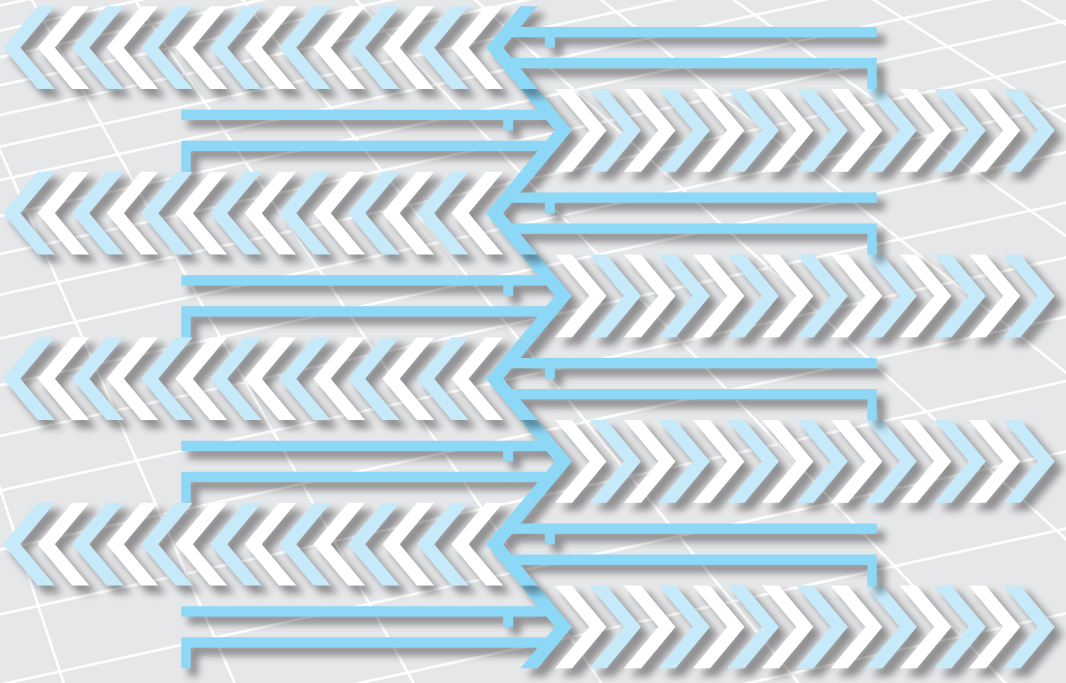
発展的な学習を推進するための指導資料

中学校編

理　　科



平成24年3月

東京都教育委員会

はじめに

東京都教育庁指導部長　　坂　本　和　良

東京都教育委員会は、児童・生徒の確かな学力の定着と伸長を図ることを目的に、中学校では平成１５年度から、小学校では平成１６年度から「児童・生徒の学力向上を図るための調査」を実施しています。これまでの調査結果から、東京都の児童・生徒の学力の定着状況は、習熟の程度の遅いグループの層から習熟の程度の早いグループの層にかけて、幅広く分布しているという傾向が見られ、そのことから、児童・生徒一人一人の習熟の程度に応じた指導の充実を図ることが必要となっています。

東京都教育委員会では、児童・生徒一人一人の学習のつまずきを防ぐために、平成２０年１０月に国語科及び算数・数学科において、学習の素地として確実に身に付けさせる必要がある資質・能力とその段階的な指導を明らかにした「児童・生徒の学習のつまずきを防ぐ指導基準（東京ミニマム)」を作成し、説明会を実施してきました。

さらに、習熟の程度の早い児童・生徒に対する指導の充実を図るためには、教科用図書だけではなく、教材開発による応用・発展的な内容を提示したり、課題選択や課題学習を設定したりするなどの学習を広げ、深め、進める指導の工夫が求められます。

そこで、東京都教育委員会では、平成２２年度に「発展的な学習を推進するための教材・指導法の開発委員会（小学校部会)」を設置し、学習指導要領の内容を十分に身に付けている児童に対して、学習指導要領の内容を一層広げ、深め、進める学習を行うための教材・指導方法の開発を行い、その成果として、「発展的な学習を推進するための指導資料　小学校編」を刊行しました。そして、本年度は、「発展的な学習を推進するための教材・指導法の開発委員会（中学校部会)」を設置し、本指導資料「発展的な学習を推進するための指導資料　中学校編」を刊行しました。

各学校におかれましては、これまでの取組に加えて、本指導資料を活用し、生徒の習熟の程度に応じた指導をより一層充実させていただくことをお願いいたします。

最後になりましたが、本指導資料の作成に当たり、御尽力いただいた皆様に、改めて深く感謝申し上げます。

目　　次

◇　はじめに

◇　目　　次

Ⅰ　「発展的な学習を推進するための指導資料」〈中学校編〉における基本的な考え方

１　習熟の程度に応じた学習指導・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４

２　発展的な学習の定義と育成したい資質・能力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４

３　「発展的な学習」の学習指導要領における位置付け・留意点について・・・・・・・・　５

４　発展的な学習における評価の基本的な考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　６

５　本指導資料の活用について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７

Ⅱ　理科における発展的な学習の事例

○　理科における発展的な学習についての基本的な考え方・・・・・・・・・・・・・・・　８

○　理科において開発した発展的な学習を推進するための指導資料・・・・・・・・・・・　８

１　エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波　・・・・・・・・・・・・　１０

２　プラスチックの性質を調べよう　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２０

３　メタン・プロパン・エタノールの燃焼　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２６

４　酵素の働きを調べよう　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３４

５　動物の足形から進化を考えよう　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４４

６　積雲・積乱雲の「形」と大気の鉛直構造について　・・・・・・・・・・・・・・・・　５２

◇　発展的な学習を推進するための教材・指導法の開発委員会（中学校）委員名簿

Ⅰ「発展的な学習を推進するための指導資料」〈中学校編〉における基本的な考え方

1　習熟の程度に応じた学習指導

「児童・生徒の学力向上を図るための調査」（東京都実施）の分析結果から、学力の定着状況が習熟の遅い層から習熟の早い層にかけて、広く分散している傾向を捉えることができ、より一層、基礎的・基本的な内容の確実な習得及び習得した知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等の能力を育むとともに、主体的に学習に取り組む態度を養っていく必要があることが明らかとなった。これらの資質・能力の育成には、個に応じた指導の充実が必要であり、中でも児童・生徒一人一人の習熟の程度に応じた指導の充実が大切である。

まず、習熟の程度の遅いグループへの対応として、児童・生徒の日常の学校生活の実態を十分把握して、到達度目標を明確にするとともに、児童・生徒の興味・関心を喚起し、目標の達成に向けた段階的・系統的な指導が求められる。

東京都教育委員会では、「児童・生徒の学力向上を図るための調査」の分析結果から、東京都の児童・生徒が学習指導要領の国語科及び算数科・数学科の目標を達成し、内容を習得するに当たって、「学習の素地として確実に身に付けてさせておく必要がある資質・能力」とその段階的な指導を明らかにした「児童・生徒の学習のつまずきを防ぐ指導基準（東京ミニマム）」を平成 20 年 10 月に作成・公表した。さらに、平成 21 年度には、新しい学習指導要領（平成 20 年 3 月告示）の内容及び平成 20 年度の「児童・生徒の学力向上を図るための調査」の結果、平成 21 年度の国の「全国学力・学習状況調査」の結果を踏まえ、指導事例に加えて「東京ミニマム」の改訂を行い、説明会を開催した。

次に、習熟の程度の早いグループへの対応として、教科用図書だけではなく、教材開発による応用・発展的な内容を提示したり、課題選択や課題学習を設定したりするなどの指導の工夫が求められる。

東京都教育委員会では、習熟の程度の早い児童・生徒への指導の支援として、平成 22 年度に「発展的な学習を推進するための教材・指導法委員会（小学校）」を設置し、発展的な学習を推進するための教材・指導方法の開発を行い、その成果として、「発展的な学習を推進するための指導資料　小学校編」を刊行した。

平成 23 年度においては、「発展的な学習を推進するための教材・指導法委員会（中学校）」を設置し、発展的な学習を推進するための教材・指導方法の開発を行い、本指導資料を刊行したところである。

2　発展的な学習の定義と育成したい資質・能力

学習指導要領に示す内容を十分に身に付けている児童・生徒に対しては、個に応じた指導の充実を図る観点から、児童・生徒の能力・適性、興味・関心等に応じて、さらに学習を広げたり、深めたり、進めたりすることが求められる。

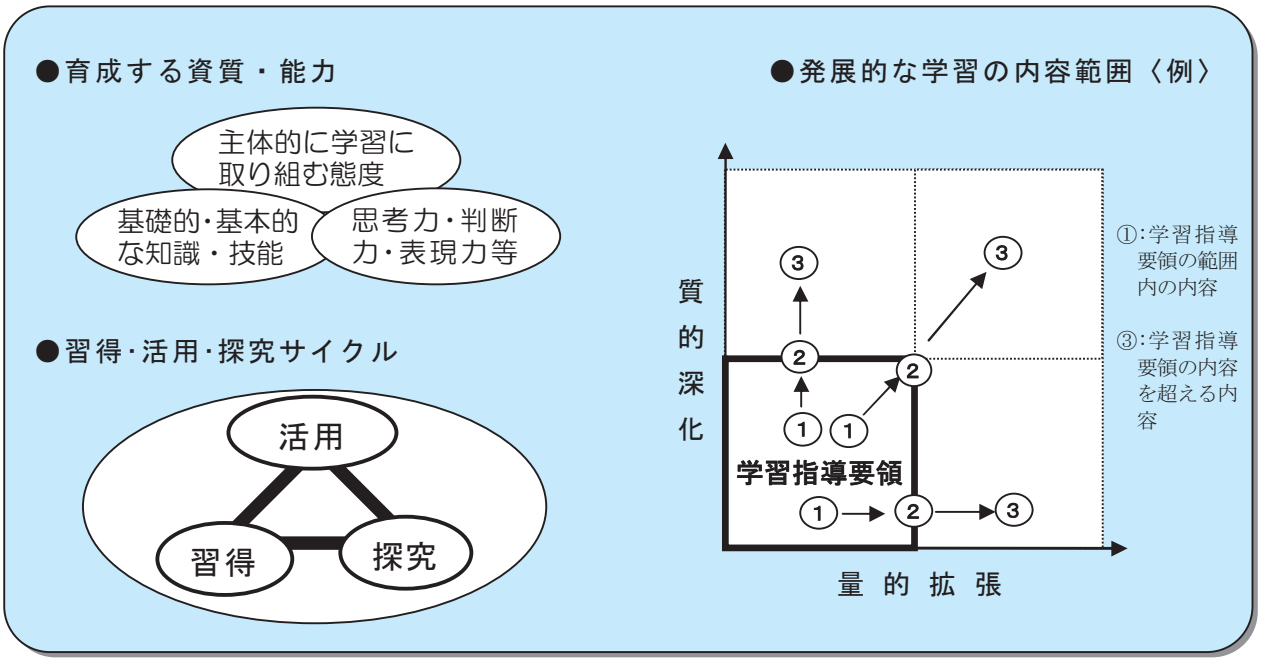
東京都教育委員会では、発展的な学習について、「学習指導要領に示された内容の理解を一層深める学習や広げる学習、さらに進んだ内容についての学習」と定義した。この定義により、発展的な学習を次の二点から設定した。

第一点は、学習指導要領の内容をさらに深めたり、広げたりする学習である。

第二点は、学習指導要領の内容をさらに進める（超える）学習である。

また、「習得」・「活用」・「探究」を学習活動で捉えるならば、発展的な学習は、課題を解決するために習得した知識･技能を活用し、思考力・判断力・表現力等を育成する「活用」・「探究」の学習活動が中心となる。ただし、「習得」・「活用」・「探究」は、「探究」から「活用」に進んだり、「活用」から「習得」に進んだりすることもある。

このように、これらの発展的な学習を通して、基礎的な知識及び技能を確実に習得させるとともに、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等をより一層育み、主体的に学習に取り組む態度を養っていくことが大切である。



3　「発展的な学習」の学習指導要領における位置付け・留意点について

東京都教育委員会では、学習指導要領に示す目標及び内容を十分に身に付けている児童・生徒に対しては、個に応じた指導の充実を図る観点から、児童・生徒の能力・適性、興味・関心等に応じて、さらに学習を広げたり、深めたり進めたりするための発展的な学習が大切であると考える。

文部科学省においても、平成 14 年 1 月 17 日、「確かな学力向上のための 2002 アピール『学びのすすめ』」において、「学習指導要領は最低基準であり、理解の進んでいる子どもは、発展的な学習で力をより伸ばす」と示している。このことを踏まえ、発展的な学習は、平成 20 年３月に告示された「中学校学習指導要領　総則」の「第２　内容等の取扱いに関する共通的事項」に、「２　学校において特に必要がある場合には、第２章以下に示していない内容を加えて指導することができる。また、第２章以下に示す内容の取扱いのうち、内容の範囲や程度等を示す事項は、すべての生徒に対して指導する内容の範囲や程度等を示したものであ

り、学校において特に必要がある場合には、この事項にかかわらず指導することができる」と位置付けられている。

発展的な学習の留意点としては、「中学校学習指導要領　総則」の「第２　内容等の取扱いに関する共通的事項」において、「第２章以下に示す各教科、道徳及び特別活動並びに各学年、各分野又は各言語の目標や内容の趣旨を逸脱したり、生徒の負担過重となったりすることのないようにしなければならない」と示されており、生徒の学力の定着状況を学習の進行具合に即して把握する必要がある。

また、「第４　指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項」として、「１　各学校においては、次の事項に配慮しながら、学校の創意工夫を生かし、全体として、調和のとれた具体的な指導計画を作成するものとする。(１)各教科等及び各学年相互間の関連を図り、系統的、発展的な指導ができるようにすること」「２　以上のほか、次の事項に配慮するものとする」「(７) 各教科の指導に当たっては、生徒が学習内容を確実に身に付けることができるよう、学校や生徒の実態に応じ、個別指導やグループ別指導、繰り返し指導、学習内容の習熟の程度に応じた指導、生徒の興味・関心等に応じた課題学習、補充的な学習や発展的な学習などの学習活動を取り入れた指導、教師間の協力的な指導など指導方法や指導体制を工夫改善し、個に応じた指導の充実を図ること」と示されており、学校をあげて組織的・計画的に年間指導計画を作成し、発展的な学習を推進していく必要がある。

４　発展的な学習における評価の基本的な考え方

発展的な学習においては、個性の一層の伸長を図る観点から、生徒のよい点を積極的に評価していくことが重要であり、適切に評価することが大切である。具体的には、生徒一人一人のよい点や可能性、進捗の状況などの評価（個人内評価）を重視し、学習指導の過程において、適宜、評価の結果を生徒に伝えることにより、その後の学習に意欲的に取り組めるようにし、指導要録の「総合所見及び指導上参考となる諸事項」の欄に記入し、その後の指導に生かすことが大切である。

なお、生徒の学習状況の評価については、発展的な学習を行ったかどうかに関わらず、学習指導要領に示す目標及び内容に照らして、その実現状況を評価する「目標に準拠した評価」によって行うものである。したがって、発展的な学習に取り組まなければ高い評定（例えば「４」や「５」）などを付けないということではないことに留意する必要がある。

評価の実施に当たっては、評価の観点や評価規準、生徒の発達段階に応じて、生徒との対話、ノート、ワークシート、学習カード、作品、レポート、ペーパーテスト、質問紙、面接など多様な評価方法の中から、その場面における生徒の学習の状況を的確に評価できる方法を選択していくことが必要である。また、生徒による自己評価や生徒同士の相互評価を工夫することが大切である。

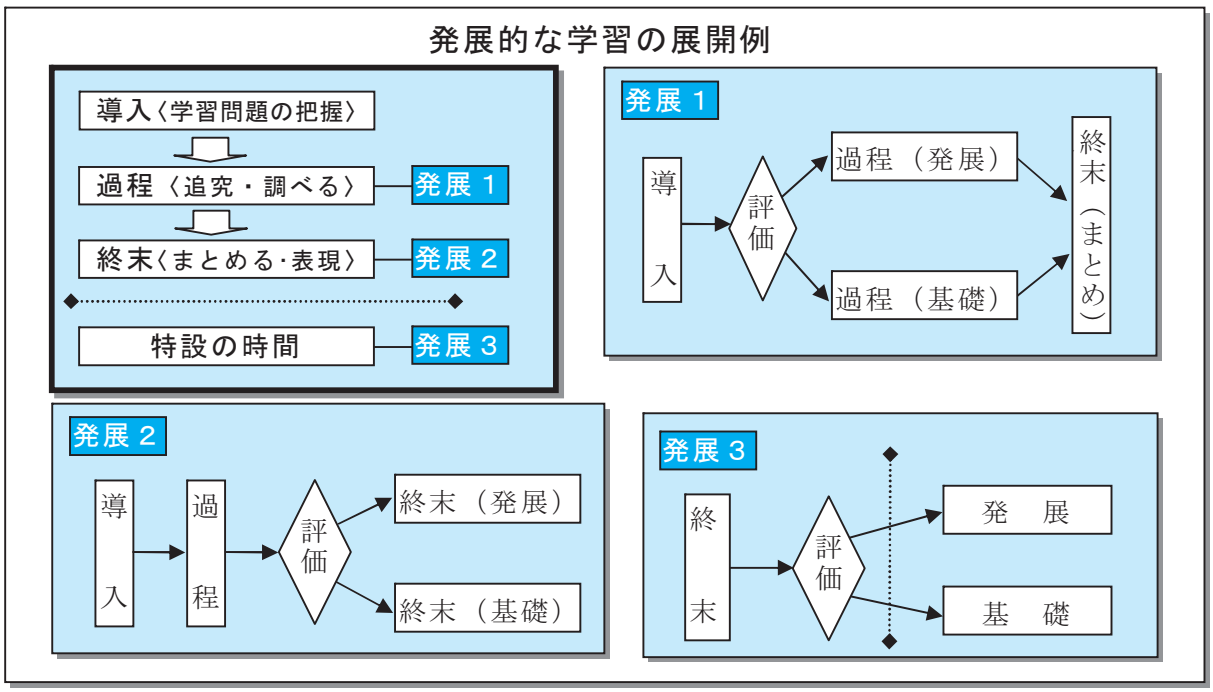
各学校においては、個に応じた指導の充実のため、指導と評価の一体化を進め、指導に生かす評価が可能となるような指導計画を立て、発展的な学習を展開していく必要がある。

5　本指導資料の活用について

本指導資料における指導方法と教材の活用に当たっては、前記の「１　習熟の程度に応じた学習指導」から「４　発展的な学習における評価の基本的な考え方」を十分に踏まえた上で、国語・社会・数学・理科・外国語（英語）における年間指導計画に、組織的・計画的に発展的な学習を位置付けることが大切である。

また、指導計画を位置付ける際には、育成したい資質・能力を明確にし、教科・単元の特性、生徒の学力の定着状況等の実態を十分把握した上で、「単元の指導計画の過程」・「単元の指導計画の終末」・「特設」等、効果的に位置付ける必要がある。

展開方法については、目標や教材特性及び生徒の実態に応じて、個別指導、グループ別指導、一斉指導など、効果的な方法をとる必要がある。



本指導資料の事例は、次のようなフレームによって構成している。

１　事例の概要（○時間扱い）
本事例は、どのような発展的な学習なのかを具体的に記述している。

２　指導計画の位置付け
本事例は、単元のどこに位置付くのかを記述している。
（「１　単元の過程」「２　単元の終末」「３　特設の時間」）

３　目　標
「関心・意欲・態度」、「思考・判断・表現」、「技能」、「知識・理解」の４観点から、本事例で培いたい資質・能力を重点化・焦点化して、記述している。

４　学習活動の展開

○　主な学習活動　・学習内容
「○主な学習活動」「・学習内容」や予想される生徒の反応を記述している。

□　指導上の留意点
指導する上での留意点を、具体的に記述している。

●　資料等
授業で使用するワークシート、資料等を記述している。

◆　評価［方法］
評価内容、評価の観点、評価方法等を記述している。

５　資料等
表、グラフ、読み物、図やワークシート等、授業に活用できるようにしてある。

Ⅱ　理科における発展的な学習の事例

○　理科における発展的な学習についての基本的な考え方

理科においては、発展的な学習を推進するための教材・指導方法の開発に当たり、科学の基本的な概念の一層の定着を図るとともに科学的な思考力・表現力を育むことをねらいとした。このねらいを達成するために、次のような発展的な学習を設定した。

①　科学を日常生活との関わりで捉えさせる学習
②　科学を学ぶ意義や有用性を実感させる学習

また、ねらいを達成するために、次の視点から発展的な学習を推進するための教材・指導方法の開発を行った。

①　課題解決のために観察、実験を十分に行い探究する活動
②　原理や法則の理解を深めるためのものづくりの推進
③　継続的な観察や季節を変えての定点観測の実施
④　博物館や科学学習センターなどとの積極的な連携・協力の推進
⑤　知識や技能を活用して課題解決を図るための言語活動の充実

○　理科において開発した発展的な学習を推進するための指導資料

理科において開発した発展的な学習を推進するための指導資料は、次の６事例である。

①　エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波　　科学技術と人間　〔３年　エネルギー〕
②　プラスチックの性質を調べよう　　身の回りの物質　〔１年　粒子〕
③　メタン・プロパン・エタノールの燃焼　　化学変化　〔２年　粒子〕
④　酵素の働きを調べよう　　動物の体のつくりと働き　〔２年　生命〕
⑤　動物の足形から進化を考えよう　　生物の変遷と進化　〔２年　生命〕
⑥　積雲・積乱雲の「形」と大気の鉛直構造について　　気象とその変化　〔２年　地球〕

１　指導計画の位置付け

理科で開発した発展的な学習を推進するための教材・指導方法について、指導計画上での位置付けで分類すると、次のようになる。

１　単元の学習計画の過程（途中）に位置付けるもの
②プラスチックの性質を調べよう
③メタン・プロパン・エタノールの燃焼
④酵素の働きを調べよう

２　単元の指導計画の終末に位置付けるもの
①エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波
⑤動物の足形から進化を考えよう
⑥積雲・積乱雲の「形」と大気の鉛直構造について

2　開発した発展的な学習における事例の概要

①　エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波（P．１０）

本単元では、科学技術の発展と人間生活との関わりについて認識を深めさせることをねらいとしている。

その際、原理や法則の理解を深めるためのものづくりを通して、日常生活との関連を踏まえて学習させることで、原理や法則の理解を深めさせていく。

本事例では、日常生活の中でエネルギーの変換について、ゲルマニウムラジオの組み立てを通して、音、電流、電磁波などのエネルギーが相互に変換することを実感させ、科学的な見方や考え方を養う発展的な学習とした。

②　プラスチックの性質を調べよう（P．２０）

本単元では、身の回りの物質の性質を様々な方法で調べさせ、固有の性質と共通の性質があることを見いださせるとともに、実験器具の操作や観察の仕方などの技能を身に付けさせることをねらいとしている。

本事例では、生活の中で使われているプラスチックに着目させ、実験を通して固有の性質や共通の性質を見いださせる発展的な学習とした。

③　メタン・プロパン・エタノールの燃焼（P．２６）

本単元では、化学変化について観察・実験を通してみられた物質の変化や量的な関係を原子や分子のモデルを活用して捉えさせ、科学的な見方や考え方を養うことをねらいとしている。

本事例では、身近な物質の化学変化について、物質・原子・分子のカードを用いて説明する言語活動を通して、粒子概念を捉えさせる発展的な学習とした。

④　酵素の働きを調べよう（P．３４）

本単元では、生命を維持する働きについて、消化や呼吸、血液の循環についての観察・実験を行わせ、動物の体が必要な物質を取り入れ運搬し、活用する仕組みについて理解させることをねらいとしている。

本事例では、消化酵素の働きの発展的な学習として蛍の生物発光を利用した酵素反応の実験を通して、酵素の働きが活性化する条件を探究させるとともに、多様な酵素の働きや酵素が生命活動に関連していることを理解させる発展的な学習とした。

⑤　動物の足形から進化を考えよう（P．４４）

本単元では、様々な動物の体のつくりと働きについて指導した上で、その多様性の中から進化の証拠とされる事柄や進化の具体例を調べさせ、生物にはその生息環境に都合の良い特徴が見られることについて気付かせる。

本事例では、動物の足形について探究させることで、「現存する生物の多様性が進化によってもたらされたものであること」を理解させ、生物を多様性と共通性の観点からみる見方や考え方を養う発展的な学習とした。また本単元においては動物園や博物館との連携を図った。

⑥　積雲・積乱雲の「形」と大気の鉛直構造について（P．５２）

本単元では、身近な気象の観察・観測を通して、気象要素と天気の変化の関係を見いださせるとともに、気象現象が起こる仕組みと規則性についての認識を深めさせることをねらいとしている。

本事例では、「鉛直方向に発達して大量に雨を降らせる雲が、ある高さ以上に発達せずに横に広がる現象」についてモデル実験を通して理解を深めさせるとともに、実際の大気において対流圏と成層圏の層構造がみられることを、気象庁の観測データの解析を通して捉えさせる発展的な学習とした。

第３学年　単元「科学技術の発展」（第１分野、エネルギー）

エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波

～ ゲルマニウムラジオの組み立てを通して ～

1　事例の概要（１１時間扱い）

(1)　単元について

本単元は、科学技術の発展が人間の生活を豊かで便利にしてきたことを具体的事例として認識させることが主なねらいである。

本事例は、現代エレクトロニクスの基礎となる通信機能の中の電波について、音、電気、電磁波のエネルギーの相互変換と科学技術の利用事例としてのゲルマニウムラジオの原理の学習を発展的な学習として位置付けた。

(2)　発展的な学習について

本事例は、中学校第２学年の「電流とその利用」における学習を踏まえ、エネルギー変換及び実社会での科学技術の応用という観点で、高等学校物理基礎の「エネルギーとその利用」の学習に結び付くものである。

この学習によって、音、電流、電磁波などのエネルギーの相互変換を実感し、日常生活における科学技術の利用事例について科学的に説明させるとともに、科学技術の日常生活における有用性を理解させ、科学的に探求しようとする主体的な態度を育むことをねらいとした。

2　指導計画の位置付け（　　は発展的な学習に関わる時間）

(1)　様々なエネルギーとその変換　（３時間）

(2)　エネルギー資源　（３時間）

(3)　科学技術の発展

新素材の開発と利用　（１時間）

科学技術の発展と私たちの生活　（１時間）

エネルギー変換とラジオの原理　（１時間）

(4)　自然環境の保全と科学技術の利用　（２時間）

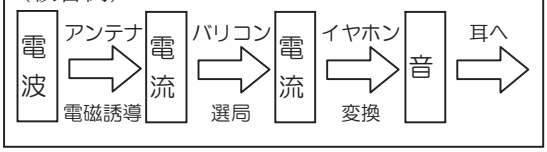
3　目　標

○　音、電流、電磁波は相互に変換できることを、実験を通して見いだすことができる。

○　ゲルマニウムラジオを組み立てることを通して、科学技術の日常生活における有用性を捉えることができる。

4　学習活動の展開

	○主な学習活動　・学習内容	□指導上の留意点 ●資料等　◆評価[方法]
導入	①本時の学習のねらいを把握する。 T：私たちの生活の中にある電磁波について、どのような種類があってどのような場所で活用されているか挙げてみよう。	□電波も電磁波の一つであることを伝える。
	＜予想される生徒の答え＞ ・テレビの電波　・ラジオの電波　・携帯電話の電波　・電子レンジの電磁波 ・レーダー波　・紫外線　・赤外線　等	

	Ｔ：私たちの生活の中にはいろいろな電磁波があり、それぞれの特性によって使い分けている。このうち、本日は災害時などに役立つラジオを例に、ゲルマニウムラジオという電池を使わないラジオを作ることを通して、私たちが電波をどのように活用しているかを考えてみよう。 はじめに、ラジオでは電波が音に変わるまでどのようなエネルギー変換をしているか考えよう。 ・電波が音に変わるまでの仕組みを考えてワークシートに記入する。	□まず生徒に考えさせ、その後、プリント基礎編を配布し、ラジオの原理についての概略（基礎編　１電波について）までを説明する。 □回路図には深入りしない。 ●プリント基礎編 （板書例） 
展開	②電気と音の相互変換について、クリスタルイヤホンを使って調べる。	□プリント組み立て編を配布する。 ●プリント組み立て編（ワークシート）
	実習１　クリスタルイヤホンを用いて、音と電気の変換の様子を調べよう。	
	Ｔ：ラジオは音を出す道具ですが、電波をどのようにして音に変えているのかを調べてみよう。始めに、二つのクリスタルイヤホンをつないで、片方のイヤホンに向かって話すともう片方のイヤホンから音が聞こえることを確認しよう。 Ｓ：糸電話と同じではないのかな。 Ｓ：糸電話は糸がピンと張ってないと聞こえないよ。たるませてみて聞こえるかどうか確かめてみよう。 Ｓ：電気に変わって伝わるのなら、間に検流計をつなぐと針は振れるのかな。	□イヤホンの端子には、±の電気的特性がないことを説明して接続させる。 □糸電話とは違い、振動が伝わって音が聞こえるのではないことを確かめる方法についても考えさせて、確かめさせる。 ◆イヤホンがスピーカーとマイクの両方の役目をすることに気付くことができる。 （科学的な思考・表現）［ワークシート］
	③ゲルマニウムラジオを組み立てる。	●プリント組み立て編
	実習２　ゲルマニウムラジオを組み立て、電波が音に変わる仕組みを確かめよう。	
	Ｔ：実際にゲルマニウムラジオを作って、音が聞こえることを確認しよう。 ④検波部分を回路に接続せず、音が聞こえるかどうかを確かめる。 ⑤検波部分を回路に接続して、音が聞こえるかどうかを確かめる。 ⑥アンテナの張り方やアース線のとり方などを自分なりに工夫し、音がよく聞こえる条件を見いだす。	□プリント組み立て編を参照させながら、はんだごてやニッパーの取扱い等安全に配慮する。 □音は大変小さいことを説明する。 □検波部分は±の特性がないことを説明する。 ●プリント組み立て編
	実習３　ラジオの音がはっきりと聞こえるよう、アンテナやアースを工夫してみよう。	
	Ｔ：このラジオは電池を使っていないので、それほど大きな音は聞こえない。それでも音をはっきり聞こえるようにするためには、アンテナやアースの取り方にどのような工	□電波の飛んでくる方向（電波塔の方向）を示す。

	夫をすればよいか、考えてみよう。 S：アンテナの巻き数を多くするとはっきり聞こえるようになるのではないか。 S：アンテナを電波の飛んでくる方向に対して垂直に当てると電波をキャッチしやすいかな。 S：アースは金属に付けた方がよいのかな。 S：アンテナ線をできるだけ伸ばした方が、はっきりと音を聞くことができた。 S：アースを地面に付けると雑音が減った。	◆大きな音が聞こえるための条件を見いだすことができる。 （観察・実験の技能）［ワークシート］
まとめ	⑦ゲルマニウムラジオの組み立てを通して、電波を音に変換する構造を捉える。 T：今日作ったゲルマニウムラジオで、どこでどのようなエネルギーを変換しているのか、もう一度確認しよう。 T：本日の授業を通して分かったこと、気付いたことをまとめてみよう。	□ゲルマニウムラジオのどこでどのようなエネルギー変換が行われているのか、板書とラジオを照らし合わせて確認させる。 ◆ゲルマニウムラジオの組み立てを通して、組み立ての意義や科学技術の発展について振り返る。（自然事象への関心・意欲・態度）［ワークシート］

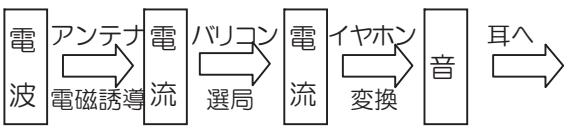
5　板書計画

エネルギー変換とその日常における利用としての電波

○私たちの生活の中にある電磁波を利用してるものの例
・テレビ　・ラジオ　・携帯電話　・無線
・電子レンジ　・レーダー　・X線
・テレビのリモコン　・赤外線　・紫外線
「電波」…電磁波の中でも波長の長いもの（資料参照）

本日のテーマ
「ゲルマニウムラジオの組み立てを通して電波をどのように活用しているかを考えよう」

＜ゲルマニウムラジオで電波をキャッチしてから音が聞こえるまでの仕組み＞



実習１　イヤホンで音と電気が相互変換することを確かめよう。

実習２　ゲルマニウムラジオを組み立てて、音が聞こえることを確認しよう。

実習３　音がはっきり聞こえるように、アンテナやアースを工夫してみよう。

＜音がはっきり聞こえた工夫＞
・アンテナ線を金属の手すりに巻いたらよく聞こえた。
・コンクリートの床にアースを付けたらはっきりと聞こえた。

《まとめ》分かったことや気付いたこと、感想を書く。

6　参考資料

・誘導電流の応用のひとつとしてのラジオの原理の学習　基礎編
・誘導電流の応用のひとつとしてのラジオの原理の学習　組み立て編（ワークシート）

＊今回使用した部品　＊

品　　名	規　　格	個数	備　　考
ユニバーサル基板	適切に	1	
ゲルマニウムダイオード	１Ｎ６０相当	1	シリコンダイオードは不可
コイル・マイクロインダクター	３３０μＨ	1	形は様々
ＡＭ用単連バリコン		1	つまみも一緒に購入する
クリスタルイヤホン		1	プラグなし
小型ミノムシクリップ	適切に	4	小型がよい
すずメッキ線	径０．５ｍｍ	１ｍ	少々あればよい
アンテナ線		５ｍ	何でもよい

エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波　基礎編

～ ゲルマニウムラジオの組み立てを通して ～

ゲルマニウムラジオという言葉を聞いたことがありますか。とても原始的なラジオです。

このラジオは、構造上電池が不要のため、大きな音で聞くことはできませんが、ラジオ局が電波を発信していれば停電時でも番組を聴くことができます。また、構造が単純なため、簡単に組み立てられる上、ラジオの原理を理解するには最適の教材です。

それでは、ゲルマニウムラジオの組み立てを通して、身の回りにある電波についての基本的な原理を体験的に学習しましょう。

1　電波について

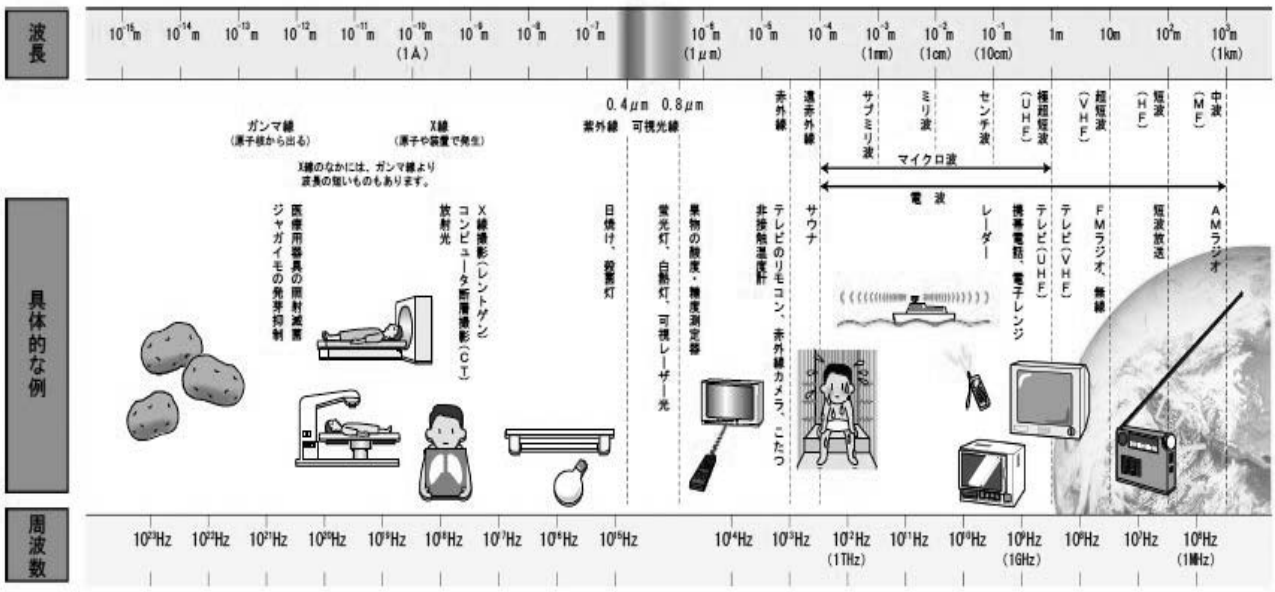
まず、電波とは何かということから理解しましょう。電波とは、光と同じ電磁波と呼ばれる仲間のひとつで、X 線や光よりも周波数(振動数)の低い(波長の長い)ものを指します。光としての性質をもつ電磁波のうち、最も周波数の低いものを赤外線といいますが、電波は赤外線よりさらに周波数が低い(波長が長い)ものです。電波は、波としての性質(波動性)と粒としての性質(粒子性)の両方をもっています。そして、光や音などと同じように空間を伝わります。

電波の用途としては、テレビやラジオの放送、無線などが代表的ですが、携帯電話、リモコン、電子レンジ、レーダーなどにも使われています。

≪表-1　電波の種類≫

周波数帯	略称	周 波 数	波　長	用　　途　　例
長　波	LF	30～300kHz	10km～1km	電波時計、電波航法
中　波	MF	300～3000kHz	1km～100m	AM 放送
短　波	HF	3～30MHz	100m～10m	短波放送、アマチュア無線
超短波	VHF	30～300MHz	10m～1m	FM 放送、テレビ放送
極超短波	UHF	300～3000MHz	1m～10cm	電子レンジ、携帯電話

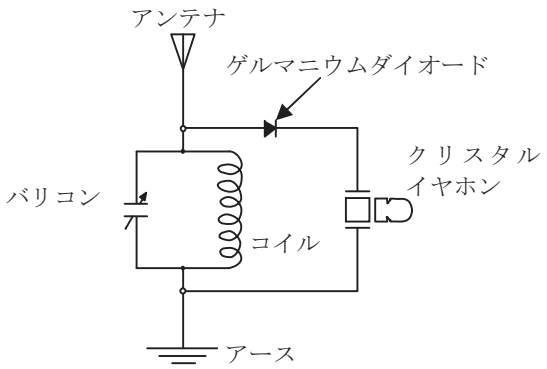
≪図-1　電磁波の仲間≫



《出展》電気事業連合会「原子力・エネルギー図面集２０１１年度版」より

2　ゲルマニウムラジオについて

≪図-2　ゲルマニウムラジオの回路図≫



ゲルマニウムラジオの回路は右の図のようになります。順を追って見ていきましょう。

この回路は、アンテナ回路、同調回路、検波回路、出力回路と大きく分けて４つの回路からできています。それぞれの回路の役割は次のとおりです。

(1)　アンテナ回路：空中の電波を受ける役割
(2)　同調回路：特定の電波だけを選ぶ役割
(3)　検波回路：電波から音声信号の電流を取り出す役割
(4)　出力回路：電流を音に変える役割

では、それぞれの回路についてもう少し詳しくみてみましょう。

(1)　アンテナ回路

アンテナ回路は、空中を伝わってきた電波を捉える回路です。

電波は金属に当たると、金属の中の電子を振動させて流そうとする「電磁誘導」が起こります（電磁誘導は第２学年で学習)。この性質を利用して、ラジオ放送の電波を捉えて電気信号に変えるのがアンテナの役割です。極端な言い方をすれば、金属でできている物体であれば全てアンテナとして使うことができます。

電波は「波」の性質があるため、電波の周波数によって、捉えやすい金属の大きさ（長さ）や形状があります。

ゲルマニウムラジオの場合、AM 放送の電波をよりキャッチしやすくするために「少しでも長く、高く、大きくアンテナを準備しよう」と言われています。しかし、これだけ大きなアンテナを用意することは現実的ではありません。放送塔の近く以外では、アンテナ線として数メートルから 20m 程度は必要かもしれませんが､実際には数メートルの電線だけでもアンテナとして効果があります。

次に、キャッチした電波の信号(電流)を、効率よくラジオ本体へ導くため(通過させるため)に、アースが必要です。アースは地面の中に金属を埋めたものです。

ゲルマニウムラジオは､トランヂスタラジオのように音量を増やす回路(増幅回路)がありません。そのため、できるだけアンテナ回路で多くの電波をキャッチすることが必要です。効率よく電波をキャッチする方法として、トランヂスタラジオでは通常使わないアースを使用することが、ゲルマニウムラジオでは有効です。

アースは適度に湿り気のある地面に、できるだけ大きな銅などの金属棒や金属板を埋めることで良好に働きます。市販のアース棒はもちろんですが、例えば、数個の空き缶を電気的につなぎ合わせて地面に埋めても、効果があります。

アンテナと異なり、ラジオからアースまでの電線は、できるだけ短い配線がよいです。

住宅事情によっては、アースが準備できない場合もあります。そこでよく使われるのが、水道管アースです。金属製の水道管は地面を通過するので、これがアースの代役になります。ただし、途中に塩ビ管などの非金属製のパイプが存在すると、アースとして使えません。

(2)　同調回路

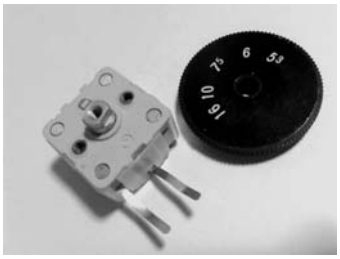
同調回路は、特定の電波(ラジオ放送)だけを拾うための回路です。

私たちの周りには、常に色々な周波数の電波が飛び交っています。その中から、特定の電波だけを拾うために、コンデンサとコイルという２つの部品を使います。

コンデンサは周波数の高い電流を通しやすい性質があります。逆に、コイルは周波数の低い電流を通しやすい性質があります。この２つを組み合わせることにより、特定の周波数だけ選ぶことができます。さらに、コンデンサまたはコイルいずれかについて、電気的な特性を変化させると、選

べる周波数も変化して、ラジオ放送を選局できるようになります。

・コンデンサ

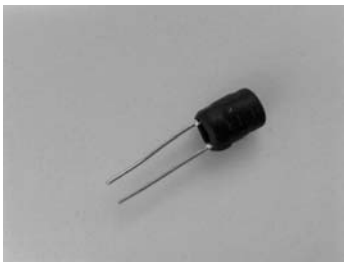


コンデンサは２枚の金属板を接触しないように平行に配置して、その間に電気を蓄える性質があります。中でも、電気を蓄えられる量(容量)を変化できるコンデンサは、可変容量コンデンサ(バリアブルコンデンサ、通称「バリコン」)と呼ばれています。

バリコンを小型化させるため、バリコンに使用されている金属板は基本構造の２枚ではなく、複数の金属板を狭い間隔に並べています。軸を回転させると、金属板が重なり合う面積が変化し、電気を蓄える量(容量)が変化するようになっています。

なお、使い道が異なるもので、同じく電気を蓄えるものに、充電池（バッテリー）があります。バッテリーは電気製品に電流を送るために大容量になっています。これに対し、バリコンはとても僅かしか充電できませんが、きめ細かく容量を変化させ調整することができるようになっています。

・コイル



コイルは電線が規則的に巻かれた基本構造をもち、電気と磁気を交互に変換できる性質があります。２年で学習しましたが、コイルに電気を流すと磁気を発生させ、コイルに磁気を通過させると電気を発生させようとします。

同調回路で使うコイルを、同調コイルといいます。特性が可変するコイルは巻き方や構造、材料などが異なると、電気特性の異なったコイルに仕上がります。そのため、ラジオを作る人の中には、性能のよい同調コイルを求めてソレノイドコイル、スパイダーコイルなどと呼ばれるコイルを工夫して自作する人もいます。

市販品の同調コイルでは、フェライトと呼ばれる磁気を通しやすい素材にコイルを巻いた、バーアンテナがあります。バーアンテナは同調コイルですが、トランヂスタラジオで使用した場合、アンテナの働きも十分兼ねることができるので「フェライトバー同調コイル」と言わずに「バーアンテナ」と言っています。ゲルマニウムラジオにも使用することはできますが、構造上電流が小さく電波を拾いにくいので、別にアンテナとアースを用意した方がよいです。

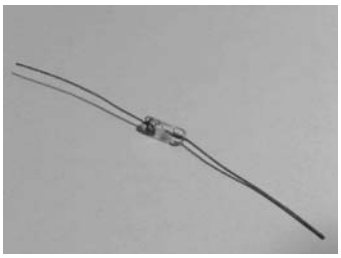
(3)　検波回路

検波回路は、拾った電波から音声信号を取り出すための回路です。

ＡＭラジオの電波は、波の大きさ(信号の大きさ)によって音声信号を表現しています。また、波であるため、同調回路にはプラスとマイナスの電圧が交互に発生しています。プラスとマイナスを全て合わせると、打ち消しあってゼロになります。

そこで、プラスだけ(又はマイナスだけ)の信号を取り出し、音声信号にする必要があります。これを検波と言います。ゲルマニウムラジオでは、ゲルマニウムダイオードを使って検波をします。

・ダイオード



電気がよく流れる物体を導体、流れない物体を不導体（絶縁体）と呼びます。検波回路で使われるダイオードは半導体(電気の流れやすさが中間的な物質)を利用した部品です。特に、ゲルマニウムを材質に使用したものは、微弱な信号でも検波できることが知られています。検波器にゲルマニウムダイオードを使うラジオをゲルマニウムラジオと呼んでいます。

なお、受信状況によっては、抵抗器を併用することで、音声のひずみを減らしたり、音量が向上したりする場合があります。

ダイオードで検波した直後の信号は、音声信号を含んだ交流成分と音声の情報を含まない直流成

分が混在しています。特に電波の強い地区では、直流成分が強すぎることで、逆にイヤホンの音量が弱まってしまう場合があります。この場合、適切な抵抗器を１つ併用することで、直流成分を抵抗器に逃すことができます。

(4)　出力回路



出力回路は、音声信号を音に変換する回路です。

音を得るためには、電気信号に合わせて空気を振動させる必要があります。電波の伝わってくる距離が長いほど、電波は弱くなるので、取り出せる音声信号も弱くなります。増幅装置のないゲルマニウムラジオでは、弱い音声信号を効率よく音に変化させる必要があります。

今回は、このための部品として、クリスタルイヤホンを使います。クリスタルイヤホンは、微弱な電気信号で振動する圧電素子を利用して、電気信号を音に変換する仕組になっています。

なお、よく使われているマグネチックイヤホン、オーディオ用ヘッドホン、スピーカーなどは、電磁石の作用で電気信号を音に変換しています。これらは、十分なパワーを持つ電気信号が必要なため、微弱な電気信号のゲルマニウムラジオでは使えません。

ちなみに、クリスタルイヤホンのコードは必ずねじられています。これは、わずかなノイズ信号でも雑音として聞こえてしまうので、コードが周囲の電気ノイズ信号を極力拾わないようにするための工夫です。

＊　参考資料

・原子力・エネルギー図面集(第６章)

www.fepc.or.jp/library/publication/pamphlet/nuclear/zumenshu/index.html

エネルギー変換とその日常生活における利用としての電波　組み立て編

～ ゲルマニウムラジオの組み立てを通して ～　ワークシート

1　クリスタルイヤホンの確認



このクリスタルイヤホンでは、微弱な電気信号を音に変えることができる。逆に、音から微弱な電流を発生させることもできる。

では、それを確かめてみよう。

実習１　**クリスタルイヤホンを用いて、音と電気の変換の様子を調べよう。**

① 二つのイヤホンのコードをそれぞれ接続する。

② 一方のイヤホンを手でくるみ、そこに向かって声を出す。

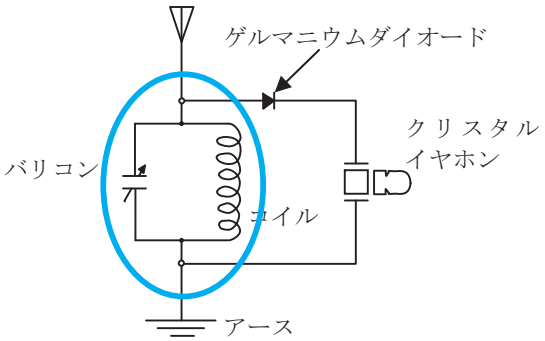
③ もう一方のイヤホンを耳にあて、声が聞こえることを確かめる。

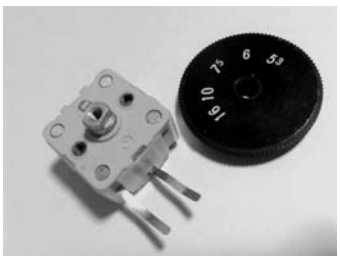
《聞こえる仕組みが糸電話と違うことを説明する方法を考えてみよう。》

2　ゲルマニウムラジオの組み立て

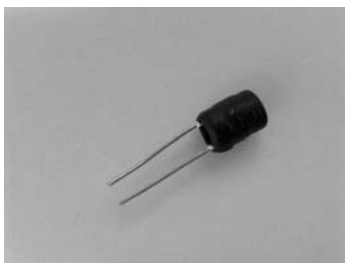
・検波部分

右の回路の中の丸で囲んだ検波する部分は、バリコンとコイルから構成されている。これらをまとめてひとつの部品としたものが下の写真である。





＋



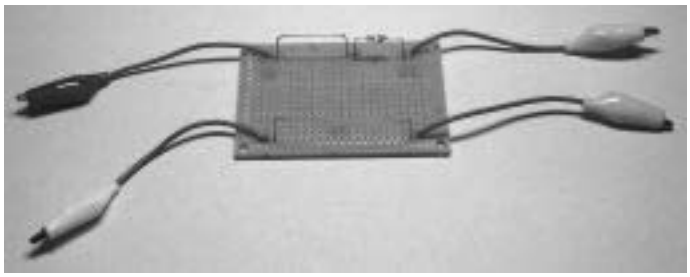
⟹

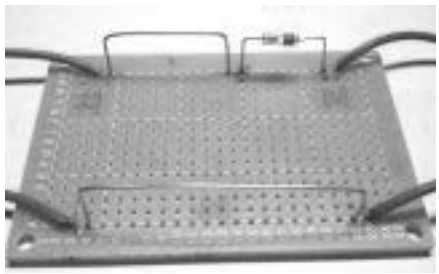




・　回路

その他の回路部分をまとめて回路基盤にハンダ付けしたものが下の写真である。





実習２　**ゲルマニウムラジオを組み立てて、電波が音に変わる仕組みを確かめよう。**

原理的には、回路基板にイヤホンをつなぐだけで、アンテナに流れる誘導電流を聞くことができるはずである。ただし、このままでは様々な誘導電流が混ざっていて音として聞くことができない。そこで、次のような手順でゲルマニウムラジオを組み立ててみよう。

① 回路基板の赤い端子にアンテナ線（５ｍほどのコード）をつなぎ、床に広げたり窓から垂らしたりしてできるだけ長く伸ばす。

② 回路基板の白い端子にアース線（１ｍほどのコード）をつなぎ、アースにするための適切な所につなぐ。近くにない場合は自分の体をアースに使ってもよい。

③ この状態で音を聞くことができるか確かめる。

④ 回路基板に検波部分を接続し、ダイヤルを調整して音が聞こえるか確かめる。

３　工夫をしてみよう

組み立てたゲルマニウムラジオでも音を聞くことはできる。この状態から、さらに音をはっきりと聞き取りやすくするためにできる工夫について考えよう。

実習３　**ラジオの音がはっきりと聞こえるように、アンテナやアースを工夫してみよう。**

アンテナの張る方向や張る場所、アース線のとり方などを様々に変えて音の聞こえ方を確かめよう。

① アンテナをどのように張ると大きな音が聞こえるか。

② アース線の接続によって音はどのように変化するか。

４　まとめ

今日の学習で気付いたことや分かったこと、日常生活と電波の関わりについて感じたことを、自分の言葉でまとめてみよう。

《気付いたことや分かったこと》

《日常生活と電波の関わりについて感じたこと、本時の感想》

第１学年　単元「物質のすがた」（第１分野　粒子）

プラスチックの性質を調べよう

１　事例の概要（１１時間扱い）

(1)　単元について

本単元は、いろいろな物質の共通する性質や異なる性質を見いだすとともに、実験器具の操作、記録の仕方などの技能を身に付けることがねらいである。そのために、身の回りの物質について様々な方法を用いて調べ、性質の共通点や相違点を見いだすとともに、どのようにすれば物質を見分けられるか方法を考える学習を行う。

本事例は、代表的なプラスチックの性質について、身の回りに使われているプラスチック製品を例にして取り上げ、その使われ方と性質及び新素材として開発された導電性プラスチックや生分解性プラスチックなどについて調べる学習を発展的な学習として位置付けた。

(2)　発展的な学習について

プラスチックの種類によって異なる性質と共通する性質を観察・実験を行うことにより捉えることをねらいとした。

２　指導計画の位置付け（　　は発展的な学習に関わる時間）

(1)　いろいろな物質　　（１時間）
(2)　有機物と無機物　　（３時間）
(3)　プラスチック　　（３時間）
(4)　金属と非金属　　（２時間）
(5)　密度　　（２時間）

３　目　標

○　プラスチックの性質について関心をもち、プラスチックの種類によって異なる性質と共通の性質について意欲的に調べるとともに、私たちの生活の中でどのように使われているか調べようとしている。
○　プラスチックの種類によって異なる性質と共通する性質を、観察・実験を通して見いだす。
○　物質の密度や加熱したときの様子について適切な観察・実験を行い、その結果を分かりやすく記録することができる。
○　代表的なプラスチックの性質について理解し、私たちの生活の中でどのように活用されているのかが分かる。

4　学習活動の展開

	○主な学習活動　・学習内容	□指導上の留意点 ●資料等　◆評価[方法]
第五時（発展　第一時）	①身の回りにあるプラスチックでできたものとその性質について考える。 Ｔ：今日はプラスチックの性質について考えていきましょう。プラスチックの性質には、どのようなものがありますか。 Ｓ：水に強い。 Ｓ：柔らかい。 Ｓ：固いのもあるよ。 Ｓ：曲げると曲がるものと折れるものがある。 Ｓ：接着剤でくっつくものとくっつかないものがある。 Ｓ：燃えると煙を出す。 Ｔ：それでは、プラスチックでできた製品を、一人一つずつ挙げましょう。 ＜予想される生徒の意見＞ 定規　蛍光ペンの軸　ＰＥＴボトルのふた 洗濯ばさみ　ＰＥＴボトル　下敷き 消しゴム　液体洗剤の容器　ハンガー 合成ゴム　シャンプーの容器 プラモデル　卵の容器　食品トレイ　レジ袋 Ｔ：君たちが挙げたプラスチックを、ある共通点によってグループ分けするとしたら、どのような視点で分けますか。 Ｓ：柔らかいか硬いかで分ける。 Ｓ：熱に強いか弱いかで分ける。 Ｓ：リサイクルのマークによって分ける。	□前時に学習した有機物の学習の延長として、プラスチックについて学ぶことを伝える。 □プラスチック全体に共通する性質を見いだすことができるようにする。 □教師は生徒から出された性質をカードに記入し、黒板にマグネットで貼っていく。 □生徒から出された方法によって、黒板に貼ったカードを並び変えることで、それぞれのプラスチックの共通点を考えさせる。
	②代表的なプラスチックの種類とその使い道について、性質と関連付けて考える。 Ｔ：先生だったらこのように分ける。何を理由に分けたか考えてみよう。 Ｓ：材質だと思います。 Ｔ：材質について、代表的な５種類のプラスチックとそれ以外で分類しました。 Ｓ：プラスチックにも、様々な種類があるのか。 Ｔ：では、この５種類のプラスチックの性質を調べるためには、どのような実験をしたらよいでしょうか。	□材質で分けたことを説明して、その共通点や相違点について考えさせる。 ＜先生が分けた例＞ ＰＥ　下敷き　定規　シャンプーの容器 液体洗剤の容器　レジ袋 ＰＶＣ　合成ゴム　消しゴム ＰＥＴ　ＰＥＴボトル　卵の容器 ＰＳ　食品トレイ　プラモデル ＰＰ　ＰＥＴボトルのふた 蛍光ペンの軸　洗濯ばさみ ハンガー

※　代表的なプラスチックの例　ポリエチレン（ＰＥ）　ポリプロピレン（ＰＰ）
ポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）　ポリスチレン（ＰＳ）　ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）

③性質を調べる方法について考える。

５種類のプラスチックの性質を調べるにはどのようにしたらよいか。

T：それぞれのプラスチックの性質を調べる方法を考えましょう。

［生徒の意見の板書例］
○水に入れて浮くか沈むか比重を調べる。
○火をつけたときの燃える様子を観察する。
○温めたときに変化が見られるかを調べる。
○手で曲げたときの様子を調べる。
○表面が傷つきやすいかを調べる。

□既習事項や生活体験を基に考えさせる。

本事例では、はじめにプラスチックの種類と名前を明らかにして、それぞれを区別する方法を見いだすことを課題とした。

T：このような方法で、それぞれのプラスチックの性質の違いを調べることができますか。

S：水に浮かべるのに、大きさが違うと条件が変わる。だから、大きさをそろえないと比較ができないよ。

S：大きさが大きくても軽いものもあるよ。大きさをそろえて実験してみよう。

S：水だけだと浮くか浮かないかしか分からないから、それ以上は区別できない。

S：海水はプールの水より浮力が大きいね。水の代わりに食塩水で実験をしたらどうなるのだろうか。

S：水より浮力が小さい液体を使って実験できないかな。

S：プラスチックは燃えると必ず黒い煙を出すのではないのかな。ごみを出すときは不燃ごみやリサイクルで分けて出すよ。

S：どのようなプラスチックでも、燃やすと黒い煙を出すのかな。確かめてみようよ。

S：プラスチックには熱で溶けてしまうものと熱に強いものがあるよね。温めてみたらどうだろうか。

S：ガスバーナーで直接加熱すると燃えてしまうから、ドライヤーや熱湯で温めてみてはどうかな。

T：それでは、いろいろな調べ方が出されましたので、次回実際に実験をしましょう。

・レポートに話し合ったことを記入して提出する。

□実験方法の妥当性について検討させる。

□一つの実験だけでは区別できない場合、複数の実験の結果を組み合わせて考えるように助言する。

＜密度の例＞
水の他にエタノールや食塩水など比重の異なる液体を活用し、複数の条件から違いを見いだせるように工夫する。

	エタノール	水	食塩水
A	沈む	沈む	浮く
B	沈む	沈む	沈む
C	浮く	浮く	浮く

□実験に使う機材（道具）、実験結果の予想も書かせる。

◆見通しをもって実験計画を立てる。
（科学的な思考・表現）［レポート］

第六時（発展　第二時）	①返却されたレポートを確認し、実験を行う。	
	グループごとに実験方法を決めて、プラスチックの性質を調べよう。	
	Ｔ：前回、プラスチックの性質の調べ方を考えました。今日は、グループによって異なる調べ方で実験をし、全ての実験の結果から、５種類のプラスチックの性質をまとめてみましょう。	□実験操作をグループごとに割り振る。 □レポートに、自分のグループで調べることを書かせる。
	〔プラスチックの性質を調べるための実験の例〕 (1)　エタノールに入れて、浮くか沈むかを調べる。 (2)　水に入れて、浮くか沈むかを調べる。 (3)　食塩水（濃度１０％）に入れて、浮くか沈むかを調べる。 (4)　ガスバーナーの炎に入れたときの変化の様子を調べる。 (5)　ドライヤーで加熱したときの様子を調べる。 (6)　熱湯に入れて変化があるかを調べる。 (7)　手で折り曲げてみて、固さを調べる。 (8)　画びょうの先でひっかいてみて、傷が付くかを調べる。　等	
	Ｔ：それでは、５種類のプラスチックを配布するので、グループごとに実験を行い、結果を記録しましょう。 Ｔ：準備ができたら、必要な機材を用意して、実験を始めましょう。 Ｓ：ガスバーナーで火をつけたら全部燃えたよ。 Ｓ：燃えるときに煙の出方が違っていた。煙の出方によって、成分が違うのかな。 Ｓ：水に入れると、ＡとＢはともに沈んだ。食塩水に入れると、Ａは浮いたがＢは沈んだ。だから、ＡよりもＢのほうが重い。 Ｓ：熱湯に入れたら、Ｂは何ともなかったけれどＣは曲がってしまったよ。 Ｓ：画びょうの先で引っかいたら、Ｄだけ傷があまり付かなかった。	□前時の話合いから、同じ大きさのプラスチック試料を使う必要性を説明し、配布する。 □実験に必要な機材は、生徒に選択させる。 □プラスチックをガスバーナーで加熱する場合は、換気を十分に行い、安全面に配慮する。 □予想に対する結果だけでなく、観察して気付いたことについても記録させる。 ◆安全に配慮しながら、計画に沿って実験を行い、その結果を記録する。 （観察・実験の技能）［行動観察］
	②記録した実験結果について交流する。	
	各グループの実験結果を伝え合い、結果を整理してまとめよう。	
	Ｔ：それぞれのグループで行った実験結果を発表しましょう。 Ｓ：私たちのグループは○○の実験を行いました。その結果、□□は■■となりましたが、△△は▲▲となりました。	□黒板に表を用意し、各グループの結果を記入させてもよい。 □他の班の結果についても、同様に記録をさせる。

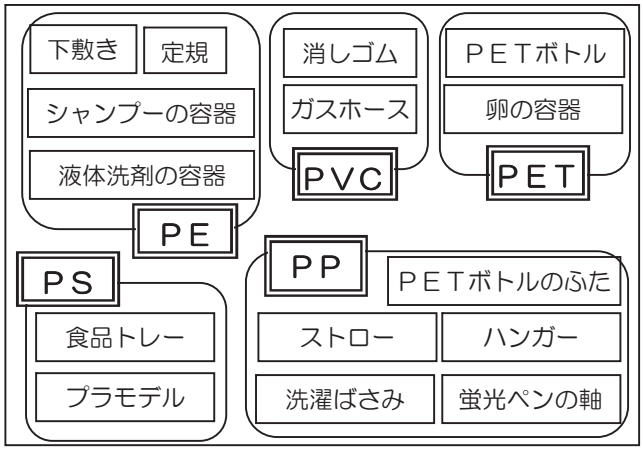
	③各グループの実験結果を整理してまとめるとともに、プラスチックの種類の見分け方について考察する。	
	プラスチックの性質の違いを整理してまとめよう。	
	T：実験結果から分かったことを整理してまとめましょう。それぞれの物質の性質の違いが分かりましたか。 S：一つの実験だけでは分からないから、複数の実験結果を表にまとめてみよう。 S：実験結果をフローチャートで表そう。 T：実験結果から、プラスチックの種類を見分けるためにはどのような実験を組み合わせて調べればよいか、考えましょう。	□実験記録のまとめ方について、どのようにしたら分かりやすくまとめることができるかを考えさせる。 ◆実験結果を整理してまとめる。 （観察・実験の技能）［レポート］ ◆プラスチックの種類を区別するための方法を見いだす。（科学的な思考・表現）〔レポート〕
第七時（発展 第三時）	①グループごとに調べて分かったことについて発表する。	
	実験をして分かったことをグループごとに発表しよう。	
	T：各グループで実験した結果について、３分程度で発表しましょう。 （生徒の発表） T：各グループの発表を聞いて分かったことや気付いたことをレポートに書き加えましょう。	□発表の前に、各グループで準備する時間を５分程度とる。 □発表を聞くときは、自分たちの結果と比べながら聞き、メモを取るよう指示する。 □これまでレポートに書いてきたことは消さないように指示する。
	②新素材のプラスチックについて学ぶ。 T：この学習では代表的な５種類のプラスチックについて取り上げましたが、これらにはどのような共通点がありますか。 S：電気を通さない。 S：水に溶けない。 S：燃やすと二酸化炭素が出る。 T：電気を通すプラスチックや、埋めると微生物に分解されるプラスチックも開発されていることについて紹介します。	□導電性プラスチック、生分解性プラスチックについて紹介し、開発された目的やその使われ方について気付かせる。
	③実験を振り返り、考察する。	
	プラスチックに関する学習を通して、考えたことや感じたことをまとめよう。	
	T：ここまでの学習を通して、プラスチックのもっている性質やその見分け方、プラスチック製品と日常生活との関わりについて考えたことや感じたことを、レポートの最後に書きましょう。	◆これまでの学習を通して考えたことや感じたことを整理し、生活との関わりで捉えたり、新しい課題を発見したりする。（科学的な思考・表現）［レポート］

5　板書計画

（第１時）

学習課題

身近にあるプラスチックを分類しよう



＜プラスチックを見分ける方法＞

○水に入れて浮かぶか沈むかを調べる。
　「浮く」「沈む」しか分からない
　食塩水、エタノールでは？

○燃やしてみるとどのようになるかを調べる。
　※煙を直接吸わないよう注意！

○曲げてみて固さや曲がり方を調べる。
　試料の厚みを同じにして
　条件をそろえる

○表面に傷が付きやすいかを調べる。

○加熱したときの変化を調べる。
（熱湯、ドライヤー）

（第３時）

学習課題

実験　プラスチックの種類による性質の違いで区別しよう。

★各グループの発表結果をまとめてみよう★

	浮くか沈むか			燃やす	加熱する		曲げる	ひっかく	
	ｴﾀﾉｰﾙ	水	食塩水		熱湯	ﾄﾞﾗｲﾔｰ			
A									
B									
C									
D									
E									

★物質を見分けるためには、いくつかの操作を組み合わせて
　考えることが必要

［新素材のプラスチック］

・導電性プラスチック
　プラスチックなのに電流が流れる
　（タッチパネル、太陽電池、・・・）

・生分解性プラスチック
　土に埋めると微生物に分解される
　（食品トレイ、容器、・・・）

第２学年　単元「化学変化」（第１分野　粒子）

メタン・プロパン・エタノールの燃焼

１　事例の概要（２０時間扱い）

(1)　単元について

本事例は、第２学年「化学変化と原子・分子」の単元において、「化学変化についての観察・実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事物・現象を原子や分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う」ことをねらいとしている。このことを踏まえ、本事例は発展的な学習として、メタン・プロパン・エタノールの燃焼の化学反応式を、原子モデルを使って説明させる学習活動として位置付けた。

(2)　発展的な学習について

本事例では、メタン、プロパン、エタノールの燃焼の化学変化を、原子モデルを使って説明させる学習活動を設定した。

具体的には、メタン、プロパン、エタノールの原子トークンとカードを使って化学式を用いて化学反応式を作る過程を説明できることをねらいとした。その際、燃えるときには何が必要で何が起こるのかを、生徒が理解できるよう配慮した。

２　指導計画の位置付け（　　は発展的な学習に関わる時間）

(1)　化合　（４時間）

(2)　酸化と還元

- 鉄の燃焼　（３時間）
- 酸化と燃焼　（３時間）
- メタン・プロパン・エタノールの燃焼　（２時間）
- 酸化銅の還元　（３時間）
- 還元の仕組みと生活での利用　（１時間）

(3)　化学変化と熱　（４時間）

３　目　標

○　化学反応式の表し方について、化学変化を表す式やモデルを使って考えようとしている。

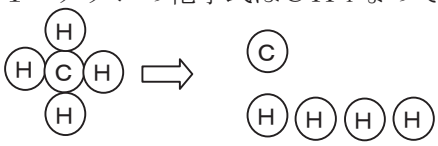
○　メタン、プロパン、エタノールの燃焼の化学反応式を、原子や分子のモデルを使って表現する。

4　学習活動の展開

	○主な学習活動　・学習内容	□指導上の留意点 ●資料等　◆評価[方法]
第十一時（発展　第一時）	①加熱器具の燃料について考える。 Ｔ：ガスバーナーやアルコールランプの燃料は何ですか。 Ｓ：ガスバーナーの燃料は都市ガスかプロパンガスかな。 Ｓ：住んでいる場所によって違うよ。 Ｓ：アルコールランプはエタノールかな。 Ｓ：火をつけると燃えて二酸化炭素を出すから、有機物ではないかな。 Ｓ：中に炭素が含まれているのかな。 ②それぞれの燃料と物質名についての説明を聞く。	□メタン・プロパン・エタノールが、炭素と水素を中心とする化合物であることを確認する。 □厳密なことには触れず、アルコールランプではエタノール、ガスバーナーでは、都市ガス（メタン）やプロパンガス（プロパン）を主成分としている程度にとどめておく。 ＜参考＞ メタンの化学式　CH_4 プロパンの化学式　C_3H_8 エタノールの化学式　C_2H_5OH
	③ガスバーナーやアルコールランプの燃料を燃焼させると何ができるのかを確認する。 Ｔ：炭素を燃焼させると何ができますか。 Ｓ：炭素原子１個と酸素原子２個が結び付いて二酸化炭素分子ができる。 Ｔ：水素を燃やすと何ができますか。 Ｓ：水素原子２個と酸素原子１個が結び付いて水分子ができる。 Ｔ：では、炭素原子と水素原子の化合物を燃焼させるとどうなりますか。 Ｓ：数が多くて複雑そうだね。 Ｓ：炭素原子と水素原子の燃焼に分けて考えればいいのかな。	□既習事項である炭素原子１個と結び付く酸素原子の数、水素原子２個と結び付く酸素原子の数を確認する。 □メタン・プロパン・エタノールの組成から燃焼に必要な酸素原子の数、燃焼によってできる二酸化炭素分子と水分子の数を導き出すことができるとよい。 ●シート１ ●原子トークン、物質カード、記号カード、数字カード ◆化学変化を表す式やモデルを使って、化学反応式の表し方を考えようとしている。（自然事象に対する関心・意欲・態度）［シート１］
	④アルコールランプやガスバーナーの燃料の燃焼について、これまでの学習を活用してグループ（３～４名）で考える。 Ｔ：メタン、プロパン、エタノールの燃焼反応において、原子の結び付き方がどのように変わるのか、原子トークンやカードを用いて考えましょう。	□生徒の実態により、全体にメタンを例に説明を行ってからグループ活動をさせてもよい。 ●原子トークン、物質カード、記号カード、数字カード
	＜説明のためのステップ＞ Step１　物質(メタン、プロパン、エタノール)を、原子トークンを使った原子モデルで表す。 Step２　物質が燃焼したときに空気中の酸素と結び付いて何ができるか、物質の原子トークンを使い切るように酸素の原子トークンを必要なだけ加えて化合物を表現する。 Step３　物質カードを使って化学反応式をつくる。 Step４　Step３で表したことを言葉で説明する。 Step５　物質カードの代わりに化学式を用いた化学反応式をつくり、化学変化を表現する。 Step６　Step５で表した化学変化を、原子や分子の数にも着目して言葉で説明する。	

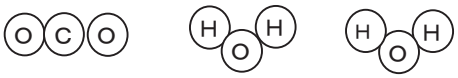
〔メタンの説明の例〕

Step１　メタンの化学式はＣＨ４なので、炭素原子１個と水素原子４個をもっている。



（注）この段階では、トークンはどのように並べてもよい。

Step２　空気中で炭素と水素を完全燃焼させると、それぞれ二酸化炭素と水ができる。メタンに含まれる炭素原子と水素原子を全て反応させると、二酸化炭素と水が次のようにできる。



Step３　メタンの燃焼を物質カードと記号カードを使って表すと、次のようになる。

メタン	＋	酸素分子	→	二酸化炭素	＋	水

Step４　この化学変化を言葉で説明すると、「メタンが燃焼すると、空気中の酸素分子と結び付いて、二酸化炭素と水ができる。」となる。

Step５　物質カードを裏返すと、次のような化学反応になる。

CH_4	＋	O_2	→	CO_2	＋	H_2O

この反応では、水分子は２個できるはずだから、H_2O のカードの前に数字カードの 2 を置く。さらに、反応後に酸素原子が全部で４個使われている。酸素原子はいきなり現れたのではなく、もとからあったはずだから、反応前の方にも酸素原子が４つあるように表現しよう。そのためには、O_2 の前に 2 を置けば、左右に出てくる原子の種類と数が合うので、もとから酸素分子が２つあったと考えればよい。

CH_4	＋	2 O_2	→	CO_2	＋	2 H_2O

Step６　改めてメタンの燃焼を説明すると、「１個のメタン分子が燃焼するときは２個の酸素分子と結び付き、二酸化炭素分子が１個と水分子が２個できる。」となる。





Ｔ：メタンができた生徒は、プロパン、エタノールについても同じように考えましょう。

⑤シート２を記入する。

Ｔ：次の時間に発表するので、シート２を記入しましょう。

□Step２において、メタンやプロパン、エタノールの化学組成から、完全燃焼に必要な酸素原子の数、燃焼によってできる二酸化炭素分子と水分子の数を導き出させる。

◆燃焼について、結果としてどのような物質がどのくらいできるのか、どのくらいの酸素分子が必要になるのか、物質の化学組成を基に考え、モデルや化学式を使って表現することができる。
（科学的な思考・表現）［シート２］

□グループ内での発表に向けて、シート２を記入させ、提出させる。

第十二時（発展 第二時）	①前時の振り返りをして、発表の準備をする。 Ｔ：メタン、プロパン、エタノールの燃焼について化学反応式をつくる過程を、グループ内で発表するので、シート２を確認して準備をしましょう。	●シート２返却 □シート２を確認し、必要があれば助言をする。
	②グループ内で互いに発表をする。 Ｔ：メタン、プロパン、エタノールの燃焼から一つ選び、原子トークンとカードを使って、化学反応式をつくる過程を説明しましょう。 ・シート２を基に、グループ内で発表する。（一人５分程度）  ・発表を聞いて参考になることがあれば、自分のシート２に別の色のペンで記入させる。	●シート２（発表する生徒） ●評価シート（聞く生徒） □説明を聞く生徒には、発表を聞いて評価シートを記入し、発表した生徒に渡して感想やアドバイスを伝えさせる。  ◆メタン、プロパン、エタノールが燃えるときには、何がどれだけ必要で、結果としてどのような変化が起こるのかを考えて、モデルや化学反応式を用いて表現することができる。 （科学的な思考・表現）[発表、シート２]
	③今回の学習活動を通して、化学変化を化学反応式で表すときに必要なことを確認する。 Ｔ：メタン、プロパン、エタノールの燃焼の化学反応式を書くときに大切なことは何ですか。 Ｓ：物質を構成する原子の種類と数を押さえて、それが全部燃焼するのに必要な酸素の数を考えることです。 Ｓ：メタンよりもプロパンの方が、酸素をたくさん必要とするね。その分燃えて火力も強くなるのかな。 Ｔ：今回は燃焼反応で、物質が酸素と結び付く場合について考えました。この考え方は、他の化学変化を原子のレベルで考えるときにも有効です。今まで学習してきた化学変化や、これから学習する化学変化について考えるときに活用しましょう。	◆物質を構成する原子の種類と数により、化学変化の様子が変わることを見いだすことができる。（科学的な思考・表現）[シート２]

5　参考資料

(1)　物質カード、記号カードの例

原子トークン（３種類４２個）

炭素原子トークン　Ⓒ　　６個

水素原子トークン　Ⓗ　１６個

酸素原子トークン　Ⓞ　２０個

数字カード

2	2	3	3	4	5

記号カード

＋	＋	→	→

物質カード（８種類）※表に物質名　裏に化学式

メタン	CH_4	水	H_2O
プロパン	C_3H_8	二酸化炭素	CO_2
エタノール	C_2H_5OH	炭　素	C
酸　素	O	水　素	H

(2)　解説

プロパンの燃焼

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

プロパン C_3H_8 は、炭素原子３、水素原子８からなる化合物である。

Ⓒ Ⓒ Ⓒ ⒽⒽ ⒽⒽ ⒽⒽ ⒽⒽ　※並べ方は自由でよい。

炭素Ⓒの燃焼に必要な酸素はⓄⓄ

よって燃焼後の二酸化炭素は　ⓄⒸⓄ　ⓄⒸⓄ　ⓄⒸⓄ　・・・$3CO_2$

水素ⒽⒽの燃焼に必要な酸素はⓄ

よって燃焼後の水は　ⒽⓄⒽ　ⒽⓄⒽ　ⒽⓄⒽ　ⒽⓄⒽ　・・・$4H_2O$

また必要な酸素は、ⓄⓄ　ⓄⓄ　ⓄⓄ　ⓄⓄ　ⓄⓄ　・・・$5O_2$

エタノールの燃焼

$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

エタノール C_2H_5OH は、炭素原子２、水素原子６、酸素原子１からなる化合物である。

Ⓒ Ⓒ ⒽⒽ ⒽⒽ ⒽⒽ Ⓞ　※並べ方は自由でよい。

炭素Ⓒの燃焼に必要な酸素はⓄⓄ

よって燃焼後の二酸化炭素は　ⓄⒸⓄ　ⓄⒸⓄ　・・・$2CO_2$

水素ⒽⒽの燃焼に必要な酸素はⓄ

よって燃焼後の水は　ⒽⓄⒽ　ⒽⓄⒽ　ⒽⓄⒽ　・・・$3H_2O$

また必要な酸素は、ⓄⓄ　ⓄⓄ　ⓄⓄ　・・・$3O_2$

Ⓞ(もともと C_2H_5OH にあった酸素)

(3)　シート１

２年　　組　　番・氏名

STEP１　炭素の燃焼と、水素の燃焼を物質名で表せますか。

物質カードと記号カードを並べてみましょう。

炭素の燃焼

＋　　→

水素の燃焼

＋　　→

STEP２　炭素の燃焼と　水素の燃焼を、化学式を用いた化学反応式で表せますか。

物質カードを裏返して、数字カードが必要なら使いましょう。

原子トークンを置いてみると分かりやすくなります。

炭素の燃焼

＋　　→

水素の燃焼

＋　　→

STEP３　炭素原子と水素原子が燃焼するときに必要な酸素原子の数はいくつですか。

炭素原子１個が燃焼するために必要な酸素原子は　　個

水素原子２個が燃焼するために必要な酸素原子は　　個

STEP４　STEP３を原子のモデルで表してみましょう。

炭素の燃焼

＋　　→

水素の燃焼

＋　　→

STEP５　炭素と水素の化合物（メタン CH_4 やプロパン C_3H_8 ）が燃焼すると何ができますか。

　　と

STEP６　では、炭素と水素と酸素の化合物（エタノール C_2H_5OH）が燃焼すると何ができますか。

　　と

(4)　シート２

□ の燃焼　　２年　　組　　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿

STEP１

STEP２

STEP３

STEP４

STEP５

STEP６

〔感じたこと、気が付いたこと〕

(5)　評価シートの例

	について 発表した	さんへ	評価（○で囲む）	一言コメント
評価項目			A　B　C　D	
			A　B　C　D	
			A　B　C　D	
			A　B　C　D	
全体的な感想 気付いたこと			記入者 ２年＿＿組 ＿＿＿番	

(6)　それぞれの燃料について

ア　プロパンガス

液化石油ガス。プロパンC_3H_8・ブタンC_4H_{10}を主成分とする。

圧縮することで、常温で容易に液化できるメリットと、空気より比重が大きいため、低い場所に滞留しやすいデメリットがある。

イ　都市ガス

天然ガスには、メタンCH_4・エタンC_2H_6・プロパンC_3H_8・ブタンC_4H_{10}・ペンタンC_5H_{12}などが含まれ、産地によってその割合は少しずつ異なるが、メタンが８０％以上をしめる。空気より比重が小さいため、空気中に拡散しやすい。

ウ　エタノール

小学校で用いるアルコールランプに適した燃料。炎が安定するメリットがあるが、価格が高いデメリットがある。メタノールCH_4Oは安価だが、炎が安定しない。また、メタノール用のアルコールランプがあるが、小学校で使用しているものとは異なる。そこで、メタノールとエタノールの混合物が燃料アルコールとして使われていることが多い。

第２学年　単元「動物の体のつくりと働き」（第２分野　生命）

酵素の働きを調べよう

1　事例の概要（１４時間扱い）

(1)　単元について

小学校では、６年生でヒトの呼吸、消化をはじめ生命を維持するための仕組みや働きの初歩的な学習を行ってきている。第２学年において、「消化や吸収、血液の循環についての観察、実験を行い、動物の体が必要な物質を取り入れ運搬している仕組みを観察、実験と関連付けて捉える」ことをねらいとしている。このことを踏まえ、発展的な学習として、蛍の生物発光を利用した実験を通して酵素の働きについて考え、表現する学習活動を位置付けた。

(2)　発展的な学習について

本事例は、酵素の働きを活性化させる条件は何かについて仮説検証を行い、科学的な思考力・表現力を育むとともに、酵素の一般的な性質についての理解を深めることをねらいとした。また、ヒトの消化酵素以外の酵素を扱うことによって、酵素の普遍的な存在や酵素が生命活動に深く関わっていることに気付くことができるようにした。

2　指導計画の位置付け（　　は発展的な学習に関わる時間）

(1)　呼吸　（３時間）
(2)　血液とその循環　（４時間）
(3)　消化と吸収
・　消化の仕組み　（２時間）
・　吸収の仕組み　（１時間）
・　酵素の働きを調べよう　（２時間）
(4)　不要な物質の排出　（２時間）

3　目　標

○　酵素の触媒作用に最も適した温度（最適温度）があることを、実験を通して見いだし、既習事項である消化酵素の働きと関連付けて捉えることができる。
○　消化酵素以外の酵素の存在を知り、酵素が生命活動に深く関係していることが分かる。

4　学習活動の展開

	○主な学習活動　・学習内容	□指導上の留意点 ●資料等　◆評価[方法]
第十一時（発展　第一時）	①身の回りにある酵素の例について、既習事項と関連付けて捉える。 Ｔ：前回学習した消化酵素について、どのようなところで活用されているか考えてみましょう。 Ｓ：洗濯洗剤に使われているよ。 Ｓ：食べ過ぎの時に飲む胃腸薬に入っているのもそうなのかな。 Ｓ：その他にどのような例があるのかな。	□身近な生活体験を想起できるようにする。 例）・洗濯洗剤に入っている酵素により、汚れが落ちる。 ・肉料理の際にパイナップル（酵素としてのプロテアーゼを含む）と肉を一緒に調理すると、肉がやわらかくなる。 ・肉や魚と大根おろし（ジアスターゼを含む）を一緒に食べると消化によい。　等

②ホタルの発光現象にも酵素が使われていることの説明を聞き、実験１（演示）を見る。

Ｔ：ホタルの発光現象にも酵素が使われています。実験１を見て気付いたことをメモしましょう。
Ｓ：混ぜると光った。
Ｓ：熱くないのかな。
Ｓ：Ａ液とＢ液はそれぞれ何だろう。
Ｓ：もっと強く発光させたいな。

●ワークシート１を配布

●ルシフェラーゼを用いた発光遊具を使用して演示する。

□Ａ液（酵素）とＢ液（基質）について説明し、混合するとすぐに発光することに着目させる。

実験１よりも強く発光させるには、どうしたらよいだろうか

③実験１を基に、強く発光させる方法について考える。

Ｔ：Ａ液はルシフェラーゼという酵素、Ｂ液は酵素と反応する基質が入っています。もっと明るく光らせるためにはどうすればよいかを考えましょう。
Ｓ：燃焼して光っているわけではなさそう。
Ｓ：温度を上げたらどうなるかな。
Ｔ：温度だとしたら、どのような実験をしたら確かめられますか。消化酵素の実験を思い出して考えましょう。
Ｓ：体温くらいに温めればよいのかな。
Ｓ：温度を高くすればより強く光るのかな。

□「強く発光させる」→「酵素の働きを高める」ということを踏まえて考えさせる。
　例えば、酵素や基質の濃度を上げる、ｐＨを変化させる、量を増やす等が予想されるが、ここでは既習の消化酵素（アミラーゼなど）の働きを調べる実験について振り返らせ、温度との関係で対照実験を考えられるように配慮する。

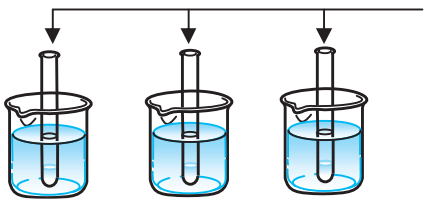
◆温度と発光の程度について関連付けて捉え、見通しをもって結果を予想している。（自然事象への関心・意欲・態度）［行動観察、ワークシート］

④実験２を行う。

Ｔ：Ａ液とＢ液を混ぜた試験管を0℃、30℃、60℃の水に入れて観察しましょう。

□生徒自ら実験計画を立てることができるようにする。

実験２　酵素の働きは、温度によってどのような違いがあるか調べよう。



0℃の水を入れたビーカー　30℃の水を入れたビーカー　60℃の水を入れたビーカー

A液(酵素)1mL を入れた試験管を各ビーカーに入れて、5分経ったらB液を入れて、反応の様子をみる。

＜実験結果の記載例＞

温度条件	反応の様子(発光の程度)
0℃	発光が弱い。
30℃	この中で一番発光が強い。
60℃	全く発光しない。

⑤実験２の結果のまとめを行う。

Ｔ：実験２で分かったことについて、ワークシートにまとめましょう。
Ｓ：温度が低いと発光が弱くなるよ。
Ｓ：温度が高くても発光しなくなる。もう一度冷やしたら光るのかな。
Ｓ：他のものも徐々に光が弱くなっていった。

●ワークシート２を配布

□実験２については、「酵素活性が高い（酵素の働きがよい）→発光が強い」ことに着目させる。

◆酵素には最もよく働く温度があることを理解する。【知識・理解】［発言、ワークシート］

高温で発光しなくなったものを再び発光させるためには、どうしたらよいだろうか

⑥高温で発光しなくなった理由を考え、再び発光させるための方法を考える（仮説）。

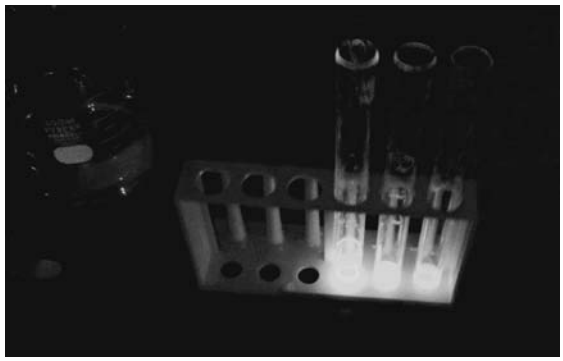
□加熱したことで酵素（Ａ液）、基質（Ｂ液）が変化したのかどうかに着目させるなどの助言をする。

Ｔ：この実験で、時間が経つと光が弱くなっていくのはなぜでしょうか。また、60℃のビーカーに入れたものは、なぜ光らなくなったのでしょうか。
Ｓ：酵素は時間が経つとだめになるのかな。
Ｓ：唾液はでんぷんがなくなればブドウ糖を作れなくなるのと同じように、基質がなくなっただけではないのかな。
Ｓ：酵素がたりないのではないかな。
Ｓ：温め過ぎると酵素がだめになってしまうのかな。それとも、反応する相手がだめになるのかな。
Ｓ：だめになったのではなく、温度が高すぎると働かなくなるだけではないのかな。
Ｔ：それでは、高温で発光しなくなったものを再び発光させるためにはどうしたらよいか、今考えた理由に基づいて実験操作の方法を考えましょう。
Ｓ：もう一度冷やしたら発光するのでは。
Ｓ：熱で酵素がだめになったのだとしたら、酵素をたせばよいのではないかな。
Ｓ：熱で基質がだめになったのだとしたら、基質をたせばよいのではないかな。
Ｓ：よく振ることでもう一度光るのではないかな。

●ワークシート３を配布

□終了時にワークシートを回収

◆高温で発光しなくなった理由に基づいた仮説を設定し、再度発光させるための実験操作を計画する。（科学的な思考・表現）［行動観察、ワークシート］



第十二時（発展　第二時）

①前時に考察した仮説に基づき、実験計画にしたがって検証を行う。
Ｔ：前時にワークシートにまとめた仮説に基づいて、実験をして確かめましょう。

●ワークシート返却
□事前に実験計画を確認して、必要な実験器具等についても適切な選択をさせる。実験計画の見直しが必要なグループを支援する。

実験３　加熱して発光しなくなったものを、再び発光させてみよう。

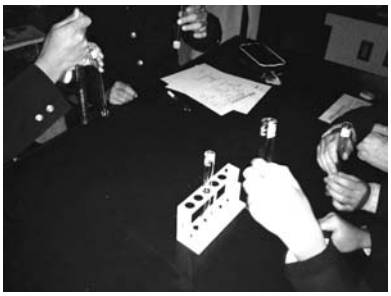
（生徒の実験例）
Ⅰ　試験管の中身は何も変わっていないので、もう一度よく振ってみる。
Ⅱ　温まって反応しなくなっているだけだと考えたので、0℃の水で冷やす。
Ⅲ　基質がだめになったか、なくなったためだと考えたので、基質を加える。
Ⅳ　酵素がだめになったためだと考えたので、酵素を加える。
Ⅴ　酵素も基質もだめになったためだと考えたので、酵素と基質を両方、加える。

（参考）実験結果のマトリックス

仮説	高温（熱）による変化の仮説		備考
	酵素(A 液)	基質(B液)	
Ⅰ	変化していない	変化していない	発光しない。
Ⅱ			
Ⅲ	変化していない	変化している	基質は影響を受けていないので、発光しない。
Ⅳ	変化している	変化していない	失活していない酵素が新たに加わるため、発光する。
Ⅴ	変化している	変化している	新たに加えた酵素と基質が反応して発光するため、仮説を検証することができない。

②実験結果をグループごとに発表する。
Ｔ：自分たちで立てた仮説を基にどのような実験をして、結果と結果から分かったことを発表しましょう。

□仮説や検証方法を含めて発表できるように配慮する。特に、再び発光させることができなかった場合は、全体でその理由を考察する。

Ｓ：Ⅰの実験をした。未反応の部分があると考えたが、振っても発光しなかった。 Ｓ：Ⅱの実験をした。冷やしたら元に戻って発光すると考えたが、結果では発光しなかった。 Ｓ：Ⅲの実験をした。基質を増やしても発光しないということは酵素がだめになっていたと考えられる。 Ｓ：Ⅳの実験をした。酵素を追加したら発光した。基質には加熱による影響はなかったが、酵素は加熱によってだめになっていたと考えられる。 ③高温で光らなくなった理由について、各グループの実験結果を踏まえて、自分の考えをまとめる。 Ｔ：それでは、各グループの発表を受け、自分の考えをワークシートにまとめてみましょう。	◆実験の結果から考察したことを発表することができる。（科学的な思考・表現）［ワークシート、発表］  □酵素は主にタンパク質からできており、高温によってタンパク質が変性したため、酵素としての機能が失われたことに気付かせる。（高等学校での学習に配慮する。）
④酵素が生命活動に深く関係していることの例について学習する。 ⑤本時の学習について、分かったことをワークシートにまとめて記入する。	□加熱によってＡ液中の酵素が変化（失活）した可能性について、例えば砂糖や卵の加熱による有機物の変化を例示するとよい。 □海底の熱水噴出孔（高温で過酷な環境下）でも生存している生物がいる例や、殺菌や消毒の原理の一つに、高温で病原体の体内の酵素活性を失わせることがある例などを示す。 ◆実験の結果から分かったことを整理し、自分のグループの実験結果と比較・関連付けて捉え、酵素の活性条件について理解する。（自然事象についての知識・理解）［ワークシート］

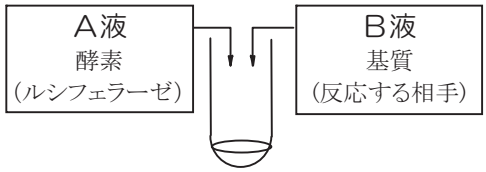
5　板書計画

(1)　発展　第１時

酵素の働きについて調べよう

○身の回りにある酵素を活用したものの例
・胃腸薬（リパーゼ等）　・大根おろし（アミラーゼ）
・洗濯洗剤　・パイナップル（プロテアーゼ）
・ホタルの発光現象を起こす酵素（ルシフェラーゼ）

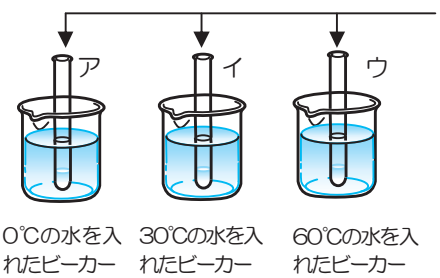
実験１　ホタルの発光現象を再現しよう



☆Ａ液とＢ液を混ぜる　→　発光する

※　実験１よりも強く発光させるには、どうしたらよいだろうか？
※「強く発光する」→「酵素の働きを高める」
・温度を上げる　・量を増やす

実験２　酵素の働きは、温度によってどのような違いがあるか調べよう。



＜結果＞　・30℃が一番強く発光した
・0℃では光が弱くなった
・60℃では発光しなくなった
・発光したものも時間が経つと消えた

＜まとめ＞　酵素には働きが活性化する温度がある
（冷やしても温めすぎても活性化しない）

○実験３　60℃で発光しなくなったものを再び発光させるには、どうしたらよいか。

(2)　発展 第２時

実験３　60℃で発光しなくなったものを再び発光させるには、どうしたらよいだろうか。

＜グループで立てた仮説（そのように考えた理由）＞
・冷やす（元に戻って発光する）
・振り混ぜる（まだ反応する部分が残っている）
・基質を追加する（高温で基質がだめになってしまった）
・酵素を追加する（高温で酵素がだめになってしまった）

＜実験３の結果と考えられること＞
・冷やしても発光しなかった（熱で酵素や基質が反応しなくなっていた）
・振り混ぜても発光しなかった（熱で完全に反応しなくなっていた）
・基質を追加しても発光しなかった（酵素がだめになっていた）
・酵素を追加したら発光した（酵素だけが反応できなくなっていた）

＜実験３のまとめ＞
酵素は高い温度にすると反応しなくなる
〇酵素はタンパク質でできている
→加熱すると性質が変化して働きを失う
例）病原体の加熱殺菌…加熱により病原体のもつ酵素の活性を失わせて無害化する。

実験３について、予想される仮説と実験方法、および結果の例

仮 説	高温（熱）による変化（影響）		実験方法（高温で発光しなくなった試験管に）	備 考
	A液（酵素）	B液（基質）		
Ⅰ　Ⅱ	変化しない。	変化しない。	（試験管内でA液とB液は変化していないから）冷やすなど。	冷やすなどしても、発光しない。
Ⅲ	変化しない。	変化した。	B液を新たに加える。	基質は影響を受けていないので、発光しない。
Ⅳ	変化した。	変化しない。	A液を新たに加える。	失活していない酵素が新たに加わるため、発光する。
Ⅴ	変化した。	変化した。	A液とB液を新たに加える。	＊A液とB液を同時に加えると、新たに加えたA液とB液が反応して発光するため、仮説の検証は困難になる。

＊　仮説Ⅴの実験方法について（指導上の留意点）
まず、A液を加えて変化を観察するように助言するとよい。
⇒　熱による影響を受けていない基質に、失活していない酵素（A液）が加わるため、発光する。
よって、仮説Ⅴ「B液が変化した」は否定される。

6　本事例の指導計画（指導の流れ）

消化酵素以外の酵素の存在を知る。

ホタルの発光現象にも酵素が関係していることの例示

実験１（演示実験）　ホタルの発光現象を試験管内で再現する実験

実験１の概要：　A液とB液が混合するとすぐに発光する。
A液 … 酵素（ルシフェラーゼ）
B液 … 基質　⇒酵素が反応する相手（ルシフェリン、ATP）

実験１よりも強く発光させるには、どうしたらよいだろうか。

・　「強く発光させる」→「酵素の働きを高める」
・　消化酵素の働きを調べる実験において、消化酵素の働きを高めるためにヒトの体温に近い温度で反応させたこと《既習の知識》。
◎酵素が働く温度条件に着目させる。

◆新たな事象を調べるための条件を、既習の知識を活用して設定する。

実験２　酵素の働きは、温度によって違いがあるかどうかを調べる実験

実験２の概要：　最適温度は４０℃前後で、６０℃の場合は酵素活性は失われる。

温度条件	０℃	３０℃	６０℃
発光の程度	弱い	強い	発光しない

酵素には最もよく働く温度がある。

■実験結果を比較して考察する。

高温で発光しなくなったものを再び発光させるには、どうしたらよいだろうか。

加熱によって物質が変化する例（砂糖を熱すると炭化するなど）があった《既習の知識》。
高温（熱）によって何が変化（影響）を受けたのか。

第一時　第二時

仮説を立てる　⇒　実験方法を考える　⇒　実験３を行い、結果を発表する。

仮説を実証するための実験方法を自ら考案する学習活動等を通して、主体的な学習に取り組む態度を育てる。

高温で発光しなくなった理由について話し合う。

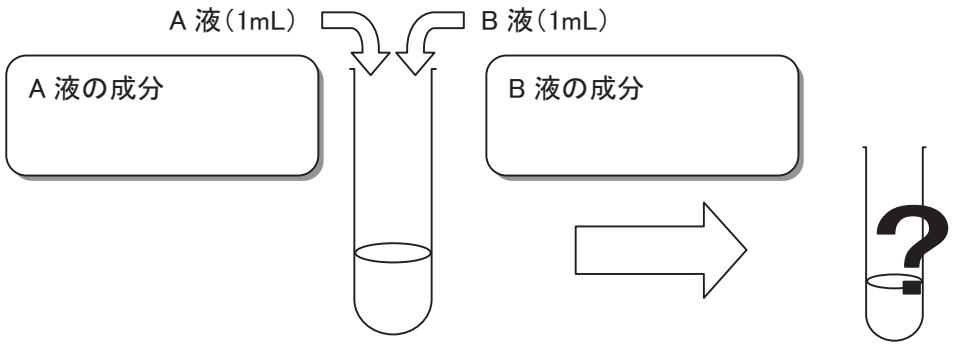
酵素が生命活動に深く関係していることの例を聞く。

ワークシート例　　「酵素の性質を調べてみよう」　　ワークシート1

～ ホタルの発光現象を利用した酵素反応実験 ～

実験1　発光の確認

○ **方 法**:　A 液と B 液をそれぞれ 1mL ずつとり、試験管に入れる。



○ **結 果**:

☆ 実験1よりも強く発光させるには、どうしたらよいだろうか。

○ **仮 説**:

発光には、＿＿＿＿＿＿＿＿ が関係しているのではないだろうか。

したがって、

＿＿＿＿＿＿＿＿ の条件を変化させれば、強く発光すると考えられる。

○ **実験方法**:（文章や図を使って実験方法の説明を書く。）

＜生徒に例示する実験方法の例＞

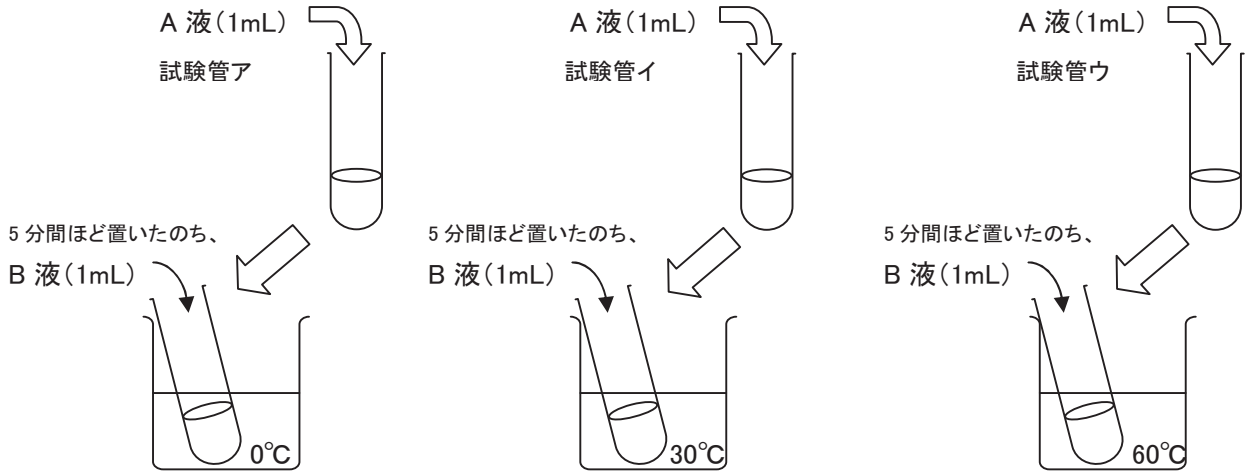
ワークシート2

実験2 「酵素の働きは、温度によってどのような違いがあるか調べよう。」

○ 方 法: ① 3 本の試験管（試験管ア、試験管イ、試験管ウ）に、それぞれ A 液を 1mL ずつ入れる。

② 試験管アを 0℃の水が入ったビーカーに、試験管イを 30℃の水が入ったビーカーに、試験管ウを 60℃の水が入ったビーカーに入れる。

③ 5 分間ほど置いたのち、それぞれの試験管に B 液を 1mL ずつ入れて変化を観察する。



○ 予 想:

結果は	このように考えた理由は

○ 結 果: 結果を文章でまとめる。

試験管ア	
試験管イ	
試験管ウ	

○ 考 察: 酵素の働きを温度に着目して考察する。

自分で考えたこと	他の人の意見を聞いて参考になったこと

○ 実験2のまとめ:

ワークシート3

実験3　高温で発光しなくなったものを再び発光させるには、どのようにしたらよいだろうか。

○ **仮 説**：60℃に加熱したら発光しなくなったのは＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。
そのため、＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿すれば
再び発光させることができる。

○ **実験方法**：（文章や図を使って実験方法の説明を書く。）
実験2、高温で発光しなくなった試験管ウに、

○ **予 想**：

○ **結 果**：　実験をして分かったことを文章でまとめる。

○ **考 察**：　実験3の結果から、酵素の働きについて考察する。

自分で考えたこと	他の人の意見を聞いて参考になったこと

○ **まとめと感想**：

学習のまとめ	学習を通して感じたこと、考えたこと

第２学年　単元「生物の変遷と進化」（第２分野　生命）

動物の足形から進化を考えよう

１　事例の概要（７時間扱い）

(1)　単元について

本単元では、第２学年「動物の生活と生物の変遷」の単元に基づいて、観察や実験を通して動物の体のつくりと働きを理解させ、動物の生活と種類についての認識を深めるとともに、生物の変遷について理解させることをねらいとしている。

また、「エ　生物の変遷と進化」の内容の取り扱いについては、「進化の証拠とされる事柄や進化の具体例について取り上げること。その際、生物にはその生息環境での生活に都合のよい特徴が見られることにも触れること」が大切である。

これらを踏まえて、本事例は発展的な学習として、現存する生物の多様性は、進化によってもたらされたことへの理解を通して、生物を多様性と共通性の観点からみる見方や考え方を養う学習を位置付けた。

(2)　発展的な学習について

本事例は、「生物の変遷と進化」の発展的な内容として、次の２点をねらいとした。

①　陸上で生活する哺乳類の足形から歩行様式を捉え、その特徴について考える。

②　陸上で生活する哺乳類の前肢・後肢の骨格を調べ、その共通点を捉え、これらの動物にはそれぞれ生息する環境での生活に都合のよい特徴が見られることが分かる。

本事例では哺乳類について扱うことで、生徒が自分の体や犬・猫など身近な動物と比較し、興味・関心を高めながら理解を深めていくことが可能と考えて教材を開発した。

２　指導計画の位置付け（　　は発展的な学習に関わる時間）

(1)　生物の変遷と進化　（５時間）

(2)　動物園の足形から進化を考えよう。　（１時間）

(3)　動物園で足形や骨格などを観察しよう。　（１時間）

３　目　標

○　陸上で生活する哺乳類の足形から歩行様式を考察したり、その足形をもつ動物の生活の様子、骨格の特徴を推測したりすることができる。

○　陸上で生活する哺乳類の前肢・後肢の骨格や歩行様式などについて、生息する環境での生活に都合のよい特徴がみられることを、進化と関連付けて考察することができる。

4　学習活動の展開

	○主な学習活動　・学習内容	□指導上の留意点 ●資料等　◆評価[方法]
第六時（発展）	①動物の足形から分かることについて考える。 T：次の①～⑪の足形は、何の動物の足形か考えてみよう。 S：③と⑤は指がはっきりしているから類人猿の仲間かな。 S：①と⑥、⑧は蹄のようだから草食動物だと思うよ。 S：⑨は、大きさと形から考えてゾウじゃないかな。	●プリント「動物の足形」 □動物の足形を原寸大で提示するとよい。 ※できれば個体の写真もあるとよい。 □それぞれの動物の足形の共通点や相違点に着目できるようにする。 正解；①トナカイ　②チーター　③ニホンザル　④ライオン　⑤チンパンジー　⑥モウコノウマ　⑦コアラ　⑧シマウマ　⑨アジアゾウ　⑩キリン　⑪ヒグマ
	②足形をその動物の歩行の仕方で分類する。 T：これらの足形は、大きく分けて３つのグループに分けられるのだけれど、どのように分けることができるだろうか。 S：ライオンやチーターは指に鋭い爪があって、肉球があるね。 S：トナカイやモウコノウマ、シマウマなどは蹄があるから速く走れるようになっているよ。 S：ゾウの足は爪があるけど、チーターともチンパンジーとも違うね。 S：チンパンジーやニホンザルは物をつかむのによいような形をしているね。 S：ヒグマはするどい爪をもっているから、ライオンの仲間になるのかな。 S：ヒグマはチーターみたいに速く走ることができないし、二本足で立つこともあるよ。この中だとコアラやサルと同じグループに分類されるのかな。	●プリント「動物の足形から進化を考えよう」 □プリントを配布し、理由を考えさせながら①～⑪の動物を分類させる。 ◆動物の足形から、どの歩行様式のものか捉えることができる。（科学的な思考・表現）[発言、ノート、プリント] ○ヒグマ、コアラ、チンパンジー、ニホンザル →蹠行性：指先からかかとまで地面について歩行。 ○チーター、ライオン →指行性：かかとを持ち上げて歩行。 ○トナカイ、モウコノウマ、キリン、アジアゾウ →蹄行性：かかとを上げてつま先立ちで歩く。指先に蹄がある。 ●キリンの骨格標本
	③ほ乳類の祖先がねずみのような生き物であったという話を聞き、種類は異なっても基本的な骨格が同じであることを見いだす。 T：①～⑪の動物は全てほ乳類だが、ほ乳類の祖先は蹠行性だったと考えられている。同じ祖先から進化してきたものとして、キリンの例を参考にして、シマウマの骨格とヒトの骨格を比べてみよう。 ＜図の答え＞　①→肘　②→手首　③→前肢（手）の指先　④→前肢の指の爪 ⑤→膝　⑥→足首　⑦→後肢（足）の指先　⑧→後肢の指の爪	□キリンの全身骨格図を黒板に掲示し、前肢とヒトの手、後肢とヒトの足の関節を対比し説明する。その上で、プリントにあるシマウマの①～⑧の関節がヒトのどこに当たるか考えさせる。 ◆シマウマの関節とヒトの関節を比較して捉えることができる。（科学的な思考・表現）[発言、ノート、プリント]

④歩行様式で分類した仲間に見られる共通点について考え、骨格のつくりや生活の様子との関係性を見いだす。

T：蹠行性、指行性、蹄行性で動物を分けたけれど、それぞれに何か共通点は見いだせないだろうか。

S：蹠行性の動物は、何かをつかむことができるよ。高いところに上ることもできる。

S：指行性はするどい爪をもっているね。狩猟型の肉食動物だね。

S：蹄行性はみんな草原や平原に棲む草食動物だ。みんな速く走れる足をもっているね。

T：それぞれの歩行様式と生息する環境についてノートにまとめてみよう。

◆陸上で生活するほ乳類の前肢・後肢の骨格や歩行様式と生息する環境について比較・関連付けて捉え、整理することができる。（科学的な思考・表現）［発言、ノート］

（生徒のノートの例）

＜歩行様式と生息する環境、生活の様子の関係＞

蹠行性の動物…ものをつかむ。木に登る。前肢を使って木の実を取ったりする。
（サル、コアラ、ヒグマなど）

指行性の動物…速く走り、獲物を捕る。肉食動物。
（ライオン、チーター、トラなど）

蹄行性の動物…速く走り敵から逃げる。草原に棲む。大型の草食動物。
（ウマ、キリン、ゾウなど）

□蹠行性・指行性・蹄行性の動物が歩行する場面を動画（映像教材）で視聴する。

●動物の歩く様子の動画

⑤クジラの胸ひれやコウモリの翼なども同じ前肢であることに触れ、同じ祖先から多様な種が派生していることを理解し、進化について考える。

T：もとは同じ祖先で同じ骨格をもっていても、今はこれだけいろいろな種類の動物がいる。現在の動物がこのように進化してきた理由について考えてみよう。

S：それぞれが生息する環境に都合のよい体のつくりをしているね。

S：その場その場で生活しやすいように進化してきたのかな。

S：そんなに都合よく進化できないよ。いろいろな進化をしていく中で、その環境に適応したものが今生き残っているのではないかな。

S：化石の調査から、世界のいろいろなところで同時期に同じような進化をした形跡がある、という話を聞いたことがあるよ。

S：今いる動物もこれからも進化をしていくのかな。ヒトも進化をしていくのかな。

T：今いる生物は動物も植物もそれぞれ生息環境で生活するのに都合のよい特徴が見られます。どうして今のようになったのか、他の生物の例について調べるといろいろ分かるかもしれませんね。

□相同器官について触れ、種の多様性と進化について考えさせる。

●相同器官の例（教科書）

◆動物が進化してきた経緯について、主体的に考えようとしている。（自然事象への関心・意欲・態度）［発言、ノート］

□進化論についてはいろいろな意見を出させ、オープンエンドとする。

5　板書計画

《学習課題》動物の足形から進化を考えよう

動物の足形

①トナカイ
②チーター
③ニホンザル
④ライオン
⑤チンパンジー
⑥モウコノウマ
⑦コアラ
⑧シマウマ
⑨アジアゾウ
⑩キリン
⑪ヒグマ

シマウマの全身図

＜シマウマとヒトを比べてみよう＞

①→肘	⑤→膝
②→手首	⑥→足首
③→手の指先	⑦→足の指の先
④→手の指の爪	⑧→足の指の爪

☆ほ乳類の祖先は蹠行性！

＜歩き方で分類してみよう＞

蹄行性	指行性	蹠行性
①トナカイ ⑥モウコノウマ ⑧シマウマ ⑩キリン ⑨アジアゾウ 蹄がある 速く走る	②チーター ④ライオン ~~⑪ヒグマ~~ 指がある 肉球、獲物を捕る	③ニホンザル ⑤チンパンジー ⑦コアラ ⑪ヒグマ かかとがある 足の裏をつく

＜歩き方と骨格、生息する環境をまとめてみよう＞

蹠行性…森林など、足が速くない、かかとをついて歩く
二本の足で立つことができるものが多い
指行性…草原、平原、速く走る、獲物を捕る
肉食動物
蹄行性…草原、平原、速く走る、天敵から逃げる
大型の草食動物

＜生物の進化について考えよう＞

・生息する環境に都合の良い特徴をもっている
・環境に適応するように進化してきた
・環境に適応できるものだけが生き残ってきた

6　今後の展開

本時の学習を行った後､動物園に行って実際に観察をさせる学習を設定することなどが考えられる。生きている動物を見ることで、次の〔観察の視点（例)〕に着目して観察させながら、種の多様性、環境との適合、進化の過程など多様な見方・考え方をもたせることが大切である。

なお、観察の際には、どのような環境で過ごすのに都合がよくできているのかを考えさせたり、その形や行動をする必要性や意味と関連付けて考えさせたりすることで、生物の進化についてより深く考察させることができる。以下に観察の視点の例を示す。

〔観察の視点（例)〕

① 動物名
② エサ
③ どの歯を使って食べているか、反すうしているか
④ 糞の形、大きさ、量
⑤ 生息場所
⑥ 目の付き方
⑦ 足や爪の形、蹄（ひづめ）の有無、指の数
⑧ 簡単な姿のスケッチ、かかと・手首の位置
⑨ 足のどの部分を地面につけて歩いているか。
⑩ 前足、後ろ足をどのようなことに使用するか（ものをにぎる、獲物を捕らえるなど）
⑪ どのようにして暑さをしのいでいるか（日陰にいる、呼吸が早い、体をなめる、水浴び、砂・草をかぶるなど）
⑫ 観察中にどのようなしぐさが見られたか
⑬ 草食・肉食・雑食としての特徴

また、観察記録をもとにインターネットで調べたりする学習を行わせ、レポートとしてまとめさせる学習なども考えられる。

7　参考資料

(1) 文献資料等

- 多摩動物公園貸し出し資料「動物パネル」
- 多摩動物公園パンフレット「キリンを見る人へ」

(2)「動物パネル」について

多摩動物公園の資料「動物パネル」は、表側に動物の写真が、裏側にその動物の実物大足形が印刷された物である。本指導資料で取り上げた動物は「動物パネル」で扱われており、本事例では「動物パネル」を活用することを想定して作成した。

資料　動物の足形

①



前足

②



前足



後足

③



前足



後足

④



前足

⑤



前足

⑥



後足

⑦



前足



後足

⑧



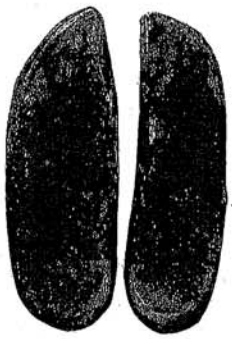
前足

⑨



前足

⑩



前足

⑪



後足

提供　多摩動物公園

動物の足形から進化を考えよう

２年＿＿組＿＿番　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1　動物の歩き方

①つま先からかかとまで地面について歩行する仲間 ⟶ 〔　　〕性

［特徴　　］

②かかとを持ち上げて歩行する仲間 ⟶ 〔　　〕性

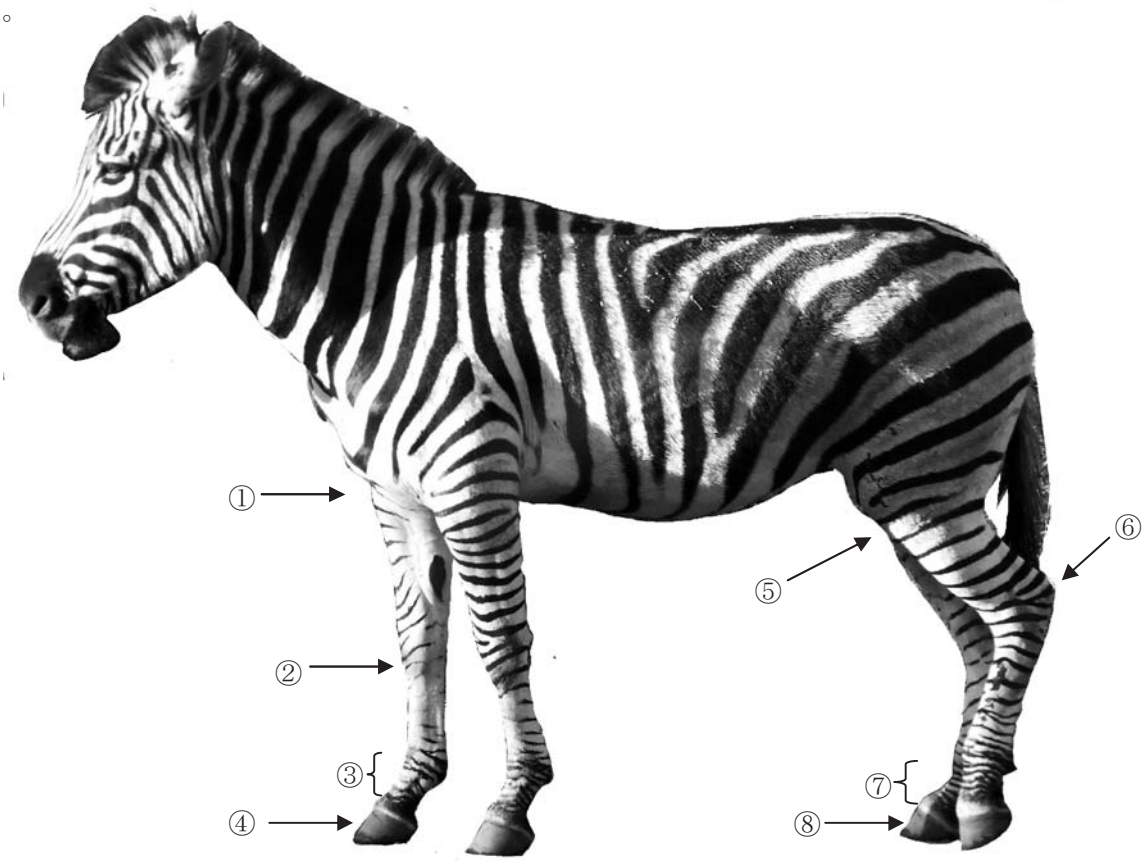
［特徴　　］

③つま先立ちで、指先の骨が指に包まれる ⟶ 〔　　〕性

［特徴　　］

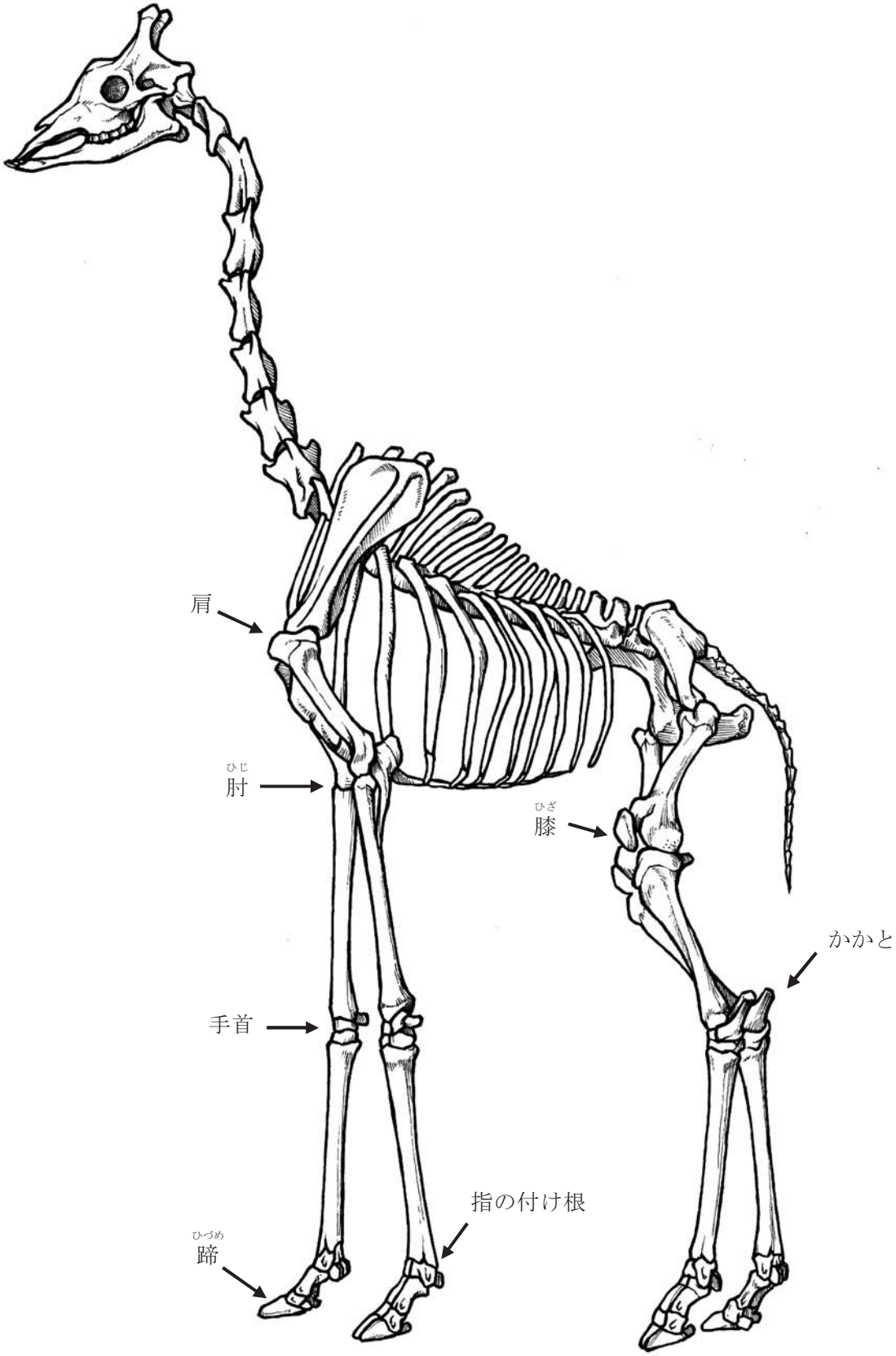
2　骨格の比較

キリンの前肢、後肢の例を見て、シマウマの前肢、後肢の①～⑧がヒトのどこにあたるのかを考えよう。



①→〔　　〕	②→〔　　〕
③→〔　　〕	④→〔　　〕
⑤→〔　　〕	⑥→〔　　〕
⑦→〔　　〕	⑧→〔　　〕

資料　キリンの全身骨格図



第２学年　単元「気象とその変化」（第２分野　地球）

積雲・積乱雲の「形」と大気の鉛直構造について

１　事例の概要（２９時間扱い）

(1)　単元について

本単元は、第２学年「天気とその変化」において、身近な気象の観測、観察を通して、気象要素と天気の変化の関係を見いださせるとともに、気象現象についてそれが起こる仕組みと規則性についての認識を深めさせることをねらいとしている。また、「大気の動きと海洋の影響」に関する学習内容の取り扱いについては、「地球を取り巻く大気の動きにも触れること。また、地球の大きさや大気の厚さにも触れること。」とされている。本単元は、第３学年の「地球と宇宙」、「自然と人間」、高等学校の「大気と海洋」等の学習へとつながる。

このことを踏まえて、本事例は発展的な学習として、大気の鉛直構造について捉えさせるため、モデル実験やデータの解析を行い考察する学習活動として位置付けた。

(2)　発展的な学習について

本事例は、実験及び実際の高層気象観測データの結果から、大気の鉛直構造を捉えさせることをねらいとした。

２　指導計画の位置付け（　　は発展的な学習に関わる時間）

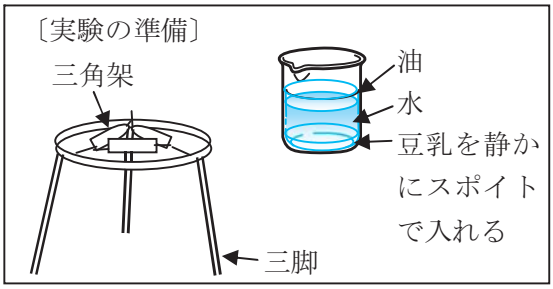
(1)	気象観測	（７時間）
(2)	前線の通過と天気の変化	（６時間）
(3)	大気の動きと海洋の影響	（４時間）
(4)	日本の天気の特徴	（４時間）
(5)	霧や雲の発生	（６時間）
(6)	積雲・積乱雲の「形」を再現するモデル実験	（１時間）
(7)	高層気象観測データの解析による大気の鉛直構造の考察	（１時間）

３　目　標

○　積雲・積乱雲等の対流雲の「形」に着目し、目的意識をもってモデル実験及び実際の高層気象観測データの解析実習を進んで行おうとする。

○　観測データの解析から得られた図表やグラフ等について考察し、大気の流れや大気の鉛直方向の気温分布等が対流雲の「形」に及ぼす影響について考えをまとめ、表現することができる。

4　学習活動の展開

	○主な学習活動　・学習内容	□指導上の留意点 ●資料等　◆評価[方法]
第二十八時（発展　第一時）	①局所的な集中豪雨や突風・竜巻等が積乱雲によるものであることを確認するとともに、積乱雲等の写真を見て、それらがなぜそのような「形」なのか、自分なりの考えをもつ。 T：局所的な集中豪雨、夕立の原因となる積乱雲とはどのような雲だったかな。 S：縦に発達する雲。 S：寒冷前線に沿って真上に発達する雲。 S：夏によくできるよね。気温が高いときにできやすいのかな。 T：積乱雲の写真を見てみよう。この日の天気はどのような様子だったでしょうか。 S：この日はとても暑く、昼過ぎに撮影しました。この写真を撮った後も雲はどんどん発達し、夕方家に帰ろうと思ったら夕立が降りました。 T：この雲の写真からどのようなことが分かるか、考えてみよう。 S：この雲、下も平らだけど上も平らだよ。積乱雲は真上に発達する雲だと学習したよ。 S：雲の下が平らなのは雲底だって学習したけれど、上は何で平らになるのだろう。 S：雲が平らになるところの高さに空気の境目でもあるのかな。	□本時は実験室で実施する。 □「天気とその変化」の学習をするに当たり年間を通じて学校から見える雲の写真を定期的に撮影し、定点観測を行っておくとよい。 □写真をプロジェクター等で拡大提示するとよい。生徒が撮ってきたものを使い、その生徒に、撮影時の状況を説明させるとよい。 ●積雲・積乱雲等の写真 □かなとこ雲になっている上面の形から、その面を境にして大気の層が上下に分かれる可能性に気付かせる。
	②積雲や積乱雲の「形」を再現する実験について説明を聞く。 T：大気の層は実は何層かあって、今私たちが生活しているところは対流圏、その上に成層圏という層があり、境目を圏界面と呼んでいます。 積乱雲が上空で上部が平らに広がることと大気の層構造に関係があるかどうかについて、対流圏の代わりに水、成層圏の代わりに油、雲の代わりに豆乳を用いてモデル実験をしてみよう。 豆乳をろうそくで加熱して、豆乳が上昇していく様子を積乱雲が発達する様子と考えて、どうなるか観察しよう。	●実験レポート用紙（資料①参照） □あらかじめ大気の層構造（対流圏と成層圏、圏界面）について説明する。 □モデル実験について説明し、その手順を実験レポートに書かせる。 〔実験の準備〕 

	③モデル実験を実施する。（資料①参照）	●実験レポート用紙（資料①参照）
	積雲・積乱雲の「形」を再現してみよう	
	ア　グループごとに実験の準備をする。 イ　グループごとに実験を実施する。 ウ　結果を記録する。 エ　豆乳がこのような形に広がっていった理由について、自分の考えを書く。	□適宜、机間指導を行い、グループごとにアドバイスする。 □液体を揺らさないようにさせる。 □加熱時に火の取扱いや火傷等に十分注意させる。 ◆観察結果を分かりやすく記録する。（観察・実験の技能）［レポート］
	④積乱雲の形についてグループで話し合う。 Ｔ：なぜ積乱雲はこのような形なのだろうか。 Ｓ：対流圏と成層圏の境界で横に広がった。これは、積乱雲が圏界面を突き抜けて上昇することができなかったからかな。 Ｓ：圏界面まではまっすぐ上に向かって上昇したね。	□実験結果と条件を関連付けて、なぜこのような形になったのかを表現させる。
	⑤実験の後片付けをして、レポートに記入する。	□後片付けの仕方に留意する。（資料①参照）
第二十九時（発展　第二時）	①前時の実験を振り返り、結果を確認し、考えたことを発表し合う。 Ｔ：前回、ビーカーの中に積乱雲の形を再現してみたけれど、どのような形になったかな。また、なぜそうなったのかな。 Ｓ：対流圏と成層圏の境目(圏界面)で横に広がっていった。雲も同じように上がっていくとそれ以上行けなくなるのかな。 Ｓ：上にいけなくなるのだとすると、空気がなくなるのかな。それとも、違う種類の空気があるのかな。 Ｓ：実際の大気は連続しているので、境目は見えないよ。 Ｓ：実際の大気が本当にいくつかの層になっているのかについて調べる方法はないかな。	□本時はコンピューター室で実施する。 □実験レポートを、プロジェクタ等で拡大提示する。 ●生徒が書いた実験レポートを提示 □モデル実験と実際の雲の様子を関連付けて考えさせる。
	②高層気象観測データを基に、実際の大気の状況についてパソコンを使って解析する。	●気象庁の高層気象観測紹介のページ（資料②参照）
	□対流圏と成層圏の違いについて調べるために、上空の大気の温度分布などがどうなっているのか、気象庁の高層気象観測データを調べて詳しく調べてみよう。	
	Ｔ：上空の気象データについては、ラジオゾンデを使って観測しています。そのデータを解析することで何が分かるか調べよう。	

③気象データの解析を行う。 ア　気象庁のホームページから高層気象観測のデータを表計算ソフトに読み込み、地上からの高さと気温の関係を表すグラフを描く。	●気象庁の高層気象観測のデータ検索ページ（資料②参照） □高さと気圧・湿度・風速・風向との関係を表すグラフ、異なる地点や異なる日時のグラフも描かせる。 □境界面の部分は、実際の大気ではどうなっているのか着目させるようにする。 ●あらかじめ教師がひな形ファイルを作成して用いるとよい。（資料②,③参照）
イ　描いたグラフを見て、なぜ積乱雲が上空で横に広がるか、前時のモデル実験と関連付けて自分の考えをまとめる。	◆作成したグラフから分かることを、前時のモデル実験と関連付けて捉え、考えを表現することができる。（科学的な思考・表現）［レポート］
④考えたことを発表する。 T：実際の大気ではどうなっているのだろうか。	
〔生徒の考察の例〕　※グラフは資料②、③、④を参照 S：高さが高くなるにつれて気温は低くなっていくが、17000m 付近から上に行くと気温は高くなっていった。 S：気圧は、高さが低くなるにつれて大きくなる。 S：湿度のデータが途中でなくなるのはどうしてかな。 S：湿度は高くなったり低くなったりしていて高さとは関係がなさそうだった。 S：風速は、5000m から上がり始める。20000m 地点から、また下がり、30000m 地点では、地上とほぼ同じ風速になる。 S：高度 15000m あたりに何かありそうだ。	
⑤実際の高層気象について説明を聞き、モデル実験と解析データとを関連付けて考える。 ・対流圏、成層圏、圏界面等の言葉の意味や、圏界面より上には積乱雲が上昇できないこと、上層の観測データを解析した高層天気図等についての説明を聞く。（資料④,⑤参照）	□対流圏界面より上には積乱雲が上昇できないこと等について解説する。 □高等学校で学ぶ気温減率・大気の安定度等につながっていく。 □標準大気モデル等について解説する。（資料④,⑤参照）
⑥２時間の学習を振り返って、考えたことを書く。	◆雲の発生の仕方について科学的に探求するとともに、身近な気象現象を日常生活との関わりで見ようとする。（自然事象への関心・意欲・態度）［ワークシート］

6　参考資料

【資料①】　積雲・積乱雲の「形」を再現するモデル実験の実験レポート例

実験レポート　　２年　　組　　番　氏名

実験年月日　　年　　月　　日（　　）　　校時　　実験場所

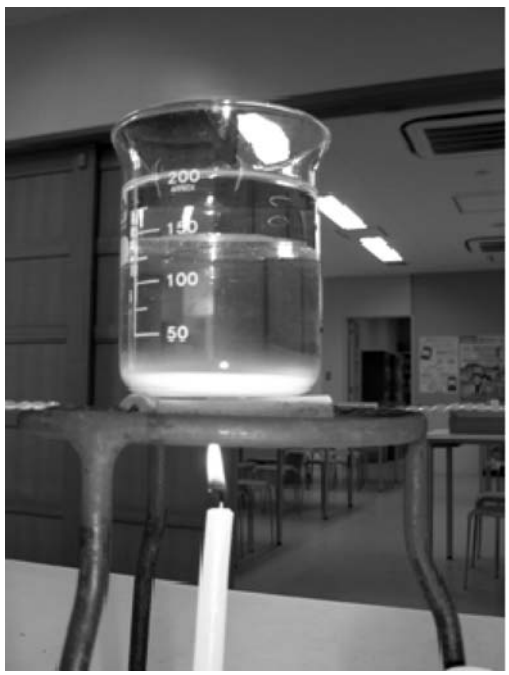
天気　　気温　　℃　共同実験者名

＜目　的＞　　積雲・積乱雲（かなとこ雲）の「形」はどのようにできるか
モデル実験を通して明らかにする。

＜準　備＞
ビーカー、豆乳（またはドリンクヨーグルト、牛乳など）、サラダ油、三脚、三角架、ろうと（またはピペット、ガラス管、ストローなど）、ろうそく、マッチ、その他必要なもの。

＜方　法＞
①200mL のビーカーに水を半分ほど入れ、三脚と三角架の上に置き、そのまま数分間、水の流れがなくなるまで静置する。
②50mL のビーカーに冷やした豆乳を入れる。
③ピペット、ろうと、ガラス管、ストローなどを用いて、豆乳を水の底面に静かに注ぎ、沈める。水と豆乳が混ざらないで分離するように気を付け、底面から 0.5cm 位の厚さになるまで注ぎ入れる。
④約 100mL のサラダ油を、水の上に静かに注ぎ入れる。
⑤ビーカーの下から、ろうそくの火、またはガスバーナーの弱火で静かに加熱し、変化を観察する。

＜　図　＞（自分で描かせるとよい。）



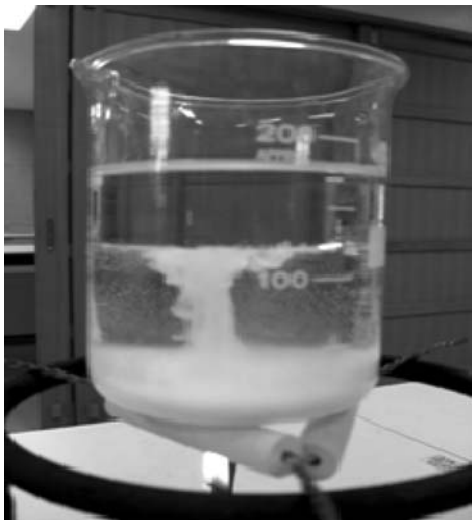
＜注　意＞
- ビーカーの底を局所的に弱く加熱するため、一般的な金網とガスバーナーの組み合わせではなく、三角架とろうそくを用いて加熱するとよい。
- サラダ油に火が燃え移らないよう十分に注意する。結果が分かったらすぐ火を止める。
- 実験後のサラダ油は回収する。環境に配慮し下水に流さない。
- ビーカーなどは洗剤できれいに洗って返却する。

＜結　果＞　（ビーカーの中の様子をスケッチする。）

上昇し始めの様子



横に広がっていく様子



（実際の雲の様子と比較する）

積雲（雄大積雲）の例



積乱雲（かなとこ雲）の例



＜考　察＞　（積乱雲の「形」がこのようになる理由について、考えを書く。）

＜まとめ＞

＜自己評価＞

【資料②】　気象庁の高層気象観測データを解析して考察する実習レポート例

実習レポート　　2年　　組　　番　氏名

実習年月日　　年　　月　　日（　　）　　校時　　実習場所　　パソコン室

＜ねらい＞　上空の大気の温度分布や気圧分布等がどのようになっているのか、
気象庁の高層気象観測データを使って詳しく調べよう。

＜方　法＞

1　気象庁のホームページから、高層気象観測の方法について調べる。

〔参照先〕　気象庁ホームページ　→　気象等の知識　→　気象観測・気象衛星　→
→　ラジオゾンデによる高層気象観測について

2　気象庁のホームページで、高層気象観測データを参照する。調べたい日の午前9時（世界標準時の0時）の、調べたい地点の高層気象観測データを検索して表示する。

〔参照先〕　気象庁ホームページ　→　気象統計情報　→　過去の気象データ検索
→　高層の気温、風など　→　場所を指定　→　9時を指定
→　〇年〇月〇日9時の指定気圧面等の観測データ

3　データが表示できたら、これをもとに、地面からの高さと、気温、気圧などの関係をグラフに表す。その際、表計算ソフトを用いると非常に便利である。

（1）2で表示されたデータのうち、観測地点名の行から、表の一番下の行までを、マウスでドラッグし（青色に反転する）、マウスを右クリックして「コピー」（データ選択）する。

（2）表計算ソフトを立ち上げ、先生が用意したファイルに貼り付ける。

※あらかじめ先生が表計算ソフトに「指定気圧面データ」の入力シートや、これをもとに「高さと気温」「高さと気圧」「高さと湿度」「高さと風向」「高さと風力」等のグラフを自動で描けるようなシートを作っておくとよい。表計算ソフトの使用に習熟した生徒には、自分でグラフを作成させることも考えられる。

（3）シートを切り替えて、各種グラフを表示する。

4　高さと気温の関係がどのようになっているか考察する。同地点の気圧、湿度、風速、風向などについてもやってみよう。さらに、他の観測地点や日時についても調べてみよう。

5　このレポートと、自分で作ったグラフファイルを、自分のフォルダに保存する。

※ 自分のレポートを一部印刷して提出する。（手書きの場合は印刷してから記入して提出。）

＜結　果＞　　（描けたグラフから何が分かるか）

＜考　察＞　　（描いたグラフと前時のモデル実験を関連付けて、何が言えるのか）

＜まとめ＞
＜自己評価＞

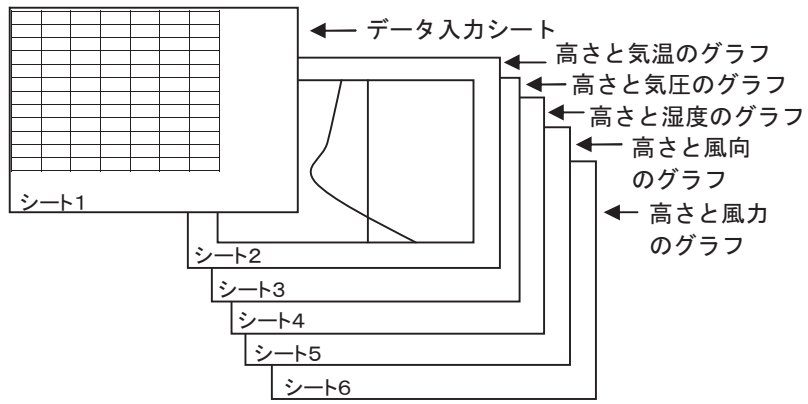
※高層気象データ参照場所

気象庁ホームページ

高層気象観測の紹介のページ　　http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/upper/kaisetsu.html

高層気象観測データの検索ページ　http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/index.php

※グラフ作成用（表計算ソフト用）のひながたファイルの作成例（参考）



左図のように、先頭に入力シートを作り、ここに気象庁ホームページにあるデータを貼り付けることで、２枚目以降に自動的にグラフを表示できるようにシートを作っておく。

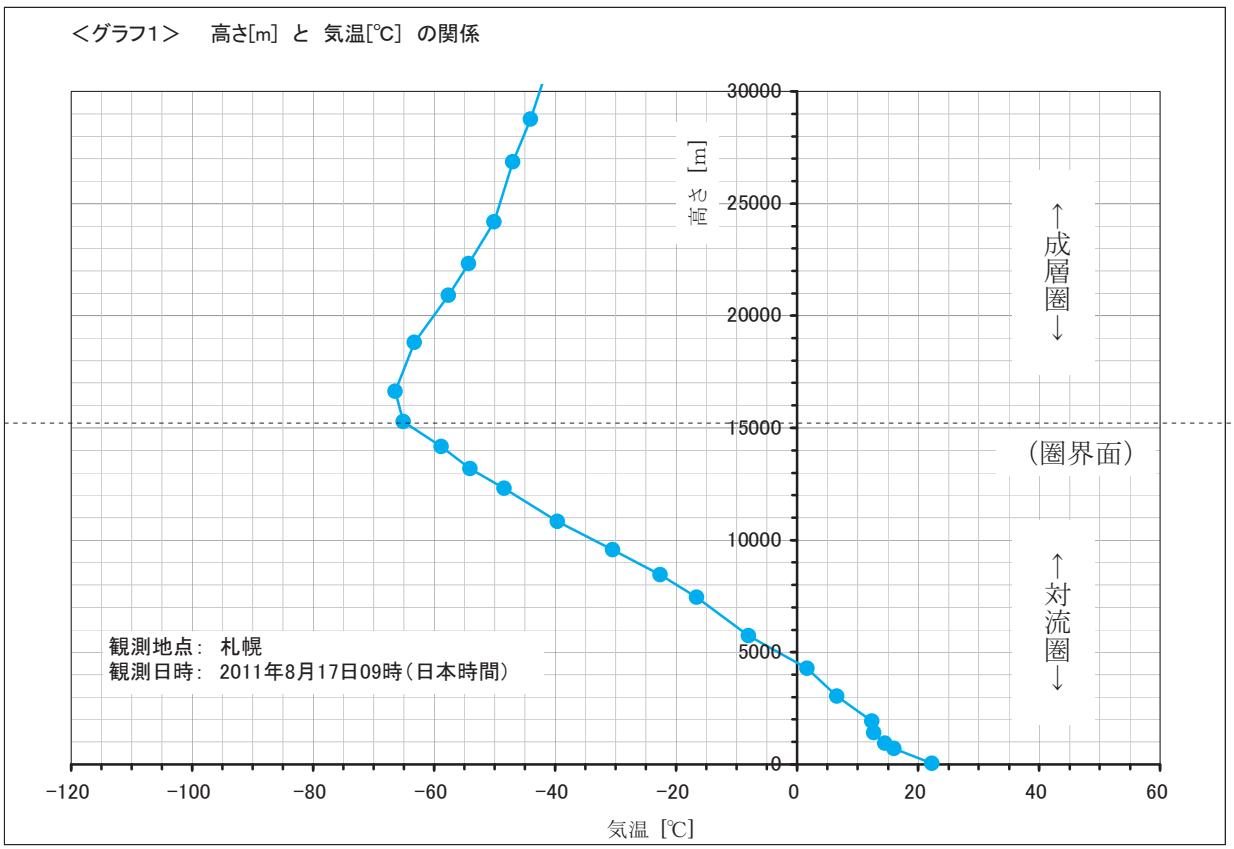
作成した例は【資料③】を参照。

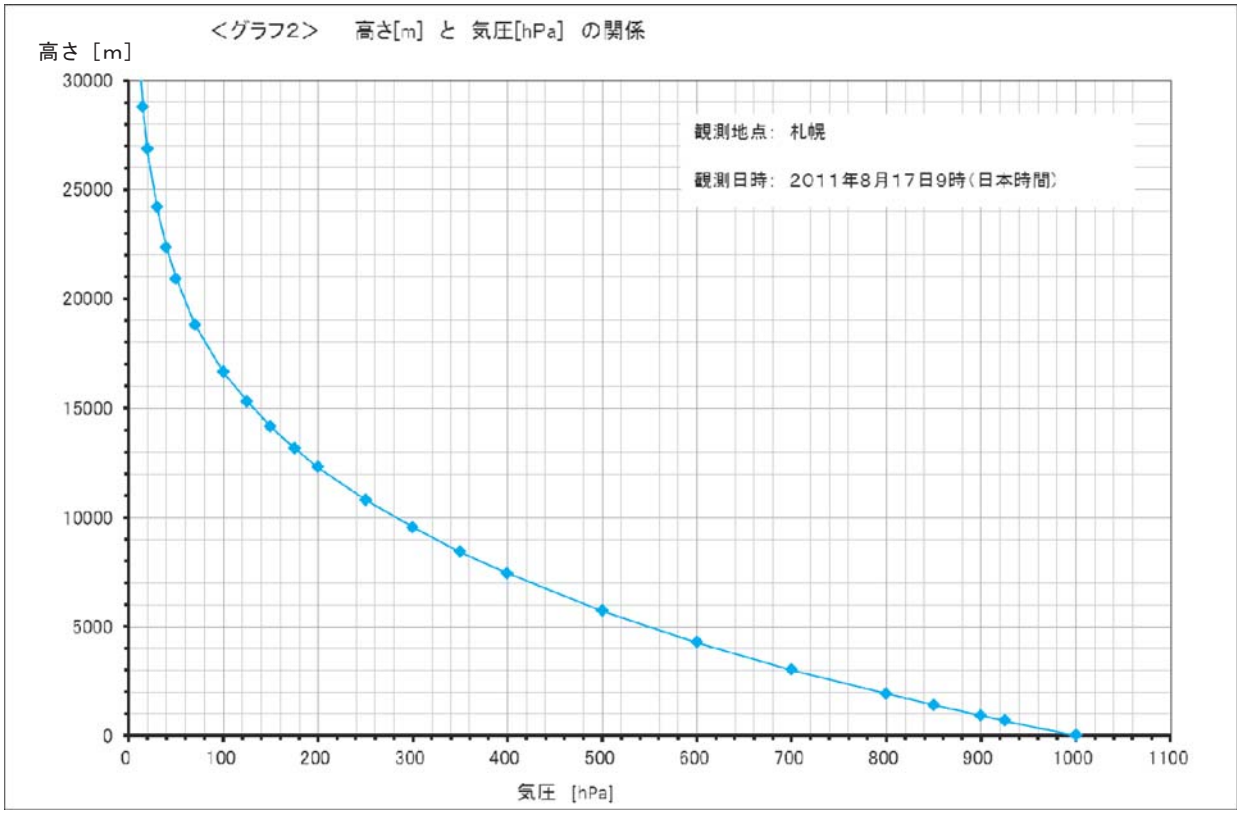
注）圏界面（対流圏界面）について

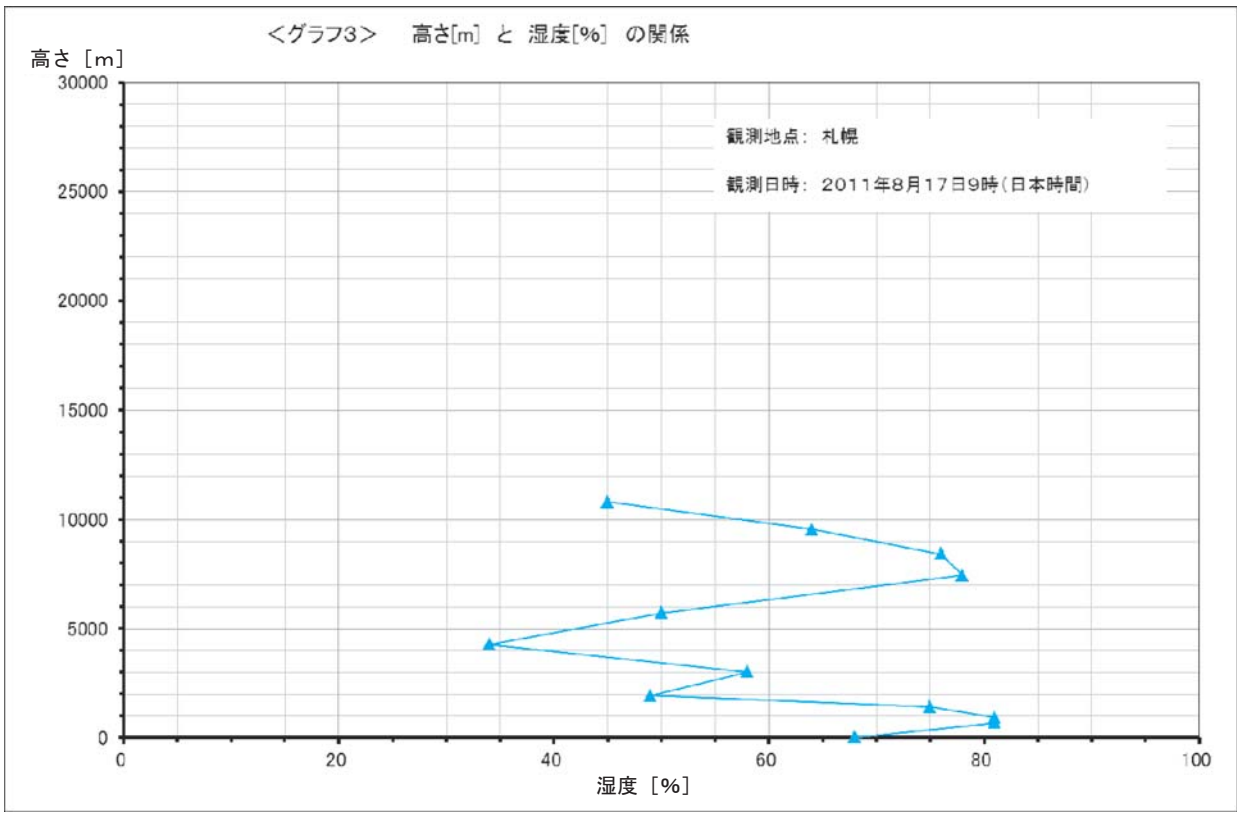
対流圏界面とは対流圏と成層圏の境界面のことであり、この面より下で雲の発生や降水等の気象現象が起こる。厳密には、「500hPa 面以上の高さで、ある面とそれより上 2km 以内の面間の平均気温減率がすべて 2.0℃/km をこえない面」などと定義される。（資料④，⑤参照）

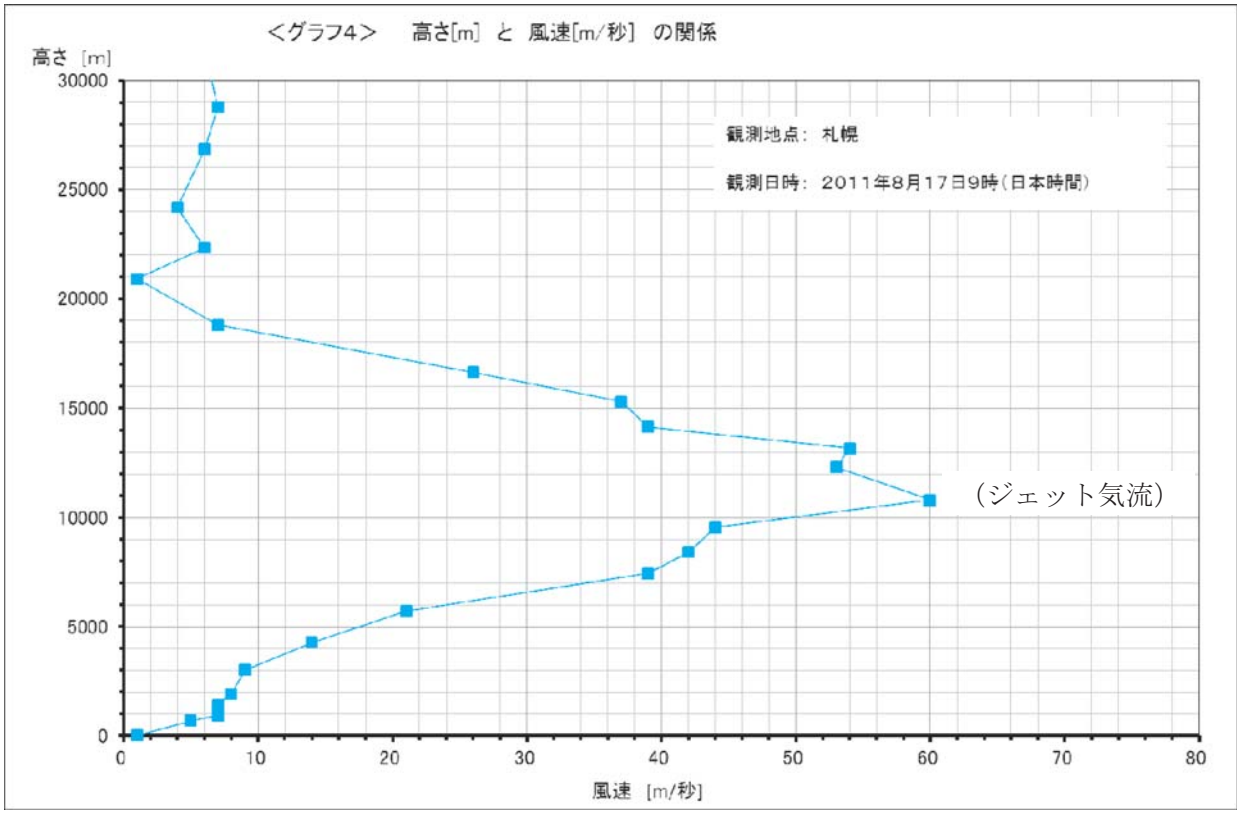
【資料③】　気象庁の高層気象観測データを使用して、表計算ソフトによりグラフ化した例

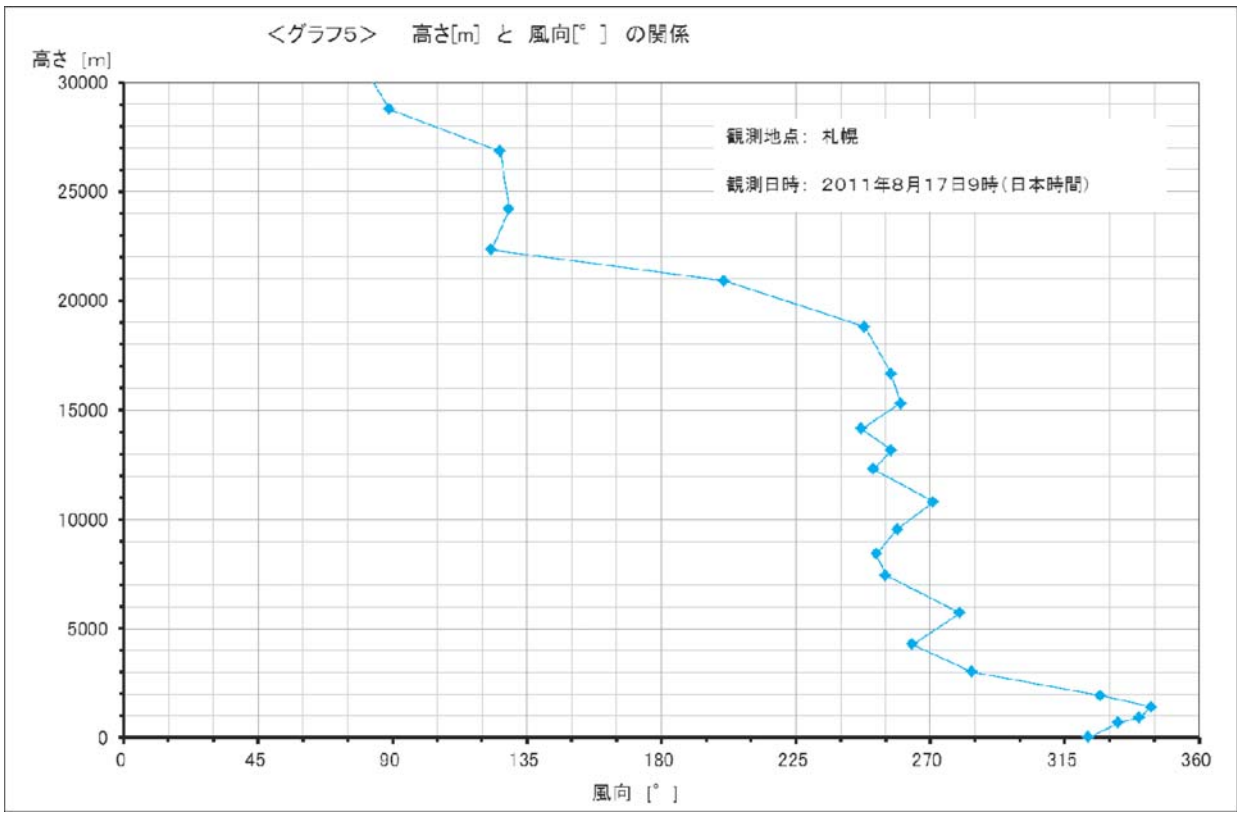
【札　幌　　2011 年 8 月 17 日 9 時】					
気圧(hPa)	※ジオポテンシャル高度(m)	気温(℃)	相対湿度(%)	風速(m/s)	※風向(°)
1000	30	22.3	68	1	323
925	700	16	81	5	333
900	932	14.5	81	7	340
850	1415	12.7	75	7	344
800	1924	12.4	49	8	327
700	3033	6.6	58	9	284
600	4288	1.7	34	14	264
500	5734	-8	50	21	280
400	7440	-16.6	78	39	255
350	8432	-22.6	76	42	252
300	9546	-30.5	64	44	259
250	10818	-39.6	45	60	271
200	12312	-48.4		53	251
175	13178	-54.1		54	257
150	14159	-58.8		39	247
125	15283	-65.1		37	260
100	16639	-66.4		26	257
70	18808	-63.3		7	248
50	20910	-57.6		1	201
40	22330	-54.3		6	123
30	24190	-50.1		4	129
20	26855	-47		6	126
15	28774	-44		7	89
10	31505	-40.7		6	77




＜グラフ2＞　高さ[m] と 気圧[hPa] の関係
高さ［m］
観測地点：札幌
観測日時：2011年8月17日9時(日本時間)
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
気圧［hPa］


＜グラフ3＞　高さ[m] と 湿度[%] の関係
高さ［m］
観測地点：札幌
観測日時：2011年8月17日9時(日本時間)
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
20
40
60
80
100
湿度［%］

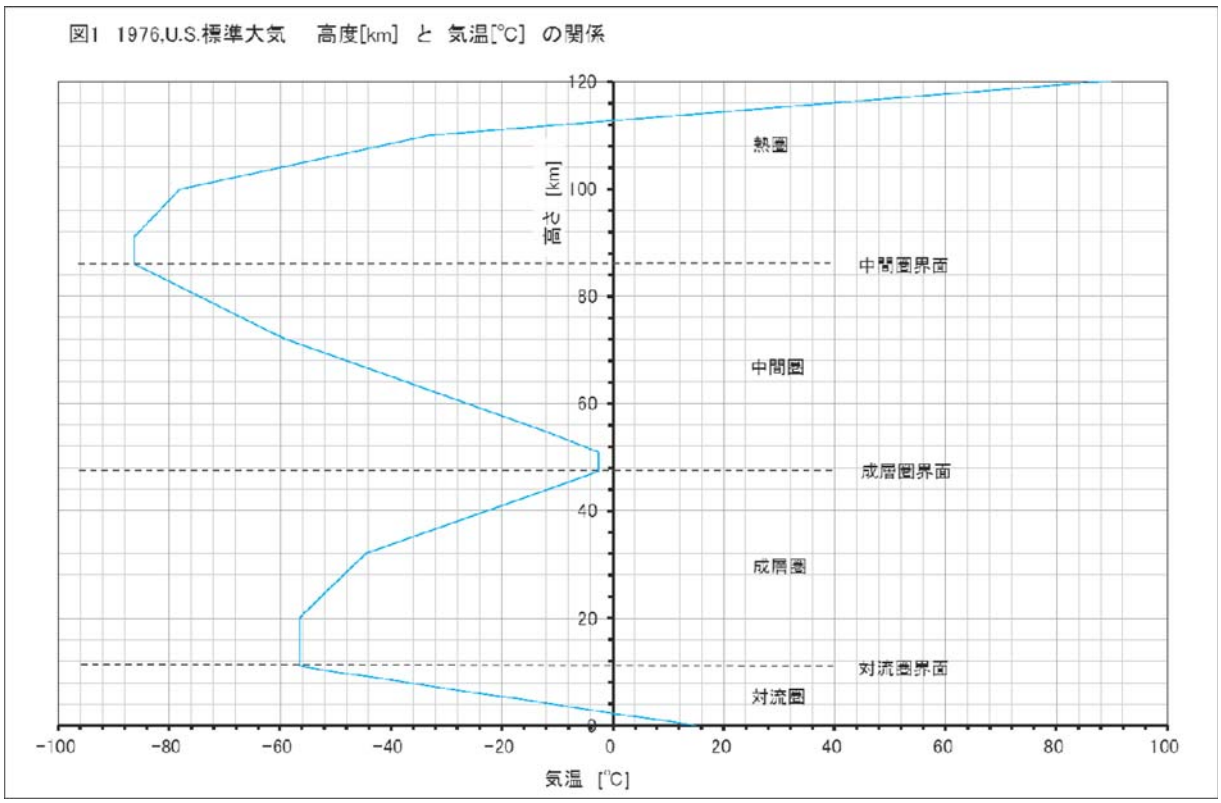


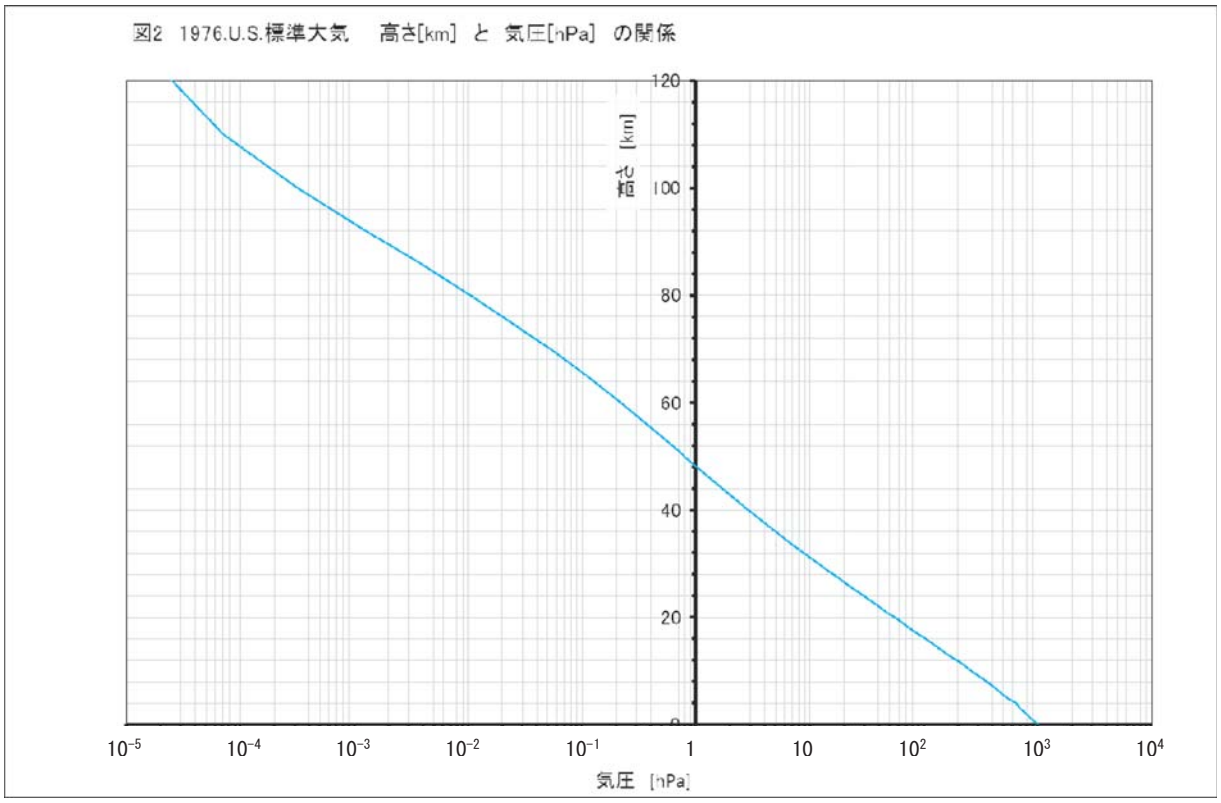


※　ジオポテンシャル高度・・・ラジオゾンデによる高層気象観測では、高度を気圧・気温・湿度・重力加速度から間接的に計算している。この値をジオポテンシャル高度といい、単位は[m]である。ジオポテンシャル高度は、単位質量の物体を平均海面からある高さまで動かすのに必要なエネルギーを標準重力加速度で割ったものであり、高度約 30km 以下ではほぼ幾何学的高度と同じである。

※　風向・・・東を 90°、南を 180°、西を 270°、北を 360° とした角度で表している。

【資料④】　参考：　地球大気の鉛直構造





（図１、図２ともに国立天文台編「理科年表平成 24 年度版」（丸善、2011）をもとに作成）

上記のような大気の鉛直構造の標準モデルがいくつか提案されているが、実際に高層気象観測等を行うと、観測地・観測時刻・季節等によって、データが時々刻々と変化していることが分かる。その微妙な値の変化により、天気や気象の変化が発生する。したがって、これらの正確な観測を毎日定時（日本時の 9:00，21:00）に全世界各地で共通の方式で実施・解析し、各種高層天気図や断面図等の資料を素早く正確に作成・検討することで、気象や天気の予報に役立てられている。

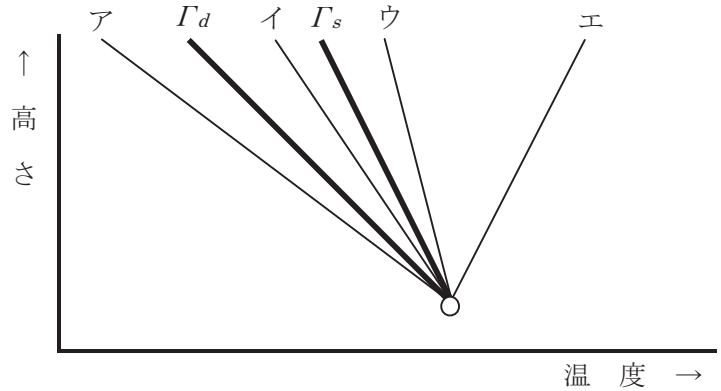
【資料⑤】　参考：　湿潤大気の鉛直安定度等について

対流圏内での空気の鉛直方向の運動の起きやすさは、空気の密度の鉛直方向の分布に関係する。現実の大気には水蒸気が含まれており、その水蒸気が凝結を始めると、上昇する空気の温度の下がり方は乾燥断熱減率 Γ_d（9.8℃/km）よりも小さい湿潤断熱減率 Γ_sの割合になる。湿潤断熱減率 Γ_sは対流圏下層では 4℃/km 程度、対流圏中層では 6～7℃/km 程度、対流圏上層では乾燥断熱減率 Γ_dに近くなるが、代表的な値として約 5℃/km が用いられることがある。

気温減率が乾燥断熱減率 Γ_d よりも大きい空気（下図のア）の中で空気塊が上昇すると、その空気塊が未飽和なら乾燥断熱減率 Γ_dに沿って温度が下がり、その空気が飽和なら湿潤断熱減率 Γ_sの割合で温度が下がる。いずれの場合もその空気塊はいつも周りの空気よりも温度が高いので上昇を続ける。このような大気の状態を「絶対不安定」といい、激しい上昇気流が発生する。逆に気温減率が湿潤断熱減率 Γ_sよりも小さい空気（下図のウ）の中で空気塊が上昇すると、その空気塊が飽和でも未飽和でも、空気塊は周りの空気よりも温度が低いので、上昇することができずに元に戻る。このような大気の状態を「絶対安定」という。時に逆転層（下図のエ）といって、上空の方が気温が高い層ができることがあるが、そのような層では空気中の粒子が拡散しにくく、スモッグ等が発生することがある。

一方、対流圏の気温減率は平均すると約 6.5℃/km であり、乾燥断熱減率 Γ_dより小さく、湿潤断熱減率 Γ_sより大きいことが一般的である（下図のイ）。このような平均的な気温減率の空気では、飽和していなければ乾燥断熱減率 Γ_d で温度が下がっていくため、その空気を強制的に上昇させるとまわりよりも温度が低くなって上昇ができないので安定な状態であるが、飽和していれば、その空気を持ち上げると湿潤断熱減率 Γ_sで温度が下がるので、まわりの空気よりも温度が高くなって上昇を続けるので不安定な状態である。このため、不飽和ならば安定で飽和なら不安定ということになる。このような状態を「条件付き不安定」という。対流圏の多くの領域は「条件付き不安定」の状態である。

鉛直方向に発達する積雲系の雲は、「条件付き不安定」の大気中で、暖かく湿った空気塊が上昇するときに発達し、対流雲と呼ばれる。対流圏界面付近から成層圏下部にかけては、大気は非常に安定（下図のウやエ）になっており、下方から積乱雲が鉛直上方に発達してきても、その層を通過できずに、雲は横に広がってしまう。これが「かなとこ雲」である。



参考文献

国立天文台編「理科年表平成 24 年度版」（丸善、2011）

気象庁ホームページ　http://www.jma.go.jp/jma/menu/knowledge.html

発展的な学習を推進するための教材・指導法の開発委員会（中学校）委員名簿

氏　名	所属及び職名	備　考
児　島　邦　宏	東京学芸大学名誉教授	
秋　山　純　子	杉並区立西宮中学校長	中学校国語科部会
大　林　　博	渋谷区立本町中学校主幹教諭	中学校国語科部会
小石沢　さやか	北区立赤羽岩淵中学校教諭	中学校国語科部会
大　野　　文	北区立浮間中学校教諭	中学校国語科部会
岩　谷　俊　行	杉並区立向陽中学校長	中学校社会科部会
三　枝　利　多	目黒区立目黒中央中学校主任教諭	中学校社会科部会
誥　田　剛　也	江戸川区立小松川第二中学校教諭	中学校社会科部会
島　田　一　郎	町田市区立町田第三中学校主幹教諭	中学校社会科部会
市　川　敦　子	武蔵村山市立第一中学校主任教諭	中学校社会科部会
小　林　　博	調布市立第三中学校長	中学校数学科部会
三　森　彩　未	目黒区立第三中学校教諭	中学校数学科部会
徳　田　哲　男	足立区立西新井中学校主幹教諭	中学校数学科部会
小　高　洋　平	足立区立栗島中学校教諭	中学校数学科部会
亀　山　大　輔	調布市立第三中学校教諭	中学校数学科部会
高　畠　勇　二	練馬区立開進第一中学校長	中学校理科部会
佐　藤　　豊	北区立桐ヶ丘中学校主幹教諭	中学校理科部会
荒　井　英　樹	立川市立立川第二中学校主幹教諭	中学校理科部会
上　村　雅　彦	町田市立金井中学校教諭	中学校理科部会
白　川　　恒	あきる野市立秋多中学校教諭	中学校理科部会
松　岡　敬　明	渋谷区立鉢山中学校長	中学校外国語科部会
原　田　博　子	江東区立深川第一中学校主任教諭	中学校外国語科部会
江　濱　悦　子	大田区立貝塚中学校教諭	中学校外国語科部会
宮　本　猛　司	世田谷区立深沢中学校主任教諭	中学校外国語科部会
太　田　恵理子	江戸川区立西葛西中学校主任教諭	中学校外国語科部会

なお、本委員会については、教育庁において次の者が担当した。

氏　名	所属及び職名
伊　東　　哲	指導部義務教育特別支援教育指導課長
宇　田　　剛	指導部主任指導主事（学力調査担当）
小　瀬　和　彦	指導部義務教育特別支援教育指導課統括指導主事
毛　利　元　一	指導部義務教育特別支援教育指導課指導主事
山　村　智　治	指導部義務教育特別支援教育指導課指導主事
藤　田　修　史	指導部義務教育特別支援教育指導課指導主事
斎　藤　圭　祐	指導部義務教育特別支援教育指導課指導主事
福　泉　宏　介	指導部義務教育特別支援教育指導課指導主事
阿　部　大　介	指導部義務教育特別支援教育指導課指導主事

発展的な学習を推進するための指導資料
（中学校編）
理　　科

東京都教育委員会印刷物登録
平成２３年度　第１９５号

平成２４年3月

編集・発行　　東京都教育庁指導部義務教育特別支援教育指導課
所在地　東京都新宿区西新宿二丁目８番１号
電話番号　（０３）５３２０－６８４１

印刷会社名　　広望企画株式会社