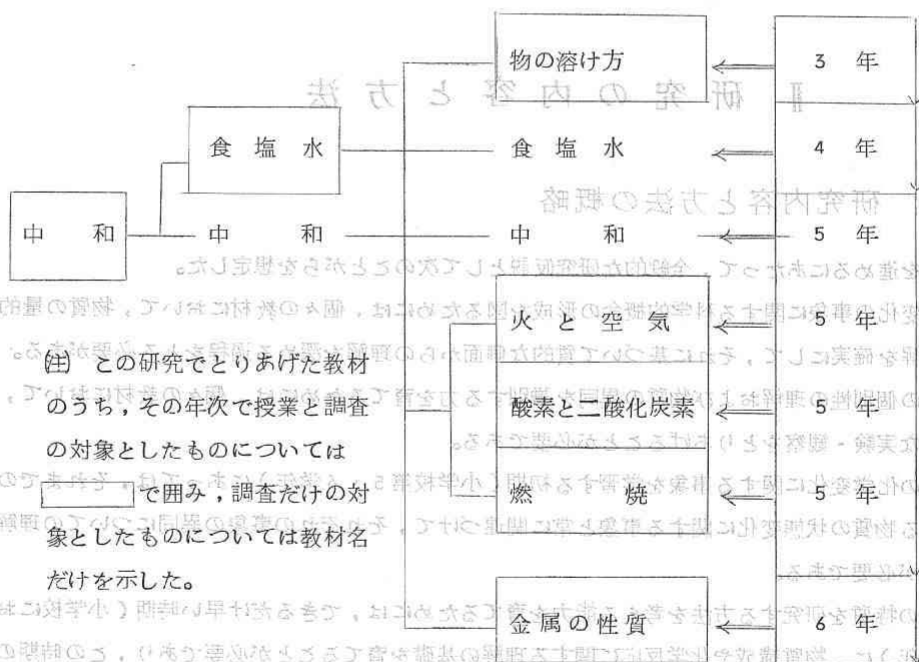
- 「物の溶け方」の授業を通じて、第3学年における指導上の問題点をさぐり、第4学年「食塩水」に関する調査結果と対照しながら、物質の状態変化についての問題点を検討した。
- 第5学年「火と空気」「酸素と二酸化炭素」「燃焼」の授業を通じて、物質の化学変化に関する児童の実態をさぐり、質問紙による調査結果と関連させながら、学習指導上の問題点について検

対する概念，物質の保存に対する概念の実態把握をねらった。研究方法としては，質問紙による調査の実施と，筆者自身が実施する授業との二つをとり上げた。調査問題の作成にあたっては，上記の諸概念と教材内容との両面から検討して，A，B，C，D，E，Fの各種類に構成した。調査内容が一つ一つの研究仮説に対応しないという意味は，これらの各種類が，研究仮説そのものと対応した形でなく，むしろ，溶液と保存概念，化学変化と保存概念という観点と，教材内容との両面から構成してあるということである。個々の調査結果を，関連的に考察することによって，結果的には一つ一つの研究仮説に対する検討が可能であると考えた。また，授業は，とくに実験的な手法で行なうということをさけて，一般的な過程で実施し，現行の指導内容と指導法の効果と限界といった点をさぐりたいと考えた。

研究結果の処理および考察にあたっては，質問紙による調査結果を重視し，その応答傾向を中心にして考察するとともに，授業における児童の反応または変容に関する反省も加えて検討することとした。

今年度の研究としてとりあげた内容および方法と，第1年次以降の内容および方法との関係を図示すれば，次のようになる。

第1年次 第2年次 第3年次 (学年)



(注) この研究でとりあげた教材のうち，その年次で授業と調査の対象としたものについては で囲み，調査だけの対象としたものについては教材名だけを示した。

2. 調査の内容と方法

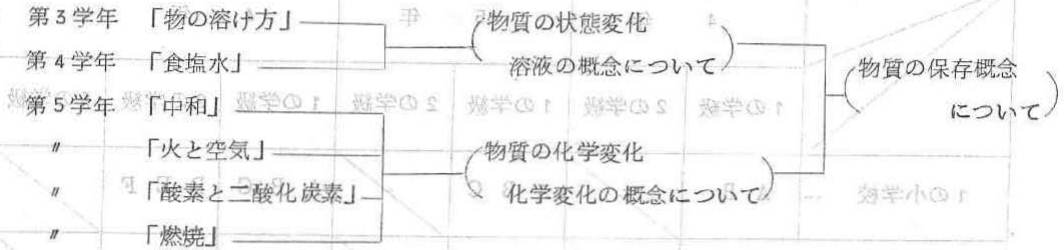
(1) 調査の意図

この調査は，小学校における化学的教材に関する児童・生徒の理解の程度や科学的概念，とくに，溶液に関する概念，化学変化に関する概念，物質の保存に関する概念の様態を把握し，指導上の問題点を検討する資料とするために行なったものである。現行の学習指導要領に基づく指導を通じて，指導内容

がどのように定着しているか、科学的概念がどのように形成されているか、望ましい変容をもたらすことが可能であるか等について、児童・生徒の学年的発達を追って把握することを意図した。

(2) 調査の対象とした教材

この調査で対象とした教材および主たる調査内容は次のとおりである。



なお、6年「金属の性質」は、この調査対象から除いて授業研究の面からだけとりあげた。

(3) 調査の対象とした児童・生徒

調査の意図で述べたように、児童・生徒の学年的発達を追った実態把握をするために、それぞれの化学的教材が配当されている直近上位の3個学年の児童・生徒をもって調査対象とした。教材および調査対象とした学年、学級数、児童・生徒数を表示すると次のとおりである。

配当学年	化学的教材	調査対象とした学年(学級数)および児童・生徒数
3年	物の溶け方	4年(5)183人, 5年(5)185人, 6年(5)191人
4年	食塩水	5年(5)185人, 6年(5)191人, 中1(5)218人
5年	中和	6年(5)194人, 中1(5)219人, 中2(5)221人
"	火と空気	上に同じ
"	酸素と二酸化炭素	上に同じ
"	燃焼	上に同じ

なお、調査対象学級は新潟市内の小学校4校、中学校3校の中から選定し、各学年につき5個学級ずつとし、各調査問題ごとに延15学級ずつとなるようにした。調査対象校の選定にあたっては、市街地域、住宅地域、周辺地域等にわたって調査できるように意図したが、種々の学校事情などから、とくに統計的な意味のある選定を行なったものではない。また、調査結果の処理にあたっては、学校差および学級差等は無視して、調査対象全員について各学年としての傾向だけをとりあつることとした。調査対象校および学級数と調査問題との関係を表示すると次のとおりである。表中における調査問題の記号と教材との関係は、下記のようになっている。

調査問題 A, B 3年「物の溶け方」の内容に関係した問題

調査問題 C 4年「食塩水」の内容に関係した問題

調査問題 D, E 5年「中和」の内容に関係した問題

調査問題 F 5年「火と空気」, 「酸素と二酸化炭素」, 「燃焼」の内容に関係した問題

	4 年		5 年		6 年		
	1の学級	2の学級	1の学級	2の学級	1の学級	2の学級	3の学級
1の小学校	A B	/	A B C	/	A B C	D E F	/
2の小学校	A B	/	A B C	/	A B C	D E F	/
3の小学校	A B	A B	A B C	A B C	A B C	D E F	D E F
4の小学校	A B	/	A B C	/	A B C	A B C	D E F

	中 1		中 2	
	1の学級	2の学級	1の学級	2の学級
1の中学校	C D E F	C D E F	D E F	D E F
2の中学校	C D E F	/	D E F	/
3の中学校	C D E F	C D E F	D E F	D E F

	A B	C	DEF
小4	5	/	/
小5	5	5	/
小6	5	5	5
中1	/	5	5
中2	/	/	5

(4) 調査問題のねらい

調査問題は、3年「物の溶け方」の内容に関係する問題AとB、4年「食塩水」の内容に関係する問題C、5年「中和」の内容に関係するDとE、5年「火と空気」・「酸素と二酸化炭素」・「燃焼」の内容に関係する問題Fとから成り立っている。

調査問題の内容は後述することとし、ここでは各調査問題を構成する小問のねらいを略記する。

① 調査問題Aのねらい

A1 不飽和食塩水の均質性について

- A[2] 不飽和食塩水における溶かした食塩の重量について
- A[3] 不飽和食塩水を分けることと食塩水の均質性について
- A[4] 食塩水の濃度と飽和について
- A[5] 食塩水の濃度と稀釈について
- ② 調査問題 B のねらい
- B[1] 飽和食塩水の均質性について
- B[2] 飽和食塩水における溶かした食塩の重量について
- B[3] 不飽和食塩水を分けるときの液の移動について
- B[4] ほうさん溶液の濃度と温度について
- B[5] 水に溶かした食塩の重量について
- ③ 調査問題 C のねらい
- C[1] a 食塩水の蒸留と蒸留水について
b 食塩水の蒸留における水と食塩について
- C[2] a 食塩水の蒸留における水の蒸発と食塩水の濃度について
b 食塩水の蒸留と析出する食塩の量について
- ④ 調査問題 D のねらい
- D[1] 中和実験における反応物質と生成物質の重量について
- D[2] 中和実験における反応物質と生成物質の体積について
- ⑤ 調査問題 E のねらい
- E[1] a 中和実験における生成物質の由来について
b 中和実験における反応物質のゆくえについて
- E[2] a 酸性の液とアルカリ性の液を混和した場合の液性について
b 中性の液と酸性の液を混和した場合の液性について
c 中性の液とアルカリ性の液を混和した場合の液性について
- ⑥ 調査問題 F のねらい
- F[1] ろうそくの燃焼と二酸化炭素の生成について
- F[2] 二酸化炭素の発生における反応物質と生成物質の重量について
- F[3] 二酸化炭素の発生における生成物質の由来について
- F[4] 酸素の発生における反応物質と生成物質の重量について
- F[5] 酸素の発生における生成物質の由来について
- F[6] ろうそくの燃焼における生成物質の由来について

(5) 調査の時期と方法

調査対象とした学校数および学級数がかなり多いので、調査の実施は、中学校にあっては各教科の担任者、小学校にあっては各学級の担任者に依頼した。これは、できるだけ同一の時期に、しかも短期間に調査を完了するためにとった措置である。

調査の時期は昭和41年10月中旬とした。これは、小学校理科の化学的教材が、ほとんど1-0月下旬以降に配当されているので、前の学年で化学的教材が指導されたほぼ1か年後で、しかも、現在の学年になってからは化学的教材の指導を受けていない時期をねらったためである。

なお、調査の実施にあたっては、次のように依頼して条件が規定できるようにした。

「この調査は、小学校の理科教材のうち、化学的な事象について児童・生徒がもつイメージ等を把握して、学習指導過程改善の資料にすることを目的とするもので、いわゆる学力調査ではありません。

なお、小学校4か校、中学校3か校について、小学校4年から中学校2年までを対象として、延30学級で実施しますが、学校ごとの比較や学級ごとの比較等は、いっさい行ないません。

- 1 調査用紙は、各学校・学級ごとに別表(P. 8)のような組み合わせになっています。
 - 2 調査用紙は、最低2枚から最高4枚までとなっていますが、どの場合でも、アルファベット順に実施してください。
- なお、実施した順に1枚ずつ提出させるか、または、その他適当な方法を用いて、実施した順に別扱いができるようにしてください。とくに、2枚以上の調査用紙を見くらべて記入できないように配布と回収を行なってください。
- 3 実施に要する時間は、1校時以内と考えられます。時間はとくに制限いたしませんから、解答にじゅうぶんな時間を与えていただければけっこうです。
 - 4 調査問題は、先生が読まないで実施してください。題意がわからない場合や、語句がわからない場合には、個別に適当な説明を加えてください。ただし、イメージに関する調査ですので、できるだけヒントを与えることのないようにご留意ねがいます。」

3. 授業の内容と方法

(1) 授業の意図

効果的な学習指導過程を構成するためには、その教材のねらいと指導内容が明確になってい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。小学校理科の指導内容の精選または構造化に関する提案は、広く自然科学、教育学、教育心理学等の諸科学に基づく理論的・学問的な立場からなされるとともに、指導法または児童の側からも検討されなければならない。学習指導法についての確かな見通しがないままに、ねらいや指導内容の選定を急ぐと、実際には目標そのものが空文化するおそれがあるので、指導法が成立する見通しを背景にして、指導内容の選択と配列をしなければならぬと思う。

ところで、指導内容とそのねらいに対する児童の実態を把握するということは、なかなかむずかしい仕事である。児童の実態というと、ある教材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ういう側面であり、いわば静的な側面からの把握である。これも、指導過程の検討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、実際に構成されたある種の指導過程について、その是非を検討するためには、ある内容の指導を加えたときに、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

が重要である。さらには、そこである反応または変容を示した児童が、次の新しい指導または刺激に対して、どのような変容を示し得るかという、いわば動的・連続的な側面からの実態把握が最も重視すべき資料となる。このような動的・連続的な実態把握に基づいて、指導内容とそのねらい、および学習指導過程の是非を検討する必要があると考え、その実態把握の場を授業に求めたものである。

(2) 授業の対象とした教材と学級

この研究で授業の対象とした教材および学級数は次のとおりである。

学年	教材	配当時間	学級(時)	備 考
3年	物の溶け方	5時間	1(5)	
5年	火と空気	5時間	2(10)	○同一の学級に対して、それぞれ3教材の指導を行なった。したがって、第5学年としての授業学級は2個学級である。
	酸素と二酸化炭素	7時間	2(14)	
	燃 焼	6時間	2(12)	
6年	金属の性質	8時間	2(16)	○2個学級の授業が並行的に進むようにした。

なお、4年「食塩水」は40年度、5年「中和」は39年度に授業の対象としたので、今年度は授業研究の面から除き、紙上調査だけの対象としてとりあげた。

(3) 授業の時期と方法

授業は、前掲表に示した計画で、昭和41年10月下旬から12月中旬にかけて、新潟市立浜浦小学校の児童を対象として、筆者自身が行なったものである。

指導過程については、およそ教科書および指導書に示された順序にしたがったが、とり上げる実験については、若干の変更や補説を試みた。なお、授業中の児童の反応や、授業後における児童の実態を通じて、現行指導要領に基づく平均的な指導過程の是非または長短を考察することをねらったので、変更や補説も、できるだけ最少限にとどめた。

Ⅲ 研究の結果

1. 調査の結果とその考察

(1) 調査結果の処理について

紙上調査は、第3学年・第4学年・第5学年に配当されている化学的教材について行なったものであり、調査対象の児童・生徒は、小学校第4学年から中学校第2学年にわたっている。調査時期は、前の

学年で化学的教材の指導を受けたほぼ1年後で、しかも、現在の学年に進んでからは化学的教材の指導を受けていない時期を選んだ。このことから、現行の一般的な学習指導に基づく、指導内容の定着の状態がおよそ見れるのではないかと考えたものである。また、調査対象とした教材の指導後、2年目、3年目の児童・生徒も調査対象としている。このことは、同一児童・生徒に対する追跡調査ではないにしても、ごく概括的には指導内容の定着状況を経年的に見ることができると考えたからである。なお、2年目以後の児童・生徒は、それぞれの学年に配当されている新しい化学的教材の指導を受けている。例を第6学年にとれば、その調査内容は3年・4年・5年の教材に関係している。したがって、6年に配当されている化学的教材の指導を受けない時期に、5年の教材については1年後の実態が現われると考えられるが、これと同じように、3年の教材について3年後、4年の教材について2年後の実態が現われることは考えられない。かなり強く、3年間または2年間に指導された他の化学的教材の影響があると考えなければならない。現行の学習指導要領が、いわゆるスパイラル方式で教材の学年配当をしている点から考えれば、その影響はプラスの方向にはたらし、学年が進むにつれて科学的概念や理解が深まっていくものと予想することが妥当であろう。調査結果から、調査対象とした教材内容の定着状況と、その後の学習指導による影響の状態とを区別することは不可能であるが、少なくとも、学年が進み化学的教材の指導を受ける機会が増すにつれて、望ましい変容をもたらしているかどうかは、概観できるのではないかと考えたものである。

以上の観点から、調査結果の処理にあたっては、調査問題に関するそれぞれの学年ごとの応答傾向に注目することを重点とした。したがって、地域差、学校差、学級差等は無視して、各学年全体を一つのグループとして、それぞれの応答率を求め、それに対する考察を加えることとした。なお、統計的な検定は、各小問の内容からみて必要と考えられるものについてのみ行ない、有意差の認められる事象について(※)および(※※)を注記し、それぞれ(0・05)および(0・01)の有意水準を表わした。

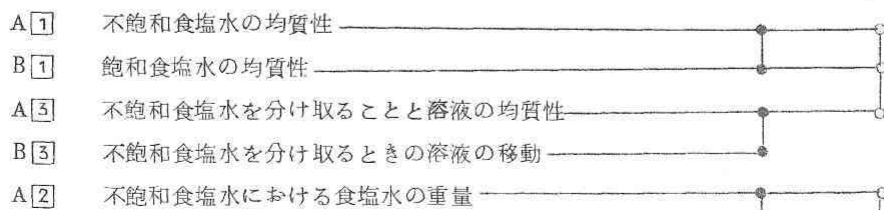
調査問題のねらいと内容は、溶液の概念、化学変化の概念、物質保存の概念の実態をみる三種類のものから成り立っている。このうち物質の保存に関する内容は、溶液および化学変化のそれぞれに関連づけてその実態を把握しようとして試みたものである。したがって、溶液の概念および溶液に関係した保存の概念をみる内容と、化学変化の概念および化学変化に関係した保存の概念をみる内容とに大別できる。

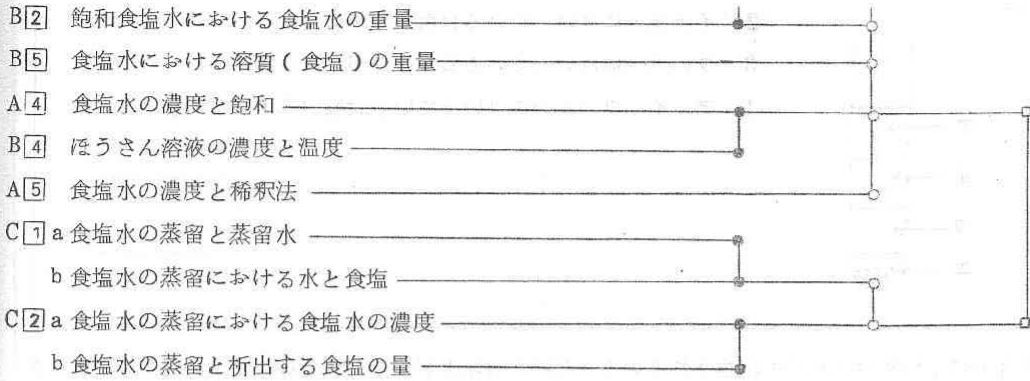
以下、この区別にしたがって調査結果を述べる。

(応答傾向を表わした表中の数値は、すべて百分率である。)

(2) 溶液の概念および溶液に関係した保存の概念について

溶液の概念および溶液に関係した保存の概念をみる小問とその内容、それぞれの小問の関連を示すと次のとおりである。

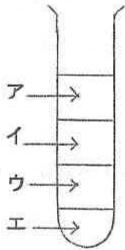




① 不飽和食塩水の均質性 (問題A[1])

A[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、図のようにア、イ、ウ、エの四つの部分に分けました。このうち、ア、イ、ウの三つの部分について、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 アの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。
- 2 イの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。
- 3 ウの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。
- 4 ア、イ、ウの部分にはいつている食塩の量はみな同じである。

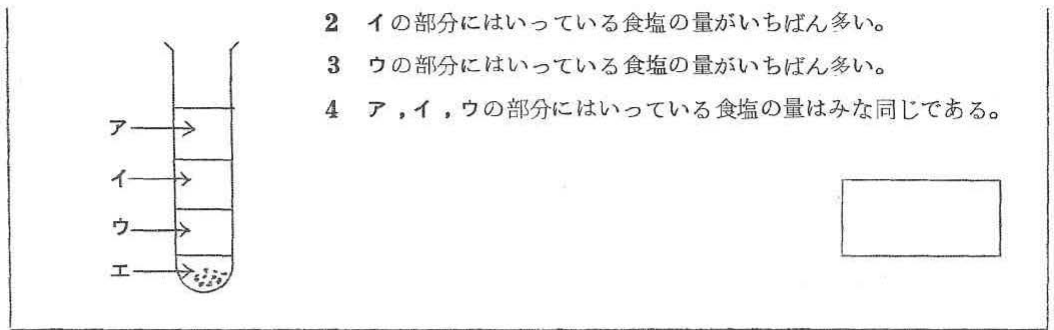
この問題は、不飽和食塩水の中に含まれている「溶けた食塩」が、どの部分に多くはいつているかをきいたもので、この応答を通じて、溶液が均質であることへの理解や、溶けた食塩の重さについての考え方をみようとしたものである。

② 飽和食塩水の均質性 (問題B[1])

B[1] 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、とけきらないで少し残りました。この食塩水を、図のようにア、イ、ウ、エの四つの部分に分けました。このうちア、イ、ウの三つの部分について、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 アの部分にはいつている食塩の量がいちばん多い。



- 2 イの部分にはいっている食塩の量がいちばん多い。
- 3 ウの部分にはいっている食塩の量がいちばん多い。
- 4 ア, イ, ウの部分にはいっている食塩の量はみな同じである。

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っ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への理解や、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。

年	肢				計
	1	2	3	4	
4年	8	6	58	28	100
5年	4	4	55	37	100
6年	4	2	41	53	100

③ 食塩水の均質性について

表 1 では、選択肢 4 「ア, イ, ウの部分にはいっている食塩の量はみな同じである」が正答である。4 年および 5 年で正答率はいずれも 40% 未満であり、逆に選択肢 3 「ウの部分にはいっている食塩の量がいちばん多い」の誤答がいずれも 50% 以上である。6 年でようやく正答率が 50% 台となっている。応答傾向としては、4 年と 5 年の間では差がなく、4 年と 6 年の間ではじめて差(※※)が認められる。

年	肢				計
	1	2	3	4	
4年	8	6	71	15	100
5年	8	5	63	24	100
6年	5	4	57	34	100

表 2 でも、選択肢 4 「ア, イ, ウの部分にはいっている食塩の量はみな同じである」が正答である。試験管の底に残っている食塩にまどわされないようにと考えて、エの部分を除いて他の 3 部分について判断させたものであるが、正答率は表 1 に比べて各学年とも 15% 前後の低下を示している。これは、やはり底に残っている食塩の粒と、その周辺における濃度のイメージが影響しているためであろう。応答傾向としては 4 年と 5 年の間では差がなく、4 年と 6 年の間では差(※)が認められる。また、各学年について表 1 (不飽和食塩水) と表 2 (飽和食塩水) との関連をみると、4 年および 5 年では、不飽和食塩水と飽和食塩水との応答傾向に

表 3	肢	正 答				計	
		正 答	誤	答			
A-7	年	4-4	3-3	4-3	他		
B-1		4年	9	50	13	28	100
		5年	15	39	17	29	100
		6年	24	27	24	25	100

は差がなく、6年では両者の間に差(※)がみられる。

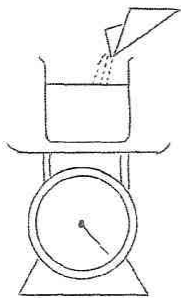
表1および表2における応答内容を分類したものが表3である。これによれば、「不飽和食塩水でも、飽和食塩水でも、ア、イ、ウの部分にはいつている食塩の量はみな同じである(肢4-4)」という正答が、4年で約10%、5年で15%、6年で約25%となっている。これに反して、「不飽和食塩水も、飽和食塩水も、どちらもウ

の部分にはいつている食塩の量がいちばん多い(肢3-3)」という誤答が、4年で50%、5年で約40%、6年で約30%となっている。応答傾向としては、4年と5年では差がなく、4年と6年の間に差(※※)が認められる。これらのことから、3年「物の溶け方」、4年「食塩水」の指導では、食塩水の均質性に関する概念がほとんど育っていないとみることができよう。

④ 不飽和食塩水における食塩水の重量 (問題A2)

A2 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、食塩がすっかりとけました。このとき、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。



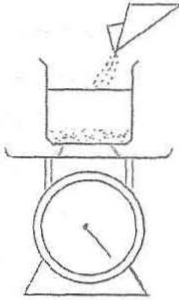
- 1 900グラムから990グラムのあいだになる。
- 2 1000グラムになる。
- 3 1010グラムから1190グラムのあいだになる。
- 4 1200グラムになる。
- 5 1210グラムから1300グラムのあいだになる。

この問題は、一定量の水の中に一定量の食塩を溶かしたときの、食塩水の重さをきいたものである。この応答を通じて、溶けた食塩の重さや食塩水に対する児童のイメージをさぐり、重量保存(ひいては物質保存)の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。

⑤ 飽和食塩水における食塩水の重量 (問題B②)

B② 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、よくかきまぜてしばらくおいたら、とけきらないで少し残りました。このとき、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990グラムのあいだになる。
- 2 1000グラムになる。
- 3 1010グラムから1190グラムのあいだになる。
- 4 1200グラムになる。
- 5 1210グラムから1300グラムのあいだになる。

この問題は、一定量の水に一定量の食塩を溶かしたときの、食塩水の重さをきいたものである。この応答を通じて、溶けきらないで残っている食塩の重さや飽和食塩水に対する児童のイメージをさぐり、重量保存ひいては物質保存の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。

表4	肢	1	2	3	4	5	計
	年						
A-②	4年	8	18	30	36	8	100
	5年	7	13	26	36	18	100
	6年	6	18	27	38	11	100

⑥ 食塩水の重量について

表4では、選択肢4「1200グラムになる」が正答である。4年、5年、6年の正答率はいずれも40%未満を示している。応答傾向としては、どの学年の間にも差が認められない。

誤答では、選択肢3「1010グラムから1190グラムのあいだになる」というのが、各学年とも25%~30%を占めている。

これらのことから、食塩は水に溶けるとその重量が減少するとか、水に溶けるとその重量が変動するという考えの児童が多いと判断できる。それらの児童も、溶質としての食塩そのものの存在を否定しているものではないと予想されるだけに、溶質の存在、溶質の重量、物質の保

表5	肢	1	2	3	4	5	計
	年						
B-②	4年	6	7	42	36	9	100
	5年	5	5	29	36	25	100
	6年	4	7	43	33	13	100

存などについて、統一的な理解を深めるような指導が必要であると思う。

表5でも、選択肢4「1200グラムになる」が正答である。この問題のねらいは、ピーカーの底に残っている食塩の粒、視覚的に確認できる食塩の粒が、児童の判断にどのような影響を及ぼすものかをみることにあった。結果的には、誤答傾向に若干の変動が見えるだけで、正答率そのものには変動が見られなかった。表5における応答傾向としては、4年と5年に差(※)がみられるが、正答率そのものは全く

表6	肢	正 答			誤 答			計
		4-4	3-4 ete	4-3 etc	3-3 etc			
A-[2]	年							
B-[2]	4年	21	26	21	32	100		
	5年	21	32	18	29	100		
	6年	22	34	14	30	100		

同じである。4年と6年の応答傾向の間には差が認められない。

表4および表5における応答内容を分類したものが表6である。これによれば「不飽和食塩水でも、飽和食塩水でも、加えた溶質(食塩)の重量は変わらない(肢4-4)」という正答が、どの学年も約20%に過ぎないことがわかる。誤答については、表の左から「飽和食塩水では重くなる」、「飽和食塩水では軽くなる」、「どちらの重さも等しいが、1200グラムではない」の内容を表わした。このことから、溶質および溶液の重量についての正しい概念はほとんどないということができよう。

⑦ 食塩水における溶質(食塩)の重量 (問題B⑤)

B⑤ ピーカーの中の水に、食塩を入れてすっかりとかし、よくかきまぜてしばらくおきました。

とけた食塩の重さを、水に入れるまえの食塩の重さとくらべるとどうなりますか。

つぎの1~6まで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 すっかりとかしたので、水に入れるまえの重さよりも軽い。
- 2 しばらくおいたので、水に入れるまえの重さよりも重い。
- 3 すっかりとかしたので、水に入れるまえの重さよりも重い。
- 4 しばらくおいたので、水に入れるまえの重さよりも軽い。
- 5 とけてしまっても、水に入れるまえの重さと変わらない。
- 6 とけてしまえば、食塩の重さはなくなる。

この問題は、④および⑤で、不飽和食塩水および飽和食塩水の重量を具体的な数字できいたことと関連して、水に溶ける前の重さと、水に溶けたときの重さとをきいたものである。この問題に対する応答のうらにある児童のイメージが、④および⑤での具体的な数字を選ばせたものと考えられる。したがって、この問題の応答傾向と、④および⑤の応答傾向を関連させて考察し、溶媒・溶質・溶液に対する児

童の概念と、溶液概念および溶液に関連した物質保存の概念や、重量保存の概念をさぐる手がかりを得ようと考えたものである。

⑧ 溶液や溶質の重量について

表 7	年 \ 肢	肢						計
		1	2	3	4	5	6	
B-⑤	4年	16	11	13	12	31	17	100
	5年	18	15	18	5	33	11	100
	6年	21	13	9	8	35	14	100

表7では、選択肢5「とけてしまっても、水に入れるまえの重さと変わらない」が正答である。誤答となる選択肢は、「軽くなる」という1と4、「重くなる」という2と3、「無くなる」という6であるが、応答傾向には各学年とも差がなく、との誤答肢にもほと

んど同じに散らばっている。このことは、「とけてしまっても、水に入れるまえの重さと変わらない」という正しい概念をもつ30%～35%以外の児童には、溶質の重量を推論する手がかりが全くなく、でたらめに答えざるを得なかったものと推察される。また、4年・5年・6年と学年が進んでも、溶液や溶質の重量についての理解が深まらず、かなり低い状態で放置されたままになっているといえないだろうか。「第3学年（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。第4学年（食塩水を水と食塩とに分ける）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。（理科指導書・注8）」という過程で、食塩水・ほうさん水、食塩水のろ過、食塩水の蒸留などの学習を経

てきたにもかかわらず、溶質および溶液の重量に対する理解が低いのはどうしたことであろうか。

表 8	年 \ 肢	肢				計
		正 答	誤 答			
B-⑤	年	5	1・4	2・3	6	
	4年	31	28	24	17	100
	5年	33	23	33	11	100
	6年	35	29	22	14	100

表8は、表7の結果を各選択肢の前半、つまり「すっきりとかけたので」とか「しばらくおいたので」とかを無視して、左から順に「正答」、「重くなる」、「軽くなる」、「無くなる」と整理したものである。この応答傾向をみると、4年と5年の間にも、4年と6年の間にも差がない。学年が進んでもいっとうに理解が深まっていない

が、溶質および溶液の重量などの理解は深める必要がないのだとはいえないと思う。なぜなら「物質のゆくえをさぐる」力を育てるには、ぜひとも必要なことだと思ふからである。実際の指導過程に、このような概念を育てるためのステップが用意されていないことは、直接指導にあたる教師の問題といえな

いこともないが、それよりも指導内容とそのねらいの設定にかかわることと考える。先に引用した理科指導書の記述によれば、「固体の食塩が水に溶け、その姿が見えなくなる」とあるが、これが重要なのではなくて、また、この叙述で止めてしまつては困るのであつて、「姿が見えなくなつても、食塩はなくなつたのではない」ことをわからせるために、「水と溶かした食塩との重さや食塩水の重さ」を確かめさせる」というように書いてほしいと思う。なお、「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」ことを通じて、物質のゆくえをさぐることをねらうならば、「溶けた食塩と取り出した食塩の量的関係」に目を向けさせなければならないし、この時期の児童に対してはどのような手法が望ましいかについても、方法的な見通しを示してほしいと思う。もちろん、実際の指導にあたる教師は、それぞれの学校または集団において実践的な研究を続けていくであろうけれども、現状では教材およびねらいの解釈にいちがいが多く、いわば具体的でない原案を検討しているようであつて、広範囲の教師の実践を積み上げていくには、ふさわしくない状態である。これらのことも、教育技術の水準を高めるための教師の努力を結集し得ない原因であり、個々の学校や集団での実践研究が相互に結合できないで散発的に終わる遠因とも考えるところである。

とにかく、「教材を組織的に提示するうえで重要な観点は、なによりも認識を高めていく段階が発展的におさえられているということである。いうまでもなく、認識がたかまるとは、個々の現象がバラバラにとらえられるのではなく、それらの現象と現象の関係が明瞭になり、現象と現象のあいだに共通する法則が発見されるか、あるいは、より包括的な概念や体系的知識のなかに、それらの個々の現象がくみこまれて理解されることである。(吉本均、武村重和・注9)」と考えるならば、食塩水、ほうさん水、蒸留水などについて現象的にとらえさせるだけではなく、正しい物質概念と、これに関連した溶液の概念や物質の保存概念を育てるための系統的な指導過程の構成が必要であると思う。

⑨ 不飽和食塩水を分け取ることと溶液の均質性

A③ ビーカーの中の水に、食塩をすつかりとかし、よくかきまぜ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、べつのビーカーに半分だけうつしました。うつした半分と、残りの半分と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1～6まで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 静かにうつしたので、残りの半分のほうが多い。
- 2 かたむけたので、うつした半分のほうが多い。
- 3 とかしてかきまぜたので、どちらも同じである。
- 4 しばらくおいたので、残りの半分のほうが多い。
- 5 とかしてかきまぜたので、うつした半分のほうが多い。
- 6 静かにうつしたので、どちらも同じである。

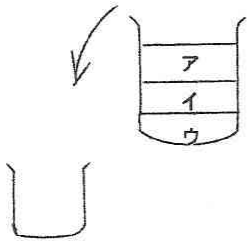
この問題は、昭和40年度全国学力調査における第5学年の問題を改作したものであり、容器を傾けて食塩水をうつし取る実験操作とあわせて、食塩水の均質性に関する実態をみようとしたものである。

全国学力調査では、1～4の選択肢であったが、「残りの半分が多い」、「どちらも同じ」、「うつした半分が多い」という内容が、それぞれ2選択肢ずつになるように構成した。

⑩ 不飽和食塩水を分け取るときの溶液の移動：(問題B③)

B③ 大きいビーカーの中に食塩水を入れて、図のようにア、イ、ウのめじるしをビーカーにつけました。このビーカーを静かにかたむけて、 $\frac{1}{3}$ だけ小さいビーカーにうつしました。小さいビーカーの中には、ア、イ、ウ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 アの部分だけがたまる。
- 2 アとイの部分、どちらも同じくらいずつたまる。
- 3 アとイの部分、どちらもたまるけれども、アが多くてイが少ない。
- 4 ア、イ、ウの部分、どれも同じくらいずつたまる。
- 5 ア、イ、ウの部分、どれもたまるけれども、アがいちばん多く、ウがいちばん少ない。

この問題は、日常の実験において水や溶液を分け取る実験操作とあわせて、溶液のどの部分が移動すると考えているかを見ようとしたものである。

⑪ 溶液を分け取ることについて

表9	年 \ 肢	肢						計
		1	2	3	4	5	6	
A-③	4年	26	7	21	29	5	12	100
	5年	20	6	18	42	4	10	100
	6年	12	5	22	47	2	12	100

表9では、選択肢3「とかしてかきまぜたので、どちらも同じである」が正答であり、選択肢6「静かにうつしたので、どちらも同じである」も、正答に準ずるものとみたい。筆者としては、「静かにうつした」、「かたむけた」、「とかしてかきまぜた」などの実験操作に関する形容が、いくらかの意味をもつて応答に影響するかも知れないと考えたものである。また、「とかしてかきまぜた」という実験操作は、下位の学年で軽視され、上位の学年ほど重視されるのではないかとすれば溶液における溶質の分散または拡散に対する理解の素地があるといえるかも知れない。これら

表10	年 \ 肢	肢						計
		1	2	3	4	5	計	
B-③	4年	17	17	17	17	32	100	
	5年	11	14	16	18	41	100	
	6年	8	18	12	28	34	100	

表 11	肢	正 答			誤 答			計
		3・6	1・4	2・5	3・3	5・5	1・2	
A-③	年	3・6	1・4	2・5				
	4年	3・3	5・5	1・2	100	0	0	
	5年	2・8	6・2	1・0	100	0	0	
	6年	3・4	5・9	7	100	0	0	

の点は、いずれも取り上げるほどの傾向を示さなかった。したがって、選択肢の前半における実験操作の形容を無視して、「残りの半分が多い」、「うつした半分が多い」、「どちらも同じ」の3群に分けて考察することが適当であると考えた。

表 11 は、以上の考えに基づいて表 9 の応答結果を 3 群に分けて示したものであり、左から順に「どちらも同じ」という正答と、「残りの半分が多い」、「うつした半分が多い」という誤答を表わしている。

これによれば、3 個学年とも正答率は約 30% であり、「残りの半分が多い」という誤答率は約 60% である。

応答傾向としては、4 年と 5 年の間にも、4 年と 6 年の間にも差が認められない。これらの結果からも、溶液が均質であること、したがって分け取った半分にも、残りの半分にも溶質は均等に含まれていることなどの理解が、かなり低く、学年が進んでも理解の深まりを示していない状態がわかる。児童が、日常生活などから受ける直観的な印象、または誤解といったものは、いわば生活のしみのように根強い姿で残存するものと感じる。したがって、それらを切りくずして新概念の形成を図るためには、よほど効果的で根気強い指導を行なわなければならないと思う。

表 12	学 年		4 年			5 年			6 年		
			1	2・3	4・5	1	2・3	4・5	1	2・3	4・5
A-①	B-③	選択肢	1	2・3	4・5	1	2・3	4・5	1	2・3	4・5
A-③	A-①	どの部分も同じ									
	B-③	どちらも同じ	1・3			1・6			2・5		
	B-③	応答率	2	4	7	3	4	9	3	6	16
A-③	A-①	底の部分が多い									
	A-③	残りの半分が多い	4・0			4・0			3・1		
	B-③	応答率	6	14	20	4	14	22	2	8	21

表 12 は、問題 A-①での食塩水の均質性に対する応答と、問題 A-③での食塩水の分け取りに対する応答との関係をまとめ、さらに、それと B-③での溶液の移動に関するイメージとの関連をみようとする。

したものである。

問題A-①で、「どの部分にはいつている食塩の量もみな同じである」、問題A-③で、「うつし取った半分と、残りの半分とに含まれている食塩の量は同じである」と応答したものは、4年で13%、5年で16%、6年で25%であり、かなり低い。これに反して、問題A-①で、「底の部分にはいつている食塩の量が多い」、問題A-③で、「残りの半分に含まれている食塩の量が多い」と応答したものは、4年と5年で40%、6年で31%となっている。また、これらの応答別に、問題B-③における溶液の移動に関するイメージをみると、各学年とも似た傾向を示している。

これらの結果をみると、児童のもっている誤解は、それ自身としてのつじつまは合っていると考えることができる。したがって、溶液または物質変化に関する個々の事象を、バラバラな形でとらえさせるのではなく、統一的に把握させていくというためには、児童のもっている誤解を、個々の事象についてバラバラに打ち破ろうとしてもむずかしいと感じる。児童のもつ誤解のつじつま全体に対して、いわば統一的に打ち破るための指導が必要であり、そういう観点からも、指導過程を検討すべきであろう。

⑫ 食塩水の濃度と飽和 (問題A④)

A④ ビーカーの中の水に、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はいめを入れたら、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1～6の中から一つだけえらんで、その番号 の中に書きなさい。

- 1 3ばいめ、4はいめ、5はいめのときのこさは、どれも同じである。
- 2 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。
- 3 4はい入れたときがいちばんこくて、5はい、3ばいのじゅんにこい。
- 4 5はい入れたときがいちばんこくて、4はい、3ばいのじゅんにこい。
- 5 3ばいめと4はいめのこさはほとんど同じで、5はいめはそれよりこい。
- 6 4はいめと5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。

この問題は、昭和40年度全国学力調査における第5学年の問題を改作したものであり、食塩の溶解と食塩水の濃度に対する理解や、飽和に関する概念の状態をみようとしたものである。全国学力調査では、1、2、3、6の内容から構成されていたが、「多量に入れるほど濃くなる」、「飽和に達するまでの濃さは同じである」といった児童のイメージを予想したので、選択肢4および5を加えた。なお、設問の条件がわかりやすいように、食塩の量を表わす数字の配列も単純にしたものである。

⑬ 溶液の濃度と飽和について

表13では、選択肢6「4はいめと5はいめのこさはほとんど同じで、3ばいめのこさはそれよりうすい」が正答である。正答率は4年・5年で約20%、6年で約25%となっている。誤答としては、選択肢4「5はい入れたときがいちばんこくて、4はい、3ばいのじゅんにこい」がめだっている。応

表 1 3 A-4	肢 年	1	2	3	4	5	6	計
	4年	2	16	9	28	23	22	100
	5年	8	12	5	43	11	21	100
	6年	5	16	8	32	12	27	100

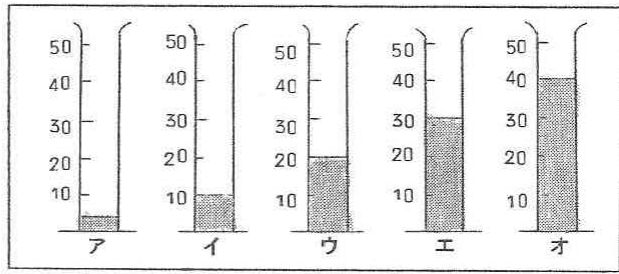
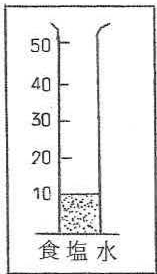
答傾向としては、4年と5年の間に差(※)がみられ、5年と6年の間には差がみられない。溶液の濃度および飽和の概念は、児童にとってかなりむずかしいものであるが、指導の場面のとらえ方と指導法をくふうすれば、この時期の児童に対してもかなりの程度まで可能であると思う。3年「物の

溶け方を調べる」や、4年「食塩水を水と食塩とに分ける」に関連した指導要領や指導書の記述では、飽和溶液のこと、うすめること、湯がさめると出てくることなどについて触れてはいるが、何をねらって、どうやるのかについては具体的でない。そのために、溶液の濃度や飽和の概念を形成することに重点をおいた指導をうけていない結果が現われているとみられる。

⑭ 食塩水の濃度と稀釈法 (問題A5)

A5 左はしの入れ物の中に、こい食塩水を入れました。この食塩水を2ばい、3ばい、4ばいにするには、それぞれどれだけの水を加えたらよいでしょうか。

つぎのア、イ、ウ、エ、オ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。



2ばいにするときは の水を加える。

3ばいにするときは の水を加える。

4ばいにするときは の水を加える。

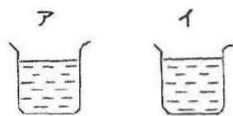
この問題は、食塩水をうすめることの意味と、それを通じて、溶液の濃度に関する概念をみようとしたものである。2ばい、3ばい、4ばいといった整数倍のうすめ方は、日常の実験操作でもしばしば見られるものであるが、それが単に技術的な指導に終わっていて、溶液の濃度、とくに溶液の中の溶

質のふるまいという点に対する理解と結びついていないのではないかとと思われる。これらの点についても、⑫や⑬と関連させて検討したいと考えたものである。

⑮ ほうさん溶液の濃度と温度 (問題B④)

B④ 下の図のように、アとイのビーカーに、同じ量で温度のちがう湯を入れて、その中にほうさんをさじて1ばいずつ入れながらよくかきまぜました。アのほうは、2はいめを入れたとき、とけきらないで少し残りました。イのほうは、3ばいめを入れたとき、とけきらないで少し残りました。アとイに入れた湯の温度と、ほうさんのときをくらべるとどうなりますか。

つぎの1、2、3、4の中から一つずつえらんで、その番号を□の中に書きなさい。



- 1 アはイよりも温度が高くてうすい。
- 2 アはイよりも温度が高くてこい。
- 3 アはイよりも温度が低くてうすい。
- 4 アはイよりも温度が低くてこい。



ほうさんを入れた
さじ

- 1 イはアよりも温度が高くてうすい。
- 2 イはアよりも温度が高くてこい。
- 3 イはアよりも温度が低くてうすい。
- 4 イはアよりも温度が低くてこい。

この問題は、昭和40年度全国学力調査における第5学年の問題を改作したものであり、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対する理解をみようとしたものである。全国学力調査では、「アはイより・・・」という内容だけで1～4の選択肢を与えているが、ここでは、「イはアより・・・」という内容の選択肢を加え、両者の応答内容が一致したものだけをそれぞれの児童の応答とみなすこととした。

⑯ 溶液の濃度・飽和・希釈法について

表14では、選択肢「イ・ウ・エ」が正答である。つまり、2倍にうすめるには1倍容の水を加え、3倍にうすめるには2倍容の水を加える・・・というものである。正答率は4年と5年で約35%、6年で約40%となっている。応答傾向としては、4年と5年の間にも、4年と6年の間にも差が認められない。溶液を簡単な整数倍にうすめる実験操作は、日常しばしば用いられるものであるが、このように低い正答率であることは、どういうわけだろうか。これまでしばしば触れたように、学年が進んでもほとんど理解の深まりがみられない内容の一つに数えられる。

ここでとりあげた内容に関する指導書の記述を引用すると、「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。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。」「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。」などがあげられる。これらを見れば、飽和溶液のこと、うすめること、析出のことなどに一応触れているといえるか

年	肢		計
	正 答	誤 答	
A-⑤	イ・ウ・エ	ウ・エ・オ	
4年	3 4	6 6	1 0 0
5年	3 5	6 5	1 0 0
6年	3 9	6 1	1 0 0

年	肢		計
	正 答	誤 答	
B-④	3-2	他	
4年	5 5	4 5	1 0 0
5年	5 3	4 7	1 0 0
6年	6 8	3 2	1 0 0

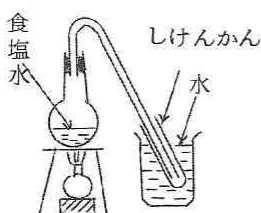
も知れない。しかし、そのねらいと方法についての具体的な示唆は与えられていないし、むしろ、重要な部分の記述が落ちているときえ思う。湯がさめるにつれて起こる変化に注意させることが重要なのは、そのことが、溶液の中での溶質のふるまいを推測する重要な手がかりとなるからであろう。変化に注意させるねらいと内容を具体的に示さないと、単に事象をよく見させるだけの努力に終わってしまう。溶けるだけ溶かした食塩の液、すなわち飽和溶液を作るというときにも、「まだ溶ける液」、「溶けるだけ溶かした液」、「もう溶けない液」といった溶液概念を、個々の事象と結びつけてどのように形成するのかも明らかでない。また、何倍にうすめるということの意味がつかみにくいので指導を要するという場合でも、「何倍にうすめる意味」という意味がはっきりしなければ指導を要すると考えても具体的には手がつけられないであろう。うすめる意味がわかるということは、溶液の中における溶質の量やふるまいがわかるということであり、そのためには、溶液・溶媒・溶質のかかわりあいについてわからなければならないだろう。溶液または溶解に関する概念は、児童にとってはかなり抽象度の高いものであるから、学年を迫ってしだいに深めなければならないと思う。この点からみると、3年での指導内容がむずかしく、また重要な内容を多く含み過ぎていることと、これらの諸概念を育てていくための学年的な配列の再検討が必要なことを感じる。

表 15 は、選択肢 3-2 「アはイよりも温度が低くてうすい。イはアよりも温度が高くてこい」が正答である。正答率は 4年・5年で約 55%、6年で約 70% となっている。

これまでとりあげてきた一連の内容、とくに、⑫食塩水の濃度と飽和、⑭食塩水の濃度と稀釈法、⑮ほうさん溶液の濃度と温度などの内容は、関連的・統一的に理解させなければ定着しないものであり、その統一を図る手がかりは、溶液における溶質のふるまいに対する理解であり、物質の保存に対する理解であると思う。これらの点から、それぞれの学年段階に即した指導内容の配列と、きめの細かい指導法を、具体的に検討しなければならないと思う。

⑰ 食塩水の蒸留における蒸留水と食塩 (問題C①)

C① a 下の図のようにして、うすい食塩水を熱すると、しけんかんの中にはなにがたまりますか。
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 食塩のつぶがたまる。
- 2 こい食塩水がたまる。
- 3 うすい食塩水がたまる。
- 4 食塩のとけていない水がたまる。
- 5 なにもたまらない。

b 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 水も、とけた食塩も、じょう発しない。
- 2 水はじょう発しないが、とけた食塩はじょう発する。
- 3 水も、とけた食塩も、じょう発する。
- 4 水はじょう発するが、とけた食塩はじょう発しない。
- 5 水がじょう発するとき、とけた食塩も少しじょう発する。

この問題は、食塩水を蒸留する実験操作にあわせて、食塩水における食塩と水についての理解をみようとしたものである。aの部分は、食塩水を熱したときに出てくる物質をきいたもので、昭和38年度全国学力調査における第5学年の問題を改作したものである。bの部分は、aで応答した理由をきき、水に溶けた食塩に対する児童・生徒のイメージをみようとしたものである。

⑱ 食塩水の蒸留と蒸留水について

表 16	肢	1	2	3	4	5	計
	C-① a	5年	28	10	21	38	3
6年		27	7	27	37	7	100
中1		23	6	10	61	0	100

表16では、選択肢4「食塩のとけていない水がたまる」が正答である。正答率は5年と6年が約40%であり、中1が約60%となっている。5年と6年で誤答としては、選択肢1「食塩のつぶがたまる」の約30%がめだっている。

応答傾向としては、5年と6年の間には差が認められないが、5年と中1の間には大きな差(※※)がみられる。

表17では、選択肢4「水はじょう発するが、とけた食塩はじょう発しない」が正答である。この正答率は、5年と6

表 17 C-① b	肢 年	1	2	3	4	5	計
	5年	2	4	15	56	23	100
	6年	1	2	11	59	27	100
	中1	1	3	3	83	10	100

年で約60%であり、中1で約80%となっている。表17での正答率に比べて表16での正答率が、各学年とも約20%ずつ低くなっているのは、⑰の問題で「しけんかんの中にはなにがたまりますか」という部分を、「フラスコの中にはなにがたまるか」と誤解した結果ではなからうか。

表17での応答傾向も、5年と6年の

間には差がなく、5年と中1の間には大きな差(※※)がみられる。

表18は、表16および表17の関連をみたものである。これによれば、選択肢4-4「しけんかんの中には、食塩のとけていない水がたまる。なぜなら、水はじょう発するが、とけた食塩はじょう発しないから」という正答が、5年と6年で約30%、中1で約60%を示している。

蒸留装置が不完全な状態で指導したために、うまくいかないで、「うすい食塩水」がたまって、児童を説得できずに困ったという例をよくきく。また、

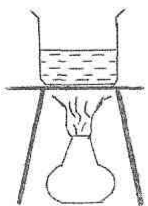
表 18 C-① a b	肢 年	正 答	誤 答	計
	4-4	他		
	5年	28	72	100
	6年	32	68	100
中1	58	42	100	

た、ゴム管やゴム栓のにおいや不純物のにおいが混入して、蒸留水のイメージとはほど違かったという話も多い。これらの失敗から受ける児童の印象は強烈だと予想されるので、指導にあたっては、なによりも実験としての成功を期さなければならない。それとともに、蒸留やろ過といった実験操作を通じて、そのような操作が成立する意味を考えさせ、溶液と溶液中における溶質の状態を推論していく力を育て、物質の特質に目を向けさせることを忘れてはならないと思う。

⑱ 食塩水の蒸留における食塩水の濃度と食塩の量 (問題C②)

C②a ビーカーの中の水に、食塩をさじで5はい入れてかきまぜ、よくとがしました。この食塩水を、下の図のようにして熱したらどうなりますか。

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 食塩がへるから、だんだんうすい食塩水になる。
- 2 水がへるから、だんだんこい食塩水になる。
- 3 水も、食塩もへるから、だんだんうすい食塩水になる。
- 4 水も、食塩もへるから、だんだんこい食塩水になる。
- 5 水も、食塩もへるから、食塩水のこさは変わらない。

b どの食塩水を熱したあとでは、ビーカーの中になにが残りますか。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 うすい食塩水が残る。
- 2 水が残る。
- 3 さじで 5 はいぶんの食塩が残る。
- 4 食塩が残るけれども、さじで 5 はいぶんよりも少ない。
- 5 なにも残らない。

この問題は、食塩水を蒸留する実験操作にあわせて、a の部分では食塩水が濃縮されていく過程についての理解をみ、b の部分では、加えた食塩の量と蒸発乾固した食塩の量に関する理解をみようとしたものである。

㊦ 食塩水の蒸留と濃度、析出について

表 19		肢	1	2	3	4	5	計
		年						
C-② a	5年	4	61	15	11	9	100	
	6年	1	76	7	4	12	100	
	中1	0	84	7	1	8	100	

表 19 では、選択肢 2 「水がへるからだんだんこい食塩水になる」が正答である。正答率は、5年で約 60%、6年と中 1 で約 80% となっている。応答傾向としては、5年と 6年の間でも差(※)が認められ、5年と中 1の間では大きな差(※※)がみられる。

表 20		肢	1	2	3	4	5	計
		年						
C-② b	5年	11	1	31	53	4	100	
	6年	7	1	34	57	1	100	
	中1	3	0	51	45	1	100	

表 20 では、選択肢 3 「さじで 5 はいぶんの食塩が残る」が正答である。正答率は、5年と 6年で約 30%、中 1 で約 50% となっている。応答傾向としては 5年と 6年の間には差がなく、5年と中 1の間には差(※)がみられる。誤答としては、選択肢 4 「食塩が残るけれどもさじで 5 はいぶんよりも少ない」というものが、各学年とも約 50% である。

これらの事実は、㊥での「水がへるから、だんだんこい食塩水になる」や「さじで 5 はいぶんの食塩が残る」とか、㊦での「水はじょう発するが、とけた食塩はじょう発しない」といった一連の内容が統一的に理解されていないことを物語るものであろう。

表 21 は、表 19 および表 20 の関連をみたものである。これによれば、選択肢 2-3 「水がへるから、だんだんこい食塩水になる。したがって、さじで 5 はいぶんの食塩が残る」という正答率は、5年と 6年で約 30%、中 1 で約 50% である。選択肢 2-4 「水がへるから、だんだんこい食塩水になる。

表 2 1	肢	正 答			計
		2 - 3	2 - 4	他	
C - ②	年	2 5	3 1	4 4	1 0 0
a	5年	2 5	3 1	4 4	1 0 0
b	6年	3 3	3 9	2 8	1 0 0
	中 1	4 8	3 3	1 9	1 0 0

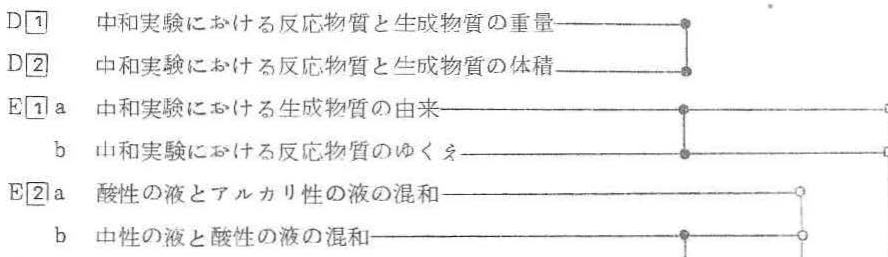
表 2 2	肢	正 答		計
		4 - 4 - 2 - 3	他	
C - ①	年	4 - 4 - 2 - 3	他	
a	5年	1 5	8 5	1 0 0
C - ②	6年	1 9	8 1	1 0 0
b	中 1	3 3	6 7	1 0 0

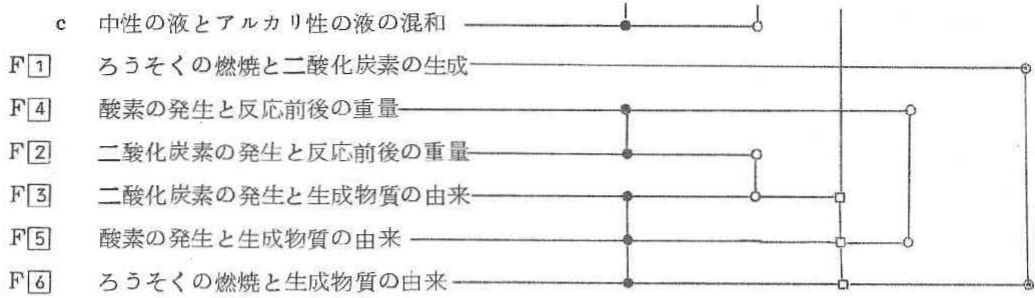
しかし、残る食塩はさじで 5 はいぶんより少ない」の誤答が、各学年とも 30% 以上を占めている。濃縮の過程で、何らかの意味で食塩が減少または消滅すると考えているこれらの応答は「物の溶け方」および「食塩水」の指導で、物質保存の概念が育てられず、溶液の中での溶質や物質の個性に対する理解が深まらず、その後の、いわゆるスパイラル方式の指導過程の中でも、補強または深化される機会がなかったことを示すものといえよう。そして、このような欠点を是正するためには、学習指導法の改善に努力することも重要であるが、より根本的な、指導内容の精選と配列の再検討が必要であり、個々の教師および学校だけでは解決できないことのように思う。

表 2 2 は、表 1 8 および表 2 1 の関連をみたものである。したがって、表 1 6, 1 7, 1 9, 2 0 について関連を示したことになる。⑰と⑱の問題で 4 - 4 - 2 - 3 と完全に正答できたものは、5 年では 15%, 6 年で約 20%, 中 1 で約 30% となっている。この内容は、「食塩水を蒸留すると、水は蒸発しないから、蒸留水が捕集できる。一方では食塩水がだんだん濃縮されて、最後には加えただけの食塩がとり出せる」というものである。このように基本的な内容に関しても、一貫した理解を与えることができないのは、統一的な理解を与えるための内容と方法が明確になっていないこともあって、結果的には、個々の事象を羅列的に経験させるにとどまってしまったためであろう。

(3) 化学変化の概念および化学変化に関係した保存の概念について

化学変化の概念および化学変化に関係した保存の概念をみる小問とその内容、それぞれの小問の関連を示すと次のとおりである。





① 中和実験における反応物質と生成物質の重量 (問題D①)

D① 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。この実験で、中和した液の重さと、はじめにまぜた液の重さとをくらべたらどうなりますか。

つぎの 1, 2, 3 の中から一つだけえらんで の中に◎じるしをつけなさい。また、自分が◎じるしをつけたわけを、その番号の下に書いてあるア, イ, ウ, エ, オの中から一つだけえらんで、() の中に○じるしをつけなさい。

1 中和した液の重さは、はじめにまぜた液の重さよりも重い。

()ア 中和して、えんさんが食塩に変わるのだから。

()イ 中和して、水さんかナトリウムが食塩に変わるのだから。

()ウ 中和して、えんさんと水さんかナトリウムが食塩に変わるのだから。

()エ はじめになかった食塩が、中和してあたらしくできるのだから。

()オ 中和してできる食塩は、とけているから。

2 中和した液の重さは、はじめにまぜた液の重さと変わらない。

()ア 中和して、えんさんのへったぶんだけ食塩ができるから。

()イ 中和して、水さんかナトリウムのへったぶんだけ食塩ができるから。

()ウ 中和して、えんさんと水さんかナトリウムのへったぶんだけ食塩ができるから。

()エ 中和してできるもののめかたは、中和するまえのものと同じはずだから。

()オ 中和してできる食塩は、とけているから。

3 中和した液の重さは、はじめにまぜた液の重さよりも軽い。

- ()ア 中和して食塩ができるとき、えんさんがへるから。
- ()イ 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。
- ()ウ 中和して食塩ができるとき、えんさんも水さんかナトリウムもへるから。
- ()エ 中和してできる食塩はわずかで、はじめにまぜた液のへりかたが多いから。
- ()オ 中和してできる食塩は、とけているから。

この問題は、塩酸と水酸化ナトリウムの中和実験で生成する物質の重量と、反応物質の重量との関係に対する児童・生徒のイメージをみようとしたものである。

② 中和実験における反応物質と生成物質の体積 (問題D②)

D② 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。この実験で、中和した液の体積と、はじめにまぜた液の体積とをくらべたらどうなりますか。

(出題の形式はD①と同じである。選択肢は次の3項目とした。)

- 1 中和した液の体積は、はじめにまぜた液の体積よりも大きい。
- 2 中和した液の体積は、はじめにまぜた液の体積と変わらない。
- 3 中和した液の体積は、はじめにまぜた液の体積よりも小さい。

————— 以下略 —————

この問題は、塩酸と水酸化ナトリウムの中和実験で生成する物質の体積と、反応物質の体積との関係に対する児童・生徒のイメージをみようとしたものである。

③ 中和実験における重量と体積について

表 2 3	枝	1	2	3	計
	年				
D-①	6年	27	45	28	100
	中1	12	57	31	100
	中2	15	61	24	100

表 2 3 において、選択肢 2 「中和した液の重さは、はじめにまぜた液の重さと変わらない」という応答率は、6年で45%、中1と中2では約60%である。

中和反応の前後における重量の比較などは、実際には指導されていないことであり、精密な比較をすることも技術上の困難を伴うことである。したがって、応答の正誤そのものを直接の問題としないで、化学反応に対する子どもへの受けとめ方を、重量に対する応答を

表 2 4	肢	1	2	3	計
	年				
D-②	6年	1 6	5 4	3 0	1 0 0
	中 1	1 8	4 1	4 1	1 0 0
	中 2	1 8	5 4	2 8	1 0 0

手がかりとして概観しようとしたものである。

表 2 3 で、選択肢 2 に応答した児童・生徒のうち、6 年で 2 6 %、中 1 で 3 2 %、中 2 で 3 5 % が、小項目エ「中和してできるもののめかたは、中和するまえのものと同じはずだから」に応答している。これは、実際に測定した経験がないにもかかわらず、「重量に増減はないはずだ」という素朴な保存の概念を前提として事象を解釈しているものと考えられる。

表 2 4 は、中和実験の前後における体積に関する応答を示したものである。選択肢 2 「中和した液の体積は、はじめに混ぜた液の体積と変わらない」という応答率は、6 年で約 5 5 % であり、小項目エ「中和してできるものの体積は、中和するまえのものと同じはずだから」に対する応答は 3 1 % である。

ここに表われている、重量の保存、体積の保存に関するイメージから、指導上の問題として検討しなければならないのは、どんなことだろうか。それは、「物にはすべて重さがある。物にはすべて体積がある。物は変化してもなくなるならない。それは、重さと体積の保存によって確かめられる。」という事象を取り扱う段階から、「物は変化してもなくなるならない。それは、重さの保存によって確かめられる。しかし、体積の保存は成立しない。」という事象を取り扱う段階への移行をどうするかということであろう。重量の保存、体積の保存は、物質に関する初歩的な概念を形成する主要な柱であるが、物質変化の事象については、体積の保存が、加法的には成立しないことを理解させるところにむずかしさがあるといえよう。それは、なんらかの意味での粒、物質を構成する基本要素としての粒子と、その粒子のふるまいといったものに触れないではすまされそうにないからである。

物体の不可入性や、体積の加法性が成立する事象でも、「第 1 段階（平均 7、8 才ごろまで）では子どもは、物質の保存も、重さの保存も、体積の保存も認めない。第 2 段階（平均 8 才から 10 才まで）では、物質の保存は認めるが、重さの保存や、体積の保存は認めない。第 3 段階（平均 10 才から 11～12 才まで）では、物質の保存と重さの保存は認めるのだが、体積の保存はまだ認めない。最後に第 4 段階（11～12 才以上）からのちに、物質の概念を、重さの概念と、体積の概念とに還元しようとしながら、3 つの形の保存を同時に認めるのである。（J・ピアジェ・注 10）」といわれる。

物体の不可入性や、体積の加法性が成立する事象でさえも、保存概念の形成に関するプロセスは、かなりむずかしいと考えられる。そのうえ、体積の加法性が成立しない事象を通じて、物質の保存概念の形成を図るということは、指導上の困難点を多く含むことである。また、物質の状態変化の事象における物質の保存概念と、物質の化学変化の事象における物質の保存概念とでは、違った困難点があると予想される。いずれにせよ、これらの保存概念に関する指導過程については、理論的な面からだけでなく、実践的な授業を通じて児童の変容を把握し、概念形成の可能性と限界といったものを、じゅうぶんに吟味しなければならない時期だと思ふ。

④ 中和実験における生成物質と反応物質 (問題E①)

E① 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。この実験について、つぎの問a、問bに答えなさい。

答えは、それぞれ下を書いてある1~6の中から一つだけえらんで、その番号の()の中に○じるしをつけなさい。

問a 中和して食塩ができましたが、その食塩のもとはどこにあったのでしょうか。

- () 1 えんさんの中に、はじめから全部はいていた。
- () 2 水さんかナトリウムの中に、はじめから全部はいていた。
- () 3 えんさんと水さんかナトリウムの中に、はじめから少しずつはいていた。
- () 4 はじめはどちらにもはいていなかったが、中和したので新しくできた。
- () 5 えんさんと水さんかナトリウムの中に、はじめから半分ずつはいていた。
- () 6 はじめはどちらにもはいていなかったが、中性になったので新しくできた。

問b はじめに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、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 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ものの中にはいている。
- () 4 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ものの中にはいている。
- () 5 えんさんも水さんかナトリウムも、食塩といっしょになってはいている。
- () 6 性質は変わってしまったけれども、中和したものの中にはいている。

この問題は、中和実験における生成物質はどこからきたか、反応物質はどうなったのかといった内容に対する応答を通じて、化学変化の事象に対する児童・生徒のイメージをみようとしたものである。

⑤ 中和実験と物質の由来とゆくえについて

表 2 5	肢	3・5	4・6	他	計
	年				
E-① a	6年	16	74	10	100
	中1	13	72	15	100
	中2	15	69	16	100

表25は、④aにおける6個の選択肢に対する応答をまとめたものである。選択肢3および5は、「生成物質は、塩酸と水酸化ナトリウムの中に、初めから少しずつ(または半分ずつ)はいていた」というものである。これらの応答は、その正否を厳密な意味で問題にしないでいえば、化学変化の事象に対する望ましい受けとめ方といえることができよう。少なくとも、反応物質と生成物質の関連について、保存の概念

表 2 6	肢 年	6	1・2	他	計
	E-① b	6年	19	54	27
	中1	39	44	17	100
	中2	34	42	24	100

に近い見方・考え方をしているといえよう。応答率は各学年とも約15%となっている。

これに反して、選択肢4および6は、「生成物質は、塩酸と水酸化ナトリウムのどちらにもはいっていなかったが、中和した（中性になった）ので、新しくできた」というものであり、望ましくない受けとめ方といえよう。

ただし、「食塩のもとはどこにあったのでしょ

う」といった問いかけで、「もと」ということばをどのように解釈しているかがはっきりしないので、あいまいな点があることは否定できない。分子、原子、粒といった用語を使うことは、調査上の事情からみて不可能であったために、止むを得ない表現と考えた。

表26は、④bにおける応答をまとめたものである。選択肢6は、「反応物質は、性質が変わってしまったけれども、中和したものの中にはいっている」という応答であり、望ましい受けとめ方ということができよう。応答率は、6年で約20%、中1で約40%、中2で約35%となっている。これに反して、選択肢1、2は「反応物質はなくなってしまった」という応答であり、望ましくない受けとめ方ということができよう。応答率は、6年で約55%、中1で約45%、中2で約40%を占めるが、そのうち、選択肢2「中和して性質が変わったので、塩酸も水酸化ナトリウムもなくなってしまった」という応答が、各学年とも28%ずつ含まれている。

化学反応における反応物質と生成物質のかかわりあい、具体的・実証的に提示することは、きわめて困難であるし、児童に理解させることはむずかしいであろう。しかし、「はじめにあった物質の、性質や形が変わっても、物質そのものが減失することはない」といった、素朴な保存概念の育成に役立つような解説や指導を、それぞれの学年段階において試みる必要があると思う。

⑥ 酸性・中性・アルカリ性の液の混和（問題E②）

E② さん性、アルカリ性、中性の液をまぜる実験について、つぎの問a、問b、問cに答えなさい。それぞれ下においてある1～6について、問いの答えとして正しいものには○じるし、正しくないものには×じるしを、すべての（ ）の中書きなさい。

問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 さん性が強いときには、さん性になる。
- () 2 アルカリ性が強いときには、アルカリ性になる。
- () 3 両方の強さが同じときには、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。

問b 中性の液とさん性の液をまぜるとどうなりますか。

() 1 中性が強いときには、中性になる。

() 2 さん性が強いときは、さん性になる。

() 3 両方の強さが同じときには、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。

問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 中性が強いときには、中性になる。

() 2 アルカリ性が強いときには、アルカリ性になる。

() 3 両方の強さが同じときには、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。

この問題は、さん性・中性・アルカリ性の液を混和したときの、液の性質をきいたもので、この応答を通じて、溶液に対する児童・生徒のイメージをみようとしたものである。

表 2 7	肢	完全正答	誤 答	他	計
	年				
E-2 a	6年	5 4	3 5	1 1	1 0 0
	中 1	6 5	2 2	1 3	1 0 0
	中 2	6 5	2 7	8	1 0 0

⑦ 溶液の性質について

表 2 7 は、⑥の問 a に対する応答をまとめたものである。完全正答とは、選択肢 1, 2, 3 に○じるしをつけ、選択肢 4, 5, 6 に×じるしをつけたものであり、酸性の液とアルカリ性の液を混和した場合について、じゅうぶんな理解をもっていると判断されるものである。

正答率は、6年で約 55%、中 1・中 2 では 65% となっている。

表 2 8 は、問 a での完全正答者について、問 b での応答を示したものである。選択肢 4 「中性の液と酸性の液を混ぜると、いつでも酸性になる」が正答と考えられるが、選択肢 4 だけに○をつけたものと選択肢 4 と 2 だけに○をつけたものとを、一応正答とみなして、選択肢 4 の欄に示した。これによれば 6年で 20%、中 1 で 30%、中 2 で約 35% の正答率となっている。選択肢 1, 2, 3 の欄に示したものは、誤答者のうち、選択肢 1, 2, 3 のすべてに○をつけたもの、および、選択肢 1, 2, 3 のど

表 28	肢	4	1, 2, 3	他	計
	年				
E-2 b	6年	20	19	15	54
	中1	30	23	12	65
	中2	36	18	11	65

表 29	肢	5	1, 2, 3	他	計
	年				
E-2 c	6年	20	17	17	54
	中1	32	26	7	65
	中2	36	17	12	65

表 30	肢	4, 5	1, 2, 3	他	計
	年				
E-2 b c	6年	19	16	19	54
	中1	28	20	17	65
	中2	33	16	16	65

れかにだけ○をつけたものである。

表 29 は、問 a での完全正答者について、問 c での応答を示したものである。応答の分類方法は、表 28 と同様である。これによれば、6年 で 20%、中 1 で約 30%、中 2 で約 35% の正答率となっている。

表 30 は、表 28、29 での応答をまとめたものである。これによれば、酸性の液とアルカリ性の液の混和で正答し、中性の液と酸性の液、中性の液とアルカリ性の液でも正答しているものは、6年 で約 20%、中 1 約 30%、中 2 で 35% である。誤答として注目されるのは、「中性の液と酸性の液を混ぜれば、中性が強いときには中性になり、酸性が強いときには酸性になり、両方の強さが同じときには中性になる」と考え、中性の液とアルカリ性の混和でも同様に考えているものである。このような誤答は、6年 で約 15%、中 1 で 20%、中 2 で約 15% を示している。これらは、いずれも「酸性の液とアルカリ性の液の混和」

では完全正答をしているものだけに、重視しなければならないと思う。応答傾向としては、6年と中 1、6年と中 2 のいずれの間にも大きな差(※※)がみられる。

これらの結果からみると、中和実験の指導にあたっては、中和現象や食塩が生成する事実についての理解を深めるとともに、溶液の呈性反応とそれぞれの物質の特徴とが、具体的な姿で結びつけられるように努力する必要がある。「中性については、中性という特別なものがあるのではなく、酸性でもアルカリ性でもないものを中性という程度に扱う。(理科指導書・注 11)」という趣旨とは逆に、「中性という特別なもの」として理解している児童・生徒がかなり多いといえるし、このことは、どの程度に扱ったらよいか明瞭でないことにもかかわりがあると思う。一般的には、中性の液に対する指導をもっと重視する必要があると感じる。

⑧ ろうそくの燃焼と二酸化炭素 (問題F①)

F① 広口びんに火をつけたろうそくを入れてふたをしますと、ろうそくの火はやがて消えてしまいます。この実験で、火が消えるわけを、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 びんの中に一酸化炭素ができたから。
- 2 びんの中がちっそだけになったから。
- 3 びんの中に二酸化炭素ができたから。
- 4 びんの中の空気の体積がへったから。
- 5 びんの中の酸素がなくなったから。

この問題は、ろうそくの燃焼と酸素や二酸化炭素に対するイメージをみようとしたものである。

表 3 1	肢 年	1	2	3	4	5	計
		F-① 6年	3	6	3 3	4	
	中 1	1	4	3 0	3	6 2	1 0 0
	中 2	3	5	2 5	1	6 6	1 0 0

⑨ ろうそくの燃焼について

表 3 1では、選択肢 5「びんの中の酸素がなくなったから」が正答であり、6年で約55%、中1で約60%、中2で約65%の正答率となっている。誤答として目立つのは、選択肢 3「びんの中に二酸化炭素ができたから」であり、6年で約35%、中1で30%、中2で25%となっている。応答傾向としては、6

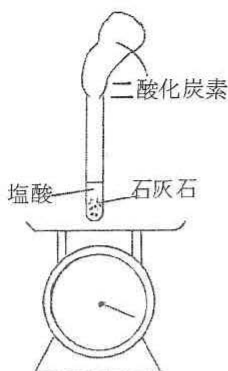
年と中1または中2の間に差がみられない。酸素、二酸化炭素、ちっ素といった物質が、小学校5年の時期に集中して取り扱われていることや、酸素と燃焼、二酸化炭素と燃焼といった事象がばらばらに指導されやすいことなどが関連して、このような混乱がみられるものと思う。児童にとってなじみの深い燃焼などを取り扱うにあたって、化学変化の事象と、それに関係する物質を統一的に理解させる手が必要ではないかと感じる。

⑩ 二酸化炭素の発生と重量 (問題F②)

F② 試験管の中に石灰石を入れ、うすい塩酸をそそぐと二酸化炭素がでてきます。このとき、二酸化炭素をにがさないようにして、図のようにゴムふうせんをかぶせ、この中に二酸化炭素をためました。この実験で、二酸化炭素ができたあとの重さを、はじめに石灰石にうすい塩酸をそそいだときの重さとくらべたらどうなりますか。

つぎの1~6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。

- 1 二酸化炭素ができるとき、石灰石や塩酸がへるから、はじ



- めの重さよりも軽くなる。
- 2 石灰石や塩酸の中にはいていた二酸化炭素が出てしまうから、はじめの重さよりも軽くなる。
 - 3 石灰石や塩酸が、二酸化炭素に変わったのだから、はじめの重さと変わらない。
 - 4 はじめにあった物のへるぶんと、あとでできる物の重さは同じになるから、はじめの重さと変わらない。
 - 5 はじめになかった二酸化炭素が、新しくできたのだからはじめの重さよりも重くなる。
 - 6 石灰石や塩酸のほかに、できた二酸化炭素もあるから、はじめの重さよりも重くなる。

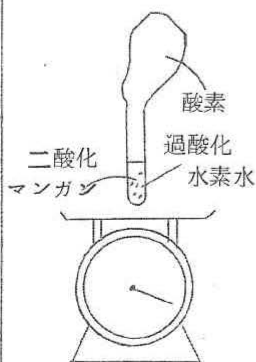


この問題は、二酸化炭素を発生させる実験で、反応前後の重量がどう変わるかをきいたもので、この応答を通じて、化学変化に対する児童・生徒のイメージと、物質の保存性に関する概念をみようとしたものである。

⑪ 酸素の発生と重量 (問題F[4])

F[4] 試験管の中に二酸化マンガンを入れ、うすい過酸化水素水をそそぐと酸素がでてきます。このとき、酸素をにがさないようにして、図のようにゴムふうせんをかぶせ、この中に酸素をためました。この実験で、酸素ができたあとの重さを、はじめに二酸化マンガンにうすい過酸化水素水をそそいだときの重さとくらべたらどうなりますか。

つぎの1~6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。



- 1 酸素ができるとき、二酸化マンガンや過酸化水素水がへるから、はじめの重さよりも軽くなる。
- 2 二酸化マンガンや過酸化水素水の中にはいていた酸素が出てしまうから、はじめの重さよりも軽くなる。
- 3 二酸化マンガンや過酸化水素水が、酸素に変わったのだから、はじめの重さと変わらない。
- 4 はじめにあった物のへるぶんと、あとでできる物の重さは同じになるから、はじめの重さと変わらない。
- 5 はじめになかった酸素が、新しくできたのだから、はじめの重さよりも重くなる。
- 6 二酸化マンガンや過酸化水素水のほかに、できた酸素もあるから、はじめの重さよりも重くなる。



この問題は、酸素を発生させる実験で、反応前後の重量がどう変わるかをきいたもので、この応答を通じて、化学変化に対するイメージと、物質の保存性に関する概念をみようとしたものである。

⑫ 化学変化と重量について

表 3 2	肢 年	1	2	3	4	5	6	計
	F-②	6年	17	27	21	12	13	10
中1		18	20	23	27	10	2	100
中2		21	18	22	20	15	4	100

表 3 2, 3 3では、選択肢 1 と 2 の応答が軽くなるというものであり、3 と 4 が変わらない、5 と 6 が重くなるというものである。

厳密な意味では、応答内容の正誤を判定できないが、3「はじめにあった物質が変わってあとの物質ができた」とか、4「はじめにあった物質の減った分と、あとでできる物質とは同じはずだ」という応答は、化学変化の事象の受けとめ方として望ましい傾向とみることができよう。化学反応の前後における重量の比較などは、実際には指導されていない内容であるが、物質の変化と保存に関するイメージを概観することはできると思う。

表 3 3	肢 年	1	2	3	4	5	6	計
	F-④	6年	28	15	17	11	17	12
中1		18	23	22	23	8	6	100
中2		22	20	22	17	10	9	100

⑬ 二酸化炭素の発生と生成物質（問題F③）

F③ 石灰石にうすい塩酸をそそぐと、二酸化炭素がでできます。この実験で、できた二酸化炭素のものはどこにあったのでしょうか。

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 はじめから、石灰石の中に全部はいつていた。
- 2 はじめから、塩酸の中に全部はいつていた。
- 3 はじめから、石灰石と塩酸の中にはいつていた。
- 4 はじめには、石灰石にも塩酸にもはいつていなかった。

この問題は、二酸化炭素を発生させる実験で、生成物質がどこからきたかをきいたものであり、この応答を通じて、化学変化に対するイメージと、物質の保存性に関する概念をみようとしたものである。

⑭ 酸素の発生と生成物質

F5 二酸化マンガンにうすい過酸化水素水をそそぐと、酸素がでできます。この実験で、できた酸素のもとはどこにあったのでしょうか。

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 はじめから、二酸化マンガンの中に全部はいつていた。
- 2 はじめから、過酸化水素水の中に全部はいつていた。
- 3 はじめから、二酸化マンガンと過酸化水素水の中にはいつていた。
- 4 はじめには、二酸化マンガンにも過酸化水素水にもはいつていなかった。

この問題は、酸素を発生させる実験で、生成物質がどこからきたかをきいたものであり、この応答を通じて、化学変化に対するイメージと、物質の保存性に関する概念をみようとしたものである。

⑮ ろうそくの燃焼と生成物質

F6 広口びんの中でろうそくをもやすと、ろうそくがもえたあとの気体の中には、二酸化炭素がたくさんできていることがわかります。この実験で、できた二酸化炭素のもとはどこにあったのでしょうか。

つぎの1~6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。

- 1 はじめから、広口びんの空気の中に全部はいつていた。
- 2 はじめから、ろうそくの中に全部はいつていた。
- 3 はじめから、空気とろうそくの両方にはいつていた。
- 4 はじめから、空気中の二酸化炭素の中に全部はいつていた。
- 5 はじめから、空気中の酸素の中に全部はいつていた。
- 6 はじめには、どこにもはいつていなかったが、もえたときに新しくできた。

この問題は、ろうそくを燃焼させる実験で、生成物質がどこからきたかをきいたものであり、この応答を通じて、化学変化に対するイメージと、物質の保存性に関する概念をみようとしたものである。

表 3 4	肢	1	2	3	4	計
	年					
F-3	6年	18	7	17	58	100
	中1	18	7	17	58	100
	中2	22	12	16	50	100

⑯ 化学変化と生成物質について

表34では、選択肢4「二酸化炭素のもとには初めには石灰石にも塩酸にもはいつていなかった」という応答が目立って多く、6年と中1では約60%、中2で50%を占めている。化学変化に対するこれまでの応答内容と同様に、厳密な意味でその正誤を判定することはできない

表 3 5	肢	1	2	3	4	計
	年					
F-5	6年	18	7	25	50	100
	中1	7	33	14	46	100
	中2	13	23	22	42	100

が、物質変化の事象に対する受けとめ方としては、好ましくない傾向といえよう。

同じように、表35でも、選択肢4「酸素のものは、初めには二酸化マンガンにも過酸化水素水にもはいついていなかった」、表36でも、選択肢6「二酸化炭素のものは、初めにはどこにもはいついていなかったが、もえたときに新しくできた」という応答が最も多い。

物質の保存性に関する概念を、化学変化の事象を通じて育てるためには、少なくとも物質の成分元素に目を向けさせる必要がある。成分元素に対する理解を、小学校段階でどの程度まで深めることができるかは、今後の検討にまたなければならぬが、少しずつでもそのような試みをする必要があるように思う。

表 3 6	肢	1	2	3	4	5	6	計
	年							
F-6	6年	6	6	10	8	6	64	100
	中1	3	12	14	4	4	63	100
	中2	5	6	17	5	3	64	100

「酸素・二酸化炭素の個々の物質概念をつくるばかりでなく、酸素と二酸化炭素のつながりについて物質変化の中で物質の行方を追求しなければならない。また、その際、重要な成分元素（化学変化を通じて不変に保たれるもの）に目を向けることである。・中略・物質の不滅性の質的なとらえ方を明確にする。これは教授的にたいへん困難な仕事である。二つの成分の加法が、質的に異なる一つの物質をそこにつくり出していることの認識は、子どもたちの世界観の著しい発展である。（大竹三郎・注12）」と考えられるし、そのような指導を可能にする素地も、児童の中にあるように感じる。

2. 授業の結果とその考察

(1) 授業結果の処理について

授業のねらいは、現行学習指導要領に基づく平均的な指導過程で授業が進められたとき、児童がどのような高まりを示すか、化学的な事象に対する望ましい変容をもたらすことが可能であるかどうかを考察することにおいた。そのために、授業中における児童の反応および授業後における児童の自由記述から、児童の実態をさぐることを中心的な手法として、この研究を進めた。

これまで述べた調査結果とその考察では、第3学年、第4学年、第5学年の指導内容をとりあげ、調査結果および授業を通じての反省を加味したものである。したがって、第6学年の指導内容については触れる機会がなかったので、ここでは、第6学年「金属の性質」に関する児童の実態を主として述べてい

(2) 第6学年「金属の性質」の授業から

「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を利用して、針金や箔を作ったり、刃物に利用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、さびを防ぐ方法が考えられるように導く。(理科指導書・注13)」ということが、この教材のねらいである。

物質の変化の見方・考え方を養う指導法を改善する観点として、次のような提案がある。

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| ㉗ 銅・鉄・アルミニウム
(同体積・かたさ・色) | ㉘ 鉄・アルミニウム→酸性・アルカリ性の液
(溶ける・水素) |
| ㉙ 金属
(伸び・広がり) | ㉚ 鉄・銅→油・塗料
(さびない) |
| ㉛ 縫い針 → かたさ
(焼き入れ・焼きもどし) | |
| ㉜ 鉄 → 空気・水
(黒さび・赤さび) | |
| ㉝ 銅 → 水分
(ろくしょう) | |

「金属を教えるための素材として、上にあげた㉗～㉚の素材群をどのようにまとめて教材化したらよいか。・・中略・5学年までの物体を物質としてみる見方・考え方を生かし、さらに物質の変化を追究させていくような教材としてまとめることを考える。①金属の色・かたさ・同体積の重さを比べる。(鉄を基準として) ②熱に対しての変化を調べる。③水・薬品に対しての変化を調べる。以上三つの調べ方は、第5学年までに物質をみるときにとってきたところであり、その観点から新しい物質を追究させ、問題解決過程をとるようにくふうする。・・中略・金属の教材内容では、㉗～㉚の事項がきれぎれになって孤立していて、順を追って深まるような組み合わせになっていない。(井口尚之・注14)」

このように、教材内容が多過ぎたり、指導内容とねらいが明確でなかったりする例は、これまでもしばしば問題としたところである。ここで、とくに問題とすべき点は、「指導事項がきれぎれになって孤立していて、順を追って深まる」ようになっていないことであろう。このことは、小学校でとりあげる一連の化学的教材を通じて、物質変化に対する児童の概念をどのように育てていくかについて、明確な見通しが成立していないために生じることであり、授業以前に解決されなければならないものである。

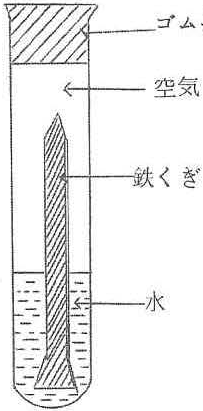
とくに、「物の溶け方」と「食塩水」で取り扱う物質の状態変化の事象に対する児童の概念と、「中和」、「酸素と二酸化炭素」、「燃焼」、「金属の性質」で取り扱う物質の化学変化の事象に対する児童の概念の実態、ならびに両者のかかわりあいなどが明確になっていないことが、具体的な学習指導に混乱を生じさせているものと考えられる。

以上の観点から、第3学年、第4学年の指導内容と、第5学年の指導内容とに関連した児童の実態を考察してきたものであるが、ここでは、第6学年「金属の性質」の授業後における自由記述から、児童の実態を考察してみたい。

① 鉄くぎのさびと重量変化について

これは、「金属の性質」に関する授業後に、次の問題を与えて自由記述させたものである。

A 図のような実験装置を作り、さびができる前の重さと、さびができてからの重さとを、くわしくはかって比べたら、重さはどうなるでしょうか。



この実験では、水と空気のさかじめのところがたくさんさびます。
時間がたつにつれて、鉄くぎには赤さびがたくさんできます。

○重さはどうなるでしょうか。

○そう考えたわけを書きなさい。

a 重さは変わらないというもの (88人中・25人)

a-1 赤さびは、鉄くぎがさびてできたのであって、赤さびが鉄くぎについたのではないと思う。だから、ふえもしないし、へりもしないと思う。

a-2 同じというのは、さびるときに空気を使ったが、そのさびは鉄くぎについたから同じ。式で書くと、空気-さびるとき使った空気+鉄についたさび=同じ、だと思ふ。

a-3 さびるには空気と水が必要なだから、それはさびる原料だ。だから、さびればそれだけ空気も水もへる。だけど、そのぶんだけさびるので重さはあまり変わらない。

a-4 空気や水がさびを作るのに使われても、試験管の外へ出るわけではなくて、くぎにつくさびに使われるのだから、重さは同じだと思ふ。

a-5 空気中のさん素と、くぎの表面とが作用して、くぎの表面がさびるから、空気中のさん素がへっても、くぎの表面のさびになるから同じだ。

a-6 水につけたからといって、鉄のくぎがとけるわけではない。体積ぜんたいは、水につけても同じだから、くぎの重さは変わらないと思ふ。

a-7 さびができるのには空気と水分を使う。だから、へった空気と水分はさびになっている。だから同じ重さになると思ふ。

a-8 空気が水といっしょになり、しめった空気として鉄くぎをさらしたからさびができた。そのさびは空気を助けにできているから空気と同じ重さであり、空気がへってもさびがあるので、ぜんたいとしての重さは同じ。

a-9 さびができるとき、空気と水を使えば、水と空気がなくなって、その分だけさびになる。空気と水のへった分だけさびになるので、ぜんたいは変わらない。

a-10 水分のなにかと、空気中のさん素とが、鉄くぎのなにかとまざって赤さびができる。だからなにかへったぶんと、赤さびは同じだから、重さも同じだと思ふ。

a-11 そのくぎ(鉄)というものは、どこへもいっていない。さびても、とけても、気体になって

も、ゴムせんをあけないかぎり、そのまんまの重さで残っているはずだと思う。

- a-12 しけんかんの口にはゴムせんがついているから、空気も水もくぎもにげない。いくらさびがついても、しめりけとさんそは少しずつへっていくから、いつまでも同じだ。
- a-13 さびは空気と水でつくったんだから、空気の一部と水の一部がへっても、赤さびがふえる。赤さびがふえても、空気と水がへる。だから同じだとぼくは思う。
- a-14 空気は、鉄くぎがさびるためにあると考えるから、赤さびができたぶんだけ、空気がへると思うから、同じになると思う。
- a-15 空気の作用によってさびができるんだから、空気がさびに変わっても重さは同じになるんだから、重さは同じになると思う。
- a-16 さびは酸素と水によってできるので、酸素がへれば、さびがふえるので同じだと思う。
- a-17 鉄くぎにさびがつけば空気がへる。その空気の分だけさびがついたと思う。
- a-18 さびるのに使われた空気がへるので同じ。
- a-19 空気と水によってさびができて、その分だけ空気や水がへるから。
- a-20 空気中のさんそが、さびに変わったのだから。
- a-21 しけんかんの中にあるものだけで変化するのだから、重くも軽くもならないと思います。
- a-22 ゴムせんで見つぷうしてあるから、鉄くぎの重さがへるわけでもないから。
- a-23 このしけんかん内でできたのだから、重さに変化はないと思う。
- a-24 さびても、それほどの重さはないのだから、重さに変化はないと思う。
- a-25 ぜんたいでは変わりがないが、くぎにさびができて、その分だけ重くなる。

以上の記録は、重さが変わらないというもの25人について、その理由とした内容を列記したものである。第6学年児童88名中で、重さは変わらないというものが25人、重くなるが32人、軽くなるが31人という結果であった。赤さびの生成過程については、化学的にもかなりむずかしいことであって、厳密には記述内容の正誤を判定することができない。しかし、物質保存に関する素朴な児童のイメージをうかがうことはできるし、この時期の児童がもっている化学反応のメカニズムに対する推論の実態をさぐる手がかりにはできると思う。

「何が、どこから、どこへ？」と考えるもののゆくえの追跡は、物質についての量的認識のはじまりである。ものは消えてなくなってしまうことはないという観念を、子どもは生活経験を通して、すでにたくわえており、教師の指導によるこの観念の開発を待機する状態が、子どものなかに形づくられている。このことを、私たちは科学教育研究の上で、一つの信頼すべき仮説と考えてよいだろう。そしてこの仮説を導き手として、子どもが物質変化の法則性をとらえる能力をどのように発展させることができるかを、実践にてらして探究すべきであろう。(田中実・注15)」と考える。ここにあげた記録は、物質変化の法則性に関する児童の概念の実態を示すものであり、授業を通じての組織的な開発を待機する姿の一端とみることができると思う。

ところで、「子どもの答えは、正答と誤答に分けることができるが、なぜそう思うか？ときかれたときの子どもの答えは、正答誤答にかかわらず、ここでは3種類に分けてみる必要がある。

〈 操作的説明 〉 これは、示された事実を、以前に観察した事実に関係させて判断し、結論をくだす説明の仕方をさす。たとえば、「だって、さっきと同じだから」とか、「形が変わっただけだから」とか、「何もとり去らなかつたから」という答えが、この中に含まれる。

〈 知覚的説明 〉 これは、目の前にじっさい見えるものだけに基づいて行なう説明である。「玉は丸くて太いから重いんです」、「十字型は長いし、棒が2本もあるから重いんだ」、「ほんのちよっと小さいようだから軽いんでしょ」など。

〈 あいまいな説明 〉 これは、「そう思うから」、「だって重いんですもの」、「わからない」というような同義語反復的説明や、理由のない説明をさす。(滝沢武久・注16)」と考えられる。

さびの生成に対する児童の記述の中にも、これらに類する説明が見受けられる。しかし、上記に掲げた化学変化についての児童の推論は、事象から直接的に証明できるものでないだけに、見方・考え方としては、かなりじゅうぶんなものといえよう。これらの見方・考え方を手がかりとして、今後どのように伸ばしていったらよいかを研究しなければならないと思う。化学変化の概念のように、「質的な飛躍を必要とするこれらの諸概念の形成は、けつきよく、このことだけ直接に果たそうとしてもできないことで、これをとりまく、いろいろの事実や他の概念など、もろもろのうえに総合されたものとして組み立てられていく。・中略・問題は、どんな段階で、どのような順序をもって行なうべきか、また、導入された概念の説明可能な限界と、それをより深く発展させていくべき新しい事実の指摘を、どのようにして導入すべきか、などの実践的な検討である。(大竹三郎・注17)」といえよう。

なお、重さは重くなる、軽くなるという児童の応答を列記すれば、次のようである。

b 重さが重くなるというもの (88人中・32人)

- b-1 どんなものでも、何かをつけるとその分だけ重くなると同じように、さびがついたなら、そのくぎは、そのさびのぶんだけ重くなる。
- b-2 さびにも、やっぱり重さがあるって、さびもたくさん集まれば少しだけれども重さになって、ぜんたいの重さは少し重くなる。(他に3人)
- b-3 鉄くぎがさびて、さびのぶんだけ重くなる。(他に12人)
- b-4 鉄くぎに、さびを作る原料の水と空気が鉄の中にはいり、それでさびの重さが出てくるので重さは変わるのだと思います。
- b-5 てんびんのふんどうでも、手でさわると重くなるので、このくぎでも、水にぬらすとその水がしみこんで重くなると思う。
- b-6 鉄というものは、空気と水分でさびをつくるので、水分をすえば、重さは変わると思う。
- b-7 空気と水のさかいいにさびがついて、そのために、さびのついたところが重くなるから。
- b-8 さびるとそれが固まり、その固まったぶんだけ重くなる。
- b-9 さびは、水と空気を原料とするが、鉄は一つの金属でできているので、さびの方が重い。
- b-10 さびは、金属と空気と水がだいたいあると金属につき、金属をやわらかくする。鉄くぎには初めはなにもついていなかったが、金属と空気と水の力により重くなる。
- b-11 さびるとその分だけ重くなる。それから、そのさびは鉄だから重さが重くなる。

- b-12 空気をすって、さびを作ると思ったから。
- b-13 さびは空気を使うけど、さびと空気を比べると、さびの方が少し重いと思うから。
- b-14 さびのもとになっているものは、おもに空気にはいっていると思うから。
- b-15 空気や水を使うなら、さびの方が重いから、ぜんたいでは重くなる。(他に1人)
- b-16 しけんかんの上の方に空気があるから、さびがつか、そのさびがふえると水かさがふえる。
- c 重さが軽くなるというもの (8人中・31人)
- c-1 ものがさびるのには、空気と水分が必要だ。この場合、くぎがさびるのに、試験管の中の空気と水分が使われるので、全体の重さはへると思う。
- c-2 さびは、くぎの表面が、水と空気の力によって変わったものであるから、くぎの重さは変わらない。しかし、鉄がさびるために、水と空気が使われたので、全体的に軽くなった。
- c-3 空気と水分は、鉄に対して、さびるのに利用された。したがって、水分と空気は、さびるにつれて少しずつへるので、重さは軽くなる。(他に3人)
- c-4 鉄が、中の空気や水をすって(きゅうしゅう)、鉄のまわりにさびを作ったから。(鉄さびを作るのに、水分や空気を使ったから)
- c-5 水や空気は、さびのためにすいとられるので、それだけ軽くなる。(他に2人)
- c-6 さびには空気が必要だから、へった空気のぶんだけ軽くなる。(他に3人)
- c-7 くぎがさびるには、空気中の酸素が必要なので、空気中の酸素の分だけ軽くなる。
- c-8 空気・水の中の酸素が、鉄と結びついてさびるのだから、酸素の分だけ軽くなる。
- c-9 さびができるには酸素がいる。さびるために使われた酸素の分だけ軽くなる。(他に6人)
- c-10 さびができるには、空気と水分が必要なもので、水などはへるだろうし、さびは、くぎのあかのようなものだから軽いと思う。
- c-11 さびは、金属をくさらせるのだから、金属だった部分がさびになるから軽くなる。さびは金属よりも軽いから。(他に1人)
- c-12 さびを見ると、表面が松の木みたいにかさかさしているのだから、初めのときより軽いと思う。
- c-13 さびは、水と鉄と空気によってできるものだ。空気や水を鉄くぎがすいとるから。
- c-14 くぎのさびてないものに、さびがどこからかとんできてつくんじゃなくて、くぎがさびてきて、鉄のところなくなっていくから。
- c-15 鉄がだんだんさびてくると、さびた分だけ軽くなる。(他に1人)

② 鉄粉のさびと反応物質について

これは、「金属の性質」の授業後に、次の問題を与えて自由記述させたものである。

㊦ ぬらしたろ紙に鉄粉をつけて試験管の中に入れ、その試験管を水中に入れてさか立ちさせておくと、鉄粉がさびるにつれて、試験管の中に水が上がってきます。

1 この実験で、試験管の中の空気はどうなったのでしょうか。

- 2 この実験で、鉄粉はどうなったのでしょうか。
- 3 この実験で、できたさびのものは、初めにはどこにあったのでしょうか。

この問題での小問5「さびのものは、どこにあったのでしょうか」に対する児童の応答内容を、以下に略記する。(調査人数・第6学年・88人)

- | | | |
|-----|--|-----|
| a | 鉄粉と空気と水とにあつたというもの | 11人 |
| a-1 | さびのものは、鉄にも、空気中にも、水の中にもあり、それが結びついてできたものだ。 | |
| a-2 | 鉄が空気にふれあつて、水分をすいこみ、それがさびになった。 | |
| a-3 | さびのものは、水分と空気が鉄粉にふれたときにできる。 | |
| a-4 | 鉄粉をぬらしたことで、中にはいていた空気がさびのものと。 | |
| a-5 | 水でしめった空気が、変化して鉄粉につきやすいと思う。 | |
| a-6 | 鉄はさびる金属で、さびるのに必要な空気と水分があつたから。 | |
| a-7 | 鉄粉にもとがある。鉄粉は鉄を粉にしたものだから、空気と水があれば、さびができる。 | |
| a-8 | 空気中のさん素と水分と鉄にある。(他に3人) | |
| b | 鉄粉と空気(または酸素)にあつたというもの | 7人 |
| c | 鉄粉と水分(または水・しめりけ)にあつたというもの | 6人 |
| d | 鉄粉にあつたというもの | 2人 |
| e | 空気と水分(または水・しめりけ)にあつたというもの | 38人 |
| f | 空気(または酸素)にあつたというもの | 15人 |
| g | 水分(または水・しめりけ)にあつたというもの | 4人 |
| h | 試験管の中にあつたというもの | 2人 |
| i | その他 | 3人 |

- ③ アルミニウムと水酸化ナトリウムでの生成物質と反応物質について
これは、「金属の性質」の授業後に、次の問題を与えて自由記述させたものである。

☑ 水さんかナトリウムのうすい液に、アルミニウムを入れると、水素のあわがでてきます。

- 1 この実験で、でできた水素のものはどこにあったのでしょうか。
- 2 この実験で、アルミニウムはどうなったのでしょうか。
- 3 この実験で、水さんかナトリウムはどうなったのでしょうか。

この問題での小問1「でできた水素のものはどこにあったのでしょうか」に対する児童の応答内容を以下に略記する。(調査人数・第6学年・88人)

- | | |
|-----|---|
| a | アルミニウムと水酸化ナトリウムとにあつたというもの |
| a-1 | アルミニウムがもっている性質と、水さんかナトリウムのもつ性質とがいっしょになったの |

で、このような結果を出したと思う。

- a-2 水素のもとは、アルミニウムにも、水さんかナトリウムにもあるかも知れないが、ぼくは、アルミニウムと水さんかナトリウムの性質の中にあると思う。
- a-3 これは、アルミニウムの性質でできたのだと思います。へんな性質に水さんかナトリウムをつけたら、それが混ぜ合わさって、できたのだと思います。
- a-4 アルミニウムの性質と、水酸化ナトリウムの性質とが、水素を作るもとになっている。まえから、水素を作る原料・性質があった。
- a-5 アルミニウムにも、水さんかナトリウムにもなく、アルミニウムと水さんかナトリウムを混ぜると、アルミニウムにも水さんかナトリウムにもない性質が生まれる。(他に3人)
- a-6 水酸化ナトリウムの性質と、アルミニウムの性質が中和して、その中和したところから水素がでてくるのだと思います。
- a-7 アルミニウムと、水さんかナトリウムが中和したのでできた。(他に3人)
- a-8 アルミニウムは、さん性でもアルカリ性でもない性質のものだから。
- a-9 アルミニウムと、水さんかナトリウムが混ぜると水素ができるのだと思う。(他に4人)
- a-10 アルミニウムと、水さんかナトリウムが結びついてできるのだと思う。(他に1人)
- a-11 水酸化ナトリウムが、アルミニウムにふれたためにできたのだと思う。(他に2人)
- a-12 アルミニウムの成分と、水酸化ナトリウムの成分がくみ合わさってできた。(他に3人)
- a-13 アルミニウムに水酸化ナトリウムをつけたら、変化してできたのだと思う。(他に1人)
- a-14 アルミニウムが、水酸化ナトリウムにおかされてできたのだと思う。
- a-15 アルミニウムと、水酸化ナトリウムがたされてできたのだと思います。
- a-16 アルミニウムと、水酸化ナトリウムの中にあつた。(他に8人)

b アルミニウムの中にあつたというもの

- b-1 アルミニウムの中にくまれている。水素が出てアルミニウムがへって、水さんかナトリウムはへらないから、アルミニウムの中にあつたと思う。
- b-2 実験のあとで、アルミニウムがへった。だから、アルミニウムだと思う。
- b-3 アルミニウムが水酸化ナトリウムに溶けたからでてきたのだと思う。(他に12人)
- b-4 アルミニウムから出てくるあわが、水素のもとだと思う。(他に3人)
- b-5 アルミニウムの中に、あわがでるためのある物質がはいつていたと思う。(1人)
- b-6 アルミニウムの中に、もとになる成分がはいつていたと思う。(他に1人)
- b-7 アルミニウムの中に、水素のもとになる原料がはいつていたと思う。
- b-8 アルミニウムは合金みたいなもので、水素のもとはいつていたと思う。
- b-9 アルミニウムにはいつていたと思う。(他に4人)

c 水酸化ナトリウムの中にあつたというもの

- c-1 水さんかナトリウムのアルミニウムをとかす力が、もとになっていると思う。

- c-2 アルミニウムは、水さんかナトリウムに弱いから。もとは水酸化ナトリウムにある。
c-3 水さんかナトリウムが、アルミニウムをすったから、アルミニウムがあわを出した。
c-4 水酸化ナトリウムにはいついた。(他に3人)

d その他

- d-1 アルミニウムという金属と、水酸化ナトリウムというものを混ぜると、そこで原則的に水素というものがうまれるのであって、どこにあったということはない。
d-2 アルミニウムだけでは水素ができなくて、ただのアルミニウムで、水さんかナトリウムもそれと同じことだ。だから、アルミニウムと水さんかナトリウムを混ぜたときだけ水素がでるような性質がもどどと思う。
d-3 水素のもとはなかったけど、アルミニウムを水さんかナトリウムの液の中に入れたら、それが生まれたと思う。
d-4 どこにあったとはいわれない。アルミニウムと水酸化ナトリウムでは、ぜんぜん性質も形もちがう。性質がちがう面でも対立して、その結果として水素がでてきた。
d-5 アルミニウムと水さんかナトリウムでは、原料もちがうし、はいつているものもちがう。
d-6 水酸化ナトリウムと空気のさかいめでできたと思う。(他に2人)

無答 1人

(3) 授業結果の考察

授業の意図および授業の方法で述べたように、現行の教科書および指導書に即した学習指導過程をとったので、現行学習指導要領に基づく授業と考えることができる。授業および授業後の調査は、第3学年、第5学年でも実施したものであるが、これらについては、すでに調査結果の考察にからませて述べた。ここでは、重複をさせて第6学年「金属の性質」に関する自由記述の結果について考察したい。

① この時期の児童でも、化学変化のメカニズムを推論する素地をもっていると考えられる。したがって、意図的な指導を加える手だてを、じゅうぶん検討する必要があると思う。また、化学変化における重量の保存、ひいては物質の保存性に対する概念も、かなりの程度に高められているといえよう。これらを、多角的に関連させ、段階的に指導していく方法をくふうすべきであると感じる。

鉄くぎのさびと重量変化における a 1～a 13、鉄粉のさびと反応物質における a 1～a 3、アルミニウムと水酸化ナトリウムにおける a 9～a 16などは、そのような児童の実態を示していると考えられよう。

② 化学変化の事象が、この時期に集中して取り扱われることや、それぞれの教材内容に一貫したねらいが不明確なため、理解や知識に混乱がみられる。化学的事象と用語や概念の具体的な結びつきを強化する指導上のくふうが必要と思う。アルミニウムにおける a 6～a 8のような中和との混同、b 8のような合金との混同などがその一例であるといえよう。

③ 物質と重さ、物質と体積、化学変化と物質の重さなどについても、かなり豊かで確実な推論ができると考えられる。「物質には重さがあり、化学変化も物質のやりとりであるから、物質が滅失しない

限り重さは減失しない」という素朴ではあるが重要な保存概念の素地が育成されているといえる。さびにおける a 1 ~ a 13 などはこの好例であると思う。反面では、さびにおける、b および c の応答のように、物質と重量、化学変化と物質のやりとりといった点で、保存概念とはほど遠い内容のものがみられる。この時期の児童にとっては、化学変化のメカニズムなどの推論はむりであるから、どう考えても肯定すべきだとのいい分もあるが、しかし、「望ましい見方・考え方」、「より合理的な考え方」といったものを、急がず、また、押しつけでなく、同時期の他の児童の「見方・考え方」をサンプルとして討議するようなことも、一つのトレーニングとして意味があるのではなかろうか。

④ 物質の特徴と、物質に固有な性質との間に、概念の混乱がみられる。また、化学変化というものを、物質のやりとりや物質の変化と結びつけないで考える傾向もみられる。アルミニウムと水素の発生で、a 1 ~ a 6 などにみられるものは、「性質のない手としての物質」を考えるというより、「物質から離れた性質」、「物質とかかわりなく、あるはたらきをもつある実体」を考えているように見られる。物質とそれが示す性質の関係、性質だけが物質と離れて存在しないことなどについては、現象の顕著な教材を通じて、できるだけ早い時期から、意図的な指導を加えることが必要と思う。

以上述べたことを要約すれば、現行の学習指導でも、かなりの程度まで物質変化に対する児童の理解を深めることができるし、児童に望ましい変容をもたらすこともある程度可能であること、反面では、物質変化に対する概念形成を図るための意図的・組織的な指導が不十分であるし、とりあげる教材そのものも、身近かなものではあるが複雑であり多岐にわたっているということである。けれども、具体的な点では、教材内容の精選、指導過程の構造化に関する模索の段階であり、この研究でとりあげて代案を提示することはできなかった。

小学校でとりあげる化学的教材の指導にあたっては、物質変化のメカニズムに対しても、段階的に、それぞれの学年なりに推論させるような努力が必要であると感ずる。「幼い子どもが、身近かなものに対しては、前因果的思考(子どもの因果律の認識過程をみると、カントのいうように、それがけっして生得的なものではなく、はたいたいに、たえず発展し、形成されていくものであることがわかる。それは、前因果的思考ともいうべき、たいへん原始的な因果認識からはじまって、科学的思考の基礎となる論理的因果にいたるまで、段階をなして発達していくのである。この発達過程を分析的に研究したピアジェは、子どもの認識する因果律を17種類の型に分類している。P 151)から脱して、因果的思考に達しているように見えるが、この因果的思考をよく調べてみると、(このように)ほんとうの意味での物理的因果になっていないばあいが、よくある。こういう基盤の上だけでは、いくら子どもに理科学習をやらせても徒勞に終わってしまうだろう。身近かなものを通して、いったん子どもにできあがった基本的な因果的思考を、さらに育てて、新しい他の領域にまで一般化させることによって、これを完成させていく努力が、理科指導では、とくに必要とされるのだ。そのためには、豊富に具体的な観察や実験をやらせるだけに終わらず、それらの事実にもとづいて、論理的・法則的に考える習慣を、子どもの中につくり上げてやる方向にすすんでいかなければならないのである。(波多野野治・注18)」

また、「感覚で物質の特性を感じとることは、物質の特性を知る最初の段階ではあるが、できるだけ早く卒業して、もう少しこみ入った性質を扱うように指導すべきであることを痛感する。・・・中略・・・

物質に関する理科教育は、今後は低学年から高学年に進むにつれて、物質の種類が多くなっていくとい
うだけではいけないことは当然であって、物質の特質の代表的なものをうまくまとめて、いろいろな物
質についての研究の方法を考える能力を得させることがたいせつである。その結果は、原子や分子の考
えをうまく利用できるようになることも必要なことになってくるであろう。しかも、それもできるだけ
すなおに早い時期にできるように教育すべきである。しかし、つめこみにむりじいすることは好まし
いことではない。その意味で、小学校では、低学年と高学年、ついで中学校、高等学校という順に化学
の学習のねらいをあきらかにし、進歩的な考えが得られるように計画をしていかなければならない。
(白井俊明・注19)』

「どんな、身近かな領域であれ、科学的に思考できる領域が一度つくられると、その思考能力を、ほ
かの領域にまでだんだんと広げ、一般化してゆく態勢が、子どもの中にできあがっているわけだ。その
一般化を促進するために、わたくしたちは、子どもが科学的思考のできるような条件をつくり出してや
らなければならない。そして、いつでも、ものごとを計量的に処理したり、科学的に考えたりするよう
に、子どもを導いてやる必要があるのである。(滝沢武久・注20)』

ここで引用した諸説の中の、「事実にもとづいて、論理的・法則的に考える習慣」の育成、「物質の
特性に関して、もう少しこみ入った性質」の取り扱い方と内容、「できるだけ早い時期に、物質の特質
についての研究法を考える能力」の育て方や時期、「科学的思考のできるような条件」の究明などを、
化学的教材のねらいと内容も含めて、実践的に検討しなければならないと思う。

あ　と　が　き

この研究は、3か年にわたる継続研究として行なったものであるが、研究の過程で、たくさんの学校
と教師から、調査および授業の実施についてご協力いただいたことを感謝している。

今年度の研究に関しては、下記の小学校および中学校から、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。

新潟市立浜浦小学校	新潟市立小針小学校	新潟市立礎小学校
新潟市立万代小学校	新潟市立沼垂小学校	新潟大学付属新潟小学校
新潟市立関屋中学校	新潟市立白新中学校	新潟市立藤見中学校

ことに、浜浦小学校においては、筆者の授業に関して絶大など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・数井健一郎・高橋羨一であり、執筆したのは、渡部宇威智
である。

参 考 資 料

- | | | | | |
|-----|---------------|--------------------------|---------|-------------|
| 注 1 | 永田義夫 | 理科の教育 №148 | '64-12 | P 9 |
| 注 2 | 学習指導要領 | 指導計画作成および学習指導の方針 | 6, 7 | |
| 注 3 | 学習指導要領 | 指導計画作成および学習指導の方針 | 1, 2, 3 | |
| 注 4 | 高野兼吉 | 理科の教育 №142 | '64-6 | P 15 - P 16 |
| 注 5 | 梅根 悟 | 現代教育科学 №94 | '65-10 | P 122 |
| 注 6 | 真船和夫 | 理科の教育 №148 | '64-12 | P 21 |
| 注 7 | 柴田義松 | 現代教育科学 №96 | '65-12 | P 23 |
| 注 8 | 理科指導書 | 各学年の内容・内容の解説 第4学年「食塩水」 | | P 115 |
| 注 9 | 吉本 均・武村重和 | 授業研究 №10 | '64-9 | P 157 |
| 注10 | J・ピアジェ他(滝沢他訳) | 量の発達心理学 国土社 | | P 6 |
| 注11 | 理科指導書 | 各学年の内容・内容の解説 第5学年「中和」 | | P 143 |
| 注12 | 大竹三郎・若林 覚 | 化学の教育 明治図書 | | P 114 |
| 注13 | 理科指導書 | 各学年の内容・内容の解説 第6学年「金属の性質」 | | P 166 |
| 注14 | 井口尚之 | 学校教育全書 全国教育図書 | | P 209 |
| 注15 | 田中 実・真船和夫 | 理科の指導計画 国土社 | | P 106 |
| 注16 | 滝沢武久 | 教育的認識論 | | P 137 |
| 注17 | 大竹三郎・若林 覚 | 化学の教育 明治図書 | | P 24 |
| 注18 | 波多野完治・滝沢武久 | 子どものものの考え方 | | P 173 |
| 注19 | 白井俊明 | 教育研究 | '66-11 | P 14 |
| 注20 | 滝沢武久 | 教育的認識論 | | P 171 |

なお、研究の全般にわたっては、次の資料を参考にした。

- 学習過程の構造 小川正著 明治図書
 授業研究の基礎理論(講座・授業研究I) 明治図書
 子どもの思考過程 砂沢喜代次編 明治図書
 教科における思考と構造 蛭谷米司著 東洋館
 理科教育の方向(基本編・実践編) 蛭谷米司著 東雲堂
 教科内容・指導方法の現代化 日本教育方法学会編 明治図書
 自然科学と教育(現代教育学・10) 岩波書店
 科学・技術と現代(岩波講座・現代2) 岩波書店
 基礎学力の心理 小口忠彦編著 誠信書房
 授業と認識 滝沢武久 明治図書
 学習指導の研究とその方法 関東地区教育研究所連盟