# 課題研究Ⅰ「粘性を測り，析ける（物理×化学）」　学習指導案

日　時　2026 年 11 月 20 日 9:20～11:10
対　象　第１学年 蘭・菊・梅組（女子 55 名）
学校名　お茶の水女子大学附属高等学校
授業者　朝倉 彬 ・ 山本 夏菜子
会　場　物理室・演習室

**本授業の概要**

本授業は，１年生全員が履修する学校設定科目「課題研究Ⅰ」の一部であり，科学的な事象を「測る」（測定して数値にする）ことと，得られたデータを「析(わ)ける」（処理・分析して意味を読み取る）ことを，理科と情報科の２教科を組み合わせて体験的に学ぶ。今回は，同じ時間帯に次の２つの授業を公開する。

①**粘性を測り，析ける（物理×化学）**　濃度の異なるグリセリン水溶液の粘性率を，温度を変えながら測定する。濃度・温度という２つの条件と粘性率の関係を１枚のグラフにどう表すかを考え，その変化の理由を分子の視点から考察する。

②**盲斑を測り，析ける（生物×情報）**　自分の右眼の盲斑の位置と大きさを測定する。約 50 名分のデータ（ダミーデータを加えたもの）を表計算ソフトで点検・整理し，「集めたデータをそのまま平均してよいのか」を考える。

２つの授業はどちらも「自分たちで測ったデータ」から出発する。①は条件をそろえて測った値をどう表すか，②は多くの人から集めた値をどう整えるかに焦点をあてている。ここで身につけた力は，３学期の「ミニ課題研究」と２年次の「課題研究Ⅱ」で，生徒が自分の研究のデータを扱うときに使われる。

## １　授業名・科目

単元名：「測り，析ける」～科学的事象の数値化とデータの処理・分析～
科　目：課題研究Ⅰ（教科「課題研究」，学校設定科目，第１学年必修，２単位）

## ２　「課題研究Ⅰ」の科目概要

本校はスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の第Ⅱ期指定（2024 年度～）を受け，「科学の力で未来を共創する女性リーダー育成カリキュラムの実践」を研究開発課題としている。その中心が，課題研究を軸にした３年間一貫のカリキュラムである。１年生では役割の異なる３つの科目を並行して学び，２年生では全員が自らテーマを立てて１年間研究に取り組む。

| 学年 | 科目（単位） | この科目の役割 |
|---|---|---|
| １年 | 課題研究入門（1） | 大学教員の講義から「問いの立て方」を学ぶ　…探究の出発点 |
| | 数学探究（1） | 課題研究で使う統計の土台となる数学的概念を学ぶ |
| | **課題研究Ⅰ（2）★本授業** | 理科・情報の教科横断で，探究に必要な知識・技能（測り方，データの扱い方，表し方）を体験的に身につける |
| ２年 | 課題研究Ⅱ（3） | 全員が自らテーマを設定し，１年間研究を進め，校内外で発表する |
| ３年 | 課題研究Ⅲ（1，選択） | 研究をさらに深め，論文や学会等で発信する |

課題研究Ⅰは，物理・化学・生物・情報の４名の教員が担当している。目標は「科学的探究力の礎となる知識・技能を融合的・体験的に身につけ，２年次の課題研究Ⅱで活用できるようになること」である。１年間を通して，探究活動の自由度が少しずつ上がるように構成している。

## 3　単元の目標

(1)科学的な事象を測定によって数値にする方法と，測定値を処理・表現するための基本的な知識・技能（単位・誤差の扱い，表計算ソフトによる集計，グラフや統計量の扱い）を身につける。
(2)データの性質（条件の数，ばらつき，誤りの混入など）に応じて適切な表し方や処理の方法を選び，その根拠を説明できる。また，複数の分野の見方・考え方を結びつけて現象を考察できる。
(3)自ら測定したデータに責任をもち，データの限界を意識しながら，他者と協力して粘り強く分析に取り組もうとする。

## 4　単元の評価規準

| 知識・技能 | 思考・判断・表現 | 主体的に学習に取り組む態度 |
|---|---|---|
| ・測定の原理と手順を理解し，正確に測定を行うことができる。<br>・単位や有効数字に注意して測定値を扱い，表計算ソフトを用いて集計・グラフ作成・統計量の算出ができる。 | ・２つの条件と測定値の関係を，１つのグラフにわかりやすく表すことができる。<br>・データ全体を見渡して誤りや外れ値を見つけ，根拠をもって修正・除外を判断できる。<br>・２つの分野の視点を結びつけて結果を考察できる。 | ・測定やデータ処理で生じた迷いや判断を班で議論し，粘り強く取り組もうとしている。<br>・自らのデータの集め方・処理の仕方を振り返り，改善しようとしている。 |

## 5　指導観

### (1) この授業（題材）の扱いについて

科学的な探究では，現象を数値としてとらえ（測る），その数値から意味を取り出す（析ける）ことが欠かせない。生徒は３学期のミニ課題研究や２年次の課題研究Ⅱで自らデータをとるようになると，「どう測れば信頼できる値になるか」「得られた数値をどう示せば伝わるか」「不自然な値をどう扱うか」といった判断を，自分たちで下さなければならなくなる。本授業では，その判断の基礎を，実際に測る体験を通して身につけることをねらう。

本授業では，１つの現象を２つの分野の視点から見る。①では，粘性の「測り方」を物理の視点（粘性率の定義と球落下法）で，粘性が「なぜその値になるのか」を化学の視点（分子間力・水素結合）で扱う。②では，生物の授業で測定した盲斑のデータを，そのまま情報の授業でデータ処理の教材として用いる。教科・科目ごとに分かれて学んできた知識・技能が，探究の中では一続きのものとして使われることを実感させたい。

| | ①粘性を測り，析ける（物理×化学） | ②盲斑を測り，析ける（生物×情報） |
|---|---|---|
| 測るもの | グリセリン水溶液の粘性率（濃度３種類×温度３条件） | 自分の右眼の盲斑（黄斑からの距離・面積） |
| データの特徴 | 条件を制御して得た実験データ（２つの条件と１つの測定値） | 個人差を含む約 50 名分のデータ＋ダミーデータ（誤りや外れ値を含む） |
| 析ける焦点 | 表す：２つの条件を１枚のグラフにまとめる（等値線） | 整える：データの点検と修正・除外（スクリーニング・クリーニング）→統計量・分布の読み取り |
| 中心となる問い | 濃度と温度が同時に変わるとき，粘性率をどう表すか。なぜ粘性率は変わるのか。 | 集めたデータをそのまま平均してよいか。直し方によって結果はどう変わるか。 |
| 時間の構成 | 物理の視点→測定・グラフ化→化学の視点 | 盲斑の測定・計算 → データ処理 |

### ⑵ 生徒の実態について

本校の１年生は，１学期に探究の技法（文献の扱い，研究倫理，有効数字と誤差，単位）を学び，諏訪フィールドワークで行った水質調査の結果をポスターで発表している。２学期には分野ごとの実験や表計算ソフトによるグラフ作成を経験してきた。昨年度の１年生への振り返りアンケートでは，ミニ課題研究に役立った授業として「情報分野（グラフ・質的データの扱い）」を 57%の生徒が挙げており，データの扱い方を学ぶことの意義を生徒自身も感じている。

現在，化学基礎と情報Ⅰを履修中であり，課題研究Ⅰでは中和滴定による酸の定量に取り組んでいるため，溶液の濃度や定量実験には慣れてきている。一方で，物理基礎と生物基礎は未履修であり，粘性のような物理量を扱うことや，眼の構造を高校の生物として学ぶことは初めてである。そのため，①では粘性率の詳しい原理には立ち入らず定義と測り方の紹介にとどめ，②では中学校で学んだ眼の構造の振り返りから始める。また，測定値の取り扱いは実験等では行なっているが，データそのものの信頼性や表し方を吟味した経験はまだ少ない。

### ⑶ 教材の活用について

①グリセリン水溶液：化粧品や食品添加物にも使われる身近で安全な物質であり，濃度と温度によって粘性が大きく変わるため，短時間の実験でも差がはっきり現れる。球落下法は，試験管とストップウォッチだけで粘性率を求められる簡便な方法である。測定値を入力すると粘性率が自動で算出される Excel シートを用い，生徒が表現と考察に時間をかけられるようにする。２つの条件をまとめて表す方法として，天気図の等圧線や地図の等高線になぞらえて等値線を導入する。

②盲斑：誰の眼にもあり，自分の身体で存在を確かめられるため，関心を引きやすい。測定した範囲から，三角形の相似（中学校数学）を用いて眼の中での盲斑の位置と面積を計算できる。測定結果を集約し，実データにダミーデータを加えて人数を増やしたデータセットを作る。そこには空欄，数値でない値，あり得ない値，表記のゆれ，重複など，実際のデータ収集で起こりうる誤りが含まれており，限られた時間の中で多様な判断を経験できる。

## ６　年間指導計画における本授業の位置

課題研究Ⅰでは，各学期に１回，グループでテーマを決めて探究し発表する機会を設けており，学期が進むにつれて生徒が自分で決める範囲が広がる。本単元は，２学期の「データ取得と分析」の学習の中に位置づく。

| 時期 | 主な学習内容 | 探究と発表 |
|---|---|---|
| **１学期**<br>**(4〜7 月)** | 探究の技法：特別講義（未来を創る科学／図書館を利用した探究の技法／プレゼン・研究デザイン論），情報モラル・研究倫理，有効数字と誤差・単位の扱い，数学の利活用<br>社会とのつながり：諏訪の地形と自然，高レベル放射性廃棄物に関する講義とワークショップ | 水質調査（諏訪フィールドワーク）<br>→ポスター発表<br>［テーマは班で決定］ |
| **２学期**<br>**(9〜12 月)** | データ取得と分析：Excel でグラフをつくる，分野別の実験によるデータ取得と分析，データサイエンス論，質的データの扱い<br>身のまわりの酸の定量（中和滴定）<br>**★本単元「測り，析ける」(11 月)**<br>**①粘性（物理×化学）　②盲斑（生物×情報）** | 中和滴定実験<br>→口頭発表<br>［調べる対象を班で選択］ |
| **３学期**<br>**(1〜3 月)** | ４分野別ミニ課題研究（物理・地学／化学／生物／数学・情報） | ミニ課題研究<br>→ポスター発表<br>［教員が示す大枠の中でテーマを生徒が設定］ |

**本授業とつながる学習**

| | これまでの学習（本授業で使う） | これからの学習（本授業を生かす） |
|---|---|---|
| **①粘性** | SI 基本単位・組立単位，有効数字と誤差（課題研究Ⅰ・１学期）→粘性率の単位の導出<br>中和滴定による定量実験（課題研究Ⅰ・２学期）→濃度の異なる溶液の扱い<br>分子間力（化学基礎・１学期）→粘性が変わる理由の考察 | ミニ課題研究「物理・地学」（題材：流れの解析）<br>２年・課題研究Ⅱにおける実験条件の設計と結果の表し方 |
| **②盲斑** | 眼の構造（中学校理科），三角形の相似（中学校数学）→盲斑の位置・面積の計算<br>相対参照と絶対参照，尺度水準（課題研究Ⅰ・２学期），データの活用（情報Ⅰ・履修中）／四分位範囲・箱ひげ図（中学校数学）→データ処理・外れ値の判定 | ミニ課題研究「数学・情報」（題材：データサイエンス＋数学）<br>２年・課題研究Ⅱにおけるアンケート・調査データの収集設計と統計的分析 |

## ７　指導の工夫

**２分野の教員によるティーム・ティーチング**：場面ごとに，全体に説明する教員と机間指導をする教員を交代する（①では物理の説明→化学の説明，②では生物→情報）。生徒が１つの現象を２つの分野の視点で続けて見られるようにする。

**自分たちで測ったデータを使う**：教科書の数値ではなく，自らの測定値を分析の対象とすることで，測定の誤差や個人差，入力の誤りなど，実際のデータに伴う問題を自分ごととしてとらえさせる。

**計算は道具に任せ，表現と判断に時間を使う**：粘性率の算出や統計量の計算は表計算ソフトで行い，「どのグラフで表すか」「どの値を直し，どの値を除くか」を考える時間を確保する。

**正解が１つに定まらない場面をつくる**：等値線の引き方や，判断の分かれる値の扱いを班で議論させ，判断の根拠と，判断によって結果が変わることを実感する。

**前後の学習とつなぐ**：１学期の単位・有効数字，化学基礎の分子間力，情報の尺度水準などの既習事項を想起させるとともに，３学期のミニ課題研究や２年次の課題研究Ⅱでどう生きるかを示す。

## ８　本時

(1) 本時の目標（ねらい）

グリセリン水溶液の粘性率を測定し，得られた結果から温度と濃度という二つの変数と粘性率との関係を一つのグラフで表現する方法を習得する。また，粘性率の測定原理を物理学的な視点から，粘性変化の原理を化学的視点から考察し，分野横断的に現象への理解を深める。

(2) 本時の展開

| 時間 | 学習内容・学習活動 | 指導上の留意点 | 評価規準<br>(評価方法) |
|---|---|---|---|
| 導入<br>5 分 | ・水とはちみつを例に，粘性が大きい液体／小さい液体とはどういったものであるかを考える。 | ・実生活での経験と関連付けて考える。 | |
| 展開１<br>20 分 | **【１.粘性とは何か －物理の視点から】**<br>① 粘性率η の定義について学習する。<br>・液体を２枚の板ではさんだとき，その板を動かすために引く力 $F$ の大きさによって粘性の程度を表せることを確認する。<br>・$F$ が板の面積と板を動かす速さにそれぞれ比例し，板と板のすき間の長さに反比例することから，$F$ とη の関係式を導出する。<br><br>② 粘性率η の単位について考える。<br>・$F$ とη の関係式をもとに，力の大きさ・面積・速さ・すき間の長さの単位を組み合わせ，η の単位が〔Pa･s〕になることを確認する。 | ・物理教員が全体へ説明し，化学教員が机間指導とサポートを行う。<br><br>・１学期に本科目で学習した SI 基本単位・組み立て単位と関連付けて，考察させる。 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ③ 粘性率η の測り方の原理を学習する。<br>・粘性率の測り方の一例として，球落下法によるηを算出する式を紹介する。 | ・まだ物理基礎を履修していない生徒を対象としているため，詳しい原理の説明は省略し，ここでは紹介に留める。 | |
| 展開２<br>50 分 | **【２.粘性を測る/３.粘性を分析する】**<br>① 実験：粘性を測定する。<br>・90 wt%, 95 wt%, 99.5 wt%のグリセリン水溶液をそれぞれ蓋付きの試験管に詰め，直径 2mm のステンレス球１個を入れる。<br>・試験管の側面に 4 cm 間隔で線を２本引いておく。液中で球を落下させ，球が１本目の線を通過してから２本目の線に到達するまでの時間を測定する。<br>・測定は３回以上行い，その平均時間から落下する速さを求め，その値から粘性率ηを算出する。このとき，測定前後のグリセリン水溶液の温度を記録し，平均温度をグラフ作成に用いる。<br>・室温（20℃付近）での測定後，氷水で冷却して 10℃付近，湯浴で加熱して 40℃付近でも測定を行う。<br><br>② 実験結果をまとめて２変数グラフを作成する。<br>・縦軸にグリセリン濃度〔wt%〕，横軸に温度〔℃〕をとってプロットし，粘性率η〔mPa･s〕の値をプロットに書き添える。<br>・同じ粘性率になると考えられる点をなめらかな線で結び，グラフに等値線を引く。 | ・実験は隣り合った２教室に別れて実施するため，２名の教員が適宜行き来して情報共有をしながら机間指導を行う。<br><br>・測定値（液中を 4 cm 落下するのに要した時間）を３回分入力すると，自動的に平均の速さと粘性率が算出されるデータ入力用の Excel シートを生徒に配布し，各自のデバイスを用いて測定と並行してデータ入力を進めるよう指示する。<br>※ここでは，粘性率の計算自体には重点を置いておらず，得られたデータの分析や表現方法の習得を目的としている。<br><br>・グリセリンの比熱はおよそ 2.4 J/(g･K)と水に比べて小さいことを伝え，測定中の温度変化が大きいことに注意させる。<br><br>・天気図の等圧線や地図の等高線などの等値線を用いた表現方法やヒートマップを予め紹介し，これから描く２変数グラフのイメージを持たせる。 | ・グラフを正しく描き，等値線による表現方法を理解しているか。<br>(実験プリント) |
| まとめ<br>25 分 | **【４.粘性とは何か －化学の視点から】**<br>① グリセリンの粘性の原理を学習する。<br>・分子同士が引き合う力が強いと，液体が流れる際に分子の位置の入れ替えが起こりにくくなり，粘性が大きくなることを学習する。<br>・グリセリンの構造式を３つ並べた図を提示し，分子間に水素結合が形成される箇所を考える。<br><br>② 実験の考察を行う。<br>・実験結果から，温度が高いと粘性が小さくなることを確認し，その原理（分子の熱運動が活発になることで水素結合が切れやすくなり，位置の入れ替えが起こりやすくなる）を考察する。<br>・実験結果から，グリセリン濃度が低いと粘性が小さくなることを確認し，その原理（水分子が増えることでグリセリン分子同士の繋がりが弱まり，位置の入れ替えが起こりやすくなる）を考察する。<br><br>③ 粘性が大きくなる条件を考える。<br>・水もグリセリンと同様に分子間に水素結合を形成するにも関わらず，粘性率は 1400 分の 1 程度であることを紹介し，水素結合以外に物質の粘性が大きくなる条件を考察する。 | ・化学教員が全体へ説明し，物理教員が机間指導とサポートを行う。<br><br>・１学期に「化学基礎」で学習した分子間力と関連付けて説明を行う。<br><br>・グリセリンの粘性率の文献値から作成した濃度・温度の２変数グラフを提示し，生徒の実験結果を確認しながら考察を進める。<br><br>・水分子とグリセリン分子の構造式から，分子の大きさや形状，水素結合を形成できる箇所の数の違いに着目させる。 | ・論理的に考察ができているか。<br>(実験プリント) |