

課題研究ガイド



岡山県立玉島高等学校

目次

1. オリエンテーション	…P1	6. 研究の発表	…P20
(1) 探究的活動とは		(1) 研究を発表するにあたって	
(2) 課題研究		(2) ポスター発表の方法	
(3) 実践例		(3) 口頭発表の方法	
2. テーマを見つける	…P6	7. 成果のまとめ	…P28
(1) テーマ設定の必要条件		(1) レポート・論文の要素	
(2) テーマ設定の方法		(2) 「考察」で書くべきこと	
(3) 仮説設定練習		(3) 理系の作文技術	
3. 課題研究の流れ	…P11	(4) 論文展に挑戦	
(1) 研究テーマの決定		(5) 大学入試に挑戦	
(2) 発表の意義		(6) 課題研究で得られるもの	
(3) 学会やコンテスト		8. 安全倫理ガイドライン	…P35
4. 実験計画書		(1) 審査委員会	
および研究報告	…P13	(2) 研究全般に関する事項	
(1) 実験計画書の作成		(3) ルール	
(2) 実験の繰り返し		様式・図	…P38
(3) 実験の報告		参考文献	…P46
(4) 研究週報（研究月報）			
5. 仮説と検証	…P14		
(1) 研究の流れ			
(2) グラフの活用			
(3) 統計に表れた関係			
(4) 相関の関係			
(5) 原因と結果の関係			
(6) 帰納と演繹			
(7) アブダクション			



1. オリエンテーション

(1) 探究的活動とは

新しい教育課程や外国の例でも「探究的活動」が重要だということが言われ始めました。探究的活動を通じて、「課題を見つける力」や「課題を解決する力」「成果を伝える力」「成果を応用する力」などを身につけることが期待されています。これらの力は、21世紀により良く生きるために必要なことはもちろん、いわゆるペーパーテストでも成果をあげるとも言われています。しかし、この活動の目指すゴールは大学入試だけではなく、あなたがたが、社会人として将来に渡って活躍できるようになることです。

探究的活動として、課題解決学習を行うことも多くあります。ここでは、課題解決学習を「調べ学習」「ものづくり」「課題研究」と分けて考えることにしましょう。それぞれに意義があり、目的がありますので、このテキストで言葉の定義をしておきます。

○「調べ学習」

疑問や興味があることを本やインターネットや取材を通じて知識として得ること。また、それをまとめて他人に伝えること。比較的短期間にまとめることができ、得られた知識に新たな事実がないことが特徴です。

○「ものづくり」

一般的には社会に役立つ機械を職人的に作り上げることを指すことが多いです。ここではある課題を解決するために試行錯誤して工作することを言います。例えば、ロボコンでのロボット作製やうどんタワーなどが例にあげられます。得られた知識には新しい事実が含まれることが多いですが、現実に適応できるかどうかは重視され、原理や知識の本質があいまいなままになることがあります。



○「課題研究」

疑問に思ったことや興味があることについて調べて、知識を得ます。その上で疑問が解消しないとき、その疑問の原因や仕組みを実験や調査、観察によって研究し、結果をまとめて他人に伝えます。結果に新しい事実があるのが特徴で、例え実験結果が自分の思惑通りでなくとも「そのことについての自分の考えが間違っているか、その実験方法ではだめだ」という新しい事実があれば課題研究になりえます。しかし、失敗例が新しい事実となるには実験の厳密さが要求されます。社会に役立つかどうかは関係がないのが建前ですが、話題性が評価に含まれることもあります。

(2) 課題研究

自分が疑問に思ったことを調べて聞いて、何故そうなるのかを考えます。調べても考えてもわからなければ、実験や観察をしてその現象をより深く観察します。私たちが、何か新しいことを知ろうと思えば、結局は自然から学ばなければいけません。そのためには現象をじっくり見る必要があります。

人工的に作られたものの多くは、既にわかっていることをもとに作られています。例えばコンピュータゲームはどんな謎を解いても、所詮プログラムを作った人の考えです。バグ(プログラムのミス)でさえも人の作ったものです。それを研究して新しいことを見つけようとしたら、そのコンピュータやプログラムを作った人と同等の知識がまず必要となるのでしょうか。人が作ったものを研究するには、先人達の知識を良く調べ、先人達と違った切り口でそのものを見なければなりません。これは数学分野にも当てはまることでしょう。

ただし、テーマ設定の段階では、必ずしも「未解明の現象」にとらわれることなく、不思議に思うこと、興味のある内容ということを第一に、自分たちで何とか解決できそうなテーマを調べるのが重要です。興味がないことを研究することはできませんし、更に、既にわかっていると思っていることでも、塗り替えられて来たのが科学の歴史です。すごく身近にもそんなことが起きました。

茨城の女子高生ら、化学の実験後に放置してカラオケへ行ったら大発見

…権威ある米専門誌に論文掲載

茨城県の女子高生らが新たな化学現象を発見し、権威のある米専門誌に論文が掲載されることが決まった。専門家は「高校生の論文掲載は世界的な快挙。今後は彼女らの実験結果を、プロの化学者が後追い研究することになるだろう」とたたえている。

茨城県立水戸第二高の数理科学同好会に所属し、今春までに卒業した5人で、2008年2月の金曜日、「BZ反応」という実験を行った。酸化と還元を繰り返すことにより、水溶液の色が赤と青に交互に変わる。

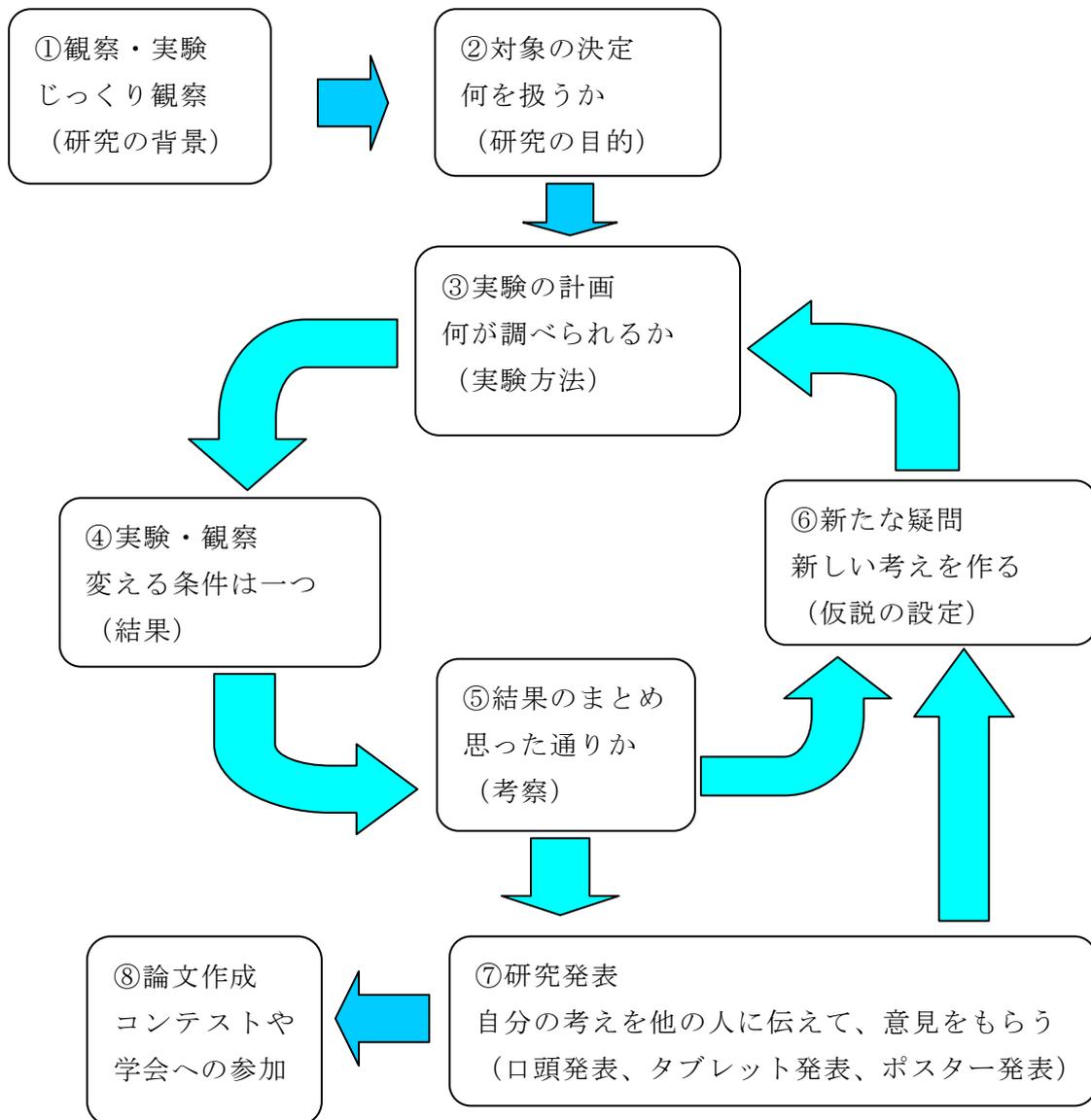
その日、水溶液の色は想定通り赤で動かなくなった。メンバーは器具を片付けないままカラオケへ。ところが月曜日に実験室に戻ると、液は黄色くなっていた。予想外のことで、観察を繰り返した結果、赤青の変化が一度止まった後、突然、始まった。全く知られていない現象だったが、試薬の条件を整えば、5～20時間後に変化が再開することを突き止めた。(2011/11/17 Yahoo ニュース転載)



片づけをしないことは決して褒められませんが、実験しなければ発見はありませんでした。興味のあることを調べたとおり（教科書通り）行っても、新しい発見が起こることは科学の世界ではメチャクチャありがちなことです。当たり前だと思わないことこそ一番の秘訣かもしれません。

こういった発見をセレンディピティー（偶然で幸運な発見）と言いますが、その発見は地道な勉強の上に成り立ちます。ノーベル賞受賞者の根岸英一教授は著書の中で「体系的かつ長期的探究を恩師のブラウン教授から学んだ。これを継続することで、セレンディピティーを呼び込めると確信する」と綴っています。

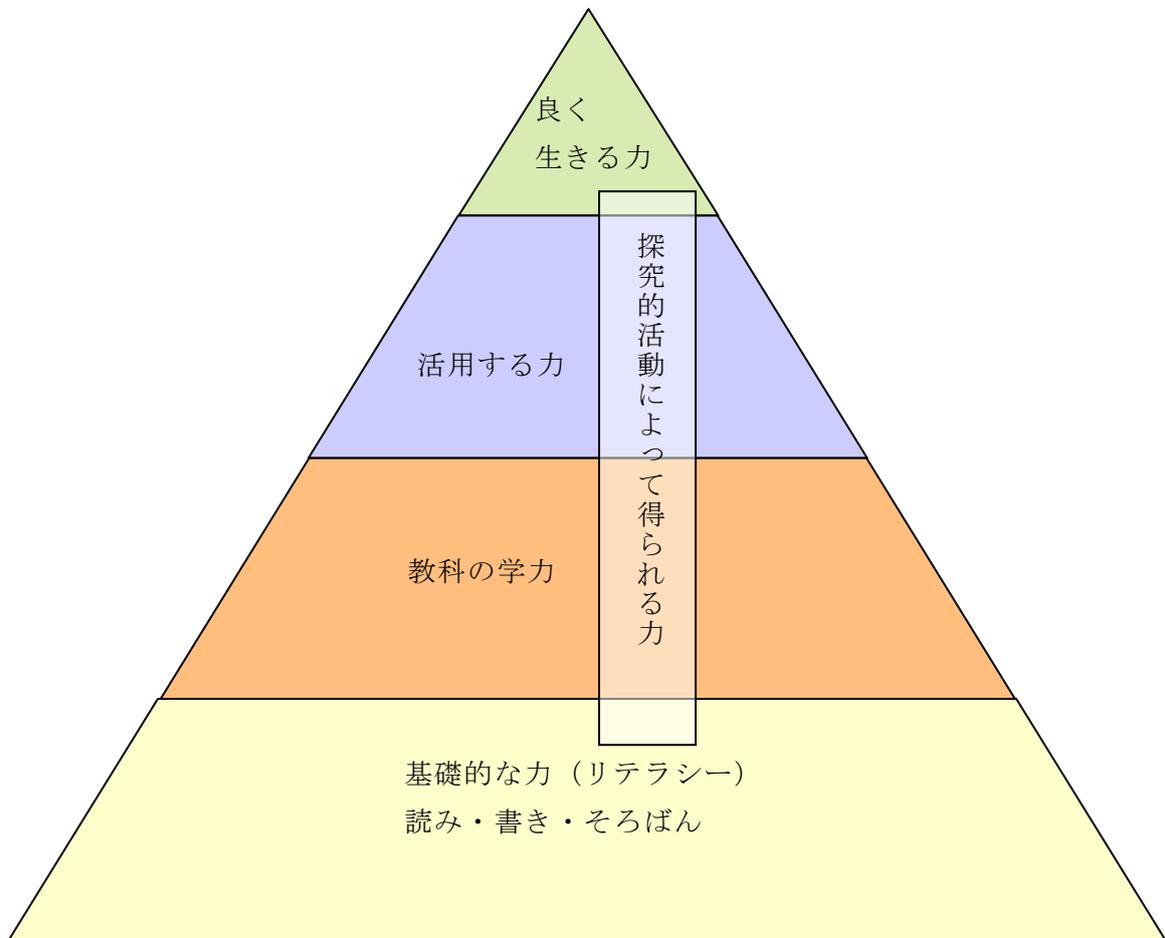
課題研究は次のように行なわれていきます。



課題研究の模式図(図1)

研究とは自分が知らないことを調べるのではなく、自分が「こういう仕組みでこんな現象が起こっているのではないか、この仕組みならばこうしたらこんな現象が起こるのではないか」と思いついたこと（これを仮説といいます）を実験や観察のデータから確かめることです。（これを検証するといいます）

「〇〇について」というタイトルの研究は図1でいう①の実験・観察で終わっていることが多いものです。考える材料を集めるための実験・観察（これを予備実験といいます）で得たデータを基に「自分はこう思う」というのはスタート地点に過ぎません。その考えを明らかにするための実験をしなければいけません。確実にそれだけをきちんと検証できるように、他の条件は同じになるように計画して、複数のデータを比較して初めて「〇〇は〇〇によって〇〇となる」と言えるのです。（実験・観察を伴わないものは論理の飛躍がないように注意しましょう）



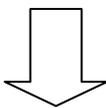
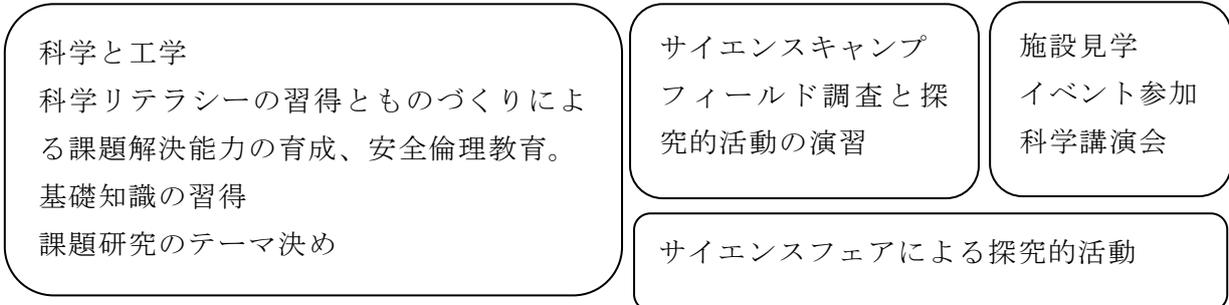
課題研究の狙い

(3) 実践例

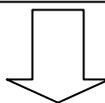
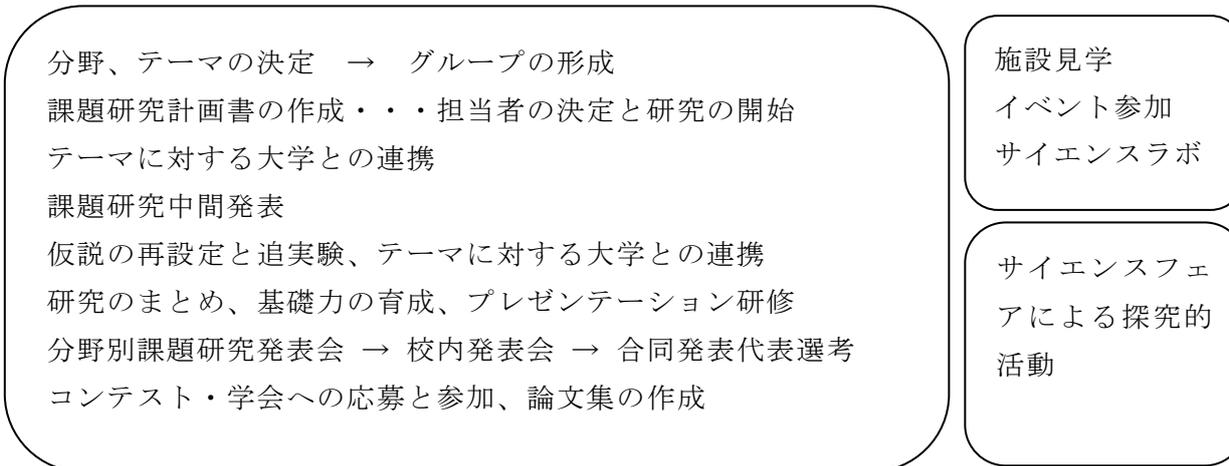
課題研究の実践例を示します。

< 3年間の流れ >

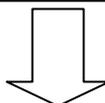
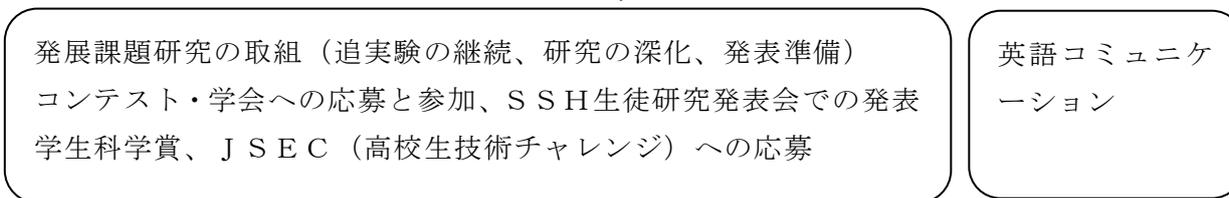
○1年生 探究的活動の基礎を学ぶ。



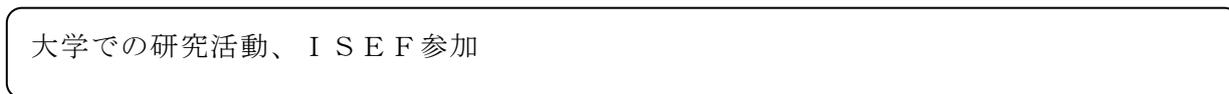
○2年生 課題研究を行う。



○3年生 研究発表を行う。



○卒業後



2. テーマを見つける

(1) テーマ設定の必要条件

テーマ設定ではいくつか守って欲しいことがあります。課題研究は研究成果を求めるのではなく、研究成果を求めることで、生徒の人的成長を図るものだからです。

i) 自分の興味がある対象をテーマに選んでください。

自分が興味ある対象でなければ、自分が、そして担当の先生が、研究を継続することができません。自分が何に興味があるかはとても難しい課題ですが、日頃からいろいろなニュースに触れるように心がけ、最も自分が取り組みたい内容が何かを探ってください。

ii) 身近なものから対象を考えてください。

新しい発見や誰も見たことがない驚きは常に自然の中に存在します。ネットや聞きかじりの知識で安易に対象を決めることなく、自分の体験から素材を得るようにしてください。ただし、興味があるならば、最新の研究対象や文献から知ったことを研究するのも良いでしょう。簡単に研究対象に出会うことが不可能な分野もあるからです。

iii) 調べてわかることはテーマにしないようにしましょう。

調べてわかることをまとめるのは調べ学習です。課題研究はわからないことを実験や観察を通じて調べることです。できれば、新しい発見に迫りたいのです。テーマにしようと思う対象は徹底的に（自分でできるだけ、先生にも聞いて、できれば大学の先生などの専門家にも尋ねて）早い段階で調べましょう。その中で、必ず、調べてもわからないことが出てきます。机上の勉強ではわからないテーマ、それこそが貴方を待っていたテーマです。

iv) 調べる方法が考えつくものをテーマにしましょう。

いくら興味があるからと言って、生命の起源やニュートリノの存在証明、フェルマーの大定理の別解を考えるなど、一流の科学者でも困難と思える題材に取り組むことは、初心者の高校生には徒労でしかないでしょう。そういった課題に興味があったとしても、嫌気性細菌の活性条件や霧箱の自作による放射線の観察、イデアルの可視的な解釈など、現実には手が届きそうな課題に置き換えてテーマを考えることが大切です。そういった大きい問題は、今すぐに解決しなくても、もし研究者になれば、そのテーマを深める期間は高校卒業後に40年はあるのですから。

v) 担当の先生としっかり相談してください。

先生方は、何年も課題研究に関わっています。とにかく、粘り強く、先生に貴方の熱意を伝えましょう。先生に認めてもらうことからスタートです。

vi) テーマはいたずらに遅く決定するな。とにかく早く動け。

少なくとも、1学期に予備実験は終えて研究方針が中間発表会で発表できることは、健全な課題研究の目標には必要条件であると考えます。



vii) 最後に…あいまいさに耐えろ、先生に負けるな！

「自分がやりたいことは何なのか」それはなかなか明らかになりません。調べれば調べるほど、先人達の業績はすごく、疑問は深くなっていくからです。そんなとき、先生は様々なアドバイスをしてくれます。研究を順調に進めて、研究という活動を通じて成長するためにはそのアドバイスに従う方が良いに決まっています。先生方の「自分のやりたいこともわからんのか」という言葉は強烈です。知識がなければ、何をすれば良いのかがわかるはずはありません。しかし、わからないままで簡単に曖昧な結論で満足してはいけません。「わかったふり」こそ高校生に限らず、勉強するものにとって最大の罪です。知らず知らずに「わかったふり」をして損をしていることが多いものです。

必要な知識を蓄え、何も言えない期間・でたらめを言う期間をできるだけ早く乗り越えて、先生ときちんと議論できるようになりましょう。

(2) テーマ設定の方法

i) ブレインストーミング

とにかく思いつくままに、興味のあることを書きまわります。目標は100個です。少なくとも50個までは出るようにがんばりましょう。

ii) バズセッション

グループ研究の場合、やりたいことを何の制限もなしに言い合って書きまわります。ルールは簡単、他人の意見を否定することは禁止、発展させることはよし、それと異なる視点の意見はもっとよしとする方法です。何か一つに決めるのが目的でなく、多くのアイデアを出すことが目的なので、100個を目標に意見を言い続けましょう。

iii) イベントや研修、講座に参加する(体験する)

科学イベントに参加して、不思議だなと思うことを見つけます。あくまで、無理に決めようとしないうことを前提に！イベントや研修、講座に参加したら、体験学習参加レポート(様式1)に記録を残しておきましょう。

iv) 大学の先生と相談する

研究室訪問を通じて、今、研究していることや、高校生でもおもしろそうな研究課題を紹介してもらいましょう。ただし、あくまで、無理に決めようとしないうことを前提に！

v) 先輩の研究を受け継ぐ

先輩の研究を聞いて興味が湧いたら引き継ぐ方法もあります。身近な研究者としてすぐ質問できる先輩がいる環境は圧倒的に有利です。また、実験環境や担当の先生などの体制も確立していることは、大きなステップアップのチャンスでもあります。先生に頼ることなく、自分達で先輩達の立ち位置までたどり着くことが必要です。

vi) 先生のテーマを受け入れる

先生の提案する研究を行えば、先生の見通しにしたがって一定の成果が見込めます。大学での研究の多くはこうやって進みますが、大学院では先生の提案を超えることが期待されます。

探究可能なテーマとするには

① 漠然としたテーマ「〇〇〇について」「〇〇〇の研究」

探究的活動は、本や Web で調べることから始まり、自分自身の観察や体験を通して問題を解決していく学習です。それにふさわしいテーマ名をつけましょう。

② 「〇〇〇をつくる」と「〇〇〇の開発」の違い

もちろん、「〇〇〇をつくる」というテーマは、過程で試行錯誤をし、新しい方法や技術の開発という要素がないと“科学工夫作品展”になってしまいます。もし何かを開発する研究であれば、「～を用いた新しい〇〇の開発」のように、そのことが伝わるようなテーマ名をつけるようにしましょう。

③ 「〇〇〇〇の調査・観察」

生物や地理の分野では、タンポポの分布調査や耕作地の利用調査などの場合も調査結果や観察結果をもとに、“なぜそうなるのか”“そうなる原理は何か”という方向に進めるとよいでしょう。

④ より取り組みやすいテーマ設定へ

以上のように、“調べてみたいこと”を実際の研究テーマとするには、ちょっとした工夫が必要です。具体的には、できるだけ“検証可能な”具体的な実験課題として研究テーマを設定することです。取り組みやすいテーマとするには、たとえば「～はなぜ～なのか」「～はどうして～するか」「より～な～の開発」「～が～に与える影響」などのパターンに当てはめてみるのもひとつの方法でしょう。

学校図書室の活用

① まずは司書さんに相談

昔は書籍カードなどが検索の常套手段でしたが、今は図書室でもコンピューターによって検索できます。一番頭のいい方法は、司書さんに相談することです。どのようなテーマなのか、どのような分野で研究されているのか、ある程度自分で調べてから相談するとよいでしょう。

② 他校や公共の図書館からお取り寄せ

自分の探している本のタイトルや著者名がわかれば、自分の学校の図書室にその本がなくても、他校の図書室さらには県立図書館の蔵書を検索して、取り寄せることもできます。

書籍・論文の検索

① 図書館HP

岡山県の場合、最も手っ取り早いのが「岡山県立図書館」のHPです。

② 国立情報学研究所 GeNii 学術コンテンツポータル

書籍・論文等の検索で特にお勧めなのが、このサイトです。国立情報学研究所が運営している GeNii (ジーニイ) というサイトで、この中に論文検索の「CiNii」や本・雑誌検索の「WebcatPlus」などがあります。「Webcat Plus」の「連想検索」では、調べたいことに関する文章を入力することにより、キーワードと関連性の高い単語を自動的に検出して、それを含む図書を探し出してくれます。探す対象があいまいな場合に役立つ検索です。また、「連想ワード」が表示されるので、それによる絞り込み検索もできます。さらに、関連分野の「関連テーマグラフ」を表示させることで自分で学習するときの指針を得ることができます。非常に多岐にわたる機能を持ったページですので、トップページの下に表示される使い方の説明動画を見て有効に活用してください。

検索エンジン「グーグル」では、学術関連の論文や記事を検索できる「グーグル・スカラー」を運用しています。引用回数の多い順に論文が表示されます。

※本やインターネットを参考にした時は、参考文献に書名やサイト名を書いてください。引用する場合は、どこからどこまでが引用であるかがわかるように表記します。



(3) 仮説設定練習

研究対象と研究テーマは違います。同じと言う人もいるかもしれませんが、蝶が調べたいのと、蝶の雌雄の鱗粉の紫外線特性を調べたいのは違うと思います。研究テーマとは研究における仮定に近いものです。仮定とはある現象に関する考え方で、実験で確からしさを検証できるものです。その実験結果は「～と思う」ではなく「～である」と言えるものが望ましいのです。

仮説の設定 → 実験の計画では他の条件は全て同じで、確かめたい内容だけを変えて実験するように計画します。

例えば、光が強ければ光合成が起りやすいと仮説を立て、それを検証する実験を考えます。それには光の強さ（光の波長はどう決めるか、強い弱いは何が基準か）を定義し、光合成の起り方（例えば、糖の総カロリー生成量、二酸化炭素の吸収量）の測定方法を考える必要があります。更に、その実験では、その他の条件、例えば、温度、湿度、使う植物の部位や量や切り取り方、微生物の影響やミネラルの要不要も考えて一定にしなくてはなりません。

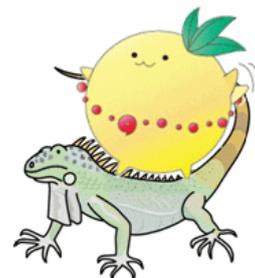


仮説の設定はできるだけ単純なものにする必要があります。文献でわかることをふまえて、出来るだけ単純な仮説→実験の計画→結果→考察→新たな仮説という検証のループを多く行うことが研究の面でも、成果の面でも理想です。

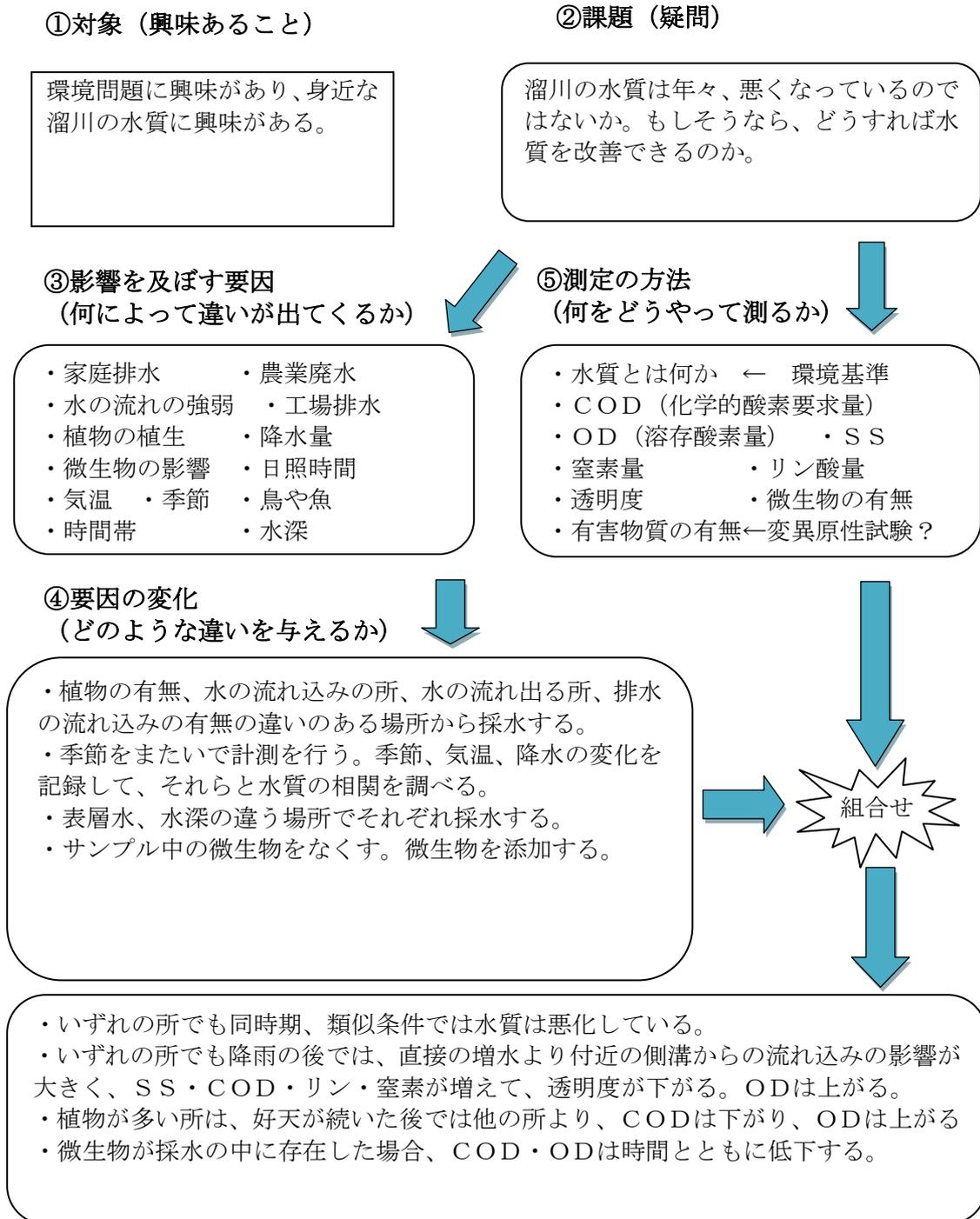
○それでは単純な仮説設定の練習をしてみましょう。

- ①次のページは個人ならばブレインストーミング、グループならばバズセッションを利用して仮説を考えていくフローチャート例です。予め、興味がある対象はすでに決まっているとします。それを①対象に記入します。
- ②次に、その対象のどんなことを調べたいかを②課題（疑問）にできるだけ具体的に書きましょう。
- ③次に、調べたいことがどんな要因に影響を受けているかをできるだけ多く考えて、③影響を及ぼす要因に書き並べます。
- ④次に、③の要因をどのように変えることができるか考えます。例えば無くしたり、強くしたり、種類を変えたりという、いよいよ実験の中身について考えていき、④要因の変化にできるだけ多く書きます。
- ⑤次に、調べたいことはどんな方法で計測できるか考えます。これもできるだけ多く考えて、⑤測定方法に書きます。

最後に、④と⑤の組み合わせを考えていって、おもしろい結果が出そうな仮説「(対象)は(要因)を(変化)に変えると(測定結果)となる」といったシンプルな仮説ができあがります。



○仮説設定練習フローチャート（例）



※仮説設定練習フローチャート（様式2）を完成させましょう。

3. 課題研究の流れ

(1) 研究テーマの決定

i) 個人研究とグループ研究

今までの準備をもとに、いよいよ課題研究が始まります。分野が決定し、各自が実験計画書を作成している状態のはずですが、もしかしたら、グループも決まっているかも知れません。

課題研究の初回では、簡単なオリエンテーションの後、各分野に分かれてヒアリングを行います。予め、きちんとした実験計画書を作成しておかなければ、この時点で個人研究の可能性はなくなりますし、自分の興味のあるテーマが残ることも、そうならないこともあります。このヒアリングを基に、今年度のテーマとその担当の先生が決まります。一人一テーマを可能にしながら、研究の深まりを考えて、グループ研究を行うこともあります。個人研究は、希望するテーマを希望する生徒が個人で行う力量があり、また、そのテーマが実施可能である場合に実施します。そうでなければ、テーマを変更します。同じようなテーマに興味があれば、グループ研究を勧めます。各自が十分な活動をするため、5人以上のグループは避けましょう。

ii) テーマ（題材）の決定と確定

各分野で相談してグループを作ってください。担当の先生から指定がある場合もありますが、テーマを決定してグループの確認と研究の方針や実験・観察の準備の検討に入ります。

課題研究では分野別発表会（口頭）があります。最初の分野別発表会までには、テーマを決められるようにしましょう。次の分野別発表会では、その後の校内課題研究成果発表会と校外での課外研究成果発表会（代表者は口頭で、ポスターでは全員が発表）の代表選考が行われますので、ここまでに、研究が終了しておく必要があります。

(2) 発表の意義

研究はいつまでも未完成です。ダーウィンもアインシュタインも後になって理論の不備を指摘されています。あなたたちが発表しているものが完全でないことは自分自身で良くわかっているはずですが、それをより良いものにしていくためには、他人の力が必要です。それも、厳しく論理の飛躍を突いてくれる専門の知識を持つ人が最適です。

学会やコンテストで発表する意義は、自分の発表をより良くするためにあるのです。質問や指摘は喜ぶべきものなので、必ずメモを取り、感謝する心を忘れてはいけません。もちろん、褒めてもらった素直に喜びましょう。

では、専門の知識のない人に発表することは意義がないのでしょうか。そんなことはありません。自分の発表を中学生にでもわかるように説明するのは、専門家に説明するよりはるかに難しく、より深い理解を必要とします。

専門家に説明すると、説明していないことでも勝手に補完して理解してくれます。例えば「パソコンの電源を強制的に切るには電源ボタンを長押しすれば

良い」という説明は「パソコン」や「電源」や「長押し」といった言葉の意味を知っていれば、フリーズしたときの対処法として説明が成立します。しかし、パソコンを良く知らない人にとっては、強制的に電源を切る必要が既に理解できないはずで

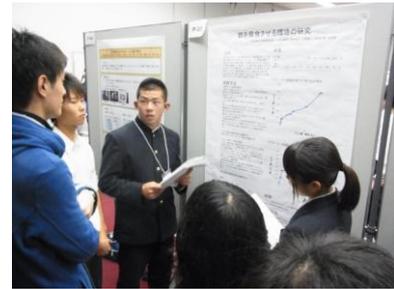
す。知識の少ない人へ説明すると、こういった知識の補完をしてくれないので、自分に十分な知識がなければ相手には伝わりません。こういった相手に理解してもらうためには一連の現象をしっかりと理解しておくことはもちろん、言葉をより平易に正確に変換する知識や「これはおもしろいことだ」というパッションが必要になってきます。

あるスワヒリ語の実験では、知識は使うことで蓄積されることがわかりました。既に 1970 年には J. Schwab が「ある原理の力をかりて、知識を蓄積していく探究そのものが、そのもとになっていた原理を検証することになる」と指摘しています。発表は成長の源です。まずは、発表を恐れない気持ちを持ちましょう。

(3) 学会やコンテスト

研究がある程度まとまったら、学会やコンテストに希望者は応募することができます。よく参加する学会等を次にあげます。

- 5月 生物系三学会
- 7月 岡山大学大学院生と高校生の交流会
- 8月 SSH 生徒研究発表会 ※
- 8月 日本物理教育学ジュニアセッション
- 8月 中四国九州合同発表大会 ※
- 9月 日本学生科学賞、JSEC 応募
- 11月 日本化学会化学教育研究発表会



※の大会については校内選考の上で代表者が出場します。また、応募の経験という観点から全員が日本学生科学賞に応募できるように準備します。

日本学生科学賞と JSEC は ISEF というアメリカで行われる大会への選考会ともなっています。したがって両方には出品できません。研究の内容によっては、日本学生科学賞の準備をしても JSEC に応募することになるかもしれません。

以下に、高校生の出場できる学会等を列挙しておきます。先生から声をかけることはありますが、興味があれば、自分で調べて担当の先生に相談してみてください。

日本物理学会	プラズマ・核融合学会	電気学会
応用物理学会中国四国支部	日本物理教育学会中国四国支部	
日本化学会 近畿支部	日本農芸化学会	
化学工学会	日本薬学会	
日本進化学会	日本植物学会	日本生態学会
日本遺伝学会	日本植物生理学学会	日本魚類学会
日本陸水学会	日本動物学会	日本水産学会
日本地球惑星科学連合	日本天文学会	日本地質学会 等

4. 実験計画書および研究報告

(1) 実験計画書の作成

実験はやろうと思ってもなかなかできるものではありません。道具がなかったり、材料が足りなかったり、そもそも知識がなかったり、やってみただけで結果から何も言えなかったりします。予備実験を含め、最初から何回か実験・観察をする覚悟で早め早めに臨んでください。

実験の計画は次の計画書(様式3)を埋めることからスタートしましょう。最初は大まかなものでかまいませんので、これをワープロでうって印刷して提出しましょう。



(2) 実験の繰り返し

実験を改善した場合は実験2、実験3・・・と計画書に書き足していきましょう。消してしまうと実験の経緯がわかりません。ラボノートに記録しているとは思いますが、論文作成も考えてその都度残していきましょう。

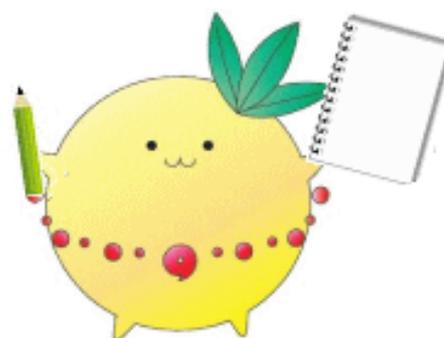


(3) 実験の報告

実験計画書をコピーして実験報告書(様式4)を作成しましょう。一回毎にまとめてグループで検討・議論をするようにしましょう。どの実験を論文にするかはわかりません。毎回、真剣に作成しましょう。

(4) 研究週報(研究月報)

研究をスムーズに進めていくためにも、毎週(もしくは毎月)の研究週報(様式5)を作成しましょう。書いてまとめることで、進捗状況を把握し、現時点での課題を考えながら次の予定を立てることで、研究の方向性の軌道修正をすることができます。



5. 仮説と検証

研究の最も重要な部分は「仮説を立て、それを検証するための実験を繰り返す」ことにあります。

(1) 研究の流れ

i) 仮説を立てる

ある現象について調べる場合、なぜその現象が起きるのかを考えて、仮説を立てます。仮説は、ある意味で“予想”です。その現象を起こす原因を予想して、ひとつのモデルとして仮定するのです。

多数作業仮説という手法をとる場合もあります。最初から複数のモデルを設定し、それぞれがどうなるかをシミュレートしてみるという手法です。通常の研究では、一度にいくつもの仮説やモデルを考えると混乱が生じますので、ここでは“仮説は一つ”として話を進めます。

ii) 検証のための実験を考案する

次に、どのような実験をしたらその仮説が確かめられるのかを考え、実験の方法を具体的に決めていきます。すでにある装置や用具だけでなく、しばしば、新しい実験装置そのものをつくる必要に迫られます。課題研究に使える技術や予算は限られています。その条件の中で、いかに巧みな実験を考案するかが大切です。うまい実験方法を考え付くと、それ以降の研究は飛躍的に進展します。覚えるだけが勉強ではありません。皆さんのアイデア、発想が勝負となります。

iii) 結果を考察する

検証実験の結果が仮説を証明するものであるか、考察を行います。検証のための実験が周到にデザインされていれば、結果の判断は容易になるでしょう。気をつけたいのは、“結果が仮説を支持する”あるいは“仮説を前提とすればそのような結果になる”という結果では不十分だということです。“仮説が正しくないといこの結果が出ない”“他の仮説では説明できない”ということが、証明できないといけません。

iv) 再度、仮説を立てる

もとの仮説(仮説①とします)が実験によって証明されなかった場合は、その結果を説明できるような別の仮説②を立て直すこととなります。そして、さらに仮説②を検証するための実験を考えて実行し、考察を行うという繰り返しになります。仮説が実験によって検証されると、謎とされていた現象が解明されたことになり、それが研究の成果となります。仮説の証明を受けて、さらにその先へ研究を進めることとなります。科学研究におけるこのパターンを頭に入れて、自分の研究が今どの段階にあるのかを意識しながら、研究を進めましょう。

(2) グラフの活用

グラフにはいろいろな種類があります。グラフを描く目的を考えて、適切な種類のグラフを用いて、データを表現します。

円グラフ：それぞれの要素の占める割合を比較するときに使います。

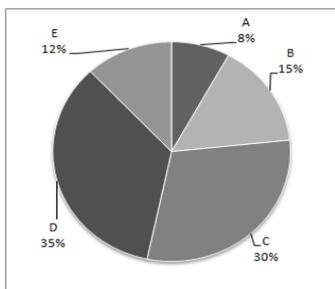
棒グラフ：それぞれの要素ごとの量を比較するときに使います。また、降水量や輸出高など、“量”の変化を表すのに用いられることもあります。

折れ線グラフ：ある要素の時間による変化を表すのによく用いられます。

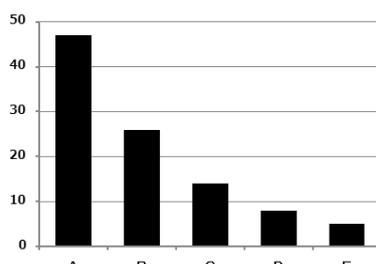
散布図：2つの要素の間の関連性を表すのに用いられます。このグラフを用いて、“相関関係”の有無や、回帰直線を用いた分析などを行います。

ヒストグラム：横軸に変数の幅、縦軸に度数をとり、面積がその階級の頻度を表すようにしたグラフです。棒グラフに似ていますが、意味するものが異なりますので注意が必要です。

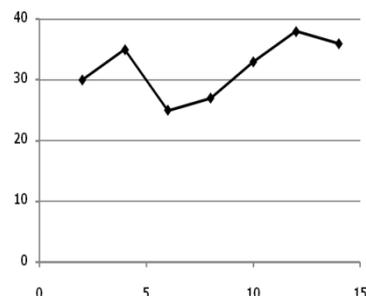
この他にも帯グラフやレーダーチャートなど、いろいろなグラフがあります。表計算ソフトのグラフ機能を使うと、これらのグラフを容易に描くことができます。



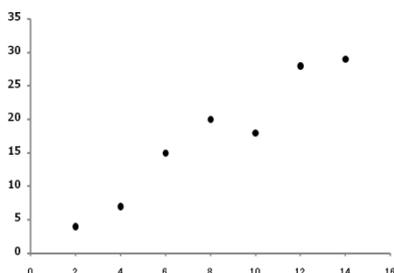
円グラフ



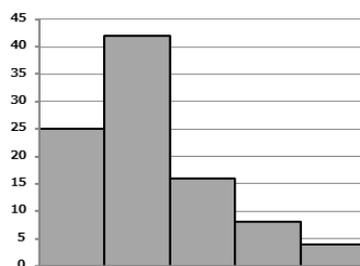
棒グラフ



折れ線グラフ



散布図



ヒストグラム (度数分布図)

(3) 統計に表れた関係

i) 相関の有無

「かき氷の売上高」が大きくなるほど、「熱中症になる人の数」が増えるという傾向があるとしましょう。このとき、この2つの変量の間には“相関がある”といいます。自然科学の分野でも、光の強さと植物の光合成量や、二酸化炭素の濃度と地球の平均気温の関係など、相関の見られるものがたくさんあります。

ii) 相関係数

ある2つの変量AとBがあり、Aが増えるほどBも増える場合、AとBには“正の相関”があるといいます。また逆に、Aが増えるほどBが減る場合、AとBには“負の相関”があるといいます。一方、Aの増減がBの増減に全く影響を及ぼさない場合、AとBには相関がないこととなります。相関の程度は“相関係数”で表されます。相関係数は+1と-1の間の値をとり、「+」は正の相関、「-」は負の相関を表します。また、相関係数が+1、-1に近いほど、両者に強い相関があることとなります。相関係数はデータさえあれば簡単にエクセルで計算できます。

(4) 相関の関係

i) 擬似相関

ところで、相関があることと因果関係があることは、一見同じように見えて違うこともよくあります。先ほどのかき氷の例で見ると、かき氷の売上げと熱中症の患者数には正の相関があっても、かき氷と熱中症には、直接の因果関係はありません。このように、“相関がある”ことと、“因果関係がある”ことは、似ているようで少し違うことなのです。AとBに相関がある場合、もしかすると全く別のCという要因（かき氷の場合、気温が高いという状況）がAとB共通の原因になっていて、見かけ上AとBに関係があるように見えることがあるのです。このような見かけ上の相関を“擬似相関”と呼び、本当の意味での相関と区別します。

ii) 関係を見抜く力

擬似相関には、意外と惑わされることが多いものです。「毎日朝ごはんを食べる」生徒と「成績がいい」生徒の間に相関があるという統計結果がでると、朝ごはんを食べれば皆成績が良くなるような気がしますが、全く無関係ではないものの、単純な因果関係があるわけではありません。さらに、AとBの原因になっている要因がひとつでなく、C・D・E・・・など複数存在することもあり、いくつもの要因が関係し合いながら変化している場合、その中に潜む因果関係を見抜くには、適切な要因の抽出の仕方と周到な検証が必要なのです。

(5) 原因と結果の関係

i) 因果関係

Aが原因となってその結果Bが起きるという原因と結果の関係を“因果関係”といい、AとBには相関が現れます。このとき、AがBの原因になっている場合と、BがAの原因になっている場合があります。たとえば、異常気象で冷夏になると米が不作になりますが、この場合、冷夏になったことが原因で、米の収量が減ったのが結果です。しかし、2つの事象の間に因果関係があるのかどうか、判断の難しい場合もあります。

また、因果関係はありそうだけれど、どちらが原因でどちらが結果なのかがわかりにくい、という場合もあります。たとえば、「地球の平均気温」と「大気中の二酸化炭素濃度」の間には相関が見られますが、どちらがどちらの原因になっているのかは難しい問題です。大気中の二酸化炭素濃度が高くなれば温室効果によって気温が高くなり、二酸化炭素の増加が気温変化の原因であると考えられていますが、その一方で逆の因果関係を指摘する意見も根強くあります。地球の気温が上昇すれば海水から二酸化炭素が放出されて大気中の二酸化炭素濃度も高くなると考えられるからです。このようにすぐには判断できない問題が多くあります。「卵が先か、にわとりが先か」という問題は、案外証明が難しいのです。

研究の過程で何らかの相関が見つかったときは、“なぜこの関係が現れるのか”、“本当にこれが原因とっていいのか”、ということを手問しながら慎重に検討を進める必要があるのです。

ii) 因果関係の証明

AがBの原因になっていることの証明は、どうすればできるでしょうか。一般的には、次の①～③がすべて成り立つことが必要とされます。

- ① Aが必ずBより先に起こる
- ② Aが起これば必ずBが起こる
- ③ Aが起きなければBは起きない

病気の原因を調べる場合など、これらの点について徹底的に検証される必要があります。

iii) 原因が結果をもたらすメカニズムの解明

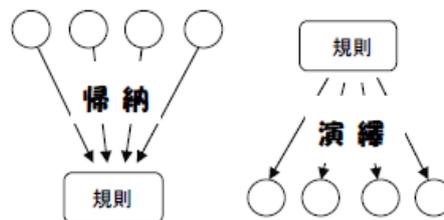
論理的に因果関係を証明するのはもちろんですが、AがBを起こす仕組みを科学的に解明できれば、より強い説得力を持って両者の因果関係を主張することができます。たとえば、フロンガスの放出と紫外線の増加の間に相関があったとしても、それだけでフロンが犯人だとはいえません。フロンがオゾン層を破壊し、その結果として地表に到達する紫外線が増加するというメカニズムが解明されたことにより、その因果関係ははっきりしたものとなったのです。



(6) 帰納と演繹

i) 帰納と仮説

まず一般的に、多くの事象からそれらに共通する規則を導き出すことを帰納といいます。一方、規則から出発して、その前提の上に成り立つ事象を次々と導いていくことを演繹といいます。



たとえば、カラスやツバメ、スズメなどの鳥は羽があつて空を飛びます。このことから、『すべての鳥は空を飛ぶ』という仮説が立てられます。このように、いくつかの観察例から一般的に成り立つ（であろう）命題を推論する方法が「帰納」です。ただし、この方法で得られた命題は、必ずしも正しいとは限りません。この帰納の過程が論理的な研究（課題研究や未来探究）の出発点です。

ii) 仮説からの演繹とその検証

次に、有限個（カラス、ツバメ、スズメ）の観察結果から立てた仮説を、すべての鳥についても成り立つものと考え、「ウグイスも空を飛べるだろう」というふうに予想していきます。これは演繹の過程です。このとき、仮説が他の事例（ウグイス）でも成り立つかどうかを確かめる必要があります。これを検証といいます。ウグイスも空を飛べることがわかったとすると、それだけ仮説の信頼性が増加することになるのです。

iii) 仮説から法則へ

このようにして、仮説を支持するデータが増えて信頼性が増してくると、仮説は一段上の法則に格上げされていきます。きちんとした定義があるわけではありませんが、法則とは例外なく当てはまる最上級の仮説だといえます。逆に、仮説に当てはまらない事例が出てきたとき（もちろん、その観察や実験が正当なものかどうか、厳しいチェックが必要ですが）、仮説は一段低い単なる秩序や傾向となってしまいます。あるいは、例外的な事例をも含んだ、新しい仮説が立てられるかもしれません。そして、その新しい仮説について、再び検証が行われていくのです。鳥の例でいうと、ニワトリやペンギンは羽があつても飛べません。したがって、前の仮説『すべての鳥は空を飛ぶ』は正しくないことになり、たとえば『すべての鳥は飛べるわけではないが羽がある』というふうに仮説が修正され、それが再び検証されていくこととなります。



(7) アブダクション

i) 科学的な発見とアブダクション

ところで、科学における発見とは、単純に観察データの集積から帰納によって得られるものでしょうか。もしそうだとすると、観察と実験さえできれば誰でも科学者になれることになります。

しかし、万有引力の法則がニュートンなくしては見いだされなかったように、また、進化論がダーウィンなくしては確立されなかったように、科学者の持つ洞察力と想像力が偉大な科学的発見を成し遂げてきたという歴史が、科学的発見が単なる観察データの集積によってなされるものではないことを物語っています。

科学者は、普段見慣れているような現象に“なぜ”と問いかけます。ニュートンは、木からリンゴの実が落ちたのを見て“なぜリンゴは落ちるのか”と考えたと言われています。そして、リンゴと地球の間に何らかの引力が働いていること、さらにその引力が月にまで及んでいる、すなわちすべての物体の間に引力（万有引力）が働いているであろうことを推論しました。このように、観察や実験をもとにして自然に問いかけ、そこからその事実を説明する全く新しい仮説を導き出す推論の方法をアブダクションと呼びます。

ii) アブダクションを支える力

新しい仮説を立てるには、単なる思い付きだけでなく、その現象をとりまく様々な事象についての理解と自然科学や歴史等の人文系科学の基礎知識など、広い知識と深い洞察力が必要とされます。逆に言うと、アブダクションとしての仮説を発見するためには、注目している現象だけにとらわれずに広い視野から多角的に考えると同時に、その根底にある物理・化学の法則も考慮して、創造性を発揮する必要があります。広い分野の学習が必要である理由のひとつが、ここにあるといえるでしょう。皆さんが進めている未来研究においても、同様のことが言えます。現象がなぜ起きるのか、調査や観察を行うのはもちろんですが、広い知識を基礎にしてじっくりと考え、それを説明できる仮説を発見できるように努力してください。さらに、それを検証するための方法を考え、その仮説が正しいことを証明していく。探究的活動の醍醐味は、ここにあるといってよいでしょう。



6. 研究の発表

学校内での課題研究発表会、地域や県内での合同発表会、あるいは学会での高校生発表など、さまざまな場で課題研究の成果を発表するチャンスがやってきます。ここでは、研究した内容を発表するための心構えと発表の技術について考えてみたいと思います。

(1) 研究を発表するにあたって

i) 何のために発表するのか

発表の目的は第一に、これまでの研究成果を他の生徒や先生方に伝えることにあります。それが評価されて表彰につながることもあります。また、他の人の意見を聞くことで研究のヒントを得たり、さらには自分のプレゼンテーション能力を高めたりすることにもつながります。一方、発表を聞く側の人からすると、発表を聞いてその知識や研究の方法を自分たちの研究の参考にする、というのも発表の目的のひとつです。

ii) ポスター発表と口頭発表

まずポスター発表とは、用意した1枚のポスターの前で、聞き手とやり取りをしながら説明する発表のスタイルです。あまり緊張せずに話せること、質問がしやすいことなど、発表に慣れていない人でも取り組みやすい方法です。口頭発表はパソコンのプレゼンテーションソフト（パワーポイント）などを使って、大勢の聴衆の前で行う発表の方法です。一度にたくさんの人に聞いてもらえる反面、一方的に話すだけの発表なので質問がしにくく、慣れないと緊張しがちでやや難しく感じるかもしれません。どちらの発表方法も長所と短所がありますが、まずは、両方に共通する留意点や発表の要素について考えてみましょう。

iii) 発表する際のマナー

- 服装**：きちんとした服装で発表することは、聞き手への敬意と発表会に臨む意気込みの表れです。気楽な服装はだらしく見えるだけでなく、聴衆に対して失礼にあたります。
- 態度**：緊張しすぎる必要はありませんが、真面目な態度で自分の発表を聞いてもらう感謝の気持ちで、聞き手に視線を向けて発表しましょう。
- 質疑応答**：質問してくれるのはありがたいことです。自分の発表に関心を持って、よく聞いてくれた証拠です。アドバイスに謙虚に耳を傾け、しっかり記録に残しましょう。

iv) グループでの分担

グループでの発表の場合は、それなりの分担が必要です。話すのが得意な人、機器操作に熟達した人、専門知識を持った人など、その得意な面を生かした役割分担をし、効果的な発表になるように作戦を立てましょう。

v) 内容の構成

○タイトル

タイトル（演題）の付け方には、工夫が必要です。ポスター会場で、あるいは予稿集で、タイトルを見ただけで内容が想像できて興味がひかれ、

“説明を聞いてみよう” “読んでみよう”と思わせるタイトルの方がよいでしょう。

- ・良くない例：『雲の研究』『火山弾について』…ダメではありませんが、もの足りません。
- ・良い例：『なぜ雲は、もくもくとわき上がるのか ～大気の運動と雲の形態の関連について～』『火山弾を用いた噴火時のエネルギーの推定』興味関心がわいてきます。あまり長くなるのも考えものですが、サブタイトルをうまく使うと効果的です。コンパクトに研究内容を伝えるために、タイトルは最初の重要な要素なのです。

○はじめに

“なぜこの研究を始めたのか” “どの着眼点で問題に取り組んだのか”を簡潔に示します。過去の研究を紹介して、その分野の背景に対する自分の独自性をアピールするのもよいでしょう。

○研究の目的

最初に、発表する研究の目的を明確にすること。これを受けて実験や観察が行われて、結果を評価することになります。どういう観点から、どういう方法で、何について調べるのか。検証が可能な具体的な目的を設定します。予想される結論を「仮説」の形で提示してもよいでしょう。

○実験（調査）方法の説明

ポイントは、聞き手が実験の具体的方法を理解できること、この方法なら目的とするものを検証できると納得させること、そして実際にその方法で実験を行えば同一の結果が出ることです。

○結果

表やグラフを用いて、実験の測定値や観測の結果を示します。実験の精度やバラつき具合、実験回数についても示すとよいでしょう。

○考察

実験結果の妥当性や信頼性、実験の結果が目的に対してどのような意味を持っているのか、仮説は検証されたのかなどについて、結果をもとにして考察を行います。

○まとめ

最後に、発表全体のまとめをします。結局、この研究で何が明らかになったのか、逆に、何が問題として残ったのか、今後の発展性などについて、簡潔に述べます。

vi) 「分かりやすい発表」にするために

発表は聞き手に研究内容を伝えるために行うものですので、聞き手に分かってもらわなければ目的は達成されません。校内発表であれ、学会での発表であれ、発表の機会が与えられたら勇気を持って発表してみましょう。結果的に少々不満足な発表だった場合も含めて、きっと得るものがあるはずです。自分ではわからなかった視点や実験方法に気付かされることもあります。発表をひとつの節目と考えて、さらに大きく研究を発展させることができます。

(2) ポスター発表の方法

i) ポスターの作り方

○ポスター制作にあたって

ポスター発表では、通常、ひとつの発表に使えるパネルの大きさが「横90cm×縦180cm」のように指定されます。最近では大型プリンターを用いて、ロール紙に直接印刷してポスターを作ることも多くなりましたが、模造紙にマジックインキで手書きしてもよいし、またA4判のプリントを何枚も並べて張っても構いません。ここでは、大型用紙（たとえばA0用紙841×1189mm）にプリンターで印刷することを想定して話を進めることとします。

○「見やすさ」が命

ポスターを作るにあたって念頭に置くべきことは、「一目で分かりやすいこと」です。そのために気をつけるべきことを列挙してみます。

A タイトル：上部に研究タイトルを大きめに書く

B 文字の大きさ：1 m程度離れた場所からでも本文が読めるような文字の大きさ

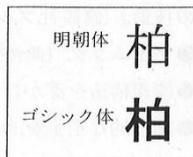
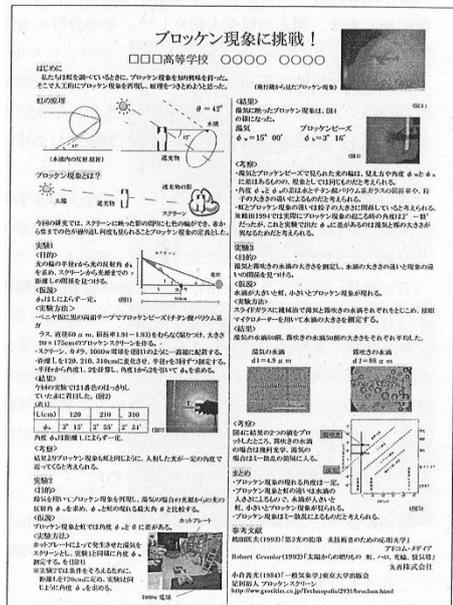
C 文字のフォント：明朝体よりゴシック体

D 余白：普通の配布物とは違い、周囲の余白はほとんど不要

E 視線の流れ：読み手の視線の動きを考えてレイアウト、区画分割、番号付けをする

F 強調：重要な部分は色を変える、フォントを変える、枠で囲うなど分かりやすい工夫を

G 文の長さ：ひとつの文を短く、簡潔に表現する。箇条書きも有効



○内容の構成

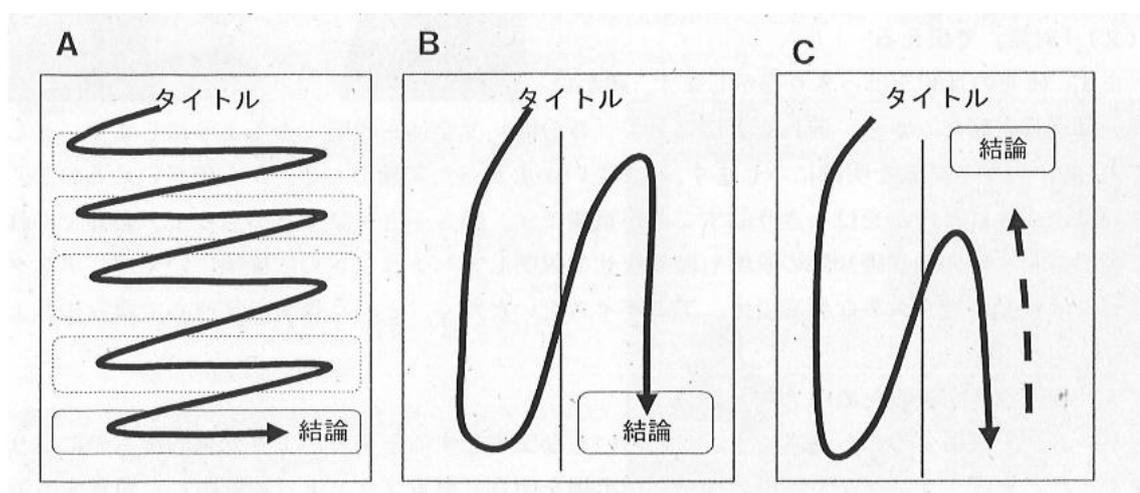
ポスターは、「読んだだけで研究内容の全体が理解できること」が第一の条件です。そのために必要な構成要素は以下の通りです。

タイトル／発表者名（所属）／はじめに（目的）／方法／結果／考察／まとめ（結論）／文献

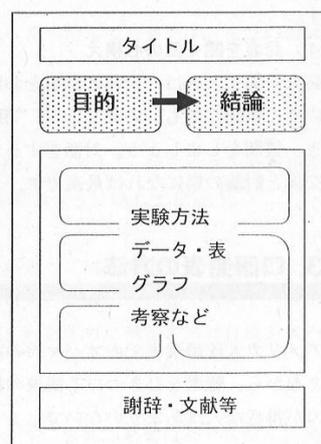
参考文献は、ポスターでは主なもののみとし、著者・書名・出版社名を列記します。Web サイトは公共機関や大学等の研究機関のみ、機関名とURLを記載します。

○レイアウト

紙面への構成内容の配置の仕方をレイアウトといいます。タイトルと発表者名は紙面の上部に書くことが指定されていますので、それ以外の要素の配置を考えます。重要なのは、見る人の視線の動きです。次図Aは視線が激しく左右に動かされ、非常に見づらいレイアウトです。その点、Bは中央で二分割されているために左右への視線の動きがあまりなく、自然に結論までたどりつけます。Cはさらに、結論を上部に持っていくことで、遠方からでも研究の成果がすぐに目に入ります。



右図は、専門的な学会等でよく見られるレイアウトの例ですが、タイトルのすぐ下に研究の目的と結論を並べ、まず研究の全体像がわかるようにしてあります。調査や実験の具体的な内容は、広いスペースを区分して視線を誘導しながら記述していき、最下部には優先度の低い謝辞や参考文献を並べるようにしてあります。



○図・表・画像の活用

研究の対象や実験装置の画像・イラストがあると、どのような研究なのかイメージしやすくなります。表やグラフは、測定結果や傾向を一目で理解させてくれる反面、多くの図や画像を入れるとポイントがぼやけます。「これ」という図を選んで、大きめに配置します。図を示しながら説明することで、1枚の図を何倍にも活用することができるでしょう。制作順序は、全体のレイアウト→図・画像の選択→余白に説明文、です。

A ポスター形式例

タイトル	
研究者・学校名	
1.要約	4.実験結果 (図や表)
2.研究目的	
3.実験の方法	5.まとめ
6.参考文献	

B PowerPoint 形式例

タイトル		
分野名・班・氏名		
1 はじめに	2 目的・仮説	3 調査・研究方法 i) _____ ii) _____ iii) _____
4 結果① 	結果② 	結果③
5 考察	6 まとめ・提言	7 参考文献 URL: http://○○○○.jp 〒○○○○○,○○○番

※PowerPointのスライドをプリントアウトして貼る形式

ii) ポスター発表のコツ

○ポスター発表の特徴と心構え

ポスター発表は、話し手と聞き手が直接向き合って行われます。したがって、延々と一方的に説明するのはルール違反です。研究の全体像は既にポスターに書いてあるのですから、要点を押さえてできるだけ“ゆっくり・はっきり・簡潔に”説明しましょう。原稿を読むのではなく、聞き手の方を向いて説明できるといいですね。



○「対話」で伝える

まず、研究の目的をはっきり提示します。細かい部分は適宜省略しながら、流れを大切に「5分間」で全体を説明できるようにします。そして、目的に対する結論を明確に示します。うまくいかなかった実験でもそこから何がいえるのか、目的は達成されたのかをはっきり話すことが重要です。聞き手と対話するつもりで、必要であれば専門用語や研究の基礎知識の説明も織り交ぜて説明しましょう。さらに極端に言えば、ポスター発表は質問が最も大事な要素です。アドバイスをいただく、という謙虚な気持ちで臨みましょう。

○効果的な発表のために

ポスターで説明するのが基本ですが、いろいろな工夫をすると発表より効果的なものになります。たとえば、サンプルや模型の提示／指示棒を使う／要旨プリント（縮刷版）を用意する等です。

○発表を聞く側の心構え

発表を聞くときは、全体の説明をお願いしてもいいですし、ポスターを読んで、最初から聞きたい所を質問してもいいでしょう。“粗さがし”をするのではなく、発表者に敬意をもって発表を聞き、質問をしましょう。対話をすることで、発表者と聞き手の両者にプラスになるような、情報交換と討論の場になれば最高です。

(3) 口頭発表の方法

話術に長けた人の演説や講話は聴衆をひきつける技術があります。最初から人前で話すのが得意な人はあまりいないでしょう。しかし、発表の技術はぐんぐん上達するものです。卒業後、会社等の職場でも役立つプレゼン技術をぜひ身に付けましょう。

i) 口頭発表の技術

○口頭発表の心得

まず、いくつか基本的な心構えを挙げておきます。

- 緊張するのが当たり前。「聴衆は味方」と考え、自分のペースで
- 制限時間を守れ。時間内で余裕を持てる内容にする
- リハーサルをして、万全の準備をせよ

○ストーリーの展開

通常10～15分の発表では、言えることは限られます。内容構成についてのアドバイスです。

- 序論（背景）、研究の目的（仮説）、実験方法、結果、考察、まとめが基本

まず、上記の順番が基本です。研究の目的に対してどのような結論が得られたのか、聞き手に分かりやすいストーリーを心掛けましょう。

- 最初に全体の展望・情報構造を示せ

長めの発表の場合などは、この発表でどんな話題が出てくるのか、結論は何かを最初に示すのも有効です。地図があると、道順が分かりやすくなるのと同じです。

- 論理的な説明を心掛けよ

考察を十分に行い、論理的飛躍がないように注意しましょう。本当にその結論しかないのか、聞く側に立ってチェックするのが有効です。

- やったこと全てを話す必要はない。ストーリーを考え、内容を取捨選択せよ

課題研究の道筋は、まっすぐ結論に到達することはまれで、樹木の枝のように試行錯誤や失敗を繰り返しながら進んでいきます。発表時、枝葉末節は省略し、必要な情報のみに絞ります。

○プレゼンテーションにおける話し方

- ①姿勢、②視線、③声、④身振り

キリッとした姿勢で（ポスチャー）、聞き手を見て（アイコンタクト）、ゆっくり大きな声で（ボイス）、身振り手振りを交えて（ジェスチャー）語りかけるように話しましょう。

- 発表メモは、流れとキーワードで

最初は発表原稿をしっかりと作りましょう。しかし、それを全て憶える必要はありません。発表当日は、全体の流れ、ポイントとなる言葉（キーワード）、重要な数値などを書いたメモを用意します。実際の発表では、時折スライドや紙を見ながら、極力聞き手の方を向いて発表してください。

③	実験 2 目的方法
④	A 25cm T=0.22秒 102→I 実験 E 95cm T=0.15秒 II 実験
⑤	振動数 振幅 実験の種別 固有周期とバネ定数の関係 高さなど→固有周期 長さ
⑥	一般の傾向 P1→T ₀ 実験 → P2 → T ₁ 実験 ← 振動位置と号

発表メモの例

- 表・グラフの説明は、きっちり、ゆっくり

表やグラフは自分には見慣れたものであっても、聞き手にとっては初めて目にするものです。表の各項目や、グラフの目盛などはきちんと説明し、聞き手の理解する時間を考えて、スライドを一定時間見せてください。指示ポインタを使う場合は、いたずらに動かさずに目標を指しましょう。

- 質疑応答は短く的確に。自分たちの努力を示せ

発表者は、質問に対して短時間で的確に答えること。わからないことについては、素直に“わかりません”と答えましょう。データと格闘してきた努力が試されます。

○聞き手側（聴衆）にも技術が必要

- ①顔、②注目、③反応、④応答

まず、顔を話し手に向け（フェイス）、相手の言葉に意識を向け（アテンション）、内容に対して相槌を打つ（リアクション）。そして、感じたことを言ったり、質問したりしましょう（レスポンス）。

- 必ず手を挙げて質問するくらいの気持ちで

実験方法やデータ確認、言葉の意味などできるだけ質問しましょう。質問を探しながら聞くことが注意深く発表を聞くことにつながります。

- アドバイスカード（様式6）

説明を聞き終わった後は、アドバイスカードを作成して投票します。発表者が見て、今後の参考になるような意見を書きましょう。

ii) 発表スライドの作り方

○発表に使う視聴覚機材・ソフト

口頭発表は、コンピューターとプレゼンテーションソフトを用いて行われます。Windows のパワーポイント等の「プレゼンソフト」がありますが、会場で共用パソコンとして用意されるのは通常Windows のみです。また、バージョンにも気をつけましょう。さらに最近では、会場で用意されるのはプロジェクターのみで、コンピューターも自前で用意しなければならないことがありますので、事前に確認しましょう。

○発表スライドは単純、正確に

- スライドの適正な枚数、1枚の情報量

10分間で提示できるスライドはせいぜい15枚位です。1枚に内容を詰め込んでもいけません。

- 長い文章は書かない。箇条書きも有効

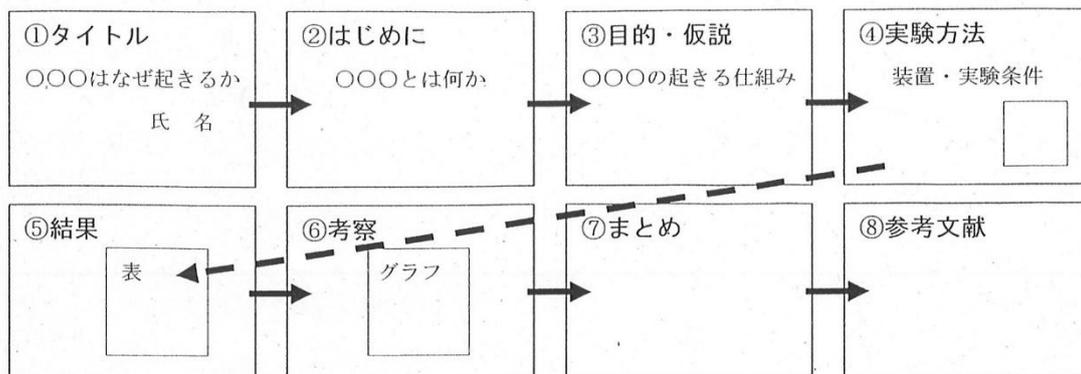
- 比較する図、グラフは同じスライドに

- 文字・図は大きく、はっきり。背景はすっきり

特に表や図の項目、目盛、単位等は遠くからでも読めるようにはっきり書きます。タイトル、図のポイントを書き入れ、図を見ただけで何の図か分かるのがベストです。

- アニメーションは必要最低限に

アニメーションは多用しすぎると目障りになります。シンプルに仕上げましょう。

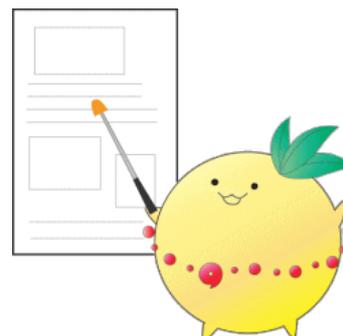


○スライド構成から内容へ

プレゼン用のスライドを作る際に、1枚目から丁寧に文章まで考えている生徒をよく見かけます。たいていの場合、文章は長くなり、なかなか完成できません。スライドは、まず全体の構成を考えて、枚数分のスライドにタイトルだけを入れてしまいます。その後で、それぞれのスライドに入れる画像を決め、空いたスペースに文字を入れていきます。

○「もしも」のために

当日の会場では何があるか分かりません。発表前に、必ずプレゼンソフトの動作チェックをしてください。また、最悪の場合（パソコンが使えない）を想定して、スライド画面を印刷して持参し、スライドなしでも発表できるくらいの緊急避難的対策もしておいた方がよいでしょう。



7 成果のまとめ

(1) レポート・論文の要素

理科の課題研究に限らず、授業や夏休みの課題としてレポートを書く機会は多いと思います。主として酒井聡樹(2007)『これからレポート・卒論を書く若者のために』共立出版を参考に、科学分野の課題研究はもちろん他の分野も含めて、レポートや論文を書くときの留意点をまとめてみました。

i) レポートに必要なこと

×学術的な問題を扱っていない ×調べたことしか書いてない

たとえば、「今朝、散歩したら気持ちよかった」という感想は、ブログには書いてもレポートにはなりません。でも、「朝の散歩が脳を活性化させる効果」は、学術的に意味のある内容です。また、いわゆる“調べ学習”でも、文献に書いてあることだけを列挙したのではレポートになりません。自分がどういう問題意識を持ってその文献を読み、どう考えたのかがレポートには必要です。

ii) 何のためにレポートを書くのか

*問題に対する自分の考えを相手に伝える

*研究したことを形として残す

学校では、「レポートで評価されるから」というのも目的にはなりますが、一般的には上記の2点が重要です。自分がやったこと、考えたことを相手(読者)に伝えるために書くのですから、当然、わかりやすくかつ説得力のある書き方をするための工夫が必要です。また、レポートや論文は、自分の“業績”として公表され、形として残ります。製本されていればなおのことですが、手書きのレポートも「手記」として、研究者にとって未来の引用文献になります。

iii) 基本的な構成要素

*タイトル、著者名、要旨、序論、本論(方法、結果、考察)、結論、引用文献

基本構成は上記のとおりです。今回は、これまで触れなかった要素を中心に、レポート・論文で気をつけたい点を説明します。

iv) 本論以外の大事な要素

○タイトル

*内容が想像でき、興味をひくタイトル(問題と着眼点)

研究発表の項でも触れましたが、タイトルを見ただけで内容が想像できて興味がひかれ、“説明を聞いてみよう”“読んでみよう”と思わせるタイトルを考えます。タイトルは、レポート・論文の独自性を主張する、最初の重要なポイントなのです。

○要旨(Abstract)

*必要事項: 取り組んだ問題、着眼点、主要データ、論理展開、結論

論文では、最初に全体の内容を要約した数百字程度の『要旨』を置きます。時間のない人は、この要旨だけを読んで終わりにしたいと思うでしょう。したがって、その中に内容のエッセンスが全て含まれている必要があります。結論を明確に、短い文章でまとめましょう。また、英語

で書いてみると、短い論理的文章の練習になります。実際にレポートや論文を書く場合、要旨は最後に書くようにしましょう。レポートの内容が整理されて頭に入った状態で、それを簡潔にまとめて文章にします。さらに、要旨と序論、研究の動機の区別がつきにくい場合があります。要旨はあくまでレポート全体の要約ですので、特に「何について研究したのか」と「何がわかったか」をはっきりと書くようにしましょう。

○序論・はじめに

*序論＝「動機」ではない「何をやるのか」「どうしてやるのか」序論（はじめに）には、「どのような問題に」「なぜ取り組むのか」「過去の研究事例」「新しい着眼点」等を書き、読者を本論に誘導します。取り組んだ問題とそれに取り組む理由をここで明らかにしないと、何も分からないまま「実験の方法」に突入することになります。

○引用の仕方と引用文献

自分と同様のテーマについて研究した過去の事例について、可能な限り徹底的に調べて研究を進め、レポートに記載する必要があります。引用の仕方には一定のルールがあります。

◆引用のルール：

- ① 文献の言葉を一字一句違わずに、そのまま書き写す方法
- ② 文献の内容について引用者の言葉で紹介する方法、

◆引用の仕方：

- ① 「○○によると…」 「…（引用文）…（○○）」として、文献リストに記載する。
- ② 「○○1）によると…」 「…（引用文）…1）」として、文献リストに「1）○○…」という番号付きで文献を記載する。

◆引用文献（文献リスト）の書き方

- ① 本の場合：著者名、出版年、書名、出版社名を列挙するのが基本。
- ② 学術雑誌の論文の場合：著者名、出版年、題名、学術雑誌名、巻、号、ページを列挙する。
- ③ ウェブページの場合：ページ名、URL を書く。

ただし、ウェブページは公共機関や大学、研究所等のものだけにしましょう。信頼性の問題から、Wikipedia 等の特定の人・団体によらないweb 上のフリー百科事典、あるいは個人のホームページは、引用文献には適しません。くれぐれも注意してください。

文献リストの順序は、基本的には著者名の五十音順（あいうえお順）です。ただし、文献に外国語のものがある場合などは著者名のアルファベット順（abc 順）にすることもあります。このとき、外国語の氏名は姓（last name）を先に書くことが多いようです。また、引用の仕方②のように番号を付けて引用する場合は、引用した順に文献を並べます。さらに、分野ごとに表記法の習慣が違いますので、専門誌に投稿する場合などはそれに従いましょう。将来、自分の論文が他の著者の文献リストに掲載されることを期待しながら、レポートや論文を書くといいでしょう。

(2) 「考察」で書くべきこと

レポートや論文の中心となるのは、「考察」です。データをもとに、どのように考えて結論を導いたのか、根拠とした測定値は信頼できるのか、実験の問題点は何だったのか。考察では、何を、どのように書けばよいのでしょうか。

i) データの検討（吟味）

まず、実験で得られたデータ・測定値が信頼できるのか、どのくらいの精度があるのかについて検討する必要があります。

○実験や測定の回数

実験内容にもよりますが、一回だけの実験では、現象の“再現性”が保証されません。何度やっても同じ現象が起こり、同じような結果が出たことを示すのは大事です。また、同じ実験でも、繰り返すことにより測定値一つ当たりの誤差が小さくなり、精度が増します。

○精度

測定方法による誤差の大きさ、有効数字の桁数を再検討します。また、計算による誤差の伝播を考慮し、最終的に得られた結果に含まれる誤差の大きさを求めます。さらに、実験の過程を振り返って、誤差の意味を考えます。たとえば質量を正確に測ったつもりでも、空気中の湿気を吸って、1時間後には違う値を示すかもしれません。

○処理の仕方

データ処理にも、いろいろな側面があります。まず、いくつかの測定値のうち“ありえない値”が含まれていないか確認します。目盛の読み間違い、口頭での聞き違いなどにより、妥当でない測定値が紛れ込みます。信頼できない測定値は切り捨てます（注*）。しかし、くれぐれも恣意的なデータの捏造(ねつぞう)・改ざんにならないように注意してください。また、多くの測定値からその代表値を求める方法ですが、単純に“平均”していませんか。モード、メジアン、相加平均など、その母集団を代表する値として適切な値を求め、それ以降の分析に用いるようにします。

注*：ただし、間違った測定値、ありえない結果と思われたものの中に、ごくまれに重大な発見が隠れていることがあります。その可能性をいつも頭に入れて、作業を進めましょう。

ii) データの分析

次に、得られたデータを比較したりグラフにしたりして、実験の要素・変量の間にある関係を見つけ出します。グラフの描き方は以前に説明しましたが、いくつか補足します。

○適切な種類のグラフを用いる

円グラフ、棒グラフ、折れ線グラフ、散布図、ヒストグラムなどを使い分ける。

○必要な要素をもらさず記入する

タイトル、目盛、単位などは忘れずに。

○実際の測定値をプロット（点示）する

○、●、×などのシンボルを使い、表示法を工夫する。グラフを見て実際の値のばらつき（分布）がわかることが重要です。

iii) データから結論を導く

得られたデータ、グラフによる因子間の関連性の分析などをもとに、現象に対する自分の考えを展開し、結論を導きます。

○結果をもとに主張する

調査や実験によって得られた結果を根拠として、そこからいえることを結論として主張します。そのとき、現象にかかわる因子間の関連性(相関関係か因果関係かなど)について、十分に考える必要があります。現象の背後にある原理についてよく理解し、いくつもの調査・実験結果をまとめて、結論を導き出します。

○「疑問」に対する「結論」になっているか

研究の途中で主題がずれてきて、結局最初の疑問と違う方向に研究が進んでいってしまうことがあります。この場合でも、レポートとしてまとめる以上は、「設定されたテーマ」と「結論」が対応するように、全体を見直す必要があります。

○他の主張、過去の研究との比較

同じ現象について扱った過去の研究や他の研究者の見解と比較し、自分の見解の正当性・妥当性(つまり、自分の方が正しいのだということ)を主張しなくてはなりません。過去の研究例がない場合は、自分の研究の独自性を強調します。

○モデル化、数式表現

現象をモデル化することで、より簡潔に理解できるようになります。さらに、数式で表すことにより、他の現象への応用もしやすくなります。

iv) 今後の展望

○実験の改良点

実験の問題点を反省し、改良の余地を示します。より精度の高い測定法や具体的な実験装置なども提示できるとよいでしょう。ただ、“もっと高価な装置で測定する”等の具体性のない“改良”はやめましょう。

○発展の可能性

自分の研究の成果を、今後どのような方面に生かすことができるか、他の分野も含めてその可能性を示唆します。

(3) 理系の作文技術

i) レポート・論文の文章

○わかりやすい文章を

レポートは文学作品ではありません。感動させる文章、味わいのある文章は必要ありません。わかりやすく、誤解のない文章を心がけましょう。

○事実と意見を区別する

学術的な文章の基本です。客観的な事実と自分の意見を明確に区別し、事実の説明に主観が入らないように気をつけましょう。

○はっきり言い切る

「～であろう」「～と思われる」「～と見てよいのではないか」などの持って回った表現、あいまいな表現は避けましょう。

ii) わかりやすい文章表現

文章表現についての本は、多数出版されています。ここでは要点を列挙するのみにとどめます。

○「だ・である調」

「です・ます調」は、レポート・論文には適しません。

○ひとつの文にひとつの内容

文はできるだけ短く。だらだらと長文にならないように。

○主語と述語の関係を明確に

文を書いたら、その中の主語と述語がどれなのか確認してみましょう。主語と述語があまりに離れすぎているのも、文をわかりにくくさせる要因の一つです。

○修飾語と被修飾語の関係

“旨そうな海老ののった天井”は、“旨そうな「海老ののった天井」”なのか、“海老ののった「旨そうな天井」”なのか、どちらにも解釈できます。語順を変える、読点(、)を打つなどして、誤解のない表現にしましょう。修飾語は、それが掛かる語のすぐ前に置くのが原則です。このように、理系の分野でも、国語力がとても大切です。普段から多くの文章を読む、一度書いた文章を先生に読んでもらうなどして、文章力をさらに磨いていきましょう。

(4) 論文展に挑戦

i) 論文展いろいろ

これまで、日夜努力して進めてきた課題研究。ぜひその成果をまとめて、「論文展」に挑戦してみてください。高校生を対象とした論文展のうち、主なものを下表にまとめてみました。日本学生科学賞は県ごとの地方審査がありますので、各県の読売新聞社支局や教育センターなどの窓口を調べてください。各県から3～6点の論文が、中央審査に進むことができます。朝日新聞社主催のJSECは、2003年から始まった科学技術論文展で、いわゆる自然科学はもちろん、数学・コンピュータサイエンス・エンジニアリングなど、広範な分野にわたる研究が対象となります。他の論文展もそれぞれ特徴がありますので、各ホームページなどで確認をしてください。応募期間は9～10月頃のものが多いのですが、工学院大学のものだけは4月から7月下旬までとなっています。このほかにも、企業や科学館その他の団体が主催して公募される論文・作品展もありますので、インターネット等を利用して検索してみてください。

ii) 海外の論文展へ

論文展の中で、日本学生科学賞とJSECの上位入賞者は、アメリカで毎年5月に行われるIntel ISEF（国際学生科学技術フェア）に派遣され、世界各国の学生に混じってプレゼンテーションを行います。ISEFは、世界40か国以上から1500人以上の高校生が集まって、自分たちの研究を発表しあう、まさに世界最大級の“科学技術のオリンピック”です。もちろん、すべての書類や発表、審査は英語で行われます。

(5) 大学入試に挑戦

多くの高校生には、大学入試が待ち構えています。皆さんはこれまで、自分で決めたテーマについて、それを解明するための実験を考えて装置をつくり、努力を惜しまずに実験を繰り返してきました。中には、その成果をまとめた論文で入賞することのできた人もいることでしょう。これまでの努力を、各自の進路実現にうまくつなげていってください。

i) 論文展の特典

日本学生科学賞やJSEC の上位入賞者には、早稲田大学や慶應義塾大学SFC（湘南藤沢キャンパス）、立命館大学などの一部の学部において、AO入試や特別選抜入試の受験資格が与えられます。また、他の大学主催の論文展や発表会などでも、入賞者にその大学の特別受験資格などが与えられることがあります。

ii) AO入試に挑戦

大学のAO入試や推薦入試における自己PRに、課題研究の成果を活用して入学を決めていく先輩がたくさんいます。この場合も、論文、面接あるいはプレゼンテーションなど、これまでに磨いてきたいろいろな形での発表能力が生かされることとなります。私立大学はもちろん、国公立大学でも多くの大学が自己推薦入試やAO入試を設定し、型にとらわれずに自分自身で学んでいく力を持った生徒を募集しています。

iii) 大学での学習・研究に求められる力

AO入試については、入学者の基礎学力不足など否定的な意見もありますが、課題研究によって培われた様々な能力こそ、大学入学後に“大学が学生に求める能力”に他なりません。それは“自学力”です。自分が学びたい分野・対象に対して文献を探し、書籍を読みこなして学習していく力。先生に質問し、グループで討論しながら問題点を洗い出し、具体的な解決策を考え出す課題解決力。これまでの活動で身につけたこれらの力を存分に活用して、まずは大学入試に挑戦し、そして大学進学後は自分自身の夢に向かってチャレンジしていきましょう。

(6) 課題研究で得られるもの

皆さんは、これまで課題研究を通して研究計画を立て、実験装置を作り、放課後も残って実験を繰り返し、結果を考察して発表会に臨み、そしてレポートとしてその結果をまとめてきました。これらの一連の活動によって、どんなことを得ることができましたか。失敗を繰り返しながら、皆さんは知らず知らずのうちに大切なことをいろいろ学んできました。自分自身は気付かないかもしれませんが、きっと次のような力が身に付いてきたことと思います。

i) 自然（もの）を観察する力

夜空の星をどのように観察しますか。まず、明るさの違いから、その星の大きさや距離の違いがわかります。色の違いから表面温度がわかります。星のまたたきから、大気の揺らぎがわかります。あるいは、星の動きから地球の自転の様子がわかります。はるか130億光年のかなたか

らやってくる光に、地球の現在（今）を思います。課題研究を通して、ものごとのいろいろな見方を学んだことと思います。

ii) 論理的に考える力

現象は、いろいろな要因が絡み合って姿を現します。その絡み合った糸を解きほぐして、本当の原因を突き止めるには、論理的に考えることが重要です。“かき氷がよく売れるほど熱中症が多くなる”という事実から、“かき氷が熱中症の原因だ”などと結論付けることのないように。

iii) プロジェクトを計画し、実行する力

一年間という長期にわたるプロジェクトを、自ら計画して実行したのはおそらく初めてでしょう。先を見通す力、余裕を持って日程を組む力、予定通り実行する力など、科学研究に限らずとも、さまざまな業種や社会分野で将来必要になる力です。

iv) 表現する力、伝える力

ちょっとうまく言えないと、口をつぐんであきらめてしまう人が増えているといいます。発表体験を通して、とにかく言葉をつないで自分たちのやったことや考えたことを、相手に伝えることの大切さを実感したことと思います。社会では“以心伝心”は通用しません。このような力は、皆さんのこれからの人生できっと役に立つと信じています。

8. 安全倫理ガイドライン

課題研究が、科学のおよび社会的規範に照らし適切な方法で行われることを目的として、課題研究のための安全倫理ガイドラインを定めています。

(1) 審査委員会

課題研究が適正に行われるよう、指導・監督・審査する機関として、審査委員会を設けています。ヒトを被験者とする研究や、脊椎動物、危険性のある生物及び生物由来物質についてテーマを設定する研究の場合、この審査委員会の承認を必要とします。

○審査委員会は、次の点について各研究を審査する。

- i) テーマ設定は適切か。
- ii) 動物の使用にあたり代替手段の有無を調べたか。
- iii) 動物に対して人道的な扱いをしているか。
- iv) ヒト対象及び動物の研究、危険性のある生物及び生物由来の物質を扱う研究に適用されるルール・法律を遵守しているか。
- v) 実験方法は適切か。
- vi) 適切な指導がなされているか。

○審査委員会構成

校長、副校長、教頭、理数科長、課題研究担当教員 2 名
校長が指定した大学・研究機関の専門家 2 名

(2) 研究全般に関する事項

- i) 不正行為は絶対に行ってはいけない。不正行為には、盗作、偽造、他の生徒の成果を自分のものとして利用・発表すること、データの捏造・改ざん等があげられる。
- ii) 生徒・指導者は、我が国の法令、国際的に定められた規範・規約・条約等を遵守する。
- iii) 生徒・指導者は、ヒトを被験者とする場合や脊椎動物や病原性のある生物及び生物由来物質についてテーマを設定するときには、審査委員会に事前承認を受けること。さらに、バイオセーフティーレベル 2 以上の危険性のある生物及び生物由来物質、人体に危険がおよぶ可能性のある研究は、行わないこととする。
- iv) 脊椎動物を用いる研究を行うときには事前によく検討し、動物を使わない研究方法や動物研究に代わる方法で実施することが望ましい。
- v) 自然界に存在しない生物種や外来種、有毒化学物質を実験室外に持ち出したり、廃棄したりしないこと。国の規則や検疫リストを参照すること。
- vi) 指導者は、研究にあたる生徒の健康と安全、および研究の対象となるヒトや動物について責任を負う。指導者は、実験が法律や条例に従っ

て行われることを確認する。指導者は、生徒の研究が潜在的な危険を伴う場合、その研究に関わる規定を熟知しておくこと。これには、化学薬品の扱い、実験装置の使用法、実験技術、実験動物・細胞培養・微生物・動物組織に関わる研究が含まれる。研究によっては、日本以外の国の法律によって規制される手法や物質を含む場合がある。

(3) ルール

i) ヒトを対象とした研究に関する事項

- 研究に参加する者のプライバシーを保護しなければならない。
- 身体活動に関わる研究(例:身体運動など)、心理学的、教育学的、および意見に関する研究(例:調査、アンケートなど)、非識別・匿名化されていないデータ・記録を閲覧する研究(例:名前、誕生日、電話番号など個人情報を含むもの)においてヒトを被験者に用いる「ヒト対象研究」では、あらかじめ同意(必要に応じて保護者の同意書)を得なければならない。成人被験者は自身で承諾することができるが、18歳以下の被験者または自身で承諾するのが困難な被験者(例:重度障害者)は保護者の承諾が必要となる。

ii) 脊椎動物を対象とした研究に関する事項

- 脊椎動物の研究を行う場合には、法律や条例や規制を遵守しなければならない。
- 痛みや苦痛を与える研究は避ける。
- 実験中に動物が死ぬようなことがないように十分留意する。
- 動物を野生生物管理機関や監督官庁の承認を得ずに野外から捕獲したり、放ったりしてはならない。魚類については、地方や国の漁業法を順守し、魚を傷つけることなく放流する場合に限り、野外から採取してもよい。

iii) 病原性のある生物及び生物由来物質の研究に関する事項

- 微生物(細菌、ウイルス、ウイロイド、プリオン、リケッチア、菌類、寄生虫を含む)、組換えDNA(rDNA)技術、ヒトや動物の組織、血液や体液の使用に関する潜在的危険性のある生物及び生物由来物質を扱うときには、細かい条件とルールを満たす場合のみ許可されている。

iv) 危険な化学物質、作業、装置を用いる研究に関する事項

①処方薬

処方薬は法律で規制された薬物であり、不適切な使用を防ぐために薬局でのみ入手できる。課題研究にこれを使用する場合には以下の特別な注意を払うこと。

- a. 生徒は被験者に処方薬を投与することはできない。
- b. 脊椎動物に処方薬を投与する場合は、獣医等に監督を依頼する。

②酒・たばこ

- a. 指導者は、研究におけるアルコールやたばこの入手・使用・廃棄に関して責任を持つ。
- b. 微量のエチルアルコールが生産される酵母発酵研究は許可する。

- c. 生徒が蒸留により一般消費用エチルアルコールを作製することは禁じられている。ただし、燃料や消費しないアルコールの蒸留を行うことは認められている。

③火器・爆発物

火器・爆発物を扱わないこと。

④放射線

放射性核種・ラジオアイソトープ・エックス線を扱う研究では、研究が伴うリスクを慎重に調べ安全のため適切な予防措置を取らなければならない。被ばくレベルによっては、放射される放射線が健康に被害を及ぼす可能性がある。すべての研究は、1時間当たり0.5mrem もしくは1年当たり100mrem の被ばくという原子力規制委員会の定めた線量限度を超えてはならない。

⑤コンデンサー

コンデンサーを用いる実験において、50mA以上の電流を流す場合には感電の危険性があるため、指導者の監督下で実験しなければならない。また、100mA以上の電流を流す場合には、審査委員会による事前承認を受け、指導者の監督の下で実験しなければならない。

⑥重量物

硬くて重たい物体を扱う場合には落下により負傷する危険があるため、指導者の監督下で実験しなければならない。

⑦工作機械

旋盤、ボール盤、糸のこなどを扱う場合には、原則指導者がこれらの機械を扱うこととし、生徒にはこれらの機械を扱わせないようにする。

【参考文献】

- ・インテル国際科学技術フェア
「高校生の科学研究のための国際ルール、科学技術フェア2016のガイドライン」
- ・岡山県総合教育センター 理科指導資料「高等学校理科の観察、実験における安全の手引き」2007
(http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/gakkoushien/kou_seibutu/anzen.pdf)
- ・岡山県総合教育センター 理科指導資料「観察、実験の安全ガイド」2011
(<http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/chousa/kiyou/h22/10-05-2.pdf>)

【薬品管理関係URL】

- 法令検索関係
 - ・総務省の法令データ提供システム (<http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxsearch.cgi>)
 - ・国立医薬品食品衛生研究所 (<http://www.nihs.go.jp/law/dokugeki/dokugeki.html>)
- 化学薬品データベース関係
 - ・日本試薬協会MSDS検索(<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/index.html>)
 - ・毒物および劇物 (<http://www.esmc.nagoya-u.ac.jp/kagaku/dokugeki/dokugeki.html>)
 - ・国際化学物質安全性カード (ICSC) (<http://www.nihs.go.jp/ICSC/>)
 - ・国立環境研究所の化学物質データベース (<http://w-chemdb.nies.go.jp/>)
- その他
 - ・毒物劇物の安全対策 (<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/doku/dokuindex.html>)

【生物関係URL】

- カルタヘナ法
 - ・文部科学省 ライフサイエンスの広場生命倫理・安全に対する取組
(<http://www.lifescience.mext.go.jp/bioethics/anzen.html#kumikae>)

体験学習参加レポート（様式1）

研修タイトル

実施日 平成 年 月 日

実施場所： 県 市 施設名

◎次の質問に1～4で答えなさい

- ① この研修はおもしろかった。（ ）
- ② この研修を受けて、科学についての知識が深まった。（ ）
- ③ この研修を受けて、科学についての興味や関心が高まった。（ ）
- ④ この研修を受けたことで、研究者を身近に感じることができる。（ ）
- ⑤ この研修は課題研究（探究的活動）の参考にならなかった。（ ）
- ⑥ このような研修をもっと受けたいと思う。（ ）
- ⑦ この研修を受ける前より研究をおもしろそうだと思うようになった。（ ）
- ⑧ この研修を受けることで、以前より科学の必要性を感じた。（ ）

4 そう思う 3 ややそう思う 2 ややそう思わない 1 そう思わない
--

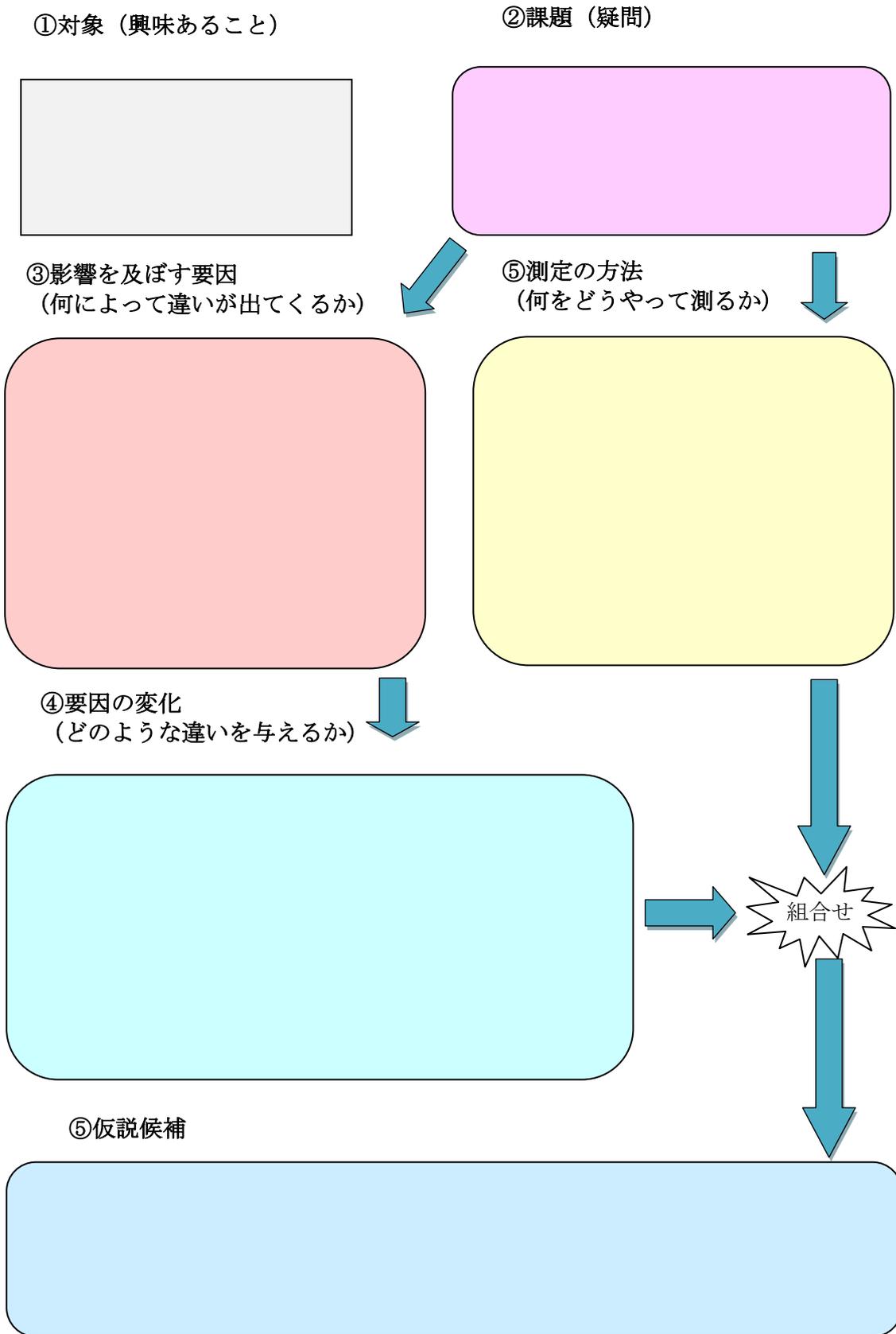
※この研修で興味深いと思ったことを2つ、その理由も添えて書きなさい。

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

※この研修を受けての感想や、今後の活動に活かそうと思うことなどを書きなさい。

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

仮説設定練習フローチャート（様式2）



実験計画書（様式3）

作成日	年	月	日	研究タイトル			
作成者	年	組	番				
研究の動機・きっかけ・興味の起こった時期と理由・背景							
明らかにしたい題材の性質、課題（疑問）、研究の目標							
実験1タイトル			実験予定日		年	月	日
仮説							
必要な実験器具・実験材料							
実施場所・必要な環境							
実験方法・実験手順・この実験の特徴点・工夫点							
期待される実験結果とそうなる理由							
実験2タイトル			実験予定日		年	月	日
仮説							
必要な実験器具・実験材料							
実施場所・必要な環境							
実験方法・実験手順・この実験の特徴点・工夫点							
期待される実験結果とそうなる理由							

実験報告書（様式4）

作成日	年	月	日	研究タイトル		
作成者	年	組	番			
研究の動機・きっかけ・興味の起こった時期と理由・背景						
明らかにしたい題材の性質、課題（疑問）、研究の目標						
実験1タイトル			実験予定日	年	月	日
仮説						
必要な実験器具・実験材料						
実施場所・必要な環境						
実験方法・実験手順・この実験の特徴点・工夫点						
実験結果（試行回数はもちろん気温や周囲の状況などできるだけ細かく書きましょう）						
実験結果の考察と仮説の検証						
疑問の解消または新たな実験の必要理由						

研究開始	回目	月	日	参照データページ	P
					担当サイン
研究開始	回目	月	日	参照データページ	P
					担当サイン

研究週報（様式5）

研究週報（ 月 週）	
学年 組 番 氏名	
1 主な成果(進捗状況・未達理由・課題と対策)	
2 次週の予定	
3 その他・感想	
4 担当者のコメント	検印

アドバイスカード（様式6）

ポスター番号	
--------	--

玉島高校課題研究発表会

アドバイスカード

次の4つの観点で良いと思うものに○を記入してください。

- 知識・理解：研究のバックグラウンドとなる知識や法則，公式の理解度
- 発表技能：ポスターの完成度（生データの羅列ではなく表・グラフ化されている，分かりやすい），発表コミュニケーション力
- 実証性・分析力：必要なデータ数，再現性，適切なデータ処理と分析がされている
- 創造性：着眼点がよい，理論をうまく展開している

知識・理解		発表技能	
実証性・分析力		創造性	

その他のアドバイスや良いところ、改善点があれば御記入ください。

御協力ありがとうございました。よろしければ、該当を○で囲んで下さい。

玉島高校生徒（1年 2年）、高校教員、保護者、その他

【参考文献】

- ・天野一男、秋山雅彦（2004）「フィールドジオロジー入門」共立出版
- ・アンホルト、ロバート．R（2008）「理系のための口頭発表術」講談社ブルーバックス
- ・一瀬正己（1953）「誤差論」培風館
- ・小倉 康（2004）「英国における科学的探究能力育成のカリキュラムに関する調査」
国立教育政策研究所
- ・木下是雄（1981）「理科系の作文技術」中公新書
- ・酒井聡樹（2007）「これからレポート・卒論を書く若者のために」共立出版
- ・酒井聡樹（2008）「これから学会発表する若者のために」共立出版
- ・藤沢晃治（2002）「『分かりやすい説明』の技術」講談社ブルーバックス
- ・村上陽一郎（1979）「新しい科学論」講談社ブルーバックス
- ・山下孝介 訳編（1972）
「メンデルの基礎 —メンデルの〈植物雑種に関する実験〉ほか—」裳華房
- ・米盛裕二（2007）「アブダクション 仮説と発見の論理」勁草書房
- ・Adey, P. S. , Shayer, M. , & Yates, C. (2001)
Thinking Science: the curriculum materials of theCASE project. (3rd ed.).
Cheltenham: Nelson Thornes.
- ・小泉 治彦「理科課題研究ガイドブック～どうやって進めるか、どうやってまとめるか～」



SPECIAL THANKS SSH!

