

# 小中学生を対象とした理科体験授業の実践報告

(理科教育講座) 西條 慎祐、大橋 淳史

## Practice report on science experience classes for elementary and junior high school students

Shinsuke SAIJOH, Atsushi OHASHI

(平成 30 年 06 月 10 日受理)

Abstract : In this paper, we conduct science experience classes for elementary and junior high school students in Ehime prefecture, and report on implementation details and consideration. In this practicing, it was divided into 4 lectures, each graduate student conducted a teaching material research and carried out practice. From the students, we were able to get a lot of satisfaction. It is suggested that it is necessary to develop these classes using teaching materials and teaching methods newly developed in the future.

キーワード: 理科体験授業(Science experience class)、小学生(Elementary school students)、中学生(Junior high school students)

### 1. はじめに

少資源国である日本にとって製造業の振興と先進性は極めて重要な課題である。そのため、これらを担う科学技術の先進性の確保のために、学校教育では科学技術人材の養成が求められている。学習指導要領の改定を含む種々の取り組みの結果、現在では OECD 生徒の学習到達度調査(PISA)<sup>1)</sup>や国際数学・理科教育動向調査 TIMSS<sup>2)</sup>では、日本の生徒の学力は世界トップレベルにまで向上した。しかしながら、学力の向上に反して、理科の学習に対する意欲に課題があることが示唆されている。TIMSS2015 および平成 27 年度全国学力・学習状況調査の結果<sup>3)</sup>から、小学生段階では理科に対する肯定的回答が高いが、中学校段階

でその割合が大きく減少することが明らかとなった。諸外国でも学年段階の進行とともに肯定的回答が減少する傾向は認められるが、日本は中学校段階での減少量が極めて大きいことが特徴である。この小学校と中学校の大きなギャップが、いわゆる「理科嫌い」の発生に影響を及ぼしているとされる<sup>4)</sup>。中学校では、現象の観察から理論の推論へと急激に学習内容が深化すること、受験を目的とした知識の暗記が始まること、獲得した知識と実生活との相関性が明示されないことなどから、知識を得る楽しさや将来への有用性を実感しにくいことが、原因であるとされる。

理科とは自然現象を観察し、そこから導かれた法則を学ぶ学問である。そこで、日常生活に存在する「当たり前」

のものから不思議や謎を導き出す体験的な活動を通して、子どもたちの知的好奇心を刺激し、日常生活を過ごす上で経験的に得られる生活知と、学校教育において学習し得られる理論知の統合を行うための体験授業を、愛媛県教育委員会義務教育課とともに計画した。

## 2. えひめ科学特別授業

本研究は、愛媛県教育委員会が主催する理科体験授業である「えひめ科学特別授業」において、教育学研究科教科教育専攻自然科学コース理科教育領域の大学院生 3 名が授業を実施した。1 回 2 時間の授業を年 4 回開講し、第 1、2、3 回は小学生、第 4 回は中学生を対象とした(表 1)。

表 1 実施内容(2017年)

実施日時	対象・人数	実施内容
8月5日午前	小学生 30名	光の性質 (DVD分光器作製)
8月5日午後	小学生 26名	光の性質 (DVD分光器作製)
10月14日午前	小学生 28名	作用・反作用の法則 (フィルムケースロケット)
10月14日午後	中学生 7名	安全教育・化学反応 (ICT教育)

それぞれの授業は、対象の学習段階を考慮し、既習事項をもとに活動計画を策定した。授業では、生活知と理論知の統合を目的として、知識の伝達は最小限として、工作や観察・実験を通じた、不思議や謎の発見のための体験的活動を重視した。

## 3. 授業内容

すべての授業は、座学によって基礎知識を提示した後、実験・工作などの活動を通して基礎知識を確認し、さらに自ら探究的活動を行う形式で実施された。以下に各回の内容を解説する。

### 3-1 光の性質(第1回)

光の性質について探究するために、座学では、身の回り

光、太陽や電球、街灯などさまざまな光の性質について、基礎知識を確認した。たとえば、赤、緑、青の光の三原色は、色の組み合わせによって、いくつもの色が再現できる。この原理は、プロジェクターや液晶ディスプレイなどに利用されており、このように子どもたちの身近な光の性質を解説することで、不思議や謎を実感しやすい工夫を取り入れた。また、簡単に光の屈折を取り上げた。この内容は、中学1年生で学習するものであるため、第1回では紹介程度にとどめた。虹を題材にして、光の性質と屈折を組み合わせ、『光の色によって屈折の度合いが異なる』ことを解説した。その後、虹を見える仕組みを確認するために、DVD分光器を作製し、観察を行った。

光の性質のうち、波としての性質を利用して回折角の違いで光を分割することを分光と呼び、なかでも光を直接目視で分光する測定法を直視分光法と呼ぶ。直視分光法は、光の観察方法としてもっとも簡易であるため、小学生でも簡単に光の性質を確認できる。一方で、一般的な直視分光器は、屈折率の異なる複数の三角プリズムを組み合わせで作製されるため高額である。そこで、より安価で簡便な分光器の開発として CD を利用した分光器が提案された<sup>5a)</sup>。その後、CD よりも回折角が小さく分解能が高い DVD の使用が提案され、現在では種々の手法がある<sup>5)</sup>。もっとも簡易な DVD 分光器は、DVD の鏡面反射を利用する作製が容易な装置である<sup>5b)</sup>。しかしながら、この手法は分光器 1 個に DVD を 1 枚利用するため装置が大きくなり、かつ観察にコツが必要である点が課題であった。そこで、作製が容易で装置を小さくしやすい、理化学研究所などが提案する方法を用いた<sup>5c)</sup>。

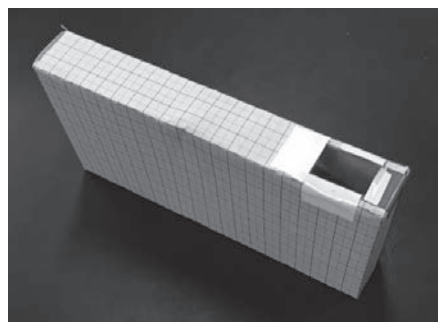


図 1 製作した DVD 分光器

以下に作製法の概略を示す。

- ① 工作用紙に DVD 分光器の設計図に従って切り抜いた。

- ② 切り取った工作用紙を組み立て、テープで固定した。
- ③ DVD のデータ記録面と反射面を分割し、データ記録面（回折格子）を観察口に合うようハサミで切った。
- ④ 観察口に DVD 片をテープで固定した。
- ⑤ 入射口（高さ 1mm）を切り抜いた。

DVD 分光器(図 1)を作製において、もっとも重要な点は入射口である。分光器内部への入射光が多いと内部で光が散乱し、かつ内部が明るくなるため分光が観測しにくくなる。また、切り抜きが不完全で切り欠きが毛羽立っていると、毛羽立ちによる光の散乱が起これ、分光が不鮮明になる。そのため、入射口の切り抜きを慎重に行う必要があることを解説して、工作を行った。子どもたちは作成した DVD 分光器を使用して、太陽光、蛍光灯、LED を自由に観察し、結果をワークシートに記述した。観察の際には、太陽の光は直接観察すると危険であるため、間接光の観察を行うよう指導した。LED は赤青緑の素子を組み合わせた三波長型 LED を用い、調色によって色が変化すること、変化した色は三原色の組み合わせであることを観察した。自ら考え、探究する観察を行った後に、DVD 分光器によって光が観察できる原理に関して、もう一度解説を行った。太陽や白熱灯などでは、光が 7 色に分かれており、虹の原理を観察によって体感的に理解し、生活知と理論知の統合を行った。

### 3-2 光の性質(第 2 回)

3-1 と実施内容は同じである。本実施では、虹が見える仕組みについて、授業が終了した時に説明することができることを目的とした。具体的には、光の性質に関して学習した後に、DVD 分光器を用いて光の屈折を観察し、実施最後に光の屈折から、虹が見える仕組みを解説した。そのため、未習内容である中学校「理科」および高校「物理基礎」の内容を組み込み、光の性質として、屈折から波動性までの光の波長に関して解説した。また言語活動として、虹が見える仕組みについて、自ら考えた内容を発表する活動を実施した。

### 3-3 作用反作用の法則(第 3 回)

ロケットが宇宙に向かって飛翔する現象は、科学的には作用反作用で説明される。そのため、座学ではロケットの仕組みと作用反作用の法則について解説した。つぎにフィ

ルムケースロケットの燃料について解説を行った。フィルムケースロケットは燃料として、発泡入浴剤を利用している。発泡入浴剤の主成分は炭酸水素ナトリウムであり、水を加えることにより、以下の反応が進行し、二酸化炭素が発生する。



炭酸水素ナトリウムの分解反応であり、製品では反応の促進のためにフマル酸などの酸触媒が添加されている。物質が別の物質に変換される分解反応は、中学 2 年の化学変化の単元で扱われるため、小学生を対象とした本実施では化学反応は示さず、炭酸水素ナトリウムは水によって二酸化炭素が発生する点のみを解説した。発生した二酸化炭素によって、フィルムケースの内圧が高まる。このキャップを押す力が作用であり、キャップが外れたとき、フィルムケースロケットはキャップを押す力の反作用の力によって飛翔する。そのためキャップを押す力(作用)と飛翔する力(反作用)は、作用・反作用の法則によって同じ力の大きさとなる点を確認し、ロケットの飛翔を制御するためには作用を制御する必要がある意味を解説した。

ロケットの原理と二酸化炭素の発生原理を理解した後、フィルムケースロケットの発射台を 1 人 1 台作製し、発射試験を行った。発射試験は、ロケットの飛距離と着地点の制御のふたつの目標を設定した。これらの目標の達成のためには、作用の力(発泡入浴剤)と斜方投射運動の法則(角度)を同時に制御する必要がある。そこで、発射角度を調整できる発射台を以下の方法で作製した(図 2)。

(発射台の作製)

1. 工作用紙を切り取り、箱型にテープで固定した。
2. 別の工作用紙に分度器を用いて、箱を固定した時の角度を記した。
3. 発射する土台となる工作用紙をテープで止めた。
4. 箱を移動させ、発射角度を変えた。

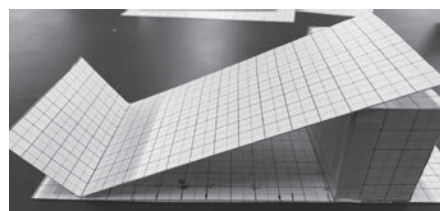


図2 製作したフィルムケースロケット発射台

(フィルムケースロケットの発射手順)

1. フィルムケースに発泡入浴剤の顆粒を4粒加えた。
2. 水を10 mL 加え、キャップを閉めた。
3. 発射台に静置した。

授業では、フィルムケースに加える発泡入浴剤の量は固定し、水の量と発射角度を変化させ、フィルムケースロケットの飛距離を測定した。達成目標は以下の通りである。

達成目標① 7 m 以上飛翔する条件を決める

達成目標② 正確に飛翔し、5 m 先に設置した目的地(直径1 m のたらい)に落ちるよう制御する条件を決める



図3 フィルムケースロケット発射の活動

実験はミッション制として、目標①を達成したあと、目標②に挑戦する形式をとった(図3)。ミッション制を取る理由は、偶然ではなく、目的を持って条件を制御する練習とするためである。単純な目標①で水の量と角度が飛距離にどのように影響しているかを検討し、目標①の成果を応用して、より精密なロケットの制御を理解するよう授業設計を行った。また、協働性を養うために2人もしくは3人グループで活動した。活動終了後に、遠くに飛ばず、もしくは5 m 地点に飛ばすための条件について考察した。活動時、飛距離を思うようにコントロールできなかった児童の中には、水の量を直感で変えている児童が多く存在した。そこで今回のような、水と発泡入浴剤の量、つまり2変数を取り扱う時には、どのようにして実験を進めていけばいいのかを解説した。

### 3-4 安全教育・化学反応(第4回)

化学の実験には常に危険が伴う。学校における実験事故報告は、化学の実験に集中しており、とくに火傷とガラス

による裂傷が多い。そのため、実験では手順通りに進めることが極めて重要だが、手順通りに進めなかったとき何が起こるのかについて、生徒はあまり理解できていない。そこで、実験における楽しさと危険を同時に理解する方法としてICT教育教材に注目し、安全に実験について考えることを計画した。授業では体験できない「こわい」「危険」な状況をICT教育アプリで仮想的に体験して、実験に慣れ親しみ、安全教育について理解を深めた。

ICT教育アプリはiOS&Androidアプリ「CHEMIST(THIX社)」(1,083円)を使用した。CHEMISTは、バーチャル実験室で実験装置を自分で組み立て、試薬を自分で選択することで、バーチャル環境で実験を体験することが可能なアプリである。

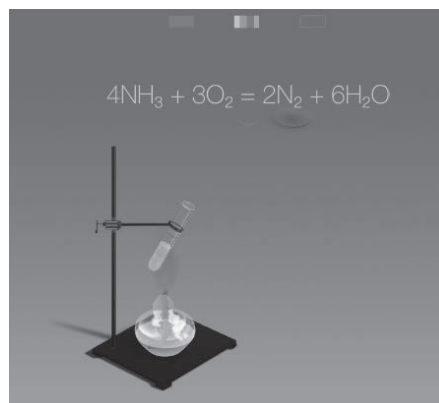


図4 CHEMISTでの実験画面

組み立てた実験装置でうまく化学反応が進行すると、反応式が画面に表示される(図4)。CHEMISTの特徴は、バーチャル環境で実験事故を体験できる点にある。ガラス器具に高温の液体を注ぐ、空焚きすると、ガラス器具は爆発し、危険な操作は事故を誘発することを体験できる。安全なバーチャル環境で「危険な操作をすると何が起こるのか」「どの操作が危険なのか」を確認することができる。危険性について理解した後、条件を設定して、生徒が新たな実験方法を模索する活動を行った。自分が発見した新たな実験方法については全体で共有を行った。バーチャル環境では、どのような実験でも安全に実施することが可能であるため、さまざまな実験を試行して実験に慣れ親しみ、さらには安全に実験を行う方法を習得した。

次にTHIX社の別のiOS&Androidアプリ「BEAKER」(無料)で、化学反応についての理解を深めた。BEAKERはiPad



を仮想的なビーカーとして、ビーカー内でさまざまな化学反応を観察することができる。機能はCHEMISTと比較して制限されているが、無料である点が利用しやすい。CHEMISTとの大きな相違点は、器具がなくなることで物質の反応性に焦点を絞る点である。生徒は、物質の水溶液中での反応性について、通常の実験室では危険で利用できない物質についても検討を行うことができ、爆発や発熱、沈殿生成などを通して、物質の性質と化学反応式について理解を深めた。活動後に、高校の「化学基礎」で学習する化学反応式の内容を説明し、化学反応の原理について早修した。

化学の分野では、見えない物質を取り扱うことが多いため、物質がイメージできず、化学を暗記科目と考える生徒が多い。ICT教育は、目に見えない物質のイメージを形成するために有用であるが、物質の立体性の理解をICTで代用するのは難しいことが示唆されている<sup>7)</sup>。そこで物質の立体構造への理解を促進することを目的に、本研究室で開発されたスーパーボールを用いた分子模型を作製した。今回は、水(H<sub>2</sub>O)のスーパーボール分子模型を作製した(図5)。



図5 スーパーボール分子模型

(スーパーボール分子模型作製方法)

スーパーボール分子模型の作成方法は原則として、発泡スチロール球を利用する分子模型作成方法と同一である。異なる点は、スーパーボールは着色の必要がないこと、頑丈で壊れにくいこと、スーパーボールの切断にはダンボールカッターを利用すること、接着にはホットボンドを利用することである。作製時間が短く、ダンボールカッターを全く使ったことがない生徒がいることを想定して、赤色スーパーボール(酸素原子)は、あらかじめ切断した。

1. 水素に対応するスーパーボールを、段ボールカッター

を用いて切断した。

2. スーパーボールに穴を開け、つなげるために針金を埋め込んだ。

3. 水素と酸素に対応するスーパーボール同士を結合した。

#### 4. 結果・考察

光の性質の2回の実施では、種々の光源を観察するだけでなく、PowerPoint資料を投影しているプロジェクターの光を観察するなどの独創的な活動が認められた。児童は、蛍光灯、太陽光、白熱灯、LEDを観察し、蛍光灯と三波長LEDは光を線として分光でき、太陽光と白熱灯と白色LEDは光は連続した帯として分光できることを観察した。そこで、光が線として分光できる場合と、帯として分光できる場合には、どのような違いがあるのかについて考察しながら活動を続けた。その結果、児童は身の回りの光に強い興味関心をもち、LEDの見え方の違いについて独自の考察を行い、さらなる検証のためにプロジェクターの光やディスプレイの光などを観察した。そこで、光源として、ナトリウムランプ(トンネルの照明に使われる)なども準備して、探究的活動を助けた。観察結果の発表から、児童が光の性質について強い興味関心をもち、独創的な発想で、観察した現象について理解を深めたことが明らかとなった。最後に、身の回りの光について児童が継続的に活動できるように、光源と分光の関係についてまとめた。

フィルムケースロケットの実施では、飛距離を競う、運動を制御するというミッション型の目的を明示することで、児童の活動に方向性を与え、条件を制御するという科学的手法の基礎を伝達した。フィルムケースロケットそのものは有名な実験であるため、学校や自由研究で経験済みの児童もいたが、これらの活動は「ロケットは直上に打ち上げるもの」というステレオタイプから脱することができず、直上に打ち上げていた。直上に打ち上げた場合に取得できるデータは落下までの時間のみであり、具体的な成果に乏しく、達成感が得られにくい。一方で、本実施で採用した飛距離競争や制御競争は、成果を直接数値で比較できるため、経験済みの児童にとっても興味関心を高める効果があった。大学院生の予備実験では平均7m、最大飛距離9mであったが、児童の自由な発想の結果、最大飛距離は11mまで拡大した。また、見学していた保護者が活動に対してアイデアを出すこともあり、児童同士、児童と保

護者、保護者同士の成果の検証と議論が活性化した。

安全教育・化学反応の実施では、バーチャル実験室という新しい手法に対して、生徒は高い関心を持って臨んだ。現実では「危なくて行うことができない」実験では何が起るのかについて、生徒は仮想的に体験することで危険性について理解を深め、安全教育の意味について実感を伴った理解を得ることができた。さらに、スーパーボール分子模型を組み立てることによって、分子の立体構造に関する理解を深めた。

以上、4回の実施、いずれにおいても児童生徒の活性は非常に高い傾向にあった。工作活動を取り入れた点やミッション制を取り入れた探究的な活動、ICTの活用など、学校教育では経験したことのない内容が多く、児童生徒の意欲を高めたのだろう。学校教育では、理科離れが叫ばれ、理系人材育成が声高に叫ばれる一方で、理科に対して高い意欲・関心をもつ児童生徒に発展的な体験を与える場(たとえば部活動)が用意されていない。子どもたちは、一般に家庭以外での探究の場が与えられていないため、教育委員会などが主催する発展的理科体験授業は、児童生徒の欲求を満たす場となったことが推察される。

実施後に行われたアンケートから受講生について検証する(図6)。

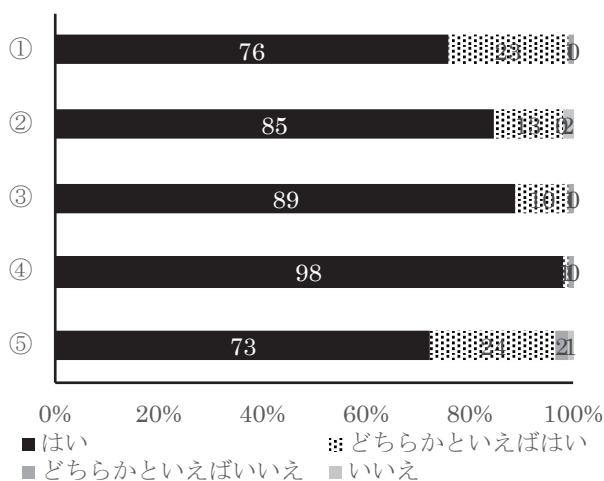


図6 アンケート(n = 91, ①理科は好きですか、②今日の授業は楽しかったですか、③今日の授業は分かりやすかったですか、④新たに分かったことがありますか、⑤また参加しようと思いませんか)

発展的な課外授業であるため、参加者は理科に高い意欲

を持つ(①)。また、授業への満足度は内容と無関係に高い(②)。そして、探究的活動と知識の伝達によって科学において最も重要な「なぜそうなるのか」という疑問を持つことで、新たな発見を得ることができた(④)ことが示された。

児童生徒の感想(表2)より、児童生徒は以下の点に注目していることが示された。

- (i) 日常生活との関連を実感した
- (ii) 学校現場では体験していない活動である
- (iii) 発展的な内容を取り扱った

表2 受講者からの感想

A	小学校にはない道具があってそれを使わせてもらったので分かりやすかったです。
B	今日は僕があまり好きではない理科を好きにさせてくれました。
C	ゲーム感覚で、いろいろなことを学んだりすることができて、とても楽しかったです。
D	授業がとても分かりやすくて、おもしろかったです。まだ知らないことなどがとても勉強になりました。
E	思ったよりも、ロケットが飛ばなくて、ミッションを達成できませんでした。工夫してみたいです。
F	実際につくったり、実験をすることでとても授業が楽しかったです。分からないことがあっても大学生の皆様質問すると、優しく教えてくださったので、とてもうれしく、安心しました。今日の授業を受けてよかったです。
G	新しい発見がありました。理科がもっと好きなものになりました。またやりたいです。

授業を通して受講者の行動は大きく分けて3つの傾向に分類された。

- A 探究的に活動する
- B 既存の知識を証明する
- C 遊びと区別できない

探究的に活動する受講者は、条件をよく考え、知識を組み合わせて、新しい方法を模索する、科学的探究法を理解した行動傾向であった。既存の知識を証明する受講者は、

学校教育的な「正解」を求めており、未知を探究することよりも「正解を得た」という達成感を重視する行動傾向であった。遊びと区別できない受講者は勘に頼った刹那的行動傾向を持ち、指導を通じて行動傾向を改めることが難しい。この行動傾向をもつ受講生は理科を「実験や観察ができる遊び」だと考える傾向が強く、小学校段階では活発で意欲的に見える行動傾向から周囲から「理科が得意」と認知される事が多い。小学生に特に多く、誤認識に基づいた強化学習をしているため行動傾向の改善が必要となる。

## 5. まとめ

小学校5、6年と中学校を対象にした、愛媛県教育委員会の主催する理科体験授業「えひめ科学特別授業」を年4回実施し、計91名の児童生徒に授業を実施した。光の性質については実施を2回に分けて行うなど、特に小学校の希望者が多いことが特徴であった。一方で、中学生の参加希望者はほぼいない状況であった。これは愛媛県の運動部活動に偏重した活動傾向が背景にあるのだろう。中学校は全員部活動所属が義務付けられるが、文化系部活動はほぼ存在しないため、現実には生徒の意思とは関係なく、運動部活動へ所属しなければならない。また運動部活動の練習は、土日祝日のほぼすべてを占めるため、中学生の参加者が極めて少ない。小学校段階でどれほど意欲が高くとも、余暇をすべて運動部活動に占められ、かつ理科に関する意欲を満たす環境が与えられない生徒にとって理科に対する意欲を持続するのは容易なことではないことが改めて示された。本授業を継続することが、そうした生徒たちの受け皿になることが期待されている。

また、受講生の行動傾向から、学校教育に過剰適合している傾向が示された。過剰適合とは、統計学や機械学習で使われる用語であり、訓練データに適合しすぎて未知のデータに対応できない状況を指す。正解を求める穴埋め型知識放出に過剰適合した受講生は、既存の知識を証明することに熱中して、その知識を活用して未知を探索することはない。また、小学校教育の特徴である「観察すればいい」傾向に過剰適合した受講生は、条件の制御や行動の意味を

考えることなく、「おもしろかった、たのしかった」で済まそうとする傾向が強い。おもしろかった、たのしかったの先に、「なぜそうなるのか」という疑問、疑問を解決するための試行、試行の計画を立て、結果を整理する知識、以上の統合的活動が科学的手法であるが、本質ではなく表層的な「おもしろさ」を重視して「理科が好き」とする受講生が散見された。体験授業としては、たのしさ、おもしろさは重要であるが、教育としては「その先」が重要である。今年度から開始された授業であるため、そういった点も含めて、教育学部として何をを目指すのかを提案していく必要があるだろう。

## 謝辞

企画運営をしていただいた愛媛県教育委員会義務教育課様、ともに授業を計画・実施した教育学研究科の原友樹さん、木村健人さんに深く感謝いたします。本研究は、科研費基盤(A)「ジェンダー・地域格差に配慮した STEAM 才能教育カリキュラムに関する学際的研究(17H00821)」の支援を受けました。

## 引用文献

- 1) 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS 2015) 文科省
- 2) OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA 2015) 文科省
- 3) 平成 27 年度 全国学力・学習状況調査 報告書・調査結果資料、国立教育政策研究所
- 4) 加藤巡一 理科教育と理科離れの実態(二)中学校 神戸松陰女子学院大学研究紀要、49、65-80(2008)
- 5) (a) 若林文高・濱田浄人 コンパクトディスク(CD)を使った簡易分光器 化学と教育、44 (10): 676、1996.、(b) 若林文高 DVD分光器の回折条件 Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. E、28、pp. 21-30、2005、(c) 理化学研究所 光のスペクトルを観察しよう <http://www.riken.jp/pr/fun/spectroscope/>
- 7) 新田紗英 ICT機器を用いた化学教材の研究 愛媛大学教育学部卒業論文、2016.

