

RESEARCH LAB NOTEBOOK 2024



Name

Department

Date of Use

~

RESEARCH LAB NOTEBOOK 2024 (岡山県立津山高校学校 理数科)

〈目次〉

高校 1 年次生 課題研究の見通しとガイダンス

6年間を活用した課題研究の取り組み	2
1年次サイエンス探究Ⅱガイダンス	3

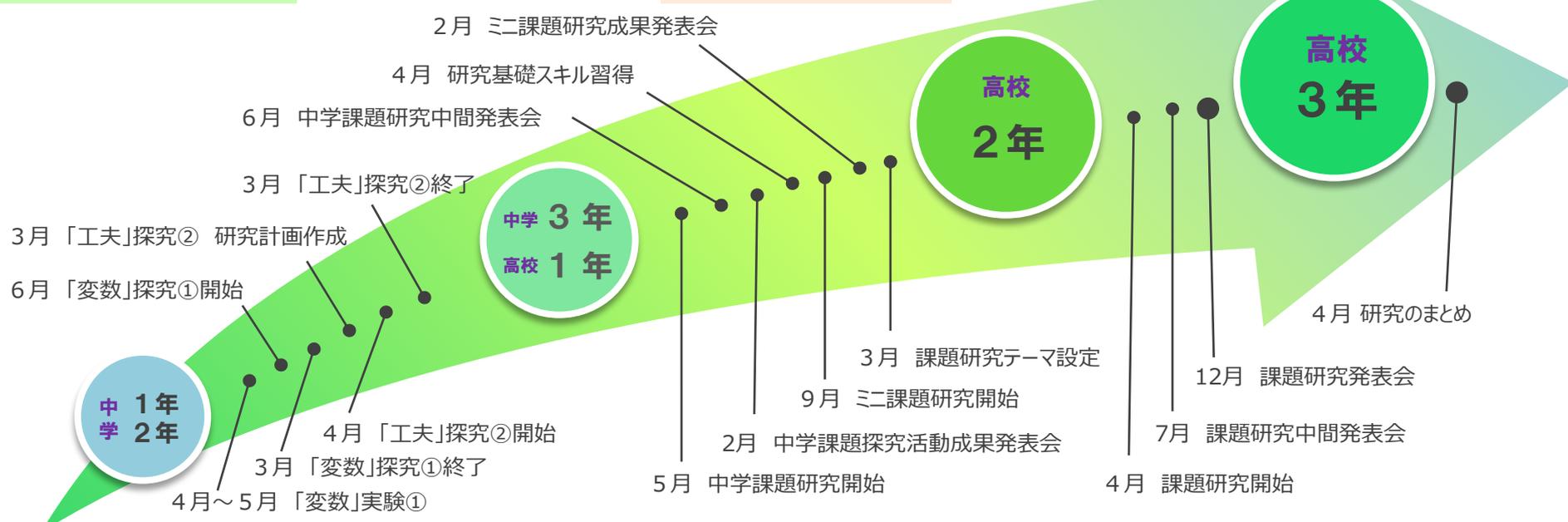
高校 2 年次生 課題研究の実施と発表

2年次サイエンス探究Ⅱガイダンス	5
サイエンス探究Ⅱの評価項目	7
提出書類等	10
1. 4月当初用 研究計画書	
2. 構想発表会用 研究計画書	
3. 中間発表資料	
4. 必要物品購入要求書	
ラボノート	16
1. ラボノート記入例	
2. ラボノート	
課題研究発表の手引き	37
引き継ぎカード	49
付録 1 (量, 単位, 記号)	50
付録 2 (有効数字, 目盛の読み方)	51
付録 3 (データ収集と分析の方法について)	53

裏表紙 QR コード 本校 HP

6年間を活用した課題研究の取組

中学1～2年生 問題発見力育成期	中学3年生～高校1年次生 研究基礎力育成期	高校2年次生 問題解決力育成期	高校3年次生 キャリア形成力育成期	
サイエンス探究基礎 (週1時間)	サイエンス探究基礎 (週1時間)	サイエンス探究Ⅰ (1単位) 研究基礎・ミニ課題研究	サイエンス探究Ⅱ (2単位) 課題研究	サイエンス探究Ⅲ (1単位) 研究のまとめ・自己実現講座
エクспレッション 発信力・表現力 (週1時間)	中学校課題研究 (週2時間)	サイエンスリテラシーⅠ (2単位) データ処理・プレゼンスキル	サイエンスリテラシーⅡ (1単位) 科学英語・英語プレゼン	
課題探究活動 探究的・協働的活動 (週1時間)		十六夜プロジェクトⅠ (1単位) 研究基礎・論理的思考力	十六夜プロジェクトⅡ (1単位) 課題研究	十六夜プロジェクトⅢ (1単位) 研究のまとめ・自己実現講座
“イングリッシュ”ロード 英語発信力・英語表現力 (週1時間)		サイエンスリテラシー (2単位) データ処理・プレゼンスキル		





令和5年度理数科1年サイエンス探究Ⅱ ガイダンス

令和6年3月5日(火)

1. サイエンス探究Ⅱとは

1 グループ4または5名の班を作り、班ごとの研究テーマを設定し、1年間研究をする。活動時間は2年次のサイエンス探究Ⅱを基本とするが、顧問の先生と相談のうえ放課後を活用するなど、それぞれの班で工夫して活動する。研究成果は4月の構想発表会、7月の中間発表会、12月の校内発表会(いずれも予定)などで発表する。また、1月には県下の公立高校理数科の合同発表会で発表を行う。

2. サイエンス探究Ⅱの目標

研究を通して自然科学における研究や開発の手順、科学的なものの見方・考え方、論文作成の方法やプレゼンテーション能力など、将来の大学や企業で必要な力を身につける。

目標を達成するために**S探Ⅱテーマの種や各自の事前調査**を持ち寄ってグループを作り研究目的を設定する。

◎R06_サイエンス探究Ⅱ 課題研究計画書の作成について

1. 個人でS探Ⅱテーマの種をもとに計画書を作成してみる
身の回りの気になること、理由が説明できないことをまずは明確にしよう。
2. 次回3月12日(火)6・7限目に持ち寄って、先行研究、文献を調べ、それがすでにわかっている説明されているなら
 - ① 諦める
 - ② 諦めずにさらに変数を変えてみるとどんなことになるか予想してみる。
⇒さらに調べてみる。

など。この作業を怠ると、後々研究に行き詰ったときに先に進めなくなる。

R06 サイエンス探究Ⅱ 課題研究計画書(個人版)
3月11日(月)12:00までに投稿すること

3. 班作りについて

自分の取り組んでみたい研究がどの分野に属するかを考えて選ぶこと。

- ・やりたい研究があれば(そして熱意があれば)2年次の理科の選択(物理or生物)に関係なく選んでよい。
 - ・1年次の課題研究を継続することもできる。
 - ・先輩の課題研究を継続することもできる。
- (詳しくは過年度の研究冊子で確認すること。昨年以前のものについてもしっかり調べよう。)
- ・人数調整の都合上班を分けたり、統合する場合がある。

☆班作りのポイント

班作りは戦略的に。各人の得意分野を生かして強い班に。

班の人数は原則4または5人、最大9班までとする。班の掛け持ちはできない。

○よい例：頭脳派+実験派+発表派+PCの使い手

×悪い例：仲良しメンバー(馴れ合いになって研究レベルが低下する事例多数)

4. 今後のスケジュール

- ・3月12日(火)6・7限：物・化・生の各分野に分かれて、グループ作りを行う。
- ・3月19日(火)6・7限：物・化・生の各分野に分かれて、グループ作りを行う。
- ・4月最初のサイエンス探究Ⅱ：サイエンス探究Ⅱ・指導教員との打ち合わせ
&研究計画書修正(研究スタート)

※本年度のLHR, S探の時間で、S探Ⅱについて話し合う時間はとれません。各自で先生方に質問する、同じようなテーマに興味がある人達と打ち合わせをする等、時間を作り出してください。

RO6_サイエンス探究Ⅱ 課題研究計画書(グループ版)
4月8日(月) 8:15までに投稿すること

5. 令和6年度S探Ⅱの大まかなスケジュール<予定>

- 4月(始業式) …RO6_サイエンス探究Ⅱ 課題研究計画書(グループ)提出
- 最初の授業 全体ガイダンス(日程, 諸注意)
顧問との打ち合わせ(企画書提出)
- 次の週 構想発表会、実験スタート
- 7月 …中間発表会(日程変更の可能性あり, 外部公開予定)
- 11月 …論文(簡易版)提出
- 12月 …プレゼン提出
- 12月 …課題研究発表会(外部公開予定)
- 3学期 …論文(正式版)提出 英語論文作成, 英語プレゼン等
- 1月 …岡山県理数科合同発表会
(全グループポスター発表, & 2グループステージ発表)
- 3年8月 …SSH生徒研究発表会(全国) …代表1グループ
※受験があるので, 該当者は2年末までに成果を完成させておく。

6. 評価について

- 活動評価(毎時間) • 論文評価 • 発表評価
- ポスター評価…ポスターの内容, わかりやすさ, 態度, 質疑応答, 理解度

7. 外部発表について(たくさんありますが一昨年のものです。)

- 集まれ! 科学への挑戦者(県) …10月応募, 1月論文提出。ポスター発表形式
- 科学チャレンジコンテスト(県) …12月応募(完成品)。ステージ発表形式。
- 日本学生科学賞(全国) …9月応募。県の論文審査を経て(県での表彰あり), 優秀作品が中央審査(全国)へ進む。中央審査は一次が論文審査, 二次(上位16)が12月にポスターセッション(ブース発表)。
※2年末に完成させておいて3年で応募してもよい(全国16でなければ)。

【上記以外】

- 日本物理学会 Jr セッション(全国, 1月応募3月開催)
- 日本物理学会中四国支部(3年生の7月開催。参加者全員奨励賞)
- 中四国生物系3学会(5月)(参加者全員奨励賞)

令和6年度 理数科2年 サイエンス探究Ⅱ ガイダンス

令和6年4月11日(木)

1. 授業担当

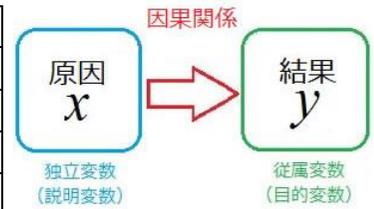
物理：津田， 田野， 矢吹
化学：矢野， 篠山， 南， 横山
生物：坪井， 小西， 大澤
数学：花房， 下山
中学校：松本郁， 山本光， 清水敦
外部講師：美作大学， 津山高専
GSO 枠：江原マルティーナ

2. サイエンス探究Ⅱで求める姿

- ① 頭でっかちではダメ！とにかく行動せよ！
- ② 顧問や分野の先生と研究について密に相談を行う。毎日準備室・職員室を訪問！
- ③ 研究課題の整理， 実験器具の整頓をする。先を見通して研究へ取り組もう！

3. 年間計画の概要

時期	事柄
5月2日(木)	構想発表会
	実験&考察… Try&Error!
7月25日(木)	中間発表会
	実験&考察… Try&Error!
9月下旬	美作サイエンスフェア
10月～11月	実験&考察 まとめ作業
12月上旬	研究報告書(要約)・プレゼン完成
12月14日(土)	課題研究発表会
1月下旬	研究報告書・ポスター完成
1月31日(金)	岡山県理数科合同発表会



私は失敗したことがない。
ただ、1万通りの、
うまく行かない方法を見つけただけだ。

Thomas Alva Edison

4. 研究計画書について

構想発表会までのS探Ⅱ実施回数は、あと4/18, 25の**2回**のみです。

授業以外でも各分野の先生方と打ち合わせをして、研究内容のよくわかる計画書を作成すること。以下に各項目の書いて欲しいことを簡単にまとめました。参考に。

- (1) テーマに取り組む動機・目的
そのテーマに着目した理由と疑問に思ったこと。
この研究を通して明らかにしたいこと
- (2) 研究仮説
研究目的に対しての予想「きっとこんな関係があるはずだ。」
- (3) 研究の手段・方法・実験装置など (図・表を用いて具体的に記入すること)
その予想を確かめるために、どんな実験・観察を行えばよいか。そのプランを時系列にそって説明。特に実験装置については図や表、フローチャートを使って説明してOK。

(4) 先行研究（今までに参考にしてきた書籍も）

その研究をいままでにやった人、団体をまとめる。そしてどこまでわかっている、どこからがまだかはっきりさせる。自分たちの研究の範囲と目的を他と区別させる。ここに研究の価値が生まれます。また、この研究はどんな分野で行われているか、研究フィールドを探ること。物理なら力学、波動、電磁気など...

(5) 中間発表までの予定

中間発表までの成果物をどういった予定で作っていくかのまとめ。データ収集、実験装置の完成など。

研究計画書は構想発表会で参加される先生方に冊子にして配布します。丁寧に分かりやすい資料にすること。

→**構想発表会用の研究計画書は各分野の先生の許可をもらって提出**

4/25（木） 17:00 〆切

※提出方法は追って連絡をします。

☆構想発表会について

1 グループ発表 5分+質疑 8分。発表は研究概要と手法と先行研究、関係する研究分野について説明する。追加資料や道具の持参も OK。

【発表に必須の事項】

- ・研究テーマ
- ・グループメンバー
- ・研究の背景、動機
- ・先行研究、関係する分野
- ・研究の目的
- ・研究の手順
- ・予想される結果

5. 成績について

評価は以下の①～③を総合して評価します。テストはありません。

- ①課題研究での活動（ディスカッション・研究への取り組み等）と、
- ②課題研究発表会などでの発表
- ③研究報告書&ポスターの成果

6. その他

持参物：ラボノート、手帳、クロムブック・・・毎回持参せよ！

- ①実験ノート（ラボノート）2種類を後日配布します。全ての資料、実験結果、考察、協議内容、アイデアなどはすべて記入したり張り付けてください。（記入の担当を決めたほうが良いかも）
- ②個人の手帳もデータや気づいたことなどを書き込んでグループミーティングなどで活用すること。データは自分の力で収集するのが基本です。
- ③理科室をもっと活用しよう。放課後の実験、ミーティング、質問など。理科教員に申し出て活用しましょう。
- ④実験道具の使用は許可をもらってから！必ず元の場所に返却すること！

サイエンス探究Ⅱの評価項目

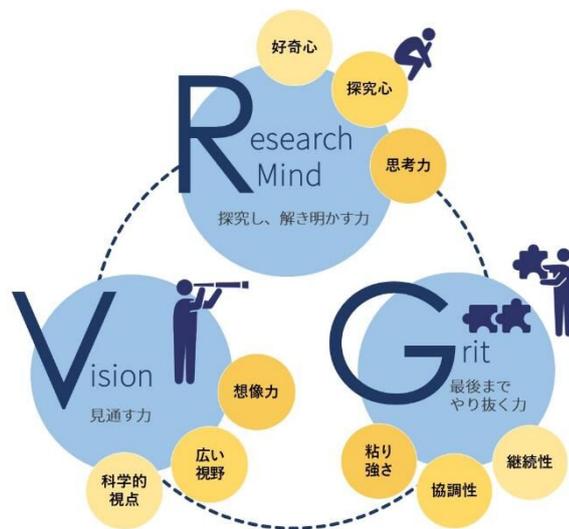
◇津山高校ではサイエンス探究Ⅱやその他学校行事を通してVGRの育成を目指しています。

V:「見通す力」の Vision

一つの授業内で見通しをもって学ぶことはもちろん、将来の自分の姿や世界情勢について、「見通す力」です。

G:「最後までやり抜く力」の Grit

授業や学校行事等でさまざまな困難に直面したとしても、その時にすぐに諦めない、「最後までやり抜く力」です。



R:「探究し、解き明かす力」の Research Mind

探究活動を通して、皆さんには探究心や好奇心が生まれ、思考力が育まれることになるでしょう。そのように、問題や課題について「探究し、解き明かす力」です。

これら3つの力は21世紀の社会でトップサイエンティストとして活躍していくうえで必要な資質となります。津山高校在学中にこれらの力を身につけ、社会に貢献する人となることを期待します。

サイエンス探究Ⅱでは次のルーブリックに基づいて評価を行います。評価項目として記されている力は、みなさんに身につけてほしい力と言いかえることもできます。そのため、3つのステージの終わりに評価項目でA～C段階のうち「A」がつくように、研究活動の方向性を修正し、個人の研究者としての活動やグループ全体での活動の質を高めてほしいと考えます。

それぞれの評価項目は次の通りです。3つのステージでVGRに関わる様々な能力を獲得できるようグループで協力し、かつお互いに切磋琢磨していきましょう！

サイエンス探究Ⅱの活動をツールとして行う				A
			A	B
	A		B	C
	B		C	
ステージ	I	II	III	
時期	4月	7月 (中間発表)	12月 (校内発表)	3月

【個人】の評価項目

ステージ	伸ばす能力	評価	評価項目（個人の活動について）
I	V _{I-1}	A	実現可能なテーマ設定であり、そのための具体的な実験や調査の計画が立てられている。
		B	実現可能なテーマ設定であり、そのための具体的な研究計画が立てられている。
		C	テーマや研究計画が大雑把であり、やや具体性に欠ける。
	V _{I-2}	A	先行研究を十分に調べている。
		B	先行研究をある程度調べている。
		C	先行研究の調査がやや不十分である。
	G _I	A	予備実験や予備調査を十分に行い、テーマに向けて充実した研究活動に取り組んでいる。
		B	予備実験や予備調査を行っており、テーマに向けて概ね十分な研究活動を行っている。
		C	予備実験や予備調査があまり行われておらず、研究活動もやや不十分である。
II	V _{II}	A	研究内容を十分に理解し、テーマに向けて計画的に実験や調査を行い、研究のまとめに向けた道筋も明確である。
		B	研究内容を理解し、テーマに向けてある程度計画的に進めており、研究のまとめに向けた道筋も考えている。
		C	研究内容をあまり理解しておらず、テーマに向けての見通しがやや不明瞭である。
	G _{II}	A	試行錯誤しながら十分な実験や調査を行い、豊富なデータ収集活動ができている。
		B	概ね十分な実験や調査を行っており、得られたデータ量や活動も概ね十分である。
		C	実験や調査がやや不十分でデータ量や活動がやや不足している。
	R _{II}	A	課題解決に向けて、自分たちで意見を出し、様々な実験方法や調査方法で調べ、創意工夫とアイデアを凝らした活動を行っている。
		B	課題解決に向けて、自分たちで意見を出し、実験方法や調査方法を調べ創意工夫を凝らして活動を行っている。
		C	課題解決に向けた自分たちの意見や創意工夫がやや不十分な活動となっている。
III	V _{III}	A	自分たちの研究の反省や課題を十分に理解し、将来の展望を持っている。
		B	自分たちの研究の反省や課題を理解し、将来への研究の展望をある程度持っている。
		C	自分たちの研究の反省や課題の認識がやや不十分である。
	G _{III}	A	研究のまとめとなる成果物作成のために、充実した研究活動を行っている。
		B	研究のまとめとなる成果物作成のために、概ね十分な研究活動を行っている。
		C	研究のまとめとなる成果物作成の研究活動がやや不十分である。
	R _{III}	A	テーマに沿って、客観的かつ十分なデータに基づいて論理的・科学的な結論を導き、考察できている。
		B	テーマに沿って、概ね客観的かつ十分なデータに基づいて、無理のない結論を導き、考察できている。
		C	データの客観性や量がやや不足しており、結論や考察に若干の無理がある。

【グループ】の評価項目

ステージ	伸ばす能力	評価	評価項目（グループの活動について）
II	V _{II}	A	研究目的・仮設の設定→検証→結論に研究内容の整合性があり、研究内容に対して創造的な考えや新たな提案を行っている。
		B	研究目的・仮設の設定→検証→結論にある程度研究内容の整合性がある。
		C	研究目的・仮設の設定→検証→結論にやや研究内容の整合性がない。
	G _{II}	A	豊富な実験や調査等を行い、多彩な資料・データなどを調べ、粘り強く研究を行っている。
		B	概ね十分な実験や調査等を行い、資料やデータなどもほぼ不足がない。
		C	実験や調査等がやや不足し、資料やデータなどもやや不十分である。
	R _{II}	A	研究目的に即した適切な実験や調査等を行い、豊富な資料やデータなどの研究結果に基づいた論理的な分析や優れた考察がなされている。
		B	適切な実験や調査等を行い、資料やデータなどの研究結果に基づいた適切な分析や考察がなされている。
		C	実験や調査等の内容、資料やデータなどの分析にやや難がある。
III	V _{III}	A	先行研究等を調査し、検証可能な仮説を導き出し、検証方法や実験などに創意工夫を凝らしている。
		B	先行研究等を調査し、検証方法や実験などで創意工夫がみられる。
		C	先行研究等の調査や創意工夫がやや不十分である。
	G _{III}	A	豊富な実験や調査等を行い、多彩な資料、データなどが調べられ、十分な厚みの研究になっている。
		B	概ね十分な実験や調査等を行い、資料やデータなどもほぼ不足がなく、概ね十分な研究になっている。
		C	実験や調査、資料やデータなどがやや少なく、研究の分量がやや物足りない。
	R _{III-1}	A	研究目的に則した適切な実験や調査等を行い、豊富な資料やデータなどの研究結果に基づいた論理的な分析や優れた考察がなされている。
		B	適切な実験や調査等を行い、資料やデータなどの研究結果に基づいた適切な分析や考察がなされている。
		C	実験や調査の内容、資料やデータなどの分析にやや難がある。研究目的と結果、考察との関連が不十分である。
	R _{III-2}	A	わかりやすく的確にまとめられており、かつ必要なデータがきちんと示され科学的な説明がなされている。
		B	概ねわかりやすくまとめられており、データや説明も不足がない。
		C	わかりやすさや的確さにやや不十分な点があり、必要なデータや説明にやや不足する点がある。

【プレゼンテーション/ポスター】の評価項目

ステージ	伸ばす能力	評価	評価項目（プレゼンテーションやポスターについて）
II	見やすさ	A	図やグラフなどが適切に用いられ、見やすく興味を引き付けるために工夫が凝らされたデザインになっている。
		B	図やグラフなどが用いられ、概ね見やすく工夫されたデザインである。
		C	図やグラフ等が少なく、やや見にくいものになっている。
III	内容	A	研究内容と流れが十分に論理的かつ魅力的に表現されている。
		B	研究内容と流れが概ね十分に論理的に表現されている。
		C	情報が不足しており、研究内容と流れがややわかりにくい。

4月 日()提出

令和6年度 理数科 サイエンス探究Ⅱ 研究計画書

メンバー

班長 2-6()

班員 2-6()

班員 2-6()

班員 2-6()

班員 2-6()

分野

①物理

②化学

③生物

④地学

⑤数学

(該当番号に○)

研究

テーマ

(1) テーマに取り組む動機・目的

(2) 研究仮説

(3) 研究の手段・方法・実験装置など(図などを用いて具体的に記入する)

(4) 先行研究(書籍, 論文など。要約部のコピー添付可能)

R06 サイエンス探究Ⅱ 課題研究計画書【構想発表会】

① 研究メンバー	② 主な研究分野
リーダー：() 番 () () 番 () () 番 () () 番 () () 番 ()	①物理 [] ④地学 [] ②化学 [] ⑤数学 [] ③生物 [] ⑥情報 []
③ 研究テーマ	④ 研究目的
⑤ 研究動機	
⑥ 研究での独立変数候補	
⑦ 研究仮説	
⑧ 研究方法 (図・表などを用いて、より具体的に記入)	
<手段・方法>	<実験装置図>

⑨ 引用・参考文献

<関係する研究分野>

<書籍・HP>

⑩ 中間発表までの研究計画

4月

5月

5/2(木) 構想発表会

美作総体

第1回定期考査

6月

第1回実力テスト

修学旅行

第2回定期考査

7月

7/25(木) 中間発表会

○評価について

※参考

次回7月中間発表での評価A項目(個人)

V₁₋₁ 実現可能なテーマ設定であり、そのための具体的な実験や調査の計画が立てられている。

V₁₋₂ 先行研究を十分に調べている。

G₁ 予備実験や予備調査を十分に行い、テーマに向けて充実した研究活動に取り組んでいる。

○提出について

グループリーダーが作成し、担当教員とメ切(4/25(木) 17:00)までに面談をし、修正をした後提出をすること。

R06 サイエンス探究Ⅱ 中間発表会資料

① 研究メンバー	② 主な研究分野
リーダー：()番() メンバー：()番() ()番() ()番() ()番() ()番() ()番()	
③ 研究テーマ	④ 研究目的
⑤ 研究動機	
⑥ 研究での独立変数候補	
⑦ 研究仮説	
⑧ 研究方法 (図・表などを用いて、より具体的に記入) <手段・方法> <実験装置図>	

⑨ 引用・参考文献

<関係する研究分野>

<書籍・HP>

⑩ 中間発表までの研究計画

8月

9月

十六夜祭

美作サイエンスフェア
第2回実力テスト

10月

第3回定期考査

11月

研究報告書 作成開始
外部大会エントリー開始

12月

第4回定期考査
課題研究発表会 (12/14)

○評価について

※参考	次回 12月校内発表での評価 A 項目 (個人)
V _{II}	研究目的・仮設の設定→検証→結論に研究内容の整合性があり、研究内容に対して創造的な考えや新たな提案を行っている。
G _{II}	豊富な実験や調査等を行い、多彩な資料・データなどを調べ、粘り強く研究を行っている。
R _{II}	研究目的に即した適切な実験や調査等を行い、豊富な資料やデータなどの研究結果に基づいた論理的な分析や優れた考察がなされている。

○提出について

グループリーダーが作成し、担当教員とメキ切までに面談をし、修正をした後提出をすること。

R06年度 S探Ⅱ 課題研究 必要物品購入要求書

メンバー (リーダーの番号に○を記入)

	(出席番号) 氏名	1	()
2	()	3	()
4	()	5	()

研究テーマ

必要物品

品目	規格 (大きさ、質量など)	個数	単価	カタログ名/ページ
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

特別に購入しなければならない物品について記入すること。各記入欄が狭い場合は裏面に記入すること。
 面談資料として使うので、丁寧に分かりやすく記入すること。

この用紙に必要事項記入後、代表者が担当の教員と面談を行うこと。

提出〆切 5月中

担当者サイン		グループ番号	
--------	--	--------	--

今日やること

- ・ ミーティング
- ・ 実験器具のチェック
- ・ 実験装置の組み立て
- ・

ラボノート
記入例

<ミーティングメモ>

① 先行研究のチェック

△△さん → 論文A

↳目的がよく似ている

自分たちとの違いをもう一度確認

□□さん → 論文B

↳内容が全く異なるのでOK

② 装置の部品Cの発注数が違っていた

→もう一度

③ 組み立て→②が終わってから

振り返り(Reflection)

論文Aの分析を読み込んで、実験のポイントを掴みたい。
実験装置は、前回よりも安定して作動するようになったので、
より再現性を高める工夫をしていく。落下装置の形状を変えればより安定性が高まると予想される。現在のプラスチックから金属(ステンレス)に変えて、再度実験する。

①計画的に研究を行うことができた。

4 . 3 . 2 . 1

②積極的に協力しながら研究を進めることができた。

4 . 3 . 2 . 1

③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。

4 . 3 . 2 . 1

(4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

記入者

日付 年 月 日 : ~ :

振り返り(Reflection)

- ①計画的に研究を行うことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ②積極的に協力しながら研究を進めることができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
 - ③科学的に思考しながら研究に取り組むことができた。 4 ・ 3 ・ 2 ・ 1
- (4 : よくできた 3 : まあまあできた 2 : あまりできなかった 1 : できなかった)

担当者コメント

令和6年度 理数科 サイエンス探究Ⅱ 中間発表資料

メンバー
班長 2-6()
班員 2-6()

班員 2-6()
班員 2-6()

班員 2-6()

研究

テーマ

(1) テーマに取り組む動機・目的

(2) 研究仮説

(3) 研究の手段・方法・実験装置など（図などを用いて具体的に記入する）

(4) 先行研究（書籍，論文など。要約部のコピー添付可能）

(5) 4月からの成果（進捗状況）

(6) 今後のスケジュール

時期	取り組むこと
8月	
9月	
10月	
11月	研究報告書 作成開始

- ・本資料では4月に作成した構想発表会用の資料を元に、現段階での成果をまとめること。
- ・スケジュールについては、活動内容をなるべく具体的に記入すること。

※参考	次回12月校内発表での評価A項目（個人）
V _{II}	研究目的・仮設の設定→検証→結論に研究内容の整合性があり、研究内容に対して創造的な考えや新たな提案を行っている。
G _{II}	豊富な実験や調査等を行い、多彩な資料・データなどを調べ、粘り強く研究を行っている。
R _{II}	研究目的に即した適切な実験や調査等を行い、豊富な資料やデータなどの研究結果に基づいた論理的な分析や優れた考察がなされている。

この用紙にボールペン等で記入し、代表者が担当の教員と面談を行い、修正後に提出すること。

★提出〆切★	担当教員	グループ	
月 日（ ） :	サイン	番号	

課題研究発表の手引き

I 研究のまとめ方

II 研究報告書について

III 口頭発表について

IV ポスター発表について

V 発表会までの日程

I 研究のまとめ方

A 研究とは

目的 何を調べるのか、具体的にする。



「〇〇における△△の影響を調べる」「□□の定理を証明する」など

仮説 目的にあわせて検証方法とその予想される結果を考案する。



その予想される結果を明確に示す。(具体的であることが重要)

検証 考案した検証実験を実施し、結果を得る。



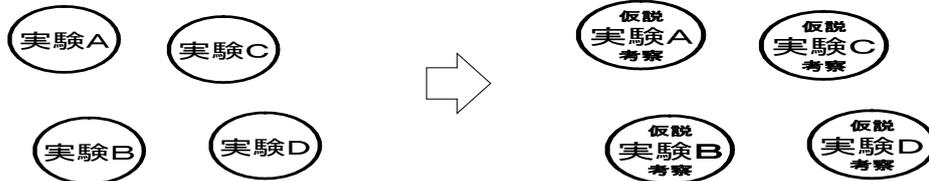
1つの実験では1つの条件のみ操作する(対照となる実験を必ず実施する)
結果をまとめ、考察する。

操作した実験結果と対照を比較し、操作の影響を考える

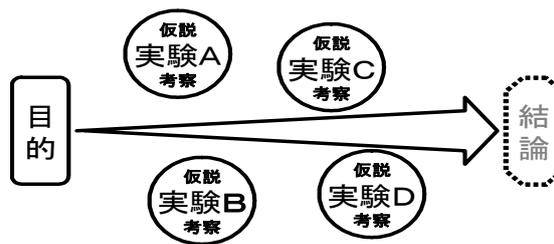
結論 検証実験の結果・考察から、仮説の正否を検証する。

B 実際の課題研究をまとめる

① いろいろ実験に取り組んだ。 → 各実験に「仮説」を設定し、結果を「考察」する。



② 「結論」を想定しながら、目的を明確にして、研究の流れを整理する。



③ 伝えたい結論に沿って実験を並べ替え、発表に向けて研究全体の構成を考える。



C 研究成果の発表

○ 報告書：「論文」に相当する。研究を文書で表現する方法である。

○ ステージ発表：「口頭発表」に相当する。研究を言葉で表現する方法である。

☆ 参加者には、報告書の要約版を配布する。

○ ポスター発表：「ポスターセッション」に相当する。

学会などで最も一般的に行われる発表方法である。

II 研究報告書 について

①校内発表会では要約版とプレゼン資料を提出

1次締め切り 月 日 () 顧問の先生まで
最終締め切り 月 日 () 17:30 担任まで

②発表会終了後、完成版とポスター資料を提出

1次締め切り 月 日 () 顧問の先生まで
最終締め切り 月 日 () 17:30 担任まで

報告書の要約版 サンプル

モジホコリが変形体から子実体へ変化する条件を探る

研究者 ○○ ○○, ○○ ○○, ○○ ○○ 指導者 ○○ ○○, ○○ ○○

概要

モジホコリとは単細胞多核の真性粘菌である。粘菌の生活環における変形体から子実体へと変化する条件について、先行研究を調べたところ、明確な条件は明らかにされていなかった。そこで、本研究では子実体への変化の条件に着目し、自然環境で起こり得る変化を実験条件として研究を行った。その結果、湿度・給餌・日光の3つの条件が子実体形成への影響を与えていることがわかり、特に、日光が子実体形成に最も影響があることが明らかになった。

1. 動機・目的

粘菌の培養時、変形体から子実体に変化する個体が偶然出現した。再度、子実体に変化させようとしたが再現できず、どのような条件で子実体に変化するのか疑問に思った。先行研究を調べると、培養環境の条件が単一条件のみの実験研究ばかりであった。そこで、本研究では自然環境で起こり得るであろう条件を複合的に組み合わせて実験を行い、子実体を形成する最適な条件を探ることを目的として研究を行った。

2. 実験方法

実験① 条件: 湿度と給餌(光は暗黒で一定)

(仮説) 湿度の高い時期には変形体で栄養を吸収し、湿度の低い時期には子実体に変化して胞子を散布することができる。給餌なし・乾燥状態が子実体に変化しやすい。

(方法) 乾燥状態を維持可能なオートデシケーターに粘菌を静置し湿度と給餌の条件を変化させる。

・乾燥…オートデシケーター内で湿度30%以下に保ち、3日間静置。

・乾燥なし…実験室(湿度40~60%)に3日間静置。

実験② 条件: 光と給餌(湿度は40~60%で一定)

(仮説) 明るい風通しのよいところが胞子を散布するには適しているので光があたると子実体に変化しやすい。

(方法) 湿度は一定で、光源と給餌の有無を変化させる。光源は紫外線、日光、青色LED。

・紫外線($\lambda=253.7\text{nm}$)…12時間紫外線に当て、12時間暗闇で静置を3日間繰り返した。

・日光…窓際に3日間静置。

・青色LED光($\lambda=468\text{nm}$)…8時間青色光に当て、100時間暗闇で静置(先行研究の検証実験)。

3. 結果

実験①: 乾燥・給餌なしの状態での10回変化

実験②: 日光を当てた際、給餌の有無関係なく9回変化



4. 考察・結論

◆実験①より、粘菌は乾燥・給餌なしの状態の時に最も子実体に変化しやすいと考えられた。

◆実験②より、日光があれば、給餌の有無に関係が見られなかったことから、日光が子実体に変化するための重要な条件であり、長波長の光線が必要であることも示唆された。上記の結果は、粘菌は季節変化や森の中での状況を感じ、世代交代を行っている可能性を示唆していると考察できる。



5. 参考・引用文献

・岩槻邦男・馬波峻輔『バイオディバーシティ・シリーズ4 菌類・細菌・ウイルスの多様性と系統』

・太田次郎 変形菌類の子実体形成 日本植物学会 No.80 1967.8.14

A 研究報告書要約版の構成（要約版A 4用紙1枚）

研究タイトル
研究者氏名 指導者氏名
概要
1. 目的
2. 方法
3. 結果
4. 考察・結論
5. 参考文献

要約版原稿・プレゼン資料の提出

【 月 日() 17:30 厳守】

顧問の先生の添削を受け、
了承を得てから提出！

- ① 印刷した要約版原稿（1部）
- ② 要約版原稿のデータ（Word形式）
- ③ プレゼンのデータ（PowerPointまたはスライド）
（②③は、指定の記録媒体に保存して提出）

○研究タイトル（MSゴシック, 14P）

- ・興味を引く表現で短いフレーズ（誇大表現は不可）で表現する。
- ・研究の内容(何をしたか)がわかるもの（中学生でもわかるように）にする

○研究者名と指導者名（MSゴシック, 10.5P）

○概要（以下、項目名はMSゴシック, 10.5P 文章はMS明朝, 10.5P）

- ・これを読めば、研究の全体がわかるものにする。（何をして、何ができたか。120～150字程度）
- ・可能な限り短い文で、簡潔に述べることを心がける。

（最終報告書は英語なので、日本語と英語の両方で記述できるとよい。）

○目的

- ・研究のきっかけや動機、全体の目的を示す。（まとめて考えたストーリーを踏まえて）

○内容（実験・方法・結果など）

- ・実験ごとに通し番号をふる。また、必ず「目的」を入れる（何のために、何を、どうしたのか）。

○結論

- ・結果から導かれる結論や考察、今後の研究予定を記述する。

○まとめ・謝辞

- ・今回の研究の課題や、今後の研究の展望や発展性について言及する。
- ・謝辞は、研究に協力してもらった方に対する礼儀である。

○参考文献

- ・著者名：書名または論文名．出版社名．掲載ページ（発刊年）を書く。
 - 1) Gasch A.P. et al. "Genomic expression programs in the response of yeast cells to environmental changes" Mol. Biol. Cell. 11(12), 2000, 4241-4257
 - 2) 中野収. メディア空間：コミュニケーション革命の構造. 東京, 勁草書房, 2001.4, 212p
- ・Webの場合、表題とURLおよび閲覧した日付を書く。（信憑性のないものは不可）
- ・特に Wikipedia 等、著者名の無いものは文献に入れない。

Ⅲ 口頭発表 について

月	日 ()	校内発表会	日程
8:30		集 合	
9:00 ~	9:10	開会行事	
9:10 ~	11:40	発 表	※発表 <input type="text"/> 分 (出入り込みで <input type="text"/> 分)
11:40 ~	12:00	閉会行事	
12:10 ~	12:30	理数科 2 年生と中学生の交流会 (ホール)	

※ 残り 1 分で「ベル 1 回」、制限時間を過ぎると「ベル 2 回」(途中でも発表を終了します)

- ◎ 発表会前日の放課後に、発表会会場(百周年記念館ホール)でリハーサルを行います。時間の都合で、通しのリハーサルはできません。通しでの練習は、各自で行ってください。リハーサルでは、プレゼンテーションの動作確認および文字や図(グラフ)の大きさ・色あい等を必ず確認すること。

A 口頭発表の心得

聞き手に「理解させる」のではなく、「理解してもらおう」という心掛けが重要である。わかりやすい説明や言葉を考え、用いること。また、一般に言葉での説明を視覚的に補助するために、パワーポイントを用いて図譜の提示を行うことになる。こちらも、聞き手に説明を「理解してもらおう」ことを考えてわかりやすいモデルを工夫すること。

B 説明の一般的注意

- ◆ 聞き手(高校生)に「理解してもらおう」説明を心がける。
 - ・一文はできるだけ短く、簡潔にする。
 - ・専門用語の羅列は×。平易な言葉に直したり、用語の説明を加えたりする。(見学に来た中学生でも理解できる内容をイメージする)
- ◆ 研究の流れ(ストーリー)を一通り説明する。
 - ・各実験では、「目的(仮説をふくむ)」「方法」「結果(考察を含む)」を口頭で説明する。実験と実験とのつながりや、その意義付けをきちんと説明する。
- ◆ 結論にいたる論理の展開が大切。
 - ・研究の「目的」→「方法」→「結果」→「結論」のつながりが解るように説明する。

C プレゼンテーションの一般的注意〔フォントサイズは 28 P が最小値〕

- ◆ 口頭による発表を視覚的に補助するためのプレゼンテーションを作成する。
 - ・聞き手がプレゼンテーションにばかり気をとられて、説明を聞いてもらえないようになるようでは、よい発表とは言えない。
 - ※ 派手な色使いや図譜の動作(アニメーション)などは避けるほうがよい。
 - ※ 効果音はマイナスの効果しかない。
 - ・プレゼンテーションに説明を全て描き込み、発表者はそれを読むだけでは、よい発表とは言えない。説明は「口頭」でするものである。
- ◆ 実験方法、結果、結論など、モデル化できるものはできるだけモデル化する。
 - ・実験方法は、モデルで示す。
 - ・結論は、できるだけモデル化して示す。
 - ・結果は、図やグラフで示す。(数値の表は見にくいので避ける)
- ◆ 文章は、箇条書きにして簡潔に示す。
 - ・説明は口頭で行う。説明文を提示しても、読んでもらえない。

D 発表のしかた

- ◆ グループごとに、発表する人とPCを操作してプレゼンテーションを提示する人の役割分担をする。
 - ・発表原稿をつくり、そこにプレゼンテーションの切替えを描き込んでおくことよい。
- ◆ 発表者は、聞き手の方を向いて（解ってもらえるように）発表する。
 - ・提示された図を指し示すために、時々振り向くのはかまわない。
- ◆ 発表の後、質疑応答がある。
 - ・質問ができることは、聞き手が内容を理解してくれた証拠である。つまり、良い発表だったということである。
 - ・質問に対する答え方も、発表を評価する大事な項目になる。

IV ポスター発表 について

【目的】ポスターの作成・発表を通して、自らの研究内容を十分に理解するとともに、実験結果を論理的に組み立てて結論を導き出す能力、他者に理解しやすい文章を作成する文章力、わかりやすく説明する会話力、質問や批判に対して適切に対応できるコミュニケーション能力を涵養すること。

A ポスター発表の心得

ポスター発表の場では、ポスターを見てもらい、質疑応答によって議論を深めることが大切である。人の集まらないポスターでは、議論が活発にならない。ポスター発表会で成功するには、誰にでも興味を持ってもらえ、議論を活発化させる魅力的なポスターを作成することが不可欠である。また、ポスターを見てくれる人に短時間で理解してもらえるものでないと、議論が活発にならない。短い時間で内容が理解できる、見やすい・読みやすい・わかりやすいポスターを作成することを心掛けよう。

B ポスターの作成

1) ポスターの構成

- ・発表番号（場合によっては発表会場で）
- ・タイトル（必須）
- ・発表者氏名と所属（必須）
- ・研究の背景と目的（必須）
- ・材料と方法（結果の図の説明中でも可）
- ・結果（必須）
- ・結論、考察（必須）
- ・謝辞、引用文献（必要な場合のみ）

★例：津山高校HPに過去の入賞ポスターあり

http://www.tuyama.okayama-c.ed.jp/introduce/ssh_risuu/index.html

2) ポスターのレイアウト

- ・まとまりごとにグループ化
- ・フォント、色の一貫性（強調を除く）
- ・フォントは太いものを用い、フォントサイズは統一的に変化させる

3) タイトル

- ・興味を引く表現（誇大表現は不可）で短いフレーズ（1行）
- ・専門外の人にも分かりやすい表現で専門用語や略語は避ける
- ・主張したい結論や研究内容を端的に表現
- ・ポスター中で最大のフォントサイズで（著者名・所属はタイトルよりサイズ小）

4) 研究の背景・目的

- ・図で表現できるものはできるだけ図示する
- ・可能な限り短く、簡潔な文章を書くことに心がけ、一つひとつの文も短くする
- ・略語を使う場合は、はじめに出たところでスペルアウトする
- ・引用は、引用リストの番号を付ける
- ・行間をできるだけ広くし、フォントサイズも大きくする

十六夜プロジェクトIIにおける発表
20000 〇〇〇〇 20000 〇〇〇〇 ※学籍番号と氏名

研究目的
photo photo

仮説

方法・結果
Photo グラフなど

考察
photo photo
〇〇〇〇〇〇〇〇

引用・参考文献

5) 実験結果

- ・可能な限り写真，グラフ，図を使用し，表は必須の場合のみの使用とする
- ・写真，グラフ，図には色を使い，また遠くからでも見える大きなものにする
- ・通し番号の横に，結果をワンフレーズで記載
- ・図やグラフでは凡例は避け，可能な限り直接書き込む（矢印で示してもよい）
- ・図の説明文は，実験方法と結果の解釈（ただし，詳細は記載せず）とする

6) 結論・考察

- ・可能であればモデル図で表現し，簡単な説明文を付ける
- ・文章は短く簡潔なものがよく，箇条書きで示すのもよい
- ・結果の記載を繰り返さない
- ・行間を十分にとり，大きめのフォントサイズとする

7) 色の使い方

- ・色の使用は極めて効果的である。
- ・統一性を保つため，背景色は一色とし，落ち着いた色を使用する。
- ・赤緑色弱者への配慮のため，赤と緑の組み合わせを避ける。白黒コピーして配色を確認する。
- ・あまり多種類の色を使用しない。落ち着きがなくなる。
- ・首尾一貫した色の使い方に心掛ける。

C ポスター発表

1) ポスター発表の準備

- ・ポスター作成時に文章化した研究概略を，ゆっくりと話して3分程度になるよう編集し，練習する。
- ・友人等と互いに練習し合い，分かりやすいかどうか意見をもらう。
それをフィードバックさせて話す内容を完成させる。
- ・予想される質問に対する答えを準備する。
- ・ポスターには示さない詳細なデータや付加的データ，実験方法をまとめたものを用意し，必要に応じて説明できるようにする。

2) ポスター発表の心得

- ・ポスターの左端に立つ。（正面は不可）
- ・人がきたら会釈・挨拶をする。（相手にポスターを見る機会を与える。）

V 県合同発表会までの流れ（日付記入済みの昨年の例です）

本年度の資料等の提出日を、その都度記入すること。

日付	行事・予定	備考
11月中～下旬	報告書（要約版）・プレゼン資料を作成	
11/13（月）	「集まれ！科学への挑戦者」応募〆切	
11/16～11/22	ポスター・スライド作成講座（津山高校 松岡先生）	放課後延長練習
11/22（水）	校内発表 1次締切 研究報告書(要約版)とプレゼンのデータ 提出 (word) & (Google Side)	顧問の先生へ
12/11（月）	校内発表 最終締切 研究報告書(要約版)・プレゼンのデータ 提出 (word) & (PDF)	担任へ→山本→副校長
12/14～12/15	ポスター・スライド作成講座（津山高校 松岡先生）	放課後延長練習
12/15（金）	校内発表会リハーサル（放課後）100周年記念館	
12/16（土）	校内発表会（本校100周年記念館）	
12/25（月）	「集まれ！科学への挑戦者」概要集原稿提出	顧問の先生へ
冬季休業中	最終版原稿とポスターを作製	
1月中～下旬	最終版原稿とポスターを作製 ※Abstract は担当の先生に指導を受ける	
1/11（木）	合同発表 1次締切 研究報告書と印刷原稿・ポスターのデータ 提出 (word) & (PDF or PowerPoint)	顧問の先生へ
1/19（金）	岡山県理数科合同発表会 ポスターの概要100字程度 提出	顧問の先生へ
1/21（日）	「集まれ！科学への挑戦者」	
1/22（月）	合同発表 最終締切 研究報告書(完成版)と印刷原稿・ポスターのデータ (word) & (PDF or PowerPoint)	担任へ
2/2（金）	岡山県理数科合同発表会（岡山大学） ・全グループポスター発表 ・代表グループはステージ発表	
2月中～下旬	研究報告書の校正 校正後すみやかに提出	

※ 各学会、コンテストの発表資料締切は要項で、各担当の先生と確認すること。
各班1つは学会へ参加

- ・物理：物理学会ジュニア・金属学会
- ・化学：化学工学会・金属学会・農芸化学会
- ・生物：植物生理学会・農芸化学会

課題研究の題目 (MSゴシック, 22P)

姓と名の間は
半角スペース

研究者 ○○ ○○, ○○ ○○, ○○ ○○, ○○ ○○

指導者 ○○ ○○, ○○ ○○ (MSゴシック, 10.5P)

項目名はMSゴシック 10.5P

Abstract

研究概要の英訳 (フォントは Century 10.5P) ~~~~~.

1. 研究の概要

読点は「, (コンマ)」
句点は「. (マル)」で統一

他の文を引用せず自分の
言葉で。(特に継続研究)

~~~~~研究の概要を書き, ~~~~~  
~~~~~ここを読めば研究内容や結論など, 何が行われたかわかるようにする~~~~~.  
(文章のフォントはMS明朝, 10.5P) [2段改行]

「研究の概要」にまとめてよい。

2. 序論

~~~~~研究の動機や目的を書く~~~~~

### <考察>

- ・A4×4 ページ以内
- ・余白: 上 20, 下 25, 左右 18
- ・47 字×40 行
- ・研究内容以下は2段組み

これらの書式を基本とするが,  
収まらない場合は別途相談。

## 3. 研究内容

項目名は実情に合わせ  
て変えてよい。  
見出しは MS ゴシック

~~~研究の内容を書く~~~~~

~~~例えば~~~~~

### ① 実験 1

実験ごとに目的と方法, 結果  
を記す。実情に合わせて項目名  
は変えてよい。(例: 目的と仮  
説を1つにまとめる, など)

#### <目的>

#### <仮説>

#### <方法>

~~~~~図などを用いるのもよい~~~~~。

1. ~~~~~

2. ~~~~~

Webの図は, フリー素材
を除き無断転載不可。

<結果>

~~~~~表やグラフにまとめて示す~~~~~。

#### グラフなど

- ・縦軸と横軸は, 単位や何を表すかのラベルは必須。
- ・白黒印刷した場合を考慮して, 色のコントラストにも注意する。

- ・図や表には必ず番号を振る。
- ・図や表は必ず本文で言及する。

図1 ○△□

## 4. 結論

~~~~~  
~~~~~一連の実験結果から得られる結論や~~~~~  
~~~~~今後の展望などについて~~~~~  
~~~~~まとめて書く~~~~~。

## 謝辞

~~~~~  
(外部指導員など, お世話になった人があれば記入。なければ不要。本校教員は不要)

参考文献

1) 著者名: 書名または論文名 出版社名 ページ数 P. ○~○ (発行年) ~~~

2) ~~~~~
~~~~~

Wikipedia等の著者責任  
が無いものは絶対に不可。

# バックスピンする物体の跳ね上がり現象の解明

研究者 ○○ ○○, ○○ ○○, ○○ ○○

指導者 ○○ ○○, ○○ ○○

## Abstract

In the beginning, we define "bounce phenomenon" as a phenomenon in which a disk that is rotating in the opposite direction to the direction of travel (hereinafter referred to as "backspin") bounces up in a direction perpendicular to the direction of travel. The purpose of this study is to clarify the change in the height of the bounce of the disk and the regularity of the bounce by using the distance between the center of the disk and the disk's center of gravity (hereinafter referred to as "displacement of the center of gravity") as a variable.

We fabricated several disks with different displacements of the center of gravity and reproduced the bounce phenomenon using a device that can eject the model while applying backspin to it. We analyzed the trajectory of the center of the model and created a graph for the height of the bounce.

The results showed that the model bounced up and down many times, and that the height of the model's bounce tended to increase with each bounce and then decrease. We also found that the greater the displacement of the center of gravity was, the higher the bounce height tended to be.

## 1. 研究の概要

はじめに、進行方向と逆向きに回転(以下バックスピン)しながら進む円盤が進行方向と垂直な方向に跳ね上がる現象を「跳ね上がり現象」と定義する。本研究の目的は、円盤の中心と円盤の重心との距離(以下重心のズレ)を変数として跳ね上がり現象における円盤の跳ねの高さの変化、規則性の有無を明らかにすることである。研究ではまず、重心のズレの異なる円盤(モデル)と、モデルの射出装置を作製し、跳ね上がり現象を再現した。そして、動画解析ソフトを用いて、再現した跳ね上がり現象の重心のズレ、回転数と跳ねの高さの関係を調べた。その結果、重心のズレが大きく回転数が多いほど跳ねの高さが高くなることを明らかにした。また、跳ね上がる回数が増えるごとに、モデルの跳ねの高さは高くなり、その後低くなる傾向があることが分かった。

## 2. 序論

指でビー玉にバックスピンをかけながら押し出して、ビー玉を手元に戻す遊びがある。この遊びでは押し出されたビー玉が段々と跳ね上がる現象が見られる。この現象に興味をもったのでモデルの重心の位置や回転数に着目してこの現象の解明を本研究の目的とした。

## 3. 研究内容

本研究において、跳ね上がり現象を観測する際に用いた重心のズレを変数とする円盤のことを「モデル」と呼称する。

### I モデルの作製

重心を自由に変えることのできるモデルとして木材に穴を開けたものを作製した(図1)。



図1 木製の円盤

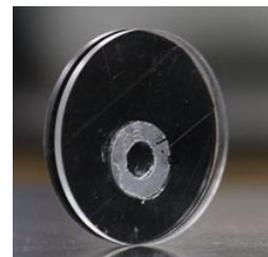


図2 アクリル製の円盤

しかし、木材という素材上、密度が一定でなくカットする際も自分たちで行わなければならないため、再現性が低いという問題が発生した。

これらの問題を解決するモデルとして、図2のようなモデルを作製した。これは、2枚の亚克力円板( $\phi=50\text{ mm}$ )でワッシャー( $\phi=18\text{ mm}$ )を挟むもので、変数を重心のズレのみにすることが可能になり、再現性を高めることもできた。

また、このモデルの片面に黒色のテープと、円盤の中心に白い円形のシールを貼り、動画解析の際のトラッキング用のマーカーとした。そして、ワッシャーを挟む位置を変えることで、重心の位置が異なるモデルを複数作製した。

重心の中心からのズレ : 0.0 mm, 0.2 mm, 0.4 mm, 0.6 mm, 0.8 mm

## II 射出装置の作製

今回の研究を行う上で、同じ条件で繰り返しモデルにバックスピンをかけて射出できる装置は非常に重要である。

私たちは最初に図3のようなモーター2つでモデルを挟み込み、モデルに回転を与えて射出することができる装置を作製した。しかし、この装置では射出する方向を定めることが難しく、再現性が得られない結果となってしまった。そのため、図4のように一定の高さからゴム板を落としてモデルにぶつけることで、バックスピンを生み出す装置を作製した。この装置では、図5のような仕組みでバックスピンをかけて射出することができる。射出口にガイドが付いているため、射出方向も一定になる。

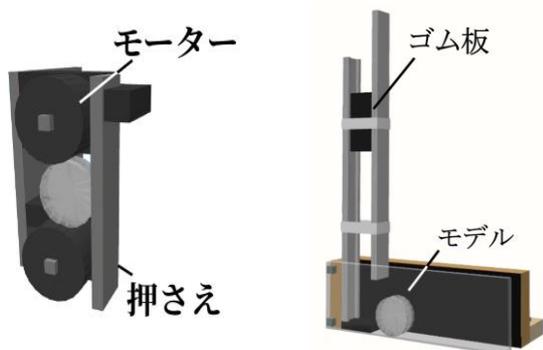


図3 モーター装置

図4 ゴム板装置

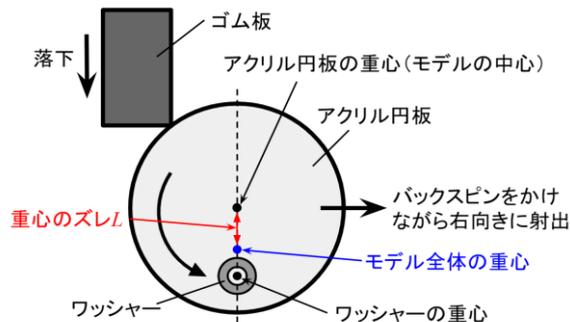


図5 発射装置の原理

## III 実験

### 【実験1】重心のズレの跳ねの高さへの影響

#### <目的>

モデルの重心のズレの違いと跳ねの高さとの関係を明らかにする。

#### <仮説>

重心のズレが大きいほど跳ねの高さは高くなる。

#### <方法>

作製したモデル(重心のズレ : 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8mm)ごとに10回ずつ射出し、射出装置の先端から2mの範囲で射出されたモデルの運動をカメラで撮影した。撮影した動画に対し解析ソフトKinoveaを用いて、各時刻におけるモデルの中心の座標(x, y)をもとめた。

#### <研究結果>

動画解析を行った結果を図6にまとめた。

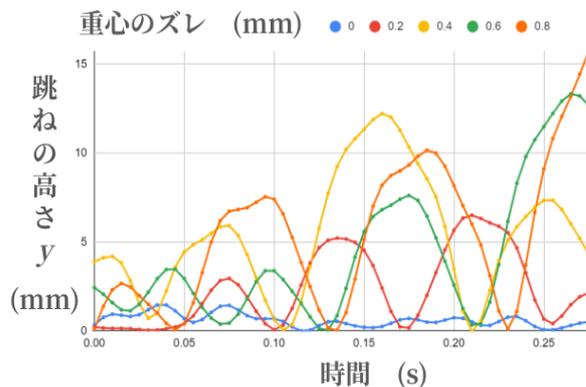


図6 モデルの跳ねの高さ

グラフより、モデルの跳ねの高さは重心のズレが大きいモデルほど高くなることが分かった。また、モデルの跳ねの高さは跳ねるごとに高くなり、その後低くなる傾向があることが分かった。そして、重心のズレが 0.0mm では、モデルの中心の軌道は放物運動の軌道であるのに対して 0.2, 0.4, 0.6, 0.8mm では、跳ね上がったときの頂点付近の軌道に凹みがみられた。これは、放物運動をする重心の周りをモデルの中心が回るためだと考えられる。

図7は、重心のズレごとの跳ねの高さの最大値以前の各跳ねの最高点3つを「最大跳ね」、「2番目に大きい跳ね」、「3番目に大きい跳ね」に分けて、それぞれの平均を取ったグラフである。

このグラフより、重心のズレが大きいほど跳ねの高さが高くなる傾向があることが分かった。

<考察>

重心がズレているモデルほど跳ねの高さが高くなっていることから、重心がズレることによって接線方向の速度に偏りが生じ、鉛直上向きに跳ねるのではないかと考察した。

次に、回転数を変数として跳ね上がり現象の大きさの違いについて以下の実験を行った。

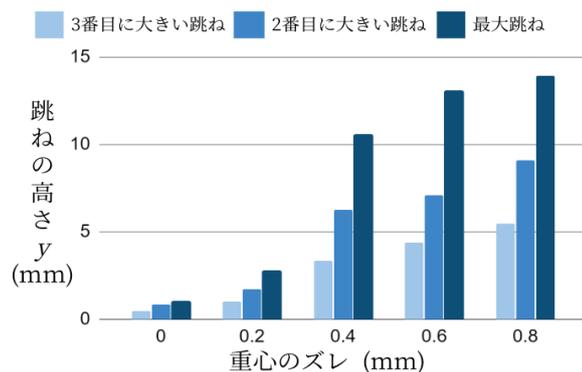


図7 各跳ねにおける重心のズレと跳ねの高さの比較

### 【実験2】回転数による跳ねの高さへの影響

<仮説>

回転数が大きいほど跳ねの高さは大きくなる傾向がある。

<方法>

モデルは重心のズレが最も大きいモデル(重心のズレ: 0.8mm)のみを使用し、回転数のみを変えて実験を行った。これまでの装置では回転数を変える(すなわちゴム板の落とす高さを高くすると、射出速度も変わってしまう。そのため、図8のようなモーターを用いてモデルを回転させ、ピストンによりモデルを射出する装置を作製した。この装置もガイドが付いているため射出方向が一定とすることができるとともに、モーターの回転数を抵抗器を用いて制御することで、自由にモデルの回転数を変えることができる。

図8の装置で回転数を2つの段階(44.4rps, 39.2rps)に変え、それぞれ10回ずつ計測して実験1と同様の方法で解析、各時刻でのモデルの中心の座標(x, y)をもとめた。

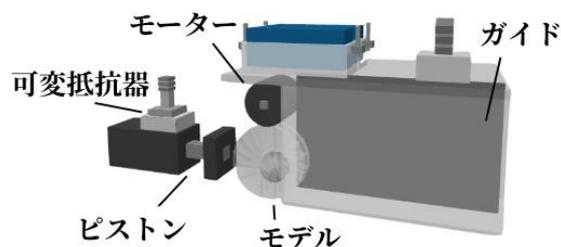


図8 回転数を変えられる装置

<研究結果>

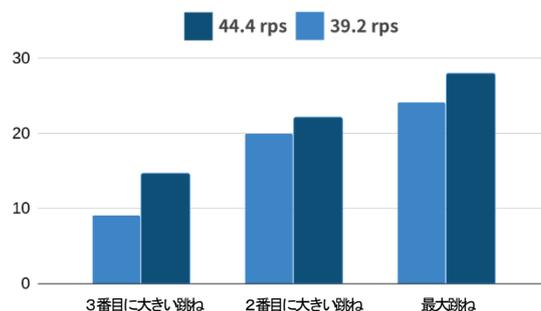


図9 回転数と跳ねの高さの比較

<考察>

図9のように、モデルの跳ねの高さは、回転数44.4rps(回転数が速い)のほうが回転数39.2rps(回転数が遅い)に比べて大きくなった。このことから、回転力が大きいほど跳ね上がり現象が大きくなる傾向があった。

#### 4. 力学的考察

モデルについて、中心を原点とする直交座標系 XY を用いて考える。

実験の結果より、重心の位置が第4象限にある場合に大きく跳ねる傾向があった。これを踏まえて跳ね上がり現象について2つの力学的考察を行った。

##### ①重力と遠心力の合力の反作用による力

$$F = Mg + mr\omega^2 \quad (\text{図 } 10)$$

$M$ :モデルの質量       $g$ :重力加速度の大きさ  
 $m$ :重りの質量         $r$ :重心と中心の距離  
 $\omega$ :角速度

重心の位置が第1・2象限にあるとき(以下(A))は遠心力の Y 成分は正(上向き)にはたらき、重心の位置が第3・4象限にあるとき(以下(B))は遠心力の Y 成分は負(下向き)にはたらくため

(A)のとき, 合力 $F_A = Mg - mr\omega_y^2$

(B)のとき, 合力 $F_B = Mg + mr\omega_y^2$

よって,  $F_B > F_A$ となる。

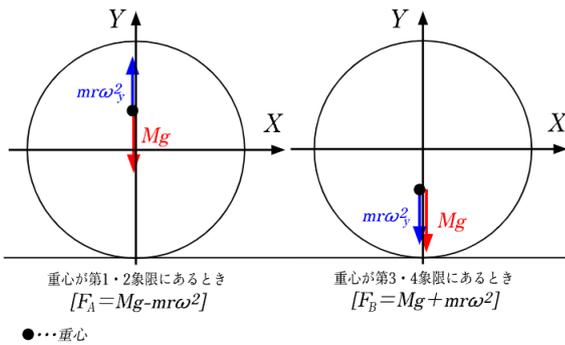


図 10 重力と遠心力の大きさの模式図

##### ②中心を支点としたときによる力のモーメント

$$M = F' \cdot r$$

[  $F'$ : 重心によって振られる力 ]

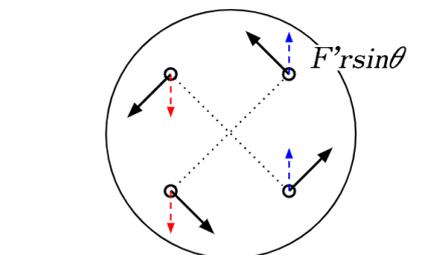


図 11 力のモーメントの大きさの模式図

重心の位置が第1象限, 第4象限にあるとき(以下(C))はモーメントが上向きにはたらき、重心の位置が第2象限, 第3象限にあるとき(以下(D))はモーメントが下向きにはたらくため

(C)のとき, 上向きに モーメント $M_C = F' r \sin\theta$

(D)のとき, 下向きに モーメント $M_D = F' r \sin\theta$

よって $M_C > M_D$

実験2より、回転数が大きいほど跳ね上がる高さが大きくなることより①の力のほうが、②より影響を与えていると考えられる。以上の2つの力学的考察よりモデルの重心の位置が第4象限, 第3象限, 第1象限, 第2象限の順で跳ねが大きくなると考察した。これは重心の位置が第4象限にある場合に大きく跳ねる傾向があったことに合致する。

#### 5. まとめ

力学的考察の正しさを確認するため、浮き上がる直前の重心の位置について解析したところ、跳ね上がる直前の重心の位置が第4象限にあるときに起きた跳ねの高さはその他に比べて高くなっていて、この考察が正しいことが分かった。これらの力学的考察が正しいと仮定すると、進行方向向きの回転(フロントスピン)をする物体でもモデルは跳ね上がることになる。実験2と同様の方法でフロントスピンの実験を行ったところ、バックスピンと同じように跳ね上がり、跳ね上がる直前の重心の位置が第4象限にあるときに起きる跳ねの高さは高くなる傾向があった。そのため、回転の方向は関係なく重心がズレていることが跳ね上がりの要因になっているということを結論付けた。

#### 6. 謝辞

本研究において実験計画、分析方法など多くの貴重なアドバイスを津山工業高等専門学校に加藤学先生 曾利仁先生にいただきました。また英語での研究表現では江原 Martina 先生に御指導いただきました。先生方、大変ありがとうございました。



# Factors Influencing the Growth of Ice Stalagmites

○○ ○○, ○○ ○○, ○○ ○○  
Supervisors ○○ ○○, ○○ ○○

## Abstract

Ice stalagmites form naturally when drops from a cave or other structure gradually drip and freeze to the ground. Because of the difficulty of creating them artificially, research on them has not proceeded. This study examined the factors influencing the growth of ice stalagmites by creating them with different solutions, and also clarified their crystal grains and orientation. As a result, ice stalagmites made from electrolyte solutions containing ions in which those with small ionic radius were hydrated grew the longest. Furthermore, we discussed the process of ice stalagmites formation by measuring the concentration, observing the crystal grains and taking videos of it in the forming process.

## I 研究の概要

氷筈とは滴り落ちた水滴が上向きに凍って柱状にできる氷塊のことである。ただ人工的に作成することが難しく研究はあまり進んでいない。本研究では氷筈の成長に影響を与える要因の考察を行い、さらに氷筈の結晶粒および結晶方位の解明を行った。その結果、電解質水溶液のうちイオン半径の小さいもの同士が水和している溶液で作成した氷筈が最も長く伸びることがわかった。また濃度の滴定、結晶粒の観察、形成過程の撮影により氷筈の成長過程を説明することができた。

## II Introduction

Ice stalagmites are sometimes used to create slippery ice for skating rinks. Today, with global warming, the amount of ice that can be produced within the natural environment is likely to be limited. This study aims to explore the unknowns and the factors influencing the growth, which can be applied to the more efficient creation of skating rinks and ice sculptures as art objects.

In a previous study in junior high school, it was possible to create artificial ice stalagmites, and the experiments showed that the length of the ice stalagmites formed differently depending on the kind of solutions (Moriyasu, 2021). However, the experiments lacked reproducibility because they were conducted in an environment affected by

temperature. And also, mass percentage was used instead of molar concentration to determine concentration. Therefore, we conducted this study using improved apparatus and the molar concentration as a method for indicating density.

## III Method

The experimental apparatus is shown in Fig. 1. We stacked two polystyrene boxes and placed them on top of the freezer with the lid open. An intravenous tubing with a plastic bottle for pouring the solutions attached ran from the top of the boxes into the freezer. The solution was dripped onto the tray in the freezer through the intravenous tubing at 4-second intervals. In the

top box, the solution was chilled in ice water to maintain the constant temperature at 4.5 to 5.5 °C.

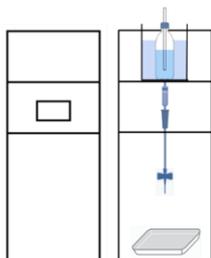


Fig. 1 the experimental apparatus

A straw was used to keep the amount of air entering the bottle the same, which leads to keeping the drop rate constant. The second box had a hole in its side to roll up or down the roller of the roller clamp, which allowed us to control the drop rate. The temperature in the freezer was kept at  $-22$  °C and continued dropping for 4 hours. The experiments were conducted with 5 kinds of aqueous solutions of sodium chloride, sodium hydrogen carbonate, potassium nitrate, acetic acid, and urea of 0.4 mol/L.

## IV Experiments

### 1. Experiment 1

From the previous study, it was hypothesized that solutes in the solutions that are bonded by intermolecular forces will form longer ice stalagmites than those that are ionically bonded. So, this experiment examined the differences in the length of ice stalagmites by changing their solutions to create them. We conducted this 3 times in each solution, and measured the length.

### 2. Experiment 2

In the course of experiment 1, as the ice stalagmites created with the acetic acid solution started to melt, the smell was felt to be lighter than the original solution. So, it was considered

that the concentration might differ depending on the location inside them. Hence, in this experiment, we cut the ice stalagmites horizontally into 3 or 4 pieces and measured their concentration after they melted. Concentrations were measured by the second stage of double indicator titration of sodium carbonate for sodium hydrogen carbonate solutions, and the Mohr's method for sodium chloride solutions.

### 3. Experiment 3

Experiment 3 examined the crystal grains and orientation of the ice stalagmites. The piece of ice stalagmites, the ones cut horizontally into three and the others vertically into two, were observed using polarizing plates and LED light.

## V Results

### 1. Result from Experiment 1

Ice stalagmites made from sodium chloride solution, of which the solute is an electrolyte and ionic radius of both hydrated anion and cation in it are small in size, grew the longest. Even if those are made from solutions in which the solute is an electrolyte, they didn't grow so long (an electrolyte, such as sodium hydrogen carbonate and potassium nitrate, the ionic radius of the hydrated anion in the solution is big in size and the hydrated cation is small in size). Also, those made from solutions with large ionic radius of hydrated molecules in them, such as urea solution, showed the shortest length (Fig. 2).

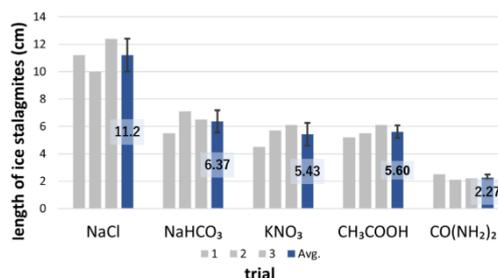


Fig. 2 the length in different solutions

## 2. Result from Experiment 2

The pieces of the ice stalagmite are numbered like the models (Fig. 3 and 5). Fig. 4 and 6 indicates that the bottom part of the ice stalagmite has a higher concentration and the top part has the lowest concentration. Therefore, in both ice stalagmites made from electrolyte and non-electrolyte aqueous solutions, the bottom is denser than the top.

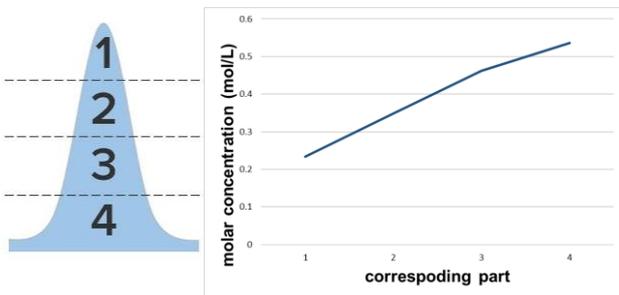


Fig. 3 model 1

Fig. 4 result (NaHCO<sub>3</sub>)

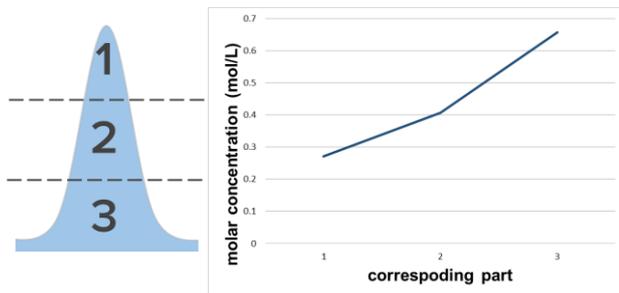


Fig. 5 model 2

Fig. 6 result (NaCl)

## 3. Result from Experiment 3

The pieces of the ice stalagmite are numbered like Fig. 7. According to Fig. 8, 9 and 10, it can be seen that the inner crystals of the ice stalagmite are fine-grained, and the outer ones are coarse-grained. This is a different result from the previous study that showed the top of the ice stalagmite to be a single crystal (Takahashi, Oishi, & Matsushashi, 2012). Moreover, Fig. 7 shows that the inner crystals are aligned roughly vertically which is the direction of growth of the ice stalagmite.

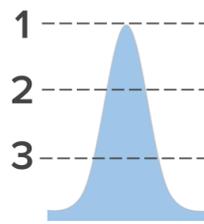


Fig. 7 model 3



Fig. 8 crystal grains (1)



Fig. 9 crystal grains (2)



Fig. 10 crystal grains (3)



Fig. 11 crystal orientation

However, the ice stalagmite which we observed had been stored in the freezer for several days after it was formed, so there was a possibility that recrystallization had occurred. Therefore, we observed the crystals of the ice stalagmite just after making it.

According to Fig. 13, 14 and 15, they are composed of alternating stacks of fine-grained crystals and roughly vertically aligned ones, constituting a state of rhythmic layering.

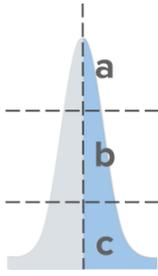


Fig. 12 model 4



Fig. 13 crystal grains (a)



Fig. 14 crystal grains (b)



Fig. 15 crystal grains (c)

## VI Discussion

### 1. Discussion of experiment 1

It is considered that if the hydrated anions and cations in a solution are small, the ions can get into the gaps between the water molecules, and the solution form long ice stalagmites. In the case that hydrated ions in a solution are various sizes, ice stalagmites created with that don't grow so long. In contrast, in the case that hydrated molecules in a solution are large, it is difficult for crystals to pile up equally and the ones created with it grow only a little

### 2. Discussion of experiments 2 and 3

The process of ice stalagmites forming is considered as follows. The ice is formed as a base at first and then a hole is made by dripping solution at the top. Next, a bowl-shaped part is formed in the center of the top, and the solution accumulates there and gradually freezes. When the solution overflows, it flows down the sides. In the process of flowing, water as a solvent gradually freezes

first, and then the concentration of the solution, which is still liquid, increases as it flows and freezes, too. Because of this, the bottom part of the ice stalagmite becomes denser, and finally, the bowl-shaped part is covered. Then a hole is made at the top again, and continues growing like that. This process occurs cyclic to form ice stalagmites (Fig. 16).

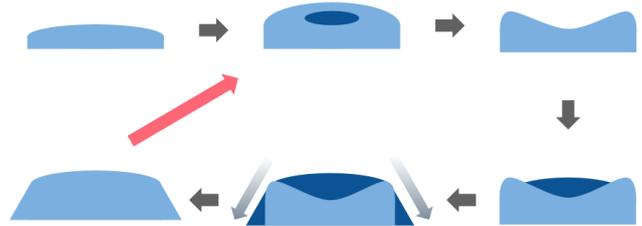


Fig. 16 the process of ice stalagmites formation

## VII Conclusion

- ① The size of the ion radius of hydrated ions and molecules in a solution affects the length of ice stalagmites.
- ② The process of ice stalagmites formation is cyclical.

## References

- 1) 森安歩友. 課題研究 2021 論文集, 津山中学校, 氷筈の成長と水溶液の種類・pH・表面張力の関係, 2021, 17-19
- 2) 高橋忠司・大石かおる・松橋美穂. 埼玉学園大学・川口短期大学機関リポジトリ, 氷筈を使ったチンダル像の作成, 2012. 9, 145-153

R6 サイエンス探究Ⅱ 引き継ぎカード 2年6組( )

○ 1年間サイエンス探究Ⅱをやって後輩に残したいメッセージを書いてください。

① 研究で一番面白いと感じた場面

|  |
|--|
|  |
|--|

② 研究で一番辛いと感じた場面

|  |
|--|
|  |
|--|

③ 各時期での研究のポイントについて

|     |  |
|-----|--|
| 4月  |  |
| 5月  |  |
| 6月  |  |
| 7月  |  |
| 8月  |  |
| 9月  |  |
| 10月 |  |
| 11月 |  |
| 12月 |  |
| 1月  |  |
| 2月  |  |

④ 後輩へ「研究とは・・・」について一言

|  |
|--|
|  |
|--|

※この用紙をそのまま使います。丁寧に書いてください。

## 【付録 1】 科学で使われる量・単位・記号

自然科学において最も一般的な単位系として、国際単位系（略して SI）がある。SI は、7 個の基本単位を基礎として、それらの積または商の形の組み立て単位などから構成されている。

### I SI 基本単位

| 物理量 | 量の記号                      | SI 単位の名称 | 単位記号 |
|-----|---------------------------|----------|------|
| 長さ  | length                    | メートル     | m    |
| 質量  | mass                      | キログラム    | kg   |
| 時間  | time                      | 秒        | s    |
| 温度  | thermodynamic temperature | ケルビン     | K    |
| 物質量 | amount of substance       | モル       | mol  |
| 電流  | electric current          | アンペア     | A    |
| 光度  | luminous intensity        | カンデラ     | cd   |



### II SI 組立単位の名称と記号

| 物理量         | SI 単位の名称 | 単位記号                 | SI 基本単位での表現                                |
|-------------|----------|----------------------|--------------------------------------------|
| 力           | ニュートン    | N                    | $m \cdot kg \cdot s^{-2}$                  |
| 圧力・応力       | パスカル     | Pa または $N/m^2$       | $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$             |
| エネルギー・仕事・熱量 | ジュール     | J または $N \cdot m$    | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$                |
| 仕事率         | ワット      | W または $J/s$          | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$                |
| 周波数         | ヘルツ      | Hz                   | $s^{-1}$                                   |
| 電荷・電気量      | クーロン     | C                    | $s \cdot A$                                |
| 電位差（電圧）・起電力 | ボルト      | V または $W/A$          | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$   |
| 電気容量        | ファラド     | F または $C/V$          | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ |
| 電気抵抗        | オーム      | $\Omega$ または $V/A$   | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$   |
| コンダクタンス     | ジーメンズ    | S または $A/V$          | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$ |
| 磁束          | ウェーバ     | Wb または $V \cdot s$   | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$   |
| 磁束密度        | テスラ      | T または $Wb/m^2$       | $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$             |
| インダクタンス     | ヘンリー     | H または $Wb/A$         | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$   |
| セルシウス温度     | セルシウス度   | $^{\circ}C$          | K                                          |
| 光束          | ルーメン     | lm または $cd \cdot sr$ | $cd \cdot m^2/m^2 = cd$                    |
| 照度          | ルクス      | lx または $lm/m^2$      | $m^{-2} \cdot cd$                          |
| 放射性核種の放射能   | ベクレル     | Bq                   | $s^{-1}$                                   |
| 吸収線量        | グレイ      | Gy または $J/kg$        | $m^2 \cdot s^{-2}$                         |
| 線量当量        | シーベルト    | Sv または $J/kg$        | $m^2 \cdot s^{-2}$                         |
| 酵素活性        | カタール     | kat                  | $s^{-1} \cdot mol$                         |

### III SI と併用される単位の名称と記号

| 物理量   | SI 単位の名称 | 単位記号         | SI 基本単位での表現                       |
|-------|----------|--------------|-----------------------------------|
| 長さ    | オングストローム | $\text{\AA}$ | $1 \text{\AA} = 10^{-10} m$       |
| 圧力    | 標準大気圧    | atm          | $1 \text{atm} = 101325 \text{Pa}$ |
| 体積    | リットル     | L            | $1 L = 10^{-3} m^3 = 1 dm^3$      |
| エネルギー | 熱化学カロリー  | cal          | $1 \text{cal} = 4.184 J$          |



## 【付録 2】目盛りの読み方・有効数字

### I 目盛りの読み方

色々な測定をする際、測定器具についている最小目盛り（例えば、ものさし（スケールともいう）では1 mmが最小目盛り）の10分の1までを目分量で読み取る。図1では、127.6 mmと読む。

#### ※ 留意事項

- ・目盛り部を測定物に密着させる。
- ・目の位置を真正面にして視差を防ぐ。
- ・数回、長さを測定し平均値を用いる。
- ・測定する際、必ずしも0を基点としなくてもよい。

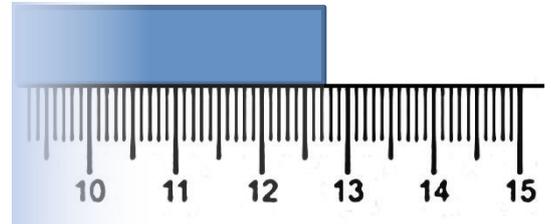


図1 ものさしの読み取り方の例

### II 誤差

ものさしで長さを測ったり、はかりで重さを量ったりするとき、ものさしやはかりの精度には限界があり、また目盛りの読みとりも完全に正確にはできない。そのため、真の値と測定値との間に差を生じる。この差を誤差という。誤差には次の2種類 (a) (b) がある。

(a) 絶対誤差（一般に「誤差」というと、絶対誤差のことをいう）

$$\text{絶対誤差} = \text{測定値} - \text{真の値}$$

(b) 相対誤差（「誤差何%」というときに使う）

$$\text{相対誤差}[\%] = \frac{|\text{絶対誤差}|}{\text{真の値}} \times 100$$

### III 有効数字

図1の127.6 mmの例では、1, 2, 7は、もちろんのこと、6も5や7と読むより、真の値に近いという意味で、それぞれ意味をもつ値である。これらを**有効数字**といい、この場合の有効数字は4桁となる。これに対し、0.0035の0.00は位どりの「0」であるため有効数字の桁数には数えない。したがって、0.0035は $3.5 \times 10^{-3}$ と表記でき、この有効数字は2桁となる。また、130.0のようなときには、 $1.300 \times 10^2$ と表記できるので、有効数字は4桁となる。

#### 1 測定値の計算と有効数字

誤った数値で計算をすると、誤差も連動して伝わるため注意が必要である。

##### (1) 掛け算・割り算

使った数字の「いちばん有効数字の桁数の少ないもの」に合わせて、計算結果を四捨五入する。

$$\text{例： } 3.0 \times 2.000 = 6.0 \quad 1.5 \times 1.550 = 2.325 \div 2.3 \quad 5.0 \div 3.0 = 1.66\cdots \div 1.7$$

##### (2) 足し算、引き算

いちばん精度の低い位にあわせて、それより小さい位を四捨五入する。

$$\text{例： } 1.5 + 0.21221 = 1.71221 \div 1.7$$

※ 「1.5」は少数第2位以下が不明なので、答の小数第2位以下は無意味になるため

##### (3) 複数の計算

途中の計算は、誤差の拡大を防ぐため有効数字を1桁多くとって計算する。

$$\text{例： } 7.0 \div 3.0 + 4.0 \div 3.0 = 2.33\cdots + 1.33\cdots \div 2.33 + 1.33 = 3.66 \div 3.7$$

※  $7.0 \div 3.0 + 4.0 \div 3.0 = 2.3\cdots + 1.3\cdots \div 2.3 + 1.3 = 3.6$  としないようにする。

## 2 無理数や円周率

計算の中の無理数や円周率は、他の測定値の有効数字より1桁多くとって計算する。  
また、その他の定数についても同様である。

## IV 関連する器具

### 1 ノギス

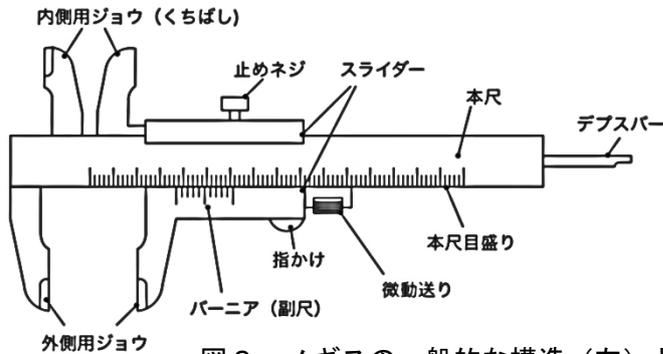


図2 ノギスの一般的な構造 (左) と読み取り部分 (右)

#### (1) ノギスの目盛りの読み方

- ① バーニヤの目盛り0のところ (a) の主尺の目盛りを読む。…3.1
- ② bのバーニヤの目盛りを読む。…0.06
- ③ 測定値は3.16となる。

#### ※ 留意事項

- ・円筒などの内径をはかる場合は内側用ジョウを使用する。
- ・通常、単位はミリ(mm)を用いる。

### 2 マイクロメーター

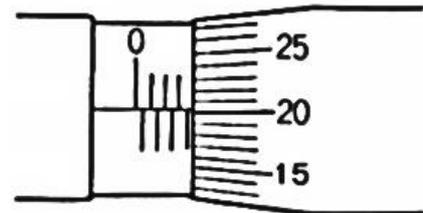
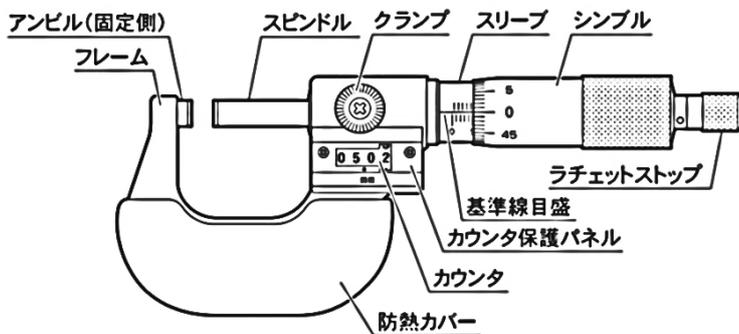


図3 マイクロメーターの一般的な構造 (左) と読み取り部分 (右)

#### (1) マイクロメーターの目盛りの読み方

- ① 円筒の目盛りをシンプルの左端で0.5 mm単位まで読む。…3.5
- ② シンプルの目盛りをスリーブ中央の基準線目盛で読む。…0.20
- ③ シンプルの目盛りを目分量で読む。…0.002
- ④ 測定値は3.702となる。(※通常、単位はミリ(mm)を用いる)

## V 参考資料

- 1 兵庫県教育研究所 (<https://www.hyogo-c.ed.jp/~kenshu/>), ものづくりのススメ (<https://rivi-manufacturing.com/>), 3 MISUMI Corporation (<https://jp.misumi-ec.com/>)

## 【付録3】 データ収集と分析の方法について

### Step I データを収集する

- ・ 目的を達成するためのデータを実験・観察・調査などで集めます。その際に変数と定数を決め、変数はできる限り少なくし、同時に考えられる誤差はできる限り排除して信頼できるデータを集めましょう。
- ・ 分野によってデータ数の概念は様々です。できる限り集めておいた方が良いでしょう。

### Step II 集計しデータを読む

- ・ 集めたデータを集計してグラフを描きます。グラフは散布図を描く場合が一般的です。その際誤差棒も使いながらデータのばらつき具合とその原因を考えます。ばらつきが大きい場合はその原因について再度検討してデータ収集を行います。
- ・ 平均値や中央値・最頻値・分散などの基本統計量を算出し、データの特性や傾向を考えます。
- ・ もし収集したデータに様々な変数があり、その組み合わせで多面的に解析をする場合はまずクロス表分析を試みましょう。
- ・ 考察した結果から、データから言えること（＝仮説）を設定します。

### Step III データを解析する

- ・ その仮説を証明するための統計分析を行うことで仮説が成立する（もしくは成立しない）証拠を集めます。

- 原因を分析する ⇒ 重回帰分析
- 同じものを集めて共通性を分析する ⇒ デンドログラム（樹形図）、クラスター分析
- 特徴をまとめる ⇒ 主成分分析
- 表面上に出てこない要因を探す ⇒ 因子分析
- 仮説が正しいかどうかを判定する ⇒  $t$ 検定  $F$ 検定  $\chi^2$ 検定など
- 互いの関連性を判定する ⇒ 相関係数

### Step IV 仮説を選択する（または棄却する）

- ・ Step IIIの統計分析により仮説を選択するか棄却するかを決定します。もちろん棄却されるということも1つの事実なので意味を持ちます。
- ・ その後の手法としては、Step I で設定した定数を変数に変えてみてデータを収集する、Step IIIの解析方法を変えてみるなどがあります。

※文章中に出てくる聞きなれない言葉については、書籍やインターネットで調べてみよう。



MADE IN TSUYAMA

