

次世代科学者育成プログラム

大学理工学部教授
高等教育機構副機構長

和田 元 わだ もと

プログラム概要

次世代科学者育成プログラムは科学技術振興機構（以下JSTと略記）の教育支援事業である。その趣旨は、「理数分野に関して高い意欲・能力を有する児童生徒を対象とした、大学等が実施する体系的な教育プログラムの開発・実施等の取り組みを支援」し、「児童生徒の才能をさらに伸ばし、高い課題探究能力を備えた科学者の卵を育成」しようというものである。そこで理工学部と生命医科学部の有志が集まり、高校生を対象とした3つのステップで構成される同志社版育成プログラムを実施中である。

第一ステップでは各高校を回り、同志社の取り組みを高校教員のみなさん、高校生諸君に紹介するとともに、第二ステップでの大学レベルの模擬講義・大学で

の実験への参加勧誘を行う。次の第二ステップでは高校生諸君に、実際に同志社大学の京田辺キャンパスに来て、実験をしてみよう。この時の実験の内容は、あらかじめこちらが用意したもので、学生諸君が自由に実験と言う訳ではないが、使った部品を持ち帰り、自宅や高校でも一度実験できるテーマなどを準備している。最後の第三ステップでは高校生諸君に、大学のお兄さん・お姉さん達と一緒に、簡単な研究実験を行ってもらおう。この段階になると、ある程度高校生諸君のリクエストにお応えする。研究のテーマを自分で設定する楽しさを、まず学んでもらおうと考えてのことである。

高校を訪問しての 授業・実験

分かり易い説明を心がけることになる。熱心な高校になると、担当者が細かく授業・実験内容を指定してくる場合がある。詳細は分らないが、授業の一部としてやるか、あるいは授業内容を学生がより深く理解するように、授業計画の中に取り入れているようにも思われる。そうだとすると、上手く本プログラムを利用して頂いていることになり、こちらにとっても有難いことである。少しでも高校生諸君が興味を持ち、理系の道に進んでみようと考えてくれれば、将来の科学者・技術者が育っていくきっかけになることであろう。

高校生が同志社大学に 来訪しての実験

大学教員側としてさらに「やりがい」があるのは、高校生諸君に大学に来てもらっての実験である。当然、やりがいに比例して作業量は増える。高校生の緊張が切れない程度の時間、1時間半から2時間、の間に何かを自分で準備する・組み立てる・配線するなどして結果を得る過程を体験してもらう。みんなに来てもらって、同じテーマの実験に挑戦するとき、タイムレースになることがある。要領よく必要な操作ができれば教員側は褒

める。これは集中力の賜物であるので「良くできました」と言っておあげる。このとき同時に、「でも遅い人は丁寧に作業しているか、良く考えて理解しながら作業を進めているだけのことでしょ」とセツトで説明することになっている。科学技術には二つの要素があり、独創的な発想過程として、短時間のひらめきは重要であるが、それと同じくらい熟考してそのひらめきが正しいものであるのか時間をかけて確認する作業も重要である。このことを理解してもらい良い機会であると教える側は捉えている。当然、タイムレースに勝って得意になっている学生諸君も喜び、時間をかけて考えながら作業するタイプの学生諸君も安心して実験に取り組むことになる。本当の意味でのウィン・ウイン、あるいはオールウィンである。

実験が進み、こちらが想定した時間に実験結果が得られ出すと、学生諸君の歓声が上がる。「やった、できた！」学生諸君の顔には笑みが浮かぶ。これを目の当たりにすると、何故「理科離れ」が始まったのだらうと考えてしまう。本来、人間は自然現象に興味がある筈である。夕焼け空を見て美しいと感じるとき、よく見れば雲が赤くなる、雲から光線が直線状に伸びているなど、「どうしてあんなふうになるのだらう」と不思議に感じ

高校に訪問してプログラムの概要を説明するだけでなく、第一段階で大学模擬授業や出前実験などを行うと言うと、非常に良い反応が高校側から返ってくる。スパーサイエンス高校（SSH校）でなくとも、理科教育を重要視している高校は多いようで、こちらからの連絡が途絶えないようにさえすれば、どうにか講義や実験にお邪魔できる場合が多い。高校側も講義を依頼する以上、優秀な高校生を集めて来る。私語をする学生はまずいない。一生懸命こちらの話を聞いてくれる。下手をすれば大学生よりも集中力があるのではないかと思ってしまうこともしばしばある。高校の先生が学生諸君に「質問をしなさい」と指導しているように、何らかの反応がある。理科クラブの学生がいるようなクラスになると、結構難しいことも質問してくる。大学教員側も大学生に対して行うよりも、さらに

ることは誰にもある筈だ。当然、個人の性格に応じて、そこから先の行動は変わることになるのだが、科学を教える人間として、「美しく興味深い自然現象から若者が離れて行く」と言う社会現象が生じることの方が、むしろ不思議どころか「不可解」に思えてしまう。恐らく、大人が何でも成績などに繋げてしまつたため、子供が理科を嫌いになるのだらう。大学を訪れてくれた高校生諸君が、今後科学実験を趣味にして、もっと自然科学に親しんでくれるようになってくれればと願う。

高校生の自由研究

模擬形式とは言え研究実験にもなると、高校生諸君に考えてもらう量は大幅に増える。単に不思議な現象を観察して感動するだけにはとどまらない。電子顕微鏡やオシロスコープなどの高度な機械器具を用いての実験となる場合もあり、高校生諸君は「次世代科学者」に既になつてしまった感覚を持つこともあるかも知れない。

大学の恵まれた研究環境での自由研究と言う意味で、特に期待しているテーマが一つある。陸上部に所属する高校生の諸君が、人の動きを観測・記録するモー

シンキヤブチャーと呼ばれる装置を用いて、自分たちの運動時のフォームを点検しようと計画中である。スポーツ健康科学部の教員の方々にはご迷惑をお掛けすることになるが、学生諸君がスポーツを科学的に解析することに興味を覚えてくれれば、自然科学を学ぶことの重要性和楽しさを「身をもって」確認できることになるだろう。スポーツに限らず、理科に興味を持つ若者の拡大に繋がってくれれば有難い。

自由研究に取り組んでもらう上での、現在の悩みの種は研究のまとめや研究報告をどうするかと言う問題である。研究者を自認している人間にとっても、いやむしろ自然科学研究者であるからこそかも知れないが、研究結果をまとめて他の人たちに分かるように報告することは、時間がかかって苦痛に感じられる作業である。どんな結果になるだろうとわくわくしながら研究している間は良い。結果が出てその時は感動するのだが、一度分かってしまつて満足してしまつて興味を失い、次の課題に取り組み始めなくなる。研究者は生業として研究を行っているのであるから、そこから報告書を書いて結果を公表し、一段落をつけなければならぬ。ところが、報告書をまとめる作業と言うのはあまり楽しいものではない。自分が行った研究が、その領域ではは

めての知見を報告していることを証明するためには、多くの資料を集めてその内容を紹介しつつ、自らの研究との違いを訴えねばならない。これを高校生の諸君に強要すれば、多分研究が嫌いになつてしまつてあろう。研究報告が書ける人間は、強い忍耐力を備えた大人であらう。大学教員の側としては、学生諸君が時間をかけて、自然科学好きの人間に育つてもらえれば良いと考えている。研究成果のまとめ方をうまく高校生に教えることは、現在の大きな課題である。

二、三英雄の力に非ず^{あ。}

開始初年度のプログラムではあるが、既に反省点もある。同志社版の科学者育成プログラムであるので、「人を育てる」内容としたいと考え、まずは興味を持つてもらおうと模擬研究実験にこぎつけるまでに高校への出前授業・実験、大学に來てもらつての実験と時間をかけ過ぎていた部分がある。多くの高校生に会い、自然科学の面白さに触れてもらい、その中から次世代科学者を育てたいと考えている。「好きこそ、もの上手なれ」方式で、自然科学好きな若者が増えれば、社会全体の科学に対する理解が進み、その中から生まれる「次世代科学者」は多

くの中から押し上げられてリーダーとなるので、社会で孤立することもないだろうと期待している。決して科学分野での「二・三の英雄」を育てたいのではない。むしろ科学を良く理解する「二国の良心」を世に送り出したい。その中から新たな科学を開拓するものも、必ず出てくることだろう。

要は裾野を広げることである。そのためにも、自然科学を学ぶことが現実社会から決して乖離したものではないことを、高校生諸君に理解してもらいたい。自然科学の面白さを教えるだけでなく、「科学技術で生計を立てる」とはどういうことなのか、大人には説明する義務がある。こう言つた観点からプログラム開始当初は、科学技術者としてのキャリアパスを認識してもらうため、企業で働くトップエリートに高校でお話をし頂くシンナリオを描いていた。模擬授業の教員の自然科学の話の後に、講義で紹介した自然科学の知識が如何に活用され、人や社会の役に立っているかを現場で研究・開発に携わつた先輩方に説明してもらえば、未来の自然科学研究者のみでなく、技術開発によつて社会に貢献する人材の卵が生まれなかつたと考えたのである。実際に数度、高校への出前講義の際に企業で働く同志社OBの技術者にお話もして頂いた。しかしながら、お忙しい企業OBの皆さ

んの予定と、イベントの多い高校側とのスケジュールがなかなか合わず、これまでのところあまり大きな成果を挙げられていない。今年度事業の反省点の一つである。

縦のつながり

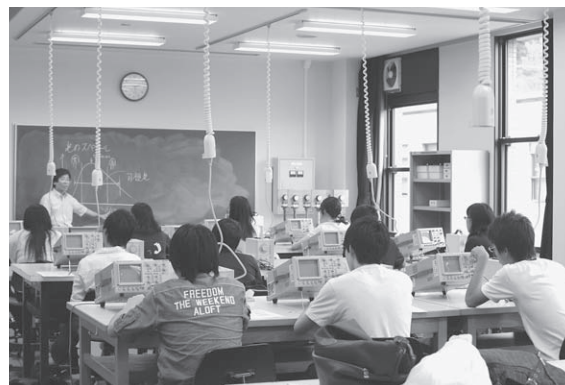
JST事業にはタイプAとタイプBが存在し、教育対象は高校生に限られず、もつと低学年から始める理科教育プログラムに対する支援もある。今年度実施してみても、研究指導はともかく、理科教育に興味を持ってもらうと言う面から見れば、もつと若い諸君たちを対象にしたプログラムも効果的かと考えている。また、教える側について見ても、大学の若い先生方は研究・開発競争に忙しく、こちらが頼みにくくなることもある。この状態を見て、「大学教員はコーディネーター

役を演じ、祖父・祖母とお孫さんの年齢関係になるような技術系企業をリタイアされた企業OBさんたちの力を借りる方が良いのではないか」との提案を受けている。企業OBさん方も可愛い子供たちに理科の面白さを教えることを楽しんでいただけたらと思うし、若い受講生の側からも思える人たちの方が、より安心して

沢山教えてもらおうとするかも知れない。アインシュタインは晩年、近所の子供に算数を教えたと言われている。真偽のほどは分からないが、子供であればアインシュタインがどれほど偉いかわからないだろう。抵抗なく話ができたことであらうと思う。技術系の会社で活躍され、高い地位まで上がられて退職されたベテランの方であっても、素直な子供であれば遠慮なく質問し、「物知りなおじいちゃん、おばあちゃん」と思つて何でも聞いてくれるのではなからうか？ 縦のつながりを大切にする同志社であれば、こんな理科教育プログラムが可能なのではないかと思つている。同志社の卒業生の方々を巻き込んだ、幅広い世代に対する理科教育。同志社だからこそ実施可能なプログラムかも知れない。

心からのお礼

あるいはこの記事を読まれた方は、プログラムが順調に進んでいると誤解なさつておられるかも知れない。とんでもないことである。こちらの誤解から、殆ど担当部局からの支援を受けられないこともあり、失敗の連続を大学理工学部の事務室の皆さんに助けて頂き、どうにかこうにか続けているのが実情である。なん



一人一台、オシロスコープを用いての実験風景

現代医療に参加できる高度な医療人を育成 女子大学の薬学教育

女子大学薬学部医療薬学科

2005年女子大学に開設された薬学部医療薬学科では、高い資質を持つ薬剤師の育成を行っています。
現状を同学部の芝田信人教授に伺いました。

6年制教育の目的

医療の高度化、日本における医薬分業の進展などに伴い、薬剤師養成のための薬学教育は2006年度より、4年制から6年制へ移行しました。2005年に開設された女子大学薬学部も翌年6年制になり、現在に至ります。

主にヨーロッパでは約700年以上前から医薬分業が行われてきた一方で、日本に分業概念が入ったのは明治時代。1970年代に入り院外処方がよくやく実質的に動き出してから、薬剤師の果たす

役割はますます重要になっています。より安全で高度な薬物治療を行うため、現在欧米では薬剤師のチーム医療への参加が当然のように行われています。このすう勢の中で、日本でも臨床能力の強化に重点を置いた薬剤師教育が必要とされ、6年制の薬学教育が実現しました。

女子大学薬学部でも、6年制では主に病態や治療面の学習など、医療現場の実態を理解するための学習時間が増加しました。「がん治療を例に挙げると、がんの種類による抗がん剤の使い分けや副作用の状態、対処法などを学びます。薬の

副作用や効果を知るため、心音や呼吸音を聴いて患者さんの状態を判断できるようになれるよう、聴診器の使い方も学びます。欧米では薬剤師が聴診器を持つのは既に当たり前。このような動きは、日本でも少しずつ現場に取り入れられてきたところです（芝田教授）。

教育理念を体现する 薬剤師を育成

女子大学では「キリスト教主義」「国際主義」「リベラル・アーツ」を教育理念

念の三本柱としています。薬学部でもこれらの理念に基づき、豊かな人間性と幅広い教養、国際的視点、高度な倫理観を備えた医療者の育成を目指しています。医師中心と言われた従来の医療を脱し、「患者に対して治療面で援助する」という患者中心の考え方が現代医療の哲学。特に現場では指示されるままではなく自

分で考えて行動を起こし、問題解決のできる人材が必要とされます。知識だけでなく応用性も備えた人材の育成。ここに、同志社創立以来受け継がれてきた「自治自立」の精神が発揮されています。

これらの教育方針を踏まえ、女子大学の薬学教育はまず、人としての礼儀を身につけることから始まります。薬剤師の仕事は薬局内での調剤だけではなく、病棟における患者への服薬指導もあります。前述のように、今後は医療チーム内での役割も高まるでしょう。そこで求められるのは高い知識と技術はもちろん、総合的なコミュニケーション能力と、社会人としての誠実な振る舞いです。入学直後に1泊で実施される新入生オリエンテーションでは「コミュニケーションマナー講座」を実施。航空会社の元客室乗務員を講師に招き、社会人としての礼儀やマナーのレクチャーを行っています。

研究力と臨床力を育てる カリキュラム

同じく入学直後から導入教育として行われる「早期体験学習」では、実際に病院や薬局を見学し、器具の使い方からカ

プセル剤、消毒剤、注射剤などの調剤のほか、聴診器の使用や血圧測定、触診などを体験。入学後早期において薬剤師の実際の仕事にふれることにより、6年にわたる学習への強いモチベーションを持つてもらうことが目的です。こうしてスタートラインに立った学生は1年次から基礎薬学系の専門科目を履修し、3年次からは臨床薬学系の専門教育を受けます。4・5年次で実務実習教育を受け、6年次でより高度な専門能力を学修したのち卒業論文を作成、卒業直前に薬剤師国家試験を受けます。

特に女子大学薬学部では、基礎学習を積んだ上で医療に特化した教育を目指してきました。学生は各科目を履修しながら、計17ある研究室に4年次から所属。指導教授と共に実際の創薬研究に携わる、また、提携病院から提供された患者の検体を分析するなど最先端研究に取り組み、研究的な思考力を鍛えます。「一流の薬剤師は一流の研究者でなければならぬ」という理念がここに生きています。

臨床を意識した科目では「模擬病院・薬局実習」が特徴的でしょう。模擬病院における実習では、心電図、X線、エコー、血圧などの診断技術を学びながら



模擬患者への服薬指導実習

様々な検査所見に基づく薬物治療を修得。また地元ボランティアの協力を得て、模擬患者への服薬指導なども実習します。薬の名称、作用、服用数、副作用などの説明を繰り返し学ぶと同時に、敬意をもって患者に接する、医療者としてのあり方をも身につけることが目標です。模擬病院・薬局実習では患者への対応、調剤・調製、医薬品に関する最新情報の検索など、薬剤師としての基本のすべてを修得します。

海外研修にも力を入れています。12年まではミシガン大学薬学部で実施しており、13年からは南カリフォルニア大学薬学部と協定を結んで3週間のプログラムを行っています。研修内容は授業の聴講、外来患者に対する臨床現場見学、同大教員・学生との交流など。臨床薬学先進国であるアメリカの実情を知り、日本の現場に応用する力をつけてもらうことが目的です。一定の英語力を有する6年次の希望者から毎年6名を選抜し、毎年夏期休暇中に派遣しています。「アメリカでは薬剤師がオフィスを持ち、病院で診断のついた患者に薬物治療などを行っています。日本では法律が違っているのでアメリカの医療をそのまま取り入れることはでき

監督の下に調剤や服薬指導をするなど、実践能力を修得するための診療参加型臨床実習が行われます。実務実習や1年次での病院見学には、学術交流等に関する包括協定を締結している医療法人社団石鎚会、国立病院機構南京都病院、奈良県立医科大学附属病院など多くの医療機関の協力を得ています。

薬剤師免許を持たない者が販売・授与目的に調剤などを行うことは薬剤師法で禁じられているため、学生は4年次の12月に全国共通の薬学共用試験を受けます。ここで知識・技能・態度が一定レベルに到達していることを保証された者が、5年次の長期実務実習に参加できます。

共用試験対策の一つが模擬薬局を使つた調剤実習です。特に試験前には、指定された調剤を制限時間内に行う実習を経験。学生同士がペアを組み、一方が調剤を行い他方がそれを評価するロールプレイ形式を取っているのが特徴です。学生同士の学び合いが、学習内容の定着をより強く促しています。

5年次の長期実務実習と講義で学んだ内容を有機化させて薬剤師国家試験に備えるのが6年次です。模擬試験や相談室の開設など、国家試験には万全の支援体



模擬薬局での調剤実習（軟膏調製）

ませんが、今のうちにぜひ国際的視野を養ってほしい。学生たちは刺激を受けて帰国するようです（芝田教授）。

充実した国家試験対策

4年制時代の現場実習は約2週間の薬局見学が中心で、実際に調剤を経験する機会はありませんでした。6年制では5年次に医療現場へ赴き、薬剤師の指導・

制を取っています。

患者の痛みに寄り添える 薬剤師を目指して

4年次生の2人に薬学部での学生生活を聞いてみました。「調剤技術はもちろんです。病室や薬局での患者さんへの対応は医療者として非常に大切なこと。患者さんに心を開いていただくことの大切さを、授業を通じていつも考えています（西岡玲奈さん）」「患者さんとのコミュニケーションはマニュアル通りではないけないと教えられています。常に臨床を意識した授業の中で、今後もコミュニケーション力の向上を心がけながら、5年次での実務実習で十分経験を積みたいと思います（寺下佑香さん）」。

薬学部では12年3月から、新5年次生を対象に白衣授与式（ホワイトコートセレモニー）を開催。学長、学部長列席のもとに新島記念講堂で行う礼拝形式の行事で、看護学校の載帽式と同様、学生に医療人の卵としての意識と責任を自覚してもらおうのが目的です。

学生の就職先は病院または保健薬局が大半で、製薬会社も若干名います。語学



模擬薬局での調剤実習（注射薬無菌調製）



模擬薬局での調剤実習（調剤薬鑑査）

力を生かし、製薬会社で海外との交渉を担当している卒業生もいます。6年間を通じて医療における援助の精神を学び、倫理観と医療従事者としての教養を身につけた卒業生たちは、各方面で実力はもとより、礼儀正しさや人柄でも高い評価を受けています。



4年次生 西岡玲奈さん

4年次生 寺下佑香さん

幅のある教科の活動

「わくわく理科教室」の取り組みから、個を中心にしたボーダレスの学びへ

希望者という設定で、学年の枠を取り外し、科学という設定で、学校という枠を取り外し、学ぶ活動を通してそれぞれの個がつながり、新しい何かを生み出す空間をつくりたい。

中学校・高等学校教諭 小島明子・田邊利幸・白藤 豊

通常の授業では行うことのできない実習や体験を、「わくわく理科教室」と題し、各講座同時開催で90分ほどの予定で行った。

目的

- ・理科好きにはより深く、多様な科学の世界を経験して、さらに『理科好き』に。
- ・普段の授業では理科にあまり関心がない生徒にも科学を身近に感じてもらう、『理科好き』に。

『理科好き』にとあるが、もつと極端な言い方をすれば「理科」という枠を利用しスタートするが、そこを足掛かりとして、もつと広い世界へ多様な世界へとつなげていきたい。ひとつの方法である「理科」から視野を広げ「科学」の方法を体験し、その方法を使って生徒たちが自ら可能性を広げていってもらいたいという願いを込めて企画した。

募集

教員側が生徒を指定して参加させたり



するのではなく、生徒一人ひとりができるだけ関心のある分野から、自らが『選ぶ』『決める』ことを経て『参加』する

当日の様子

オランダの涙をつくらう

形式とした。そのため、『選ぶ』ことが難しくなるくらいの内容になるよう、分野が偏らないように気をつけた。実際に「複数参加したい場合はどうしたらいいのか」という質問もあったが、一番やってみてみたいことを自分で考え判断した結果で決断してもらいたかったので、あえて複数講座を同時開催とし、ひとつの講座のみの参加とした。

1時間半〜2時間
内容…ガラスを溶かし、水の中で急冷させて涙型のものをつくる。涙型のガラスは歪みがとても大きく2枚の偏光板を通してみるときれいな虹色がみえる。また、できたガラスに気泡が残っていると端が折れたとき、ガラスが飛び散ることがある。

を溶かす概念がないので溶かし方がわからない。解けたガラスを水の中で急冷させるときに、大きいガラス玉では割れてしまうので、何度もやり直す必要があった。そこで時間がかかる。
・ガラスを実際に自分で溶かし変化していくのを観察するのが楽しそうだった。
・偏光板でみたガラスのゆがみをみたときの驚きが大きかった。

教員同士の確認

- ・生徒の参加がたとえ一人でもその希望者の思いを受け止め、講座を開催する。
- ・ひとつの講座に3人集まれば成功とし、今後の開催を考えるが、少ないときはテーマを考え直し違う視点で次の講座をたてることとした。
- ・また、講座の様子を見ながら、新しい授業内容として取り入れることを模索する。

生徒の反応

・簡単に作れると思っていたが、ガラス



授業への応用
反映しづらい。
「オランダの涙」自体が小さいのでクラス全体に見せるのは難しい。



mini-岩石標本

1時間半〜2時間
内容…人数も少なかったたので、それぞれ1時間で終わった生徒もいたが、掃除も含めて2時間くらい。2年生が次の3年生の課題である岩石標本の準備に来ていた。

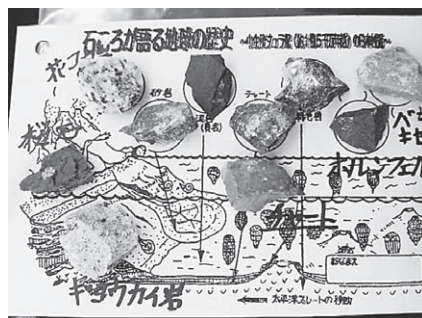
生徒の反応

割るときからテンションが高くなり、割りながら岩石の硬さを理解した。

適当な大きさになった岩石をホットボンドで貼り付けていくと、色彩にとんだ標本になり、全員満足して帰った。
楽しんで授業ができた。石灰岩を溶かした。

授業への応用

丁寧な一人ひとりみて作業を手伝えることで、生徒の反応を直接受けることができるのがとてもよいが、授業では人数が多く不可能。



鶏の脳を見よう

1時間半〜2時間半
内容…1年生の理科授業で、生きたカエルを触った後に麻酔をかけて解剖した経験があるので、今回の鶏の脳も、生きた鶏から解剖をすると思っていた生徒もいたが、今回はベットのエサ用の鶏頭を詰めたので残念そうだったが、生きた鶏をどのように絞めて解剖するかの過程を説明して、挑戦する覚悟があれば次回に取り組もうと話した。

一人ひとつの鶏頭を受け取る。崩れていたりするのもあるので選びながらそれぞれ解剖皿で広げていく作業を行う。使う道具は割り箸なので安心して任せられた。外側の皮膚や筋肉を剥いていき、頭蓋骨が見えるまできれいにしていく。その後骨を一枚ずつはがし、神経のつながりをみながら、目や耳と脳の関係をみる。

生徒の反応

ややおいがあるが、目の前の本物の鶏頭に夢中でどんどん自分の世界に入っていた。脳を取り出せた生徒から、脳

を縦と横に切り断面を観察した。小脳、中脳など脳の部位ごとの働きを伝え、鶏と鳥、哺乳類の脳を比較し、動物の行動による脳の違いも確認した。

企画の中に、次の企画は「いつ」なにを「する」のか聞いてくる生徒たちがいて、その場で検討した。ブタの内臓解剖は3年生限定としたが、今回の参加者はすべて参加していた。

授業への応用

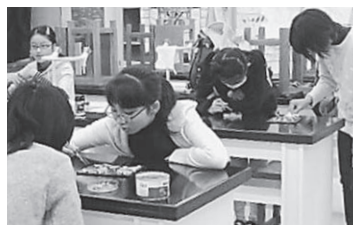
危険な要素がないので、それぞれ探求することができる。簡単に見るなら20分ほどできるので応用可能だと判断した。単元「人体」の授業で挑戦してみたい。

今後

普段の授業でできないことをやろうと企画した。

実施してみても、感じるのは次の二つの点があり、一つ目はこれらの企画が普段の授業に生かされているということだ。

授業の手順は、教員だけの予備実験で確認できるが、設定した目標が中学生に合っているか、また授業を受けて目標まで到達するかは、中学生の興味関心の度合いや習熟度など学年や時代によって変化するので読みにくい。



今回のような「評価」を目的としない企画では、中学生の興味関心の度合いや身につけている技術や知識を、教員が生きた情報として得ることが出来る。生徒にとって教員や親などの強制力がない空間で、他人の目を気にせず自分の考えや興味をもとに行動できるからだ。そのような場で出てきた生徒の発言や、生徒同士の交流などは、彼らの持っている知的好奇心を表していると考えられる。そこから、教員が授業の内容や達成してほしい目標を、より生徒に適した形で提供できると感じた。

もう一つは、教科の枠を抜け出し広い学びの世界へつながる可能性を感じた。今は同志社中学校のなかで希望者を募っているが、その範囲を地域や出張の形式で広げたり、教員の代わりに生徒がお手伝いできるような立場で参加できる機会になるならば、理科を超えた個を中心とした、もっと大きな学びになるのではないかとわくわくしている。

実験から学ぶ理科

女子中学校・高等学校教諭

はせがわさやこ
長谷川清子

はじめに

私は、中学高校生活を同志社中学校・高等学校で送り、受験指導だけに捉われない指導のもと、のびのびとした日々を過ごしました。中高時代の理科の授業では、受験校ではないからこそ取り入れられるたくさんの実験に、心躍った記憶があります。金属イオンの種類によって異なる溶液の色や、酸化還元反応を利用したバラの花の脱色、見た目は全く異なるのに組成はすべて同じ元素という同素体の実験など、目を見張るような実験には大変心惹かれました。

「理科は難しい」と多くの生徒が口にします。たしかに、そのように捉えられ

る面もあると思います。しかし、それは単に観察や実験をすることが難しいのではなく、そこから何が見えてくるのかを考えることが「難しい」と感じているのです。日頃から目にしたものの原理・性質について深く考える癖がない限り、理科の授業の中だけでその考え方を身に付けることはなかなか困難で大変なことなのです。

近年、中高生の理科離れが叫ばれていますが、その背景にはこうした考え方の習得の難しさもあるように思います。しかし、まずは、ある反応を見ておもしろいと捉えることが大切なのではないでしょうか。そのおもしろいと感じた気持ちに基づいて、反応や現象の原理まで理解

しようとする姿勢を育てることに、理科教員の役割があるとも思います。

同志社女子中学校・高等学校でも、受験勉強の枠にとらわれない中高一貫校であることを生かして、自由度の高い授業展開を行っています。中学校では、1年生で「目に見えるもの」を学ぶというところで生物・地学分野を、2年生で「目に見えないもの」を学ぶということで化学分野を、3年生で「それらすべてを決めている法則」を学ぶということで物理分野を学習しています。これにより、生物・地学・化学・物理の4つの科目がそれぞれ独立しているのではなく、理科という一連の流れの中で繋がりがあっていることを学ぶことができるのです。

中学校理科の生物・地学・化学・物理分野を分野ごとに学び、高等学校でのより専門的な学びに必要な知識を確実に身につけるにあたって、本校では検定教科書とともに、独自に作成した各分野の検定外教科書（以下、教科書とする）を使用しています。教科書はその都度内容を見返し、より充実した内容になるように改訂を行っています。今年度は、中学校理科化学分野の教科書改訂を行いましたので、その内容をご紹介しますいただきます。

現在の中学2年生
理科の教科書

現在、中学2年生の理科の授業では、以下のような流れで一年間の化学の学習を行っています。

（教科書目次）

- I 物質の観察
 1. 観察と知識
 2. 測定
 3. 物質の変化
 4. 物質の三態

5. 熱と状態の変化
 6. 純物質と混合物
 7. 物質の三態と粒子
- II 物質の燃焼
1. 燃焼の歴史
 2. 燃焼と反応物質の質量
 3. 化学変化と原子
 4. 化合と分解および化学反応式

- III イオンの反応
 1. 電気の歴史
 2. 電気を通すもの、通さないもの
 3. 原子構造とイオン
 4. 電気分解のしくみと電気メッキ
 5. 金属のイオン化傾向と電池
 6. 溶液と濃度の表し方
 7. 酸、アルカリの反応
- IV 化学変化とエネルギー
 1. 反応熱
 2. 化学エネルギー

中学1年生までは動物や植物など目に見えるものを観察の対象にしてみました。が、中学2年生では原子や分子など目に見えないものの反応について考えること

になります。これを踏まえて、まずIの部分では目に見えないものについて考える練習を行います。最初に行う実験は、ブラックボックスの観察です。これは、真っ黒な箱の中に何かしろの物体が入っていて、箱を振ったり傾けたりすることで中に入っている物体がどのような性質を持つものなのかを考える実験です。連想ゲームのような側面もある実験で、生徒たちは真剣に箱の中の音に耳を傾け、熱心に実験に取り組めます。

この実験を通して、目に見えないものについて考えるということに慣れ、さらに、中学1年生で観察してきた目に見える物質はすべて、目に見えない小さな粒子からできているということを学習します。この、目に見える物質はすべて、目に見えない小さな粒子からできているという考え方を使得、中学2年生の学習を進めていきます。

中学2年生では、前述のブラックボックスの実験を含めて年間合計12回の実験を行います。教卓実験を含めると、その数はさらに増えます。生徒たちにとって、実験で見るひとつひとつの反応の原

理について考えることは、なかなか難しいことなのですが、実験を行うことによって授業内容に対してより鮮明なイメージを抱くことが出来るようになっていくことも事実です。簡単な例ですが、フエノールフタレイン溶液は水溶液がアルカリ性のときにのみ赤色を示します。このことは小学校でも習うので生徒たちにとっては既に知っていることですが、実際に、無色の液体にフエノールフタレイン溶液を加えて、液体が赤色に変化する様を目にすると生徒たちは必ず感嘆の声をあげます。ここから、アルカリ性であるとき水溶液の中にどのようなイオンが入っているのか、と考えると、単に水酸化物イオンがあればアルカリ性と覚えるよりも、溶液の色の変化を見て面白いと感じたことで、より印象深く頭の中に入っていきます。目に見えないものについて理解していくために、机上の学びだけではなく、様々な実験を行い、実際に実験の中での変化を自分の目で見て、何が生じているのかを考察することが重要なのです。

来年度改訂後の教科書

学習指導要領の改訂を受けて、中学2年生の理科の授業時間数は3時間から4時間に増加しました。この変化に対応するため、現行の教科書に「熱の伝わり方」や「熱量計算」の分野を加えました。この分野は、もとと中学3年生の理科(物理分野)でおこなっていたものでしたが、中学3年生の理科の授業の減少に伴って一時教材から外されていました。しかし、中学3年生でさまざまな法則について学ぶ前に、エネルギー保存の法則について幾らかの知識を得ていることは、その後の学習の一助になるはずだ、との考えから今回の改訂ではこの分野を新たに付け加えることとなりました。自然界のさまざまな現象は、一見すると極めて複雑で、個々の現象同士には何の関係性も無いように思えますが、エネルギー保存の法則はいろいろな面を通して共通していると考えることができるのです。

そこで、現行の教科書目次の第IV章を以下のように変更しました。

IV 化学変化とエネルギー

1. 反応熱
 2. 化学エネルギー
 3. 熱エネルギー
 4. いろいろなエネルギーの変化
- 新たに付け加えた「3. 熱エネルギー」、
「4. いろいろなエネルギーの変化」の各単元でも生徒実験を行うことにしました。

「3. 熱エネルギー」では、一定質量の水を電熱線で加熱することによって生じる温度変化を測定し、質量・温度と熱量の関係およびエネルギーの変換について考えることを目的とした実験を行います。具体的には、100gの水と150gの水をそれぞれ電熱線で加熱し、どれだけの熱量が電熱線から水に与えられたのかを計算から求めます。また、この実験からわかることとして、主に以下の点について考察します。

- ・一定量の水が得た熱量は、水の温度上昇とどのような関係にあるか。
- ・一定温度水温を上昇させるのに必要な熱量は、水の質量とどのような関係にあるか。
- ・水温を上昇させるのに必要な熱量は、

上昇温度の大きさおよび水の質量とどんな関係にあるか。

- ・水と電熱線との間だけではなく、水と水を入れていた金属容器との間にも熱の移動はあったのではないか。

そうであれば、金属容器の質量と水の温度上昇にはどのような関係があるのか。

「4. いろいろなエネルギーの変化」では、二つの物質を混ぜて温度の変化を測定することで、物質によって比熱の値が異なることを確認する実験を行います。具体的には、温度の異なる水同士と、温めた金属球と水とをそれぞれ混合させたとき、各物質および実験に用いた器具がそれぞれ得た熱量および失った熱量を計算から求め、金属球の比熱を求めます。この実験の考察は、熱量計算が主になってきますが、教科書目次「1・5. 熱と状態の変化」の箇所でも熱量計算について学んでいますので、効果的な復習にもなっています。

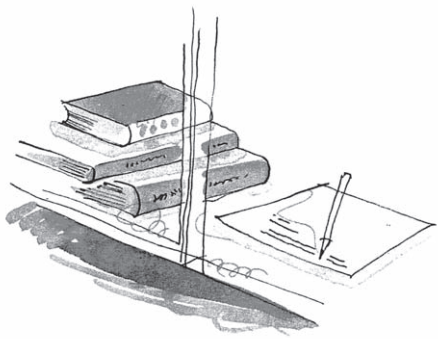
今年度教科書の改訂を行うにあたって、昨年度これら二つの実験を中学2年生の授業で行いました。実験自体は地味で

淡々とした作業が続きますし、温かいものから冷たいものへと熱が移動することは、日常の感覚で誰しもが知っていることです。しかし、改めて水を入れた容器に電熱線を入れて攪拌したり、温めた金属球を水中に入れたりすると水の温度が上がるという事実を目にすることで、生徒たちは単純に温度計の目盛が上がって面白いという感想を持つと同時に、一つの現象としてそれを解釈し、考察していました。

おわりに

理科離れが叫ばれる一方で、理系女子(リケジョ)の存在も近年注目を浴びるようになってきました。本校も女子教育を行う場として、より多くの生徒が理科に興味を持ち、深く物事を考察する力を身に付けることが出来るように、理科の面白さを伝えていけたら、と思います。

そのためにも、中学校の理科の授業で多くの実験を行い、それぞれの実験から得られる結果に面白みを感じて考察することが大切です。そのことが高校での学習



同志社小学校の理科教育

小学校理科講師
川崎公美子
かわさき くみこ

同志社小学校理科部では、〈実験と観察〉を主軸にいた理科教育を実践しています。つまり、さまざまな自然現象に対して、まずは児童自身が「不思議だな」、「どうしてだろう」、「たぶん、こうなるのではないかな」と考え、実験や観察によって「なるほど、そうか」と納得し、発見した理論や法則をクラスの仲間と共有し合いながら科学的な知識や思考力を養っていくのです。授業の中で、教師は、知識や科学法則を教え込むのではなく、子供たちの興味や関心を引き出しながら、一人ひとりが主体的に問題を解決していけるように支援することを心がけています。

ここでは、同志社小学校が、そうした理科教育を目指し実践している取り組みを紹介したいと思います。

1. 理科好きな児童たち

本年12月に、同志社小学校の3年生から6年生までを対象に実施した「理科に対する意識調査アンケート」の結果を見ても（資料1参照）、理科好きな児童が大変多く、その理由として、65%の児童が「実験ができるから」と答えていることから、児童たちの理科実験に対する興味や関心の高さがわかります。

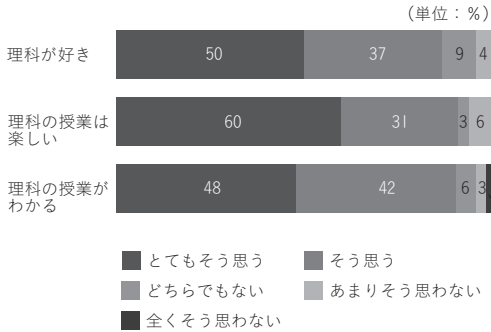
授業で扱っている内容は、文部科学省が定める学習指導要領に沿ったものですが、児童たちが投げかけてくる疑問の中には自然科学の核心をついた大変専門性の高いものも少なくありません。小学校理科の枠を飛び超えて、中学校や高校で学習する内容や、最先端の科学研究にまで広がっていく児童たちの知的好奇心や

探求心にはいつも驚かされます。

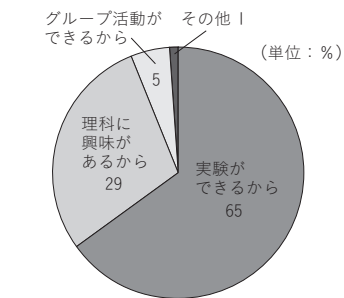
そのような児童の力が発揮されることを期待して、毎年夏休みに「理科の自由研究」を3年生以上の児童全員に課しています。児童たちは理科に関するテーマを一つ選び、理科的な手法を用いて思い思いの研究に取り組みます。また、それをサポートするために、理科の授業時間を使って、テーマの選び方や研究の進め方などの指導も行っています。9月の新学期が始まると同時に360人分の自由研究のすべてが校舎内の壁一面に展示されますが、どれも工夫が凝らされた見事な作品ばかりです。また、その中から18作品を選出して、京都市青少年科学センターが主催している「京都サイエンスコンテスト」に応募しており、毎年たくさんの人賞者が出ています。特に本年度は

（資料1）3年生から6年生までの児童を対象にして実施した理科に関する意識調査結果
理科が好きと答えた児童（3年生89%、4年生85%、5年生81%、6年生91%）のうち、理科が好きな理由として「実験ができるから」と答えた児童は65%であった。

（グラフ1）児童の意識調査アンケート結果

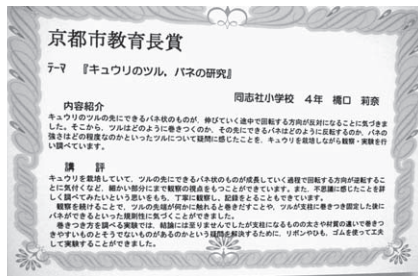


（グラフ2）理科が好きな理由



（資料2）2013年度 第18回京都サイエンスコンクール入賞者一覧

京都市教育長賞	4年	橋口莉奈	「キュウリのツル、パネの研究」
京都市青少年科学センター生物賞	5年	笠井晴登	「ぼくの近所の公園の雑草標本」
佳作	5年	岡田葉奈	「アゲハチョウ4」
	6年	奥田茉衣	「獲物をとるクモ」
次点	3年	高瀬貴一郎	「雷を作りたい」
	4年	石山雄基	「ブドウ糖を調べる」
	4年	山田千翔	「広沢池とその周辺の生き物調べ」
	5年	桑原里桜子	「熱に対する風と汗の効果」
	5年	池田はるな	「季節と天気図」



（写真1）第18回京都サイエンスコンクール京都市長賞受賞
4年生橋口莉奈さんの研究内容と講評。



（写真2）京都サイエンスコンクール表彰式
5年生笠井晴登君（生物賞受賞）が研究発表しているようす。

5年生の笠井晴登君が「生物賞」を、4年生の橋口莉奈さんが「京都市教育長賞」を受賞し、表彰式において研究発表を行いました（資料2および写真1、2）。このように学校全体として、理科の自由研究の内容が年々充実してきているのも、児童一人ひとりを支えて下さっている保護者のみなさんの温かいご支援の賜物と感謝しております。

2. 理科専科制と理科実験 助手によるサポート体制

同志社小学校では、3年生から6年生までの全学年において、理科の授業を、担任教員ではなく理科専科の教員が担当しています。これによって、学年ごとに統一された細やかな指導を実現することができ、理科という教科の特色を明確に伝えることに成功しています。また、理科専科の教員は教材研究や授業準備を十分にを行い、授業内容の吟味・向上や実験観察の安全面においても万全の態勢で臨むよう努めています。

さらに、日々の授業だけでなく理科に関わるすべての教育活動において欠かせない存在となっているのが理科実験助手です。中学校や高校では当たり前のことですが、小学校教育の現場においてはまだまだ普及しているとは言えません。同志社小学校では3年生から6年生までのすべてのクラスの理科の授業に理科実験助手の教員が立ち会って、きめ細やかなサポートを行っています。

3. 実験室の設備充実

理科は児童が観察や実験を通して問題

を解決していく教科です。そのため、実験室には顕微鏡をはじめとする様々な実験器具が児童人数分以上ずつ備えられ、小学校の理科教育に必要なすべての実験・観察を実施することができるよう環境が整えられています。

また、実験室内には投影機や様々なAV機器が常設されており、授業の中でインターネットを利用して最新の情報を紹介したり、児童には観察しづらい微視的な顕微鏡の世界を大きなモニターに映し出しながら解説を加えたりすることが簡単にできる設備が備わっています。

これらの設備を最大限に生かして、児童らの視覚に訴える「わかりやすい授業」を日頃から実践しています。

4. 専門の研究機関や 研究者との連携

5年前より、水生昆虫の研究者である神松幸弘教授（京都大学）やツバメの巣の研究を続けている同志社中高OBの平田和彦さん（北海道大学大学院）の指導の下、岩倉の自然観察や生き物についての学習を積極的に行っています。第一線で活躍されている研究者から受ける授業は児童にとって大変な刺激となり、自然

科学に対する興味関心を一層かきたてる経験となっています。

また、同志社大学のプロジェクト科目やローム記念館プロジェクトにも協力し、2010年には「エコすごろく」の作成、2013年には「電子書籍（DOぶつ図鑑）」の作成にも取り組みました（写真3）。その他にも、毎年4年生が青少年科学センターにおいて科学館見学とプラネタリウム鑑賞を実施したり、7月と2月には小学校と隣接する同志社高校において天体観望会を実施したりしています。

また、今年はいじめの取り組みとしては、理科クラブの活動の中で八瀬に出かけ、当地で1500年前から先祖代々稲作を続けてこられた保志英司さんの水田で、生き物同士が深く関わり合いながら生きていく環境について学習しました。さらに、水田に住むホウネンエビやアカ



（写真3）同志社大学との共同プロジェクト「Doぶつ図鑑」作成
同志社大学の学生とともに吉峰館で剥製調査を行いました。

ハライモリ、オタマジャクシなどを採集して持ち帰り、学校で大切に育てて観察を続けました。このような、同志社大学や中高との連携や地域の施設・人材や環境を生かした活動を今後も大切にしていきたいと考えています。

5. 夏休み理科相談会

夏休み中に5日間の理科相談会を開催し、理科室と図書室を開放して自由研究の進め方やまとめかたについてアドバイスをしたり、実験器具を自由に使える場を提供したりしています。普段の授業と違い、学年を超えて行う夏休みの活動は自由な発想やアイデアを交わしながら科学を楽しむことのできる貴重な機会となっています。さらに、昨年度からは、お手伝いに来てくれる卒業生が現れ、児童に近い目線からアドバイスを与えてくれるなど、相談会が年々充実したものとなってきたのも嬉しいことです。

6. 点灯式における サイエンス・ショー

毎年11月に実施される点灯式の日には、授業終了後から日没を待つまでの時間を利用して、6年生の保護者の方々と共同

でサイエンス・ショーを行っています。楽しいパフォーマンスとして行う理科実験に、1年生から6年生までの多くの児童はいつも大喜びです。特に、本年度は同志社中学校から実験機材をお借りして音波の実験を行い、とても盛り上がりました。自分の声で作ridす波形を見て、児童たちは目を輝かせて歓声をあげていました（写真4）。

7. 理科実験研究会

2012年の4月より、約月1回のペースで、京都市の私立小学校の理科担当の教員に声をかけて理科実験研究会を実施しています。昨年度は同志社高校の山崎敏昭先生をはじめ、ノートルダム女学院中高や京都女子中高、京都大学医学部放射線研究所の先生方にもご協力をいただき大変充実した活動を実施することができました。今後も、私立学校の理科教員同士のつながりを大切に、理科教育の研究活動が続いていきたいと考えています。



（写真4）2013年点灯式「ブルブル波動実験ショー」
6年生保護者と共に開催したサイエンス・ショーのようす。



（写真5）理科実験室における授業風景