



## 第2節 課題の設定

◆本節の位置づけ 本節では、疑問を課題にする方法について学ぶ。

◆配当時数 6時間

◆本節の構成

○自分たちが探究を行うのに、その課題を設定する必要がある。課題を設定するのは多くの高校生にとって難しい事柄である。本節では、まずは、身の回りの疑問に気づくことから始めることを示し、探究に適した課題というのはどのようなものかを説く。また、課題を設定するのに必要な基礎学力についても言及し、知識が不足しているために明らかに誤った仮説を立ててしまうなどの危険性があることについて注意を喚起した (p.24)。

○課題を探究する際には、科学的・数学的な思考が必要

## ▶ 中学校との関連

中学校理科と関連する学習内容について、既習事項を確認できるようにしています。

た (p.25)。

◆指導上の留意点

▶ 中学校との関連 生徒は、小学校で自然の不思議を解き明かす活動を行った経験がある。小学校や中学校では、「不思議」、「問題」、「予想」などという言葉を使っていたが、理数探究基礎では、「不思議」のことは「疑問」と、「問題」のことは「課題」と、「予想」のことは「仮説」と呼ぶ。

⚠ つまずき対策 上述の通り、理数探究基礎では、小中学校から慣れ親しんできた用語を再定義すると生徒が混乱する危険性があることに配慮し、生徒が親しんでいる言葉は既習のものとして扱った。しかし、上記各用語の定義が教科書に記されていないことに戸惑う生徒がいる可能性があることに留意する。

1 節のリード文 わたしたちの身のまわりは、まだその原因やメカニズムが解明されていない自然現象が多数ある。それらはわたしたちの探究の対象になりうるものである。探究の課題は、わたしたちの生活に直接役立つものばかりではない。今は直接役に立たなくても、将来役立つかもしれない基礎的な課題もある。そこで、リード文では、生徒に身のまわりの自然をよく観察してみること、そして、なぜだろうと疑問をもったら探究してみることを促し、節の導入とした。

2 探究に適した課題とは 身のまわりの自然現象で、

## 第2節 課題の設定

1 身の回りを見ると、興味深い自然現象が多数ある。それらの中には、探究の対象になり得るものがある。まだ原因やメカニズムが解明されていない自然現象が見つかることもある。身の回りの自然をよく観察してみよう。そして疑問をもったら探究してみよう。ここでは、「疑問」を「課題」にしていく方法について学ぶ。



## 第1項 探究の準備

ここでは、探究に適した課題とはどのようなものか、また、課題発見のヒントについて学ぶ。

## A 身の回りの疑問から課題を探る

身の回りには、ふだん見過ごしている不思議なことや面白い現象がたくさんある。例えば、道を歩いている目に入った松が「ひとつをとって、その鱗片を観察すると、部分的に同じ鱗片が重なっていたり、鱗片がらせん状に配列していたりするの」に気づく。探究を行うにあたって大切なことは、身近な事物や現象にも関心をもち、日常生活や授業のなかでも疑問をもつよう心がけることである。

1 松の鱗片は、マツの成長のことで、松ぼっくりともいう (図2) p.19 コラム A1)。

## 2 探究に適した課題とは

課題とは、探究全体を通して明らかにすることをめざす問いである。教科「理数」で取り組む探究は、調べたらずくわる程度の課題とは違い、自分で課題を設定し、自分で解決のための観察、実験、調査などの方法や手順を考える活動である。

探究に適した課題を選ぶには、科学的な思考 (図3 p.22) を要する課題となるよう、次のような視点をもつとよい。

- ・先人たちが行った研究の読書集を参考にする。
- ・社会・学術の諸問題から自分が取り組むべき課題を見い出す。
- ・客観的なデータをもとに探究する。
- ・自分自身の考察やアイデア等で新たな知見を創造する。
- ・他者と共有する。

第2章 (p.77 ~)、第3章 (p.103 ~) には探究の具体例があるので、見てみよう。



## 3 独創性があること

不思議だと感じる身の回りの自然現象の中には、その原因やメカニズム

「なぜだろう」と疑問を持ったものすべてが、課題の候補になる。生徒が幼いころに「なぜだろう」と感じていた疑問は、学校でのさまざまな学習を通して、なるほどと納得できたかを考えさせるとよい。「理屈はわかったが、どうも納得できない点がある」というところに探究の課題は潜んでいる。

与えられた課題について研究して成果を出すのではなく、自分で探究に適した課題を見つけて、解決に向けた方法や手順を考えていくことを促したい。

課題を選ぶ際には、いくつかの視点が必要である。

## ⚠ つまずき対策

生徒が間違えやすい点、誤解する内容などを紹介し、その対策例を取り上げています。

と感じる身の回りの自然現象の中の、納得できていない課題の探究には、自分らしさを発揮できる、自分にしかないオリジナリティーをもって取り組むことができるものが多く含まれている。オリジナリティーを大切にするというと難しく思えるかもしれないが、すでに明らかにされていることがらであっても、異なった視点で探究することもオリジナリティーのある探究活動といえる。興味を持った課題は、すでに研究によって明らかになっているのかどうか、明らかにされているとすれば、それはどのような方法によっているのか、

ムが明らかにされていない現象が多くある。

すでに明らかにされている現象であっても、あるいは他の誰かが取り組んでいる課題であっても、独自の視点に基づいていたり、独自の手法を使ったりした探究であれば、それは独創性があると認められる。高校生としての自覚や感性が、探究における独創性となる可能性もある。いずれの場合でも、課題を決めたら、同様の先行研究がないかを調べる必要がある（図3 p.28）。

#### 4 課題に普遍性をもたせること

探究はまず、身近な自然現象について記録することから始めるのがよい。未発見の生物や現象などは、きちんと記録・記載することだけでも学術的な価値がある。

さらに、その原因や機能まで明らかにできる可能性のある課題にも挑戦しよう。科学の本質は「なぜか」を明らかにすることだからである。これは、探究の結果に普遍性<sup>①</sup>をもたせることにつながる。

#### 5 コラム「観察・記載から規則性の発見へ」

普遍性をもたせるためには、数式を用いて客観的に記述することが有効な場合がある。

松かさの鱗片は、根元から先端に向かってらせん状に配列されている（図3 a）。

ある高校生が、鱗片1枚1枚のなす角度と距離を測定し、らせんの巻き方を数式で客観的に表したところ、マツの雄球によって数式が異なることがわかった。また、らせんの巻き方が、松かさの特定の部分（図3 bの矢印の部分）で変化することも明らかにした。その変化する部分から松かさの開き、鱗片が飛散することもわかった。

このように、発見した規則性を数式で記述して普遍性をもたせることができた。

①「どうなっているのか」は調べればわかる場合が多い。「なぜか」は正解探しの際ではむずかしい。

② 調べた自然現象は身近なものであっても、そこから一般論へとまとめいくことができる場合は、普遍性のある研究として高い評価を得ることができる。



▲ 図3 a 松かさの鱗片。それぞれの内部に鱗片がある（a）。矢印の部分は、鱗片が他の部分より大きく成長している（b）。

③ タブレット等のアプリを活用した探究の例もある（図3 p.187）。



▲ 図3 クモの糸の構造。クモの足（図3 a）と網（図3 b）の光学顕微鏡観察写真。網の糸の構造は、網の糸の構造である。

#### 6 基礎研究と応用研究

研究では、その成果がどのように社会の役に立つのかと問われることがある。しかし、基礎研究が低く評価されているわけではない。

クモの糸の強度と構造の関係を調べるという基礎研究が、新素材の開発に役立ったという例にみられるように、すでに応用されてくるとき、様々な応用に発展する可能性をもっている研究は多数ある。

#### 7 特別な機器は必ずしも必要ではない

探究を行うため、高度な機器が必要だとは限らない。身近にある機器を用いても、すぐれた探究を行うことはできる<sup>②</sup>。

例えば、クモの糸の網と糸の構造を比較して調べたいというとき、電子顕微鏡がなくとも、学校にある顕微鏡で観察すれば、類似点と相違点を明らかにすることが可能である（図3）。

このような数式で表すことができる」とまとめることができれば、すぐれた探究となる。このように、課題に普遍性をもたせるためには、数学を用いて客観的に示す必要がある。

**6 基礎研究と応用研究** 探究で扱う課題は、その成果がどのように社会の役に立つのかと問われることが多い。そのため、工学系や農学系の課題が評価される傾向が強い。たとえば、介護ロボットの開発は、介護を必要としている多くの人々に、またクモの糸の強度などといった課題は、新素材の開発に直接役立つものである。しかし、それによって、花粉の形態をきちんと記載するといった基礎研究が低く評価されるわけではない。個人的な興味や関心に基づいた課題であれば、それが理学的な基礎研究であっても取り組むべきである。その研究が直接社会に役立つものではなくても、後の研究者がその研究成果に基づいて応用発展させ、社会に役立つ成果を上げるかもしれない。東邦大学の教授であった幾瀬マサ（\*）は、全国から約1500種の花粉を採集して標本をつくり、幾瀬式分類検索法を考案した。この基礎研究は、花粉症の原因と治療の研究にたいへん役立つものとなった。

（\*）幾瀬マサ（1914 - 2011）

**7 特別な分析機器は必ずしも必要ではない** 探究のためには特別な分析装置が必要だと考える必要はない。学校にある機器を用いることでも十分探究は可能である。たとえば、クモの糸の構造を調べることを課題にするのであれば、電子顕微鏡などを用いなくても、学校にある生物顕微鏡で比較観察するだけで、その類似

#### よくある質問と回答

授業中に、生徒から先生に質問があると想定される内容と、その回答例などを取り上げています。

**よくある質問と回答** 探究の課題を設定することについて生徒から疑問や相談が多く寄せられる。高校生が現実的な時間内で探究可能な課題を設定することは容易ではない。ここでは、生徒からよく聞く質問や相談事項を紹介する。

#### （1）探究したい事柄がありません。

「なにも不思議に思うことはない。研究したいことがない」という類の相談である。このときは、子どものころに感じた疑問の棚卸をさせたり、自校または他校の先行研究をひも解くように促すのが一案である。

については、先行研究をきちんと調べることによって明らかにすることができる。

**4 課題に普遍性をもたせること** まず、身近な自然現象について探究して、その現象はこのようなものであった、と記載することから始めるのが良い。さらに高いレベルで探究しようとするのであれば、記載で終わるのではなく、その原因や機能まで明らかにできる可能性がある課題を選択したい。現象をきちんと記載することだけでも価値はあるが、科学の本質は「なぜか」を明らかにすることだからである。

これは、探究の結果に普遍性をもたせることができるかどうかという問題とつながっている。調べる自然現象は身近なものであっても、そこから一般論へとまとめていくことができる研究は、高い評価を得ることができる。（→コラム5参照）

**5 コラム「観察・記載から規則性の発見へ」** このコラムでは、上記「課題に普遍性をもたせること」に関連し、高校生が、現象を観察し、普遍性のある形式（主に数式）で記載したものから、新たな規則性を発見した具体例を掲載した。「わたしの学校に生えているマツの松球は、このように鱗片が巻いている」と記載し、考察の結果、「マツの松球の鱗片の巻き方の一般則は、



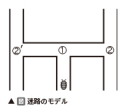
## 課題2 ダンゴムシの交替性転向反応の仕組み

ダンゴムシは、図のような迷路を歩かせると、最初に①で右へ曲った場合は②で左に曲がるというように、曲がる向きが交互に変わる交替性転向反応を示す。この行動の仕組みを様々な観点から考えてみよう。

(1) ダンゴムシやワラジムシなどの動物を歩かせる実験を行い、結果を比較しよう。交替性転向反応を示すのはなぜかを考え、自分たちで仮説を立てて、それを証明するための実験を考えてみよう。

(2) 実験結果から、本当に交替性転向反応を示したといえるかどうか、統計学の手法を使って検定してみよう。また、この反応が確かにあることを検証するために、少なくとも実験を何回繰り返す必要があるか、統計学的に調べてみよう。

(3) この反応が起こる仕組みとして、「最初に右に曲がると、その時に左あしをよく動かすので、次は右あしを動かすようになり左に曲がる」と説明するバルム仮説が提案されている。バルム仮説を検証するには、どのような実験をすればよいか。実験方法を考えて実験計画を立ててみよう。



▲ 迷路のモデル

## 1 課題2 ダンゴムシの交替性転向反応の仕組み

## 【指導目標】

ダンゴムシは、図のような迷路を歩かせると、最初に①で右へ曲がった場合は②で左に曲がるというように、曲がる向きが交互に変わる交替性転向反応を示す。この行動の仕組みを様々な観点から考えてみよう。

(1) ダンゴムシやワラジムシなどの動物を歩かせる実験を行い、結果を比較しよう。交替性転向反応を示すのはなぜかを考え、自分たちで仮説を立てて、それを証明するための実験を考えてみよう。

(2) 実験結果から、本当に交替性転向反応を示したといえるかどうか、統計学の手法を使って検定してみよう。また、この反応が確かにあることを検証するために、少なくとも実験を何回繰り返す必要があるか、統計学的に調べてみよう。

(3) この反応が起こる仕組みとして、「最初に右に曲がると、その時に左あしをよく動かすので、次は右あしを動かすようになり左に曲がる」と説明するバルム仮説が提案されている。バルム仮説を検証するには、どのような実験をすればよいか。実験方法を考えて実験計画を立ててみよう。

## 【目的の例】

オカダンゴムシを用いて、片側の脚に負担をかけるコースを歩かせたのち、T字路を通らせることによって、バルム仮説の正しさを検証する。

## 【仮説の例】

片側の脚に負担をかけるコースを歩かせたのち、T字路を通らせると、円の中心とは反対側に曲がる交替性転向反応を示す。

## 【方法の例】

- ①オカダンゴムシを多数採取して飼育し、同サイズの個体をピックアップする。
- ②半円のコースをつくり、オカダンゴムシを時計回りに歩かせる。
- ③半円のコースの出口にT字路を接続し、オカダンゴムシがどちらに曲がるかを調べる。
- ④得られた数値を、カイ二乗検定にかけて、仮説の妥

当性を検討する。

## 【結果の例】

実験を10個体のオカダンゴムシにそれぞれ10回ずつ行ったら、63回は左に曲がり、37回は右に曲がった。

## 【考察の例】

カイ二乗検定によると、『円の中心とは反対側に曲がる交替性転向反応を示す』ことが結論づけられた。

ただし、1個体に10回の実験を行わせるには、半円のコースが長すぎたようで、後半は歩く速度が目に見えて落ちていた。また、個体によっては右にしか曲がらないものが存在することが、実験後に判明した。個体選定の際に、仮コースを歩かせるという予備実験を導入するべきであった。

## 【参考文献の例】

- ・森山徹・Riabov, V. B.・右田正夫(2005) オカダンゴムシにおける状況に応じた行動の発現 認知科学, 12, 188-206
- ・Hughes, R. N.(1985) Mechanisms for turn alternation in woodlice(*Porcellio scaber*) :The role of bilaterally asymmetrical leg movements. *Animal Learning & Behavior*, 13, 253-260.

上野知洋(2004) ダンゴムシはジグザグが好き!

実験・観察時のノウハウなどを生物学と生物, 42, 詳しく解説しています。

「ダンゴムシの交替性転向反応—通路長・転向方向・転回数の効果—」 関西学院大学人文論究, 60, 113-125.

## 【参考資料】

## バルム仮説

BALM (bilaterally asymmetrical leg movements: 左右非対称の脚の動き) 仮説とは、動物が連続する分岐点を左右交互に曲がりながら進んでいく交替性転向反応を示すのは、左右の脚にかかる負荷を均等にするためであるとする仮説。1985年にHughesによって提唱された。

## オカダンゴムシ

節足動物門甲殻類。体長1.5 cmほど。落ち葉や石

他にも

- ・授業導入例
- ・指導の要点・指導上の留意点
- ・ 発問例 板書例 話題

などのコーナーを設けた、充実の解説書となっています。