

「科学課題研究」を中心に据えた 女子の理系進学支援教育プログラムの開発

秋山 繁 治

Development of educational programs support for girls' advancement to science
with a focus on scientific research

Shigeharu AKIYAMA

Seishin Girls High School is the last remaining all-girls school in Okayama prefecture. With interest in science low among young women and with a lack of support aimed at advancing girls toward scientific careers, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, which promotes science education, designated our school as one of the one of the country's Super Science High School (SSH) projects. As the first private school designated as an SSH in Japan, and since the beginning of a two-term, ten-year effort from the launch of the "Life Science Course", the aim has been to develop a complete educational program, dividing educational contents into the categories of knowledge, experience, and research within a curriculum that consolidates what was acquired through knowledge and experience into research.

<キーワード> スーパーサイエンスハイスクール, 理系進学
課題研究, 自然体験, 科学教育



女子の理系進学支援
10月27日夜、東京の学習院大構内、清心女子高校生命科学コースの1、2年生がパネルに研究発表のポスターを貼っていた。同女子高が2009年から毎年一回全国に呼びかけて実施している発表者が女子だけの「集まれ！理系女子・女子生徒による科学研究発表交流会」の準備が、発表に参加するという同高2年光畑夏奈さん(17)に科学研究の魅力について聞かす。「試行錯誤を経て正しい実験方法を見つけたときの喜びが大きい」との答えが返ってきた。日本は先進諸国に比べ理系分野の女子大学生や女性研究者の割合が低い。清心女子高はこうした状況を打開しようと、06年度に生命科学コースを開校。10年以上にわたり、女子生徒の理系進学を支援するカリキュラム開発に取り組んできた。同コースでは、マレーシアや沖縄の大学と連携し、多様な自然体験ができる野外実習を実施。森林の二酸化炭素吸収量の比較研究に発展した。一連の取り組みがもたらしている。コース開設に尽力した元同高教諭で南九州大(宮崎県)教授の秋山繁治さん(61)は「高校教育の可能性を他校にも伝えたい」と語る。(堀内佑二)

発表資料を前に生徒と話す秋山さん(左)
(10月27日、東京都豊島区の学習院大で)

カリキュラム・学校づくり ノートルダム清心学園清心女子高校(岡山県倉敷市)

佐藤学・学習院大教授「学外の研究者とも連携し、大学レベルの科学教育を重視している。また理系の女子高校生ネットワークも全国規模で形成するなど、女性科学研究者育成を目指す超越した実践だ」

イノリティーでしかない。男女共同参画を目指す社会で、共学校を標準とする時代に、女子校が存在する理由となるような役割はあるのだろうか。“男は仕事、女は家庭”を支える女子教育では、現代社会のニーズには応えられない。女子校であり続ける新たな存在理由が求められる時代が到来している。

日本の合計特殊出生率は2005年に過去最低の1.26を記録した。少子化と高齢化が経済に大きな影響を与えている。原因の一つは女性が子どもを産まなくなったことだが、女性が子どもを産めば解決するような簡単な問題ではない。その原因は、ライフスタイルの変化やそれを支える社会サービス、医療技術の進歩などが複雑に絡み合っているからである。ただ言えるのは、女性が社会構造に大きな変化を与えている時代になってきたということである。そして、それをポジティブにとらえれば、女性の力を取り込んだ社会システムの構築が必要とされる時代になったと考えられる。これまでの「女性の才能を伸ばすことを制限している」「子どもを産み育てにくくしている」社会構造に風穴を開けるような変革が必要で、それを下支えするのが学校

はじめに

岡山県内の私立高校は25校あるが、今や“女子校は1校のみ”(2020年4月1日現在)になってしまった。女子校は、全国的にみると公立の伝統校と女子大に併設された学校、中高一貫進学校は残ってはいるが、マ

教育であると考えている。

女子校の構成者は女子生徒だけである。生徒会活動や実験・実習などすべての教育活動において女子がリーダーシップをとらざるを得ない。そのことを、女子校はリーダーシップを養成するのに適した環境と考え、その環境を生かした教育カリキュラムを開発すれば、これまで科学技術分野に占める女性の割合が極端に少ない日本において、女子生徒の理系進学支援のモデルができると考えた¹⁾。

背景

ノートルダム清心学園清心女子高等学校は、1886年創設のフランスのナミュール・ノートルダム修道女会を母体とした中高6年一貫教育の女子校である。県内に姉妹校として、幼稚園、小学校、大学、大学院がある。進路は、1980年代初めまで、姉妹校を中心にカトリック系大学の文系学部への進学が大きな割合を占めていたが、時代とともに理系を中心に進学先が多様化し、その状況に対応することが必要となり、1986年にコース制を導入した。大学進学という出口の進学実績を上げることを意図したもので、当時、多くの私立高校で導入されている能力別クラス編成的なものであった。国公立大学進学を目指した「特進コース」と私立大学への進学を目指した「進学コース」を設定した。しかしながら、そのコース制は魅力にはなりえなかった。

1990年代後半になって、私学では校名変更・共学化、公立では学区制の変更に先立っての教育課程変更などを含む「特色づくり」の試みが話題になり、マスコミでも大きく取り扱われた。本校でも、これまでのコース制に換わる教育内容を起案するためにプロジェクトチームを組織し、これまでの教育内容の再検討を行い、進路実績という成果を目的としたものではなく、“どのような教育内容が新しい時代に求められているか”という視点で教育内容を再構築した。その結果、2006年度から「生命科学コース」、「文理コース」からなる新たなコース制を導入した。「生命科学コース」、「文理コース」の新設は、“どのような教育内容が新しい時代に求められているか”という視点での教育改革であり、さらに具体的な女子校の社会的な使命として、「どのような教育内容で女子の理系進学を支援できるか」の問いに答えることが最初の課題だと考えた。2006年文部科学省SSH事業に、研究テーマ「生命科学コースの導入から出発する女性の科学技術分野での活躍を支援できる女子校での教育モデルの構築」で私

立女子校として全国で初めて採択していただいた。そして、「科学課題研究」を中心に据えたカリキュラム開発に着手した。

本編では、2006年度から2016年度までの取り組みを中心に報告したい。なお、教育実践については、文部科学省スーパーサイエンス事業（1期2006年度から5年間・2期2011年から5年間）の助成を受けて実施してきたものである。現在、2016年度から3度目（3期5年間）の指定を受け、新たな課題に取り組んでいる。

研究の目的

本学園前理事長シスター渡辺和子の著書『置かれた場所で咲きなさい』（2012年発行）が1年で100万部を突破し、今では200万部をも突破している。本の帯には、「人はどんな境遇でも輝ける」とある。シスターは、人は置かれた状況はそれぞれ異なっても、今の立場で前向きに生きてくださいというメッセージを贈っている。このような本が爆発的に売れるということは、逆に言えば、今の社会に生きる多くの人々が「今の置かれた場所でしっかり生きてください」という癒やしのメッセージを求めている状況にあるということだと思ふ。しかしながら、これから今まさに人生を切り開こうとしている世代（若い女性＝女子生徒）にとって、「どんな境遇でも輝ける」とは言っても、より納得できる場所で、自分の才能を生かせることが理想であり、もし女性であることで、才能を伸ばすことが妨げられたり、職業が制限されることがあるとすれば好ましいことではない。

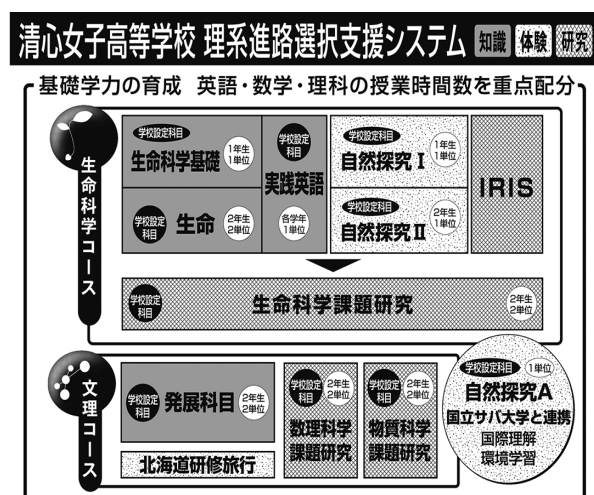
文部科学省第2期科学技術基本計画（2001年閣議決定）から女性研究者支援が盛り込まれているように、今の日本の学校教育を取り巻く社会背景を考えると、将来の進路を科学分野に求めてリーダーとして活躍できる女性を育成する新たな教育システムが必要だということがわかる。本研究では、男女共学への移行が趨勢になっている状況にあって、あえて「女子校」の新たな可能性を求めて理系進学支援のためのカリキュラムの開発に挑戦した²⁾。

新たな教育システムの構築

改革の第一歩は、「生命科学コース」の開設であった。当時は全国的に薬学部新設が続いた頃で、女子生徒の医療分野への進学が加速していることを追い風に、女子生徒の理系進学支援をコンセプトに、まず

は生命科学分野からということで、「生命科学コース」が誕生した。そして、従来のシステムから発展させたコースを「文理コース」とした。次の図は2015年度の教育内容を示したものである。

教育内容を『知識』、『体験』、『研究』の三つの構成に分け、『知識』と『体験』で身につけたものを最終的に『研究』に集約するという形でカリキュラムを構成している。そして、①ロールモデルの提示、②国際性の育成、③直接体験の重視、④リーダーシップの育成の四つを盛り込んだ科目を導入した。



『知識』では、課題研究に必要な知識や技術を得るための科目として「生命科学基礎」、「生命」、「実践英語」を設定した。

『体験』では、多様な自然体験ができるように「自然探究Ⅰ」（鳥取大学教育研究林「蒜山の森」での森林実習）、「自然探究Ⅱ」（琉球大学熱帯生態圏研究センター瀬底施設と座間味島での講義・実習）、自然探究A（マレー半島にあるツン・フセイン・オン・マレーシア大学、ボルネオ島にあるマレーシア・サバ大学と連携した環境学習プログラム）を設定した。

『研究』では、研究課題別にグループに分けて取り組む科目として「課題研究」を設定した。

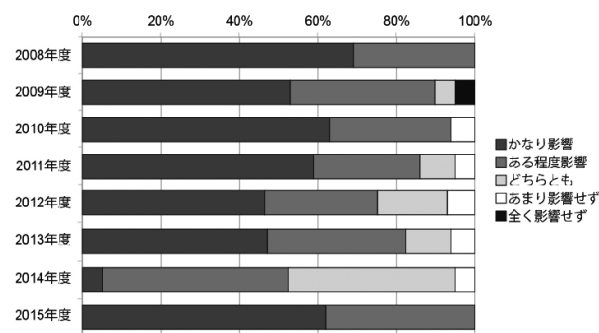
授業「生命」の誕生

「生命科学コース」を設定する前の段階で、女子教育には性教育が重要と考えてホームルーム活動や総合的な学習の時間を使って実践してきたという経緯がある。性教育は、「不純異性交遊」として生徒指導的に扱われた時代、女子生徒だけを対象とした月経指導教育で扱われた時代を経て、セクシュアリティ教育（人権やパートナーシップなどの人間関係を学ぶもの）へ

と変遷してきた。今や「性」という枠組みではなく、“「生き方」を考える材料を提供する”ための教育が必要とされる時代になっている。そのような状況を踏まえて、1998年に総合的な学習の時間の科目として授業「生命」を設定した³⁾。ワークショップ、グループ討議、医師、芸術家、研究者などの講義などを通して、いろいろな側面から「生命」について考える材料を提供するというものである。今回取り組んだ本校の「女子の理系進学支援」のカリキュラム作成は、この「生命」における“生き方教育”の延長線上にある。

「生き方」を考えることが、将来を考える動機となると考えた。「生き方」を教育するとは、「考え方」を一定の方向に導くというのではない。提示された材料（教育内容）を生徒自身が学んでいく過程で、「考え方」を身につけていくものである。したがって、この授業は、考える材料の提供の役割を果たすものであり、どのように考えるかの試行錯誤をどのように体験させるかが指導上重要になる。「生き方」を考える教育では、教科指導のように多くの知識を持った優位なものが劣位なものに一方的に教えるという図式は成り立たない。適切な材料を供給できるかどうかが大切で、指導する側がどのような経験をし、どのように生きてきたかという自らの生き方が問われることになる。

■ 授業「生命」の進路への影響（高3対象・12月）



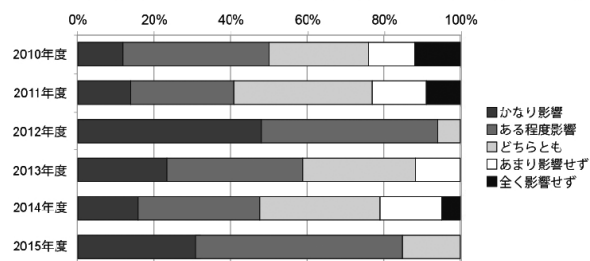
ディベートを導入した「実践英語」とネイティブ担任制

「ディベート」とは、与えられた議題について討議する「言葉を使ったゲーム」である。日常では経験しない立場（役割）を体験することによって、ゲームとして楽しみながら、表現する技術を身につけることができる。ディベートでは、多くの情報を集め、検討し、論理を明確にすることが求められるので、人前で議論する力、論理的思考力、文章作成力、積極性を磨くことができる。しかしながら、いきなり英語の授業に取り入れることに日本人の英語の教師たちには抵抗があ

り、拒否された。一方、英会話担当のネイティブの教師たちは学生時代にディベートに取り組んでいたという経験があり、積極的に担当を申し出てくれたので、「ツールとしての英語」を学ぶ科目「実践英語」が誕生した。実践してみると、生徒の方が新しい授業として受け入れ、生命科学分野の議題（「臓器移植」「ペット飼育」「生殖医療」など）に興味をもち、英語運用能力を身につけるだけでなく、生命科学分野の新しい社会問題についての知識を得るのにも役立っている。日本の科学者は英語でのコミュニケーション能力が不足していると言われるが、英語で考え、意見を述べるができるようになるので、有効な教育方法になると確信している⁴⁾。

また、「実践英語」での生徒の実態から、日常的に英語を使う機会を増やすことがもっとも重要だと考え、2000年度から、英会話担当のネイティブを生命科学コース1年生のクラス担任（2人担任制でもう1人は理科担当者）にしている。終礼やLHRなどの日常の学校生活から面接、保護者との個人懇談まで担当している。ネイティブにクラス担任を任せるのは不安という声もあったが、今では「自然探究A」の引率なども担当して「生命科学コース」の教育における役目はさらに大きくなっている。今年度からは、生命科学コース2年生もクラス担任をネイティブに任せている。

■ 「実践英語（科学英語のディベート）」の進路への影響（高3対象・12月）



女子生徒に自然体験が重要

『理科離れしているのは誰か』（松村泰子編）で、「自然体験・生活体験と理科の好き嫌いの関係（中学校）」を、「トンボやちょうちょなどの虫取りをする」かどうかでみる項目がある。男子の理科好き59.3%、理科嫌い35.2%、それに対して女子の理科好き35.9%、理科嫌い27.7%で、男子で有意差があるのに対して、女子では差がなく、しかもその体験自体が少ないことがわかる。女子では外で遊ぶことが嫌いなのは理科好きだと1割強なのに、理科嫌いだと3割と差が大きいこと、理科実験では、男子が中心的な役割をすることが多く、女子に積極性が低下していく傾向が強いことが

報告されている。

自然体験の不足と直接実験に参加する機会の少なさが理科嫌いをつくっているとしたら、女子の理科好きを増やすためには、より多くの自然体験と実験・実習を盛り込んだ教育内容が必要になる。それを踏まえて取り入れた学校設定科目が「自然探究I」「自然探究II」「自然探究A」である。

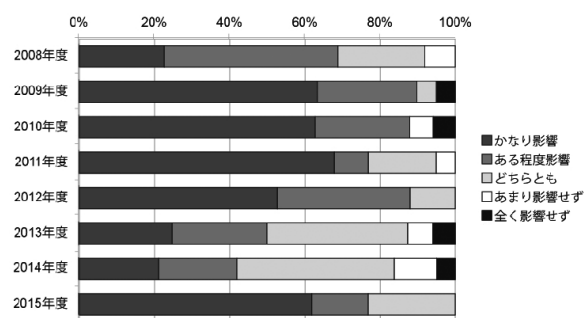
「自然探究I」（4泊5日）は、岡山県北部の森林を対象にして、講義（森林生態系・生態系樹種の同定・森林の調査方法・環境問題・大学生の卒論発表）と実習（森林の区画を設定し、その区画の樹木の樹高・胸高直径・樹齢を測定し、調査データから1年間の二酸化炭素吸収量を推定）を実施している。

「自然探究II」（4泊5日）は、瀬底島での講義（亜熱帯の海の生態系・海辺の生物の調査方法）と実験（サンゴ・プランクトンの顕微鏡観察）、実習（プランクトン捕獲・海辺の生物調査）。沖縄科学技術大学院大学で講義（ロールモデルとして女性研究者が担当）。座間味島での講義（環境省・帰化生物について）と実習（シュノーケリングによる海の生物観察）。

「自然探究A」（10泊11日）は、ツン・フセイン・オン・マレーシア大学での講義（生物多様性について）と自然観察（マングローブ林・熱帯森林）。マレーシア・サバ大学での講義（マレーシアの熱帯生態系・哺乳類・昆虫・植物・ネイチャーツーリズムについて）と自然観察（キナバル公園・キャノピーウォーク・ラフレシア・マスカン島・サビ島）。

また、日々の学校生活で、生物実験の研究材料であるサンショウウオの飼育を生命科学コース1年生が日々の清掃活動と同じように当番を決めて担当している。動物飼育では、手を抜いたことがすぐに動物の生死につながる。何も考えないで、機械的に餌を与えているだけでは動物の健康は保てない。生命をあずかるためには、日々の観察が必要であり、観察の大切さを身に染みて学ぶことができる。

■ 「自然探究II（沖縄）・自然探究A（ボルネオ）」の進路への影響（高3対象・12月）



課題研究で生徒の適性を引き出す

課題研究は、生命科学（4グループ）、物質科学（1グループ）、数理科学（1グループ）を設定している。指導教員（1グループに1人）が研究するテーマを生徒に説明し、生徒各自がどのグループに属するかを選択する。研究を進めていく過程で、それぞれのグループに大学の先生方から専門的なアドバイスをいただくという体制をつくっている。科目としては週2時間を設定しているが、興味をもった生徒は、部活動として放課後毎日取り組んでいる。研究テーマを先輩から後輩へと継承していく形になっているので、ストーリーを持った研究に進展でき、レベル的にも深化させることができている。

成果は、積極的に学会や高校生の発表会で公表することになっている。指導教員は、発表の一か月前くらいからポスター作製や発表の練習に集中的につき合うことになる。放課後、土日、毎日のように生徒が理科室を訪れる日が続く。生徒はその間に最も急激に成長する。そこで身につけた集中してものごとに取り組む姿勢は、将来の進路を考えるうえで生かされ、納得できる進路に進むことにつながっていく。

また、課題研究の指導をすると、生徒が科学研究を本当に好きかどうかがよくわかる。前向きにまじめに取り組んだほとんどの生徒は、本人が納得した進路に進んでいく。課題研究でもっとも大切なのは、本当に好きなことを見つけさせて、実感させることだと考えている。持たないものを引き出すことはできないが、もともと心の底にあった気持ちを引き出すことはできる。

国際的な比較で、“日本では理系女性が著しく少ない”ことは事実である。その原因は遺伝的な素質なのだろうか。日本だけが男女に遺伝子的な差がある集団から構成されているとは考えにくい。学校教育を中心とした社会状況に原因があるのではないだろうか。潜在的な才能があっても、他人のものさしで将来を決めてしまう生徒が多いとすれば、それは本人にとっても社会にとっても悲劇である。女子生徒への理系進学支援は、理系進学するはずの生徒が、自分の才能に気づかないままに将来を決めるのではなく、本来持っている才能に気づかせ、それを伸ばすことである。

「生命科学課題研究」を科目として設定しているが、「課題研究ばかりしないで、受験勉強をしなさい」という保護者や教員も結構多いと感じている。その方々に「課題研究が勉強の邪魔になると考えて手を抜く生徒が理系に向くと思いますか」と聞きたい。日本の科

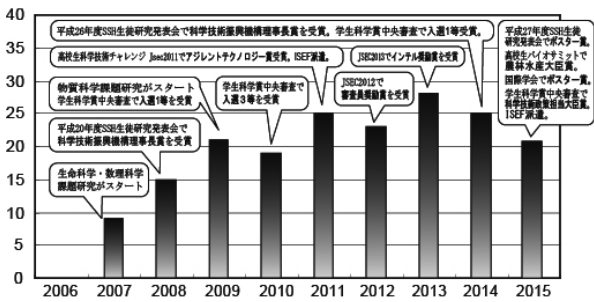
学技術は、コツコツと試行錯誤をしながら研究をすることを生きがいとするような研究者や技術者によって支えられてきたことを再認識してほしい。決して「ほどほどでいい」と考える人に支えられてきたのではない。確かに高校生が将来について未来を描きにくい時代かもしれない。理系に進む女子生徒に、「物理なんて難しい教科を勉強して大丈夫なのか」とか、博士課程に進もうとする学生に「理系で博士号を取得しても、なかなか研究職に就けないので研究はほどほどにして、生活の安定を求める方がいい」とアドバイスする大人が多いかもしれない。「楽か楽でないか」「損か得か」を“xy軸”にして、将来の道を決めるとしたら、何に夢を託すのだろうか。困難が予測されても、それを乗り越えて、科学者や科学技術者として生きていくためには、「好きである」ということがもっとも重要だと思う。学校教育は、生徒の「好きである」気持ちを大切に育てる役割がある。学校までもが“xy軸”で生徒に将来の指針を与えることは、日本の未来を見据えてもマイナスにしかない。

課題研究の成果を発表する場を求めて

課題研究に取り組み、生徒にとってわかりやすい成果を得ることができれば、それに伴って前向きに学ぶ姿勢や教科科目の基礎知識など、総合的な学力が伸びると考えた。まず目標を設定することが必要だと考え、「全国レベルの高校生の研究発表会で高い評価を得る」という“わかりやすい”目標を設定した。生命科学コースを開設する前は部活動で科学部はあったものの、発表会に参加した経験などはまったくなかった。高校科学技術チャレンジ（JSEC）や日本学生科学賞への応募などは考えられない状況であった。JSECなどの最終審査会に出場するという目標は、部活でいえば、今まで高校野球で地方大会1回戦すら勝てない野球部を甲子園に導こうとするようなもので、まず生徒たちに「自分たちも科学研究で成果を出せる」という気持ちを持ってもらうことと「科学研究に取り組める恵まれた環境が学校にある」と認識させることが重要で、そのためには、まず一度は研究成果で対外的な評価を得ることが大切だと考えた。最初に発表する場として、全国のSSH校が集うSSH生徒研究発表会を設定した。具体的にターゲットを絞ることで、終着点が設定されるので、それに向かって生徒に目的意識が芽生えたと考えた。取り組んで3年目に「科学技術振興機構理事長賞」の受賞にまでたどりついた。ここで

評価されたことが全国レベルの大会を身近なものにしてくれ、後輩たちにも科学研究に取り組む上でのいい流れをつくってくれた。「実践英語」に英語のディベートを導入するなどの教育内容の刷新によって、国際的な学会にも前向きに参加できるようになった。2015年度はツン・フセイン・オン・マレーシア大学を会場に開催された生物多様性の学会にポスター発表（3件・ポスター賞を受賞）、口頭発表（1件）に参加、2016年度は、中国杭州市で開催された世界爬虫両棲類学会（WCH8）にポスター発表（1件）口頭発表（1件）に参加した。

科学発表での受賞という目標を立てたことは、ぶら下げた“ニンジン”として賛否両論もあるかもしれないが、初期目標として対外的に評価されることは意味があると思う。専門家から客観的な評価を得られたということが、高校生にとって自信になり、研究に前向きに取り組む推進力になったと感じている。以下は、2006年度からの科学発表数の推移をあらわしている。



テーマはどのように設定したか

「生命科学課題研究」で、生命科学コースの4つのグループが取り組んでいるテーマは図のとおりである。これらは大学の研究室のイメージで研究テーマを設定している。

「生命科学課題研究」以外の「自然探究Ⅰ」の実習や「生命」のアンケート調査などから派生したテーマも生徒が希望すれば取り組ませている。

「自然探究Ⅰ」の森林調査から、「遷移段階の異なる森林の二酸化炭素吸収量は違うのか」、「人工林と天然林ではどちらが二酸化炭素吸収量が多いのか」などのテーマが生まれた。この研究はさらに「自然探究Ⅱ」の座間味島での調査、沖縄県・久米島での地元中学生との合同調査につながり、「亜熱帯の森林の二酸化炭素吸収量は岡山県北部の森林と違うのか」の研究になっていった。

森林調査は、交流の面でも重要な役割を果たした。久米島の中学生だけでなく、「自然探究A」でお世話

になっているツン・フセイン・オン・マレーシアの大学生・大学院生を「自然探究Ⅰ」の森林調査に招待(2015年度さくらサイエンス事業)して、合同で調査を行い、地球環境についてディスカッションする交流にまで発展させた。

また、「生命」では、動物の“命”を考える視点で、小学校への飼育動物のアンケートや生徒の出身小学校への訪問調査のデータを基にした「岡山県下の小学校の学校飼育動物の研究」になった。

生命科学課題研究

生物学者として1年次から取り組む生徒もいるが、多くは1年生で生命科学講座を学んだ後、どのグループに属するかを決め、大学の設備を取り入れた形で研究に取り組んでおり、大学の施設を使って指導を受けた。発表にあたって研究者からアドバイスをいただいたりすることが

できる。課題研究の成果は、学会や研究発表会等に積極的に参加して発信することとしており、生徒の達成感に繋がって、理解を深化させ、研究を進展させることにつながっている。

発酵生物学グループ
研究内容 有尾類の繁殖と発生
1989年にカミヤンツウオウの卵巣が生物学的に特定されてから研究が始まった。ツウオウの卵巣の発生(卵母細胞)の卵巣下の発生方法の確立を目指し、卵生を安全に飼育する方法を検討した。調査を必要に応じて動物の飼育や工機を駆使して、受精卵を注入した。

発酵生物学グループ
研究内容 野生酵母の分類と同定
花に生息する酵母を採取し、自然環境における生物多様性の観点から機能を持つ酵母を解析することを目的として研究をすすめた。その過程で酵母「*Methanobrevibacterium*」の酵母増殖能とセルロース分解能を明らかにすることができた。酵母増殖能を利用したバイオエタノール生産の研究に大きく貢献することが期待されている。

発酵生物学グループ
研究内容 植物が持つ体内時計
生物リズムの測定を研究テーマに定め、現在までに、セイヨウタンポポの開花リズムの測定、カタハシアザミの体内時計リズムの測定を行った。就寝運動リズムの測定においては、特別な測定機器を自作し、様々な環境条件下におけるリズムの測定に成功している。

環境化学グループ
研究内容 化学物質と環境(生物)との関係
化学物質が環境に及ぼす影響を探ることを中心に、さまざまな内容に取り組んできた。最初、エステル化反応を環境への影響が大きい条件でできないかを探ると、金属イオンが反応速度を変えた。その影響を明らかにするために、そのメカニズムを明らかにすることを目指した。同時に、金属イオンが反応速度を変えた。その影響を明らかにするために、そのメカニズムを明らかにすることを目指した。同時に、金属イオンが反応速度を変えた。その影響を明らかにするために、そのメカニズムを明らかにすることを目指した。

「自然探究Ⅰ」からの課題研究

入学して間もない高校1年生の森林実習は、自然体験が非常に少ない女子生徒に「安全に整備された山道をハイキングで歩くような自然体験ではなく、草叢をかき分けて入った森林で自然環境を学ぶ野外実習をさせたい」という方向で企画したプログラムである。当初は「樹木の種類を区別できるようにすること」と「森林調査を“体験”すること」を目的にして出発した。4泊5日の森林調査での共同作業、そして共同生活が生徒に一体感をうみ、課題に前向きに取り組む姿勢をつくってくれた。この実習が樹木のデータを整理するという“調査”に発展し、さらにその結果から樹木の二酸化炭素吸収能力を比較して分析するという“研

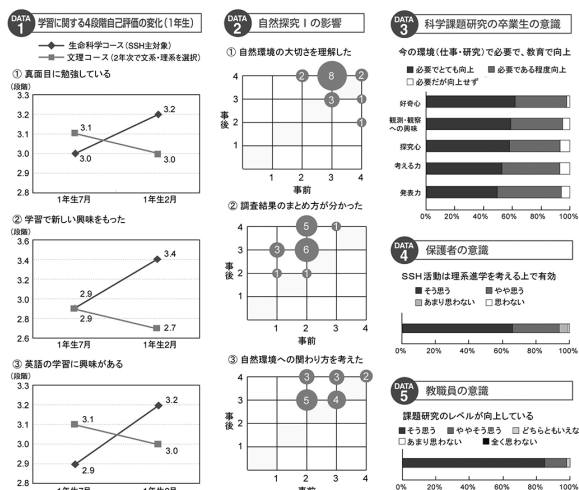
究”に変化した。そして、調査地が、人手不足とともに火入れがされなくなり、放置されている状況にあり、火入れをやめた年代が異なるので、ブナ極相林までいろいろな遷移段階の森林があることを知って、森林によって二酸化炭素吸収量にどのような違いがあるのかを研究するという方向性がうまれた。そして、森林実習を開始して10年を経て、今までの調査データを「地球温暖化防止にはどんな森林が有効か」というテーマで解析した。

解析結果から、天然林では、林齢が増すほど炭素蓄積量と二酸化炭素吸収量が増加する傾向がみられた。人工林では炭素蓄積量と二酸化炭素吸収量の両方とも、天然林よりも低くなる傾向があることが示唆された。また、単一の樹種からなる人工林よりも、多様な樹種からなる天然林の方が効率よく炭素を蓄積し、二酸化炭素を吸収していることもわかった。この森林調査の考察として、生徒たちは、地球温暖化防止のため、二酸化炭素の排出を減らす努力をしていくと同時に、炭素の蓄積量と二酸化炭素吸収量が多く、種多様性の高い森林を維持・管理していく必要があると結論した⁵⁾。

教育プログラムの効果

2015年度のデータ（次の図）で、本研究の対象としている生命科学コースの方が、文理コースより教育活動を非常に高い割合で肯定的に受け入れており、学習に前向きに取り組んでいる姿勢がうかがえることがわかる。また、卒業後10年が経過しても、現在の生活に生命科学コースの教育が影響していると8割以上が答え、好奇心・理論へ興味などが向上したと8割が判断していることがわかった。保護者・教職員の理解が進んでいることもわかる⁶⁾。

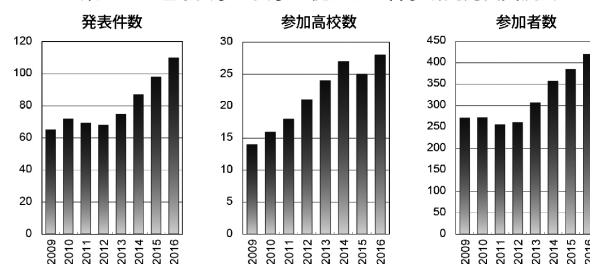
SSH研究開発の成果・生徒の変容



「発表者が女子だけ」の科学課題研究発表交流会

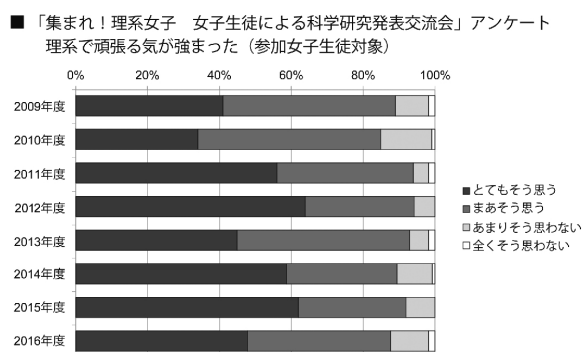
「女子生徒の理系進学支援」の一環として、“科学研究”の成果を研究の途中段階でも気軽に発表できる場として、“発表者が女子だけ”の「集まれ！理系女子・女子生徒による科学研究発表交流会」を2009年から開催している。最初は、近隣の福山大（広島県福山市）を会場にしていたが、年々参加者が増え、2014年度から全国から参加者が集まりやすい場所で開催するようになった。2014年度（第6回）は京都大学、2015年度（第7回）は慶應義塾大学で開催した。第8回（2016年度）の学習院大学には、参加者420人、ポスター発表件数110件を集めることができた。実施後の生徒アンケート調査では、「発表を見て刺激を受けた」「進路を考える参考になった」「理系で頑張る気持ちが強まった」の項目において8割以上が肯定的な回答しており、この交流会を行うことで、女子生徒が理系進路を目指すうえでの意識高揚に対する効果があることが認められた。

集まれ！理系女子 女子生徒による科学研究発表交流会



2017年度は、さらに首都圏（学習院大学）を会場にした交流会に加えて、「九州地区」「東北地区」「中国地区」を会場にした地区の交流会を新たに企画し、理系進学を目指す女子生徒支援の全国的なネットワークを広げていくことを目指した。地方で課題研究に積極的に取り組んでいる学校の科学研究の成果を紹介して、課題研究の取り組みが全国的に盛り上がりつつあることを祈っている。

「集まれ！理系女子 女子生徒による科学研究発表交流会」の2009年度から2016年度までの発表件数、参加高校数、参加者数の実績と「理系で頑張る気が強まったか」の問いのアンケート結果を次の図で示した。地方の福山大で「点」として始まった交流会が、都市を変遷して「線」となり、今年度から3か所での地方大会を展開して「面」へとなりつつある。



グローバルな視点で理科教育を考える

「なぜ銃を与えることはとても簡単なのに、本を与えることはとても難しいのでしょうか。なぜ戦車をつくることはとても簡単で、学校を建てることはとても難しいのでしょうか。」2014年、17歳でノーベル平和賞を受賞したパキスタンのマララ・ユスフザイさんの言葉である。彼女は“女性が教育を受ける権利”を訴え続けてきた。今も、女子だからという理由で学校教育を受けられない国が存在しているのだ。

私たちが住んでいる日本は、本が自由に手に入る国である。しかしながら、先進諸国と比較すると科学技術分野で活躍する女性の割合は非常に低い。当然、理系に進学する女子生徒は非常に少ない。その打開のために「女性科学者支援」や「女子生徒の理系進学支援」を政府の方針として出している。今回、この状況を少しでも改善するモデルケースになるようなカリキュラム作成の場として、生命科学コースを立ち上げた。これからの社会は、どの分野においても、男女の壁なく能力を出し合って協力できる体制が必要とされるのは事実だからである。

科学技術振興機構『未来の科学者養成講座開発支援プログラム5年間の開発成果報告』（2013）に、大学が実施している小中高生対象の科学教育では、「男女によるプログラムの違いを設けている実施機関はとくにない」とある。また、「自分の理系の才能に自信がもてたか」の問いに対する受講生の回答に男女差があり、肯定が男子29.2%、女子13.5%で、女子は自信をもちにくい傾向にあったとしている。そして、まとめとして「この傾向は、女性の才能育成とキャリア形成に関わる問題として内外に指摘されていることと符合する」と明示されており、理系トップ人材育成事業においても、女子の自信をどう育むかということが重要な課題の一つとして取り上げられている。

今回の取り組みで、教育カリキュラムを刷新して5

年で生徒の“科学研究”で成果を得ることができ、10年で“科学研究”を通して他校の生徒や研究者と交流を進めることができた。そして、“科学研究”に取り組む過程で英語の運用能力育成の必要性を痛感することになり、“科学研究”が懸け橋になって、国境を超えた交流を実現した。今、学校教育で話題になっているグローバル教育を進めていくためのヒントも、本校が取り組んできた「知識」、「体験」、「研究」を絡めた教育プログラムにあるのではないかと考えている^{7) 8) 9) 10)}。

今、学校教育では、パソコンやiPadなどのハード的な進歩が大きな影響を与えており、科学技術の恩恵も受けている。教材開発においてもその成果が目立っている。しかしながら、逆に今だからこそ、学校教育の根幹に“直接体験”と“交流（人間関係）”があることを忘れてはならないと考えている。このカリキュラムを実践して、“自然”の役割と生徒たちの互いの協力関係の大切さを痛いほどに感じさせてもらった。

これまで女子の理系進学支援をテーマに、高等学校段階の教育プログラム開発を中心に取り組んできた。次の段階は併設中学校と連結した教育プログラム開発と現時点で実現できていない系列大学との高大接続だと考えている。さらに充実した教育モデルを提示できるように、新たな試みに着手して、生徒たちがそれぞれの将来に向けて夢を描いて巣立っていけるような教育プログラムを提供したいと考えている。

科学教育への思い

私自身は、大学卒業時に研究を志すものの、経済的な理由で大学院進学をあきらめ、高等学校の教員として就職した。40歳過ぎた頃休職して修士課程は修了したものの学位の取得は断念していた。そんな時、大学の先生から「研究できる環境がないなら、高校に研究できる環境をつくれればいい」と紹介されたのがSSHだった。SSHは、生徒の科学研究だけでなく、教師である私にも科学研究の機会を与えてくれたのだ。そして、SSH採択によって放課後コツコツと科学研究に取り組む行為が、職場（教育現場）で市民権を得ることができたことは、私にとって大きな救いだった。教育現場では学習指導と生徒指導が中心、部活動でも体育系が中心で、物理・化学・生物等、いわゆる理科（科学）系の部は細々と存続していればいい方という状況だったからである。しかしSSHに取り組んで3年目の2008年に広島大学大学院理学研究科生物科学専攻に

入学し、生徒の課題研究の指導の傍ら自分自身の研究を進め、3年後の2011年に博士（理学）を取得することができた。在職したままでの学位取得の過程での苦勞は、論文作成指導だけでなく生徒への指導にいろいろな面で生かされていると実感している。

「生命科学コース」の開設から始めた今回の教育プログラム開発については、「数理科学課題研究」や「物質科学課題研究」を設定する前の段階では、SSH採択時のヒアリングでも女子の理系進学支援が必要なのは「数学・物理・化学」分野であって「生物」分野ではないのではないかとという疑問を投げかけられることが多かった。そんな中、私は「生命科学コース」の開設から始めたのである。その理由は次の3つである。①今から10年前は薬学部の新設などがあり、医学系・生物系を中心に女子の理系進学が激増した時期であったので、この機会をとらえて女子の理系進学機運を高めたかった。②科学技術者といえど生命科学に関連する「生命尊重」、「自然保護」などの社会的な問題についての理解が必要だと考えた。③生物(生命科学)分野は、高校生でも研究テーマを見つけやすいので科学の入り口になる。本校のSSH運営指導委員の元日本物理学会会長の坂東昌子先生が、本校の生徒の発表を聞いて「物理・化学に比べて生物は多様で未知なことが多いので、高校生にはやりがいがあるだろう。意欲的に新しいことに取り組んでいるのに感心した」との意見を述べられた。そして私の身近には、高校で生物部所属だったのに今では物理教師になっていたり、息子が高校では物理部所属だが生命科学専攻で博士課程に進学していたり、私自身も化学から生物科学に大学院で大きく研究テーマを変えているという状況がある。研究分野は、その人の心の底にどんなものに好奇心を持つかで決まってくると考えている。理科は「数学」「物理」「化学」「生物」に向かって基礎から応用へと複雑化していくが、縦割りに区別される「分野」ではなく、相互に関連し合いながら自然をひも解くためのツールになるものだとして理解している。

学問や研究には範囲などというものもない。むしろ既存の範囲から逸脱するところから生まれる。学校でまじめに勉強をすれば不可避免的に生ずる疑問や興味は、追求していくと教科書の範囲から逸脱することは避けられない。しかしながら、大学受験を意識した高校生は胸に抱えた疑問や興味を押し殺して、一定の範囲内の知識だけを完全に覚えることを要求されることになる。十代の最も頭の柔軟な時に、重箱の隅をつつくようなことをしなければならぬのはつらいことで

ある。だからといって「勉強なんてつまらない」と学問から離れていくのはあまりにももったいない。高校を卒業していく生徒たちに、生命科学コースで体験した“知的な感動”を大切にして、前向きに学び続けて欲しいと思う。

参考文献

- 1) 日本私立大学連盟. 理系女性はずいぶん少ないか. 大学時報. No. 310, pp. 14-25 (2006)
- 2) 秋山繁治. 30年の性教育の実践・「学級通信」から授業「生命」、女子生徒の理系進学支援へ. 関西性教育研修セミナー10周年記念誌「性について、語る、学ぶ、考える」. pp78-81 (2017)
- 3) 秋山繁治. 総合的な学習の授業「生命」での生き方教育. 現代性教育研究月報. Vol. 23, No. 8, pp. 1-5 (2005)
- 4) 問田雅美. ツールとしてのディベートによる英語力養成. 中国地区教育学会研究紀要. No. 23, pp. 51-61 (2013)
- 5) 秋山繁治. 森林の二酸化炭素吸収量の推定・自然を体感できる森林調査の実践. 生物の科学遺伝. Vol. 71, No. 6, pp576-586 (2017)
- 6) 秋山繁治. 「実際に触れること」が科学的思考を育てる. 理科の教育. 12月号, 通巻689号, Vol. 58, pp. 22-25 (2009)
- 7) ノートルダム清心学園清心女子高等学校. 平成18年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書・5年次. (2011)
- 8) ノートルダム清心学園清心女子高等学校. 2015年度SSH研究成果報告. (2016)
- 9) ノートルダム清心学園清心女子高等学校. 文部科学省スーパーサイエンス事業資料集2015. (2016)
- 10) ノートルダム清心学園清心女子高等学校. 平成23年度指定スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書・5年次. (2016)

※第66回読売教育賞最優秀賞論文集・読売新聞社 (2018) から転載