

緑の探究Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ 課題研究テキスト 2025 年度版



神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校

____年 ____組 ____番 氏名_____

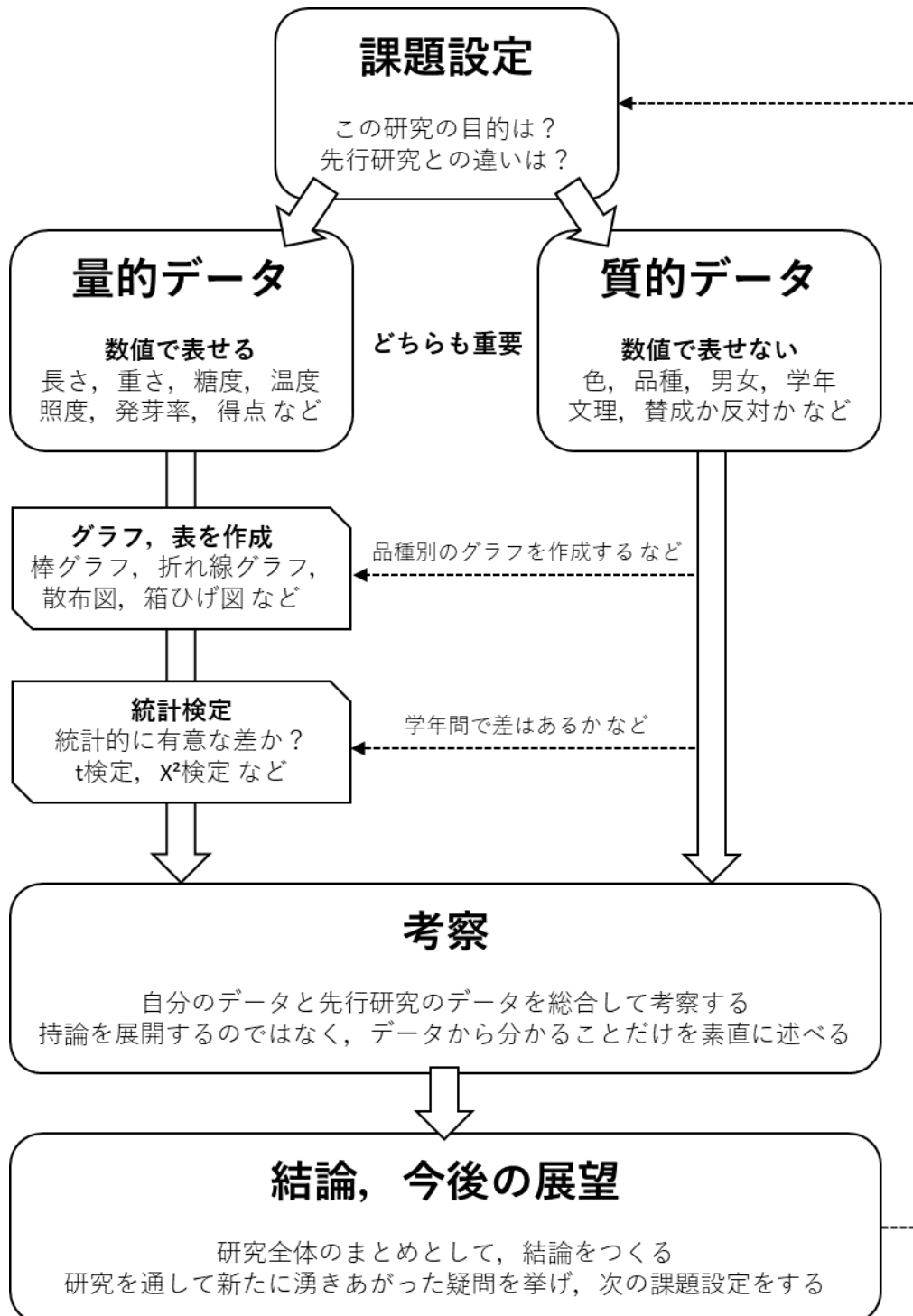
目次

0. 探究の全体像.....	1
1. はじめに	3
2. 探究の取り組みかた	5
3. 先行研究を読む, 引用する	12
4. 課題設定	18
5. 研究のタイトル	24
6. 背景, 目的, 仮説	25
7. 試料と方法.....	27
8. 結果.....	37
9. 考察.....	39
10. 結論.....	40
11. 参考文献.....	41
12. 研究をまとめ, 発表する.....	42
実験計画書, アンケート計画書 (様式).....	45
講演会など 研修報告書①②③④.....	49
探究レポート①②③	53
過去の学年代表ポスター	59
評価ルーブリック	63

※ 本テキストは、本文中 3-5 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。

0. 探究の全体像

0-1. 探究フローチャート



0-2. 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

0-3. 「緑の探究」のあゆみ（直近4年間）

令和3年度 SSH 指定前年

- 76期 総合的な探究の時間Ⅰ 「睡眠」の探究（グループ），スライド発表
協力：パ・ラマウント・ヘッド（株）
- 75期 総合的な探究の時間Ⅱ ミッション型活動，課題研究（個人），スライド発表
協力：日本科学未来館，ウエイズグループ，ウォータースタント（株）
- 74期 総合的な学習の時間Ⅲ 課題研究（個人），論文作成

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

1. はじめに

1-1. 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・実験を通した**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？

1-2. 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。

1-3. 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.

2. 探究の取り組みかた

2-1. 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。

科学的に探究するの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。

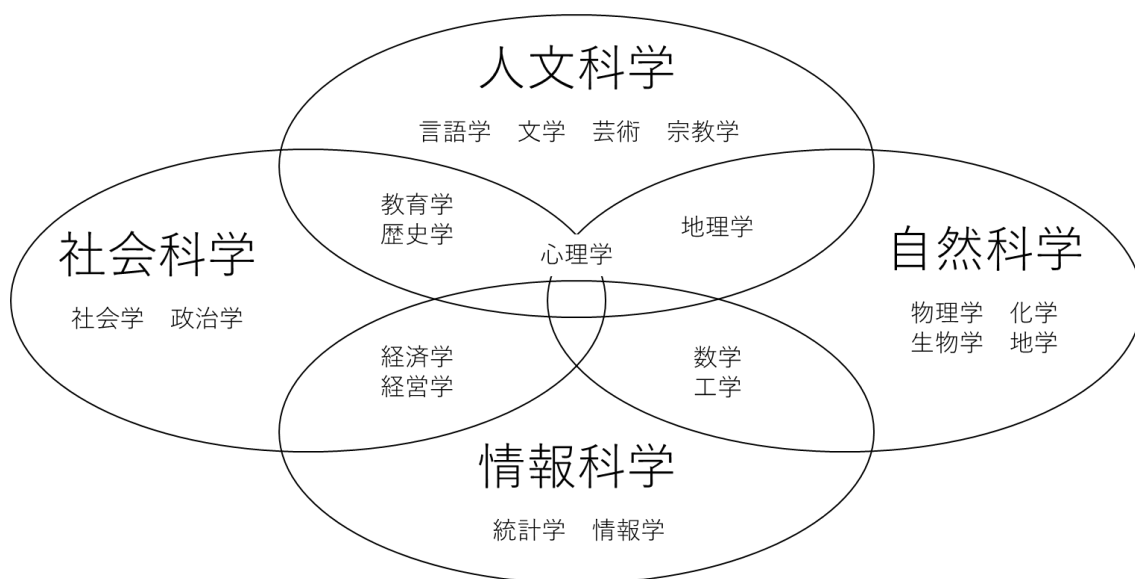


図. 科学の分類

2-2. 探究の流れ

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と、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いいな**、と考えることをおすすめします。

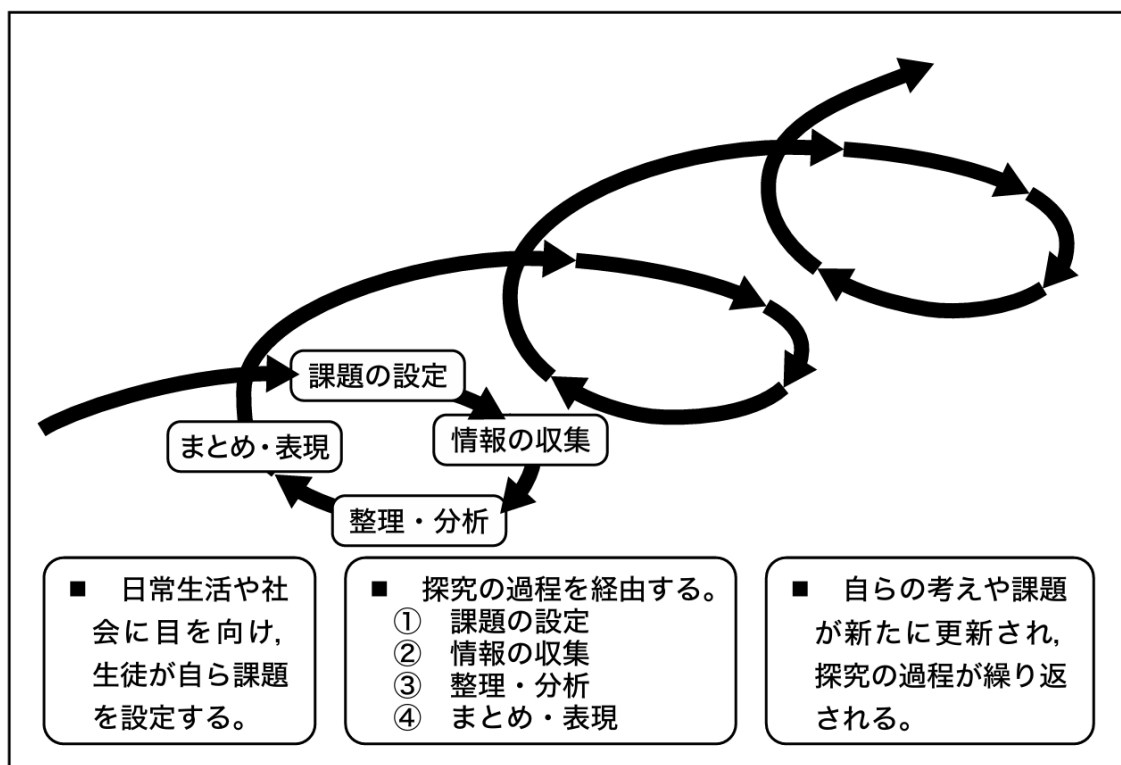


図. 探究における生徒の学習の姿（文部科学省 2018）

【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.

2-3. 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～～についてお問い合わせいたしました。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。

○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。

はじめて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、何卒よろしくお願いいたします。

△△△△（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）

2-4. 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。よろしくお願いします。

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）

○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。

2-5. 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、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。

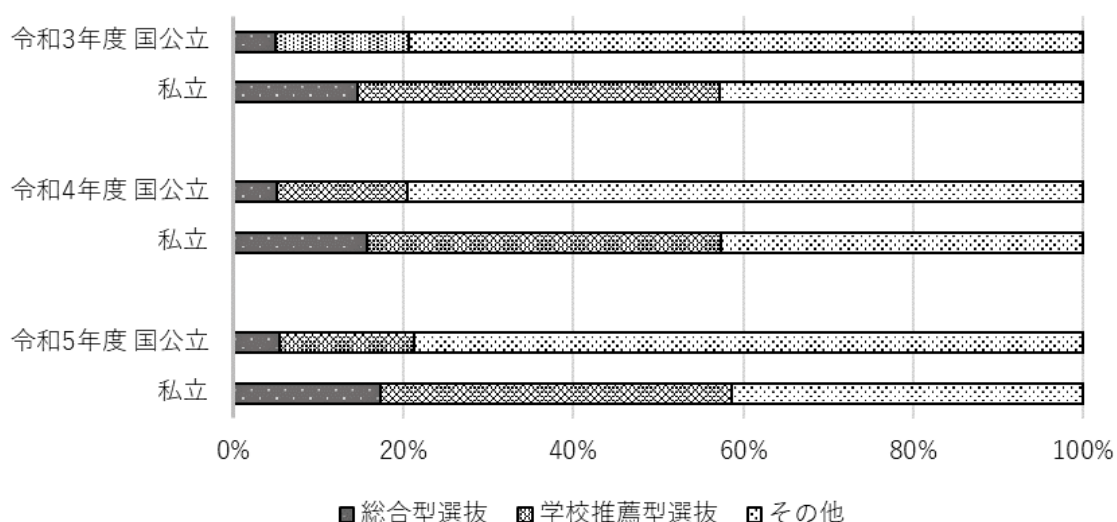


図. 令和 3～5 年度 国公立大学入学者選抜 実施状況
文部科学省 (2022, 2023a, 2023b) をもとに作成

【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. 先行研究を読む，引用する

3-1. 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

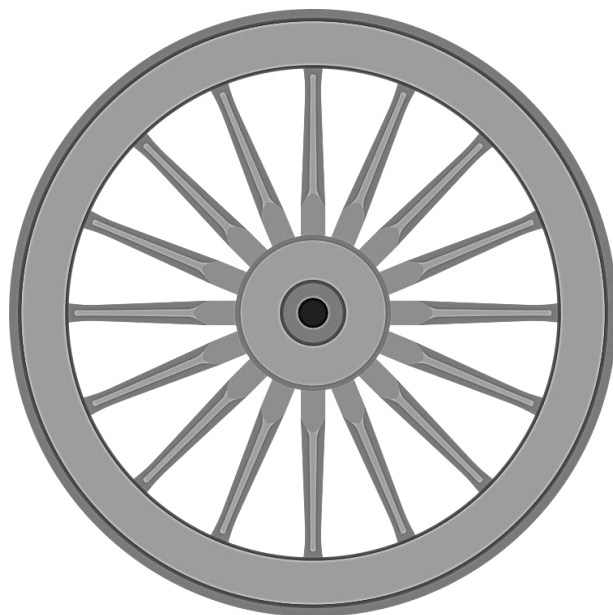
アドバイス！

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**として扱いましょう。

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。



3-2. 緑高図書館からの情報をチェック！

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



3-3. 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」には膨大な量の情報が載っていますが、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。これは個人のブログや、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」は信頼性が低いと考えましょう。

ただし、インターネット上の情報であっても、**気象庁などの公的機関が出している情報**は複数人のチェックを経て公開されている事が多く、ある程度の信頼性があります。インターネットを使う際には、よく吟味して情報を選んでください。

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。

問. 引用時に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？

3-4. 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。とがあります。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。

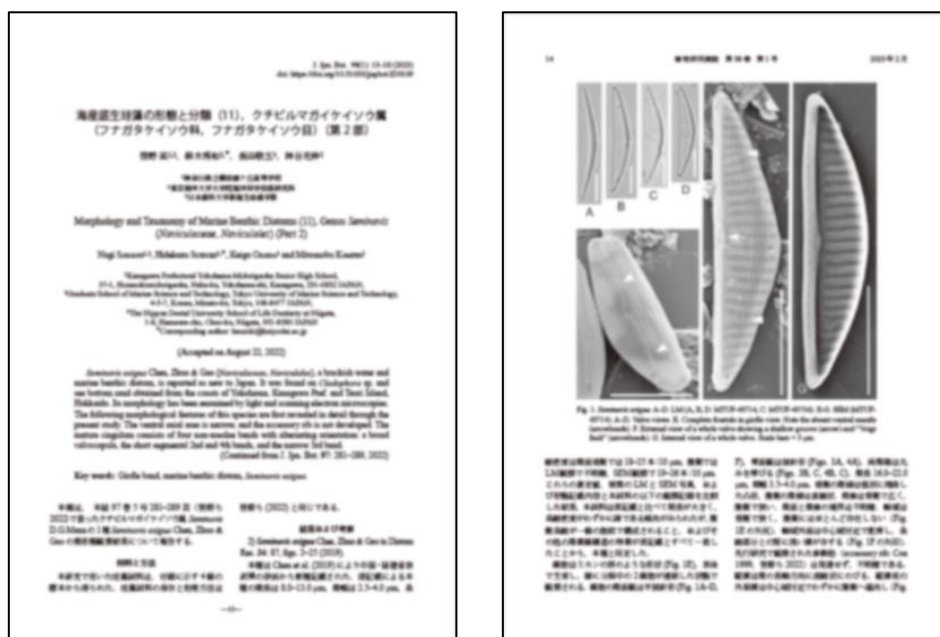


図. 学術論文の例

3-5. 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} , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

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。

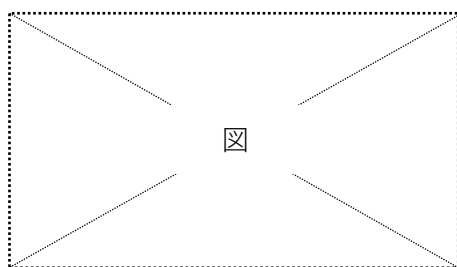


図 1. 図の説明は直下に書く

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。

3-6. 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。

4. 課題設定

4-1. 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。

4-2. 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。

4-3. 検証可能な課題

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。

4-4. 着目する点を絞り込む

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。



4-5. 小さな課題から始める

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ってみたい」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。

4-6. 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。

4-7. 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はいけません。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.

4-8. 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。

4-9. 個人の体調や気分に左右される研究は避ける

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）

4-10. 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）

4-11. 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）

4-12. 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。

4-13. 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。**教科の先生に相談する**のも手です。

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」をするのも有効です。先人が既に行った実験も、条件を変えれば新たな知見を得られます。柔軟な思考で研究を！

4-14. 緑高の先輩たちが直面した困難

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

4-15. 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
思いつく範囲内でしか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



5. 研究のタイトル

5-1. 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）。

5-2. タイトルは「問い」の形にすると良い

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。「〇〇と△△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、「〇〇と△△は比例するのか?」という問いに対する仮説は「〇〇と△△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。

5-3. 「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。「〇〇と△△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）

6. 背景, 目的, 仮説 Background, Purpose, Hypothesis

6-1. 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。

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書きましょう。

6-2. 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。

6-3. 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

7. 試料と方法 Materials & Methods

7-1. 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。

7-2. 量的データと質的データ

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。

7-3. 母集団と標本集団

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のでしょうか。

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。

7-4. 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。

7-5. 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（p. 45 を参照）。以下の機材リストはあくまで 2025 年 3 月時点のもので、探究担当教員によって示される最新のものを参照してください。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。

表. 理科室に用意できる機材の例（2025 年 3 月現在）

器具 リスト						バックテスト リスト	
器具	個数	器具	個数	器具	個数	種類	個数
＜鍋＞		アルコール温度計	5	＜マイクロピペット＞		乳棒・乳鉢	20
片手	3	ワイヤレス温度計	2	1000μL	10	リトマス紙	100
両手	3	乾湿度計	2	200μL	10	pH試験紙	1000
バケツ	17	ワイヤレス温湿度計	4	20μL	10	光学顕微鏡	40
クーラーボックス	6	気圧の分かる温湿度計	5	2μL	10	双眼実体顕微鏡	1
スコップ	4	サーモグラフィ	2	＜ピーカー＞		三脚	20
クワ	4	オートクレーブ	1	ガラス製1000mL	18	金網	20
安全メガネ	40	照度計	1	ガラス製200mL	70	蒸発皿	20
＜コンロ＞		心拍センサー	1	ガラス製100mL	180	分光光度計	1
IH	4	pHメーター	3	プラスチック製2000mL	2	うまみ成分測定キット	1
ガス	20	ワイヤレスpH計	2	プラスチック製1000mL	10	直流電源装置	1
＜水槽＞		ペン型溶存酸素計	1	プラスチック製500mL	10	手回し発電機	1
プラスチック製横90cm	1	肌水分計	1	＜軽量カップ＞		高音質ICレコーダー	1
プラスチック製横45cm	1	ポータブル色差計	1	プラスチック製500mL	13	かき氷機	1
ガラス製横120cm	1	塩素チェッカー	1	プラスチック製50mL	5	乾熱滅菌器	1
ガラス製横60cm	2	エコノミードジタルフォースゲージ	1	シャーレ	400		
ガラス製横45cm	1	水中スピーカー	1	薬方皿(小)	500		
恒温槽	2	防水カメラ	1	薬方皿(中)	500		
水槽ヒーター	3	糖度計	2	薬包紙	1500		
製氷機	1	塩分計	2	薬さじ	10		
感定温乾燥器	1	水の硬度計	10	ろ紙	300		
無菌箱	2	オシロスコープ	1	時計皿	50		
冷凍冷蔵庫	1	電気伝導度計	2	ビンセット	20		
クーリングキューバー	1	双眼鏡	12	ガーゼ	20		
冷凍冷蔵庫	1	ブラックライト	7	色鉛筆	20		
バイオトロン	2	スタンドカメラ	1	電流計	10		
デジタル照度計	1	解剖ばさみ	30	電圧計	10		
濁度色度計	1	飲料水用水検査キット	100	豆電球	3		
騒音計	1	試験管立て	20	輪ゴム	100		
遠心分離機	1	プラスチック製試験管(小)	1000	有線マグネチックスターラー	1		
＜鉢＞		＜メートルガラス＞		ウェザーステーション	1		
プラスチック製直径30cm	12	ガラス製10mL	10	体組成計	1		
電デレンジ	1	プラスチック製20mL	10	熱線式風速計	1		
＜はかり＞		プラスチック製100mL	10	ルミテスター	1		
電子	1	＜ピペット＞		食品用中心温度計	1		
精密	1	プラスチック製10mL	10	紫外線強度計	1		
4kg台	1	プラスチック製5mL	10	レーザー装置	1	純粋	無限
多機能デジタルスケール(簡易)	10	プラスチック製1mL	10	パルスオキシメーター	1	雑巾	

7-6. 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。

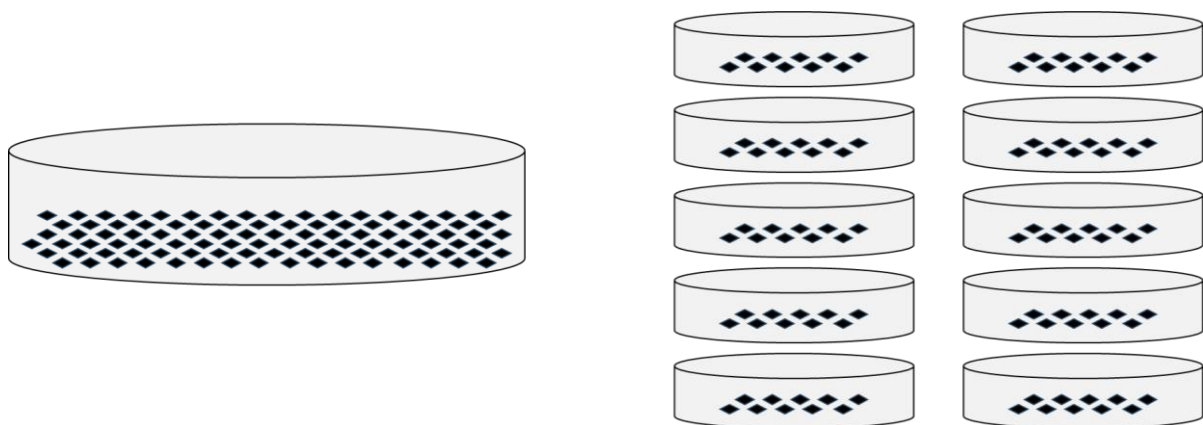


図. 1つのシャーレに100粒を入れて実験すると、1つの発芽率データしか得られない（左）
10等分して実験すれば、10個の発芽率データの平均やばらつきを評価できる（右）

7-7. アンケート調査【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、「〇〇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〇〇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〇〇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。

7-8. 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に大きい場合（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。

○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. 2021. 調査に必要な対象者数. なるほど統計学園 15 統計エピソード集. https://www.stat.go.jp/naruhodo/15_episode/toukeigaku/taishosha.html (参照 2024-10-29).

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.

7-9. 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か存在します。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。

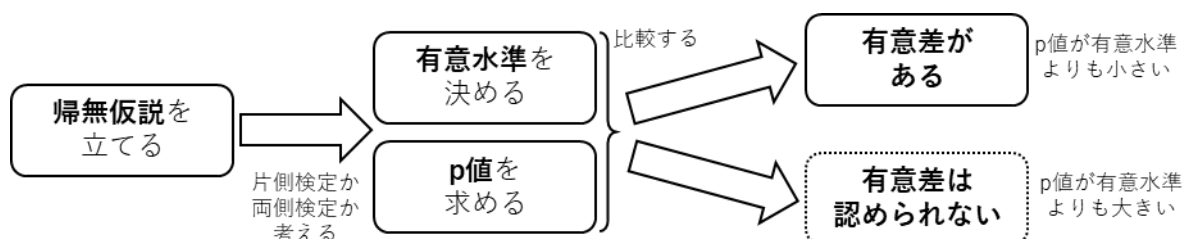
ハマボウフウ 10 個体を「土」で育てると、平均 7.3 mm 伸びた。

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。



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。

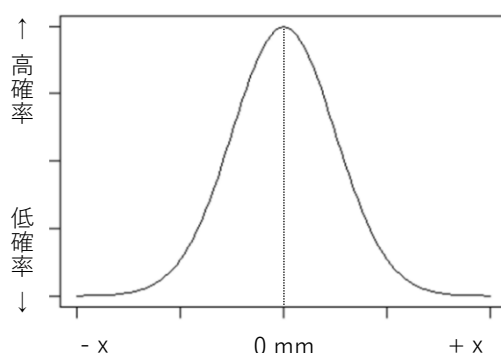


図. 母集団の平均値の差は、このような正規分布に従うと仮定する

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。

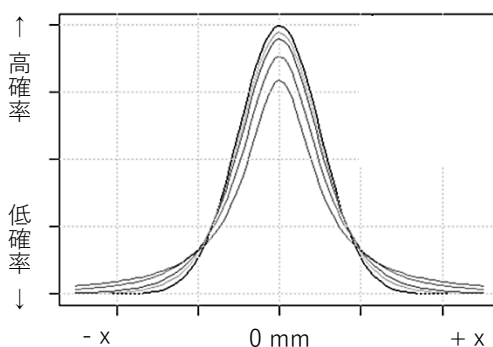


図. t 分布は、サンプル数の少なさに応じて形状が変化する

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うことができそうです。

「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ⅠAⅡBC」「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。

7-10. 方法のワークシート

○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. ）℃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？

8. 結果 Results

8-1. 結果だけを記述する

この項には、**観察された事実（データや、それらの分析結果）**を記述します。分析結果から推察されることは「考察」の項に書きます。**考察とは分けて書く**ようにしましょう。

ただし、学術論文ではしばしば「結果と考察」という項を立てて、考察までまとめて記述することもあります。その場合は、どの文が結果について述べていて、どの文が考察を述べているのかを明確に表現する必要があります。

8-2. 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。

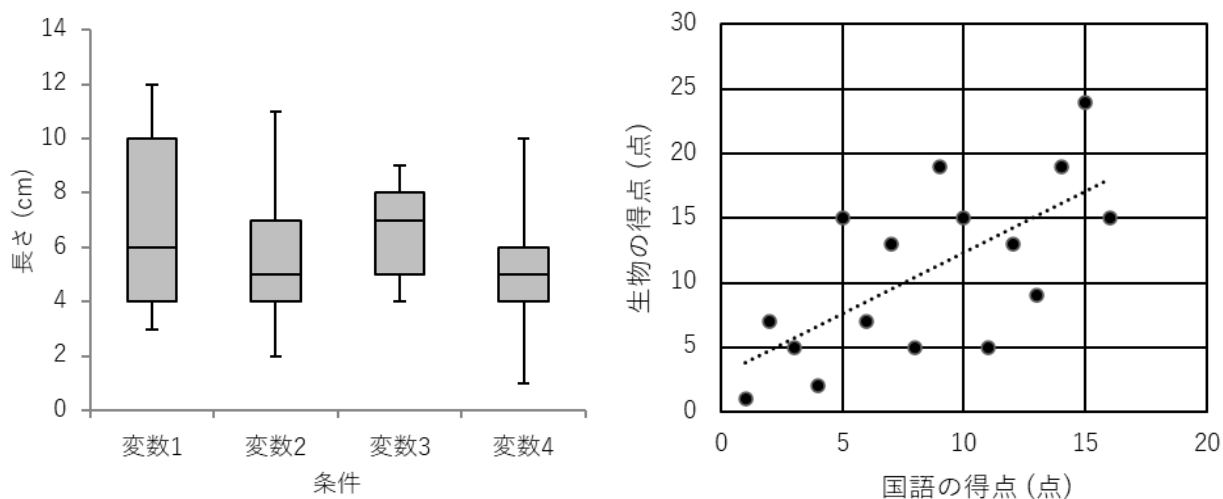


図. 箱ひげ図（左）と散布図（右）の例

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。

8-3. グラフを作る際の注意点

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。

※2025 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。

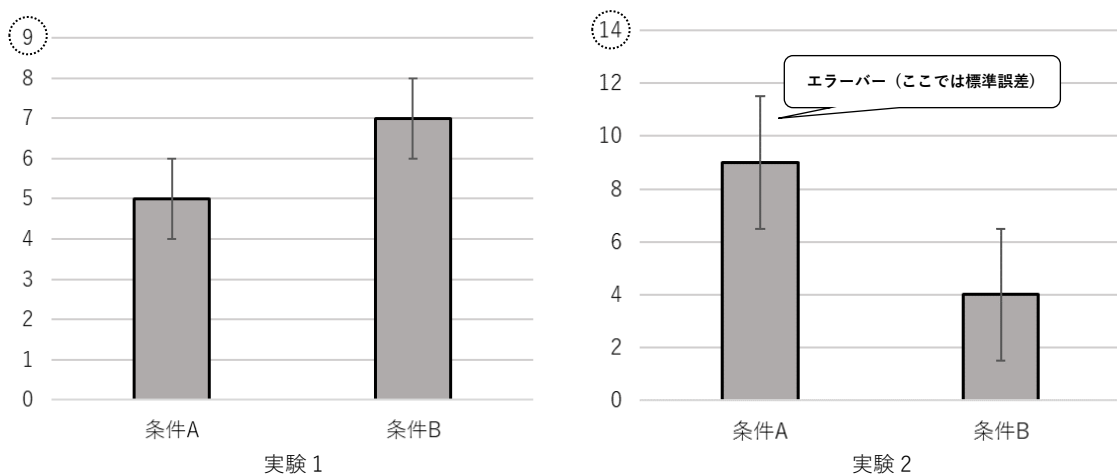


図. これらのグラフは縦軸の上限値が揃っておらず、並べて示すのは不適切である

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。

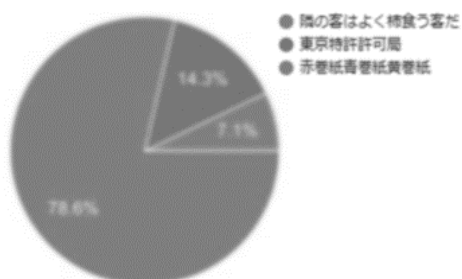


図. Google Form の画像を引き伸ばすとぼやけた見え方になる

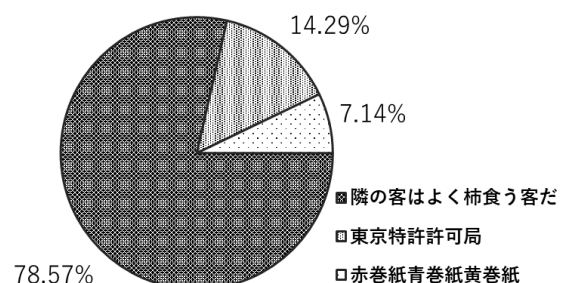


図. 自作グラフならば調整が容易である（文字のサイズ、位置、太さも調整可能）

9. 考察 Discussion

9-1. 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。

9-2. 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**。

9-3. 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。

10. 結論 Conclusion

10-1. 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。

10-2. 「目的を達成できなかった」とだけ書くのは NG

結論に「〇〇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、〇〇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、〇〇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？」という指摘が入ります。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。

11. 参考文献 Reference

11-1. 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

11-2. 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）
- 区分別確性（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

11-3. 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．〇〇出版．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.

12. 研究をまとめ、発表する

12-1. 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）

12-2. 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。**

12-3. 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。観客は上から下に読めば良いので、読む順番を誤解されにくい形式です。

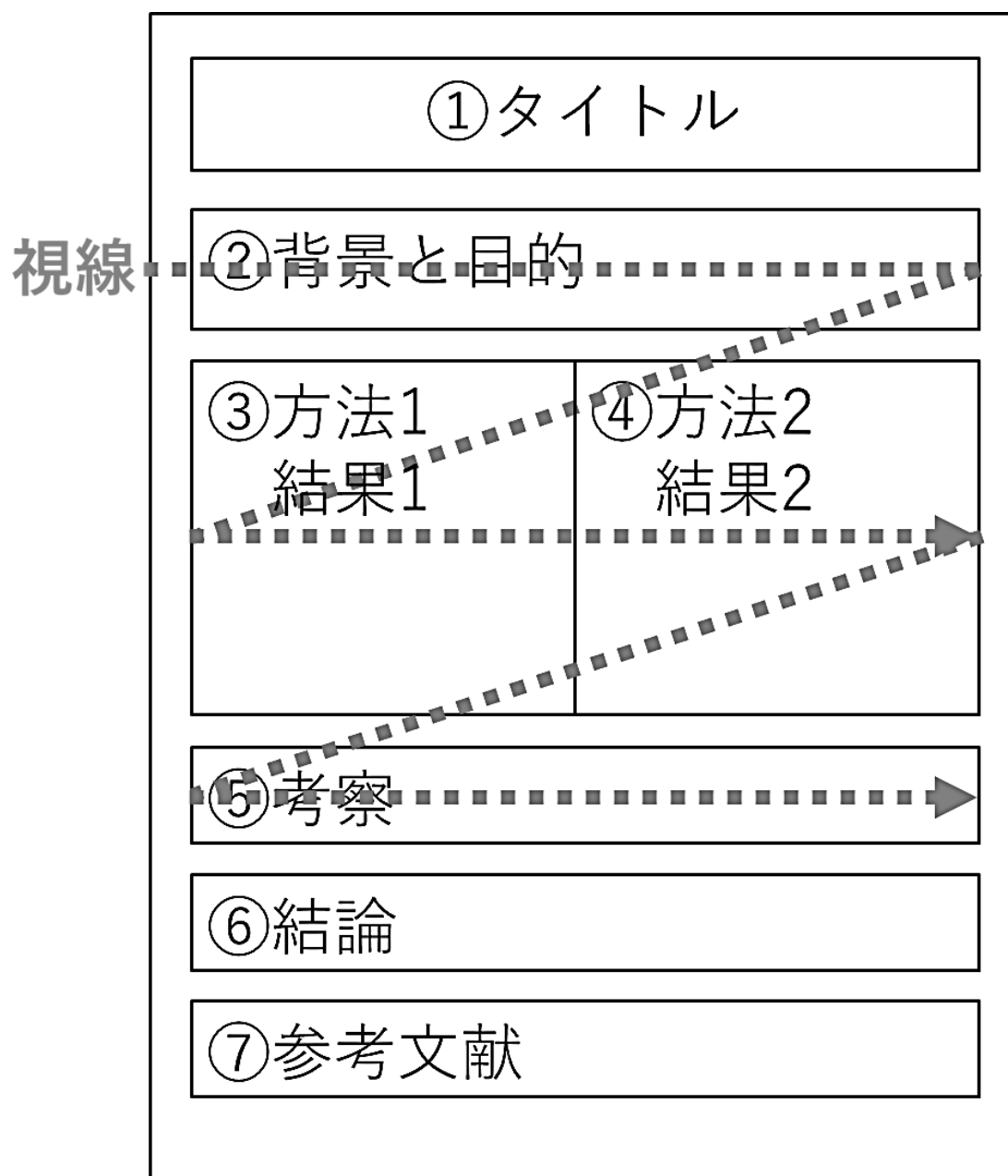


図. Z 型の視線の流れを意識したポスター

12-4. 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。

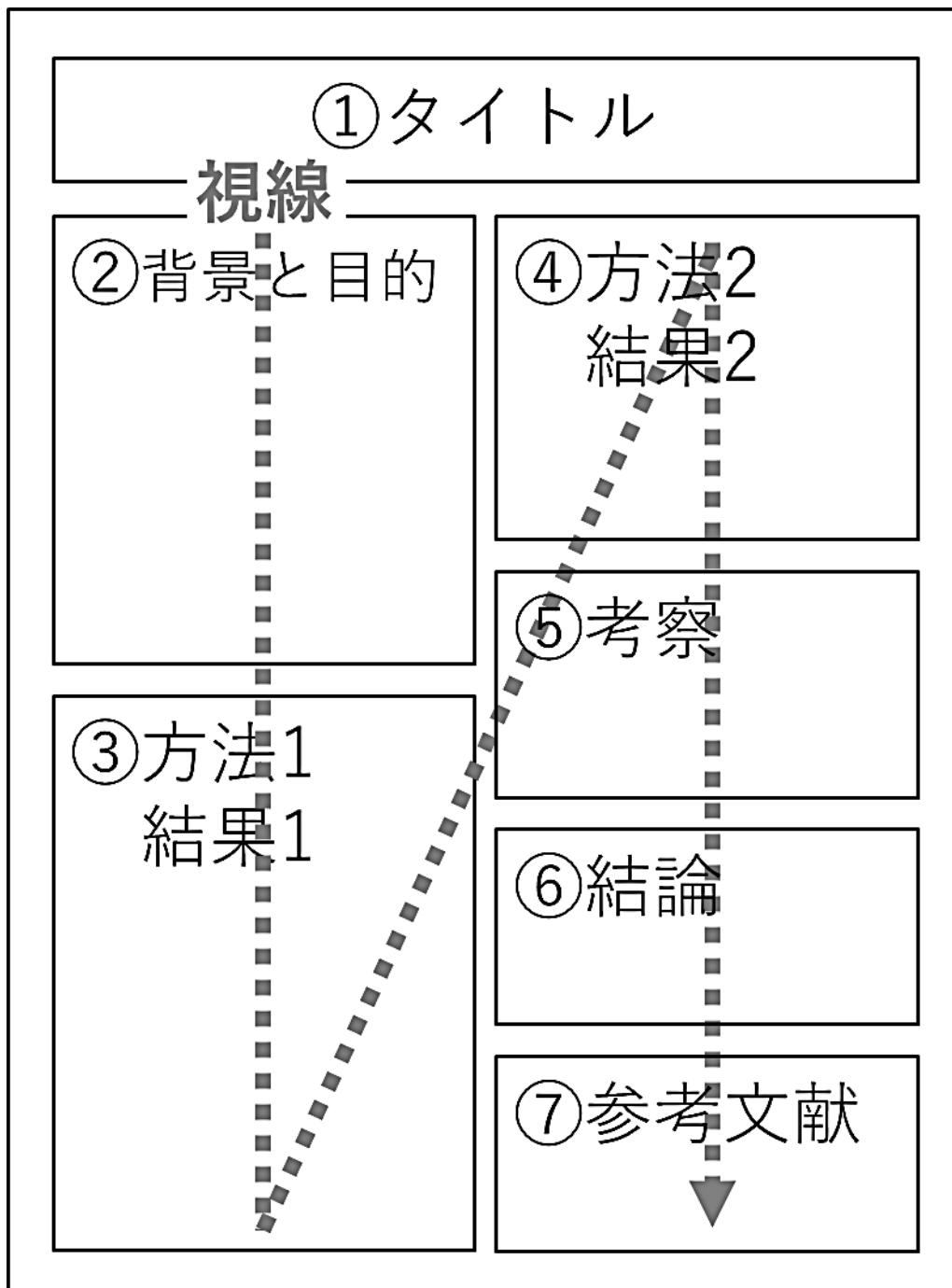


図. 逆 N 型の視線の流れを意識したポスター

緑の探究 実験計画書

生徒が記入→学年の探究指導教員によるチェック→器具準備担当教員が集約

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			
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			

探究指導教員のサイン

器具準備担当者のサイン

教員によるチェック項目

- ☐ この実験をすれば、研究の目的を達成することができる
- ☐ 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
- ☐ 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、薬さじ、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。

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→学年の探究指導教員によるチェック→アンケート担当教員が集約

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		
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> <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</p> <p><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</p> <p><input type="checkbox"/> 調査したい項目だけでなく、後で比較を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）</p>

※ 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。

講演会など 研修報告書① 記入日：20 年 月 日（ ）

研修名	
講師／担当	
研修日時	
研修場所	
研修の内容	
レポート（研修を通して学んだことや気付いたこと，考えたことなど）	
評価・教員コメント欄	検印

講演会など 研修報告書② 記入日：20 年 月 日（ ）

研修名	
講師／担当	
研修日時	
研修場所	
研修の内容	
レポート（研修を通して学んだことや気付いたこと，考えたことなど）	
評価・教員コメント欄	検印

講演会など 研修報告書③ 記入日：20 年 月 日（ ）

研修名	
講師／担当	
研修日時	
研修場所	
研修の内容	
レポート（研修を通して学んだことや気付いたこと，考えたことなど）	
評価・教員コメント欄	検印

講演会など 研修報告書④ 記入日：20 年 月 日（ ）

研修名	
講師／担当	
研修日時	
研修場所	
研修の内容	
レポート（研修を通して学んだことや気付いたこと，考えたことなど）	
評価・教員コメント欄	検印

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けましたか。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けましたか。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けましたか。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



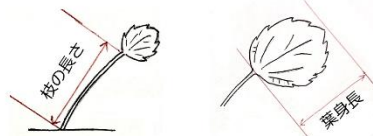
【実験② 給水・土壌の条件を変えて育てる】

〈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＝12 h：12 h)。

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〉

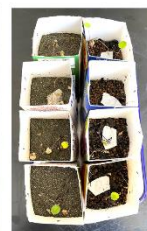
結果はポスター2枚目のグラフに示す。23日間の実験の結果、水道水を与えた群では、砂よりも土に植えた方が枝が有意に長く伸びた (t検定を実施、 $p < 0.05$)。さらに、実験終了後も同じ条件で栽培し計28日間の生育状況を集計したところ、海水を与えた群よりも水道水を与えた群の方が枝枯れの発生数が少なかった (海水では24個体中16個体、水道水では24個体中7個体)。



バイオトロンの様子



水道水を与えた群
(実験開始42日後)



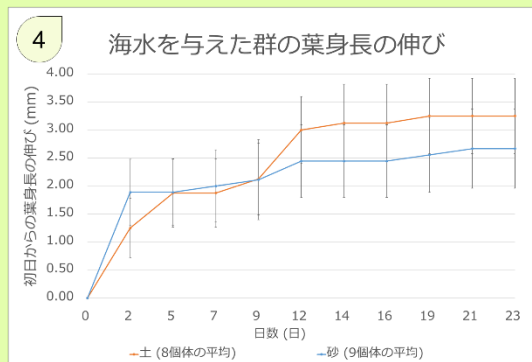
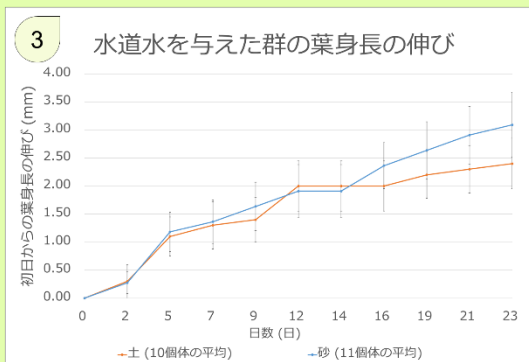
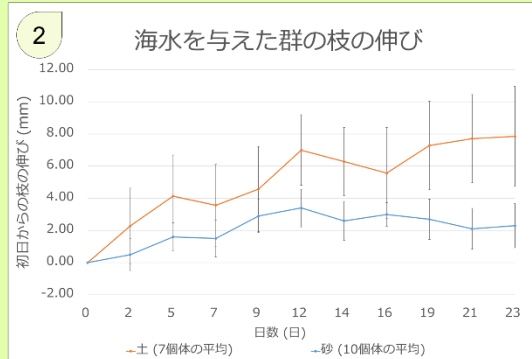
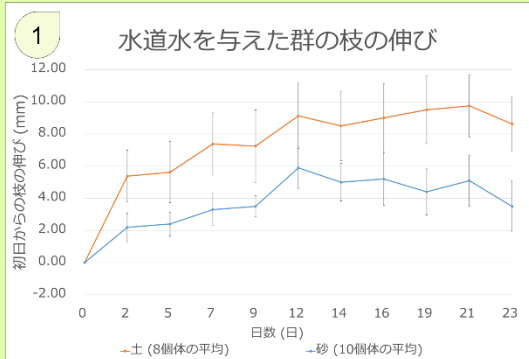
海水を与えた群
(実験開始42日後)

〈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。

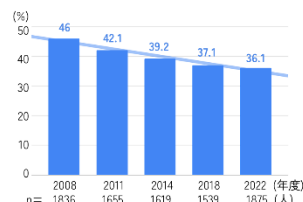


図1 水道水を飲むと答えた人の割合

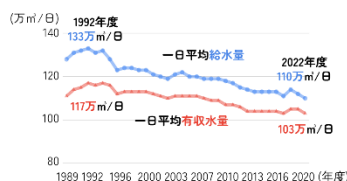


図2 給水量と有収水量の推移

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月の原水と浄水の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}。

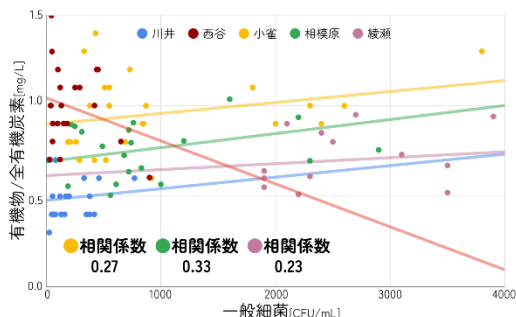


図3 原水の有機物と 原水の一般細菌

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。

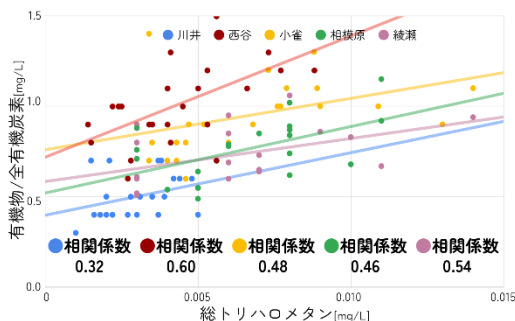


図4 原水の有機物と 浄水の総トリハロメタン

図. 2024 年 SSH 生徒研究発表会 本校代表生徒のポスター

【浄水場ごとの水質比較による分析】

- 川井浄水場 原水のはかび臭発生回数が最多で、その原因物質である[11][12]-MIB値が有意に高く ($p<0.05$)、臭気強度と強い正の相関をもつ (相関係数0.86)。ゆえに、水源道志川で2-MIBを産生する *Phormidium* spp.等の藍藻類[13]を5~8月に駆除するべきである{図5, 表10}。
- 西谷浄水場 原水は生物数と有機物値と塩素要求量が有意に多い ($p<0.05$) ため、多量の塩素注入により消毒副生成物が多く生成されるおそれがある。藻臭発生回数も多く、5月を中心に水源相模湖でこれらの原因である富栄養化状態[13][14]を解消する必要がある{図6, 7, 表10}。
- 小雀浄水場 原水は細菌数と有機物値が、浄水は総トリハロメタン値が有意に高く ($p<0.05$)、藻臭発生回数が最多であるので[15]、2~8月の間、水源馬入川での有機物や栄養塩類による水質汚濁を警戒することで美味しく安全な水道水を確保できると考えられる{図7, 8, 9, 表10}。
- 相模原浄水場 原水は相模川水と酒匂川水の混合水で、どちらの水源の影響も受けるが[5]、相模川水を共有する綾瀬浄水所原水よりも細菌数が有意に多い ($p<0.05$) ため、5~8月に水源酒匂川の有機物流入を監視することが水質改善に効果的であると考えられる{図8, 9}。
- 綾瀬浄水場 原水は突出した値が少ないが、浄水ではジブロモクロメタン値が有意に大きい ($p<0.05$)。2~8月の間、下流側の小雀浄水場とともに水源相模川で有機物が流入しないように監視するべきである。

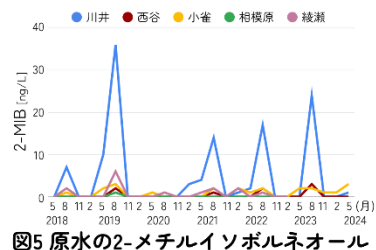


図5 原水の2-メチルイソボルネオール

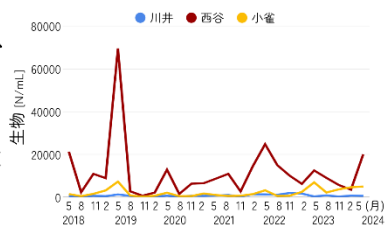


図6 原水の生物

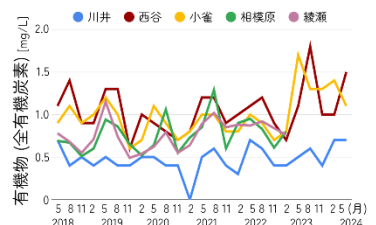


図7 原水の有機物

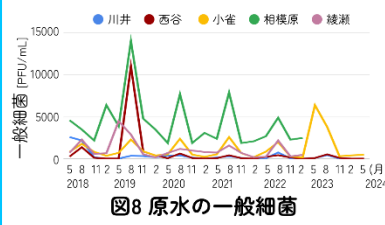


図8 原水の一般細菌

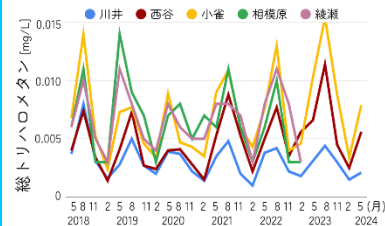


図9 浄水の総トリハロメタン

表10 臭気の発生回数

(回)	藻臭	生ぐさ臭	沼沢臭	かび臭	土臭	その他
川井	12	2	-	9	3	草臭、枯草臭
西谷	22	6	-	1	-	-
小雀	24	6	-	1	-	磯臭、薬品臭
相模原	-	-	18	-	1	下水臭
綾瀬	1	-	18	1	-	-

調査B 水源での水質試験

方法

①回目は2024/1/20の14:30~ (気温6℃、少雨)、②回目は2024/7/21の11:19~ (気温38℃、晴天)、水源相模川 (馬入川) 河岸の4~6地点{図11}にて、バケツで河川水を採水し、持参した簡易水質測定器のバックテストを用いて下記の4項目の濃度を測定した。

結果と考察

表12 地点ごとの水質試験結果

①回目	地点A	地点B	地点C	地点D	地点E	地点F
BOD [mg/L]	①15 ②50	①5 ②15	①10 ②20	②20	①0.5 ②15	②20
アンモニア態窒素 [NH ₄ ⁺ -N mg/L]	①0.2未満 ②0.2	①0.2未満 ②0.2	①0.2未満 ②0.2未満	②0.2未満	①0.2未満 ②0.2未満	②0.2未満
亜硝酸態窒素 [NO ₂ ⁻ -N mg/L]	①0.005未満 ②0.2	①0.005未満 ②0.005	①0.005未満 ②0.005	②0.005	①0.005未満 ②0.01	②0.01
硝酸態窒素 [NO ₃ ⁻ -N mg/L]	①0.5 ②0.01	①0.5 ②0.2	①1 ②0.2	②0.2	①0.5 ②0.2	②0.2

図11 水質試験地点[16]

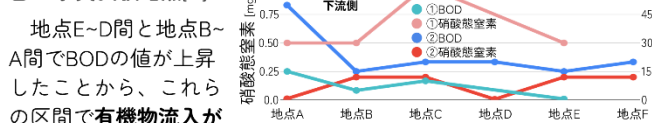


図13 地点ごとの水質試験結果

れ、地点D~C間で硝酸態窒素の値が上昇したことから、この区間で栄養塩類流入が起きていると考えられる{表12, 図13}。

参考文献・出典

- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.3, 13, 17 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)
- 環境省水質汚濁対策課「令和4年度水質汚濁対策に関する調査報告書(水質汚濁対策)」pp.10, 11 (2023)

○ 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思われる。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思われる。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、自分が得られた結果と先行研究のデータを比較している
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

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7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