

知的好奇心や探究心をはぐくむ理科教材の開発

長期研修員 赤木 紀公

Akagi Toshimasa

要 旨

中学校理科において生徒がつまずきやすい学習内容を調査し、つまずきの原因を把握することにより生徒の知的好奇心や探究心をはぐくむ教材を研究開発した。各単元においてイメージしにくい現象や概念を視覚化する教材、一人一人が実験に取り組める教材、日常生活と関連付けた教材を開発し、研究授業を通してそれらの効果を検証した。

キーワード： 知的好奇心、探究心、理科教材

1 はじめに

文部科学省が刊行した「個に応じた指導に関する指導資料(中学校理科編)」では、生徒一人一人のよさや可能性を伸ばし、個性を生かす教育の一層の充実を図るため、各学校段階を通じて、生徒の興味・関心等を生かし、主体的な学習の充実を図るとともに、個に応じた指導の一層の工夫改善を図る必要があるとされている。個に応じた指導の充実のためには、教材・教具の工夫・改善も重要である。理科の学習においては、生徒一人一人の学びを細かく見ていくと、つまずきやすい点もあり、また逆に、科学的な見方や考え方を広げたり発展させたり、深く取り扱いたい点もある。表1に示した学力定着度調査結果報告書及び高等学校入学者選抜学力検査結果報告書では、生徒が直接見ることができない現象やイメージしにくい科学概念を含む単元、実験・観察を必要とする単元において生徒の理解や定着が不十分な状況があると報告されている。

本研究では、報告書及び文献等を分析し、生徒のつまずきの原因を把握し、学習のつまずきを改善する知的好奇心や探究心をはぐくむ教材を研究開発した。

表1 調査した資料

平成15年度教育課程実施状況調査教科別分析と改善点(中学校・理科)
平成17・18年度岩手県学習定着度状況調査指導資料
平成17年度宮城県学習状況調査結果報告書
平成17年度神戸市学力定着度調査報告書
平成18年度青森県立高等学校入学者選抜学力検査の結果
平成18年度秋田県立高等学校入学者選抜学力検査の抽出結果について
平成17年度山梨県立高等学校入学者一般選抜学力検査成績調査結果報告書
平成17・18年度埼玉県立高等学校入試分析
平成19年度滋賀県立高等学校入学者選抜結果のまとめ
平成18・19年奈良県立高等学校入学者一般選抜学力検査結果報告書
平成16・17・18年度宮崎県立高等学校入学者一般選抜学力検査結果分析報告

2 研究目的

中学校理科の学習内容において生徒のつまずきの原因を把握し、知的好奇心や探究心をはぐくむ教材を研究開発する。

3 研究方法

- (1) 報告書及び文献等の収集と分析
- (2) 分析に基づいた教材の開発
- (3) 置籍校における研究授業
- (4) 研究授業後のアンケート調査と分析
- (5) 研究のまとめ

表2 指摘事項(例)

<ul style="list-style-type: none">・実験装置の操作が理解できていない。・凸レンズによってできる像について理解できていない。・一人一人が凸レンズを用いた実験を行うことができない。・気体の性質と関連させて、捕集法を適切に選択できない。・原子や分子についての知識が定着していない。・日本付近の低気圧の移動方向を正しく理解できていない。・天気図と気象衛星画像に関心をもち、それらを正しく関連づけて考察できない。
--

4 研究内容

- (1) 報告書及び文献等の収集と分析
ア 調査文献

インターネット上に公表されている学力定着度調査結果報告書及び高等学校入学者選抜学力検査結果報告書(表1)を収集し、分析を行った。

イ 分析方法

報告書を調べ、正答率や通過率が低いと指摘された単元の指摘回数と指摘内容を集計した。指摘内容の例を表2に示す。集計の項目には中学校学習指導要領(理科編)の各分野及び内容を用いた。報告書において正答率の高低が明記されていない場合は、正答率が60%以下となった単元の指摘回数を数えた。問題例や入試問題などを例示しながら指摘しているものは、どの単元名の項目に当てはまるか判断し分類後、指摘回数として数えた(図1)。

ウ 分析結果

第1分野と第2分野を比較すると、第1分野において正答率や通過率が低いとの指摘が多くみられた。各分野の指摘の多い単元において生徒の正答率や通過率が低くなる原因として表3に示したものを考えた。

補充的な学習のための教材としては、学習のつまずきに対応するような教材が適しているが、「個に応じた指導に関する指導資料(中学校理科編)」から、つまずきが起こる原因とそれに対応する教材を図2のように分類した。これらのことから、各単元において基礎的・基本的な科学概念の徹底、基本技能の定着・向上、日常生活との関連付けに着目し、それぞれに対応するイメージしにくい現象や概念を視覚化する教材、一人一人が実験に取り組める教材、日常生活と関連付けた教材など生徒の知的好奇心や探究心をはぐくむ教材を開発し活用することにより、生徒の学習意欲を高めることが期待できると考えた。

(2) 分析に基づいた教材・教具の開発

上位に指摘されている第1分野の2つの単元を第1学年で履修することから、第1分野「身近な物理現象」及び

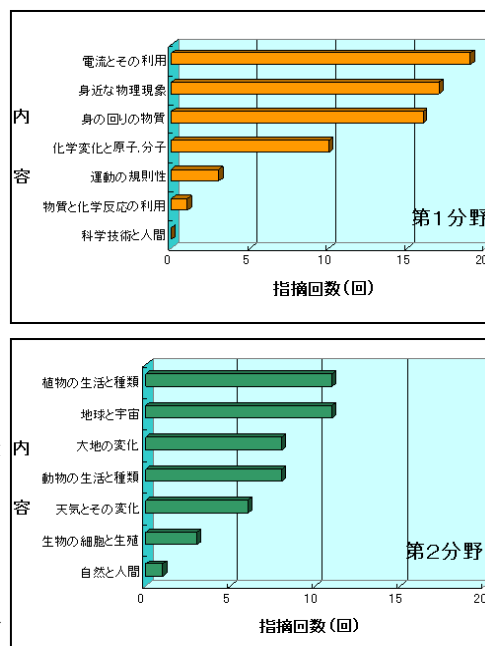


図1 分野・単元別指摘回数

表3 正答率や通過率が低くなる要因

第1分野「電流とその利用」「身近な物理現象」の単元
<ul style="list-style-type: none"> 電流が目に見えない。 電気は怖いという先入観がある。 光、音、力が目に見えない。 物が見えることと光が目に入って見えることとの関連性が理解できない。 実験が苦手である。実験にかかわりたくない。 実験装置の使い方がわからない。実験にかかわれない。 電流とその利用の問題の解答に数値計算を伴う。
第1分野「身の回りの物質」「化学変化と原子・分子」の単元
<ul style="list-style-type: none"> 化学変化と物質の状態変化を区別しにくい。 無色や無臭の気体が多いので、存在や状態を理解しにくい。 身の回りの物質に科学的な興味・関心をもてない。 目に見えない粒子(原子や分子)をイメージしにくい。
第2分野「植物の生活と種類」「地球と宇宙」、「大地の変化」「動物の生活と種類」の単元
<ul style="list-style-type: none"> 動植物を観察する機会が少ない。 動植物の体の仕組みや働きに科学的な興味・関心をもてない。 地震が起こる仕組みが理解できない。 地殻変動のイメージができない。 宇宙の空間的な広がりをイメージできない。 天体の問題の解答に数値計算を伴う。

「身の回りの物質」について教材開発を行った。次にコンピュータを活用し、イメージしにくい概念や現象を視覚化するために第1分野「化学変化と原子・分子」及び第2分野「天気とその変化」

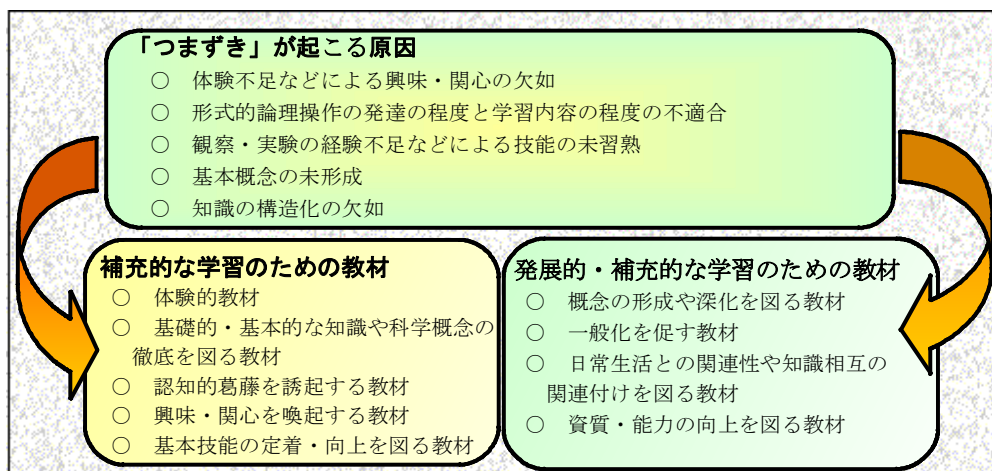


図2 つまずきが起こる原因と補充的な学習及び発展的な学習のための教材

についてICT(Information and Communication Technology)教材を開発した。

ア 単元「身近な物理現象」の教材開発

平成18年度岩手県学習定着度状況調査指導資料における指摘事項(表4)を参考に、3枚の鏡を用いた光の「反射実験教材」を開発した(図3)。

中学校理科第1分野の教科書では、光の反射の実験は生徒が行う実験として取り上げられている。この実験は、光源装置から出た光が1枚の鏡に反射することを確認し、その結果から「入射角=反射角」となることを学習させるものである。岩手県学習定着度状況調査指導資料が指摘するような2枚の鏡を用いた反射実験は行われていない場合が多いと考えられる。また、光は物体が目に見えるためには不可欠なものであるが、光線や光跡そのものを意識して見ることは少なく、一般的な光源装置でも見にくいものである。そこで、生徒が複数回の反射と光跡の確認を行える装置を開発した。本教材は、複数枚の鏡を使った実験が行え、光が反射を繰り返しても常に反射の規則性が成り立つことや光の直進性を理解することができる。

なお、光学台を用いた凸レンズの実験は、光学台が高価なため1つの班に1台の実験となり、直接光学台にふれない生徒も多い。実験では光源としてろうそくを使うことが多く、スクリーンに映る像

の上下左右の関係がつかめない。そこで、ケーブルカバーと複数の高輝度LEDを用いた光学台を開発した(図4)。本教材は安価に製作でき、明るい実験室でも像の上下左右の関係が容易に理解できる実験を少人数グループや生徒一人一人が行うことができる。凸レンズがかかわるカメラや虫眼鏡の仕組みに自発的な疑問を抱きながら、理解や習熟に応じて生徒一人一人が探究的に実験に取り組み、実験装置の使い方を含め実験技能の習得や基礎知識の定着を図りたい。

表4 指摘事項

- 平成18年度岩手県学習定着度状況調査指導資料
- ・ 2枚の鏡を使った実験が不十分である。
 - ・ 2枚の鏡を使った実験を行い、2回反射しても入射角と反射角が等しくなることを確認させる。
 - ・ 光の実験においては、生徒一人一人が実験を行い、記録したものを基にして考えさせる指導が必要である。
 - ・ 光の入射の方向が変わることによってつまずきを起こしてしまう傾向があるので、光の入射角度を変えた実験をいくつか行うことが大切である。
 - ・ 光学台を使う場合は、スクリーンにうつる像の上下だけでなく左右の関係についても気付かせる。



図3 反射実験教材



図4 ケーブルカバーを活用した自作光学台

表5 指摘事項

- 平成18年度埼玉県高等学校入試分析
- ・ アンモニアの性質を十分に理解していない。
 - ・ 基本的な気体については、捕集方法も含め、その性質についても十分理解させるように指導が必要である。
- 平成18年度岩手県学習定着度状況調査指導資料
- ・ 気体の3種類の捕集法(水上置換、下方置換、上方置換)について、その特性を区別して理解していない。
 - ・ アンモニアの性質に応じた捕集法を、混乱して若しくは誤って理解している。

イ 単元「身の回りの物質」の教材開発

平成18年度埼玉県高等学校入試分析及び平成18年度岩手県学習定着度状況調査指導資料における指摘事項(表5)を参考にペットボトルを用いた「気体の重さ確認教材」を開発した(図5)。

本単元では、気体の発生や捕集などの実験を通して気体の特性を理解させるとともに、観察や実験の技能の習得を図ることを目標としている。気体は身近ではあるが目には見えないため、その存在を意識させることが困難である。そこで実験を行う際には、気体にはそれぞれ特性があり、その特性に応じた捕集法があることに気付かせることが重要である。しかし、気体の空気に対する重さは確認が難しい。さらに教科書や資料集にも確認方法が紹介されていない。そこで気体が水に溶けた状態での酸性・中性・アルカリ性とい

った液性を利用した気体の重さの確認を行える教材を開発した。本教材は安価に製作でき、無色の気体の空気に対する重さを視覚的に確認できる実験を生徒一人一人が行うことができる。



図5 気体の重さ確認教材

ウ 単元「化学変化と原子、分子」の教材開発

平成16年度宮崎県立高等学校入学者一般選抜学力検査結果分析報告及び平成17年度埼玉県公立高等学校入試分析における指摘事項(表6)を参考に、コンピュータを用いた原子・分子の3次元モデルを開発した(図6)。

表6 指摘事項

- 平成16年度宮崎県立高等学校入学者一般選抜学力検査結果分析報告
- ・ 化学反応を原子や分子のモデルと関連付けて、微視的な見方や考え方を養うようにする必要がある。
- 平成17年度埼玉県公立高等学校入試分析
- ・ 原子や分子についての知識が定着していない。
 - ・ H、C、Oなど、基本的な原子の記号と代表的な分子を表す式は、着実に身に付けさせておく必要がある。

授業では、化学式という基礎的・基本的な内容を理解させるために、原子をモデルで表した厚紙を用いたカードや発泡スチレンやボールを用いた立体模型を使うことがある。しかし、カードでは原子の立体概念をイメージしにくく、立体模型では立体概念がイメージしやすいが作成に費用や時間を要する。そこで、コンピュータの3次元グラフィック機能を用いて原子が立体的に結びつき分子が形成されていることを視覚的にイメージできる教材を開発した。本教材は、仮想空間上に表示される原子・分子の3次元モデルを自由に移動回転させ様々な角度から観察することができる。分子模型と同時に提示することで、より理解が深まるものと考えられる。また発展的な学習にも対応できるように、中学生が聞き覚えのある物質や高等学校で学習する代表的な有機化合物も例示し、各分子には、融点・沸点を併記している。

エ 単元「天気とその変化」の教材開発

平成17年度岩手県学習定着状況調査指導資料における指摘事項(表7)を参考に、コンピュータを用いた気象衛星画像・天気図・アメダス画像取得プログラムを開発した(図7)。

中学校学習指導要領では天気の変化について学習する際、コンピュータを活用した情報通信ネットワークによる情報収集や気象衛星画像を積極的に活用して、視覚的にとらえることが望ましいとされている。気象庁のホームページでは、気象情報が動画画像も含め時系列データとして提供されており、動画画像を用いると雲の動きが大変わかりやすい。しかし、動画画像は画面を見ている間は印象的であるが、ノートやワークシートに記録として手元に残すことはできない。そこで、インターネット上の様々な気象情報を簡単な共通ユーザインターフェースで取得できるプログラムを開発した。本教材は、気象衛星画像や天気図、アメダス画像の同時取得と比較ができ、過去の気象衛星画像を気象情報データベースから取得できる。また、取得画像や天気図は印刷し、ワークシートとして活用できる。日常生活と密接なかかわりのある天気の変化や何気なく見過ごしている様々な気象現象を、インターネット上に提供されている気象データから考察させ、一定期間の実際の雲の動きや天気図で表される高気圧・低気圧・前線、各地の降水・気温・風向などの経時変化を生徒の興味・関心に応じて探究的に学習できる。天気図と衛星画像やアメダス画像を比較し、体験的に関係や規則性を見いださせたい。

(3) 開発教材を用いた研究授業とその分析

ア 反射実験教材

(ア) 教材の活用

公立中学校第1学年5学級(173名)において、第1分野「身近な物理現象」の授業で活用した。教科書に基づき、光の反射・屈折の授業を実施し、理解度を把握する調査を実施した。その結果、光の直進性



図6 原子・分子の3次元モデルトップページ

表7 指摘事項

平成17年度岩手県学習定着状況調査指導資料

- テレビの天気予報やインターネット等の画像や映像を活用した指導等の工夫を取り入れ、理解と定着を高める。
- 四季における天気の変化について、テレビ等の気象情報などから、自分の住んでいる地域の天気予報を具体的に考察させるレポートを課題とするなど、家庭学習の工夫をする。



図7 気象衛星画像・天気図・アメダス画像取得プログラムトップページ

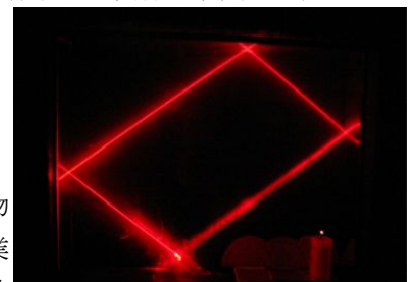


図8 反射を繰り返すレーザー光

や複数回の反射を理解できていない様子うかがえた。その後、開発教材を用いた演示実験を行った。

実験では、装置内に線香の煙が充満するに従ってレーザーの光跡が見え出すようにした。レーザー光が箱内をまっすぐ進んでいることで、生徒に光の直進性を確認させた。次にレーザー光を様々な入射角で1枚目の反射板に当てると、レーザー光は常に光の反射の規則性「入射角=反射角」を満たしながら反射を繰り返すことを生徒に観察させた(図8)。

表8 光の反射の規則性の定着状況

(イ) 教材の効果

表8に研究授業前後の光の反射の規則性の定着についての調査の比較を示した。

実験前の調査では、問題に無回答の生徒が15人(8.7%)いた。また、2回目の反射が描けていない生徒が23人(13.4%)いた。光の反射の規則性を理解できていないと思われる生徒は3人(1.7%)であった。光の直進性を理解できていないと思われる生徒は5人(2.9%)であった。誤答をした生徒は合計46人(26.7%)にのぼった。

実験の際には、煙が充満するにつれて空間中をまっすぐ走るレーザーの赤い光跡が見えてくると、生徒たちは「凄い!」、「まっすぐや!」と素朴な感動を示した。これは、我々が常に目に入ってくる光線を意識したり直進性があるものとしてとらえたりする機会が少ないことのあらわれではないかと考えられる。また、教卓越しに箱内でレーザー光が反射する様子を興味深くのぞき込む生徒も見られた。

実験後の調査では、2回目の反射を描いていない生徒が23人(13.4%)から7人(4.0%)に大きく減少した。このことから、光が反射面に当たる限り反射の規則性を満たしつつ反射を繰り返すことを理解させ印象付けることができたのではないかと考えられる。また、問題に無回答の生徒が9人(5.2%)に減少したのは、光の性質に興味・関心をもたせることができたからではないかと考えられる。

イ 気体の重さ確認教材

(ア) 教材の活用

公立中学校の第1学年3学級(98名)において、第1分野「身の回りの物質」いろいろな気体とその性質の授業で、その他の気体としてアンモニアを取り上げ、その性質を調べる実験に開発教材を活用した。

実験では、水上置換法を用いてアンモニアを捕集し、空気を捕集した場合と比較し、捕集できるアンモニアの体積が極端に少ないことから、アンモニアの水への溶解度の大きさを体感させ、水上置換法が捕集法として適切ではないことを確認させた。次に、開発教材を用いて装置に注入したアンモニアが上部からたまることを確認させ、アンモニアの空気に対する重さを考察させた(図9)。これらの結果をまとめ、アンモニアの捕集には上方置換法が適することを判断させた。

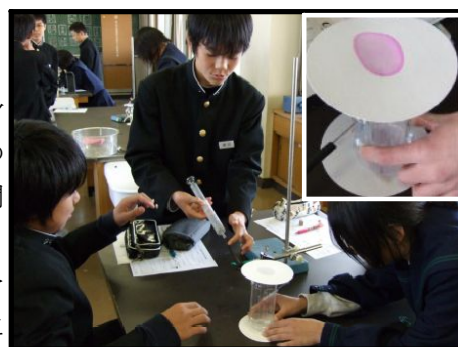


図9 実験の様子と結果

(イ) 教材の効果

開発教材を用いた実験では、装置上部に置かれたろ紙に染み込ませたフェノールフタレイン溶液が先に変色することを全員が確認できた。実験を通して、「アンモニアの空気に対する重さを理解できたか」を自己チェックさせたところ、79%の生徒が理解できていた(図10)。アンモニアの空気に対する重さについて興味・関心をもっているかと

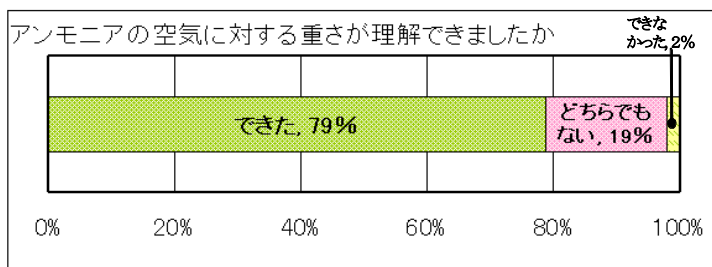


図10 生徒の理解度

の質問に「もっている」と答えた生徒は実験前42%、実験後69%であった。また、実験前にアンモニアの空気に対する重さについて興味・関心を「もっていない」又は「どちらでもない」と答えた生徒のうちの53%が実験後には「もっている」と回答し、生徒の60%が他の気体についても調べたいと回答した。

表9 生徒の感想

(生徒A)	アンモニアが空気より軽いのはおどろきました。自分が思ったのと違う結果になったから、他の気体でも実験してみたい。
(生徒B)	アンモニアをメスシリンダーに入れた時の目盛りが空気の時より少なかったのが、少し驚きました。ろ紙は上の方が早く色が変わったので驚きました。アンモニアの性質がよくわかりました。
(生徒C)	アンモニアが空気より軽いので、重さ確認装置で上の方に流れていくことがちゃんとイメージできて良かったです。
(生徒D)	はじめアンモニアの実験をするとき、あまり興味はもたなかったけれど、やってみると、すごく楽しく、アンモニアの性質がよく分かったので、実験をやった良かったなあと思いました。
(生徒E)	今まで空気とアンモニアなんてどうでもいいと思っていたけど、実験をしてみても興味をもちました。特に興味をもったのは、フェノールフタレイン液をろ紙につけた実験です。
(生徒F)	上の方がろ紙の色が変わるはやさが想像していたよりもはやかったのでびっくりした。

5 研究結果と考察

本研究では、生徒のつまずきの原因を把握し、学習のつまずきを改善することを目指した生徒の知的的好奇心や探究心をはぐくむ教材の開発を行った。開発した教材は、身近な素材やコンピュータを用いることで様々な事物・現象を視覚化したり、日常生活と関連付けたりできる教材とした。

「反射実験教材」では、レーザー光や装置内で反射を繰り返す光の動きを目の当たりにすることで、生徒の知的的好奇心が高まり光の直進性や反射の規則性を理解させることができた。このことから1枚の鏡を用いた実験・観察での既習事項を踏まえ、結果を予想させながら目的意識をもった実験・観察及び得られた結果の考察をさせることで、より理解が深まると考えられる。また、予備知識がない状態で生徒に自由に実験させ、規則性を見いださせるといった活用法も考えられる。

「気体の重さ確認教材」では、目に見えない気体の流れを指示薬の変色を用いて視覚化することで、気体の存在と性質を理解させることを試みた。実験前後の調査から本教材の活用によりアンモニアの重さに対する興味・関心が高まり、気体とその性質に対する知的的好奇心や探究心をはぐくむことができたと考えられる。しかし、指示薬の変色を確認できていながら、アンモニアが空気より軽いので、重さ確認教材の上の方に流れていくことと関連付けられず21%の生徒がアンモニアの空気に対する重さを実験結果から考察できなかった。実験は成功していながら必ずしも全員が結果を論理的に考察できるわけではなく、生徒の実態に応じ、より簡単なモデルの提示や振り返りを促すなど、目の前で起こる現象の考察や理解に授業者の適切な援助が必要であることが分かった。

研究の結果、授業において素朴な感動を得る場面や実体験をする場面を与えたり、目に見えずイメージしにくい現象を視覚化したりすることが生徒の事物・現象に対する興味・関心を高め、知的的好奇心や探究心をはぐくむことが分かった。しかし、知的的好奇心や探究心は1つの取組だけで育成されるものではない。常に指導者が意図して取り組むことが必要である。

6 おわりに

今後も生徒の実態や変容を的確に把握しながら、身近な素材の活用や教材・教具の工夫を行い、補充的な学習や発展的な学習の場を適切に設定し、生徒が普段何気なく見過ごす現象や身近な自然を体感させ、気付かせることで知的的好奇心や探求心をはぐくむ取組を継続していきたい。

引用文献

- | | | |
|-------------------------------|-------------|--------|
| (1) 中学校学習指導要領(理科編) | 文部省 | 平10 |
| (2) 個に応じた指導に関する指導資料(中学校理科編) | 文部科学省 | 平15 |
| (3) 岩手県学習定着度状況調査指導資料 | 岩手県教育委員会 | 平18~19 |
| (4) 埼玉県公立高等学校入試分析 | 埼玉県総合教育センター | 平17~18 |
| (5) 宮崎県立高等学校入学者一般選抜学力検査結果分析報告 | 宮崎県教育研修センター | 平16~18 |