



多様な授業スタイルで科学的探究の礎となる知識・技能を培う

理科・数学・情報の 融合型授業の実践

理科・数学・情報の教員が1年間を通して連携し、スパイラルに授業を行っています。それぞれの授業は決して特別なことを教えているわけではありません。3教科の特徴を生かしつつも、ゆるやかな連携をすることで、生徒や教員の中に生まれる気づき、発見、疑問も授業の構成要素とする新しい形のクロスカリキュラムを追究しています。



Super Science High School

お茶の水女子大学附属高等学校 SSH学校設定科目
「課題研究基礎」



令和元年度文部科学省指定 スーパーサイエンスハイスクール

お茶の水女子大学附属高等学校

Ochanomizu University Senior High School

科学的探究の**礎**となる 知識・技能を融合的・体験的に身につける

特別講義1

未来を創る
科学

P.4

特別講義2

図書館を
活用した
探究の技法

P.5

ポスター作成
と発表

体験的な学び①

水質調査

P.16-17

ワークショップ

放射性廃棄物の
処分について

P.14-15

三展開授業①

数

- 大きい値・小さい値
- 誤差・有効数字
- 指数・対数①

P.8-9

三展開授業②

グラフ

- 指数・対数②
- Excelでグラフを描く
- 暖かさの指数

P.10-11

4月

5月

6月

7月

8月

9月

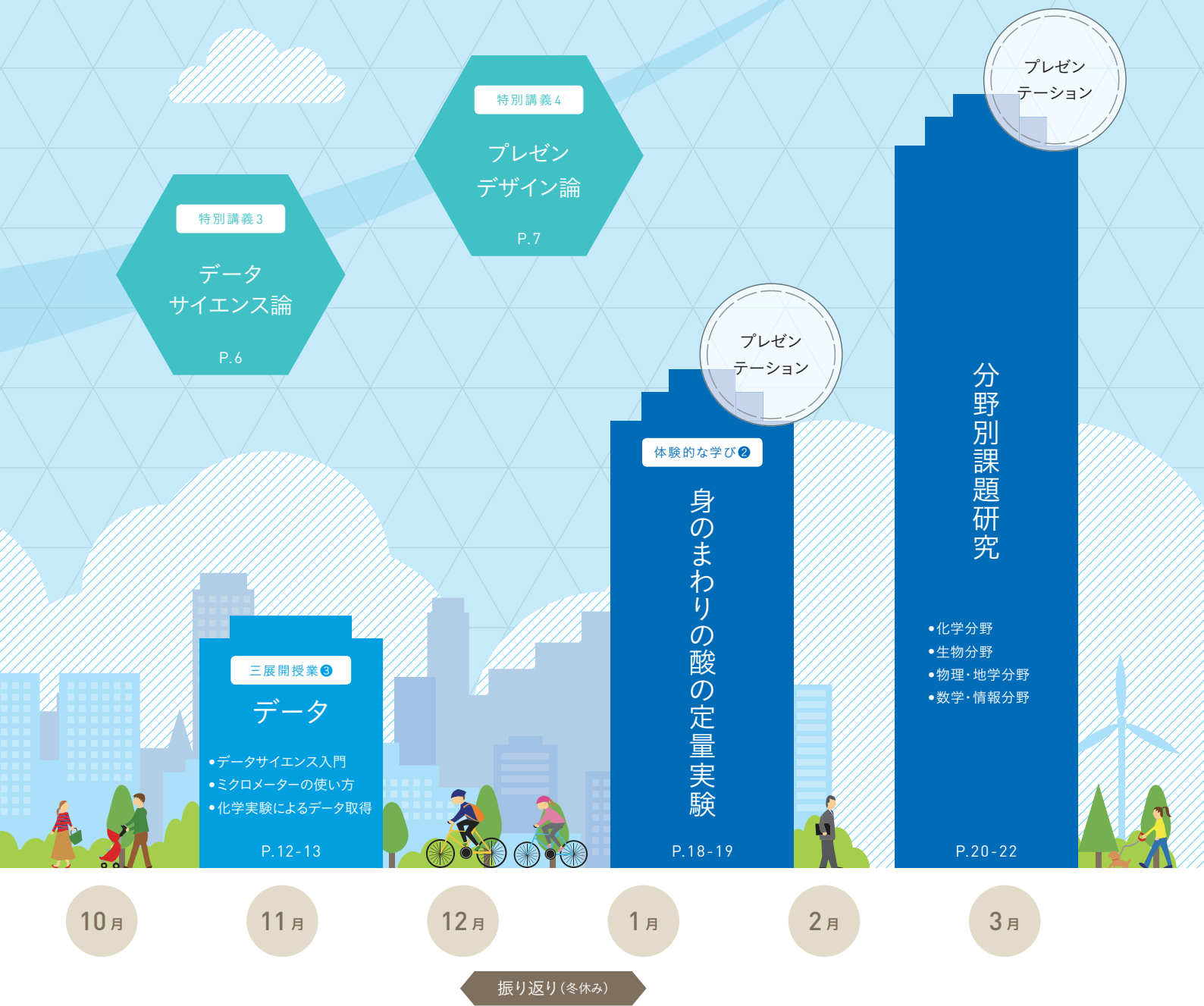
振り返り(夏休み)

科目横断的な
三展開授業

1つのテーマを軸に科目の異なる3名の教員が、それぞれの角度から、テーマに関連した内容の授業を行います。教員が3週にわたって1回ずつ各クラスをまわる形で実施するため、クラスごとに学習する順番が違うのも特徴の1つです。テーマを軸にした3つの学びが生徒の中で融合的に結びついていくことが期待されます。

数学・物理・化学・生物・情報の5名の教員が、1年間を通して授業で取り扱うテーマを共有し連携しながら授業を進めています。1学年全員を同じ授業時間に配置することで、様々な授業形態に応じた活動単位での実施が可能となっています。

授業形態	活動単位
特別講義, プレゼンテーション	1学年合同
科目横断的な三展開授業, プレゼンテーション	クラス別
水質調査, 身のまわりの酸の定量実験, 分野別課題研究	グループ活動



特別講義

外部(お茶の水女子大学を含む)から、それぞれの分野のエキスパートを講師に迎えて講義・質疑応答を行います。これから課題研究を進めていくために必要な思考や知識・技能(基本から発展的な内容まで)や「現在」そして「未来」に行われる研究や技術について講義していただいています。

「未来を創る科学」

講師：東京大学 大学院総合文化研究科
教授 池上高志 先生

◎ この授業で考えてもらいたいこと

この講義では、課題研究基礎の最初の特別講義であり、同時に課題研究を含めた学びの「ゴール地点」のようなものを考える機会としたいと考えています。この「ゴール地点」はもちろん明確なものではありません。「考え続けていくこと」や「今あるシステムや思考を飛躍すること」を、講師の池上先生のキャリアや研究の具体例を通して講義をしていただいています。池上先生にはこちらの講義方針を共有して、毎年の講義では最先端の研究内容を多分に紹介していただいています。生徒には、「学問分野に捉われない学び方や、学問を融合する新たな学問の構築の必要性があり、今後の予期できない社会の変化に対応する考えを身につけるためのガイダンス」と伝えており、研究や学びに対してのイメージが一新されるような時間となればよいと考えています。



計画段階ではこの特別講義を高校1年生の最初に設定するには早い内容で、具体例も難しいものと考えていました。しかし今、科学技術の発展や社会情勢の変化が急速で、そして複数の要因が複雑に絡む時代になってきたことを踏まえると、高校1年生の最初だからこそ知ってもらいたい内容だと感じています。

◎ 授業内容

■ 学問を文系理系と分ける必要性はあるのか？ -C. P. Snow「二つの文化」から

- 日本の入試制度を発端として学問を文系・理系と分ける慣習がある。しかし、どちらの要素も必ず必要で、夏目漱石の『坊っちゃん』をみんな知っているのと同じくらい自然の摂理である物理学の「熱力学第二法則」を知ってほしい。物理学も「ことばをつくる」学問であり文系の要素もある。
- 大学での学びは普通に生活している中では考えつかないことを教えてくれる場・考える場であり、大学教員である科学者は新たなものを創り出すアーティストでもある。

■ 人工生命とは何か？ - 池上先生の研究から

- 鳥をみて「飛行機」をつくるのがAIだとしたら「鳥」そのものを作ろうとするのが人工生命(ALIFE)である。飛行機は決まった時に目的地に向かって飛ばすけれど鳥は気まぐれで好きなときに飛ぶ。そういうところに生命のエッセンスが眠っていないか。
- アンドロイド「オルタ3」のオペラ演奏から見えてくるもの。最初から指揮者のアルゴリズムがあるわけではなく、演奏者(人)と指揮者(アンドロイド)の相互作用で指揮者として成立してくる。人と一緒になって初めて指揮者のアルゴリズムができる。このような事象がこれからたくさんあり、文系や理系の垣根と同様に境界が複雑な世界になる。

■ 池上先生のメッセージ

- 自身が主体的選択をする時に迷ったら、複雑な(エントロピーが高い)方を選んでほしい。この選択はなかなか難しいが、選んだものが「良い」「悪い」ではない。複雑な中から広い視野で「文化」や「生命」を見てほしい。

生徒の感想から

- 以前母から「2つの道があったときは、より大変な方を選ぶと良い」と言われたことがあり、今回聞いたことと何となく似ている気がしました。決まらない、答えがないことはムズムズすることではなくワクワクすることだと思いました。
- 今回の講義で紹介していただいた機械と人間の違いの話が興味深かったです。私の好きな星新一さんの文学の世界ではロボットと人間が共存する世界がよく描かれていますが、そんな世界がフィクションではないことを感じて少し怖くなりました。

「図書館を活用した探究の技法」

講師：お茶の水女子大学 附属図書館 職員の方々

◎ この授業で考えてもらいたいこと

この講義では、これから研究活動を行う上で重要な、先行文献の調査、論文やレポートの作成プロセスを学びます。論文やレポートの作成では、実験や考察も大事ですが、その準備として、現在世の中で未解決なことや問題となっていることを知るために、先行研究を読むことやデータベースで検索するといった、情報の探索・入手のスキルが必要です。そして、実験や考察後の、論文やレポートの執筆時の参考文献の引用ルール、さらに情報源ごとの特徴や情報の信憑性についても学ぶ必要があります。これらを生徒が実践的に学ぶため、大学附属図書館の職員の方を講師としてお招きして、説明していただいています。図書館の活用を通して探究の技法を実践的に学び、これからの活動に役立ててほしいと思います。



◎ 授業内容

説明していただいたポイント

- ▶ 大学図書館が本の貸出を行っているだけでなく、「知識生産型」の学びを支える場所であり、学習・教育・研究のための資料・情報の提供、そして学びの空間の提供、さらには人的サポートの提供をしていること。
- ▶ 論文・レポートが、感想文や作文とは違って、根拠(先行研究や客観的なデータ)を元に自分の主張を述べたものであること。
- ▶ テレビやラジオ、Webといった速報的な側面を持つ情報や論文や専門書、統計・白書・年鑑といった専門的、記録的な側面を持つ情報など、様々なものがあることを意識してもらいつつ、それらの情報にどうやってアクセスするのか。
- ▶ CiNii Articlesや電子ジャーナル、電子資料、総務省統計局のe-Statのデータの利用方法について。
- ▶ 情報源には、信頼度が異なることがあり、根拠として用いる際には、細心の注意が必要であること、そして、著作権や引用ルールがあることを著作権法を通して紹介。
- ▶ 参考文献のフォーマットは研究分野によって異なるが、最低限記載すべき項目については同じなので、その内容を確認。



- 情報の特徴に気を付けながら、検索サイトだけではなく、図書や公的資料などもっと正確な情報を取り入れられるようになっていきたい。
- 資料を上手く、正しく活用できるかは論文の質に直結するので確認しながら行うことが大切だ。
- 論文は作文とは違い、相手を説得(納得させる)必要があるため、客観的なデータを使って論理的に主張することが不可欠になる。そのためには、集めた情報を批判的に分析して、情報を吟味することが重要である。

「データサイエンス論」

講師：お茶の水女子大学 基幹研究院 自然科学系(理学部情報科学科)
教授 伊藤貴之 先生

◎ この授業で考えてもらいたいこと

この講義は、数学Iでの「データの分析」の学習を終えたタイミングに時期を設定しています。生徒は数学Iで教科書をベースに、代表値(平均値, 中央値, 最頻値), 四分位数, 分散, 標準偏差, 相関係数の意味やその使い方や学習し, それらの値を求めることができるようになった上で, この講義に臨みます。講師の先生とも事前に打ち合わせを行い, 生徒が何をどこまで学習しているのか共有した上で講義をお願いし, これまで学んだ知識が, 実際のデータ分析にどのようにつながっていくのか, 具体的な研究事例について生徒がその場で考えられるよう, 講義スタイルでありながらも体験的な要素を盛り込んだ講義をしていただいています。

机上の空論ではなく, 実際のデータ分析をできる限り具体的に追う体験を通して, データ分析に必要な見方や考え方を知り, その面白さだけでなく, 難しさも実感することで, データサイエンスに対する興味関心を高めたいと考えています。

◎ 授業の内容

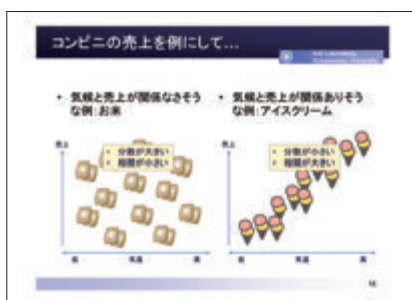
データは理論, 計算, 実験とともに科学に関する4つの方法論の1つであり, データサイエンスは「第4の科学」と言われています。この授業ではデータから様々な比較や分析ができることを, 実例やクイズなどを織り交ぜながら話をします。

さらにデータサイエンスの典型的な手順(1. データの収集・蓄積, 2. プログラミング・統計処理, 3. 興味深い現象の発見, 4. 問題解決)について説明し, 具体的な例で実際にデータサイエンスを体験します。ただし, ここではグラフや散布図などは与え, 手順2, 3, 4の部分に焦点をあて生徒と一緒に考えていきます。

課題	生徒の活動
コンビニの売上予想	回帰直線をひく
アパレル店の売上げに 関係する要素を考える	複数の散布図を比較して考える
境界線を引こう	判別分析(適合率・再現率を求める)

少し発展的な内容(回帰直線, 適合率, 再現率)もポイントをしぼって扱い, 生徒がもっている知識を活用しながら考えることができるよう課題を設定しています。その中で可視化の重要性や人が考えることの重要性も伝えていきます。

最後に, データサイエンスを支える技術として, ビッグデータや機械学習の重要性や, 様々な分野でデータ関連の研究や業務がますます増え, データサイエンスが活躍する場が広がっていることについて紹介し, 生徒の興味関心を高めます。



生徒の感想から

- データサイエンスの授業がとても印象に残っている。なぜなら, 多くのデータから散布図を作ったり, 箱ヒゲ図にしたりして可視化することでデータがとてもわかりやすくなったし, 相関関係を予測するのに役に立つことがわかり, 今まではどう活用すれば良いのか全く知らなかったけれど, いろいろ知ることができた。
- 適合率や再現率の意味や回帰分析, さらに数Iで習った相関係数の活用法が分かり, 課題研究で生かしたいと思った。

「プレゼンデザイン論」

講師：筑波大学 図書館情報メディア系
助教 小野永貴 先生

◎ この授業で考えてもらいたいこと

探究学習において、発表活動は不可欠です。ここでは、研究者の情報発信活動について、アカデミックプレゼンテーション（研究プレゼン）の心得を講義していただいています。

《講師の先生より》

どんな偉大な科学者でも、最初から一人で“正解”に辿りつくことはできません。自身が試みた調査や実験の成果を世に問い、議論や検証、改善・修正を繰り返し、少しずつ真実に近づいていこうとする営みが、研究です。この第一歩としての研究プレゼンの意義や位置づけを理解して、作法や慣例を学んだうえで、場や形態に応じて適切な発表法を自ら設計できる主体性を得ることが、本講義の目的です。

プレゼンデザインと聞くと、スライドのレイアウトや配色等を想起する生徒が多いですが、本講義の主眼はそこではありません。研究プレゼンのデザインとは、「どうすれば自身の研究成果を正確に他者へ伝えられるか」ということを総合的に設計する行為です。そのためには、「何のために発表するのか」という意識の転換を図り、「その目的達成にはどのような伝達手法が効果的か」という発想を促すことが必要だと考えています。さらに、「良い発表を行うとどのような将来に繋がるのか」と未来を見据えることで、発展性ある探究活動への動機づけに資することも期待しています。

◎ 授業内容

まず、「研究においてプレゼンはなぜ大切か？」と問いかけ、科学研究の成果が市民に届くまでの流れを概観します。本や教科書に載る科学的知識はごく一部で、その手前には、学術雑誌への論文掲載や、学会・研究会での発表という段階があることを解説します。そして、学会プログラムの実例を見せ、膨大な数のプレゼンが毎年行われている事実を知ってもらいます。これを通し、プレゼンすること・聞くことは、重要な研究プロセスの一環であるという認識を定着させています。

次に、民間企業や官公庁などで行われる多様なプレゼン形態と比較し、研究プレゼンの特性と目的を明らかにします。そして、その目的を達するための良い研究プレゼンとは何か考え、「話の構成・発表資料・発表者」の3観点から設計の工夫を例示しています。具体的には、IMRADといった研究報告のセオリーから、口調・視線などの口頭発表技術まで含みます。一方、研究発表時の誇張や改竄などの問題事例を紹介し、発表倫理の啓発も図ります。

最後に、これらの知見を踏まえ、第一線の研究者によるプレゼン事例の動画を提示し、分析的に鑑賞します。さらに、質疑応答が盛り上がることは価値ある発表ができた証拠であると総括し、発表意欲を高めています。



- 講義をうける前は、プレゼンデザインをスライドデザインだと思っていたけど、違うと聞いて衝撃だった。
- 今までプレゼンの目的は考えを伝えることだと思っていたが、考えを伝えて相手を動かすことまでを目的とすべきであると知った。さらにそのためには大まかに分けて話の構成・資料・発表者という3つの要素で様々な工夫が必要だと分かった。
- これから探究などで、研究する機会が増えていくが、他の人に伝わらなければ意味がない。研究は成果をあげるだけでなく、それを発信することが大切になることが分かった。



化学

大きい値・小さい値

【ねらい】

指数表記や適切な単位を用いて、大きい値や小さい値を正しく取り扱うことができる。

【授業の流れ】

10分

スケールを体感!

- 1977年に作られた教育映画「Powers of Ten」やWeb上で閲覧できる「Scale of the Universe 2」を紹介し、素粒子から宇宙まで、科学で扱われる事物・現象のスケールを体感する

15分

指数による表記

- 大きい値や小さい値を $A \times 10^B$ ($0 < A < 10$) の形で表す。

20分

単位の変換

- k (キロ) は1000倍, c (センチ) は1/100倍などの単位の接頭辞を理解し、単位を変換する。
- まとまった数を1とするような単位を用いることで、数値が扱いやすくなることを理解する (例「mol」, 「光年」など)

※残りの時間は水質調査に関する事前説明

理科では、原子の大きさといった非常に小さい値から、物質を構成する原子の個数や天体間の距離といった非常に大きい値まで、日常生活では目にすることもないような値も扱わなければいけません。単純な四則演算で求められるような問題であっても、数値が指数表記になった途端に立式ができない、計算間違いが増えてしまう生徒も多く見受けられます。この授業では、桁数が多い値をそのまま書き表すよりも指数表記を用いたほうが、かえって数値が扱いやすくなることを実感してもらいたいと考えています。指数の計算については、「指数・対数①」の授業に任せ、ここでは、指数表記に慣れることを目的としています。

また、大きい値・小さい値を扱いやすくするもうひとつの方法として、単位変換を紹介しています。普段何気なく使っている「単位」にスポットライトを当て、改めて体系的に学習することで、数値を扱うときには常に単位を意識するようになってほしいと願いながら授業をしています。

物理

誤差・有効数字

【ねらい】

- ① 誤差の種類と要因を理解する。
- ② 有効数字を理解し、意味のある数値を扱う感覚を養う。

【授業の流れ】

20分

プチ実験・ノギスで身近なものを測定してみよう

- ノギスを使って身近なものを測定して平均値を出す

20分

誤差とは何か? 誤差の分類

- 誤差には「偶然誤差」と「系統誤差」の大きく2つに分類できることを例示とともに紹介、図等を用いて解説する。

30分

有効数字の必要性

- 中学校で学習した「温度計の目盛りの1/10まで読む」はなぜ言われるのかを丁寧に説明する。
- 有効数字の必要性とルールを解説する。

20分

有効数字を考慮した計算練習

- 有効数字の規則に従った計算を実践する。

自然科学系の教員ならば必ず学習した内容である「誤差」「有効数字」を合わせて1年生の最初に学習します。この学習内容を見れば分かる通り、理科全般に必要な知識であり、実験などでは必ず考慮しなければいけないものです。しかし、この学習を生かすタイミングはどうしても実験の慌ただしい最中や、問題演習で有効数字を考慮した計算ができたときなど、体系的に学ぶには不向きなタイミングになります。とはいえ、この内容をじっくり学習するには各科目で時間を要するのは少し気が引けるものです。

指導するポイントとしては、少しでも体験的な学びができるようにノギスを用いて実際に測定を行うこと、測定した値のばらつきから「誤差」の概念を生徒自身が持ちそこから誤算への学びに結びつけること、中学校での体験を元に有効数字を理解してもらい、実際に計算をしてもらうなどして有効数字の重要性を感じてもらふことの3点です。どうしても理屈っぽくなる部分ですが、できる限り体験的な事柄を中心とした授業にしています。

【概要】

最初の3展開の授業では、大きい値・小さい値、誤差と有効数字、指数・対数という「数」を正しく扱うための基本的な知識を学習します。理科や数学の授業の中から敢えてこの項目を取り出して授業することで、「数」の扱いに対する生徒の意識を高めたいと考えています。

数学

指数・対数①

【ねらい】

- ①整数の指数、対数の定義を知り、計算ができる。
- ②指数の「拡張」や対数の「定義」、「性質の証明など、計算を支える土台を構築する数学の世界を体験する。

【授業の流れ】

25分

指数の拡張（自然数から整数へ）

- 指数が整数の場合について定義し、指数法則が成り立つことを具体的な値で確認する。

20分

指数法則を用いた計算練習

- 指数が整数の場合の基本的な計算練習と化学基礎の資料集に掲載されている指数で表された数の複雑な計算も扱う。

15分

対数の定義

- 「 $a^p=M \Leftrightarrow \log_a M=p$ 」を理解する。

30分

対数の性質の証明と計算練習

- 指数法則を利用して対数の性質を導く。

数学IIで扱う指数の拡張(自然数から有理数へ)を、この授業では、自然数から整数への拡張に焦点をあてて説明します。自然数の指数における様子を観察し、0乗や負の指数をどのように定義するのがよいかを考察した上で「定義」します。さらに「指数法則」が成り立つことを具体的な数値を使って確かめ、自然な拡張になっていることも確認します。指数法則を用いた計算は時間を多めにとり、生徒が「できる！」という感覚が得られるようにしています。対数を定義したあと、指数表記と対数表記の言い換え練習を行い、性質を証明した上で対数の計算に取り組みます。化学基礎で既出のpHについても話題に挙げて対数のイメージを持たせます。計算ができるようになることが第1目標ですが、形式的に計算ができることの背景にある数学の世界を少しでも生徒が実感できる場にもしたいと考えています。ただし、対数の計算は、対数の性質をみながら計算してよいとしています。

『担当教員による気づき』

理科教員(物理): 有効数字と誤差

「大きい値や、小さい値、有効数字、誤差に焦点をあてて、1年生の最初に扱うことは、この後の課題研究だけでなく、教科の学習においても重要であるように感じる。なかなか定着はしないが、何度もやるのが大切。」

理科教員(化学): 大きい値・小さい値

「化学基礎の授業でも指数や対数が出てくるが、その時は天下りの説明になりがち。この授業があることで、数学の先生が説明してくれるという安心感がある。単純な計算の仕方だけでなく自分で教えることもできなくはないが、数学の教員ができて、教えるということが、大事なスパイスになっているように感じます。」

数学教員: 指数・対数①

「この授業では、多少厳密さにかけても、指数計算や対数計算な

ど、技術としての数学を扱うことを意識している。その一方で「定義」することの意味や、「証明」の面白さに気付いたなど、振り返りに書く生徒もおり、理科と絡めて授業しているからこそ、数学のよさ、を実感できる場になる可能性もあると感じています。」





数学

指数・対数②

【ねらい】

- ① グラフから、値の変化や特徴を考察する。
- ② 指数・対数の活用を通してその有用性を実感する。

【授業の流れ】

15分

指数関数のグラフをかく

- $y=a^x$ について $a=10$ として x に整数の値を入れて表を作成し、グラフをかく。

10分

対数の定義(復習) 対数の定義の確認

20分

対数関数のグラフをかく

- $y=10^x$ のグラフと $y=\log_{10}x$ のグラフをかく。グラフの概形や対称性について観察する。

20分

対数の法則 性質の説明と計算練習

25分

対数関数の利用～地震のマグニチュード～

- マグニチュードの値の意味を知る。

指数・対数①で、指数を整数まで拡張したことを確認し、 (x, y) の表をつくりプロットした点をつなげグラフを手でかきます。有理数、実数まで拡張できることには触れる程度にとどめます。後半に常用対数を扱うため底は10にしています。グラフはかきにくいですが、生徒は変化のスピードを実感するようです。関数の変化とグラフの特徴の関係や、指数関数と対数関数のグラフが直線 $y=x$ に関して線対称の位置にあることなども確認しながら、グラフを用いて関数の変化を考察します。

後半は、対数の応用例を問題を解く形で扱います。常用対数表の見方や桁数の問題を紹介します。さらに、地震のマグニチュードを扱い、ことばとしては身近であるが、感覚的に使っている値が、何を表している値なのか、指数、対数やそのグラフを学習したことで深く理解できることを学びます。時間があれば、星の等級や音(オクターブ)についても触れ、指数と対数の有用性を実感し、興味関心を高めます。

情報

Excelでグラフをかこう

【ねらい】

- ① Excelで二次関数、指数関数、対数関数の定義域と値域の表を作成し、グラフがかける。
- ② 自然現象のシミュレーションから、グラフがかける。

【授業の流れ】

20分

グラフ作成の基本操作

- Excel上で $y=x, y=x^2$ の表とグラフを作成し、グラフのプロットエリアの調整、マーカーの設定などの操作説明。

45分

指数・対数のグラフ

- $y=2^x, y=10^x, y=\log_2x, y=\log_{10}x$ のグラフを作成。
- 2つのグラフが直線 $y=x$ に関して対称であることを確認。
- 「対数関数と指数関数を片対数グラフにするとなぜ直線になるのか」を発展的な課題として紹介。

25分

指数関数の利用～半減期～

- セシウム137とセシウム134の原子核の残量について、数式モデルからシミュレーションして棒グラフを作成。

情報科の科目では、表計算ソフトウェアを使って、基本的な技能の習得や、社会現象や自然現象をモデル化すること、そしてシミュレーションを行い、分析・考察することを行っています。しかし、数学の数式や関数のグラフをかくといったことはしません。そのため、本授業では、数学の数式や関数に焦点を当て、Excelを使ってグラフをかくことを行いました。特に、3展開のうちの数学の授業で習った指数・対数関数について、Excelでグラフにする、 $1E-10$ といった指数表記を理解する、関数の表示に適したグラフレイアウトの選択や軸の書式設定の選択、そして片対数グラフや両対数グラフを作成することを学びます。これにより、関数が曲線から直線になり、変数同士の関係性が可視化できます。

また、応用として、物理で習う半減期について、Excelでシミュレーションすることを行います。放射性同位体のExcelの適切な活用方法を学ぶ事で、来年度以降の課題研究で必要な分析スキルを身につけることができます。

【概要】

2つの方法でグラフをかき、グラフをかく上での留意点について考えます。また、関数(指数関数・対数関数)の変化をグラフから考察したり、「暖かさの指数」をもとに回帰直線をひいて、未来を予測するなど、これまでとは一味違うグラフの活用法を学びます。

生物

暖かさの指数

【ねらい】

- ①手書きでグラフをかくことで、グラフ作成の基礎を習得する。
- ②回帰直線式の活用事例を理解する。

【授業の流れ】

10分

自然科学におけるグラフのかき方

- ・「軸の意味・単位を書く」「図の番号とタイトルを下に書く」等、グラフ作成の基礎を確認する。

20分

日本のバイオームと暖かさの指数

- ・降水量が多い日本では、バイオームの分布が暖かさの指数とよく対応していることを指導する。
- ・気象庁のデータを使って、暖かさの指数を算出する過程を指導する。

60分

バイオームが変化する年代予測(実習)

- ・担当地点で1900年から2020年まで、30年ごとに暖かさの指数を計算し、回帰直線式をもとにバイオームが変化する年代を予測する。

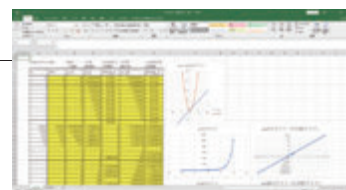
生物基礎『植生の多様性と分布』の単元で扱う「暖かさの指数」をもとに、本授業ではグラフの描き方とその活用事例について指導します。課題研究ではExcelなどの表計算ソフトを用いてグラフを作成し、コンテストや学会で発表することが多くあります。一方、表計算ソフトで作成したグラフは機械的に処理されてしまい、自然科学の観点から注意すべき点を見落としたグラフが、生徒の間に散見されます。そこで、本授業では手書きでグラフ作成を行い、注意すべき基本事項を習得させることをねらいとしています。

また、90分という短い授業の中でも、課題研究的な取り組みを実感できるよう、気象庁のウェブサイトアクセスし、データを取得するという過程を設定しています。実際のデータは教科書のように綺麗でないことを実感しつつ、それらをプロットして回帰直線を作成し、その回帰直線式を活用することで未来予測を行うといった一連の流れを体験できる授業としています。

『担当教員による気づき』

数学・情報

「2つの授業で指数関数、対数関数のグラフについて扱っている。クラスによって学ぶ順番が違うため、順番に依存しないような授業づくりをしているが、説明が重なる部分も多い。そこが重要な部分でもあり、どちらかの授業で気づきを得られればよいし、科目のつながりを感じる機会にもなる。また、情報の授業では、Excelで現れたグラフに対して数学的な知識を用いて吟味する時間、数学の授業では、学んだことがグラフでどのように可視化されるのかを眺める時間をもう少しとりたいが、それもお互いでカバーしあっているようにも感じている。」

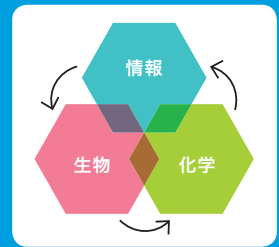


生物

「他の2つの授業は、指数対数関数のグラフという、理論が先にある形でグラフをかいていく。これとは対照的に生物では、実際のデータを用いて、手でグラフにしていく。軸のとり方や、幅の取り方についても正解はなく自分で考えて設定するため、同じデータでもグラフの見え方、解釈も変わるということを実感し、課題研究におけるグラフの活用について考えてほしい。」

生徒の振り返り

- 3つの授業では、グラフのもととなっている数式についての理解を深めた上で、実際にそれをグラフにする技術を習得し、最終的には今まで学んだことを生かしてデータをグラフにしたものから未来を予測するという発展的な内容まで取り扱い、とてもためになった。
- グラフをより身近に感じられるようになった。身の回りの現象を自分でグラフに表し、そこから色々な発見ができるようになりたい。



情報

データサイエンス

【ねらい】

- ① Excel を使って、データから散布図を作成する。
- ② データサイエンスの分析手法の一つである回帰について学び、その中で使用されている最小二乗法と勾配降下法について理解する。

【授業の流れ】

- 20分 散布図の作成
 - 散布図を作るためのデータフォーマットの作成、散布図の作成方法について学ぶ。
- 35分 パラメータの予測と誤差の算出
 - データからパラメータを推測し、Excelで回帰直線を作成する。どのようなパラメータが最もデータを近似するか試行錯誤する。
- 35分 最小二乗法と勾配降下法
 - 最小二乗法の式について説明し、良いパラメータを求めるための方法の一つである勾配降下法について、簡単な二次関数を例に説明する。また、ソルバーを使った手法についても紹介する。

参考文献：立石賢吾，やさしく学ぶ機械学習を理解するための数学のきほん，マイナビ出版，2017

近年の高度情報社会では、多種多様で大規模なデータ（ビッグデータ）が収集されています。国や自治体、企業がオープンデータとして公開することもあり、その分析と活用が求められています。

本授業では、企業の広告費とバナーのクリック回数のデータを例として、データサイエンスの手法の一つである機械学習の回帰について学びます。また、それらの関係性を散布図でグラフ化し、さらに、Excelを用いて近似曲線の立式を行います。さらにその式を用いて、最適な変数を決定する方法の一つである最小二乗法について説明し、Excelを活用して近似曲線の作成を体験します。

また、コンピュータ上で最小二乗法を実現するための近似計算である勾配降下法についての説明を行い、どのようにしてコンピュータが近似曲線の変数を決定しているか、手を動かしながら理解します。この授業を受けることで、データサイエンスの解法について理論と実践の側面から学ぶことができます。

生物

マイクロメーターの使い方

【ねらい】

- ① マイクロメーターを使って様々な脊椎動物の赤血球の大きさを計測する。
- ② 赤血球が小型化した生物学的な意義を考察する。

【授業の流れ】

- 30分 マイクロメーターの使い方
 - 顕微鏡へのマイクロメーターの取り付け方、接眼マイクロメーターの1目盛りの長さを求める方法と視野の中での計測方法を指導する。
- 25分 接眼マイクロメーター1目盛りの長さ（実習）
 - 顕微鏡の各倍率における接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求める。
- 35分 様々な脊椎動物の赤血球の大きさ（実習）
 - 魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類の血液の永久プレパラートを用いて、それぞれの赤血球の大きさを計測し、その違いについて考察する。

生物基礎の顕微鏡観察で扱う「マイクロメーター」をもとに、本授業では様々な脊椎動物の赤血球の大きさを計測し、その生物学的な意義について考察します。

顕微鏡の視野の中で対象物の大きさを計測する方法としてマイクロメーターがあり、接眼マイクロメーター1目盛りの長さを求める方法を指導します。授業を通して「なぜ対物マイクロメーターではなく、接眼マイクロメーターによって対象物の大きさを計測する必要があるのか」ということも考えさせ、ただ器具を使えるようになるだけでなく、器具そのものについても理解することに目が向くよう心がけています。

また、今後の探究活動につながるよう、様々な脊椎動物の赤血球の大きさを計測し、自分のデータをもとに考察します。赤血球が小型であるほど体積に対する表面積の割合が大きくなり、効率的に酸素の受け渡しができるということに気づかせ、生物の進化について考察する楽しさを体験できる授業としています。

【概要】

データ分析を行う上で、まず、データを取得するということがどういうことか、実験、測定によるデータ収集を実際に体験します。さらに、自分で取得したデータを使った考察や、データ分析における高度な技法についても学習し、課題研究への意欲を高めます。

化学

化学実験によるデータ取得

【ねらい】

実験から得られたデータをもとにグラフを作成して考察を行うことで、化学変化の量的関係を理解する。

【授業の流れ】

【実験】 化学変化の量的関係

45分

- 濃度未知の塩酸30mLを正確にはかり取り、そこに炭酸カルシウムを加えて十分に反応させ、反応前後の質量変化から発生した二酸化炭素の質量を求める。このとき、班によって使用する炭酸カルシウムの質量を変えて実験する。

データの共有・グラフ作成

25分

- 黒板に各班の実験結果を書いてクラス全体で共有する。全体の実験結果をもとに、横軸に炭酸カルシウムの質量、縦軸に二酸化炭素の質量をとってグラフを作成する。

塩酸の濃度を求める

20分

- グラフから、今回使用した塩酸と過不足なく反応した炭酸カルシウムの質量を求め、量的関係から塩酸のモル濃度を算出する。

炭酸カルシウムと塩酸の反応は中学校の「質量保存の法則」の単元でも扱われる題材ですが、高校では物質量を用いて化学変化の量的関係を考えることができるようになるので、このタイミングで時間をかけて実験と考察を行っています。また、直前の3展開「グラフ」の授業で、用意されたデータを使ってグラフのかき方を学習しているため、ここでは自分たちで実験からデータを取得するところから始め、グラフを用いた考察を実践しています。グラフのタイトルの位置や近似直線の引き方などグラフ作成時の注意点もここで改めて確認しています。

化学的な定量実験では、少しの操作ミスが実験結果の大きな誤差につながる場合があります。今回の実験では、考察をするために班の結果がクラス全体で共有されるため、生徒たちは正確に実験をしようと試料の体積や質量の測定をいつも以上に慎重に行っている様子が見受けられます。ひとつひとつの操作を精密に行う意識の定着もこの授業のねらいのひとつです。

『担当教員による気づき』

生物・化学

「ここでは取得したデータから議論することに主眼を置いています。中学校でも学習している基本的な化学・生物分野の実験から自分たちでデータを取得し、そのデータをもとに考察、共有、議論するという一連の流れが1つの授業の中でできることが重要です。また簡易的な実験だからこそ、得られたデータに対して生徒は自分のことばで語ることで議論も活発になるように感じています。」

情報

「このデータサイエンスの授業では、データ処理によってデータを整形した後、グラフを描いたり、予測値を求めたりする際にコンピュータはどのように予測値を求めているのかというデータ分析に焦点をあてています。コンピュータには、扱うのが得意な数式がありその計算を高速に繰り返すことで予測値を求めています。」

すが、簡単なものであれば人間の手で行うこともできます。それを実際に体験することで、コンピュータ内部でどの



ような計算が行われているのかを知ることができます。今後の活動において何かツールを使う際にも、できた値やグラフが何を表しているのか、どのように計算されているのかに目を向けられるようになってほしいと考えています。

近年の生徒は、コンピュータを使いこなす生徒が増えていると感じています。ソフトウェア固有の操作方法について躓く部分も見受けられますが、教員が適切に指導することで、教員が普段思い付かない新しい表現方法などを展開するなど、教員にとっても良い刺激になります。」

高レベル放射性廃棄物の処分について

◎ この授業で考えてもらいたいこと

いまだ解決していない社会的問題について考えるために高レベル放射性廃棄物処分の事例をもとにした授業を実施しています。概要を知り、可能な限り科学的知見を得るために専門機関の方々による特別講義と、ワークショップを2回(90分×2回)に分けて実施し、実際の社会で生じている課題に対して真摯に向き合う思考を養います。

最初の特別講義では、原子力発電環境整備機構(NUMO)の方をお招きして、高レベル放射性廃棄物についてはもとより、世界や日本の原子力発電の現状や、様々な処分の仕方、処理場設置のための議論の進め方について客観的なデータを駆使して丁寧に説明していただいています。

次の授業の90分で「高レベル放射性廃棄物処理場を設置す

る」ことをテーマとして、ロールプレイによるワークショップを実施しています。特別講義の知識をフルに活かしながら高レベル放射性廃棄物の理解を深めるとともに、多様な価値観を持つ市民がいる中での課題解決の難しさを生徒同士の対話によって実感してもらいます。

いくつかの社会課題は、現状での科学技術を用いることで解決の方向性を定めることが可能な事柄もありますが、実際に解決するためには不都合が生じることも多くあります。より良い社会を創るために、考え続けることや対話をする大切さを理解し、さらなる科学技術の発展や法整備を促進できる大人になってほしいと願っています。

◎ 特別講義の内容

原子力発電環境整備機構(NUMO)の職員の方より

- ・日本のエネルギーと原子力発電の状況、世界との比較

- ・高レベル放射性廃棄物の概要

高レベル放射性廃棄物って何? : 放射性物質, 放射線, 半減期について

高レベル放射性廃棄物ってどこにどれだけあるの? : 使用済み核燃料, 一時保管について

高レベル放射性廃棄物はどうやって処分するの? : 処分の方法の種類や制約について

- ・地層処分

地層処分場ってどんな施設? : 規模や設置費用について

地層処分の安全性は? : 人工バリアで使うベントナイトの実験, 日本の地学的特性について

地層処分はどのように進めるの? : 事業プロセスの紹介, 「科学的特性マップ」の紹介, 現在進められている事例紹介

- ・他の国の状況 : 諸外国における地層処分事業の進捗

- ・NUMOの取組み紹介



【概要】

実際の社会課題の1つを取り上げて、現在どこまで科学的根拠を持って取り組んでいるかを理解します。それと同時に、科学的知見だけでは解決できない問題について生徒同士の対話を通して考えてもらいます。

○ ワークショップ

【ねらい】

- ①特別講義の内容をより理解すること。
- ②さまざまな客観的情報（数値、グラフ、今まで学習した知識）をフルに活かしながら根拠を示して説明を行う実践をすること。
- ③現実に直面している課題についてどのように解決していくべきかを考え続けること。

【ワークショップの流れ】

アイスブレイク：前回の特別講義の振り返り

ワークショップ概要説明：

10分
ロール設定
「今から、みなさんには科学的特性マップでの【好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い】か？【輸送面でも好ましい】ある町の「住民」とその町の「地元政治家」のどちらかになってもらいます」
前提として、
・「地元住民」は最終処分場設置に反対の立場
・「地元政治家」は最終処分場設置に賛成の立場をとることにします。

ワーク1-1：個人でまとめる

1人で前回の特別講義で配付されたデータなどを用いながら意見をつくる。

ワーク1-2：情報共有

35分
近くの「仲間」と自分が考えた意見について共有する。

ワーク1-3：意見主張（「地元住民」側）

根拠となるデータとともに、最終処分場設置に反対の意見を述べる。

ワーク1-4：意見主張（「地元政治家」側）

根拠となるデータとともに、最終処分場設置に賛成の意見を述べる。

ワーク2-1：反論をまとめる

20分
それぞれの意見を聞いて、反論を考える。
まずは「個人」でまとめた後、「仲間」で情報共有をする。

ワーク2-2：反論発表

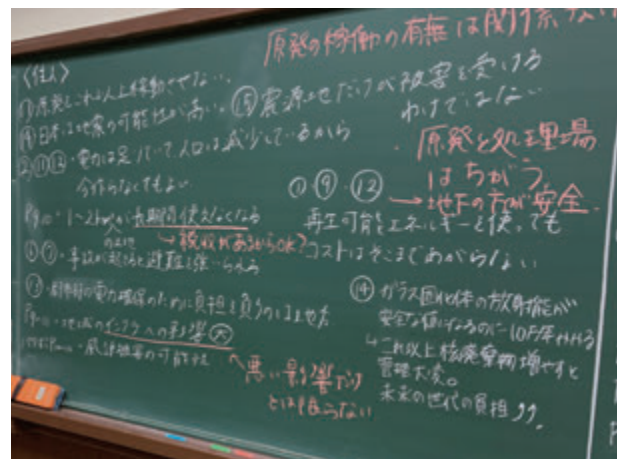
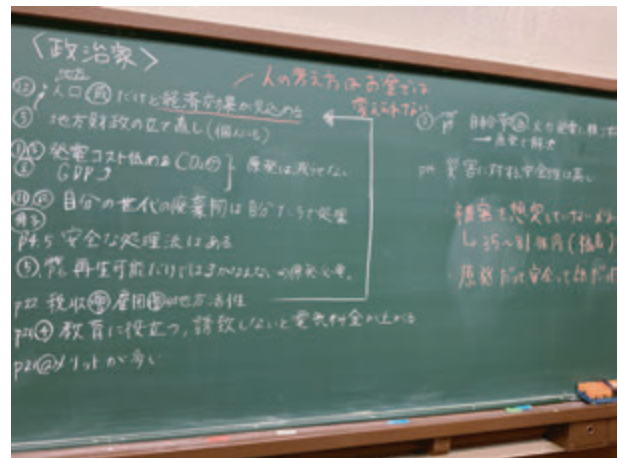
「地元住民」側から「地元政治家」側への反論を発表
「地元政治家」側から「地元住民」側への反論を発表
ここで出た意見での再反論等を随時行う。

クロージング：「なぜ意見が異なるのか」の検証

15分
ロールを解いて、改めてこの課題について考えてみる。

特に講義内容の理解や、論理的に説明するという技能を習得・向上してもらうために「ワーク1」で、個人で考えたり少人数で話し合ったりする時間をしっかり取っています。またロールを設定することによって、ある程度考える方向性を統一すること、本人の意志や思考とは別のため根拠のある意見を伝えることに徹することができます。「ワーク2」の反論パートでは議論が白熱することもあり、下の写真のようにそれぞれの立場の意見やそれに対する反論を記述した内容で黒板がぎっしりと埋めつくされます。

この授業での教員の立ち位置は完全に議論のタイムキーパー・裏方に徹していることが特徴です。



生徒から出た意見・主張(上：地元政治家側、下：地元住民側)

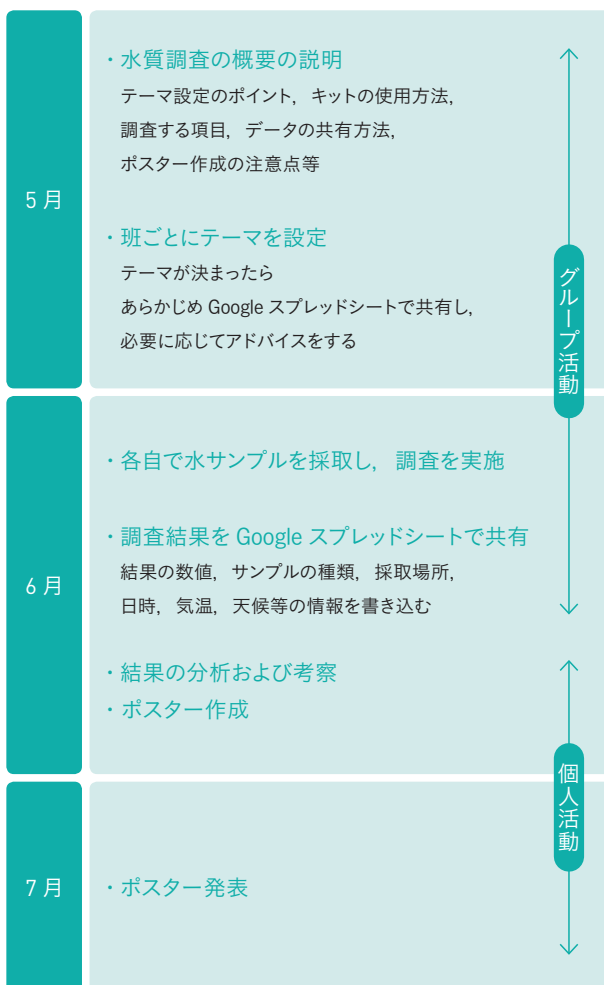
水質調査

◎ この授業のねらい

水は身のまわりのどこにでもあり、我々の生活に欠かせない最も身近な物質の一つです。そのため、生活に関連した内容や環境問題等、多種多様なテーマの設定が可能です。実験自体はキットを用いた簡易的なものなので、正確性や実験の精密さは求めず「まずは実際にやってみる」をモットーに活動しています。テーマ設定から発表まで研究の一連の流れを体験する機会とし、その後の学習や活動への理解を促すことを目指して授業を行っています。



◎ 手順・流れ



調査には株式会社共立理化学研究所のパックテスト®を使用し、pH、COD、アンモニウム〈アンモニウム態窒素〉、亜硝酸〈亜硝酸態窒素〉、残留塩素(遊離)の5種類のパックと標準色を印刷した紙をセットにして生徒に配布しています。キットを用いた水質調査では、2つ以上のサンプルの比較から考察することが主となるため、科学的な研究において重要である対照実験の条件設定を体験できる題材です。分析や考察をする際には、参考として他班のデータも使用してよいことにしています。自分たちの班のデータと、他班のデータを比較することで新たな考えが生まれる場合も多くあります。

この授業が始まった当初は、例年5月に実施している学年合宿において、諏訪湖周辺の水質調査を行っていました。しかし、2020年度からは、新型コロナウイルス感染症の流行によって合宿が実施できなかったため、身のまわりにある水を対象とした調査に切り替えて実施しています。

調査の成果は16：9サイズのスライド1枚にまとめたポスターを作成し、データで提出してもらい、クラス全員のポスターを1つのファイルに集約して生徒に配信しています。発表は、ノートパソコンの画面に自分のポスターを表示して複数名で一緒に見ながら発表するスタイルで行っています。これにより、ポスターを全員分印刷する必要がなく、また、発表を聞けなかったポスターも自由に見られるようになりました。2学次「課題研究I」では、ポスター発表の機会が多いため、ここで一度全員がポスター作成と発表を経験することもこの授業の大切な役割の一つとなっています。

【概要】

簡易的な水質調査キットを活用して、調査およびポスター発表を行っています。グループで調査テーマを設定し、テーマに沿った水サンプルに対して調査を実施、グループ内で共有して得られたデータをもとに1人1枚ポスターを作成しています。

● 生徒作成ポスター例



砂利や布を使って実際に自分たちで作成したろ過装置の性能を調査



セッケンや洗剤が排水として流されたとき環境に及ぼす影響を調査



生き物が生息することによる水質の変化をカメラやメダカを用いて調査



牛乳在水中の汚れに見立てて、アサリによる浄化作用を調査

● 発表会

4人組をつくり、1人ずつ順番に発表する形式で、発表時間を5分、質疑応答を3分設定しています。前半後半でメンバーを変えて2回発表する機会を設けています。発表を聞いたらコメントを書いて、発表者へのフィードバックを行い、最後に自分の発表、他者の発表、他者からのコメントをもとに振り返りを行っています。

→1回目：一緒に調査をした班で発表

同じデータに対しても様々な考察ができることを知る時間

→2回目：ランダムで組んだメンバーで発表

内容を知らない人にもわかりやすく伝える時間

● 生徒の振り返り

「自分たちで実験し、結果を考察してポスターにまとめるという経験はあまりなかったので新鮮だった」「同じ結果をもとにしているのにも関わらず、全く違う考察をしていたり、違うところに着眼していたりして面白かった」「(同班の人の発表を聞いて)自分には不足していた情報や発表時のスキルを加え、自分の発表を再構築してから、他班の人との発表に挑んだので、2回目はベストな発表ができた」「対照実験をするときの条件を考えると結果を分析するところまで、難しく大変だったが、発表を聞いてくれた人から発想が面白いと言ってもらえてうれしかった」

身のまわりの酸の定量実験

◎ この授業のねらい

中和滴定のような精度をあげるために同じ操作を繰り返し行う必要がある実験は、通常の授業では十分な時間を確保できず、簡略化せざるを得ない場合も多くあります。この授業では、3週(計6時間)にわたって実験する時間を確保しているため、生徒自ら失敗をしたり工夫をしたりしながら、より正確に定量する方法を模索することができます。また、得られた複数のデータをどのように分析・考察して発表するか、ここまでの授業や特別講義で学習したことをフル活用する機会になります。



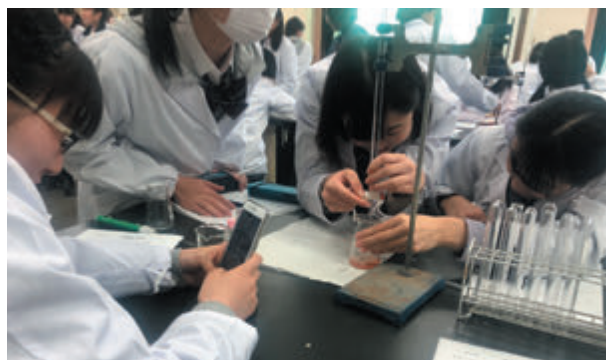
◎ 手順・流れ

科目	時数	内容
化	2	講義：酸と塩基 酸塩基の定義、電離度、pH、指示薬などについて学ぶ
化	2	講義：中和滴定 中和の量的関係や滴定操作について学ぶ
化	1	実験：シュウ酸標準溶液の調製 メスフラスコを用いて溶液を調製する
化	1	実験：NaOH水溶液の標定 調製した標準溶液で標定を行い、滴定操作を習得する
課	2	実験：食酢の定量 食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を中和滴定で求める
化	1	講義：「食酢の定量」の解説 滴定値から質量パーセント濃度を算出する過程を確認する
課	4	実験：身のまわりの酸の定量 グループで決めたテーマに沿って探究する
課	2	口頭発表会

化：化学基礎、課：課題研究基礎

本校では、1学年で化学基礎(2単位)が設定されています。2学期の後半(10~12月)は、化学基礎の授業で学習した酸塩基や中和滴定に関する基本的な知識・技能を活かして、課題研究基礎の授業で探究的な活動を行えるように授業スケジュールを調整しています。

課題研究基礎としては、まず5倍に希釈した食酢を水酸化ナトリウム水溶液で滴定する実験を行います。高い精度で結果が得られるように、「0.1 mLの範囲に3つのデータが含まれる」を目安に繰り返し操作を行うよう指示しています。次に、10種類の試料を用意し、その中からグループで好きなものを選び、テーマを決めて実験を行います。ここでは、試料の希釈倍率を決めるところから自分たちで行うため、「少し滴下したらすぐ中和点になってしまった!」「今度はどれだけ入れても指示薬が変色しない!」など、試行錯誤しながら実験を進めています。



【概要】

私たちの身のまわりには、飲料や調味料など酸を含む製品が多くあります。それらを題材としてグループでテーマを決め、中和滴定を用いて酸の定量をします。得られた結果から考察し、グループでの口頭発表を行っています。

◎ 実際の実験例

2020年	試料 レモン果汁／グレープフルーツジュース／コーラ／炭酸水／乳酸菌飲料／リンゴ酢／ポン酢／トイレ用酸性洗剤／お酢ドリンク／梅干し	テーマ例 <ul style="list-style-type: none">・ ジュースで歯は溶けるのか？ 「コーラを飲むと歯が溶ける」という説を検証するために、様々なジュースに含まれる酸の定量を行った研究・ のこすな！危険！ 酸性の食品を水道に流すと水質汚染の原因になると考え、飲料や梅干に含まれるクエン酸の量を測定した研究	Teacher's voice / ジュース類や食品の試料リクエストが多くテーマも食や体に関するものが多かったです。1学期に行った水質調査との繋がりも見受けられました。
	2021年	試料 レモン果汁／レモン系炭酸飲料／リンゴジュース／炭酸水／乳酸菌飲料／リンゴ酢／お酢ドリンク／トイレ用酸性洗剤／ボディソープ／入浴剤	テーマ例 <ul style="list-style-type: none">・ 効率の良い酸の取り方 酢酸を含む調味料や飲料の酸度を調べて、最も少ない量で酢酸の1日の摂取基準を満たすものはどれかを調べた研究・ おいしく飲める酸の濃度 食酢とお酢ドリンクの酸の量を比較して、薄めずにおいしく飲める酢酸の濃度はどの程度かを調べる研究

◎ 発表会

グループごとにスライドを用いた口頭発表を行っています。発表時間4分、質疑応答3分として、クラスごとに全10グループが発表します。初めての口頭発表ですが、直前に実施している「プレゼンデザイン論」の特別講義で学習したことを活かして、プレゼンの構成を考えたり、わかりやすいスライドを作成したり、各グループの創意工夫が見られる発表会です。また、自分たちが発表をするだけでなく、他者の発表を聞く姿勢として、積極的に質問することが大切であることも伝えています。質疑応答を行うことで発表者も聞いている人も理解が深まることを実感してほしいと思っています。

◎ 生徒の振り返り

「今まで研究をどのように進めていけばいいのかあやふやだったが、中和滴定の授業を通して研究の進め方や発表の仕方を知ることができた」「物質量の計算を問題として解くのととは違って、『この値を出せばいいんじゃないか』『何倍に希釈したら一番わかりやすいか』などといったところから自分たちで決めて考えることができ、化学基礎の内容を深めながら興味をもって取り組むことができた」「プレゼンデザイン論の講義を聞いたことで滴定実験のスライドのつくり方や発表の仕方を工夫することができ、講義のおかげでレベルアップできた」

分野別課題研究

～2年次課題研究Ⅰに向けてのプレ科学的探究活動～

【概要】

これまでの学習をふまえ、4分野(「化学」「生物」「物理・地学」「数学・情報」)に分かれてグループ別課題研究を行います。担当教員が各分野の手法や対象を限定した上で、生徒の希望をとり人数調整を行います。原則グループ活動(2人～4人)とし、そこからどう切り込むかは生徒が考え、実験、検証、考察を3学期いっぱいかけて行います。最後は、各分野で全グループがプレゼンテーションを行い、そこで選ばれたグループが学年全体で発表します。

化学 「滴定実験を用いた調査」

2学期に行っている中和滴定や、3学期に化学基礎の授業で学習する酸化還元滴定を用いた実験を考案・実施しています。滴定という実験手法のみを指定し、具体的なテーマは班ごとに生徒たち自身が決めるため、毎年様々なテーマが出てきます。中でも食品や化粧品などが「健康に良いか」、「肌に良いか」といったテーマを挙げてくるグループが多く、身のまわりのものを科学的に考えることに関心が高いことが分かります。ただ、身のまわりのものはたくさんの成分を含む混合物がほとんどで、実験結果の原因をつきとめにくかったり、「健康に良い」をどうやって客観的に評価するのかといった難しさがあったり、再現性や客観性が確保できない研究になりやすい題材でもあります。こちらから題材を提示することはせずに生徒の興味関心を尊重し

つつも、科学的な考察ができる実験になるように、実験計画の段階で問題点の指摘やアドバイスをしています。それでも実験が思うようにいかないことも多々ありますが、研究成果をあげること以上に、話し合いながら試行錯誤することから多くのことが学べると考えています。

テーマ例

- 頑固汚れはどれ??ケチャップvsタバコvsボン酢
- 果実内の部位による酸度と糖度の違い
- 効率よくビタミンCを摂りたい!
- 甘いみかんをつくる
- 米のとぎ汁が与える水質汚染への影響



滴定実験の様子

生物 「生命現象を定量的に考える」

中学校までの生物の学びから、生物というと「名称などの暗記中心」「物理や化学と違って計算がなくて楽」と思っている生徒が多く、実際に課題研究に取り組ませても自然科学として適切な研究にならない様子が散見されました。本授業では「生命現象を定量的に考える」という取り組み方のみを固定し、研究テーマは各グループごとに決めています。生徒たちは生命現象に関連した問いを立て、数値を使って客観的にその問いに答えるプロセスを経験することになります。たとえば、「ゼブラフィッシュの落ち着く色は?」というテーマを設定した場合、落ち着きや不安の指標として何を数値化するのか、生徒によく考えさせるようにしています。計測可能な項目は距離・時間・回数など限られており、生徒たちは先行研究などを調べながら、ゼブラ

フィッシュが特定の色に滞在する時間が心理的な指標となりうることに気づきます。そして、得られた結果が数値であることによって統計処理が可能となることや、その信頼性を保証するため多くの測定が必要であることに気づかせるのも本授業のねらいです。

テーマ例

- ゼブラフィッシュの落ち着く色は?/●ゼブラフィッシュは音に敏感??/●豆苗の再生速度について/●光の色と光合成/●いちごはyummy(いちごの色と糖度の関係)



コケをすりつぶしている様子

3学期分野別課題研究 主な流れ(8回)

	授業の流れ	教員の関わり
1	グループ分け テーマ設定 計画	オリエンテーション
2	実験(データ収集)	計画書等の確認
3	実験(データ収集)	途中経過の聞き取り(プリントの提出や面談) アドバイス
4	実験(データ分析)・考察	
5	実験(データ分析)・考察	
6	発表準備	アドバイス
7	分野別発表会	質疑応答の促進
8	全体発表会	全体講評

物理・地学 「クレーターを作って分析してみよう」「流れを解析してみよう」

どちらのテーマも物理学観点から地球・惑星環境に結びつくテーマで、「物を落とす」「物を流す」のように単純な動作で結果が得られるのと同時に、最先端の研究でも未知な事象が多く、地球・惑星などスケールの大きい問題を取り扱う分野になります。単純な実験からいかに地球や惑星環境に模して、ある程度根拠のある実験設定にするか、発想力および実験制御をする技能がポイントになります。最初はリアルに再現させたいために短期間では到底実験困難な設定をしたり、大規模な実験を組み立てようと試みますが、少し進めてみてすぐに無理難題と気づきます。そこからどこまでシンプルな実験にするか、この実験からどのような現象の説明ができるか、測定値としてはどれを使うかを必死に考えて研究を組み立てていきます。再設計した実験自

体はまるで小学生の砂場遊びや水遊びの延長のようなものですが、生徒たちは真剣にデータを取得します。主要な因果関係を見出す科学的な抽出力や、研究をストーリーとしてまとめ上げるユニークな発想力や思考力を育みたいと考えています。

テーマ例

- 月の土を予測する／●海洋の原油流出事故の被害を食い止める／●隕石の入射角とクレーターの形状／●鉄砲水-防災と予防-／●海に流れ込んだゴミがどのように影響するのか／●ゼリー状の地面に隕石を落とす



河川氾濫の実験の様子

数学・情報 「データサイエンス」

「数学I」や「社会と情報」、「課題研究基礎」で学んだデータサイエンスの知識や技能を活用して、データを分析し何かを主張、提案する実践を行います。社会的課題や教育、スポーツ、音楽など生徒の興味関心に合わせてグループをつくり、自分たちでテーマを決め、PPDACサイクルを軸に計画をたて研究を進めていきます。時間の制約なども考えて、データについては一般的に公開されているものを使用としています。

生徒は思うようなデータが見つからない、グラフにしてみたがどのように分析すればよいのかわからない、仮説通りにいかない＝失敗とってしまうなど、様々な問題に直面していきます。教員は、生徒が何をしたいのかを引き出しながら、必要最低限のアドバイスにとどめ、「仮説、計画を立てて分析を試みたが、思うよ

うに結果が出なかった」ということでも良しと考えています(最初からそうは伝えませんが)。結論から、仮説を再設定して分析することが大切であることや、なぜうまくいかなかったのか、どうするとよかったか、など生徒自身が実感し考えることで、2年生での課題研究につなげていきたいと考えています。

テーマ例

- 日本全国学力総上げ計画／●経済の混乱における原因別・業種別の投資リスク分析／●CHOCOLATE MARKETING／●駅を考える～住み続けられる街づくりに向けて～／●心理と音楽を探る



「CHOCOLATE MARKETING」の分野別発表の様子

課題研究基礎から課題研究Ⅰへ

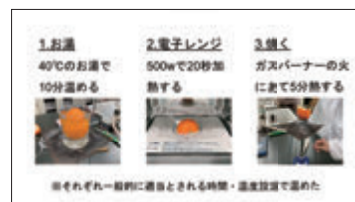
～ より興味関心が高い探究活動に向けて ～

分野別課題研究 生徒の振り返り

化学

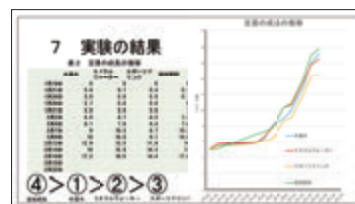
実験で、予想と違う結果が出たときは焦ることもありました。事前に用意された実験とは違って、実験が計画通りにいかない中で、自分たちで解決策を考えなければならないという感覚を中和滴定の授業に引き続き感じ、班員と協力してワクワクドキドキしながら実験することができました。更に、実験の時にイチゴがカビてしまい、カビが先端部分に集中していたことから、カビと糖度の関係についても調べてみたいと思いました。

分野別発表会のスライド（一部抜粋）



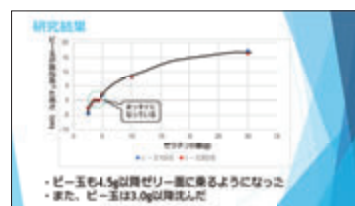
生物

自分たちで課題を設定して仮説を立てながら実験をするというのが生まれて初めてで、とても面白かったです。私たちの班は仮説とは違った結果ばかりでしてしまいましたが、そのたびにこんなことがいえるのではないかと考えました。調べたかった課題における問いについて答えを出す事は出来ませんでした。違う観点から問いについての答えを見出す事が出来るのではないかと新しい仮説を立てる事が出来ました。



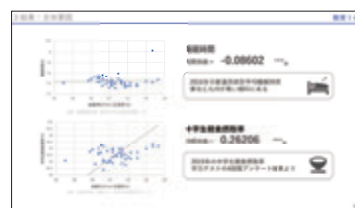
物理・地学

クレーターというテーマはありましたが、幅広い実験が可能で自由度も高く、自分たちで具体的に実験方法から吟味して行うことで、未知のものを追究する厳しさを痛感しました。また、今までの実験はなんとなく結果がわかっていて、方法もうまくいくように調節されているものばかりだったことがわかりました。やってみることで、初めてわかることや改善点が見えてきて試行錯誤の繰り返しであることを、身をもって実感しました。



数学・情報

学んだことが2つある。1つ目は研究することの面白さだ。データや統計をもとに、考えをめぐらせて研究していくというプロセスは決して簡単ではなかったが何か気づく瞬間に出会えたときは嬉しかった。そして固定概念にとらわれないこと、情報同士をつなぎあわせていくことの大切さも実感できた。2つ目は発表のスキルだ。他グループの発表を聞き、研究内容は勿論、発表の仕方についても新たなアプローチを見つけることができた。



2年必修 課題研究Ⅰ

「課題研究Ⅰ」では、文系理系にとらわれない6領域8分野で、自らの関心に沿ってテーマをたて、1年間かけて探究学習に取り組めます。この前段階として、分野や手法について教員側が予め枠を用意した中で分野別課題研究を行うことは、探究学習について具体的に知るという意味においても重要であると考えています。

設定領域・分野

- 地球環境科学
- 生命科学
- 暮らしの化学
- 数理・情報科学
- 音楽学
- 色と形の科学
- 文学
- 社会科学

評価 ↔ 指導

～ 成果と課題を自ら見出せる生徒へ ～

評価の内容

課題研究基礎は科学的探究に必要な知識・技能の基本を身につけることを目標としています。この目標に照らして、生徒同士や生徒自ら成果と課題に対して真摯に向き合えるような仕組みを整えるべく、ペーパーテスト、発表、振り返りを利用した評価を実施しています。

ペーパーテスト

科目横断的な三展開授業の内容については、1学期末と2学期末の年2回のペーパーテストを実施し、知識の理解と習得を促すとともに生徒の理解度を確認しています。

主に、科目ごとに授業で扱った基本的な内容をそれぞれ出題し、さらに大問1題分は知識をつなぎあわせて考える応用問題も出題しています。

発表(プレゼンテーション)

発表会では、生徒同士でも評価を行い、フィードバックすることで評価する側・される側の双方の立場で気づきを得ることができます。1学期の「水質調査」では、よかった点についてコメントする形で行いますが、2,3学期は、「発表時間厳守」「グラフや表を用いる」「参考文献の書き方」など少しずつ具体的な項目も提示しながら評価をしています。

振り返り

最初の授業でクリアブックを一人1冊配布し、授業プリントや実験の記録などをまとめていきます。また、各学期末には、学期全体を通して次のような振り返りを行っています。

授業や課題などを思い出しながら(授業ファイルの中身を見ながら)印象に残っている授業(課題)の内容や事項、自分の中の発見や新たな考え方・見方や疑問、調べてみたいことなどを400字程度で記入しましょう。

ペーパーテストは、知識の着実な定着を促すには最適であると同時に、点数として数値化されることで生徒の苦手意識が増幅する要素にもなり得ると感じています。そのため、発表活動や振り返りを行うことで成果を感じる機会も大切にしています。発表の評価では、回を重ねるごとに生徒同士のコメントも具体的な改善点を挙げるなど変化していきます。振り返りからは生徒の興味関心がどこにあるのか、どこに難しさを感じているのかも知ることができます。講義形式で得られた知識や技能を実験や発表で活用する経験やペーパーテストの結果から、学びに対する意欲の向上や自分の課題を見出し、課題研究Iに繋がっていくことが期待されます。

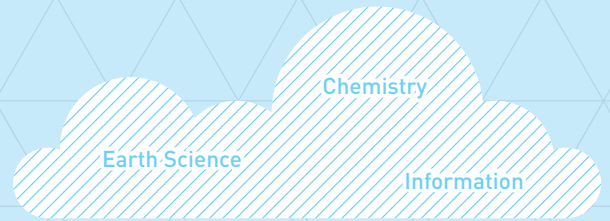
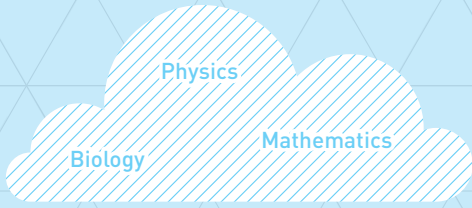
「課題研究基礎」の過去のペーパーテストや、年間指導計画は「国立大学法人お茶の水女子大学附属学校園教材・論文データベース」に掲載されています。

<https://kyozai-db.fz.ocha.ac.jp>



1年間を通しての生徒の振り返り

- 私は「理系科目はわからない」という意識が強く、また、研究もとてもハードルの高いものだと思っていたけれど、1年間を通してその意識が180度変わった。今では、自分の探究心に耳を傾けて、知りたいことを全力で追いかけていきたいと思っている。
- 数学、理科、情報の分野から学んだことで様々な切り口があることを学び、その知識を応用することができた。特に数学はどの分野にも関係していて、基礎からしっかり理解することで発展的な内容が考えられるようになると分かり、その重要性を実感した。
- 探究することの面白さや奥深さを知った。自分を取り巻いている全ての物事について、答えが出ていなくても、よく考えたり、考えたことを誰かと話したりすることは視野を広げ、新たな発見やつながりを見出すために大切なことだと学んだ。
- 数学や化学などのいわゆる理系科目を中心とした授業でしたが、決して理系分野だけで収まる内容ではなく、国語や社会などの教科に繋がるものや、日常生活につながるものまであって、「文系だから」「理系だから」というのは関係ないと実感しました。



お茶の水女子大学附属高等学校
Ochanomizu University Senior High School

〒112-8610 東京都文京区大塚2-1-1
TEL : 03-5978-5856 FAX : 03-5978-5858
HP : <https://www.fz.ocha.ac.jp/fk/>
E-mail : ochako-kenkyu@cc.ocha.ac.jp

