

## 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。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、スライモールド (粘菌) プロジェクト、ヒドロプロジェクトに加えて、相対論・宇宙論プロジェクトが発足した。

実験を計画するところから生徒が行っているが、スライモールドプロジェクトでは、名古屋大学理学部の佐々木成江先生、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。他のプロジェクトでも名古屋大学をはじめ他大学の先生方に協力していただいている。

校内の研究活動のみでなく、校外での発表も行っている。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数学プロジェクトが参加し、「ポスター発表賞」を受賞した。名城大学で行われたSSH東海地区フェスタでは、チャンドラセカールプロジェクトが口頭発表を行い、相対論・宇宙論プロジェクト、数学プロジェクト、ヒドロプロジェクト、色素プロジェクトがパネル発表を行った。また、数学プロジェクトは、時習館SSHのイギリスへの派遣プログラムに選ばれた生徒を中心に探究を進めた。「あいち科学技術教育推進協議会 科学三昧inあいち」では、相対論・宇宙論プロジェクトとヒドロプロジェクトが発表を行った。色素プロジェクトが日本化学会において口頭発表を行うなど、SSH関連以外の発表会にも参加している。

各プロジェクトの代表生徒が12月13日から22日の日程

で、ニューヨークのバード高校へ行き、英語による研究発表および研究交流を行った。

## 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9年目となる。これまで、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。今年度は、アントシアニン系の中でもクロマメの色素の実用化について研究を行うグループと、新に発足した蛍光色素を合成するグループに分かれて実験を行った。

### 2. 成果と課題

クロマメの色素をゼリーに使うことを目標としたグループにおいては、加える塩の濃度を変えて色素を調整し、実用化を目標とした実験を行った。新に始めた蛍光色素においては、その色を測定するために用いる吸光度が、蛍光によって変化してしまうという測定上の難点がある。同じ条件で作成しても、加熱条件で色調が変化することもあり、信憑性のあるデータをどのように得るかを模索しているところである。

日本化学会で口頭発表を行ったり、SSH東海地区フェスタと文化祭の公開日にポスター発表を行ったりするなど、校内外で発表を行った。12月にはニューヨークバード高校での発表に2名の生徒が参加した。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なりの時間がかかったが、貴重な経験となった。

色素プロジェクトでは、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て、実験を行ってきた。このため、生徒が主体的に活動することができるのであるが、一方で、発色の原理を詳しく測定することは手持ちの機器では不可能であるという限界もある。また、年度が替わるごとに、研究テーマごとに作るグループが変化して、研究内容がうまく引き継がれない部分もある。生徒の主体性を重視することと研究内容を継続させることのバランスの取り方が今後の課題である。

(文責 石川久美)

## 第3節 Slime Mold Project

### 1. 目標

真正粘菌であるモジホコリの行動及び生態を研究しており、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。

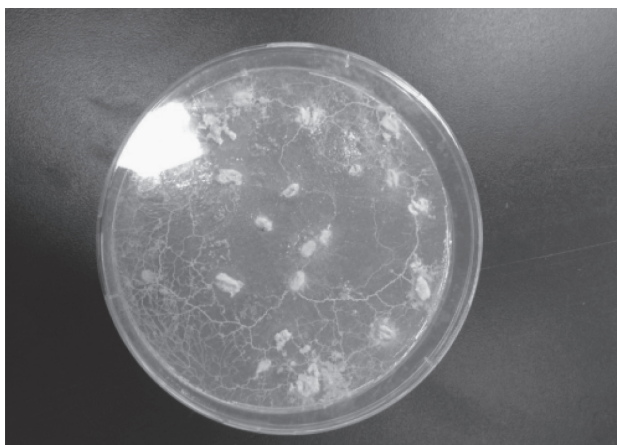
### 2. 学習方法

粘菌を用いて、自分たちで実験計画を立てて研究を行っている。

### 3. 実践内容

#### (1)研究内容

- ①音が粘菌に与える影響
- ②栄養培地の違いによる実験



#### (2)発表活動

- ①2014 Exchange Program With BHSEC〈ニューヨーク〉



### 4. 成果と課題

今年度は、今まで行ってきた実験を見直し、新たな実験を行った。グルコースを加えた培地やスクロースを加えた培地を用いて、十分なデータの蓄積を行っていき、粘菌の成長の違いを比較していきたい。

## 第4節 七面体の種類と数学クラブについて

### 1. 研究のねらい

本校には数学クラブがある。この研究では、生徒がPCを用いずに凸七面体は何種類あるかを証明によって特定することができた。そこにいたるまでの数学クラブの運営方法や生徒の動き、定理の概要を実践研究として蓄積することがねらいである。

### 2. 研究の方法

クラブの活動時間が20分のため、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をとっている。また、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も行っている。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、見つけることが課題である。

本校は特別な進学校ではないため、生徒が独自に考え数学の分野にチャレンジすることは少ない。そのため、生徒たちにとって興味が湧く問題探しが教員にとって、一番の苦勞である。

今年度も良い問題の例として、日本数学コンクールの過去の問題を利用し深い思考をすることができた。

### 3. 研究の内容

四面体、五面体、六面体はそれぞれの立体が全部で何種類あるかということについて、厳密な証明はないがかなり調べられている。しかし、凸7面体は何種類あるかについては文献を調べるかぎりあまり調べられていない。その種類についてオイラーの多面体定理などを用いて考察した。

多面体について  $V$ : 頂点の数、 $E$ : 辺の数、 $F$ : 面の数とすると、オイラーの多面体定理  $V - E + F = 2$  が成立する。7面体は  $F = 7$  を満たすため、この定理と立体を構成している面や辺、頂点に関する性質を利用し、等式や不等式を作る。これらの式から成立する可能性がある7面体を絞っていき、存在する場合は具体的な7面体を作成し、存在しない場合はその証明を行った。

そこで生徒たちは可能性がある組、

$$(V, E) = (6, 11), (7, 12), (8, 13), (9, 14), (10, 15)$$

について具体的な例をあげることができた。さらに、7面体の面のパターンを考え、

○凸七面体の種類は全部で18種類存在することがわかった。

#### 4. 考察

有利なことはコンクールでは制限時間があるが、われわれはじっくりと時間をかけて取りくむことができる。そこを利用し、その問題をさらに深めることであらたな問題を発見する。

数学の研究では一人で考えることが多く、全員で考えるということは向かない学問である。深い思考の過程で、特別に関心をもった生徒に対して研究を続け、朝の時間に全員に発表をする。そのことで、仲間たち全員で共有することができる。実際にその内容からあらたに取り組んだ生徒もいた。

どこにも答がない問題を追及することは大変なですが、わかったときの喜びを大きさはたとえようもない。また、どこまでわかっているかを確認することも定理の発見に大切なことでありこの経過が本当の学びとはなにかを生徒が発見することがこのクラブの狙いである。

#### 5. 成果

- ・ニューヨーク・バード高校での発表
- ・2014年度スーパーサイエンスハイスクールにおいて「生徒投票賞」受賞。
- ・2014年度日本数学コンクール論文賞金賞受賞  
(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。なぜなら、長期的な観察をおこなうためには生物を飼育するという条件や、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ターゲットに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。そして、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。そして、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。

#### 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無性生殖の一つ、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無性生殖の一つ、出芽ではなく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。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。そのため、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。また、水質、水温について検討するために現在データを収集している。特に現在は出芽に関して研究を進めており、エサの量によって出芽数にどのような変化が現れるか検討している。また、エサとなるアルテミア（ブラインシユリンプ）の孵化率を調べることにより、安定したエサの供給、定量的なエサの供給データを取得することを目標としている。今後の予定として、定性的なデータだけではなく数値に基づいた定量的なエサと出芽数のデータの取得を目指す。

また、これらの発表を2014年7月に開催されたSSH東海フェスタ2014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月に科学三昧in愛知の会場にてポスター発表を行い、来場者から様々な助言と指摘をいただいた。

#### 4. 成果と課題

本年度の成果は、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定性的な研究する事ができたことである。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、各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、実験で何がわかったのか、発表を聴く事で理解できる」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7節 チャンドラセカールプロジェクト

### 1. 目標

主に物理系のテーマについての探求活動を行う。特定のテーマに基づくプロジェクトではないため、テーマ選定能力を伸ばすことを重視している。

### 2. 学習方法

興味のあるテーマを生徒自身が探すことからプロジェクトを始め、実験・考察・改良・サイクルを数回繰り返した後に結果をまとめ、年に数回校外発表を行う。発表は、プレゼンテーション能力を養うだけでなく、研究内容や方法の改善につながる重要な機会である。

### 3. 実践内容

高校生は昨年度後半からの継続テーマである「霧箱と画像解析による宇宙線観測システムの製作」に取り組んだ。飛跡の見やすい大型霧箱を製作したこと、画像中の直線を検出するプログラムを組むことにより飛跡を含む画像を自動的に選択保存できるようにしたこととの2つの成果を得た。この結果をまとめ、日本物理学会ジュニアセッションにおいてポスター発表を行うことができた。

中学生は物理にこだわらず、様々な小テーマに挑戦した。「ニュートンビーズ」、「DNA抽出」、「超長糸電話」、「人工イクラ」など研究の深さにおいては今後も指導が必要であるが、テーマ発見能力は伸びてきたと感じている。(文責 竹内史央)

## 第6節 相対論・宇宙論プロジェクト

### 1. 目標

1905年にアインシュタインが発表した特殊相対性理論を高等学校で履修する数学を用いて理解する。学びの杜、物理学探究講座で大同大学の齊田浩見准教授に特殊相対性理論の講義をしていただいている。この理論を用いて、生徒の研究課題設定、研究を円滑に行えるように指導している。

また、天体望遠鏡を用いて、太陽投影板に太陽を投影させ黒点観測を行い、太陽活動を理解する。

### 2. 成果と課題

特殊相対性理論の基本原理解である「特殊相対性原理」と「光速不変の原理」から、どの事象が同時刻になるかは、慣性観測者によって異なることを軌跡の概念を用いて導いた。また、2人の慣性観測者がお互いの時計を見ると、遅れて見えることを直線と双曲線の方程式を用いて導いた。慣性観測者の速度が光速に比べて十分小さ

いときは、「時間の遅れ」の効果がほとんどなく、ニュートン力学が適用できることを理解した。

大気圏上層部で生成された宇宙線の一種であるミュー粒子が地表で霧箱により観測することができる。しかし、ミュー粒子の平均寿命と平均速度から求められる平均飛行距離が大気圏上層部から地表までの距離に比べて非常に小さい。ミュー粒子は「時間の遅れ」の効果により、地上の観測者の時間で計る寿命が延びる。しかし、時間の遅れを考慮してもミュー粒子の平均飛行距離は、大気圏上層部から地表までの距離に比べて短かった。

ミュー粒子の平均速度、平均寿命を用いたため、実際にはより速度の速いものや寿命の長いものが存在し、ミュー粒子の一部が地表に到達しているのではないかと考えた。そこで、ミュー粒子の地表に到達する確率を求めた。ミュー粒子の速度を固定し、地表に対して鉛直であるときを考え、大気圏上層部で生成されたミュー粒子は、0.20以下の確率で地表に届いていることが分かった。

研究の成果を7月19日(土)にSSH東海地区フェスタ2014(名城大学)、11月3日(月)に京都産業大学益川塾第7回シンポジウム「科学へのロマンと挑戦～宇宙の謎に迫る～」(大阪コングレコンベンションセンター)で「ミュー粒子の時間の遅れと地表に届く確率」をポスター発表した。また、12月26日(木)に科学三昧inあいち2014(岡崎コンファレンスセンター)では、口頭発表した。

3月22日(日)に2015年度、日本物理学会、第11回Jr.セッション(早稲田大学早稲田キャンパス)でポスター発表を行った。研究者や大学院生から質問を受け、講評やアドバイスをいただいた。研究者や大学院生、参加者どうしの交流の機会が得られ、生徒にとって有意義な日になった。

今後、「宇宙線が地表に届く確率」の研究を進めるためには、素粒子の分野を取り入れるなど複合的に考える必要がある。生徒が研究に関連する研究室に足を運び、アドバイスをいただきながら研究を進めていきたいと思う。(文責 大羽 徹)

