

必携・紛失注意

SSH
Super Science High school

緑の探究 I・II・III 課題研究テキスト 2026年度版



神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校

____年 ____組 ____番 氏名_____

目次

STEP 1. 探究の基礎知識をつける

1章. 探究の全体像	6
1-1. 探究フローチャート	
1-2. 「緑の探究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ」の内容	
1-3. 「緑の探究」のあゆみ（直近4年間）	
2章. 緑高の探究とSSH	8
2-1. 探究とは	
2-2. 探究と研究	
2-3. 横浜緑ヶ丘高校のSSH目標	
3章. 探究をする前に知っておくべきこと	10
3-1. 科学的に探究する	
3-2. 探究の流れ【技能】	
3-3. 探究の世界史	
3-4. 探究と大学入試	
3-5. 外部の方との連携① メールのかきかた【技能】	
3-6. 外部の方との連携① 電話のかきかた【技能】	
4章. 先行研究を読む, 引用する	20
4-1. なぜ先行研究を調べるか	
4-2. 緑高SSH「知の情報拠点」を利用しよう【技能】	
4-3. 情報の信頼性を評価する【技能】	
4-4. 学術論文の探しかたと読みかた【技能】	
4-5. 学術論文の書式【技能】	
4-6. 先行研究の引用方法【技能】	

STEP 2. 研究計画を作成する

5 章. 課題設定.....26

- 5-1. 研究テーマを見つけて、課題を設定する
- 5-2. 楽しく取り組める課題
- 5-3. 検証可能な課題【技能】
- 5-4. 着目する点を絞り込む【技能】
- 5-5. 小さな課題から始める【技能】
- 5-6. 予備実験の重要性
- 5-7. 研究倫理【技能】
- 5-8. 季節が限られる実験はやり直しがきかない
- 5-9. 個人の体調や気分によって左右される研究は難易度が高い
- 5-10. 既製品を使用すると考察しづらくなることが多い
- 5-11. 歴史の研究は一次データにアクセスしづらい
- 5-12. アンケート調査は、ただの人気調査で終わらせない
- 5-13. 研究テーマが思いつかないときは
- 5-14. 緑高の先輩たちが直面した困難の例
- 5-15. 課題設定のワークシート

6 章. 研究のタイトル.....32

- 6-1. その研究で何をしたら、ひと目で分かるタイトルを
- 6-2. タイトルは「問い」の形にすると良い【技能】
- 6-3. 「いちばん～なものは何か」というタイトルは NG

7 章. 背景, 目的, 仮説.....33

- 7-1. 背景と目的には「研究の過去, 現在, 未来」を書く
- 7-2. 仮説を書くならば根拠をもとに書く
- 7-3. 背景, 目的, 仮説のワークシート

8章. 試料と方法 35

8-1. 科学的手法

8-2. 量的データと質的データ【技能】

8-3. 母集団と標本集団【技能】

8-4. 対照実験【技能】

8-5. 実験器具の準備は、前もって教員に相談する

8-6. 複数のデータを得られるように工夫する【技能】

8-7. 緑高生が作ったアンケートの例とその改善策【技能】

8-8. アンケート調査の回答数はどれだけ必要か【技能】

8-9. アンケート調査の諸注意【技能】

8-10. 統計検定の基礎「t検定」【技能】

8-11. 試料と方法のワークシート

STEP 3. 研究成果をまとめる

9章. 結果 47

9-1. 考察に値するデータを得られたか？

9-2. データの分析と表現【技能】

9-3. グラフを作る際の注意点【技能】

10章. 考察 49

10-1. 分析結果から「客観的に」考えられることを述べる

10-2. 考察をもとに、次の課題を見出す

10-3. 考察で使いやすい文末表現【技能】

11章. 結論 50

11-1. 複数の結果と考察を統合して、結論を導く

11-2. 「目的を達成できなかった」とだけ書くのはNG

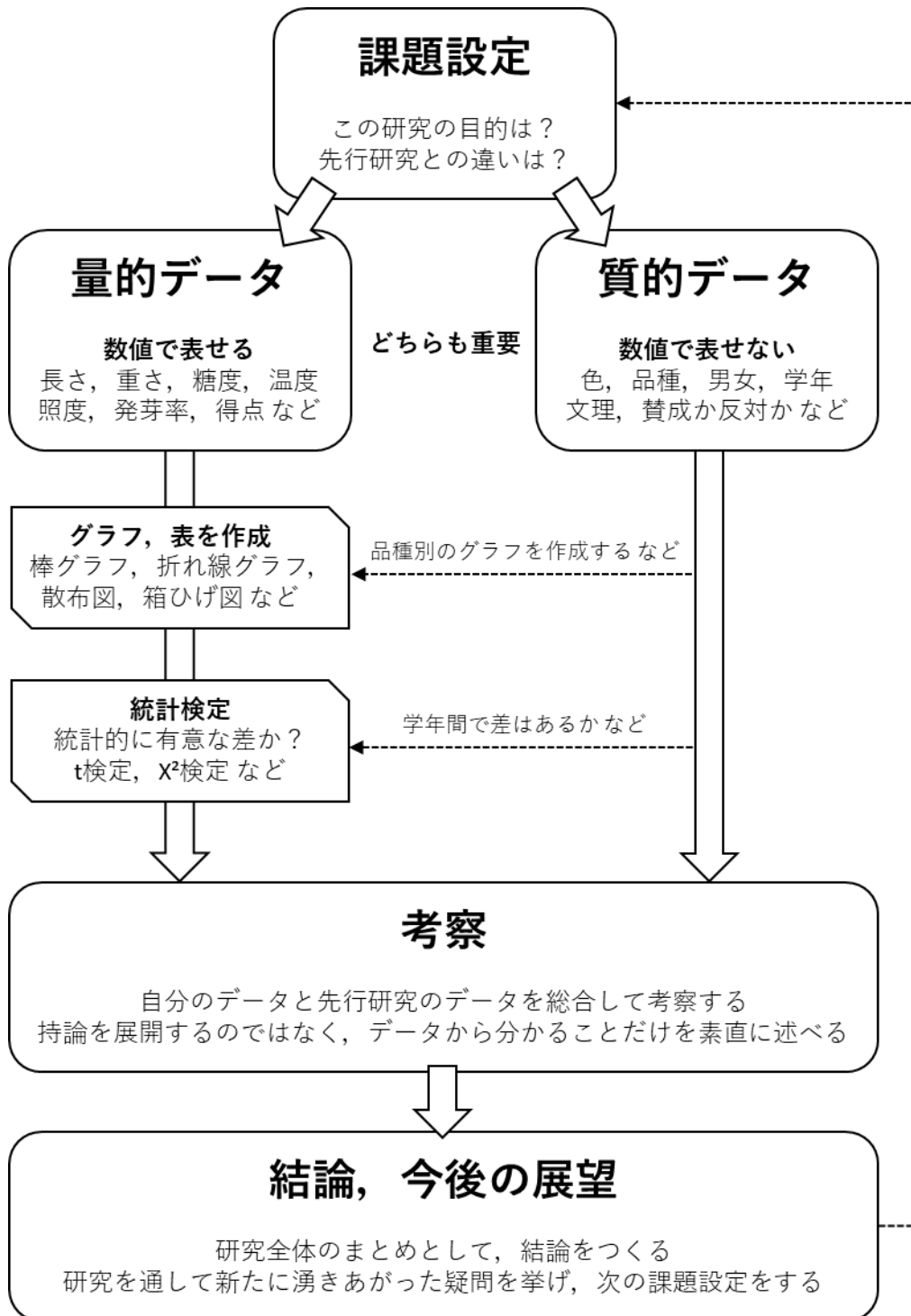
12 章. 参考文献	51
12-1. なぜ参考文献が必要か	
12-2. 引用をするための条件	
12-3. 参考文献の書きかたの例【技能】	
13 章. 研究をまとめ, 発表する	52
13-1. 最終確認! 読みづらい日本語は無いかな?【技能】	
13-2. ポスター発表	
13-3. 口頭発表	
13-4. Z 型の視線の流れ【技能】	
13-5. 逆 N 型の視線の流れ【技能】	
実験計画書 (実験器具オーダーシート)	56
アンケート計画書	58
講演会など 研修報告書①②③④	60
緑の探究 レポート①②③	64
過去の学年代表ポスター (76, 77, 78 期生)	70
コラム 先輩たちの声	76
評価ルーブリック	80

※ 本テキストは, 本文中 4-5 に記載した日本語学術論文の書きかたのルール例に則って作成しており, 英数字は半角で統一, 読点は「、」でなく「,」を使用しています。

STEP 1. 探究の基礎知識をつける

1 章. 探究の全体像

1-1. 探究フローチャート



1-2. 「緑の探究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ」の内容

緑の探究Ⅰ	緑の探究Ⅱ	緑の探究Ⅲ
与えられた大テーマに沿って ミニ課題研究	自分で大テーマを設定して 課題研究①	自分で大テーマを設定して 課題研究②

探究の基礎を学びつつ試行錯誤

好きな大テーマで探究を実践

緑探Ⅱの反省を活かしてリトライ

1-3. 「緑の探究」のあゆみ（直近4年間）

令和4年度 SSH 指定1年目

- 77期 緑の探究Ⅰ 「水」の探究（グループ）、スライド発表
 協力：水産研究・教育機構、国際協力機構、(株)オオスミ、ウォータースタント[®] (株)
- 76期 総合的な探究の時間Ⅱ 課題研究（個人）、ポスター発表
- 75期 総合的な探究の時間Ⅲ 課題研究（個人）、スライド発表

令和5年度 SSH 指定2年目

- 78期 緑の探究Ⅰ 「水」の探究（グループ）、スライド発表
 協力：(株)オオスミ、日本大学生物資源科学部、中外製薬(株)
- 77期 緑の探究Ⅱ 課題研究（グループ or 個人）、ポスター発表
- 76期 総合的な探究の時間Ⅲ 課題研究（個人）、ポスター発表

令和6年度 SSH 指定3年目

- 79期 緑の探究Ⅰ 「水」の探究（グループ）、ポスター発表
 協力：(株)オオスミ、日本大学生物資源科学部、神奈川県立衛生研究所
- 78期 緑の探究Ⅱ 課題研究（グループ or 個人）、ポスター発表
- 77期 緑の探究Ⅲ 課題研究（グループ or 個人）、ポスター発表

令和7年度 SSH 指定4年目

- 80期 緑の探究Ⅰ 「水」の探究（グループ）、ポスター発表
 協力：(株)オオスミ、日本大学生物資源科学部、神奈川県立衛生研究所、
 海洋研究開発機構（JAMSTEC）、横浜薬科大学
- 79期 緑の探究Ⅱ 課題研究（グループ or 個人）、ポスター発表
- 78期 緑の探究Ⅲ 課題研究（グループ or 個人）、ポスター発表

2章. 緑高の探究とSSH

2-1. 探究とは

探究とは何か、考えてみましょう。何かを突き詰めることでしょうか？課題に向き合う姿勢でしょうか？

探究には「興味のあることをとことん調べたい」「社会の役に立つものをつくりたい」「世界中の誰も知らないことを解明したい」など、人それぞれのさまざまな形があります。

探究とは、**実社会や実生活の中から問いを見出し、自分で課題を立て、情報を集め整理分析して、まとめ・表現をする学習活動**のことです。

横浜緑ヶ丘高校は自由な校風で知られます。生徒のみなさんが、**好きなことを好きなだけ探究できる**環境があり、互いに高めあえる仲間がいます。みなさんの人生を豊かにする探究の技能を身につけてほしいという願いをもって、「緑の探究」は設計されました。

「緑の探究」は、探究のプロセスやデータ分析の方法など、探究を基礎から体系的に学び、段階的に課題研究に取り組むことで「科学的思考力」「課題発見・設定能力」「課題解決能力」からなる「**科学的探究力**」や「**協働力**」を育むことを目的とします。

「緑の探究」では、既存の資料を写すだけの**調べ学習（情報の消費）**に留まらず、調査・実験を通じた**探究（情報の生産）**をすることを重視しています。自分のアイデアを形にすることの大変さや楽しさを、存分に経験してください。

周囲の人と協力することで探究は深まります。友人や教員、外部の人も巻き込んで、より有意義な探究にしてください。

問. あなたは、高校生活の中でどんな探究をしたいか？

また、10年後のあなたはどんな探究をしているだろうか？

2-2. 探究と研究

探究とは「物事の真の姿やあり方を見極めようとする取り組み」のことを指します（野村ら 2021）。高等学校における探究では、「探究の流れ（後述）」に沿って取組を進めることが重要であり、**取り組んだ期間中に何を知ることができたかを素直にまとめ、発表することがゴール**です。

これに対して、研究とは「よく調べ考えて真理をきわめること」を指します（新村編 2018）。大学等における研究は、**真理に到達し、公表することがゴール**です。探究と研究にはさまざまな差異がありますが、そのひとつは「成果を求められるかどうか」です。

「緑の探究」は、あくまで探究ですから、**学術的価値のある成果を求めません**。ただし、大学等における研究の手法は探究にも大いに役立ちますので、このテキストでは **SSH の生徒として習得すべき「研究」の手法**も多く収録しています。これらの手法を多く習得することができれば、物事を深く「探究」するための助けになるはずです。

2-3. 横浜緑ヶ丘高校の SSH 目標

SSH 研究開発課題名

未来の担い手として、他者と協働して課題解決に導く科学的探究力を備えた人材の育成

SSH 研究開発の 4 つのテーマ

- 【テーマ 1】学校設定科目「緑の探究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ」の設置
- 【テーマ 2】探究的な授業を通じた「科学的思考力」の育成
- 【テーマ 3】「横浜」の地域資源や外部機関等との連携を活かした取組の充実
- 【テーマ 4】未来の担い手の育成に向けた国際性を育む取組の充実

【参考文献】

野村純，鬘谷要，中込真，林宏樹，姫野哲人，日高正貴，石塚学，兵藤友紀，小泉治彦，降旗敬，須藤優，山崎健太，田中秀二. 2021. 理数探究基礎. 数研出版.
新村出 編. 2018. 広辞苑（第 7 版）. 岩波書店.

3章. 探究をする前に知っておくべきこと

3-1. 科学的に探究する

「緑の探究」では、みなさんの好きなことを探究し、発表します。もし、探究の内容が自分にしか通じないものであったら、周囲にその面白さは伝わりません。そうならないように、探究活動の際に役立つのが「科学」の考え方です。

科学の特徴は、その**普遍性**と**再現性**です。いつ、どこで、誰が、どのように検証しても、同じ結果が得られることが求められます。つまり、科学に基づいて検証されたものは、同じことをもう一度検証する必要がなくなります。科学とは、事象を一般化して論じることで、社会全体で効率的に知を蓄積するための手法です。

「科学といえば理系」というイメージをもつ人は少なくありません。しかし、学問には「**人文科学**」「**社会科学**」「**自然科学**」「**情報科学**」など、理系に限らず、科学の名がついた研究分野がたくさん存在します。科学とは、文理の垣根を越える概念です。

科学的に探究するには練習が必要です。「**実験の条件をできるだけ揃え、詳しく記載する**」「**主観を排除して考察する**」「**ばらつきのあるデータを正しく評価する**」など、気をつけるべきことはたくさんあります。「緑の探究」を通して、科学的に探究するための技能を身につけましょう。

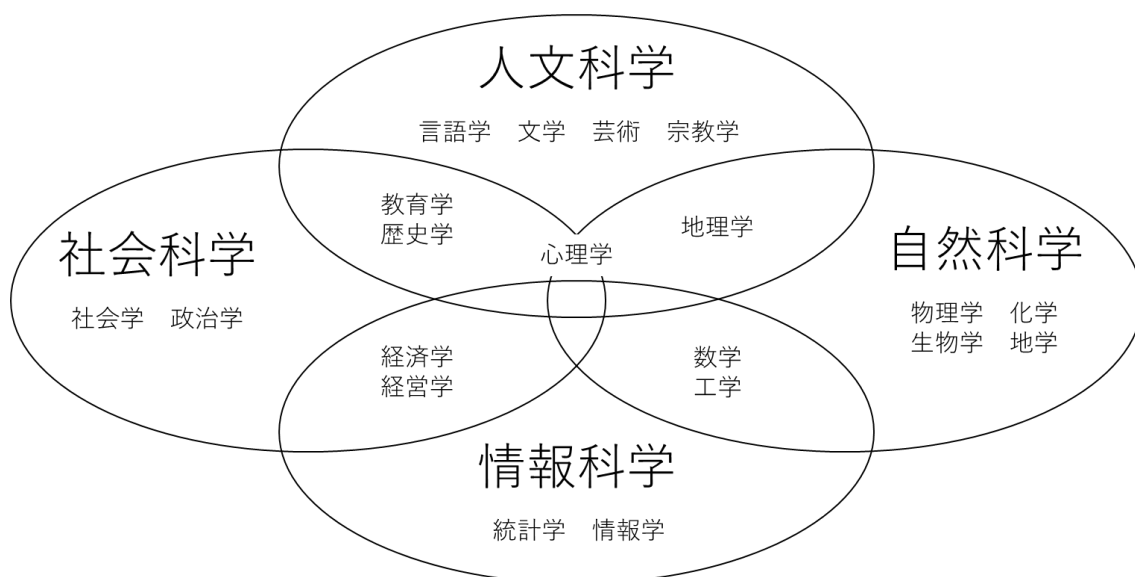


図. 科学の分類

3-2. 探究の流れ【技能】

探究は、「課題の設定 → 情報の収集 → 整理・分析 → まとめ・表現」という流れで進みます。これが1周したら、より発展的な課題を設定して同様の流れを繰り返します。

探究をスムーズに進めるためのコツは「スモールステップ」です。スモールステップとは、難しい課題を達成するために、課題を細分化して少しずつ取り組むことです。まず、規模の小さな取り組みやすい計画を立てましょう。これを実行すると、予想通りである部分や、予想と異なる部分が明らかになって、さらなる疑問が生まれます。これをもとに、より発展的な計画を立て、実行しましょう。この繰り返しによって、探究は深まります。

最初から大きな成果を上げようとする、好きなことを探究しにくくなります。大切なのは成果を上げるのではなく、興味のあることを存分に調べ、検証することです。成果は後からついてくればよい、と考えることをおすすめします。

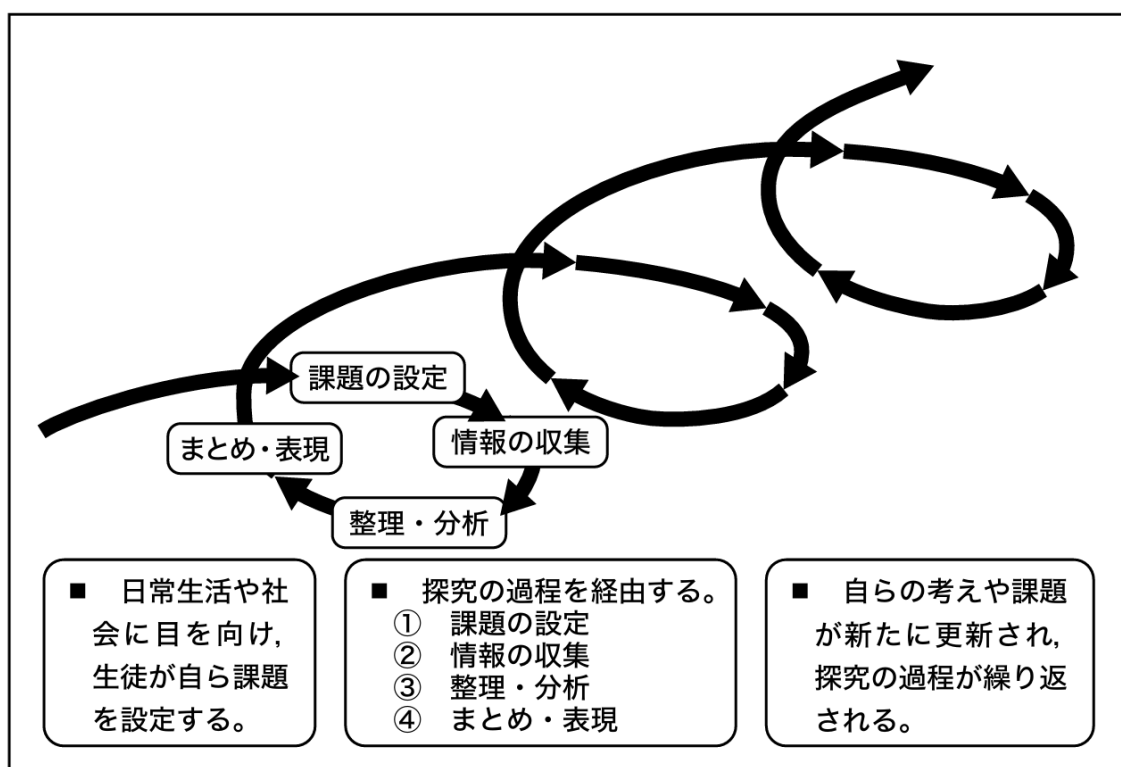


図. 探究における生徒の学習の姿 (文部科学省 2018)

【参考文献】

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.

3-3. 探究の世界史

科学の歴史的变化や過程を研究する学問分野を**科学史**とといいます。ここでは、ヨーロッパにおける科学史を中心に、その概略を紹介します。

○ギリシャ文明の科学史

世界に先駆けて科学の発達をもたらされたのはギリシャ文明の都市国家でした。古代ギリシャ時代は学問一般を「哲学」と呼びました。この哲学は自然科学に近いのですが、考え方は観念的かつ思弁的であり、**経験や実証にはほとんど頼らない**という点で現代の自然科学とは大きく異なります。

初期のギリシャ哲学は、紀元前6世紀に、イオニア地方のミレトスを中心に発生したとされ、イオニア学派と呼ばれています。

タレス	物体論を説き、水こそが原質であると主張した
アナクシメネス	空気が根源物質であると主張した
ヘラクレイトス	火が根源物質であると主張した

同時代の**ピタゴラス**（前582頃～前497頃）はイオニア時代の代表的科学者で、万物の原理を「数」と考えました。これ以外にもピタゴラスとその弟子たちは、地球が太陽と月と諸惑星の軌道がつくる同心球の中心にあるという天動説の原型を唱えたり、三平方の定理を証明したりしたことで有名です（ただし、バビロニア王朝の遺跡で三平方の定理の証明を記した壁画が発見されており、ピタゴラスよりはるか以前にこの定理は見つかったと考えられています）。

その後でた**アリストテレス**（前384～前322）は、あらゆる学問分野について古代思想の総合的体系化を行いました。彼の著作は膨大なもので、のちのイスラーム思想やキリスト教神学に与えた影響は計り知れません。



STEP 1. 探究の基礎知識をつける

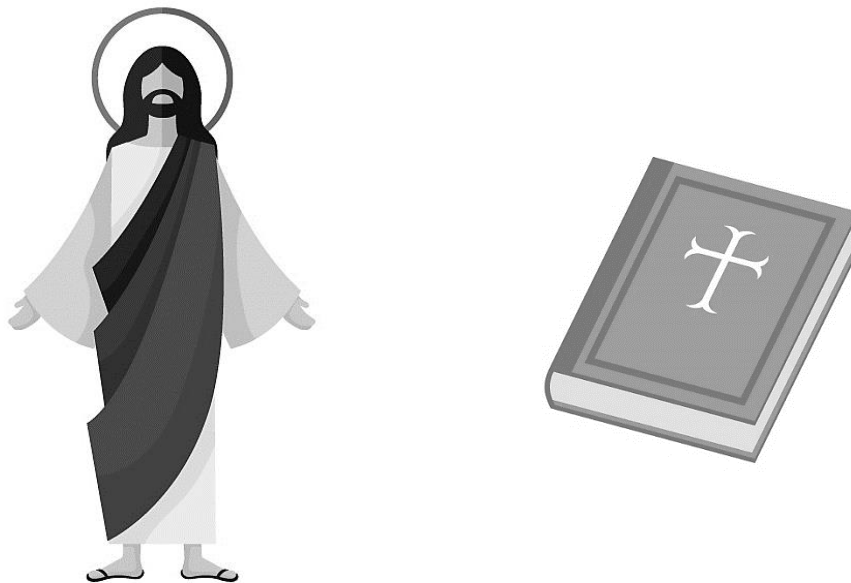
○中世までの科学史

時が経ち、ヨーロッパではローマ帝国が力をもつようになりました。この間にローマ帝国に浸透し、激しい弾圧の時代を経てついに国教となったのが**キリスト教**です。

キリスト教の社会では、**聖書**が重要視されました。聖アウグスティヌス（354～430）は、古代キリスト教の思想家のなかでも有数の影響力をもっており、「**真実は、手探りで模索する人間が推測することよりも、むしろ神が明らかにすることにある**」という言葉を残しています。知識を求めて手探りで模索する科学者が活躍する余地などはなく、科学と医学で知る価値のあるすべての事柄はすでに古代の人々によって発見されている、というのです。

一流の科学者であるためには、先人の発見についての文献を読めば十分だという後ろ向きな考えは、中世までヨーロッパで幅を利かせました。11世紀以降、ヨーロッパ各地に設立された大学では、キリスト教の教理や信仰に関する学問である**神学**とともに、アリストテレスをはじめとする古代の哲学者たちの著作が盛んに研究されました。

そんななか、ロジャー＝ベーコン（1214頃～1294）は、「すべては経験に依存する」と説き、数学的実験科学の方法を考察しました。その科学的方法論は、近代科学の発達に大きな影響を与え、イスラーム世界から伝えられた**錬金術**などに関連をもちながら、ヨーロッパで近代科学の芽が育っていきます。



STEP 1. 探究の基礎知識をつける

○近現代の科学史

17世紀前半、イギリスのフランシス=ベーコン（1561～1626）は、実験と観察の結果から一般法則を導く**帰納法**にもとづく思考方法を唱えました。これに対してフランスのデカルト（1596～1650）は、一般的な前提を個別の具体的な事象に当てはめることで真理に到達する**演繹法**にもとづく思考法を主張しました。17世紀後半には、これら2つの思考方法を基礎に、**自然科学**が近代的な学問として確立しました。ヨーロッパにおけるこの動きは科学革命と呼ばれています。

その後、**蒸気機関**をはじめとする機械や動力が発明され、18世紀にはイギリスの経済活動に導入されました。この産業革命をきっかけに、経済のあり方や社会構造が根本的に転換しました。19世紀以降には、**電話**の発明、ダーウィンによる**進化論**の発表、メンデルによる**遺伝法則**の発見、レントゲンによる**X線**の発見、ジョン・フレミングによる**真空管**の発明、アレクサンダー・フレミングによる**抗生物質ペニシリン**の発見、ベル研究所による**トランジスタ**の発明、ワトソンとクリックによる**DNAの構造**の解明、国際チームによる**ヒトゲノムの解読**など、さまざまな発見が私たちの生活や価値観を変えてきました。

現代社会にとって、科学技術はなくてはならないものになっています。



【参考文献】

- 木下康彦，木村靖二，吉田寅 編. 2008. 改訂版 詳説 世界史研究. 山川出版. 598 p.
見附孝一郎. 2023. 自然科学ヒストリア ギリシャ哲学から現代科学まで. 瀬谷出版. 236 p.
ウィリアム F. バイナム. 2022. 若い読者のための科学史 藤井美佐子訳. 東洋書林. 386 p.

3-4. 探究と大学入試

2022年度から、全国の高等学校で「総合的な探究の時間」が始まりました。これに伴って、**総合型選抜や学校推薦型選抜（指定校型および公募型）で、探究の取り組みをアピールできるようになった高校生が増えています。**

図より、**令和5年現在、国公立大学入学者の20%以上、私立大学入学者の50%以上が総合型選抜または学校推薦型選抜による入学者であることがわかります。**総合型選抜や学校推薦型選抜における面接や自己推薦書では、「高校生活で何を頑張っていて、どのような成果を上げたか」が問われることが多いです。ここで探究の取り組みをアピールできることは、大学入試を乗り越えるための強力な武器となります。

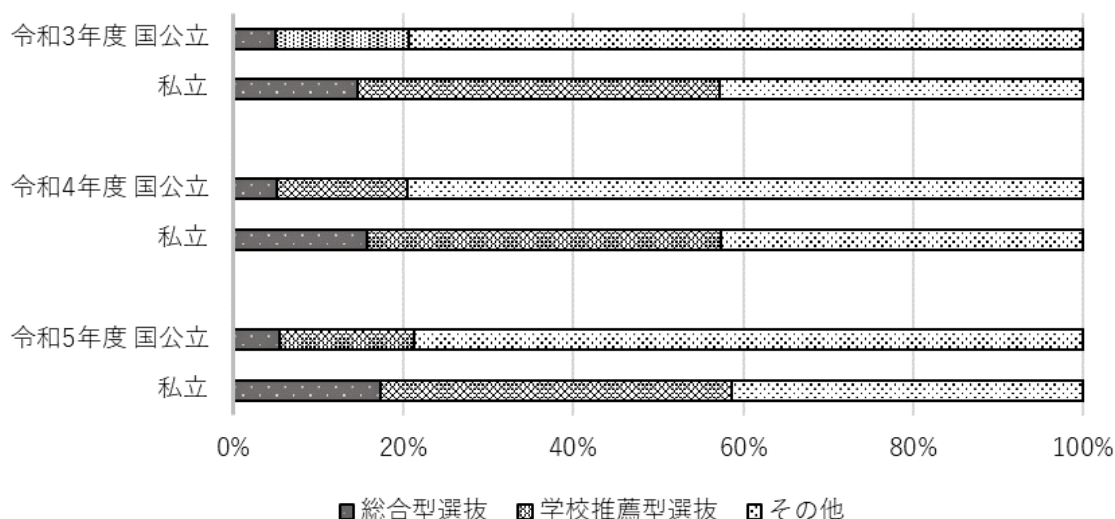


図. 令和3～5年度 国公立大学入学者選抜 実施状況
文部科学省（2022, 2023a, 2023b）をもとに作成

【参考文献】

- 文部科学省. 2022. 令和3年度国公立大学・短期大学入学者選抜実施状況の概要.
 文部科学省. 2023a. 令和4年度国公立大学・短期大学入学者選抜実施状況の概要.
 文部科学省. 2023b. 令和5年度国公立大学・短期大学入学者選抜実施状況の概要.
 井ノ上憲司, 山下仁司, 川嶋太津夫. 2023. 高校での探究活動は大学での研究力の基盤を育っているか—探究活動によって育成される能力を活かす入試・教育接続とは—. 大学入試研究ジャーナル. 33. pp. 306-313.

3-5. 外部の方との連携① メールの書きかた【技能】

緑の探究では、企業や研究機関など、外部の方の協力を得て研究をすることを推奨しています。外部の方とのやり取りはメールや電話を使って自分たちで行うこともあります。その際、いわゆる LINE や Instagram のような友達同士のやり取りの文面では大変失礼な場合があります。将来社会に出ても恥ずかしくないように、作法を身につけましょう。

○基本知識

To (宛先) には、連絡したい相手のメールアドレスを入力します。**CC (Carbon Copy)** には、探究担当教員など、メッセージに目を通してほしい相手のメールアドレスを入力します。To と CC に入力したメールアドレスは、他の受信者に開示されます。他の受信者に開示したくないメールアドレスがあれば、**BCC (Blind Carbon Copy)** に入力します。

○メールで質問をするとき 例文

件名 (Sub) : ○○に関するご質問

□□大学 ××××様

お世話になります。

はじめにご連絡を差し上げます。神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校 ○年生の△△△△と申します。

このたび、本校の研究活動の一環で、貴学（貴社/御社/貴校/貴構）の～～についてお伺いしたくご連絡いたしました。以下の内容について、差し支えなければご教示くださいますと幸いです。

(質問内容を入力)

お忙しいところ恐れ入りますが、何卒よろしくお願いいたします。

△△△△ (自分の氏名)

※メールでは説明がややこしくなる場合や、質問のやり取りを何往復かしたい場合は、通話（電話、zoom）または面会のアポイントメントを取りましょう。

STEP 1. 探究の基礎知識をつける

○通話や面会のアポイントメントを取るとき 例文

件名 (Sub) : ○○に関するご質問

□□大学 ××××様

お世話になります。

はじめにご連絡を差し上げます。神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校 ○年生の△△△△と申します。

このたび、本校の研究活動の一環で、貴学（貴社/御社/貴校/貴構）の～～についてお伺いしたくご連絡いたしました。差し支えなければ電話（対面/オンライン）にて質問をさせていただくことは可能でしょうか。

もし可能でしたら、ご都合のよろしい日時をご教示くださいますと幸いです。

お忙しいところ恐れ入りますが、何卒よろしく願いいたします。

△△△△（自分の氏名）

○先方から返信が来て、それに対してまた返信するとき 例文

件名 (Sub) : ○○に関するご質問

□□大学 ××××様

横浜緑ヶ丘高校 ○年生の△△△△です。ご返信くださりありがとうございます。

（返信内容を入力）

△△△△（自分の氏名）

3-6. 外部の方との連携② 電話の掛けかた【技能】

メールでは説明がややこしくなってしまう場合や、質問のやり取りを何往復かしたい場合は、通話（電話、zoom）または面会のアポイントメントを取りましょう。ここでは、電話のかけ方を紹介します。

○電話を掛ける前に

資料や書類を手元に置いておきましょう。話す内容を整理し、メモを用意しましょう。

○アポイントメント（前述）を取ったうえで、電話で質問をするとき 例文

あなた（電話を掛ける）

相手 はい、××です。

あなた こんにちは、横浜緑ヶ丘高校 ○年生の△△△△と申します。

このたびはお忙しい中、お時間を取ってくださりありがとうございます。

相手 こんにちは。よろしく申し上げます。

あなた よろしく申し上げます。では、さっそく質問をしてもよろしいでしょうか？

相手 はい、どうぞ。

(1 つずつ質問をする)

あなた 質問したかったことをすべてお聞きすることができました。

お忙しいところありがとうございました。

相手 いえいえ。困ったことがあればまた連絡してください。

あなた ありがとうございます。では失礼いたします。

相手 失礼いたします。

あなた（数秒待って電話を切る）

STEP 1. 探究の基礎知識をつける

○相手の所属先に電話をして、取り次いでもらうとき 例文

あなた (電話を掛ける)

受付 はい、□□株式会社 ◇◇課です。

あなた お世話になっております。横浜緑ヶ丘高校 ○年生の△△△△と申します。

受付 お世話になっております。

あなた ◇◇課の××様はいらっしゃいますか？

受付 はい、替わりますので少々お待ちください。

(相手が替わる)

相手 はい、××です。

あなた こんにちは。横浜緑ヶ丘高校 ○年生の△△△△と申します。

いま、少々お時間をいただいてもよろしいでしょうか？

相手 はい、どうぞ。

(会話をする)

※電話のやり取りはリアルタイムの対話ですので、**台本通りにいかないことがほとんど**です（相手から逆に質問をされる、相手がジョークを飛ばしてくる など）。あなたが電話に慣れていない場合、返答に困ることもあるかもしれません。「こういう返答が来たらこう答えよう」のように、脳内で丁寧にシミュレーションをしておきましょう。

4 章. 先行研究を読む, 引用する

4-1. なぜ先行研究を調べるか

科学的手法によってすでに明らかにされた事象は、改めて検証しなくても良い場合が多いです。たとえば、「先人がすでに実施した研究なのに、それを知らずに自分もまったく同じ研究をしてしまった!」ということが起こったら、自分の研究の新規性が崩れてしまいます。こうならないように、先行研究を参照する技能が必要です。

先行研究は、学術論文、書籍、インターネット記事などさまざまな形で存在しています。論文や書籍の検索サイトには、次のようなものがあります。

例：Google Scholar, CiNii Research, J-STAGE, 横浜市立図書館 蔵書検索

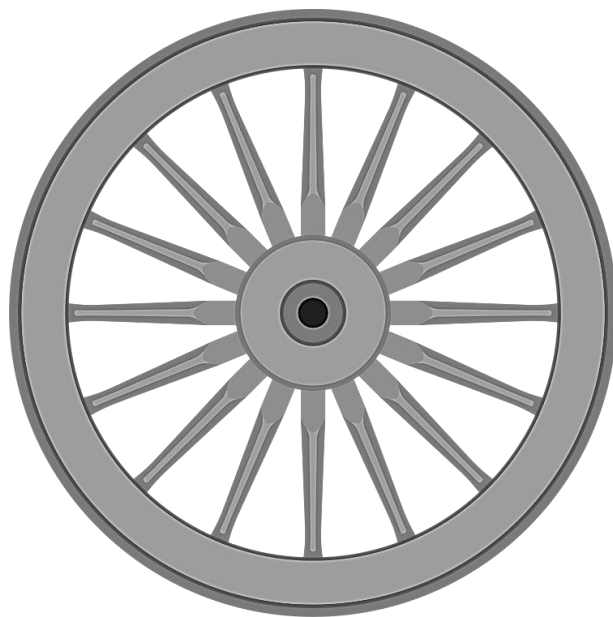
アドバイス!

先人の文献は、あなたの研究の主役になりません。引用する際には、自説が主であり、文献が従である必要があります。文献は、**自説の補強材料**や**比較対象**として扱きましょう。

良い例：本研究の結果は～～である。これは、佐藤（2023）のデータとも一致する。

悪い例：佐藤（2023）は～～と述べており、私もそう思う。

問. 「車輪の再発明 (reinventing the wheel)」という慣用句の意味を調べてみよう。



4-2. 緑高 SSH「知の情報拠点」を利用しよう【技能】

緑高図書館は、**知の情報拠点**として整備が進められており、日々多くの情報が発信されています。図書館に行けば多くの書籍、雑誌、新聞に出会えるのはもちろんのこと、来館しなくても「**RYOKKO 電子図書館**」のサービスで先輩のポスターやスライド等を閲覧することもできます。また、緑高図書館が運営する「**探究で使える便利サイト集**」のwebページでは、テーマの見つけ方、情報資源の探し方、参考文献の書き方など、さまざまな有益な情報を得ることができます。

図書館には情報探索のプロである**司書**がおり、生徒のみなさんの支援をしています。司書の仕事のひとつに、みなさんの求める情報を探し出す**レファレンスサービス**というものがあります。図書館の本は誰でも本を探し出せるよう**NDC（日本十進分類法）に従って内容のジャンルごとに棚に並べられています**。ただし、知りたいことが一か所に固まっているとは限りません。たとえば“**コメ**”のことを調べたい場合に、農業の本、植物の本、料理の本などさまざまな本が考えられます。自分が探したいテーマがどんなジャンルなのかよくわからない場合でも、司書に相談してみましょう。大きすぎるテーマから探究にふさわしいテーマを見つけ出すことができます。

本校図書館にない本も、リクエストで購入することもできますし、**県立図書館や他校図書館から取り寄せる相互貸借**というシステムもあります。

緑高図書館では有料データベース「**朝日けんさくくん**」を契約しており、新聞記事を探すこともできます。「朝日けんさくくん」および「探究で使える便利サイト集」は緑高生ポータルよりログインすることができます。ぜひ活用してください。

RYOKKO 電子図書館



ID

PW

リクエスト



蔵書検索



4-3. 情報の信頼性を評価する【技能】

信頼性の高い情報としては、**学術論文や書籍が挙げられます**。これらの出版物が世に出るまでには、有識者による査読や、編集者による校正といった過程を経ている場合がほとんどです。多くの人によるチェックを受けて出版されているため、高い信頼性をもつとされます。

一方で、**インターネット上の情報には、信頼性が高いとは言えないものも多く含まれる**ため、注意が必要です。たとえば、オンライン百科事典「Wikipedia」は、専門性をもたない人でも気軽に編集できてしまうため、誤情報が含まれていることがあります。個人のブログや、いわゆるまとめサイトの記事でも同じことが言えます。「いつ誰が書いたかわからない情報」「複数の有識者によるチェックを受けずに公開された情報」は信頼性が低いです。

ちなみに、Wikipedia に載っている情報を引用したいときは、Wikipedia のページ内に記載されている「参考文献」の項からその情報の原典を見つけましょう。原典の本文を確認して、**原典を引用すること**が大切です。

表. 主な文献の種類

情報の種類	信頼性	特徴
論文	★★★★	論文雑誌に掲載されることで発表される。研究者による審査（査読という）を通過したもののみを掲載する論文誌は非常に信頼性が高い（ただし、鵜呑みにしない）。 また、論文誌には、生物の出現報告や病気の症例報告など、参考程度の情報をまとめた速報も載っているが、これらには十分に検証されていない情報も含まれる。
オンラインデータベース	★★★★	大学、学会、公的機関など信頼性の高い発行元がまとめた情報。 例：学会や気象庁のHP
図書	★★★★	編集者のチェックを受けて出版されるため信頼性が高め。編集作業には時間がかかるため、速報性は低め。
新聞・雑誌	★★★★	信頼性と速報性は高め。幅広いテーマを取り扱うものから、専門分野に特化したものまである。
映像・音声	★★	AI を用いて作成されていないか、恣意的な編集がされていないか、注意が必要である。 例：YouTube の映像
ウェブサイト	★	誰もがリアルタイムに情報を発信できるため、信頼性の低い情報も多い。 例：Wikipedia, 個人の web サイト

問. 引用時にはしてはいけないこととして「孫引き」がある。これはどういった行為か？

4-4. 学術論文の探しかたと読みかた【技能】

学術論文には信頼性の高い情報が多く記載されており、研究の背景や、学術的な議論の過程がまとまっています。関連する研究の論文を正しく探して、読むことができれば、自分の研究にとって大きなプラスになります。まずは短いものを1本、読んでみましょう。

論文を探すには、まず、Google Scholar, CiNii Research, J-STAGEなどのサイトを利用して検索すると良いです。このとき、**日本語で検索すると日本語の論文しかヒットしない**ということに注意しましょう。国際的にインパクトのある研究のほとんどは英語で書かれているため、英語で検索することも重要です。

論文がインターネット上で公開されていない場合は、図書館などで読むことができます。本校の近辺である桜木町駅には**横浜市中央図書館**（多分野の資料が充実）と**神奈川県立図書館**（社会・人文系の資料が充実）、武蔵溝ノ口駅には**神奈川県立川崎図書館**（理学・工学系の資料が充実）があり、論文雑誌も多く所蔵しています。さらに足を伸ばせば、**国会図書館や各大学の図書館**で読むこともできます。蔵書検索サイトを利用してその雑誌を置いている図書館を探してみましょう。

探すことが出来たら、論文を読んでみましょう。慣れていないうちは、論文を読むのに時間がかかります。まずは「**要旨 (Abstract)**」を読んで概要を把握しましょう。また、全文を読む余裕がないときは、飛ばし読みをして必要な情報だけを読み取るのも有効です。スマホでは読みづらい場合は、印刷して語句の意味などを書き込みながら読みましょう。

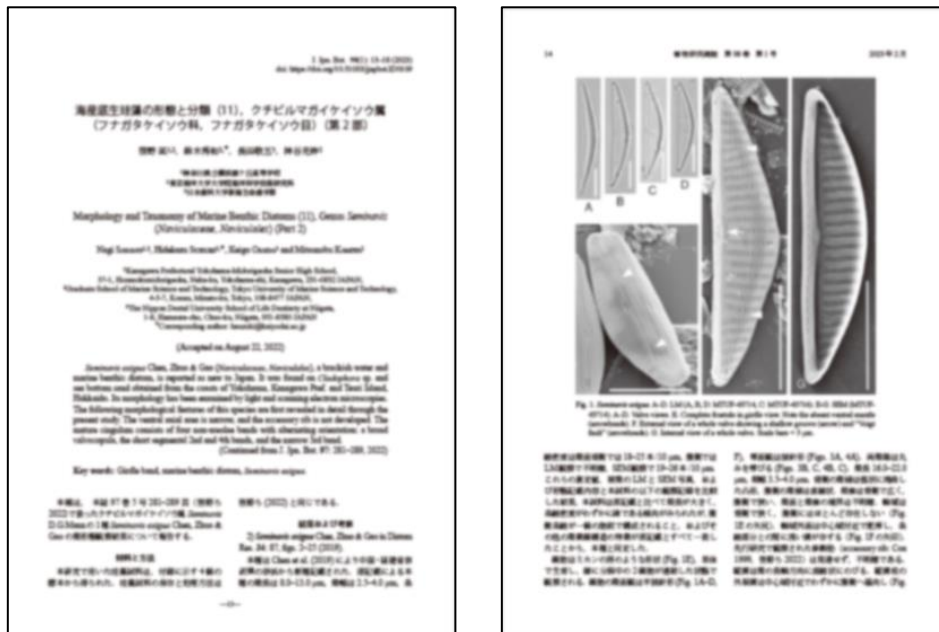


図. 学術論文の例

4-5. 学術論文の書式【技能】

自分の研究で成果が出たら、論文雑誌への投稿にチャレンジすることもできます。**論文の句読点や英数字などの表記のルールは、論文雑誌ごとに異なります。**一例として、日本藻類学会 和文誌「藻類」の原稿作成要領（2023年3月10日改定）を抜粋して掲載します。

- 1) 本文中の句読点は「,」と「。」を用い、「、」や「.」を使用しない。「,」は、和文では全角、欧文では半角にする。
- 2) 全角の数字・アルファベットや半角のカタカナを使用しない。
- 3) 学名の使用は最新の国際藻類・菌類・植物命名規約に従う。
- 4) 本文中ではじめて使用する藻類の種・種内分類群の学名には著者名をつける。属名と形容語（種小名など）はイタリックにする。
- 5) 単位系は SI 単位を基本とし、% や ‰, °C 以外の単位は基本的に数値との間に半角スペースを入れる。原稿中で使用できる主な単位と省略形は次のとおり：時間 h, min, s；長さ m, mm, μm, nm；重量 g, mg；容積 L, mL；温度 °C；波長 nm；光強度 Wm^{-2} , $\mu mol m^{-2} s^{-1}$

読点を「、」ではなく「,」とする理由は諸説あります。たとえば、**日本語と英語の単語が同じ文中に登場することがある学術論文で、文章中に「、」と「,」が混在するのを防ぐことができる**点は合理的です。実は、みなさんが持っている理科や数学の教科書の多くは、これに近いルールで書かれています。気付いていましたか？

また、学術論文では、図の説明は「図の直下」に書き、表の説明は「表の直上」に書くのが基本です。図と表では、説明を書く位置が異なることに注意してください。

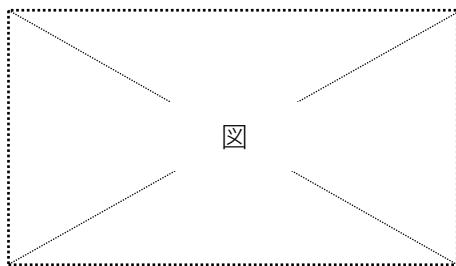


図 1. 図の説明は直下に書く

表 1. 表の説明は直上に書く

	い	ろ	は
あ			
い	表		
う			
え			
お			

このテキストは、このページに記載したルールに従って作成しました。ポスターや論文を作成するときに、表記の仕方で迷ったら参考にしてください。

4-6. 先行研究の引用方法【技能】

自分の研究発表をするときには、先行研究を引用しながら自分の研究内容と比較し、議論します。つまり、正しい引用方法を習得する必要があります。

引用した情報には、著者名と発表年を記載します。これを書かないと、自らの成果として記載したとみなされ、他者の成果の盗用ととられてしまいます。

書き方にはいくつかルールがあります。これは大学等でのレポート作成にも役立つので、ぜひ習得しましょう。

文の要素（主語など）として著者名を記載するときは、「**著者名（年号）**」とする。

例：A について、笹野（2023）は～～を明らかにした。

文の要素の外に著者名を記載するときは、「**（著者名 年号）**」とする。

例：A について、～～が明らかになっている（笹野 2023）。

日本語文献の引用では、**2人までは「・」で連名**にし、**3人以上は「ら」でまとめる**。

著者が1人 例：（佐藤 2023）

著者が2人 例：（佐藤・山田 2023）

著者が3人以上 例：（佐藤ら 2023）

英語文献の引用では、**2人までは「&」で連名**にし、**3人以上は「et al.」でまとめる**。

著者が1人 例：（Sato 2023）

著者が2人 例：（Sato & Yamada 2023）

著者が3人以上 例：（Sato et al. 2023）

著者が個人名ではないときは、臨機応変に書く。

公的機関などの情報 例：（気象庁 2023）

インターネット記事 例：（〇〇株式会社 2023）

ポスターや論文を作成するとき、本文中で引用した記事は「参考文献」の項でリスト化する必要があります。詳しくは「11. 参考文献」を参照してください。

STEP 2. 研究計画を作成する

5 章. 課題設定

5-1. 研究テーマを見つけて、課題を設定する

まずは、自身の関心に応じて**大まかな研究テーマ（大テーマ）**を見つけましょう（例：環境問題、地域活性化、音楽、動物 など）。その後、**具体的な課題（小テーマ）**を設定します（例：〇〇川と△△川はどちらがきれいなのか、大規模商業施設が建つと近隣の商店街にはどのような影響があるか など）。適切な課題を設定して、有意義な探究にしましょう。

アドバイス！

課題設定は、研究のうち最も重要なパートです。課題が不適切だと、検証も考察もうまくいきません。大学では、1年間ずっと先行研究を読みあさって、卒業論文のテーマを決めることもあります。慎重に、よく考えて、課題設定をしてください。

5-2. 楽しく取り組める課題

緑の探究は、みなさんの**好きなものや興味をもったこと**についてとことん調べ、検証することで、物事を深く学ぶための技能を習得することを目的としています。長期にわたって取り組む研究課題は、**自分自身が夢中になれるもの**でなければうまくいきません。

緑高の先輩には、「実験をしやすい課題ではあるが、**本当はあまり興味がない課題だったので数か月で飽きてしまった**」という人や、「グループメンバーで話し合っただけで課題を設定したけれど、**自分はその課題をあまり魅力的に感じないまま続けてしまった**」という人がいます。「あまり楽しくない」と感じながら探究を続けても、モチベーションが上がらず、もったいない時間を過ごしてしまいます。速やかに軌道修正をしましょう。

また、「自分にとっては楽しいけれど、誰の役にも立たないからやる価値がない」などと考えて、課題を破棄する必要はありません。「**自分にとって楽しい**」ことについて、広い視野をもって柔軟に考えを深めていくと、きっとどこかで「**誰かにとって価値がある**」課題を見つけることができます。そのような課題に辿り着くように、試行錯誤してください。

5-3. 検証可能な課題【技能】

課題設定の重要な条件として「**検証可能であること**」が挙げられます。ここからは、検証可能な課題を設定するためのコツをいくつか掲載します。課題を思いついたときは、一度立ち止まって「**本当に検証できるかな？**」と考えてみましょう。

5-4. 着目する点を絞り込む【技能】

大きすぎる課題は検証できません。例えば「地球温暖化を解決する」「地方の人口流出を食い止める」は1年間の研究課題にはなり得ないのです。

思いついた課題が大きすぎたときは、着目する点を絞り込んで小さな課題にしましょう。地球温暖化の検証は難しいですが、海水中に溶け込むCO₂量の増加によって起こる「海洋酸性化」に絞って着目すれば、水槽を使って何かを検証できそうです。地方の人口流出は一概に論じられませんが、ある1つの地域に絞って着目すれば、検証できそうです。課題を小さく絞り込むためにも知識が必要です。文献を読みましょう。

アドバイス！

「課題設定をしたいけれど、その研究分野についてよく知らない」という人は、国立国会図書館の「リサーチ・ナビ」を使ってみましょう。

たとえば、「生物学」の分野を見るとさまざまなカテゴリが表示され、そのうち「動物一般」をクリックすると、「日本の動物分布図集（書籍）」「標本・試料統合データベース（web ページ）」など、役立つ文献の一覧を見られます。



5-5. 小さな課題から始める【技能】

課題は小さいほど取り組みやすいです。前項では「大きな課題を小さく絞り込む」手法を紹介しましたが、「小さな課題を大きく広げていく」ことも有効な手法です。

小さな課題は身近に転がっています。「大人数のじゃんけんで効率よく1位を決める方法を知りたい」「サイクロイド曲線（最速降下曲線）の坂道のミニチュアを作りたい」など、興味が湧いたものを実際に試してみて、第2、第3の実験で少しずつ発展させましょう。

5-6. 予備実験の重要性

実際に検証してみると、気候や設備の関係で検証不可能だった…ということもあります。計画段階では、**予備実験も見通しをもって実施しましょう**。再現性を高めるために、手順などの記録を取ることも大切です。

実験を実施できるかについて検討したいときは、まず本校の教員へ相談しましょう。さらに、緑高の設備で実現不可である場合は、**大学などの研究機関**を頼るのも有効です。高校生の探究を手厚く支援してくれる機関は多いです。積極的に連絡を取りましょう。

5-7. 研究倫理【技能】

人類が蓄積してきた知識をさらに発展させていくのが科学的探究であり、その適切な実施のために研究倫理が必要です。「他者を嫌な気持ちにさせる研究をしない」「生命や個人情報
報を尊重する」など、基本的な倫理観をもって研究を遂行しましょう。

○誠実な研究活動と不正行為

研究する人は、誠実な研究活動の心得を理解し、信頼される形で研究を進めることが大切です。**ねつ造**、**改ざん**、**盗用**が研究における「特定不正行為」と定義されています。

○生命倫理

生物を扱う生徒・指導者は、命に軽重はないという考えのもと、単なる実験材料という感覚でのみ生物材料を扱ってはけません。脊椎動物を扱う研究には、3Rの原則が導入されています。脊椎動物以外の生物をモデルに研究を実施する際にも、それらの生物にも苦痛を感じることを示唆する認知機構は存在するので、全ての生命が同様に尊重されるべきという観点から、3Rの考え方に準ずる取扱いが求められます。

Replace	可能な限り研究材料を脊椎動物以外に置き換える
Reduce	結果の正当性を担保できる範囲で検体数を最小限に削減する
Refine	痛みや苦痛を最小限に抑える

○人を対象とする研究

ヘルシンキ宣言：医学の進歩のためには人を対象とする研究が必要なことを認めた上で、被験者（患者）の利益は科学と社会への寄与よりも優先されるべきであるという宣言です。

人体を計測する研究：血液、体液、組織、細胞、排泄物及びこれらから抽出したDNA等、人の体から取得されたもの、研究対象者の検査、測定、調査の結果等、人の心身、行動、環境等に関する情報についての研究をいい、これらの情報は慎重に取り扱うべきです。

人体に影響を与える研究：人体への影響のうち「侵襲」とは、研究行為により、研究対象者の身体又は精神に傷害又は負担が生じることをいいます。「介入」とは、研究目的で人の健康に関する様々な事象に影響を与える要因の有無又は程度を制御する行為をいい、必ずしも薬物摂取など「侵襲」を伴うものだけでなく、たとえば睡眠時間が5時間以下の研究対象者に8時間の睡眠を促すことでのストレス軽減など、むしろ健康増進につながることも該当します。「介入」の程度や「侵襲」性に応じて研究を適切に遂行することが重要です。

【参考文献】

一般財団法人公正研究推進協会（APRIN）中等教育系分科会. 2024. 中等教育の研究倫理探究指導のためのハンドブック.

5-8. 季節が限られる実験はやり直しがきかない

1年間で研究を行うので、実施する季節が限られる実験はやり直しがきかないことに注意してください。生物を飼育する実験は、**バイオトロン**（人工気象器：温度と日照条件が一定に保たれている培養庫）を利用しましょう。

5-9. 個人の体調や気分に左右される研究は難易度が高い

気分や体調に左右される実験は、「**人による**」「**場合による**」の壁を越えづらいです。サンプルの条件や実験環境を徹底的に揃え、より多くのサンプルを分析しましょう。

（気分や体調に左右されるデータの例：睡眠の質、運動のスコア など）

5-10. 既製品を使用すると考察しづらくなることが多い

比較材料として既製品を使うと、**非公開の成分が含まれている**ことが多いです。問い合わせても企業秘密で詳しく教えてもらえず、考察の段階で行きづまることがあります。成分のわからない既製品を使うよりも、成分がわかる材料を用いて自作し、検証に使いましょう。

（うまくいかない例：A社とB社の化粧水を比較する）

5-11. 歴史の研究は一次データにアクセスしづらい

歴史の研究は、かなり身近なテーマでないとデータにアクセスできず、検証が不十分になってしまうので、調べ学習に終始し、「**諸説あり**」の壁を越えられません。必要なデータ量や自分のアクセス可能な範囲を考えて、検証可能かどうかを見極めましょう。科学的な検証がされている学術論文を参考にしながら、課題を設定してください。

（うまくいかない例：聖徳太子は実在したのか）

5-12. アンケート調査は、ただの人気調査で終わらせない

毎年「高校生に人気のお菓子を調査する」などの課題を設定する生徒は多いですが、ほとんどは人気調査に終始してしまい、深い考察に至らずに終わってしまいます。**その課題をどのように深めるか**、見通しをもって課題設定をしましょう。

例えば、「高校生に人気のお菓子」の傾向を知るためには、**他の世代と比較**すると良さそうです。また、人気のお菓子が明らかになったら、その人気の秘密を調べるために、**甘さ（糖度計）や柔らかさ（デジタルフォースゲージ）を調べる実験をする**のも面白そうです。

5-13. 研究テーマが思いつかないときは

みなさんは小学校から約10年間、さまざまな教科学習をしてきました。教科書や資料集を読むと、研究できそうな題材が多く載っています。教科の先生にも相談しましょう。

オリジナリティ溢れる研究が思いつかない場合は、まず「模倣」をしましょう。先人が既に行った実験も、実際にやってみると新たな着眼点を得られます。柔軟な思考で研究を！

5-14. 緑高の先輩たちが直面した困難の例

緑高の先輩達も、たくさんの困難に直面してきました。多くの場合、得られるデータについての見通しが甘いま研究を開始してしまったために、考察がうまくいきませんでした。みなさんの探究をより良いものにするために、大いに参考にしてください。

- ・食べ物を腐らせたり、カビさせたりしたが、培養場所をカビさせてしまったうえに、細菌やカビの種類を見分けるのが困難であったためうまく考察できなかった
- ・ほうき、ちりとりを改善しようとしたが、結局は市販品の性能に及ばなかった
- ・シャンプー、コンディショナー、化粧水などの市販品を使って実験をしたが、成分の比率など詳しいことがわからず、考察できなかった
- ・ヒトが特定の色や形に対して抱く感情について研究しようとしたが、恣意的なアンケートを作ってしまったために予想通りの結果しか出ず、考察を深められなかった
- ・英単語の暗記を題材として短期記憶の研究をしたが、人によって元の英語力に差があるため比較できなかった
- ・歴史の研究をしたが、調べ学習をまとめただけで何も新しいことを言えなかった
- ・睡眠時間の研究をしたが、布団に入ってから入眠までの正確な時間がわからず、睡眠時間を評価できなかった
- ・限られた個数の種子を使って実験をしようとしたが、全滅してしまった
- ・植物を採集する計画を立てたが、出現する季節を逃したので採集できなかった
- ・動物を採集しようとしたが、対象となる種類の動物がいなかった
- ・特定の場所で海の水を採取しようとしたが、その時間は潮が満ちていて採取ポイントに行けなかった

5-15. 課題設定のワークシート

- 思い浮かぶ大きな研究テーマ（大テーマ）を羅列し、最も興味のあるものにマルをつける

例：水と氷，水と人，水と魚，水と船 など

文献を調べないと、もっている限られた知識で
思いつく範囲内では小テーマを設定できない
→ テーマの幅が狭くなる、他の誰かとかぶる

- 大テーマについて文献を読んで調査し、小テーマになりうるキーワードを書き出そう

例：帆船，海運，コンテナ船，エンジン，スクリュー など

複数人のグループで課題研究をする場合、
メンバーの興味・関心が異なるとうまくいかない

- 興味・関心が強く、身近な小テーマはどれになるか考えてみよう



6 章. 研究のタイトル

6-1. その研究で何をしたか、ひと目で分かるタイトルを

世界では、年間に 100 万本以上もの論文が公開されています。最先端の研究者たちは、公開された論文をすべて読んでいるのではなく、タイトルから内容を読み取り、自分の研究と関連性の高いものを選択して読んでいます。**研究のタイトルからは、その研究で何をしたかがひと目で分かなければいけません。**

聴衆の興味をひくためにユーモラスなタイトルをつけたい気持ちも理解できますが、意味不明なタイトルは誰にも内容が伝わりません。**メインタイトルはわかりやすいものにしましょう**（副題ならユーモアを発揮しても良いが、公序良俗に反するものはダメ）。

6-2. タイトルは「問い」の形にすると良い【技能】

研究の内容が伝わりやすくするための工夫として、**タイトルを「問い」の形にする**という手段があります。「○○と△△は比例するのか?」「××を□□ではどちらの方が効率的に光を集められるのか?」など、具体的な問いの形にしましょう。

アドバイス!

タイトルを「問い」の形にすれば、これを**変形**することで「仮説」を表現できます。例えば、「○○と△△は比例するのか?」という問いに対する仮説は「○○と△△は比例する（しない）」となり、「××と□□ではどちらの方が効率的に光を集められるのか?」という問いに対する仮説は「××（□□）の方が効率的に光を集められる」となります。

6-3. 「いちばん～なものは何か」というタイトルは NG

「いちばん～なものは何か」という研究は、世界中の全ての対象を調べないと結論が出ません。いつまでも結論が出ないため、研究タイトルとしては不適切です。「○○と△△は、どちらの方が～～なのか」のように、**具体的に設定**しましょう。

（具体性に欠ける例：一番汚れが落ちる洗剤、一番良い日焼け止め など）

7章. 背景, 目的, 仮説 Background, Purpose, Hypothesis

7-1. 背景と目的には「研究の過去, 現在, 未来」を書く

人類の誕生から何万年もの間, 探究の歴史はずっと紡がれています。先行研究は論文としてまとめられているものもあれば, 文献にはなっていないけれど, 古来より「あたりまえの常識」として根付いているものもあります。先人が行った探究はみなさんの探究に繋がり, みなさんの探究は未来の誰かの探究に繋がります。

研究における「背景」の部分には, 研究の過去と現在と未来を書きます。すなわち, **先行研究ではどこまでわかっていて (過去), 本研究では何をして (現在), その研究をした先にはどんな良いことがあるか (未来, 意義)** をまとめましょう。

研究の背景 (過去) について説明するときは, **必ず先行研究を引用** しましょう。この際, 正しい形式で引用する必要があります。「4-6. 先行研究の引用方法」を参照してください。

書きかたの例: 笹野 (2023) は〇〇であることを明らかにした。そこで, 本研究は△△を明らかにすることを目的とした。これを解明することで, ～～への応用が期待される。

アドバイス!

研究の背景に「～～が気になったため研究を行った」と書いてしまう人がいますが, **それは背景ではなく動機**です。研究の歴史や意義を中心に書きましょう。

7-2. 仮説を書くならば根拠をもとに書く

仮説検証型の研究をする場合は, 背景, 目的とともに仮説も書く必要があります。**仮説を立てるときは, 根拠のない予想にならないように**しましょう。「別の条件では〇〇という結果になることがすでに分かっているので, この条件にすると△△という結果になるはずである。」のように, その仮説を立てた根拠を明確に示しましょう。

7-3. 背景, 目的, 仮説のワークシート

- 自分の小テーマについて, すでに何が明らかになっているか文献を調べて書き出そう

例: 小型船舶のスクリューは, 1分あたり〇〇回の速さで回っている
船体に付着する藻類を除去するための薬剤が市販されている など

必ず「検証方法を実行できる仮説」を立てる
自分で実行できなければ, 仮説として意味がない

- すでに明らかになっていること (過去の研究) から疑問を見出し, 仮説を複数書き出そう

例: スクリューのプロペラは, 角度を深くすると船がより速く進むのではないか
船の底に付着する藻を調べれば, 多くの種の珪藻を観察できるのではないか など

アドバイス!

仮説を立てるときには, 次の方法を組み合わせて考える。

- ・演繹法: 一定の正当性がある理論に, 観察された事実を当てはめて, 結果を推論する
- ・帰納法: 観察された事例に共通した事実を見出して, 一般的な法則を推論する
- ・アブダクション: 観察された事例から見出された事実をもとに推論し, その説明を試みる

8 章. 試料と方法 Materials & Methods

8-1. 科学的手法

科学の特徴は、その普遍性と再現性です。いつ、どこで、誰が、どのように検証しても、**同じ結果が得られることが求められます**。主観を排除し、誰が見ても納得する結論を導くためには、研究の方法が重要です。慎重に設計しましょう。

8-2. 量的データと質的データ【技能】

数値で表すことができるデータのことを**量的データ**といい、長さ、重さ、単語数、アンケートの得票数などがこれにあたります。量的データを取得すれば、数値の**大小関係**、**平均値**、**分散**、**標準偏差**などの比較によって、客観的な考察をしやすくなります。さらに、**t検定などの統計検定（後述）**によって、データ群同士に差があるかを判定することもできます。

数値で表すことができないデータのことを**質的データ**といい、形状、色、アンケートの自由記述回答などがこれにあたります。質的データを取得したら、その**性質や内容を解釈**することで考察します。ただし、解釈の仕方によっては**考察に主観が入り込みやすい**ため、多角的な視点で考察する必要があります。

8-3. 母集団と標本集団【技能】

例えば、メディアの世論調査で「日本国民のうちどのくらいの割合の人が政権与党を支持しているか」について調べるとき、どのようにアンケートをとっているでしょうか。

日本国民全員に調査する**全数調査**をするのは、現実的ではありません。そこで、世論調査では、日本国民から無作為に抽出した人々にアンケートをとり、抽出された集団の回答をもとに日本国民全体の支持率を推測する**標本調査**という手法をとっています。標本調査において、調査対象としている対象全体のことを**母集団**といい、実際に調査を行った小集団のことを**標本集団**といいます。

標本集団は、母集団から無作為に抽出される必要があります。例えば、**母集団を「日本の高校生」としてアンケート調査をしたいならば、抽出する標本集団は「横浜緑ヶ丘高校の生徒」ばかりにしてはいけません**。無作為に抽出するための工夫を考えましょう。

STEP 2. 研究計画を作成する

8-4. 対照実験【技能】

例えば、「チョコレートは高温で溶ける」と言いたいならば、高温だけでなく、低温条件でも検証して溶け具合を比較する必要があります。これが**対照実験**であり、この実験での低温条件のような比較対象のことを**対照区**といいます。

設定すべき対照区は1つとは限りません。論理的に考察をするために、適切な対照区を設定しましょう。

8-5. 実験器具の準備は、前もって教員に相談する

実験器具は、突然に依頼されても用意できないことがあります。定められた手順に従って、余裕をもって探究担当教員に相談してください。以下の機材リストはあくまで2026年3月時点のものであり、年度の途中で更新される場合があります。また、リストに存在しない機材も、追加で購入できる場合がありますので、相談してください。

表. 理科室に用意できる機材の例 (2026年3月現在)

計測機器				容器・培養庫など				その他	
器具	個数	器具	個数	器具	個数	器具	個数	種類	個数
温度計		オシロスコープ (音波など)	1	ビーカー		乳棒・乳鉢	20	光学顕微鏡	40
アナログ (アルコール式)	5	検流計	10	ガラス製 1000 mL	18	蒸発皿	20	双眼実体顕微鏡	1
デジタル (通常)	10	電流計	10	ガラス製 200 mL	70	薬方皿 (小)	多数	双眼鏡	12
デジタル (Bluetooth)	2	電圧計	10	ガラス製 100 mL	多数	薬方皿 (中)	多数	ICレコーダー (高音質)	1
食品用中心温度計	1	騒音計	1	プラ製 2000 mL	2	薬包紙	多数	水中スピーカー	1
温湿度計 (Bluetooth)	4	ウェザーステーション	1	プラ製 1000 mL	10	ろ紙	多数	防水カメラ	1
温湿度+気圧計	5	風速計	1	プラ製 500 mL	10	ガーゼ	20	三脚	20
乾湿度計	2	流量計	1	軽量カップ		乾熱滅菌器	1	金網	20
サーモグラフィ	2	フォースゲージ (力の大きさ)	2	プラ製 500 mL	13	恒温槽	2	コンロ	
pH計		硬度計 (物体の硬さ)	2	プラ製 50 mL	5	感定温乾燥器	1	IH	4
リトマス紙	多数	バックテスト (使用期限有)	確認	シャーレ	多数	無菌箱	2	ガス	20
pH試験紙	多数	COD		時計皿	50	冷凍冷蔵庫	1	遠心分離機	1
デジタル (通常)	6	BOD		試験管	多数	冷凍庫	1	マグネチックスターラー	1
デジタル (Bluetooth)	2	全硬度		メートルガラス		低温培養庫	1	電子レンジ	1
電気伝導度計	2	硝酸		ガラス製 10 mL	10	バイオトロン	2	直流電源装置	1
溶存酸素計	1	亜硝酸		プラ製 20 mL	10	オートクレーブ	1	手回し発電機	1
塩分計	3	アンモニウム		プラ製 100 mL	10	クーラーボックス	6	かき氷機	1
硬度計 (水の硬度)	10	リン酸		ビベット				水槽ヒーター	3
糖度計	2	硫酸		プラ製 10 mL	10			製氷機	1
うまみ成分測定キット	1	硫化物		プラ製 5 mL	10			レーザー装置	1
肌水分計	3	亜鉛		プラ製 1 mL	10			ブラックライト	7
塩素チェッカー	1	銅		マイクロビベット				スタンドカメラ	1
飲料水用水検査キット	多数	鉄		1000 µL	10			色鉛筆	20
濁度色度計 (川などの濁度)	1	アルミニウム		200 µL	10			スコップ	4
はかり		残留塩素 (遊離)		20 µL	10			クフ	4
デジタル (簡易)	10	グルコース		2 µL	10			安全メガネ	40
電子	1	二酸化塩素		水槽				豆電球	3
精密	1	亜塩素酸ナトリウム		プラ製 長辺 90 cm	1			ピンセット	20
4 kg 台	1	陰イオン界面活性剤		プラ製 長辺 45 cm	1			葉さじ	10
心拍計	3	陽イオン界面活性剤		ガラス製 長辺 120 cm	1			解剖ばさみ	30
体組成計	1	全窒素		ガラス製 長辺 60 cm	2			試験管立て	20
血中酸素濃度計	1	その他		ガラス製 長辺 45 cm	1				
ルミテスター (ATP量)	1			鉢					
ルシバック	多数			プラ製 直径 30 cm	12				
照度計 (明るさ)	1			バケツ	15				
紫外線強度計	1			銅					
色度色差計 (色を数値化)	2			片手	3			純水	
分光光度計	1			両手	3			雑巾	

8-6. 複数のデータを得られるように工夫する【技能】

客観的な考察をするには、ひとつのデータだけでは議論しづらいです。複数のデータを
得ることで、**共通点**、**相違点**、**平均値**、**ばらつきの大きさ**などを評価できます。

たとえば、ある植物の種子の発芽率を確かめるために、1つのシャーレに100粒の種子
を入れて何粒が発芽しているかを毎日数えるとします（図、左側）。この実験では、「**100
粒のうち何粒が発芽したか**」というデータを**1つ**得ることができます。この場合、シャー
レの中の個体数が多いのは良いことですが、シャーレの中に雑菌が入ったら種子が全滅し
てしまいます。また、毎日100粒も一度に数えるのは大変であり、数えまちがいのリスク
があります。

では、この100粒の種子を分けて、10粒ずつの種子入れたシャーレを10個用意すると
どうでしょう（図、右側）。この実験では、「**10粒のうち何粒が発芽したか**」というデータ
を**10個**得ることができます。この場合、シャーレ1個あたりの個体数は少ないですが、
10個のデータの平均値やばらつきを分析することで信頼性を増すことができます。また、
複数のデータが得られるので、後述する **t 検定などの統計検定**も実施できます。そして、
10粒ずつ数えるので、数えまちがいのリスクも小さくなります。

実験では、データがばらつくのはよくあることです。このばらつきを議論できるよう
に、**1群あたりのデータは最低でも3つ**、できれば**5つ程度ずつ**用意しましょう。

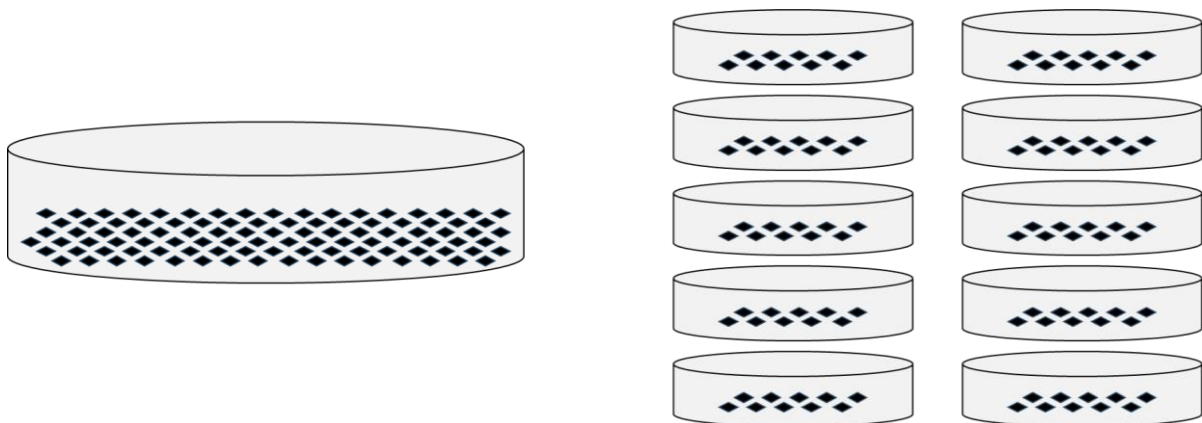


図. 1つのシャーレに100粒を入れて実験すると、1つの発芽率データしか得られない（左）
10等分して実験すれば、10個の発芽率データの平均やばらつきを評価できる（右）

8-7. 緑高生が作ったアンケートの例とその改善策【技能】

1年生のあるグループは、違う方法で作ったお茶の味にどのような差があるかを確認するために、緑茶Aと緑茶Bの2種類を飲んでもらい、次のアンケート調査を実施しました。このアンケートにはどのような問題点があるでしょうか？



緑茶 A 温

共有なし

味

- 旨味
- 甘味
- 酸味
- 苦味
- 渋味

舌触り

- まろやか
- クリーミー
- ドライ
- ザラつき

感想

- 非常に好ましい
- 好ましい
- 好ましくない
- 非常に好ましくない

その他の感想

回答を入力

送信

フォームをクリア

図. あるグループが実施したアンケートの内容

STEP 2. 研究計画を作成する

この内容でも一応の数値データを得ることはできますが、何を調べたいのかが不明瞭なので、明確な結論を得にくいアンケートです。より良い結果を得るためのアドバイスをいくつか列挙します。

○選択肢は「なんとなく」で作らない

味についての5つの選択肢は、なんとなく思いついた5つの味を並べたものだそうです。そこで、味覚についての先行研究をいくつか調べてみると、ヒトの味覚には5種類があり、その内訳は**旨味**、**甘味**、**酸味**、**苦味**、**塩味**だと分かりました。質問の選択肢にある「渋味」は、これに属していません。

「渋味」の分析にこだわる理由が特になければ、次のように変更すると良いです。

質問文：緑茶 A では、どの味を最も強く感じましたか？

選択肢：①旨味 ②甘味 ③酸味 ④苦味 ⑤塩味

○「このアンケートで検証したい仮説」を明確にし、ピンポイントに質問をする

舌触りについての質問は、「**緑茶 Aの方が緑茶 Bよりも舌触りにザラつきを強く感じる**」という**仮説**を検証するために作ったそうです。だとすると、まろやか、クリーミー、ドライなどの項目は必要ありません。選択肢が必要以上に多いと、回答が目的外の項目に分散してしまうリスクがあります。

この仮説を検証する場合、次のような質問をすると良いです。

質問文：緑茶 A と緑茶 B では、舌触りのザラつきが強いのはどちらでしたか？

選択肢：①緑茶 A ②緑茶 B ③差はない

問. このアンケートには、他に改善すべき点はあるか？

「8-9. アンケート調査の諸注意」も参照しながら考えてみよう。

8-8. アンケート調査の回答数はどれだけ必要か【技能】

選択式のアンケート調査では、回答数が少ないと「〇〇と回答する人がたまたま多かった」などの現象が起きやすくなります。では、何人の回答を得れば統計的に信頼できる結果が得られるでしょうか。

二者択一の質問である場合、必要な回答者数を次の式で求めることができます（二者択一の質問でない場合、この式は適用できません）。導出過程は参考文献を参照してください。

○母集団がじゅうぶん大きい場合（例：神奈川県民 など）

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{e^2}$$

n：必要な回答者数

e：許容誤差（5%の誤差を許容するならば $e=0.05$ ）

z：信頼度の指標となる **z 値**（信頼度 95%ならば正規分布表より $z=1.96$ ）

p：回答比率（比率が予想できないならば 50%：50%と仮定して $p=0.5$ ）

（）内に示した値を代入すると、大きな集団を対象としたときについて、許容誤差 5%、信頼度 95%とする場合に必要な回答者数を求めることができます。その人数の回答を集めれば、統計的におよそ信頼できる値と言えるでしょう。

STEP 2. 研究計画を作成する

○母集団がおおよそ1万人以下の場合（例：横浜緑ヶ丘高等学校の全生徒 など）

母集団が小さいときは、式を修正する必要があります。修正をした式は以下の通り。

$$n = \frac{N \frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{N + \frac{z^2 p(1-p)}{e^2} - 1}$$

n：必要な回答者数

N：母集団の規模（横浜緑ヶ丘高校の全生徒が対象ならば N=おおよそ 840）

e：許容誤差（5%の誤差を許容するならば e=0.05）

z：信頼度の指標となる z 値（信頼度 95%ならば正規分布表より z=1.96）

p：回答比率（比率が予想できないならば 50%：50%と仮定して p=0.5）

（ ）内に示した値を代入すると、全校生徒を対象としたときの許容誤差 5%、信頼度 95%とする場合に必要な回答者数を求めることができます。その人数の回答を集めれば、統計的におおよそ信頼できる値と言えるでしょう。

厳密なアンケート調査でない場合、許容誤差 10%とするなど、**条件を少し緩めることで、少ない回答者数での調査を設計できます**。必要に応じて条件を設定しましょう。

【参考文献】

総務省 統計局. 調査の企画や設計. なるほど統計学園 14 統計のくわしい話.

https://www.stat.go.jp/naruhodo/14_kuwashii/kikaku.html (参照 2026-3-12).

新潟県 統計課 調査解析班. 2020. アンケート調査を行う. やさしい統計学入門. 67 p.

8-9. アンケート調査の諸注意【技能】

○統計解析ができるように、データの取りかたを工夫する

t検定（後述）などを実施したい場合、1つの群につき複数セットのデータが必要です。

たとえば、ある回答内容について1年生と2年生の間に「統計的に有意な差」があるのかをt検定で調べるためには、1年生について3セット以上のデータと、2年生について3セット以上のデータが必要です。この場合、3クラス以上について、**各クラスを個別のデータとして集計する**などの工夫をすれば、t検定を実施できます。

○回答者の「属性」に関する質問を入れる

聞きたい項目だけを問うアンケートを作成してしまうと、「○○と答えた人が多かった」という考察しかできません。**年齢、性別、居住地、得意教科**など、回答者の属性に関する質問を入れておけば、「男性よりも女性の方が○○と答える人が多かった」「理科や数学が得意な人は、他の教科が得意な人と比べて○○と答える人が多かった」など、踏み込んだ考察をすることができます。

○母集団を意識して、アンケート対象を吟味する

例えば、「日本人」に関する研究をするために実施したアンケートであるのに、高校生にしかアンケートを取っていない場合、そのアンケート結果は日本人全体の特徴を示しません。研究の母集団を「日本人」とする場合は、**世代比、男女比、居住地域**などたくさんの属性が母集団と揃うように標本集団を抽出しなければなりません。

これに対して、母集団を「横浜緑ヶ丘高校の生徒」とする場合は、標本集団の**学年比、男女比**など、考慮すべき属性が変化します。標本集団は、注意深く抽出しましょう。

○個人 SNS を利用したアンケート調査の注意点

みなさんの個人 SNS を見ているフォロワーは、同じ学校の人、自分と仲がよい人、共通の趣味をもつ人、よく似た考えをもっている人がたくさんいます。このような**閉鎖的なコミュニティでアンケート調査をすると、回答の分布が偏る可能性が高い**です。

この特性を理解したうえで、母集団を「自身の SNS のフォロワー」としたい場合のみ、個人 SNS でのアンケート調査を実施しましょう。

○アンケート調査は、ただの人気調査で終わらせない

毎年「高校生に人気の～～を調査する」などの課題を設定する生徒は多いですが、ほとんどは人気調査に終始してしまい、深い考察に至らずに終わってしまいます。**その課題をどのように深めるか**、見通しをもって課題設定をしましょう。

8-10. 統計検定の基礎「t 検定」【技能】

統計学には「2つのデータ群の間に統計学的に有意な差があるか」を確かめる検定がいくつ也存在します。研究方法を検討する際には、検定をする前提でサンプル数などを決めなければいけません。今回は最も基本的な「t 検定」のやり方を大まかに説明します。

○t 検定とは

t 検定とは、データのばらつきが正規分布に従うと仮定して、2群に有意差があるかを検定する手法です。t 検定は、**大量のビールの品質の差を少ないサンプルから推定するため**に編み出された手法で、ギネスビール社の社員であったウィリアム・ゴセットが1908年に論文で発表しました。論文発表時に“Student”というペンネームで発表したことから、「**Student の t 検定**」とも呼ばれます。

○t 検定の実用例

横浜緑ヶ丘高校の76,77期生が実施した「**海浜植物ハマボウフウは砂でよく育つか？土でよく育つか？**」という探究で、t 検定を実施した事例を紹介します。

表. ハマボウフウを砂，土で育てた場合の枝の伸び（1群につき10個体ずつ）

	枝の伸び (mm)									
砂	3	5	9	11	3	2	2	5	6	4
土	9	8	4	6	7	8	7	8	7	9

t 検定を実施するには
1群につき最低3サンプル必要

ハマボウフウ10個体を「砂」で育てると、平均5.0 mm 伸びた。

ハマボウフウ10個体を「土」で育てると、平均7.3 mm 伸びた。

平均値の2.3 mm の差は、偶然生じたか？偶然で生じたとは考えづらいか？

有意差なし

有意差あり

これについて考えるために、t 検定を実施します。

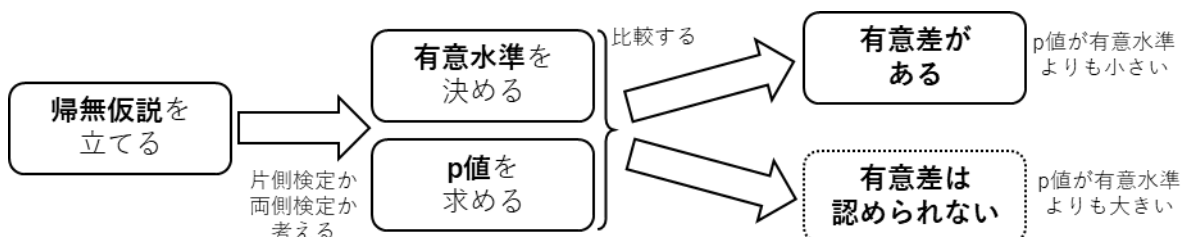


図. 仮説検定の手順

STEP 2. 研究計画を作成する

この検定では「砂と土では伸びに有意差がある」と主張するために、「**砂と土では伸びに差がない**」という仮説を立て、これを否定します。この考え方は、**背理法** (数 A) の証明と似ています。

世界中の砂ハマボウフウと、世界中の土ハマボウフウ

最初に、「**砂と土では伸びに差がない**」と仮説を立て、**母集団**の平均値の差は下図の**正規分布**に従うと仮定します。つまり、母集団の平均値の差は 0 mm になる確率が最も高く、そこから大きくズレる可能性は低くなっていきます。このように「差がない」とする仮説を**帰無仮説**と呼び、ここからはこの仮説が正しいかどうかを判定します。

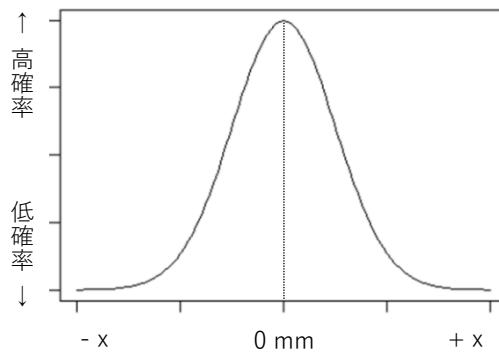


図. 母集団の平均値の差は、このような正規分布に従うと仮定する

では、**今回生じた 2.3 mm のズレはどのくらいの確率で起きるのでしょうか?**これを調べるのが t 検定です。母集団 (世界中のハマボウフウ) を調べるわけにはいかないので、今回は 10 個体を調べています。この**少ない標本集団**から有意差の有無を確かめるときには、正規分布によく似た **t 分布**で考えます。つまり、標本集団の平均値の差は 0 mm になる確率が最も高く、そこから大きくズレる可能性は低くなっていきます。この差が 2.3 mm になる確率 (p 値) を、表計算ソフトの TTEST 関数で計算します。

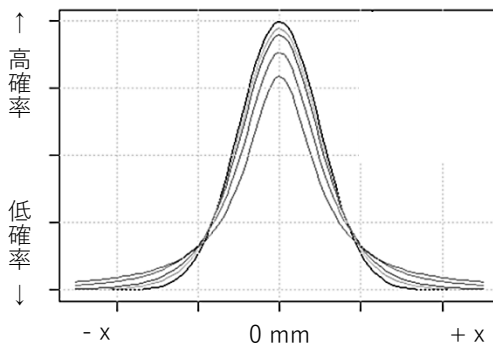


図. t 分布は、サンプル数の少なさに応じて形状が変化する

STEP 2. 研究計画を作成する

t 検定では、Excel などの関数「TTEST」を入力することで、p 値が出力されます。

(式) =TTEST(“データ範囲①”, “データ範囲②”, “1 片側/2 両側”, “1 対応有/2 対応無/3 対応無かつ, 2 つの標本集団の分散が異なる”)

【注意点】

- ・実験によって、その値が増加することや減少することが自明である場合を除き、基本的には両側検定を選択します。
- ・同一個体の変化を見るときは対応有、別個体の差を見るときは対応無を選択します。
- ・2 つの標本集団の分散が異なるかどうかを判定するには、関数「FTEST」を使用します。この関数で算出した値が 0.05 より小さければ、2 群の分散は異なると言えます。

今回は「2 両側」, 「2 対応無 (F 検定の値が 0.05 より大きかったため)」を選択したため、式は次のようになりました。

(式) =TTEST(“データ範囲①”, “データ範囲②”, 2, 2)

算出された p 値は 0.042 でした。つまり、2.3 mm のズレが生じる可能性は約 4.2% です。科学実験では、5% よりも低い値が出たら、最初に立てた帰無仮説を棄却することが多いです。つまり、今回の 4.2% という低確率から、帰無仮説には無理がある と言いきそうです。

「砂と土では伸びに差がない」という帰無仮説のもとで、2.3 mm の差が生じる確率は低い

よって帰無仮説は棄却され「砂と土では枝の伸びに有意差がある」と結論付けました。

○t 検定の注意点

- ・t 検定は 2 つの群を比較する手法であり、3 つ以上の群を比較することはできません。
- ・1 つの群につきサンプル数が 3 つ以上あれば t 値の算出は可能ですが、多いほど正確な結果を得やすいです。また、サンプル数は比較する群同士でできるだけ揃えた方が良くとされます。
- ・使用するデータによっては、「本当は差がないのに有意差が出る」「本当は差があるのに有意差が出ない」ということもあります。これを避けるために、群数を増やしたり、似た条件下でもう一度実験を行って再現性を確かめたりすることが重要です。
- ・統計学に関する基礎知識や仮説検定の考え方は、「数学 I A II BC」「理数探究基礎」の教科書に詳しく載っています。これらをよく読めば、より深く理解できます。

8-11. 試料と方法のワークシート

①次のテーマについて、肉じゃがを作る実験方法を考えよう（正解が無い穴埋めもある）。

大テーマ「肉じゃが」 小テーマ「肉じゃがの味しみ」

仮説 「味が良くしみた肉じゃがを作るには、長く煮込むとよい」

①Google Scholar を用いて**先行研究**を探す（肉じゃがの調理法に関する論文は多数ある）。

筆頭著者名	
出版年	
論文タイトル	

②調理室に入る際は（1. ）,（2. ）,（3. ）を着用する。
前もって、結果を記録する用紙を準備する。

③ジャガイモはすべて定規で測って切り、1辺（4. ）cmに揃える。
（5. ）を用いて重さを量り、同等の密度のものを実験に使用する。
煮崩れたり割れたりする可能性を考えて、数に余裕をもって準備する。

④煮汁は、水 100 mL に対して醤油（6. ）g と砂糖（7. ）g を加える。
煮込む際、（8. ）を用いて温度を測る。温度は（9. ）°C で一定にする。
時間は（10. ）分、（11. ）分、（12. ）分の3条件で実施する。

⑥煮た後のジャガイモについて、以下の項目をはかるための**装置の名称**は次の通りである。

重さ	
硬さ	
塩分	
甘さ	
うまみ	

これらの項目のうち、味しみ度合いの指標は（13. ）とする。

ただし、**多角的な視点で考察するために、これ以外の項目もいくつか計測する**と良い。

1つのジャガイモだけでなく、各項目（14. ）つずつのジャガイモで計測を行う。

⑦それぞれのジャガイモは（15. ）人で試食し、官能評価をする。

評価できる項目は、甘味、塩味、酸味、苦味、旨味、味の濃さ、香り、硬さなどがある。

各項目について（16. ）段階で評価し、基準の値は（17. ）とする。

統計検定を実施するには
最低で何サンプル必要か？

STEP 3. 研究成果をまとめる

9章. 結果 Results

9-1. 考察に値するデータを得られたか？

ここまでの探究活動で、しっかりしたデータを得ることはできましたか？まともなデータが無くて考察ができなさそうであれば、**簡単な形で良いので再実験をしましょう。**

データがあまりにも足りないと、考察の項で本質的な議論ができず、「アンケートの票数を集められませんでした」や「条件を揃えて実験ができませんでした」などの**失敗談や憶測**が中心になってしまいます。ここで妥協をせず、時間が許す限りのリトライをしてください。**良いデータがないと良い考察はできません。**

9-2. データの分析と表現【技能】

得られた結果は、表やグラフを使うと表現しやすいです。グラフには、**棒グラフ**、**折れ線グラフ**、**円グラフ**、**箱ひげ図**、**散布図**など、さまざまな種類があります。表現できる情報の種類を見極めて、適切なものを選んでください。

さらに、データの**共通点**、**相違点**、**平均**、**分散**、**標準偏差**、**相関関係**などを算出したり、**t検定などの統計検定**（前述）を実施することも、客観的な考察をするために有用です。試しに算出してみると、データ間の意外な関係性が浮かび上がってくるかもしれません。

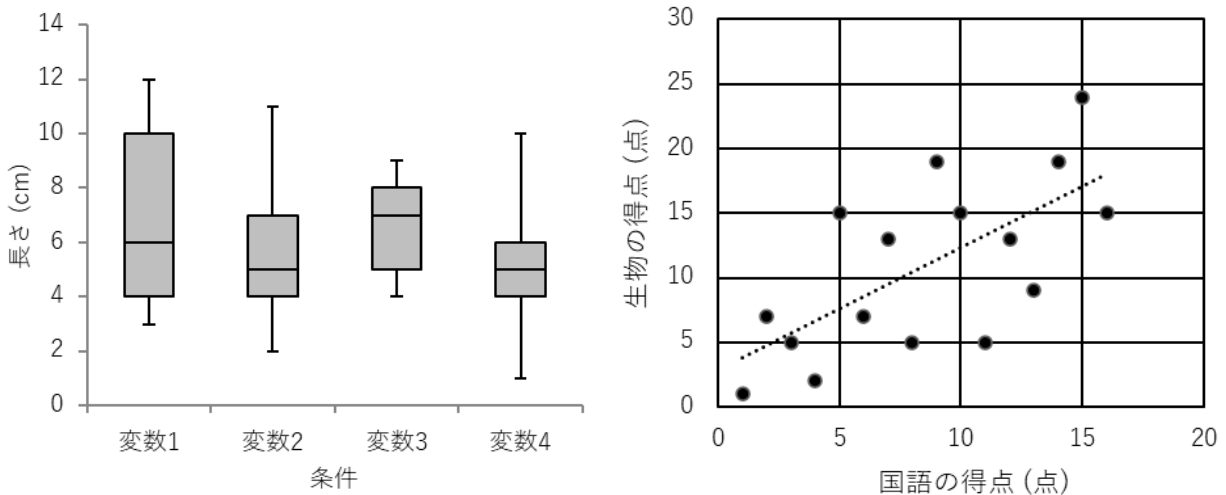


図. 箱ひげ図 (左) と散布図 (右) の例

アドバイス！

グラフには、**縦軸と横軸の説明**を必ず入れましょう。**単位を明記**することも大切です。

9-3. グラフを作る際の注意点【技能】

実験で得られた値の平均値を棒グラフや折れ線グラフで示すときは、標準偏差または標準誤差（データのばらつきの指標）をエラーバーとして表示しましょう。また、複数のグラフを並べて比較するときには、縦軸や横軸の値の幅（上限と下限）を他のグラフと揃えないと、値の大小関係を誤解される恐れがあるため注意してください。

※2026年現在、Google スプレッドシートにおけるエラーバー設定は、操作できる項目が限られています。エラーバー付きのグラフを作成するときには、Microsoft Excel を利用することをお勧めします。

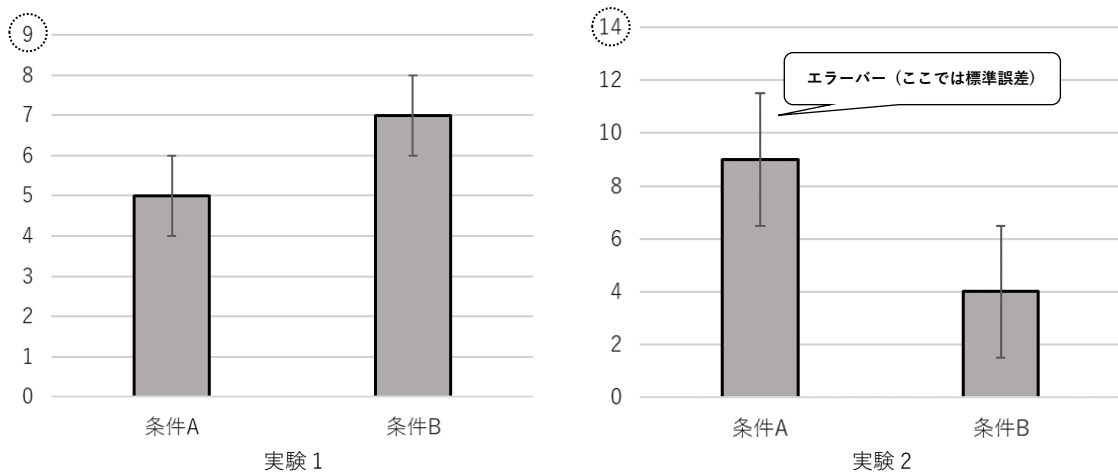


図. これらのグラフは縦軸の上限値が揃っておらず、並べて示すのは不適切である

アンケート調査で Google Form を使用した場合、円グラフが自動的に表示されるので便利です。ただし、この画像を大きなポスターなどで使用すると、画像サイズを引き伸ばすことで解像度が低くなり、とても読みづらくなります。グラフは自作しましょう。

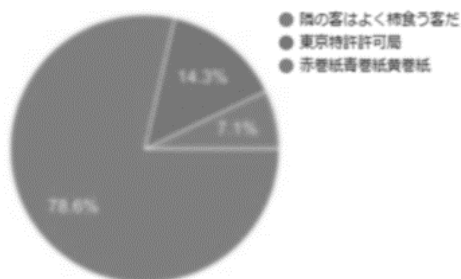


図. Google Form の画像を引き伸ばすとぼやけた見え方になる

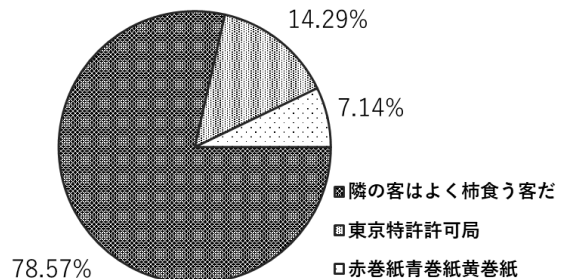


図. 自作グラフならば調整が容易である（文字のサイズ、位置、太さも調整可能）

10章. 考察 Discussion

10-1. 分析結果から「客観的に」考えられることを述べる

この項では、**事実に基づいて、客観的に考えられること**を述べます。すなわち、「その分析結果を見れば、誰もが同じ考察にたどり着く」ような考察が理想です。

考察は、持論を展開する場ではありません。**データに基づかない考察は客観性を欠いてしまいます**。「それってあなたの感想ですよね」と言われぬよう、慎重に述べましょう。

10-2. 考察をもとに、次の課題を見出す

分析結果の考察では、「○○のように考察することもできるし、△△のように考察することもできる」というように、複数のパターンが想定されることも多いです。この場合、考えられる考察をいくつか記述します。さらに、**どのパターンが正解なのかを調べるための新たな調査・実験を設計すると**、探究はさらに深まります。

また、失敗してしまった実験についても、素直に考察することが重要です。失敗した原因の考察だけでなく、手元にある数少ないデータからもわかることを述べましょう。そして、**失敗を活かした新たな調査・実験を設計しましょう**。

10-3. 考察で使いやすい文末表現【技能】

考察の文章中で使いやすい文末表現として、以下の文句をぜひ参考にしてください。

- | | |
|----------------|-----------|
| ・～～と考えられる | ・～～と読み取れる |
| ・～～の可能性はある | ・～～と確認された |
| ・～～であることが示唆された | ・～～が見込まれる |
| ・～～と推察される | ・～～が疑われる |
| ・～～と推測される | ・～～の恐れがある |
| | など |

アドバイス！

考察の文末では「思う」などの感想を表す表現は使わないようにしましょう。考察にあなたの主観が入り込んでいることが印象づけられてしまいます。

11 章. 結論 Conclusion

11-1. 複数の結果と考察を統合して、結論を導く

この項では、研究全体の結論を述べます。例えば、実験 1 と実験 2 を実施したのであれば、これらを統合して全体の結論を述べます。

11-2. 「目的を達成できなかった」とだけ書くのは NG

結論に「○○という目的を達成することができなかった」とだけ書くのは NG です。なぜなら、目的が達成できなかったとしても、取組を通して得られた知見は必ずあるからです。どんなに小さな結果でも構わないので、得られたことを素直に記述しましょう。

NG 例：実験が失敗してしまったため、○○という目的を達成することができなかった。△△という点を改善すれば、実験は成功すると考えられる。

OK 例：実験が失敗してしまったため、○○という目的を達成することができなかった。しかし、□□というデータから、～～ということが分かった。このことから、△△という点を改善すれば、実験は成功すると考えられる。

アドバイス！

失敗してしまった実験について、トライアンドエラーが不十分なのに「今後の展望」の内容ばかりが充実している研究には、「そんなにアイデアがあるのなら、なぜもう一度実験をしなかったのか？」という疑問が生じます。失敗したことを「今後の展望」で嘆く前に、時間が許す限り、改善した実験をもう一度やるのが大切です。

12章. 参考文献 Reference

12-1. なぜ参考文献が必要か

SIST事務局(2011)によると、参考文献には以下の役割があります。

- 自身の論文の新規性，独創性，信頼性の明確化
- 先行する著者（先人・先輩）に対する敬意
- 出典の明示
- 読者に対する情報提供

12-2. 引用をするための条件

他の著作物の一部分を自由に掲載するためには、著作権法に基づくいくつかの条件があります。SIST事務局(2011)は、引用をするための条件を次のようにまとめています。

- 公開された著作物
- 引用の必然性（公正な慣行に合致する）
- 区分明確性（引用文であることを明確に区別する）
- 本文と引用部分の主従関係の明確性（正当な範囲内）
- 出典の明示

12-3. 参考文献の書きかたの例【技能】

参考文献の書きかたの一例として、「ハーバード方式」による記載方法を紹介します。

- 学術論文（著者名. 出版年. 論文題名. 雑誌名. 巻数. 号数. 掲載ページ.）**
三浦ひろし，横浜太郎，川崎やすこ. 2016. 神奈川県産モウソウチクの生態調査. 日本たけのこ学会誌. vol. 31. no. 5. p. 226-235.
- 単行本（著者名. 出版年. 書籍題名. 出版社名. 総ページ数.）**
藤沢隆. 2013. たけのこはなぜおいしいのか. ○○出版. 172 p.
- web サイト中の記事（著者名. 公開年. ページ名. サイト名. 更新日時. URL. 参照日時.）**
鎌倉妙子. 2017. 日本のたけのこ分布マップ完全版. 竹山大学理学部. 2018-4-18.
<http://ww/take.ac.jp/.../012123.html>. (参照 2018-08-13).

【参考文献】

SIST事務局. 2011. 参考文献の役割と書き方. 科学技術振興機構. 23 p.

13章. 研究をまとめ、発表する

13-1. 最終確認！読みづらい日本語は無いか？【技能】

① 読点（、）が少なすぎる

- × そこで本研究では国際比較データを用い各国の環境政策の利点欠点を論じる。
- そこで、本研究では、国際比較データを用い、各国の環境政策の利点・欠点を論じる。

読点を適切に使うことができますか？

「・」（なかぐろ）を使うこともありますが、箇条書きの場合は項目立ての「・」と混用しないように。

② 一文が長すぎる

- × そこで、本研究では、国際比較データを用い、各国の環境政策の利点、欠点を論じ、日本の現状に合った新たな政策を提案する。
- そこで、本研究では、国際比較データを用い、各国の環境政策の利点、欠点を論じる。
そして、日本の現状に合った新たな政策を提案する。

一文を短く切ることで、読み手が主述の関係を把握しやすくなります。

③ 多義文になっている

- × 10 cm 以上のひげをもつ魚
- **ひげの長さが 10 cm 以上の魚 or 体長 10 cm 以上でひげをもつ魚**

「ひげの長さが 10 cm 以上」なのか？「魚の体長が 10 cm 以上」なのか？元の文では分かりません。

④ 回りくどい文末表現

- × A が原因という可能性もあると言えるのではないかと考えられる。
- A が原因という**可能性がある**。

中身のない表現で文字数をかさ増しする必要はありません。スッキリと言い切りましょう。

⑤ 逆接のように見えてしまう「が」

- × 干潟は子どもたちの遊び場であるが、天然の浄化装置としての役割も注目されている。
- 干潟は子どもたちの遊び場であり、天然の浄化装置としての役割も注目されている。

接続助詞「が」は、一見すると逆接のようですが、単純接続でも使用できてしまうくせ者です。読み手を混乱させないように、単純接続の場合は別の助詞に置き換えましょう。

13-2. ポスター発表

研究の成果を大判の1~2枚の紙(A0判が多い)におさまるようにまとめます。これが会場に貼り出され、決められた時間にその前に立って発表します。発表時間以外にもポスターを見てもらうことができ、参加者とゆっくり議論をすることができます。



図. ポスター発表のようす (2024年77期生)

13-3. 口頭発表

スライドを使って、会場の聴衆に向けて10~30分程度の発表をし、質疑を受けます。短時間で一度かぎりの発表になりますが、発表者の主張を多くの聴衆に伝えられます。



図. 口頭発表のようす (2024年77期生)

アドバイス!

発表を聴くときは、質問を考えながら聴きましょう。漫然と聴いていると、内容が理解できず、質問は思いつきません。すなわち、**質問ができるということは、発表の内容をよく聴いていて、理解できているということ**なのです。

13-4. Z型の視線の流れ【技能】

ポスターは、視線の流れを意識して作成しましょう。Z型のポスターはブロックを横に長くすることができるため、**横長の図**を多く掲載するときなどに便利です。観客は上から下を読めば良いので、読む順番を誤解されにくい形式です。

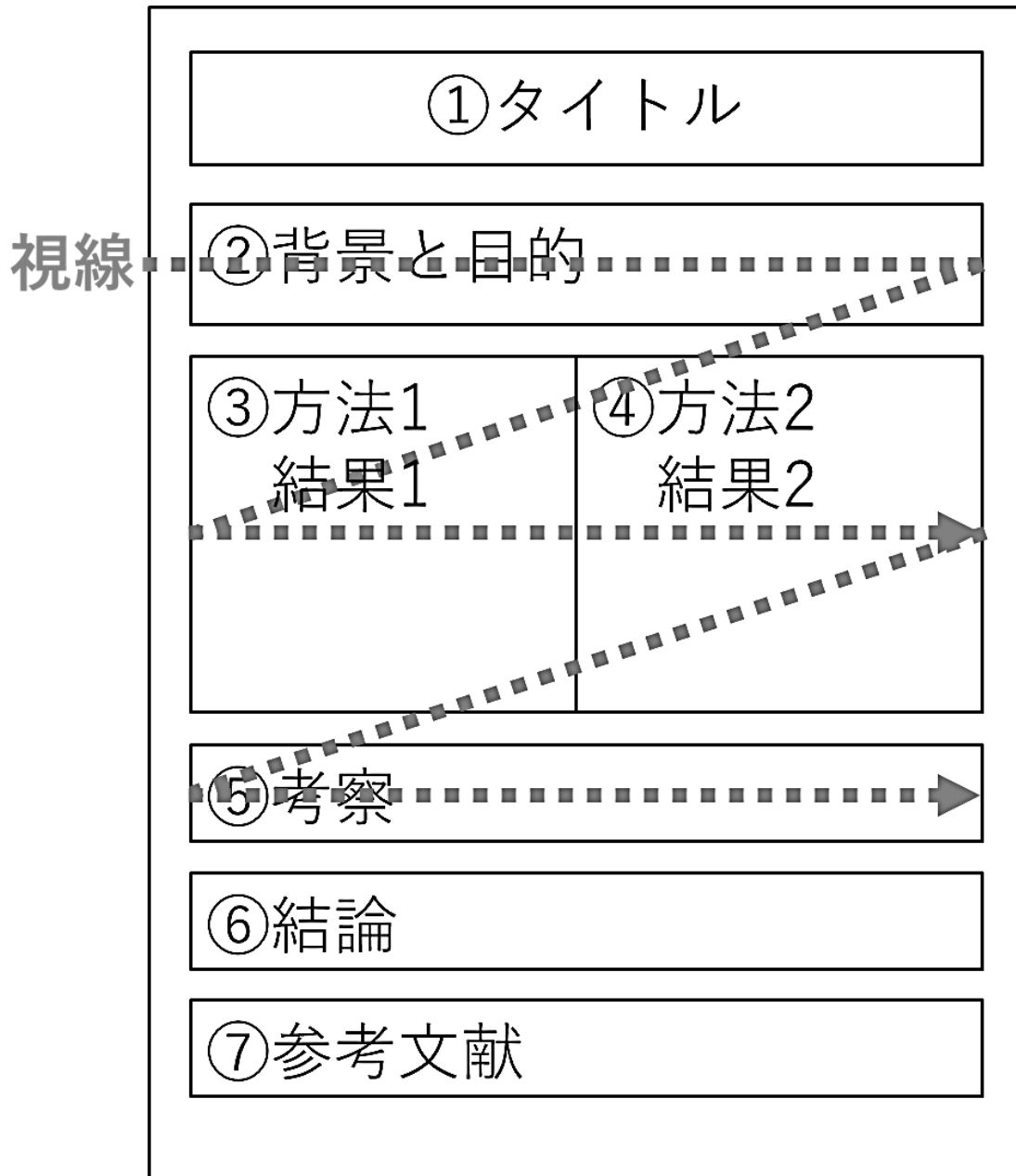


図. Z型の視線の流れを意識したポスター

13-5. 逆 N 型の視線の流れ【技能】

逆 N 型のポスターはブロックを縦に長くすることができるため、**縦長の図**を多く掲載するときなどに便利です。ただし、ブロックの置き方を工夫しないと、観客に Z 型の読み方をされてしまうことがあるので注意が必要です。

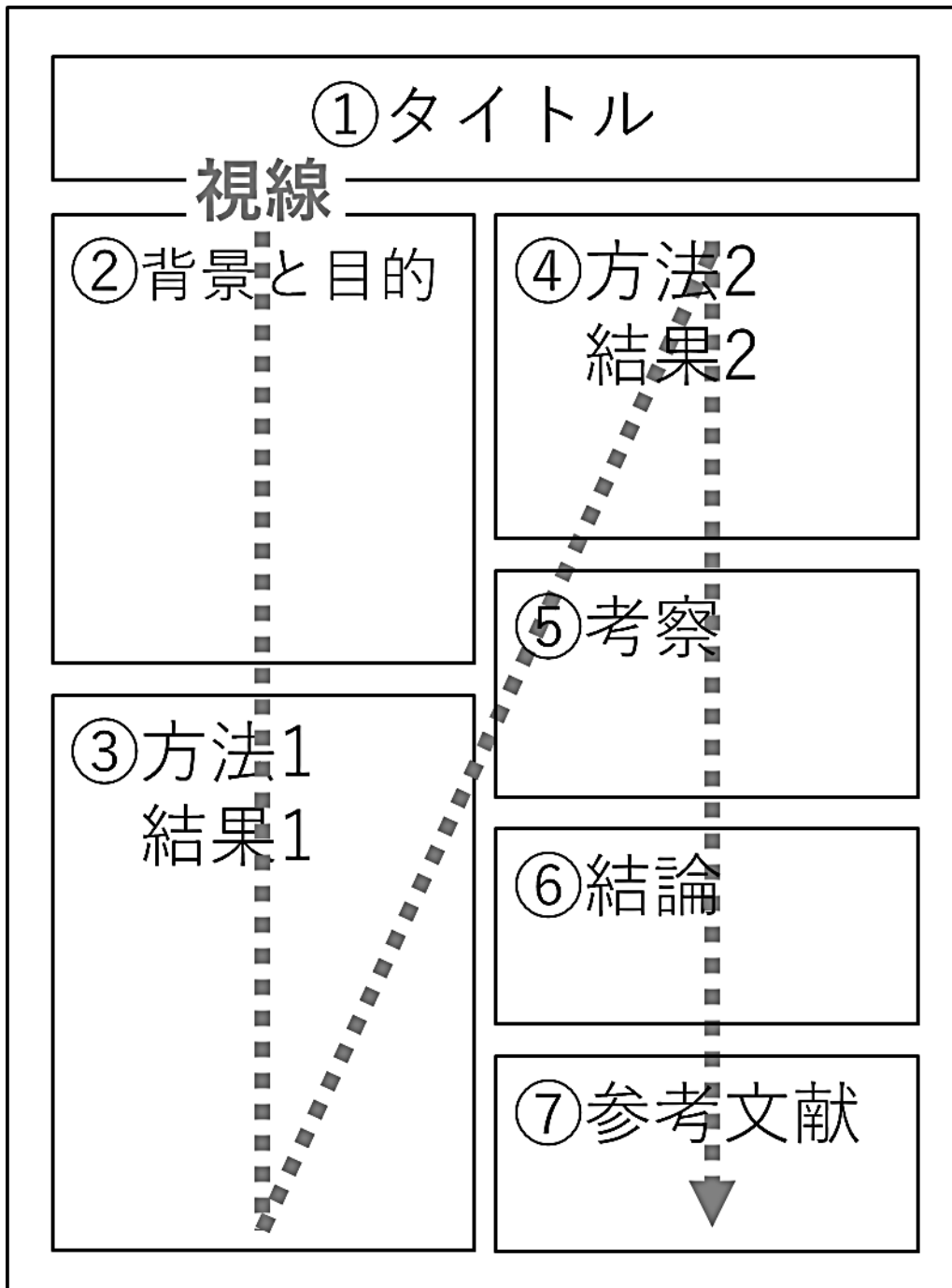


図. 逆 N 型の視線の流れを意識したポスター

緑の探究 実験計画書

生徒が記入→探究指導教員（器具準備担当教員）によるチェック

学校機材使用の有無に関わらず、1度の実験につき1枚を提出してアドバイスを受ける。この紙は探究ノート等に貼って保管する。

グループ番号	年生	分野（組）	グループ
研究タイトル			
研究の目的			
リーダー氏名	年	組	番
メンバー氏名			

実験をする日時、場所（実験類は原則として理科室、食べる物を作るときは必ず調理室）					
年 月 日 時間帯： 場所：					
この実験の参考文献（著者名、公開年、文献タイトル）					
自分たちで用意する器具（日用品は、原則として自分たちで用意する）					
学校から借りたい器具					
器具の名称	容量	個数	器具の名称	容量	個数
例：ビーカー	100 mL	2個			
学校から借りたい薬品					
薬品の名称	濃度	量	器具の名称	容量	個数
例：塩酸	1 mol/L	100 mL			
探究指導教員（器具準備担当教員）のサイン					
教員によるチェック項目 <input type="checkbox"/> この実験をすれば、研究の目的を達成することができる <input type="checkbox"/> この実験をすれば、分析や考察に耐えうる複数のデータを取ることができる <input type="checkbox"/> 器具の個数や容量、薬品の濃度や量を適切に記入している （申請忘れが多いもの：ガラス棒、葉さじ、ピンセット、薬包紙など）					

※ 実験をする前週のうちに教員によるチェックを受ける。差し戻される可能性もあるので早めに準備しよう。
 ※ 器具リストにない器具は教員に相談を。リストに載り損ねている場合や、購入できる場合がある。

コピーして使用

実験の流れ図（フローチャート）

「○ mol/Lの□を△ mL入れる」といった詳細がわかるように図などで説明する。

緑の探究 アンケート計画書

生徒が記入→探究指導教員によるチェック

Classroom配信の有無に関わらず、1度のアンケートにつき1枚を提出してアドバイスを受ける。この紙は探究ノート等に貼って保管する。

グループ番号	組 (分野)	グループ
研究タイトル		
研究の目的		
リーダー氏名	年 組 番	
メンバー氏名		

何を明らかにするためにこのアンケートを行うか (例: 緑ヶ丘高校の生徒の睡眠時間と勉強時間の関係)
この実験の参考文献 (著者名, 公開年, 文献タイトル)
このアンケート調査で考えたい母集団 (例: 緑高生 約840名)
実際にアンケートをとる標本集団 (例: 緑高生のうちアンケート回答者200名以上)
母集団と標本集団の性質を近づけるための工夫 (例: 男女比を~:~にする, 学年比を~:~:~にする)
いつ, どのような方法でアンケートを実施するか
探究指導教員のサイン
<p>教員によるチェック項目</p> <input type="checkbox"/> このアンケートをすれば, 研究の目的を達成することができる <input type="checkbox"/> このアンケートをすれば, 分析や考察に耐えうる複数のデータを取ることができる <input type="checkbox"/> 調査したい項目だけでなく, 後で比較するために回答者の性質に関する質問項目も設定している (役に立つかもしれない質問項目: 性別, 年齢, 経験年数, 部活動, 運動の習慣 など)

※ アンケートをとる前週までに教員によるチェックを受ける。差し戻しもあるので早めに準備しよう。

コピーして使用

質問項目

質問項目を増やしすぎると回答者が疲れてしまうので、質問項目はよく吟味する。

緑の探究 レポート① (対象とする期間： 月 日～ 月 日, 提出締切： 月 日)

どの教科の教員でも理解できるように, 用語等は詳しく説明して使いましょう。

「協力することの大切さを学んだ」等の内容ではなく, 研究内容に関わることを述べましょう。

【1】 この期間で, あなた個人が参加した活動の内容を記述してください。また, 作業時にはどのようなことに気がつきましたか。そのねらいも含めて記述してください。(12行以内)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

9 _____

10 _____

11 _____

12 _____

表. 評価ルーブリック

主体的に学習に取り組む態度		【1】知識・技能	
A	締切までに提出した	A	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」の両方について, 明確かつ的確に記述している
B	締切を過ぎて提出した	B	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」のどちらかについて, 明確かつ的確に記述している
C		C	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」のどちらについても, 明確かつ的確に記述していない
D	未記入, 未提出, または他者のものを写した	D	未記入, 未提出, または他者のものを写した

【2】この期間で、あなた個人が得られた学びの内容について記述してください。ただし、文献の情報を引用する際は「3. 先行研究を読む、引用する」の方法に従ってください。(12行以内)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

9 _____

10 _____

11 _____

12 _____

表. 評価ルーブリック

【2】思考・判断・表現	
A	Bに加え、自らのデータを示すか文献を正しく引用している
B	「学びの内容」について明確かつ的確に記述している
C	「学びの内容」について明確かつ的確に記述していない
D	未記入、未提出、または他者のものを写した

緑の探究 レポート② (対象とする期間： 月 日～ 月 日, 提出締切： 月 日)

どの教科の教員でも理解できるように, 用語等は詳しく説明して使いましょう。

「協力することの大切さを学んだ」等の内容ではなく, 研究内容に関わることを述べましょう。

【1】 この期間で, あなた個人が参加した活動の内容を記述してください。また, 作業時にはどのようなことに気がつきましたか。そのねらいも含めて記述してください。(12行以内)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

9 _____

10 _____

11 _____

12 _____

表. 評価ルーブリック

主体的に学習に取り組む態度		【1】知識・技能	
A	締切までに提出した	A	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」の両方について, 明確かつ的確に記述している
B	締切を過ぎて提出した	B	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」のどちらかについて, 明確かつ的確に記述している
C		C	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」のどちらについても, 明確かつ的確に記述していない
D	未記入, 未提出, または他者のものを写した	D	未記入, 未提出, または他者のものを写した

【2】この期間で、あなた個人が得られた学びの内容について記述してください。ただし、文献の情報を引用する際は「3. 先行研究を読む、引用する」の方法に従ってください。(12行以内)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

9 _____

10 _____

11 _____

12 _____

表. 評価ルーブリック

【2】思考・判断・表現	
A	Bに加え、自らのデータを示すか文献を正しく引用している
B	「学びの内容」について明確かつ的確に記述している
C	「学びの内容」について明確かつ的確に記述していない
D	未記入、未提出、または他者のものを写した

緑の探究 レポート③ (対象とする期間： 月 日～ 月 日, 提出締切： 月 日)

どの教科の教員でも理解できるように, 用語等は詳しく説明して使いましょう。

「協力することの大切さを学んだ」等の内容ではなく, 研究内容に関わることを述べましょう。

【1】 この期間で, あなた個人が参加した活動の内容を記述してください。また, 作業時にはどのようなことに気がつきましたか。そのねらいも含めて記述してください。(12行以内)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

9 _____

10 _____

11 _____

12 _____

表. 評価ルーブリック

主体的に学習に取り組む態度		【1】知識・技能	
A	締切までに提出した	A	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」の両方について, 明確かつ的確に記述している
B	締切を過ぎて提出した	B	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」のどちらかについて, 明確かつ的確に記述している
C		C	「参加した活動内容」「気をつけたこととそのねらい」のどちらについても, 明確かつ的確に記述していない
D	未記入, 未提出, または他者のものを写した	D	未記入, 未提出, または他者のものを写した

【2】この期間で、あなた個人が得られた学びの内容について記述してください。ただし、文献の情報を引用する際は「3. 先行研究を読む、引用する」の方法に従ってください。(12行以内)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

9 _____

10 _____

11 _____

12 _____

表. 評価ルーブリック

【2】思考・判断・表現	
A	Bに加え、自らのデータを示すか文献を正しく引用している
B	「学びの内容」について明確かつ的確に記述している
C	「学びの内容」について明確かつ的確に記述していない
D	未記入、未提出、または他者のものを写した



海浜植物ハマボウフウの保全に向けた生育条件調査

76, 77期 生徒7名
(0421 神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校)



【背景】

ハマボウフウ(セリ科)は、群落を成して砂浜海岸に生育する海浜植物である。近年、日本の海浜植生は砂丘の開発や海岸侵食などによって劣化傾向にあり、本種についても12府県で絶滅危惧または準絶滅危惧種に指定されている[1]。ハマボウフウを砂浜に植栽することで、砂の飛散を防ぐことができ、これは近年減少傾向にある砂浜を保全することに繋がる。本研究では、ハマボウフウをより早く簡単に育てる方法を考えるため、発芽実験および栽培実験を行った。



2022年7月23日 神奈川県藤沢市

【実験① – 1 低温湿潤処理 予備実験】

〈方法〉

ハマボウフウの種子4つについて、文献[2][3]を参考に低温湿潤処理を試行した。種子は2022年7月に神奈川県茅ヶ崎市で採取した。果皮を手で除去した後、冷蔵庫内(6.1℃)で低温湿潤処理を行った。

〈結果〉

- ・低温湿潤処理51日間で4粒中3粒が発根
- ・発根した種子を土に植えると、すべて発芽した

【実験① – 2 低温湿潤処理 本実験】

〈方法〉

実験には、2022年7月に神奈川県茅ヶ崎市で採取した種子200粒を使用した。果皮の有無によって低温湿潤処理に要する期間が異なるかどうかを確かめるため、100粒は果皮を除去し、残りの100粒は除去せずに、冷蔵庫内(平均5.8℃)で60日間の低温湿潤処理を行った。

処理に先駆け、種子を水道水に3日間浸して洗浄した。処理は2023年5月25日より開始し、観察は週に一度行った。その際、発根した種子の計数、冷蔵庫内の温度測定、カビ類(白カビ、黒カビ、青カビ)の除去を行い、純水を毎週10 mLずつ与えた。



発根した種子



低温湿潤処理中の様子

〈結果〉

- ・果皮を除去した群 **60日間で100粒中0粒が発根**
- ・果皮を除去しない群 **60日間で100粒中4粒が発根**
(3個体は56日間、1個体は60日間の処理で発根)

ハマボウフウ photo ranking



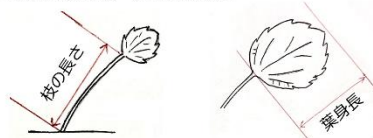
【実験② 給水・土壌の条件を変えて育てる】

〈方法〉

実験には、海砂または混合土(赤玉:腐葉土=1:1)、人工海水(相模湾の海水塩分と同様の3%)または水道水を使用した。

苗は、NPO法人ゆいから譲り受けたものを使用し、1個の牛乳パックにつき3株ずつ、計48株植えた。これを12株ずつ4つの条件〔(1)水道水を与え砂に植える(2)水道水と土(3)海水と砂(4)海水と土〕に分け、人工気象器の中で栽培した(20℃、明:暗=12h:12h)。

給水と計測は月水金の13:00頃に行った。給水は、1個の牛乳パックにつき60 mLずつとした。計測は1月11日より始め、「地面から測って最も長い枝の長さ」、「最も大きい葉の葉身長」を計測した。



〈結果〉

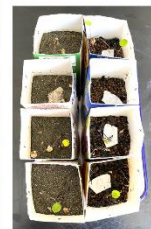
結果はポスター2枚目のグラフに示す。23日間の実験の結果、水道水を与えた群では、砂よりも土に植えた方が枝が有意に長く伸びた(t検定を実施、 $p < 0.05$)。さらに、実験終了後も同じ条件で栽培し計28日間の生育状況を集計したところ、海水を与えた群よりも水道水を与えた群の方が枝枯れの発生数が少なかった(海水では24個体中16個体、水道水では24個体中7個体)。



バイオトロンの様子



水道水を与えた群
(実験開始42日後)



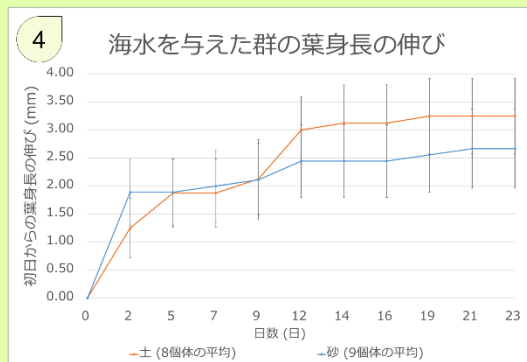
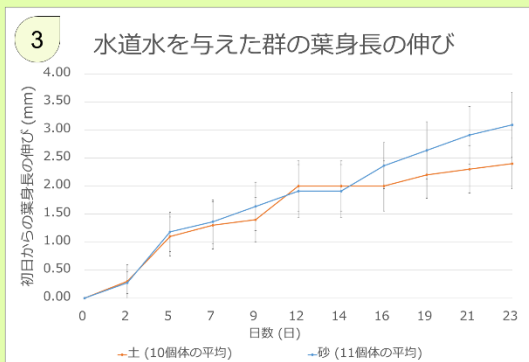
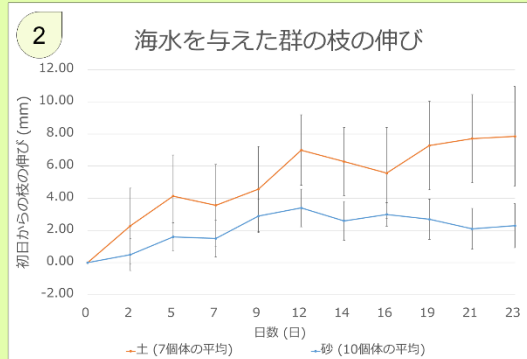
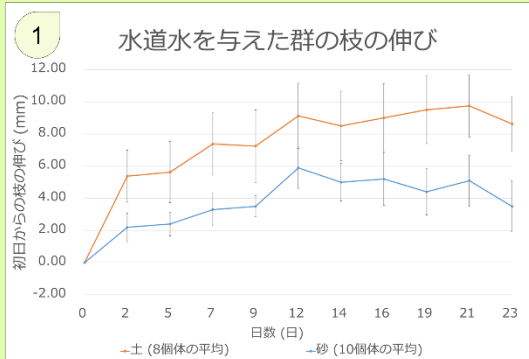
海水を与えた群
(実験開始42日後)

〈まとめ〉

水道水を与えた群では枝枯れの発生数が少なく、砂に植えたときよりも土に植えたとき枝が長く伸びた。以上より、**ハマボウフウを人工的に栽培する際には、土に植えて水道水を与える方法が適している。**

図. 2023年 SSH 生徒研究発表会 本校代表生徒のポスター

【実験② 結果】



【考察】

低温湿潤処理は、種子に冬を擬似体験させるためのものである。実験①-1 (果皮除去済み、低温湿潤処理51日間) では発根率が75%であったが、実験①-2 (低温湿潤処理60日間) では果皮を除去した群の発根率が0%、除去していない群の発根率が4%だった。実験①-2の発根率が低かったことは、種子の採取から時間が経ったためか、毎週の観察時に常温で20分ほどの作業を行ったため種子が温まってしまったためである可能性がある。また、果皮を除去した種子よりも除去していない種子が多く発根したことから、果皮は発根を阻害することはないと推察される。

実験②では、水道水を与えた群よりも海水を与えた群で多くの枝枯れが発生した。これは、ハマボウフウ体内の浸透圧が海水より低いいため塩分が高い細胞外へ水分が出ていってしまい、生育に支障が生じるためだと考えられる。また、砂よりも土の方が水持ちがよく栄養塩が豊富であるため、枝の伸びが早かったと推察される。

【今後の展望】

ハマボウフウを植える時の最適な土と砂・水道水と海水のバランスを調べる実験を行いたい。水道水の成分構成を調査したい、人工海水と比較したい。実験②で苗を牛乳パックへ移す段階で何個体かが弱ってしまったので、植え替えのより良い方法を思案したい。土と水道水の組み合わせで育てた個体が自生環境に戻されたとき、どのように育つのかを調査したい。また、ハマボウフウには塩分を体外へ排出する仕組みがあるのか、それとも体内に塩分を取り込まない仕組みがあるのかを解明したい。

【参考文献】

- [1] 公益社団法人 日本植物園協会 (2021) 日本のレッドデータ検索システム
- [2] 石郷岡典子・常磐秀夫 (2005) ハマボウフウのセル成形成育苗法
- [3] 多田純也・近藤哲也・藤 彰矩 (2014) ハマボウフウ種子の発芽条件の解明
- [4] 日原真木 (1996) 水と塩をめぐる植物の戦略-公開講座要旨
- [5] 志水勝好 (2016) 塩分ストレス耐性の強い植物の生理機構とその利用
- [6] 鈴木邦雄 (1994) 日本の海岸植生・塩生植生
- [7] 中西弘樹著 (2018) トンボ出版 フィールド版 日本の海岸植物図鑑



横浜市の水道水における水質改善案の提言

0421 神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校 77期 生徒1名



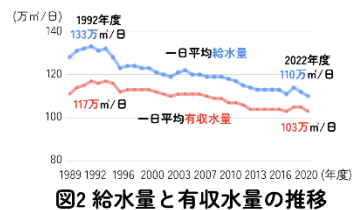
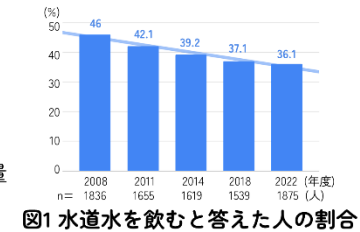
背景・目的

横浜市営の水道事業者である横浜市水道局の現況を以下に示す。

- 横浜市民を対象とした意識調査では「どのような水を常飲しているか」という質問に「浄水器を通さない(冷却または煮沸された)水道水を飲む」と回答した人の割合が2008年度調査から5回連続で減少した[1]{**図1**}。
- ピーク時の1992年度から直近の2022年度までに、一日あたりの平均給水量は23万 m^3 /日、一日平均有収水量は14万 m^3 /日減少した[2]{**図2**}。

したがって、現在の水道水需要と給水収益は減少傾向にある。この場合、利潤追求行動によって水道料金増額や水道水質悪化などの不利益が消費者に生じうる[3]。

水道水の品質を向上させることで、水道水需要や給水収益の増加を期待できる。本研究は、横浜市水道局が供給する水道水の改善点を水質の観点から明らかにすることを目的として行った。行政資料や実地調査を通して得た水質データを表計算ソフトで分析し、水道水の改善すべき点を明らかにした。



調査A 原水と浄水の水質分析

方法

横浜市水道局と神奈川県広域水道企業団が毎年度公表している資料[4][5]を参照し、同事業者らが運営する5ヶ所の浄水場(川井、西谷、小雀、相模原、綾瀬)における、2018年~2024年の2, 5, 8, 11月の原水と浄水水質試験結果を水質項目ごとにGoogleスプレッドシートにまとめてグラフを作成し、代表値を算出した。有意差の有無はt検定を用いて確かめた。外れ値と相関係数の扱いは[6][7][8]に準拠した。

結果と考察

【水質項目の相関関係に着目した分析】

3ヶ所の浄水場で、原水の有機物と原水の一般細菌との間に弱い正の相関関係が認められた{**図3**}。また、5ヶ所の浄水場で、原水の有機物と浄水の総トリハロメタンとの間に弱い正~強い正の相関関係が認められた{**図4**}。

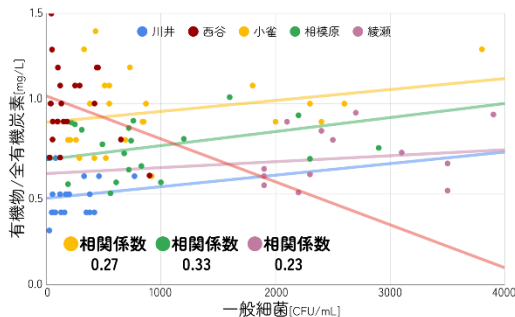


図3 原水の有機物と原水の一般細菌

以上の結果から、水源の有機汚濁や富栄養化が進行した場合、原水の細菌数と浄水の総トリハロメタンを含む消毒副生成物の量も増加すると読み取れる。トリハロメタンとは、メタンの水素原子のうち3つがハロゲンで置換されたものを指す[10]。トリハロメタンを含む消毒副生成物は、原水の有機物と消毒用塩素剤が反応して生まれる物質の総称で、これらは発癌性や遺伝毒性が疑われている[10]ため、生成を抑制しなければならない。また、多量の細菌は浄水処理過程での消毒用塩素剤注入量を増やす原因となり、それに伴って塩素臭気強度が上昇することで水の美味しさを損なう[9]おそれがある。よって、**水源の有機汚濁対策や富栄養化対策が急務である**と言える。

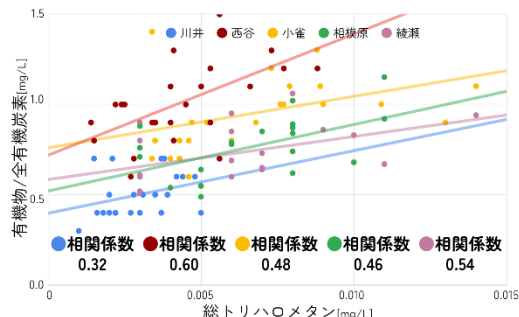


図4 原水の有機物と浄水の総トリハロメタン

図. 2024年 SSH 生徒研究発表会 本校代表生徒のポスター

火山礫^{れき}はキリン *Giraffa camelopardalis* の床材に適切か？

0421 神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校 78期 生徒1名



背景と目的

飼育下のキリンは蹄が伸びすぎた「過長蹄」という状態に陥りやすい。この状態は関節炎などの重大な疾患の原因になり、命に関わることもある[1][2]。火山礫などの目の粗い床材を使用することで、運動量が少ない飼育下でも蹄の伸びすぎを防止できることがわかっており[3][4]、現在様々な動物園で採用されている。本研究では、本来の生息環境との違いがストレスとなって起こる「常同行動」[5]に着目し、床材として火山礫を使用することがその場所で生活するキリンにとってストレスの原因となっていないか検証することを目的とした。

観察① 4園での常同行動の観察 2024年10月31日～11月24日 11時～15時

〈方法〉

キリンの行動の様子を動画に記録した。園ごとに2時間分の動画を用いて観察し、常同行動の有無とその時間を調べた。ここでは同じ経路を2周以上連続して歩く行動を常同行動とする。

〈結果〉

以下の表に示す。火山礫がある動物園に比べてない園のほうが常同行動がみられやすかった。

	動物園	個体	性	年齢	常同行動	備考
火山礫あり	上野 (東京)	ヒナタ	♂	14歳	なし	雌雄別展示 低い柵で区分け
		リンゴ	♀	9歳	なし	
		ヒカリ	♀	4歳	なし	
火山礫あり	野毛山 (神奈川)	そら	♂	12歳	なし	雌雄共同展示 他種と交代展示
		モミジ	♀	10歳	2分	
火山礫なし	金沢 (神奈川)	ミルク	♀	20歳	14分	雌雄完全別展示
		サキ	♀	3歳	65分	
		ズーラシア (神奈川)	エレン	♂	3歳	



観察② 火山礫の有無による歩数の比較

観察①で、火山礫の有無で行動の違いが出ることがわかったが、火山礫があることで歩行量が減ってしまうと火山礫のもつ効用が十分に発揮されないと考え、歩数を比較した。

〈方法〉

観察①と同じ動画を用いてキリンの歩数を個体別に数え、火山礫を使用している群と使用していない群の歩数を比較した。

〈結果〉

以下の表に示す。火山礫を使用している群と使用していない群では歩数に有意差はみられなかった (t検定を実施 $p > 0.05$)。

	個体	歩数 (歩/時)	平均	標準偏差
火山礫あり	ヒナタ	541.19	525.45	78.76
	リンゴ	403.37		
	ヒカリ	499.85		
	そら	579.15		
	モミジ	603.70		
火山礫なし	ミルク	923.39	1297.72	1005.56
	サキ	2436.75		
	エレン	533.01		



t検定 0.315

図. 2025年 SSH 生徒研究発表会 本校代表生徒のポスター

観察③ 金沢動物園の火山礫導入前後の比較 2025年4月10日～5月7日 11時～14時

今年3月、金沢動物園に新たに火山礫が導入されたため、火山礫が導入される前後のキリンの行動について観察と比較を行った。

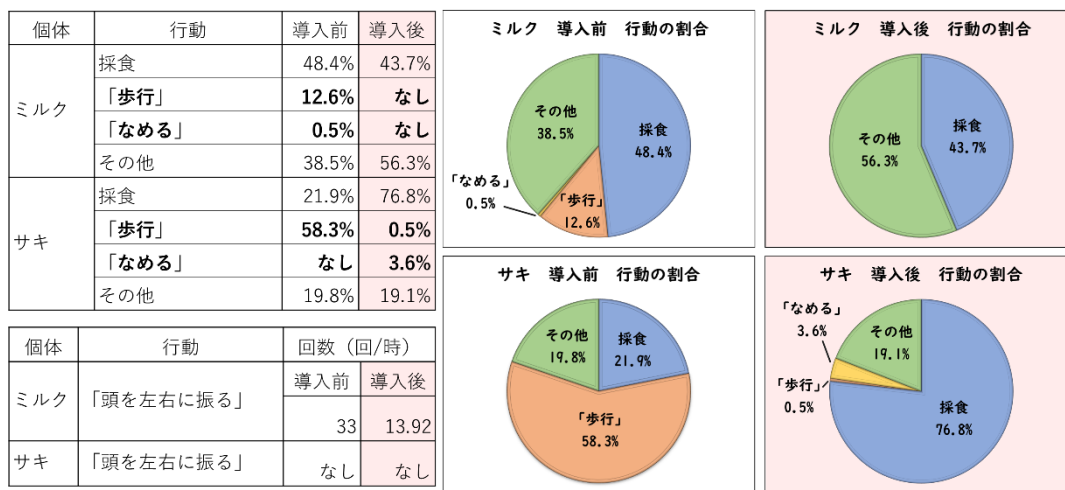
〈方法〉

火山礫導入後の金沢動物園で動画記録を行った。得られた12時間分の動画を使用し、キリンの行動を採食、常同行動（歩行、なめる、頭を左右に振る）、その他（反芻、移動など）に分類して全体に占める割合を調べた。加えて、観察①で使用した2時間分の動画についても同様の行動分類を行い、火山礫導入前後で比較した。

※常同行動のうち「歩行」は同じ経路を2周以上歩く行動、「なめる」は食べられない物をなめる行動とした。「頭を左右に振る」は時間記録が困難だったため回数で記録した。

〈結果〉

ミルクの常同行動のうち「歩行」「なめる」はともに減少した。サキの「歩行」は減少し、「なめる」は増加した。2頭ともに常同行動全体の割合は減少した。また、ミルクのみに「頭を左右に振る」がみられ、導入後はその回数が減少した。



考察

観察①より、火山礫がある園のほうが常同行動が少なかったことから、火山礫を使用することがキリンへのストレスの原因になっているとは考えづらい。また、観察②で火山礫が原因となったキリンの歩行量の変化はみられなかったことから、蹄を削る効用が減少することはないと示唆された。加えて、観察③において同じ個体でも火山礫の導入前と比較して導入後に常同行動が減少したことから、火山礫を使用する方がキリンにとってより居心地が良いことが予想される。

結論と今後の展望

火山礫を導入することで、キリンにとってより居心地がよい展示場を作ることができ、同時に蹄を削る効用も期待できる。このことから、火山礫の導入は積極的に進められるべきである。今後は、観察③でみられた常同行動の種類による違いについてさらに詳しく探究したい。

参考文献

- [1]京都市動物園「獣医室だより073 キリンの削蹄」(<https://zoo.city.kyoto.lg.jp/zoo/enjoy/blog/breeder-blog/20200810-41115.html>)(2020)(2024/10/1閲覧)
- [2]広島市安佐動物公園「アミメキリンのキリコについて」(<http://www.asazoo.jp/event/news/animal/4612.php>)(2021)(2024/10/1閲覧)
- [3]山本蒼士、加藤孝士郎(2023)「キリンの個体毎の運動量と蹄の伸長度合いおよび床材との関連性」京都市動物園 共同研究報告・成果 pp. 2-3
- [4]野毛山動物園「【あみあみ便り】キリン研究会に参加しました」(<https://www.hama-midorinokyokai.or.jp/zoo/nogeyama/details/post-11612.php>)(2024/12/3閲覧)
- [5]伊藤秀一ら「動物園における行動研究～アニマルウェルフェアの実現による動物学の発展にむけて～」(2019) p.3

コラム 先輩たちの声

1. 水の色による味の感じかたの違い (79期 緑探1)

① なぜ、その研究課題で研究を進めようと思ったのですか？

テレビ番組で、かき氷のシロップは色によって味が違うように感じられるものの、実際には同じ味つけであると紹介されていて、色による先入観が味覚に影響することを知りました。そこで、水でも同じことが起こるのか興味をもち、探究しました。

② 研究を進める上で苦労した点がありますか？

予備実験の条件作りに苦労しました。具体的には、「色をつけただけで本当に味が変わって感じられるのか」や「着色料そのものにおいや風味が結果に影響しないか」を確かめる方法に悩みました。

③ 研究を進める上で工夫した点がありますか？

本実験に入る前にたくさん予備実験を重ねたことです。予備実験をすることで、本実験の結果がより正確なものになったと思います。

④ この研究課題を設定してよかったと思うことはありますか？

最初は、ただ気になった疑問を明らかにしたいという思いから探究を始めました。しかし、調べを進めるうちに、自分の研究が社会に役立つ可能性があることに気づきました。偶然かもしれませんが、単なる調べ学習で終わらないテーマに取り組めたことは、大きな学びだったと感じています。

⑤ ポスター作りで注意、工夫したことはありますか？

実験では、参加者に五味の強さを数値で評価してもらい、それらの平均をレーダーチャートにまとめました。これにより、どの味が強く感じられたのかを視覚的に把握しやすくしました。また、色ごとのレーダーチャートと、すべての色を重ねた総合グラフも作成し、比較できるように工夫しました。

⑥ 緑の探究の活動を通じて身についたと感じる力がありますか？

実験を正確に行うため、条件を統一して対照実験を成立させる力が必要だと感じました。細かい要素にも注意しながら同じ環境を保つ工夫をすることが大変だと身をもって経験しました。

⑦ 「こうしておけばよかった」と思うことはありますか？

アンケートを作る際、項目がやや複雑になり参加者にとってわかりにくいものになってしまいました。私たちと違い、前提知識のない参加者側の気持ちになって質問は考えるべきだと感じました。

⑧ 後輩にひとこと！

気づいたことは小さくても必ずグループメンバーに共有しよう！

2. 動物園で使用されるキリンの床材 (78期 緑探Ⅱ・Ⅲ 代表)

① なぜ、その研究課題で研究を進めようと思ったのですか？

小さい頃から動物が好きで、将来的にも生物分野での研究活動を専門にしたいと考えていたため、動物を対象にした探究をはじめました。床材に着目したのは、動物園の環境づくりの中で盲点になりやすそうだったからです。

② 研究を進める上で苦労した点がありますか？

データの分析からポスター作成まですべて1人で行う形式で研究を始めたため、時間的な余裕がありませんでした。私の場合はデータ収集で両親の協力が得られたのですが、必ずしも大人の協力を得られるとも限らないので、作業量が多い研究であればグループ形式で取り組んだ方が良いと思います。

③ 研究を進める上で工夫した点がありますか？

データをなるべく数値化することです。動物の様子を言葉で記録するだけでは比較ができないので、歩数を数えたり行動を時間で記録したりして数値で比較ができるようなデータ収集をしました。比較する際には先生方の指導をいただきながら統計検定を活用しました。

④ この研究課題を設定してよかったと思うことはありますか？

高校で学ぶ科目としての「生物」よりもさらに深く細かい分野に触れることができたので、卒業後に大学で学んでみたいことが定まり、進路決定に役立ちました。また学校代表として参加した神戸の発表会で他のSSH校の興味深い研究にたくさん出会えたことも大きな収穫でした。

⑤ ポスター作りで注意、工夫したことはありますか？

図表の中で特に注目してほしいところを目立たせるなど、見る人の視線誘導に気を使いました。また、パッと見て何についての探究なのかわかって興味を持ってもらえるように、配色をキリンカラーにしたことも工夫のひとつです。

⑥ 緑の探究の活動を通じて身についたと感じる力がありますか？

データの扱い方や統計検定について、1,2年の数学や情報で学んだことよりもさらに深く理解し、活用できるようになったと感じています。

⑦ 「こうしておけばよかった」と思うことはありますか？

神戸で他校の研究を見たとき、考察に必要なデータ収集をすべてプログラムしてコンピューターに任せているグループが複数ありました。私もキリンの歩数計測などでコンピューターを活用できていたら、より楽に正確なデータ収集ができたかもしれません。

⑧ 後輩にひとこと！

探究は楽しんだ者勝ち！

3. 寄生植物アメリカネナシカズラの研究 (78期 緑探II・III)

① なぜ、その研究課題で研究を進めようと思ったのですか？

以前私たちが辻堂海浜公園にて偶然お会いした「湘南海浜植物育成会」の方々から、外来植物アメリカネナシカズラによる在来植物の被害の実情を伺い、また、駆除活動にも参加させて頂きました。その際、アメリカネナシカズラの被害の甚大さや駆除の困難さを体感し、私たちが力になれることはないかと考え、課題設定をしました。

② 研究を進める上で苦労した点がありますか？

植物を相手にする以上、考慮しなければならないことは多々ありました。中でも、種子の管理には特に苦労しました。アメリカネナシカズラは外来植物なので、小さな種子を見失って野外に放つことのないように気をつけました。また、植物相手では結果が出るまでの時間が不確定なこともあり、実験計画の力もかなり求められると感じました。

③ 研究を進める上で工夫した点がありますか？

実験の結果を数値化するだけでなく、なるべく写真や動画に収めるようにしました。寄生植物であるアメリカネナシカズラの寄生の瞬間が見たかったので、古い携帯を使って一日中タイムラプスで録画し、探究の時間だけでは決して見られない様子を撮影することができました。その動画から新たに発見できたことも多くありました。

④ この研究課題を設定してよかったと思うことはありますか？

高校生にほとんど研究されていないテーマだったことです。わからないところが多い植物なので飼育してみただけでも色々な発見があり、とても新鮮でした。

⑤ ポスター作りで注意、工夫した点がありますか？

アメリカネナシカズラについて初めて聞いた人がイメージできるように、ポスターやスライドに画像を多く使うことを意識しました。また、成長するときの特徴的な動きを見もらうため、動画を用意して発表を楽しめるよう工夫しました。専門的な用語を使うときにはその説明を加えることも意識していました。

⑥ 緑の探究の活動を通じて身についたと感じる力がありますか？

アメリカネナシカズラという研究対象に対して、様々な方法で実験や考察をしました。そういった点でデータの収集、整理、分析の力は特に身についたと感じます。

⑦ 「こうしておけばよかった」と思うことはありますか？

はじめは基礎知識が何もなく種名からの検索しかしていなかったので、あまり情報を得ることができませんでした。そのため実験計画を立てる時も簡単な実験しか思いつかず、先行研究をもっと調べておくべきだったと思うことが多かったです。先行研究を調べる時は、具体的なワードを入れて色々な方向から検索をかけることをお勧めします！

⑧ 後輩にひとこと！

やりたいことを全力で楽しんでください！

4. 中高生の自殺に関する研究 (78期 緑探Ⅱ・Ⅲ)

① なぜ、その研究課題で研究を進めようと思ったのですか？

中学生の時、同級生が自傷行為をしていると聞き、自分の身近な人がふっと消えてしまうのではないかという不安を、なんとなく感じるようになりました。日本の深刻な現状を調べるうちに、自傷行為や希死念慮は他人事ではないと考えるようになり、高校生なりに何かできないかと思い、このテーマに決めました。

② 研究を進める上で苦労した点がありますか？

研究対象は当然ながら人間ですので、調査・実験に協力を得るための調整が大変でした。私は母校の中学校に協力していただき、いくつかの調査を実施しました。中学校は忙しいから調査のために長い時間は確保できない、対照実験のような形式は生徒間に差が出る恐れがあるから難しいなど、様々な制約がありました。そうした中でも、なるべく自分のやりたいような実験に協力いただくため、何度も中学校の副校長とやりとりを交わしました。

③ 研究を進める上で工夫した点がありますか？

先行研究調査には、かなりの時間を割きました。いつでも見返せるように、必ず研究タイトル、URL、著者、要旨をメモするようにしていました。関連する先行研究をたくさん読むことで、ある程度自分の研究の見通しを立てることができました。

④ この研究課題を設定してよかったと思うことはありますか？

この研究課題を設定して「よかった」と思うことは特にありませんが、自分のような少しセンシティブな研究課題でも気にせずサポートしてくれるような学校に来られたことは良かったと思います。

⑤ ポスター作りで注意、工夫した点がありますか？

A0サイズのポスターは思っているより小さいです。情報を整理し、なるべく簡潔な表現を用いるように注意しました。

⑥ 緑の探究の活動を通じて身についたと感じる力がありますか？

課題発見能力です。普段の生活の中で、「これ探究のテーマにしたら面白そうだな」と感じるが多々あります。また、課題解決のための様々なアプローチ方法を知りこともできました。こうした探究での経験が、案外共テ情報Ⅰで生きることがあります。

⑦ 「こうしておけばよかった」と思うことはありますか？

行き詰まったとき、つい頭の中だけでぐるぐると考えてしまいましたが、そういうときこそ実際に行動すべきだったと思います。

⑧ 後輩にひとこと！

探究活動に関して非常に恵まれた環境にいることを自覚して、楽しんでほしいです。

○ 成果物（ポスター、スライドなど）の評価ルーブリック

基準	背景と目的（仮説）【思・判・表】	
A	Bに加えて… 先行研究を引用しながら、これまでに明らかになっていることについて説明している	例：厚生労働省（20XX）によると、日本の人口は2070年には～になるとされる。〇〇をすれば、日本の人口減少を抑制することができると考えられる。本研究は、〇〇の効果の検証を目的とした。
B	自分の研究について、社会的または学術的な意義・価値を示している	例：日本の人口は減少している。〇〇をすれば、日本の人口減少を抑制することができると考えられる。本研究は、〇〇の効果の検証を目的とした。
C	自分の研究について、社会的または学術的な意義・価値を示していない、または不十分で伝わらない	例：私たちは、〇〇に興味をもったので探究した。
D	未提出（未記入）	

基準	方法【知・技】	
A	Bに加えて… 使用したものの数や質量など、必要な情報を記載している	
B	「どの項目についてどうやって検証するのか」を示している	
C	「どの項目についてどうやって検証するのか」を示していない、または不十分で伝わらない	
D	未提出（未記入）	

基準	結果【知・技】	
A	Bに加えて… 結果を図、表、グラフとして適切に示している（適切でない例：グラフの文字が本文に比べて著しく小さい）	
B	「方法」と対応した結果を示している	
C	「方法」と対応した結果を示していない、または不十分で伝わらない	
D	未提出（未記入）	

基準	考察【思・判・表】	
A	Bに加えて… 先行研究を引用しながら考察している	
B	「結果」を引用しつつ、その解釈やその結果が得られた理由について述べている	
C	「結果」から考えられること以外の内容を述べている、または単なる結果の要約である	
D	未提出（未記入）	

基準	結論【思・判・表】	
A	Bに加えて… 今後の展望について述べている	
B	「目的（仮説）」と対応した結論を示している	
C	「目的（仮説）」と対応した結論を示していない、または不十分で伝わらない	
D	未提出（未記入）	

基準	ポスターのレイアウト【知・技】	
A	Bに加えて、次の項目をすべて満たす ・フォントに統一性がある（例：見出しメイリオ、本文ゴシック） ・文字の大きさに統一性がある（例：見出し48 pt、本文40 pt） ・図表を使用しており、本文などと重ならないようにそれらを配置している	
B	次の項目をすべて満たす ・学校名、グループ番号を正しく記載している ・参考文献を正しく記載している（テキスト参照） ・構成が、概ね「Z型（上段左→右、中段左→右...）」または「逆N型（上段左→中段左→下段左→上段右→中段右...）」になっており、視線の流れを意識したものになっている	
C	Bを満たしていない、または締切を過ぎて提出した	
D	未提出	

○ 発表技能の評価ルーブリック

基準	声量【知・技】	
A	発表の場であるという意識をもち、はっきりとした聞き取りやすい声量で発表している	
B	聴衆に聞こえる声量で話している	
C	声量が不十分で聞き取れないことがある	
D	未発表	

基準	アイコンタクト【知・技】	
A	発表の場であるという意識をもち、内容に応じて聴衆と適切に目を合わせようとしている	
B	時折前や聴衆を見ながら発表している	
C	前を見て発表していない	
D	未発表	

基準	表現【思・判・表】	
A	発表の場であるという意識をもち、内容が明確に伝わるように説明しているのに加え、ポスターを指し示すなどして十分に活用している	
B	内容がおおむね伝わるように説明している	
C	説明が不十分で内容がほとんど伝わらない	
D	未発表	

- MEMO -

- MEMO -

- MEMO -

緑の探究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ 課題研究テキスト

神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校

発行日	令和8年4月1日
編集人	神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校 研究グループ
発行人	神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校
所在地	神奈川県横浜市中区本牧緑ヶ丘37