

第2章

課題を設定し、探究する力を育てる試み

第1節 生徒研究員制度

1. 目標

アドバンスサイエンスプロジェクト (ASP) では、発展的であるのみでなく、先端的な科学研究に触れることができる。しかし、人数が20名以上であるために、観察や簡単な実験は取り入れることはできても、生徒たちのペースでじっくり実験を行うことは難しい。このSSH生徒研究員制度では、少人数の希望者を集めて、生徒たち自身が追究したい課題を設定して実験を行っている。人数が少ないため、普段の授業では扱うことができない1台しかない高価な測定器機も使うことができる。先端的ではないかも知れないが、身近な疑問に根ざした課題を設定し、自分たちで実験方法を考えることで、問題を設定し、他者と協同して解決する力を育てることを目標としている。

2. 学習方法

参加を希望した生徒が授業後に集まって実験や研究を行った。チャンドラセカールプロジェクト、数学プロジェクト、色素プロジェクト、スライムモールド (粘菌) プロジェクト、ヒドラプロジェクトが授業後や夏休みなどに活動している。

実験を計画するところから生徒が行っているが、色素プロジェクトでは、名古屋大学情報文化学部 吉田久美先生、スライムモールドプロジェクトでは、名古屋大学理学部 佐々木成江先生、数学プロジェクトでは、名古屋大学理学部多元数理の宇澤達先生、大沢健夫先生に協力していただいた。

校内の研究活動のみでなく、8月に横浜で開催されたSSH生徒研究発表会へは、校内選考で選ばれたスライムモールドプロジェクトが参加し、名城大学で行われたSSH東海地区フェスタでは、色素プロジェクト、スライムモールドプロジェクト、数学プロジェクト、ヒドラプロジェクトがパネル発表を行い、チャンドラセカールプロジェクトが口頭発表とパネル発表を行った。チャンドラセカールプロジェクトは、優秀賞を受賞し、名城大学附属高校のコアSSHの企画であるドバイでの交流に参加した。「あいち科学技術教育推進協議会 科学三昧 in あいち」では、数学プロジェクトが口頭発表とパネル発表を行い、色素プロジェクトがパネル発表を行った。

また、学校祭の公開日には、すべてのプロジェクトが一般参加者に対してパネル発表を行った。さらに、12月には、各プロジェクトの代表生徒がニューヨークのバード高校へ行き、研究発表および研究交流を行った。

(文責：石川久美)

第2節 色素プロジェクト

1. 実践内容

色素プロジェクトが発足して今年で7年目となる。初年度から、ムラサキキャベツなどの植物の色素を扱ってきた。年度によってメンバーが替わっていくため、年度ごとにテーマは変化してきている。第1期SSHでは、アントシアニン系の色素以外の色素や染色に関する研究も行った。昨年度は、はアントシアニン系の色素に絞り、食品に使える安全な色素を作るという実用的な目標を設けた。今年度は、廃棄される大麦の糠を発酵させてアントシアニン色素を得る方法について新たに研究を始めた。

2. 成果と課題

アントシアニン系色素はpHの変化によって大きく色彩が変化し、特に酸性以外の条件では不安定である。また、天然素材を用いているために、実験の再現性を得ることが難しい。このため、今年度の前半は、これまでのデータの再実験を行ったり、昨年度の発表で指摘された部分の補足実験を行ったりした。

後半から始めた大麦糠を発酵させて作る色素は、発酵に3週間ほどかかり、混合した糠を取り除くことが難しいことから、まだ実験途中である。

12月にはニューヨークバード高校での発表に参加した。すべての発表資料を英語に変える作業と、英語でスピーチ原稿を書くことにかかりの時間がかかった。幸いメンバーの一人が帰国子女であり、かつ、英語の能力がたいへん高かったために、メンバー内で準備を行うことができた。しかし、来年度以降のことを考えると、この部分を手助けできるシステムが必要と思われる。

(文責：石川久美)

第3節 Slime Mold Project

1. 目標

Slime Mold Projectは、真正粘菌であるモジホコリの行動及び生態を研究している。真正粘菌モジホコリの変形体が複数の地点間を最も効率的なルートで構築するという性質を利用して、粘菌の様々なパターンにおける行動からその規則性を調べることを目標としている。

2. 学習方法

Slime Mold Projectは、2010年10月中旬に発足し、授業後に名古屋大学理学部生命理学科機能調節学講座よりいただいた粘菌を用いて、自分たちで実験計画を立てて様々な研究をしている。また、研究活動を校内、校外の様々な場所で発表した。

3. 実践内容

(1)研究内容

①モジホコリの変形体の重力に関する走性の調査

通常通りの濃度で作成した寒天培地をインキュベータ内で垂直に立てて培養し、重力に対する行動の規則を調べた。重力下で生きている生物のため、重力に関して何らかの走性を持っているのではないかと推測したが、統一した結果は得られず、シャーレによって様々な場所に成長していた。また、少数ではあるが、活動を停止してしまったものもあった。

②餌のない状態での変形体のひろがり方における規則の推測

餌を置かずに、通常通り培養した変形体を観察して、曲がる角度や分岐する角度、それぞれが起る長さを尺度とした頻度を考えた。進行方向については、はじめは放射状であるが、2～7mm程度進行するごとに進行方向に対して25～60度程度方向を変える性質が確認された。分岐は10mm程度に1回、そのなす角度は10～30度であった。また管と管が接触すると合流が起こった。

③変形体のひろがり方に関するアルゴリズムの推測

研究内容②から餌があった場合も含めて、変形体がどのように成長の仕方を決定しているのかを考察した。

(2)発表活動

①2012 Exchange Program With BHSEC 〈本校〉

2012年3月にNYCのBard High School Early Collegeとの研究交流として、2011年12月にニューヨークで発表した内容とともに、その後の研究について発表を行った。

②SSH東海地区フェスタ 〈名城大学〉

2012年7月にポスター発表を行った。

③SSH生徒研究発表会の校内選考会 〈本校〉

2012年6月にSSH生徒研究発表会（横浜）に参加する代表プロジェクトを決める選考会で、これまでの研究成果について発表を行った。

④SSH生徒研究発表会 〈横浜〉

2012年8月に真正粘菌モジホコリに関してプロジェクト創立からの研究をまとめ、パシフィコ横浜にてポスター発表を行った。

⑤学校祭

学校祭の授業展で実験コーナーの開催と展示を行った。

⑥2012 Exchange Program With BHSEC 〈ニューヨーク〉

2012年12月にNYCのBard High School Early Collegeとの研究交流として、発表を行った。

4. 成果と課題

Slime Mold Projectに参加している生徒たちは自ら進んでプロジェクトに参加している生徒たちなので、自分たちで様々な観察や実験を計画し、楽しみながら意欲的に観察、実験を行うことができた。今年度は、Slime Mold Projectに参加するメンバーが増えたため、グループごとによる実験も行うことができたが、年度途中よりプロジェクト発足から中心として活動してきた高校3年生から高校1年生を中心とした新しい体制となった。現在のプロジェクトのメンバーは、部活動に参加している生徒が大部分のため、継続的な実験が今後困難となる可能性が心配されるが、基本的な知識を身につけ、研究の過程では、意見を出し合い計画的に実験を進め、実験データの蓄積をしていってほしい。また、プロジェクト発足メンバーが行ってきたことを基礎として更に発展させていってほしいと思う。

発表活動においては、海外での研究交流、SSH全国発表会などに今年度は参加することができ、研究発表をすることができた。SSH東海地区フェスタでは、高校1年生にとって初めての発表だったが、会場の雰囲気によって圧倒されながらも無事にポスター発表をすることができた。SSH生徒研究発表会では、他校の生徒からの質問や講評者の方々からのご指摘をいただくことができた。また、他校のポスターを見たり、発表を聞いたりすることでよい刺激となった。Exchange Program With BHSECでは、英語で発表をするということで、実験を進めると同時に英語でのプレゼンテーションの準備に苦勞をしたが、良い経験になった。これらの発表活動を通して、プレゼンテーションに関するスキルを身につけたり、今後の活動に対する課題を見つけたりすることができたので、今後の活動に活かしていきたい。（文責：西川 陽子）

第4節 数学クラブ

1. このクラブの経緯

数学に興味を持っている生徒は普通科の学校の生徒にはたいへん少ないが存在する。本校でも1年か2年に一人、もしくは数人はいて、自分で能動的に数学に関するコンクールや検定試験等を受験し力をつけていた。しかし単発的であるため、その生徒から普段の授業や部活のように、後輩に楽しさを伝えることができない。興味ある生徒の居場所を確保するため、数学クラブを立ち上げた。

2. 設立当初の活動

このクラブは自然発生的にできた。当初、メンバーはクラブを立ち上げた別の動機として、日本数学コンクールに本校中学2年生が入賞し、数学に特に興味を持った生徒が複数在籍していた。中には、高等学校の数学を飛びこえて、専門書をよんでいる生徒もいた。当初は歩みを相談するため名古屋大学多元数理科学研究科の宇澤教授や大沢教授などに相談をし、幾何学の教材「わかる幾何学」の精読を行った。幾何学は用いる数学の道具が少なく、子供も大人もともに考える絶好の教材であったからだ。

3. 現在の活動

現在のメンバーは中学3年生4人と高校1年生3年生、高校1年生1名の6人のメンバーである。数学クラブの活動時間は部活に支障がでないよう、火曜日、木曜日、金曜日の朝8時00分から8時20分までおこなっている。

最近の活動は20分という時間が短いため、1つの問題について最初はおのおので深く思考し、皆で深く考え尽くし、お互いの意見をまとめてからそれぞれ持ち帰って考えるというスタンスが多い。課題がないときには1つの本を輪読するなど皆で考える取り組みが多い。

能動的に取り組む生徒が多い中、高校生らしい取り組みやすい問題を提示したり見つけることが課題になっている。

4. 目標をもって

目標をもってそれに向けて活動することは重要である。以前は興味をもった生徒が日本数学コンクールなどで論文にまとめ応募したり自由に行っていた。現在もその方法は同じであるが、今年度は日本数学コンクールの過去の問題を利用し、「すごい分数」についての取り組みをメンバー全員で行った。

問題を読んでから皆で取り組んだ。そのうち、その問題をもっと拡張できないだろうか考えたとき、ある生

徒から他の分数についてのおもしろい例がでてきたため、その例が全部でいくつあるのかを調べることとなった。一つの問題について取り組んだため興味のある生徒の取り組みを違いもあったが、仲間の意見を総合し、最終的な証明は高校3年生が証明し問題の拡張ができた。応募したところ、数学コンクールの論文賞の銅賞を獲得することができ、関係生徒が出席し授賞式に臨んだ。

また、今年度はこの成果をアメリカのニューヨークにある高校で1名が発表した。

5. 成果、課題

クラブのメンバーの生徒に関わらず訪れる生徒が多くなった。また、学校で数学に興味を持っている生徒の発掘がしやすくなった。興味の度合いに応じて適切な教材を読んだりアドバイスをしたりして興味を喚起するように努めている。数学の交流だけでなく学生との交流も行い、それが数学の学びにより影響を与えている。

今後の課題は、数学は一人で考え成果をあげることも大切であるので、一人一人に応じたサポートをすこしずつしていくことである。また、この環境を維持しながらさまざまな機会を作って生徒たちのやる気を引き出していこうと考えている。 (文責：渡辺 武志)

第5節 ヒドラプロジェクト

1. 目標

生物の授業で長期的な生物の観察をおこなうことは非常に困難である。長期的な観察をおこなうために生物を飼育することや、時間の定まった観察等は授業で取り扱いが非常に難しい。また、授業でおこなう実験は、単元ごとに観察する目的となる現象が限定されており、生徒が自ら興味を持った現象を研究課題に設定し、自由に実験計画を設定することも難しい。

そのため、本プロジェクトでは「ヒドラ」という生物に興味関心をもった生徒を集めた。自分たちでヒドラの生態や特徴を調べ、身の回りにあるものを使用して飼育方法や観察に工夫を凝らす事で、研究課題の設定と解決をおこなう力を育てることを目標としている。

2. 学習方法

希望した生徒を集めて、ヒドラのこういった生態に興味関心があるかアンケートをとった。興味関心が似ている生徒を少人数のグループにわけ、それぞれのグループの生徒たち自身で研究課題と実験計画をたてた。半年に1回程度、中間報告会を開くことで他グループからの質問や意見といった、新たな研究方針の指針を得ることを試みた。

3. 実践内容

ヒドラは刺胞動物ヒドロ虫綱花クラゲ目ヒドラ科の生き物の総称であり、①無性生殖である、出芽で個体数を増やす、②エサを触手でつかみ、刺胞という毒針をさす、③極端に水温が低下すると雌雄どちらかに分化し、有性生殖をおこなう、④切断すると切断面から再生をする、ということがわかっている。興味関心を持つための出発点となるこの4項目で少人数のグループを構成した。本年度4月に立ち上げ、有志数名が名古屋市内の池より野生のヒドラを捕獲してきた。そこで、ヒドラの生育環境についても検討することにした。野生のヒドラは湖沼に生息し、湖底の石や枯れ葉に付着して生息する。特に現在は水温に関して研究を進めており、冷蔵庫内にヒドラを入れる事で低水温条件下でのヒドラ様子を観察している。これは、飼育条件の検討と同時に、雌雄分化を誘発する水温の検討も兼ねている。今後の予定として、ヒドラの生息する湖沼だけではなく、水道水を基準にして様々な湖沼の水質を調べ、ヒドラの成育に最も適した水質成分を検討したい。低温実験の一方で、春から夏の温度の上昇時にヒドラの出芽数が多くなった。そのため、温度の上昇と共に出芽数が増えるという定性的推測が得られた。今後、定量的な測定を工夫したい。

次に、ヒドラがエサを判断する基準は何なのかという

ことの検証をおこなった。文献によると、エサの表面から分泌されるグルタチオンという物質に反応して捕食行動をおこなっていると記されている。そこで、本当にグルタチオンに反応するのかエサをアルテミアに変えて、追試をおこなった。その結果、アルテミアからグルタチオンを人工的に除去した物には反応を示さず、逆にグルタチオン溶液を投入すると盛んに触手を伸ばして捕食行動をおこなおうとした。このことから、ヒドラはエサのグルタチオンに反応して捕食行動をおこなう事が確認できた。

また、これらの発表を2012年7月に開催されたSSH東海地区フェスタ2012に参加し、ポスター発表をおこなった他、9月に開催された本校の学校祭で一般入場者に向けてのポスター発表をおこなった。また、12月に米国ニューヨークのバード校との研究交流で代表者2名による口頭発表をおこなった。

4. 成果と課題

本年度から活動開始し得られた成果は、生徒がヒドラという生物に関心を持ち、それぞれ自分の興味に従って研究したことである。また、時折中間発表会を設ける事で、発表を目標とした長期的な実験計画を自分たちで考え、実行する事ができた。その一方で、今後の課題としては現在おこなっている長期的データ収集が必要な実験の継続と、次の世代につながるような知識、実験結果の蓄積である。また、少人数グループが複数存在するため、グループ間での情報共有も課題として挙げられる。特に、効率よい実験方法・操作の共有は今後の活動にさらなる独創性を生み出すために必要不可欠と考える。

また、今後の活動で自分たちの研究成果、考察を発表する場に出る機会が想定されるが、「実験に携わっていない人でも、発表を聴く事で実験で何がわかったのか理解できる」発表をするスキルの習得を目指していきたい。

(文責：斉藤 瞳)

第6節 化学プロジェクト

1. 目標

日米共通テーマに基づき、日米双方の高校生が自国で実験研究した内容をそれぞれ持ち寄り、発表・議論を行うJoint Science Projectを実施することで、グローバルな視点に立って科学を体感することを目的とする。生徒の研究成果を同世代のアメリカの高校生に英語でプレゼンテーションすることにより、生徒の国際性を高めるとともに英語運用能力を向上させる。

2. 学習方法

化学プロジェクトは12月のニューヨークバード高校での発表に向けて発足した。発足当初、生徒が設定したテーマは、「シャンプー、リンス、石鹸、化粧品などの化学」というものであった。シャンプーやリンスを扱う企業に生徒自身がインタビューに行くことなども行ったが、ニューヨークバード高校での発表では、テーマを石鹸のみにしぼり、さまざまな素材を用いた石鹸作りを実施し、素材による泡立ちなどの性質の比較、界面活性剤としての作用について実験を行い、石鹸の歴史、改善された点と新たに生じた問題点などについても言及した。

3. 学習内容

(1)石鹸づくり

授業ではまだ履修していない「けん化」の化学反応式を学び、「けん化価」を計算し、油の種類を変えたり、添加物を加えるなど、さまざまな材料を用いて石鹸をつくった。

水酸化ナトリウムを水に溶かし、45℃になるまで冷まし、油も湯煎で45℃にし、油に水酸化ナトリウム水溶液を加えながら約50分間混ぜ、型に流した。約一か月間、日が当たらない風通しのよいところで熟成させた。

緑茶・ココア・ヨーグルト・はちみつ・シナモンなどの添加物を加えたものも作成した。添加物を最後の段階で加えると色や匂いなどが比較的そのまま感じられる石鹸に仕上がった。水酸化ナトリウム水溶液を作るところで加えると、匂いは変化してしまうが、見た目は前者より均一な状態になった。

(2)作成した石鹸を用いた実験

1) 表面張力の低下

小さく切ったガーゼを水と石鹸液（パーム油およびココナッツ油からつくった石鹸を細かく砕き、水に溶かしたもの）それぞれに浮かべ、石鹸液においてのみ沈むところを動画で撮影した。パーム油からつくったものとココナッツ油からつくったものとの差は見られなかった。

2) 泡立ち

①と同じ2種類の石鹸液をそれぞれに30秒間しっかりと泡立て、同じように泡立った状態にした後、5分間放置したところ、パーム油からつくったものではほとんど泡がなくなっていたが、ココナッツ油からつくったものではしっかりと泡が残っていた。この違いは主成分の脂肪酸の炭素鎖の長さの違いによるものと考えられる。パーム油の主成分はパルミチン酸 $C_{15}H_{31}COOH$ であり、ココナッツ油の主成分はラウリン酸 $C_{11}H_{23}COOH$ であることから、脂肪酸の炭素鎖の長さが短いほど泡立ちが良いことが示唆された。

3) 軟水と硬水への溶解

石鹸の問題点の1つは硬水で用いた場合に沈殿物が生じることであるが、実際に作製した石鹸を軟水と硬水に溶かして違いを比べた。

(3)ニューヨークバード高校での発表

発表では石鹸の歴史を振り返り、古い時代の洗剤の例として小豆や米ぬかを紹介し、細かく挽いた乾燥小豆で手を洗う体験をバード高校の生徒にしてもらったところ、「お菓子（饅頭）の中身で手が洗えるなんて!」と感嘆の声が上がっていた。

(2)の3)についての発表においては、硬水に石鹸をとかした時に生じる沈殿物を写真で示し、合成洗剤はこの問題を克服したが、微生物により分解されないという新たな問題点が生じていることについて言及し、今後、今までの問題点を克服しつつ、微生物により分解される、生態系のサイクルに馴染んだ洗剤を開発したいと締めくくった。

4. 成果と課題

牛脂、ラード、オリーブ油、ヒマシ油など、結果を示したものの以外にも様々な材料を用いた石鹸作りをしたものの、その違いを示す実験を考えるのに苦労し、十分な実験結果を示すことができなかった。炭素鎖の長さだけでなく、不飽和度の違いによる酸化のされやすさの違いなども示せないかと考えたが、今回は実施できなかった。

実験については特に目新しいものは無く、追実験のようなものばかりであるが、生徒自身が相手に伝えるためにはどのような実験をして、どのように示せば効果的なのかを考え、実践し、うまくいかない場合は再び考えるということを行うことができたのは大いに意義があったと考える。特に、バード高校の生徒に小豆の粉で手を洗ってもらうことを考え、実施し、興味を持って楽しんでもらうことができたことは、大きな達成感につながったようである。

また、発表の内容を英語に直す作業やプレゼンテーションの準備においても、伝えるための努力を惜しまず、工夫を重ねる様子が見られた。

発表した内容の中で、「けん化」などは今後の授業において扱う内容であるので、授業の中でも少し形を変えて発表する機会を設けると、英語で化学を学ぶ体験を他の生徒とも広く共有できると考える。

(文責：中村 忍)