

令和5・6年度調査研究事業

「既存の教科と教科『理数』の相互発展に関する研究」

# 普段の授業で行う 探究活動事例集

千葉県総合教育センター

令和7年3月

## はじめに

教育の現場では、日々新たな知識や技術が生まれ、進化を続けています。令和4年度から年次進行で実施された学習指導要領の改訂は今年度で3年目を迎え、全日制では全学年が新課程へと移行されました。特に今回の改訂の中でも「探究」と名の付く科目が複数新設されるなど、“生徒が自ら課題を見つけ、その解決に向けて主体的に学びを進める”「探究」が重要視されています。

本ガイドブックは、探究的な活動を生徒、教員双方にとってより身近なものとするために、教科「理数」の知見を使い、既存の教科（理科や数学など）での探究活動の充実を図ることを目指しています。本書に収められている事例は、実際に授業を担当されている先生方の貴重な実践から作成されたものです。各授業の「探究の切り口」を示すことで、理数以外の教科でも「探究活動」を短時間で取り入れやすくなるよう工夫しています。具体的な事例や実践内容を通じて、先生方の授業にも活かせるヒントやアイデアが見つかることでしょう。

探究を取り入れた授業は、教師が知識を教えるだけでなく、生徒が自ら課題を発見し、考え、根拠に基づいて、論理的に課題を解決しようとする力を育むことができます。本書がその手助けとなり、生徒一人一人が日常生活の中における様々な疑問を感じ、探究心を育むきっかけとなること、先生方の創意工夫がさらなる授業改善につながることを心より願っております。このガイドブックが、みなさんの教育活動にとって有意義な一助となることを願っています。

# 目次

1	研究の背景と目的	1
(1)	研究の背景	1
	ア 教科「理数」について	
	イ 学習指導要領等での扱い	
	ウ STEAM教育とのつながり	
	エ 高大接続の現状	
	オ 教科「理数」をとりまく現状	
	カ 先行研究	
(2)	研究の目的	4
(3)	課題の整理	5
(4)	事例集作成の指針	6
2	探究の成り立ち	7
(1)	教科「理数」と総合的な探究の時間における探究活動の特徴	7
	ア 目標について	
	イ 探究の過程について	
(2)	既存の教科で探究を行う意義	10
(3)	既存の教科に探究を取り入れるには	12
	ア 普通の授業に、いかに「探究の切り口」を取り入れるか	
	イ 探究のどの場面にフォーカスするのか	
	ウ 評価計画	
	エ Q & A	
	【対談】普通科高校での教科「理数」導入	19
3	授業事例	23
	【各項目の見かた】	23
	【目次】	24
	【事例】物理分野	25
	化学分野	59
	生物分野	95
	地学分野	120
	数学分野	144
	【取材】探究について思うこと（秀明大学 清原 洋一 教授）	171
4	研究組織	175
5	発行	175
	【参考】	176

※ 項目をクリックすると、該当のページに移動できます。  
※ 「しおり」を使うと、ページ間の移動に便利です。

# 1 研究の背景と目的

## (1) 研究の背景

### ア 教科「理数」について

高等学校における各学科に共通する各教科「理数」（以下、「教科『理数』」と表記する,図 1）は、平成 30 年の学習指導要領の改訂において新設された、「理数探究基礎」及び「理数探究」の 2 科目から構成される教科であり、教科等横断的なテーマに対して自ら課題を発見したり、計画を立てて研究を進めたりすることによって、「新たな価値の創造に向けて粘り強く挑戦する力の基礎を培う」ことを目的とした教科である。このような活動は、これまで、国が指定しているスーパーサイエンスハイスクール（SSH）や、理数科（以下、「理数に関する学科」と表記する）において主に行われてきたが、各学科に共通する各教科として設置されたことが大きな特徴の一つである。

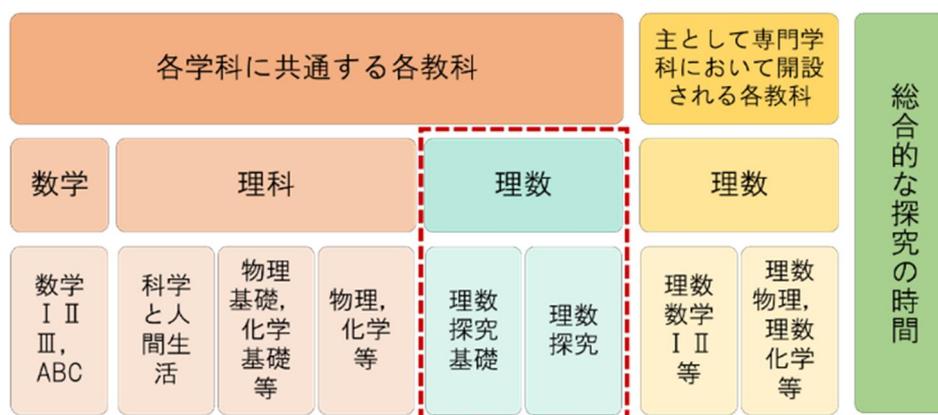


図 1 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）より

### イ 学習指導要領等での扱い

教科「理数」について「理数科設置の経緯」では、「知の創出をもたらすことができる人材の育成」を目指し、「数学や理科に関する横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を身に付ける」目的で新設されたとある。また、「理数科の目標」では、対象となるのは自然科学だけにとどまらず、社会科学や人文科学、芸術やスポーツ等も含まれるとある。身の回りのあらゆる出来事を、数

学的・理科的な見方で捉え直す、という視点が重視されていることが分かる。

理数科設置の経緯 ・ 知の創出をもたらすことができる人材の育成 ・ 数学や理科に関する横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を身に付ける <p style="text-align: right;">（高等学校学習指導要領解説 理数編第1章第2節）</p>
理数科の目標 ・ 対象となる事象は自然科学だけではなく、社会科学や人文科学，芸術やスポーツ，生活に関するものなどあらゆるものが含まれ…（略） <p style="text-align: right;">（高等学校学習指導要領解説 理数編第1章第3節）</p>

## ウ STEAM 教育とのつながり

「STEAM 教育等の教科等横断的な学習の推進について」及び「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して」では、STEAM 教育の目的として、専門的な人材の育成と併せて、「STEAM を構成する各分野が複雑に関係する社会を生きる市民の育成の側面」について示されている。探究的な活動が、専門的な教育のみならず、市民教育にとっても重要視されていることが分かる。

「STEAM 教育等の教科等横断的な学習の推進について」 3 (1) STEM 教育の広がり と STEAM 教育 ・ Science、Technology、Engineering、Mathematics の STEM 分野が複雑に関連する現代社会の問題を、各教科・領域固有の知識や考え方を統合的に働かせて解決する学習…（略） ・ Liberal Arts (A) の考え方に基づいて、自由に考えるための手段を含む美術、音楽、文学、歴史に関わる学習などを取り入れるなど…（略） <p style="text-align: right;">（文部科学省初等中等教育局教育課程課）</p>
「令和の日本型学校教育」の構築を目指して（答申）」 第Ⅱ部 3 (4) STEAM 教育等の教科等横断的な学習の推進による資質・能力の育成 ・ STEAM 教育の目的には、人材育成の側面と、STEAM を構成する各分野が複雑に関係する現代社会に生きる市民の育成の側面がある。 ・ 高等学校においては、「総合的な探究の時間」や「理数探究」が、（略）STEAM 教育がねらいとするところと多くの共通点があり、… <p style="text-align: right;">（令和3年1月26日 中央教育審議会）</p>

## 工 高大接続の現状

「大学入学者選抜における好事例集」(図2)によると、近年、大学入学者選抜では特徴的な選抜方法が数多くみられ、在学中の探究活動の成果のみならず、レポートの作成能力を問うものや、探究の手法を用いた構想力を問うものなど、学びに向かう力を多面的に評価するような内容となっている。

これらを踏まえると、理数に関する探究的な活動は、理数に関する学科を設置する高等学校のみで行われるだけでは十分とは言えず、学科や教科の枠組みを越えて、広く普及されることが望ましい。



図2 大学入学者選抜における好事例集(文部科学省高等教育局)より

## オ 教科「理数」を取り巻く現状

教科「理数」は、理数に関する学科やSSHで行われる課題研究等と、理科・数学といった既存の教科、及び総合的な探究の時間との橋渡しとしての役割を担っている。しかし、現在、教科「理数」を開設する県立高等学校のほとんどは、理数に関する学科を設置している学校となっている。一方で、高等学校の普通科においては、既存の教科の中で探究を充実することに悩みを抱えていることが危惧される。これらの事情により、現在の教科「理数」と、既存の教科や総合的な探究の時間との間にはギャップが生じていると考えられ、これを埋めることで「令和の日本型学校教育」に示されている、専門的な人材の育成と市民育成に対して効果を発揮すると考えられる(図3)。

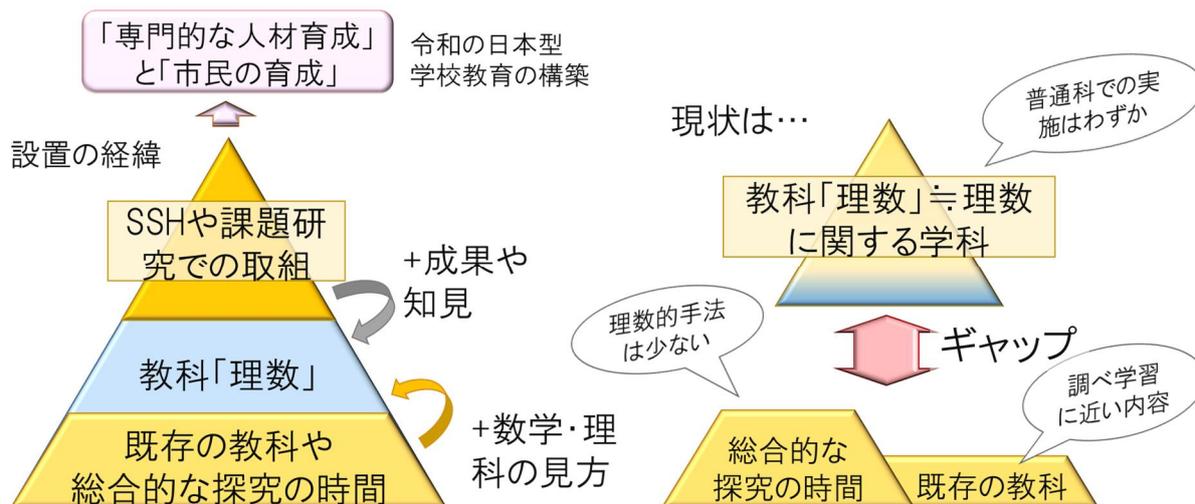


図3 教科「理数」を取り巻く現状

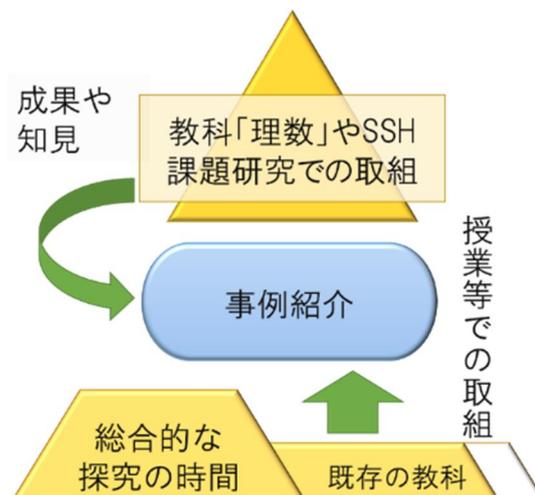
## カ 先行研究

令和元年度・2年度の調査研究「高等学校の新教科『理数科』に関する研究」のガイドブックでは、主に理数に関する学科やSSH等における年間を通した課題研究を紹介している。しかし、これらの事例は教科「理数」開設校での実施を前提としており、そのまま既存の教科に取り入れることは難しいと考えられる。

## (2) 研究の目的

ここまで見てきたように、探究的な活動は敷居が高く特別なものではなく、どんな学校でも取り組める、一般的で親しみやすいものでなければならない。そこで、教科「理数」で培われた成果や知見をもとに、より普段の授業に取り入れやすい規模での事例として紹介することとした(図4)。これにより、教科「理数」と既存の教科とのギャップを埋めて、探究への敷居を下げる可以考虑、既存の教科と教科「理数」の円滑な接続と双方の発展を目指すことを研究の目的とした。

図4 研究の目的



### (3) 課題の整理

研究協力員会議では、教科「理数」を取り巻く課題を挙げ、主として次のア～キに整理した（図5）。

ア 授業時間以外での活動が多く、生徒の負担感につながっている

イ 教員の探究的な活動の経験が浅く、指導に不安を感じている

ウ 短いサイクルで活動し、間違いや失敗の経験を積む必要がある

エ 統計の取り方等の調査リテラシーが不足している

オ テーマの設定など、基本的なスキルの取得に時間がかかる

カ 1年間の最終成果物以外での評価場面が不足しがちである

キ 評価が煩雑になってしまうため、簡潔な評価基準が必要である

これらの課題は、探究活動のやり方やスキル向上に関する課題（ア～オ）と、評価の場面での課題（カ、キ）に大別できた。

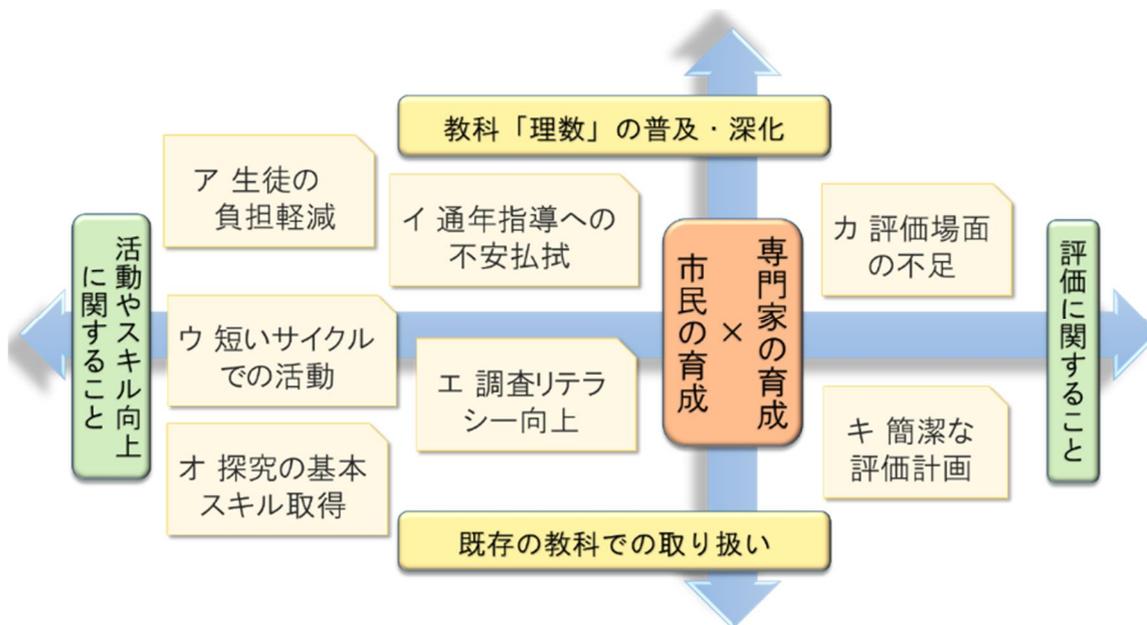


図5 教科「理数」を取り巻く課題

これらを、教科「理数」の枠の中だけで捉えずに、既存の教科で取り扱いながら解決していくことが、「専門家の育成」と「市民の育成」双方に利益になると考えた。

#### (4) 事例集作成の指針

これらを踏まえ、二つの指針に沿って、「普段の授業で行う探究活動事例集」を作成することとした（図6）。

##### ① 「探究の切り口の明確化」

初めて探究的な活動に挑戦しようとする先生が、「どこが探究的なのか」一目で分かるように記載する。将来的に、自身の行っている実験や観察を、探究的にバージョンアップできるようになることが望ましいからである。

##### ② 「簡潔な評価計画」

探究の切り口と連動した評価規準に絞り、できた・できなかったの判断で簡潔に評価できるように記載する。教員の過度な負担にならないようにすることで、評価を行う機会を増やし、学習改善・指導改善につながることを望ましいからである。

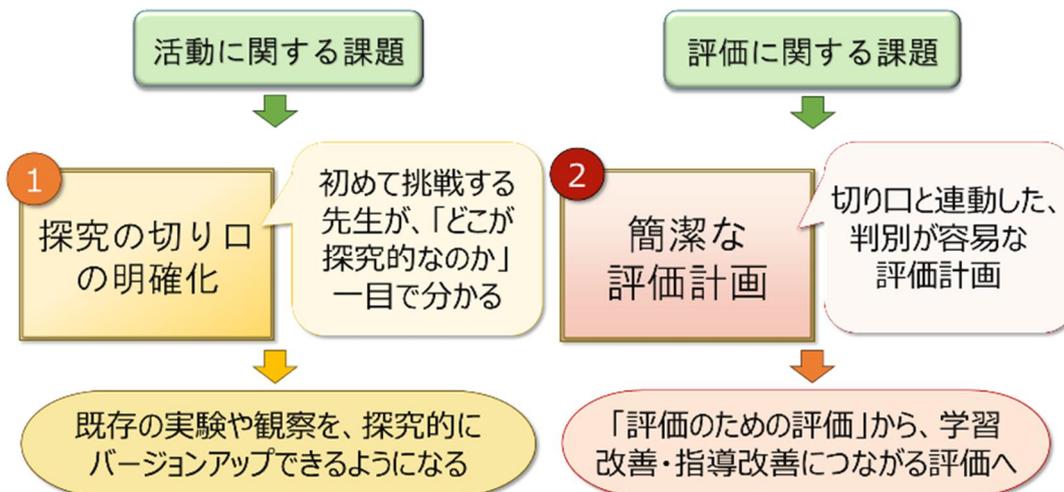


図6 事例集作成の指針

## 2 探究の成り立ち

### (1) 教科「理数」と総合的な探究の時間（以下、「総探」）における探究活動の特徴

#### ア 目標について

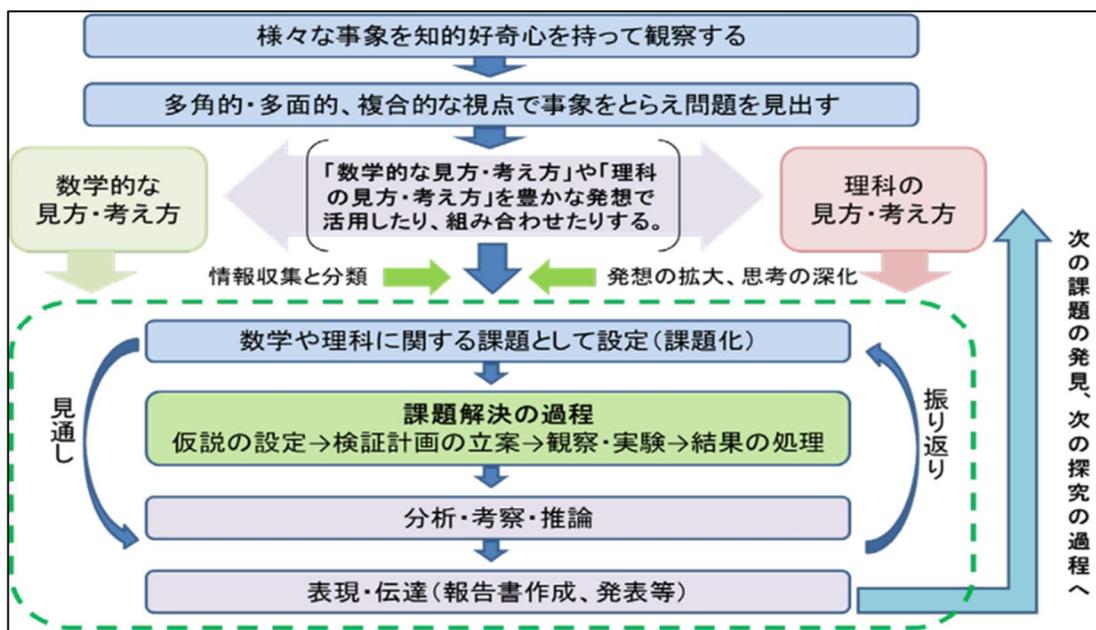
教科「理数」の目標	総探の目標
<p>様々な事象に関わり、<u>数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせる</u>などして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</p> <p>(ア) 対象とする事象について探究するために必要な知識及び技能を身に付けるようにする。 【知識及び技能】</p> <p>(イ) <u>多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定</u>して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。 【思考力、判断力、表現力等】</p> <p>(ウ) 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決や新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度、探究の過程を<u>振り返って評価・改善</u>しようとする態度及び<u>倫理的な態度</u>を養う。 【学びに向かう力、人間性等】</p>	<p>探究の見方・考え方を働かせ、横断的・総合的な学習を行うことを通して、<u>自己の在り方生き方を考えながら</u>、よりよく課題を発見し解決していくための資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</p> <p>(ア) 探究の過程において、課題の発見と解決に必要な知識及び技能を身に付け、課題に関わる概念を形成し、探究の意義や価値を理解するようにする。 【知識及び技能】</p> <p>(イ) <u>実社会や実生活と自己との関わりから問いを見だし</u>、自分で課題を立て、情報を集め、整理・分析して、まとめ・表現することができるようにする。 【思考力、判断力、表現力等】</p> <p>(ウ) 探究に主体的・<u>協働的に取り組む</u>とともに、<u>互いのよさを生かしながら</u>、新たな価値を創造し、よりよい社会を実現しようとする態度を養う。 【学びに向かう力、人間性等】</p>

いずれも教科等横断的な事柄を対象とし、新たな価値の創造を目標としている点は共通している。一方、総探では自己と社会との関わりを重視しているのに対し、教

科「理数」では、事象を理科的・数学的な視点で捉えて課題設定する点で、より専門的な人材育成を目指していることが分かる。

## イ 探究の過程について

教科「理数」と総探における探究の過程は、次の図7・図8のとおりである。



※ 高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 理数編より  
図7 教科「理数」における探究の過程

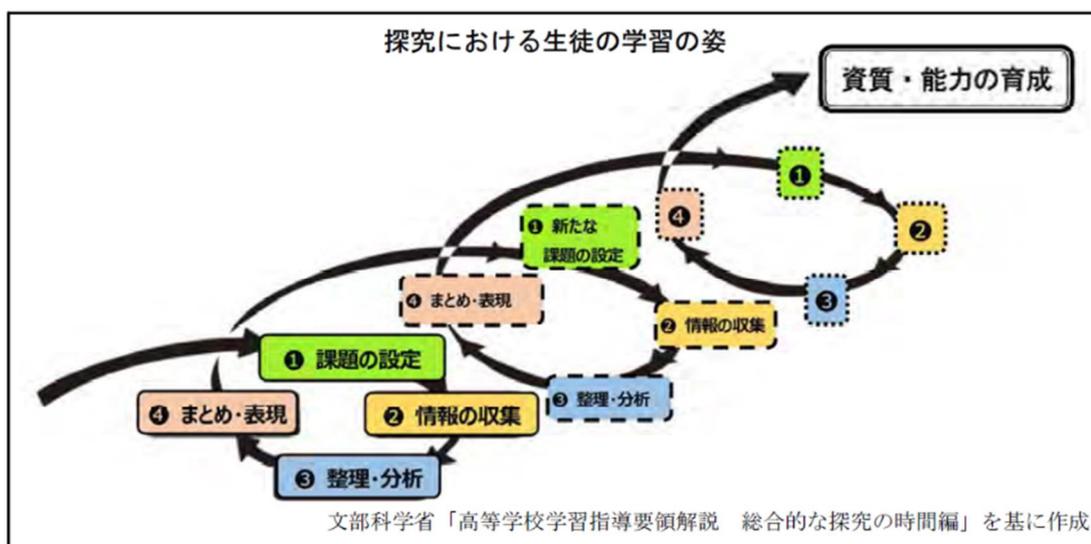


図8 総探における探究の過程

これらを整理して比較した。

教科「理数」における 探究の過程	総探における 探究の過程
① 課題の設定 自然や社会の様々な事象に関わり、そこから数学や理科などに関する課題を設定する。	① 課題の設定 体験活動などを通して、課題を設定し課題意識をもつ。
② 課題解決の過程 数学的な手法や科学的な手法などを用いて、仮説の設定、検証計画の立案、観察・実験・調査等、結果の処理などを行う。	② 情報の収集 必要な情報を取り出したり収集したりする。
③ 分析・考察・推論 得られた結果を分析し、先行研究や理論なども考慮しながら考察し推論する。	③ 整理・分析 収集した情報を、整理したり分析したりして思考する。
④ 表現・伝達 課題解決の過程と結果や成果などをまとめ、発表する。	④ まとめ・表現 気づきや発見、自分の考えなどをまとめ、判断し、表現する。

課題の設定の場面では、生活や社会の中での経験をもとに課題を発見する点では共通しているが、教科「理数」では、様々な事象を多面的に捉えたうえで、数学や理科に関する課題として設定する。一方、総探では、実社会における複雑な文脈の中で課題の解決を目指す点が特徴である。また、課題解決の方法では、教科「理数」が実験・観察、及び結果の処理を基本としているのに対し、総探は情報の収集・整理を基本とし、まとめ・表現は、より柔軟なものとなっている。

## (2) 既存の教科で探究を行う意義

探究とは、生徒が自ら課題を見つけ、主体的に学びを進める学習方法である。この学習方法は、従来の知識伝達型の教育とは異なり、問題解決能力や批判的思考力、創造性などの“21世紀型スキル”の習得に適している（図9）。

主体的に学ぶことで、生徒は生涯にわたる学びへの意欲を高め、自己成長を促進する。また、問いに対する答えを見つけ、知識を体系的に整理し、深い理解を得ることもできる。グループでの協働作業では、コミュニケーション能力や協調性を育むことが期待できる。これらの能力は、将来の職業生活や社会活動においても重要なスキルとなる。

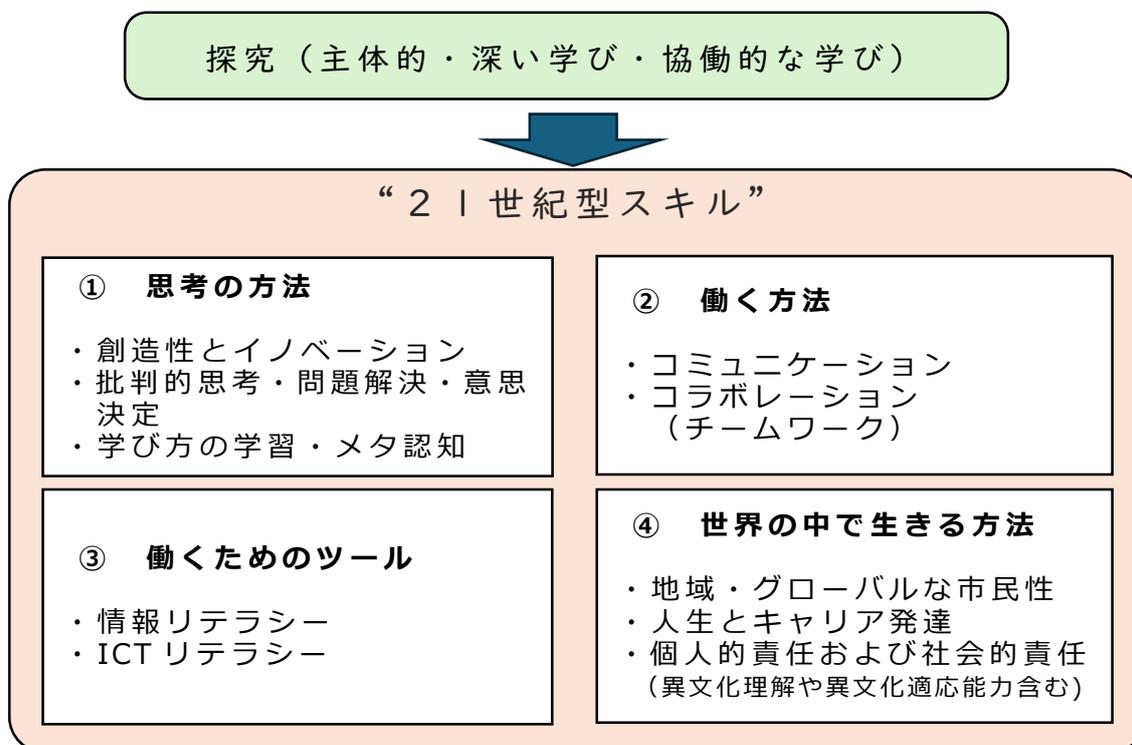


図9 “21世紀型スキル”

「総務省 HP ICTドリームスクール懇談会（第6回）配布資料」を基に作成

次の表は、探究のレベルを教師からの関わりの程度によって4段階に分類したものである。表の○は生徒に与えられている情報を示しており、レベルが上がるにつれ、教師からの指示が少なくなる代わりに、学習者の主体性の割合が増していくことが分かる。

探究レベル	教師からの提示 問い 手続き 解			生徒の活動
1. 確認としての探究 (Confirmation Inquiry)	○	○	○	事前に分かっている活動を通して原則を確かめる
問いの例: 炭酸水素ナトリウムを加熱すると、水、二酸化炭素、炭酸ナトリウムに分解するか。 ⇒ 実際に確かめましょう。				
2. 構造化された探究 (Structured Inquiry)	○	○		教師が提示した問いについて、決められた手続きによって調査
問いの例: 発生した気体は二酸化炭素だけだろうか。 ⇒ 試験管の口が濡れている(生徒) ⇒ 塩化コバルト紙で検証してみましょう。				
3. 導かれた探究 (Guided Inquiry)	○			教師が提示した問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査
問いの例: ホットケーキが膨らむ理由と過熱による炭酸水素ナトリウムの変化の関係を考えましょう。焼成過程で気付いたことはありますか。 ⇒ 炭酸水素ナトリウム入りは生地が沸騰しているようだった。(生徒) ⇒ 何を明らかにすれば、生地の膨らみの解決につながりますか。 ⇒ 炭酸ナトリウムを加熱して気体を調べます。(生徒) ⇒ どのような方法が良いでしょうか。…				
4. 開いた探究 (Open Inquiry)				自ら設定した問いについて、自ら設計・選択した手続きで調査
問いの例: 生徒が問いを設定(教師は何に着目して、何を明らかにしたいのかに意識を向けさせるだけ)				

※「問いの例」は、炭酸水素ナトリウム(重曹)でホットケーキを作る実験を例に、各探究レベルに合わせて問いを作った場合の一例である。

※日本化学教育学会研究会研究報告書・Vol.37. No.5 (2023).松原 及び Heather Banchi and Randy Bell. (2008). 「Many Levels of The Inquiry」. 『Science & Children』v46 (October), p26-29. を基に作成

「3. 導かれた探究」では、初め「2. 構造化された探究」と同様に、問いを教師が立てている。しかし、「3」では焼成過程を見て気付いたことを生徒に問いかけ、生地が沸騰するような様子に気付かせている。ここで、課題を解決する糸口を与えるために、「何を明らかにすることが生地の膨らみの解決につながるか」と問いかけた。つまり、生徒が自ら課題解決のための手続きを考えるよう、学習を展開している。このような支援をすることで、生徒は課題解決の流れが作りやすくなる。支援はするが、方法は生徒が自ら考える、という点が重要である。

(3) 既存の教科に探究を取り入れるには

学習指導要領解説（理科編・数学編）では、既存の教科の指導の在り方について次のように触れている。

<p>理科編 第3節 理科の目標</p> <p>（略）見通しをもって観察，実験を行うことなどを通して，自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</p> <p>（1）自然の事物・現象についての理解を深め，科学的に探究するために必要な観察，実験などに関する技能を身に付けるようにする。</p> <p>（2）観察，実験などを行い，科学的に探究する力を養う。</p> <p>（3）自然の事物・現象に主体的に関わり，科学的に探究しようとする態度を養う。</p>
<p>数学編 第2節 2（1）数学科改訂の要点</p> <p>事象を数理的に捉え，数学の問題を見だし，問題を自立的，協働的に解決し，解決過程を振り返って概念を形成したり体系化したりする過程」といった数学的に問題発見・解決する過程を学習過程に反映させることを重視する。（中略）</p> <p>主として日常生活や社会の事象などに関わる過程と，数学の事象に関わる過程の二つの問題発見・解決の過程を考え…（略）</p>

さらに、総則編では、思考・判断・表現の過程、及び主体的・対話的で深い学びと関連付けて、次のように探究活動の充実の必要性が示されている。

<p>総則編 第4章 第1節 主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善</p> <p>（略）思考・判断・表現の過程には，</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・物事の中から問題を見だし，その問題を定義し解決の方向性を決定し，解決方法を探して計画を立て，結果を予測しながら実行し，振り返って次の問題発見・解決につなげていく過程（略）がある。</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・社会との関わりを意識した課題を追究したり解決したりする活動の充実（社会）</li><li>・運動や健康についての自他や社会の課題を発見し，その合理的，計画的な解決のための活動の充実（保体）</li><li>・家庭や地域及び社会における生活の中から問題を見だして解決策を構想し，実践を評価・改善して，新たな課題の解決に向かう過程を重視（家庭科）</li><li>・情報技術を活用して問題を発見し主体的，協働的に制作や討論等を行うことを通して解決策を考える（情報）</li></ul> <p style="text-align: right;">抜粋</p>

現在各高等学校では、「主体的・対話的で深い学び」の実現が喫緊の課題であり、授業改善が進められている。そこで、主体的・対話的な活動に、探究の過程の一部を「探究の切り口」として取り入れることで、「見通しをもって学習を調整する力、粘り強く学習に取り組む力、思考を表現して深めていく力」など、これからの社会で必要な力の獲得に、一層効果を発揮すると考えられる（図 10）。



図 10 「主体的・対話的で深い学び」との互惠関係

既存の教科で探究を充実させようとする場合、前出の Banichi & Bell (2008)による「探究のレベル」におけるレベル4「開いた探究 (Open Inquiry)」を目指すには、通年指導を前提とした指導計画が必要であり、普段の授業の中に取り入れることは難しい。そこで、レベル2「構造化された探究 (Structured Inquiry)」又はレベル3「導かれた探究 (Guided Inquiry)」を目下の目標とした。

探究は「1 課題の設定」、「2 課題解決の過程」、「3 分析・考察・推論」、「4 表現・伝達」の探究の過程<sup>\*</sup>を繰り返すことであるから、「これさえやればどんな授業でも探究になる」といった特効薬のようなものは存在しない。よって、普段の授業の中にどのような工夫を取り入れれば、探究的な側面を見出せるのか検討したところ、次のア、イに示す方策が見出せた。

<sup>\*</sup>高等学校学習指導要領解説 理数編, p14

ア 普段の授業に、いかに「探究の切り口」を取り入れるか

普段の授業に「探究の切り口」を設定する手法について、全 20 事例を次の（ア）～（オ）に大別することができた。これらの手法を参考に、今回挙げた事例以外の題材についても、探究的な展開を試みることができる。

（ア）身近な疑問や製品を題材に、仮説を立てたり、実験で試行錯誤したりする

事例 1 「よく回るコマの条件ってなんだろう？」

事例 2 「熱効率が大きい熱機関（ポンポン船）を作るには？」

事例 3 「マシュマロ・チャレンジ」

事例 9 「電池の電圧はどのようにして決まるのだろうか？」

事例 18 「ゲーム・パズルの中の数学」

（イ）定番の実験観察をもとに、実験を計画させたり、根拠を考えたりにする場面を膨らませる

事例 4 「固体の性質から物質を見分けよう」

事例 10 「DNA はどこに多くあるか、その理由を考える」

事例 13 「学校の敷地内環境と植物の種類の関係」

（ウ）現象を詳しく観察することで、新たな気づきや推察を促す

事例 5 「極性と溶解しやすさ」

事例 11 「ドライイーストのビーズで行うアルコール発酵」

事例 12 「イーストビーズを用いた、コハク酸脱水素酵素の活性実験」

事例 16 「級化層理の成因」

事例 19 「九点円の性質」

（エ）目的に対し、必要な情報や条件を考えて、実験で根拠を集めさせる

事例 6 「岩塩の結晶を用いてアボガドロ定数を求めてみよう。」

事例 7 「アルコールの濃度を求めてみよう」

事例 8 「水溶液の定性分析」

事例 14 「災害リスクを高める要因を考えよう」

事例 20 「射影に関する考察」

（オ）教科書や資料の知識を題材に、その要因を複合的に考え、表現させる

事例 15 「世界の海洋の塩分分布」

事例 17 「火成岩における斑状組織の成因」

## イ 探究のどの場面にフォーカスするのか

普段の授業においては、探究に取り組む時数が増えれば年間指導計画に影響してしまうため、数時間の範囲で実施する必要がある。そこで、探究のサイクルのうちフォーカスする場面を、それぞれ想定して教材開発を行った。探究の場面は1つだけを取り入れてもよいが、「分析・考察・推論」や「表現・伝達」のみにフォーカスすると、予め想定した「正解」を導き出すためのプロセスになりがちであったため、「課題の設定」や「課題解決の過程」と組み合わせて実施するとよいことが示唆された。

(ア)「1 課題の設定」にフォーカスする

事例 3、5、11、12、14、15、19

(イ)「2 課題解決の過程」にフォーカスする

事例 1、2、3、4、6、7、8、9、10、13、14、16、18、20

(ウ)「3 分析・考察・推論」にフォーカスする

事例 1、2、4、5、6、8、10、11、12、13、14、16、17、18、19、20

(エ)「4 表現・伝達」にフォーカスする

事例 15、17、18、19

## ウ 評価計画について

記録に残す評価は、公平性や保存性の観点から、ワークシート分析を中心とした。また、評価の目的はA / B / Cを切り分けること自体ではなく、授業改善及び学習改善につながることであるから、簡潔に行え、生徒にフィードバックしやすい評価計画を目指した。具体的には、

- ① 1つの活動に対して、1つの観点到絞ること
- ② 2・3項目を見取ることで、A～Cの尺度に分類できること
- ③ 学習改善に生かせるよう、生徒が見ても分かりやすいことに留意し設定した。

## Ⅰ Q & A

探究を取り入れる際、不安や疑問に感じやすいと思われる点をまとめた。なお、リンクから各事例を参照できる。

Q 1 「答えの分かっている現象でも、探究のテーマとして良いのでしょうか？」

A 答えの分かっている現象でも、仮説を立てて、実験して答えを導く過程が大切です（[事例 1](#)）。既知の知識をもとに、何を、どのように測定すれば根拠となりうるのか、考えて表現することも、探究の重要な場面といえます（[事例 8](#)、[15](#)）。

Q 2 「検証方法を自由に考えさせると、様々な案が出すぎてとても時間内に実施できなくなりそうです。また、危険な実験をやっ  
てしまいそうで心配です。」

A 探究の習熟度が低いうちは、見本や材料に制限をかけることで、仮説の自由度を緩やかにコントロールでき、授業の枠組みの中で進めやすくできます（[事例 1](#)、[事例 7](#)）。また、結果的に時間内で結論が出なかったり、疑問で終わってしまったりしても構いません。次の探究サイクルへの接続を意識した、オープンエンドな終わり方もあり得ます（[事例 9](#)）。安全管理は最も留意すべき点の1つです。危険予測まで含めて計画させて、一度教員が確認するプロセスを取り入れてもよいでしょう（[事例 4](#)）。

Q 3 「仮説が正しいかどうか、自分（教員）が判別できるか自信がありません。」

A 仮説が合っているかよりも、観察した事実から考えたかどうか  
が重要になります。あくまでも観察・実験から論理的に導き出しているかを評価するとよいでしょう（[事例 1](#)）。また、実際は複雑な要因があつて難しい問いでも、アイデアを生み出して検証していく過程を重視し、必ずしも完全な正解にたどり着くことを目

標にする必要はありません。教員が正解の分からない問いこそ、まさに探究の醍醐味ではないでしょうか（[事例 3](#)、[10](#)、[18](#)）。

Q 4 「検証方法は自分の班だけで考え抜かせるべきか、他の班と情報共有するべきか。間違った検証方法を正すタイミングがつかめません。」

A 答えは1つでないので、他の班の様子を観察させてもらい、新たな気づきにつなげさせることができるでしょう（[事例 2](#)）。また、最後まで取り組ませ、失敗から学ばせることが大切です。結論に行きつくまでは、見守ることも必要でしょう（[事例 7](#)）。

Q 5 「モデル実験や演示実験は答えありきで行うため、探究的な切り口が見出せません。」

A 現象をよく観察して細かく記録をつけたり、少し条件を変えて繰り返してみたりすることで、小さな挙動を見過ごさずに新たな気づきに繋げる、深い観察眼を養うことができます（[事例 5](#)、[16](#)、[19](#)）。日ごろから「なぜ？」「本当に？」と立ち止まって考える習慣をつけさせるとよいでしょう（[事例 17](#)）。

Q 6 「グラフを正確に書かせようとする、時間がかかり、考察する時間が十分に取れません。」

A グラフを正確に描写することは、知識および・技能として大切な要素ですが、「今日の授業では思考力・判断力・表現力を伸ばす」と目標立てたのであれば、そのことを生徒に説明したうえで、グラフを選択させたり、軸を考えさせたりする活動を重視してもよいでしょう（[事例 6](#)）。

Q 7 「実験に失敗した時のアドバイスや声掛けのポイントが分かりません。」

A 予想と違う結果が出たときは、すぐに失敗や誤差と断定せずに、起こったことをそのまま受け止めさせましょう。その上で、再現性を確認したり、条件の違いを注意深く観察したりして、起こるべくして起こったのか、何らかの操作ミスなのか考えさせるとよいでしょう（[事例 12](#)）。トライ&エラーの繰り返しこそがまさに探究ですので、失敗を大切にして考える習慣を付けさせましょう（[事例 3](#)、[20](#)）。

Q 8 「評価は毎時間全ての観点で行わなければいけないのでしょうか。」

A 「原則として単元や題材等のまとまりごとに、それぞれの実現状況が把握できる段階で評価を行う\*」と示されています。短時間で行う探究では、生徒が現象に対してどの程度疑問を抱いているかを指導者が見取り、その後の指導改善に生かしていくことが肝要です。よって記録に残す評価はせず、教師による見取りのみとした事例もあります（[事例 17](#)）。

Q 9 「探究の場面で、主体的に学習に取り組む態度の評価は行えますか。」

A 主体的に学習に取り組む態度の評価は、「知識及び技能を習得させたり、思考力、判断力、表現力等を育成したりする場面に関わって行う\*」とされています。事例集では主に思考・判断・表現を評価していますが、“身近な疑問や製品を題材に、仮説を立てたり、実験で試行錯誤したりする”事例では、「粘り強く学習に取り組む態度」を見取することも可能でしょう（[事例 1](#)、[2](#)、[3](#)、[9](#)、[18](#)）。

\*中央教育審議会「児童生徒の学習評価の在り方について（報告）」

## 対談 普通科高校での教科「理数」導入について

県立千葉東高等学校では、令和4年度より「理数探究基礎」を開設し、1年次の総合的な探究の時間に読み替えて実施しています。この度、当時導入を主導したA先生・B先生、そして現在主として関わっているC先生・D先生の4名に、導入の経緯や、成果と課題についてお話を伺いました。

### 【事務局】

カリキュラム導入の経緯について伺います。

### 【A先生】

#### ●開設の経緯

当時東高は高大接続、国際理解教育、理数教育という3つの柱を掲げていた。理数教育に関しては、部活動で課題研究に取り組むことや、希望者を募り科学の甲子園にチャレンジする等、先生の個人レベルでの指導で成り立っている面があった。これらをカリキュラムの中に入れて、新しい指導要領に対応していこうという学校像があった。

また、生徒は優秀で真面目に取り組むが、受け身の生徒が多いと、先生方が感じていたため、主体性や、課題を解決する力、多様な考えを受容することを鍛えていく必要性があった。

#### ●開設に向けたハードル

多くの先生方が、やったことがないことによる、指導の難しさと大変さ。授業としてどうやるかというイメージが共有しづらいこと。理科の先生方はある程度探究がイメージできるが、他教科の先生方に理解をしていただくのは大変だろうと想定していた。また、インフラ、実験器具や設備の面をどうするのかという課題もあった。

「課題研究の指導経験を積んでいくと、次もやってみたいという先生が増える」という調査研究があり、先生方の力量、生徒のモチベーションアップ等、課題研究は魅力があるということからスタートした。

#### ●先生方の受け止め

一部では、理科・数学の時間でやればいい、40人単位では無理、といったネガティブな意見もあった。理数以外の先生の役割はどうか、という声もあった。一方で、大学入試改革で従来の学力以外の力が求められる。今までの指導では将来成り立たなくなる。探究を進める方向性が必要、というポジティブな意見もあった。

そこで、先導する先生に、実際に授業における試行をして、成果を先生方に見てもらい、探究的な活動の良さを知ってもらおうと、プロ

プロジェクトチームを作った。

【B先生】

現状を何とかしなければいけないという気持ちを、多くの先生方が持っていることに、当初は意外に感じた。主体性がない、課題を自分で見つけられない、そのようなことを先生方は常々思っていて、受け身である子たちを何とかしたいという声が聞こえてきた。ちょうどその時期に教科「理数」の新設が重なった。また、総採用のキャリア教育や道徳教育が中心のプログラムが完成していて、しっかりしたワークシートがあったが、それをこなせる先生が少なくなり、形骸化している面があった。タイミングよく、すんなりと土俵に乗れた気がする。

### ●つまづき

理科の先生は、じゃあどうやるんですかという、不安の部分が大きかった。まず化学基礎（B先生自身の担当）で、夏休みを利用して探究活動を導入してみた。実際に生徒が目をキラキラ輝かせて活動している姿を見て、先生方が徐々に前向きな発想になったと感じた。生物ならどうしよう、物理ならどうしようと話し合いながら、2年間かけて試行していった。

【事務局】

理科の中で不安の声が大きかったとありましたが、具体的にどんなことが挙げられましたか。

【B先生】

教科の負担が増えてしまうこと。それは、探究に理科の基礎科目の内容をうまく盛り込んで、教員の教材準備や、生徒の授業内容理解に貢献するような方針で計画した。評価が3観点評価になることについての不安もあった。

### ●保護者の反応

【事務局】

保護者は進学指導を期待している中で、従来型の教育からの転換は、すんなりと移行できましたか。

【A先生】

国公立大学の推薦や、総合型選抜が広がる中、時代は探究だという意識を、プロジェクトチームの中で共有していた。保護者に対しても一貫した説明ができていた。学校は、新しい入試にも対応できる仕組みを作る、と理解されていたと思う。

【B先生】

学校説明会では、「理系の学校になるんですか？」、という極端な話を中学生の保護者から聞かれた。探究活動の意義を説明すると、ほと

んどの保護者はとても肯定的であったことが印象に残っている。

- 3年目を迎えて

- 【事務局】

- 成果と課題について伺います。C先生、D先生いかがでしょうか。

- 【C先生】

- 1年次は理数探究基礎で問題解決に向けての探究を学び、2年次は総探となり、自分自身の問題解決を目指して、学年主導でやっている。ただ、今年の総探は、教員の負担が大きく、今年は企業との連携を取り入れながら進めた。一人一人が発表している雰囲気は非常に良くなってきている。ブラッシュアップして、3年目に行くのかなという印象。

- 【D先生】

- 放課後などを使って追加の実験をしていたが、教員も生徒も負担になるため、授業内に追加の実験を行える時間を取り入れた。

- 導入してよかった点

多くの生徒は、レポート作成が上手になった、粘り強さなどがついたと言っている。グラフの作成を学び、表現の幅が広がった、プレゼンに身構えることがなくなった、という話も聞いている。教員からの意見では、今まで実験を休んだらそのままにしていた生徒が、再実験など追加の実験を自らやるようになった、という話を聞いた。

進路に関して、総合型選抜を受ける生徒が増えた。発表や面接、文章を書くことに抵抗がなくなった結果ではないか。理数探究基礎だけが要因かは分からないが。

- 理数以外の教員との連携

1年次の理数探究基礎は、クラスの担任に加わってもらっている。出席や提出物の管理のサポート。カリマネに対する意識が変わった。来年の総探は自分たちがやるんだと、隙間時間に自分の教科の話をしてくれる。ある担任は、生徒が実験しているときに、これは数学でいうとこうだよ、と小話をしてくれた。新たな良さだと思う。

- 総合的な探究の時間へのつながり

1年次の論理的思考で問題解決に向かう力が身に付いているので、2年の総探にもつながっている。より深く学ぶ姿勢が身に付いた。参考文献の調べ方、PCの使い方、グラフの作成、スキル面でも役に立っている。この辺りは読み替えのメリットを感じる。

● 文系・理系進学 of 生徒により意識の違ひを感じるか

実験が楽しいということは共通してあるが、文系進学 of 生徒にとっては、受験で直接問われることではないため、レポートに時間がかかって負担だという感想はある。

【A 先生】

最初のうちは負担があるけれど、落ち着いてくると、生徒の変化や、力の伸びが見えてきて、先生方も興味をもつ。専門性の異なる科目の授業に、担任の先生がいるだけでも大事なこと。生徒の活動を見てみると、授業の内容はよくわからなくても、「生徒が変わってきたね」と、何となく掴んでいく。

【事務局】

これから初めて授業で探究に取り組んでみよう、挑戦してみようという先生に、背中を押すメッセージをお願いします。

【A 先生】

授業の中で取り入れていく上で大事なものは、1時間の中で全部やろうとしないで、単元の中で探究のプロセスを少し踏ませるぐらいのイメージで考えると良いということ。トータルで探究が1サイクル回る授業ができればいいと思う。

【C 先生】

先生方 of 大変さもあるとは思ふ。でも生徒の取り組み、それから伸びしろというのは非常に感じられる。総合的な探究の時間の中でも構わないから、いい取り組みの一環となってくれればと思う。

【D 先生】

担当している先生方 of 合言葉で、「教えない」というのがある。普段 of 授業でも、「じゃあここ考えてみな」と言っ、あえて教えないという視点で関わると、探究的な授業に近づく。

【B 先生】

何より先生が変わってくる。先生が楽しくなかったら生徒も面白くない。これまでにやってきた教材で、ちょっと切り口を変えるだけ。収束にこだわらなくていい、正解が1つにならなくていい、という視点を広げていけたら。

【事務局】

本日はお時間をいただきまして、本当にありがとうございました。

### 3 授業事例

#### 【各項目の見方】

分野	内容と関係の深い分野を、物理・化学・生物・地学・数学の中から1つ記載
1 探究の場面	「1 課題の設定」、「2 課題解決の過程」、「3 分析・考察・推論」、「4 表現・伝達」の中から、フォーカスした場面設定を記載
2 主題	探究活動のテーマ
3 想定される時数	「指導の流れ」通りに展開した時の実施時数の目安
4 本時の位置づけ	既習の内容及び本時で取り扱う内容の概要
5 本時の学習	
(1) 活動の概要	活動のねらいや位置づけ等
(2) 準備	活動に使用する資料や器具
(3) 指導の流れ	授業における留意点やコツを記載。特に着目すべき「探究の切り口」は吹き出しで記載
(4) ワークシート	ページ数が多いものについては、一部を記載し、全体は後掲
6 評価	
(1) 評価の計画	観点を1つに絞るとともに、2～3項目を見取することで簡潔に評価できるよう設定
(2) 評価の例	(1)に基づき評価した例を掲載
(3) 授業及び学習の改善	生徒へのフィードバックや声掛けのポイントを記載
7 参考	教師が知っておくとよい周辺知識や、さらに探究を深める手立てなどの、参考情報を記載

## 目次

【物理分野】	[探究の場面]*	
事例 1 「良く回るコマの条件ってなんだろう？」	[場面 2・3]	<a href="#">p.25</a>
事例 2 「熱効率が大きい熱機関（ポンポン船）を作るには？」	[場面 2・3]	<a href="#">p.39</a>
事例 3 「マシュマロ・チャレンジ」	[場面 1・2]	<a href="#">p.52</a>
【化学分野】		
事例 4 「固体の性質から物質を見分けよう」	[場面 2・3]	<a href="#">p.59</a>
事例 5 「極性と溶解しやすさ」	[場面 1・3]	<a href="#">p.66</a>
事例 6 「岩塩の結晶を用いてアボガドロ定数を求めてみよう」	[場面 2・3]	<a href="#">p.71</a>
事例 7 「アルコールの濃度を求めてみよう」	[場面 2]	<a href="#">p.79</a>
事例 8 「水溶液の定性分析」	[場面 2・3]	<a href="#">p.85</a>
事例 9 「電池の電圧はどのようにして決まるのだろうか？」	[場面 2]	<a href="#">p.89</a>
【生物分野】		
事例 10 「DNA はどこに多くあるか、その理由を考える」	[場面 2・3]	<a href="#">p.95</a>
事例 11 「ドライイーストのビーズで行うアルコール発酵」	[場面 1・3]	<a href="#">p.101</a>
事例 12 「イーストビーズを用いた、コハク酸脱水素酵素の活性実験」	[場面 1・3]	<a href="#">p.108</a>
事例 13 「学校の敷地内環境と植物の種類の関係」	[場面 2・3]	<a href="#">p.114</a>
【地学分野】		
事例 14 「災害リスクを高める要因を考えよう」	[場面 1～3]	<a href="#">p.120</a>
事例 15 「世界の海洋の塩分分布」	[場面 1・4]	<a href="#">p.127</a>
事例 16 「級化層理の成因」	[場面 2・3]	<a href="#">p.133</a>
事例 17 「火成岩における斑状組織の成因」	[場面 3・4]	<a href="#">p.140</a>
【数学分野】		
事例 18 「ゲーム・パズルの中の数学」	[場面 2～4]	<a href="#">p.144</a>
事例 19 「九点円の性質」	[場面 1・3・4]	<a href="#">p.152</a>
事例 20 「射影に関する考察」	[場面 2・3]	<a href="#">p.164</a>

\* [探究の場面] 1…課題の設定、2…課題解決の過程  
3…分析・考察・推論、4…表現・伝達

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 1

### 物理分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○	○	○	

#### 2 主題

良く回るコマの条件ってなんだろう？

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	探究の意義と過程、剛体に関する知識	知識・技能
第1時	コマの作成と回転の観察、要素の抽出	思考・判断・表現
第2時	主題について仮説の設定、検証	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

剛体で物体の回転運動について触れたあと、身近なコマが安定して長時間回転する要素について仮説を設定し、検証する。長時間回る原因として考えられる要素は、重心位置、コマの重量、コマの形など、様々な要素が考えられる。

一般的には重心が低く慣性モーメントが大きいコマが安定して回転すること

【探究の切り口】 答えの分かっている現象でも、仮説を立てて、実験して答えを導く過程が大切である。

と分かっているが、生徒はその知識を持たずに仮説を想定して検証計画を立案する。したがって仮説は正しい知識に基づくものでなくてよい。

## (2) 準備 (1 クラスあたり)

工作用紙 30 枚、串 60 本、はさみ 20 本、セロテープ 数本、瞬間接着剤 複数、

観察用の手作りコマ 20 個、通常のコマ 20 個、 ストップウォッチ 20 個

●【探究の切り口】習熟度が低いうちは、見本があることで仮説の自由度を緩やかに制限でき、授業の枠組みの中で進めやすくできる。

ねんど 適量、水性太ペン 20 本、※解析用に ICT 機器等を利用してもよい。

## (3) 指導の流れ

### [第 1 時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○探究の段階について説明する		
展開	○Work1:コマの回転の観察 2人組となり、配付した観察用のコマや市販されているコマを回して観察し、コマが安定して回転する要素について考えさせる。コマを改良しても良い。	・コマを切ったり、おもり（ねんど）などを加えてよい。 ・ストップウォッチを用いて回転時間を記録するとよい。	
	○Work2:コマを安定して回転させるために、最も重要な要素を決めさせる（仮説）。 ・なぜそのように考えたのか ・どのように検証するか についても考えさせる。	・注目した要素（パラメータ）以外の要素を固定するとよい。 ・仮説の正誤は問わないことを生徒に伝える。予想のグラフも書かせる。	

●【探究の切り口】身近な遊び道具なので、安定した回転が当たり前を感じるが、改めて観察することで疑問を見つけさせる。

●【探究の切り口】仮説が合っているかよりも、観察した事実から「自分（ペア）達」で考えたかどうかが重要になる。また、1つの考えに縛られず、複数の仮説を立てることも意識させる。

	○重要だと思う要素とその理由を発表させる（仮説の発表）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・黒板に仮説を書き、共有する。</li> <li>・他の班の意見をメモさせる。</li> </ul>	
まとめ	○発表で出来てきた要素と理由を黒板にまとめる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自分の説明に加筆・訂正を加えてよい。</li> </ul>	ワークシート

[第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○探究活動及び仮説検証の意義について確認する。		
<p>●【探究の切り口】探究活動とは「レシピ実験」でも「調べ学習」でもなく、自分の疑問の解決に加え、社会・学術への貢献につながる活動である。</p>			
展開	<p>○Work3,4:要素（パラメータ）を変化させて、コマの回転時間がどのように変化するかをグラフに書かせる。</p> <p>※立案した方法は、以下の観点から検討しておくこと。</p> <p>①対照実験や条件制御が適切か</p> <p>②授業内で実施可能か</p> <p>仮説と検証方法をワークシートにまとめる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフは「要素（決めたパラメータ）」対「結果（回転時間）」のグラフとなる。余裕があれば、スマホ等で回転数などを測ってグラフ化してもよい。</li> <li>・例えばパラメータが円盤部分の半径だとすると、データを取るたびにコマを作り直さなければならないので、時間がかかる。終了時間を意識させて、データ数が多すぎないかをチェックしてあげるとよい。</li> </ul>	
<p>●【探究の切り口】仮説（パラメータの設定）によっては、授業内で終わらせることが困難な場合がある。検証計画を机間指導することで簡潔に把握し、終わりそうに無いペアにはデータ数を減らすようにアドバイスをするとよい。</p>			
	○A3 方眼用紙に水性太ペンで結果グラフの概形を書かせて、黒板に貼らせる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生徒同士でミニプレゼンし、評価①②③が含まれているか意見交換させてもよい。</li> </ul>	
まとめ	○本時の内容を振り返る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・黒板にある、各ペアの仮説・結果（グラフ）を数分間見学させ、クラス全体の結果から、安定した回転に重要なパラメータを見出させる。</li> </ul>	ワークシート

(4) ワークシート・資料

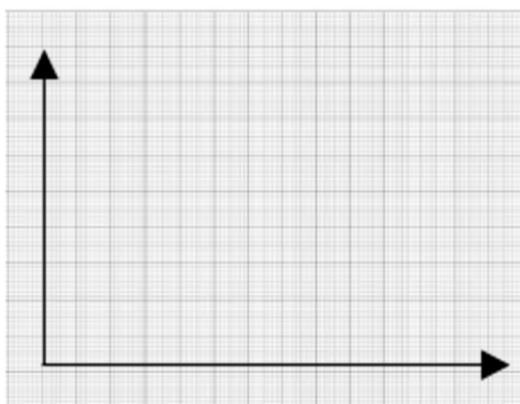


図1 黒板に貼るためのA3グラフ用紙

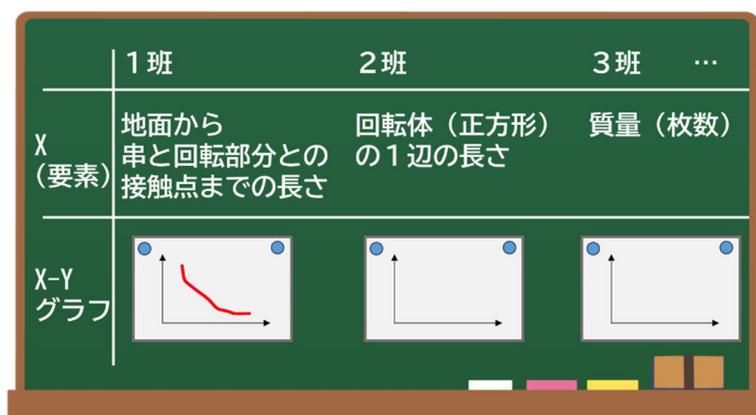


図2 黒板の使用例

※ work1~5のワークシート、及びスライド資料は後掲する。

6 評価

(1) 評価の計画<PLAN>

探究活動では、限られた時間や材料、設備で実験結果を出すことが求められる。仮説を検証するための方法について、以下の3点に着目して評価する。なお、仮説が正しいかどうかは評価に含めない。

- ① 条件制御が適切か（時間内に終わるようなパラメータの選択、及びデータ数を絞る）。
- ② 結果（グラフ）は適切に書かれているか。
- ③ 考察が（仮説と比較して）適切か。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②③いずれも適切である。	①②③のいずれかが適切であり、実験が成立している。	①②③いずれの面からも仮説の検証が困難な計画となっている。

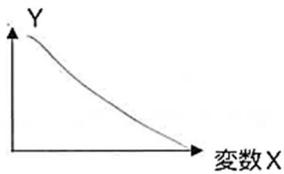
(2) 評価の例<CHECK>

【A 評価の例】

[実験: (変数X  $\frac{1}{r}$  の長さ) と (結果Y 回転時間) の関係について]

[結果の予想]

回転時間



[実験方法 (図を用いよう)]

注目した要素Xをどのように変えていくかも書くこと。

また、変えていないものの大きさ・長さ・個数・枚数などもメモしておくこと。

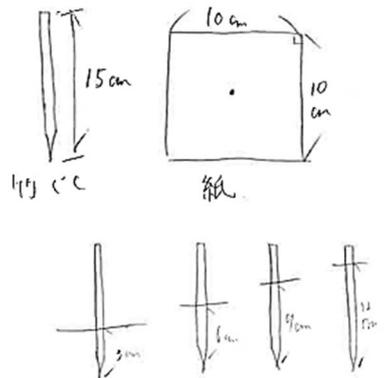


図3 生徒の記入例 (A 評価の例) ①

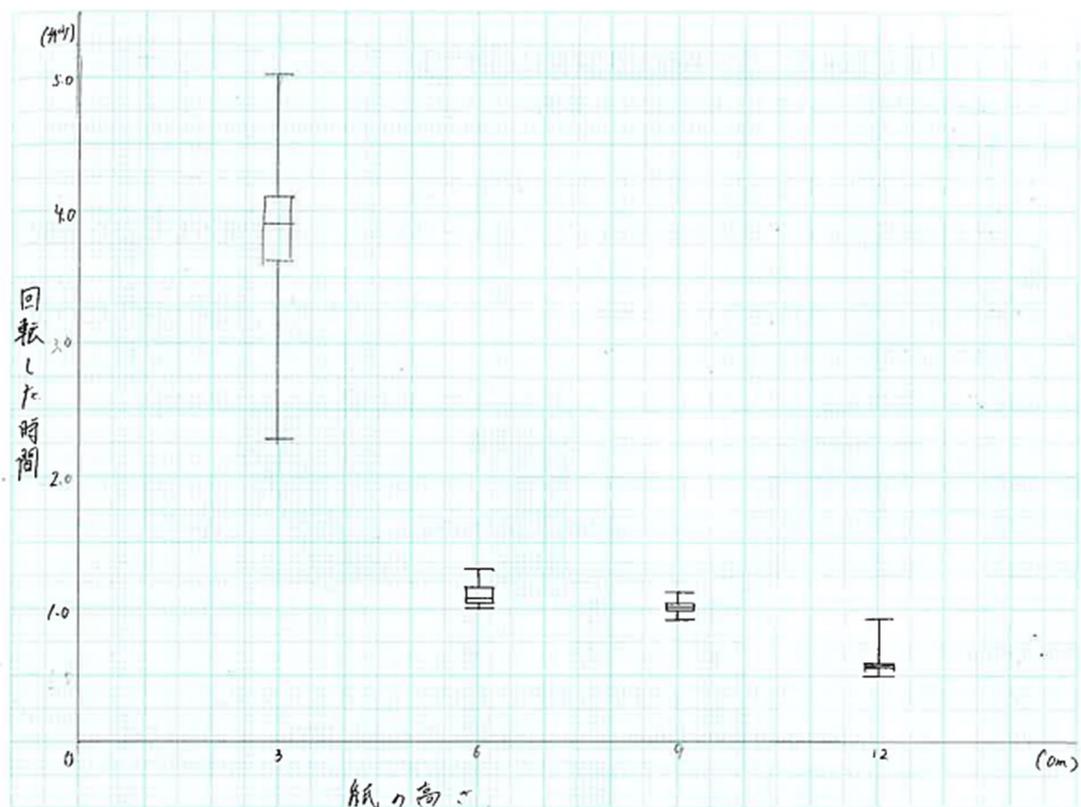


図4 生徒の記入例 (A 評価の例) ②

図3より、この生徒は正方形の回転部分と軸である串との接合部分を変化させていることが分かる。回転部分を切ったりすることはしないので、接触部分を変えるだけでパラメータを変化させることができる。また、取るデータを減らして4データに絞ることで時間内に工夫をしていた（事前に予備実験を行ってデータを取る範囲を決めていた）。よって①は適切だと考える。次に、図4から、適切にグラフを作成していることが分かる。よって②も適切である。ここでは省いているが、Work3で予想したグラフと図4のグラフを比較して考察できていれば、③も適切であると考えてよい。①～③が適切であれば、A評価となる。

---

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

実験が長引き、全てのデータを取り終えなかった場合には、具体的に検証可能になるデータ数などをコメントで提示するとよい。考察によって、仮説との違いが生じる。最終的には仮説を検証できる方法を自ら考えることができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点がもてるよう促す。また、評価Cの生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

---

## 7 参考

コマの軸は本体部分の重心を通らないとうまく回らないため、重心の見つけ方（物理の教科書参照）を改めて確認してもよい。また、串と工作用紙との接着が緩いと回転させると壊れてしまうので、接着剤に加えてセロテープで補強する必要がある。

Work4でグラフを書く場合、様々な表現方法があるが、データのばらつきも可視化できる箱ひげ図でグラフを書くことをお勧めする。人の手でコマを回転させるので、必ずばらつきが出てくるが、パラメータの変化によってそのばらつきも変わっていくのが面白い。

コマの回転は大学で習う物理学で説明ができ、軸の重心が低く、本体の慣性モーメントが大きいほど倒れにくいことが分かっている。販売されている長時間回るコマを最後に見せ、自分たちが作ったコマと比較させてもよい。また、コマが安定して回転するための実際の原理に興味がある生徒には、後掲の【コラム・発展】を配布してもよい。



3. 仮説を定量的に検証する Work3

**段階 2**  
**「実験 (予想あり)」**  
**※定量的が望ましい**

- ①重要だと思う「要素」を絞る。その理由も考える。  
 ※要素を絞ることが問いの答えの予想につながる。
- ②量を測る (定量) 実験を行う。
- ③予想通りなのか考察
- ④ ①～③を繰り返す

7

3. 仮説を定量的に検証する Work3-4

**[work3・4] 実験で自分の予想を確かめる。**

※まずは[結果の予想]のグラフを書く！  
 ※データを取り、平均値を出してみよう！  
 ※「パラメータ」以外は変えないこと！  
 ※接着剤は少な目でOK！大事に使ってね！

**実験時間 30 分間**  
 ※実験は2人で協力！  
 ※考察は各自で行う

8

3. 仮説を定量的に検証する Wokr3

9

3. 仮説を定量的に検証する Wokr4

10

4. 考察 Work5

- 「実験」で得られたデータは、「予想 (仮説)」の答え合わせとしての強力な「根拠」となる！

11

	1班	2班	3班	...
X (要素)	地面から串と回転部分との接触点までの長さ	回転体 (正方形) の1辺の長さ	質量 (枚数)	
X-Y グラフ				

12

## 探究学習 ～良く回るコマの条件ってなんだろう？～

### 1. 探究とは？

[メモ]

### 2. 仮説をたてる

★Work1: 配布されたコマの回転を観察し、良く回るために必要だと思う要素を見つけよう。

※コマを改造してもよい（切る、付け加える、おもりを載せる、軸を変える、…など）

[メモ]

#### ★Work2: 「仮説」をたてる

なにがコマを安定して回転させる重要な要素でしょうか？？出来るだけ多く書きましょう。そのあとペアで相談して、一番重要だと思う要素を決めましょう。

[あなたの予想]

[一番重要だと思う要素（仮説）]…

その理由：

他の班の意見

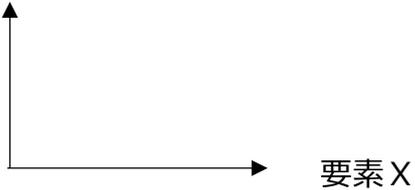
3. 仮説を定量的に検証する

★Work3:要素 X (work2 で選んだ要素) と結果 Y (回転時間) との関係をグラフ化しよう。

(要素 X \_\_\_\_\_) と (結果 Y 回転時間) の関係について  
[結果の予想グラフを書いてみよう]

回転時間 Y

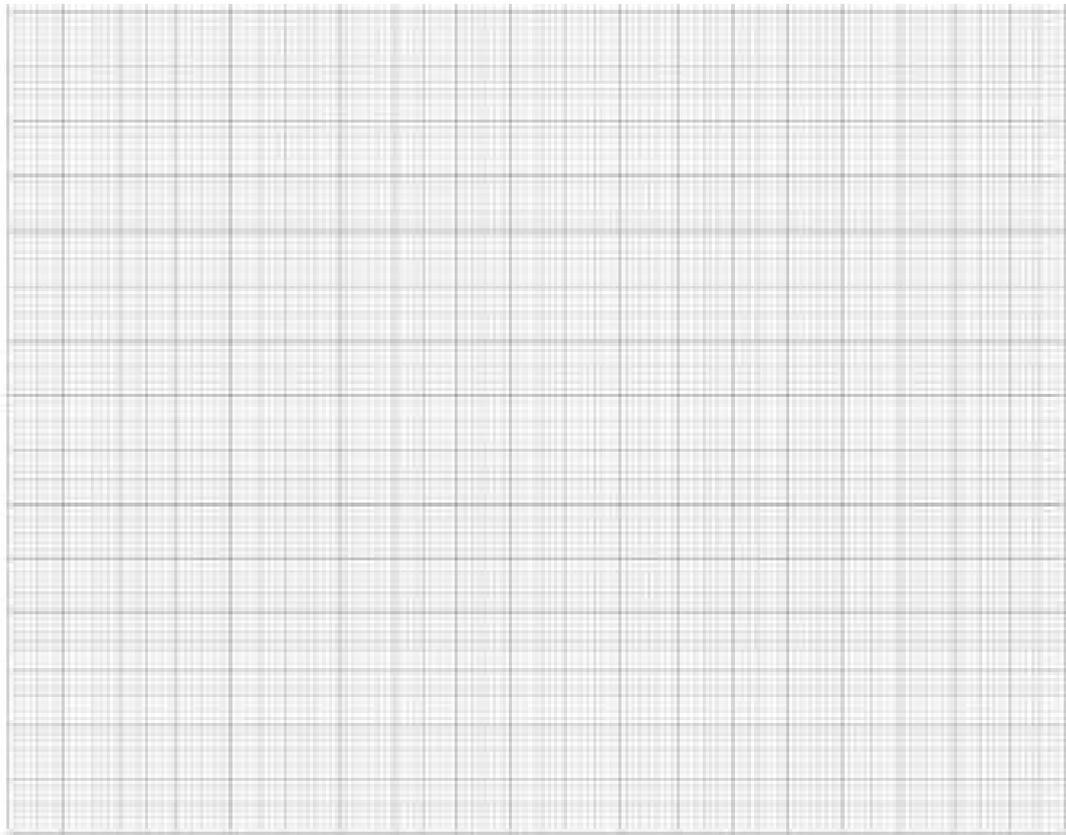
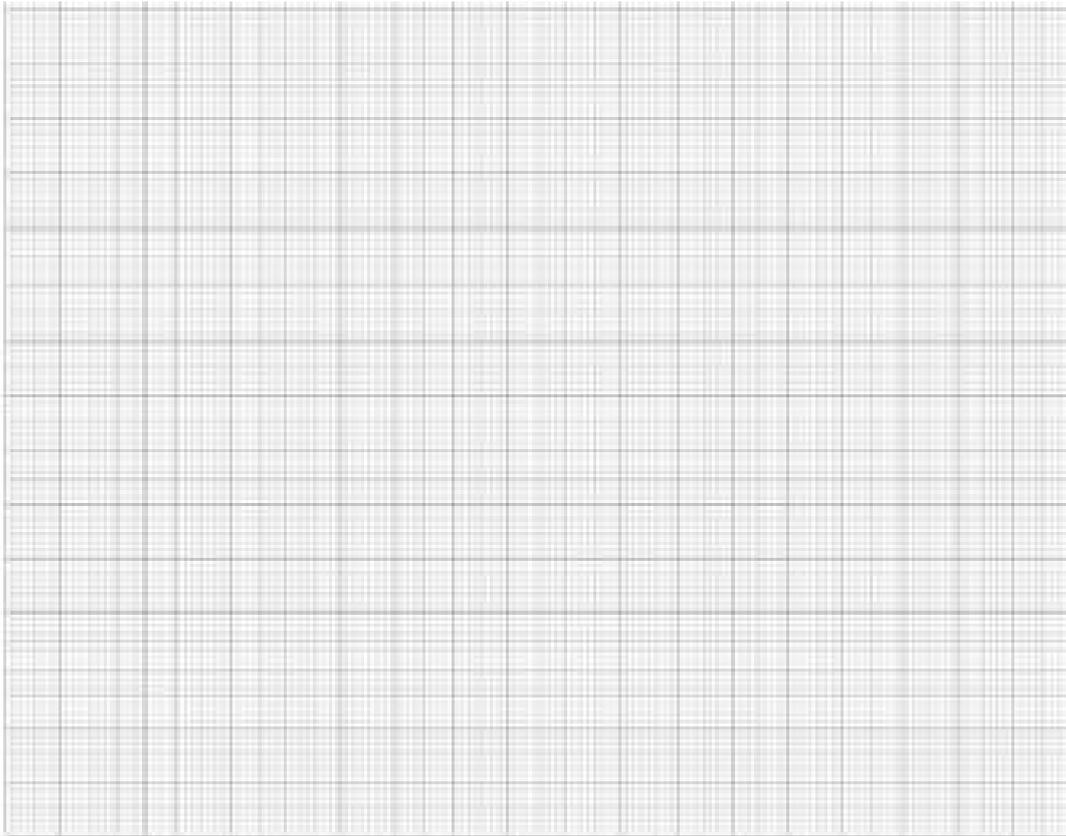
左のグラフを書いた理由:



- 注意: ・要素 X を変えるごとに、回転時間 Y を 5 回以上測定して平均値すること。  
※平均値 = 各落下時間の和 ÷ 落下回数  
・記録や計算にスマホ等を使ってよい。

[結果のメモ] ※表を書き、実験結果に加えて平均値も書く。

★Work4:Work3の結果をグラフ化しよう



#### 4. 考察

★Work4: 仮説と結果を比べて、考察しよう。

★Work4-1: 予想グラフと結果グラフ (Work3) の概要を見比べよう

[予想グラフ]

回転時間 Y



要素 X

要素 X



[結果グラフの概要]

回転時間 Y



要素 X

★Work4-2: 仮説は合っていたか、結論を書こう (理由を含め)。

【結論】

仮説は (      正しかった      ・      正しくなかった      )。

なぜならば、仮説のグラフと結果を比較すると、

(

)。

★Work4-3: 仮説が合っていない場合、なぜ違っていったのかを考えよう。

また、どの要素が長く回転するために重要だと思うか考えよう。

#### 4. 感想・学んだこと

★Work5: 今日学んだことや感じたことを書いてみよう。

(

)

## 発展・コラム

### 「なぜコマは倒れないのか」

【概要】 コマは作成も容易である身近な玩具だが、原理を考えると多くの疑問が浮かんでくる。例えば、図1(a)のような物体は簡単に倒れてしまうが、図1(b)のように回転を加えたコマは簡単には倒れない。これは「ジャイロ効果」が関わっている。

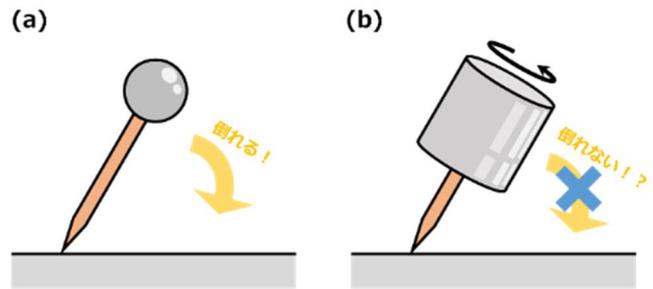


図1：コマは傾いているのに倒れない!?

【考え方】 回転するコマがなぜ倒れないのかを考えていきたい。しかし、コマは少し複雑なので、まずは図2のように回転する物体を想定して考えてみよう。もっとシンプルに考えるため、重力は無視しておく。空気抵抗も無しにしよう。何もしなければ物体はずっと等速で回転している。この回転を、 $x$ 軸正の向きのグレーの矢印として表現しておこう。

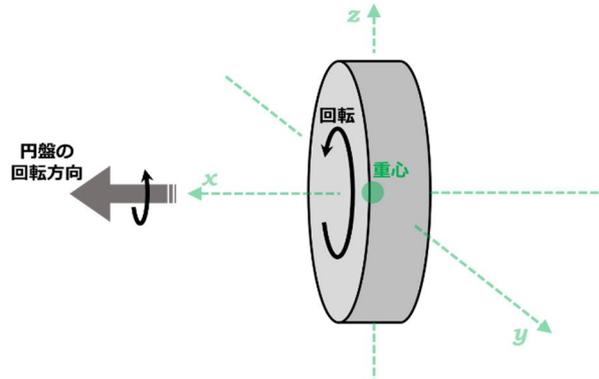


図2：回転する物体

さらに、この回転する物体に  $y$  軸を回転軸とした力を加えよう。図3のように、回転する物体の表面上の点 ABCD、 $AB'CD'$  の速度に注目し、それぞれ対応する点（例えば A と  $A'$ ）上での速度の変化を比較してみる。「点 B と点  $B'$ 」および「点 D と点  $D'$ 」では、速度ベクトルは変化していない。しかし、点 A と点 C では、速度ベクトルの向きが変化する。各点では慣性がはたらく、同じ運動を続けようとするので、点 A と点 C の 2 点では慣性力がはたらく。この慣性力の向きは、点 A では  $x$  軸正の向き、点 C では  $x$  軸負の向きとなる。さらに、見る視点を変えてみて、 $x$  軸正方向から見てみると、図4のようになる。

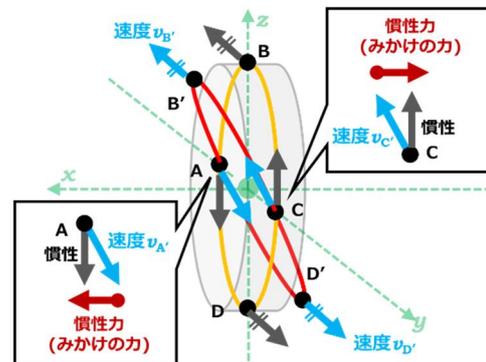


図3：それぞれの質点 $A'B'C'D'$ の速度とACに働く慣性力

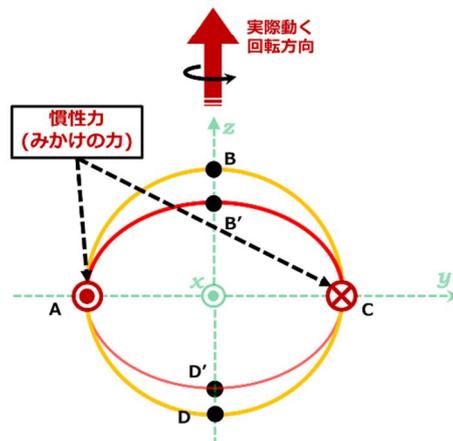


図4： $x$  軸の正の方向から見たリングとA・C点にかかる慣性力

【ジャイロ効果】考え方をまとめると、図5のように回転する物体に対して力を加えると、力の回転方向に対して90°ズレた方向に物体が実際に動く（回転する）ことを表している。こういった現象のことを「ジャイロ効果」と呼ぶ。重要なのは「円盤の回転」「力の回転」「実際の回転」の3つの方向が、互いに直角な関係になっていることである。この3方向の関係性はコマなどにも適用できるので、そのまま覚えてしまおう。

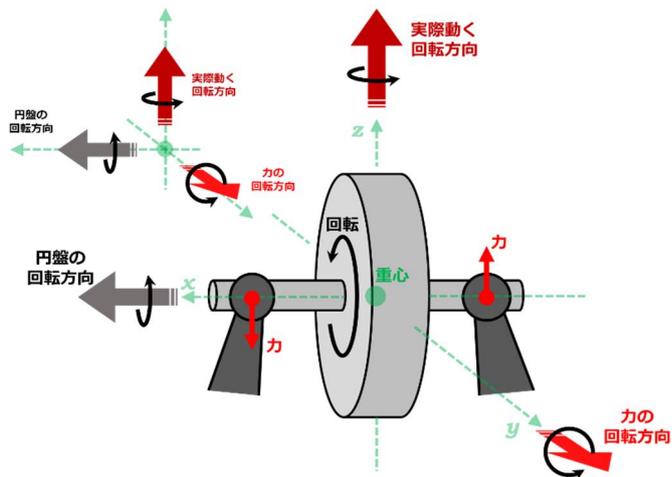


図5：3種類の回転の関係性

【なぜ倒れないのか】さて、図5の3種の回転方向の関係が、現実の現象と対応しているかも考えてみよう。図6のように回転している車輪の片軸を支える有名な実験がある（youtube等で『ジャイロ効果』と検索するとよい）。車輪は重力によってy軸回りの力を受ける。車輪が回転していないと地面に落ちてしまうが、ジャイロ効果より車輪は地面に落ちずにz軸回りに大きく回転する。

そして、図7のように、y軸方向に倒れようとしているコマがある。重力によりx軸回りの力を受けると、実際はジャイロ効果によりy軸回りに傾く（この図ではy軸方向に倒れようとするx軸方向に倒れる）これを繰り返すと倒れずにz軸が回転し続ける（歳差運動という）。

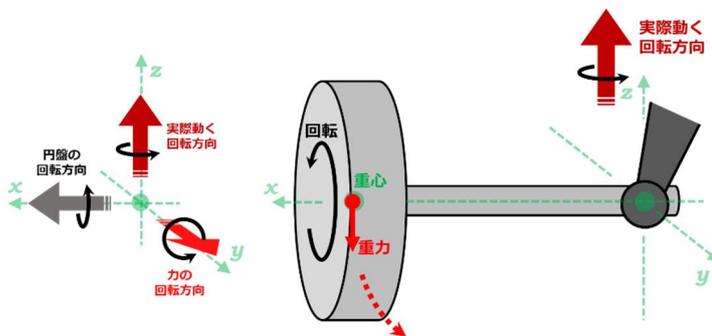


図6：車輪でのジャイロ効果の例

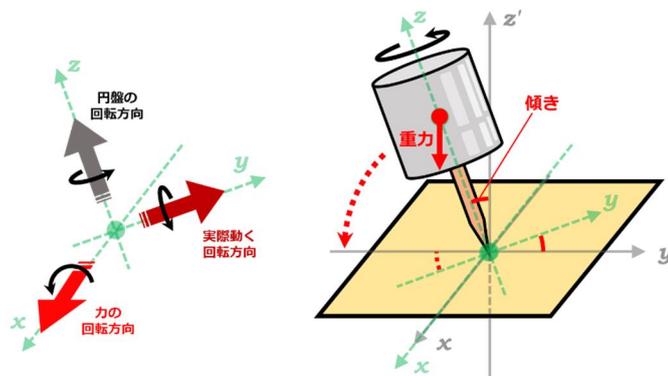


図7：コマは傾いているのに倒れない！？

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 2

### 物理分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
		○	○	

#### 2 主題

熱効率が大きい熱機関（ポンポン船）を作るには？

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	熱効率に関する知識	知識・技能
第1時	金属パイプの曲げ加工、船体の作成および熱源設置	思考・判断・表現
第2時	ポンポン船の速さ測定、熱効率の計算	

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

本事例は物理分野の中でも「工学系」に近い要素を持つ探究活動である。「工学系」に関する探究活動では、「理学系」探究活動のように、観察から「仮説（原理・法則）」を見出すのではなく、何か指標を決め、自分が製作・主張したものが従来のものより優れていることを示す手法が用いられる。今回の指標は「熱効率」となる。

## (2) 準備 (1クラスあたり)

ポンポン船のサンプル、金属パイプ (アルミ・鉄・真鍮など 径2~4 mm、長さ1 m) 各10本程度、発泡スチレンパネル (A3サイズ) 3枚、ろうそく 20本、カッターとカッターマット 20セット、グルーガンと接着剤 20個、ぬれふきん 20枚、防水容器 (船を浮かべる) 20個、ペンチ 20個、スポイト 10個、ライター 10個

※ 船の作成で一番難しいのはパイプの加工だが、予備のパイプを多めに用意しておき、失敗しても何度も挑戦させるとよい。

## (3) 指導の流れ

### [第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<p>【熱のおさらい】</p> <p>○熱効率<math>e</math>を求める公式を確認する。</p> <p>○ポンポン船のサンプルを見せ、作動原理を考えさせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スライド使用</li> </ul>	
展開	<p>○問い「どのように船を作成したら熱効率が大きくなるのか」を考えさせる。</p> <p>【熱機関を作ってみよう】(1)(2)</p> <p>○注意事項伝達</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土台+パイプ+ろうそくの3つで船を構成すること。</li> <li>・やけどに気を付ける。</li> <li>・できなくてもよい。挑戦が大事</li> </ul> <p>○作成についての説明</p> <p>○作成 (前半)</p> <p>プリントを見ながら、ポンポン船を作成させる。</p> <p>①土台とパイプを選択する。</p> <p>②土台の形を変えてもよい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱効率の式を意識させる。</li> <li>・高熱の道具や物品を扱うので、やけどに注意させる。また、ろうそくの火が他のものに燃え移ったときのために、濡れたふきんを用意しておく。</li> <li>・スライド使用</li> </ul>	
まとめ	○次の時間の流れについての確認		

●【探究の切り口】物理基礎の熱分野で、熱機関について学習するが、実際に作成することはあまりない。まずは実際に熱機関 (エンジン) を作ってみることで、ものづくりの面白さと難しさを体感させる。

[第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<p>○作成（後半） 再度熱効率について考えさせ、工夫して製作させる。</p> <p>○速度測定方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>例えば、①排熱が少ないほど熱効率が高いことから、ろうそくの熱を逃がさない工夫をしたり、②船の速度が大きくなると熱効率が大きくなることから、船の速度が大きくなる工夫をしたりする、等が考えられる。</li> </ul>	
展開	<p><b>【速度の測定】(3)</b></p> <p>○船を水に浮かべさせ、パイプ内にスポイトで水を入れる。</p> <p>○ろうそくに火をつけ、船が動くかを確認する。</p> <p>○まっすぐ走るようにパイプを調整し、動画から速度を測る。</p> <p><b>【熱機関の熱効率計算】(4)</b></p> <p>熱効率の式から、製作した熱機関（ボンボン船）の熱効率を計算させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空焚きしないように注意。パイプ内に水を入れてからろうそくに火を灯すことを伝える。</li> <li>船が動かない場合は「水面が振動しているか」をチェックするとよい。</li> <li>振動しているのに動かない場合は推力不足なので、パイプに炎がしっかりと当たっていないことが考えられる。水面が振動していない場合は、パイプ内に水が入っていないことが考えられる。</li> <li>時間短縮のため、船の「速度」以外のパラメータは予め測定するか固定値にしている。</li> </ul>	
	<p>○熱効率を計算したら、使用した熱機関の情報（パイプの種類と太さ、船体の形状など）と熱効率を他班と共有する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱効率はかなり小さくなる。製作した熱機関の熱効率から、エネルギー資源の重要性についても考えさせる。</li> </ul>	
まとめ	<p>○ICT 機器を用いて、他の熱機関の熱効率を調べさせる。</p> <p>○エネルギー問題についてスライドで説明し、感想を書かせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スライド使用</li> </ul>	

🔵 **【探究の切り口】** 変えられる部分がたくさんあるので、他の班の船の様子を観察させてもらい、新たな気づきにつなげさせる。

(4) ワークシート・資料

※ ワークシート及びスライド資料を後掲する。

6 評価

(1) 評価の計画<PLAN>

工学系の探究活動では、自身が作成した機関の有用性を主張することが重要である。教員は、有用性の検証という観点で、次の3点に着目して評価する。

- ① 条件制御が記録しているか（プリントの（1）（2）に再現性があるか）。
- ② 結果（熱効率）は適切に書かれているか。
- ③ （他の熱機関と比較して）考察が適切か、

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②③いずれも適切である。	①②③のいずれかが適切である。	①②③いずれも適切でない。

(2) 評価の例<CHECK>

【A 評価の例】

(1) EX プリントを参考にして、熱機関を作ってみよう（2人1組）！

【作成した熱機関についてのメモ】

(2) あなたの熱機関の情報を書き込もう。

使用したパイプの材質 …… ( アルミ ・ 銅 ・ 真鍮 )

使用したパイプの内径(mm) …… ( 2mm )

船の断面積（移動方向から見る）…… 基本的に  $4.0 \times 10^{-4} [m^2]$  (面積S)

【工夫した点】

真鍮の長さが合わなかったため、パイプを刺した後船の後ろを切った。

図1

生徒の記入例（1）（2）

(3) 熱機関の速度  $V$  (m/s)を求めよう (三回以上測り平均を書く)。

<p>【移動距離 <math>X</math> [m] ※ 1 秒間での移動距離をカメラで】</p> <p>8.4 → 7.5 → 5.9 → 3.5</p> <p>(測定 1 0.011 m) (測定 2 0.014 m) (測定 3 0.024 m)</p>	<p>【速度 <math>V</math> [m/s】</p> <p>0.0163 m/s</p>
---	---

(4) 熱機関の熱効率を計算しよう (1秒間の間で考える)。

<p>【1秒間で加えた熱量 <math>Q_{in}</math> [J】】</p> <p>ろうそくの発熱量 ⇒ <math>4.0 \times 10^4</math> [J/g]</p> <p>ろうそくの減少量 ⇒ <math>1.0 \times 10^{-3}</math> [g/s]</p> <p>40 [J]</p>	<p>【1秒間で熱機関がした仕事 <math>W</math> [J】】</p> <p>仕事 <math>W</math> [J] = 水の抵抗力 <math>F</math> [N] × 距離 <math>X</math> [m]</p> <p>水の抵抗力 <math>F</math> [N] = <math>0.32 \times V^2</math> (※EX プリ)</p> <p>船が水の抵抗に逆らって進んだ仕事を求める。 (3) での <math>V</math> [m/s], <math>X</math> [m]を代入すると、</p> <p><math>0.32 \times V^2 \times X = 1.4 \times 10^{-5}</math> [J]</p>
---	--

あなたの熱機関の

【熱効率】は...  $\frac{1.4 \times 10^{-5}}{40} = \frac{1.4}{4} \times 10^{-6} = 0.35 \times 10^{-6}$   $35 \times 10^{-6}$  %  
(0.000035%)

### 【他の熱機関との比較】

- 「火力発電所」の熱効率 ... 36 %
- 「ガソリンエンジン」の熱効率 ... 40 %
- 「スターリングエンジン」の熱効率 ... 40 %

図2 生徒の記入例 (3) (4)

図1の(1)(2)が書かれており、この熱機関がどのような材料できているのかが分かる。よって①は適切だと考える。次に、図2の(3)(4)から、適切に熱効率を計算していることが分かる。よって②も適切である。ここでは省いたが、この生徒は「振り返り・感想」部分で、自身が作成した熱機関の熱効率と他の熱機関の熱効率を比較し、熱効率を高めることの大変さや難しさについて触れていた。よって③も適切である。①~③が適切であるので、この例の生徒はA評価と判断した。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

熱機関の分野では、実験をせず座学で済ませることも多い。しかし、実際に熱機関を作成させることによって、熱効率が高い機関を作ることの難しさに多くの生徒は気付く。そういった状況になって初めてエネルギー問題の難しさや、現在使用しているエンジンや発電所などの「凄さ」が理解できるようになる。

本探究活動では道具を多く使用するが、工作活動に慣れていない生徒も一定数いると考えられる。1つの船の作成に対して2人以上の生徒で班活動をさせ、教員が机間指導をして声掛けをしていくことが望ましい。特に、パイプを折ってしまい、失敗したことで委縮してしまう生徒もいるが、工作活動ではうまくいかないことが当たり前であり、失敗しても何度も挑戦していく姿勢が大事であることを生徒に伝えてほしい。

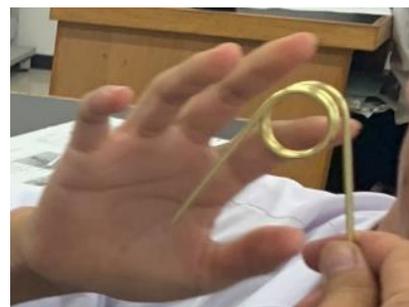


図3 生徒の活動の様子

[メモ・今日の感想を書こう]

パイプを巻く作業が意外と得意なことが分かり、綺麗に丸く巻けたのが嬉しかった。

ポンポン船が真、直ぐではなくぐるぐると環状に動いたので、パイプを刺す角度やロウソクの位置が悪かったのかもしれないと思った。ロウソクがパイプの端に当たっていたので、パイプの中央に当たるように調整すれば上手くいくかもしれないと思った。

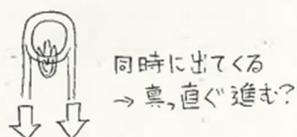
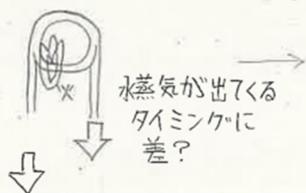


図4 生徒の感想の例①

[メモ・今日の感想を書こう]

自分の力で熱機関を作る機会をいただけてよかったです。  
しかし、自作の熱機関の熱効率を求めると、予想より小さく、  
身近なものの熱機関は熱効率を高めるために工夫されていた  
とわかりました。

※ギヤや舟の進行方向の誤差を考慮し、ベクトルの回転  
を使っています。

図5 生徒の感想の例②

## 7 参考

ポンポン船の作り方は愛媛県総合科学博物館のサイトを参考にさせていただきました。

(<https://www.i-kahaku.jp/friend/kagaku/topics0409/genri.html>)

船の構造は、愛媛県総合科学博物館のものより簡略化してある。もし授業時間がより多く確保できるならば、パイプの長さを長くしてみる、熱が逃げないようにパイプをアルミホイルで覆うなどの工夫を凝らして、どのポンポン船が一番速いかクラスで競争してみても盛り上がる。

**【熱のおさらい】**  
ほとんどの物体は熱を加えると「膨張」する。  
⇒ **(熱膨張)** ※気体を例にします

1

**【熱のおさらい】**  
物体がある温度の時、状態が変わる。

**熱を加えて「状態変化」を起こすと、ほとんどの物体は「膨張」する！！**

2

**【熱のおさらい】**  
「熱」を加えて「仕事」をさせる仕組み  
⇒ **(熱機関)**

3

**【熱のおさらい】**  
吸収した「熱」に対して、どれぐらい「仕事」ができるかを **熱効率e** と呼ぶ。

**熱効率 e [割合 ※%にする場合は100をかける]**

$$e = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}}$$

(例) 100Jの熱を吸収して 20Jの仕事をした ⇒ **0.2 (20%)**

4

**【熱機関を作ってみよう】**  
今回で作る「熱機関」はコレだ！！

**熱機関**  
**熱源**

**「船のエンジン」を作ってみよう**

5

**【熱機関を作ってみよう】**

**注意！**  
**「やけど」「怪我」に気を付けること**

6

【熱機関を作ってみよう】

パイプ加工

注意1：折らないように

注意2： $Q_{out}$ 減らす

注意3：水の出る方向

7

【熱機関を作ってみよう】

足を  
←ボディに刺す

グルーガン  
でのり付け可能⇒

8

【熱機関を動かそう】

水

**パイプ内は水で満たすこと！！  
(空焚き禁止！！！)**

準備ができたならろうそくに火を

9

(3) 熱機関の速さを求めよう

携帯の動画機能等で、  
1秒あたりの移動距離[m]を  
3回測定する！

**パイプに水を入れること (空焚き×)**

10

(4) 熱機関の熱効率を計算しよう

熱効率  $e$  [割合]

$$e = \frac{W}{Q_{in}}$$

【前の黒板に書く】

- 使用したパイプの材質
- 自分の熱機関の熱効率 (有効数字2桁)

11

【他の熱機関との比較】

例：火力発電所

タービンを回す仕事  $W$

放出した熱  $Q_{out}$

吸収した熱  $Q_{in}$

**自分で他の熱機関の熱効率 (概算) を調べて書いてみよう**

12

## 熱機関（ポンポン船）を作ろう

**目標：熱機関を実際に作成し、熱効率を求めてみる。**

### 【熱のおさらい】

物体に熱を加えると「膨張」すること。 ⇒ (1. )

物体に熱を加えて「仕事」をさせる仕組み。 ⇒ (2. )

熱効率  $e$  の公式

### 【熱機関を作ってみよう】

(1) 作成する熱機関の形状についてメモしよう。

(2) 工夫した部分と、そのパラメータ（数値）を書こう。



# 熱機関のまとめ実験

## 【熱機関を作ってみよう】

### (1) 作り方

【完成版の例】 ※たった3パーツです

#### ①パイプ

…これがエンジン（熱機関）だ！なるべくろうそくの炎が当たるように円形に巻いているが、これがベストな形ではない！

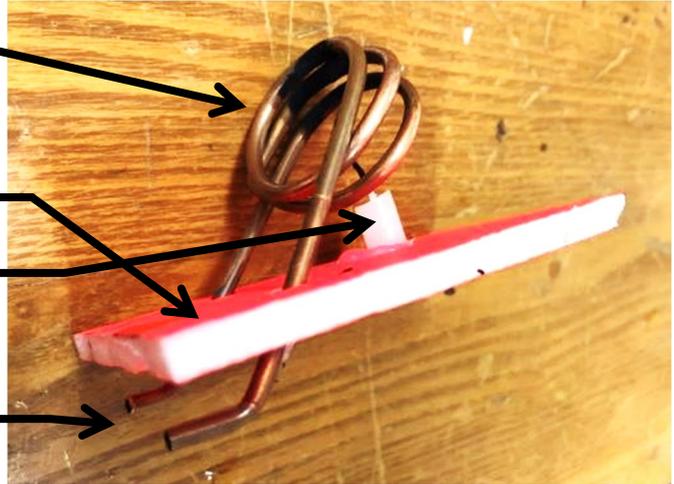
#### ②船のボディ

…発泡ボードです。軽いので浮きます。

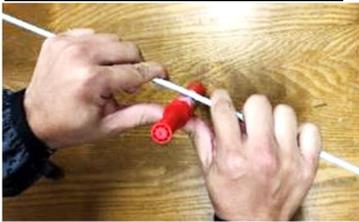
#### ③ろうそく

…長いのでハサミで切って調整しよう！炎がパイプに当たるように設置すること！

※パイプ先2つの向きが大事です！！



### 1. パイプを円形に曲げる



パイプを丁寧に円形に曲げていく。配布したペンなどに巻き付けると綺麗な円形になる。足2本をそれぞれ10cmほど残しておく。

※折れたら先生に言おう。予備は少しだけあるよ！

### 2. パイプの足を船のボディに差し込む



ボディに対して足を差し込む。  
あらかじめシャーペンなどで軽く穴を空けておくとよい。  
差し込んだら、底の方からグルーガン（※1）を付けて軽く固定しておくとうい。

※自信があれば円形部分の向きや位置をペンチで調整してみよう！  
炎が沢山あたるようにすれば効率がよくなるはず！

### 3. ボディの下に出たパイプの足を曲げて調整する



ペンチを使い、足を先の向きを調整する。まっすぐ後ろに向けないと推進力にならない。お互いをほんの少し内向きにするとうい。

※パイプの長い部分を切りたい時は先生に相談してみよう！

### 4. ろうそくをのせる



ろうそくをハサミで丁度良い長さにカットし、グルーガン（※1）でボディに固定する。炎が良く当たるような位置にセットすること。

※あとは動かすだけ！右ページ（3）に進もう！

### (3) 熱機関の速度の測定方法

#### 【測定方法】

##### ★事前準備

- トレイに水を入れます（深さ 10cm 以上）。
- トレイの上に定規を置いておきます。
- スマホのビデオかスロー撮影の準備。

- ①船を浮かべます。
- ②パイプに水を注入します。  
※水中でパイプの先にチューブで水を入れ、  
気泡が出なくなったら OK!!
- ③火を付けて動くのを待つ…。
- ④動いたら撮影か時間を計る！  
(1秒で何m動いたかを測定)  
(3回測って平均を出すとよい)



#### 【注意事項・補足】

##### (1) 注意!!

###### 【やけどに注意】

今回は高温になる物体を多く使います。「ライター」「ろうそくの炎」「グルーガンの先端」など、安易に触らないようにしましょう。加熱直後のパイプも高温です。やけどした場合はすぐに水で冷やし、保健室等にいきましょう。



###### 【切り傷に注意】

パイプの端やハサミ・カッターなどで手を切らないように気を付けましょう。

##### (2) 補足

###### 【グルーガン (※1)】について



3つのパーツを繋げるときは、「のり」の役割をする「グルー」を使ってみよう。「グルー」は樹脂で机などについても簡単に離せるので垂れても焦らなくて平気です。「グルーガン」が熱でグルーを溶かしているの、グルーを流しこめばいろいろなものをくっつけることができます。やけどに気を付けながら色々くっつけてみましょう。

###### 【水の抵抗力 (※EX プリ)】について

⇒プリントの本誌の方では、水の抵抗力の係数は0.32になっていましたが、この数字はどこから出たのでしょうか。

実は実際の水の抵抗率の式は、水の抵抗力  $F [N] = \rho \cdot C_d \cdot S \cdot V^2$  となっており、この数字をあらかじめ計算すると0.32になります。

水の密度  $\rho [kg/m^3] = 998 [kg/m^3]$ 、抵抗係数  $C_d = 1.6$ 、

水に当たる船の断面積  $S [m^2] = 4.0 \times 10^{-4} [m^2]$

これらを計算するとだいたい0.32になります。この式は大学で勉強する「流体力学」の中で出てくる式です。興味のある人は自分で勉強してみてください。

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 3

### 物理分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○	○			

#### 2 主題

マシュマロ・チャレンジ

#### 3 想定される時数

1時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	力のつり合い・合成	知識・技能
第1時	タワーの作成・測定	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

シンプルな要素と直感的に分かりやすい目標（構造物の高さ）の元で、実際に構造物をチームで作作り、どうしたら構造物が高くなるのか検証する。

作成にはパスタの歪みや個人の技術など複合的な要素が絡んでくる。数多く失敗する中で、改善していくプロセスを見取る。

(2) 準備 (1班: 3~4人あたり)

マシュマロ 1個、パスタ(細・太) 20本×2回分、マスキングテープ 90cm×2回分、はさみ 1個、水糸(細くて丈夫な糸) 90cm×2回分、1m定規 1本

(3) 指導の流れ

[第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<p>○仮説を提示する。 「高い構造物を建てるには、○○○に留意することが重要である。」</p> <p>○マシュマロチャレンジについて説明する。 ・評価基準を示す。</p>	<p>●【探究の切り口】実際は極めて複雑で難しい問いだが、完全な正解にたどり着かなくてもよい。多様な経験が今後の探究の入口になる。</p>	
展開	<p>○ルール説明 本日は2回作成タワーを作成することを伝えておく。</p> <p>○マシュマロ・チャレンジ</p>	<p>・マシュマロは2回のタワー作成で共通で1個使うので、切ったりしないように伝える。</p> <p>・机に固定しない、折れたら交換。</p> <p>・はさみの取扱いに注意させる。</p>	
	<p>●【探究の切り口】最初は自由にやらせる。様々なアイデアを肯定的に取り上げ、発想を拡大していく。</p>		
	<p>○測定 1m定規を使って他班を測定させ、結果を共有する。</p> <p>○振り返り</p>	<p>・手で押さえている班は10秒ほど猶予を与えて手を離させる。</p> <p>・1回目の改善させることと、チーム全員に役割をもたせること。</p>	ワークシート
	<p>●【探究の切り口】1時間という短い時間の中で、構造物作成を2回行うため、時間内の見通しをもって活動させる。1回目の結果から、2回目はどう改善するか考えさせる。</p>		
	<p>○マシュマロ・リベンジ</p> <p>○測定</p>	<p>・1回目と同様に測定する。</p>	
まとめ	<p>○仮説を完成させる</p> <p>○振り返りとアンケート</p>		ワークシート

---

#### (4) ワークシート・資料

※ スライド資料を後掲

---

### 6 評価

---

#### (1) 評価の計画<PLAN>

- ① 1回目の実験の経験をもとに、2回目のタワー作成で改善を加えられたか。
- ② 実験を踏まえて仮説を設定できたか。

の2点を評価する。なお、仮説が正しいかどうかは評価に含めない。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②ともに適切である。	①②いずれかが適切である。	①②ともに適切でない。

---

#### (2) 評価の例<CHECK>

##### 【A 評価の例】

「マシュマロが意外と重いのが分かったので、2回目は最初からマシュマロを加えて作った。」

「1か所の Pasta に負荷が集中すると折れてしまうことから、力を分散させるよう、立体をきれいに組み上げることが大切である。」

①②ともに適切と判断できるため、評価 A とした。

---

#### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

2回のタワー作成の両方で記録が0 cm の班が多い場合は、具体的にどのような作り方が安定するのかを共有するためお互いのタワーを見せ合うとよい。また、評価 C の班には再実験の機会を与え、改善がみられる場合は評価 B に変更する。

7 参考

単位 (cm) 測定班が書 ←

班	27 cm	44 cm	6	2	34
1班	27	44	6	2	34
2	31	40	7	4	49
3	6	12	8	17	0
4	0	44	9	0	41
5	64	0	10	0	22

図1 高校2年生の実施結果例 (1クラス)

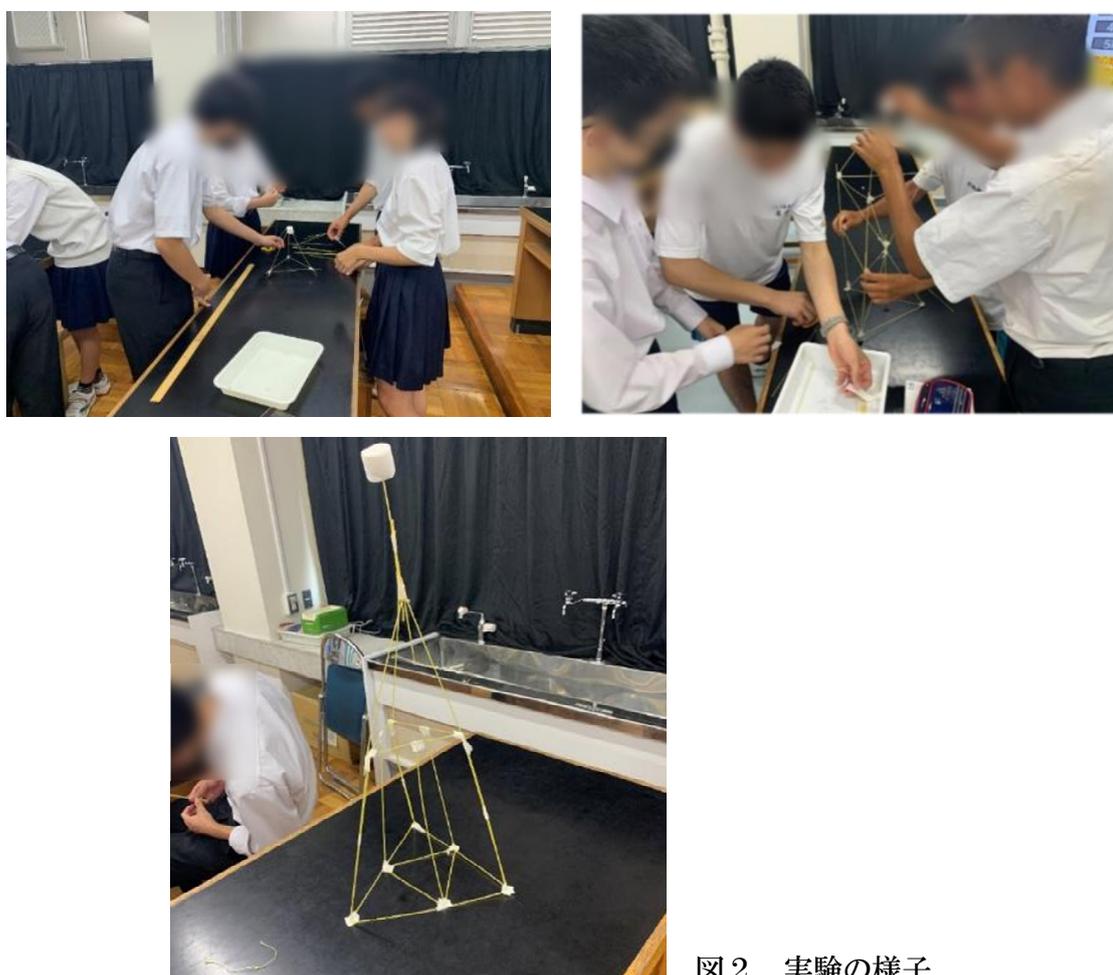


図2 実験の様子



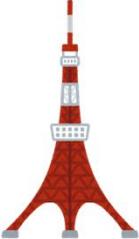
1

**【3分】マシュマロ・チャレンジって何？**

企業研修・TED などでも有名！

チーム(班)で協力する練習

**より高いタワーを立てよう**



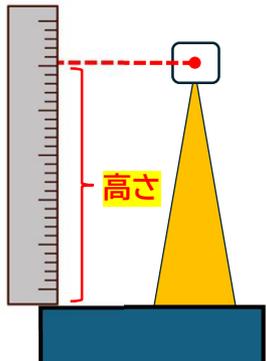
2

**【3分】マシュマロ・チャレンジって何？**

力学のまとめです！

習った力のつりあいなども使って…

チームで協力して **世界記録(99cm)** を目指せ！



3

**【3分】ルール説明**

★自立可能で、高いタワーを立てたら優勝  
※タワーの高さは「マシュマロ」までの高さ！

・チームごとに以下の備品(チーム対抗戦)

- マシュマロ1個(必須)
- パスタ20本
- テープ90 cm
- ひも90cm
- ▲はさみ1本

※●でタワーを作成する！

・禁止事項

×マシュマロのcut ×構造物以外への固定

4

**本日の日程**

①【 3分】 ルール説明 (今現在)

②【18分】 マシュマロ・チャレンジ！  
※班員が協力しあうのがコツ！

③【 4分】 隣の班の高さを測定(垂直に！)

5

**②【18分】マシュマロチャレンジ！**

★自立可能で、高いタワーを立てたら優勝  
※タワーの高さは「マシュマロ」までの高さ！

・チームごとに以下の備品(チーム対抗戦)

- マシュマロ1個(必須)
- パスタ20本
- テープ90 cm
- ひも90cm
- ▲はさみ1本

※●でタワーを作成する！

・禁止事項

×マシュマロのcut ×構造物以外への固定

6

### ③【4分】隣の班の測定(前半)!

測定

1班 ← 6班  
2班 ← 7班  
3班 ← 8班  
4班 ← 9班  
5班 ← 10班

高さ

・隣の班を定規で測定  
→速やかに先生に報告!  
※自立×なら「記録なし」

7

### ③【4分】隣の班の測定(後半)!

測定

1班 → 6班  
2班 → 7班  
3班 → 8班  
4班 → 9班  
5班 → 10班

高さ

・隣の班を定規で測定  
→速やかに先生に報告!  
※自立×なら「記録なし」

8

### 本日の日程

- ①【 3分】 ルール説明 (今現在)
- ②【18分】 マシュマロ・チャレンジ!
- ③【 4分】 隣の班の高さを測定(垂直に!)
- ④【 3分】 振り返りワークショップ

9

### ④【3分】振り返りワークショップ

- ・2分で振り返ろう
- ・チームとは…

- ・うまくいったかな?
- ・計画通りだったかな?
- ・作業分担は行ったかな?
- ・やって良かった
- ・やって失敗したこと

- ・時間内に完成
- ・思いや行動を共有・調整
- ・各々役割あり
- ・改善が大事

10

### 本日の日程

- ①【 3分】 ルール説明 (今現在)
- ②【18分】 マシュマロ・チャレンジ!
- ③【 4分】 隣の班の高さを測定(垂直に!)
- ④【 3分】 振り返りワークショップ
- ⑤【10分】 マシュマロ・リベンジ!
- ⑥【 4分】 隣の班の高さを測定
- ⑦【 3分】 振り返りとアンケート

11

### ⑤【10分】マシュマロリベンジ!

★自立可能で、高いタワーを立てたら優勝  
※タワーの高さは「マシュマロ」までの高さ!

- ・チームごとに以下の備品(チーム対抗戦)

- マシュマロ1個(必須)
- パスタ20本
- テープ90 cm
- ひも90cm
- ▲はさみ1本
- ※●でタワーを作成する!

- ・禁止事項

- ×マシュマロのcut
- ×構造物以外への固定

12

### ⑥【4分】隣の班の測定(前半)!

測定

1班	→	6班
2班	→	7班
3班	→	8班
4班	→	9班
5班	→	10班

高さ

・隣の班を定規で測定  
→速やかに先生に報告!  
※自立×なら「記録なし」

13

### ③【4分】隣の班の測定(後半)!

測定

1班	←	6班
2班	←	7班
3班	←	8班
4班	←	9班
5班	←	10班

高さ

・隣の班を定規で測定  
→速やかに先生に報告!  
※自立×なら「記録なし」

14

### ⑦【3分】振り返りとアンケート

振り返りとアンケート

15

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 4

### 化学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○	○	○	

#### 2 主題

固体の性質から物質を見分けよう

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	化学結合の種類と性質、器具や装置の操作	知識・技能
第1時	仮説の立案、仮説の検証1（実験操作）	思考・判断・表現
第2時	仮説の検証2（実験操作）、まとめ	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

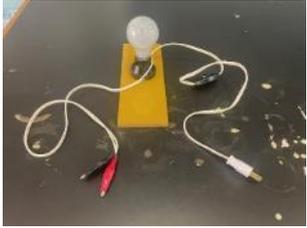
結合の違いにより結晶の性質が異なることを利用し、イオン結晶・共有結合の結晶・分子結晶・金属などの未知試料の性質を調べる実験計画の立案、検証を通して、結晶を判別する。

複数の結晶について、それぞれの化学的性質の確認（情報の収集）をしたのち、検証するための実験計画を立案（整理・分析）する。さらに検証実験（整理・分析）を通して、それぞれの結晶を同定（まとめ・表現）する。

(2) 準備 (1班あたり)

結晶 (イ 岩塩、ロ 氷砂糖、ハ 水晶、ニ スズ、ホ ポリエチレン(PE)、ヘ ポリプロピレン(PP) 等 各1片ずつ)、電気通電キット (写真参照)、耐熱容器 (結晶加熱用)、ガスバーナー、白金線、紙やすり

🔵【探究の切り口】実際に生徒が挙げる検証実験の内容として、たたく・電気を通す、水に溶かす、加熱するなどが考えられる。ここで全ての実験を行う必要はなく、いくつか挙がった中から実現可能な実験を複数行えるように準備する。



(3) 指導の流れ

[第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>○化学結合について復習する</li> <li>○結晶の配布・観察</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代表的な物質の性質をまとめる</li> <li>・外見、手触りなどを確認する。</li> <li>・なめる、口に入れる、はいけない。</li> </ul>	ワークシート
<p>🔵【探究の切り口】危険予測も大事な要素である。最初からすべて指導するのではなく、計画段階はあくまで自由に思考させたいので、危険予測させるとよい。</p>			
展開	○実験計画の立案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グループ学習</li> <li>・ワークシートに従い、</li> </ul> <p>目的：どのような性質を調べるのか                      方法：どのような操作をするのか                      結果の予測：どのような結果になるかをまとめる。</p>	ワークシート
<p>🔵【探究の切り口】実現可能性を考えながら立案することを意識させる。</p>			

まとめ	○実験計画の確認	・計画案を発表・共有し、妥当な内容か、実施可能な方法であるか、等を確認しあう。	ワークシート
-----	----------	---	--------

## [第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○本時行う実験内容の確認	・本時行う実験について確認する。 ・割れ方・電気伝導性・加熱による融解・密度等を調べられるよう準備しておく。	
展開	○検証実験の実施	・安全めがね着用 ・2つの検証内容が実施できるようにする。 ・結果の共有、結論、考察	ワークシート
まとめ	○本時の内容を振り返る	他班との比較・共有	

### (4) ワークシート・資料

※ ワークシートは後掲する

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

ここでは、限られた時間や材料や設備で実験結果を出すことが求められる。仮説を検証するための方法について、

① 合理的な検証方法を用いているか ② 複数の根拠をもとに同定しているか

の2点に着目して評価する。なお、仮説・検証方法が正しいかどうかは評価に含めない。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②いずれも適切である	①②のいずれかは適切である	①②いずれも適切でない

## (2) 評価の例<CHECK>

【評価 B の例】（未知試料 3 つのバージョン）

根拠を用いて 3 つの結晶イ・ロ・ハを同定しているが、ハンマーで叩いた結果のみで同定しており、複数の根拠を用いていない。また、へき開という言葉を用いていない。これらのことから思考・判断・表現の観点で「おおむね満足できる」状況（B）と判断できる。

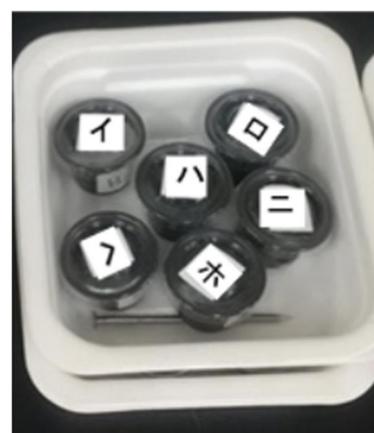
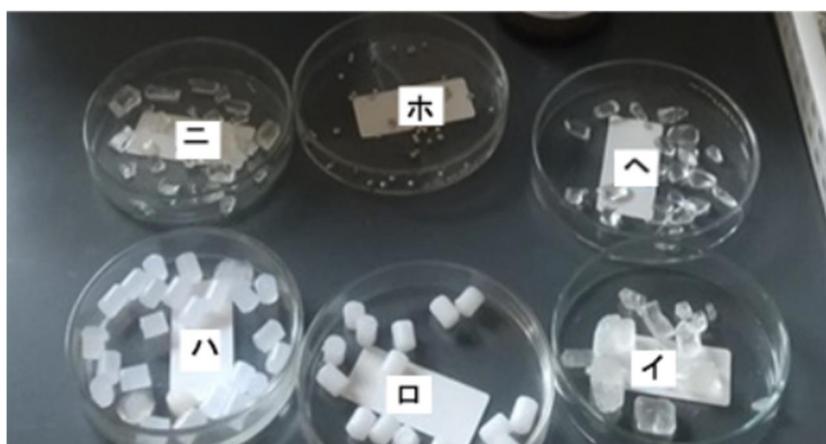
② ハンマーで叩いた結果、イが割れなかったためイは水晶と考えた。共有結合で硬いからである。ハンマーで叩いた結果、ロが縦方向に割れたため、ロは塩化ナトリウムと考えた。その理由はイオン結晶は割れやすい性質があるからである。ハンマーで叩いた結果ハはショ糖と考えた。その理由は分子結晶のため粒子が規則正しく並んでおり、また柔らかいからである。

## (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

それぞれの結晶についての必要な要素を挙げ、複数の根拠を得ることができる実験計画を立案できるように導く。最終的には自ら考えることができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点ももてるよう促す。また、評価 C の生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価 B に変更する。

## 7 参考

(実験の様子)



(検証方法の例)

No	目的 (何を調べるために行うのか)	検証方法	予想される結果
0	金属光沢・硬さ・手触りを調べる	観る・触る	金属の結晶は金属光沢がある
1	釘で叩いて割れやすさや割れ方を調べる。 (硬さや割れ方に特徴が出るはず)	叩く	塩化ナトリウムはへき開する。水晶は硬い。スズは変形する。
2	固体のまま電気を通すか調べる	結晶に通電してみ る	金属結晶であるスズは固体のまま電気を通すが、他の物質は固体では電気を通さない。
3	融点の違いを調べる	結晶を加熱する	水晶、塩化ナトリウムは融点が高く融解しづらいが、ショ糖は低い温度で融解する。

試料の組み合わせを変えると、テーマを広げていくことができる。できるだけ外見が似ている物質同士を組み合わせることで、生徒の好奇心をそそる仕掛けになる。例えば、プラスチックとしてポリエチレン・ポリスチレン、ポリプロピレンなどは白い棒状のものが市販されている（この場合結晶ではなく固体として示す）。

また、スズ・亜鉛・銅を組み合わせると、銅は色が異なるがスズと亜鉛は色が似ているので、密度の違い・化学的性質に導いていくことが可能である。密度の計測法は知っているが、実際に計測してその値を判断に用いるような経験が少ない生徒が多い。正確に密度を計測させる機会としても有用である。

化学反応やイオン化傾向を調べる、銅と塩化ビニルの反応を利用するなど、生徒に調べさせることで自由な発想を期待することができる。

## 結晶の性質から6つの物質を見分ける

目的：物質は構成している粒子やその結合の仕方の違いによって特徴（個性）が現れる。この物質の特徴を手がかりとして、6つの物質イロハニホへの結晶が何であるか、自分たちで必要な検証方法を考え、特定する。そして物質の成り立ちについて理解を深めよう。なお6つの結晶は、水晶・ポリエチレン・ポリプロピレン・岩塩(塩化ナトリウム)・氷砂糖(ショ糖)・スズの結晶のいずれかである。

注意：なめたり、口に入れたりすることは絶対にしてはいけない。手で触れ感触を確認することは大切であるが、実験後は必ず手を洗うこと。安全メガネの着用を徹底する。

参考：まず各物質の特徴をまとめてみよう

	水晶	ポリエチレン	ポリプロピレン	岩塩(塩化ナトリウム)	氷砂糖(ショ糖)	スズ
化学式						
結晶の種類						
結晶の特徴						

検証：見分けるための検証方法を考え、検証計画をたてなさい(検証内容・目的・結果の予測を考える)。

No	目的 何を調べるために 行うのか	検証方法	予想される結果	(結果)					
				イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
0	金属光沢・硬さ・手触りを調べる	観る・触る							
1									
2									

No	目的 何を調べるために 行うのか	検証方法	予想される結果	(結果)					
				イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ

考察 イロハニホヘはそれぞれ何であったか、具体的な理由を含めて述べなさい。

振り返りコメント

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 5

### 化学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○			○	

#### 2 主題

極性と溶解しやすさ

#### 3 想定される時数

1時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
第1時	分子の極性	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

分子構造を理解することはその物質の性質を知る上で大変重要な要素である。物質と水との溶解性を比較し、その違いから物質の構造を関連付け、分子の構造についての理解を深める。

ヒドロキシ基（親水基）および炭化水素基（疎水基）をもち、疎水基の大きさの異なるアルコールを用いて、水へ溶解する物質・溶解しない物質の構造の特徴、共通点を整理・分析する。用いるアルコールの組み合わせは、プロパノール  $C_3H_7OH$ 、ブタノール  $C_4H_9OH$ 、ペンタノール  $C_5H_{11}OH$ 、グルセリン  $C_3H_5(OH)_3$ 、ヘキサン  $C_5H_{12}$ などが考えられる。

(2) 準備 (1 班あたり)

プロパノール  $C_3H_7OH$ 、ブタノール  $C_4H_9OH$ 、  
 ペンタノール  $C_5H_{11}OH$ 、ヘキサン  $C_6H_{14}$  各 1 mL、試験管、純水



(3) 指導の流れ

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○水に溶けるものと溶けにくいものについて、その原因を考える。	<ul style="list-style-type: none"> <li>水とエタノールは混ざるが、水と油は混ざらないのはなぜか、問いかけから考えさせる。</li> <li>構造式を書かせる。</li> </ul>	
展開	○実験の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>小さな違いを見逃さないように記録させる。</li> </ul>	
		<div style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>●【探究の切り口】溶ける、溶けないを○×で切り分けるだけでなく、中間的な挙動を見過ごさず、細かく記録することで、深い観察眼を養う。</p> </div>	
	○結果のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>「一度混ぜても分離するか?」「分離の速度に違いがあるか?」「そっと注げば二層に分かれるか?」などの声かけが考えられる。</li> </ul> <p>(参考)</p> <p>溶けにくい…食用油  <math>C_3H_5(OCOR)(OCOR')(OCOR'')</math>、ブタノール、ペンタノール、ヘキサン</p> <p>溶けやすい…プロパノール、グリセリン</p>	
	○分子構造と水溶性について考察	<ul style="list-style-type: none"> <li>水に混ざりやすい物質の共通点、水と混ざりにくい物質の共通点を挙げさせる。</li> </ul>	

		・「共通点」が、なぜ溶けやすさに影響するか、理由まで考えさせる。	
まとめ	○気づきや新たな疑問を記録		ワークシート

#### (4) ワークシート・資料

※ ワークシートは後掲する。

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

ここでは、次の①②に着目して評価する。

- ① 溶ける・溶けない以上の細かい違いに気付くことができたか。
- ② 水溶性と分子構造の関係について、既習の知識と実験結果を関連付けて表現できているか。

※ 例えば、「分子内に OH (ヒドロキシ基) があること」「分子内に C が多いこと」「原子の電気陰性度に差があること」などが考えられる。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②いずれも適切である	①②のいずれかが適切である。	①②いずれも適切でない。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【評価 B の記述】

実験結果を混ぜなかった物質と混ぜた物質に分けて、それぞれ OH 基の有無、C の数をもとにして考察している。しかし、混ぜやすさの観察は細部に及んでいない。よって思考・判断・表現の観点で「おおむね満足できる」状況 (B) と判断できる。

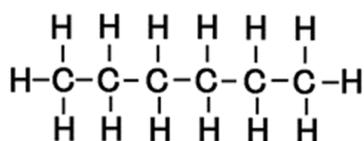
#### 生徒記述例

混ぜらなかった 2 つと、混ぜた 2 つを比べると、どれも OH 基があるけど、C の数が違う。C の数が多いと水に溶けないことが分かった。

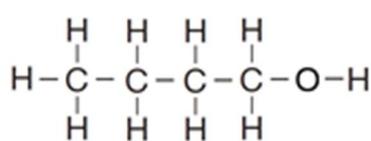
### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

観察できていない場合などは、どこを観察すべきであったか等、改善すべき理由と具体的な例をコメントする。最終的には根拠をあわせて記述できるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点がもてるよう促す。また、評価 C の生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価 B に変更する。

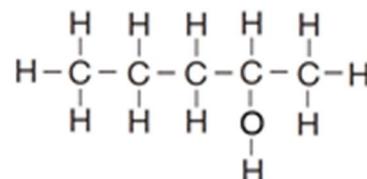
## 7 参考



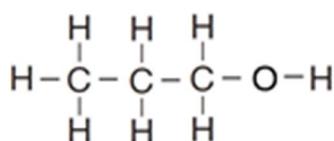
ヘキサン



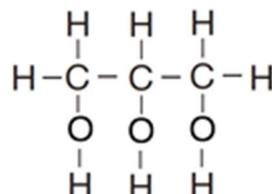
ブタノール



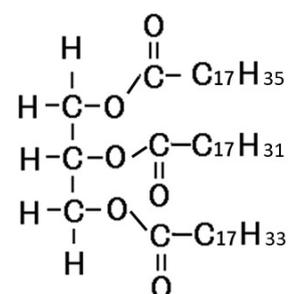
ペンタノール



プロパノール



グリセリン



油脂

プロパノールとグリセリンはどちらも水とよく混ざるが、最初の状態でグリセリンは粘性が強くほかの3つとは異なる。

ブタノールとプロパノールはどちらも混ざりにくいですが、よく振った後に分離する速度が異なり、プロパノールの方が速やかにはっきりと分離する点に差異がある。

## 水溶性と分子の構造の関係

目的： 水に溶ける物質と溶けない物質にはどのような違いがあるのだろうか。物質の水への溶解性を調べ、水に溶解する物質と溶解しない物質それぞれの共通点を見出してみよう。

注意： 用いる物質は鼻やのどへの刺激が強い。試薬を鼻に近づけ・・・× 試薬の匂いをかぐ・・・×

操作：

1. プロパノール、ブタノール、ペンタノール、グリセリン、ヘキサン、食用油脂を試験管に1 mL ずつとる。
2. それぞれに水を1 mL 程度加える
3. 溶解する様子をよく観察する。そっと注ぐ、激しく混和する等、いろいろ試してみる。

予想：

結果：

	水との混ざり方（詳細に観察すること）
プロパノール	
ブタノール	
ペンタノール	
グリセリン	
ヘキサン	
食用油脂	

考察：（水と溶解する物質溶解しない物質の共通点を踏まえ、それらが溶解しやすさに影響する理由も考える）

振り返り（新しい発見・確認できたこと など）

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 6

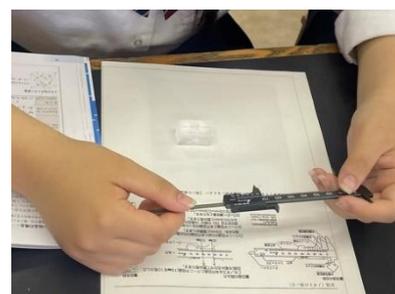
### 化学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
		○	○	

#### 2 主題

岩塩の結晶を用いてアボガドロ定数を求めてみよう



#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	(アボガドロ定数、イオン結晶、有効数字)	知識・技能
第1時	必要な情報の整理、方法の検討 計測操作	思考・判断・表現
第2時	考察・まとめ	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

イオン結晶がへき開する性質を利用すると、比較的容易に直方体や立方体の結晶を得ることができる。ここでは、比較的大きな結晶が得られる岩塩（塩化ナトリウムの結晶）を用いて、1モル（58.5g）あたりの粒子の個数（アボガドロ定数、 $6.02 \times 10^{23}$ ）を求める方法を考える。

また、長さの計測技術や、正確な測定値を用いることへの意識付け、複数の計測データからグラフを作成すること等、探究を進めるうえで基本となる知識・技能を習得させる。

(2) 準備 (1班あたり)

岩塩結晶 (大きい結晶のほうが測定誤差が小さくなる)、ハンマー、カッター、カッターマット、ノギス、電子はかり

※ ノギスを手にしたことのない生徒が多いため、知識・技能として習得させたい。使い方の説明書を配付せず、使い方を考えさせても面白い。安価なものは2千円程度で購入できる。

(3) 指導の流れ

[第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○イオン結晶について復習する ○岩塩の配布・観察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・へき開する理由を確認する。</li> <li>・形や透明感を確認する。但し、なめる、口に入れる、等は避ける。</li> </ul>	
展開	○アボガドロ定数の求め方を考える		ワークシート
	○岩塩の体積を求めるのに必要な長さ、質量の計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・どのような形か、どこをの長さを計測したかも記録する。</li> <li>・4つ以上の結晶を用いてデータを得ること。また、同じ結晶について2回以上計測し正しい値にこだわらせる。</li> </ul>	ワークシート
まとめ	○実験結果の共有	・データの共有	

🔵【探究の切り口】ほしい情報 (原子の個数) を手に入れるために必要な情報 (体積、質量、単位結晶当たりの原子の個数、単位結晶の大きさ) を考えさせ、その測定方法を検討する。

[第2時]

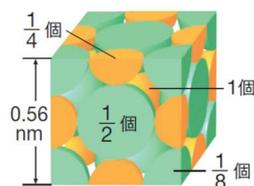
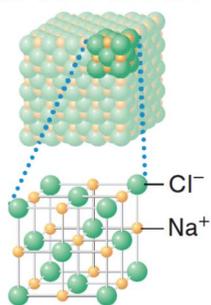
学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○前時の確認		

展開	○結果・考察をまとめる  ○アボガドロ定数を求める	<ul style="list-style-type: none"> <li>・質量（モル質量）と原子の個数の関係についてグラフを作成する。</li> <li>・アボガドロ定数を測定結果から求める方法を整理する。</li> </ul> ※ 難しい場合は、ワークシートを用いてヒントを出しながら進める。	ワークシート
<p>🔍【探究の切り口】計測データを処理することで比較的簡単に結果を求めることができるため、正しい計測を重視する。データの処理は、表計算ソフトに習熟する機会として有効である。</p>			
まとめ	○本時の内容を振り返る	・振り返りの記述	

#### (4) ワークシート・資料

##### 単位格子の考え方（実教出版化学基礎 academia p56）

塩化ナトリウム(NaCl)型



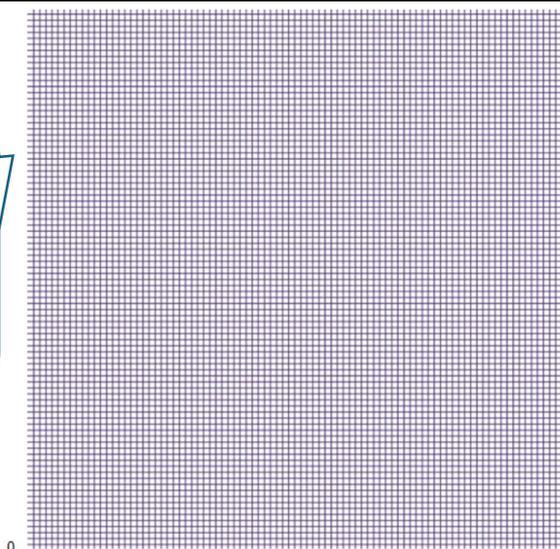
$$\text{Na}^+ : \frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$$

$$\text{Cl}^- : \frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$$

### 結 果

- (1) 計測した結晶について、どのような形か、どこを計測したか、具体的に図示する。
- (2) 計測結果からアボガドロ定数を求める。原子量は  $N a = 23.0$ 、 $C l = 35.5$  の値を用いること。  
用いた値や計算過程を整理して表を作成したり、グラフ（右のグラフ用紙）を作成し、示すこと。

🔍 【探究の切り口】 グラフの種類、軸と単位も考えさせる。棒グラフにしてみたら分かりづらい、などの失敗があってもよい。



ま と め 結論+考察

★★★結果で作成したグラフを考察するとよい ★★★新たに生じた疑問とその解決内容があるとよい

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

- ① 必要な情報を整理し、それらの取得方法を適切に選択できたか。
- ② グラフの種類と軸について、目的に沿って選択することができたか。
- ③ 物質量と個数の比例関係を見出し、アボガドロ定数を導けたか。

の3点について評価する。

※ グラフを正確に描写する（点の打ち方や線の引き方等）【知識・技能】は、発表等での説得力につながる大切な要素ではあるが、本時の評価の観点は【思考・判断・表現】としたため、グラフの種類と軸の選択の場面に焦点を当てて評価した。

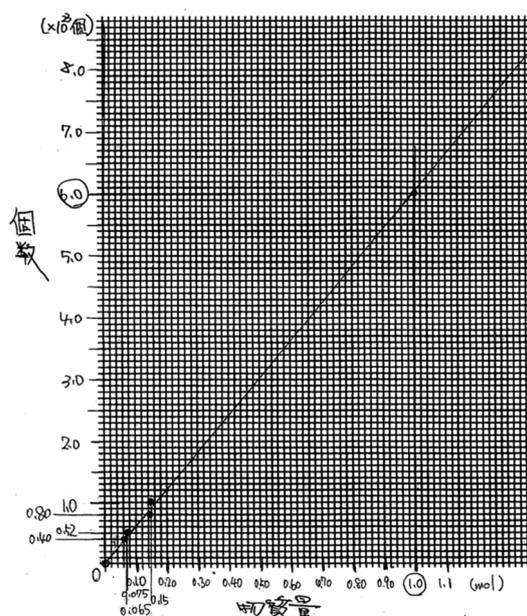
方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①～③をすべて満たしている。	①～③のうち2つを満たしている。	①～③のうち1つ以下しか満たしていない。

## (2) 評価の例<CHECK>

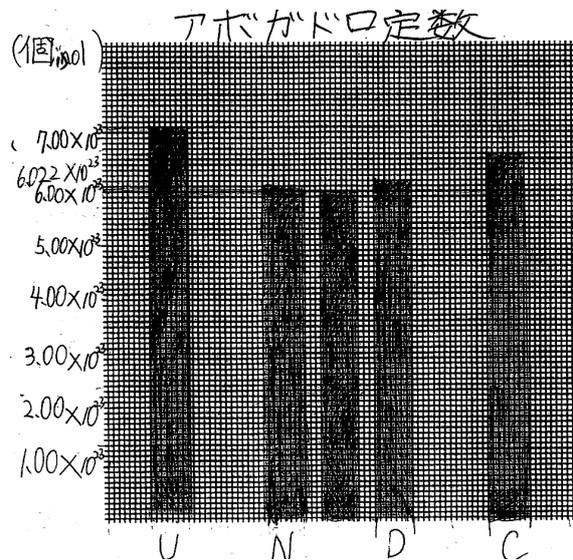
### 【評価 A】

縦軸、横軸にそれぞれ、個数(個)と物質質量(mol)をとり、両者の関係から傾き(個/mol)を求め、アボガドロ定数と比較しているとして、①②③すべてを満たす (A) と判断できる。



### 【評価 B】

用いた結晶から算出されたアボガドロ定数は示されているが、個数(個)と物質質量(mol)が比例関係であることを見出していないとして、①③を満たす (B) と判断する。



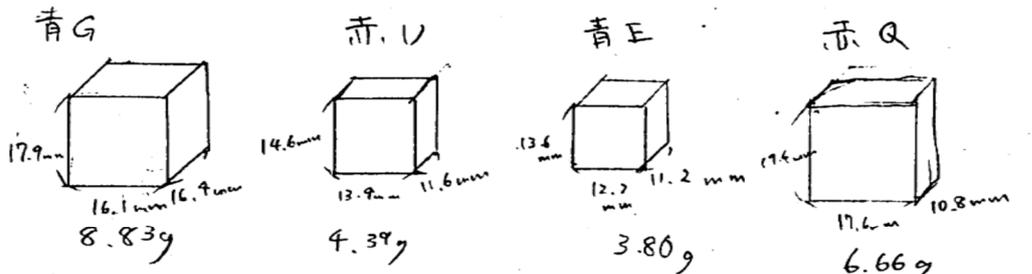
## (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

改善点を絞り、改善すべき理由と具体的な例をコメントする。最終的には比例を導くグラフが描けること、アボガドロ定数を導くこと、を自ら考えることができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点をもてるよう促す。また、評価 C の生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価 B に変更する。

## 7 参考

定規を用いて目盛の 10 分の 1 までの計測は非常に難しいが、ノギスを用いると比較的容易に計測できる。ノギスを扱った生徒は少ないので、良い機会となる。

グラフの作成は、縦軸・横軸を自ら設定できるとよいが、場合によっては教師が指定するなど、生徒の状況に応じた対応をするとよい。必ずしもグラフを作成しなくても、測定の実験値をとればアボガドロ定数を求めることはできるため、状況に応じて展開を変更してよい。



計算

$$1.79 \times 1.61 \times 1.64 = 4.726316 \approx 4.73 \text{ cm}^3$$

$$1.46 \times 1.39 \times 1.16 = 2.334104 \approx 2.33 \text{ cm}^3$$

$$1.34 \times 1.22 \times 1.12 = 1.838304 \approx 1.86 \text{ cm}^3$$

$$1.74 \times 1.76 \times 1.08 = 3.287552 \approx 3.29 \text{ cm}^3$$

mol	0.065	0.075	0.114	0.151
粒子の数	$0.40 \times 10^{23}$	$0.52 \times 10^{23}$	$0.80 \times 10^{23}$	$1.04 \times 10^{23}$

まとめ (生徒X)

- 結論
  - 4つの各皿の実験結果の平均から  $6.07 \times 10^{23}$  がアボガド定数であると予測された。
  - 実際のアボガド定数は  $6.0 \times 10^{23}$  であり、誤差が生じている。
- 考察
  - 容器 (瓶や皿) は性質上完全に割れるか、
  - 必ずしもきれいな立方体や直方体か、はっているわけではないため、
  - 体積や質量に不確かさがあり結果に誤差が生じている。
- 疑問
  - きれいに物質を割り正確な結果を出すには、
  - どう行うのが最適なのか。

まとめ (生徒Z)

- 赤Q以外は、(誤差)  $1.0 \times 10^{23}$  以内であった。
- 物質の mol (物質質量) が大きくなるほど、粒子の数は大きくなる。
- また、粒子の数は、物質質量に比例していることがわかった。
- このことから、アボガド定数は、どんな物質であって、一定だということがわかった。
- $1 \text{ mol} : 6.02 \times 10^{23} = \Delta \text{ mol} : \Delta \text{個}$  という関係が成り立つことがわかった。
- どんなに物質や体積が異なっても、密度がほぼ等しいことから、molあたりの粒子の数はほぼ等しいことがわかった。このことから、アボガド定数は一定。

<疑問> 正しく計算してはいるものの、なぜ粒子の個数に誤差が生じたのか、

<考え> 物質の大きさを計るときに有効数字を利用してはいるが、0.0...mm の誤差はやはり体積にもその影響がでると考えられる。原子はとて小さいため、体積を少しの誤差がうまれ、その分の粒子の数が多量に増減してしまうと考えられる。

だから粒子の数に誤差が生じたのだと思う。

まとめ (生徒Y)

- まとめ 結論+考察
- ★★結果で作成したグラフを考察するとよい ★★新たに生じた疑問とその解決内容があるとよい
  - 今回は少しズレてしまったが、もっと糸田かく数値を求め計算したら物質関係なく  $6.022$  になると考える。
  - この実験は質量や体積の測定が少しも違えばたまたま成り立たないものだった。(立式が凄く大切)
  - アボガド定数を実感することができると疑問に思った。⇒(解決策)ペットボトルの水を飲みながら、アボガド定数個の水分子があることを考えスケールの大きさを感じる。

# 岩塩を用いてアボガドロ定数を求める

**仮説** 塩化ナトリウムの結晶構造を用いれば、アボガドロ定数を求めることが可能である。

**方法** (1)必要な情報を整理し、アボガドロ定数の求め方を考える  
(2)岩塩を選び、必要なデータを計測する

## 必要な情報

(1) アボガドロ定数とは・・・

つまり、岩塩の ・ ・ ・ がわかれば、アボガドロ定数を求められるはず…

(2) 岩塩（塩化ナトリウム・イオン結晶）の性質・・・（今回用いるのはヒマラヤ産岩塩）

(3) 塩化ナトリウムの結晶構造 ※ 教科書の「イオン結晶の構造」を参考にすること

図1.結晶格子

単位格子の中の $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ は何個ずつあるか。

図2.単位格子

単位格子1個の体積はいくらか。

(4)有効数字の考え方（教科書等を参照）

**結果** 計測した結晶について、何を、どのように計ったのか、具体的に図示する。

**結論** 計測結果からアボガドロ定数を求める。原子量は $\text{Na}=23.0$ 、 $\text{Cl}=35.5$ の値を用いること。用いた値や計算過程を整理して表やグラフを作成して示すこと。

**まとめ** 気付いたことや疑問（及びのその解決方法の案）

---



0

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 7

### 化学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○			

#### 2 主題

アルコールの濃度を求めてみよう

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	蒸留の操作とその原理、ガスバーナーの操作	知識・技能
第1時	蒸留で得られた液体からアルコールの濃度を求める方法の検討、実験の説明	思考・判断・表現
第2時	実験の実施、アルコール濃度の測定	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

蒸留の実験を通して、基本的な実験器具の操作方法を学ぶ。もとのアルコールの濃度を求めるという目的達成のために、蒸留の実験の意味を理解し、どのように生かすのか考える。

##### (2) 準備 (1クラスあたり)

エタノール(50%)、沸騰石、枝付きフラスコ、温度計、リービッヒ冷却器、アダプター、

試験管5本、（その他各班で必要な器具、薬品 ※使用する装置類は実験室にあるもの限定）

🔵【探究の切り口】探究活動に習熟しないうちは、機材を限定することで、生徒主体で考えさせながらも、一定の範囲の自由度に限定することができる。また、ダミーの機材をいくつか混ぜておくことで、難易度をコントロールすることができる。

### （3）指導の流れ

#### [第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>○中学校で学習している蒸留について、簡単に復習する。</li> <li>○既存のアルコール製品の度数を紹介する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スライドを使って、要点だけおさえる。</li> </ul>	
展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>○蒸留装置の器具の説明、操作方法について振り返る。（前時に学習する）</li> <li>○グループで、検証方法を考える。                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・どのように調べるのか</li> <li>・なぜ濃度が求められるのか</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・枝付きフラスコとリービッヒ冷却器の使い方についてポイントをおさえる。</li> <li>・実験室で可能な検証方法に限定する。例、専門器具を使用するなどは避ける。</li> <li>・危険を伴う検証方法は禁止する。</li> </ul>	レポート (計画)
	<p>🔵【探究の切り口】生徒が考えた検証方法が間違っている場合も、最後まで取り組ませ、失敗から学ばせることが大切である。但し、安全面だけは事前にチェックを受けさせてから実施させるなど、万全を図ること。</p>		

[第2時]

	<p>○必要な実験器具をそろえる。実験装置を組み立て、実験を開始する。</p> <p>○実験で得られた結果をプリントにまとめる。</p> <p>○結果をもとに考察し、結論付ける。</p>	<p>・ビーカー、試験管、電子天秤などの基本的な実験器具は用意しておく。</p> <p>・実験装置や操作に誤りや危険がないか注意する。</p> <p>・データをきちんと整理し、分かりやすく記入することを伝える。</p> <p>・結果をただ「失敗した」ではなく、なぜそのようになったのかを考えさせる。</p>	<p>レポート (考察)</p>
<p> 【探究の切り口】実際に実験してみると、理論通りの値になることは稀である。様々な方法を考え、まずはやってみることが大切である。</p>			
<p>まとめ</p>	<p>○他の班の実験方法とその結果についていくつか共有する。</p>	<p>・検証方法から考察にいたるまでの道筋をきちんと踏めている班を紹介する。</p>	

(4) ワークシート・資料

※ ワークシートは後掲する

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

今回の実験では、次の①②の点について、レポートによる評価を行う。

- ① 計画において、根拠のある、実施可能な方法であるか。
- ② 考察において、論理的な考察から、改善や発見につながっているか。

#### 評価基準

観点	A	B	C
思考・判断・表現	①②ともに適切である	①②いずれかは適切である	①②どちらも適切でない

### (2) 評価の例<CHECK>

#### (ワークシート 3. 実験計画)

蒸留で得られた液体の何を調べる？

目盛り付き試験管を用いて、2 mL ずつ蒸留した液体を5本集める。その液体に点火して、燃えている時間を計測する。



なぜ濃度が求められる？

燃えている時間から、アルコールの割合を求めることができる。

#### (ワークシート 5. 考察)

初めの方に得られる液体はアルコールのみであると考えられるが、徐々に水が混ざり、最後には火がつかなくなってしまった。

蒸留の原理を理解し、「アルコールの方が沸点が低い」という既存の知識を利用している。実施可能な実験を計画しているため、①について適切である。しかし、考察では改善に至る十分な考察がなされていないため、②については改善の余地がある。よって【評価B】とする。

#### (ワークシート 5. 考察)

燃えている時間の違いから、蒸留した液体は、始めと終わりでエタノールの含有量が異なることが分かった。エタノールと水では密度が異なることから、試験管それぞれの重さも少しずつ違うはずである。そこで、蒸留した液体の質量を測定することで、密度を求める。

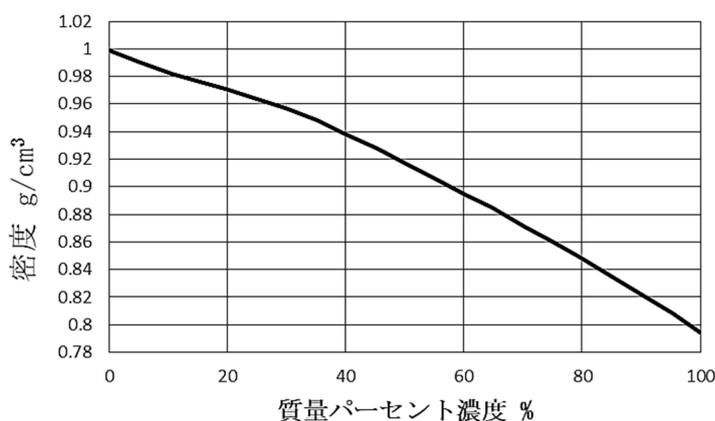
気づきをもとに改善を試みており、十分に実施可能な実験となっている。よって、②について適切と判断し、【評価A】とする。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

エタノールの沸点は78℃、水の沸点は100℃であることから、蒸留を続けることで、アルコール→水の順番で液体が得られることは多くの生徒が理解している。しかし、はじめに得た液体と後に得た液体の濃度が若干異なることに気づかせ、それによってどのような違いが生じるかを考えさせる。レポートに関しては改善点を示し、評価Cの生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

## 7 参考

文献<sup>1)</sup>をもとに得られた液体の密度を測定する。右図のようにエタノールの割合が増えるほど密度は小さくなっていく。分子量は水分子よりもエタノール分子の方が大きい。しかしエタノール分子は水分子に比べてサイズが大きく、体積が増えることで結果的に密度が小さくなる。



- 1) 一般社団法人アルコール協会. “エタノール水溶液の容量%と比重及び重量%等との関係”  
( [https://www.alcohol.jp/expert/expert\\_table/01mitudo.pdf](https://www.alcohol.jp/expert/expert_table/01mitudo.pdf) )

## アルコールの濃度を求めてみよう

### 1. 目的

アルコール濃度のわからない混合液について、蒸留を行い、アルコール濃度を求める方法を考え、検証する。

### 2. 実験器具・試薬及び操作

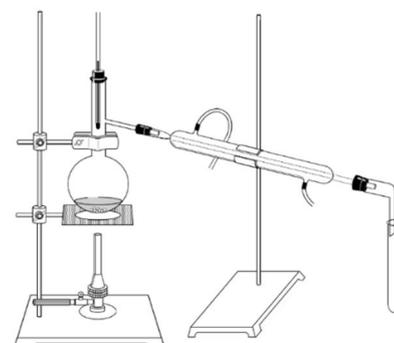
枝付きフラスコ 温度計 リービッヒ冷却器 ゴムチューブ アダプター 試験管

その他各班で考えた方法に基づいた実験器具 エタノールと純水の混合溶液

操作1 図のように、装置を組み、枝付きフラスコに混合液と沸騰石を入れる。

操作2 リービッヒ冷却器に水を流し、枝付きフラスコをガスバーナーで加熱する。

操作3 アダプターから流れ出た液体を試験管に集める。



### 3. 実験計画 アルコール濃度を求める方法を考案しよう。

何を調べる？

なぜ濃度が求められる？



### 4. 実験結果 スペースが不足する場合は裏面を使用すること。

### 5. 考察

### 6. 結論

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 8

### 化学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
(自然現象に対する気づき、課題の設定)	(仮説の設定、検証計画)	(実験の実施と処理)		
		○	○	

#### 2 主題

水溶液の定性分析

#### 3 想定される時数

1時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	成分元素の検出、塩の性質	知識・技能
第1時	水溶液の定性分析	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

5種類の塩の水溶液を用意し、それらにどのような塩が含まれているのかを同定する。そのために複数の実験を行い、それらの結果をもとに判断する。

##### (2) 準備 (1クラスあたり)

塩化ナトリウム水溶液、硫酸ナトリウム水溶液、ミョウバン水溶液、硝酸ナトリウム水溶液、塩化アルミニウム水溶液、硝酸銀水溶液、塩化バリウム水溶液 (すべて 0.1 mol/L)、試験管 10 本、ガラス棒、pH 試験紙、蒸留水 (※このほかに、石灰水や塩化コバルト紙等、今回の同定に不要な試薬を準備しておく、より深い思考を引き出せる。)

### (3) 指導の流れ

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	①未知の試料 A~E について、どのように同定するか考える。 ②定性分析について学ぶ。		
展開	①実験の計画をする。  ②実験の準備をする。 ・4人1班で行う。 ・それぞれの試験管に試料を入れる。  ③実験を開始する。  ④実験で得られた結果をプリントにまとめる。  ⑤後片づけ（廃液処理、器具洗浄）をする。	<p>●【探究の切り口】何を、どのように調べれば同定できるのか、既知の知識をもとに考えさせることが切り口になる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・保護メガネを着用させる。</li> <li>・薬品が手についた場合は速やかに洗い流す。</li> <li>・A~Eの試料は見た目やにおいでは判断できないため、ラベルをつけさせる。</li> <li>・各試薬の使用方法を提示しておく とよい。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 試験紙…ガラス棒で試料を触れ、試験紙に付ける。使用後は蒸留水ですすぐ。</li> <li>- 硝酸銀水溶液・塩化バリウム水溶液…試料に1~2滴加える。</li> </ul> </li> <li>・廃液処理を適切に指導する。</li> </ul>	
まとめ	①A~Eの試料が何の塩の水溶液であるかを同定し、根拠とともに発表する。	・正しく同定できているかどうかはレポート返却時に解答を確認する。	レポート（実験）
		<p>●【探究の切り口】根拠をもとに主張すること、その原理を理解し説明できることが重要である。</p>	

#### (4) ワークシート・資料

##### 1 目的

5種類の塩(塩化ナトリウム、硫酸ナトリウム、ミョウバン、硝酸ナトリウム、塩化アルミニウム)を、実験により同定する。

##### 2 器具・試薬

5種類の塩の水溶液 A~E(各 0.1 mol/L)    試験管 10 本    試薬(又は試験紙)    蒸留水

硝酸銀水溶液(銀イオン)    塩化バリウム水溶液(バリウムイオン)

##### 3 実験計画

塩	化学式	もとの酸	もとの塩基	同定方法(案)
塩化ナトリウム				
硫酸ナトリウム				
ミョウバン				
硝酸ナトリウム				
塩化アルミニウム				

##### 4 実験操作

(1)A~E の水溶液を各 2 mL 試験管に入れ、ラベルを付ける。      (2)計画のとおり操作を行う。

##### 5 結果

A	
B	
C	
D	
E	

##### 6 結論

溶液  は \_\_\_\_\_ である。

根拠①	原理
根拠②	原理

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

今回の実験では、レポートによる評価を行う。

- ① 複数の根拠をもとに同定できているか
- ② 作用の原理を理解し説明できているか

観点	A	B	C
思・判・表	①②いずれも適切である。	①②のいずれかが適切である。	①②いずれも適切でない。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【評価 B の例】

水溶液 A は塩化アルミニウムである。

- 根拠
- ・ pH 試験紙がオレンジ色になった
  - ・ 硝酸銀水溶液で変化したが、塩化バリウム水溶液では変化しなかった

複数の根拠を挙げて述べているため、①については適切である。但し、その原理の説明が不足している。よって②については適切でない。

よって①②いずれかが適切であると判断し、評価【B】とする

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

同定するにあたって、複数の知識を必要とする。そのため、教科書や資料集を確認させながら実施するとより理解しやすい。レポートに関しては改善点を示し、評価 C の生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価 B に変更する。例えば、(2) の例にある「変化した」というあいまいな表現は避け、「白色沈殿が生じた」と書く方がよい。等のアドバイスを与える。

## 7 参考

### 5 種類の塩以外の候補について

- ・ 炭酸ナトリウムや酢酸ナトリウムなどの水溶液が塩基性を示す塩は、硝酸銀を加えた時に酸化銀の沈殿を生じるため不適切である。
- ・ 塩化亜鉛は水に溶けにくい。

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 9

### 化学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○	○		

#### 2 主題

電池の電圧はどのようにして決まるのだろうか？

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	酸化還元、イオン化傾向、酸化と還元の利用－電池－	知識・技能
第1時	電池の仕組み（計画・実験）	思考・判断・表現
第2時	電池の仕組み（まとめ・発表）	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

様々な金属や水溶液を用いて電池の原理や仕組みを理解し、電極や電解質の条件が電圧にどのような影響を及ぼすのか考える。

##### (2) 準備（1クラスあたり）

各金属板（銅、亜鉛、鉄など）、希塩酸、塩化ナトリウム、水酸化ナトリウム、導線、ビーカー、メスシリンダー、プロペラモーターや電子オルゴール、電流計、ストップウォッチ、電子天秤、

薬さじ など、他に必要な器具は当日相談する。

### (3) 指導の流れ

		学習活動	活動における留意点	評価方法
第1時	導入	○ボルタ電池やダニエル電池など、中学校で学習した電池の構造について簡単に復習する。	・この後の実験の条件の選択肢の幅を狭めないようにするため、電池の原理についてはあえて説明しない。	
	展開1	○電極や電解質の条件が起電力にどのような影響するのか、グループで仮説を立てる。 ○仮説をもとに実験を計画する。	・話し合いの段階では、複数の条件を挙げさせるとよいが、実際に実験を行う際は、変化させる条件を1つに限定する。(濃度、電極の種類など複数をやらせずに、他の班と共有する。)	ワークシート
			○必要な実験器具等を準備して、実験を開始する。	・電池の構造はボルタ電池とする。 ・保護メガネを着用させる。 ・薬品が手についた場合は速やかに洗い流す。
第2時	展開2	○実験で得られた結果をプリントにまとめる。 ○後片づけ(廃液処理、器具洗浄)をする。	・グラフや表などを活用させる。 ・定量が難しい場合は、可・不可の定性のみでもよい。 ・廃液処理を適切に指導する。	
	まとめ	○実験の結果をもとに、仮説に対する答えを書く。 ○仮説と実験結果を発表し、他の班のものはワークシートにまとめる。	・生徒同士の質疑応答を行わせる。  ・【探究の切り口】探究に失敗は無い。「○○は電圧に影響する要因ではなかった」という結果も、意味のある結果である。	ワークシート

🔵【探究の切り口】できるだけ思考を限定せずに自由思考で挙げさせる。結果的に時間内に終わらなかったり、疑問で終わってしまったりしても良い。良い疑問は次の探究サイクルへの出発点になる。

🔵【探究の切り口】探究に失敗は無い。「○○は電圧に影響する要因ではなかった」という結果も、意味のある結果である。

---

#### (4) ワークシート・資料

※ ワークシートは後掲する

---

### 6 評価

---

#### (1) 評価の計画<PLAN>

仮説の設定においては、新規性は求めず、疑問に対して適切な実験が行われているか、得られた結果を分かりやすくまとめられているかなど探究の過程を評価する。よって、以下の2点について、ワークシートをもとに「思考・判断・表現」の観点から評価を行う。

- ① 電池の仕組みをよく理解したうえで仮説を立て、それを検証するのに適当な実験が計画されている。

(電極や電解質の種類、電解質の濃度などに着目し、その他の条件が変わっていないか。)

- ② 得られた結果を整理し、グラフや表を用いて分かりやすく表現し、何が言えるかをまとめている。

(関連する事象を見出したり、頻度の高い順に事象を整理したり、全く傾向の異なる事象を見つけたりできるか。)

観点	A	B	C
思・判・表	①②とも満たしている。	①②のいずれかを満たしている。	①②ともに満たしていない。

## (2) 評価の例<CHECK>

### 【評価 A の例】

電池の電圧はどのようにして決まるのだろうか？

#### 1. 目的

様々な金属や水溶液を用いて電池の原理や仕組みを理解し、電極や電解質の条件が起電力にどのような影響を及ぼすのか考える。

#### 2. 実験器具・試薬

□電流計 □導線 □ビーカー □プロペラモーターや電子オルゴール □ストップウォッチ □蒸留水  
□メスシリンダー □電子天秤 □薬さじ □各金属板（銅、亜鉛、鉄など） □希塩酸 □塩化ナトリウム  
□水酸化ナトリウム

#### 3. 仮説（グループ）

電池の電圧には **電解質の濃度** が影響している。

なぜかという、

水溶液中のイオンの量が増え、電気が流れやすくなるため

#### 4. 実験内容

実験の条件、用意するもの、手順について、細かく書くこと。（これを読んで実験を再現できるか）

##### ○用意するもの

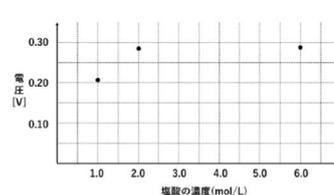
- ・塩酸(1.0、2.0、6.0 mol/L) ・Zn 板、Cu 板
- ・100 mL ビーカー3つ ・プロペラ
- ・電流計 ・電圧計

##### ○手順

1. 各濃度の塩酸を 100 mL ビーカーに入れる。
2. 回路を組む。
3. 各濃度の塩酸に電極を差し込み、電圧を測定する。

#### 5. 実験結果（表やグラフにし、得られた結果を文で表現する）

濃度 [mol/L]	電圧 [V]
1.0	0.22
2.0	0.28
6.0	0.28



1.0 mol/L のときの電圧は低く、2.0 mol/L にすると電圧は上がったが、それ以降は電圧が変化しなかった。

#### 6. 考察と結論（仮説は正しかったのか）

濃度の差による電圧の変化はない。

#### 7. 他の班がどのような条件で行い、どのような結果が得られたのかをまとめる。

電解質の役割について理解したうえで、仮説の設定が行われている。また得られた結果を表やグラフにまとめ、電解質の濃度と電圧との関係性の有無が分かりやすく表現されている。

よって①②いずれも適切であると判断し、評価【A】とする。

## (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

思うような結果が得られなかったとしても、結果をしっかりと考察させ、次の疑問や課題発見につながるように生徒に声掛けをする。また、他の班で同じ仮説を立てたものや、異なる仮説を立てた班の結果を共有することで、自分たちの班の結果についてさらに考察を深めたり、新たな疑問を見つけたりするきっかけとしたい。

レポートに関しては改善点を示し、評価 C の生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価 B に変更する。

## 7 参考

ボルタ電池は構造こそ簡単ではあるが、電池の分極が起これ、その要因も様々である。そのため生徒の立てた仮説が立証されないこともあることを念頭に置いて指導する。

## 電池の電圧はどのようにして決まるのだろう？

### 1. 目的

様々な金属や水溶液を用いて電池の原理や仕組みを理解し、電極や電解質の条件が起電力にどのような影響を及ぼすのか考える。

### 2. 実験器具・試薬

- 電流計 導線 ビーカー プロペラモーターや電子オルゴール ストップウォッチ 蒸留水  
メスシリンダー 電子天秤 薬さじ 各金属板（銅、亜鉛、鉄など） 希塩酸 塩化ナトリウム  
水酸化ナトリウム

### 3. 仮説（グループ）

電池の電圧には

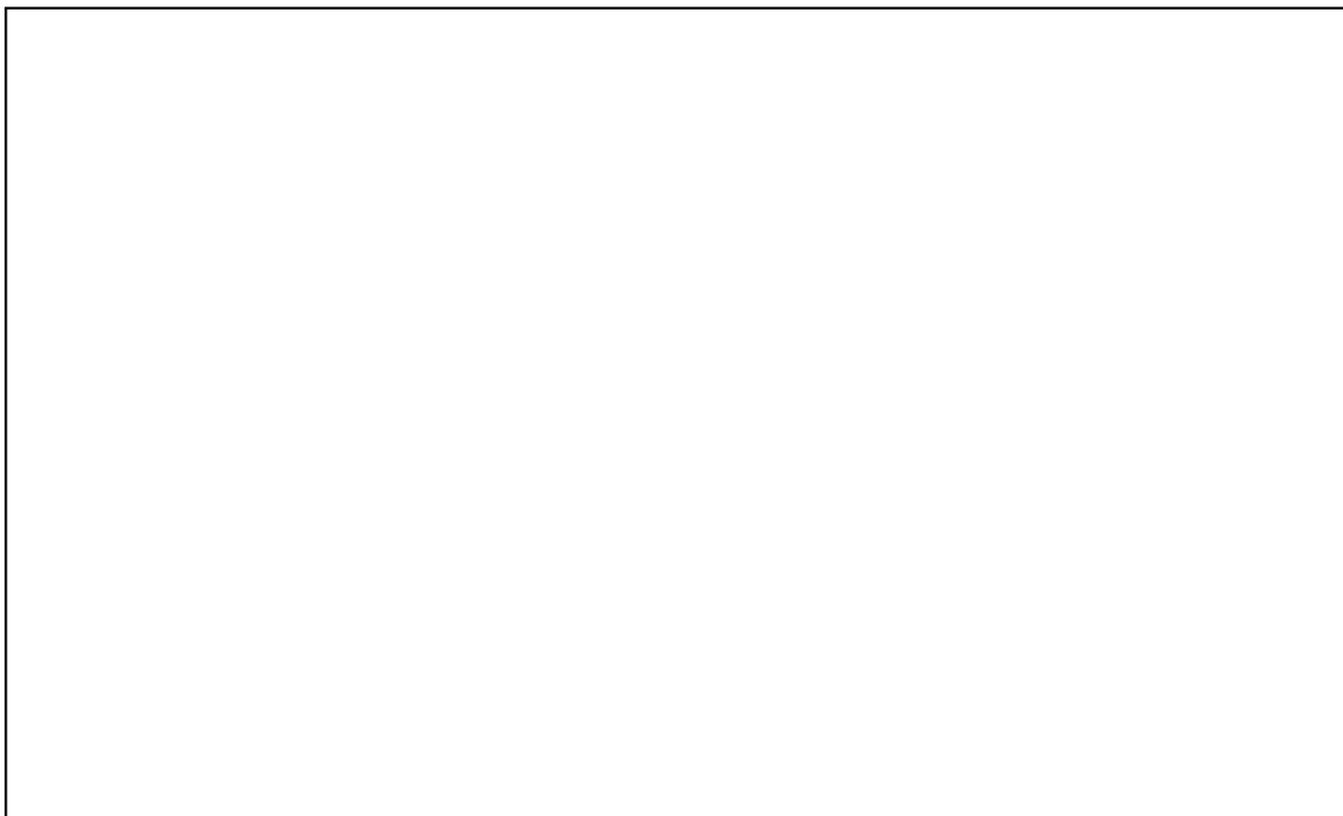
が影響している。

なぜかというと、

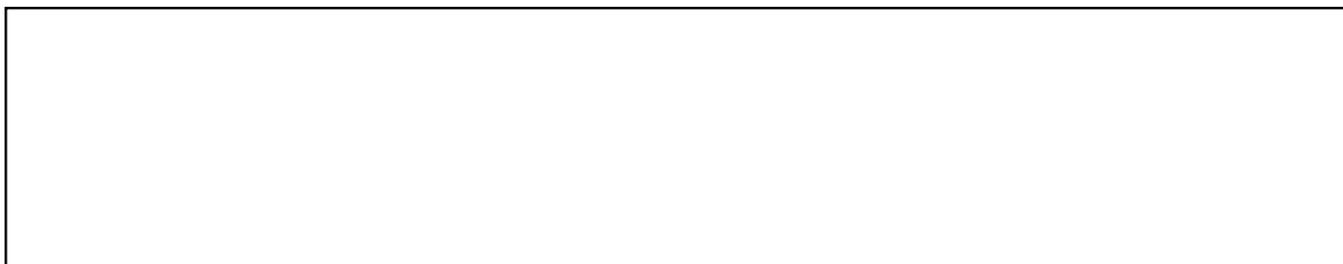
### 4. 実験内容

実験の条件、用意するもの、手順について、細かく書くこと。（これを読んで実験を再現できるか）

**5. 実験結果**（表やグラフにし、得られた結果を文で表現する）



**6. 考察と結論**（仮説は正しかったのか）



**7. 他の班がどのような条件で行い、どのような結果が得られたのかをまとめる。**



# スモールスケールで行う探究活動事例集

## 事例 10

### 生物分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○		○	

#### 2 主題

DNA はどこに多くあるか、その理由を考える

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	遺伝情報と DNA	
第1時	各種試料から DNA を抽出、収量の比較	思考・判断・表現
第2時	収量が異なる理由を考える。また、それを検証する方法を考える。	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

本実験は、主にブロッコリーの花蕾を利用して行われることが多い。各部位（茎、葉、花蕾）に分けて実験することで、収量が異なることに気付く。部位によって収量に差がある理由を考え、論理的に説明する。さらに、理由が正しいかどうかを検証する方法を考え、課題解決に向けて探究のサイクルを回していく力を身に付ける。

(2) 準備 (1 班あたり)

ブロッコリー 約 30 g (あらかじめ花蕾、茎・葉の部位に分け、細かく刻んで冷凍しておく)、抽出液 50 ml (塩化ナトリウム 4.0 g、台所用中性洗剤 約 2 滴 蒸留水 50 ml)、99.5% エタノール (冷やしておく) 100 ml、DNA 検出試薬 (アセトカーミン等)、乳鉢 1 個、乳棒 1 個、ガラス棒 1 本、100 ml ビーカー、茶漉し 1 個、ろ紙 1 枚、シャーレ 1 個、電子天秤

(3) 指導の流れ

[第 1 時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○核内の染色体に DNA がある既習事項の確認 ○「DNA がたくさんとれる材料は何か」理由とともに予想させる	・前時のうちに予想させ、準備する試料を変えてもよい	
展開	○実験の実施 ①各班二つ以上の試料について実験する ②使用する試料の重さを測り取る ③試料から DNA を抽出する ④検出試薬で DNA であることを確認する ⑤部位による収量の違いを比較する	・DNA が分解してしまうため、操作に時間をかけすぎない ・常に同じ手法で実験することを心がけさせる ・ <u>収量をどのように比べるか (計量して比べる、染色の濃さを比べる、等) 考えさせる。</u> 但し、比較は主観によるため、同一班内での比較を基本とする ・他班と共有する際は写真を撮るなど、客観的に比較できるよう考慮する	
まとめ	○まとめ・実験の片づけ		

[第 2 時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○前時の確認		
展開	○なぜ収量に差があるのか考察する ○収量に差が出た理由の仮説を立てる	・各部位の細胞の特徴を挙げさせる ・自分だけでなく、他の人の考えも参考にしよう指示する	ワークシート分析 (思・判・表)

●【探究の切り口】仮説を立てるにあたり、根拠を論理的説明できることを意識させる。

	○仮説を検証するための実験計画を立て、結果を予想する	・今回は実際に実験を行うわけではないので、実験室で実施可能な方法でなくてもよい	
まとめ	○仮説と検証方法を班同士で共有する		

#### (4) ワークシート・資料

※ ワークシートは後掲する。

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

方法：ワークシート分析

- ① 収量の差がある理由を論理的に説明できているか（仮説）
- ② 検証方法が仮説に対して適切に設定できているか（検証）

観点	A	B	C
思・判・表	①②ともに適切である	①②いずれかが適切である	①②ともに適切でない

### (2) 評価の例<CHECK>

#### ①（仮説）について

「花蕾は他の部位に比べて細胞数が多いため、DNAの収量が多くなる。」（適切である）

「蕾は将来花が咲く部位なので、DNA量が多くなる。」（DNA量が多い直接的な理由の説明にはなっていない）

「葉は光合成をおこなうため、細胞の中にDNAを持たない。」（既習の内容と矛盾する考察になっている）

## ②（検証）について

「花蕾と茎の細胞を顕微鏡で観察し、各々の細胞の大きさを測定する。」（適切である）

「細胞を1つ取り出し、DNAの重さを計測する。」（実現可能性が低い、もしくは具体的な手立てに乏しい）

---

### （3）授業及び学習の改善＜ACTION＞

考える根拠については客観的な事実に基づいているかが重要である。根拠は事実にもとづいて、理由はその事実から導き出されたものかどうかの評価のポイントとなる。評価Cの生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

---

## 7 参考

- DNA 検出試薬は、酢酸カーミン、酢酸オルセインの他にシッフ試薬、メチルグリーン・ピロニンなどが使える。
- 質量当たりの細胞数が多い花蕾の方がそれだけ核を多く含み、DNA量も多く含むという説明のために、組織切片を作り、検鏡し確認するといった実験が計画できれば評価は高い。
- 生物種によってDNA量に違いがあるかを考える場合、各種試料（バナナの果実、玉ねぎの鱗茎、鶏ささみ、レバー、白子 など）を比較する方法が考えられるが、不純物が多く混じるという報告もあるため、単純に比較することは難しい。本時からの発展として、「果実の細胞は大きいはずなのに、なぜDNAが多くとれるの？変じゃない？」といった気付き（批判的思考）につなげることが考えられる。

※ 抽出したDNAの純度について…「高等学校におけるDNA簡易抽出実験における教材開発」岐阜大学教育学部研究報告 教育実践研究 第7巻 69-78（2005）参照

## DNA の抽出実験

### ○材料

ブロッコリー（花蕾、茎・葉）、抽出液（塩化ナトリウム 4.0 g、台所用中性洗剤 約2滴を水 50 ml に溶かす）、無水エタノール 100 ml、DNA 染色薬、乳鉢・乳棒 1組、100 ml ビーカー、茶漉し、ろ紙、9 cm シャーレ、電子天秤

### ○操作 1～4 の操作は常温では 15 分以内に行うこと。（ ）内は目安の時間

#### 1. 細胞の粉碎（5分）

試料の重さを正確に記録したのち、乳鉢に入れ、形がなくなるまで乳鉢でよくすりつぶす。

#### 2. DNA の抽出（1分）

DNA 抽出液約 50 ml を①に加え、乳棒で静かに混ぜ、1分待つ。

#### 3. DNA 抽出液のろ過（3分）

茶漉しで②を漉し、ろ液をビーカーに集める。

※ 乳棒で上から軽く押すようにしてろ液をできるだけ得ること

#### 4. DNA の析出（5分）

ろ液と同量程度の冷えたエタノールを、エタノールの層がろ液の上部に形成されるよう、ガラス棒を使いビーカーの壁面を伝わらせて静かに加える。

#### 5. DNA の回収（5分）

エタノール層に白い糸状の DNA のかたまりが現れたら、ガラス棒などで取り出す。

#### 6. DNA の染色

取り出した DNA をろ紙の上に置き、エタノールを乾かす。DNA に検出薬を滴下し3分程度待つ。  
(湯を入れたシャーレ内で染色後のろ紙ごと静かに揺るように脱色する。) **写真記録**

### ○結果

	1	2	3
試料			
重さ	g	g	g
析出の様子			
収量			

※収量をどのように比較するか考えたうえで記録すること。(例：ろ紙に広げた大きさと比較する等)

1 試料によって抽出した DNA の収量はどんな違いがあったか。

--

2 なぜ前述のような結果が得られたのでしょうか。

各試料の細胞の特徴を挙げてみましょう。

試料 1	試料 2	資料 3

次に他の人の考えも参考に自分の仮説を立てよう。

自分の仮説
参考になった考え

3 仮説を検証するにはどのような実験を行えばよいか。結果の予想もしてみよう。

・実験の方法	・実験に必要なもの
・結果の予想	

年 組 番 氏名
----------

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 1 1

### 生物分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○			○	○

#### 2 主題

ドライイーストのビーズで行うアルコール発酵

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	酵素の性質	
第1時	ビーズの作成	思・判・表
第2時	ビーズで起こっている現象の説明	思・判・表

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

- ・ビーズが出来る面白さを体験し、ビーズをきれいな球状に作成する方法を考える。
- ・溶液同士が混じりあわずにビーズができることに気づき、理由を考える。
- ・ビーズをスクロース水溶液に加えて発泡の様子をよく観察し、観察をもとに起こっている現象を考える。

(2) 準備 (1 班あたり)

ドライイースト (市販) 2.5 g、2%アルギン酸ナトリウム水溶液 50 mL、5%\*塩化カルシウム (または乳酸カルシウム) 水溶液 200 mL、10%スクロース水溶液 50 mL、シリンジ (スポイト) 1 本、50 mL ビーカー 1 個、100 mL ビーカー 1 個、300 mL (200 mL でも可) ビーカー 3 個、ガラス棒 1 本、薬さじ 1 個、チャック付きポリ袋 (70 mm×50 mm) 3 袋、茶漉し 1 個

※ ビーズが固まるのに要する時間は乳酸カルシウム>塩化カルシウム

※ 塩化カルシウムは市販の押し入れ除湿剤の成分でもある。

(3) 指導の流れ

[第 1 時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○アルギン酸の紹介	・アルギン酸がコンブなどに含まれる天然成分であることを紹介	
展開	○実験の準備 <ul style="list-style-type: none"> <li>・各班ビーズの作成</li> <li>・アルギン酸ナトリウム水溶液にドライイーストを混ぜる。</li> </ul> ○ビーズの作成 <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化カルシウム水溶液に滴下しビーズをつくる。</li> <li>・ビーズの形状を観察</li> <li>・余ったビーズはチャック付きポリ袋に入れて冷蔵保存</li> <li>・塩化カルシウム水溶液は回収する。</li> </ul> ○問い 1 「きれいな球状のビーズをつくるには、どう工夫したらいいだろう。」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アルギン酸ナトリウムが水に完全に溶解するには時間がかかることを演示して見せる、または動画を見せた後、調整済みのものを各班に配付する。</li> <li>・面白がってやりすぎないようにほどに行わせる。後で使うことになるビーズが足りなくなる恐れあり。</li> <li>・滴下方法を変えてビーズを作らせる。高さを変える、速さを変える、水中で出す、等が考えられる。</li> </ul>	ワークシート
	○ビーズの回収と水洗 ○実験の片づけ		

🔵【探究の切り口】 試行錯誤しながら滴下方法を工夫する。滴下方法と、できたビーズの形状の記録をきちんと取らせ、なぜそうなるのか、理由を説明させる。

まとめ	<p>○問い2</p> <p>ビーズの形状に関すること以外で気づいたことを挙げさせる。</p> <p>○「アルギン酸ナトリウム水溶液が塩化カルシウム水溶液と混じり合わない」ことの原因を考える。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生徒から挙がらなければ、教師が発問してもよい。</li> <li>・考えたうえで、不足している知識があるなら、調べたり学んだりして構わない。</li> </ul>	ワークシート
-----	--	---	--------

🔵【探究の切り口】ビーズができるのを眺めているだけでは探究にならない。見過ごしてしまいがちな疑問に気づく目を養うためには、日ごろから「なぜ？」と取り上げて考えさせる習慣が大事である。

[第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○問い3 「スクロース水溶液中では何が起きているのだろうか」	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前にビーズを常温に戻しておく。</li> <li>・湯煎、水上置換の準備</li> </ul>	
展開	<p>○ビーズカプセルをスクロース水溶液の入った試験管に加え、反応を開始する。</p> <p>(1) 反応の様子を記録する</p> <p>(2) スクロース溶液内で起きている現象をモデル化して説明する。</p> <p>(3) (2)を裏付けるための検証方法を考えさせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験管内にはビーズを入れすぎないように注意。</li> <li>・ビーズの表面の様子をよく観察するよう呼びかける。</li> <li>・発泡現象の他に何か現象が起こっていないか、声掛けする。</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・(例)「発生した気体は二酸化炭素である」</li> <li>・(必要に応じて)ゴム管付きのゴム栓で蓋をし、水上置換で発生する気体を集め、火のついた線香を近づける、石灰水に通す、等の検証を行う。</li> </ul>	ワークシート
まとめ	(4) ワークシートを整理し、他の班と共有する。		

🔵【探究の切り口】反応の様子をよく観察することで、ビーズ表面付近のゆらぎや発泡現象など小さな変化に気づかせる。

🔵【探究の切り口】観察をもとに何が起きているのか考え、説明させる。さらに、検証する方法を考えさせる。



左図は作成したビーズの一部。右図はスクロース水溶液入りの試験管にビーズを数粒入れて、湯煎したもの。

(4) ワークシート・資料

【問い1】「きれいな球状のビーズを作るにはどうすればよいだろうか。滴下の方法と、できたビーズの形状の関係を明らかにしよう。」

(滴下方法)	(ビーズの形状)
--------	----------

【問い2】ビーズの形状に関すること以外の気づきや疑問（その理由も考えよう。）

- ・ (例) アルギン酸ナトリウムは水に溶けるのに、塩化カルシウム水溶液と混じりあわないのはなぜだろう？
  
- ・

【問い3】「スクロース水溶液中では何が起きているのだろうか」

(1) 観察して分かったこと（気づき）

[	]
---	---

(2) ビーズで起きている現象をモデル図で説明しよう（仮説）

(3) モデルが正しいか確かめる方法を考えよう（検証方法）

[	]
---	---

(4) まとめ

[	]
---	---

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

方法：ワークシート分析

- ① 【問い1】で、きれいな球状のビーズを作る方法を導き出すことができたか。
- ② 【問い3】(2)で、観察したことをもとに、起こっていることを説明できているか。
- ③ 【問い3】(3)で、検証方法は適切に設定されているか。

観点	A	B	C
思・判・表	①②③について適切である。	①②③のうち2つ以上について適切である。	①②③のうち2つ以上について改善の余地がある。

### (2) 評価の例<CHECK>

②について

「表面に気泡ができているから、反応はビーズの表面で起こっている」「ビーズから液体がにじみ出ているのは、発酵で発生したアルコールだ」「イーストが発酵を行っているから、気泡は二酸化炭素だ」…観察をもとに説明を試みているため、適切である。

③について

「気体が二酸化炭素であることを確かめるため、集気びんに気体を集め、石灰水に通してみる。」「反応がビーズの内部で起こっているのか確かめるため、ビーズを切り開いて内部に気泡が生じているか確かめる」…合理的な方法で提案できているため、適切である。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

検証方法の中には、因果関係を十分に説明できていないものや、実現が困難なものもある。まずは観察で得た気づきをもとに、自ら仮説を考えること、さらにその検証方法を考えるというプロセスを積極的に評価したい。そのうえで改善の声かけ、コメントを適宜行い、有効な検証方法の考え方を身に付けさせるとよい。

## 7 参考

- ・問い2「アルギン酸水溶液がカルシウム水溶液となぜ溶け合わずにビーズが形成されるのか？」は難しい課題なので、生徒に検証させるのではなく、「まとめ」時に提示する形をとった。

アルギン酸：コンブなどに含まれている多糖類で水溶性の物質。マンウロン酸とグルロン酸という2種類のウロン酸が直鎖重合してできている。それぞれの酸がもつカルボキシル基(-COOH)がイオン交換しやすい性質がある。カルシウムイオンは2価の陽イオンなので、2つのカルボキシル基と同時に結合(イオン架橋)する。その結果ゲル状になる。

- 炭酸飲料用のペットボトルにスクロース溶液とビーズを入れて行くと発泡する様子やアルコールと思われる物質が滲み出てくる様子が容易に判別できる。また蓋を閉めて冷蔵保存し数日後に開栓すると、溶け込んでいた二酸化炭素が一気に発泡する様子を見ることができる。(突噴出に注意) 微生物の力強い生命活動を感じ取ることが出来る。

株式会社キミカ URL <https://www.kimica.jp/alginate/>

多糖類.com URL [https://www.tatourui.com/about/type/10\\_sodium\\_alginate.html](https://www.tatourui.com/about/type/10_sodium_alginate.html)

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 1 2

### 生物分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○			○	

#### 2 主題

イーストビーズを用いた、コハク酸脱水素酵素の活性実験

#### 3 想定される時数

1時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	酵素の性質（基質特異性、最適温度、補酵素） 呼吸の仕組み（クエン酸回路）	
第1時	脱水素酵素の作用（実験）	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### （1）活動の概要

事例 1 1 で作成したイーストビーズを利用し、コハク酸脱水素酵素の活性を調べる。注意深く観察することで、「基質を加えていないのに活性が確認される」など、新たな気付きがある。発見した現象の理由を考え表現することで、論理的に考え推察する力を身に付ける。

なお、教科書ではツンベルグ管を使用する方法が紹介されているが、管内の脱気のためのアスピレーターが必要で、破損のリスクがある。アスピレーターの代わりにチャック付きポリ袋を利用することで生徒でも扱いやすい。

(2) 準備 (1 クラスあたり)

8%コハク酸ナトリウム水溶液、0.1%メチレンブルー、イーストビーズ (事例 1 1 で作成し冷蔵保存したもの)、チャック付きポリ袋 (70 mm×50 mm) 4 袋、キッチンペーパー 必要量、300mL ビーカー 3 個、スポイト 1 個、湯 (30℃、60℃)、温度計 3 本

(3) 指導の流れ

[第 1 時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>○メチレンブルーの作用機序について学習する (「7 参考」を参照)。</li> <li>○結果の予想</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・酸化型メチレンブルー (青色)、還元型メチレンブルー (無色) の色変化の原理を説明する。</li> </ul>	
展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>○実験準備</li> <li>・イーストビーズをメチレンブルーで染色する。</li> <li>・4 つのチャック付きポリ袋 A~D にそれぞれイーストビーズ、試薬を充填し、A~C を各設定温度で湯煎する。</li> <li>○結果の記録・共有</li> <li>・15 分~20 分経過後の、各袋の試薬の色を確認する。</li> <li>・メチレンブルーの色が最も薄くなった袋のチャックを開けて、袋の中に空気を入れ、袋を揺すり、試薬液の色を再確認する。</li> <li>○実験の片づけ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・イーストビーズを予め常温に戻す (袋 D 用に一部は冷蔵のままにしておく)。</li> <li>・キッチンペーパーで水気を切ってから計量させる。</li> <li>・袋の中に空気を残さず、確実に密封する。</li> <li>・湯煎温度が下がらないように留意する。</li> <li>・結果を他班と共有させることで、再現性があるのか検討できる。</li> </ul>	ワークシート分析 (思考・判断)
まとめ	○考察		

🔍【探究の切り口】酵素反応の性質は既習の内容だが、実際に行わせ、注意深く観察させることで細かな疑問が出てくる。それらを丁寧に考える習慣をつけさせる。

#### (4) ワークシート・資料

[予想と結果] ※ 文での記録と併せて、写真も残しておくこと。

	基質	温度	予想	結果
A	8%コハク酸 ナトリウム水溶液	30℃		
B	8%コハク酸 ナトリウム水溶液	60℃		
C	水	30℃		
D	水	冷蔵		

[考察]

1 結果で色の変化が見られた理由を説明しよう

2 予想と結果を比較して気づいたことをまとめよう（理由も併せて考えよう）

🔵【探究の切り口】予想と違う現象や結果が出たときは、失敗や誤差と断定せずに、起こったことをありのまま受け止めさせる。再現性を確認したり、条件の違いを注意深く観察したりして、因果関係を考察するよう促す。

(ヒント) ㊦袋の中の空気を追い出したのは何故だろう。

㊦結果 A と B、A と C、C と D を比較して考察してみよう。

㊦色が変わった後で、空気を入れるとどんな変化をしたらだろう。

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

方法：ワークシート分析

評価規準 ① 実験の結果を既習の知識と関連付けて表現することができた。

② 新たな気づきを見つけ、論理的な理由を考えることができた。

観点	A	B	C
思・判・表	①②ともに満たしている。	①②どちらかを満たしている。	①②いずれも改善の余地がある。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### ①について

既知の内容の確認である。コハク酸脱水素酵素の補酵素 FAD が還元され FADH<sub>2</sub> となり、これが酸化型メチレンブルーを還元して青色から無色に変化する。このことについて、自分たちの結果と関連付けて表現できていれば可とする。

#### ②について

「Aの結果は、思ったほど色の変化が見られなかった。イーストの酵素は最適温度以外では活性がとて低く、最適温度に近づくと急速に活性が高くなるのかもしれない。」

「Bの結果は、高温で失活するはずだが、しばらくすると反応が進み、色の変化が見られた。イーストには、60℃でも進む反応と、全く進まない反応が存在するのかもしれない。」

「結果CとDを比較すると、どちらも基質を入れていないにも関わらず、Cがわずかに薄くなった。」 「イーストビーズにわずかに残っていた糖を利用したのかもしれない。」

いずれの考察も、新たな気づきに対してその理由を考えているため、②を満たしているといえる。なお、理由を論理的に考えられているかを評価し、実際に正しいかどうかは評価に含めない。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

図1は各袋に染色したビーズ3gとコハク酸ナトリウム水溶液(A、B)、蒸留水(C、D)を入れた状態。図2はA~Dの条件での20分後の状態。Bが実験前より青色が濃くなっている。袋C、Dは基質を加えていないが色がやや薄くなっている。このように予想と違う結果が出たときに起こったことを受け止めてその理由を考え、論理的に説明できるかを評価したい。各温度での湯煎の際に、袋の口から湯が混入して色が薄まった可能性もあるのでそこは実験中に注意を喚起したい。



図1



図2

## 7 参考

- ・事例11で作成したイーストビーズは水に浸した状態で冷蔵保存をすれば、数日ぐらいであれば活性は持つ。
- ・青色の酸化型メチレンブルーが還元されて無色になるのを確認することで、間接的にコハク酸脱水素酵素の活性を調べている実験である。イースト内のクエン酸回路でのコハク酸脱水素反応においてコハク酸脱水素酵素に結合している補酵素FADが還元されFADH<sub>2</sub>となり、これが酸化型メチレンブルーを還元するという作用機序であるが、FADの還元を直接観察しているわけではなく、メチレンブルーの色変化から間接的に確認しているので分かりにくい。補酵素としてFADが結合しているNADH酸化酵素によるNADHの酸化反応で、酸化型FAD（黄色）からFADH<sub>2</sub>（無色）へ還元される反応そのものを確かめる実験も開発されている。

（「FADの色調変化に着目した実験教材の開発」 東京農業大学 教職課程 武田晃治・緩利真奈美, 2019）

- TTC（2,3,5-トリフェニルテトラゾリウムクロライド）をメチレンブルーの代わりに用いる報告もある。この場合デヒドロゲナーゼの活性があると、無色から赤色に変化する。TTCは感染症を引き起こす細菌のスクリーニング用（スギヤマ）や牛乳中に乳酸菌を接種しその発育度を指示薬 TTC の変色によって測定する細菌発育阻害物質の検出（富士フィルム・和光製）などに製品化されている。

乳牛の疾患の治療に用いられた抗生物質が乳汁中に移行し、その後の発酵乳製品の製造の際、乳酸菌の増殖を阻害してしまう。このため乳中に細菌発育阻害物質（主としてペニシリン）の検出に TTC が用いられている。

（「バイオリアクターを用いた酵素実験」高桑 純 北海道立理科教育センター 研究紀要 第12号,2000）

- 酵母の活性の測定にはメチレンブルー染色法の他にも各種方法があるようだが、発色試薬として水溶性テトラゾリウム塩の WST-1（同仁化学研究所）による高感度の酵母活性測定法が開発されている。

（「水溶性テトラゾリウム塩を用いた酵母活性の測定」塚谷忠之 福岡県工業技術センター 生物食品研究所 食品課）

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 13

### 生物分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○		○	

#### 2 主題

学校の敷地内環境と植物の種類の関係

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
第1時	野草の分布マップ作製【分析・推論】	
第2時	分布の偏りの理由を考える【仮説】 分布予想・検証方法の検討	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

校庭の野草は均一に生育しているわけではなく、わずかな環境の差異を見つけてある程度まとまって生育していることが多い。植物の生存戦略を想像することで、小さな視点で要因を捉える目を身に付ける。但し、実際には複雑な要因が絡み合っているため、仮説の正誤の判定をすることはできない。

※ 野草が多数生育する、春～夏の実施が望ましい

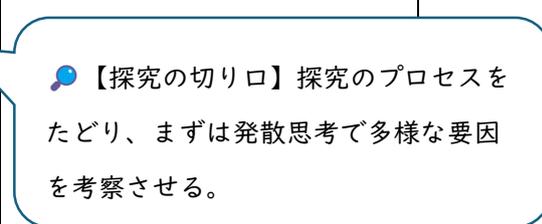
## (2) 準備 (1 クラスあたり)

野草カード (※)、敷地内の地図、クリップボード

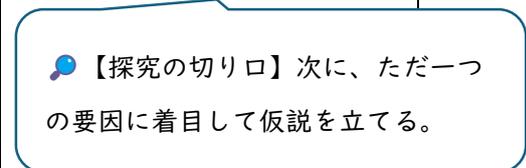
※ 市販の野草図鑑や、千葉県立中央博物館の野草カード (<http://www.chiba-muse.jp/yasou/index.html>) 等を活用し、校庭に自生している数種類程度に絞り込んでおく。

## (3) 指導の流れ

### [第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○仮説の型を提示する。 「○○ (担当する野草) が地図のように分布するのは、□□だからである」		
展開	○3～4人で班を作り、各班が担当する野草を決める。 ○敷地の半分 (例えば西側) に限定し、分布マップを作成する。【調査・分析】	・クラスを半分に分け、敷地の西側半分、東側半分に担当を振り分ける。(近隣の公園や緑地を活用してもよい) ・日当たり、土質、踏みつけ、水はけ、競争など外的環境も記録させる。	
まとめ	○その野草がなぜそこに偏って生育しているか考察する。	 【探究の切り口】 探究のプロセスをたどり、まずは発散思考で多様な要因を考察させる。	

### [第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○前時の考察の振り返り		
展開	○必要に応じて、再度敷地内を調査する。 ○仮説を完成させる。 「○○ (担当する野草) が地図のように分布するのは、□□だからである」 【仮説】	・考察を裏付けるため、日当たり、競争など、外的要因を中心に再調査させる。  【探究の切り口】 次に、ただ一つの要因に着目して仮説を立てる。	



## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

以下の2点に着目して評価する。なお、仮説が正しいかどうかは評価に含めない。

- ① 多様な外的要因を予想し、仮説を立てているか。
- ② 仮説に対し、検証方法を提示できたか。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②いずれも適切である。	①②のいずれかが適切である。	①②いずれも改善すべきである。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### ①仮説について

「建物や障害物の南側に生えていることから、日当たりのよいところを好む。」「乾燥しているところでは元気がないことから、水分の多い土壌を好む」…外的要因から分布を考察できているため、適切といえる。

「フェンス、木、タンポポなど他の植物やものに隣接して生育している。」「他の草が生えている端の部分でよく生長している」…気づきそのものはよいが、仮説になっていないため、改善の余地がある。

#### ②検証方法について

「植木鉢に移し替えて、日光に当てて育てるものと、段ボールなどで光を遮りながら育てるもので生長の違いを比較する」「植え替えた後で土を押し固めたものと、固めないものを用意してその後の生長を比較する」…条件を整理して検証方法を考えられているため、適切といえる。

「数時間おきに日当たりの度合いを1～5段階に分けて記録し、分布との相関関係を見る」「場所ごとの水分量を土壌水分計で測る」…他の要因の影響を受けてしまうため、方法に改善の余地がある。

※ 適切かどうかの基準は一例であり、学校・生徒の状況によって変わってよい。

---

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

仮説そのものについては、光や水といった既知の知識に基づいたものから、虫や動物との関係など経験に基づくものなど、幅広く出るように促したい。但し、実際には複雑な要因が絡むため仮説が正しいかの判断は難しい。よって、調査から得た情報を基に自ら考えた仮説に対して、その検証方法を考えるプロセスを十分に評価すべきである。なお、検証方法を考える上では、確かめたい条件を一つに絞って考えることが必要である。

これらの声かけ、又はコメントを適宜行い、積極的に改善を促し、探究力を身に付けさせるとよい。

---

## 7 参考

千葉県立中央博物館「校庭の野草・雑草を調べよう」, <http://www.chiba-muse.jp/yasou/index.html> (参照 2024-12)

岩瀬徹・川名興・飯島和子,2021,『新訂 校庭の雑草 (野外観察ハンドブック)』,全国農村教育協会.

岩瀬徹・飯島和子,2016,『新版 ぐらしの雑草図鑑』,全国農村教育協会.

同定アプリ 「Picture This」 「Green Snap」 「Google Lens」 等

### 【発展】

今回は検証方法を考えて終わりとなるが、以降も様々な展開が考えられる。例えば、栽培実験（校庭に調査区画を設定し、条件を変えて栽培する）などを、時間をかけて行ってもよい。



# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 14

### 地学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○	○	○	○	

#### 2 主題

災害リスクを高める要因を考えよう

#### 3 想定される時数

3時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
第1時	調査地域の設定、ハザードマップや土地条件図の考察、 仮説の設定、実験1の検証計画	思考・判断・表現
第2時	実験1の実施・検証・考察、実験2の検証計画	思考・判断・表現
第3時	実験2の実施・検証・考察	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

ハザードマップを用いて、身近な危険地域の調べ学習はよく行われる。しかしながら、「なぜその場が危険なのか」や「その要因は何か」についてはあまり検討されない。今回はハザードマップから身近な危険地域を考察させることはもとより、危険理由の仮説を立て、検証することにより、災害が起こりうる条件や理由を考察することで、災害に対する知識と意識を高める。

## (2) 準備 (1クラスあたり)

共通：砂、土、シルトなど数種類の土壌、水

実験1：板、霧吹き、砂を入れる容器（形が違うものを複数）※生徒にも持参させる

実験2：透明な容器、釣り浮き（発泡スチロールでも可）、鉄球

※ 両方とも考察用に電子機器を利用してよい。

## (3) 指導の流れ

### [第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○土砂災害や液状化現象についての確認	・土砂災害や液状化現象のメカニズムを理解させる。	
展開	○4人組の班を作り、調べたい地域を班ごとに設定する。  ●【探究の切り口】身近な地域を題材に身の回りで起こりうる危険を考察させることで、「なぜそうなるのか」という考えを抱かせる。  ○対象となる地域のハザードマップ*1を用い、土砂災害や液状化のリスクが高い場所を調べ、その理由を考察する。  ○地理院地図*2や今昔マップ*3を利用して、昔の土地利用を考察する。	・できるだけ居住地域が近い生徒で組ませ、自宅周辺を考察させる。  ・液状化のハザードマップがない自治体は千葉県のを参照する。 ・災害が発生するメカニズムから理由を考察させる。  ・地理院地図では土地条件図から土壌を読み取り、なぜ危険なのかを考察させる。	
		●【探究の切り口】危険な地域の中で共通する項目を見つけるところから、仮説を立てさせ、検証計画へつなげる。	
まとめ	○次回行う実験内容を理解し、班ごとに実験の実施方法や検証方法を話し合い、ワークシートにまとめる。	・生徒の実態に応じて、実験内容に制限をかけてもよい。 ・時間も含め、実現可能かということにも留意させる。	ワークシート

[第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○探究活動及び本時の実験内容について確認する。		
展開	○実験1を行う。 ・始めは砂のみを容器に詰め、板をかぶせて裏返す。 ・時間の経過や、条件を加えた際の砂の様子を観察する。 ・条件を変えて繰り返す。	・条件の変更点として考えられるものは水分量・側面の傾斜・密度・圧力などが考えられるため、実験道具をある程度準備しておく。 ・条件は細かく記録させる。	
<p>🔵【探究の切り口】同様の土壌でも条件を変えて行うことで、斜面崩落のリスクを高める要因を見取りやすくする。</p>			
まとめ	○本時の内容を振り返り、ワークシートにまとめる。 ○次回行う実験内容を、班ごとに実験の実施方法や検証方法を話し合い、ワークシートにまとめる。	・時間や機材など、実現可能かどうかということにも留意させる。	ワークシート

[第3時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○探究活動及び本時の実験内容について確認する。		
展開	○実験2を行う。 ・まずはこちらで用意した砂を水と共に透明な容器に詰め、よくかき混ぜる。あらかじめ、釣り浮きを砂に沈め、鉄球を砂の上に置いておく。 ・透明な容器に、軽く振動を与えて様子を考察する。 ・条件を変えて何度か行う。	・実験を行う際の水分量は必ず記録させておく。 ・使用した土壌の特徴に注目させ、その違いが実験にどう影響したのか考察させる。	
<p>🔵【探究の切り口】初めは全員が同一の実験を行い、条件のみを変えて行うことで、液状化現象の要因を見取りやすくする。</p>			

まとめ	○本時の内容を振り返り、ワークシートにまとめる。		ワークシート
-----	--------------------------	--	--------

#### (4) ワークシート・資料

教科書：東京書籍	「科学と人間生活」 p188、p194	「地学基礎」 p137、p142
実教出版	「科学と人間生活」 p179、p181、p183	「地学基礎」 p171、p173
第一学習社	「高等学校 地学基礎」 p206、p207	
啓林館	「高等学校 地学基礎」 p208	
数研出版	「高等学校 地学基礎」 p199	

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

ワークシートにて以下の2点を見取る。なお、評価は次の2点のみを判断材料とし、記載されている内容が正しいかどうかは評価に含めない。

- ① ハザードマップや土地条件図の考察にて、災害リスクが高い地域の特徴を具体的に見いだせているか。
- ② 複数の要因を関連させて災害リスクについて述べられているか。

観点	A	B	C
思・判・表	①②いずれの条件も満たしている	①②の条件を、概ね満たしている	①②いずれの条件も満たしていない

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【A 評価の例】

実験1 土砂災害警戒地域に指定されている地域は、崖のような急傾斜地であることが読み取れたため、実験では箱の側面の角度を変えて、災害リスクを検証した。

検証すると、角度が垂直に近いほど崩壊が起りやすいことが読み取れた。さらに、密度を変えるため、箱の砂を強く押し固めると、押し固めたほうが崩壊は起りにくかった。

実験2 土地条件図や今昔マップから、液状化の危険性が高い地域は昔、田んぼなどの湿地帯であったため、土に含ませる水分量を変化させることで、液状化のリスクを検証した。

水分量が増えれば増えるほど、液状化はしやすくなった。また、土よりも砂のほうが液状化はしやすいという結果となった。

どちらもハザードマップや土地条件図の考察にて、災害リスクが高い地域の特徴を具体的に  
見いだせており、複数の要因を関連させて災害リスクについて述べられている。

### 【B 評価の例】

実験1 ハザードマップを見ると、土砂災害は山の谷となっている地域で起こりやすいことが読み取れた。そのため、実験ではいろいろな形の山で検証した。山は高いほど崩れやすかった。

実験2 液状化の危険性は〇〇町の近くで高かった。砂に水を多く入れてみると、液状化するまでにかかった時間が短く、砂より土のほうが液状化を起こしにくかった。

どちらも評価項目のうち、いずれかの項目を1つしか見出せていない。

---

### （3）授業及び学習の改善＜ACTION＞

実験が長引き、全てのデータを取り終えなかった場合には、具体的に検証可能になるデータなどをコメントで提示するとよい。考察によって、仮説との違いが生じる。最終的には仮説を検証できる方法を自ら考えることができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点もてるよう促す。また、評価Cの生徒には再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

---

## 7 参考

この事例は、探究活動の課題である考察から新たな課題や自然現象に対する気付きを持たせることを主題としているため、ハザードマップ等から災害リスクを高める要因に気付かせ、それを検証する流れとしている。しかし、先に実験を行い、その検証結果をもとに土地条件図を用いて危険な地域を予想させた後に、ハザードマップを確認させても良い。

（例）1～2時間での実施を想定

[探究の場面]

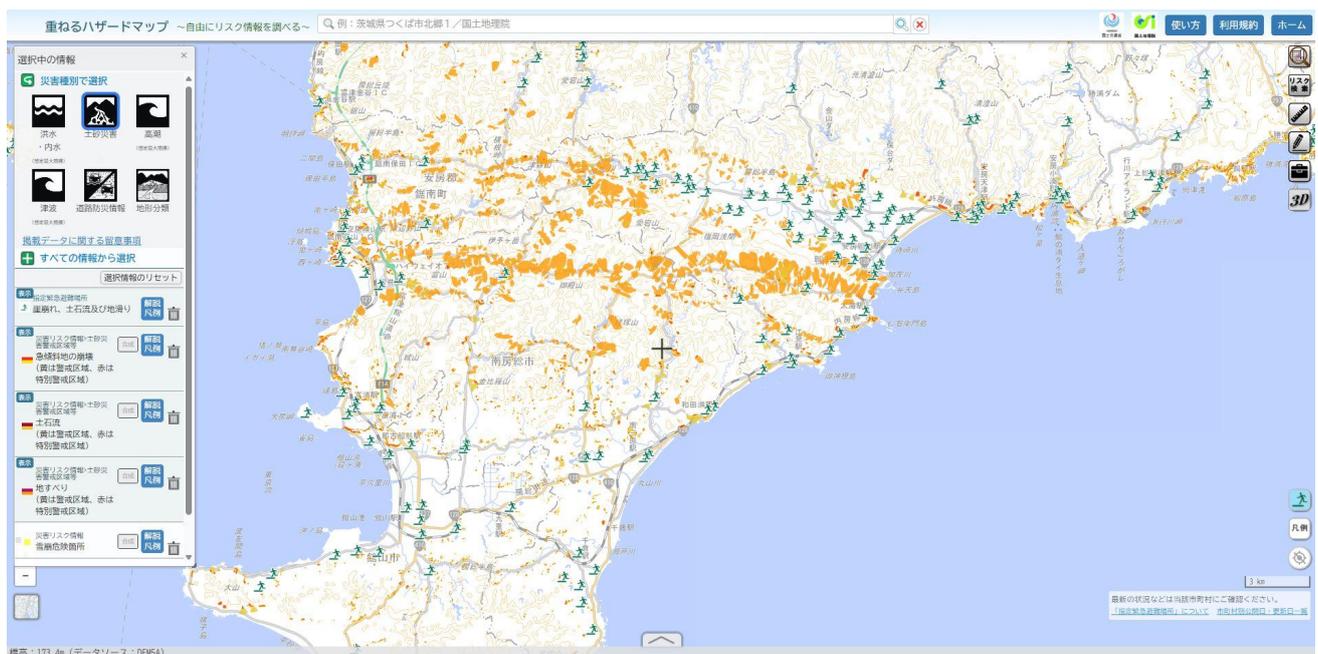
課題の設定 (自然現象に対する気づき、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、検証計画)	(実験の実施と処理)		
	○	○	○	

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○前回までの学習の振り返り。	・土砂災害や液状化現象のメカニズムを理解させる。	
展開	○4人組で実験1を行う。 ・斜面崩落のリスクを高める要素を考察する。 ○斜面崩落のリスクを高める要素を書き出し、ハザードマップや地理院地図、今昔マップを参考にして考察する。	・砂という土壌は変えず、その他の条件を変更させ、その後にいろいろな土壌を用いて災害リスクを考察させる。 ・地理院地図の土地条件図では地質に、今昔マップでは新旧の土地利用に着目させる。	
まとめ	○本話し合った内容や検証結果をワークシートにまとめる。	・生徒の実態に応じて、実験内容に制限をかけてもよい。	ワークシート

また、この先の探究活動として、「なぜその土壌で災害が起こりやすいか」や「今回の結果では災害リスクは低かったが、その土地は本当に安全か？」などの問いを持たせ、さらなる探究活動への展開を作ることができる。

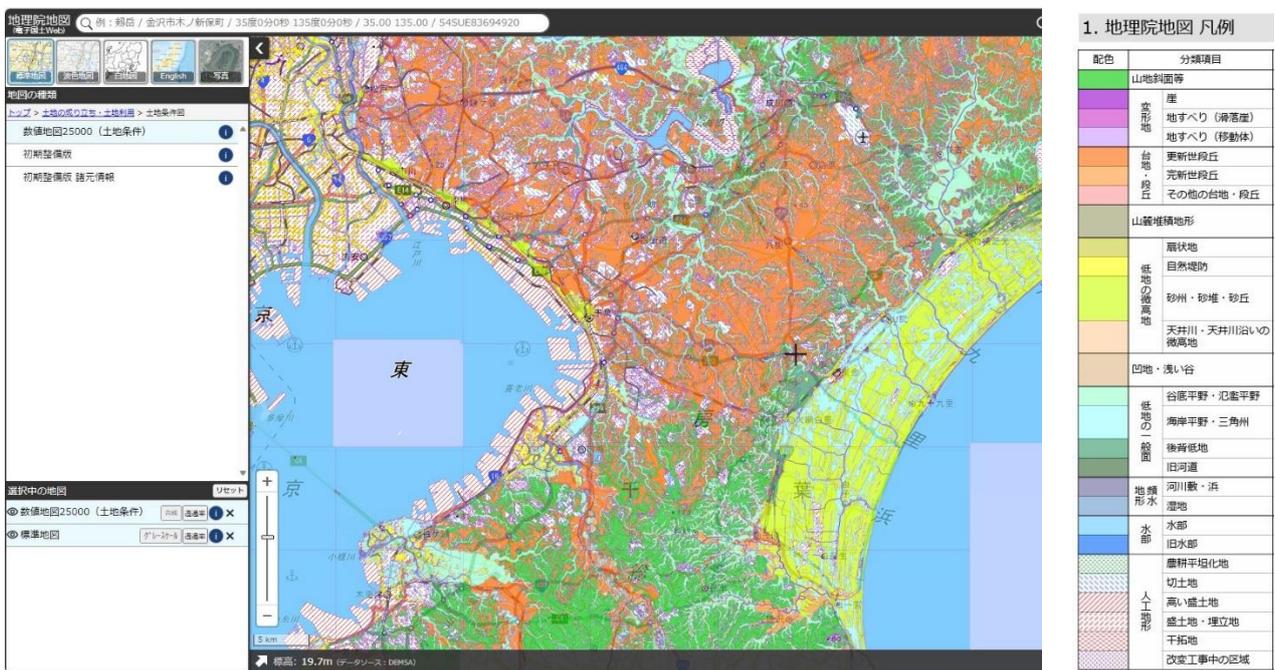
例として、粘土質の土壌では、斜面崩落や液状化現象が起こりにくいことが予想されるが、現実社会では不同沈下のリスクが指摘されている。この実験のみだけで、すべての見解を出させる訳でなく、世の中の事象はすべてが複合的に絡み合っており、そこから新たな課題を設定させることが重要である。

### 国土交通省「重ねるハザードマップ」\*1



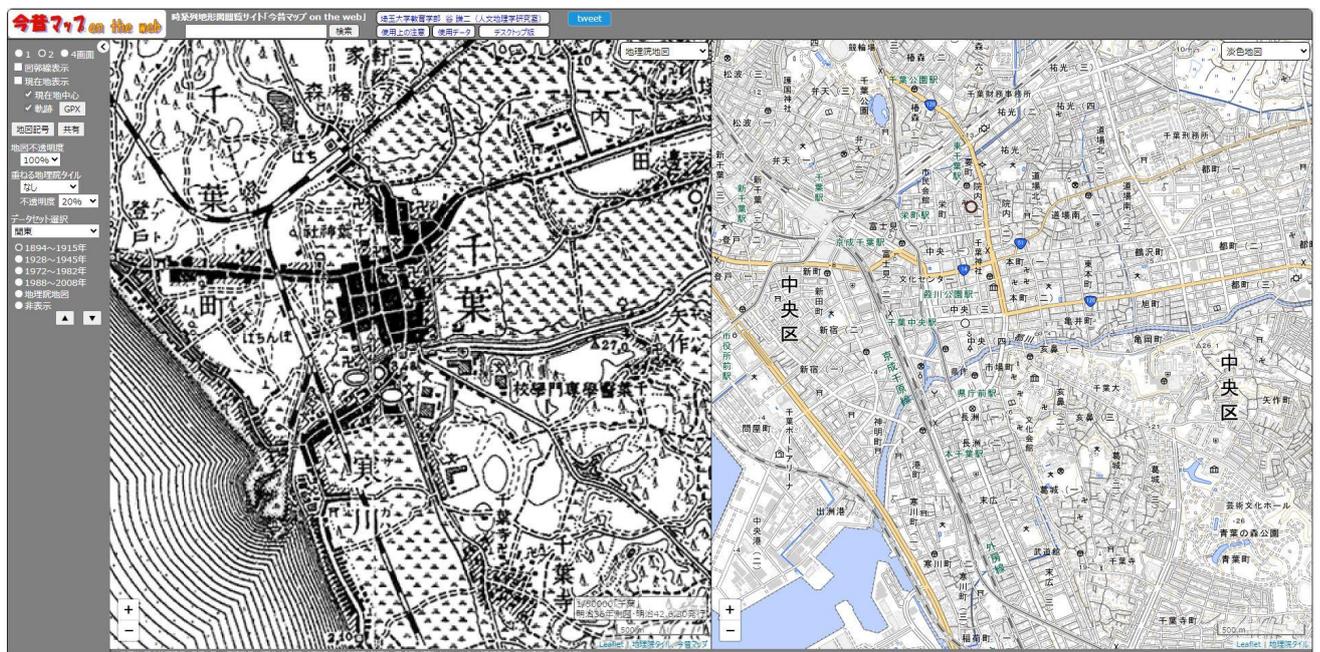
\*1 出典：国土交通省ウェブサイト (<https://disaportal.gsi.go.jp/index.html>)

国土地理院「土地条件図」\*2



\*2 出展：「数値地形図 25000（土地条件）」 国土地理院

「今昔マップ」\*3



\*3 今昔マップ, <https://ktgis.net/kjmap/> より作成

\*谷 謙二(2017) 「今昔マップ旧版地形図タイル画像配信・閲覧サービス」の開発. GIS-理論と応用, 25(1), 1-10.

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 15

### 地学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○				○

#### 2 主題

世界の海洋の塩分分布

#### 3 想定される時数

1時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	海水の塩分(約3.5%)、大気の大循環	知識・理解
第1時	塩分分布図から特徴とその原因を考える	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

探究の切り口として世界の海洋の塩分分布の図をもとにその特徴を見つけ出す着眼力、およびなぜそのような分布になるのか、それまでの学習による知識を活用して、原因を考察する論理的思考力を身に付ける。

この事例では、それまでの授業で学習した大気大循環と降水量の関係、偏西風と貿易風、さらには河川からの淡水の流入や蒸発による塩分の濃集など様々な要素を総合的に考え、現象の原因を考察する。

(2) 準備 (1クラスあたり)

ワークシート

(3) 指導の流れ

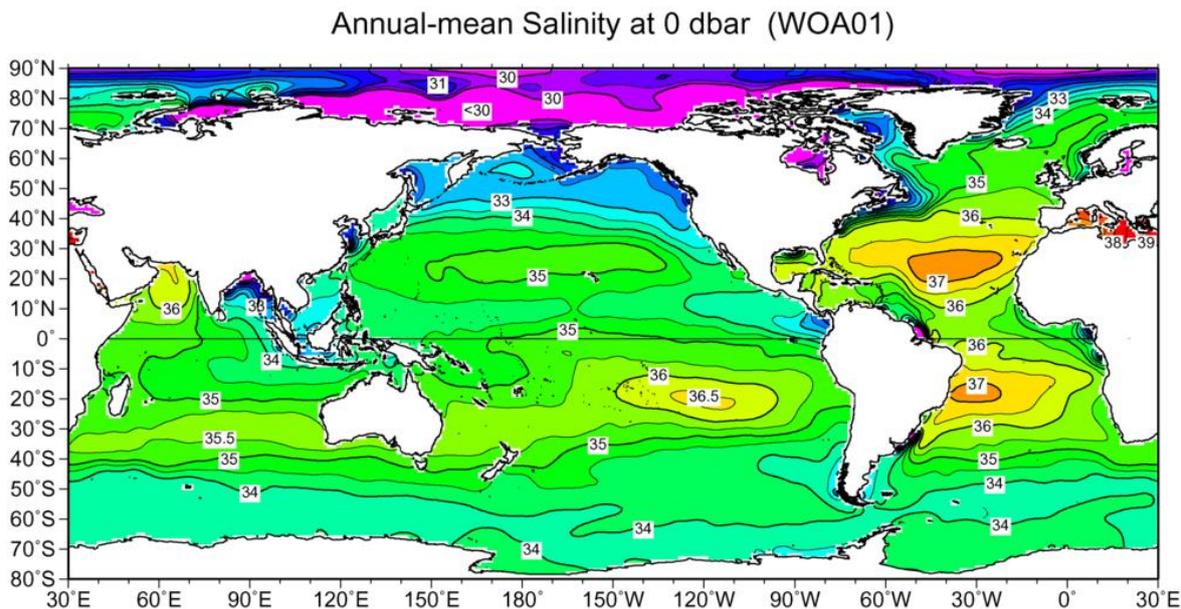
学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○海水の塩分及び塩類組成についての基礎知識を共有する。	・死海などの例を挙げる。	
展開	○世界の海洋の塩分分布図を見て、その特徴を指摘する。 (1)個人で考える (2)班で話し合う ○その特徴の原因を考える。 (1)個人で考える (2)班で話し合う	・全体的な特徴から地域的な特徴へという方向で見ると促す。 (現象のスケールによって要因が異なる事はよくある。自分がどのスケールに着目しているが意識することで、より深い考察につながる。) ・正誤を問わず、多くの特徴を指摘する。 ・前時までの学習内容を踏まえて、原因を考察する。 ・ヒントを与えてもよい。	ワークシート
	○クラス内で発表するなどして、考えを共有する。		
まとめ	○本時の内容を振り返り、ワークシートを完成させる。		

🔍【探究の切り口】探究活動においては、現象を見たとき既習の知識と結び付けてその原因を考え、自分なりの仮説を設定することが重要である。

(4) ワークシート・資料

世界の海洋の塩分分布

下図は、世界の海洋の塩分分布を示したものである。この図から塩分分布の特徴を読み取り、さらにその原因について考えよ。



東京大学 科学研究費補助金 新学術領域研究「新海洋像:その機能と持続的利用」より

1 上図を見て、世界の海洋の塩分分布の特徴を指摘し、箇条書きにせよ。まず自分一人で考え (①、②…)、その後班内で話し合って自分では思いつかなかった特徴を書け ((a)、(b)…)。

(自分)

(班)

①

(a)

②

(b)

③

(c)

④

2 1で指摘した特徴について、それぞれの原因を考察せよ。班内で出された特徴についても、自分なりの考察を書くこと。(記号は1と一致させる。)

(自分)

(班)

年 組 番 氏名

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

ワークシートの①は現象から特徴を見出す力、②は既習の知識を用いて合理的に説明する力が求められる。なお、評価には「(自分)」の記述内容のみを用い、次の①と②の観点から評価する。

#### ①「特徴」について

2つ以上の特徴を記述しており、特に南北両半球中緯度の高塩分領域を指摘している。

#### ②「考察」について

大気大循環の学習内容が生かされており、合理的な説明がなされている。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	① ②いずれも適切である。	① ②いずれかが適切である。	① ②いずれも不適切である。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【評価Bの例】

- ① ①太平洋、大西洋ともに、赤道付近の塩分は低く、緯度 20° ~30° の緯度帯の塩分が高くなっている。
- ② 高緯度では塩分が低い。
- ② ①中緯度では陸から離れているために、塩分が高くなる。
- ② 海水が融けることにより、塩分が低くなる。

①において、2つ以上の特徴が指摘されているが、②の①において、中緯度における高塩分の原因が合理的に説明できていない。このことから、思考・判断・表現の観点で、(B)と判断できる。

## 【評価Aの例】

- 1 ① 太平洋、大西洋ともに、赤道付近の塩分は低く、緯度  $20^{\circ}$  ～ $30^{\circ}$  の緯度帯の塩分が高くなっている。
- ② 高緯度では塩分が低い。
- ③ 大陸の沿岸部では塩分が低い。
- 2 ① 赤道付近は熱帯収束帯のため雲が発生して降水があるため海水の塩分が低くなる。中緯度域はハドレー循環が吹き降りる緯度帯にあたり、亜熱帯高圧帯で蒸発量が多く降水量が少ないため塩分が高くなる。
- ② 降雪を起源とする海水が融けることにより、塩分が低くなる。
- ③ 河川水が海に流れ込むため塩分が低くなる。

1において、南北両半球中緯度の高塩分領域を含め複数の特徴を記述しており、かつ2において、それぞれの特徴について合理的な説明がなされている。このことから、思考・判断・表現の観点で、(A)と判断できる。

---

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

1、2ともに、(班)での話し合いによって改善点が自覚できたと判断できる場合は良しとする。評価Cの生徒で(班)での話し合いの内容も不十分な場合は、アドバイスを与えたくうえで再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

## 7 参考

### 【発展】

この例以外にも、現象が分かりやすく明確で、理由が既習の内容と結びついている事例を用いて同様の展開をすることができる。

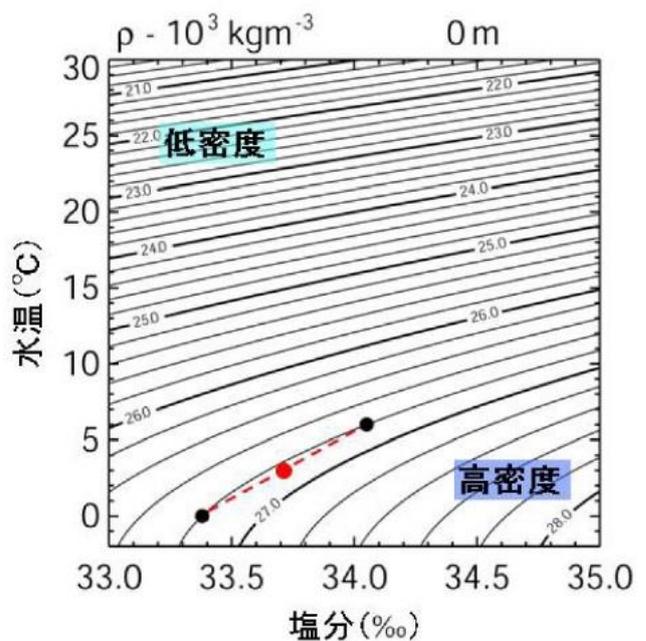
例 世界の地震・火山分布、世界の海洋の表層水温分布、海流の様子、海洋の南北鉛直断面における水温・塩分分布、世界の雲の動き

### ○塩化ナトリウム (NaCl) の溶解度

他の物質に比べて、塩化ナトリウムの溶解度は温度依存性が小さい。海洋表層の塩分は、海水温だけではなく様々な地学的要因によって変化する。

### ○キャベリング効果

海水の密度は水温と塩分によって変化する。一般に低温で塩分が高いほど密度は高くなるが、等密度線は図のように低温側で屈曲する。したがって、異なる水温・塩分で同じ密度の水塊が混合することにより高密度の水塊が生成し、沈降が起こることがある。



京都大学理学部地球惑星科学系 HP より

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 16

### 地学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○		○	

#### 2 主題

級化層理の成因

#### 3 想定される時数

1時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	地層内構造	
第1時	実験をもとに、級化成層の原因を考える	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

この事例では、地層に見られる級化層理（級化成層）が形成される原因について、アクリル管を用いた実験の観察をもとに考察する。さらに、異なる結果をもたらす複数の要因に気付き、それぞれの効果を論理的に考察する力を身に付ける。

##### (2) 準備（1クラスあたり）

ワークシート 各自、パイプモデル 班ごと

サンプルの土砂（細目、中目、粗目） ※ 密度の測定をする場合に備えて用意するとよい。

### (3) 指導の流れ

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○実際の級化層理の写真を見せ、成因について疑問を共有する。		
展開	○写真をもとに、級化層理のイラストを描き、特徴を説明する。		
	○級化層理が形成される過程について仮説を立てる。	・仮説の正誤は問わない。	
	○アクリル管を用いた実験を通して、級化層理の成因について考察する。	・粒子の沈降の様子を詳しく観察し、その原因を考える。	ワークシート
まとめ	○班ごとの考察内容を発表し、全員で共有する。		

【探究の切り口】探究では、様々な現象について“なぜ？”と考えることが出発点となる。

【探究の切り口】①既習の知識を活用して考えさせる

【探究の切り口】②よく観察するようアドバイスする

【探究の切り口】③複数の要因を考えさせる

ここでは、観察や実験を通して深く考える場面や複数の要因について考察する場面について、指導のポイント等を記述する。

#### ①既習の知識を活用して考えるよう促す。

級化層理の成因を考察する際に、既習の知識を活用して総合的に考えるよう促す。生徒の既習事項として、

(1)砂と泥を一緒に流し込むと、砂から積もり、その上に泥が積もる。

(2)河口から離れるにつれ礫・砂・泥の順に堆積する。



(2)については、短い時間のうちに河口からの距離が大きく変わることは考えられないことから、(1)の要因の方が強く作用していると予想できる。

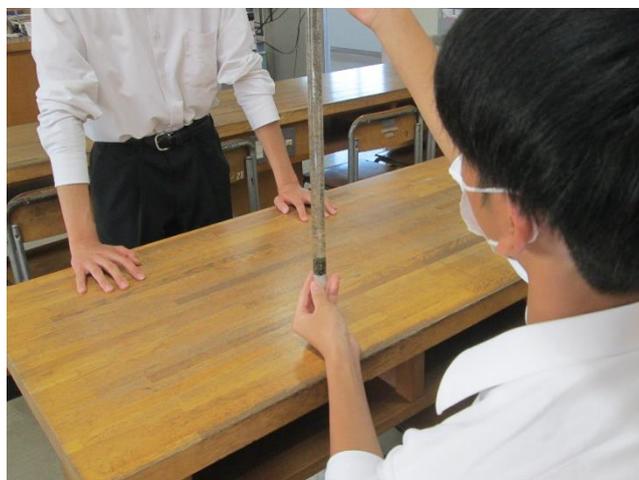
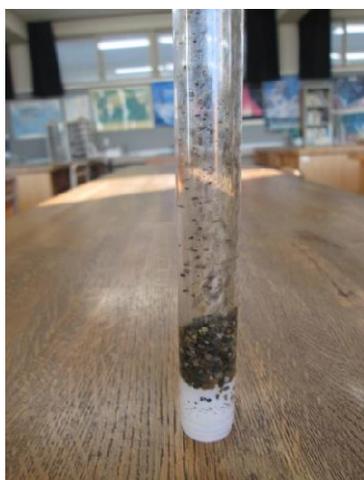
## ②よく観察するようアドバイスする

アクリル管を用いた検証実験において、様々な粒径の碎屑粒子がどのように沈降していくのかよく観察するようアドバイスをする。観察に際して、いくつかの視点が考えられる。

- (1)粒子の大きさによる沈降速度の違い（大きい粒子の方が先に沈むか）
- (2)それぞれの粒子が沈んでいくときの動き（粒子が小刻みに横に振動していないか）
- (3)まっすぐに落ちるだけか（部分的に渦のような動きが見られないか）

## ③できるだけ複数の要因を考える

粒径の大きい粒子の沈降速度が速い原因は何なのか、単純に「大きいから」ではなく、「大きさ」と「重さ」からそれぞれの効果を論理的に考えながら結論を出すよう指導する。②の(2)などから、粒子が水の抵抗を受けながら沈んでいくことが分かる（カルマン渦の影響で横に振動する）。水の抵抗は粒子が大きいほど強く作用することから、粒子が「大きい」から沈降速度が速いと結論付けていいのか、原因と結果の関係を考察するように指導する。



(4) ワークシート・資料

実習 級化層理の成因

地層内に見られる級化層理は、どのようにして形成されたのだろうか。実験を通して考えてみよう。

0 教科書や資料集の写真をもとに、級化層理の特徴を文章・イラストで表せ。

(特徴の説明)

(イラスト)

1 級化層理が形成される過程について仮説を立てる。

※まず自分一人で考え、その後、班内で話し合っ自分では思いつかなかったことや気付かされたことなどを書く。

(自分)

(班)

2 アクリル管を用いた検証実験を行い、粒子の沈降の様子や下部にできた堆積物の構造を観察する。(沈降の様子)

(堆積物の構造の特徴)

3 実験を踏まえて、級化層理の成因について考察する。

(自分)

(班)

4 まとめ

## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

この事例では、砂粒の沈降速度を決める要因として複数の要因が関係していることを、観察を通して見出す事をねらいとしている。よって、ワークシートの③について、①で設定した仮説に対し、観察をもとに仮説を検証し、表現できているかを評価する。なお、評価には「自分」の記述内容のみを用いることとし、仮説が正しいかどうかは評価に含めない。

方法：ワークシート分析

観点	A	B	C
思・判・表	粒子の沈降速度を決める要因を複数挙げ、それぞれについて考察を加えている。	粒子の沈降速度を決める要因として複数の要因に気づくことができる。	粒子の沈降速度を決める要因を、複数挙げられていない。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【A 評価の例】

③ 粒子の沈降速度を決める要因として、①粒子の大きさ、②粒子の重さの2つがある。①については、粒子が大きいほど水との抵抗が大きくなって、沈降速度は遅くなると考えられる。②については、粒子が重いほど大きな重力がはたらくので沈降速度は速くなると考えられる。しかし、観察からは、粒子が大きく重いほど沈降速度が速くなることから、①と②の作用を比較すると②の方が強くはたらくことが分かり、大きな粒子が先に堆積して下方ほど大きな粒子で構成された級化層理が形成される。

粒子の沈降速度を決める要因として「大きさ」と「重さ」の2つが挙げられており、それぞれの効果を比較して沈降速度が決まるという考察がなされている。このことから、思考・判断・表現の観点で「十分満足できる」状況（A）と判断できる。

#### 【評価Cの例】

③ 大きな粒子ほど早く沈むため、下方ほど大きな粒子で構成された級化層理が形成される。

粒子の沈降速度を決める要因として「大きさ」しか挙げられておらず考察も不十分である。このことから、思考・判断・表現の観点で「努力を要する」状況（C）と判断できる。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

粒子の沈降速度を決める要因が1つしか挙げられていない場合は、2の観察にもとづいて「大きさ」と「重さ」では沈降速度に与える影響が逆になることを認識させ、結果として大きくて重い粒子が先に沈んでいることと併せて正しい考察ができるように支援する。評価Cの生徒にはアドバイスを与えたうえで再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

## 7 参考

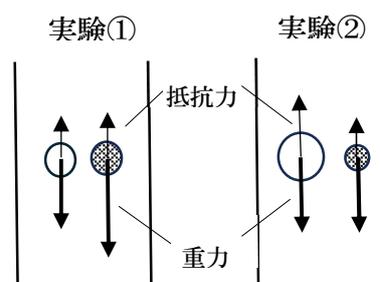
### 【発展研究】

探究的な活動は授業の中で完結するものではなく、できれば疑問をさらに追究して発展的な課題研究に進む可能性を示せることが望ましい。この事例の場合、水の中を沈降する粒子の大きさ（直径）と重さ（質量）と沈降速度の関係について、たとえば次のような実験が考えられる。

実験① 同じ大きさで質量の異なる2つの物体で実験する

実験② 同じ質量で異なる大きさの2つの物体で実験する

これにより、沈降速度についての理解を一層深めることができる。



#### ・抵抗を受けながら落下する物体の運動

空気や水など粘性のある流体中を落下する粒状物体には、半径と速度に比例した抵抗力が作用する。物体の半径を  $r$ 、速度を  $v$  とすると、流体中を落下する物体に作用する抵抗力  $R$  は

$$R = krv \quad (k \text{ は定数})$$

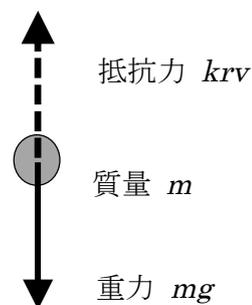
と表せる。したがって、質量  $m$  の物体の運動方程式は次のようになる。

$$ma = mg - krv$$

速度が次第に増していき、ついに抵抗力と重力がつりあって加速度  $a$  が0となったときの終端速度  $V$  は

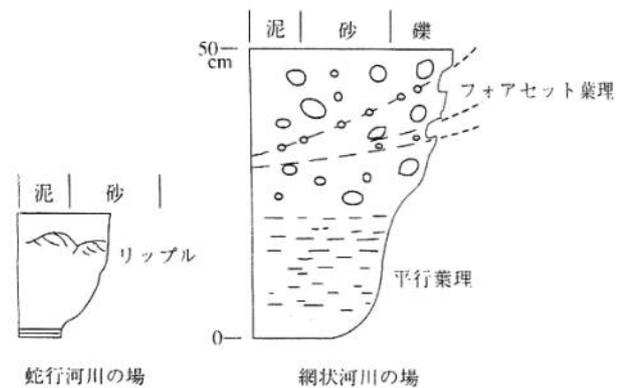
$$0 = mg - krV \quad \text{より} \quad V = mg/kr \propto r^3g/kr = r^2g/k$$

となり、終端速度は半径  $r$  の2乗に比例して大きくなるのが分かる。



・逆級化層理（逆グレーディング）

比較的静かな水中を沈降する粒子は、下位ほど粒子が大きく上位ほど粒子が小さくなる級化層理を形成するが、逆に上方ほど粒子が大きくなる「逆級化層理」もしばしば観察される。以前は、分級の悪い堆積物を振動させると荒い粒子ほど表面にせり上がる効果や斜面を構成する粒子の粒度による安息角の差、水中に堆積する火山砕屑物において粒径が大きく多孔質な浮石が緩やかに沈降することなどによって形成されるとされていた。しかし、戸倉ら（2012）によると、河川の自然堤防における洪水氾濫堆積物などにおいて逆級化層理は普通にみられる構造で、蛇行河川の自然堤防や扇状地堆積物などにおいて、ごく普通にみられる構造であることが分かってきた。地学団体研究会（1996）の「新版地学事典（平凡社）」によると、「単層内において、砕屑物が下底面から上に向かって粗粒化する成層状態。特に、河川の自然堤防などの微高地に堆積した洪水氾濫堆積物に普遍的」とある。



新版地学事典（平凡社）より

戸倉則正，藤岡達也，澁江靖弘（2012）：～逆級化層理の形成モデルからのアプローチを例として～，地学教育 65，p.183-191，日本地学教育学会

地学団体研究会編（1996）：新版地学事典，平凡社，p.314

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 17

### 地学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
			○	○

#### 2 主題

火成岩における斑状組織の成因

#### 3 想定される時数

短時間（1時間の中で実施）

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	火山岩と深成岩のつくりの違い（中学校）	
第1時	斑状組織の成因を考える	

#### 5 本時の学習

##### （1）活動の概要

火成岩の斑状組織の成因を取り上げる。内容としては中学校1年次で学習済であるが、ほとんどの生徒は単なる暗記で終わっている現状がうかがえる。結晶成長の観点から斑状組織中の斑晶の成因について改めて考察する。なお、当事例は授業内の短時間で行うことを想定しているため、記録に残す評価は行わないものとする。

##### （2）準備（1クラスあたり）

ワークシート

### (3) 指導の流れ

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○等粒状組織と斑状組織の違い、結晶成長と結晶の大きさの関係の復習		
展開	○急速に冷えた斑状組織の火山岩に、斑晶が含まれる理由を問う。	・疑問に思っていなかったことに気付かせる。	ワークシート
	○まず、個人で考えてみる。 ○次に、グループで考えを出し合っ て考察を深める。	・噴火前にマグマがどこにあったかを考えさせる。	
まとめ	○グループで指名して、全体の考えを集約する。		

🔍【探究の切り口】「なぜ」と立ち止まって考えることで新たなことに気づき、さらに深い理解に到達できる事項はたくさん存在する。授業中に少なくとも1回は「なぜだろう」と生徒に問いかけて、疑問を持って考える習慣をつけさせる指導を心掛けるとよい。

### (4) ワークシート・資料

#### 火成岩における斑状組織の成因

疑問 急速に固まった岩石は小さい結晶の集合体となる。また、ゆっくり固まった結晶は大きく成長する。ところで、急速に固まったはずの斑状組織の岩石に、大きな結晶（斑晶）が含まれているのはなぜだろうか。

上の疑問について、まず自分一人で考えてその理由を左に書いてみよう。その後、グループ内で話し合ったものを右に書いてみよう。

(自分)

(グループ)

※このワークシートは使用しなくてもよい。

## 6 評価

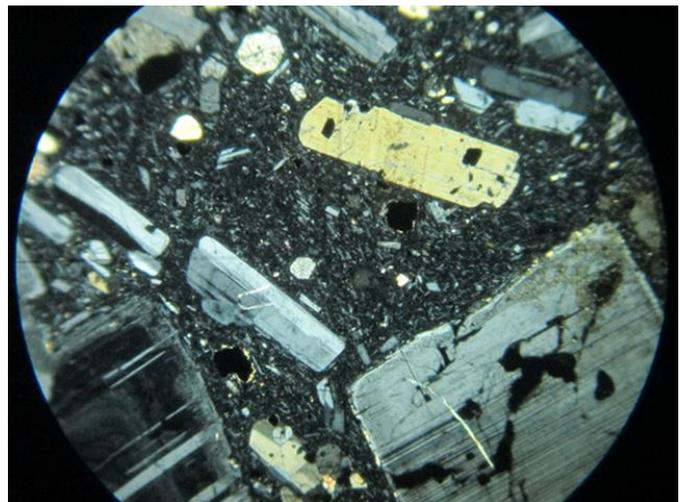
この探究活動は、生徒に常に疑問を持って学ぶというメッセージを与えるためのものである。生徒個人についての評価はしない。一方、生徒がこの現象に対してどの程度疑問を抱き、かつ合理的に考察した上で理解しているかを指導者が見取り、その後の学習指導に生かしていくことが肝要である。

すなわち、生徒への発問や回答、ワークシートの記述などから、生徒が斑状組織の形成という現象に対してどのくらい疑問を抱けたか、あるいはその形成過程について理解できているかを指導者が見取ることが大事である。課題の発見力や理解の程度が不十分と思われる場合は、現象に対して常に疑問を持って臨み、自分の頭で考えて納得する必要があることを強調する。

## 7 参考

### 【斑状組織】

右図は、安山岩の偏光顕微鏡写真（直交ニコル）である。このように、岩石が斑晶（大きな結晶）とその間を埋める石基（細かい結晶やガラスの部分）で構成されている組織を斑状組織と呼ぶ。これは、地下のマグマだまりでゆっくり成長した結晶（斑晶）を含んだ状態のマグマが地表に噴出するなどして残りの液体の部分が急冷され、細かい結晶として固結することによって形成される。



### 【発展】

- ・ 仮説を立てて検証実験を考える。

「マグマだまりの中で先にゆっくり成長した結晶が斑晶になる」という仮説を検証するための実験を考える。たとえば、中学校教科書にも出ている「チオ硫酸ナトリウム」という物質を使うことを条件として、具体的な実験の方法を考えさせてもよい。

## 【現象に疑問を持ち、探究につなげる他の事例】

○成層火山の形… 「溶岩ドーム、盾状火山の形から類推すると、マグマの粘性が中間的な安山岩質の火山はもつとなだらなか形になるはずである。しかし、実際は山頂付近の傾斜が急で広い裾野を引いた富士山型の形になるのか。」

→成層火山の名称は、火山体が溶岩と火山碎屑物(火山灰、火山礫、スコリア、軽石など)の成層構造をなしていることによる。火山碎屑物は傾斜が急になると崩れて安息角で安定する。傾斜が緩やかになったところで火山碎屑物が堆積すると同時に、山頂部では噴火時に高温の溶岩片が付着するなどして傾斜が急になるため、結果として富士山型の山体が形成される。

○川はなぜ蛇行するか… 「土地の傾斜に沿って流れる川はまっすぐ流れるのが最も効率的と思われるが、平野を流れる川があえて蛇行して流路を長くする理由は何か。」

→川を流れる水は直線的に移動するのではなく、必ず内部で乱流が起きている。また、川底や川岸などの凹凸によってその流れに強弱やわずかな蛇行が生まれる。平野ではこのような微妙な流水の蛇行が外側の川岸の浸食と内側への堆積によって増幅され、結果的に大きく蛇行した流路が形成される。

○上空ほど気温が低い理由… 「暖められた空気は軽くなって上昇するはずなのに、なぜ山の上など高いところの気温は低いのか。」

→大気には重さがあるため、惑星の地表近くほど大気の密度は大きくなり、大気圧も高くなっている。したがって、暖められて周囲より軽くなって上昇した空気は上昇するにつれて膨張し、断熱膨張によって温度が下がっていく。

○地球にだけ酸素がある理由… 「金星と地球は成因も大きさもよく似た惑星であるのに、地球にだけ酸素が存在するのはなぜだろうか。」

→地球に存在する酸素は、長い歴史の中で地球上に誕生した植物の光合成によって生み出されたものである。では、なぜ金星には植物が誕生しなかったのか。金星も地球と同様に誕生後まもなく形成された原始大気には大量の水蒸気が含まれていたはずであるが、金星が太陽に近いために表面温度が凝結温度以下に下がらず海が誕生しなかった。また、大気中の水蒸気も強い紫外線により分解されてしまった。そのため、生命も誕生せず結果的に光合成も起きなかったと考えられている。

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 18

### 数学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
		○	○	○

#### 2 主題

ゲーム・パズルの中の数学

#### 3 想定される時数

2～4時間 ※題材1のみの場合は1.5時間相当

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	数学A 場合の数と確率	知識・技能
第1時	題材1 タパタンとシシマの性質を見つける	
第2時	題材2 タパタンとシシマに関する考察の発表 将棋に関する問いについて考察する	思考・判断・表現
第3時	将棋に関する問いの考察と発表	思考・判断・表現
第4時	題材3 ボードゲームに関する問いの考察と発表	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

世界には様々なボードゲームが存在しているが、実際にゲームを行いながら性質を見つけ出し、論理的に考察する。後半2つのゲームは大学の入試問題をもとにしているが、身近なところにもたくさん題材があり、それらを数学的に考察することの有用性を実感する。まず手を動かしてみることから始めることが大切である。

(2) 準備 (1 クラスあたり)

- ・タパタン・シシマ・将棋のそれぞれの盤面を紙に印刷しておく。
- ・ルール説明時に必要なスライド、もしくはルールが書かれた紙を準備しておく。
- ・ICT 機器を用いてアンケートフォームの準備をしておく (振り返り)
- ・生徒に駒になりそうな好きな物を 3 個持参させる。

(3) 指導の流れ

[第 1 時]

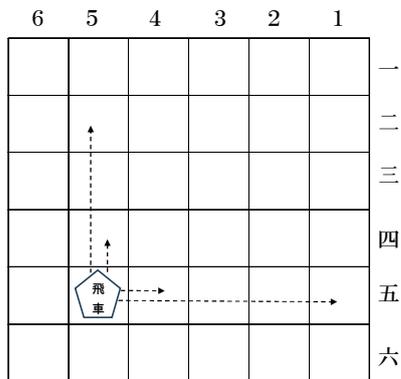
	学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
題材 1 ・ タ パ タ ン	導入	○駒を 3 個ずつ準備させ、ペアでお互いに知っている三目並べや五目並べについて共有させる。	・三目並べは○×ゲームについて伝えると生徒はイメージしやすい。	
	展開 1	○フィリピン版三目並べのタパタンの盤面が印刷された紙を配布し、ルールを説明する。ペアで 5 分程度ゲームを行ってルールをしっかりと把握させる。 ○「タパタンには先手・後手、それぞれに必勝法は存在するだろうか」という問いかけをして、引き続きペアでゲームをしながら必勝法について考察させる。	・ルール説明時、ゲームの進行状況が分かるようなスライドを準備しておくが良い。	
	展開 2	○ケニア版三目並べのシシマの盤面が印刷された紙を配布し、ルールを説明する。ペアで 5 分程度ゲームを行ってルールをしっかりと把握させる。 ○「先手は初手でシシマに入れたときの勝率は何%だろうか」という問いかけをして、引き続きペアでゲームをしながら、初手でシシマに入れるべきなのかを考察させる。	・ルール説明時、ゲームの進行状況が分かるようなスライドを準備しておくが良い。	

	まとめ	○第2時に各ペアの考察を全体に共有することを伝え、今回の各自の考察や気付きについてアンケートに回答させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・問いかけに対する考察だけでなく、他に気付いた性質についての項目も用意しておくが良い。</li> <li>・また、アンケートを確認し、どのペアがおもしろい考察をしているのか確認しておく、次回の発表がスムーズに進む。</li> </ul>	アンケートの回答内容
--	-----	---	---	------------

[第2時]

	学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
題材1 ・ タ パ タ ン	導入	○ペアでどのような考察をしていたか1分程度で思い出させる。		
	展開1	<p>○タパタンについての考察を発表させ、必勝法の有無や、先手・後手のどちらが有利なのかなど、今回の考察のまとめを行う。</p> <p>○シシマについての考察を発表させ、先手は初手でシシマに入れるべきかなど、今回の考察のまとめを行う。</p>	<p>・タパタンもシシマも答えは伝えないで、生徒はその後にも考察を続けるので良い。</p>	
題材2 ・ 将 棋	展開2	<p>○将棋盤が印刷された紙を配布し、駒を1個準備させ、将棋のルールをペアで確認させる。</p> <p>○将棋の問いを提示する。 「飛車が5五から1一まで、右または上だけに動くとき、手順の総数は何通りか。」 ペアで駒を動かしながら考察させる。</p>	<p>・被者の動き方について説明するだけでも良い。</p>	
	まとめ	○本時の内容を振り返る		

●【探究の切り口】 教員が必ずしも答えをもっている必要はない。生徒と一緒に考えることも探究の面白さである。



[第3時]

	学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
題材 2 ・ 将 棋	導入	○ペアでどのような考察をしていたか1分程度で思い出させる。		
	展開	○考察の続きを行う。手順の数を数えていく過程でどのような法則があるのか考えさせる。 ○問題の解説を行う。手順の総数を数える過程が、既習事項の最短経路に関する場合の数と似ていることに気付かせる。 ○「この問題に何か1個だけルールを付け加えて、さらに問題をおもしろくしたい。どのようなルールを加えますか？」と伝える。 ○いくつかのグループに追加ルールとどうおもしろくなるのかを発表させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>最短経路に関する場合の数の学習時に、階乗や組合せの考え方だけでなく、数字を書き込んでいく方法も行ってくと生徒からの気付きが出てくる。</li> </ul>	
	まとめ	今回の各自の考察や気付きについてアンケートに回答させる。		発表 アンケートの回答

🔍【探究の切り口】複雑なルールを付け加えるよりも、シンプルなルールを付け加えていかに面白くできるか、を考えさせる。

[第4時]

	学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
題材 3 ・ ボ ー ド ゲ ー ム	導入	○盤面が印刷された紙を配布し、駒を1個準備させる。	・紙を配布している間に、教科書等で確率の復習をさせると良い。	
	展開	○ボードゲームに関する問いを紹介する。駒を動かしながらゲームを進め、問題について考察させる。	・進みが悪い場合には、「はち合わせする可能性がある点をまず特定してみよう。」とヒントを出す。	

**問題**  
 右図のような図の辺上を移動するゲームを行う。  
 最初太郎くんは点a、花子さんは点iにいる。  
 2人同時に出発し、毎秒隣の点へ移動する。  
 ただし、それぞれの移動は1つ前にいた点以外へ、等しい確率で移動する。  
 2人が同時に同じ点に止まるとこのゲームは終了する。  
 出発から4手以内でゲームが終了する確率を求めよう。

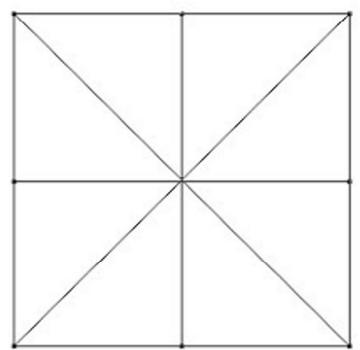
		<p>○15分程度考察したら解説を行う。</p> <p>○「元の問題は「1秒前に自分がいた点以外の点へ」移動するルールだが、このルールを撤廃するとはち合わせる可能性のある点や確率はどのように変化するか考察してみよう。」と伝える。</p> <p>○いくつかのグループに考察を発表させる。</p>	<p>・前時までの内容にも共通するが、対称性について考えると計算量が一気に減ることを意識付けておくのも良い。</p>	
				発表
	まとめ	今回の各自の考察や気付きについてアンケートに回答させる。		アンケートの回答

🔍【探究の切り口】既存の問題の条件を少し変えるだけでも状況は一変するので、数学ではこの方法で面白い探究活動を行うことができる。

(4) ワークシート・資料

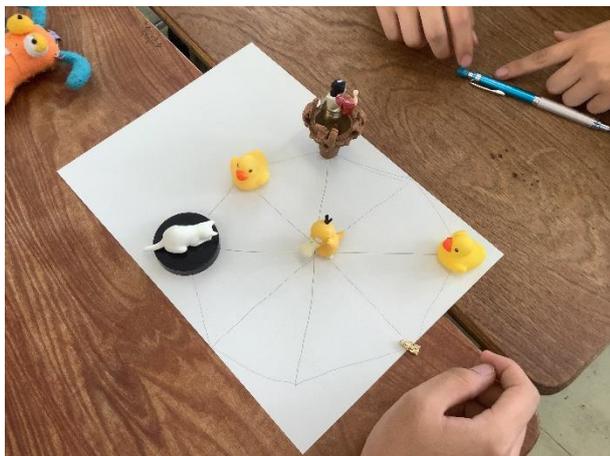
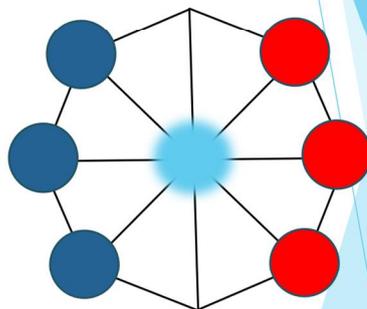
## 1. タパタン

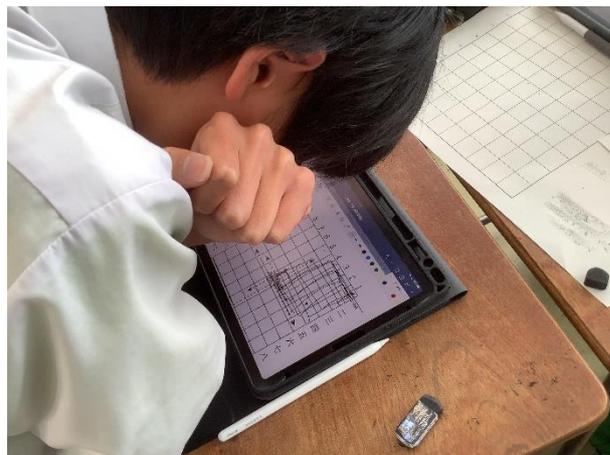
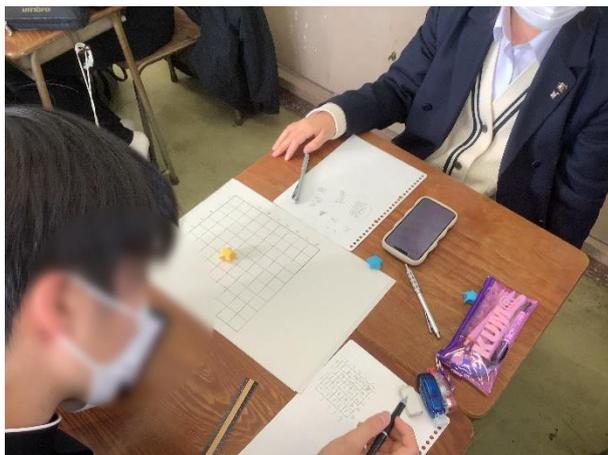
- ▶ルール
- ▶先手・後手それぞれコマは3個。
- ▶順に格子点にコマを置く。
- ▶3個コマを置いたら、順に自分のコマを、隣の格子点へ動かす。
- ▶コマのある格子点には動かさない。
- ▶縦横斜めいずれか1列に3個並べた人の勝ち。



## 2. シシマ

- ▶ ルール
- ▶ 最初向かい合うようにコマを3つつ置く。
- ▶ 中央をシシマ(池)と呼ぶ。
- ▶ 順に隣の格子点へ動かす。
- ▶ 1列揃えたら勝ち。





## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

活動の考察や気付きについて、それぞれの題材に対して考察を記述できているかに着目して評価する。なお、考察や気付きが正しいかどうかは評価に含めない。

方法：アンケート分析

観点	A	B	C
思・判・表	題材1・2・3について、いずれも適切である	題材1・2・3いずれかについて適切である	題材1・2・3について、いずれも適切でない

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【評価Bの例】

①はタパタンについて自分なりの必勝法に関する考察とどちらが有利かを記述できている。

②は教員の発言の通りなので、満足できる内容ではない。

③は将棋ならではのルールを追加することができる。

以上のことから、「いずれかについて適切である」(B)と判断できる。

① タパタンは先手が初手と3手目で置くべき場所があって、それが必勝法となるが、後手にはないから先手が有利。

② 対称性(対等性)を使えば計算が簡単になる。

③ 桂馬が点Pにおいて取られないようにする。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

改善点を絞り、改善すべき理由と具体的な例をコメントする。数学の分からない問題に対してまず手を動かして実験・考察し、自ら探究することができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点もてるよう促す。また、評価Cの生徒には再度考察し、再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

## 7 参考

以下は生徒のアンケート回答の一部である。

初手でシシマに入れるべきかどうかとその理由	<ul style="list-style-type: none"><li>・入れないべき。遅延行為（盤面が変わらないように同じ2つの場所を行き来する）をしなければ、先に入れた方がシシマから出なければいけない状態になり、後で入れた方が勝ちやすいような盤面になるから。</li><li>・入れるべき。2手目以降で相手の陣地に1つ駒を置いておくと対角線が作りやすく、一方的に挟み込まれることが無いと思うから。</li><li>・入れないべき。真ん中を動かさないままだと他の駒を動かすと逆に他2個の駒を動かさない状態になるから。(真ん中に置いてもすぐに動かせばあまり影響はない?)</li><li>・入れるべき。先手は入れずに進めていっても、最終的にはシシマに入れるしかなくなるから。</li></ul>
将棋の問題のオリジナル追加ルール	<ul style="list-style-type: none"><li>・どこかに歩兵をおく一手進めるごとに歩兵も一個動く。目の前でとまったらとられるからダメ。</li><li>・5五、5四、4五、4四のセルが結合した状態からスタート。</li><li>・飛車をクイーンに置き換える。</li></ul>
将棋の問題で気づいたこと	<ul style="list-style-type: none"><li>・（プログラミングの）動的計画法みたいな感じかなと思いました。</li><li>・入試問題だからといっても結局は基礎の知識をフル活用して解くことを知れた。基礎の解法を大事にしたい。</li><li>・解説が中学の頃に習った方法で、高校になって必要ないからと頭から消し去ったものだった。久々にこの解法を見たので、全然会っていなかった友達に遭遇した感覚だった。</li></ul>
太郎さんと花子さんの9点の問題で気付いたことや感じたこと	<ul style="list-style-type: none"><li>・対称性（対等性）を使えば計算が簡単になることを実感した。場合分けが複雑すぎる場合は、方針を根本から変える必要がある。</li><li>・ボードゲームを考える際にやり方を模索しながら求めていくということは課題研究に通ずることだと感じた。</li><li>・ゲームのルールは、基本パターンが多ければ多いほど必勝法、メタが無くなり、個人の技量によって勝敗が決まるようになる。</li></ul>

# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 19

### 数学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
○			○	○

#### 2 主題

九点円の性質

#### 3 想定される時数

2時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	数学A 図形の性質	知識・技能
第1時	図形描画アプリの「幾何」を使う練習をして任意の三角形の九点円を作図する	
第2時	九点円の定理を証明する オイラーの不等式が成り立つ理由について図形描画アプリを用いて考察する	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

教科書数学A第2章「図形の性質」の中の「平面図形」で、外心・内心・重心・垂心・傍心の五心や、円に関する性質などが紹介されている。平面上で3点を通る円は必ず1つ存在し、4点を通る円は条件を加えれば存在することを学習するが、任意の三角形上の特定の9点が同一円周上に存在すること（九点円の定理）は容易には想像できない。図形描画ツールは Geogebra・Grapes・

Desmos などがあるが、アプリケーションを使うことで、数学でも実験や考察をすることができる。なお、本事例では「Geogebra」の「幾何」を利用して作図した。

## (2) 準備 (1クラスあたり)

生徒にタブレット端末等で図形描画ソフトを事前にインストールさせておく。(インストールできない生徒にはブラウザ版を利用させる。)

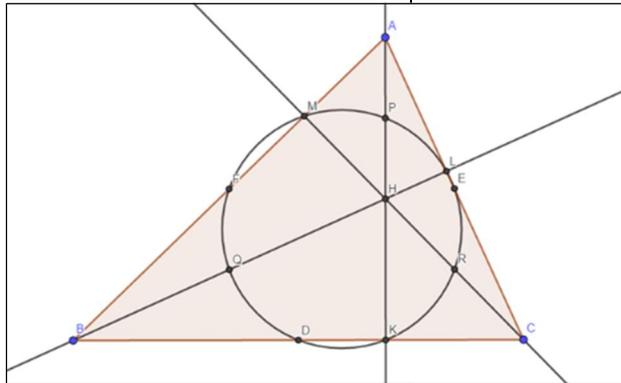
レポート (アンケートフォーム) の準備をしておく。

## (3) 指導の流れ

### [第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○ペアワークで五心の性質や、平面上の4点が同一円周上にあるための条件を確認させる。		
展開1	○描画ソフトを起動させ、ウォーミングアップ用のミッションを達成していき、描画ソフトの使い方に慣れさせる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペアでアドバイスし合って同じペースで進むように指示すると進捗が確認しやすい。</li> <li>・「ツール」を多く使わせるようなミッションを準備しておくに慣れさせやすい。(ミッションについてはワークシート参照)</li> <li>・端末やアプリの種類によっては「ツール」の中身が少ない場合もあるが、「もっと他のツール」を押すと増やすことができる。</li> </ul>	
展開2	<p>○九点円の定理を紹介し、様々な「ツール」を使いながら、任意の三角形に対する九点円を作図させる。</p> <p>○「移動」を使って三角形の頂点を動かすと、連動して他の点や円などもすべて動くので、様々なパタ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「点」というツールで交点を作らせるとうまく連動しないので、「2つのオブジェクトの交点」というツールをうまく使わせるとよい。</li> </ul>	

	<p>一の三角形で九点円を観察させる。</p> <p><u>九点円の定理</u></p> <p>△ABC において、以下の9点は同一円周上にある。</p> <p>3辺の中点 D, E, F      各頂点から対辺への垂線の足 K, L, M</p> <p>垂心と各頂点の中点 P, Q, R</p>		
<p>まとめ</p>	<p>○今回の各自の考察や気づきについて記録させる。</p>	<p>・「○○が△△のとき、□□は××になる」など、実際に動かして偶然的な気づきを書かせる。</p>	<p>レポートの内容分析</p>



●【探究の切り口】実際に図形を動かすという実験を通して、現象への気づきを促す。

[第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
<p>導入</p>	<p>○どのような気づきがあったか、1分程度で思い出させる。</p>		
<p>展開1</p>	<p>○九点円の性質について、なぜそうなるのか、図から言えることを考えさせる。</p> <p>●【探究の切り口】可視化することで、図形の性質を分析しやすくし、証明に必要な要素を見抜く。</p> <p>○九点円の定理を証明させる。</p>	<p>・「どんな時でも長方形や直角三角形になる、特別な点はないか」</p> <p>「四角形 EFQR に色を塗ってみよう」「中点といえば中点連結定理を思い出そう」など、生徒の状況に応じてヒントを出すとい。</p> <p>・穴埋めにする、証明全文載せて解読させるなどの方式も考えられる。</p>	<p>レポート分析</p>

	<div style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>🔍 【探究の切り口】 描画ソフトで得た気づきや性質を、言語化することで、証明を成立させる。</p> </div>		
展開2	<p>○オイラーの不等式が成り立つ理由について描画ソフトを用いて考察する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不要な点や線は非表示にすると観察しやすくなる。</li> <li>・考察が進まない場合は、九点円の定理で利用した中点連結定理が活用できるというヒントを出すとうい。</li> </ul>	
<p><u>オイラーの不等式</u></p> <p>△ABC の外接円の半径 R と内接円の半径 r に関して <math>R \geq 2r</math> が成り立つ。</p>			
まとめ	<p>○今回の各自の考察や気づきについて記録させる。</p> <p>○いくつかのペアに考察の内容を発表させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「関数グラフ」や「空間図形」など、複数のアプリケーションがあり、シチュエーションによって有効に使い分けるよう伝える。</li> </ul>	レポート分析

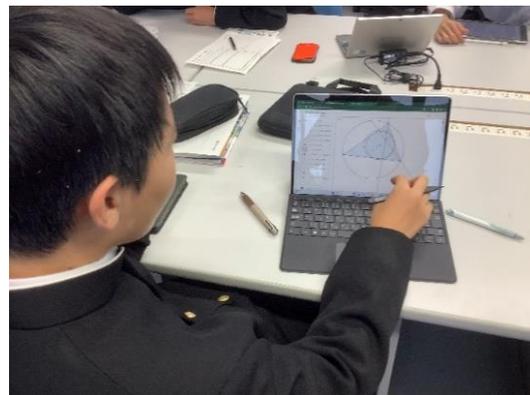
#### (4) ワークシート・資料

※ ワークシートは後掲する

アンケートの回答内容（生徒の気づきの一部）

- ・オイラー不等式の等号が成り立つとき、三角形は正三角形である。
- ・九点円上に頂点がある時には9点の内4点が重なり、またその三角形が二等辺三角形であれば5点重なる。
- ・三角形の一辺が外接円の直径の時、九点円はどんな時でも外接円と接する。

実践時の様子



## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

- ① 気づいた性質を利用し、定理を証明することができたか。
- ② ①で利用した性質以外に気づきがあるか。(気づきが正しいかどうかは評価に含めない。)

方法：レポート分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②いずれも達成できた。	①②のいずれかが達成できた。	①②いずれも達成できなかった。

### (2) 評価の例<CHECK>

#### 【評価 B の例】

- ① 中点連結定理より、  
… (中略)  
以上により 9 点は同一円周上にある。
- ② 正三角形や二等辺三角形などの場合は 9 点のうちいくつかが重なる。

①では、九点円の定理を中点連結定理や円周角の定理の逆などを用いて十分に証明できている。

②では、特殊なパターンで起こることに気づくことができている。

以上のことから、思考・判断・表現の観点で「おおむね満足できる」状況 (B) と判断できる。

### (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

改善点を絞り、改善すべき理由と改善の方法についてコメントする。図形の不要な部分は非表示にして、必要な部分だけ残して動かし、考察し、自ら探究することができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点がもてるよう促す。

## 7 参考

【発展】同様の方法で、図形の様々な性質を可視化して考えることが可能である。ここでは、次の3つの性質について紹介する。やや難易度が高いため、性質を厳密に証明できなくても、アプリケーションを利用することで観察や考察することができる。

### 性質（1） オイラー線

九点円の中心を  $N$  とおくと、 $N$  は外心  $O$  と垂心  $H$  の中点である。

さらに、この3点を通る直線上に重心  $G$  も存在する。

また、 $OG : GH = 1 : 2$  であることが分かっている。

○外心や重心を作図させ、性質（1）を考察させる。

- ・線分の長さは「距離または長さ」というツールを使うと計測することができる。また、「2つのオブジェクトの関係」というツールも活用できるとより理解を深められる。

### 性質（2）

外接円上の任意の点と垂心の中点は九点円上にある。

○外接円を作図させ、性質を考察させる。

- ・「中点または中心」というツールを使うとよい。作図した中点を「移動」のツールで動かすと性質を観察することができる。1点を移動すると連動して他の点も動くので、生徒の感動を得られやすい。

### 性質（3） フォイエルバッハの定理

九点円は内接円・傍接円と接する。

○内接円や傍接円を作図させ、性質（3）を考察させる。

- ・「2つのオブジェクトの交点」というツールを使うと観察しやすい。接しているかは一見確認しづらいが、接点となりそうな場所をどんどん拡大していくと、状況が分かりやすい。

# Geogebra で数学と遊ぼう 九点円編

## ウォーミングアップ

- ① Geogebra classic を起動してみよう。  
過去のデータが残っている場合は「新規」で新しいシートを作ろう。
- ② 点を1つ描いてみよう。
- ③ ②の点を含まないように（少し遠くに）三角形を描いてみよう。
- ④ ③の外接円を描いてみよう。
- ⑤ ②の点から④の外接円への接線を描いてみよう。
- ⑥ ④の外接円の中心を描いてみよう。
- ⑦ ⑥の中心から⑤の接線への垂線を描いてみよう。
- ⑧ ⑤の接線に関して⑥の中心と対象な点を描いてみよう。  
  
いくつかの点を通る円について考えてみよう。
- ⑨ 平面上の2点や3点を通る円を描くことはできる。  
Geogebra で確かめてみよう。
- ⑩ 平面上の4点を通る円は存在するとは限らない。  
存在するための条件は何か？

5点以上を通る場合は、  
上で挙げた条件を複数回使用して考えればよい。

九点円について考えよう。

## 九点円の定理

$\triangle ABC$  において、  
以下の 9 点は同一円周上にある。

3 辺の中点  $D, E, F$

各頂点から対辺への垂線の足  $K, L, M$

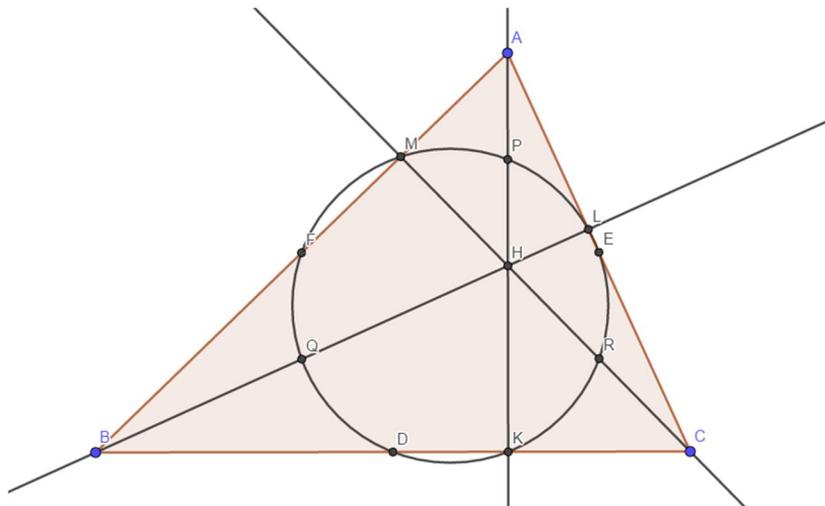
垂心と各頂点の中点  $P, Q, R$

1. Geogebra で九点円を描いてみよう。

九点円が描けたら、各点の名称も左のページのものに変更してみよう。

$\triangle ABC$  の頂点を動かし、どのような法則があるか考えよう。

2. 九点円の定理の証明をペアの人と読み進めてみよう。



中点連結定理より

$$FE/BC=1/2, FE//BC. QR/BC=1/2, QR//BC$$

したがって

$$EF=QR, EF//QR$$

より四角形 EFQR は平行四辺形となる。

また,

$$FQ//AK, EF//BC, AK\perp BC$$

より

$$FQ\perp EF$$

となり, 平行四辺形 EFQR は長方形となる。

同様に四角形 DEPQ, 四角形 FDRP も長方形である。

したがって, それらの対角線は等しく

$$DP=EQ=FR$$

となり, これらはおのおのの midpoint で交わっている。

その点を N とすれば六点 DEFPQR は点 N を中心とした円周上にある。

DP はその円の直径の一つであるが,

$$\angle DKP=90^\circ$$

より点 K がこの円周上にあるといえる。

同様に

$$\angle ELQ=\angle FMR=90^\circ$$

より点 L, 点 M もこの円周上にある。

以上より九点 DEFKLM PQR は同一円周上にあることが示された。□

3.  $\triangle ABC$  の外接円の半径  $R$  と内接円の半径  $r$  に関して

オイラーの不等式

$$R \geq 2r$$

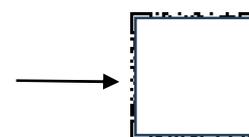
が成り立つ。

九点円を用いてこの不等式が成り立つことを説明してみよう。

4. 自己評価をしてみよう。

	A	B	C
作図	五心の性質を考慮し、九点円を描くことができた。	九点円を描くことができた。	九点円が描けなかった。
分析	提示されたもの以外の九点円の性質にも気づき、分析することができた。	提示された九点円の性質について分析することができた。	提示された九点円の性質について分析することができなかった。
表現	九点円の性質や気づきを口頭で表現し、文章でもまとめることができた。	九点円の性質や気づきを口頭で表現することができた。	九点円の性質や気づきを口頭で表現することができなかった。
主体的活動	九点円の性質を理解し、さらに見つけようとした。	九点円の性質を理解しようとした。	九点円の性質を理解しようとしなかった。
対話的活動	ペアの人と相互に意見をやりとりできた。	ペアの人と意見を伝えるまたは受け取ることはできた。	ペアの人と意見をやりとりできなかった。

自己評価入力用  
QRコード



## 【発展】

### 性質（１）オイラー線

九点円の中心を  $N$  とおくと、 $N$  は外心  $O$  と垂心  $H$  の中点である。

さらに、この 3 点を通る直線上に重心  $G$  も存在する。

このことを Geogebra で確かめてみよう。

また、 $OG : GH = 1 : 2$  であることが分かっている。

$N$ 、 $O$ 、 $H$ 、 $G$  の位置関係も考察してみよう。

### 性質（２）

外接円上の任意の点と垂心の中点は九点円上にある。

このことを Geogebra で確かめてみよう。

### 性質（３）フォイエルバッハの定理

九点円は内接円・傍接円と接する

このことを Geogebra で確かめてみよう。

他に気づいた性質をペアで共有してみよう。

気づいたことは Geogebra を使って検証し，理由も考えてみよう。



気づきを発表しよう。面白いものがあればメモしておこう。



# 普段の授業で行う探究活動事例集

## 事例 20

### 数学分野

#### 1 探究の場面

課題の設定 (自然現象に対する気付き、課題の設定)	課題解決の過程		分析・考察・推論	表現・伝達
	(仮説の設定、 検証計画)	(実験の実施と 処理)		
	○	○	○	

#### 2 主題

射影に関する考察

#### 3 想定される時数

3時間

#### 4 本時の位置付け

時数	指導内容	記録に残す評価の観点
既習内容	多角形の相似	知識・技能
第1時	実験方法を考案し準備する	
第2時	前半の実験を行い考察や発表をする	思考・判断・表現
第3時	後半の実験を行い考察や発表をする	思考・判断・表現

#### 5 本時の学習

##### (1) 活動の概要

問いの設定は理解しやすいが、特殊な立方体の影の形を想像し、その面積を求めるのは思いのほか難易度が高い。本事例では、実験で状況を再現し、立体を的確に捉える考え方を身に付ける。

また、実験には必要な物から不要と思われる物まで多数準備しておく。グループごとに手法や必要な道具から考案し、実験機器を作成することで、研究のプロセスを体験する。

(2) 準備 (1クラスあたり)

- ア 実験に使う道具を不要と思われる物も含めてできるだけ多くの種類準備しておく。
- イ 生徒が動き回って実験することを考慮して、できるだけ広く、かつ暗幕等で暗くできる部屋を確保しておく。
- ウ 生徒にはタブレット端末等準備させる。また、アンケートフォームの準備をしておく。



(3) 指導の流れ

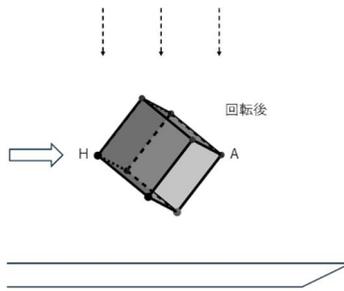
[第1時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	○グループを作成し、グループごとに実験しやすい机配置などを準備させる。	・机配置なども固定しない方がおもしろい発想が出やすい。	
展開1	○問い【前半】を提示し、グループごとに影の形を予想させる。  【前半】1辺1mの立方体の箱 ABCD-EFGH があり、面 ABCD と面 EFGH は透明で中は空洞である。他の面は光を通さない。対角線 AG を平面 P に垂直になるように箱を傾けて浮かせ、平面 P に垂直に光を当てる。このとき、 (1)箱の影はどのような形か。 (2)影の面積は何㎡か。		
	○どのような実験を行うのか議論させ、実験に必要な道具や装置を考えさせる。	・持参している筆記用具やタブレット端末等も利用させてよい。	

	<p>○グループごとに実験に必要な道具を持って行かせ、装置を作成し、実験の準備をさせる。</p>	<p>・道具は1ヶ所にまとめて置き、自由に持って行けるようにするとよい。</p>	
	<p>🔵【探究の切り口】生徒の自由度を高めて試行錯誤させる、トライアンドエラーのサイクルを意識させる。</p>		
まとめ	<p>○影の形の予想やどのような実験を行うのかなどの記録をフォームに回答させる。</p>		

[第2時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<p>○グループでどのような実験の準備をしていたか1分程度で思い出させる。</p>	<p>・5分後に教室の電気を消すことを伝え、それまでに実験の準備をさせる。</p>	
展開1	<p>○消灯し、前半の問題の実験を開始させる。</p>	<p>・光源にはスマートフォンやタブレット端末等のライトが利用しやすいが、近いと影の面積は肥大化してしまうので、できるだけ平行光源になるようにしなければならないと、途中で気づかせるとよい。</p> <p>・影の形は敷いた紙にプロットさせる、カメラで撮影するなどの方法が予想される。</p>	
展開2	<p>○電気をつけ、実験の結果を考察させる。</p> <p>○どのような実験と考察を行ったか、グループ同士で発表させる。</p>	<p>・机間指導して独自性の高い実験やおもしろい考察をしているグループを見つけておくとよい。</p>	
まとめ	<p>○実験において工夫した点、及び測定した面積について、フォームに入力させる。</p>		<p>フォームの回答内容 (実験)</p>

	<p>○問い【後半】を提示し、グループごとに影の形を予想させる。</p>		
	<p>【後半】 対角線 AG の midpoint O を中心として、図のように対角線 AG を <math>90^\circ</math> 傾けたとき、 (3) 箱の影の面積は何 <math>\text{m}^2</math> か。</p>		

[第3時]

学習場面	学習活動	活動における留意点	評価方法
導入	<p>○5分後に教室の電気を消すことを伝え、それまでに実験の準備をさせる。</p>		
展開1	<p>○消灯し、【後半】の問題の実験を開始させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前半で行った実験の立方体を回転させた状態で固定することに苦勞する。回転させずに真横から光源で照らすと容易に観察できるが、状況を見てヒントを与えてもよい。</li> </ul>	
展開2	<p>○電気をつけ、実験の結果を考察させる。</p> <p>○グループ同士で影の形状の問題を出し合い、理解を深める。</p> <p>○どのような実験と考察を行ったか、グループ同士で発表させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>机間指導で独自性の高い実験やおもしろい考察をしているグループを見つけておくとよい。</li> </ul>	<p>フォームの 回答内容 (実験)</p>
まとめ	<p>○気づいたことや新たな疑問をフォームに入力させる。</p>		<p>フォームの 回答内容 (気づき)</p>

#### (4) ワークシート・資料

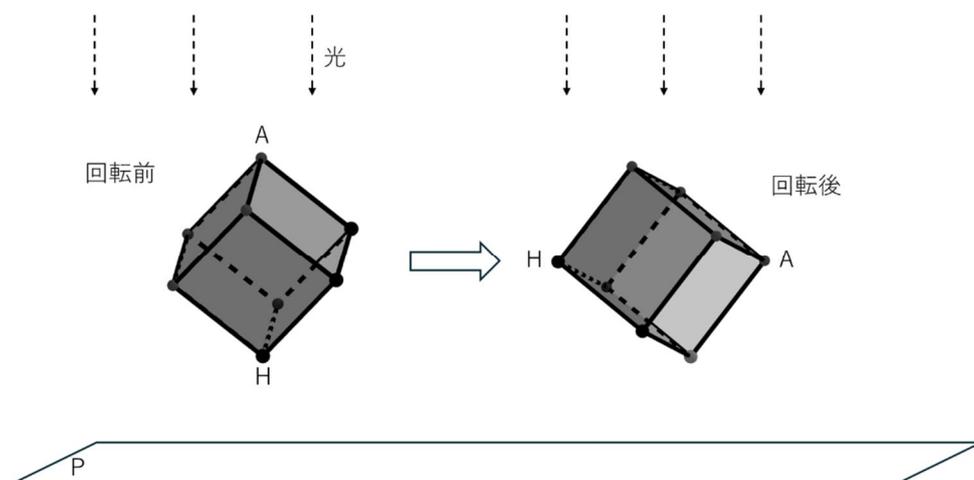
【前半】1辺1mの立方体の箱 ABCD-EFGH があり、面 ABCD と面 EFGH は透明で中は空洞である。他の面は光を通さない。対角線 AG を平面 P に垂直になるように箱を傾けて浮かせ、平面 P に垂直に光を当てる。このとき、

- (1) 箱の影はどのような形か。
- (2) 影の面積は何  $\text{m}^2$  か。

【後半】

また、対角線 AG の中点 O を中心として、図のように対角線 AG を  $90^\circ$  傾けたとき、

- (3) 箱の影の面積は何  $\text{m}^2$  か。



## 6 評価

### (1) 評価の計画<PLAN>

- ① 問い【前半】において、求積の方法を表現できたか。(実験)
- ② 問い【後半】において、求積の方法を表現できたか。(実験)
- ③ 実験をもとに、新たな気づきを的確に表現できているか。(気づき)

の3点に着目して評価する。なお、考察や気づきが正しいかどうかは評価に含めない。

方法：フォームの分析

観点	A	B	C
思・判・表	①②③のうち、2点以上が適切である。	①②③のうち、いずれかが適切である。	①②③のいずれも適切でない。

---

## (2) 評価の例<CHECK>

### 【評価 A の例】

#### ① 前半の実験

「影は正六角形になると予想し、真上から立方体に光線が当たる様子を真横から観察した図を描くと正六角形の辺の長さが求められる。正六角形を正三角形6個に分割すると面積は求めやすい。」

(影の形も面積も特定する方法をよくまとめている。)

#### ② 後半の実験

「影は六角形にひし形の穴が開いているような図形だと予想したが、六角形が正六角形なのかどうかは再度検証が必要。」

(予想で終わってしまっているため、それを検証する工夫が求められる。)

#### ③ 気づき

「点光源で照らすと、平行光線のできる影より大きい図形ができるが、光源との距離を計測すれば相似を使って面積を求められると思う」

(光源の違いをよく理解し、発展的な問いに自ら予想を立てている。)

以上のことから、①③の2点について適切と判断し、「十分満足できる」状況(A)とした。

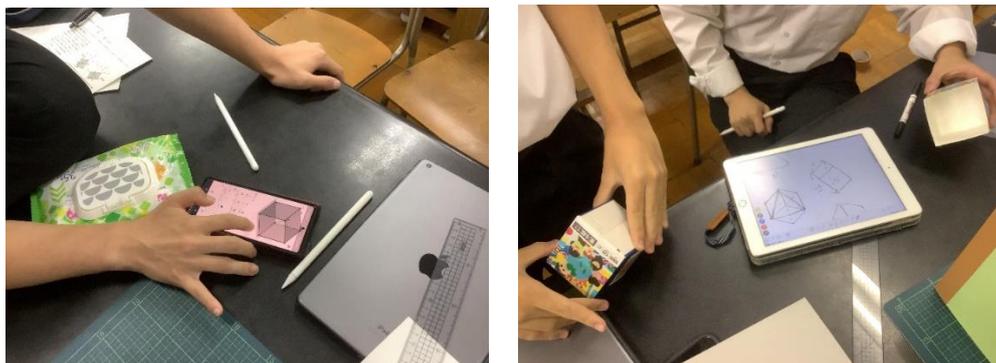
---

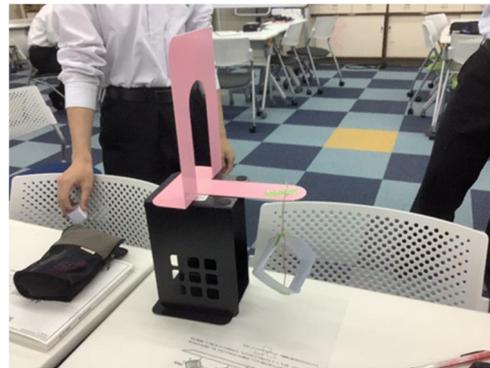
## (3) 授業及び学習の改善<ACTION>

改善点を絞り、改善すべき理由と具体的な例をコメントする。数学の分からない問題に対してまず手を動かして実験・考察し、自ら探究することができるようになるのが望ましいが、行き詰まっている場合には改善につながる視点もてるよう促す。また、評価Cの生徒には再度考察し、再提出の機会を与え、改善がみられる場合は評価Bに変更する。

---

## 7 参考





### 【発展】

条件の付加や変更をしたとき、状況がどう変わるかを考察させる展開が考えられる。例えば、

- ① 光の角度を変えたときの影の形や面積の変化
- ② 「春分の日の中午に学校で」など季節・時間・場所の指定をしたときの影の形や面積の変化
- ③ 箱の高さを指定し光の当たらない部分の体積を求める
- ④ 太陽光源ではなく点光源にしたときの影の形や面積の変化

どのように付加や変更をするのか、グループごとに設定させ、実験・考察をさせると探究的な学習となってよい。

## 取材 探究について思うこと

本研究にて2年にわたり講師を務めていただいた、秀明大学学校教師学部 清原 洋一 教授に、改めてお話を伺いました。

[事務局]

Q1 教師が探究活動を計画する上で AI を活用できる場面について伺いたい。

[清原教授]

教師サイドでいいアイデアが浮かばないときは、AIに聞いてみるというのは一つの方法だ。授業でも、生徒たちが議論に煮詰まったときに、AIに聞かせてみる。的を射た答えが返ってくる場合もあるが、時々的外れな答えが返ってくることもある。そういう経験から、AIに全て頼るのではなく、発想を切り替えたり、別の立場からの意見を聞いてみたりという感覚で向き合えるようになる。AIの限界と、自分で判断することの大切さを学ぶ機会になる。最終判断は自分だという意識をもたせないと、将来困るだろう。

[事務局]

Q2 瞬発的な疑問の発見能力や、協働的な学びでのリーダーシップなど、多様な資質・能力が探究の質に影響する。どう評価に反映させるか。

[清原教授]

振り返りで、自分がどんな役割をしたか、こういう場面でこういう貢献をした、他の人がこういうことを頑張っていた、いいアイデアは誰が出した、といったことを書き留めるような欄を設けるといい。

[事務局]

生徒たちの行動目標にもなるということか。

[清原教授]

提出物の中にキーワードを盛り込んでおくと、どのように貢献することが大事なのか、意識づけられる。他の人から見てどうかという視点も、自己理解には重要。

[事務局]

教員が全て見取る必要はない？

[清原教授]

生徒たちがお互いに認め合うこと。それを教師が見て、実際の行動を観察して、納得するということも結構ある。教員の目だけで届かないと

ころをフォローしてもらおうという考え。

[事務局]

Q 3 総探から読み換えるとき、3観点評価がハードルの一つになっている。

[清原教授]

最初に、探究で生徒の何を伸ばしたいか、具体化して教員間で共有すること。その中でまずここは力を入れてやってみようとか、見取れそうな部分に絞り込んで、3観点に置き換えていく。

ABC 切り分けることが大事ではない。理想の姿を A とすると、C を B、B を A に育てようという意識を教員がもつこと。漠然と ABC をどうやって付けようと発想すると、重荷になる。

教員間の情報共有は必要。この子はこんな表現をしていた、どう評価しますかとか、意見交換することで指導にも良い影響がある。

[事務局]

評価のための評価ではないということがポイント？

[清原教授]

生徒の良いところをいかに伸ばすか、それを評価に反映させるという意識が大事。

[事務局]

Q 4 学校によっては、調べ学習で精一杯、ということもある。探究への足がかりは？

[清原教授]

調べ学習だからダメではなく、まずこれができたね、君はどう感じたの？という一言をかけられるかどうか。そこから、自分なりの疑問なり、調べたけれど分からなかったことなりを見つけられればいい。正しく探究すること以上に、自分ができない、ダメだと思い込んでいる生徒に対して、自分でも何かやれることがあるというのを、うまく評価しながら、成長を促すことが大事。いつも授業で寝ている子が、あんなにちゃんと発表できるのか、という気付きがあったという話も聞いている。そもそも探究に取り掛かれていなかったところから、まずやれたということが大きな一歩。

[事務局]

Q 5 生徒は間違えることへの抵抗感が強い。心理的な安全性はどう確保する？

[清原教授]

テストの影響が大きいのではないか。ある時授業を参観し、間違っ

いるけれど面白い考え方をしている生徒がいた。ところが、次に回ってみると、消してしまっていた。これじゃつまらないなと思ったことがある。答えが一つの問いに正答することで選抜してきたから、どうしても間違えることに抵抗がある。そこを少しずつ崩していけると、面白い議論ができるようになるんじゃないか。

[事務局]

いったん崩してもその先にまた入試があり、やはり正しさが求められる。

[清原教授]

面白いアイデアは、正しさとはちょっと離れたところから見ないと生まれてこない。そこを潰してしまうと、先々いろんなことにチャレンジするには、マイナスになりかねない。小学校のテストでは、最近答えがいくつかあるものも出てきている。たとえ答えが一つの問いでも、議論する場面はある。実際に答えに行き着くまでいろんなルートがある。その場면을膨らませる。

[事務局]

Q 6 指導要領改訂に向けて、教師が身に付けるべき資質、果たすべき役割はどう変わる？

[清原教授]

教師自身が一つの答えを求めるのに慣れてしまっている。教師自身が何らかの研究なり、テーマをもっているということは大きい。研究の視点があると、生徒を見たときに、答えにたどり着くまでにどんな考え方があるんだろうと、自分なりのシミュレーションができるし、難しさを感じてきている人ほど、生徒に対して強引にいかないで、生徒の発想を生かす視点をもてる。教員も分からないようなテーマを持ってくると丁度いい。外から見てアドバイスする、支援者になること。あえて教えないという視点がとても大事。

私が教わった先生は、分からないことがあって質問に行くと、すぐには教えてくれず質問で返ってきた。ある時、実験装置が壊れて、どうしようってその先生に問いかけた。そうしたら、直して使うのも手だろうし、テーマを少し変えてやってもいいだろう、今ある道具で何ができるだろうか、と問い返された。そう言われると、仲間でどうにかしようって、知恵を出して何回もやる。自分で考える大切さを学んだ。

[事務局]

Q 7 今日的な課題として、教員の負担、生徒の負担がどんどん増えている。授業内容を減じる方向性はあり得るのか。

[清原教授]

生徒が自分でやる時間を確保しないと探究は回らない。与えるノルマ

は減らして、集中すべきことを明確にする方向性が必要。何もかも教えるようにするのはなく、核になるところをどうするかを考える。理科であれば、概念形成に関するようなことは落とせない。ただ、枝分かれた先の部分は、選択的にやるというように。

[事務局]

ある程度教え込む部分と、生徒が自分で選択して考える部分を精選するということか？

[清原教授]

概念形成の部分というのは、ある程度指導をしないとまずい部分だ。そこをどう整理していくか。今、知識は学ぼうと思えばどこでも学べる。そこに行き着くための、考える核になる部分をどう生成するか、その先の個性を伸ばす部分をどう支援するか。社会全体のシステムも含めて、考えていかないと本当はいけない。

[事務局]

Q 8 これからの教育に求められる役割は？

[清原教授]

ネット上だとマイナスの情報もかなり含まれている。AIをどううまく活用するかというのは結構重要なテーマ。調べた情報の信憑性を見極めること。偏った考え方にのめり込んでいくことが非常に危険。バランス感覚をどう養うかということを考えるべき。

ある答えにたどり着くにしても、その過程で多様な考え方や、多様な情報と比較しながらたどり着く。ある考え方をしたら反対の考え方と比較する。そういう学習を推進していかないといけない。

決して基礎的な知識・技能がいらぬということではない。アプローチは逆かもしれないが、探究をすることによって、基礎的な知識の重要性に気づかせることもできる。ただ覚えているだけでなく、知識を結びつけて、考えるベースとして作り上げるには、自分なりに努力しないといけない。

思考力・判断力の基礎、考える土台になる概念的な知識はしっかり作らないと、AIはこう答えました、それに従いますとになってしまう。最終判断は自分でするという心構え。それをできるようにすることが、これからの教育に求められる。

[事務局]

今日は様々なお話をいただき、ありがとうございました。

## 4 研究組織

### 講師

秀明大学 学校教師学部 教授 清原 洋一

### 研究協力員

県立成東高等学校	主幹教諭	小野 健一	
県立千葉高等学校	教諭	村瀬 恵正	(令和6年度)
県立幕張総合高等学校	教諭	北川 輝洋	
県立船橋高等学校	教諭	板坂 泰亮	(令和6年度)
県立柏高等学校	教諭	工藤 勇	
県立佐倉高等学校	教諭	金光 康佑	
県立木更津高等学校	教諭	小泉 治彦	(令和5年度)

### 事務局

#### 千葉県総合教育センター

カリキュラム開発部	部長	鈴木 賢一	
科学技術教育班	班長	中村 恆	
	研究指導主事	小嶋 拓也	
		寺本 慎吾	(令和6年度)
		安藤 春樹	(令和5年度)
研究開発班	班長	安田 国土	(令和5年度)
		中井 博明	
	研究指導主事	大塚 貴士	(令和6年度)
		橋本 淳	(令和6年度)
		竹政 崇典	(令和5年度)
		本多 和宏	(令和5年度)

## 5 発行

令和7年3月

【発行者】 千葉県総合教育センター 所長 酒井 誠一

【発行所】 千葉県総合教育センター

〒261-0014

千葉県千葉市美浜区若葉2丁目13番

TEL 043-276-1166

URL <https://www.ice.or.jp/nc/>

【問合せ】 千葉県総合教育センター カリキュラム開発部

TEL 043-276-1184

mail [sosecurri\\_kagaku@mz.pref.chiba.lg.jp](mailto:sosecurri_kagaku@mz.pref.chiba.lg.jp)

## 【参考】

### 国の取組み

[高等学校学習指導要領（平成30年告示）](#)

[STEAM教育等の各教科等横断的な学習の推進について（初等中等教育局, R4.5）](#)

[「令和の日本型学校教育」の構築を目指して（中央教育審議会答申, R3.1）](#)

[新学習指導要領の全面実施と学習評価の改善について（初等中等教育局, R2.10）](#)

[学習評価の在り方ハンドブック（国立教育政策研究所, R1.6）](#)

[児童生徒の学習評価の在り方について（中央教育審議会報告, H31.1）](#)

### ガイドブック等

[「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料（国立教育政策研究所, R4.2）](#)

[今、求められる力を高める総合的な探究の時間の展開（文部科学省, R5.3）](#)

[大学入学者選抜における好事例集（文部科学省高等教育局, R5.5）](#)

[STEAMライブラリー（経済産業省）](#)

### 千葉県の取組み

[「学校教育の充実のためのホームページ」（千葉県教育委員会, R6.2）](#)

[「理数」の進め方ガイドブック（千葉県総合教育センター, R3.3）](#)

[小・中学校理科における科学的に探究する学習の進め方（千葉県総合教育センター, R5.3）](#)

[総合的な探究の時間ガイドブック（千葉県総合教育センター, R4.3）](#)

[授業づくりガイドブック（千葉県総合教育センター, R4.3）](#)

### その他の機関の取組み

[理科の探究学習の新展開（京都教育大学教育実践研究紀要 第10号, 2010）](#)

[高校1年生を対象とした斜方投射の数学授業の実践](#)

（教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要 第1号, 2019）

[マイクロスケールダニエル電池の教材開発と探究的授業デザインの構築](#)

（教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要 第2号, 2020）

## 【アンケートのお願い】

本事例集への感想や、調査研究事業への要望などをお寄せください。



<https://apply.e-tumo.jp/pref-chiba->

[u/offer/offerList\\_detail?tempSeq=42371](https://apply.e-tumo.jp/pref-chiba-u/offer/offerList_detail?tempSeq=42371)

※ 「利用登録せずに申し込む方はこちら」からご回答ください。

