

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づきを防ぐために、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・生徒の学習のつまづきを防ぐ指導基準（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。

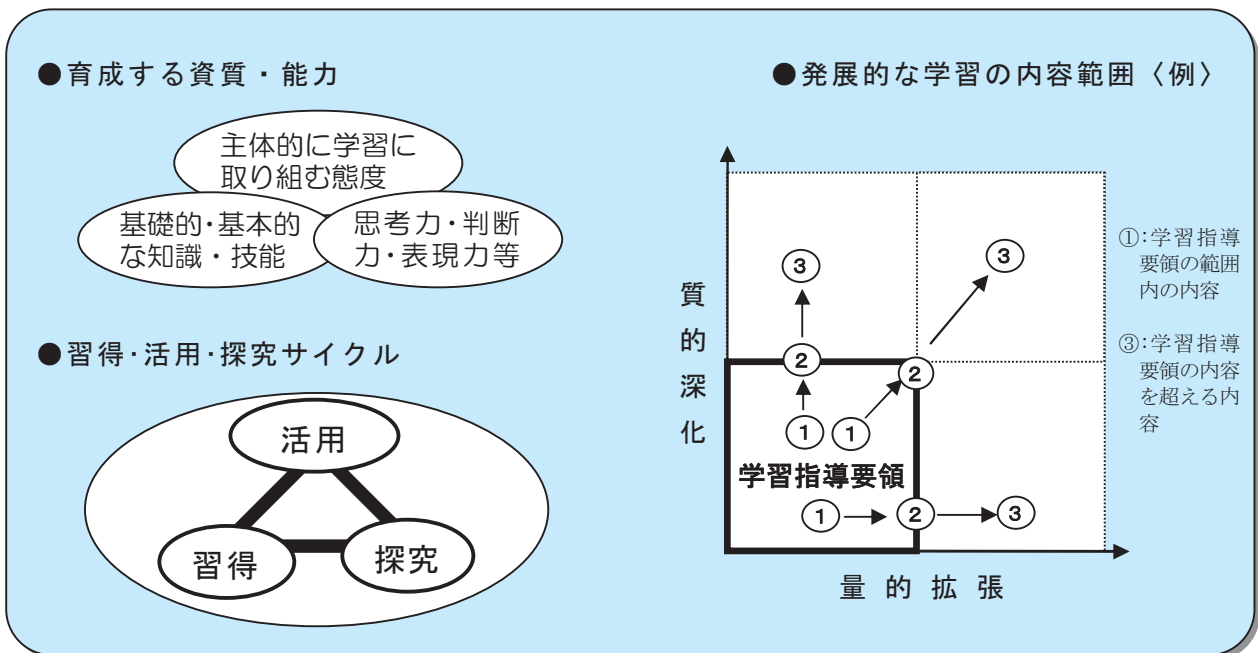
東京都教育委員会では、発展的な学習について、「学習指導要領に示された内容の理解を一層深める学習や広げる学習、さらに進んだ内容についての学習」と定義した。この定義により、発展的な学習を次の二点から設定した。

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ている。

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の事項」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。

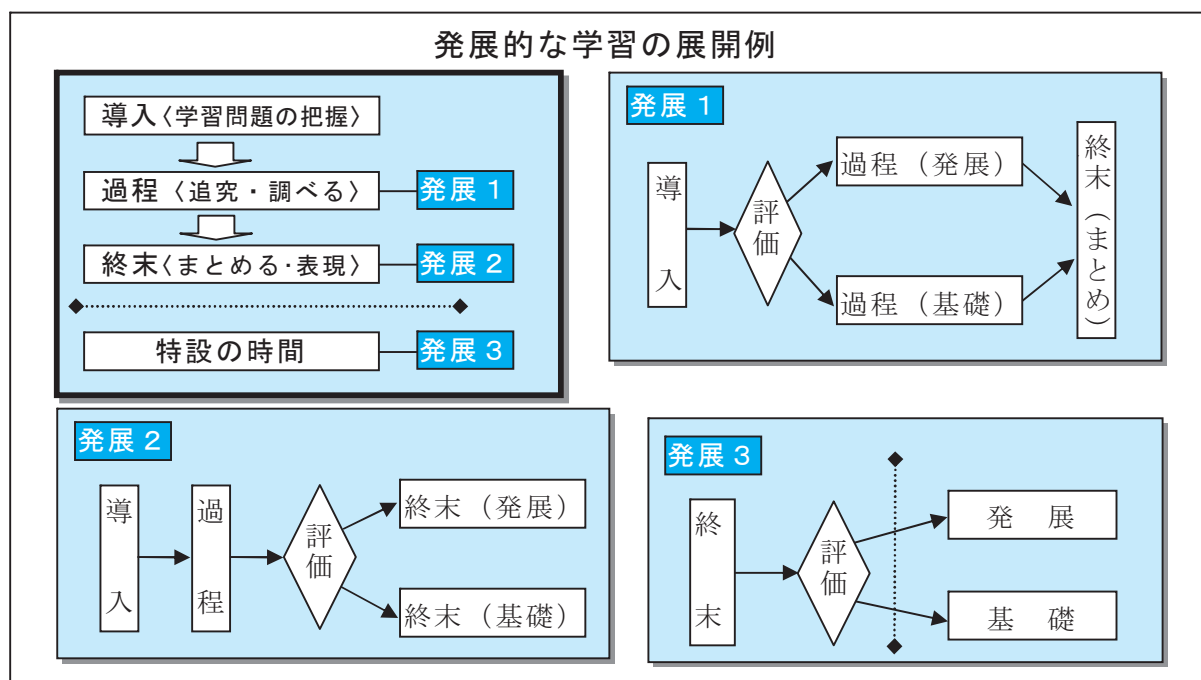
各学校においては、個に応じた指導の充実のため、指導と評価の一体化を進め、指導に生かす評価が可能となるような指導計画を立て、発展的な学習を展開していく必要がある。

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、実際の気象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」の学習に結びつくものである。

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> <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 10px;">・テレビの電波 <li style="margin-right: 10px;">・ラジオの電波 <li style="margin-right: 10px;">・携帯電話の電波 <li style="margin-right: 10px;">・電子レンジの電磁波 <li style="margin-right: 10px;">・レーダー波 <li style="margin-right: 10px;">・紫外線 <li style="margin-right: 10px;">・赤外線 等 	

	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>・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。</p>	<p>□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。</p> <p>□回路図には深入りしない。</p> <p>●プリント基礎編</p> <div data-bbox="882 450 1426 633" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(板書例)</p> </div>
<p>展開</p>	<p>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。</p> <div data-bbox="292 757 1417 824" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p>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。</p> </div> <p>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。</p> <p>S：糸電話と同じではないのかな。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>③ゲルマニウムラジオを組み立てる。</p> <div data-bbox="292 1339 1417 1406" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p>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。</p> </div> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <div data-bbox="292 1809 1417 1877" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p>実習3 ラジオの音を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。</p> </div> <p>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</p>	<p>□プリント組み立て編を配布する。</p> <p>●プリント組み立て編(ワークシート)</p> <div data-bbox="882 757 1426 824" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p>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。</p> </div> <p>□イヤホンの端子には、土の電気的特性がないことを説明して接続させる。</p> <p>□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。</p> <p>◆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]</p> <p>●プリント組み立て編</p> <div data-bbox="292 1339 1417 1406" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p>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。</p> </div> <p>□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。</p> <p>□音は大変小さいことを説明する。</p> <p>□検波部分は土の特性がないことを説明する。</p> <p>●プリント組み立て編</p> <div data-bbox="292 1809 1417 1877" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p>実習3 ラジオの音を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。</p> </div> <p>□電波の飛んでくる方向(電波塔の方向)を示す。</p>

	<p>夫をすればよいか、考えてみよう。</p> <p>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な。</p> <p>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。</p> <p>S：アースは金属に付けた方がよいのかな。</p> <p>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。</p> <p>S：アースを地面に付けると雑音が減った。</p>	<p>◆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。</p> <p>(観察・実験の技能) [ワークシート]</p>
まとめ	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>□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。</p> <p>◆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]</p>

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いるものの例

- ・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＞

電波

→

電流

→

電流

→

電流

→

音

→

耳へ

実習1 イヤホンで音と電気が相互変換することを確認しよう。

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 音は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知っ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、身の回りにおけ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

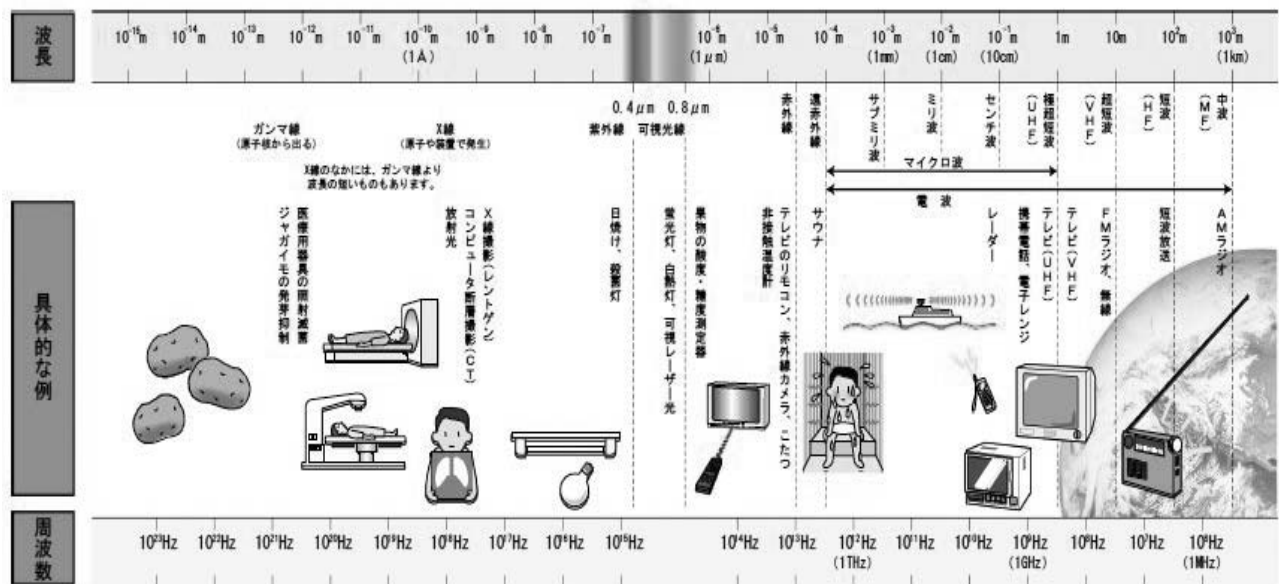
まず、電波とは何かということから理解しましょう。電波とは、光と同じ電磁波と呼ばれる仲間のひとつで、X線や光よりも周波数(振動数)の低い(波長の長い)ものを指します。光としての性質をもつ電磁波のうち、最も周波数の低いものを赤外線といいますが、電波は赤外線よりさらに周波数が低い(波長が長い)ものです。電波は、波としての性質(波動性)と粒としての性質(粒子性)の両方を持っています。そして、光や音などと同じように空間を伝わります。

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

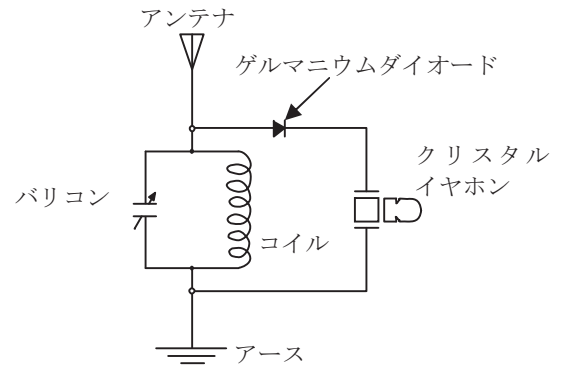
2 ゲルマニウムラジオについて

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

《図-2 ゲルマニウムラジオの回路図》



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、トランジ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、トランジ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、数個の空き缶を電氣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、途中で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

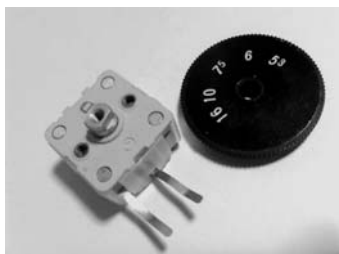
同調回路は、特定の電波（ラジオ放送）だけを拾うための回路です。

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、電氣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

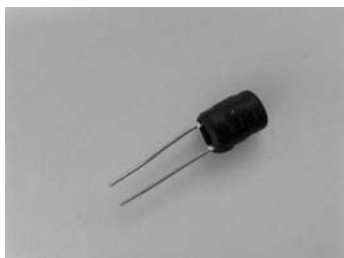


コンデンサは2枚の金属板を接触しないように平行に配置して、その間に電気を蓄える性質があります。中でも、電気を蓄えられる量(容量)を変化できるコンデンサは、可変容量コンデンサ(バリアブルコンデンサ、通称「バリコン」)と呼ばれています。

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ています。

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、トランジ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と「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。

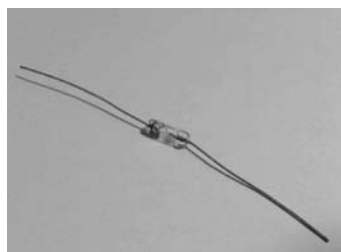
(3) 検波回路

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みになっています。

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。

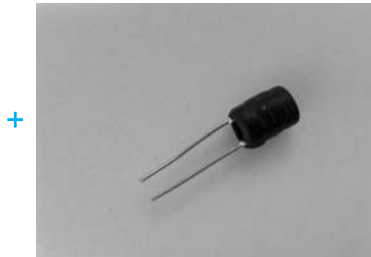
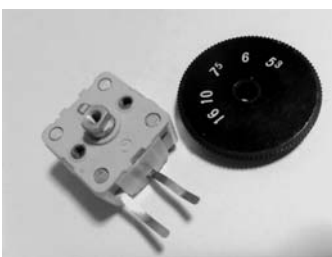
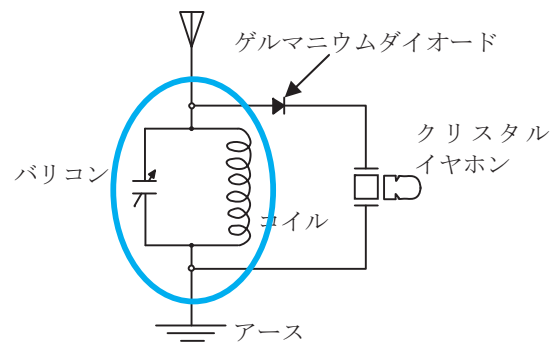
- ① 二つのイヤホンのコードをそれぞれ接続する。
- ② 一方のイヤホンを手でくるみ、そこに向かって声を出す。
- ③ もう一方のイヤホンを耳にあて、声が聞こえることを確かめる。

《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

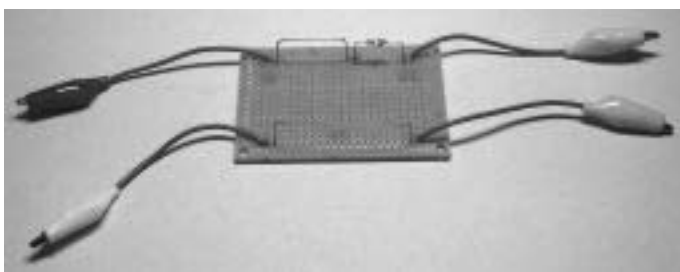
・ 検波部分

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（5 m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（1 m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 ラジオの音を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。