

<原著論文>

高校理科授業の活性化を目指した、実験リーダーの育成をはかるプログラム開発

茨城県立古河第三高等学校
石川 臣 紀

The development of programs which bring good motivation and interest to the science for high school students.

Koga Third High School
Shinki ISHIKAWA

キーワード : プログラムの開発、分子生物実験（実験指導法）、平成20年告示新学習指導要領、グループワーク

Key Words : The development of programs, molecular biology experiments, The New Curriculum Guidelines, based on group works

概要

本論文は、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（以下 SPP と略す）の一貫として、茨城県立古河第三高等学校（以下、本校と略す）と東京理科大学の伊藤稔研究室と太田尚孝研究室との連携による研究の成果を発表したものである。

本研究は、「生物 I」の授業への生徒の主体的な参加を促すために、授業の活性化を目指すプログラムを開発したものである。プログラムでは、生徒を実験リーダーとして育成するためにグループワークの手法と遺伝子関連の実験を用いた。参加生徒が授業において TA として活躍し、授業の活性化がみられた。実験前にグループワークの実習を行い、意図的に生徒の意識を変容させることが、授業の活性化に向けた実験リーダーの育成に対して効果的であるという結果が得られた。この実践は、参加生徒が、近隣の小中学校へ出前実験の TA として活躍するまで発展した。このように多くの教育的効果が得られたので、ここに報告する。

1 研究に至る経緯

私は、公立高校の教諭として16年間、理科を担当し、授業に主体的に参加できない生徒の対応に苦心してきた。例えば、授業の中で実験や実習を多く取り入れることや、話し方の工夫や、パソコンを用いた提示の仕方など、様々な取り組みをしてきた。そのような中で、授業の中で実験を多く取り入れても、必ずしも、生徒が主体的に授業に参加していないことに気づき、「選択実験授業」という授業形式を提唱した¹⁾。また、実験の内容に関しても、どのような実験が生徒の興味や関心を向上させられるのかをアンケートなどで調査を重ね検討してきた²⁾。しかし、公立高校では、異動に関する県内の規則のため、同一校に長期間勤務することが難しい環境にあり、また、勤務先も実業高や進学校など、学校の

特徴に応じて生徒の理科に対する興味や関心の対象が変化しているため、一貫した研究を行うことが困難であった。例えば、A高で良好な研究結果が得られたとしても、必ずしもB高で同一の結果が得られるとは限らないと言うことを痛感させられる事もあった。その意味では研究の再現性がなく、本研究の科学性の乏しさが生じてしまうことは免れない。ただ、幸いなことに、私は10年間、進学校に力を入れている高校に勤務することができたので、共通の問題点を抱え、それを解決する方策を模索することができた。その研究の方向性とは次の通りである。

勤務してきた高校では、「生物Ⅰ」の授業において、「進路に関係がないから」「実験は誰かがやっていることを見ればいい」といった消極的な理由を持った生徒が存在し、授業に主体的に参加しない者が見受けられた。特に、「生物Ⅰ」は「文系コース選択」の履修科目に設定されるため、理科に対する苦手意識を抱いて日々の授業を受けていると思われる「学習意欲が低い生徒」が存在していた。佐伯・藤田・佐藤（1995）³⁾らが指摘している、『高校生のコース選択については「本来の数学的・科学的探究の能力や資質とはほとんど無縁のことにもとづいて「理科系コース」か「文科系コース」かに自分の「進路」を決める。』³⁾ということが、本校でも見られていた。

この問題の解決に向けて、日常生活に関する疑問を、「生物Ⅰ」の教科書に関連させた調べ学習を取り入れることで、生徒の学習意欲の向上を促すことに取り組んできた^{1,4)}。同じく、アンケート調査により、生徒が興味を抱く科学・技術の分野について、①身近な題材であること、②視覚的に強い印象を与えることが可能なもの、③その生徒の将来に何らかの関わりがもてるもの、の3点が効果的であることをつきとめた^{2,5)}。

以上の結果から、積極的に授業に実験を取り入れ、授業の活性化を試みたところ、実験を行う場合においてもいくつかの問題点が見受けられた。その一つとして実験に対する生徒の姿勢があげられる。教師は、授業において実験を行う際には、「実験の説明」→「実験」→「実験結果・考察」→「まとめ」と実験内容に注意を向けがちになる。しかし、高校の授業で行われる実験では、実験台の物理的な要因により、4人1班もしくは、2人1班というグループ形式を取らざるを得ず、必ずしも全生徒が主体的に実験に取り組めるという訳ではない。場合によっては「他人任せ」で周囲の友人たちが操作している様子を見てだけで授業時間を過ごしてしまうような行動をする生徒が見られる場合がある。この問題の解決に向けて、実験を行うグループでの人間関係の環境が改善できれば、協力的に実験に参加できるようになるであろうと仮説を立て、プログラムの開発に取り組んだ。

プログラムは、まず、実験を行うグループでの人間関係の環境の改善に向け、グループワークの手法を用いることで、生徒の「会話の重要性」への認識を高めることを目指した。次に、生徒の興味や関心を高めることが期待される実験として「遺伝子に関する実験」を取り入れた。この遺伝子に関する実験は、高校の設備では実施できないものがあるため、東京理科大学の太田尚孝准教授（以下、太田と記す）に協力を依頼し、遺伝子実験講座を担当して頂いた。同時に、グループワークの指導についても、同じく、伊藤稔教授（以下、伊藤と記す）の専門であるため、協力を依頼しグループワーク講座を担当して頂き、次の表1のようにプログラム開発を行ってきた。

表 1 授業の活性化を目指したプログラム開発実践の例

実施日	内容	参加者	備考
2005年12月26日	グループワーク講座	17名	対象2、3年
2005年12月27日	遺伝子実験講座	19名	対象2、3年
2005年12月28日	独立行政法人 農業資源研究所訪問 遺伝子組み換えの現状に関する学習	17名	対象2、3年 遺伝子実験の補講
2006年8月4日	グループワーク講座	19名	対象1、2年
2006年8月7、8日	遺伝子実験講座	17名	
2006年11月15日 注	経済産業省技術環境局 「標準化」 出前講座 「対話の重要性」	40名	対象1年 グループワークの 実践例紹介

上記表1における「注」とは、「標準化」をグループワークのプログラムの1つに位置付けたことを明記するためである。これは、グループワークを「科学技術の社会性について」としてプログラム開発を行った事に起因する。文系の生徒が理科を学ぶ時に、「人間の社会活動の一例として科学技術が存在し、その社会活動に従事している研究者が存在すること」を知ることで、文系の生徒が「科学技術を人間の社会活動」と、とらえ、文系選択者にとっても科学技術と強い関わりがあると提示することが可能であると考えたからである。

また、近年の科学技術開発ではチームワークが欠かせなくなっており、科学技術を人間関係の視点からとらえ、文系の生徒が将来、日常生活のみならず、仕事として関わる可能性があると考えられる。そこで、「他者との関わり」「集団の中での自己の役割」「グループワークにおける言語の重要性」「コミュニケーション能力の育成」を中心としたプログラム開発を試みたのである。

このようにプログラム開発を進めていく中で、高校において「生徒が実験に対して主体的に取り組めるような環境の構築」を目指すにあたり、実験中のグループ内において、円滑なコミュニケーションがとれるようにするには、講座の参加者がグループの中でリーダー的役割を果たせれば、教師一人が40人の生徒に指示するよりも実験に対する細やかな配慮が可能であると考え、「実験リーダー」の育成を目指したプログラムの開発に進んでいったのである。

2 研究方法

本研究は、次のような一連の流れのプログラムを開発することである。

- ① 授業の実験に対する生徒の主体的な参加を促し、活性化をはかるため、一部の生徒をティーチング・アシスタント（以下、TAと略す）として活躍できるように育成することを目指す。なお、TA役を担える生徒を「実験リーダー」と呼ぶ事にする。
- ② 「実験を行うためには言葉を用いたコミュニケーションが必須であり、その能力は科学技術に関与する人材にも必要とされていること」をグループワークの講座を通じて生徒が認識できるように目指す。
- ③ 授業において生徒がTAとして活躍するためには、TAとなる生徒自身が実験技術や知識が必要となるため、その習得を目指した講座を設定する。
- ④ 先行研究により、実験は、遺伝子に関するものが生徒の興味・関心の向上を促せる

ものであると判断される⁶⁾ので、遺伝子に関する実験を行う講座をプログラムに取り入れる。

- ⑤ 通常の授業中に講座の紹介を兼ね、事前学習として、コミュニケーションに対する生徒の意識の向上を促すよう指導を進める。
- ⑥ 講座参加の希望者を募り、プログラムを実施する。
- ⑦ 参加希望者には講座への事前指導として、参加後に授業において TA として活躍する機会や、小学校や中学校への出前実験ボランティアに参加する機会があることを詳しく紹介し、生徒の講座への参加の目的を明確にしておく。
- ⑧ 講座後、本校で遺伝子に関する実験を行う時に、実際に TA として活躍する機会を設定する。
- ⑨ 近隣の小中学校からの依頼がある場合に、随時、実験ボランティアが開催できるように準備をしておく。
- ⑩ 依頼がある時には、TA として活躍している生徒を引率して、実験ボランティアに取り組み、外部評価を受ける。

また、本論文で用いる「実験リーダー」とは、次のように定義をする。

- ① 校内で行う生徒のグループ実験や実習の際、TA としての行動がとれる生徒。
- ② グループ内での円滑なコミュニケーションがとれるように、会話の先導役を担える生徒。
- ③ グループ内の他の生徒に助言できる程度の実験に関する知識や技術を習得している生徒。

このような資質を持った生徒を育成するために、2005 年度から 2011 年度まで、東京理科大学の協力を得て、実験リーダーを育成するプログラムを開発し、毎年、東京理科大学にて 3 日間の講座を実施している。

学校教育において「授業が活性化される」とは、「生徒が主体的に取り組めること」である。高校における生物の授業において、主体的な取り組みは、実験・実習でそれぞれの生徒が、目的意識を持って取り組めることである。

そのために、実験・実習を行う際に、生徒どうしのコミュニケーションの育成を行い、実験に取り組む際に、良好な話し合いが出来る人間関係の環境の整備に注目した。

実験・実習において、生徒達の中で良好な話し合いがなされることは、「実験に対する問題意識」や、「結果の考察」に対して効果的に働く。その点において、平成 23 年度以降から完全実施される新学習指導要領では、言語活動の充実が求められている。この改善の柱として、「第 1 に言語活動の充実、第 2 に理数教育の充実をあげている。」⁷⁾ 特に理科教育で重視すべき言語活動として、科学的な思考力などの理科的能力を伸長させるための「話し合い活動」というものを創り上げる必要性を説いている⁷⁾。

このような視点から、本研究では、良好な話し合い活動を形成するために、実験を行う前の段階での人間関係の構築を良好なコミュニケーションの中心に目指し、グループワークを行うことを取り入れた。グループワークの担当は、伊藤である。

伊藤には、遺伝子実験講座の実習の前に、グループワークを実践し、人間関係中心の実習環境の構築をはかる目的の達成に向け、「会話の重要性を認識できるコミュニケーション能力の育成」に重点を置いたグループワークの講座をお願いした。

一方、前述の通り、先行研究により、身近な実験試料を用いた DNA に関する実験を行うことは、生徒の興味・関心を向上させることができるという情報が得られている⁵⁾。しかし、高校の施設では、例えば、大腸菌の形質転換に関する実験では、閉め切った実験室で行わなければならない空調設備が必要となる等、設備的な問題で実施できない実験があるため、大学の施設を使用させて頂き、遺伝子実験を行うことにした。そのため、太田には遺伝子組み換えや遺伝子判定に関する実験講座を2日間にわたってお願いした。

本プログラムにおいて実験リーダーを育成することで、高校における「生物Ⅰ」や「生物Ⅱ」の授業内で、教師が DNA に関する新しい実験を展開するための助力を得て、実験に取り組みやすくなるものと思われる。また、グループ内でのコミュニケーションの向上を意図的に向上させることが目指せるようになり、実験グループ内における話し合い活動の活性化を図ることが可能になると思われる。そこで、本研究では、高校生の希望者に講座を受講させ、参加生徒が所属するクラスで、頬の細胞からの DNA の抽出実験を行い、教育的効果を検討した。また、プログラムに参加した生徒の中には、小学校や中学校へ行き、出前実験ボランティア活動を実践してきた。このときの生徒の活躍に対する教育的効果について考察することを試みた。

3 実験講座におけるグループワークとは

グループで円滑に実験を行うために、実験を行うグループ内で活発な話し合いが行われる必要がある。このような言語の活用は、「中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会の審議のまとめ」(2007.11.7)にも重要性が記載されている。片平(2009)⁸⁾によると「言語の活用は論理的な思考に基づく知的活動の基礎である。」⁸⁾と論じられているが、通常の授業における実験・実習の時間ではその基礎の育成を目指すことを盛り込むことが困難である。さらに、片平⁸⁾は、「理数学力の低下が声高に叫ばれている現在、PISA 型学力として求められる問題解決能力を備え、的確な判断力をもった子どもたちの育成は喫緊の課題であり、理科の中でも、科学的な言語能力を目的、計画的に育成することが求められる。」⁸⁾とその必要性を述べている。

たとえば、参加生徒が TA として活動する際に、担当するグループの生徒達が主体的に実験に参加できる良好な人間関係を維持するためには、計画的に言語を用いたコミュニケーション能力の育成が必要となる。グループでの実験を行う上で、最も必要となるコミュニケーションの手段は言語による「会話」である。そして、この場合の「会話」とは、単に日常生活における会話ではなく、「グループ内で会話(議論)をすることより科学的な見方が深まる」ことができるものである。参加生徒が高校内の実験実習において活動する際、「相手にわかりやすい操作の紹介」の表現方法を考えながら行動できるようになる必要がある。その能力の育成に向けて、「相手に意志を伝える能力への気付き」や、「コミュニケーションにおける会話の重要性への気付き」を促すグループワークの活動を取り入れた。生徒達が言語を通じて的確なコミュニケーションを取ることができるようになれば、実験結果を科学的に考察できるようになるための基礎を築きやすくなると考えられる。授業で行う実験の際、このように言語の活用に目を向け、意識的に計画を行うことは今後、ますます、必要になってくると思われる。この点に関して、佐藤(2009)⁹⁾は「実験の計画をしっかりと行い明確な結果を出すことと、話し合いの場では論点のフェースをそろえること、

子供の思考を考慮しながら、科学的思考が培われるような授業計画を作成することが科学的思考力、判断力、表現力の手助けとなろう。」⁹⁾と述べている。これからの授業計画は、単に、実験手順や技能習得への計画だけでなく、それらの育成に必要となるコミュニケーション能力の育成などの学習に対する基盤となる能力の育成も必要とされることが容易に想像できる。

4 プログラムの実施における高大連携講座の実践例

① グループワークの講座

グループワークを行い、言語によるコミュニケーション能力の育成を目指す講座である。講座は、会話を行う環境の構築を目指したアイスブレイキングで始まり、課題解決型グループワーク、コミュニケーション能力の育成を目指したグループワークの順に進める。伊藤研究室に所属している大学院生や大学生が各グループ（4～5人の生徒）に1名ずつ担当し、円滑にグループワークができるように、先導役を付けた実習を進めた。なお、2回目や3回目となる参加生徒に対応するために、毎年、グループワークの内容を変えて実施している。グループワークの一例を以下に記す。

一つの例は、「ポリオミノ」というグループワークである。この取り組みでは、参加生徒が数学的・幾何学的な思考を用いて問題に取り組み、グループで思考することの方法やその効果について学ぶ機会を設定した。話し合いには、科学的な根拠が必要であり、グループでの活動の際、参加生徒が求められていない方向に進みそうになった場合には、各グループに配属されているTAが先導役として軌道修正ができるように配慮した。

次の例は、「月面着陸アポロ11号のお話」というロールプレイングゲームである。この活動では、参加生徒が科学的な知識を出し合い、最も有効な方法についてグループで検討しあう活動である。参加生徒が課題解決に向けてグループとしてどのように判断をすべきか、という「グループでの取り組み方」を学ぶことを目的とした。この活動は、参加生徒が個人で考えた結果よりもグループで考えた結果の方が、より専門家に近いものが得られるということを数値により体験できるものである。ゲーム感覚で実習に取り組み、各グループの結果を黒板に書き出すことで、グループとしての結論が個人で考えた結果を上回るということを参加生徒全員で知る事ができ、かつ、また、「グループでの活動の効果」を視覚的にも捉えることができ、参加生徒にとってグループでの話し合いの効果を知るには大変説得力のある活動となっている。

最後に、伊豆の池田20世紀美術館の絵葉書「岡本信次郎作 インディアンの娘」という抽象的な絵を用いたグループワークの例をあげる。これは、ゲーム感覚のために生徒が取りかかりやすいグループワークである。この活動の目的は、「言葉だけで伝えて他人に絵を再現させる」活動を取り入れ、伝達のスキルを考察することにある。グループの代表者1人が柱のかげに掲示された絵をみて、グループに戻り、ジェスチャーを用いず言葉だけでグループのメンバーに描写させる活動である。言葉だけでは、他人に伝えづらいことを体験する活動である。それぞれのグループが1つの絵として完成させた後、できあがった作品をグループ毎に発表をする場を設定し、参加者全員が、この課題の難しさに気付けるようにした。

このようなプログラムを通して、実験を行うグループで必要とされるコミュニケーションへの気付きを促し、その能力の育成を試みた。

② 遺伝子実験の講座

伊藤の講座でコミュニケーション能力を高めた生徒たちが、DNA に関する実験に取り組んだ。この実験は連続した2日間で実施した。この実習では「自分のDNAの視覚化」「アルコールパッチテストとの比較による遺伝子判定」「大腸菌へのルシフェラーゼ活性の遺伝子導入に関する遺伝子組み換え実験」を用いて、DNAを身近に感じられるように配慮した。遺伝子実験の際に、各班に設定されたTAの研究室の大学生から、クイズ形式で遺伝子に関する出題をしてもらい、参加生徒が「なぜ」「どうして」と考える機会を多く設定した。後日、本校で参加生徒がTAとして活躍できるように、マイクロピペットの使用法、クリーンベンチの使用法、試薬の調整法など、実験技術の向上も目指した。効果的に目標が達せられるように、班毎にTAの大学院生や大学生を配置し、太田は総括管理者としての位置付けで全体を見渡すように活動した。グループ毎にTAが説明を行いながら進行する方法は、参加生徒に対する細やかな配慮ができる。また、TAである大学生と参加生徒との年齢の近さがあり、生徒がTAに親近感を抱くことができ、実験だけでなく進路相談や大学生活に関する質問など、様々な会話が生じ、活発なコミュニケーションを育みやすい環境ができた。

このようなTAを用いた実験の教授法は生徒が実験を学ぶ際には大変わかりやすく、クラス全体を一人に対応している高校教師にとっては活用してみたい形式であるといえよう。

実験の合間には、結果の考察や、実験のバックボーンに当たる生物学的知識の学習が、各班のTAによって行われ、生徒の知識の習得にも効果的であった。右の図1では、右端のTAが資料を指さしながら、参加生徒に教えている様子である。参加生徒は熱心に聞き入っている。少人数であるため、教える側の目が届きやすく、大変細やかな配慮をすることができるのが分かる。

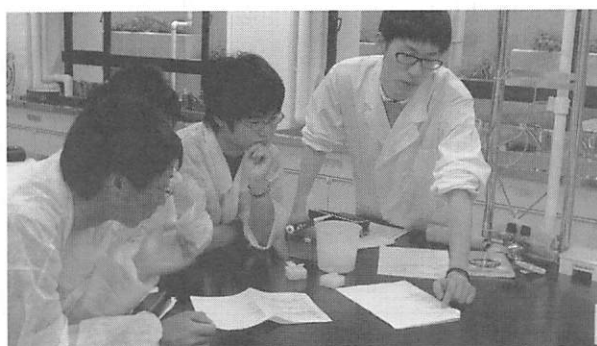


図1 実験に関する説明を行うTA

一方、講座を運営する全責任者でもある教師（この場合、太田）は、講座の間は机間巡視を行い、進行の確認や、TAの大学生からの質問に答え、全体の状況の把握に努めるだけで、講座を運営することができた。この点において、我々、高校教師が、新しい実験を授業の中に導入する際、一部の生徒をTAとして位置付け、活気ある授業にすることは、授業の運営において効果的であることがわかる。

この講座を通じて、参加生徒たちは実験技能の習得ができ、知識の向上がみられ、何よりも、実験における会話（議論）の重要性に気付くことができ、コミュニケーションを意識して実験に望めるようになったのである。

なお、実験を行うための事前準備として、指導者である教員が機材の準備や予備実験をしなければならないのはもちろんであるが、プログラムで用いた遺伝子関連の実験を行う上では、「保護者の同意書」が必要であることに注意しなければならない。実際、本プログラムの参加申込書には、保護者の同意書を兼ねたものとし、同意がない場合には、自分のDNAを用いる実験は見学をして、自分のDNAを使用しない他の実験に参加できるように配慮を施した。同様に、後述の中学校での実験講座においても、中学生およびその保護者から同意書を得ておいた状態で実施した。その点において、笹川・小野（2009）¹⁰⁾は、個人

の DNA を視覚化する実験では、個人情報の取り扱いに関する注意事項として、ヒトゲノムを扱った実験に関して、「実験結果が個人情報となり、生徒のプライバシーにも関わる実験であることから、…中略…、しっかりとしたルールを作成し、それに従って安全に実施すべきである。」¹⁰⁾と警鐘を鳴らしている。未成年である中学生や高校生がこのような実験を行う上で、保護者の同意書は必須であり、また、同意書が得られない場合には「見学」の形で参加できる配慮が求められることを付記しておく。

5 授業実践

プログラムに参加をした生徒が、高校の授業における実験で TA として活躍し、授業の活性化がみられた。さらには、TA として活動した生徒が小学校や中学校への出前実験ボランティアとして活躍し、好評を得た。このような事例を、表 2 にまとめ、以下に実践例を記す。

表 2 授業の活性化を目指したプログラム開発実践の例

実施日	内容	参加者	備考
2007 年 8 月 9 日	グループワーク講座	35 名	対象 1、2 年
2007 年 8 月 10、11 日	遺伝子実験講座	35 名	対象 1、2 年
2007 年 11 月 7 日	2 年生理系コース 2 クラスで頬の細胞から DNA 抽出を行う際の TA としての活動の実践	14 名 および 40 名	2 年生 2 クラス 実験リーダーの活躍の実践例
2007 年 11 月 14 日	2 年生文系コースで頬の細胞から DNA 抽出を行う際の TA としての活動の実践	45 名	2 年生 1 クラス 実験リーダーの活躍の実践例
2008 年 8 月 7 日	グループワーク講座	37 名	対象 1、2 年
2008 年 8 月 8、9 日	遺伝子実験講座	36 名	対象 1、2 年
2008 年 11 月 15 日	結城市立 K 小学校への出前講座	7 名	実験リーダーの活躍の実践例
2009 年 7 月 26 日	グループワーク講座	40 名	対象 1、2 年
2009 年 7 月 27、28 日	遺伝子実験講座	40 名	対象 1、2 年
2009 年 10 月 26 日	野田市立 F 中学校への実験講座 頬の細胞からの DNA の抽出実験	7 名	実験リーダーの活躍の実践例
2010 年 5 月 4 日	筑西市鯉のぼり祭りへの出前講座	10 名	実験リーダーの活躍の実践例
2010 年 5 月 27 日	3 年生理系コースで PCR を用いた 遺伝子判定実験を行う際の TA としての活動の実践	36 名	3 年生理系コース 生物選択クラス 実験リーダーの活躍の実践例
2010 年 8 月 6 日	グループワーク講座	27 名	対象 1、2、3 年
2010 年 8 月 8、9 日	遺伝子実験講座	29 名	対象 1、2、3 年

① 本校での授業における実践例 (2007 年度の実践を例として)

対象生徒 2年生文系1クラス 45名（男子11名、女子34名）

2年生理系2クラス 14名、40名（男子4、25名、女子10、15名）

2007年度は「DNAを頬の細胞から抽出する」DNA抽出実験を試みた。実験の実施に向けて、40人以上の生徒に対して、担当教諭1名でも通常の授業時間内に円滑に実験ができるように、2年生のプログラム参加生徒を授業時間内にTAとして活躍できるように計画した。

実験を行う事前準備として、対象となる生徒達に、保護者の方達から「DNAを抽出する実験を行う事に関する個人情報の保護に対する同意書」を得ておくように配慮した。

通常の授業内における実験では、教師は、始業時において、器具や試薬の準備と生徒の実験の進行状況の把握の2つの事を同時に行わなければならない。また、実験は物理的な問題（この場合、実験に使用する「Gene in a bottleキット」が4人で1グループとして構成されている点、実験台が2名掛けのため4人で向き合える点、など）により、グループ実験を要される。このような状況の中、各グループに必要なとされる実験器具がきちんと配布されたかどうか、その進行状況はどうかを確認する必要がある。この問題に関して各グループに分配されるべく試薬をTA役の生徒に任せることで教師の目が各グループに届きやすくなった。



図2 TA役の生徒が試薬を配布する様子

一方、DNAの抽出実験では「Gene in a bottleキット」の中に「ディスプレイブルピペット」が入れられているためピペットマンの操作を必要としない。しかし、PCR等を用いた遺伝子判定など電気泳動を用いた実験ではピペットマンを使用しなければならない状況が生じてくる。このようにピペットマンの技術に関する問題では、前述のTA役の生徒の試薬の分配にてピペットマンを使用させることで、その使用法をTA役の生徒から試薬を受け取りに来た生徒達へのデモンストレーションにもなりうる。

上の図2のように、TAの生徒が慎重にピペットマンを操作している様子が、SPPに参加をしなかった生徒達へ興味を抱かせることもあった。教師が分注するよりも代表生徒が教壇に立ち、緊張しながら分注する方が、実験を行う生徒達の関心を引きつけやすいということも効果の一つとして上げることができる。

TA役の生徒の仕事として、全体に対する試薬の分注の他に、各グループに対するデモンストレーションの役割もある。これは、SPPに参加していたときに、大学の学生がTAとして活動していたことを模倣することにある。「Gene in a bottleキット」は操作が比較的簡単であるため、TA役の生徒が対応しやすく、その効果は十分であった。TA役の生徒がSPPに参加したときに自分で失敗した点を中心に、周囲の生徒達に助言や注意をしていたため、3クラスの実践の中で誰一人として失敗をすることがなかったのは評価に値する。各グループへのTAの配属が、授業に活気をもたらし、グループ毎に上手に進行させることができた要因となった。

② 小学校への出前実験講座

本プログラムに参加生徒が、実験リーダーとして活動できる資質が向上されたと生徒自身が感じられる機会として、校外活動を設定した。このような主体的に取り組んだ体験の重要性は、森崎（2005）¹¹⁾が企業の人材開発においても「自分の目で確かめることの大切さをしっかり身につけるべきである。」¹¹⁾と述べている。本プログラムに参加生徒達が、「自分の目で確かめる」ことができるには、「実際に、科学に関する活動の中で自分が TA として関わるることができる」事が最も効果的ではないかと思われる。

2008年度の例では、SPP実施の3ヶ月後である、2008年11月15日(土)、結城市立K小学校へ出前実験に行った。このような校外活動では、生徒達が、私たち教師とは違った視点で評価をしてもらえる環境にある。そこで、地域住民の方々から好評価を受けられたことで、生徒が自信を持つことにつながり、さらなる発展を望むことができるのである。藤井（2005）¹²⁾は、「地域住民からの肯定的な評価によって、子供は自分の考えや行動に自信を深め」と述べ、その重要性を指摘している¹²⁾。つまり、生徒が小学校での出前実験の活動を通じて、小学生やその保護者、小学校教師から評価されることで、TAとして活動した本校生徒のコミュニケーション能力やプレゼンテーション能力が更に向上する事が望めるのである。

交通機関の都合上、出前実験でTAを行った生徒は高校1年生で、女子3名、男子4名の計7名である。私が出前実験の講師で、生徒は私のTAとして取り組んだ。実験は班別で行い、太田の実験形式と同様、1班に1名のTAとして配置した。実験内容は、対象が小学生と言うことで、「アルコールを用いた空き缶ロケット」および「空気砲」である。なお、空気砲に関しては、伊藤の物質的支援により、スモークメーカーと燃料、延長コード、段ボール、空気砲の仕組みが書かれた紙芝居の貸し出しを受け実践した。

この取り組みでは、TA役の生徒が、小学生が安全に実験できるように、実験の準備や小学生の操作への注意など細やかな配慮が出来たおかげで、事故もなく安全に大盛況の内に講座を終えることができた。何よりも、小学校の中学年の児童を対象に、金槌や釘、火気を取り扱うという安全への注意を要する活動にも関わらず、一人の怪我人も出さず、参加できない児童が一人もいなかったことは、高く評価できる。それだけ、TAとして活動した生徒達が細やかな配慮ができたと言えるであろう。高評価を裏付けるように、毎年、様々なところから出前実験ボランティア派遣の要請がきていることを付記しておく。

この活動に参加した生徒は、初めて、「他人に実験を教える」という体験をした。SPPの伊藤の講座で、科学技術の発展には、「コミュニケーション能力」と「プレゼンテーション能力」が重要であるという事を学び、次の段階として、それらの能力が必要とされる場面に置かれ、自分たちが活動する時に、意識しながら取り組んでいたようである。加えて、太田の講座での「安全の確保」を生徒自ら「火の取り扱い」など、十分に意識して活動できたので、全くトラブルが生じることなく、出前実験講座を開催できた。このような活動は2010年でも依頼が来て、継続的に行われている。

③ 中学校への出前実験授業

2009年のプログラムに参加した2年生7名による、出前実験講座が、2009年10月26日に、千葉県野田市立F中学校で行われた。中学3年生3クラスを対象に、頬の細胞からDNAを抽出する実験を行った。

これは、野田市教育委員会から要請を受けて実施されたものである。本プログラムが、

地域社会へ還元された事例である。中学校での実験では、私が、前述の太田の役割を担い、生徒が TA であった大学生の役割を担うことが必要とされた。

中学 3 年生から平成 20 年度の新学習指導要領の前倒しにより、「遺伝子の本体が DNA であること」などが学習されるようになったため、DNA の抽出実験は中学校では初めて扱う内容である。また、私にとっては、初めて訪問する学校のため、実験を行う環境の情報が不足し、一人では到底、対処しきれない。そこに、本プログラムでスキルを習得した生徒が TA として活躍することで、効果的な実験の授業が展開できるものと考えたのである。

TA が活躍できたために、私はカメラマンと全体の監視役に徹することができた。当日は、野田市教育委員会から委員の先生方や、近隣の指導主事、理科教師など、見学をされた先生が多数参加された。

実験では、待ち時間があるため、高校 2 年生と中学 3 年生の間で「高校生活に関する話し」が弾んだ。TA の生徒にとって SPP 受講時とは立場が変わり、中学校への実験講座では、

高校生と中学生との年齢の近さと、「高校入試」という現実的な未来に中学生たちは関心があり、その話題に答えられる経験をしている高校生の間において、会話が活発に交わされ、良好なコミュニケーションを築くことができた。

左の図 3 のように TA 役の生徒は白衣を着用し、中学生はジャージで実験に取り組んだ。

プログラムで行った実験との大きな違いは、実験者である中学生がピペットマン操作をしないことである。中学生一人一人にトレーニングをする時間が無く、実験は正味 45 分で行う必要があったため、ピペットマンで



図 3 TA 役の生徒が試薬を分注する様

の操作は、図 3 に記すように、教卓にて TA が行う方法を用いた。また、実験には、恒温振とう水槽およびブロックヒーターが必要であり、緩衝溶液や酵素などグループ別の分注が必要となるが、7 名の生徒の TA が首尾良く分担を行い始業時間までに準備を成し遂げ、円滑に授業をむかえられた。

これらの結果から、プログラムが、中学校へ還元されたもの言える。また、伊藤のコミュニケーションの講座により、グループ分けされた中学生と意識的にコミュニケーションを取ることができているとも言える。

この中学校への取り組みでは、中学生と担当した生徒から評価を自由記述法による調査を試みた。結果は好評で以下の通りである。

・中学生によるこの講座に対する評価

アンケートの対象は 3 クラスで任意抽出の 36 名である。また、アンケートは実験終了後に、休み時間のほんのわずかな時間で中学生に書いてもらったため、一言での表現が多かった。内容は以下の通りである。

「面白かった」という内容。(18 名、50%)

「DNA が気持ち悪かった」という内容。(9 名、25%)

「DNA が現れてびっくりした」という内容。(7名、19.4%)

「DNA の形がみられて良かった。」(1名)

「自分の DNA がみられて感動した。」(1名)

- ・TA を担当した生徒の感想 (7名中、5名にインタビューをした。)
- ・改めてコミュニケーションの大切さと物事を教える側の大変さを身をもって感じた。まだまだ自分には機転の良さとコミュニケーション能力が不足しているなど思った。
- ・実験後に半の生徒達からお礼を言われてとても嬉しかった。
- ・実験では、みんな自分の DNA を見て感動したり、楽しんで実験に取り組んでくれたようで良かった。
- ・中学生と話して面白かった。自分も一緒になって楽しんだ。
- ・また機会があったら行きたいなど思った。

上記のように、中学生に対して、DNA の実験は、印象的であったことが伺える。生徒にとっては、プログラムの初日の講座である伊藤の「グループワーク」で学んだコミュニケーション能力を強く意識する結果となった事が分かる。中学生にとっても、TA を担当した生徒にとっても、大変有意義で貴重な時間を頂けたものと感謝している。この取り組みが好評であったため、2010年の10月28日に、再び、出前実験を行ったことを付記しておく。

このような取り組みは、平成20年1月の中央教育審議会の答申に基づいて行われた「高等学校学習指導要領理科の改訂による学習内容の変化」に応じた新しい実験の取り入れに対して効果が期待できると考えられる。高校では「生物基礎」と「生物」に編成され、特に「遺伝情報とタンパク質の合成」は現行の選択科目の「生物Ⅱ」から選択必修科目の「生物基礎」に導入され、多くの生徒が履修することになった¹³⁾。このような状況の中、高等学校では「遺伝子組み換え」や「PCR を用いた遺伝子判定」の実験が現在より多くの学校で実施することが求められるようになった。しかし現実には、実験器具に対する予算的な問題や、実験を行う設備的な問題、さらには、実験の準備や片付けに関する問題など、中学校や高等学校で DNA に関する実験を初めて行う際には何かと障害が生じるものである。このような問題を解決する一つの方策として、生徒を実験リーダーとして育成し、教員のアシスタントとして活躍をさせることや、中高連携、高大連携などで、様々な支援策を活用して授業の活性化が目指せる一事例に、本研究がなり得ると提言する。

6 理科教育の充実と発展に向けて

学習指導要領の改訂に向けて、様々な議論が行われ、多くの論評が寄せられているが、その根本は「科学的なものの見方や考え方の育成」にある。藤枝(2009)¹⁴⁾によると、新学習指導要領に記載されている「生物基礎」と「生物」の目標の文言には、「目的意識を持って観察、実験を行う」とあり、生徒がねらいをしっかりとつかんで、主体的に観察・実験を行うような指導上の工夫が求められている。また、「科学的な見方や考え方を養う」「科学的な自然観を育成する」とあり、科学的リテラシーを身に付けた人材の育成が求められている¹⁴⁾。その点において本研究では、今回のプログラムのように、生徒が主体的に目的意識を持って実験に望むための実験を行う前に施すべき事項として、「グループワーク」による「コミュニケーション能力の育成」を提唱してきた。コミュニケーションには言語による伝達の手段が用いられるが、溝邊(2009)¹⁵⁾によると、理科授業の野外観察や自然体

験等、さまざまな体験活動と自分とを結びつける作業に欠かせない存在として「ことば」がある。¹⁵⁾と「ことばの重要性」を指摘している。更に、溝邊¹⁵⁾は、「その言葉の生成は、自然豊かな環境に出会うことが契機になるものの、それだけでなく、その環境へ積極的に関わる体験、主体的関わりが大きく影響しているのは言うまでもない。加えて、その表現方法の習得も無視できない位置を占めている」と「ことばの重要性」を述べている。¹⁵⁾この点において、伊藤の講座で取り扱った「自己と他者」「他者との関わり」など、グループエンカウンターの手法で取り入れている事項が「ことばの重要性」を生徒が気づき、その能力の向上に役立つと考えられる。もちろん、グループエンカウンターの手法だけではなく、そこには、科学的な事象に関することばの役割も存在するが、実験・実習を行う前の準備段階としては、伊藤のグループワークがまさに、この役割を担っているものと指摘することができよう。

また、プログラムの参加生徒が、地域の中学校へ行き、実験ボランティアとして知識や技術を還元する方策は、地域社会における科学技術の還元にもなり、生徒の科学技術教育の支援をする環境として望ましいと考えている。野上(2010)¹⁶⁾の指摘では、「科学や科学技術を担う人々の生活に焦点を当てた教育を実現し、市民に対して生活者としての科学者や科学技術者を支えることが必要であることを理解してもらうためにも、そして、何よりも、それぞれが科学技術化したこの現代社会を生き抜き、未来を構築するためにも、生涯にわたって学び続けることのできる環境の整備が必要である。」¹⁶⁾とあるが、まさに、実験リーダーの育成を目指したプログラムの「科学技術の社会性」が重視される時代であると言えよう。この「科学技術の社会性」に関する生徒の育成には、地域社会の力が不可欠であり、そのためには、もっと、高校生と地域社会との関わりが求められるのである。大学生から高校生へ、高校生から中学生へ、と科学技術に関する知識・技術の伝達により、科学技術への興味・関心の向上の伝達となり、その生徒達が社会人となった時、地域社会へと広げることができる。広い視点で判断すると、この取り組みは、生涯に渡った取り組みであるとも言えよう。

最後に、大高(2009)¹⁷⁾の言葉を借りて、新しい理科教育に対して、本プログラムが担っている事項について述べる。「新しい理科教育の質的改善の方向性を踏まえて、変化の激しい「知識基盤社会」における理科教育・理科教育の充実を図る必要がある。そのためには、人的物的な広範な教育条件の整備が同時並行的に進められる必要がある」¹⁷⁾。ここで述べられている「教育条件の整備」という点において、本プログラムでは、「人的育成」「地域支援」「高大連携による物的支援」「我々、高校教師が新しい実験に取り組めるようにする教師教育」「将来の先生が、TAとして実践的な活動に取り組める大学教育」など様々な方面における高い教育効果を得ることができる内容である。今後とも、継続して、理科教育の発展のために効果的なプログラムの開発に取り組んでいきたい。

註

- 1) 例えば、石川臣紀(2004)「生物 I 「細胞」における実験・実習に対する生徒の主体的な態度を促す授業法の研究」、茨城県教育研修センター などがあげられる。
- 2) 石川臣紀・リバネス(2004)「サイエンス・パートナーシップ・プログラム実施報告書」、茨城県立並木高等学校

- 3) 佐伯・藤田・佐藤 編(1995) 「科学する文化」、東京大学出版会、p5
- 4) 石川臣紀(2006)「サイエンス・パートナーシップ・プログラム実施報告書」、茨城県立古河第三高等学校
- 5) 石川臣紀(2007)「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト実施報告書」、茨城県立古河第三高等学校
- 6) 石川臣紀(2008)「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト実施報告書」、茨城県立古河第三高等学校
- 7) 田代直幸(2009)「話し合い活動と理科教育」、理科の教育、688号、pp.5-8
- 8) 片平克弘(2009)「科学的な言語能力育成の意義と課題」、理科の教育、685号、pp.5-8
- 9) 佐藤勝幸(2009)「科学的思考力・判断力・表現力を育てる理科授業」、理科の教育、686号、p16
- 10) 笹川由紀・小野道之(2009)「高等学校におけるヒトゲノム・遺伝子解析実験に関する現状と教員意識の調査」、科学教育研究 Vol3、pp.248-260
- 11) 森崎尚(2005)「理科教育現場の彼方から」、理科の教育、637号、p54
- 12) 藤井浩樹(2005)「理科における地域の人材とその連携」、理科の教育、631号、p5
- 13) 清原洋一(2009)「高等学校理科の改訂—総論—」、理科の教育、687号、pp6-7
- 14) 藤枝秀樹(2009)「現代生物学への転換を目指した改訂の概要」、理科の教育、687号、pp.40-43
- 15) 溝邊和成(2009)「経験することとことばの使用」、理科の教育、689号、pp.5-8
- 16) 野上智行(2010)「学校と社会教育施設との連携・協働」、理科の教育、692号、pp.5-8
- 17) 大高泉(2009)「新学習指導要領における理科の改訂と理科授業づくりの視点」、教育実践学研究、第13号、pp.25-37