

## [理 科]

発展的な学習を通して、生徒の知的好奇心や探求心を  
育てる授業の在り方について

- 「実験屋台村」の実践を通して -

大野 剛\*

## I 研究の背景

現学習指導要領においては、「内容の確実な定着を図るとともに、学習指導要領に示す内容を身に付けている生徒に対して、さらに進んだ学習を行うなど、個に応じた指導の充実を図る必要がある」と述べられている。ここで、「確実な定着を図る」とは補充的な学習を示すものであり、「さらに進んだ学習」は発展的な学習に他ならない。

さらに文部科学省は、平成14年1月17日、「確かな学力の向上のための2002アピール『学びのすすめ』」を発表した。そこでは「確かな学力の向上」にあたって、「発展的な学習で、一人一人の個性等に応じて子どもの力をより伸ばす」、「学習指導要領は最低基準であり、理解の進んでいる子どもは、発展的な学習で力をより伸ばす」とされ、発展的な学習の導入がさらに強調されている。

上越教育大学の学校教育研究センター教育実践研究・第10集(2000年)には、古塩正明氏による「複合単元・複線型授業の実践と検証」の実践が発表されている。小学校理科における発展的な学習の先鞭と言える。さらに中学校における補充・発展的な学習の実践研究としては、北海道教育大学附属函館中学校の松下賢氏、辰巳哲治氏らによる「自らの学びを意識した理科の学習Ⅳ(2003年)」がある。松下らは形成的評価、自己評価を活用して、単元の終末に発展的な学習を取り入れた実践を報告している。これらは習熟度に応じたコース選択を通じた補充・発展的な学習についての実践であり、必ずしも生徒の興味・関心に応じた実践となっていない。

そこで私は、理科における発展的な学習として、生徒の興味・関心に応じた課題選択授業を行い、それを確実に評価計画に位置付けて指導するための手段や方法について研究したいと考えた。過去に私の実践では、単元の終末に発展的な題材として「ものづくり」や「課題選択」的な学習を取り入れ、生徒の興味・関心に応じた発展的な授業を設定した。たとえば「電流と磁界」の単元で何種類かの手作りモーターの製作を行ったり、「運動とエネルギー」の単元では速度の変化する物体の運動を生徒が選択して実験を行ったりした。しかしそれらは意図的・計画的なものではなかったため、既習の事項をさらに発展させ、生徒の学力を伸ばすものであったか、あるいは生徒の知的好奇心や探求心を育てるものとなっていたか、疑問が残る。また、評価についての検討が不十分であったと反省している。

発展的な学習は、単に学習指導要領を超える内容を取り扱うことで満足してはならない。それは、上の学年や上の学校種で扱う内容を単に先取りしただけであれば、後で再び取り扱う際に内容の重なりとなるからである。その内容を扱うことで生徒が学習事項の理解をより広めたり、深めたりすることが可能であり、さらには自然事象に対する知的好奇心や探求心を高めることをねらうべきである。そのためには、課題解決的、探究的な活動を取り入れ、生徒の自主的な活動を重視した学習となるよう検討する必要がある。これらを踏まえ、本研究では理科における発展的な学習を通して、生徒の知的好奇心や探求心を高めるための手立てを考え、実践を試みることにした。

## II 研究の目的と方法

## 1 目的

## (1) 課題選択を取り入れた複線型授業の在り方を考える

発展的な学習を行う上でまず考えることは、授業形態をどう工夫するかということである。単元における導入や展開、終末におけるまとめは一斉授業において進めるが、発展的な学習は生徒の興味関心や習熟度に応じた課題を設定した場合、いくつかの課題(コース)に分かれて進むことになる。単元の途中において、いわゆる複線型の授業展開が求められることになる(図1)。

\* 栃尾市立秋葉中学校

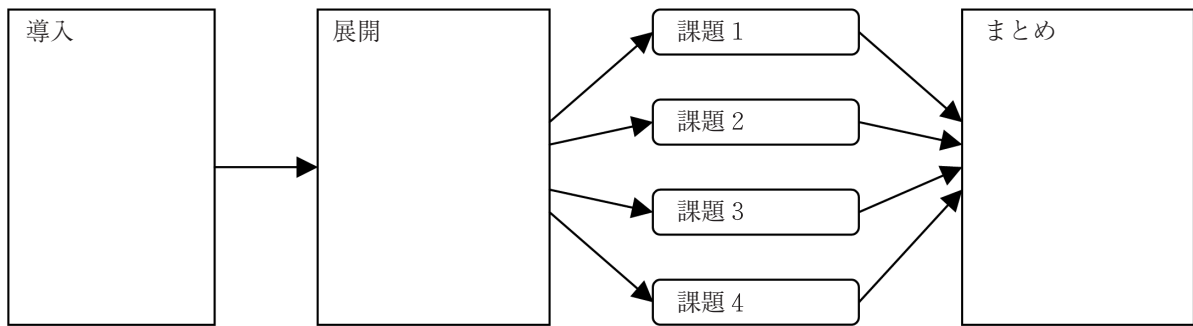


図1：課題選択を取り入れた複線型授業

複線型の授業展開を試みるときに問題となるのは、一つは授業者が課題、コースごとに生徒に対応できるかどうかである。コースごとに分かれた生徒全体を掌握しながら、かつ個別の生徒に対応することが迫られる。とりわけ理科は実験観察をとまなうだけに、安全面での配慮が必要となる。さらに並行して授業中の観察評価をどのように行うかが重要である。もう一つの問題は生徒が実験や観察などの活動を進める上で避けて通れない「進度差」である。早く課題を終了してしまった生徒は時間を持て余してしまう反面、遅い生徒は時間が足りないということが起こり得る。そのため個人の進度差に対応する授業の在り方を検討する必要がある。

## (2) 評価の在り方を考える ～知的好奇心や探求心の高まりをどう捉えるか～

複線型授業では、授業者は課題ごとの人数のバランスに偏りがないようにアドバイスしたり、けがなどの事故が起きないように配慮したり、生徒からの質問等に適宜答えたりする必要がある。そのため、授業者は多忙な状態が生じ、生徒の活動を観察し、評価するところまで手が回らない状態となってしまう。生徒の知的好奇心や探求心を高めるための発展的な学習を行う限りは、その状況を確実に把握する必要がある。そこで、本研究では、授業中において、どのような方法で生徒を観察し、評価を行うかを検討したいと考えた。

## 2 方法

### (1) 実験屋台村の試み

本研究において、次のような取組を考えた。それは、ほんの数分～10分程度で行うことができる実験観察を数多く用意し、それを生徒が選択しながら、自由な順序で取り組んでいくという授業形態である(図2)。各実験テーブルには課題に取り組む上で必要となる実験器具や教材などが配置されており、教師の指示がなくても課題に取り組めるよう配慮した「実験指示書」が用意されている。生徒は予め配布された実験配置図をもとに、自分が興味のある課題から取り組んでいく。その際、実験の結果や考察、感想などをワークシートに記録しながら進めさせる。一つの課題が終われば次の課題へと移動し、時間内で可能な限り多くの実験に取り組めるようにする。

いわば発表者のいないワークショップであるが、あたかも生徒が祭りの屋台を回るかのような楽しそうな気分をこめて、以下「実験屋台村」と呼ぶ(命名は埼玉県蓮田市立蓮田南中学校・小森栄治氏による)。

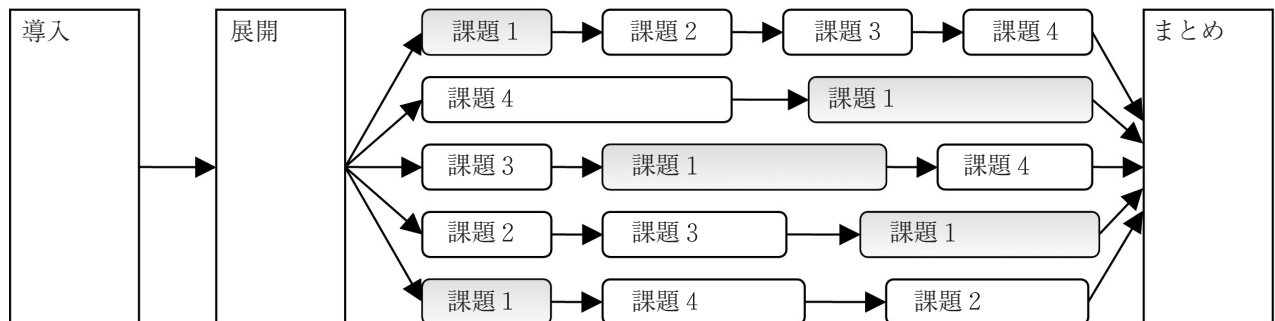


図2：「実験屋台村」による複線授業の構造図

また、本研究における評価の在り方については、授業者による評価として「定点観測法」を取り入れることとした。すなわち、理科室の各テーブルで同時並行的に行われている全生徒の活動を授業者が観察することは不可能である。複数の課題のうち、ある一つ(ないし二つ)を「必修課題」としておき、時間内に必ず取り組むように指示しておく。授業者は必修課題のテーブルに来た時の生徒の様子を観察すればよいことになる。課題に対する取組の表情やつぶや

きを通して、関心や意欲の度合いを評価することができる。

さらに事後において、生徒のワークシートから評価を行う。課題に対して興味や関心がある生徒は、数多くのテーブルを回りながらできるだけ多くの実験をしようと試みる。しかし、単に取り組んだ数の多少だけでなく、一つ一つの課題にどう取り組んだか、課題から得られた結果や考察を確実に記録しているかどうか、どんな感想を持ったかを読みとるようにする。この段階で生徒の思考力や判断力がどう高まりを見せているかがわかり、同時に実験の技能や実験結果からの表現力が評価できる。

また、授業者からの評価だけでなく、生徒自身の自己評価を取り入れながら、総合的な評価を試みる。

## (2) 実践の概要

- ア 単元名及び対象生徒 「動物たちの世界 ～行動するしくみ～」 中学校2学年生徒 38名  
 イ 小単元 「どのようにして外界の様子を知るのか」  
 ウ 目標

ヒトの最も優れた感覚器官である「目」のはたらきを知り、その精密な構造を理解するとともに、生物としての自分のからだを大切にしていこうとする心情を育てる。

## エ 指導計画（3時間）

- 第1次 ドジョウやメダカが外界の様子を知り、感覚器官が存在すること、刺激に反応して行動していることを理解する（1時間）  
 第2次 ヒトの目、耳、鼻、皮膚、舌などの感覚器官のつくりやはたらきを理解し、障害者がどのような不便さを感じているか、理解する。（1時間）  
 第3次 目のしくみやはたらきについて理解を深めるとともに、からだのつくりやはたらきについて自ら興味を持って調べながら解明する。（1時間・本時）

## (3) 授業の実際

### ア 教材観について

現在の生物学習においては、セキツイ動物における感覚器官の学習は、視覚・聴覚・臭覚・味覚・触覚と五感について順を追って行われている。ともすれば、各感覚器官の構造を覚え、そのはたらきを知るといった程度の学習成果に終始していたきらいがある。

しかし、視覚はヒトの感覚器官において最も発達した感覚器官である。カメラのような精密機械にたとえられるように大変緻密な構造を持ち、高度な機能を持ちながらも、生徒がそれを意識することは少ない。通常、生徒は日常生活において、大いに視覚に頼った生活をしていながら、その構造やしくみについて思いをめぐらすことはほとんどないのである。それは眼球運動が小脳、こうさいが延髄により制御を受けており、網膜に映る映像は全て中脳に至るなど、大脳による制御を伴わないことによる。したがって、ほとんどが不随意運動であるため、無意識による行動となるからである。しかも、その眼球の内部を通常の生活では見ることはない。

しかし学習指導要領において、目のつくりまでは深入りしないことになっており、発展的な学習として取り上げるには最適の課題と判断した。それは、1年次で「光の進み方」を学んだ生徒にとって、レンズと同じ役割を果たす水晶体の機能を学ぶことは大変理解しやすいこと、自分自身の実感を伴う実験観察が可能であること、さらに中学生の時期において、視力低下をもたらす原因について知ることは健康の面から意義があることがその理由である。

視覚を発展的な学習として導入することで、次のような教育的効果を考えた。

- ① 水晶体のしくみについて学ぶことで、「光の進み方」との関連を図ることができる
- ② ヒトのからだの緻密な構造を知ることで生物のからだの神秘を感じ、自分のからだを大切に扱おうとする気持ちが醸成される

本題材において、生徒が自らの目の構造について関心をもち、その機能について自分なりに説明ができるようになることをねらうものである。

### イ 本時で設定した「屋台」となる課題の概要について

本題材を扱う上で以下の6種類の課題を用意した。理科室の実験用テーブルは10個（うち教師用1）あり、そのうち、混雑が予想される課題は複数のテーブルを用意した。

#### 課題1 他の動物の眼球を実際に解剖して、目の構造を理解させる

最近では、ウシやブタの眼球を解剖する取組がなされている。ほ乳類の眼球は人間と構造的に近く、中学生にとって解剖しやすい大きさである。しかし通常の方法では入手するのが難しい上、高価である。さらに

近年、ウシは「狂牛病」の危険性が問題視されており、生徒への感染が懸念されるため、安全上問題がある。しかも生理的に嫌悪感を抱く生徒が多いため、実際の導入は難しい。

そこで日常的にスーパーマーケット等で手に入るスケソウダラの頭を用いることにした。タラの目はヒトとは多少異なる構造を持っているが、共通する部分の方が多い。その上、勤務校近辺の地域的な特徴からか、タラの頭だけを店頭で販売する店が多く、一匹十数円で購入が可能である。頭を2つに割れば、1人当たり1個の眼球を解剖することができる。さらに魚類はふだんから見慣れており、技術家庭科の調理実習でも扱うことがあるため、さほどの抵抗を感じないという生徒が多い。

解剖を通して、実際に眼球の細かな構造を観察させ、スケッチを行うことで、きわめて精密な器官であることを体感させる。また、ヒトとの細部の違いについて簡単に触れておく。

## 課題2 カメラとヒトの目の比較から網膜に像ができるしくみを図解する

生徒はふだんから使い捨てカメラやインスタントカメラを用いることが多く、写真がどのように映るか、直感的に理解している。カメラにおける各部品のイメージを眼球の各部分と対照させることで、より機能が理解しやすくなると考えた(図3)。たとえば網膜はフィルターであり、水晶体(レンズ)はそのもの、こうさいはしぼり、網膜はフィルムに相当すると考えられる。また、毛様体やチン小体はピント合わせのための器官と考えさせた。

さらにカメラのレンズは凸レンズであり、実際の水晶体も凸レンズであろうと推測できることから、光の進み方について考えさせる。その際、遠くにピントを合わせる時、近くにピントを合わせる時の2種類を考えさせ、毛様体とチン小体がピントを合わせるためにレンズの厚みを変えていることを知らせ、実際に図解させながら確認させる。

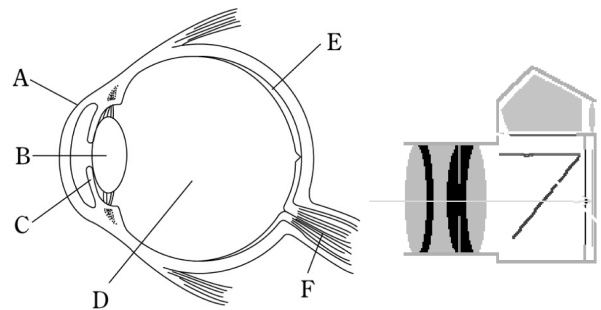


図3：目とカメラのしくみを比較した図

また近視と遠視が起こる理由についても、実際に図解することで理解できるようにした。なお、この課題を全員必修課題とした。

## 課題3 網膜の切れ目に盲点があることを実感させる

網膜が光を感じ取る器官であり、視神経がその情報を脳に伝えることは既習事項である。それについて、生徒に実感を伴ったかたちで理解させるために「盲点」の存在を体感させる実験を行う。図4を右目で左側の丸を見ながら、距離を変えていくと、いつの間にか右側の星印が消える瞬間がある。網膜の切れ目である「盲点」を通して、網膜の存在を実感させたい。



図4：盲点の存在を確認する図

図4を右目で左側の丸を見ながら、距離を変えていくと、いつの間にか右側の星印が消える瞬間がある。網膜の切れ目である「盲点」を通して、網膜の存在を実感させたい。

## 課題4 明るさでひとみの大きさが変わることを観察させる

こうさいは周囲の明暗に応じて開いたり閉じたりして、明るさを調節するはたらきがある。実際に片方の目を1分間閉じ、他方を明るい方向に向ける実験を通して、左右のひとみの大きさを変化させる。その変化の様子を自分の目で鏡を用いて観察させる。また、単に周囲の明るさだけでなく、気持ちの変化でも変わることを実験させたい。2人で(男女どうしが効果的)で見つめ合っているだけで、どきどきして瞳孔が開く(こうさいが開く)こともアドレナリンのはたらきとして体感させる。

## 課題5 ピンホールカメラの観察

ピンホールカメラは、筒状の箱の一方に小さな穴を開け、反対側にトレーシング用紙のスクリーンを作ったものである。これを窓などの明るい方向に向けると風景が倒立像でトレーシング用紙に映ることが知られている。このピンホールカメラと同じ原理の構造が、オウムガイなどの軟体動物の目であることを知らせる。ここから、ピンホールカメラの映像がきわめて暗いものであることを実感し、明るくするためには穴の大きさを大きくしても、焦点距離が伸びるためにうまくいかないことを理解させる。そして、高等動物の目には必ずレンズが用いられている理由を納得させる。

## 課題6 レンズを用いたカメラの観察

上記課題5の発展で、ピンホールでは暗い映像しかできないことから、凸レンズ(虫眼鏡)を用いて、明

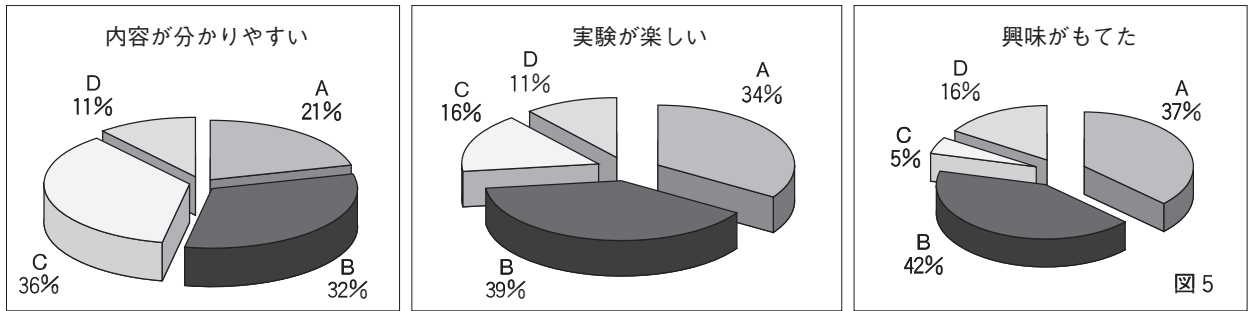


るい映像が得られることを実感させる。さらに、ここでは実際に網膜に映る画像が上下左右の逆転した倒立像であり、大脳のはたらきでそれを再び逆転させていることについて知らせる。アメリカのストラットンによる実験（人工的に視野に映る画像を逆転させる実験）についても簡単に触れる。

### Ⅲ 分析

#### 1 生徒の自己評価から

実施後、生徒の自己評価を分析した結果、次のようなことがわかった。自己評価は客観的な設問と記述式の質問の両方を行った。なお、客観的設問は以下（図5）のようなA B C Dの四者選択である。



実験内容がわかりやすいと答えた生徒は全体の53%にとどまった。わかりにくいという生徒の多くは、「光の作図が難しい」、「実験の説明文がよくわからない」という記述をしていた。

また、実験・観察が楽しかったという生徒は全体の73%で、実験内容自体は楽しめたという結果である。楽しかった課題は何かの問いには「タラの目の解剖」をあげた生徒が「楽しめた」という生徒の7割を占めている。他には「盲点の存在に驚いた」、「ピンホールでも画像が映るのを初めて見た」、「近視になる理由がよくわかった」などと答える生徒が見られた。一方、実験が楽しくなかったという生徒では、「光の作図」が最も多く、「楽しくない」という生徒の8割を占めている。図解の作業がわかりにくいという生徒の大半がそれに当たると考えられる。

さらに、興味をもつことができたという生徒は全体で79%となっており、実験がわかりやすい、楽しいと答えた生徒を上回る結果となっている。これは、「わかりにくいけれども興味が高まった」、「あまり楽しくなかったが、興味が高まった」という生徒がいることを示している。興味を持てた理由としては、「レンズを進む光と同じ原理でものが見えることがわかった」、「タラの目がヒトとほとんど同じであることがわかった」、「網膜に映る像が実は逆転していると聞き、びっくりした」、「自分も近視にならないようふだんから気を付けようと思った」などの回答が寄せられている。

#### 2 授業者の観察から

課題2の遠近2種類の作図を定点観測し、生徒の活動の様子を記録した。生徒は凸レンズにおける光の進み方の原則を思い出しながら、定規を用いながら懸命に作図していた。自分一人でどちらも作図が完成できたのは、38人中16人と4割程度にとどまったが、友人と相談しながらも作図を完成した生徒が14人、教師の支援を受けて作図できた生徒が4人、時間内で完成できず、事後に提出した生徒が4名であった。既習事項の定着の度合いにより差が出たものと思われる。後日、同様の作図を行う小テストを行ったが、ほぼ正答が得られた生徒は全体で38人中31人であり、このときの経験が定着につながったものと推測される。

さらに生徒の表情やつぶやきを観察したが、課題2では、難しさを感じている中に作図ができたときの喜びを表情に表している生徒が多く見られた。難しい課題であっても達成した時の喜びを感じることができれば、知的好奇心・探究心がさらに高まると考えられる。反面、時間内に作図が完成できなかった4名のうち、2名の生徒は友人のアドバイスを得ようとせず、中途半端なままで他の課題に移動せざるを得なかった。知的好奇心・探究心の持続は問題の難易度に大きく影響されるが、必ずしも「難しいからやりたくない」、「簡単だからやり続ける」とは限らない。また、友人や教師からの適切な支援が必要不可欠であることがわかった。

A：とても思う  
B：そう思う  
C：あまりそう思わない  
D：全くそう思わない

#### Ⅳ 総合考察

今回の研究を通して、以下のような成果があげられる。

まず1点目に、「実験屋台村」は生徒が自由に課題を選択でき、生徒が楽しみながら活動に取り組むことができることがわかった。さらに、活動を通して題材に興味を持ち、知的好奇心を高められる効果が見られることがわかった。

2点目に実験指示書を確実に作成しておけば、教師の指示なしに生徒が活動できることがわかった。

3点目にふだん実験観察に消極的な生徒でも、一人一人が個別に活動せざるを得ない状況を作ることで、より積極的に活動することがわかった。とりわけ、ふだんはグループでの観察実験において、集団に埋没しがちな女子生徒にその傾向が大きい。彼女たちは各課題を慎重に選びながらも、確実にこなしていこうという姿勢が見られた。ワークシートの全体を通しての感想において、「(実験観察が)初めて楽しいと感じた」と述べている生徒もいる。

4点目に、生徒一人一人が各課題をいくつクリアしたかを見ることで、ある程度、その時間に意欲的な活動をしたか評価できることがわかった。また、単に課題の数だけでなく、ワークシートを事後に点検することで、自分なりの課題意識を持って実験に取り組んだかが評価可能である。

5点目に、評価の側面から見ると、「定点観測法」は、生徒を同一の視点から評価し、学習の定着度や課題への関心意欲を見取る上で役立つことがわかった。ただし、どの課題で生徒を観察すればよいかを十分吟味し、どの生徒も取り組みやすい課題にすべきである。

最後に、ワークシート評価や自己評価の方法について、特に考察や感想の欄を読み取ることで、生徒個々の知的好奇心や探究心の状態を把握できることがわかった。単に実験指示書にある解説の受け売りでなく、自分の言葉を用いて記述した生徒こそ、確実に活動に取り組み、成果を上げていると言える。

今回の研究を通して、「実験屋台村」のような課題選択式の複線型授業は、理科好きな生徒を育てる上で大変効果的な方法であることがわかった。今回実践した結果をもとに工夫改善を試みるとともに、他の単元でも、同様の活動を仕組むことができないか、教材開発に力を入れるようにしたい。

#### Ⅴ 今後の課題

第一に、難易度が高い課題は途中でつまずく生徒が多い。個々の生徒の習熟度に対応できるよう同じ課題であっても、難易度に差をつけたものを用意し、生徒が自分で選択できるよう工夫が必要である。また、実験が比較的スムーズに進むのは成績が上位に当たる生徒に限られ、他の生徒はそれをまねたり、教え合ったりして活動している状況であった。教師の支援を必要とした生徒は数名だが、実験指示書をよく読まないための失敗であったり、よく意味が読み取れないためのつまずきであったりすることがわかった。生徒が実験指示書を一読し、すぐ理解できるよう工夫する必要がある。

第二に、実験をこなした数は評価の対象になり得るが、実験後の考察の状況についても確実に把握する必要がある。課題を多くクリアしようとするあまり、一つ一つの課題の意味を十分理解しないまま、次の課題に進んでしまう生徒もいる。考察の記述を確実にを行うよう事前にきちんと指導すべきである。

第三に、授業中に生徒を観察しながらも、同時に生徒への支援を適時に行う必要がある。一人で解決できない生徒は、友人と助け合ったり、教え合ったりするシステムを工夫したい。さらに教師一人では対応が難しい場合は、ティーム・ティーチングの形をとったほうがよいと考える。また、事後にワークシートを見て、生徒へのアドバイスや支援を丹念に行うことが必要である。活動中に課題の意味を取り違えたり、作業の方法を勘違いしたりしたままの生徒に対して、正しい方向に導く機会や時間を確保すべきである。

#### 引用・参考文献

- ・日本理科教育学会編 「これからの理科学習を支える教材」, 東洋館出版, 2002年, 102~103pp
- ・文部科学省編 「個に応じた指導に関する指導資料」(中学校理科編), 教育出版, 2002年, 9~22pp
- ・左巻健雄著 「新しい科学の教科書Ⅰ・Ⅱ」, 文一総合出版, 2003年, 150~151pp
- ・学校図書株式会社編 「教師用指導書」(中学校理科二分野), 学校図書株式会社, 314~317pp