

理科学習における理解の実態と指導過程

[1]

—小5「中和」小2・5「音」の指導について—

目 次

I	研究の構想	1
1	研究の趣旨	1
2	研究の目的	1
3	研究の方法	2
II	化学的教材（小学校）の指導過程の研究 —5年「中和」の学習指導を中心として—	3
1	はじめに	3
2	学習指導過程の概略	6
3	学習指導の実際と児童の反応およびその考察	10
4	中和実験の指導過程とその問題点および考察	15
5	事後調査からみた児童の実態とその考察	26
6	まとめ	35
III	音の指導について —2年教材「音の発生」、5年教材「音の発生」「音の高低・強弱」について	36
1	はじめに	36
2	教材についての考察	36
3	研究のねらい	38
4	研究の内容と方法	38
5	指導過程の概要と指導結果の考察	39
(1)	5年生の指導について	39
(2)	2年生の指導について	57
6	まとめ	63
	あとがき	65

I 研究の構想

1 研究の趣旨

理科における最近の学力研究では、学力を規定する環境的諸条件に関する分析的な研究から、しだいに学力形成の過程を明らかにしようとする方向に進んでいる。これと同時に、どのような学力を形成すべきか、どのような実態をもつものが理科教育でめざす学力としてふさわしいものかの検討が進められている。これらの研究は、めざましい近代科学の発展と、科学教育を重視する社会的要請に応ずるためにも、じゅうぶんに行なわれなければならないことがらであろう。

ところで、いままでに実施された各種の学力調査の結果などにみられる児童生徒の学力は、必ずしも満足すべき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、同じような内容でも、観点や問題形式を変えたりすると誤答が目立つようになる。また、既得の知識・理解を問題場面に応用して解決する力や、知識・理解にもとづいて総合的に判断し解決する力の低いことが指摘されている。さらに、身近な自然の事実についても、重要な観点を見のがして理解していることも多い。

このような学力上の欠陥は、教育内容としての科学的な事実や概念・法則などが、児童生徒によく理解されていないことのあらわれである。このことは、児童生徒が、それらの内容を理解していく過程に問題をふくんでいることを意味し、教師の側からいえば、理解させていく過程、つまり指導過程に問題があるとみななければならない。したがって、児童生徒に、教育内容としての科学的な事実・法則を理解させ、科学的な概念を形成させるための指導過程の研究が必要となってくる。

この研究は、以上のような観点に立って、より効果的な学習指導過程の樹立をめざして、理科教育上の課題解決に少しでも役立つことを願って行なうものである。

2 研究の目的

この研究は、小学校理科の指導において、科学的な事実を気づかせ、法則を理解させ、科学的な概念の形成を図るための学習指導過程の究明を目的とするものである。

ところで、理科学習における学習指導過程の構成は、教材の性格に大きく影響される。もともと、授業そのものが、「何を」という学習内容を抜きに考えることのできないものである。しかし、科学的な概念を正確に把握させるためには、素材となる命題や事実を、系統的、論理的に指導していかなければならない。この系統や論理は、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ものであるが、ここに各分野の教材の特性が大きく作用してくる。

この研究では、「中和」・「音」の教材をとりあげ、それぞれの教材の特性に即して、「何を」「どのように」指導したらよいかを追求しようとするものである。

3 研究の方法

今年度は、小学校5年を中心に、しかも、普通学級での授業および調査を通じて、全体的な研究課題を解明しようと試みた。

児童の理解過程を、個々の法則・概念について、いわば科学の側から予想し、これにもとづいて学習指導計画を作成し、実験授業を実施した。この作業の前後、および授業中に、児童の実態を把握するための諸調査を行なった。

学習指導計画は、この研究における授業仮説といえよう。作成にあたっては、「何を、どのような過程によって」指導するかということ、「子どもの一貫した学習のすじ」を通すことに留意したつもりである。また、導入する実験については、とくに実験の手法と、どこで、なにを理解させるかを明確にしようと努力し、それぞれの課題提示の根拠を示すようにした。

授業にあたっては、授業中の反応や発言を通じて、法則・概念に対する児童の理解をできるだけ正確に把握するように努めた。

児童の実態把握のために、質問紙による調査・自由記述による調査および一部児童の面接調査を実施した。

(研究方法の細部については、以下各章ごとに述べる。)

Ⅱ 化学的教材（小学校）の指導過程の研究

— 5年「中和」の学習指導を中心として —

1. はじめに

学習指導過程の構成は、教材の性格に大きく影響される。理科学習指導の論理・系統というものは、素材となる命題や事実に密接なかわりあいを持つもので、化学教材の指導過程も、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。

この点については、（現代教育科学10 田中実・三井澄雄 P151）

「化学の事実・法則の初歩を教えることに、どんな特殊性があるか……。その特殊性とは、結局は、自然現象の化学的側面を認識することが、子どもにとって、どのような点でむつかしく、また誤りやすいかという問題である。

第一に、物質の個別性を知るとは、動物や植物のそれを知ることよりも、はるかにむつかしい。……物質の識別には形態はきめ手にならない。

第二に、化学変化のメカニズムを限でとらえることはできない。……変化のメカニズムがとらえられないために、因果性を追求することがむつかしく、推理的興味を失わせがちである。

第三に、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しにくい。また、量的関係をとらえることのできる初歩の実験は、物理学分野の教材にくらべるとごく少ない。

第四に、化学理論の骨格となる原子・分子は眼に見ることができないので、化学式というシンボルが具体性のないものとして子どもに受けとられやすく、これを使うことができなくなる。」といわれている。これは、日常の授業において痛切に感じられるところであり、明快なまとめの表現である。

これに続けて同氏は

「子どもは化学上の事実・法則を正しく認識する能力をそなえているか、上記の困難はどうすれば克服できるか、ということが、化学の教授法上の問題である。」と述べている。

この研究は、以上のような観点に立って、児童が化学的事実・法則を認識する能力の実態を、実践授業を通じて把握していきながら、化学教材の特性に由来する、学習指導上の困難点をどう克服するかを追究しようとするものである。後に述べる学習指導計画にもとづいた授業中の、児童の学習活動や思考過程の観察を通じて、授業仮説の検討を進めたもので、普通学級における授業を通じて、問題点の全容をさぐり、研究をより焦点づけるための基礎的研究である。したがって、今年度は、授業を通じて事例研究的に児童の実態をさぐることに、あわせて「中和」の教材内容の検討と、児童の思考の筋道に即応した指導過程の検討とを行なったものである。

この点について、（授業研究16 17 広岡亮蔵 P120）

「授業は、教材内容と、その学習過程の二要素からなる。前者については、枝葉ばかりの雑然とした教材内容でなく、いわば、根→幹→枝葉の整った仕組みとしてとらえたい——これが教材構造の考えかたである。また、後者については、気まぐれな右往左往する学習過程でなく、子どもの思考過程を踏まえて、筋道上の仕組みをもつ学習過程を展開したい——これが過程構造の考えかたである。

教材構造と過程構造とは、それぞれ単独でも重要である。しかし、より重要なことは、教材構造と過程構造とを結びつけて、全体としての授業構造（または学習構造）をとりだすことである。根、茎、葉の整った仕組みとしてとらえた教材構造を、子どもの思考の基本過程に即して、筋道だった学習過程で展開すること、この総体が授業構造である。」といわれている。

この研究も、上記の意味での「授業構造」の検討を行なおうとするものである。「中和」の教材において、根・幹・枝葉にあたるものはなにか、それらが整った仕組みとなるための筋道をどこに求めるかが、最初の問題となる。これは、「中和」の学習を通じて、物質変化の事実気づかせ、物質の個性と区別および物質の保存性についての理解の素地を育てることにあたる。

「メカニズムを、目で見ることのできない化学変化を前にして、子どもに思考をはたかせるよりどころは何であるか。それは、何が、どこから、どこへ、という物のゆくえの追跡でなければならない。物質の個性をつかまえること、すなわち質の認識は、物のゆくえの追跡のなかで、はじめてほんものになることができる。変化した物のゆくえを追求することが、子どもの行動と思考の習慣となるまで、小学校段階で訓練されなければならない。」（田中実他、理科教材研究講座）といわれている。

しかし、「物のゆくえ」を追跡する行動や思考を可能にする前提として、物質変化に対する一つの見方・考え方を育てなければならないと筆者は考える。これにあたるものが、分子論的な物の見方・考え方であると思う。この点について「物質を分子の集合体として考えさせる努力を、化学研究の最初から行なうことは、きわめて有効な処置である。」（科学の実験1964, Ⅲ3, P23 中西啓二）と考えてよかろう。しかし、「中和」の授業において、分子論的概念としてどの程度のもを形成の目標とするか、また、それを児童がどう受けとめるかを検討していかなければならない。「中学校理科では、このようなモル概念の導入を实践で研究していくべき段階にあるものと考え、導入の可否の決定は、生徒がこれをどう受けとめるかの検討によるべきだと思う。」（科学の実験1965, Ⅲ5, P55, 小林実・中西啓二）といわれるが、筆者はこの「モル概念」を「分子論的概念」とおきかえれば、そのまま「中和」の学習指導にあてはまるものと考え、実践的研究を通じて検討すべき段階にあると考える。

分子論的概念を導入し、その可否の検討を通じて学習指導過程の改善を計画した背景は、以上の通りであるが、一方では、従来の授業にみられた「中和」に対する児童の見方・考え方の考察に由来するものである。次に掲げるものは、分子論的概念の導入を意図しないで、筆者が授業を進めた学級の児童に対して、授業後に「食塩のものは、どこにあったのでしょうか。」「混ぜたものは、どうなったのでしょうか。」という質問をし、自由記述させたものの一部である。（昭和38年度の調査記録による。）

これらの中には、すでに、じゅうぶんに分子論的概念をもって、「中和」を考察している児童もおりまた、いくらかの指導を加えればそれが可能と思われる児童もある。このことは、「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中に形づくられている。」(田中実他, 理科教材研究講座) ことを示しているものであろう。

食塩は、きえんさんと水酸化ナトリウムの両方からできた。もし、きえんさんからできるのならば、きえんさんだけ熱して食塩ができて、水酸化ナトリウムはいらないことになる。水酸化ナトリウムの一部と、きえんさんの一部とがとけ合わさって食塩水ができた。それを熱したら食塩が残った。

(Kurashima, J)

きえんさんと水酸化ナトリウムは、たしてまぜ合わせたので中和して消えてしまったのだ。消えたといってもどこかへ消えたのではなく、できた食塩の中にはいつている。食塩から、もし、きえんさんをとったら、あとには水酸化ナトリウムが残るだろう。また、食塩から水酸化ナトリウムをとったら、あとにはきえんさんが残るだろう。

食塩 - きえんさん = 水酸化ナトリウム } このような関係になる。
食塩 - 水酸化ナトリウム = きえんさん } (Shiga, A)

水酸化ナトリウムときえんさんの両方に食塩がふくまれていた。しかし、はじめはうんとうすいものだったが、混ぜ合わせたのでさらに食塩が濃くなった。全体の中の食塩分が増したので、につめると食塩になったのだ。

(Koike, S)

きえんさんの中に塩に変わるようなものがあって、そこへ水酸化ナトリウムを入れたから、きえんさんの中にあつたものが塩に変わった。

(Nakagawa, H)

うすいきえんさんの中にふくまれている塩が、水酸化ナトリウムによってとり出され、塩水のようなものができる。

(Miyazima, T)

「塩酸」はなまえてもわかるように、塩分が少しふくまれているのだろう。につめると食塩がでてくるのは、食塩水をにつめた結果と同じものである。

(Hirose, H)

以上述べてきたことがらにもとづいて、この研究を進めてきたものであるが、研究内容については、次のように分けて述べる。

学習指導過程の概略——分子論的概念形成の授業過程と児童の理解内容を中心として

学習指導の実際——授業における児童の反応とその考察を中心として

中和実験の指導——実験結果からみた児童の実験技能とその考察を中心として

児童の実態——授業後の調査からみた児童の実態とその考察を中心として

2. 学習指導過程の概略

この教材に配当する時間を6時間として、次のような学習指導過程を構成した。

第一次 酸性の液 …………… (1時間)

目に見えない性質によって、物質を区別する化学的方法に気づかせ、リトマス紙の指示薬としてのはたらきや使いかたを理解させる。

第二次 いろいろな液の区別 …………… (2時間)

リトマス紙を使って、酸性・アルカリ性・中性の液の性質を調べさせ、それぞれの液の種類や性質を理解させる。また、それぞれの液の成分の違いについて関心を深める。

第三次 塩酸と水酸化ナトリウム液の中和 …………… (2時間)

うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい水溶液を混ぜると、中和して中性になることに気づかせ、そのとき食塩ができることを理解させる。また、物質変化の現象に関心を深める。

第四次 酸性・中性・アルカリ性のまとめ …………… (1時間)

これまでの学習での理解内容をまとめ、必要があれば追実験によって確かめさせる。

上記の学習指導過程を、授業分節ごとに、主たる学習活動と児童の理解内容および学習指導上の留意点を略記すると次のとおりである。(○の番号は、各分節ごとの学習活動を示し、()の番号は、全過程を通じてつみあげていこうとする理解内容を示す。

(1) 第一次 酸性の液 (1時間)

分節	学習活動と児童の理解内容	学習指導上の留意点
1	<p>①身のまわりの物の区別のしかたを考える。</p> <p>(1)身のまわりにあるものを区別するとき、かたさ・大きさ・伸びちぢみ・重さなどによって区別することが多い。</p> <p>(2)水・す・食塩水・砂糖水などは、味によって、あまい・しおからい・すっぱいなどと区別することができる。</p> <p>(3)舌で味をみることは、その物の目に見えない性質を調べる手がかりとなる。</p>	<p>○身のまわりの物の多くは、物理的な観点にもとづいて区別されていることに気づかせる。</p> <p>○味による区別のしかたと、物理的な観点による区別のしかたの違いに気づかせ、物質の目に見えない性質に目を向けさせる。</p>
2	<p>②目に見えない性質の違いによる物の区別のしかたを知る。</p> <p>(4)目に見えない物の性質を調べる手がかりとしてリトマス紙が使われる。</p> <p>・青リトマス紙は、すに入れると赤く変わる。</p>	<p>○リトマス紙を使って物の性質を区別することと、物理的な観点にもとづいた区別との違いに気づかせ、化学的な観点にも</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・青リトマス紙が、赤色に変わる液の性質を酸性という。 ・酸性のものは、すっぱい味がする。 ・みかん・りんご・ぶどうなどの液は酸性である。 	<p>とづく区別のしかたに目を向けさせる。</p> <p>また、味による区別のしかたが主観的であるのに比べて、リトマス紙による区別のしかたが客観的であることに気づかせ、リトマス紙の指示薬としての機能を知らせる。</p>
3	<p>③酸性の液と酸性でない液があることを知る。</p> <p>(5)酸性の液は、青リトマス紙で調べられるが、酸性でない液の性質は青リトマス紙では調べられない。</p> <p>(6)酸性でない液には、アルカリ性の液と中性の液とがある。</p>	<p>○酸性の液と青リトマス紙だけを使用してこの部分の実験を進める。酸性の液に関する理解がかなりできたところで、はじめて酸性以外の性質を示す液のあることを知らせる。</p>
4	<p>④いろいろな液の性質を調べる計画を立てる。</p> <p>(7)身のまわりには、酸性の液（すっぱい味のする液）と、そうでないと思われる液とがいろいろある。</p>	<p>○酸性の液の理解にもとづいて、身のまわりのいろいろな液について、その性質を予想させる。</p>

(2) 第二次 酸性・アルカリ性・中性の液 (2時間)

分節	学習活動と児童の理解内容	学習指導上の留意点
5	<p>①青リトマス紙を使って、酸性の液を選ぶ。</p> <p>(8)なつみかん・す・うめぼしなどは酸性である。</p> <p>(9)身のまわりには、酸性の液がたくさんある。</p>	<p>○明確に酸性のものを選び出させ、判定の一致しないものや結果が不明確なものについては、結論を保留させる。</p>
6	<p>②酸性でないとわかった液の性質を調べる。</p> <p>(10)赤リトマス紙が青色に変わる液の性質を、アルカリ性という。</p> <p>(11)青リトマス紙、赤リトマス紙のどちらも変わらない液の性質を中性という。</p> <p>(12)石灰水・石けん水・アンモニア水・木灰をとかした水などは、アルカリ性である。</p> <p>(13)砂糖水・食塩水・じょうりゅう水などは中性である。</p>	<p>○アルカリ性の液の検出法について知らせ、酸性の液に対するリトマス反応と比較して理解させる。</p> <p>○中性の液の検出法について知らせ、青リトマス紙と赤リトマス紙の両方で確かめる必要があることを、酸性・アルカリ性に対するリトマス反応と関係づけて理解させる。</p> <p>○児童が準備できない液については、あらかじめ用意しておく。</p>

7	<p>③酸性・アルカリ性・中性の液の違いについて考える。</p> <p>(14)酸性の液の中には，リトマス紙の青だけを赤に変える性質のものがはいつている。</p> <p>(15)アルカリ性の液の中には，リトマス紙の赤だけを青に変える性質のものがはいつている。</p> <p>(16)中性の液の中には，リトマス紙の青を赤に変えるものも，赤を青に変えるものもはいつていない。</p>	<p>○青リトマス紙・赤リトマス紙のそれぞれの呈色反応を手がかりとして，酸性・アルカリ性・中性の液にふくまれている物質の違いについて考えさせる。</p> <p>○性質の違いを通じて，目に見えない物質の違いに気づくようにさせる。</p>
8	<p>④中性の液に，酸性・アルカリ性の液を混ぜて性質の変わりかたを調べる。</p> <p>(17)中性の液に酸性の液を加えると，液の性質は酸性に変わる。</p> <p>(18)中性の液にアルカリ性の液を加えると，液の性質はアルカリ性に変わる。</p>	<p>○リトマス紙の呈色反応を手がかりとして，中性の液に加えられた酸性・アルカリ性の液のはたらきを考えさせる。</p>
9	<p>⑤酸性の液とアルカリ性の液を混ぜる計画を立てる。</p> <p>(19)酸性の液とアルカリ性の液を，適当な割合で混ぜると中性の液になる。これを中和という。</p> <p>(20)中和させるには，酸性・アルカリ性の液の濃さや，液の量が適当でなければならない。</p>	<p>○リトマス紙の呈色反応からみると，酸性・アルカリ性の液の性質が反対であることに気づかせ，混ぜると中性の液ができることを知らせる。</p>

(3) 第三次 中和（塩酸と水酸化ナトリウム）（1時間）

分節	学習活動と児童の理解内容	学習指導上の留意点
10	<p>①うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい液を混ぜて中和させる計画を立てる。</p> <p>(21)酸性の液として塩酸，アルカリ性の液として水酸化ナトリウムを使う。</p> <p>(22)塩酸と水酸化ナトリウムは，多数の酸性・アルカリ性の液のうちの特殊な組み合わせである。</p> <p>(23)塩酸と水酸化ナトリウムは，それぞれ水でうすめて適当な濃さにしてある。</p>	<p>○塩酸と水酸化ナトリウムをリトマス紙で調べさせ，それぞれ酸性・アルカリ性を示すことを確認させる。</p> <p>○薬品の性質を知らせ，危険防止のための注意をうながす。</p>

11	<p>②はじめから中性の液（食塩水・水）と、中和して中性になった液との違いを考える。</p> <p>②4はじめから中性の液も、中和して中性になった液も、リトマス紙の色が変わらない点ではおなじである。</p>	<p>○中和して中性になることと、それによって混ぜたものがどうなるのかということに関心をもたせる。</p>
12	<p>③中和実験の方法を知る。</p> <p>②5薬品および器具の取り扱いかた</p> <p>②6混ぜる液の量</p> <p>②7液の混ぜかた</p> <p>②8リトマス紙による調べかた</p> <p>②9中和点に近づいたことの調べかた</p> <p>③0中和点に近づいたときの液の混ぜかた</p>	<p>○中和点のあること、中和する境界が微妙であることを知らせ、ていねいに操作する必要があることを理解させる。</p> <p>○中和現象の解説を通じて、実験上の留意事項の意味を理解させる。</p>
13	<p>④塩酸と水酸化ナトリウムを中和させる。</p> <p>③1うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい液を、適当な割合で混ぜると、中和して中性になる。</p>	<p>○混ぜた液の全体が均一になるように、よくかき混ぜさせる。</p>
14	<p>⑤中性になった液をスライドガラスにとり、アルコールランプで熱して水分を蒸発させる。</p> <p>③2塩酸と水酸化ナトリウムを混ぜて中和させ、その水分を取り除くと食塩ができる。</p> <p>③3食塩ができたのは、塩酸・水酸化ナトリウムという物質と、中和したという事実とに深い関係がある。</p>	<p>○水分が蒸発して乾き始めたら、徐々に乾かすようにさせる。</p> <p>○はじめの物質と、あとでできた物質とのつながりに関心を持たせる。</p>

(4) 第四次 酸性・中性・アルカリ性のまとめ (1時間)

15	<p>①これまでの学習でわかったことをまとめる。 (学習の順序にしたがって、だいじなことを復習し整理する。)</p> <p>②これまでの学習でわからなかったことを質問したり、必要な追実験をしたりする。 (まとめの復習にそって質問や実験をする。)</p>	<p>○重要な理解内容について確認できるようにさせる。</p> <p>○高度すぎる質問や特殊な質問には、深入りしないようにする。</p> <p>○重要な事項については、追実験もさせる。</p>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

3. 学習指導の実際と児童の反応およびその考察

この学習指導は、前述(P 4)のように、「中和」教材の指導過程に分子論的な概念を導入し、実践的な角度から、その導入の可否を検討してみようとするものである。いわば、分子論的な概念を、児童がどのように受けとめるかの検討を通じて、学習指導過程を再構成しようとする試みである。しかしながら、第一年次の作業であるために、分子論的な概念の内容規定および導入の手法、さらには、児童の理解および思考過程の把握のしかたについては、ふじゅうぶんの点を感じる。今後この研究を手がかりとして、いっそう深い検討を進めたいと考えている。

ここでは、筆者がこの学習指導を実施した学級における児童の反応と、その指導の実際を、事例的に記載しながら、問題点を考察する。

学習指導を実施した学級は、10学級(5か校)であり、いずれも筆者が全6時間の展開を指導したものである。図A-1以下9枚の図は、学習内容や児童の発言のまとめとして提示したり、児童に対して分子論的な推論や考察をうながすための資料として提示したものである。実際の授業では、粒子等を着色して掛図状にしたが、ここでは、記号化したものを掲載する。()内の番号は、前記学習指導過程に記載した児童の理解内容に対応するものである。それぞれの理解内容に即して、指導上の問題点と児童の反応およびその考察を述べる。

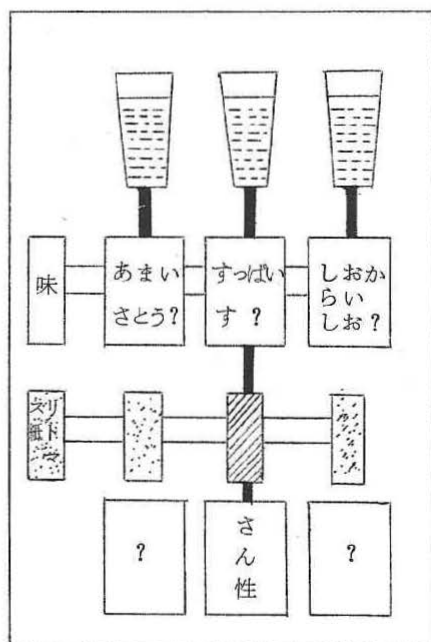
(1) 身のまわりのものとして、机・石・人などをとりあげて、その区別のしかたを考えさせる。あとでとりあげる化学的観点からの区別との対比を強めるためにも、また、今後の物理的教材の指導のためにも、かたさ・伸びちぢみ・重さなどについては注目させる必要があると考える。

(2) コップに入れた、す・食塩水・砂糖水を示し、見かけ上同一の液体の区別のしかたを考えさせ、味を手がかりとしておよその判断がつくことに気づかせる。(図A-1)

(3) 舌で味をみるということは、先にあげた物理的観点からの区別と違っていることに気づかせ、化学的な観点での区別や、目に見えない物質の性質の違いに関心を持たせる。

(4) 青リトマス紙をすに入れて赤く変わることを示し、青リトマス紙の性質を知らせる。ここで、砂

(図A-1)

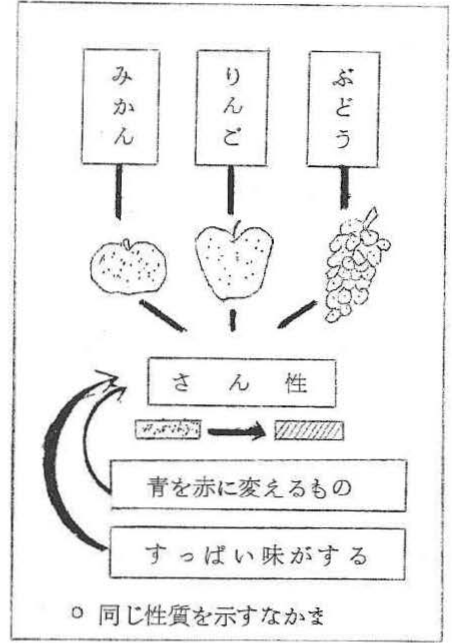


糖水や塩水では青リトマス紙が変わらないこと、すっぱいものだけに変わることを強く印象づけるようにさせる。

すっぱいものは、青リトマス紙を赤く変えること、みかん・りんご・ぶどうなどのようにすっぱいものは、やはり青リトマス紙を赤く変えることに気づかせる。

さん性というものの定義づけを、すっぱい味と青リトマス紙の赤変との、両方から行なうようにする。(図4-2)

(図4-2)



(5) 酸性の液は、青リトマス紙で調べられるが、酸性でない液は青リトマス紙では調べられないことを知らせ、酸性液と青リトマス紙の結びつきを強めると同時に、酸性以外の性質を示す液のあることに気づかせる。

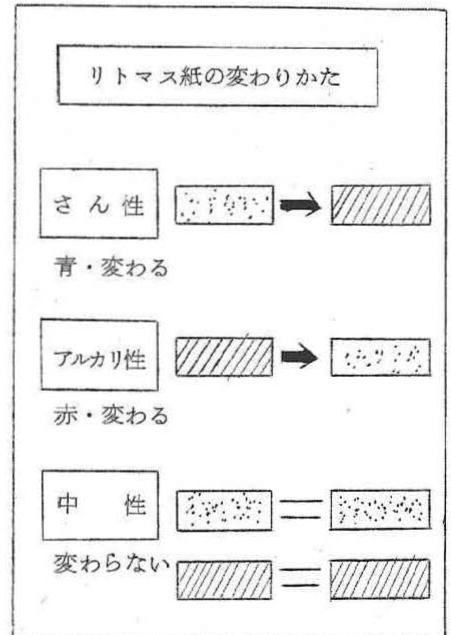
(6) 酸性でない液には、アルカリ性の液と中性の液とがあることを知らせ、これらも、リトマス紙に対する反応を手がかりとして区別できることを理解させる。(図4-3)

酸性の液で、青リトマス紙が赤く変わることをじゅうぶんに強く印象づけたところで、赤リトマス紙を使用するほうが、理解の上で混乱を生じないように思う。

酸性の定義づけを、すっぱい味と青リトマス紙の赤変との両方から行なったが、この段階では味から離れて、リトマス紙の呈色反応だけを手がかりに判断できるようにさせる。

リトマス紙の呈色反応については、図4-3のように抽象化することに抵抗のある児童も多い。それで、酸性の液では、青リトマス紙が赤く変わり、赤リトマス紙は色が変わらない。アルカリ性の液と中性の液では、青リトマス紙が赤くなることはない。したがって、青リトマス紙が赤くなったら、赤リトマス紙で調べることを省略して、酸

(図4-3)



性の液だと判定してよい。といった過程をじゅうぶん理解させた上で、図のように抽象化することが必要である。

- (7) 酸性の液のほかに、アルカリ性の液や中性の液があること、それらもリトマス紙で調べられるという理解にもとづいて、見通しを立てて計画させるようにする。
- (8) なつみかん・うめぼしのように、味から考えてはっきり酸性と判断できるものについても、リトマス紙を使って確認させることが、呈色反応の理解に役立つ。
- (9) 味から判断しただけでは、酸性と考えられないようなものでも、リトマス紙に呈色反応がみられることに気づかせ、リトマス紙が、指示薬として鋭敏な感度をもっていることを理解させる。
- (10)(11) アルカリ性・酸性の液と、リトマス紙の呈色反応を理解させる。
- (12) 日常経験の少ない液については、とくに用途や製法を解説することが必要である。
- (13) 中性であるということと、味の違いや用途は直接関係がないことを強調する必要がある。

(14)(15)(16) 酸性・アルカリ性・中性というように、リトマス紙の呈色反応が違うのは、どんなことが原因になっているのかを考えさせる。これに対する反応を手がかりとして、分子論的概念の導入を検討することができる。また、一面では、これまでの学習や実験を、分子論的な見方・考え方によって、児童なりに再検討してみる活動ということができよう。(図4-4)

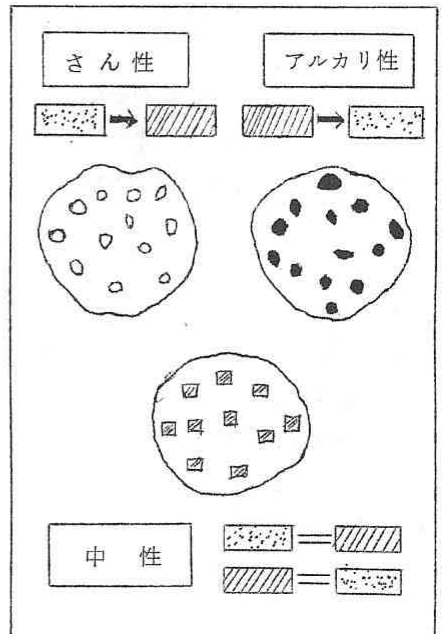
酸性・アルカリ性・中性の違いについては、

- ・味が違うからだ
- ・性質が違うからだ
- ・中にはいつている成分が違うからだ
- ・中にとけこんでいるものが違うからだ

という児童がわずかにあり、このうち後二つは、この児童が大部分である。

中性の液には、酸性のものとアルカリ性のものが両方はいっているという児童がかなり多い。これらは、両方がリトマス紙をそれぞれ反対に変えようとするから、見かけ上つり合っているのだと

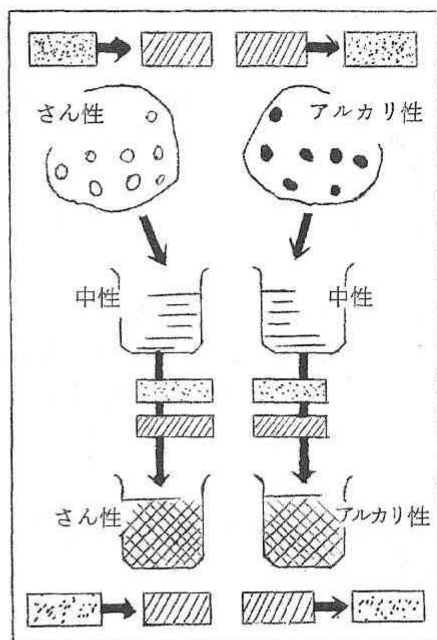
(図4-4)



説明している。

酸性の液の中には、アルカリ性のものも少しは
 いるという児童もかなり多い。また、アル
 カリ性の中は、酸性の液も少しははいると
 考える児童も同じくらい多い。

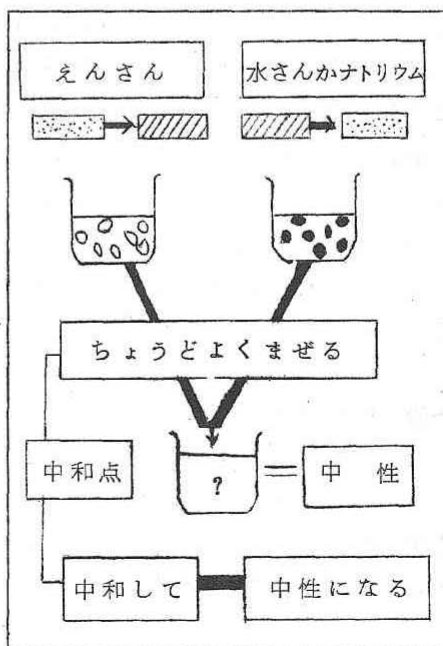
(図 A-5)



(17)(18) 中性の液は、リトマス紙の青も赤も変えない。
 しかし、酸性の液は青リトマス紙を、アルカリ性
 の液は赤リトマス紙を変える。ということが理解
 されていれば、ごくかんたんに推論できると思わ
 れる。事実、授業中に推論させたときにはほとん
 ど全員が正答していた。また、後述の調査結果
 (P 33) によれば、中性の液と酸性の液を混ぜ
 ると酸性になると正答したのが79%, 中性の液
 とアルカリ性の液を混ぜるとアルカリ性になると
 正答したものが73%である。(図A-5)

しかし、筆者が授業を実施しなかった学級での
 調査結果によれば、酸性を加えた場合が41%,
 アルカリ性を加えた場合が34%という正答率で
 きわめて低い。これは、(14)(15)(16)の理解内容および
 それにもとづいた(17)(18)に対する推論に大きな関係
 があるように思われる。この点の究明が、分子論
 的概念の導入についての可否を検討する手がかり
 の一つになるものと考えらる。

(図 A-6)



(19)(20) 中和という意味を解説し、中和点のあること
 や、中和して中性になるなどの用語の使い方につ
 いても理解させる。(図A-6)

中和させる液の濃さや、量についても関心を持
 たせる必要がある。ここでは、液の量を主として
 解説したが、液の濃さについてどのような受けと
 め方をするかを検討することも、分子論的概念と
 の関係において興味深いところである。

(21)(22) 酸性の液とアルカリ性の液を混ぜて中和させ
 る場合に、塩酸と水酸化ナトリウムを用いること

は、ある特殊な組み合わせであることを解説し、酸・アルカリで中和する場合の一般性をもつと同時に、塩酸と水酸化ナトリウムによる中和としての固有な面をもつことに気づかせる。これらの両面に気づかせていく過程が、分子論的概念の形成に重要な役割をもつものと考える。

(23) ここでは、適当な濃さ、または同じくらいの濃さといういどの解説にとどめたが、液の強さと表現したほうがよいという児童もかなりいた。このように、液の濃さとか強さというものを、どううけとめるかについての検討も、先述のように興味深いところである。

(24) すでに中性である液と、中和してできた中性の液の違いについて推論させると、前者は中性の成分だけがいっているが、後者には、酸性の成分とアルカリ性の成分の両方がいっているという児童が大部分である。この説明として、両方の成分が同じ量だけはいっていて、つりあっているというものが多い。(図4-7)

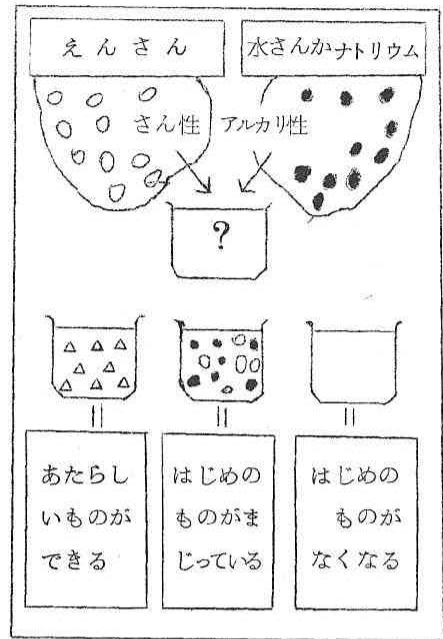
また、はじめのものがなくなるというもの、新しいものができるというものも少しずつある。

ここでの推論と、中和実験で生成した食塩との関係を、どのように結びつけるかが、全指導過程の中で最も興味のある点である。これは、おそらく分子論的概念の形成の可否に対して、最大の手がかりとなる部分であろうと考える。この点についても今後の追究が必要であると思う。

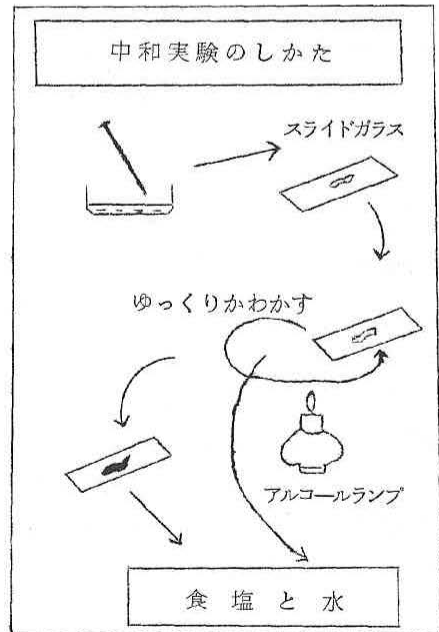
(25)~(30) P 17 および P 25 参照

(31)(32) リトマス紙の呈色反応を手がかりとして中和した事実気づかせ、その結果として食塩が生成したことを確認させる。(図4-8)

(図4-7)



(図4-8)

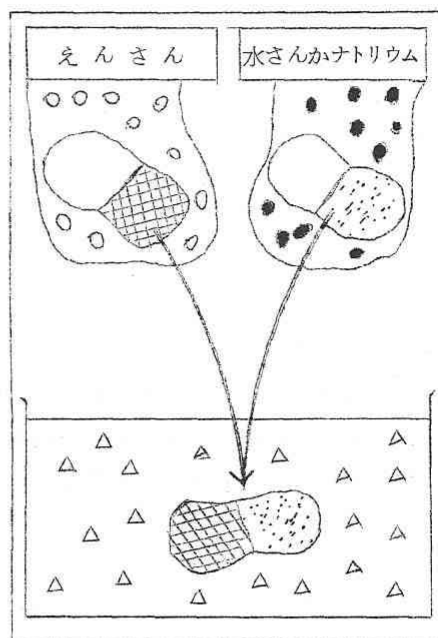


⑬ 食塩の生成が、中和した結果であることに気づかせ、塩酸と水酸化ナトリウムの中和によって生成したものであることを解説する。

この場合に、⑫で述べた中和現象の一般性と特殊性を、どのていどに指導するかが重要な問題であろう。これは、逆に見れば、この事実を児童がどのようにうけとめるかを検討することによって解明されるべき問題といえよう。

反応物質（塩酸と水酸化ナトリウム）と、生成物質（食塩と水、とくに食塩）を手がかりとして物質変化のメカニズムを、児童がどのようにうけとめているかを、事例的にP 26 およびP 33 に示した。これらについて、さらに追究することによって、分子論的概念の形成の可否が検討できるものと考えられる。（図A-9）

(図A-9)



4. 中和実験の指導過程とその問題点および考察

この研究は、前述(P 3 ~P 5)のねらいにもとづいた実験指導法の検討を進めるためのものである。ここでは、酸・アルカリ・中和に関する教材の指導のうち、とくに中和実験(学習指導過程第12・13分節, P 9 およびP 14)について、児童の実験技能や理解の実態を検討し、効果的な中和実験を指導するために必要な、実験指導法上の諸問題を解明しようとするものである。

(1) 研究のねらい

この研究によって解明しようとした諸問題は、次のようなことがらである。

- a. 中和実験の指導法を検討することを通じて、小学校における化学分野の教材の指導過程を構成する上での手がかりを得たい。「中和」の教材は、小学校でとりあげられる物質変化に関する教材系列の中で、最も代表的なものであり、この実験指導が占める位置は重要である。化学的物質の概念を、しだいに確実なものに育てあげていく指導過程のなかで、「中和」の実験的操作によって物質の特性を把握させるに有効な段階といえる。この場合の、児童の実験的操作技能と理解の状況をできるだけ正確にとらえることが、学習指導過程を構成するために有力な手がかりとなるであろう。

d 中和の実験は、小学校5年ていどの児童にとってはむずかしいといわれている。このむずかしさの中には、化学変化のメカニズムがとらえられないために、因果性を追求することがむずかしいなどといったような、化学的事象そのものの特性に由来するものがある。しかし、もう一方では、中和実験そのものが児童にとってむずかしいといった事情がある。化学実験は、もともとていねいな操作と入念な観察をしないと、変化の原因を究明したり、物質の異同の識別をしたりすることが困難なものである。この点からみて、化学変化をとりあつかう初歩的実験として、どんな器具・材料・方法で「中和」の指導を進めたらよいかを検討しなければならない。そこで、実際の授業を通じて実験指導上の問題点をさぐり、児童の実態の側から実験の指導法を検討したい。

c 中和実験の授業は、ほとんどの場合グループ実験としてとりあつかわれている。しかし、中和についての理解は、ていねいな実験操作と入念な観察を、児童自らが、自己自身の体験として行なうことによって深まるものと考えられる。したがって、授業の中でも、児童個々に中和実験をする機会を与えることが必要である。ところで、そのような授業を可能にするためには、実験の条件や器具をどう整備したらよいか。どのような準備と指導にもとづいて実験をさせたら、失敗しないで中和させることが可能となるかを究明したい。

d 中和実験をとりあげている授業では、1回だけの実験で終わることがほとんどである。しかし、中和実験が成功するかしないかには、児童自身の実験技能の功拙が大きく影響するところである。理科の学習では、できるだけ正確な実験結果にもとづいて科学的な推論をさせることが望ましい。したがって、より正確な実験結果を得させるためには、実験技能の向上を図ることが重要である。このことは、やはり実験のくりかえしによって体得させる以外にないと考えられる。実際の授業では、そう何回もやるわけにはいかないが、少なくとも2回はやらせてみたいものである。ここでは、中和実験を2回やった場合の結果について考察し、その効果と実験技能の実態について検討したい。

(2) 指導経過の概略

この中和実験の授業は、前掲(P 6 ~ P 9)の学習指導過程にもとづく、第三次(1時間)にあたるものである。したがって、全6時間の授業の第5時間目ということになる。本時までの学習を通じて、中和現象および中和実験について児童が理解している内容、本時の指導でとくに留意した点をまとめると次のようになる。

a 本時までの児童の理解内容

- o 酸性・アルカリ性・中性の液は、リトマス紙を使って区別することができる。酸性の液では青リトマス紙が赤に変わり、アルカリ性の液では赤リトマス紙が青に変わる。中性の液では、青リトマス紙も赤リトマス紙も変わらない。
- o 酸性・アルカリ性・中性の液は、リトマス紙の変りかたからみると、それぞれ目に見えない物質の性質の違いがあると考えられる。

- 中性の液に酸性の液を加えると酸性になり，アルカリ性の液を加えるとアルカリ性になる。
- 酸性の液とアルカリ性の液は，リトマス紙の変わりかたからみると，その性質が反対である。
- 酸性の液とアルカリ性の液を，適当な割合で混ぜると中和して，中性になる。
- 酸性の液とアルカリ性の液がはたらきあって，その性質がたがいに打ち消されるようになることを中和という。
- 酸性の液とアルカリ性の液を中和させるには，それぞれの液の濃さや量を適当にしておかなければならない。

b 本時までの指導上の留意点

- (a) 中和することの意味をできるだけ具体的にとらえさせるように説明し，中和する境界がデリケートなものであることをじゅうぶん理解させる。中和するということや，中和点についてどのようなイメージを持っているかによって，実験操作の技能，とくに液の滴下にあたっての慎重さが変わるように考えられる。中和についての模擬的な解説として，シーソー遊びを例にとり，シーソーの平衡状態が中和点に似ていること，したがって，中和点付近で過剰に滴下したり，まちがった液を滴下したりすると，なかなか中和しないことに気づかせる。
- (b) 中和実験に使用する薬品および器具については，各児童，各実験学級ともに，その条件ができるだけそろそろように留意した。そのために，薬品の調製および使用器具の水洗いなどについてはとくに注意するとともに，ビニルスボイト・注射器・試薬びんなどはそれぞれ同一規格のものを使用した。これは，後述の資料を作成する上での測定誤差をできるだけ少なくするためである。したがって，平常の授業にあっては，この研究にもとづいて，薬品の濃度および実験器具の規格について触れたこと以外は，さほど問題にする必要はないであろう。
- (c) この授業の中心的なねらいは，中和実験を通じて，うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい水溶液を混ぜると中和することに気づき，生成物質としての食塩を確認することにある。これによって，物質変化に対する理解の素地を育てることも発展的なねらいとして考えられる。ところで，物質変化に対する理解の素地を育てるということは，児童が，ここでとりあつかう中和の事実・食塩の生成を，化学上の事実・法則としてとらえる能力をそなえているかどうかを解明され，同時にそのような能力を育てるための方策が立てられていなければいけないことである。これは，なかなかむずかしいことであって，急ぎすぎると物質変化についての説明がこじつけとなりかねない。本研究の究極の目的は児童が化学上の事実・法則を正しく認識する能力を伸ばすための方策を検討するところにあるが，ここではより正確な中和の実験を，いかにして児童に体験させるかに中心をおきたい。
- (d) 物質変化に対する児童の考え方をどう深めていくかをさぐる手がかりとして，本時での実験前に，既習の食塩水・蒸留水等の中性液と，中和実験の結果としての中性液の違いについて推論させることが有効である。これを通じて，前掲（P 14）のような児童の実態がとらえられると同時に，食塩が

生成した事実をどのように解説したらよいか、また、中和実験の結果を児童がどのように受けとめるか的一端が示される。しかし、このような児童の推論および教師の解説は、ともに児童の実態に合わせて深入りし過ぎないことが必要と考える。

- (e) 本時までの児童の理解内容として先にまとめたもののうち、いくつかの事項についてはかなり問題をふくんでいるといえよう。たとえば、酸性の液とアルカリ性の液の性質が反対であるという表現、中和というものの意味の説明、酸性の液とアルカリ性の液を適当な割合で混ぜるといふときの適当という意味、液の濃さや量についての内容などがそれである。化学的分野の学習活動を通じて、どういふ理解内容を与えていったらよいか、また、どういふ理解内容を与えることができるかについて、検討することが、これからの大きな問題点になると考える。しかし、ここでは先にまとめたような理解内容にもとづけば、中和実験の指導が可能であるという立場で、実験指導法を考えることにする。

(3) 中和実験の指導に関する研究計画

先に述べた学習指導過程に基づく授業を実施した学級は10学級であるが、これらは、いずれも筆者が全6時間の展開を指導したものである。そのねらいとするところは、中和実験にいたるまでの児童に対するはたらきかけ、および、それによる児童の理解度を、できるだけ均一に保とうと試みたからである。この授業のうち、児童の知能偏差値の平均および分布からみて、等質と考えられる3個学級（同一校内のY, T, F）で、2回にわたって実施した結果を記載する。

a 学級の実態

実験学級の実態はおおよそ次のようである。

学級名	児童数	知能偏差値平均 (標準偏差)	資料上の児童数	A グループ	B グループ	第1回授業	第2回授業
Y	47	52 (7.00)	39	18	21	39.12.17	40.1.13
T	45	55 (6.85)	30	13	17	39.12.21	40.1.14
F	47	56 (7.00)	43	21	22	39.12.22	40.1.16

b 記号とその内容

- (a) Y, T, Fの3個学級における第1回の授業を、それぞれ Y_1, T_1, F_1 と表わし、第2回を Y_2, T_2, F_2 と表わした。
- (b) 中和するための滴下用具として、注射器（針つき）を使用したものをAグループとし、市販のピニルスポイトを使用したものをBグループとした。なお、注射器（針つき）の1滴は約0.025cc

であり、ビュレットの1滴は約0.05ccである。

- (c) 資料上の児童数とは、第1回、第2回ともに各資料（PH、滴下回数、検査回数、所要時間）がそろっている児童数である。したがって、中和できなかった児童、欠席した児童、中和液の測定が不可能であった児童は、この資料から除外されている。
- (d) 第1回と第2回の結果を比較する資料では、それぞれ112名となり、AグループとBグループを比較する資料では、それぞれ104名と120名になる。（延べ児童数224名）

c 実験指導前の留意点

- (a) 中和点があることを教え、その境界がきわめて微妙であることを知らせる。したがって、ていねいに滴下していくことが必要になってくることを理解させる。
- (b) リトマス紙の変色のように、中性に近い液ではだんだんうすくなることに気づかせ、中和しかけた状態を見落とさないようにさせる。
- (c) 1滴ずつ正確に滴下していく要領を教え、リトマス紙の反応に合わせて、滴下する量を加減するようにさせる。
- (d) 滴下したら、必ずよくかきまぜるようにし、中和液をガラス棒につけてリトマス紙で検査するようにさせる。

d 実験の条件とそのねらい

実験指導のねらいを次のように定め、それぞれの条件を規定した。

回	学級	A・B	HCl	NaOH	配った液量	滴下液濃度	実験指導のねらい
第1回	Y ₁	A	2 N	2 N	各 8 cc	各 2 N	滴下液の濃度や滴下器具による相違をAグループとBグループで比較してみる。
		B	3 N	3 N	各 8 cc	各 1 N	
第1回	T ₁	A	2.4 N	2 N	各 6 cc	各 2 N	最初（混合したとき）の液性とPH分布 実験回数による相違をT ₂ と比較してみる。
		B	2.4 N	2 N	各 6 cc	各 2 N	
第1回	F ₁	A	2 N	2 N	各 5 cc	各 2 N	実験回数による相違をY ₂ と比較してみる。
		B	2 N	2 N	各 5 cc	各 2 N	
第2回	Y ₂	A	2 N	2 N	各 5 cc	各 2 N	濃度による相違をF ₂ と比較してみる。 実験回数による相違をF ₁ と比較してみる。
		B	2 N	2 N	各 5 cc	各 2 N	
第2回	T ₂	A	2 N	2.4 N	各 6 cc	各 2 N	最初（混合したとき）の液性とPH分布 実験回数による相違をT ₁ と比較してみる。
		B	2 N	2.4 N	各 6 cc	各 2 N	
第2回	F ₂	A	1 N	1 N	各 5 cc	各 1 N	濃度による相違をY ₂ と比較してみる。
		B	1 N	1 N	各 5 cc	各 1 N	

(4) 中和実験の指導結果とその考察

ここに記載する資料は、上記学習指導過程に基づく第3次第1時間目に、児童ひとりひとりに各自の

薬品と器具で中和実験をさせ、次の方法で収集整理したものである。

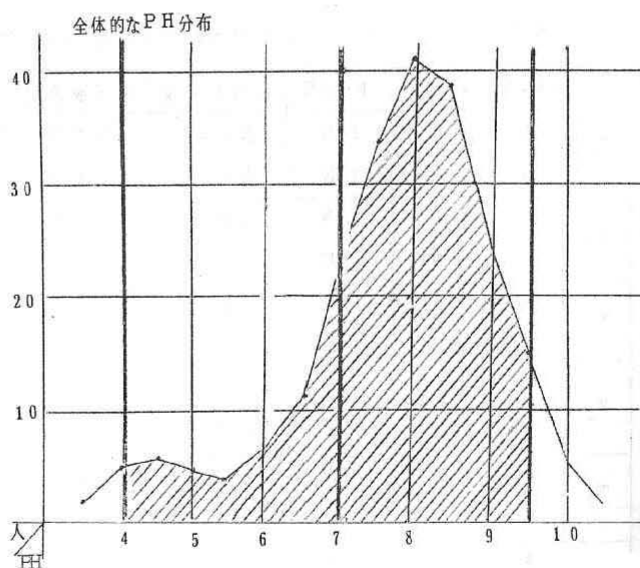
- それぞれの実験条件に合わせた塩酸および水酸化ナトリウム液を、あらかじめ等量に測定して渡し、両液を一度に混合させる。
- リトマス紙で調べ、中和に必要な液を注射器またはスポイトで滴下させる。リトマス紙で調べた結果および滴下した回数は、そのつど記録用紙に記入させる。
- 児童が中和したと判断したところで各自の所要時間を記入する。中和液の数滴をスライドガラスにとらせ、残りの液を記録用紙とともに提出させる。
- 提出された中和液（児童ひとりにつき約10cc～16cc）のPHを、PHメーターまたは混合指示薬によって測定し、それをおおよそのPH段階に区分する。
- 実験器具および実験回数と所要時間、液の濃度、PH段階等について検討し整理する。（なお、紙面の都合で、実験指導のねらいに即した資料の全部をここに掲載することができない。）

a 全体的なPH分布について

中和実験の条件のちがいを一応無視して、3個学級全体のPH分布を（図B-1）に示した。リトマス紙の変色域が、通常PH 4.0～PH 9.5といわれることを考えると、じゅうぶんに正確な結果であるといえることができる。かなりの偶然性があるとしても、リトマス紙を用いた中和実験としては、これが限度といえよう。

（図B-1）

しかし、ここで次の二点に注目しなければならない。その一つは、授業を実施した学校の学力水準ともいうべきものである。これについては正確に比較することができないが、一般的には高いといわれている学校である。したがって、どこで実施してもこの程度の結果がでるとはいいい切れない。もう一つは、授業中に中和できなかった児童が、この資料から除外されていることである。第1回で約17%第2回で約3%の児童が、滴下液をまちがったり、液をこ



ぼしたりして予定時間（25分～30分）以内に自力で中和することができなかった。この児童は教師の補助を受けて中和実験を完了したわけである。したがって、この種の児童のPH分布が資料から除外されているために、より正確な結果が出ているともいえよう。

b 滴下する1滴の量の多
少と中和実験について

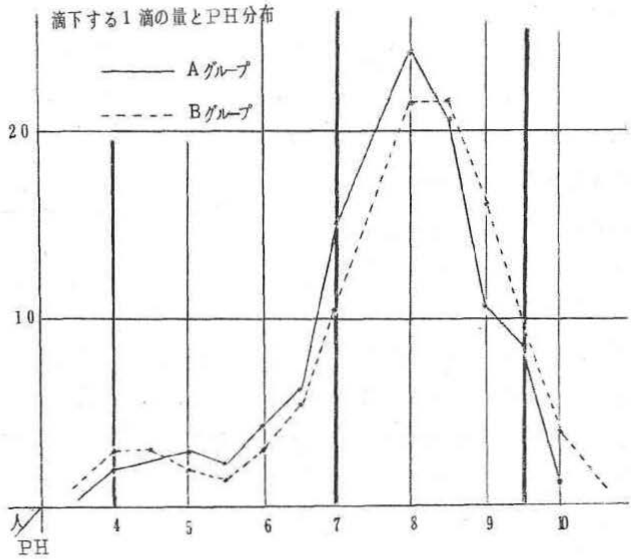
(a) 中和のために滴下する1滴の量を加減するとしても小学校では、スポイトと注射器（針つき）ていど以上に複雑にはできないであろう。この2種類のPH分布を示したのが（図B-2-a）である。

この結果から、スポイトと注射器針ていどの差ではPH分布に影響がないといえる。したがって、1滴が0.05cc程度であれば、ビニルスポイト等で十分である。

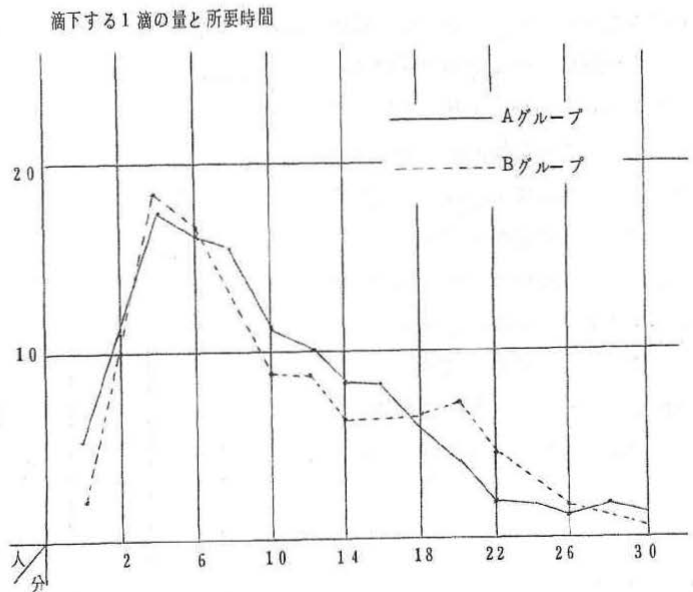
(b) 滴下する1滴の多少による所要時間の変化をみようとしたのが（図B-2-b）である。これによっても、前記2種の滴下器具ていどでは影響がないといえよう。

以上の(a)(b)を通じて、1N~2Nていどの液を使用して中和させる段階では、滴下器具の精度に気を配るよりも、ビニルスポイト等についてその使用法を十分に指導する必要があると思う。

(図B-2-a)



(図B-2-b)

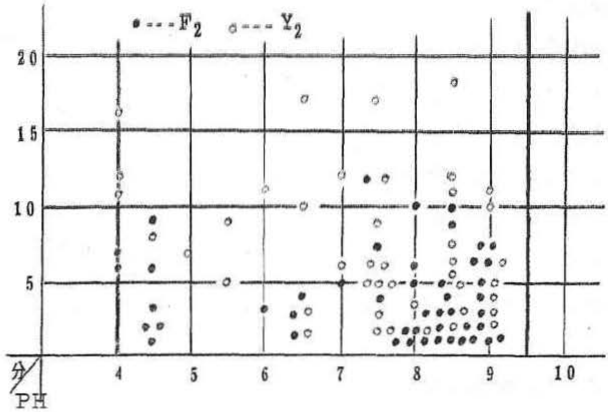


○ 液の濃度と中和実験について

(図B-3)

2N液を一度に混合したのち、2N液を滴下して中和させた Y_2 と、1N液を一度に混合して1N液を滴下した F_2 について、PH分布および所要時間の変化をみようとしたのが(図B-3)である。2Nと1Nでいどの差では、PH分布にほとんど影響がないようである。しかし、所要時間については、わずかながら、1Nを使用した F_2 が短いといえる。したがって、濃度の異なる液を多種類使って中和させなくとも、1Nでいどの液を1種類だけ用意すれば、一応は十分であると考えられる。

液の濃度によるPHと所要時間



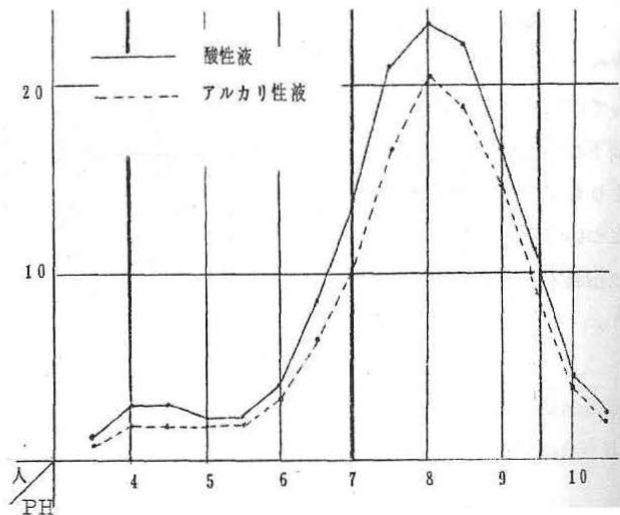
d PH分布の傾向と滴下法について

全体的なPH分布を(図B-1)で概観してもわかるように、児童が中和した液のPHは、かなりアルカリ性にかたよっている。このことは、先に述べた十分な結果であることを否定するものではないが目立った傾向であるといえる。この傾向は、最後に滴下した液の性質、逆にいえば、最終滴下直前の中和液の性質に大きな影響を受ける。

(図B-4)

これを示したのが(図B-4)である。リトマス紙の反応によってアルカリ性と判断して、塩酸を1滴加えた児童のほとんどが、アルカリ性に偏したところで中和したと判断して滴下をやめ、逆に酸性と判断して水酸化ナトリウム液を1滴加えた児童のほとんどが、中和点をこえてアルカリ性に偏したところで中和したと判断していることになる。リトマス紙の変色域が、酸性側に偏しているにもかかわらず、このような現象が見られるのは、水酸化ナトリウム溶液の中に酸を滴下するとき、アルカリ中に混在する炭酸塩の緩衝作用に

最終滴下直前の液性とPH分布



よって、 PH の変動が小さくなることによるものと考えられる。これに比較すると、酸性液にアルカリ性液を滴下した場合の PH が大きく変動することになる。

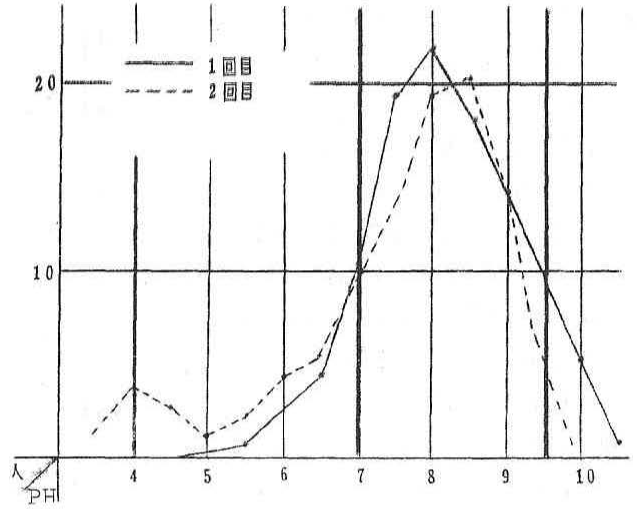
● 実験回数と中和実験について

a) 第1回と第2回の PH 分布を示したものが、(図B-5-a)である。これによれば、 PH の分布は、2回ともほとんど変わらない(図B-5-a)

いといことができる。このことは、(1)および(4)で述べたように、これ以上の正確さを望むことが不可能であるとするれば当然の結果である。

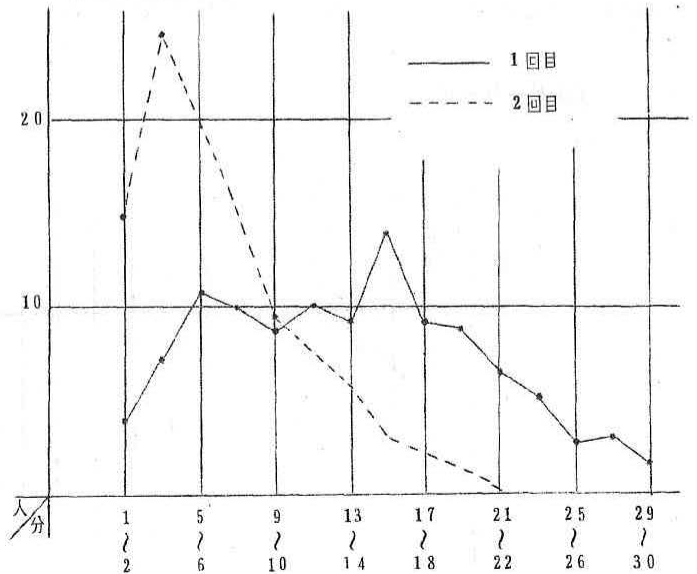
したがって、平均して正確な中和実験をする能力をもっている児童が多くいたと考えてよいであろう。

b) 第1回と第2回の所要時間を(図B-5-b)に示した。これによれば、第2回の所要時間がいちじるしく短縮されていることがわかる。第1回の平均が約14分で、第2回の平均が約6分である。ところで、2回の授業の間に見られる所要時間の短縮は、その原因を二つの面から考えることができよう。その一つは、児童が中和現象および中和のための滴下について、より深い理解を持ち得たのではないかとということである。もう一つは、実験に必要な技能の指導が徹底したのではないかとということである。aに関連して述べたように、第1回の授業中に自力で中和できなかった児童が約17%もあったということ、そしてその原因の大部分が時間不



(図B-5-b)

実験回数と所要時間



足と実験操作の誤りにあったことを考えなければならない。しかし、第2回目の実験では、不成功に終わった児童が3%に減っていることを合わせ考えて、中和実験のくり返しの効果を強調したい。くり返しても時間的にはさほど負担にならないはずであるが、それでも困難な場合には、児童実験の前に、せめて教師実験またはグループ実験によって、中和現象に対する十分な理解を与え、実験方法の指導を徹底しておくことが必要であると考ええる。

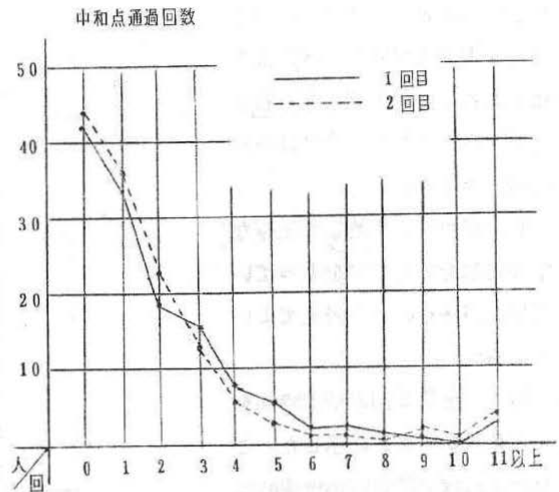
(c) 中和し終わるまでに何回くらい (図B-5-c)

中和点を通り過ぎるかを示したものが(図B-5-c)である。中和点の通過回数と所要時間の関係を見ると、2回の実験とも通過回数15回でどの児童が、平均所要時間で中和させている。

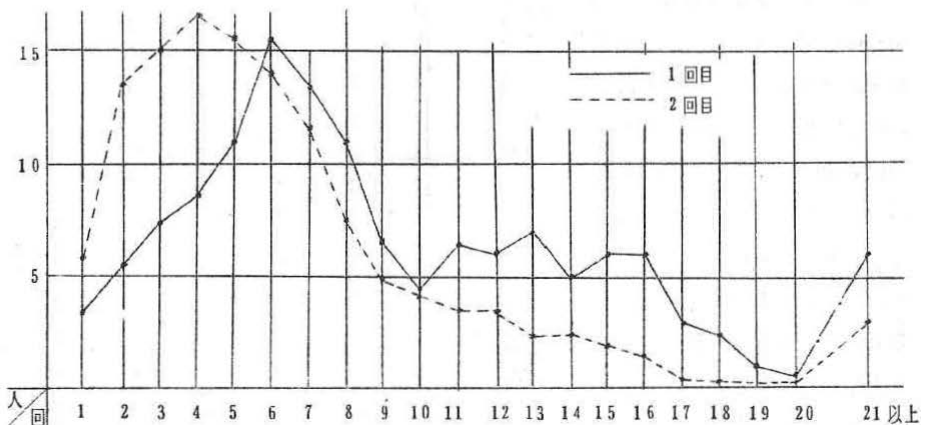
滴下した1滴の液が、中和液に与える影響が大きいだけに、注意深く滴下するように指導しないと、時間的にも、労力の上でもむだが多くなってしまふ。

(d) 中和するまでの、リトマス紙による検査回数を示したものが(図B-5-d)である。第1回の実験では平均約9回であるが、第2回の実験では約6回に減っている。

したがって、少ない回数で中和するために必要な、リトマス紙の反応の読みとりや、滴下の要領が身について、手ぎわのよい実験が進められたと考えてよい。所要時間の短縮された原因の一つが、この点にもあるものといえる。



(図B-5-d)



(5) 実験指導上の問題点

この研究を通じていえることは、小学校5年でも、リトマス紙を使っての中和実験を、かなり正確に行なうことができるということである。そのためには、次のような点に留意して指導する必要がある。

- a 中和する境界がきわめて微妙であることを、実験前にじゅうぶん解説し、中和現象についてできるだけ具体的なイメージを持たせることが必要である。中和点に対する理解にもとづいて、はじめて慎重に滴下することの必要性が実感を伴って会得され、滴下要領などの実験技能が身についてくる。
- b リトマス紙の呈色反応の読みとり方を、実験前にじゅうぶん理解させておく必要がある。酸性およびアルカリ性の液について、それぞれ数種類用意しておき、リトマス紙の呈色反応が中和点に接近するにつれてどのように変わるかを、グループ実験または教師実験として経験させるとよい。それと同時に、中和点に接近するにつれて滴下量を少なくするように指導しておかなければならない。
- c 塩酸および水酸化ナトリウムの水溶液は、 $1N$ ていどのものを一種類用意するだけで、じゅうぶんな効果がでる。やや濃いものを混合してから、ごく薄いものを滴下して中和する方法もとられているが、実験器具や薬品の準備に手数がかかるので、省略してよいと思う。なお、 $2N$ ていど以上の液を使用すると、中和させるまでの所要時間が長くなる。
- d 中和実験に使用する塩酸および水酸化ナトリウムの水溶液は、それぞれ 5cc ていどを用意し、一度に混合してリトマス紙で調べ、足りない分を滴下させるようにする。1実験について $10\sim 12\text{cc}$ ていどの消耗ですむから、準備もそれほど負担にならないで、じゅうぶんな結果がでる。
- e リトマス紙を中和液に直接浸すことは、好ましくないので、中和液をガラス棒につけてリトマス紙で検査するようにさせる。わりばしやガラス管等を用いると、残存液のためにリトマス紙の反応が信頼できなくなることが多い。なお、ガラス棒を使用するときでも、ガラス棒をリトマス紙に強く押しつけないように指導する必要がある。
- f 滴下用具は、1滴が 0.05cc ていどのものであれば、 PH 分布および所要時間に影響しない。したがって、市販のピニルスボイトや自作のスボイト等を使用してもじゅうぶんな結果がでる。
- g 中和現象に対する理解を深め、実験技能の向上を図るためには、中和実験を2回経験させることが効果的である。薬品やリトマス紙の消耗がいくらか増加するとしても、実験の繰り返しによって消費される時間は、それほど過重な負担とはならないであろう。

5. 事後調査からみた児童の実態とその考察

これまで、分子論的概念の形成をめざした学習指導過程と、実際の授業にみられた児童の反応およびその考察を述べてきたが、ここでは、授業後の諸調査からみた児童の実態について考察したい。

(1) 自由記述からみた児童の実態

これは、小学校第6学年の児童2個学級について調査したものの一部である。これらの児童は、昭和38年11月に「中和」の学習をし、約6か月後の39年6月、次の質問に対して応答したものである。

中和の実験（うすいえんさんと、水酸化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、その水分をじょう発させると食塩ができる）について、次の質問にこたえてください。

- (a) 中和してできた食塩のものは、どこにあったのだと思いますか。
 (b) はじめにまぜたもの（うすい塩酸と水酸化ナトリウムのうすい液は、どこへいったのだと思いますか。

この学級の授業は、筆者が指導したものではない。したがって、とくに分子論的概念の形成を意図したものではない。しかし、筆者が指導した児童について自由記述させたものにくらべると、児童の物質変化に対する見方、考え方の実態が、いろいろな類型として把握できる点が多いので、ここに掲載するものである。

a. 自由記述の事例

食塩のものは、どこにあったのでしょうか。	混ぜたものは、どうなったのでしょうか。
1-a (K.a) えんさんというのは、塩分をふくんでいるから、食塩水や食塩になったのだ。	1-b ほうでかきまわしたとき、混じって中性のものになったから、なくなってしまった。
2-a (T.a) えんさんには食塩がふくまれている。だからえんさんと水酸化ナトリウムを混ぜても、少しは食塩が残っている。	2-b 塩酸と水酸化ナトリウムが中和してできた成分はみんな蒸発してしまって、あとに食塩だけがみつめられて残った。
3-a (S.a) 水酸化ナトリウムのはたらきによって、えんさんにふくまれている塩分以外のものが蒸発して、あとに食塩が残った。	3-b 水酸化ナトリウムは、熱したときに蒸発してしまった。えんさんの塩分だけは、蒸発しないでそのまま残った。

4-a (M. a)

中和させると、えんさんは水酸化ナトリウムと結びつく。それに熱を加えると、水酸化ナトリウムとさんの混じったものと塩に分かれる。塩のほかは蒸発してしまうから食塩が残る。

5-a (M. b)

えんさんと水酸化ナトリウムが混じって、食塩になった部分は蒸発しないが、そのほかのえんさんや水酸化ナトリウムなどは蒸発して消える。えんさんの中には塩分があつて、水酸化ナトリウムと混じると食塩になる。

6-a (K. b)

きえんさんには塩がまじっているから、水酸化ナトリウムと混ぜ合わせていったら、中和して食塩ができた。

7-a (K. c)

えんさんというのだから、えんはしおだからそのしおが残った。

8-a (T. b)

えんさんの「えん」は「塩」という意味だから、食塩はえんさんにはいつていた。

9-a (S. b)

えんさんという名だから、「塩」がふくまれている。それが水酸化ナトリウムによって変化して食塩ができた。

10-a (U. a)

水酸化ナトリウムには「塩」が混じってい

4-b

えんさんは、塩とさんに分かれる。熱を加えると水酸化ナトリウムは蒸発する。えんさんのうち、塩は蒸発しないで残るが、そのほかのさんは蒸発してしまう。

5-b

えんさんの一部分は水酸化ナトリウムと混じって食塩になる。そのほかの部分は蒸発して消える。水酸化ナトリウムは、えんさんが食塩になるのを助けるほかは消えてしまう。

6-b

きえんさんは食塩になったが、水酸化ナトリウムは蒸発していった。

7-b

水酸化ナトリウムは、結晶も残らず全部蒸発してしまった。えんさんは、水分だけが蒸発してあとにしおの結晶が残った。

8-b

えんさんの「塩」だけは蒸発しないで食塩の中に混じり、そのほかのものは蒸発した。水酸化ナトリウムは、みんな蒸発した。

9-b

熱を加えたので、えんさんも水酸化ナトリウムもみんな蒸発してしまった。

10-b

えんさんの一部分は食塩になって残り、あとは

食塩のもと、どこにあったのでしょうか。	混ぜたものは、どうなったのでしょうか。
ないが、えんさんには混じっている。だから食塩は、えんさんの「塩」と、水酸化ナトリウムの性質だけが混じってできたものだ。	蒸発した。水酸化ナトリウムは、その性質だけを残してあとは蒸発してしまった。
11-a (M.c) きえんさんと水酸化ナトリウムの中に、食塩になるなにかがあって、それが中和すると食塩水になるようになっている。	11-b ふたつが中和して食塩水になったのだから、中和したものの中にはいっている。
12-a (K.d) きえんさんのある部分と、水酸化ナトリウムのある部分とが混じり合って、しおからくなるのだ。	12-b しおからくなる部分が混じり合ってしまうと、きえんさんの性質も水酸化ナトリウムの性質もなくなってしまうのだ。
13-a (T.c) えんさんにも、水酸化ナトリウムにも「塩」が少しずつふくまれていて、中和すると水分がなくなって食塩ができる。	13-b 熱したときに、えんさんと水酸化ナトリウムの水分が蒸発してなくなり、あとに「塩」が残る。
14-a (T.d) きえんさんと水酸化ナトリウムをちょうどよく混ぜると中性になる。食塩は中性だから中和したものは食塩になる。酸性の物と中性の物とをちょうどよく混ぜると中性になるから、食塩になる。	14-b きえんさんも水酸化ナトリウムも、食塩の中にはいっている。食塩からきえんさんをとれば水酸化ナトリウムになるし、食塩から水酸化ナトリウムをとればきえんさんになる。
15-a (S.c) きえんさんは酸性で、水酸化ナトリウムはアルカリ性で、中和すると中性になるのだ。どこにあったというのではなくて、中和させたので食塩水(中性)になったのだ。	15-b きえんさんと水酸化ナトリウムを中和させると中性になるから食塩水になる。どこへいったのでもなくて、食塩水(中性)になっている。
16-a (N.a) えんさんと水酸化ナトリウムを混ぜると食塩ができる。食塩は、えんさんや水酸化ナト	16-b えんさんと水酸化ナトリウムの両方が合うと、食塩になる性質なので、変化して食塩水のなかに

食塩のもとは、どこにあったのでしょうか。	混ぜたものはどうなったのでしょうか。
<p>リウムとぜんぜん違うものだ。だから、食塩は両方の性質が組み合わさって、両方とも変化してできたものだ。</p>	<p>はいっている。</p>
<p>17-a (T . e) きえんさんと水酸化ナトリウムが混じってこの二つのものから、ぜんぜん性質のちがう食塩ができた。</p>	<p>17-b きえんさんや水酸化ナトリウムは食塩に変わったので、なくなってしまった。</p>
<p>18-a (T . f) きえんさんと水酸化ナトリウムのおたがいの性質が混じり合って食塩ができた。</p>	<p>18-b きえんさんと水酸化ナトリウムは、混ぜたために食塩に変わったのだから、水分だけは蒸発するが、そのほかのものは残る。</p>
<p>19-a (N . b) きえんさんの結晶と水酸化ナトリウムの結晶とが、混じり合って食塩ができた。食塩のもとは、両方はいっていた。</p>	<p>19-b きえんさんと水酸化ナトリウムを使って作った食塩だから、食塩の中に、きえんさんも水酸化ナトリウムもふくまれている。</p>
<p>20-a (W . a) きえんさんと水酸化ナトリウムを少しずつ混ぜていって食塩水ができたのだから、食塩のもとは両方に少しずつはいっていた。</p>	<p>20-b きえんさんと水酸化ナトリウムはどこへもいかない。食塩水の中に、きえんさんと水酸化ナトリウムが少しずつ混じっている。</p>
<p>21-a (Y . a) えんさんの中に、「塩」になるものがある。それが、水酸化ナトリウムの中のあるものによって食塩に変えられた。</p>	<p>21-b えんさんと水酸化ナトリウムが混じって中性になった。それが熱せられて蒸発するときいっしょに蒸発していった。</p>
<p>22-a (A . a) きえんさんの中にあつたものが、水酸化ナトリウムと混じったので食塩になった。</p>	<p>22-b きえんさんは食塩になり、水酸化ナトリウムは食塩を作るのをてつだい、食塩ができたあとは水になって、さいごには蒸発してしまった。</p>

食塩のものは、どこにあったのでしょうか。	混ぜたものは、どこにあったのでしょうか。
23-a (F.a) さん性のものとアルカリ性のものとの両方の中に、食塩ができるような成分がふくまれていたのだ。	23-b さん性とアルカリ性とを混ぜ合わせるとき、性質がかさなって、えんさんも水酸化ナトリウムもその成分がなくなるのだ。

b 記述内容の分類

児童の記述内容を、その特徴にしたがって分類して表示すると、次のようになる。

a. どこにあったのか b. どこへいったのか		えんさんの中にはいついた	
		①塩酸だけにはいついた	②水酸化ナトリウムのはたらきでできた
なくなった	① 性質がなくなった		
	② 物がなくなった	1 2	9 21
一方が残った	③ 塩酸の塩が残った	4 7 8	3 10
	④ 塩酸が残った		6 22
食塩にはいつている	⑤ 食塩以外は蒸発した		5
	⑥ 中和した成分にある		

a. どこにあったのか b. どこへいったのか		両方のなかにはいついた		
		③中性になったため	④性質が変化した	⑤両方の成分から
なくなった	① 性質がなくなった			12
	② 物がなくなった			23
一方が残った	③ 塩酸の塩が残った			
	④ 塩酸が残った			
食塩にはいつている	⑤ 食塩以外は蒸発した			13
	⑥ 中和した成分にある	14 15	16 17 18	11 19 20

c 記述内容に対する考察

自由記述の事例として示したものを、類型別に表示してみると、物質変化に対する児童のうけとめ方の概況を把握することができる。

a) 「食塩のものは、どこにあったのでしょうか」について

① 食塩の成分が、塩酸だけにふくまれていて、加熱によって析出したというもの

この考え方は、かなり多くあり、筆者が指導した学級の児童の反応にも多く見られた。とくに、塩酸の薬品名を漢字で表わすとこの傾向が強くなる。ある学級では、漢字の表現からそのように考えたという児童が、半数以上にのぼった。(1a, 2a, 4a, 7a など)

② 食塩の成分は、塩酸の中にあつたが、水酸化ナトリウムの作用によって食塩になつたというもの
これは、前項のものに比べて、一応水酸化ナトリウムの存在に関係づけているという点で、より高次の考えかたといえよう。(9a・3a・6a・5a・など)

このような考えかたは、水酸化ナトリウムの作用を、化学変化における触媒と同様に把握している点で興味深いところである。

③ 中性になつただけだから、食塩になつたので、その成分がどこにあつたとはいえないというもの
この考え方は、食塩が中性であるという事実から、中性になつたものが食塩になるのは当然であるというもので、中和するというのを、はたらきの面から考えないという点で特徴がある。

(14a・15a)

筆者の授業中にも、「中性になつたからといって、必ず食塩ができるというのはおかしい。中性になつたのなら、砂糖になつても、水になつてもよいのでないか。」という質問がみられた。このあたりから、分子論的概念へのいとぐちがつかまれそうに思える。

④ 食塩の成分は両方にあつたが、その性質が変化したからできたというもの

これは、かなり高次の推理であるといえよう。両方の性質が混じり合つて、ものが変化して新しい物質が生成したという考え方であり、性質とそのにないである物質との混同、いわば、属性と本質との混同がみられるが、①～③の類型に比較すれば、かなり高次の概念といえる。

(16a・17a・18a)

⑤ 食塩の成分が両方にあつて、それぞれがはたらきあつてできたというもの

この考え方は、中和現象に対する推論としては、一応じゅうぶんなものとみることができよう。それぞれの推論の前提となっている内容には、いろいろな問題もふくまれているが、このような考え方ができるというところに、分子論的概念形成の可能性をうかがうことができる。

(12a・23a・13a・11aなど)

b) 「はじめに混ぜたものは、どこへいったのでしょうか」について

① 混ぜたことによって、両方の性質がなくなつてしまつたというもの

この考え方は、両方の性質がなくなることによって、その物質が一応なくなることになるという論理である。筆者の授業中にも、「ものがあるとかないとかいうのは、その性質があるかないかということだ。性質が変わるということは、前の性質がなくなることだから、ものがなくなつたと同じことになるはずだ。」という意見が散見された。

この時期の児童にとって、物質の属性というべき「性質」からはなれて、物質の本質それ自体を考へることは、きわめてむづかしいことであろう。(12b)

② 混ぜることによって、混ぜた物質そのものもなくなつて新しい食塩ができたというもの

これは、前項のように、物質の属性としての「性質」と、本質としての物質自体とが分離できない状態であり、この時期の児童にとっては当然のことながらもいえよう。しかし、ここのところをもう少し深く考えさせようということが、分子論的概念形成をめざす指導といえよう。

(1b・2b・9b・21bなど)

③ 塩酸の「塩」は食塩として残ったが、他のものはなくなったというもの

この考え方は、食塩の成分が塩酸の中にだけはいっていたという推論と一体のものである。また、食塩の成分は塩酸の中にはいっていたが、水酸化ナトリウムの作用によって食塩ができたとする考え方も一体をなすものである。(4b・7b・3b・10b など)

④ 塩酸は食塩になって残ったが、水酸化ナトリウムはなくなってしまったというもの

これは、水酸化ナトリウムを「性質」または「はたらき」をもっているだけのものとする考え方であって、塩酸と食塩とが同一のものとしてとらえられている。(6b・22b)

⑤ 両方とも食塩の成分となる部分は残って、それ以外は蒸発したというもの

食塩の成分の中に、はじめの物質の一部分が、それぞれ含まれているという点で、かなり高度な推論であるといえよう。(5b・13b)

⑥ 中和してできた成分は、はじめのものの成分をふくんでいるというもの

分子論的概念としても、一応じゅうぶんなものといえよう。これらの推論ができたのは、食塩の成分がはじめから両方にはいっていたと推論した児童だけである。(14b・16b・11b・20b)

(2) 質問紙からみた児童の実態

この調査は、筆者が授業を実施したうちの、5学級の児童に対して、授業から3か月後に調査したものである。 選択肢末尾の()内の数は、反応の百分率を示す

a 調査問題

中和の実験(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、その水分をじょう発させると食塩がのこる)について、いろいろなことが書いてあります。

あなたの考えと同じものを選んで、()の中に○をつけてください。(○はいくつでもよい)

(a) 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っていた。(7)
2. () はじめから水さんかナトリウムの中にぜんぶはいっていた。(2)
3. () はじめから両方に少しずつはいっていた。(17)
4. () はじめから両方にはんぶんずつはいっていた。(6)
5. () はじめから両方になかったが、中和したのでできた。(78)
6. () はじめは両方になかったが、中性になったのでできた。(39)

(b) はじめにまぜたものは、どうなったのでしょうか。

1. () 水分をじょう発させたときに、水といっしょにじょう発してしまった。(22)
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。(32)
3. () 両方をまぜたものだから、中和したもののの中に、はじめのまま残っている。(27)
4. () 性質は変わったけれども、中和したもののの中にはいっている。(54)

5. () 水酸化ナトリウムはなくなったが、塩酸は中和したものの中にはいつている。(11)
6. () 塩酸はなくなったが、水酸化ナトリウムは中和したものの中にはいつている。(3)

(c) まぜたら中和したというのは、どういうことでしょう。

1. () まぜたもの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)
2. () まぜたもの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。(64)
3. () まぜたものの性質が変わることだから、その物がなくなってしまうのと同じことである。
(10)
4. () まぜたものが同じくらいずつはいつている、両方の力が同じになっていることである。
(67)
5. () まぜたものがたがいに相手の性質を消しあつて、両方の性質がなくなってしまうことである。(22)
6. () まぜたものが同じくらいずつはいつている、たがいに相手の性質を消しあつていることである。(45)

(d) いろいろなことについて

(5・6は、文章の中に○を一つずつつけてください。)

1. () 中性のものは、みなアルカリ性のものとさん性のものがまざつてできている。(47)
2. () 家で使う食塩は中性だけだが、中和してできた食塩は両方の性質がまざつている。(36)
3. () 酸性の液とアルカリ性の液を中和すれば、どんなものでも食塩ができる。(33)
4. () 酸性の液とアルカリ性の液を中和させても、食塩ができないものもある。(48)
5. —— 中性の液とアルカリ性の液をまぜると —— 中性()，酸性()，アルカリ性()
になる。(73)
6. —— 中性の液と酸性の液をまぜると —— 中性()，酸性()，アルカリ性()
になる。(79)

b 調査結果の概要とその考察

調査項目と内容は、前記(自由記述からみた児童の実態)の分類および記述内容に対する考察にもとづいて作成したものである。

ここでは、目立った反応傾向とその考察のみを記述する。

(a) 「中和してできた食塩のものはどこにあつたのでしょうか。」について

はじめは両方になつたが、中和したのでできた。(78%)、はじめは両方になつたが、中性になつたのでできた(39%)の反応が目立っている。これは、中和したという事実の意味がわかりにくいことと同時に、中和するとか中性になるということが、ふしぎな作用として強列に印象づけられている

ためではないかと考えられている。また、「はじめは両方になかった」というときの、「なかった」状態をどう受けとめているかを検討する必要性を示している。同様に「中和したのでできた」中性になったのでできた」というときの、「できた」という概念の実態が把握されなければならないと感じる。

(b) 「はじめにまぜたものは、どうなったのでしょうか。」について

性質は変わったけれども、中和したのものの中にはいつている（54%）の反応が最も多い。この推論を逆にすれば、「はじめから両方に少しずつはいつていた」または「はじめから両方にはんぶんずつはいつていた」ということになりそうなものであるが、両者の反応の差は大きい。この両者を関連づけて「新しい物質ができる」「物質の性質が変わる」「ある物質が、ある物質の中にはいつている」ということに対する児童の考え方を、より深くさぐる必要があるであろう。

(c) 「まぜたら中和したというのは、どんなことでしょうか。」について

ま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っていることである（67%）、まぜたもの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（45%）に対する反応が目立っている。この「はいつている」状態をどう考えているかをさぐることも、興味深いところである。また、まぜたもの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（64%）も目立っている。これは、物質変化に対する概念としては、じゅうぶんにりっぱなものであるが、「物がなくなる」で「性質が変わる」ということを、どう理解しているかを、いっそう確実につかんで検討する必要があるであろう。

(d) 「いろいろなこと」について

酸性の液とアルカリ性の液を中和させれば、どんなものでも食塩ができる（33%）という反応は、中和と食塩を直接的に結びつける児童の多いことを示している。中和現象の一般性に目を向けさせると同時に、反応にあずかる物質の個性的な面を理解させる指導が必要であるといえよう。ことに、リトマス紙の呈色反応や中和の事実に対する児童の印象が強烈であるだけに、「中和」と「食塩」が直接的に結合しやすいものと考えられる。「食塩ができないものもある」という反応は48%であった。

中性のものは、みなアルカリ性のものとさん性のものがまざってできている（47%）、家で使う食塩は中性だけだが、中和してできた食塩には、両方の性質がまざっている（36%）も目立った反応である。このことから、「中性のもの」「中和してできたもの」などについての児童の概念が、かなり混乱しているものであること、ひいては、分子論的な見方を育てることのむずかしさを感じさせられる。

中性の液に酸性またはアルカリ性の液を加えることによって、混ぜた液の性質がどうなるかについては、わざわざ実験または解説をするまでもないように思われるが、児童にとってはこのような推論もむずかしいと考えられる。筆者が実験と解説を加えた学級でも、それぞれ79%・73%とまりの正答率であり、実験や解説を加えない学級に対する同様の調査では、41%、34%という低率であった。

6. ま と め

小学校理科における化学的教材の指導過程のありかたを究明するために、5年教材「中和」を中心として研究を進めてきた。本年度は、化学的教材を指導する上での全体的な問題点を、中和の授業および調査を通じて把握しようとしたものである。

全体的な問題点として最初に想定したことは、中和教材の指導過程をいかに構成するか、とくに化学教材の特性と、それに由来する児童の理解上の困難度とに即応した指導過程の検討ということである。さらに、中和実験における児童の実験技能の実態を考察することにより、効果的な実験指導法を検討しようとしたものである。いわば、前者は、「中和」に対する児童の思考・理解の実態把握をめざした研究であり、後者は、実験を主とした児童の技能の実態把握をめざした研究である。この両者は、密接不可分なものであるが、研究作業にあたっては、便宜上これを二つの重点としてきた。

化学的教材を通じて、物質に対する認識を高めること、そのためには、もののゆくえを追跡することが、小学校段階なりに、行動や思考の習慣とならなければならないと考えた。さらに、そのような行動や思考の前提としての、「子どもの学習の一貫したすじ」というべき「分子論的概念の形成」について検討するための問題点をさぐるようとしたものである。

この研究を通じて、児童が、かなりのていどに分子論的概念をもっていること、それらは教師の指導によってさらに深められる可能性をもっていることがわかった。また、同時に、物質変化の概念とくに物質それ自体と、その属性としての性質に対する混乱が根強いものであることもわかった。これらをとぐちとして、さらに組織的な解明を試みたいと考える。

中和実験の技能に関しては、中和現象の解説および実験上の技術指導にじゅうぶんな注意をばらえばかなり正確な中和が行なえるという見通しを得た。この点についても、より多角的な検討を加えたいと考えている。

今後の研究方向としては、「中和」を中心とした本年度の研究にみられる問題点の解明、とくに、児童の実態把握に重点をおいて学習指導過程の構成を検討したいと考える。

Ⅲ 音の指導について

—— 2年教材「音の発生」、

5年教材「音の発生」「音の高低・強弱」について——

1 はじめに

昨年「子どもの音に関する理解の様態」についての調査を試みたが、そこでみられた傾向の中で、児童の音の高低、強弱についての判断は、聴覚的にはある程度までできるが、音の高低・強弱を決定する要因を分析的にとらえて判断することになると、非常に混乱が目立ってくる。また音に関して日常経験しているいろいろな現象についての判断も、聴覚的でしかも主観的・直感的なとらえ方による児童が多く、客観的・分析的な考えに基づいて、音の性質に着目しようとしている児童は、きわめて少ないことがわかった。またこの音の高低・強弱を決定する要因に関する理解の混乱は、本年度実施された全国学力調査中学校3年理科「音の高低」に関する問題の、応答分析や追跡調査を試みた結果からも（県教育研究所刊行 紀要第47集「全国学力調査の結果に関する分析的研究」参照）、同じようなことがいえる。これらのことから児童・生徒にとって、音の高低・強弱を決定する条件を混同しないで理解することは、相当困難なことと思われる。そこでこの研究は、小学校2年・5年の教材「音の発生」、5年の教材「音の高低・強弱」をとりあげ、その指導過程の構成や実験指導法などのくふうによって、改善の手がかりを求めようと試みたものである。

2 教材についての考察

(1) ねらいとその問題点について

小学校における音の学習の問題点は、聴覚による主観的・直感的な認知の段階から、客観的・分析的な理解に転換していく過程を、どう指導したらよいかにあると思う。

理科教育では、音に関する知的理解を高め、自然科学的な意味における音についてのさまざまな現象を、波動やエネルギーという抽象的な概念によってとらえさせ、その概念によってそれらの現象を統一的、構造的に理解させようとねらっている。しかしこのことはもちろん中学校・高等学校へと、学年が進むにしたがって学習され深められていくものである。

それならば小学校における音に関する学習は、上記の過程の中で、どのような位置にあり、どんなねらいをもつものであろうか。聴覚による主観的・直感的な認知の段階から、一挙に感覚の世界をのり越えて、論理的思考の所産である波動やエネルギーのような、抽象的概念による理解の段階に高めることはもちろんできない。とすれば聴覚ばかりでなく聴覚以外の感覚をもとおして、音に関する諸現象を分析的に認知させていくような過程が必要となるであろう。このような学習経験を段階的に積み重ねることによって、しだいに波動やエネルギーという抽象的な概念を受け入れる素地が形成されていくものと思われる。ここにその位置づけと、ねらいがあると考えたわけである。

(2) 学習指導要領にみられる理解内容について

学習指導要領に示されている、音についての理解内容とその学年的発展をみると次のようである。

○ 小2年

音が出るときには物がふるえており、音の出方にはいろいろあることに気づかせ、音の出方に関心をもたせることをねらっている。

- ・音が出るときには物がふるえていることに気づかせる。
- ・物をたたいたり、はじいたり、こすったり、ふいたり、ふったりすると音が出ることに気づかせ、音の出方にはいろいろあることに関心をもたせる。
- ・物によってちがった音が出ることに気づかせる。

○ 小3年

音が物を伝わって聞こえることに気づかせ、音の伝わり方に関心をもたせることをねらっている。

- ・音は糸・木・金属などを伝わって聞こえることに気づかせる。
- ・聴診器や伝声管などを使うと、音がよく聞こえることに気づかせる。

○ 小5年

音の高低・強弱や伝わり方、進み方を実験を通して調べ理解させることをねらっている。

- ・音が弦・膜・棒などの振動によって出ることを理解させる。
- ・琴の音の高低は、弦の長さ・太さ、張る強さの違いによって生じることを理解させる。
- ・音の強弱は、弦や膜など発音体の振幅の大小によって生じることを理解させる。
- ・真空鈴などの実験を通し、空気や水、金属などが音を伝えることを理解させる。
- ・実験によって、音は反射したり吸収されたりすることを理解させる。

○ 中2年

水の波によって波の性質を調べ、音が空気の波であること、および音の波としての性質について指導することになっている。

- ・音波とその伝わり方
波の性質 → 波形、波長、振動数、振幅、縦波などについて理解させる。
音の伝わる速さ → 音速の測定、媒質がないと音が伝わらないことを理解させる。
- ・音の性質
音の高さと振動数、音の強さと振幅、音色と波形の関係を理解させる。
音の共鳴とうなりについて調べる。

○ 高校

波動とエネルギーの関係について理解させ、音のいろいろな性質について知らせることをねらっている。

- ・波動
縦波と横波。波長と伝搬速度。干渉（関連して定常波を扱う）。回折（あわせて反射、屈折についても扱う）。
- ・音
弦・管の振動 基本振動と倍振動、弦の振動について弦の密度、張力、長さとの関係、共鳴、開管、閉管。
うなりとドップラー効果

3 研究のねらい

教材「音の発生」「音の高低・強弱」の指導において、できるだけ教材提示の形式・順序、実験・観察指導の方法などを、児童の思考や発表の機会が多くなるようくふうし、教師のはたらきかけによる児童の反応、問題に対する構え、児童の思考の実態や問題点をつかみ、その中に波動やエネルギーの概念を受け入れる素地になるものがどの程度あり、それが抽象的概念に発展するものであるかどうか。しかもそれがねらいを達成するに有効かどうか検討し、指導過程をどのようにかえたらよいかの手がかりを求めようとしたものである。

4 研究の内容と方法

(1) 研究の内容について

小学校における音の学習としては、音の発生(2・5年)、音の伝わり方(3・5年)、音の高低・強弱(5年)がそれぞれ配当されている。しかし今回は、音の発生と音の高低・強弱の指導について研究することにした。また研究のねらいに基づいてA・B二つの指導案をたて、2年と5年のそれぞれ2学級に実験授業を行ない、結果の検討・考察や比較などを試みた。なおひかちの結果がはっきりした5年生の指導をさきに述べ、のちに2年生の指導について述べることにする。

(2) 指導計画作成について

5年生の指導計画は、A・B両案とも音の出るわけを調べ、音の大小・音の高低について調べていく同じ指導の流れで作成した。ただB案はとりあげた内容だけからみるならば、A案とそれほどの差はないが、実際の指導方法では、2, 3項で述べたような、実験方法に視覚的なものをくふうしたり、児童にできるだけ思考や発表の機会を多くするように作成した。

2年生の指導計画では、内容は同じであるが指導の順序をかえ、A案では紙笛作り、輪ゴムのこと、笛作りなどして音を出して遊ばせ、それぞれ音が出ているときのようすを調べさせて、最後にまとめるという形態をとってみた。B案は最初に楽器や身近かな物で音を出してみさせ、その物がふるえていることに気づかせ、次にA案と同じようないろいろなものを作って遊ばせながら、検証していくという形態をとった。

(3) 実施方法について

昨年度実施した調査(理科研究集録 第2集: 県立理科教育センター刊行参照)と、この指導計画の内容から考え、いくつかの調査問題を作成し、指導前、指導中、指導後などに分けて実施し、児童の考え方や認知状態の変容をさぐることにつとめた。また5年の指導にはテープレコーダーを使用して、教師の発問や児童の応答を収録するようにした。

指導結果を比較検討するには一学級ずつでは不じゅうぶんなことはもちろんであるが、今回は比較研究をねらうのではなく、研究の手がかりを求めることに主眼をおくことにしたので、A・B両案とも普通学級をそれぞれ一学級ずつそのまま指導してみることにとどめた。

① 研究対象

5年	{	新潟市内 A小学校	5年一学級	(在籍47名)	A案で指導を実施
		新潟市内 B小学校	5年一学級	(在籍34名)	B案で指導を実施
2年	{	新潟市内 A小学校	2年一学級	(在籍36名)	B案で指導を実施
		新潟市内 B小学校	2年一学級	(在籍36名)	A案で指導を実施

② 期 日

	事前調査	第1次指導	第2次指導	第3次指導	事後調査
2年A案	3.9. 12. 17	3.9. 12. 18			4.0. 1. 21
2年B案	3.9. 12. 15	3.9. 12. 16			4.0. 1. 19
5年A案	3.9. 12. 15	4.0. 1. 18	4.0.	1. 19	4.0. 1. 19
5年B案	3.9. 12. 17	4.0. 1. 21	4.0. 1. 22	4.0. 1. 23	4.0. 1. 29

5 指導過程の概要と指導結果の考察

(1) 5年生の指導について

第1次	音の出るわけを調べる	A案2時間	B案2時間
第2次	音の大小について調べる	A案2時間	B案2時間
第3次	音の高低について調べる	A案2時間	B案2時間

上記の区分にしたがって指導した。それぞれ指導過程の概要を記述し、研究意図、教師の発問、児童の発言や反応および結果の考察については、B案を中心にして述べることにする。なお調査や実験方法などは、それぞれの末尾に掲載した。

① 第1次の指導について

(a) 指導過程の概要とその考察

—— 指 導 過 程 の 概 要 ——	
< B 案 > (2時間)	< A 案 > (2時間)
<p>1 音の出るわけを調べる</p> <p>(1) 「大だいこ」はどうすると、どこから音が出るか調べる。</p> <p>①「大だいこ」について、どこをどうすると音が出るか、またどこから音が出るかなど話し合い、実際に確かめる。</p> <p>(2) 音が出る物は、それぞれ「どうすると」「どこが」「どうなって」音が出るのか調べる。</p> <p>①調べる方法について話し合い、計画をたてる。</p> <p>小だいこ、音さ、こと(モノコード)、トライアングル、ハーモニカについて調べる。</p>	<p>1 音の出るわけを調べる</p> <p>(1) 楽器やその他音を出すものの、音の出方について話し合う。</p> <p>①「たいこ」「こと」「ハーモニカ」「トライアングル」「音さ」などの、音の出方について話し合う。</p> <p>②それぞれの楽器をならしながら、どうしたら音が、どこがどうなって出るのか確かめてみる。</p> <p>(2) いろいろな疑問や問題点を話し合い、学習計画をたてる。</p> <p>(3) 音を出している物が、どのようになっている</p>

②計画にしたがっているいろいろな方法で音を出して調べる。

③実験の結果について話し合い、まとめる。

④「振動」について用語の意味を指導する。

(3) 音が出ている物を、どうしたら音がとまるか話し合い、確かめてみる。

(4) 力を加えると物が振動するわけを考え、話し合う。……たいこ、ことについて考えさせる。

(5) 物が振動して音が耳に聞こえるわけを考えさせ、音が耳に聞こえるまでの道すじと、耳の構造の概略を説明してやる。

(6) 「こと」の弦が振動しても、音として聞こえないことがあることを確かめ、そのわけを書かせて、話し合う。

(7) 音の出ないものがあるか話し合い、確かめてみる。

——考 察—— ※文中㉑は教師の発問で、㉒は児童の発言である。

(a) 楽器で振動によって音が出ることだけの観察では、学習の意義がうすい。

発音体の振動についての観察は2年で学習している。事前調査(後出)でわかるように、約40～60%が、たいこの音の発生は皮の振動によると応答している。他の児童も直接皮の振動とは記述しなかったが、皮をたたくからとしている。これは直覚的なとらえ方をしたもので、たたくとどうなって……と聞いたところ、皮が振動するからだと答えるものがほとんどである。したがって5年の段階で、単にいく種類かの楽器で、振動していることだけの観察にとどめたのでは2年のくりかえしであり、学習の意義が少ないと考える。

(b) 音の発生は、どうすると → どこが → どうなって → 音が出る という分析的な観点をしっかりきめて、実験・観察させることが有効である。

この観点は教師の意図的な発問でじゅうぶん児童からひき出すことができた。なおこのような分析的な見方は以後の学習に役立った。

○ どうすると → 振動は他から力を加えなければおこらないことに気づかせることがたいせつである。

㉑「たたく、はじくなどはまとめていうとどう | ㉒「ならすことです」「ひくことになる」
することになるか | 「ふるわせることだ」

児童との話し合いにより、人がなにかの方法で力を加えるのだと、いうようにまとめることができた。なおここで人の力だけでなく、何か他から加えられた力でもよいことにふれておいた。

○ どこが → 楽器には、それぞれよく振動するように、くふうされた場所があることに着目させることがたいせつである。

るか調べる方法について話し合い調べる。

(4) 実験の結果から、音の出るわけをまとめる。

①音がやむための条件についてもまとめる。

②「振動」について用語の意味を指導する。

(5) 音の出ないものがあるか考え、確かめてみる。

(6) 振動しても音として聞こえないことがあるか確かめ、そのわけを考えてみる。

各楽器によって違うが、実験にとりあげた物はどこに力を加えても音が出るわけである。そこで右のような問題が出た。

- ◎「たいこは胴をたたいても音が出る」
- ◎「でも皮をたたいたときと違ってへんな音だ」
- ◎「胴をたたいてもよくふるえないからだ」

話し合いの結果、他の楽器もいろいろな所から音が出ること、しかも差はあるがやはり振動していることに気づかせるようにした。さらに児童は、楽器本来の目的の場所に力を加えたときに、児童の発言をかりると、「たいこの音」「ことの音」……が出るし、「一番いい音が出る」ということにも気づいた。またそのわけを考えさせることによって、それぞれの楽器はそこがよく振動するように、くふうされていることに気づかせることができた。

○ どうなって →それぞれ共通したものとして、「ふるえている」となった。なお児童は振動のようすにも着目するものがある。このことをとりあげておくことは、次への発展に大いに役立つことになった。

(c) 音をとめるにはどうしたらよいか、という逆思考は、音の発生と振動との関係を理解させるのに役立った。

①「音の出ているものの、音をとめるにはどうしたらよいか」

①「みなさん、どう思いますか」
(代表児童によって実際確かめさせた)

①「すぐ音をとめるにはどうしたらよいか」
(実験させてみる)

①「すると音をとめるには」

- ◎「手でおさえる」
- ◎「振動をとめればよい」(全員賛成の挙手あり)
- ◎「でも、たいこは2枚皮があるから、たたいた方だけおさえても両方とも同じにとまるだろうか」(とまるとするものが大多数であった)
- ◎「でも音がすごく小さくなる」
- ◎「両方ともいっしょにおさえれば、すぐとまるわけです」
- ◎「振動しているところをおさえて、振動をとめればよいのです」

なおここで、音を出すには力を加えなければならないし、音をとめるにも、力を加えなければならないことに気づかせた。音の発生・停止を発音体の振動と結びつけて理解させることは基礎的な事項でありたいせつである。

(d) 音の発生・停止をいろいろな現象から取り扱うことは、音の性質を分析的に考えようとする態度を養うのに有効である。

B案の(4)~(7)、A案の(5)(6)の活動はともに、指導要領には直接示されていない内容であるが、現象としては児童が、日常多く体験していることと思われる。この経験的な知識をひき出してやり、これらの現象を考えさせてみることは、次の学習に筋の通った観点を与えることになると思ひ、B案では特に多く取り上げることにした。

①「力を加えると、物が振動するのはどうしてでしょうか」

- ◎「ことの弦やたいこの皮は、張ってあっても少しはゆるみがあるからふるえる」
- ◎「ことの弦をひっぱってはなすと、真中でとまらないいきすぎる、するともどろうとする力があるので、もどってまたいきすぎる、これをくりかえすからふるえる」

素朴ではあるが、弾性についての考えをもっていることがわかる。このようにその本質的なものに向って考えていこうとする考え方を引き出すようにし、また伸ばしてやることは音の学習に限らずたいせつなことであると思う。(もちろん児童の発達段階を考慮して、可能な範囲にとどめなければならない。)

B案の(5)では、音が空気を伝わってきて、耳がその音を聞きとるというとらえ方を、ほとんどの児童がしている。しかし音の伝搬については、振動の伝搬であると考えている児童はまだ少ない。そこで耳の構造についての概略を知っておくことは、この問題を考えたり、今後の学習をすすめる上にも役立つものと考え説明をした。ただし音の伝わり方についての直接の学習は、あとで出てくるのでそちらへゆずることにした。

A・B案の(6)の活動として、耳に音として聞こえるには限界のあることについての学習は、児童が音の発生を振動と関係づけて着目することができるようになり、以後の学習に役立った。

また音の減衰については、調査によると、B学級では97%も振動が弱まるからだとしてらえている。指導中聞こえないわけとして右記のような応答があった。これらは音量や振動の減衰に着目した発言である。

これは(7)の活動で「わた」を取り上げた実験とともに、児童実験ができるし、音として耳に聞こえるためには、振動のしかたが問題でありほとんど振動しない物は、音として聞こえないことに気づかせるに有効であった。

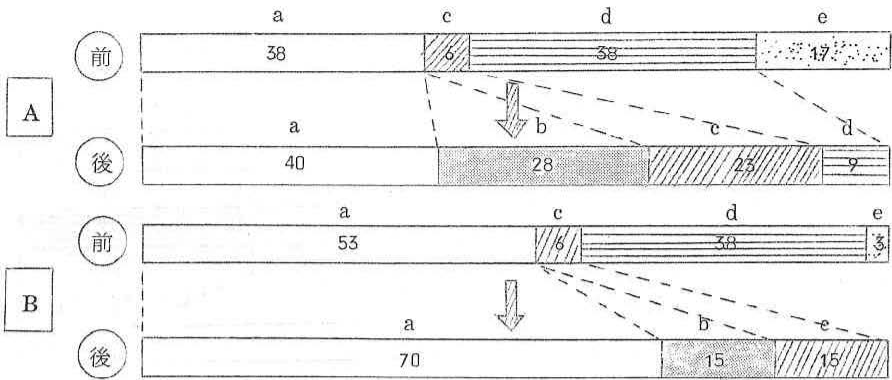
- ①「振動の幅がせまくても音は出るが、もっとせまくなると耳に聞こえないくらいになる」
- ②「大きく振動しても、あまりゆっくりだと、音は聞こえない」
- ③「振動がゆるすぎると、はねかえる力が弱いから音が出ない」
- ④「弦がゆるいのではねかえる力が少ない、だから音が耳に聞こえないのだ」
- ⑤「少しは音が出ているのだろうけれども、空气中に音が消えてしまう。耳にくるまでの間に消えてしまうからだ」

(b) 事前・事後の調査について ※以下①は事前調査、②は事後調査。グラフの左に[A]とあるのはA案で指導した学級、[B]とあるのはB案で指導した学級の結果である。

ア 音の発生 (同問題で事前と事後に実施した)

問題 「たいこ」をたたくと、音が出るのは、どうしてでしょうか書きなさい。

- 応答の類型
- a 皮の振動によるとしたもの
 - b たいこの中の空気が振動して音が出るとしたもの
 - c 皮の振動だけでなく、空気による伝搬までふれてしまったもの
 - d たたくからとか、たいこの構造だけに着目したもの
 - e その他、無答



指導によって、一応dのたたくから音が出るという、直感的な見方をしていた約40%が、B学級ではなくなり、A学級でも $\frac{1}{4}$ にへっている。B学級ではaの皮の振動に着目したものが70%にふえている、これは指導の効果と思われる。しかし類型cの児童は、音の発生について問うているのに対して、伝搬にまで着目してしまったものであり両学級とも増加している。この点は指導に際してははっきり条件を分けて指導することが必要なことを教えてくれるものと反省している。

イ 音の停止 (事後調査は「かね」を「たいこ」にかえて、実験で取り扱ったことをそのまま問題にした)

問題 ㊦ 「かね」をならしました。まだなっているうちに、手で「かね」をおさえたら、「かね」の音はどうなるでしょう。つぎの1, 2, 3のうち、よいとおもうもののばんごうに○をつけなさい。またそれをえらんだわけを□の中に書きなさい。(□は省略)

1 音はとまらないでしばらくなっている (B→15% A→30%)

2 音はすぐとまる (B→82% A→70%)

3 わからない (B→3% A→0%)

問題 ㊦ ㊦ 「たいこ」の音がまだ出ているうちに、この音をとめるにはどうしたらよいでしょうか。つぎの1, 2, 3のうち、よいとおもうもののばんごうに○をつけなさい。

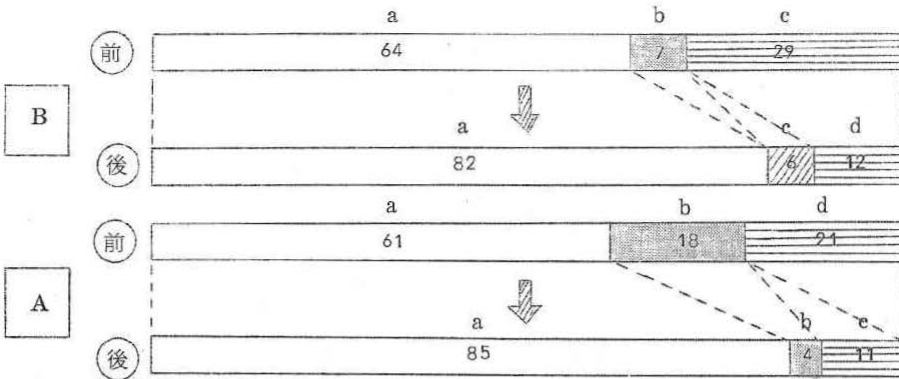
1 どうをたたいて かわのふるえるのを じゃまするとよい (B→0% A→2%)

2 かわを てでおさえしているとよい (B→100% A→98%)

3 もっと かわをたたくとよい (B→0% A→0%)

㊦ そうすると、どうして音がとまるのでしょうか書きなさい。

- o 応答の類型 a 振動がとめられるためとしたもの
 (㊦㊦共通) b 手でおさえるからとだけしたもの
 c 振動がとめられること以外に、伝搬にまでふれてしまったもの
 d その他、無答

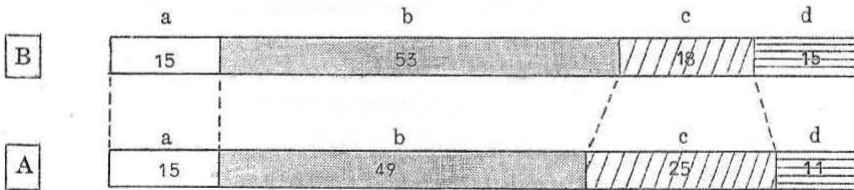


この調査は、問題の選択肢 2 に○をつけた児童について集計したものである。ア、音の発生についての調査と同様、80%以上の児童に音の停止する原因は、発音体の振動をとめることである、との認知を得させることができたといえる。しかし調査ア、イに関する内容だけの判断で、児童がじゅうぶんに理解したものと断定することはできない。音の発生と停止を、その発音体の振動と結びつけて理解させることは、音に関するいろいろな現象を分析的にとらえていく、基礎的な概念になるものと思われる。したがって今後の学習にどのように生きていくかを確かむことがたいせつであろう。

ウ 音の減衰【そのⅠ】 —音の伝搬における減衰の認知状態— (事前調査として実施した)

問題 運動場の柱に時計がかけてあります。そばできくと「カチカチ」と音がきこえます。うしろへさがっていくと、だんだん音が小さくなって、しまいにはきこえなくなりました。なぜでしょう、そのわけを書きなさい。

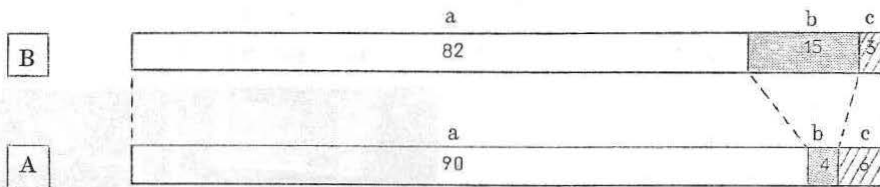
- 回答の類型 a 耳に振動がかんじなくなるとしたもの b 音がにげる、ちらばるとしたもの
c はなれるから、時計の音は小さいからなどとしたもの d その他、無答



エ 音の減衰【そのⅡ】 —発音体の振動の減衰についての認知状態— (事後調査として実施した)

問題 「たいこ」をたたくと、はじめ大きな音が出ますが、だんだん音は小さくなり、しまいにはきこえなくなりました。それはどうしてでしょうか書きなさい。

- 回答の類型 a 皮の振動が弱くなるからとしたもの
b 皮の振動の弱まり以外に、伝搬にまでふれてしまったもの
c その他、無答



〔そのⅠ〕では、伝搬中における減衰を、児童がどう考えているかとらえようとしたものである。これは以後の音の伝わり方の学習につながるものである。〔そのⅡ〕では、発音体そのものの振動の減衰についてみたものである。ここでも、調査ア、イと同様、伝搬中の減衰と混同しているものが、B学級では15%みられる。しかし82%、A学級では90%正しく振動の減衰をつかんでおる。これは一応学習の効果と考えてよいと思う。

オ 音量——聴音の限界についての認知状態——（実験直後、結果を話し合うまえにであり、B学級だけについて調査したものである。）

問題 「こと」の弦が振動しても音がきこえないわけを書きなさい。

- 応答の種類
- a 弦の振動が弱いことと、伝搬の弱まりの両方に着目したもの
 - b 弦の振動が弱いので、音として聞こえないとしたもの
 - c 弦が振動しても途中で弱まって聞こえないとしたもの
 - d その他、無答



この音量については、実験の結果を話し合い、まとめをしたことに直接つながるので、事後の調査は実施しなかった。なおこの調査は、児童が発音体の振動がある程度以上にならないと、音として耳に聞こえないこと、伝搬の途中で振動が減衰すると音として聞こえないことなどの、認知状態をつかもうとしたものである。したがって応答も上記のように分けてみた。dの、その他、無答者が4.4%もいたが、以後の学習状態から考えると、相当多数の児童がb、cどちらかに、またはaに回答できるようになったものと思う。

これら調査ア～オまでの成果は、以後の学習で、音の現象に対する見方、考え方に生かされたものと思っている。しかしどのくらい理解や態度として定着し、発展していくものであるかについての評価は、今後に残された課題である。

② 第2次の指導について

まえに述べたように学力調査の分析や、今まで指導した経験、調査などから考えると、音の大小については、聴覚による判断と、振幅の大小はある程度比較しながらできるのでいく分容易である。しかも音の大小はそれを決定する要因である振幅そのものによって指導しているが、音の高低については、聴覚的な判断にたよることが多く、高低を決定する要因である振動数の違いにふれることをさけ、発音体の形状、弦でいうならば、太さ・長さ・張る強さなどの違いにとどめ、形式的な記憶にたよることが多

くなっている。混乱する原因はここにあると思う。これは振動数の違いをみせることが困難なためだと思われる。そこで弦の振幅や振動数の違いを、視覚でもはっきり比較できる装置を試作し、B学級の第2次と3次の指導に使ってみた。これについてまえて説明しておくことにする。

(a) 弦の振動記録装置について

ア 製作のねらい

音の大小・高低に関する実験を、聴覚だけにたよらず、しかも大小・高低を形定する発音体の振動状態を直接比較できれば、理解の混乱を防ぐのに役立つものと考えた。

市販されているものではオシロスコープがある。しかし小学校ではこれを用いることは、機械の原理や構造のむつかしさや、直接振動の映象をみるのに

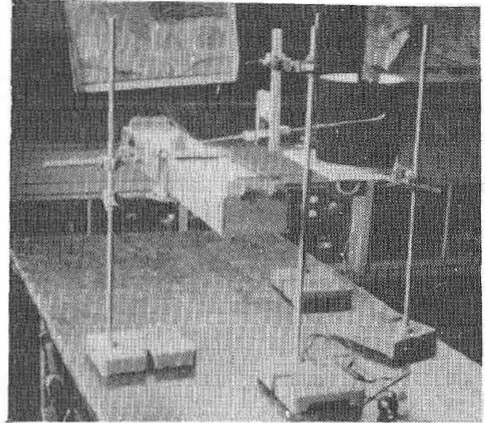


図-1 弦の振動記録装置

困難であることなどの難点があり、しかも価額の点からも一般にすぐ備えられるものではない。そこで弦の振幅と振動数を直接記録し、その違いを比較して見ることのできる装置をくふうして作ってみた。

イ 本装置の特長

- o この装置はオシロスコープと違って、弦の振動を簡単にしかも直接波形に描くことができる。
- o 構造が簡単で全部露出しているので、振動が記録される過程がよくみえて理解しやすい。
- o うで木の調節で波形の大きさを必要に応じて拡大、縮小できる。
- o 記録されたものは消えないので比較が容易であり、しかも保存ができる。
- o 振幅、振動数、振動時間が同時に比較できる。

◎ 欠点として次のことが考えられるので留意すること。

- ・ 児童が音の波形であると誤認するおそれがあるので、補説してやるようにすること。
- ・ 弦に装置をとりつけると、音が変わるので聴覚・視覚同時に比較できない。(同じことを補助者にはじかせることを併用するとよい)
- ・ 装置の不完全さから、弦そのものの振動以外の振動もまじって記録される。
- ・ 装置の製作や組み立て、すず紙づくりに手間がかかる。

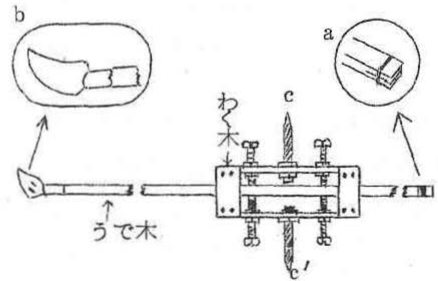


図-2 振動用うで木

ウ 材 料 ※装置の名称は我流でつけたものである。なお材料はおもなものにとどめた。寸法はこれにこだわらず、適宜かえてもよい。

(ア) うで木	模型用の角材が便利である。	0.6 × 0.5 × 4.0 cm	1本
(イ) わく木	同 上	1 × 0.5 × 1.0 cm	2本
	ベニヤ板	2 × 3 × 0.3 cm	4枚
(ウ) ビニールストロー		約 5 cm	1本

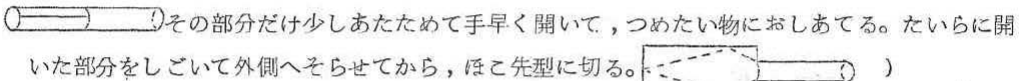
(イ) 釘	0.9 cm, 3 cm	少々
(ロ) ビス・ナット	ビス	径 0.3 × 2 cm 4 本
	ビス	径 0.3 × 3 cm 2 本
	ナット 1 2 個

(ハ) その他 スタンド、モノコード、レコード・プレーヤー、円筒、すず紙、うで木固定用装置の木材、セロテープ、輪ゴムなど。

エ 装置の組み立て

(ア) 振動うで木

- (ア)のうで木の元の部分を図-2のaに示したように、弦をはさむための切れ目を鋸で入れ、輪ゴムを巻いておく。
- (ア)のうで木のもう一方の先端を、(ウ)のビニルストローがはいるように丸くけずる。5~6cm程のストローを図-2のbに示したようにはめる。(ストローに3~4cmの切れ目を入れる。

 その部分だけ少しあたためて手早く開いて、つめたい物におしあてる。たいらに開いた部分をしごいて外側へそらせてから、ほこ先型に切る。

- わく木は、(イ)を図-2のように作る。釘づけするまえに、うで木をとめるビス4本と、先端をとがらせた2本のビスC・C'をそれぞれ2個ずつのナットで固定してから釘づけする。これにうで木を通して図-2のように組み立てる。

(イ) うで木固定装置

- 図-2の振動うで木を固定する装置であり、図-1の中央のスタンドにとめてあるユ字型の木枠である。寸法は省略。図-2のビスC・C'の先端があたる部分には全属板をとりつけ、うで木がよく動くようにした方がよい。
- できあがった振動うで木をとりつけるには、図-2の2本のビスC・C'でうで木がよく動くように調節してナットで両側からしっかりとめる。図-1のようにスタンドに固定する。

(ウ) モノコードは中央を2枚のうすい板ではさみ、ひもでしばりスタンドに図-1のように固定する。

(ロ) 回転式記録装置

- 図-1の2台のスタンドに固定してある装置である。レコード・プレーヤーの上にすず紙をとりつけた円筒をのせる。プレーヤーは図-1の場合は必要部分だけとり出してあるが、もちろんこの必要はなく学校にあるものをそのまま使用してもよい。レコード・プレーヤーは、4・スピード用がのぞましい。実験時には16回転が適当である。
- 記録用円筒はここで使用したものは、直径18cm程のデコレーション・アイスクーキのはいていた発泡ポリスチロールの円筒であるが、適当な大きさの円筒ならばなんでもよい。この円筒の底の中央に、プレーヤーの突起がはいる穴をあける。この穴は少しぐらいくるっていても、ビニルストローがある程度調節してくれる。この円筒にすずをつけた記録用紙を巻きつけてセロテープでとめる。紙にすずをつけるには、ろうそくのすずでもよいが時間がかかるので石油をまやしてつけるとたい。

オ 使用法

(ア) 各装置を組み立て、全体を図-1のように配置する。

- (イ) うで木の元の方に、実験しようとする弦の中央をはさみ、輪ゴムを元の方へさげてとめる。
- (ウ) 記録しようとする個所にストローの先端を合わせ、うで木が水平になるように各スタンドの高さを調節する。
- (エ) ストローの先端が軽く円筒全体にふれているかどうか確かめ、プレーヤーを回転させ、弦を目的の強さにはじいてみる。このときモノコードが動かないように片手を添えるようにする。
- (オ) 振動がとまったら、すぐストローの先端が円筒からはなれるようスタンドをずらしてから、回転をとめる。
- (カ) 記録されたすず紙のすずがおちないように固定するには、速乾透明ニスか透明ラッカーを容器に入れ、その中をくぐせばよい。または手間をはぶくためには、噴霧式のかんいりのニスを使うと便利である。これならば円筒につけたままで固定できる。

※指導の実験と記録したデータは第2・3次の指導過程とその考察のところで記載することにする。

(b) 指導過程の概要とその考察

—— 指 導 過 程 の 概 要 ——

<B 案> (2時間)

- 2 音の大小について調べる
- (1) どうすると音の大小がおこるのか考え、話し合う。
- ①音の大小はどうしておこるか自分の考えを書き、話し合う。
- ②音の大小と強弱の意味について話し合う。
- (2) 音の大小の出方を比べ、どんな違いがあるのか調べる。
- ①調べる方法を話し合い、実験の計画をたてる。
……たいこ、こと、音さについて調べることにする。
- ②計画にしたがって実験する。
- ③「振幅」について用語の意味を指導する。
- (3) 実験の結果について話し合い、音の大小のおこるわけをまとめる。
- (4) 「こと」について、音の大小は弦の振幅の違いできまり、振動の速さは同じことを実験装置で確かめる。

<A 案> (1時間)

- 2 音の大小について調べる
- (1) 前時の実験で耳に聞こえる音に大小のあったことを話し合う。
- (2) 音の大小は、出方にどんな違いがあるか調べる計画をたて調べる。
- ①たいこ、こと、音さについてそれぞれ実験のしかたを考える。
- ②音の大小と強弱の意味について説明する。
- ③計画にしたがって実験する。
- (3) 実験の結果から、音の大小は何できまるかをまとめる。
- ①「振幅」について用語の意味を指導する。
- ②音の大小と振幅との関係をことばでまとめる。

—— 考 察 ——

- (a) 音の大小と振幅の関係は実験によって確かめられるが、実験の条件をしっかりきめることがたいせつである。

音の大小については前時の学習がよく生かされ、B学級では予想として右のような発言が発言に出た。

- ◎「強く空気を振動させると音は大きいし、弱いと音も小さい」
- ◎「強い力を加えると振動が大きくなるので音も大きい、弱い力だと振動が小さいので音も小さい」
- ◎「大きい振動だと人間の耳には大きい音に聞こえ、小さい振動だと小さく聞こえる」

話し合いによりある程度原因は振動の大きさによることがわかり、予想のまとめとして、**加える力の大小**と、**振動の大小**によるの二つにまとまった。

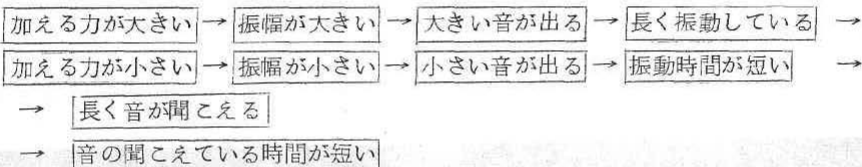
実験の観点としては、次のようにまとめた。



児童から「弦のはり方のかえてみる」との発言があり、これについて考えさせたがほとんど反応がなかった。そこでこのことは問題として、注意して実験することにした。(このことはA案では問題にならなかった。)

b) 実験結果では振動している時間についても気づいたが、弦の張り方のかえる実験で思考が混乱した。

A・B両学級とも、まとめでは話し合いによって、同一条件では次のようにまとめられた。



そこで、音の大小は振幅の大小できまり、これをかえるのは加える力であるということになった。

なお問題となった、弦の張り方のかえることについては右のような発言があり、結論が出ないで混乱した。

- ◎「強くはると大きい音がし、弱くはると音が小さい」
- ◎「強くはると大きい音が出るが、ゆるめるとへんな音になる」

——ここで教師実験を行なった——

- ①「弦を強く張りましたよ……はじきます」
(きわめて弱くはじいてみせる)
- ①「こんどはゆるめましたよ(少しゆるめて)……さあはじきます」(きわめて強くはじいてみせる)
- ①「それでは、どうはじけばよいのですか」
- ①「どちらをかえるのですか」

- ◎「先生のはじき方は反対です」(多くの児童が同意する)
- ◎「はじく強さをかえてみるのです」(「かえているよ」のささやきあり)
- ◎「両方ともそれぞれかえてみるのです」
- ◎「あっ! そうだわ、そうすればはり方のかえても同じことだわ」

右の発言者にくわしく説明させたら、児童は自分達の実験方法が間違っていたことに気づいた。ここで音の大小を比較するには、同一の楽器で、しかも加える力以外は同じにすることが必要

なことに気づかせることができた。(a)で児童から「弦の張り方をかえてみる」が出たとき、これを取り上げてしっかり条件をきめてから、実験にはいるべきであったと反省している。

(c) 視覚化した実験装置による実験により、「こと」の音の大小は弦の振幅によってきまり、振動数は同じことをはっきり理解させられると考える。

⑩「音の大小は振幅によってきまることがわか | ⑪……………(「大きい方がゆっくりだろう」ささや
 ったが、振動の速さはどうでしょうか | きがだいぶ聞こえた。)

そこで、音の大小と振幅の大小を確かめることと、振動数を比べることにねらいをおいて、弦の振動比較装置で実験した。

— 実験装置について説明する — (B学級だけ実施する)

うで木が上下によく動くことを確認させ、先のペンのようなものがすす紙に動いただけあとをつけること、また弦の動きがよくわかるように大きくするため、支点から先の方を長くしたことで、さらに円筒が回るので、すす紙に波形が描かれることを話し合いながらわからせる。

〔実験 I〕 太い弦を強くはじいて記録させる。

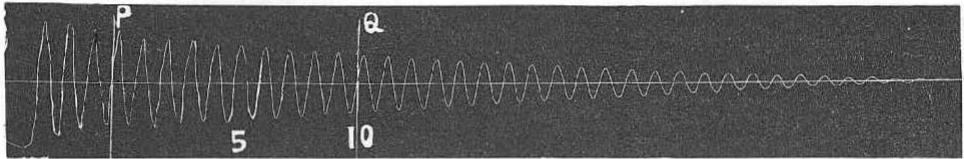


図-3

〔実験 II〕 実験 I と同じ弦を弱くはじいて記録させる。記録させるまえに、強くはじいたときと弱くはじいたときで、音の違うことを確かめ波の形がどうなるか予想をたてさせ実験する。

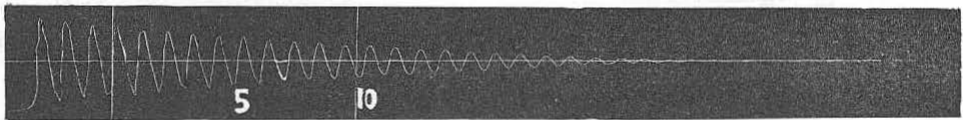


図-4

図-3 と図-4 を比較させて話し合ってみた

⑩「強くはじいたときと、弱くはじいたときで | ⑫「強くはじいたときの方が大きい波です」
 波のようすはどうですか | ⑬「大きい音のときは波が大きく、小さい音の
 ときは波が小さい」
 ⑭「小さい音のときが波がゆるやかだ」

弦の振幅の大小が、描かれた波形のどこにあらわされているか話し合い、波の山と谷の幅が弦の振幅の大小を、波長が振動数をあらわしていることを指導する。

⑩「では、もっと弦を弱くはじいてみますよ、まず音を聞いてみなさい」……………聴覚で比較させてから記録装置にかける。

〔実験 III〕 実験 I と同じ弦を、II よりも弱くはじいて記録させる。

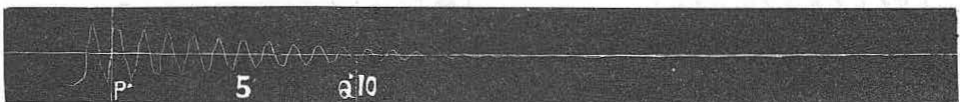


図-5
- 50 -

図-3, 図-4, 図-5を比較して, 児童には音が小さくなるにしたがって波が小さくなることはよく理解できたと思われる。なお次のような発言があった。

波の高さと弦の振幅との関係をさらに説明してよく納得させるようにした。

①「それではこの波で, 振幅の大小はわかったわけですが, 振動の速さはどうやってくらべればよいですか」

そこでコンパスでPP', QQ'の2本の線を書いて考えさせた。

①「この線の間は三つともみんな同じ幅なのだから, 時間も同じわけになりますね。このプレーヤーは同じ速さで回っているのだからね」波数をかぞえさせる。

①「どれもほとんど同じであることから考えると, どうですか」

①「すると, 音の大小は振幅できまるので, 振動の速さは……」

ただしこれは同一の弦であること, すなわち同一条件の発音体で加える力だけをかえた場合であることを再確認させるようにした。

①「この波全体の長さが, だいぶ違うのはどうしてですか」

①「どうして長く振動しているのでしょうか」

◎「音が小さいほど波が小さくなるんだ」

◎「音を水に入れたときの波と同じです」

◎「この弦に糸をつけたときもそうだった」

◎………(すぐ反応がない)

◎「波の数をかぞえればよいのですね」……(全員賛同する)

◎「波が大きくても, 小さくても振動の速さは同じです」

◎「同じです」「かわらないです」…(全員賛同)

◎「これは(図-3)弦が長く振動しているから長いのだ」

◎「強くはじいたからだ」

◎「大きくふるえるので, 長くまでつづくのだ」

◎「はじく力がいっぱいだと, 弱まるのに長く時間がかかるから」

◎「加える力が強いと, 振動する力が強いので長くつづく」

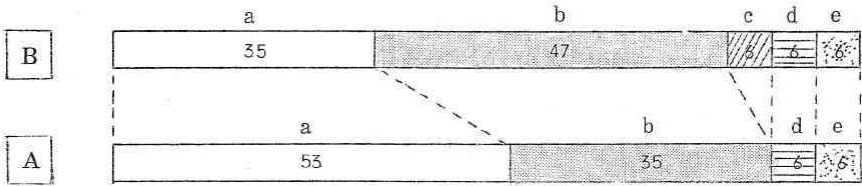
この実験装置で, 視覚にもうったえ比較を容易にすることによって, 音の大小などと, 弦の振動との関係をしっかりつかませるようにつとめた。

(c) 調査や実験方法について

ア 音の大小——加える力による音の違いの認知状態——(事前調査として実施した)

問題 「たいこ」を強くたたいたり, 弱くたたいたりしてみました。出る音はどちらがうでしょう。またそのわけも書きなさい。

- o 応答の種類 a 音の大小に着目したもの b a以外に、時間や距離などにも着目してしまったもの
 c 音の聞こえている時間だけに着目したもの d 音の高低だとしたもの
 e その他、無答

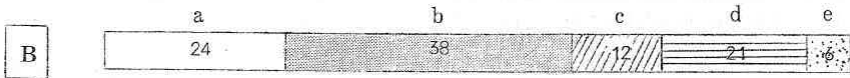


80%以上の児童が、一応加える力の大小は音の大小に関係があることに着目している。このように日常体験している現象の聴覚的認知ならば、相当豊富にもっていることがわかる。ただしbに反応している47%、35%の児童の中には、発生する音の大小だけでなく、伝搬に関係したことを混同しているものが多い。これは条件を客観的に、音の発生と伝搬に分けて考えることがまだ困難なことを物語るものであろう。このことは指導の際、はっきり分けて取り扱うことがたいせつである。

イ 音の大小 — 音の大小のおこる原因についての認知状態 — (第2次の指導にはいる直前に書かせたものであり、B学級だけについて調査したものである。)

問題 音の大小はどうしておこるか、わけを書きなさい。

- o 応答の種類 a 加える力・振幅の大小によるもの
 b 加える力の大小だけによるもの c 振幅の大小だけによるもの
 d 発音体の張り方や面積、質量などの大小によるもの e 無答



調査イよりさらに深めて、直接音の大小のおこる原因を問題とした。結果として70%以上が振幅の大小に着目している。bの加える力の大小だけだとした38%の児童も記述形式からくる抵抗で、話し合ってみると振幅の大小にも気づいているものが多いことがわかった。

ウ 「音の大小の出方を比べどんな違いがあるか調べる」で行なった実験方法について

- ㊦「たいこ」
- o 糸を通したコルクせん(ピンボンの玉)を皮に近づけてみる。
 - o 皮の上に豆をあげてみる。(場所によって豆の動きの違いを発見するので皮一面に豆をばらまかせるのがよい)
 - o 皮の中央に糸をセロテープでとめて、その糸の振動をみる。
- ㊧「こと」
- o 弦の中央に糸をつけて、その糸の振動の大小をみる。(糸のひっぱり方をうまく加減するとよくみられる)
 - o 紙テープを輪にして弦に通して、そのふれ方をみる。

②「音さ」

- 紙のライダーをのせてみる。
- 水面につけてみる。
- 画用紙の上に砂をあげ、音さをふれさせてみる。
- コルクせんを近づけてみる。

③ 第3次の指導について

(a) 指導過程の概要とその考察

—— 指 導 過 程 の 概 要 ——

<B 案> (2時間)

3 音の高低について調べる

(1) 前時の学習でわかったことを話し合い、音の大小のおこるわけをまとめる。

①音の大小は振幅の大小できまり、振動の速さではないことを再確認し、実験方法を反省する。

②「振動する速さ」について用語の意味を指導する。

(2) 「こと」でいろいろ方法をかえて、高さの違う音が出るかためしてみる。

(3) どうやったとき、高さの違う音が出たか話し合う。

(4) 音の高低はなんによってきまるか調べる。

①「こと」について調べる方法を話し合い、実験の計画をたてる。……(実験の方法は、前時の「こと」の場合と同じ方法を用いた。)

②計画にしたがって実験する。

(5) 「こと」について、高さの違う音が出るときの弦の振動のようすを、実験装置に記録させてみる。

(6) 実験結果について話し合い、音の高低はなんによってきまるかをまとめる。

(7) 弦の条件をかえると、振動の速さがかわるわけを書き、それについて話し合う。

(8) 音の大小・高低がきまる条件をもとにして、いろいろな楽器の音の出方や構造などについて話し合う。

—— 考 察 ——

(a) 「こと」(二弦モノコード)の弦の三条件と、音の高さとの関係を調べる実験に、振動のようすの観察を加えた。

<A 案> (1時間)

3 音の高低について調べる

(1) 「こと」を使って、音の大小が弦の振幅の大小によることを再確認する。

(2) 「こと」でいろいろ方法をかえてならしめて、大小だけでなく高さの違う音が出るかやってみる。

(3) どうやったら高い音、低い音が出たか話し合う。

(4) 音の高低はなんによってきまり、出方にどんな違いがあるか調べる。

①「こと」を使って実験する条件を話し合い、計画をたてる。

- 弦の長さをかえる。
 - 弦の太さをかえる。
 - 弦の張り方をかえる。
- ・一つだけかえて、他の二つは同じにすることを話し合う。

・音の高低を比べるとともに、弦の振動のようすも比べてみることにする。

(実験の方法は、B案と同じ方法を用いた)

②計画にしたがって実験する。

(5) 実験の結果を話し合い、音の高低はなんによってきまるかをまとめる。

(6) 他の楽器ではどうか話し合い調べてみる。

(7) 音の大小・高低がきまる条件をもとにして、いろいろな楽器の構造と音の出方との関係を話し合う。

今までの学習における児童の状態から考え、いきなり(2)の「どうやったら高さの違う音が出るか」の問題で、話し合いや計画なしで、自由な方法で実験させてみた。短時間(約5分)で各グループとも、弦の三つの条件をかえることを発見してしまった。なおこれに基づいて音の高低を比較する実験で、振動の速さにふれなければ単に弦の条件と、音の高低を知的に記憶させるにとどまってしまう、学習の意義がうすれ、しかも音の大小と混同する結果になると思う。そこで弦の振動に着目させることによって、はっきり区別して理解させることをねらった。

またA学級では、「弦を強くはじくと高い音が出る」との発言があり、多数の児童が賛同して、反対の発言をするものがみられなかった。これは実験の条件とその意味がしっかり理解されていないとよく出る問題である。この問題がB学級に出なかったのは、前時までの学習の効果であろうと考えられる。

(b) 音の高低は、振動数の違いによることを、視覚を通して比較させることにより理解させ、音の大小との混同を防ごうと考えた。

〔弦の振動記録装置による実験指導〕(B学級だけ実施する)

図-3, 図-4, 図-5を見せ、その波の大きさの違いは、弦の振幅の違いであることを再確認させる。そこで前時と同じ「こと」を示して、

- | | |
|-----------------------|--------------|
| ①「高い音を出すにはどうすればよいですか」 | ◎「弦を短くすればよい」 |
| | ◎「強く張ればよいです」 |

実際両方の条件にして、弦をはじいて音の高さを耳で確認させる。

そこで、前時のデーターを生かして使うことにし、前時よりも強く張って高い音を出せば、比較できることを話し合っ実験した。結果を予想させたところ、まえより振動が速くなればよいということになった。

実際記録した図-6に、まえと同じ幅のわくを引き、波の数をかぞえさせた。

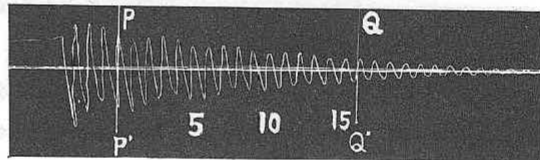


図-6

このことから、高い音のときは、弦の振

動が速いことをつかませた。なお児童の中には、同じ弦でも強く張ると振動時間が短くなることに気づいたようであったが、ここでは特にとりあげて強調しないことにした。

(c) 音の高低は、振動数に着目させることにより、その要因をまとめるのに筋が通り、理解を容易にすることができた。

結果のまとめとしては、児童は弦の条件がそれぞれかわっても、音の高い方が低い方より弦の振動が速い(振動数が多い)と結論づけた。なお音の大小の場合としっかり区別させるために、話し合いながら次のようにまとめた。

- | | | | | |
|-------|---|-----------|---|------------------------|
| 音の大小は | → | 振幅の大きできまる | → | これは加える力の大きでかわる |
| 音の高低は | → | 振動の速さできまる | → | これは弦の長さ・太さ・張を強さによってかわる |

B学級(7)の活動は、弦の条件をかえることが、どうして振動の速さをかえるのかそのわけを書かせ、その考えを話し合わせることによって、弦の振動数をかえさせる要因として、弦の(発音体)質量や張力の初歩的なものに目をむけさせることをねらってみたわけである。

このことを、ここで取り上げることは困難かと思われたが、話し合いの応答や、調査などからみ

ると、質量や張力について児童なりのことばで、しかも日常経験的な知識とむすびつけて取り扱うならば、今後の発展にもつながるものとして有意義なものと考えてとりあげてみた。このことについての評価はすぐには出てこないものであり、ながい目でみていかなければならないことであろう。

(d) 学習で得た知識の応用と一般化をはかることがたいせつである。

A・B両学級とも、最後は学習で得た知識をいろいろな楽器について適用させてみることにより、音の大小はすべての楽器で出せるが、高低は出せない楽器があることに気づかせた。さらに両者を比較させて、高低も出せる楽器にはそれぞれ発音体に、振動数をかえるしくみがあること、音の大小は楽器自体のしくみではなく、加える力の大小によることに着目させるように話し合いをすすめた。このことは知識の一般化と定着をはかるのに有効であり、たいせつなものと思う。

(b) 事前・事後の調査について

ア 音の高低 (同問題で事前と事後に調査した)

問題 つぎの文のようにして音を出すと、出る音はどうでしょう。()の中に下の□の中から、あてはまるものをえらんで、その番号を書きなさい。

- ① 「木きん」の長い板と、短い板を同じくらいの強さでうつと、長い板の方が()が出る。
- ② 「大だいこ」と「小だいこ」を、同じくらいの強さでたたくと、「小だいこ」の方が()が出る。(たいこの皮は両方とも同じ強さにはってある)
- ③ 「こと」の2本の糸の長さ、太さを同じにして、糸を強くはった方をはじくと、弱くはった方よりも()が出る。
- ④ 「こと」の2本の糸の長さ、はる強さを同じにして、糸の太い方をはじくと、細い方よりも()が出る。

1 高い音 2 低い音 3 大きい音(強い音) 4 小さい音(弱い音)

※ 表中の数字は応答%で、数字に○印のあるのは正答である。

肢 時期 学級	1. 高 い		2. 低 低 い				3. 大 き い				4. 小 さ い					
	前		後		前		後		前		後		前		後	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
① 木きん (長い方)	18	15	18	13	56	60	79	81	21	17	3	6	6	9	0	0
② たいこ (小だいこ)	18	32	38	60	6	11	9	4	21	15	6	15	56	42	47	21
③ こ と (強い方)	47	45	50	38	12	13	9	4	35	30	26	38	6	13	15	19
④ こ と (太い方)	18	11	12	19	41	28	65	40	18	32	15	23	24	30	9	17

イ 「こと」の弦の振動について—— 発音体の質量や張力についての認知状態—— (第3次の指導中に書かせたものであり、B学級だけ実施したものである。)

問題 「こと」の弦の条件をかえると、どうして振動の速さがかわるのかそのわけを書きなさい。

※ 表中の数字は応答数である。

応答の類型		① 長さをかえる	② 太さをかえる	③ はり方をかえる
a	原因として質量や張力に関係したことに着目したもの	35	29	35
b	原因は書かず、長いから、太いからなどとしたもの	32	29	15
c	原因は書いたがまちがえてとっているもの	9	15	24
d	その他、無答	24	27	27

この調査は実態をつかむ意味で行なったものである。①でaに回答した児童は②③においてもaに回答している。話し合いによって発音体の性質に目をむけるようにつとめた。これは振幅や振動数の違いを、発音体自体に目をむけさせることが有効だと考えたからである。

ウ 音の大小・高低 —音の大小・高低とその原因の判断— (事後調査として実施した)

問題 つぎのAとBは、「たいこ」をたたいたときの音の出かたについて書いたものです。()の中に、下の□の中にしめした1から8までの中から、それぞれ一つずつえらんで、その番号を書きなさい。

A 同じ「たいこ」ならば、ばちで強くたたくほど音は()になる。そのわけは、「たいこ」の皮の()なるからである。

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

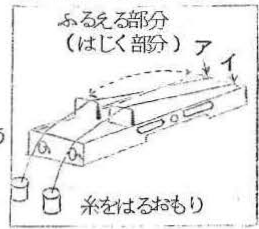
1 高く 2 低く 3 大きく(強く) 4 小さく(弱く) 5 しん動の幅が大きく 6 しん動の幅が小さく 7 しん動がはやく 8 しん動がおそく

※ 表中の数字は応答数で、数字に○印のあるのは正答である。

小問	学級	1 高く		2 低く		3 大きく		4 小さく		5 振幅大		6 振幅小		7 振動速い		8 振動おそい	
		B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
A	① 強くたたく	24	15	3	2	68	81	3	0	0	2	0	0	3	0	0	0
	② そのわけ	0	2	0	0	3	0	0	0	65	60	0	2	29	32	3	4
B	① 強くはって	62	74	9	6	26	6	3	9	0	4	0	0	0	0	0	0
	② そのわけ	0	2	0	2	0	0	0	0	0	15	9	19	70	55	12	6

エ 音の高低・大小についての判断 (事後調査として実施した。この問題は38年9月研究所で実施した分析的問題である。)

問題 右図のような「こと」をつかって、2本の糸（アとイ）の太さ・糸をはる力・糸のふるえる部分の長さ・糸をはじく力を、いろいろ変えて、つぎの①～⑤の実験をしました。それぞれの実験ごとにアとイの糸から出る音の高さをくらべるとどうなりますか、下の□の中から正しいと思うものをえらんで、その番号を（ ）の中を書きなさい。



- 1 アがイより高い音を出す。 2 イがアより高い音を出す。
3 出る音の高さは同じ。 4 どちらが高い音を出すかわからない。

- ① アの糸の太さをイより太くし、ほかは同じにして糸をはじく。…………… ()
② アの糸のはる力を、イより強くし、ほかは同じにして糸をはじく…………… ()
③ アの糸のふるえる部分の長さを、イより長くし、ほかは同じにして糸をはじく。…………… ()
④ 糸の太さ、はる力、ふるえる部分の長さを同じにして、アをイより強くはじく。…………… ()
⑤ アの糸の太さをイより太くし、はる力とふるえる部分の長さを同じにして、アをイより強くはじく。…………… ()

※ 表中の数字は応答％で、数字に○印のあるのは正答である。

小問	B		A		3.同じ高さ		4.どちらが高いかわからない		無 答	
	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
①アをイより太くする	15	6	76	83	3	6	6	2	0	2
②アをイより強くはる	88	81	6	6	6	6	0	4	0	2
③アをイより長くする	6	11	70	60	15	15	9	13	0	2
④アをイより強くはじく	47	34	9	9	33	23	12	32	0	2
⑤アをイより太くしアをイより強くはじく	24	11	35	28	18	28	24	28	0	6

調査ア、ウ、エはいずれも、音の大小や高低に関する問題である。このような形式の問題では記憶された知識さえあれば正答できるものである。したがってA・B両学級の差はあまりみられない。特に音の大小と高低だけの判断ならば、むしろA学級の方がわずかではあるが、よい成績を示している。しかし細部にわたって見るならば、調査アの「こと」についての問題では、20%前後もB学級の方がまさっている。また調査ウの「たいこ」についての問題で、高い音の出る要因の判断ではやはりB学級の方がまさっている。さらに調査エでも、小問①を除いて他はややB学級の方がまさっている。

ただし今回の調査は指導後わずか一週間であり、しかも人員が少ないし、等質化した学級でないことなどから考えてみると、これをもって指導効果を評価することは危険である。

(2) 2年生の指導について

A・B両学級とも、つづけて2校時を用いて指導した。指導計画立案にあたってはまえにも述べたが、A・B両案とも指導内容や取り上げた実験方法（製作や遊びなど）はほとんど同じである。ただ指導順序をかえてみた。A案では、笛作りやこと作りを先にして、その後楽器によって学習をまとめるという指導過程とった。これに対してB案では、始めに楽器や身近な物で音を出し、振動している事実の観察をさせ、その後A案の同じようないろいろな物を作って遊ばせながら、それぞれ音が出ているときには物が振動していることに気づかせるような形態をとった。以下その概要について述べることにする。

① 指導過程の概要とその考察

— 指導過程の概要 —

< A 案 > (2時間)

1 紙笛を作って鳴らしてみる。

(1) 1枚の紙で音を出してみる。

① どうやったら音が出るか各自やってみる。

② どうやったら音が出たか話し合い、みんなで確かめてみる。

(2) 紙笛を作って吹いてみる。

① いろいろ吹き方を変えてやってみる。

② 形や紙を変えて作り吹いてみる。

③ 音が出るとき紙はどうなっているか調べる。

④ 吹きながら紙を手でおさえてみる。

2 輪ゴムのことや、笛を作って鳴らしてみる。

(1) 輪ゴムで音を出してみる。

① どうやったら音が出るか各自やってみる。

② どうやったら音が出たか話し合い、みんなで確かめてみる。

(2) 輪ゴムのことを作ってはじいてみる。

① 輪ゴムのことを作る。

② 音が出るとき、輪ゴムはどうなっているか調べる。

③ はじいた輪ゴムをすぐ手でおさえたり、輪ゴムを手でおさえたままはじいてみる。

(3) ビニル管で笛を作って吹いてみる。

① ビニル管とうすいゴム膜で笛を作る。

② 吹いて音が出ているときのようすを調べる。

③ 吹いて音が出ているとき、うすいゴム膜を手でおさえてみる。

3 いろいろな物で音を出して、音の出ているときの物のようすを調べる。

(1) いろいろな物で音を出してみる。

たいこ、木琴、トライアングル、下じき、物さし、シンバル……など。

① どうすると音が出るか調べてみる。

< B 案 > (2時間)

1 いろいろな物で音を出し、音の出ているときの物のようすを調べる。

① いろいろな物で音を出してみる。

たいこ、木琴、トライアングル、下じき、物さし、シンバル……など。

② どうすると音が出るか話し合う。

③ 音が出ているときのようすを調べる。

④ 出ている音をとめるには、どうしたらよいか考え、やってみる。

⑤ 1枚の紙で音を出せるかやってみる。

2 紙笛を作って鳴らしてみる。

(1) 教師の作った紙笛の音を聞く。

(2) 紙笛の作り方を話し合い作る。

① 吹いてみて、音が出るとき紙はどうなっているか調べる。

② 吹き方を変えたり、形や紙を変えて吹いてみる。

③ 吹きながら紙を手でおさえてみる。

3 輪ゴムのことや、笛を作って鳴らしてみる。

※ A案の2に同じなので省略する。

②音が出ているときのようなすを調べる。

③出ている音をとめるには、どうしたらよいかやってみる。

— 考 察 —

(a) いろいろな楽器や笛などで音を出してみる場合、吹いたり、たたいたりなどしなければ音が出ないことに着目させることがたいせつである。

音が出ている物が振動していることを観察させるまえに、どうしたら音が出たかをしっかり意識させることをねらった。2年生であるから、具体的な動作による表現をさせたが、物体の振動は他から力を加えなければおこらないことをまずつかませるようにした。このことは、発音体でも力を加えなければ音が出ないこと、また音が出ている物をとめるにはやはり力を加えてやらなければ、音がとまらないというような、音の発生と発音体の振動との関係をつかませるのに役立ち、筋を子どもなりではあるがとおすことができた。

(b) 笛やことなどを作って音を出して遊ばせる際、実験や観察のねらいを児童にしっかりもたせることがたいせつである。

指導内容や方法は、A、B両案ほとんど同じではあるが、B案による指導過程の方が、児童は実験や観察に対して積極的であり、見方や考え方に筋をとおそうとする態度がみられた。すなわち、「1枚の紙をはげしく振ると → 音が出る → 音が出ているとき紙はふるえている → 振らなければ音が出ない」と、というような考え方で次の学習にたちむかおうとする態度が、ある程度みられた。

(c) 音の発生は、物の振動によることがよく見られるような物を作らせて、遊ばせることがたいせつである。

紙笛では少し大きくしたし、管笛としては軟質のビニル管とうすいゴム膜を用いて、吹く場合曲げてよく振動が見えるようにするなど、とりあげる製作品はよくその振動がみられるようにすることがたいせつである。

(d) 出ている音をとめるとか、同一の物でいろいろ違う音を出してみるなどの実験は、音の発生と振動との関係をつかませるのに有効である。

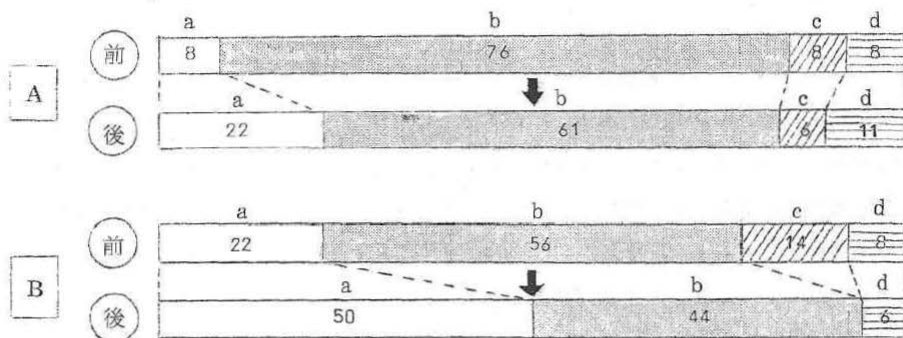
音をとめるには、振動をとめればよいという逆思考を、遊びの中にとり入れることによって、調査でもわかるように効果のあるものであった。また同じ「こと」や「笛」でも、いろいろくふうして違った音を出させてみる活動は、出る音が違ふと、振動のようすが違ふこと、またそれには吹き方や、はじき方(加える力)をかえなければならぬことに気づかせるのに有効であった。しかし2年生の段階では、個々の事実には気づいても、これを現象に結びつけて、ある程度総合的につかむことはまだ困難なことが、調査オでよくわかった。しかしこれら個々の事実について気づかせることは、今後音の学習の発展から考えるとたいせつなことであろう。

②. 事前・事後の調査について ※以下(前)は事前調査、(後)は事後調査。グラフの左に[A]とあるのはA案で指導した学級、[B]とあるのはB案で指導した学級の結果である。

ア 音の発生 (同問題で事前と事後に実施した)

問題 「たいこ」をたたくと、おとがでるのは、どうしてでしょうか。かきなさい。

- 応答の類型 a 皮の振動によるしたもの c アミニズム的な考えのもの
 (前(後)共通) b たたくからとか、たいこの構造だけに着目したもの d その他、無答



大多数の児童は、音が出るのは「たたくからだ」というような直感的な見方をしている。事後調査では類型aが増加しているし、特にB学級では50%になっている。これは一応学習の効果と思われる。しかし依然として類型bが61~44%もみられることは、この学年の特徴なのではなからうか。

イ 音の停止 (事後調査は「かね」を「たいこ」にかえて、実験で取り扱ったことをそのまま問題にした。)

問題 (前) 「かね」をならしました。まだなっているうちに、てで「かね」をおさえたら、「かね」のおとはどうなるでしょう。つぎの1・2・3のうち、よいとおもうものの番号に○をつけなさい。またそれをえらんだわけを [] のなかにかきなさい。([] は省略)

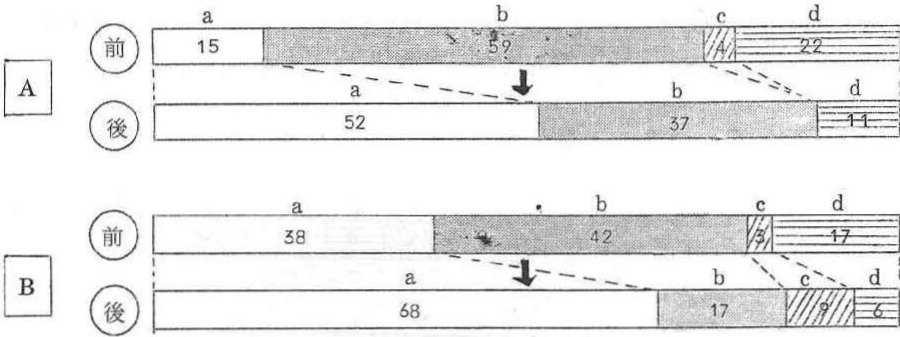
- 音はとまらないでしばらくになっている (A → 22% B → 17%)
- 音はすぐとまる (A → 75% B → 80%)
- わからない (A → 3% B → 3%)

問題 (後) (A)「たいこ」のおとがまだでているうちに、このおとをとめるにはどうしたらよいでしょう。つぎの1, 2, 3のうち、よいとおもうものの番号に○をつけなさい。

- どうをたたいて、かわのふるえるのを、じゃまするとよい... (A → 3% B → 3%)

- 2 かわを てでおさえるとよい (A → 97% B → 97%)
 3 もっと かわをたたくとよい (A → 0% B → 0%)
 (B) そうすると、どうしておとがとまるのでしょうか かきなさい。

○応答の種類 a 振動がとめられるためとしたもの b 手でおさえるからとだけしたもの
 (前(後)共通) c アミニズム的な考えのもの d その他、無答

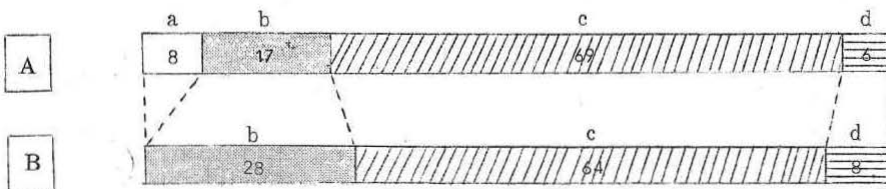


この調査は、問題の選択肢2に○をつけた児童について集計したものである。5年と比較して類型bの多いことが目立つ。これはアの調査と同様なことが考えられる。しかしやはり学習によって相当振動に着目させることができたものといえる。なお類型bの児童でも記述法による抵抗が多いことは当然考えられる。これは一部児童と面談してみたことでもわかった。

ウ 音の減衰【その1】— 音の伝搬における減衰の認知状態 — (事前調査として実施した)

問題: うんどうじょうのはしらに とけいが かけてあります。そばできくと「カチカチ」とおとがきこえます。うしろへさがっていくと、だんだんおとが 小さくなって、しまいにはきこえなくなりました。なぜでしょう、そのわけをかきなさい。

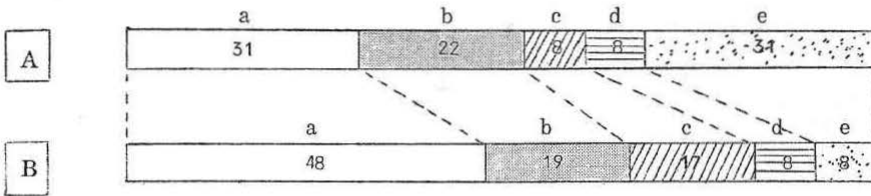
- 応答の種類 a だんだん弱まって、耳に音がかんじなくなるとしたものの。
 b 音がにげる、ちらばるなどとしたもの。
 c はなれるから、時計の音は小さいからなどとしたもの。 d その他、無答



エ 音の減衰【そのⅡ】—— 発音体の振動の減衰についての認知状態——（事後調査として実施）

問題 「たいこ」をたたくと、はじめは大きな おとがでますが、だんだんおとは小さくなり、しまいにきこえなくなります。それはどうしてでしょうか。かきなさい。

- 応答の類型 a 皮の振動が弱くなるからとしたもの b だんだん音が小さくなるとしたもの
 c つづけてたたかないからとしたもの d アミニズム的な考えのもの
 e その他、無答



【そのⅠ】では、ア、イの調査と同様類型 b, c の多いのが目立つ。しかし指導後の調査【そのⅡ】では、類型 a, b の児童が約半数をしめるようになっている。この音の減衰については直接学習に取り上げたわけではないし、指導内容にもなっていないのであるが、児童の音に関する認知状態を見ようとしたものであり、参考になると思われる。

オ 音の大小 —— 大きな音の発生と振動との関係の認知状態 ——（事後調査として実施した）

※この問題は実物を見えないようにして、実際鳴らして音だけを聞かせてから回答させた。

問題 ① 「たいこ」→あとのほうが、大きいおとがでました。どうして大きいおとがでるのでしょうか。かきなさい。

問題 ② 「ゴムのふえ」→あとのほうが、大きいおとがしました。どうして大きいおとがでるのでしょうか。かきなさい。

問題 ③ 「こと」→あとのほうが、大きいおとがでました。どうして大きいおとがでるのでしょうか。かきなさい。

- 問題①, ②, ③を通して集計し、次のように類型化した。

a 加える力だけでなく、振動の状態にも着目したもの …… (A学級→ 3% B学級→ 8%)

- b 加える力が強いことだけに着目したもの。 (A学級 → 97% B学級 → 81%)
- c アミニズム的な考えのもの (A学級 → 0% B学級 → 3%)
- d その他、無答 (A学級 → 0% B学級 → 8%)

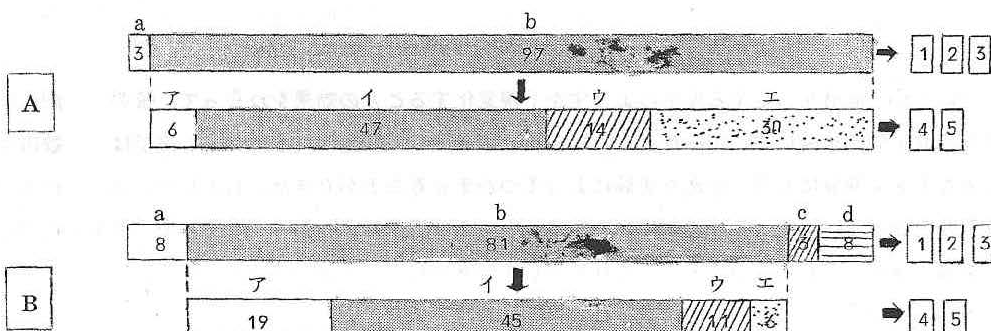
※次の問題は の中に、ことばを入れることを口頭で説明してから回答させた。

問題 ④ 「かみぶえ」をつよくふくと、よわくふいたときよりも 大きいおとがでます。それは からです。

問題 ⑤ 「かみぶえ」で 大きなおとをだすには、 ふけばよい。

○ 前問の類型 b にあたる児童が、問題④の「かみぶえ」を強く吹くと、大きい音が出るわけと、問題⑤の「かみぶえ」で大きな音を出すためには、どう吹けばよいかの応答だけを集計してみる。なお応答を次のように類型化し、前問題の応答結果とあわせてグラフにした。

- ア ④では大きく振動するからとし、⑤では強く吹くからとしたもの。
- イ ④では強く吹くからとし、⑤でも強く吹くからとしたもの。
- ウ ④ではただ振動するとし、⑤では強く吹くからとしたもの。
- エ その他



この調査は、問題①、②、③で大きい音が出るのはどうしてだか、という共通なことで児童の認知状態をつかみ、ここで類型 b の児童が、強い力を加えると、その物体の振動が大きくなることの認知ができてきているかを、問題④、⑤で見ようとしたものである。この結果をみると、2年生ではまだ個々の事象についての理解はあっても、それを他の事象にあてはめて考えることはまだ困難なことがわかった。

6 ま と め

今回の研究は、初めにも述べたとおり、音の発生をより確実に理解し、音の高低・強弱を決定する要因を混同しないで理解させるためには、指導過程をどのように改善したらよいか、その手がかりを求め

ることに主眼をおいた。したがって実証的研究というよりは、むしろ事例的研究が主となった。しかし一応の手がかりは得られたものと思っている。今後この研究で得た結果をさらに検討し、これを実証していかなければならないと思っている。

改善の手がかりとして、指導過程にしたがってそれぞれ考察してきたが、まとめると次のような点に示られる。

(1) 音の発生は、音に関する学習の基礎的な概念をつちかうものであるから、いろいろな角度からじゅうぶん指導することがたいせつである。

音の発生について調べることは、音の学習ではその基礎となるべきものであり、ここで得た知識や見方・考え方は以後の学習に大きな役割をもつものである。そこで2年においても、いろいろ音の出る物を作ったり鳴らしたりするだけに終わることなく、遊びの中で音の発生と振動との関係をしっかりおさえさせることがたいせつである。また5年においても、発生した音をとめるという逆思考や、力を加えなければ物が振動しないこと、物が振動しても音として聞こえるには限界があること、ほとんど振動しない物は音が発生しないことなど、いろいろな角度からつっこんで学習させるようにした。そして音の発生や停止など、いろいろな現象を、その要因である振動とむすびつけてしっかり理解させるようにつとめた。これらのことはその後取り上げた、音の大小や高低を調べる学習で、それを決定する要因は、振動の条件にあることに着目させるのに役立った。

(2) 視覚にうったえた実験装置をとり入れた指導は、音の大小や高低を決定する要因を理解させるのに役立った。

音の大小・高低を決定する振動のようすを、視覚化することの効果をねらって、弦の振動記録装置を5年のB学級の指導に用いてみた。これによって音の大小は振幅の大小により、高低は振動数の多少によることを、視覚にもうったえた実験によってつかませることができた。しかし今回の指導後に行なった範囲の調査では、その効果を明確に実証するところまでは至らなかったが、振動の本質的な違いだけは、はっきり気づいたようである。これについての評価は今後適切な調査方法によって実証してみたいとねがっている。

(3) 指導過程改善の手段として、波動やエネルギーの初歩的な概念をとり入れることは、ある程度可能であり、また有効なものとする。

この実験授業の指導過程で、本研究でねらった、波動やエネルギー的な概念につながる見方・考え方が方々にみられた。特に5年のB学級に多い。たとえば「この弦をひっぱってはなすと、真中でとまらないでいきすぎる。するとまどうろとする力があるのでもどってまたいきすぎる……」 「弦がゆるいのではねかえる力が少ない」 「加える力が強いと、振動する力が強いので長くつづく」 「振動が弱いと空気をふるわす力が弱いので、途中で振動が弱まって音として耳に聞こえない」 などである。なお、これらの考え方を問題場面にあてはめて考えさせることにより、音に関する現象の判断に、振動の状態に着目して、その要因を分析的に考えようとする傾向や態度がみられるようになった。しかしこの評価については調査などによって簡単につかむことができない問題であるから、長い目でその発展をみていかなければならないことであろう。

(4) 知的理解の面では、A・B両学級の差はあまり認められない。しかし科学的な態度を伸ばすためには、B案の方がよいと考えられる。

このA・B両案の指導では、今回行った調査の範囲から見るかぎり、知的理解の面ではあまり差はみられない。しかし授業中の児童の発言や、問題に対する構えはB案で指導した方の学級が活発であり、意欲的であった。(特に5年生において)しかも音に関する日常経験的な知識を、科学的な理解の場に適用して、分析的に見たり考えたりする学習の機会が多く与えられた。このことは、指導結果の考察のところで述べたように今後の学習に発展する、波動やエネルギーという抽象的な概念を受け入れる素地を養うことに役立つものと考えている。

あ と が き

この研究を担当し執筆したものは、次のとおりである。

I. II章 渡部宇威智 III章 野沢 弘

なお、この研究を進めるにあたり、調査および授業の実施に関して多大のご協力をいただいた各学校を付記し、厚く感謝の意を表する。

新潟市立浜浦小学校、万代小学校、長嶺小学校、沼垂小学校、笹口小学校
新潟大学教育学部付属新潟小学校