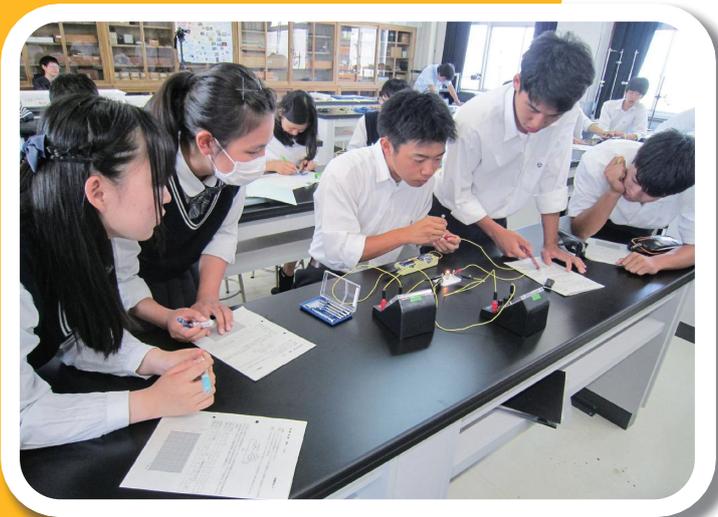
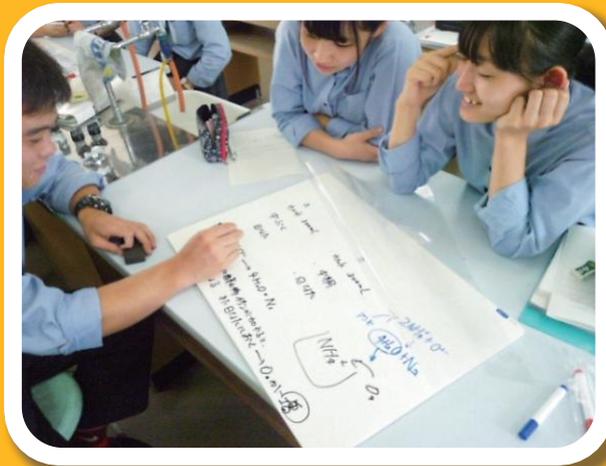


全ての生徒に **探究** を！

探究するために必要な資質・能力
を育む理科の授業づくり



平成31年2月
岡山県総合教育センター

目 次

第1部 概論編

| | | |
|--------------------------|----|-----|
| 新学習指導要領のポイント | …… | p 1 |
| 全国学力・学習状況調査結果から見える岡山県の現状 | …… | p 2 |
| 授業づくりの進め方 | …… | p 3 |
| 授業づくりにおけるQ & A | …… | p 5 |

第2部 実践事例編

| | | |
|---------------------------------|----|------|
| 中学校・高等学校における実践事例（概要） | …… | p 6 |
| 実践事例の示し方 | …… | p 8 |
| 実践事例① 音の大小や高低と音源の振動との関係を調べよう | …… | p 9 |
| 実践事例② 実験室で台車を等速直線運動させる方法を考えよう | …… | p 12 |
| 実践事例③ 気柱が共鳴するときの空気の管の長さを予想しよう | …… | p 15 |
| 実践事例④ 豆電球の電流電圧特性をミクロな視点で考えよう | …… | p 18 |
| 実践事例⑤ 水に溶ける物質の共通点を推測しよう | …… | p 21 |
| 実践事例⑥ 中和滴定の終点を知るための方法を学ぼう | …… | p 24 |
| 実践事例⑦ 水質を浄化しよう | …… | p 27 |
| 実践事例⑧ 事象や環境の変化による自律神経系への影響を調べよう | …… | p 30 |

全ての生徒に **探究** を！

探究するために必要な資質・能力 を育む理科の授業づくり



これからの社会において、「探究」は重要なキーワードです。探究を取り入れた理科の授業づくりについて一緒に考えてみましょう！

第1部 概論編



探究的な理科の授業をしたいけど、どうすればいいの？

難しく考えなくても、これまでの授業でもやってきたことです。ただし、どのような資質・能力の育成を目指すかを明確にした上で、単元の構想や工夫・手だてを考え、意図的に行うことが大切です。



そうなんだ。でも、そもそも探究ってどう捉えたらいいの？どこから取り組んでいけばいいの？

授業づくりの手がかりとして、まず、新学習指導要領のポイントと全国学力・学習状況調査結果から見える岡山県の理科教育の現状を見てみよう。



新学習指導要領のポイント



今回の改訂では、下に示す「改訂に当たっての基本的な考え方」を踏まえて、「① 目標及び内容の示し方の改善」「② 学習内容の改善」「③ 指導の重点等の提示」について改善・充実が図られました。

理科改訂の要点 (※1)

(1) 改訂に当たっての基本的な考え方

理科で育成を目指す資質・能力を育成する観点から、【中学校：自然の事物・現象に進んで関わり 高等学校：理科の見方・考え方を働かせ】、見通しをもって観察、実験などを行うことなどを通して、自然の事物・現象について**科学的に探究する学習を充実**した。また、理科を学ぶことの意義や有用性の実感及び理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視した。



目標は、理科で育成を目指す資質・能力（下線部）が、(1)「知識及び技能」、(2)「思考力、判断力、表現力等」、(3)「学びに向かう力、人間性等」の三つの柱で整理されています。目標からも、科学的に探究する活動を重視していることが伺え、中学校と高等学校との接続が図られていることが分かります。

理科の目標 (※1)

自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、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。

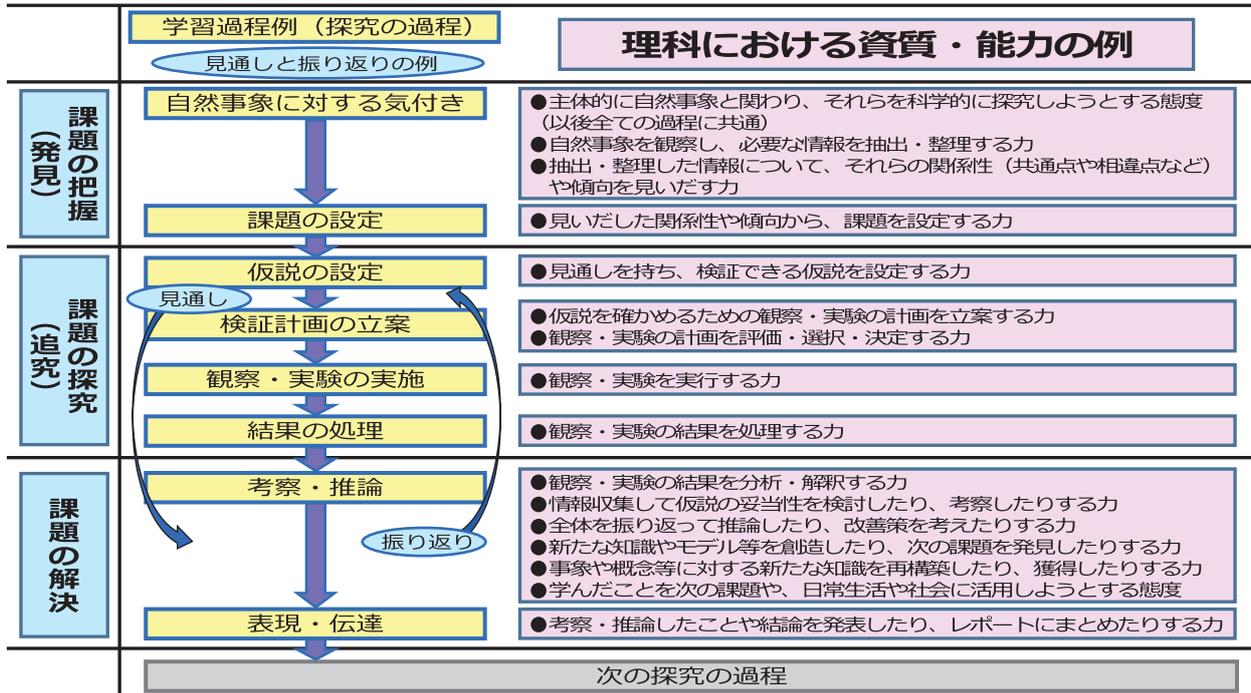
- (1) 自然の事物・現象についての理解を深め、**科学的に探究**するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、**科学的に探究**する力を養う。
- (3) 自然の事物・現象に【中学校：進んで 高等学校：主体的に】関わり、**科学的に探究**しようとする態度を養う。

※1 文部科学省「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編」「高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編 理数編」より下線、太字：岡山県総合教育センター



資質・能力を育成する学びの過程の考え方として、「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ（下図）※2」が示されました。また、①～⑦のことが留意点として示されました。

図 資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ(高等学校基礎科目の例)



- ① 探究の過程は、必ずしも一方向の流れではない。また、授業では、その過程の一部を扱ってもよい。
- ② 「見通し」と「振り返り」は、学習過程全体を通してのみならず、必要に応じて、それぞれの学習過程で行うことも重要である。
- ③ 全ての学習過程において、今までに身に付けた資質・能力（既習の知識及び技能など）を活用する力が求められる。
- ④ 意見交換や議論の際には、あらかじめ個人で考えることが重要である。また、他者とのかかわりの中で自分の考えをより妥当なものにする力が求められる。
- ⑤ 単元内容や題材の関係で観察・実験が扱えない場合も、調査して論理的に検討を行うなど、探究の過程を経ることが重要である。
- ⑥ 自然事象には、日常生活に見られる事象も含まれる。
- ⑦ 小学校及び中学校においても、基本的には高等学校の例と同様の流れで学習過程を捉えることが必要である。

この探究の過程を意識して、それぞれの学習過程において、資質・能力が育成されるようにすることが大切です。



※2 平成28年12月に中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」において示され、一部修正されたものが中学校、高等学校の学習指導要領解説理科編に示されています。上図は一部省略して示しています。

全国学力・学習状況調査結果から見える岡山県の現状

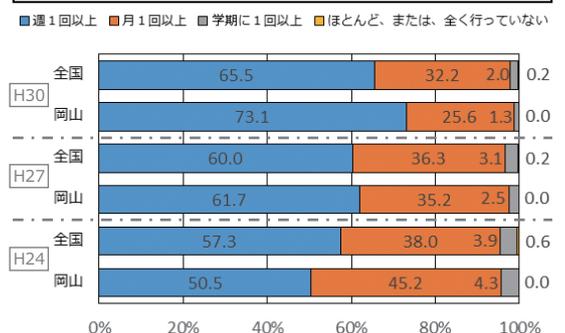


右のグラフから、岡山県では観察・実験の実施状況が改善され、平成27年度以降は、全国平均を上回っていることが分かります。

岡山県の中学校では、観察・実験がよく実施されているんだね。理科では、観察・実験に、十分な時間を設定することが必要だね。



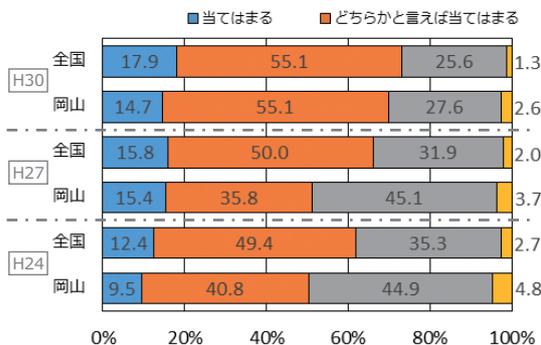
Q 前年度に理科室で観察や実験をする授業を1クラス当たりどの程度行いましたか ※3



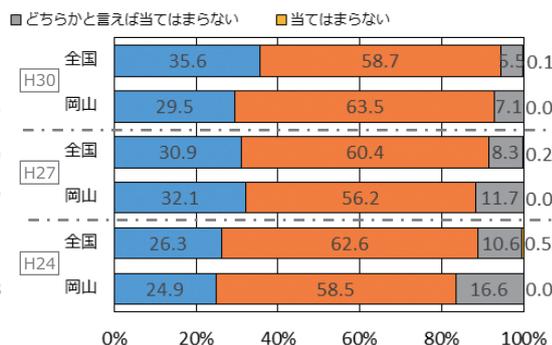


下の二つのグラフを見ると、自ら考えた仮説を基に観察・実験の計画を立てる指導や、観察や実験の結果を分析し解釈する指導について肯定的な回答が全国平均を下回っていることが分かります。

Q 自ら考えた仮説をもとに観察、実験の計画を立てる指導を行いましたか ※3



Q 観察や実験の結果を分析し解釈する指導を行いましたか ※3



※3 国立教育政策研究所「平成24年度、27年度、30年度全国学力・学習状況調査 中学校 回答結果集計（学校質問紙）岡山県-学校（公立）」より作成



平成30年度学力調査（中学校理科）の結果から、実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善することや、自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画することに課題が見られます。

探究の過程で見ると、「観察・実験の実施」の前後の学習過程について課題が見られるのね。このあたりを意識して授業をするとよさそうね。



岡山県や各校の現状を踏まえ、生徒の学力課題の解決に向けて、探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できることを目指して授業を行うことが大切です。

授業づくりの進め方



実践事例編では、岡山県の課題を踏まえ、「観察・実験の実施」の前後の学習過程にあたる「仮説の設定」「検証計画の立案」「結果の処理」「考察・推論」の学習過程を重視した事例を紹介しています。これらの事例では、次の3段階のステップで単元をデザインしました。

ステップ1

生徒の実態（学力課題など）に応じて、重視する探究の過程（右図）と育成を目指す資質・能力を「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ（p2図）」を基に定め、示された資質・能力を基に、単元で目指す生徒の姿を明確にする。

ステップ2

ステップ1で明確にした生徒の姿を実現するために、中心的な位置付けとなる「ポイントとなる授業（1時間もしくは2時間）」の概略を考える。

ステップ3

単元全体を構成するために、「ポイントとなる授業」を核として、「①探究に向かう原動力」「②必要となるパーツ」「③パーツをつなぐためのツール」（※p4参照）を整理し、どのように単元に位置付けるのかを検討する。

重視する探究の過程





単元をデザインするためには、生徒の知識・技能などを的確に把握し、それらをどのようにつなぐかがポイントです。また、生徒自身が主体的に探究を進めていく必要があります。実践事例では、これまでの授業実践から探究を進めるために必要な要素を抽出し、分析的に検討し、共通項として次の三つにまとめ、**ステップ3**で取り入れています。

ステップ3 で取り入れた三つの要素

※実践事例では、三つのマークで工夫・手だてを示しています。

①探究に向かう原動力

それぞれの探究の過程を自分自身で進めるために、事物・現象に興味・関心をもったり、それぞれの過程に必然性や有用性を感じたりすること



②必要となるパーツ

生徒自身で事物・現象について探究の過程を進めるために必要な、学習経験や生活経験で得た知識・技能



③パーツをつなぐためのツール

「必要となるパーツ」をつなぐための場面やつなぐための考え方、方法



実践事例では、下のように資質・能力を育成していくイメージをもって授業づくりを行いました。また、生徒に三つの要素をもたせる具体的な工夫・手だて（例）を表にまとめています。

資質・能力を育成していくイメージ

自然の事物・現象（日常生活で見られる事象も含む）について、生徒自身に探究の過程を通じて課題を解決したいと感じさせることが必要である（「①探究に向かう原動力」）。

その上で、その事物・現象に関連する学習経験や生活経験で得た知識・技能など（「②必要となるパーツ」）を活用する場面を設定する。生徒は、既習の知識・技能を、例えば比較したり、関連付けたり、他者と意見交流をしたり（「③パーツをつなぐためのツール」）しながら、ばらばらであった知識などをつなぎ合わせたり組み合わせたりする。

こうして、生徒が課題や仮説を見いだしたり、考察して結論を見いだしたりすることで、目指す資質・能力の育成を図っていく。

三つの要素に基づく具体的な工夫・手だて(例)

| 要素 | ①探究に向かう原動力 | ②必要となるパーツ | ③パーツをつなぐためのツール |
|--------------|---|---|---|
| 具体的な工夫・手だての例 | <ul style="list-style-type: none"> 不思議や疑問に感じる事物・現象を題材とする。 生徒が「ずれ」を感じられるようにする。（知識と経験や自分と他者の考えとのずれ、予想と異なる結果やばらついた結果を得る経験等） 「自分でできそうだ」と感じるようにする。（解決への見通しをもたせる等） 有用性や必然性を感じるようにする。（日常生活や社会と関連付ける等） 失敗から学ぶ経験の場を設定する。（失敗することは改善へのステップという意識等） | <ul style="list-style-type: none"> 単元や前単元までの学習で得た知識・技能（用語や法則、概念、実験手法、グラフの作成方法や読み取り方等） 日常生活での経験や体験（生徒に想起させる工夫等） 必要な情報を収集する場面の設定（文献等を用いての調べ学習、必要な情報を教師が与える工夫等） 観察・実験の結果やデータ（一定量のデータ、観察・実験を撮影することにより再現する等） | <ul style="list-style-type: none"> 科学的に探究する方法の意識化（比較、関係付け、変える条件と変えない条件を明確にする等） ペア、グループでの話し合い活動の導入 既習の考え方の適用（考え方を想起させる、同じ考え方を繰り返す等） 考え方の生徒への提示（ヒントカード、ワークシート、発問等） 考え方を学ぶ場面の設定 情報の整理や可視化（ホワイトボード、思考ツールの活用等） |

授業づくりにおけるQ&A

Q1 「仮説の設定」「検証計画の立案」の過程ではどのようなことを意識すればいいですか？

A 何のために実験を行うのか、どのような結果が予想されるのかなど見通しをもたせ、「必要となるパーツ」や「パーツをつなぐためのツール」を駆使して科学的な根拠に基づいて仮説の設定や検証計画の立案を行わせることが大切です。



Q2 「結果の処理」「考察・推論」の過程ではどのようなことを意識すればいいですか？

A 繰り返し実験したり、他の班と共有したりして「必要となるパーツ」となる観察・実験の結果を十分に得るようにすることが大切です。また、考察した後、仮説、検証計画が妥当であったかなど探究の過程を振り返らせることが大切です。



Q3 探究的な授業を進めていくと、進度が遅くありませんか？

A 探究の過程を意識して単元を構成することで「必要となるパーツ」となる知識・技能の習得がスムーズになり、活用することにより定着も図られます。実践事例でも、知識・技能の習得にかかる時間が短縮され、理解が促進される生徒の姿が見られています。



Q4 1単位時間で全ての探究の過程を取り入れないといけないのですか？

A 1単位時間に全ての探究の過程を展開すると、時間が足りず結果として教師主導の作業的な活動になってしまうこともあります。発達段階に応じて学習の過程の一部を扱ったり、適宜省略したり、内容によって2時間扱いにしたりする工夫が必要となります。



Q5 全ての授業で探究的な授業をしていかないといけないのですか？

A 全ての授業で行うことが求められているわけではありませんが、学習内容の特質に応じて、探究の過程を踏まえた学習活動を行うようにすることが大切です。
中学校では各学年で主に重視する探究の過程について、高等学校でも科目によって探究の過程の取扱いについて、学習指導要領等に以下のような記載があります。



【学習指導要領等における探究の過程の扱いについての記載】 下線：岡山県総合教育センター

「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編」第1章 3 理科改訂の要点

今回の改訂では、3年間を通じて計画的に、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するために、各学年で主に重視する探究の学習過程の例を以下のように整理した。

第1学年：自然の事物・現象に進んで関わり、その中から問題を見いだす

第2学年：解決する方法を立案し、その結果を分析して解釈する

第3学年：探究の過程を振り返る

「高等学校学習指導要領（平成30年告示）」第2章 第5節 第2款 各科目

第1 科学と人間生活 3 内容の取扱い（1）イ

この科目で育成を目指す資質・能力を育むため、観察、実験などを行い、探究の過程を踏まえた学習活動を行うようにすること。その際、学習内容の特質に応じて、課題の把握、課題の追究、課題の解決における探究の方法を習得させるようにすること。

第2 物理基礎 3 内容の取扱い（1）イ

この科目で育成を目指す資質・能力を育むため、観察、実験などを行い、探究の過程を踏まえた学習活動を行うようにすること。その際、学習内容の特質に応じて、情報の収集、仮説の設定、実験の計画、実験による検証、実験データの分析・解釈、法則性の導出などの探究の方法を習得させるようにするとともに、報告書などを作成させたり、発表を行う機会を設けたりすること。

第3 物理 3 内容の取扱い（1）イ

この科目で育成を目指す資質・能力を育むため、「物理基礎」の3の(1)のイと同様に扱うとともに、この科目の学習を通して、探究の全ての学習過程を経験できるようにすること。

第2部 実践事例編

中学校・高等学校における実践事例（概要）

実践事例① 音の大小や高低と音源の振動との関係を調べよう

中学校 第1学年「身の回りの現象」音の性質

重視する
探究の過程

検証計画の立案

本単元で目指す生徒の姿

主な工夫・手だて

音の大小と高低を決める要因は何かという課題を追究する。「変えるもの」と「変えないもの」を意識し、条件制御の考え方を生かして、見通しをもって実験計画を立案し、より妥当な計画を選択・決定することができる。



テグスを用いた簡易装置を使用させ、見通しをもたせる



音の大小や高低に関する既習の知識・技能



「変える条件」「変えない条件」を意識した実験の考え方



掲載頁 P9～11

実践事例② 実験室で台車を等速直線運動させる方法を考えよう

中学校 第3学年「運動とエネルギー」物体の運動

重視する
探究の過程

結果の処理

考察・推論

本単元で目指す生徒の姿

主な工夫・手だて

等速直線運動に関する実験に問題を見いだして、課題や仮説を設定する。身に付けた知識や技能などを活用しながら、見通しをもった実験の実施、結果の分析・解釈を繰り返し、課題を解決するための改善策を考えることができる。



実験を繰り返したり、試行錯誤したりする場面を設定する



力や物体の運動に関する既習の知識・技能



改善策を考えるための手順
※実験、結果、原因、改善



掲載頁 P12～14

実践事例③ 気柱が共鳴するときの空気の管の長さを予想しよう

高等学校 物理基礎「音と振動」気柱の共鳴

重視する
探究の過程

仮説の設定

本単元で目指す生徒の姿

主な工夫・手だて

気柱が共鳴する際、どのような仕組みで定常波が生じ、どのような固有振動をとり得るのかを考える。共鳴が起こる気柱の長さについて、根拠をもって仮説を立て、実験計画として立案することができる。



様々な種類の楽器や物体などから生じる音を観察させる



定常波のできる仕組みなどの既習の知識



波の諸現象や定常波についてのイメージ



掲載頁 P15～17

実践事例④ 豆電球の電流電圧特性をミクロな視点で考えよう

高等学校 物理「電気回路」非線形抵抗

重視する
探究の過程

考察・推論

本単元で目指す生徒の姿

主な工夫・手だて

豆電球の電流電圧特性を測定し、オームの法則に従わない（非線形抵抗）ことを見いだすことができる。さらにその原因を熱運動や自由電子の運動といったミクロな視点から科学的に考察することができる。



既習事項（オームの法則）に従わない現象を発見させる



熱分野、電気分野での既習の知識



物理現象におけるミクロな視点



掲載頁 P18～20

実践事例⑤

水に溶ける物質の共通点を推測しよう

高等学校 化学基礎「単体・化合物・混合物」化学結合

重視する
探究の過程

仮説の設定
検証計画の立案

本単元で目指す生徒の姿

様々な物質の水溶性について、日常生活での経験や既習の知識を基に、仮説を立てる。仮説の検証計画を立案し、見通しをもって実験を行い、得られた結果から水溶性の物質の共通点を見だし、化学結合や結晶との関係について考察・推論することができる。

主な工夫・手だて



日常生活で身近な水への水溶性を題材とする



原子の電子配置、結晶構造と性質などの既習の知識



思考ツールの活用



掲載頁 P21～23

実践事例⑥

中和滴定の終点を知るための方法を学ぼう

高等学校 化学基礎「酸・塩基と中和」中和滴定の指示薬

重視する
探究の過程

結果の処理
考察・推論

本単元で目指す生徒の姿

強酸と強塩基の中和の終点を知る上で、適切な指示薬を選択し、得られる結果を予測して中和滴定を行う。指示薬の観察や滴定実験の結果を分析・解釈することで、水溶液の濃度を求め、それぞれの指示薬の有用性を判断することができる。

主な工夫・手だて



温泉の中和などの日常生活や身の回りの物質を活用する



酸・塩基の性質などの既習の知識



過去の実験結果の分析・解釈と今回の実験結果との比較



掲載頁 P24～26

実践事例⑦

水質を浄化しよう

高等学校 生物基礎「生態系とその保全」生態系バランスと保全

重視する
探究の過程

仮説の設定
検証計画の立案

本単元で目指す生徒の姿

水質を浄化するという課題解決のために、自ら課題を設定し、既習の知識を活用して見通しをもって仮説を立てることができる。また、仮説を検証するための実験を計画し、より科学的な根拠に基づいた計画を選択・決定することができる。

主な工夫・手だて



身近な生物や環境を課題として設定する



水質浄化する際の各物質の変化についての既習の知識



視点を明確にして、客観的に振り返る機会の設定



掲載頁 P27～29

実践事例⑧

事象や環境の変化による自律神経系への影響を調べよう

高等学校 生物基礎「生物の体内環境の維持」体内環境の維持の仕組み

重視する
探究の過程

考察・推論

本単元で目指す生徒の姿

自律神経系により支配されている心臓拍動に着目し、それを変動させる外的要因について、仮説の設定、実験計画の立案・実施し、結果を得る。仮説通りの結果を得ることの難しさを知り、よりよい結果を得るための改善策を検討することができる。

主な工夫・手だて



日常生活や自身の体と結び付けた課題を設定する



自律神経系とホルモンの働きについての既習の知識



仮説設定から考察までの探究の過程の繰り返し



掲載頁 P30～32



詳細はそれぞれの実践事例 (p 9～) をご覧ください。その際、p 8の「実践事例の示し方」の説明と合わせてご覧ください。

実践事例の示し方

1 育成を目指す資質・能力

授業づくりの **ステップ1** を次のように示しています。

(1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力

重視する探究の過程を図示し、「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ (p2 図)」で示された資質・能力から示しています。

(2) 本単元で目指す生徒の姿

育成を目指す資質・能力を単元で目指す生徒の姿として具体的に示しています。

2 授業づくりの概要

授業づくりの **ステップ2** **ステップ3** を次のように示しています。

(1) 単元のデザイン

単元のデザインを示しています。図には、「ポイントとなる授業」を中心として、三つの要素をどのように位置付けているかなど、単元のデザインをイメージ図として示しています。なお、三つの要素に基づく工夫・手だてをマークで示しています。

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

三つの要素をそれぞれ示しています。なお、ここに示している内容は、単元のデザイン及び「ポイントとなる授業」の展開例においてマークで示しています。

3 ポイントとなる授業

「ポイントとなる授業」の詳細を次のように示しています。

(1) 授業のねらい

授業のねらいを示しています。

(2) 展開例 (時数)

展開例 (1 時間もしくは 2 時間) を示しています。なお、三つの要素に基づく工夫・手だてをマークで示しています。

(3) 生徒の様子

授業での生徒の様子を示しています。

4 考察と今後の展望

「2 授業づくりの概要」を踏まえ、成果や課題、今後の展望などを示しています。

実践事例①

音の大小や高低と音源の振動との関係を調べよう

中学校 第1学年「身の回りの現象」音の性質

1 育成を目指す資質・能力

(1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
・仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力
・観察・実験の計画を評価・選択・決定する力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

音の大小と高低を決める要因は何かという課題を追究する。「変えるもの」と「変えないもの」を意識し、条件制御の考え方を生かして、見直しをもって実験計画を立案し、より妥当な計画を選択・決定することができる。

2 授業づくりの概要

(1) 単元のデザイン

音の高低を決める要因を調べる実験の計画を自ら立てる授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。生徒の日常生活での経験も踏まえて音の単元の導入を行い、基本的な知識・技能を習得させる。これらの知識・技能や、前単元の「植物の世界」での対照実験の考え方を生かして、音の大小、高低の要因を調べる実験を行わせる。その際、音の大小、高低について分けて考えさせることで、条件制御を意識して繰り返し実験計画・実施をすることができ、段階を追って資質・能力の育成が図れるように計画する。

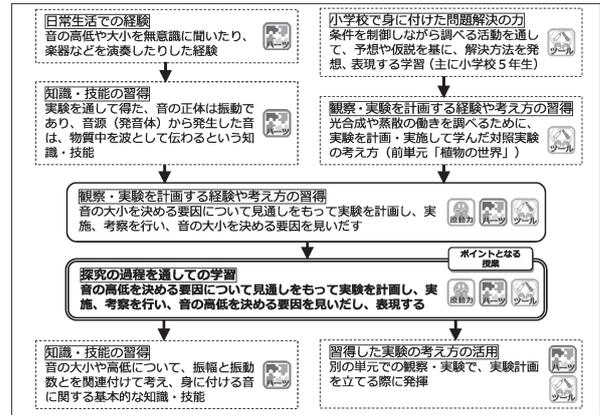


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・複数の音を聞かせ、音の違いを意識させ、その違いに興味・関心をもちさせる。
- ・弦の長さや太さを自由に換えられるテグスを用いた簡易装置を使用させ、見直しをもちさせる。

② 必要となるパーツ

- ・音の大小や高低に関係する既習の知識・技能
- ・音の大小、高低の要因となりそうな「変えることのできる条件」(クラス全体で共有)

③ パーツをつなぐためのツール

- ・「変える条件」と「変えない条件」を意識した実験の考え方(ワークシートの工夫など)
- ・条件を制御するという実験の考え方
- ・より妥当な実験計画となるように、個人の考えを班で共有し、他の班の考えと比較

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

音の高低の要因を見いだす実験を考え(本時)、実験を実施し、観察を行い音の高低の要因を見いだすこと(次時)をねらいとする。モノコード(音源)を使って実験を行う前に、テグスを用いた簡易装置を使って、条件制御の考え方を働かせながら、生徒自身で実験の計画を立てることで資質・能力の育成につなげる。

(2) 展開例 (2 時間)

| 学習活動 | 教師の指導・支援 |
|---------------------|---|
| 1 既習内容を確認する。 | ○本時に関連する知識・技能を復習する。 |
| 2 課題を共有し、学習に見直しをもつ。 | ○高い音、低い音を聞かせ、音の高低について注目させ、その要因を調べる実験を考え、行う。 |
| 3 「変えることのできる条件」を | ○モノコード |

図3 発表用ホワイトボード

生徒は、「音の高低は何かによって決まるのか」という問いに対して、「音の高低は、弦の長さや太さによって決まるのか」という仮説を立て、実験を行った。また、授業後に毎時行っている自己評価(4件法)において、音の大小を調べる実験に比べ、音の高低を調べる実験の方が授業への関わり(計画の立案、実験の実施、話し合い活動、内容理解)について肯定的回答が増加した。

4 考察と今後の展望

生徒は、音の高低が何に関係しているかという視点や条件制御の考え方を生かし、既習の知識をつなげて深く学ぶことができていた。重視した「検証計画の立案」は、生徒にとっては不慣れた活動であったが、同様の活動やワークシートを用いて繰り返すことにより、1回目(音の大小)に比べ2回目(音の高低)の方がスムーズに活動できていた。また、「検証計画の立案」には「必要となるパーツ」である学習経験や生活経験で得た知識が必要になることが改めて分かった。知識がない場合には、何をどうしたらよいか分からないまま、実験計画を立てられない。そこで、ある程度その単元の学習が学んだ頃に本実践のような学習を行うと有効であることが分かった。また、知識や経験の乏しい生徒でも考えることができるような道具を準備することも必要であった。生徒の資質・能力の育成には、小学校や前単元までに身に付けた資質・能力とのつながりを意識して、積み重ねていく必要がある。単元のデザインをする際には、生徒の実態を把握した上で、知識の習得の場面をどこに位置付けるのかなどを検討することが大切である。



本指導資料が、各校や各地域の研修会などで活用され、先生方の今後の授業づくりの一助となれば幸いです。

実践事例①

音の大小や高低と音源の振動との関係を調べよう

中学校 第1学年「身の回りの現象」音の性質

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

- (1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
- ・仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力
 - ・観察・実験の計画を評価・選択・決定する力

- (2) 本単元で目指す生徒の姿

音の大小と高低を決める要因は何かという課題を追究する。「変えるもの」と「変えないもの」を意識し、条件制御の考え方を生かして、見通しをもって実験計画を立案し、より妥当な計画を選択・決定することができる。



2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

- (1) 単元のデザイン

音の高低を決める要因を調べる実験の計画を自ら立てる授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。生徒の日常生活での経験も踏まえて音の単元の導入を行い、基本的な知識・技能を習得させる。これらの知識・技能や、前単元の「植物の世界」での対照実験の考え方を生かして、音の大小、高低の要因を調べる実験を行わせる。その際、音の大小、高低について分けて考えさせることで、条件制御を意識して繰り返し実験計画・実施をすることができ、段階を追って資質・能力の育成が図れるように計画する。

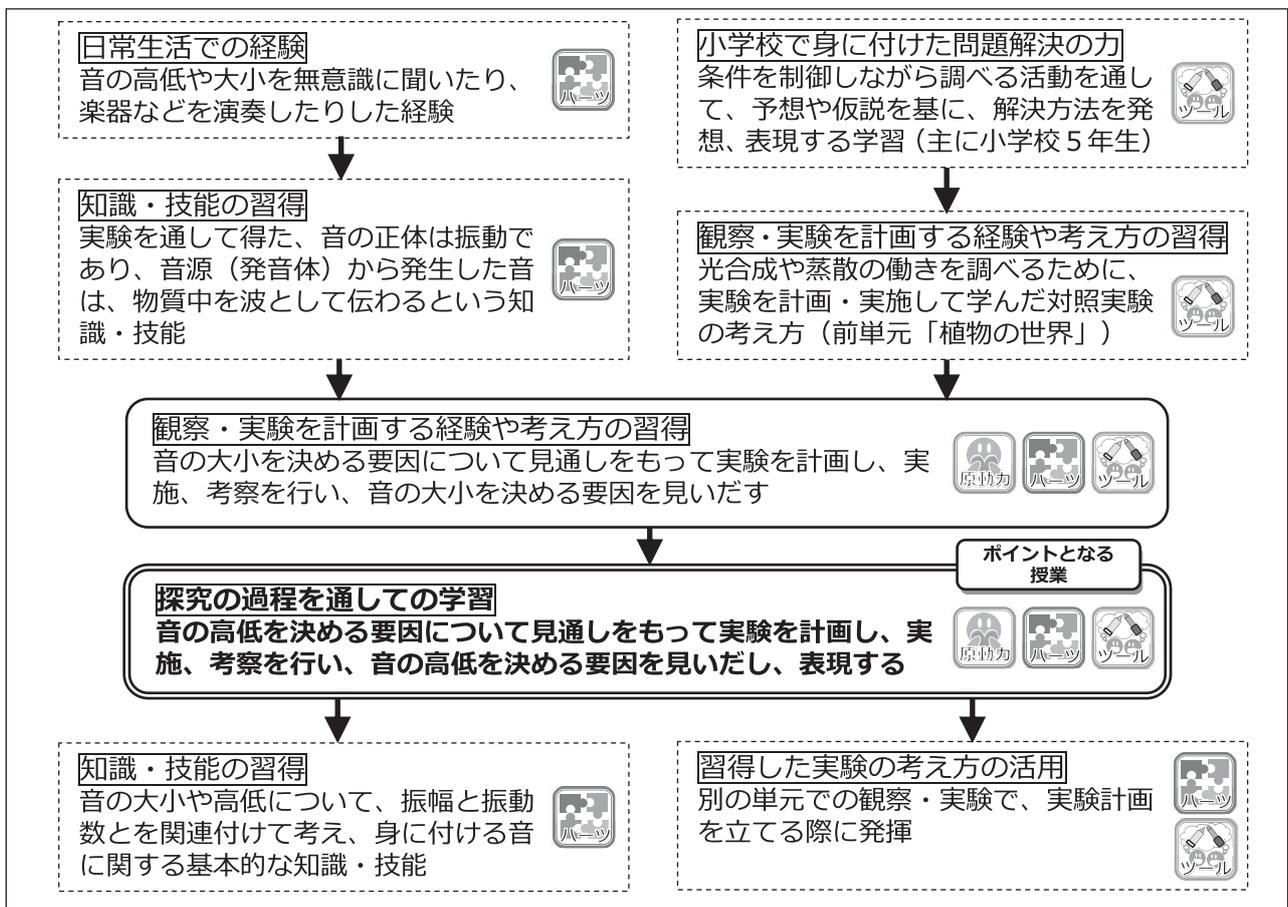


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・複数の音を聞かせ、音の違いを意識させ、その違いに興味・関心をもたせる。
- ・弦の長さや太さを自由に変えられるテグスを用いた簡易装置を使用させ、見通しをもたせる。

② 必要となるパーツ

- ・音の大小や高低に関係する既習の知識・技能
- ・音の大小、高低の要因となりそうな「変えることのできる条件」（クラス全体で共有）

③ パーツをつなぐためのツール

- ・「変える条件」と「変えない条件」を意識した実験の考え方（ワークシートの工夫など）
- ・条件を制御するという実験の考え方
- ・より妥当な実験計画となるように、個人の考えを班で共有し、他の班の考えと比較

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

音の高低の要因を見いだす実験を考え（本時）、実験を実施し、考察を行い音の高低の要因を見いだすこと（次時）をねらいとする。モノコード（音源）を使って実験を行う前に、テグスを用いた簡易装置を使って、条件制御の考え方を働かせながら、生徒自身で実験の計画を立てることで資質・能力の育成につなげる。

(2) 展開例（2時間）

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|---|---|
| 1 既習内容を確認する。 | ○本時に関連する知識・技能を復習する。  |
| 2 課題を共有し、学習に見通しをもつ。 | ○高い音、低い音を聞かせ、音の高低について注目させ、その要因を調べる実験を考え、行うことを伝える。  |
| 音の高低が何によって決まるのかを調べよう | |
| 3 「変えることができる条件」を考え、発表する。 | ○モノコードを使用する際に、「変えることができる条件」を考えさせ、クラス全体で共有する。  |
| 4 実験計画を考える。(個人→班) | ○モノコードを使用する前提で、実験計画を考えさせる。 ○音の高低を変化させるには、どうすればよいかを個人で考えワークシートにまとめさせる。 ・「変えるもの」「変えないもの」を意識する。  ・テグスを用いた簡易装置を使用しながら考える。  |
|  | ○個人で考えたことを発表し、ホワイトボードを使って意見を共有させ、実験の方向性をまとめさせる。 ・条件制御を確認する。  |
| 5 班の実験計画を発表する。 | ○班で考えた実験をクラス全体へ発表させる。 |
| 6 実験計画を再検討する。 | ○他の班の考えと比較させ、実験計画を再検討させる。  |
| (※以下、第2時) | |
| 7 班で考えた実験を行う。 | ○モノコードを用いて、班で考えた実験を実施させる。 ・「変えるもの」「変えないもの」を意識しながら実験を実施しているか確認する。  |

| | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 8 実験結果から音の高低に関係するものを見いだす。 | ○実験結果から音の高低を決める要因を見いださせる。 |
| 9 班の実験方法・結果を発表し、まとめをする。 | ○生徒の発表を基にまとめを行い、活動の価値付けを教師が行う。 |
| 10 振り返りをする。 | ○探究の過程を振り返らせる。 |

(3) 生徒の様子

授業の冒頭、生徒にモノコードを隠して高低の違う音を聞かせると、前時の音の大小の取組と比較しながら自然と音の高低について考えていた。音の高低の要因を調べるために、あらかじめ個人で「変えることのできる条件」を挙げさせ、ワークシートに書き出させた(図2)。生徒から、弦の長さや太さ、張り具合、弦をはじく位置など多くの条件が挙がり、クラスで共有した。

◎変えることができるもの

弦の長さ 弦の太さ 張り具合 はじく位置

◎条件制御について

| | 変えるもの | 変えないもの | 変えないもの | 変えないもの | 変えないもの |
|-----|------------------|--------|---------|---------|--------|
| 実験1 | 弦の長さ 長い 短い | 弦の太さ | 弦のはじく位置 | 弦のはじく強さ | |
| 実験2 | 弦の太さ 太い 薄い | 弦の長さ | 弦のはじく位置 | 弦のはじく強さ | |
| 実験3 | 張り具合 強い 弱い | 弦の長さ | 弦のはじく位置 | 弦の太さ | |
| 実験4 | | | | | |
| 実験5 | | | | | |

図2 ワークシートの一部

実験計画では、既習の知識や経験に加え、テグスを用いた簡易装置をうまく活用しながら、冒頭に共有した「変えることのできる条件」を基に、音の高低に関係しそうな要因を絞りこんでいた。生徒は、ホワイトボードを中心に頭を寄せ合いながら、自分の考えや班での議論を通して、「変える条件」と「変えない条件」を意識しながら、見通しをもって課題を解決するための実験計画を立てることができた(図3)。また、他の班の考えを聞くことで、自分たちの考えを見直し、要因をより絞り込むなどの改善をしたり、より自信をもったりした班も見られた。

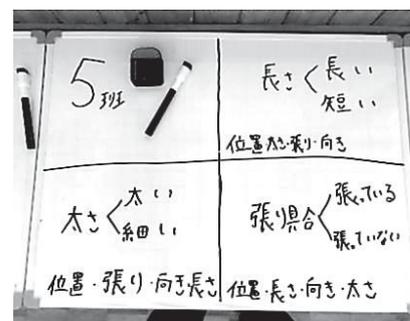


図3 発表用ホワイトボード

生徒の振り返りの記述には、「自分だけでは考えられなかったけど、みんなの考えを聞いて実験を考えることができた」「自分たちで実験を考えてみて、実験の結果が頭に入ってきておもしろかった」などが見られた。また、授業後に毎時行っている自己評価(4件法)において、音の大小を調べる実験に比べ、音の高低を調べる実験の方が授業への関わり(計画の立案、実験の実施、話し合い活動、内容理解)について肯定的回答が増加した。

4 考察と今後の展望

生徒は、音の高低に何が関係しているかという視点や条件制御の考え方を生かし、既習の知識をつなげて深く学ぶことができていた。重視した「検証計画の立案」は、生徒にとっては不慣れた活動であったが、同様の活動やワークシートを用いて繰り返すことにより、1回目(音の大小)に比べ2回目(音の高低)の方がスムーズに活動できていた。また、「検証計画の立案」には「必要となるパーツ」である学習経験や生活経験で得た知識が必要になることが改めて分かった。知識がない場合には、何をどうしたらよいかの分からない、実験計画が立てられない。そこで、ある程度その単元の学習が進んだ頃に本実践のような学習を行うと有効であることが分かった。また、知識や経験の乏しい生徒でも考えることができるような道具を準備することも必要であると分かった。

生徒の資質・能力の育成には、小学校や前単元までに身に付けた資質・能力とのつながりを意識して、積み重ねていくことが必要である。単元のデザインをする際には、生徒の実態を把握した上で、知識の習得の場面をどこに位置付けるのかなどを検討することが大切である。

実践事例②

実験室で台車を等速直線運動させる方法を考えよう

中学校 第3学年「運動とエネルギー」物体の運動

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

- (1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
- ・観察・実験の結果を分析・解釈する力
 - ・全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

等速直線運動に関する実験に問題を見いだして、課題や仮説を設定する。身に付けた知識や技能などを活用しながら、見通しをもった実験の実施、結果の分析・解釈を繰り返し、課題を解決するための改善策を考えることができる。

2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

等速直線運動の実験では、物体は摩擦のため少しずつ減速してしまう。こうした経験から、理科の学習は日常生活では役立たないという思いにつながる生徒もいる。そこで「台車を等速直線運動させる」という探究課題を設定し、自ら計画した実験と考察を繰り返す授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。過去の探究活動の経験を活かし、力や運動に関する既習の知識・技能、日常経験などを活用し課題を解決することで、資質・能力の育成が図れるように計画する。

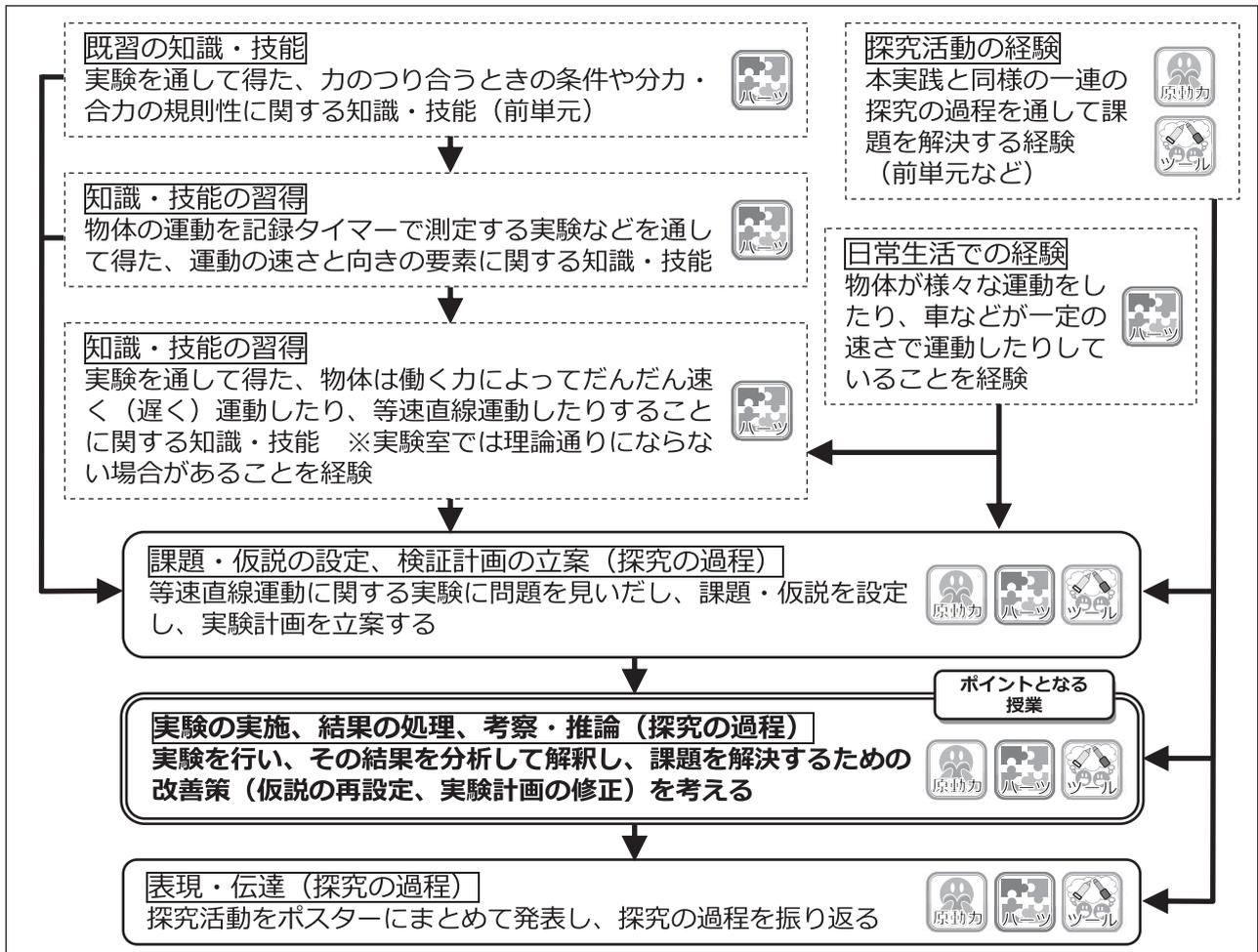


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・等速直線運動について理論通りにならない実験結果を基に、解決する課題を設定する。
- ・実験を繰り返したり、試行錯誤したりして解決できる場面を設定する。

② 必要となるパーツ

- ・力や物体の運動に関係する既習の知識・技能
 - ※ヒントカード(図2)の活用、これまで使用した実験器具の活用
- ・等速直線運動しない原因を明確にし、クラス全体で共有

③ パーツをつなぐためのツール

- ・改善策を考える手順(実験、結果、原因、改善)の意識化
- ・より妥当な考え方にするために、個人の考えを他者の考えと比較
 - ※情報収集の時間と情報収集係の設定、ポスター発表
- ・探究活動の経験で身に付けた、条件制御などの科学的な探究の方法

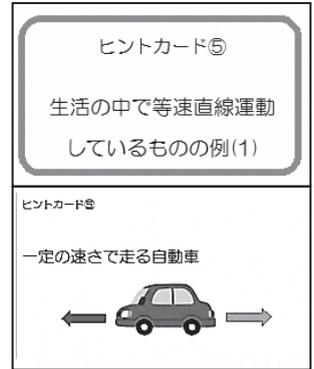


図2 ヒントカード(例)

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

実験室内で台車を等速直線運動させるため、力のつり合いなどの既習の知識を活用して摩擦力や空気抵抗を打ち消す方法を考え、説明させる。前時に計画した実験を実施し、うまくいかない場合はその原因を考え、実験計画を改良させる。過去の実験の問題点について、既習の知識を活用して検証、実験、考察を繰り返すことで、資質・能力を育むことをねらいとする。

(2) 展開例(1時間)

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|--|--|
| <p>1 前時の学習を想起して、各班の実験計画を確認し、学習の見通しをもつ。</p> | <p>○台車が等速直線運動を続けなかった原因を再度確認し、解決する課題を明確にする。 </p> <p>○実験の注意事項を確認する。   </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> ・過去の実験で使用した道具のみを使う。 ・ヒントカードを利用してもよい。 ・実験は何回やり直してもよい。実験の行程を必ず記録しておく。 ・根拠のある実験を行う。(その実験を行うことで何がいえるか。) ・授業終了の10分前には片付けを始める。 </div> |
| <p>計画した実験を通して、実験室で台車を等速直線運動させる方法を見付けよう</p> | |
| <p>2 実験を実施し、台車を等速直線運動させる方法を見付ける。</p> <p>(1) 前時に計画した実験を実施する。</p> <p>(2) 結果を検討し、改善した実験を行う。</p> | <p>○前時に計画した実験を実施させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要であれば情報収集係は他の班へ情報収集に行くことができる時間を途中に設ける。  <p>○仮説通りにならない結果になった場合、結果を検討し、改善するようにさせる。※実験、結果、原因、改善の繰り返し  </p> |
| <p>3 まとめ・振り返りをする。</p> | <p>○ワークシートに実験の結果をまとめ、班で考察をさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・台車が等速直線運動をしなかった原因とその改善策を振り返りできるだけ具体的に説明する。  |

(3) 生徒の様子

等速直線運動について、理論通りにならない実験結果を基に課題を設定したことで、関心をもって活動を始めることができた。また、何度やり直してもよいとしたことで、失敗を恐れず全員が取り組むことができた。生徒が計画した実験方法（例）は、表1の通りである。

表1 生徒が考えた方法の一部

| 摩擦や空気抵抗を減らす方法 | 摩擦や空気抵抗との合力が0になるような別の力を加える方法 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 油、氷、洗剤で床との摩擦、車輪の摩擦を小さくする。 ホバークラフトの原理を利用し床との摩擦を小さくする。 台車の先端を流線形にして空気抵抗を小さくする。 | <ul style="list-style-type: none"> 斜面方向の力と摩擦力をつり合わせる。 斜面上方を摩擦の小さい素材とし、下方ほど大きい素材にする。 空気抵抗とつり合う強さの風を扇風機で送る。 磁石の力で押す、引く。 台車にパラシュートをつけて落下させる。 台車を水の中に落として、重力と水圧（浮力）をつり合わせる。 |

仮説の設定の際にはヒントカードを活用する姿が見られた。実験計画の立案時や実験がうまくいかない時には、改善のアイデアを活発に出し合い、試行錯誤し、解決の方策を考えていた（図3）。情報収集の時間では、情報収集係が他班へ赴き、実験方法を比較しながら改善策を検討していた。ワークシート（図4）と次時に作成したポスター（図5）には、仮説が成り立たなかった原因を分析し、実験方法を再検討したことが記載されていた。



図3 実験の様子

発表後、探究の過程を振り返り、なぜその実験方法を行ったのかなどをまとめさせた。「接地面が大きかったから小さくした」「力のつり合いと摩擦の発生が繋がった」など、実験の着目点を再確認できた。

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| (5) 結果 | |
| ① 等速直線運動ができた。 | ② ①同様 少しかけた。 |
| ●もしも実験がうまくいかなかったら… | |
| (6) 原因として考えられること | |
| カムテープ×紙の間での抵抗 押し方 | 押し方、上手く角度を調節する。 微調整が難しい。 |
| (7) (6)の改善点 | |
| カムテープと紙の間に密着 きれいに貼る。 | へらで測り、 肉眼で観察が必要がある。 |

図4 生徒のワークシートの記述

③ 解決するためには

Q: 自分たちで加える力
L: 等速直線運動を妨げる力の和
ex(摩擦+空気抵抗)
重力=等速直線運動をするには
 $a = L$ のとき、
等速直線運動をするはず

④ -Ⅲ 坂を覆って減速させないようにしよう。
方法) 坂の傾斜角を17°、空気抵抗や摩擦を無視して計算。
原因) 坂の傾斜角が大きいので、減速が速い。
解決策) 坂の傾斜角を17°にして、減速を減らす。

⑤ 遂に成功...!!
坂の傾斜は教科書3冊分
板にカムテープを貼って摩擦軽減

⑥ 結果
<1回目>
<2回目>
等速直線運動を!

図5 生徒が作成したポスターの一部

4 考察と今後の展望

結果を分析・解釈し、仮説や実験計画の改善策を考えるためには、「必要となるパーツ」となる十分な知識・技能を活用する必要がある、これらを引き出し、活用するには日頃から活用することを意識させた授業が大切である。

振り返りの記述には、「意見を出し合うことで、様々な視点から物を見ることができた」「考えの幅が広がった」「分からないことも他の人と考えることで、考えが深まった」「目的を達成するためのアプローチは一つではないことを学んだ」などが見られ、生徒は、協働的に探究活動を進めるよさを見いだしている。授業づくりにおいて、習得した知識・技能の重要性やそれらを活用することの有用性を生徒自身に認識させ、探究の過程を意識した授業を繰り返していくことが大切である。

生徒は、協働的に探究活動を進めるよさを見いだしている。授業づくりにおいて、習得した知識・技能の重要性やそれらを活用することの有用性を生徒自身に認識させ、探究の過程を意識した授業を繰り返していくことが大切である。

実践事例③

気柱が共鳴するときの空気の管の長さを予想しよう

高等学校 物理基礎「音と振動」気柱の共鳴

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

(1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
・見通しをもち、検証できる仮説を設定する力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

気柱が共鳴する際、どのような仕組みで定常波が生じ、どのような固有振動をとり得るのかを考える。共鳴が起こる気柱の長さについて、根拠をもって仮説を立て、実験計画として立案することができる。

2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

気柱共鳴の生じる管の長さについて仮説と実験計画を立案する授業を「ポイントとなる授業」に位置付ける。音の理解には、「波」の理解が不可欠である。媒質の運動や時間変化、正弦波のグラフなど「波」全般のイメージを明確にもつことができれば、音や光も含む波動現象全体に共通する概念が形成され、理解が容易になる。そこで、本単元の前に、波の諸現象や定常波についてなるべく多くの観察・実験を行い、十分なイメージの形成を図る。音という見えない現象について、それまでの単元で獲得した波のイメージを適用し、波の学習内容を活用して音の現象と関連付けることで、原理からの理解を図る。また、単元全体を通じ、グループ協議や教え合い、共有などを行うことで資質・能力の育成を目指す。

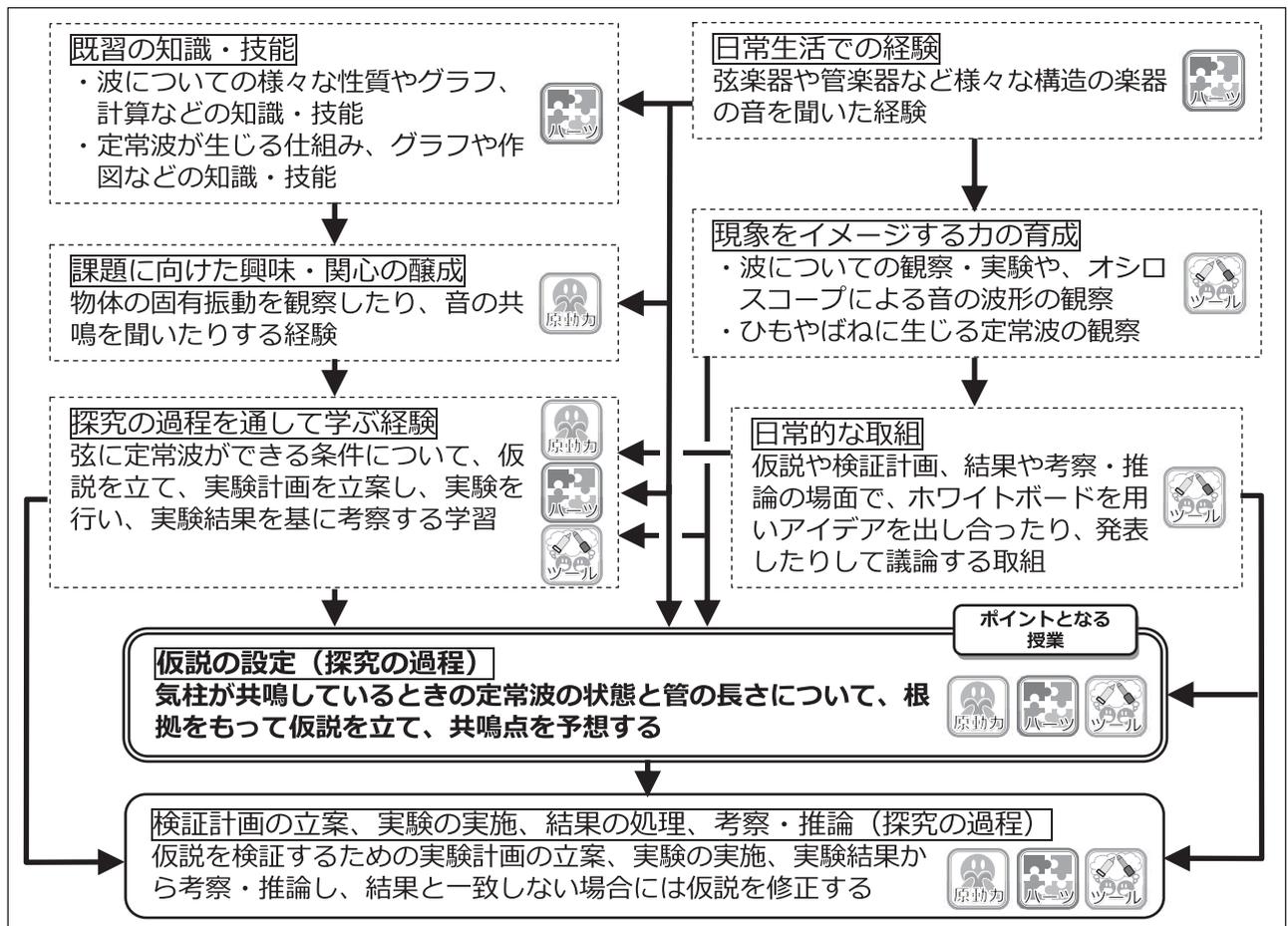


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・様々な楽器や物体などから生じる音を観察することで、音の発生する原理に疑問をもたせる。
- ・様々な波の観察・実験を行うことで、波に関する諸現象に関心をもたせる。

② 必要となるパーツ

- ・波の進み方、媒質の振動や、重ね合わせ、反射の仕方についての知識や、グラフや図を用いて表したり、読み取ったりする技能
- ・定常波のできる仕組みや、媒質の端における定常波の腹と節のでき方を、自由端反射・固定端反射と関連付けて理解した知識

③ パーツをつなぐためのツール

- ・観察・実験を通して養った波の諸現象や定常波についてのイメージ
- ・ホワイトボードを活用し、図や式で説明し話し合うグループ討議

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

気柱が共鳴しているとき、管の端は定常波の腹か節かについて、仮説を立て、管内の定常波の様子と、共鳴が起こる管の長さを予想する。メロディパイプや容器の共鳴を聞いて課題を提起し、既習事項である弦に生じる定常波のできる仕組みと比較・検討することで、波のイメージを適用させながら、根拠をもって仮説を立てて予想できることをねらいとする。

(2) 展開例 (1 時間)

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|--|---|
| 1 既習事項の確認をする。 2 自然事象に気付く。 | ○「定常波」「固有振動」をペアで説明させる。  ○管の共鳴音では、波源が空気（気柱）であることに気付かせる。 ・メロディパイプ（開管）を回したり、円筒形容器（閉管）を吹いたりすると、音が発生することを体験する。  ・それぞれについて、発音体は何か考える。  |
| 3 課題を共有し、学習の見通しをもつ。 | ○気柱が固有振動していることを見だし、どのような定常波が生じているか疑問をもたせる。 ・音が発生する仕組みを、既習事項と関連付けてペアで考え、定常波が気柱に生じていることに気付く。  ・気柱に定常波が生じていることをクラスで共有する。  ・どのような定常波になっているか、疑問をもつ。  |
| 気柱が共鳴するときの管の長さを予想しよう | |
| 4 仮説の設定をする。  | ○開管と閉管について、共鳴する際に定常波の腹や節がどの位置に生じているか仮説を立て、共鳴点を予測させる。 ・既習事項（弦やウェーブマシンでの実験から、定常波が生じる際は両端で波が反射している）と比較し、管の両端（開いていても）で波が反射していることを見だし共有する。  ・開管と閉管について、端が定常波の腹になるか節になるか、根拠とともに仮説を考え、共鳴点を予測する。  |

| | |
|---|--|
| <p>5 仮説を発表し、まとめをする。</p> <p>6 振り返りをする。</p> | <p>○班での協議をホワイトボードに図示し、管内の定常波の様子と共鳴点の位置を根拠とともに発表させる。</p> <p>○授業を振り返り、次時の検証計画の立案に見通しをもたせる。</p> |
|---|--|

(3) 生徒の様子

授業の冒頭のペアワークでは、物理が苦手な生徒も前時の学習事項を教科書を使用し説明していた。メロディパイプや容器から発生する音を聞いた後で、ばねに生じる定常波を演示することで、生徒は既習の知識と関連付けることができ、内部に生じている現象を見だしやすくなった。ホワイトボードを活用し、定常波を作図させながら班で協議をさせると、教科書やワークシートを基に、定常波や反射など既習の知識を活用しながら話し合い、全ての班が仮説を立てることができた(図2)。机間指導の際、定常波が生じる際の波の様子などの既習事項について発問することで、視点や考え方のポイントを明確にさせた結果、過半数の班が正しい作図ができた。また、他の班の発表を参考に、仮説を修正している様子も見られた(図3)。

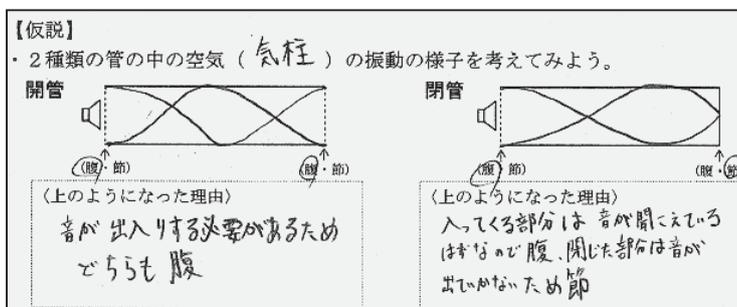


図2 生徒の立てた仮説(例)

生徒は、「どうすればいい」「前回の予想に合わせればいいよね」などと仮説を踏まえて主体的に実験を開始し、「ほんとに聞こえる、すごい」など高い興味・関心を示し、「(予想の位置で)聞こえないのは、なぜ」「予想が違ったんじゃない、どうすればいい」「やっぱり予想の位置だったんだ」など仮説を修正しながら実験を進めることができた。



図3 発表の様子

4 考察と今後の展望

本実践では、生徒は単なる予想ではなく、「必要となるパーツ」である既習の知識を組み合わせながら、根拠をもって仮説を立てることができた。これは、視覚的に図でイメージしたり数式を活用したりして考え話し合うことや、考えを広げて深めるために他者に説明したり質問したりすることを日常的に取り組むことで、生徒にとって「パーツをつなぐためのツール」が機能したためと考える。仮説の設定において、「必要となるパーツ」となる知識をあらかじめもっておくのと同時に、「パーツをつなぐためのツール」となり得る取組を日常的に行い、それらを発揮させることが必要であることが分かった。また、仮説の設定の過程を充実させるためには、既習事項との関連を図りながら、生徒の実態に応じた適切な課題を設定することで、生徒が試行錯誤する場面が生じ、その時間を確保することが大切であることが分かった。

探究の過程は科学探究の過程そのものであり、その手法を身に付けることも大切である。本実践では、探究の過程を通して身に付けたその手法を、次の探究活動に生かすことによって学びが深まり、充実感・達成感が向上することが分かった。また、実践後、単元後半の応用的・発展的内容に関する、生徒の理解が促進された。探究の過程を踏まえることで、基礎的知識の定着が図られ、単元全体への見通しをもてたためと考える。

本実践では、仮説の設定の過程を重視したが、その後の実験の実施、考察の過程も充実した取組となった。これは、生徒自身で見通しをもって取り組むことができたからと考える。限られた授業時間の中で生徒の資質・能力の育成を図るためには、生徒自身で探究の過程の流れを把握し、見通せるようにすることが大切である。このことが、生徒の学習する力の育成と授業の時間的な効率の期待へとつながると考える。

実践事例④

豆電球の電流電圧特性をミクロな視点で考えよう

高等学校 物理「電気回路」非線形抵抗

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

- (1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
- ・観察・実験の結果を分析・解釈する力
 - ・事象や概念等に対する新たな知識を再構築したり獲得したりする力
- (2) 本単元で目指す生徒の姿
- 豆電球の電流電圧特性を測定し、オームの法則に従わない（非線形抵抗）ことを見いだすことができる。さらにその原因を熱運動や自由電子の運動といったミクロな視点から科学的に考察することができる。

2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

豆電球のフィラメントのような極めて熱容量の小さい導体では、温度が大きく上昇するため抵抗値が変化し、電流と電圧が比例しない。そこで、オームの法則に従わない（非線形抵抗）ことを見だし、その原因を熱運動や自由電子の運動といったミクロな視点から科学的に考察する授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。その際、あらかじめ生徒に意識させていた、ミクロの視点、マクロの視点を基に考察を行わせるために、電流に関するモデル実験と、抵抗値の温度変化の演示実験を示し、フィラメントの大きさを観察する。これによって「自由電子が陽イオンへ衝突しジュール熱が発生する」というミクロな現象と、「豆電球のフィラメントのような極めて小さい導体は熱容量も極めて小さく著しく温度が上昇する」というマクロな現象を結び付けて、原因を見いださせる。

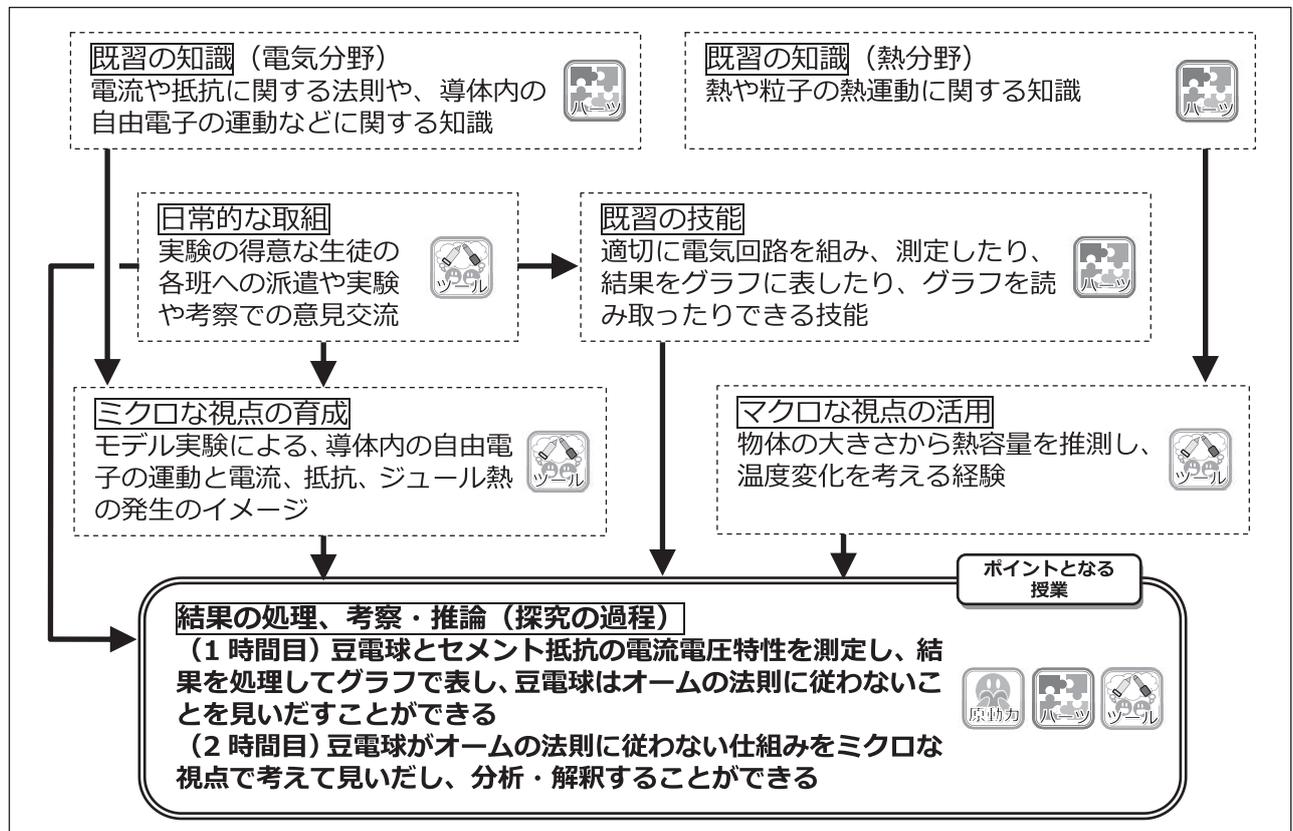


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・実験結果から、既習事項（オームの法則）に従わない現象を発見させる。
- ・ニクロム線の加熱による電流の変化を演示し、温度で抵抗値が変化することを見いださせる。

② 必要となるパーツ

- ・熱容量や熱量など、熱分野での既習の知識
- ・オームの法則やジュール熱など、電気分野での既習の知識

③ パーツをつなぐためのツール

- ・熱運動と温度の関係や、自由電子の運動と抵抗の関係など、物理現象におけるミクロな視点
- ・グループでの学習や、スモールステップ式プリントなど日常的な授業での取組

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

既習のオームの法則に従わないマクロな現象について、自由電子の運動や熱運動などのミクロな視点から迫り、他の単元の既習事項も組み合わせて、科学的・論理的に分析・解釈することをねらいとする。

(2) 展開例（2時間）

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|--|--|
| 1 前時の復習をする。 | ○電流について、マクロな視点とミクロな視点を確認する。 |
| 2 課題を共有し、学習の見通しをもつ。 | ・電流が自由電子の流れである点を意識する。  ○豆電球とセメント抵抗の電流電圧特性を調べることを伝える。 |
| 豆電球とセメント抵抗の電流電圧特性を測定し、その違いをミクロな視点から考察しよう | |
| 3 実験結果を予想する。 | ○豆電球とセメント抵抗の表記から I-V グラフを予想させる。 |
| 4 実験を実施する。 | ○実験の得意な生徒を各班に派遣する。 |
| 5 実験結果を処理する。 | ○実験結果を処理し、I-V グラフに表させる。 ・班のメンバーで相互に結果を確認する。 |
| 6 結果を共有する。 | ○グラフを描いたホワイトボードを基に、他班と比較させる。 ・豆電球の I-V グラフが直線にならないことを見いだす。  |
| 7 抵抗値を考える。 | ○グラフから、豆電球の抵抗が変化していることを見いださせる。 ・班のメンバーで協議し I-V グラフから抵抗を考える。  |
| （※以下、第2時） | |
| 8 考察を行う。 | ○既習事項を活用しミクロな視点から分析・解釈させる。 ・ホワイトボードを利用しながら話し合いを進める。  |
| (1) 自由電子の動きのモデル実験を観察する。 | ○ビー玉と釘を用いたモデル実験を演示し、電子が陽イオンに衝突して進むことでジュール熱が発生することを復習する。  ・自由電子の動きというミクロな視点を意識する。  |
| (2) 抵抗値の温度変化の演示実験を観察する。 | ○ニクロム線を加熱すると電流が減少することを観察させる。 ・導体の抵抗値は高温時に増大することを見いだす。   |
| (3) 豆電球に当てはめて仕組みを考える。 | ○豆電球の温度変化と抵抗の変化を結び付けて考えさせる。 ・フィラメントの観察から、大きな温度上昇を見いだす。  |

| | |
|---------------|---|
| 9 考察を行い、発表する。 | ○班で協議し、ホワイトボードに説明文を完成させる。 |
| 10 まとめをする。 | ○生徒に説明が聞きたい班をホワイトボードの記述から選び、発表を聞き、説明の妥当性について検討する。  |
| 11 振り返りをする。 | ○抵抗率の温度依存の式を学ぶ。 ・資料から、フィラメントは抵抗率の温度係数が大きいいため、抵抗値の増加が大きいことを見いだす。 ○探究の過程を振り返らせる。 |

(3) 生徒の様子

観察・実験を多く実施したことで技能が身に付いており、手際よく回路を組み、適切に測定を行うことができた(図2)。実験の得意な生徒が他の班員を支援することで、的確にI-Vグラフが作成でき、豆電球では電流と電圧が比例しないという新しい現象を見いだすことができた。未知の現象に接し、実験結果の妥当性を確認するため、他班と相互に実験結果を比較する姿が見られた。



図2 実験の様子

モデル実験では自由電子の運動とジュール熱の発生というミクロな視点を意識し、電流と抵抗の関係をイメージできた。このため、ニクロム線を加熱する演示実験では、他の分野(熱分野)の知識と結び付けて、「温度上昇によって熱運動が激しくなり、抵抗が増大する」という結論を導くことができた。発表では、分かりやすくホワイトボードに表したり(図3)、黒板に仕組みを図やフローチャートを用いて図示して説明したりするなどの工夫が見られた。

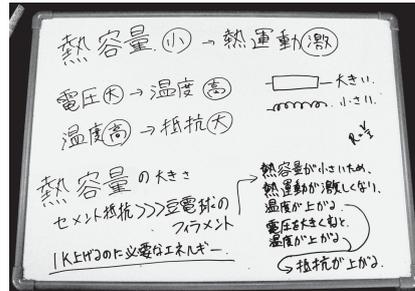


図3 班で作成した考察(例)

4 考察と今後の展望

本実践では、既習の知識に加え、ミクロな視点を意識して活用できるようにモデル実験を取り入れ、班での話し合いを通してスモールステップで解決させた。このことにより、生徒は「非線形抵抗」について、原子や電子レベルのミクロな視点で現象を捉え、熱と熱運動、電流と電子、オームの法則、ジュール熱など、広範囲の既習の知識を活用して理解を深めていくことができた(図4)。既習の知識やミクロな視点を意図的かつ繰り返し生徒に活用させることで理解へつながることが分かった。また、解決する段階をスモールステップにすることで、理解の到達点も把握しやすく、生徒の話し合いも共通のポイントでの議論につながった。

本実践では、探究の過程を意識して単元をデザインすることで、幅広い分野にまたがる「必要となるパーツ」を活用することができ、生徒にとっても違和感なく学びを進めることができた。また、日常的に行っている班での話し合い活動も、議論のポイントを明確にすることで、「パーツをつなぐためのツール」としてより効果が増すことが改めて分かった。

ステップ3 それぞれの見た目の違いからわかること

- セメント抵抗は豆電球のフィラメントに比べて形や大きさはどうか?
(セメント抵抗は 大きくて太い(大きい) 量が全く違う)
- ➡ ◎熱容量 $C[1/K]$ が大きいのは (セメント抵抗・豆電球のフィラメント) と考える。
- 電流を流している様子はどう違うか?
(豆電球の温度が下がった 太った)
- ➡ ◎抵抗内部の陽イオンの熱運動が激しいのは (セメント抵抗・豆電球のフィラメント) と考える。

ステップ4

セメント抵抗と豆電球のフィラメントの抵抗値の違いについて、熱容量と熱運動という言葉を用いて説明せよ。

(熱容量が小さい → 温度が上がれば → 熱運動が激しくなる
= 電子の流れを妨げる → 抵抗が大きくなっていく
豆電球の方が熱容量が小さいので温度が上がりやすい。温度が上がると熱運動が激しくなることを示しており、電子の流れがより妨げられるようになったことが分かる。よって抵抗が大きくなったといえる。)

図4 ワークシートの一部

実践事例⑤

水に溶ける物質の共通点を推測しよう

高等学校 化学基礎「単体・化合物・混合物」化学結合

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

- (1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
- ・見通しをもち、検証できる仮説を設定できる力
 - ・仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

様々な物質の水溶性について、日常生活での経験や既習の知識を基に、仮説を立てる。仮説の検証計画を立案し、見通しをもって実験を行い、得られた結果から水溶性の物質の共通点を見だし、化学結合や結晶との関係について考察・推論することができる。

2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

本単元は、高校化学の最初の単元であり、中学校で習得した知識や技能を生かし、純物質と混合物、原子の構造、イオン、化学結合や結晶などの学習を進める。しかし、目で見ることができないため概念的に捉えることが多くなり、苦手とする生徒が多い。そこで、水に溶ける物質を結晶、極性分子・無極性分子といった既習の知識や生活経験などを基に分類し、仮説を立てる授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。共通性を見出すことで水に溶けやすい物質の性質や規則性について考え、そこから粒子の概念をより具体的にイメージできるようにする。そして、今後の単元の溶液や有機化学の学習につなげるとともに、予測に必要な根拠の大切さを気付かせる。

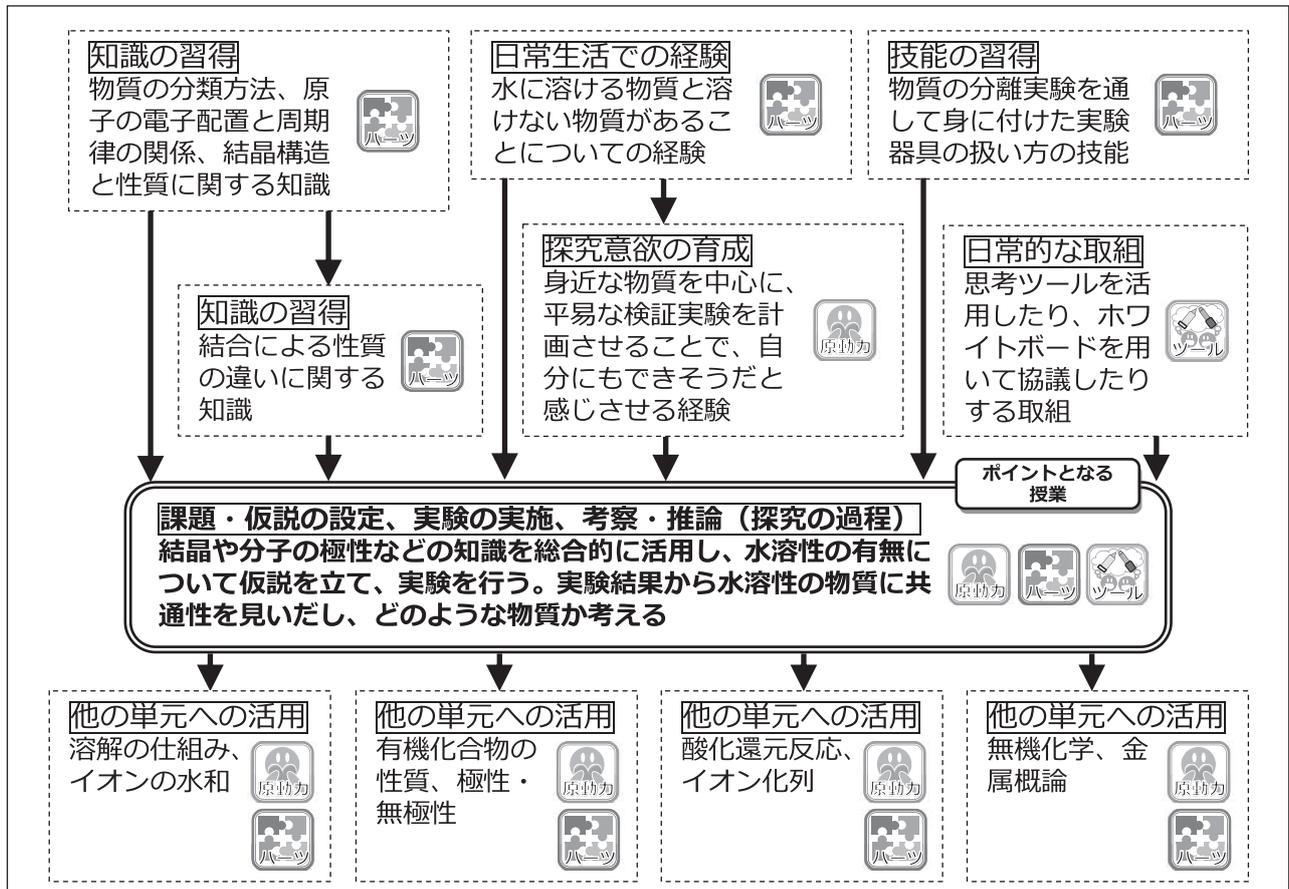


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

・日常生活で不思議に思う事物・現象を題材とすることで課題を身近に感じさせ、自分でもできそうだと思うさせる。

② 必要となるパーツ

・物質の分類方法、原子の電子配置と周期律の関係、結晶構造と性質についてなどの既習の知識
・観察・実験を行うことによる実験結果（事物・対象の情報）
・ものが溶けるなどの物質の性質に関する日常的な経験や体験

③ パーツをつなぐためのツール

・共通点や類似点を見いだすために、思考ツールやホワイトボードを活用
・粒子のイメージで物質をとらえる視点

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

身近な溶媒の水に溶ける物質はどのような物質なのかを考えることを通して、物質をグループに整理・分類することで、目に見える（マクロな）規則性や関係性に気付き、目に見えない（ミクロな）結晶や結合、分子構造との関連を見だし、今後の粒子概念の形成につなげる。その際、特に既習の知識を総合的に活用して仮説を設定することをねらいとする。

(2) 展開例（1時間）

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|--|--|
| 1 既習事項を確認する。 | ○水は最も身近な溶媒であることに触れ、日常生活との関連を想起させる。  |
| 2 演示実験を通して課題を共有し、学習の見通しをもつ。 | ○水に食塩が溶けること、ごま油が溶けないことを確認し、ヘキサンにごま油が溶けることから、溶質と溶媒の相性によって溶けることを見いださせる。  |
| 水に溶ける物質の規則性や関係性を日常生活の経験や既習事項を基に考えよう | |
| 3 仮説、実験計画を設定する。 | ○日常生活での経験を既習内容と関連付けて仮説を立て、実験計画を立案させる。 |
| (1) 個人で考える。 | ・実際の試薬を観察し、特徴を考える。   ・グリセリンなど未習のものには化学式を提示する。  |
| (2) 班で話し合いながら物質をグループ分けする。 | ○ホワイトボードを使って物質をグループ分けし整理・分類して、規則性や関係性を見いださせる。 ・必要に応じて思考ツールを活用する。  |
| 4 計画に基づいて実験し、実験結果を基に考察を行い、ワークシートに記入する。 | ○粒子をイメージしながら、仮説、実験計画の妥当性を検証させる。  ・条件や実験の追加の必要性を考える。 |
| 5 まとめをする。 | ○分子構造などに触れ、水（極性溶媒）に性質が近いことを確認し、既習事項との関連を見いださせる。 |
| 6 振り返りをする。 | ○学習を振り返り、後の単元の内容に簡単に触れることで今後の学習の見通しをもたせる。 |

(3) 生徒の様子

個人で仮説を立てる場面では、様々な要素を踏まえようとしながらも、「油は溶けない」など日常生活での経験から立てた予想が多く、未知の試薬を分類できないことも多かった。しかし、実際の物質を目で見ることにより、ヨウ素について「うがい薬に入っているから水に溶ける」と思い込みから分類していた生徒が「ヨウ素は溶けない」と仮説を修正するなど、高い学習意欲を持続させながら、新たな情報を自分の知識と結び付けて探究している姿が見られた。

班の話し合いでは、仮説を立てる視点として、物質をグループに分ける意義を確認した。グループに分けた後で水に溶けるかどうか考えるという方向性が明確となった。「ナトリウムと塩化ナトリウムと炭酸水素ナトリウムは仲間だから溶ける」「酢酸とアルコールと重曹は食べるものだから溶ける」「では、油はどうか」など、グループ分けしたものを検討する過程で、同じグループに溶ける物質と溶けない物質が含まれる場合を見だし、グループ分けについての議論が深まった。協議をある程度生徒に任せたことで、これまで活用してきた思考ツールであるYチャートを自主的に利用する姿が見られた(図2)。本時まで身に付けた知識や技能を総動員しながら思考することができた。

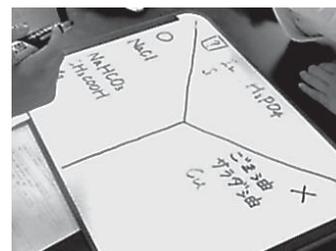


図2 Yチャートの活用

個人では根拠がないまま溶ける、溶けないと判断していた場面も多かったが、実際に物質を見たり、班で話し合ったりすることで根拠が生まれ、科学的に整理、分類をし、仮説を立てる姿が見られた(図3)。

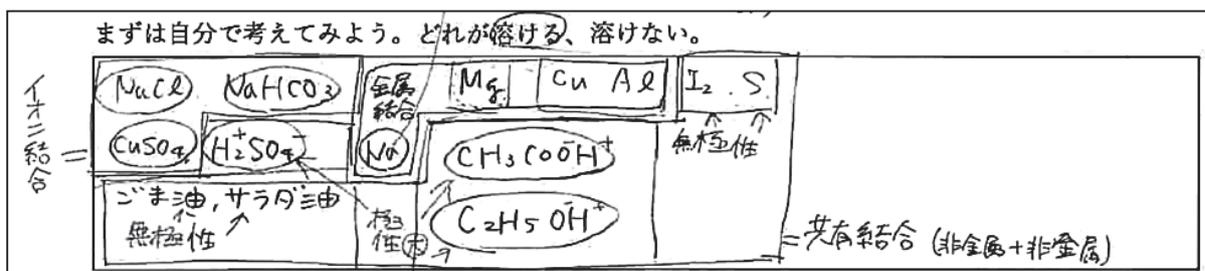


図3 ワークシートの一部

4 考察と今後の展望

実際に物質を見たり、既習の知識や生活経験と結び付けたりすることで水に溶ける物質の共通性、規則性を見いだすとともに、今後の学習につながる結晶や溶液中での粒子のイメージを形成することができた。

仮説を立てさせる際、教員が生徒に一つの仮説を見いださせるだけでは、生徒の思考の自由度が狭められる。そこで、本実践では「パーツをつなぐためのツール」としてグループ分けを提示し、「どれが水に溶けると思うか」「どんなグループが水に溶けるか」「どんな物質が水に溶けると思うか」など複数の視点を例示した。その結果、グループ分けについて各班で必要に応じて思考ツールを活用しながら議論が活発になり、考えを一般化することで水に溶ける物質の規則性や関係性を見いだすことができ、その後の考察も考えやすくなっていた。

どの知識を使うのか、どのように考えるかといった「必要となるパーツ」「パーツをつなぐためのツール」に注目して単元を構成することで、生徒への指示を明確にすることができることが分かった。また、探究の各過程で適切な題材を設定することが大切であり、本実践のように思考ツールを生徒自身が必要に応じて自由に活用できることが大切である。そのために、本時だけでなく、他教科での学習も視野に入れ、単元のまとまりで生徒の発達段階に応じた工夫・手だてを講じることで生徒の資質・能力の育成につなげることが必要である。

実践事例⑥

中和滴定の終点を知るための方法を学ぼう

高等学校 化学基礎「酸・塩基と中和」中和滴定の指示薬

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

- (1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
- ・観察・実験の結果を分析・解釈する力
 - ・全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

強酸と強塩基の中和の終点を知る上で、適切な指示薬を選択し、得られる結果を予測して中和滴定を行う。指示薬の観察や滴定実験の結果を分析・解釈することで、水溶液の濃度を求め、それぞれの指示薬の有用性を判断することができる。これを基に、弱酸と強塩基の中和滴定での適切な指示薬を選択することができるとともに、身近にある酸・塩基の反応に興味・関心をもつ。



2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

中和滴定で濃度を決定するためには、終点を正確に見極めることが必要であり、中和反応を事前に理解し、終点を知る方法が重要である。そこで、フェノールフタレイン溶液を指示薬として、強酸・強塩基を用いた中和滴定を行うことで、あらかじめおおよその中和滴定の仕組みを理解させる。そして、様々な指示薬での中和滴定を行うことで、指示薬のどの部分に注目し、どのような変化を観察すればよいか調査し、思考する授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。その後、濃度を求める際に使用する指示薬の妥当性について検証し、全体を振り返って指示薬の特性を評価し、改善策を見いださせる。この過程で得た知識を、後の弱酸と強塩基を用いた中和滴定の際にも活用することで学習の定着を図る。

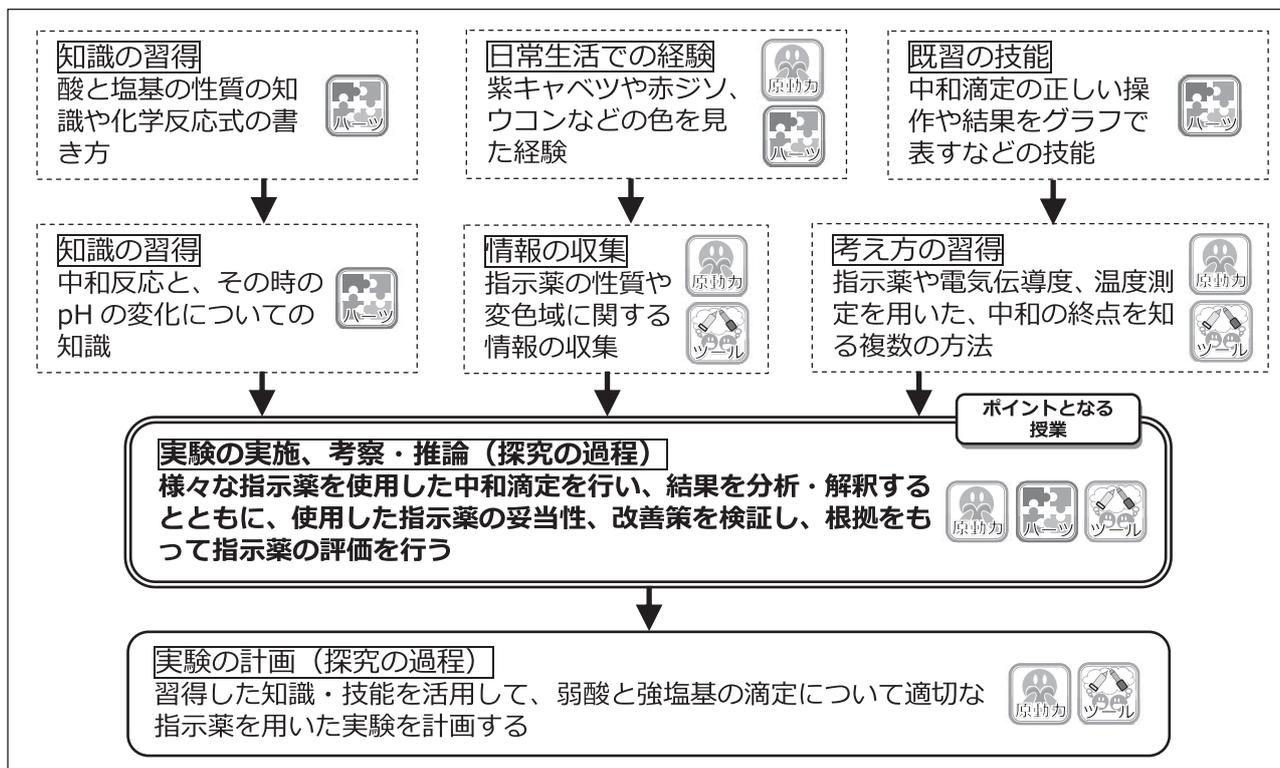


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・温泉の中和などの日常と関連の深い酸・塩基を紹介したり、視覚的に変化が分かりやすい指示薬の変化などを見せたりすることで、生徒の興味を高める。
- ・酸・塩基の組み合わせを変えた中和滴定を行い、得た知識を活用する場面を設定する。

② 必要となるパーツ

- ・酸・塩基の性質や中和反応についての既習の知識
- ・定量的な実験における実験操作、グラフの作成方法や読み取り方の既習の技能

③ パーツをつなぐためのツール

- ・実験に使う試薬の性質などの必要な情報を新たに収集する場面の設定
- ・中和滴定において反応の様子と滴定曲線とを関連付けて考察
- ・過去の実験結果の分析・解釈を活用し、他の班の実験結果と比較・検討

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

指示薬の性質について関心をもって学び、実験結果について班及び全体で考察を行い、中和滴定で濃度を求める際に使用する指示薬の妥当性について理解し、得られた知識を今後の学習に活用できるようにすることをねらいとする。

(2) 展開例（1時間）

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|-------------------------------|---|
| 1 既習内容を確認する。 | ○中和反応の反応式、中和滴定の実験器具の使い方について復習させ、指示薬としてフェノールフタレインを用いたときの中和点で起こる変化について確認させる。 |
| 2 課題を共有し、学習の見通しをもつ。 | ○活動の内容を確認し、各班で様々な指示薬について変色域を確認させる。   |
| 様々な指示薬を活用して、中和滴定の終点を正確に知ろう | |
| 3 仮説、実験計画を立てる。 | ○様々な指示薬の変色域を確認するとともに、滴定曲線の図に記入し、自分の班が扱う指示薬の色が終点ではどのような変化をするか確認させる。   |
| 4 実験計画に基づいて実験を行い、ワークシートに記録する。 | ○塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定を行わせる。 ・滴定の平均値を用いて、濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を求める。  |
| 5 班ごとに結果を黒板に記入し比較検討を行う。 | ○過去の実験結果や各班の結果を比較することで、中和の終点の判別のしやすさなど指示薬の妥当性を検討させる。  |
| 6 発展課題（個人および班） | ○「他の酸と塩基の中和についても同じ指示薬を使用してもよいか」について考えさせる。  |
| 7 まとめをする。 | ○中和滴定における指示薬と変色域の関係について説明し、弱酸と強塩基の中和の場合にはどのように指示薬を選べばよいか、滴定曲線を用いて検討させる。   |
| 8 振り返りをする。 | ○学習を振り返り、次の学習への見通しをもたせる。 |

(3) 生徒の様子

授業後の振り返りでは、「中和点に分かりやすいものと分かりにくいものがあることを知った。細かい実験をしたいのなら、分かりやすいものであればよい」という記述が見られた。このように、フェノールフタレイン以外の指示薬

を題材にして、指示薬の性質などの必要な情報を収集する場面を設定し、得られた実験結果をフェノールフタレインでの滴定実験や他の班の結果（図2）と比較することで、結果を処理し考察したり、試薬の妥当性を検証したりすることができていた。また、「指示薬によって変色するpHが違ったりして驚いた」「違う指示薬を使ったのに、同じ結果が出ている班があったので驚いた」「pH試験紙は中和できたかどうかを何回も測らなければいけないので、中和を調べることはできるが手間がかかると分かった」「BTB溶液を使ったが、黄色から緑への変化が少し分かりにくく、終点で止めるのが難しかった」などの記述も見られた。このことから、指示薬の有用性を理解し、指示薬を用いて中和滴定の終点を読み取ることの難しさを多くの生徒が実感している様子が伺えた。

班によって使用する指示薬が異なるため、実験時に比較ができず不安に感じている生徒が多かったが、滴定を繰り返すにつれて自分たちの結果に自信をもって実験できるようになった（図3）。中和の滴定曲線や指示薬の変色域について十分な理解ができていない生徒が、班のメンバーと話し合いながら検討することで、結果を処理するためにどのような色の変化に注意を払えばよいかを考えることができるようになった。

4 考察と今後の展望

これまで中和の単元の指導では、中和滴定の実験で精度が必要となり、実験での操作や使用した試薬の意図などを含めた考察を行うことが難しかったため、理論を学習した後、確認実験を行うだけに留め、実験操作や使用する指示薬については暗記になりがちであった。そこで、本実践では、様々な指示薬での中和滴定を行うことで、どの部分に注目し、どのような変化を観察すればよいか生徒自身に考えさせる授業を行った。実験では、「ムラサキキャベツ」「赤ジソ」「ウコン」など、身近にあるものも用いた。生徒は高い関心をもって取り組むことができ、身近にあり、視覚的に変化の見えるものを取り入れる効果が改めて分かった。

本実践では、生徒に指示薬の性質や変色域を調べる活動を事前に行わせたことにより、「必要となるパーツ」となる既習の知識が本実践で扱った指示薬と結び付き、実験後の結果処理、考察・推論をスムーズに行うことができた。また、中和滴定は、過去にフェノールフタレインを指示薬として行った塩酸と水酸化ナトリウムという強酸・強塩基の組み合わせの結果と比較することで、扱った指示薬とともに、フェノールフタレインについての理解も深めることができた。「必要となるパーツ」を明確にし、そのつながりを意識することで、知識を補うための情報を収集する活動を取り入れたり、「パーツをつなぐためのツール」として過去に行った実験と比較させたりすることは有効であり、授業者としても単元のデザインが行いやすくなることが分かった。今後さらに、別の酸・塩基ではどのように実験計画を立てればよいかを考えることで、生徒の理解はより深まることが期待される。

| 班 | 1 リトマス紙 | 2 フェノールフタレイン | 3 赤ジソ | 4 ヌナギク | フェノールフタレイン |
|------------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| 求めたモル濃度 | 0.12 mol/L | 0.099 mol/L | 0.069 mol/L | 0.12 mol/L | 0.096 mol/L |
| 班 | 5 イソブチル | 6 ヌナギク | 7 BTB | 8 BTB | 9 |
| 求めたモル濃度 | 0.081 mol/L | 0.11 mol/L | 0.12 mol/L | 0.12 mol/L | 0.14 mol/L |
| 模範解答（調製した溶液の濃度）: | | | | | 0.10 |

図2 ワークシートの一部（他の班の結果と比較）



図3 実験の様子

実践事例⑦

水質を浄化しよう

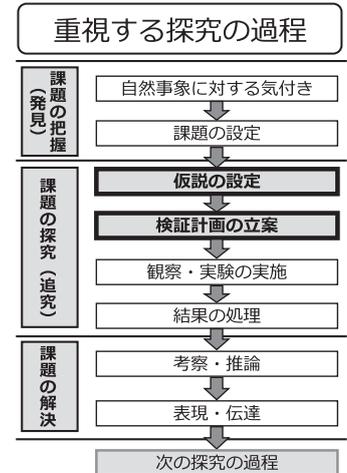
高等学校 生物基礎「生態系とその保全」生態系バランスと保全

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

- (1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
- ・見通しをもち、検証できる仮説を設定する力
 - ・仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力
 - ・観察・実験の計画を評価・選択・決定する力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

水質を浄化するという課題解決のために、自ら課題を設定し、既習の知識を活用して見通しをもって仮説を立てることができる。また、仮説を検証するための実験を計画し、より科学的な根拠に基づいた計画を選択・決定することができる。



2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

与えられた試料を浄化する方法について仮説を立て、既習の知識・技能を根拠にして実験計画を立てさせる授業を「ポイントとなる授業」に位置付け、単元を構成する。学習した物質の循環や生態系のバランスで得た知識を活用し、日常生活での知識や経験なども踏まえ、水質汚濁の指標になる有機物や窒素化合物を減少させるためにはどうすればよいか、見通しをもって仮説を立てさせる。また、1年次で学習した酵素の実験を例に、対照実験の立て方などを意識して実験計画を立て、実験を実施した後、考察を行い、自ら立てた実験計画の妥当性を検証する。これらの探究活動を通して、生物の多様性が生態系のバランスに関係していることに気付かせるとともに、実際に水質浄化に用いられる仕組みと関連付けて学ばせるように単元を計画する。

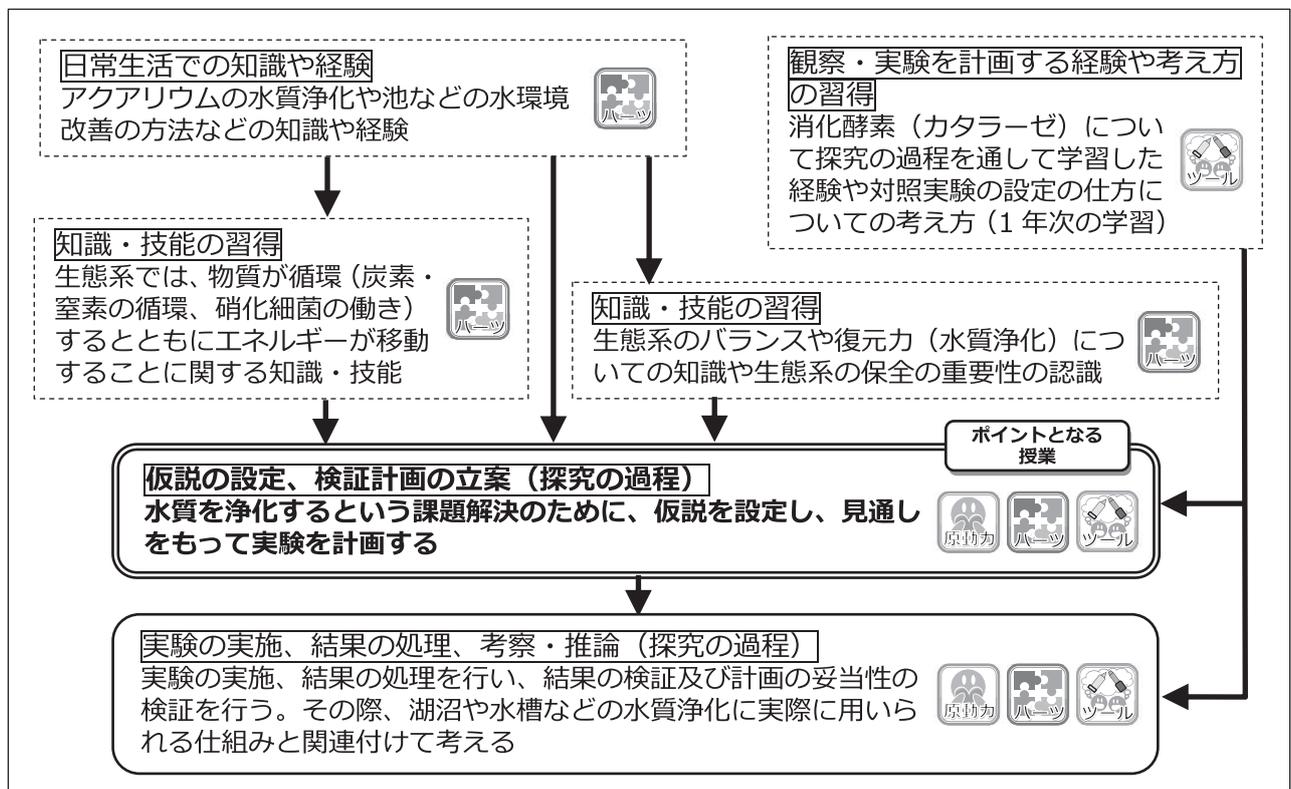


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・生物教室で飼育しているカメの水槽の水や、身近な生活排水を実験の試料として扱うことで問題意識や解決への意欲を高める。

② 必要となるパーツ

- ・炭酸同化や窒素同化に関わる細菌類、水質浄化する際の各物質の変化についての既習の知識
- ・アクアリウムの水質浄化や池などの水環境改善の方法などの日常生活での経験
- ・教師側が提示した実験材料（エアレーション、ホテイアオイなど）や時間などの実験の条件

③ パーツをつなぐためのツール

- ・与えられた試料中に含まれる物質が、なぜ存在しているのか（どうして蓄積しているのか）を考えさせるために、水質が安定している別の水槽との比較
- ・科学的根拠に基づいているか、対照実験は適切か、実験計画は現実的かなど、客観的に振り返る機会の設定

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

与えられた試料を浄化する方法について見通しをもって仮説を立て、既習事項を根拠にして検証計画を立てさせる。検証計画を他の班と共有し、比較することで客観的に振り返らせ、より科学的な根拠に基づいた実験計画に改善することをねらいとする。

(2) 展開例（2時間）

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|-------------------------------------|--|
| 1 既習内容の確認を確認する。 | ○物質の循環、水質浄化の流れについて確認させる。  |
| 2 与えられた試料の水質を班で調べ、問題に気付き、学習の見通しをもつ。 | ○与えられた試料（カメの水槽の水など）のCODや無機窒素化合物の濃度を調べさせる。   ・水質が安定している水槽と比較し課題に気付く。  |
| 水質浄化の方法についての仮説を立て、検証実験を計画しよう | |
| 3 仮説を設定する。 | ○試料の水質を浄化する方法について仮説を立てさせる。 ・簡単な実験の仮説の例を挙げ、検証項目を絞ることや適切な対照実験を計画することなどについて説明する。  ・実験期間（約1週間）や使用可能な機材、植物、薬品などを示し、検証可能な仮説を設定する。  |
| 4 検証計画を立案する。 | ○仮説に基づく、実験計画を立てさせる。 |
| (1) 実験計画を作成する。 | ・ホワイトボードに実験計画を書き、検証に必要な対照実験を設定できているか意識する。  |
| (2) 他の班の実験計画の発表を聞き、実験計画を改善する。 | ・実験計画を他の班と比較し、仮説の科学的な根拠を明確にし、実施可能な計画か、対照実験が適切かなど、改善点を挙げる。  |
| 5 まとめ・振り返りをする。 | ○授業を振り返り、次時の実験に必要な物を確認させる。 |

(3) 生徒の様子

仮説の設定の場面では、仮説の例や対照実験について確認したり、「ヒント」として炭素・窒素の循環の図を掲示したり、ウキクサやエアレーションなどの機材などにも説明の「ヒントカード」を付けたりした。生徒は、これらの「ヒント」を基に意見を活発に出していた。また、水質改善に関係しそうな複数の機材などを使いたいが、そのためにはいくつの実験区が必要になるかと悩むなど、深く思考できている様子が見られた(図2)。

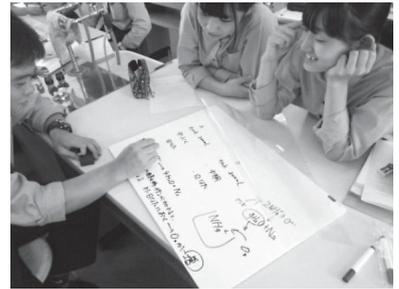


図2 仮説を設定する様子

検証計画の立案の場面では、仮説との関連、適切な対照実験の設定を特に意識させ、実験計画を発表する際には、対照実験の観点から指摘する様子が見られた(図3)。また、科学的根拠を明確にできていない班が見られたが、発表することで、実験計画の不備に気付いて補足したり、改善したりする様子が伺えた。



図3 実験計画の発表

図4に示す生徒は、有機物の減少により無機窒素化合物も減少するとしているところに誤りはあるものの、科学的根拠を示して表現することができている。科学的根拠を示して説明することを苦手としていた生徒も、炭素・窒素の循環を考えながら、有機物を分解する細菌や硝化細菌が存在すると考えられる素材を入れる、その働きを活発にするために酸素を供給するなどの説明が見られた。

実験の実施場面では、自分たちが計画した実験に対して積極的に取り組み、結果に対する期待や実験の意欲が増している様子が伺えた。また、予想外の結果が出ると、「なぜ」そうなるかを考え、既習事項から理由を推測したり、次の検証計画を提案したりする声が出ていた。

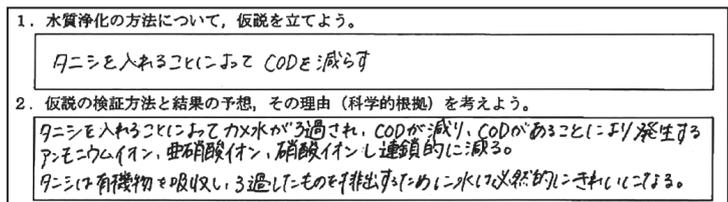


図4 生徒のワークシートの一部

4 考察と今後の展望

これまでの授業では、教師が方法を説明し、実験道具が全てそろった状態で始めることが多く、仮説や検証計画を立案する力などを身に付ける機会を失っていた。そのため、今回は、仮説と実験計画の設定に重点を置いて授業を行った。仮説の設定に難しさを感じる生徒が多いので、「必要となるパーツ」である既習の知識を基に、科学的根拠を基にした仮説へ深化させるため、思考の仕方をフローチャートにするなど、適切な思考の仕方を指導することが必要であることが分かった。

実験の計画場面では、既習の知識に合わせ、実験で使用できるものを提示したことを手がかりに、見通しをもって実験計画を立てることができ、「パーツをつなぐためのツール」として他班に説明し計画の改善を図ることを取り入れることで、より妥当な計画につながった。しかし、実験準備の際、実験器具や各種パックテストの数など、何がいくつ必要かを確認せずに計画した班もあり、実験を始めてから再度計画を見直す様子も見られた。平素から、教師が指示しすぎず、行動する前に考えさせる習慣を付けていくことが必要である。

冒頭に、「仮説と異なる結果が出ることは失敗なのではなく、新しい発見につながる」ということを伝えていた。生徒は、予想しない結果が出るのが課題解決へ向かう一つの手がかりとなることを認識できたため、実験の際、意欲的かつ積極的に取り組み、予想外の結果に対して原因を考えたり、次の検証計画を提案したりするなど探究の過程を意識した活動へつながったといえる。考察の中で新しい仮説を見いだすことができるように、用語の暗記ではなく実感を伴う学習につなげることが大切であることが分かった。実験を基に新たな仮説や検証計画を設定し、探究していくことこそが実験を行うことの醍醐味であり、その楽しさを生徒自身に実感させることが大切である。

実践事例⑧

事象や環境の変化による自律神経系への影響を調べよう

高等学校 生物基礎「生物の体内環境の維持」体内環境の維持の仕組み

1 育成を目指す資質・能力 ステップ1

(1) 重視する探究の過程において育成を目指す資質・能力
 ・全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力

(2) 本単元で目指す生徒の姿

自律神経系により支配されている心臓拍動に着目し、それを変動させる外的要因について、既習の知識と日常生活とを関連させながら、仮説の設定、実験計画の立案・実施し、結果を得る。あらゆる影響を受け変動するヒトで起こる現象を題材とすることにより、仮説通りの結果を得ることの難しさを知り、よりよい結果を得るための改善策を検討することができる。



2 授業づくりの概要 ステップ2 ステップ3

(1) 単元のデザイン

「外部環境の変化が生体にどのように影響を与えているのか」という自律神経系に焦点を当てた探究課題を単元末に設けて、自ら計画した実験の実施・考察を繰り返す授業を「ポイントとなる授業」として位置付け、単元を構成する。生体内の恒常性や恒常性の維持について学習したのち、課題解決のために、辛さの刺激が自律神経系にどのように作用しているのかなどが書かれた文章から、消化器が辛さの刺激を受けることで、交感神経が影響を受け、心拍数に変化をもたらすことを読み取らせ、恒常性に影響を及ぼす要因は行動に伴うものもあるということ意識できるようにする。また、安静時の脈拍数を計測させ、課題解決に必要な技能の習得にもつなげる。

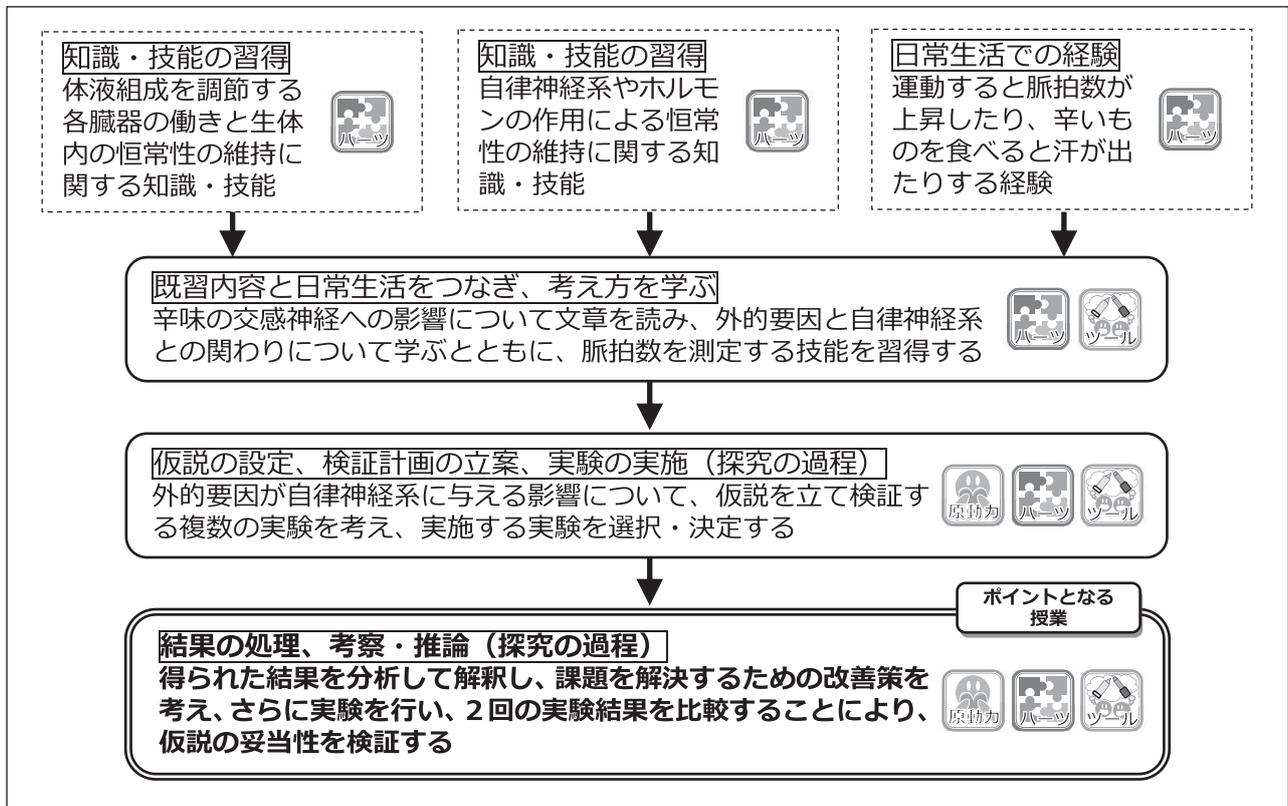


図1 単元のイメージ図

(2) 三つの要素に基づく主な工夫・手だて

① 探究に向かう原動力

- ・日常生活や自分の身体のことと結び付け、実際に起こる現象を題材にする。

② 必要となるパーツ

- ・自律神経系、自律神経系とホルモンの働きについての既習の知識
- ・運動すると拍動が増えるといった日常生活での経験
- ・辛いものを食べるという刺激で、交感神経が働きアドレナリンが分泌され、心拍数に変化をもたらすという知識

③ パーツをつなぐためのツール

- ・いくつか実験案を立てさせ、その中から実際に検証可能なものを選択
- ・仮説を立て、実験を行った後に、その実験の改善策を検討し、2回目の実験計画を立てる場面を設定

3 ポイントとなる授業

(1) 授業のねらい

前時は、自律神経系の働きにより制御される心臓拍動に与える外的要因を考えた上で、仮説を設定し、検証計画を立案する。本時は、実験を実施し、生徒の立てた仮説と実験結果との正誤について考察・推論し、改善策を検討する。改善した計画により実験し、改善の前後を比較することで、より科学的な根拠に基づいた理解をすることをねらいとする。

(2) 展開例（1時間）

| 学 習 活 動 | 教 師 の 指 導 ・ 支 援 |
|--|--|
| 1 前時の学習を想起して、各班の実験計画を確認し、学習の見通しをもつ。 | ○前時に設定した、脈拍数を変化させる外的要因についての仮説とそれを確かめるための実験計画を確認させる。 ・既習事項の内容を深めるために、「探究活動を行う」ということを意識付ける。  ・実験計画について、具体性に欠けるものや検証が困難なものについて、アドバイスを行う。 |
| 事象や環境の変化による自律神経系への影響を調べよう | |
| 2 実験を実施し、考察する。 ・脈拍数を記録し、安静時との差を調べる。 ・仮説と結果を比較し、結果について考察する。 | ○実験を実施し、考察をさせる。 ・脈拍数を測定し、安静時との差を調べる。   ・実験結果を確認し、「仮説とずれている」のか、「仮説通りであった」のかについて判断するように促す。  |
| 3 実験の改善案を考え、実験計画を修正し、実験を再度、実施する。 | ○実験の改善案を考えさせ、修正した実験を実施させる。 ・より理想値に近い結果を出すには、実験にどのような改善をすればよいか、発問する。  |
| 4 班での実験方法・結果を発表し、まとめをする。 | ○生徒の発表を基にまとめを行い、活動の価値付けを教師が行う。 |
| 5 振り返りをする。 | ○探究活動を行う前後で意識の変わった部分を中心に振り返りをさせる。 |

(3) 生徒の様子

生徒は日常生活や自分の身体のことと結び付けながら、学習に取り組み、班での話し合いも活発に行った(図2)。

図3は、「身体を冷やすと脈拍数は刺激前より下降する」と仮説を立てて実験した班の様子である。この班は、「首の後ろを冷やすことにより、



図2 話し合いの様子



図3 実験の様子

実際には脈拍数が上昇した」という結果を得た。実験の結果から「身体が冷えたことにより、交感神経が働いて身体を温めようとしている」ということに気づき、仮説の修正が行われた。

また、図4は、「息を止めると脈拍数は刺激前より上昇する」と仮説を立てた班のワークシートの一部である。この班では、実験を行ったことで、仮説が正しいことを証明し、体内の酸素濃度を避けるために酸素を取り込もうとしているということ考察した。さらに、安静時と刺激後の脈拍数の差がより大きくなるような実験を考える際、「10回ジャンプした後にさらに20秒息を止める」ことで、ジャンプなしの実験時よりも、より多くの酸素を求めため、脈拍数が上昇するのではないかと仮説を立て、仮説通りの結果を得ることができた。他にも、最初は「拍動が上昇する」と漠然とした記述であったのが、班で話し合い、改善策を考えることで、「運動したことにより、酸素濃度が下がり、身体中に酸素を行き渡らせるため、血液の流れが速くなり、拍動が上昇する」と科学的な根拠のある記述ができるようになった生徒もいた。

| |
|---|
| <p>① 今回自分たちが検証した実験について、なぜ脈拍数が結果のように変化したのか、または、なぜ変化しなかったのか、考えられることを挙げよ。</p> <p>(○Oだと思って実験を行ったが、$\Delta$$\Delta$ということが考えられる。この理由は・・・)</p> <p>(●●だと思って実験を行うと、予想通り$\Delta$$\Delta$となったことが考えられる。その根拠は・・・)</p> <p>息を止めると拍動が上昇すると思いきや実験を行うと、予想通り上昇した。その根拠は心臓が酸素状態を作るため酸素をとりこもうとして動く。</p> |
| <p>② 安静時と刺激後と比較したときに、今回行った実験の結果よりも、はっきりとした結果(実験の前後での脈拍数の変化が大きくなった結果)を得るためには、検証実験にどのような工夫を加える必要があると考えられるか。また、そのように考える理由を考えてみよう。</p> <p>(今回の実験ではO Oであったため、$\Delta$$\Delta$のように改善する必要がある。理由は・・・)</p> <p>今回の実験では15秒息を止めることで上昇したため、もと脈拍数を上げるために10回ジャンプする。運動は先に運動した状態で息を止めると脈拍数が上昇するのではと見、1分20秒息を止める</p> |

図4 生徒のワークシートの一部

4 考察と今後の展望

本実践では、実験自体は短時間で実施できるものを用意し、仮説・計画・実験・考察のサイクルを2回行った。これは、全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする考察場面を充実させたいと考えて、「パーツをつなぐためのツール」として取り入れた。授業後のワークシートには、「授業の話だけではわからなかったところが、実験を通して具体的に自律神経の働きを実感することができた」「より妥当な実験となるように班員で話し合うことができ、しっかり考えることができた」などの記述が見られ、生徒は考えを深めることができたといえる。このことから、より妥当な実験計画をするために、探究のサイクルを繰り返すことが効果的であることが分かった。

また、考察をするためには、「必要となるパーツ」となる十分な知識や経験が必要となり、それらを生徒自身がつなぎ合わせることで科学的な根拠に基づいた仮説や実験計画となることも改めて分かった。本実践のように、探究課題に取り組みさせる前に、関連する内容についての学習場面を設定することで、生徒が「必要となるパーツ」となる知識を自分で獲得することができる。探究を進めるためには、生徒がどのような知識や経験を有しているかを教師が把握し、生徒自身で探究を進められるように、知識を補う学習場面を単元に位置付けることが有効である。

平成29・30年度岡山県総合教育センター所員研究
(共同研究；教科教育)
「探究するために必要な資質・能力を育む理科の授業づくりに関する研究」
研究委員会

指導助言者

山崎 光洋 岡山大学教師教育開発センター教授

協力委員

近藤 広理 津山市立津山東中学校教諭（平成29年度）
廣瀬 隆輔 美作市立美作中学校教諭（平成30年度）
能勢 樹葉 岡山県立岡山大安寺中等教育学校教諭
小野 佑介 岡山県立岡山操山高等学校教諭
荒木 美絵 岡山県立岡山御津高等学校教諭
山口 裕子 岡山県立倉敷古城池高等学校教諭
宗田晋太郎 岡山県立玉島高等学校教諭
南 洋明 岡山県立勝山高等学校教諭
栗木 裕矢 岡山県立真庭高等学校教諭

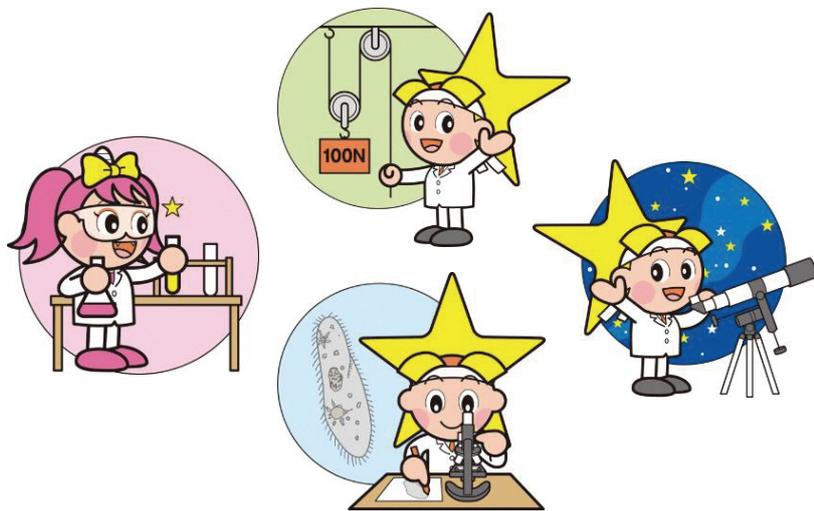
研究委員

藤原 敬三 岡山県総合教育センター教科教育部長
滝澤 浩三 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事（平成29年度）
坪井 民夫 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事（平成30年度）
中村 崇 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事
宮原 健文 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事
伊藤 昌訓 岡山県総合教育センター教科教育部指導主事

平成31年2月発行
中学校・高等学校理科指導資料
全ての生徒に探究を！
探究するために必要な資質・能力を育む理科の授業づくり

編集兼発行所 岡山県総合教育センター
〒716-1241 岡山県加賀郡吉備中央町吉川7545-11
TEL (0866)56-9101 FAX (0866)56-9121
URL <http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/>
E-MAIL kyoikuse@pref.okayama.lg.jp

お問い合わせ 教科教育部 TEL (0866)56-9103
Copyright © 2019 Okayama Prefectural Education Center



© 岡山県「ももっち」「うらっち」