

# 理科学習における理解過程とその指導

〔2〕

—熱移動に関する指導過程について—

## ま え が き

学力と学習指導の問題は学校教育の中心的な課題である。児童生徒の学力向上ということは、いつの時代でも変わらない社会的要請であり、父母の願いでもあろう。青少年の学力を向上し、人材を開発するということは、科学技術の飛躍的に進歩する現代において、各国とも競って力を入れているところであり、それは一つの世界的な動向ともみられる。わが国においても、たびかさなる教育課程・学習指導要領の改訂を経て、学力向上への努力は、行政面でも実践面でも、たゆみなく真剣に続けられている。ところが、本県の実情をみると、関係者の努力にもかかわらず、毎年行なわれる学力調査でも全国水準を下まわっており、これが向上をはかり、児童生徒一人一人の学力をじょうぶに伸ばし育てることは、本県教育における現下の重大課題である。

当研究所では昭和34年以来、学力向上のための学習指導の改善をテーマとして、全所属員の共同研究体制のもとに共同思考をかさねながら、主として小・中学校の全教科にわたって実証的な研究を進めてきた。また、36年度からは、全国教育研究所連盟でも、国語・社会・算数数学・理科の学力と学習指導についての全国的な共同研究を行なうようになったので、当研究所も積極的にこの4教科の共同研究に参加し、その推進に寄与している。

ところで、児童生徒の理解力とか、思考力というものは、どのようにして伸び、その学力はどのようにして形成されていくものであろうか。また、日に日に科学技術の躍進する現代に生きぬいていく青少年に、どのような学力を、どのようにして育てていくことが望ましいのであろうか。これは実に重大かつ困難な研究問題である。われわれは総力をあげて、一步でも二歩でもこの問題解決にせまる実証的な研究を進めたいと念願し、単に指導技術上の問題や速効的な学力向上法ではなく、真に生きて働く学力を形成していく基本的な学習指導法を確立したいと思う。

この紀要は、昨年度の研究紀要「理科学習における理解過程とその指導〔1〕」に引き続き、熱現象に関する学習内容を素材としながら、抽象度の高い科学的概念の望ましい理解過程とその指導法を追求するものであって、本年度は、熱移動と温度変化の関係を理解させるための指導仮説を設定し、それを学習指導の場でたしかめたものである。おおかたのご批判を得れば幸いである。

なお、この研究は、それぞれ研究協力学校の絶大な協力のもとに行なったもので、学校長はじめ直接間接に協力していただいた職員各位、ならびに児童生徒諸子に対しても心から深く感謝の意を表す所である。

昭和38年3月23日

新潟県立教育研究所長 小林 正直

# 目 次

I 研究の全体構想	2
1. 主題設定の動機	2
2. 研究の目的	2
(1) 理科の目標と科学的知識の理解について	2
(2) 望ましい理解成立の条件について	3
(3) 理解過程について	5
(4) この研究の対象とする理解内容について	7
(5) 理解過程と指導について	8
(6) 研究目的の要約	9
3. 研究の方法	9
(1) 研究の手順と方法	9
(2) 年次計画	10
II 第一年次(昭和36年度)研究の経過	11
1. 熱現象の理解に関する実態調査	11
(1) 調査の概要	11
(2) 調査結果の要約	11
2. 熱概念の理解過程に関する事例研究	13
(1) 研究の概要	13
(2) 研究結果の要約と第二年次研究の課題	15
III 熱移動に関する指導過程の実験的研究(第二年次研究)	17
1. 研究の計画	17
(1) 研究の目的	17
(2) 熱移動による温度変化の理解についての指導計画	18
(3) 指導過程分析の観点と方法	20
(4) 対象学級と指導者	21
2. 指導過程の実際とその分析的考察	22
(1) 第一時の指導について	22
(2) 第二時の指導について	34
(3) 第三時の指導について	38
3. 指導過程の総合的考察	49
(1) 理解過程の様相について	49
(2) 指導過程の評価	52
4. むすび——第三年次研究の課題——	54

# I 研究の全体構想

## 1 主題設定の動機

最近の学力研究では、学力を規定する環境的な諸条件の分析的研究から、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。

質問紙法による学力調査の結果にもとづいて、学力を規定する環境条件の分析的研究を行ない、環境条件を教育的に改善するための行政的施策を打ち出すことは重要なことであり、現にこのような研究の結果として各種施策の具体化が進行中である。しかしながらこのような学力調査による分析的研究のみからは、毎日の学習指導の進め方をどのように改善したらよいかという観点と方法を明確に導き出すことはできなかったように思われる。当研究所でもこのような点に着目し、すでに「研究紀要第15集、実験観察における学習過程の研究」(1957年)では、法則発見的な実験観察学習の過程を分析し、学習過程進行の様相やその進行を困難にする諸要因をとらえることを試みた。この研究の結果として、教材の論理的構造とこれを学習しようとする児童生徒の心理的諸要因との関連をさらに追求することの必要が結論づけられたのである。

また、いままで実施された学力調査の結果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いがたい。断片的な知識の再生を求めたり、教科書などに書かれてあるような内容をそのまま提出したりすると比較的高い正答率を示しながら、同じ内容でも観点や問題の形を変えたり、さらにその内容を新しい場面に適用して解決することを求めたりする問題になると誤答が目立つようになる。

このことは、教育内容としての科学的知識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って、児童生徒が科学的な事実や概念や法則を理解していく過程に問題があるとみななければなるまい。したがって児童生徒が習得する科学的知識を能力化するような理解過程はどのようなものであるかを、指導と関連させながら確かめていく研究が要請されるわけである。

## 2 研究の目的

### (1) 理科の目標と科学的知識の理解について

この研究は理科の学力形成の過程を科学的知識の理解という側面からみようとすることで、教材の論理的構造と児童生徒の心理的要因との関連構造からみたましい理解過程とその指導はどのようなものであったらよいかを究明することを目的とするものである。以下このような研究目的の基底にある考え方を述べるとともに、目的の内容をしだいに明らかにすることとする。

はじめに、この研究では科学的知識の理解という側面から解明しようとしていることについて、理科の目標と関連づけながら述べることにする。

#### 理科の目標における二つの側面とその関係

理科の学習指導では、一方において、生活や産業にとって基本的な自然科学の知識を習得させることを目的とし、他方においては、自然環境や生活に対して科学的な見方考え方で立ちむかい、科学的な処理のしかたでこれに適応する能力を育てることをねらいとしている。これら二つのねらいを歴史的に見れば、そのおおまかな流れとしては、科学的知識の伝達を主要任務としていた理科教

育初期の時代から、しだいに科学的な思考力や処理能力の育成を重視するような方向に進んできたものと考えられる。とくに戦後の理科教育では、自然の事物現象を科学的に見たり考えたり処理したりする能力の育成が強調された。しかしながら、そのような能力の育成が比較的身近かな生活の実用性と結んで考えられたがために、ともすれば科学的知識習得の発展的関連性が軽視される結果となって、他の側面からする学力低下の批判を受けざるを得なくなった。

今日の理科教育では、以上二つの側面をどのように統一してその実現をはかるかということを経験的な課題としている。この研究における課題性も、根本的にはこのような点にあるのであって、理科の目標として考えられる二つの側面を実際の学習指導の場でどのようにして統一し、科学的な心的行動的傾向性（態度）にまで高めるかにあるといえよう。このことについてさらに考察を進めてみよう。

習得された知識は、学習者のエネルギーとなって日常生活における実用的な場面や、より高次の知識を習得する場面で有効に働かすことのできるものでなければならない。それならば、学習者のエネルギーとなって働く知識はどのようにして身につくものであろうか。それには、知識を理解する過程の姿がどのようなものであるかが問われることとなる。この過程は、同時に科学的思考力や処理能力が関与する過程である。また逆に、科学的な思考力といっても、それは実質的内容（知識や技術）から抽象された単なる形式としてではなく、科学的な知識や技術を操作する具体的な機能としてみなければならぬ。科学的な知識や技術の操作をはなれて科学的思考力はいり得ない。したがって科学的知識を理解する過程は同時に科学的思考力や処理能力の高まる過程であり、科学的思考力や処理能力の高まりは、既得の知識を駆使しながらより高次の知識を理解したり、知識を生活のさまざまな場面に適用する過程でみられるものであって、それぞれの側面の学習過程における一体性を強調しなければならぬわけである。そして、このような過程の連続的累積が科学的態度として人格に統合されるものであるといえよう。

#### この研究で、理解の側面からみようとする理由

以上のように、理科の目標にみられる二つの側面の、学習過程における一体的統一的な指導はいかにあるべきかを根本的な課題としながらも、この研究では、科学的知識の理解という側面から解明しようとするのであるが、つきにその理由について述べておきたい。

第一の理由としては、各種の学力調査の結果科学的知識の理解がふじゅうぶんで、働きのあるものとなってはいないという実態によるものである。このような実態を、科学的思考力の育成に欠陥ありとして、その面から研究を進めることも有効な方法であろう。この研究では、科学的知識の理解という側面から研究を進めて、それが科学的思考力の育成と一致することを確かめたいのである。

第二の理由は、理科の学習指導が科学的な知識を理解することを内容として構成されるからである。われわれ教師が理科の学習指導を行なう場合、はじめにどんな科学的思考力を養うかを考えるのではなく、どんな内容をどのように理解させるのか、それにはどんな順序で内容を提示したらよいかを考える。科学的思考力はその過程でおのずから位置づけられる。この研究の進め方はこのような学習指導の実際的観点に即応しようとしたものである。

#### (2) 望ましい理解成立の条件について

理科学習における望ましい理解は、科学的知識の習得と科学的思考力や処理能力の育成との二つの側面が同時的に行なわれるように進行する過程で成立するものであって、単なる知識の伝達や、

近視的な経験主義的学習では真の理解に達し得ないことは、すでに述べたところである。このような望ましい理解の成立について、理科学習指導の立場から二、三の重要だと思われる条件を、全国教育研究所連盟の理科学習指導に関する共同研究の第一年次報告から引用して、つぎにあげてみよう。

#### 実験観察学習の進め方

理科の教育では、実験や観察が重要視されるのは当然のことであるが、ともすれば実験観察の技術指導に比重がかかりすぎて、実験や観察における推理や推論の過程がなおざりになり、科学的な原理や法則の理解につながらないことが多いと思われる。知識が能力としてはたらくようにするための実験や観察指導については、つぎのようなことに留意することがたいせつであろう。

- ① 事実を正しく認識し、事実によって確かめる。
- ② 具体的な事実をもとにして、じゅうぶん思考させ、判断させること。
- ③ 数多くの経験から、事象に内蔵する原理、法則をとらえさせること。
- ④ 認識を論理化するためには、分析、総合の能力を養うことがたいせつ。  
……………を観察しましょう。 ……………を実験しましょうでは学習にならない。
- ⑤ 実証の伴った推理、推論に力をいれること。
- ⑥ 自由な思考で観点の変更ができるようにすること。
- ⑦ 原理、法則は多くの事実の累積や経験を集めて共通な事実からみちびかれるものであるから、一つの事実から原理法則を児童生徒に押しつけることは危険である。

#### 児童生徒の発達に即応する

幼児や小学校低学年では、自然の事物現象を主体的に知覚している。この知覚はきわめて個性的であり、主観的であり、対象に対しては部分的である。これはこどもの認識が自己中心的であり、直観的であるため、このような状態では、事象は相貌的知覚として反映される。相貌的知覚は経験の拡大と発達により不正確ではあるが事象を表象としては握するようになる。このような客観的な知覚は小学校中学年から高学年にかけて高まり、表現能力の発達に伴って、やがて概念化されるようになる。

このように未完成な概念は言語を主とした表現力によってさらに高次の客観的概念に引きあげられ、これら概念網の組織統一により、普遍的な法則や概念にまで高められる。

望ましい理解の成立を意図するとき、以上のような児童生徒の発達を的確にとらえることが重要な条件となろう。

#### 理科学習の心理的過程に即応する

児童生徒が自然の事象を正しく認識するためには、どんな心理的過程をたどるか、またたどらせ得るかということも、望ましい理解を成立させるために考察しておきたいことである。

理解という心理的過程には、感覚・知覚・記憶および思考などの心理的なはたらきが、総合的有機的にからみあっていると考えられる。

児童生徒が自然の事象を認知する場合は、視・聴・触などすべての感覚器官をとおして行なうものである。これは単なる認めたといい事象でなく、学習への接近であろう。この認知は事象に包含される諸要因の分析・総合という活動につながるが、この活動の主体は当然児童であり生徒である。この活動をとおして事象の一般化、本質的特徴、法則などは握が言語によって表現される。さら

にそれが正しいかどうかをいま一度具体的事象によって実証し、普遍的な原理・法則に近づくというのが理科学習でたどりたい心理学的な過程であろう。(後述)

また理解の成立には、児童生徒の知能や発達度、既有的知識や経験も影響する。同一の困難度の問題であれば知能が低いほど、その理解の成立は困難であろう。また、意識化された豊富な経験も理解の成立をはやくするものである。(以上 全国共同研究第一年次報告引用)

### この研究のねらい

この研究では上記のような諸条件が関連をもつ理科学習における望ましい理解過程を、指導との関連の中で明らかにしようとするものであるが、主として小学校高学年から中学に至る発達段階における理解過程の望ましいあり方を問題として進めたいと思う。それは科学的知識を言語表現と事実の知覚表象との結合によって理解しはじめる重要な発達段階であり、しかもその心理的過程は、低い発達段階から高い発達段階に至る過渡的な時期にあって、複雑な様態がみられると考えられるからである。

### (3) 理解過程について

#### 理解の構造と過程

理科学習における望ましい理解の成立に至る過程を指導との関連において明らかにしようとするこの研究では、理解や理解過程をどのように考えたらよいであろうか。つきに理科学習における理解過程についての考察を進めることにする。

理解ということの本質的な意味は事物現象間の関係把握をいう。また理解ということとは、学習の結果として事物現象間のどんな関係がどのように理解されているかの状態を指したり、事物現象間の関係を理解するに至る心的過程をいったりする二重的な意味に使われている。ここではその前者を理解構造といい後者を理解過程ということにする。

このような意味で使われる理解を理科学習でいえば、自然の事物現象間の関係を自然科学的に意識化する過程と意識化した結果ということになる。自然科学的な関係把握の中核となるものは、自然の事物現象間の因果関係の追求であり、その間に異同関係や包摂関係がからみあう。科学的知識(科学的な事実、概念、法則など)は、このような意味における関係把握の結果として客観化されたものであって、理科の学習はこのような知識を理解することを実質的な内容として行なわれている。したがって科学的知識がどのようにして理解されるのかを問題とするこの研究では、まず、どのような関係として理解させたいのか、または理解されているのかの構造を見きわめ、つきにそのような理解構造に至る過程を考えなければならない。このような理解の構造と過程の関係は、密接不可分なものであって、理解構造は、連続的に進行している理解過程のある時点における断面であり、理解過程は、理解構造がつきつきと発展的に変容していく姿とみることができよう。

#### 理解過程の様態とそれに関与する心的要因

このような意味における理解過程はどんな様態をもつものであろうか。その様態は二つの方向からみることができる。

- ① さまざまな自然の事物現象の中から、一定の目的にそって共通点を抽象しながら新しい関係は握りついでの見通しを立て、典型的な事物現象について見通しを確かめることによって理解が深まる抽象化の過程がある。このような過程では、どちらかといえば、帰納的推理が中心になってはたらくものであろう。

- ② ある事実や概念や法則を類似の現象に適用したり、一見類似しているとは思われない事象にまで拡大応用して理解を拡げる一般化の過程がある。このような過程では、どちらかといえば演繹的推理が中心となっただけであらう。

望ましい理解に至る過程の進行を原則的に見るならば、第一の過程が先行し、その後第二の過程が続くものと考えられるが、必ずしもこのような形式どおりに進行するものではなく、第一と第二の過程はたがいに盾の両面の関係を保ちながら一体的循環的に進んでいくものではなからうか。そしてある場合には、どちらかという第一の過程の性格が表面にあらわれ、またある場合には第二の過程の性格が浮き出されるという様態を示すものであろう。このことは一つの単位における理解の深まりの過程でも、また一時間の学習中のそれぞれの分節でもいえることのように思われる。

それならば、どのような理解過程をたどらせるようにしたらよいかをきめる観点としてはどんなものがあるであろうか。つぎにその観点と考えられるものをあげてみよう。

- ① 理解すべき内容（教育内容として選択された科学的知識＝科学的な事実、概念、法則など）が自然科学の知識体系の中でどのような位置をもち、どんな構造のものであるかということ。
- ② 理解すべき内容は、それを学習する児童生徒の既有経験や心理的諸要因からみて、どのような性格をもつものであるかということ。
- ③ その他現実的な諸条件、たとえば、時間的配当・施設・設備など

このように望ましい理解過程は教材の性格や児童生徒の心理的諸要因および現実的な諸条件によっていろいろな様態をとるものと考えられるが、その過程を成立させるための中核的な役割をはたす学習者主体のはたらきは、科学的思考といわれるものである。このはたらきは、自然の事物現象間の関係をより一般化し合法則化してとらえようとする方向をめざすものであってその過程では抽象と概括、推理と判断という思考形式をとるものである。また、理解過程の成立に関与するその他の主体的要因として、既有経験・感覚・記憶とその再生などの心的機能の役割も無視するわけにはいかない。これらの機能は、科学的思考の展開と緊密な関連をもつもので、科学的思考の基盤となるものといえることができる。

#### この研究のねらい

ここでは望ましい理解を成立させるための過程について考察してきたわけであるが、それならばこの研究では、このような理解過程について、どんな観点からどんな内容を究明しようとするのか、つぎにその観点をあげることにする。

- ① 理解内容に即した理解過程の元型をとらえること。

さきに理解過程の一般原則について考察し、それが理解内容（教材）の性格と児童生徒の心理的諸要因との関連によってさまざまな様態を示すものであることを述べた。この研究では理解過程の一般原則を証明しようとするものでなく、むしろ、理解内容に即して一般原則の具体化をはかろうとするものである。しかしそのような意味での具体化を意図しているとはいっても、個々の教材や、地域差、個人差などに即応した特殊化をはかろうとするものではない。ある性格をもった教材群に即して、いろいろな地域、さまざまな児童生徒に適用し得るような理解過程の元型をとらえることがこの研究の目的である。

- ② 理解内容（教材）に即した理解過程構成の手法や留意点を見出すこと。

第一の観点である理解内容に即した理解過程の元型をとらえる研究作業の過程で明らかにさ



れるものであって、このことの解明は理科学習指導計画の作成にあたっての実践的課題に連なるものである。

③ 理解過程の心理的諸要因を教材に即して明らかにすること。

このことも理解過程の具体化、元型化の作業過程でとらえられるものであるが、科学的思考や感覚、知覚、記憶、既有経験などが、どのようにかかわりあって理解が成立するものか、または理解の成立をさまたげるものかの様相を確かめ、理解内容に即してそれらの様相を明らかにしようとするものである。

(4) この研究の対象とする理解内容について

つきにこの研究の対象とする理解内容を限定しておきたいと思う。具体的な理解過程は、理解内容の論理的・心理的性格によって異った様態をとるといことはさきに述べたとおりである。このような理解内容の性格は、これをおおまかに分けるならば、物理的・化学的・生物的・地学的な各分野の性格と、発達段階的な観点からみることができよう。また、理解内容となる科学的知識の抽象度によってみることもできよう。このような観点に立って分類されるすべての教材類型について研究作業を進めることは容易なことではない。この研究ではこれらのうち、物理的分野にみられる抽象的な概念や法則の理解についてとりあげることにした。したがってこれを発達段階からみれば、主として小学校高学年から中学校の段階における問題とみることができよう。つきにこのような内容の理解過程を研究の対象とする理由について述べておきたい。

① 抽象度が高いと思われる科学的概念の理解がふじゅうぶんであること。

学力調査の結果や学習指導の現状からみて、比較的抽象度が高いと思われる科学的概念や法則の理解が不明確で、抽象的な概念や法則について習得された知識と、それらの概念や法則で説明し得る事物現象とのつながりが児童生徒の意識構造の中で成立していないことが多いという実態認識によるものである。このことは小学校高学年から中学校にかけての大きな問題となっている。

② 物理的分野の概念や法則が自然科学的にみてもっとも典型的なものであると考えられること。

物理学における概念や法則は、自然科学全般の中でもっとも抽象度が高く典型的なものであると考えられる。またそうであるが故にこれを学習する側からみれば最も困難度の高いものといえることができよう。この研究では、このような理由から、小学校から中学校にかけての過渡期の児童生徒の物理的分野における概念の理解過程をとりあげるわけである。

③ このような理解内容を対象とするほうが研究作業の実施が容易であると考えられること。

生物的分野や地学的分野は、野外観察調査や継続的な観察、測定などが必要となることも多く、理解過程の分析に多くの障害を伴うことが予想される。また現行指導要領による化学的分野の理解内容はその論理的・心理的性格がさまざまであり、しかも系統的にみることがむずかしいように思われる。これらにくらべて物理的分野の理解内容はその性格もとらえやすいし、比較的短時間で指導のまとまりもつけやすいと思われる。

以上のような理由によって、この研究では小学校高学年から中学校に至る間に配当されてある物理的概念や法則に関する理解過程をその対象としたわけであるが、このような性格の理解内容の代表としては、熱現象に関するものを素材にすることとした。その理由をつぎにあげることにする。

① 児童生徒にとって抽象度のきわめて高い概念であって、それを理解することはむずかしいと予想されること。

- ② 小学校高学年から中学校にまたがって指導するよう配当されていること。
- ③ 熱現象に関する指導は従来比較的安易に考えられていたように思われること。

#### (5) 理解過程と指導について

##### 理解過程と指導過程

この研究では、理科学習における理解過程を理解すべき内容に即して具体化し、その元型を明らかにすることを目的とするものであるが、その過程は同時に指導という教育的機能のはたらく過程でもある。理科学習において児童が理解すべき知識内容は、すでに教育的選択と配列の結果として学習指導要領に示されている。いかえるならば児童生徒が自然の事物間の関係をそれぞれ勝手な方向にとらえていくのではなく、その方向は教育的見地から一応定められているといえる。そのような方向に児童生徒の理解構造を高めていこうとするならば、そのような理解過程は同時に指導過程でもあるということができよう。これを指導という側面から見れば、児童生徒に理解させようとする事物現象間の関係としてどんなものがよいのか、その関係はどんな構造をもつのか、その関係を理解させるためには、どんな素材をどんな順序でどのような方法を用いて提示したらよいのか。その過程でどのような助言や指示が必要なのかなどが、指導過程における問題となる。したがって理科学習における理解過程を明らかにしようとする場合、いつでもこのように指導すればという前提条件がついてまわるわけである。

##### 学習指導の場における理解過程

実際に行なわれている学習指導は、何十人かの児童生徒によって編成されている学級を対象としている。このような場における理解過程がどのような性格をもちどんな様態で進行するものであるかも考えておくことが必要である。

学習指導の場における児童生徒の理解過程の基本的な構造は、教師の指導（はたらきかけ）のもとに行なわれる理解内容（教材）と児童生徒の心的行動的なはたらきとの関係としてみることができよう。しかもこのような場における個々の児童生徒の理解過程は必ずしも同じくはないのが当然であるし、それに応じる教師のはたらきかけも画一的ではないはずである。しかしそうかといって学級全員を対象とする以上、個々の児童生徒のために別々の理解過程を用意することは不可能であるしまた必ずしも望ましいとはいえない。理解内容と発達段階に即した理解過程の元型がなければならぬと思う。

また、児童生徒の理解過程にはたらきかけるものは教師だけではなく、児童生徒相互のはたらきかけも大きな役割を果たすものである。最近このような集団思考に対する教師の指導機能も極めて重視されている。しかもさらに教材とは直接のつながりをもたない学級の社会的な人間関係や教師と児童生徒との人格的な接触関係、それらによってかもしだされる学級のふんい気などの条件が、理解過程に直接または間接的な影響を与えていることも見逃すことはできない。

理科における児童生徒の理解過程は、上述したような学習指導の基本的構造の中で進行するものである。

##### この研究のねらい

理解過程と指導過程との関係や学習指導という場における理解過程の位置が上述したようなものであるとするならば、この研究では、それらの関係のどこに焦点をすえようとするものであろうか。つきにこの研究におけるとりあげ方について述べることにする。

① 理解過程を追求することとおして指導過程を確かなものとする。

児童生徒の理解過程が教師の指導という教育的機能に支えられながら進行する過程であることは前述したとおりである。この研究では、このような指導と学習の一体的関連の過程を、まず児童生徒がどのような理解過程をたどるかという側面からみようとすものである。したがってこのような理解過程はあるがままのものではなく、あるべき望ましい理解過程である。望ましい理解過程はこれを裏返えせば、これを指導過程とみることができよう。学習する主体は児童生徒であること、指導過程の評価は児童生徒がどのように理解するかによって行なうことなどの理由から、この研究では、理解過程の追求をとおして指導過程の望ましい姿を明らかにしようとするものである。

② 学習指導という場における理解内容(教材)と児童との関係に焦点を置く。

この研究は、理解の成立、不成立に関与する学習指導の場のすべての条件を分析して、それぞれのかかわり合いを明らかにしようとするものではない。この研究では、さきに述べた学習指導における理解内容(教材)と児童生徒のかかわり合いの過程を指導するという基本構造に着目し、その他の諸条件は一応捨象して、学級全体の児童生徒に適用し得る理解過程の元型を追求しようとするものである。

(6) 研究目的の要約

これまでに述べてきた過程で、この研究のねらいとするところはしばしば明らかにし、しだいに研究目的をしぼってきた。おわりに、これらを要約してこの研究の目的を示すこととする。

研究目的の要約

小学校高学年から中学校に至る間に学習する物理的分野の抽象的な概念や法則について、熱現象に関する学習を素材としながら、その望ましい理解過程の元型を追求することによって指導方法を確かなものに改善しようとするものである。

### 3 研究目的の要約

(1) 研究の手順と方法

① 生活経験や学習経験の結果として意識化されている児童生徒の理解構造が、理解すべき内容(科学的知識=教材)の構造からみてどのようになっているかの様態を質問紙法によって調査する。

理解すべき内容の論理的構造の性格とこれを自己の意識構造の中へとりこもうとする児童生徒の心理的諸要因を対応させることにより、児童生徒の理解上の困難点、問題点はおおよそ予想できるものである。この調査は、このような予想にもとづいて調査問題の作成をおこない、その結果から児童生徒に共通にみられる理解構造上の問題点を明確にしようとする目的で行なうものである。したがってまた、理解過程についての仮説を具体化するにあたっての重要な資料となることを期待して行なうものである。

この調査は、教材として配当されている学年およびその前後の学年を対象として実施することとする。したがってこの調査は、既にその教材について学習した児童生徒にとっては学力調査の意味をもち、未学習のものにとってはレデネス調査の意味をもって来る。これらの結果を関連的総合的に考察することにより、この調査目的にそう資料を得ることができるであろう。

② 科学的概念や法則の理解過程ならびにその指導についての第一次仮説を設定し、これにもとづいて小集団を対象とした面接的な指導を事例的に行ない、理解過程とその指導における問題

点の性格をより明らかにして第一次仮説修正の資料を得る。

理解過程ならびにその指導についての仮説設定にあたっては、そのおおよその過程は、既に①の実態調査の設計時に理解内容の論理的構造と児童生徒の心理的発達の特徴から予想するわけであるが、これに実態調査の結果を組み入れて具体化し、学習指導計画として立案することとなる。このようにして設定した第一次仮説にもとづいて、まず小集団を対象とした面接調査的な指導を事例的に行なうことにより、第一次仮説をたしかめるとともに、理解過程における問題点の性格をより明らかにし、仮説修正の資料を得ようとするのである。小集団を対象にして指導を行なう理由は、一つには、なるべく学級を対象として行なわれる学習指導に近い性格をもった場でたしかめたいという要求と、なるべく個々の児童生徒の理解過程をみたいという要求の両方を満足させたいと考えるからである。

③ ②の事例研究の結果にもとづいて指導過程を中心とした第二次仮説を設定し、これを学級を対象とする学習指導の場へ適用することにより、その仮説を確かめるとともに、指導上の留意点を明確にする。

第一次仮説は児童生徒の理解過程をたしかめることを中心に構成し、その作業過程で改善すべき指導法を見出そうとしたものであるが、ここではその結果にもとづいて、どちらかという指導過程に比重をかけながら仮説を修正し、修正した指導仮説を学習指導に適用して、たしかめようとするものである。したがってここではこのような過程と方法で指導したら児童生徒の理解過程はこのように進化したという分析的考察を行なうことによって仮説を評価することとなる。

なお、ここでの実験的な学習指導は一群法によりたいと思っている。その理由としては、第一にこのような研究主題のもとに比較実験を行なうことは、条件統制がきわめて困難であると予想されるからであり、第二に学習指導について比較実験を行なうことは、教育的視点からは必ずしも望ましくないと考えるからである。

④ ③の実験的研究の結果一応確かめることのできた理解ならびに指導過程の元型を、他の類似した構造をもつ教材に適用してその一般化をはかる。

③までの研究過程では熱現象に関する理解内容系列の中で、ある一つの理解内容に即して理解ならびに指導過程の望ましい姿を追求するわけであるが、そこで確かめられたことは、他の類似の教材に適用して効果があってこそはじめて一般化されたといえるのである。この研究の最終段階として、熱現象に関する他の理解内容または他の教材群中の類似教材について一連の研究作業を行なう予定である。

## (2) 年次計画

この研究は、全国教育研究所連盟の共同研究の一環として昭和36年度から昭和38年度の三か年間にわたる継続研究として実施しているものである。三か年を予定したこの研究の手順と方法は前項で述べたとおりであるがつきに年次計画としてどのように配分するかをあげておくこととする。

第一年次(昭和36年度)

- ① 熱現象に関する理解内容についての児童生徒の理解の実態を調査する。
- ② 熱概念の理解過程についての仮説を設定し、小集団指導の場でたしかめる。

第二年次（昭和37年度）

- ③ 熱移動による温度変化の理解についての指導過程と指導法を仮説として設定し、学級を対象とする学習指導の場でたしかめる。

第三年次（昭和38年度）

- ④ 確かめられた理解ならびに指導過程の元型を他の類似教材に適用して、その一般化をはかる。

## Ⅱ 第一年次（昭和36年度）研究の経過

### 1 熱現象の理解に関する実態調査

#### (1) 調査の概要

生活経験や学習経験の結果として意識化されている児童生徒の理解構造が、理解すべき内容（科学的知識—教材）の論理的構造からみてどのようになっているかの様態を調査することにより、児童生徒に共通に見られる理解構造上の問題を明らかにし、理解過程の仮説設定のための資料を得ることを目的として実施したものである。

調査問題の構成にあたってはつぎのような手順によった。

- ① 小、中学校で指導する熱現象に関する理解内容の全体的関連構造を分析した。この時に児童生徒の発達の経験的背景と対応して、理解上の問題点を予想し、全体的関連構造の中に位置づけた。
- ② 全体的関連構造中、熱および熱量の概念を温度から分化させ、それによってさまざまな熱現象を統一的に理解する過程で予想される問題点を中心に調査問題の構成を行なった。

調査対象はつぎのとおりである。

- ①学校 ・北蒲原郡豊栄町立葛塚小学校，同葛塚中学校（平野部農商地区）  
・新潟市立上所小学校 同鳥屋野中学校（都市周辺住宅地区）
- ②学年 ・小学校………5・6年 }各学校各学年約100名ずつ  
・中学校………1・2年

#### (2) 調査結果の要約

##### ① 温度変化と熱移動との関係についての理解

物体の温度変化が熱移動の結果であることについての学習は、小5年では定性的に、中1年では定量的に行なわれているとみられるわけであるが、調査結果をみると、このような学習以前の日常経験的な意識構造が意外に強く残っており、新しい学習を受け入れがたくする原因となっているように思われる。以下その問題点を要約しておくこととする。

##### A 熱ということばによって描かれているもの

- ・ ことばにとってあついと感じられるものは熱があると考えやすい。熱はあついもの、温度の高いものと同義語である。したがって常温以下のものには熱はないと考える。
- ・ 温度の低いもの、つめたく感じるものには、逆に冷素のようなものがあると考えられるものが多い。

##### B 異温度間にみられる温度変化と熱移動との関係

- ・ 火などであたためる場では熱を意識化しやすい。温度の上がり方の大きさと熱の多少とは同義に考えている。
- ・ 熱の多少は、強い火であたためるとか、長い時間あたためるという具体的な操作とはなれて考えることがむずかしい。
- ・ お湯で水をあたためるとか水でお湯をひやすとかいうような異温度間の現象を熱によるものとは考えにくい。このような温度変化はあたためるとかひやすとかいう操作の結果であると考えたり、両方の温度がまじったり、あついものとつめたいもののがいたりきたりと考えやすい。

したがって、あたためると考えられる場では、あたためるものからあたためるものへのはたらきかけとみ、ひやすと考えられる場では、ひやすものからひえるものへのはたらきかけと考える。熱移動の方向についての判断もこのような操作的な見方に支配されやすい。

ものに触れてあつく感じたり、つめたく感じたりする場合には温度変化を意識しにくく、また、ものから自分への作用と受けとり勝ちであって、熱移動もこのような作用と混同して考えやすい。

## ② 熱移動の方式についての理解

熱移動の三方式についての学習は小5年と中1年で行なわれているが、調査結果からみでの問題点はあたためるもの(熱源)とあたためられるものとの関係についての日常経験的な意識構造に、学習の結果として習得した知識内容が部分的断片的に結びついていて、理解の構造がえができていないのではないと思われることである。つきにその様態を要約してみよう。

### A 伝導という熱移動方式の理解

- ・ 伝導という熱移動の方式を物体内の熱の伝わり方のメカニズムとは見ずに、あたためるもの(熱源)とあたためられるものとの関係における、あたためられるものの温度の上りやすさと考えやすい。
- ・ したがって放射熱の吸収度合や、比熱による温度の上昇度合などと混同しやすい。

### B 対流による熱移動方式の理解

- ・ 水はぐるぐるまわりながらあつくっていくという動きの全体像のみ意識化されていて固定観念となっており、このようなあたためり方が生じる分析的総合的な理解構造は成立しにくい。
- ・ また、ぐるぐるまわりながらあつくするという全体像も、ともすればふつりの現象と同一視しているものがある。このようなものにとっては、常温以下における水や空気の対流などは意識化しにくくなっている。

### C 放射という熱移動方式の理解

- ・ 熱源とあたためられるものとの間の空間をとびこえて熱が移ることのメカニズムが理解されにくく、空間を熱が伝導してきて物に移ると考えているものが多い。
- ・ したがって、放射熱の受けやすさは、伝導度が高いことや、比熱が小さいことと混同しやすくなる。

(この調査の詳細は研究紀要第32集参照のこと)

## 2 熱概念の理解過程に関する事例研究

### (1) 研究の概要

熱現象の理解に関する実態調査の結果を考察して、理解構造にみられる問題的傾向を明らかにし、理解過程における問題点を予想したことについては前節で要約したとおりである。ここでは、この調査結果を資料としながら、温度変化と熱移動の関係を理解させるための望ましい過程についての第一次仮説を設定し、それをもとづいて事例的な面接を行なうことによって、理解過程における問題点の性格を、より明確にするとともに、仮説修正ならびに指導方法上の着眼を得ようとしたものである。

#### 理解過程の第一次仮説

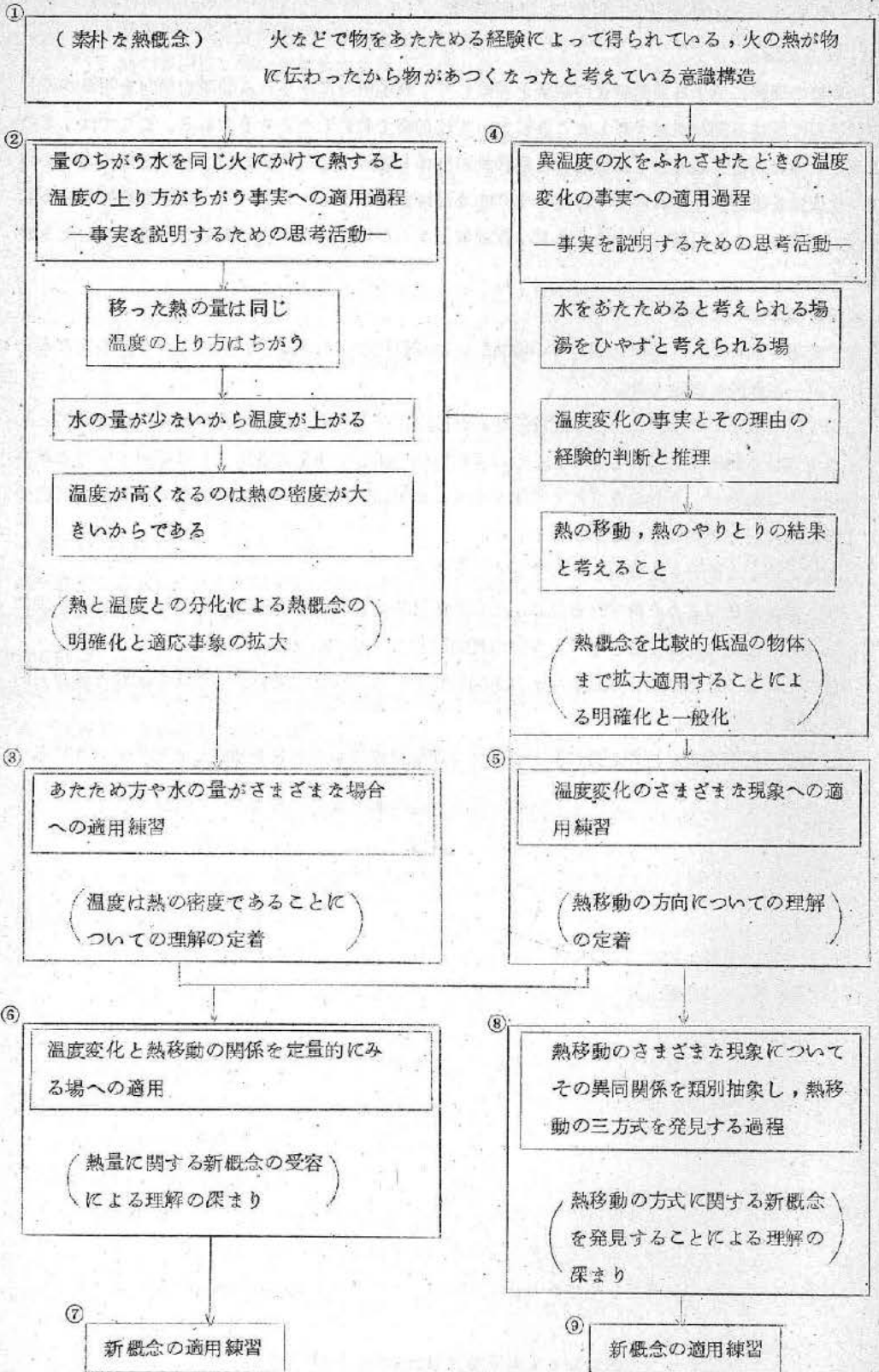
温度変化と熱移動との関係についての望ましい理解過程は、おおよそつぎのようなものとなることを考えて第一次仮説を設定した。

日常生活経験中の諸事象のうち、児童生徒が熱概念に接近しやすいと考えられる事象を素材として、まず素朴な熱概念を導入し、これをその素材以外の新しい事象に適用または応用しようと試みる過程でその概念がより抽象化されて明確となり、適用範囲が拡大されて本質的な理解構造に近づくような過程として構成することが望ましい。

つきにこのように考えた理由を挙げておくこととする。

- ① 熱や熱量のような科学的概念は、それ自体抽象度の高い説明概念であって、感覚的手段によっては受け入れることのできない論理的思考の所産である。
- ② このような概念は、児童生徒が創造的思考をはたらかせて発見することの困難な概念ということができる。

以上のような仮説設定の考え方をもとづいて、理解過程のおおすじを構成した結果をつぎに示す。





現行指導要領では前記図式中の④，⑤，⑧を小5年に，④，⑥，⑧を中1年に配当してあるが，これらの理解に至る基盤として①から②，③への過程や，①から④，⑤または①から②，④，⑤と進む過程が必要なのではなからうか。ここでの事例的な面接研究では，そのはじめの段階となる①から②または④に進む過程での児童生徒の考え方を多少の指導を加えながらたしかめ，指導方法上の着眼点を見出そうとしたのである。

#### 対象児童生徒と面接形態

この面接による事例研究は，小集団を指導するという形態をとりながら実施したものである。しかしながら指導するといっても，この研究の目的が理解過程における思考活動を中心にみようとしたものであるから，必要以上に児童生徒の考え方を追求したり，必要な実験をはぶいたりしたことにより，実際の指導とは異なる形態をとらざるを得なかった。

また小集団について行なったのは，なるべく個々の児童生徒の考え方をとらえたいと思ったからであり，対象児童生徒は葛塚小・中学校の小5年男女各2グループ，中1年男女各2グループ計8グループで，各グループの人数は8名～8名である。

### (2) 研究結果の要約と第二年次研究の課題

#### 理解過程の様態

##### ① 水を火にかけると温度が上がる理由について

- ・ 中1年ではこのような場で熱ということばがすぐに使えるものが多い。これは小5年のときに一応学習しているわけであるから当然のことと考えられる。
- ・ 小5年では“あたためるから”“火がつくから”“じょうはつするから”など，感性的，現象的な考え方が大部分を占め，熱という概念を使うものはほとんどない。したがってこのような児童には熱という概念を素朴ななりに与えなければならないと思う。

##### ② 熱量的な見方について

- ・ 水の量と温度の上がり下がり関係を関係的にみて，熱を量的に考え出し得るものはきわめて少ない。とくに小5年ではきわめてむずかしい思考操作であると考えられる。
- ・ 同じにあたためても水の少ないほうが早く温度が上がる理由について，水の量の差に着目して水の量が少ない方が対流の場所がせまいからとか，熱のまわりが早いとか，水の量が多い分だけ温度が上らないというような説明は中1年になるとするけれども，水の量と温度の上がり方との関係を関数的に操作して，熱量と温度とを分化し得るものはほとんどなかったといえる。

##### ③ 水と湯の接触による温度変化について

- ・ 水の温度はあがり，湯の温度がさがるという予想は小5年でも大部分のものが可能であった。

この点，実態調査の結果とは異った様相を示したのであるが，この原因は，具体物を示しての問題場面の提示と質問紙法による提示との相違によるものであろう。

##### ④ 水と湯を接触させた場合の温度変化の理由について

- ・ この思考過程は②の場合よりも容易であって，熱のやりとりとみられるものが小5年でもみられた。
- ・ しかしこの過程でいちばん困難なことは，湯がもっている熱量の減少ということに着目して

きるかどうかにあった。この点に着目できないと、湯の温度が下がるわけとして、実態調査結果でもみられた「水から湯へつめたいものに移る。」とか「両方の温度がまじる。」というような考え方から抜け出すことはできないようである。

#### 総合的な考察結果

以上の結果を総合的に考察するとつぎのように結論づけることができよう。

- ① 熱現象に関する理解の実態調査結果を、この事例研究によってさらに確認できたことになる。
- ② はじめの段階で受け入れられたはずの熱概念を、つぎの過程へ適用する思考過程がうまく展開できず、教師が説明せざるを得なかったことが多い。このことから、発見的過程として構成することがむずかしく、ここで仮説として設定した理解過程によらざるを得ないことがたしかめられた。
- ③ このような適用を中心とした過程を効果的に進めるための方法上の着眼として、ことばによる概念と具体的な事象との間に視覚的な媒介物が必要であると考えられた。そのためには、熱移動を視覚化するような方法をくふうする必要がある。
- ④ 小5年に温度と熱とを明確に区別させることは、きわめて困難であると思われるので、小5年と中1年の教材配分とその過程をつぎのようにすることが妥当であろう。

#### 小5年では

1. 水をあたためるときに熱が入りこんでいくようすを視覚的表象として描けるようにする。
2. 温度のちがうものをふれさせるときの温度変化について、1によって構成した視覚像を適用して熱移動を考えるようにする。
3. 温度差と熱移動の方向についての適用練習を行ない理解の一般化をはかる。
4. 熱移動方式の類型について考える。

#### 中1年では

1. 以上のような小5年の理解を基盤とし、温度と熱とのちがいに気づくようにする。
2. 温度と熱量と質量との関係を定量的・開散的に考えられるようにする。
3. 熱量やその移動に関する定量的な理解をさまざまな事象（比熱、融解熱など）に適用して理解を深め広げる。

#### 第二年度研究の課題

熱現象の理解に関する実態調査並びに熱概念の理解過程に関する事例研究により、熱概念の論理的・心理的構造を明らかにするとともに、その構造に即する望ましい理解過程を具体的に具体化してきた。これまでの研究作業の結果、演繹的な適用過程を中心として熱概念の深化と拡充をはかることの可能性とその指導法について一応の見通しを得ることができたといえよう。

第二年度は、この結果にもとづいて、主として指導という観点から理解過程についての第二次仮説を設定し、これを学級の学習指導の場に適用してたしかめることが必要となる。さしあたって、熱概念を最初に指導する小5年の温度変化と熱移動との関係を理解する過程について仮説としての指導計画を作成し、その効果を確認することを第二年度研究の課題とした。

（以上の詳細は研究紀要第3集参照のこと）

## Ⅲ 熱移動に関する指導過程の実験的研究 (第二年度研究)

### 1 研究の計画

#### (1) 研究の目的

熱や熱量のような科学的概念は、児童生徒がその日常生活の中で疑い余地のない経験的事実として認知していることについての科学的な説明概念であって、感覚、知覚の世界をのりこえた論理的思考の所産である。熱や熱量の概念は、そうした意味からみてきわめて抽象度の高い概念ということができよう。

しかも熱現象に対する児童生徒の考え方はきわめて現象的であって、その本質的な論理構造と矛盾することが多く、またその間の断層も大きい。したがって、このような新概念を必要とするような問題意識をもつことのできる生活的または知的な問題場面を、この段階の児童生徒に提示することは、ほとんど不可能であるとさえ考えられる。

そこでこのような抽象度の高い科学的概念を理解させるためには、はじめに経験的事象と関連させながら新概念を伝達し、これをしだいに高次の場面へ適用させていく過程で理解を深め広げていくような、どちらかという演繹的思考を中心とする指導過程が有効であろう。

第一年度の研究では、熱、熱量、熱移動についての理解構造の実態や理解過程の様相をみることによって、以上のような過程が成立することについての一応の見とおしを得たわけである。

第二年度研究は以上の見とおしにもとづいて、伝達された新概念をより高次の場面へ適用させていく過程で、しだいに理解を深め広げるという指導過程の仮説を具体化し、そのような指導過程が成立し得るものであるか、どの程度の効果をあげ得るものであるかを、学級という実際の場で実験的な学習指導を行なってたしかめようとするものである。またこの過程の指導方法として、熱移動を視覚的表象として描けるような媒介物を用いて、言語表現と現象そのものとを結合させる方法の効果もたしかめたいのである。つぎにこの指導仮説を要約して示すこととする。

- ① 熱、熱量のような抽象度の高いと考えられる科学的概念を理解させるための指導過程は、経験的事実の日常的判断を、新概念による科学的判断に切り換えることから出発せざるを得ないし、そうすることが望ましい。この最初の過程は新概念を伝達する過程である。
- ② このようにして伝達した概念の理解を深める過程は、与えられた概念を新しいより高次の場面に適用しようとして操作する(思考する)ことによって成立する。この過程ははじめの新概念を伝達する過程に続く適用指導の過程である。
- ③ 伝達の過程、適用指導の過程に続いて、さらにさまざまな事象に適用することを練習させる指導の過程が必要である。
- ④ 以上の過程では——抽象的な概念を視覚的な像におきかえさせて事象の説明を試みさせるような方法が効果的であろう。

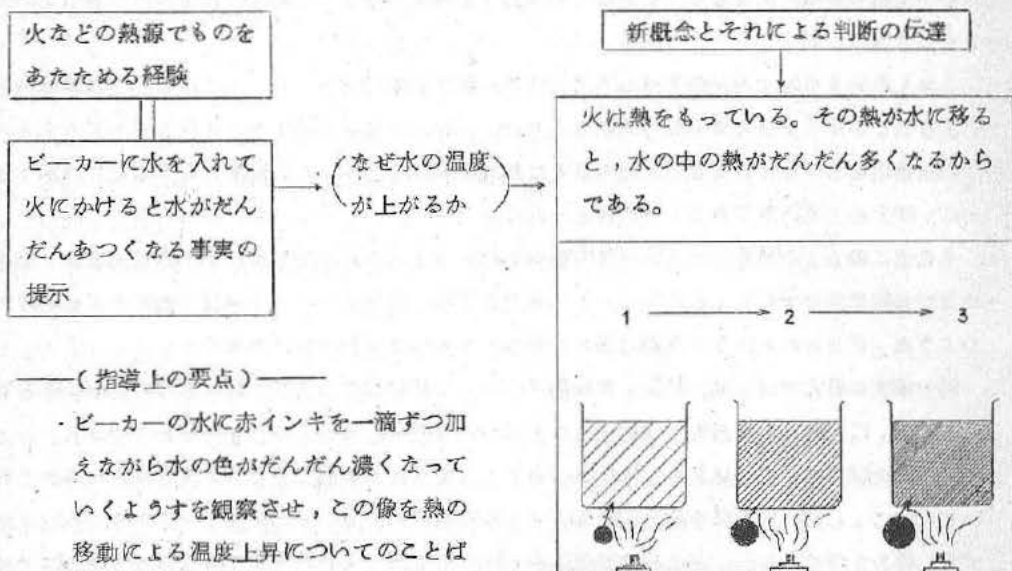
なお、この実験的な学習指導を行なうにあたっては、小学校5年に相当してある“温度のちがうものを触れさせると両方の温度が変わることから、熱は温度の高いものから温度の低いものに移ることを知る。”という内容を理解させることを指導目標とし、水を湯であたためる場面や湯を水でひやす場면을典型的な教材とすることにした。この内容を選んだ理由としては、熱概念を指導する最

初の内容であり、小学校の5年生にとっては、このような論理的な内容の指導がきわめて困難であると予想されるからである。つきに上記の指導仮説にもとづいて作成した“熱移動による温度変化の理解についての具体的な指導計画を示すこととする。

(2) 熱移動による温度変化の理解についての指導計画

① 新概念の伝達

——火のように熱が連続的に発生すると考えられるものと、それによつてあたためられるものとの関係を素材として——

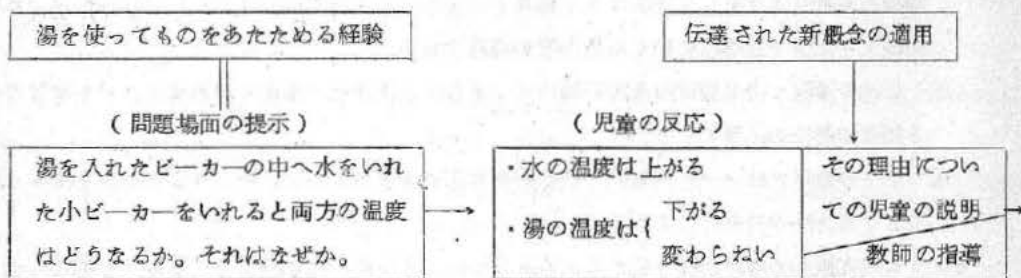


——(指導上の要点)——

- ・ビーカーの水に赤インキを一滴ずつ加えながら水の色がだんだん濃くなっていくようすを観察させ、この像を熱の移動による温度上昇についてのことばによる表現と対応させながら知識の伝達をする。
- ・この像を図であらわしたものを提示していっそう明確にする。
- ・食塩水や、砂糖水の濃度などとも関連づけて熱移動による水の状態の変化を考えさせる。

② 伝達された新概念の第一次適用による理解の拡充

——もっている熱量に限度があると考えられるものと、それによつてあたためられるものとの関係に適用する——



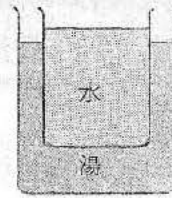
——(指導上の要点)——

- ・水の温度が上がる理由の説明をさせることから始めることとする。それは、伝達された新

概念を水の温度が上がる事実に適用することが比較的容易であると予想されるからである。

・このような適用ができないもののため、その補助手段として右図を示し温度のちがいによる熱の状態に着目させてから再度考えさせる。

第 2 図



・逆に湯の温度が下がる理由の説明に適用することは、児童にとってむずかしいと思われるので、水の温度が上がる理由の説明をまとめてから

この段階に進むこととする。

1 → 2 → 3

る。

・ここで指導の問題となる

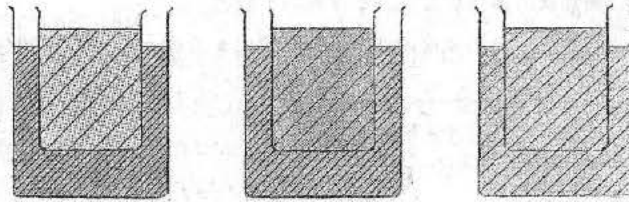
ことは、ひとつには、湯

が水にひやされるという

日常経験的な判断からの

脱却、ふたつには、湯か

ら水への熱の移動によって湯の熱の状態がどうなるかということに対する着眼ができるかどうかということである。



第 3 図

・ここでは、熱の移動にしたがって水と湯の熱の状態がどのように変化するか、とくに熱平衡の状態になる過程の視覚像を上図のように表象化できるように助言する。

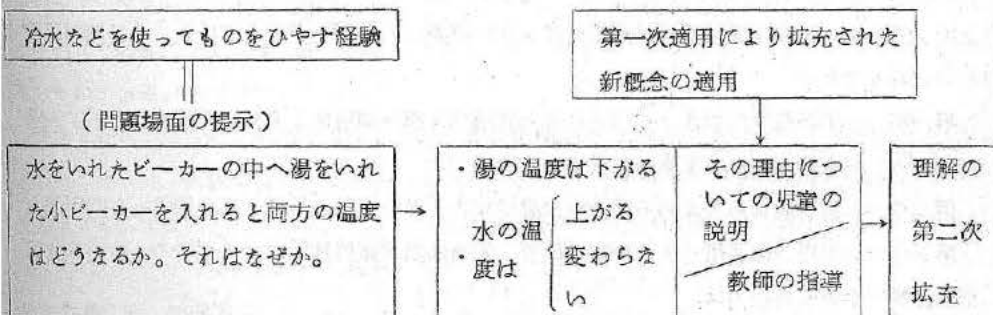
→ 実験による温度変化のたしかめ =

理解の拡充

{ 水は湯から熱をもらい、湯は水に熱をやるから水の温度は上がり湯の温度は下がる。温度が等しくなると熱移動もとまる。

③ 第二次適用による理解の拡充

— 日常経験的には物をひやすと考えやすい場面に適用する —



— (指導上の要点) —

・すでに第一次適用により新概念は拡充され、それだけ理解が深まっていると考えられること、ここで提示される素材が、第一次の場合と同じく湯と水であることなどの理由により、第二次適用は第一次適用に比べて容易におこなわれると予想される。

- ・ しかし児童の中には、この場面がものをひやすという日常的な判断をし勝ちな場であるだけに、つめたいものが、水からお湯に移るとみるものもあることが予想される。このような児童のためには、温度の高低に着目させるとともにそれを図にするなどして考え方の転換をはかりたいと思う。
- ・ 最終的には、水を湯であたためることと、湯を水でひやすこととは、日常的にはそれぞれちがう意味をもつけれども、科学的には全く同じことであると気づかせたい。
- ・ 理科学習の望ましい進め方からすると、この場面でも実験による温度変化のたしかめが必要になるわけであるが、時間数などの制約により、ここでは実験を省略することとする。

#### ④ 新知識の適用練習による理解の一般化

—温度差間の熱移動によって説明できるさまざまな事象に適用する—

##### ここで提示する問題場面

- ・ 火などの熱源でものをあたためる場面
- ・ 常温以下で、経験的には熱はないと考えやすい温度の範囲で、ものをひやしたり、ものがひえたりする場面
- ・ ものにふれて、あついかつめたいと感じるような場面

—(指導上の要点)—

- ・ これまでに、湯で水をあたためるとか、水で湯をひやすとかいう事象を典型的な教材として、理解を深めてきたのであるが、このようにして習得した知識を湯と水という具体性をはなれて、他の事象に適用するためには、具体性を捨象した温度差と熱移動との関係が理解されていなければならない。ここではその点が指導上の問題となる。
- ・ したがってここでの助言は、事象の中で二つのものの温度差に着目させ、それと熱移動を結びつけて考えることができるようにすることにあると思う。

以上①、②、③、④の指導過程の時間配当は45分授業の3時間を予定している。その時間配分はつぎのとおりである。

第一時——①新概念の伝達、②伝達された新概念の第一適用による理解の拡充のうち、実験によるたしかめを除いた前までの過程

第二時——水を湯であたためる場合の温度変化の予想をたしかめるための実験とその指導

第三時——③第二次適用による理解の拡充、④新知識の適用練習による理解の一般化の過程

#### (8) 指導過程分析の観点と方法

##### ① 分析と評価の観点

この実験的な学習指導は、研究目的ならびに指導計画のところで述べたような指導過程とその中での方法がどの程度成立し得るものか、またどんな効果をあげ得るものであるかを確かめることを目的として行いものであることは、さきに述べたとおりである。したがってこの学習指導を分析評価する観点はつぎのようになる。

- ・この指導過程の時間経過の中で、児童の日常経験的な見方による主観的判断が、科学的概念を用いての客観的判断に転換していく度合はどうか。
- ・とくに伝達した新概念の第一次適用、ならびに第二次適用はどの程度できるか。適用練習の場では、新知識をどの程度使えるか。
- ・この指導過程で用いる視覚的方法ならびに各種助言には、どのような効果が認められるか。
- ・第一次適用、第二次適用および適用練習の場で新概念が使えないものにとっては、どんなことが障害になっているか。それを改善するにはどんな方法が予想されるか。

## ② 分析と評価の方法

### テープレコーダーによる指導の記録

指導過程分析の資料を得るための方法としてもっとも活用する。この指導過程は、指導計画でみるとおり、教師と児童との話し合い、教師の講義などが中心となって進行する過程であるため、児童の行動の様態はあまり分析の対象としなくてよいからである。また、第二時には、温度変化を確かめるためのグループ実験を行なうことになっているが、この実験が発見的な実験ではなく、しかもこの研究の意図する目的とは直接的な関係をもたないと予想されるので、グループ実験中の児童の発言や行動は、詳しく分析する必要はないと思ったからである。

### 学習指導の観察記録

学習指導はこの研究担当の研究所員が行ない、その観察記録は学級担任に依頼した。観察記録者は、指導過程における児童の発言を記録してテープレコーダーによる記録を補うとともに、学級担任としてみた個々の児童の反応状態ならびに全体の様態などについて気づいたことを記録し、解釈の資料として提供してもらうこととした。

### 児童の学習記録とその分析

個々の児童の反応の内容を質的に分析する必要上、指導過程のそれぞれの問題場面で児童個々の考えたことを記述させることとした。また、その後の教師の助言によりはじめに記述させたものを修正させるようにした。このようにして記述した内容は、指導の過程では個々の児童について確かめることができないので、指導が終わったあとで分析検討し、他の資料と対応させながら考察することとした。

児童にその考えたことを記述させることは、このような方法上の意図からであるが、それとともにすべての児童に考えさせ、考えたことを表現することにより指導効果を高めたいというねらいもあったのである。

なお児童に記述させるに当っては、選択法などの客観テストの方法はとらず、自由記述の方法をとった。これは、児童の考えたことを自由に表現させることによってそれぞれの児童の深まりの度合をすなおに見たいからである。したがって記述結果の分析にあたっては記述内容の類型化をはかり、その類型によって分類整理し考察することとした。

## (4) 対象学級と指導者

対象学級は新潟市立上所小学校 5 年、51 名(男 28 名、女 23 名)であり、この学校は都市周辺住宅地帯を校区とする。

またこの学習指導は、この研究を担当する研究所員が実施したものである。

## 2 指導過程の実際とその分析的考察

(1) 第一時の指導 —— 1063・1・17 第2校時 ——

### ① 新概念の伝達

- ・ ビーカーに入れた水を火にかけると水の温度が上がるのは、熱が火から水に移るからである。
- ・ 移った熱が多くなるほど水の温度も高くなる。

○ ものをあためると温度が上がることについての経験の想起

T 今日から、ものをあためたり、ひやしたりすることについて勉強しましょう。

いまころの季節ならば、配達された牛乳がつかたいからあたためて飲みますね。

反対に、夏になると、すいかをひやして食べたりしますね。

今日は、水をあためることについて、いろいろ考えてみましょう。ここにあるビーカーに水をいれて、これをアルコールランプの火であたためてみましょう。

(第4図のように実演する)

T こうすると、この中の水はどうなるでしょう。

T ほかに、いいかたはありませんか。

T いろいろないかたがありますね。こうやって火であたためていると、水はだんだんあたたかくなり、そのうちにあつくなり、しまいにえたつのですね。ふだんはそういっているのですが、今日は、あたたかくなることや、あつくなることを、温度が上がるとか、温度が高くなるとかいうことにしましょう。

T 反対に、ひえたり、つめたくなるとを何といたらよいでしょう。

P あったかくなる。

P あつくなる。

P しまいにふつとうする。

P 温度が上がる。

P 温度が高くなる。

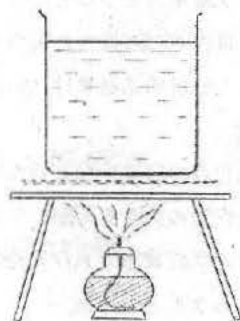
P 温度が下がる。

P 温度が低くなる。

○ 水の温度が上がるわけの熱移動による説明(熱概念とそれによる判断の伝達)

(経過時間)

第4図





T そうですね。そこで、こうやって火にかけておくと、中の水の温度がだんだん上がって  
くるのは、いったいなぜなんだろうかと考えてみましょう。みなさんは、火であたためたんだ  
から温度が上がるのはあたりまえだと考えるだろうと思いますが、そこをもう一歩先まで考  
えることにしましょう。

これから、そのわけを先生がお話しますから、よく聞いてください。

(ことばによる説明)

T みなさんは、熱ということばを知っていますね。(熱=ねつ と板書)かぜをひいて熱が  
でたなんかいいですね。こうやって火にかけていると、火のほうから水のほうに熱が伝わっ  
てくる。熱というものが火から水に移るから水の温度が上がるんだと考えるのです。

ところが、熱というのは、何かあつものらしいけれど、目には見えませんね。においも  
しないし、重さも形もない。そういう目には見えないものなんだけれど、何かあつ熱とい  
うものが火のほうから水のほうに移って入っていく。すると水の温度が上がるといいます。

(赤インキによる視覚像の形成)

T そこで、目に見えない熱のかわりに、目に見える赤インキを入れて考えてみましょう。

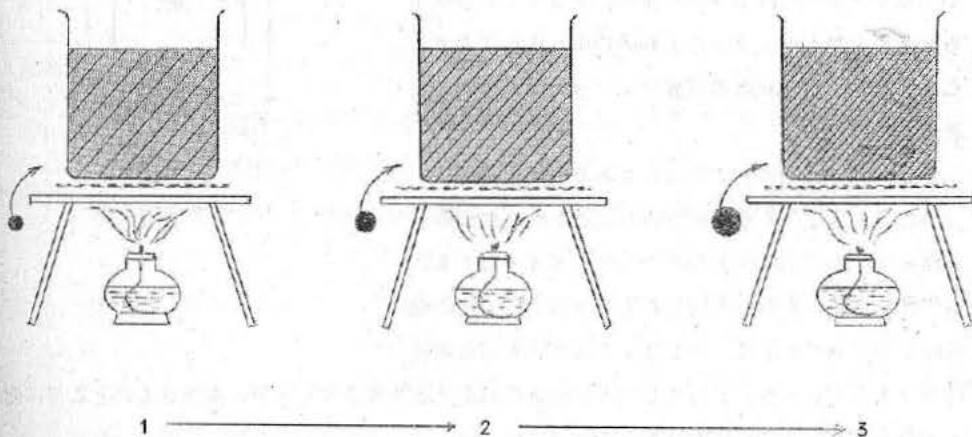
(ピーカーに入っている水の中に、スポイトを使って赤インキを少しずつ注入し、色の変  
化を観察させる)

こうやって、赤インキを入れれば入れるほど、だんだん色がこくなってきますね。熱もこ  
れと同じように、火から水の中に移る量が多くなるほど、こくなっているはずなんです  
が、それは目に見えないのです。それで、水の中に入った熱がだんだんこくなっていくこと  
を、水の温度が上がるといっているわけなんです。

それでこのことを図にかくとこんなようになりますね。

(第5図のような掛図を示す)

第 5 図



アルコールランプの火の熱が、すこし移ると、こんなこさになります。(1の図を指す)、もっと移って入ると、すこしくさになります。(2の図を指す)さらにたくさん入ると、このようにこくなってきます。こういふふうに熱が火から水に移って、水の中の熱のこさがだんだんこくなることを温度が上がるというのです。

(類似現象との対比による知識の強化)

T こんどは、このようすをお家で砂糖湯を作ることと比べてみましょう。お湯の中へ砂糖を少し入れて飲んでみる。まだあまり甘くないからもっと入れてみる。入れれば入れるほど、だんだん甘くなってくる。だんだんこい砂糖湯ができてきますね。

ところができた砂糖湯は、目で見ただけではわかりませんね。それで飲んでみればわかる。それと同じように、熱も砂糖がとけているように入っているだけれど、目には見えないから、こいかうすいかわからない。熱がこいかうすいかしらべるには、どうしたらよいでしょう。のんでみたり、さわってみたりしてもわかりますね。もっと正確にしらべるには温度計を使えばよいのです。

熱というものが、火から水に移る。そして水の中の熱がだんだんこくなってくる。だから水の温度が上がるんだ。こういうわけなのです。

このことを、はじめに、頭の中に入れておきましょう。そして、つぎのちがうことを考えることにしましょう。

## ② 概念の新しい場面への第一次適用による理解の拡充

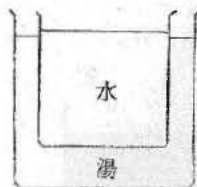
- ・大きなビーカーに入っている湯の中へ、小さなビーカーに入れた水をいれると、水の温度は上がり湯の温度が下がるのは、熱が温度の高い湯から温度の低い水に移るからである。
- ・両方の温度が等しくなると、熱は移らなくなる。

### o お湯で水をあたためる場面での温度変化の予想

T この大きなビーカーに、お湯を入れます。こっちの小さなビーカーには水をいれます。そこで、この水をあたためようと思って、このお湯の中へ入れてみます。こうすると、水とお湯の温度は、いったいどうなると思いますか。

(第6図のようにして実演してみせる)

みなさんも、牛乳がつけたいからあたためて飲もうと思って、お湯の中へ入れることがありますね。これも牛乳をあたためると同じことですが、この水の温度はどうなるでしょう。そして、こっちのお湯の温度はどうなるでしょう。そしてしまいには両方の温度はどうなるでしょう。みなさんのところに配ってあるプリントに自分の考えを書いてください。



第 6 図

T はじめに、水の温度はどうなると思いますか。○をつけてください。

T つぎに、お湯の温度はどうなると思いますか。○をつけてください。

T しばらくすると、両方の温度はどうなるでしょう。自分の考えを□の中  
に書いてください。

T それではみんなの考えを話し合ってみましょう。

T はじめは、この水の温度がどうなるかというんでしたね。(指名)

T それと同じ人手を上げてごらん

T それではそのつぎ、こっちのお湯の温度はどうなるでしょう。(指名)

T それとちがうことを書いた人はいませんか。(指名)

T そうですね。かわらないかもしれない。あとでひとつためてみましょう。

T もうひとつ、しまいに両方の温度がどうなるか。これはどう書きましたか。  
(指名)

T ほかにありませんか。(指名)

P 記入する

P 記入する

P 記入する

・ほとんど全員挙手

P<sub>5</sub> だんだん上がる

・全員挙手

・ほとんど全員挙手

P<sub>31</sub> だんだん下がる

・一人挙手

P<sub>22</sub> かわらない

P<sub>3</sub> しまいに両方とも同じになる。  
(多数賛意)

P<sub>40</sub> どちらも温度が下がる。

P<sub>10</sub> ぬるくなる。(10数名同意)

P<sub>48</sub> お湯は温度が低くなり、水は温度  
が上がる。

T なかなかいろいろな予想がでてきましたね。これは実験してみれば、どうなるかしらべられるわけですが、実験をするまえに、どうして温度がそのように変わるのか、そのわけを考えてみることにしましょう。

#### 温度変化の予想に関する考察

・ここでの指導過程で、学級の児童が予想した結果はつぎのようになっている。

①水の温度の変化 学級全員が水の温度は上がると予想している。

②湯の温度の変化 湯の温度は変わらないと予想しているものは2名しかなく、他の全員は湯の温度が下がると予想している。

③しまいにどうなるか 同じになるというもの94名、下がるというもの18名、水と湯の温度が逆になるというもの2名、わからないというもの2名となっている。

・第一次研究の質問紙法による調査では、湯を水でひやすような問題場面ではあったけれども、湯の温度は下がり、水の温度は変わらないと考えたものが、小5年で

約30%, 中1, 2年でも20%ほどあった。(研究紀要第32集 P22参照)

- ・上記第一次研究の調査結果から、ここでの指導にあたっては、湯の温度は変わらないとする日常経験的な判断が相当数あることを予想していたのであるが、結果はほとんど全員が正しく予想している。
- ・このくいちがいとはどのような原因によるものであろうか。そのひとつは、昨年の調査が湯を冷やす場面であったのに対し、ここでの指導では水をあたためる場面であったことによるものと考えられる。しかしそれよりも、問題場面の具体性についての児童の受けとり方の相違によるものと考えたい。質問紙法による昨年の調査では水をいれた容器が相当に大きなものと児童に受け入れられたため、水の温度は変化しないと判断しやすかったのではなからうか。それに反し、ここでの指導場面では500CCと200CCのビーカーを使って問題場面を限定していることが、上記のような反応の結果を示したものと思われる。
- ・このように見てくると、同じく日常経験的な判断であっても、その場面の具体性の受けとり方によってさまざまな判断をするものであり、児童にとっては、それぞれの判断が経験的にはいささかの矛盾もなく正当なことと考えられているわけである。そしてそれらの判断に原理的な一貫性を求める意識はまだ未発達なのではなからうか。
- ・しまいに関方の温度はどうなるかということの予想について、下がると考えたものが13名あったけれども、これは、問題提示の方法にあいまいさがあったためであって、両方の温度が同じになった後、しだいにさめてくることを考えて反応しているものが多かったのではなからうか。また、この段階で水と湯の温度が逆にえると考える児童の判断の背景になっているものがどんなことであるかは推察しがたい。
- ・ここでの指導場面で、大部分の児童が正しい予想をなし得たことは、つぎの指導場面への展開を容易にした結果となったが、容器の比較的大きな場面でも一貫性のある考え方ができるようにするための配慮は今後の指導に残された問題である。

#### ○ 水の温度が上がる理由の考察

T 大部分の人は、水の温度はだんだん上がる。お湯の温度はだんだん下がる。しまいに関方の温度は同じになる、と書いたのですね。またそうでない人もある。そこで実験をしてたしかめるまえに、いったいどうしてそうなるのか考えてみましょう。

考えるときに、さっき先生がお話した、水を火であたためると、水の温度が上がるわけを思い出しながら考えてください。このこと(さっきに提示した図を指しながら)を頭において考えるのですよ。

T はじめに、この水の温度が上がるわけを考えて、プリントの(1)の□の中に自分の考えを書いてください。

P 記入する

T 書いてしまったら、こんどはこの図を見てください。

24

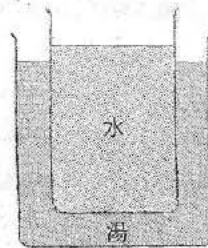
(第7図を提示する)

この図は、お湯の中へ水を入れたところを絵にかいたのです。お湯の温度は水よりも高い。熱のこさは、お湯が水よりこのですね。

そこで、この図を見て、いま(1)のところへ書いたわけを書き直したほうがよいと思う人があったら、(2)の□の中に新しく書いてください。

→ P 記入する。

第 7 図



T それではひとつ、水の温度が上がるわけをいってください。(指名)

T 水はお湯を伝えてというのですか。

T ほかにどうですか。(指名)

T お湯が水に熱を伝えるから、だから水の温度が上がるといふんですね。

P<sub>25</sub> 君もそういうことですか。

T P<sub>26</sub> 君やP<sub>25</sub> 君のいったことでよいと思う人手をあげてごらん下さい。

P 半数くらい挙手

P<sub>25</sub> 水をあたためると熱を伝えてあたたかくなる。水はお湯を伝えてあたたかくなる

P<sub>25</sub> お湯の熱を伝える。

P<sub>26</sub> お湯が水に熱を伝えるから

P<sub>25</sub> はい。

P 大部分挙手

27

T そうですね。自分の書いたのが、ちがっていると思う人があっても書き直さなくていいんですよ。これから勉強するんだから。

さっきは、この水の温度が上がるのは(第5図を示しながら)こっちの火のほうから熱が伝わって移っていくからだというのでしたね。そしてこの場合は(第7図を示しながら)、こっちのお湯のほうに熱がたくさんあって、その熱が水に伝わっていくから、水の温度が上がるんだといえますね。熱が水に入ってくると、水の中の熱のこさがだんだんこくなるからね。

#### 水の温度が上がる理由の説明に関する考察

・この時間のはじめに、水を入れた容器を火にかけると水の温度が上がるのは熱の移動によることを、言語表現と視覚像とを結合させながら伝達した。ここでは、湯の入っているビーカーの中に水を入れたビーカーを入れると水の温度が上がる理由の説明に、伝達された知識をどの程度適用することができるかを問題として考察する。

・ここでの指導はつきのような順序で進められた。

ことになる。このことは、はじめに伝達した知識の受け入れ方があいまいな場合には、こうした暗示がたいして役立っていないことのあらわれと見ることができよう。

○ 以上のことから指導過程を評価し改善点をあげるならば、つぎの二点を指摘することができる。

① はじめの知識の伝達にあたって視覚像を用いながら言語表現による説明が正確にできるような程度反復すること。

② この過程のおわりの話し合いでは、比較的正確な表現をするものの発表のみが表面にでたため、不確かな表現と比較しながら修正する指導が行なわれなかった。この点指導にあたってさらに配慮すること。

○ 湯の温度が下がる理由の考察

T それでは、水の温度が上がるわけはそれでよいとして、こんどは、こっちのお湯の温度が下がると書いた人が多いのですが、そのわけを(3)の□の中に書いてみましょう。またお湯の温度は変わらないと書いた人もあるようですが、その人は変わらないと思うわけを書いてごらん下さい。

T 書き終わったら、また話し合ってみましょう。お湯の温度が下がるわけをどう書きましたか。(指名)

T ということは、水のほうからお湯のほうへは熱が移るからということですか。

T ほかにどうですか。(指名)

T P<sub>15</sub>君のは、水のほうからお湯のほうへ何かがいくんですね。

T ほかにありませんか。(指名)

T そうすると、熱はお湯から水にいくしつめたさは水からお湯にいくというんですね。前にいったP<sub>15</sub>君やP<sub>18</sub>君とだいたい同じようですね。もう一人……(指名)

P 記入する

P<sub>18</sub> 水はお湯に熱を伝えるから

P<sub>18</sub> はい

P<sub>14</sub> 水のほうにお湯の熱がいくから

P<sub>2</sub> お湯の熱が水に伝わって、お湯の熱がだんだんなくなっていくから。

P<sub>15</sub> 水の温度が低いので、水の温度がお湯の温度に伝わってお湯の温度が下がっていく。

P<sub>15</sub> (うなづく)

P<sub>18</sub> 水の中のつめたさがお湯の中へ入りお湯の中の熱が水の中に入るから。

P<sub>25</sub> 水がお湯に熱を伝えるから。

P 数名：「へい、おかしいな」という

P<sub>20</sub> それでいいんですよ。ぼくはいいんだと思います。

T おかしいなといった人は、水はつめたいから熱はないと思ったんじゃないですか、だから水からお湯に熱が伝わるというのはおかしいとね。

T それでP<sub>20</sub> 君はどう書いたの。

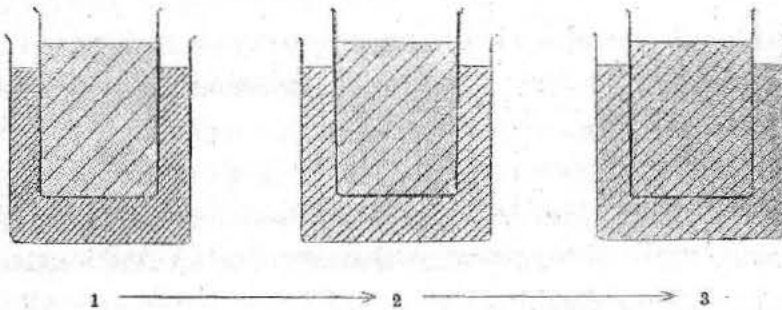
P<sub>20</sub> 水だって熱はあると思います。

P<sub>20</sub> 水がお湯に熱を伝えるから。

P<sub>21</sub> ぼくはそうでない。水の温度が上がればその上がったお湯の温度が下がるんですよ。

T みなさんの考え方にはいろいろあるけれど、P<sub>2</sub> 君やP<sub>21</sub> 君のように、熱はお湯から水に伝わる。その伝わった分だけお湯の熱が減るから温度が下がるという人と、反対に、水の熱または温度とつめたさがお湯のほうにいくからお湯の温度が下がるという人とありますね。お互いに方向が反対なんですね。それでは、いったいどう考えたらよいのか、これから先生がお話をしましょう。（第9図を提示する）

— 第 9 図 —



T この図にあるように、こっちのお湯の温度は高いし、こっちの水の温度は低いんですね。熱のこみぐあいはどうですか。

→P お湯のほうがかんんでいる。

そうですね。温度の高いほうは熱がかんこんで入っている。それで熱はこんでいるお湯のほうからすいている水のほうへ、こいほうからうすいほうへ、温度の高いほうから低いほうへ移っていく。うすいほうからこいほうへ移るといことはないので。

それで、さきほど、水のほうから、つめたい温度が移るとか、水の熱が移るといった人もあるのですが、そういう考え方もしないのです。

熱はかならずこいほうからうすいほうへ移る。温度の高いほうから低いほうへ移るのです。そこで、水の温度が上がるのは、熱がお湯のほうから移ってきたからだとするのは、それでよいわけですが、お湯の温度が下がるのは、どういったらいいんでしょう。

この図をもう一度よく見てください。1, 2, 3 という順序で熱が移るにしたがって温度が変わるようにかいたのです。

熱がお湯のほうから水に移っていく, すると移った分だけ水のほうはこくなるしお湯のほうはうすくなって, 2 のようになりますね。水はお湯から熱をもらったから, その分だけ温度が上がるしお湯は水に熱をとられたから, その分だけうすくなって温度が下がるのです。

そして, しまいには 3 のようになりますね。両方のこさが  $\longrightarrow$  P 同じくなる。そうですね。温度が同じになるわけですね。

T それからね, さきほど P<sub>28</sub> 君がいったことなんだけれど, 水にも熱がある。温度の低いものも熱があるという考え方がありましたね。それも正しい考え方なのです。けれども, だからといって, 温度の低い水から温度の高いお湯に熱が移っていくということはないのです。そのことをこれからお話ししますよ。

たとえば温度が 20℃の水と 40℃のお湯があったとします。するとこの両方を比べると, どちらの熱がこいかというと  $\longrightarrow$  P 40℃のほう  $\longrightarrow$  T 20℃のほうは 40℃のお湯にくらべると, たしかに熱はうすいのです。けれども, こんどは 20℃の水と 10℃の水とをくらべると 20℃の水の熱のほうがかいといえますね。これを熱があるとかないとかいえば 20℃の水は 40℃のお湯にくらべれば熱はないといえるけれど, 10℃の水とくらべれば熱があることになります。10℃の水だって, 0℃の水とくらべれば, 熱はあるといってもよいでしょう。

いつでも, 温度のちがうもの同志をくらべて熱があるとかないとかいえるのですよ。

そして熱はいつでも温度の高いほう, こいほうから, 温度の低いほう, うすいほうへ移るので, その逆のことはないのです。

T 今日は, お湯の中へ水を入れたら, 両方の温度がどう変わるか, それはなぜかということを勉強したのでね。明日は, ほうんとうに水とお湯の温度が今日考えたように変わるかどうか実験してためしてみることにしましょう。

#### 湯の温度が下がる理由の説明に関する考察

・ さきの水の温度が上がる理由の説明に, はじめに伝達された知識を適用して類推することは, どちらも水があたたまるという類似点からみて, 比較的容易な過程であるといえる。しかし逆に, 湯の温度が下がる理由の説明に適用しようとする場合には, 観点変更が行なわれなければならない, それだけ困難度が高くなることは指導計画作成の項で述べたとおりである。ここではこの点についての児童の反応とそれに対する指導を問題として考察する。

・ 湯の温度が下がる理由についての児童の記述内容をさきに挙げた類型によって整理すると, 第 10 図のようになる。この反応結果をつぎに検討してみよう。

① 湯から水へ移った熱の分だけ湯の熱が少なくなるとか, 湯は水に熱をとられたという



ような正しい表現をしたものが15名で、その数は第1回目第2回の正しい反応数(16名)とほとんど変わっていない。さらに、この15名が第2回目の記述でどのような種類の表現をしていたかをみると、第2回目にもAだったものが8名、aだったものが3名、Bだったものが1名、Dだったものが2名となっている。これらの15名は、はじめに知識を伝達された時にじゅうぶん理解して受け入れていたか、あるいは、その後の指導で理解した結果湯のほうの熱の状態の変化に着目して観点変更のできたものであろう。

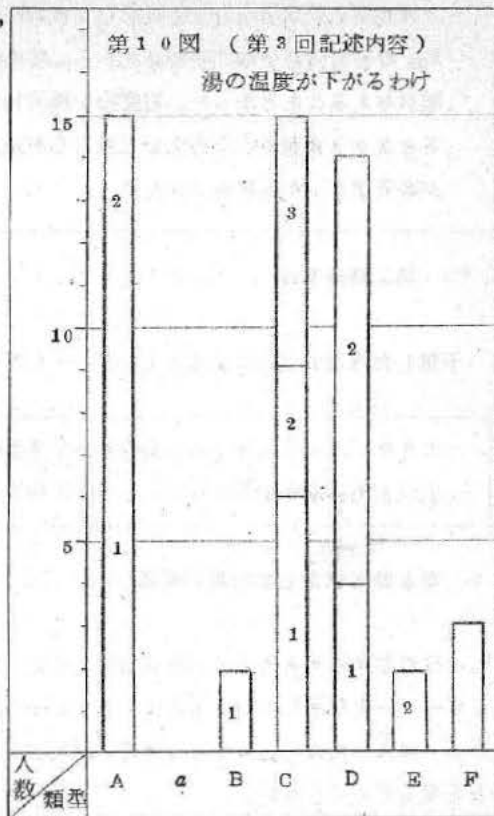
② ところが、第2回にはA類型で表現できたにもかかわらず、ここでは正しい表現ができなかったものが7名あり、しかもその表現がC類型になっているものが7名中6名となっている。これらのものは、一応習得した知識をあたたまると意識される場にしか活用できなかったもので、もともと浅い理解の段階にあったか、観点変更の能力がなかったものであろう。

③ つめたい何ものが水から湯に移った(C類型)とか、水が湯をひやした(D類型)とするものが、それぞれ15名、14名もあることは、経験的感覚的な判断を客観的科学的な判断に切りかえることのむずかしさを示すものである。

とくに、C類型の15名中、第2回目の記述類型がAだったものが6名、aだったものが3名、Bだったものが2名、その他4名となっていることは注目すべきことである。

④ 以上のことから、指導にあたっては、児童個々に考えさせて記述させる前に、観点変更を容易にするためのなんらかの補助手段が必要であろうと思われる。

・ 記述後の話し合いでは、A類型とC類型の考え方が発表され、対立した。C類型に属する考え方の大部分は、湯の温度が下がる理由を水からの作用という感覚的で素朴なとらえ方をしているものであるが、中に1名だけ(P<sub>26</sub>)は水にも熱があるという見方と上記の素朴なとらえ方を結合させており、そのため、両類型の対立の解決に困難な条件が加わったこととなる。この児童の水にも熱があるという見方は、他の機会に形成された観念的な知識であろうと思われるが、これが素朴なとらえ方と結んで自己流の判断をしたものと思われる。このような児童の存在は、時として学級全体の学習を混乱させることにもなり兼ねないので、その取り扱いにはさらにくふうすることが必要である。



- ・ A類型とC類型の対立を解消してA類型の妥当性を納得させるための指導にあたっては P<sub>28</sub> の発言内容や時間的な制約から、結果的には、第9図の視覚物を媒介としながら、教師が与えることとなった。視覚物を提示して児童にじゅうぶん考えさせ、その結果を発表させながらA類型の妥当性を児童自らが発見していくような過程となるよう忍耐強い指導が必要であったと反省される。

(2) 第二時の指導 — 1963, 1, 1.8 第2校時

③ 予想した事実の実験によるたしかめ — (思考結果の確認)

- ・ 大きなビーカに入っている湯の中へ小さなビーカに入れた水をいれると、水の温度は上がり湯の温度は下がって、しまいには両方とも同じ温度になることを確かめる。

○ 第1時に学習した内容の再認

T 今日勉強に入るまえに、昨日勉強したことをもう一度はっきりしておきましょう。  
(ビーカを指示しながら)この大きなビーカに入れた温度の高い湯の中へ、この小さなビーカに入れた水をいれたら、両方の温度がどう変わるか、そしてそれはなぜか、ということをお考えたのでしたね。

みんなの予想では、水の温度はだんだん上がり、湯の温度はだんだん下がって、しまいにはどちらも同じ温度になるはずである。そしてそうなるのは、熱が温度の高いほうから低いほうへ移るからである、というのでしたね。

ちがういい方をすると、こっちの温度の低い水は、温度の高いお湯から、熱をなんといったらいいんでしょう。-----P もらう-----T そり、もらったから温度が上がる。反対に湯のほうは水のほうへ熱を----P やる。やった。----または、湯は水に熱をとられるから温度が下がるというのでしたね。そして、水のほうはだんだん熱がこくなって温度が上がる。湯のほうはだんだん熱がうすくなって温度が----P 下がる。低くなる。 というわけでしたね。(ここでもう一度、第1時で使った第9図を提示して)こっちのほう(水)はだんだん熱がこくなって温度が上がる。こっちはだんだん熱がうすくなって温度が下がる。そしてしまいには、両方のこさが同じになるから温度も同じになる。

こうなるはずだというのでしたね。

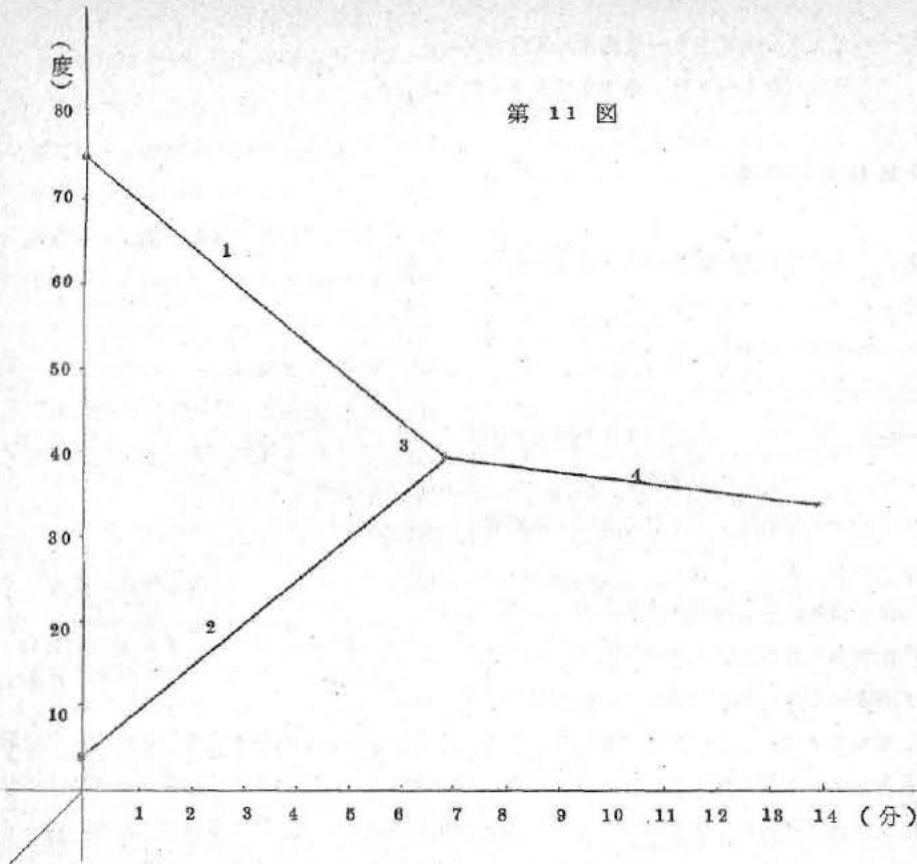
○ 実験の実施

T さあそれでは実験をすることにしましょう。

はじめに、みなさんが予想した温度のかわり方をグラフに書いてみることにしましょう。(第11図を示しながら)はじめ水の温度は5°くらいかな(グラフに印をつける)。

(経過時間)

第 11 図



湯のほうは  $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$  くらい ( $75$  くらいのところに印をつける) としましょう。

この湯のほうの温度は時間がたつにしたがって、だんだん下がるというのでしたね。(上図 1 のような線を記入する) 水の温度はだんだん上がるというのですから、こうなるはずですね。(上図 2 のような線を記入) そしてしまいに両方が同じ温度になるはずだというんですから、こうなるはずですね。(上図 3 の線を記入)

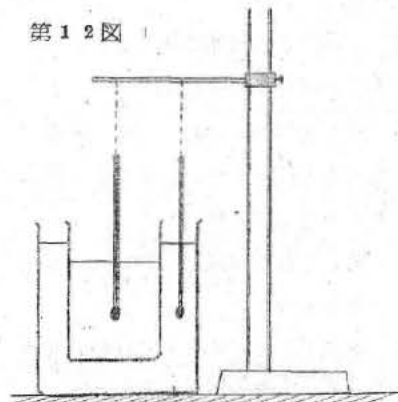
さらにそのあとは、だんだん全体としてさめていくというんですから、こんな線になる。(上図 4 の線を記入)

ほんとにこんな線になるかどうか実験して、その結果をグラフに書いてみることにしましょう。

実施した実験の概要

- ① 右図のような装置で実験する。
- ② 実験は班別に行なう。班は 6 人グループの 8 組
- ③ 温度の測定は 1 分ごとに行ない、測定ごとに、その値を記録用のグラフ用紙 (プリントしたものを与えておく) に記録させる。

第 12 図



- ④ 温度の測定は両方の温度が等しくなるまで(10分~11分)行ない、その後測定を一時やめて18分後にもう一度測定し記録させた。
- ⑤ はじめは 水 7~8℃, 湯 70℃~80℃であった。

○ 実験結果の考察

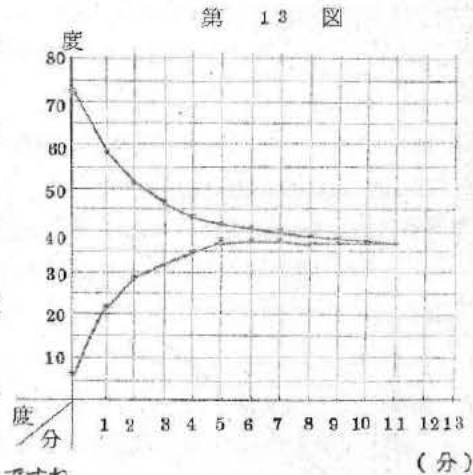
T さあこのへんで(実験開始後10分)温度を測ることをいったんやめましょう。

だいたいみなさんが予想していたとおりに水と湯の温度が変わってきたようですね。

両方の温度が同じになった班は手を挙げてごらん下さい。 →(大部分挙手)

(各班とも10分前後、40℃くらいで同温度になっている。)

この実験の結果から、昨日みなさんが、こういうわけだからこうなるはずだと考えたことはまずまず間違えなかったということがいえるわけですね。



T そこでもうすこし、このグラフをくわしくみてみましょう。どの班もそうでしたが、この線を見ると、さっき書いたようにまっすぐになっていないで、こういうふうに曲がっていますね。水のほうの線を見ると、はじめの1, 2分はあがり方が急で、あとになるほどだんだんゆるくなっている。湯のほうは、さがり方が急で、あとになるほどだんだんゆるくなっていく。これはいったいどういうことなんだろう。

T 水と湯の温度の差が、こういうふうに(グラフを指示しながら)大きいときには ?

T そうですね。温度の変り方が早いのですね。そして、差が少なくなるほど ?

T ということは熱の移り方がどうだといえいいんでしょう。

T そうですね。そして温度の差が少なくなるほど、すこしずつしか移らなくなるんですね。

T そして温度が同じになれば、熱はどうなるの?

T そうですね。そうなれば熱はもうどっちへも移らなくなるのです。

P 数人、はやく下がる。はやく上がる

P 数人、上がり下がりがゆるくなる。

P 熱は温度の差が大きいとはやく移る。

P 動かない。移らない。

同じになる。いったりきたりしない。

だからこのグラフの線はこんなふうの  
まがり方をしているのですね。

T それではもうひとつ、ここまで(等  
温になった位置をグラフ上で指示しな  
がら)上がり下がりすると、このあと  
両方いっしょにすこしずつ下がってき  
ますね。これはいったいどういうわけ  
なのでしょう。

T 空気が寒いというの？

T 何と比べて低いのですか。

T それでまとめていうと？

T どこへ逃げるの？

T そうですね。だから全体として少し  
ずつ温度が下がっていくと考えられま  
すね。

T もう一度、ここからすこしずつ下がるわけをまとめてお話ししましょう。

いまここで(グラフを指示しながら)水とお湯の温度が同じくなって37~38度くらいの  
ぬるま湯になったのですね。ピーカーのまわりの空気の温度は10度くらいです。すると、  
このぬるま湯と空気の間には温度の差がだいぶありますね。温度の差があれば、熱はどうな  
りますか。 P 移る。 P 下がる

そうですね。熱は温度の高いほうから低いほうへ移る。だから、このピーカーを伝わって  
熱が空気のほうへ移っていく。すると湯の中の熱はだんだんうすくなって温度が下がって  
くる。みなさんはこのことをお湯がさめるとか、ひえるとかいうのですね。

T それでは、もう一度温度をはかって、それをグラフに書きいれて、今日のお勉強をおしま  
いにしましょう。

(実験用具の後仕末をして終る。)

P 空気が寒いから

P 空気の温度が低い

P 空気がお湯より低いから……温度が

P 空気の温度がお湯よりも低いので、  
熱が空気にとられる。

P 熱が逃げるんだ。

P 空気へ

42

44

## 第2時指導過程の考察

- 第2時は温度変化をたしかめるための実験を指導したのであるが、この過程は本研  
究の主題と直接的な関連がないと考えられるので、その概要を記録するに止めた。し  
たがって、また、この過程の分析的な考察は行なわないこととする。
- 実験後の問題として、温度が直線的に変化しない理由と、両方の温度が同じくなっ  
た後しだいに全体として温度が下がっていく理由の二つをとりあげたのは、熱移動の

知識を新しい場面に適用して理解を深めたいという意図によるものである。指導の記録にみるように、ここでの指導は全体との話し合いで進めたが、結果的には一部の児童の発言を中心に展開し、教師がまとめて伝達するという方法をとったため、一人一人の児童がじゅうぶんに考えて理解し得たかどうかは疑問である。

(8) 第三時の指導 — 1963, 1, 19 第2校時 —

③ 概念の新しい場面への第二次適用による理解の拡充と強化

・大きなビーカーに入っている水の中へ、小さなビーカーに入れた湯をいれると、湯の温度は下がり水の温度が上がることも、熱が温度の高い湯から温度の低い水に移るからである。  
 ・湯で水をあたためることと、水で湯をひやすこととは、熱が温度の高いほうから低いほうへ移るということから見れば同じことである。

○ 水でお湯をひやす場面での温度変化の予想

T 昨日は実験をしてたしかめたのですが、今日はまたすこしちがうことを考えてみましょう。

いままでみんなで考えたことは、大きなビーカーにお湯を入れ、小さなビーカーに水をいれて(大小のビーカーを示しながら)、この水をお湯の中へ入れて、温度がどう変わるか、それはなぜかということでしたね。

今度は反対に、大きなビーカーに水をいれ、小さなビーカーにお湯を入れて、このお湯を水の中へ入れたらどうなるか、それはなぜかということを考えてみましょう。

(ビーカーで実演するとともに、右図を示す)

お湯があつすぎるから水でひやすということですね。昨日までやったことと、湯と水の位置が反対ですよ。

こういう場合には、お湯と水の温度はどう変わるでしょう。それはいったいなぜでしょう。

T それでは、まずこっちのお湯の温度はどうなるでしょう。

P 記入する

T 水のほうの温度はどうなるでしょう。

P 記入する

T しまいにどうなるでしょう。

P 記入する

T それでは、どう予想したか、話し合ってみましょう。

T お湯の温度はどうなりますか。(指名)

P<sub>33</sub> だんだん下がる。

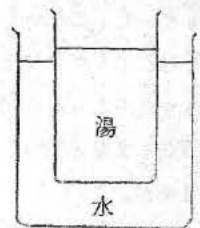
T 水の温度は?

P<sub>33</sub> だんだん上がる。

T しまいに?

P<sub>33</sub> 同じになる。

第 14 図



(経過時間)

T P<sub>33</sub>さんは、お湯の温度はだんだん下がる。水の温度はだんだん上がる。しまいに両方同じ温度になるというのですがこれとちがう人ありますか。

T なるほど、昨日の実験ではそうだったからというんですね。P<sub>48</sub>さんはどうですか。

T P<sub>48</sub>さんのは、こうなるというんですね。(右図1を書いてたしかめる。) またP<sub>25</sub>君のは、こうなるというんですね。(右図2を書いてたしかめる)

T 昨日の実験で2のようになったところほかにありますか。 だから 今日の場合もそうなると思うのですね。

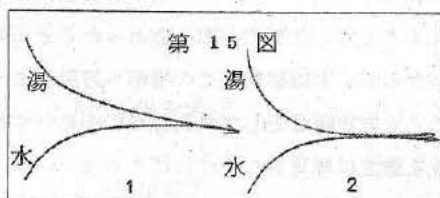
T ほかにありますか。(指名)

T なるほどね。いろいろありますね。

でも、お湯の温度はだんだん下がるし、水の温度はだんだん上がってくる。ここまではP<sub>k</sub>君のほかはみんな同じですね。

P<sub>25</sub> 昨日の実験からなんですが、水の温度はだんだん上がり、お湯の温度はだんだん下がるけれど、しまいに水の温度がお湯のほうよりすこし高くなると思います。

P<sub>48</sub> しまいにおなじくなるけれど、そのあとだんだん下がる。



(3こ班挙手)

P<sub>k</sub> お湯はだんだん下がりますが、水の温度は変わらないと思う。

(ええ……という疑問の声あり)

#### 温度変化の予想に関する考察

・ ここでの指導過程で、学級の児童が予想した結果はつぎのようになっている。

① 湯の温度——学級全員が湯の温度は下がると予想している。

② 水の温度の変化——水の温度は変わらないと予想しているもの1名(P<sub>k</sub>)を除く全員が水の温度は上がるといっている。

③ しまいにどうなるか——P<sub>25</sub>とP<sub>48</sub>の2名が、しまいに水の温度のほうが湯より高くなるとしているほか、他の全員は同じになると記述している。

・ この場面は経験的には湯をひやす場面として意識されやすいのであるが、第1時の水をあためると考えられる場面で述べた理由と第1、2時の学習効果とが反映して、湯と水の温度変化は、全員が正しく予想している。ただ、P<sub>k</sub>1名だけは、水の温度は変わらないと予想しているが、これは第1時に欠席していた児童であることがあとで判った。

このことから、水をあたためると経験的には意識される事象について、湯と水の温度変化がどうなるか、さらにその理由はどうかを学習した児童にとって、そこで習得した知識を、逆に湯をひやすと意識されやすい場に適用することは、比較的容易なことであるように考えられる。

- ここでとくに問題となることは、記述内容としても、また記述後の話し合いの中でも P<sub>25</sub>、P<sub>46</sub> の 2 名が、昨日の実験でもそうだったから、今日の場合も、しまいには水のほうの温度が高くなるはずだと主張したことである。事実あとで測定記録を検討してみると、実験をした 8 つ班のうち 1 つ班は 9 分経過後くらいに既に 1、2 度ほど上記のような現象がみられ、もう 2 つ班は時間の終り（18 分経過時）にこのような現象がみられている。そして P<sub>25</sub>、P<sub>46</sub> の 2 名はいずれもはじめの 1 つ班内の児童であった。この点をさらにくわしく見ると、実験では、P<sub>25</sub>、P<sub>46</sub> の 2 名が主張したことを認めておりながら、この場面での記述では同じくするとしたものが相当数あったことになる。これらの児童は、昨日の実験事実を忘れていたのか、実験事実をこの場面へ適用しようとしなかったのか、それとも同じくするというのを固定観念として再現したのかのいずれかであろう。理科の学習に当って P<sub>25</sub>、P<sub>46</sub> のような態度は尊重されなければならない。
- 上記のような事態について、指導上の問題をつぎにあげてみたい。ここでの指導で第一に反省される点は、実験方法の不備にある。第二には上記のような測定値がでていることに教師が気づかなかったことである。第三には、時間的な制約により、そのような測定値がでた理由を温度変化の理由についての指導時に教師の説明によりすませたことである。第一の点については、たまたま、冬の寒い時期で室温が低かったこと。外側のピーカーに湯が入っていたことが、このような現象を生じた理由と考えられるので、実験方法の改善が必要である。また、第三の点については、この場合再実験をする時間的余裕がなかったため、この程度の説明で止むを得なかったことと思われるが、P<sub>25</sub>、P<sub>46</sub> その他の児童が、これで納得し得たかどうかは疑問である。

○ お湯の温度は下がり水の温度は上がる理由の考察

- T そこでね。それならば、お湯の温度はだんだん下がるはずだというんだけど、いったいなぜ下がるのか。また、水の温度はだんだん上がるはずだというんだけど、それはなぜか。P<sub>k</sub> 君は、水の温度は変わらないというんだけどなぜそう思うのか。ひとつ(1)と(2)の□のところへ自分の考えを書いてください。昨日まで勉強したことを思い出しながら考えてください。
- T 書いてしまった人は、しまいにはどうなるかということで、同じになると考えた人は、なぜそうなるのか。また、P<sub>25</sub> 君のように水のほうがお湯のほうより温度が上がるという人は、そのわけを、つぎの(3)の□の中に入れてみてください。



T さあそれでは話し合ってみましょう。  
はじめ、このお湯の温度が下がるわけ  
をどう書きましたか。(指名)

T P<sub>26</sub> 君はどう書いたの?

T そうですね。温度が移るのではなくて熱が移るんですね。温度は熱のこさの程度がどれくらいかということでしたよ。それで、お湯の温度が下がるわけは、いま発表した人たちの考え方でよいのです。

T お湯から水に熱が移るからとか、い  
くからとか書いた人は?

T お湯が水に熱をやるとか、お湯の熱  
がとられるとか書いた人は?

T 両方の考え方がありますが、いい方  
がちがうだけで、同じことですね。  
熱が温度の高いほうから低いほうへ移  
っていくということなんです。

T こんどは、こっちの水の温度が上が  
るわけはどうでしょう。(指名)

T なるほど、水がお湯から熱をもら  
うからというのですね。もらうと書いた  
人ばかりいますか。

T ほかの書き方をした人は?(指名)

T それではP<sub>k</sub> 君はどう書きましたか。

T なるほどね。それで、君はお湯の温  
度が下がるわけのほうはどう書いたの  
ですか。

P<sub>2</sub> 熱はあたたかいほうからつめたいほうへ伝わってくるから、お湯の熱は少なくなって温度が下がる。

P<sub>18</sub> お湯はつめたい水に温度をやるから。

P<sub>26</sub> 温度じゃない、熱だ。

P<sub>28</sub> お湯が水に熱をやるから、お湯の熱はうすくなる。だからお湯の温度が下がる。

・ 10 名位挙手

・ 20 名位挙手

P<sub>29</sub> 水が熱をもらうから温度が上がる。

・ 10 数名挙手

P<sub>19</sub> お湯の熱が水の中にはいるから。

P<sub>4</sub> 熱は温度の低いほうへいくから、お湯から水に流れこんで温度が上がる。

P<sub>k</sub> 昨日はお湯が300CCで水が200CCでしたでしょう。だから今日は、水が300CCでお湯が200CCでしょう。それで、お湯のほうが少ないでしょう。だから水の温度は変らない。

P<sub>k</sub> お湯は水の温度をひっぱる。

17

20

※ここで、担任教師よりP<sub>k</sub>が一昨日欠席している旨の注意あり。

T ああそうですか、それはごめんどめん。P<sub>k</sub>君のような考え方もあるんですよ。みなさんの中にも、はじめはP<sub>k</sub>君のように考えていた人がありましたね。P<sub>k</sub>君にはまたあとで、教えてあげましょう。水の温度が上がるわけは、P<sub>23</sub>君、P<sub>13</sub>君、P<sub>24</sub>君のような説明でいいわけですね。

T それではつぎに、しまいはどうなるかということで、昨日の実験の結果から考えて、しまいに水のほうがお湯のほうより温度が高くなると思った人がいましたが、そうなるわけを考えてみましたか。

T P<sub>25</sub>君どうですか

P<sub>25</sub> うまく書けません。

T それでは、そのところ先生がお話ししましょう。

昨日の実験で、両方の温度が同じになったあと、こんどは外側のはじめ水だったほうの温度がはじめお湯だったほうより温度が少し高くなったのはいったいなぜなんだろう。(第16図を書きながら)そのわけをひとつ考えてみましょう。

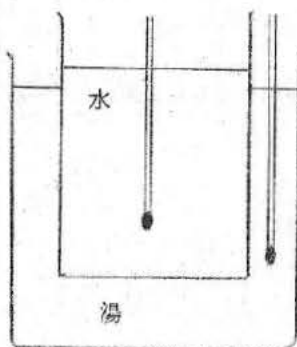
お湯のほうから水のほうへ熱が移って、しまいに両方の熱のこさが同じになる。

……この図のように温度が同じになる

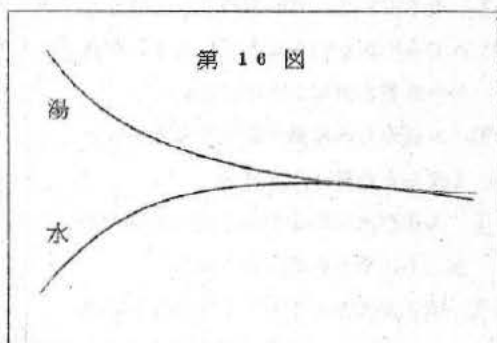
のですね。ところがそのあと、こんどは水のほうがすこし温度が高くなるのはどうもおかしい。いったいどうしたわけなんだろう。

そこで、このビーカーのまわりに冷たい温度の低い空気があることを考えの中に入れてみましょう。それで、ビーカーの中のぬるま湯のほうの温度が高いから熱が空気のほうへ逃げていきますね。するとだんだんさめていく、温度が下がっていく。ところが二本の温度計の位置をみてごらんをさい。外側のビーカーに入れた温度計は空気にふれてゐるビーカーのすぐそばにありますね。それで、その近くにある(第17図を指示しながら)お湯が内側のビーカーの中のお湯より先にさめるはずですね。だから、こっちの温度計の目盛りより早く下がってくる。そこでこの図のような結果になってしまった。先生はこのように考えます。温度計を外側のビーカーに近づけて実験した班ほど、こういう結果になったんだろうと思います。温度計を外側のビーカーからなるべくはなすくふうをしてこの実験をすれば、両方の温度が同じになったままで全体としてだんだんさめていく、温度が下がっていったらうと思います。

第 17 図



第 16 図

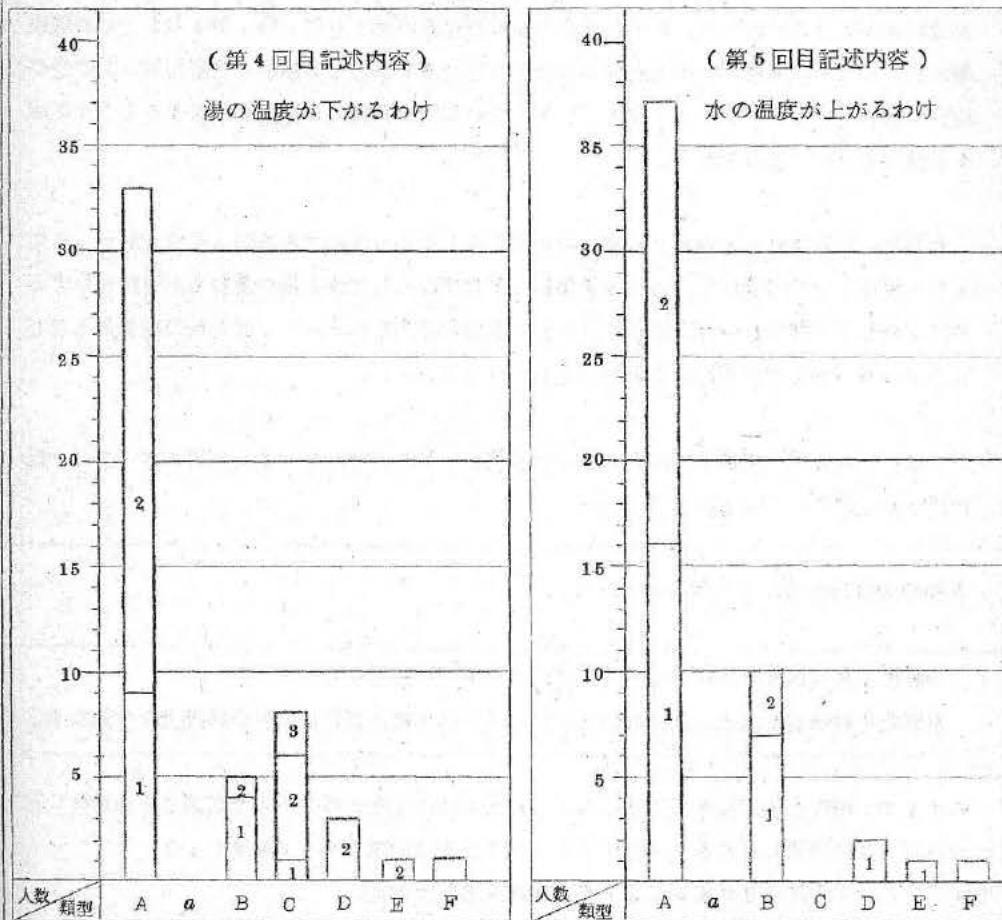


湯の温度が下がり水の温度が上がる理由についての考察

- ・ 水を火で熱するという事象から、水を湯であたためるという事象へ発展的に適用して

その意味内容を拡大してきた熱移動による温度変化の知識を、ここでは経験的には湯をひやすと意識されやすい場に適用させようとしたものである。指導にあたっては、第1時に用いた視覚物による媒介となるものを提供することなく、問題場面だけを提示して温度変化の事実とその理由を考えさせ、考えた内容を記述させた。児童が記述した結果を整理すると第18図のようになる。

第 18 図



- この結果をみると、第1, 2, 3回目までの表現傾向に比べて、A類型の表現をとり得る児童が大巾に増加し、第4回目で33名、第5回目で37名となっている。ことに湯のやりとりという表現を用いているもの(A2型)の増加が目立っている。このことは、第1時、第2時までの指導の結果、温度変化と熱移動の因果関係の理解がしだいに明確化して新しい場面へも適用できるようになったためと思われる。
- ところが、第4回目の湯の温度が下がる理由ではC型の表現、第5回の水の温度が上がる理由ではB型の表現をとるものがそれぞれ8名、10名あり、またDE型の表現に止まるものが2, 3名残っている。これらの児童にとっては、経験的な判断から科学的な判断に転換することがきわめてむずかしいことであって、これまでの指導がほとんどその効果をあげていないかに見受けられる。これはいったいなぜであろうか。もしもこの指導過程の中でさらに改善するとすれば、視覚像と科学的な表現との結合をより強固にするために、

視覚像による説明をさせるような機会をもっと与えて言語表現の定着をはかるようにすることが必要だと思われる。

- ・ 記述後の話し合いでは、A類型の発表がとり上げられ、C類型、B類型、またはE類型の発言は表面に出なかったため、指導は表面的には問題なく進行し、むしろ改めて、指導する必要はないように思われた。しかしながら、前項にあげたように、C、B、Dなどの表現類型に止まっている児童もいくらか残っていたわけであるから、A類型の児童に第9図の逆の場合の図を用いながら説明させるなどして、低い段階の児童の目を開かせてやるような配慮も必要であったと反省される。
- ・ なおP<sub>k</sub>の児童は、欠席のため第1時の学習をしなかったのであるが、その児童が、このような場合、水の温度は変わらないと予見し、その理由として水と湯の量のちがいに着目するのは、むしろ当然であろう。これをもて、大部分の児童にとって、第1時の学習効果はじゅうぶんあったものと考えることができるわけである。
- ・ しまい水と湯の温度が入れかわるといふB<sub>5</sub>、P<sub>48</sub>の発言に対する指導については、既に述べたのでここでは省略する。

#### ④ 新知識の適用練習による理解の一般化

- ・ 一般に、熱は温度の高いものから温度の低いものに移動する。
- ・ 温度変化の事実や温冷の感覚的事実について、温度差に着目して熱の移動方向を判断する。

T いままで、温度が上がったり下がったりして変るのは、熱が移るからであることを勉強したのですが、この勉強したことをもとにして、プリントの問題をやってみましょう。

問題をひとつずつ読みますから、よく考えて答を書いて下さい。

(問題を読みながら、一題ずつ解答させる) P 記入する。

#### 問 題

[1] つぎの□の中にあてはまることばを書きいれなさい。

(1) 熱は温度の□ものから、温度の□ものに移る。

(2) ほかのものから熱をもらうと、そのものの温度は□。

(3) ほかのものに熱をとられると、そのものの温度は□。

[2] つぎのいろいろな場合、熱はなにからなにに移ったのでしょう。

(1) やかんに水をいれて、ストーブにかけておいたら水がお湯になった。

..... □ から □ へ

(2) 夏の暑い日、海岸の砂の上を歩いたら足があつかった。

..... □ から □ へ

(3) 水で手を洗ったら、とてもつめたかった。

.....  から  へ

(4) すいかをいど水の中に入れてひやした。

.....  から  へ

(5) コップにお湯をいれて机の上においたら、さめて水になった。

.....  から  へ

(6) としお君とまさる君があくしゅしたら、としお君はつめたいと感じ、まさる君はあたたかいと感じた。

.....  から  へ

T みんな書いてしまいましたね。それでは、これから先生がお話することをよく聞いて、もしみなさんがいま書いたことで直すところがあったらもう一度書きなおしてください。直す人はいま書いてあるものは消さないで、その下へもう一度書いてください。前に書いたことはそのまま消さないでおくんですよ。……それではお話をします。

熱というのは温度の高いところから温度の低いところへ移るんでしたね。低いほうから高いほうへ移るということはないんでしたね。それで〔2〕の問題を考えるとき、まずどっちの温度が高いかを考えた上で、熱がどこからどこへ移るか考えたほうが間違いなく書けると思います。

さあ、もう一かい考えをおしてください。書き直したほうがよいと思う人は、新しく書くんですよ。直す必要はないと思う人は、そのままでもいいんです。 P 記入する。

T みんな書き直しもすんだようですから、先生といっしょに答えをたしかめましょう。

(一題ずつ話し合いながら正答を確認する。〔2〕の問題では熱のやりとりのおこなわれるものは何か、どっちの温度が高いかを話し合いながら、確かめる。)

48

T それでは、今日のお勉強はこれで終わります。

48

#### 適用練習の指導過程についての考察

これまで、水を湯であたためたり、湯を水でひやすと考えやすい場で、温度変化が生じるのは熱が温度の高いものから低いものに移るからであることを学習してきた。ここでは、それ以外の温度変化の経験的事実に適用させて、理解の一般化をはかる目的で指導したものである。指導の順序としては、はじめに問題場面について児童の適用がどの程度できるかをみるため、自由に記述させ、その後、熱が温度の高いものから低いものに流れることを確認するとともに、熱移動の方向を考えるときには、温度の高低を弁別することが重要な旨の助言を与えて修正させ、最後に記述内容について児童と共同で正しい移動方向を確認するという方法をとった。

・〔1〕の問題は、熱移動の方向と温度変化との関係についての基本的な知識の習得を一応たしかめたものである。この問題についての児童の反応結果をつぎに考察してみよう。

(1)の熱が温度の高いものから低いものに移るといふ知識をみる問題に正解できなかったものが51名中8名あり、誤答の多くは湯から水へ移るといふものであった。これらの誤答者は、これまでの学習の素材として用いられた水と湯の具体性にとどまっていた、そこにある温度の高低という一般性を見抜くことのできなかつたものといえよう。またこれらのものは、先にあげた第1回目から第5回目の記述内容も日常経験的な判断から抜けたすことができているか、またはその時その時で表現に一貫性がなかつたものである。したがってこのような児童に対しては、今回の指導が確実な効果をおよぼしていなかつたといふことがいえよう。

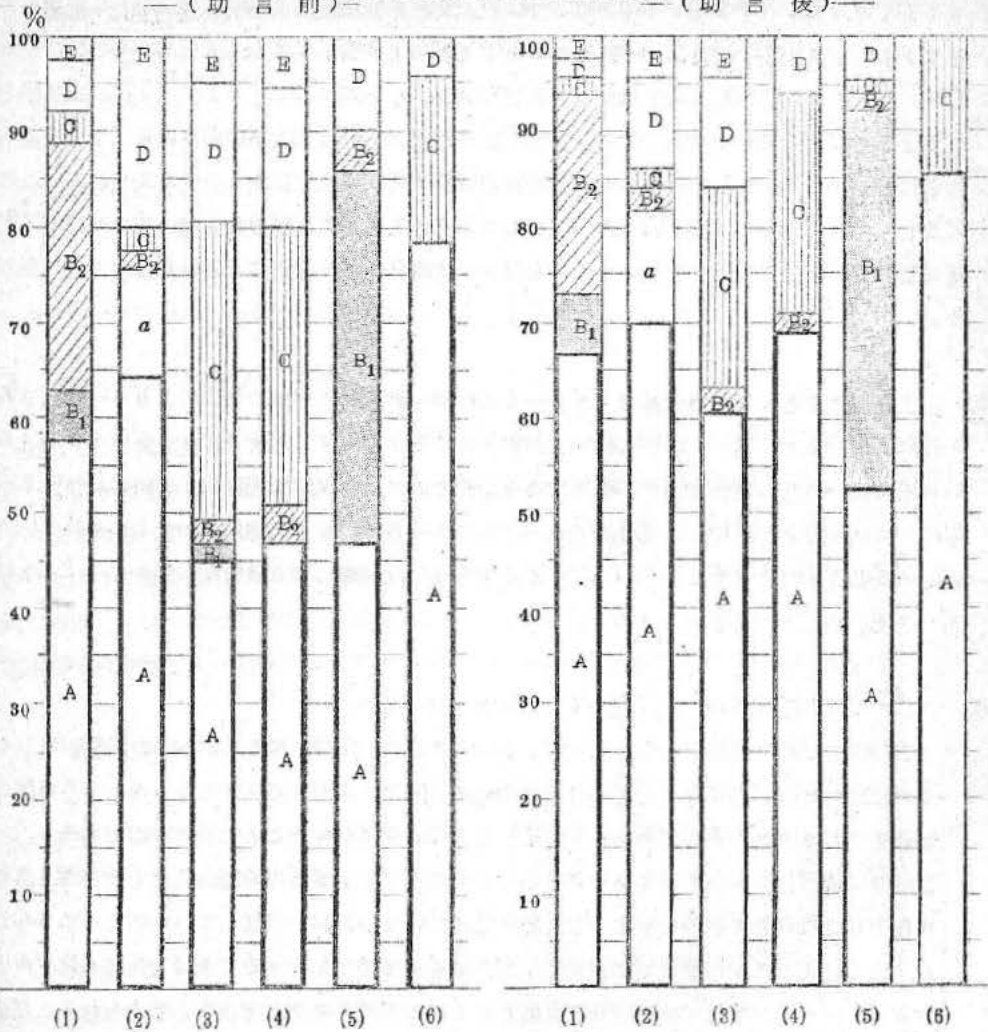
・(2) , (3) の問題は、熱のやりとりという角度から温度変化との関係についての知識を確かめたものである。この問題の誤答者は、(2) で5名、(3) で4名あつて、いずれも(1)の問題にも誤答しているものであった。このことからみると、熱が移るといふ表現と、熱のやりとりという表現を比べると、このような温度変化の場では、あるいは熱のやりとりという表現のほうがわかりやすいように思われる。いずれにしてもこれら両方の表現が場に応じて使い分けられるよう、事象と結びながらの言語表現の練習がこれらの児童にとってはとくに必要であることが反省される。

・〔2〕の問題について、児童の記述内容を類型化すると、つぎのようになる。

- A 正しく温度の高いものから低いものへと書いているもの。
- B 

}	B <sub>1</sub> 湯から水へと書いたもの
}	B <sub>2</sub> 水から湯へと書いたもの
- C 温度の低いものから高いものへ移ると書いてあるもの。
- D その他の誤答
- E 無答

上記の類型で児童の解答を分類整理してみると、第19図のグラフのようになる。この結果にもとづいて、児童の適用能力並びに指導効果を評価してみよう。



① 助言前の平均正答率は57%であり、各小問の正答率は(1)からそれぞれ59%、64%、45%、47%、47%、78%となっている。これを問題〔1〕の正答率84%、90%、92%、並びに第4回目、第5回目記述の正しい表現の率84%、79%と対応してみると、新しい問題場面に既習の知識を適用し得なかったものが相当数あることがわかるし、また、問題場面の構造による困難度が適用の可能性に大きく影響していることも読みとれる。とくに、(3)(4)(5)の正答率が他に比べて低くなっているのは、これらの小問がいずれも物をひやすとかひえる(さめる)という日常経験的な場面であり、しかも(5)は温度の低いものが意識にのぼりにくい場面である。このような場面になると既習の知識を適用することがむずかしくなり、むしろ日常経験からくる感覚的な判断が表面にでてくるか、または温度の高低からみた場面の分析ができなくなる。(3)、(4)は前者にあたり(5)は後者であろう。

以上のように見えてくると、典型的な事象(この指導の場合は湯と水との間の温度変化)の考察により理解したことが、どれだけ一般的な原理としてとらえられているかの度合には、児童の中で相当な個人差のあることが認められる。

② 助言後の平均正答率は68%となり、また各小問の正答率は(1)からそれぞれ67%、70%、61%、69%、53%、86%となっている。これを助言前の正答率と比べると、平均正答率で11%、各小問の正答率でそれぞれ8%、6%、16%、22%、6%、8%の伸びを示している。この正答率は、第4回目、5回目記述の正しい表現の率、および〔1〕の正答率とおおよそ対応するものである。ここで新しく正答し得たものは、教師の助言によって、既習内容との連絡がつき、新しい問題場面についての分析的考察が成立したものと考えられる。これに反し、いぜんとして正答し得なかったものは、もともと熱の移動方向についての知識が不明確に習得されていたため、新しい場面の温度差による分析的な考察ができなかったものであろう。

③ 以上を総合すると、学級児童の45%~50%が、典型的な事象の学習により、一般化された理解（熱は温度の高いものから低いものに移ること）に到達しており、15%~20%くらいの児童は一般化の度合がやや不確実であり、残りの30%程度の児童は、事象の具体性と科学的な言語表現とが断片的、部分的にとらえられて一貫性をもった構造化がおこなわれていないといえることができる。したがって、ここで実施した指導による効果は、おおよそ70%程度の児童にあらわれたこととなろう。

④ つぎに、解答結果にみられた誤答傾向を検討してみよう。

- ・ 小問(1)ではB2 類型（水から湯へ）、小問(5)ではB1 類型（湯から水へ）の誤答が目立つ。これは(1)では水が湯になったという事象の記述、(5)では湯がさめて水になったという事象の記述をそのまま熱の移動方向として解答したものが多くあったことを示すものであろう。温度差に着目して熱の移動方向を考えることができずに、事象の時間的変化をそのまま熱の移動方向と混同していることは、まだ熱移動についての理解が成立していないことのあらわれである。とくに(5)にその傾向が多く、助言後も高率を示していることは、先にも述べたとおり、ピーカーに接している空気を意識しにくいことがその原因であると考えられる。児童は本質的な観点から分析的にみることができない場合には、このような表面的現象的な判断をしてしまうものであることがたしかめられたわけである。
- ・ (3)、(4)の小問ではC 類型（熱が温度の低いものから高いものへ移る）の誤答が目立っている。これも前項と同じように分析的な順序正しい考察をすることなく、感覚的直感的な判断をしてしまった結果と考えられる。しかし助言によって、その点を見直すことができたものも相当数あったことはグラフで見るとおりである。しかし助言後もこのような誤答をくりかえすものも相当あったことは、先にも述べたとおり熱移動についての理解そのものに不じゅうぶんなところがあったものであろう。
- ・ 各小問についてD 類型（その他の誤答）が相当数あるが、これらもその原因は前項までに述べた原因によるものと考えられる。
- ・ 小問(2)ではa 類型（太陽から砂）の誤答がみられるが、これは問題場面の受けとり方の誤りであり、児童はこのような場面では太陽と砂との関係として強く印象づけられるものようである。



- ・ 小問(1)のB1 , 小問(2)のB2 , 小問(3)のB1 B2 小問(4)のB2 など、典型的な場面の具体性(水と湯の間の熱の移動)をそのままここへ適用したものである。これも典型的な素材をとおしてそこにひそむ一般性を理解していなかった結果といえよう。

⑥ これまで考察したことにより、適用練習の指導にはおのずからその効果に限界があるように思われる。それは、典型的な素材をとおしての学習によって効果をあげ得なかった児童にとっては、その後の練習の過程はたいして役立たないということである。

このことは実際の学習指導にあたってしゅうぶん留意しなければならないことであろう。

### 3 指導過程の総合的考察

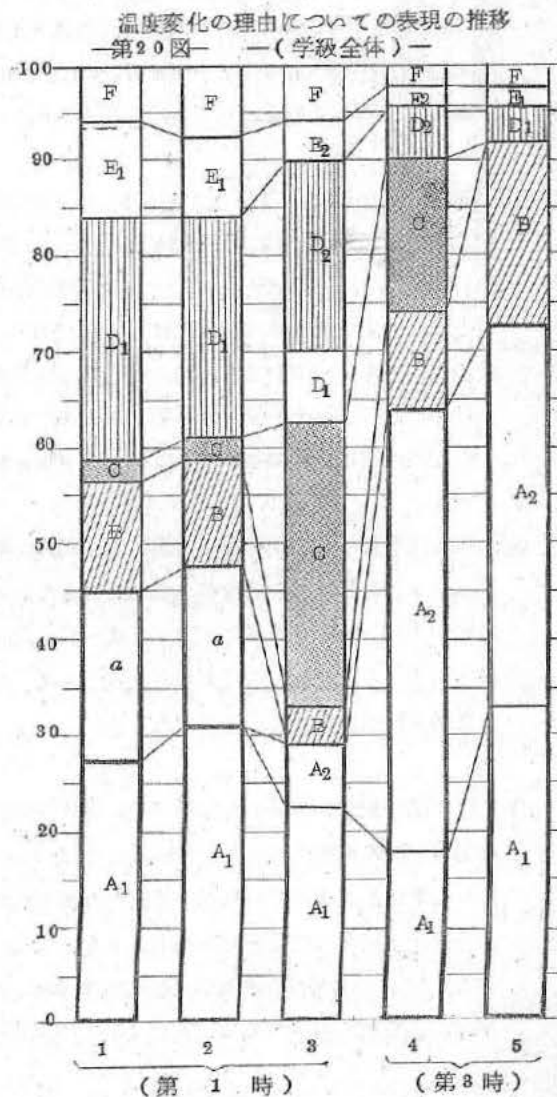
前節では、温度変化と熱移動との関係を理解させることを目標として実施した指導過程の実際を示し、各分節ごとに児童の理解と対応させながら、その分析的考察を行ってきた。ここでは、まずこの指導によって児童の理解過程がどのように展開したかの様相を総合的に考察し、ついでその結果による指導過程の評価をしたいと思う。

#### (1) 理解過程の様相について

##### A 温度変化の原因についての理解の深まり

この指導の第3時前半までは、湯と水との間にみられる温度変化が熱の移動によるものであることと理解を得させることを目的とする過程であった。この過程では、児童の理解がどのように深まったであろうか。

第20図でみるように、第1, 2時までの指導による学習効果は、第4回目、第5回の児童の記述結果にあらわれており、おおよそ70%程度の児童がA類型の説明をなし得るようになっている。これをいいかえるならば、水を湯であたためる場面を素材とした学習の結果、熱移動の考え方を湯を水でひやす場面へも適用することのでき



たものが70%ほどに達したということである。しかし残りの30%ほどの児童には、いぜんとして日常経験的な判断しかできないものが多い。このことは日常経験的な意識構造の固さを示しているとみることができよう。

また、この段階に至る過程(第1時)における理解の深まり方については、つぎのように考えられる。

- ① 水を火であたためる現象を素材として教師から伝達した新概念とそれによる判断を受け入れて、これを水を湯であたためる現象に正しく適用することのできたものは(A類型)、第1回記述内容でみるとおり、わずか27%にすぎなかった。またα類型とB類型の表現をした30%の児童は、これを不確かにしか使えず、残りの43%の児童は、火で水を熱したという現象面のみが知覚されておいて、その現象を説明した内容(新概念とそれによる判断)は受け入れられていなかったのではないかと考えられる。
- ② 第2回記述前に、児童の類推を助ける意図で提示した視覚的な媒介手段(第7図)の効果は第20図でみる限り、ほんのわずかしが認められない。この原因として予想し得ることは、第一に、①で述べたように新概念の受け入れ方が不確かであったこと、第二に、第5図から第7図への類推に断層があったことである。その断層は、第5図の火(アルコールランプの火)と第7図の湯を同じく熱源として対応しにくかったことにあると考えられる。
- ③ 第3回目記述は、同じく水を湯であたためる場面で湯の温度が下がる理由を問題としたものであるが、その直前に、水の温度が上がるわけについて話し合いをし視覚的手段(第7図)を用いて説明してあるにもかかわらず、湯の熱の減少に着目することのできたものは30%弱にすぎなかったことは第20図で示すとおりである。このことは、湯の熱の減少に着目する場面構造の見方の転換がきわめて困難なことのあらわれと考えられる。また、このような転換をさまざまたげる原因が、水から湯への作用と考えやすい日常経験的意識構造の固さにあることは、ここでの記述内容中にC類型が多いことにより明らかである。
- ④ 第3回目記述から第4回目記述に至る間に、第20図でみるとおり理解の大巾な進展がみられる。これは第3回記述後に、水を湯であたためる場面について水の温度が上がるわけと湯の温度が下がるわけを熱移動によって統一的に理解し得たものが増加したことのあらわれと見ることができ。ここでの指導にあたって、湯と水の間熱のやりとりを視覚化させるために用いた第9図の効果によるものであろう。
- ⑤ 第2回目記述から第3回記述の間に理解の伸びがみられないことと、第3回記述から第4回目記述の間の理解の伸びが大きいことを比べると、つぎのようなことが考えられる。それは、水の温度があがるわけから湯の温度が下がるわけへの発展的な適用のほうが、あたためる場面からひやす場面への発展的な適用よりも、児童にとっては困難度がきわめて高いということである。ひやす場面への適用が比較的容易であったのは、同じ湯と水との関係であること、第9図による類推が容易であることによるものであろう。

⑥ さらにこうした理解の深まり方の様相を男女別に比較してみよう。

右の第21図は、A類型の表現をとり得た人数の百分比を男女別に対応して示したものである。これを見ると、視点の変更を行なって場面の構造がえをする思考能力は、女子に比べて男子のほうがややすぐれているように思われる。第2回目記述から第3回目への推移に見られる男女の相違、第3回から第4回目記述間の伸びのちがいは、こうした意味での男女差を示すものである。またこのことは、日常生活経験的な意識構造の固さが男子よりも女子に強いことを示すものと考えられる。

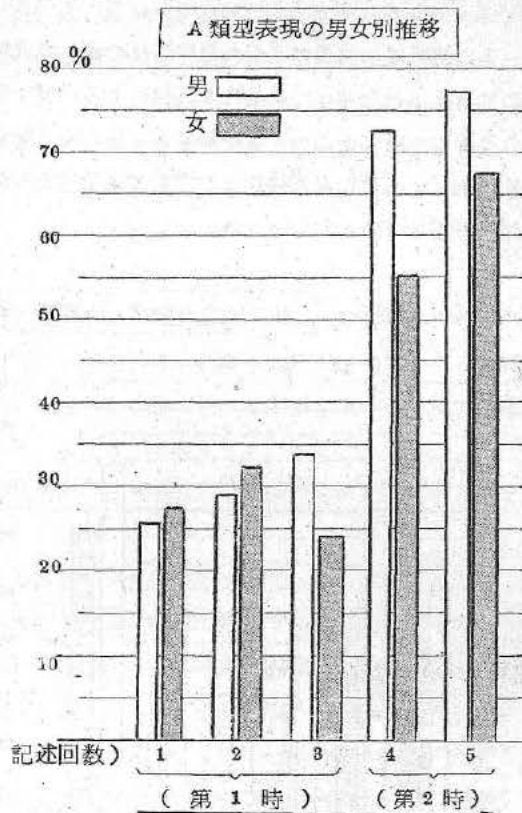
以上は、温度変化と熱移動の関係についての理解過程の様相を考察したものである。最終的には、70%程度の児童が科学的表現による説明ができるようになったとはいふものの、日常経験的な意識構造が科学的な理解構造に高まることはなかなかむずかしく、ことに第1時の指導過程については、さらに改善することの必要が反省されるのである。この点については後述したいと思う。

## B 熱移動の方向についての理解の一般化

第3時後半の指導は、湯と水を素材として学習した熱移動の方向についての理解を、それ以外の熱移動による温度変化の経験的事実に適用させて、理解の一般化をはかることを目的としたものであった。この過程についての考察は、すでにP45の「適用練習の指導過程についての考察」で述べたことでつづいているので、ここでは、分析考察の過程を省略して、その結論だけを再掲し、さらに男女差についての考察を加えることとする。(P45～P49参照)

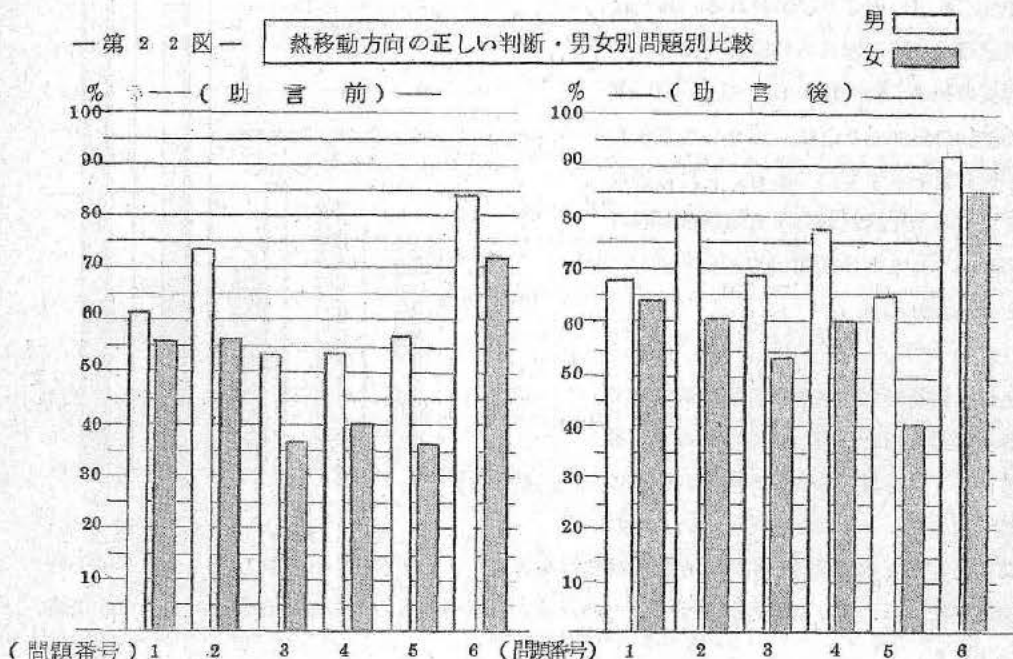
① 湯と水との間にみられる温度変化を素材とした学習の結果、学級児童の45%～50%が一般化された理解(一般に熱は温度の高いものから温度の低いものに移ること)に達することができ、15%～20%くらいの児童は一般化の度合いがやや不確実であると考えられ、残りの30%程度の児童は、事象の具体性と科学的な言語表現(知識)とが断片的部分的に結合して一貫性をもった構造化が行なわれていないということができよう。さらに指導過程の途中で「温度差に着目すること」の助言を行なった結果として、おおよそ60%～70%の児童が一

第21図



一般化された理解を得ることができたと見られる。(第19図参照)

② この結果は、前項で述べた温度変化の理由の理解についての指導効果とおおよそ対応するものである。したがって典型的な素材による学習で理解し得なかった約30%の児童にとってはここでの一般化のための適用練習は、ほとんど無意味で効果がないということがいえよう。逆にいえば、典型的な素材による学習で本質的な理解に達し得たものにとってのみ、その後の一般化が可能であることとなる。



③ つぎに、ここでの男女間にみられる理解の様相の相違を上第22図について考察してみよう。

この図でみるとおり、助言の前後をとおして、女子の正答率は各問題とも男子のそれよりも相対的に低くなっている。ことに問題2, 3, 4, 5についてはその差が大きくなっている。これらの問題が、感覚的要因に強く支配されやすいもの、つめたいものからあたたかいものへの作用と考えやすいもの、温度差が意識にのぼりにくいものであることと考えあわせると、男子にくらべて女子のほうの日常経験的な意識構造の固さが強いということができよう。この点は、前項で述べた女子の実態と符合するものである。

## (2) 指導過程の評価

おわりに、以上述べた理解過程の考察結果にもとづいて、本年度研究の仮説として設定した指導過程の効果と改善点について総合的に評価することとする。

本年度研究の目的は、先にも述べたように、伝達された新概念をより高次の場面へ適用していく過程で、しだいに理解を深め広げていくという指導過程の仮説を、熱移動による温度変化に関する

学習について具体化し、そのような指導過程の成立や、その過程における視覚的方法の効果をたしかめようとするものであった。つきにこの研究目的からみた指導過程の評価結果をまとめてみよう。

この指導の結果として、おおよそ70%前後の児童が、温度変化の原因が熱の移動にあることや熱は温度の高いものから温度の低いものに移ることについての本質的な理解に達し得たことは、先に考察したとおりである。この結果は、この指導過程の成立を一応たしかめ得たことを示すものである。この程度の指導効果で満足すべきものであるかどうかには問題がないわけではないけれども、第一年度研究の小、中学校児童生徒を対象とした理解の実態調査結果（研究紀要第3集参照）と比較すると、この指導過程は成果をあげることができたと考えられるのである。

しかしながら、理解過程の様相について考察した結果から考えると、この指導過程における指導法についてつぎの諸点を改善するならば、さらに高い指導効果をあげることができるものと予想される。ことに、理解過程中的、水の温度が上がるわけから、湯の温度が下がるわけへの発展過程に関連する指導方法の改善が中心になると思われる。以下その改善点をあげることとする。

① 伝達した科学的知識（新概念とそれによる判断の言語的表現）を全児童に定着させるために指導上の配慮をはらうこと。

指導過程を検討してみると、熱移動による温度変化の説明について、多くの児童に正しく表現させるための配慮が足りなかったことが反省される。教師の説明や一部の児童の発言だけでつぎの過程へ進めたことが多かったように思われるが、正しい言語表現を定着させるための練習の過程が意図的に設けられることが必要である。とくに、はじめの新概念の伝達にあたっては、この点の徹底が重要であった。しかしながら注意しなければならないことは、事実と視覚的な媒介物との結合と無関係に、言語表現の練習をすることではなく、常に視覚的な媒介物を使って事実の説明をするという形での練習が重要であるという点である。

② 記述後の話し合いとその指導では、いろいろな考え方を比較検討する時間を、もう少しとること。

それぞれの段階における問題場面で児童個々の考えを記述させたのは、一人一人の児童に考える機会を与えるという指導意図によることと、研究方法上の必要からであった。ところが個々の児童に考えを記述させたあとの話し合いによる指導では、ある一部の児童の考え方が表面にでない場合も多く、しかもそれが正しい表現であった場合には、指導のきめがあらのままにすんでしまうことがあった。学習指導場面の表面にでない考え方もあることを予想して、それらを児童に比較検討させるような指導上の配慮がもっと必要であったと反省される。また、時間的な制約により、記述後の話し合いを省略して教師の一方的な説明ですませたこともあったため、理解構造を転換する機会を失ってしまった児童もあったことと思われる。このような点を改善することによって、日常経験的な意識構造を科学的な理解構造にきりかえる機会を多くすることができるであろう。

③ この指導で用いた視覚的な媒介手段の内容と用い方を、児童の理解過程に即応するよう、さらに改善すること。

この指導で用いた視覚的な媒介手段は、温度変化の事実と熱移動という言語表現による科学的な判断との間にあって両者を結びつける機能を果たすことを目的としたものである。ところが

児童の理解過程の様相をみると、新しい場面の関係は握にこれらの媒介手段をうまく使うことができたとは、必ずしもいえないのである。それならば、これらの媒介手段の内容と用い方をどのように改善したらよいであろうか。つぎにその改善点をあげることにする。

火で水を熱することを素材にして伝達された熱移動の考え方を、湯で水をあたためる場へ適用しようとするときどちらも熱源としての火と湯の対応ができなければ類推するわけにはいかない。ところが、第5図ではアルコールランプを使ったため、アルコールランプの火と湯との対応にむずかしさがあったように思われる。そこでアルコールランプのかわりに炭火のようなものを使って第5図を作ることにより、この図から第7図への連絡がつきやすくなると予想される。

この指導では、湯から水へ熱が移っていく様子を視覚化した第9図を、第三回目記述後(湯の温度が下がるわけ)の指導ではじめて使ったのであるが、これを第二回目記述後の指導過程で児童にもくふうして作らせてみたり、教師が提示したりしたほうがよかったのではないかと思われる。そうすれば、湯の温度が下がるわけに適用して考えることが容易となり、第三回目記述内容の質を高めることができるのではないかと考えられる。

#### 4 む す び 一 第三年次研究の課題一

本年度(第二年次研究)は、日常経験的な意識構造が固く、しかも生活的または知的な問題場面の構成しにくい理解内容の学習について、温度変化と熱移動との関係把握を素材としながら、望ましい指導過程の仮説を設定し、それが果して成立し得るものであるか、どの程度の効果をあげ得るものであるか、また指導方法上の改善点はどうかなどについて、学級という学習指導の場でたしかめることを目的として研究を実施した。研究の結果として、このような指導過程が一応の成果をおさめ得たこと、さらに方法上の二、三の改善を行なうならば、その効果をさらに高めることができるという予想を立て得たことについては前節で述べたとおりである。

しかしながら、研究方法上いくつかの問題点も残っていると思われるので、その点についての反省を加えておきたいと思う。この研究で指導過程の分析を行なうにあたっては、教育研究に比較群法を使うことに対する疑義から、一群法を採用したのであるが、それだけに事例研究的な傾向も強かったのではないかと反省される。一群法による研究に客観性をもたせるためには、指導過程に即応する児童の理解の進展を的確に把握し、それによって指導の評価を行なうことにある。この度の研究ではこの点についてのきめのこまさがややたりなかったと反省される。けれども、そのために学習指導の流れや形態をゆがめてしまってはならないのであって、こまかくみるための資料を得るといっても、この点との調和をどうするかは、やはり研究方法上の課題である。第三年次研究でも、このような課題の解決に努めたいと思っている。

つぎに、本年度研究の結果にもとづき、第三年次研究に残された内容上の課題をあげておくことにする。第三年次研究では、本年度研究でたしかめた指導過程についての一般化をはかることが中心の目的となる。そのための研究内容としては、第一に、本年度と同じ指導過程をその改善点も含めて他の地域の子童に試み、その効果をたしかめること、第二には、同様な原則のもとで中学一年の熱現象に関する指導過程を構成してたしかめること、第三には、他の類似教材についてたしかめ

ることなどである。なお、このことについては、全国教育研究所連盟の共同研究の一環として、互いに分担しあうことになるであろう。

最後に、この中間報告について、いろいろご指導、ご批判をお願いするとともに、本年度研究にご協力いただいた葛塚小学校、上所小学校の先生方に謝意を表する次第である。

( 研究執筆者 小 田 正 衛 )