

兵庫教育大学連合学校教育学研究科共同研究プロジェクトM
(平成23-25年度)
報告書

地域における理数教育活性化のための教員研修モデル・
プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究

兵庫教育大学連合学校教育学研究科

兵庫教育大学連合学校教育学研究科共同研究プロジェクトM(平成23-25年度) 報告書
地域における理数教育活性化のための教員研修モデル・プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究

目 次

共同研究プロジェクトM報告概要—緒言にかえて— プロジェクトM研究代表者 連合学校教育学研究科 小林 辰至 ……………	1
連合研究科共同研究プロジェクト (M) 「地域における理数教育活性化のための教員研修モデル・ プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究」のチーム編成 ……………	2
Essay	
自然事象にみられる逆二乗則の理解を目的とした教材開発と教員研修プログラムの開発と評価 上越教育大学大学院学校教育研究科 長谷川敦司 ……………	5
算数・数学での関数指導の理科への応用における課題 鳴門教育大学大学院学校教育研究科 松岡 隆 ……………	10
中等理数教育における「数学化」の持つ意義 岡山大学大学院教育学研究科 曾布川拓也 ……………	22
日本と西欧の自然観と科学 上越教育大学 小林 辰至 ……………	28
仮説形成に至る思考過程 上越教育大学 山口 真人・小林 辰至 ……………	34
探究における仮説形成に関わる一考察 上越教育大学 山口 真人・小林 辰至 ……………	43
論文・報告編	
物理教育 第61巻 第3号 抜刷……………	55
日本理科教育学会 理科教育学研究 Vol.53, No.2 別刷 ……………	62
日本理科教育学会 理科教育学研究 Vol.54, No.2 別刷 ……………	72
平成23年度第7回日本科学教育学会研究会 ……………	96
日本理科教育学会 北陸支部大会 (2012) 研究発表要旨集 ……………	111
科教研報 Vol.27 No.6 ……………	113
資料編	
海外調査—Exploratoriumの報告— ……………	129
Atlas of Science Literacy (2001) の翻訳 (科学, 数学) ……………	137
小・中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等で育成できる探究の技能の評価規準 ……………	167

共同研究プロジェクトM報告概要－緒言にかえて－

プロジェクトM研究代表者

連合学校教育学研究科 小林辰至

PISA調査やTIMSS調査の結果から、我が国の理数教育の課題として、科学的・数学的な思考力・判断力・表現力等の育成が浮き彫りとなった。平成20年に告示された小学校学習指導要領解説理科編では、「児童は自らの予想や仮説に基づいて、観察、実験などの計画や方法を工夫して・・・」と述べ、子どもが見通しをもって探究的に理科の学習に取り組む上で「仮説」の重要性を指摘している。

他方、小学校で理科を指導する教員の教員の7～8割が自分自身の知識や経験が不足していると認識していることや、「子どもに仮説（予想）を立てさせるのが難しい」（66.6%）、「野外での観察の指導法が分からない」（65.8%）等、指導力に関わる問題点が浮き彫りになっている（平成18年文部科学省の委託事業「わかる授業実現のための教員の教科指導力向上プログラム」報告書、上越教育大学、2006）。

研究代表者の小林は、Julia H. CothronのThe Four Question Strategyを参考に開発した指導法により、子ども自身に仮説を設定させて実験に取り組ませることにより、見通しをもって探究し、グラフをかいたり考察する力の育成に改善がみられることを実証的に明らかにしている（金子健治・小林辰至、The Four Question Strategy（4 QS）に基づいた仮説設定の指導がグラフ作成能力の習得に与える効果に関する研究、理科教育学研究、日本理科教育学会、第51巻第3号、pp.75-83、2010）。また、仮説を考える思考において数学の好き嫌いが関与していることも明らかにしている（荒井妙子・永益泰彦・小林辰至、自然事象から変数を抽出する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル、理科教育学研究、日本理科教育学会、第49巻第2号、pp.11-18、2008）。さらに、理科・数学それぞれの科学的・数学的な思考力・判断力・表現力等を育成に関わる要素についても明らかにしている（小林辰至他、科学研究費補助金基盤研究（B）報告書「PISA型学力としてのコンピテンシー育成を目的とした統合カリキュラムの理論的研究」、2010）。これまでの研究に基づいて、我が国の理数教育の根本的な課題を簡潔に述べると、「事象を変数として捉える視点や能力の薄弱さ」にあると言える。

そこで、本プロジェクトでは理科教育学を専門とする者だけでなく、物理学、地学、数学を専門とする研究者でチームを構成した。換言すれば、通常では考えられない異分野の研究者集団を、「変数」をキーワードにして結集させた。その目的は、事象を変数で捉えたり、変化する事象を関数で理解したり表現したりできるプロフェッショナルな理数教員（Core Science Teacher）を養成するプログラムの開発（教具の開発を含む）と実施・評価ならびに、それに関連する基礎研究を行うことである。

本報告書には、養成プログラムの実際と評価をはじめ、そのプログラムを理論的に支える数学者の考えをEssayとして収録した。また、変数への気付きに関わる雑文もEssayとして収録した。さらに、事象を変数で捉え思考する能力や問題解決の能力を育成する理科授業を構想する際の指針とすることを目的として、東京書籍の小学校及び中学校理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について「探究の技能の評価規準」を掲載した。

平成26年1月17日

連合研究科共同研究プロジェクト (M) 「地域における理数教育活性化のための教員
研修モデル・プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究」のチーム編成

平成23年度

氏名	所属	専門	備考
小林 辰至	上越教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～25年度
久保田善彦	上越教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～24年度
天野 和孝	上越教育大学	古生物学 (博士)	平成23～25年度
松本 伸示	兵庫教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～25年度
本間 均	兵庫教育大学	物性物理学 (博士)	平成23～24年度
松岡 隆	鳴門教育大学	位相幾何学 (博士)	平成23～25年度
曾布川拓也	岡山大学	関数解析学 (博士)	平成23～25年度

平成24年度

氏名	所属	専門	備考
小林 辰至	上越教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～25年度
久保田善彦	上越教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～24年度
天野 和孝	上越教育大学	古生物学 (博士)	平成23～25年度
長谷川敦司	上越教育大学	レーザー分光学 (博士)	平成24～25年度
松本 伸示	兵庫教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～25年度
本間 均	兵庫教育大学	物性物理学 (博士)	平成23～24年度
松岡 隆	鳴門教育大学	位相幾何学 (博士)	平成23～25年度
曾布川拓也	岡山大学	関数解析学 (博士)	平成23～25年度

平成25年度

氏名	所属	専門	備考
小林 辰至	上越教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～25年度
天野 和孝	上越教育大学	古生物学 (博士)	平成23～25年度
長谷川敦司	上越教育大学	レーザー分光学 (博士)	平成24～25年度
松本 伸示	兵庫教育大学	理科教育学 (博士)	平成23～25年度
松岡 隆	鳴門教育大学	位相幾何学 (博士)	平成23～25年度
曾布川拓也	岡山大学	関数解析学 (博士)	平成23～25年度

Essay

自然事象にみられる逆二乗則の理解を目的とした 教材開発と教員研修プログラムの開発と評価

上越教育大学大学院学校教育研究科

長谷川 敦 司

序論：

物理学と数学は密接に関連のある学問である。物理学の進展には数学の発展が必要であり、数学もまた物理学から得るものがあるようである（曾布川報告書参照）。物理学は自然科学の中で、原理原則を探る学問であり、自然現象を説明する際には、定性的な説明と定量的な説明の両面が必要と考える。現象の概要を把握するためには定性的な説明が必要であり、専門家ではない人や初学者には、定性的説明は有効である。しかしながら、現象の詳細な理解には、定量的な説明が重要となる。定量的な説明の一つには、自然現象の中に潜む数式を認識し、数式によって計算された結果から説明を行うということがある。数式（関数）は、自然現象を入力（外部から与える条件）により変化した結果（出力）を導き出す応答関数を指す。この応答関数が、どのようになるかを実験、考察などを通して導き出す過程と得た結果の妥当性、一般性、汎用性などを検証し、自然現象がどのようにこの関数によって説明されるかが物理学的な見方となる。

1. 自然現象における逆二乗則

自然現象における逆二乗則は、多くの現象にみられる。例えば、電磁気におけるクーロンの法則、万有引力、光の放射などが一例であり、以下の式を満たすものである。

$$F(r) = k \frac{1}{r^2}$$

ここで、 r は物体間、電荷間、発生体（光源等）と観測器との距離などである。 k は比例定数であり、それぞれの現象により異なるものとなる。

この逆二乗則は二種類に分類することが可能である。一つは放射における逆二乗則であり、もう一つは力に関する逆二乗則である。放射における逆二乗則は、その原理については説明が可能であるのに対して、力における逆二乗則は、原理については説明ができず、実験事実から導かれる現象論的なものである。前者は、一点からわき出すエネルギーが距離とともにどのように変化するかであり、後者は、二物体間の相互作用に関連するものである。この二種類の現象は、同じ関数として表わされるが、異なる現象から起因するものであると認識する必要がある。物理学には、基本となる原理（現在のところ、説明のつかない事象）と、そこから説明される現象の二種類がある。基本となる現象としては、一本の電線に電流が流れるとその周りに磁場が発生するというアンペールの法則や二物体間には万有引力が働く、などの基本原理であり、実験事実から発見されたものが多い。この基本原理などを用いて多くの自然現象が説明される。もう一つは、放射の逆二乗則などのように、一点からのエネルギーの放射が球面上に広がりながら拡散することを使って、現象そのものの理由が説明できるものである。この面では、自然科学を学ぶ際に逆二乗則は、上記の両面を持った現象であり、非常に適した題材といえる。

2. 自然現象と関数、数式で自然現象を理解する意義

自然現象の中にある法則を表現するのに必要な言語としての数学（数式）を理解するのみではなく、数式を用いることにより、汎用化、一般化がなされることを実感する必要がある（曾布川報告の抽象化と同義）。

数学的に関数を見ると、一番簡易なものとして、図1のように独立変数に応答関数を作用させると答えとして従属変数が出てくるという形式になる。物理学では、この応答関数について

1. どのような関数か
2. なぜ、その関数となるか
3. 汎用化した関数を用いて、他の現象を説明する

などのプロセスをとるものと考え。その面においては、自然現象を関数を用いて理解するプロセスは、関数を探ること、その意味を考えることにつきるともいえる。



3. プロジェクトMにおける位置づけ

プロジェクトの取り組む内容として、「科学的な見方・考え方及び数学的な見方・考え方を育成するための要素を理科と数学のそれぞれの立場でマッチングを行い、教員研修プログラム開発の原理の大枠を決定する。」というものがある。上記2で記述したように、物理法則は数式で表されているため、数学を意識した物理学の授業が、本主旨には有効である。ただし、物理学の数式は、ベッセル関数、グリーン関数など高度な関数を使うものも多いが、逆二乗則は、指数関数などに比べると平易な関数を使っているため、小中学校の教員で大学時代に物理学、数学を専門に学んだ経験のない者でも理解の可能な関数を用いている点も重要である。

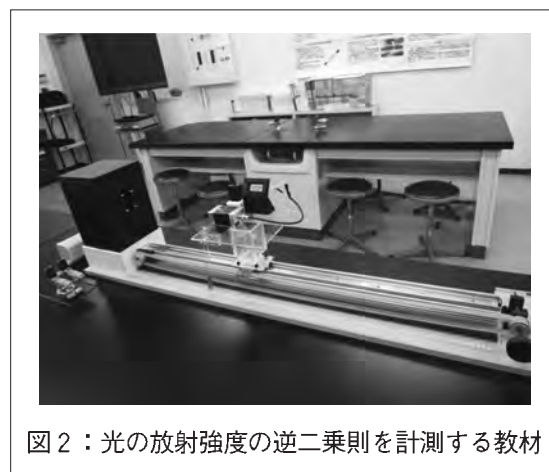
逆二乗則そのものを小中学校現場で取り扱うことは難しいかもしれない。しかしながら、取り扱っている現象が、光の減衰という点で、身近な話題でもあり、太陽系の惑星の表面温度などにも関連するスケールの大きな話題にもつながる。この現象を正確に理解することは、関数を用いて定量的な自然現象の理解の重要性を認識するとともに、授業での話題づくりの一つにもなると考えられる。

4. 教材開発

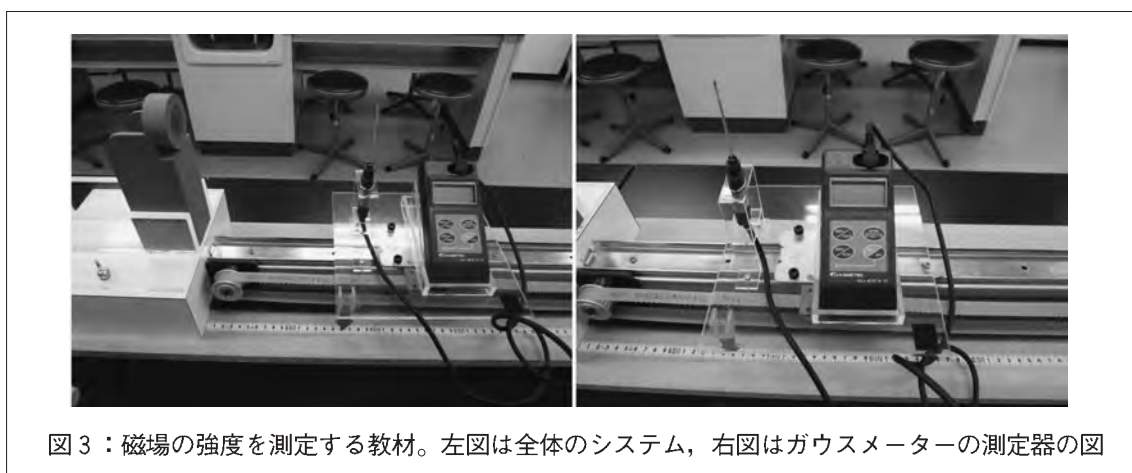
逆二乗則を関数から理解するための教材として、図2に示す装置等を開発した。開発に関しては、本プロジェクトの中で、米国への視察を行ったが、その際にサンフランシスコの科学博物館（Exploratorium）において、逆二乗則を実感する展示があり、これを参考に作製を行ったものである。

装置は、大きく四種類の実験を行えるものである。一つ目は、光の放射における逆二乗則を実感するものである。(図2) 光源としては、100Wの水銀ランプを用いて、光源周辺を黒色の鉄のカバーで覆い、点光源からの放射と同様の条件とするために、測定系側に直径2mmφの穴を通して光が出るようになっている。測定系は、フォトダイオードを用いている。フォトダイオードは、レール上に乗っており、最大50cmの移動が可能となっている。フォトダイオードからの出力は電圧として液晶パネルに表示され、受講生が読み取れるようになっている。

二つ目は、磁石からの磁場の強度を測定するシステムである。基本的な構成は、光の逆二乗則と同じものを用いて、光源部分をネオジウム磁石に置き換え、測定系に



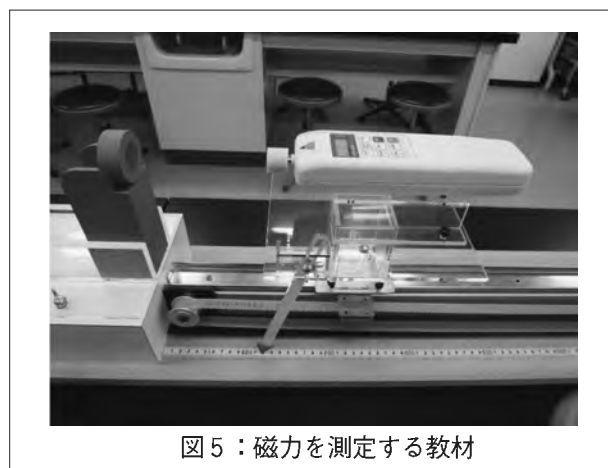
については、ガウスマーターを設置できるようになっている（図3）。



三つ目は、光の逆二乗則の理由を考察するための実験に用いるシステムである（図4）。光源部分の小さな穴（2mmφ）の後に、直径1mmφの円形の穴を10×10個を2mm間隔に配置したスリットと2mm×2mmの正方形の穴を1mm間隔で5×5個で配置したスリット（図4左）を置ける機構となっている。光源により照らされた穴の形状がスクリーンに映るようになっており、スクリーンの位置を変化させながら、穴の数の変化や四角の面積の変化を測定できるようになっている。



四つ目は、力についての逆二乗則の測定用装置として、二つのネオジウム磁石間に働く力を測定するものである（図5）。これは片側にネオジウム磁石を配置し、もう一方には、ネオジウム磁石と力の計測が可能なフォースゲージメーターを接続したものを配置している。これにより、磁石間に働く磁力の測定ができるようになっている。



5. 授業実践

2012年9月14日と2013年2月13日の2回、上越教育大学において、CST育成プログラム受講者に対して、開発した教材を用いて授業実践を行った。授業の概要は以下のようなものである。

はじめに

プロジェクトM推進責任者である小林辰至教授から、逆二乗則についての概要と米国における教材の紹介などがあった。

授業

はじめに授業の趣旨として、自然界で起きている現象を数式化することにより、汎用的に取り扱えることを説明した。

続いて、簡単な説明の後、光の放射に関する逆二乗則を測定する実験を行った。測定器であるフォトディテクターの光源からの距離を変化させながら、光強度の変化を測定したものである。得られたデータをグラフ化し、逆二乗則に乗っていることを確認した。次に類推から磁場の放射に関する逆二乗則の実験を行った。結果は同様にグラフにプロットし、逆二乗則に乗っていることを確認した。

図6に光の放射強度の測定距離依存性の実験についての受講生の作成したグラフを示す。菱形が実験値、三角形が理論計算であるが、光源からの距離の補正を行うことで、逆二乗則の理論計算と非常に良い一致をみていることがわかる。

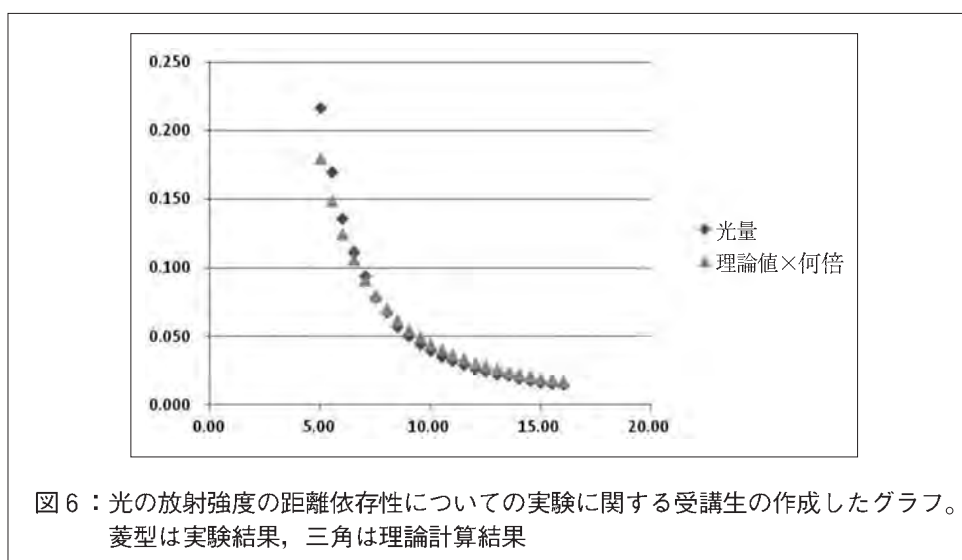


図6：光の放射強度の距離依存性についての実験に関する受講生の作成したグラフ。
菱形は実験結果，三角は理論計算結果

これらの放射における逆二乗則の理由を考察するために、図4に示した実験系に装置を変更し、観測を行った。一つは光源の直後に10個×10個の円形の穴の開いたスリットからの放射をスクリーン上で観測し、スクリーン上の一定面積内にある穴の数を計測するというものである。穴の数は、スクリーンと光源の距離が離れるに従い、減っていくことが観測される。次に2mm×2mmの正方形の穴の開いたスリットを用いた実験を行った。これは、スクリーンの位置を光源から離しながら、正方形の面積をスクリーンと光源の距離の関数として測定するものである。以上の二つの実験結果から、放射における逆二乗則の理由を考察させた。その後、放射により空間的に広がっていく球の面積による説明を行った。

次に力における逆二乗則についての実験を行った。磁石間に働く磁力を磁石間の距離を変化させながら測定した結果、逆二乗則に従っていることを確認した。ここで、力における逆二乗則については、電磁力におけるクーロンの法則、磁力におけるクーロンの法則ともに、実計測から導かれたものであり、放射における逆二乗則のように、なぜこのようになるかの説明が今のところ判明していないということについての説明を

行った。最後に物理現象には、理由が説明できるものとできないものがあり、逆二乗則についても、放射の場合と力の場合がこれに相当することを説明した。

図7に授業風景を示す。受講生は楽しみながら実験を行い、積極的に授業にも取り組んでいた。



図7：授業風景

6. 考察

概ねすべての実験については、興味を持ち積極的に取り組んでいたが、光の放射の逆二乗則の理由を考察することについては、多くの受講生は自らの考えが出て来なかったようである。説明後に理解できている受講生が多かったようであるが、実験で気付きを促せるような教材の工夫がさらに必要かもしれない。

また、受講生のノートは授業後、一旦回収し、コピーを取った後返却し、記載内容を確認した。ノートにあった感想には以下のような記載があった。

- ・実験結果を数式で表す過程は理解できた。
- ・物理（理科）に数学は重要であるという認識はできた。
- ・実験装置と実験は印象に残った。

これらを見ると実験と教材についての印象は強かったようである。また、数式を使うことにより、定量的な解釈を行うことで、深い物理現象の理解が可能となることは実感できたと思われる。

しかしながら、一部の受講生（現職教員）の中には、「小学校での授業では数式による説明は必要ないため、（このような理解は）不要と思われる」という意見もあった。このような意見が出ることを考えると、理科を教える教員には、定量的な深い理解が授業においても必要であることを認識させる努力を続けていく必要があることを認識した。

7. まとめと今後の課題

上記のCSTに対しての授業については、2012年12月1日に新潟大学において開催された日本理科教育学会北陸支部大会において、「力および放射における逆二乗則を学習する教材の開発」（上越教育大学：長谷川 敦司、吉木 優充、小林 辰至）という題名で、発表を行った。会議の中で、授業が内容的に高度すぎないかという意見などもあったが、内容的には関数も簡単な物を使った現象であり、身近な話題を取り扱っているため、問題ないと判断できると考える。

また、2013年度には、開発した教材を用いて、内容も簡易化し、上越教育大学の学部2年生への「生活の中の科学」の授業を行っている。今後、逆二乗則の教材、教授法をさらに発展させるとともに、理科教員の養成を目指した、他の自然現象についての教材開発、教授法の開発が必要であると考えられる。

CST育成プログラム

物理と関数

2013年2月13日
上越教育大学

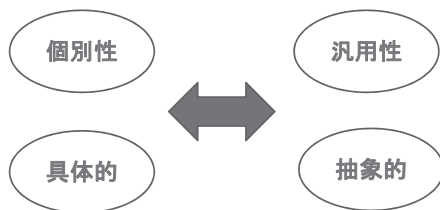
本日の授業の主旨

—物理と数学(関数)について—

- ・自然界で起きていることを説明するためにいかに数学が重要かを学ぶ
- ・数学を使うと汎用化できることを学ぶ
- ・汎用化の重要性を認識する
- ・学んだことを他者に伝える方法を磨く

汎用とは: 広くいろいろな方面に用いること。
また、そのもの。(大辞林より)

汎用化とは何か



個々の例示がされている

広範な概念的な物を説明する

例:

法則によって支配されている

法則そのもの

第1部

類推による汎用化、一般化を学ぶ

空間に依存した関数とは

—点源からの放射と力における逆2乗則—

空中落下と水中落下の違いを説明するために

- ・ 事実を確認するための実験をする
- ・ 実験データを集める
- ・ データを見ながら何が起きているかを考える
- ・ 法則を見つける(ここで数式が登場)
- ・ 数式を見ながら、起きている事実の説明を考える

数式を導きだす過程

実験事実からどのように数式が導かれるか

数式から何がでてくるか

数式から考えられること

数式を使った自然界の説明

小中学校の授業で出てくる数式

中学校で
1分野

圧力

$$\text{圧力}[Pa] = \frac{\text{面を垂直におす力}[N]}{\text{力が働く面積}[m^2]}$$

オームの法則

$$\text{電圧}[V] = \text{抵抗}[\Omega] \times \text{電流}[A]$$

速度

$$\text{速度}[m/秒] = \frac{\text{移動距離}[m]}{\text{移動するのにかけた時間}[秒]}$$

発展で

密度

$$\text{物質の密度}[g/cm^3] = \frac{\text{物質の質量}[g]}{\text{物質の体積}[cm^3]}$$

仕事

$$\text{仕事}[J] = \text{力の大きさ}[N] \times \text{力の向きに動いた距離}[m]$$

位置エネルギー

$$\text{位置エネルギー}[J] = \text{物体にはたらく重力}[N] \times \text{基準面からの高さ}[m]$$

運動エネルギー

$$\text{運動エネルギー}[J] = \frac{1}{2} \times \text{質量}[kg] \times \text{速さ}[m/秒]^2$$

2分野

湿度

$$\text{湿度} = \frac{1m^3 \text{の空気中に含まれている水蒸気の質量}(g/m^3)}{\text{その空気と同じ気温での飽和水蒸気量}(g/m^3)} \times 100$$

小学校

てこ
(てんびん)

力の大きさ × 支点からの距離

第1部の流れ

放射における逆2乗則

光源から離れた距離における光の強度の違いを測定
(実験による個別事象の確認)

類似の現象における実験結果の予想
(類推)

類推した結果の検証

実験結果から導く法則性
(汎用化)

法則の説明(物理解釈)

力における逆2乗則

類似しているが別の事象の類推

実験と結果の検証

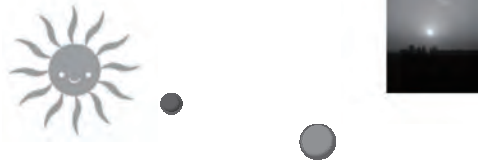
まとめ

お題1:

水星と地球ではどのくらいの光の強度差があるのだろうか

太陽から放射される光

太陽を大きな点光源と考えよう



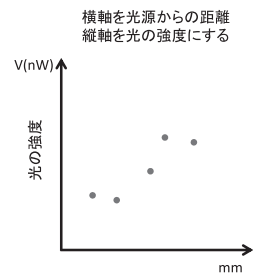
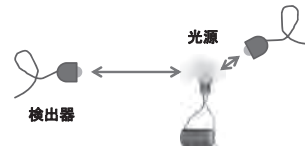
光の強度は距離とともにどう変化するであろうか。

実際に測定してみよう

実験1:

点光源から出る光の強さを距離を変化させながら測定する

実験結果をグラフ化してみる



光源からの距離 VS 光の強度

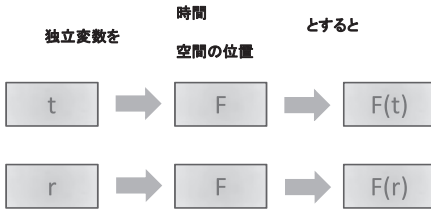
実験装置で測定

光源からの距離

プロットしたデータはどんな関数で変化しているか?

関数の話

独立変数を関数の中に入れることにより従属変数となる



ある現象が時間とともにどのように変化するか
場所が変わるとどのように変化するか

Fがどのような作用をしているか

測定結果を横軸に光源からの距離、縦軸に光の強度にしてプロットしてみる

どんな曲線をしているだろうか

ここに当てはまる関数は?



測定誤差を考えながら最適な関数を考える

$$I \propto \frac{1}{R^2}$$

この結果から水星と地球に届く太陽からの光の強さはどのくらい違うか計算してみる

地球を1とした場合、水星はどのくらいの強度になるだろうか

水星-太陽間: 0.579×10^8 km

地球-太陽間: 1.496×10^8 km

太陽系の各惑星が太陽から受ける輻射量

	太陽との距離	太陽から受ける輻射量	$1/R^2$	規格化
水星	0.579	6.67	2.983	6.6758
金星	1.082	1.91	0.854	1.9117
地球	1.496	1	0.447	1.0000
火星	2.279	0.43	0.193	0.4309
木星	7.783	0.037	0.017	0.0369
土星	14.294	0.011	0.005	0.0110
天王星	28.75	0.0027	0.001	0.0027
海王星	45.044	0.0011	0.000	0.0011
	$\times 10^8$ km			
	長半径		平成22年理科年表より	

類推への道

類推とは

似ている点をもとにして他の事を推し量ること。

Web 版大辞林より

同じような例を探してみる

ある1点から放射されている現象は何かないか?

磁石から出ている磁場の大きさも同じような物

磁場の場合の結果を予測してみる

では、磁場の強さの距離依存性を測定してみよう(実験2)

測定とグラフ化

結果:

1点から放射させる光、磁場はともに原点からの距離Rに対して

$$\frac{1}{R^2}$$

の依存性を示す。

推測

何が1点から放射されるような物については距離の2乗に反比例して強度が減衰する(のでは?)

これを放射における逆2乗則という

次になぜ、距離の2乗に比例して強度が減衰するかを考える

実験3: 光の強度の変化を別の形でみてる

スクリーンに映る四角い像の数の変化と面積の変化を測定

1. 距離を変化させたときの同じ面積の中に入る○の個数の変化を数える
2. 距離を変化させたときの口の面積の変化を測定する

表にまとめてみる

実験結果から予想を立ててみよう

距離が離れると○の数が減ってくる

距離が離れると口の面積が大きくなる

結果から推測される $\frac{1}{R^2}$ の法則の理由は?

輻射における逆2乗則の理由

条件

光源から発せられる光の総エネルギーを I_0 とする
 これが四方八方にばらまかれる (360° 球面に放射される)
 エネルギーを受ける面積を一定とする



距離 R だけ離れた位置の球の表面積は

$$S = 4\pi R^2$$

単位面積当たりのエネルギーは $\frac{I_0}{4\pi R^2}$

受ける検出器の面積を P とすると $\frac{I_0 P}{4\pi R^2}$ を検出器は受け取る

したがって、距離が離れると $\frac{1}{R^2}$ に比例して強度は弱くなる

(逆2乗則は、1点から360° 均等に放射される場合のみに通用する)

他の現象への拡張(類推パート2)

1点から放射される電磁場の強度

ある点から別の点に働く力は?



$$\frac{1}{R^2}$$

距離とともにどんな変化をするか

推測してみよう

実験4: 磁力について測定を行う

2つの磁石間に働く力を測定してみる

一方の磁石を固定してもう一方の距離を変化させる

注意:

ネオジム磁石は強力なので、取り扱いに注意!

測定が終了したらグラフにしてみましょう

距離(独立変数)と力(従属変数)の関係は?

力における逆2乗則

測定の結果: 2つの磁石の間に働く力は距離の2乗に反比例していた

放射場の時と同じ結果になった

事前の予想通り?

放射場の場合との違い

放射場は1点からエネルギーが放出されている
 力の場合は、2点に物が存在しないと発生しない

力の逆2乗則は説明されていない

正確な観測結果からこの法則は導かれている
 この法則から様々な自然現象が説明される

第1部まとめ

個別事象から汎用化へのプロセスを示した

光の強度は、光源から観測点までの距離 R について $\frac{1}{R^2}$ で減衰
 (実験から測定した事実、個別性)

他の放射についての推測を行う

磁場、電場についての結果を予測

(類似の現象を類推により予測)

磁場の空間的な強度依存性も $\frac{1}{R^2}$ であった

ある1点から放射される電磁波の強度は $\frac{1}{R^2}$ で減衰する

(汎用性)

放射場における逆2乗則

類似のシチュエーションを考える

2点間に働く力はどうか?

放射場からの類推により $\frac{1}{R^2}$ で弱くなるのではないか

磁力の強度を測定 $\frac{1}{R^2}$ で減衰した

電場における力(クーロン力)も同様

力における逆2乗則
 (汎用化)

放射と力の逆2乗則の違い

放射はエネルギーの拡散で原因が説明できる

力は実験事実により法則化、根本的な法則

(将来的には力の逆2乗則の理由が解明されるかも)

第2部では

最後に測定した“力”について

関数という汎用化する道具を使って自然現象を説明する

汎用化の重要性、意義

第2部

具体的な汎用化と汎用化することによるメリットを学ぶ

落下する物体の位置を決める時間に依存した関数を探る
 一微分形式の運動方程式とは—

2つの質量の異なる球が同時に落下する

条件1: 空中で異なる材質で質量の違う2つの球を同時に放す

条件2: 空中で同じ材質で異なる大きさの2つの球を同時に放す

条件3: 水中に同じ材質で異なる大きさの2つの球を同時に放す

今までの経験、知識を使って結果を予想しない

1. 質量の重い方(大きい物)が先に落ちる

2. 質量の軽い方(小さい物)が先に落ちる

3. 同時に落ちる

理由を説明しない

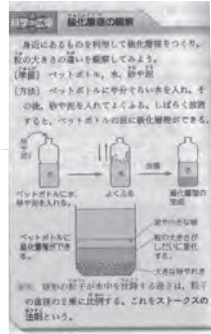
地学で行われている実験

小石・砂の堆積実験

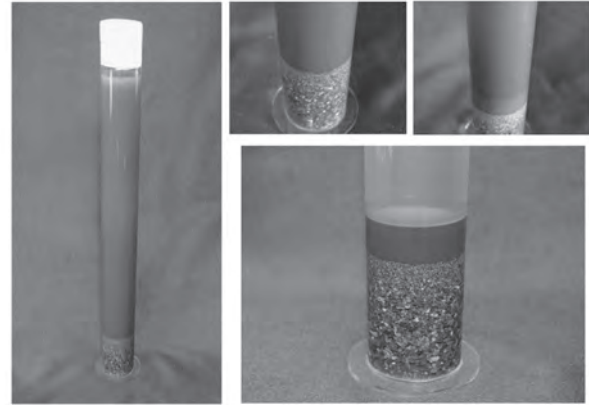


大きな石ほど早く沈む

実際にやってみよう(実験1)



級化層理実験 (JST 理科ネットワークより)



では

ガリレオがピサの斜塔から落下実験をやったか????

材質が同じで大きさの異なる球を同時に落とすとどうなるでしょうか?

同時に落ちる

やってみましょう

わかりづらかったので、数値による計測をしてみよう

これもガリレオが行った斜面の実験の再現

現代版、ガリレオの斜面の結果をみってみる(実験2)

材質の異なるボールは同じ時間で下まで落ちる

ここまでの結果をまとめると

水中の落下

大きな物が先に落ちる

空中の落下

同時に落ちる

この違いはなぜだろうか

これを明らかにするために数学による解析が重要となる

$$v(t) = \frac{2r^2\rho}{9\mu}g \left(1 - \frac{2R}{9r^2\rho}e^{-\frac{9R}{2r^2\rho}t} \right)$$

μ : 媒質の物質の粘性, ρ : 落下する物質の密度, r : 半径

半径と密度(質量)、粘性が関係

$$v(t) = gt$$

質量が関係しない

$$m \frac{dv(t)}{dt} = m \frac{d^2x(t)}{dt^2} = F$$

運動の基本方程式

$$m \frac{dv(t)}{dt} = mg - 6\pi\eta r v(t)$$

$$m \frac{dv(t)}{dt} = mg$$

自然現象を数学という言葉を使って理解する

物理を少し学ぶと

自然現象をざっくりと定性的に説明できるようになる
ところが本当のところは説明できないことも多い

例として

空中落下と水中落下の結果の差を推測も交えて説明ができる

本当は何が起きているのかは理解できない

人に説明するためには、

中身を十分理解して

噛み砕いて

相手のレベルに合わせて

説明する必要がある

このため、数学が必要となってくる

言語としての数学

純粋数学

言語、道具としての数学

物理、自然科学と密接に関係している

簡単な物から

四則演算

エネルギー保存則
(運動量保存則)
化学反応

$$A+B=C+D$$

加算、減算

速度(速さ)

$$\text{速度} = \frac{\text{距離}}{\text{時間}}$$

乗算、除算

数式のメリット1

1. 一つの基本方程式でいくつもの現象を解析できる \Rightarrow 普遍性

2. 国籍、時代を超えた共通言語である \Rightarrow 共通性

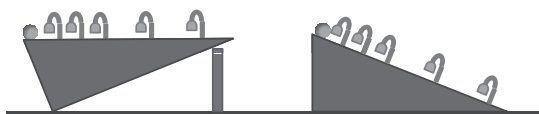
(注: 共通の定義などを理解しておく必要がある)

物理現象を解析するための基本方程式を導く

一力学における運動方程式一

ガリレオのレプリカによる実験

次の2つの違いはなぜ起きるのかを説明しなさい



ねこふんじやった

ねこふんじやった?

実験3

目標: 斜面で“ねこふんじやった”のリズムになるように錘を配置しよう!
<運動を解析する方法を学び、自分の思ったように運動をコントロールしよう>

物理現象を数式で表現するプロセス

1. 物体の運動を定性的に観察する

空間上のある点(例えば原点)に居た物体が次の瞬間どこに移動するかを予測する

条件1: 物体に力が働かない時

動かない

条件2: 初めから動いていて、外から力が働かない時

今までの運動と同じ運動をする

慣性の法則
(ニュートンの第1法則)

ここまでは常識的にも、直観的にも理解しやすい

では、力が働いた時にはどうなるか

解答:力が加わると速度が変化する

力が働かない場合:一定の速度で運動

それぞれの位置での速度は推測できる

平均の速度

力が働く場合:速度が変化

速度の変化がわからないと推測できない

ある時点での**瞬間の速度**が必要

速度が変化するとき

速度の変化する割合は?

$$\text{加速度 (m/s}^2\text{)} = \frac{\text{速度の変化 (最後の速度 - 最初の速度) (m/s)}}{\text{変化に要した時間 (s)}}$$

車が加速する \rightarrow 速度が変化している

加速度が一定で値がわかっていたら、ある時点の速度から次の時点の速度がわかる

$V_0 = 2 \text{ (m/s)}$ $V_2 = 6 \text{ (m/s)}$ $V_5 = 15 \text{ (m/s)}$

0 (s) 2 (s) 5 (s)

加速度が $3 \text{ (m/s}^2\text{)}$ の場合

加速度がわかると“瞬間の速度”がわかる

速度が変化する場合は加速度が重要!

元に戻って

物体に力を加えると速度が変化していく
速度が速くなっていく

加速度が関係している

力と加速度の関係

大きな力を加えると 速度の変化する割合が大きくなる \rightarrow 加速度は大きい

小さな力を加えると 速度の変化する割合が小さくなる \rightarrow 加速度は小さい

力と加速度は比例
力 \propto 加速度
(比例定数が質量)

加速度から瞬間の速度を求める

斜面の場合

この速度は???

場所によって速度が変化する。

センサ-1 センサ-2 センサ-3 センサ-4

$\frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \rightarrow X_1 - X_2$ 間の平均の速度

センサ-1 t_1 センサ-2 t_2

2. イメージを数式化する

図で考えた物を実際の数式で考えていく

物体の位置を $x(t)$ と書く 位置 x が時間の関数ということ

時刻 t のときに $x(t)$ 、 $t + \Delta t$ のときに $x(t + \Delta t)$ の位置に物体が居たとする。

この間の平均の速度は?

$$\frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{t + \Delta t - t} = \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

移動した距離 かった時間

$X(t)$ と $X(t + \Delta t)$ 間の平均の速度の式

この間に速度が一定の場合は、 Δt のどこの時間を取っても速度は上記の式になる。

Δt の間の瞬間瞬間で速度が変わっている、この式では表せない。

どうするか。

先ほど図で考えたものを数式で考えると

時刻 t における速度を求めるために Δt をどんどん小さくしていく。

平均の速度の式でかかった時間を短くしていく。

これを数学的には

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

と書く。

これが時刻 t における瞬間の速度になる。

Δt の間の瞬間瞬間で速度が変わっている、この式では表せない。

どうするか。

先ほど図で考えたものを数式で考えると

時刻 t における速度を求めるために Δt をどんどん小さくしていく。

平均の速度の式でかかった時間を短くしていく。

これを数学的には

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

と書く。

これが時刻 t における瞬間の速度になる。

ここで!

類推してみる

距離の変化量 \rightarrow 速度

速度の変化量 \rightarrow 加速度

平均の加速度、瞬間の加速度、加速度の微分形表示を類推する

速度の変化量が加速度であるから先ほどと同様に

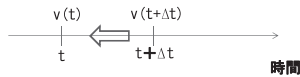
時刻 t のときの速度は $v(t)$ で、ここから非常に短い時間 Δt だけ経ったときの速度は $v(t + \Delta t)$ と表せる。

加速度の定義から

$$\frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

が加速度に相当するが、これは t と $t + \Delta t$ の間の平均の加速度

時刻tにおける加速度を求めるには、 Δt をどんどん小さくしてtに近付けた値が必要



先ほどと同様に

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t} = a(t)$$

物理ではtにおける
加速度

数学的には、速度v(t)の
時間による微分

となる。

したがって

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt}$$

これが速度と加速度の関係である。

以上をまとめると

$$\text{加速度 } a(t) = \frac{dv(t)}{dt} \quad (\text{加速度と速度の関係})$$

時刻tにおける

と書ける

$$\text{速度 } v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \quad (\text{速度と位置の関係})$$

加速度は速度を1度微分したものであり、速度は距離を1度微分したものであるので

加速度は距離を2度微分したものである。

$$a(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} \quad \left[\frac{d}{dt} v(t) = \frac{d}{dt} \frac{dx}{dt} \right]$$

これを力、質量、加速度の関係を表す式に代入する

$$F = m \cdot a \quad (\text{力} = \text{質量} \times \text{加速度})$$

$$F = m \cdot a(t) = m \frac{dv(t)}{dt} = m \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

これをこう書き換える

$$m \frac{dv(t)}{dt} = m \frac{d^2x(t)}{dt^2} = F$$

これが大学の運動方程式

このx(t)を求められたら、物体の移動距離がわかる！

基本方程式の完成(数式化完了)

斜面の角度一定のときの質量の差の実験から

実験結果

質量が大きくなっても加速度は一定

先ほどの結果 $F \propto a$ 力は加速度に比例する

加速度が一定ということは $F \propto m$

力と質量は比例していないといけない

経験的に 大きな質量の物には大きな重力がかかっている
(持ったときに重く感じている)

↓
経験にもあっている

ということは、力Fは加速度aにも質量mにも比例している

$$F = ma$$

もう一つ大きなこと

地球上で質量の違う物体が動くときの加速度は一定

これを

重力加速度

g(という表記を使う)

という

この値は

$$9.8 \text{ m/s}^2 \quad (\text{メートル毎秒毎秒})$$

質量 → 運動を妨げる量

大きな質量をもっている
重い物体 大きな力が働いている
強く運動が妨げられている
(質量が大きいから)

小さな質量をもっている
軽い物体 小さな力が働いている
弱く運動が妨げられている
(質量が小さいから)

したがって、物体の落下には質量は関係しない

本当？

数式の考え方、使い方

前回の復習

水中を落下する大きさの違う球は

大きい球が先に落下した

空気中を落下する質量の違う球は

同時に落下した
(ちなみに、大きさの違う球も同時に落下した)

これらの現象を考えていく際に

力、加速度、質量の間にある関係は？

力 = 質量 × 加速度

$$F = ma$$

になっていることがわかった

導いた式の見方

てんびんの式を思い出してみよう

てこがどうして平衡状態を保てるのか？

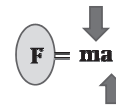
両側にかかる力 × 距離 が等しいときに平衡
(N) (m)

= 仕事 (エネルギー)

てんびんの両側でなされる仕事が等しいから

数式の中に物理現象を説明するヒントがある

では、導いた運動方程式からどのように物理現象が説明できるかみてみよう



この方程式を使うと水中落下も空中落下も説明ができてしまう

2つの落下現象で異なるのは1か所だけ

質量は変化しない

加速度は速度、位置が変化することによって発生しているので、これを計算することで速度、位置がわかる

ということは、“力”の部分だけが水中と空中で違うだけ

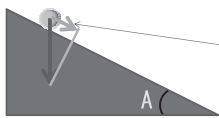
初めに斜面の落下について

具体的にはどんな風に使うのか

力の部分にどんな物を代入したらよいのか

$$ma = F$$

斜面における力の大きさは



動く方向にかかっている力は？

球にかかっている重力(垂直下向き)の斜面方向の分だけ

$$\text{重力} \times \sin A \\ mg$$

斜面における物体の運動方程式

$$ma = mg \sin A$$

実際には

$$m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2} = mg \sin A$$

この微分方程式を解くと

出てくる速度、位置の式

$$\text{速度: } v = g \cdot t \cdot \sin A$$

t: 時間, g: 重力加速度

$$\text{位置: } x = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \cdot \sin A$$

この速度と位置の数式を使って実験結果をみてみる

質量はこの式に入っているか？

わかること 1

物体の落下に質量は関係ない

$$\cancel{m} a = \cancel{m} g \sin A$$

時間が経つと(tが大きくなると)速度、位置はどうなる？

わかること 2

速度は時間に比例して大きくなる
位置は時間の2乗に比例して大きくなる

$$\text{速度: } v = g \cdot t \cdot \sin A$$

t: 時間, g: 重力加速度

$$\text{位置: } x = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \cdot \sin A$$

2班ずつで1つのことをやってもらう

1つのグループはレプリカで等間隔に鐘が鳴るように実験をする
これができたら、間隔を測って、実際に計算式に合うかを確認する

もう1グループはまず計算してみる

計算が終わったら、実際にその数値で鐘を並べてみる

$$\text{斜面の角度は } 15^\circ \quad \sin 15^\circ = 0.259$$

$$\text{斜面全体の長さは } 2\text{m}$$

2班ずつで1つのことをやってもらう

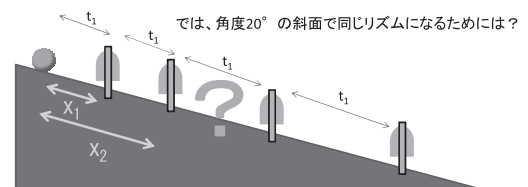
1つのグループはレプリカで等間隔に鐘が鳴るように実験をする
これができたら、間隔を測って、実際に計算式に合うかを確認する

もう1グループはまず計算してみる

計算が終わったら、実際にその数値で鐘を並べてみる

$$\text{斜面の角度は } 15^\circ \quad \sin 15^\circ = 0.259$$

$$\text{斜面全体の長さは } 2\text{m}$$



計算の仕方(ヒント)

最初の鐘まで距離を仮定して、そこに到達するまでの時間を計算する

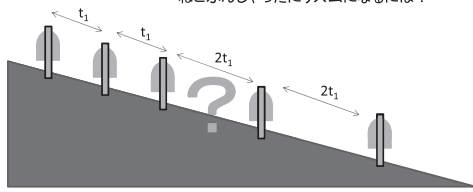
$$x = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \cdot \sin A$$

次の鐘までの距離を x_2 として、同様にそこまでの時間を計算

鐘1までの時間と鐘2と鐘1の間の時間が同じになるにはどうなればよいか

応用編

ねこふんじやったにリズムになるには？



簡単な式を使った説明

同じ材質の大小の球を考える

重さ(球にかかる重力)は体積に比例する

水の粘性(抵抗力、沈まないとする力)は表面積に比例する

$$\frac{4}{3}\pi r^3$$

$$4\pi r^2$$



大きな球には大きな重力
表面積も大きい



小さな球には小さな重力
表面積も小さい

単位表面積当たりの体積
(体積:表面積)
(落ちる力:抵抗する力)

$$\frac{\text{体積}}{\text{表面積}} = \frac{\text{落ちようとする力}}{\text{沈まない力}} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{4\pi r^2} = \frac{r}{3}$$

半径が大きいほど落ちる力が大きくなる

体積(重力)は半径の3乗で変化、表面積は半径の2乗で変化する

最後に水中落下について

正確な計算では

水中の落下について

水中落下の方程式は

$$m \frac{dv(t)}{dt} = mg - 6\pi\eta r v(t)$$

(水の粘性を考慮した運動方程式)

粘性の低い空気などでは右辺2項目は無視できる

これを解くと

$$v(t) = \frac{2r^2\rho}{9\mu} g \left(1 - \frac{2}{9} \frac{\mu}{r^2\rho} e^{-\frac{9}{2r^2\rho} \mu t} \right)$$

μ : 周辺の物質の粘性、 ρ : 落下する物質の密度、 r : 半径

半径と密度(質量)、粘性が関係

球の半径の2乗に比例して落下速度は大きくなる

本講義のまとめ

本日の説明事項

実験事実から関数を導く

個別事象からの類推で汎用的に使える法則を導く

汎用化された事象を記述する方程式を導く

一つの基本方程式から様々な物理現象が解析できる

個別事象から汎用化へのプロセス

1. 実験事実から規則性を見つける
2. 類似の現象を考える
3. 類推から規則性を予測する
4. 規則性を検証するために実験を行う
5. 類推から汎用化するプロセスを認識する
6. 汎用化する意味を考える
7. 汎用化した時のメリットを活かした事象を考える
8. 汎用化した物を使って事象を説明してみる
9. 類推による汎用化の重要性を認識する

fin

算数・数学での関数指導の理科への応用における課題

鳴門教育大学大学院学校教育研究科

松岡 隆

本プロジェクトの主な目的は、自然現象を因果関係として捉え、関数を用いて思考する理科指導の可能性について検討することであった。そのためには、算数・数学における関数指導を、関数概念を用いる理科指導にどのように繋げていくことができるかについて考えることも必要である。そこで、まず算数・数学の学習指導要領における関数の扱いについて、理科との繋がりを意識しながら考察する。その結果得られた視点を元に、算数・数学での関数指導を理科に応用する際に現れる課題について検討する。

1. 小学校算数の学習指導要領における関数内容

小学校学習指導要領（平成20年）における算数の内容構成は、4つの領域「A数と計算」、「B量と測定」、「C図形」、「D数量関係」からなる。関数の指導内容は、領域「D数量関係」の第4～6学年の中にも含まれており、以下のように概要がまとめられている。

- ・第4学年 D(1)「伴って変わる二つの数量」
 - 伴って変わる二つの数量の関係を表したり調べたりすることができるようにする。
 - ア 変化の様子を折れ線グラフを用いて表したり、変化の特徴を読み取ったりすること。
- ・第5学年 D(1)「伴って変わる二つの数量の関係」
 - 表を用いて、伴って変わる二つの数量の関係を考察できるようにする。
 - ア 簡単な場合について、比例の関係があることを知ること。
- ・第6学年 D(2)「比例」
 - 伴って変わる二つの数量の関係を考察することができるようにする。
 - ア 比例の関係について理解すること。また、式、表、グラフを用いてその特徴を調べること。
 - イ 比例の関係をj用いて、問題を解決すること。
 - ウ 反比例の関係について知ること。

なお、第1～3学年については、学習指導要領解説の算数編において、「ものとものを対応付けたり、一つの数を他の数の和や差、積としてみたり、一つの乗数が1ずつ増えるときの積の増え方の様子に着目したりすることができるように指導する」と記されており、ここに関数の考えの萌芽が見られる。

学習指導要領解説算数編における関数の扱いの特徴としては、以下の3点を挙げるができる。

- ① 関数概念を含む領域Dの内容は、算数の学習対象である数・量・図形にそれぞれ対応する他の3領域とは異なり、それら3領域を扱う際の共通の考え方や方法をまとめたものとして位置づけられている。特に、関数は、数量や図形について取り扱う際に、それらの変化や対応の規則性に着目して問題を解決していく考え方（関数の考え）として導入されている。
- ② 関数の考えについては、数量や図形への応用のみならず、現実の問題に対する応用についても触れられている。例えば、「巻いてある針金の長さを調べる場面で、針金の長さや重さが比例の関係にあることを用いて、ある長さを取り出してその重さを測ることにより全体の長さを求める」などの応用例が示されており、日常生活や算数の学習などの場面で、このような問題を児童自身が見付け出し、積極的に比例の関係を生かしていこうとする態度を養うよう配慮するよう注意されている。ただし、取り上げられている例は自然現象に係るものではない。
- ③ 関数の考えを生かすための方法として、数量や図形についての事柄が他のどんな事柄と関係するかに着目させることとしている。例えば、
 - ・ある数量が変化すれば他の数量が変化するのだろうか

- ・ある数量が決まれば他の数量が決まるのかどうか
 - ・ある図形の要素などが決まれば、ほかの要素や事柄が決まるのかどうか
- などについて着目させることとしている。

以上3点をまとめると、小学校算数においては、関数概念は、変化や対応の規則性に着目して数量や図形の問題を解決していく考え方（関数の考え）として導入されており、これを生かすために、ある数量が変化すれば（決まれば）他の数量が変化（決まる）ことに着目させることとしている。現実の問題に対する応用も無いわけではないが、自然現象に関係するものはない。

2. 中学校算数の学習指導要領における関数の関連内容

中学校学習指導要領（平成20年）における数学の内容構成は、4つの領域「A数と式」、「B図形」、「C関数」、「D資料の活用」からなる。「C関数」の概要は、以下のようにまとめられている。

第1学年

具体的な事象の中から二つの数量を取り出し、それらの変化や対応を調べることを通して、比例、反比例の関係についての理解を深めるとともに、関数関係を見だし表現し考察する能力を培う。

- ア 関数関係の意味を理解すること。
- イ 比例、反比例の意味を理解すること。
- ウ 座標の意味を理解すること。
- エ 比例、反比例を表、式、グラフなどで表し、それらの特徴を理解すること。
- オ 比例、反比例を用いて具体的な事象をとらえ説明すること。

第2学年

具体的な事象の中から二つの数量を取り出し、それらの変化や対応を調べることを通して、一次関数について理解するとともに、関数関係を見だし表現し考察する能力を養う。

- ア 事象の中には一次関数としてとらえられるものがあることを知ること。
- イ 一次関数について、表、式、グラフを相互に関連付けて理解すること。
- ウ 二元一次方程式を関数を表す式とみること。
- エ 一次関数を用いて具体的な事象をとらえ説明すること。

第3学年

具体的な事象の中から二つの数量を取り出し、それらの変化や対応を調べることを通して、関数 $y=ax^2$ について理解するとともに、関数関係を見だし表現し考察する能力を伸ばす。

- ア 事象の中には関数 $y=ax^2$ としてとらえられるものがあることを知ること。
- イ 関数 $y=ax^2$ について、表、式、グラフを相互に関連付けて理解すること。
- ウ 関数 $y=ax^2$ を用いて具体的な事象をとらえ説明すること。
- エ いろいろな事象の中に、関数関係があることを理解すること。

日常的な事象と関数の係りについては、学習指導要領解説の数学編で以下のようなより詳しい説明が行われている。

- ・比例、反比例にかかわる日常的な事象は数多くあり、他教科、特に理科の内容に関連した事象があること。
- ・水を熱した時間と水温の関係など、観察や実験などを基にし、一次関数であるとみなせる場合があり、そのことを根拠として変化や対応の様子を考察したり予測したりすることができること。
- ・関数 $y=ax^2$ にかかわる具体的な事象として、理科で学習する斜面をころがる物の運動や、車の制動距離、また、噴水の水が作る形、パラボラアンテナなど、身近に感じたり目にしたりすることができるものがあること。
- ・数量の関係について、例えば車の制動距離が時速の2乗に比例するとみなして停止距離を予測するなど、理想化したり単純化したりして考えることによって事象をとらえ説明できること。

- ・例えば、郵便物の料金の仕組のように、式に表すことができない関数関係もあることを認識させる必要があること。これは、関数関係は必ず式で表すことができると考えている生徒に対し、一方の値を決めたとき他方の値がただ一つに決まれば関数関係といえることを確認させるためである。

また、数学の教科書には、具体的な題材として、上に述べた例の他に、木の幹の太さと日数、行列に並ぶ人数と待ち時間、ギアの歯数と回転数、つり合いにおける重さと支点からの距離、風圧と風速、真上にボールを投げ上げるときの秒速と到達する高さ、地震の初期微動継続時間と震源までの距離などが取り上げられている。

中学校の学習指導要領における関数指導の目的を簡単に纏めると、「具体的な事象の中から二つの数量を取り出し、それらの変化や対応を調べることを通して、比例、反比例、一次関数、二次関数について理解するとともに、関数関係を見だし表現し考察する能力を養う」こととなる。自然現象との係りについては、学習指導要領解説や教科書の中で、断片的ではあるが様々な例が示されている。

3. 高等学校数学の学習指導要領における関数の関連内容

高等学校の数学では、関数の関連内容が最も大きな部分を占めており、その中身は関数、極限、微積分などの数学概念の理解を図る内容が殆どである。これら数学概念の説明については標準的な方法が確立している。そこで、ここでは、理科との関連を念頭に置いて、特に関数と事象との関連に着目することとする。高等学校学習指導要領解説（平成21年）の数学編において、事象との関連について記述した部分を列挙すると以下ようになる。（括弧内は科目名である。）

- ・食品の値段を上げると売れる食品の数は一定の割合で減少すると仮定して、純利益と食品の値段の関係を二次関数で表し、純利益が最大になるように食品の値段と売れる数を決定する。（数学Ⅰ）
- ・細菌の増殖や放射性物質の崩壊など自然現象の中に見られる生成や発展、減衰の様子は指数関数で表わされることが多いこと。（数学Ⅱ）
- ・音の強さの単位（デシベル）や星の明るさの単位（等星）、地震の規模を表す尺度（マグニチュード）など、人間の感じ方の尺度に対数が活用されている。（数学Ⅱ）
- ・三角関数の周期性について理解させる。その際、回転運動や波動などの具体的な事象と関連させる。（数学Ⅱ）
- ・微分法を速度・加速度などの考察にも活用できるようにする。（数学Ⅲ）
- ・二つのデータ間の関係を散布図や相関係数を用いて調べたり、散布図に表わしたデータを関数とみなして処理したりする。例えば、気温とある商品の売り上げとの関係について、散布図や相関係数を用いて調べたり、変数間に関数関係があるとみなして処理し、商品の売り上げを予測したりする。（数学活用）

数学の教科書では、以上の例以外に、投げ上げた物体のある時刻での高さを求める問題も取り上げられている。この際、「高さが時間の二次関数で表されるものとする」という仮定が置かれているが、この仮定が物理的事実であることには触れていない。速度、加速度については、定義と具体例でそれらの値を求める問題のみが扱われている。また、発展教材として、微分方程式を解くことにより、加速度一定の条件から物体の位置が二次関数で表されることを導出することや、温めた物体を放置した時の温度の時間変化を求める内容が含まれている。

4. 算数・数学での関数指導の理科への応用における課題

学習指導要領や教科書についての以上の考察より、算数・数学での関数指導の理科への応用において、以下のような課題があることが分かる。

- (1) 算数・数学では、因果関係の把握における関数の応用力を育てることは難しい。

算数・数学では、関数については、その概念の定着を図ることを専らの目的としている。そのため、事象との係りについては、いろいろな例を用いて、2つの数量が伴って変わることをグラフなどを用いて認識し、

数学的処理を施して何らかの結果を得るという思考プロセスを体験することに止まっている。従って、算数・数学の関数指導では、ある変数に対し、それが従属変数となるような独立変数と関数関係を見つけるという発想は現れず、因果関係の把握面での関数の応用力を育てることは難しい。磯田（1998）が、学校現場で見られる問題点として、独立変数の方から従属変数を見つけさせる授業展開が関数の活用力を育てる決め手であるとの誤解が見られると述べているが、このような誤解が生じる背景には、このような算数・数学での関数指導の特性があると考えられる。

(2) 算数・数学では、関数関係や相関関係と因果関係との違いを理解させることが難しい。

相関関係を因果関係と混同しないようにすることは、万人が身に付けておくべき科学リテラシーの重要な項目である（アトラス第2章、第9章、アメリカ科学振興協会（2001年））。算数・数学における指導では、関数関係と相関関係のみが扱われるため、これらと因果関係の違いを認識する機会がない。

(3) 算数・数学では、独立変数・従属変数という用語が現れない。

理科の指導では、実験を計画したり、因果関係を説明したりする際に、独立変数・従属変数という用語を用いる方が分かりやすい。しかし、算数・数学では、独立変数・従属変数という用語は、高等学校を含めても現れない。実際、教科書には使用されていないし、学習指導要領解説においても中学校でただ一か所に現れるのみである。（「一方の変数（独立変数）」という表現がある。）従って、理科で独立変数・従属変数という用語を使う場合には、前もってその意味の確認を図っておく必要がある。なお、算数・数学で独立変数・従属変数という用語を用いないことは、因果関係と相関関係の混同を避ける点においては、プラスに働くと考えられる。なぜならば、因果関係の正しい認識がない状態で、独立変数と従属変数という言葉だけ教えられた場合、これらはその語感から、それぞれ原因と結果を表すというように短絡的に理解されかねないからである。

これまで見たように、算数・数学の関数指導は、関数や相関関係の概念自体を理解させるものであり、それらがどのように自然現象の理解に繋がるかについては重点が置かれていない。特に、現象において伴って変化する2つの量を認識させる指導はあるが、それらの2つの量を、因果関係として原因と結果という観点から見ることはない。しかし、自然現象に限らず、関数関係や相関関係と因果関係との違いを正しく認識できるよう指導することは、社会をよりよいものに変えていくために学校教育が果たすべき責務であろう。理科はこのために貢献可能な教科であると考えられ、学校や教員養成における効果的な方法を開発することが必要ではないかと考える。

引用文献

1. 磯田正美：関数領域のカリキュラム開発の課題と展望、「算数・数学カリキュラムの改革へ」日本数学教育学会編、産業図書、pp.203-217、1998年。
2. Atlas of Science Literacy : Project 2061, American Association for the Advancement of Science, 2001年

中等理数教育における「数学化」の持つ意義

岡山大学

曾布川 拓也

1 数学を用いて考えるということ

数学は、そもそも実生活の中で道具として始まったものである。集団的な狩猟生活において、また農耕生活において、収穫物の個数・量などを測定することは、その分配などにおいてとても重要な概念であったことは疑いない。これが発展して行くに従って、人々は異種の対象であっても共通の認識でそれらを表現すること＝抽象化＝を会得するようになった。そもそも「数」というのは、リンゴが3個でも羊が3頭でも槍が3本でも、同じ「3」という概念で表現している¹。こうした抽象化とともに、数学はそれ自体も探求の対象となっていった。数学自体のもつある種の「美しさ」にも興味が向き、そこに広がって大きな世界が構築されてきた。そこにはある種の宗教観と呼べるようなものも介在しているといえるが、一方でどこかでまた何か実用的なものに結びつくのではないかという期待がされていることも事実である。長い時間を経て、実在する対象への分析により多くの数学が生み出され、またその世界の中でそれが独自に発展するというプロセスを繰り返しながら、現在では数学はそれ自体が大きな学問になっている。このことと関連して、事象に対する数学を介した考察は、次のような3つの段階を経るものであると考えられている²。

第1段階：数学化 (mathematize) 対象とする現象 (その多くの場合は何らかの意味で実在するものである) を数学的に表現すること。

例1. 量子の世界において、物理量は自己共役な行列で表される。量子状態はベクトル x である。そして量子状態 x において物理量 A を観測するとその値は、 x と Ax の内積をもって表され、状態は Ax に変わる。

例2. 財の生産においては、生産量が増えれば単価は下落する。従ってそれらの関係は右下がりのグラフで表現することができる。また財の消費においては、需要が増えれば価格は上昇する。従ってそれらの関係は右下がりのグラフで表現することができる。財の価格や生産・消費量には限界があることから、この2つのグラフは1つの凸四角形の相対する頂点を結ぶ曲線になる。

この段階では、まず対象についての考察と、表現に必要な数学的な道具立ての存在が必要となるが、一方で数学教育においては、新しい数学的な世界を知るために、現象の数学化を用いることがある。

例3. 水を1 dl 升でくみ上げる操作を通じて「デシリットル」という量の単位を知り、測定方法を知る。2杯なら2 dl, 3杯なら3 dlである。

例4. 速度が変化する運動の解析を通じて、微分概念を知る。

これらについては、数学的な概念と現実の事象が同時に扱われている。形式的に見れば、「事象→数学的表現」の一方向に見えるが、数学的な内容を直観的に理解するためには、これらを混在させながら指導することは珍しいことではないし、悪いことでもない。発達段階によってはむしろ多用されるべきであるといえよう。

第2段階：数学的処理 数学的に表現されたことについて、計算、証明などを行い、何らかの結果をもたらすこと³。

例5. $2+3=5$ となる

例6. 一般に2つの行列 A, B について $AB \neq BA$ である。従ってベクトル x と ABx , またベクトル x と BAx の内積も異なる

例7. 四角形の相対する頂点を曲線で結ぶと、その2本の曲線は必ず凸四角形の内部で交わる。

¹このことは初等教育においては注意深く扱われなくてはならない。

²高等学校学習指導要領解説数学編 (平成21年7月) p.68

ここには、「計算して答えを出すこと」だけではなく、「演繹によって結論を導く」という、論理的なことも含まれてはならない。

第3段階：結果の解釈 得られた数学的な結論に対して、対象世界においてどのような意味を持つかの解釈を行う。中等数学においてよく言われる「方程式の解の吟味をせよ」というのがこれにあたる。

例8. 2 dlの水と3 dlの水を1つの容器に入れると、5 dlになる。

例9. ある量子状態に対して2つの物理量を同時に測定することはできない。

例10. 財の生産・消費について、その需要と供給は均衡点を持つ。

これらは次のように連なって一連の考察を形作っている。

[例1 → 例6 → 例9]

量子の世界において、物理量は自己共役な行列で表される。量子状態はベクトル x である。そして量子状態 x において物理量 A を観測するとその値は、 x と Ax の内積をもって表され、状態は Ax に変わる。ところで、一般に2つの行列 A, B について $AB \neq BA$ である。従ってベクトル x と ABx 、またベクトル x と BAx の内積も異なる。従って、ある量子状態に対して2つの物理量を同時に測定することはできない。

[例3 → 例5 → 例8]

水を1 dl升でくみ上げる操作を通じて「デシリットル」という量の単位を知り、測定方法を知る。2杯なら2 dl, 3杯なら3 dlである。ところで、 $2+3=5$ となる。従って2 dlの水と3 dlの水を1つの容器に入れると、5 dlになる。

[例2 → 例7 → 例10]

財の生産においては、生産量が増えれば単価は下落する。従ってそれらの関係は右下がりのグラフで表現することができる。また財の消費においては、需要が増えれば価格は上昇する。従ってそれらの関係は右下がりのグラフで表現することができる。財の価格や生産・消費量には限界があることから、この2つのグラフは1つの凸四角形の相対する頂点を結ぶ曲線になる。ところで、凸四角形の相対する頂点を曲線で結ぶと、その2本の曲線は必ず凸四角形の内部で交わる。これらのことから、財の生産・消費について、その需要と供給は均衡点を持つ。

ここで注目したいのは、接続詞「ところで」である。すなわち数学の世界は現実の現象とは離れたところに構成されていて、それをを用いて考えるための作業「数学化」が不可欠だということである。

2 算数教育における「数学化」の位置づけ

2.1 概念の導入と「数学化」

考察対象について、それを「数学という一つの見方」を通じて捉えようとするのが「数学化」である。従って、数学的な見方をするためには、すでに数学的な概念を体得しており、それを通して考察対象を見なくてはならない。しかし人間は最初から数学的な概念を持っているわけではない⁴ので、原理的にこの見方は矛盾を含んでいる。小学校初年においては、数学（算数）的な概念は、具体的な事象を考察することによって学習者の内側に湧き起こってくるものであると言えよう。教師にとっては、具体的な事象の観察・検討や演算を繰り返し行いながら、それが子どもたちの中に抽象化されることを待つしかできないのである。これを教師が教え込むことはできない。抽象的な概念である「数」「図形」などをどの程度認識できるかは当然個人差がでてくる。その場合でも、計算の技能や図形の操作を体得させ、それを繰り返していくうちに、個々の認識の中に抽象的な概念が生まれることを期待するしかないのである⁵。この段階では学習者に「数学化」という概念が認識されないのは当然のことである。

特別な体験をさせ、そこから新しい概念を獲得させることもよく行われる。こう表現すると異様な感じがするが、これは観察・実験からの概念獲得をしようということであり、自然科学を学ぶ態度として当然のこ

³残念ながら、特に中等段階の数学教育においては、この段階ができることだけが強調されているように見える。この段階だけでもできればテストである程度の点数は取れる。それを「基礎がわかった」ととらえてしまうケースが多く見られる。しかしそこには「点数を取るための数学」しかなく、数学を学ぶ意義が感じられない生徒が多くなってしまふ。

⁴人間は生まれながらにして数学的な概念を持っている、とする立場もあり得るが、少なくともそれは原初的なものに限られると筆者は考える。いずれにしろ本稿ではその議論には立ち入らない。

とである。理科教育（教科としては生活科の一部を含む）ではこのことがはっきりわかるように行われているが、算数教育においては、授業の外で体験してきているであろうことを前提にしたり、すでに学習している内容を前提にすることも多い。しかし、昨今は子どもを取り巻く環境が多様化していることもあって、子どもたちに共通の前提としての経験を想定することが難しくなっている。いずれにせよ、小学校における数学概念の形成は「直感的に（直観的とは限らない）」行われるべきものであり、そこには「数学化」のプロセスが重要な役割を果たす。

2.2 「応用問題」の現状

一方で、というよりもそれだからこそというべきかもしれないが、現在の学校現場においては、具体的な問題を考えるときに学習者自身が事象を「数学化」するための指導が行き届いていないように見える。算数科において「応用問題」と呼ばれるものは多くの場合、考察の対象は非常に数学化しやすいか、すでにほとんど数学化されてしまっているような文章で与えられている。過多の情報から必要な内容を選択したり、学習者が何か試行錯誤をしたり、自らの持っている知識を当てはめてみようとするといった作業はほとんど期待されていない。そのため、たとえば「ひき算」の単元ならば、出てくる数字がだいたい2つで、とりあえず大きい方から小さい方を引いて計算すればよいだろう、とする児童も多く見受けられる。これは「数学的処理」だけを重視した結果であり、「数学化」の軽視である。ところが、計算結果の数値が正しく書いてあれば「部分点」を得ることとなる。教育の成果がペーパー試験の結果＝数値に置き換えて考えられる傾向があることから、それでもある程度の成績になってしまう。そのため、根本的に大きな問題があることが忘れ去られているケースが間々見られる。大昔は「〇〇算」というようなものが多く取り上げられてきたが、近年は中学受験において取り上げられる程度で、しかもそれも簡単なパターンに収斂させることにしか目が向いていない指導もあるようである。算数・数学教育は、自らが自然科学の一分野であるという認識に立ち返り、こうしたことを改めて考える必要があると言えよう⁵。

2.3 算数科の進むべき方向

平成20年版小学校学習指導要領第2章第3節第2には、小学校第1学年の算数科の目標について次の4つが挙げられている。

1. 具体物を用いた活動などを通して、数についての感覚を豊かにする。数の意味や表し方について理解できるようにするとともに、加法及び減法の意味について理解し、それらの計算の仕方を考え、用いることができるようにする。
2. 具体物を用いた活動などを通して、量とその測定についての理解の基礎となる経験を重ね、量の大きさについての感覚を豊かにする。
3. 具体物を用いた活動などを通して、図形についての理解の基礎となる経験を重ね、図形についての感覚を豊かにする。
4. 具体物を用いた活動などを通して、数量やその関係を言葉、数、式、図などに表したり読み取ったりすることができるようにする。

小学校初年においては、前述の「数学化」と絡めた形での概念の学習が行われていると言ってよいであろう。第2学年の目標も同様に「具体物を用いた活動などを通して」という表現が見られる。ところが第3学年になると、児童の発達段階に対応してこの表現が見られなくなる。このことには大いに注意を払わなくてはならない。抽象的な概念の把握はその後の応用の可能性などを考慮しても必要なものであるが、これ以降「記号的な操作」「計算して答えを出す」ことにのみ関心が向くようなケースが多く、その段階で「数学化」の重要性が忘れられてしまう。民間の教育産業では、こうした指導をすることも多いらしく、学校教員もそれにつられてしまう部分があるようである。概念が抽象化して行くに従って、それと同時に「事象の数学化」の必要性をはっきり認識しながら指導していくことが重要である。

⁵子どもたちがそれぞれ抽象的な概念を会得するということを無視して一律にペーパー試験の点数で評価するような教育を行えば、抽象的な概念の獲得は難しい。昨今、空間図形の認識ができない若者が増えているが、その大きな原因がここにあるのではないかと筆者は考えている。

⁶数学化mathematizeについては国外では多くの研究がなされているが、我が国ではその成果を表に出した形での議論をあまり聞かない。

3 中等数学における「数学化」の問題

3.1 関数の概念

中等段階においては、教科名が小学校の「算数」から「数学」に変わる。いくつかあるそれらの違いのうち、最も大きなところの1つは、扱う対象が急に抽象化の度合いを増し、具体的な事例から完全に離れ、数学自体が考察の対象になってくることであろう。その中でも理解が難しいとされるのが、関数の概念である。

前述のように、そもそも数の概念は具体的な事象を抽象的に捉えたものである。しかし関数は、数と数の間の関係を指すものであり、2次的な抽象度を持つもの、メタ的に見たものである⁷。そのため、この概念の指導は難しく、 $y=3x-5$ のような「式のこと」を1次関数というというような指導がなされてしまっているケースを多く見受け⁸。こうなってしまうと、何をやっているのかを生徒が認識するのはずいぶん困難になるだろう。

3.2 数学化と関数概念の認識

その把握は難しいとしても、関数の概念は社会生活において必要なことである。関数自体はブラックボックスだったとしても、入力に対して出力があるという対応関係は社会の至る所に見られる。だが生徒の多様性が大きくなっている現在、抽象的な設定においてのみ関数の概念を考えているのでは、その学習に困難を感じる生徒が多くなることは仕方がないのかもしれない。特にこの点において、長谷川らによる「自然事象にみられる逆二乗則の理解を目的とした教材開発」（本研究報告書 [4]）は、理科教育ばかりではなく、数学教育においても大きな可能性を感じさせるものである。すなわち、実験において距離と光量の関係が見えてくる。それを次のような段階を追って考えることとする。

1. 遠くに行くと光は弱くなる
2. 最初はそれほどでもなかったが、遠くに行くと急激に弱くなる
3. 距離と光量の関係は？

さらに測定結果から、逆二乗の法則をある程度想定させる。ここで重要なのは、上記3段階を十分に味わうことである。これがここでの「数学化」に当たる。すぐに数式で表してしまうのではなく、「距離」と「光量」に関係がある、ということを実感することである。数式を出すのをできるだけ遅らせ、この感覚をできるだけ味わせたのち測定値から関係式を導く。場合によってはグラフプロットもよい。それも、等間隔方眼紙上でのプロットではわからなくても、片二乗方眼紙や、両対数方眼紙など使えるものは色々ある。その昔、高等学校で行っていたこうした内容を、何らかの形で盛り込むことで関数の概念の把握に役に立つと考えられる。

本研究の当初の趣旨は「数学を使って科学を考える」方向にあったと思われるが、実際の研究を通じて、また小学校低学年算数科における数学概念の導入と同様に、中等段階でも「数学化」を用いた概念の把握をもっと重要視する必要性を感じるに至った。

3.3 抽象化のメリット

学校で数学を学んでいる限り、その抽象化のメリットにはあまり思いが行かないかもしれない。ところが本研究で検討された「逆二乗の法則」については、1つ大きな応用例がある。それは太陽光の持つエネルギーである。太陽そのものは、核融合によって莫大な光エネルギーを放出している。そのため、太陽に近い水星では表面温度が高く、宇宙船が到達しても着陸するのは困難だろう。また火星は大気が薄いこともあるが表面温度が低い。このようなことへの説明は、高等学校段階では太陽からの距離以外の要素も含めてある程度厳密な計算によって定量的に把握することも可能であるが、中学校段階でも感覚的・定性的な説明が十分できる。数学と言えばすぐに計算、試験に出て丸をもらうためのもの、というような発想ではなく、このようなことの方が（少なくとも社会で役に立つという意味では）はるかに重要である。

⁷数は「具体的なもの=量を抽象化したもの」という見方が現在の算数数学教育の根幹を貫いている。しかしここに述べているような「量と量の比が数である」という立場もある（現在では宮下英明氏ら）。その点で言えば、数自体が量に対するメタ的な見方であると言える。

⁸指導する側の認識がどの程度であるのかについてはここでは言及しない。

同様なことは、有害性を持つ物質の大気中や海洋中への拡散に対する危険性評価でも同じことが言える。こうして数学の範疇で抽象的に捉えることが、結果として一般性をもたらすことが、数学の応用のもっとも重要な方向付けであることを強調したい。

4 サイエンスリテラシーと「数学化」

4.1 モデル化・理想化

「物理は数学のお母さん」

筆者は学生指導に際してよくこんな標語を口にする。ではお父さんは誰？と聞かれたら一応「哲学」と答えることにしている。実際、歴史をたどってみると、物理現象を解明するために発展してきたというのは、数学史の1つの重要な側面である。一方で、数学は教科として嫌われ者である。いくつかの理由が挙げられるが、少し前にツイッターで「#数学嫌いあるある」というハッシュタグには以下のような投稿が並んだ⁹。

- ・『コインを投げ、表が出たら勝ち、裏が出たら負けというゲームを百回行った』っていうけど、誰がするんだ、そんなつまらないこと
- ・三個のケーキを五人で分けるって、なんでちゃんと人数で割れるように買わないの…
- ・AとBの水道を5分ずつずらしてこの浴槽に水を貯めていくと……『急ぐんだろ？同時に出せ。』
- ・太郎君と花子さんは二人で公園に来ました。公園の池を太郎君は徒歩で分速90mで右回りに、花子さんは自転車で左回りに分速300mで走ったところ…せっかく二人で来たんだから仲良く二人で回るだろ。
- ・四〇人のクラスの中から学級委員長と副委員長を決める、選び方は何通りあるか……大体出来るのは四人ぐらいだから、あとはじゃんけんでやれば？
- ・『去年より20%増えて、今年は240人になりました。去年の人数は何人ですか』っていうけど、じゃあどうやって何%増えたか分かったの。
- ・なんできっちり分速200mで走れるの？

このような指摘は、揶揄するために誇張されている部分はあるかもしれないが、1つの真理を突いている。それは、「現実には起こりえないことについて想定して問うことに意味はあるのか」という指摘である。いきなり時速40kmで走ることができる自動車などないわけで、その加速運動の状況を調べるのが力学の初歩であり、微積分学の端緒となりうるのだが、それを小学生にさせるわけにはいかない。そういう厳密な議論でなく、ある種の理想的な状態を設定してその枠組みで考えること＝モデル化が必要となってくるのである。「物理」の授業の中では「路面の摩擦は考えないことにする」「空気抵抗はないものとする」というように、考える場面でその設定を確認したり、「質点」という、本来はあり得ない存在を対象としたりする。その点で算数・数学はこの「モデル化」に対して無頓着であった気がする。本研究において1つの大きな検討対象としているAAASのAtlas of science literacyにおいては、このことが重要な項目として上がっている。特に

中学生や高校生たちは一般的に、さまざまなモデルを、コンセプトの描写としてではなく、現実の形のあるコピーとして考えている (Crosslight et al., 1991)。彼らには、モデルの有益性は、その密接な関係と実際の観察とを比較することによって検証できるという考え方が欠けている。学生たちは、モデルは変えられるということは知っているが、彼らのためにモデルを変えるということは知らない (高校生に際だっている)。新しい情報を加えることは知らないし、あるいは間違っているとされた部分を取り替えることも知らない (中学生に際だっている)。([3], 本研究報告書 p.150, 原著 p.28)

という指摘は、現在の理数教育で置き去りにされている部分である。そして算数・数学はモデル化されてしまった対象について考察するものとなり、冒頭に挙げたような指摘を受けるものになっている。従って

数学者たちの仕事の多くは、次の3つのステップから構成されているモデル化のサイクルに関するものである。すなわち、(1)事象や考え方を表現するために、様々な抽象概念を使う、(2)いくつかの論理的ルールに従って抽象概念を操作する、および(3)抽象化したモデルがどれぐらいうまくもとの事象や考え方に一致しているかを確認する。実際の思考はこの順序に従う必要はない。([3], 本研究報告書

⁹拙稿 [2] 参照

p.149, 原著 p.25)

とあるべきところ、発達段階の児童生徒に対しては(1)の部分が弱くなっている。そしてその結果、

数学的調査についての学生たちの代表的な確信には次のものがある。すなわち、数学の問題を解く方法は、たった1つしかない。数学は隔離されて個人によって行われている。数学の問題は、すぐに解けるか、全く解けない。数学の問題とその解法は意味を持つ必要はない。そしてあの公式の証明は、発見と創造のプロセスとは無関係である。(Schoenfeld, 1985, 1989a, 1989b) ([3], 本研究報告書 p.148, 原著 p.26ベンチマーク研究)

という指摘を受けてしまうのである。

4.2 結びに

本研究の元々の狙いの1つに、理科教育に対して数学的な考察をいかに関連づけるかということがあったと考えている。特に関数の概念を用いて科学的な考察対象をより明確に表し、その数学的な内容を用いて科学的な現象を深く知ることを理科教育の中に取り入れようというのがその中心であったように思う。しかし研究を進めて行くにつれて、筆者はそれはもっと遠大な話しであると考ええるようになった。実際、これを行うためには、単なる計算技術を磨くだけではなく、数学の概念をより深く、言い方を変えれば「直感で」認識できるようにしておく必要がある。そのためには数学の概念の習得について再検討する必要性が生じた。そしてその方法を考えるうちに、数学を理科へ応用する前に、まず科学における諸概念の「数学化」を通じて数学の側の充実を図る、むしろ逆向きの作業を先にすべきであるという考えに至った。このことは初等段階では重視されているが、実は低学年だけではなく、中等段階でもその扱いについて深く検討する必要があるのである。

現在は、こうした問題点について抽出したのみで、残念ながらその改善策を検討するまでには至っていない。今後の課題としたい。

参考文献

- [1] Nickson, M. Teaching and Learning Mathematics, 2nd Ed. (2004), Continuum.
- [2] 拙稿『「数学、嫌い」でいいのか』 発達129 (2012), pp.58-65, ミネルヴァ書房
- [3] 邦訳: Atlas of science literacy, 第1章 科学の本質, 本研究報告書 p.138-146
- [4] 長谷川敦司「自然事象にみられる逆二乗則の理解を目的とした教材開発と教員研修プログラムの開発と評価」, 本研究報告書 本研究報告書, p.5-9

日本と西欧の自然観と科学

上越教育大学

小林 辰 至

第1節 日本の自然観を考える

氷河期が終わった今から1万2000年ほど前から地球の気候はしだいに温暖になった。ユーラシア大陸の極東に位置する6000年ほど前の日本列島には、シイやカシなどの照葉樹やブナ、クリ、クルミなどの落葉広葉樹が広がり、四季の変化のある温暖な気候となった。豊かな森林はさまざまな動物を育んだ。縄文時代とよばれるこの頃の人々は土器をつくり、ドングリの団子を煮たり、その中に動物や魚の肉を入れて煮炊きしたりするなどして、豊かな食生活をしてきた。温暖で湿潤な気候がもたらす豊かな森林や川、海などから食料を得る狩猟採集文化が成熟した。クリやクルミ、シカやサケなど人々に恵みをもたらす自然への感謝の気持ちは、精霊信仰からやがて自然信仰へと発展した。それは多神教とよばれるもので、神は山や樹木など自然物の一つ一つに宿ると捉えていた。縄文時代の末期には、大陸から稲作が伝えられたが、縄文の人々は大規模には受け入れなかった。

稲作が全国的な広がりを見せたのは、約2400年前ほど前に大陸から鉄や青銅器が伝えられてからである。渡来人は稲作の技術とともに農耕神信仰も伝えた。自然物の一つ一つに神を見出していた縄文の人々にとって、農耕神を受け入れることに抵抗は少なかったと想像される。稲作という窓から「環境神」を眺めてみると、水にかかわる水神・河川神・山の神・雨の神、さらに稲を育成する太陽神、太陽光を遮断する霧や、冷温によって稲作を阻害する霜、さらには、稲の花粉を飛散させ、稲を倒す風などにかかわる神々がある。このようなアニミズムの自然観においては、存在する自然物の一つ一つに本質的な優劣がない対等な存在価値のもと、すべての自然物がしかるべき場所に位置し、一体となって存在していると捉えられた。自然の事物や現象の一つ一つに神が宿ると見ることにより、自然の中には何も捨て去るものではなく、また主と従の階層的な関係は成立しないことになる。

縄文時代のアニミズムの自然観を基底にして、自然と人間を切り離さない自然観が形成されてきたことは、言葉からもうかがえる。大和言葉には今日われわれが、動植物や山や川などに対して用いる意味合いでの「自然」という言葉は生じなかった。大和言葉における自然は、「おのずから然り」の意味であり、自然物は、大地有情、大地山河、山川草木、山水、木石と表現されていた。つまり、山川草木等の自然物は「おのずから」なるものとしてとらえる自然観であり、大地有情の中には人間も含まれていた。

四季の移り変わりは日本人の自然観や精神性に大きな影響を与えてきた。我が国最古の歌集の「万葉集」には、四季の情景を素直に詠んだ歌が数多くおさめられている。「石走る 垂れの上の さわらびの 萌え出づる 春になりけるかも」(万葉集 卷八 一四一八)は、春の陽に照らされた滝のほとりに芽生えたワラビを思い浮かべ、早春の喜びを感じる人は多いだろう。山上憶良の「萩の花 尾花葛花 なでしこが花をみなへし また 藤袴 朝顔が花」(万葉集 卷八 一五三八)は、野草の名前だけで詠んだもので、日本人は秋の野辺の風景や空気の清涼感等を感性で感じ取ることができる。このような文学は、西欧には類をみない。これらの歌は日本人の四季を愛でる感性の原点である。「古今和歌集」では、季節を代表する花鳥風月が季語として登場し、繊細な季節感が表現されるようになった。近世になると、松尾芭蕉が風雅を基とし、旅をしながら数多くの自然を詠み、日本の山紫水明の美しさを表現した。後の与謝野蕪村は芭蕉とは異なった写生的手法で自然を写しとり、絵画的構図の美しい色彩さえ感じさせる句を数多く残している。このように日本の自然はその繊細な季節感で、短歌や俳句のような日本独自の文学をつくりだした。

近代の人々の暮らしを見てみても、あるがままの自然を受け入れ、自然に合わせた生活を営んできた。建築様式について見てみると、温暖で湿潤な環境であることから、家屋の床を高くしたり、襖や障子を用いたりして、通気性に対する配慮をしていた。農業では、かつて九州の山村で行われていた焼き畑農業に見られ

るように、必要最低限の山を切り開くだけであり、山の神に感謝する神事を行って耕作していた。焼き畑農業では、作物の生育に害をおよぼす昆虫等に対しても、命あるものとして殺すようなことはせず、寛容な態度であったといわれる。そして、数年にわたる耕作を終えると、再び自然の植生に戻っていた。食文化も同様で、温暖で湿潤な気候の中で、生育する多くの種類の動植物を食物として利用する際にも、山の幸・海の幸として、自然に感謝しながら食してきた。このように、日本人は自然環境に合わせた生活をし、自然を畏敬してきた。

ユーラシア大陸の極東に位置する日本列島は、約5000年前に始まった地球の寒冷化の後も、乾燥した気候になることはなく、温暖で湿潤なモンスーン気候で現在に至っている。モンスーン気候のもとでは、樹木は生い茂り、身近なところにも種々の動物が暮らす豊かな自然ができあがった。そして、人々は縄文時代のアニミズムの自然観を基底にして、自然の中には何も捨て去るものではなく、それらの間には主と従の階層的な関係はなく、生きとし生けるものは対等であるという自然観を形成してきた。

第2節 西欧の自然観

地球の気温は5000年ほど前からしだいに下がり始めた。寒冷化によりアフリカからアジアにかけて乾燥した地域ができはじめ、3000年程前には現在とほぼ同様の乾燥地帯が形成された。現在の砂漠やその周辺の乾燥地帯も寒冷化に向かう前の温暖な時期の自然は豊かであった。豊かな自然の中で暮らしていた人々は、縄文の人々と同様の多神教であった。

近代科学を生んだ文化の基盤であるキリスト教は、イスラエルの乾燥した砂漠の周辺部でおこったユダヤ教から発展した。イスラエルの人々は、わずかな草を頼りにヒツジやヤギの放牧で得られる乳で、農耕民と交易をして生活していた。乳を生活の糧としている彼らにとって生活の根源は草であり、その草の生育をもたらすのは嵐とともにやってくる雨であった。砂漠の周辺部で生活していたイスラエルの民の主神である嵐の神は、やがて唯一神となり、ヤハウエ（エホバ）とよばれるようになった。ヤハウエ（エホバ）はユダヤ教の神であり、ユダヤ教から発展したキリスト教の神である。

イスラエルの民は、厳しい環境のもとで、ヒツジやヤギが食べる草によって自分たちの生存がなりたっているのは、神の意志であり、自分たちが神によって創造されたものであると考えることにより心の安定を得た。鈴木秀夫は「自分自身が神によって創られたものであると意識することは、自分をとりまく、動物、そして植物、さらに天地万物が神によって創られたものと考えようになったことは必然で、こうして、天地創造という概念が成立することになる¹⁾」と述べている。このような概念は、神と人間、人間と自然を分離して思考する文化の基盤をつくった。

日本と西欧の自然観の違いについては、芭蕉の句とテニソンの詩が象徴的によく取りあげられる。フロム²⁾は芭蕉の「よく見ればなずな花咲く垣根かな」とテニソンの「ひび割れた壁に咲く花よ、私はお前を割れ目から摘み取る、私はお前をこのように、根ごと手に取る、小さな花よーもしも私に理解できたらお前が何であるのか、根ばかりでなく、お前のすべてをーその時私は神が何か、人間が何かを知るだろう」を対比して二つの詩的表現の違いを顕著なものとして対比させている。つまり、芭蕉は植物を分解することなく、見ただけで直観的にナズナと認識しているのに対しテニソンは摘み取り、分析的に認識しようとしているのである。

今西錦司は「自然学の提唱」のなかで、「キリスト教というのは、もとは砂漠に近い厳しい自然の中で発生したものらしく、その厳しさが教義に反映している。しかし、宗教として確立した後は、その厳しい教義をもったままで、自然のちがいを乗り越えて拡がってゆく。その厳しさは、キリスト教徒以外のものを異教徒として峻別するだけに留まらないで、神と人間とを峻別し、人間と自然とを峻別する。何でも切り離してしまうのである。今日の自然科学は、この何でも切りはなすという伝統の上に成立しているのである。ところで、東洋で生まれた宗教には、このような厳しさがない。切りはなすよりも、むしろなんでも包容してゆこうというのである。³⁾」と述べている。

旧約聖書の一節に、「神はまた言われた、われわれのかたちに、われわれにかたどって人を造り、これに海の魚と・空の鳥と、家畜と地のすべての獣と地のすべての這うものとを治めさせよう」と記されているよ

うに、キリスト教の自然観では、人間の上位に神があり、人間の下位に自然が位置づけられる階層構造になっている。西欧の文化はキリスト教の階層的な自然観を背景に、自然を自己から完全に対象化させ、自己とは別の一つの世界として突き放して見るような意識と態度へと成熟した。

第3節 西欧の自然観と科学

西欧において、科学がどのような経緯で発生し、発展して来たかについて概観する。古代オリエントの人々は、自然は人格的な意志をもった「汝」と呼びかけられるような主体的な存在としてとらえていた。人と自然の間は、階層構造のない並列の関係であり、いわゆるアニミズム的な自然観であった。一方、ギリシャ人は、自然から人格的なものを切り離し・自然を客観的な対象として扱い始め、それまでの自然のとらえ方を根本的に変えた。哲学者であるアナクシマン드로ス（B.C.611～547）は、自然を探究する上で人格的な意志をもたない「アルケ」（原理）という用語を用い、その結果、自然は崇拜や畏敬の対象ではなく、説明可能で支配が可能な対象として位置づけた。このような自然観の変化の背景には貨幣経済の成立が重要な要因として存在する。貨幣が登場するということは交換可能な余剰生産物があるということである。また、鋳造や冶金などの工業的生産が定着していることを示している。栽培や牧畜が行われている社会では、自然は人格をもつことが可能な存在である。しかし、工業的生産を行うようになった社会では、自然は加工の対象としての存在になる。人格を想定することは困難になり、ただ単純に支配すべき存在へと変化する。貨幣経済の成立は、人間を自然から引き離す要因となった。ギリシャのこのような自然観は、やがてキリスト教と結びついていく。

権力を持つようになった教会は、アリストテレスの学問しか認めなかったため、ガリレオらがあらわれるまで、科学の進歩はなかった。それは、アリストテレスの自然学の方法に問題があったことに起因する。彼は、あらゆる宇宙論の本質的課題を追究する「なぜ」という問いと「いかに」という問いを1つのこととして説明しようとしたために、「なぜ」という本質的ではあるが不毛の問いを繰り返すことになり、もはやその先には進みようがなかったのである。アリストテレス以来、千年も続いた不毛とも言える科学を近代科学へと飛躍させたのがガリレオである。

ガリレオ（1564～1642）は科学において実験的方法の重要性を説き実践した。彼は実験により得られた事象の関係を数量的に把握し、その間の因果関係を自然法則として数学的な関係式で表現した。自然の探究において観察や実験が重要視されることは当然であるが、さらに、観察や実験から得られた結果を定量的・数学的に処理することによってはじめて自然のいろいろな事象を法則的に認識することができるとしている。アリストテレスの自然の研究においても、観察と経験を重要視していたが、「三段論法」以外に自然を論理の枠組みへ組み込む有効な手段は持ち合わせていなかった。ガリレオが数量化により経験の抽象化を行い、これを自然の研究方法として確立したことは画期的な業績であると言える。

このような自然の数量化とそれにもとづく法則的な探究の可能性を理論的に可能にしたのはフランスのデカルト（1596～1650）である。デカルトは、自然の数量的・法則的な探究の可能性を基礎づけようとした。例えば楽器の音の高低のような性質に類するような差異も、その音波の波長を定量化することにより、量的な差異にすることができると考えた。このように、彼はすべての自然の事象が必然的な因果的法則によって機械論的に決定づけられているような構造を備えているととらえ、数量的に表現することにより、自然の数量的・法則的な探究の可能性を基礎づけようとした。

さらに、デカルトは存在するために空間的な場所を必要とし、因果的法則の必然性に支配される「物体」と存在するために空間を必要とせず、因果的法則の必然性に支配されないで自由な立場にある「思惟するもの」としての「精神」とを分けた。このような「機械としての自然」という意識が確立するには、自然を自己から完全に対象化させ、自己とは別の一つの世界として突き放してみることができると意識と態度が不可欠であった。デカルト的な二元論は物体と精神を切り離しただけではなく、精神＝理性を物体に超越する存在として位置づけようとしている。「われ思う、ゆえにわれあり」は、第一原理に人間の理性を置き、自然はその理性によって汲みつくされるべき存在である、という思想を含んでいる。

科学の方法は、ガリレオやデカルトに端を発する機械論的自然観であり、その基本は、自然を自分から切

り離された「客体」としてみる見方である。デカルトに代表される近代科学的な自然観は、人間と自然を切り離し、原理や数学によって表現できるものを自然とした。従って、科学の実験的方法も「機械としての自然」という思想に結びつく。それは単なる観察や観測とはことなる。自然の一部を人間の手で切りとり、制御した条件下で観測するという性格をもつ。そして、説明できないような本質的な問い、例えば、なぜ慣性の法則が成り立つかという究極的な問題は科学の枠組みの中に入れなくてもよくなった。こういった本質的な問いは、神学や哲学へ追いやり、科学から棚上げすることによって科学は初めて科学として成立することになった。

第4節 日本人と科学

江戸時代の自然に関する知識は、高い水準にあった。例えば、江戸時代初期の1681年頃に関孝和は、円周率を当時の世界の最高水準である小数第11位まで求めたり、方程式の解を求める際に導関数に相当する計算を行うなど、独自の和算を確立した。和算は庶民にとって生活に密着した生活の道具や知恵であると同時に、問題を解くこと自体が目的の娯楽の対象でもあった。他方、西欧の数学は神が創造した世界の成り立ちや、その原理を理解するための営みであり、和算と数学とでは、何のために解くかという根本的な動機が異なっている。その背景には、両者の自然観の相違がある。江戸時代中期の1696年には、宮崎安貞が経験と研究成果にもとづいて「農学全書」を著した。この書物は、明治以前における農業に関する最高の水準にあると高く評価されている。1709年には貝原益軒が、薬になる動植物に関する本草学の書物「大和本草」を出版し、本草学も独自の発展をみせた。このように江戸時代初期・中期において、自然に関する知識の蓄積がいろいろな分野で行われたが、日本では自然に関する知識を体系化する学問としての自然科学は生まれなかった。

湯浅光朝は、日本が江戸時代から明治時代にかけて、科学を移入した期間を三段階に分けている。第一段階は蘭学の時期で、解体新書^{たいかいしんしょ}を出版した1774年からペリーが来航した1853年までである。蘭学は西欧の学術・文化の総称である。鎖国体制のもとで、通商関係を結んでいたのは西欧諸国の中でオランダのみであったため、西洋の学術・文化はオランダ語に翻訳されたものしか入って来なかった。オランダ語の習得が始まったのは、江戸時代の中期中で、西欧文化の先進性に着目した八代将軍・徳川吉宗のころである。吉宗による禁書令の緩和は、日本に西洋医学の流入をもたらしした。前野良沢は長崎で「ターヘル・アナトミア」などの医学書を手に入れ、江戸に持ち帰った。前野良沢は杉田玄白とともに翻訳に取りかかり、1774年に「解体新書」を出版した。江戸時代の外科医学は未発達であったが、1804年には華岡青洲^{はなおかせいしゅう}が世界で初めて全身麻酔による乳がん摘出手術を成功させた。このように、「解体新書」の出版以降、日本の医学は飛躍的に発展した。天文暦学においても、著しい成果を挙げている。1798年には高橋至時^{たかはしげとき}と間重富^{まごまじげとみ}が1年間の観測を経て作成した寛政暦^{かんせいれき}が施行された。これは西欧の天文学の理論を取り入れた、初めての暦であった。1844年には「ラランデ暦書」の翻訳をした渋川景佑^{しぶかわかげすけ}が、その理論を取り入れた天保暦を完成させ施行された。明治政府になった1873年（明治6年）に太陽暦のグレゴリオ暦に切り替えられたが、東京帝国大学教授の平山清次^{ひらやまきよつぐ}は、天保暦の方が太陽が黄道を一周する時間、つまり太陽年の誤差が小さいと指摘している。このことから、当時の天文暦学の水準が高かったことがうかがえる。第一期は医学や天文暦学だけではなく、測量術など多くの分野にも著しい発展があった。

第二段階はペリー来航から明治維新までの1853から1868年である。幕末は、尊皇攘夷から開国・文明開化という激動の時代であった。「学問のすすめ」(1872年)を著したことで有名な福澤諭吉は「訓蒙窮理図解」(1868年)という物理学の本を出版していることは、あまり知られていないのではないだろうか。

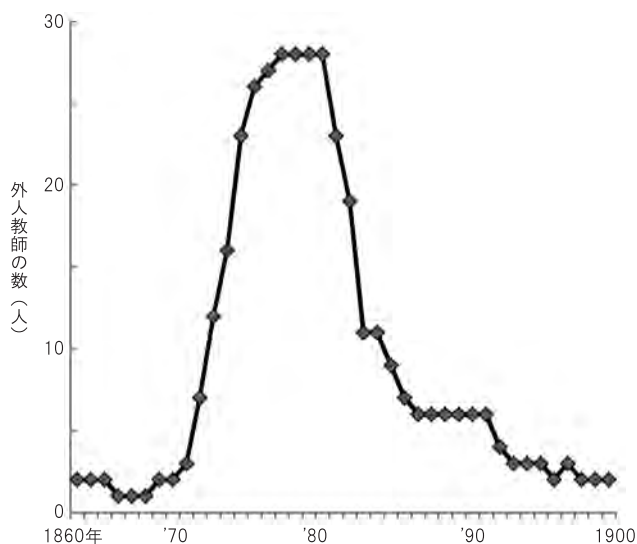


彼は1860年と1867年に遣米使節に同行している。二度目の渡米では大量の書物を買って帰国した。また、1862年には遣欧使節の一員としてヨーロッパ諸国を訪問している。数年の間に三度も欧米に赴き、実地の見聞を踏まえて欧米の文明や物の考え方を研究するうちに、それらの基幹の一つをなしている科学的なものの見方や考え方の重要性、とりわけ物理学がもつ論理的なものの見方や考え方が、日本人に必要であると考えられるようになったことは想像に難くない。「訓蒙窮理図解」には、さまざまな物理学的な自然現象が取りあげられ、それらの現象が生起する理由について分かりやすく記述されている。

桜井邦朋は著書『福沢諭吉の「科学のススメ」』において「福沢諭吉は、日本人の多くの思考様式が、科学という学問の持つ基本的な性格と、それを生み出す文化的伝統を学び取るのに適していないことを見抜いていた。そして、それを改めるためにはどうすればよいかについて考えた。その結果として、物理学が成り立つ基本の性格を学び、その論理構造を理解し、私たちの日常生活に採用すべきだと主張したのであった。その際、はっきりとは言わなかったが、物理学の内容を知識として学び取るのではなく、この学問が生い育ってきた文化的背景や文明の中の位置づけまで理解し、日本人自身の思考の枠組を変えていかなければならないのだと、彼は考えていたにちがいない。4)」と述べている。

第三段階は明治維新から帝国憲法公布までの1868年から1889年までである。第三段階は物理学、化学、生物学、地学、天文学などの外国人教師が科学の移入に重要な役割を果たした。外国人教師が多く滞っていた時期が、1871年～1882年までの約10年に集中していることから、明治政府はこの時期に日本への西欧科学の移植に懸命であったことがうかがえる。帝国大学令が交付され東京大学が帝国大学と改称された1886年頃になると外国人教師の数は減少し、海外留学から帰国した日本人に替っていった。

第三段階以降に海外留学から帰国して、東京帝国大学で後身の指導にあたり、多くの優れた弟子を育てた教授のなかに田中館愛橋と長岡半太郎がいる。田中館愛橋は1888年から1891年にかけて、イギリスに留学してW.トムソンに師事し、その後ベルリン大学に転じて、1891年に帰国している。田中は岐阜県根尾谷の断層を発見し、調査したことで知られている。長岡半太郎は1893年～1896年にかけて、ドイツのヘルムホルツやプランクのもとで学んだ。長岡は土星型原子モデルを提案したことで有名である。田中と寺田は、物理学者でありながら随筆家としても有名な寺田寅彦（1878～1935）の教育・研究指導を行っている。寺田の研究は身近な事象、特に墨流しや金平糖など日本特有の事象を好んで取りあげ研究を行っている点に特徴があり「寺田物理学」とよばれた。彼には、「物理学も西洋人のまねをすることはない。日本人に具合のいい物理学があるはずだ。」という信念があった。一方、当時西欧近代科学を忠実に日本に移植しようとした他の科学者たちにとっては、日本的な事象を研究に取りあげることなど思いもしないことであった。こうした現象は、なぜ他の物理学者たちには研究対象として取り上げられなかったのだろうか。石原純は、その理由を次のように述べている。「概括して言うならば、すべてこれらの問題はふつうの物理学者には取り上げられそうに見えないもの



幕末、明治初期に日本に滞在していた外人教師の数 (医学者、技術者はのぞく)

湯浅光朝, 日本と世界の歴史, 19, p.191, 学研を改変



寺田寅彦 (1878～1935)



中谷宇吉郎 (1900～1962)

である。それは考察するのにあまりにも複雑多様な事実に属するからである。従ってそれらは少なくとも現在では精密な数学解析を応用して分析することは不可能である。それにもかかわらずこれを適当に分析してそのあいだに何らかの一般的関係を見いだして行こうというのが寺田物理学の特質なのである。⁵⁾ その寺田は東京帝国大学で、後に雪の研究を通して残した名言、「雪は天から送られた手紙である」で有名な中谷宇吉郎（1900～1962年）をはじめとする優秀な弟子を育てている。中谷は寺田の一番弟子と目されており、寺田物理学の精神を受け継いだ。このように第三段階以降、海外留学で科学の背景となる文化や科学の本質を学んだ人々によって科学的な物の見方や考え方が受け継がれていった。明治政府が取り組んだ科学の移入は、当面の研究者や技術者の養成においては一定の成果を挙げたといえよう。

さて、本稿では日本人と西欧の自然観や科学的なものの見方・考え方を対比的に述べた。福沢諭吉が訓蒙窮理図解を著し、物理学がもつ論理的なものの見方・考え方の育成が日本人に必要であることを説いてから、140年以上の時間が流れた。はたして、日本人は論理的なものの見方・考え方を習得することができたのであろうか。福沢諭吉に胸を張って語れるかは、心許ない気がする。

文献

- 1) 鈴木秀夫（1978）「森林の思考・砂漠の思考」, p.20, NHKブックス.
- 2) E.フロム／佐野哲郎訳（1977）「生きるということ」, pp.34-36, 紀伊國屋書店.
- 3) 今西錦司（1993）「自然学の提唱 増補版」, 今西錦司全集第13巻, p.9-10, 講談社.
- 4) 桜井邦朋（2005）『福沢諭吉の「科学のススメ」』, p.18, 祥伝社.
- 5) 石原純（1936）「寺田物理学の特質」, 「思想 寺田寅彦追悼号」, pp.23-34, 岩波書店.

仮説形成に至る思考過程

上越教育大学

山口 真人・小林 辰至

第1節 仮説形成におけるアブダクションの教育的意義

一般的に、理科授業での探究の過程は、「問題の把握・設定」、「予想・仮説の設定」、「検証計画の立案」、「観察・実験の実施」、「結果の処理」、「考察の展開」の流れで行われている。

例えば、森は著書『21世紀の理科教育』の中で「問題意識→予想（仮説）→解決の構想→検証（実験・観察）→結論→他への適用・一般化」という形式の展開を仮説演繹型の授業と述べている。このうち、仮説の発案について森は、「仮説は、自己の持つあらゆる情報を網羅し、さらに直観によって考え出される見解であり、科学の活動では創造性の最も必要な過程である¹⁾」と指摘している。ここでいう直観による見解とは、推論の様式の一つであるアブダクション（abduction）と捉えることができる。アブダクションは科学における発見的・創造的文脈において極めて重要な推論であることから、また、理科教育における仮説を発案する段階において、児童・生徒の発想を適切に評価し、問題解決の能力を育成する観点からも、その教育的意義について考察を深める必要がある。

第2節 仮説を形成する思考様式としてのアブダクション

—演繹・帰納との比較を通して—

アブダクション（abduction）は、アメリカの論理学者・科学哲学者のチャールズ・パース（Charles S. Peirce, 1839～1914）が提唱した仮説を形成する際の推論の思考様式である。パースは推論を演繹（deduction）、帰納（induction）、仮説形成の三つに分け、規則と事例から結果を導き出す推論である演繹、事例と結果から規則を導き出す推論である帰納に対し、規則と結果から事例を導き出す遡及的推論型・仮説形成型の推論をアブダクション（abduction）とした。アブダクション（abduction）という用語は、アリストテレスが分析論に用いたApagogeをもとにしたパースの造語である。パースは「アブダクションは説明仮説を形成する方法（process）であり、これこそ、新しい諸観念を導入する唯一の論理的操作（logical operation）である²⁾」と述べ、さらに「科学的発見・創造的思考においてアブダクションがもっとも重要な役割を果たす³⁾」と述べている。そして、科学的な探究の過程においては、三つの段階があると指摘している。この三つの段階は演繹、帰納、アブダクションのそれぞれの推論に対応している。第一段階はアブダクションであり、ある驚くべき事実の観察から出発し、その現象がどのようにして起こったかについて、何らかの説明を与えてくれる仮説を考え出す段階である。第二段階は演繹であり、アブダクションによって提案された仮説から、必然的に導かれる結果を追及する段階である。第三段階が帰納であり、結果がどれだけ経験と一致するかを確かめて仮説が経験的に正しいか、それとも何らかの修正が必要か、あるいはまったく受け入れることができないかを判断する段階である⁴⁾。

パースは、「演繹」、「帰納」、「アブダクション」の推論の様式の違いについて、「規則」、「事例」、「結論」から三段論法で示している。「規則」とは「この袋の中に入っている豆はすべて白い」ことであり、「事例」とは「これらの豆はこの袋（すべて白い豆が入った袋）の豆である」ことであり、「結論」とは目の前の豆について「これらの豆は白い」こととしている。これら三つの順次性から、「演繹」、「帰納」、「アブダクション」の推論を説明している⁵⁾。

演繹

- (1) この袋の豆はすべて白い（規則）、
- (2) これらの豆はこの袋の豆である（事例）、
- (3) ゆえに、これらの豆は白い（結果）。

演繹は、「白い豆だけ入った袋がある (1)」として、「この袋からいくつかの豆を取り出してみる (2)」と、「これらの豆はすべて白い (3)」という推論である。

帰納

- (1) これらの豆はこの袋の豆である (事例),
- (2) これらの豆は白い (結果),
- (3) ゆえに, この袋の豆はすべて白い (規則)。

帰納は, 袋の中の豆の色を調べたいときに, 「その袋からいくつかの豆をサンプルとして取り出して調べたら (1)」, 「それらの豆は白かった (2)」ので, 「この袋の中の豆はすべて白い (3)」と考える推論である。

仮説 (アブダクション)

- (1) この袋の豆はすべて白い (規則),
- (2) これらの豆は白い (結果),
- (3) ゆえに, これらの豆はこの袋の豆である (事例)。

アブダクションは, 「幾粒かの白い豆がこぼれていて (2)」, これらのまめがどこからこぼれたか分からないときに, 「その近くにある袋の中の豆がすべて白いことに気付き (1)」, 「これらの豆は多分この袋からこぼれたものであろう (3)」と説明仮説を考える推論である。このように, アブダクションによる推論では, 結果や規則ではなく, 説明仮説が導出されていることが分かる。換言するとアブダクションの推論は, 次のようになる。ある意外な事実Cが観察されると, その事実Cがなぜ起こったかを説明するために仮説Hが発案される。そして, 「もしHが真であれば, Cは当然の事柄であろう」ということができれば, 「Hは真であると考えべき理由がある」として, 仮説Hを暫定的に採択することができる。これを定式化すると, 以下のようになる。

驚くべき事実Cがある,

C

しかしHならば, Cである,

$H \supset C$

よって, Hである。

$\therefore H$

白い豆を例にアブダクションの形式に当てはめると, 次の通りになる。「こぼれている白い豆を発見する (2)」ことは驚くべき事実Cの観察である。そこで, 「この豆はどこからこぼれたのか」という疑問から, 「その近くにあった袋の豆はすべて白い (1)」ことに気付き, この気づきを背景として疑問を説明するために「これらの豆はこの袋からこぼれたものである (3)」という仮説Hを発案する。そして, もし説明仮説H「これらの豆はこの袋からこぼれたものである」が真であるならば, 事実C「白い豆がこぼれている」ことは, 当然の事柄であろう。よって, 説明仮説H「これらの豆はこの袋からこぼれたものである」は真であると考えべき理由がある」となる。

さらにパースは, 「アブダクティブな示唆は閃光のようにわれわれに現れる。それは洞察の働きである…」と述べ, 二つの働きである「洞察」と「推論」をアブダクションにおける二つの段階を成すものであり, 補完的な関係にあるとしている。この二つの段階とは, ①最初にいくつかの仮説を思いつくままに提起する示唆的な段階と②それらの仮説の中からもっとも正しいと思われる仮説を選ぶ熟慮的な推論の段階である⁶⁾。

パースの考える推論の概念は, 論理学が重視する論証力ではなく, 科学的探究において新しい知を創造し, 知識の拡張をもたらす「拡張的」機能を重視している (図1)。この「拡張的」機能を有する推論 (以下, 拡張的推論) としては, アブダクション, 帰納の二つが位置付けられている。アブダクションと帰納の違い

は、アブダクションの「拡張的」機能が仮説や理論を発見するのに対して、帰納の「拡張的」機能は仮説や理論を検証するための実験を考えることにある。また、アブダクションは拡張的機能において帰納よりも優れているが、論証力においては帰納よりも弱い種類の推論であることから、この二つを区別している。

一方、演繹は拡張的推論に対し、分析的推論と呼ばれている。論理学における分析的推論とは、前提の内容を分析・解釈し、その内容に暗々裏に含まれている情報を結論において述べるという仕方で、前提から結論を導き出す推論のことである。科学的探究における分析的な演繹的推論の役割は、アブダクションによって提案される仮説や理論を前提にして、その仮説や理論の内容を分析・解釈し、その仮説や理論から必然的に導かれる結果を示すことによって、実証性を示すことである。演繹的推論はこのようにして、科学的探究において、仮説や理論を提案するアブダクションとその仮説や理論を実験で得られた結果に基づいて、検証する際に用いる帰納との間の、いわば仲介の役割を果たす⁷⁾。

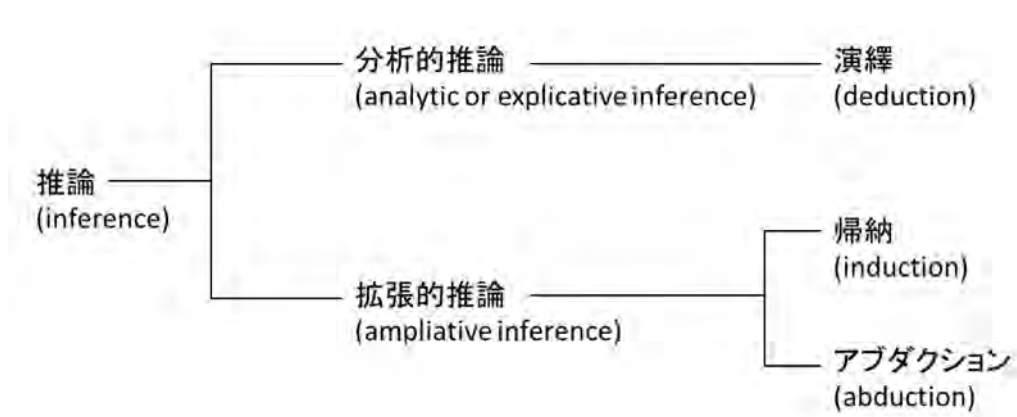


図1 パースの探究の論理学による推論の分類

以上のようにパースは、アブダクションを演繹、帰納と並ぶ推論の一つの方法として位置付け、科学的探究の第一段階として、仮説を形成するが故に探究を方向付けるアブダクションの重要性について指摘している。

第3節 論者によるアブダクションの捉え方の相違点と共通点

パースのアブダクションを取り上げた書籍、資料は多数存在するが、アブダクションの捉え方に若干の相違がある。以下に例を挙げて科学の視点から見たアブダクションの捉え方の相違点と共通点を述べる。

市川は、著書『考えることの科学 推論の認知心理学への招待』の中で、アブダクションを「仮説的推論」としている。市川は、推論を大きく演繹、帰納の二種に分類し、「仮説的推論 (アブダクション)」は、「広い意味での帰納の一種」として、「一般命題と事実命題を与えられて、それを矛盾なく繋ぐ命題を仮説として生成するタイプの推論」と捉え、地動説を例に挙げている⁸⁾。

自分が回ると周囲が回って見える。
 天空は回って見える。
 ∴地球は回っているのではないか。

これをアブダクションの定式に従って言い換えると、次のようになる。天空が回っていることを観察する、そしてどのようにして天空が回っているのかを知りたいとする。それが説明を要する「驚くべき事実C」となる。しかし、自分が回ると周囲が回って見えることに気付いて、地球が回っているのではないかと推測する。それが説明仮説 (H) となる。推論形式からすると、パースのアブダクションとの相違はない。しかし、市川氏が「広い意味での帰納の一種」という解釈をしている点は、パースの「演繹 (deduction)、帰納 (induction) とは異なる第三の科学的思考の様式」の捉え方と異なる。市川は推論を演繹と帰納に大きく二

分し、「帰納的推論には、何らかの「飛躍」が必要である⁹⁾。」と述べていることから、論理が飛躍するという点においてアブダクションを帰納の一種と捉えていると考えられる。

さらに、帰納的推論の「論理の飛躍」の必要性について触れ、一方で「とんでもない飛躍をしてしまうと、結論が正しい可能性は低くなる。帰納的推論においては、前提（あるいは「データ」といってもよい）がどれくらい結論を支持するかという「程度」があるのだ¹⁰⁾。」と指摘する。その「程度」については、「理論的に論じるのは非常に難しい¹¹⁾。」としている。パースがアブダクションの二つの段階として「それらの仮説のなかからもっとも正しいと思われる仮説を選ぶ熟慮的な推論の段階」を設けた理由が、ここにあると考えられる。また、推論の「拡張的」機能については、パース同様の指摘をしている。

戸田山は¹²⁾、著書『「科学思考」のレッスン 学校で教えてくれないサイエン』の中で、アブダクションを「最善の説明への推論」としている。また、推論を演繹的思考と非演繹的思考に分類し、非演繹的思考をさらに帰納法(induction)、投射(projection)、類比(analogy)、アブダクション(abduction)の四つの思考に分類している(図2)。

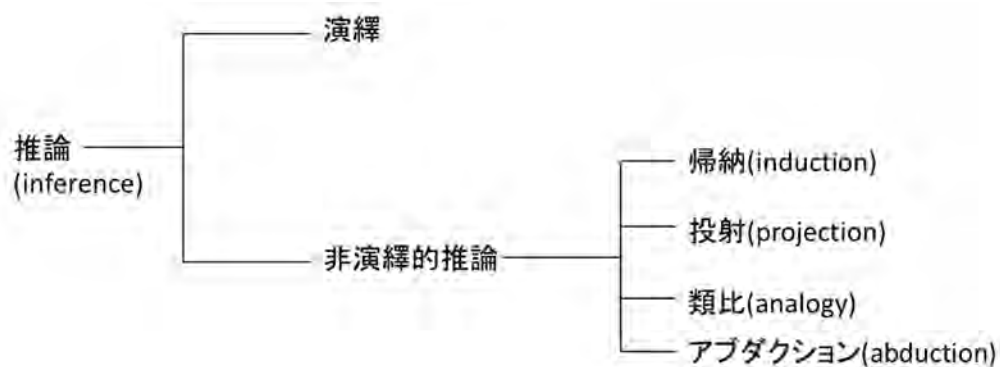


図2 戸田山による推論の特徴

このうち、アブダクションについて「今まで分かっていることだけではすぐに説明できない問題が出てきた。そのとき、こういう仮説を置けば、うまく説明できる。だからおそらくその仮説は正しいだろう¹³⁾。」と考える推論であると指摘し、フランスの天文学者ブーヴァールとルヴェリの海王星の発見を例に挙げている。

天王星の軌道は、ニュートン力学で計算すると、どうしても観測結果と合わない。しかし、天王星よりもさらに外側にもう一個惑星があって、それが天王星の軌道を乱していると考えれば、天王星の動きに説明がつく。だから、おそらく、天王星の外側にもう一個惑星がある。

また、演繹的推論と非演繹推論の特徴を表1のようにまとめている。

表1 戸田山による推論の特徴

非演繹推論	帰納法(induction)	真理保存的でない 蓋然的 (結論が必ず正しいとは限らない)	情報量増加
	投射(projection)		
	類比(analogy)		
	アブダクション(abduction)		
演繹的推論		真理保存的	情報量増えない

つまり、非演繹的推論は情報量が増え、新しいことを言うのに強く、一方演繹的推論は、新しいことを言わないかわりに真理を保つことができるとしている¹⁴⁾。これは、パースの「拡張的」機能の観点から推論を分析している点と相違はない。しかし、戸田山の場合は、「演繹」、「帰納」、「アブダクション」の他に「投射」、「類比」を加え、それぞれを並列して表記している点がパースの分類と異なる。大きな枠として「非演

「推論」としてのこと、推論を俯瞰し、細分化して捉えていると考えられる。

川喜田は、著書『発想法』の中で、「発想法という言葉は、英語でかりにそれをあてると、アブダクション (abduction) がよいと思う¹⁵⁾。」と述べている。発想法とは科学の方法としてアイデアをつくり出す方法であり、川喜田は野外科学、実験科学、書齋科学の観点からW型問題解決モデルを提唱している (図3)。アブダクションの解釈や具体的場面に関する記述は『発想法』の中では見られない。しかし、問題提起 (A) から仮説採択 (D) の間を仮説発想型 (野外科学) としていることから、この間の経験レベルCから思考レベルDにかけての「発想」をアブダクションと捉えることができる。

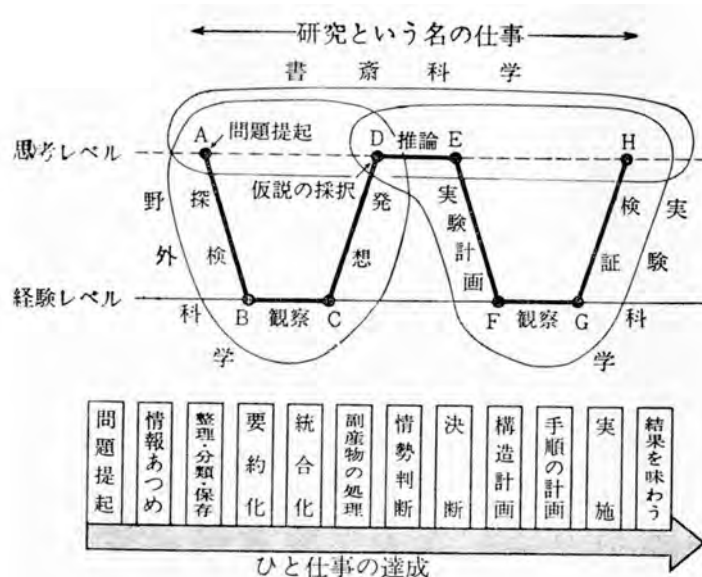


図3 W型問題解決モデル (川喜田二郎, 1976)

このようにアブダクションは「仮説的推論」、「最善の説明への推論」、「発想法」など、様々な言葉に置き換えられて用いられている。そして、市川においてはアブダクションを帰納の一種として捉えている点や、戸田山においては、推論の種類を帰納 (induction) とアブダクション (abduction)、さらには投射 (projection) と類比 (analogy) を加えた推論の分類を行っている点に相違がある。しかし、その解釈は、ある意外な事実Cが観察されると、その事実Cがなぜ起こったかを説明するために仮説Hが発案されるという基本的な論法は踏襲しており、拡張的機能を有していたり、蓋然的であったりすることは、パースの考えに従っている。

また、これらの著書ではアブダクションが科学の方法として語られていることに共通点がある。アブダクションにより仮説を形成し、観察・実験で確かめることで科学は発展し、進歩しているが、この方法は理科教育の中での探究活動と同じ流れである。

独立行政法人国立科学博物館発行の『「科学リテラシー滋養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～』では、「科学的な方法とはこれまで①帰納法、②演繹法及びそれらの組み合わせとされてきたが、今日の科学の対象領域の拡大 (純粋な自然のみならず実効的な事象も対象領域となっている) や課題解決型の学習が求められている状況から改めて今日的な科学教育を整理すると、①事実 (現象・実証・データ)、②結果 (成果・目標)、③規則・法則で形成されていることが分かり、その組み合わせにより三種類の方法が考えられる¹⁶⁾」とし、パースの推論形式である事例、結果、規則を用いた三段論法に準えて、「事実」と「規則・法則」から「結果・目標」を求めるのは「仮説形成法」としている (表2)。そして、このタイプは「課題解決型」と呼ばれて、改めて今回の学習指導要領に求められるようになったものである¹⁷⁾と指摘している。

表2 国立科学博物館発行の『「科学リテラシー滋養活動」を創る』において示された科学教育の方法

A：現象・事実 B：観測データ（与件） C：法則・原理	
①帰納法	ABからCを導くもの
②演繹法	BCからAを説明するもの
③仮説形成法	ACからB（目標） （または、ABからあらたなC'）を求めること

第4節 理科教育におけるアブダクションに着目した先行研究

楡井は、川喜田二郎のW型問題解決を援用した実践を行っている。「パースの推論の三段階を問題解決過程に適応した考えに、川喜田二郎のW型問題解決がある¹⁸⁾。」とし、経験レベルから思考レベルへ移動するC-Dをアブダクションと捉え、「もっとも支持を受けた最良の仮説を選定する過程である¹⁹⁾。」と述べている。そして、中学校理科の「圧力」の単元において、W型問題解決に沿った学習の流れを作成し（表3）、実践を行っている。このうち、C-Dの過程での学習者の相互作用から、仮説発想のメカニズムに関する実践的研究を行っている。

この研究から楡井は、仮説発想の場面において、発想には以下の3段階があることを明らかにしている。

- ①事象に対し驚きを感じないため、発想意欲が減少し発想できない。
- ②驚きに執着し、事象に注目した発想になる。
- ③驚きから事象を注目し、事象と関連ある既知の情報を活用した発想になる。

表3 楡井による単元「圧力」の学習の流れ

第1時	「一斗缶がつぶれる実験を観察し、なぜつぶれたか、仮説を考えよう」 (A・・・B-C) ○一斗缶がつぶれる実験を観察し、なぜつぶれたのかについて、仮説を各班で考える。
第2時	「仮説を検証する実験を考えよう」 (C-D-E-F) ○仮説を検証する実験を各班で考える。
第3時	「実験を行い、仮説を検証しよう」 (F-G) ○前時の仮説を検証する実験を行う。
第4時	「実験結果から、仮説を検証し、つぶれた要因を考察しよう」 (G-H) ○実験結果を考察する。さらに仮説を検証し、一斗缶がつぶれる要因をまとめる。

益田²⁰⁾は、パースの「最初に色々な仮説を思いつく示唆段階と、それらの仮説について検討し、その中から最も正しいと思われる仮説を選ぶ熟考的な段階の二つの段階から成り立っている」に着目し、理科授業の導入の過程を次のような二つの局面に捉えている。

- ・驚くべき事象の観察と、その驚きを解決するための説明の局面
- ・事象を説明するための仮説を導き出す推論の局面

この二つの局面から、小学校第5学年理科「物の溶け方」の単元において、「論理的推論に基づく仮説形成」を図り、質量保存概念の形成にいかにつながるかについて検証している。益田は、上記二つの具体的局面を次のように位置付けている。

まず、「驚くべき事象の観察と、その驚きを解決するための説明の局面」に次の三つの活動を挙げている。

- ①課題：巨大試験管を用いて食塩が溶けていく様子を観察させ、課題を「溶けると重さはどのようになるのか考え、溶けることを説明しよう」と設定した。
- ②予想：「50 gの水に5 gの食塩水を溶かすと重さは何gになるのか」という具体的な場面に即して考えさせ、その根拠を記述させた。
- ③モデルの創造と共有：ろ過の操作を用いて食塩の状態を推論させ、コミュニケーション活動のもとで子どもなりのモデルで表現し合い、創造したモデルを用いて、溶かす前後で重さはどのように変化するかを相互に説明させた。

次に「事象を説明するための仮説を導き出す推論の局面」は、次のような活動を行っている。

- ④仮説形成：50 gの水に5 gの食塩を溶かすと、重さは何gになるのか、その根拠を記述させた。

この後、⑤検証方法の設定、⑥仮説の検証、⑦仮説の省察と続く授業を行っている。

また益田は、「驚くべき事象」を「日常生活の中で観ようとすれば観ることができるが、多くの子どもが意図的に観察したことがないような事象の提示²¹⁾」と定義し、巨大試験管を用いて食塩が溶けて見えなくなっていく様子を観察させている。この研究から論理的推論による仮説形成を目途とした導入を具体化し、小学生の質量保存の科学的な概念形成に有効であることを実証的に検証している。

これらのアブダクションの解釈や実践的研究からも分かるように、小・中学校の理科教育における探究の過程でも、仮説を発案する際にアブダクションは重要な役割を担っていると言える。

第5節 仮説形成の指導方略と直観的推論との関連

仮説の発案、形成に関する研究は多数行われている。例えば小林は、Cothron, j. hら²²⁾が提唱するThe Four Question Strategyを基にしたワークシート(以下、4QSと略記)を開発した²³⁾。4QSとは、児童・生徒に自ら仮説形成させる仮説設定シートであり、STEP1からSTEP4の4段階の問いで構成されている(図4)。STEP1は変化する事象を従属変数として簡潔に記述する段階、STEP2は従属変数に影響をおよぼす独立変数に気付く段階、STEP3はSTEP2で挙げた独立変数を実験条件としてどのように変化させるのかを考えさせる段階、STEP4は、STEP1で挙げた従属変数を数量としてあらわす方法を考えさせる段階と、四つのSTEPで構成され、最後にSTEP3とSTEP4とを関連付けて「…すれば、…は、…になる」というように仮説を記述させることができる。このような四つの段階で、疑問や課題についてグループで討論しながら従属変数と独立変数を洗い出したり、それぞれの変数をどのように測定したり制御したりするのか等を検討したりする。

4QSに関する実践的研究も多数行われている。岡田²⁴⁾は小学校第6学年単元「水溶液の性質」において実践を行っている。4QSの活用場面は、塩酸にスチールウールを溶かして、塩酸を蒸発させたときに得られる黄色い粉状の物質は何かを考えるときである。この実践を通して、4QSを用いることで児童の仮説形成が可能になり、見通しをもった学習が可能になることを指摘している。金子²⁵⁾は中学校第3学年単元「力と運動」において、4QSを用いて指導する実験群、4QSを用いないで指導する統制群に分け、それぞれ質量の異なる台車の斜面上の運動についての実験を行っている。この実践を通して、「4QSを用いて仮説を設定し実験に取り組むことは、まず、実験結果の認識そのものに影響を与え、さらに慣性概念を正しく理解することの大きな助けとなっていると考えることができる。」と指摘している。荒井²⁶⁾は、中学校第1学年を対象に「スクリーンに映る像の大きさ」を題材として4QSを用いた実践を行っている。その結果、「仮説設定シートを使用して仮説を立てる実験群と、仮説シートを使用しないで仮説を立てる対照群において、立てられた仮説の数を比較したところ、実験群の方が仮説の数が多く、有意な差が見られた。」と指摘している。

4QSが仮説形成における指導方略として効果的であることは、これらの先行研究により明らかとなっている。4QSは「変数」に着目させることで仮説を形成させている。変数について小林は、「科学的な探究が

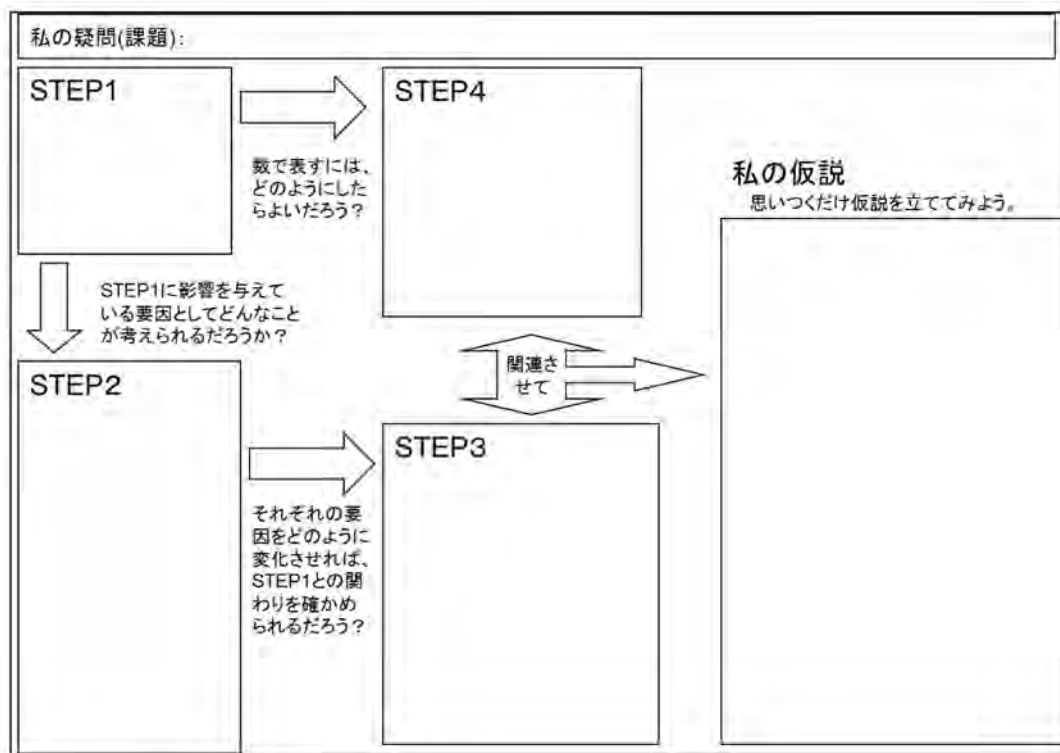


図4 4QSシート

可能な「問題」にするためには、変化させる変数とその影響を受けるもう一つの変数との関係に気づき、仮説として表現されなければならないのである²⁷⁾と指摘する。つまり、仮説を形成することは、変数に気づくことが必要条件となっている。このように仮説形成と「変数への気づき」には、密接な関係があると考えられる。

第6節 仮説形成に至る過程での直観的推論と変数の関係

仮説を形成する際の「変数への気づき」に至る思考過程について、日常での場面を例に考察する。

我々は、アブダクションを日常的な問題解決の場面で、ほとんど無意識のうちに行っている。例えば、懐中電灯のスイッチを入れて電球が光らなかった経験のある人は多いと思われる。これを例に探究の過程を考えてみる。(a) 懐中電灯のスイッチを入れても電球が光らないことは「驚くべき事実」の観察である、(b) 私たちは、この事実を説明するための説明仮説として「乾電池が切れているから電球が光らない」とか「電球のフィラメントが切れているから光らない」等を思いつく。(c) そして、「乾電池を新しいものに取り替えると電球は光る」や「電球を新しいものに取り替えると電球は光る」という作業仮説を立てて、乾電池や電球を取り替えて、電球が光るかどうかを検証する。これを、アブダクションの形式に当てはめると、「懐中電灯のスイッチを入れても電球が光らないという驚くべき事実の観察をする」、「しかしもし、説明仮説「乾電池が切れているから電球が光らない」が真であれば、電球が光らないのは当然のことであろう」、「よって、説明仮説「乾電池が切れているから電球が光らない」が真であると考えるべき理由がある」という推論の流れになる。

この懐中電灯の点灯を例としたアブダクションでは、従属変数は「懐中電灯の点灯」であり、独立変数は(b)の思考より「乾電池」と「電球のフィラメント」である。もしかしたら、他の独立変数を思いつくかもしれない。これらは、パースのいうアブダクションの「その現象がなぜ起こったかについて何らかの可能な説明を与えてくれる仮説を考え出す段階」である。つまり、事象を説明するために想起された説明仮説の中には、「乾電池」や「電球のフィラメント」などの独立変数が含有されていることが分かる。

以上のことから、パースのアブダクションを援用し、小林の提唱する4QSを利用した科学的探究の過程に

まとめる。

まず探究の始まりとして「驚くべき事実」と出会う。驚くべき事実合理的な説明を加えるために、アブダクションの「いくつかの仮説を思いつくままに提起する示唆的な段階」、「それらの仮説のなかからもっとも正しいと思われる仮説を選ぶ熟慮的な推論の段階」を経て、「説明仮説」を提案する。そして、説明仮説に含まれている「変数」を抽出することで、科学的に探究可能な「問題」とする。探究可能な「問題」とするために、「説明仮説」を真として、演繹的推論の働きにより4QSでは「仮説」として表出される。仮説形成に至る過程は、このような推論の流れになっているものと考えられる。

アブダクションのように「説明仮説H」を提案する思考は、演繹のように真となる法則から導くものではなく、また帰納のように様々なデータの収集から導くものでもない。つまり、「驚くべき事実C」から「説明仮説H」を導く思考、及び「変数」を抽出する過程は、いわば直観によるものである。そこで、本研究では、「驚くべき事実C」から「説明仮説H」を経て「変数」を抽出する思考様式を「直観的推論」とする。

引用文献・参考文献

- 1) 森一夫(編)：『21世紀の理科教育』, 学文社, p.36, 2003.
- 2) 米盛裕二：『アブダクション 仮説と発見の理論』, 勁草書房, p.26, 2007.
- 3) 前掲2), p.1
- 4) 前掲2), pp.112
- 5) 前掲2), pp.81-85
- 6) 前掲2), p.68
- 7) 前掲2), p.12
- 8) 市川伸一：『考えることの科学』, 中公新書, p.44, 1997.
- 9) 前掲8), p.45
- 10) 前掲8), p.45
- 11) 前掲8), p.45
- 12) 戸田山和久：『「科学的思考」のレッスン』, NHK出版新書, 2011.
- 13) 前掲12), p.92
- 14) 前掲12), p.101
- 15) 川喜田二郎：『発想法』, 中公新書, p.1, 1976.
- 16) 独立行政法人国立科学博物館 科学リテラシー涵養に関する有識者会議：『「科学リテラシー滋養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～』, 独立行政法人国立科学博物館, p.131, 2010.
- 17) 前掲16), p.132
- 18) 楡井正弥・久保田善彦：「中学校理科におけるW型問題解決学習と仮説の発想に関する研究」, 日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集, p.146, 2008.
- 19) 前掲18)
- 20) 益田裕充・柏木純：「論理的推論に基づく仮説形成を図る教授方略に関する実証的研究」, 理科教育学研究Vol.54, No.1, pp.83-91, 2013.
- 21) 前掲20)
- 22) Cothron, J. H. et al., "Science Experiments and Project for Students 4th ed", pp.23-31, 2006, Kendall/Hunt Publishing Company.
- 23) 小林辰至：「生徒に仮説を設定させる新しい理科指導法 (Four Question Strategy) の概要」, 日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集, p.57, 2009.
- 24) 岡田啓吾：「見通しをもって意欲的に探究活動に取り組む子どもを目指して—小学校6年生での定性的な課題に対する4QS (The Four Question Strategy) の考えを取り入れたワークシート活用の有効性—」, 教育実践研究 第19集, pp.93-98, 2009.
- 25) 金子健治, 小林辰至：「中学校理科におけるFour Question Strategyを用いた授業の効果と課題」, 日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集, p.58, 2009.
- 26) 荒井妙子：「中学校理科における科学的探究能力育成に関する指導法の研究」, 上越教育大学大学院修士論文, 2007.
- 27) 前掲23)

探究における仮説形成に関わる一考察

上越教育大学

山口 真人・小林 辰至

第1節 理科における探究の過程の例

中央教育審議会が示した「理科で育成する問題解決の能力の指導重点例（案）」では、問題解決の過程の例として探究の過程が示されている¹⁾（図1）。これによると仮説形成までの過程は、「自然事象との出会い」、「気づき・疑問」、「問題の把握」、「予想・仮説」である。中央教育審議会も示しているように、最初に「自然事象との出会い」が行われることは、その後の気づきや問題の把握につながることから、探究の過程において重要な役割を担うものであると考えられる。

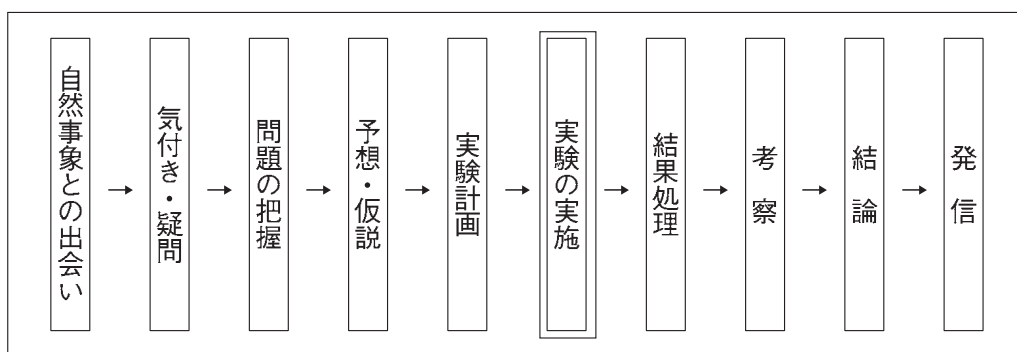


図1 中央教育審議会の「理科で育成する問題解決の能力の指導重点例（案）」で示された問題解決の過程の例

また、『理科 重要用語の300の基礎知識』では、仮説形成に至る探究の過程を「問題の把握」、「仮説の設定」としている²⁾（図2）。「問題の把握」については、「動機付けとしての問題把握は、児童・生徒に明確かつ具体的な形で把握されている必要がある」とし、「生徒の能力を超えるような問題では、十分な効果が期待できないし、程度が低すぎると意欲を減退させることになる。生徒・児童の意欲をかき立てる程度のものにする工夫が大切である」と記載されている³⁾。この中では、問題の把握の具体的手立てについては述べられていない。しかし、「動機付け」の観点からも、仮説の形成に向けて、問題の把握に何かしら手立てを講じる必要があることを示していることが分かる。

中央教育審議会が示した「問題解決の過程の例」や『理科 重要用語の300の基礎知識』に示された「探究の過程」などに共通していることは、探究の始まりにおいて何かしらの手立てが必要であり、「問題の把握」を経て、仮説形成に至ることを示している点である。探究の始まりにおける手立てとは、パースの提唱するアブダクションの思考様式に即すると「驚くべき事実の観察」であり、これにより説明仮説を提案することができる。このアブダクションにより提案された説明仮説は、検証するための具体的な観察・実験の方略につながる仮説とは異なるものであることから、説明仮説と仮説は区別して考える必要がある。

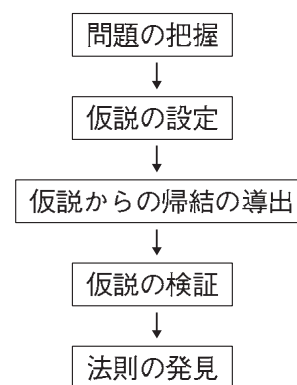


図2 『理科 重要用語の300の基礎知識』による探究の過程

第2節 説明仮説と作業仮説の定義

小学校学習指導要領解説―理科編―では、「児童が見通しをもつことにより、予想や仮説と観察、実験の結果の一致、不一致が明確になる」と記述されている⁴⁾。このように理科教育では探究の過程においてしばしば「仮説」という文言が使用される。しかし、パースはアブダクションについて「アブダクションは説明仮説を形成する方法（process）であり、これこそ、新しい諸観念を導入する唯一の論理的操作（logical operation）である⁵⁾」と述べている。これを受けて小学校理科の探究活動における仮説の形成に関する指導法略を検討するためには、「仮説」と「説明仮説」とを区別し、それぞれについて定義しておくことが不可欠である。

まず、一般論的な「仮説」について検討する。『大辞泉』では「仮説」を「ある現象を合理的に説明するため、仮に立てる説。実験・観察などによる検証を通じて、事実と合致すれば定説となる。⁶⁾」と記述されている。一般論的な「仮説」とは、その捉え方には幅があると考えられる。しかし理科教育においては、「実験・観察などによる検証を通じて」と記述されているように、実証可能な仮に立てる説であると捉えることができる。つまり、理科教育における「仮説」とは、実証可能な「…すれば、…は、…になる」というふうに明記できる形での仮説であると言える。さらに、「仮説」を「…すれば、…は、…になる」と記述できるものであると考えれば、これは「作業仮説」と捉えることができる。「作業仮説」とは、『大辞泉』では「研究や実験を進める過程で、暫定的に有効とみなされてたてられる仮説。⁷⁾」と記載されている。さらに『日本大百科全書10』では、「作業仮説は、具体的に測定可能な変数の関係について言及しており、かならずしも説明の論理は含まない。理論仮説を構成する複数の命題を経験的に操作可能なものに置き換えた、一つの社会調査ないし実験によって検証される下位命題⁸⁾」とある。「作業仮説」が「操作可能なものに置き換えた」ということは、理科教育における「仮説」の「…すれば、…は、…になる」と記述可能であることと合致する。

次に、「説明仮説」について検討する。『大辞泉』では「説明仮説」という語は掲載されていない。そこで、パースのアブダクションの例から「説明仮説」の定義を検討する。

パースはアブダクションの例の一つとして「無数の文書や遺跡がナポレオン・ボナパルトという名前の支配者に関連している。われわれはその人をみたことはないが、しかしかれは実在の人であったと考えなければ、われわれはわれわれがみたもの、つまりすべてのそれらの文書や遺跡を説明することはできない。⁹⁾」と述べている。この例の「驚くべき事実」は「ナポレオンに関連する無数の文書や遺跡が存在する」ことであり、それに対して「ナポレオンという名前の支配者は実在の人であった。」という「説明仮説」を立てている。この「説明仮説」は、そのように考えるべき理由がある、そのように考えるのがもっとも理にかなっている、そのように考えなくてはならないというふうに、ある明確な理由または根拠にもとづいて提案されるものである。つまり、ある事象を説明するための拡散的な思考による仮説であり、「…だから…ではないか」というように説明できる仮説である。そこに実証可能かどうかは問われていない。これらのことから、理科教育で用いられる一般的な「仮説（作業仮説）」とアブダクションにより導き出される「説明仮説」では、実証性の可否に違いがあることが分かる。

戸田山は、著書の中で19世紀のウィーンで医師をしていたゼンメルワイスの産褥熱に関わる研究を例に仮説演繹法について説明している¹⁰⁾。ゼンメルワイスは、①自分の病院でお産した女性の多くが産褥熱に罹る、②産婆が取り上げていた病棟より、医者を取り上げていた病棟のほうがその率は高い、③検視をしている間に刺し傷をつくった同僚の医師が同様の産褥熱に罹ったという三つのデータから、アブダクションにより死体に含まれる何らかの物質が原因ではないかと仮説を立てた。そして、仮説を正しいとする演繹的推論により「医師が死体を触った手を洗うようにすれば、死体の中の物質が体に入らないから、患者の発生率が減るだろう」という「予言」を引き出している¹¹⁾。この場合の「仮説」とは、三つのデータを説明するための「説明仮説」と捉えることができる。また、「予言」について戸田山は「直接目で確かめられないこの仮説から、目で見て確かめられることがらを「予言」として引き出すのです¹²⁾」と説明していることから、「予言」とは実証可能な「作業仮説」として捉えることができる。

以上のことから、理科教育における「仮説」とは「作業仮説」の意味で用いられており、「説明仮説」とは明らかに区別されるものである。科学的な探究の過程では「説明仮説」と「作業仮説」の双方が存在し、「驚くべき事実」の観察を起点としたアブダクションにより拡散的に「説明仮説」を導く段階と、「説明仮説」をさらに操作可能な「作業仮説」を導く段階の2種類の仮説を経て実験へと繋がっていくと考えられる。そこで本研究では、理科教育における「説明仮説」を「ある事象を説明するために「…だから…ではないか」と導出される拡散的な仮説」とし、「作業仮説」を「実証が可能な「…すれば、…は…になる」と記述可能な仮説」と定義した(表1)。

表1 仮説の種類と特徴

	特徴
説明仮説	アブダクションから導き出される拡散的な仮説。「○○だから～ではないか」というようにある事象を説明するための仮説であり、実証可能かどうかは問わない。
作業仮説	「…すれば、…は、…になる」と記述可能な仮説。変数を用いる仮説であり、実証が可能である。

第3節 小学校理科における「作業仮説の設定を伴う探究の過程」

第1項 「作業仮説の設定を伴う探究の過程」モデル

第3章において、仮説形成の手立てとして4QSの有効性について述べた。そこで、4QSを用いた変数の観点から、直観的推論の場面を再考することにより、我が国の小学校理科における、仮説形成に至る探究的な指導方略について述べる。

まず、「驚くべき事実の観察」を探究の起点とする。「驚くべき事実」は、子どもたちは「なぜだろう?」「不思議だな?」という疑問を想起させるようなものが良い。ここで疑問を生み出すことにより、直観的推論の働きで「…だから…ではないか。」というふうに説明仮説を立てる。

「驚くべき事実」から説明仮説を立てる間の思考は、直観的に思いつくものである。しかし、その背景には経験や知識などが大きく影響すると考えられる。パースの挙げるアブダクションの例を基にその根拠を示す。

「わたくしはかつてトルコのある地方の港町で船から降りて、わたくしが訪ねたある家の方へ歩いていると、ひとりの人が馬に乗ってその人の回りには四人の騎手はその人の頭上を天蓋で蔽って、通って行くのに出会ったことがある。そこでわたくしは、これほど重んじられた人となると、この地方の知事の他には考えられないので、その人はきっとこの地方の知事に違いないと推論した。これは一つの仮説である¹³⁾」。この例の中での「驚くべき事実」は、「馬に乗って騎手たちの護衛つきでたいそう重んじられて通っている人」であり、「その人はきっとこの地方の知事に違いない」という説明仮説を発案している。もしパースに「知事が重んじられている」という知識が皆無であったとしたら、このような説明仮説を発案することはできないであろう。つまり、「知事が重んじられている」を真として、「その人は知事に違いない」という結論を得るという「演繹的」な直観的推論と言える。もしくは、パースはかつて他の地域で知事が騎手により天蓋で蔽われて通っている姿を何度も目撃していた可能性もある。この場合は、「帰納的」な直観的推論ということができる。

次にもう一つパースの例を挙げて考察する。「化石が発見される。それは例えば魚の化石のようなもので、しかも陸地のずっと内側で見つかったとしよう。この現象を説明するため、われわれはこの一帯の陸地はかつて海であったに違いないと考える。これも一つの仮説である¹⁴⁾」。この例の中での「驚くべき事実」は、「陸地のずっと内側に魚の化石が見つかる」ことであり、「一帯の陸地はかつて海であった」という説明仮説を発案している。もし、化石を発見した人が魚について全くの無知であれば、説明仮説として「魚は進化の過程において陸上で生活していた」とか「魚が空を飛んでやってきた」などという仮説を立てるかもしれ

ない。しかし、そのような説明仮説を提案しないのは、「魚は海で生活している」という知識や経験が大きく影響するためである。

かつての人々が雨乞いをするために神に祈っていたのも、雨が降る仕組みを知らなかったために、雨が降らない事実に対してアブダクションにより「神が雨を降らせている」という説明仮説を成り立たせていたと考えられる。つまり、かつて科学的に解明できないものを神の仕業としていたのは、知識や経験が乏しく、「神の仕業と考えなければ説明が付かない」と考えたのではないだろうか。しかし、例えば小学校理科の電磁石の働きを大きくするための仮説形成場面で「電流を大きくするためには神に祈る」と説明仮説を提案しないことから、説明仮説を提案する場合には経験や知識が影響を与えると考えることができる。

楡井¹⁵⁾は、説明仮説を形成するまでの発想には5類型あると指摘している。5類型とは、上草のアブダクションの類型¹⁶⁾を参考に理科学習に合わせて解釈し、発話ユニットを対象に分類したものであり、「偶然な思いつき」、「論理的推論」、「経験的推論」、「パターンの変形」、「継続と量的拡大」である(表2)。

表2 楡井による理科学習でのアブダクションの類型

類型	内容
(A) 偶然な思いつき	直観によるアイデアについての発話ユニット。 (直観は情報を収集し感覚的にアイデアを表現すること。さらに、情報は生活経験や機種内容、観察や実験のようすや結果、話し合いにおける推論の過程や類似させる過程のアイデアである。)
(B) 論理的推論	情報を整理し、アイデアの意味についてすじ道に沿って推論する発話ユニット。 (情報は生活経験や既習内容、観察や実験のようすや結果である)
(C) 経験的推論	経験的工夫の積み重ねによって生じたアイデアを推論する発話ユニット。 (実験や観察を続け、結果をまとめる際に発散した新規なアイデア)
(D) パターンの変形	類似が発散の基となっているアイデアを推論する発話ユニット。 (生活経験や既習内容から類似するパターンを引用したアイデア)
(E) 継続と量的拡大	新規な実験器具の活用に伴う新しい基準や視点についてのアイデアを推論する発話ユニット。 (新しい実験器具などで測定したことによるアイデア、視点や方法を変形させたアイデア)
(X) その他	A～Eの類型に分類できない発話ユニット。 (事象についての教科書からの情報)

このうち、「(A) 直観的推論」は、アブダクション自体が全て直観の働きにより説明仮説を創出する思考であるため、他の発想法に振り分けることが可能であると判断し削除した。「(B) 論理的推論」は、「生活経験や既習内容、観察や実験のようすや結果」をもとに筋道に沿って推論することから、「演繹的」と解釈し定義した。「(C) 経験的推論」は、「実験や観察を続け、結果をまとめる際に発散した新たなアイデア」としていることから、「帰納的」と解釈し定義した。「(D) パターンの変形」とは、「生活経験や既習内容から類似するパターンを引用したアイデア」となっていることから、「類推的」と解釈し定義した。「(E) 継続と量的拡大」については、「新しい実験器具などで測定したことによるアイデア、視点や方法を変形させたアイデア」となっているが、楡井の研究では出現せず、また、その性質から「演繹的推論」や「類推的推論」に含むことが可能であると判断し、削除した。つまり、「驚くべき事象の観察」から、「演繹的」、「帰納的」、「類推的」の三つの思考により、説明仮説を形成する。

ここで「演繹的」、「帰納的」、「類推的」とした三つの思考過程は、論理学での「演繹」、「帰納」、「類推」とは厳密には異なる。アブダクションによる推論は、「演繹」のように真なる前提から必然的に真なる結論を得るという形式的なものではなく、「帰納」のように観察データに基づいて一般化を図るというものでもない。または「類推」のようにある事象を他の事象との類似点に基づいて当てはめるという形式でもない。

これら推論の形式に必ずしも当てはまる性質のものではないが、直観的に発案される思考の背景には似たような性質であることから便宜的に「演繹的」、「帰納的」、「類推的」とした。そして、「演繹的」を「既知の知識や事象などをもとにした直観的推論」、「帰納的」を「経験などをもとにした直観的推論」、「類推的」を「既知の知識や経験などから類似点を導き出す直観的推論」と定義した（表3）。

次に、アブダクションの働きにより発案した説明仮説に含まれる独立変数もしくは従属変数を明確にする。

表3 説明仮説発案の背景となる思考の類型

類型	内容
演繹的	既知の知識や事象などをもとにした直観的推論
帰納的	経験などをもとにした直観的推論
類推的	既知の知識や経験などから類似点を導き出す直観的推論

独立変数や従属変数を意識することの効果については、金子の中学生を対象とした素朴概念の転換に関する研究がある。金子は、質量の異なる台車の斜面上の運動についての実験を行う時に、4QSを用いて生徒一人ひとりが仮説設定を行うことが、慣性概念の理解につながることを明らかにしている。その中で「大切なことは従属変数と独立変数を客観的にとらえ、自分の仮説を文章化し自分自身で記述することにある¹⁷⁾」と指摘している。つまり、変数を意識化して、作業仮説を発案することは、教育上大きな効果があると考えられる。そこで、「説明仮説の発案」の後に、「変数を同定する」作業を行うこととした。この段階は、4QSではSTEP 1 及びSTEP 2・STEP 3にあたる。

ここまでの「驚くべき事実」から「変数の同定」までの思考の流れは、パースのアブダクションの第一段階「最初にいくつかの仮説を思いつくままに提起する示唆的な段階」にあてはまり、直観的に説明仮説や変数が導出されるものであることから、「直観的アブダクション」と定義した。

その後、4QSでは「仮の作業仮説の発案」を行う。ここでは変数及びSTEP 4 で表出させた従属変数の定義をもとに、作業仮説を発案する。4QSでは、「わたしの仮説」とされている。作業仮説で用いる変数は説明仮説から同定されていることから、説明仮説を真として演繹的に思考し、作業仮説を導くことになる。そこで、「変数の同定」から「仮の作業仮説の発案」までの思考の流れを「演繹」と定義した。

「仮の作業仮説」とした理由とは次の通りである。ここまでの探究の過程の中には、パースの指摘するアブダクションにおける一つ目の段階の「最初にいくつかの仮説を思いつくままに提起する示唆的な段階」は、第1の直観的アブダクションで行われている。しかし、二つ目の段階の「それらの仮説のなかからもっとも正しいと思われる仮説を選ぶ熟慮的な推論の段階」は行われていないため、「各自で考えた暫定的な作業仮説」という意味合いをもたせるために「仮の作業仮説」とした。

二つ目の段階の「それらの仮説のなかからもっとも正しいと思われる仮説を選ぶ熟慮的な推論の段階」においては、科学者ではなく、とりわけ児童を対象とした小学校理科教育の中で、児童自身が各自で熟慮的な推論を行うことは難しいと考えられる。そこで、理科学習の中で、各自が「仮の作業仮説」を発案した後に、グループやクラスでの話し合いにより、正しいと思われる仮説を選ぶ熟慮的な推論を行うことで得られた作業仮説を「作業仮説の決定」とした。そして「仮の作業仮説」から「作業仮説の決定」の間の思考を「熟慮的アブダクション」と定義した。そして得られた作業仮説を用いて観察・実験を行うことにより、仮説が経験的に正しいか、それとも本質的でない何らかの修正が必要か、あるいはまったく拒否すべきであるかを帰納的に判断するのである。

以上のことから、小学校理科における仮説形成までの探究の過程のモデルを図3に示す。

第2項 「作業仮説の設定を伴う探究の過程」モデルの具体例

図3の探究の過程モデルに沿った具体的事例を紹介しながら、説明を加える。

例えばT社の理科教科書に掲載されている小学校理科第5学年「植物の発芽と成長」の単元における授業構想を示す。児童に種子の発芽条件を考えさせる際に、まず事象を提示する。ここでの事象とは、発芽し

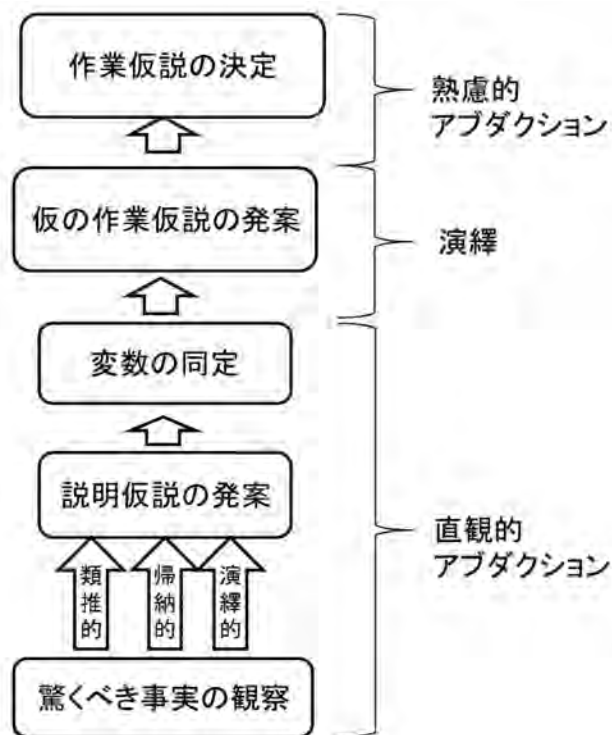


図3 作業仮説を伴う探究の過程のモデル

ている種子と発芽していない種子である。発芽している種子は、湿らせた脱脂綿の上に種子を載せたものとし、発芽していない種子は、水中に沈んでいる種子とする。児童はこれまでの生活・学習経験から、播種後には必ず水やりを行っている。つまり発芽には水が必要であることを経験から導き出すことができる。しかし、水に沈ませた種子は発芽していないことから、児童は疑問を抱き、「驚くべき事象」に昇華させることができる。次に、「水が多すぎるのではないか。」「空気につれていないからではないか。」など児童は「演繹的」、「帰納的」、「類推的」の三つの思考を巡らせながら、直観的アブダクションにより説明仮説を発案する。この段階が「説明仮説の発案」となる。次に、説明仮説には、「水」、「空気」などの独立変数が含まれ、この変数へのきづきは4QSのSTEP 2・STEP 3で表出されることになる。この段階が「変数の同定」となる。

その後、表出した変数及びSTEP 4で表出させた「従属変数の定義」をもとに、説明仮説から演繹的に思考し、「仮の作業仮説」を発案する。例えば、「空気に触れれば発芽する」などの文言として表出される。しかし、この段階では仮説の精査が行われておらず、場合によっては突飛な作業仮説が発案される場合も考えられる。そこで、グループやクラスでの話し合いにより、熟慮的アブダクションを行う。そして、正しいと思われる仮説を選び、「作業仮説の決定」の段階となる。

このように形成された作業仮説から実験計画を導き出し、例えば、水を与えた場合、与えない場合についての比較実験などを行い、仮説が正しいかどうかについて帰納的に判断するのである。

第4節 小学校理科における「作業仮説の設定を伴わない探究の過程」

第1項 「作業仮説の設定を伴わない探究の過程」モデル

次に、小学校理科における「作業仮説の設定を伴わない探究の過程」モデルについて述べる。

まず、作業仮説の設定を伴う探究の過程と同様に、「驚くべき事実の観察」を探究の起点とする。「驚くべき事実」は、子どもたちに「なぜだろう?」「不思議だな?」という疑問を想起させるようなものが良い。その際に、自然物であれば「驚くべき事実」に昇華させる手立てが教師により準備されていることの必要性は前節で述べた通りである。次に、「驚くべき事実の観察」から自然と生み出された疑問から、直観的アブダクションの働きで「…だから…ではないか。」という説明仮説を立てる。ここまでの「驚くべき事実」か

ら「説明仮説の発案」までの思考の流れは、パースのアブダクションの第一段階「最初にいくつかの仮説を思いつくままに提起する示唆的な段階」にあてはまる。

「説明仮説の発案」までは、作業仮説の設定を伴う探究と同じ過程である。説明仮説を発案した後に、説明仮説に従って観察・実験を継続する。そのため、変数の同定や作業仮説を設定する必要性はない。そして、得られた観察・実験の結果から、説明仮説が経験的に正しいか、それとも本質的でない何らかの修正が必要か、あるいはまったく拒否すべきであるかを帰納的に判断するのである（図4）。

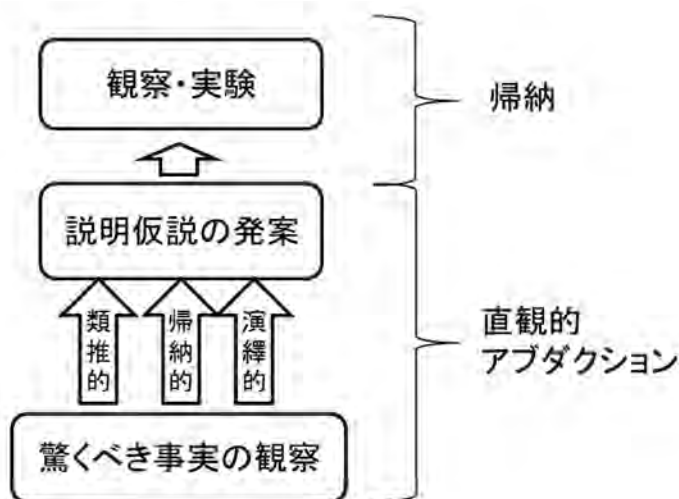


図4 作業仮説の設定を伴わない探究の過程のモデル

第2項 「作業仮説の設定を伴う探究の過程」モデルの具体例

この探究の過程のモデルに沿った具体的事例を紹介しながら、説明を加える。

例えば、T社の理科教科書に掲載されている小学校第3学年単元「チョウを育てよう」では、「観察1 キャベツの葉を調べよう」、「観察2 たまごやよう虫をかんさつしよう」、「観察3 さなぎをかんさつしよう」、「観察4 せい虫のからだのつくりを調べよう」の四つの観察により構成されている。これら四つの観察からモンシロチョウが卵、幼虫、さなぎ、成虫の順で成長していくことや、成虫の体が頭部、胸部、腹部に分かれ、足が6本あることを事実の観察から導き出す。これら四つの観察では推論を用いず、観察した事実を記録し、確認する活動が行われている。そして、小学校第3学年単元「こん虫を調べよう」において、単元「チョウを育てよう」で観察したチョウのからだのつくりや成長の様子から「昆虫のからだのつくりはどれもチョウと同じなのかな。」と疑問を見出し、「昆虫のからだは皆、頭部、胸部、腹部に分かれている」というふうにして説明仮説を立ててトンボやバッタなどの他の昆虫について観察を行うことができる。

ここまでの探究の過程の思考を考えてみる。(a) チョウのからだのつくりが頭部、胸部、腹部に分かれていることは「驚くべき事実の観察」である。(b) 説明仮説として、「昆虫のからだは皆、頭部、胸部、腹部に分かれている」と思いつく。そして、説明仮説に基づき、観察を続けることで帰納的に昆虫のからだのつくりを明らかにしている。これをアブダクションの形式に当てはめると、「チョウからだのつくりが頭部、胸部、腹部に分かれているという驚くべき事実の観察をする」、「しかしもし、説明仮説「昆虫のからだは皆、頭部、胸部、腹部に分かれている」が真であれば、チョウからだのつくりが頭部、胸部、腹部に分かれていることは当然のことであろう」、「よって、説明仮説「昆虫のからだは皆、頭部、胸部、腹部に分かれている」が真であると考えられるべき理由がある」という推論の流れになる。

このように、単元をまたぐことはあるものの、事実の観察を「驚くべき事実」に昇華することで、観察を起点とした探究活動を行うことができると考えられる。

第5節 観察・実験の分類

小学校理科における「作業仮説の設定を伴う探究」と「作業仮説を伴わない探究」の二種類の探究の過程があることを明確にすることができた。そこで、小学校理科教科書に掲載されている観察・実験を、二種類の探究の過程に分類することができれば、探究的な授業方略を確立する上で役立つものとなると考えられる。

長谷川らは、T社、G社、K社の小学校理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等を対象として、観察・実験に内包されている「探究の技能」の下位技能を基にクラスター分析を行い、「観察・実験の特徴」に類型化した(表4)¹⁸⁾。そこで、「観察・実験の特徴」から、理科教科書に掲載されている観察・実験を「作業仮説の設定を伴う探究の過程」と「作業仮説を伴わない探究の過程」に分類する。

まず、「作業仮説の設定を伴う探究の過程」は、作業仮説を設定するという性質から、「Cクラスター：仮説を立てて、事象の性質や変化等を定性的に捉え、解釈する観察・実験群」、「Dクラスター：仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数を測定し、定量的に解釈する観察・実験群」、「Eクラスター：仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数の変化を捉え、定性的に解釈する観察・実験群」に適合する。つまり、Cクラスター、Dクラスター、Eクラスターに類型化されている、観察・実験においては「作業仮説の設定を伴う探究の過程」により、探究活動とすることが可能であることが示唆される。

これに対し、「作業仮説の設定を伴わない探究の過程」は、作業仮説を設定せず、「説明仮説」を発案した後に観察を行うという性質から、「Aクラスター：事象の変化・性質・構造等を調べ、記載を行う観察・実験群」、「Bクラスター：事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして、記載を行う観察・実験群」に適合する。つまり、Aクラスター、Bクラスターに類型化されている観察・実験においては「作業仮説を伴わない探究の過程」により、探究活動とすることが可能であることが示唆される。

表4 長谷川らが類型化した各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴

クラスター名	各クラスターの解説
Aクラスター	事象の変化・性質・構造等を調べ、記載を行う観察・実験群
Bクラスター	事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして、記載を行う観察・実験群
Cクラスター	仮説を立てて、事象の性質や変化等を定性的に捉え、解釈する観察・実験群
Dクラスター	仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数を測定し、定量的に解釈する観察・実験群
Eクラスター	仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数の変化を捉え、定性的に解釈する観察・実験群

引用文献・参考文献

- 1) 文部科学省：中央教育審議会 初等中等教育分科会，教育課程部会（第4期第11回）議事録，配付資料，2007.
- 2) 武村重和・秋山幹雄編集：『理科 重要用語300の基礎知識』，明治図書，p74，2000.
- 3) 前掲2)，p.74
- 4) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説－理科編－（平成20年8月）」，大日本図書，p.8，2008.
- 5) 米盛裕二：『アブダクション 仮説と発見の理論』，勁草書房，p.26，2007.
- 6) 村松明：『大辞泉』，小学館，p.505，1995.
- 7) 前掲6) p.1058.
- 8) 相賀徹夫：『日本大百科全書10』，小学館，p.56，1986.
- 9) 前掲5)，p.55
- 10) 戸田山和久：『「科学的思考」のレッスン』，NHK出版新書，pp.105-109，2011.
- 11) 前掲10)，p.107
- 12) 前掲10)，p.107
- 13) 前掲5)，p.54

- 14) 前掲5), pp.54-55
- 15) 楡井正弥:「問題解決場面における思考の発散と収束に関する研究」, 上越教育大学大学院修士論文, 2008.
- 16) 上草貞夫:「アクション類型分析による半導体開発プロセスの研究」, 文理シナジー, 文理シナジー学会, Vol.3, No.2, pp.48-54, 1999.
- 17) 金子健治・小林辰至:「The Four Question Strategy (4QS) を用いた仮説設定の指導が素朴概念の転換に与える効果—質量の異なる台車の斜面上の運動の実験を例として—」, 理科教育学研究Vol.50 No.3, 2010.
- 18) 長谷川直紀・吉田裕・関根幸子・田代直幸・五島政一・稲田結美・小林辰至:「小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化とその探究的特徴—プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて—」, 理科教育学研究, Vol.54, No.2, pp.225-247, 2013.

論文・報告編

【査読付論文】

長谷川敦司・小林辰至：教員養成系大学生の物理学的素養の向上を目指した授業，物理教育，日本物理教育学会，第61巻第3号，pp.131-136，2013.

植木幸広・久保田善彦：振り子の学習における数値の処理が，数値比較の判断に与える影響，理科教育学研究，日本理科教育学会，第53巻第2号，pp.219-227，2012.

長谷川直紀・吉田裕・関根幸子・田代直幸・五島政一・稲田結美・小林辰至：小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化とその探究的特徴—プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて—，理科教育学研究，日本理科教育学会，第54巻第2号，pp.225-247，2013.

教員養成系大学生の物理学的素養の向上を目指した授業

長谷川敦司・小林 辰至

上越教育大学

研究報告

教員養成系大学生の物理学的素養の向上を目指した授業

長谷川敦司・小林 辰至 上越教育大学 943-8512 新潟県上越市山屋敷町1番地

教員養成系大学生の物理学的素養の向上を図るために、演示実験用教材の開発と授業の工夫を行った。教材開発としては、ガリレオの斜面実験装置のレプリカと光センサーを用いて定量的な測定が行える斜面の模型の2つを作製した。斜面の模型の演示実験により落下運動に関する理解を深め、授業の説明を工夫することにより質量の異なる2物体間の作用・反作用についての誤概念の解消を試みた。この結果、基本的な落下運動と作用・反作用に関する学生の理解度は向上した。

キーワード ガリレオの斜面実験、演示実験用教材、レプリカ、落下、作用・反作用

1. はじめに

日本学術会議は2007年に、「これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について」という要望書を出した。その要旨において、「若者の科学的能力の低下及び理数科学習への意欲衰退の背景には、教育課程における教育内容の削減や授業時数減少の問題と共に、教師の科学的教養の低下の問題があり、教師の科学的教養を今後一層高めることが根本的な課題の一つとなっている¹⁾」と述べている。

それでは、教員養成系大学生の科学的素養の実態はどのような状況にあるのであろうか。谷口は教員養成課程の科目「物理学基礎実験」の受講者を対象に、中学校理科の新学習指導要領において、新出または移行される項目に対する学習状況や意識等についてアンケート調査を行い、高校で物理Ⅱまで履修していてもその理解に対する自信度は、高校物理を全く履修していない学生と大差ないことを明らかにしている²⁾。そして、実験の経験が少ないほど理解度に対する自信が減少する傾向のあることから、教員養成における実験を通じた学習の重要性を指摘している。

このような問題点が指摘される中、教員養成系大学生の物理学的素養を向上させるため、演示実験用教材の開発による授業への積極的な参加を促し、理解度の向上を目指すこと、誤概念の誘因となりそうな現象を説明することで、誤概念の解消を試みることの2つを行った。前者については落下における運動を取扱い、後者については質量の異なる物体間の作用・反作用を取り扱った。これらの結果について報告する。

2. 演示実験のための教材開発と性能評価

2.1 開発した教材の物理教育における意義

今回開発した教材は、ガリレオの斜面の実験を再現し

たレプリカ(図1)と光センサーを用いて落下時間の測定が行える斜面模型(図2)である(共に共立模型株式会社製³⁾)。

ガリレオの斜面実験が自然科学に与えた影響は大きい。簡単な装置を用いて、落下という自然現象を定量化した実験を行い、法則を数式化した実験である。また、垂直に落下する物体を斜面に置き換えるという発想の転換も大きい。この実験を基礎力学の授業で扱う意義として以下のような点が考えられる。



図1 ガリレオの斜面実験装置レプリカ

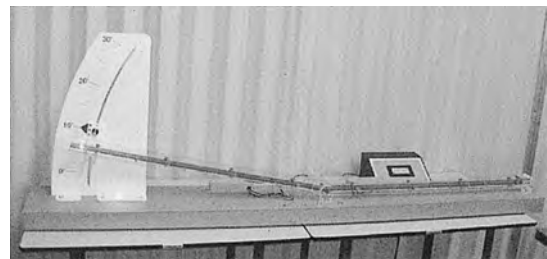


図2 光センサーを用いた演示用斜面実験装置

- ・実験装置の構造が簡単であるため、起きている現象が理解しやすい。
- ・落下という自然現象は、物体の運動の基本である。
- ・力が重力以外に働かない(と仮定している)ので、力

と運動の関係が理解しやすい。

- ・運動を定量化あるいは数式化することを学べる題材である。

今回作製した 2 種類の教材を併用することで、レプリカの見た目の美しさ、斜面模型の誰でも簡単に定量的な測定ができるというそれぞれの利点を活かした授業ができる点にも特徴がある。

2.2 教材開発

レプリカについては、イタリアのフィレンツェのガリレオ博物館 (Museo Galileo) に Inclined plane⁴⁾ として展示されているようであるが、本研究では文献に残されている図面の約 1/3 の大きさのものを作製した。形状は、アリソン・ケントのスケッチとして残っている図⁵⁾ とガリレオ博物館のレプリカの写真を参考に設計を行った。斜面と台座部分は木製で、斜度は 15°、斜面部分の長さは約 2m、幅 44mm とし、直径 30mm φ の球が通過できるようにしてある。鐘の部分は音が聞き取りやすいように実際の物とは少し異なる形状となっているが、質感などはなるべく当時の雰囲気を出すように工夫してある。

斜面模型については、科学館などにも物体の運動を説明するための物がいくつかある。また光センサーを使って落下を測定する装置については、いくつか報告されている物がある^{6), 7)}。今回、我々の作製した装置は、斜面部分の長さは 1m、平坦部の長さは 1m であり、斜面部、平坦部にそれぞれ光センサーを 30cm 間隔で 4 つ設置した。光センサーからの信号はコントロールパネルに集約され、センサー間の通過時間差、平均の速度が表示される。斜度は 0° (水平) から 30° まで変化させることができる。実験用球としては材質がステンレス (110g)、アルミ (36g)、アクリル (16g)、木 (8g) の 4 種類で直径 30 mm φ の物を用意した。

レプリカは、最初の授業において、興味を喚起するために使用した。斜面模型は、授業の中で実際に学生に実験を行わせ、実験結果を使用した。

2.3 性能評価

2.3.1 教員養成系大学の学部授業に必要な性能

教員養成系大学の学部における基礎物理学の授業では、正確な計算よりも本質的な現象の正しい理解が重要であると考えられる。このため、演示実験を行う際には

- ・複数の異なる材質の球の落下時間が一緒になる
- ・角度による落下時間の差が顕著に表れる

の条件を重視した。したがって、当初の性能の目標としては、剛体の回転を考慮した運動やレールと球の摩擦の影響を考えるなどの定量的な正確さより、定性的に理解しやすいものを目指した。また、測定データにばらつきが大きいと本来の物理法則が見えづらくなるため、データの再現性が良く、誤差の小さい装置が望まれる。この観点から作製した斜面模型の性能を評価した。

2.3.2 評価結果

図 3 に異なる球種の落下時間の差を測定した結果を示す。図 4 に模型の概念図を示すが、斜面の上からセンサー 1, 2, … とし、1-2 間を I, 2-3 間を II とする。この結果をみると、アクリルと木の結果は I と V 以降でわずかにずれがある。これは質量の差によるレールとの接触の仕方や斜面と平坦部の連結部分における球の飛び跳ねによる影響ではないかと思われる。それぞれのデータは 50 回計測を行い、誤差は少なく高い再現性を示すことがわかった。この結果をもとに、授業ではステンレスとアルミを使用した。

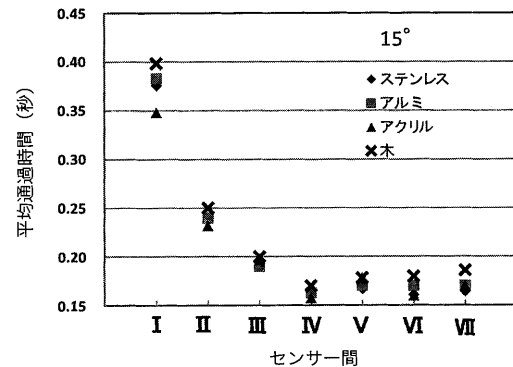


図 3 センサー間の通過時間の球種依存性

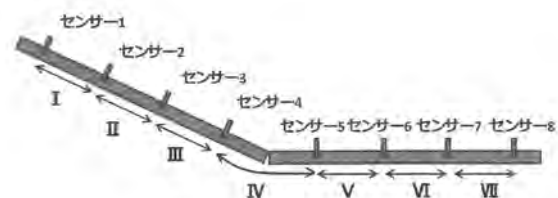


図 4 模型概念図

次にステンレス球について角度を変化させたときの落下時間の違いを測定した結果を図 5 に示す。斜度は 5° から 25° まで 5° おきに測定した。図中の黒丸はセンサー間 I ~ III の合計の時間を実験値として表示し、質点による落下時間の理論計算を実線で、球の回転を考慮した落下時間を破線で示している。

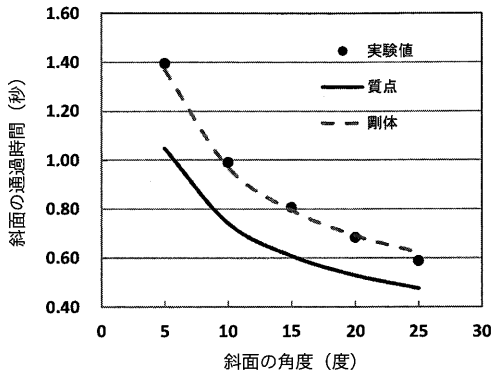


図5 ステンレス球による落下時間の斜度依存性

質点の落下時間の計算は運動方程式の計算より、斜面の角度を θ 、落下距離を L 、重力加速度を g として

$$t = \sqrt{\frac{2L}{g \cdot \sin\theta}} \quad (1)$$

と表される。

滑りを考慮しない剛体の回転運動では、重力加速度 g の代わりに以下の a の計算式を導入することにより、正確な運動を記述することになる⁸⁾。

$$a = \frac{5A^2}{5A^2 + 2} g \cdot \sin\theta \quad (2)$$

$$A = \frac{R'}{R} \quad (3)$$

ここで、 R は球の半径、 R' はレールを回転する際の実効上の半径である⁸⁾。筆者らの作製した模型ではレールの幅が 20mm、球の半径は 15mm であるので、(3) 式に代入し、 $A = 0.75$ となる。さらに実効上の加速度は(2)式より、 $5.73 \text{ (m/s}^2\text{)}$ となり、この値を用いて理論値を計算したものが図5の破線である。

次にステンレスについて、斜度 15° における各センサー間の通過時間を測定した結果と質点、剛体における理論計算の結果を図6に示す。この結果をみると、斜度依存性同様、剛体の回転による計算値は実験値と良い一致をみていることがわかる。

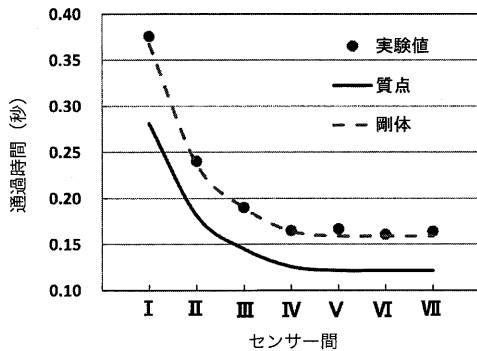


図6 斜度 15° におけるステンレス球の落下時間

以上のように、質点による理論計算と実験値は定性的には同じ振る舞いを示している。また、剛体の回転において実効上の加速度を使った理論計算は実験値を良く説明できることから、斜面模型は、剛体の回転を授業で行う場合にも、有効な教材であると考えられる。以上より、開発した模型は本授業に使用するには十分な性能であることもわかった。

3. 授業実践

3.1 授業の概要

上越教育大学では学部2年生および免許プログラム受講生に対して、前期15回で物理学の基本事項の力学、電磁気学、熱力学、音、光に関する事項を教えている。15回の前半7回のうち、6回を力学に充てている。この回数で力学を教えるにあたり、授業内容を厳選し、基本的な物理の考え方を身につけさせるということを目指している。学習指導要領、文部科学省検定済理科教科書などから小中学校の教育内容を分析するとともに、力学分野に関連する物理現象の抽出を行い、授業項目を以下のように設定した。

- 第1回：事前の認識調査と力と加速度
- 第2回：運動と運動方程式
- 第3回：運動方程式の例題
- 第4回：仕事とエネルギー
- 第5回：単振動
- 第6回：単振動2と力のモーメント

このうち、演習実験は第1回目に行い、そこで得られたデータを3回目に利用した。また、作用・反作用については、第3回目の最後と第4回目の最後に説明を行った。

3.2 授業内容と方法

授業は実演(実験)、結果の整理、解説の順序で進めた。

<落下運動>

実演：斜面模型を用いて、異なる材質の球による落下時間の比較と斜度を変化させたときの落下時間の変化の2種類の実験をそれぞれ2名の学生に課した。

結果：異なる球種(ステンレスとアルミの球)でも落下時間は測定誤差内で一致していることを示した。さらに斜度を変化させても、2種類の落下時間は一致していることを示した。次にステンレス球だけについて、斜度を 5° 、 10° 、 15° 、 20° にして落下時間を測定し、斜度が大きくなるにつれて落下時間が短くなることを示した。

解説：異なる球種の実験では、角度を変化させても落下

時間は変化しない。角度を大きくしてもこの結果は同様であり、最終的に角度を 90° にしたものが自由落下であることを説明した。これにより、自由落下においても落下に質量は関係しないことを説明した。

次に斜度と落下時間の関係についてまとめた。斜度 θ の斜面上にある質量 m の物体には、重力 (mg) の斜面方向への射影成分 $mg\sin\theta$ が働くことを説明した。斜度が大きくなると球にかかる力も大きくなり、落下時間も短くなっていることを定性的に確認した。

これら二つの実験結果から、「大きな力が働いている物体の落下時間は短い。」「質量の大きな物には大きな重力が働いているはずなのに、質量の小さな物体と落下時間が同じになっているのはなぜだろうか。」という質問を投げかけた。

学生に考察させた後、質量を慣性の見方から説明し、落下運動は質量によらないことを定性的に説明した。続いて、定量的な説明を行うために、力、加速度、質量の関係から運動方程式を導き、加速度の微分形式の表示と微分方程式の解法について説明した。この後、いくつかの運動について、運動方程式を解くことによって解析できることについて例題を示しながら説明した。最後に実験結果が質点の運動方程式を解くことで定性的には説明できることを示した。

<作用・反作用>

実演と結果：作用・反作用を実感する経験の一つとして、となり合っている学生同士で押し合いをさせて、体重の重い学生も体重の軽い学生から力を受けていることを実感させた。しかしながら、これだけでは力が働くことは理解できるが、大きさに関しての実感はできない。この経験に加えて、以下の説明を付加することで理解を深める試みを行った。

解説：質量の異なる物体間の作用・反作用については、エネルギー保存則の観点から説明を行い、運動量保存による効果と混同しないように説明し、正確な理解を促す試みを行った。

エネルギー保存則を用いた説明としては、大学生向けの教科書にも説明があるが⁹⁾、力の大きさが異なるとした場合、力の差に相当するエネルギーの生成または消滅が起き、これがエネルギー保存則と矛盾する点を説明した。

質量の異なる物体の衝突における作用・反作用について、衝突前後の運動が誤概念の形成に影響を与えているのではないかと考え、運動量の保存による衝突現象の説明と作用・反作用の違いを明確にするように説明を行っ

た。特に衝突に関して、衝突の瞬間とその前後で起きる現象に分離して説明を行った。

授業の流れとしては、初めに衝突の瞬間においては作用・反作用の法則が成り立つことを上述のエネルギー保存則の観点からの説明を行った。続いて、衝突の前後に起きている現象についての説明を行った。ここでは、大きな質量の物体の運動量が大きく、小さな質量の物体に大きな影響を与える。この効果により、衝突された質量の小さい物体は大きな速度で運動を行うことになる。これが見かけ上、作用・反作用の法則で大きな力が働いたと誤解を招く要因の一つである考えられることを説明した。最後にこの二つの現象を混同しないようにと説明を行った。

3.3 授業の評価

力と運動についての理解度を調査する目的で開発されたものとして、力学概念指標 FCI (Force Concept Inventory)¹⁰⁾ などがある。今回は、その中から授業の効果を知るために FCI の一部を抜粋して使用した。FCI は教員のみ公開されていて、誌上での問題の公開は禁止されているため、使用した問題番号と概要についてのみ述べる。

- 問 1. (FCI-No.1)：異なる質量の 2 物体の落下を問う問題
- 問 2. (FCI-No.13)：垂直上方に投げ上げた鉄球にかかる力の時間変化を問う問題
- 問 3. (FCI-No.19)：等速直線運動と加速度運動している 2 物体を図示し、速度が等しくなる位置の有無を問う問題
- 問 4. (FCI-No.20)：異なる速度で等速直線運動している 2 物体を図示し、加速度について問う問題
- 問 5. (FCI-No.4)：質量の異なる車の衝突における作用・反作用を問う問題
- 問 6. (FCI-No.28)：体重の異なる人間が押し合ったときの作用・反作用を問う問題
- 問 7. (FCI-No.12)：水平投射における軌道を問う問題 (図示した軌道を選ぶ)

今回用いた FCI は和訳されたものであるが、和訳の妥当性および設定条件の曖昧さなどによる誤答の可能性が指摘されている¹¹⁾。報告されている例をみると、物理学にある程度の見識があることから起きている問題も多いようであり、今回の調査では、基本的な概念の調査ということで、和訳された原文そのまま利用した。また、

事前、事後、定着率確認で同じ設問による評価を採用した。

調査は、事前の認識の確認（以下、事前）、授業後の変化（以下、授業後）、知識の定着率（以下、定着）をみるために3回行った。調査時期は、事前を4月初旬の第1回目の授業の最初に、授業後は5月中旬、定着は7月下旬（授業後1か月半後）にそれぞれ実施した。受講者は34名であったが、このうち3度とも試験を受けた27名を分析対象とした。学生の高校における物理の履修に関しては、物理Iのみの履修者が6名、IとIIの両方を履修している者が9名、残りの12名が未履修者であった。また、高校時代に理系であったと申告した者が20名、文系と申告した者が7名であった。理系と申告した学生の中でも物理未履修者が6名含まれていた。このような属性の学生に行った授業の結果を表1に示す。

表1 FCI調査正答率の変化

問題番号	1	2	3	4	5	6	7
事前	77.8	25.9	63.0	59.3	22.2	40.7	63.0
授業後	96.3	66.7	66.7	74.1	74.1	74.1	74.1
定着	100.0	81.5	66.7	77.8	77.8	70.4	85.2

単位 (%)

事前の結果をみると、物体を垂直に投げ上げるときにかかる力の問題（2番）、質量の異なる物同士の作用・反作用の問題（5番、6番）の正答率が低かった。次に各問題の解答傾向を分析したものを表2に示す。

問題1では、誤答の多くは重い物ほど速く落ちるという誤概念に基づく解答であった。（1番のA、Dの解答）

問題2、7の誤答では、MIF (Motion implies a force) の誤概念¹²⁾として説明されている、物体を推進させる力は重力以外にも存在し、重力以外の推進力は時間とともに減少し、消失すると運動が変化するという誤概念をいっているようである（2番のA、B、Cと7番のCの解答）。

問題3、4の誤答は、位置、速度、加速度の関係が十分に理解されていないことによるものが多い。特に平均と瞬間の速度が理解できていない例が多かった。

問題5、6の作用・反作用の問題では、大きな質量を持つ物は大きな力を働かせると考えている誤答が多く見受けられた（5番Aと6番Dの解答）。

表2 事前、授業後、定着調査における各問題の正解者数の変化：表中の斜線は正解の項目

問題番号	1	2	3	4	5	6	7	
事前	A	2	4	3	3	19	0	0
	B	1	5	0	3	2	1	1
	C	1	11	3	4	0	1	10
	D	3	1	4	1	0	14	0
	E	0	0	1	1	1	1	0
授業後	A	1	2	5	1	6	0	1
	B	0	2	0	1	0	1	1
	C	1	5	1	4	0	2	5
	D	0	1	3	1	1	4	1
	E	0	0	1	1	1	1	0
定着	A	0	0	6	0	5	0	0
	B	0	1	0	0	0	1	1
	C	1	4	2	2	0	2	3
	D	0	1	1	1	1	5	1
	E	0	0	4	1	1	1	0

単位 (人)

4. 考察

授業後の結果をみると、問題1、2の運動する物体に働く力についての理解は改善されている。問題1については、ガリレオのピサの斜塔の逸話などを知っている学生なども多く、事前の解答でも8割近い正答率を得ている。授業後は正答率が96%と1名の不正解者、定着では全員正解という高い正答率となった。

問題3、4については、事前と授業後での改善率はあまり良くない。また、事前に3番か4番もしくは両方間違えている学生の多くが、授業後の試験でも誤答している傾向がみられた。井田らの解析にもあるが、速度と加速度の区別がついていないことと、平均の速度と瞬間の速度の違いを理解できていないことによるものと考えられる¹³⁾。この2つの項目は、内容的にも平易であり授業時間の都合上、詳細な説明を省略し、配布したテキストでの復習が中心だった項目である。テキストでの勉強は有効ではないか、もしくはテキストを見ていないかのどちらかであり、今後、テキストの内容、使用法なども含めて検討する必要がある。

問題5、6の作用・反作用ではお互いに力を加えあった実体験と矛盾を指摘する説明により正答率が改善した。この点については、効果的な教材の作製などは行っていない。また、授業内容に加え、今までの常識と異なることを実感したことによる効果も大きいのではないかと考えられる。質量の異なる物質間の作用・反作用の誤概念の解消についての教材開発は行われているようであるが¹⁴⁾、今回の授業方法だけでは不十分であると考え

ので、今後、有効な教材開発を行うと共に効果のある教材があれば利用していきたい。

問題 7 については、授業の中で実際に放物線の軌跡をシミュレーションした図及び例題として水平投射の問題に図を用いたことにより、正答率が上昇したと考えられる。

授業後 1 か月における定着率をみてみると、授業後とほぼ同じ結果になっており、定着率も良かったと判断できる。定着の正答率が、授業後よりも上がっている設問については、試験前の学習効果により、正答者が増加した可能性もある。また、受験者数が少ないため、1 名の増減が正答率を大きく変化させているようにも見える。これらの結果から判断すると今回の授業の工夫と学生の自主的な学習の相乗効果により理解度の向上がみられたと考えられる。しかしながら、問題 1 以外の 2～7 番までの授業後の正答率が 7 割程度という点は、今後、演示実験の工夫、授業内容の更なる改良などが必要である。

授業後のアンケートには、「今まで難しいと思っていた物理に興味を持てた」などもあり、今回のレプリカ、斜面模型を用いた授業により興味を持って授業に取り組んだ学生も多かったと考えられる。また、作用・反作用の誤概念については、混同しやすい現象との対比による説明は、一定の効果をもたらす可能性があるのではないかと考えられる。

5. まとめ

ガリレオの斜面実験装置のレプリカと落下時間が計測できる斜面模型を授業の導入部に用いた授業を行った。これにより、学生は興味を持って授業に取り組んでいたようであり、授業後の内容確認の試験結果をみると、知識の定着率も良かった。

誤概念も含めた物理現象の誤った理解については、授業の中で重点的に扱った項目については改善がみられるが、テキストを配布した自習と簡単な説明を行った部分

については、あまり顕著な改善が見られなかった。授業で取り上げている部分は重要、もしくは試験に出るといふ学生の意識の表れかもしれない。限られた授業時間で、さらに授業項目の選択と授業方法を改善する必要がある。

謝 辞

本教材の開発は、上越教育大学、文部科学省特別経費プロジェクト「初等教育教員養成課程における科学的リテラシーの育成」の一部の予算の助成によるものである。

引用文献

- 1) 日本学術会議：「これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について」(2007)。
- 2) 谷口和成：物理教育 57-4 (2009) 323-327.
- 3) 共立模型のホームページ：<http://www.kyoritsu-mokei.com/other/index.html>
- 4) 博物館のホームページ：<http://catalogue.museogalileo.it/object/InclinedPlane.html>
- 5) ジョージ・ジョンソン著、吉田三知世訳：もう一つの世界でもっとも美しい 10 の科学実験 (2009) 24.
- 6) 島田昌敏、永田睦男、下村昇：大阪教育大学紀要 第 V 部門 39 (1991) 175-186.
- 7) 島田昌敏、田村拓也、矢田真之：大阪大学紀要 第 V 部門 43 (1995) 231-242.
- 8) 山本逸郎：物理教育 59-3 (2011) 226-230.
- 9) たとえば、長岡洋介：物理の基礎 (2008) 56-57, 東京教学社.
- 10) D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhamer : Phys. Teach. 30 (1992) 141-158.
- 11) 安田淳一郎、植松晴子、新田英雄：物理教育 59-2 (2011) 90-95.
- 12) J. Clement : Am. J. Phys. 50 (1982) 66-71.
- 13) 井田暁、越桐國雄：大阪教育大学紀要 第 V 部門 59 (2010) 29-39.
- 14) 例えば、定本嘉郎、小川和也：物理教育 59-2 (2011) 96-100.

(2013 年 6 月 6 日受理)

onePoint

合成抵抗

抵抗器 2 個を並列に接続して、両端に電圧をかけ電流を流す。このとき各抵抗器を通る電流は、全体の発熱量が最小になるように配分される。

このことを証明せよ。

(答は 140 ページ)

編集委員会, A (2013 年 8 月 13 日受理)

振り子の学習における数値の処理が，数値比較の判断に与える影響
—平均と誤差の認識に着目して—

植 木 幸 広・久保田 善 彦

日本理科教育学会 理科教育学研究 Vol.53, No.2 別刷

2012年11月

振り子の学習における数値の処理が、数値比較の判断に与える影響

—平均と誤差の認識に着目して—

植木 幸広¹
久保田善彦²

【要 約】

振り子の学習は、内容の定着が悪い単元とされる。その要因として、数値処理の問題が指摘されている。本研究は、平均と誤差の認識に着目し、数値の処理が数値比較の判断に与える影響を検討した。

その結果、各条件の複数の数値を直接比べた時は、平均をして二つの値を比べた時よりも、誤差を認識しやすいことが明らかになった。平均をせず複数の測定値を併記することで、標本分布の分散が把握できた可能性が高い。これが、誤差の認識を向上させた。一方で、平均することで値が2つに代表されたことで、値を算出する前にあった標本分布の分散を意識しにくくしてしまったと推測できる。

また、振り子の学習において平均をしないことは、平均した場合に比べ、既有概念を科学概念に変容させやすいことがわかった。誤差を認識することで、適切な判断が可能になったためと推測できる。

[キーワード] 振り子, 平均, 誤差

1. はじめに

定着の悪い学習の一つとして、小学校5年生の振り子の単元がある。振り子の周期に関する既有概念が一因とされる(隅田1995)¹⁾。このような既有概念は、児童のみならず大人にも存在する根強いものである(森本2010)²⁾。

また、数値比較に関する問題も報告されている。丸山ら(2011)³⁾は、ストップウォッチが示す100分の数秒の差にこだわる児童を報告している。「おもりの重さ」や「振れ幅の大きさ」を変数とする実験(以下「重さの実験」, 「振れ幅の実験」とする)による数値の微細な差、つまり測定誤差(以下「誤差」とする)を比較する場合、「振り子の長さ」を変数とする実験(以下「長さの実験」とする)の数値の差と同じように、意味のある差として判断するのである。更に、数値比較の判断と既有概念の関連も指摘されている。並木(1990)⁴⁾や隅田(1996)⁵⁾、植木・久保田(2011)⁶⁾、西川(1999)⁷⁾が指摘しているように、児童は、数値の微細な差(誤差)を自分の既有概念(理論)に合致するように解釈してしまう場

合があることが指摘されている。

これらは、振り子の学習の既有概念から科学概念への概念の変容にも関係する。例えば、加藤(2000)⁸⁾や高垣(2005)⁹⁾は、「振り子の1往復する時間は振り子の長さによって変わる」という考え方は比較的簡単に児童に受け入れられるが、「周期はおもりの重さに関係しない」、「周期は振れ幅の大きさに関係しない」という考え方は形成されにくいと報告している。長さの実験は数値の差が明らかであるため、その差を受け入れやすい。しかし、重さの実験や振れ幅の実験は、上記のような数値比較の問題が、概念の変容を阻害していると考えられる。

振り子の学習における概念の変容を促す手立ても、数多く報告されている。意識の顕在化(稲毛1994)¹⁰⁾、自由試行(加藤2000)¹¹⁾、類似概念の提示(村山・久保田2009)¹²⁾、メタ認知の利用(加藤2008, 加藤・下妻2011)^{13,14)}など、児童のもつ既有概念に働きかける実践が多い。一方で、測定誤差のない数の提示(高垣・田原2005)¹⁵⁾のように、数値の処理や数値比較に関する手立ては少ない。

2. 振り子学習における数値の処理と比較

代表的な教科書(5社)の振り子の測定方法, 測

¹ 上越市立清里小学校

² 上越教育大学

表1 各社の「振り子の学習」の数値の処理と数値比較

出版社	測定方法	測定回数	数値の処理方法	有効数字	数値以外の比較方法
A	10 往復	3 回	1. 3 回の測定結果 (10 往復の時間) の平均を出す。 2. 1 の結果を 10 で除し, 1 往復の時間を求める。	1. 整数秒まで 2. 1/10 秒まで	グラフ
B	10 往復	3 回	1. 1 回の測定 (10 往復の時間) 毎に, 10 で除し, 1 往復の時間を出す。 2. 3 回の測定結果 (1 往復の時間) の和を 3 で除し, 1 往復の時間の平均を求める。	1. 整数秒まで 2. 1/10 秒まで	なし
C	10 往復	5 回	1. 5 回の測定結果 (10 往復の時間) の平均を出す。 2. 1 の結果を 10 で除し, 1 往復の時間を求める。	1. 数値の例なし	なし
D	10 往復	3 回	1. 3 回の測定結果 (10 往復の時間) の平均を出す。 2. 1 の結果を 10 で除し, 1 往復の時間を求める。	1. 1/100 秒まで 2. 1/10 秒まで	なし
E	10 往復	3 回	1. 1 回の測定 (10 往復の時間) 毎に, 10 で除し, 1 往復の時間を出す。 2. 平均は行わない。	1. 1/10 秒まで	グラフ

* 数値の処理方法の 1~2 は, 有効数字の 1~2 と対応する。

定回数, 数値の処理方法, 有効数字, 数値以外の比較方法をまとめたものが表 1 である。

全ての教科書に共通するのは, 1 回の実験で振り子を 10 往復 (周期) させ, その時間を測定することである。また, 10 往復の測定を複数回行うことも共通している。ただし, 4 社 (A, B, D, E) が 3 回, 1 社 (C) が 5 回である。

各社とも複数の 10 往復の値が記録されるが, その値の処理方法は様々である。5 社中 3 社 (A, C, D) が, 複数回の測定結果 (10 往復の時間) の平均を出した後, 10 で除し, 1 往復の時間を求めている。1 社 (B) が, 1 回の測定 (10 往復の時間) 毎に, 10 で除し, 1 往復の時間を出した後, 複数回の測定結果 (1 往復の時間) を平均し, 1 往復の時間を求めている。また, 1 社 (E) が, 1 回の測定 (10 往復の時間) 毎に, 10 で除し, 1 往復の時間を出し, 平均を行っていない。

有効数字の単位についても, 各社で扱い方が様々である。10 往復の時間について, 整数秒までとしているところが 4 社中 2 社 (A, B), 1/100 秒までが 1 社 (D), 数値の例示なしが 1 社 (C) である。また, 1 往復の時間について, 1/10 秒までとしているところが 5 社中 4 社 (A, B, C, D), 数値の例示なしが 1 社 (E) である。

数値以外の比較の方法として 2 社 (A, E) はグラフを用いている。

また, 上記以外には, 10 往復をせずに, 1 往復のみの時間を測定する実践がある (村山 2007, 高垣・田原 2005)^{16,17)}。10 往復の値を 10 で除す必要のない

活動である。

振り子の学習における数値の処理と, 数値比較は, 以下にまとめることができる。主に, 共通している点は, 10 往復の測定を複数回行うことである。振り子の教材は, 一般に 1 秒前後の周期となる。10 往復の測定を複数回行うことで, 正確なデータを算出しようとしている。また, 有効数字が大きいことである。有効数字の桁を整数や小数第一位とすることで, 誤差を含まない数値から比較させようとしている。ただし, 丸山らの報告にあるように, 測定や算出の過程で表示される下の位で判断してしまう児童もいる。異なっている点は, 1 往復の時間の算出方法である。10 往復の値を 10 で除し 1 往復の値を求めたり, 1 往復のみを測定したりする。その後, 複数回の値を平均する方法と, 平均せずに複数の 1 往復の値を比較する方法がある。

3. 研究の目的

本研究では, 振り子の学習における数値の処理と, 数値比較の判断を検討する。ここでの数値の処理とは, 複数回の 1 往復の値に対する平均の有無とする。数値比較の判断とは, 振り子の重さや振れ幅の微細な数値の差における誤差を考慮した判断, つまり誤差の認識の有無とする。

本研究は, 平均の有無による, 既有概念の変容への影響と, 誤差の認識への影響について検討することを目的とする。

4. 研究の方法

4.1 対象とする実践

4.1.1 実践校のカリキュラム

新潟県内の公立小学校の5年生（2クラス71名）を対象に、平成23年4月下旬～5月中旬に行われた授業を分析の対象とする。

対象校のカリキュラムは、4月から5月の算数の授業で平均を学習する。振り子の学習は平均の学習とほぼ平行して進むことになる。採択されている理科の教科書は、振り子の10往復の測定を行い10で除することで1往復の時間を求める。これを3回繰り返した後、3回の数値を平均する。学習を開始する時点で、算数の授業での平均の学習は途中であり、すべての児童がその意味や方法を理解していない。そこで対象校の両担任の判断で、理解が簡単だと思われる10往復の測定結果を10で除する計算は行うこととした。しかし、3回の測定結果の平均は、算数の時間に平均の学習が終了するまでは行わないこととした。振り子の学習の流れは、各クラスとも同様である。しかし、各クラスの平均の学習の進捗具合により、数値の処理における平均の有無は、振り子の要素で異なっている。

4.1.2 単元の流れ

1時間目は、振り子時計やターザンロープ等の映像を見せながら、振り子とは何かを理解させた。また、実験用振り子を提示し、周期の意味とおもりの重さ・振れ幅の大きさ・振り子の長さの3つの要素について確認した。

2～3時間目は、以下の活動をした。初めに、振り子の長さ30cm、振れ幅20°、おもりの重さ15gで構成される「基準の振り子」を用いて、ストップウォッチを使い、10往復の測定練習を複数回行った。その際、数値は測定ごとにバラツキが生じることを体験させた。児童には、測定値にはバラツキが生じること、同一条件のバラツキを考慮して、他の条件と比較することを伝えた。「誤差」という用語は使用していない。次に、基準の振り子の振れ幅を20°から30°に変化させた時の実験を、2～3名で構成される実験班で行った。

実験の流れは、すべての条件において、以下の①～④である。①予想をする。②実験を行う。③数値のみによって考察する。④グラフを描いて考察する。

4時間目は、「基準の振り子」のおもりの重さを15gから30gに変化させて実験を行った。

5時間目は、「基準の振り子」の振り子の長さを30cmから50cmに変化させて実験を行った。

6時間目には、3つの条件における実験結果と考察を振り返り、まとめをした。

また、1時間目の初めに、学習前の振り子の既有概念を検討するため事前調査をした。

4.1.3 測定の方法

測定の手順と方法は、教科書を参考に以下のように行った。

- ① 10往復の時間をストップウォッチで計りプリントに記録した。その際、切り捨てや四捨五入による数値処理のミスを防ぐため、ストップウォッチに表示された1/100秒単位まで写させた。
- ② 転記した数値を10で除し、1往復の時間を求めた。この際、小数第三位は切り捨て、1/100秒単位まで求めさせた。
- ③ 測定は、条件を変える前に3回、変えた後に3回、計6回行った。
- ④ 平均をしない場合は、③で求めた6つの数値を比較させた。図1は、平均をしない場合のワークシートである。
- ⑤ 平均を行う実験では、条件を変える前の3回の実験結果を平均した数値と、変えた後の3回の実験結果を平均した数値から検討させた。平均後、1/1000秒単位を切り捨て、1/100秒単位とした。図2は、平均をした場合のワークシートである。

条件を変える前の3回の実験結果と、変えた後の3回の実験結果をそれぞれ平均し、2つの代表値を比較する方法を「平均あり」とする。条件を変える前後の6回の実験結果を直接比較する方法は、平均の操作がないため「平均なし」とする。

4.2 分析の対象

事前調査で、5年生2クラス71名のうち11名が、塾や通信教材等で振り子の単元を学習済みであった。

<実験>1往復する時間は、ふりこの長さに関係するか。

測る条件	そろえる条件	1回目	2回目	3回目
ふりこの長さ 30cm	おもりの重さ (15g)	10往復の時間 10.78	10.62	10.91
	ふれはば (20°)	1往復の時間 1.078	1.062	1.091
ふりこの長さ 50cm	おもりの重さ (15g)	13.55	13.42	13.36
	ふれはば (20°)	1往復の時間 1.355	1.342	1.336

図1 平均なし（振り子の長さ）実験

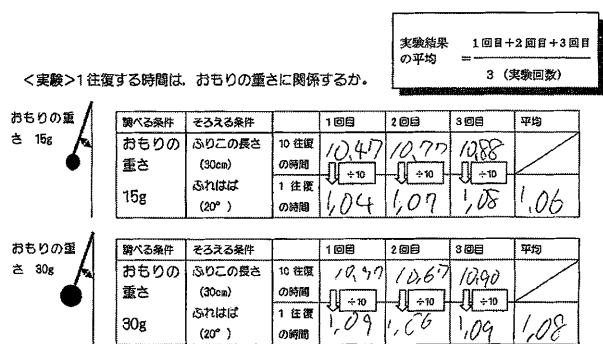


図2 平均あり (重さ) 実験

表2 重さと振れ幅の平均の有無

	振れ幅	重さ
A 組	平均なし	平均あり
B 組	平均なし	平均なし

そのため、この11名の児童は、学校での学習前に振り子のきまりについての科学概念をもっていた。本研究では、この11名を除く、Aクラス31名と、Bクラス29名を分析の対象とする。ただし、調査日によって欠席の児童数が異なる。そのため、各集計における児童の合計 (N) は異なる。

本研究において長さの数値比較は、A組、B組とも、分析対象者の全員が、正しい判断 (1往復の時間は変わる) をした。前述したように、振り子の3要素のうち、長さの実験は数値の変化が大きいため、正しい判断ができたと考えられる。

以下では、考察の際に、数値の誤差を検討する必要がある、振れ幅と重さを分析対象とする。なお、本研究では、グラフによる考察は分析の対象としない。平均の有無は、表2の通りである。

4.3 分析の方法

4.3.1 既存概念とその変容

加藤 (2007)¹⁸⁾ は、振り子の学習において、児童の既存概念と獲得する概念について関連があることを報告している。そこで、第一に、児童の既存概念について調査し、比較対象の等質性を検討する。具体的には、平均の有無と、科学概念の有無に対し、2×2の直接確率計算を行う。

はじめにでも述べたように、振り子の学習は、既存概念から科学概念への変換が困難であると報告されている。そこで、第二に、平均の有無と、概念の変容について検討する。

4.3.2 実験における誤差の認識

本研究における誤差の認識は、以下のように定義する。振れ幅と重さの実験で得られる数値は、条件を変えることで微細な数値の差、もしくは同じ値になる。同じ値の場合は、誤差を検討する必要はないため、「誤差判断なし」とする。微細な数値の差が生じる場合、児童は以下の二つの判断をする。微細な差を誤差と認識し、値の変化はないと判断する。微細な差を誤差とは認識せず、時間が長くなったもしくは短くなったと判断する。前者の児童は、誤差を認識しているとする (表には「誤差認識○」と表示する)。後者は、誤差を認識していないとする (表には「誤差認識×」と表示する)。なお、誤差に関する分析は、誤差の認識の有無を中心に分析する。そのため、「誤差判断なし」の児童 (平均あり:A組6人、平均なし:A組B組とも0人) は、分析の対象外とした。

ア. 被験者内比較

A組は、振れ幅が「平均なし」、重さが「平均あり」である。異なった要素 (振れ幅・重さ) ではあるが、同一の児童が異なった方法で数値の比較をしている。そこで、A組を対象とし、平均の有無と数値の判断について被験者内比較を行う。

具体的には、平均ありの重さの実験と平均なしの振れ幅の実験に対し、数値の誤差を認識している児童数と、していない児童数を集計し、2×2の直接確率計算を行う。

イ. 被験者間比較

重さの実験は、A組が「平均あり」、B組が「平均なし」である。児童は異なるが、同じ要素 (重さ) を対象として、異なった方法で数値の比較をしている。そこで、重さを対象とし、平均の有無と数値の判断について被験者間比較を行う。

具体的には、平均ありのA組と、平均なしのB組に対し、数値の誤差を認識している児童数としない児童数を集計し、2×2の直接確率計算を行う。

5. 結果

5.1 被験者内比較の結果

5.1.1 A組の重さと振れ幅の概念

A組の重さと振れ幅の実験における既存概念の事前調査結果を表4に示す。「おもりの重さ」について、科学概念 (変わらない) を回答した児童は7人、その他の概念 (1往復の時間が変わる) を回答した児童は23人である。また、「振れ幅の大きさ」の科

表3 分析における被験者内比較・被験者間比較

	振れ幅	重さ	
A組	平均なし	平均あり	被験者内比較
B組	平均なし	平均なし	
			被験者間比較

表5 A組被験者内の誤差の認識

誤差認識	○	×	誤差判断なし
平均あり(重さ)	12人	13人	6人
平均なし(振れ幅)	27人	4人	0

N=31

表4 A組における振れ幅・重さの概念

	実験前		実験後		p=
	科学概念	その他	科学概念	その他	
平均あり(重さ)	7人	23人	18人 (5人)	12人 (10人)	0.00**
平均なし(振れ幅)	4人	26人	27人 (4人)	3人 (3人)	0.00**
	p=0.50 n.s.		p=0.01*		

()内は既有概念が変化しなかった人数
N=30

学概念は4人、その他の概念は26人である。科学概念の有無と重さ・振れ幅において2×2直接確率計算で両側検定すると、有意な差は見られない(p=0.50)。

実験後の調査は以下になる。「おもりの重さ」については、科学概念(変わらない)を回答した児童は18人、その他の概念(1往復の時間が変わる)を回答した児童は12人である。また、「振れ幅の大きさ」については、科学概念は27人、その他の概念は3人である。実験前後における科学概念の有無において、2×2直接確率計算で両側検定した。重さ(p=0.00)、振れ幅(p=0.00)ともに、科学概念を回答した人数は有意に向上している。

実験後の概念と平均の有無において2×2直接確率計算で両側検定すると、平均なしは科学概念を回答した人数が有意に多い(p=0.01)。

また、表4の()内は、実験後も既有概念を保持し続けている人数である。平均ありの23人中10人、平均なしの26人中3人は、実験後も科学概念以外の概念を保持している。平均ありは既有概念を保持しやすく、平均なしは科学概念に変容しやすい傾向にある。

5.1.2 実験における誤差の認識

数値の処理方法(平均あり・平均なし)と数値比較の判断(誤差を認識しているか・していないか)について、A組における被験者内比較の結果を表5に示す。

平均ありの重さを変化させた場合は、31人中12

人は誤差を認識し、13人は誤差を認識していない。平均なしの振れ幅を変化させた場合は、31人中27人は誤差を認識し、4人は誤差を認識していない。平均あり・平均なしと誤差認識の可否において2×2直接確率計算で両側検定すると、有意な差がある(p=0.00)。よって、被験者内比較では、6つの数値を直接比較することは、平均値を比べることよりも、誤差を認識しやすいと言える。

5.2 被験者間比較の結果

5.2.1 A組とB組の重さの概念

A組・B組の重さにおける既有概念の事前調査結果を表6に示す。A組の科学概念は7人、その他の概念は23人である。また、B組の科学概念は9人、その他の概念は18人である。A組・B組と科学概念の有無において2×2直接確率計算で両側検定をすると、有意な差は見られない(p=0.55)。

実験後の調査は以下になる。A組については、科学概念(変わらない)を回答した児童は18人、その他の概念(1往復の時間が変わる)を回答した児童は12人である。また、B組については、科学概念は23人、その他の概念は4人である。実験前後における科学概念の有無において、2×2直接確率計算で両側検定した。A組(p=0.00)、B組(p=0.00)ともに、科学概念を回答した人数は有意に向上している。

実験後の科学概念の有無と平均の有無において2×2直接確率計算で両側検定すると、平均なしは科学概念を回答した人数が有意に多い(p=0.04)。

また、表6の()内は、実験後も既有概念を保持し続けている人数である。平均ありの23人中10人、平均なしの18人中3人は、実験後も科学概念以外の概念を保持している。平均ありは既有概念を保持しやすく、平均なしは科学概念に変容しやすい傾向にある。

5.2.2 実験における誤差の認識

数値比較の方法(平均あり・平均なし)と数値比較の判断(誤差を認識しているか・していないか)について、A組B組間における被験者間比較の結果を表7に示す。

表6 重さにおけるA組・B組の概念

	実験前		実験後		p=
	科学概念	その他	科学概念	その他	
平均あり (A組)	7人	23人	18人 (5人)	12人 (10人)	0.00**
平均なし (B組)	9人	18人	23人 (8人)	4人 (3人)	0.00**
	p=0.55 n.s.		p=0.04*		

()内は既有概念が変化しなかった人数
A組 N=30, B組 N=27

表7 A組とB組の被験者間の誤差の認識

誤差認識	○	×	誤差判断なし
平均あり (A組)	12人	13人	6人
平均なし (B組)	22人	4人	0

A組 N=31, B組 N=26

平均ありの場合、31人中12人は誤差を認識し、13人は誤差を認識していない。平均なしの場合、26人中22人は誤差を認識し、4人は誤差を認識していない。平均あり・平均なしと誤差認識の可否において2×2直接確率計算で両側検定すると、有意な差がある (p=0.00)。よって、被験者間比較では、平均をしないことは、平均値を比べることよりも、誤差を認識しやすいと言える。

6. 考察

6.1 既有概念とその変容

第一に被験者内および被験者間の、既有概念を比較した。被験者内 (A組の重さと振れ幅の既有概念)、被験者間 (重さの実験におけるA組・B組の既有概念) に差はなく、等質と考えられる。次に、実験に伴う概念の変容について比較した。被験者内比較および被験者間比較とも、実験による学習効果が認められた。しかし、実験後の概念を検討すると、どちらの分析においても、平均ありは既有概念を保持しやすく、平均なしは科学概念に変容しやすい傾向が見られた。

本実践では、予備調査や各条件の実験前に、結果の予想をさせている。また児童は、複数回の予想や生活体験などから、既有概念を構成している。言い換えれば、それらは児童の理論である。学習者が理論に強固なこだわりを持ち、既有概念を変容しにくくすることは、理論負荷性の一つの特徴である。本調査から、平均をすることは、理論負荷性の影響を受けやすく、平均をしないことは、自らの理論を柔軟に変更しやすいと推測できる。

6.2 誤差の認識

被験者内・被験者間の両方とも、学習前の既有概念に有意な差はない。しかし、条件は異なるが同じ被験者内の比較でも、被験者は異なるが同じ条件の比較でも、平均値の比較に対し、平均をせず6つの数値を比較することは、誤差を認識しやすい結果となった。

本実践のはじめには、数値は測定ごとにバラツキが生じることを体験から理解させようとしている。更に、測定値にはバラツキが生じること、同一条件内のバラツキを考慮して、他と比較することを確認している。この学習を手がかりとし、児童は以下の手順で、6つの数値の比較をしたと考える。本実践は、条件Aの3つの数値と、条件Bの3つの数値を比較する。条件Aの考察では、3回の測定値を標本とし、そのバラツキ (以下、統計用語の分散を使う) を考慮しながら、母集団である条件Aを推測する。同様に条件Bを推測する。2つの母集団の標本分布の分散の大きさから誤差を認識する。つまり、3つの測定値を併記することで、標本分布の分散が把握でき、更には、誤差の認識を向上させたと推測できる。

上記から、標本分布の分散の理解と誤差の認識の関連が示唆される。一方で、平均は、分散のある標本の代表値を求める作業である。本実践では、平均を算出することで2つ代表値を比較させていた。児童は、値の大小のみで判断していた。児童は、それぞれの値を算出する前にあった標本分布の分散を検討することなく、計算によって代表された二つの数値の差を判断したと推測できる。

7. おわりに

本研究では、小学校5年理科の振り子の学習において、数値の処理が数値比較の判断に与える影響を、平均と誤差の認識に着目して分析してきた。

条件は異なるが同じ被験者内の比較においても、被験者は異なるが同じ条件の比較においても、平均をしないことで、誤差を認識しやすくなった。平均をせず複数の測定値を併記することで、標本分布の分散を把握し、更には、誤差の認識を向上させたと推測できる。それに対し、平均することで値が2つに代表されたことは、値を算出する前にあった標本分布の分散が意識しにくくなると推測できる。

誤差の認識は、理論負荷性にも影響をおよぼすと推測できる。長さの実験では、既有概念に関係なく、A組B組のすべての児童が、科学概念を回答した。長さの実験は、比較する数値の差が大きいため、理

論負荷性の影響を受けることはなかった。一方、重さや振幅のように比較する数値が微細な差の場合には、理論負荷性の影響が大きく、概念の変容はしにくくなる。ただし、微細な差を誤差と認識できるのであれば、適切な判断が可能になり、概念を変容しやすい。

ギロビッチ (1993)¹⁹⁾ は、決定論的な科学と確率論的な科学を論じている。「決定論的な」科学とは、因果関係が必要条件や十分条件を構成する推論である。「確率論的な」科学とは、データのばらつきの偏在性等を考慮した推論である。ギロビッチは、日常生活の中で頻繁に起こることがらは、複雑に要因が絡み合った確率的な現象であり、そうした現象を正しく評価する能力を養うためには、確率論的な推論を教育することが有効であると述べている。同様に、Mokros et al. (1992)²⁰⁾ は、有意義な文脈から分離した平均値の計算は、学生の平均の理解を妨げるとしている。大高 (2010)²¹⁾ は、「ばらついているデータを何故平均するのか等々、データを「まとめる」意味と方法への示唆は皆無なのである。教科書の記述も同様である。」と述べ、学習指導要領や教科書での確率論的推論の扱いの必要性を指摘している。更に、確率論的な推論は、先進各国において科学教育と数学教育の双方で重要な位置付けとされている (渡辺 2007)²²⁾。小学校の理科に確率論的な推論を導入する視点から、振り子の学習では、理想的な数値を判断させるだけでなく、分散を積極的に考察させる学習は意義があると考ええる。

また、一定時間内に、全ての児童が平均を求める計算をすることは、教師も児童も煩雑さを感じている。平均を行わず測定した数値を直接比べることで数値比較を行うことは、教師と児童の負担感を減らすことにも繋がると考える。

8. 今後の課題

第一に、誤差の認識についての考察は、分散 (バラツキ) と誤差について検討している。しかし、本研究では、児童の分散の理解の程度については十分な調査を行っていない。本実践の分散の理解を明らかにする必要がある。また、分散に対する誤概念の存在も指摘されている (ゴンザレス 2010)²³⁾。この点からの検討も必要である。

第二に、誤差の認識についての考察は、平均によって分散の認識がしにくくなることが示唆された。高垣・田原 (2005)²⁴⁾ は、10 回分の周期を測定し平均 (1/10) することで計算の目的や意図が分からなくなってしまう児童がいることを問題視してい

る。これは、複数の実験数値を平均することで、計算の目的や値のもつ意味が認識しにくくなり、単なる数として扱ってしまったとも考えられる。理論負荷性の観点からは、児童は、振り子の 1 往復の時間が変化するかを考察する理論から、数の大小を考察する理論へと理論の意味を置き換えて数値比較をしていると考えられる。また、西川 (1999)²⁵⁾ によれば、単位がついた物理量の計算をためらう児童が多く、単位が付いた物理量の計算は児童にとって負荷が大きくなると指摘している。数や値の意味の変化について、平均の計算による児童の負荷との関連からも検討が必要である。

第三に、数値以外の比較方法としてグラフを描かせる方法を採用している教科書もある。本研究では、数値で考察した後にグラフを描かせた。紙面の関係上、グラフに関する分析の掲載はできないが、グラフを描いて考察することが誤差の認識や理論負荷性に及ぼす影響についても考察を進める必要がある。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費基盤研究 (C) 22531013 (研究代表者：久保田善彦) および平成 23 年度兵庫教育大学大学院連合研究科共同研究プロジェクトの支援を受けた。

引用文献

- 1) 隅田 学：「振り子の運動」に関する学習者の認知の発達的変容と学校理科学習の効果，日本理科教育学会研究紀要，Vol. 36 No. 1, pp. 17-27, 1995, 日本理科教育学会
- 2) 森本弘一：「教員養成系大学における小学校理科の授業」，奈良教育大学紀要人文・社会科学，Vol. 59 No. 1, pp. 151-157, 2010, 奈良教育大学
- 3) 丸山文雄，大瀬孝志，金子鮎美，木村吉彦，久保田善彦，小林辰至：「言葉と体験を一体化させる理科・生活科の創造」，『理科の教育』日本理科教育学会，60 (通巻 705)，pp. 13-22, 2011, 東洋館出版社
- 4) 並木一幸：「小学校：ワークシートの作成過程をとおして」，『理科の教育』日本理科教育学会，39 (通巻 452)，pp. 20-23, 1990, 東洋館出版社
- 5) 隅田学：「振り子の運動」の実験・観察に関する認知的考察，科学教育研究，Vol. 19 No. 2, pp. 111-119, 1996, 日本科学教育学会
- 6) 植木幸広，久保田善彦：「5 年生「振り子の運動」における仮説設定に影響された思いこみ」，日本科学教育研究会研究報告，Vol. 25 No. 5, pp. 5-8, 2011, 日本科学教育学会
- 7) 西川 純：「なぜ、理科は難しいと言われるのか？—

- 教師が教えていると思っているものと学習者が本当に学んでいるものの認知的研究—], p. 16, 1999, 東洋館出版社
- 8) 加藤尚裕：「振り子の特性」に関する概念形成の研究—自由試行を中心にして—, 理科教育学研究, Vol. 40 No. 3, pp. 1-11, 2000, 日本理科教育学会
 - 9) 高垣マユミ：「観察・実験によって「振り子の周期」に関する概念はどのように形成されるのか」, 科学教育研究, Vol. 29 No. 3, pp. 184-195, 2005, 日本科学教育学会
 - 10) 稲毛精二：「児童の概念転換を促す授業方略に関する研究—小学校5年生「振り子・衝突」の学習を例に一」, 上越教育大学大学院修士論文, 1994
 - 11) 前掲書 8)
 - 12) 村山尚士・久保田善彦：「振り子」の学習理解に関する研究—振り子「おもりの重さ」概念と類似する自由落下学習を振り子学習前に行う影響—, 『理科の教育』日本理科教育学会, 58(4), pp. 286-289, 2009, 東洋館出版社
 - 13) 加藤尚裕：「メタ認知ツールとしてのコンフリクトシートの利用に関する試み—小学校第5学年「おもりの働き」の授業を事例として—」, 理科教育学研究, Vol. 48 No. 3, pp. 45-55, 2008, 日本理科教育学会
 - 14) 加藤尚裕, 下妻淳志：「小学生の振り子の特性に関する概念形成を促す素朴概念シートの開発—メタ認知的モニタリングの働きに着目して—」, 国際経営・文化研究, Vol. 15 No. 2, pp. 49-57, 2011, 淑徳大学国際コミュニケーション学会
 - 15) 高垣マユミ・田原裕登志：「振り子の概念を促す「学習者主体の思考実験シミュレーター」の開発」, 理科教育学研究, Vol. 45 No. 3, pp. 79-86, 2005, 日本理科教育学会
 - 16) 村山尚士：「振り子」の学習理解に関する臨床的研究」, 上越教育大学大学院修士論文, 2007
 - 17) 前掲書 15)
 - 18) 加藤尚裕：「振り子の特性に関する概念獲得と観察・実験活動に見られるメタ認知—小学校第5学年「振り子のはたらき」を事例として—」, 理科教育学研究, Vol. 48 No. 2, pp. 13-20, 2007, 日本理科教育学会
 - 19) T. ギロピッチ, 守一雄・守秀子 (訳)：「人間この信じやすきもの—迷信・誤信はどうして生まれるか」, pp. 319-325, 1993, 新曜社
 - 20) Mokros, J., Russell, S.: Children's concepts of average and representativeness, Working Paper, pp. 4-92, 1992, Cambridge, MA: TERC
 - 21) 大高 泉：「理科教育, 科学教育の教育課程からみた統計的思考の育成」, 日本科学教育学会年会論文集 34, pp. 29-30, 2010, 日本科学教育学会
 - 22) 渡辺美智子：「知識創造社会を支える統計的思考力の育成」, 日本数学教育学会誌, Vol. 89 No. 7, pp. 29-38, 2007, 日本数学教育学会
 - 23) ゴンザレスオルランド, 磯田正美：Survey on Japanese Senior High School Teachers' Statistical Literacy: Focusing on Variability, 数学教育論文発表会論文集, Vol. 43 No. 2, pp. 669-674, 2010, 日本数学教育学会
 - 24) 前掲書 15)
 - 25) 前掲書 7)

(2012年2月22日受付, 2012年5月7日受理)

The Impact That the Handling of Numerical Value has on Judgment of Algebraic Comparison in Learning about Pendulums —Focusing Attention on Recognition of Averaging and Errors—

Yukihiro UEKI¹, Yoshihiko KUBOTA²

¹Kiyosato Elementary School, Joetsu

²Joetsu University of Education

SUMMARY

Learning about pendulums is often considered a difficult unit for students to understand. As for just one of the factors that make this unit difficult, it must be pointed out how to handle numerical processes. This research focused attention on the recognition of averaging and errors and examined the impact of handling numerical values on students' judgments of algebraic comparisons. As a result, it was revealed that direct comparison of multiple numerical values under each condition more easily led to recognition of errors than comparison of two averaged values.

When averaging was not used, variation in numerical values or dispersion was easily imagined because measured values were directly compared. This led to easier recognition of errors. On the other hand, averaging means comparison of representative values of each of two conditions. Because two values were compared, dispersion of numerical values was difficult to imagine. This made recognition of errors more difficult.

When averaging was not used, many students could improve their misconceptions. Recognizing their errors, students were able to make appropriate judgements.

<Key words> Pendulums, recognition of averaging, recognition of errors

小・中学校の理科教科書に掲載されている
観察・実験等の類型化とその探究的特徴
—プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて—

長谷川 直 紀・吉 田 裕・関 根 幸 子・田 代 直 幸・
五 島 政 一・稲 田 結 美・小 林 辰 至

日本理科教育学会 理科教育学研究 Vol.54, No.2 別刷

2013年11月

原著論文

小・中学校の理科教科書に掲載されている
観察・実験等の類型化とその探究的特徴

—プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて—

長谷川直紀¹
吉田 裕²
関根 幸子³
田代 直幸⁴
五島 政一⁴
稲田 結美⁵
小林 辰至⁵

【要 約】

本研究では、次の三つを目的とした。一つ目は、“Science-A Process Approach (SAPA)”のプロセス・スキルズを精選・統合して、我が国の理科教育に即した「探究の技能」を開発することである。二つ目は、小・中学校の理科の教科書に掲載されている観察・実験等について、新しく開発した「探究の技能」に基づいて類型化し、それらの探究的特徴を明らかにすることである。三つ目は、小学校と中学校の理科で培う「探究の技能」の接続の観点から、それぞれの観察・実験等のタイプの関連性を明らかにすることである。得られた結果は、以下の通りである。

- (1) SAPAのプロセス・スキルズを精選・統合して、新たに「探究の技能」として7つの上位技能と31の下位技能を開発した。
- (2) 小学校の観察・実験等は、「探究の技能」に基づき探究的特徴のある5つに類型化できた。
- (3) 中学校の観察・実験等は、「探究の技能」に基づき探究的特徴のある6つに類型化できた。
- (4) 小学校の5つの類型に含まれる観察・実験等は、分化・発展したり統合されたりして、中学校の6つの類型と密接に関連していることが明らかになった。

[キーワード] プロセス・スキルズ, 観察, 実験, 探究, 理科教科書

1. はじめに

アメリカ科学振興協会 (American Association for the Advancement of Science; AAAS) は、1960年代に理科教育の現代化の一つとして展開されたカリキュ

ラムの刷新の過程において、探究能力の育成を目的とした“Science-A Process Approach (SAPA)”という初等理科コースを開発した (AAAS, 1963)。SAPAでは、プロセス・スキルズの習得により探究の能力が育成できると考えられた。

理科教育の現代化運動から約50年を経た2008年告示の学習指導要領では、探究する能力や態度の育成の重要性が述べられており (文部科学省, 2008a)、探究能力の育成は改めて時代に要請される課題となっている。小学校理科では、学年ごとに育成すべき問題解決の能力が明示されている (文部科学省,

¹ 胎内市立中条中学校

² 十日町市立十日町中学校

³ 長岡市立南中学校

⁴ 国立教育政策研究所

⁵ 上越教育大学

2008b)。また、中学校理科では、小学校において習得した問題解決の能力を踏まえて科学的な探究能力の育成に取り組むことが示されている。このことから、探究能力の育成にあたっては、観察・実験等どのようなプロセス・スキルズを用いるのか等の探究的特徴を明らかにしておく必要がある。

吉山・小林(2011)は中学校の理科の教科書に記載されている全ての観察・実験等について、SAPAに掲載されているプロセス・スキルズ(SAPAのプロセス・スキルズは、基礎的プロセス、総合的プロセスからなる合計13の上位のプロセスと、57の下位のプロセスから構成されており、本研究ではそれぞれを上位プロセス、下位プロセスと表記する)の、それぞれが含まれている割合と傾向から分析を行い、中学校の観察・実験等が5つに類型化できることを報告している。さらに吉山・小松・稲田・小林(2012)は小学校の理科の教科書について同様の分析を行い、小学校の観察・実験等が4つに類型化できることを報告している。

しかしながら、吉山らのこれらの研究では、SAPAのプロセス・スキルズの57の下位プロセスを、我が国の小・中学校の観察・実験等にそのまま適用したため、いくつかの問題があった。それは、①現行の小・中学校学習指導要領解説－理科編－で扱われていない下位プロセスがあること、②互いに類似する要素をもつ下位プロセスがあること、③数値や内容が限定的に示されているため適用範囲が狭められる下位プロセスがあること、④内容の解釈や実際の観察・実験等との対応の判別が難しい下位プロセスがあることの4つである。

そこで、SAPAのプロセス・スキルズを精選・統合して、科学的な問題解決の能力を育成する上で必要な「探究の技能」を我が国の理科教育に即して新しく開発するとともに、その「探究の技能」に基づいて小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化を試みることにした。

2. 目的

本研究では、次の三つを目的とした。一つ目は、SAPAのプロセス・スキルズの13の上位プロセスと57の下位プロセスをもとに、現在の理科教育において求められているスキルを考慮して、我が国の理科教育に即した「探究の技能」を開発することである。二つ目は、小・中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、新しく開発した「探究の技能」が含まれている割合と傾向から類型化し、探究的特徴を明らかにすることである。三

つ目は、小学校と中学校の理科で培う「探究の技能」の接続の観点から、それぞれの観察・実験等の類型の関連性を明らかにすることである。

3. 方法

3.1 プロセス・スキルズを精選・統合した「探究の技能の開発

SAPAのプロセス・スキルズの13の上位プロセス及びそれらの下に設定されている57の下位プロセスに基づいて、「探究の技能」(上位技能と下位技能で構成することとした)を以下の手順で開発した。

はじめに、下位技能について述べる。プロセス・スキルズの57の下位プロセスのうち、「①現行の小・中学校学習指導要領解説－理科編－で扱われていない下位プロセス」を削除した。「②互いに類似する要素をもつ下位プロセス」については統合し、「③数値や内容が限定的に示されているため適用範囲が狭められていた下位プロセス」と「④内容の解釈や実際の観察・実験等との対応の判別が難しい下位プロセス」については、文言の変更と表現の平易化を行った。また、必要に応じて、「新たに重要視する技能」の追加を行った。

次に、上述の手順で精選・統合して作成した下位技能を集約して、上位技能を設定した。

3.2 新しく開発した「探究の技能」に基づいた観察・実験等の類型化

3.2.1 分析の対象とした小学校と中学校の理科教科書
平成20年告示の小・中学校学習指導要領に準拠して作成された3社(X社、Y社、Z社)の小学校及び中学校用文部科学省検定済の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等を分析の対象とした。

3.2.2 教科書に掲載されている観察・実験等に含まれる「探究の技能」の分析

3社の教科書に掲載されている全ての観察・実験等を対象として、新しく開発した「探究の技能」の下位技能の一つ一つを含んでいるかどうかについて、分析を行った。観察・実験等が下位技能を含んでいると判断した場合は1、含まれていないと判断した場合は0として得点化した。なお、下位技能の有無の判断にあたっては、観察・実験等の手順における記述だけではなく、その観察・実験等の前後の教科書の記述も含めて分析し得点化した。

3.2.3 クラスタ分析

教科書に掲載された観察・実験等がもつ探究的な

$$\text{クラスター内} \quad \text{そのクラスターにおけるある下位技能を含む観察・実験等の数} \\ \text{探究の技能含有率 (\%)} = \frac{\text{そのクラスターに属する観察・実験等の総数}}{\text{そのクラスターに属する観察・実験等の総数}} \times 100$$

図1 クラスター内探究の技能含有率の計算式

特徴を類型化するために、それぞれの観察・実験等の下位技能の得点（含まれていれば1, 含まれていなければ0）を独立変数として、Ward法による階層クラスター分析を行い、デンドログラムを作成した。各データの距離の算出には平方ユークリッド距離を使用した。

3.2.4 クラスターに含まれる観察・実験等の傾向

それぞれのクラスターに含まれる観察・実験等に、物理・化学・生物・地学の内容領域の割合に特徴が認められるかどうかを検討するために、クラスターを独立変数、領域（物理・化学・生物・地学）を従属変数として、それぞれについて χ^2 検定及び残差分析を行った。

次に、図1のようにクラスターごとに、それぞれの下位技能が含まれる観察・実験等の数をクラスターに属する観察・実験等の総数で割り、各クラスターにおける下位技能それぞれの含有率を百分率で求めた。これを「クラスター内探究の技能含有率」として、各クラスターの探究的特徴の検討に用いた。

4. 結果と考察

4.1 プロセス・スキルズを精選・統合した「探究の技能」

SAPAのプロセス・スキルズと、最終的に確定された「探究の技能」の関係を図2に示す。プロセス・スキルズの下位プロセスを精選・統合し、「探究の技能」として、31の下位技能を設定した。さらに、「探究の技能」の上位技能については、プロセス・スキルズの上位プロセスの構成を参考にして、7つの上位技能を設定した。また、プロセス・スキルズの上位プロセスは、基礎的プロセスと総合的プロセスで構成されていたが、新しく開発した「探究の技能」では、全ての上位技能を並列化し、探究の過程に沿って配列した。なお、SAPAのプロセス・スキルズの「6 伝達する」の一部に関しては、「伝達の技能」として「探究の技能」から分離することにした。これは、伝達に関する技能は目的によって2種類のとらえ方があると判断したためである。実験結果からグラフを作成する時に必要な技能を例に挙げると、探究の過程において得られたデータの特徴や傾向を

読み取ることと、探究の結果を他者に対して伝えるという二つの側面がある。前者は、探究の過程で自身の理解や解釈等に必要となる技能である。後者は、探究の後に、自身が明らかにしたことを整理し、他者へ伝えるための技能であり、近年重視されている「伝達の技能」に関するものである。したがって、後者の他者へ伝える技能を「探究の技能」とは別に、「伝達の技能」として設定した。

4.2 小学校理科の教科書の観察・実験等の類型化とその特徴

3社の小学校理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、それぞれ階層クラスター分析を行った結果、A, B, C, D, Eの5つのクラスターに分けることができると判断した。階層クラスター分析により出力された3社のデンドログラムを、図3に示す。3社のデンドログラムの形は類似しており、クラスターに含まれる観察・実験等の傾向や特徴が一致していることが明らかになった。なお、Z社については、6つのクラスターに分けることができると判断した。これは、各クラスターとの位置関係や含まれる観察・実験等の内容から、Aクラスターに含まれる観察・実験等が、「探究の技能」の傾向によって、2つに分けられたものと解釈できた。そのため、この観察・実験群をA'クラスターとした。

3社の各クラスターに含まれる観察・実験等の領域の割合の傾向を図4から図6に示す。また、3社のクラスターごとの観察・実験等の一覧を表1から表4に示す。各クラスターに含まれる観察・実験等の領域の割合の傾向を比較検討するために、3社それぞれについて χ^2 検定及び残差分析を行った。その結果、3社のいずれにおいてもクラスターに含まれる各領域の観察・実験等の数の割合の偏りは有意であった（X社： $\chi^2=65.869$, $df=12$, $p < .01$, Y社： $\chi^2=73.930$, $df=12$, $p < .01$, Z社： $\chi^2=71.833$, $df=15$, $p < .01$ ）。

3社の各クラスターにおけるクラスター内探究の技能含有率のグラフを、X社については図7から図11に、Y社については図12から図16に、Z社については図17から図22に示す。なお、3社のAからEの各クラスターにおけるクラスター内探究の技能含有率のグラフは、ほぼ同様の傾向を示した。

4.2.1 Aクラスターの特徴

Aクラスターは、図7、図12、図17のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」、「II 分類の基準に基づいて分類する技能」を多く含み、

Science A Process Approach (SAPA)のプロセス・スキルズ		
1 観察する		
1-1	五感の少なくとも一つ以上を用いて物や状況の性質を見分けたり名前付けたりできる。	
1-2	定量的な原因で観察文を作成することができる。	
1-3	ある物の特徴の変化の観察文を作成することができる。	
1-4	観察と推論の違いを明らかにすることができる。	削除
2 空間／時間の関係を用いる		
2-1	一般的な三次元構体の絵をかきことができる。	
2-2	二次元の線の類別、三次元の構体の類別を区分け、名称付、また演示することができる。	
2-3	物体の影からその物体の立体的な形をあらかじめ示すことができる。	統合
2-4	三次元の物体をある平面で切った時、得られる二次元の形状を認識できる。	統合
2-5	いろいろな運動についての観察を、ストップウォッチによって、分・秒で示すことができる。	統合
2-6	回転する車輪の内周上にある点が円の縁道を測定するための規則を述べ、適用できる。	削除
2-7	相対運動を示すためにベクトルを用いることができる。	統合
3 分類する		
3-1	セットになった物について、それらの物进行分类するのに役立つような性質を認識し、名称をつけることができる。	統合
3-2	物のセットの一部、二部、多部分を行ない、その分類の基礎とした特色に名称をつけることができる。	統合
3-3	一組かそれ以上のセットの物について、異なる分類基準を構成することができる（それぞれの分類基準は互換的である）。	統合
3-4	分類基準に基づいて、操作的定義を作成することができる。	統合
4 数を使う		
4-1	正や負の整数、ゼロ、有理数の小数などを使って数直線上の点を命名することができる。	統合
4-2	正や負の整数、ゼロ、有理数の小数などで示された数直線上の点を特定することができる。	統合
4-3	二つの数の和を数直線上の点で示すことができる。	統合
4-4	数のセットの平均、比、比などを示す規則を述べ、この規則を応用することができる。	統合
5 測定する		
5-1	長さ、質量、体積などを測る簡単な装置を使用することができる。	統合
5-2	何回かの測定値から導かれた、物理量を計算する方法を適用することができる。	統合
5-3	正確さ (accuracy) と精密さ (precision) の違いを説明することができる。	統合
5-4	長さ、面積、体積、質量などの量を簡単に見積もることができる。	統合
6 伝達する		
6-1	別の人がそれを判定できるように、物の特徴について詳細に説明できる。	
6-2	物の特徴の変化について説明できる。	
6-3	相対的な位置や物のサイズを指示できる。そして、図から物や距離を認識できる。	統合
6-4	測定値を棒グラフ、折れ線グラフなどで示すことができる。	統合
6-5	グラフに示されている関係や傾向を口頭で説明することができる。	統合
7 予測する		
7-1	観察した出来事や測定値の傾向を内挿したり、測定値の範囲を超えて外挿したりして予測することができる。	
7-2	予測のテストを行うことができる。	削除
7-3	いろいろな予測を、自分の確信の程度によって順位づけることができる。	削除
8 推論する		
8-1	いくつかの観察から、ひとつあるはいくつかの推論を構成することができる。	
8-2	推論の前提となる観察事項を明確にすることができる。	
8-3	かわりの結論をテストするために必要な新しい観察事項を示し、実施してみることができる。	削除
8-4	その推論を代入し入れるべきか、否定すべきか新たな観察事項を提案して修正すべきかを系統的に示すことができる。	統合
9 変数を制御する		
9-1	物理的あるいは生物学的システムの異なる変いや性質に影響する可能性のある変数を明らかにすることができる。	
9-2	研究や実験において、誘引したり、変化に反応したり、一定に保たたりする変数を明らかにすることができる。	統合
9-3	ある変数を一定に保つ条件と一定に保たない条件との違いを認識することができる。	統合
9-4	ある従属変数に対して、ひとつ、あるいはいくつかの独立変数の影響を明らかにするための分析を構成することができる。	
9-5	変数が全ての条件で等しかったり、またほとんど等しいけれども、ある観察の記録の中で、一定に保たれない変数を認識し、命名することができる。	削除
10 データを解釈する		
10-1	データの表やグラフの示す情報を簡単な文章で表現することができる。	統合
10-2	ひとつの表やグラフの示す情報から、いくつかの推論や仮説を構成することができる。	統合
10-3	平均値、中央値、分布の範囲、分散分布を用いて、データの傾向を明らかにし、この情報から推論、予測、仮説などを構成することができる。	統合
10-4	線形・非線形な関係を認識することができる。	統合
10-5	グラフの傾斜によって与えられる情報を説明できる。	統合
10-6	傾斜関係のグラフの傾斜を発生するためのルールを説明することができる。	削除
10-7	次元グラフのある面の面積を命名できる。	削除
10-8	与えられた二つの数から、立体的なグラフを作成できる。	削除
11 仮説を設定する		
11-1	観察もしくは推論の帰納的結論としての仮説を設定することができる。	
11-2	仮説の検証を計画し、実施することができる。	
11-3	仮説を支持する観察事項と支持しない観察事項の違いを見分けることができる。	統合
11-4	仮説を検証するために行った観察に基づいて原因を説明することができる。	統合
12 操作的に定義する		
12-1	同じ物について、操作的定義と非操作的定義の違いを認識することができる。	削除
12-2	前提、推論、真実、グラフ、データの表から、操作的定義が必要な変数や結果を明らかにすることができる。	統合
12-3	状況に応じて、目的物性や物体、概念、手順を適切に選ぶ操作的定義を構成することができる。	統合
13 実験する		
13-1	制御されるべき変数は何かを明らかにし、必要に応じて操作的定義を作成し、仮説の検証を計画し実施し、仮説を修正する手順を系統的に観察することができる。また、仮説が支持されたかどうかを確かめることができる。	削除
13-2	与えらるべき変数を定義し、実際に与えるためのデータを得るテストを計画し、制御すべき変数を系統的に、一連の観察で得られるデータセットからデータを収集し解釈することができる。また、実験レポートを作成することができる。	削除

新しく開発した「探究の技能」		※ SAPAの下位 プロセス番号
I 事象を理解・把握するために観察する技能		
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	1-1
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	1-2
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	1-3
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	2-1
I-5	事象の構造や位置関係の特徴を記録する。	2-2
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	2-3,2-4
II 分類の基準に基づいて分類する技能		
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	3-1,3-4
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	3-2,3-3
III 観察・実験のための仮説を立てる技能		
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	新規
III-2	予想や仮説を立てる。	11-1
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	8-2
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	11-2
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	9-4
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	11-3,11-4 8-4
IV 観察・実験で変数を制御する技能		
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	9-1
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	9-2,9-3
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	12-2,12-3
V 観察・実験で測定する技能		
V-1	測定目的に応じて適切な計測器を使用する。	2-5,5-1
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	4-1,4-2
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	4-3,4-4,5-2
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の許容誤差及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	5-3,5-4
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して指示する。	2-7,6-3
VI データを解釈する技能		
VI-1	表やグラフから傾斜と傾斜を関係付けて読み取る。	6-5,10-1
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	10-2,10-3 10-4,10-5
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	7-1
VI-4	観察した事象や実験結果についてモデルを使って考察する。	新規
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	新規
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	新規
VII 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能		
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を推論・予測等からアブダクションの推論によって推測し、結果を予測する。	新規
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	新規
VII-3	因果や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	新規
新しく開発した「伝達の技能」		
観察・実験の結果を人に伝える		
(1)	事象を特定できるように、その特徴を説明する。	6-1
(2)	事象の変化を説明する。	6-2
(3)	相対的な位置や物の大きさをスケールを示した図を用いて説明する。	6-3
(4)	観察・実験結果について観点を決めてまとめた表を用いて説明する。	新規
(5)	測定結果の傾向等をグラフを用いて説明する。	6-4,6-5
(6)	事象やその変化、考察の結果などを説明するためにモデルを用いて説明する。	新規

※ SAPA の下位プロセス番号は、「探究の技能」の下位技能が SAPA のどの下位プロセスに基づいて作成されたかを示している。

図2 SAPAのプロセス・スキルズと「探究の技能」の精選・統合との関係

その他の探究の技能は少ない傾向にある。また、図4から図6のように領域別では、生物領域と地学領域が多い傾向が見られた。

Aクラスターの観察・実験等の内容を見ると、事象の性質や変化について調べ、気付いたことを記載する活動や、活動を通してものの名称を学習したり、用語を定義したりする観察・実験等が多く見られる。例えばX社の第5学年「花のつくりを観察しよう」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、検証的な実験は行わないが、観察・実験を通して、事象の性質や変化、名称等を学習する特徴がある。以上のことから、Aクラスターは「事象の

変化・性質・構造等を調べ、記載を行う観察・実験群」と特徴付けることができる。

なお、Z社においては、A'クラスターがAクラスターと区別された。A'クラスターは、図18のように「探究の技能」がほとんど含まれていないことが特徴としてあげられる。主に、ものづくりや資料を基にした調べ活動に関する内容を多く含む傾向にあると判断できる。教科書の記述を見てみると、Z社の傾向として、ものづくりを観察・実験と同様に扱い、製作の手順は示されてはいるが、「探究の技能」に関する記述はほとんどなかった。つまり、ものづくりにおける「探究の技能」の設定は、個々の教師の裁量に依存することを示している。Z社で区別されたA'クラスターは、「事象について調べ、記載・製作する活動群」と特徴付けることができる。

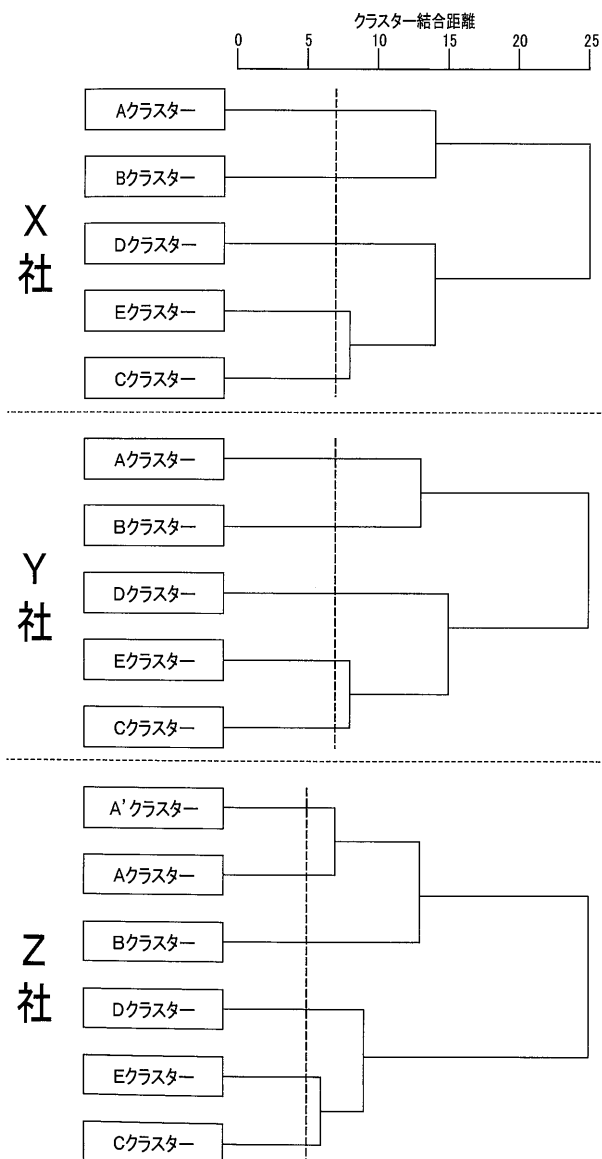


図3 クラスタ分析によって出力された3社のデンドログラムの概略図 (小学校)

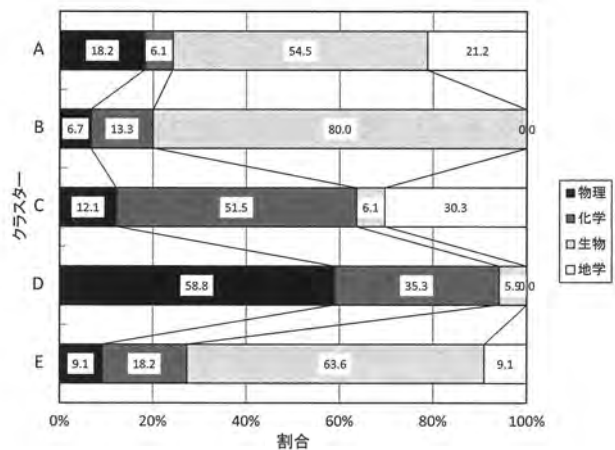


図4 X社の小学校教科書における各クラスターの領域の割合

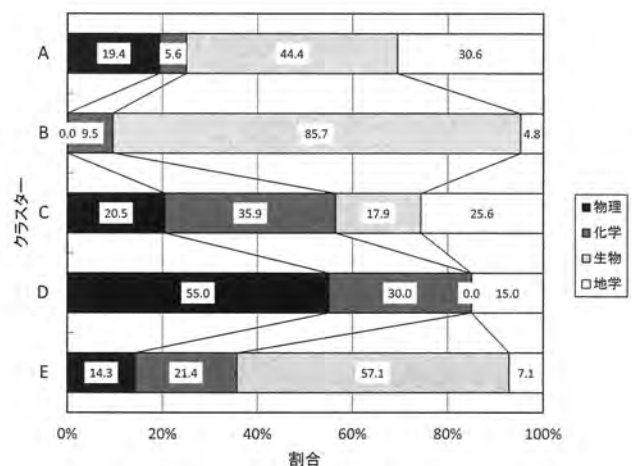


図5 Y社の小学校教科書における各クラスターの領域の割合

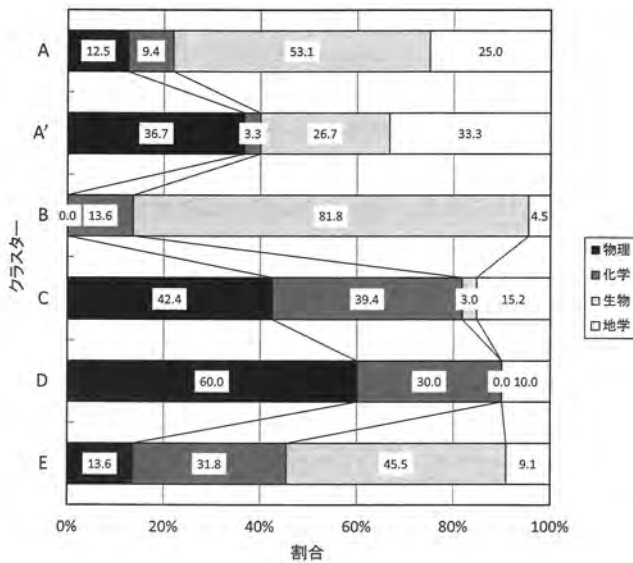


図6 Z社の小学校教科書における各クラスターの領域の割合

4.2.2 Bクラスターの特徴

Bクラスターは、図8、図13、図19のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」、「V 観察・実験で測定する技能」、「VI データを解釈する技能」を多く含む傾向がある。また、図4から図6のように、領域別では生物領域が多い傾向が見られた。

Bクラスターの観察・実験等の内容を見ると、温度計を用いて計測したり、観測したりする観察・実験等が多く見られた。例えば、X社の第4学年「植物の成長の様子を観察しよう」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、検証的な実験は行わないが、計測や測定を行い、数値を用いて定量的に表現するという特徴がある。以上のことから、Bクラスターは「事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして、記載を行う観察・実験群」と特徴付けることができる。

4.2.3 Cクラスターの特徴

Cクラスターは、図9、図14、図20のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」と「III 観察・実験のための仮説を立てる技能」を多く含む傾向がある。また、他のクラスターに比べ、「VI-4 観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。」が多く含まれている。また、図4から図6のように、領域別では化学領域が多い傾向が見られた。

Cクラスターの観察・実験等の内容を見ると、仮説を立てて検証実験を行うものや、事象の性質や変

表1 X社の小学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧

クラスター	番号	学年	領域	実験名
A	67	5	生物	花のつりを観察しよう
	68	5	生物	おしべの先にある物を観察しよう
	8	3	生物	いろいろな植物のからだのつくりを調べよう
	9	3	生物	パスタやトンボなどのからだを調べよう
	7	3	生物	植物のからだのつくりを調べよう
	99	6	地球	地層を調べよう
	3	3	生物	たまごやよう虫をかんさつしよう
	4	3	生物	さなぎをかんさつしよう
	27	4	生物	木や動物のようすを観察しよう
	90	6	生物	血液の通り道を調べよう
B	2	3	生物	きやべつツの葉を調べよう
	66	5	生物	水そうや池などの水を観察してメダカの食べものを調べよう
	71	5	地球	校園に水を流して地面のようすを調べよう
	73	5	地球	わたしたちの地いきを流れる川を調べよう
	34	4	生物	うでやあしのつりと動き方を調べよう
	35	4	生物	いろいろな部分のほねやきん肉のつりと動き方を調べよう
	17	3	物理	日光を集めよう
	85	5	生物	たまごが変化するようすを観察しよう
	107	6	物理	手回し発電機で電気を作ろう
	10	3	生物	こん虫をさがそう
C	23	3	物理	じしゃくのきよのせいしつを調べよう
	103	6	化学	水よう液をリトマス紙につけて色の変化を調べよう
	85	6	化学	物を燃やすはたらきのある気体を調べよう
	5	3	生物	せい虫のからだのつくりを調べよう
	70	5	地球	お山の深みと大気の変化を調べよう
	54	6	生物	人の食べものの上を調べよう
	75	5	生物	子室の中での子どもの育ち方を調べよう
	30	4	物理	電流の向きとモーターの回る向きを調べよう
	31	4	物理	かん電池二つのつなぎ方を覚えて自動車を走らせよう
	95	6	地球	太陽と月について調べよう
D	97	6	地球	ボールに洗って月影が変わって見える理由を調べよう
	20	3	物理	明かりがつくときのつなぎ方を調べよう
	96	6	地球	日づつ前後の月の形と位置を調べよう
	1	3	生物	めがはた後のようすをかんさつしよう
	12	3	生物	葉のようすをかんさつしよう
	11	3	生物	花がはえているようすをかんさつしよう
	28	4	生物	ヘチマを育てよう
	6	3	生物	育っているようすをかんさつしよう
	37	4	生物	植物の成長のようすを観察しよう
	41	4	生物	植物の成長のようすを観察しよう
E	54	4	生物	植物のようすを観察しよう
	54	4	生物	動物や植物のようすを観察しよう
	36	4	生物	動物の活動のようすを観察しよう
	40	4	生物	動物の活動のようすを観察しよう
	53	4	生物	動物の活動のようすを観察しよう
	47	4	化学	水を熱したときのようすを調べよう
	50	4	化学	水を冷やしたときのようすを調べよう
	15	3	地球	日なたと日かげの地面の温度を調べよう
	104	6	化学	金属につく塩酸を注ぐとどうなるかを調べよう
	106	6	化学	液を蒸発させて出てきた固体の性質を調べよう
A	102	6	化学	5つの水よう液のちがいを調べよう
	105	6	化学	塩酸にかけた物をとりだそう
	22	3	物理	じしゃくにつく物をさがそう
	51	4	地球	入れ物の水は、おんじょう発するかを調べよう
	52	4	地球	空気中の水は、おんじょう発するかを調べよう
	45	4	化学	水の密度を覚えて体積の変わり方を調べよう
	46	4	化学	金ごの密度を覚えて体積の変わり方を調べよう
	24	3	物理	じしゃくにつくた線がじしゃくになっているかを調べよう
	81	5	化学	ホウ酸が出てきた液を冷やそう
	98	6	地球	土を水の中に流しこんで層ができるかを調べよう
B	13	3	地球	太陽が動いているかを調べよう
	63	5	生物	発芽する前と後の種子を調べよう
	21	3	物理	電気を通す物をさがそう
	86	6	化学	ろうそくが燃える前と燃えた後の空気を調べよう
	43	4	化学	どよめた水をおして体積を調べよう
	44	4	化学	空気の温度を覚えて体積の変わり方を調べよう
	42	4	化学	どよめた空気をしておして体積を手ごたえを調べよう
	55	4	化学	金属のあたたまり方を調べよう
	48	4	化学	水を熱したときの動きを調べよう
	48	4	化学	湯気の正体をさがそう
C	49	4	化学	あわの正体をさがそう
	29	4	地球	1日の気温の変わり方を調べよう
	87	6	化学	ろうそくが燃える前と燃えた後の気体の体積の割合を調べよう
	57	4	化学	空気のあたたまり方を調べよう
	88	6	生物	はき出した空気は暖かい空気か調べよう
	82	5	物理	電じしゃくの性質をはたらきを調べよう
	38	4	地球	時どき覚えて月の位置を調べよう
	39	4	地球	星の位置と星のなり方を調べよう
	14	3	地球	太陽と月の動き方を調べよう
	59	5	地球	雲のようすと天気の変化を調べよう
D	60	5	地球	天気を観察して気象情報と比べよう
	33	4	物理	光電池に日光を当てて電気のはたらきを調べよう
	108	6	物理	コンデンサーに電気をためて使おう
	77	5	化学	水にける食塩の量を調べよう
	83	5	物理	電じしゃくのはたらきをどうしようにするか調べてみよう
	101	6	物理	てがみ水につくおとぎの虫のまわり方を調べよう
	32	4	物理	かん電池の電やつなぎ方を覚えて電気のはたらきを調べよう
	74	5	物理	ふりこのはたらきを調べよう
	25	3	化学	おんじょうのおきや形をかえて電気を調べよう
	26	3	化学	体せきを測いておとぎの虫のまわり方を調べよう
E	109	6	物理	太さのちがう電線に電気を流して発熱のちがいを調べよう
	76	5	化学	水にたかす前と水にたかした後の食塩の量を調べよう
	53	6	生物	植物が酸素を出しているかを調べよう
	18	3	物理	風のはたらきを調べよう
	78	5	化学	水の量や温度を覚えて水にける食塩の量を調べよう
	80	5	化学	ホウ酸のけり方を調べよう
	16	3	物理	はね返した日光が当たったところの温度を調べよう
	72	5	地球	工場かたにたかす水の量を覚えて流れる水のはたらきを調べよう
	100	6	物理	おとぎの虫をたかす上につくおとぎの虫を調べよう
	69	5	生物	花粉のはたらきを調べよう
91	6	生物	葉に日光が当たるとおんじょう発するかを調べよう	
79	5	化学	食塩水をしよろせて食塩をたかすかを調べよう	
89	6	生物	だ液でんぶんを変化させるかを調べよう	
62	5	生物	温度や空気の湿度と発芽の関係を調べよう	
64	5	生物	植物が成長する条件を調べよう	
91	5	生物	発芽に水が必要かを調べよう	
61	6	生物	根からとり入れた水のゆえを調べよう	
84	6	化学	養気の中でおとぎの虫を燃やしている方法を調べよう	

表2 Y社の小学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧

Table with 5 columns: クラスター, 番号, 学年, 領域, 実験名. It lists 108 observation and experiment items across various subjects like Earth Science, Biology, and Chemistry.

表3 Z社の小学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧 (1)

Table with 5 columns: クラスター, 番号, 学年, 領域, 実験名. It lists 143 observation and experiment items across various subjects like Earth Science, Biology, and Chemistry.

表4 Z社の小学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧(2)

クラスター	番号	学年	領域	実験名
D	109	5	物理	おもりの重さを変える
	110	5	物理	ふれはばを変える
	108	5	物理	ふりこの長さを変える
	106	5	物理	電磁石の強さ
	145	6	物理	電熱線の太さと発熱
	99	5	化学	食塩やミョウバンがとける量
	100	5	化学	水の温度とものがとける量
	37	3	化学	同じ体積のものの重さ調べ
	45	4	地学	1日の気温の変化
	144	6	物理	コンデンサーにたくわえた電気の利用
	101	5	化学	とかしたものを取り出すには
	140	6	物理	てこの手こたえ
	113	6	化学	ものの燃え方と空気の流れ
	82	5	生物	適当な温度は発芽に必要なか
E	84	5	生物	日光や肥料と植物の成長
	80	5	生物	水は発芽に必要なか
	81	5	生物	空気は発芽に必要なか
	89	5	生物	受粉と実のでき方
	117	6	生物	植物の体から出る水
	94	5	地学	流れる水と地面のようす
	119	6	生物	日光と葉のでんぷん
	120	6	生物	だ液による食べ物の変化
	12	3	物理	風の強さと車が走るきより
	13	3	物理	ゴムのかたと車が走るきより
	36	3	化学	ものの形をかえたときの重さくらべ
	98	5	化学	水溶液の重さ
	118	6	生物	植物と空気
	53	4	化学	つつの中の空気のようす
	54	4	化学	つつの中の水のようす
	71	4	化学	空気のあたたまり方
	122	6	生物	吸う息とはい息
	19	3	地学	かけの向きと太陽のいち

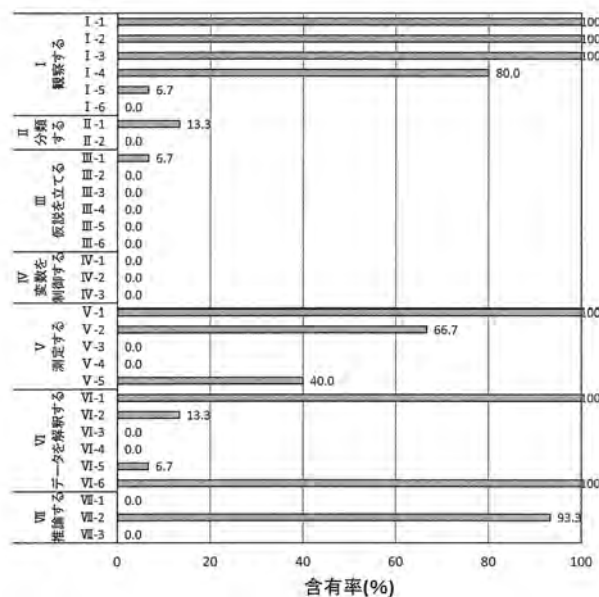


図8 X社の小学校教科書におけるBクラスター内探究の技能含有率

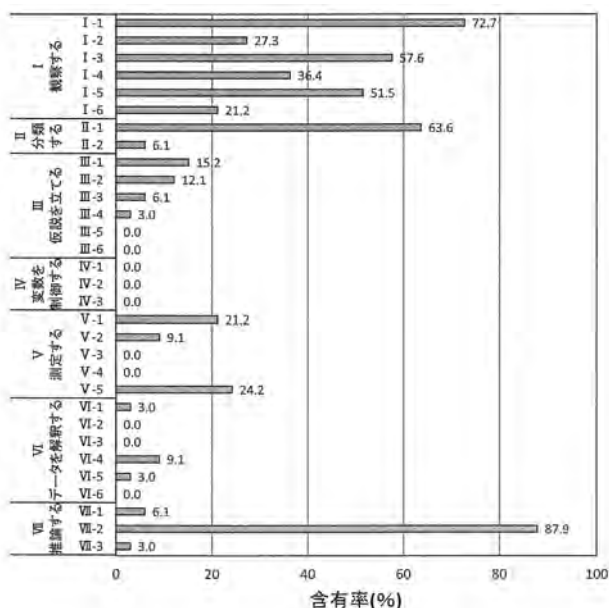


図7 X社の小学校教科書におけるAクラスター内探究の技能含有率

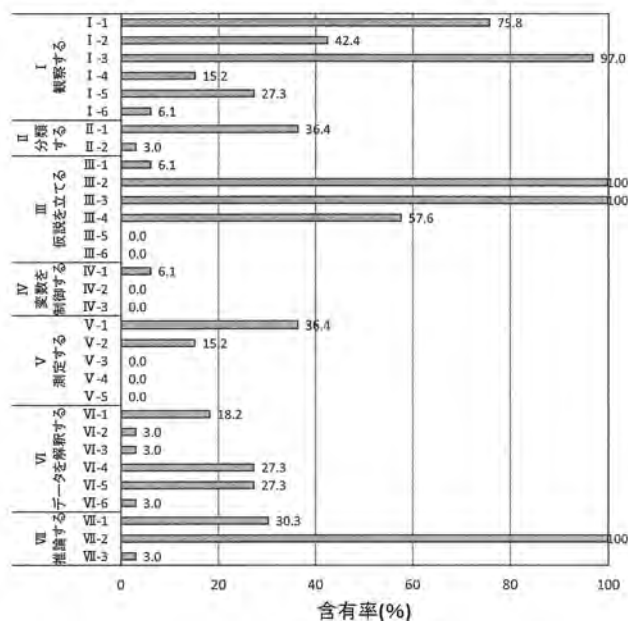


図9 X社の小学校教科書におけるCクラスター内探究の技能含有率

化の様子を定性的に捉え、検証するものが多く見られた。その際、事象の性質や変化についてモデル等を用いて考察したり、検証したりする活動が見られた。例えば、X社の第4学年「水の温度を変えて体積の変わり方を調べよう」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、既習事項をも

とに仮説を立て、事象の変化や性質を定性的に捉えて検証する活動が多い傾向がある。以上のことから、Cクラスターは「仮説を立てて、事象の性質や変化等を定性的に捉え、解釈する観察・実験群」と特徴付けることができる。

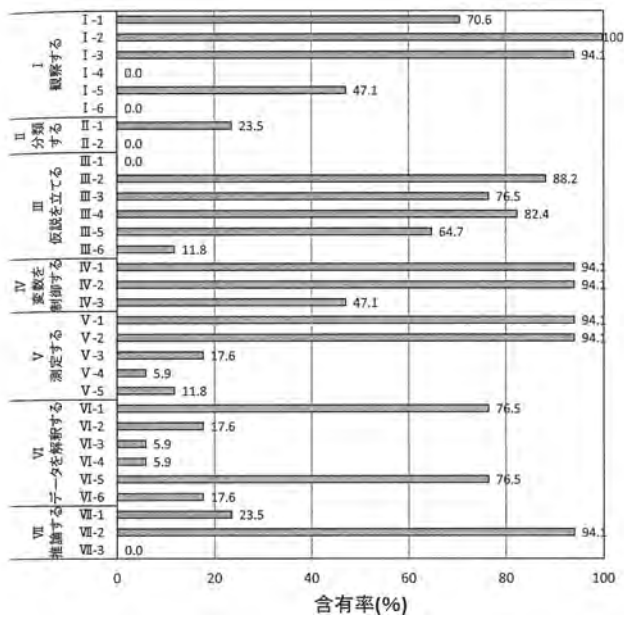


図10 X社の小学校教科書におけるDクラスター内探究の技能含有率

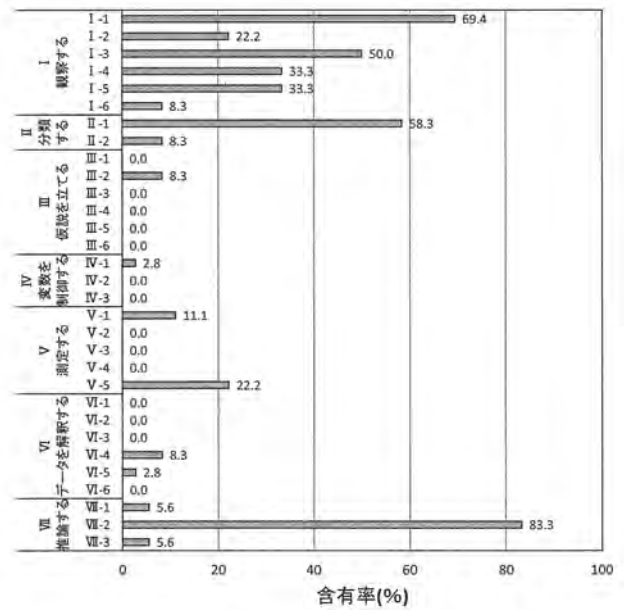


図12 Y社の小学校教科書におけるAクラスター内探究の技能含有率

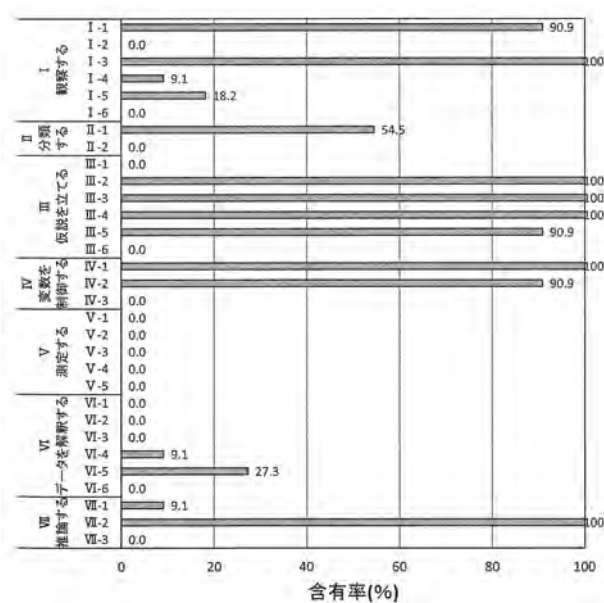


図11 X社の小学校教科書におけるEクラスター内探究の技能含有率

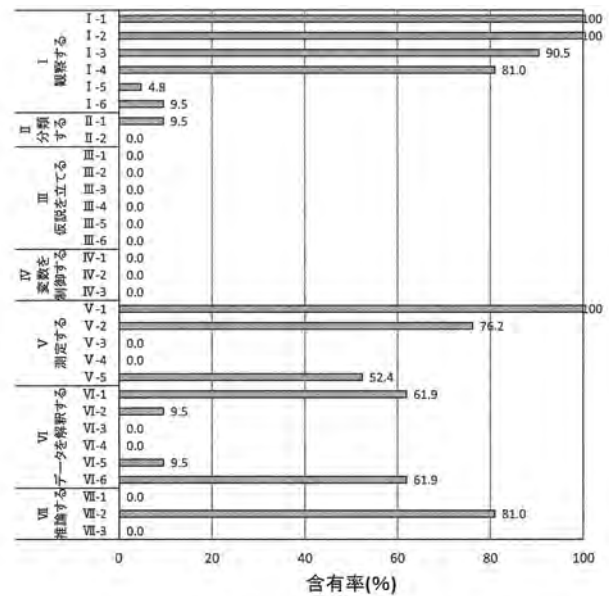


図13 Y社の小学校教科書におけるBクラスター内探究の技能含有率

4.2.4 Dクラスターの特徴

Dクラスターは、図10、図15、図21のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」、「III 観察・実験のための仮説を立てる技能」、「IV 観察・実験で変数を制御する技能」、「V 観察・実験で測定する技能」、「VI データを解釈する技能」等、他のクラスターと比較すると、探究の技能が多く含まれている傾向が見られる。また、図4から図6の

ように、領域別では、物理領域と化学領域が多い傾向が見られた。

Dクラスターの観察・実験等の内容を見ると、仮説を立てて検証実験を行うが、実験を計画するにあたり、条件を制御するものが多い。複数の独立変数を制御し、測定により定量的に従属変数を求める観察・実験等が多く見られる。例えば、X社の第3学年「体せきを同じにしてしおとさとうの重さをくら

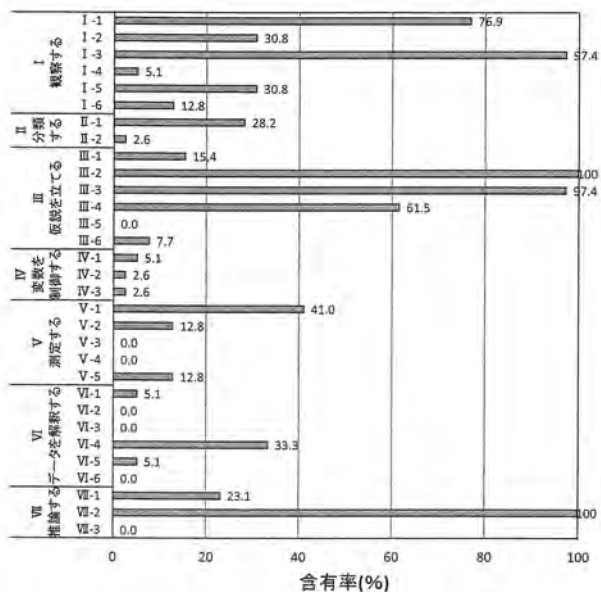


図 14 Y社の小学校教科書におけるCクラスター内探究の技能含有率

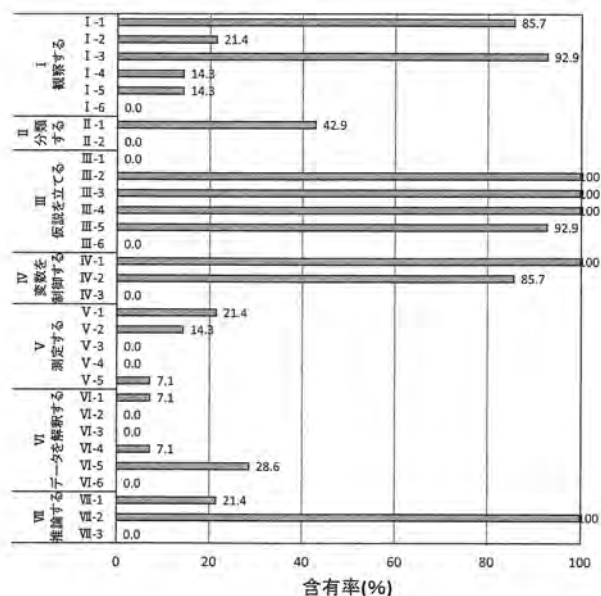


図 16 Y社の小学校教科書におけるEクラスター内探究の技能含有率

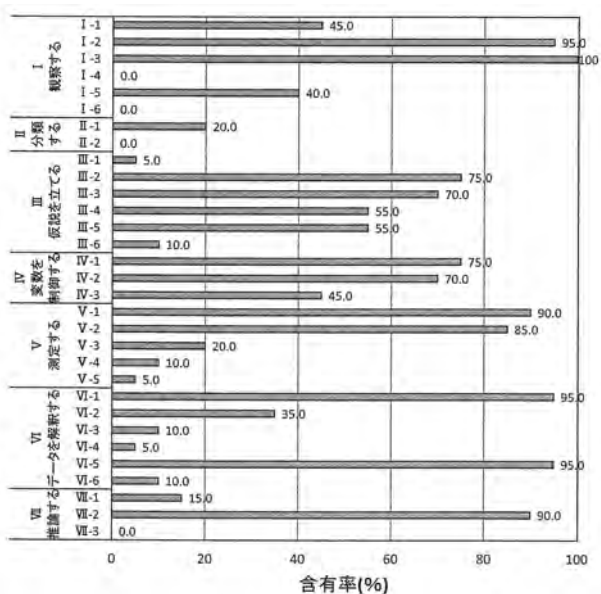


図 15 Y社の小学校教科書におけるDクラスター内探究の技能含有率

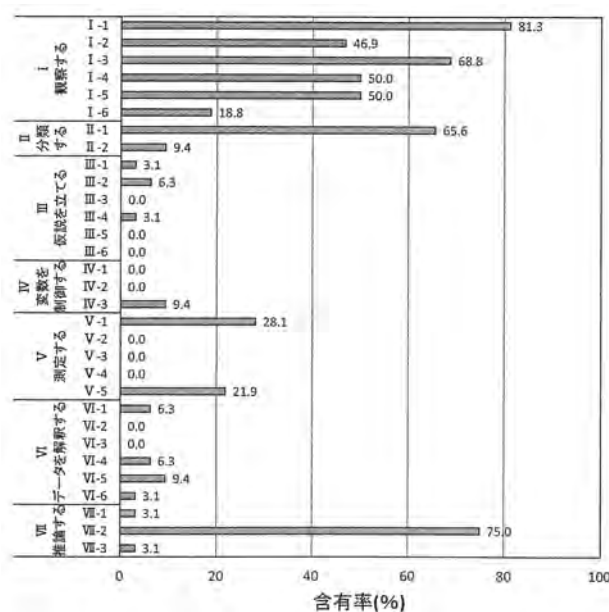


図 17 Z社の小学校教科書におけるAクラスター内探究の技能含有率

べよう」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、既習事項をもとに仮説を立て、それを検証するために要因となる独立変数を条件制御して定量的な測定を行い、得られた結果を根拠にして考察を行うという特徴がある。以上のことから、Dクラスターは「仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数を測定し、定量的に解釈する観察・実験群」と特徴付けることができる。

4.2.5 Eクラスターの特徴

Eクラスターは、図11、図16、図22のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」、「III 観察・実験のための仮説を立てる技能」、「IV 観察・実験で変数を制御する技能」を多く含む傾向にある。また、図4から図6のように、生物領域が多い傾向が見られた。

Eクラスターの観察・実験等の内容を見ると、仮

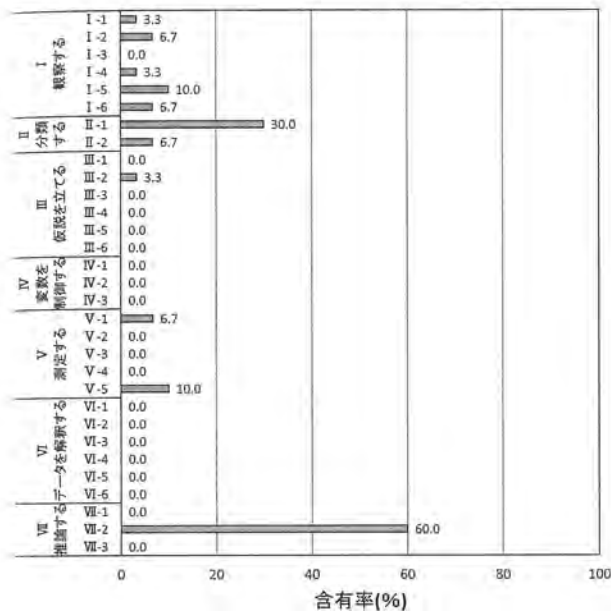


図 18 Z社の小学校教科書におけるA'クラスター内探究の技能含有率

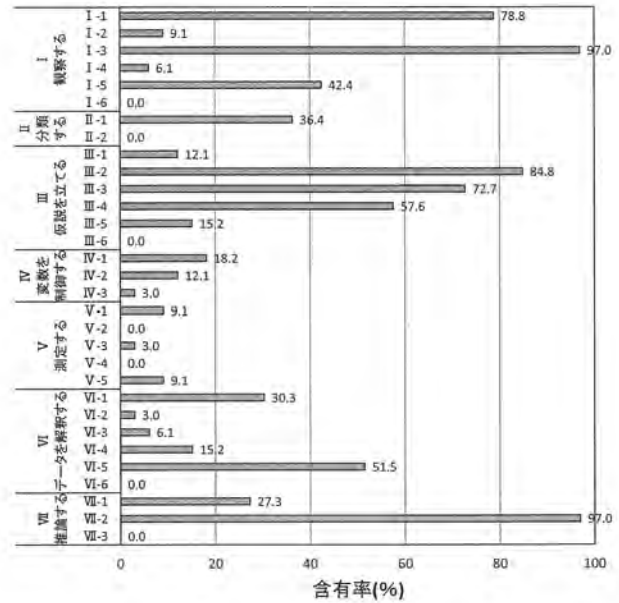


図 20 Z社の小学校教科書におけるCクラスター内探究の技能含有率

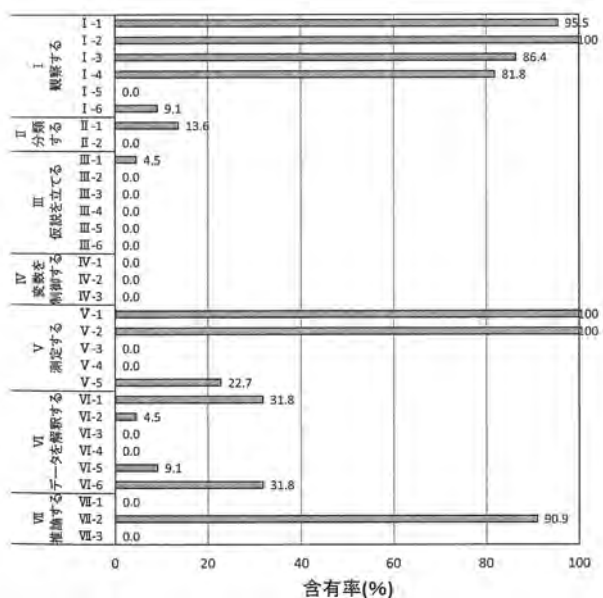


図 19 Z社の小学校教科書におけるBクラスター内探究の技能含有率

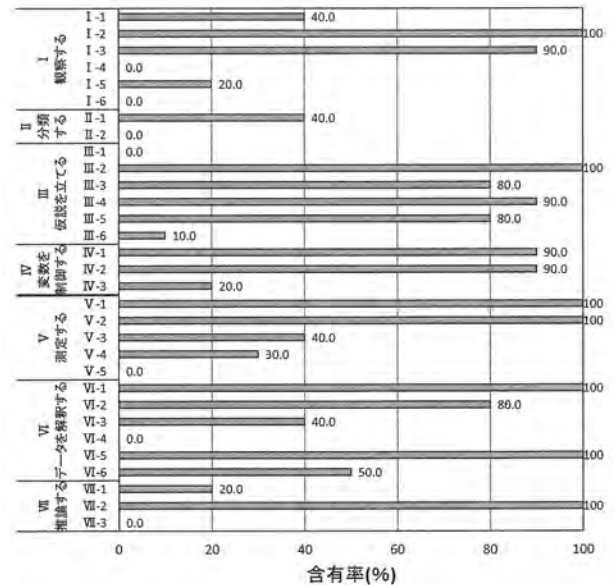


図 21 Z社の小学校教科書におけるDクラスター内探究の技能含有率

説を立てて検証実験を行うにあたって条件を制御するものが多い。また、従属変数の変化を定性的に捉える観察・実験等が多く見られる。例えば、X社の第6学年の「だ液がでんぷんを変化させるか調べよう」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、観察をもとに仮説を立て、条件ごとの事象の変化を定性的に捉え、結果を導き出していく特徴がある。以上のことから、Eクラスターは「仮

説を立てて、独立変数を制御し、従属変数の変化を定性的に捉え、解釈する観察・実験群」と特徴付けることができる。

「探究の技能」を用いて、小学校の理科教科書に記載された観察・実験等の類型化から得られたクラスターの一覧は、表5のようにまとめることができる。

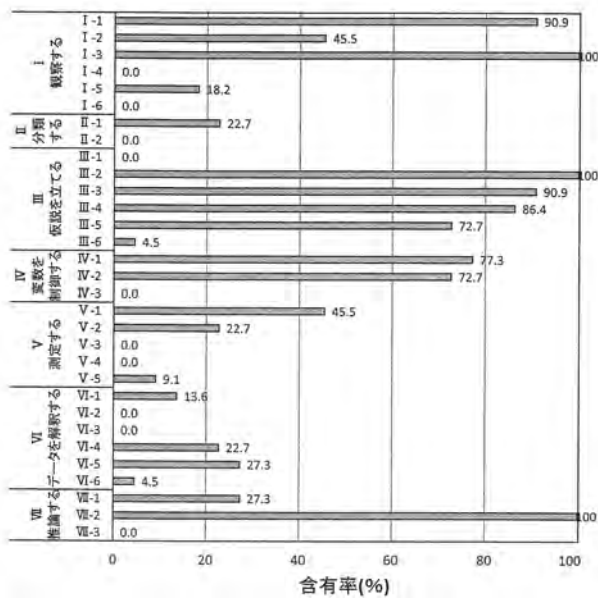


図 22 Z社の小学校教科書におけるEクラスター内探究の技能含有率

表 5 小学校の各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴

クラスター名	各クラスターの特徴
Aクラスター	事象の変化・性質・構造等を調べ、記載を行う観察・実験群
Bクラスター	事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして、記載を行う観察・実験群
Cクラスター	仮説を立てて、事象の性質や変化等を定性的に捉え、解釈する観察・実験群
Dクラスター	仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数を測定し、定量的に解釈する観察・実験群
Eクラスター	仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数の変化を定性的に捉え、解釈する観察・実験群

4.3 中学校理科の教科書の観察・実験等の類型化とその特徴

3社の中学校理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、それぞれ階層クラスター分析を行った結果、A, B, C, D, E, Fの6つのクラスターに分けることができると判断した。階層クラスター分析により出力された3社のデンドログラムを、図 23 に示す。3社のデンドログラムの形は類似しており、クラスターに含まれる観察・実験等の傾向や特徴が一致していることが明らかになった。なお、Z社については7つのクラスターに分けることができると判断した。これは、各クラスターとの位置関係や含まれる観察・実験等の内容から、Dクラ

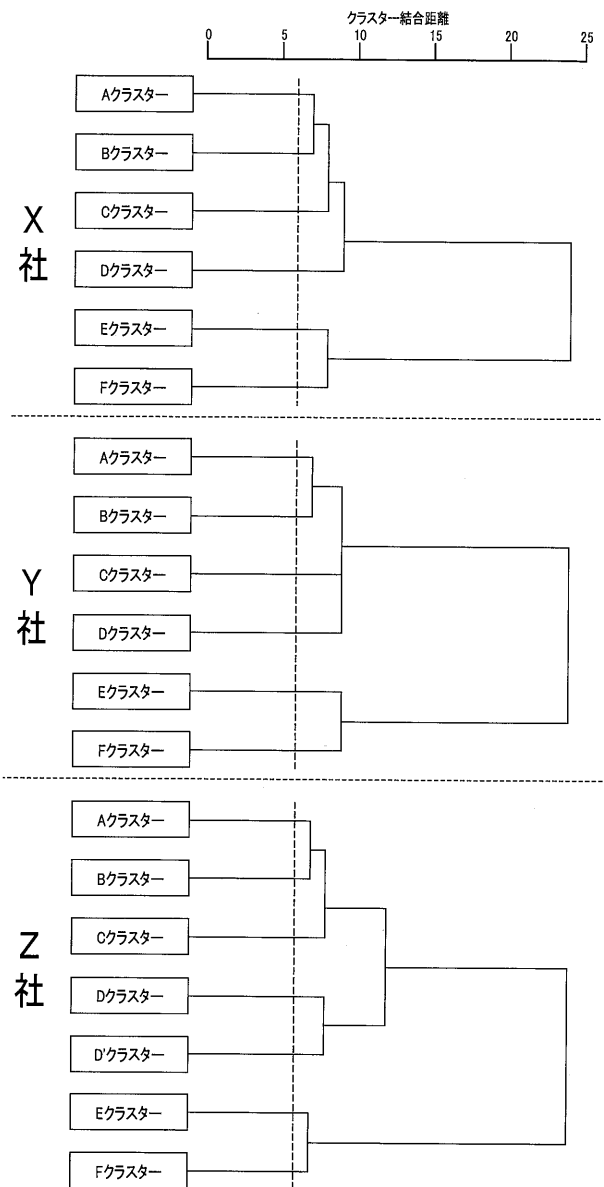


図 23 クラスター分析によって出力された3社のデンドログラムの概略図 (中学校)

スターに含まれる観察・実験等が、「探究の技能」の傾向によって、2つに分けられたものと解釈できた。そのため、この観察・実験群をD'クラスターとした。

3社の各クラスターに含まれる観察・実験等の領域の割合の傾向を図 24 から図 26 に示す。また、3社のクラスターごとの観察・実験等の一覧を表 6 から表 8 に示す。各クラスターに含まれる観察・実験等の領域の割合の傾向を比較検討するために、3社それぞれについて χ^2 検定及び残差分析を行った。その結果、3社のいずれにおいてもクラスターに含まれる各領域の観察・実験等の数の割合の偏りは有意

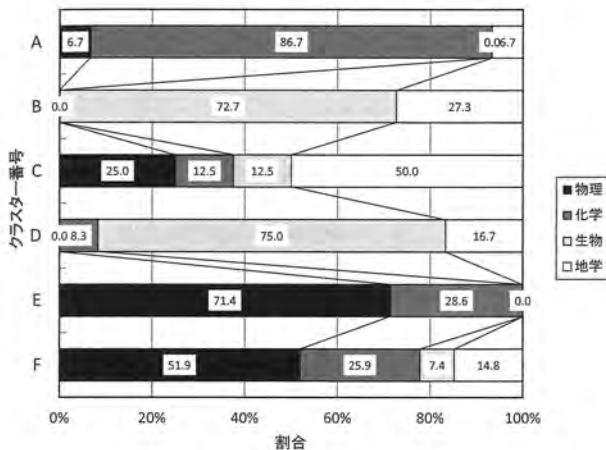


図 24 X社の中学校教科書における各クラスターの領域の割合

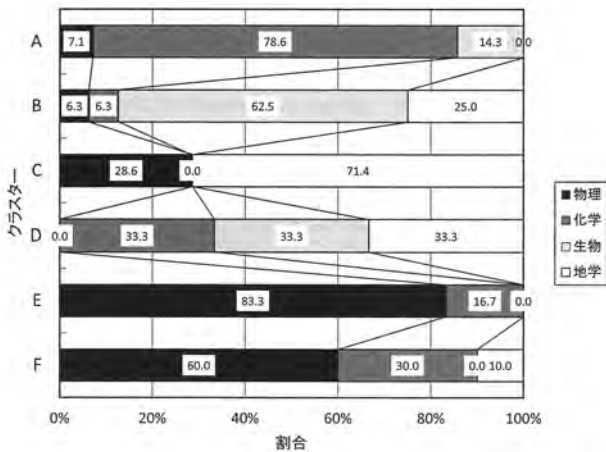


図 25 Y社の中学校教科書における各クラスターの領域の割合

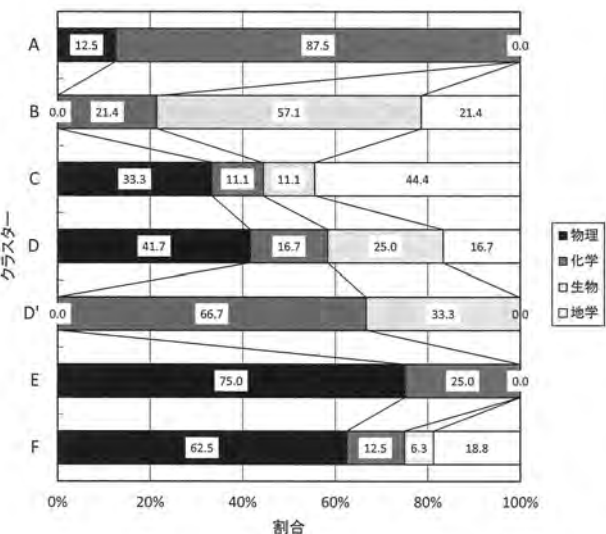


図 26 Z社の中学校教科書における各クラスターの領域の割合

表 6 X社の中学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧

クラスター	実験番号	学年	領域	観察・実験のタイトル
A	52	2	物理	静電気が生じる条件とそのはたらき
	57	3	化学	塩化銅水溶液の電気分解
	36	2	化学	酸化銅から銅を取り出す
	32	2	化学	水に電流を流したときの電流の変化
	33	2	化学	鉄と硫黄の結びつき
	31	2	化学	炭酸水素ナトリウムを熱したときの電流の変化
	56	3	化学	物質を水にとかしたときに電流が流れるか
	35	2	化学	鉄を燃やしたときの電流の変化
	13	1	化学	二酸化炭素と酸素の区別
	29	1	地学	堆積岩のつくり
	11	1	化学	白い粉末の区別
	12	1	化学	プラスチックの区別
	10	1	化学	金属と金属でない物質の区別
B	59	3	化学	酸性、アルカリ性の水溶液の性質
	60	3	化学	イオンの移動
	1	1	生物	校庭や学校周辺の生物
	2	1	生物	水中の小さな生物
	3	1	生物	いろいろな植物の花のつくり
	8	1	生物	根と茎のつくり
	26	1	地学	火山灰の観察
	27	1	地学	火成岩のつくり
	4	1	生物	葉のつくり
	9	1	生物	シダ植物のからだのつくりと胞子
	40	2	生物	植物と動物の細胞のつくり
	44	2	生物	無セキツイ動物のからだのつくりや動き方
	71	3	地学	太陽の表面のようす
C	5	1	生物	光合成が行われている場所
	61	3	化学	酸とアルカリの水溶液を混ぜ合わせる
	50	2	物理	磁界の中に置いた導線に電流を流す
	72	3	地学	太陽の1日の動き
	49	2	物理	コイルを流れる電流がつくる磁界
	73	3	地学	星の1日の動き
	76	3	地学	月の形と位置
	75	3	地学	季節による星と夜の長さの変化
	34	2	化学	化学変化を原子・分子のモデルで表す
	64	3	生物	遺伝子の組み合わせ
	74	3	地学	地球の公転と見える星座の関係
	62	3	生物	細胞分裂のようす
	63	3	生物	花粉管がのびるようす
D	42	2	生物	血液の流れ
	43	2	生物	刺激に対する反応
	79	3	生物	身近な自然の恵みと自然災害
	80	3	生物	自然環境の保全と科学技術の利用
	30	1	地学	地層の観察
	78	3	生物	身近な自然環境の調査
	41	2	生物	だ液によるデンプン溶液の変化
	23	1	物理	力の大きさとばねの伸びの関係
	66	3	物理	斜面を下る台車の運動
	47	2	物理	電圧を変化させたときの電流の大きさ
	69	3	物理	小球のもつエネルギーと木片に衝突したときにする仕事
	48	2	物理	電熱線の発熱量を決めるもの
	18	1	化学	赤ワインを熱して出てくる物質
38	2	化学	金属を熱したときの質量の変化	
E	45	2	物理	直列回路と並列回路を流れる電流
	46	2	物理	直列回路と並列回路に加わる電圧
	14	1	化学	水にとける物質のようす
	37	2	化学	物質が化学変化する前と後の質量を比べる
	16	1	化学	ロウが状態変化するときの体積変化や質量の変化
	53	2	地学	学校内の気象観測
	65	3	物理	台車のいろいろな運動の記録
	17	1	化学	エタノールが沸騰するときの温度
	54	2	地学	湿度が100%になる温度
	19	1	物理	鏡に当たった光の進む道筋
	20	1	物理	透明な物体に入射する光の道筋
	21	1	物理	凸レンズによってできる像
	67	3	物理	向きが異なる2つの力の合力
39	2	化学	いろいろな化学変化による温度変化	
70	3	物理	滑車やてこを使ったときの仕事の大きさ	
77	3	物理	エネルギーの移り変わり	
F	6	1	生物	光合成と二酸化炭素の関係
	7	1	生物	蒸散と吸い上げられる水の量の関係
	22	1	物理	音の大きさや高低と物体の振動との関係
	24	1	物理	水圧の大きさやはたらく向き
	55	2	地学	雲のでき方
	58	3	化学	電解質の水溶液と金属板で電流が取り出せるか調べよう
	51	2	物理	コイルと磁石で電流をつくりだす条件
	15	1	化学	水にとけた物質をとり出す
	25	1	物理	浮力の大きさを決めるもの
	68	3	物理	物体のもつエネルギーの変化
	28	1	地学	地震のゆれの広がり

表7 Y社の中学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧

クラスター	実験の 通し番号	学年	領域	観察・実験のタイトル
A	37	2	物理	静電気の性質を調べよう
	55	3	化学	塩化銅水溶液に電流を流したときの変化を調べよう
	26	2	化学	鉄と硫黄が結びつくか調べてみよう
	28	2	化学	酸化銅から銅を取り出してみよう
	24	2	化学	水を電気で分解してみよう
	1	1	化学	物質を加熱したときの変化のようすで分けてみよう
	56	3	化学	酸性とアルカリ性の水溶液の性質を調べよう
	6	1	化学	酸素や二酸化炭素を発生させて、その性質を調べよう
	54	3	化学	水溶液に電流が流れるか調べよう
	59	3	化学	さまざまな水溶液と電極を用いて電池になる条件を調べよう
B	62	3	生物	土中の小さな生物のはたらきを調べよう
	57	3	化学	酸性やアルカリ性の水溶液に電圧をかけてみよう
	25	2	化学	炭酸水素ナトリウムを加熱してみよう
	42	2	生物	だ液のはたらきを調べよう
	15	1	生物	いろいろな花のつくりを調べよう
	16	1	生物	根や茎のつくりを調べよう
	22	1	地学	堆積岩の特徴を調べよう
	41	2	生物	細胞のつくりを観察しよう
	19	1	生物	シダ植物のからだのつくりを調べよう
	21	1	地学	安山岩と花こう岩のつくりを調べよう
C	17	1	生物	葉のつくりを調べよう
	61	3	生物	花粉の変化を調べよう
	63	3	地学	太陽の表面のようすを調べよう
	43	2	生物	血液の流れるようすを観察しよう
	44	2	生物	刺激と反応の関係を調べよう
	18	1	生物	光合成は葉緑体で行われるのだろうか
	60	3	生物	根の細胞のようすを調べよう
	11	1	物理	音の大小や高低と音源の振動との関係を調べよう
	47	2	地学	空気を急激に膨張させてみよう
	58	3	化学	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせてみよう
D	64	3	地学	月の位置と形の変化を観測しよう
	65	3	地学	金星の見え方と月の変化を観測しよう
	67	3	地学	季節による星座の移り変わりを確かめよう
	66	3	地学	透明半球で太陽の動きを調べよう
	68	3	地学	星の長さとおおのぼりの南中高度の関係を調べよう
	38	2	物理	コイルに電流を流して磁界ができるか調べよう
	39	2	物理	磁界の中に置いたコイルに電流を流してみよう
	5	1	化学	水とエタノールの混合物からエタノールを取り出そう
	7	1	化学	水溶液から溶質を取り出そう
	45	2	生物	ヒトの反応時間を調べよう
E	69	3	生物	大気の流れやあいを調べよう
	46	2	地学	空気を冷やして露点を調べよう
	23	1	地学	地層のつくりや重なりを調べよう
	12	1	物理	ばねにおもりをつるして伸びを調べよう
	53	3	物理	位置エネルギーの大きさを調べよう
	35	2	物理	電圧と電流の関係を調べよう
	36	2	物理	電熱線の発熱のようすを調べよう
	31	2	化学	金属を加熱したときの質量の変化を調べよう
	51	3	物理	斜面を下る台車と運動と力の関係を調べよう
	40	2	物理	コイルと磁石を使って電流を流せるか調べよう
F	52	3	物理	道具を使ったときの仕事を調べよう
	13	1	物理	直方体のレンガでスポンジのへこみ方を調べよう
	30	2	化学	化学変化の前後の物質の質量を調べよう
	33	2	物理	直列回路と並列回路の電流の大きさを調べよう
	34	2	物理	豆電球の直列回路と並列回路の電圧を調べよう
	27	2	化学	ステールウール(鉄)を燃やしたときにできる物質を調べよう
	3	1	化学	状態変化の前後での体積や質量を調べよう
	8	1	物理	光の反射のしかたを調べよう
	49	3	物理	1つの物体が受ける2力がつりあう条件を調べよう
	9	1	物理	光の屈折のしかたを調べよう
A	20	1	地学	地震のゆれの伝わり方から震央を調べよう
	10	1	物理	凸レンズによってできる像を調べよう
	50	3	物理	いろいろな方向の2力の合力を調べよう
	4	1	化学	固体がとける温度や液体が沸とうする温度を調べよう
	48	2	地学	気象観測をしよう
	14	1	物理	空気に重さがあるか調べよう
	29	2	化学	化学変化における温度の変化を調べよう
	32	2	物理	回路を流れる電流の大きさを調べよう
	2	1	化学	1円硬貨の密度から物質名をつきとめよう

表8 Z社の中学校教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧

クラスター	実験の 通し番号	学年	領域	観察・実験のタイトル
A	37	2	化学	酸化銅を活性炭と混ぜて加熱したときの化学変化を調べよう
	49	2	物理	静電気による力を調べよう
	36	2	化学	鉄と硫黄の混合物を加熱すると別の物質ができるかどうか調べよう
	59	3	化学	うすい塩酸に電流を通すと何ができるか調べよう
	34	2	化学	炭酸水素ナトリウムを加熱すると何ができるのかを調べよう
	58	3	化学	電流を通す水溶液と通さない水溶液を区別しよう
	35	2	化学	水に電流を通すとどんな気体が発生するのか調べよう
	62	3	化学	指示薬の色を変えるものはどのようなイオンか調べよう
	13	1	化学	酸素と二酸化炭素を発生させて、その性質を調べよう
	14	1	化学	発生した気体は何か調べよう
B	6	1	生物	シダ植物の体のつくりと胞子を調べよう
	28	2	生物	身近にみられる、いろいろな脊椎動物の生活や体のつくりを観察しよう
	9	1	地学	堆積岩の特徴を調べて、分類しよう
	61	3	化学	酸性またはアルカリ性の水溶液に共通する性質を調べよう
	1	1	生物	いろいろな花のつくりを調べよう
	2	1	生物	茎のつくりとはたらきを調べてみよう
	53	3	生物	細胞が分裂するときの変化を調べてみよう
	57	3	地学	太陽の表面を観察しよう
	3	1	生物	葉の表面や断面を調べよう
	7	1	地学	火山岩と深成岩の鉱物の特徴を観察して、比べよう
C	25	2	生物	植物と動物の細胞を観察して比べてみよう
	29	2	生物	アサリの生活と体のつくりを調べよう
	50	2	物理	電流がつくる磁界を調べよう
	54	3	地学	太陽の1日の動きを調べよう
	51	2	物理	電流が磁界から受ける力を調べよう
	55	3	地学	星の1日の動きを調べよう
	60	3	化学	身近なものを使って電池をつくってみよう
	56	3	地学	月の形と位置の変化を調べてみよう
	5	1	生物	植物が光合成を行うとき、二酸化炭素をとり入れていることを確認しよう
	41	2	物理	回路をつくって電流の流れ方を調べよう
D	33	2	地学	日本付近における低気圧や高気圧の動きを調べよう
	43	2	物理	電圧計の使い方を身につけよう
	45	2	物理	電圧計の使い方を身につけよう
	65	3	物理	角度をもってはたらく2力の合力について調べよう
	10	1	地学	地層の特徴や重なりなどを調べよう
	42	2	物理	秘密の回路を調べよう
	70	3	物理	エネルギーの変換を体験しよう
	17	1	化学	融点を測定することで、3種類の物質を見分けよう
	73	3	生物	地域の自然について調べよう
	12	1	化学	密度を求めることで、物質を区別しよう
D'	72	3	生物	人間の活動が身近な自然環境に与えている影響を調べよう
	27	2	生物	刺激を受けとつてから、反応するまでにかかる時間をはかってみよう
	30	2	地学	教室の空気の露点を調べ、空気中にふくまれる水蒸気量を推定しよう
	15	1	化学	水溶液の温度を下げたり、水を蒸発させたりして、水溶液から溶けている物質をとり出そう
	18	1	化学	水とエタノールの混合物を加熱して出てくる物質を分けよう
	4	1	生物	光合成が葉の細胞のどの部分で行われるのか、顕微鏡で観察しよう
	63	3	化学	アルカリの水溶液に酸の水溶液を混ぜ、何ができるかを調べよう
	11	1	化学	謎の物質への正体を調べよう
	26	2	生物	唾液がデンプンを何に変えているのかを調べよう
	40	2	化学	金属と酸素が化合するときの、金属と酸素の質量の関係を調べよう
E	47	2	物理	電圧と電流との関係を調べよう
	67	3	物理	斜面を下る台車の運動を調べよう
	48	2	物理	電熱線の発熱量が何によって決まるのか調べよう
	69	3	物理	位置エネルギーの大きさが何に関係するか調べよう
	23	1	物理	力の大きさとはねのびとの関係を調べよう
	16	1	化学	エタノールが沸とうする温度を調べよう
	66	3	物理	記録タイマーで台車の運動を調べよう
	19	1	物理	光が鏡ではね返るとき規則性を調べよう
	64	3	物理	2力がつりあう条件を調べよう
	20	1	物理	空気と水などの境界での光の進み方を調べよう
F	21	1	物理	凸レンズによってできる像を調べよう
	8	1	地学	地震のゆれの伝わり方を調べよう
	44	2	物理	回路の各点を流れる電流を調べよう
	46	2	物理	回路の各点間に加わる電圧を調べよう
	24	1	物理	浮力の大きさを調べよう
	68	3	物理	消車を使ったときの仕事について調べよう
	71	3	生物	土の中の微生物のはたらきを調べよう
	52	2	物理	コイルと棒磁石で電流を発生させよう
	38	2	化学	化学変化による熱の出入りを利用したものを作ってみよう
	32	2	地学	気象観測をしよう
22	1	物理	音と振動のようすとの関係を調べよう	
31	2	地学	空気の体積を変化させて雲をつくらう	
39	2	化学	化学変化の前後で物質全体の質量はどうなるのか調べよう	

であった (X社： $\chi^2=80.790$, $df=15$, $p<.01$, Y社： $\chi^2=72.282$, $df=15$, $p<.01$, Z社： $\chi^2=54.869$, $df=18$, $p<.01$)。

3社の各クラスターにおけるクラスター内探究の技能含有率のグラフを、X社については図27から図32、Y社については図33から図38、Z社については図39から図45に示す。なお、3社のAからFの各クラスターにおけるクラスター内探究の技能含有率

のグラフは、ほぼ同様の傾向を示した。

4.3.1 Aクラスターの特徴

Aクラスターは、図27、図33、図39のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」、「II 分類の基準に基づいて分類する技能」、「VI データを解釈する技能」を多く含む傾向がある。また、図24から図26のように、化学領域が有意に多い傾向

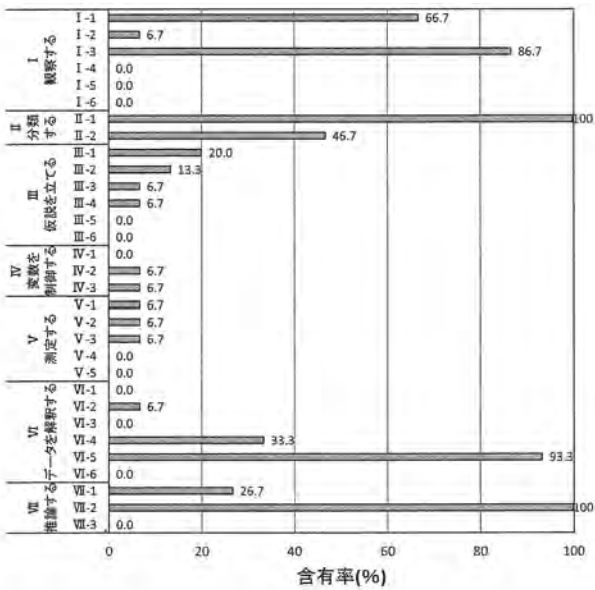


図27 X社の中学校教科書におけるAクラスター内探究の技能含有率

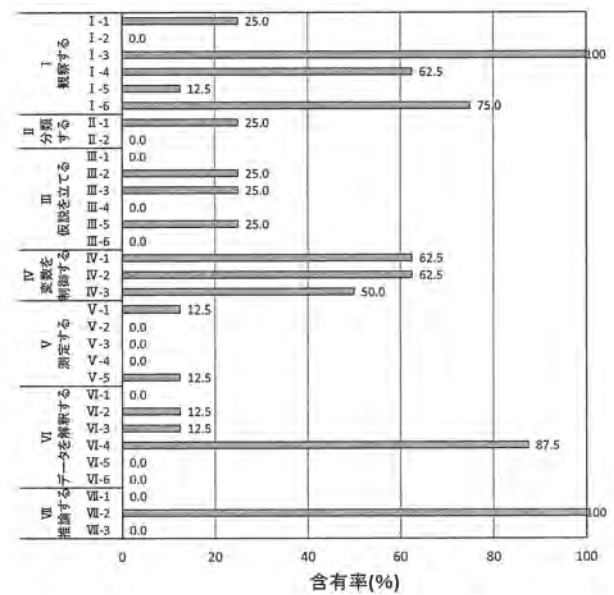


図29 X社の中学校教科書におけるCクラスター内探究の技能含有率

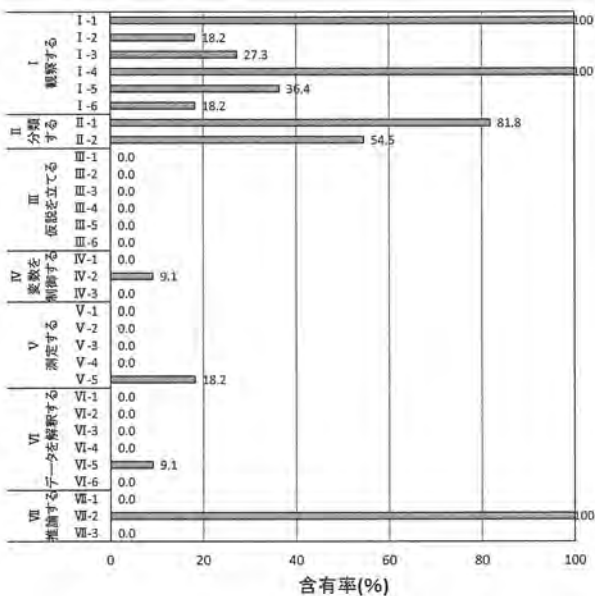


図28 X社の中学校教科書におけるBクラスター内探究の技能含有率

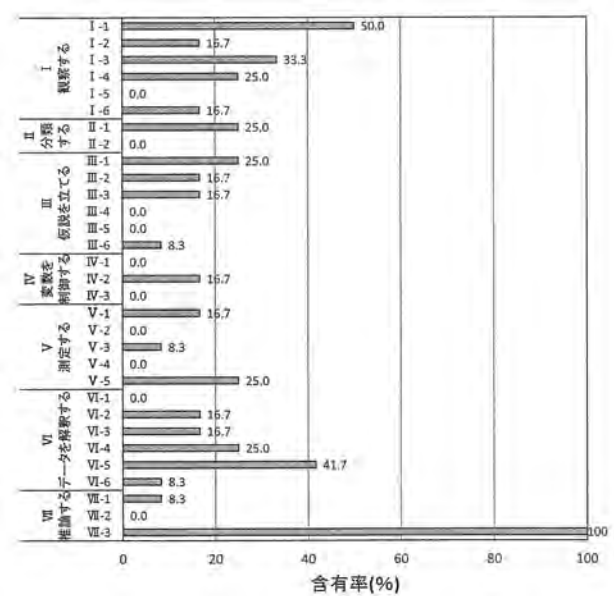


図30 X社の中学校教科書におけるDクラスター内探究の技能含有率

が見られた。

このクラスターに含まれる観察・実験等の内容を見ると、事象を定性的に捉え、検証的に実験を行うものが多く、事象の性質を操作的に定義する場面が多く見られる。例えばX社の「塩化銅水溶液の電気分解」の実験のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、所定の実験手順に従って探究

を行い、事物の性質を結論として得るという特徴がある。以上のことから、Aクラスターは「因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し、帰納的に一般化する観察・実験群」と特徴付けることができる。

4.3.2 Bクラスターの特徴

Bクラスターは、図28、図34、図40のように「I

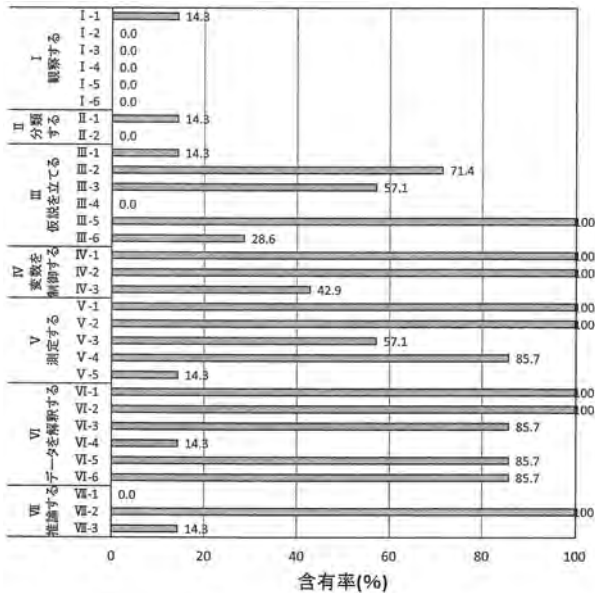


図31 X社の中学校教科書におけるEクラスター内探究の技能含有率

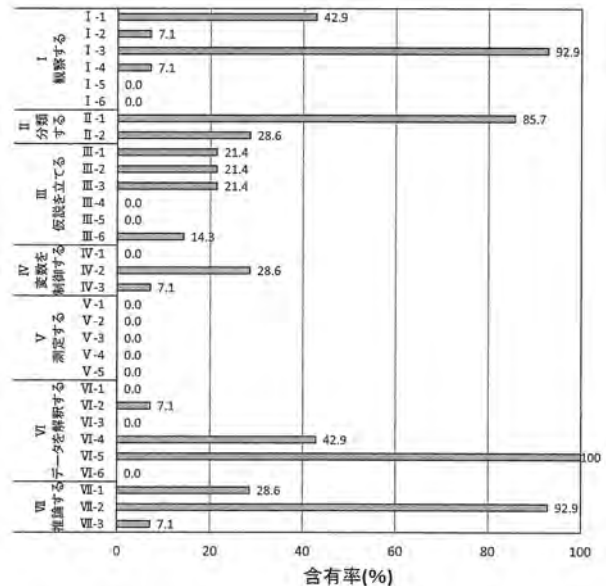


図33 Y社の中学校教科書におけるAクラスター内探究の技能含有率

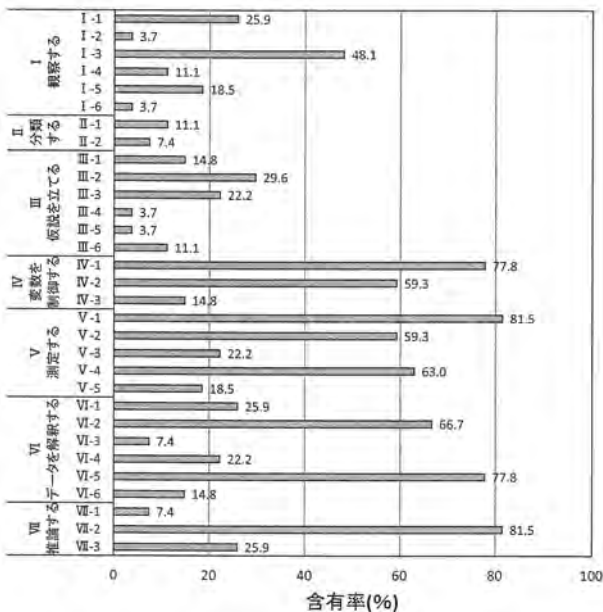


図32 X社の中学校教科書におけるFクラスター内探究の技能含有率

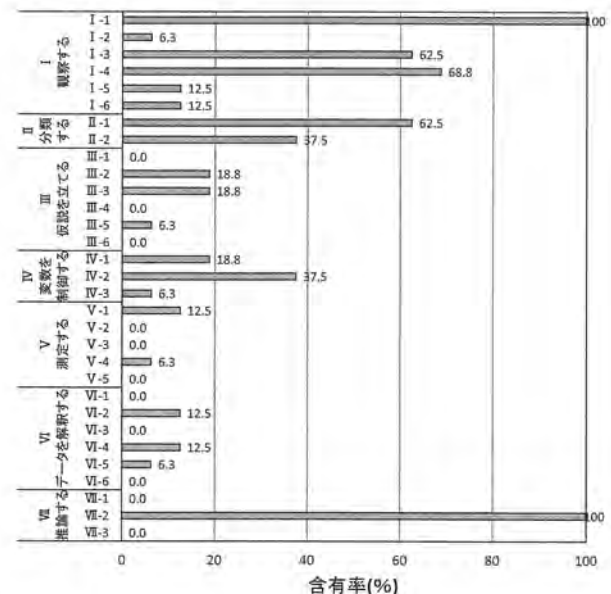


図34 Y社の中学校教科書におけるBクラスター内探究の技能含有率

事象を理解・把握するために観察する技能]、「II 分類の基準に基づいて分類する技能」を多く含み、思考様式のほとんどが帰納法である。また、図 24 から図 26 のように、生物領域や地学領域が多い傾向が見られた。

このクラスターに含まれる観察・実験等の内容を見ると、ものの特徴をとらえて観察と記載を行うことが多く、事象の比較や類推からものつくりと働

きの関係を見出すなどの場面が多く見られる。例えば X 社の「火成岩のつくり」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、事象の観察から帰納や類推により、つくりと働きを関係付けたり変化の過程を推測したりするという特徴がある。以上のことから、B クラスターは「事象の変化や構造等の観察と記載を行う観察・実験群」と特徴付け

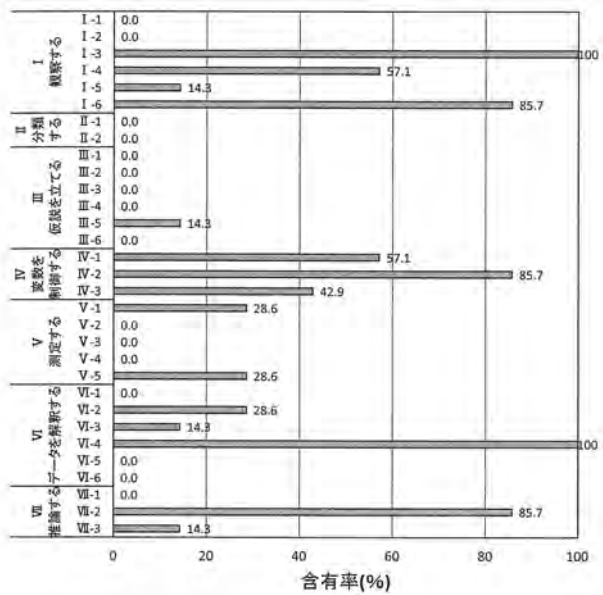


図 35 Y 社の中学校教科書における C クラスター内探究の技能含有率

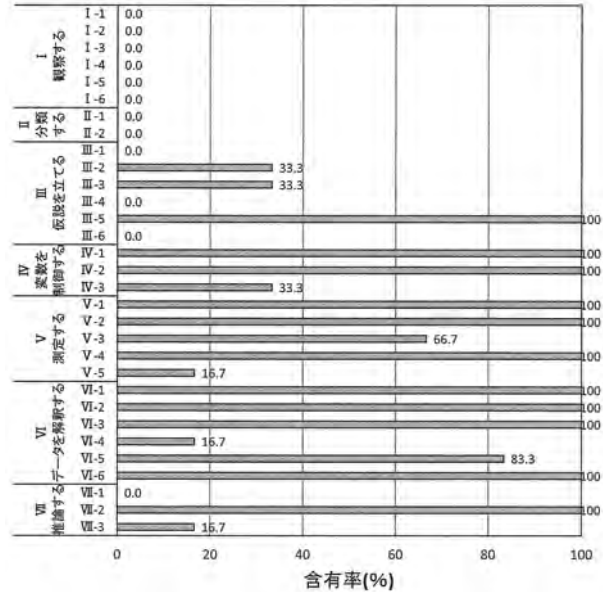


図 37 Y 社の中学校教科書における E クラスター内探究の技能含有率

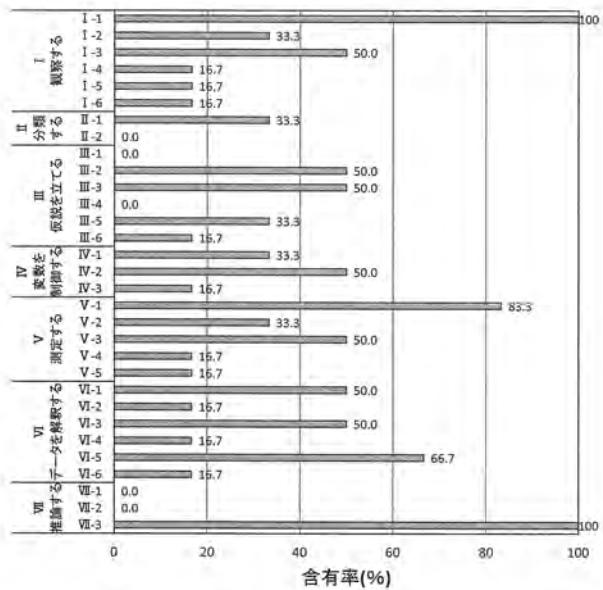


図 36 Y 社の中学校教科書における D クラスター内探究の技能含有率

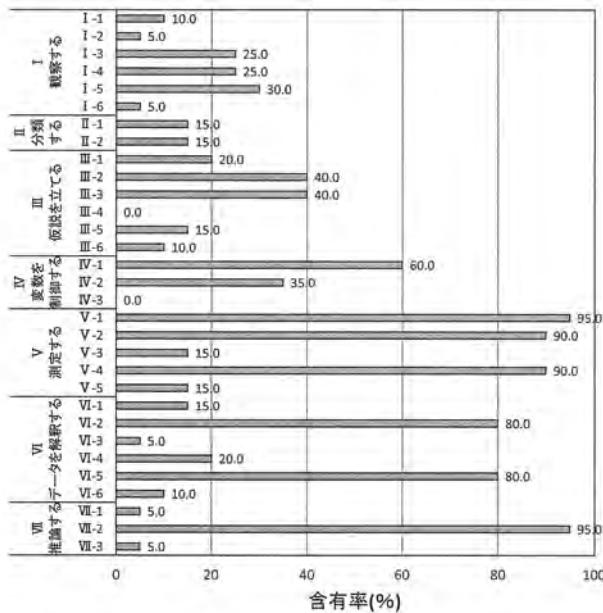


図 38 Y 社の中学校教科書における F クラスター内探究の技能含有率

ることができる。

4.3.3 C クラスターの特徴

C クラスターは、図 29, 図 35, 図 41 のように「I 事象を理解・把握するために観察する技能」, 「IV 観察・実験で変数を制御する技能」, 「VI データを解釈する技能」を多く含む傾向がある。また、図 24

から図 26 のように、地学領域が多い傾向が見られた。

このクラスターに含まれる観察・実験等の内容を見ると、独立変数に着目した観察を通して、事象の性質や規則性を見いだす学習が行われることが多いが、操作的に定義したり、仮説を設定したりする場面は少ない。さらには、空間的なとらえ方が必要な観察・実験等が多く見られる。例えば X 社の「月の

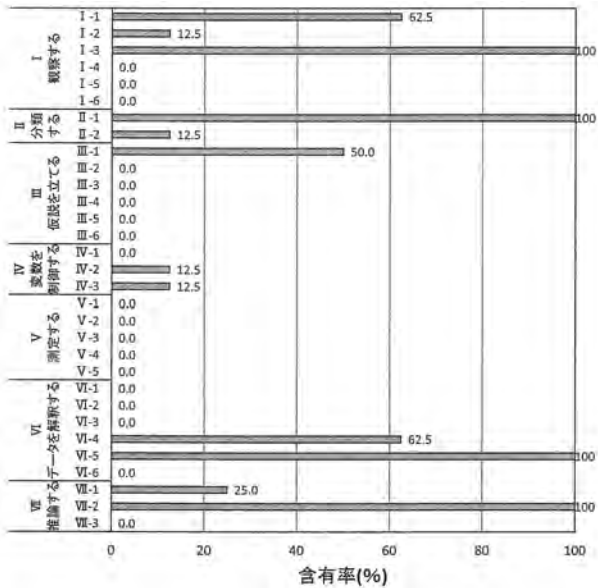


図 39 Z 社の中学校教科書における A クラスター内探究の技能含有率

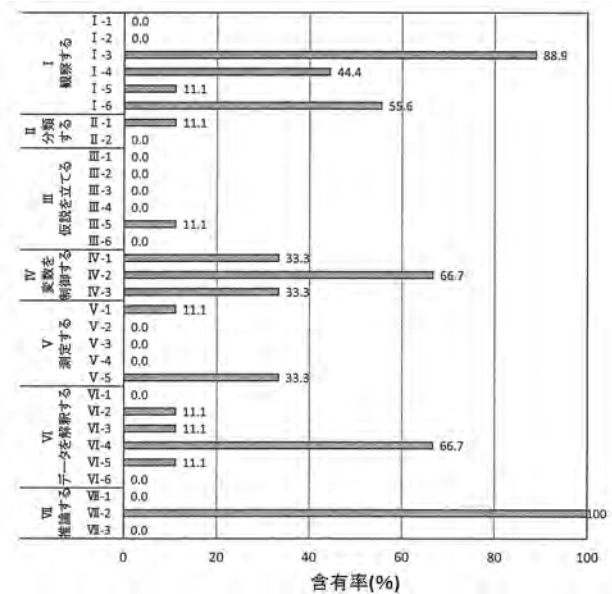


図 41 Z 社の中学校教科書における C クラスター内探究の技能含有率

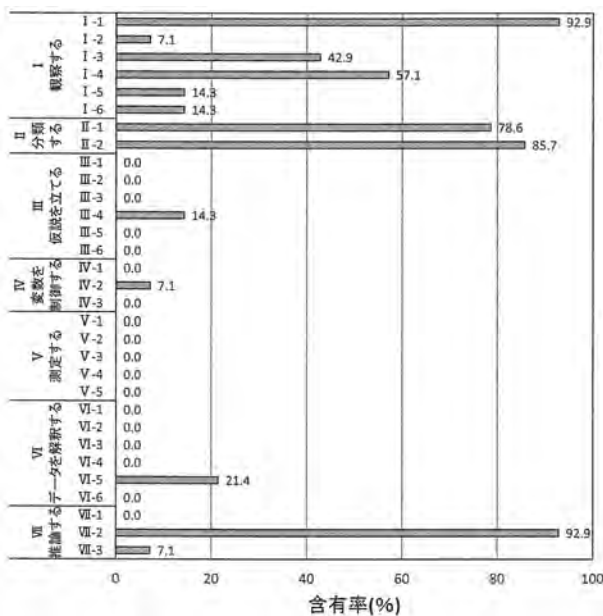


図 40 Z 社の中学校教科書における B クラスター内探究の技能含有率

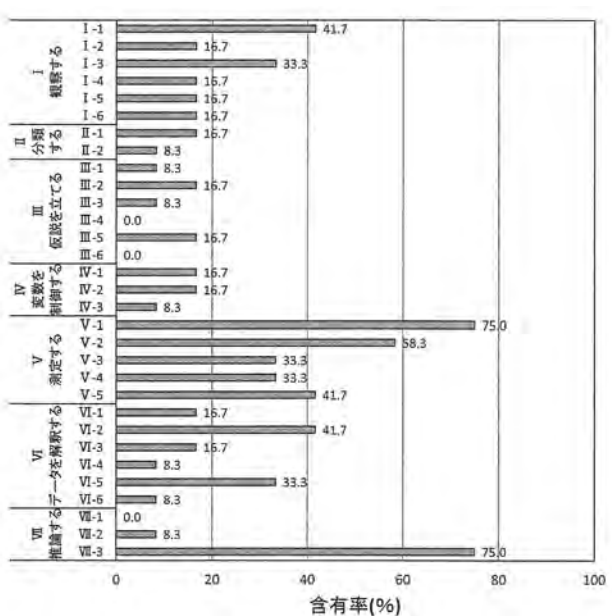


図 42 Z 社の中学校教科書における D クラスター内探究の技能含有率

形と位置」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、決められた一つの独立変数と従属変数に着目して観察・実験を行い、事象の変化の特徴を結論として得るといった特徴がある。以上のことから、Cクラスターは「因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性を見いだす観察・実験群」と特徴付けることができる。

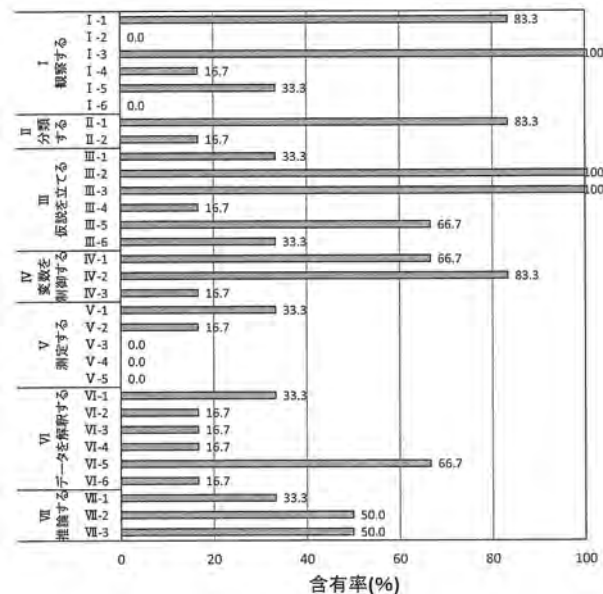


図43 Z社の中学校教科書におけるD'クラスター内探究の技能含有率

4.3.4 Dクラスターの特徴

Dクラスターは、図30、図36、図42のように、X社については探究の技能含有率の値はそれほど高くはないものの、3社に共通して「I 事象を理解・把握するために観察する技能」、「VI データを解釈する技能」を多く含み、演繹的な思考の場面が多い傾向にある。また、図24から図26のように、生物領域が多い傾向が見られた。

このクラスターに含まれる観察・実験等の内容を見ると、学習したことを活用し、1つまたは複数の変数を測定したり、制御したりして発展的に考察する場面が多く見られる。例えばX社の「身近な自然環境の調査」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、観察を通してそれまでの学習で得た知識を活用して、事象の変化や規則性を結論として得るといった特徴がある。また、その際には、量的に変数を扱う活動もあるが、指標生物で判断するなど測定器具を使用しない場合もある。以上のことから、Dクラスターは「1つまたは複数の変数に関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群」と特徴付けることができる。

なお、Z社においては、D'クラスターがDクラスターと区別された。D'クラスターは図43のように「III 観察・実験のための仮説を立てる技能」、「IV 観察・実験で変数を制御する技能」の比率が高かった。このような傾向から、D'クラスターは、Dクラスターに比べると、独立変数の抽出や制御等に

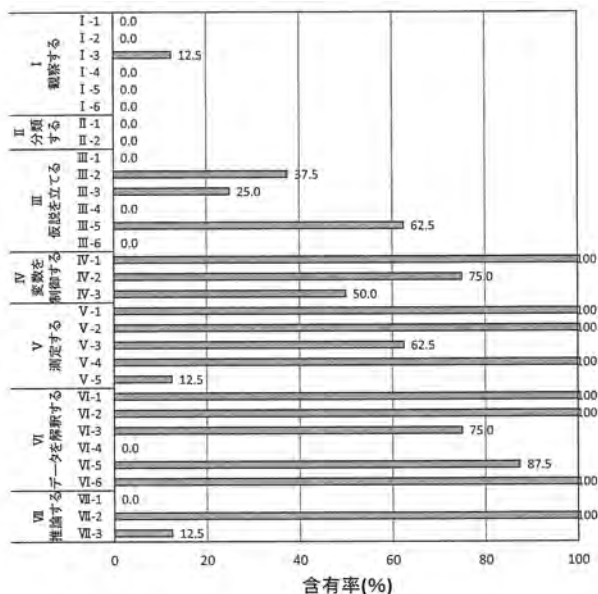


図44 Z社の中学校教科書におけるEクラスター内探究の技能含有率

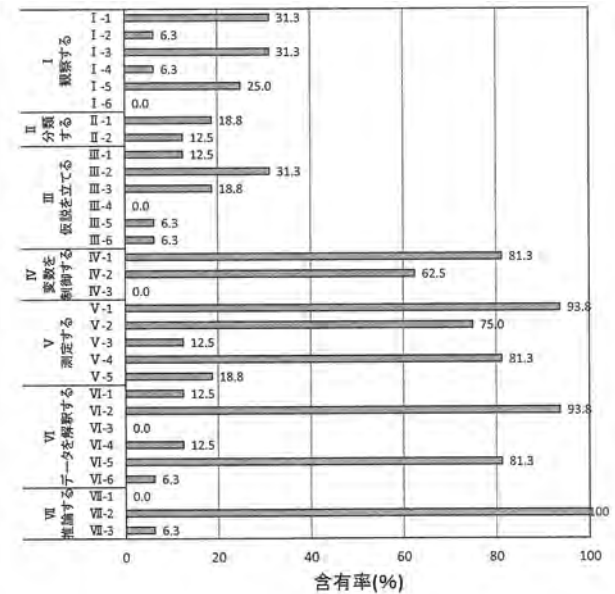


図45 Z社の中学校教科書におけるFクラスター内探究の技能含有率

重点が置かれ、仮説を立てて実験を行うという特徴をもっているといえる。このことから、Z社で区別されたD'クラスターはDクラスターの特徴に加え、「変数を明らかにし、仮説を立てる観察・実験群」と特徴付けることができる。

4.3.5 Eクラスターの特徴

Eクラスターは、図31、図37、図44のように「Ⅲ観察・実験のための仮説を立てる技能」、「Ⅳ観察・実験で変数を制御する技能」、「Ⅴ観察・実験で測定する技能」、「Ⅵデータを解釈する技能」を多く含む傾向がある。また、図24から図26のように、物理領域が多い傾向が見られた。

このクラスターに含まれる観察・実験等の内容を見ると、時間経過によって徐々に変化していくような現象を観察するなど、変数が明らかであり、その変数も制御が可能で、実験を通して生徒が自ら規則性を見いだせる場面が多く見られる。例えばX社の「電圧を変化させたときの電流の大きさ」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、比例やグラフ化などの数学的な知識・技能を使用して結果をグラフなどで示すことによって、事象の変化の規則性を見いだすという特徴がある。以上のことから、Eクラスターは「因果関係を有する単純な事象について、仮説を設定して収集した定量的なデータをグラフ化するなどして、一般化する観察・実験群」と特徴付けることができる。

表9 中学校の各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴

クラスター名	各クラスターの特徴
Aクラスター	因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し、帰納的に一般化する観察・実験群
Bクラスター	事象の変化や構造等の観察と記載を行う観察・実験群
Cクラスター	因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性を見いだす観察・実験群
Dクラスター	1つまたは複数の変数に関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群
Eクラスター	因果関係を有する単純な事象について、仮説を設定して収集した定量的なデータをグラフ化するなどして、一般化する観察・実験群
Fクラスター	因果関係を有する事象について、条件ごとに変数を制御することを通して規則性を見いだす観察・実験群

4.3.6 Fクラスターの特徴

Fクラスターは、図32、図38、図45のように「Ⅳ観察・実験で変数を制御する技能」、「Ⅴ観察・実験で測定する技能」、「Ⅵデータを解釈する技能」を多く含む傾向がある。また、図24から図26のように、物理領域や化学領域が多い傾向が見られた。

このクラスターに含まれる観察・実験等の内容を見ると、既習の知識を活用して、仮説を立てた探究活動も可能であるが、あくまでも所定の流れに沿った定量的な実験を行う場面が多く見られる。例えばX社の「直列回路と並列回路を流れる電流」のように、このクラスターに含まれる観察・実験の多くは、従属変数は明確であるが、それに関わる独立変数は、複数存在する。それらの独立変数それぞれについて、条件を制御して実験を行い、事象の規則性を結論として得るという特徴がある。仮説検証を行える実験もあるが、所定の実験手順に従って探究を行い、検証するという活動が多い。以上のことから、Fクラスターは「因果関係を有する事象について、条件ごとに変数を制御することを通して規則性を見いだす観察・実験群」と特徴付けることができる。

「探究の技能」を用いて、中学校の理科教科書に記載された観察・実験等の類型化から得られたクラスターの一覧は表9のようにまとめることができる。

5. 総合考察

小・中学校の教科書に掲載されている全ての観察・実験等を新しく開発した「探究の技能」に基づいて類型化した結果、各類型による探究的特徴が浮き彫りとなった。なお、今回得られたクラスターの数は、小学校で5つ、中学校では6つであり、吉山・小林(2011)および吉山ら(2012)が得たクラスターの数と異なる結果となった。その理由は主に次の二つが考えられる。一つは、吉山らはSAPAのプロセス・スキルズの57の下位プロセスに基づいて分析を行ったのに対して、本研究ではそれらを精選・統合して我が国の理科教育に即して開発した「探究の技能」の下位技能に基づいて分析したことによるものである。もう一つは、吉山らは教科書に記述のないプロセス・スキルズの下位プロセスについても、教師が発展的な内容として扱うことが可能であると考えられた場合は得点化したのに対し、本研究ではより客観的な視点で教科書に記述があるもののみを得点化したことによるものである。

以下、小学校と中学校の理科で培う「探究の技能」の接続の観点から、図46に基づいてそれぞれの観察・実験等の類型の関連性について総合的に考察する。

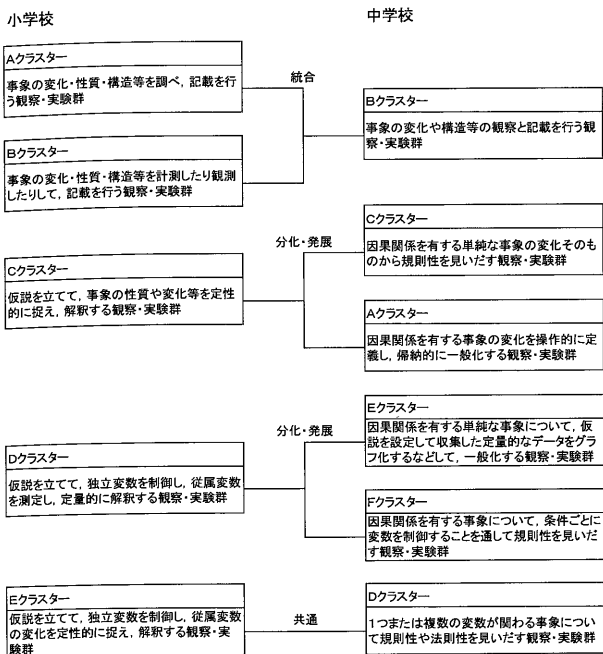


図 46 小・中学校のクラスターの関係

小学校の A クラスター「事象の変化・性質・構造等を調べ、記載を行う観察・実験群」と B クラスター「事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして、記載を行う観察・実験群」はともに、事象の変化や構造等の仕組みを把握する基礎的な活動である。中学校においても事象の変化や構造等を把握する活動として、B クラスター「事象の変化や構造等の観察と記載を行う観察・実験群」がある。このことから、小学校の A クラスターと B クラスターが、中学校の B クラスターへ統合されていると解釈することができる。

小学校の C クラスター「仮説を立てて、事象の性質や変化等を定性的に捉え、解釈する観察・実験群」は事象の変化のようすを定性的に捉えるという特徴がある。中学校においても事象の変化を定性的に捉えるという探究的特徴を有するものとして、C クラスター「因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性を見いだす観察・実験群」がある。さらに、中学校では、A クラスター「因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し、帰納的に一般化する観察・実験群」があり、事象の変化を操作的に定義して、その変化を捉える点に、探究の深まりが認められる。このことから、小学校の C クラスターから、中学校の C クラスター及び A クラスターに内容が分化・発展していると解釈することができる。

小学校の D クラスター「仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数を測定し、定量的に解釈する観

察・実験群」は定量的な内容を扱う点に特徴がある。中学校において定量的なデータを扱うものとして、比例やグラフ化などの数学的な知識・技能を使用する E クラスター「因果関係を有する単純な事象について、仮説を設定して収集した定量的なデータをグラフ化するなどして、一般化する観察・実験群」と、条件ごとに変数を制御する F クラスター「因果関係を有する事象について、条件ごとに変数を制御することを通して規則性を見いだす観察・実験群」がある。このことから、小学校の D クラスターから、中学校の E クラスター及び F クラスターに内容が分化・発展していると解釈することができる。

小学校の E クラスター「仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数の変化を定性的に捉え、解釈する観察・実験群」は、定性的な内容に関して条件制御を用いるという特徴がある。中学校においても定性的な内容を含み、複数の変数を扱うクラスターとして、D クラスター「1つまたは複数の変数が関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群」がある。このことから、小学校の E クラスターと中学校の D クラスターは、小・中学校に共通するクラスターであると解釈することができる。

以上より、小・中学校のクラスターの関連については、小学校における基礎的内容から中学校で統合されるクラスター、中学校でさらに分化・発展するクラスター、小・中学校で共通して扱うクラスターがあり、小・中学校の探究的特徴が密接に関連しているといえる。

6. おわりに

本研究では、SAPA のプロセス・スキルズを精選・統合して、我が国の理科教育に即した新しい「探究の技能」を開発した。

そして、その新しい「探究の技能」に基づいて小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化を試み、各類型の探究的特徴を明らかにした。換言すれば、観察・実験等の類型化によって育成できる探究の技能に特徴があることを客観的に示すことができた。観察・実験等の指導にあたって、探究的特徴を踏まえて 31 のそれぞれの「探究の技能」を行動目標として設定すれば、評価の観点となる。観察・実験等の探究的特徴を踏まえることにより、その指導方法も異なってくると考えられる。例えば、分析に使用した 3 社の小学校のものづくりの活動では、製作の手順は示されているが、培う探究の能力は明示されていない傾向にある。しかし、「探究の技能」を指導の観点として導入することで、

理科におけるものづくりの位置づけをより明確にできると考える。

今後は、各類型の探究的特徴に基づいた指導方法や評価のあり方について実践を通して検討を行いたい。

付記

本研究の一部は平成 24 年度日本理科教育学会全国大会（2012 年 8 月 12 日）において発表した。本稿は、その後、加筆・修正をしたものである。なお、本研究は、兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科共同研究プロジェクト M「地域における理数教育活性化のための教員研修モデル・プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究」の成果である。

引用文献

Commission on Science Education of American Association for

the Advancement of Science (Eds.). (1963). *Science-a process approach commentary for teachers*. AAAS/XEROX Corporation, 122-131.

文部科学省（2008a）『中学校学習指導要領解説 理科編（平成 20 年 9 月）』大日本図書，5.

文部科学省（2008b）『小学校学習指導要領解説 理科編（平成 20 年 8 月）』大日本図書，8.

吉山泰樹・小林辰至（2011）「プロセス・スキルの観点からみた観察・実験等の類型化－中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について－」『理科教育学研究』第 52 巻，第 1 号，107-119.

吉山泰樹・小松武史・稲田結美・小林辰至（2012）「プロセス・スキルの観点からみた観察・実験等の類型化（2）－小学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について－」『理科教育学研究』第 52 巻，第 3 号，179-189.

（2013 年 3 月 18 日受付，2013 年 6 月 28 日受理）

Classifying, According to Type, Observations, Experiments, and Other Learning Activities Carried Out in Science Textbooks of Elementary and Lower Secondary School, and Determining their Inquiring Characteristics: With the Basis of the Skills for Observations Developed by Selecting and Integrating Process Skills

*Naoki HASEGAWA*¹, *Yutaka YOSHIDA*², *Yukiko SEKINE*³, *Naoyuki TASHIRO*⁴,
*Masakazu GOTO*⁴, *Yumi INADA*⁵, *Tatsushi KOBAYASHI*⁵

¹ Nakajo Lower Secondary School, Tainai

² Tokamachi Lower Secondary School, Tokamachi

³ Minami Lower Secondary School, Nagaoka

⁴ National Institute for Educational Policy Research of Japan

⁵ Joetsu University of Education

SUMMARY

This study is related to the following three objectives. The first objective is to develop the skills that deal with science education in Japan by selecting and integrating the process skills of Science-A Process Approach (SAPA). The second is to classify, according to type, the observations, experiments, and other learning activities carried out in science textbooks of elementary and lower secondary school on the basis of the newly developed “skills for observation and experiment” and determine their inquiring characteristics. The third one is to demonstrate the relationship between the types of respective observations, experiments, etc. from a viewpoint of connecting the “skills of observation and experiment” cultivated in elementary and lower secondary school. The following results were obtained:

(1) Seven higher skills and 31 lower skills were newly developed as the “skills for observation and experiment” by selecting and integrating SAPA’s process skills.

(2) Observations, experiments, etc. at elementary school were classified, on the basis of the skills for observation and experiment, into five types with inquiring characteristics.

(3) Observations, experiments, etc. at lower secondary school were classified, on the basis of the skills for observation and experiment, into six types with inquiring characteristics.

(4) It was demonstrated that the observations and experiments at elementary school included in the five types were differentiated, developed, matched and integrated with the six types at lower secondary school.

<Key words> Process skills, Observation, Experiment, Inquiry, Science textbook

日本科学教育学会

研究会研究報告

2012 年 6 月 23 日

信州大学

日本科学教育学会

小中学校の理科の観察・実験内容に即した探究のスキルについての一考察（1） ープロセス・スキルズをもとにした検討ー

The Study of Process Skills for Science Education of Japan(1)

長谷川直紀* 吉田裕* 関根幸子* 田代直幸** 稲田結美* 小林辰至*

HASEGAWA, Naoki* YOSHIDA, Yutaka* SEKINE, Yukiko* TASHIRO, Naoyuki** INADA, Yumi*

KOBAYASHI, Tatsushi*

上越教育大学大学院* 国立教育政策研究所**

Joetsu University of Education* National Institute for Educational Policy Research**

[要約]本研究では、プロセス・スキルズの13の上位プロセスと、57の下位プロセスの示す内容を現在の我が国の理科の学習内容と照らし合わせて検討し、探究活動に必要な探究のスキルとして整理した。

その結果、探究のスキルとして新たに、以下に示す8つの上位スキルを設定した。

- (1) 観察する (2) 分類する (3) 測定する (4) 伝達する
(5) 推論する (6) 変数を制御する (7) データを解釈する (8) 仮説を立てる

また、それぞれの上位スキルのもとに合計35の下位スキルを設定した。

[キーワード]プロセス・スキルズ, 探究活動, 探究のスキル

1. はじめに

全米科学振興協会 (American Association for the Advancement of Science : AAAS) は、1963年に13の探究の要素的技法「プロセス・スキルズ」を習得することが探究能力の育成において重要であると提唱した¹⁾。平成20年に告示された中学校理科の指導要領においても、自然を探究する能力や態度の育成が求められている²⁾ことから、現在の理科教育においてもプロセス・スキルズの重要性は不易である。

吉山らは、“Science - a process approach commentary for teachers”³⁾に掲載されているプロセス・スキルズの定義をもとに小中学校の理科の教科書に掲載されている観察・実験の分析を行い、実験・観察の類型化を試みている^{4) 5)}。分析にあたっては、AAASが示した13のプロセス・スキルズの下位の項目57すべてについて、それぞれの観察・実験に含まれているかどうかを検討している。

吉山らの研究成果の問題点は、現在の我が国の理科教育の中では、扱われていなかったり判別が難しかったりする下位項目についても原典に忠実に分析を行っているため、実際の理科授業への

適用を試みた場合に現状にそぐわない点が生じることである。

2. 研究の目的

本研究では、“Science - a process approach commentary for teachers”⁶⁾に掲載されているプロセス・スキルズの定義をもとにしつつも、小中学校での理科指導の経験を反映させ、我が国の理科教育の実際に即した、実用性のある探究のスキルの精選を行うことである。

3. 研究の方法

1) 教科書に掲載されている全観察・実験等に含まれるプロセス・スキルズの分析

A社の小中学校理科の教科書に掲載されている観察・実験の分析にあたって、まず物理・化学・生物・地学（以下、「領域」と記述）の観察・実験等について番号を割り当てるとともに、領域ごとの観察・実験等の数を数えた。

次に、教科書に掲載されている全ての観察・実験等のそれぞれについて、個々の下位プロセスを含んでいるか否かを検討し、下位プロセスが含まれていれば1、含まれていなければ0として集計

した。なお、下位プロセスの有無の判断にあたっては、観察・実験等に記載がなされているかどうかだけでなく、教科書会社の指導書も参考にして、中学校の理科の学習の範疇において、その下位プロセスが潜在的に含まれる余地があるかどうかも検討した。つまり、教師の指導・支援の工夫次第で、観察・実験等の中に、それらの下位プロセスが盛り込める可能性がある場合も「含まれている」とした。

2) プロセス・スキルズの含有率の算出

小中学校の理科の教科書に記載されている全ての観察・実験等のうち、57項目の下位プロセスのそれぞれが、いくつの観察・実験等で取りあげられているのか、その数を数え全観察・実験等の数に対する比率を求め、これをプロセス含有率とした。

3) プロセス・スキルズの項目の統合・削除・追加

プロセス・スキルズの13の上位プロセスについて、そこに含まれる下位プロセスの内容と照らし合わせて検討し、類似するものや活動が重複すると考えられる上位プロセスを統合した。

それぞれの下位プロセスについては、含有率の低いものを中心に現在の日本の理科の学習における必要性を検討し、削除あるいは他の項目との統合をした。

その他、必要に応じてプロセス・スキルズの下位プロセスでは扱われていないが必要と考えるものについては項目の追加も行った。

4) 設定した探究のスキルによる教科書分析

プロセス・スキルズをもとに設定した探究のスキルを用いて、B社の小中学校の教科書を分析した。その過程で明らかになった改善点など、今後の探究のスキルの改善に役立てることにした。

4. 結果と考察

1) プロセス・スキルズの含有率

小学校109, 中学校60の全観察・実験等について、プロセス含有率を算出した。プロセス含有率が少ない項目を中心に、プロセス含有率をスキル精選の際の検討材料とした(表1)。

表1 小中を通して含有率が5%以下の下位プロセス

	含有率
1. 観察する	
1-1 五感の少なくとも4つ以上を用いて物や状況の性質を見分けたり名付たりできる	0.00
2. 時空の関係を用いる	
2-3 物体の影からその物体の立体的な形をあきらかにすることができる	0.05
2-6 回転する車輪の円周上のあるポイントの線速度を測定するための規則を述べ、適用できる	0.00
2-7 相対運動を示すためにベクトルを用いることができる	0.04
4. 数を使う	
4-3 二つの数の和を数直線上の名付けた点で命名することができる	0.03
5. 測定する	
5-2 何回かの測定値から導かれた、物理量を計算する方法を適用することができる	0.03
5-3 正確さ (accuracy) と精密さ (precision) の違いを識別することができる	0.01
7. 予測する	
7-3 いろいろな予測を、自分の確信の程度によって順位づけることができる	0.02
8. 推論する	
8-3 かわりの結論をテストするのに必要な新しい観察事項を示し、実施してみることができる	0.02
8-4 その推論を受け入れるべきか、否定すべきか新たな観察を根拠として修正するべきかを見極めることができる	0.02
10. データを解釈する	
10-3 平均値、中央値、分布の範囲、度数分布を用いて、データの種類を明らかにし、この情報から推論、予測、仮説などを構成することができる	0.00
10-4 線形・非線形の関係を区別することができる	0.03
10-5 グラフの傾斜によって与えられる情報を説明できる	0.04
10-6 線形関係のグラフの傾斜を発見するためのルールを採用することができる	0.01
10-7 3次元グラフのある点の座標を命名できる	0.00
10-8 与えられた三つの数から、立体的なグラフを作成できる	0.00
12. 操作的に定義する	
12-1 同じ物について、操作的定義と非操作的定義の違いを識別することができる	0.01

これらの下位プロセスの内容について検討を通して、2つの傾向があることがわかった。1つ目は、必要なスキルではあるが下位プロセスを説明する文言に制約がありチェックがつかないもの。2つ目は現在の日本の理科の学習の中では扱っていないものである。

1つ目の例としては「1-1 五感のうち少なくとも4つ以上を用いて物や状況を見分けたり名付けたりできる」が挙げられる。観察は多くの活動で取り入れられてはいるものの、五感のうち4つ以上を使用することがないため、小中を通して1つもチェックがつかず含有率が0%となっている。しかし、五感のうち4つ以上という制約を解消し、物のようすや性質を見とることに主眼を置くように文言を変更すれば、対応する観察・実験は大幅に増加すると考えられる。

2つ目の例としては「2-6 回転する車輪の円周上のあるポイントの線速度を測定するための規則を述べ、適用できる。」が挙げられる。現在の小学校や中学校では回転運動における速度について扱う単元はなく、含有率は0%となっている。仮に小学校5年生の振り子の学習や中学校3年生の位置エネルギーの学習に当てはめたとしても応用を超えた飛躍した解釈となってしまうであろう。

2) 項目の統合と削除

プロセス・スキルズの13の上位プロセスとそこに含まれる下位プロセスの内容を検討し統合や削除を行った(図1)。結果として探究のスキルでは8つの上位スキルを設定した。

プロセス・スキルズの「2. 時空の関係をを用いる」については、三次元の物体の位置関係や形状の認識についてのスキルが含まれており、観察の観点として扱うことができる。よって「1. 観察する」と統合した。

「12. 操作的に定義をする」については、操作的定義をするための観点を明らかにすることなど、分類の観点を見つけることと類似した内容で

あったため「3. 分類する」と統合した。

「4. 数を使う」については、測定の活動の中で必然的に使用する内容であったため、「5. 測定する」と統合した。

「7. 予測する」と「8. 推論する」についてはどちらも思考に関連するスキルであり、類似する部分があることから1つにまとめた。その際、帰納・演繹・仮説形成の3つの思考のタイプに整理できるように下位スキルを新たに設定し直すことにした。

「13. 実験する」に関しては、例えば「13-1 制御されるべき変数は何かを明らかにし、必要に応じて操作的定義を作成し、仮説の検証を計画し実施し、仮説を検証するデータを集め、解釈することができる。また、仮説は支持されたかどうか書かれている実験レポートを書くことができる。」といったように、すべてのスキルを総合した下位プロセスとなっている。よって他のスキルと重複する部分が多く、煩雑になるため削除した。

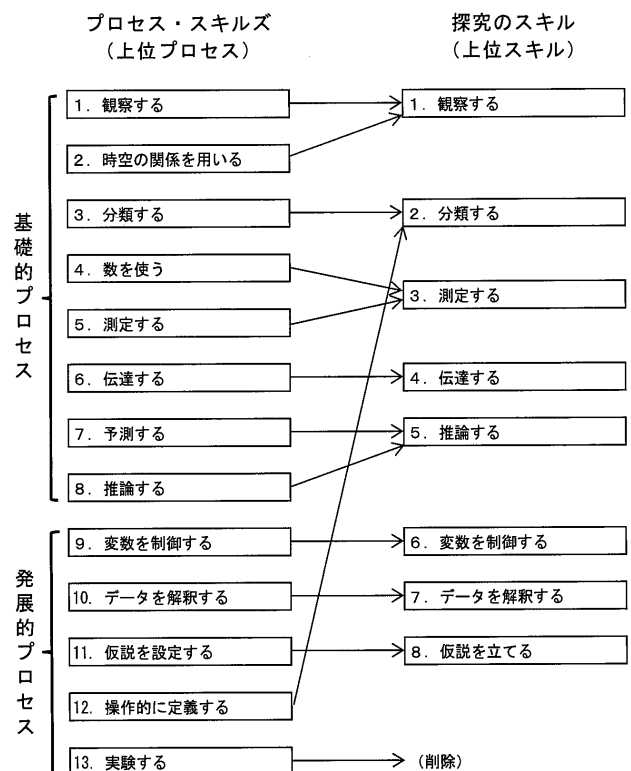


図1 プロセス・スキルズの上位プロセスの統合

表2 新たに設定した探究のスキル

以上からプロセス・スキルズをもとに探究のスキルの上位スキルと下位スキルを設定した(表2)。

3) 教科書分析を通じた探究のスキルの検討

設定した探究のスキルをもとに、小中学校の理科の教科書分析を行った。その過程で、次のような課題が新たに明らかになってきた。

1つ目は新たに設定した探究のスキルにおいても使用頻度が少ないものがあったことである。2つ目は観点の焦点化がまだ不十分な下位スキルがあることである。3つ目は「8. 仮説を立てる」に該当する部分が少ないことである。

特に「8. 仮説を立てる」については、探究活動の中でも重要な活動である。仮説を立てて検証する一連の探究の過程は、他のスキルを横断して成立するとも考えられた。仮説の設定と検証をどのスキルと関連させ、その要素を盛り込むかについては、今後の大きな検討項目である。

5. おわりに

誰にでも活用できる探究のスキルの設定を念頭にスキルの精選を行ってきた。今後も教科書分析や指導の計画を立てる際に、活用できるものとなるよう改善を継続する予定である。

文献

- 1) Commission on Science Education of American Association for the Advancement of Science (eds.): "Science - a process approach commentary for teachers", pp. 122-131, AAAS/XEROX Corporation, 1963.
- 2) 文部科学省: 「中学校学習指導要領解説理科編(平成20年9月)」, p4, 大日本図書, 2008.
- 3) 前掲1)
- 4) 吉山泰樹・小林辰至: 「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化—中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について—」, pp. 107 - 119, 理科教育学研究, Vol. 52, No. 1, 2011.
- 5) 吉山泰樹・小松武史・稲田結美・小林辰至: 「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化(2) — 小学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について—」, pp. 179 - 189, 理科教育学研究, Vol. 52, No. 3, 2012.
- 6) 前掲1)

1. 観察する

- 1-1 五感を通して得た物のようすや性質等を記録したり説明したりする
- 1-2 観察したことを数値を用いて記録する
- 1-3 観察した事象の変化のようすや特徴を文章にしたり説明したりする
- 1-4 観察した事象を立体や平面の図に描く
- 1-5 事物の線対称・面対称を見分ける
- 1-6 事象を空間的に捉え平面的に記録したり、平面的に記載されたものを空間的に認識する
- 1-7 物体に働く力の分力・合力をベクトルで表す

2. 分類する

- 2-1 分類する基準を決めて識別する
- 2-2 事象を階層的に分類する基準を見つけて識別する
- 2-3 分類する異なる基準を見つけて識別する
- 2-4 観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義を行う

3. 測定する

- 3-1 測定の目的に応じて適切な計測器を使用する
- 3-2 〇最小目盛りに着目して正確に測定する(数値を読み取る)
- 3-3 〇測定値から物理量を計算で求める〇およその測定値を見積もる
- 3-4 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を認識する

4. 伝達する

- 4-1 他人がそれを特定できるように、事物の特徴を詳細に説明する
- 4-2 他人に事物の変化がわかるように、詳細に説明する
- 4-3 相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する
- 4-4 観察・実験結果などを表で表す
- 4-5 測定値を目的に適したグラフで示す
- 4-6 目に見えない事象や変化、考察の結果などをモデルであらわす

5. 推論する

- 5-1 観察による事柄(出来事、事象、データetc.)から、ひとつあるいはいくつかの予測できる性質や法則を導く
- 5-2 いくつかの観察から(出来事、事象、データetc.)、根拠を明らかに(本質的な因果関係を推論し)、帰納的に性質や法則を導く(結論として一般の原理を導く)
- 5-3 一般の原理にかかわる他の事象(小前提)をもとに演繹的な推論の結果として、一般の原理と事象を結びつける結論を導く

6. 変数を制御する

- 6-1 自然の事象の変化に影響を及ぼす可能性のある変数に気付く
- 6-2 実験における独立変数と従属変数を見分ける
- 6-3 従属変数について、独立変数を変化させるとどのように変化していくかについて予想する

7. データを解釈する

- 7-1 表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取れることを文章で表す
- 7-2 測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を説明できる
- 7-3 グラフから事象の変化の傾向を説明したり今後の変化を予測できる

8. 仮説を立てる

- 8-1 推論(仮説形成的推論・帰納的推論・演繹的推論)の結果として、仮説を設定する
- 8-2 推論や仮説の根拠となる観察事項を明確にすることができる
- 8-3 推論したことや仮説の検証の計画を立てることができる
- 8-4 仮説の検証(実験の計画・実施)に基づいて、仮説を支持・不支持を明らかにして、仮説を修正する
- 8-5 かわりの推論や仮説、新たな疑問を設定できる

小中学校の理科の観察・実験内容に即した探究のスキルについての一考察（2）

—平成20年度告示新学習指導要領に準拠した小学校教科書の分析—

The Study of Process Skills for Science Education of Japan(2)

吉田 裕* 長谷川直紀* 関根幸子* 田代直幸** 稲田結美* 小林辰至*

YOSHIDA, Yutaka* HASEGAWA, Naoki* SEKINE, Yukiko* TASHIRO, Naoyuki** INADA, Yumi*

KOBAYASHI Tatsushi*

上越教育大学大学院*, 国立教育政策研究所**

Joetsu University of Education* National Institute Educational Policy Research**

【要約】本研究では、B社の中学校の理科の教科書に掲載されている必修の全ての観察・実験等を対象として、それらに含まれるプロセス・スキルズをもとに新たに作成した「探究のスキル」の項目の傾向から、観察・実験等を類型化することを目的としてクラスター分析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。掲載されている観察・実験等は、それぞれに含まれるプロセス・スキルズの項目の傾向によって、以下の5つの群に類型化された。

- ・第2クラスター：事象の変化・性質・構造等を調べ記載を行う観察・実験群
- ・第3クラスター：事象の性質や変化等を観察し共通性や規則性を定性的にとらえ解釈する観察・実験群
- ・第1クラスター：事象の形態や変化等の特徴の観察と記載を行う観察・実験群
- ・第4クラスター：事象の性質や変化等を観察し共通性や規則性を定量的にとらえ解釈する観察・実験群
- ・第5クラスター：独立変数を制御し、従属変数の変化をとらえ解釈する観察・実験群

【キーワード】小学校理科，プロセス・スキルズ，観察，実験

1 はじめに

1960年代のアメリカ合衆国でおきた、スプートニク・ショックを背景に、全米科学振興協会(American Association for the Advancement of Science: AAAS)は、13の探究の要素的技法「プロセス・スキルズ」を習得することが探究能力の育成において重要であると提唱した。この現代化運動は、今日の小学校・中学校学習指導要領—理科編—においても影響を与えている。

吉山ら(2011)は、中学校の理科の教科書に掲載されている必修の全ての観察・実験等(生徒実験)を対象として、それらに含まれるプロセス・スキルズの項目の傾向から類型化することを目的としてクラスター分析を行い5つの群に類型化している。さらに、小学校の理科の教科書に掲載されている観察・実験等についても同様の分析を行い4つの群に類型化している。

しかし、吉山らの研究では、現在の我が国の理科教育の中では、扱われていない下位項目についても原典に忠実に分析を行っているため、各クラスターに分類された観察・実験の中には、その類型の特徴にそぐわなものが含まれるなどの問題点が生じた。

この問題点を解決するためには、現在の我が国の理科教育の内容に沿った、新たな「プロセス・スキルズ」の検討を行い、改めて小中学校の理科の観察・実験の内容を分析し、我が国の理科教育の実際に即した、実用性のある探究のスキルの精選を行うことが必要である。

2 目的

本研究では小学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について、新たに開発した「探究のスキル」の観点から類型化することを目的とした。

3 方法

(1) 分析の対象とした小学校理科教科書について

全国で広く使用されている、平成22年に出版された文部科学省検定済のB社の小学校理科の教科書に掲載されている必修の全ての観察・実験等を分析の対象とした。

(2) プロセス・スキルズの分析と改訂

本研究では、プロセス・スキルズの習得を目標とした学習の教師用ガイドブックである“Science - a process approach commentary for teachers”に掲載されているプロセス・スキルズの定義をも

とに分析を行った。しかし、これらが定義された内容は、現代の小中学校での理科教育の内容には含まれていないものが多く見られた。

そこで、吉山ら(2011)の実践をもとにプロセス・スキルの内容を取捨選択し、項目数を13項目から8項目に厳選した新たな「探究のスキル」を作成した。

この新たな探究のスキルには、「観察する」、「分類する」、「測定する」、「伝達する」、「推論する」、「変数を制御する」、「データを解釈する」、「仮説を設定する」の8項目が存在する。厳選と改訂により下位スキル数も57項目から35項目となった。

なお、上位スキル及び下位スキルにおける記載順には、順位制や学習の流れ等の意味は含まない。

(3) 観察・実験等に含まれるプロセス・スキルの分析

分析にあたり、教科書に掲載されている全ての観察・実験等のそれぞれについて、個々の下位スキルを含んでいるか否かを検討し、下位スキルが含まれていれば1,含まれていなければ0として集計した。

なお、下位スキルの有無の判断にあたっては、現場での実践経験を基に、教科書の観察・実験等における記載内容だけでなく、理科の学習において、その下位スキルを用いて学習が展開できるかどうかという観点で検討した。つまり、教師の指導・支援の工夫により、観察・実験等の中に、それらの下位スキルが盛り込める可能性がある場合も「含まれている」とした。

(4) クラスタ分析

内容の印象から受ける先入観にとらわれずに、観察・実験等がもつ探究的な特徴を見出す必要性から、全観察・実験等の全ての下位スキルの得点(含まれていれば1,含まれていなければ0)を独立変数として、Ward法による階層クラスタ分析を行い、プロセス・スキルの傾向によって全観察・実験等をいくつかの群に分けることを試みた。各データの距離の算出には平方ユークリッド距離を使用し、全観察・実験等をいくつかのクラスタに分けた。

(5) 分析データの差の検討

それぞれのクラスタにおいて、どの領域の観察・実験等の占める割合が多いかを検討するために、クラスタを独立変数、領域(物理・化学・生物・地学)を従属変数として、 χ^2 検定及び残差分析を行った。¹²⁾

4 結果

(1) クラスタ分析と差の検討

階層クラスタ分析を行った結果、クラスタの結合距離10を境として、解釈の可能性から5つのクラスタを得た。分析によって得られたデンドログラムの概略図を図1に示す。図1のそれぞれのクラスタ間のクラスタ結合距離を見ると、第1クラスタと第4クラスタが最も近く、それよりもやや遠い位置に第2クラスタと第3クラスタが別の群として存在しており、もっとも結合距離が遠い位置に第5クラスタが存在している。なおこの結果に従い、以降は第2クラスタ、第3クラスタ、第1クラスタ、第3クラスタ、第5クラスタの順に述べる。

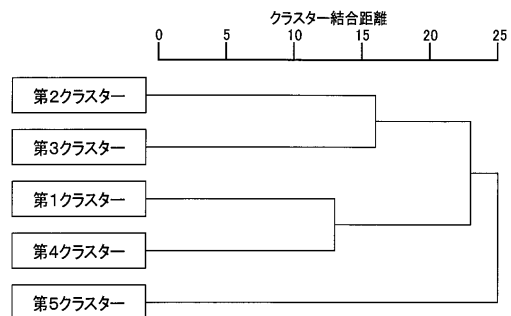


図1 各クラスタの関係を示したデンドログラムの概略図

まず、各クラスタに属する観察・実験等を表1に示す。各クラスタに属する観察・実験等の数は、第2クラスタでは36、第3クラスタは36、第1クラスタは21、第4クラスタは20、第5クラスタは17であった。

次に、クラスタごとに各領域の観察・実験等の数の割合の差を比較した(表2)。 χ^2 検定の結果、クラスタごとの各領域に含まれる観察・実験等の数の割合の偏りは有意であった($\chi^2=63.93$, $df=12$, $p<.001$)。また、第2クラスタでは物理分野が占める割合が優位に高いことが示された。第3クラスタでは、定性的に検証する観察・実験が多く、化学、地学分野が占める割合が優位に高い事が示された。第1クラスタは野外観察・採集活動が中心となっており、残差分析の結果からも、生物の観察・実験等の占める割合が他の領域の観察・実験等の占める割合よりも有意に高く、他の分野の観察・実験等の占める割合は有意に低いことが示された。第4クラスタでは定量的に検証する実験が多く、化学分野が占める割合が優位に高いことが示された。第5クラスタは変数

を制御する実験が多く、物理の実験・観察の占める割合が他の領域の観察・実験等の占める割合よりも優位に高いことが示された(表2)。

さらに、クラスターごとに各学年の観察・実験等の数の割合の差を比較した(表3)。 χ^2 検定の結果、クラスターごとの各学年に含まれる観察・

表1 各クラスターに含まれる観察・実験等のタイトル

クラスター番号	実験番号	観察・実験のタイトル
1	30	くきが、じしゃくになっているか調べる
	127	電熱線に電流を流し、発熱のようすを調べる
	28	じしゃくのどの部分が鉄を引きつけるか調べる
	29	じしゃくは、どのようなときに引きつけ合うか調べる
	115	月や太陽の表面のようすを調べる
	4	かげを調べる
	6	日なたと日かげをくらべる
	22	虫めがねで日光を集める
	100	ものが燃えた後の変化を調べる
	26	電気を通すものを調べる
	126	水溶液を、リトマス紙を使ってなまけま分けする
	99	酸素虫で、ものを燃やす
2	105	血液が流れるようすを調べる
	16	生きものすみかを調べる
	129	手回し発電機を使って、電流をつくる
	130	コンデンサーに、電流をためる
	85	花のつくりを調べる
	86	おしべとめしべのようすを調べる
	9	植物のからだのつくりをかんざつする
	77	種子の中のつくりを調べる
	117	しまもようのようすを調べる
	80	メダカの受精卵が育っていくようすを観察する
	81	水の中の小さな生物を調べる
	65	うでが曲がるようすを調べる
3	14	せい虫のからだのつくりを調べる
	64	うでや手のつくりを調べる
	120	火山のふん火について調べる
	121	地震について調べる
	92	人のたんじょうについて調べる
	42	乾電池の十極と一極を入れかえて、モーターの回る向きをたしかめる
	84	台風が進みかたやそのひきを調べる
	46	光電池自動車を作る
	89	天気の変化のきまりを調べる
	82	電磁石のはたらきを調べる
	43	2このかん電池を使って、自動車を走らさせる
	110	食べ物による生物通しの関係を調べる
4	122	4つの水溶液を蒸発させてみる
	124	4つの水溶液が金属をとかすかどうか調べる
	118	水のはたらきで層ができるようすを調べる
	98	燃えた後のびんの中を調べる
	102	空気が入れかわるようすにする...
	19	日光の進みかたとあたたかさを調べる
	20	日光を1つのまどに集める
	123	炭酸水から出るあわを調べる
	125	水溶液からとけているものを取り出す
	96	水溶液にとけている食塩やミョウバンをとり出す
	40	つつにとじこめた空気を調べる
	56	水じょう気をつかまえる
55	水のゆくえを調べる	
5	107	植物の中の水の通り道を調べる
	114	朝の月の形の見えかたと太陽の関係を調べる
	116	月の形が変わって見えるようすを、ボールを使って確かめる
	78	種子の中の養分を調べる
	90	地面を流れる水のはたらきを調べる
	88	雲のようすについて調べ、これからの天気を予想する
	27	じしゃくにつくものせきがす
	104	だ液のはたらきを調べる
	112	実験用てこを使って、おもりがうでをかたむけるはたらきを調べる
	71	熱した水の動きかたを調べる
	72	空気のあたたまりかたを調べる
	69	金ぞくのあたたまりかたを調べる
70	水のあたたまりかたを調べる	
60	温度による水の体積の変化を調べる	
62	温度による金ぞくの体積の変化を調べる	
51	星の動きを調べる	
52	午後の月の動きを調べる	
50	朝見える月の動きを調べる	
5	かげの動きと太陽の動きを調べる	
66	冬の星の動きを調べる	
61	水の体積のわずかな変化を調べる	
63	金ぞくの体積のわずかな変化を調べる	
31	身近なものの重さをくらべる(てんびん)	

クラスター番号	実験番号	観察・実験のタイトル
1	54	植物の育ちかたを調べる
	68	生きものようすを調べる
	36	生きものようすを調べる
	48	生きものようすを調べる
	53	気温や生きものようすを調べる
	67	気温や植物のようすを調べる
	37	植物の育ちかたを調べる
	49	植物の育ちかたを調べる
	10	モンシロチョウのたまごをさがす
	119	身近な地層を調べる
	1	学校や学校のまわりの生きものを調べる
	91	川の水のはたらきを調べる
2	17	こん虫のからだのつくりを調べる
	12	よう虫の育ちかたを調べる
	13	さなぎを調べる
	2	めばえのようすをかんざつする
	11	たまごやよう虫を調べる
	3	育ちかたを調べる
	15	育ちかたを調べる
	18	植物のようすを調べる
	8	育ちかたを調べる
	35	気温の変化を調べる
	47	気温をはかり、春の記録とくらべる
	3	45
93		食塩やミョウバンは水にどれくらいとけるか調べる
109		植物と空気との関係について調べる
7		日なたと日かげの地面の温度をくらべる
32		身近なものの重さをくらべる(はかり)
101		二酸化炭素の性質を確かめる
44		電流の強さをくらべる
73		ふりこを作り、ふりが1往復する時間を調べる
38		1日の気温の変化を調べる
39		天気による気温の変化を調べる
57		水を熱したときの温度を調べる
58		水がこぼるようすを調べる
33	ものの形をかえて重さをはかる	
41	同じ体積のもの重さをはかる	
103	注し器にとじこめた空気や水をおす	
4	21	日かげの水をあたためる
	59	温度による空気の体積の変化を調べる
	75	種子が発芽する条件を調べる-①(水)
	79	インゲン豆が成長する条件を調べる
	76	種子が発芽する条件を調べる-②(空気、温度)
	106	葉に日光が当たると、でんぷんがつかられるか調べる
	108	水が葉から出ていくか調べる
	87	花粉のはたらきを調べる
	111	棒をどのように使ったら、重いものを楽に持ち上げられるか調べる
	97	とかす前ととかした後の水溶液の重さを調べる
	94	水の量を増やして、食塩やミョウバンが水にどれくらいとけるか調べる
	95	水の温度を上げて、食塩やミョウバンが水にどれくらいとけるか調べる
24	風の強さをかえて、どのくらい重さのものを持ち上げられるか調べる	
25	わゴムののびの長さや数をかえて自動車の走りかたをしらべる	
23	風の強さをかえて風車の回りかたを調べる	
74	条件を変えて、ふりが1往復する時間を調べる	
128	太さのちがう電熱線に電流を流す	
83	電流の強さやコイルのまき数を換え、電磁石の力を比べる	
113	どのようなときに、てこが水平につり合うか調べる	

実験等の数の割合の偏りは有意であった

($\chi^2=42.74$, $df=12$, $p<.001$)。第1クラスターは残差分析の結果から、3年生の観察・実験等の占める割合が他学年の観察・実験等の占める割合よりも有意に低いことが示された。第4クラスターは、4年生の観察・実験等の占める割合が他学年の観察・実験等の占める割合よりも有意に高いことが示された。このことから4年生の観察・実験において、測定等により定量的に検証する実験・観察が多いことが示された。第5クラスターは、5年生の観察・実験等の占める割合が他学年の観察・実験等の占める割合よりも有意に高いことが示された。5年生に求められる問題解決能力として、条件制御の能力が示されており、観察・

実験において、変数を扱う内容が多いことが示された(図3)。

表2 クラスタと領域による観察・実験等の数のクロス表

クラスター番号		領域			
		物理	化学	生物	地学
2	度数	12	5	11	8
	(期待度数)	(7.8)	(9.4)	(11.6)	(7.2)
	調整済み残差	2.0	-2.0	-3	.4
3	度数	4	17	3	12
	(期待度数)	(7.8)	(9.4)	(11.6)	(7.2)
	調整済み残差	-1.8	3.4	-3.6	2.4
1	度数	0	0	18	3
	(期待度数)	(4.5)	(5.5)	(6.8)	(4.2)
	調整済み残差	-2.6	-3.0	5.7	-7
4	度数	4	9	4	3
	(期待度数)	(4.3)	(5.2)	(6.5)	(4.0)
	調整済み残差	-0.2	2.1	-1.3	-6
5	度数	8	3	6	0
	(期待度数)	(3.7)	(4.4)	(5.5)	(3.4)
	調整済み残差	2.7	-9	.3	-2.2
合計	度数	28	34	42	26

太字は $p < .05$

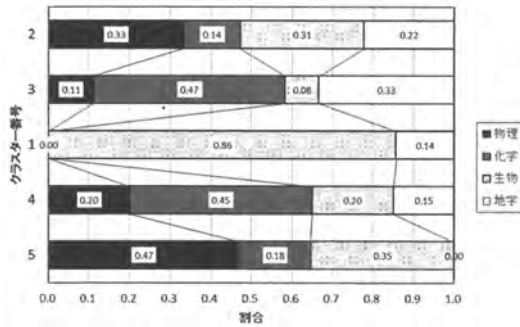


図2 クラスタごとの領域の観察・実験等の数の割合

5 考察

新たに作成した「探究のスキル」によって、5つに分けられたクラスターが内包するスキルの傾向と特徴をまとめてみると(表4), それぞれのクラスターによって傾向と特徴が大きく異なることが分かった。

各実験・観察における傾向と特徴を新たに示したことで、各実験・観察の評価が具体的になり、指導において重点を置くべきポイントを明確に示すことができた。また、各学年において求められている問題解決の能力を育成するために配慮したり、重点を置いたりすべき観察・実験等を明らかにすることができた。今後は具体的な指導の在り方と効果について実践を通して検討していきたい。

表3 クラスタと学年による観察・実験等の数のクロス表

クラスター番号		学年			
		3	4	5	6
2	度数	10	5	9	12
	(期待度数)	(9.4)	(10.5)	(6.9)	(9.1)
	調整済み残差	.3	-2.4	1.0	1.3
3	度数	5	15	4	12
	(期待度数)	(9.4)	(10.5)	(6.9)	(9.1)
	調整済み残差	-2.0	1.9	-1.5	1.3
1	度数	11	8	1	1
	(期待度数)	(5.5)	(6.1)	(4.0)	(5.3)
	調整済み残差	3.0	1.0	-1.8	-2.4
4	度数	5	10	2	3
	(期待度数)	(5.2)	(5.8)	(3.8)	(5.1)
	調整済み残差	-1	2.2	-1.1	-1.2
5	度数	3	0	9	5
	(期待度数)	(4.4)	(5.0)	(3.3)	(4.3)
	調整済み残差	-9	-2.8	3.8	.4
合計	度数	34	38	25	33

太字は $p < .05$

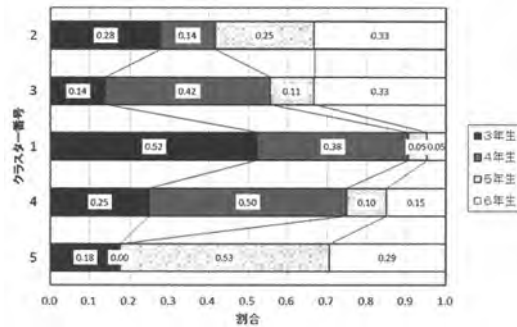


図3 クラスタごとの学年の観察・実験等の数の割合

表4 各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴

クラスター名	各クラスターの特徴
第2クラスター	事象の変化・性質・構造等を調べ記載を行う観察・実験群
第3クラスター	事象の性質や変化等を観察し共通性や規則性を定性的にとらえ解釈する観察・実験群
第1クラスター	事象の形態や変化等の特徴の観察と記載を行う観察・実験群
第4クラスター	事象の性質や変化等を観察し共通性や規則性を定量的にとらえ解釈する観察・実験群
第5クラスター	独立変数を制御し、従属変数の変化をとらえ解釈する観察・実験群

参考文献

- 1) 吉山泰樹・小林辰至「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化—中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について—」理科教育学研究, Vol.52, No.1, 2011.
- 2) 吉山泰樹・小松武史・稲田結美・小林辰至「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化(2)—中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について—」理科教育学研究, Vol.52, No.3, 2012.

小中学校の理科の観察・実験内容に即した探究のスキルについての一考察（3）

—平成20年度告示新学習指導要領に準拠した中学校教科書の分析—

The Study of Process Skills for Science Education of Japan(3)

関根幸子* 長谷川直紀* 吉田 裕* 田代直幸** 稲田結美* 小林辰至*

SEKINE, Yukiko* HASEGAWA, Naoki* YOSHIDA, Yutaka* TASHIRO, Naoyuki**

INADA, Yumi* KOBAYASHI, Tatsushi*

上越教育大学大学院*, 国立教育政策研究所**

Joetsu University of Education* National Institute Educational Policy Research**

[要約]

本研究では、A社の中学校の理科の教科書に掲載されている必修の全ての観察・実験等(生徒実験)を対象として、それらに含まれる新しく開発した「探究のスキル」の項目の傾向から、観察・実験等を類型化することを目的としてクラスター分析を行った。その結果、掲載されている観察・実験等は、それぞれに含まれる探究のスキルの項目の傾向によって、以下の6つの群に類型化された。

- ・第1クラスター：因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性等を見いだす観察・実験群
- ・第2クラスター：1つのまたは複数の変数に関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群
- ・第6クラスター：因果関係を有する事象について、定式化された複雑な操作を通して規則性を見いだす観察・実験群
- ・第3クラスター：因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し、帰納的に一般化する観察・実験群
- ・第4クラスター：事象の変化や構造等の観察と記載を行う観察・実験群
- ・第5クラスター：定量的なデータをもとに仮説検証を行い、因果関係を有する単純な事象の変化を帰納的に一般化する観察・実験群

[キーワード] 探究のスキル, 中学校理科, プロセス・スキルズ, 教科書分析

1 はじめに

1960年代のアメリカ合衆国では、スプートニク・ショックを大きな引き金として、科学教育の現代化運動がおこり、探究能力育成の重要性が強く主張された。そして、1963年に全米科学振興協会(American Association for the Advancement of Science: AAAS)は、13の探究の要素的技法「プロセス・スキルズ」を習得することが探究能力の育成において重要であると提唱した¹⁾。

我が国も科学教育の現代化運動の影響を受けた。1969年に告示された中学校学習指導要領理科には、「自然の事物・現象の中に問題を見いだし、それを探究する過程を通して科学の方法を習得させ、創造的な能力を育てる」²⁾と

記されており、それから約40年後の2008年に告示された中学校学習指導要領解説・理科編においても、「生徒が自ら問題を見いだし解決する観察・実験などを一層重視し、自然を探究する能力や態度」³⁾の育成の重要性が述べられている。このように、現在においても探究能力の育成は、我が国の理科教育において重要な課題として位置づけられている。それにもかかわらず「教師自身も効果的な探究能力育成を行っていないと感じている⁴⁾」という問題を抱えている。

探究能力育成のための指導法は、これまでに数多くの検討がなされているものの、これらの指導法や工夫や改善に関する研究では、取り上げた観察・実験において、どのような探究能力、

つまりプロセス・スキルズを育成するののかという観点での分析と説明が不十分であると考えられる。そこで、吉山らは中学校で取り上げられている全ての観察・実験等についてプロセス・スキルズをもとに検討し、中学生が筋道立てて科学的に考える思考が不得意であったり、教員自身が効果的な探究能力を育成できていないと感じていたりする原因はどこにあるのであろうかと研究をすすめてきた⁵⁾。

しかしながら、吉山らが研究の基にしたAAASの提唱するプロセス・スキルズは科学の高度な研究に必要なスキルが多く示されており、日本の小中学校の発達段階では必要とされていないスキルが複数見られる。また、それは段階的に示されており、その一部分を欠いて日本の小中学校における理科での探究能力の育成を論じることは難しい。

このことから、現代の日本の理科教育の内容に沿った探究のスキルを提案し、中学校の理科教科書に取り上げられている全ての観察・実験等について、どのような探究のスキルが含まれているかを分析・分類しておくことが課題である。これによって、より明確に観察・実験等が類型化されることが期待できる。

2 目的

本研究では、中学校理科教科書に掲載されている必修の観察・実験等(生徒実験)のそれぞれが、新たに開発した「探究のスキル」をどの程度含んでいるのかという観点から分析し、観察・実験等を類型化することを目的とした。

3 研究の方法

(1) 分析の対象とした中学校理科教科書について

分析対象は、平成20年度告示新学習指導要領に準拠した文部科学省検定済のA社の中学校理科の教科書に掲載されている必修のすべての観察・実験等である。

(2) 探究の要素的技法であるスキルの分析に当たって

本研究では、プロセス・スキルズの習得を目標とした学習の教師用ガイドブックである“Science - a process approach commentary for teachers”に掲載されているプロセス・スキルズの定義を参

考に、新しく開発した探究のスキルを基に分析を行った。

(3) 教科書に掲載されている全観察・実験等に含まれる探究のスキルの分析

A社の中学校理科の教科書に掲載されている観察・実験の分析に当たって、まず物理・化学・生物・地学(以下、「領域」と記述)の観察・実験等について番号を割り当てるとともに、領域ごとの観察・実験等の数を数えた。

次に、教科書に掲載されている全ての観察・実験等のそれぞれについて、個々の下位スキルを含んでいるか否かを検討し、下位スキルが含まれていれば1,含まれていなければ0として集計した。最後に、35項目の下位スキルのそれぞれが、中学校の理科の教科書に記載されている全ての観察・実験等のうちいくつかの観察・実験等で取りあげられているのか、その数を数えた。そして、それぞれの下位スキルを含む観察・実験等の数の全観察・実験等の数に対する比率を求め、これをスキル適用率とした。

(4) クラスタ分析

内容の印象から受ける先入観にとらわれずに、観察・実験等がもつ探究的な特徴を見出す必要性から、全観察・実験等の全ての下位スキルの得点(含まれていれば1,含まれていなければ0)を独立変数として、Ward法による階層クラスタ分析を行い、含まれるスキルの傾向によって全観察・実験等をいくつかの群に分けることを試みた。各データの距離の算出には平方ユークリッド距離を使用し、全観察・実験等をいくつかのクラスタに分けた。

次に、クラスタ同士の差を検討するため、それぞれのクラスタにおいて、各下位スキルを含む観察・実験等の数を、各クラスタの観察・実験等の総数で割った値を求めた。そして次に、どのクラスタにどのような領域の観察・実験等が多いのかを知るために、クラスタごとに各領域の観察・実験等の占める割合を求めた。

(5) 分析データの差の検討

それぞれのクラスタにおいて、どの領域の観察・実験等の占める割合が多いかを検討するために、クラスタを独立変数、領域(物理・化学・生物・地学)を従属変数として、 χ^2 検定及び残差分析を行った。

4 結果

(1) 物理・化学・生物・地学の観察・実験等の数

各観察・実験等には、学年順に教科書の物理・化学領域、生物・地学領域の掲載順に番号を割り当てた。次に、教科書に掲載されている観察・実験等の数を調べた結果、1学年で22、2学年で25、3学年で21、合計68の観察・実験等が掲載されていたことが明らかとなった。領域別にみると、物理では20、化学では21、生物では14、地学では13の観察・実験等がみられた。

(2) 探究のスキルの集計

観察・実験等に含まれた下位スキルの適用率を図1に示す。「観察する」の下位スキルでは、「1_1.五感を通して得た物のようすや性質等を記録したり説明したりする」のスキル適用率は0.44、「1_2.観察したことを数値を用いて記録する」のスキル適用率は0.10、「1_3.観察した事象の変化のようすや特徴を文章にしたり説明したりする」のスキル適用率は0.56、「1_4.観察した事象を立体や平面の図に描く」のスキル適用率は0.31、「1_5.事象の線対称・面对称を見分ける」のスキル適用率は0.15、「1_6.事象を空間的に捉え平面的に記録したり、平面的に記録したり、平面的に記録されたものを空間的に認識する」のスキル適用率は0.19、「1_7.物体に働く力の分力・合力をベクトルで表す」のスキル適用率は0.06であった。

その他の全ての下位スキルのスキル含有率は、上記の例のように、グラフと共に数値で図1に示す。

(3) クラスタ分析と差の検討

階層クラスタ分析を行った結果、クラスタの結合距離9を境として、解釈の可能性から6つのクラスタを得た。

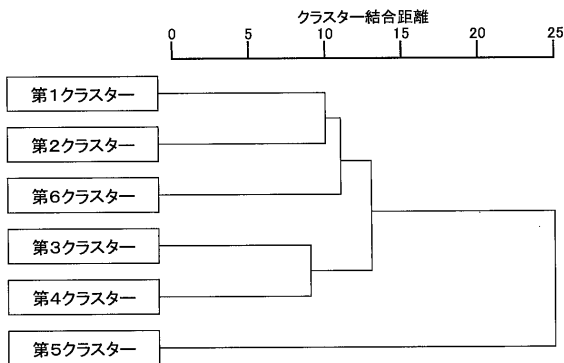


図2 各クラスタの関係を示したデンドログラムの概略図

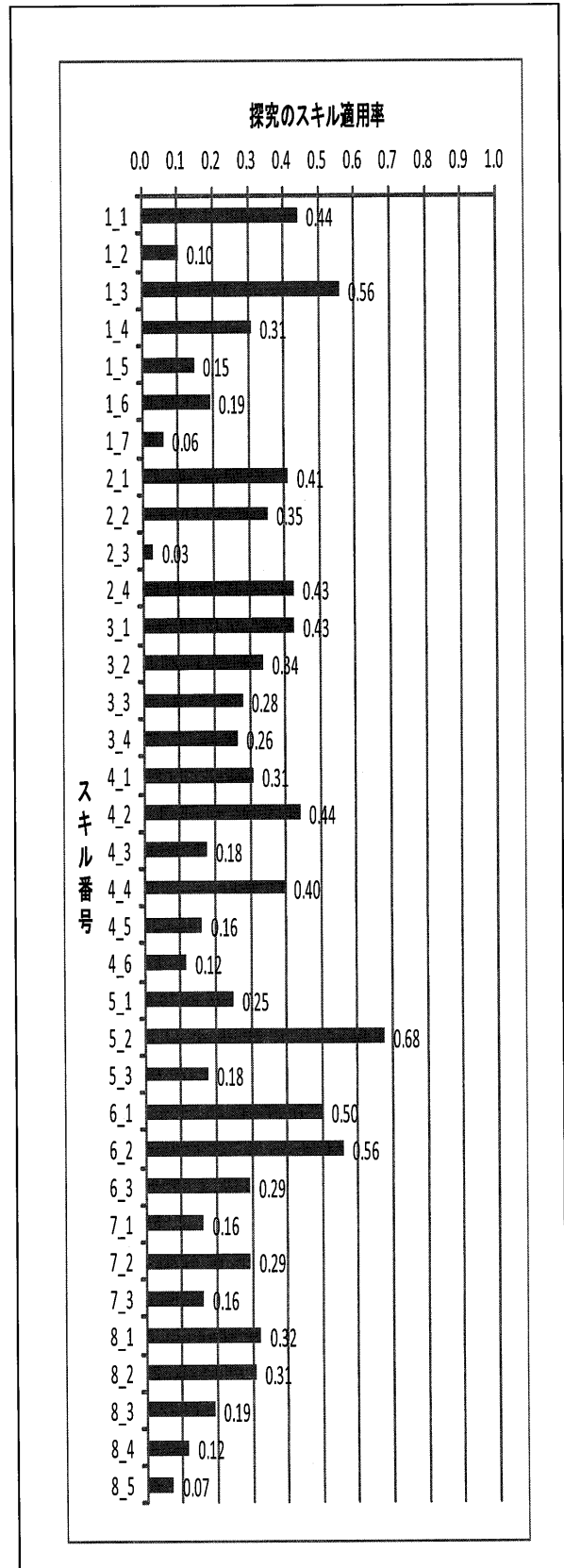


図1 各スキルにおけるスキル適用率

図 2 のそれぞれのクラスター間のクラスター結合距離を見ると、第 1 クラスターと第 2 クラスターの距離が近く、さらにそれらと近いものが第 6 クラスターであった。そして、第 1, 2, 6 クラスターと距離が遠いクラスターとして、第 3, 第 4 クラスターが得られた。また、第 5 クラスターは、他のどのクラスターとも区別された。全観

察・実験等がどのクラスターに属するのかを表 3 に示す。それぞれのクラスターに含まれる観察・実験の数は、第 1 クラスターは 12, 第 2 クラスターは 14, 第 6 クラスターは 6, 第 3 クラスターは 10, 第 4 クラスターは 10, 第 5 クラスター 12 であった。

表 3 各クラスターに含まれるすべての観察・実験等と一つの観察・実験におけるスキル含有率

クラスター番号	実験番号	学年	単元	観察・実験等のタイトル	分野	スキル含有率
1	193	3	地球と宇宙	月の位置と形の変化を観測しよう	地学	0.17
	194	3	地球と宇宙	金星の見え方と月の変化を観測しよう	地学	0.17
	192	3	地球と宇宙	太陽の表面のようすを調べよう	地学	0.29
	182	2	動物の世界	だ液のはたらきを調べよう	生物	0.29
	169	3	化学変化とイオン	酸性やアルカリ性の水溶液に電圧をかけてみよう	化学	0.29
	162	3	運動とエネルギー	いろいろな方向の2力の合力を調べよう	物理	0.31
	184	2	動物の世界	刺激と反応の関係を調べよう	生物	0.20
	190	3	生命のつながり	花粉の変化を調べよう	生物	0.20
	175	1	植物の世界	光合成は葉緑体で行われるのだろうか	生物	0.31
	191	3	生物どうしのつながり	土中の小さな生物のはたらきを調べよう	生物	0.20
	137	1	身のまわりの物質	水溶液から溶質を取り出そう	化学	0.49
	138	1	身のまわりの現象	光の反射のしかたを調べよう	物理	0.20
	139	1	身のまわりの現象	光の屈折のしかたを調べよう	物理	0.23
	158	2	電流とそのはたらき	コイルに電流を流して磁界ができるか調べよう	物理	0.23
	161	3	運動とエネルギー	1つの物体が受ける2力がつりあう条件を調べよう	物理	0.23
	177	1	変動する大地	地震のゆれの伝わり方から震央を調べよう	地学	0.20
	2	133	1	身のまわりの物質	状態変化の前後での体積や質量を調べよう	化学
195		3	地球と宇宙	透明半球で太陽の動きを調べよう	地学	0.26
134		1	身のまわりの物質	固体がとける温度や液体が沸く温度を調べよう	化学	0.31
159		2	電流とそのはたらき	磁界の中に置いたコイルに電流を流してみよう	物理	0.43
170		3	化学変化とイオン	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせてみよう	化学	0.31
149		2	化学変化と原子・分子	化学変化における温度の変化を調べよう	化学	0.23
187		2	天気とその変化	空気を急激に膨張させてみよう	地学	0.31
196		3	地球と宇宙	季節による星座の移り変わりを確かめよう	地学	0.11
197		3	地球と宇宙	昼の長さや太陽の南中高度の関係を調べよう	地学	0.20
198		3	自然・科学技術と人間	大気の汚れぐあいを調べよう	生物	0.17
185		2	動物の世界	ヒトの反応時間を調べよう	生物	0.14
188		2	天気とその変化	気象観測をしよう	地学	0.09
132		1	身のまわりの物質	1円硬貨の密度から物質名をつきとめよう	化学	0.26
186		2	天気とその変化	空気を冷やして露点を調べよう	地学	0.34
6	135	1	身のまわりの物質	水とエタノールの混合物からエタノールを取り出そう	化学	0.57
	145	2	化学変化と原子・分子	炭酸水素ナトリウムを加熱してみよう	化学	0.46
	150	2	化学変化と原子・分子	化学変化の前後の物質の質量を調べよう	化学	0.37
	160	2	電流とそのはたらき	コイルと磁石を使って電流を流せるか調べよう	物理	0.51
	144	2	化学変化と原子・分子	水を電気で分解してみよう	化学	0.43
	148	2	化学変化と原子・分子	酸化銅から銅を取り出してみよう	化学	0.34
3	146	2	化学変化と原子・分子	鉄と硫黄が結びつくか調べてみよう	化学	0.29
	168	3	化学変化とイオン	酸性やアルカリ性の水溶液の性質を調べよう	化学	0.26
	136	1	身のまわりの物質	酸素と二酸化炭素を発生させて、その性質を調べよう	化学	0.23
	157	2	電流とそのはたらき	静電気の性質を調べよう	物理	0.20
	167	3	化学変化とイオン	塩化銅水溶液に電流を流したときの変化を調べよう	化学	0.20
	141	1	身のまわりの現象	音の大小や高低と音源の振動との関係を調べよう	物理	0.31
	131	1	身のまわりの物質	物質を加熱したときの変化のようすで分けてみよう	化学	0.23
	171	3	化学変化とイオン	さまざまな水溶液と電極を用いて電池になる条件を調べよう	化学	0.20
	166	3	化学変化とイオン	水溶液に電流が流れるか調べよう	化学	0.20
	147	2	化学変化と原子・分子	スチールウール(鉄)を燃やしたときにできる物質を調べよう	化学	0.34
4	174	1	植物の世界	葉のつくりを調べよう	生物	0.26
	178	1	変動する大地	安山岩と花こう岩のつくりを調べよう	地学	0.31
	189	3	生命のつながり	根の細胞のようすを調べよう	生物	0.23
	180	1	変動する大地	地層のつくりや重なりを調べよう	地学	0.34
	173	1	植物の世界	根や茎のつくりを調べよう	生物	0.31
	179	1	変動する大地	堆積岩の特徴を調べよう	地学	0.26
	176	1	植物の世界	シダ植物のからだのつくりを調べよう	生物	0.17
	183	2	動物の世界	血液の流れるようすを観察しよう	生物	0.11
	172	1	植物の世界	いろいろな花のつくりを調べよう	生物	0.26
	181	2	動物の世界	細胞のつくりを観察しよう	生物	0.26
5	156	2	電流とそのはたらき	電熱線の発熱のようすを調べよう	物理	0.37
	165	3	運動とエネルギー	位置エネルギーの大きさを調べよう	物理	0.37
	155	2	電流とそのはたらき	電圧と電流の関係を調べよう	物理	0.37
	142	1	身のまわりの現象	ばねにおもりをつるして伸びを調べよう	物理	0.34
	151	2	化学変化と原子・分子	金属を加熱したときの質量の変化を調べよう	化学	0.40
	163	3	運動とエネルギー	斜面を下る台車と運動と力の関係を調べよう	物理	0.46
	152	2	電流とそのはたらき	回路を流れる電流の大きさを調べよう	物理	0.23
	153	2	電流とそのはたらき	直列回路と並列回路の電流の大きさを調べよう	物理	0.31
	143	1	身のまわりの現象	直方体のレンガでスポンジのへこみ方を調べよう	物理	0.31
	164	3	運動とエネルギー	道具を使ったときの仕事を調べよう	物理	0.31
	140	1	身のまわりの現象	凸レンズによってできる像を調べよう	物理	0.43
	154	2	電流とそのはたらき	豆電球の直列回路と並列回路の電圧を調べよう	物理	0.46

表4 クラスタと各領域による観察・実験等の数のクロス表

		領域			
		物理	化学	生物	地学
1	度数	1	2	5	4
	(期待度数)	(4.7)	(4.9)	(3.3)	(3.1)
2	調整済み残差	.2	-1.8	1.2	.7
	度数	1	5	2	6
6	(期待度数)	(4.1)	(4.3)	(2.9)	(2.7)
	調整済み残差	-2.1	.4	-.7	2.5
3	度数	1	5	0	0
	(期待度数)	(1.8)	(1.9)	(1.2)	(1.1)
4	調整済み残差	-.7	2.9	-1.3	-1.2
	度数	2	8	0	0
5	(期待度数)	(2.9)	(3.1)	(2.1)	(1.9)
	調整済み残差	-.7	3.6	-1.7	-1.7
合計	度数	0	0	7	3
	(期待度数)	(2.9)	(3.1)	(2.1)	(1.9)
調整済み残差		-2.2	-2.3	4.2	.9
	度数	11	1	0	0
調整済み残差		(3.5)	(3.7)	(2.5)	(2.3)
		5.2	-1.9	-1.9	-1.9
合計		28	34	42	26

太字は $p<.05$

次に、クラスターごとの各領域の観察・実験等の数の割合の差を比較した(表4)。 χ^2 検定の結果、クラスターごとの各領域に含まれる観察・実験等の数の割合の隔たりは有意であった($\chi^2=71.01$, $df=15$, $p<.00$)。また、残差分析の結果、第2クラスターでは、地学の観察・実験等の占める割合が他の領域の観察・実験等の占める割合よりも有意に多いことがわかった。同様に第3、6クラスターでは化学の領域に、第4クラスターでは生物の領域に、第5クラスターでは物理の領域の観察・実験等の占める割合が他の領域の観察・実験等の占める割合よりも有意に多いことがわかった。第1クラスターでは、領域による割合の有意な差は認められなかった。

5 考察

(1) 全ての観察・実験等に含まれる探究のスキルの傾向

A社の中学校理科の教科書に掲載されている全観察・実験等の探究のスキル適用率の中央値を求めたところ、0.29であった。その中央値を基準にして、各観察・実験等に含まれる探究のスキルの含有率が中央値より大きいか否かを検討した。その結果、もっともスキル適用率が多かった上位スキルは、「6. 変数を制御する」で0.50であった。中学校で行う観察・実験等の半数でこのスキルを活用することを示している。続いて多かった

順に「2. 分類する」が0.38、「3. 測定する」が0.31であった。もっともスキル適用率が少なかった上位スキルは「7. データを解釈する」で0.16であった。主に物理の領域における観察・実験等に含まれており、その観察・実験等では具体的に数値データを扱い、グラフや計算の処理を行っている。これは、中学校の学習段階では、変数を制御するものの具体的に数値を処理する学習が少ないことを示している。次いで少なかった順に「1. 観察する」「8. 仮説を立てる」が0.19であった。

(2) スキル含有率にもとづく観察・実験等の類型化

クラスター分析の結果をもとに6つのクラスターに所属する個々の観察・実験等がもつスキル含有率の傾向から、それぞれのクラスターの傾向が明らかになった。各クラスターに分類される観察・実験等とそれに含まれる探究のスキルの傾向から、吉山らの研究⁶⁾によって類型化されたクラスターと類似していることがわかった。対応するクラスターは、同様の名称をつけた。しかしながら、クラスター分析の結果、クラスターは6つに分かれ、吉山らの研究に対応しない第2クラスターと第6クラスターについて傾向を明らかにする。

第2クラスターは「変数を制御する」、「測定する」に高いスキル含有率を示す。「変数を制御する」の下位スキルのいずれかを有する観察・実験等は全14のうち10あり、「変数を制御する」のどの下位スキルも有さない残りの4の観察・実験等については、「測定する」に高いスキル含有率を示した。また、このクラスターに属する観察・実験等は「推論する」という上位スキルを必ず有している。このことから、1つまたは複数の変数を測定したり、制御したりする学習過程を通して、既習の知識から帰納的または演繹的に思考し規則性を見いだす探究活動を行うことができると考えられる。

第6クラスターは他のクラスターに比べ、クラスターに含まれるどの観察・実験についてもスキル含有率が高い。しかも、第6クラスター全体では全ての上位スキルを適用し、特に「分類する」、「推論する」、「仮説を立てる」に高い値を示している。「仮説を立てる」では、クラスターに含まれるすべての観察・実験等で下位スキル「8-1」、

表5 各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴

クラスター名	各クラスターの解説
第1クラスター	: 因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性を見いだす観察・実験群
第2クラスター	: 1つのまたは複数の変数に関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群
第6クラスター	: 因果関係を有する事象について、定式化された複雑な操作を通して規則性を見いだす観察・実験群
第3クラスター	: 因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し、帰納的に一般化する観察・実験群
第4クラスター	: 事象の変化や構造等の観察と記載を行う観察・実験群
第5クラスター	: 定量的なデータをもとに仮説検証を行い、因果関係を有する単純な事象の変化を帰納的に一般化する観察・実験群

「8-2」, 「8-3」, 「8-4」を含む。また, 「推論する」の下位スキル「5-1」もクラスターに含まれるすべての観察・実験等で含まれていた。これは, その観察・実験等を学習するにあたって, 既習の知識を活用し, 仮説を立てて検証する探究活動を行うことが容易であると考えられる。

6つの群の特徴をまとめてみると(表5), それぞれの群によって探究のスキルの傾向が大きく異なることが明らかとなった。以上のように, A社の中学校理科の教科書に掲載されている観察・実験等は, 探究のスキルの含有率によって6つに類型化できること, つまり, それぞれの観察・実験等によって育成しやすい探究のスキルに違いがあることが定量的に実証できた。

6 おわりに

本研究において, 探究のスキルの傾向によって観察・実験等は6つに分類され, それぞれで育成できる探究能力が異なることが明らかとなった。今後は, 育成する探究能力を明確にした上で, 探究的に観察・実験等を行った場合の学習効果を検討していきたい。

引用・参考文献

- 1) Commission on Science Education of American Association for the Advancement of Science (eds.), *“Science - a process approach commentary for teachers”*, pp.122-131, 1966, AAAS/XEROX Corporation.
- 2) 文部省: 「中学校指導書 理科編 (昭和45年5月)」, p.10, 1970.

- 3) 文部科学省: 「中学校学習指導要領 (平成20年7月) 解説 -理科編-」, p.7, 2008.
- 4) 今田利弘・小林辰至: 「中学校理科教員のプロセス・スキルズ育成に関する指導の実態」, 理科教育学研究, Vol.45, No.2, pp.1-8, 2004.
- 5) 吉山泰彦・小林辰志: 「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化」, 理科教育学研究, Vol.52, No.1, pp.107-119, 2011.
- 6) 前掲5)

日 本 理 科 教 育 学 会
北陸支部大会 (2012)
研究発表要旨集

Proceeding of Hokuriku Branch of
Society of Japan Science Teaching(2012)

開催日 2012年(平成24年)12月1日(土)
会 場 新潟大学教育学部

主催 日本理科教育学会北陸支部
共催 新潟大学教育学部
後援 新潟県教育委員会
新潟市教育委員会

力および放射における逆2乗則を学習する教材の開発

○長谷川 敦司^A, 吉木 優充^B, 小林 辰至^A
HASEGAWA Atsushi, YOSHIKI Masamitsu, KOBAYASHI Tatsushi
上越教育大学^A, 上越教育大学大学院^B
【キーワード】 逆2乗則, 力, 放射, 教材開発

1 問題の所在と目的

理科教員の教育において、自然現象の説明に定性的な説明から数式を用いた定量的な解釈へと理解を深めることは重要である。また、数学への関心が仮説設定における能力に影響を与えるという報告もある。¹⁾ 数学と科学的思考力には相関があると考え、コアサイエンスティーチャー (CST) 育成プログラム受講者に、関数と物理の関連性を意識しながら学習できる、逆2乗則についての教材開発を行い、試行的な授業を行った。

2 教材開発

逆2乗則を題材として開発された教材は少ない。米国科学博物館には、光の放射に関する逆2乗則を視覚的に体感できる装置が展示されている。²⁾ しかしながら、力についての逆2乗則を取り入れた教材の開発は行われていない。我々は、光の放射、磁場の放射、磁力についての逆2乗則を測定できる装置の開発を行った。図1は開発した装置である。場の発生部は、水銀灯とネオジウム磁石の2種類、検出部はフォトディテクター、ガウスメーター、フォースゲージの3種類に交換可能としている。これにより、放射、力の逆2乗則の計測が可能である。

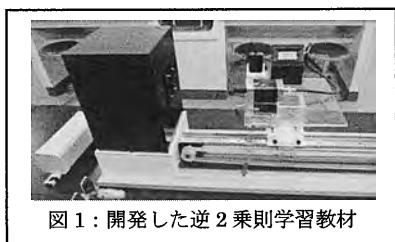


図1：開発した逆2乗則学習教材

3 授業

開発した教材を用いて CST 育成プログラム受講者と修士課程の学生 12 名に対して授業を行った。流れとしては、実験、結果のまとめ、考察、講義の順に進めた。最初に光強度の減衰についての実験を行い、測定結果を理論値と合わせることで、関数との意識付けを行った。図2に学生が作成した実験結果と理論曲線を示す。続いて類似の現象の推測

として磁場についての実験、結果のまとめを行った。その後、放射における逆2乗則が成り立つ理由についての考察を行うために、視覚的な光の放射実験を行い、理由の説明を行った。最後に力についての逆2乗則を磁力についての実験で示し、力と放射の逆2乗則についての違いを説明した。

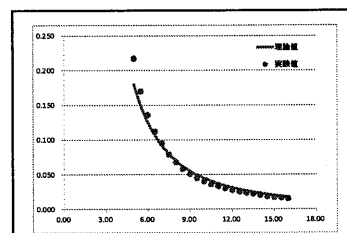


図2：受講生の実験結果

4 考察

受講生のノートは授業後、一旦回収し、コピーを取った後返却し、記載内容を確認した。ノートにあった感想には以下のような記載があった。

- ・実験結果を数式で表す過程は理解できた。
- ・物理(理科)に数学は重要であるという認識はできた。
- ・実験装置と実験は印象に残った。

これらを見ると実験と教材についての印象は強かったようである。また、数式を使うことにより、定量的な解釈を行うことで、深い物理現象の理解が可能となることは実感できたと思われる。

5 まとめ

逆2乗則についての教材を作成し、授業を行った結果、物理現象の説明には数学が必要であると実感させることができた。しかしながら、受講生の中には学校現場では理科に数式による説明は必要とは思われないなどの感想も見受けられ、授業方法に一層の工夫が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 荒井妙子、永益泰彦、小林辰至「自然事象から変数を抽出する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル」理科教育学研究, Vol.49, No.2, pp-11-18, 2008.
- 2) <http://exs.exploratorium.edu/exhibits/inverse-square-law/>

日本科学教育学会

研究会研究報告

2013年6月29日

上越教育大学

日本科学教育学会

中学校理科教科書に掲載された観察・実験等の問いの類型化とその探究的特徴 Classifying Questions for Observation and Experiment in Science Textbooks of Lower Secondary School and Their Character for Inquiring

○関根 幸子*, 長谷川直紀**, 田代 直幸**, 五島 政一**, 稲田 結美****, 小林 辰至****
SEKINE Yukiko*, HASEGAWA Naoki**, TASHIRO Naoyuki**, GOTO Masakazu**,
INADA Yumi****, KOBAYASHI Tatsushi****

*長岡市立南中学校, **胎内市立中条中学校, ***国立教育政策研究所, ****上越教育大学
* Minami Lower Secondary School, Nagaoka, ** Nakajo Lower Secondary School, Tainai
*** National Institute for Educational Policy Research of Japan,
**** Joetsu University of Education

[要約] 本研究は、理科における探究能力育成を目指して、Process skills をもとに新しく設定した 31 項目の「探究の技能」の観点で類型化した観察・実験等の特徴と、授業における問いかけとの間に関連性が認められるかどうかについて検討を行った。その結果、各類型の観察・実験等における探究的な特徴と、授業における問いかけとは強い関連性が認められた。

[キーワード] 探究, 中学校理科, 観察・実験, 問いかけ

1. はじめに

本研究は、我が国の理科授業における探究能力育成について再考したことに始まる。探究能力の育成のためには、育むべき探究能力を明確化すると同時に、授業展開に関する研究が必要である。この二つの研究が両輪となって、生徒の探究能力は育成されると考える。長谷川ら (2012) は育むべき探究能力について Process skills をもとに精選統合し、新しく 31 項目の「探究の技能」を提案している。

中山ら (2011) は、「問題解決」や「探究」の過程の始まりは、「問い」を具体的に定義することである。」と述べ、授業の始発となる問いかけに着目した研究を行っている。そして、中学校理科教科書に書かれている問いの特徴を明らかにするために中学校理科の教科書に記述されている問いを類型化し、その出現件数を報告している (野村ら, 2012; 山本ら 2012)。「問い」の類型化にあたっては、教科書に記載のあるすべての単元の見出しや文中、図中の文字や脚注など問いかけとみなしたのもも分析の対象とするなど、幅広く捉えている。中山らの小・中学校理科教科書に記載された「問い」の分析は、「問題解決」や「探

究」の過程における「問い」の在り方を浮き彫りにする上で意義深いものがある。

他方、筆者らは前述した「探究の技能」の観点で、小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の分析を行い、AからFの特徴をもったクラスターに類型化し、それぞれの探究的特徴を明らかにした。本研究では、「問題解決」や「探究」の過程に直接的に関わる「問い」に焦点化して分析を行い、類型化した観察・実験等の探究的特徴との関係を検討することとした。その際、中山らの問いの類型化を参考にしつつ、本研究では、探究の途中段階に示される「観察の視点」を問いかけの形式にした記述は、分析対象から除外し、探究の始まりに直接つながるような「問い」のみを分析対象とした。さらに、「～しよう」といった目標形式の記述も、探究の始まりとなる「問い」と見なせるため、分析対象とする「問い」に新たに 加えることとした。

2. 目的

本研究では、中学校の理科教科書の観察・実験等に関する記述の問いかけ方について分析を行い、クラスター分析によって得られた各類型の探究的な特徴が、問いかけによる分類においてもク

ラスターとの関連性が認められるかどうかについて検討する。

3. 研究の方法

(1) 研究対象

平成 20 年度告知学習指導要領に準拠して作成された 3 社 (X 社, Y 社, Z 社) の中学校用文部科学省検定済の理科の教科書を対象とした。

(2) 教科書に記載されている全観察・実験等における問いかけの抽出

観察・実験等の直前に記載されている観察・実

験等の動機付けとして活動につながる問いを「問いかけ」と定義し、その記述を抜粋した。

(3) 分類の基準について

1) 一次分類の方法

英語文法の 5W1H にしたがって 1 次分類の基準を表 1 のように設定した。

2) 二次分類の方法

一次分類の結果、「どのように+動詞」、「どのような+名詞」、「呼びかけ」には、さらに詳細に分類することが「問いかけ」の質を反映すると考

表 1 観察・実験等の活動につながる問いの「問いかけ」に関する一次分類の基準

一次分類	抽出した問いかけの中の分析対象 (例)
はい・いいえ (yes/no)	できるだろうか, つくられるのだろうか, 決まっているのだろうか
どのように (how) + 動詞	どう, どうなる, どのように, どのようにして
どのような (how/what) + 名詞	どのようなこと, どのような, どんな, 何か
どこ (where)	どこで, どの部分で
どの・どちらの (which)	※中学校教科書では該当なし
何 (what)	何に, 何が, 何だろう
なぜ (why)	なぜ, どうして, なぜだろう
いつ (when)	※中学校教科書では該当なし
どうしたら (would 手段)	どうしたら, どのようにして, どのようにすれば
どれくらいか (how 量)	どのくらい, 何℃だろうか
呼びかけ	まとめよう, 調べよう, 調べてみよう, 考えよう, 確認しよう, 観察してみよう, 観察しよう, 取り出してみよう, 予想してみよう, 観測してみよう
その他	問いが見あたらない観察・実験

表 2 複数の内容を含有する一次分類での「問いかけ」に関する二次分類の基準

1 次分類で抽出した疑問詞に続く単語等		二次分類
どのように (how) + 動詞	表す, 調べる, 記録する, 区別する, かかわる, 伝える, 決まる	手段
	なる, 動く, 変わる, 変化する, 広がる, 消化させる, 進む, 流れる, 違う, 感じる, 加わる, 屈折する	変化・状態
	上記 2 つに該当しない単語	その他 ※観察・実験一覧では, その他 (動) と表記する。
どのような (how/what) + 名詞	性質, 変化, はたらき, 物質, つくり, こと, 特徴, もの	性質
	関係, きまり, 条件, しくみ, ちがひ, 規則性	法則
	方法, 歴史, 磁界, 力, 所, 運動 他, 上記 2 つに該当しない単語	その他 ※観察・実験一覧では, その他 (名) と表記する。
呼びかけ	操作しよう, 操作をしよう, 求めよう	操作
	調べよう, 調べてみよう, 考えよう	考察

えたため、基準を表2のように設定した。

4. 結果

一次分類、二次分類の結果、3社の教科書に掲載されている「問いかけ」は、表3のように分類できた。そして、各教科書の記載のあるすべての観察・実験等における問いかけを、長谷川らが提案する「探究の技能」で類型化されたクラスターに分類し、X社、Y社、Z社を合わせて集計を行った。結果を図1に示す。

5. 考察

(1) 中学校理科教科書における傾向

表3から、いずれの教科書でも問いかけは、「はい・いいえ」「どのように+動詞」「どのような+名詞」に大別される。「はい・いいえ」は、肯定か否定かで答える二者択一的な問いかけであるが、観察・実験の視点が明確であり、授業ではその問いの結果から、理由や根拠について考察が行われる。したがって、上記3つの問いかけの形式は、観察・実験等の結果の考察を通して、きまりや法則、仕組みを見いだすことを求めている。このような過程を通して、問題解決の能力としての「分析・解釈」する力を育成できると考える。

(2) 観察・実験の各クラスターにおける探究的な特徴と「問いかけ」

長谷川らが提案する「探究の技能」により類型化されたA～Fのクラスターごとに、クラスターにおける探究的な特徴と「問いかけ」の傾向について述べる。

1) Aクラスター「因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し、帰納的に一般化する観察・実験群」

Aクラスターの観察・実験の問いかけの形式は、「～は、どのような+名詞（性質）があるだろうか。」に代表される。

観察・実験等の対象となる事物・現象は、定性的であり、事物・現象の形や色等の変化を記録し、共通点を見いだして一般化を行う授業が行われる。したがって、問いかけが求める結論は、事物・現象の色や形等の変化である。しかしながら、この結論は、観察や実験の結果から、因果関係を的

確にとらえた分析と考察を経なければ得られない。つまり、この問いかけだけで、観察・実験の結果の考察までを導くことはできない。問いかけの後に、結果の分析の方法や考察の際の視点など、生徒が考えるために必要な足場かけを適宜補うことが大切である。

「酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液」を例にあげて、具体的に述べる。この実験では、リトマス試験紙やBTB溶液の呈色反応に基づいて酸性・アルカリ性を定義し、水溶液の性質について実験を通して学ぶことを目的としている。水溶液の液性が、酸性なのか、アルカリ性なのかを判断するためには、リトマス紙試験紙やBTB溶液での変色反応、鉄や亜鉛等の金属との反応を利用して、酸性であればこのような性質がある、またはアルカリ性であればこのような性質がある、ということの特徴付けなければならない。しかしながら、「酸性の水溶液やアルカリ性の水溶液には、どのような性質があるのだろうか。」とあるように、問いかけには、結果の分析の方法は明示されていない。したがって、問いかけの他に、生徒が実験の結果の分析方法等や、考察の視点を見いだしていけるように支援していくことが必要である。

2) Bクラスター「事象の変化や構造などの観察と記載を行う観察・実験群」

Bクラスターの問いかけの形式は、「～は、どのような+名詞（性質）になっているだろうか。」に代表される。観察・実験等の対象は、事物・現象そのものであり、観察・実験等を通して、事物・現象のありのままを捉える。したがって、問いかけは、事象の形や色などの様子を細かく捉えられるように、観察する視点を明確にして問いかける必要がある。

「根と茎のつくり」を例にあげて、具体的に述べる。この観察では、複数の植物の根の全体的な形と染色された茎の断面の観察を通して、根や茎のつくりとはたらき、そして、植物の分類基準について学習する。そのためには、問いかけの対象の何に着目してありのままの様子等を観察するのかを明確にしなければ、適切な観察は行われな

表3 教科書別分類された「問いかけ」の数

1次分類		数			2次分類	数		
		X社	Y社	Z社		X社	Y社	Z社
はい・いいえ	yes/no	12	11	11				
どのように+動詞	how+動詞	20	14	16	手段	2	1	8
					変化・状態	18	13	8
					その他	0	0	0
どのような+名詞	how/what+名詞	32	21	26	性質	16	13	12
					法則	12	8	8
					その他	4	0	6
どこ	where	1	0	1				
どの・どちらの	which	0	0	0				
何	what	3	4	5				
なぜ	why	0	1	3				
いつ	when	0	0	0				
どうしたら	would 手段	2	2	2				
どれくらいか	how 量	0	2	0				
呼びかけ	呼びかけ	6	14	5	操作	2	6	0
					考察	4	8	5
その他	その他	4	0	4				
合計		80	69	73				

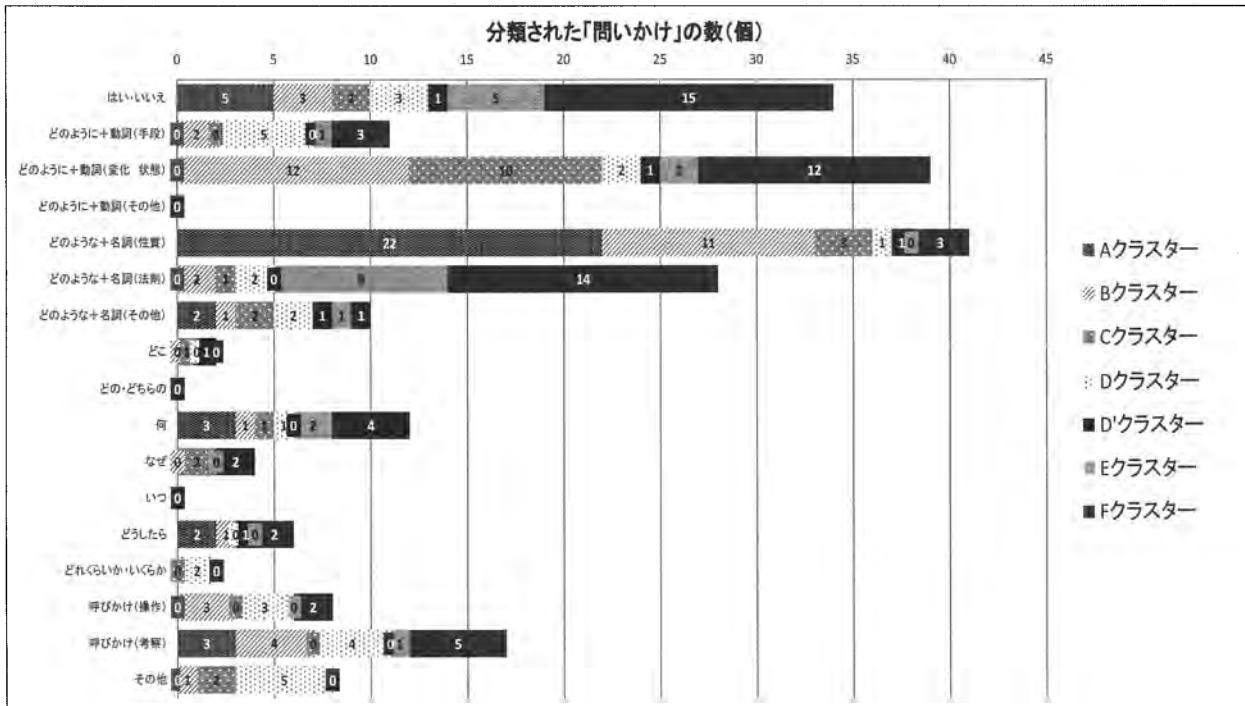


図1 クラスタにおける分類された「問いかけ」の数

い。「水を吸い上げる茎や根のつくりは、どのようになっているのだろうか。」にもあるように、水を吸い上げる場所で、そのつくりはどのようであるかと、視点を明らかにしている。したがって、問いかけには、「何の何は、(どのような～)」と対象の観察の視点を示す言葉を含むことが大切である。

3) Cクラスター「因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性を見いだす観察・実験群」

Cクラスターの問いかけの形式は、「～は、どのように+動詞(変化する)だろうか。」「～は、どのような+名詞(性質)があるだろうか。」に代表される。観察・実験等の対象は、定性的な現象であり、問いかけが求めている結論は、自然の仕組みや振る舞いの規則性である。ところが、このような問いかけは、何に注目して規則性を記述したらよいか、はっきりしないところがある。したがって、問いかけの前後に、注目すべき視点を明確に示す必要がある。

「月の形と位置」を例にあげて、具体的に述べる。月の観察は、観察する観点が、色や形なのか、動きなのかによって、学ぶことが異なる。また、観察する時間も、一回だけの観察なのか、連続した観察なのか、定時における一定期間の観察なのかによって、得られる結論は異なる。この観察の問いかけを見てみると、「毎日、同じ時刻に月を観察すると、月の見える位置や形が変化する。日によって月の見える位置や形はどのように変化するだろうか。」とあるように、核心となる問いかけの前に、毎日、同じ時刻で月の見える位置と形について観察することが明確に示されている。このように問いかけの中の前後には、時間や場所、回数等、注目する視点を的確に示すことが大切である。

4) Dクラスター「1つまたは複数の変数に関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群」

Dクラスターの問いかけの形式は、「～は、どのように+動詞(手段)いるのだろうか。」「～

(調査)してみよう。(呼びかけ・操作)」に代表される。観察・実験等の対象は、定性的な側面と定量的な側面の両面をもっている。「どのようにしたらよいか」という表現があるため、手段を求められているように受け取れるが、この問いかけの求める結論は、あくまでも自然の仕組みや振る舞いの規則性である。この問いかけは、事物・事象の性質を導くための手段までも問いかけているため、生徒は、どのように観察や実験をおこなったらよいか問いただけではわからないことがある。したがって、問いかけの後に、実験方法の視点を示す必要がある。その際には、生徒たちと既習の学習を振り返りながら、実験の方法を明確にしていく方法も有効である。

「地層のつくりや重なりを調べよう」を例に、具体的に述べる。問いかけは、「地層や地形から、過去のどのようなことがわかるだろうか」とあるが、地層をみる観点は、層の広がり、層順および層の傾き、褶曲や断層の地殻変動、化石や堆積物からみる層の様相等、数多く存在する。そのため、漠然とした指示では、生徒は、地層の何をみてどう判断したらよいかかわからない。したがって、この問いかけの後は、観察・実験の観点や方法を確認する活動が必要である。

5) Eクラスター「因果関係を有する単純な事象について、仮説を設定して収集した定量的なデータに基づいて検証を行い、一般化する観察・実験群」

Eクラスターの問いかけの形式は、「～はできるだろうか。(はい・いいえ)」「～は、どのような+名詞(法則)があるだろうか。」に代表される。観察・実験等の対象は、定量的な現象であり、問いかけが求めている結論は、観察・実験等を通して法則を導くことである。しかも、その法則は、比例等の単純な規則性である。つまり、この問いかけは、観察・実験の観点が明確であり、実験で注目すべき独立変数と従属変数が問いかけの中に明示されている。さらに、この問いかけには、必然的に観察・実験で行う操作までも示唆されているため、仮説が含まれる。つまり、問いかけを

示す時点で、観察・実験のための観点や独立変数と従属変数が明確になっている上に、問いかけ自体が仮説の機能を持っている。

「ばねにおもりをつるして伸びを調べよう」を例にあげ、具体的に述べる。この問いかけ「ばねが受ける力と伸びの間には、どのような関係があるだろうか。」からも、ばねの伸びを従属変数、おもりを独立変数として、ばねの伸びのきまりを導くことが明らかである。このような問いかけだと、生徒は、観察や実験の方法を具体的に考えやすく、得られる結果をあらかじめ想定しやすい特徴がある。そのため、実験に関わる変数と実験方法を確実に押さえれば、補助的な問いかけ等は必要でない。

6) Fクラスター「因果関係を有する事象について、定式化された操作を通して仮説検証を行い、規則性等を見いだす観察・実験群」

Fクラスターの問いかけの形式は、「～は、どのように+動詞(変化する)だろうか。」、「～は、どのような+名詞(法則)があるだろうか。」、「どうしたら～できるだろうか。」に代表される。観察・実験等の対象は、定量的な現象であり、問いかけが求めている結論は、活動を通して法則や事象の定量的な性質を導くことである。この問いかけは、観察・実験の観点が明確であり、実験で注目すべき従属変数が問いかけの中に明示されているが、独立変数は見あたらない。そのため、どのような操作を行うのかということがあいまいになる。したがって、問いかけの後に、従属変数に影響を及ぼす可能性のある変数を明らかにしていく必要がある。

「浮力の大きさを調べよう」を例にあげ、具体的に述べる。この実験では、浮力の大きさに何が関係して、どのような規則性があるのかを導く。しかし、「浮力の大きさは何に関係するのだろうか。」と、問いかけが示すように、問いかけの中には、独立変数にあたるものが明示されていない。したがって、この問いかけの後は、生徒が独立変数を見つけだし、規則性を導き出せるように、データのまとめ方や誤差などの必要な足場かけ

を適宜補うことが大切である。

6. 今後の課題

以上のように、新しく設定した31項目の「探究の技能」の観点で類型化した観察・実験等の探究の特徴と観察・実験等における「問いかけ」には、強い関連性があることが示された。

このことから、それぞれの観察・実験等の探究的特徴に沿って、観察・実験に取り組みせる際の問いかけを工夫することによって、その観察・実験を通して育成できる探究の技能と評価の観点等が明確になることが示唆された。

今後は、中学校理科において日々の実践の中で無理なく探究能力育成を実現できる指導の在り方をより具体的に提案していきたい。そのためには、観察・実験等の探究的特徴をふまえた、それと密接に関連する「問いかけ」に工夫をこらした実践を構想し、その効果を検証して行くことが必要である。

引用・参考文献

- 長谷川直紀・吉田裕・関根幸子・田代直幸・稲田結美・小林辰至：「小・中学校理科における探究のスキルに関する一考察(1)」日本理科教育学会全国大会発表論文集(62), p. 346, 2012.
- 中山迅・野村法雄・猿田祐嗣：「中学校理科教科書の記述における「問い」の類型—物理領域に注目して—」日本理科教育学会全国大会論文集(61), p. 76, 2011.
- 野村法雄・山本恵理・中山迅・猿田祐嗣：「中学校理科教科書における問いの分析—物理領域と化学領域における問いの特徴と傾向—」宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要 第20号, pp. 169—183, 2012.
- 山本恵理・野村法雄・中山迅・猿田祐嗣：「中学校理科教科書における問いの分析—生物領域と地学領域における問いの特徴と傾向—」宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要 第20号, pp. 185—197, 2012.

小学校理科教科書に掲載された観察・実験等の問いの類型化とその探究的特徴
Classifying Questions for Observation and Experiment in Science Textbooks of
Elementary School and Their Characters for Inquiring

吉田 裕* 田代直幸** 五島政一** 稲田結美*** 小林辰至***

YOSHIDA, Yutaka *TASHIRO, Naoyuki** GOTO, Masakazu** INADA, Yumi***

KOBAYASHI Tatsushi***

十日町市立十日町中学校*, 国立教育政策研究所**, 上越教育大学大学院***

Tokamachi Lower Secondary School, Tokamachi*

National Institute for Educational Policy Research** Joetsu University of Education***

【要約】 本研究では、小学校理科教科書に掲載されている観察・実験等に関わる問いかけ方と、Process skills をもとに新しく設定した 31 項目の「探究の技能」の観点で類型化した観察・実験の探究的な特徴との間に関連性が認められるかどうかについて検討することを目的とした。その結果、各類型の観察・実験等における探究的な活動と、問いとの間には強い関連性が認められた。

[キーワード] 探究, 小学校理科, 観察・実験, 問いかけ

1. はじめに

理科教育の目標には、問題解決の能力や科学的なものの見方や考え方の育成が掲げられている。これらの能力の育成において、探究の技能の育成は重要な課題である。長谷川ら（2012）は小学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等を Process skills を基に新しく設定した 31 項目の「探究の技能」の観点でクラスター分析を行い、AからEの特徴をもった 5つのクラスターに分類している。

中山ら（2011）は、「問題解決」や「探究」の過程の始まりは、「問い」を具体的に定義することである。」と述べ、中学校理科教科書の「問い」の特徴を明らかにするために、教科書に記述されている「なぜ」、「どのように」等の問いを類型化し、その件数に領域や単元に傾向があるかどうかについて分析をおこなっている。さらに、猿田・中山（2011）は、小学校理科の教科書中に設定されている問いを 8つに類型し、その特徴を明らかにしている。「問い」の類型化にあたって中山らは、教科書に記載のあるすべての単元の見出しや文中、図中の文字や脚注など、問いかけとみなしたものも分析の対象とするなど、幅広く捉えている。中山らの小・中学校理科教科書に記載された「問い」の分析は、「問題解決」や「探究」の過程における「問い」の在り方を浮き彫りにする上で意義深

いものがある。

他方、筆者らは「探究の技能」の観点で、小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等を類型化し、それぞれの探究的特徴を明らかにした。本研究では、「問題解決」や「探究」の過程に直接的に関わる「問い」に焦点化して分析を行い、類型化した観察・実験等の探究的特徴との関連を検討することとした。その際、中山らの問いの類型化を参考にしつつ、本研究では、探究の途中段階に示される「観察の視点」を問いかけの形式にした記述は、分析対象から除外し、探究の始まりに直接つながるような「問い」のみを分析対象とした。加えて、「～しよう」といった目標形式の記述も、探究の始まりとなる「問い」と見なせるため、新たに分析対象とする「問い」とした。

2. 研究の目的

小学校理科教科書に掲載されている観察・実験等に関わる問いかけ方について分析を行うことを第一の目的とする。さらに、観察・実験等に関わる問いかけ方と観察・実験等の各類型の探究的な特徴との間に明確な関連性が認められるかどうかについて検討することを第二の目的とする。

3. 研究の方法

（1）研究対象

平成 20 年度告示学習指導要領に準拠して作成された、平成 22 年度出版の文部科学省検定済み小学校理科教科書(X社, Y社, Z社)を対象とした。教科書に掲載されている観察・実験等の前に記載されている疑問をもたせたり事象の変化に着目させたりする問いかけについて分析した。

(2) 教科書に記載されている全観察・実験等における問いかけの抽出

観察・実験等の直前に記載されている観察・実験等の動機付けとして活動につながる問いを「問いかけ」と定義し、その記述を抜粋した。

表 1 観察・実験等の活動につながる問いの「問いかけ」に関する一次分類の基準

一次分類	抽出した問いかけの中の分析対象(例)
はい・いいえ(yes/no)	できているのでしょうか、できるのでしょうか、できないのだろうか、おなじなのでしょうか、なるのだろうか、いるのでしょうか、するのだろうか、いくのだろうか、あるのだろうか、出てくるのだろうか、ちがうのでしょうか、あてはまるのでしょうか、見られるのでしょうか、変化するのでしょうか、とけるのでしょうか、必要なのでしょうか、取り出せるのだろうか
どのように(how)+動詞	どのように、どう
どのような(how/what)+名詞	どのような、どんな
どこ(when)	どこを、どこへ、どこが
どの・どちらの(which)	どれだろうか、どれでしょうか、どちらがわに
何(what)	何に、何を、何か、何が、何
なぜ(why)	なぜだろう、なぜでしょうか、どうしてだろうか
いつ(when)	※小学校教科書では該当なし
どうしたら(would 手段)	どうしたら、どのようにしたら、どうすれば
どれくらいか(how 量)	どのくらい、どれくらい
呼びかけ	確かめてみましょう、調べましょう、走らせてみましょう、なかま分けしてみましょう、観察しましょう、集めてみましょう、あたためてみましょう、つり合わせよう、つくろう、予想しよう、探そう、考えよう、見つけよう
その他	問いが見あたらない観察・実験

表 2 観察・実験等の活動につながる問いの「問いかけ」に関する二次分類の基準

1次分類で抽出した疑問詞に続く単語等		二次分類
どのように(how)+ 動詞	育つ、成長する、変わる・変える、変化する、なる、動く・動かす、あたたまる、進む、くらす、吸収する	変化・状態
	つなぐ、する、関わる・かかわり合う、使う	手段
	上記2つに該当しない単語	その他
どのような (how/what) +名詞	花、実、部分、昆虫、性質、つくり、物、特徴、形、色、働き、あたたまり方、ようす、変化	性質
	関係、ちがい、理由、つなぎ方、条件	法則
	上記2つに該当しない単語	その他
呼びかけ	走らせよう、分けよう、観察しよう、集めよう、あたためよう、比べよう、つり合わせよう、つくろう、探そう、見つけよう	操作
	走らせよう、確かめよう、調べよう、予想しよう、考えよう	考察

(3) 分類の基準について

1) 一次分類の方法とその基準について

英語文法の 5W1H にしたがって1次分類の基準を表1のように設定した。

2) 二次分類の方法とその基準について

一次分類の結果、「どのように+動詞」、「どのような+名詞」、「呼びかけ」については、問いかけの質の観点から、さらに分類を行い、基準を表2のように設定した。

5. 結果

(1) 3社の各クラスターに含まれる観察・実験等における問いの集計

小学校理科教科書(X社, Y社, Z社)に記載されている観察・実験等の問いについて、表1及び表2の規準で分類したときに、観察・実験等の各類型が占める割合を図1に示した。

6. 考察

(1) 小学校理科教科書における問いの特徴

小学校理科教科書に多い「問い」は、「はい・

いいえ(yes/no)」、「どのように+動詞(how+動詞)」、「どのような+名詞(how/what+名詞)」の3つの形式であった(図1)。

「はい・いいえ」の「問い」は、独立変数に気付かせる意図をもっており、仮説の設定に導くことができる。「どのように+動詞」の「問い」は、事象の振る舞いについて追究させる場面で多く用いられているが、児童自身に問題意識をもたせつつ学習を展開していくためには、検証方法の提示等教師の指導の手立てが必要となる「問い」である。「どのような+名詞」の「問い」は、児童が観察・実験等の過程や結果を見通した上で、根拠をもとに探究活動に取り組ませるための教師側の手立てが必要となる「問い」である。

これらの「問い」は、いずれも児童に対して観察・実験等に問題解決的に取り組ませる上で重要になる予想や仮説、検証方法の計画、根拠に基づく考察など問題解決の過程を重視した問いである。したがって、教師がこれらの「問い」の意義を理解した上で見通しをもって意図的に発することで、小学校学習指導要領—理科編—(文部科学省, 2008)

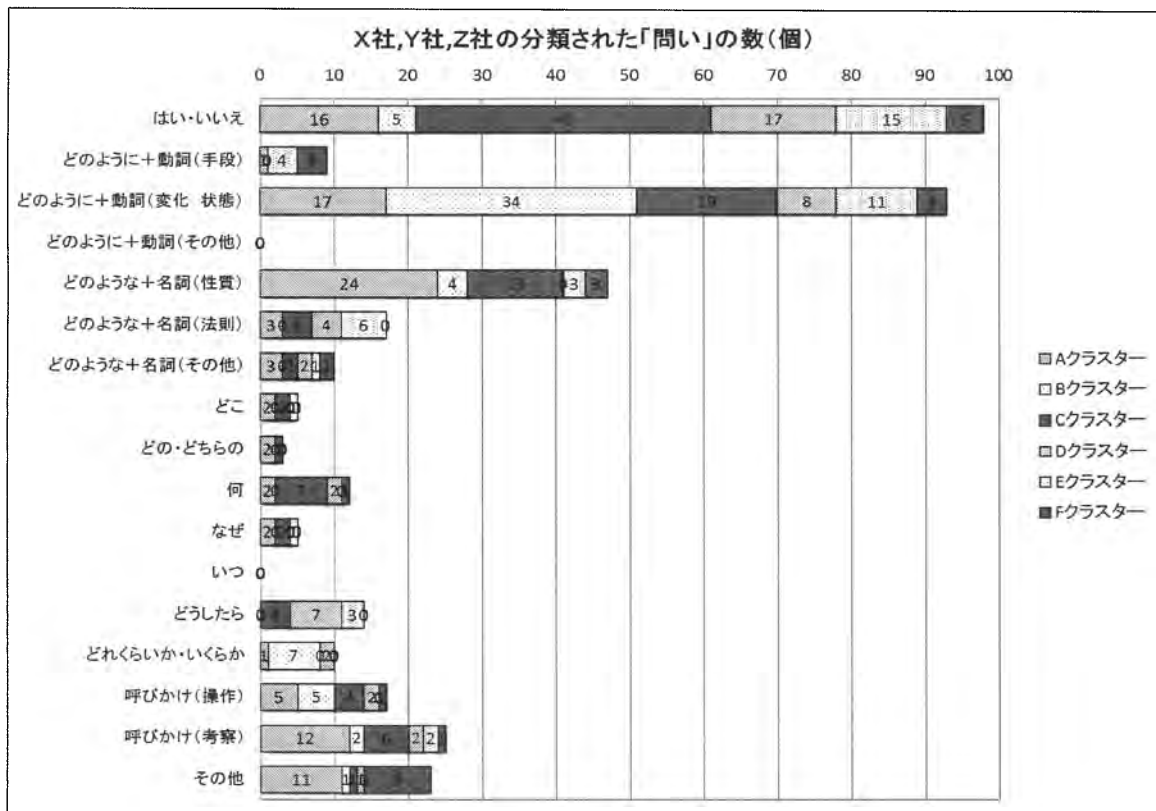


図1 3社の各クラスターに含まれる観察・実験における問い

に示されている，科学的なものの見方や考え方を育成できるものとする。

(2) 類型化された観察・実験等の探究的な特徴と「問いかけ」

「探究の技能」に基づいて類型化されたクラスターごとに，それぞれの探究的な特徴と「問いかけ」との関連性について述べる。

1) Aクラスター「事象の変化・性質・構造等を調べ，記載を行う観察・実験群」について

Aクラスターの観察・実験等の問いの形は，「～は，どのような（性質や変化）があるのでしょうか。」に代表される。

Aクラスターに属する観察・実験等は，3社を合計すると101ある。そのうち，「どのような＋名詞」の形式の「問い」がもっとも多く含まれている。その「問い」に続く単語を見てみると，多くの観察・実験等において事象の「性質」を追究する内容になっている。以下に指導の具体について述べる。

X社第5学年の単元「花から実へ」の観察「花のつくりを観察しよう」では，「ヘチマやアサガオの花は，どのようなつくりになっているのだろうか。」と問いかけている。この問いかけから，授業では児童に両生花であるアサガオと雌雄異花であるヘチマの花の構造を比較させることで，おしべとめしべが一つの花の中にあるアサガオと雄花と雌花として存在するヘチマの違いに気付かせる。さらに，雄花のおしべから出る花粉の存在に気付かせることで，児童の関心は花粉の構造や役割，種子のでき方などへ広がり，探究的な学習を展開することができる。教師がこのクラスターに属する観察・実験等が事象の変化・性質・構造等を調べ，記載を行うという探究的特徴をもったものであることを理解し，意図的に「どのような＋名詞」と問いかけることで事象の変化・性質・構造等に気付かせることができるようになる。

2) Bクラスター「事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして，記載を行う観察・実験群」について

Bクラスターの観察・実験等の問いの形は，「～

は，どのように（変化）したのでしょうか。」に代表される。

Bクラスターに属する観察・実験等における問いは，3社を合計すると58ある。「どのように＋動詞」の形式の「問い」が最も多く34あり，その後には全て「変化・状態」を表す単語が続いている。その他「どれくらいか・いくらか」などの量的なものを表す「問い」や，操作や性質に関する「問い」が含まれている。また，Bクラスターに類型化された観察・実験等は，58のうち50が観察である。観察は，事象の様子や変化について目で見たり，触れたりして捉えさせる活動であるが，感覚的に捉えるだけでなく，大きさや温度，個数等を数値を用いて捉えさせている。以下に指導の具体について述べる。

Y社第4学年の単元「暑い季節」の観察「生き物のようすを調べる」では，「春のころとくらべて，生きものようすは，どのように変わってきたのでしょうか。」と問いかけている。この問いかけから，春に観察したところを児童にもう一度観察させることで，春の頃には見られなかった植物や生き物を発見させたり，春の頃に見られた植物や生き物が見られなくなったことに気付かせたりさせる。教師がこのクラスターに属する観察・実験等が事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして，記載を行うという探究的特徴をもったものであることを理解し，意図的に「どのように＋動詞」と問いかけることで事象の変化・性質・構造等に気付かせることができるようになる。

3) Cクラスター「仮説を立てて，事象の性質や変化等を定性的に捉え，解釈する観察・実験群」について

Cクラスターの観察・実験等の問いの形は，「はい・いいえ」で答えることができる問いの「(●●は，)○○すると，□□するのだろうか。」に代表される。

Cクラスターに属する観察・実験等における問いは，3社合計で105個ある。そのうち86個が実験である。Cクラスターには実験が多く含まれ，予想や仮説を立てることや，実験計画を立てること

と、結果や考察をまとめることが求められる。「はい・いいえ」の形式の「問い」は、児童に「はい」または「いいえ」で答えさせることで、児童が根拠をもとにした予想または仮説を立てている状況を設定することができる。この予想または仮説をもとに実験計画を立案することで、実験が展開できる内容となっている。以下に指導の具体について述べる。

X社第4学年の単元「物の体積と温度」の実験「水の温度を変えて体積の変わり方を調べよう」では、「水は、あたためられたり冷やされたりすると、体積が変わるのだろうか。」と問いかけている。この問いかけから、児童は「空気と同じように水も体積が増える。」「空気は温められると体積が増えたが、水は違うと思う。」など既習事項を根拠として予想や仮説を立て、実験計画を児童の発想から立案させることが可能である。検証において重要な視点となる温度変化による水の膨張率の違いについては、試験管やガラス管に入れた水が温度変化により増減する現象を観察させ、児童にその変化の違いを実感として認識させるための工夫が必要である。なお、シリンジ等に水を入れ、温度変化による体積変化を測定させることも可能であるが、単元において扱う事物の温度による体積変化を全て量的に比較することができないため、検証結果を定性的に扱う検証方法を提示する必要がある。このように児童が仮説を立て、事象の変化を定性的に捉えることができる事象を扱う観察・実験等では、「(●●は、)○○すると、□□するのだろうか。」と問いかけるとともに、検証の方法については、児童の気付きと思考を促す事象の提示によって、事象の変化の予想や検証方法を立案させることが可能となる。

4) Dクラスター「仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数を測定し、定量的に解釈する観察・実験群」について

Dクラスターの観察・実験等の問いの形は、「(●●は、)○○すると、□□するのだろうか。」、「○○すると、●●は、どのように□□するのだろうか。」に代表される。

Dクラスターに属する観察・実験等における問いは、3社を合計すると47個ある。そのうち41個が実験である。Dクラスターの観察・実験等は、予想や仮説を立てて行う点に探究的特徴がある。つまり、独立変数を制御して実験を計画したり、根拠に基づいて解釈したりすることが求められる学習内容であるといえる。DクラスターもCクラスター同様、「はい・いいえ」の形式の問いが最も多く含まれている。児童が立てた予想や仮説をもとに実験計画を立案することができ、実験が展開できる問いである。以下に指導の具体について述べる。

Z社第5学年の単元「もののとけ方」の実験「食塩やミョウバンがとける量」では、「ものが水にとける量には、限りがあるのだろうか。」、同様の単元でY社では「食塩やミョウバンは、水に限りなくとけるでしょうか。」と問いかけている。実験の前にこの問いかけから、児童に予想または仮説を立てさせる。ほとんどの児童は水にものを溶かし続けた経験が乏しい状態で観察・実験に取り組むことになるため、予想や仮説の根拠が曖昧になるものと推測される。しかし、予想や仮説を検証するための実験方法を児童に考えさせることは可能である。溶媒の量を一定にしたり、溶質の単位をそろえたりすることでどれくらい溶けるのかを測定することができる事に気付かせることができる。これらの条件をそろえ、定量的に測定させることで、ものが水に溶ける量には限りがあることを理解させることができる。児童が独立変数と従属変数を定量的に操作できる事象を扱う観察・実験等では、「(●●は、)○○すると、□□するのだろうか。」、「○○すると、●●は、どのように□□するだろうか。」等の問いかけを行うことで事象の変化の予想や検証方法を立案させることが可能となる。

5) Eクラスター「仮説を立てて、独立変数を制御し、従属変数の変化を捉え、定性的に解釈する観察・実験群」について

Eクラスターの観察・実験等の問いの形は、「(●●は、)○○すると、□□するのだろうか。」、

「〇〇すると、●●は、どのように□□するだろうか。」「〇〇は、どのような□□なのだろうか。」に代表される。

E クラスターに属する観察・実験等における問いは、3社を合計すると47個ある。そのうち46個が実験である。E クラスターの観察・実験等は、予想や仮説を立てて行う点に探究的特徴がある。また、独立変数の制御をとまなう実験を計画したり、根拠に基づいて解釈したりすることが求められる学習内容であるといえる。問いに対して「はい」または「いいえ」で答えることにより、予想または仮説の設定に導くことができる。D クラスターとの違いは、仮説の検証において、問いに含まれている独立変数を量的に制御できなかつたり、制御することが難しかったりするため、定性的な検証実験となっている点である。そのため、実験結果も定性的な表現となっている。以下に指導の具体について述べる。

Z 社第6学年の単元「ヒトや動物の体のつくりとはたらき」の実験「だ液による食べ物の変化」では、「食べ物は、体内でどのように変化するのだろうか。」、同様の単元でY社では、「だ液はどのようなはたらきをするのでしょうか。」と問いかけている。一般的に実験に先だって、この問いかけから、児童に予想または仮説を立てさせる。しかし、口の中に入れたデンプンがどのように変化するか、ということについては、ほとんどの児童が考えたことが無いと思われる。そのため、予想や仮説は根拠に乏しいものとなることが予想されるが、予想や仮説を立てさせるにあたり、実際にご飯等を食べさせ、デンプンの味の変化を経験させることで、根拠の確からしさを高めることができる。このデンプンの変化を検証する実験では、デンプン溶液とだ液を反応させ、ヨウ素デンプン反応により検証する実験を計画するが、実験の仕方はある程度教師が支援しながら立案してもよいと考える。しかし、デンプンの分解にはアミラーゼの活性が温度の影響を受けることから、実験条件については検討させる必要がある。検証結果はヨウ素デンプン反応の有無により判定するため、

定性的な結果となる。検証に必要な条件について、児童に考えさせ、検証させることで、消化器官のはたらきについての理解を深めることができ、生体内で行われている他の反応への興味・関心につなげることができる。このように児童が独立変数や従属変数を定性的に操作できる事象を扱う観察・実験等では、「(●●は、)〇〇すると、□□するのだろうか。」、「〇〇すると、●●は、どのように□□するだろうか。」「〇〇は、どのような□□なのだろうか。」等の問いかけを行うことで事象の変化の予想や検証方法を立案させることが可能となる。

7. おわりに

本研究において、各クラスターに属する観察・実験等は、その探究的な特徴を問いの形式においても表している傾向が見られた。このことから、各類型の観察・実験等における探究的な活動と、問いかけ方との間には強い関連性があることを示すことができた。

今後は各類型の観察・実験等において、児童の探究の技能を育成する発問の工夫や問いを持たせるための問いかけの工夫について実践を通して検討していきたい。

引用・参考文献

- 長谷川直紀・吉田裕・関根幸子・田代直幸・稲田結美・小林辰至：「小・中学校理科における探究のスキルに関する一考察(1)」日本理科教育学会全国大会発表論文集(62), p. 346, 2012.
- 文部科学省：「小学校学習指導要領解説—理科編—(平成20年8月)」, pp. 7-11, 2008, 大日本図書株式会社
- 中山迅・野村法雄・猿田祐嗣：「中学校理科教科書の記述における「問い」の類型—物理領域に注目して—」日本理科教育学会全国大会論文集(61), 76, 2011.
- 猿田祐嗣・中山迅：『思考と表現を一体化させる理科授業—自らの言葉で問いを設定して結論を導く子どもを育てる—』, 2011, 東洋館出版

資料編

海外調査

—Exploratoriumの報告—

平成23年12月6日～同年12月11日にかけて、アメリカ合衆国サンフランシスコのExploratoriumとCalifornia Academy of Sciencesを訪問し、教員研修プログラム開発のための教材・教具の実際を現地調査した。本報告書では、Exploratoriumで調査した教材・教具の一部を掲載する。



Exploratorium

Exploratorium展示物について

―管楽器の理解のための気柱共鳴の可視化に関する教材―

久保田善彦（上越教育大学）

■ CST養成プログラムの観点から見た教材の意義

中学校における音の学習は、小中学生にとって身近な管楽器（リコーダー）はものつくりで扱われるが、その仕組みは学習しない。ものつくりを学習と結びつける必要がある。以下では、中学生に管楽器の仕組みを理解させる学習のための教材を検討した。CSTでは、これらの教材を提示し、中学校の理科において管楽器の音の出る仕組みを理解させるための探究的な学習をデザインさせる。

■ 管楽器の仕組み

管楽器の音の出る仕組みは、高校物理 I の気柱振動（気柱共鳴）の学習の中で扱われている。中学生の理解には、「音の可視化」と「気柱共鳴の原理の理解」が必要である。もちろん原理の理解は、高校での学習内容や用語を理解する必要はないが、“管の長さによって共鳴する音の高さが変わる”や“リードやマウスピースからは雑音が発生している”ことについては理解する必要がある。

■ 音（気柱共鳴）を可視化する教材

ミュージアムでは、クントの管を展示していた（写真1）。クントの管にはスピーカーが取り付けられ、音源の周波数を変えることで、複数の山を作ることが可能であった。実験を成功させるためには大きな音源が必要であるが、その音が漏れないように工夫されていた。

一方で、管の長さは一定であるため、管の長さの変化と音の高さとの関連に結びつけるには工夫が必要である。



■ 管の長さで共鳴音の高さを理解する教材

ミュージアムでは、気柱管の長さを変化させ、それにあつた共鳴音を探す教材を展示していた（写真2）。ガラス製の気柱管の長さを連続的に変化させるため、気柱管内部の壁と外側のレバーは磁力によって連動させていた。

本展示は、基本振動、3倍振動などについて、音の大きさの変化によって理解させることができる。しかし、中学生に理解させるためには、上記と同時に振動の様子を視覚化する工夫が必要であろう。



■ リードの出す音に関する教材

管の長さを変えることで生活音（雑音）から共鳴音のみを取り出す教材（写真3）、リードに光を当て音の振動を可視化しようとする教材（写真4）などがあつた。リードとクント管を組み合わせることで、管楽器の理解により繋がると考える。

その他の音の教材として、振動する針金にストローを通し歯で噛むことで骨伝導を体感する実験や、擬音を使ったストーリーテリングなど様々などがあり、工夫が見られた。



Exploratorium展示物について —逆二乗則を理解させる教具—

小林 辰至 (上越教育大学)

■ 照度が光源からスクリーンまでの距離の二乗に反比例することを体験的に理解させる教具

この教具は、光源、スクリーン及び光源とスクリーンの距離を大まかに測る定規の3つの部分から構成されている(図1)。光源は球形の金属カバーで覆われていて、光は256個の穴があけられた金属の窓(図2)を通り抜けて、スクリーンにドット状に投影される。スクリーンには、正方形の枠が描いてあり、定規の距離1のとき、256個のドットが入るようになっている。そして、距離2、距離3と順に距離を2倍、3倍に変化させて、スクリーンに描かれた正方形の枠に入る光のドット数を数えると、順に64個、28個に減少することが確認できる。見学者は、ドットの数が $256/2^2$ 、 $256/3^2$ の計算値とほぼ一致することを、備え付けの電卓を用いて確認し、逆二乗の関係になっていることを理解できるようになっている(図3)。

■ 本プロジェクトの目的からみた逆二乗則を理解させる教具の意義

本プロジェクトは、自然の事象を関数で捉え、科学的な自然の見方・考え方の本質の理解を助けるコア・サイエンス・ティーチャー養成プログラムの開発である。この目的と照らし合わせてみて、ここで紹介した教具は、極めて目的にかなっていると考えた。つまり、自然界には照度の他に、万有引力の法則、クーロンの法則等、逆二乗則に従う事象がいくつか認められることから、その基本を学ぶ上で有意義であると考えられる。このような理由から、本プロジェクトでは、逆二乗則を理解させる教具を開発することにした。



図1 教具の全体の様子

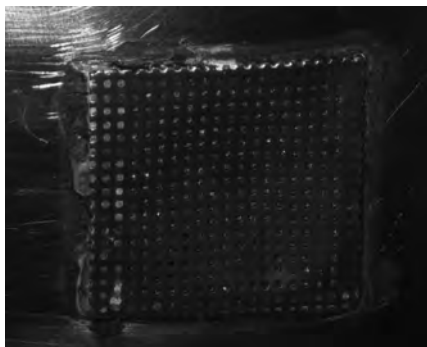


図2 光源から発せられた光が透過する窓

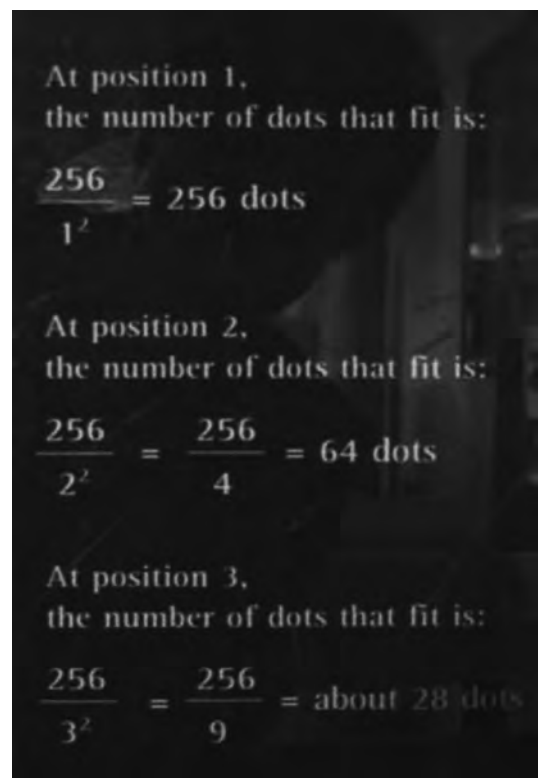


図3 展示パネルの一部

Exploratorium展示物について —Energy from Death—

松本 伸示 (兵庫教育大学)

■ CST養成プログラムの観点から見た教材の意義：

本展示は生態系における分解者の役割を実物の死骸の時間的変化を通して理解させようとするものである。調査時の展示は、小鳥とハツカネズミの死骸の変化が時間関数的に視聴できるビデオと、その時点での実物の死骸の様子が観察できるようになっていた。死んだ生き物が分解者によって分解され、エネルギーとして引き継がれていく様子をビデオと実物によって理解させようとするものである。日本でも分解者の役割については中学校で焼いた土壌と自然のままの土壌を比較して学習させている。しかし、実際の死骸の時間関数的な変化を取り上げている例はほとんどない。日本と米国の生死観における文化的な違いも大きな要因であろうが、この展示には衝撃を受けた。ただ、生態系を完結させるためには避けて通れない部分であることを再認識させられる。

■ 概要

自然環境を科学的に認識し理解するためには、生態系のシステムについての学習が必要である。特に、有機物を無機物に分解する分解者の存在は重要である。分解者に関する観察や実験が要求されてきた。本展示の解説では、「生き物は死んだ後でさえ、エネルギーに富んだ源となる」と説明している。続けて「ここで私たちは分解者と呼ばれる生き物が死骸を食べているのを見ることができる。我々が食べ物からエネルギーを得るのと同じように、分解者は肉を腐敗させ、エネルギーを受け取っていく。この動きは、植物が成長するために土壌を肥やし、死んだ生き物の死骸からタンパク質とミネラルをリサイクルする。」

としている。

写真1のビデオでは2つの選択肢があり1つは小鳥、もう一つはハツカネズミの死骸が分解される様子が微速度撮影されている。最初はふっくらとしていた生き物の死骸が、時間が経つほど小さくなっていき、最後は骨が残っていくことが映し出される。この間にも死骸が他の生き物が生きていくためのエネルギーを供給していることを理解させる。モニターはタッチパネルになっており、時間を遡ってみることも早送りしてみることもできる。写真2は現時点での実物の死骸の様子が観察できるようになっている。

観察していた子どもが「Disgusting!」と叫んでいたため、ホッとした。



写真1 ビデオ展示

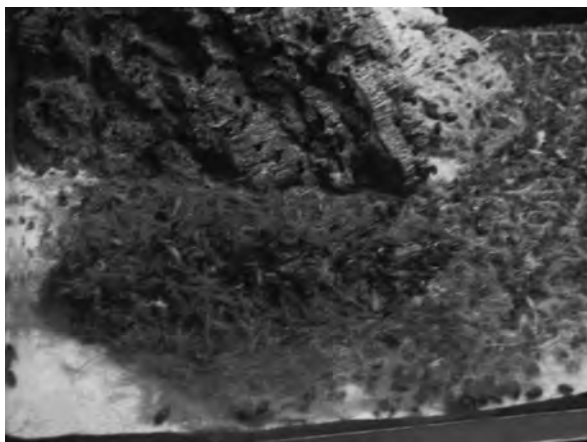


写真2 実物展示

Exploratorium展示物について

—数学的な「体験」玩具について—

曾布川拓也 (岡山大学)

サンフランシスコ・エクスプロラトリウムでは、算数・数学に関する体験をさせる玩具もいくつか見られた。その中からいくつかを紹介する。

1. Monty Hall問題について

テレビのクイズ番組でよくありそうな状況を題材に、確率の概念を体験させようという玩具である。次のような問題を考える。

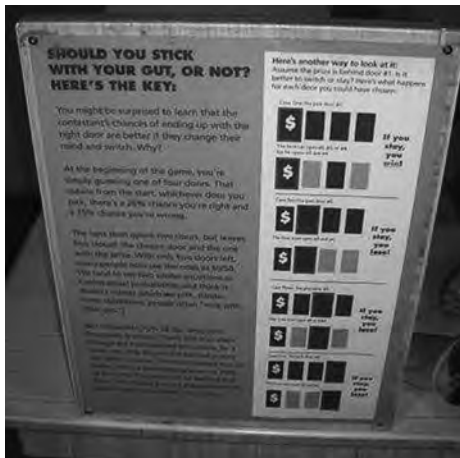
閉じられた3つの扉があり、そのうちのどれか1つの中には賞品が入っている。残りの2つは何もない。回答者はそのうちから1つを選ぶ。

司会者は回答者の選択を見た上で裏に回り、賞品が入っていない扉を2つ開けてしまう。閉じているのは回答者が選んだ扉と選んでいない扉のどちらかである。

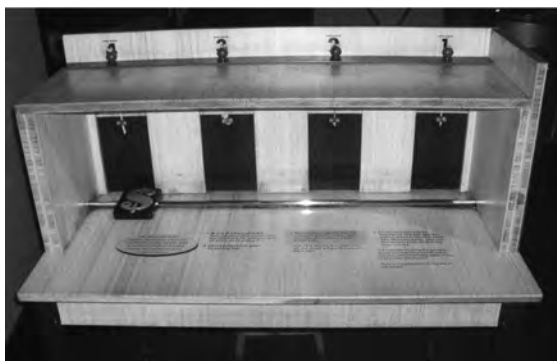
回答者は選択を変更する権利を持つ。変更した方が有利か、しない方が有利か。

この問いに対してほとんど全ての人は「変えても変えなくても一緒だろう」と答える。しかし実際には、変更した方が当たる確率が高いのである。

エクスプロラトリウムに設置されていたこの遊具は、実際にこのゲームを簡単に何回も繰り返してみても、実際に「変更した方が有利だ」ということを体験できるようになっている。ただし確率的な現象であることから、4つの扉に対して1つの扉にしている。



このゲーム全体の説明



司会者側（裏側）から見た装置。ゲームのたびに賞品のありかを変えられる。



回答者側からみた装置



結果の記録用ボード

数学的には色々な説明の仕方があるが、次のように見れば簡単である。

賞品のありかは動かないのだから、回答者が選んだ扉に入っているか、それ以外の3つのうちのどれかに入っているかの2通りである。2つの扉を開けるので、それから情報が得られるようにも思えるが、実際にはそこから得られる情報には意味が無く、回答者が選ばなかった3つの扉を一つにまとめたのだと思えばよい。すると選択を変えずに当たるのは1/4、選択を変更して当たるのが3/4である。

1：3の比率なので、余程のことがない限り「変えた方が勝てる」ということが実感できる。これは考えるきっかけに過ぎず、きちんと理由を考えるがあるかもしれないが、それは意外に難しい。またすぐに結果が見えるような玩具ではなく、時間を掛けて回数を数えるようなものなので、来場していた子どもたちには人気はなかったようだ。

2. 放射性物質の「半減期」を知る

放射性物質は、その原子核が崩壊して別の元素が変わるときに放射線を出す。その仕組みは不思議なもので、それぞれの原子が一定時間内にある割合で崩壊する。その割合は元素ごとに異なる。このことを逆に見て、原子のうちの半数が崩壊するまでにかかる時間を「半減期」と呼ぶ。原子力の利用に関連する指標となったり、また古い時代の年代測定などに用いられるなど、物質の性質として重要なものの一つである。

このことを体感させるための玩具が次のものである。

使い方は以下の通りである。



ざるが一つ。1面だけを赤く塗ったサイコロが多数。

ざるにサイコロを全て盛り上げる。一齐に振って、上が赤になったものだけを取り除いて下段の左端の溝に縦一列に並べる。残りのサイコロを再びざるに盛って一齐に振る。また上が赤になったものだけを取り除いて、下段の左から2列目に縦一列に並べる。以下繰り返していく。

ざるを1回振るごとに（平均的に見て）そのうちの1/6だけが下の段に並ぶことになる。すなわち1回が1/6減期とでもいうべきものに相当する。3回振ると最初から見ておよそ48.2%になるので、半減期は3とみてよい。

単純ながら奥の深い玩具であり、半減期の話としても、確率の話としても、指数関数の話としても見所は多いのだが、来場していた子どもたちには難しすぎたようである。東日本大震災で起きた原子力発電所の事故をうけ、多くの人に知ってもらいたい内容ではある。

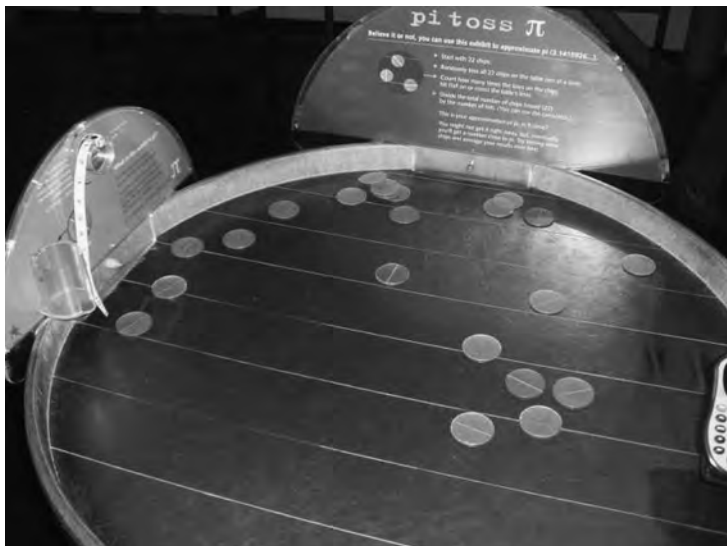
3. 円周率は22/7である

円周率について実感するのはなかなか難しい。ゲームとしてそれを実感させるような玩具があった。

22枚のコインがある。これを一齐に投げる。コインには1本直径が刻んであるがその直径が盤上に引いてある線と重なった枚数を数えよ。



なぜコインの数が22枚なのか。



「たらい」が円であることはいかなる意味を持つか。

面白いことに、何回やっても引いてある直径と盤上のラインが交わっているのが7枚である。この装置は意外に巧妙に作られている。それは、盤上のラインの間隔がコインの直径の2倍になっていることである。その結果、余程特殊なケースは別として、各コインがどこかのラインと交わる確率は $1/2$ である。

コインの直径を R 、中心と交わっているラインとの距離を r とすると、コインの回転はランダムだと考えられるので、ちょうどこの確率が $1/\pi$ となることがわかる。

円周率の近似分数は色々と知られているが、最も単純なもの1つが $22/7$ である。その逆数ということで、22枚中7枚が交わるという現象が観測されるのである。

何回投げても7枚だけ交差しているということを実感して、「なぜだろう」という疑問を持たせ、考えるきっかけにすることを目指している。大学入試の確率の問題などで時々見かけるものだが、題材はおもしろいものの、子どもたちには難しいものと思われ、あまり人気はなかったようだ。

数学教育の立場で見て興味深い玩具がこれら以外にもたくさん並んでいたが、どれも時間を取って遊んでみて、じっくり考えるための教材になっていた。考えるきっかけになるという意味で大変に有意義だが、来館していたのが小学校4～5年生程度の児童が多かったようで、あまり興味を引くものでは無かったのかもしれない。数学的には日本の高校生ぐらいの内容であるが、この玩具の展示の意図するところについては、不明である。

小・中学校理科教科書に掲載されている観察・実験等で 育成できる探究の技能の評価規準

プロジェクトMでは基礎的研究として、新しく「探究の技能」を開発した。これは、Science-A Process Approach commentary for teachers (SAPA) に掲載されているプロセス・スキルズを精選・統合して、日本の理科教育に即して使いやすくしたものである。さらに、これらの探究の技能に基づいて、東京書籍の小学校及び中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、それらの観察・実験等を通して育成できる探究の技能の評価規準を作成した。この評価規準は、小・中学校の理科の学習を連続的に捉え、どのような観察・実験等において、どのような問題解決の能力を育成するのかを検討する際の基礎資料となるものであり、資料性が高いと思われることから、本報告書に掲載しておく。なお、この評価規準は、下記の経験豊富な理科教員が作成した。ここに感謝の意を込めて記しておく。

【作成者】

小学校：加藤和弘（上越教育大学大学院）・涌井 学（上越教育大学大学院）

中学校：阿部光宏（上越教育大学大学院）・八木 純（上越教育大学大学院）

Science-A Process Approach commentary for teachers (SAPA) に掲載
されているプロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」

I 事象を理解・把握するために観察する技能

- I-1 五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。
- I-2 数値を用いて観察したことを記録する。
- I-3 観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。
- I-4 立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。
- I-5 事物の構造や位置関係の特徴を記録する。
- I-6 事象を空間的に捉え平面的に記録する。

II 分類の基準に基づいて分類する技能

- II-1 分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。
- II-2 分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。

III 観察・実験のための仮説を立てる技能

- III-1 観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。
- III-2 予想や仮説を立てる。
- III-3 仮説を立てた根拠を示す。
- III-4 予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。
- III-5 実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。
- III-6 観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。

IV 観察・実験で変数を制御する技能

- IV-1 事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。
- IV-2 実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。
- IV-3 観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。

V 観察・実験で測定する技能

- V-1 測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。
- V-2 最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。
- V-3 測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。
- V-4 長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値（有効数字）を示したりする。
- V-5 相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。

VI データを解釈する技能

- VI-1 表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。
- VI-2 測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。
- VI-3 グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。
- VI-4 観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。
- VI-5 観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。
- VI-6 測定結果等をグラフで示す。

VII 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能

- VII-1 事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。
- VII-2 観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。
- VII-3 原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。

めが出た後のようすをかんさつしよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	芽の色や形, 大きさなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	芽の高さや, 葉の大きさ, 枚数などを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	芽の成長を記録し, 高さや葉の数の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	色や形, 表皮の様子などをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	子葉の色や形, 発芽の仕方を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	植物の大きさを間接的に測定するために, 紙テープなどを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	紙テープなどを用いて, 植物の成長を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	紙テープを並べたグラフから, 成長の様子を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	測定した紙テープなどを並べて, 植物の成長をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

キャベツの葉を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	キャベツの葉に付いている黄色い粒状の卵や、幼虫の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	卵の大きさや数を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	卵の付いている位置や、卵の様子についてスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	卵の大きさを測定するために、定規などを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	卵の大きさを定規を用いてミリメートルの単位まで読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	葉の裏にある卵の位置や大きさを図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	キャベツの葉を調べることで、葉の裏側にモンシロチョウの卵が付いているということを知ることができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

たまごやよう虫をかんさつしよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	卵や幼虫の色, 形, 大きさを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	幼虫の大きさを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	幼虫は脱皮して成長することを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	幼虫の体の形や, 葉を食べている様子などをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	幼虫を横や上下から観察し, 特徴を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	卵や幼虫の大きさを測定するために, 定規などを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	幼虫の大きさを定規を用いてミリメートルの単位まで読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	スケールを示しながら, 拡大して卵や幼虫を記録することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	幼虫は, 卵から孵った後, 脱皮をするごとに大きくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

さなぎをかんさつしよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	蛹の色、形、大きさを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	蛹の大きさや、成虫になるまでの日数を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	蛹の色や様子の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	蛹の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	蛹を横や上下から観察し、特徴を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	形と動きを基に、蛹を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	蛹の大きさを測定するために定規などを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	蛹の大きさを定規を用いてミリメートルの単位まで読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	モンシロチョウは卵、幼虫、蛹、成虫の順に育つという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

せい虫のからだのつくりを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	モンシロチョウの体のつくりや色、大きさなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	モンシロチョウの体が、頭、胸、腹に分かれ、羽が4枚、足が6本あることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	モンシロチョウの体のつくりや色などをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	モンシロチョウを横や下から観察し、特徴を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	モンシロチョウの体を、頭、胸、腹に分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	昆虫の体のつくりについて、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	昆虫の体は頭、胸、腹からできていて、胸から足が6本出ているという規則性や共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

育っているようすをかんさつしよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	葉の形や色, 大きさなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	葉の大きさや植物の高さなどを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	植物の高さや葉の枚数, 形, 大きさの変化などを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	葉や茎の色や形, 表皮の様子などをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	子葉の次に葉が出て, 子葉と葉では形状が異なることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	植物の大きさを間接的に測定するために, 紙テープなどを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	子葉と葉の位置関係, 大きさを図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	紙テープを並べたグラフから, 成長の様子を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	測定した紙テープなどを並べて, 植物の成長をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物は, 子葉が最初に開き, その後に葉が次々に出て成長するという規則性や共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物のからだのつくりを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	根, 茎, 葉の色や形, つくりを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	植物の体は, 根, 茎, 葉でできていることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	植物の体を根, 茎, 葉に分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	植物の根, 茎, 葉の位置関係を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物の体は根, 茎, 葉からできているという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

いろいろな植物のからだのつくりを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	いろいろな植物の根、茎、葉の形を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	いろいろな植物の根、茎、葉の特徴をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	植物ごとの根、茎、葉の形や大きさ、位置関係を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	植物の体を根、茎、葉に分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	植物の根、茎、葉の位置関係を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	種類によって形状は異なるが、植物は根、茎、葉から成り立っているという共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

バッタやトンボなどのからだを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	バッタやトンボなどの体のつくりを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	バッタやトンボなどの体のつくりや足の本数、羽の枚数を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	バッタやトンボなどの体のつくりや足、羽の位置をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	バッタやトンボなどの体は頭、胸、腹の3つに分かれ、足と羽が胸にあることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	バッタやトンボなどの体を頭、胸、腹に分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	昆虫の成虫はどれも体は頭、胸、腹の3つに分けることができ、胸に足が6本あるという共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

こん虫をさがそう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	昆虫のすみかの周囲にあるもの、植物を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	食べ物や隠れ場所を基にして、動物のすみかを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	昆虫は食べ物や隠れる場所があるところにいるという共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

花がさいているようすをかんさつしよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	花の形や色, 植物の高さなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	植物の高さや葉の大きさ, 枚数などを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	植物の高さの変化や, 花の付き方などを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	花の色や形, 植物の全体像をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	植物の大きさを間接的に測定するために, 紙テープなどを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	茎や葉, 花の位置関係を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	紙テープを並べたグラフから, 成長の様子を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	測定した紙テープなどを並べて, 植物の成長をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物は茎につぼみを付け, やがて花を咲かせるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

実のようすをかんさつしよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	植物の実や葉の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	植物の高さや葉の大きさ、実や葉の数を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	葉が枯れてきていることや、花が咲き終えたところに実ができたことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	葉の枯れてきている状態や、実が熟す様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	実や種の形を基にして、植物の種類を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	間接的に植物の大きさを測定するために、紙テープなどを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	実の形や大きさ、位置を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	紙テープを並べたグラフから、成長の様子を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	測定した紙テープなどを並べて、植物の成長をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物は花のあったところに実を付け、実の中に種を作り、やがて枯れるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

太陽が動いているか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	太陽の動きを観察し、その動きを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	太陽がいつも少しずつ動いていることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	目印にする物を規準にし、太陽の動きを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	太陽と影がどのように動いているかを予想を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	太陽と影がどのように動いているかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	太陽は常に少しずつ動いており、影の向きもそれに合わせて少しずつ動いているという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

太陽とかげの動き方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	方位と照らし合わせながら、太陽と影の向きを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	太陽や影の方位、影の長さを記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	太陽と影の方位や、影の長さの変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	太陽の反対側に影があることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	太陽と影がどのように動いているのか予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	太陽と影がどのように動いているのか予想を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	方位磁針を用いて方位を調べたり、定規を用いて影の長さを調べたりすることができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	太陽は東から南を通して西に沈み、影は太陽の動きに合わせて向きを変えるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

日なたと日かげの地面の温度を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	手で地面を触ったときの暖かさなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	日なたと日陰の温度を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	時間の経過とともに、温度が変化することを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	日なたと日陰の地面の温度を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	温度計の目盛りを整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	棒グラフから、日なたの地面のほうが暖かくなることを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	日なたと日陰の温度を時間でそろえて表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に温度、横軸に時間をとり、日なたと日陰の温度を棒グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	日光で暖められるため、日なたの地面の方が日陰の地面よりも温度が高くなるということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

はね返した日光が当たったところの温度を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	鏡で跳ね返した日光が当たったところを触ると暖かく感じたり、当たったところが明るくなったりすることを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	鏡で跳ね返した日光が当たったところの温度、鏡の枚数を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	鏡を増やしていくと日光が当たったところは暖かく、明るくなることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	鏡で跳ね返して日光を当てたり、重ねて当てたりしたときの温度や明るさの変化を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	鏡で跳ね返して日光を当てたり、重ねて当てたりしたときの温度や明るさの変化の予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	鏡で跳ね返して日光を当てたり、重ねて当てたりしたときの温度や明るさの変化を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	鏡で跳ね返した日光をたくさん重ねるほど、温度や明るさが増すことを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	日光が当たったところの温度を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	日光が当たったところの温度を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表や棒グラフから、跳ね返した日光の量が多いほど、温度が上昇することを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	日光を跳ね返した鏡の枚数と的の温度を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に温度、横軸に日光を跳ね返した鏡の枚数を取り、光を集めたときの温度を棒グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	鏡で跳ね返した日光が当たったところは明るく、暖かくなり、跳ね返した日光を重ねるほど日光が当たったところは明るく、暖かくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

日光を集めよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	虫眼鏡で日光を集めた様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	虫眼鏡で日光を集め、日光を集めたところを小さくするほど明るく、熱くなることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	虫眼鏡で日光を集め、日光を集めたところを小さくするほど明るく、熱くなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

風のはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	送風機の風の勢いを手や音で感じた様子や、風で走る車の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	風を受けて走る車の動いた距離を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	送風機の風の強さを変えると、風を受けて走る車の動いた距離が変わることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	風の強さを変えたときの、風を受けて走る車の動く距離について予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	風の強さを変えたときの、風を受けて走る車の動く距離について予想を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	風の強さを変えたときの、風を受けて走る車の動く距離を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	送風機の風の強さを変えると、車の動く距離が変わることを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	車の動く距離の変化に影響を及ぼす変数として、帆の形や風の強さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	送風機の風の強さだけを变化させ、それ以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	車の動いた距離を測定するために、巻尺などを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	車の動いた距離を巻尺を用いてセンチメートルの単位まで読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、風を強くすると車が遠くまで走ることを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	風の強さと車の動いた距離を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	風には物を動かす働きがあり、風を強くするほど働きは大きくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ゴムのはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	輪ゴムを使って走る車の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	輪ゴムを使って走る車の動いた距離を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	輪ゴムを伸ばす長さを変えると、輪ゴムを使って走る車の動いた距離が変わることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	輪ゴムを伸ばす長さを変えたときの、輪ゴムを使って走る車の動く距離について予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	輪ゴムを伸ばす長さを変えたときの、輪ゴムを使って走る車の動く距離について予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	輪ゴムを伸ばす長さを変えたときの、輪ゴムを使って走る車の動く距離について確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	輪ゴムを伸ばす長さを変えると、車の動く距離が変わることを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	車の動く距離の変化に影響を及ぼす変数として、輪ゴムの伸ばす長さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	輪ゴムを伸ばす長さだけを変化させ、それ以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	車の動いた距離を測定するために、巻尺などを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	車の動いた距離を巻尺を用いてセンチメートルの単位まで読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、輪ゴムを長く伸ばすと車が遠くまで走ることを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	輪ゴムを伸ばした長さと車の動いた距離を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	ゴムには物を動かす働きがあり、ゴムを長く伸ばすほど働きが大きくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

明かりがつくときのつなぎ方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	いろいろなつなぎ方を試し、豆電球が点灯するかを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	豆電球と乾電池の配置や数、導線の長さなどを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	豆電球が点灯するかしないかで、いろいろなつなぎ方を分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	豆電球と乾電池のつなぎ方について、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	豆電球が点灯するつなぎ方を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	乾電池の十極と豆電球と乾電池の一極が導線で1つの輪になっているときに点灯するという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

電気を通す物をさがそう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	電気を通す物と通さない物があることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電気を通す物と通さない物に分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	電気を通す物の共通性を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	電気を通す物の共通性を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	電気を通す物と通さない物を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	鉄やアルミニウムなどの金属及び金属の部分は電気を通す性質があるということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

じしゃくにつく物をさがそう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	磁石に付く物や、物を引き付ける様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	磁石に付く、付かないで物を分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	電気を通す物を、磁石に付く、付かないで分類することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	磁石に付く物の共通性を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	磁石に付く物の共通性を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	磁石に付く物の共通性を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	磁石に付く物と付かない物を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	磁石は鉄でできた物を引き付けるということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

じしゃくのきょくのせいしつを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	磁石の極が引き合ったり、退け合ったりする様子を、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	同じ極同士では退け合い、異なる極同士では引き合うことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	磁石同士が引き合う、退け合う極の組み合わせを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	磁石は同じ極同士では退け合い、異なる極同士では引き合うという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

じしゃくにつけた鉄がじしゃくになっているか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	磁石に付けた鉄を、方位磁針や小さな釘に近付けたときの様子を観察し、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	磁石に付けた鉄を近付けると、方位磁針の針が振れたり小さな釘が付いたりする様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	磁石に付けた鉄が、磁石になっているかどうか識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	磁石に付いた鉄が、磁石になるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	磁石に付いた鉄が、磁石になるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	磁石に付いた鉄が、磁石になるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	鉄は磁石に付けると磁石の性質をもつという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ねん土のおき方や形をかえて重さを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	粘土の向きや形を変えたときの持った重さの感じ方を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	粘土の向きや形を変えたときの重さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	粘土の向きや形を変えても重さは変わらないことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	粘土の向きを変えたり、形を変えたりしたときの形状を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	粘土の向きや形を変えたときの重さの変化を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	粘土の向きや形を変えたときの重さの変化を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	粘土の向きや形を変えたときの重さの変化を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	向きを変えたり、切り分けたりしても粘土の総量は変わらないことから、必要に応じて予想の不支持を明らかにし、アルミニウム箔や新聞紙などで追実験することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	重さの変化に影響を及ぼす可能性のある変数として、粘土の向きや形を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	粘土の量を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	粘土の重さを測定するために、台ばかりなどを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	粘土の重さを台ばかりを用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、粘土の向きや形を変えても重さは変わらないことを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	粘土の向きや形と重さの関係を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	粘土の向きや形を変えたときの重さの変化を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	粘土は向きや形を変えても、重さは変わらないという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

体せきを同じにしてしおとさとうの重さをくらべよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	同じ体積の塩と砂糖を持ち比べた感じを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	同じ体積の塩と砂糖の重さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	比べる2つの物の体積が同じであることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	同じ体積であっても、重さを基にして、物質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	同じ体積の塩と砂糖ではどちらが重いかを予想を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	同じ体積の塩と砂糖ではどちらが重いかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	同じ体積の塩と砂糖ではどちらが重いかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	塩と砂糖では同体積でも重さが違うことから、必要に応じて予想の支持・不支持を明らかにし、同じ体積でも重さが異なる物を比較する追実験を行うことができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	重さの変化に影響を及ぼす変数として物質の種類や体積を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	塩と砂糖の体積を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定のために適切な計測器を使用する。	塩と砂糖の重さを測定するために、台ばかりなどを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	塩と砂糖の重さを台ばかりを用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	同じ体積の塩と砂糖でも重さが違うことを、表から読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	同じ体積の塩と砂糖の重さを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	同じ体積の砂糖と塩の重さを推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	体積が同じでも物によって重さは違うという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

木や動物のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	春になったことでの植物の様子や、動物の活動について記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物や動物の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	暖かくなったことで、動物は盛んに活動を始め、植物は花を付けたり、葉や芽を付けたりすることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ヘチマを育てよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	種の形や大きさ、硬さなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	種を植えたときの気温や成長した大きさを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	発芽や成長の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	種や、発芽の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために温度計を使用したり、茎の長さを測定するために巻尺などを使用したりすることができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ったり、茎の長さを巻尺を用いてセンチメートル単位まで読み取ったりすることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表やグラフから、気温と植物の大きさの変化の関係を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで、ヘチマの成長を棒グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	暖かくなるにつれて、植物が盛んに成長するということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

1日の気温の変わり方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	決めた時刻の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	気温の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	晴れの日、曇りの日、雨の日での1日の気温の変わり方について予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	晴れの日、曇りの日、雨の日での1日の気温の変わり方について予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	1日の気温の変化を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、1日の気温の変化を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	折れ線グラフから、晴れの日温度変化が大きいこと、雨の日には温度変化が少ないことを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	測定結果を基に、天気を見てこれからの温度変化を予想することができる。
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	1日の天気と気温を、時刻ごとに表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に温度、横軸に時間・天気をとり、1日の気温の変わり方を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	晴れの日には朝夕が低く、昼過ぎに高くなり1日の気温の変化が大きく、曇りや雨の日の気温はあまり変わらないという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

電流の向きとモーターの回る向きを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	乾電池の向きを変えると、モーターや検流計の針の振れる向きが変わることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	検流計やモーター、スイッチなどのつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	モーターの回る向きについて予想を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流の流れる向きを測定するために、検流計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	検流計、モーター、乾電池、スイッチの配列を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	モーターの回転の向きから、電流の流れをモデル図を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	モーターの回転から、電流の流れる方向を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	乾電池の向きを変えると、回路に流れる電流の向きが変わり、モーターの回る向きが変わるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

かん電池2このつなぎ方を変えて自動車を走らせよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	2個の乾電池のつなぎ方と、自動車の走る速さを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	乾電池2個のつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	乾電池2個のつなぎ方を、直列つなぎと並列つなぎに識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	乾電池2個を使い、1個のときよりも速くなるつなぎ方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	乾電池2個を使ったつなぎ方と、乾電池1個使ったときのつなぎ方での自動車の速さを比較する実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	回路図を用いて、乾電池2個のつなぎ方を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	乾電池2個のつなぎ方によって、自動車の走る速さに違いがあることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

かん電池の数やつなぎ方を変えて電気のはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	電流の強さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	乾電池1個のときと、乾電池2個での直列つなぎ、並列つなぎのときの豆電球の明るさや検流計の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	乾電池や検流計、豆電球、スイッチなどのつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電気の仕事の強さを基にして、乾電池の数とつなぎ方を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	乾電池のつなぎ方を変えると、電流の強さが変化すると予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	乾電池の数とつなぎ方を変え、豆電球の明るさと検流計の針の振れ方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	豆電球の明るさや検流計の針の振れ方に影響を及ぼす変数として乾電池の数やつなぎ方を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	乾電池の数やつなぎ方だけを変化させ、回路内の配置を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	豆電球の明るさを、記号や言葉で表すことができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	乾電池の数やつなぎ方を変えたときの電流の強さを測定するために、検流計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流の強さを検流計を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	乾電池の数やつなぎ方、検流計の配置などを図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、乾電池のつなぎ方と電流の強さの関係を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	直列つなぎと並列つなぎの電流の強さの違いを、モデル図を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	乾電池のつなぎ方と電流の強さの関係を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	直列つなぎでは電流が強くなり電気の仕事が大きくなること、並列つなぎでは乾電池1個の時と電流の強さが変わらないことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

光電池に日光を当てて電気のはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	光電池に日光を当てたときのモーターの回り方や、検流計の針の振れ方などを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	光電池に日光を当てたときの電流の強さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	日光の強さによって、モーターの回り方や検流計の針の振れ方が変わる様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	日光に対する光電池の向きや、回路の中での検流計やモーターの配置などを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	光電池に日光を当てたり、当てる日光の強さを変えたりしたときの電流の強さを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	光電池に当てる日光を強くすると、モーターの回り方や、検流計の針の振れ方がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	モーターの回り方や検流計の針の触れ方の変化に影響を及ぼす変数として、日光の強さや光電池の日光に対する向きを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	鏡の枚数を変化させ、光電池を用いた回路を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	検流計の針の振れ方やモーターの回る速さで、電流の強さを表すことができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	光電池に当たる光を変えたときの電流の強さを測定するために、検流計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流の強さを検流計を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	光電池に当たる光が強くなると、回路に流れる電流も強くなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

うでやあしのつくりと動き方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	腕や足を触り、その感触や形状を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	腕や足を曲げ伸ばしすると、周囲の筋肉がどのように変化するかを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	曲げたときに縮む筋肉と緩む筋肉の位置関係を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	関節の曲げ方を基にして、縮む筋肉と緩む筋肉を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	腕や足には筋肉や骨があり、筋肉が縮んだり緩んだりすることで腕や足が動いているということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

いろいろな部分のほねやきん肉のつくりと動き方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	体を動かしたり触ったりして、骨や筋肉のつくりと動き方を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	曲げたり伸ばしたりしたときの筋肉や骨の動きを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	骨、筋肉、関節の位置を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	筋肉と骨と関節の働きを分けることができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	手や背中などの部位ごとに、筋肉や骨や関節の働きや数が異なることを、比較することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	たくさんの関節があることで曲がることや、骨と筋肉によって体を支えたり動かしたりするということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

動物の活動のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	虫などの活動を見たり、鳴き声を聞いたりした様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	春の頃よりも動物の活動が活発になっていることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	虫などの活動の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いての目盛りを整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、気温の変化を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	暑くなったことで、春の頃よりいろいろな動物が盛んに活動し、成長したり、増えたりするという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物の成長のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	植物の大きさや色, 手触りを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温や, ヘチマの茎の長さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	春の頃よりも植物に葉が付き, 花が咲き, 茎や枝も伸びていることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物の生い茂り方や, ヘチマの成長の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために温度計を使用したり, ヘチマの成長を測定するために巻尺を使用したりすることができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ったり, 成長を巻尺を用いてセンチメートル単位まで読み取ったりすることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	植物の葉や花の付き方を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	グラフから, 気温の変化やヘチマの成長を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで, ヘチマの成長を棒グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	暑くなると植物は枝や茎が伸びたり, 葉が増えたりして, よく成長するということを導くことができる。
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

時こくを変えて月の位置を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	観察時刻を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	月の形は変わらないが、位置が変わったことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	目印にする物を基準にし、月の位置が西側に移動したことを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	固定された目印とともに、月の形と位置を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	月の動き方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	月の動き方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	方位を調べるために、方位磁針を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	月は東から南を通して西に絶えず動き、日によって見える形が違うという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

星の位置と星の並び方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。観察時刻を記録することができる。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	星の並び方は変わらないが、位置が変わったことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	目印にする物を基準にし、星の位置が西側に移動したことを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	固定された目印とともに、星の並びと位置を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	時間ごとの、星の位置と並び方を予想をすることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	時間ごとの、星の位置と並び方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	方位を調べるために、方位磁針を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	星座は時間が経つと位置は変わるが、星の並びは変わらないという規則性、星には明るさや色が違う物があることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

動物の活動のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	虫などの活動を見たり、鳴き声を聞いたりした様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	夏の頃よりも虫などがあまり活動していないことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	虫などの様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、気温の変化を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	涼しくなったことで、虫などの活動があまり見られなくなったということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物の成長のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	植物の大きさや色, 手触りを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温や, ハチマの実の大きさを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	葉の色が黄色っぽくなり, 実が大きくなっていること, 種があることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物の葉や, ハチマの実の成長の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために温度計を使用したり, ハチマの成長を測定するために巻尺を使用したりすることができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ったり, ハチマの成長を巻尺を用いてセンチメートル単位まで読み取ったりすることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	ハチマの実の大きさ, 付き方を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	グラフから, 気温の変化やハチマの成長を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで, ハチマの成長を棒グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	涼しくなったことで, 植物が枯れ始めたり, ハチマは実の中に種を作ったりしているということを導くことができる。
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

とじこめた空気をおして体積や手ごたえを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	注射器に空気を閉じ込め、ピストンを押したときの手ごたえを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	注射器に閉じ込めた空気の体積、縮めたときの体積を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ピストンを押すと手ごたえが強くなることや、ピストンから手を離すとピストンが元に戻ることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	閉じ込めた空気を押したときの体積や手ごたえを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	閉じ込めた空気を押したときの体積や手ごたえを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	閉じ込めた空気を押したときの体積や手ごたえを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	空気の体積を測定するために、注射器を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	空気をモデルで表しながら、縮んだり伸びたりする様子を考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	閉じ込めた空気の体積変化を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	空気は押されると体積が小さくなったり、押し返す力が強くなったりするという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

とじこめた水をおして体積を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	注射器に水を閉じ込め、ピストンを押したときの手ごたえを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	注射器に閉じ込めた水の体積を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ピストンを押ししても動かないことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	閉じ込めた水を押したときの体積の変わり方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	閉じ込めた水を押したときの体積の変わり方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	水の体積を測定するために、注射器を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	水をモデルで表しながら、縮まないことを考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	閉じ込めた水の体積変化を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水は空気と異なり、押されても体積が変わらないという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

空気の温度を変えて体積の変わり方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	温めたり、冷やしたりしたときの空気の体積の変わり方を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	温めると空気の体積が増え、冷やすと空気の体積が減ることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	空気の温度を変えたときの体積の変わり方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	空気の温度を変えたときの体積の変わり方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	空気の温度を変えたときの体積の変わり方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	空気の体積の変化を調べるために、ガラス管や注射器を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	空気をモデルで表しながら、体積の変化を考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	空気の体積変化を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	空気は温めると体積が大きくなり、冷やされると体積が小さくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水の温度を変えて体積の変わり方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	温めたり、冷やしたりしたときの水の体積の変わり方を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	温めると水の体積が増え、冷やすと水の体積が減ることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水の温度を変えたときの体積の変わり方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水の温度を変えたときの体積の変わり方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水の温度を変えたときの体積の変わり方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	空気ほどではないが、水は温めると体積が大きくなり、冷やされると体積が小さくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

金ぞくの温度を変えて体積の変わり方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	金属球を熱したり、冷やしたりしたときの様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	金属球を熱したり冷やしたりしたときに、金属環を通ることができるかを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	金属の温度を変えたときの体積の変わり方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	金属の温度を変えたときの体積の変わり方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	金属の温度を変えたときの体積の変わり方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	空気や水よりも変化は小さいが、金属は熱せられると体積が大きくなり、冷やされると体積が小さくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水を熱したときのようすを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	水を熱しているときの水面や、水中の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	水を熱しているときの温度を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	水が沸騰しているときの水中、水面の様子と位置を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	沸騰中の泡や湯気について、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	水を熱したときの温度を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	水を熱したときの温度を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、水の温度の上がり方を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	折れ線グラフから、水はおよそ100℃まで上昇し、100℃になると変化しなくなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に温度、横軸に時間をとり、水の温度の上がり方を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水は100度で沸騰し、沸騰している間は100℃のままであるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

湯気の正体をさぐる

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	沸騰中の泡の発生や、湯気の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	水の沸騰の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	沸騰しているときの水中や湯気の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	湯気の正体を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	湯気の正体を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	湯気の正体を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	水をモデルで表しながら、湯気の状態を考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	泡や湯気の本体を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	金属に水滴が付いたことから、湯気は水であるということに導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

あわの正体をさぐろう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	水中の泡の発生の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	泡を袋に集めると、袋の中に水がたまることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	沸騰しているときの泡の発生の様子や、袋の中の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	泡の正体を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	泡の正体を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	泡の正体を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	水をモデルで表しながら、泡の状態を考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	泡や湯気の正体を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	袋に水が溜まったことから、泡は水蒸気であるということを知ることができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水を冷やしたときのようすを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	水を冷やしているときの水面や、水中の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	水を冷やしているときの温度を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。 水が凍り始めたときの水中、水面の様子を記録することができる。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	水を冷やしたときの温度を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	水を冷やしたときの温度を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、温度の下がり方を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	折れ線グラフから、水は0℃で凍り始め、全部が凍るまで変化しなくなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に温度、横軸に時間をとり、水の温度の下がり方を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水は0℃で凍り始め、全部が凍るまで温度が変わらないこと、氷になることで体積が大きくなるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

入れ物の水がしぜんにじょう発するか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	日なた、日陰に置いた水の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	覆いをしていないビーカーの水の量が減っていくことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水は沸騰しなくても蒸発するかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水は沸騰しなくても蒸発するかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水は沸騰しなくても蒸発するかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	蒸発する水の量の変化に影響を及ぼす変数として日なたと日陰、天気や気温の違いを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	水の蒸発を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水は沸騰しなくても水蒸気となって空気中に出て行くこと、温めると早く蒸発するということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

空気中の水じょう気をつかまえよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	氷水を入れたビーカーの表面の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	氷水を入れたビーカーの表面に水滴が付く様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	空気中の水蒸気を水に戻せるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	空気中の水蒸気を水に戻せるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	水滴の付き方の変化に影響を及ぼす変数として水の温度や気温、湿度を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	空気中に水蒸気が含まれていることを推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	空気中には水蒸気が含まれていること、空気中の水蒸気が冷やされると水に戻るといふ規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

動物の活動のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	虫などの活動や、冬に備える様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	秋の頃よりも虫の活動が少なく、冬を越すための準備をしている様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	虫などの様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、気温の変化を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	動物はいろいろな姿で冬を越していることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	枯れたヘチマの様子や、枝に付いた芽の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	枯れたヘチマの中に種があることや、葉が散った枝に芽が付いていることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	ヘチマの枯れた様子や、枝に付いた芽の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	温度計の目盛りを整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、気温の変化を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	気温の変化を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物は、種を作ったり、新しい芽を付けたりして冬を越すことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

金属のあたたまり方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	金属に塗った口ウが溶けることや示温テープの色が変わることを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	熱したところから口ウが溶けたり、示温テープの色が変わっていくことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	金属棒の傾きや金属板の形に関係なく、熱したところから口ウが溶けたり、示温テープの色が変わったりしていることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	金属の温まり方について、疑問を持つことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	金属を熱したときの温まり方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	金属を熱したときの温まり方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	金属を熱したときの温まり方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	金属の熱の広がり方をモデル図を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	金属の温まり方を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	金属の熱したところから順に温まり、全体に広がるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水を熱したときの動きを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	水の底におがくずを置き、下から熱したときのおがくずの動きを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	おがくずが対流するように動くことを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	おがくずが温められた水に乗って上昇するのは、熱している部分の真上であり、下降してくるのは熱している部分から遠いところであることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	水の温まり方について、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	水を熱したときの動きを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水を熱したときの動きを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水を熱したときの動きを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	温められた水の動きを、モデル図を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	水全体の温まり方を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	温められた水は上に動き、上にある温度の低い水が下に動くことで全体が温まるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

空気のあたたまり方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	暖房をしている部屋での、上の方と下の方の温度の感じ方の違いを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	暖房をしている部屋の上の方と下の方の温度を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	電熱器に線香を近付けたとき、電熱器に近いところと遠いところで煙の動きが異なることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	部屋の中での暖房の位置や、電熱器と線香の位置関係を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	空気の温まり方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	空気の温まり方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	空気の温まり方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	部屋の上の方と下の方の温度を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	温められた空気の動きを、モデル図を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	温められた空気は上に動き、上にある温度の低い空気が下に動くことで全体が温まるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

動物や植物のようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	暖かくなったことでの植物の成長や、動物の活動について記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調査場所の気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	木の芽が膨らみだしたり、虫が活動を始めている様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物の芽生えや、動物の活動の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	気温を温度計を用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	折れ線グラフから、1年の気温の変化を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	1年の気温の変化を折れ線グラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	暖かくなるにつれ、植物や動物が盛んに活動するということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

雲のようすと天気の変化を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	調べる時間や方位を決めて、雲の量を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	数時間後の雲の様子や変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	雲の量や形をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	雲の量から基準として天気を晴れ、くもりに識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	雲の動きから、雲の様子と天気の変化を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	雲の様子と天気の変化を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	雲の形や量は、時刻により変化することや、雲の様子により天気の変化することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

天気を観察して気象情報と比べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	観察した日時と気温を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	雲の変化、天気の変化の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した雲の様子を写真などで記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	観察した結果や集めた気象情報から、翌日の天気を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	翌日の天気を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	気温を測定するために、温度計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	数日間天気の観察を行い、観察したことや集めた気象情報を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	雲が西から東へ動き、天気が西の方から変わるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

発芽に水が必要かを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	種子の発芽の様子や土の湿り気などを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	水を与えた場合と与えない場合の変化の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	発芽に水が必要かについて、予想や仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	発芽に水が必要かについて、予想や仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	発芽に水が必要かについて、確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	水の有無により、インゲンマメの種子が発芽するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	発芽に影響を及ぼす変数として水を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	温度、空気を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	変える条件を水として、発芽の結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水が発芽に必要な条件であることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

温度や空気と発芽の関係を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	種子の発芽の様子や気温などを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	温度を変えた場合、空気の有無を変えた場合の変化の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	発芽に適切な温度、空気が必要かについて、予想や仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	発芽に適切な温度、空気が必要かについて、予想や仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	発芽に適切な温度、空気が必要かを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	適度な温度、空気の有無により、インゲンマメの種子が発芽するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	発芽に影響を及ぼす変数として適度な温度、空気を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	温度と発芽の関係を調べる実験では水と空気、空気と発芽の関係を調べる実験では水と温度を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	変える条件を温度や空気として、発芽のするかを調べた結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	適度な温度及び空気が発芽に必要な条件であることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

発芽する前と後のアの部分調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	発芽する前の種子と発芽してしばらくたった種子の色や形、大きさなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	発芽する前の種子と発芽してしばらくたった種子をヨウ素液に浸し、色の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	インゲンマメの種子のつくりや、発芽する前の種子と発芽してしばらくたった種子のでんぷんの検出の様子を記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	ヨウ素液に浸した後の種子や子葉の変化に基づいて、でんぷんの有無を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	インゲンマメの種子の子葉がどのような働きをするのか予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	インゲンマメの種子の子葉がどのような働きをするのか予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	インゲンマメの子葉にはでんぷんが含まれており発芽の養分として使われたことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物が成長する条件を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	日光、肥料の条件を変えた場合のインゲンマメの成長の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	日光を当てた場合と当てない場合、肥料を与えた場合と与えない場合で、植物の成長の違いを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	植物が成長するためには水のほかにどんな物が必要なのかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	植物が成長するためには水のほかにどんな物が必要なのかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	日光や肥料は植物の成長に必要な条件なのかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	日光、肥料の有無により、植物の成長に違いがあるかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	植物の成長に影響を及ぼす変数として日光と肥料を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	日光と成長を調べる実験では肥料と水、肥料と成長の関係を調べる実験では日光と水を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	調べる条件を日光や肥料として、植物が成長するかの結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	日光や肥料を与えると植物がよく育つことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

たまごが変化するようすを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	受精後のメダカの卵の形や大きさ、卵の中の様子などを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	受精後のメダカの卵が変化の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	受精後のメダカの卵をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	メダカの子どもは卵の中の養分を使って成長していくことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水そうや池などの水を観察してメダカの食べものを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	水中の微生物の形、大きさ、色、動きなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	微生物を顕微鏡で観察した時の倍率を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した水の中の微生物をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	観察した倍率を示して微生物の大きさを図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	微生物がメダカの餌となっていることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

花のつくりを観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	花のつくりを虫眼鏡で観察したり、分解したりして記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	花びら、がく、おしべ、めしべをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	ヘチマやアサガオのつくりについて、花びら、がく、おしべ、めしべの構造や位置関係を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	めばなの花のつくりと実の形を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	おばなとめばなの違いについて、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

おしべの先にある粉を観察しよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	花粉の形, 大きさなどを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	花粉を顕微鏡で観察したときの倍率を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	ヘチマやアサガオの花粉をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	ヘチマやアサガオの花粉を観察し, 形の特徴を捉え, 記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。	1つの花におしべとめしべがある植物, おばなとめばなに分かれている植物を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	花粉の働きについて, 疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて, 予想や仮説の支持・不支持を明らかにして, 必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ, 面積, 体積, 質量などの量を見積もったり, 測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布, 平均値, 度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し, 結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則, 規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

花粉のはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	めばなのつぼみ、花、実を観察し、色や形を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	めしべの先に花粉を付けためばなど、付けていないめばなの実のでき方を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	めしべの先に花粉を付けためばなど、付けていないめばなの実のでき方を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	花粉がめしべの先に付いたときと付かないときで、実のでき方に違いがあるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	花粉がめしべの先に付いたときと付かないときで、実のでき方に違いがあるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	花粉がめしべの先に付いたときと付かないときで、身のでき方に違いがあるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	花粉の付着と実のでき方との関係を予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	実のでき方に影響を及ぼす変数として、めしべの先に花粉が付くことを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	めばなにふくろを被せる時期を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	花が実を付けるためには、受粉する必要があることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

台風の進み方と天気の変化を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	集めた情報を基に、台風の進み方や天気の変化についての規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

校庭に水を流して地面のようすを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	雨の日に水が校庭を流れる場所や、校庭に水を流したときの地面の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	水が流れたところを観察し、土の削られている様子や土が積もっている様子、水の速さ、流れる水に含まれる物を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	土の削られているところ、積もっているところがどこかを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	水の速さ、土が削られる場所、流れる水に含まれる物、土が積もる場所を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	流れる水には、侵食、運搬、堆積の働きがあることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

土地のかたむきや水の量を変えて流れる水のはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	斜面に水を流したときの水の速さ、削られる場所や積もる場所など気付いたことを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	土地の傾き、流れる水の量の変化による水の速さや土地の削られ方の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	土の削られているところ、積もっているところがどこかを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	土地の傾きの違い、水の量の違いにより、侵食、堆積の働きを比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	土地の傾きの違いや水の量の変化による、流れる水の働きの違いを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	土地の傾きの違いや水の量の変化による、流れる水の働きの違いを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	土地の傾きの違いや水の量の変化による、流れる水の働きの確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	土地の傾き、流れる水の量を変化させると流れる水の働きのどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	侵食、運搬、堆積に影響を及ぼす変数として土地の傾き、流れる水の量を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	土地の傾きについて調べる実験では水の量、水の量について調べる時には土地の傾きを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	土地の傾きが大きいときや流れる水の量が多いときは、侵食、運搬、堆積の働きが大きくなることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

わたしたちの地いきを流れる川を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	地域を流れる川を観察し、川原の様子、水の流れ、石の大きさなどについて気付いたことを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	川が曲がっているところの内側と外側の岸、水の流れの特徴を記録する。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	川が流れる方向、川が曲がっているところの内側と外側の位置と特徴を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	水の流れや川原の様子から、川の外側と内側を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
7-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
7-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	流れる水の速さにより、川の外側が侵食され、内側に堆積され違いがでることを導くことができる。
7-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ふりこの1往復する時間を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	振り子が往復する時間を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	振り子のおもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を変えたときの変化の特徴を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	おもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を変えたときの振り子が1往復する時間を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	振り子の1往復する時間を変える条件について仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	振り子の1往復する時間を変える条件について仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	振り子の1往復する時間を変える条件を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	おもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を変化させると1往復する時間がどのように変わるかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	振り子の1往復する時間に影響を及ぼす可能性のある変数として、振り子の長さ、おもりの重さ、振れ幅を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	おもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	振り子が10往復する時間を計測するために、ストップウォッチを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	振り子が10往復する時間をストップウォッチを用いて秒の単位まで読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	振り子が10往復する時間から1往復する時間を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	測定誤差を考慮して、1往復する時間の平均を小数第1位まで示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表やグラフから、振り子が1往復する時間を決める条件を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	平均時間の比較から、1往復する時間の条件を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	グラフからおもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅を変化させたときの1往復する時間を予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	変化させた条件と計測時間、平均時間を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に1往復する平均時間、横軸におもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅をそれぞれとり、1往復する時間をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	振り子の1往復する時間は、振り子の長さによって変化することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

子宮の中での子どもの育ち方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	母親の子宮の中での子どもの育ち方について予想を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	調べたことを基に、子宮内での子どもの育ち方を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水にとかす前と水にとかした後の食塩の重さを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	食塩を水に溶かしたときの色や重さを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	食塩を水に溶かす前と溶かした後の重さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	食塩を水に溶かしたときの色の变化、重さの変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	食塩を水に溶かす前と溶かした後の重さの変化を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	食塩を水に溶かす前と溶かした後の重さの変化を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	食塩を水に溶かす前と溶かした後の重さの変化を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	食塩を水に溶かすと重さがどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	独立変数として食塩を水に溶かすこと、従属変数として重さの変化を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	食塩と水、容器などを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実目的に応じて適切な計測器を使用する。	食塩や水の量を測定するために、台ばかり、電子天秤、上皿天秤を用いることができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	食塩や水の量を台ばかり、電子天秤を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	水に溶かす前と水に溶かした後の食塩の重さの変化について推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	食塩の重さは水に溶かす前と溶かした後で変化しないことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水にとける食塩の量を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	食塩を水に入れたときの様子や溶ける様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	水の量や温度、溶けた食塩の量を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	食塩が水に溶けた様子、溶け残った様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	従属変数として溶けた食塩の量を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	スプーン1杯の食塩の量、水の量、温度などを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	食塩の溶ける量を、スプーン何杯分と定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	食塩の量の測定に計量スプーン、水の量の測定にメスシリンダーを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	水の量をメスシリンダーを用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、一定の水の量に溶ける食塩の量を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	一定の水の量に溶ける食塩の量を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	一定の水の量に溶ける食塩には限度があることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水の量や温度を変えて水にとける食塩の量を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	食塩を水に溶かしたときの様子、水の温度などを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	水の量や温度、溶けた食塩の量を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	食塩が水に溶けた様子、溶け残った様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水の量の変化、温度の変化により、溶ける食塩の量が変わるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水の量の変化、温度の変化により、溶ける食塩の量が変わるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水の量の変化、温度の変化により、溶ける食塩の量が変わるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	水の量、温度を変化させると、溶ける食塩の量がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	水に溶ける食塩の量の変化に影響を及ぼす可能性のある変数として、水の量や温度を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	計量スプーン1杯の量、水の量、水の温度などを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	食塩の溶ける量を、スプーン何杯分と定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	食塩の量の測定に計量スプーン、水の温度の測定に温度計、水の量の測定にメスシリンダーを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	水の温度を温度計、水の量をメスシリンダーを用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	棒グラフから、溶ける食塩の量と水の量、水の温度の関係を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	水の量、温度をそれぞれ変化させたときの溶けた食塩の量を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水の量を変えると溶ける食塩の量が変わること、温度の変化では影響がほとんどないことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

食塩水をじょう発させて食塩をとり出せるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	食塩水を蒸発皿にとり、アルコールランプで熱して蒸発させたときの様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	食塩水が蒸発するときの様子、析出した食塩の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	食塩水をアルコールランプで蒸発させたときと自然蒸発させたときの食塩の様子を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	食塩水から溶けている食塩を取り出せるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	食塩水から溶けている食塩を取り出せるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	食塩水から溶けている食塩を取り出せるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	食塩水を蒸発させると、食塩を取り出すことができるかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	食塩の析出に影響を及ぼす変数として食塩水に含まれる水を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	食塩水から食塩を取り出せることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ホウ酸のとけ方を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	ホウ酸の粒の形や色，ホウ酸を水に溶かしたときの様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	ホウ酸を水に溶かす前と溶かした後の重さ，水に溶けた量，水の量や温度を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ホウ酸が水に溶けた様子，溶け残った様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水の量の変化，温度の変化により，溶けるホウ酸の量が変化するかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水の量の変化，温度の変化により，溶けるホウ酸の量が変化するかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水の量の変化，温度の変化により，溶けるホウ酸の量が変化するかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて，予想や仮説の支持・不支持を明らかにして，必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	水に溶けるホウ酸の量の変化に影響を及ぼす可能性のある変数として水の量，温度を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	計量スプーン1杯の量，水の量，水の温度などを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	ホウ酸の溶ける量を，スプーン何杯分と定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	ホウ酸の量の測定に計量スプーン，水の温度の測定に温度計，水の量の測定にメスシリンダーを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	水の温度を温度計，水の量をメスシリンダーを用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ，面積，体積，質量などの量を見積もったり，測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	棒グラフから，溶けるホウ酸の量と水の量，水の温度の関係や，食塩とホウ酸の溶け方の違いを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布，平均値，度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	水の量，温度を変化させたときの溶けたホウ酸の量をそれぞれ表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	縦軸に溶けるホウ酸の量，横軸に水の量，水の温度をとり，ホウ酸の溶け方を棒グラフに示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し，結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水に溶かしてもホウ酸の重さは変わらないこと，水の量，温度を変えると溶けるホウ酸の量が変えること，自然蒸発でホウ酸を取り出せることを導くことができる。
VII-3	原理や法則，規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ホウ酸が出てきた液を冷やそう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	溶けていたホウ酸が自然に析出したときの様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ホウ酸水を氷水で冷やし、ホウ酸が析出した様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	ホウ酸と食塩の性質を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	ホウ酸水を放置するとホウ酸が析出した理由について仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	ホウ酸水を放置するとホウ酸が析出した理由について仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	ホウ酸を析出させるための実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	温度を下げるとホウ酸が析出することや濾過した液にホウ酸が溶けていることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

電じしゃくの性質とはたらきを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	電流の強さや電磁石に付いたクリップの数を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	電磁石に電流を流したときのクリップのつき方や方位磁針の振れ方を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	スイッチ、電磁石、検流計、乾電池のつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	磁石の性質と電磁石の性質を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	電磁石に電流を流した時のクリップのつき方や、方位磁針の振れ方について予想をすることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	電磁石に電流を流した時のクリップのつき方や、方位磁針の振れ方について予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	電磁石に電流を流した時のクリップのつき方や、方位磁針の振れ方についての性質、働きを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流の強さ、向きを調べるために、検流計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流の強さを検流計を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	電磁石は、電流が流れている間磁石と同じ性質であり、N極とS極があること、電流の流れる向きに合わせて極の向きが変わるということを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

電じしゃくのはたらきはどのようにすると大きくなるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	乾電池の数、導線の巻き数、電流の強さ、電磁石に付いたクリップの数を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	乾電池の数、導線の巻き数を変えたときの電流の強さの変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	スイッチ、電磁石、電流計、乾電池のつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	電磁石の働きを大きくする方法について、仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	電磁石の働きを大きくする方法について、仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	電磁石の働きを大きくする方法について、仮説を確かめる実験計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	乾電池の数、導線の巻き数を変えると、電磁石の働きがどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	電磁石の強さに影響を及ぼす変数として乾電池の数や導線の巻き数を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	乾電池の数、導線の巻き数以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	電磁石の強さを釣り上げるおもりの重さやクリップの数などで定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流の強さを測定するために、電流計を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流の強さを電流計や検流計を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、乾電池の数、導線の巻き数を変化させたときの、電磁石の強さを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	釣り上げたおもりの重さやクリップの平均値から電磁石の強さを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	乾電池の数、導線の巻き数を変化させたときの、電磁石の強さを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	電流を強くする、または導線の巻き数を増やすと電磁石の働きが大きくなることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

集気びんの中でろうそくを燃やし続ける方法を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	ろうそくが中で燃えている集気びんに線香を近づけて煙の動きを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ろうそくが中で燃えている集気びんに線香を近づけたとき、煙に一定の流れがあることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	集気びんの中でろうそくを燃やし続けるための、仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	集気びんの中でろうそくを燃やし続けるための、仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	集気びんの中でろうそくを燃やし続けるための、仮説を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	集気びんの上や下を開けると、ろうそくが燃え続けることができるかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	ろうそくの燃焼に影響を及ぼす変数として空気を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	集気びん、ろうそくなどを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	線香の煙の動きをモデル図に表して、空気の流れを考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	ろうそくが燃え続けるために必要な条件を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	物が燃え続けるためには、空気の入れ替わりが必要であるということを知ることができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

物を燃やすはたらきのある気体を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	窒素、酸素、二酸化炭素を集気びんにとり、それらの中でろうそくが燃える様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	窒素、酸素、二酸化炭素の中で、ろうそくの燃え方の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	窒素、酸素、二酸化炭素の中でろうそくの燃え方を比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	物を燃やす働きの違いから、酸素、窒素、二酸化炭素の性質を導くことができる。

ろうそくが燃える前と燃えた後の空気を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	ろうそくが燃えた後の集気びんに石灰水を入れ、入れる前と後の石灰水の色を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ろうそくが燃えた後の集気びんに石灰水を入れたときの色の变化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	石灰水を用いて、二酸化炭素を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	物が燃えた後の集気びんの中の空気の性質について予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	物が燃えた後の集気びんの中の空気の性質について予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	物が燃えた後の空気には二酸化炭素が多く含まれることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	石灰水の白濁から、物を燃やした後の気体は二酸化炭素が多くなることを結論づけることができる。

ろうそくが燃える前と燃えた後の気体の体積の割合を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	酸素と二酸化炭素の割合を気体検知管から記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	燃える前と燃えた後の気体の体積の割合の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	物が燃えると気体の体積の割合はどのように変化するかについて予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	物が燃えると気体の体積の割合はどのように変化するかについて予想した根拠を示す。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実目的に応じて適切な計測器を使用する。	ろうそくが燃える前と後の気体の体積の割合を測定するために、気体検知管を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	ろうそくが燃える前と後の気体の体積の割合を気体検知管を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	帯グラフから、燃える前と燃えた後の気体の割合を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	燃える前と燃えた後の空気中の窒素、酸素、二酸化炭素の量を、モデル図を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	気体検知管で測定した気体の割合を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	物が燃えると酸素の一部が使われて二酸化炭素ができるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

はき出した空気は吸う空気と違うか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	吐き出した空気をポリエチレンの袋にとり、袋の中の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	袋の中の吐き出した空気に含まれる気体の割合を気体検知管の数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	吸う空気と吐き出した空気に含まれる酸素と二酸化炭素の割合の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	吐き出した空気と吸う空気の違いを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	吐き出した空気と吸う空気の違いを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	吐き出した空気と吸う空気の違いを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	呼気と吸気の体積の割合を測定するために、気体検知管を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	呼気と吸気の体積の割合を気体検知管を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	呼吸によって酸素の一部を取り入れて、二酸化炭素を吐き出しているという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

だ液がでんぷんを変化させるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	米粒を揉みだした液にだ液を入れた物と、入れていない物でヨウ素液の反応の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	ヨウ素液の反応からでんぷんの有無を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	唾液の働きを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	唾液の働きを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	唾液の働きを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	でんぷんの変化に影響を及ぼす変数として唾液を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	でんぷんの入った液体、温度、量を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	唾液にはでんぷんを別の物質に変化させる働きがあることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

血液の通り道を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	体の表面に見える血管の様子を観察し、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	脈拍数、拍動数を計測し、記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	動脈、静脈を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	脈拍数を測定するために脈拍計、拍動数を調べるためにストップウォッチを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	血液は心臓を起点として、全身を巡りながら酸素や二酸化炭素、養分などを運ぶ働きをしていることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

葉に日光が当たるとでんぷんができるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	ジャガイモの葉を脱色またはたたき染めにして、ヨウ素液に浸したときの色を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ジャガイモの葉を日光に当てたものと、当てないもので、ヨウ素液に浸した後の色の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	ヨウ素液の反応からでんぷんの有無を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	葉に日光が当たるとでんぷんができるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	葉に日光が当たるとでんぷんができるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	葉に日光が当たるとでんぷんができるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	葉に日光が当たらずとも、でんぷんができるかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	でんぷんの生成に影響を及ぼす変数として日光を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	日光の有無以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物の葉に日光が当たると、でんぷんができることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

根からとり入れた水のゆくえを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	食紅を溶かした水にホウセンカを入れ、赤く染色された道管を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	道管が食紅により色付く様子、蒸散により葉に被せた袋に水滴が付いた様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	葉、茎、根に通っている道管の様子をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	根から取り入れた水の行方を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	根から取り入れた水の行方を予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	根から取り入れた水の行方を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	葉の有無により蒸散が行われるかどうかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	植物の蒸散に影響を及ぼす変数として葉の有無を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	葉の有無以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	根からとり入れた水は、茎、葉を通り、蒸散により放出されることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物が酸素を出しているか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	植物にポリエチレンの袋を被せて吐いた空気を閉じ込めたときの酸素と二酸化炭素の割合、日光に当てた後の酸素と二酸化炭素の割合を数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	植物に袋を被せて呼吸を閉じ込め、日光を当てる前後の酸素、二酸化炭素の量の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	植物が酸素を出しているかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	植物が酸素を出しているかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	植物が酸素を出しているかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	植物に日光を当てると、酸素、二酸化炭素の量がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	袋の中の酸素と二酸化炭素の体積の割合を測定するために、気体検知管を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	酸素と二酸化炭素の体積の割合を気体検知管を用いて最小目盛りの値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	植物は、日光が当たると二酸化炭素を取り入れて酸素を出していることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

人の食べ物のもとを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	食べ物（カレーライス）の材料を、動物と植物に識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	食べ物（カレーライス）の材料を食物連鎖の観点から、たどることができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	生物同士が「食べる」「食べられる」の関係でつながっていることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

太陽と月について調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	数日にわたり三日月や半月のころの日没直後の月の形と位置の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	日没直後の月の形と位置を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	太陽と月を球形として捉え、表面の様子を平面的に記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	太陽と月の似ているところ、違うところを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	月に日光が当たっているところの形をモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	太陽は自ら光っていること、月は太陽の光を反射して光っていること、太陽も月も球形であることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

日ぼつ直後の月の形と位置を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	数日にわたり、日没直後の月の形と位置を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	日没直後の月の形と位置、太陽が沈んだ位置を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	月を球形として捉え、観察で見える形を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	月の形の変化について、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	月の形が日によって変化して見える理由について、仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	月の形が日によって変化して見える理由について仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	日によって月の形が変わって見え、位置も変わるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ボールに光を当てて月の形が変わって見える理由を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	ボールの位置を変えて、ボールの明るく見えるところの変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	太陽、月、地球の位置関係を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	光を当てたときにボールの明るく見えるところを平面的に記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	月の形の変化を、ボールなどをモデルにして考察することができる。
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	月の光っている側に太陽があり、月と太陽の位置関係が変わることで、月の見え方が変わるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

土を水の中に流しこんで層ができるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	雨どいにのせた土を水槽に水で流して、土が層になって積もる様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	土を水で流すと粒の大きさによって層が形成されることを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	粒の大きい物から下に堆積することを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	粒の大きさから礫、砂、泥に識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	礫、砂、泥がどのように積み重なって地層ができるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	礫、砂、泥がどのように積み重なって地層ができるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	礫、砂、泥がどのように積み重なって地層ができるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	地層は流れる水の働きにより運搬された礫、砂、泥が堆積して形成されるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

地層を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	地層全体、地層をつくる粒の性質、化石の有無を観察し、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	層の厚さを記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	地層の重なり方や、層をつくる粒を記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	上下の層の重なり方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	層の広がりを捉え、表出している層を記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	粒の大きさから礫、砂、泥に識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	地層の厚さを調べるために、巻尺を使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	地層の厚さや広がりをスケールを示して図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	地層には水の働きでできた物と火山の働きでできた物があり、層になって広がっているという規則性や共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

おもりを持ち上げたときの手ごたえを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	てこを使っておもりを持ち上げたときの手ごたえを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	作用点、力点の位置をそれぞれ変えたときの手ごたえを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	支点、力点、作用点の位置関係を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	作用点と支点の距離、支点と力点の距離を変化させたときの手ごたえを比較することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	てこをどのように使うと、重い物を持ち上げることができるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	てこをどのように使うと、重い物を持ち上げることができるか仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	てこをどのように使うと、重い物を持ち上げることができるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	支点と作用点の距離、支点と力点の距離を変えると手ごたえがどのように変化していくかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	おもりを持ち上げる手ごたえに影響を及ぼす変数として支点と作用点の距離、支点と力点の距離を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	支点、力点、作用点の位置を実験に応じて一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	支点と作用点の距離を短くしたとき、支点と力点の距離を長くしたときに小さい力で持ち上げることができるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

てこが水平につり合うときのきまりを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	実験用てこにおもりを吊るし、手で押したときの手ごたえを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	おもりの位置と重さを数値で記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	てこが水平に釣り合うときのおもりの位置と重さを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	てこにおもりを吊り下げる位置を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	てこが水平に釣り合うときのおもりの位置と重さを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	てこが水平に釣り合うときのきまりについて仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	てこが水平に釣り合うときのきまりについて仮説を立てた根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	てこが水平に釣り合うときのきまりについての仮説を確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	おもりの重さ、位置を変えると、てこの傾きがどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	てこの傾きに影響を及ぼす変数としておもりの重さ、位置を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	てこの左の腕に吊るすおもりの位置、重さを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	おもりの位置と重さを用いて、てこの釣り合いを定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	てこを傾ける働きは、「力の大きさ」と「支点からの距離」の積を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、てこが釣り合うときのおもりの位置と重さの関係を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	表から、左右の腕を傾ける働きが等しいとき、てこが釣り合うことを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	てこが釣り合うときのおもりを吊り下げる位置、重さを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	てこが水平に釣り合うときの規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

5つの水よう液のちがいを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	食塩水、石灰水、薄いアンモニア水、薄い塩酸、炭酸水のそれぞれの水溶液の様子やにおいを調べ、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	それぞれの水溶液を蒸発させたときのにおいや残る物を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	液体の様子、におい、蒸発させたときのにおいや残る物から水溶液を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水溶液の性質の違いを予想する。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水溶液の性質の違いを予想した根拠を示す。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水溶液の性質の違いを確かめる実験の計画を立てる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、水溶液の性質の違いを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	水溶液の種類と性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	水溶液に溶けていた物を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水よう液をリトマス紙につけて色の変化を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	リトマス紙に水溶液を付けた様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	リトマス紙に水溶液を付けたときの色の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	リトマス紙の色の変化から酸性、中性、アルカリ性を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	青・赤色のリトマス紙の色の変化をまとめた表から、水溶液の性質を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	リトマス紙の色の変化を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	リトマス紙の変化から、水溶液は酸性、中性、アルカリ性の3つに分けられるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

金属にうすい塩酸を注ぐとどうなるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	アルミニウム、スチールウールをそれぞれ試験管に入れ、薄い塩酸を注いだときの様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	金属に薄い塩酸を注いだときの金属、液体の変化の特徴を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	塩酸はアルミニウムや鉄を溶かすことを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水溶液に金属を変化させる働きがあるかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	水溶液に金属を変化させる働きがあるかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水溶液に金属を変化させる働きがあるかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、薄い塩酸を注いだときのアルミニウムと鉄の変化の様子を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	薄い塩酸を注いだときのアルミニウムと鉄の変化の様子を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	薄い塩酸は、アルミニウムも鉄も溶かす性質があることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

塩酸にとけた物を取り出そう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	薄い塩酸にアルミニウムを溶かした水溶液を蒸発させたときの様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	薄い塩酸にアルミニウムを溶かした水溶液を蒸発させたときの変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	濾過した液体から、蒸発により固体が析出することを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	塩酸に溶けた液体を蒸発させると溶けた金属が析出するかを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	塩酸に溶けた液体を蒸発させると溶けた金属が析出するかを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	塩酸に溶けた液体を蒸発させると溶けた金属が析出するかを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	析出した個体の性質を推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	薄い塩酸に金属が溶けた液を蒸発させると固体が析出することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

液を蒸発させて出てきた固体の性質を調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	蒸発により取り出した固体の色や性質を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	取り出した固体に塩酸を注いだとき、水を注いだとき、電気を通したとき、磁石を付けたときの変化の特徴を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	取り出した固体に塩酸を注いだとき、水を注いだとき、電気を通したとき、磁石を付けたときの変化の特徴から、元の金属と識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	取り出した固体は、元の金属と同じ物かを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	取り出した固体は、元の金属と同じ物かを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	取り出した固体は、元の金属と同じ物かを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、アルミニウムや鉄が溶けた薄い塩酸を蒸発させて析出した固体の性質を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	アルミニウムや鉄が溶けた薄い塩酸を蒸発させて析出した固体の性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	薄い塩酸に金属を溶かした液から析出した固体は元の金属とは違う物であることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

手回し発電機で電気を作ろう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	手回し発電機をモーターなどの器具につなげて電気をつくるときの器具の様子、手回し発電機の手ごたえを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	手回し発電機を回したとき、止めたときのモーターなどの器具の変化を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	手回し発電機とモーターなどの器具のつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

コンデンサーに電気をためて使おう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	コンデンサーに豆電球と発光ダイオードをつないだときの発光時間を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	コンデンサーに電気を溜めてモーターや豆電球につないだときの変化の様子を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	コンデンサーとモーター、豆電球のつなぎ方を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

太さのちがう電熱線に電流を流して発熱のちがいを調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象の様子や性質等を記録する。	電熱線に電流を流したときの発熱の様子を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	電熱線の太さ、発砲ポリスチレンが切れるまでの時間を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化の様子や変化の特徴を記録する。	電熱線の太さにより発砲ポリスチレンが切れる様子の違いを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	乾電池、スイッチ、電熱線の回路を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	電熱線の太さによる発熱の仕方の違いを予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	電熱線の太さによる発熱の仕方の違いを予想した根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	電熱線の太さによる発熱の仕方の違いを確かめる実験の計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	電熱線の太さによる発熱の仕方がどのように変わるかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を指摘する。	発熱の仕方に影響を及ぼす変数として電熱線の太さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	電熱線の長さ、発砲ポリスチレンの板などを一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	発砲ポリスチレンが切れるまでの時間を測定するために、ストップウォッチを使用することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	発砲ポリスチレンが切れるまでの時間をストップウォッチを用いて整数の値で読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	発砲ポリスチレンが切れるまでの時間を3回計測し、平均を求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりできる。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	電熱線の長さ、発砲ポリスチレンの大きさをスケールを示して図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	表から、電熱線の太さと発砲ポリスチレンが切れるまでの時間の関係を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験の結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験の結果について観点を決めて表にまとめる。	電熱線の太さと発砲ポリスチレンが切れるまでの時間を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	電熱線の太さによる発熱量の違いを推測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	電熱線の太さを変えると発熱量が変わるという規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	五感を通して得た周りの生物のようすや特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	観察した生物の個体数や群生数を数値を用いて記録することができる。
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した生物をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	どのような生物がどのような場所で生活しているかを植物マップに記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	光の当たり方や土のしめり具合に基づいて、生活している生物を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	観察した生物の大きさをスケッチとともに図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、生物の生活環境の共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水中の小さな生物

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	顕微鏡で見た水中の小さな生物のようすや特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した水中の小さな生物をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	試料を集めた場所ごとに、観察できる水中の小さな生物の種類や数について記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	観察した水中の小さな生物の大きさをスケッチとともに図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、水中の小さな生物の生活環境の共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

いろいろな植物の花のつくり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	ルーペや双眼実体顕微鏡で観察した植物の花のつくりや特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	がく、花弁、おしべ、めしべの数について、数値を用いて記録することができる。
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物の花のつくりをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	植物の花のつくりの特徴を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	めしべの断面図をスケッチすることができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	形や位置関係に基づいて、がく、花弁、おしべ、めしべを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	観察した植物の花のがく、花弁、おしべ、めしべの数を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、花のつくりの規則性や共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

葉のつくり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	見た目や手触りから、植物の葉のつくりや特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物の葉の表皮や断面のつくりをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	植物の役割に基づいて、根・茎・葉を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	葉脈の形態に基づいて、網状脈と平行脈を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、植物の葉の表面や中のつくりの規則性や共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

光合成が行われている場所

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	デンプンのヨウ素反応の色の変化を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	ヨウ素液につけた葉の色の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	ヨウ素液につけた後のオオカナダモの葉を顕微鏡で観察してスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	ヨウ素液の反応に基づいて、デンプンの有無を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	ヨウ素液で、どちらの葉のどの部分の色が変化するか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	たたき染めやエタノールの脱色実験の結果に着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	光合成を行うかどうかを決める変数として、光の照射や葉緑体の有無を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	光の照射や葉緑体の有無以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、光合成は葉緑体で行われており、光が必要であることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

光合成と二酸化炭素の関係

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	それぞれの試験管に石灰水を入れたときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	光合成によって二酸化炭素が使われるかどうかを決める変数として、光の照射や葉の有無を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	光の照射や葉の有無以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	それぞれの試験管における石灰水の反応や光合成の実施の有無を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	光合成に二酸化炭素が必要なことから、それぞれの試験管の石灰水の変化を導くことができる。

蒸散と吸い上げられる水の量の関係

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	枝をさしたメスシリンダーの減った水量の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	水が減る順番を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	水が減る順番を確かめる実験計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	減った水量に影響を及ぼす変数として、気孔の数を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	気孔の数以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	メスシリンダーを正しく扱い、減った水量を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	メスシリンダーを目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、気孔の数が多いほど減る水量も多いことを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	それぞれのメスシリンダーにおける減った水の量や葉の表裏の気孔の分布を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	蒸散が主に気孔で起こることから、気孔の数と吸水量の関係を導くことができる。

根と茎のつくり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	植物の根や茎の水の通り道を色の変化で記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	植物の茎の断面で色水が通ったところをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	植物の根のはり方や茎のつくりの特徴を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	植物の茎の断面の観察から維管束の配置を平面的に記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	植物の役割に基づいて、根・茎・葉を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	茎の維管束の分布から輪状と不規則な配置を、根の形態から主根・側根とひげ根を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、植物の根や茎のつくりの規則性や共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

シダ植物のからだのつくりと孢子

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	見た目や色から、シダ植物のからだのつくりや孢子の特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	イヌワラビの葉、茎、根のつき方や孢子のうをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	植物の殖え方に基づいて、種子で殖える植物と孢子で殖える植物を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	孢子で殖える植物について、根・茎・葉の区別の有無に基づいて、シダ植物とコケ植物を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、シダ植物の特徴について、種子植物と比べて共通点や異なる点を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

金属と金属でない物質の区別

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電気を通すかどうかや磁石に付くかどうかに基づいて、物質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	金属が磁石に付くかどうかに基づいて、鉄とそうでないものを識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	身のまわりの金属や非金属を予想することができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	電気を通してみたり、磁石を近づけたりした結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	日常生活における経験から、電気を通すかどうか、磁石に付くかどうかを予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、金属の共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

白い粉末の区別

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	見た目や手触りなどで感じたことを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	白い粉末を加熱したり、水と混ぜ合わせたりしたときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	物質について、水に溶けるものと溶けないものを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	物質が燃えたときのようすや、燃えた後にできる物質に基づいて、有機物と無機物を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	白い粉末を区別するための手立てを考え、実験計画を立てることができる。
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	白い粉末の見た目や手触り、水と混ぜ合わせた時のようす、加熱した時の変化を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	見た目や手触りから、白い粉末が何であるかを予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、加熱したり水に溶かしたりする方法によって、物質を区別できることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

プラスチックの区別

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	身のまわりのプラスチック製品の手触りやかたさについて記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	プラスチック片を水に入れたときの変化のようすや、加熱したときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	手触り、かたさ、水への浮き沈みの性質に基づいて、プラスチックを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	燃え安さや燃え方の違いに基づいて、プラスチックを識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	上皿でんぴんやメスシリンダーを正しく扱い、質量や体積を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	メスシリンダーを目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	測定した物体の体積と質量から、密度を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	手触りやかたさ、水への浮き沈み、加熱したときの変化を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、プラスチックを区別するための方法を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

二酸化炭素と酸素の区別

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	気体の色やにおい、リトマス紙の色の変化について記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	火の付いた線香や石灰水を入れたときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	水への溶けやすさに基づいて、気体を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	水に溶けやすい気体を空気と密度を比較することによって識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	発生した気体の性質について調べた結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、酸素と二酸化炭素を比較し、性質の共通点や相違点を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水にとける物質のようす

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	物質を水と混ぜ合わせたときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	物質と水を混ぜ合わせたときのようすを観察し、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	物質による溶け方の違いや、物質が溶けた水溶液の性質について話し合い、予想や仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	物質が水に溶けるときの粒子のようすに影響を及ぼす変数として、時間を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実験目的に応じて適切な計測器を使用する。	電子てんびんを正しく扱い、質量を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電子天秤で質量を正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、物質を水に溶かす前と溶かした後の質量を比較して、溶かした物質の分だけ質量が増加していることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	水溶液中にとけている物質のようすについて、粒子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	物質を水に溶かしたときの変化のようすや質量の変化を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、物質が水にとけたときの質量の変化や水溶液の性質について共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水にとけた物質をとり出す

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	加熱したり冷やしたりしたときの試験管内の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	顕微鏡やルーペで観察した結晶の形の特徴を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	水にとける物質の質量に影響を及ぼす変数として、水の温度を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	水の温度以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	温度計を正しく扱い、水温を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	溶解度曲線を見て、温度と溶解度の関係を読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	溶解度曲線から、水温によって物質が溶ける量や結晶として出てくる量を予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	物質の溶解度と再結晶について、いす取りゲームに例えて考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	加熱したときや冷やしたときの変化のようすや蒸発させて出てきた物質の特徴を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、水の温度を上げて溶かした物質は冷やすことによって取り出せることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

ロウが状態変化するときの体積変化や質量の変化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	ロウを加熱、冷却したときの体積や質量の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	冷え固まったロウをスケッチし、体積変化の特徴を記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	ポリエチレン袋が膨らんだときのエタノールのようすを粒子モデルを使って表すことができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	ポリエチレン袋が膨らんだようすを観察し、疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	物質が状態変化したときに、体積や質量がどのように変化するか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	物質の状態を粒子モデルを使って考え、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電子てんびんを正しく扱い、質量を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読む	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、状態変化の前後で質量は変化しないことを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	ロウの液面が固まった時にどのように変化したか相対的に捉え、図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	ロウの状態変化のようすを粒子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	液体のロウと固体のロウの質量や体積を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	ロウをとかした経験から、体積や質量がどのように変化するかを予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、液体から固体に状態変化する際、体積は小さくなるが質量は変化しないことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

エタノールが沸騰するときの温度

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	エタノールを加熱したときの温度の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	エタノールの温度に影響を及ぼす変数として、加熱時間を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	温度計を正しく扱い、エタノールの温度を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	温度計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、エタノールの温度変化のグラフをなめらかな線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	熱した時間と温度の関係をエタノールや水の温度変化のグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	エタノールや水の温度変化の記録から、沸騰している間は温度が一定であることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	エタノールを加熱した時間と温度変化の関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、状態変化する温度は物質によって決まっていることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	水が沸騰している間は温度上昇しないことから、エタノールの沸点を導くことができる。

赤ワインを熱して出てくる物質

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	赤ワインを蒸留して出てきた液体の色やにおい等の性質を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	色やにおいの有無や火がつくかどうか等の性質に基づいて、試験管に集めた液体を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	赤ワインが沸騰して出てくる気体がどのように変化するか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	沸点の違いに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	気体の温度によって、試験管の中に集まる液体がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	出てきた液体を予想と照らし合わせながら調べ、必要に応じて仮説を修正することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	試験管に集まった液体の種類に影響を及ぼす変数は、フラスコ内の気体の温度であることを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	試験管1本に集める液体の体積を一定に設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	温度計を正しく扱い、気体の温度を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	温度計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	熱した時間と温度の関係の水とエタノールの混合物の温度変化のグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	水とエタノールの混合物の温度変化のグラフから、沸点が決まった温度にならないことを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	液体が集まったときの温度、集めた液体の性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	混合物の温度変化の特徴をグラフを使って説明することができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、沸点のちがいによって混合物をそれぞれの物質に分けられることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

鏡に当たった光の進む道筋

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	光源装置を用いて的に光を当てたときの光の道筋を記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	鏡にうつる像は、鏡に反射した光の道筋を逆にのぼした位置にあることを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	反射角の大きさに影響を及ぼす変数として、入射角の大きさを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、記録用紙を折ると光の道筋が重なることから入射角と反射角が同じであることを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、鏡で光が反射するときは入射角と反射角が等しくなることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

透明な物体に出入りする光の道筋

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	空気側から半円形レンズに入射させたときの入射光と屈折光の道筋を記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	空気から半円形レンズへの入射と半円形レンズから空気への入射による屈折のしかたを識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	日常の屈折現象から、光が屈折することに疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	屈折角の大きさに影響を及ぼす変数として、入射角の大きさを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	定規・分度器を正しく扱い、実験の記録用紙を作成することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、入射角と屈折角の大小関係を示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、透明な物体に光が入るときと透明な物体から光が出る時の道筋は同じになることや入射角と屈折角の大きさの関係を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

凸レンズによってできる像

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	凸レンズによってできる像と光源の位置の特徴について記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	光源の位置によって、像のできる位置、像の大きさ、像の向きがどのように変わるのかを比較したり、識別したりすることができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	像のできる位置、大きさ、向きに影響を及ぼす変数として、光源の位置を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	光源の位置以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	定規を正しく扱い、凸レンズから光源、スクリーンまでの距離を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	定規を最小目盛りまで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、光源と同じ大きさの像をスクリーンに映したときにレンズと光源の距離とレンズとスクリーンの距離は等しくなり、焦点距離の2倍になることを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	凸レンズを通る光の進み方を作図することによって、像の位置や大きさを図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果をまとめた表から、凸レンズによってできる像の位置や大きさ、向きの特徴を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	光源の位置と凸レンズによってできる像の位置や大きさ、向きを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、像の位置や大きさ、向きが光源の位置や凸レンズの焦点距離とどのような関係にあるかを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

音の大小や高低と物体の振動との関係

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	音の大小や高低を耳で捉え、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	音の大小や高低を変えたとき、弦の振動が変化するようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	はじく強さ、弦の長さ、弦の張りの強さに基づいて、音の大小や高低を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	音の大小に影響を及ぼす変数として弦をはじく強さを、音の高低に影響を及ぼす変数として弦の長さや張りの強さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	弦をはじく強さ、弦の長さ、弦の張りの強さ以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	コンピュータやオシロスコープを正しく扱い、振幅や振動数を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、音の大きさとはいじいた弦の振幅の関係、音の高さと弦の振動数の関係を示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	振動のグラフから、振幅が大きいほど音は大きいことや振動数が多いほど高い音になることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、音の大小には振幅が関係し、音の高低には振動数が関係することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

力の大きさとばねののびの関係

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	ばねを引く力の大きさとばねののびの間にはどのような関係があるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	物体に力を加えたときの形の変化のようすに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	ばねAの実験結果から、ばねBのばねののびについて予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	ばねののびに影響を及ぼす変数として、力の大きさやばねの強さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	力の大きさ、ばねの強さ以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	ばねののびを力の大きさと定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	定規を正しく扱い、ばねののびを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	定規を最小目盛りまで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、力の大きさとばねののびの関係のグラフを直線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	力の大きさを変化させたときのばねののびの変化をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	ばねののびの測定値から、力の大きさとばねののびは比例関係にあることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	力の大きさとばねののびが比例関係にあることから、測定点以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	おもりの数を変化させたときの力の大きさ、ばねののびを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	力の大きさとばねののびの関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、ばねののびはばねに加わる力の大きさに比例することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水圧の大きさやはたらく向き

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	ポリエチレン袋に手を入れて水に沈めたときの水圧を感じ取り、記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	深さによってゴム膜のへこみが変化するようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	水圧の大きさに影響を及ぼす変数として、水の深さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	水の深さ以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、同じ深さではあらゆる方向でゴム膜のへこみ方が同じであることを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	水の深さを変化させたときのゴム膜のへこみ方を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、水圧はあらゆる方向からはたらき、水の深さによって大きさが変化することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

浮力の大きさを決めるもの

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	浮力の大きさに影響を及ぼす変数として、物体の水に沈んでいる部分の体積を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	物体の水に沈んでいる部分の体積以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	浮力の大きさを沈んだときのおもりの個数で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	水に沈んだときのおもりの個数から、浮力の大きさを計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	測定結果から、物体が沈むときのおもりの個数は物体の容積が大きいほど多くなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	物体の容積と物体が水中に沈んだときのおもりの数を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、浮力は水に沈んでいる部分の体積によってきまることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

火山灰の観察

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	火山灰に含まれる鉱物の色や形等の特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	火山灰に含まれる鉱物を色や形の違いを見分けてスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	火山灰に含まれる鉱物の色の有無に基づいて、有色鉱物と無色鉱物とに識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	鉱物の色や形状に基づいて、石英、長石、黒雲母、角閃石、輝石、カンラン石、磁鉄鉱を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、産地の異なる火山灰を観察し、火山灰に含まれる鉱物の特徴から火山の形や溶岩の色を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

火成岩のつくり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	火成岩の色、形、手触り等の特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	火成岩の表面を観察し、鉱物の種類や大きさ、集まり方などに着目してスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	火成岩のつくりに基づいて、火山岩と深成岩を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	火成岩に含まれる鉱物の種類や割合に基づいて、流紋岩、安山岩、玄武岩、花こう岩、せん緑岩、はんれい岩を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、火山岩と深成岩では鉱物の大きさや鉱物の集まり方にどのような違いがあるか導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

地震のゆれ

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	マグニチュードが異なる地震について、ゆれの広がり方やゆれの大きさがどのように異なるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	マグニチュードは地震の規模であることに着目し、仮説の根拠として示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	震央と観測点のゆれはじめの時間差に影響を及ぼす変数として、震央からの距離を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、同じ時間にゆれはじめた地点を線で結ぶと、震央を中心とした同心円になることを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	震央からの距離とゆれ始めの時間の関係を作図から読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実習結果から、震央からの距離とゆれ始めの時間は比例関係にあることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	波の伝わり方から、地震のゆれはどのように広がっていくのかを予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実習結果から、地震のゆれの伝わり方や震央の位置を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

堆積岩のつくり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	堆積岩の形、手触り、構成する粒の大きさ等の特徴を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	石灰岩にうすい塩酸をかけたときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	岩石のつくりに基づいて、火成岩と堆積岩を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	堆積岩のつくりや性質に基づいて、れき岩、砂岩、泥岩、石灰岩、チャート、凝灰岩を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、堆積岩の特徴を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

地層の観察

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	地層の厚さ、広がり、色、境目などをスケッチすることができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	地層の厚さ、れきや砂などの粒の大きさなどを数値を用いて記録することができる。
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	地層の重なりをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	調べたことをもとに柱状図を作ることができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	観察結果に基づいて、地層がどのようにしてできたかを識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	観察した地層がどのような環境で堆積し、どのような順で積み重なったのか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	地層に含まれる化石やれき等の粒の大きさに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	スケールを正しく扱い、地層の厚さを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	地層の厚さをスケッチとともに図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	地層のでき方の学習から、地層の堆積した順番や堆積した当時の環境を導くことができる。

炭酸水素ナトリウムを熱したときの变化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	加熱するとガラス管から気体が出たり、液体が発生したりするようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	石灰水の変化や塩化コバルト紙の変化に基づいて、気体や液体を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	カルメ焼きやホットケーキの中に穴ができることにおいて、重曹の働きに対する疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	発生した気体、液体、加熱後の試験管に残った物質のそれぞれの性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	カルメ焼きやホットケーキの材料を加熱すると膨らむことから、炭酸水素ナトリウムを熱するとどのような変化が起こるのかを予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、炭酸水素ナトリウムが分解するとどのような変化がおこるのかを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

水に電流を流したときの变化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	水素が燃えたときの音や、酸素中に火のついた線香を入れたときの变化について記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	それぞれの電極から発生した気体の体積を記録することができる。
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	それぞれの電極から気体が発生するようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	気体の性質に基づいて、それぞれの電極から発生した気体を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	陽極、陰極に分けて気体の性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、水を電気分解したときに陽極、陰極からどのような気体が発生するかを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

鉄と硫黄の結びつき

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	鉄が硫黄と化合する前後の見た目や手触り、塩酸と反応し発生した気体のにおいについて記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	鉄と硫黄が化合したときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	磁石につくかどうかや塩酸と反応して発生する気体の違いに基づいて、鉄と硫化鉄を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	加熱前と加熱後の物質の性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、2種類以上の物質を結びつけると、別の物質に変化することを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

化学変化を原子・分子のモデルで表す

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	硫化鉄や二酸化炭素ができる変化を原子・分子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	物質を構成する原子の種類と数から、いろいろな化学変化の化学反応式を導くことができる。

鉄を燃やしたときの变化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	燃やす前のスチールウールと燃やした後の物質の手触りの違いを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	スチールウールが燃えるようす、水面が変化するようす、燃やす前後の物質の質量や性質の変化について記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	質量や電気伝導性、塩酸との反応の違いに基づいて、スチールウールと酸化鉄を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	てんびんにつるした木片とスチールウールをそれぞれ燃やしたときの結果の違いに疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	鉄を空气中で燃やすとどのような物質ができるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	物質が燃えるときに酸素と結びつくことに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、スチールウールを燃やす前後の質量を比較し、質量が増えていることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	鉄と酸素が化合するようすを原子・分子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	スチールウールと燃やした後の物質に分けて実験結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、物質が燃えるということは、酸素と化合して別の物質になることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

酸化銅から銅を取り出す

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	加熱前後の物質の色の違いや金属光沢について記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	物質の変化のようすや、石灰水に気体を通したときの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	色や光沢の違いに基づいて、酸化銅と反応後の物質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	酸化銅が還元されるようすを原子・分子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	反応前後の物質の性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、酸化銅の酸素が炭素によって取り除かれたことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

物質が化学変化する前と後の質量を比べる

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	沈殿物の色や、プラスチック容器のふたをゆるめたときに気体が出る音を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	沈殿が発生したり気体が発生したりするようすや、化学変化の前後における質量の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	フラスコの中で炭を燃やす前後で、全体の質量が変わらないことに疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	化学変化の前後で全体の質量がどのように変化するか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	化学変化の前後における原子の種類や数に着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	予想と比較しながら実験を行い、必要に応じて予想を修正することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	気体が発生する化学変化において、反応前後の全体の質量に影響を及ぼす変数として、解放系か閉鎖系かを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	気体が発生する化学変化において、解放系か閉鎖系か以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	天秤等を正しく扱い、反応前後の全体の質量を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電子天秤で質量を正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	誤差を考慮して、化学変化前後の質量が同じであることを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、化学変化の前後において全体の質量は変化しないことを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	化学変化の前後における質量を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、化学変化の前後で全体の質量は変化しないことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

金属を熱したときの質量の変化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	金属が化合する酸素の質量について疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	金属が酸素と化合するとき、質量がどのように変化するか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	酸化銅を構成する原子の種類や数に着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	マグネシウムを熱したときの質量の変化から、銅の質量がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	仮説と比較しながら実験を行い、必要に応じて予想を修正することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	化合する酸素の質量に影響を及ぼす変数として、金属の質量を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	金属の質量以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	天秤を正しく扱い、物質の質量を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電子天秤で質量を正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	金属の質量と化合物の質量から、化合した酸素の質量を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、金属の質量と化合物の質量の関係のグラフを直線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	グラフから金属の質量と化合物や化合した酸素の質量の関係を読み取ることができる。 加熱の回数と化合物の質量の関係や、金属の質量と化合物や化合した酸素の質量の関係を表したグラフを読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	測定値の分布から、金属の質量と化合した酸素の質量は比例していることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	グラフから読み取った金属と結びつく酸素の質量の関係に基づき、測定点以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	金属と化合する酸素の質量の関係を原子・分子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	金属の質量と化合物、化合した酸素の質量を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	金属の質量と化合物や化合した酸素の質量の関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、金属と化合する酸素は一定の質量比で結びつくことを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	酸化銅や酸化マグネシウムは金属原子と酸素原子が1:1で結びついていることから、原子の質量比を導くことができる。

いろいろな化学変化による温度変化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	温度計を正しく扱い、物質の温度を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	温度計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、化学変化前後の温度の関係を示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	それぞれの実験について、化学変化前後の温度を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、化学変化には温度が上がる変化と下がる変化があることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

植物と動物の細胞のつくり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	染色液で染まった部分を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	染色前後の細胞を比較し、その変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した細胞をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	核が染色液で染まったことより、1つ1つの細胞を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	葉緑体、細胞壁、液胞の有無に基づいて、植物細胞と動物細胞を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、植物細胞と動物細胞の共通点や相違点を挙げ、それぞれの細胞がどのようになっているかを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

だ液によるデンプン溶液の変化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	それぞれの試験管に対するヨウ素反応やベネジクト反応のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	ヨウ素反応やベネジクト反応に基づいて、デンプンや糖を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	消化液の学習から、だ液のはたらきについて疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	ヨウ素液、ベネジクト液を入れたとき、試験管内の色がどのように変化するか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	デンプンを分解すると糖になることに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	仮説と関係付けながら実験を行い、必要に応じて仮説を修正することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	だ液の有無以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	ヨウ素反応、ベネジクト反応の結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	米を口の中でかむと甘く感じられるようになることから、デンプンが何に変化するのかを予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	デンプンはだ液のアミラーゼによって糖に分解されることから、それぞれの試験管のヨウ素反応やベネジクト反応を導くことができる。

血液の流れ

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	顕微鏡で見たヒメダカの血液の血管や、その中にある血球を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	ヒメダカの血液の流れのようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	血液の役割から、血液の流れや成分を導くことができる。

刺激に対する反応

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	目や皮膚で受けとる刺激に対する反応の実験を行い、結果を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	ものさしやストップウォッチを正しく扱い、反応するまでにものさしが落下した距離や刺激が伝わるまでの時間を測定できる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	クラス全員の手を握っていく反応時間から、一人あたりにかかった反応時間を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	反応経路の学習から、どのような刺激が信号となってからだのどこを伝わったのかを導くことができる。

無セキツイ動物のからだのつくりや動き方

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	見たり触ったりして、無セキツイ動物のからだのつくりを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	無セキツイ動物の動き方のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した無セキツイ動物をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	無セキツイ動物のからだのつくりに基づいて、節足動物や軟体動物に識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、無セキツイ動物のからだのつくりや動き方の共通性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

直列回路と並列回路を流れる電流

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電流の流れ方に基づいて、豆電球の直列回路と並列回路を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	それぞれの回路において、各点の電流の大きさにはどのような関係があるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	豆電球1個と乾電池1個の回路に流れる電流の大きさに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	仮説と関係付けながら実験を行い、必要に応じて仮説を修正することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	電流の流れ方に影響を及ぼす変数として、回路の種類を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	回路の種類以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流計を正しく扱い、電流の大きさを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、直列回路では電流の大きさがどこでも同じで、並列回路では枝分かれする前の電流の大きさが枝分かれ後の電流の大きさの和になることを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	測定した各点の電流の大きさを回路図に図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	測定値から、直列回路ではどこでも電流の大きさは変わらず、並列回路では枝分かれする前の電流の大きさは枝分かれした電流の大きさの和になることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	電流について、水の流れのモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	回路の種類ごとに各点の電流の大きさを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、直列回路と並列回路の電流の流れ方と大きさの規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

直列回路と並列回路に加わる電圧

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電流の流れ方に基づいて、豆電球の直列回路と並列回路を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	それぞれの回路の各測定区間の電圧の大きさにはどのような関係があるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	豆電球1個と乾電池1個の回路に生じる電圧の大きさに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	仮説と関係付けながら実験を行い、必要に応じて仮説を修正することができる。
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	電圧の大きさに影響を及ぼす変数として、回路の種類や豆電球の種類を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	回路の種類や豆電球の種類以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電圧計を正しく扱い、電圧の大きさを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電圧計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、直列回路では各部分に加わる電圧の大きさの和と全体に加わる電圧の大きさが等しく、並列回路では各部分に加わる電圧の大きさと全体に加わる電圧の大きさが等しいことを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	各測定区間の電圧の大きさを回路図に図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	測定値から、直列回路では各部分での電圧の大きさの和は全体に加わる電圧の大きさに等しく、並列回路では各部分の電圧と全体に加わる電圧の大きさは等しくなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	電圧について、水が落ちるようすをモデルとして考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	回路の種類ごとに各測定区間の電圧の大きさを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、直列回路と並列回路の各部分に加わる電圧の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	電流と電圧の規則性から、家庭内の配線のしくみを導くことができる。

電圧を変化させたときの電流の大きさ

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	回路に加わる電圧と流れる電流とはどのような関係があるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	電熱線 a の実験結果から、電熱線 b に流れる電流がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	電流の大きさに影響を及ぼす変数として、電圧や電熱線の種類を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	電圧や電熱線の種類以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流計や電圧計を正しく扱い、電流や電圧の大きさを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流計と電圧計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	オームの法則から、電流、電圧、抵抗の大きさを計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、加える電圧の大きさと流れる電流の大きさの関係のグラフを直線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	電圧の大きさを変えた時の電流の大きさの変化をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、電圧と電流は比例の関係が成り立つことを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	電圧と電流が比例関係にあることから、測定点以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	電熱線の種類ごとに加えた電圧の大きさと流れた電流の大きさを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	加えた電圧の大きさと流れた電流の大きさの関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、電熱線にかかる電圧と流れる電流の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

電熱線の発熱量を決めるもの

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	1本目の電熱線の実験結果から、他の電熱線に変えたときに水温がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	水の温度上昇に影響を及ぼす変数として、電力や時間を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	電力や時間以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	発熱量の大きさを水の上昇した温度で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流計、電圧計、温度計を正しく扱い、電流、電圧の大きさや水温を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流計、電圧計、温度計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	加えた電圧、流れた電流、電流を流した時間から、電力、熱量、電力量の大きさを計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、各時間における水温を示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	電圧をかけた時間と水温の変化の関係を表から読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、電圧を加える時間が長いほど水温が上がることやワット数が大きいほど水温上昇が大きくなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	電圧を加える時間が長いほど水温が上がることやワット数が大きいほど水温上昇が大きくなることから、測定点以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	電熱線の種類ごとに流れた電流の大きさと時間経過に伴う水温の変化を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、電熱線のワット数、電流、電圧、水のあたまり方の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

コイルを流れる電流がつくる磁界

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	厚紙を指で軽くたたいたときの鉄粉の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	磁石や電流がつくる磁界の磁力線を記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	電流がつくる磁界の向きを記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	コイルに電流を流したときにできる磁界のようすを記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	磁界の強さに影響を及ぼす変数として電流の大きさを、磁界の向きに影響を及ぼす変数として電流の向きを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	磁界の向きを方位磁針のN極が指す向きで定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	1本の導線のまわりやコイルのまわりにできる磁界の向きをねじや右手をモデルとして考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、電流を流した時にコイルのまわりにできる磁界について規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

磁界の中に置いた導線に電流を流す

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	手回し発電機を回したときのアルミニウムはくの動きを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	磁界の中に置いた導線に電流を流したときの変化を平面的に記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	1回目の実験結果から、電流の向きや磁石の磁界の向きを変えたときにアルミニウムはくがどのように動くかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	アルミニウムはくの動き方に影響を及ぼす変数として電流の強さや向き、磁石の磁界の向きを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	電流の強さや向き、磁石の磁界の向き以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	電流が受ける力の大きさをアルミニウムはくの動く大きさで定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	モーターの原理について、モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、磁界の中に置いた導線に電流を流した時の動き方の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

コイルと磁石で電流をつくりだす条件

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	1回目の実験結果から、磁石を動かす速さや磁石の極、コイルの巻き数を変えたときに電流の流れ方がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	発生する電流の強さに影響を及ぼす変数として磁石を動かす速さやコイルの巻き数を、発生する電流の向きに影響を及ぼす変数として磁石の極や動かす向きを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	磁石を動かす速さやコイルの巻き数、磁石の極や動かす向き以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	検流計を正しく扱い、発生した電流の大きさや向きを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、発生した電流の大きさを針のふれで示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、磁石の動かす速さで発生する電流の大きさが変わり、磁石の極や出し入れする動作の向きで電流の流れる向きが変わることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	実験の条件ごとに検流計の反応を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、磁石の動かし方と電流の流れ方の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

静電気が生じる条件とそのはたらき

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	静電気による現象について、目で見たり肌で触れたりして感じたことを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	はくやストローの動き方のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	物体をこすったときに、マイナスの電気を帯びる物体とプラスの電気を帯びる物体に識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	帯電について、物体に存在するマイナスの電気の移動をモデル化して考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	物体の組み合わせにより、どのような動きをしたかを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、静電気が生じる条件や静電気の性質を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

学校内の気象観測

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	風、雨、雲のようすなど、五感を通して感じたことを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	気象要素を数値を用いて記録することができる。
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	異なる観測場所のデータを比較し、その特徴を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の実目的に応じて適切な計測器を使用する。	乾湿計、気圧計、風力計などを正しく扱い、各気象要素を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	計測器を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、各班の観測データを比較する際、測定値を示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	時刻と気温、気圧、湿度の関係をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	各班の観測データから、観測場所によってどのようにちがうかを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	気象観測の結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	時刻と気温、湿度、気圧などの観測データをグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	各班の観測データから、観測場所によってデータが異なる理由を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

湿度が100%になる温度

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	コップの表面に水滴が付くようすを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	コップの表面の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	露点をコップの表面に水滴が付き始めた時の水温で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	温度計を正しく扱い、水温を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	温度計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	コップがくもった時の水温から空気に含まれる水蒸気量を調べ、湿度を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、コップの表面がくもったときの水温を示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	気温と飽和水蒸気量の関係を表やグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	グラフから、空気の温度を下げたときに凝結する水蒸気量を予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	凝結するようすについて、水蒸気や水滴を粒子モデルとして考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	測定したときの時刻や気温や水温、露点を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	気温が下がると飽和水蒸気量が小さくなり湿度が高くなることから、湿度が100%になるとコップの表面がくもることを導くことができる。

雲のでき方

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	気圧が変化するとゴム風船の体積が変化するようすを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	簡易真空容器の中の気圧を下げていったときの気圧計や温度計、ゴム風船の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	簡易真空容器内の気温に影響を及ぼす変数として、気圧の高さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	デジタル温度計や気圧計を正しく扱い、温度や気圧を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	測定結果から、気圧と気温の関係を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	気圧と気温の関係を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、気圧が下がると気温が下がり、雲ができることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

物質を水にとかしたときに電流が流れるか

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	水溶液に電極を入れたときの豆電球，電流計，電極の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電流が流れるかどうかに基づいて，水溶液を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	固体の食塩や精製水には電流が流れないが，水溶液にすると電流が流れることに疑問をもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて，予想や仮説の支持・不支持を明らかにして，必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ，面積，体積，質量などの量を見積もったり，測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布，平均値，度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	電流が流れる水溶液と電流が流れない水溶液とに区別し，調べた結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し，結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から，水溶液によって電流が流れるものと流れないものがあることを導くことができる。
VII-3	原理や法則，規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

塩化銅水溶液の電気分解

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	陽極から発生した気体のおい、陰極に付着した物質の色を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	水溶液に電流を流したときの電極のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	においや金属光沢の有無に基づいて、電極に発生した気体や電極に付着した物質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	塩化銅水溶液の電気分解のようすを原子・分子モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	陽極、陰極に発生した物質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、電解質水溶液に電流を流すと、電極から気体が発生したり金属が付着したりすることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

電解質の水溶液と金属板で電流が取り出せるか調べよう

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	電極のようす，電子オルゴールの鳴り方，光電池用モーターの動き，電流計の針の触れ方について記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて，予想や仮説の支持・不支持を明らかにして，必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	水溶液の種類と電極板の組み合わせ以外を，一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電圧計を正しく扱い，電圧を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電圧計を目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ，面積，体積，質量などの量を見積もったり，測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布，平均値，度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	測定値の分布から，水溶液の種類や電極板の組み合わせによる電圧の大きさのちがいを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	水溶液の種類と電極板の組み合わせによる電子オルゴールの鳴り方，モーターの回り方，電圧計の値等を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し，結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から，電解質水溶液に2種類の異なる金属板を入れると電流をとり出せることを導くことができる。
VII-3	原理や法則，規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

酸性, アルカリ性の水溶液の性質

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	リトマス紙やBTB溶液の色の変化に基づいて、水溶液の性質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	電解質水溶液について、酸性、アルカリ性、中性を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
4-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	調べた水溶液の性質を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、酸性、アルカリ性の水溶液のそれぞれの性質、両方の水溶液に共通する性質をそれぞれ導き出すことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

イオンの移動

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	電圧を加えたときの寒天の色の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	電圧を加えたときの寒天の色の変化に基づいて、水溶液の性質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	水溶液中に存在するイオンによって、水溶液の性質を識別することができる。
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	水溶液の種類以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	イオンの移動をBTB溶液が入った寒天の色の変化のしかたで定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	酸やアルカリが電離するようすをイオンモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	酸性やアルカリ性の水溶液に電圧を加えたときの寒天の色の変化を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	電圧を加えると片方の電極側のBTB溶液の色が変化するようすから、酸・アルカリがイオンと関係していることを推測し、結果を予測することができる。
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、水にとけて酸性やアルカリ性を示す物質に含まれるイオンを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

酸とアルカリの水溶液を混ぜ合わせる

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	BTB溶液の示す色の変化を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	水溶液を加えた量や、BTB溶液の色の変化について記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	BTB溶液の示す色に基づいて、水溶液の性質を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせると、水溶液の性質はどうなるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えていったときのマグネシウムリボンの変化に着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	塩酸を過剰に加えたときにBTB溶液が青色になったことから、途中で緑色になる点があることを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	水溶液の性質に影響を及ぼす変数として、加える水酸化ナトリウム水溶液の量を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	加える水酸化ナトリウム水溶液の量以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	水溶液の性質をBTB溶液の示す色で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えたときのようすをイオンモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、酸性の水溶液とアルカリ性水溶液を混ぜたときに水溶液の性質がどのように変化するかを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

細胞分裂のようす

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	染色液で赤色に染めた核を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	細胞分裂が行われているようすをスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	体細胞分裂の基本的な過程から、観察した分裂途中の細胞の順を導くことができる。

花粉管がのびるようす

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	花と花粉の色や形を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	固まった寒天につけた花粉の変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した花粉管をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	植物の受精の過程から、寒天溶液につけた花粉がどのように変化していくかを導くことができる。

遺伝子の組み合わせ

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	丸形としわ形が現れる回数の比について、遺伝子カードモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	自分のグループやクラス全体の結果を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	丸型やしわ型の遺伝子の組み合わせから、遺伝子カードの組み合わせの種子の形質を導くことができる。

台車のいろいろな運動の記録

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	ビデオカメラで撮影された運動を見て、物体の位置の変化を記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	打点の間隔に影響を及ぼす変数として、テープを引く速さを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	運動の速さを0.1秒ごとの記録テープの長さで定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	記録タイマーを正しく扱い、物体の運動を記録テープに記録することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	定規を最小目盛りまで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	0.1秒ごとに切り取ったテープの長さから、運動の速さを計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、時間と0.1秒間に移動した距離の関係のグラフを直線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	時間の経過における物体の移動距離や速さの変化をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、時間と移動距離や速さの変化の特徴を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	記録テープから、基準点からの距離と0.1秒間で移動した距離を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	時間と基準点からの距離、時間と0.1秒間に移動した距離の関係をそれぞれグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、速さと記録テープの打点間隔の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

斜面を下る台車の運動

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	物体の速さの変化と力の大きさにはどのような関係があるか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	一定の力で引き続けた台車の運動に着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	斜面の傾きが小さいときの台車の速さの変化から、傾きを大きくしたときの台車の速さの変化を予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	台車の速さの変化に影響を及ぼす変数として、斜面方向の力の大きさを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	斜面方向の力の大きさ以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	台車の速さの変化を記録テープの長さの変化で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	ばねばかりや記録タイマーを正しく扱い、力の大きさや速さを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	ばねばかりを目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	0.1秒ごとに切り取ったテープの長さから、運動の速さを計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、時間と0.1秒間の平均の速さの関係のグラフを直線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	時間の経過に伴う物体の速さの変化をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	速さの測定値から、斜面を下る台車の運動では時間と速さが比例していることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	時間と速さが比例関係にあることから、測定点以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	時間と速さの関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、速さの変化と力の大きさの間にある規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

向きが異なる2つの力の合力

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	輪ゴムに加えた力の方向に直線を引くことができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	輪ゴムに加えた力の向きや大きさを矢印を用いて記録することができる。
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	引っ張る2力の角度以外を一定に保つ条件として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	ばねばかりを正しく扱い、輪ゴムに加えた力を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	ばねばかりを目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	力の大きさと矢印の長さの基準を決め、実験結果を図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、2力の合力の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

物体のもつエネルギーの変化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	運動する物体のもつエネルギーの大きさは何によって決まっているのか仮説を立てることができる。
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	ボウリングで球がピンに当たったときのようすに着目し、仮説の根拠を示すことができる。
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	動くキャップの個数に影響を及ぼす変数として、はじくキャップの速さと質量を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	はじくキャップの速さと質量以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	物体のもつエネルギーの大きさを動いたキャップの個数で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	簡易速度計を正しく扱い、はじくキャップの速さを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	重いキャップの質量から、軽いキャップの質量を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	はじくキャップの速さに伴って動くキャップの個数の変化をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、はじくキャップの速さが速くて質量が大きいほど動くキャップの数は多くなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	はじくキャップの質量ごとに、はじくキャップの速さと動いたキャップの個数を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	はじくキャップの速さと動いたキャップの個数の関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、物体のもつエネルギーの規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

小球のもつエネルギーと木片に衝突したときにする仕事

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	はじめの実験結果から、小球の高さ、質量や斜面の傾きを変えると木片の動く距離がどのように変化するかを予想することができる。
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	木片の動く距離に影響を及ぼす変数として、小球の高さ、質量や斜面の傾きを指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	小球の高さ、質量や斜面の傾き以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	定規や簡易速度計を正しく扱い、小球の高さや速さを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	定規の最小目盛りまで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、小球の高さと木片の動いた距離の関係のグラフを直線で描くことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	小球の高さ、質量や斜面の傾きを変えた時の木片の動く距離の変化をグラフから読み取ることができる。
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、木片の動く距離は小球の高さと質量に比例することを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	木片が動く距離と小球の高さや質量が比例関係にあることから、測定点以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	小球の高さと質量ごとに動いた木片の距離を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	小球の高さと木片の移動距離の関係をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実験結果から、小球のもつ力学的エネルギーの大きさを木片に対してした仕事で測れることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

滑車やてこを使ったときの仕事の大きさ

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	手が増える力、手を動かす距離に影響を及ぼす変数として、おもりを引き上げる方法を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	おもりを引き上げる方法以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	ものさしやばねばかりを正しく扱い、おもりを引き上げる高さや加えた力を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	ばねばかりを目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	実験結果から、おもりがされる仕事や手がする仕事の大きさを計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	測定誤差を考慮して、ばねばかりの力の大きさを基に、道具を使用しても仕事の大きさは変化しないことを示すことができる。
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、手が増える力の大きさと手を動かす距離は異なるが、仕事の大きさはどれも同じであることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	おもりや手をそれぞれ視点として、測定した力、移動距離、仕事の大きさを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	仕事の原理から、滑車やてこなどの道具を用いた場合でも仕事の大きさが変わらないことを導くことができる。

太陽の表面のようす

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	太陽の表面にある黒点の色や形の変化について記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	1週間の観測で、黒点の位置や形が変化するようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	記録用紙に黒点をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	観測日以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、黒点の位置や形が変わることから太陽が球形をしており、西から東へ自転していることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

太陽の1日の動き

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	透明半球に記した太陽の位置を曲線で結び、太陽の動きの変化のようすを記録したり、1時間で動いた距離を測って記録したりできる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	透明半球に太陽の位置を1時間毎に記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	太陽の1日の動きを平面的な図で示すことができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	太陽の位置に影響を及ぼす変数として、時間を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	観測する時間以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	実際の太陽の位置を透明半球に記録した点で定義することができる。
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	透明半球の記録から、観測時間以外についても予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	太陽の日周運動が起こるしくみについて、地球や太陽のモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、太陽の日周運動の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

星の1日の動き

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	各方位の星を数分間観察し、星の動くようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	記録用紙を透明半球にはり付け、星の1日の動きを記録することができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	星の1日の動きを平面的な図で示すことができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	星の1日の動きを透明半球を使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、星の日周運動の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

地球の公転と見える星座の関係

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	地球の位置が動くと、太陽の反対方向にある星座や、太陽と同じ方向にある星座がどのように移り変わるかを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	平面で示された星座の動きを空間的に捉え説明することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	地球の公転による星座の移り変わりをモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	地球が公転していることから、星座が1年を通してどのように移り変わっていくかを導くことができる。

季節による昼と夜の長さの変化

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	季節による昼夜の長さの変化のようすを記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	地球に光が当たっている部分を平面的に記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	巻き尺や分度器を正しく扱い、昼夜の長さや太陽の南中高度を測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実習結果から、季節による昼夜の長さや太陽の南中高度の変化の特徴を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	地軸の傾きが季節ごとの昼夜の長さ変化にどのように影響するかについて、地球の公転モデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	実習結果から、季節の変化が昼夜の長さや太陽の南中高度の違いによって起こることを導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

月の形と位置

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	数日間、同じ時刻に月を観察し、月の位置や形の変化のようす、1時間ごとの月の位置や形を記録することができる。
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	観察した月の形をスケッチすることができる。
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	月に太陽の光が当たるようすを空間的に捉え、月の形を平面的に記録することができる。
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	観察日や観察時刻以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	周囲の建造物などと比較して、月の位置や大きさをスケッチとともに図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	月の位置や見える形が変化するしくみをモデルを使って考察することができる。
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	観察結果から、月の位置や形の変化の規則性を導くことができる。
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	

エネルギーの移り変わり

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	手回し発電機Bのハンドルの回転数に影響を及ぼす変数として、手回し発電機Aの回転数を指摘することができる。
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	電流計や電圧計を正しく扱い、電流や電圧の大きさを測定することができる。
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	電流計や電圧計の目盛りの10分の1まで正確に読み取ることができる。
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	実験結果から、おもりに重力がした仕事、発電した電気エネルギー、発電の効率を計算で求めることができる。
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	実験結果から、変換後のエネルギーの量の方が少なくなることを読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	測定した電圧、電流、落下時間を表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	摩擦などによる熱エネルギーの放出によって力学的エネルギーが減ることから、変換後のエネルギーが減ることを導くことができる。

身近な自然環境の調査

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	顕微鏡で見た気孔の汚れや、川で見つけた水生生物のようすを記録することができる。
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	観察した気孔のうち汚れがある気孔の数について、数値を用いて記録することができる。
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	水生生物に基づいて、川の水の汚れの程度を識別することができる。
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	調査する場所以外を一定に保つ変数として設定することができる。
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	マツの気孔の汚れ状況や見つけた水生生物から、大気や水の汚れの程度を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	採集したマツの気孔の汚れ具合と水生生物がどのようなところに生息していたかを表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	身近な自然環境の調査方法から、マツの気孔の汚れ具合や水生生物を調べることによって大気や水の汚れ具合を導くことができる。

身近な自然の恵みと自然災害

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	自然の恵みと災害の学習から、自分の地域の自然の恵みや自然災害について自分の考えをもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	調べた場所や調べた物の大きさをスケールを示して図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	過去のグラフなどのデータの傾向に基づき、今後の変化を予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	調査結果を表やレポートにまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	自然の恵みと災害の学習から、自分の地域の自然がもたらす恵みや災害を導くことができる。

自然環境の保全と科学技術の利用

	研究の技能	評価規準
I-1	五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。	
I-2	数値を用いて観察したことを記録する。	
I-3	観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。	
I-4	立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。	
I-5	事物の構造や位置関係の特徴を記録する。	
I-6	事象を空間的に捉え平面的に記録する。	
II-1	分類する観点・基準（操作的定義なども含む）に基づいて識別する。	
II-2	分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。	
III-1	観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。	自然環境保全への取組と環境保全の科学技術の学習から、自分たちができる自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について自分の考えをもつことができる。
III-2	予想や仮説を立てる。	
III-3	仮説を立てた根拠を示す。	
III-4	予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。	
III-5	実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。	
III-6	観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。	
IV-1	事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。	
IV-2	実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。	
IV-3	観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。	
V-1	測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。	
V-2	最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。	
V-3	測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。	
V-4	長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。	
V-5	相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。	図表を活用する際、具体的な数値を用いて図示することができる。
VI-1	表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。	
VI-2	測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。	調査した値から、事象の変化を読み取ることができる。
VI-3	グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。	過去のグラフなどのデータの傾向に基づき、今後の変化を予測することができる。
VI-4	観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。	
VI-5	観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。	調査結果を項目立てをして表にまとめることができる。
VI-6	測定結果等をグラフで示す。	必要に応じて、調査結果をグラフで示すことができる。
VII-1	事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。	
VII-2	観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。	
VII-3	原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。	自然環境保全への取組と環境保全の科学技術の学習から、自分たちができる自然環境の保全と科学技術の利用の在り方を導くことができる。

兵庫教育大学連合学校教育学研究科
共同研究プロジェクトM（平成23-25年度）

報告書

地域における理数教育活性化のための教員研修モデル・
プログラムの開発・評価に関する教育実践学的研究

平成26年1月発行

編集：兵庫教育大学連合学校教育学研究科

印刷：永田印刷株式会社

〒943-0823 新潟県上越市高土町3丁目10-3