

校種間連携を活かした、

生徒の自由な発想による自然科学分野の探究プログラム

－ 高大・小中高連携を通して、思考力・判断力・表現力を養うための生徒主体の実践研究 －



実施担当者 京都府立園部高等学校
 指導教諭 遠山 晶子
 教 諭 友松 央樹
 教 諭 坪内 史弥
 教 諭 吉田 直樹
 教 諭 高橋幸太郎
 実習助手 吉田 侑樹

1 はじめに

このプログラムは、生徒の主体的に取り組む姿勢を促し「課題を設定し、科学的に探究する能力」の育成及び表現力を育むこと、さらに科学的なものの考え方・見方を養っていくことを目的として取り組んでいる。生徒の自由で多様な発想による探究活動を実現するために、理科教員全員で、指導と評価の一体化を目指したルーブリックや探究活動のための事前学習の開発に取り組んでいる。

2 探究活動

2-1 事前学習(ルーブリックの提示、グループワーク、特別講義、研究方針作成)

探究活動に必要な知識やスキルを身につけるために今年度実施した取組を表1に示す。今年度新たに導入したり改善したりした内容は以下の通りである。

- ①Act. 2 の科学的アプローチにおいて塩ビパイプから出る音についてミニ探究実験を行った。塩ビパイプの長さや内径など、音の高さに影響を及ぼす要素を明らかにするために実験計画を立てさせた。この実験を通して対照実験の重要性、実施方法について学ぶことができた。
- ②Act. 2 に続いて、生物基礎の授業内で酵素のはたらきに関するミニ探究実験を行った。現象に影響を及ぼす要素が明らかな場合について、仮説を検証するために必要十分な実験を計画して実施した。また得られた実験結果をどう解釈し、仮説の妥当性をどう説明するのかについても体験させた。
- ③生徒一人一人が探究したいテーマを考えて「研究方針」を作成した。昨年まで「イントロダクション」としていた内容である。また、「研究方針」のルーブリックを「課題研究包括的ルーブリック」をもとに作成した。

表2は課題研究全体の「包括的ルーブリック」、表3は「研究方針」のみのルーブリックである。いずれもあらかじめ生徒に提示し、説明した。生徒は個人ノートに貼っていつでも見ることができ

表1 事前学習(発表までの準備を含む)

Act.	内容
1	科学的ってなんだろう
2	科学的アプローチってどうやるの?①②
3	いい研究テーマって何だろう?
4	科学論文の構成を知ろう
5	Referenceをつけよう
6	テーマを設定しよう③ 研究方針のルーブリック③
7	特別講座について
8	研究方針のブラッシュアップ
9	個人ノート・実験ノートの書き方
10	実験計画表
11	アブストラクト(研究要約)を書いてみよう
12	ポスターの作成・発表について
13	科学論文の書き方
14	課題研究の振り返り・アンケート

るようにした。「研究方針」のみを独立させたのは、生徒にもわかりやすく、評価や指導もしやすいと考えたからである。

表2 理科課題研究包括的ルーブリック

	根拠・先行研究 自身は 何がわかっているか	仮説 どのように推測したか	方法 どのように 明らかにするか	結果と解釈 どのような現象かを示し どのように捉えるか	考察 現象をどのように 説明するか
4	先行研究を元に自然現象を説明できる。 また、着目した自然現象について明らかになっていることと、明らかになっていないことを説明できる。	因果関係を含む仮説が立てられる。	仮説を直接的に明らかにする実験を行うことができる。	結果から、仮説を踏まえて適切な分析を行い、解釈できる。	結果を仮説と関連付けて捉え、一貫性のある論理的な考察ができる。
3	着目した自然現象を説明できる。 また、着目した自然現象について明らかになっていることと、明らかになっていないことを説明できる。	仮説を立てられる。	再現性のある対照実験を行うことができる。	結果から、合理的な解釈ができる。	結果から、事実に基づいた根拠のある考察ができる。
2	着目した自然現象を説明できる。	問いを立てられる。	再現性のある実験を行うことができる。	結果を示すことができる。	結果をもとに考察できる。
1	着目した自然現象を説明できない。	問いを立てられない。	実験を行うことができる。	結果を事実として受け止められない。	結果・解釈と考察を区別できない。

表3 研究方針ルーブリック

	背景 基になったものは何か	目的 何を明らかにしたいか	仮説 どのような関係か	方法 どうやって確かめるか
4	・着目した自然現象の不思議な点を説明している。 ・先行研究を基に、明らかなことと明らかでないことを示し、 リファレンスをつけている。	・背景を基に、研究の目的を明確に記述している。 ・ 研究の意義 が記述されている。	・着目した自然現象について、 因果関係を明確に 記述した仮説をたてている。	・仮説を 直接的に 検証する実験方法を記述している。 ・授業内に実施できる方法を記述している。
3	・着目した自然現象の不思議な点を説明している。 ・ 先行研究を基に、明らかなことと明らかでないことを示している。	・ 背景を基に 研究の目的を明確に記述している。	・着目した自然現象について、 着目する要素が明記された 仮説を記述している。	・仮説を検証できる実験方法を記述している。 ・ 授業内に実施できる 方法を記述している。
2	・着目した自然現象の 不思議な点を説明 している。	・研究の目的を 記述している。	・着目した自然現象についてなんらかの仮説を 記述している。	・仮説をもとに実験方法を 記述している。
1	・着目した自然現象の説明をしている。	・研究の目的を記述していない。	・着目した自然現象について、仮説を記述していない。	・仮説を検証する実験方法を記述していない。

表4 特別講座一覧

「光合成と気孔のはたらき」	半場 祐子 氏 (京都工芸繊維大学工芸科学部 教授)
「生き物が作り出す有機分子 ～その形・役割・応用的利用～」	清水 伸泰 氏 (京都先端科学大学バイオ環境学部 教授)
「身近な自然から大地のおいたちを考える —シリカを主成分とする化石の特徴と研究例—」	田中 里志 氏 (京都教育大学教育学部 教授)
「超伝導講義 —不思議な超伝導—」	吉村 一良 氏 (京都大学大学院理学研究科 教授)

表4に大学の研究者による特別講座の一覧を示す。現在取り組んでおられる研究内容や、研究に取り組まれるきっかけ及び研究の方法などについてお話いただいた。生徒のみならず、教員も大変勉強になる内容であった。

2-2 研究活動

生徒一人一人が提案したテーマの中から10テーマを選び、同系統のテーマを選んだ生徒に分かれて研究内容や実験方法をさ



図1 事前学習 交流の様子

らに検討した。その後、ブラッシュアップされた研究方針をもとに生徒は取り組みたいテーマを選び、表5の7テーマで研究を進めた。

表5 各グループの研究タイトル

溶けNICE! ~溶けないアイスの作り方~	綺麗なバナナアートを描きたい!!
音を吸いやすい素材と温度を探る	一番繁殖しやすい植物の種子の形はなにか
異なる素材の電極による水中放電の違い	ティッシュペーパーを溶かしたい
身近なもので強力な防災頭巾を作りたい!	

9月から実験計画を作成し、11月24日の校内ポスター発表会に向けて研究活動を進めた。毎時間グループノートに議論したことや実験観察した条件・結果等を記録するとともに、個人ノートにもその時間に考えたこと、気づいたことなどを記録させた。初めに予想した結果が得られないことも多かったが、実験条件やパラメーターを再検討したり、仮説を設定し直したりしながら、実験や観察を続けた。今年度の変更点や改善点などを以下に示す。

①学習指導要領改訂によりカリキュラムが変更になり、週2時間の総合的な探究の時間が活動時間となった。生物基礎や物理基礎の授業を少し利用しながら、実質8~10時間で実験を行い、同時にポスター発表の準備を進めた。

②生徒全員がタブレットを持つことになったため、実験の記録がしやすくなり、共有もしやすくなった。

③研究活動の進捗や進め方などについて、週に1回、教科会議とは別に探究活動担当者会議を設定した。生徒が自由にテーマ設定をするため、テーマ内容によっては一人の教員だけでは指導が難しいこともあり、理科の教員で交流したり、外部の大学研究者や業者に相談したりしながら研究を進めた。



図2 グループ研究活動の様子

2-3 研究発表（研究要約の作成、ポスター発表）

研究発表・論文作成の前に、生徒全員に一人ずつアブストラクト（研究要約）を作成させた。文章化することにより、一人一人が研究内容を整理して理解を深められ、グループ全員で共通認識をもつことができた。11月24日に校内ポスター発表会を開催した。アドバイザーの大学の先生5人に来校いただき、評価・講評をいただいた。

校内研究発表会以外に以下のとおり、発表する機会を得た。今年度は多くが対面での発表をすることができ、生徒自身も発表や質問への対応スキルが向上したと感じた（アンケート結果より）。11月12日のポスター発表は活動途中での発表であったが、実験条件や方法に対するアドバイスをいただき、新たな視点にも気づくことができた。その後の活動や発表に活かすことができた。

- (1) 令和4年11月12日 第3回みやびサイエンスガーデン 自然科学系分野ポスター発表
- (2) 令和4年12月25日 中谷医工計測技術振興財団科学教育振興助成成果発表会 日経サイエンス賞受賞
- (3) 令和5年1月26日 本校附属中学校3年対象 ポスター発表
- (4) 令和5年2月9日 園部高等学校実践発表会（全校生徒対象口頭発表、校内オンライン）
- (5) 令和5年2月19日 高校生理学研究発表会（京都府高校理科教育連絡協議会主催、口頭発表）
- (6) 令和5年3月10日 京都府立洛北高等学校課題研究報告発表会 ポスター発表



図3 みやびサイエンスガーデンでの発表



図4 校内ポスター発表会

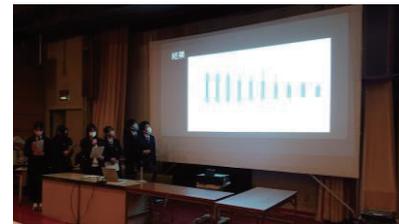
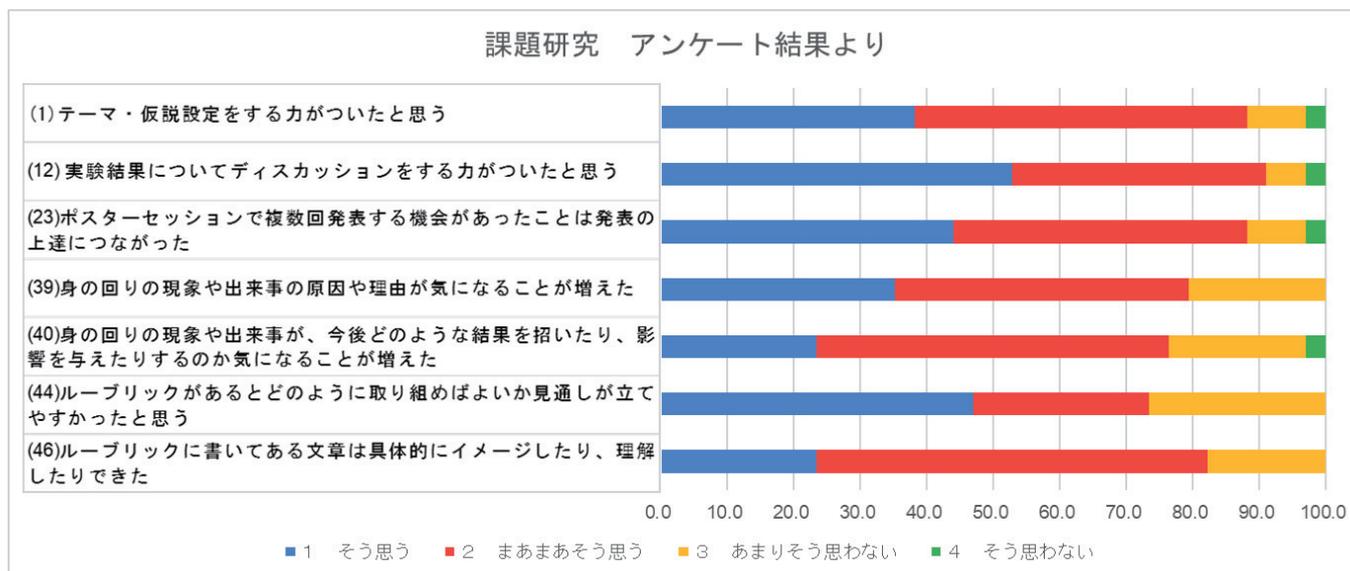


図5 高校生理学研究発表会

2-4 活動の評価（ルーブリックによる評価、アンケート結果）



アンケート結果より、「課題設定」や「実験計画作成」、「ディスカッションする力」、「発表する力」などが身についたと生徒の80%以上が感じていることがわかる。特に、今年度は「考える力」が身についた、「他の視点で考えることができた」や、「様々な現象の原因やその影響などが気になるようになった」という振り返りが多く見られ、生徒の成長が感じられた。

3 まとめ

今年度の成果は、多くの生徒が科学的な探究活動のスキルを身につけるとともに「考える力」が身についたと感じられたことである。ルーブリックや事前のミニ探究実験などの改善が効果的であったことと、対面での発表の機会が多く得られたことがその要因であったと考えられる。しかし、研究活動そのものの時間が少ないという点と、実験データの処理に課題があり、今後はさらに効果的に効率的に活動を進められる工夫が必要である。以下に今後の改善点について挙げる。

- ① 事前学習や実験計画について見通しをもって計画し、生徒への周知を徹底する。
- ② 実験データ処理方法を学ぶミニ実験を理科の授業内で実施する。
- ③ ポスター発表ルーブリックを作成する。
- ④ 包括的ルーブリックの改善と、教員の声かけ案を検討する。
- ⑤ 理科室の Wi-fi 設置を依頼する。

謝 辞

本活動は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団（科学教育振興助成）の支援のもと、実施することができました。実験器具や材料は、生徒の自由な発想によるため年度当初に決定しておらず、実施とともに購入計画を立てられる財団の助成は大変ありがたい支援となりました。また、東京での成果発表会や講演会などの貴重な体験もさせていただき、感謝しております。ありがとうございました。研究アドバイザーとして、京都大学大学院教育学研究科 西岡加名恵先生、田中容子先生、京都大学大学院理学研究科教授 吉村一良先生、京都教育大学教育学部教授 田中里志先生、京都工芸繊維大学工芸科学部教授 半場祐子先生、京都先端科学大学バイオ環境学部教授 清水伸泰先生、東北大学流体科学研究所教授 佐藤岳彦先生、株式会社共和電業 前島雄将様にご指導・ご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

