

生徒の自然認識の実態とその指導

相 沢 陽 一

目 次

I	主題の設定について	57
	(1) 理科教育の目標から	57
	(2) 研究のねらい	57
II	研究の方法	58
III	認識の実態	58
	1. 温度と熱について	58
	2. 浮力について	60
	3. 大気圧について	61
	4. 水圧について	62
	5. 物質の状態変化について	63
IV	指導の実例	64
V	考 察	66
VI	おわりに	67

I 主題の設定について

1 理科教育の目標から

理科教育の目標は「正しい自然観の確立」と「自然認識を深める」ことであろう。植物は環境に適應していると同時に、環境にはたらきかけ、変えていくことは生物学の示すところである。同様に我々は自然に順応するだけでなく、積極的に自然を変革し、生活を豊にすることが可能であり、その方向に努力しなければならないとする自然観は正しい。かって光合成と呼吸作用についての混乱が論議された。これは生物としての最も基本的な物質交代を、「ガス交換」というたんに現象面から強調したことによって生じた、子どもたちの認識の混乱に起因したもので、正しい認識の方向と深め方の重要性を示すものにほかならない。

認識とは、こゝではたんに対象の反映にとどまらず、その反映が生活行動の原動力としてはたらく段階をさすものである。つまり次の認識を可能にしてはじめて認識といえるのである。たんに知識や概念のは握にとどまることなく、創造のための力としてはたらく認識にまで深めなければならない。なお自然認識の深まる過程は、科学的思考力のはたらく過程であり、科学的知識を理解する過程ともつながりがあるといえる。知識と無関係な能力はありえないであろうし、認識の過程に能力が作用することも明白である。しかしあえてこゝで自然認識の面から問題をほり下げようとするのは、認識が思考や理解の相互作用による所産であり、それを深めることが理科教育の目標であると考えからである。

したがって、このような立場からは「認識の順次性」について考察し、明らかにしなければならない。一般に認識は感性的から理性的へ、具体的から抽象的へと深まるといわれる。つまり認識の深まり方に段階があり、したがって指導はその段階を一步一步ふまえてなされなければならないわけである。それは、子どもたちの認識が、その発達段階に規定されるからであるともいえる。なお発達段階は、たんに年齢によって固定されたものでなく、広く経験によって、変化発展するものであることに留意しなければならない。ところで「認識の順次性」についての考え方は必ずしも同一ではないが、私は科学の系統と子どもの認識の実態の両者から相補的に規定されるものではなかろうかと考えている。

それ故に、認識を深めるためには、子どもたちの認識の実態を適確には握ることからまずその第一歩を踏み出さなければならない。それには一時間一時間の授業の過程で、子どもの反応と思考をとおして、一つ一つ具体的な形で明かにし、その上にたつて自然の体質により深く入りこむ方向に認識を深めるよう、指導がなされなければならないであろう。

2 研究のねらい

理科教育における自然認識の研究は、①自然認識を深める方向、②自然認識の順次性、③自然認識を深める理科学習の方法の三つに大別して考えることができよう。これらの三つは無関係ではなく、互に関連し、重なり合い、作用することは当然であるが、自然認識を深める方向とは、主として内容面を意味し、端的に言えば、自然の本質にせまる方向であるといえよう。それは自然科学の成果に負うものである。何が教材として重要であるかは、この面から吟味されなければならないであろう。認識の順次性については、すでに述べてきたとおりであるが、理科学習の方法と深いつな

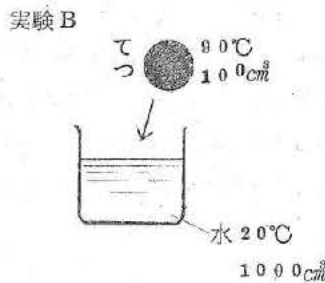
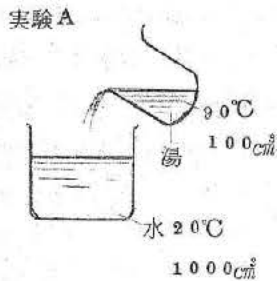
がりもち。その指導法をきめる基盤ともなるもので、我々教師はそれを確実にとらえる努力をなさなければならない。それにはまず、認識の実態を個々の具体例について集積しなければならないわけで、そこに本研究のポイントをおくものである。また自然認識を深める埋科学習のあり方は認識を深める方向と、認識の順次性に規定されるものではあるが、一般的にいえば、認識の順次性に従って、基本的なことから順次体系的に、実験観察（知覚）と思考をからませて、実践的に深めていかななくてはならないと考えられる。認識は実践をとおして深められ、確かなものとなるであろうからである。

II 研究の方法

認識の実態を把握する方法としては、①理科ノートの検討による、②授業研究による、③質問紙法によるなど、いくつも考えられる。しかしここでは、平素の授業過程における生徒の反応に注意をはらい、特に誤った認識の具体例や認識の困難な具体例をみつけ出し、一般的と考えられるものについて、質問紙法により全体的傾向を把握するよう試みた。このような具体例は、現場の指導に直接後だつものであり、かつその集積は、現場で日々実践している我々教師の役割とも考えられるからである。現場の教師なら誰れでも（意識的できさえあれば）気軽にできる方法といえよう。当調査は柏崎市内の中学1年3年について、それぞれおよそ200名ずつ、新市域、旧市域、大規模、小規模学校を対象として、12月上旬に行なったものである。

III 認識の実態

1 温度と熱について



左図のように、ビーカーに入っている 20°C 1000 cm^3 の水の中に、それぞれ 90°C の湯 100 cm^3 を入れたとき（実験A）と 90°C 100 cm^3 の鉄球を入れたとき（実験B）の結果について、次の問にこたえよ。

I (1) 実験Aで大きい入れものの中の水の温度はどうなるか。

イ 上がる ロ 下がる ハ かわらない ニ そのときによってちがう

(2) またその理由としてはどれが正しいか

イ 湯から水に熱がうつるから ロ 水が湯をひやすから ハ 湯が水をあたためるから
ニ 温度がまじるから ホ 湯から水に温度がうつるから ヘ 水から湯に熱がうつるから
ニ 水にくらべて湯が少ないから

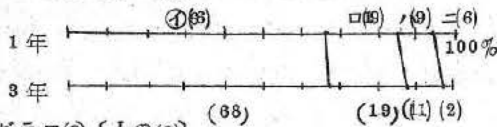
II (1) 実験Bで水の温度はどうなるか

イ 上がる ロ 下がる ハ かわらない ニ そのときによってちがう

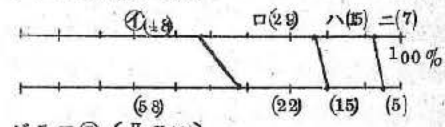
(2) またその理由としてはどれが正しいか

イ 鉄の熱が水にうつる ロ 鉄の温度が下がるだけ ハ 水が鉄をひやすだけ
 ニ 鉄は水にまじらない ホ 鉄の温度が水にうつる ヘ 鉄が少ない

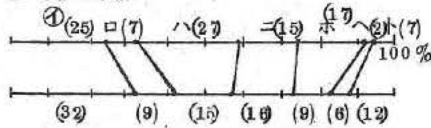
グラフ① [Iの(1)]



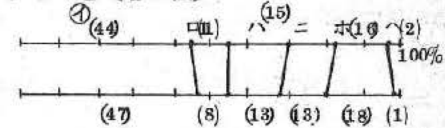
グラフ④ [IIの(1)]



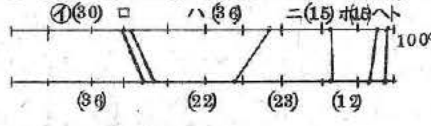
グラフ② [Iの(2)]



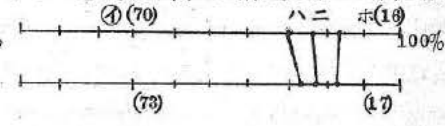
グラフ⑤ [IIの(2)]



グラフ③ [Iの(1)で正解したもの(2)の解答]



グラフ⑥ [IIの(1)で正解したもの(2)の解答]



上のグラフは各選択肢についての解答の百分率を学年別に棒状化して表わしたもので、上段は1年下段は3年を示している。イ、ロ、ハ、……は各選択肢の記号で、()内の数字はその解答総数に対する百分率である。また正解には○印をつけてある。

I、IIとも(1)で水の温度が上がると正解したものが多く、それでも48%から65%にすぎない。水の温度が下がるとの誤答が目立つが、湯の温度と鉄球の温度ととり違えたこと、および水が湯や鉄球をひやすからと、ひやすということばにまどわされたものと考えられる。また水の温度は変わらないとの誤りは、「鉄の温度が下がるだけ」「水が鉄をひやすだけ」「鉄は水にまじらない」という認識のしかたに起因するものといえよう。このことは1年生について行った別の調査結果からもうなずけることである。(1表) 一方水の温度は上昇すると正解しても、それを温度の高いものから低いものへの熱量の移動として正しく認識しているのはIの場合では僅か $\frac{1}{3}$ にすぎない。(グラフ③)また「湯が水をあたためるから」「温度がまじるから」「湯から水に温度がうつるから」という認識が目立っている。このことから、温度と熱の区別が未文化であること、牛乳をあたためるといような日常経験的事象が日常語として定着し、正しい認識の深化を阻害していること、熱現象の認識が、水がまじるなどのそれと同様、感性的な低い段階にとどまっていることなどを察知できるのである。

表1 温度の高い鉄球を水に入れても水温は変わらないとしたものの理由(記述)

○鉄を入れてもまわりが水だからひやされる (7人)	○鉄はかたまりでまじらない (3人)
○水の中に鉄を入れてもかわらない (4人)	○鉄のあつさは水できえる (2人)
○鉄はつめたいものの中に入れては温度が下がるが水は変化しない (3人)	○その他 (12人)
○水の中に入れるとジューというだけ (3人)	○無解答 (7人)
()内は調査人員100人中の数	

以上の考察からも明かなように、「温度変化は熱量の移動による」という熱現象の基礎を、いろいろの実験観察から一般化し、確実に認識させなければならない。その上になつて、熱量の大きさ、

物質の量、種類によって温度変化が異なることを、さらにそれらを分子運動論的に、かつエネルギー不滅の方向に、一段と認識を深めるよう指導されなければならないであろう。

2 浮力について

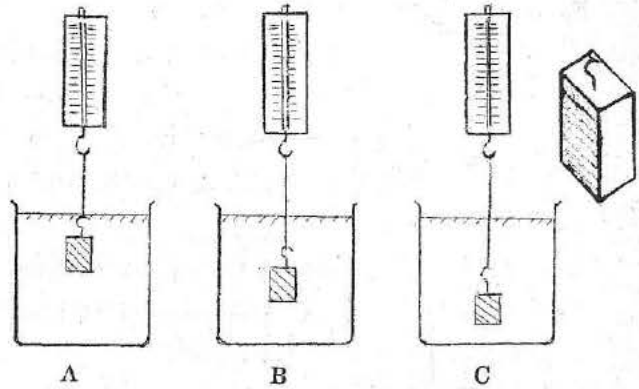
I 物体が水の中でうける浮力（ばねばかりの目盛が空気中よりどれだけ少くなるかの値）が大きいのは次のどのときか

- イ 物体の体積が大でほかは同じ ハ 物体の空気中の重さが大でほかは同じ
 ロ 物体の表面積が大でほかは同じ ニ 物体の水中における深さが大でほかは同じ

II 右図のような物体を、

それぞれA、B、Cのように、水中に入れたときのばねばかりの目盛について答えよ

ただし、A、B、Cに使用した物体は体積、重さとまったく等しいもので、ただ水中に入っている深さがちがうだけである。



- イ A、B、Cのばねばかりの目盛は同じ ハ Cのばねばかりの目盛が一番少い
 ロ Aのばねばかりの目盛が一番少い ニ Dのばねばかりの目盛が一番少い

III 体積が50cm³、空気中での重さが135gの物体を、水の中ではかったら、ばねばかりの目盛は何グラムをしめすか

グラフ⑨〔I〕

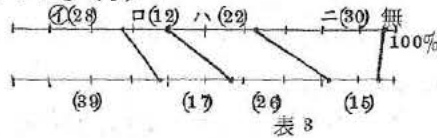


表3

グラフ⑩〔II〕

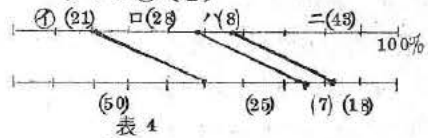


表4

表2 IIIの正解率

1年	3年
45%	49%

IIを正解したものでI、IIIとも正解したものを正解したものの割合

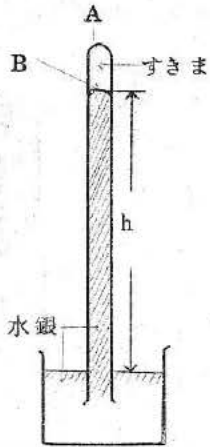
1年	3年
33%	45%

1年	3年
15%	22%

浮力の大きさが物体の体積の大小によるものであることが正しく認識されていない。ことに1年生では水中で深いほど浮力が大きいという誤りが目だっている。水圧の強さが深さに比例することと混同していると考えられる。また空気中での重さが大きいほど浮力が大きいとの誤りも高率をしめている。一方計算によって浮力の大きさを求めることは、両学年ともほぼ半数近くの正答率なのに、その正答者でさえ、浮力の大小が物体の大小に規定されることを確実に認識しているのは、1年で $\frac{1}{3}$ 、3年で $\frac{1}{2}$ 弱でしかない。これは計算ができることと、その現象の本質についての認識の深まりとが、必ずしも一致するものでないことを意味するといえよう。計算式を暗記させ、ドリルする

ことによって計算力を増しても、にわかに認識が深まったとはいえないことに留意しなければならないであろう。結局、体積が等しく重さの異なる物体や重さが等しく体積が異なる物体について、さらに水中のいろいろの深さのところ測定するなど、種々の実験から帰納的に、正しい認識を深めるよう指導が着実になされなければならない。

3 大気圧（トリチェリーの実験）について



管の中に水銀を入れ、水銀の入ったいれものの中にてたたら左図のように管の上部にすき間ができた（ただし実験は正確に行われたものとする）。

I 管の上部にできたすきまはどんな状態か

- イ しんくうである
- ハ いろいろの気体がつまっている。
- ロ 空気がつまっている
- ニ 水蒸気がつまっている

II 管の中の水銀の上部（Bのところ）に圧力がはたらいているかどうか。

- イ 圧力はくわわっていない
- ハ 空気中より大きい圧力がくわわっている
- ロ 空気中と同じ強さの圧力がくわわっている
- ニ 空気中よりは小さい圧力がくわわっている

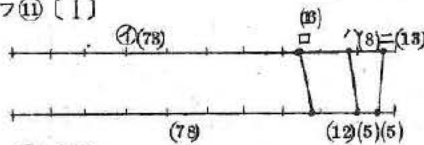
III 管の中の水銀が下までおちてこないのはなぜか

- イ 空気の圧力がはたらいて大きいけれども、その水銀面をおしているから
- ハ 水銀の圧力をしらべる実験だから
- ロ 水銀がかかるから
- ニ 空気の圧力をしらべる実験だから
- ホ 水銀柱の高さはきまっているから

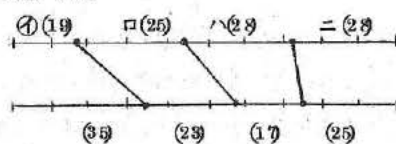
IV この装置の管の先たん（Aのところ）にあなをあげたらどうなるか

- イ 管の中の水銀は全部さがってまわりの水銀と同じ高さになる
- ハ 変化しない
- ロ あなから水銀がふきでる
- ニ 水銀は最初より少しさがって、hの値が小さくなる

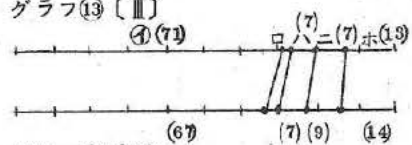
グラフ⑪〔I〕



グラフ⑫〔II〕



グラフ⑬〔III〕



グラフ⑭〔IV〕

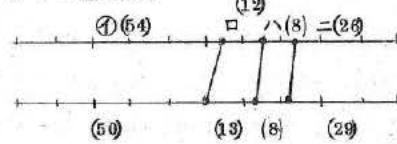


表5〔I, II, III, IVとも正解〕

Iではトリチェリーの真空として親しまれているせいかな？、正答者が多いが真空部の圧力については、でたために解答したと思われるほど、認識が不確実であるといえる。
 (グラフ⑫) 真空とは何か、圧力はどうして生じるか

1年	3年
13%	14%

の認識が不足しているせいであろう。Ⅰ、Ⅱの認識が基礎になって、Ⅲの水銀柱hが大気圧の強さをしめす論理的根拠が得られるわけであるが、それにはⅢの正解が多く、しかもⅣで正解率が減少することとあわせて、論理の飛躍がみられるのである。実験観察と原理法則のつながり、なかならず、その過程における理論的および論理的方法の欠陥が目立つといえる。実験のための実験になる危険性がみられるようである。

4. 水圧について

Ⅰ 次のそれぞれについて正しいものをえらんで答えよ

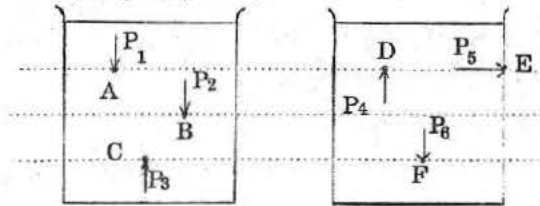
(1) 水中のある一点にはたらく水の圧力の強さは

- イ 水面から深いほど強い ロ 水面から深いほど弱い ハ 水面からの深さに関係しない

(2) 水中の一点にはたらく、いろいろの方向からの水の圧力の強さは

- イ 一定である ロ 一定でない ハ その時によってかわる

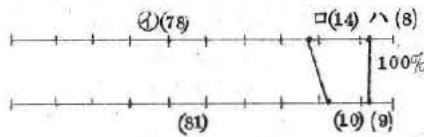
Ⅱ 右図で、 P_1 から P_6 までは、それぞれ水中のAからFまでの各点にはたらく水の圧力をあらわしたものである。



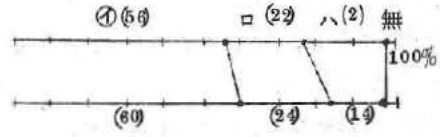
(1) P_1 と同じ強さの水の圧力はどれか

(2) P_2 と同じ強さの水の圧力はどれか

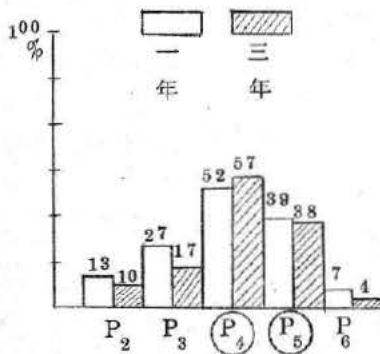
グラフ⑮〔Ⅰの(1)〕



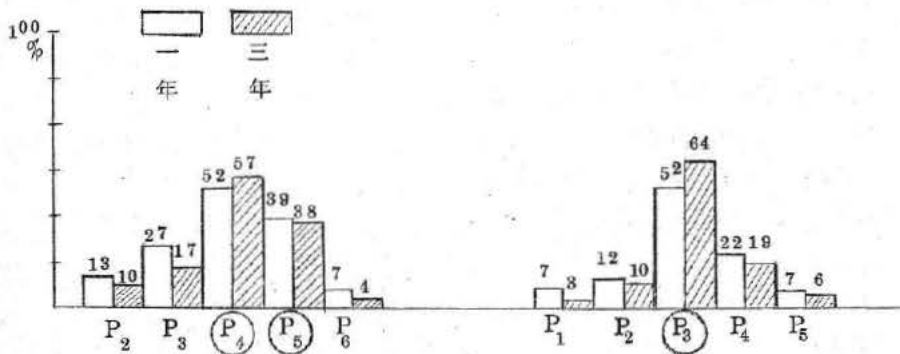
グラフ⑯〔Ⅰの(2)〕



グラフ⑰〔Ⅱの(1)〕



グラフ⑱〔Ⅱの(2)〕



水圧の強さは、水面から深くなるほど強くなることの正解率が高いが、方向要素を導入するだけで、原理的には同じことでも相当低下する。(グラフ⑮⑯、⑰の P_4 、⑱の P_3)とくに側圧につ

いては一層不確実であるといえる。(グラフ⑰のP3)

またグラフ⑰のP3と⑱のP4の誤りは同じ傾向をしめすも [全部を正解したものの百分率]

ので、圧力の方向を矢印で表わすことに関連しているよ 表 6

うに思われる。上図でPは水面からA点までが水の深さであり、

P3では水底からC点までが水の深さと誤った認識をする生徒が多

1年	3年
11%	18%

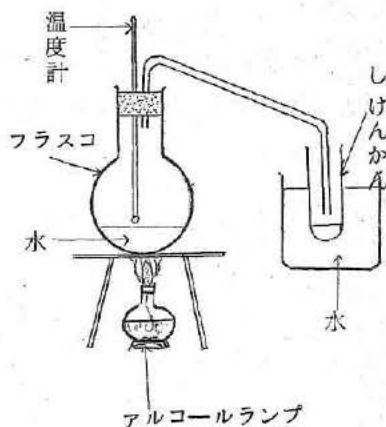
いからである。水の深さといった全く基本的なことでも、条件設定が異ると、あやふやになるのが、かなり多数の認識の実態だといえるのであろう。水圧の強さは水面からの深さに比例するという認識は、よく行われる側面にいくつかの孔のあいた円筒の容器に水を入れてみる実験で簡単にすませ、仮に結果をことばにまとめていい表わすことができたからといって、にわかには水圧についての認識が深まったとはいえない。だいたい水圧が上向きにはたらくことだけでも、それだけの手順をへて認識が可能になるのである。側圧についてはなおさらのことであろう。「水中ではあらゆる方向に圧力がはたらく」「水圧の強さは深さに関係がある」「水圧の強さは水面からの深さに比例する」という手順で、実験と論理的考察とから確かなものにしていかなければならない。

5. 物質の状態変化について

右図のようにフラスコに水を入れ、アルコールランプで熱して次のような観察をした。

〔観察〕

- A 熱しはじめて少したったら水の中であわが少し出た
- B まもなくあわはきえて、それからさかんに水が動いてきた
- C それからまたしばらくたったら、フラスコの底の方がさかんにあわが出てきた
- D それから少したったら、しけんかんの中にはとうめいな液体がだんだんたまってきた。あわは出ていた。
- E アルコールランプの火を消したら、あわはじきに出なくなった。



〔しつもん〕

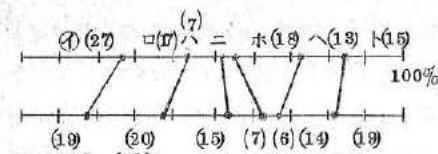
- I Cで観察した、フラスコの底の方からさかんに出てきたあわは何か
- II このように水を熱したとき、水底からさかんにあわが出てくることがらを何というか
- III しけんかんにたまった、とうめいな液体は何か
- IV 観察Cでさかんにあわが出ているとき、温度計の目盛は何度くらいか

グラフ⑱〔I〕

- イ 水蒸気
- ロ 酸素
- ハ 水素
- ニ 二酸化炭素
- ホ 空気
- ヘ その他
- ト 無解答又は不明

グラフ⑳〔II〕

- イ ふっとう
- ロ 蒸発
- ハ 蒸留
- ニ 水蒸気
- ホ その他
- ヘ 無解答又は不明



グラフ①〔Ⅲ〕

- イ 蒸留水
- ロ 水蒸気
- ハ 酸素
- ニ 水素
- ホ その他
- ヘ 無解答又は不明

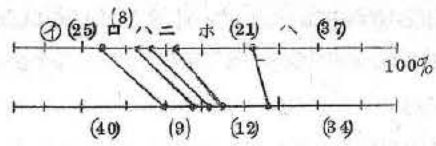
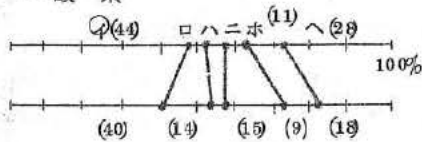


表7〔Ⅳの正解者の百分率〕

1年	3年
58%	68%

水の沸点が100℃であることについては、それが日常生活に関連が深く、たんなる知識ともいえることからのせいかな、かなりの正答率をしめした。(表7) しかし沸とうという名称については意外に少ない。しかしいずれも1年に比べ3年の正答率は高く、このようなことばとしての知識は生活経験の増大とともに増すように思われる。それに反して沸とうや液化のように、状態変化についての本質的な認識は不十分で、しかも正しい指導による学習経験がなされない限り深まりようがないように思われる。沸とうの際生じるあわが、酸素や水素であり空気である限り、正しい認識は不可能であろう。水の三態については、水は水蒸気になったり、氷になったりするという経験的知識としてでなく、また気化や液化の名称を知ったり、沸点が100℃であることを確かめるだけでもじゅうぶんではない。それらの現象が熱量の出入りに起因する水の状態の変化であることを、実験観察をとおして、確かな認識にまで深めなければならない。さらにそれは熱による分子運動論的に認識することによっていっそう深まるであろう。けっしてたんなることばとして覚えることではない。

Ⅳ 指導の実例

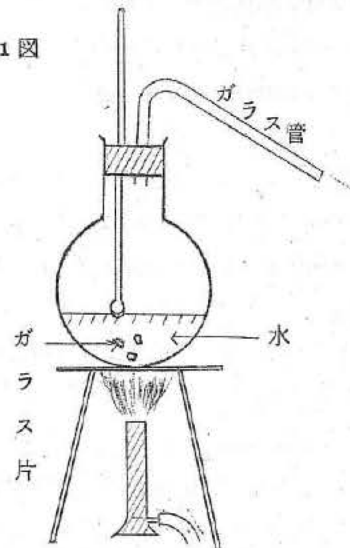
前述の水の状態変化の実態に照らし、とくに沸とうについて、誤った認識を砕き、熱による水の状態変化であることの認識を深める指導の事例を簡略に述べよう。まず1図のように装置し、注意深く観察し、変化の様子をメモするよう指示する。

T—「何か変化はないか」 T—「フラスコがくもってきました」 P—「フラスコのまわりの方から少しあわが出た」 P—「水が動いているようだ」 P—「対流だ」 P—「フラスコの内側に水がついてきました」などの声

T—「どうしてフラスコに水がついたんだろう」

P—「蒸発したんです、水は蒸発すると水蒸気になる」

1 図



のです」P—「水蒸気が冷えて水になったのだと思います」T—「温度計は？」P—「うあすごい／
 どんどんあがっていく」P—「もう80度こしたぞ」P—「水がじゃんじゃん動いている」P—「
 あ／またあわがでてきた」P—「にえたってきたんだ」T—「温度計の目盛りはいくらですか」P—
 「だいたい100度です」P—「水は100度で沸とうするんだ」ますますあわが盛んに出て、ガ
 ラス管の先端から勢いよく水蒸気がふきだしてきたので、焰を少し小さくし、T—「いま、フラ
 スコの底の方からさかんにあわがでていきますねこのような状態を何といいますか」P—「沸とうです」
 の声が多数。

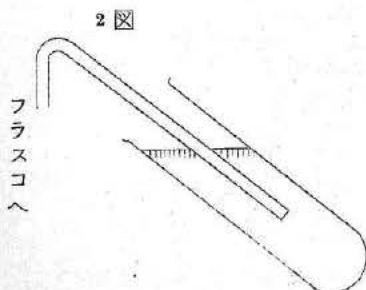
ここで水は100度になると沸とうすることを説明し次のように板書

水を熱する→底の方からさかんにあわが出る＝沸とうという——温度は100℃

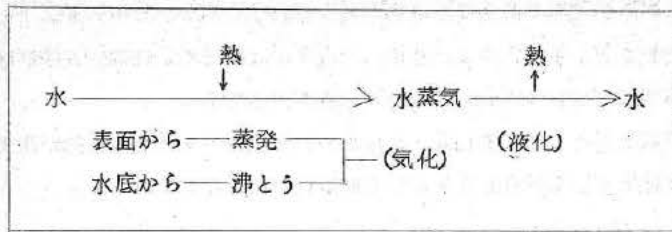
T—「ところで、底からさかんにでてくるあわは何だろう」と質問、一寸変な顔をしていたが、じ
 きP—「空気だと思います」「酸素だ」「水素だと思う」「私は水蒸気だと思います」など続出。
 そこでどうしてそう考えたかを発表させる。

P—「空気があたためられたからでてきたのです、魚が生きているのは空気が入っているからで
 す」P—「水は酸素と水素からできているでしょう、水素は水蒸気としてでるからあわは酸素だと思
 う」P—「水素は酸素よりかるいから、あわになってでてくるのは水素だと思います」どうやら
 空気、酸素、水素の意見が優勢である。そこでT—「水蒸気と考えた人は？」と質問、P—「だっ
 て、水素や酸素は電気分解のときでなければでないでしょう、だからおかしい」T—「さあ、いま
 の意見はどうだろう」とさそいかける。しばらくおかしいなという顔をしている。P—「水蒸気は
 蒸発のときでるんだ、沸とうだからちがうと思う」と反論、P—「水蒸気は酸素と水素からでき
 ているでしょう、だからあわは酸素か水素だと思います」P—「水は熱すると水蒸気になるんでし
 ょう、だからやっぱり水蒸気だと思うけど……」やゝ自信なさそう。「先生／答えはどれですか／」
 の声もでてくる。ここでしらべる方法を考えさせる。

「水素なら火を近づければポツといってもえる」「酸素ならものがよくもえる」「水蒸気なら水
 になる」とのことで8つの実験を試みる。酸素や水素ではなさそうだとの声が大、「水蒸気だ」
 との意見が多数になる。ところが「水蒸気はでているけれども、それは表面から蒸発しているので
 中からでているあわはやっぱり空気だと思う」どの反論がでる。またゆきずまって困っている。そ
 こで次のヒントを与える。T—「ガラス管の先を水の中に入れたらどうなるだろう」P—「空気は
 あわになってでる」P—「酸素も水素もあわになる」P—「水蒸気はひいて水になるからあわはで
 ない」2図のように太い試験管に水を入れ、ガラス管の先端をさしこんで、あわがでないこと（注

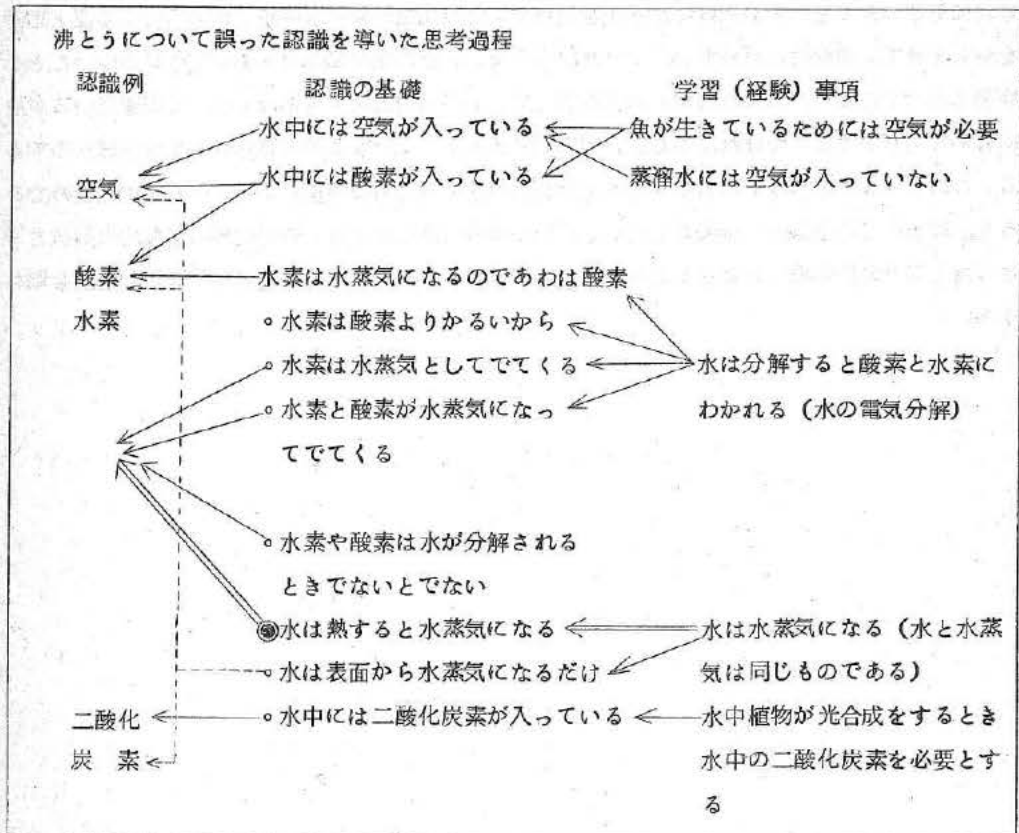


あまり激しく沸とうさせるとうまくいかない)、水の量が多
 くなり、だんだん水の温度が高くなることを確認させる。さらにフラ
 スコ中の水がだんだん減ることも併わせ観察させ、また水はただ熱
 して沸とうさせたくらいでは分解しないこと、だから電気をとおし
 て分解することを説明、また水中にとけている空気もわずかで、熱
 しはじめたときにでたあわがそれであることを説明して次のように
 まとめた。



蒸留水を熱してもあわが
 であることを確かめれば一層
 よかったかもしれない。
 ずい分まわり道をしたよ
 うであるが、このように基
 本的な事項については、

一步一步低い段階から着実に、誤った認識をときほぐしつつ、正しい方向に深めなければならない
 であろう。



V 考 察

以上に述べた生徒の認識の実態についての断面と指導の一例からも推察できると思うが、一般的傾向として次のようにまとめることができるであろう。

- ◎ 日常経験的なことでも、現象についてはともかく、本質的な面への認識の深まりが十分ではない。このことは全般的事象にあてはまるように思われる。教師は正しい教材観を身につけ、意識的に本質にせまる方向に指導しなければならない。
- ◎ 平常のことばにおきかえられた概念は、誤った認識を定着させる原因になることが考えられる。
- ◎ ことばとして知っていることは、必ずしも認識が深まっていることを意味するものではない。

い。明瞭なことながら、国語的理科の無意味さに留意しなければならないであろう。

- ◎ 実験は目的でなく、法則を導く手段である。法則への過程には論理的、理論的方法がはたらかなければならない。論理的思考をはたかせる指導過程が大切である。
- ◎ 計算問題のできと、認識の度合とは必ずしも一致しない。計算ができたから認識が深まるのでなく、認識の深まった結果として計算もできるのでなければならないであろう。

VI おわりに

生徒の着想や発想は、結論をあらかじめ知っている教師のそれと異なり、多種多様である。何が本質に結びつき、またその妨げになるかを見極め、浅い認識から一步一步、体系的に、感覚と思考をからませて、実践的に深めていかなければならない。この小論では、まとまった成果の少いことを痛感するのであるが、しかし問題の所在を明かにし、現場の教師が可能な、むしろ現場にいるが故に適格でありかつなさなければならない問題の提起として、いささかの意味をもてばと思うのである。このような大問題は、あらゆる教師、研究者の地道な資料の集積によってのみ可能なものであろう。最後にこの小論は、学校長はじめ、校内の理科担任の生先方、資料収集に積極的に御協力下さった先生方の指導助言によってまとめることができた。厚く感謝の意を表し、今後の鞭達を賜わりたい。