

中学校設定科目 Project in Science (プロジェクト・イン・サイエンス) 9年間の実践報告と 学校設定教科「教養総合」へのつながり

細川桃子

〈キーワード〉 探究、課題発見、科学的思考、分野横断、中大連携

1. はじめに

中学校設定科目 Project in Science (プロジェクト・イン・サイエンス) は、2010年4月に中央大学附属中学校が開校し、その2年後の2012年度より中学3年生を対象として、生徒の理数科への興味関心を高めることを目的に設置された科目である。理数科の教員が複数名で担当し、分野に捉われない授業内容を展開した。また、大学附属校である利点を生かして、中央大学理工学部にも協力を仰ぎ、年に2回(初年度のみ3回)中央大学理工学部の後楽園キャンパスを訪問し、大学の実験室にある機材や試料を用いた実験を取り入れた。2020年度までの9年間、毎年多くの理系教員が授業を担当し、様々な授業を実施したこの科目は、探究活動の先駆けを担い、2021年度より、理数に捉われない課題探究授業として新たに学校設定教科となった「教養総合」に発展的解消された。この科目の中学設立2年後から9年間に実施された探究活動の内容の報告とこの科目から発展的解消された「教養総合」へのつながりを記す。

2. 2012年度から2018年度の授業実践報告

2-1 授業目標

プロジェクト・イン・サイエンスの授業では、生徒に中学校の授業に捉われず、様々な工作や実験を行うことで、科学の面白さを体験すると同時に、科学的に考えるとはどのようなことか、科学という視点からものを見ることを身につけさせることを目標とした。また、大学進学を見据え、大学で行われている実験を実際に大学に行き体験をすることで、実験内容を学習することはもちろん、大学の雰囲気も感じることを目的とした。



図1 学校パンフレット（2018）のプロジェクト・イン・サイエンスの紹介

2-2 各教員の授業実践内容

2012年度から2018年度は理科と数学・保健体育の教員が自分の専門分野の内容で授業を実施した。以下はその一部である。

(1) ロボットプログラミング授業（5回）

プログラミングの仕組みを学ぶとともに、毎回の授業で課される課題を試行錯誤によって解決していく課程で、問題解決能力や論理的思考能力などの科学的リテラシーの育成を目標とした。具体的には、LEGO®のmindstorm NXTという教材を用いて、プログラミングにより作成されたプログラムによって動く機械やロボットの仕組みを学習した。その後、授業ごとに課される課題に対し、ハードの作成、ソフトの作成を行った。

(2) 有機化学入門（4回）

分子模型を組み立てながら、アルカンの構造異性体（ C_4H_{10} 、 C_5H_{12} 、 C_6H_{14} ）を考えた。また、同じようにベンゼンを分子模型で組み立てた上で、その特徴に触れた。最後に、有機化合物で医薬品に使われているものの例として、芳香族化合物であるサリチル酸とメタノールから、サリチル酸メチルを合成する実験を行った。

(3) 種々の野菜の細胞を比較して観察することで、既習事項を深く探求した。

(4) 光学顕微鏡により、ゾウリムシの形態、運動を観察し、原生生物の理解を深めた。また、電気に対する走性の実験を通じて、多くの動物に見られる走性についても考えた。

(5) 煮干し（カタクチイワシなど）の解剖を通じて、魚類の体の構造について理解を深め、ヒトとの共通点について考察した。

(6) ヒトの脳の働きとつくり、脳を形成する神経細胞のネットワークと記憶の仕組みについて説明した。また、アルコール、タバコ、薬物が脳に与える影響を考えた。

(7) 鶏頭（水煮缶）の解剖によるヒトと鳥類の脳のつくりの比較を行った。

(8) 目の錯覚に関する授業（4回）

私たちの見ている視覚情報が、実際には脳で様々な情報を統合して作り上げたイメージであることを、実際の例を用いながら考察した。また、盲斑の存在と脳の働きに関する実験も行った。

(9) 単純反応時間と選択反応時間の長さの違いについて、落下する棒をつかむ実験と跳ね返りが予測がしづらい形のボールをキャッチする実験をした。

(10) 区分求積法について

無限級数の和について話したあと、曲線の面積を求めた。

このように教科書の内容に捉われない、各教員の専門分野で生徒の興味関心を引き出すような内容を選び、講義や実験を取り入れつつ授業を展開した。科学的思考の向上を目的とし、試験などの数量的評価では評価をしないため、考察の問いもオープンエンドな問いが多く、考える過程を大切にすることを心掛けた。

2-3 筆者が担当した授業実践内容

次に、理科（化学）細川が担当した授業実践を報告する。

(1) 物理と化学の分野融合型授業（2回）

物理分野である電気回路や化学分野の電池は、生徒の苦手意識の高い分野である。そこで、物理教員と電池の仕組みを物理的観点と化学的観点から考えさせる分野横断型授業を考案した。1回目は生徒の誤概念が生じやすい電圧・電流・抵抗の関係を豆電球を用いて、豆電球の明るさを視覚的に確認することで、理解しやすいように工夫した。2回目は、1回目で視覚的に確認した豆電球の明るさ等が化学的観点である電池の仕組みから考えるとどのようにつながっているかを実験を通して考え、電池という一つのものを物理と化学の両方のアプローチで理解できるようにし、生徒の苦手意識克服と知識の定着を図った。

1回目：電池の物理と化学

1回目は物理的観点から、電圧・電流・抵抗の関係を理解することを目的として授業を実施した。実験では、回路のつなぎ方によって、電圧と電流がどのように変化するか、1つの乾電池と豆電球を用いて視覚的に確認し、電圧計、電流計で値を測定した。電圧(起電力)が一定なのに抵抗をどのようにつなぐかで、流れる電流の量が決まることを確認した。

2回目：電池の物理と化学

2回目は化学的観点から、前回確認した結果がなぜ得られるのかを考え、電池の起電力は電池を作成する物質によって決まり、電流は化学反応のペースが関係していることを理解させるというのを目的として授業を実施した。実験では、銅とマグネシウム、銅

とアルミホイルの金属を用いて、抵抗器を増やしていき、電流の測定と泡の出る速度・量を確認した。

(2) 科学捜査の授業（3回）

生徒の興味関心が高く、1度はテレビドラマ等で観たことがある科学捜査をテーマとした。この授業では、刑事ドラマなどで指紋を採取する理由、事件現場で吹きかけて調べている意味やその手法が万能ではないという意外性などを実験を通して学ぶことで、科学への興味関心向上と科学に対してクリティカルシンキングを持つことの重要性を伝えることを目的とした。最後の授業では、「犯人当てクイズ」というテーマにし、ゲーム感覚で授業を展開することで2回分の知識の定着ができるような工夫をした。

1回目：指紋の採取

科学捜査でも指紋の採取が行われていることや、スマートフォンなどのロックに指紋が使われている理由を考えることを目的として授業を実施した。実験では、アルミニウムの粉末を用いて、自分の手の指紋を黒画用紙に採取させた。採取した指紋と友達の指紋を見比べ指紋は「万人不同」で「終生不変」ということを伝えた。

2回目：ルミノール反応

ルミノール反応は、科学捜査で血痕があるかを調べるときの簡易的な方法に用いられるが、血痕だけに反応するのではなく、触媒となる物質があれば良いということを考えさせることを目的に授業を実施した。実験では、フェリシアン化カリウム溶液を用いて青白い光を確認した。また、フェリシアン化カリウム溶液を添加していくにしたがって、光の強さがどのように変化するかも確認した。

3回目：犯人当てクイズ

1回目、2回目で行ったことを理解し、学んだことを生かして論理的思考を身につけることを目的として授業を実施した。実験は、複数の犯人の特徴を伝えただけで、指示薬の実験を行い、それを捜査に関連させた。また、身近なもの（今回はターメリック）が様々なことに利用できる可能性があることを考えた。

授業後に実施した生徒 175 ± 5 名への自由記述アンケート結果より、教科書の内容にはない各教員の専門的な分野を教えることで普段の授業よりも科学への興味関心が高くなったことが覗えた。また、本校は 100 段階評価で成績の評価をしているが、この科目は総合的な科目の位置づけゆえ、100 段階評価は採用していない。試験がなく、100 段階評価がないにも関わらず、生徒は熱心に取り組んでいた。生徒の興味関心が高い内容を取り入れることで、いわゆる数値ではかる学力ではない非認知能力が向上し、学びに向かう力が身につく可能性が示唆された。

3. 2019年度からの授業実践報告

2018年度までは、各担当教員がそれぞれの専門分野にて授業をし実施していたため各授業が独立したテーマであり、一貫性のある1年間の探究プロセスにはなっていなかった。そこで、2019年度より、科目のプロジェクト性をより高めるために、各学期で目標を定めた継続性のあるカリキュラムに編成した。今回はプロジェクト型にすることに加え、さらなる非認知能力の向上を図るため、協働的な学びも取り入れた。それに伴い、科目目標は、科学的思考の向上に加え、協働的な目標を加えた。

3-1 授業目標

年間を通して行う3つのプロジェクトを実施し、生徒が科学的に考える方法を学び、日常生活に不可欠な自主的探求心を育み、観察や推察、比較、説明、記録、協同作業を通じて論理的思考や批判的思考、コミュニケーション能力を高めることを目標とした。

コミュニケーション能力の向上を図るためにクラスメイトと協力して課題を解決したり、ときには意見をぶつけ合わせ、自分の考えを主張したりする機会を与える。生徒には以下のことを大切にすることを呼びかけ、課題を進めた。

- ① 課題をクリアするためにクラスメイト全員と「協力」しましょう。
- ② 話し合いや議論をするときには、相手の意見を「尊重し、認める」ことが大切です。意識してみましょう。
- ③ 自分の意見を相手に伝えるために、聞き手を意識しながら「わかりやすく丁寧に表現」することを心がけましょう。

3-2 各学期のプログラム概要

1学期のテーマ「環境探偵になろう！」

このテーマでは、米国バークレーのカリフォルニア州立大学バークレー校にて、研究開発されたGEMSプログラムのうちの「Environmental Detectives：環境探偵」というガイドをもとに授業を実施した。

2学期のテーマ「ロボットプログラミング」

このテーマでは、LEGO mindstorms NXTを使用した問題解決型のプログラミング学習を行った。2017年度より、中央大学法学部 岡田研究室、中央大学商学部 齋藤研究室と連携し、大学生たちが、中学生にプログラミングを教える形式で授業を展開した。

3学期のテーマ「食べ物で数学」

このテーマでは、1学期に使用した「環境探偵」と同じくGEMSプログラムのうちの「MATH on the MENU：食べ物で数学」というガイドを参考に授業を実施した。

3-2-1 1学期のテーマ「環境探偵」の授業実践

環境探偵では、架空の町で水質の環境汚染が発生し、その原因を実験や新聞記事、町の議会の様子などの資料から原因を突き止めていくというストーリーで授業を展開した。その際に議会に登場する人物を学年の先生方などに務めてもらい、生徒の取り組む意欲を向上させる工夫をした。以下に授業計画と第1回目の授業と第10回目の授業内容を紹介する。

(1) 授業計画

	テーマ
環境探偵 第1回	謎の始まり
環境探偵 第2回	塩素の実験
環境探偵 第3回	酸性雨の実験
環境探偵 第4回	酸性雨の実験②
環境探偵 第5回	シカとライオン①
環境探偵 第6回	シカとライオン②
環境探偵 第7回	堆積物と濁度の実験
環境探偵 第8回	リン酸と水生生物、バードウォッチング
環境探偵 第9回	油と犯人は誰？
環境探偵 第10回	まとめ

(2) 授業実践内容

第1回「謎の始まり」

生徒一人一人に環境探偵ファイルを用意させ、毎回4、5枚の資料を配布することを説明した。架空の町、「グレイエリア」で起きた不可解な事件を調査することから始まる。不可解な事件の1つは過去5年間、毎年1,000匹の魚が死んでいることで、2つ目は、ほとんどの魚はシンクロニー市近くの海岸に打ち上げられているということである。また、グレイエリアの住人達は、悪臭に悩まされており、魚が死ぬのは環境に何か問題があるからではと心配している。全ての川、海などで死んだ魚を解剖して調べているが、結果が出るまで2、3か月ほどかかる。

この設定をもとに生徒たちには、まず、グレイエリアの年表カードを配布し、グレイエリアの歴史から次の3つの問いについて考えさせた。①「魚が生きていくためには何が必要なのか」②「グレイエリアの地図を見て、グレイエリアにあるもので、魚が必要としているものに影響を与える可能性があるものは何か」③「大量の魚が死ぬと他の生物や環境にどのような影響を与えると思うか」最後は、事前に作成したグレイエリア責任者会議の動画を観せ、その動画の中でてくる登場人物全員が容疑者の可能性があると考えた場合、現時点で容疑者だと思う人物を選び、その理由をまとめさせた。

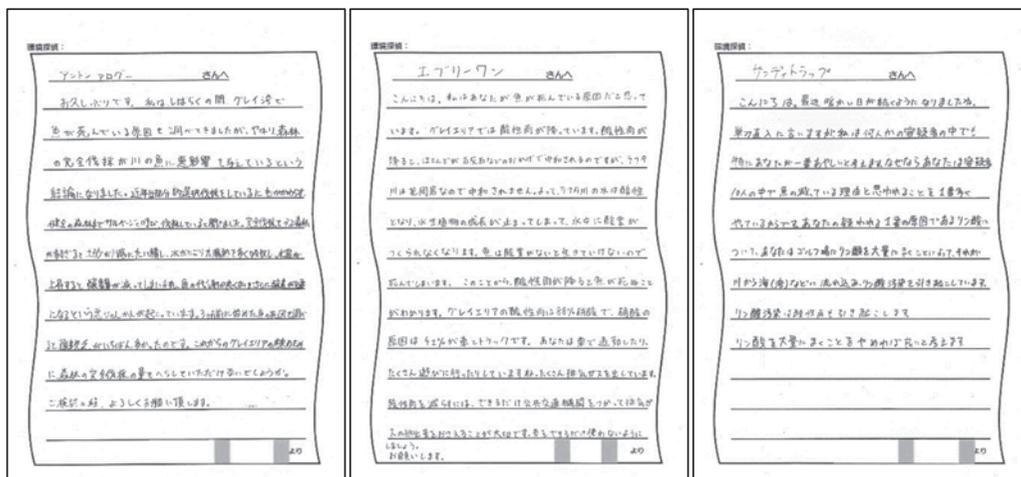


図3 生徒が書いた容疑者への手紙

3-2-2 2学期のテーマ「ロボットプログラミング」の授業実践

ロボットプログラミングでは、3、4人のグループでLEGO mindstorms NXT というレゴブロックとパソコンを使用したプログラミングソフトを利用した。基本の使い方を身につけさせる演習を行ったのち、中央大学法学部 岡田研究室、中央大学商学部 齋藤研究室の学生がTAとして生徒に授業を展開した。以下に実施計画と各授業内容を紹介する。

(1) 授業計画

		テーマ
ロボットプログラミング	第1回	LEGOで自動車を作ろう！
ロボットプログラミング	第2回	プログラムの順列
ロボットプログラミング	第3回	迷路抜け
ロボットプログラミング	第4回	ライトレース
ロボットプログラミング	第5回	ロボット相撲大会

(2) 授業実践内容

ロボットプログラミング第1回「LEGOで自動車を作ろう！」

まずは、使用するNXT本体の使い方、パソコンのプログラミングソフトの使い方を教えた。その後、プログラミングを修正したり、LEGOブロックを組み立てて自動車を作成させたりした。

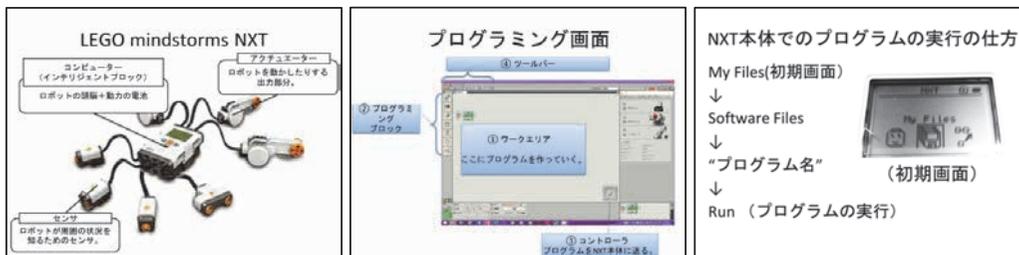


図4 第1回の授業スライド

ロボットプログラミング第2回「プログラムの順列」

プログラムを組むには、組む順番が大切であるため、どのような順番でプログラムを組めばロボットを想定通りに動かすことができるのかを考えさせた。ロボットを組み立て、プログラムを触りながら、トライ&エラーでプログラムでの順番が重要なことを学習させ、最後は、プログラミングの基本理論である順次、繰返し、条件分岐のうち、順次と繰返しを組み込んだ単純なプログラムを作成し、正方形の順路を右回り、左回りさせるというミッションを課した。

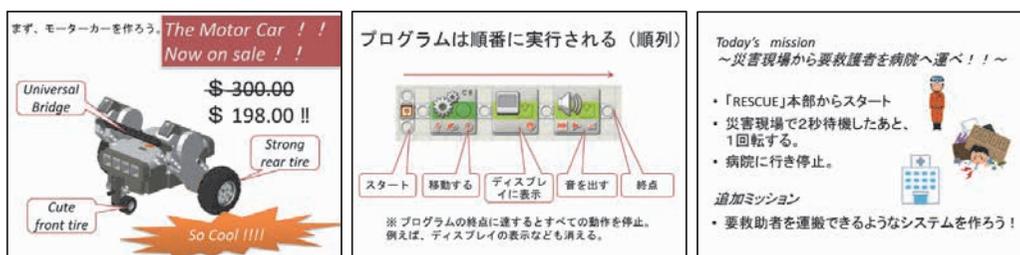


図5 第2回の授業スライド

ロボットプログラミング第3回「迷路抜け」

プログラミングの基本理論である順次、繰返し、条件分岐のうち、順次と繰返しを組み込んだより複雑なプログラムを作成して、準備していた迷路を脱出するというミッションを課した。迷路の壁は超音波センサを活用し、迷路の壁を認識したときにロボットにどのような動作をさせるかを考え、それをプログラムした。

ロボットプログラミング第5回「ロボット相撲大会」

今まで学習したプログラミングの基本理論である順次、繰り返し、条件分岐を自由に組み合わせたコードを作成し、自由な発想でロボットに改良を加えさせた。プログラミングを組み改良した各グループのロボットをグループ対抗で相撲勝負させ、勝敗をつけることで勝利させるための工夫を促した。勝利条件と反則は以下のようにした。

勝利条件

- ・相手を机の外に落とした（勝手に落ちた）場合
- ・相手が戦闘不能となった場合（転んで動けないなど）

反則

- ・競技者が手で触れた場合（タッチセンサには触れてもいい。）



図8 基本的な組み立てをしたロボット、相撲勝負時の生徒の様子

3-2-2 3学期のテーマ「食べ物で数学」の授業実践

メキシコから来たロサーダさんがメキシコ料理のトスターダを広めるために「ラ・トスターダ・サブロサ」という名前のお店でトスターダを販売したいと思っているという設定で、トスターダメニューの考案や売り上げなどを考えさせた。プリントの表を埋める形式で行い、中学生でも取り組みやすくした。

(1) 授業計画

	テーマ	学ぶ数学の内容
食べ物で数学 第1回	おいしいトスターダを作ろう	組み合わせ
食べ物で数学 第2回	販売する商品の原価を考える	データ分析
食べ物で数学 第3回	いくらで販売すれば儲かるか	平均値・中央値

(2) 授業実践内容

最初に、トスターダの5種類のトッピング具材からお客さんに3種類を選んでもらう（ただし、同じものは2回以上選ぶことはできない）という設定から何種類の組み合わせができ

るかを考え、どのように考えたかを発表させ、次に、仕入れ先の情報や販売されている値や光熱費、土地代等情報を与え、ランニングコストや販売量も考慮しながらトスターダ1個の原価を計算させた。最後は、販売時間やお客さんの数も考えながら赤字にならないような値段を設定し、メニュー表や看板づくりをさせた。実際の食材は使用しないが、教員がロサダさんになりきったり、メニュー考案の際はカラーコピーしたトルティーヤや具材を用意したりして、生徒が手を動かし、楽しんで取り組めるような工夫をした。



図9 授業スライド、生徒の様子

PISくトスターダ 人件費や販売価格を決定しよう。

〔1〕 開店時間など
 出店時間 9:00 仕込みをする
 開店時間 10:00 開店時間(ラストオーダー) 20:00
 退店時間 21:00 片付けをする
 週6日営業(水曜日 定休日)

〔2〕 光熱費は 1度あたり5000円 + 固定費200000円。

〔3〕 雇う人数を決めて、人件費を計算。
 東京都の最低賃金は時給1013円である。→ 計算を簡単にするために、時給1000円。
 何人でも構わない。想像して、雇う人数を決める。

〔4〕 販売価格を決めよう！
 販売価格によって、来店人数は変わる。うまく調節しよう。

★ 空想シミュレーションをして、利益が出るか試します。
 1時間ごとの「販売個数」と「待ちとして待つ来店人数」。
 1日分(10時間)シミュレーションする。
 1か月(25日営業とする)で利益が出るかどうかを算出する。

- 販売価格と来店人数のグラフはこれだ！(別紙)※ 多少ランダムに変動します。
- 調理には5分かかる。(ガスコンロ、2口なら同時に2枚、3口なら同時に3枚作れる。)
- 食事の時間は google form でアンケートをとり、平均値を採用する。
- 料理OK、現物状態を待ってよい。
- 来店したが食事できなかった人は、「待ち」となる(待ちの上限なし)。
- スタッフの人数によって同じ時間に変化がある。
- トスターダの原材料費は、販売個数の分だけかかる。
- 原材料費は、5クラスの平均の値で125円とします。

◆ 入力してほしい情報

- お店の名前
- 販売価格
- 雇う人数
- 土地の広さ(坪数)
- 消費税
- レンタルしている家具や調理器具それぞれの値段

7 (事件時間アンケート) 自分だったら、何分間お店にいるか。
<https://forms.gle/b9VYz0S9eovXca9>

トスターダお店アンケート



QRコードをスマホで読み取り
 回答を60秒で送信

◆ 販売価格と来店人数の関係
 1時間あたりの来店人数は、以下のグラフのように販売価格に依存するものとする。

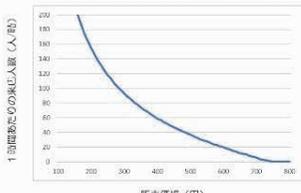


図1：販売価格と来店人数の関係

◆ 待ちの人数と、来店人数への影響のグラフ
 1時間あたりの来店人数は、以下のグラフのように、待ちの人数が多いと減少していくものとする。

(例1) 待ちの人数が40人いる場合、次の1時間の来店人数は、本来の来店人数の50%になる。
 (例2) 待ちの人数が90人いる場合、次の1時間の来店人数は、本来の来店人数の0%になる。

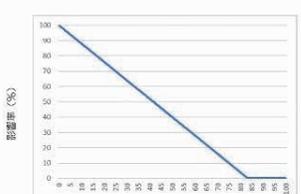


図2：待ちの人数が来店人数に与える影響

図10 第3回の配布資料

4. 中央大学理工学部にて実施した実践報告

4-1 物理実験内容

大学の実験テキストの中から、使用する器具や内容を考慮して、オシロスコープの使用法と電気振動の観測、GM管による放射線量（ β 線量）の測定実験、レーザー光を使った光の干渉の観測を選んだ。なお、それぞれの実験は中学生が操作して30分弱で終わるような想定で構成した。生徒たちは3つのグループ（1グループあたり約20名）に分かれ、35分ごとに部屋を移動しながら3つの実験を行った。安全確保と理解度向上のため、それぞれの実験（各部屋）では高校教員1名とTA1名の計2名で指導した。実験後、3つのグループに分かれて、各回3つの研究室をそれぞれ10～15分ほどかけて見学し、研究の概略説明を受けた。以下に3つの実験の内容と研究室見学について記す。

4-1-1 オシロスコープの使用法と電気振動の観測

中央大学の理工学部にあるオシロスコープとファンクションジェネレーターを用いて、ファンクションジェネレーターの振動数を40 Hzに設定し、（オシロ設定…「SWEEP TIME/DIV」を5 ms、「H.MODE」をA）オシロスコープの輝点の振動をグラフに記録した。グラフから振動数を読み取り、 $f [\text{Hz}] = 1/T[\text{s}]$ が成り立っているかを確認した後、オシロスコープのCH1、CH2にそれぞれ別のファンクションジェネレーターをつなぎ、デジタルファンクションジェネレーターの振動数を20 Hz、アナログファンクションジェネレーターの振動数を40 Hzにして図11の8の字を観察した。最後に、生徒自身が機器を操作して図11の課題図形を作成することを課した。

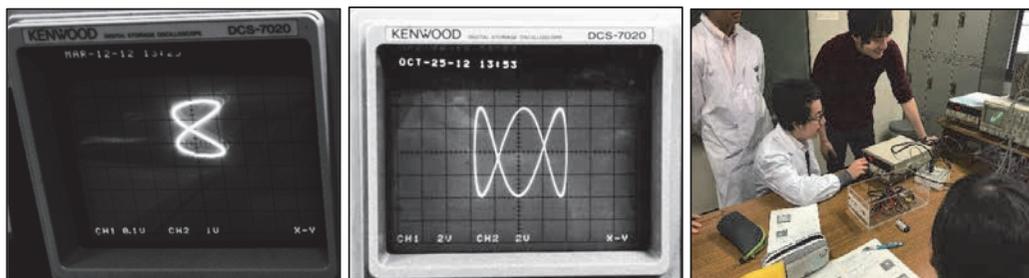


図11 8の字のようす、課題図形、生徒のようす

4-1-2 GM管による放射線量（ β 線量）の測定実験

放射線の定義や自然放射線、人体への影響について説明をした後、GM管の「PRESET TIME(min.)」を『01.0』、「HV ADJ.」をまわして、『1100V』に設定した。その後、測定器に放射線物質をいれ、放射線源の上に遮蔽物を乗せて、放射線の中でも特に β 線の透過力を

測定した。今回は遮蔽物として利用したものは、アルミ板や生徒が持ってきた物質である。最後に最も β 線を防いだ物質やアルミ箔の枚数と放射線の透過量の関係性を考えさせた。



図 12 GM 管装置と生徒の様子

4-1-3 レーザー光を使った光の干渉の観測

レーザー光を用いて金属線の太さと縞の間隔の関係から光の法則を見つけ、髪の毛の太さを導き出した。最初に、レーザー光が当たる部分の壁に白い紙を貼り付けさせ、太さ 0.05 mm の金属線にレーザー光を当て、レーザー光の干渉によってできた縞に鉛筆で印をつけた。測定した縞の間隔を表に書き込み、紙をずらして、0.1 mm、0.2 mm、0.4 mm の金属線でも同様に縞の間隔を測って値を表に書き込み、グラフ化した。最後に作成したグラフから金属線の太さと縞の間隔の関係を考え、自分の髪の毛の太さを測定し、導き出させた。

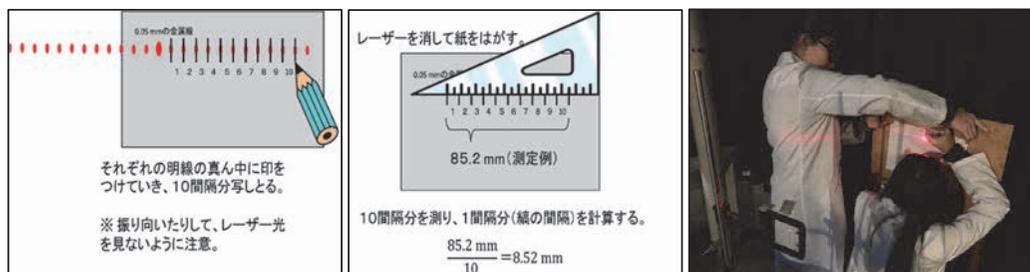


図 13 配布の資料プリント内の説明図、生徒のようす

4-2 中央大学理工学部研究室見学

中央大学にある 10 学科の研究室に協力していただき、9つの研究室を見学できるようにした。生徒は2つの研究室の見学をできるようにグループを組み、1研究室あたり 25分 で大学の先生や学生に研究室の説明や研究内容、実験器具の使い方などを説明してもらった。

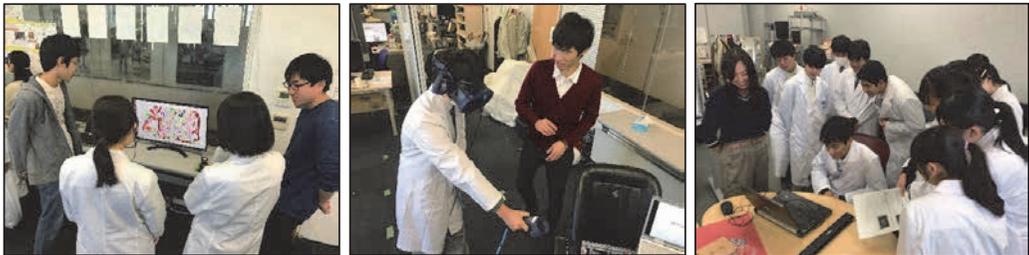


図 14 研究室見学の生徒のようす

理工学部研究室見学では、大学ではどのような研究が行われるのか、その一端を体験させることができた結果、理系に興味のあまりなかった生徒からも、理工学部への興味が出たという感想や、充実した体験であったという感想があった。従って、大学連携の目的の1つであった中央大学理工学部に対する興味関心をひきだす手法として優良な取り組みだったと考える。

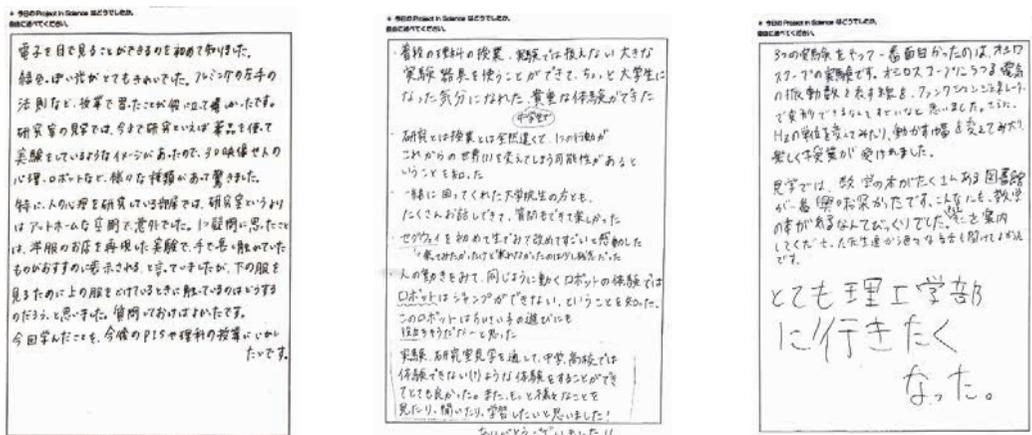


図 15 物理実験と研究室後の生徒の感想

4-3 化学実験内容

大学の実験テキストの中からクロマトグラフィーの実験を選び、生徒は2人1組で2時間半程度の実験を行った。なお、大学で使用している TLC プレートを小さめにし（6 cm × 6 cm から 5 cm × 5 cm に変更）、展開時間を短縮して集中を切らさないように工夫した。また、事前指導として、1時間の授業でろ紙と水性サインペンを使用してペーパークロマトグラフィーの実験を行い、クロマトグラフィーの概略を説明した。さらに、注意事項（白衣・メガネ着用、髪の毛をまとめること、使用しない機材・試薬に触らないこと）の確認をした。

4-3-1 事前指導内容

細長く切ったろ紙の下から2cmのところを緑、茶、赤の水性サインペンでとても小さい点（スポット）を打たせた。スポットを打ったろ紙を割り箸につけたあと、底から1cmの部分まで水道水をいれておいた200 mL ビーカーにろ紙を浸させ観察した。

クロマトグラフィー、ペーパークロマトグラフィー、薄層クロマトグラフィー、Rf 値の説明をし、大学では2次元展開をすることを伝えた。

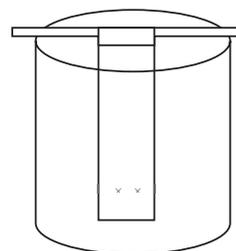


図 16 展開のようす

4-3-2 大学での化学実験

実際に大学で実施している〔実験Ⅰ〕と〔実験Ⅱ〕の2種類を実施した。大学の実験では高校理系でも使用しない劇物も扱うため、教員3人と大学生 TA 3人体制で目が行き届くように配慮した。

〔実験Ⅰ〕 未知試料中に含まれているアミノ酸の特定

4種類のアミノ酸が入った未知試料のビンを1つ選び、その溶液中にどんなアミノ酸が含まれているかを、既知試料(8種類のアミノ酸が入っている溶液)のクロマトグラフィーと比較することで確定させた。2種類の展開剤を使用して2次元展開させ、ニンヒドリン呈色反応を確認後 Rf 値を求めた。最後に未知試料の答え合わせを行った。

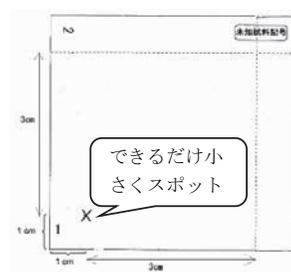


図 17 TLC プレート

〔実験Ⅱ〕 アゾ染料の薄層クロマトグラフィー

オレンジⅡ、クリソイジン、メチルオレンジのアゾ染料のそれぞれを、キャピラリーを用いて薄層プレートの×印をつけ、1-ブタノール：酢酸：水 = 4：1：3の展開剤を用いて展開させ、Rf 値を求めた。



図 18 化学実験の生徒の様子

生徒たちは、慣れない手つきながらも、どんなアミノ酸が入っているのかを確定させようと大学の実験に挑戦しながら、大学の雰囲気も感じ取っていたように思える。実験の最後に大学生でも未知の4種類のアミノ酸全てを特定するのは難しいことを伝えると、3種類以上特定できたペアは誇らしげであった。また、大学生のTAが、操作上の指導や質問などにも大変熱心に対応してくれ、中学生が大学生と関わりを持つことができた。施設を使わせてもらうだけでもいい経験だが、大学生と直接関わることができたのは、中学生にとって、とても貴重な実習だったといえる。プロジェクト・イン・サイエンスの中大連携事業が架け橋となり、現在の高大連携事業である中央大学理工学部での授業聴講、中央大学理工学部での卒業研究発表会、SSH講演会がある。

5. 学校設定教科「教養総合」へのつながり

5-1 探究授業の探究レベルと探究プロセス

プロジェクト・イン・サイエンスの授業では、探究活動を繰り返し行うことで探究レベルが向上していくと考え、学期毎に探究型授業の改善を行った。探究レベルの段階を「教科等の横断的な視点から拡張する探究レベルに関する予備的考察 松原憲治 (2023)」が Bell et al. (2005) と Banchi&Bell (2008) での探究モデルのように考えたとき、プロジェクト・イン・サイエンスで実施していたのは探究レベル3の導かれた探究 (Guided Inquiry) である。教員が与えた課題を繰り返し行うことで、生徒自らが問いを立て、解決方法を模索し調査できる探究レベルに向上すると考えた。

探究レベル (Inquiry Level)	問い (Question)	手続き (Procedure)	解 (Solution)
1. 確認としての探究 (Confirmation Inquiry) 学習者は、結果が事前にわかっている活動を通して原則を確かめる。 (Students confirm a principle through an activity when the results are known in advance.)	✓	✓	✓
2. 構造化された探究 (Structured Inquiry) 学習者は、教師が提示した問いについて、決められた手続きによって調査する。 (Students investigate a teacher-presented question through a prescribed procedure.)	✓	✓	
3. 導かれた探究 (Guided Inquiry) 学習者は、教師が提示した問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査する。 (Students investigate a teacher-presented question using student designed/selected procedures.)	✓		
4. 開いた探究 (Open Inquiry) 学習者は、自ら立てた問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査する。 (Students investigate questions that are student formulated through student designed/selected procedures.)			

出典：Banchi & Bell, 2008 より作成 注：括弧内に原文を示す。

図 19 レベルの探究各レベルでの学習者に与えられる情報 出典：松原 (2023,P65) より

本校の学校設定教科である「教養総合」の探究授業で目指す探究レベルは、探究レベル4の開かれた探究（Open Inquiry）であり、生徒自らが問いを立て、その問いについて調査・検証しまとめることである。ゆえに高校1年生の全員必修科目である、「教養総合Ⅰ」の授業では、生徒自身が自分の興味のある問いで探究を進める。問いの立て方は、過去のレポートを査読し、どのようなものが問いになり得るテーマなのかを示し、生徒同士で対話をしながらテーマを掘り下げることを目指している。しかしながら、探究授業を繰り返していなければ、生徒が自ら探究レベル4の活動を実施するのは難しい。そこで、中学3年生の学校設定科目「教養総合基礎」においても、高校の探究プロセス同様の探究授業を実施することにした。学習指導要領解説には、探究的な学習を実現するためには「①課題の設定→②情報の収集→③整理・分析→④まとめ・表現」の探究プロセスを明示し、繰り返すというプロセスを挙げている。（文部科学省（2018））本校の探究授業では、探究授業のプロセスを繰り返し実施することを重視し、探究授業のプロセスは問いを立てるところから発表をし、振り返りを行うことまでをひとつのプロセスとしている。

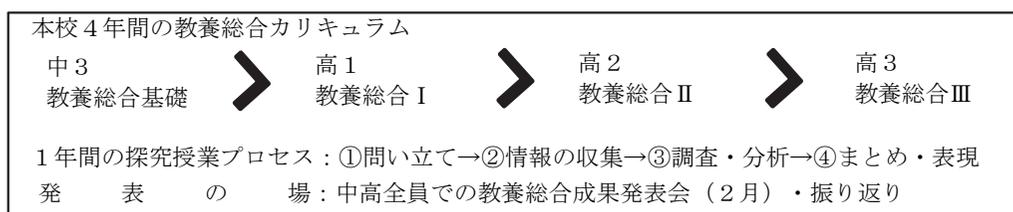


図20 本校4年間の教養総合カリキュラム

5-2 授業の「問い」と「振り返り」

2019年度以降のプロジェクト・イン・サイエンスの授業では、生徒同士の対話できる環境作りと対話できる問いの作成に重視した。生徒同士が対話するには、各授業での目的、つまりはその授業の大きな「問い」の設定が大事になる。問いが「すぐ答えがわかる問い」でも「答えがわからなさすぎる問い」でも生徒同士の対話はいまならない。探究活動においても授業においても「問い」の設定が重要且つ難題である。プロジェクト・イン・サイエンスから教養総合に探究授業が発展的解消した後も教養総合基礎や教養総合Ⅰのワークシート作成の際は各授業の「問い」の設定を大切にしながら作成している。

プロジェクト・イン・サイエンスでは、毎回の授業で振り返りの時間を設け、生徒自身が学びを通して、自分の考えが変わった、広がったという自己認識することのプロセスを大切にしたい。探究授業では、最終的に探究の成果を発表することが多いが、成果を発表した後は振り返りの時間がとれない場合もある。しかし、振り返りの時間は活動時間同様にとっても大切な時間である。福島氏は記事で以下のように述べている。「[アンコンシャスバイアス]（無

意識の思い込み)という言葉が最近注目されるが、自分にとっての当たり前に気付くことは大人でも難しい。それが揺らいだり、広がったりすることはさらに稀有な出来事なわけだが、何らかの対象に対する認識が揺らぐ体験は、それ以外の事柄に対する認識へも影響を与え得る。』¹ プロジェクト・イン・サイエンスの授業の際も授業の最後に5分の振り返りの時間を設けることで、生徒の自己認識(生徒自身の気付き)が何かしらあると実感した。この実績を踏まえ、教養総合基礎・Iの授業においても授業の最後に振り返る時間を設け、生徒自身が自己認識の変容を言語化できるようにしている。

学校設定教科「教養総合」の開発・推進は、SSHの仮説1「中学・高校を貫いて探究する学校設定教科「教養総合」の開発・推進によって、多様な他者との対話性を備えた科学技術系人材としての資質・能力が向上する。」でもあり、中学設立2年後から実施したプロジェクト・イン・サイエンス9年間の実施が今の学校の柱に繋がっている。

注

1 福島創太(2024)。「適応課題」に向き合う「垂直的成長」。内外教育。4月26日, 8

参考文献

- Kevin Beals (2004). 環境探偵. 日本環境教育フォーラム
Kopp (1999). 食べ物で算数. 日本環境教育フォーラム
松原憲治 (2023). 教科横断的な視点から拡張する探究レベルに関する予備的考察. 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol37, Vo5, 65_70
福島創太 (2024). 活動にあって学びなし? 探究学習が抱える課題. 内外教育. 4月19日_6月21日
文部科学省 (2018). 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説総合的な探究の時間編、6

