Trial of New Education Programs Effectively Utilizing Teaching Opportunities

Makoto Hasegawa Member (Chitose Institute of Science & Technology)

Koji Ishida Non-member (Chitose Institute of Science & Technology)

Keywords : science experiments, class programs, teaching material development, presentation, general study class

1. Introduction

In recent years, students in elementary schools through senior high schools seem to be less interested in science and technology as well as manufacturing. Moreover, in universities, achieved levels of knowledge and capabilities of students are said to be declining. In order to overcome those problems, some kinds of new education schemes have to be introduced.

For the purpose of stimulating mainly elementary and/or junior high school students to be interested in the fields of science and technology, science experiment schools and/or classes are widely held. At such experiment schools held at our university, undergraduates often take part therein as assistants. After the experiment schools, those undergraduates tend to say that they got important experiences through explanation to childrens, in which they can realize some areas and/or points in their knowledge are required to be re-studied or re-organized. This indicates that teaching and explaining some knowledge to the others can be important and useful opportunities in education.

Accordingly, new education programs for undergraduates and/or high school students have been tried in which teaching opportunities are effectively utilized.

2. Relay-teaching from Undergraduates to High School Students and Further to Elementary School Students

First, a new style of education, “relay-teaching” from undergraduates to high school students further to elementary school students, was tried in the Science Experiments School.

More specifically, in the experiments school held for the purpose to stimulate elementary school students to be interested in the fields of science and technology, undergraduates first explained the contents and procedures of experiments to high school students. Thereafter, these high school students in turn acted as tutors who explained the contents and procedures of experiments to elementary school students. Although most of the high school students had not learned physics thoroughly, they tried their best in making elementary school students well understand. In addition, the undergraduates tended to realize it difficult to make effective presentation for audience who might be unfamiliar with topics (in this case, high school students not having enough knowledge of physics.)

By thus providing undergraduates and high school students with

opportunities to teach and explain some knowledge to the others, it became possible to allow them to re-recognize and re-construct their own knowledge and improve their presentation-related skills. Accordingly, this style of teaching was found to be an effective education program.

3. Undergraduates Projects for Developing Science Experiment Class Programs

Based on the results of the above-mentioned program, a project for undergraduates has been in progress in which they develop science experiment programs to be used in elementary schools. In this project, groups of undergraduates develop teaching programs of science experiment classes and actually demonstrate them in general study classes of elementary schools. Through the development process, the undergraduates can obtain various skills and abilities such as planning and realizing plans, analyzing the results and making required revisions on their own. Moreover, they are also required to make effective presentation (i.e., teaching elementary school students so that they can well understand the contents of classes). This means the undergraduates can get opportunities to improve their presentation-related skills, including preparation of effective presentation materials.

The four programs for elementary schools were already developed and actually demonstrated by the undergraduates in general study classes of some elementary schools, which were successful in attracting interests of children. Moreover, the project was found to be effective in education for the undergraduates in which they can get opportunities to improve their various skills through experiences of teaching and preparation thereof.

4. Summary

New education programs are briefly explained in which science experiment schools (classes), intended to stimulate elementary school students to be interested in science and technology, can be effectively utilized for education of undergraduates and/or high school students by providing them with opportunities to teach and explain some knowledge to the others, as well as to develop and prepare teaching programs. Close cooperation among education facilities from elementary schools to universities can provide new schemes for education of science and technology.

教える機会を活用した新しい教育プログラムの試み

正員 長谷川 誠* 非会員 石田 宏司*

Trial of New Education Programs Effectively Utilizing Teaching Opportunities

Makoto Hasegawa*, Member, Koji Ishida*, Non-member

New education programs for undergraduates and/or high school students have been tried in which teaching opportunities are effectively utilized.

First, a new style of education, “relay-teaching” from undergraduates to high school students further to elementary school students, was tried in the Science Experiments School. By providing the undergraduates and high school students with opportunities to teach and explain some knowledge to the others, it became possible to allow them to re-recognize and re-construct their own knowledge and improve their presentation-related skills. Thus, this style of teaching was found to be an effective education program.

Based on results of the above-mentioned program, a project for undergraduates has been in progress in which they develop science experiment programs to be used in elementary schools. The four programs for elementary schools were already developed and actually demonstrated by the undergraduates in general study classes of some elementary schools, which were successful in attracting interests of children. Moreover, the project was found to be effective in education for the undergraduates in which they can get opportunities to improve their various skills through experiences of teaching and preparation thereof.

This paper describes the above two new education programs and analyzes educational effects thereof.

キーワード : 理科実験, 授業プログラム, 教材開発, プレゼンテーション, 総合的な学習の時間

Keywords : science experiments, class programs, teaching material development, presentation, general study class

1. まえがき

近年、初等・中等教育段階における小中学生の理科離れ、科学技術・ものづくりに対する興味・関心の低下が問題視される一方で、大学生の基礎学力の低下が指摘されている。これらの問題点の原因が教科学習の時間及び内容の減少にあるとして、「総合的な学習の時間」の見直しを求める声も多方面から出てきている。個々の現象や議論の是非はともかく、新しい観点からの教育手法を導入する必要性が高まっていることは間違いない。例えば、理数系大学のリメディアル教育における e-Learning の活用⁽¹⁾、専門科目で積極的に「書く機会」を導入した例⁽²⁾などが報告されている。

一方、理科離れの抑制努力の一環として、小中学生に理科や科学技術への関心を持たせる機会を提供する目的で理科実験イベントが各地で開催されている⁽³⁾。本学でも、地元の小中学校の総合的な学習の時間などを利用した理科実験教室を継続的に実施している。

上記のような理科実験教室では、本学学生が TA（ティーチングアシスタント）として参加し、大学教員の補助にあたる。その本来の目的は実験教室を円滑に実施することにあるが、講座実施後に参加学生に感想を聞くと、大半の学生から「子どもたちに教えることで自分の理解の度合いが把握でき、貴重な経験になった」という主旨の反応が得られる。これは、「他人に教える機会・経験」が自らの知識の再認識・再構築に有効であることを意味している⁽⁴⁾。

そこでこのほど、上記のような「他人に教える機会・経験」を積極的に活用した教育プログラムの試行に着手した。

具体的には、まず、地元向けの理科実験教室において、従来は TA としての参加であった本学大学生ならびに受講者として参加する高校生に、より積極的な役割を担ってもらう実施形態として、「大学生から高校生へ、さらに小学生へのリレーティーチング」を試みた⁽⁵⁾。これは、理科実験教室の中で、前述の他人に教える機会を高校生や大学生に積極的に与えるものであり、実施後のアンケート結果などからは、新しい教育機会を提供できたことが確認できた。

さらに、上記の実績に基づいて、学生のより主体的な活動を通じて更なる教育効果・学生のキャリアアップを図る

* 千歳科学技術大学
〒066-8655 千歳市美々 758-65
Chitose Institute of Science & Technology,
758-65, Bibi, Chitose 066-8655

とともに、地域の初等中等教育への貢献を目指して、学生グループが主体となった小学生向け理科実験授業プログラム開発プロジェクトに着手した⁽⁶⁾。具体的には、複数の学生グループが1~2ヶ月かけて50分程度の理科実験授業プログラムを考案し、総合的な学習の時間などで実際に演示する。この過程では、テーマの選定から必要な実験器具の設計・製作、スライドやテキスト（ワークシート）の作成、さらに実際の演示に至るまでの一連のプロセスを通じて、学生たちは様々なスキルを獲得・向上させている。

以下、これらの概要や成果・教育効果などをご報告する。

2. リレーティーチングによる実験教室の実施とその教育効果の検討

〈2・1〉 実験教室の概要 リレーティーチングを試みた実験教室は、平成16年度文部科学省・大学等開放推進事業「大学Jr.サイエンス事業」に「光のふしぎにふれてみよう」というテーマで申請し、採択されたものである⁽⁶⁾。3日間に渡って実施し、小学生30名、高校生延べ30名（第1日14名、第2日16名）、大学生12名が参加した。

このうち小学生及び高校生について、学年の内訳は以下の通りであった。

小学生：小6 24名、小5 6名

高校生：高3 18名、高2 8名 高1 4名

高校生は、道立普通高校4校の生徒であったが、理系／文系コースの別などについての情報は収集していない。

一方、大学生については、本学の「理科研究サークル」所属学生並びに過去の理科実験教室でのTA経験者を中心に募ったが、他の学事日程との関係などで、結果的には、所属学科及び学年の内訳は以下のようになった。

4年生（光応用システム学科） 8名

2年生（同 上） 2名

2年生（物質光科学科） 1名

1年生（学科分けは2年進級時から） 1名

〈2・2〉 リレーティーチングの概要 この実験教室の本来の目的は小学生に理科・科学への興味・関心の喚起を目的とすることにあつたが、より広い範囲での教育的効果の達成を目指す目的で、前述の「大学生から高校生へ、さらに小学生へのリレーティーチング」という形態を取り入れた。具体的には、3日間の日程のうち第1日及び第2日において、午前中にまず大学生が高校生の参加者に当日の実験内容を説明・指導し、続いて午後は、今度は高校生に小学生の参加者に対するチューター役として、実験の指導をしてもらった。

このリレーティーチングという指導形態の狙いとしては、以下の点が挙げられる。

大学生に対して、

- ① 他人に「教える」ことを通じて自らの知識を再確認させる。
- ② 教えるためのプレゼンテーション能力の確認・獲得・スキルアップを図らせる。

高校生に対して、

- ① 学んだ知識を直ちに活用することによる学習意欲の刺激を与える。
- ② 他人に「教える」ことを経験させる。

大学生に関しては、単なる補助ではなく、より主体的な指導者の役割を任せることで、既習の知識・能力の再確認・再認識を図らせることができる。また、「他人に理解してもらうように教える」という機会を通じて、効果的なプレゼンテーションに必要なスキルを認識させる契機にもなる。

一方、高校生については、単なる一受講者として受身的に参加するのではなく、自らの知識を活用する機会を与えることで、やはり知識の再確認・再認識を図らせることができる。特に、既に持っている知識だけではなく、本講座で習得したばかりの知識を直ちに活用するという刺激を与えることは、従来の学習機会では得られない経験となる。

小学生の参加者に関しては、これまでの実験教室と同様に理科・科学への興味・関心を持つ機会を提供するねらいがあるが、年齢的に近い高校生がチューター役となることで、質問などをしやすい雰囲気を実現し易い。このように大学生から小学生に至る世代間の交流を図ることも、今回のリレーティーチングのねらいに含まれる。

但し、今回は中学生を対象としなかった。これは、中高生間では年齢的に近すぎて、効果的な指導が実現できない可能性に配慮したためである。

なお、各回のサブテーマ及び具体的な実験項目は、以下の通りである⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

第1日「光と色のふしぎ」

1. 透過型回折格子フィルムによる分光
2. 各色の光の波長の計算
3. CD, DVDによる分光
4. CD, DVDのトラック間隔の算出
5. 光の三原色と色の三原色(→実際は第3日へ)
6. CD/DVD片を用いた簡易分光器の作成

第2日「光で音を飛ばしてみよう」

1. 糸電話
2. 光電話
3. 発光ダイオードを使った光通信
4. 光ファイバを使った光通信

第3日「液晶で光のスイッチをつくる」

1. 液晶セルの作成
2. 作ったセルの動作の確認
3. 光の三原色と色の三原色(←第1日から)

第1日は、主として光に関する現象のサイエンス的側面を学ぶことを目的とした。第2日は、LEDや光ファイバなどを用いた光通信に関する簡単な実験を通じて、日常生活で活用されている光テクノロジーの一例を体験することをねらいとした。第3日は、簡単な構造の液晶セルを作成して動作させ、その仕組みを学んでもらった。また、光の三原色と色の三原色に関する実験を通じて、ディスプレイやテレビにおけるカラー表示の原理を学んでもらった。

上記日程のうち第 3 日は、高校の学事日程の関係から小学生のみの参加であった。そのため、前述のようにリレーティーチングは第 1 日及び第 2 日に実施した。

実験教室の実施に当たっては、小学生 30 名を 5 つの班に分け、各班に 2~3 名ずつの大学生を配置した。これらの班構成は、3 日間を通じて固定とした。さらに、高校生は、リレーティーチングを実施した 2 日間について、同じ高校の 3~4 名ずつを各班に配置した。但し、2 つの班を担当した高校生は 2 日間を通して参加できたが、残る 3 班を担当した高校生は 1 日ずつの参加であった。

〈2・3〉 実際のリレーティーチングの状況 実験教室の第 1 日は、リレーティーチングの初日ということもあり、午前中の高校生への説明に当たっては、まず大学教員が概要を説明した。その後、大学生から実験内容の細部に関する指導を行った。

参加した高校生の多くは、高校で物理を履修していないか、あるいは履修中でも今回の実験内容に該当する单元まで学習が進んでいない状態であった。しかし、それにもかかわらず、大半の高校生参加者に、第 1 日の実験内容に係る波の性質や回折、干渉、さらに波長計算の原理まで、よく理解してもらうことができた。その結果として、高校生による午後の小学生への説明も比較的円滑に進行した。また、この小学生に対する説明の中では、難しい用語を使わずに波の干渉のような現象を説明するかに、非常に苦労している様子が見て取れた。

第 2 日は、第 1 日の経験を踏まえて、高校生への概要説明も大学生の一人に担当してもらい、大学教員はサポート役に徹した。この大学生には説明内容の検討・ストーリー作りまで任せたが、例えば「振動というような難しい表現は使わずに、平易な言い方に置き換えるように」など、小学生への指導の仕方に関するアドバイスも含めて、十分な内容の説明を行っていた。

なお、前述のように第 2 日に参加した高校生のうちの約半数が第 1 日から入れ替わっていたが、小学生に対して全体的にスムーズな指導を行っていた。

図 1 及び図 2 には、講座当日の大学生から高校生、及び高校生から大学生への指導風景の写真を示す。高校生から大学生へ、小学生から高校生や大学生への質問も活発に発せられていた。これには、講座参加者間の年齢差が比較的小さいことによる効果に加えて、4~5 名の小学生からなる各班に 3~4 名の高校生がつき、さらにほぼ同数の大学生がサポートする体制が、一種のチームティーチング効果を生み出したことも挙げられる。特に、第 1 日及び第 2 日の 2 日間を通じて同じ高校生が参加した 2 つの班については、班を構成するメンバが完全に固定されていたことにより、特に第 2 日において、より打ち解けた雰囲気での実験指導が実現できていたようであるが、他の 3 班との詳細な比較検討は行っていない。

〈2・4〉 リレーティーチングの教育効果の検討 今回のリレーティーチングの効果を検討する目的で、第 1 日及

図 1 大学生から高校生への指導風景
Fig. 1. Explanation by undergraduates to high school students.

図 2 高校生から小学生への指導風景
Fig. 2. Explanation by high school students to elementary school children.

び第 2 日の参加者（高校生ならびに小学生）に対して、簡単なアンケートを行った。ここでは、そのうち以下に示す 3 つの設問に対する回答の集計結果を、表 1~表 3 に示す。

設問 1 (表 1)

講師の説明や実験の内容は理解しやすかったか？

設問 2 (表 2)

実験教室の内容は全体に難しかったか？

設問 3 (表 3)

全体としてこの実験教室に十分満足しているか？

設問 1 に関して、表 1 に示すように高校生の 92%、小学生の 79%が「講師の説明や実験の内容は理解しやすかったと思う」又は「ややそう思う」と回答した。これより、高校生に対する大学生の説明、小学生に対する高校生の説明とも比較的わかりやすい内容が実現できたといえる。

この結果、表 2 に示す設問 2 の回答結果にあるように、今回の実験教室の内容を難しいと感じる割合はあまり高くなかった。特に高校生の参加者にとっては、当日午前中に学んだ内容を午後に直ちに活用して小学生を指導するとい

表 1 設問 1 に対する回答

Table 1. Responses to the first questionnaire.

“Were the tutors’ explanation and the contents of experiments easy to understand?”

	High school students	Elem. school children
Yes	39 %	25 %
Rather yes	53 %	54 %
Rather no	4 %	14 %
No	4 %	7 %

表 2 設問 2 に対する回答

Table 2. Responses to the second questionnaire.

“Were the contents of experiments difficult as a whole?”

	High school students	Elem. school children
Yes	9 %	14 %
Rather yes	22 %	18 %
Rather no	56 %	50 %
No	13 %	18 %

表 3 設問 3 に対する回答

Table 3. Responses to the third questionnaire.

“Were you well satisfied with this experiment school as a whole?”

	High school students	Elem. school children
Yes	44 %	42 %
Rather yes	43 %	29 %
Rather no	4 %	18 %
No	9 %	11 %

う状況であったにもかかわらず、内容をよく理解して小学生に分かりやすい説明を行ってもらえたと考えられる。

さらに、今回の実験教室の満足度に関する設問 3 について、表 3 に示すように 80%を超える高校生参加者から満足できた旨の回答が得られた。個別の感想としては、「自分では理解していたつもりでも、実際に説明すると、なかなか言葉が出てこなかった」「今回の講座で取り扱った物理現象に興味を持つことが出来た」などの意見が挙げられた。

一方、参加した大学生から、「自分では分かりやすく高校生に説明したつもりであったのに、小学生に対する彼らの説明を聞いていると想定したようには理解してもらえていなかったことがあり、説明の仕方などに関する反省点が多かった」という感想があった。参加学生の 2/3 は前述のように 4 年生であり、彼らは既に PowerPoint を用いたプレゼンテーションを授業の中などで経験していた。しかし、大学教員や同じ学生を対象とするそれらのプレゼンテーションと、本講座における高校生相手の説明とでは相違点があったようである。前述のような学生の感想は、今回のリレーティーチングが、単なる知識の再認識・再構築に留まらず、効果的なプレゼンテーションを行うためのスキルの重要性を自ら認識する契機となり得ることを示している。

このように、リレーティーチングという実験教室の実施形態は、高校生や大学生に「教える機会」を積極的に与えることを通じて、彼らに対する学習・スキルアップの動機付けとしての効果があると考えられる。

但しその一方で、小学生の理科離れ抑制への貢献という実験教室の本来の目的を考えれば、今後の改良・工夫が必要となる点が認められる。

すなわち、表 3 に示す参加者の満足度の結果のうちで小学生からの回答結果を見ると、「満足したと思う」又は「ややそう思う」という回答は 71%に留まっている。この理由として、第 1 に、小学生向けの実験教室としては、内容（実験テーマ）の設定が適切ではなかった可能性が挙げられる。学校での授業内容に関連させたり、日常生活の中で体験できる現象に関連付けたりするなど、より興味を抱かせる工夫の余地がある。また第 2 に、今回のリレーティーチングの実施形態に起因する要素が挙げられる。すなわち、今回は、高校生の参加者は事前に実験テーマや内容を知らされることなく当日に説明を受け、直ちにそれを小学生に説明しなければならなかった。このため、比較的分かりやすい説明は行えたものの、小学生の興味を駆り立てるほどの踏み込んだ説明の実現までは難しかったとも考えられる。これらの点は、今後の検討事項である。

3. 大学生による小中学生向け理科実験授業開発プロジェクトとその教育効果の検討

〈3・1〉 プロジェクトの概要 上述のように、小学生に対して理科・科学に関する興味・関心を抱いてもらうきっかけ・動機付けを提供することを目的として行う理科実験教室において、大学生や高校生に「教える機会」を積極的に与えることで、彼らに対する教育の場として活用できることが確認された。そこで、この結果を踏まえて、地域教育への協力・貢献活動であるこれらの理科実験教室活動を本学学生の教育の場としてさらに積極的に活用しようとする取組みを、平成 16 年度の秋から実施している⁶⁾。これは、平成 16 年度の文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）」の「地域活性化への貢献」テーマとして採択された事業である。

本プロジェクトは、以下の 3 点を主な目標としている。

(1) 地域の小中学校の教諭の協力を得ながら、学生が主体となり、理科実験教材とそれに関連するコンテンツが一体化した学習教材・システムを制作する。また、それらを利用した実験授業プログラムを立案し、それに従った実験授業を学生が実施する。

(2) 参加学生は、教材テーマの選定から検討・製作・実施・改善に至る一連のプロセスを通じて、問題提起・分析・解決型の学習能力を獲得する。

(3) 制作された学習教材・システムを電子化して地域全体で共有化することで、地域の初等中等理科教育の活性化・理科離れの抑制に貢献する。

学生教育という観点から見ると、課題の設定（教材テ

マ選定)から解決(教材完成及び演示)に至る過程で、企画力・実行力・プレゼンテーション力など様々な能力・スキルの向上の機会を学生に提供できる。また、作成した実験教材を利用して小学校の総合的な学習の時間などで実際に学生に実験デモンストレーションを行わせることは、前述の「教える機会・経験」を通じた知識の再確認・再構築の場となる。特に、最終的に自らが教える場面を想定して教材や授業プログラムを考案・作成することは、教員養成課程に属さない一般の理工系学生にとっては、本来の授業カリキュラムでは決して体験できない内容である。

上記プロジェクトの実施にあたって、趣旨に興味を示した学生によるグループを組織した(平成16年秋の開始時点では、2グループ計12名の学生が参加)。また、活動の場として、学内に専用の実験室を確保した。なお、本プロジェクトは現時点ではカリキュラム化されておらず、単位取得を目的とした活動ではない。

また、小学校で実際に活用し易い実験教材とするため、地域小学校の教諭4名に地域アドバイザーとして参画して頂き、内容などに関するアドバイスを得ている。具体的には、実験授業の開催日程に応じて学生たちが頻繁に小学校に出向いて、実験内容の打合せを行っている。

〈3・2〉プロジェクトの立上げ 平成16年秋のプロジェクト開始時点での参加学生の学年内訳は、4年生2名、3年生4名、2年生3名、1年生3名であった。このうち4年生2名、2年生3名、1年生1名は本稿2.で述べたリレーティーチングの経験者であり、3年生4名は全員が過去の理科実験教室におけるTA経験者であった。これらの10名は小中学生を対象とした理科実験授業の「経験者」であり、全くの初心者とは1年生2名であった。

学生のグループ分けに関して、3年生以下の10名を2グループに分け、3年生1名ずつにグループリーダを任せた。所属学科及び学年の別は、両グループでほぼ均等にした。なお、4年生2名は、卒業研究のため十分な活動時間の確保が難しいことから、グループメンバとしてフルに関与するのではなく、助言・サポートを行う学生アドバイザーとした。

グループの活動方法やグループ内での学生の役割分担などは基本的に教員が関与せず、各リーダーを中心とした学生の主体性に任せた。当初は明確な役割分担もなく集団的に作業を進めていたが、最終的に実験の期日が迫るにつれて、PowerPoint等の資料作成、実験器具の最終準備などを分担しながらの作業になっていたようである。

平成16年秋以降、上記の2つの学生グループがそれぞれ約50分間の実験授業プログラムを立案し、平成16年12月及び平成17年3月に地元小学校2校(ともに当時小学校5年生)の総合的な学習の時間で実際に演示した。このときの授業プログラムの流れは下記の通りである⁽⁶⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

グループ1 「身の回りのものを使って虹色を見てみよう」

実験1：光の進み方を見てみよう

実験2：色のついていない光をゼラチンプリズムに当

てると？

実験3：三色の光を合わせてみよう

実験4：CD-RとDVD-Rに光を当ててみよう

グループ2 「LEDで遊ぼう」

実験1：LEDを光らせよう

実験2：LEDを使って電光掲示板を作ろう

グループ1のプログラムでは、反射や屈折などの光の基本的性質を復習した後、プリズムによる分光実験を行った。次に、白色光の分光の対照として光の三原色の原理に基づく色の合成を実験し、最後にCD-RやDVD-Rなどの光ディスクでも分光が生じることを体験した。一方、グループ2のプログラムでは、LEDと豆電球との比較などを通じて、その特徴や用途などを学習した。

実験当日は、学年2クラスが両テーマを交代で行った。図3には、当日の学生による説明風景の写真を示す。

当日は、両学生グループとも、小学生の各班に学生一人ずつをTA役として配置し、実験の具体的な手順の説明・指導を行った。また、このうち学生一人は、図3に示したようなクラス全体への説明役も兼務した。

実際の実験授業では、両テーマともに小学生の興味・関心を引き付ける目的で、できるだけ手作業を行わせる体験型の展開とする工夫をしていた。また、実験に使用する材

図3 学生による実験授業の風景

Fig. 3. Experiment class by university students.

図4 ゼラチンプリズム

Fig. 4. A prism made of gelatin.

料・素材はできるだけ身近なものとして、興味があれば家庭や学校で追実験が容易に行えるようにした。

例えば、グループ1では、分光によるスペクトル観察に、図4に示すようなゼラチンを使った「手作りプリズム」を使用した。具体的には、事前に料理用タッパーの中に三角柱状のプラスチック製の「型」を埋め込んだゼラチンを準備しておき、実験当日は、小学生一人一人にゼラチンの中から型を取り出させ、さらにそこから三角柱状になったゼラチン（すなわちゼラチンプリズム）を取り出させた。

学生による他の工夫点として、小学生が積極的に現象を観察し、それに基づいて自分の意見を発表する機会を設けるような配慮がなされた。そのために、書込み式ワークシートを作成して考察を促すなど、随所に学生の創意工夫が認められた。

以上のような授業を前述のように小学5年生に対して演示したが、参加した小学生ならびに小学校教諭には、「興味深い実験ができた」「楽しかった」「スライドや配布資料が分かりやすく講師役の学生の説明も理解しやすかった」など、総じて好評であった。

一方、参加学生からは、実験授業の実施後に次のような感想が得られた。

- ・ テーマ検討から製作・実施に至るプロセスの中で、様々なスキルアップの機会を得ることが出来た。
- ・ 「対話力」が向上した。
- ・ 仕事の進め方（報告・連絡・相談）で学ぶべき点があり、また様々な工夫を行って効率化を図れた。
- ・ 「気付いた」点が多かった。

これらの学生の声から判断して、課題の設定（教材テーマ選定）から解決（教材完成及び演示）に至る過程で様々な能力・スキルの向上の機会を学生に提供するという効果が、上手く実現できていると考えている。特に、自ら問題点を見出し、自ら考え行動してその解決策を実現するという行動様式が、参加した学生に根付いてきた。

上記のようなことを総合的に判断して、プロジェクトを順調に立ち上げることができたと考えている。

〈3・3〉 プロジェクトの展開 上記のような平成16年度の活動を受けて、平成17年度は、6月～7月及び11月にそれぞれ1回ずつの計2回、昨年度に実験授業を受けた同じ小学校の同じ学年（現・小学6年生）を対象として実験授業を行う。また、平成18年3月には、同じ小学校の現・小学5年生を対象とした実験授業を実施する。

なお、新年度になって新たな参加学生メンバを迎えたこともあって、グループは再編された。

昨年度中に実施した実験授業での実験テーマは学生グループが独自に選定したが、今回は、プロジェクト参加学生の発案により、新学期開始の時点で、今年度の実験授業を受けることになる小学校5、6年生174名に「不思議に思っていること」及び「実験したいこと」を自由回答方式のアンケートとして質問した。その結果に基づいて、本年6～7月の実験内容として「空の青さと夕焼け」及び「電気の世

界」をテーマとして選択した。これらについて、昨年度の活動と同様に学生グループが、実験教材やそれに基づいた授業プログラムを小学校教諭のアドバイスを得ながら考案し、以下のような内容とした。

グループ1 「空の青さと夕焼け」⁽¹⁰⁾

実験1：色のついた光（LED光）が散乱される様子を観察しよう

手作りの実験用水槽にアクリルエマルジョン溶液を入れ、一端からLED光を照射して、溶液内の光の到達距離が各色で異なることを観察する。

実験2：色のついていない光（懐中電灯の光）が散乱される様子を観察しよう

上記水槽の一端から懐中電灯の光を照射し、溶液内の光の見え方を観察する。

実験3：身の回りのものを使って夕焼けを作ろう

上記水槽にワックス、牛乳、スポーツドリンクなどの溶液を入れて、きれいな夕焼け色の再現に挑戦する。

グループ2 「電気の世界」⁽⁹⁾

実験1：電気を作ろう

工作用ギアボックスを用いた自作の手回し発電セットを使ってLED、豆電球を点灯させる。

実験2：水力発電を体験しよう

ギアボックスに手作り水車を取り付けた自作水力発電セットで発電電圧値を測定する。

表4には、上記2つの実験授業を平成17年7月に受けた小学6年生42名に対するアンケート結果の一部を示す。「空の青さと夕焼け」「電気の世界」と題する実験内容を理解できたかどうかを5段階（最高＝5）で評価してもらったところ、テーマによるばらつきはあるが、比較的高い割合で理解できた旨の回答が得られた。

〈3・4〉 地域教育への貢献効果の検討 今回のプロジェクトは、地域教育への貢献、及び参加学生の教育・スキル向上という2つの教育効果をねらっている。

このうち地域教育の側面に関して、先述のように、学生による実験授業を受けた小学生からは、総じて楽しかったという感想が得られた。また、小学校教諭からは、小学校での普段の授業と比較して、内容や環境が異なるので単純な比較はできないものの平均的に興味・集中度は高かった

表4 「実験内容は理解できたか」に対する回答

Table 4. Responses to the questionnaire.

“Were the contents of experiments understandable?”

	Blue sky and sunset	Electricity
5	74 %	55 %
4	24 %	26 %
3	0 %	14 %
2	2 %	5 %
1	0 %	0 %

という意見も得られた。但し、今回の実験授業の受講が理科の授業内容への関心の向上をもたらしたかに関しては、短期間では判断できず、長期的な検討・評価が必要になっている。

この点に関して、平成 17 年度からは小 5～小 6 にかけて計 3 回の理科実験授業を継続的且つ連携した内容で実施する計画であり、これによって、より効果的な啓蒙効果や理科離れ抑制効果が得られるかどうか、検討を進める。

〈3・5〉 参加学生への教育効果の検討 参加学生の教育という側面に関して、これまでの実験授業プログラムの作成作業を通じた各学生グループの活動状況や個々の学生メンバの行動などの観察結果から判断すると、学生メンバには、企画力・計画力・改善力・実行力・対話力など様々な能力・スキルの向上効果が認められる。また、前述したように、新しい実験テーマ策定の資料とするための小学生対象のアンケート実施は学生の発案であり、自主的・主体的な行動力の向上も認められる。

さらに学生の物理教育に関して、実験内容に関連する物理現象を小学生に分かりやすく教えるためには、学生自身がその現象を十分に理解している必要があり、結果的に学生自身の知識の再確認・再構築の場ともなっている。

このような教育効果の客観的・定量的な判断の第一歩として、参加学生に対するアンケートを実施した。具体的には、各種の能力をリストアップした上で、これまでの活動を通じて「獲得したと思う能力」「足りないと感じた能力」を、複数回答を可として選択してもらった。なお、回答した学生は計 17 名で、アンケート実施時点でそれぞれ少なくとも 2 テーマの授業プログラム開発作業に従事した経験を有している。結果を図 5(a)及び図 5(b)に示す。

図 5(a)に示す「獲得したと思う能力」では、「コミュニケーション能力」「協調性」「行動力」が多く選択された。これらは、グループとしての共同作業を通じて培われたものと考えられる。これらに続いて「新たな専門知識」（設問上は「既習知識の再認識」も含む）が多く選択されたが、やはり実験内容の検討作業を通じて必然的に習得・再確認を迫られたものと思われる。

一方、図 5(b)には「足りないと感じた能力」に関する回答結果を示す。特徴的なことは、図 5(a)に示した「獲得したと思う能力」より、選択された数が全体的に多くなっている点である。これは、先に〈3・2〉の中で述べた学生の感想の中で、「気付いた点が多かった」という意見に通じるものと考えられる。

具体的には、「コミュニケーション能力」「協調性」など図 5(a)で獲得できたと選択された能力が(b)では相対的に低くなったが、「プレゼンテーション能力」「スケジュールリング・時間管理能力」などの不足を実感した学生が多くなった。本プロジェクトは、基本的には参加学生の主体的な活動に任せることを大きな方針としている。その意味では、身に付けるべき又は向上させるべき能力・スキルを学生に認識させる機会を提供し、且つ実際に学生自らがそれらを

(a) What you felt you obtained

(b) What you felt you lacking

図 5 プロジェクト参加学生へのアンケート結果
(複数回答選択可能方式)

Fig. 5. Responses to the questionnaire of project members (by selecting multiple answers).

認識できたという点で、通常を受動的な講義や学生実験では得難い効果を達成できていると言えることができる。

その一方で、プレゼンテーション能力や各種ソフトウェアのスキルなど、学生が「足りない」「向上の必要がある」と認識した能力・スキルを向上させる方策も必要になる。ここで再び図 5(a)をみると、これらの能力を「獲得した」と回答した学生も存在することが分かる。これは、グループ内で役割分担ができた結果、個々の学生が習得できた能力・スキルに差が生じた可能性がある。この点に関しては初回の授業終了時に既に参加学生からも危惧する声が上がっており、学生グループ編成を新規授業の開発毎に改変することで、学生間の役割の固定化を防ぎ、様々な能力・スキルの獲得・向上の機会を広く提供することを図ってきた。しかし、図 5(b)に示される結果は、まだ改善の余地が存在していることを示している。現時点では、学生グループの編成方針や改変タイミングの最適化を図りながら、能力・スキルの獲得・向上効果への影響を検討していくことが考

えられ、今後の課題である。

また、この点に関連して、例えば「プレゼンテーション能力」について言えば、実験授業におけるクラス全体への説明役が結果的に各グループリーダに限定されたことも、獲得の程度に関係していると考えられる。これについては、「指導力（リーダシップ）」や「折衝力」など他の能力・スキルも含めて、本プロジェクトを継続して多くの学生（特に現時点での下級生の学生）が次第にグループリーダを担当することで、解消されていく可能性がある。

なお、以前に述べたように本プロジェクトには、単科大学である本学の1学部2学科から学年・所属学科に無関係に学生が参加している。本プロジェクトにおける活動を通じた学生の能力・スキルの獲得・向上と学年・所属学科との関連に付いて言えば、上述のように学年との若干の相関は認められるが、所属学科との関連は認められない。むしろ、異なる学年・学科の学生が協働作業を行うことによる相乗効果の方が大きいと考えられる。

〈3・6〉 今後の展開 本稿2章で述べたリレーティーチング・プロジェクトに比べて本プロジェクトでは、単なる実験授業の実施に限らず、そのための準備段階から学生が主体的に行動することから、より広範囲な能力・スキルの獲得・向上が期待できる。その一方で、TAとしての小学生への実験内容の説明に関しては、リレーティーチング方式では高校生を介した二段階となるので、本プロジェクトにおけるTAとは性格が異なっている。今後は、両者を結合し、本プロジェクトで学生が計画・準備した実験授業の実施にリレーティーチング方式を取り込むことも、検討を進めていきたい。

一方、平成17年度下期からは、これまでに作成した実験授業内容の電子教材化作業に着手した。具体的には、実験風景と関連知識・ワークシート類が一体化したコンテンツの作成を目指して、現在、製作指針の確定や含めるべき内容・項目などの検討作業を進めている。この電子教材化作業を通じて、参加学生には、企画力・行動力・検討力など将来の研究開発活動にもつながる能力を養う機会が提供され、且つプログラミングスキルなどの実務能力を向上させる機会にもなる。さらに、上記の電子教材を小学校の授業内で使い易い（使う気になる）ものとするには小学校教諭からの意見が欠かせないが、そのための連携した検討作業を通じた折衝力の向上も見込まれる。こうした活動にできるだけ多くの学生を関与させることで、広範囲な能力・スキルの獲得・向上の機会を提供していく予定である。

また、各種の能力・スキルの向上効果の判定に関して、現段階では、〈3・5〉節で述べたような参加学生の自覚に依存した評価を実施したのみである。これに対して、何らかの客観的な評価基準を定めて、それに基づいて個々の学生の能力・スキルの向上の度合いを客観的に判定することができれば、本プロジェクトの学生教育への効果をより詳細に検討することが可能になる。このような客観的な評価基準に基づく評価・判断などの実施は、今後の課題である。

4. むすび

地域の初等中等教育への貢献・活性化を目的として実施する理科実験教室などを大学生（及び高校生）の教育機会として積極的に活用することを目指した新しい教育プログラムの試みについて、その概要を報告した。

「リレーティーチング」による指導形態を取り入れた理科実験教室では、大学生（及び高校生）に対して他人に教える機会を積極的に与えることで、自らの知識の再認識・再構築のきっかけ、さらにはプレゼンテーションに関連する様々なスキルを身に付けるきっかけとすることができた。

学生による理科実験授業開発プロジェクトでは、企画・行動・達成力などのさまざまな能力を学生に付けさせる機会になるとともに、学生の自主性や主体性の育成・向上などの点での教育効果が認められつつある。

より大きな効果を得るために改善すべき点が数多く存在していることは事実であるが、小学校から大学までの教育機関がより密接に連携していくことで、従来とは異なる理科・科学教育の新しい形態を実現する可能性が示されたものと考えている。

謝 辞

本論文で述べた教育プログラムの実施にあたり、平成16年度文部科学省・大学等開放推進事業「大学Jr.サイエンス事業」、ならびに平成16年度文部科学省「現代的教育ニーズ取組支援プログラム」による支援に感謝致します。また、理科実験授業の実施にあたり、千歳市、千歳市教育委員会、千歳市立千歳小学校・緑小学校、北海道立千歳高等学校・千歳北陽高等学校・恵庭北高等学校・恵庭南高等学校の関係各位からのご協力に深謝致します。

（平成17年8月22日受付、平成18年1月10日再受付）

文 献

- (1) J. Imai, A. Yamanaka, and H. Komatsugawa: "Remedial education for science and technology through e-Learning", *Jpn. J. Appl. Phys. Education*, Vol.29, No.1, pp.35-40 (2005-7) (in Japanese)
今井順一・山中明生・小松川浩:「e-Learningによる理数系基礎教育の実施例」, 応用物理教育, **29**, No.1, pp.35-40 (2005-7)
- (2) N. Kuzuu: "Importance of writing in a course for applied physics students", *Jpn. J. Appl. Phys. Education*, Vol.29, No.1, pp.9-15 (2005-7) (in Japanese)
葛生 伸:「応用物理系学科専門教育科目における「書かせる教育」」, 応用物理教育, **29**, No.1, pp.9-15 (2005-7)
- (3) M. Funato, M. Yoshimoto, and K. Tachibana: "Report on "Refresh" science school held by Kansai branch", *Jpn. J. Appl. Phys. Education*, Vol.28, No.2, pp.27-32 (2004-12) (in Japanese)
船戸 充・吉本昌広・橋 邦英:「リフレッシュ理科教室(関西支部)開催報告」, 応用物理教育, **28**, No.2, pp.27-32 (2004-12)
- (4) N. Takahashi, K. Tsutsui, A. Hirose, Y. Saito, and M. Tanemura: "Visit to the basics of science -efforts at science education and publicity-", *Proc. 22nd Physics Education Research Convention*, pp.60-61 (2005-8) (in Japanese)
高橋憲明・筒井和幸・廣瀬明浩・斎藤吉彦・種村雅子:「科学の基礎を訪ねる-新しい理科教育・啓蒙の試み-」, 日本物理教育学会第22回物理教育研究大会発表予稿集, pp.60-61 (2005-8)

- (5) M. Hasegawa and K. Ishida : "A trial of relay-teaching from university students to high school students and further to elementary school students", *Buturi Kyoiku Kenkyu*, Vol.33, pp.57-62 (2005-7) (in Japanese)
長谷川誠・石田宏司 : 「大学生・高校生・小学生間のリレーティーチングの試み」, 物理教育研究 (日本物理教育学会北海道支部会報), **33**, pp.57-62 (2005-7)
- (6) M. Hasegawa and K. Ishida : "Development of science experiment programs and their web-based contents by university students", *Buturi Kyoiku Kenkyu*, Vol.33, pp.63-67 (2005-7) (in Japanese)
長谷川誠・石田宏司 : 「学生による理科実験授業プログラム及びその電子化コンテンツの開発の試み」, 物理教育研究 (日本物理教育学会北海道支部会報), **33**, pp.63-67 (2005-7)
- (7) K. Morita, T. Matsui, M. Hasegawa, and K. Ishida : "A simplified experiment demonstration set of optical communication with LEDs", *Proc. 22nd Physics Education Research Convention*, pp.126-127 (2005-8) (in Japanese)
森田恭平・松井丈夫・長谷川誠・石田宏司 : 「LED を用いた簡易光通信模擬実験セット」, 日本物理教育学会第 22 回物理教育研究大会発表予稿集, pp.126-127 (2005-8)
- (8) M. Hasegawa, T. Matsui, K. Morita, and K. Ishida : "An experiments of spectrum observation with a transparent-type grating film and simplified calculation of wavelengths of light", *Proc. 22nd Physics Education Research Convention*, pp.130-131 (2005-8) (in Japanese)
長谷川誠・松井丈夫・森田恭平・石田宏司 : 「透過型回折格子フィルムを用いた分光と光の波長の簡易計算実験」, 日本物理教育学会第 22 回物理教育研究大会発表予稿集, pp.130-131 (2005-8)
- (9) T. Matsui, T. Abe, H. Yoshida, Y. Makino, M. Hasegawa, and K. Ishida : "Development and demonstration of science experiment programs for elementary school students entitled "Let's play with LEDs" and "The world of electricity"", *Proc. 22nd Physics Education Research Convention*, pp.128-129 (2005-8) (in Japanese)
松井丈夫・阿部太郎・吉田博一・牧野瑠子・長谷川誠・石田宏司 : 「小学生向け「LED で遊ぼう」「電気の世界」理科実験授業プログラムの開発とその演示」, 日本物理教育学会第 22 回物理教育研究大会発表予稿集, pp.128-129 (2005-8)

- (10) N. Kato, K. Shintani, S. Yoshida, Y. Yamaguchi, K. Honda, K. Yamada, M. Hasegawa, and K. Ishida : "Development and demonstration of science experiment programs for elementary school students entitled "Colors of blue sky and sunset"", *Proc. 22nd Physics Education Research Convention*, pp.132-133 (2005-8) (in Japanese)
加藤尚斗・新谷和也・吉田周平・山口洋平・本田行佑・山田健一・長谷川誠・石田宏司 : 「小学生向け「空の青さと夕焼け」理科実験授業プログラムの開発とその演示」, 日本物理教育学会第 22 回物理教育研究大会発表予稿集, pp.132-133 (2005-8)

長谷川 誠

に従事。

(正員) 1963 年 8 月 14 日生まれ。1986 年 3 月慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。1991 年 3 月同大学院理工学研究科電気工学専攻博士課程修了。現在, 千歳科学技術大学光科学部光応用システム学科助教授。電気接点現象, 機構デバイスの信頼性, 光応用計測に関する研究, ならびに理科実験教材・授業プログラムの開発とそれによる教育効果検討プロジェクト

石田 宏司

事。

(非会員) 1941 年 9 月 4 日生まれ。1965 年 3 月北海道大学理学部物理学科卒業。1972 年 3 月同大学院理学研究科物理学専攻博士課程修了。現在, 千歳科学技術大学光科学部物質光科学科教授ならびに同学科主任。光インターコネクション, フォトニック結晶に関する研究, ならびに理科実験教材・授業プログラムの開発とそれによる教育効果検討プロジェクトに従