

# 表現・コミュニケーション力の育成をめざした 理科授業の創造

— 選択理科における中学生を授業者とした授業実習 (1) —

鹿江 宏明 ・ 林 武広\* ・ 古賀 信吉\*

## A Science Class Designed for Heightening the Ability of Communication (1)

Hiroaki KANOE, Takehiro HAYASHI, and Nobuyoshi KOGA

**Abstract.** We have designed a science class for improving the pupils' communication ability. In the class, we gave the pupils chances to join a scientific fair for elementary school children, organized by the Hiroshima Children's Museum. The pupils acted as instructors, and we encouraged them to communicate with children, such as question, answer and explanation, as much as possible. Through the activities, the pupils were able to realize the problems in their scientific knowledge, and they were able to enhance the ability of communication as well as that of thinking scientifically. Many children who joined the fair were impressed that the pupils were nice and familiar teachers for them.

**Key Words:** communication ability, optional science class, thinking scientifically

### I. はじめに

「理科離れ」が叫ばれて久しい状況が続いている。例えば1999年に実施された第3回国際数学・理科教育調査結果 (TIMSS-R) では、中学第2学年における我が国の生徒の成績は上位であるものの、数学・理科の好き嫌いに関する問いに対しては最下位のグループに位置する。また、2002年に国立教育政策研究所が発表した教育課程実施状況調査においても、理科が好きな生徒の数は学年が上がるにしたがって減少している。

このような状況の中で、これまで我が国では「青少年のための科学の祭典」等のように、子どもたちの興味・関心を高めるような実験が各地の科学館を中心に数多く紹介されてきた。また、理科実験に関する書籍や番組も数多く出版・放映され、子どもたちがおもしろい実験にふれる機会は以前と比較すると格段に増えた。学校の理科授業においても、実験に対する生徒の興味・関心や意欲は決して低くはない。

しかしながら、それでも理科離れは確実に進んでいる。広島大学附属東雲中学校 (以下、「本校」) の生徒を対象とした調査では、理科実験における現象的な変化に対しては興味・関心が高いものの、実験結果から考察し法則性や規則性を導くような学習プロセス、つまり本来、観察・実験を行うことの目的に沿っ

---

\* 広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座

た学習に対しては、多くの生徒が「嫌い」と答えている。このことは、生徒の「理科離れ」の本質が、科学的思考に対する忌避にあることを示唆しているともいえる。

本研究では、生徒に科学的な内容を表現させ、コミュニケーションする場を設定することを通して、「科学的思考力」の向上を目指すことができないかと考え、研究を開始した。具体的方法としては、本校の第3学年選択理科履修生徒9名に小学生を対象とした授業を行わせ、一連の過程を通して生徒に確かな科学的思考力を育成しようと考えた。以下にその実践を報告する。

## Ⅱ. 授業実践

本実践は端的に言えば、中学生による教育実習である。まず、年度初めの選択教科履修オリエンテーション時に、本年度の選択理科は、例年実施しているように自ら課題を設定し探究する学習と同時に、小学生を対象とした授業実習も実施することを生徒に伝え、募集を行った。その結果、9名の生徒が選択理科履修を希望し、全員が第一希望で決定された。なお、本校の第3学年生徒数は78名である（通常の学級）。それらの生徒が10の必修教科（技術・家庭はそれぞれ開設）の中から履修する教科を選ぶので、選択理科の希望者数9名はほぼ平均的な数といえる。

本研究では、年間を通して4回授業実習を立案し、実施した。授業過程の概略は次の通りである。

### 1 「青少年のための科学の祭典 広島大会」での授業実習（「岩石の中を光が通る」）

2003年8月1日～8日に広島市こども文化科学館で実施された「青少年のための科学の祭典 広島大会」に、生徒9名が指導講師として参加した。これまでの科学の祭典広島大会は、秋に2日間、ブース形式で40を超えるテーマが同時に開催されていたが、今回の広島大会は、一週間継続して科学教室やサイエンスショー、展示が実施される方法へと変革した。その理由として、これまでの科学の祭典が実施してきたように、多くの参加者に科学現象を「おもしろい」「楽しい」と感じてもらうことから、さらに一歩進んで参加者に「なぜだろう」と「考えさせる」ことをねらいにしている。したがって、指導者として参加する生徒にも、ただ単に参加者に実験や製作方法の説明をするのではなく、「質問」や「発問」が必要であることを認識して参加するように指導した。なお、生徒が担当した科学教室は、8月5日の午前・午後に実施された「岩石の中を光が通る」で、簡易型偏光装置の製作を主な活動とした。

#### (1) 事前の準備（6時間扱い）

まず、科学教室で製作する簡易型偏光装置（図1）を、生徒一人ひとりが受講生に指導できるよう事前につくらせ、難しいところや間違いやすいところについて話し合わせた。生徒たちは、偏光板の向きを間違いやすいことや、間違えたときの対処方法などについて相談しながら、どのように説明すればよいか、自分なりに検討していた。次に、偏光装置の仕組みについて学習を行わせた。中学校第3学年の生徒にとって、



図1 簡易型偏光装置を用いた薄片の観察

今回の内容に関連する光の性質や偏光の仕組みは理科で学習した経験がない。さらに受講生は小学生であるため、偏光の仕組みをイメージさせることも難しい。したがって生徒への指導にあたっては、光の性質を単純化したモデルを用いて概略を把握させることにとどめた。その後、科学教室の事前練習を行う中で生徒から、光の特徴を簡単に示すことができるような実験を、偏光装置製作前に実施したいとの意見が出された。そのため、図2のように2枚の向きを変えた偏光板で筒をつくる実験も科学教室の内容に取り入れ、偏光装置の仕組みの理解の一助となるよう工夫をさせた。



図2 偏光板のしくみを説明する実験

これらの教材研究と同時に、当日使用する物品の準備活動もあわせて実施させた。

## (2) 授業実習

当日の科学教室は午前に1回、午後3回実施された。1回の教室は45分で、1回あたりの受講生は16名（引率の保護者を除く）を上限としていた。この日も他の日と同様受講希望者が多く、1回から4回までほぼ定員を満たしていた。生徒たちは、第1回目の科学教室の時には緊張のためか説明もごちなく、時には引率の保護者に助けられる場面も見られたが、1回の教室を終える度にお互いに情報交換をしたり、指導のポイントを確認したりすることで、指導技術を含めて大幅に上達する様子が見られた（図3）。特に、小学生低学年やその保護者に対する言葉の使い方、説明をするときに相手の目を見て話す姿勢、受講生と同じ視線になるよう近くに座っての指導など、日常の学校生活では経験できないことについても配慮できるようになっていた。しかしながら、生徒によっては積極的に受講生へ声をかけることができず、とまどう様子も見られた。



図3 「科学の祭典」における中学生の指導

## 2 広島市こども文化科学館「科学教室」での授業実習（「浮沈子の不思議」「風力発電にトライ」）

2003年8月26日に実施された、広島市こども文化科学館の主催事業「科学教室」に、生徒8名が2回、指導講師として参加した。この日の科学教室の内容は、事前に「まだまだまにあう自由研究1 浮沈子の不思議」「まだまだまにあう自由研究2 風力発電にトライ」のタイトルで広島市の広報を通して紹介され、同時に児童の募集も行われた。当日は小学生にとって夏休みの終わりでもあるため、学校の宿題で出された自由研究や自由工作をこの教室でしようと考えた児童が多数応募していた。したがって、

生徒の指導にあたっては参加者が宿題の解決を期待していることを考慮しながらも、指導者側はそれを目的とするのではなく、課題を科学的に探究し解決していくプロセスを大切にさせることを確認した。

#### (1) 事前の準備（6時間扱い）

当日製作する浮沈子や風力発電機について、生徒に製作させ、指導や支援が必要な場面を意見交換させた。次に浮沈子の仕組みや風力発電の仕組みの説明時にどのような工夫をすればよいか考えさせた。生徒からは、空気が入った袋を水槽に入れさせて浮力を感じさせようとする案や、発電機を2つ直結させ片方を回すことで、モーターと発電機が同じ仕組みであることを理解させようとする案などが提案、検討された。さらに、浮沈子にかかる圧力が定量的に把握できるよう、容器上部に注射器を取り付けて水圧を調整したり、風力発電機に扇風機の風を当て、扇風機からの距離と発電能力を調べたりすることで、浮沈子や風力発電機を単に製作するだけでなく、これらを用いて自由研究へと発展させるよう指導することも確認させた。

#### (2) 授業実習

生徒たちは、一度授業実習を経験しているため、比較的冷静に受講生に対応していた。また、「教える」という立場を保ちながら、「ともに学ぶ」という姿勢を見せる生徒も多く、受講生と一緒に実験を楽しんだり、結果を考えたりする場面が多く見られた。特に、前回の授業実習では受講生に対してなかなか自分から声をかけることができなかつた生徒も、今回の実習では積極的に受講生に声をかけようとする姿を見せていた。受講生も、大人の指導者に対して見せる姿よりもリラックスしており、会話を楽しみながらデータを集め、学習を進めていた(図4)。このことは、中学生が授業をすることで、受講している児童にとっては大人の指導者よりも自分のつまづきを気軽に相談できていたと考えられる。

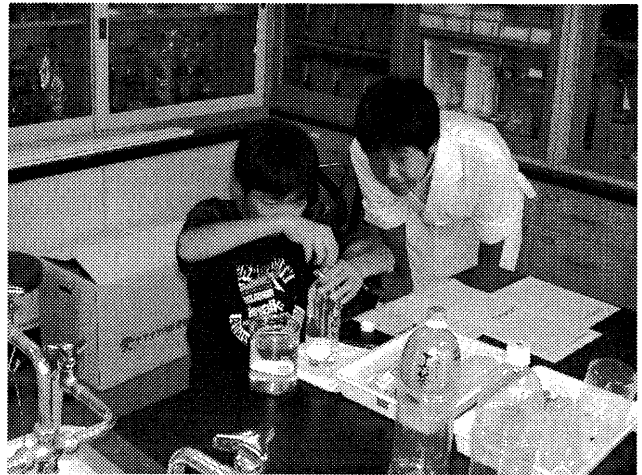


図4 「科学教室」における中学生の指導

### 3 「スーパーサイエンスミュージアム」教室での授業実習（「組換えDNA実験」）

2003年12月7日に、広島ガス株式会社と広島市こども文化科学館が共催で実施している「スーパーサイエンスミュージアム」教室に、生徒9名が指導講師として参加した。この教室は、広島市の企業・科学館・学校が連携して新しい科学教室の姿を提案しようとするもので、年間を通して約20回の科学教室を16名の小学校5・6年児童・保護者が通年で受講している。講座の内容は全体を通して小学生を対象とした通常の科学教室よりも高度である。当日の内容は「組換えDNA実験」を中心とした内容であるが、生徒にとっては、現行の中学校学習指導要領が遺伝について「親から子へ形質が伝わること」を扱う程度であるため、事前にDNAレベルでの遺伝を学習する必要がある。また、実験内容も文部科学省の組換えDNA実験指針にしたがい慎重に実施しなければならない。そのため、生徒は10月から2ヶ月間事前学習をして、準備を進めた。

(1) 事前の準備 (10 時間扱い)

まず、DNAが遺伝にどのように関与しているかを生徒に学習させた。指導にあたっては、必修理科で学習した内容を想起させるとともに、DNAを視覚的に把握できるよう、「人体Ⅲ 遺伝子 プロローグ」(2001年放送 NHK制作)を視聴させた。その後、実験で使用する遺伝子組換えキット(BIO-RAD社、図5)を用いて予備実験を実施させた。この実験キットは、オワンクラゲのプラスミドDNAを大腸菌K-12株



図5 組換え DNA 実験キット

に導入するものである。組換えはヒートショックで行い、その後組換えた大腸菌が耐抗生物質の形質を獲得したか確認するため、アンピシリンを含むLB寒天培地2枚に塗抹する。また、このLB寒天培地のうち一方にはアラビノースを加え、出現した大腸菌が紫外線に対して蛍光反応を示すようにしている。同時に対照実験として、組換えをしない大腸菌についてもアンピシリンを含むLB寒天培地と、何も加えないLB寒天培地に塗抹することで、組換えが確実に行われたかを確認する。

遺伝子やDNAについての基本的な学習を終えた後で、生徒に組換えDNA実験の各プロセスの意味や方法について学習させた。同時に、この実験には他の菌の混入を防ぐ操作が重要となるため、滅菌操作の方法や、コンタミネーションを防止するための配慮事項を指導した。その後、2002年に告示された文部科学省の「組換えDNA実験指針」についても学習を行い、実験に対する慎重な姿勢を養った。これらの学習の期間を通して機会あるごとに、組換え技術が現在どのように私達の身の回りに関与しているかということや、組み換え結果に対する安全性のこと、そして、生命38億年の歴史の中で遺伝子を操作する意味についても考えさせた。

このような学習を実施した後、生徒たちに、当日の教室でどう受講生を指導したらよいかについて検討を開始させた。受講生は、遺伝子やDNAについて日常生活の中で耳にはいるものの、その内容については全く認識できていないことが容易に予想できる。加えて実施する一連の組換え実験は、対照実験を実施しながら科学的に組換えの成否を導く内容である。したがって、これらの内容をわかりやすく説明するために、生徒はなるべく実験キットの内容を単純化し、難しい言葉を使わないようにすることを考えた。例えばLB寒天培地を「培地」、アンピシリンを含んだ培地を「抗生物質入り培地」とした。また、一連の実験のプロセスを「劇」で説明したらわかりやすいのではと考え、大腸菌を演じる生徒、プラスミドDNAを移動させる生徒、解説をする生徒など

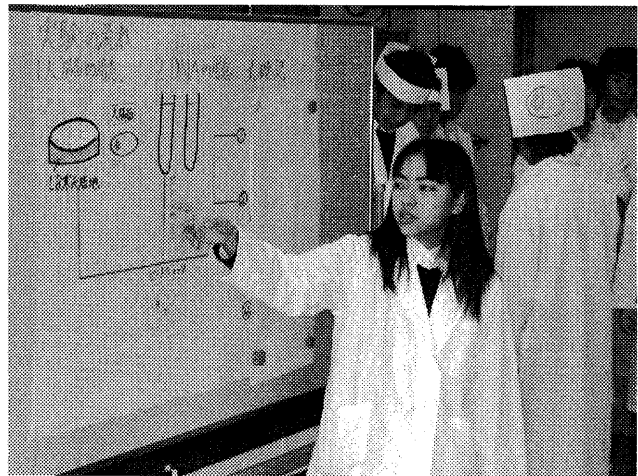


図6 組換え DNA を説明するための準備

のように、配役を決め小道具等を入念に準備した（図6）。加えて生徒は、授業実習で実験の理解や成功を目指すだけでなく、より適切な生命倫理観をもつことの重要性にまで言及できるよう、意見交換を繰り返した。

## (2) 授業実習

授業では、初めに担当の生徒が大腸菌のつくりをモデルで簡単に説明した後、生徒全員で実験の流れを劇のように演じながら、各培地上で大腸菌がどのようになるかを受講生に発問した。受講生は実験の流れを確認しながら、ほぼ全員正しい予想をたてることができていた。続いて担当生徒が、どのように組換えDNA実験が身の回りで利用されているかを説明するとともに、この教室での学習を通して、組換えDNAに対し正しい判断ができるようになることの重要性を訴えた。

次に生徒は、今回使用する大腸菌が人体に害を与えないものであることを説明するとともに、大腸菌以外の菌が混入しないよう、滅菌の方法について説明した。その後、2名の受講生に1名の生徒を指導者として配属し、各グループ単位で実験を進めていった。生徒たちは受講生の実験が安全に進むよう留意するとともに、滅菌のタイミングや組換え操作の順序、必要な実験器具の手配など、きめ細かな支援活動を行っていた。実験はおよそ70分程度を予定していたが、どのグループも滞りなく実験が進み、ほぼ予定通りに全員が実験を完了することができた（図7）。

今回の組換えDNA実験は、受講生を引率している保護者にとっても初めての経験であり、いろいろな質問が受講生と同様に保護者からも出ていた。生徒たちは説明が可能な内容については自信をもって答えていたが、難しい質問に対してはお互いに相談しながら、答えられる範囲で説明していた。また、わからない内容については、あいまいな回答をするのではなく「わかりませんので先生に聞いてみます」と受講生や保護者に伝える場面も数回あった。



図7 組換えDNA実験の様子

## Ⅲ. 実践の評価

今回の実践において、受講生である小学生やその保護者に対し生徒の印象をたずねたところ、次のような回答があった。

- ・中学生のお兄さん、お姉さんがやさしく説明してくれたので、楽しくできた（科学の祭典 小学5年生）
- ・先生方（東雲中のお兄さん、お姉さん）がとてもやさしかったので、子供も興味をもって参加することができました。（科学の祭典 小学3年生保護者）
- ・大変楽しかったです。中学生の説明もわかりやすく、大人でも楽しめる内容でした。（科学の祭典 小学5年生保護者）
- ・おもしろかった。中学生の先生がいろいろ答えてくれてなかよくなった。（科学教室 小学5年生）
- ・実験の方法がよくわかった。お兄さんにてつだってもらえたのでとてもうれしかった。また来たいです。

(科学教室 小学5年生)

- ・今回の内容は難しかったけれど、お姉さんたちに気楽に質問できたし、とてもたよれて優しくてうれしかった。(スーパーサイエンスミュージアム教室 小学5年生)
- ・遺伝子のことはあまり知らなかったし、すこしこわいなと思っていたけれど、中学生のお兄さんにいろいろ教えていただいたので、楽しく安全にできました。結果が楽しみです。(スーパーサイエンスミュージアム教室 小学6年生)
- ・細かいところまで準備や説明をしていただきありがとうございました。わが子も今日の中学生のように成長してほしいなと感じました。(スーパーサイエンスミュージアム教室 小学5年生保護者)

これらの意見や感想から、今回の授業実習について、受講生やその保護者から大変好意的な印象が多く得られたといえる。中でも「大人の指導者より気軽に質問ができた」という回答は、受講生にとって指導をした中学生が大人よりも近い存在にあったことを示している。また、最後の授業実習後に、指導者として活動した生徒たちに感想をたずねたところ、次のような回答が得られた。

- ・始めはどうやって接したらよいかわからなかったけれど、受講生やその親が話しかけてくれて結構フレンドリーに授業をすることができた。(男)
- ・まだまだ知識が足りなくて、せっかく質問されたのにうまく答えられなかったのがくやしい。(男)
- ・もっと勉強しておけばよかった。(男)
- ・頭ではわかっているのに、他の人に教えるとなると勝手がちがった。もっとわかりやすくていねいに教えたかった。(女)
- ・大人の人に聞かれた質問にも、ちゃんとわかるように答えられるようになりたい。(女)
- ・科学教室の時はうまく教えられなかったけれど、スーパーサイエンスミュージアム教室のときにはかなり時間をかけて勉強したので、うまく教えることができた。(男)
- ・事前の勉強や準備が大変だったけれど、その分やりがいがあったよかったです。(男)
- ・言葉使いが悪いところをなおしたい。(男)

これらの結果から、生徒たちは自分の理科の知識について課題を見出したり、学習の必要性を感じたりしていることがわかる。特に、「わかつてはいるけれどうまく説明できない」という生徒の回答は、科学的思考力の1つともいえる。自分の考えをその場で論理的に説明する力に対して生徒が課題を感じているといえる。

また、事前に授業の内容を考え、学習を深め、細部まで実験の準備をしたため、授業実践後にはどの生徒も達成感や充実感を感じていた。このことは「教科」に対する自信を深めることへもつながっていると考

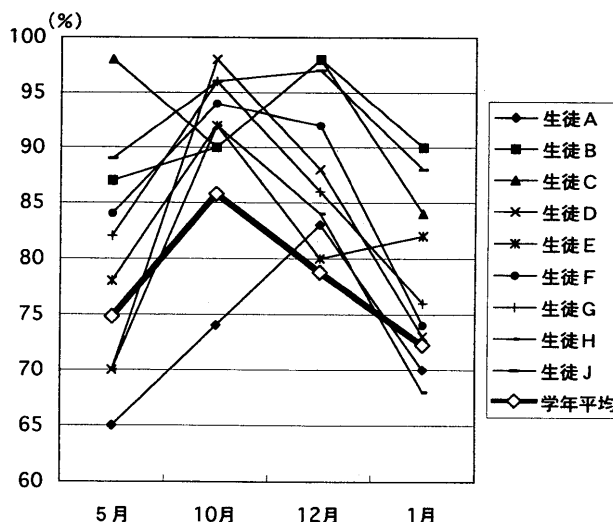


図8 選択理科履修者の「科学的思考力」成績推移

えられる。例えば、今回の選択理科履修生徒9名における、定期テストの「科学的思考力」に関する問題の成績の推移を見ても、この授業実習が必修理科の成績向上に効果を与えているのではないかと考えられる(図8)。

#### IV. おわりに

研究初年度である今回は4回の授業実習を実施したが、今後はさらに授業実習の回数を増やすとともに、その効果についてきめ細かな調査・研究を重ねることにより、授業実習と科学的思考力との関連をさらに精緻化する必要がある。また、このような実践を重ねることで、理科が好きな生徒が自らの科学に対する興味・関心をさらに伸ばすとともに、生涯にわたって科学を身近に感じ、科学的に思考することを大切にしたい生き方をめざすことができるとも考える。

文部科学省科学技術政策研究所の報告書「科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について」によると、現在の我が国は「科学コミュニケーター」の育成や科学コミュニケーションの活性化による科学リテラシーの向上への取り組みが不足しているため、科学技術の研究開発が一般の人々と乖離するばかりでなく、国民一人ひとりが科学の恩恵を受けた生活を送る上で大きな支障をきたすと警告している。本研究は、この報告書が提案する科学コミュニケーションのあり方について、義務教育段階での実践例として寄与できると考える。今後は小学校とも連携を図りながら授業実習を立案・実施することで、より研究を推進したいと考える。

#### 謝 辞

本研究の授業実習にあたっては、広島市こども文化科学館の沖本博館長に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表し、厚くお礼申し上げます。

#### 引用文献

文部科学省科学技術政策研究所 科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について 調査資料100, 2003