

Title	中学校理科における観察・実験の充実化に向けた取り組みと生徒の実態に関する報告
Sub Title	A practical report on the enrichment of observations and experiments and actual condition of the students in science classes
Author	竹田, 大樹(Takeda, Hiroki) 笹川, 浩美(Sasagawa, Hiromi) 濱田, 純一(Hamada, Junichi)
Publisher	慶應義塾大学日吉紀要刊行委員会
Publication year	2023
Jtitle	慶應義塾大学日吉紀要. 自然科学 (The Hiyoshi review of natural science). No.70 (2023. 9) ,p.39- 57
JaLC DOI	
Abstract	<p>The purpose of this practical study was to improve science classes applying a Team Teaching approach. The results of the questionnaire showed that the Team-Teaching approach adopted in this study demonstrated the advantages, which previous studies indicated; also led to the enrichment of practical training contents and detailed instruction during the class time. In addition, the results suggest that the various experiments, observations, and Team Teaching approaches contributed to motivating the students' learning.</p> <p>We consider the role of the science teacher is to interpret the purpose of the curriculum and devise lessons based on the knowledge accumulated in the natural sciences, while paying attention to the actual conditions of students and the school. In order to further enrich the existing framework curriculum, it is important to enhance observations and experiments, and to improve the learning environment by elaborating the contents of practical training and small-group education.</p>
Notes	教育
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN10079809-20230930-0039

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

中学校理科における観察・実験の充実化に向けた取り組みと 生徒の実態に関する報告

竹田大樹*・笹川浩美*・濱田純一*

A Practical Report on the Enrichment of Observations and Experiments and
Actual Condition of the Students in Science Classes

Hiroki TAKEDA, Hiromi SASAGAWA and Junichi HAMADA

Summary—The purpose of this practical study was to improve science classes applying a Team Teaching approach. The results of the questionnaire showed that the Team-Teaching approach adopted in this study demonstrated the advantages, which previous studies indicated; also led to the enrichment of practical training contents and detailed instruction during the class time. In addition, the results suggest that the various experiments, observations, and Team Teaching approaches contributed to motivating the students' learning.

We consider the role of the science teacher is to interpret the purpose of the curriculum and devise lessons based on the knowledge accumulated in the natural sciences, while paying attention to the actual conditions of students and the school. In order to further enrich the existing framework curriculum, it is important to enhance observations and experiments, and to improve the learning environment by elaborating the contents of practical training and small-group education.

Key Words: Proactive, Interactive, and Deep learning, Observations and Experiments, Team Teaching, Curriculum

1. 問題の所在

2019年に国際教育到達度評価学会（IEA）が39か国・地域のあらゆる国の中学校に対して、生徒の数学・理科の教育到達度を調査した。その調査結果（TIMSS2019）によると、日本の

* 慶應義塾湘南藤沢中等部・高等部（〒252-0816 神奈川県藤沢市遠藤5466）：Keio Shonan Fujisawa Junior & Senior High School, 5466, Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-0816, Japan. E-mail: thiroki@sfc-js.keio.ac.jp

中学校では、数学・理科に関して「勉強は楽しい」と答えた生徒の割合は増加していたが、国際平均を下回っていた。また、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」「理科を使うことが含まれる職業につきたい」と答えた生徒の割合は、前回調査（2015年）より増加したが、国際平均より下回っていたことがわかった。このような調査も踏まえ、文部科学省の施策として、理科では「自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈するなどの科学的に探究する学習の充実」や、「理科を学ぶことの意義や有用性の実感及び理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視」といった理数教育の充実として示されている。

このような背景から、「文部科学省は生徒に学習する意義を実感させたり、情報を精査して考えを形成させたり、問題を見いだして解決策を考えさせたりすることを重視した学習を充実できるよう、好事例の蓄積や情報提供などによる支援を実施」と示している（国立教育政策研究所，2021）。つまり、文部科学省として、学校での学びは、学習の意義や情報の精査、問題解決的な学習活動を求めていることが読み取れる。現行の学習指導要領（文部科学省，2017）では、中学校での学びの場において生徒が自ら問題を発見し解決する能力を育成する必要性が記載されており、そのためには主体的・対話的で深い学びを実現することが掲げられている。また、理科では、理科の見方・考え方を働かせながら、資質・能力を育成することも重要であるとされている（文部科学省，2017）。このような理念を実施するためには、中学校理科の授業において、問題解決的な学習活動である探究の過程を踏まえた授業実践が重要であることが、複数の先行研究から示されている（e.g. 鈴木，2019；竹田・鈴木，2021など）。そして、前述のとおり、このような方針に即した授業実践の取り組みは、事例の蓄積として残す必要があるだろう。

中学校の理科授業において生徒の探究の過程を踏まえた学習活動のための、生徒自身が問題を発見し解決する能力を、長谷川ら（2013）で探究の技能と称した。そして、理科で行う実験や観察では、このような技能の獲得も行いながら、授業で生徒が問題解決に向けて自ら考えることができる教育環境づくりや問いの設定が必要とされている（e.g. 山田・田代ら，2021；山内・郡司ら，2022など）。一方で、学習者一人一人に焦点を当ててみると、自然の事物・現象に対しての興味・関心を持たせることや、理科の知識や考え方の有用性を認識させることなどは、学習指導要領でも指摘されている。また、学習心理学の観点から、上淵（2019）によれば、人が行動や心の活動を開始し、方向づけ、持続し、調整するような心理学的プロセスを動機づけと呼び、これは生徒の学習におけるモチベーションや興味・関心の喚起と軌を一にする考え方と捉えられることが示唆される。動機づけに関しての統一的な理論は発展途中であるものの、理科の観察・実験場面では、観察・実験に対する自己効力感（成功期待の指標）とポジティブな感情（興味価値の指標）が、問題解決の使用方略に対して正の相関があることを明らかにした研究もある（原田・草場，2021）。

これらを総括的に考えると、中学校の理科授業の現場では、生徒の探究心を育成しながら、実習に要するスキルとしての見方・考え方を獲得させ、資質・能力を涵養することが大事であ

ると捉えられる。そのためには、観察・実験を多様かつ多数取り入れることは、そのような学びの具現化に寄与する可能性がある。そして、教室の中で教員による支配的な授業設計ではなく、生徒が問題解決に向けて自ら考える環境設備とはどのようなものかを論ずることが主体的・対話的で深い学びを具現化するために重要であると考えられる。つまり、中学校理科の学習指導要領の目標をもった理科授業を運営するためには、上記に挙げた実践的な先行研究を踏まえた上で、多様な実験や観察を通じて、生徒の探究心に問いかける学習環境や授業デザイン、カリキュラムの措定が重要と捉えられる。

そこで、本論文では、学習指導要領の位置付けを据えながら実践校に即した学びを提供するように努めた1年間の授業実践とその方略について総括的に報告する。そして、本実践を踏まえた実態調査として、生徒に対して質問紙調査を実施し、観察・実験の生徒に対する教育的効果の報告を目的とする。本研究により、教師が生徒の探究心を育成するための手立てを見出すための事例的研究としての価値を見出したい。

2. 1年間で実施した本授業実践の概観

2-1. 学習指導要領の論点整理

はじめに、現行の中学校学習指導要領（文部科学省，2017）の中学校理科に関する内容を整理する。本実践の対象である理科第2分野（「生命」を柱とする領域・「地球」を柱とする領域）に焦点を絞って以下では記載することとする。

学習指導要領では、理科第2分野の目標を、「生命や地球に関する事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。」とされている。本実践においても、この目標の達成を目指す必要がある。この目標の詳細に関しては、分割して解説されており、第2分野の目標を目標(1)、(2)、(3)の3つに分類することができ、資質・能力の3つの柱と対応している（表1, 2, 3）。

目標(1)は、「教科の目標の「自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする」を受けて、生命や地球に関する観察、実験などを行い、それらの事物・現象について理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるというねらいを示している。」と記載されている（表1）。表1にあるように、この目標(1)の「生命」を柱とする領域、「地球」を柱とする領域の双方において、観察・実験などを基軸とした科学的に探究する活動が求められている。すなわち、年間カリキュラムには、内容の系統性の吟味と探究的な学びのデザインが必要であることが示唆されている。

また、目標(2)のように、「教科の目標の「観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う」を受けて、小学校で身に付けた問題を見いだす力や根拠のある予想や仮説を発想する力などを発展させ、生命や地球に関する事物・現象について多様性に気付くとともに規則性を見いだしたり、課題を解決したりする方法を身に付け、思考力、判断力、表現力等を養うという

表1 中学校理科第2分野の目標(1)の学習指導要領の抜粋。「生命」ならびに「地球」を柱とする領域について抜粋した。これは、知識・技能に対応していると考えられる。

目標	「生命」を柱とする領域	「地球」を柱とする領域
(1) 生命や地球に関する事物・現象についての観察、実験などを行い、生物の体のつくりと働き、生命の連続性、大地の成り立ちと変化、気象とその変化、地球と宇宙などについて理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。	生物や生物現象についての観察、実験などを行うことを通して、それらの事物・現象に対する基本的な知識を身に付けるとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けることがねらいである。ここでは、小学校での学習につなげて、いろいろな生物とその共通点、生物の体のつくりと働き、生命の連続性に関して内容の系統性を重視し、科学的に探究する活動を通して、科学的な知識や基本的な概念が獲得されるようにしている。	地球に関する事物・現象についての観察、実験などを行うことを通して、それらの事物・現象に対する基本的な知識を身に付けるとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けることがねらいである。ここでは、小学校での学習につなげて、火山及び地震、地層、気象、天体などに関して内容の系統性を重視し、科学的に探究する活動を通して、科学的な知識や基本的な概念が獲得されるようにしている。

表2 中学校理科第2分野の目標(2)の学習指導要領の抜粋。目標達成に際したその特性による困難さ及び実施に向けた方法について抜粋した。これは、思考力・判断力・表現力等に対応していると考えられる。

目標	第2分野の特性による困難さ	実施に向けた方法
(2) 生命や地球に関する事物・現象に関わり、それらの中に問題を見いだし見直しをもって観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し表現するなど、科学的に探究する活動を通して、多様性に気付くとともに規則性を見いだしたり課題を解決したりする力を養う。	第2分野の特徴として、再現したり実験したりすることが困難な事物・現象を扱うことがある。例えば、生物体に見られる複雑な物質の相互関係から生じる現象や長大な時間の経過に伴う生物の進化、及び日常の経験を超えた時間と空間の中で生じる地質や天体の現象は、授業の限られた条件の中で再現することは難しい。このような自然の事物・現象は、数量化が困難であったり、仮説の検証が十分に行えないものがあつたりする。自然の事物・現象を科学的に探究する活動では、観察したり資料を調べたりして情報を収集し、そこから考察することなどに重点が置かれることになる。その際、映像やモデルの活用なども考えられる。直接経験やそれらに準ずる学習活動も含めて、科学的に探究することが重要である。	自然を概観し、事象を比較して検討を行い、共通性と多様性、規則性や関係性を見いだすことにより、その事象と周囲の事象との関係を分析して解釈するなど思考力、判断力、表現力等を育成することが重要である。その際、表やグラフの作成、モデルの活用、コンピュータなどICTの活用、レポートの作成や発表を行うことなどが大切である。

表3 中学校理科第2分野の目標(3)の学習指導要領の抜粋。育成すべき態度について抜粋した。これは、主体的に学習に取り組む態度に対応していると考えられる。

目標	育成すべき態度(抜粋)
(3) 生命や地球に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度と、生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を養うとともに、自然を総合的に見ることができるようになる。	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒が進んで関わり、それらの事物・現象に対する気付きから問題を見いだして解決しようとする態度 ・新たな問題を見いだそうとする態度 ・総合的に見たり考えたりしようとする態度 ・自然に対する畏敬の念 ・自然環境の保全に寄与する態度

ねらいを示している」とされている（表2）。すなわち、科学的に探究する学習活動は、思考力・判断力・表現力等を養うことにつながると解釈するものと考えられる。しかしながら、表2にあるように、第2分野としての科目の特性として、観察・実験などの困難さについての記述もある。端的に言えば、第2分野の学習内容には、観察・実験などが困難になる題材を扱っているということである。たしかに、2年生で扱う生物領域では、例えば血液の循環は、実際に人体を観察して目にみえる循環を用意することはできない。また、地学領域では、温帯低気圧のライフサイクルの理論は傾圧不安定によるものではあるが、実際の学校現場の実験室において温帯低気圧そのものを再現することができない。しかしながら、映像の視聴やICTを活用したデータ解析、レポートの作成や発表活動などは、実際に観察・実験などが困難であるものを補填することができるが示されている。これらも考慮して、教員がカリキュラムを指定する段階では、すべての学習内容で観察・実験などができないとしても、できるだけ観察・実験などをベースにし、ICTの活用なども適宜取り入れて、思考力・判断力・表現力等を育成することを旨とする取り組みを配置する必要があると思われる。

また、目標（3）は、教科の目標の「自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う」を受けて、生命や地球に関する自然の事物・現象に進んで関わり、自然を科学的に探究する活動を行い、科学的に探究しようとする態度を養うとともに、生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を育て、自然を総合的に見ることができるようになるというねらいを示している（表3）。具体的には、表3のような態度（抜粋）を育成することを示している。例えば、授業では、自ら問題発見や解決に努めたり、自然に対する畏敬の念を持つことなどは非常に重要である。カリキュラムの視点においては、単に観察・実験を取り入れるのではなく、これらの態度を育てることができるような内容や問い、自然に対する教員からの配慮や、生徒の実態などを考えながら設定していく必要がある。また、実際の指導においても、観察・実験から学ぶ上で、自然への畏敬などの重要性を認識させる授業設計をする必要がある。

2-2. 本実践における授業の目標

実施校では、中学2年生の理科を分割し、「生命」を柱とする領域（以下、生物領域）と「地球」を柱とする領域（以下、地学領域）を担う科目として、「理科2」として設定している（詳細は後述。なお、物理領域、化学領域を担う科目は「理科1」と称している）。この科目は、学習指導要領上の生命領域と地球領域に相当する分担をした科目で、週2時間開講している。理科教員の役割として、学習指導要領の趣旨を解釈し、それを包含するような授業実践を考案する必要があるだろう。従って、これらの学習指導要領が示す教科の目標を包括するように、実践校における理科2の目標を、下記のように3つ設定した。

1. 探究の過程を通じて主体的・対話的で深い学びを実現し、学習者の科学的概念の獲得や資質・能力の育成を目指す。
2. 生物と地学分野に関する実習や観察を行い、日常生活と関連付けながら、現象に対する理解や日常への示唆へつなげるよう努める。
3. Team Teachingを基軸とした少人数教育を実施し、担当教員の専門性を十全に活かし、生徒へのきめ細かい指導と充実した教育環境の提供に努める。

以下では、これらの目標を設定した経緯について述べる。まず、「1. 探究の過程を通じて主体的・対話的で深い学びを実現し、学習者の科学的概念の獲得や資質・能力の育成を目指す。」とした。これは、現行の学習指導要領（文部科学省，2017）に言われる主体的・対話的で深い学びの実現を通じた、資質・能力の向上は授業で含むべき事項であると考えたためである。また、理科における学習の根本的な目標として、科学的概念の獲得も目指されるべき事項である。ただし、科学的概念や資質・能力については、必ずしも1授業毎に養われるものと捉えず、学期や年間といった時間スケールで養うべきものとも捉えている。

これらを目標として到達するためには、教員による一方的な学びがそぐわないことが指摘されており、生徒が主となり、学びを深めていくような授業設計にすることが授業者には求められていると考えられる（例：文部科学省，2017；鈴木，2019）。探究の過程を通じた主体的・対話的で深い学びは、竹田・鈴木（2021）などの先行研究としての事例はあるものの、画一的な方法があるわけではないものとも考えられるため、授業を担当する教員が、適切に生徒の学習状況を判断しながら実践するべきものである。

次に、「2. 生物と地学分野に関する実習や観察を行い、日常生活と関連付けながら、現象に対する理解や日常への示唆へつなげるよう努める。」とした。中学校理科においては観察・実験が重視されており、実践校にでもその考え方は浸透している。自然科学がこれまで培ってきた知を単に教えこむのではなく、生徒や学校の実態や学習指導要領等、最新の科学の知見を踏まえて授業を考案する必要がある。これまでに培われてきた実習のプログラムを踏まえつつ、不断の見直しを図ることがカリキュラムマネジメントの観点からも重要と考えられる。また、観察・実験は、実際に生徒が手を動かす作業やそれに伴う時間が増加することから、教員が一方的に話す時間に比べて、生徒が実際に観察や実験を通じて現象について議論する活動がメインになることが多い（竹田・鈴木，2021）。すなわち、中学校理科においては、観察・実験などの実習を基軸とした授業設計を企てることで、生徒に探究の過程を踏まえさせる前提が整うことになる。そして、観察・実験などの内容の準備の際や、授業の導入時には、日常生活との関連性や身近なものをできるだけ取り入れる工夫や、社会的な倫理、生徒の実態等を総合的に考案していくことが求められていると考えられる。

最後に、「3. Team Teachingを基軸とした少人数教育を実施し、担当教員の専門性を十全に活かし、生徒へのきめ細かい指導と充実した教育環境の提供に努める。」とした。本実践では、

実践校の能動的な取り組みの一環として、Team Teaching（以下、TT）を実施した。TTは、2人以上の教員が教室で指導の専門知識を共有し、互いに相談しながら授業を設計する教授方法である（e.g. Sandholtz, 2000；Eick and Dias, 2005；Chang and Lee, 2010）。本実践では、TTによる学習効果の利点を見込み、3人の教員が授業を担当する形式と環境設定を整えた。具体的には、生物を専門とする教員1名が週2コマ全授業を担当し、そのうち1コマずつを、地学を専門とする教員2名が分かれて担当した。地学を専門とする教員2名はお互いに同時に授業で参列することはないものの、授業運営自体の会議には3名で顔を合わせ議論していた。理由は、複数教員による多角的な学習視点の提供（Smith, Hornsby, & Kite, 2000）などのTTのメリットを活かすためである。一方で、TTには、指導方法の違いから生じる対立というデメリットの可能性もあるが、お互いについて注意深く耳を傾けることが重要とされており（Shapiro & Dempsey, 2008）、本実践ではこの点に留意して取り組んだ。

本実践で設定した3つの目標を達成するためには、観察・実験などを豊富に取り組むことで、理科授業の質的向上が見込まれる。しかしながら、単に観察・実験などの種類や回数が豊富なだけや、知識伝達に特化した詰め込み型の授業はそぐわないと考えられる。Chang and Lee（2010）では、TTは、プロジェクト型の授業実践で有効な授業形態であることが示されていることから、このメリットを活かす授業デザインやプロジェクト型の観察・実験を取り入れる必要があるだろう。また、実際の授業にあたっては、学習する生徒の心理学的な要因としての学習動機づけの教育的意義が高まっていることを指摘しており（鹿毛, 2018）、実験や観察などが学習心理的な側面に対してどのように評価できるのかについての分析も、本実践の取り組みを評価する上では重要だろうと考えられる。動機づけについては、認知、感情、欲求、環境の四要因の有機的な相互作用によって創発され、維持されるダイナミックな心理的かつ社会文化的な営みとされている（鹿毛, 2018）。本稿では、学習に対する動機づけの要因となる四つ（認知、感情、欲求、環境）に注目した質問紙調査を実施し、本実践における総括的な生徒の実態の把握にも努めた。3章以降では、その結果について分析した。なお、本稿では、できるだけ客観性を担保するため、主に質問紙調査の結果を用いて本論を議論しているが、授業を担当した教員の実態的な考えも質的研究の側面から重要と考え、随時に記載している。

2-3. 本実践における理科2の授業概要

実践校は神奈川県にある私立大学に接続する共学の中学校（慶應義塾の一貫教育校）である。入学した生徒は多様で、接続する一貫教育の小学校から進学してきたものや、海外で過ごした経験のある帰国のもの、一般入学を経たものが在籍している。したがって、入学時の理科に関する知識や経験は多様である。実践校では、中学2年生の理科2分野の授業（理科2）は1週あたり2コマの授業である。授業は基本的に理科実験室で行った。生徒は、実験室の使用について他学年との兼ね合いを鑑み、1学期（4月から7月）は主に地学分野を実施し、2学期（9月から12月）は生物分野を実施した。3学期（1月から3月）は調査データのまとめや補習・発展を考え、地学分野と生物分野の両分野を行った。授業は、地学または生物を主に扱う

3つの実験室のうち1教室を適宜使用した。生徒が準備する持ち物は、教科書、プリント、ノートで、実習では白衣や保護メガネを持参させた。また、授業ごとに、授業内容に関するプリントを教員から生徒へ配布した。使用した教材は、東京書籍『探究する 新しい科学2』（教科書）と、浜島書店『最新 理科便覧 神奈川県版』（副読本）である。

授業は、1回の授業あたり2名の教員が担当するTTの形式で全6クラス（2年A組からF組、1クラスあたり35名程度の在籍）実施した。教員Aが6クラス12コマ（週2回、6クラス）、教員Bと教員Cが6クラス6コマ（週1回、6クラス）を担当した。これにより、週2回の授業のうち、1回は教員Aと教員BのTT、もう1回は教員Aと教員CのTTで実施した（教員BとCは授業時間で一緒になることはなかった）。

実際の授業では、テーマとして多様な観察・実験の実習を取り入れて、各々の生徒が持つ疑問をもとに、その解決に適した実験方法を選び出したり、探究の目的に合った実験方法を立案したり、現象を証明するために適した対照実験を各自で考え出したりなど、単に観察・実験を実施するのではなく、その意義や科学的に議論することの重要性を意識させるような言語活動を取り入れるように努めた。

授業では、学習活動のロードマップとして1枚ポートフォリオ（堀，2019）を取り入れた（One Page Portfolio；以下では「OPPシート」と称する）。ここでは、日々の学習の記録を単位ごとに適用した。OPPシートを授業後に書いて、次の授業時に提出することを毎授業の課題にした。また、観察・実験によっては、スケッチや実験報告書を課し、これを成績評価の対象物とした。なお、成績評価については1学期末と2学期末に試験を行い、試験の点数も考慮した総合的な評価を行った。

2-4. 年間指導計画と実施した観察・実験

実践校の年間指導計画の概要は、表4である。年間のうち前半で地学分野（単元3）、後半で生物分野（単元2）を設定した。年間の授業の回数は概ね54回だった。地学分野では主に気象に関する大気圏について取り扱った。生物分野では主に生物に関する仕組みと働きについて取り扱った。気象は年間を通じた自然現象としての色合いが強いことから、前半で学ぶことで、年間の気象や気候の変化に対する概念を構築するために、前半に地学分野を設定した。また、生物分野、地学分野それぞれの観察・実験を計画した実習は表5及び表6である。担当教員3名は、年度当初に話し合った段階でおよその観察・実験の案を計画した。また、観察・実験の案を学期ごとに見直し（追加、修正）をし、随時日程や授業スケジュールなどの調整を行った。話し合いの中では、実際に生徒に本物に触れてもらう機会を多く提供する方針が一致し、その結果、年間を通じて生物領域、地学領域ともに19回ずつ設定し、実施した（表1）。

生物分野では、中学1年生では主に植物の分類および動物の分類を学習した（表5）。生物の分類に関する記憶はやや薄れていたようだったが、生命の出現と合わせて学んだ際の記憶は比較的覚えているようだった（ただし、データ未取得）。2年生では植物と動物の生命現象に関する仕組みやはたらきを扱った。地学分野では、1年生で扱った地質・古生物・固体地球物

表4 実践校における2022年度年間指導計画の概要

単元	回	テーマ	内容
単元2	第1章	生物と細胞	生物のつくり、細胞、組織、器官
	第2章	動物のからだのつくりとはたらき	器官のはたらき、刺激と反応
	第3章	動物の分類	セキツイ動物と無セキツイ動物、分類の視点
単元3	第1章	気象観測と雲のでき方	気象観測、雲発生実験、雲の発生メカニズム
	第2章	前線とそのまわりの天気の変化	前線発生実験、低気圧の構造、天気変化の仕組み
	第3章	大気の動きと日本の天気	四季の天気の特徴、地上天気図の作成、雲の分類

理の分野とは違った時間・空間スケールを持つ気象とその変化、気象観測・実験が中心になるため、1年間を通じて、日本の四季・季節による季節の経時的な変化に焦点を当て、多くの気象現象に関するテーマを扱った（表6）。

担当教員3名の異なる専門性を活かし実習内容については一つひとつ精査した。実習内容は、実践校で過去に実施してきた実習プログラムを基にして、見直しを図ったり、新たに追加したりした。例えば、筋肉の電気刺激の実験（b15）は、ガルバーニのカエルを使った実験ではなく、生のホタテの貝柱を使うことにした。理由は、生徒の実態に則していないと判断したことや、筋組織の観察のしやすさ、入手の手軽さを総合的に考慮したためである。また、地学では解析の実習（g1, g3, g17）を取り入れた。データの取得をさせる実習ではなく、データを解釈させるための良質を選定できたのも複数の担当教員が目を通すことができたためと考えられる。このように、複数教員が関わることで、実習の意義についてより深く検討することができるため、実習内容の精緻化が行われたと考えられる。

また、生物分野、地学分野ともに教科書等多用しながら、観察・実験等の計画を立てたり、観察・実験を行い、学びを振り返るような主体的な学びや、結果の比較や考察の際には随時ディスカッションを行うような対話的な学びを多く活動として取り入れた。知りたいことの目的に合った実験はどのように行うか、この実験からは何がわかるのかなど、多様な考えからその妥当性を判断する学びは、単に観察・実験を行うだけにとどまらない現実に即したものに繋がりが、深い学びの実現に寄与しただろうと解釈できる。

3. 授業に関する質問紙調査の結果と考察

3-1. 学習に対する認知（印象、理解）に関する質問紙調査の結果と考察

1年間の最後の授業で、履修した生徒に対し、鹿毛（2018）で指摘された動機づけの四つの要因（認知、感情、欲求、環境）に注目した質問紙調査を Google Forms を用いて実施した。ここでは、学習に対する認知（印象、理解）に関しての結果と考察について、以下述べる。

図1は年間を通じて印象に残った実習について問うた結果である。生物分野では、b13（ス

表5 本実践で取り組んだ年間を通じた「生命」を柱とする領域に関する実習のまとめ。実習IDはb (biology; 生物) と番号で表している。形態は、生徒が主となり観察・実験を行う場合を「生徒」、教員が主となり教卓で生徒に内容を提示する演示実験のような実習の場合は「演示」とした。

ID	形態	「生命」を柱とする領域に関する実習	詳細
b1	生徒	生物顕微鏡の使い方に関する実験	生物顕微鏡の準備, 各名称, 操作方法, 仕組みの確認
b2	生徒	プレパラートの作成に関する実験	表皮細胞の観察 (タマネギ), プレパラートの作り方, カミソリ, ろ紙, ピンセットの使い方
b3	生徒	マイクロメータの使い方に関する実験	表皮細胞径の測定 (タマネギ), ピントの調整, 倍率の考え方, 接眼マイクロメータの仕組み
b4	生徒	植物の光合成の実験	光合成の条件制御 (オオカナダモの葉), 脱色処理, 光合成生産量の比較
b5	生徒	植物細胞の観察	植物細胞のつくりの確認, 染色方法, 植物細胞の大きさから成長の推定, スケッチの方法
b6	演示	植物の呼吸の実験	呼吸の仕組み, 生産物 (水滴, 二酸化炭素) の確認
b7	生徒	植物の葉の細胞の観察	葉の細胞 (オオカナダモ), 葉緑体, 原形質流動の観察
b8	生徒	気孔の観察	孔辺細胞のつくりの確認 (ツククサ), 孔辺細胞の大きさの測定
b9	生徒	消化酵素の実験	アミラーゼ, ペプシン, トリプシンのはたらきの確認, 最適温度の確認
b10	生徒	心臓の解剖	心臓 (2心房2心室) の解剖とつくりの確認 (トリハツ), 解剖バサミの使い方
b11	演示	臓器の観察	iPad アプリによる臓器の観察, 心臓, 肝臓, 肺, 気管, 脳の観察
b12	演示	動脈血と静脈血の観察	二酸化炭素の注入による血液の色変化の観察
b13	生徒	軟体動物の解剖	解剖 (スルメイカ), からだや内臓, 動物の体のつくりの観察
b14	生徒	脊椎動物 (魚類) の解剖	解剖 (マアジ), 脊椎動物のつくり, 外部形態, 内部形態, 消化器・消化管・脳・眼など確認
b15	生徒	筋肉の解剖と通電実験	筋肉の観察 (ホタテガイ), ガルバーニの模倣実験
b16	生徒	神経伝達速度の測定実験	手繋ぎによる神経伝達速度の見積もり
b17	生徒	骨と筋肉の解剖	ニワトリの手羽先のつくりと動きの確認 (*冬休み課題)
b18	生徒	錯視の実験	錯覚の原理, オリジナルのだまし絵の作成, クラス内発表
b19	生徒	皮膚の痛点密度の測定実験	手の皮膚の痛点・圧点・冷点・温点の密度測定

ルメイカの解剖), b15 (筋肉の通電運動), b14 (マアジの解剖) が相対的に高いことがうかがえた (図1a)。これらの授業は、生徒の活動時間の確保の観点から、特に解剖の授業 (b13, b14) では、授業時間での教員からの説明の時間を極力省略し、Google Classroom や動画コンテンツなどを用いて予習や事前準備をさせた上で授業に臨ませた。これらの実習の共通点は、すべて生徒が実際に手に触れて、体験的に学んだことである。これらの実習は、標準教科書に掲載されている観点で言えば、スルメイカの解剖以外は実施する必要はないが、ホタテの筋肉が電気的な信号で応答することや、アジの胃の内容物を実際に確認していることなど、触れることでしか得られない経験を含んでいたと考えられる。このような、実体験の豊富さが印象に

表6 本実践で取り組んだ年間を通じた「地球」を柱とする領域に関する実習のまとめ。実習IDはg (geoscience；地学)と番号で表している。形態は、生徒が主となり観察・実験を行う場合を「生徒」、教員が主となり教卓で生徒に内容を提示する演示実験のような実習の場合は「演示」とした。

ID	形態	「地球」を柱とする領域に関する実習	詳細
g1	生徒	大気気圧と気温の鉛直分布の解析	地球大気層構造の確認、気圧・気温の鉛直分布の解析
g2	生徒	校内の気象観測	気象観測の方法、観測機器の使い方の確認
g3	生徒	等圧線と風の関係性の解析	地上天気図の基本的な見方の確認
g4	演示	空気存在を確かめる実験	ビーチボールを用いた空気質量の測定
g5	生徒	面にはたらく力(圧力)の実験	スポンジを用いた乗せる重みによる凹み方の測定
g6	演示	大気圧に関する実験	ゴムシートを用いた大気圧の大きさの体感と推定
g7	生徒	ピーカー内の水の回転実験	圧力傾度によるお茶の葉の収束の確認
g8	生徒	露点の測定実験	ステンレスカップを用いた露点温度の測定、ICT活用
g9	演示	発泡スチロールの凹み方の変化の観察	スポンジを持ちた圧力の大きさの可視化と比較実験
g10	演示	断熱圧縮の実験	断熱圧縮器(ピストン)を用いた気体の温度変化の観察
g11	生徒	断熱膨張の実験	ペットボトル、炭酸キーパーを用いた気体の温度変化の観察
g12	生徒	強制対流の観察	対流による空気の流れの観察
g13	生徒	前線のモデル実験	冷たい空気と暖かい空気の境界での空気の動き方の確認
g14	生徒	地上気象観測データの解析	前線通過時の気象要素の変化の解析
g15	生徒	温帯低気圧のペーパークラフトの作成	温帯低気圧の立体構造の確認
g16	演示	大気循環モデルの実験	回転台と水槽を用いた偏西風波動のモデル実験の観察
g17	生徒	hodographの時間変化の解析	地上の1地点における1日の風向・風速の変化の確認
g18	生徒	地上天気図の実習	地上天気図の基本的な書き方の習得
g19	生徒	雲の図鑑リーフレットの作成	年間を通じて撮り貯めた雲の写真の整理、ICT活用

残った原因であろう。

また、演示実験 (b6, b11) について、b11 (臓器の観察) は50%程度の得票があった (図1 a)。演示という特性上、直接生徒が解剖するほど触れ合う時間が少ないものの、本物の臓器に実際に手で触れさせた。本物を見たり触ったりすることは、紙面や画面では得難いリアルな学びがあったものと考えられる。しかしながら、b6 (植物の呼吸の実験) は10%以下と少なかった。b6 (植物の呼吸の実験) は、事前に教員がコマツナをビニル袋に密閉し、暗室で1日以上放置した。その結果であるビニル袋を生徒に授業中に提示し、中に水滴が溜まっていることを確認させた内容である。本来は、暗室に放置させることや袋を密閉することなど、操作一つ一つに重要な意味合いがあるが、教員が実施し生徒はその活動を省き、結果のみ提示していた。この例は実際に生徒に触れた機会が乏しいことが顕著で、印象に残らなかったのではないか。

次に、地学分野では、g11 (断熱膨張の実験)、g19 (雲の図鑑リーフレットづくり)、g2 (校内の気象観測) が相対的に高かった (図1 b)。ただし、生物分野と比べると際立って高い回

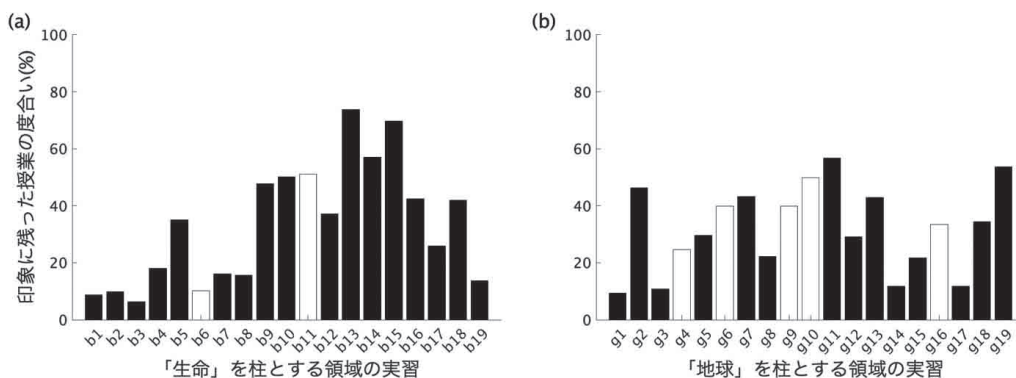


図1 質問「生物・地学それぞれの授業で印象に残った・面白かった・実験や実習は何ですか？（特に印象的なものを6つを挙げてください）」についての結果（IDは表5、6を参照）。ヒストグラムの色は、黒色が生徒による観察・実験で、白色は教員が教卓から実物を見せる演示実験や観察である。それぞれのバーの分母は生徒数である。生徒数は208名、本アンケートの有効回答数は207、有効回答率は99.5%だった。

答を得られたわけではない。g11は水蒸気で満たしたペットボトルを炭酸キーパーで空気を入れて、蓋を解放することで断熱膨張を一気に促す実験で、実際にボトル内で凝結が見られる。対流雲の形成の仕組みの説明において、断熱膨張による温度変化で凝結することの理解は、概念理解の段階が複数あり、理解形成が難しいとされがちな内容で、この実験は教育現場では頻繁に行われている。g19は生徒が毎月1枚以上撮りためた雲の写真を使い、雲の図鑑をクラス単位で作成させたプロジェクト型の内容だった。雲の図鑑を作る上では、雲の判定や気象条件や雲の特性、構造の把握といった科学的理解の構築に加え、図鑑そのものの内容をどうクラス全体で構築していくかを議論させた。

図2は、年間を通じて学習の理解に繋がったと考えられる実習についての結果である。生物分野では、b15（筋肉の通電運動）、b13（スルメイカの解剖）、b14（マアジの解剖）が高かった。これは、先ほどの上位3つと同じものが選ばれていた。上位3つについての回答を考えると、授業の印象深さと理解がリンクしていたことが伺える。一方で、b1（生物顕微鏡の使い方に関する実験）、b2（プレパラートの作成に関する実験）、b3（マイクロメータの使い方に関する実験）は印象が下位3つを占めていたが、理解の観点では下位3つではなかった。これは、実験を実施する上での技能の獲得を主眼にした内容であった。言い換えると、授業の印象は高くはなかったが、理解の基礎には繋がったと解釈できるのではないだろうか。3学期の最後の授業でアンケートを実施したこともあり、その後の授業での有用性を感じた結果の可能性もあるだろう。

地学分野では、g10（断熱圧縮した時の空気の変化）、g13（前線のモデル実験）、g18（地上天気図の作成）が高かった（図2）。これは、先ほどの印象についての結果の上位3つとは異なる結果だった。前線のモデル実験は、温度の異なる空気塊をぶつけることでどのように進む

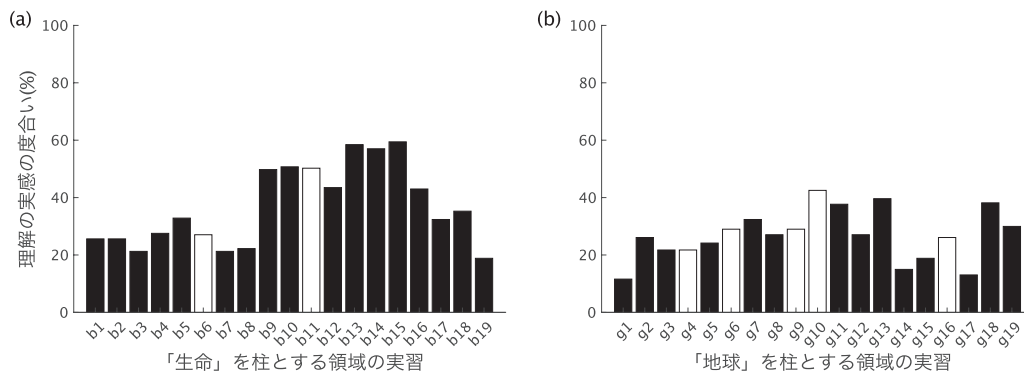


図2 質問「どの実習があなたの学習内容の理解に繋がったと思いますか？（複数回答可能です）」についての結果。なお、回答数の制約を設けなかった。IDやヒストグラムの色は図1と同様である（IDは表5、6を参照）。それぞれのバーの分母は生徒数である。生徒数は208名、本アンケートの有効回答数は207、有効回答率は99.5%だった。

かを観察したものである。地上天気図の作成は、NHK ラジオ第2放送の音源から実際の地上天気図を書いたものである。つまり、g13とg18は、実際の現象を生徒自らが体験した内容である。ただし、g10（断熱圧縮した時の空気の変化）については、教員が主導して行う演示実験であったものの、学習内容の理解に繋がったと考える生徒が多かった。学習指導要領の扱いにおいて、断熱変化は、中学校では雲の発生の具体例に紐づけた定性的な扱いがあるものの、物理的な現象としての理解を促すものにはなりきれていない。本実験は、学習者と学習内容の理解を結ぶ橋渡しのような役割があったと考えられる。一方で、g1（大気気圧と気温の鉛直分布の解析）、g3（等圧線と風の関係性の解析）、g14（地上気象観測データの解析）は特に低い傾向が見られた。これらの共通点は、教員側がデータをすでに用意したものをグラフ化させたりする作業に特化した解析型の実習であった。使用したデータは科学的に保証されたものだが、生徒が直接収集していないため、実感の伴いにくさがあったのではないかと考えられる。

3-2. 学習に対する欲求（モチベーション）に関する質問紙調査の結果と考察

図3は年間を通じて学習の欲求（モチベーション）に繋がったと考えられる実習について問うた結果である。鹿毛（2018）によると、欲求とは、人を行動に駆り立ててその行動を方向づける働きを持つ心理的エネルギーを意味する構成概念と説明されている。本実践での質問紙調査では、「特にどの実習があなたのモチベーションに繋がったと思いますか？（複数回答可能です）」とした。学習のモチベーションとは動機であり、学習に対する否定的な感情、学習への方向づけなどを肯定的な学習態度、自己効力に変更するものであると考えられる（McCombs, 1988）ことから、理科の授業においても非常に重要な観点だと考えられる。

生物分野では、b13（スルメイカの解剖）、b15（筋肉の通電運動）、b14（マアジの解剖）が高かった（図3 a）。この結果についても、学習の理解を質問したアンケート結果の上位3つと

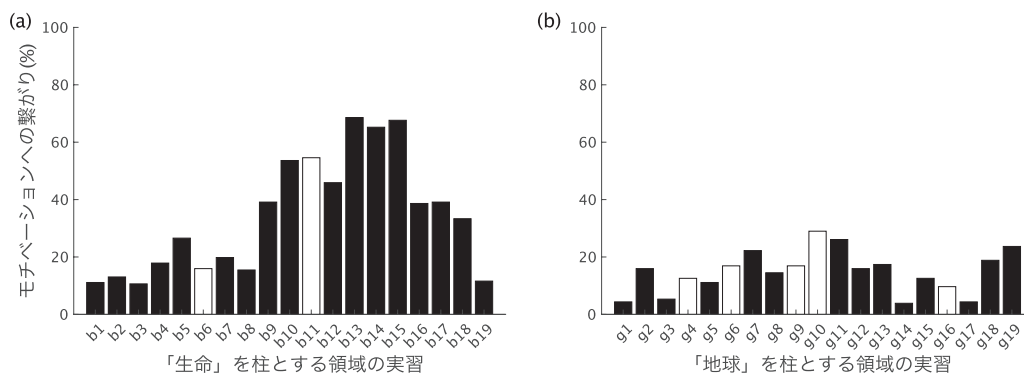


図3 質問「特にどの実習があなたのモチベーションに繋がったと思いますか？(複数回答可能です)」についての結果。なお、回答数の制約を設けなかった。IDやヒストグラムの色は図1と同様である。それぞれのバーの分母は生徒数である。生徒数は208名、本アンケートの有効回答数は207、有効回答率は99.5%だった。

同じだった。一方で、b1(生物顕微鏡の使い方に関する実験)、b2(プレパラートの作成に関する実験)、b3(マイクロメータの使い方に関する実験)についても、モチベーションとしては下位3つであることも同じ結果だった。スルメイカ(無脊椎動物・軟体動物・頭足類)およびマアジ(脊椎動物・魚類)の解剖は、知識のみではなく、解剖を体験することを重要視したため実施した。生物種が変わると解剖の難易度が上がるため、解剖の回数を重ねる毎に、少しずつ慣れて手際よくできるようになったように見受けられた。

一方、地学分野では、g10(断熱圧縮した時の空気の変化)、g11(膨張させた時の空気の変化)、g19(雲の図鑑リーフレット作成)が高かった(図3b)。先の質問も含めて、一貫して断熱圧縮した時の空気の変化についての授業は、印象、理解、モチベーション共に高水準であったと考えられる。また、膨張させたときの空気の変化は、ペットボトルと炭酸キーパーを用いた実験で、断熱膨張により雲の発生を説明するために実施したものである。作業時間としては10分程度の実験ではあるが、g10と抱き合わせで行った実験であり、生徒にとっては学習のつながりが見えて、モチベーションにつながったのではないだろうか。つまり、g13とg18は、実際の現象を生徒自らが体験した内容である。ただし、g10(断熱圧縮した時の空気の変化)については、教員が主導して行う演示実験だったものの、学習内容の理解に繋がったと考える生徒が多かった。学習指導要領では、断熱変化は雲の発生の具体例に紐づけて中学校で定性的な扱いがあるものの、物理的な現象としての理解を促すものとはされていない。本実験は、学習者と学習内容の理解を結ぶ橋渡しのような役割があったと考えられる。g19(雲の図鑑リーフレット作成)については、プロジェクト型の取り組みの一環であった。毎月課題として生徒に雲の写真を1年間継続的に撮影させGoogle Formsで提出させた。雲の写真を使って、生徒のPCで雲の図鑑のリーフレットを作成させた。リーフレットの作成にあたっては、教員は、授業での作業時間は3時間で、A3サイズ1枚のリーフレットをクラスで1枚完成させること

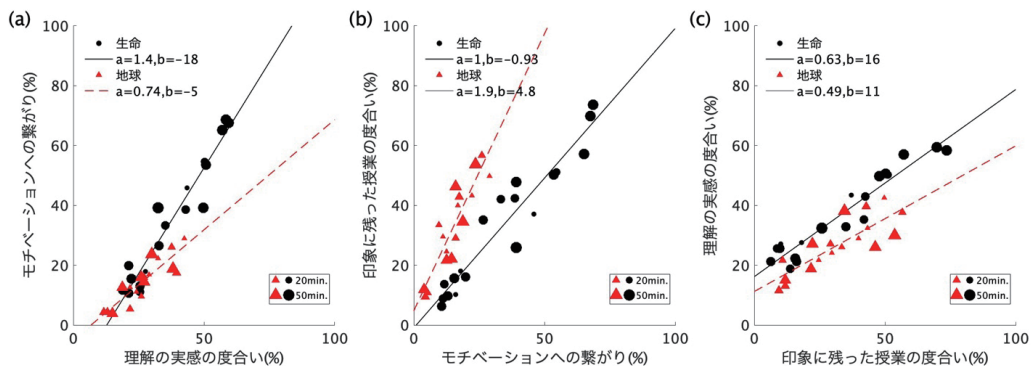


図4 図1から3の変数（印象の度合い，理解の実感，モチベーションへの繋がり）の関係性を表したものである。丸点は生物，三角点は地学の実習を示している。グラフ上のa, bはそれぞれ線形近似における傾きと切片である。近似は最小二乗法による線形近似である。また，それぞれの点の大きさは，各実習で生徒の授業時間に対する生徒の活動時間の割合を意味しており，点の大きいほど授業時間で実習時間をより確保していたことを意味する（四角内は点の大きさの凡例を示している）。

のみを生徒に提示し，どのように活動を進めていくか，役割分担はどうするかなどは，クラスによって話し合わせた。この間，教員2名は机間巡視しながら，作業が止まっている生徒や悩んでいる生徒に支援をした。生徒が自ら取り組んだ割合の高い授業だったため，プロジェクトを進める上で，その内容の理解につながったと考えられる。

図4は，図1から図3のデータを用いて，印象の度合い，理解の実感，モチベーションへの繋がりの変数のそれぞれの関係性を表したものである。それぞれ図の近似は最小二乗法を用いて線形近似した。点の大きさは，実習で生徒が実際に活動した時間を表しており，大きいと授業時間に対して生徒の活動時間の割合が大きいことを意味している。

図4aから図4cのいずれにおいても，各変数（印象の度合い，理解の実感，モチベーションへの繋がり）の関係性は正の相関を持つことがわかった。また，点の分布から，授業でかけた時間の長さは，それぞれの要素（印象の度合い，理解の実感，モチベーションへの繋がり）の大小にあまり影響がないことも示唆された。

3-3. 学習に対する感情に関する質問紙調査の結果と考察

図4は学習に対する感情および学習環境に関しての質問紙調査の結果である。学習の動機づけに対して，快・不快あるいは覚醒の度合いといった感情の要因が関係していると指摘されている（e.g. 鹿毛，2018）。本実践の質問紙調査では，感情の種類を差別化することは容易ではないと判断したが，実習中に感情に対して揺さぶりがあったかどうかについては質問した（図5a）。その結果，9割以上の生徒が感情に揺さぶりがあったと回答していた。つまり，たとえば，面白い，つまらない，気持ち悪いなど，どのような感情かはわからないものの，実習題材と感情の揺さぶりは9割以上の生徒が経験していたことがわかった。

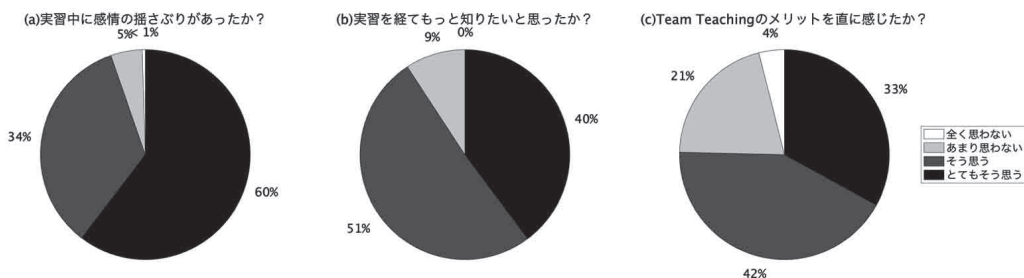


図5 それぞれの質問 (a), (b), (c) に対して四件法で得られた解答の結果。生徒数は208名, 有効回答数は207, 有効回答率は99.5%だった。

加えて、「実習を経てもっと知りたいという気持ちがわいたか」についても四件法で質問した(図5b)。この質問は、実習を経た学習の意欲としての感情について問うた。その結果、とてもそう思うは40%、そう思うも半数程度の生徒が回答していた。つまり、実習内容に対して、9割以上の生徒が、ポジティブな感情を抱いていたことがわかった。

3-4. 学習に対する環境に関する質問紙調査の結果と考察

最後に、学習環境に関する質問紙調査の結果を分析する。本授業実践は、少人数教育の一環で取り組まれたプロジェクトであったが、クラスの人数を減らすような分割授業ではなく、教員3名によるTTにより進められた(2-3授業の概要参照)。質問紙調査で「チーム・ティーチングのメリットを直に感じたか」という質問に対して、33%の生徒がとてもそう思う、また42%の生徒がそう思うと回答し、全体で75%の生徒がTTを肯定的に捉えていた(図5(C)参照)。その理由として挙げられるのが、安心して学習に取り組める環境作りにTTが貢献している点であった。アンケートの回答からは、複数の教員がいることで、授業中、質問がしやすくなったこと、特に実験時に分からないことを聞きやすく、安心して実験に取り組みやすかったことを挙げていた。また、授業中の私語が少なく緊張感をもって授業に取り組みやすかったこと、授業担当の教員が交代するために、新鮮に学ぶことができたこと、課題やレポートの採点や返却が早くなり、内容について詳しくみてもらえたことなど、意欲的に学習に取り組む上での環境作りにTTが効果的であったことが読み取れた。また、それぞれ専門性の異なる教員が、自身の専門の授業内容を受け持つことから、より深い部分まで学ぶことができた、複数の教員の視点から授業が進められることで多様な考え方を得ることができたといった回答からは、生徒自身の学習理解の深まりや、新たな視点の獲得にも寄与していることが示唆され、先行研究が示していた内容とほとんど合致した結果を得たと考えられる。

一方で、TTのメリットが感じられなかった生徒(全体の25%)の考えとして、一人の教員のみ授業を進め、もう一方の教員が直接的に授業に参加せず、課題採点などを行っている場合など、教員の授業参加への度合いで評価している傾向が見られた。また、TTを行う中で、教員間で説明に一貫性がない場合があったことを指摘していた。生徒にとってはTTの形態自体

を意識して授業に臨んでいたわけではなく、環境の充実化として捉えていたようであった。

教員の立場から見た TT のメリットとしては、生徒による授業への取り組み方の把握や、実験実施時の安全確保を複数教員で行えたことが挙げられ、1年間で怪我や事故もなく終わることができたことと言える。また、生徒の個別の質問への対応や、授業時間中に出た質問について、授業時間内に調べ回答できるなど、教員間の連携の上で授業時間をより効果的な学びの場とし得たことも特筆すべきことだろう。一方で、TT の課題としては、先行研究でも指摘された通り、それぞれの教員の視点で授業内容を評価した上で、密にコミュニケーションを取り、それぞれの役割分担や、効果的な授業計画を立てる必要がある。

4. 本実践のまとめ

本実践では、理科授業で TT を活用することで、専門の異なる複数の教員がカリキュラムの充実化の観点から多様な観察・実験を豊富に取り入れることができた。質問紙調査の結果から、特に生徒が自ら作業したりする実習は、認知（印象や理解）や欲求（モチベーション）の高まりに与える学習効果が大きいことがわかった。また、実施した実習によっては、学習者である生徒の感情に対する影響があったことも示唆された。本実践で取り組んだ TT は、先行研究に示されていたメリットが発揮され、授業や実習の豊富さや授業時の細やかな指導につながっていたことが、質問紙調査の結果からもわかった。本実践での多様な実験・観察や TT の取り組みは、生徒の学習の動機づけに寄与していることが示唆された。

理科教員の役割は、学習指導要領の趣旨を解釈し方向性を包括しながら、自然科学が蓄積してきた知を、生徒や学校等の実態を踏まえて授業を考案していくことと考えられる。時代に合わせながら理科の実践的なカリキュラムを充実化するには、観察・実験などの不断の見直しを図ることや、内容の精緻化、少人数教育などの学習環境の整備等に取り組むことは重要であると考えられる。これらの取り組みは、充実した学習環境の整備や生徒の学習動機づけへのはたらきかに繋がると考えられる。

謝辞

本論文は、2022 年度に慶應義塾湘南藤沢中等部 33 期生と共に築き上げた授業の実践報告である。実際の授業では気概を持って取り組んでいた。特に実習では、現場では生徒の学びの意欲をひしひしと感じた。授業においては理科助手をはじめ様々な方に多大な協力をいただいた。また、本論文の執筆にあたり、東洋大学文学部の鈴木一成教授、慶應義塾湘南藤沢中等部・高等部国語科の堺雄輝教諭、英語科の吉川尚志教諭にもご校閲していただいた。関係者の皆様に感謝申し上げる。

引用文献

- 上淵寿・大芦治 (2019) 『新動機づけ研究の最前線』北大路書房.
- 鹿毛雅治 (2018) 「学習動機づけの研究の動向と展望」『教育心理学年報』57 (0), 155-170.
- 国立教育政策研究所 (2021) 『TIMSS2019 算数・数学教育／理科教育の国際比較』明石書店.
- 鈴木一成 (2019) 「学習指導要領における理科授業をデザインする枠組みについての一考察」『東洋大学紀要』第72集, 59-67.
- 竹田大樹・鈴木一成 (2021) 「主体的・対話的で深い学びの精緻化にむけた実践的研究—教師による生徒の話し合い活動への支援の視点について—」『理科教育学研究』61 (3), 457-466.
- 長谷川直紀, 吉田裕, 関根幸子, 田代直幸, 五島政一, 稲田結美, & 小林辰至 (2013) 「小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化とその探究的特徴—プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて—」『理科教育学研究』54 (2), 225-247.
- 原田勇希・草場実 (2021) 「観察・実験に対する興味と自己効力感が学習方略の使用傾向に及ぼす相乗効果—期待×価値理論に基づく交互作用に着目して—」『理科教育学研究』62 (1), 309-321.
- 堀哲夫 (2019) 『一枚ポートフォリオ評価 OPPA：一枚の用紙の可能性』東洋館出版社.
- 文部科学省 (2017) 「中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_005.pdf (accessed 2022.01.27)
- 国立教育政策研究所 (2019) 「国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2019) のポイント」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/timss/2019/point.pdf> (accessed 2023.06.23)
- 山内慎也, 郡司賀透, 飯田寛志, & 後藤顕一 (2022) 「中学校理科の考察における科学的な表現の育成に関する一考察—相互評価活動下において考察記述の定型化指導を組み込む学習活動を通して—」『理科教育学研究』63 (2), 399-414.
- 山田健人, 本田勇輝, 木原義季, 河本康介, & 山田貴之 (2022) 「中学校理科の観察・実験等における「問い」の分類とその特徴—Y社の2011年と2020年の検定済教科書を比較して—」『理科教育学研究』63 (1), 189-204.
- Chang, L. C., & Lee, G. C. (2010). A team-teaching model for practicing project-based learning in high school: Collaboration between computer and subject teachers. *Computers & Education*, 55 (3), 961-969.
- Cook, L., & Friend, M. (1995). Co-teaching: Guidelines for creating effective practices. *Focus on exceptional children*, 28.
- Eick, C., & Dias, M. (2005). Building the authority of experience in communities of practice: The development of preservice teachers' practical knowledge through

coteaching in inquiry classrooms. *Science Education*, 89 (3), 470–491.

McCombs, B. L. (1988). Motivational skills training: Combining metacognitive, cognitive, and affective learning strategies. In *Learning and study strategies* (pp. 141–169). Academic Press.

Sandholtz, J. H. (2000). Interdisciplinary team teaching as a form of professional development. *Teacher Education Quarterly*, 39–54.

Shapiro, E. J., & Dempsey, C. J. (2008). Conflict resolution in team teaching: A case study in interdisciplinary teaching. *College teaching*, 56 (3), 157–162.

Smith, B. N., Hornsby, J. S., & Kite, M. (2000). BROADENING THE BUSINESS CURRICULUM VIA A CROSS-DISCIPLINARY APPROACH... *Education*, 120 (4).

Winitzky, N., Sheridan, S., Crow, N., Welch, M., & Kennedy, C. (1995). Interdisciplinary collaboration: Variations on a theme. *Journal of Teacher Education*, 46 (2), 109–119.