

IV 考えを組み立てる楽しみ

自然を観察し、自然に働きかけて得られたたくさんの事実を組み立て、1つの概念としてまとめあげていくのは大変な作業である。しかし、自分なりの考えを組み立てていくのは大きな楽しみであり、知的な遊びでもある。

幼稚園や保育園でいろいろな活動を繰り返す幼児も、小学校の生活科で多様な経験を広げていく低学年の児童も、理科を学ぶ中・高学年の児童も、それぞれその年代に相応した考えを組み立てていく。また、中学生になれば、五感を十分に働かせて観察したり、条件を統一して実験を企画し、正確に測定し、それらのデータを記録し、整理して自分なりの考えをまとめあげる。こうしたことについては、「働きかける楽しみ」の項でも触れたが、ここでは、児童や生徒が情報を解釈し、自分なりの考えをまとめていった事例のいくつかを紹介する。

1 水のかくれんぼ

昭和63年11月28日の朝は、道にも田んぼにも霜が降り、真っ白であった。いよいよ冬の到来である。この日は定例の全校朝の会で、「今朝はとても寒かったですね。運動場のすみっこや鉄棒が真っ白になっていました。一面の霜です。この霜は、空気中にかくれていた水（水蒸気）が、あまりの寒さのために、かくれんぼをやめて出てきたのです。小さな小さな氷の粒になってしまったのです。でも、暖かくなってくると、また、空気中にかくれんぼしに行きますよ。今日は何時ごろになると、みんなかくれてしまうでしょうか」こんな話をした。

それから、数日、4年生担任の稲葉史子先生が、

「子どものノートにこんながありました」

と持ってきてくれたノートには、「ホウ酸は水に溶けていても冷える
と出てくる」という学習と結び付けた次のような文章があった。

○ はじめて知った空気が小さな粒だってこと。校長先生の話をしてきいたときびっくりして、つい空気をつかんだ。どうしてかというところ、つかむと粒がこわれると思ったから。理科の時間、水も粒だということもわかった。水の中にホウ酸を入れてとけたと思っていると、ちょっと時間がたつと下にたまる。水をあたためると、ホウ酸は水の中にかくれる。おにはだれだろ。きっと、温度だと思う。温度はホウ酸を見つけられなくて、降参をして温度が低くなる。すると、ホウ酸が出てくる。そういうかくれんぼだと思う。

○ ホウ酸はあたたかくすると消えてしまい冷えると出てくる。ホウ酸っておもしろいなと思いました。校長先生の空気中の目には見えない水が寒くなると霜になって出てくるという話。寒くなると霜になって出てくるなんてホウ酸ににてるなと思いました。ホウ酸も水もかくれんぼがすきで、人間みたいだなと思いました。ホウ酸も水も寒いのがすきなのかな。

○ 霜は小さな氷の粒。ホウ酸もいっしょだ。ホウ酸も小さくなって水の中にかくれている。外から見るとホウ酸が入っているかどうかかわからない。かくれんぼじょうずだな。

水の温度があがったら、ホウ酸はとてもうまくかくれる。温度が低くなれば、水とけんかしてすがたを現すんだ。かくれるのもたいへんだな。

4年生の児童は、溶質が溶媒に溶けて見えなくなったり、温度の変

化に伴って析出したりする変化と空気中の水蒸気の存在とうまく結びつけて考えていた。こうした2つの事象を結びつけていく過程には、「想像」がある。そして、これは「創造」でもある。

2つの事象に共通する特徴を組み立てて考えてみるという作業の中で、科学的な概念が固まっていくのである。こうした楽しみを理科の学習の中で十分に味わわせてやりたいものである。

2 室温を超えたから？

中学生になれば、条件を制御して実験し、得られたデータをグラフ化するなどの方法で整理し、これを解釈することができるようになってくる。ここでは、「仕事による熱の発生」の実験を通して、自分の考えを深めていく中学生の姿を紹介する。

これは、「熱によって仕事をさせることができ、また仕事をするることによって熱を発生させることができること（昭和44年告示・中学校学習指導要領）」の学習の中で行ったものである。この学習内容について、「中学校指導書－理科編－」は次のように述べている。

.....

熱が仕事をする現象や反対に仕事が熱を生ずる現象（摩擦熱）は日常経験していることである。これらの経験をもとにして、熱もエネルギーの一種であるらしいという感じをもたせることから導入する。これには、吹き出す水蒸気を羽根車に当てて、羽根車の軸に巻きつけた糸でおもりを引き上げたり、きりで木に穴をあけるときの摩擦熱を調べたりするとよい。

また、断熱性の合成樹脂のコップか長い円筒に、よく乾いた砂やガラス粒を入れ、コップを手で振ったり、円筒の上下を転倒させたりして、その回数と温度上昇との関係をグラフにし、仕事と熱とのあいだ

に何か関係がありそうなことに気づかせることもたいせつな指導である。ここで熱の仕事等量まで指導するか、(10)エ(オ)のエネルギー保存則で取り扱うかは指導者の考えによる。しかし、ここでの指導の重点は、熱と仕事との関係を通して、次の各種のエネルギーのすがたの移り変わりの理解の基礎を養うことにあるので、この点の指導がじゅうぶんに行なわれることがたいせつである。

なお、低温の物体が高温の物体に接触していると、温度が上昇する。これは、高温の物体から低温の物体に熱が移動し、低温の物体の分子の運動エネルギーや位置のエネルギーに変わり、内部エネルギーが増加したためと考えられる。この意味では、熱と内部エネルギーとは、はっきり区別されるべきである。しかし、中学校の段階で内部エネルギーを導入するのは、ややむずかしいと思われるので、たとえば「熱的エネルギー」ということばを用いることが考えられる。

.....

さて、この「仕事による熱の発生」については、いろいろな実験が考えられる。そうした中で、私に取り上げたのは、多くの生徒が興味をもって積極的に参加すると思われる次の実験であった。

- ① 断熱性の高いびんに乾いた砂を半分くらい入れ、温度計を付けたゴム栓をする。そのときの温度を測る。
- ② 決まった回数だけ一定の調子でびんを振り温度を測定する。引き続き、振る回数を2倍、3倍にして、そのときの温度を測る。
- ③ 振った回数を横軸、温度上昇を縦軸にしたグラフをつくる。

グループ実験として行ったこの実験に生徒たちは真剣に取り組み、得られたデータでグラフを作成した。次ページの図は、4班の生徒がかいたグラフである。

このプロットをどのような線で結ぶかは非常に興味のある問題で

ある。他のすべてのグループが、これらのプロットをなだらかな曲線で結び、「はじめはどんどん上がっていった温度もしだいに上がりにくくなっていく」

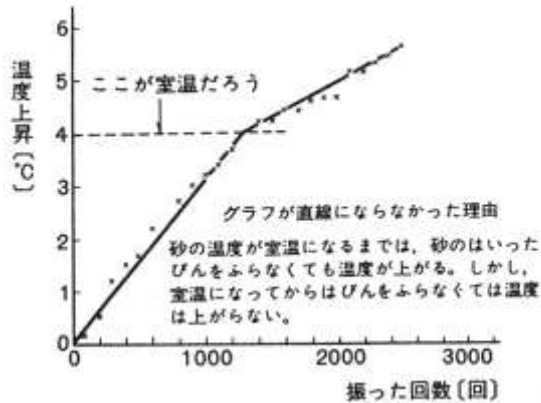
という結論を得た

のに対して、このグループだけはプロットを結んだ2つの直線をつくり、

「温度は仕事に比例して上がっていく。この温度上昇は室温を超えるまでは外からも熱が与えられるので大きくグラフの傾きは大きい。しかし、室温を超えると逆に熱が失われるので温度上昇は小さくなりグラフの傾きが小さくなる」

という結論を導き出した。すなわち、たとえ断熱性の高い物質で包んでいたにしても、これが閉じられた系ではなく、まさつによって発生する熱以外の熱の流入や放散によって温度が変化すると考えたわけである。一見合理的に見えるが、室温より低いか高いかの2つの状態にとらわれ、その間の温度勾配の大きさには気づいていないのである。しかし、誤りがあるにしても、この考え方は非常に面白いと思う。

若く、柔軟な頭を十分に使いこなす、そんな理科の時間を作りだしたいものである。そのような取り組みが、創造につながるのではないだろうか。



3 科学の方法を学ぶ

(1) 科学の方法を重視した学習指導要領

昭和 44 年告示の中学校学習指導要領は、理科の目標を次のように示している。

自然の事物・現象への関心を高め、それを科学的に探究させることによって、科学的に考察し処理する能力と態度を養うとともに、自然と人間生活との関係を認識させる。

ここで、「科学的に探究させることによって、科学的に考察し処理する能力と態度を養うとともに」と述べられているのは、学校教育法第 18 条第 6 号及び第 36 条で「日常生活における自然現象を科学的に観察し、処理する能力を養うこと。」や「小学校における教育の目標をなお十分に達成し、」という定めを受けたものである。

この学習指導要領については「中学校指導書－理科編－」（昭和 45 年 5 月 30 日発行・文部省）に詳しく解説されているが、当時の私が注目したのは、科学の方法についての詳細な記載であった。

すなわち、「第 2 章 各分野の目標および内容」で、第 1 分野と第 2 分野それぞれの内容を示す前に「各分野に共通な科学の方法」の項を設け、学習すべき「科学の方法」についての詳細な解説をしていたのである。この「各分野に共通な科学の方法」には 23 ページが当てられ、さらに「指導する事項には、科学概念に関する事項と科学の方法に関する事項、その他が含まれる」ということを前提に、「指導事項を組織化する過程で、科学の方法に関する事項を意識的に取り上げ、計画的に系統化するくふうがたいせつである。」と述べるなど、科学の方法に関する指導に相当の重点をおいていたのである。

このことは、現行の学習指導要領で理科の目標が、

自然に親しみ、観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。

と示されていることと本質的な違いはない。そうした点で、私は「科学の方法」を重視した学習指導要領に賛成する。それどころか、「これこそが理科である」と考え、そうした信念を貫いてきたように思う。そして、生徒はそんな私の考えによくついてきてくれた。このことについては、後に述べる「明智先生と小林少年の理科」で、十分に理解していただけたと思う。彼女は特別に理科好きの少女という訳ではないし、特に成績優秀な少女という訳でもない。ただ、次々と発展的に与えた課題（それは、自ら見いだした課題である場合もあった）に、非常な興味・関心を示し、友達と共に懸命に取り組んだのである。

しかし、昨今のように「ゆとりが第一」といった論調さえ見られる時代になってくると、行き過ぎてはいなかったか、生徒のゆとりを奪ってはいなかったかと反省することがある。「科学的に考察し処理する能力と態度を養う」ことのみ执着してはいなかったか、基礎的・基本的な科学知識を持たせ、自然の事象を科学的に理解させ、これからの人生を合理的に営むことができるようにするという初等教育や前期中等教育の目標を達成できていたか、すべての生徒を自然科学の研究者に育てなければといった錯覚に陥っていなかったか、と振り返ることもある。

すべての生徒がこうした自然の探究に深い興味と関心を持った訳ではないだろう。中には、科学の方法を駆使して取り組む理科よりも

事実についての詳細な解説を求める生徒がいただろうし、入試問題さえ解けるようになればとよいと考えていた生徒がいたかも知れない。そして、実験の計画や準備、得られたデータの数的処理をする中で、理科を「うっとうしい教科」と思った生徒がいたかも知れない。しかし、

「あのときは面白かったですね。何か科学者になったような気がしたものです」

「電流回路の組み立てではずいぶんしぼられました。おかげで、電気器具のちょっとした修理ができて主人にほめられるんです」

といった教え子の言葉をうれしく思い、あれでよかったのだ、このような過程で多くのことを学んでくれたのだと考えるのである。

(2) 指導書が示していた科学の方法

現行の中学校学習指導要領においても、「第3 指導計画の作成と内容の取扱い」で、「各分野の指導においては、次の事項に配慮するものとする」として、

(1) 観察、実験を重視するとともに、地域の環境や学校の実態を生かし、自然を科学的に調べる能力の育成及び基本的な概念の形成が段階的に無理なく行われるようにすること。

があげられている。この中の「科学的に調べる能力の育成」は、かつて強調された「科学の方法を身につけさせること」と極めて近いものであり、ほぼ同意であると考えてもよいだろう。ただ、「科学の方法を身につけさせることが理科の目標である」と言い切ってしまうと、その言葉だけが一人歩きして、「自然に親しみ、それに興味・関心を

もつこと」などをはじめとする多くの重要なことを忘れてしまう心配がある。「科学の方法」を身につけさせることに重点をおくあまり、ゆったりと自然にふれる体験の機会が減ったり、自然の恩恵に浴し、自然と共に生きることの大切さを学ぶことがなござりになったりするならば、それは反省しなければならない。しかし、昭和 43 年改訂の小学校学習指導要領、昭和 44 年改訂の中学校学習指導要領で大いに喧伝された探究の過程は今なお重要なものであると思う。以下、昭和 44 年改訂の中学校学習指導要領を見ながら、今一度「科学の方法」を見直してみたいと思う。

「自然の事物・現象の中に問題を見いだし、それを探究する過程を通して科学の方法を習得させ、創造的な能力を育てる。」

これは、この学習指導要領にあげられた 3 つの具体的目標の 1 つで、創造的な能力の育成については、中学校指導書・理科編に、

「科学・技術の進歩が著しく、それに伴って新しい情報がますます増大する今日および将来において、個々の知識を追うよりは、むしろ変革に対応できる能力や新しいものを生み出す創造的な能力を開発し、育成することのほうがより重要である」

と述べられ、「科学の方法」14 項目を詳しく解説している。

- (1) 観察すること
- (2) 測定すること
- (3) 事象を時間・空間に関連づけること
- (4) 分類すること
- (5) 記録し、伝達すること
- (6) 予測（予想）すること
- (7) 推論（推理）すること
- (8) 操作的定義をすること

- (9) 条件を制御すること
- (10) データを解釈すること
- (11) モデルをつくること
- (12) 仮説をつくること
- (13) 実験すること
- (14) 科学的思考と科学の方法

そして、(1)の「観察すること」では、

- ア 観察は五感をじゅうぶんにはたらかせて行なう。
- イ 否定的な観察事実の重要性に気づかせる。
- ウ 観察したことは正確に記録する。
- エ 観察事実と解釈とを混同しない。
- オ 一つの観察事実に対して、多くの解釈がなりたつ。
- カ 定量的な観察が重要である。
- キ 変化の過程を観察する。
- ク 観察道具をブラックボックスとして、使用できるようにする。

の8項目を詳しく説明している。また、第3章には、「第2節 学習指導」を設け、58 ページを費やし、具体的な例をあげて解説している。現行の中学校指導書・理科編の総ページ数が 129 ページであることと比較するなら、いかにこのことに力を注いでいたかは明らかであろう。

これからの時代、学校だけが学習の場ではなく、生涯にわたって学びつづけることが大切である。だから、学校はそうした力を育てる場でなければならないとはいうものの、学校週5日制の完全実施が目前に控えていることから、学習内容の精選もまた、時代の要請である。

しかし、自ら学ぶ力を高めることが重要であるからこそ、たとえ、時間がかかっても、こうした「科学する力」を高める取り組みを、一層重視していかなくてはならないのではないだろうか。