

高校理科におけるパフォーマンス課題とその評価に関する研究

本研究では、高等学校の理科において、科学的な見方や考え方を養い、科学的な自然観を育成することを目指して、探究的なパフォーマンス課題を用いた授業を実践した。また、課題に対応したルーブリックにより「思考・判断・表現」「観察・実験の技能」等の「見えにくい学力」を的確に評価する方法を研究した。平成28年度は、ルーブリックを用いた評価の妥当性を更に高めることについて、検討を重ねた。これらを踏まえ、観察・実験の授業の在り方等、授業改善につながる指針を提案する。

<検索用キーワード> 高等学校 理科 観察・実験 アクティブ・ラーニング ルーブリック
評価手法 パフォーマンス課題 ポートフォリオ 学習指導要領

研究協議会委員

県立豊丘高等学校教諭	船戸 純子 (平成26年度)
県立旭野高等学校教諭	藤下 基線 (平成26, 27年度)
県立豊田西高等学校教諭(前県立知立高等学校教諭, 現総合教育センター研究指導主事)	石川 直美 (平成26, 27年度)
県立鶴城丘高等学校教諭(現県立丹羽高等学校教諭)	平野 将也 (平成26, 27年度)
県立国府高等学校教諭	鳥畠 知之 (平成26, 27年度)
県立春日井西高等学校教諭	西尾 佑子 (平成27年度)
県立惟信高等学校教諭	佐伯 栄治 (平成27, 28年度)
県立高蔵寺高等学校教諭	榊原 隆得 (平成27, 28年度)
県立横須賀高等学校教諭	藤井 真人 (平成28年度)
県立豊田高等学校教諭	天野 正毅 (平成28年度)
県立田口高等学校教諭	宮本 洋輔 (平成28年度)
県立鳴海高等学校教諭	山本 和秋 (平成26, 27, 28年度)
県立中川商業高等学校教諭(現県立一宮西高等学校教諭)	浅井 照正 (平成26, 27, 28年度)
総合教育センター研究指導主事(現県教育委員会教育企画課主査)	柳生 真澄 (平成26年度)
総合教育センター研究指導主事	川畑 俊晴 (平成27, 28年度)
総合教育センター研究指導主事	米津 利仁 (平成26, 27, 28年度主務者)

基調提案

1 はじめに

当センターでは、平成 25 年度から平成 27 年度までの 3 年間にわたり、文部科学省の委託事業である「高等学校における多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」（以下、「評価手法の研究」という）に取り組んできた。理科においては県立一宮南高等学校と共同で研究に取り組み、物理、化学、生物の各分野のさまざまな単元の授業におけるパフォーマンス課題による探究的活動の在り方及びその評価手法について研究し、パフォーマンス課題の実践例と、それぞれの課題に対応したルーブリックによる生徒のレポート等の評価の事例を示した。また、理科の学習を通じて自校の生徒に身に付けさせたい力（理科のコア）を構築し、その到達状況をまとめたルーブリック（以下、「一般的ルーブリック」という）のモデルを開発した。

本研究では、評価手法の研究で得られた成果の一つである「知識・理解の伝達を中心とした『分からせる授業』から、知識を活用し探究的に学ぶことで『できるようにさせる授業』へ転換することの必要性」をより多くの学校に広めることを目指した。平成 27 年度から「パフォーマンス課題を用いた探究的な観察・実験等の授業」「ルーブリックを用いた『見えにくい学力』の評価」を、さまざまな実態の生徒に対して工夫を重ねて行い、実践事例（教材、指導案、ルーブリック）を当センターのウェブページ「理科・C S T の広場」に掲載した。平成 28 年度は、評価手法の研究で課題として残された「ルーブリックを用いた評価の妥当性を更に高めること」と、生徒の自己評価を踏まえた授業改善について、検討を重ねた。本稿では、基調提案で研究全体の成果と課題を報告し、実践報告①～④で、各校から授業実践の成果と課題を報告する。

2 研究の目的

高等学校の理科において、科学的な見方や考え方を養い、科学的な自然観を育成することを目指して、観察・実験等で探究的なパフォーマンス課題を用いた授業を実践する。また、課題に対応したルーブリックにより「思考・判断・表現」と「観察・実験の技能」を的確に評価する方法を開発する。これらを踏まえ、観察・実験等の授業の在り方、授業改善につながる指針を提案する。

3 研究の方法

高等学校理科における探究的なパフォーマンス課題による観察・実験の授業について、研究協力委員相互で協議し、次の(1)から(4)までに取り組む。

- (1) 各学校において、生徒の実態を踏まえたパフォーマンス課題とそれに対応したルーブリックを作成する際に助けとなる「一般的ルーブリック」の見本を提示する。
- (2) 物理、化学、生物の各分野の科目において、既習の知識や技能を統合して使いこなすことが求められるパフォーマンス課題を用いた観察・実験等の授業の実践例を示す。
- (3) 課題に対応したルーブリックによる目的、方法を明確にした評価手法と、評価結果を生徒の資質や能力の育成に結び付ける指導法の例を示す。
- (4) 生徒の自己評価や振り返りを、ポートフォリオとして授業改善に生かす指導法の例を示す。

4 研究の内容

(1) 研究の概要

ア 研究の指針

平成 26 年度から、パフォーマンス課題とルーブリックを用いた評価の研究に取り組んだ。研究協議会

で協議した内容を踏まえ、研究協力委員所属校において、各科目のさまざまな単元においてパフォーマンス課題による授業実践を行った。また平成28年度は、一部の研究協力委員が平素の授業の中でポートフォリオ評価にも取り組んだ。当センター所員と研究協力委員との間で研究について共通理解を深め、次の2点を本研究の指針とした。

- ① 観察・実験を中心とするパフォーマンス課題により、生徒に「既習の知識を生かして未知なる課題に取り組む」という経験をさせることで、基礎的・基本的な知識の定着を図る。
- ② パフォーマンス課題とルーブリックを用いた評価により、観察・実験の技能の向上、知識・理解を複合的に生かした思考力・判断力・表現力の向上を目指す。

イ 仮説と手だて

本研究の指針に沿って、次のように研究全体を支える仮説と手だてを考えた。次に示す仮説と手だてを基に、全てのパフォーマンス課題の授業を実践した。

(ア) 仮説1

観察・実験において、既習の知識を組み合わせる探究的な課題を工夫することで、生徒は主体的に課題に取り組み、思考力・判断力・表現力を向上させることができるであろう。

(イ) 仮説1に対する手だて

日常生活や実社会と関わる内容を含めたり、理論上の結果との違いを考えさせたりするパフォーマンス課題と、その取組を評価するためのルーブリックを作成する。

(ウ) 仮説2

生徒同士で協働的に学習する機会を設定することで、生徒は自分の理解や考えを深めることができるであろう。

(エ) 仮説2に対する手だて

観察・実験において、個で考える場面とペアやグループで考える場面を設定するとともに、ワークシートの様式を工夫する。また、平素の授業の発問等で、生徒が協働的に考える場面を工夫する。

ウ パフォーマンス課題の捉え方

通例ではパフォーマンス課題は「知識やスキルを、リアルな文脈の中で組み合わせて使いこなすことを求めるような課題」のことを言うが、専門的で高度な内容も扱う高等学校の理科では、全てのパフォーマンス課題を日常のリアルな文脈に結び付けた内容にすることは、困難である。そこで、これまで取り組んできた生徒実験において、科目や単元の特性、生徒の実態等を踏まえ、次の3点を考慮して生徒に探究させる取組にすることで、パフォーマンス課題の趣旨を生かした観察・実験になると考えた。

- ① 細かい解説等を与えられない中で、自ら考えて表現する場面を設定する。
- ② 「実験での実測値」と「理論上の計算」とのギャップを考察する場面を設定する。
- ③ 「日常の感覚」と「理論上の世界」とのギャップを考察する場面を設定する。

エ 課題に対応したルーブリックの活用

生徒は、パフォーマンス課題に取り組む際、既習の知識を生かして未知なる課題に挑戦することになるため、事前に課題のルーブリックを生徒に示すようにした。本研究では、ルーブリックを活用し、生徒のパフォーマンスを達成目標に即して具体的に捉え、ペーパーテストだけでは測ることのできない「見えにくい学力」を確認し、評価の結果から生徒が抱える課題を見直すようにした。また、「何がどのようにできているからどのような評価になったのか」を生徒に分かりやすい形でフィードバックして、学習意欲の向上に結び付けようとした。

(2) 一般的ルーブリックのモデル

評価手法の研究でまとめた一般的ルーブリックのモデル（以下、「標準のモデル」という 資料 1 8 ページ参照）を基に、さまざまな実態の生徒の学校における実践を踏まえ、更に次の二つのモデルを考えた。

ア 理科の学習に対する意欲が更に高く、知識・理解の定着が進んでいる生徒の実態に合わせたモデル

ここでは達成度のレベル 4 について、「標準のモデル」よりも更に高いレベルの内容を設定した（資料 2 9 ページ参照）。

イ 理科の学習に対する意欲や知識・理解の定着に課題のある生徒の実態に合わせたモデル

ここでは達成度のレベル 2 及びレベル 1 について、「標準のモデル」よりも学習意欲や知識・理解の定着に課題のある生徒に配慮した内容を設定した（資料 3 10 ページ参照）。

(3) 各学校の研究・実践

平成 27 年度は県立高等学校 8 校、平成 28 年度は県立高等学校 7 校において授業実践に取り組んだ。次のア、イに示す物理、化学、生物の各単元において、パフォーマンス課題を用いた授業を実践するとともに、生徒の取組をルーブリックにより評価した。また、各課題の教材、指導案、ルーブリックを、当センターのウェブページ「理科・CST の広場」に掲載した。

ア 平成 27 年度の実践

(ア) 物理の実践

- ① 落体の運動（自由落下を利用した反応時間の測定）
- ② 運動量保存の法則（水平投射・反発係数）
- ③ 気体分子の運動（気体の断熱変化）
- ④ 静電気力（はく検電器を用いた静電誘導）
- ⑤ コンデンサー（コンデンサーに蓄えられた電気量）

(イ) 化学の実践

- ① 物質質量（溶液の濃度と密度）
- ② 粒子の結合（分子の極性と分子間にはたらく力）
- ③ 酸と塩基の性質（水溶液の性質、pH）
- ④ 酸化還元反応（電気分解）
- ⑤ 無機物質（金属イオンの沈殿と分離）
- ⑥ 気体（気体の体積と温度）

(ウ) 生物の実践

- ① 体内環境としての体液（1日に心臓から送り出される血液の量）
- ② バイオテクノロジー（既習の知識を生かしたディベートの活動）

イ 平成 28 年度の実践

(ア) 物理の実践

- ① 様々な運動（「卵おとしコンテスト」による物体の運動のまとめ）
- ② 運動の法則（物体にはたらく力とはかりの目盛りの関係）

(イ) 化学の実践

- ① 物質質量（溶液の濃度と密度）※平成 27 年度の取組を改訂し、異なる学校で実施
- ② 無機物質（金属イオンの沈殿と分離）※平成 27 年度の取組を改訂し、同一校で実施

- ③ 有機化合物と人間生活（糖類の反応を用いた，缶詰の「薄皮のないみかん」づくり）
 - (ウ) 生物の実践
- ① 代謝（植物の抗酸化力の測定）
- ② バイオテクノロジー（遺伝子組換え実験）

平成 28 年度の総合教育センター研究発表会では，前述の取組の中から「様々な運動（『卵おとしコンテスト』による物体の運動のまとめ）」「物質量（溶液の濃度）」「無機物質（金属イオンの分離）」「代謝（植物の抗酸化力の測定）」に関する実践発表を行った。本研究紀要でも，これらの取組の詳細を報告する。

(4) ポートフォリオ評価について

ア ポートフォリオ評価の取組について

生徒の実態の詳細な把握と，生徒の自己評価を踏まえた授業改善を目指して，平成 28 年度は授業の「振り返りシート」を活用したポートフォリオ評価に取り組んだ。「振り返りシート」の記入時間が授業を圧迫しないようにすることとシートに記載された内容を確認する教員の負担に配慮するとともに，ポートフォリオ評価を継続しやすくすることを目指して，今年度は次のように項目を少なくしたシンプルな「振り返りシート」で取り組んだ。

イ 「振り返りシート」の項目について

- ① 「本日学んだ内容」と「印象に残っていること」について（自由記述）
- ② 前時からの学習内容の深まりについて（自由記述） ※新単元に入った最初の時間は記入しない
- ③ 本日の内容について
 - 「A よく理解できた」「B 理解できた」「C 理解できないところがあった」「D 理解できなかった」から，一つ選ぶ
- ④ 本日に学習内容に関する興味・関心について
 - 「A とても興味をもった」「B 興味をもった」「C あまり興味をもてなかった」「D 興味をもてなかった」から，一つ選ぶ
- ⑤ 一言コメント（その他気付いたこと等）

ウ 取組の結果

今年度，研究協力委員所属校において，上記の各項目が記載された「振り返りシート」を，研究協力委員の毎時の授業で生徒に配付し，記入させた。それを毎時の授業の後に研究協力委員が確認するとともに，個々の生徒でシートをファイルし保管した。そして，各単元の終わりにその単元の全ての授業の「振り返りシート」を見直すことで，生徒が「自分の学びの振り返り」に取り組むようにした。

ポートフォリオ評価に取り組むことにより，教員は個々の生徒及びクラス全体がどこでつまづいているのかを，的確に確認できるようになった。それにより，理解が不十分だった内容について改めて授業の中で丁寧に説明する時間を設けたり，学習に困難を生じている生徒に早い段階で個別に指導したりすることができるようになった。

また，生徒にとっては，毎時の振り返りを蓄積することで，以前学習した内容が繰り返し出てきたり，中学校の学んだ内容との関連に気付いたりすることができた。また，単元終了時にこれまで自分が記入したシートを見直すことで，「理解できていないまま授業が進んでしまって困ったので，必ず復習をするようにしたい」「全体に計算ができていない」という感想を示した生徒がいた。自分の状況を把握し，学習意欲を向上させている様子が伺えた。このような振り返りによる自己理解は，ポートフォリオ評価の継続により更に深まると考えられる。本実践のようなシンプルな様式で9か月ほど

取り組んだだけでも前述のような効果が見られたので、今後、多くの学校でポートフォリオ評価が行われることを期待したい。

5 研究のまとめと今後の課題

(1) 目指す生徒像の設定

「理科の学習を通じて自校の生徒に身に付けさせたい力（理科のコア）」を定め、それに基づいて一般的ループリックを作成することで、理科の科目の各単元におけるどの場面でどのような力を伸ばすかという目標が明確になり、パフォーマンス課題と課題に対応したループリックの内容を考えるときの基盤となる。その際、「習得する力（基礎的・基本的な知識や技能の習得）」「活用する力（習得した知識や技能の活用）」「探究する力（習得・活用に基づく課題の探究）」を、それぞれどのように伸ばすかという視点に立って考えるとよい。

本研究では、評価手法の研究において県立一宮南高等学校が定めた一般的ループリックを基に、さらに、二つのモデルを設定して実践に取り組んだ。なお、コアの設定に際しては、生徒の実態等に応じて「自校として特に重視して育成したい力」に焦点を絞ったり、学習指導要領が定める評価の観点を踏まえて最も重視する内容を示したりしてもよい。

(2) パフォーマンス課題の実施と内容

パフォーマンス課題では、既習の知識を生かして未知なる課題に取り組むという経験を通して、基礎的・基本的な知識・技能の定着と観察・実験の技能の向上を図るとともに、知識・理解を複合的に生かすことで思考力・判断力・表現力の向上を図った。この目的に沿った内容のパフォーマンス課題を考え、実践するために「この課題で生徒のどのような力を伸ばしたいか」「この課題の達成目標は何か」を明確にすることが重要である。さらに、パフォーマンス課題を計画するに当たっては、次の3点に留意したい。

- ① 各単元の探究活動等を生かして、観察・実験を含むパフォーマンス課題を実施する。
- ② 結果を簡単に推測できる観察・実験、単純に知識を確認だけの観察・実験にせず、課題の中に知識や技能を活用して考える場面を設定する。
- ③ 「課題の自由度」を工夫する。

①については、教科書に掲載されている探究活動を生徒の実態に合わせて改変してもよいし、これまでの生徒実験を身の回りにあるものを題材にすることで、未知なる課題を解決する活動にしてもよい（例：化学分野の中和滴定の実験で乳酸菌飲料の酸の濃度を調べる等）。また、年間指導計画や単元の内容に応じて、短い時間で実施可能な観察・実験を小さなパフォーマンス課題としてもよい。

②に示したような観察・実験は、パフォーマンス課題としてではなく結果の推測や知識の確認を明確な目的とする小規模な生徒実験、または教師による演示実験として取り組むとよい。なお、パフォーマンス課題の内容や規模によっては、基本的な知識を再確認するとともにパフォーマンス課題に必要な観察・実験の技能を身に付けるために、このような実験に取り組むことが必要になることもある。

③については、生徒がパフォーマンス課題に取り組んでいる間はできる限り助言をしたりヒントを与えたりしないようにしたい。教師は生徒に課題の内容を限定的に教え、生徒に考えてほしい部分や生徒同士で話し合ってもらいたい部分に自由度を与えるようにできるとよい。また、教師は課題全体の中で「教員が生徒に教えながら進め、全体の足並みをそろえる部分」と「生徒が考える、生徒同士で話し合う部分」のバランスをどのようにとるか、事前によく考えるようにしたい。そうすることで、教師が評価するポイントを絞ることができる。

(3) ルーブリックを用いた評価

本研究を通してパフォーマンス課題の実践例を増やすとともに、ルーブリックを用いた評価の信頼性・妥当性を高めることができた。今後も次の3点に留意して実践を重ねながら、更に精度の高いルーブリックを作成したい。

- ① 評価する場面、評価するポイントを絞ってルーブリックを作成する。
- ② 課題の内容によっては、実験結果の数値によってルーブリックの達成度を段階分けする。その際、数値だけで機械的に段階分けをしないよう、それぞれの達成度のねらいを明確にしておく。
- ③ 生徒の自己評価とルーブリックによる評価の結果を比較しながら、継続的に生徒の実態を把握する。その際、ポートフォリオの取組は有効な手だてとなる。

生徒の実態に応じて観察・実験の内容や言語活動の進め方等を工夫するとともに、それを生徒の実態に合わせたルーブリックを用いて評価することにより、「見えにくい学力」を的確に把握し、科学的な思考力、判断力、表現力を伸ばす効果的な指導法を本研究の実践から確認することができた。初めてパフォーマンス課題やルーブリックを用いた評価に取り組むときは、生徒から示された想定外の結果やパフォーマンスに対応するためにルーブリックを改訂しなければならないこともあり、大きな苦勞を伴うこともあるが、継続して取り組むことにより、充実したパフォーマンス課題を用いた授業とルーブリックを用いた評価ができるようになると思われる。

(4) 次期学習指導要領に向けて

次期学習指導要領では「アクティブ・ラーニング」の視点からの授業改善として、「主体的・対話的で深い学び」の実現が求められている。理科であれば、本研究で取り組んだような「既習の内容をさまざまな手だてを通して表現したり、練り上げたりすることで新たな科学的な概念を身に付けるとともに、それを他の事象に適用して考えたり説明したりすること」がより重要になる。また、高度な内容を教える高等学校の理科では、これまで通り教師が説明する場面も必要だが、講義形式の授業の中でも発問の仕方や教えた内容を確認する演習の場面などで、生徒の実態に応じながらアクティブ・ラーニングの視点を工夫して取り入れねばならない。観察・実験の授業だけをアクティブ・ラーニングにするのではなく、通常の授業で知識を伝達する中でも、生徒の実態に応じて改善するポイントを明確にする必要がある。通常の授業ではある時間帯に絞ってアクティブ・ラーニングの要素を取り入れるようにするとともに、ある特定の授業でパフォーマンス課題による探究的な活動を取り入れ、より主体的・対話的で深い学びを実現できるようにするべきであろう。

(5) 今後の課題

今後も引き続き、各科目の単元ごとにパフォーマンス課題を開発するとともに、ルーブリックを用いた評価の信頼性・妥当性の向上に向けた研究を続けたい。また、観察・実験だけでなく平素の授業も含め、「理科においてアクティブ・ラーニングの視点に立つ授業を行うにはどのような工夫が必要か」という主題の下で研究を進めたい。さらに、ポートフォリオ評価についても「振り返りシート」の様式や単元ごとの振り返りの方法を改善し、生徒がより深く学びを振り返ることができるようにしたい。

参考文献等

- 文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示
- 中央教育審議会『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』平成28年12月
- 愛知県総合教育センター『高等学校における多様な学習成果の評価手法に関する調査研究』平成28年4月

【資料1 一般的ルーブリックのモデル1】

「高等学校における多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」で県立一宮南高等学校が作成した一般的ルーブリックから「コア」に関する項目を抜粋（これを「本研究の標準のモデル」とする）

一般的ルーブリック							
達成度 身に付け させたい力	【観点】 小項目	目標レベル		現状レベル		評価の 資料	
		レベル4 (十分に満足)	レベル3 (おおむね満足)	レベル2 (努力を要する)	レベル1 (努力と支援を要する)		
コ ア	観察・実験 などを適切 な操作・方 法で主体的 に行う力	【観察・実験の技能】 適切な観察・実験操作 ができる。	実験器具等の特 性と使用目的を 理解した上で、 精密な操作がで きる。	実験操作を、手順 通り適切に行う ことができる。	実験操作を、おお むね適切に行う ことができるが、 誤った操作をす ることがある。	適切な実験操作 を行うことがで きない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【関心・意欲・態度】 よりよい結果を出そ うと、主体的に提案 指摘することができる。	自ら結果を考察 する際に、予想 との差異の原因 を考え、実験操 作の改善点を提 案することができる。	自ら結果を考察 する際に、予想と の差異の原因を 考え、再度実験の 必要性を指摘で きる。	自ら結果を考察 する際に、得られ た実験データか ら理論値との差 異を指摘してい る。	データのみの記 載にとどまり、 実験の結果につ いて考察しよう としない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
	既習事項を 踏まえなが ら、観察・ 実験の計画 方法、結果 などをグル ープで討論 したり、実 験の結果を まとめたり する力	【思考・判断・表現】 実験テーマを踏まえ て、よりよい結果を導 き出す方法を考案で きる。	確かな理由付け をもって、より よい結果を導き 出す改善方法を 複数考案できる。	よりよい結果を 導き出す適切な 改善方法を吟味 した上で一つ考 案できる。	実験テーマを踏 まえた改善方法 を、その適、否に かかわらず一つ は考案できる。	実験テーマを踏 まえた改善方法 を考案できない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【思考・判断・表現】 実験データの傾向を より分かりやすくま とめることができる。	より適切な表や グラフを用い、 更に分かりやす く実験データの 傾向を要約する ことができる。	表やグラフを用 い、実験デー タの傾向を分か りやすく要約す ることができる。	実験データを整 理することができる。	実験データを整 理することがで きない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【思考・判断・表現】 グループでの話し合 いを踏まえ、自分の考 えをまとめ、自分の言 葉で表現できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 し、自分の考え をまとめ、妥当 な言葉で表現で きる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 し、自分の考え をまとめ、表現 できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 するが、考えを 表現することが できない。	グループでの話 し合いや実験デ ータを踏まえて 考察しない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート

【資料2 一般的ルーブリックのモデル2】

理科の学習に対する意欲が高く、知識・理解の定着が進んでいる生徒の実態に合わせたモデル

「レベル4（十分に満足）」について、「資料1 一般的ルーブリックのモデル1」より更に高いレベルの内容を設定した。また、このルーブリックでは、上記資料1で示されたレベル4，3，2を、それぞれレベル3，2，1に対応させた。

一般的ルーブリック							
達成度 身に付け させたい力	【観点】 小項目	目標レベル		現状レベル		評価の 資料	
		レベル4 (十分に満足)	レベル3 (おおむね満足)	レベル2 (努力を要する)	レベル1 (努力と支援を要する)		
コ ア	観察・実験 などを適切 な操作・方 法で主体的 に行う力	【観察・実験の技能】 適切な観察・実験操作 ができる。	実験器具等の特 性と使用目的を 理解した上で、 精度の向上と高 い安全性に配慮 して、精密な操 作ができる。	実験器具等の特 性と使用目的を 理解した上で、 精密な操作がで きる。	実験操作を、手順 通り適切に行う ことができる。	実験操作を、おお むね適切に行う ことができるが、 誤った操作をす ることがある。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【関心・意欲・態度】 よりよい結果を出そ うと、主体的に提案 指摘することができる。	自ら結果を考察 する際に、予想と の差異の原因を 考え、現在の実験 環境で実現可能 な実験操作の改 善点を提案する ことができる。	自ら結果を考察 する際に、予想と の差異の原因を 考え、実験操作の 改善点を提案す ることができる。	自ら結果を考察 する際に、予想と の差異の原因を 考え、再度実験の 必要性を指摘で きる。	自ら結果を考察 する際に、得ら れた実験データ から理論値との 差異を指摘して いる。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
	既習事項を 踏まえなが ら、観察・ 実験の計画 方法、結果 などをグル ープで討論 したり、実 験の結果を まとめたり する力	【思考・判断・表現】 実験テーマを踏まえ て、よりよい結果を導 き出す方法を考案で きる。	現在の実験環境 を踏まえた確か な理由付けに基 づき、よりよい 結果を導き出す 実施可能な改善 方法を複数考案 できる	確かな理由付け をもって、より よい結果を導き 出す改善方法を 複数考案できる。	よりよい結果を 導き出す適切な 改善方法を吟味 した上で一つ考 案できる。	実験テーマを踏 まえた改善方法 を、その適、否に かかわらず一つ は考案できる。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【思考・判断・表現】 実験データの傾向を より分かりやすくま とめることができる。	表・グラフ、数式 の両方から実験 データを分析し、 教師、生徒の誰が 見ても理解しや すいよう工夫し て傾向を要約す ることができる。	より適切な表や グラフを用い、 更に分かりやす く実験データの 傾向を要約す ることができる。	表やグラフを用 い、実験データの 傾向を分かりや すく要約するこ とができる。	実験データを整 理することがで きる。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【思考・判断・表現】 グループでの話し合 いを踏まえ、自分の考 えをまとめ、自分の言 葉で表現できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 し、自分の考え を科学的な根拠 を含めてまとめ、 読み手が理解し やすい言葉で表 現できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 し、自分の考え をまとめ、妥当 な言葉で表現で きる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 し、自分の考え をまとめ、表現 できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 するが、考えを 表現することが できない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート

【資料3 一般的ルーブリックのモデル3】

理科の学習に対する意欲や知識・理解の定着に課題のある生徒の実態に合わせたモデル

「レベル2 (努力を要する)」「レベル1 (努力と支援を要する)」について、「資料1 一般的ルーブリックのモデル1」よりも学習意欲や知識・理解の定着に課題のある生徒に配慮した内容を設定した。また、このルーブリックでは、上記資料1で示されたレベル3, 2を、それぞれレベル4, 3に対応させた。

一般的ルーブリック							
達成度 身に付け させたい力	【観点】 小項目	目標レベル		現状レベル		評価の 資料	
		レベル4 (十分に満足)	レベル3 (おおむね満足)	レベル2 (努力を要する)	レベル1 (努力と支援を要する)		
コ ア	観察・実験 などを適切 な操作・方 法で主体的 に行う力	【観察・実験の技能】 適切な観察・実験操作 ができる。	実験操作を、手 順通り適切に行 うことができ る。	実験操作を、おお むね適切に行う ことができるが、 誤った操作をす ることがある。	実験器具等の特性 や使用目的を理解 しておらず、誤っ た実験操作をする ことが多い。	実験操作を他人 に委ねるなど、 実験に参加でき ない。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【関心・意欲・態度】 よりよい結果を出そ うと、主体的に提案 指摘することができる。	自ら結果を考察 する際に、予想と の差異の原因を 考え、再度実験の 必要性を指摘でき る。	自ら結果を考察 する際に、得られ た実験データか ら理論値との差 異を指摘してい る。	考察がデータの みの記載にとど まり、実験操作と の関係性や予想 との差異につい て触れていない。	データの記載も 考察もできてい ない。または、 明らかに他の生 徒のものを転記 している。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
	既習事項を 踏まえなが ら、観察・ 実験の計画 方法、結果 などをグル ープで討論 したり、実 験の結果を まとめたり する力	【思考・判断・表現】 実験テーマを踏まえ て、よりよい結果を導 き出す方法を考案でき る。	よりよい結果を 導き出す適切な 改善方法を吟味 した上で一つ考 案できる。	実験テーマを踏 まえた改善方法 を、その適、否 にかかわらず一 つは考案できる。	改善方法を提案 するが、実験テ ーマとの関連が低 く、改善につな がらない。	改善方法を考え ていない。また は、明らかに他 の生徒のものを 転記している。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【思考・判断・表現】 実験データの傾向を より分かりやすくま とめることができる。	表やグラフを用 い、実験データ の傾向を分かり やすく要約する ことができる。	実験データを整 理することがで きる。	実験結果をその まま記録してお り、データとして 整理できていな い。	実験結果を記録 していない。ま たは、明らかに 他の生徒のデー タを転記してい る。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート
		【思考・判断・表現】 グループでの話し合 いを踏まえ、自分の考 えをまとめ、自分の言 葉で表現できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 し、自分の考え をまとめ、表現 できる。	グループでの話 し合いや実験デ ータを基に考察 するが、考えを 表現することが できない。	グループでの話 し合いに参加す るが、それを生か して自分の考え を見直すことが できていない。	グループでの話 し合いに参加し ない。または、 自分の考えをも たないまま話し 合いに参加して いる。	レポート 教科担任 メモ 振り返り シート

実践報告 1 物理分野における授業モデルの提案

ー決まった手順のないパフォーマンス課題の実践事例と評価のポイントについてー

1 はじめに

学校教育法において高等学校の目標の一つに「専門的な知識，技術及び技能を習得させること」が掲げられているように，高等学校の授業では専門的な知識と，それを支える基礎的・基本的な知識を生徒に身に付けさせる必要がある。そのためには従来から取り組んできた講義形式の授業も必要であるが，理科においては，講義だけでなくパフォーマンス課題を用いたアクティブ・ラーニング形式の授業を実施し，講義で得られた知識を活用する観察・実験に取り組んだり，問題の演習方法に工夫を加えたりすることで，生徒の思考力・判断力・表現力や観察・実験の技能を伸ばすことができる。

本研究では，限られた時間の中で生徒が「思考力・判断力・表現力」「観察・実験の技能」を身に付けられるようなパフォーマンス課題を用いた授業とルーブリックを用いた評価を，物理分野において実践した。

2 研究の目的

本研究では，高等学校の物理の授業において，次の三つのことを目指した授業実践と考察を行った。

(1) 既習の知識を組み合わせて考える活動を通して，生徒の思考力と判断力を伸ばす

身に付けた知識を活用するという視点から，これまでに学習した物理法則や知識を組み合わせて考えるパフォーマンス課題を課すことにより，知識のいっそうの定着を図った。また，生徒が主体的に取り組む課題とすることで，思考力と判断力を伸ばすことを目指した。

(2) 決まった手順のない実験に生徒同士で協働的に取り組むことで，表現力と協調性を伸ばす

時間の制約がある中で，決まった手順がなく，自由な発想を問われるパフォーマンス課題に取り組むことで，生徒の活発な議論を促すとともに，言語活動の充実を目指した。また，他者と協働しながら自発的に考え自分の考えを伝える表現力と，他者の意見と自分の考えを融合させながらチームで課題を解決する協調性を伸ばすことを目指した。

(3) パフォーマンス課題への取組を正しく評価する

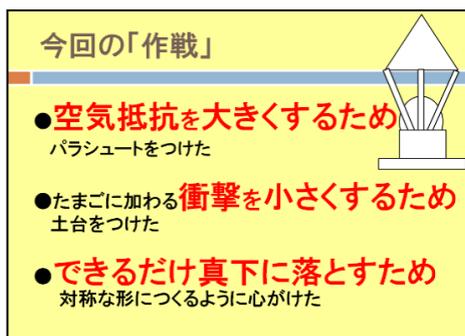
生徒にとって評価は自分の到達状況を確認し，その後の学習方法を見直すきっかけとなるものである。また，教員にとって評価は生徒の実態を的確に把握し，その後の授業改善に生かすものである。本研究では，パフォーマンス課題への取組を短時間で正しく評価するために，ルーブリックを用いた評価に取り組み，そこで留意すべき点は何かについて研究した。

3 研究の方法と内容

(1) パフォーマンス課題「たまごおとしコンテスト」

校舎の3階の高さから卵を落としても割れないように，限られた面積の画用紙でパラシュートや翼，土台などを含む落下装置を製作し，実際に落とす実験「たまごおとしコンテスト」を行った（資料1）。必要なものは，はさみ，セロハンテープ，画用紙のみで，必要に応じて定規，コンパス等を使用することができるようにした。また，卵が割れたかどうかを簡単に判定す

【資料1 授業で使用したスライド】



今回の「作戦」

- 空気抵抗を大きくするため
パラシュートをつけた
- たまごに加わる衝撃を小さくするため
土台をつけた
- できるだけ真下に落とすため
対称な形につくように心がけた

ることができるようにするため、卵を丸ごと囲んで外から見えない状態にする方法は禁止した。さらに、テープは接着目的のみに用いることとし、卵の補強のための使用は禁止した。

2校の普通科高校でこの課題の授業を実践したが、いずれの学校でも学年、類型、物理分野の学習進度を問わず、生徒は楽しみながら意欲的に課題に取り組んでいた。探究するレベルは授業を実施する生徒の実態に応じて変更すればよいので、1～2時間の授業時間でも実践が可能である。

また、この課題を実施する当たっては、多くのごみが多く出ることへの配慮と、屋外で実施する場合には天候への留意が必要である。さらに、卵アレルギーの生徒には十分な配慮が不可欠である。

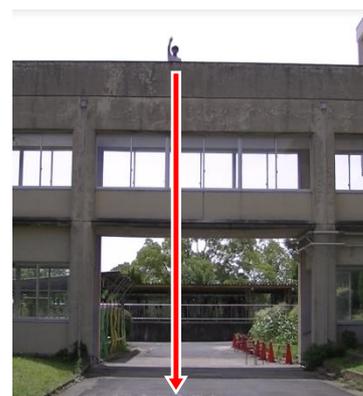
なお、本研究の実践では授業時数の都合により実施を見送ったが、卵を割らずに落とすことに成功した班の中から、「最もきれいに装置を落下させた班」を投票で決めるようにすると、装置を製作する時の生徒の取組と他の班が製作した装置の動きの観察が、更に意欲的になる。これにより、深い理解と生きた知識の定着につながる。

(2) 授業実践

2年生の理系3クラスを対象に、「たまごおとしコンテスト」のパフォーマンス課題を含む授業を実践した。この時点で生徒は、「物理基礎」全単元と、「物理」の平面運動と剛体、運動量、慣性力、円運動までの学習を終えていた。実際に実施した授業（2時間分）の内容は、次の通りである。（(3)学習指導案及び巻末資料（9ページから14ページまで）参照）

授業では最初に、自由落下する雨滴の速度の計算に取り組んだ。理論値と異なり、雨滴には空気抵抗が働くので、落下速度、落下時間はそれより遅くなることを説明し、今までは空気抵抗を無視して理論値を考えていたことを、生徒に理解させた。次に、空気抵抗と終端速度について説明し、問題演習に取り組んだ。

続いて、「たまごおとしコンテスト」のルールを説明した。「卵を落下させても割れないようにするための作戦」を考え、既習の物理の知識を用いて、班ごとに作戦に応じた装置の設計図を作製した。この設計図を基に制限時間30分で装置を製作し、完成後に3階の渡り廊下から卵を乗せた装置を落下させ、全員で観察した。



渡り廊下（高さ8m）から装置を落下させた



班ごとの協議の様子



残り時間が少なくなるにつれて、生徒の議論と作業が白熱していった

(3) 学習指導案

第2学年 物理 学習指導案

1 単 元

様々な運動

※学習指導要領解説では、「物理基礎」の「様々な力とその働き」の中で「空気抵抗の存在にも定性的に触れることあるため、この発展的な内容として「物理基礎」で扱うこともできる。

2 単元の評価規準

- (1) 物体の運動に関して、意欲的に考えることができる。(関心・意欲・態度)
- (2) 運動とエネルギーに関する基礎的な見方や考え方に基づいて、現象を解析できる。
(思考・判断・表現)
- (3) 物体の運動を観察，実験などを通して探究できる。(観察・実験の技能)
- (4) 力と運動に関する概念や原理・法則を系統的に理解できる。(知識・理解)

3 指導内容及び計画

指導内容	小単元：空気の抵抗（2時間）
1（本時）	空気抵抗・終端速度，「たまごおとしコンテスト」（前半：設計図の作製）
2（本時）	「たまごおとしコンテスト」（後半：設計図の作製，装置の製作と落下実験）

4 本時の指導

(1) 本時の評価規準

- ア 物理の知識を用いて，実験を成功させるための作戦を複数立てられる。(思考・判断・表現)
- イ 空気抵抗を考えて，卵を割らないという目標を達成できる。(観察・実験の技能)

(2) 準備

- ア 説明用：ノートパソコン，タブレット，液晶プロジェクタ
- イ 実験用：卵，画用紙，はさみ，セロハンテープ，ゴミ袋，ビニールシート

(3) 指導過程

【1時限目】

過程	学習内容	指導上の留意点	評価の観点
導入 10分	・卵を落下させる動画を見る。 ・空気抵抗を無視した場合の雨粒の速度を計算する。	・プロ野球の投手の球速と比較して，速さのイメージをつかませる。	
展開1 25分	・空気抵抗と終端速度について説明を受けた後，練習問題に取り組む。	・漸近線は意識させず，一定の速度であると理解させる。	
展開2 15分	・「たまごおとしコンテスト」の説明を聞く。 ・作戦を考え，設計図を構想する。		【思考・判断・表現】

【2時限目】

過程	学習内容	指導上の留意点	評価の観点
導入 5分	・「たまごおとしコンテスト」のルールを再確認をする。		
展開3 30分	・設計図を作製する。 ・装置を製作する。	・設計図内に，作戦を言葉で書くよう指示する。	
展開4 10分	・落下させる生徒は渡り廊下に，それ以外の生徒は，落下点付近に移動する。	・卵が割れなかった否かの判定は，教員がする。 ・一度に数グループずつ落下させる。	【観察・実験の技能】
まとめ 5分	・実験室に戻り，片付けをする。 ・ワークシートに結果と考察を記録する。		

(4) 評価

ア 既習の物理の知識を用いて、実験を成功させるための作戦を複数立てられたか。

【思考・判断・表現】

イ 空気抵抗を考えて、卵を割らないという目標を達成できたか。

【観察・実験の技能】

(4) ルーブリック

評価は公平かつ公正でなければならない。特に、パフォーマンス課題の評価結果を総括的な評価にまで加味する場合は、公平さがより重要となる。思考・判断・表現、観察・実験の技能のような、従来のペーパーテストでは見えにくかった学力も、パフォーマンス課題に取り組みルーブリックを用いて評価することで、妥当性と信頼性のある評価をすることができる。教員によって評価に差が出ないよう公平さを高めるとともに、どのような理由でその評価になったのかを教員と生徒で共通理解を得ることで、生徒の学習意欲の向上につなげることができる。

しかし、正確さ、公平さに丁寧に配慮して評価しようとするほど、教員の負担は大きくなる。あわせて、評価に費やす時間も限られていることから、ルーブリックを用いた評価に取り組む場合は、負担とかかる時間を考慮して、評価するポイントとその判断基準の内容を設定する必要がある。評価の正確さと時間短縮を両立するため、ルーブリックに記載する判断の基準の中に、ねらいを明確にした上で設定した数値（測定値の範囲や誤差の割合、達成した個数、考え出した数）を記載することも、有効な方法の一つである。

今回の実践では、次のようにルーブリックの内容を設定した。評価のポイントを、①考えた作戦の数（実際に採用したものを含めた全ての作戦の数）、②コンテストで卵を割らなかったかどうか、の二つとし、それぞれについて判断の基準を設定した（資料2）。

【資料2 本実践で使用したルーブリック】

達成度 評価の ポイント	評価の観点	レベル3 (十分に満足)	レベル2 (概ね満足)	レベル1 (努力を要する)	評価の資料
① 既習の物理の知識を用いて、実験を成功させるための作戦を複数立てられたか。	【思考・判断・表現】	・物理の知識を用いた作戦を5個以上書けた。	・物理の知識を用いた作戦を3個以上書けた。	・物理の知識を用いた作戦を2個または1個書けた。	ワークシートの設形図の記述
② 空気抵抗を考えて、卵を割らないという目標を達成できたか。	【観察・実験の技能】	・卵が全く割れなかった。	・卵にひびが入った、または割れた。 ・落ち度のない外的要因により、実験が失敗した。	・明らかな準備不足により、卵が大破した。 ・明らかな準備不足により、実験が失敗した。	ワークシートの実験結果の記述 教員の記録

評価のポイント①については、今回の課題を成功させるために、今までの学習内容をどれだけ活用することができるかという観点で、考えた作戦の数を評価の基準とした。「ありふれた作戦3個と素晴らしい作戦1個ではどちらに価値があるのか」については意見が分かれるところであるが、基準を示すことで誰が評価しても同じ結果にするために、示された考え方の個数を統一した判断基準にするのも、一つの方法であると思われる。

評価のポイント②については、実験結果を評価の基準とした。1回限りの実験であることや、各班が

装置を落下させる時の風の状況などにより結果が左右されることから、このルーブリックが全ての面で適切なものになり得るかは、やはり意見が分かれるところであるが、同じく1回限りの勝負である「あいち科学の甲子園」の競技でもこのような形式のものが採用されていることを踏まえ、本実践ではこのルーブリックで評価に取り組むこととした。

(5) 結果と評価, 考察

ア 結果とルーブリックによる評価

このパフォーマンス課題では、用意する材料によって実験の成功率が大きく変わる。今回の実践では3クラスで取り組んだが、最初に授業を行ったクラスで使用する材料を画用紙1枚としたところ、成功率が教員の予想よりも低くなってしまった。やむを得ず、2番目に授業を行ったクラスから条件を変更し、画用紙2枚で実施することにした。このため、評価のポイント②についてはクラス別に結果を集計することにした(資料3)。なお、3番目に授業を行ったクラスは、習熟度別クラス編成の成績上位者の学級である。

【資料3 ルーブリックを用いた評価の結果】

評価のポイント \ 達成度	クラス	レベル3 十分に満足	レベル2 概ね満足	レベル1 努力を要する
① 既習の物理の知識を用いて、実験を成功させるための作戦を複数立てられたか。	全クラス	45.8%	40.4%	13.8%
② 空気抵抗を考えて、卵を割らないという目標を達成できたか。	1クラス目 (画用紙1枚で実施)	16.3%	83.7%	0%
	2クラス目 (画用紙2枚で実施)	28.9%	71.1%	0%
	3クラス目 (画用紙2枚で実施)	40.5%	59.5%	0%

イ 考察

クラスの人数の都合により2人組と3人組の班ができたため、実験結果の評価について、2人組の班と3人組の班について別々に集計した結果を次に示す(資料4)。

【資料4 評価のポイント①の班の人数別による集計】

	2人組	3人組	全体
作戦数の平均	3.6	3.9	3.7

著しい差ではないものの、やはり3人組の班の方が2人組の班より多くの作戦を書くことができた。本実践では立てた作戦の個数で評価をしたため、これでは3人組の班の方が有利になる。「評価のポイントの設定がやや不公平であった」という反省が残されたが、今回は最初に設定した基準のままで評価することとした。

議論が盛り上がった班の中にはレポートを書くことに時間を割けず、作戦を十分に記述できなかったところも複数あった。議論が盛り上がったこと自体はよいのだが、その記録をきちんと残しておかないと、このルーブリックでは高い評価は得られないため、このようにパフォーマンス課題に対する生徒の経験が浅い場合は、生徒が考えたり実験したりする時間とレポートを書く時間を、それぞれ別に設定した方がよいと思われる。

またルーブリックを用いて評価を行った際、どこまでを「物理の学習内容を生かした作戦」として判



装置のモデル

断してよいか、大変迷った。今回はパフォーマンス課題に対する生徒の経験の浅さを踏まえ、明らかに誤った内容でなければ、できる限り生徒の意を汲み取るようにした。例えば、「紙を丸めて卵の下に敷いた」のように「衝撃を吸収するために」という目的が記述されていなかったものも、今回は「記述できている」と評価した。今後同様の取組を行う場合は、必ず事前に「〇〇のために〇〇〇〇した」と記述するよう指導したい。

「評価のポイント②」の評価の結果は次のようになった。班の人数による結果と、全体の結果をそれぞれ示す（資料5）。

【資料5 「評価のポイント②」の評価の結果】

	1クラス目（1枚）			2クラス目（2枚）			3クラス目（2枚）		
	2人組	3人組	全 体	2人組	3人組	全 体	2人組	3人組	全 体
割れなかった	3班		6人	4班	1班	11人	3班	3班	15人
ひびが入った	1班	1班	5人		1班	3人	2班		4人
割れた	4班	6班	26人	3班	6班	24人	3班	4班	18人

ここでは、2人組の班の方が3人組の班より成功率が高いという意外な結果となった。これについては人数が多いと意見をまとめるに苦しかったからなのか、それとも個々の生徒の主体性が弱くなったからなのか、残された記録だけでは分からなかったため、今後同じ取組を実施する際には留意したい。

ポイント①、ポイント②の評価結果を踏まえ、「公平に評価するためには、できる限り班の人数を揃える方が望ましい」という考えに至った。しかし、全てのクラスでそのような班編制が可能になるわけではないので、やはり評価のポイントと評価の判断基準の内容の設定をどのように工夫するかが、最も重要な課題となるであろう。

(6) 生徒アンケート結果

授業の直後に生徒に回答させたアンケートの設問と回答結果を次に示す。

問1 この実験で物理に興味が増えましたか。これからの学習に対してやる気が出ましたか。

はい	どちらともいえない	いいえ
90.0%	7.2%	2.7%

「はい」と回答した理由として、「今まで習った知識の使い方が分かったから」「今まで学習してきた内容の通りにならないことが分かったから」「楽しかったから」等、知識の活用や理論値と実測値との誤差の確認を印象深く感じたものが多かった。

「はい」以外の回答をした理由も、「座学で新しいことを知る方が楽しい」「もともと物理に興味を持っているから」等、肯定的な意見がほとんどであった。

問2 この実験は勉強になりますか。

勉強になる	どちらともいえない	勉強にならない
81.3%	14.3%	1.8%

「勉強になる」と回答した理由として多かったものとして、「今まで学んだ知識の使い方が分かったから」「他の人と相談して一つのものをつくる難しさが分かったから」等が挙げられる。

「勉強になる」以外の回答をした理由として、「この取組は学習とは別なものだと思う。」という趣旨のものが複数あった。このような回答をする生徒は、学習をペーパーテストのための勉強のみと捉えていないか、気になった。引き続きパフォーマンス課題に取り組むことで、このような生徒の意識を変えることができるようにしたい。

問3 この実験は楽しかったですか。

楽しかった	どちらともいえない	楽しくなかった
94.4%	5.6%	0%

ほとんどの生徒にとって楽しく取り組めた実験のようであり、パフォーマンス課題としては取り組みやすい適切な内容であったと思われる。

問4 この実験でなにが身に付くと思いますか。次の五つの項目に順位を付けてください。

この質問では「物理の知識」「実験の技能」「問題解決能力」「思考力」「協調性」の五つについて、この課題への取組を通してどれが身に付いたと感じたか、それぞれの生徒に順位付けさせた。それぞれの項目について生徒が回答した順位の平均をまとめたところ、次のようになった。

項目	物理の知識	実験の技能	問題解決能力	思考力	協調性
平均順位	3.92位	3.54位	3.02位	1.43位	3.11位

本校の生徒はアンケート等に対して肯定的な回答をする傾向が強いため、このような順位付けによる項目も加えてみた。結果は、「思考力」を高順位にした生徒が圧倒的に多かった。2時限の実験で思考力がどれだけ身に付いたか測定することは難しいが、思考力が身に付いたと感じた生徒が多かったことから、このパフォーマンス課題には生徒のさまざまな思考を引き出す効果があったと考えられる。

なお「物理の知識」に関しては、この項目を最も低い5位にした生徒の多くが、もともと物理を得意とする生徒であった。この生徒も他の設問では「今まで学習した知識の使い方が分かった」という感想を書いていたことから、「この取組で新しい知識は身に付かなかった」という趣旨で、5位と回答したものと思われる。

問5 この実験で得られたことや「成長したな」と感じたことを、一つ書いてください。
多かった意見は、主に次の3種類に分類できる。

<p>① 物理の知識</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1年間物理を習っただけでも、その意味を実感することがたくさんあった。 ・今までの知識を応用させることができた。 ・日常のちょっとしたことに物理が使えるのだと気づいた。
<p>② 自己主張と協調性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今まで授業では自分の考えを人に言うことがあまりなかったが、自分の思ったことをきちんと伝え、その意見が実際に使われたのでよかった。 ・今まで人の意見を鵜呑みにしてきた自分が、自分の意見を言えたことがよかった。 ・他の人の言うことをよく聞いて、考えることができた。
<p>③ 思考力・想像力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験を成功させるために、いろいろと考えることができた。 ・解決策を考える力が付いたと思う。 ・「こうしたらどうなるか」と頭の中で考える力が付いたと思う。

4 研究のまとめと今後の課題

(1) 既習の知識を組み合わせる活動を通して、生徒の思考力と判断力を伸ばす

生徒アンケートの結果と授業中の様子からも、パフォーマンス課題を通して生徒の思考力と判断力を伸ばすことができると感じた。また、それぞれの生徒に考える時間を与えるため、教師も必要以上に助言やヒントを与えないよう注意する必要があると感じた。当然であるが、パフォーマンス課題に1回取

り組んだだけでは思考力と判断力を十分に伸ばすことはできないので、このような授業を継続して実施するとともに、生徒の力がどれほど伸びたのか確認する方法を考える必要がある。

(2) 決まった手順のない実験に生徒同士で協働的に取り組むことで、表現力と協調性を伸ばす

本実践のパフォーマンス課題に取り組んだ生徒は、これまでの手順が決まった実験よりも活発に議論を行っていた。また、生徒のアンケートには「今まで人の意見を鵜呑みにしてきた自分が、意見を言えたことがよかった」という趣旨の記述が複数あり、決まった手順のない実験が表現力と協調性を発揮する上で大変効果的であることが分かった。理科の授業において、少人数の班単位でこのような活動の機会を設けることは、とても大切であると実感した。

(3) パフォーマンス課題への取組を正しく評価する

初めてルーブリックを用いた評価に本格的に取り組んでみて、評価の判断の基準が班の人数により不公平になったり、判断に困る部分があったりしたため、予想以上に苦勞した。これらの点を反省しながら、「実際に評価に取り組んでみて、初めて気付く失敗や困難があるのだ」ということを実感した。ルーブリックによる評価を総括的な評価（評定）に加味する場合は、妥当性と信頼性の両方が高くなるように評価をせねばならないため、引き続きパフォーマンス課題に取り組む、ルーブリックの精度を高めるようにしたい。

今回のようにうまくルーブリックを設定できなかつたときは、ルーブリックを改定しながら評価をやり直し、信頼性・妥当性があると確認できてから、総括的な評価に加えてもよいと思われる。ルーブリックを用いた評価により、今後の生徒の学習改善と教員の指導改善につなげることができれば、この取組は大変意義深いものである。最初は苦勞をするが、積極的に柔軟に精度の高いルーブリックを作ることができるようになりたい。

最後に、本実践を通して感じた「ルーブリックを用いた評価の経験が浅い教員が、それに取り組むときの参考点」を、以下にまとめる。

ルーブリックによる評価を実施するときの参考点

- ・ルーブリックを作成する際には評価にかかる負担も考慮する。
- ・「評価のポイント」は生徒の達成目標であり、その達成を目指して評価の判断基準を考える。
- ・ルーブリックの内容は事前に生徒に示す方が望ましい。状況によっては達成目標や評価の判断基準の方向性を先に生徒に示し、具体的なルーブリックの内容を後から生徒に示してもよい。
- ・「数値」をルーブリックの基準に用いると評価の客観性は増すが、その数値にどのようなねらいがあるか慎重に考えてから設定する。
- ・今回のような3段階のルーブリック以外にも「○○が5点、○○が4点、○○が3点、○○が1点」と各段階に応じて点数を設定する形式のルーブリックもある。
- ・班単位でパフォーマンス課題を実施する場合、班の人数によって不公平にならないよう課題とルーブリックの内容を考える。
- ・評価を実施してから不十分な点に気づき、ルーブリックを改定することもある。
- ・班による実験を異なるメンバーの班で実施し、年間でバランスを取るなどの工夫が必要である。
- ・評価を総括的な評価に加えるかどうかは、ルーブリックの信頼性・妥当性を踏まえて判断する。

参考文献等

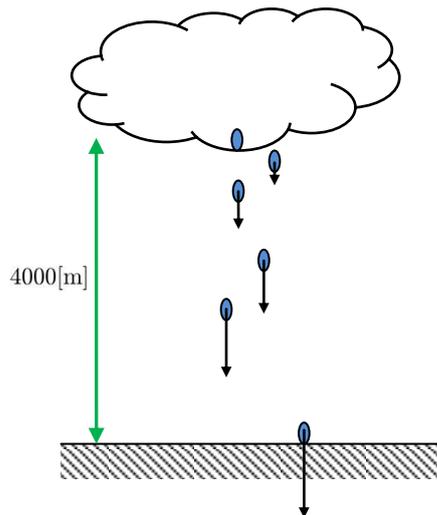
- R. ドラン他（古屋光一監訳）『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房
- 堀哲夫，西岡加名恵『授業と評価をデザインする 理科』日本標準
- 文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示

【資料】

① 空気抵抗と終端速度

1 雨滴の速度

■ 雨滴が上空4000[m]から自由落下してくるとして、地面に到達するときの速さを計算してみよう。
ただし、重力加速度の大きさを $9.8[m/s^2]$ とする。



日本最速投手の球速は…

$$163[\text{km/h}] = \frac{163000[\text{m}]}{3600[\text{s}]} = 45.2[\text{m/s}]$$



実は、我々の今までの計算は、「空気抵抗」を無視していました。

実際の速さは、この計算結果よりも遅くなります。

2 空気抵抗と終端速度

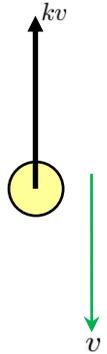
■空気抵抗と終端速度

空気抵抗

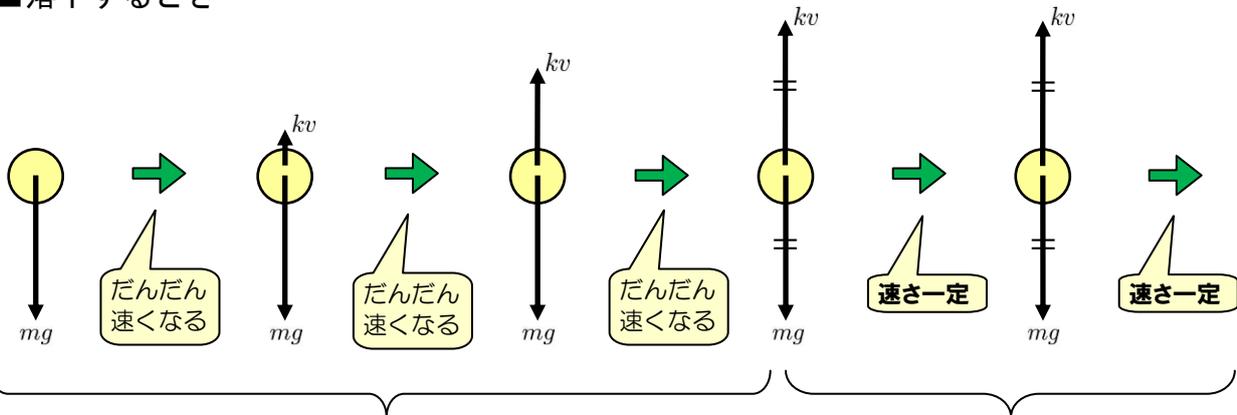
k : 比例定数 v : 速さ

空気抵抗は速さに比例する。

速くなればなるほど空気抵抗も大きくなる。



■落下するとき



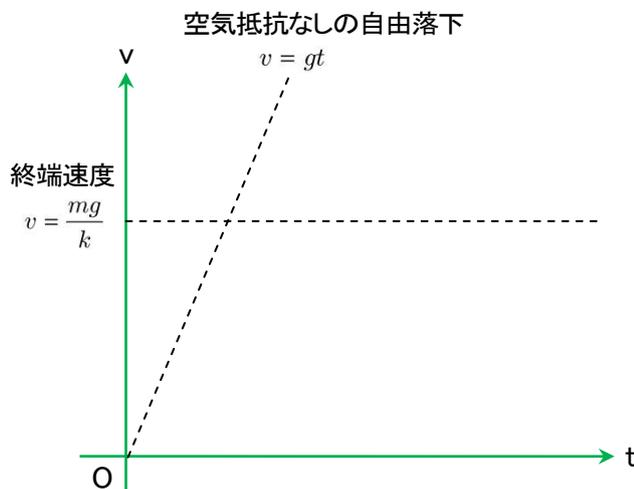
① $mg > kv$ だから加速中

加速しながら落下している途中の運動方程式

② $mg = kv$ だから速さ一定

最終的に $mg = kv$ となったとき

v-tグラフ



問1 終端速度

上空から落ちてくる雨滴にはたらく力は、 だけでなく、空気抵抗もある。雨滴の速度が小さいときは、上向きの空気抵抗より下向きの のほうが大きいので、雨滴には下向きの加速度が生じ、雨滴の速度はだんだん なる。空気抵抗は雨滴の速度に して大きくなるので、最終的には抵抗力は と等しくなり、雨滴は等速で落下するようになる。このときの雨滴の速度を 速度という。

1	2	3	4
---	---	---	---

問2 終端速度

雨滴のような小さな物体が自由落下するとき、空気抵抗がない場合は雨滴の受ける力は重力だけである。この場合、落下速度は時間とともに徐々に増していく。しかし、大気中を落下する場合には、重力に加えて空気抵抗を受けることになる。この空気抵抗は雨滴のような小さな物体の場合、そのときの に比例する。ア 空気抵抗がある場合でも、落下するに従って徐々に落下速度が大きくなっていくが、やがて空気抵抗と重力がつりあって イ 落下速度は一定になる。このときの最終的な落下速度を という。

(1)空欄、に当てはまる言葉を漢字4文字で書きなさい。

1	2
---	---

時刻 $t = 0$ に落下を始めた瞬間の落下速度は 0 として雨滴の落下運動について考えよう。雨滴の質量を m 、加速度を a 、落下速度を v 、最終的な落下速度 を V 、重力加速度の大きさを g 、空気抵抗の比例定数を k 、時刻を t とする。

(2)下線部アのときの加速度 a を答えなさい。

計算
$a =$

(3)下線部イのときの落下速度 V を答えなさい。

計算
$V =$

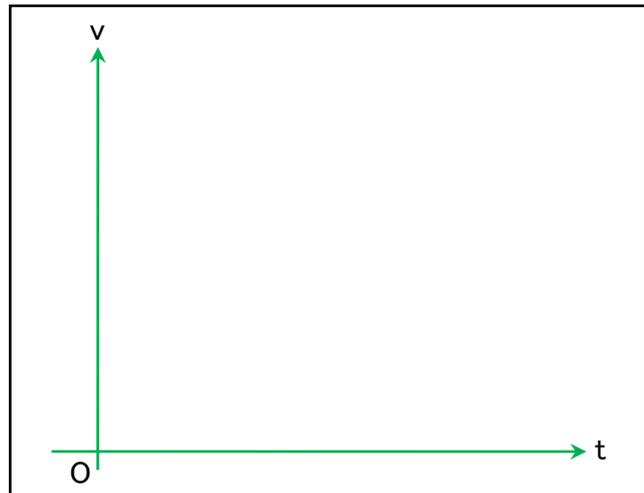
(4)次の条件 (a) (b) について

【縦軸】 落下速度 v

【横軸】 雨滴が自由落下し始めてからの時間 t
のグラフをそれぞれ描きなさい。

(a) 空気抵抗を無視した場合

(b) 空気抵抗がある場合

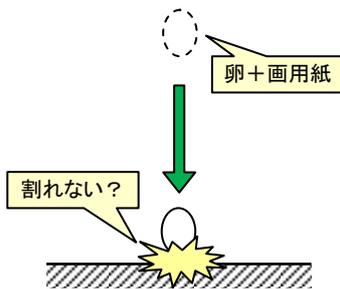


② たまごおとしコンテスト

1 実験の概要・目的

実験

画用紙1枚だけを使って、卵を渡り廊下(高さ8[m])から落としても、割れないようにしよう！



実験の目的

- ① 物理的な作戦を立てて物を設計する。
- ② ディスカッション&共同作業
- ③ ふだんの「計算」を実感する。
- ④ 「ものづくり」

【評価】実験結果

すばらしい：割れなかった
ふつうです：ひびが入った
もう少し：割れた
努力が必要：ルール違反

2 あなたのグループの作戦

思いつく作戦を箇条書きで書いてみよう！

例 空気抵抗を大きくするためにパラシュートを付ける。

【評価】思いついた作戦の数

すばらしい：5個以上
ふつうです：3～4個
もう少し：2個
努力が必要：0～1個

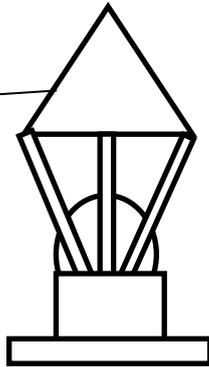
【実際に生徒が書いた例】

- 接地面積を大きくして圧力を小さくする。
- 卵を地面から遠くして衝撃を伝わりにくくする。
- 卵の周りに紙で作ったクッションをつけて衝撃を吸収する。
- ばねで衝撃を吸収する。
- プロペラを付けて、回転のエネルギーに変える。
- 卵を画用紙で包んで卵のパックみたいににする。
- 紙飛行機にして飛ばす。
- 卵を横にする。

3 装置の設計図

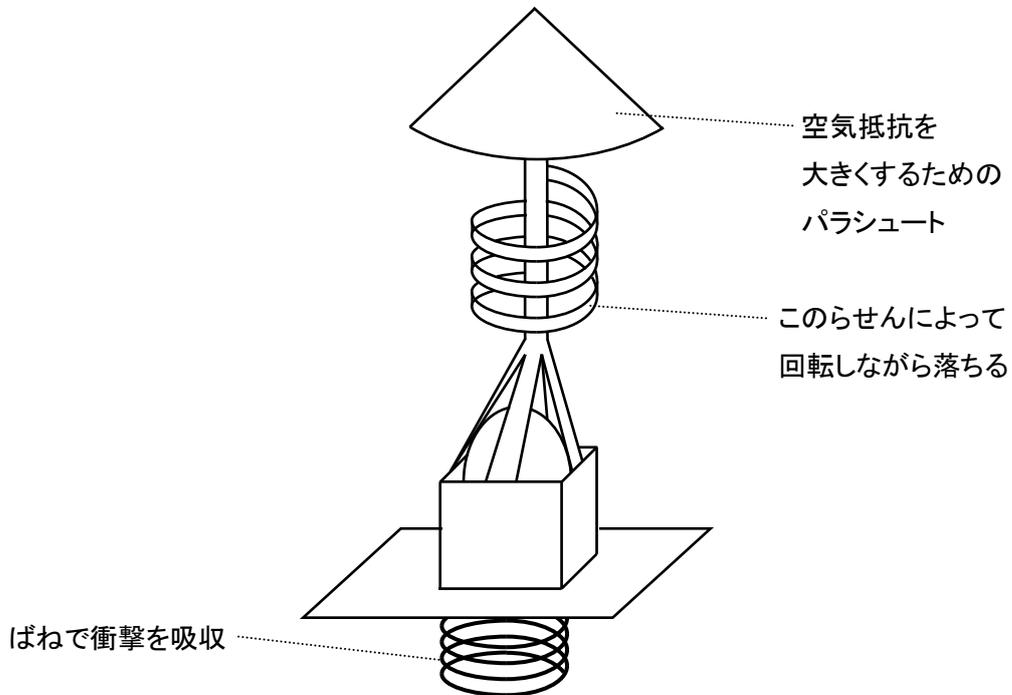
例

空気抵抗を
大きくするために
パラシュートを付けた



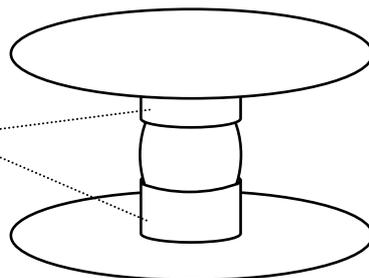
- 設計図を記入(実物と多少違って構わないので、大きく、わかりやすく書くこと。)
- 言葉で簡単な説明を書き入れること。

【実際に生徒が書いた例】



どの向きから落ちて
も衝撃を吸収できるようにする

円盤と卵の間に
空間をつくる



丈夫にする

4 実験結果

自分のグループのタマゴは… (どれかに○をつける。)

割れなかった！

ひびが入った！

割れた！

5 自分のグループの考察

例 その原因はなにか。実験を成功させるためにした（すればよかった）工夫予想どおりの結果だったか。一致しない場合、なにが原因か。

考察

【実際に生徒が書いた例】

- 衝撃を吸収することを考えるより、エネルギーを他に変換することを考えれば良かった。
- 思ったところに落ちなかったので、対称になっていなかったのかもしれない。
- 空気抵抗が均等に働かず、傾いてしまった。

6 全体を通しての感想

例 なにが難しかったか、ふだんの数式の計算と関連してどうか。 など

感想

【実際に生徒が書いた例】

- とても楽しかったが、想定が甘かったため割れてしまってとても悔しい。
- ふだんの計算に加えて、雨や風のこともまで考えなくてはいけないことが分かった。

月 日 (曜日)

共同実験者名

年 組 番 氏名

実践報告 2 化学分野における授業モデルの提案 1

－現象に対する論理的思考力と表現力の向上を目指した授業実践－

1 はじめに

近年の社会では、コミュニケーション能力や自分の意見を周囲に伝える力を発揮できる人材が求められている。同時にこれからの社会では、教えられたことを暗記し、正答が必ずある問題の答えを導き出すだけでは通用しないであろうとも言われている。このような状況を踏まえ、理科の教科指導においても、観察・実験の授業を中心に活発な言語活動を行うとともに、周囲と協力しながら自分の意見を自分の言葉で表現する力を身に付けさせる指導の充実が、重要な課題となる。

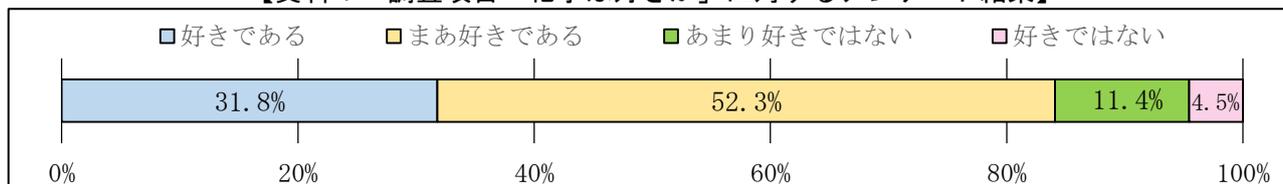
現行の高等学校学習指導要領において、理科では「目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てる」ことを目標としている。授業で習得した知識を組み合わせる機会を設けることで、学力の三要素である「基礎的な知識及び技能」「思考力、表現力、判断力等」「主体的に学習に取り組む態度」を育成し、理科を学ぶことの楽しさや有用性を実感できる授業を目指さねばならない。更に今後は次期学習指導要領に向けて、アクティブ・ラーニングを通じた「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」を実現できる授業モデルの開発が、重要な課題となってくる。したがって、これから授業改善を進める上で心がけるべき授業の展開は、「学習した知識や考え方を日常生活等と関連付けて活用し、新たな視点で自然の事物や現象を考察する機会を設けるもの」「その中で他者と協働して議論を行い、自分の考えをより妥当なものにするもの」であると考えられる。

本研究では、習得した知識を日常生活との関連を踏まえて活用するパフォーマンス課題を取り入れることで、生徒の論理的な思考とグループでの協働的な議論を促すアクティブ・ラーニングの視点に立った授業を実践した。更に生徒の学習活動と変容を多面的に評価するため、ルーブリックを用いた評価に取り組んだ。

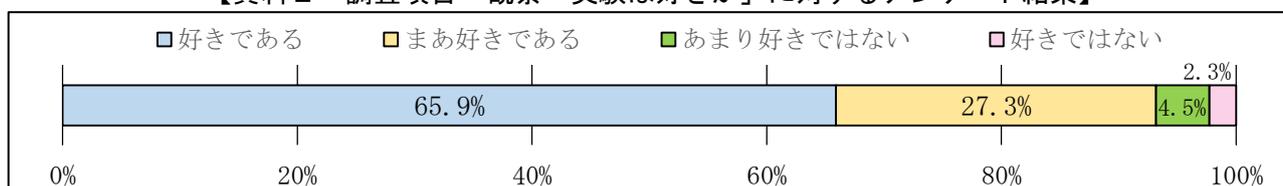
2 研究の目的

本校では2年生で「化学基礎」を履修している。多くの生徒は、設定された条件において公式や法則を活用しながら問題を読み解く力は高いが、初めて目にする現象や問題について多面的に思考・判断する力、科学的・論理的に思考する力に課題があると思われる。そのような状況を踏まえ、本研究に取り組むに当たって、2年生の授業を担当している理系1クラスに事前アンケートを実施し、五つの項目で化学に関する意識を調査した。その結果は、次のようになった（資料1、資料2）。

【資料1 調査項目「化学は好きか」に対するアンケート結果】



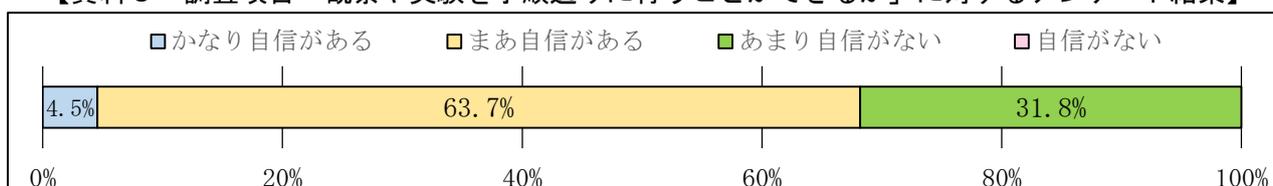
【資料2 調査項目「観察・実験は好きか」に対するアンケート結果】



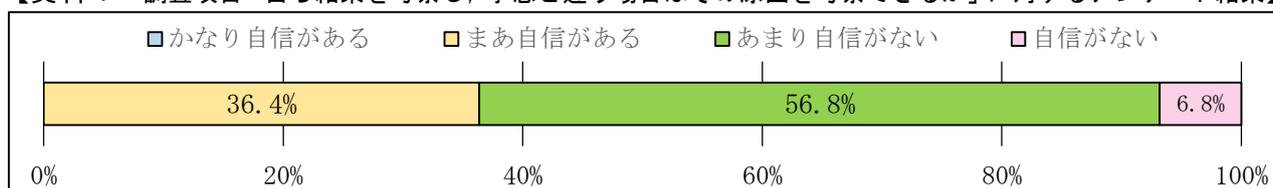
調査項目「化学は好きか」「観察・実験は好きか」については、「好きである」「まあ好きである」の肯定的な回答の合計が80%を超えた。また、「好きである」に着目して資料1と資料2を比較すると、観察・実験を「好きである」と回答した生徒の割合が、化学を「好きである」と回答した割合の2倍を超えていることが分かった。このことから、授業で習得した知識をより深く理解し定着させるためには、観察・実験で目にした現象を、既習の知識を再構築しながら考察する機会を設けるとよいのではと考えた。

事前アンケートでは、観察・実験の操作、考察、結果のまとめ方についても意識を調査した。これらの結果は、次のようになった(資料3, 資料4, 資料5)。

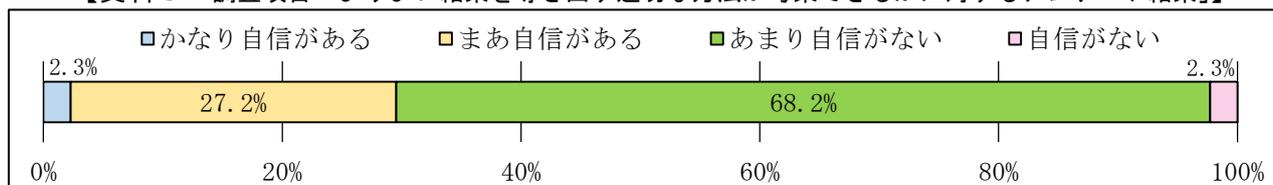
【資料3 調査項目「観察や実験を手順通りに行うことができるか」に対するアンケート結果】



【資料4 調査項目「自ら結果を考察し、予想と違う場合はその原因を考察できるか」に対するアンケート結果】



【資料5 調査項目「よりよい結果を導き出す適切な方法が考案できるか」に対するアンケート結果】



調査項目「観察・実験を手順通りに行うことができるか」については、「まあ自信がある」という回答が60%を超え、「かなり自信がある」と合わせると約70%となった。一方、調査項目「自ら結果を考察し、予想と違う場合はその原因を考察できるか」「よりよい結果を導き出す適切な方法が考案できるか」については、いずれも「かなり自信がある」「まあ自信がある」の合計が30%程度にとどまった。このことから、知識を確認するために決められた手順の操作に全員で取り組む実験には自信があるが、学習した知識を活用して分析したり、論理的な思考に基づいて考察したりする実験には自信がない様子が見えてきた。あわせて、実験結果を踏まえて失敗した原因を検討したり、実験方法を改善したりする力も乏しいことがうかがえた。このような生徒の実態を踏まえ、次の三点を本研究に取り組む目的とした。

- ① 「主体的な学び」「深い学び」の実現を目指し、簡単な観察・実験で確認した現象を、既習の知識を再構築して深く考察できるようなパフォーマンス課題を考える。
- ② 「対話的な学び」の実現を目指し、班内での役割分担に基づいて得られた実験結果を生かして考察させるようなパフォーマンス課題を考える。
- ③ 生徒が観察・実験に取り組む様子、思考力・判断力・表現力等の「見えにくい学力」を、ルーブリックを用いて評価する。

3 研究の方法と実際

(1) 研究の仮説

本研究では主題設定に向けた仮説を、次のように設定した。

仮説Ⅰ 論理的思考に基づいて結果を予想させ、実験による検証と観察を行えば、結果との差異を考察し、探究する過程で「主体的な学び」を実現できるであろう。

仮説Ⅱ 実験操作を細分化し、結果を班で共有することにより結論を導き出せば、個の学びから協働した学びへと発展し、「対話的な学び」が実現できるであろう。

仮説Ⅲ 学習した知識と現象を結びつける視覚的なアプローチを行えば、生徒が適切なイメージを構築することができ、段階的な論理的思考を促進させて「深い学び」を実現できるであろう。

(2) 授業実践について

事前アンケートを実施したクラスの「化学基礎」において、次のような学習指導案による研究授業を実践した。

1 実施クラス	第2学年理系		
2 科目	「化学基礎」		
3 単元	物質の変化（物質量）		
4 指導計画	物質量（全6時間） 原子量，分子量，式量（1時間） 物質量（2時間） 溶液の濃度（3時間）（本時2／3）		
5 本時の展開	（1時限50分）		
過程	学習活動	指導上の留意点	評価の観点
導入 （10分）	・未知の濃度の清涼飲料水3種類について、どの溶液の質量パーセント濃度が大きいかを個人と班で考える。（手だて①）	・間違いを気にせず、検証方法と結果を予想させ、思考した根拠とともにワークシートに記入するよう促す。	【関心・意欲・態度】 【思考・判断・表現】
展開① （15分）	・濃度の異なる溶液を注ぐ例としてコーヒー飲料と牛乳の組み合わせについて考える。（手だて①） ・4種類の液体から2種類の液体を選び、さまざまな組み合わせで試験管にゆっくり注ぎ、層が混合するかしないか、変化の様子を観察する。（手だて②） ・4種類の液体を試験管に注いだときの変化について、実験で確認する（各班がそれぞれ指定された順序で液体を注ぐ）。（手だて③）	・記録を取り、層が混合した（しなかった）理由について、班で意見をまとめるよう促す。 ・2種類の液体を選択する際、班内で組み合わせが重複しないように伝える。 ・溶液を注ぐ度に、変化の様子をワークシートに記入し、段階的に記録するよう伝える。	【観察・実験の技能】 【思考・判断・表現】
展開② （20分）	・『赤→青→緑→黄』の順序で試験管に液体を注いだ場合、試験管の様子はどのようになるか」という最後の課題に取り組む。（手だて④）	・班で実験した結果を踏まえ、質量パーセント濃度の違いによりどのような様子が観察されるかを論理的に予想するよう促す。	【観察・実験の技能】

	・結果の予想，実験による検証に取り組み，結果を考察する。	・班内の予想と実験結果を比較し，結果について詳細に考察するよう指示する。	【思考・判断・表現】
まとめ (5分)	本時の振り返りを行い，取組を自己評価する。	・本時の活動全体を振り返って適切に評価するよう促す。	【関心・意欲・態度】

(3) 授業実践における手だて

パフォーマンス課題を通して「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」の実現を目指し，本実践における手だてを次のように設定した。

ア 手だて①

身近な清涼飲料水の濃度に関する考察（本時の展開の「導入」及び「展開①」の最初に実施）

(ア) 清涼飲料水の濃度の検討

市販されている3種類の清涼飲料水をモニター画面に提示し，濃度の濃い順番を知る方法を検討させる。

同時にこのことについて，本時の学習で判断する方法を考えることを，生徒に伝える。



清涼飲料水

(イ) コーヒー飲料と牛乳の濃度（密度）に関する考察

市販されているコーヒー飲料と牛乳を加える順序を逆にした試験管（左の試験管：コーヒー飲料に牛乳を加えた場合，右の試験管：牛乳にコーヒーを加えた場合）の写真をモニター画面に提示し，牛乳とコーヒーのどちらの濃度（密度）が大きいのか，考える。



提示した画面

イ 手だて②

食塩水の質量パーセント濃度の大小を決定するパフォーマンス課題（本時の展開の「展開①」で手だて①の次に実施）

<実験方法>

- 1 教師が用意した純水及び質量パーセント濃度の異なる3種類の食塩水（それぞれ下の写真のように食用色素で着色）から2種類を選び，順序を変えて試験管に注いで，層が混合するかどうか観察する。

質量パーセント濃度	0%（純水）	5%	10%	15%
加える食用色素の色	赤	黄	緑	青



食用色素で着色した純水及び食塩水



試験管に溶液を注ぐ様子

- 2 注ぐ順序と層の状態から，質量パーセント濃度（密度）の順序を考察する。

食用色素で着色した4種類の食塩水を2種類ずつ選択し，注ぐ順序によって層に分かれるか混合す

るか確認する。まず、班内の4名で同じ色の組み合わせが生じないように、それぞれ自分が実験で使用
する純水または食塩水を2種類選択する。これにより4パターンの組み合わせについて、実験で検証す
ることができる。その結果を踏まえ、更に2パターンの異なる組み合わせを追加し、計6パターンにつ
いて実験で検証する。実験後は得られた結果を基に、班内で各液体の質量パーセント濃度の大小につ
いて協働的に考察し、結論をまとめる。

ウ 手だて③

質量パーセント濃度の異なる食塩水の性質を理解するためのパフォーマンス課題（本時の展開の「展
開①」で手だて②の次に実施）

<実験方法>

- 1 役割を分担し、4本の試験管にそれぞれ異なる順序で、濃度の異なる食塩水を注ぐ。

	1回目		2回目		3回目		4回目
試験管A	青	⇒	緑	⇒	黄	⇒	赤
試験管B	赤	⇒	黄	⇒	緑	⇒	青
試験管C	黄	⇒	青	⇒	赤	⇒	緑
試験管D	緑	⇒	赤	⇒	青	⇒	黄

各班で4本の試験管に純水または食塩水を注ぎ、1回目、2回目、3回目、4回目を注ぎ終えた
後にそれぞれワークシートに色の変化を記入する。層に分かれず食塩水が混合した場合は、変化し
た色を記録する。

- 2 食塩水が層に分かれた場合と混合した場合の違いを、質量パーセント濃度の違いに注目して考察
する。

ここでは、実験レポートの記録から段階的に現象を確認し、論理的な検討を行った。質量パーセント
濃度の大小によって溶液が層に分かれるか、混合するかという点に注目して考察した。班員4名がそれ
ぞれ異なる順序で溶液を注ぐため、各班員のレポートの記録を班員で共有し合い、溶液の質量パーセン
ト濃度と溶液の層の形成について考察した。これらの活動を通じて、論理的な思考力を向上させること
をねらいとした。また、本パフォーマンス課題では本時内でレポートを作成することとした。その時間
を確保するために、観察・実験で正確な操作を速やかに行う技能が求められた。

課題に取り組む生徒の様子を、次に示す。



実験操作の様子



結果の記録の様子



班で話し合って考察する様子

エ 手だて④

予想した結果と現象との差異について考察するためのパフォーマンス課題（本時の展開の「展開②」
で実施）

<実験方法>

試験管に純水または食塩水を **赤 ⇒ 青 ⇒ 緑 ⇒ 黄** の順番に注いだ後の水溶液の状態を
予想し、実験により検証し、結果について考察する。

教師が提示した順序で液体を注いだ場合の結果を予想し、実験を通して検証する課題に取り組む。予想に当たっては、4種類の液体の質量パーセント濃度（密度）の大小関係を、それまでの実験から正しく確認できている必要があるため、班内での考察結果が重要な鍵となる。また、この課題では次の3点が大切なポイントとなる。

- ① ここまでの本時での実験操作を踏まえ、より丁寧に実験に取り組む。
- ② 液体の質量パーセント濃度が分かっているならば、溶液が混合してしまった場合の質量パーセント濃度がどのような値になるかに注目し、現象をイメージする。
- ③ 食塩水の層が混合した場合、「それぞれの溶液がどのように対流して混合したか」まで注意して観察する。

この実験で、ある生徒が作成した食塩水の層と正確な実験操作を行った食塩水の層を、次に示す。



生徒が作成した食塩水の層



正確な実験操作を行った食塩水の層

(4) 評価方法

本研究の実践では、次のようなルーブリックを作成し、生徒の「観察・実験の技能」「思考・判断・表現」を評価した。

評価項目	評価の観点	レベル3 (十分に満足)	レベル2 (概ね満足)	レベル1 (努力を要する)	評価の資料
食塩水の層の変化の様子から、準備された食塩水の濃度を特定することができたか。	【観察・実験の技能】	実験結果を踏まえ、それぞれの液体の濃度を明確な根拠にしたがって特定することができている。	実験結果を踏まえ、それぞれの液体の濃度を特定することができている。	実験結果を踏まえた考察ができている。	レポート 自己評価
食塩水の層の混合・分離について結果を予想し、実験により検証することができたか。	【思考・判断・表現】	層が混合する場合と混合しない場合の違いについて、食塩水の濃度の違いから対流についてまでの的確に踏まえた上で考察できている。	層が混合する場合と混合しない場合の違いについて、食塩水の濃度の違いを的確に踏まえた上で考察できている。	層が混合する場合と混合しない場合の違いについて、間違いも見られるが考察できている。	レポート 自己評価

4 研究のまとめと考察

(1) 評価の分析

ア 自己評価

実験後に生徒に実施した自己評価の結果は、次のとおりである。

評価項目	できた	まあできた	あまりできなかった	できなかった
現象の原因を論理的に思考することができたか	29.5%	68.2%	2.3%	0%
授業で学習した知識を活用することができたか	18.2%	63.6%	18.2%	0%
仮説を自分で設定することができたか	47.7%	47.7%	4.6%	0%
仮説を検証する方法を検討し実験することができたか	45.5%	50.0%	4.5%	0%
根拠に基づいて考察することができたか	43.2%	50.0%	6.8%	0%
現象が起こる結論を導き出すことができたか	47.7%	45.5%	6.8%	0%
グループでの話し合いは十分にできたか	75.0%	22.7%	2.3%	0%
観察・実験に意欲的に取り組むことができたか	84.1%	15.9%	0%	0%

次に、生徒の自己評価シートに記載された感想等の一部を示す。

- ・ 濃度の違いで食塩水が層になることを不思議に思ったが、班のメンバーと話し合うことで、論理的な結論を出すことができた。また、検証方法も工夫して効率的に実験できた。
- ・ 濃度によって食塩水の沈み方が異なる理由を班で話し合え、自分もそれに参加して考察できたので理解しやすかった。
- ・ グループで協力をして実験を行うことによって、自分の意見や他人の意見を聞いて、どれが正しいかどうかを判断することができた。
- ・ 一人で実験するとアイデアが浮かばないけど、話し合うことでたくさんの意見が聞けてよかった。
- ・ ふだんあまり意識したテーマではなかったもので、化学は身近なところで感じられるのだと思った。
- ・ 自分たちの実験で正しい結果が出せなかったのが悔しかった。次はもっと注意深く観察したい。
- ・ 実験では計算などで立てた仮説通りに行かないのが面白いと思った。
- ・ 実験をする授業でもっと考える力をつけたいと思った。
- ・ ふだんの座学だけでは身につかない思考力を鍛えることができたと思う。
- ・ もっと授業で習った知識を活用させたら、スムーズに実験をすることができたと思った。

実験後の自己評価から、評価項目「現象の原因を論理的に思考することができたか」については、ほぼ100%の生徒が「できた」「まあできた」という肯定的な回答をした。しかし、評価項目「授業で学習した知識を活用することができたか」については、肯定的な回答は80%程度であった。これは、観察した現象のどの場面でどの知識を活用すればよいのかが不明確だった生徒がいたことに起因すると考えられる。つまり、「混合した液体の質量パーセント濃度や密度を計算式から導くということ、現象としての液体の混合・分離に結びつけて考えることが難しかった」と感じた生徒がいたということである。

また、評価項目「仮説を自分で設定することができたか」「仮説を検証する方法を検討し実験することができたか」「根拠に基づいて考察することができたか」「現象が起こる結論を導き出すことができたか」については、いずれも肯定的な回答が90%以上であった。今回のアクティブ・ラーニングの視点に

立った授業のように、グループ内で意見を出し合い共有しながら協働的に探究していく学習では、他の生徒による自分にはなかった視点や意見を聞きながら自分の考え方を見つめ直し、よりよい考え方を追究する経験をさせることができたと言える。

さらに、評価項目「グループでの話し合いは十分にできたか」「観察・実験に意欲的に取り組むことができたか」についても、肯定的な回答がほぼ 100%であった。生徒が示した仮説に基づく根拠は必ずしも正しいものばかりではなかったが、それでもグループで話し合っただけで導いた結論が実際の現象と近い結果となったとき、生徒の学習意欲を高める効果があったという手応えを感じている。

以上のように、今回のアクティブ・ラーニングの視点に立った授業を通して、生徒は観察・実験を行う意義や班での協働的な学習の有用性を感じるとともに、教科書での学びと実際の現象との差異について考察する意義や面白さを感じることができた。したがって、本実践ではアクティブ・ラーニングによる「主体的な学び」「深い学び」「対話的な学び」をおおむね達成できたと考えられる。

イ ルーブリックを用いた評価

評価項目 1 「食塩水の層の変化の様子から、準備された食塩水の濃度を特定することができたか。」

レベル 3 (十分に満足)	レベル 2 (おおむね満足)	レベル 3 (努力を要する)
52.3%	20.4%	27.3%

質量パーセント濃度(密度)の異なる純水または食塩水を順番どおりに注いだ時の各液体の層の変化の様子については、班での協働的な作業を実施したのち、個人で結果を記入した。したがって、同じ結果であった班内においても別の結果を記入している生徒が複数見られた。このことは、協働的な活動を行った後も、現象の論理的な理解は個々の生徒によって異なっていることに起因するためと考えられる。同じ結果であっても、そこにたどり着くまでの思考のプロセスが生徒により異なることを、ワークシートから読み取ることができた。また、レベル 3 の生徒についても、レポートに記述されていた内容は、「濃度が違ったから」という単純な考察から、「溶液の重さが違うため、軽い溶液の上に重い溶液を注いだ時は混ざり、逆の時は混ざらない」という実験の様子をイメージしながら記述していたものまで、さまざまであった。

また、ある班の生徒の実験レポートから、2種類の食塩水を注ぐ順序を逆にしたにもかかわらず、結果として両方とも混合が起きたという考察も見られた。したがってこの班では、実験操作の精度が十分でなかった生徒が複数いたと考えられる。どのような結果が得られるのか分からない状況の中、決められた時間内に全ての操作を行わねばならないという焦りのため、誤った操作をしてしまったり、考察に十分な時間を割けなかったりしたケースも見られた。全員の生徒が見通しをもって実験に取り組み、考察することができるような授業を展開することを、今後の課題としたい。

評価項目 2 「食塩水の層の混合・分離について結果を予想し、実験により検証することができたか。」

レベル 3 (十分に満足)	レベル 2 (おおむね満足)	レベル 3 (努力を要する)
0%	76.7%	23.3%

結果の予想と検証については、純水または食塩水を加えたことによる濃度の変化について計算結果を根拠に予想を立てて「結果と同じになった」とワークシートに記入する班が見られた。しかし、観察・実験の技能の乏しさから、加えた後の液体の動きまで観察することができた生徒は少なかった。

教科書では、溶液を混合する際は均一にするという前提があるが、この実験では試験管内を均一にするための十分な攪拌を行わないため、溶液内に濃度差が生じ、理論値から予想される変化と実際の現象には違いが生じる。数名の生徒は、実験レポートの中でその様子を色塗りによって丁寧に記録していた

が、考察でその根拠に注目することができず、計算による理論値のみで結果を追う形となってしまった。このことは、高校での観察・実験の機会が少ないことにより、「何のために何を記録するのか」という目的意識をもって観察・実験に取り組むことができなかつたことを示している。この点は今後、観察・実験の機会を増やし生徒の経験を高めることで、改善するようにしたい。

多くの進学校の平素の授業では、導き出した数値と解答が一致することが重視され、実験と理論の誤差についてあまり目を向けられていない状況がある。しかし、生徒から示された複数の感想で「予想と結果は大体同じだったが、異なっていた点もあったのが不思議だった。実際に実験をして得られる結果は、教科書に書いてある内容とは違うと思った」という趣旨の記述が見られた。観察・実験の実施時期・方法も含め、今後の各単元の指導計画をどのように練り直すべきか、考えさせられた。

(2) 考察

ア 「主体的な学び」の実現に向けて

「主体的な学びの実現」では、学ぶことに興味や関心を持ち、見通しをもって粘り強く取り組み、自らの学習活動を振り返って次につなげることが、大切なポイントとなる。

本実践では、生徒から「班の他のメンバーがたくさん意見を言っていてすごいと思った」という感想も示されたが、これは協働的な学びによって周囲の生徒の学習に対する姿勢や思考力を、自分の姿と素直に対照させたためであると考えられる。また、「よく分からなかった点をしっかり理解したい」「実験中に考える力をもっとつけたい」という意欲あふれる感想を示した生徒も見られた。本実践のパフォーマンス課題を通して、個別の学習では感じる事が難しい大きな刺激を得るとともに、個々の知識を組み合わせて活用する力の必要性を認識し始めた様子うかがえた。

その他に、「ふだんの座学だけでは身につかない思考力を鍛えることができたと思う」「授業で習った知識を上手に使えるなら、スムーズに実験をすることができたのではと思った」という感想が見られた。本実践のパフォーマンス課題により、生徒が化学を学ぶ意義や有用性を感じるとともに、自然現象を理解するための論理的な思考力を身につけたいという意欲を高めることができたと感じている。

こうしたことから、生徒は「対話的な学び」を実現することはできたと考えられる。また、生徒は本実践を通じて得られた反省を生かし、今後の学習活動においても引き続き「主体的な学び」に取り組んでくれるものと期待できる。

イ 「対話的な学び」の実現に向けて

「対話的な学びの実現」では、生徒同士の協働、教師との対話等を手がかりに自らの考えを広げ深めることが、大切なポイントとなる。

本実践では実験操作を班員で分担し、異なる順序で試験管に食塩水を注ぐよう指示したが、「最初は何をするのかよく分からなかったが、班で協力して実験し、結果について話し合いをすることで、理解することができた」という感想が複数見られた。また、食塩水の質量パーセント濃度の大小を判断するには、自分が操作した実験結果と他の班員の実験結果の両方が必ず必要となるため、自分たちの仮説と異なる結果が出たときに、班員同士で協議しながら再実験を試みた班も見られた。更に既習の知識自体に誤りがないか再確認したり、実験操作の適切さに疑問を感じて再実験したりする生徒も見られた。操作の手順が全て決められている実験では活用する場面がない思考力、判断力を、生徒が適切に発揮している様子うかがえた。

グループでの協働的な活動を通して、「グループで協力をして実験を行うことによって、自分の意見や他人の意見を聞いて、どれが正しいかを判断することができた」「一人で実験するとアイデアが浮かばないけど、話し合うことでたくさんの意見が聞けてよかった」という感想も多く示された。班で実験

を実施し、目にした現象を既習の知識と結びつけながら協働的に結果をまとめることで、自分たちなりの根拠をもった考察をまとめたことが、大きな達成感となったことがうかがえた。

本実践では、実験で検証するまで自分たちの仮説が正しいかどうか判断できないようなパフォーマンス課題を作ることにより、生徒にさまざまな角度からの協議を促すことができた。実験操作が苦手な生徒でも、協議の場面では活躍する様子が見られることもあった。

以上のような生徒の様子から、「対話的な学び」を実現することはできたと考えられる。また、生徒は今後もパフォーマンス課題に取り組む経験を重ねることで、更に「主体的な学び」を深めてくれるものと期待できる。

ウ 「深い学び」の実現に向けて

「深い学び」の実現においては、化学の学習で習得した概念や考え方を活用して自分の考えを形成したり、新たな問いを見いだして解決したりすることが、大切なポイントとなる。

このパフォーマンス課題では、食塩水が混合するか層に分かれるかについては、実験操作を丁寧かつ適切に行えば詳細な結果を得ることができる。しかし本実践では、ほとんどの生徒は駒込ピペットの使い方や食塩水の注ぎ方については意識を高めることができたが、試験管の中の液体の動きまで注意を向けることはできなかった。これは、高等学校学習指導要領にある「目的意識をもって観察実験を行い、科学的に探究する能力と態度を育てる」という内容に直結したことであり、今後の大きな課題の一つである。

実験後に試験管の中の液体の動きについて詳しく解説したところ、多くの生徒から、「溶液が沈んでいく速度と対流に関する視点が全くなかった」という声が上がった。「自分たちだけで正しい結果が出せなかったことが、悔しかった。次はもっと注意深く観察したい」という感想に見られたように、「先入観で現象を捉えてしまい、大切な視点を落としてしまったことが、その後の考察に影響した」過ちに気付いた生徒も複数いた。また、液体が層に分かれるか否かを判断する場面で自分の操作が雑だったことに後で気づき、「次回は丁寧に実践したい」という感想を示した生徒もいた。本実践で扱う素材はありふれたものであり、操作も簡単であったが、教科書の学習内容を実験で視覚的に得られた情報と結びつけて活用した経験や、様々な情報を活用して新しい考え方を形成することの大切さを知った経験は、生徒のその後の化学の学習、観察・実験に対する意欲の向上につながっている。

こうしたことから、生徒は「深い学び」を実現することができたと考えられる。また、「化学は身近なところで感じられるのだと思った」「実験結果が計算などで立てた仮説の通りにならないのが面白いと思った」という感想が多く示され、既習の知識を日常生活に関連付けて広げることができたことから、今後も更に「深い学び」を進めてくれるものと期待できる。

5 他校での実践例

昨年度、筆者の前任教である専門学科の高校でも同様の取組を実践した。この高校では、大学進学を目指す過程で化学を活用する生徒はいなかったこともあり、ルーブリックについても本稿で示したルーブリックにおけるレベル2をレベル3と設定していた。

この高校における実践では、視覚的に色の変化を捉えることを重視し、溶液が混合する場合と分離する場合の違いを中心に考察するようにした。生徒は色の変化に対する興味・関心が大変高く、終始丁寧に実験に取り組んだため、「観察・実験の技能」は高い水準を示した。また、丁寧な実験操作と注意深い観察により、教師の予想以上に細かく変化を観察することができていた。

全ての生徒が十分に論理的な考察をするには至らなかったが、目指すレベルを的確に設定し目的意識

をもった観察・実験が行うことができた。生徒からは「実験を行えて楽しかった」「色が混ざったり、分けられたりすることが不思議だった」という感想が示され、ここでも既習の知識を目にした現象と結びつけて考察することに興味・関心を高めている様子が、うかがえた。

生徒の実態が大きく異なる2校で同じ内容の課題に取り組んでみて、課題の達成目標やルーブリックの評価のポイントと判断基準を定め直すことにより、同じ内容のパフォーマンス課題をさまざまな学校で実施し、多面的に評価することは可能であると実感した。

6 今後の課題

本研究を通して、パフォーマンス課題を活用したアクティブ・ラーニングの視点に立った授業が、生徒の論理的な思考力や協働的な学びを実現する上で効果があることを実感した。同時に、化学の学習で得た知識を自然現象と結びつけて考える力は、決して十分ではないことも痛感した。本研究の実践で得られた反省を改善し、引き続き各単元におけるパフォーマンス課題の取組を充実させることで、講義形式の授業だけでは得ることが難しい思考力・判断力・表現力や観察・実験の技能を育成するとともに、生徒の「化学をもっと学びたい」という思いを引き出したい。また今後は、平素の授業のさまざまな場面において、知識を活用して現象を論理的に考え、自分の言葉で説明するような場面を設定する方法を工夫したい。

講義、観察・実験、その他の探究的な取組等のあらゆる場面において、化学の学習に対する意欲と自然現象に対する論理的な思考力を高める授業の在り方を、今後も継続的に研究したい。

参考文献等

- R. ドラン他（古屋光一監訳）『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房
- 堀哲夫，西岡加名恵『授業と評価をデザインする 理科』日本標準
- 文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示
- 中央教育審議会『幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』平成28年12月

【資料】

化学基礎「物質の変化」探究活動

液体の性質について

3種類の清涼飲料水（果汁100%のジュース「オレンジ」「リンゴ」「グレープ」）の濃度を考えよう
どの飲料水の濃度が最も大きいのか？

予想「 理由	検証方法と結果の予想
-----------	------------

さまざまな組み合わせで、2種類の液体をゆっくり注いでみる

※組み合わせが重ならないよう班内で確認して、分担決めをする

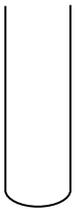
○赤色 ○青色 ○緑色 ○黄色

1色目（ ） 2色目（ ） ・試験管2本を用意し、それぞれの試験管で
順番①（ ） →（ ） ①と②に取り組む。
②（ ） →（ ） ・注ぐ時間の目安は8秒程度

観察した様子

観察した様子

①



②



他の班員の結果メモ

なぜ、注ぐ順番により変化の様子に違いが生じたか

蒸留水：（ ）色 食塩水（質量パーセント濃度5%）：（ ）色
食塩水（質量パーセント濃度10%）：（ ）色
食塩水（質量パーセント濃度15%）：（ ）色 密度が最大のものは（ ）色

濃度（密度）の異なる液体を順番に注いだときの変化の様子

濃度（密度）の差が（ ）ときは（ ）
濃度（密度）の差が（ ）ときは（ ）

4種類の液体で実験する（A～Dのうち班で指定された順序で実験）

○ 駒込ピペットを用いて液体を試験管に入れる

※試験管は新しいものを使用すること（前の実験で使ったものを洗って使用しない）

※駒込ピペットは、必ず各液体で決められたものを使用すること

※液体を注ぐ度に変化の様子を記録する（色塗りも毎回する）。

担当 A：青 → 緑 → 黄 → 赤 B：赤 → 黄 → 緑 → 青
 C：黄 → 青 → 赤 → 緑 D：緑 → 赤 → 青 → 黄

自分の担当

()

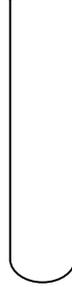
1色目



2色目



3色目



4色目



結果の色

□
□
□
□

どのようなときに液体は混合し、どのようなときに層に分かれたか

○ 用いた液体を注ぐ順番を「 → → → 」としたとき

最後の試験管の状態を予想する

予想



□
□
□
□

理由

実際の結果



考察

組 番 氏名

本時の実験の振り返り

1 自己評価

- 現象の原因を論理的に思考することができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- 授業で学習した知識を活用することができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- 仮説を自分で設定することができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- 仮説を検証する方法を検討し、実験することができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- 根拠に基づいて、考察することができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- 現象が起こる結論を導き出すことができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- グループでの話し合いは十分にできたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

- 観察・実験に意欲的に取り組むことができたか。
できた まあできた あまりできなかった できなかった

2 気付いたこと、感想等

組 番 氏名

実践報告 3 化学分野における授業モデルの提案 2

－化学分野における「三つの視点」を踏まえた授業改善－

1 はじめに

平成 28 年 12 月 21 日に次期学習指導要領等改訂の基本的な方向性と、各学校段階、各教科等における改訂の具体的な方向性を示した中央教育審議会の答申「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」が示された。この中で特に注目されるものの一つが、「主体的・対話的で深い学び」（「アクティブ・ラーニング」の視点）である。

高校理科における「主体的な学び」としては、学習内容に興味や関心をもち、既習の知識等を活用しながら見通しをもって粘り強く観察・実験に取り組むとともに、結果等を振り返りながら考察を深め、次の学習につなげる活動が考えられる。

また、高校理科における「対話的な学び」としては、観察・実験等で目にした現象について自分の考えをまとめるとともに、それを基に他者と意見交換や議論をすることで、新しい考えを導きだし、自分の考えをより妥当なものにする活動が考えられる。

さらに、高校理科における「深い学び」としては、観察・実験の取り組み方や結果、他者との討議の内容を踏まえて自分の課題を見だし、その解決を目指して新たな学習に取り組んでいく活動が考えられる。あわせて、さまざまな観察・実験の経験を基に目的、場面、状況等に応じて発揮すべき技能を判断したり、他者とのよりよい関わり方を学んだりすることも「深い学び」につながる。

本研究では、上記の考え方に沿う形で「化学基礎」「化学」の各単元において授業改善に取り組んできたが、本稿では、「化学」における「金属イオンの沈殿反応」を題材としたパフォーマンス課題「金属イオンを含む廃液を処分する方法を見いだす」によるアクティブ・ラーニングの実践について、報告する。

2 研究の目的

本研究で授業改善に取り組むに当たって、「既習の知識を組み合わせるパフォーマンス課題を工夫することで、生徒は主体的に課題に取り組み、思考力・判断力・表現力を発揮するであろう」と考えた。また、「生徒同士で協働的に学習する機会を設定することで、生徒は自分の理解や考えを深めることができるであろう」と考えた。これらを達成する手だてとして、パフォーマンス課題の中に日常生活や実社会に関わる内容を含めたり、授業展開において個で考える場面とグループで考える場面を設定したりするなど、教材と授業展開の両方から、生徒の実態に合わせた工夫をするようにした。

そこで本研究では、パフォーマンス課題の内容に応じて次に示す視点から、「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」の実現を目指した。

(1) 「主体的な学び」の実現に向けて

班ごとに異なる 2 種類の金属イオンの分析を担当することにして、それぞれの班で、割り当てられた金属イオンが沈殿を生成する条件を求める実験に取り組んだ。実験後に、全ての班が実験室の黒板の指定された箇所に結果を記入し、全 6 種類の金属イオンに関する結果が揃ったところで「工場や水処理施設では重金属イオンをどのように処分しているか」という課題について個々の生徒で考察し、結論をまとめる時間を設けた。

このように、協働して実験を行った後に自分の力で考察し結論をまとめる活動を通して、生徒の「主

体的な学び」の実現を目指した。

(2) 「対話的な学び」の実現に向けて

本実践のパフォーマンス課題では、ワークシートに実験手順を示さず、班ごとの協働的な活動を通して実験方法を考えるようにした。「産業廃棄物である金属イオン廃液がどのように処分されているのか」という問いについて生徒同士で自分の意見を示しながら話し合い、それを踏まえて実験方法を考える時間を設けた。意見交換を通して自らの考えをより妥当なものにする学習場面を設定することで、「対話的な学び」の実現を目指した。

(3) 「深い学び」の実現に向けて

パフォーマンス課題を通して生徒に身に付けさせたい力を定めるとともに、化学を学ぶ意義や有用性を感じ、今後の学習への意欲の向上につながるパフォーマンス課題を考えた。本稿で紹介するパフォーマンス課題では、講義形式の授業で学習した「金属イオンから沈殿が生成する反応の仕組み」が、そのまま環境保全対策として世界的に活用されている事実に基づいて、実験に取り組み考察した。このように、既習の知識を日常生活と結び付けて活用する場面を設定することで、「深い学び」の実現を目指した。あわせて、他の実験を通して身に付けた観察・実験の技能を発揮することで、「深い学び」の実現を目指した。

3 研究の方法

(1) 学習内容

3年生理系の3クラスを対象に、「化学」の「金属イオンの沈殿反応」において、下記のようなパフォーマンス課題を考え、実践した。

多くの教科書には「金属イオンと電解質水溶液を混合すると沈殿が得られることを確認する実験」と「未知の金属イオンを含む水溶液を生徒に与え、実験を通じてそのイオンの種類を特定する探究活動」が記載されているが、これらの実験や探究活動に取り組むことによって、生徒は教科書で学習した知識を確認することはできても、実験結果を日常生活や実社会と関連付けて考えることはできない。したがって「主体的・対話的で深い学び」を実現させるには、この実験に取り組むだけでは不十分であると考えた。

そこで、産業廃棄物業者が環境保全として行っている「 $pH=9\sim 10$ の条件で金属イオンを水酸化物として沈殿させ、その固形物を地下に埋め立てる処理工程」を授業で活用することにより、生徒が既習の内容を実社会と結びつけて考え、興味関心をもって実験に取り組むことができるようにすることを狙った。

(2) パフォーマンス課題

水溶液に含まれる金属イオンが沈殿する最適条件を実験により確認し、その結果を基に廃液中に含まれる金属イオンの効果的な処理方法を考察する。さらに、工場や水処理施設では重金属を含む廃液をどのような方法で処分しているのか考える。

(3) 実施計画

- | | |
|----------------------------|----------|
| ① 典型元素の性質 (Na, K, Ca など) | 3時間 |
| ② 両性元素の性質 (Al, Zn, Sn, Pb) | 3時間 |
| ③ 遷移元素の性質 (Fe, Cu, Ag など) | 3時間 |
| ④ 金属イオンの沈殿反応のまとめ | 1時間 |
| ⑤ パフォーマンス課題による探求的な活動 | 1時間 (本時) |

(4) 本時の展開 (50 分)

学習段階	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入 (5分)	前時までの学習内容の確認 本時の学習内容の確認	<ul style="list-style-type: none"> 本時の目標および活動の流れを理解する。 何をまとめ、何を考察するのか確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の到達目標について、共通理解を得ることができるようにする。
展開 (35分)	① 班での話し合い (4分) ② 実験の確認 (4分) ③ 実験と記録 (20分) ④ 考察と発展 (7分) ⑤ 自己評価	<ul style="list-style-type: none"> 実験の手順を班ごとで考える。 実験手順の留意点について考える。 班ごとに、2種類の廃液を担当し最適な沈殿条件を探す。 実験条件と結果を、黒板の指定された箇所に書く。 6種類の実験結果を基に、一人で考察する問いに取り組む。 主体的に課題に取り組めたかどうか、自己評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> 主体的に参加するように促す。 薬品を扱う際の留意点は、丁寧に説明する。 錯イオンに留意し、実験の流れの見通しを立てるよう促す。 積極的に意見を出すよう促す。 必要に応じて、実験をうまく進められない班を支援する。 実験結果に基づいてワークシートに記述するよう促す。
まとめ (10分)	本時の学習内容のまとめと後片付け	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習内容を確認する。 試験管を片付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 金属イオンを含む水溶液は、流しに廃棄せず全量を回収することを指示する。

(5) 授業の様子

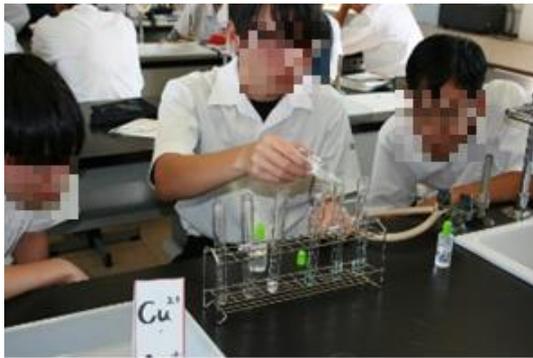
大きなトラブル等もなく、上記の展開に沿って授業を実施することができた。既習の内容を再確認した上で、生徒にこのパフォーマンス課題に取り組む目的を伝え、見通しをもって実験に取り組むよう工夫したため、どの生徒も指定された時間を有効に活用して、積極的に実験と考察に取り組むことができた。全ての班の結果を確認してから、生徒は一人で考察する問いに取り組んだが、実験時と同様に意欲的に考察し、まとめることができた。



パフォーマンス課題の目的を説明



既習の金属イオンの反応のまとめ



実験の手順を協議して考える様子



実験に取り組む様子



実験結果を黒板にまとめる様子



個別に結果をまとめ、考察する様子

(4) ルーブリックを用いた評価

本実践のパフォーマンス課題では、次のようなルーブリックを用いて評価を行った。それぞれの評価のポイントで50%以上の生徒がレベル2以上になることを期待して、評価の判断の基準を定めた。なお、一人で考察する問いのレベルについては、30%から50%程度の生徒が正しい考え方を導くことが期待できる内容にした。

評価のポイント	評価の観点	レベル3 (十分に満足)	レベル2 (おおむね満足)	レベル1 (努力を要する)	評価の資料
①実験を正確に行い、金属イオンを沈殿させるための適切な条件を見つけることができたか。	【観察・実験の技能】	最適な沈殿条件を導くことができ、実験ノートに詳細に記録することができた。	大まかな沈殿条件を導くことができ、実験ノートに記録することができた。	目的の理解が不十分であり、適切な実験操作を行うことができなかった。	授業者の記録 実験プリント
②班で協力して実験課題を行い、各班の結果を総合的に踏まえ科学的な根拠に基づいて考察できたか。	【思考・判断・表現】	得られた情報に基づいて、他者が読むことを前提として科学的な表現で考察をまとめることができた。	得られた情報に基づいて自分の言葉で考察をまとめることができた。	結果に基づいて考察することができなかった。	実験プリント

4 研究の結果

(1) 評価の分析

本パフォーマンス課題への生徒の取組をルーブリックにより評価した結果と、一人で考察する課題について「 $pH=9\sim 10$ 程度」という正しい考えを導くことができた生徒の割合を、次に示す（資料1）。

【資料1 本パフォーマンス課題の評価の結果】

評価のポイント・観点	評価のポイント① 【観察・実験の技能】	評価のポイント② 【思考・判断・表現】	正しい考えを導くこと ができた生徒の割合
レベル3の割合	88.0%	26.8%	37.0%
レベル2の割合	8.3%	34.3%	
レベル1の割合	3.7%	38.9%	

評価のポイント①（観察・実験の技能）については、レベル3となった生徒が88.0%であった。多くの生徒が実験内容を理解し、金属イオンを沈殿させる適当な条件を見つけることができた。知識の定着と学習への意欲に課題がある本校生徒が初めて取り組むパフォーマンス課題の内容としては、ほぼ適切なレベルであったと思われる。

一方、評価のポイント②（思考・判断・表現）については、レベル3となった生徒は26.8%にとどまった。レベル2となった34.3%の生徒は文章で考察を書いているが、科学的な裏付けが十分示されていない。レベル1の38.9%は未記入または「わかりません」という回答であった。この理由として、実際の授業では指導案の計画よりも実験に多くの時間を要したため、生徒が考察する時間を十分確保できなかったことが挙げられる。生徒の実態を踏まえ、班での実験と個別の活動のそれぞれについて、適切な時間配分を考える必要があると感じた。

総括すると、評価のポイント①は予想を大きく上回るよい結果となり、評価のポイント②はレベル3の割合がやや低かったものの、レベル3とレベル2を合わせると60%を超えていた。いずれも、ルーブリックを作成したときに期待した「50%以上の生徒がレベル2以上になること」を達成できた。また、一人で考察する課題について「正しい考えを導くことができた生徒の割合」は37%であり、事前に想定した期待の範囲内であることから、パフォーマンス課題のレベルは、生徒の実態を踏まえた適切なものであったと考える。

次に、評価のポイント②でレベル3、レベル2と評価した生徒の考察の一部を示す。

<レベル3>

- ・ 水酸化ナトリウム水溶液、またはアンモニア水で水溶液の pH を9から10ぐらいにして、イオンを沈殿させて処理する。
- ・ $pH=9\sim 10$ の間なら全て沈殿して再溶解しないので、 $pH=9\sim 10$ の間になるようにしてから沈殿をろ過する。
- ・ 重金属の廃液の pH を9ぐらいにすると、すべての重金属が沈殿するので、処分できる。
- ・ pH が10になるまでアルカリを加え、ろ過をして有害なものを分ける。

<レベル2>

- ・ pH を12に近づけて、沈殿以外の液体を除く。
- ・ アンモニア水を加えることによって、廃液を処分している。
- ・ 塩基性の液体を使って処分する。
- ・ アンモニアを入れて埋め立てる。

(2) ルーブリックによる評価結果と1学期の成績順位との関係について

参考として、本パフォーマンス課題に関するルーブリックによる評価結果を数値化したものと、定期考査を主とした成績との間に相関関係があるかどうかを、確認した。

ルーブリックを用いた評価において、ポイント①、ポイント②それぞれの評価レベルの数値を点数化すると、生徒は合計で最高6（ポイント①、②の評価がいずれもレベル3の場合）から最低2（ポイント①、②の評価がいずれもレベル1の場合）までの「評価ポイント」を得ることになる。縦軸にその「評価ポイント」を、横軸に1学期の「化学」の総括的評価の判断基準となる順位（定期考査の結果、課題点等をまとめたもの）をとってグラフにするとともに、その回帰分析の結果を示す（資料2）。

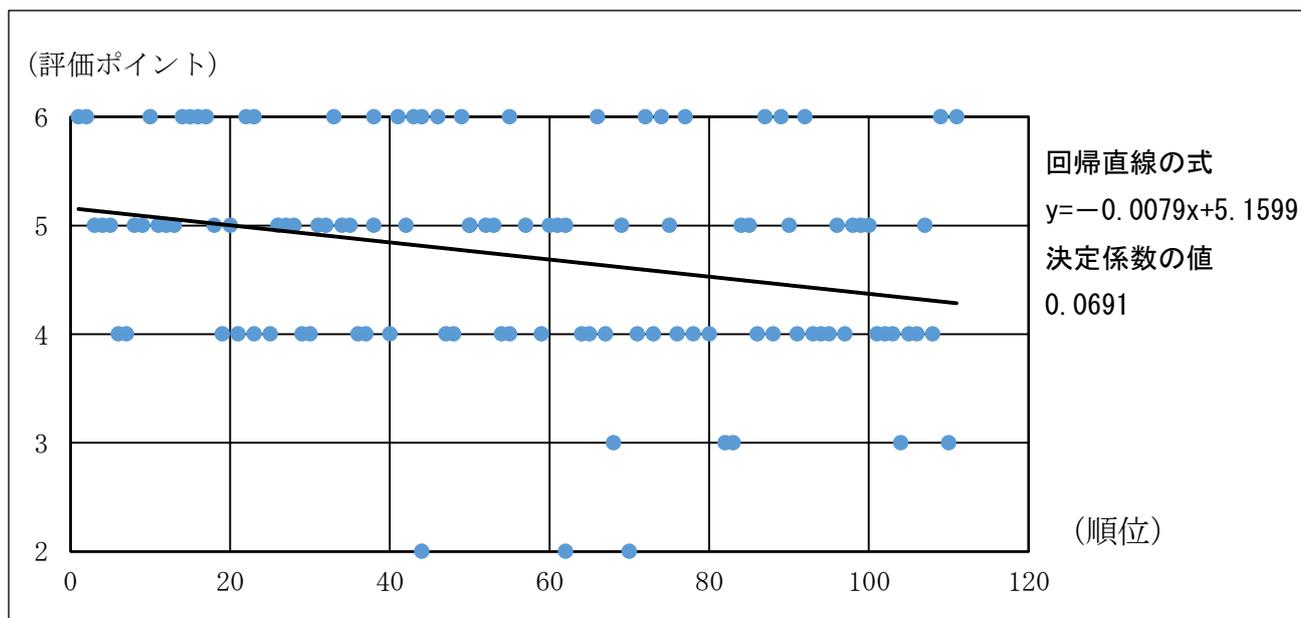
仮に「評定5の生徒の評価点が6、評定4の生徒の評価点が5、評定3の生徒の評価点が4、評定2の生徒の評価点が3～2をとる傾向がある」という仮説が成り立つのであれば、回帰分析によりそれを回帰式（一次方程式 $Y = aX + b$ の形をとる）で表現したときの決定係数の値は1に近くになるはずである。しかし、この「評価点」と「化学」の考査の順位のグラフから得られた結果を、表計算ソフトを用いて分析したところ、決定係数の値は0.0691という0に近い値となった。つまり、本校の生徒にこのパフォーマンス課題を行ったときのルーブリックによる評価の結果と、定期考査を中心とした「化学」の順位との間に明確な相関を見いだすことはできなかった。

当然、1回のパフォーマンス課題の取組と1学期の成績だけで「両者に明確な関係はない」と結論づけることはできないし、あくまで参考としての結果であるが、それでも大変興味深い結果が得られた。

※回帰分析：関係があると思われる二つの変数のうち、一方の変数から将来的な値を予測するための予測式（回帰直線）を求める手法

※決定係数：回帰式が実際のどの程度データ全体に近いのかを示す係数で、一般的に0から1までの値をとる。各データが回帰直線の近くにあるほどその値は1に近づき、高い相関があることを示すが、逆にほとんど相関がない場合、その値は0に近づく。

【資料2 ルーブリックによる「評価点」と1学期の「化学」の成績順位との関係】



5 研究のまとめ

(1) 生徒アンケートの内容

本研究で実践したパフォーマンス課題の効果を検証するために、全員の生徒から次のような質問項目

からなるアンケートをとり、その結果をまとめた。

質問 1 1 今回は、一斉に実験を行わず、みなさんに自分で考えて実験を進め、結論を導いてもらいました。このような実験を、どのように思いましたか。

- ①とても興味をもてた ②まあ興味をもてた
③あまり興味をもてなかった ④興味をもてなかった

2 今回の実験について、自由に書いてください。

質問 2 1 今回の実験の難易度を、あなたはどのように思いましたか。

- ①とても難しい ②難しい
③ちょうどよい ④易しい

2 今回の実験の難易度について、自由に書いてください。

質問 3 金属イオンの沈殿反応の実験では、黒板に記した結果に基づき、一人で考察をしました。今回のような課題実験は、一人で学ぶことに興味や関心をもち、一人で粘り強く取り組むことにつながると思いませんか。

- ①よくわからない ②つながらない
③少しつつながる ④つながる

質問 4 今回の実験では、班で話し合っ実験を進めました。今回のような班で行う課題実験は、仲間の考え方から「自分の考え方を深める学び」につながると思いませんか。

- ①よくわからない ②つながらない
③少しつつながる ④つながる

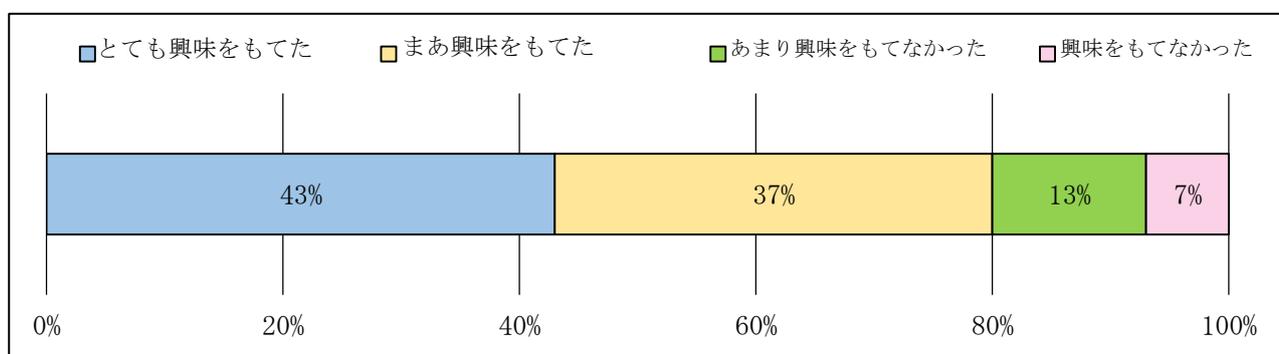
質問 5 今回の実験では、学習した内容がどのように社会で役立っているかを学びました。今回のような課題実験は、単なる暗記ではない「あなたの考えに変化を与える学び」につながると思いませんか。

- ①よくわからない ②つながらない
③少しつつながる ④つながる

(2) 質問 1 の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題への生徒の興味・関心に関する質問 1 では、次のような結果が得られた(資料 3)。

【資料 3 パフォーマンス課題への興味】



80%の生徒が「とても興味をもてた」「まあ興味をもてた」と回答した。多くの生徒が、これまで取り組んできた実験の授業とは異なる生徒の自由度の高い展開を好意的に受け止め、意欲的に活動することができたようである。

次に、この質問の 2 で生徒が記述した感想の一部を示す。

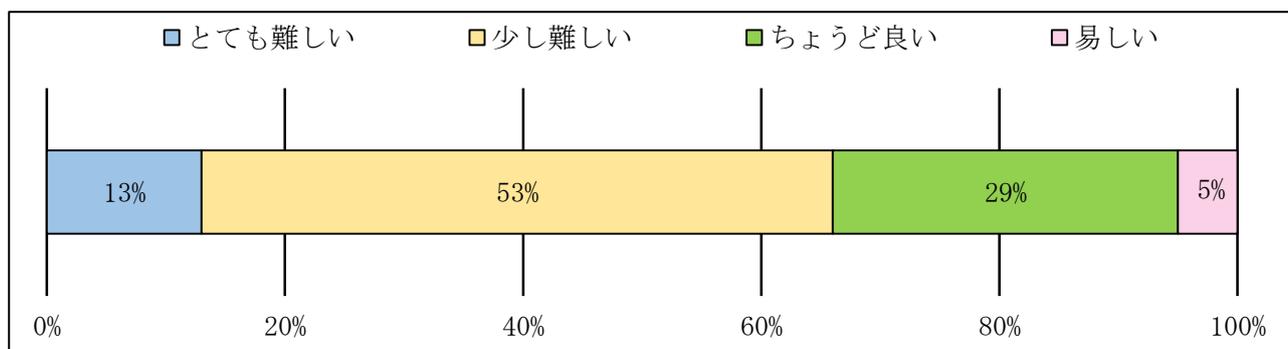
- ・ これまでの実験は、先生の指示を聞きながら取り組んで、答えも全部先生が教えてくれるというイメージだったけど、今回の実験は自分で考えて頭に内容が残るものだった。
- ・ 結果が分からない実験なので、ワクワクする。みんな、いつもよりやる気になっていた。
- ・ 班で協力して答えを出す活動は楽しかったし、記憶にも残った。
- ・ 全部の班の結果を集めてから自分で考えて結論を導く活動は、とても意味があると思いました。
- ・ このような自分たちで考える実験を、これからしてほしい。

これまでさまざまな実験の授業に取り組んできたが、上記の結果や感想から、パフォーマンス課題に取り組むことに、今までにない手応えを感じた。知識の定着に課題のある本校の生徒にとって、このように知識を生きたものとして活用する経験は、大変意義深いものであると感じた。今後も、各単元の探究活動でこのようなパフォーマンス課題を導入し、生徒の化学の学習に対する意欲を高めるとともに、引き続き思考力・判断力・表現力と観察・実験の技能を伸ばす指導法を考えていきたい。

(3) 質問2の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題の難易度に関する質問2では、次のような結果が得られた(資料4)。

【資料4 課題の難易度】



70%近い生徒が「とても難しい」「少し難しい」と回答した。探究的な活動の実験では、それを支える基礎的基本的な知識が必要とされるので、今回のような課題は本校の生徒にとってはやや難しかったと考えられる。

しかし、先に述べた質問1の結果からも分かるように、多くの生徒がこのような課題を好意的に受け止め意欲的に活動できているので、パフォーマンス課題はむしろやや高い難度に設定して、生徒の「挑戦してみよう」という意欲を掻き立てるようにした方がよいのではと考える。

次に、この質問の2で生徒が記述した感想の一部を示す。

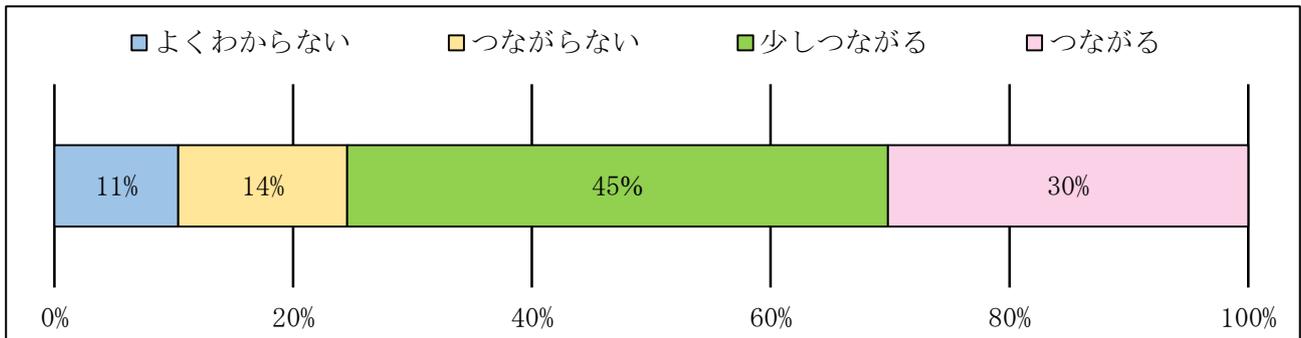
- ・ 先生から事前に「難しいよ」と説明を受けてから実験をやることは、とても楽しかった。
- ・ 決して難しいとは思わなかったが、1時間では時間が短く、バタバタしてしまったのが悔しい。
- ・ あまり分からなかったが、みんなで協力して実験をすることができた。
- ・ 金属イオンの色や変化の仕組みを覚えていないと、やはり難しいと思った。

質問1及び質問2の結果を合わせると、課題の難度をもう少し高くしてもよかったかもしれないが、生徒がある程度パフォーマンス課題の経験を積むまでは、扱う知識の量があまり多くならないようにして、じっくり実験に取り組める内容にした方がよいと思った。今後、教科書の学習が進み、生徒がさまざまなパフォーマンス課題を経験することとあわせて、より幅広い内容を扱う課題に取り組むことができるようにしたい。

(4) 質問3の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題が、生徒が学ぶことに興味や関心をもち、一人で粘り強く取り組む主体的な学びにつながっていたかどうかを確認する質問3では、次のような結果が得られた(資料5)。

【資料5 一人で粘り強く取り組む主体的な学び】

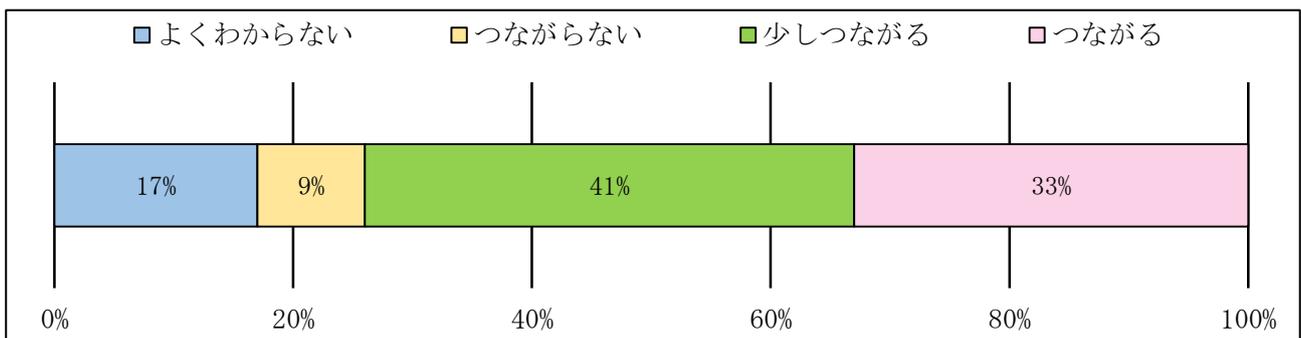


この質問では、予想を大きく上回る肯定的な結果が示された。「つながる」「少しつながる」の回答を合わせると75%に、「つながる」という回答だけでも30%に達した。質問1の生徒の記述にも、生徒同士で協働的に活動することだけでなく、全体の結果をまとめて自分で考える活動の大切さを実感しているものがあったが、パフォーマンス課題を用いた授業ではグループ活動のみに取り組むのではなく、「まず個で考える。次に、それを生かしてグループでの活動に取り組む。そこで得られた知見や気づきを踏まえ、再度個に戻って考え直す。」という三段階の展開が大切であると感じた。メタ認知的な活動の重要性もさまざまなところで言われているが、パフォーマンス課題では、まさにメタ認知的な活動を主体的な学びに結び付けることができるように授業展開を工夫しなければならないと感じた。

(5) 質問4の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題が、生徒の考え方を深める対話的な学びにつながっていたかどうかを確認する質問4では、次のような結果が得られた(資料6)。

【資料6 生徒の考え方を深める対話的な学び】

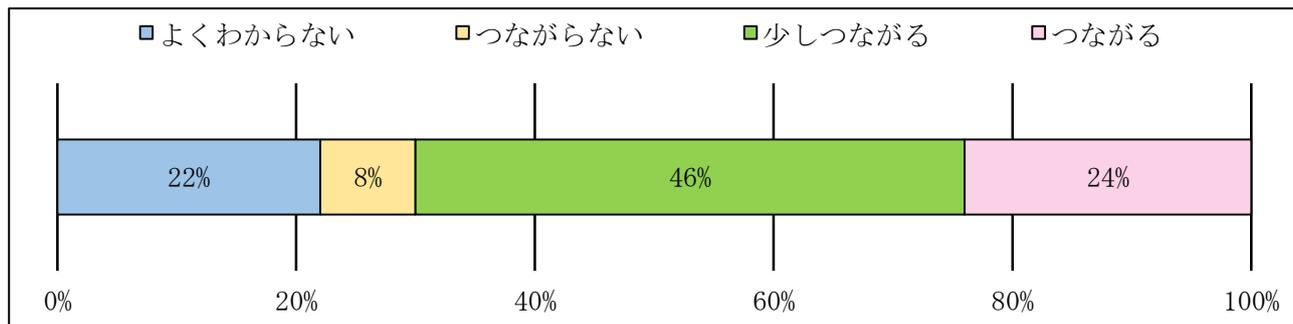


この質問でも、予想を大きく上回る肯定的な結果が示された。「つながる」「少しつながる」の回答を合わせると74%に、「つながる」という回答だけでも33%に達した。これは、自由度の高い活動を通して生徒同士で話し合ったり意見交換したりした経験を、生徒が有意義なものと感じたためであると思われる。経験を重ねることで、より活発なコミュニケーションが期待できそうなので、今後は実験以外の授業でもこのような取組を導入する方法を考えていきたい。

(6) 質問5の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題が、生徒の考えに変化を与える深い学びにつながっていたかどうかを確認する質問5では、次のような結果が得られた(資料7)。

【資料7 生徒の考えに変化を与える深い学び】



質問3、4と同様に、この質問も「つながる」「少しつながる」という肯定的な回答をした生徒の割合が、予想を大きく上回った。1回の実験だけで70%の生徒が肯定的な回答をしたことから、今回のパフォーマンス課題の取組が、生徒にとって単に楽しいものであるだけでなく、知識を活用して新しい学びを得る意義やおもしろさを実感できるものであったことを示していると感じた。ただし、質問3、4の結果と比べると「少しつながる」が多く、「つながる」が少ないことから、「初めて取り組むパフォーマンス課題に新鮮な印象を受けたため、肯定的な回答をした」ともとれる。また、「よくわからない」の割合が22%であり、質問3、4、5の中で最も高かったことから、一部の生徒が自分の学びの深まりを実感できていない様子が見えてきた。今後は他の単元でも同様の取組を続け、「つながる」の割合を高くできるようにしたい。

6 今後の課題

次期学習指導要領の改訂に向けた動きを踏まえ、本研究ではアクティブ・ラーニングの視点で授業改善を行うため、既習の知識を組み合わせる取り組みパフォーマンス課題を、観察・実験の授業に導入した。本校のように自己肯定感が低い生徒や、知識・理解の定着に課題を抱える生徒が多い学校でも、パフォーマンス課題には多くの生徒が主体的に興味をもって取り組んだ。また、生徒たちの活動を的確に評価するために導入したルーブリックを用いることにより、「ペーパーテストでは測ることができない見えにくい学力を可視化する」ことを実際に体感できたのは、大変貴重な体験であった。

驚くほどに肯定的だった生徒のアンケート結果が、決して物珍しさから来る興味だけで示されたものではないということを今後の同様の取組を通して証明しなければならないと思っている。今後も各単元の探究的な活動で大小さまざまなパフォーマンス課題に取り組むとともに、ルーブリックの内容の精度を高めたい。あわせて、パフォーマンス課題を取り入れた授業を充実させるために、ふだんの実験以外の授業にも改善の余地がないか検討したい。

参考文献等

- R. ドラン他（古屋光一監訳）『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房
- 堀哲夫、西岡加名恵『授業と評価をデザインする 理科』日本標準
- 文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示
- 中央教育審議会『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』平成28年12月

【資料】

化学実験「重金属を含む廃液をどう処分するか」

【背景】

さまざまな工場や水処理施設では、何トンもの重金属を含む廃液を処分している。河川に捨てることは環境保全に関する法律で厳しく禁じられている。

では、廃液はどのように処分されているのだろうか。班で話し合い、考えたことを記入する。

【課題】

次の廃液（水溶液）を、すべて処分したい。使用できるものは、枠内に示された水溶液と器具だけである。

これらを用いてどのような処理をすればよいか。班で話し合い、処理（実験）の手順を考える。

廃液 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液(), $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液(), FeCl_3 水溶液(),
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液(), CuCl_2 水溶液(), AgNO_3 水溶液()
※班で指定された2種類の水溶液の()内に○を付けること

<水溶液> 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液 (NaCl aq)
1.0 mol/L アンモニア水 (NH_3 aq, pH = 約 11)
2.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH aq, pH = 約 13)

<器具> 試験管、ピペット、pH 試験紙

【実験の手順】

指定された2種類の水溶液を処分できる条件を検討し、どのような実験を行えばよいか記入する。

【実験ノート】

廃液	加える水溶液	沈殿物色・特徴	沈殿物ができた pH ~ 再溶解した pH
	NaCl 水溶液		
	NH ₃ 水溶液 (pH = 約 11)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>
	NaOH 水溶液 (pH = 約 13)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>
	NaCl 水溶液		
	NH ₃ 水溶液 (pH = 約 11)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>
	NaOH 水溶液 (pH = 約 13)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>

【個別に考察】 上記の結果をふまえ、工場や水処理施設では重金属を含む廃液をどのように処分しているのか、考える。

【発 展】 社会問題となっている福島第一原発の放射性セシウム廃液 (Cs⁺) には、この方法は使えない。その理由を考える。

【自己評価】

- *主体的に実験に取り組めたか
 < できた ややできた あまりできなかつた 全くできなかつた >
- *主体的に役割に取り組めたか
 < できた ややできた あまりできなかつた 全くできなかつた >
- *主体的に考察に取り組めたか
 < できた ややできた あまりできなかつた 全くできなかつた >

組 番 氏名

実践報告 4 生物分野における授業モデルの提案

－習得した知識を背景として、思考力・判断力・表現力を育成する生物の授業実践－

1 はじめに

文部科学省が平成 27 年度に実施した全国学力・学習状況調査の結果から、理科では「結果を通して実験を構想したり、実験結果を基に自分の考えを改善したりすること」に課題があるとされた。理科の学習で最も大切なことは、授業や観察・実験を通して生徒たちの「なぜ」「どうして」という気持ちを学びにつなげ、理科を通して身に付けた考え方を社会生活にも生かすことである。しかし、講義を中心とした授業、これまで多く取り組まれていた既習の内容や現象を確認する観察・実験では、習得した知識を生かして事象を判断する力や自分の考えを表現する力の育成には至らない。そこで本研究では、生徒達が習得した知識を背景としながら思考・判断・表現する場面を設定したり、学びに向かう動機付けを刺激したりするパフォーマンス課題を生物分野で実践することとした。あわせて、バランスの取れた学習評価を行うため、論述やレポートの作成・発表、グループでの話し合い等の多様な活動を取り入れ、それをルーブリックによって評価することとした。

2 研究の目的

パフォーマンス課題を用いた授業を実施する際には「生徒にこの課題を通してどのような力を身に付けさせたいのか」「この課題の達成目標は何か」を明確にしておく必要がある。これが不明確なままだと課題に取り組む目的を見失ってしまい、ただ取り組むだけになってしまう。本研究では「習得した知識や技能を活用し、表現する力」「探究する力」の二つの力を身に付けることを目指して、二つのパフォーマンス課題に取り組んだ。

(1) 「習得した知識や技能を活用し、表現する力」の育成

これまで筆者が本校で観察・実験を行ったときに、レポートの考察や感想を書かずに提出する生徒が複数いた。授業の後にそのような生徒に個別に声を掛けて話を聞いてみると、多くの生徒は学習意欲が乏しいのではなく、「考えているが、どう表現したらよいかわからない」「間違いを書くのが恐かった」という理由から、考察や感想を書けなかったことが分かった。生徒が卒業した後の社会生活では、自分の意見を相手に的確に伝え、理解してもらうことが求められる場面が何度もあるため、上記のような生徒にも理科の授業の取組を通じてそのような力を身に付けてほしいと考えた。

そこで本研究では、習得した知識や技能を活用し、表現する力の育成を目指した取組として「バイオテクノロジーを積極的に推進すべきである」という論題に対するディベート（マイクロディベート）を実践した。この実践では、既習の知識を活用して自分の意見を主張する力と、自己の思いや意見を伝えながら他者の意見等を的確に理解する力の育成を目指した。

(2) 「探究する力」の育成

観察・実験に取り組む意義は、仮説を考えた上で結果に見通しを立て、実際に得られた結果から仮説を検証することにある。しかし、これまでの本校の生徒は観察・実験のねらいを理解しないまま操作に取りかかり、教科書に記載されている結果が出ただけで満足していたため、科学的に探究する能力や態度の育成にまでつながっていない実態があった。そこで「キーワードから仮説を立てる」「仮説に基づ

いて実験手法や実験材料を検討する」「実験内容・結果をクラス全体に発表する」という三つの場面を設け、答えのないテーマについて生徒同士で意見を交換しながら自らの仮説を立証する方法を模索させた。これらの活動を通して、論理的思考力・客観的分析力・表現力を養うことを目指した。

3 研究の方法と内容

(1) 習得した知識や技能を活用し、表現する力の育成を目指したパフォーマンス課題「ディベート」

3年生生理型の生物選択の生徒（25名）を対象に、実践した。生徒はこれまでディベートを経験していなかったため、最初にディベートの方法とその必要性について理解させる指導から入った。また、準備の時間を4時間設定し、事前に立論、質問、反論シートを配付し、フローチャートに従って進めれば小さなディベートが成立するような仕組みを整えた。更に事前に「意見を述べる時、相手に伝わるように述べることは難しいが、それが最も重要である」ということを、指導した。

実際のディベート（マイクロディベート）は、8人または9人を1グループとし、それを3人1組の「賛成派」及び「反対派」と、2人はまた3人の「審判」の小グループに分けて行った。ディベートに取り組んだ後に、論題に関する自分の意見を800字程度の小論文形式のレポートにまとめた。

ア 指導計画

時限	実施内容	課題（家庭学習も含む）
1	オリエンテーション ・ディベートとは ・論題の提示	・論題に対し賛成派、反対派のどちらの役割になってもよいよう、メリット・デメリットを考える。
2	論題に対する賛成派、反対派のグループ分け	・ディベートをスムーズに進められるよう、どのように立論・反論するか考える。
3	各派の中で考えたメリット・デメリット、立論の内容を共有 ・想定される相手の立論に関する質問の検討 ・想定される相手の質問及びその回答の検討	・文献等で必要な情報を集めておく。
4	審判の生徒によるディベート ・審判の生徒のみでディベートを行い、他の生徒はそれを見学する。そこで示された反省を、自分たちのディベートに生かす。	・文献等で必要な情報を集めておく。 ・想定される相手の立論、質問に対する説明の内容等をまとめる。
5	本番のディベート ・賛成派、反対派、審判に分かれて、実際にディベートを行う。	ディベートの経験を踏まえ、論題に対する自分の意見を、小論文形式のレポートにまとめて提出する。

イ 授業展開

過程	学習活動	指導上の留意点	評価の観点
導入 (8分)	・既習のバイオテクノロジーの内容を再確認する。	・扱いを間違えると生態系を乱し、取り返しのつかないことにもなることを強調する。	【関心・意欲・態度】
展開 (37分)	・ディベートのねらいを再確認する。	・次の3点を伝える。 ①意見を述べる時は、ポイントを明確にして相手に伝える。 ②相手の意見は、自分があまり大切だと思わないものも含めてメモを取る。 ③ディベートは競技であるため、もともと自分の考えとここで分けられた賛成派、反対派の立場には関係がないことに留意する。	

	<ul style="list-style-type: none"> ・ディベートの準備をする。 ・8人または9人のグループに分かれ、グループ内で賛成派3人、反対派3人、審判2人または3人に分かれる。 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・ディベートを行う。 賛成派発言 5分 反対派発言 5分 フリートーク 5分 判定・まとめ 3分 (各発言後に、まとめと作戦会議を行う時間として3分とる) ・ディベートの感想を発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・審判が司会とタイムキーパを兼ねることを確認する。 ・マイクロディベートなので「立論・質疑・反駁」の明確な形態をとらず、発言という形にする。 ・フリートークでは発言の順番は自由だが、賛成派または反対派の一方だけが発言することがないようにする。 ・ディベートが終わったグループから、賛成派、反対派のグループごとに感想をまとめるよう指示する。 ・各グループの賛成派、反対派のグループごとに感想を発表させ、ディベートについて振り返りを行うよう指示する。 	<p>【思考・判断・表現】</p> <p>【関心・意欲・態度】</p>
まとめ (5分)	自己評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ディベートを終えて、よかったところ、印象に残ったところ、反省等を記述するよう促す。 	

ウ 本実践で使用したルーブリック

達成度 評価の ポイント	観点	到達レベル3 (十分に満足)	到達レベル2 (おおむね満足)	到達レベル1 (努力を要する)	評価の資料
① ディベートを通して、自分の意見を適切に伝える力と、他者の意見等を的確に理解する力を発揮できたか。	【関心・意欲・態度】	自分の役割を果たしてディベートに参加するとともに、他の役割の生徒にも適切な配慮ができる。	自分の役割を果たしディベートに適切に参加できる。	ディベートでの自分の役割を果たしていない。	生徒のワークシートとレポート 授業者の記録
② 遺伝子を扱ったバイオテクノロジーの有用性と課題について、自分の考えを明確に述べることができたか。	【思考・判断・表現】	バイオテクノロジーについて、具体的根拠に基づき、今後の課題等とも関連付けて自分の意見を説明することができる。	バイオテクノロジーについて、具体的根拠に基づいて自分の意見を説明することができる。	バイオテクノロジーについて意見を説明しているが、具体的根拠が示されていない。または意見を説明していない。	生徒のレポート

「自分の意見を適切に伝える力と、他者の意見等を的確に理解する力」「根拠をもって自分の考えを明確に述べること」の2点を、「ディベートにおける取組の記録」と「ワークシートとレポート」の二つから評価することとした。

評価のポイント①については、ふだんの授業における話し合いの場面でもなかなか意見交換ができない生徒が多いことと、パフォーマンス課題に対する生徒の経験がまだ浅いことに配慮し、ディベートでの自分の役割を果たすことができれば、レベル2とした。そして、他者理解と協調性という観点から、他の役割の生徒に対する配慮ができた場合に、レベル3とした。

評価のポイント②については、具体的な根拠が示されていなければレベル1、具体的な根拠に基づいて自分の意見が述べられていればレベル2とし、具体的な根拠に加え今後の課題等と関連付けた意見を述べることであればレベル3とした。

(2) 探究する力の育成を目指したパフォーマンス課題「活性酸素と抗酸化力」

3年生文型2クラス（各クラス39名）を対象に実践した。最初に、身の回りにある飲料（ジュース、ワイン）を題材に、その抗酸化力を演示実験で確認した。それを踏まえ、校庭にある植物の抗酸化力を測定する実験に取り組んだ。

まず、生徒を8人一組の5グループ（1グループのみ7人一組）に分けた。次に、植物の採取に関するキーワード（「植物の種類」「植物の器官」「植物の色」「調理」のいずれか）を各グループに与え、グループごとにキーワードに沿った植物の抗酸化力に関する実験テーマと仮説を立てた。そして、その仮説に基づいて採取する植物や部位を決定し、学校の敷地内で目的の植物を探し、採取した。実験終了後に、グループごとに実験テーマと結果について発表した。この課題では、テーマや仮説の設定に時間がかかることを考慮し、2時限（45分×2）で行った。また発表は実験とは別の日に行ったため、その準備も含め、合計4時限で実施した。

ア 指導計画

時限	実施内容	生徒の動き
1・2	<ul style="list-style-type: none"> ・演示実験「飲料水の抗酸化力を調べてみよう！」（授業開始から20分程度で実施） ・生徒実験「植物の抗酸化力を調べてみよう！」 	<ul style="list-style-type: none"> ・最も抗酸化力の高い飲料を予想し、そのように考えた理由を記述する。 ・与えられたキーワードに従って、グループごとにテーマと仮説を立て、仮説に基づいて採取する植物や部位をグループで決定する。 ・校庭に出て植物を採集する。 ・採集した植物の抗酸化力を測定する。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果のまとめ 	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとに、実験の内容と結果を模造紙にまとめる。
4	<ul style="list-style-type: none"> ・発表 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の内容と結果を発表する。

イ 授業展開（2時限連続）

過程	学習活動	指導上の留意点	評価の観点
導入 (20分)	<ul style="list-style-type: none"> ・活性酸素と抗酸化能力について確認する。 ・果汁100%のオレンジジュース、無果汁のオレンジ味の炭酸飲料、果汁100%のトマトジュース、果汁20%のレモンジュース、赤ワイン、水道水を用意し、最も抗酸化力の高い飲料はどれかを考えさせ、その根拠について話し合う。 ・用意された飲料の中で最も抗酸化能力の高い物質を考え、演示実験により確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒトでも疾患の原因として活性酸素が注目されていることを伝える。 ・演示実験を丁寧に行う。 ・「活性酸素を除去する能力は植物により異なるのか」ということについて、生徒の興味関心を引き出すように話しながら、次の課題の内容を示す。 	【関心・意欲・態度】
展開 (65分)	<ul style="list-style-type: none"> ・野外で植物を採取する際のキーワード「植物の種類」「植物の器官」「植物の色」「調理」のいずれかを確認し、仮説を立てる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験は仮説を立証するために行うものであることを、再度確認する。 	【思考・判断・表現】

	<ul style="list-style-type: none"> 各班の仮説に基づいて採取する植物や部位をグループで話し合い、決定する。 植物を採取する。 採取した植物から、抽出液を調製する。 	<ul style="list-style-type: none"> 仮説に基づいた実験手法、得られる結果を考え、その根拠に基づいて植物を採取するように伝える。 机間指導で各グループの様子を確認し、仮説を立てることができないグループがあれば、必要に応じて支援する。 植物の抽出液の調製に時間がかかるので、DPPH溶液はあらかじめ準備し配付しておく。 	<p>【思考・判断・表現】</p> <p>【観察・実験の技能】</p>
	<ul style="list-style-type: none"> DPPHラジカル消去能の測定 結果の考察とまとめ 実験テーマと結果について、グループごとに発表する。 他のグループの発表を聞き、自分たちの結果・考察と比較する。 	<ul style="list-style-type: none"> 各植物の抽出液をDPPH溶液反応させるときに、できる限りタイムラグが生じないように注意するよう促す。 グループ内で、自分の意見や考えを出し合うよう促す。机間指導で各グループの様子を確認し、うまく表現できない生徒がいれば、必要に応じて支援する。 テーマ設定の根拠、予想、結果と考察を必ず発表するように促す。 	<p>【観察・実験の技能】</p> <p>【思考・判断・表現】</p>
まとめ (5分)	自己評価	感想や疑問に思ったことなどを具体的に記述するよう促す。	

ウ 評価基準 (今回使用したルーブリック)

達成度 評価のポイント	観点	到達レベル3 (十分に満足)	到達レベル2 (おおむね満足)	到達レベル1 (努力を要する)	評価の資料
① 仮説を立てるとともに、それを立証するための適した方法で実験を進めることができたか。	【思考・判断・表現】 【観察・実験の技能】	科学的根拠に基づいて仮説を立てるとともに、立証に適切な材料を用いて実験を行うことができる。	根拠に不十分な点はあるが、自分の考え方を示して活性酸素消去能を測定できる。	仮説を立てることができず、実験にも取りかかることができない。	生徒のワークシートとレポート 授業者の記録
② 結果と考察を科学的な表現で記述し、発表することができたか。	【思考・判断・表現】	得られた結果に対して自分の考えを踏まえて説明し、追実験に関する展望等を述べることができる。	得られた結果に対して、自分の考えを踏まえて説明することができる。	得られた実験結果に対して、自分の考えを述べることができない。	生徒のワークシートとレポート 授業者の記録

「仮説とその立証の方法」「結果と考察の記述・発表」の2点を、「ワークシートとレポート」「発表」の二つの方法で評価した。

評価のポイント①については、生徒はこれまで自ら仮説を立てたり実験結果を検証したりする活動を経験してなかったことから、まずは自分の考え方を示して、活性酸素消去能を測定できていればレベル2とした。それに加え、科学的根拠に基づいた仮説を立てるとともに、立証するのに適切な材料を用いて実験ができればレベル3とした。評価のポイント②については、「実験の結果について自分の考えを踏まえて説明する」という観点で、評価を行った。得られた実験結果に対して考察を加えるという意味で、自分の意見を交えた説明ができていればレベル2とした。更に実験結果を踏まえ、実験の方法や操作について追実験に向けた改善点まで述べることは、レベル3とした。

4 研究の実際

(1) パフォーマンス課題「ディベート」

ア 事前学習

事前学習では、どの生徒も論題に対するメリット・デメリットを一つ以上示すことができた。その後、グループに分かれて個人の考えを共有する場面でも「なるほど、確かにそうだね」「そういう問題もあるのか」という声が聞かれ、生徒が視野を広げ理解を深めている様子がうかがえた。また、立論を自分たちなりの根拠に基づいてすることができたが、ほとんどのグループが立論をするだけで精一杯となり、授業時間内に「想定される相手からの質問及びその回答」「想定される相手の立論に関する質問」の検討まで十分に取り組むことはできなかった。そのため、これらについては授業後の各グループの課題とした。事前学習の段階で、生徒の役割分担や時間配分をより明確にするとともに、授業の限られた時間を有効に活用することができるような準備の方法を考える必要があると感じた。

イ 本番のディベート

どのグループも立論については十分に事前準備ができており、根拠を複数示しながら発言することができた。しかしフリートークの場面では、多くのグループが「想定される相手側の質問」を事前に考えておらず、相手側の質問や主張が始まると、メモを取ることで精一杯となってしまった。そのため、自分の質問に関する相手の主張に対して再度質問をしたり、反論し合いながら議論を深めたりする段階まで至らないグループが多かった。このように、充実したディベートを行うという点では多くの課題や反省が残されたが、どのグループの生徒にも既習の知識を活用しながら自分の考えを主張したり、相手の主張や質問に丁寧に対応したりして議論を深めようとする積極的な姿勢が見られたことは、大変意義深かったと感じている。



自分の意見を話す様子



メモを取る様子



グループ内で協議する様子

ウ 生徒による自己評価

今回のディベートに対する生徒の自己評価の結果を、次に示す（資料1、資料2）。

【資料1 事前準備に関する生徒の自己評価の結果】

事前準備について	できた	まあできた	あまりできなかった	できなかった
メリット・デメリットについて調べることができたか。	28%	52%	20%	0%
自分の支持する立場について、具体的な根拠まで調べることができたか。	20%	56%	24%	0%
想定される相手側からの質問とその答えについて考え、準備することができたか。	12%	12%	56%	20%
相手側の立論に対する質問を考え、準備することができたか。	0%	24%	60%	16%

【資料2 ディベートに関する生徒の自己評価の結果】

ディベートについて	できた	まあできた	あまりできなかった	できなかった
自分の考えや意見を論理的に説明することができたか。	16%	32%	52%	0%
他者の意見等を的確に理解することができたか。	0%	52%	44%	4%

評価しようとした「自分の意見を適切に伝える力と、他者の意見等を的確に理解する力」を自己評価の結果と結び付けて考えると、後者の「他者の意見等を理解しようとする力」が低い結果となったと言える。特に「他者の意見等を的確に理解することができたか」という質問については、48%の生徒が「あまりできなかった」「できなかった」と回答していた。また、「自分の考えや意見を論理的に説明することができたか」という質問についても、52%の生徒が「あまりできなかった」と回答していた。これは、経験の不足によるイメージ不足から、想定される相手の質問や主張を踏まえた事前準備が十分できていなかったことが原因であると考えられる。生徒の感想にも「知識が不足していたので、自信をもって自分の意見を話すことができなかった」「相手側の立論が理解できず、どれが重要な言葉で、メモすべきものなのか分からなかった」「フリートークのときに質問が続かなかった」というものが複数見られた。

一方、生徒の感想には「自分の意見を押し通すのではなく、相手の意見に考慮して議論しなければならないと思った」「メモを見ながら発表したが、やはり相手の方を見ながら発表した方が声も伝わりやすいし、心がこもっているように感じてもらえるのではと思った」という、自分たちの主張の仕方について振り返るものも多く、本実践が生徒にとって「自分の考えを相手に的確に伝えるために、何が大切なのか」を考えるよいきっかけとなった様子がうかがえた。

今後、同様なディベートを実施する際は、まず事前準備の段階で、賛成派、反対派の両方の考え方や意見を客観的な立場からまとめるとともに、自分が示した意見を相手はどう受け止めるのか、相手が考えるどの意見に対して反論するとよいかまで考えるようにさせたい。その上で、相手の意見を考慮しながら自分たちの意見を主張するようにさせたい。

エ ルーブリックによる評価結果

次に、今回のディベートに対するルーブリックを用いた評価の結果を示す（資料3）。

【資料3 ルーブリックを用いた評価の結果】

評価のポイント	達成度	到達レベル3 (十分に満足)	到達レベル2 (おおむね満足)	到達レベル1 (努力を要する)
① ディベートを通じて、傾聴力、論理的思考力、客観的分析力、表現力を発揮する。		44%	56%	0%
② 遺伝子を扱ったバイオテクノロジーの有用性と課題について、自分の考えを明確に述べる。		20%	80%	0%

評価のポイント①については、ディベートを動画で記録して見直したが、グループ内の個々の生徒の様子までを詳細に把握するのはやはり困難であった。また、生徒の話しぶりも生徒の人柄などによる持ち味もさまざまであるため、ここでは生徒の自己評価とディベートのメモを生かして評価を行った。

生徒の自己評価については、パフォーマンス課題の経験の浅い生徒では、どうしても評価に個人差が見られた。また教員による評価についても、レベル3とレベル2を分けるポイントである「他の役割の生徒にも適切な配慮ができていないか」という点については、現状の生徒の実態では判断に大変迷った。このようなことから、ほとんどの生徒がレベル2となってしまう、生徒の実態の把握には生かしたが、信頼性や妥当性という点では課題が残された。

評価のポイント②については、ディベート後に実施した、論題「バイオテクノロジーを積極的に推進すべきである」について書いた800字程度の小論文形式のレポートを基に評価した。レポートでは、全ての生徒が具体的な根拠を挙げながら意見を述べることであり、レベル2の基準を達成することができた。しかし、レベル3に該当するような、今後の課題等と関連付けて自分の意見を説明することができている生徒は20%と少なかった。既習の学習内容を現在の技術、研究内容、未来の生活等の日常

生活の視点から考えるような取組を、パフォーマンス課題だけでなく平素の授業の中にもいかにして組み込むかが、今後の大きな課題であると感じた。

オ 本実践の形式のディベートを実施する上での留意点

本実践の反省を踏まえ、今後生徒が十分な事前準備をした上で本番のディベートに臨むとするならば、ディベートの時間を 20 分から 25 分程度は確保したい。また立論の時間も 5 分間は確保したい。

また、生徒から示された反省には「時間が短く感じられた」「実際にディベートをやってみると、すぐに時間がオーバーしてしまった」「もっと時間を気にするべきだった」のように時間の使い方に関するものが多かったので、フリートークの 5 分という時間の使い方を、事前にしっかり考えることができるような準備の工夫が必要である。さらに、相手側の主張をまとめることで、その後のフリートークでの質問や反論をスムーズに進めることができるよう、賛成派、反対派それぞれの発言の後に、相手や自分の発言内容をまとめてグループで作戦会議を行う時間を、3 分間程度加えた方がよいと思われる。

さまざまな点で課題が残ったが、生徒が時間の使い方の大切さを学ぶとともに、既習の知識を活用して話し合うことの難しさとおもしろさを体感したという点では、大変有意義な実践であった。

(2) パフォーマンス課題「活性酸素と抗酸化力」

ア 演示実験「飲料水の抗酸化力を調べてみよう！」

演示実験では、自分の考えを記述することに慣れるため、「次の飲料のうち一番抗酸化力が高いのはどれだと思いますか」という問いの解答とその根拠を、それぞれの生徒が自分で考え記述するようにした。これまでの理科の授業では、自分の考えを詳しく記述するという経験が乏しかったので、まず記号で飲料を選び、次に自分の考えを 1, 2 行で記述するようワークシートの様式を工夫した。

次に、予想した内容について、どの飲料を選んだか全員で挙手をしながら確認をし、その飲料を選んだ理由について代表の生徒 1 名が説明するようにした。この段階では、高い抗酸化力につながる要因について説明せず、特に抗酸化力が高かった二つの飲料の成分を比較して考えるよう、生徒に指示した。

イ 生徒実験「植物の抗酸化力を調べてみよう！」

生徒には演示実験との関連について説明せず、「次は身の回りの植物の抗酸化力を測定してみよう」と働きかけ、校庭にある植物の抗酸化力を測定する実験に取り組んだ。仮説を立て実験材料を選定するまでにかなり時間がかかると予想していたが、どの班も予想以上に積極的に意見を出し合い、キーワードからテーマと仮説をスムーズに設定し、実験で使用する植物を採取することができた。仮説を立てる際も、演示実験の結果を踏まえ、ビタミンが多く作られ、そのロスが少なくなる条件などを考慮して実験植物を選んだり、加熱方法などを考えたりするなど、段階的に実験に取り組むことができるよう工夫がされていた。次に各グループに与えたキーワード、生徒が立てたテーマと仮説を示す。

キーワード①：植物の種類 ※このキーワードのみ、二つの班に与えた。

班 1	テーマ	花の有無と単子葉類と双子葉類
	仮説	花に栄養が集中するので、花のない植物の方が抗酸化能力は高いだろう。 双子葉類は葉が大きく日光を受ける面積が大きいので、抗酸化作用は高いだろう。
班 2	テーマ	植物の形と抗酸化力の関係
	仮説	小さい植物はエネルギーの分散が少ないから、抗酸化作用が強いだろう。 花が咲く植物は花を咲かせるためにエネルギーを使うから、抗酸化作用は低いだろう。

キーワード②：植物の器官

班 3	テーマ	日向の植物と日陰の植物の茎葉の関係
	仮説	日向の植物の茎や葉は、日光に多く当たっているため、抗酸化能力は高いだろう。

キーワード③：植物の色

班 4	テーマ	明度と濃度と抗酸化作用の関係
	仮説	暗い色は光を吸収しやすいので、抗酸化作用は高いだろう。 色が濃いと光を吸収しやすいので抗酸化作用は高いだろう。

キーワード④：調理

班 5	テーマ	加熱前、加熱後の抗酸化力の変化
	仮説	水を加えて加熱すると中の成分が外に流れ出るので、抗酸化作用が低下するだろう。

実験結果は仮説通りの結果が得られた班だけでなく、仮説と逆の結果になった班、全く変化が見られなかった班もあった。仮説通りにならなかった班も落胆することなく、驚きの声あげながら「どうして仮説と反する結果になったのか」「どうして変化が起こらなかったのか」と、その場で議論を始めていた。どの生徒も大変意欲的な姿勢で、パフォーマンス課題に取り組んでいた。

ウ 結果のまとめと発表

生徒に「模造紙にテーマ、仮説、実験材料、結果、考察、感想を記す」「発表時間は各班 10 分（発表 7 分、質疑応答 3 分）」とだけ指示し、1 時限かけて準備に取り組んだ上で、発表に臨んだ。どの班も仮説の説明から結果まで、論点を整理して発表することができたが、科学的根拠の裏付けがないまま自分の考えを述べるだけの班が多く、考察の内容の深さは不十分であった。質疑応答では、最初は質問が出なかったが、一人の生徒が質問をしたことをきっかけに、複数の生徒から次々と質問が出るようになった。各班の結果について、生徒同士で議論しようとする姿が見られたことは、大変有意義であった。



採取した植物を処理する様子



結果をまとめる様子



発表の準備の様子



仮説と結果を発表する様子

5 研究のまとめと考察

(1) 生徒による自己評価

今回のパフォーマンス課題に関する生徒の自己評価の結果を示す（資料 4）。

【資料 4 パフォーマンス課題に関する生徒の自己評価の結果】

パフォーマンス課題について	できた	まあできた	あまりできなかった	できなかった
積極的に実験に参加できたか。	70%	25%	1%	4%
仮説を立てて実験に取り組めたか。	69%	23%	8%	0%
実験操作は適切にできたか。	74%	23%	3%	0%

このパフォーマンス課題では、どの生徒もとても楽しそうに生き生きと実験に取り組んでいた。このことは、生徒の自己評価で「積極的に実験に参加できたか」という問いに、95%の生徒が「できた」「まあできた」と回答していたことからうかがえた。あわせて、今回の実験のねらいの一つでもある「仮説を立ててそれに適した実験操作を行うこと」に関しても同様に、92%の生徒が「できた」「まあできた」と回答していた。生徒の感想にも「自分で考えて結果を予想し、それを実験追究していくことがとても楽しかった」「結果にはあまり変化がなかったが、とても達成感があった」「班で話し合っってどんなテーマにして、どんな植物を採取するのか考えることがとても楽しかった」という趣旨のものが複数あ

り、このパフォーマンス課題を通して生徒が答えの分からない実験テーマに対し、生徒同士で協働的に検証していくことの楽しさや意義を実感できたものと感じている。

次に、今回の実験の内容と結果の発表に関する生徒の自己評価の結果を示す（資料5）。

【資料5 実験内容と結果の発表に関する生徒の自己評価の結果】

実験内容と結果の発表について (発表会を行った1クラスの自己評価)	できた	まあできた	あまりできなかった	できなかった
結果を根拠に基づき考察できたか	34%	41%	22%	3%
発表会では論理的に発表することができたか	22%	47%	28%	3%

※この表のみ、発表会という形式で全ての班の発表を1時限の授業の中で行った1クラスの生徒の自己評価の結果である。

積極的に実験に取り組むことができた一方で、得られた結果に関する考察をまとめ、その内容を論理的に発表することに関しては「あまりできなかった」「できなかった」と答える生徒が30%ほどいた。生徒の様子を見ていると、仮説を立てる場面では積極的に議論して意見が出ていたが、結果を踏まえて考察する場面になると消極的になり、一部の生徒の意見をそのまま全体の考察としてしまった班も見られた。生徒の感想にも「発表の準備に気を取られた」「実験の考察をもっとしっかりするべきだった」「考察が難しく、曖昧なままにしていた」といった、準備の甘さを指摘するものが複数あった。

その後行った発表についても、「論理的に発表することができた」と考えている生徒は22%にとどまった。生徒の感想には「模造紙を完成させることに集中し過ぎてしまい、発表で話す内容や準備をしつかりできなかった」「話す内容や順番などをもう少し詳しく決めておけばよかった」という内容が複数示されたように、発表を見据えて準備できなかった班が多かった。また、この取組では1班に8人の生徒がいたため、班員同士の役割分担や連携の在り方について工夫の余地があると感じた。

このパフォーマンス課題を通して、生徒は実際の研究の流れをコンパクトな形で体験するだけでなく、実験結果をまとめることの難しさや、それを発表し他者の理解を得ることの難しさを実感することができた。今後は、パフォーマンス課題に取り組む経験を重ねることで、得られた実験結果を考察・検証する力を伸ばすとともに、それをまとめて発表するための準備を効率的に行う力を身に付けさせたい。

(2) ルーブリックによる評価結果

次に、今回のパフォーマンス課題に対するルーブリックを用いた評価の結果を示す（資料6）。

【資料6 ルーブリックを用いた評価の結果】

評価のポイント	達成度	到達レベル3 (十分に満足)	到達レベル2 (おおむね満足)	到達レベル1 (努力を要する)
① 仮説を立てるとともに、それを立証するための適した方法で実験を進めることができたか。		59%	41%	0%
② 結果と考察を科学的な表現で記述し、発表することができたか。		3%	85%	12%

評価のポイント①については、60%近くの生徒が科学的根拠に基づいて仮説を立てるとともに、適切な材料を用いて実験を行うことができていたため、レベル3と評価された。他の生徒は、仮説を立てて実験に取り組んではいたがその根拠が不十分だったため、レベル2と評価された。

評価のポイント②については、実験結果をそのまま記載するだけで自分の考察を示すことができていなかった生徒を、レベル1とした。また、実験結果を踏まえて自分の考えを記述し、自分の仮説や仮説通りにならなかった理由を説明していた生徒をレベル2とした。レベル2の生徒が85%を占め、レベル1の生徒は12%であった。残念ながら、レベル2の内容から更に実験が成功または失敗したポイントや実験の改善点に関する展望までを述べ、レベル3と評価された生徒はごく少数であった。今後もパフォ

パフォーマンス課題に取り組む経験を重ねることで、結果を考察するだけでなく、その背景や結果を踏まえた実験の改善策等まで深く考察する力を身に付けさせたい。

(3) まとめ

本研究ではパフォーマンス課題の取組を通して、「習得した知識や技能を活用し、表現する力」「探究する力」の育成を目指し、ディベートという観察・実験を伴わないパフォーマンス課題と、観察・実験によるパフォーマンス課題の、大きく異なる2種類の実践に取り組んだ。観察・実験による課題については生徒のワークシートやレポート、発表の様子などをルーブリックの内容に当てはめることで、一人の教員で評価することも可能であると感じた。一方、観察・実験を伴わないディベートのパフォーマンス課題については課題が残った。ディベートは本来、生徒同士の対話を評価することが望ましい。しかし、本実践のように同時に複数のディベートを実施するような取組の場合、一人の教員で個々の生徒の発言やパフォーマンスを把握することは困難だったため、生徒の対話そのものを評価できなかった。生徒の自己評価を活用するなどの工夫を試みたが、これには生徒自身が自己評価の経験を重ねることで、適切な評価をできるようにならねばならない。そのためには、平素の授業に振り返りシートを導入し、それをポートフォリオとして活用する取組を導入する必要もあると思われる。

また、ディベートに限らず、生徒同士の対話を評価する際は、個々の生徒の人柄や持ち味を把握しておく必要もあるのではと感じた。今後同様の取組を行う場合は、生徒同士の対話を的確に評価するために、各ディベート班に1人ずつ教員を配置するなど、複数の教員で同時に生徒の状況を見ながら評価する体制を整える工夫をするとともに、発言の内容やパフォーマンスを評価できるルーブリックの内容についても、複数の教員で検討を重ねたい。

6 成果と今後の課題

二つの実践を通して、多くの生徒から「知識を使って新しいことに取り組むのが楽しかった」「自分の考えをまとめることの難しさを感じた」という感想が示されたように、生徒は講義形式の授業とは異なる貴重な学びを得ることができた。また、パフォーマンス課題を通して生徒の思考力・判断力・表現力、観察・実験の技能だけでなく、主体的な学習態度、他者との関係を形成する力、情報活用力の育成にもつなげることができた。

しかし、現状ではまだ多くの生徒が科学的根拠を伴った考察ができていない。また、教員の補助がないと協議を充実させることができない場面も見られた。引き続き、各大単元の中でパフォーマンス課題に取り組むとともに、ルーブリックを用いた評価を通して生徒へのフィードバックを充実させるようにしたい。また、ポートフォリオの取組を通して生徒の自己評価を蓄積することで、生徒が自らの変容を確認できるようにしたい。今後も生徒の実態に応じてこれらの取組を加えながら、生徒の思考力・判断力・表現力や観察・実験の技能を高める指導法の改善に努めたい。

参考文献等

- R. ドラン他（古屋光一監訳）『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房
- 文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示
- 愛知県総合教育センターウェブページ「理科・CSTの広場」高等学校・パフォーマンス課題
<http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/performancemenu.htm>

※本実践の教材等も、当ウェブページに掲載されている。

【資料】

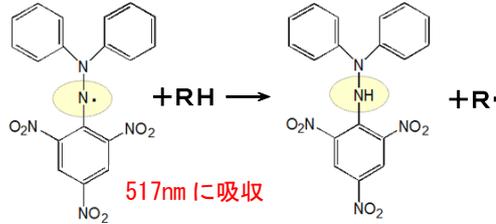
植物の抗酸化力を調べる

～DPPHを用いた、植物に含まれる活性酸素除去能の測定～

<実施日> ____月 ____日 ____曜日

<実験の原理>

DPPHラジカルの不対電子がトラップされると、DPPHラジカル特有の色（紫）が、退色するので、その退色の程度を測定することにより、DPPHラジカル消去能を測定することができる



ここではDPPHラジカルの消去能力を抗酸化能力の指標として用いる

<実験1>

飲料水の抗酸化力を調べる

次の飲料水等の中で、最も抗酸化力が高いものはどれか

- ①100%オレンジジュース ②炭酸入りのオレンジジュース（無果汁） ③トマトジュース、
- ④レモンジュース（果汁20%） ⑤赤ワイン ⑥水道水

そのように考えた理由

◇実験結果

抗酸化力の度合いを○、△、×で記入

100%オレンジ	炭酸入りオレンジ	トマト	レモン	赤ワイン	水道水

考察

<実験2>

植物の抗酸化力を調べる

- ◇キーワードからテーマと仮説を設け、採取する植物や部位を決める
与えられたキーワード

キーワードから考えたテーマ

- ◇仮説を立てる

(例) ○○○は△△△だから、抗酸化作用は高いだろう。

×××すると◇◇◇になるので、抗酸化作用は低いだろう。

- ◇実験植物を採取する

採取した植物の種類と部位

- ◇実験操作

- ・採取した全ての植物を0.5gずつ測り取る
- ・採取した植物を石英砂とともに別々の乳鉢に入れて、乳棒で摩砕する
- ・乳鉢にエタノール5mLを加え、乳棒で攪拌する
※生じる液体が少なければ、適宜エタノールを追加する
- ・抽出液を、駒込ピペットでマイクロチューブへ移す
- ・遠心分離(30秒)したマイクロチューブを教卓へ
- ・上澄み0.5mLを駒込ピペットで取り、DPFH溶液と反応させる

- ◇仮説の検証結果

◇考察

<振り返り>

①できた ②まあできた ③あまりできなかった ④できなかった

- ・積極的に実験に参加できたか ()
- ・仮説を立てて実験に取り組めたか ()
- ・実験操作は適切にできたか ()
- ・結果を根拠に基づき考察できたか ()
- ・発表会では論理的、効果的に発表することができたか ()

実験を通して気付いたこと、活動全体で印象に残ったこと、今後の課題など

<今回の実験の感想>

_____年_____組_____番 () 班 氏名_____