

反転学習を取り入れた高校物理の実践 ～実験・演習の充実を目指して～

理科 足立達彦

学習指導要領の改訂に伴い理科学目においてはこれまで以上に「科学的に探究する」という内容が強調されるようになった。しかし、従来の対面による一斉授業では教師による知識の伝達と問題演習による応用力定着に多くの時間を必要とし、探究活動につながる実験活動等の実施が少ない状況であった。このような状況を改善するためには、知識の伝達に必要な授業時間の削減と探究につながる実験活動の実施が必要となる。

本実践において、知識の伝達部分となる講義を学習動画での家庭学習に変え、学校の授業内で実験活動や演習問題をグループで解答するなどの活動を充実させる取り組みを実施した。本論文では、「反転学習」を導入するにあたってどのように授業を作り上げてきたのか、その取り組みを報告するとともに、1 学期・2 学期に行った生徒アンケートの結果をもとに授業の有効性を検証する。反転学習の導入の結果として、授業時間の大幅な削減を実現することができ、多くの時間を探究活動につながる実験活動に充てることが可能となった。その一方で、反転学習に対する生徒の取り組み状況には依然と課題が残った。今後は生徒の学ぶ意欲を維持する方法と探究に必要な資質・能力の育成の成果について研究していきたい。

<キーワード> 反転学習 物理 ICT 活用 個別最適な学び

1. 研究の課題

(1) 学習指導要領の改訂に伴う教育活動の変容

新たに改訂された学習指導要領において高等学校理科における目標は、「(前略) 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、とある(文科省、2018)。これらの目標において「科学的に探究する」という内容が強調されており、ただ単なる知識の教え込み・詰め込みに止まらず、それらを活用することが重要であると示している。しかし、高校教育の実態として、資質・能力を養うために必要な実験、観察の機会はあまり設定されていないというのが実情である。そのため、生徒自身が体験的に知識・技能を習得し、活用する場を設け、科学的に探究するための資質能力の育成につながる授業開発が求められる。

科学技術振興機構(2010)による「平成20年度高等学校理科教員実態調査」において、生徒による探究的な活動や課題研究に割り当てる時間数が、年に「3時間以下」の教員の割合は6～8割と高くなっており、時間数確保の問題点が挙げられている。また、生徒による観察や実験が行われる回数の程度は、学校段階によって大きく異なる。少なくとも「週に1回」以上、生徒による観察や実験を行ってい

る教員の割合は、小学校では6～9割、中学校では約6割であるが、高校では、約1割かそれ以下と低い結果となっている。このように学校段階が上がるごとに観察・実験の実施頻度が低下する背景としては、授業数不足や受験対策のための時間確保、授業準備にかかる教員の負担が大きい点が挙げられる。山崎らは、2009年に約3800名の大学新生を対象に大規模な高校物理実験の実態調査を実施した（山崎ら、2011）。その中で、「(前略)「見せて」考えさせる実験は一定数ある。(中略)生徒自身が測定器具をセッティングし測定してデータを取得して分析する実験がほとんど見られない。」とある。このように、生徒が自ら計画し、手を動かして計測し分析するような生徒実験の機会が設けられていない状況が全国的にあることがわかる。この要因について、高校教育現場においては、(学校種・生徒層によるが)進学指導中心の授業展開となっており、授業時間内に教科書の履修範囲を教えきることが目標となっている現状がある。また、生徒の興味関心を引き出すような授業内容・方法の工夫が少なく、一方的な科学知識の伝達、知識定着のための演習量を増やす傾向にある。学習指導要領において観察・実験をとおした科学的に探究する力の育成を充実させる方針であるが、教育現場における実態とズレが懸念されるところである。このような課題を解決するためには、学習者の学力を担保しつつ、観察・実験活動を進めるに十分な授業時間の捻出が求められる。

(2) 個別最適な学びと協動的な学び

中央教育審議会「令和の日本型学校教育」の構築を目指してにおいて、「(前略)また、学習の個性化として、基礎的・基本的な知識・技能等や情報活用能力等の学習の基盤となる資質・能力等を土台として、子供の興味・関心等に応じ、一人一人に応じた学習活動や学習課題に取り組む機会を提供することで、子供自身が学習が最適となるよう調整する。」とある(中教審、2021)。このように指導と学習を個別化することによって、学習者が自らの学習における理解度を認識し、自らのペースで学びを進める機会を設定し、粘り強く学習に向かう態度を育成することが求められている。

さらに、協動的な学びとして、「探究的な学習や体験活動等を通じ、子供同士で、あるいは多様な他者と協働しながら、他者を価値ある存在として尊重し、様々な社会的な変化を乗り越え、持続可能な社会の創り手となることができるよう、必要な資質・能力を育成する。」とあり、「協動的な学び」を充実することも重要としている。個別に学習を進めるだけでなく、学校でしかできない取り組み、実験活動やグループワークなど他と協働して学びを深めることを充実させる必要がある。観察・実験などの活動は、他と協働して行う学びであり、学校のように集団で学ぶ環境が必要である。実験などの活動を伴う授業による生徒の学びの効果はとても大きく、学びに直結するものである。

2. 研究主題の設定

高校では令和4年度1年生より新しい学習指導要領の実施が始まり、高校の教育現場では大きな変革時期となっている。「1. 研究の課題」で述べたように、理科教育においては「科学的に探究する」ことが重要視されており、観察・実験の充実が求められている。限られた授業時間内で知識の定着を担保しつつ、どのように実験・観察を取り入れていくのかを模索する必要がある。また、一人一台端末の普及もあり、生徒の学習方法の変化や校内・家庭内でのICT機器活用を工夫することで、より効果的な指導方法の構築が求められる。

これらの状況を生かしつつ、課題を解決する手法として「反転授業」が考えられる。反転授業とは一般的に **flip teaching** または **flipped classroom** と呼ばれ、ブレンド型学習の形態のひとつで、学習者は新たな学習内容を、自宅などで動画による授業を視聴し、予習を済ませて、教室における授業では講義

の代わりに、問題解決学習などの協働学習を通して、学んだ知識や技能を実生活で起こるさまざまな課題解決に活用することを学習する手法である（三田、2017）。反転授業の取り組みと成果については大学における実践として多く報告されているが、高校での取り組みは少ない状況となっている。高校で広がりを見せなかった要因の一つは家庭での学習に使用できる端末がないといった問題があったが、一人一台端末の普及に伴って高校における学習においても反転授業を実施できる環境が整ってきた。（高等学校における）反転授業の利点として、①生徒自身で学習のペースを決めて学習することができること、②動画を何度も見返すことで理解を深めることができること、③知識の伝達に必要な授業時間の削減と確保された授業時間によって授業改善が可能となることなどがある。これまでの講義形式中心の授業では、限られた時間・空間の中で教師による知識の伝達が行われ、生徒は受け身の学習態度になっていた。一律の学習速度で進んでいく一斉授業では、個人の理解度や既習内容の定着度はあまり考慮されずに展開されることで、生徒の能力や理解度によって学力の差が生まれてしまう状況にある。しかし、反転授業の利点①と②の側面から、時間に制約されず、生徒が学びやすい形式で学習を展開することができ、自身の理解度に合わせて随時復習することも可能であり、粘り強く学習に取り組むことができる。また、反転授業の利点③の側面から、授業内において知識の伝達部分にあたる活動時間を削減し、個人またはグループで課題解決型学習や探究的学習に取り組む時間を捻出することができる。これによって、これまでとは違った授業形態を展開することができ、演習中心の授業を進めることで、実力養成に力を入れることが可能である。さらに、膨大な学習内容や受験指導に費やす時間の関係で（やりたくても）実施できない状況にあった実験・観察活動を取り入れることができる。このような活動による「科学的に探究する資質能力」の育成にも力を入れた授業展開を開発することが可能となる。グループで演習に取り組む、協働的に教え合うことで予習動画での基礎知識の定着と応用力の養成が期待できる。

以上を踏まえて、本研究において反転授業を一年間通した実践を行い、以下の(1)・(2)の項目について検証・評価していくことを計画する。

(1) 反転授業の実施方法についての評価

生徒アンケートを実施し、反転授業への取り組み状況や実施形態に対する意見を集約し、改善に努める。また、反転学習と通常の講義形式との授業進度を比較する。

(2) 授業時間の削減による「科学的に探究する資質能力」の育成につながる活動の導入

授業時間内に課題解決型学習や実験・観察活動を積極的に取り入れ、生徒の科学的概念や実験・観察に必要な知識技能の定着を目指した取り組みを行う。

3. これまでの取り組み

本章では、生徒の科学的な探究能力の育成を目指して実践した科学と人間生活での取り組みについて報告する。先行する研究として、愛知教育大学附属高等学校の第1学年120名を対象とする「科学と人間生活」において、科学的に探究する能力・態度を向上させるためのカリキュラム開発を行なった。科学的な探究においては様々な能力・態度が要求されるため、物

表1. 各分野授業で向上を目指す能力・態度

分野	科学的に探究するための能力・態度 (実践内容)
地学	情報活用能力（天体観測）
物理	批判的思考力（比熱測定実験）
生物	協働性（ワクチン開発ゲーム）
化学	企画力（繊維判別実験）

理・化学・生物・地学の各分野の授業内容において、それぞれ異なる能力と態度に焦点をあてて、育成を目指した（表1）。その中でも物理分野における比熱測定実験を用いた実践（足立他、2022）では、批判的思考力の育成のため授業方法と学習効果を検証した。比熱測定のための実験計画を生徒自身が立

案し、実行するという流れで計画されている。(表2) 実験計画の立案時に、グループ内での話し合い、他グループとの意見交換、予備実験、クラス全体での協議など、多くの場面で実験計画の振り返りを行うことで自他の実験計画を批判的に議論し合う場を設けるようにした。また、実験計画書に修正点を記入することや、付箋を活用した意見交換を取り入れて生徒の批判的思考が表面化する工夫を取り入れた。

表2. 比熱測定実験の授業計画

比熱測定実験 授業計画	時間数
①個人による実験計画書を作成	1・2 時限
②グループによる実験計画書を作成	
③ワールドカフェによる実験計画書の共有と修正	
④グループによる予備実験の実施	3・4 時限
⑤クラス討論による予備実験結果の検討	
⑥グループによる本実験の実施	

実験計画の変容(図1)において、お互いの実験計画を批判的に考えることができ、建設的な意見交換がなされていた。計画に取り入れるか、グループ内で議論し、意見と計画書の内容を吟味しつつ計画書の修正をする姿が見られた。生徒アンケートの結果においては、「実験を通して、あなたは批判的に考えることができましたか。」という質問に対して、できた・少しできたと肯定的に答えた割合が67%、「実験を通して、あなたは自分の意見を発言することができましたか。」という質問に対して、できた・少しできたと肯定的に答えた割合が80%という結果であった。批判的に考えることができたと回答した割合が伸びなかった点は課題であるが、記述式のアンケートにおいて「みんなの意見に流されてしまいなるほどと納得してしまったから。」や「意見を全て「確かに」と思ってしまったから。」など、周囲の意見に同調してしまう傾向が多く見られた。間違っているけれども良いから自身の意見を周囲に伝えられる環境作りが重要であると感じた。記述形式の肯定的な意見では、「その意見が筋の通っているものなのか疑ってかかることができた」や「ただ単に批判するだけではなく、物事を多面的に考えることで、取捨選択などを通して考えることができた」などの意見があった。客観的に捉えることで、批判的な思考が実現すること、他者との対話の重要性について気づく生徒が多くおり、実践の成果が見られる結果となった。

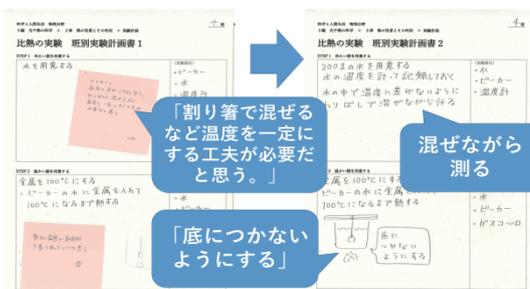


図1. 実験計画書の変容

本実践の課題としては、科学的な概念形成における評価方法の検討、個人単位での批判的思考力の発揮を表面化させる工夫の必要性である。また、2年次に向けて、科学的に探究する資質能力の育成を「科学と人間生活」で終わらせず、他科目で継続実施する方法の検討、科学と人間生活で定着を試みた資質能力の発揮に関する評価を行うことが課題である。これらの課題を解決するために本研究を計画・実施し結果を検証する。

4. 研究計画

(1) 実施対象について

愛知教育大学附属高等学校の2年生物理選択者(30名)を対象に実施し、物理基礎・物理の科目にて反転学習を取り入れる。実施時期は令和5年度通年とする。学習環境について、実施校では、1年次より一人一台端末としてiPadを購入している。授業時間内での利用だけでなく、自宅への持ち帰り、家庭学習で活用している。また、Googleのアカウントを保有しており、課題・レポート・アンケートの配信、回収や学習記録としてGoogleのコンテンツを活用している。校内のインターネット環境も充実しており、各クラスにWiFiルーターが設置してあり、30人が同時にネットを使用することも可能である。また、自宅でのネット環境について、校内での事前調査、また令和4年度の自宅学習におけるタ

タブレットの使用状況から、予習における動画視聴が全員可能である。

次に実践校における理科科目「物理基礎」「物理」の履修状況について述べる。実践校においては2年生の理系選択者のうち生物と物理を選択することとなっており、2年次には「物理基礎（2単位）」と「物理（2単位）」を期間履修として学ぶこととなる。2学期中間考査（9月）までが「物理基礎」、その後、3学期末（3月）までが「物理」の授業となる。

(2) 反転学習の学習教材・実施方法について

- ① 事前に学習プリント(図2)を作成し、紙媒体で配布する。学習プリントは教科書に記載されている内容を基本として作成し、問題演習には教科書の例題・類題を使用した。
- ② 予習動画を事前に配布した学習プリントにそって撮影し、GoogleSite(図3)をとおして配信する。GoogleSiteはGoogleが提供するWebサイト作成サービスである。Googleのアカウントを所有していると自由に作成することができ、他者と共有できるコンテンツであるが、実際は本校所属のアカウントのみ閲覧できる状態に制限を加えて運営する。生徒がGoogleSite上のデータを閲覧、保存して自宅学習を進めることになる。

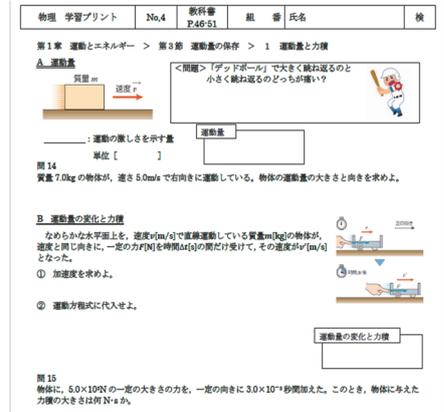


図2. 学習プリント一部抜粋

予習動画の作成について、タブレット(iPad)に内蔵されている「画面録画」機能を活用する。タブレット上に保存したPDF化された学習プリント(生徒と共通のもの)に、音声と空欄部分の記述を挿入して現象理解や公式導出等の説明を行っていく。

- ③ 予習動画を視聴しながら学習プリントに取り組む。予習動画は長時間にならないように工夫し作成した。1本10分程度で、学習プリント1枚に対して1~2本の動画を視聴する。予習にかかる時間は学習プリント1枚に対して10~20分程度である。



図3. GoogleSite一部抜粋

- ④ 学校での授業において、学習プリント内の演習問題に取り組み、予習動画の内容の確認と定着をはかる。また、関連する発展問題に3名程度のグループで取り組み、生徒通しの話し合いを通して応用力の定着を目指す。

(3) 「科学的に探究する資質能力」の育成につながる活動

4月~7月までの期間で、センサとデータロガーを用いた力学実験・分析活動を表3のように、テーマごとに全5回(総時間数7時間)実施した。センサとデータロガーを使用することの利点は、実験データ収集の容易性、データ分析の簡易化、実験準備のための時間・負担削減などがある。この

表3. 力学実験テーマ

	力学実験テーマ	時間数
第1回	距離センサで顔を描く生徒実験	1
第2回	等速&等加速度運動のグラフ作成(生徒実験)	2
第3回	加速度運動のグラフと運動方程式の導出(演示実験)	1
第4回	一瞬で体重を減らす方法(生徒実験)	1
第5回	斜面上を運動する台車の動摩擦係数計測(生徒実験)	2

問3 次の会話文を読み、以下の問いに答えよ。

A君 距離センサを使った実験楽しかったね。
 B君 そうだね。でも、簡単に速度や加速度を求められるのはとても便利だったね。
 A君 そういえば、最後にやったワーク4はできた？
 B君 距離センサで計測したv-tグラフの傾きが上りと下りで違う理由を答える問題だよ。
 A君 そうそう。その問題、一応、v-tグラフの傾きが(A)を表していることは理解できたんだけどね。なんで違うかが説明できなかったよ。
 B君 ポイントは台車にはたらく力のうち(B)の向きが上りと下りで違うことなんだよ。
 A君 そうか。(B)は台車の運動を妨げる向きにはたらく力から向きが変わるんだ。でも、(B)なんで向きが違うと(A)も変わるの？
 B君 じゃあ、一緒に考えてみよう。

(1) 会話文の(A)・(B)に入る語句を答えよ。
 (2) 図1のような位置関係で斜面上方に向かって台車を打ち出した。この時に観測されるv-tグラフの形状(目盛り等は必要ない)を解答欄のグラフに記入せよ。(補足:距離センサの位置を記録する向きを正方向とする。)

図1

(3) 斜面上を運動する台車にはたらく「力の作用」(矢印を記入し、矢印の線の力を表す記号)を「上り」と「下り」について解答欄の線に記入せよ。ただし、台車の質量m、重力加速度g、台車にはたらく垂直抗力N、摩擦係数μとする。
 (4) 水面上と斜面のなす角度θとしたとき、重力の斜面方向の成分W₁と斜面垂直方向の成分W₂を、m, g, θを用いて表せ。
 (B君からのヒント: $\sin \theta$, $\cos \theta$ を使うよ。)

(5) 二重下拵についてB君は、A君が考えるうえで以下のようヒントを教えてくださいました。
 ① 重力の斜面方向の成分W₁は一定である。「上り」でも「下り」でも変化せず、速度にも依存しない。
 ② 斜面方向の合力Fの大きさは「重力の斜面方向の成分」と「摩擦係数μ」で決まる。
 ③ 「運動の向きが変化する」という関係式があり、質量mが変化しない場合、加速度aと合力Fは比例する。
 以上①~③のヒントを踏まえて、斜面上の台車の運動について「上り」と「下り」において(A)が違ふ理由を記述(作図を添えてもよい)せよ。

図4. 実験活動に関連した思考問題

ような利点により、これまでの授業方法では様々な要因から避けられていた生徒実験を実施することが可能となる。また、複数回の実験を経験させることで、使用方法に慣れるだけでなく自分で実験方法を立案し実行できるように訓練し、実験のための技術を身につけることも目標とする。また、科学的に探究する資質能力の育成の成果を検証するために実験活動の内容に沿った思考問題（図4）を作成し、事前テストとして1学期中間考査に、事後テストとして実力テストに出題した。思考問題は「摩擦のある斜面上での台車の運動について、上りと下りでの加速度の大きさに違いが生じる理由を述べよ」といった内容で出題し、実験で扱った学習内容を取り入れた。事前テストと事後テスト間に第5回力学実験を実施しており、学習がより進んだ状態での実施となっている。

5. 反転学習の評価と力学実験の充実による成果

(1) 生徒による反転学習に対する取り組み姿勢の変容

反転学習に対する取り組みを評価するために1学期末と2学期末にアンケートを表4の内容でアンケートを実施した。反転学習の対象となるのは30名である。回答は4件法で回収した。それらの結果を分析し、反転授業の実施について評価する。質問1（図5）に関して、1学期に「できた・まあまあできた」の肯定的な意見を回答したのが25名であり、8割以上の生徒が習慣として予習動画を視聴し、事前の学習プリントに取り組むことができた。しかし、2学期には肯定的な意見の回答したのが16名と

表4. 反転学習に関する生徒アンケートの質問項目

	質問項目
質問1	予習動画を欠かさず視聴することができた。
質問2	予習動画を視聴して学習内容を理解することができた。
質問3	予習動画だけでなく、授業を受けることで理解することができた。
質問4	予習動画の内容の難易度はどうか。
質問5	予習動画を繰り返し視聴した。

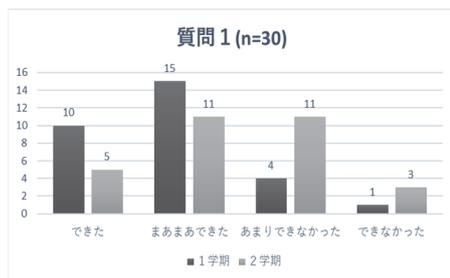


図5. 生徒アンケートの結果 (質問1)

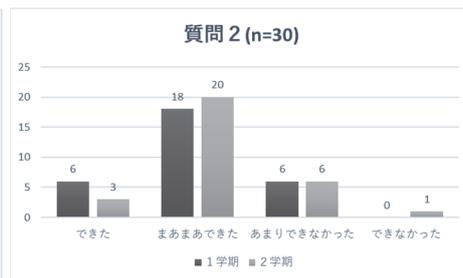


図6. 生徒アンケートの結果 (質問2)

約半数まで減少した。予習動画の視聴は、自宅学習が前提であり、他教科から指示される課題や学年全体で出される課題等もあり、時間的な余裕がない場合は視聴することができない。また、導入直後は「物珍しさ」から学習に向かう姿勢が見られたのか、時間経過とともに学習へのモチベーションが下がってしまったことが考えられる。質問2（図6）の結果として、1学期・2学期ともに肯定的な回答が8割程度であり、予習動画の視聴で学習内容を理解することができた生徒が多くいた。自由記述アンケートの回答では、どこでもいつでも繰り返し視聴しできる」、「自分のペースで理解するまで学習できる」などの反転学習の利点を実感できている回答がある。「授業内容の概要をつかむことができる」、「授業で演習の時間が長く取れるから問題を解くことに慣れられる」といった回答があり、予習動画でだけで理解するのでなく授業も合わせて理解を深めることができ、十分な演習量と時間を確保することで学習効果を実感することができた。しかし、「他教科の課題が重なると予習動画を見る暇がない」、「わからないところをその場で質問できない」などの回答があり、教科ごとの課題が多い場合には取り組みにくい状況であることが分かった。また、対面授業ではその場でわからない部分を質問できるが、反転学習では質問ができない。自身の理解度をリアルタイムで振り返ることができない部分に課題を感じる回答もあ

った。このような生徒の回答から、対面授業と反転学習のメリット・デメリットを相互に補完し合うような予習と授業における学習展開を考えることで、より効果的な学習成果を望めると考える。反転学習による予習動画の視聴は「予習」という側面が強く、授業において「予習」で得た知識を活用する場を多く設定することで、これまでの対面での一斉授業よりも理解を深めることができる。質問3（図7）の回答でも、肯定的な回答が8割程度となっており、対面授業と反転学習のつながりによって学習内容の理解を実感することができている結果となっている。質問4（図7）の回答結果から、予習動画の難易度としては「まあまあ難しい」と回答した生徒が3割程度で、肯定的な意見が7割程度であった。物理の学習において、現象の理解や関係式の導出時に理解が難しい部分が多くある。これまでの経験より、生徒のつまずきやすい内容に関しては予習動画での学習ではなく対面授業内で説明するなどの対応をした。質問5（図7）の回答では、8割程度の生徒が否定的な意見を回答しており、繰り返しの視聴はされない結果となった。要因としては、上記で述べた自由記述内容に関連するが、他教科からの課題がある場合には反転学習における予習動画の視聴に多くの時間を割くことができないところにある。

繰り返しの視聴を求めるのではなく、授業とのつながりを意識した学習と授業者としての展開を考えていく必要がある。しかし、1学期では「しなかった」が2学期では「した」と回答した生徒もおり、少数ではあるが繰り返しの視聴によって学習効果があると実感することができた生徒もいる。

（2）反転学習による授業時間の削減と実験時間の確保

反転学習の導入による効果の一つとして授業時間の削減がある。これまでの対面における一斉授業の知識の伝達を予習動画で代替することで、授業内で必要とされる時間を大幅に削減することができる。今回の反転学習の実施によって、実際に授業時間数を削減することが可能となった。

1学期の「物理基礎」の授業について、今年度は

4月～7月までの間に4～2回の授業があった。本校では2年次に「物理基礎（2単位）」「物理（2単位）」の期間履修を導入していることから、物理基礎の授業は週に4回実施されることとなる。例年であれば、実施できて1～2回2時間程度の実験活動であるものの、反転授業を取り入れたことによって、上記4－（1）で記述したように、この期間内に全5回合計8時間の実験活動に取り組むことができた。すなわち2割程度の実験時間を確保することができ、さらに知識習得のための授業時間の確保と応用力育成のための演習時間の充実をすることができたことは大きな成果である。生徒アンケートの結果（図8）から、「学習内容の進捗度はどうか」という質問に対して速い・まあまあ速いと回答した生徒が約半数であった。ちょうど良いと回答した生徒が4割程度で、進捗が速いと感じる生徒もいるが、これまでの授業よりも演習問題に取り組む時間を多く確保することができているので、知識の定着と活用のために必

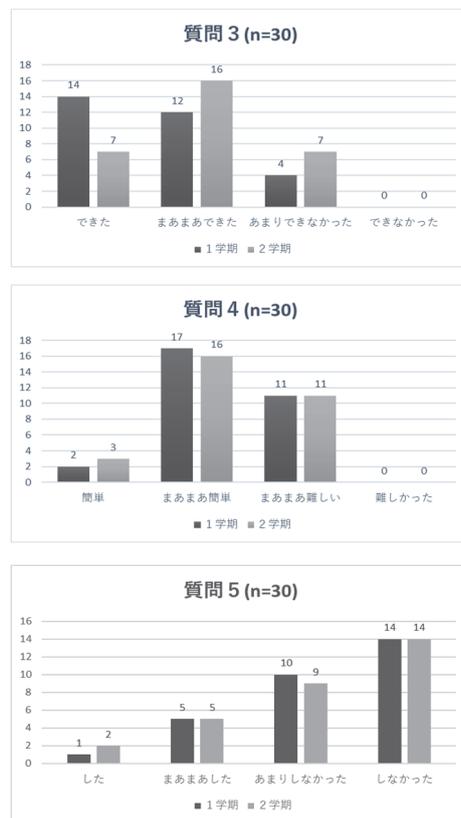


図7. 生徒アンケートの結果（質問3～5）

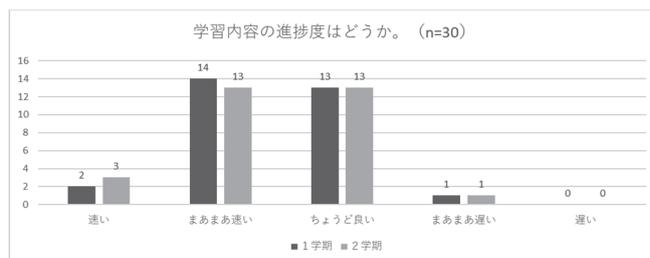


図8. 進捗度に関する生徒アンケートの結果

要な時間を担保することができている。

以下では、1学期末に実施した実験活動に関連するアンケート調査に対する回答結果について評価する。質問項目は表5に記されているように、実験活動による能力・態度の定着、データロガーやセンサを用いた実験活動の有用性について質問した。質問は「できた」から「できなかった」の4件法で回答を得た。回答の結果を図9に示す。

本実践で実施した力学実験においてはデータロガーとセンサを用いた実験活動であり、実験時間の短縮と複数回実験の実施が可能となり、豊富なデータを用いた分析を重視した取り組みが可能である。質問3、質問4の結果から9割の生徒が主体的に、かつ協働的に実験活動に取り組むことができたという結果を得ることができた。実験回数を増やすことで、班員が他人任せにせず全員で協力して実験活動に取り組むことができる状況が生まれている。また、質問5の結果より、得られたデータを分析することで実験内容に関する知識との関連を考察しつつ、これまでの学習内容の理解につなげることができていることが分かった。

自由記述の質問において、「あまり実験が得意ではないけど、繰り返し何度も器具を使うことで少しは実験方法や器具の使い方を身につけることができたし、実験をすることで問題を解く時にイメージが付きやすくなった。」という回答を記述した生徒がおり、実験によって演習問題の解答時にも現象の理解に役立ったという回答があった。また質問3と質問4において肯定的な意見を回答した生徒の多くは「役割分担がしっかりできた」や「実験回数が多いので班員で役割を交代しながらできた」などの回答があり、班員でコミュニケーションをとりながら役割分担をし、交代で実験をすることができていたようである。質問6の結果では、複数回実験する中で実験方法を修正し、得られた実験データを振り返ることでより効率的かつ正確な実験方法へ改善することができた。実験を繰り返す中で班員同士が意見をぶつけ合い、活発に議論する姿が見られた。

(3) 思考問題の評価・生徒解答の変容

摩擦のある斜面上における台車の運動について、データロガーとセンサを用いた実験を題材に出題をした。実験活動を通じた思考力の定着、実際の物体運動と理論の関係についての理解度を評価するために取り組んだ。

台車にはたらく重力の斜面方向の成分は上り下りで変化しないが、動摩擦力の向きが変化する。それによって、データロガーで得られる $v-t$ グラフの傾き（加速度の大きさ）も変化する理由を記述形式で説明せよ、という内容での問いを出題した。この運動は運動方程式を用いた理解が必要となるが、事前テストとしての1学期中間考査時はまだ運動方程式を学んでいない状態である。そこで問題文に運動方程式やヒントとなる考え方を与えて出題した。事前テスト後に運動方程式について学習し、斜面上を運

表5. 実験活動に関する生徒アンケートの質問項目

	質問項目
質問1	学習内容の理解が深まった。
質問2	実験器具の使い方や実験方法を身につけることができた。
質問3	主体的に取り組むことができた。
質問4	他者と協働して取り組むことができた。
質問5	データを分析する力が身についた。
質問6	繰り返し実験活動をすることで、実験方法や分析方法を「批判的に考え」、修正することができた。
質問7	センサー（距離センサー・力センサー）を使った実験活動の有効性・有用性を感じる事ができた。

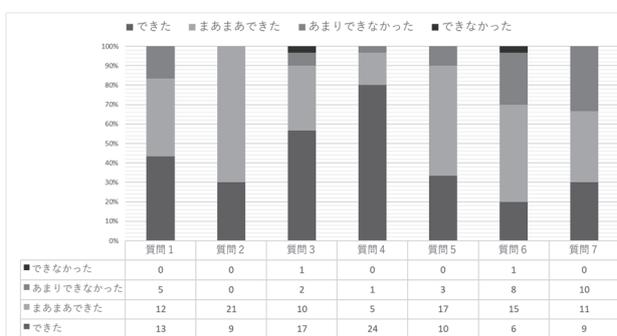


図9. 生徒アンケートの結果（実験活動）

動する台車にはたらく動摩擦力をデータロガーとセンサを用いて計測する実験を行った。その後、夏休み明けの実力テストにおいて事後テストとして同じ問題を出題し、運動の理解度と思考の変容を検証した。図10は事前・事後テストにおける抽出生徒の解答の変容である。生徒Aは事前テストにおいて合力 F が重力の斜面成分と摩擦力で与えられる記述ができているが、式で表現することができていない状態であった。事後テストにおいては摩擦力の向きの違いを式を用いて表現することができている。生徒Bの事前テストの解答では、速度と重力加速度という別の物理量の合成をしまい、合力に対する誤った理解が見られた。事後テストでは合力に関する理解が修正され、運動方程式を用いて説明することができている。生徒Cは事前テストでは全く記述することができなかったが、事後テストでは図を用いて運動を説明し、さらに運動方向による摩擦力の方向の変化と合力の違いについて理解し、運動方程式を用いて加速度の違いを説明することができている。

実験活動を通して、実際の運動を分析することで実体を伴った思考が可能となり、具体的なイメージをもって理解することができるようになる。生徒の事後テストの解答では、思考力の定着と表現力の発揮がみられた。完答できる生徒は多くはなかったが、解答の道筋を立てることができる、運動方程式と合力から加速度の変化について記述することができる生徒は多くなった。実験活動を通じた具体的な物理現象のイメージ定着とデータロガーなどの分析機器を用いた実験によるデータ分析の活動が生徒の思考力や応用力の定着につながると確信を持つことができた。

6. 本実践のまとめと今後の展望

反転学習を導入し1年間を通じた授業時間の削減と実験活動を通じた科学的に探究する能力・態度の育成を目指して実践を行ってきた。反転学習の導入によって授業時間の大幅な削減と実験時間の確保が可能となった。1学期における生徒アンケートの結果より、生徒の取り組み状況と授業形態の改善の両方において本実践の目指す成果を得ることができた。実験活動においては、データロガーやセンサを活用することで複数回実験の実施と、得られた結果を振り返り、生徒間で議論することで物理の概念の理解と習得を達成することができた。その成果としては、定期考査で出題した思考問題において、物理現象や物理量に対する誤認識の改善という変容によってみとることができた。授業時間の削減によってこれまで以上に協働的な活動を導入することが可能となり、生徒アンケートの結果からも深い理解につながったことがうかがえる。これまでの授業時間内では知識の伝達に多くの時間を割くことになり、授業内で演習に取り組む時間が限られてしまう状況であった。その点を考えると、本実践で演習問題に取り組む時間を多く捻出することができ、対面で生徒の理解度や進捗度合いを確認しながら授業を進めることが可能となったのは大きな成果であったと言える。また、多数の生徒が今後も継続実施してほしいとの意見を回答しており、個別最適な学びを実現するための足掛かりになるのではないかと実感することもできた。その一方で、反転授業は生徒の学習スタイルに依る部分が多く、この授業方法を苦手とする

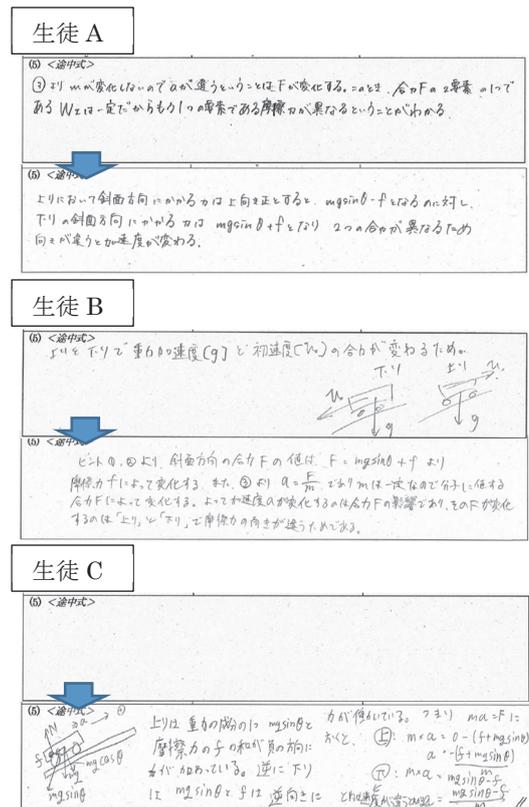


図10. 思考問題に対する生徒解答の変容

生徒も少数おり、予習動画の視聴状況の低下につながったのではないかと考える。煮雪ら（2023）は、反転学習を取り入れた授業実践を行うことで、授業時間内で知識定着に向けた知識の内化・外化の往還や個とグループの両方の学びを実現する研究を行っている。研究の中で「学びへの主体性」の評価に関して、生徒アンケートの結果を分析しており、「知識定着度」と「コミュニケーション力の向上」の相関が特に高いことが挙げられている。生徒の「わかった」「力がついた」という有用感が「学びたい」という学習意欲を引き出したと結論付けている。実際に本研究において実施した実験活動のなかでも「一瞬で体重を減らす方法」についての内容では、上昇もしくは下降するエレベーター内での体重の変化について扱ったこと、また生徒にとって身近な現象であることによって他の実験活動よりも興味関心の度合いが大きかった。身近な題材を取り上げることで興味関心を引き出し、反転学習によって身につけた知識を活用して概念の理解に役立てることで、より学びたいという意欲を向上させることが期待される。

また、本研究において、科学的に探究するための資質・能力の定着を目指し実験活動を充実したが、具体的にどのような資質・能力に焦点を当てて実践を進めるか、深く計画したうえで実践することができなかった。反転学習によって授業時間が削減でき、これまで以上に実験活動に時間を割くことが可能となることが分かった。今後は、実験活動ごとに定着を目指す資質・能力を明確にし、実践と評価を繰り返すことで、より授業と実験活動の体系的な学びを実現することが目指される。

上記の議論を踏まえると、反転学習を軸とした授業改善に関する今後の課題と取り組みは以下のよう

①反転学習の継続による学習意欲を維持するために

予習動画・授業・実験活動のつながりをより実感できるような授業展開を設計する必要がある。知識の内化と外化の往還による学習に対する有用感を育む授業デザインを行う。

②予習動画の視聴状況を確認できるシステムの構築

視聴状況のログをとることで生徒の学ぶ姿勢を評価する。また、予習動画の進捗状況を把握するとともに、授業内での理解度を確認することで個に応じた指導内容の実施が可能となる。

③実験活動を通じた探究的な資質・能力の育成

実験テーマと育成したい資質・能力を具体的に決め、評価方法を検討する。

④単元内容に関連した実験活動への取り組み

単元の学習内容を振り返り、かつ発展的な内容に触れる実験活動の設計をする。

今回の実践によって多くの課題が浮き彫りになった。しかし、これらの課題を解決しつつ、反転学習を軸とした物理授業の展開を構築することで、より学習効果のある指導が可能となる。トライ&エラーを繰り返しながら研究を進めていきたい。

参考・引用文献

中央教育審議会（2021）：「令和の日本型学校教育」の構築を目指して【概要】

科学技術振興機構（2010）：理科教育支援センター「平成20年度 高等学校理科教員実態調査報告書」

三田満男（2017）：「反転授業の実践とその課題」日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.31 No.5

文部科学省（2018）：高等学校学習指導要領 解説 理科編 理数編

山崎敏昭他（2011）：「高校物理実験の実態Ⅱ～2009年大学新入生調査の分析～」物理教育第59巻第2号

足立達彦他（2022）：「批判的思考力の向上を目指す物理授業デザイン― 探究活動に向けた「科学と人間生活」のカリキュラム開発 一」日本科学教育学会第46回年会