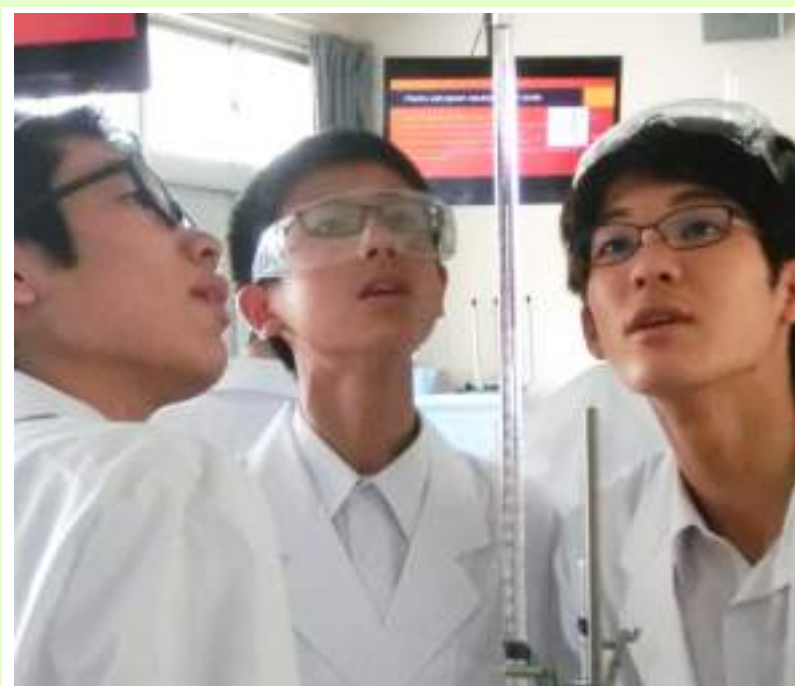


岡山県立倉敷天城高等学校

# 理数科課題研究 ガイドブック

—平成29(2017)年度版—



理数科マスコット アマリス



# － 内 容 －

## 序編 課題研究とは

### 第1章 はじめに（課題研究とは）

1. 課題研究の意義
  2. 天城高校の課題研究の進め方
- ※ 天城高校課題研究の具体的スケジュール

### 第2章 話し合う，考える，確かめる（CASEについて）

1. 「話し合う」ということ
  2. リーダーの役割・・・「仮説をたてよう」から
  3. 異なる意見を出し合おう
  4. 研究手法を考える話し合い：「CASE」プログラムを用いたグループ討議
- ※ 参考：グラフの書き方と線の引き方
- ※ 参考：体積と質量から密度，浮力を考える研究例
5. 問題解決型実験講座で模擬話し合い

### 第3章 情報の取り扱いについて

1. 情報モラルとは
2. 情報の取り扱い（情報を得る，発信する）
3. メディアの取り扱い
4. 研究者としてのモラル

## 第1編 課題研究を行う

### 第1章 研究テーマをみつける

1. 課題研究の研究テーマとは
  2. 研究テーマは日常の中に
  3. 研究グループをつくる，テーマを出し合う
  4. 何もないところに「思いつき」はない
  5. 「論文」のタイトルを検索しよう
  6. 課題研究で「成功する」テーマの考え方
- ※ 研究テーマ調査用紙について

### 第2章 研究する

1. 研究グループのリーダー
2. 研究テーマを確認する「目標・目的は何か」
3. 研究計画をたてる「ロードマップの作成」
4. 研究ノート（ラボノート）に記録する
5. 具体的な研究の実行「実験・実証の実施」
6. 日々の活動と活動後の片付けに関する注意事項
7. 結果（実証データ）の取り扱い「検定」

## 第2編 研究の成果を表現する

### 第1章 研究論文を書く

1. 研究論文とは
2. 研究論文の書き方
3. 研究論文作成上の注意点
4. 理数科集録について

### 第2章 研究の成果を発表する

1. 研究成果を発表するとは
2. 研究発表のために必要なこと
3. 発表の形式
4. 本年度の発表計画
5. 発表を聴く姿勢

※ 参考：校内発表会の会場図（サイエンス館の場合の例・・・発表をイメージしましょう）

## 第3編 課題研究の経験を活かす

### 第1章 課題研究の効用

1. 科学的思考力への効用
2. 研究の「仕方」への効用
3. 研究論文の作成への効用
4. 研究発表（プレゼンテーション）への効用
5. コミュニケーション力への効用

## 第4編 課題研究単語集

<アルファベット始まり>

<カタカナ>

<漢字始まり>



# 倉敷天城高等学校 スーパーサイエンスハイスクール 概念図

## 【研究開発課題】 科学の世界をグローバルに牽引する「サイエンスクリエイター」の育成

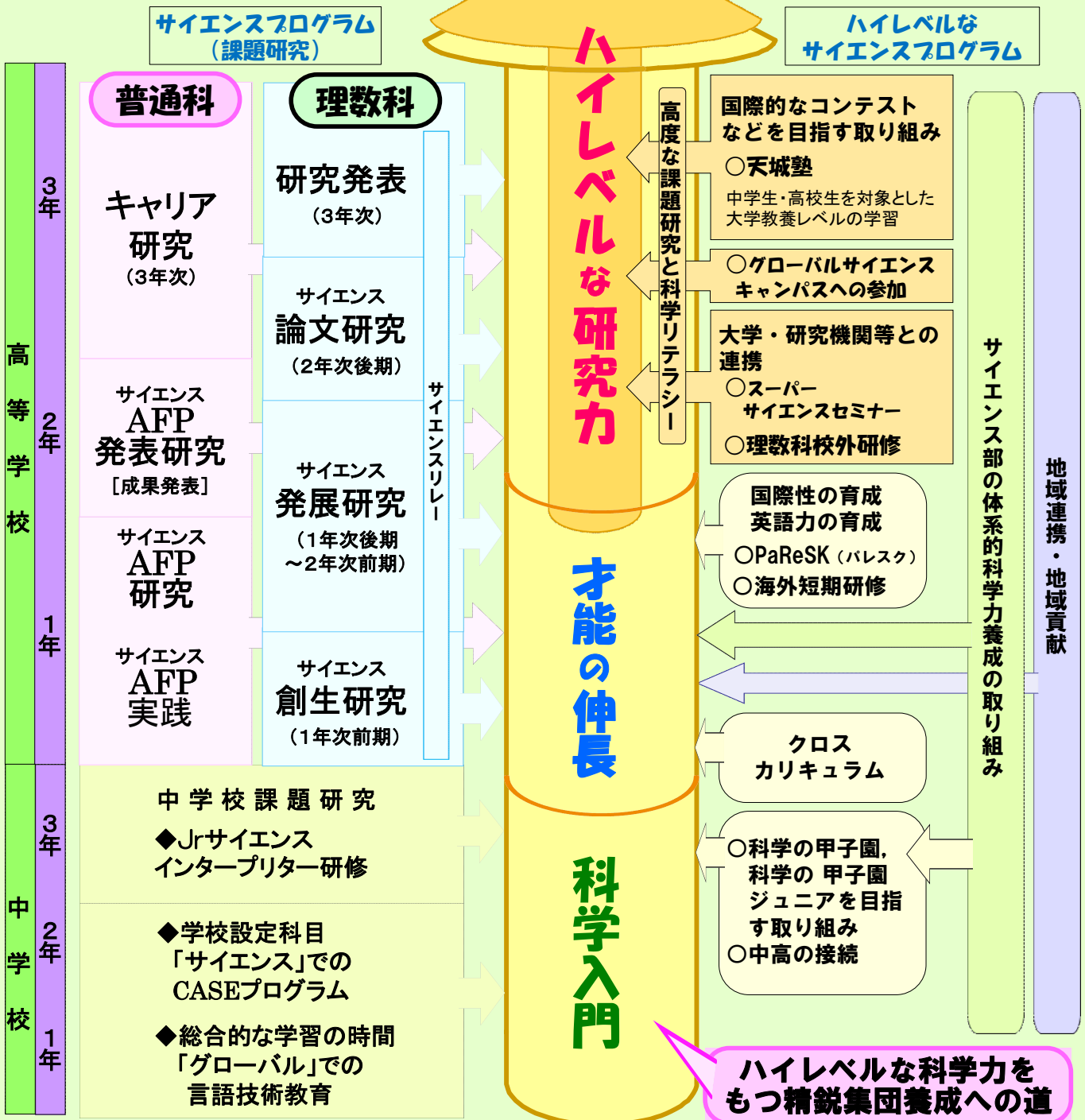
【研究仮説】 次の三つの資質・能力を育成することにより、研究開発課題を達成することができる

**メタ認知力** 科学探究の過程で独創性をもって論理的に思考し、検証・改善を行うことのできる力

**インテイク力** 身の回りの自然事象や素材などを科学研究の対象として取り込む力

**サイエンスクリエイター**

**コミュニケーション能力** 他者に説明したり質問したりするための英語を含む双方向の表現力



ハイレベルな科学力をもつ精鋭集団養成への道

# 序編 課題研究とは

「課題研究」という言葉を分解すると、「課題」を「研究する」となります。では、「課題」とは何でしょうか。「研究する」とは何をすることでしょうか。「課題を研究する」ことは、それをを行う人にとってどのような効果があり、社会にどのように役に立つのでしょうか。

人の社会、とりわけ「科学の世界」には、様々な問題や未知の事柄が無限に存在します。科学の世界の問題や未知の事柄の1つ1つが「課題」です。また、科学的（＝論理性と客観性）にものごとを解決する手法の1つが「研究」です。課題をどのように見つけ出し、科学的手法による研究を、どのような考えのもとでどのように進めればよいのかを身につけるのが「課題研究」です。

## 第1章 はじめに

天城高校理数科の課題研究では、「課題そのものを見出す力を身につけ、その課題を科学的思考に基づいた手法によって解決する能力を養成する」ことを目標としています。そして、この力を携え、将来、グローバルに活躍することで、科学の側面から社会に貢献できる人となることを目指しています。反面、このような力は、一朝一夕に身につくものではなく、いくつかの段階を着実にステップアップすることで自分のものとなる力です。そこで、本校では、1年次前期の「**創生研究**」をスタートに、1年次後期から2年次前期にかけての「**発展研究**」、2年次後期の「**論文研究**」、2年次後期から3年次に実施する「**研究発表**」、全年次を通しての「**サイエンスリレー**」のステップアッププログラムを設置しています。

一方で、研究活動（課題研究）には、高い専門性が要求されるとともに、柔軟な思考と幅広い横断的知識が必要となります。課題研究のステップアッププログラムだけで、前述の「力」をつけることはできません。英語、国語、地歴・公民、家庭、保健体育、芸術など教科の学習（知識と思考、技術）をしっかりと習得しておきましょう。また、自分の興味関心の高い分野をもち、その分野については、「誰にも負けない」知識を身につけておきましょう。特に、英語については、先行研究をグローバルに検索したり、科学的国際交流の場での発表を念頭に、コミュニケーションツールとして習得必須の能力となります。

### 1. 課題研究の意義

課題研究の主要な意義は、研究スキルの習得にあります。課題研究は実践（実際に研究活動を行うこと）に意義があるのです。理論だけでなく実際にやってみることで、理論では分かっているにもかかわらず実際には難しいことがあることが分かります。例えば、「研究テーマを決める」だけでも、課題研究に適するテーマとするには、修正を繰り返す困難な過程を体験しなければならないでしょう。また、研究そのもののプロセスでも、実際にやってみて始めて気づくことが数多く出てきます。

また、課題研究は、総合的な思考力を養う活動でもあります。課題研究を実践していく中で、研究活動の様々な段階で自分たちの思考や研究活動を客観的に振り返り、修正をかけていく（→「**メタ認知**」）ことで正しい（適正な）研究成果が得られことに気づくようになります。このメタ認知力は、課題研究以外の様々な学習場面で有効な思考力となります。

高校段階で真剣に、また真摯に課題研究（科学的研究活動）に取り組む経験は、将来、大学や大学院での研究、さらには、社会（会社や研究施設）における科学的活動に大きな礎になります。きっと、将来、この経験と同じ場面と遭遇します（図1）。



図1 大学院研究室での研究プレゼンテーション  
—早稲田大学情報生産システム科HPより—



## 2. 天城高校の課題研究の進め方

前述の通り、本校では、課題研究を年次ごとのステップアッププログラムで進めていきます。それぞれのステップの概略を説明しておきましょう。

①「創生研究」（1年次前期）：課題研究を行うために必要な科学的思考や知識，研究の進め方，実験・観測の方法や結果のとらえ方などの基礎力を，実際に予備的な課題研究を実践しながら「学ぶ（学習）」します。本プログラム終了時には、本格的な課題研究を実施するための知識，思考，技術についてのノウハウを身につけます。

具体的には、次のような学習内容があります。（図1参照）

- ・コンピュータやコンピュータソフトを取り扱う技術，情報モラルに関する知識や思考の習得
- ・課題発見型の実験プログラム（CASEに準じる）による，研究活動に必要なリテラシー養成
- ・予備的課題研究（仮グループ）を通して，適正な課題（テーマ）設定の方法，研究の考え方や進め方，研究のまとめ方・発表方法など課題研究の流れを体感的に学習（→研究テーマとして適正であると判断できるものについて本格的な課題研究へ継続研究）
- ・科学英語実験プログラムによる実践的な科学英語入門学習



図2 創生研究の一場面  
—科学英語実験講座—

②「発展研究」（1年次後期～2年次前期）：「創生研究」において、「適正」であると判断された予備的課題研究の内容を継続，発展し，その成果を得るための本格的な研究を行う課題研究の中核プログラム

です。1年次後期～2年次前期の約1年間をかけ、グループ研究として実施します。「創生研究」で習得した科学研究のノウハウを活かし、実践的に「研究」を進めます。時間的に多くの部分を実験・観測など研究テーマを証明するための「検証」に費やされます。限定的な時間の中で研究成果を出せるテーマの設定と効率的な研究の進め方が鍵となります。

（図2参照）

- ・研究テーマ（研究課題）の確認と修正
- ・研究活動（検証実験によるデータ確保）
- ・定期的な研究内容の確認と修正（1年終了時の中間発表を含む）
- ・報告書（仮論文）作成と研究終了発表



図3 発展研究の一場面  
—物理グループのデータ分析—

③「論文研究」（2年次後期）：「発展研究」をまとめた「報告書（仮論文）」の内容検証・修正し，発表に耐えうる「科学論文」として完成するための授業です。自分たちの研究の過程やその成果が正しく行われたかどうかを検証し，研究テーマと結論との整合性や実験・観測の結果が結論を正しく論証したものとなっているか，先行研究との相違が明確に示されているかなど細かい点で点検を行います。必要に応じて，追実験を行う場合もあります。また，同時に，発表用のスライドやポスター作成も行い，各種発表への準備を行います。

本授業は，課題研究をまとめるとともに，自分たちの研究成果を世界に発信するための表現力，コミュニケーション力を養う授業でもあります。（図3，第2編参照）

- ・科学論文講習会
- ・校内発表（2回実施）
- ・校外発表（理数科合同発表会，他随時）

※校内発表会，校外発表会について，次項④と重複

- ・論文修正（追実験含む）
- ・発表用スライド作成・完成
- ・発表用ポスター作成・完成



図4 論文研究の一場面  
－論文内容についての協議－

④「**研究発表**」（2年次後期～3年次）：課題研究の成果を学校内外に発信するプログラムです。2年次に行われる校内発表では，「発展研究」や「論文研究」の時間割の内（「時程内」）で行われますが，校外で行われる発表は，時程外で行われます。課題研究において作成した論文（早期発表の場合，研究報告書），スライド，ポスターを用いて発表します。単に，研究成果の発信に止まらず，他者に向けて自分たちの研究内容をアピールし，理解してもらうための表現力やコミュニケーション力養成の実践経験の場であり，研究成果の「評価」の場でもあります。また，他の研究グループの発表を「聴く」態度・姿勢を養成する場でもあります。（図4参照）

- ・校内発表会（10月，研究終了報告）
- ・校内発表会（12月，論文中間報告，兼，理数科合同発表会選考会）
- ・校内発表会（1月，論文最終報告）
- ・岡山県理数科合同発表会（2月，岡山大学）
- ・SSH生徒研究発表会（8月，神戸）
- ・日本学生科学賞（9月，ISEC，読売新聞社，論文審査）

※各学会，大学等主催の発表会については，図4を

参照

※基本的に3年次の現地発表について各研究グループ1回の発表に制限します。



図5 研究発表  
－理数科合同発表会でのステージ発表－

⑤「**サイエンスリレー**」（全年次）：このプログラムの概念は，研究活動を学ぶ段階に応じた知識やスキルを実践の場に応用し，体験的に「研究とは何か」を習得しようとするものです。従って，「創生研究」～「研究発表」に至る各段階を網羅する形で様々な小プログラムが次の段階のプログラムへ「リレー」されます（→創生研究～研究発表の記述と重複しているプログラムもあります）。各段階でのそれぞれのプログラムが全研究活動を学ぶ上でどのように位置づけられているのかを意識して活動をしていきましょう。また，どのプログラムにおいても，他者（小学生，中学生，聴衆）の存在を意識した活動ができることを目標とします。

<他者を指導することで学習にフィードバック>

- ・オープンスクール「サイエンスライブ」実験指導（7月，1年中学生への実験指導）
- ・興除小学校出前実験授業（7月，1年小学生への実験指導）
- ・「青少年のための科学の祭典（倉敷大会）」（11月，1年科学ブース担当）

<発表することで研究の完成へフィードバック>

- ・「女子生徒による科学研究発表交流会」（10月，2年研究発表）
- ・「青少年のための科学の祭典（倉敷大会）」（11月，2年研究発表）
- ・「科学チャレンジコンテスト」（2月，2年研究発表）



表)

・校内発表会 (10月, 12月, 2年研究発表)

<発表することで研究評価へフィードバック>

・各種学会発表等 (図4参照)

※ 天城高校課題研究の具体的なスケジュール (※日にちや日程は年度により変わります。)

授業名	回数	累積月	曜日	校時	内容・テーマ 対象: 全員の生徒	教室	ガイドブック 重点項目	各段階の目標等	
創生研究	①	1	4月	木	ガイダンス&「課題研究とは」	全体会	使い方 序編 第1章	課題研究の意味と興味 課題研究の進め方	
	②	2	木	⑥ ⑦	研究のテーマ決め についての話し合い ↓ 仮グループ作り ↓ 仮テーマ設定	全体会	序編 第2章 第1編 第1章	話し合うこと 考えること 確かめること  研究テーマを見つける	
	③	3	2	木					⑥ ⑦
	④	4	9	木					⑥ ⑦
	⑤	5	23	木					⑥ ⑦
	⑥	6	30	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(1)	各分野の教室	序編 情報モラル 第1編 第1章 第1編 第2章	情報と情報モラル 研究テーマを見つける 研究する
	⑦	7	6	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(2)	各分野の教室	第1編 第1章 第1編 第2章	研究テーマを見つける 研究する
	⑧	8	13	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(3)	各分野の教室		
	⑨	9	20	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(4)	各分野の教室		
	⑩	10	27	木	⑥ ⑦	科学英語実験プログラム	全体会		
	⑪	11	11	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(5)	各分野の教室	※7月中H.R等で 高山研修の説明	研究テーマを見つける 研究する
	⑫	12	18	木	⑥ ⑦	科学英語実験プログラム	全体会		
8月 校外研修, 夏季休業									
⑬	13	5	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(6) (見極め)	各分野の教室	第1編 第1章 第1編 第2章	研究テーマを見つける 研究する	
⑭	14	12	木	⑥ ⑦	発表準備 (最終報告書作成) (スライド作成)	各分野の教室	第2編 第1章 第2編 第2章	論文を書く 発表する (簡易的に説明)	
⑮	15	19	木	⑥ ⑦	本研究選考のための中間発表 (全グループ合同)	全体会	第1編 第1章	研究テーマを見つける	
⑯	16	26	木	⑥ ⑦	本研究グループ選考 (グループ討議と全員協議)	全体会	第1編 第1章	研究テーマを見つける	
1年発展研究	①	17	4	木	ガイダンス「研究する」	全体会	第1編 第1章 第1編 第2章	研究テーマを見つける 研究する	
	②	18	11	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(1)	各分野の教室	研究する	
	③	19	25	木	⑥ ⑦				
	④	20	1	木	⑥ ⑦				
	⑤	21	8	木	⑥ ⑦				
	⑥	22	15	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(5)	各分野の教室	第1編 第2章	研究する
	⑦	23	22	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(6)	各分野の教室		
	⑧	24	29	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(7)	各分野の教室	第2編 第1章 第2編 第2章	論文を書く 発表する
	⑨	25	13	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(8)	各分野の教室		
	⑩	26	20	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(9)	各分野の教室		
	⑪	27	10	木	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(10)	各分野の教室		
	⑫	28	17	木	⑥ ⑦	発表準備 (中間報告書作成) (スライド作成)	各分野の教室	第2編 第1章 第2編 第2章	論文を書く 発表する
	⑬	29	31	木	⑥ ⑦	課題研究校内発表会 (2年生の発表へ参加)	サイエンス館	第2編 第2章	発表する (簡易姿勢)
	⑭	30	2	木	⑥ ⑦	中間発表(全グループ合同)	全体会	第2編 第2章	発表する

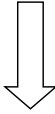
回数	累積月	曜日	校時	内容・テーマ	教室	ガイダンス「研究する」	全体会	第1編 第2章	研究する (結果と結論)
①	31	9	水	⑥ ⑦	ガイダンス「研究する」	全体会	第1編 第2章	研究する (結果と結論)	
②	32	16	水	⑥ ⑦					
③	33	23	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(11)	各分野の教室	第1編 第2章	研究する	
④	34	30	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(12)	各分野の教室			
⑤	35	7	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(13)	各分野の教室			
⑥	36	14	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(14)	各分野の教室			
⑦	37	28	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(15)	各分野の教室	第1編 第2章	研究する	
⑧	38	11	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(16)	各分野の教室			
⑨	39	25	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(17)	各分野の教室	第2編 第1章	論文を書く	
⑩	40	2	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(18)	各分野の教室			
⑪	41	16	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(19)	各分野の教室	論文説明・研究の方向性検証	全体会	
8月 校外研修, 夏季休業									
⑫	43	10	水	⑥ ⑦	発展研究(本研究) 実験・観察・測定(20)	各分野の教室	第1編 第2章	研究する	
⑬	44	17	水	⑥ ⑦	発表準備 (報告書作成) (スライド作成)	各分野の教室	第2編 第1章 第2編 第2章	論文を書く 発表する	
⑭	45	24	水	⑥ ⑦	発表準備 (報告書作成) (スライド作成)	各分野の教室	第2編 第1章	論文を書く	
⑮	46	8	水	⑥ ⑦	科学論文講習会 (講演)	全体会	第2編 第1章	論文を書く	
⑯	47	22	水	⑥ ⑦	校内課題研究発表会 (論文作成のための討議)	全体会	第2編 第1章	論文を書く	
⑰	48	9	水	⑥ ⑦	論文作成(1)	各分野の教室	第2編 第1章	論文を書く	
⑱	49	23	水	⑥ ⑦	論文作成(2)	各分野の教室			
⑲	50	30	水	⑥ ⑦	論文作成(3)	各分野の教室			
⑳	51	6	水	⑥ ⑦	論文作成(4)	各分野の教室			
㉑	52	13	水	⑥ ⑦	発表準備 (スライド作成, 発表練習) ※論文完成提出	各分野の教室	第2編 第2章	発表する	
㉒	53	20	水	⑥ ⑦	理数科合同発表会 ステージ発表選考会	全体会			
㉓	55	4	水	⑥ ⑦	発表準備 (ポスター作成, 発表練習)	各分野の教室	第2編 第2章	発表する	
㉔	56	18	水	⑥ ⑦	発表準備 (ポスター作成, 発表練習)	各分野の教室			
㉕	60	1	水	⑥ ⑦	理数科合同発表会	岡山大学	第3編 第1章	課題研究の 経験を活かす	
㉖	57	15	水	⑥ ⑦	論文をもとに一発表準備完成 (ポスター, スライド完成)	各分野の教室			
㉗	59	29	水	⑥ ⑦	論文をもとに一発表準備完成 (ポスター, スライド完成)	コンベンション	第1編 第2章	研究する	
㉘	60	1	水	⑥ ⑦	論文をもとに一発表準備完成 (ポスター, スライド完成)	実作大学			
㉙	61	5	水	⑥ ⑦	課題研究まとめ講演会	全体会	第3編 第1章	課題研究の 経験を活かす	
㉚	62	19	水	⑥ ⑦	実験室・実験器具等の片付け	各分野の教室	第1編 第2章	研究する	

参考1 1年生~2年生 課題研究の全実践活動予定表

一 課題研究を行う意義をよく理解して先を見通した活動をしましょう



# 平成28年度 創生研究の実践の流れ（1年次前期）

授業名	回	累積	月	日	曜日	校時	内容・テーマ	教室	ガイドブック 重点項目		各段階の目標等
							対象: 全員の生徒		使い方 序編 第1章	課題研究の意味と異議 課題研究の進め方	
創生研究	①	1	4月	14	木	⑥ ⑦	ガイダンス &「課題研究とは」	全体会	使い方 序編 第1章	課題研究の意味と異議 課題研究の進め方	課題研究の実践活動を行う中で、グループ討議により、科学的研究のための思考やスキルを体感的に修得する。  この段階での課題研究のテーマは仮設定とするが、実践活動を行いながら、変更や修正を加えた後、発展研究における本格的「研究」へ継続する。  ※適切な科学研究を行うためには、より多くの知識や情報が必要であることを「話し合い」の中で気づき、その知識や情報を吸収できる思考と実践（インテイク）を身につける。
	②	2		21	木	⑥ ⑦	課題研究ポスターセッション ↓ 研究のテーマ決め についての話し合い ↓ 仮グループ作り ↓ 仮テーマ設定	全体会	序編 第2章 第1編 第1章	話し合うこと 考えること 確かめること  研究テーマを見つける	
	③	3		28	木	⑥ ⑦					
	④	4	5月	12	木	⑥ ⑦	課題研究開始 (研究計画) (=ロードマップ作成)	全体会	序編 情報モラル 第1編 第1章 第1編 第2章	情報と情報モラル 研究テーマを見つける 研究する	
	⑤	5	6月	2	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(1)	各分野の教室	第1編 第1章 第1編 第2章	研究テーマを見つける 研究する	
	⑥	6		9	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(2)	各分野の教室			
	⑦	7		16	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(3)	各分野の教室			
	⑧	8		23	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(4)	各分野の教室			
	⑨	9		30	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(5)	各分野の教室			
	⑩	10	7月	14	木	⑥ ⑦	科学英語実験プログラム①	各分野の教室	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                         ※7月13日(水) 論文講習会(予定) (2年次生へ合流)                     </div>		
	⑪	11		21	木	② ③	科学英語実験プログラム②	全体会	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">                         ※7月中藤山研修の説明 (科学英語実験Pと調整)                     </div>		
			8月		校外研修(→藤山7/28~30)、夏季休業						
⑫	12	9月	8	木	⑥ ⑦	課題研究(創生)(6) (見極め)	各分野の教室	第1編 第1章 第1編 第2章	研究テーマを見つける 研究する		
						発表準備 (簡易報告書作成) (スライド作成)		第2編 第1章 第2編 第2章	論文を書く 発表する (簡易的に説明)		
⑬	13		15	木	⑥ ⑦	本研究選考のための 中間発表 (全グループ合同)	全体会				
①	1	10月	6	木	⑥ ⑦	本研究グループ選考 (グループ討議と全員協議)	全体会	第1編 第1章	研究テーマを見つける	※創生研究の最終段階において、10テーマ程度への選考を行う。(研究テーマとして適正であることを判断する。)	

参考2 1年前期 創生研究予定表  
—課題研究実施のための知識、技術を学びます—

## 平成28年度 発展研究の実践の流れ（1年次後期）

授業名	回	累積	月	日	曜日	校時	内容・テーマ	教室	ガイドブック 重点項目	各段階の目標等		
							対象:全員の生徒					
発展研究	①	1	10月	6	木	⑥ ⑦	本研究グループ選考 (グループ討議と全員協議)	全体会	※特に、研究 目標を明確に し、目標に合致 した実験(検 証)データをと ること。また、 そのデータの 適正を意識す ること。 ↓ 実証性 再現性 客観性 を意識した 研究データ	研究活動の実際を経 験的に身につけなが ら、発表に耐えうる成 果を得る(→2年生前 期まで継続)。  ロードマップ評価によ る自己の客観評価と これに伴う的確な研 究の修正や発展がで きる。  文献やインターネッ ト、教科等の知識・情 報を獲得し、自分の 研究活動に活用でき る。  自分たちの研究活動 の内容や研究結果、 研究成果を正確で効 果的に表現し、発表 できる。		
	②	2		20	木	⑥ ⑦	ガイダンス・説明 課題研究(発展)(1)	全体会 各分野 の教室				
	③	3		27	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(2)	各分野 の教室				
	④	4	11月	10	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(3)	各分野 の教室				
	⑤	5		17	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(4)	各分野 の教室				
	⑥	6		24	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(5)	各分野 の教室				
	⑦	7	12月	8	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(6)	各分野 の教室				
	⑧	8		15	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(7)	各分野 の教室				
	⑨	9		22	木	⑥ ⑦	ロードマップ評価 (ロードマップの確認と修正) (新規作成→提出)	各分野 の教室				
	⑩	10	1月	12	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(8)	各分野 の教室				
	⑪	11		19	木	⑥ ⑦	発表準備 課題研究(発展)(9)	各分野 の教室				
	1, 2年 合同			25	水	⑤ ⑥ ⑦	2年生 課題研究校内発表会 (最終)	サイ エン ス 館				
	⑫	12	2月	2	木	⑥ ⑦	中間発表part2	全体会			第2編 研究の成果 を表現する 第2章 研究の成果 を発表する	※発表者側の 立場だけでなく、聞き手側の 立場も同じウェ イトで表現でき ること。
	⑬	13		9	木	⑥ ⑦	課題研究(発展)(10)	全体会			第1編 課題研究 を行う 第2章 研究する	実証性 再現性 客観性 を意識した 研究データ
⑭	14	16		木	⑥ ⑦	ロードマップ評価 (ロードマップの確認と修正)	全体会					

参考3 1年後期 発展研究予定表  
—実践課題研究の前半です—

## 平成28年度 発展研究(後半：2年前期) <予定表>

回	月日(曜)・限				行事等	内容	教室	備考						
①	準備	13日	(水)	6限		教員紹介・TA紹介 →説明・研究計画 ----- 実験・観察・測定(1)	第2生物教室	※(仮)論文作成計画 含む						
				7限										
②	4月	20日	(水)	6限		実験・観察・測定(2)	各分野の教室							
				7限										
③				27日					(水)	6限	実験・観察・測定(3)	各分野の教室		
			7限											
④	5月	11日	(水)	6限		実験・観察・測定(4)	各分野の教室							
									7限					
⑤	5月	25日	(水)	6限		実験・観察・測定(5)	各分野の教室							
									7限					
⑥	第1クール	6月	1日	(水)	6限		実験・観察・測定(6)	各分野の教室						
					7限									
⑦					8日					(水)	6限	実験・観察・測定(7)	各分野の教室	→結論への方向性 の観点で検証
											7限			
⑧	15日	(水)	6限	実験・観察・測定(8)	各分野の教室									
			7限											
⑨	29日	(水)	6限	実験・観察・測定(9)	各分野の教室									
			7限											
⑩	7月	13日	(水)	6限		第1回論文講習会(予定) (1年次生が合流)	コンバ (仮)	→結論づけ						
				7限										
⑪	20日	(水)	2限	授業 (AM)	実験・観察・測定(11)	各分野の教室								
			3限											
	8月	正規の授業なし				各分野の教室	有効活用							
⑫	第2クール	9月	7日	(水)	6限		実験・観察・測定(12) 論文(報告書)作成	各分野の教室	↓ 論文作成本格化					
					7限									
⑬					14日					(水)	6限	実験・観察・測定(13) 論文(報告書)作成	各分野の教室	↓ 論文素案完成 (10/3提出)
			7限											
⑭	21日	(水)	6限	実験・観察・測定(14) 論文(報告書)作成	各分野の教室									
			7限											
論文研究	10月	5日	(水)	6限		第一回 課題研究校内発表会 (予定)	コンベンション	↓ 論文修正 (完成度の向上)						
				7限										

## 平成28年度 論文研究(2年後期) <予定表>

回	月日(曜)・校時		内容	教室	備考
①	5日(水)	6校時	校内課題研究発表会 (研究内容と成果の発表：論文作成のための評価)	コンベンション	研究成果を 校内外に広く 評価してもらう
		7校時			
②	10月 19日(水)	6校時	論文 ポスター，スライド 作成(1)	各分野の教室	補充実験観察
		7校時			
③	26日(水)	6校時	論文 ポスター，スライド 作成(2)	各分野の教室	補充実験観察
		7校時			
④	9日(水)	6校時	論文 ポスター，スライド 作成(3)	各分野の教室	補充実験観察
		7校時			
⑤	11月 16日(水)	6校時	論文 ポスター，スライド 作成(4)	各分野の教室	補充実験観察
		7校時			
⑥	30日(水)	6校時	論文 ポスター，スライド <b>完成</b>	各分野の教室	補充実験観察
		7校時			
⑦	12月 14日(水)	6校時	論文中間発表会 兼、理数科合同発表会ステージ発表選考会	コンベンション	相互評価
		7校時			
⑧	21日(水)	6校時	理数科合同発表会 に向けての準備(1)	各分野の教室	手直し 発表練習
		7校時			
⑨	11日(水)	6校時	理数科合同発表会 に向けての準備(1)	各分野の教室	手直し 発表練習
		7校時			
⑩	18日(水)	6校時	理数科合同発表会 に向けての準備(2)	各分野の教室	手直し 発表練習
		7校時			
⑪	25日(水)	5校時	最終発表会 +理数科交流会	コンベンション	スライド発表 ポスター発表
		6校時			
		7校時			
⑪	1日(水)	6校時	理数科合同発表会 に向けての準備(3)	各分野の教室	手直し 発表練習
		7校時			
⑫	4日(土)	終日	理数科合同発表会	岡山大学	スライド発表 ポスター発表
	8日(水)	終日	課題研究を振り返って	第2生物教室	課題研究の まとめ
⑬	15日(水)	6校時	課題研究まとめ講演会	コンベンション	
		7校時			

参考5 2年後期 論文研究予定表  
－研究成果を研究論文として整えます－



平成26年度～平成27年度 2年～3年課題研究Ⅰ・Ⅱエントリー一覧

番号	年度	予定・決定	平成23年度～平成24年度 課題研究Ⅰ・Ⅱ(平成22年度入学生)				大会名	主催等	発表形式	出場チーム	
			実施日(発表日)								
			年	月	日	曜日					
0		終了	23	10	中旬～下旬		高校生科学技術チャレンジ (JSEC2011)	朝日新聞	論文審査	物・鉄球6	
			予備審査期間								
1	平成25年度	終了	23	10	2	日	岡山ヤングサイエンティスト&エンジニアリングフェア(OYSEF)	児童生徒の科学研究協議会 (玉島高校)	ポスター	物・鉄球6	物・音速4
			10:00-16:00								
2	平成25年度	終了	23	11	19	土	「青少年のための科学の祭典2011」倉敷大会	岡山大学大学院教育研究科 自然系教育講座(喜多雅一)	ポスター	物・放射	
			23	11	20	日				生・ミミズ	
3	2年次	終了	23	10	29	土	第3回女子生徒による科学研究発表交流会 (集まれ!理系女子)	ノートルダム清心学園 清心女子高等学校	ポスター	化・銀樹	
			10:00-16:30								
4		終了	24	2	4	土	第4回科学チャレンジコンテスト (科学Tryアングル岡山)	科学Tryアングル岡山	ステージ	化・塩素	
			9:40-16:15						ポスター	物・小球	生・シイタケ
番号	年度	予定・決定	平成23年度～平成24年度 課題研究Ⅰ・Ⅱ(平成22年度入学生)				大会名	主催等	発表形式	出場チーム	
			実施日(発表日)								
			年	月	日	曜日					
5		予定	24				中国四国地区 生物系三学会合同大会 島根大会	生物系三学会	ポスター	生・ミミズ	生・シイタケ
			13:00-16:00							生・細菌	
6		予定	24				応用物理学会・日本物理学会・日本物理教育学会 各中国四国支部 2012年度支部学術講演会実行委員会	応用物理学会・日本物理学会・日本物理教育学会 各中国四国支部 2012年度支部学術講演会	口頭発表	放射エネ	
			14:30-16:45								
7	平成27年度	予定	24				第7回 高校生・大学院生による 研究紹介と交流の会	岡山大学 大学院自然科学研究科	ステージ	化・銀樹	
			9:00-16:00						ポスター	物・衝撃	数・大富豪
8	3年次	予定	24	8	8,9	水木	第14回中国・四国・九州地区 理数科高等学校課題研究 発表大会(島根大会)	中国・四国・九州地区 理数科高等学校長会	ステージ	物・鉄球6	
			11:00-16:00 9:00-16:30								
9		予定	24	8	8,9	水木	平成24年度 SSH 生徒研究発表会	文部科学省 JST	ポスター	音速	
			8:30-18:30 8:30-15:30						ステージ		
10		予定	24	11	4	日	第9回 高校化学グランドコンテスト	大阪市立大学 大阪府立大学 読売新聞	ステージ		
			一次審査結果通過						ポスター	残留塩素	銀樹
0		予定	24				第56回 日本学生科学賞 (ISEC)	読売新聞	論文審査	全チーム応募	
			地方審査期間								

参考6 2年後期～3年次 研究発表予定表  
- 主な校外発表予定です -

# 第2章 話し合う，考える，確かめる (CASEについて)

本校の課題研究は、グループ研究です。通常、大学や研究機関では、研究をチーム（グループ、ユニット）で行います。そのメリットは、1つの研究テーマの解決について、複数の考え方やアイデアが得られることにあります。また、研究作業の分担により、効率化にもつながります。そのメリットを最大限に活かすには、研究目標や研究方法について、グループメンバーで徹底的に「話し合う（議論する）」ことです。この話し合いにおいて、重要なことは、自分自身もしっかり考え意見を述べること、柔軟な態度で他者の意見を聞く（受容する）ことです。その上で、他者の意見と自分の考えと他者の意見を比較してみましょう。自分一人で考えているよりも、課題解決に有効な手立てが、早く見つかります。

## 1. 「話し合う」ということ

話し合いには、テーマがあります。ただ'お喋り'をするのは、「話し合い」とは言いません。テーマの解決に向けて、意見を出し合い、「議論」をするのが話し合いです。意見の中には、賛成意見ばかりではなく反対意見もあります。また、議論を進める中で、どうしても本論を逸（そ）れてしまうことがあります。話し合いの場には、**進行役＝リーダー**が必要です。



図1 「話し合い」の場面  
—この場面ではGSOの先生が進行の舵取りです—

## 2. リーダーの役割・・・「仮説をたてよう」から

科学研究のテーマは、科学的論拠（ロジック）に基づく仮説（アイデア）の上に成り立っている場合が多くあります。この場合、その仮説を科学的に検証・証明すること（客観的で適切なデータにより証明すること）が研究活動の中核となります。

ここに、『**水H<sub>2</sub>Oを0℃より高い温度で凍らせる方法の研究**』というテーマがあります。このテーマの仮説を立ててみましょう。もう一度確認しますが、仮説そのものに科学的ロジックがなければ、単なる'思いつき'です。

たとえば、テレビで、人が手をかざし、念じると病気が治るといふ番組を見たので、『水を凍らせたいと強い思いをもった人が、水に向かって手をかざし、念じることによって水は、凍る』・・・この仮説は正しいでしょうか。グループメンバーで話し合って正否を「議論」してみてください。論点は、その仮説に科学的論拠があるか否かです。この場合、人の"念"に客観的データによって検証された科学的裏付けの有無を見極めることが必要となります。

高校生が、このような話し合い（議論）をする場合、話し合いのリーダーが、最初に投げかけることは、各メンバー一人一人が持っている「科学的知識や経験」を出し合うことです。

「水が凍る条件って、何がありますか？」

リーダーは、「物質の状態変化の条件」という観点について、メンバーの発言を誘導する力が必要です。このような観点（力）は、実は、学校の教科学習（＝いわゆる「勉強」）の中にあることが多いのです。話し合いの中で、知識や経験を出し合うためにも、幅広い教科の勉強（学習、教養）が必要になります。

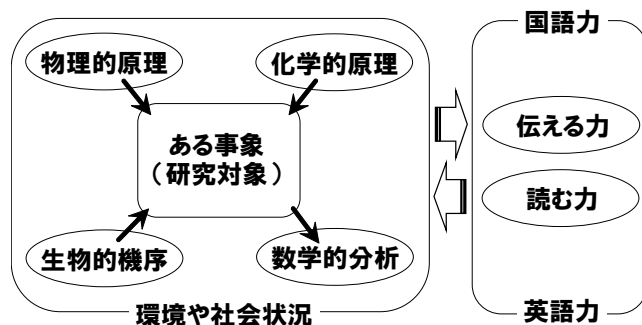
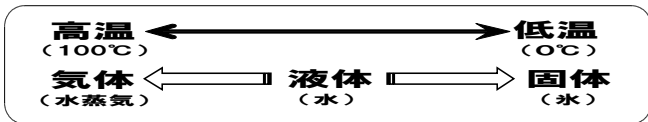


図2 クロスナレッジズ  
—1つの研究対象に多くの分野が関係している

グループを統率するリーダー性とは、人気度ではありません。どのような話し合いのテーマであっても、話し合いの流れに合った論点を適切に選択できる知識量とグループメンバー全員から意見や知識を引き出すことのできるコミュニケーション力の高さ（優位性）を示しています。

### 3. 異なる意見を出し合おう

さて、水H<sub>2</sub>Oが凍る条件に戻ります。一般に、物質の三態は、気体・液体・固体です。温度条件の違いの下では、次の関係になることを学習しています。



この時、温度以外の「条件」は、どうなのでしょう？か？そもそも温度以外の「条件」とは何でしょう？か？

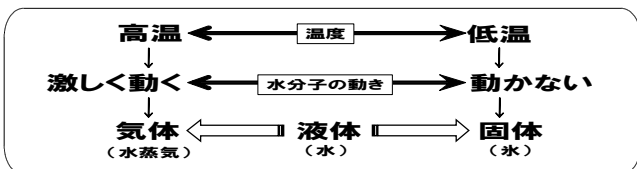
「水を取りまく条件を出し合ってください。・・・温度以外ですよ！」

・・・湿度、圧力（気圧）、電気、他の物質、空気（O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>・・・）、容器、密度・・・様々な意見を出し合ひましょう。教科書的知識であっても、他のテーマから関連づけた知識であってもかまいません。異なる色々な意見や知識を持ち寄ることが大切なのです。意見の中には、教科の学習では得られない高度な理論や知識が得られる場合もあります。また、中学時代に課題研究の経験があるからは、どのような視点・観点で「条件」を考えればよいのかを考慮した意見も出てきます。

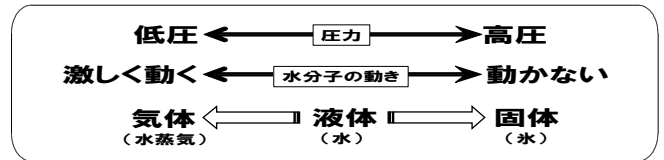
そこで、出てきた様々な意見＝条件の中で、この研究テーマに適するものがどれなのかを選択します。

「どの条件で研究をすればいいでしょうか。」

科学的論拠のないものや直接関係が無さそうなものは除外し、科学的背景のあるものを選びます。例えば、「圧力」を選びます。この科学的背景には、水分子（H<sub>2</sub>O）の動きがあります。状態変化を分子の動きとして考える観点です。



グループメンバーの知識を「圧力の変化」と「水分子の動き」との相関からまとめてみましょう。



「温度の変化」と「圧力の変化」という条件の相違は、「水分子の動き」を共通の観点としてつながっていることが分かります。このことから、研究仮説として、『水H<sub>2</sub>Oに圧力をかけると凍らせることができる』という仮説をたてます。グループリーダーは、メンバー全員に確認をとります。

「水に圧力をかけることで凍るかどうかの方向で研究することでよいでしょうか」  
「仮説の正否について論議してください」

※実は、水の研究には、落とし穴があります。図3に示すように、単純に圧力をかけると、融点（融解温度）が下がります。つまり、圧力を高圧にすると凍りにくくなる特性があります。

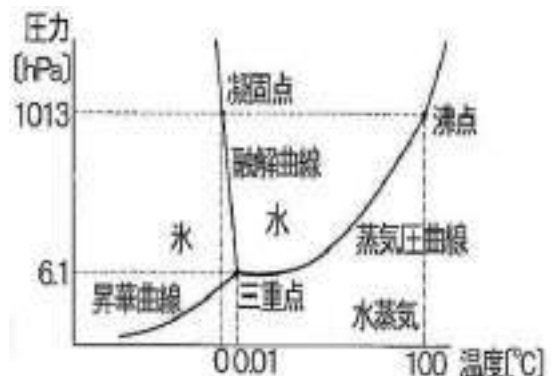


図3 状態図(phase diagram)  
—圧力P, 温度Tのもとでの物質の状態を示す—

このような知識（←高校の化学で学習）も研究を行う上できちんと身につけておかないと、研究に行き詰まりが生じます。

いったん決めた仮説であっても、もう一度、「これでいいのか?!」を確認しましょう。（←第1編 第2章 課題研究を行う・研究する参照）

異議がなければ、次のステップ（どのようにしてこの仮説を立証するか＝実験・観察の具体的方法の考案）へ話し合いの段階を進めます。

このようにグループのリーダーを中心とした研究方針についての話し合い、意見・知識の出し合いを継続的に行いましょう。対立する意見が出てきた場

合も、きちんとその意見に耳を傾け、理論的にコミュニケーションができる態度を身につけましょう。

#### 4. 研究手法を考える話し合い：「CASE」プログラムを用いたグループ討議

本校では、CASE(Cognitive Acceleration through Science Education)による課題研究のための科学的思考力を向上するプログラムを活用しています。

CASEプログラムは、「話し合い」をベースに、人の認知発達理論と発達の最近接領域を応用したプログラムです。「さあ、研究をはじめよう。」と言われても何からはじめるとよいのでしょうか。そんな時、CASEプログラムは強烈なツールとなります。難しい理論は置いておき、このプログラムを用いた「話し合い」を具体的に考えてみましょう。

① CASEプログラムにも紹介されている例をもとに『**柎(ひいらぎ)の実がたくさんなった年は、寒い冬になる**』というテーマで課題研究をすることを考えてみましょう。まず、

「このテーマは、何の変化について考えていますか？」

「柎の実の数」と「冬の寒さ」との関係ですね。この2つの注目しているものを、CASEでは、**変数(Variables)**といいます。では、

「柎の実の数」がどのようにになると考えていますか？」

これは、「多いか、少ないか」です。CASEではこれを**値(Values)**といいます。練習をしてみましょう。

Q1 変数「冬の寒さ」に対する値は何ですか？  
A 「あたたかい、寒い」ですね

さて、変数が分かると次は、**関係性(Relationship)**です。

「2つの変数には、どのような関係性がありますか？」

そう、「実の数が多くなると、冬が寒くなる」という関係性です。CASEでは、シンプルに「**アップ(Up)**、**ダウン(Down)の関係性**」といいます。関係性は「アップ、アップ」、「アップ、ダウン」と考え

るとわかりやすいですね。ところで、実験を進めると、関係性があまり見られない場合もあります。このような場合は「**関係性がない**」あるいは「**無関係**」と考えます。関係性が単純には表せないで、文章で関係性を説明する場合もあります。

実験が進みデータが得られると、そのデータをまとめる必要が出てきます。「柎の実の数」と、「冬の寒さ」をグラフにすることに挑戦しましょう。

「グラフを見るとあなたはまず何に注目しますか？」

実はグラフの見方、グラフの書き方にもルールがあり、それは次の通りです。

- ① 題名を確認する。
- ② 縦軸の変数と単位を確認する。
- ③ 横軸の変数と単位を確認する。
- ④ グラフの形を考える  
(up,up/up,down/NO relationship)

ここで、

「変数「柎の実の数」と「冬の寒さ」について、グラフにすると、横軸・縦軸をどうとればよいでしょうか？」

ちょっと考えてみましょう。2つの変数の関係性をグラフで表すとき、自分で操作した変数を「入力変数(Input variable)」といい、グラフの横軸で表します。結果を表す変数を「結果の変数(Outcome variable)」と言いグラフの縦軸で表されます。

**横軸：入力変数(独立変数)**  
**縦軸：結果の変数(従属変数)**

今回の、「柎の実の数」と、「冬の寒さ」の場合、入力変数は、「柎の実の数」となり、結果の変数は、「冬の寒さ」となります。

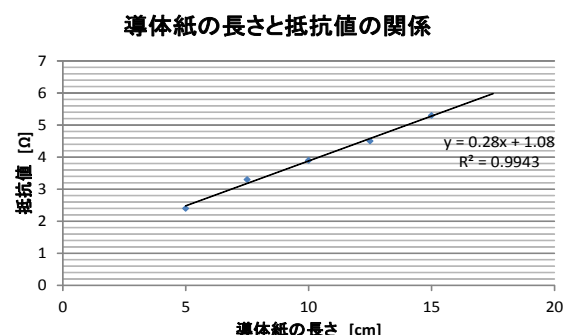


図4 グラフ例

一本文中の①～④の順に読んでみましょうー



② CASEプログラムを用いた話し合いを、次の課題1～7の順に練習してみましょう。

### 課題1 (ランダムシンキング)

身の回りの現象で、興味をもったこと、不思議に思ったことで、課題研究の素材になりそうなことを、できるだけたくさん書きましょう。

(注意点：質より量，できるかできないかの判断をしない，人の意見に便乗してよい，人の意見にクレームしない。)

【ノート】

### 課題2 (変数)

1の内容のいくつかを選び、変数を書きなさい。(単純に変数を書きだす。)

【ノート】

### 課題3 (関係性：入力変数と結果の変数)

課題2で考えた変数について、入力変数と結果の変数、その関係性について仮説をたててみましょう。

【ノート】

### 課題4 (分類)

1～3で、あげた課題研究の素材を次のカテゴリ(分野、区分)に分類しましょう。

- カテゴリ1 結果や理由が予測できるもの
- カテゴリ2 結果や理由が予測できるようだが人によって予測が異なるもの
- カテゴリ3 結果や理由がまったく予測できないもの
- カテゴリ4 倉敷天城中学校・高校では実験設備がなく実行不可能と思われるもの

【ノート】

### 課題5 (公正な実験)

カテゴリ2について、さらに検討をすすめます。入力変数、コントロールする(変数をそろえる)ものは、何ですか。

【ノート】

### 課題6 (組み合わせ)

いくつかの入力変数が考えられる場合、どの変数から研究をはじめると良さそうですか。

いくつかの入力変数がある場合、何種類の実験を行う必要がありますか。

【ノート】

### 課題7 (相関)

入力変数と結果の変数について、物理式で表すことができますか。生物や化学の場合相互作用や相関をどのように調べるとよいでしょう。

【ノート】

次に、課題1～7のことを用いて、課題8をみんなに発表してみましょう。

### 課題8 (モデル化)

モデル化とは、見えないものを見えるようにすることです。ただし科学的に正しくないといけません。単に、図(絵)や記号だけでなく数式もこれに該当します。

「ロウソクが燃える」をモデル化して、発表してみましょう。

【ノート】

③ 次に、CASEプログラムで学習したことを応用して、次の実験課題を解いてみましょう。一人でもできるようにしてありますが、グループで考えながら課題を解いてみましょう。

**【実験課題】**

5円硬貨は、真ちゅうでできています。真ちゅうは、銅と亜鉛の合金です。5円硬貨に用いられる真ちゅうは銅何%と亜鉛%の合金なのでしょうか。

**【理論】**

この課題をクリアするために、必要な変数は ① (density) です。

① (density) は、1 cm<sup>3</sup>あたりの物質の質量を意味します。5円硬貨には、銅(元素記号 ) 8.92 g/cm<sup>3</sup>が x % と亜鉛(元素記号 ) g/cm<sup>3</sup>が y % のみが含まれていると考えるとき、次の連立方程式が成立します

$$\begin{cases} x + y = 100 \\ \text{5円硬貨の密度} = x + y \end{cases}$$

**Q1** この実験を行う上で用いる変数を考えましょう。

【ノート】

**Q2** 密度は、どの変数を用いて求めますか。

【ノート】

※密度はいくつかの変数を組み合わせて導くことができます。このような変数を**複合変数 (Compound Variable)**といいます。密度は複合変数です。つまり、計算式を利用しないと密度を求めることはできません。

**Q3** 5円硬貨の密度を求めるためには、(ア) と (イ) の2つの変数の値を求める必要があります。このとき、入力変数Input variable は (ア)、結果の変数Outcome variableは

(イ) ととることにします。(ア) と (イ) は何でしょう。

【ノート】

※具体的な実験を思考してみましょう。実際に実験を行わないで、思考する実験を**ドライラボ (Dry Lab)**といいます。Q3の(ア)、(イ)について、ドライラボを行います。測定データはグラフに表すとして、5点の測定点(これは実験結果です)を求めます。

**Q4** 5円硬貨の体積を変えるには具体的にはどのようなことをするとよいですか。

【ノート】

**Q5** それぞれの体積の時の質量はどのようにして求めますか。

【ノート】

**Q6** 測定結果を表にしてみましょう。

【ノート】

**Q7** 得られたデータをグラフに表しましょう。横軸は(変数 ) 縦軸は(変数 ) をとります。それではグラフにプロットしてみましょう。

【グラフ用紙】

**Q8** 考察をしましょう。得られたデータを使ってグラフを書きます。エクセルを使うこともできますが、ここでは手書きにこだわってみましょう。

【グラフ用紙】

※ここでは、グラフにプロットすること（実験結果の表し方のひとつ）と線を引くこと考察とはステージが異なります。線の引き方、グラフの使い方については、「グラフの書き方と線の引き方」を参照。

**Q9** 複合変数である密度は、グラフの（ウ）に対応しています。グラフが示されたときその（ウ）に注目することは大切です。（ウ）は何でしょう。

【ノート】

※グラフにおける、**傾き**は、縦軸の変化量／横軸の変化量（ $\Delta Y / \Delta X$ ）で表されます。

**Q10** グラフから密度を求めましょう。

【ノート】

**Q11** 求めた密度をもとに【理論】の連立方程式を解きましょう。

【ノート】

**Q11** 【実験課題】の結論を述べましょう。

【ノート】

**More thinking about ...**

Q1 いくつかの変数を組み合わせて導くことができる変数を何と言いますか。

Q2 複合変数 (Compound Variable) の例を3つ示しなさい。

Q3 グラフの横軸 (X), 縦軸 (Y) はそれぞれ何変数をとればよいですか。

Q4 あるグラフを見ると、何に注目しますか。注目する順番を示しなさい。  
(傾き, タイトル, 要素 (凡例), Y軸, Y軸の単位, X軸, X軸の単位 )

Q5 グラフから考察をすすめるとき、グラフの何に注目しますか。

Q6 公平な実験を行うときの注意はどんなことですか。

### 参考：グラフの書き方と線の引き方

研究におけるデータやその結果を表すグラフには、正しい書き方があります。表計算ソフトを使うと容易に数値データをグラフとして表すことができますが、ソフトの初期設定（デフォルト）では不十分な場合や表現したいことが表現できない場合があります。表計算ソフトを用いる場合であっても、設定を追加するなどして、正しいグラフ作成ができているかを確認する必要があります。

ここでは、一般的なグラフ用紙を用いた手書きのグラフ作成を説明します。(図5, 図6)

- ・**グラフ用紙**は、方眼にすべてのデータ（情報）が納まるように配置をします。1つ面にグラフ1つが基本です。余裕を持たせた配置を考えましょう。
- ・グラフ用紙の**余白部分**には、データに関して何も書き込んではいけません。
- ・**縦軸, 横軸**は、定規を用いて丁寧に書きましょう。この線がぶれると分かりにくくなります。どちらの場合も、実験（観測）データの数値を基に最大

値がグラフ内に入るように目盛りを設定します。軸上の目盛りの数値は、細かく書き込まなくて構いませんが、目盛り間隔は正確にとり、目盛り数をつけたところに目盛り線をつけましょう。また、0点は必ず書き入れます。0点付近にデータが多数存在する場合、必ずしも0点を軸の端にとる必要はありません。目盛り数について、有効数字を配慮することも忘れないようにしましょう。

- ・ **縦軸**、**横軸**がそれぞれ、どのような**測定量（値）**を表しているのかを単位とともに明記します。
- ・ **プロット**（Plot, 点を打つこと）は、データを正確に写し取ります。プロットは、3mm程度の○または、●を使うのが一般的です。プロット点の中心がデータ点です。
- ・ **グラフのタイトル**は、論文等で使用する場合は、グラフの下に図の通し番号をつけて明記します。見る人が、「何をどう表しているのか」が明確に分かるようなタイトルをつけましょう。逆に、グラフを見る（読む）ときは、このタイトルを最初に確認します。タイトルの他に短文で説明を加えても構いませんがくどくならないように気をつけま

しょう。

※実験（観測）データを表として論文等に記載する場合、タイトルは、表の上につけます。

- ・ プロット点を結ぶ**線**を曲線にするか直線にするかは、研究や実験・測定の内容によって異なります。曲線で引く場合は、滑らかな曲線を引くよう心掛けましょう。直線でプロット点を結ぶ場合は、定規を使いましょう。理論的に原点（0点）を通るかどうかも考慮する必要があります。図6のように、傾きのある直線を引く場合、考えられる最大の傾きの直線と最小の傾きの直線を引きその真ん中に最適の直線を引きます。
- ・ 複数のデータ系列がある場合は、**凡例（はんれい）**（図表で使用する記号等の意味や内容）を明記します。表計算ソフトでは、凡例はプロットシンボル（○や●）に対して、何の数値を示しているかをグラフ外に別表記される場合がありますが、グラフ内のデータに直接、矢印や線で示した方が、一目で分かりやすくなります。ただし、データそのものをじゃましたり、消してしまわないように注意しましょう。

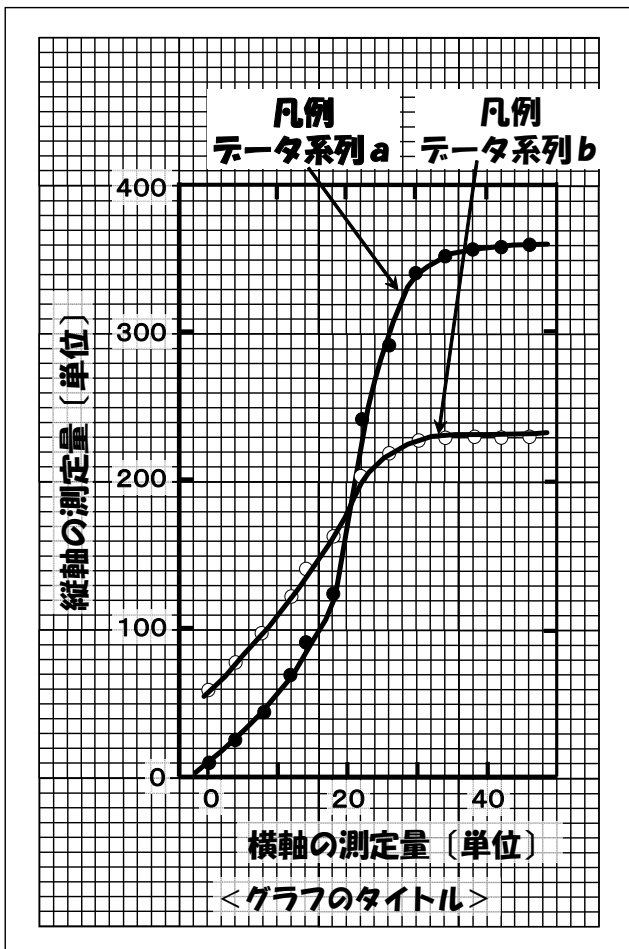


図5 グラフの書き方例

—データのすべてを書き込みましょう—

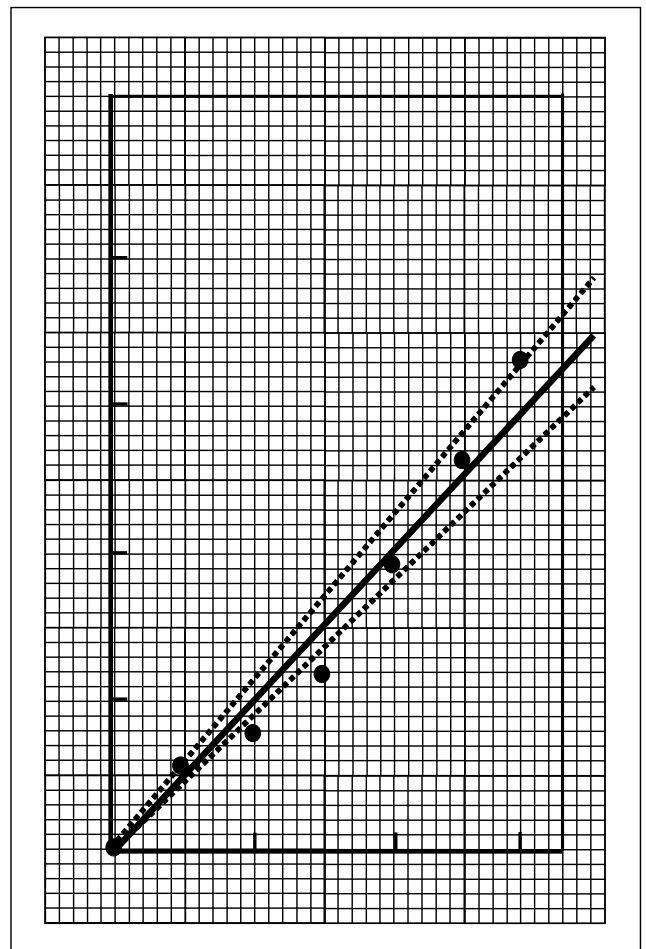


図6 直線の書き方例

—考えられる最大と最小の真ん中の線が最適—



参考：体積と質量から密度，浮力を考える研究例

～サラダオイルの密度と氷の浮力との関係から～

岡山県立倉敷天城高等学校 普通科1年 妹尾 考章

1 はじめに

本報告では，氷の密度の測定結果について報告をする。  
さて，氷の密度は氷の質量を氷の体積で割ることで求められる。

$$\text{氷の密度 } (d) = \frac{\text{質量}[\text{g}]}{\text{体積}[\text{cm}^3]}$$

物理単位系にはSI基本単位とSI組立単位がある。SI基本単位である質量の測定には電子天秤が用いられる。一方，組立単位である体積は，縦×横×高さについてその大きさを測定して求める方法が一般的である。もしも，氷が完全な直方体ならば氷の密度を縦×横×高さで体積を求めることができる。しかし，氷の表面はでこぼこしている上，時間とともに表面から融解していく。これでは正確に体積を測定することはできない。ではどのような手法を用いれば誤差が少なく，より正確な体積を求めることができるのか。本研究ではこれらの問題点を検討し，浮力を利用して氷の体積を求めることを計画した。以下に実験の原理を示す。

密度  $d$ ，体積  $V$  の物体を密度  $\rho$  の液体に沈めるとき，物体にはたらく浮力  $B$  は，次の式で表される  $B = \rho V g$  (1)

図1 aのように，液体の入ったビーカーが電子天秤の上であり，物体が糸でつるされているとする。この液体の質量を  $M_1$  とおく。液体の重さ

(力) は，液体の質量に重力加速度  $g$  をかけた  $M_1 g$  となる。

この  $M_1 g$  と垂直抗力  $N_1$  はつり合っている。

$$N_1 = M_1 g \quad (2)$$

垂直抗力  $N$  に対して反作用がおこる。

$$N_1 = N_{1反} \quad (3)$$

電子天秤には， $N_{1反}$  に対応する質量が示されていて，その値は

$$M_1 = \frac{N_1}{g} \quad (4)$$

に等しい。

次に図1 bのように，液体に糸でつるした質量  $m_2$  の氷を入れて沈ませる。このとき氷が糸をピンと

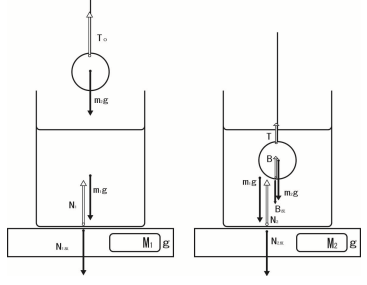


図1 物体にはたらく力

張った状態で液体の中に沈んで静止していれば，氷の重力  $M_2 g$  と糸の張力  $T$  と浮力  $B$  の間には次のような関係が成り立つ。

$$M_2 g = T + B \quad (5)$$

これを式変形して

$$B = M_2 g - T \quad (6)$$

氷を入れた液体に  $B$  の反作用  $B_{反}$  がはたらく。したがって，液体にはたらく力のつり合いは，

$$N_2 = B_{反} + M_1 g \quad (7)$$

と示される。

電子天秤に示される値は，質量に対応する  $N_{2反}$  を重力加速度  $g$  で割った値となる。

$$\frac{N_2}{g} = \frac{B_{反}}{g} + M_1 \quad (8)$$

したがって，実験の前後の電子天秤の値の変化量は， $\frac{N_2}{g} - \frac{N_1}{g}$  であらわされる

$$\begin{aligned} \frac{N_2}{g} - \frac{N_1}{g} &= \frac{B_{反}}{g} + M_1 - M_1 \\ &= \frac{B_{反}}{g} \quad (9) \end{aligned}$$

となり，変化量は浮力を重力加速度  $g$  で割ったものとなることが分かる。

電子天秤の変化量を  $\Delta M$  とすれば，

$$\Delta M = \frac{B}{g} = \frac{\rho V g}{g}$$

この式を変形して

$$V = \frac{\Delta M}{\rho} \quad (10)$$

ここで求めた体積  $V$  と氷の質量  $M_2$  から氷の密度  $d$  は

$$d = \frac{M_2}{\Delta M} = \frac{M_2 \rho}{\Delta M} \quad (11)$$

となる。  $\rho$  は液体の密度である。

本実験では，液体としてサラダオイルを用いた。

具体的にサラダオイルの密度の測定には100mLメスフラスコを利用した。メスフラスコは液温20℃のとき誤差±0.1mLで体積を測定できる上，中学校理科室にもあるポピュラーな実験器具である。また

質量を測定するには電子天秤を用いた。サラダオイルの密度  $\rho$  は，100mLの質量を  $M$  とすれば，

$$\rho = \frac{M}{100} \quad (12)$$

で求めることができる。  $d$ ，  $\rho$  共に定数であるから，

$$\Delta M = \frac{\rho}{d} \times M_2 \quad (13)$$

となる。  $\frac{\rho}{d} = k$  とおくと，この式は一次関数のグラフとなる。氷の質量を変化させるとグラフの傾きは，  $k$  となる。サラダオイルの密度はメスフラスコから求めているので，氷の密度  $d$  は

$$d = k \times \rho \quad (14)$$

となる。

2 実験方法

準備物

氷 (およそ 50 g, 75 g, 100 g, 125 g, 150 g)，氷を沈めるための液体を入れる 500mL ビーカー 液体の密度を測るための 100mL メスフラスコ，電子天秤，液温測定用電子温度計，ロート，駒込ピペット，氷をつるすための細い銅線，クランプ



氷の作成

① 紙コップに，湯ざました水を 50 g, 75 g, 100 g, 125 g, 150 g をいれ，一晩冷凍庫で冷却し，氷にする。

サラダオイルの密度  $\rho$  の測定

- ① 空の100mLメスフラスコの質量を測定する。
- ② サラダオイルを100mLメスフラスコにとり，再度質量を測定する。
- ③ ①と②の差から液体の質量を求め，液体の密度  $\rho$  を計算する。

浮力を測定し，氷の密度を求める

- ① 氷の質量を測定する。
- ② 500mLメスフラスコにサラダオイルをいれ，質量を測定する。
- ③ クランプに氷のついた糸を取り付け，液体に氷をしずめ，電子天秤の値を測定する。
- ④ ②，③の変化量とサラダオイルの密度  $\rho$  から氷の体積を求める。
- ⑤ ①と④から氷の密度を求める



3 結果

① メスフラスコ (100mL, 200mL) を用いて，サラダオイルの密度  $\rho$  を求めた。結果を表1に示す。

表1 サラダオイルの密度を求める

メスフラスコの容量	メスフラスコの質量	メスフラスコとサラダオイルの質量	サラダオイルの質量	サラダオイルの密度 $\rho$
200	96.04	279.77	183.73	0.91865
200	97.74	281.27	183.53	0.91765
200	90.48	274.24	183.76	0.9188
100	64.20	155.97	91.77	0.9177
100	64.39	156.04	91.65	0.9165
100	64.42	155.78	91.36	0.9136
100	65.12	156.83	91.71	0.9171
100	64.42	156.02	91.60	0.916
100	63.56	156.20	91.64	0.9164
平均				0.91735
標準偏差				0.001582

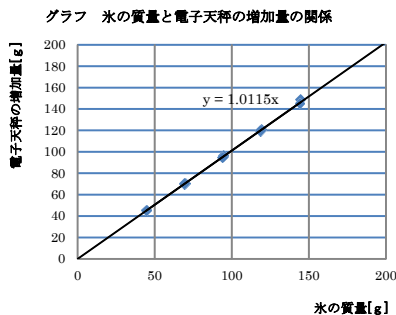
② サラダオイルに沈めた時の質量の変化から氷の体積を求め氷の体積を導いた。その結果を表2に示す。

表 氷の密度を求める

使用した液体		サラダオイル $\rho = 0.9174$ [g/cm <sup>3</sup> ]			
測定した氷の質量 [g]	銅線の質量 [g]	補正した氷の質量 [g]	a: 測定した電子天秤の増加量 [g]	氷の体積 a/ $\rho$	氷の密度 [g/cm <sup>3</sup> ]
45.40	0.62	44.78	45.60	49.7084	0.9009
70.59	0.62	69.97	70.28	76.6120	0.9133
95.11	0.62	94.49	95.59	104.2023	0.9068
119.23	0.62	118.61	119.38	130.1390	0.9114
144.96	0.62	144.34	145.20	158.2820	0.9119
45.63	0.62	45.01	45.69	49.8065	0.9037
69.86	0.62	69.24	70.08	76.3940	0.9064
95.38	0.62	94.76	96.12	104.7801	0.9044

119.78	0.62	119.16	120.76	131.6401	0.9052
145.35	0.62	144.73	148.40	161.7703	0.8947
45.26	0.62	44.64	45.21	49.2833	0.9058
70.10	0.62	69.48	70.27	76.6011	0.9070
94.52	0.62	93.90	94.80	103.3411	0.9086
119.67	0.62	119.05	120.07	130.8879	0.9096
144.93	0.62	144.31	145.38	158.4782	0.9106

③ 表2より、補正した水の質量[g]と測定した電子天秤の増加量[g]との関係をグラフに示す。



#### 4 考察

結果①より、サラダオイルの密度 $\rho=0.9174$ を得た。また、結果②の表には補正した水の質量と測定した電子天秤の増加量およびサラダオイルの密度から水の密度を求めた結果を示している。結果③には表から求めた質量と電子天秤の増加量との関係をグラフに示した。

グラフより、補正した水の質量と測定した電子天秤の増加量とは比例することが分かる。近似直線の傾きは $k=1.0115$ となった。この傾き $k$ は式13および14から、 $k=\rho/d$ である。このことから、 $d=\rho/k=0.9279501$ となり、水の密度 $0.927\text{ g/cm}^3$ という結果を得た。

本実験において、サラダオイルの密度において測定時の液温の違いによる粘性の違いが誤差として考えられる。しかし、実験を行う上で、メスフラスコの容量の違いや液温の違いによる明確な系統誤差は見られない。この事実から、サラダオイルの密度は十分適正に測定できたものと考えた。

結果②では、水の質量を独立変数、電子天秤にはたらく浮力に対応する質量を従属変数として水の質量を50g、75g、100g、125g、150gの5点について関係性を求めた。水の密度はサラダオイルの

密度と極めて近いため、水を完全にしずめるために銅線を用いた、この銅線の質量が0.62gであったので水の質量に補正を加えた。また液中には銅線の3分の1量をしずめたが、これに対応する体積は $0.62 \times 8.9 / 3 = 0.02\text{ cm}^3$ 以下となる。電子天秤による誤差が $\pm 0.01\text{ g}$ であるから、体積の測定値の誤差が最大で0.04%程度である。したがって銅線の体積による影響はないと判断した。

サラダオイルは水との水和性が低いため、融解した水は水の表面に付着する。このため水の融解による体積の変化による測定誤差を少なくすることができるので、本実験においてサラダオイルは有効な液体であったと考えた。

以下にサラダオイルを使用して、銅および鉄の密度を求めた時の値を示す。銅、鉄の対照実験では、密度をほぼ正確に測定できていたことを示すことができた。この事実は、本実験方法が物体の密度を求める上で有効な方法であることを示している。

表 サラダオイルの密度から求めた銅と鉄の密度

銅の密度を求める(実験中の液温 15.5℃)					文献値 8.92(g/cm <sup>3</sup> )				
メスフラスコの質量(g)	液体を加えたときの質量(g)	液体の質量(g)	液体の質量/100.0(g/cm <sup>3</sup> )	銅の質量(g)	天秤の増加量[ΔM]	増加量/ρ(cm <sup>3</sup> ) [ΔM/ρ]	銅の体積(cm <sup>3</sup> ) [V=ΔM/ρ]	銅の密度(g/cm <sup>3</sup> ) [d]	
64.37	156.21	91.84	0.9184	40.63	4.2	4.2/0.9184	4.5732	8.8844	
64.37	156.21	91.84	0.9184	17.46	1.81	1.81/0.9184	1.9708	8.8593	
64.49	156.22	91.73	0.9173	40.62	4.19	4.19/0.9173	4.5678	8.8928	
64.49	156.22	91.73	0.9173	17.49	1.81	1.81/0.9173	1.9732	8.8639	
64.12	156.02	91.9	0.919	40.62	4.17	4.17/0.919	4.5375	8.9520	
64.12	156.02	91.9	0.919	17.46	1.79	1.79/0.919	1.9478	8.9744	
									銅の平均密度 8.904 [g/cm <sup>3</sup> ]

鉄の密度を求める(実験中の液温 15.5℃)					文献値 7.87(g/cm <sup>3</sup> )				
メスフラスコの質量(g)	液体を加えたときの質量(g)	液体の質量(g)	液体の質量/100.0(g/cm <sup>3</sup> )	鉄の質量(g)	天秤の増加量[ΔM]	増加量/ρ(cm <sup>3</sup> ) [ΔM/ρ]	鉄の体積(cm <sup>3</sup> ) [V=ΔM/ρ]	鉄の密度(g/cm <sup>3</sup> ) [d]	
64.37	156.21	91.84	0.9184	18.35	2.16	2.16/0.9184	2.3519	7.8021	
64.37	156.21	91.84	0.9184	40.42	4.73	4.73/0.918	5.1503	7.8481	
64.49	156.22	91.73	0.9173	18.32	2.16	2.16/0.9173	2.3547	7.7801	
64.49	156.22	91.73	0.9173	40.41	4.77	4.77/0.9173	5.2000	7.7711	
64.12	156.02	91.9	0.919	40.43	4.77	4.77/0.919	5.1904	7.7893	
64.12	156.02	91.9	0.919	18.34	2.15	2.15/0.919	2.3395	7.8393	
									鉄の平均密度 7.805 [g/cm <sup>3</sup> ]

共同実験者の報告では、用いた液体を水、エタノール、メタノールとしたとき、求められる水の密度は0.9119 [g/cm<sup>3</sup>]と報告されている。本実験との誤差は、0.016 [g/cm<sup>3</sup>]程度で誤差2%以内で同様の値を求めることができた。

#### 5 課題

本実験を操作する上で、氷が融解しないように、出来る限りすばやく、氷の質量を測定した。しかしながら少量とは言え融解の影響を受けていることは否めない。また、氷の温度の違いによる体積の変化は考慮していない。さらに、冷蔵庫で氷を作るにあたり湯ざまし水を使用するなど脱気して泡のない純粋な氷を作成することを試みたが完全には泡をなくすことはできなかった。この点を工夫すると氷の密度はより正確に測定できるものと考えている。

#### 6 共同研究者との研究業績の分担

本研究は、岡山県立倉敷天城高等学校1年三宅 悠太君と共同研究を進めた。筆者は、サラダオイルを用いて近似直線の傾きから水の密度を求める実験をデザインした。また、三宅君には氷の体積を求める際、水、エタノールおよびメタノールと異なる密度 $\rho$ をもつ液体からのアプローチによって導かれる氷の密度のデータを提供していただいた。

#### 7 文献

- ・浜島書店編集部..ニューステージ新訂化学図表,浜島書店,2002,271p,ISBN978-4-8343-4005-1C7343
- ・黒田彦彦他,フォトサイエンス物理図録,数研出版,2010,p158,ISBN078-4-410-26511-2
- ・James Trefil / Robert M. Hazen, PHYSICS MATTERS, WILEY, 2003,p691  
ISBN 0-471-15058-4
- ・兵藤申一他,高等学校物理I改訂版,啓林館,2008,p287,ISBN 978-4-402-07303-9

### <グラフの種類>

グラフには、いろいろな種類があります。何を表すかによって、最も適切なものを選びましょう  
**棒グラフ**→数量の大小や数量の時系列変化、一定期間のデータの変化を示したり、項目間の比較を示す場合に適している。(通常、項目を横軸に、値を縦軸にとる)

**折れ線グラフ**→数量の時系列変化、時間の経過による、一定の間隔でのデータの傾向を示すのに適している。

**円グラフ、帯グラフ**→数量の割合把握、全体に対する比率で表示するのに適している。

**面グラフ**→数量の時系列変化、折れ線グラフよりも、時間の経過による変化の量が強調するのに適している。

**散布グラフ**→データの分布把握、複数のデータ系列の数値間の関係を示すのに適している。科学データ、統計データ、工学データなどの数値データの表示や比較によく使用される。

**株価チャート**→数量の定点変化の比較、科学的なデータを示す場合にも使用できるたとえば、毎日または、年間の温度変化を示したりする。

**等高線グラフ**→数量の特徴把握、2組のデータ間で最適な組み合わせを見つける場合に適している。

**ドーナツグラフ**→数量の割合把握、複数のデータ系列について、各部分の全体に対する関係(割合など)を表すのに適している。

**バブルチャート**→数量の特徴把握、3つの値(データ)から成る組み合わせを比較するのに適している。

**レーダーチャート**→数量的な特徴把握、複数のデータ系列の合計を比較するのに適している。

## 5. 問題解決型実験講座で模擬話し合い

### <物理分野>

#### －第1回－

科学者とは、何をする仕事？

\_\_\_\_\_を調べる仕事

①

変数 (variables)


・ \_\_\_\_\_  
例 季節, 大きさ, 色

値 (values)

・ \_\_\_\_\_  
例 季節 ... \_\_\_\_\_  
大きさ ... \_\_\_\_\_  
色 ... \_\_\_\_\_

②

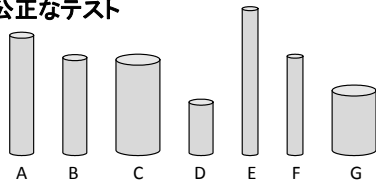
変数間の関係を調べるには...

例 ばねの長さ(伸び)と、弾性力の関係を調べるには 

一方の変数を \_\_\_\_\_、  
\_\_\_\_\_ 他方の変数の \_\_\_\_\_

③

公正なテスト



パイプの形と、叩いた時に出る音の高さの関係を調べたい  
上のA~Gのうち、あなたはどれを選びますか？

科学的な実験では、  
( )のが基本

④

グラフにまとめる (グラフの基本)

- \_\_\_\_\_を決める。  
横軸は \_\_\_\_\_、縦軸は \_\_\_\_\_をとる
- \_\_\_\_\_を決める。  
値が \_\_\_\_\_になるようにとる  
比例・反比例の関係を調べるには \_\_\_\_\_が必要
- データの点をとる。  
点は \_\_\_\_\_にとる
- 点を線で結ぶ。  
直線上に並んでいると仮定する場合は \_\_\_\_\_で、  
曲線上に並んでいると仮定する場合は \_\_\_\_\_で結ぶ

⑤

実際にグラフを描いてみよう

どんな関係が読み取れますか？

例① ばねの伸びと、弾性力の関係

伸び [cm]	2.0	4.0	6.0	8.0	10	12	14
弾性力 [N]	1.5	3.1	4.5	6.1	7.5	9.0	10.6

例② 気体の体積と、圧力の関係(温度一定)

体積 [cm <sup>3</sup> ]	2.0	4.0	6.0	8.0	10	12	14
圧力 [atm]	4.00	2.00	1.33	1.00	0.80	0.67	0.57

⑥

サンプリング

分野によっては、全ての対象を調査することは不可能

例 ある薬Aの薬効を調べたい



本当に効果があると言えるには

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

⑦

研究のプロセス

- \_\_\_\_\_を持つ
- \_\_\_\_\_を調べる
- \_\_\_\_\_を立てる
- 仮説(目的)の \_\_\_\_\_を検討する
- \_\_\_\_\_を集める
- \_\_\_\_\_をする
- \_\_\_\_\_する・ \_\_\_\_\_にまとめる

⑧

- ここまでは、科学研究についての用語や考え方をも身につける過程です。
- 具体的な研究や実験を想定(→ドライラボ)しながらどの場面で何を重点的に考えるかが大切です。

#### －第2回－

電気抵抗

①

オームの法則

導体を流れる定常電流の強さ  $I$  [A] は、その両端の電圧  $V$  [V] に \_\_\_\_\_。  
比例定数の逆数  $R$  を \_\_\_\_\_ という  
電気抵抗の単位 [  $\Omega$  ] (オーム)  
 $I = \frac{V}{R}$  または  $V = IR$   
導体の電気抵抗  $R$  は、導体の断面積  $S$  に \_\_\_\_\_ し、導体の長さ  $l$  に \_\_\_\_\_ する  
 $R = \frac{\rho l}{S}$  比例定数  $\rho$  を \_\_\_\_\_ という

②

課題① 電気抵抗について、次の性質を検証する実験のモデルを作ろう

導体の電気抵抗  $R$  は、導体の断面積  $S$  に反比例し、導体の長さ  $l$  に比例する

方法

③

課題② オームの法則を用いて、電気抵抗を測定する方法を考えよう

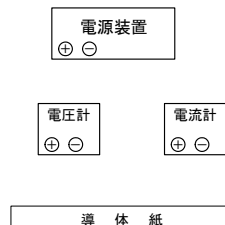
入力変数

出力変数

電気抵抗の算出方法

④

課題③ 電気抵抗について、次の性質を検証する実験の電気回路を作ろう



⑤

実験 2グループに分かれて、実験しよう。

1班 長さ抵抗の関係調べる

2班 太さと抵抗の関係調べる

⑥

### 注意事項

- ① 事前に、測定計画を作成する。
- ② 電圧は少しずつ調整する。(過電流を防ぐ)
- ③ グループ内で作業を分担し、効率的に作業を進める。
- ④ 終了5分前には、作業を中断し、片づけを始める。  
(実験が終了していない場合、放課後に継続)

⑦

- ここまでは、前回で得た考え方を具体的実験テーマ「電気抵抗」について使ってみましょう。
- 提示された各課題について、**グループ内で話し合いをしながら、グループとして答えを導き出すようにしてください。**
- 課題②で考えた方法(理論値)が正しいかどうかを**検証する実験を計画し、実験データを取ります。**グループ内の役割分担をしますが、**全員が実験全体を把握**しておきましょう。

### －第3回－

#### 各自がまとめた表を比べてみよう

**どんな表がわかりやすいかな?**

①

#### グラフにまとめてみよう

前々回の注意事項を確認すること

表のデータを、1枚のグラフにまとめよう

**目盛りの取り方に注意**

②

#### グラフから読み取ろう

**どんなことが読み取れるかな?**

**読み取ったことを再び表にまとめよう**

③

#### 再びグラフにまとめてみよう

**どんなことが読み取れるかな?**

\_\_\_と抵抗の関係は見えやすい  
**しかし**

\_\_\_と抵抗の関係は見えにくい

**どんな工夫が必要かな?(みんなで考えよう)**

④

- ここは、前回の実験で得られたデータをもとに、**表やグラフの表現法**を考えてみましょう。グループメンバーごとに各自が適切な表、グラフを考案(→グラフの書き方と線の引き方)した後、**グループ内で比較・検討**をします。他のメンバーの良いところをしっかりと見つけ出すとともに、他のメンバーの意見をしっかりと取り込みましょう。
- 最後に、表やグラフをもとに**実験結果を分析**しましょう。

### <グループメンバーそれぞれが行う大切なこと>



#### －「読む」ということ－

##### ○ 論文を読む。

自分が志す分野の研究論文を読みこなしてみよう。何をどんなふうの研究すればよいか分かります。

##### ○ 「実験計画書」を読む。

統計学を用いて、効率のよい実験をデザインし、結果を適切に分析するための方法を示しています。色々な出版社のものがありますが、内容はほぼ同じです。図書館にもあります。

##### ○ 教科書を読む。

高校生が知っておくべきすべてが読めます。



<生物分野>

－第1回－

課題発見型実験プログラム

# 光の波長と光合成

～ データの検証 ～

①

<研究の進め方>

1. テーマ設定 (実現可能性の追求)
2. テーマの独自性の検証
3. 仮説 → 結論の設定
4. 仮説の検証 (実験, 測定, 観察)
5. 検証結果の検討 → 「検定」など
6. 検証結果の妥当性から結論 (仮説が正しいことを主張)

②

1. 疑問 (テーマ設定の前提)

「植物は、光合成を行う」

↓

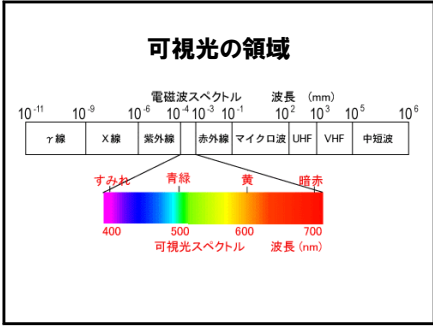
光合成に関する疑問を列挙・・・

グループ内で検討, 意見の抽出

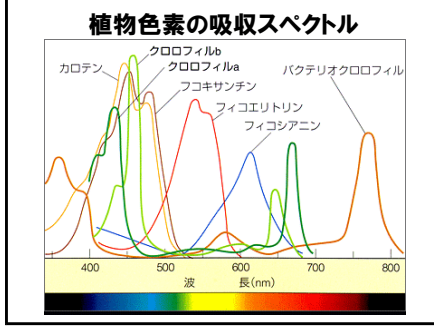
↓

書き出しする(グループ間で検討)

③



④



⑤

みんなの意見

⑥

今回は,

「全ての波長の光を使って光合成を行っているのだろうか」

をテーマにする

↓

・・・がもっとテーマを絞り込む

⑦

2. 知識

光合成に関する知識・・・

グループ内で知識の抽出

↓

書き出しする(グループ間で共有)

↓

色々な意見の中でテーマに関連したものの統合

⑧

みんなの意見

⑨

<光合成に関する知識>

- 光合成は、主に葉で行われる
- 植物は緑色→緑色の色素をもっている
- CO<sub>2</sub>を吸収して、O<sub>2</sub>を出す
- 有機物(グルコース)をつくる
- 光合成と同時に呼吸も行っている
- 夜(暗黒状態)は光合成できない
- 吸収した光エネルギーで光合成する
- 葉緑体には、光を吸収する色素がある
- 全ての光の波長を吸収していない

⑩

○ここまでは、研究テーマに関する知識の集積過程です。

「光の波長について」「光合成とは」など研究を行う上で必要な事ごらみみんなで出し合ったり、調べたりしましょう。

※一人ひとりの知識量は小さくても、グループ全員の知識が集まれば大きな知識量になります。「こんな事も必要」というアイデアも多角的に出し合ひましょう。

－第2回－

3. 仮説 (テーマと知識の統合)

グループ内で検討, 意見の抽出

↓

書き出しする(グループ間で検討)

①

みんなの意見

②

3. 仮説 (1)

- ① 緑波長の光を光合成に使っていない (←葉の色は、緑色である)
- ② 吸収された光量が多いほど、光合成速度が大きい (→強い光ほど、よく光合成する)
- ③ 波長の異なる光による光合成速度の違いを調べれば、光合成に使われる光の波長が分かる

③



3-2. 仮説(2)：理論値の算出  
科学的理論のうち、  
数式などを用いた理論で仮説を  
立てた場合は、  
条件設定による「理論値」を算出  
しておく  
↓  
理論値と実験値が等しいならば、  
仮説が正しい裏付けの1つとなる

④

実は、検証実験の結果を検討し、  
もう1つ(本当の)仮説がたつ  
④光合成に使われる可視光の波長は  
420nm付近(紫~青)と  
650nm付近(橙~赤)であり、  
550nm付近(緑)の光は使われない

⑤

仮説から→テーマの具体化  
「光合成に使われる  
光の波長の解明」  
↓  
このまま研究を進めると・・・  
●全ての植物について言えることが  
全ての色素について言えることが  
●全ての波長を調べたのか

⑥

どう変えるか・・・  
グループ内で検討、意見の抽出  
↓  
書き出しする(グループ間で検討)

⑦

みんなの意見

⑧

更に絞り込む  
「○○植物の光合成に使われる  
可視光の波長の解明」

⑨

○ここまでは、出し合った知識の中から、研究テーマに則して、「光の波長」と「光合成」との関係性をどのように研究すればよいかを考え、研究仮説をつくる過程です。

変数を何に決めるかが、ひとつの鍵になります。たとえば、

「～の数値の変動を実験で確かめれば、～のことが証明される」

「～がある時とない時の～を検証すれば、～のはたらきが分かる」などと考えてみましょう。

○アイデアや知識の出し合いではなく、考え方の「議論」をしましょう。意見を聞くだけでなく、意見を出し合ひましょう。優れた意見が出れば、自分の考えと比較し検討しましょう。

この時、大切なことは、自分の考えや意見を自身で客観的に捉えられることです。

－第3回－

4. 実験計画  
仮説が正しいことを検証ために  
ふさわしい実験内容を考案する  
「独創性」が必要 ← 評価  
●対象データ(測定数値のデータの決定)  
●材料(植物種類と場所の決定)  
●実験装置(機材と配置)  
●方法(測定時間や測定順序)  
●条件制御(コントロール)の問題

①

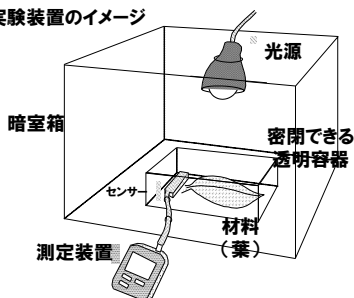
グループ内で検討、意見の抽出  
↓  
ノートにまとめる

②

今回、学校で用意できるもの  
CO<sub>2</sub>・温湿度モニター 1台  
LEDライト(赤色光) 1台  
LEDライト(青色光) 1台  
LEDライト(緑色光) 1台  
↓  
あとの必要な材料、器具は  
次回までに自分たちで準備

③

実験装置のイメージ



④

実験・観測  
↓  
実験ノートにまとめる

⑤

検証実験のデータそのものの検証

光色	濃度(ナノモル)CO <sub>2</sub> mg/100cm <sup>2</sup> /30分										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
青色光	47	38	48	38	45	48	38	31	33	41	40.4
赤色光	51	56	41	48	58	48	43	51	54	48	50.1
緑色光	2	0.8	0	1.1	0.1	0.5	2.1	0.4	0.1	0.3	1.0

光色	比較値(目安値)	標本サイズ(サンプル数)	標本平均	標本標準偏差	検定統計量 t	p値	有意水準
青色光	40.00	10.00	40.40	6.54	0.19	0.95	0.01
赤色光	50.00	10.00	50.10	5.28	0.08	0.95	0.01
緑色光	1.00	10.00	1.04	1.00	0.15	0.90	0.01

⑥

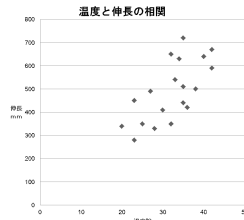
### 表計算ソフトで・・・

- 比較値(望ましい推定値) → 理論値など
- 標本サイズ(サンプル数) → データの数
- 標本平均 → =AVERAGE(C5:L5)
- 標本標準偏差 → =STDEV(C5:L5)
- 検定統計量t → =ABS(P5-N5)/(Q5/SQRT(O5))
- p値 → =TDIST(R5,O5,1,2)
- 有意水準 → 1%(0.01) または 5%(0.05)

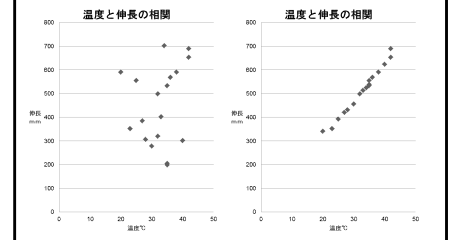
⑦

### データの相関

データNo.	温度 (℃)	伸長 (mm)
1	27	490
2	30	410
3	20	340
4	32	350
5	33	540
6	25	350
7	23	280
8	42	590
9	42	670
10	32	650
11	35	720
12	35	510
13	23	450
14	34	630
15	36	500
16	40	640
17	28	330
18	36	420
19	35	440



⑧



⑨

### 相関係数

データNo.	温度 (℃)	伸長 (mm)	データNo.	温度 (℃)	伸長 (mm)	データNo.	温度 (℃)	伸長 (mm)
1	27	490	1	27	490	1	27	355
2	30	410	2	30	466	2	30	218
3	20	340	3	20	340	3	20	590
4	32	350	4	32	499	4	32	320
5	33	540	5	33	613	5	33	402
6	25	350	6	25	395	6	25	553
7	23	280	7	23	351	7	23	351
8	42	590	8	42	633	8	42	633
9	42	670	9	42	696	9	42	664
10	32	650	10	32	496	10	32	496
11	35	720	11	35	538	11	35	204
12	35	510	12	35	533	12	35	533
13	23	450	13	23	450	13	23	351
14	34	630	14	34	524	14	34	702
15	36	500	15	36	594	15	36	563
16	40	640	16	40	624	16	40	351
17	28	330	17	28	431	17	28	308
18	36	420	18	36	566	18	36	563
19	35	440	19	35	555	19	35	138

⑩

○ここでは、仮説を立証するための**実験計画**をたてましょう。  
**実験の目的 (→仮説の実証) を明確にすることが大切です。**  
 また、独創的な実験方法についてアイデアを出し合いましょう。実験計画は、単に装置や材料の準備ではありません。その**実験によって得ようとする数値データの出し方を計画**することです。  
 ○結果の信頼性を確かめた上で、みんなで結果と仮説を検討し、結論を出しましょう。

## <グループ研究で大切なこと>



「話し合うこと」



「調べること, 検討すること」



「確かめること」



「発表し合うこと」

# 第3章 情報の取り扱いについて

課題研究を行うには、必ず「情報」の出し入れが伴います。現在の社会環境は情報化社会であり、ビッグデータの中から研究に必要な情報を適正にインテイクし、正確に分析できることが成功の鍵といってもよいほどです。また、コンピュータやタブレット、スマートフォンなど情報端末の発達と普及（…これも研究者や技術者による研究、開発の成果です）により、これほどの情報を容易に取り扱うことが非常に容易になりました。容易になったからとって、研究に必要な情報を「勝手に」入手し、自分たちの研究成果の中で使用してもよいのでしょうか。容易になったからとって、何でもかんでも不用意に公開してもよいのでしょうか。情報の出し入れには、一定のルールがあります。また、研究者として守らなければならないモラルがあります。これらのルールやモラルの中には、法律で定められているものもあります。情報は、使う前、出す前にもう一度、「使っても大丈夫？」「出しても大丈夫？」を確認するよう心掛けましょう。

## 1. 情報モラルとは

モラルとは、倫理的、道徳的意識（価値観）のことです。課題研究を行う上での情報とは、どのようなものがあるのでしょうか。主なものを挙げてみましょう。

### <研究テーマを探るとき>

- ・インターネット上の論文や報告書の情報（先行研究）
- ・書物としての文献、雑誌、年表、教科書や図説
- ・マスメディア（新聞、テレビやラジオなど）からの情報
- ・伝聞（人から聞いた）情報

### <研究をしているとき>

- ・インターネット上の論文や報告書の情報（研究データ）
- ・書籍としての文献、雑誌、年表、教科書や図説のデータや図（写真、模式図など）
- ・マスメディア（新聞、テレビやラジオなど）からの情報
- ・研究機関からの指導（専門的な実験法の伝授や研究に関わるデータなど）
- ・実験データ（実験法、数値データ、写真、図など）

### <研究成果を発表するとき>

- ・研究成果そのもの（論文）
- ・論文にあげるデータや写真、図

これらはすべて「情報」です。情報モラルとは、これらの情報を取り扱うときに必要な「守るべき」倫理的、道徳的意識のことです。たとえ、高校生の研究（課題研究）であっても、公表（発表）する段階で、発表内容に対する社会的責任を負うことになります。よほど意識していないと、他の人の権利を

侵害したり、嫌な思いをする人をつくりかねません。



図1 インターネット検索エンジンで探す  
—情報を得る便利さの反面、守るべきモラルがあります—

## 2. 情報の取り扱い（情報を得る、発信する）

情報の取り扱いについて、守るべきルールがあります。課題研究で、特に気をつけるべきことは、法的保護がなされている次のような点です。

○**知的財産の保護**：著作権や産業財産権などで保護されている情報。インターネット上にアップされているものや書籍等で公開されているものであっても、無断で使用してはいけません。使用する場合は、権者の許諾が必要になります。

○**個人情報の保護**：個人を特定、識別できる情報を無闇に使用してはいけません。肖像権やプライバシー権も同様です。これらの情報が、一度、インターネット上に流出すると消すことが不可能になります。

## 3. メディアの取り扱い

「メディア」とは、本来、情報の表現方法（形式）のことを指します。例えば、文字や画像、音声、動画などのことをメディアといいます。従って、マル



チメディアとは、複数の表現方法を組み合わせた複雑な表現形式を指します。一般的な研究発表用のポスターやスライドは、マルチメディアです。

一方、**物理媒体**もメディアといいます。物理媒体とは、情報メディアを記録・保存したり、表現や伝達したりするための道具や装置のことをいいます。例えば、SDカード、SDHCカード、SDXCカード、USBフラッシュメモリ（以上すべてフラッシュメモリ）、CDやDVD（どちらも光ディスク）、外付けHDD（一般には磁気媒体）などが記憶媒体として汎用です。テレビの受像機やプロジェクターもメディアの1つです。

物理媒体（**記憶媒体**）としてのメディアは、コンパクトで便利ですが、その中には「情報」が蓄積されています。情報モラルの観点から、厳重に管理されることが求められています。本校の課題研究では、主に、次の2つのメディアを記憶媒体（情報の保存ややり取り）として用います（図2）。

- ・SDカード（主にデジタルカメラの撮影情報を記録、保存）
- ・USBフラッシュメモリ（研究データや取得データ、画像、文書等の資料、研究論文等の保存）



図2 SDカード(左)とUSBメモリ(右)  
—どちらも本校の汎用物理媒体です。管理をきちんと！—

これらに記録、保存された情報の中には、知的財産の保護や個人情報の保護（→2. 情報の取り扱い参照）に抵触する情報が入っている可能性があります。課題研究で使用するSDカード、USBメモリは、以下の場所に保管しています。使用については必ず**担当教員の許可を得て使用する**ようにしましょう。

	記憶媒体の保管場所
物理分野	物理準備室・所定の引き出し
化学分野	化学準備室・所定の引き出し
生物分野	生物準備室・所定の引き出し
数学分野	生物準備室・所定の引き出し



図3 デジタルカメラ  
—SDカードはデジタルカメラの中に入っています。  
管理をきちんと！—

また、使用後は、使用の終了を担当教員に報告し、確実に保管場所に戻すようにしましょう。

※課題研究で使用する記憶媒体（USBフラッシュメモリ、SDカードが入っているデジタルカメラ）には、図2、図3のように識別タグを取り付けています。自分のグループの情報と他のグループの情報とが混在することがないように注意しましょう。

ウィルス対策の観点から、**個人で使用している記憶媒体を絶対に持ち込まない**ようにしてください。特に、課題研究で使用するノートパソコンを始め、学校管理の情報端末に接続することは厳禁です。

**パソコン**（パーソナルコンピュータ、以降PCと略）についても取り扱いは同様です。PCにも各PCを認識するタグがつけられ、各課題研究の準備室の所定の場所に保管されています。

	PCの保管場所
物理分野	物理準備室・所定の棚
化学分野	化学準備室・所定の棚
生物分野	生物準備室・所定の棚
数学分野	生物準備室・所定の棚

PCのハードディスクには、「情報」が記憶されています。使用に際しては、担当教員の許可を受けること、使用後の返却確認はもちろんのことですが、**使用する場合は、各分野の教室に限定**されています。**他の教室等へ持ち出さない**ようにしましょう。また、公関係のインターネット接続が無線LANにより可能な状態になっています。PC使用時に研究のための選考研究や研究材料等を検索するためにインターネットに接続するのは自由ですが、研究に必要なない使用は厳禁です。特に、**無断でソフトをダウンロード**

ードしたり，他の私的な端末からの接続は，セキュリティー（安全対策）の面から絶対にしてはならない行為として強く認識しておきましょう。 個人所有のPCやタブレット端末も同様の観点から持ち込まないように心掛けましょう。



図3 パーソナルコンピュータ(PC)  
—PCカバーの認識タグを確認の上，管理をきちんと！—

#### 4. 研究者としてのモラル

研究は，言うまでもなく自分たちのオリジナルな素材やデータによってその成果が構築されていくはずですが，その過程には，多大な時間と労力を要します。それでも，なかなか結果が出ない，成果に結びつかないという場合もよくあります。そのような精神的にも肉体的にも追い詰められる場合であっても，研究者としてのモラルは厳守しなければなりません。研究におけるモラルに反する＝「不正」とはどのようなことがあるのでしょうか。主なものを取り上げると次のようなことが挙げられます。

・ **データの捏造**：研究データ（実験データ）を研究

成果に結びつくように架空のデータを作成する。

・ **データの改ざん**：研究データ（実験データ）を研究成果に結びつくように，不正につくりかえる。

・ **先行研究や他の論文からの盗用**：自分たちがやってもいない研究内容（一部も含めて）を他の科学論文等から抜き出し，あたかも自分たちの研究のものであるかのように使用する。

・ **他の研究者のアイデアの盗用**：自分たちが独創性をもって考え出したアイデア（研究テーマや実験方法など）ではないにもかかわらず，あたかも自分たち考え出したアイデアのように使用する。

・ **実験データの盗用**：他の研究者や研究グループが行った実験のデータを，あたかも自分たちが行った実験のものであるかのように使用する。

・ **関与のない研究へ関与を装う（ギフトオーサiership）**：その研究に直接関係していないにもかかわらず，あたかも研究成果に自分（自分たち）の貢献があるかのように振る舞う。

上記のどのケースでも，多くの場合，研究論文の作成，発表時において発覚（気づく）ことが多いのですが，他の研究者や研究グループの「労」を侵害したり，自分たちの「労」を惜しむようなモラルに反する事柄です。**研究論文の発表は，その成果や研究内容のすべてについて，道義的にも責任を負っていることを十分認識**しておきましょう。

それでは，どのようにすれば，このようなモラルハザードを回避することができるのでしょうか。論文の発表には，それぞれの発表機関や学術誌（世界的には「Nature」や「Science」が有名）で厳重な審査が行われ，上記のような研究モラルに関する事柄はチェックされます。反面，多くの研究発表が日々，インターネット上にアップされる現在，すべての研究について，詳細なチェックをかけることが困難な情況にもあります。特に，高校生の課題研究については，研究成果を出すことに気を取られ，「十分なチェック」に至らないまま発表する場合があります。そこで，日頃からできるモラル管理の1つとして，**実験ノートの記録**（→第1編第2章3. 研究ノート（ラボノート）を記録する）があります。実験ノートを確実に記録することが，研究モラルに対する意識の面で防波堤になります。また，その1つ1つが自分たちが行った研究であることの証拠となります。研究データは，「研究」として最重要情報です。日々の研究活動の中できちんと情報管理を行うことが求められています。



# 卒業生コラム



## ○自己紹介

- ・窪木裕介（平成25年卒）
- ・九州大学工学部
- ・小さいころは人の役に立てるような仕事に就きたかったです。今は、薬学関係の仕事に就きたいと思っています。

## ○高校時代の課題研究について

- ・テーマ「残留塩素の除去方法の評価」
- ・実験の中で同じ作業を繰り返し続けることが苦痛だった。また、論文も書き直しても書き直しても添削されて返ってくるため果てしない推敲が大変でした。

## ○課題研究が今の自分、将来の自分にどのように活かしているか

- ・論文を書いた経験が、大学の学生実験の時のレポートに役に立っています。高校生の時にレポートや論文を書いたことがない人は、何をどう書けばいいのか全然分からない人が多いです。そのため自分は感じ、考えたことを理論立てて文章にすることに多少慣れているため、他の人よりもレポートの完成度が高いこともあります。また、理数科ならではの数多い実験や課題研究で様々な実験器具を扱ったりするために基本的な実験器具の使い方を理解しており、実際につかっていたことがあると実験の時にスムーズに行うことができます。

## ○将来について

- ・生物を対象とした化学系の方向を目指しています。  
（例）がん細胞のみを化学物質を用いてマークする。

## ○現役生徒への伝えたいこと

- ・自分の大学は、とにかく授業の感想や考察から実験までのレポートを課してきます。そういう時に今までレポートを書いてきたことがあるかどうかの経験が大変役に立ちます。また、感想や考察のレポートを書く時に自分の中にテンプレートを持っているとより速く、分かりやすく書くことができます。

大学生になって、一番求められていると感じるものは「自分で考える」力です。人の宿題を写したものを先生に提出する・・・ということがもしかするとあるかもしれません。高校までは、答えが用意されており、その答えにたどり着くことが大切であるために、それでも通用するかもしれません。しかし、大学生は、答えが分からない問いがたくさんあります。「なぜ、こういう現象が起こり得るのか。その理由を自分の考えで書きなさい」という問題を出されることがよくあります。まだよく分かっていない現象を研究し、考察していくことが大学で行われることです。そのため、自分で考える力が試されます。だから高校生の皆さんには、ぜひ、他人の考えを写したり、もしくは参考にしてその場をやり過ごすのではなく、自分の考えをしっかりとって答えて欲しいとおもいます。