課題研究を視野に入れた「総合的な学習(ゼミナール)」の指導

（その２）

筑波大学附属駒場中・高等学校　理科
宇田川麻由・梶山　正明・真梶　克彦
高橋　宏和・仲里　友一・濱本　悟志
吉田　哲也

課題研究を視野に入れた「総合的な学習(ゼミナール)」の指導

（その２）

筑波大学附属駒場中・高等学校　理科
宇田川麻由・梶山　正明・真梶　克彦
高橋　宏和・仲里　友一・濱本　悟志
吉田　哲也

要約

本校では、生徒が主体的に研究等を行う少人数講座（「(理科) 課題研究」等）を高２と高３に設定している。この講座について、最近の２年間で位置付けや内容を変更する改定が行われた。2015 年度から高３総合学習「テーマ研究」に代わり、自由選択科目「理科課題研究」が、2016 年度から高２総合学習「ゼミナール」に代わり必修選択科目「(理科) 課題研究」が設定された。理科ではこの変更にあたり、生徒の研究内容の水準を維持・向上させるため、高２「ゼミナール」「理科課題研究」の開講時期を早める提案を行ったほか、生徒の自主的研究の基礎・ヒントとなるテーマを扱ったり、研究のための技能を獲得させる教材を扱う等の工夫を行った。現在、高２から高３へ展開する「理科課題研究」に取り組む生徒につての事例が集まりつつあり、今後の指導に活用したい。

キーワード：理科課題研究、スーパーサイエンスハイスクール、SSH、ゼミナール

1　はじめに

本校は、2002 年のスーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業開始時から継続してその指定を受けている。2012 年度からは３期目の SSH 指定を受け、研究開発課題「豊かな教養と探究心あふれるグローバル・サイエンティストを育成する中高大院連携プログラムの研究開発」のもとで事業を進めている。また、学習指導要領の改訂に伴い、2015 年度から高３総合学習「テーマ研究(卒業研究)」に代わり、自由選択科目「理科課題研究」が設定された。2014 年度の高２総合学習「ゼミナール」履修者のうち、意欲的な生徒８名（化学３名、生物５名）が、この「理科課題研究」を履修した。

さらに、SSH（３年目）の中間評価を受けて、2016 年度からは、高２「ゼミナール」の時数・内容を充実させた上、高２必修選択科目「理科課題研究」「課題研究」を設定した。2016 年度には高２「理科課題研究」履修者から６名（化学）が高３「理科課題研究」に取り組んだ。これらの研究成果は、SSH 生徒研究発表会や本校実施の研究発表会等で発表している。

本稿では、これまでの経緯とともに 2015～2016 年度の実践と今後の展望について報告する。

2　本校における課題研究の変遷

総合的学習の時間で実施していた高校２年生対象の「ゼミナール」は、その延長に位置づけられている高校３年生の「テーマ研究(卒業研究)」とともに、2007 年度からの本校第２期 SSH 指定時に始まった。その後、2012 年度指定の第３期では、学習指導要領の改訂に伴い、高３「テーマ研究」に代わり、自由選択科目「理科課題研究」が 2015 年度より設定された。高３「理科課題研究」の実施を前に、生徒の研究内容の水準を維持・向上させるため、教科内で十分な時間を取り以下の点を中心に検討し、合意した。

①　位置づけ

SSH 事業の研究開発の柱である「科学者・技術者としての研究活動に必要な情報収集能力・メディア活用能力の育成」と「国際交流や学会発表の場で通用する英語プレゼンテーション能力の育成」と連携し、「グローバル・サイエンティスト」の育成を将来的目標とする。

②　実施時期

高２の夏休みからの研究開始を目指し、「ゼミナール」（2016 年度から高２「理科課題研究」）やクラブ活動で生徒が取り組んでいる実験・研究の発展

として、生徒が主体的に取り組めるものする。

③　単位認定

生徒自身が研究課題に真摯に取り組み、下記の基準を満たした者について単位認定をおこなう。

・基準となる時間数（25～35 時間相当）の研究活動（論文調査なども含む）の実施

・課題研究報告書や論文の提出、対外的な場での研究発表など

④　他研究機関との連携

筑波大学の科学技術人材育成プログラム GFEST のスーパーサイエンス（SS）コース（生徒の研究の個別支援）や科学トップリーダー（TL）コース（専門講座などの受講）など、大学・研究機関との連携・協力を活用する。

具体的には、高２「ゼミナール」（高２「理科課題研究」）で始めた研究や化学部・生物部での研究を 11 月以降の SSH プログラム(12 月の台湾･台中一中との研究交流や SSH 東京都指定校合同発表会、翌年８月の SSH 生徒研究発表会等)で随時発表しながら、「理科課題研究」として報告書等にまとめていく。このような国際交流や各種研究発表会という対外的な場で研究発表を行い、他校生徒と交流することが、生徒にとって研究に取り組む動機や励みとなっている。

3　高２「理科課題研究」

3.1　理科課題研究（物理分野）「２次曲線の不思議と物理現象」、2016 年度実施　授業担当者：真梶克彦、佐野浩史

3.1.1　ねらい

下記□内は、オリエンテーション時に生徒へ配布した講座の紹介である。

> 物理現象は、物体が存在する空間の等方性や対称性に大きく影響される。力学・波動・電磁気のどの分野でも、原因に対称性がある場合、その結果は美しい。特に、平面内（２次元）での物理現象に注目すると、円錐曲線（円・楕円・放物線・双曲線）が大いに関わっていることが分かる。そこでこの講座では、「２次曲線（円錐曲線）の不思議と物理現象」と題し、理論面（因果関係の追求）と実験面（観察・測定）の両面から対称性のある自然現象を探究していく。

自然科学の分野に興味・関心を持つ生徒が多い一方で、高２スタート時の数学・物理の技能・能力は発展途上にある。そこで、

・自然現象の解明のため、数学と物理の両方を学ぶ

・理論面と実験面の融合させた、広い視野を持つ

・習得した技能・能力を今後の研究に役立てる

を念頭に、『２次曲線の不思議と物理現象』をテーマに教材開発を行った。テーマ設定の理由は以下の通りである。

(1) ２次曲線に関する物理現象は力学･波動･電磁気･原子物理の多岐にわたり、因果関係が明快である。

(2) 実験教材も比較的開発しやすく、生徒自らが実験装置の工夫に積極的に参加できる。

(3) ２次曲線は高校教育課程の数学で位置づけられている。放物線と円は格好の教材で、楕円と双曲線も努力すれば理解できる。

(4) ２次曲線は幾何・代数・解析面での総合的な探求が可能である。

高１で物理を学習していないこともあり、冒頭から自身で課題を設定させ、探求活動に取り組むことは難しい。そこで、まずは全員で同じ課題に取り組み、学習の過程で次の課題を見つけていくことを期待し、この教材を開発した。また、見つけた課題に取り組めるだけの技能・能力を共通の教材で身につけさせたいねらいもある。

3.1.2　課題研究の実施内容および結果

今年度は 24 名が受講している。放物線、円・楕円、双曲線の順に、それぞれ「理論」と「実験」の両方を含んだ課題を用意し、ワークシートにして配布した。「理論」の課題は、生徒が個人単位で取り組み、その成果を発表することによって全員が共有できるようにした。「実験」の課題は、まず教員が実験原理・装置についてレクチャーを行い、その後グループで取り組ませた。また、定量的な実験の一部はレポート提出を課した。

【展　開】

１．円錐曲線とは？

①実験：円錐を切断しよう／切断面を観察しよう

②理論：円錐曲線を分類しよう・統一しよう（極座標と離心率の導入）

２．放物線と自然現象

①実験：放物面での光波・水波の反射・干渉／放物運動／パラボラアンテナ／回転する水槽内の水面／一様電場内での電子の軌跡

②理論：放物線の数学的考察／上記実験の解明（フェルマの原理と幾何学／回転系での力学）／野球

ドームの設計
3．円と自然現象
①実験：円錐振り子／一様磁界内での電子の軌跡
②理論：円の数学的考察／人工衛星の力学的考察／上記実験の解明
4．楕円と自然現象
①実験：楕円面での光波・水波の反射・干渉／音波の位相差測定／惑星の運動
②理論：楕円の数学的考察／惑星の軌道とケプラーの法則／上記実験の解明
5．双曲線と自然現象
①実験：双曲面での光波の反射／水波の干渉縞／探査衛星のスイングバイ
②理論：双曲線の数学的考察／上記実験の解明
6．発展１：グループ別課題研究
「課題研究オープン」
7．発展２：個人（グループ）課題研究
「高３課題研究」への接続

【各項目の主な内容】
1．円錐曲線とは？
「理論」　「円錐の切断による分類」、極座標を導入した「離心率による分類」、２元２次方程式の係数に着目した「直交座標による分類」のそれぞれによって、２次曲線を定義する。
「実験」　ニクロム線を張って発泡スチロール製の円錐を切り、断面を観察する。また、準線と焦点を１つ与えた紙を折り、折り目の包絡線として放物線を得たり、同様に焦点を２つ与えて楕円や双曲線が得られることを確認する。これらを自在定規でかたどって水波の反射実験に用い、理論との融合に役立てたい。

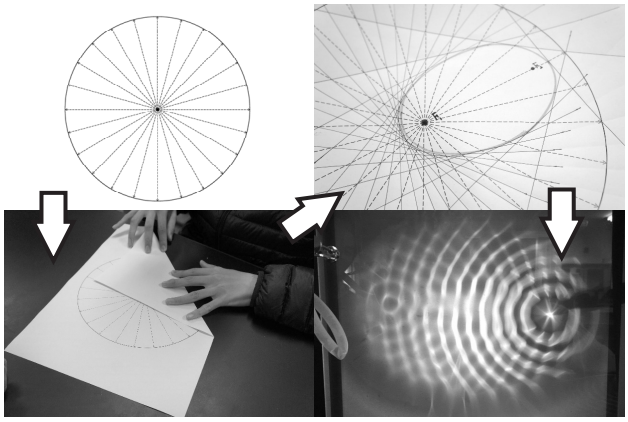


図 1. 楕円の定義と性質

2～5．放物線・円・楕円・双曲線と自然現象
「理論」　「離心率による定義」から「直交座標による定義」を導く。さらに、円・楕円・双曲線については、「作図による定義」から「直交座標極座標の定義」を導く。
「実験」　水波投影機、レーザーポインター、記録タイマーとマルチ・ストロボ、発振器とシンクロスコープなど、実験装置の原理、使用方法も合わせて学び、それぞれ装置の特性は、次のステージとなる自身で取り組む課題研究に活かすことを期待している。
6．発展１：グループ別課題研究
学習した理論や扱った実験をまとめ、１月に実施される「課題研究オープン」において、中学を含めた下級生向けにプレゼンを実施した。下級生にとっては、この講座を含めた高２課題研究の内容を知る、また受講生徒にとっては、学習内容の定着が期待できるプログラムとなる。選択者 24 人を下記の６つの班に分け、プレゼン資料を作成して発表を行った。
① 楕円とリサージュ図形をシンクロスコープに描く
② 音波の波長と伝搬速度の測定
③ 放物面・楕円面によるレーザー光の反射の観察
④ 放物面・楕円面による水波の反射の観察
⑤ 回転水槽の水面の形と重力加速度の測定
⑥ マルチ・ストロボによる水滴放射の観察

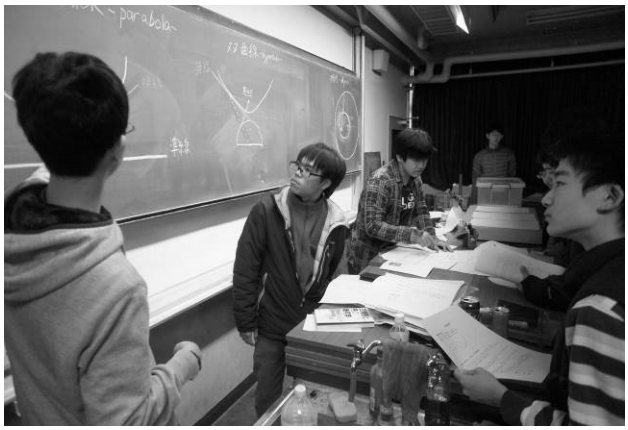


写真 1. 課題研究オープン

7．発展２：個人（グループ）課題研究
高３理科課題研究へ接続することも視野に入れながら、個人・グループで独自に設定したテーマで研究を進めていく。テーマの設定から計画の立案までには相当の時間が必要と予想されたことや、研究発表が必須となっている 12 月の海外研修に参加する生徒もいたので、「２次曲線」の学習と並行して計画書の作成（夏休み前に 0 次計画書）を始めた。その後、見通しの甘

い生徒はテーマや計画の変更を余儀なくされている。

研究テーマは、12 月時点に於いて以下の通りであるが、計画については未だ指導中のものもある。

・流水の挙動と堤防の性能
・タイヤ幅と摩擦力の関係
・テニスのショットの弾道
・気柱共鳴による音速測定
・空気抵抗を考慮した斜方投射の軌跡
・サイクロイド振り子と単振り子との周期について
・調和振り子の作成
・ミルククラウンの形成に関する諸条件の考察
・懸垂曲線の性質
・ボーリングの球の軌道
・最速降下曲線の性質
・双曲面の構造を持つ建築物について

全員で取り組んだ「２次曲線」に関連した、あるいは発展させたテーマを選ぶ生徒もいるが、そうでない生徒も少なくない。また、教員の手に負えないものであったり、高校の実験室レベルでは無理な場合の対応は、十分とは言えない状況である。さらに、自ら課題を発見し、解決するという次のステップまで自力でたどり着けない生徒に対する指導の在り方も課題である。一方で、学習の過程で触れた実験原理や装置の特性を活かし、新たな課題に取り組もうとする生徒もいることは成果として挙げられる。

3.1.3　高３理科課題研究実施に向けて

本講座を履修した生徒については、前項の【展開】で示した「７．発展２：個人（グループ）課題研究」をさらに延長・発展させる形で「高３理科課題研究」に取り組ませたいと考えている。高２の時点で研究に主体的かつ意欲的に取り組んだ個人（グループ）を対象に、指導・サポートもより強化したい。

（以上文責：真梶克彦）

3.2　理科課題研究（生物分野）「植物生態学」、2016 年度実施　授業担当者：宇田川麻由

3.2.1　ねらい

生物に限らず、理科における探究では「自然事象の中から問題を見いだす」「問題から仮説を立て、それを検証するための実験計画を立てる」ということが重要である。探究の過程ではさらに、「実験や観察を実施し、データをとる」「データから読み取れることを考察する」「探究の過程を振り返り、改善する」というようなことを経て探究が一巡する。また、研究するからには他者に何らかの形で発表しなければ意味がない。本講座では、この探究の過程を生徒の力で一巡させ、最終的には他者へ向けて発表することを目標とした。

生物分野の中でも生態学分野は、野外で生物を相手にデータをとり、解析することが主な研究方法となる。本講座では、野外のフィールドへ出向いて様々な植生を見たり調査をしたりする実習と、生徒が自らの課題研究を進めるという二本立ての内容で実施した。

3.2.2　課題研究の実施内容および結果

理科課題研究「植物生態学」は、以下のような内容で全 13 回実施した（６～７は夏休み中に実施）。１～10 まではすでに実施した内容だが、11～13 については、執筆現在はまだ予定であり、実施はこれからである。生徒の課題研究については、最終的には課題研究オープンで発表させ、研究レポートを提出させる。

１．研究を遂行するにあたって【講義】／校内および駒場野公園の植物観察【実習】

研究とは何か、取り組む問題の決め方、仮説の立て方、先行研究の探し方、研究論文の形式などについて簡単に説明したのち、校内や駒場野公園にある様々な樹木を観察した。

２．研究計画発表１

生徒 19 名全員に「テーマ案」「仮説」「どんなデータをとるか」をたたき台としてそれぞれ提出させ、全員の前で発表させた。テーマは生物の調査を含むものであれば植物には限定せず、生徒の興味のある生物について研究して良いこととした。

３．「池子の森」実地踏査【実習】

神奈川県逗子市池子の森において、実地踏査を行った。池子の森は戦前まで里山として利用されてきたが、戦時中に旧日本軍、戦後は米軍により管理され、約 80 年間にわたり一般住民は立入禁止となった。その結果として植生の遷移が進み、現在はその土地本来の自然植生に戻りつつあるという場所である。最近になり一部開放され、遊歩道を散策できるようになった。関東の照葉樹林帯に生育する主な樹種を観察したのち、簡単な毎木調査を行った。遊歩道沿いにラインを設置し、斜面方位と傾斜、生育する樹木の種類と胸高直径、起点からの位置を測定して記録した。

４．「トトロの森」実地踏査【実習】

埼玉県所沢市「トトロの森」において、実地踏査を行った。トトロの森とは、公益財団法人トトロのふるさと基金が、里山景観の保全を目的として狭山丘陵に残った各所の里山や放置された森林をトラスト地として買い取り、管理を行っている場所である。トトロのふるさと基金理事の関口伸一氏にご案内いただき、現

在も下草刈りなどの管理が行き届いている雑木林において 20m 四方のコドラートを張って毎木調査を行った。コナラやクヌギが主体の雑木林では、カブトムシやクワガタなどの昆虫も数多く生息しており、中には昆虫観察のために虫取り網を持ってくる生徒もいた。



写真 2. トトロの森の雑木林にて

５．研究計画発表２

テーマ、仮説、調査研究計画について１回目よりも詳細に考えた内容を各自に発表させた。その後に相談させ、生徒 19 名が１名を除き２名ずつに分かれ、計 10 班がそれぞれの課題研究のテーマを掲げて研究を遂行することとなった。



写真 3. 班での多摩川河川敷植生調査

６．茨城県自然博物館見学【実習】

茨城県常総市の小貝川河畔植生野焼き見学（１月下旬）に先立ち、野焼き管理区の河畔植生見学を予定していたが､大雨による増水の影響で植生見学は中止し、代わりにミュージアムパーク茨城県自然博物館の見学を行った。小貝川河畔植生では約 30 年にわたり野焼きによる管理が実施され、数多くの貴重な絶滅危惧植物が保全されている。野焼き主催者でもある茨城県自然博物館首席学芸員の小幡和男氏にご案内いただき、自然博物館に隣接している菅生沼の湿地植生や、企画展「モンゴルステップ大草原」の植物標本を解説していただきながら見学した。

７．統計解析ソフト R 講習会【実習】

統計解析ソフト R とは、生態学分野に限らず多くの学生や研究者が統計解析やグラフ描写の際に使用しているフリーソフトで、拡張機能も含めて全て無料使うことができる。ただし Excel と異なり白い画面にコマンドを打ち込むだけの操作方法は一見扱いづらく、使い方に慣れる必要がある。R のダウンロードと基本的な使い方から始め、Excel のデータを読み込ませ、池子の森とトトロの森で記録したデータから樹木配置図を描くところまで実施した。



写真 4. 菅生沼の湿地植生見学

８．中間報告

各班の課題研究について、中間報告を実施した。夏休み中に行った調査や収集したデータを各班で発表させ、研究内容や進捗状況を共有した。この段階でまだ何も調査や実験を進められていない班もいくつかあり、テーマそのものや調査計画の軌道修正などを図る機会となった。

９．データのまとめ方【講義】／各自作業

各班の研究が進んできた段階で、改めて研究レポートの形式、先行研究の探し方、発表事項などを確認した。その後は各班の作業をさせ、最後に簡単にそれぞれの進捗状況を報告させた。

10. 各自作業

この日が文化祭終了後初めての課題研究授業日となり、滞りがちだった各班の作業を再開させた。

11. 研究発表会（課題研究オープン）

中３と高１を迎え、各班の研究内容をプレゼンテーションさせる。研究テーマは以下の通りである。

・植物の根の環境的制約によって受ける成長への影響
・多摩川河川敷の上流と下流の植生の比較
・地面から考える環境設計
・ケルネル田圃における水田雑草の植生調査
・雑木林と遷移の進んだ森林における植生の比較

・サルスベリにおける樹勢と空洞率の関係
・日本産レイシガイ属の巻貝における化学物質汚染による性的奇形に関する研究
･剪定するとどう樹形が崩れるのか　−ケヤキにおけるシュート構造の変化−
・雑草の生育に対する草取りの影響
・粘菌のネットワーク形成における行動特性の研究

12. 小貝川河畔植生野焼き【実習】

茨城県常総市の小貝川における河畔植生野焼き管理区における火入れの見学を行う。立ち枯れたヨシやオギの草原に火を入れる前に、見学者総出で野焼きする箇所の周囲を帯状に刈り払って防火帯を作り、火が広がらないようにする。立ち枯れた植物体を焼き払うことで翌年の萌芽を促し、様々な植物が生育するのに好ましい環境となる。生徒も防火帯作りに参加する予定である。

13. 課題研究まとめ

各班の研究内容を振り返らせ、高２理科課題研究のまとめとして研究レポートを提出させる。また、３月中旬に行われる日本生態学会高校生ポスター発表に参加する４組については、ポスター内容の確認と修正を行う予定である。

3.2.3　高３理科課題研究実施に向けて

現時点ではまだ理科課題研究の選択希望をとっていないが、希望者を積極的に募り、高３理科課題研究に発展させることで、生徒が一巡しかかっている探究のサイクルを是非きちんと一巡まわさせたいところである。今回は夏休み前にテーマを一度決めたものの、夏休み中に各自が研究を進めるのは２人班でも意外に難しく、２学期から本格的に動き出した班の方が多い。またテーマが見つからず、こちらが提案した研究テーマに取り組んだ班が３組も出てしまった。研究を進めるうちに新たな課題を見つけることも多い。高３理科課題研究では、そのようにして生徒が自ら見いだした課題を探究できるようサポートしていきたい。

（以上文責：宇田川麻由）

4　高３「理科課題研究」

4.1　理科課題研究（化学分野）2015 年度実施

指導担当者：梶山正明

2014 年度高２ゼミナール「光で探る科学」（物理・化学）を受講した生徒のうち、3 名の生徒が化学分野の高 3「理科課題研究」を履修した。3 名の生徒は、それぞれ個人で研究を行い、その取り組み方も様々であった。いずれも、今後の高 3「理科課題研究」展開のためのヒントとなる特徴的な取り組みであったので、それぞれについて報告する。

4.1.1　部活動での研究の発展

化学部員であった Y 君は、「EBT 指示薬の色調変化の改善」という課題研究に取り組んだ。EBT 指示薬は、水の全硬度測定等に利用されるキレート滴定の指示薬である（図 2）。

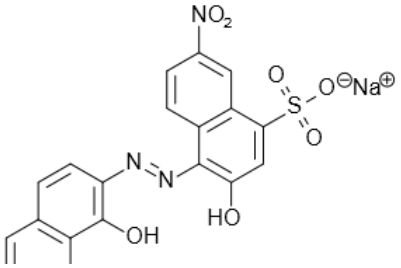


図 2.　EBT 指示薬の構造

全硬度測定とは、Ca^{2+}や Mg^{2+}の濃度を測定することで、これらのイオンと 1：1 でキレート化合物を形成する EDTA 溶液を用いて試料水を滴定する。EBT 指示薬は、EDTA と同様に金属イオンとキレート化合物を作り赤く発色するが、EDTA のほうが金属イオンとキレート化合物をより作りやすい。そのため、EBT 指示薬を少量加えて赤色になった試料水に EDTA 溶液を滴下していくと、金属イオンを失った EBT 指示薬が赤色から青色に変化することで、滴定の終点がわかる。しかし、この色調の変化は実際には紫色を経由して連続的に起こるため、完全な青色になったという終点の判断が難しく、安定した結果を得るには充分な経験が必要となる。そこで、Y 君は有機合成の知識と技術を使って、酸塩基指示薬のフェノールフタレインのような無色から有色に変化するキレート滴定指示薬の開発を目指した。

彼はまず、EBT 分子にエチレンを付加させ、その共役系を長くして、吸収最大波長を長波長側へシフトさせることを考えた。臭素化・Heck 反応や鈴木カップリングを利用して合成を試みたが、うまくいかなかった。原因は、反応前段の臭素化の際に、芳香環ではなくアゾ基に臭素が付加してしまったり、鈴木カップリングでは EBT に導入するフェニルボロン酸がかさ高いためうまく進行しなかったと考察している。

次に、塩化ベンゼンジアゾニウムを EBT の芳香環

とカップリングさせ、共役系を伸ばす方法を考えた。

この方法で得た生成物（新 EBT と命名）の紫外可視吸収スペクトル測定やカラムクロマトグラフィーによる分離・精製を行い、実際のキレート滴定指示薬としての使用を試みた。新 EBT 指示薬の色調の変化は、暗赤色から淡緑色で、明瞭な色変化を示すまでには至らなかったが、色調を変化させるという目的は達成できた。また、キレート滴定の指示薬として実用的であることも分かった。

有機合成のような本格的な実験には、実験のために充分な時間が必要である。彼は「理科課題研究」の時間だけでなく、化学部の活動として継続的に実験することで、多くの試行錯誤を繰り返すことができ、研究成果を上げるとともに、様々な合成技術や分析技術について学ぶことができた。授業としての課題研究では、時間に限りがあるので、本格的な研究を志す生徒には、化学部・生物部などの部活動レベルでの研究活動に誘導することが、生徒にとっても指導教員にとっても有効であると考える。

4.1.2　大学との連携を活用した研究

本校は、SSH に指定されており、化学科でも分光光度計など比較的高価な機器を保有している。それでも、高校の実験室にある機器での研究では限界があるとき、大学等の外部研究機関の助けを借りて研究を進めることになる。H 君は、口に入れたガムが軟化する要因が、高分子のガラス-ゴム転移であることを知り、「なぜガムは口に入れると柔らかくなる？-ガラス転移点と水の関係-」というテーマで研究を行った。

はじめは、ガムベースの成分でもある木工用ボンドのポリ酢酸ビニル PVAc を試料として、本校の電熱乾燥器で加熱して赤外吸収スペクトル測定を試みた。さまざまな工夫を行ったが、赤外吸収スペクトルではガラス転移による分子構造等の変化は観測困難だった。

そこで、筑波大学の GFEST（ SS コース・生徒の研究の個別支援）を活用して、筑波大学教授の指導を受けて実験を続けることにした。その後さらに、OB の紹介で、東京工業大学でも指導を受け、高校にはない示差走査熱量計 DSC を利用して研究を進めることができた。DSC は、試料と基準物質の熱量変化を比較することで、試料物質の相転移（ガラス転移点や融点）を観測する装置である。

この装置を使って、彼は PVAc のガラス転移点と含水量の関係を調べるため、さまざまな条件で水に浸漬した PVAc ペレットを DSC で測定した。その結果、PVAc は 1 繰り返し単位あたり最大 3 分子程度まで水

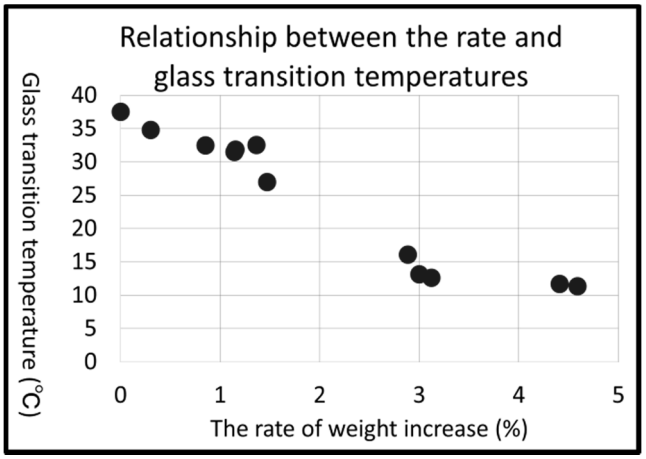


図 3.　PVAc の質量増加率とガラス転移点の関係

を吸収し、吸収した水の存在により、ガラス転移点は一定の傾向で降下することを突き止めた（図 3）。つまり、ガムが口の中でガラス転移してゴム状態になる原因は、温度による効果ほか水分による効果もあることを実験データをもとに検証した。この研究成果は、2015 年度 SSH 生徒研究発表会で本校代表として発表し、参加の高校生による生徒投票賞を獲得した。

大学などの外部研究機関に出かけて行う実験・研究は、往復の時間や実験可能日時の制約など、ハードルが高い。しかし、彼のように実験の目的と方法が明確になっていれば、比較的短期間に研究を進めることができるので、双方の予定を合わせやすい。また、さまざまな大学・外部機関で活躍する OB の協力も大変有効であることが分かった。

4.1.3　高校の化学実験室で取り組んだ研究

部活動や大学等との関わりなく、純粋に高校の実験室で理科課題研究を行った例を紹介する。T 君は、「ゼミナール」の受講後、その授業で扱ったテーマの 1 つである物質が示す色に関連して、ビスマスの酸化被膜による着色に興味を持ち「ビスマス骸晶が美しい色を出すしくみ」について、研究を行った。

融解したビスマスから結晶を引き上げると、七色に輝く骸晶が取り出せる。この骸晶の着色の原因は、チタンの陽極酸化などと同様の酸化被膜による干渉色と考えられる。そこで、ビスマスのインゴットを融解し、板状のビスマスを成型して表面を鏡面状に磨き、1mol/L のリン酸水溶液を電解液とした電気分解による陽極酸化を行い、白色光を照射して同様の実験処理を行ったチタンの文献データと比較した。また、融解中に見られるビスマス表面の酸化被膜の色変化との比較も行った。

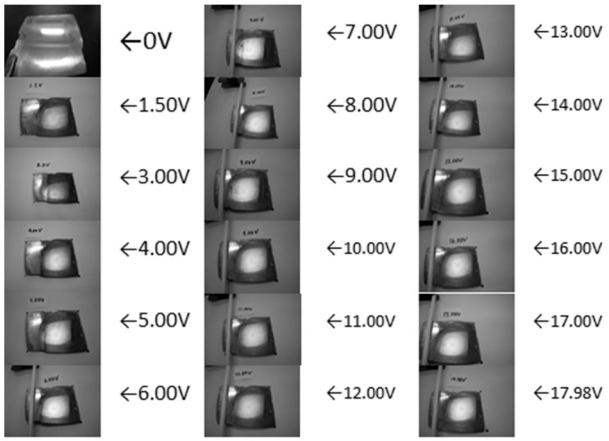


図 4.　陽極酸化の電圧と干渉色との関係

その結果、ビスマスやチタンの陽極酸化および融解したビスマス表面や骸晶の色変化の並びは、薄膜干渉と酷似していることを確認することができた。このことから、電圧を上げると酸化被膜が厚くなり、干渉色が変化していくことが裏付けられた（図 4）。

一方、陽極酸化で電圧を上げると、酸化被膜が厚くなるしくみや電圧と膜厚の関係が比例するかどうかなど、研究課題も残った。今後の展開には、大学や外部研究機関の助けを借りなければできない実験を含んでいるが、高校の限られた実験設備を生かして、ここまで短期間に研究を進めたことは評価される。

（以上文責：梶山正明）

4.2　理科課題研究（化学分野）2016 年度実施

指導担当者：吉田哲也

4.2.1　ねらい

2016 年度の自由選択科目「理科課題研究」を選択した生徒は、前年度のゼミナール「分析化学」の受講生（全受講生 19 名）のうち 6 名である。本校は、校外での研究発表会などに積極的に参加する生徒はあまり多くない。しかし、過去の経験によれば対外的な研究発表会へ生徒を引率すると、研究成果を発表することの意義を実感し、研究をさらに進めていこうとする意欲的な生徒が多いのも実情である。そこで、グローバルサイエンティストへの成長を期待して、ゼミナールでの研究発表会（講座内での発表会）終了後、受講生全員に声掛けを行った。

4.2.2　理科課題研究の実施内容

理科課題研究を選択した 6 名のうち、4 名がグループ研究で、残り 2 名はそれぞれが単独に研究を行った。全てがゼミナールでの継続研究で、研究テーマは「透明尿素樹脂生成における各種不純物の与える影響」（グループ研究）、「ペクチンの種類とそのゲルの性質」「コロイドの電気的特性について」の 3 つである。実施については、先行研究を調査しながらの実験・研究という形式でおこなっていた。これは、受講生のほとんどが本校における行事の重要な役割を担っていたためであり、先行研究の調査に十分な時間をかけることが出来る状況ではなかった。そのため、実験・研究と文献調査を繰り返しながらの手探り状態で進めていく形となった。個人研究については、放課後に実験室に来て装置を工夫したり試行錯誤を繰り返しながら実験をおこなっていた。グループ研究については、全員が揃って実験をおこなう機会はあまり作れず、時間のある生徒が実験をした結果を記録し、その記録を読んで他の生徒が実験をおこなう形での実験となってしまった。

4.2.3　理科課題研究の成果

昨年度と同様、本年度も研究発表の機会を 2 回用意した。1 回目は、全国 SSH 生徒研究発表会（2016 年 8 月 10 日（水）～11 日（木）　於　神戸国際展示場）でのポスター発表である。大学受験を控えた高 3 ではあるが、理科課題研究選択者 6 名全員を参加させた。いずれの生徒も研究発表大会へ参加した経験はなかったが、とてもよい機会となった。1 日目は各校がそれぞれのブースで研究発表をおこなう形式だったが、ローテーションを組んで、6 名がほとんど全てのブースで研究発表を聞き、いくつかの質疑を通じて研究そのものの楽しさや研究発表の意義を実感しているようであった。また、自分達の発表では持参したサンプルを提示しながら、他校の先生や外国からの参加者に丁寧に成果を説明していた。2 日目は全体会場で、飯島澄夫氏（名城大学大学院理工学研究科終身教授）による講演『カーボンナノチューブの発見』があり、引き続き代表校による口頭発表であった。初日の研究発表で良い刺激を受けたためか、積極的に質問をして有意義な時間を過ごしていた。

2 回目は、校内に於いて実施する課題研究発表会（9 月 10 日（土）於 50 周年記念会館）での口頭発表である。基本的には在校生へ向けての発表会であるが、JST を通じて他校へも情報発信しており、本年度も数名の他校の先生や本校の SSH 運営指導委員の大学の先生方にもご参加いただき、それぞれの研究について指摘や今後の研究の方向性についてご助言をいただいた。

ポスターの作成方法は、宮野公樹先生（京都大学学際融合教育研究推進センター准教授）による SSH 講座「高 3 理科課題研究・課題研究受講生が発表するポ

スターをプロに添削してもらおう」（6 月 24 日（金）本校情報科主催）でご指導いただいた。余計な情報を書かずに、必要最低限の情報を○や□などの簡単なオブジェクトで囲むことで視覚的効果が上げられる事が分かった。この方法で作成したポスターによって効果的なプレゼンテーションが出来た。

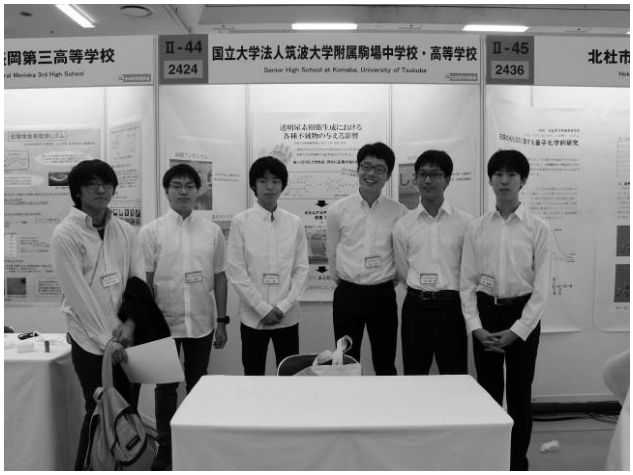


写真 5. 本校の発表ブースにて



写真 6. 研究発表（初日）の様子

全国 SSH 生徒研究発表会に参加した生徒の感想

- 研究発表会では他校のレベルの高い発表を見ることができ、非常に学習意欲が高まった。
- この課題研究をとらないでいたら、筑駒の中に引きこもっていたら、決して知ることはできなかったと思う。
- この経験は今後科学に携わる際に役に立つだろう。
- これらの研究発表に触れ、私は自分にもこれだけのことをやる力があるのではないかと思い、科学的な探究心が高まったように思います。このような発表会への参加は今までやや消極的でしたが、これを機により積極的に参加してみようと思います。

これらの感想からも、研究発表大会への参加が大変有意義であり、研究への意欲の高まりを感じさせてくれる。同世代の研究への取り組みを知ることで、モチベーションの向上につながるようである。来年度以降は、校内での施設不足や指導力不足を補うためにも、外部の研究機関・卒業生研究者などにもご協力いただきながら研究のレベルを向上させていきたいと考えている。　　（文責　化学科：吉田哲也）

5　今後の展望

今年度より、総合学習の高校 2 年生「ゼミナール」に代わって、「理科課題研究」と「課題研究」がスタートした。「理科課題研究」「課題研究」は、通常の科目であり、必修選択科目として 1 単位を認定する。高 2「理科課題研究」では、基本的には「ゼミナール」と同様のテーマや展開で実施されるが、特別授業期間や長期休業中などを利用して、時数や内容の充実が図られている。高 2「理科課題研究」に取り組んだ生徒のうち研究意欲の高い生徒が、高校 3 年生で「理科課題研究」（自由選択科目）を選択し、その研究を発展させる。この科目は、通常の授業時間内に時間は設定されず、放課後等を活用して研究を進める事になる。また評価は、校内外での研究発表や一定基準を満たした報告書の提出により行い、高 3「理科課題研究」として 1 単位を認定する。

高 2「理科課題研究」は実施 1 年目、高 3「理科課題研究」は実施 2 年目であるが、これまでの「ゼミナール」や「テーマ研究」で培ってきたノウハウや教材の蓄積もあり、大学・外部研究機関等との連携の事例も増えおり、充実した研究を行って対外的な場で発表する生徒も毎年でている。生徒の希望や個性を活かしながら、多様で充実した研究や発表ができるよう、高 2 と高 3 の「理科課題研究」の成果を互いにフィードバックしながら、事例を集積し、生徒の研究指導に活用していきたい。

【参考文献】

1. 濱本悟志（2009）『平成 19（2007）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　第二年次』pp.26-27　筑波大学附属駒場高等学校
2. 仲里友一（2009）『平成 19（2007）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　第

二年次』pp.28-29　筑波大学附属駒場高等学校
3. 真梶克彦（2013）『平成 24（2012）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　第一年次』p.19　筑波大学附属駒場高等学校
4. 梶山正明（2014）『平成 24（2012）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　第二年次』pp.22-23　筑波大学附属駒場高等学校
5. 梶山正明（2015）『平成 24（2012）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　第三年次』p.16　筑波大学附属駒場高等学校
6. 仲里友一（2016）『平成 24（2012）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　第四年次』p.15　筑波大学附属駒場高等学校
7. 高橋宏和他（2016）『筑波大学附属駒場　論集第 55 集』pp.103-112　筑波大学附属駒場中・高等学校