

1. 研究の背景および目的

〈研究の背景〉

学習指導要領[1]によると、高等学校における理科の目標は以下のように示されている。

自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・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。

- (1) 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、実験などに関する技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- (3) 自然の事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

これらはそれぞれ、「知識及び技能」(1)、「思考力、判断力、表現力等」(2)、「学びに向かう力、人間性等」(3)に対応し、その目標を簡潔に示しているものである。

また学習指導要領解説（理科）[2]には、

目標（1）は、育成を目指す資質・能力のうち、知識及び技能を示したものである。知識及び技能を育成するに当たっては、自然の事物・現象についての観察、実験などを行うことを通して、自然の事物・現象に対する概念や原理・法則の理解を図るとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けることが重要である。その際、日常生活や社会との関わりの中で、科学を学ぶ楽しさや有用性を実感しながら、生徒が自らの力で知識を獲得し、理解を深めて体系化していくようにすることが大切である。また、観察、実験などに関する技能については、探究の過程を通して身に付けるようにすることが大切である。

目標（2）は、育成を目指す資質・能力のうち、思考力、判断力、表現力等を示したものである。思考力、判断力、表現力等を育成するに当たっては、自然の事物・現象の中に問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である。特に、探究の過程を通して探究の方法を習得させ、科学的に探究する力の育成を図るようにすることが大切である。

目標（3）は、育成を目指す資質・能力のうち、学びに向かう力、人間性等を示したものである。学びに向かう力、人間性等を育成するに当たっては、生徒の学習意欲を喚起し、生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、主体的に探究しようとする態度を育てることが重要である。これらの態度を養うことは、変化の激しい社会の中で生涯にわたって主体的、創造的に生きていくために大切であり、「生きる力」の育成につながるものである。

と示されているように、「観察や実験の中から」概念や原理・原則を理解させる／思考力・表現力を「探究的に」学ばせるとなっている一方で、「生徒の学習意欲を喚起し、主体的に探究しようとする態度」を育てることも同時に求められている。

山崎ら[3][4]が2006年および2009年に関東および関西の大学新入生（2006年が約2,500名、2009年が約3,800名）を対象に当時の物理Ⅰおよび物理Ⅱの検定教科書に掲載されている実験の実施状況を調査したところ、1度も生徒実験を体験していない生徒が約20%程度おり、生徒実験の経験が1～5回、6～10回の経験と解答した生徒が合計60%ほど、15回以上経験している生徒が計20%ほどいること、演示実験も同様の傾向が見られることが報告された。生徒実験および演示実験について、数多く実施している学校とそうでない学校との間に大きな差があることを指摘している。また、論文でも触れられているが「平成20年度 高等学校理科教員実態調査」[5]によると、教員が実験を行っていない要因として回答が多いものとして① 授業時間の不足、②

大学入試の対応、③ 設備備品の不足、④ 準備片付けの時間不足の4つが挙げられている。この問題は教員不足が叫ばれている現在、より顕著になっていると予想される。また、特に文系に力を入れている学校の多くでは①③④の問題はより根深く残っているであろう。本校でも文系科目での受験が主力となり、理系生徒の「理系科目を使っ」ての受験数は非常に少なく、大学入試の対応はそこまで負担ではないが、実験助手が在籍しておらず「予備実験から器具調整（試薬調整）、準備、授業、片付け」までを担当教員が1人で全て行っており、担当する全てのクラスで安定的に実験を行うには、かなりの負担を強いている現状である。これは一部の教員の意識や熱意だけでなんとかかなるような問題ではないように思えてならない。

以上のように実験等に対する課題がある中、私は根本に「学習意欲」があつての「実験による探究的な学習」と考える。学習指導要領の中でも触れられているが、日本の子どもたちの現状として、理科（科学）の学力面では OECD 各国の中でも平均点はトップクラスにある一方で、「理科への興味・関心」は他国よりもかなり低く、中学校段階の生徒ではより顕著である。また、本校生徒たちの特徴でもあるのだが、「論理的な思考」を苦手とし、「なぜ、そうなるのか」ではなく、物理の学習＝「解法の暗記作業」となっている生徒が非常に多い。それゆえ、少し設問の内容が変わったり、数値が変わってしまったりすると途端に対応できず、「物理嫌い」を生む負のスパイラルに感じている。これは高等学校の現場での指導の課題である一方で、小学校・中学校の義務教育との縦のつながりも意識しながら進めていくことが必要であり、義務教育現場とのつながり（中高連携）も進めていく必要があるだろう。

以上の問題意識から、私は本校の理科授業の「近々の」課題として、

- | |
|--|
| ① 生徒の学習意欲を刺激することを目指す授業展開の工夫および支援
② 生徒の論理的な思考の育成を支援する学習活動の導入 |
|--|

の2点を設定した。まず、私が担当する物理で試行し、徐々に理科の他科目へと広げていく計画とした。課題へのアプローチの詳細については次節以降で触れることとする。

〈研究の目的〉

上記の問題意識から、本校含め生徒たちが苦手意識を持ちやすい「物理基礎」の科目で〈課題①〉を解決する取り組みとして

- (1) 生徒の学習意欲を刺激するような授業導入部分の開発を行う
 - (2) 実際に(1)を実施した上での生徒の動機づけの変化を見取ることによってその効果を評価する
- の2点を設定し、実践を行うこととした。

2. 本研究の基礎となる理論について

本研究では、生徒の動機づけを促す授業改善の手法の1つとして Instructional Design（以下 ID）[6][7]に取り組んでいる。IDとは、「教育の場などで、学習者の自由度を保ったままで高い学習効果が生じることを意図して、具体的な計画を立てること」である。IDでは目的に応じたさまざまなモデルがアメリカを中心に提案されており、その中から適切なモデルを選択し、進めていくことが必要である。本研究では、IDモデルとして、「授業への動機づけ」を高める効果がアメリカや日本で一定数報告されている「Merrill の ID 第一原理」と「ADDIE モデル」を用いている。

「Merrill の ID 第一原理」は、M. David Merrill がさまざまな ID 理論やモデルを分析し、その共通点について以下の5つの要素をまとめたものである。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">● 現実に起こりそうな課題であるか（①現実世界の課題）● 既存知識を関連付ける授業であるか（②活性化）● 新しい学びを単に情報として「伝える」のではなく「例示」があるか（③例示）● 応用する機会が与えられるか（④応用）● 新しい知識・スキルを日常生活に統合する機会が与えられるか（⑤統合） |
|--|

図1 Merrill の ID 第一原理（鈴木(2015)「研修設計マニュアル」 北大路書房）

①「現実世界の課題」は、よりリアリティのある事例や課題に挑戦させる、ということである。生徒の実態や現実とあまりにかけ離れた課題を与えても、生徒は興味をそそられずに終わってしまう。「なぜ、この課題をやるのだろうか?」とならないように、生徒自らが解決したくなる課題を設定できるかが重要である。

②「活性化」は、①で提示した「課題」に対して生徒が自分の過去の経験や学習で得た知識を用いたり、関連付けたりすることができるような「課題」であるか、ということである。例えば、提示された課題に対して、グループワークで自分たちなりに考えさせるといった活動が挙げられる。最初から正解を示すのではなく、まずは考えさせることで、今までの知識や経験では解決できない、つまり新たな知識やスキルを身に着ける必要がある、と気づかせるのがポイントである。

③「例示」は、一般的な授業では新しく学ぶことを講義形式で情報として「伝える」ことが多いと思われる。それが「Tell me」であれば、ID 第一原理では「Show me」、つまり「例示」が重要だとされる。先ほどの事例で言うと、②で十分な議論がなされたところで、不明点や疑問点を生徒からの質問として拾い上げ、教員が具体的に回答していくのが「例示」にあたる。

④「応用」は、③で例示したことを参加者がやってみる「Let me」の機会を提示することである。③で見せたものとは別の事例を用意し、同様に議論させ、応用力をつけていく場面を想定する。あくまで、身につくまでの反復練習の機会であり、失敗できる安心な環境を作ること、適切なフィードバックとコーチングで支援していくことが教員には求められる。

⑤「統合」は、④までで学んだ新しい知識やスキルを他の同様の課題（例えば、同じ解法を取る別領域の課題など）の中に統合（転移）することを推奨するのが⑤である。③で例示された課題や、④で練習した課題を基に、別分野での課題に取り組ませるといった活動が「統合」にあたる（これは必ずしも同じ時間内では行われない場合もある）。

まとめると、「課題設定が非常に重要である」と言える。当たり前のことであるかもしれないが、生徒は座学で学ぶよりも活動で学ぶ方が「楽しい、おもしろい」。しかしながら、課題が「生徒にとって学びになるもの」でなければ、ただ、楽しかった、おもしろかった、となってしまう、学習ではない。そのため、Merrill も課題を中心に据えた図（図 2）を用いて、この第一原理を説明しているようである。

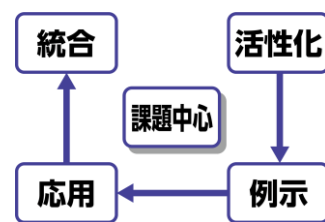


図 2 ID 第一原理

「ADDIE モデル」は、「Plan（計画）」「Do（実行）」「Check（評価）」「Action（改善）」の 4 つのサイクルを回しながら経営改善を進めていく考え方である PDCA サイクルを ID に当てはめてモデル化したもので、ID の最も基本的なプロセスモデルといえる。分析(Analysis)・設計 (Design)・開発 (Development)・実施 (Implement)・評価 (Evaluate) の頭文字を取ったものである（図 3）。まずは達成したい学習目標が何なのかを分析し、分析に沿って設計を行い、設計したものを開発、実施、そして当初定めた学習目標に対して評価をし、次の打ち手を考えていくという流れとなる。

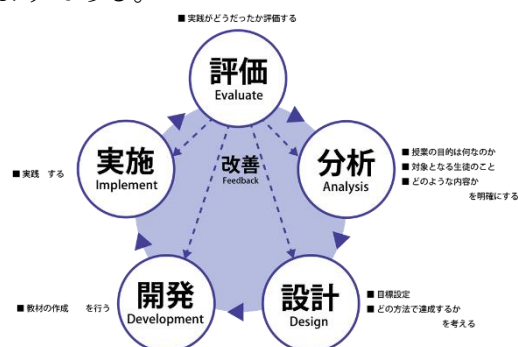


図 3 ADDIE モデル

本研究では、全体のプロセスモデルとして、「ADDIE モデル」を活用し、授業の流れを構成するモデルとして、「ID 第一原理」を用いている。後ほど、それぞれのプロセスについては触れることとしたい。

またここで、日本と英国の教科書での導入部分の違いについて触れておきたい。現在、本校で用いている「物理基礎」の教科書[8]では、「力学」分野の導入として、「移動手段の発達」と関連付けた説明がなされている（図 4）。具体的には、物理基礎で学ぶ「運動」や「エネルギー」の理論が今日の「交通手段の発達」と関係が深く、馬車

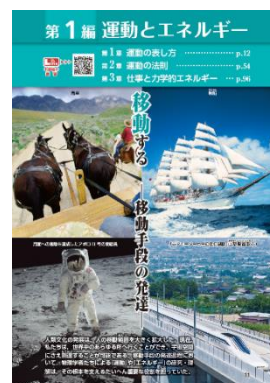


図 4 日本の教科書（扉）

移動だったものが船や鉄道、飛行機、スペースシャトル等が開発され、移動時間の短縮や移動距離の拡大に大いに貢献した、といった説明がされる。しかし、そこから大きく（導入と理論の）関連付けが行われずに授業が進んでいく印象であり、工夫は教員レベルに任されている（指導書等にも関連付けの言及はない）。私は単元全体の導入として、産業発展の歴史と力学発展の科学史について比較しつつ、「産業の発展＝科学技術の発展」という視点を意識した授業を設定し実施しているが、これも生徒の興味・関心を引いているのか、と言われれば今ひとつ、な印象である。その原因の1つとして生徒のニーズと教員が提供しているものに乖離があると私は考えている。生徒は「なぜ学ぶのか」を重視しており、「自分に関連のある科目だけ」学びたいと考えているが、教員は学問そのものだけでなく、「考え方」等にも価値がある、と考えているためである。

一方、先進的なカリキュラムの1つとして、英国の教科書「A Level Advancing Physics」(以下、アドバンスング物理) [9]を検討した。アドバンスング物理は1990年代後半、英国物理学会 (Institute of Physics: 以下 IOP) により開発され、2000年より実施されている、従来の知識偏重型のカリキュラムから現代的に刷新された例として、世界的に注目されているカリキュラムであり、本研究で参照したものは2015年より使用されている第3版である。英国において、大学進学を希望する生徒は、16歳で GCSE (General Certificate of Secondary Education) [10]という11年間の義務教育の修了試験を受けた後、2年間の“A レベル”と呼ばれる課程(日本の高校2・3年生に対応)へ進学することになる。現在のAレベルは、第1学年としてAS (Advanced Subsidiary) で4・5科目選択、第2学年としてA2で3科目選択であり、1年ごとに内容が完結する2つのコースに2000年より変更されている。この変更は生徒に幅広い履修の可能性を提供することが目的のひとつであるため、新設される各科目の、特にASコースには、将来その分野を必要としない生徒にも魅力的で豊かな内容を持ち、しかも1年で完結する構成が求められることとなった。

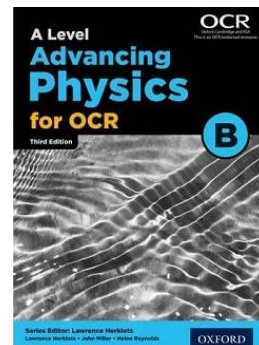


図5 アドバンスング物理

また、1980年代以降、英国ではAレベル進学率が著しく増加したが、物理を選択する生徒数は激減し、90年代後半ではピーク時の6割弱にまで減少した。これは、より幅広い科目選択を志向する生徒の増加に伴い、数学の同時履修が事実上の条件となる物理履修が敬遠されたことや、物理が最も難しいものと生徒に見なされているということが原因として考えられている。特に、女子生徒の履修者数は男子生徒の1/4以下にまで減少していた。さらに、英国では、1960年代に開発された「ナフィールド物理」という、当時の物理を反映させ、物理教育の現代化を行った、当時としては画期的な物理コースが長年にわたって用いられてきた。生徒実験や探究学習を重視するこのコースの傾向は、ナショナルカリキュラムやGCSE試験制度にも影響を与えている。しかし、このコース開発以後の30年間の物理学自身の変化(物理の前線の広がりや、物性物理学の進展など)を組み込む根本的な検討はなされておらず、学校の物理と現場の物理との間に乖離が生じていた。

このような背景を問題意識として、IOPは約2億円を投入し、その主導による新しい物理コースの開発に着手した。開発にあたりIOPが掲げた第1の目標は、政府のAレベル改革に対応して、単に新しい物理コースを作るだけではなく、そのカリキュラム開発全体を通して、物理関係者全体の中に、高校物理カリキュラムの開発方法についてのコンセンサスを作り、次の世代にとって望ましい物理を“常に”見出していくこと、そしてそれを関係する教育行政や資格カリキュラム認定当局(Qualifications and Curriculum Authority: QCA)等に提示し続け、英国全体の教育に影響を与えていくという意識を確立することであった。

その上でIOPは、全ての物理コースが今日的で、生徒にとって刺激的かつ魅力的であり続けることを支持すること、さらには開発に参加した物理教員のコミュニティーを作り、様々な面で支援していくことを示した。これらのIOPのねらいに従い、以下のような具体的な開発方針が設定された。

1. 内容やアプローチの方法が現代的であること。宇宙論、量子力学、素粒子論、物性物理学などの発展も扱う。
2. 興味関心や到達度など、多様な生徒にとって魅力的で、彼らが受け入れることができること。特に女子生徒の関心を考慮

すること。

3. 現代社会の中で使われている物理の姿を示し、歴史的、文化的等様々な文脈の中で物理を学ばせること。
4. 生徒自身の興味を発展させる機会（探究的な活動など）が与えられ、生徒が熱中したことが報われること。
5. 重要な数学的方法の使用や理解は、このコースの中で支援すること。
6. 情報技術（IT）などの進歩を踏まえた教材・生徒活動の現代化を行うこと。
7. 教師に対して詳細に試行された教材による可能な限り完全な支援を与えること。また、生徒・教師ともに Web による継続した支援が与えられること。

いずれの項目とも、前述の背景にある問題が強く意識されていることがわかる内容となっている。

これらの背景を念頭に改めて教科書[8]を見てみると、単元構成にまず特徴的な点がある（図 6）。

〈A Level Advancing Physics〉	〈物理基礎・物理〉
M1 Development of practical skills in physics (物理における実践力の育成) M2 Fundamental data analysis (基礎データ分析) M3-1 Imaging, signaling, and sensing (イメージング, シグナリング, センシング) <u>C1 Imaging (イメージング)</u> <u>C2 Signaling (信号を送る)</u> <u>C3 Sensing (センシング)</u> M3-2 Mechanical properties of materials (素材の物理的性質) <u>C4 Testing materials (素材をテストする)</u> <u>C5 Looking inside materials (素材の中身を見る)</u> M4-1 Waves and quantum behavior (波と量子の振る舞い) M4-2 Space, time and motion (空間・時間・運動) M5-1 Creating Models (モデルの作成) M5-2 Matter (物質) M6-1 Fields (場) M6-2 Fundamental particles (基本粒子) ※ M = Module (単元), C = Chapter (章) を示す	〈物理基礎〉 1 直線運動と力学的エネルギー 2 熱量と熱力学第一法則 3 直線波の振る舞いと音波 4 静電気と直流回路 〈物理〉 5 平面内の運動 6 気体のエネルギーと状態変化 7 平面波の振る舞いと音のドップラー効果, 光波 8 電場と電位, コンデンサー, 電流と磁場, 電磁誘導と電磁波 9 電子と光, 原子と原子核

図 6 単元構成 (左: 英国アドバンスン物理, 訳・太字・下線は追加 右: 日本, 内容が明確になるよう単元名を編集)

日本のカリキュラムは、いわゆる古典的なニュートン力学の学習からスタートし、物理の最後で現代物理の導入部分で終わる、典型的な構成となっている一方で、英国のアドバンスン物理は、全く異なっている。図 6 の下線部分は、日本の高校物理にはないものである。M3-1「Imaging, signaling, and sensing (イメージング, シグナリング, センシング)」では、現代生活を豊かなものにしていく様々な情報技術を取り上げ、その中で活躍している物理の姿を異なる観点から、3 章にわたって示している。また、M3-2「Mechanical properties of materials (素材の物理的性質)」では、物質の様々な性質を材料としての工学的応用の観点から巨視的 (M3-1)・微視的 (M3-2) に取り扱い、最後に互いを関係づけている。このように AS コースは冒頭からいきなり、生徒たちを現代の文脈の中で生きる物理の世界に誘う。その方法は教科書やそれに付随する生徒用・教師用 CD-ROM、様々なソフ



図 7 アドバンスン物理 ページ例

トウェア、支援用の Web サイトなど様々な種類の教材を駆使して数種類用意されており、生徒にとって興味関心が高い事象から導入することが可能である。教科書は B5 版の全面カラー印刷で、写真や図を豊富に使用して視覚的にも目を引くように工夫され、内容は生徒が読んで面白いものであることが重視されている。また、“教科書で教える”というのではなく、むしろ社会的、歴史的文脈の中で物理学が果たしてきた役割を示すなど“副読本”的な位置づけであり、実際の授業と相補的な関係になるよう構成されている。その結果、生徒はその事象を詳しく知るために物理の知識を必要とし、いつの間にかそれを“使っている”という、実に巧みな構成となっている。

3. 現在の進捗状況

現在、主に行っていることは以下の 2 点である。

- ① ADDIE モデルの「Analysis (分析)」として、「授業導入」における生徒の興味・関心を想起させる工夫の開発
- ② 英国のアドバンスン物理の教科書を分析し、特徴を取り入れた必修科目「物理基礎」のカリキュラム設計

まず、①についてであるが、本研究の主目的である「授業導入」における生徒の興味・関心を想起させる工夫の開発を行っている。前提として筆者は、「基礎」科目の位置づけとして、受験基礎学力の育成はもちろんのこと、社会と科学のつながりや科学的なデータや科学者の意見・主張をどのように解釈し、利用するか、という「科学的リテラシー」を育成することも重要な役割であると考えている[11]。本研究でも、「物理基礎」の学習内容に興味を持たせる前段階として、「科学のおもしろさ」・「見方を変えることで主張も変わる」ということを生徒に感じさせる取り組みを行いたい、と考えている。その 1 つとして、授業導入時に「科学的な課題解決クイズ」と銘打ち、グループで「科学的な課題解決」を経験させる取り組みを実践的に検討している。現在、課題として利用している教材は、「残された酸素ボンベ[nocobon]」[12]、「思考力改善ドリル」[13] (図 8) である。この 2 冊の筆者たちは、それぞれ科学的リテラシー分野における研究者であり、「科学と社会のつながり」や「科学的リテラシーを身につける」ことを前面に押し出した教材となっている。そのため、試行する教材として適切、と判断し、利用している。

具体的に展開を説明すると、まず図 9 のような課題を全体に提示する。その後、ワークシートを配布し、「個人の予想・考え」を理由と共に記入させる。次に、3~4 名ごとに班をつくり、班で個人の意見を共有させ、その中で最も納得できる答えをまとめさせた。その後、各班の意見を全体で共有した後、書籍の解答をベースに教員の解答・解説を提示する、という流れである。これを週 1 回のペースで授業の導入部分で繰り返し実施した後、生徒にアンケートを行い、この活動について感じることを調査した。項目は以下の 2 点である。

1. 活動をやってみてどうだったか？ (自由記述)
2. 活動によって、あなたの「物理基礎の授業へのモチベーション」に何か変化はありましたか？ (5 段階で評価)

項目 1. については、以下のような記述が生徒から得られた。

- 身近なものでも見方を変えると危険な物質の面がある。(安全だという先入観を持っていた。)
- 自分の思い込みで答えからどんどん遠ざかることを実感した。
- 先入観を持ちすぎるのはダメだということがわかりました。
- 難しかったけど、友達の意見を聞くと実感できた。
- 自分だけで考えるだけでなく、友達と考えることによって全く別の視点から物事を見ることができるようになるのでは

図 10 アンケート項目 1. から得られた生徒の記述

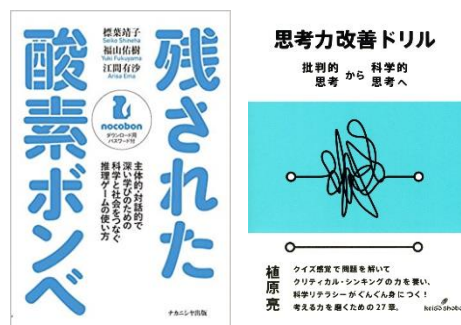


図 8 利用中の教材

(残された酸素ボンベ, 思考力改善ドリル)

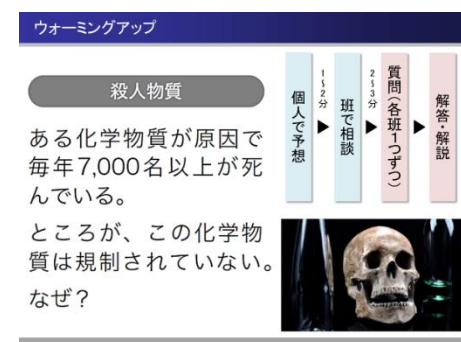


図 9 課題例

「先入観を持ちすぎることの危険性」や「視点を変えることの重要性」（アンケート実施回でのまとめ）、「自分1人ではなく、友達と話すと多様な視点が得られることの重要性」等、教員が活動のねらいとする事柄に関する肯定的な記述や「授業で学ぶだけでは得られないことが学べるのは良い」といった意見が多い一方で、「物理基礎の学習との関連性があまりわからなかった」など、直接的に物理基礎との関連性を持たせていない課題を実施したことによる「とまどい、不安」の意見も少なくなかった。教員のねらいとしては「わざと」物理から切り離すことで多様な意見を引き出すことであったが、このような意見を踏まえ、改善についても考えていく必要があるだろう、とも感じた。

項目2.については、図11のような結果となった。「5. やる気になった」「4. やややる気になった」という肯定的な意見が約7割だった。「3. 変化しなかった」という意見も回答生徒の約3割あった。そう答えた理由を見てみると、や「活動そのものの有益性はわかるが、物理と別で捉えてしまっていた」という前項目同様「物理基礎との関連性」の薄さや「そもそも物理に対するモチベーションはある程度高い」という「モチベーションが高いが故に」この活動でより高まることはなかったというものもあった。このことから、「物理との関連付け」が重要であることがわかる。このことについては次節にて今後の方針をまとめることとする。

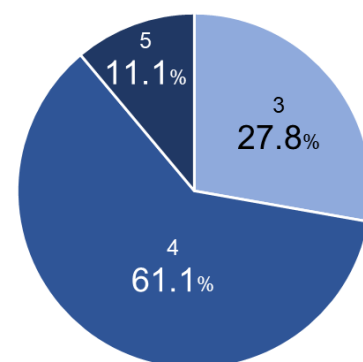


図11 質問2の結果

次に②についてである。現在、過去の版[14][15]を参考（過去の版には日本語版が出版されていた）に第3版の翻訳を進めている最中である。その中で既述のアドバンシング物理のカリキュラムの特徴である M3-1「Imaging, signaling, and sensing（イメージング、シグナリング、センシング）」、M3-2「Mechanical properties of materials（素材の物理的性質）」の2つについては重点的に分析し、日本で広く学ばれている「物理基礎」でのカリキュラム改善に役立てたいと考えている。また、同様に日本と同様の扱いをされられると思われる「運動」・「熱」・「波」・「電磁気」の各分野に関しても、どこかの単元を事例にアドバンシング物理の展開を使って授業実践を行い、生徒の生の意見を聞くつもりになっている。

また並行して、テキスト分析や関係者の聞き取りを通して、改訂が行われた点に関する分析や英国でのアドバンシング物理の現在の立ち位置（英国のナショナルカリキュラムではQCAに認定された物理のシラバスが6つあり、その1つがアドバンシング物理である）について検討を行いたいと考えているが、こちらはどこまで進められるか未定である。

4. 今後の見通し

「3. 現在の進捗状況」で述べた次の2点（再掲）について、今後の展開および構想について述べる。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ① ADDIE モデルの「Analysis（分析）」として、「授業導入」における生徒の興味・関心を想起させる工夫の開発 ② 英国のアドバンシング物理の教科書を分析し、特徴を取り入れた必修科目「物理基礎」のカリキュラム設計 |
|---|

①および②について、次の（1）～（4）の観点で検討していきたいと考えている。

（1）現在用いている教材を継続的に実施し、生徒の反応を引き続き観察する。

現在の2つの教材（残された酸素ボンベ[nocobon]、思考力改善ドリル）は生徒に好感を持って受け入れられている。しかしながら、「物理に関連していない課題の方が、物理嫌い・物理が苦手な生徒は受け入れやすいだろう」という教員の意図とは異なり「物理に関連していない題材を扱う」ことで、生徒が活動と物理の学習の間に壁を作ってしまう、うまく関連付けることができていない様子がアンケート調査からも判明した。しかしながら、（2）以降の活動を円滑に行うため、（1）の活動は継続しつつ、生徒の様子を観察したいと考えている。また同様の位置づけにある教材を海外の文献等にも当たりながら、適切なものが見つければ、それらも検討に含めることとする。

（2）現在用いている教材を軸に「物理」を扱う題材で問題を制作し、試行する。

（1）とも関連するが、生徒のアンケートの中に、「『物理』と関連する課題ではないので、物理基礎の学習

のモチベーションにつながらなかった」という意見があった。蛇足ではあるが、モチベーション向上の ID 理論では、「関連付け」が重要な要素であり、既存の学習知識や経験との関連付けがモチベーション向上や動機づけにつながると述べられている（気になる方は「ARCS モデル」で検索）[6]。そこで、(1) の 2 つの教材を参考に物理の学習と関連付けられる（と考えられる）科学的リテラシーにはたらきかける課題を「★ 中学理科（物理分野）レベル」, 「★★ 物理基礎レベル」, 「★★★ 物理レベル」の 3 段階に分けて作成し、生徒に実施した上で適切な課題かどうか、も含めて課題を評価していく。

(3) アドバンスン物理の教材から、通常の「物理基礎」の小單元ごとの導入の工夫を検討する。

アドバンスン物理のカリキュラムは、「物理を必要としない生徒」をいかに引き込むことができるか、という部分で工夫され、画期的なものである。「その工夫について分析し、日本のカリキュラムへ応用すること」は取り組みそのものに価値があると考えた。また、(1), (2) は時間的な制約のあるカリキュラムでは行いにくいことも危惧されるため、可能な限り (3) の形で実現させていく。

(4) アドバンスン物理の特徴的プログラムを試行し、その成果を取り入れた「物理基礎」のカリキュラム設計の実施。

(3) でも述べたが、アドバンスン物理のカリキュラムは、「物理を必要としない生徒」をいかに引き込むことができるか、という部分で工夫され、画期的なものである。その特徴の M3-1「Imaging, signaling, and sensing（イメージング、シグナリング、センシング）」, M3-2「Mechanical properties of materials（素材の物理的性質）」の 2 つについて、「物理基礎」の授業内で試行し、改善を繰り返すことで、学者のための科学 (Science for Science) ではなく、市民のための科学 (Science for Society) を目指した「物理基礎」カリキュラムの構築を目指す。

参考資料

- [1] 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示)
https://www.mext.go.jp/content/1384661_6_1_3.pdf.
- [2] 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示)解説 (理科編)
https://www.mext.go.jp/content/20211102-mxt_kyoiku02-100002620_06.pdf.
- [3] 山崎 敏昭, 井上 賢, 谷口 和成, 内村 浩 (2007) 高校物理実験の実態 : 2006 年大学新入生からの分析, 物理教育 55-1, p. 33-38.
- [4] 山崎 敏昭, 井上 賢, 谷口 和成, 内村 浩 (2011) 高校物理実験の実態 II : 2009 年大学新入生調査の分析, 物理教育 59-2, p. 101-107.
- [5] (独) 科学技術振興機構 理科教育支援センター (2010) 平成 20 年度 高等学校理科教員実態調査
https://www.jst.go.jp/cpse/risushien/highschool/cpse_report_009.pdf.
- [6] R.M.ガニエ, W.W.ウェイジャー, K.C.ゴラス, J.M.ケラー著 鈴木克明, 岩崎 信 監訳 (2007), 「インストラクショナルデザインの原理」 北大路書房.
- [7] C.M.ライゲルース, B.J.ビーティ, R.D.マイヤーズ編 鈴木克明監訳 (2020), 「学習者中心の教育を実現するインストラクショナルデザイン理論とモデル」 北大路書房.
- [8] 國友 正和ら(2022), 物理基礎 (物基 707) 数研出版.
- [9] John Miller, A Level Advancing Physics for OCR Student Book (OCR B), OUP Oxford (2018).
- [10] 本堂 毅ら (2017), 「科学の不定性と社会 — 現代の科学リテラシー」 第 8 章 理科教育における不定性の取り扱いの可能性 III 英国の先例——2006 年 GCSE 改革 (笠潤平) pp.123- 信山社.
- [11] 田上 智之 (2021) 「21 世紀を切り拓く生徒の科学的リテラシーの育成を促す理科授業プログラムの開発」 令和 2 年 中谷医工計測技術振興財団 「科学教育振興助成」 研究結果報告書
<https://www.nakatani-foundation.jp/wp-content/uploads/4b2ece00ea2be4f63969fa6cf4301dc1.pdf>.

- [12] 標葉 靖子, 福山 佑樹, 江間 有沙(2020), 「残された酸素ボンベ」 ナカニシヤ出版.
- [13] 植原 亮(2020), 「思考力改善ドリル: 批判的思考から科学的思考へ」 勁草書房.
- [14] J.オグボーン, M.ホワイトハウス, 笠 耐, 西川 恭治, 覧具 博義 (2004), 「アドバンシング物理—新しい物理入門」 シュプリンガーフェアラーク東京.
- [15] J.オグボーン, M.ホワイトハウス, 笠 耐, 西川 恭治, 覧具 博義 (2006), 「アドバンシング物理 A2」 シュプリンガーフェアラーク東京.

田上 智之（たのうえ ともゆき）

略歴

〔学歴〕

2008 年 3 月 熊本県立熊本北高等学校 普通科 卒業
2013 年 3 月 京都教育大学 教育学部 理科領域専攻 卒業
2017 年 9 月 京都教育大学大学院 教育学研究科 教科教育専攻 理科教育専修 修了
修士（教育学）京都教育大学

〔職歴〕

2013 年 4 月 ～ 2014 年 3 月 国立大学法人 京都教育大学附属京都小中学校 非常勤講師
2015 年 4 月 ～ 2018 年 3 月 学校法人ヴィアトル学園 洛星中学校 洛星高等学校 非常勤講師（兼任）
2016 年 4 月 ～ 2017 年 3 月 京都橘中学校・高等学校 非常勤講師（兼任）
2017 年 4 月 ～ 2018 年 3 月 学校法人花園学園 花園中学高等学校 非常勤講師（兼任）
2017 年 4 月 ～ 2018 年 3 月 京都府立東宇治高等学校 非常勤講師（兼任）
2018 年 4 月 ～ 2022 年 3 月 学校法人明德学園 京都明德高等学校 常勤講師
2022 年 4 月 ～ （現在） 学校法人明德学園 京都明德高等学校 教諭（理科・探究）

〔研究助成歴〕

2020 年度 中谷医工計測技術振興財団 「科学教育振興助成」
21 世紀を切り拓く生徒の科学的リテラシーの育成を促す理科授業プログラムの開発
2021 年度 武田科学振興財団 「2021 年度 高等学校理科教育振興助成」
物理現象の理解や探究の補助を目指した高校物理学習における ICT 活用
2022 年度 中谷医工計測技術振興財団 「科学教育振興助成」
‘How Science Works’ の視点を育成する高等学校物理授業の開発および実践
下中記念財団 「第 60 回（令和 3 年度）下中科学研究助成金」〈本助成〉
生徒の興味・関心を促す高等学校物理授業の導入時における授業展開に関する研究

〔研究発表歴〕

- （1）「変数制御」の考え方を意識させる理科授業の実践：中学校 1 年生「音の性質」
池田 敏浩，田上 智之，谷口 和成
日本理科教育学会全国大会要項 149-，2015-08-01
- （2）低学年児童に対する認知発達を促す授業における支援の方法
田上 智之，藤田 智之，野ヶ山 康弘，谷口 和成
日本理科教育学会近畿支部大会(大阪大会)発表要旨集 2014 12-，2014-10-15
- （3）認知発達を促す授業における班編制の方法
田上 智之，上田 綾希子，野ヶ山 康弘，谷口 和成
日本理科教育学会全国大会要項 389-，2012-08-11

