

愛知県立一宮南高等学校の取組（理科）

1 はじめに

本校は、平成25年に愛知県教育委員会が文部科学省の「高等学校等の新たな教育改革に向けた調査研究」における「多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」に申請・採択されたことに伴い、同年10月より、高等学校理科の授業において、パフォーマンス課題による探究的な活動を実践し、その評価手法を開発する研究を開始し、2年目を迎えている。

この研究を機会に、生徒たちが学んだ知識を応用して使いこなせるような授業に取り組もうと考え始め、2年目の現在も試行錯誤の状態が続いているが、本研究を通して教員の意識は確実に変わってきている。特に、「生徒に教える」というより「観察・実験を通して生徒にどのように気付かせるか、考えさせるか」を意識するようになったことは大きな変容である。本稿では、本研究における平成26年度の取組と、それを通じて得た分析結果について報告する。

2 研究の目的

昨年度から、理科の学習で身に付けるべき資質や能力として、次の①から⑤の育成を目標に掲げてきた。

- ① 観察や実験などの結果を整理・考察するとともに、既存の科学の基本的な概念を用いて自らの考えを導き説明する力
- ② 見通しをもって観察・実験などを適切な操作・方法で主体的に行う力
- ③ 課題解決に必要な情報を選択し、科学的な見方や考え方を構築する力
- ④ 課題解決のための観察・実験の計画、方法、結果などをグループで討論したり、さまざまな考え方をまとめたりする力
- ⑤ 研究発表や質疑応答において、まとめた内容や自分の考えを適切に表現する力

また、研究2年目を迎えた今年度は「本校の生徒に身に付けさせたい力をさらに絞り込む必要があるのではないか」との指摘が出始めた。そこで研究を深める中で、本校生徒の実態を踏まえた今後の研究の方向性についてさらに検討することとした。

3 研究の方法

平成26年度については、「物理」に加え、「化学基礎」「化学」でも同様の取組を行っている。パフォーマンス課題、ルーブリックについては、前年度からの協議事項を確認しながら、理科教員全員及び実習教員の意見も加えて原案を作成し、研究授業においてその妥当性について検証し、その後、何度も協議してその課題を洗い出すようにしている。

校内では、校長、教頭、教務主任、学年主任、各教科主任を委員とした校内研究委員会を組織した。また外部からは、愛知教育大学の平野俊英准教授を研究の顧問として指導助言を受けるとともに、愛知県総合教育センターと連携して研究を進めている。本年度は研究授業の実施にあたり、事前指導に基づき改善を充実させて授業に臨むようにした。

次頁は本校の研究全体を俯瞰する研究構想図である。これは本校の生徒、教師、指導体制それぞれの現状を踏まえた課題と、生徒に身に付けさせたい力などを挙げながら、これらに対してどのような手だてが有効かを本研究で確認していくためのものである（資料1）。

愛知県立一宮南高等学校 「多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」研究構想図

研究内容

- ① 観察・実験や探究的な活動での「思考・判断・表現」「観察・実験の技能」について、レポートや自己評価のデータから評価する手法の開発
- ② 「関心・意欲・態度」及び「知識・理解」との関わりを踏まえて段階分けしたルーブリックによる評価
- ③ 本研究での実践にふさわしい「観察・実験の指導法」「生徒の実態を踏まえ、単元の特性を生かしたパフォーマンス課題」の開発
- ④ 生徒の科学的な思考力、判断力、表現力の育成に向けて「生徒の自己評価」「教員による評価」「生徒同士の相互評価」を有機的に生かした指導法の検討

手だて 1

- ・本校理科の「コア」の仮説構築
- ・本校理科の評価システムの構築
- ・本校理科の評価基準（一般的ルーブリック）の開発・試行・確立

手だて 2

- ・適切なパフォーマンス課題とその評価基準（課題特殊のルーブリック）の開発・試行・確立

手だて 3

- ・メタ認知活動の利用（学習活動を振り返る機会の提供）
- ・自己評価や他者評価等の利用（自己肯定感の向上および変容の自覚を促す指導法の確立）



生徒に身に付けさせたい力

自ら学び自ら考える力

思考力・判断力・表現力

探究する力

（習得・活用に基づく課題の探究）

活用する力

（習得した知識や技能の活用）

習得する力

（基礎的・基本的な知識や技能の習得）

教師の課題

- ① 教師主導型の授業からの脱却
- ② 問題演習を主とした授業の改善
- ③ 生徒の主体的な活動の機会の確保
→指導目標の意識化・明確化

指導体制に関する課題

- ① 本校理科での到達目標を教師・生徒間で共有する機会の確保、指導法の開発
→評価規準・評価基準の明確化
- ② 評価に関する考え方の見直し（習得に関する評価への偏りを修正）
→活用、探究に関する評価導入により習得内容の使用可能性を確認

生徒の課題

- ① 基礎的・基本的知識のより確かな定着
- ② 観察・実験の技能の向上
- ③ 知識・理解を複合的に生かして思考・判断・表現する力の向上
→学習目標の意識化・明確化

4 研究の実際

(1) 平成 26 年度の実践

今年度は、昨年度に掲げた「高校生が理科の学習において身に付けるべき資質や能力」を念頭に、第 2 学年の「物理」「化学基礎」及び「化学」でパフォーマンス課題及びそのルーブリックを作成して実践した。概要は以下のとおりである。

ア 「物理実験 運動とエネルギーに関する検証実験」(7月)

この課題では、「日頃の授業での学習内容を踏まえ、観察・実験の計画、方法、結果などをグループで相談して決めて、検証する」という目標掲げた。これまでに学習した力学の理論を検証するため、式を組み立て、計算値を求め、実験を行い、結果を考察するという内容の課題である。

具体的には斜面から小球(ガラス玉)を転がし、水平面に達した後、そこから水平投射し一度床と衝突させ、2回目に床に衝突する地点を目標落下地点とする実験を行った。今回は、目標落下地点を設定し、水平面で必要な速さを求め、その速さを出すために必要な斜面の高さを回転のエネルギーを考慮して求めさせた。その高さを基に試行を5回を行い、学習した理論と実験結果について考察させた。

イ 「化学実験 水素を過不足なく 200mL 発生させるには」(7月)

この課題では、「これまでの学習内容を踏まえ、観察・実験などを適切な操作・方法で主体的に行う」ことを目標とした。

具体的には、酸と金属を反応させ、水素を発生させる反応において、水素をちょうど 200mL 発生させることができる条件(金属や酸の必要量等)を考え、それを実験において検証した。化学実験に慣れていない生徒の実態を踏まえ、次のような三段階の構成で指導した。

- ①実験操作を練習して、結果が標準状態を前提にした計算とは異なることを確認する
- ②実験室の環境下で水素を 200mL 発生させるために必要な金属の質量を計算する
- ③実験において検証する

ウ 「物理実験(小課題) 単振り子の長さとの関係性を調べる」(10月)

この課題では、「日頃の授業での学習内容を踏まえ、観察・実験の計画、方法などをグループで相談して決め、実験の結果をグラフにまとめ、その結果から法則性を見いだす」という目標掲げた。

具体的には、単振り子の長さとの関係性を調べる実験を行い、周期が 1 秒の振り子に必要な長さを求めさせた。実験の実験データから振り子の規則性を見つけ出し、それを検証するまでの考察を評価した。

エ 「化学実験(小課題) 中和滴定の実験による身近な食品の分析」(10月)

この課題ではイと同様に「これまでの学習内容を踏まえ、観察・実験などを適切な操作・方法で主体的に行う」ことを目標とし、高校化学の基本的な実験である中和滴定の実験を、身近な食品を試料として2回行った。

1回目は食酢(穀物酢, 米酢, りんご酢), 2回目は種類の異なる乳酸菌飲料を用いて滴定し、その結果から質量パーセント濃度を求めることにより、食酢や飲料の種類を推定させた。観察・実験の技能を高めることを主な目的としたため、2回目は生徒だけで主体的に実験に取り組むことができるよう配慮した。

オ 「物理実験 熱効率を上げる方法を考案する」(1月)

この課題でもアと同様に「日頃の授業での学習内容を踏まえ、観察・実験の計画、方法、結果などをグループで相談して決めて、検証する」という目標掲げた。

具体的には、エタノールが入ったアルコールランプを用いて水 20g を沸騰させ、その結果を基に熱を逃がさない方法を考えさせ、熱効率を上げる方法を考案させた。実験の中から熱効率を求める過程を記述したり、班で考案した工夫を記述したりするとともに、考案した方法によって熱効率が上がる理由を考えさせた。

カ 「化学実験 水溶液の正体を探る」(1月)

この課題ではイ・エと同様に「これまでの学習内容を踏まえ、観察・実験などを適切な操作・方法で主体的に行う」ことを目標とした。

具体的には、「8種類の水溶液を 1.0mol/L で調製したところ、どれがどの水溶液かわからなくなってしまった」という場面を想定し、問題の解決に向かう手法について考察した。生徒による仮説立案で出された方法のうち、外観による判断、pHの測定、電気分解の実験をもとに、水溶液を特定させた。

(2) 平成 26 年度の具体的な実践の紹介

ア 「物理実験 運動とエネルギーに関する検証実験」(7月)

(7) 学習指導案

1 教科・科目	理科・物理														
2 単元名	第1編 力と運動 第1章 平面内の運動, 第3章 運動量の保存														
3 単元の目標	運動とエネルギーの基礎的な見方や考え方にに基づき、物体の運動を観察、実験などを通して探究し、力と運動に関する概念や原理・法則を系統的に理解し、活用できるようにする。														
4 単元の指導計画 (全3時間)	(1) 理論編① 1時間 (2) 理論編② 2時間 (本時 1/2)														
5 本時の目標	これまでに学習した理論について検証し、考察する。														
6 本時の展開	<table border="1"> <thead> <tr> <th>学習段階</th> <th>学習活動 (生徒)</th> <th>指導上の留意点 (教員)</th> <th>評価の観点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>導入 (学習内容の確認)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 本時の目標および流れを確認する。 ① 理論式をつくる。 ② 計算値を求める。 ③ 検証実験 ・ループブリックを確認し、評価のポイントを理解する。 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> グループで協力して取り組みながら計算値を求めるように促す。 実験の結果に関するループブリックのみ提示する。 </td> <td>思考・判断・表現</td> </tr> <tr> <td>展開 予備実験 考察</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 理論式を立てて計算値を求めた班から実験場所に移動してセッティングをし、5回の試行を行う。 水平面での速さと、落下地点Cについて確認する。 1回目の試行で計算値の間違いに気付いた班は、理論の再検証を行う。 実験結果をパソコンに入力する。 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 机間指導によって生徒の進捗状況を把握する。 生徒の実験編プリントを受け取り、生徒の実験を確認し、評価する。 1回目の試行でうまくいかなかった班に対しては計算値を確認して、問題点を示唆する。 </td> <td>観察・実験の技能</td> </tr> </tbody> </table>			学習段階	学習活動 (生徒)	指導上の留意点 (教員)	評価の観点	導入 (学習内容の確認)	<ul style="list-style-type: none"> 本時の目標および流れを確認する。 ① 理論式をつくる。 ② 計算値を求める。 ③ 検証実験 ・ループブリックを確認し、評価のポイントを理解する。	<ul style="list-style-type: none"> グループで協力して取り組みながら計算値を求めるように促す。 実験の結果に関するループブリックのみ提示する。 	思考・判断・表現	展開 予備実験 考察	<ul style="list-style-type: none"> 理論式を立てて計算値を求めた班から実験場所に移動してセッティングをし、5回の試行を行う。 水平面での速さと、落下地点Cについて確認する。 1回目の試行で計算値の間違いに気付いた班は、理論の再検証を行う。 実験結果をパソコンに入力する。 	<ul style="list-style-type: none"> 机間指導によって生徒の進捗状況を把握する。 生徒の実験編プリントを受け取り、生徒の実験を確認し、評価する。 1回目の試行でうまくいかなかった班に対しては計算値を確認して、問題点を示唆する。 	観察・実験の技能
学習段階	学習活動 (生徒)	指導上の留意点 (教員)	評価の観点												
導入 (学習内容の確認)	<ul style="list-style-type: none"> 本時の目標および流れを確認する。 ① 理論式をつくる。 ② 計算値を求める。 ③ 検証実験 ・ループブリックを確認し、評価のポイントを理解する。	<ul style="list-style-type: none"> グループで協力して取り組みながら計算値を求めるように促す。 実験の結果に関するループブリックのみ提示する。 	思考・判断・表現												
展開 予備実験 考察	<ul style="list-style-type: none"> 理論式を立てて計算値を求めた班から実験場所に移動してセッティングをし、5回の試行を行う。 水平面での速さと、落下地点Cについて確認する。 1回目の試行で計算値の間違いに気付いた班は、理論の再検証を行う。 実験結果をパソコンに入力する。 	<ul style="list-style-type: none"> 机間指導によって生徒の進捗状況を把握する。 生徒の実験編プリントを受け取り、生徒の実験を確認し、評価する。 1回目の試行でうまくいかなかった班に対しては計算値を確認して、問題点を示唆する。 	観察・実験の技能												

まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・計算値と実験値は、近い値になるが一致しない点というについて丁寧にまとめる。 ・実験の感想を書く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験において気付いた点を、できるだけ理論的にまとめるよう指示をする。 	思考・判断・表現
-----	--	---	----------

なお、上記指導案を基にした研究授業の事前指導において、本研究の顧問である愛知教育大学教育学部理科教育講座の平野俊英准教授から受けた指摘を踏まえ、当初考えていた展開の方法から、下記の3点について改善した。

- ・前の時間で、自分が行った実験データと回転エネルギーを考慮しない計算値との違いから、回転エネルギーの存在を実感させる。
- ・ループリックは、理論の記述で思考・判断・表現を、実験の成功率で実験の技能を評価できるものとする。
- ・考察の際に、解決できない原因について述べさせることにして、探究的な力を評価するようにプリントを改編する。

これらを踏まえて次のようなループリックを作成し、授業に臨んだ。なおここでは生徒用のループリックも作成して提示したが、このことについても今後の検討課題とした。

(イ) 授業の実際とループリックを用いた評価について

a 課題特殊的ループリック

(a) 教員用ループリック

達成度 評価項目	観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが必要な状態	評価の資料
【実験計画】 実験の目的を理解し、適切に理論を組み立てて、計画をしている。	思考・判断・表現	理論式をつくって必要な数値を代入し、点Aでの速度の計算値を求めることができる。	理論式をつくって必要な数値を代入し、水平投射されてから2回目の衝突までの時間の計算値を求めることができる。	理論式をつくることができる。	理論式をつくることができていない。	授業プリント
【実験・観察・調査】 現象を再現することができる。	観察・実験の技能	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値が一致している。	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値の誤差が0.02m/s以内である。	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値の誤差が0.03m/s以内である。	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値が大きくずれている。	授業プリント
		5回中4回以上、目標落下地点に着地させている。	5回中2回以上、目標落下地点に着地させている。	5回中1回以上、目標落下地点に着地させている。	実験したが目標落下地点に着地させることができなかった。	授業プリント

達成度 評価項目	観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォロー が必要な 状態	評価の 資料
【考察】 実験結果について理論付けて説明している。	思考・判断・表現	計算値と実験値が一致しなかった理由を科学的な視点で三つ以上述べている。	計算値と実験値が一致しなかった理由を科学的な視点で一つ以上述べている。	計算値と実験値が一致しなかった理由について科学的な視点で述べられていない。	考察することができていない。	授業プリント

(b) 生徒用ルーブリック

達成度 評価項目	観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	評価の資料
【実験・観察・調査】 現象を再現することができる。	観察・実験の技能	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値が一致している。	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値の誤差が 0.02m/s 以内である。	求めた高さから転がしたガラス玉の速さの計算値と測定値の誤差が 0.03m/s 以内である。	授業プリント
		5 回中 4 回以上、目標落下地点に着地させている。	5 回中 2 回以上、目標落下地点に着地させている。	5 回中 1 回以上、目標落下地点に着地させている。	授業プリント

b 課題特殊のルーブリックを用いた評価

(a) 理論編の評価について

理論編では、1 学期の授業に得た知識を活用して理論式をつくり、そこから計算値を求めるものとなっている(資料 2)。この記録から計算値を正確に求めることができているかどうか、ルーブリックを用いて評価を試みたが、どの生徒も計算値を求めて実験する段階までスムーズに進むことができたため、このプリントでは差を見出せなかった。

【資料 2 計算値を求める様子】



(b) 実験編の評価について

実験編では、「斜面を下った後の速さ」「床との衝突を経て目標落下地点に落とすことができた回数」を確認した(資料 3・4・5)。

○ 斜面を下った後の速さの測定

斜面を下った後の速さについては、力学的エネルギー保存と回転のエネルギーの考え方から、水平面の速さの計算値と実験値を比較した。また、次の 4 段階のルーブリックにより評価した。

【資料 3 実験装置】



- 【A. 計算値と実験値が一致している】
- 【B. 計算値と測定値の誤差が 0.02m/s 以内】
- 【C. 計算値と測定値の誤差が 0.03m/s 以内】
- 【D. 計算値と測定値が大きくずれている】

このルーブリックの妥当性については、今回の生徒の実験結果の割合から、考察と検証を行った。ここでの結果はAが31.7%、Bが60.3%、Cが3.2%、Dが4.8%となった。

多くの生徒がBの評価となり、AとBのバランスもよく、評価の割合としては望ましいものとなった。このような方法による評価については、生徒の実験データの集計結果と評価の割合を照合しながらルーブリックを改訂することで妥当性を高めていく取組が必要になる場合もあると思われる。

○ 目標落下地点への着地

床との衝突を経て目標落下地点に落とすことができた回数については、成功した回数で評価を行った(資料4・5)。目標落下地点に落ちれば1回、目標落下地点に置いた容器のフレームに当たった場合は0.5回分とカウントした。5回の試行を行い、実験結果を次の4段階のルーブリックにより評価した。

- 【A. 5回中4回以上目標落下地点に着地させている】
- 【B. 5回中2回以上目標落下地点に着地させている】
- 【C. 5回中1回以上目標落下地点に着地させている】
- 【D. 目標落下地点に着地させることができなかった】

このルーブリックの妥当性については、「斜面を下った後の速さの測定」と同様に、生徒の実験結果の割合から、考察と検証を行った。ここでの結果は、A. が38.1%、B. が49.2%、C. が9.5%、D. が3.2%となった。

この場合、Aの割合がやや多くなっているが、Aの評価に達するレベルの評価基準をもう少し高いレベルにしてもよいと思われる。

○ 考察の評価について

実験編のプリントの考察の評価では、三つ設定した考察の中で特に「『計算値＝実験値』とならないことについて」に着目して評価を行った。ここでは計算値と実験値が一致しない要因をどれだけ考えで述べることができているか、その数から評価を試みた。

それによると、述べられていた要因は人的要因、計算的要因、実験器具的要因、力学的要因、精神的要因の大きく五つに分けることができた。特に多かった記述は「摩擦力があった」「空気抵抗があった」「マットでの衝突が一定でなかった」であった。たくさんの要因を記述していたが、科学的な思考を巡らせて考察されているものは少なく、何となく要因が挙げてあるものが多かったため、評価がしづらいつと感じた。よって今回の発問では、生徒の考察が漠然としたものとなってしまう、教員による

【資料4 目標落下地点への試行の様子】



【資料5 球を正確に設置する様子】



妥当な評価は困難であると考えた。「生徒から具体的な考察が出てくるよう、発問の仕方を考える必要がある」という反省が残った。

c まとめ

今回のパフォーマンス課題の取組に関しては、次のようにまとめることができる。

- ① 知識を問うような課題については、ルーブリックを用いた評価は困難である。
- ② 実験結果の評価については、生徒の実験結果を統計的に分析して割合を考えてルーブリックを作成して評価をすることが、妥当性のある評価につながる。
- ③ 考察に関する評価については、生徒から引き出したい考察を具体的にイメージして発問を考えなければ、評価が困難になる。

例えば『計算値＝実験値』に近づけるためには、どのように実験を改善していけばよいか」という発問にすれば、生徒は実験値が計算値からずれた要因を見つけ、さらにそれをなくすための改善策を考えなければならないため、科学的な思考を駆使することができるはずである。このことにより、生徒のレポート等も評価しやすいものになると思われる。

なお事後指導及び協議では、この授業や評価に関して次のような指摘を受けた。

- ・授業の進行度合いはきちんと把握されており、安心して授業を見ることができた。
- ・計算に戸惑っている者への助言ができていなかったのは、今後改善したい。
- ・授業時間内での評価に挑戦した点は評価できるが、事後評価でないとできないこともある。例えば、授業者の負担軽減を図るための工夫として、その場で明らかに評価できるものに限定して取り組むといったことはあるだろう。
- ・ビデオの導入、TTでの授業、集約表を教員でなく生徒がつくるなどの工夫することで、精度の高い評価ができるのではないか。
- ・生徒用のルーブリック内に点数を明記してあることについては見解が分かれるところである。モチベーションへの寄与を考えたとのことだが、本当にやる気のある生徒は点数には左右されず、実験の成功を真剣に狙うのではないか。
- ・今後は、評価をどのようにまとめたのかについて、具体的な手法、記録表の提案等さらに具体的な形にして示したい。

イ 「化学実験 水素を過不足なく 200mL 発生させるには」(7月)

(ア) 学習指導案

1	教科・科目	理科・化学基礎
2	単元名	第三部 物質の変化 第1章 物質と化学反応式
3	単元の目標	化学変化の量的関係について観察・実験などを通して探究し、化学反応に関する基本的な概念や法則を理解させるとともに、それらを日常生活や社会と関連付けて考察できるようにする。
4	単元の指導計画(全8時間)	(1) 原子量・分子量・式量 (4時間) (2) 化学反応式 (4時間) <ol style="list-style-type: none"> ① 化学変化の量的関係 ② 反応物の過不足と量的関係 ③ 検証実験1(本時) ④ 検証実験2

5 本時の目標

- (1) 水上置換によって気体を捕集する原理と方法を理解するとともに、その実験操作を習得する。
 (2) 与えられた選択肢の中から材料を選び、一定量の気体を捕集する条件を算出する。

6 本時の展開

学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
導入 （学習内容の確認）	<ul style="list-style-type: none"> 本時の目標および流れを確認する。 振り返りシートの評価項目を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の到達目標について共通認識をもつことができるようにする。 	
展開 予備実験	<ul style="list-style-type: none"> 使用する器具や薬品の扱い方を理解する。 水上置換の操作の留意点について理解する。 4人の班で、班ごとに実験に取り組み、発生させた水素を水上置換で集める。 	<ul style="list-style-type: none"> 器具や薬品を扱う際の留意点については事故のないよう、丁寧に説明する。 目的意識をもって実験に参加するように促す。 実際に器具を使うことにより、次時の実験の流れの見通しを立てさせる。 	観察・実験の技能
考察	<ul style="list-style-type: none"> 計算値では捕集気体が200mLにならないことの理由を、4人の班で考える。 班で出た案について発表する。 次時に取り組む活動の内容を理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> 意見や考えを出し合うように促す。机間指導をし、うまく進まないペアを支援する。 まず、思いつく限りのことを書き、できれば根拠を示すよう促す。 できるだけ根拠を示して説明するよう促す。 活動の趣旨を理解できるよう、丁寧に説明する。 	思考・判断・表現
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習内容を確認し、次回への見通しをもつ。 	<ul style="list-style-type: none"> 次時は計算が終わった班から実験に取り組むことを伝える。 	

(イ) 授業の実際とルーブリックを用いた評価について

a 課題特殊的ルーブリック

なお、上記指導案を基にした研究授業の事前指導において、愛知教育大学の平野准教授から受けた助言を踏まえ、生徒の様子や提出物をより適切に評価に結び付けるためにルーブリックを一部改訂した。次に、改訂後のルーブリックを示す。

達成度 評価項目	観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが必要な状態	評価の資料
【実験・観察・調査】	観察・実験の技能 ／ 思考・判断・表現	化学反応式及び反応物の必要量を導出過程が読み取れる計算式とともに正しく示した上で、計算値に近い値の気体を捕集できている。	化学反応式及び反応物の必要量を正しく示し、計算値に近い値の気体を捕集できている。	化学反応式または計算式・考え方に誤りが見られるが、自分の考えに沿って必要量を算出しようとしている。	化学反応式を正しくつくるができず、必要なデータを用いた計算ができない。	レポート

達成度 評価項目	観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが 必要な状態	評価の 資料
【考察】	思考・判断・表現	実験誤差を小さくする工夫、標準状態の気体との違い、金属や酸の種類による違い等、既習の知識を組み合わせ、思考を深めた内容を記述している。	既習の知識を生かして、実験する際の留意点や気付いたポイント、疑問等について記述している。	既習の内容の扱い方に誤りが見られるが、自分の考えや思考の過程を記述している。	既習の内容と実験の目的・方法が関連していない内容が記述されている。または記述がない。	レポート 振り返り シート
【実験計画】 【実験・観察・調査】	観察・実験の技能	実験計画に従って、正しい操作手順で実験するとともに、発生した水素を捕集することができた。また、反応の様子等について、気付いたことを記述している。	実験計画に従って、正しい操作手順で実験するとともに、発生した水素を捕集することができた。	操作手順を誤って理解して実験を行ったため、正しく実験を行うことができなかった。	実験に参加していなかった。または実験には参加したが器具を操作しただけであった。	レポート 振り返り シート

b 課題特殊なルーブリックを用いた評価

(a) 【考察】【実験・観察・調査】（思考・判断・表現）の評価について

(課題の「計算値とのずれの原因について、考察しよう」への記述より)

	主な判断基準	5組	7組	8組	6組
A	標準状態との違いについて言及 等	17	19	21	17
B	熱により気体が膨張することに言及 等	0	2	2	4
C	誤りが見られるが、自分の考えを記述している	16	14	9	10
D	未記入	0	0	1	1

注：表中の数字は生徒の人数を示す。

到達レベル③→A, ②→B, ①→C, 未記入→Dと読み替えて表記した。6組のみ、ワークシートを一部改編して使用した。

正答とは別に誤りのある記述があった場合も、上記の判断基準となる内容があればその評価とした。

(例:「実験を行った環境は標準状態ではない」と「水素発生とは別の反応が起こり、何らかの別の気体が発生した」の両方が書いてある)

反応熱による気体の膨張よりも、標準状態でないことに気付いた生徒の方が多かったこともあり、分布がAとCに二分した。項目の設定として、AおよびBの内容を「おおむね満足 (B)」とし、詳しく丁寧な記述であった場合等に「十分に満足 (A)」としてもよかった。

ワークシートについて、自分の考え、グループで出た考え(資料7)及びクラス全体で出た考え(板書)(資料8)を分けて記述するような様式にしていなかった。授業時にこれらを分けて書くよう指示をしたが、十分に徹底されず、生徒の記述がどのような過程で書かれたものなのかが明確に判別でき

【資料6 気体を捕集する様子】



ないものとなってしまった。

【資料7 グループでの討議の様子】



【資料8 実験結果を考察する】



(b) 【実験計画】【実験・観察・調査】(観察・実験の技能)の評価について
(課題の「授業振り返りシート」における自己評価より)

	主な判断基準	5組	7組	8組	6組
A	「手順どおりできた」かつ「安全に留意してできた」	28	27	12	20
B	「手順どおりできた」	0	2	10	0
C	「手順どおりできなかった」	0	2	0	1
D	未記入	5	4	11	11

今回の授業の目的の一つに、「水上置換により気体を捕集する方法を実験し、理解する」ということがあり、授業の様子(資料6)からもほとんどの生徒がその目的を達成できていたと考えられる。「安全に注意して」という項目については、それほど危険な実験ではなかったこともあり、多くの生徒の自己評価がよい結果となったが、目的から考えて、このような項目を立てることに意味があると考えた。ただし、Aの内容を「おおむね満足」のBに置き換え、さらに発展的な内容を盛り込んだものをAとしてもよかったと思われる。また、自己評価が未記入の生徒が多かったことについては、ワークシート作成時に想定していた授業展開から変更が生じてしまったため、結果的に生徒が記入しづらい内容となったことが要因であると考えられるので、今後の課題としたい。

なお事後指導及び協議では、この授業や評価に関して次のような指摘を受けた。

- ・意見の集約の仕方については、平素の授業で書かせる、話させる、まとめさせるといった言語活動を意識した取組を適宜行って習慣付けることが必要である。時間がかかることだと思うが、できるところから挑戦してほしい。
- ・意見の集約については、予備実験の際に、注目してほしい事柄を生徒に意識させるような問いかけを用意しておくこと必要がある。温度の変化に注目させれば、反応中の温度変化に注視させる問いかけをしておくことで、多くの生徒がそれについての見解をもつ。
- ・授業プリントでの工夫をさらに進めてほしい。評価したい書き込みが事後評価ではっきりする構成にした方がよい。

ウ 「物理実験(小課題) 単振り子の長さとの関係を探る」(10月)

(ア) 学習指導案(簡易版 3時間の構成)

- 1時間目・・・鉛直ばね振り子の周期の計算値と実験値を比較する。

学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
導入	<ul style="list-style-type: none"> 3人1グループに分かれる。 第1段階 <ul style="list-style-type: none"> 学習した理論から鉛直ばね振り子の周期を求める。 周期の式の両辺を2乗し、周期の2乗と質量が比例していることを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> 最初の説明は、確認程度で済ませる。 鉛直ばね振り子にはたらく力を考え、周期を導出させる。 2乗させて簡単な関数にする作業を示し、両辺を2乗して、周期の2乗と質量の比例関係を示唆する。 	観察・実験の技能
展開	第2段階 <ul style="list-style-type: none"> 実験を通して理論を確認する。 実験① <ul style="list-style-type: none"> ばね定数を求める。 実験② <ul style="list-style-type: none"> ばね振り子の周期を測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 教卓に実験器具をセットしておく。それを用いて生徒に装置を組み立てさせる。実験を適切に進められない班には必要に応じてアドバイスをする。 実験① <ul style="list-style-type: none"> 周期を測定する様子を演示してから実験を行わせる。 実験② <ul style="list-style-type: none"> おもりをつけて単振動させ、安定してから10周期分の測定を3回行わせる。 おもり2～4個で行い、それぞれ平均値を出して1周期を求めさせる。 	観察・実験の技能
まとめ	実験結果をまとめる。	<ul style="list-style-type: none"> 実験結果を記録し、周期の2乗の値を記入させる。 	

○2時間目・・・鉛直ばね振り子のまとめと単振り子の周期の測定。

学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
導入	<ul style="list-style-type: none"> 前時にまとめた二つの値を比較する。$(T^2/m$と$4\pi^2/k)$ 	<ul style="list-style-type: none"> 周期の2乗と質量が比例していることに着目させる。 特に、T^2/mと$4\pi^2/k$の値を求めさせながら、比較する点に留意させる。 	思考・判断・表現
展開	<ul style="list-style-type: none"> 単振り子の特徴について学習する。 実験③ <ul style="list-style-type: none"> 単振り子の確認実験をする。 	<ul style="list-style-type: none"> 生徒に質問しながら、単振り子の周期と質量、振れ幅、長さなどのような関係があるのかを確認させる。 実験③ <ul style="list-style-type: none"> 30cmの振り子を組み立て、おもりの数や振れ幅、長さをそれぞれ変化させて、関係性を確認させる。 次時の実験④の練習として確認実験を行っていることに留意して、実験を指導する。 	観察・実験の技能 思考・判断・表現
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 次の授業で1秒振り子の実験をすることを伝える。 	<ul style="list-style-type: none"> 次の授業に向けて、考察を進めることを伝える。 	

○3時間目・・・1秒振り子の作成（本時）

学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
展開	（前時の実験の続き） 実験④ <ul style="list-style-type: none"> 振り子の長さを変えて、周期を測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 自分たちなりの根拠を見つけて1秒振り子に必要な長さを考える。20分の時間の中で考えをまとめさせる。 	観察・実験の技能

	考察 ・実験データから、1秒振り子を作るための振り子の長さを求める。 実験⑤ ・1秒振り子の確認実験をする。 ・実験が終わった班は、2秒振り子に必要な長さを考える。	・グラフを使用してもよい。 ・考察時には実験器具は使用しない。 ・自分の班でデータをまとめて、根拠つけて1秒振り子になる長さを求めさせる。 ・長さを求めることができた班から、振り子の長さを設定し、結果を記録させる。	思考・判断・表現
まとめ	・考察	・今回の実験で何に着目して、1秒振り子の長さを決定したかについてまとめさせる。	思考・判断・表現

(イ) ルーブリック

a 課題特殊的ルーブリック（3時間目のみ）

小課題という特性を踏まえ、この課題についてのルーブリックは焦点を絞り、評価の観点を明確なものとした。

観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが必要な状態	評価の資料
思考・判断・表現	一般化した実験式を作り、それを用いて長さを導出している。	自分たちなりに規則性を見つけ出して、長さを導出している。	実験結果を見て目標としている結果に近い値を予測して、長さを求めている。	長さを求める記述ができていない。	プリント

b 課題特殊的ルーブリックを用いた評価（3時間目を中心に）

ワークシートの記述をルーブリックに合わせた形で評価を行った。今回の取組では、ルーブリックのレベル③に該当する記述はなかったが、レベル②に該当する記述が62例あった。さらにそれを細かく分けると次のようになった。

「三つ以上の長さで周期を測定し比例関係を導き出した計算値を求めた」

(→以下Aとする)：24例

「二つの長さで周期を測定し比例関係を導き出し計算値を求めた」

(→以下Bとする)：32例

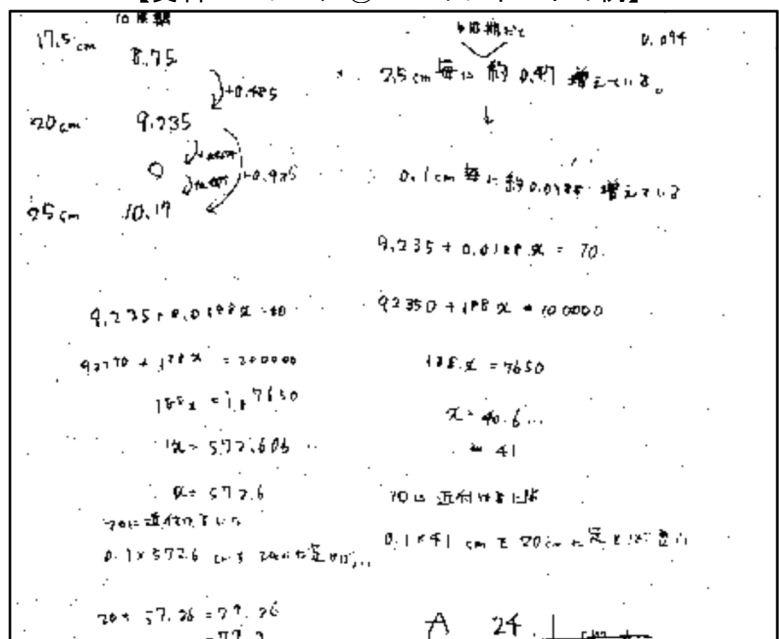
「複数の測定値をグラフにして計算値を求めた」

(→以下Cとする)：6例

Aについては複数の測定値から比例関係を導き出していた。**【資料9】**を見ると、三つ以上の結果から関係性を考えていることが分かる。

Bについては、**【資料10】**を見るとAとの違いが明確になる。Bは初めか

【資料9 レベル②-Aのレポートの例】



ら比例関係があると決めており、二つの測定値しか用いていない。よって、AとBで評価を分けてもよいと考える。Cについては、【資料11】のように測定値だけでなく、グラフからも関係性を見出していたので、さらにプラスの評価をしてもよいと考える。今回の取組では、評価していく中で「レベル②を全て同じ評価にしてしまっただけでは、生徒の能力をしっかりと見ることができない」と感じ上記のような三つの分類を行った。以下の評価でも同様のことを行っている。

レベル①「実験結果を見て目標としている結果に近い値を予測して、長さを求めている。」に該当する記述がなされていたものが52例あった。さらにこの52例を次の二つに分類した。

「1秒以下の周期となる長さとして、1秒以上の周期となる長さの間で、何度も測定をして求めた」

(→以下Dとする) : 41例

Dは、「1秒以上のデータと1秒以下のデータの間で求めたい値がある」という思考が見えるものであった。

「一つの長さを測定して、その長さを少しずつ変えて求めたい値に近づけた」

(→以下Eとする) : 11例

Eについては、【資料12】を見ると科学的な思考・展開は見られず、実験という作業の結果で求めたというものであった。

フォローが必要な状態「長さを求める記述ができていない」に該当するものは29例あり、それを細かく分けると次のようになった。

「記述はされているが独自の展開で理論的と認められない」

(→以下Fとする) : 19例

「未記入 (→以下Gとする) : 10例

【資料10 レベル②-Bのレポートの例】

振り子の長さ1周毎にかかると30秒間に比例関係があると思いましたが

50cmのときは1.51 (3)	1.51 = 50a + b
30cmのときは1.14 (3)	1.14 = 30a + b

$$\begin{aligned} 1.51 &= 50a + b \\ -) 1.14 &= 30a + b \\ \hline 0.37 &= 20a \\ a &= 1.85 \times 10^{-2} \\ 1.14 &= 30 \cdot 1.85 \times 10^{-2} + b \\ b &= 0.585 \\ y &= 1.85 \times 10^{-2} x + 0.585 \\ 1 &= 1.85 \times 10^{-2} x + 0.585 \\ 0.415 &= 1.85 \times 10^{-2} x \\ x &= 22.43 \text{ cm} \end{aligned}$$

【資料11 レベル②-Cのレポートの例】

まず20cmで測定すると10周期で9.06(s)だったので、さらに振り子の長さを伸ばし25cmで測定すると10周期にかかると時間は1回目10.69(s) 2回目10.22(s)であったので、平均は10.455(s)よって20cmと25cmの間に10周期10.06(s)になるところがあると感じた。

初めに20cmから25cmの真ん中ぐらゐを測定したら22.9cmで10周期にかかると時間は1回目9.24(s) 2回目10.00(s)平均9.92(s)だったので、おぼろげにかなり近いと感じた。

なので0.1cm伸ばして23.0cmで10周期を測定すると1回目10.00(s) 2回目9.97(s)平均9.985(s)であった。さらに0.1cm伸ばして23.1cmで10周期を測定すると1回目10.10(s) 2回目10.16(s)平均10.13(s)であった。

よって1秒単振り子をつくるために必要な振り子の長さは23.0cm

【資料12 レベル①-Eのレポートの例】

30cmでやってみた

→ 周期が長かった。

そこから3cmずつ短くしていった

→ およそ1秒に近づけた。

Fは独自の考え方ではあるが、表現を試みていた。Gは表現する作業が見られなかった。

なお、評価が困難と判断したものが3例あった。今回の課題は振り子の長さや周期の関係式を学習していない状態で行ったが、この3例では関係式を既に知っており、そこから長さを導出していた。このため、このルーブリックでは評価できないと判断した。これらの評価を行った結果をもとにルーブリックと課題の内容について考察したい。

まずはルーブリックについて考える。今回のルーブリックは、「規則性を導き出せているか」という点を生徒の記述から判断するものであり、評価しやすいものであった。しかし、生徒の思考過程の様子に合わせてルーブリックを改訂する必要性を感じた。評価のしやすさと、細やかな評価のバランスについては、今後検討していきたい。

次に課題について考察する。今回の課題は、測定値から規則性を導き出し、その規則性から1秒となる振り子の長さを求めることを目標としていた。今回の課題で導き出してほしい規則性は「振り子の長さや周期の2乗が比例している」である。しかし、生徒が導き出した関係性は「振り子の長さや周期が比例している」であり、こちらの意図とは違うことを導き出してしまった。その原因の一つは、測定できてしまう目標で課題を進めたことにあると考える。1秒振り子の長さはおよそ24.8cmであり、生徒に実験で渡した糸の長さが45cmであった。そのため狭い範囲での測定にとどまり、測定値から振り子の長さや周期との比例関係を見出しやすくなっていたと考えられる。これに対する改善策として、規則性を見出させる測定に誘導するために、生徒による実験では求められず、科学的な思考展開をしなければ求められない目標値を設定する方法があると考えた。

レベル①の評価に相当する記述をしている生徒は実験を何回も行い、機械的に値を求めていた。これについても、生徒実験では測定できない目標値を設定することで改善できると考えた。フォローが

【資料 13 実験計画をたてる】



【資料 14 相談して計算値を求める】



【資料 15 1秒振り子を作成する】



【資料 16 結果を共有する】



必要な状態の評価に該当する生徒については、授業の中で記述をするよう適切に指導していきたい。
この授業の様子の一部は【資料 13~16】のとおりである。

なお事後指導及び協議では、この授業や評価に関して次のような指摘を受けた。

- ・前の時間の測定値が一般式，知識として生徒に定着していたのか，疑問を感じた。
- ・この時間の前に長さと周期の関係について触れた内容を取り扱っているのであれば，1秒振り子でなく2秒振り子に直接，挑戦させてもよいのではないか。
- ・今回の実験は，思考という側面では判断できない実験であると考えている。次の実験でそれを確認するのならば，今回は正しく測定し，正しくグラフ化し，正しく比例関係を導くなど「観察・実験の技能」の基礎的な素養を評価するのみにとどまるのではないか。
- ・高校生ならではの実験とはどういうものかを考えたい。今回の実験は表面的な印象としては小中学校で経験したことと，同じことをやっているように見えるし，そう思っている生徒もいるのではないか。高校生らしいというのは，「その先」をやらせてほしいということである。「時間をかけなければならないところに時間をかけ，それ以外は教えてしまえばよい」という考え方も必要である。
- ・分かっていることを「もの」を扱うことで確認させる，理論式の実現のしにくさを体験させる，という視点ももちたい。
- ・「もの」を扱って得られた考え方と理論を一致させることにも価値がある。実験に取り組んでいる様子を見て，中には「できないまま終わらせてしまってよいのですか」と尋ねたくなる生徒もいた。授業時間の確保という問題もあるが，できないことはできるようにさせてあげなければならない。

エ 「化学実験（小課題） 中和滴定の実験による身近な食品の分析」（10月）

(ア) 学習指導案（簡易版）

学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
導入	本時の学習内容を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ・本時の到達目標について共通認識をもつことができるように，本時の目標および流れを確認させる。 ・前時と本時の実験操作の違いを説明し，本時のねらいを意識させる。 	
展開	①乳酸菌飲料の滴定を行う。 ②前時に行った食酢の滴定の結果より酸度を計算する。	<ul style="list-style-type: none"> ・器具や薬品を扱う際は事故のないよう，注意させる。 ・保護メガネを着用し，安全に留意しながら水酸化ナトリウムをビュレットに入れさせる。 ・ワークシートの（個別）の部分は，自分で考えて記入するよう促す。 ・必要があれば濃度の算出や濃度の単位の換算について，個別にヒントを出す。 ・実験が終了した班から，データをまとめ，実験を振り返り，気付いたことを記録する。 ・自力で解くことが難しい生徒には，必要に応じてアドバイスをし考えさせる。 	観察・実験の技能

		<ul style="list-style-type: none"> ・滴定実験が終了した班からデータをまとめ、モル濃度を算出させる。 ・黒板に結果を記入させ、結果の共有を図りながら考察に結び付ける。 	思考・判断・表現
まとめ	本時の学習内容をまとめる。	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果を班内で共有させる。 ・水酸化ナトリウム水溶液の扱いに注意させながら、後片付けの指示をする。 	

(イ) ルーブリック

a 課題特殊的ルーブリック

達成度 評価項目	観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが必要な状態	評価の資料
中和滴定の実験操作	観察・実験の技能	適切な実験器具の操作方法を確認し、データにブレが出ないように配慮しながら実験している。 (実験値のブレが少なく、いずれも正しい値に近い結果が出ている)	適切な実験器具の操作方法を確認し、適切な方法で実験している。 (実験値に多少のブレはあるが、正しい値に近い結果が出ている)	実験器具の操作または手順に誤りがあり、正しいデータがとれていない。 (実験データにブレがある、または正しい結果と著しく異なる結果がでている)	実験器具の操作や手順が理解できず、操作自体ができない。	レポート (滴定結果)
実験結果の分析	思考・判断・表現	実験の結果を適切に活用して、求めるべきデータを正しく算出している。 (モル濃度および質量パーセント濃度を正しく算出している)	実験の結果を適切に活用して、求めるべきデータを算出している。 (計算式や考え方は正しいが、用いた値が間違っている。または、モル濃度のみ正しく算出されている)	実験結果の扱い方が理解できていない。 (計算式や考え方を正しく示すことができていない)	実験結果を得ることができず、考察に至っていない。	レポート (計算結果)

b 課題特殊的ルーブリックを用いた評価

(a) 【観察・実験の技能】の評価について

(ワークシート「実験結果」への記述より)

	主な判断基準	5組	6組	7組	8組
A	2回の実験の両方で、実験値のブレが0.2mL以内	8	16	11	15
B	2回の実験のどちらか一方で実験値のブレが0.2mL以内	15	16	15	18
C	2回の実験の両方で、実験値のブレが大きいかまたは1回しかデータがどれていない	12	4	4	4

注：表中の数字は生徒の人数を示す。

到達レベル③→A, ②→B, ①→Cと読み替えて表記した。

2回の実験とも、滴定を3回繰り返す実験であったが、そのうち少なくとも2回分の実験結果の差が0.2mL以内であった場合を「ブレが小さく、正確に実験操作ができています」と判断することとした。

評価Bとなった生徒の多くは、どちらかの実験で実験結果の差が0.2mLより大きくなっていて、操作に時間がかかってしまい1回しかデータがとれなかったケースや、明らかに操作を誤り滴定が1回しか成功しなかったケースなども見られた。

(b) 【思考・判断・表現】の評価について
(ワークシート「(2)結果の分析」への記述より)

	主な判断基準	5組	6組	7組	8組
A	モル濃度および質量パーセント濃度を正しく算出している。 (質量パーセントの値は正解の値から±0.2%以内)	29	28	19	28
B	計算式や考え方は正しいが、用いた値が間違っている。または、モル濃度のみ正しく算出されている。	4	5	9	9
C	計算式や考え方を正しく示すことができていない。	2	3	2	0

この項目において評価Aになるためには、正確な実験値を得ていることが前提となる。つまり「観察・実験の技能」が十分であることを前提として評価することになる。評価Bとなった生徒の多くは、算出した値が0.3～0.5%程度ずれていたが、質量パーセント濃度の計算ができなかった生徒も各クラス2、3人程度いた。前者については値の大幅なずれが見られないことから、計算方法自体は誤っておらず、はじめの実験値に誤差があったことが原因ではないかと考えた。

(c) 実践および評価を終えて

今回の課題で用いたワークシートでは、生徒の記入欄について、個人で取り組む【個別】欄と、ペアで取り組む【ペア】欄を明確に提示した。最終的に、個人では解決できなかった部分は、ペアや友人と協力して取り組んだ生徒が多かったようだが、生徒の「振り返りシート」からは、「自分の力で解決できなくて友達に教えてもらったため、次は自分だけで解決できるようになりたい」という記述が大変多く見られた。多くの生徒が「個人で解決すべき問題」として、意識していたことがうかがえる。

1学期に行った課題の反省点を踏まえ、ワークシートの記述欄について、生徒が記述すべき内容や生徒への指示を具体的に示すよう意識したところ、未記入の提出が大幅に減少した。また、「振り返りシート」での疑問や感想についてもたくさん記述する生徒が増えた。

教師が指示することをできる限り控えた状態で、生徒に見通しをもって実験に取り組ませるには、やはり同様の実験を2回繰り返す必要があると感じた。さらに、生徒の活動時間をできる限り多くするために、事前指導をしっかりと行っておく必要があると感じた。以上のことから、実験の規模にもよるが、一つのまとまった課題に取り組むには今後も最低3、4時間の授業時間が必要であると考えた。

【資料 17 学習内容の確認】



【資料 18 実験計画を立てる】



物理で同様の取組を行っていることもあり、生徒の動きもスムーズになってきた印象を受けた。また、食酢の実験で積極性があまり感じられなかったクラスに対し、乳酸菌の実験の授業の前に自ら考え判断して動くことの大切さについて時間をかけて指導したところ、乳酸菌の実験では動きが大変よくなり、感想欄にも「全て自分で考えて動けるようになりたい」という趣旨の記述が複数見られた。このような授業の必要性に関する言及も複数見られ、生徒にとっても意義のある授業として位置付けられていることを感じた。この授業の様子の一部は【資料 17～20】のとおりである。

なお事後指導及び協議では、この授業や評価に関して次のような指摘を受けた。

- ・本時のねらいを絞って授業に臨むことができよかった。
- ・中和点における水溶液の色を事前に教えていたが、これを判断するのもパフォーマンス課題の一部でないか。
- ・「観察・実験の技能」をどのようにしたかったのか。1回目と2回目の中和滴定の結果に違いは出たのか。せつかく3回も実験できるのだから、同じ試料を扱っている班同士で集まって情報を共有したり、その情報を基に技能に結び付けたりする時間はあったと思う。例えば、途中で動きを止めて生徒同士で情報交換させながら改善する展開も可能ではないか。その改善の考え方の記録も評価できる部分である。
- ・達成感をどのようにもたせるかが不明確であった。例えば、3種類の試料を明らかにしておいて、その濃度を求めさせるという展開にするだけでも、生徒の意欲はさらに高まったのではないか。
- ・「1, 2回目の実験を通して気を付けるようにした点」という視点での振り返りを取り入れてみてはどうか。
- ・化学を学ぶ有用性を生活の中で感じることができるよう、日常生活との結びつきについて考察させる、感じさせるという視点も必要ではないか。

オ 「物理実験 熱効率を上げる方法を考案する」(1月)

(ア) 学習指導案

1 教科・科目	理科・物理
2 単元名	第2編 熱と気体 第1章 気体のエネルギーと状態変化 熱効率
3 単元の目標	熱に関する物理現象を、観察実験などを通して、それらの基本的な概念や法則を理解させ、物理現象と熱エネルギーの基本的な見方や考え方を理解する。
4 単元の指導計画(全2時間)	熱効率を求めよう。 1時間 熱効率を上げる方法を考案しよう。 1時間(本時)

【資料 19 中和点を慎重に測定する】



【資料 20 個々に結果を考察する】



5 本時の目標

熱効率の実態を知り，科学的な視点でエネルギーを効率よく利用する方法を考え，解決する力を身に付ける。また，実験後その方法（顕著な結果が出た方法・出なかった方法）について，科学的に考察する力を身に付ける。

6 前時及び本時の展開

熱効率を求めよう（1時間目）			
学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
導入	<ul style="list-style-type: none"> ・3人1グループに分かれる。 ・実験の目的，方法について理解する。 ・演示実験を観察する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・演示実験を観察させる際は，それぞれの操作及び留意点を確認するため，生徒と対話をしながら実験を進める。 	
展開	<p>第1段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱効率を求める理論式を作る。 <p>第2段階 実験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アルコールランプで水20gを沸騰させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・物質質量を含む単位と質量を含む単位を区別しながら，水の温度上昇に必要な熱量の理論式を確認させる。 ・アルコールランプの取り扱いに注意させる。 ・エタノールの燃焼熱の理論式を確認させる。 ・実験の様子を観察して，気付いたことを書かせる。 ・誰が見ても分かるよう考えて記述することを指導する。 ・実験概要，測定値，結果，熱効率を漏れなく記述させる。 	観察・実験の技能
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果をまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果を記録し，その結果について考察する。 ・熱効率を上げる方法を考えさせる。 	

熱効率を上げる方法を考案しよう（2時間目 本時）			
学習段階	学習活動（生徒）	指導上の留意点（教員）	評価の観点
導入	<ul style="list-style-type: none"> ・前回の実験の復習 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒と対話しながら，前回の実験の内容を確認する。 	
展開	<p>第3段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱効率を上げる工夫，方法を検討する。 ・実験器具のセット 	<ul style="list-style-type: none"> ・提示された物品で熱効率を上げる工夫を考えさせる。 ・自由に発想するよう促す。 ・実験装置の安全性を確認するため，セットできた班には教員の確認を受けさせてから，装置の記録写真を撮る。 	思考・判断・表現

展開	第4段階 実験 ・アルコールランプで水20gを沸騰させる。時間の許す限り試行してみる。 ・実験プリントに結果を記入する	・誰が見ても分かるよう考えて記述することを指導する。 ・実験概要、測定値、結果、熱効率について記述する。	
まとめ	・実験結果をまとめる。	・実験の考察は根拠を示し、科学的な視点で記述することを促す。 ・工夫した方法の効果について考察させる。	

(イ) 課題特殊的ルーブリック

観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが必要な状態	評価の資料
思考・判断・表現	科学的な思考により独創的な方法で熱効率を上げる方法を考案するとともに、実際に熱効率を上げることができている。	熱効率を上げる方法を考案し、実際に上げることができている。または、熱効率を上げることはできなかったが、その原因を科学的に考察できている。	熱効率を上げる方法を考案したが、実際に上げることができず、その原因について科学的に考察できていない。	熱効率を上げる方法を考案したが、実際に上げることができず、その原因について考察していない。	プリント

(ウ) 授業の実際

この課題では、エタノールが入ったアルコールランプを用いて水20gを沸騰させ、その結果を基に、熱を逃がさない方法を考えさせるとともに、与えられたもの（木片、アルミ箔）のみを使用して熱効率を上げる方法を考案させた（資料21）。

生徒には実験を通して班で考案した方法及び熱効率を求める過程を記述させるとともに、考案した方法によって熱効率が上がる理由を考えさせた（資料22）。

評価については「科学的な思考により独創的な方法で熱効率を上げる方法を考案できたか」及び「実際に熱効率を上げる

ことができたか」について、ルーブリックに基づいて評価する。なお、分析結果は平成27年度に報告する。

【資料21 班ごとに方法を考案する】



【資料22 実験をして考察に生かす】



カ 「化学実験 水溶液の正体を探る」(1月)

(7) 学習指導案

1 教科・科目	理科・化学		
2 単元名	第2部 物質の変化と平衡 第2章 化学反応と電気エネルギー		
3 単元の目標	電気エネルギーによって、電極で酸化還元反応が起こることを理解する。また、その反応に関与した物質の変化量と電気量との関係を理解する。		
4 単元の指導計画(全11時間)	<p>(1) 電池(4時間)</p> <p>(2) 電気分解</p> <p>① 電気分解の原理(4時間)</p> <p>② パフォーマンス課題「水溶液の正体を探ろう！」</p> <p>(i) 考察編(1時間)</p> <p>(ii) 実験計画編, および実験手順の説明(1時間)</p> <p>(iii) 検証実験編(1時間 本時)</p>		
5 本時の目標	<p>(1) 電気分解の実験操作について理解する。</p> <p>(2) 電気分解の様子を観察し, どのような化学反応が起こっているか, 学習した事柄や資料をもとに考察し, 特定する。</p>		
6 本時の展開(3時間目:(iii) 検証実験編)			
学習段階	学習活動(生徒)	指導上の留意点(教員)	評価の観点
導入	本時の学習内容を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> 実験器具の扱い方や注意点について説明する。 「気付いたこと」の欄の記述について説明を加え, 実験中または実験直後に記入するよう伝える。 	
展開	<ul style="list-style-type: none"> 4人一組の班で, 班ごとに実験に取り組む。 1班二つの水溶液について, pHの測定と電気分解の実験を行う。 実験が終了した班から, 実験結果をまとめ, 実験を振り返り, 気付いたことを記録する。 考察編からの取組について, 振り返りシートに自己評価や感想を記入する。 	<ul style="list-style-type: none"> 器具や薬品を扱う際の留意点については事故のないよう, 注意する。 正しい操作で実験できているか確認し, 必要に応じて指導する。 はじめは他の生徒に相談せず, 自分で考えるよう促す。 	観察・実験の技能
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 実験結果を班内で共有し, 必要な後片付けをする。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の到達度を確認し, ワークシートを完成させて実験した日の帰りまでに提出するよう伝える。 	

(イ) 課題特殊的ルーブリック

観点	到達レベル③	到達レベル②	到達レベル①	フォローが必要な状態	評価の資料
思考・判断 ・表現	全ての水溶液を特定するための手段について、学習した事柄を用いて自分の考えを正しく書くことができている。	水溶液を特定するための手段について、学習した事柄を用いて自分の考えを正しく書くことができている。	各水溶液を特定するための手段について、中学校までに学習した事柄を用いて考えを書くことができている。	各水溶液を特定するための手段について、考案できなかった。	レポート
観察・実験 の技能	②に加えて、実験から気付いたことや疑問が適切に記述されている。(実験プリントの考察・感想及び振り返りシートの記録より評価)	二つの試料の陽極・陰極の変化を観察し、水溶液の特定の確かな根拠となる事柄が記入できている。(実験プリントの考察・感想より評価)	実験手順に問題があったため、結果が得られていない。または、水溶液の特定の確かな根拠となる事柄が記入できていない。	実験手順が理解できず、時間内に課題に取り組むことができていない。	レポート

(ウ) 授業の実際

この課題では、「8種類の物質の水溶液を1.0mol/Lで調製したところ、どれがどの水溶液かわからなくなってしまう」という場面を想定し、問題の解決に向かう手法について考察した。

生徒による仮説立案で出された方法のうち、外観による判断、pHの測定、電気分解の実験(資料23)の結果を基に、水溶液を特定させた。また、各班の結果を共有し考察の支援に活用した(資料24)。

評価については「二つの試料の陽極・陰極の変化を観察し、水溶液の特定の確かな根拠となる事柄が記入できている」及び「実験から気付いたことや疑問が適切に記述されている。(実験プリントの考察・感想及び振り返りシートの記録より評価)」を、提出物に基づいて評価する。なお、分析結果は平成27年度に報告する。

【資料23 水溶液を電気分解する】



【資料24 実験結果を共有する】



5 実践のまとめと考察

昨年度からの研究の積み重ねから、ルーブリックの作成においては、次のような手続きを踏んで考えればよいのではないかと考えるようになった。

- ① 事前に予想される生徒のさまざまな振る舞い(言動、課題への解答法など)、間違え方まで含めた生徒の思考を、可能な限り事前に想定しておく。
- ② 想定された解答パターンや振る舞いを段階に分けて採点するとともに、その段階に決定した理由を複数の教員で協議の上、明らかにして練り上げる。

③ 新しい解答パターンが生まれた場合、その都度ルーブリックに追加する作業を継続する。

ルーブリックを用いる際は、どのような学習活動が見られればどのレベルに相当するかという判断の根拠を、明確に示す必要がある。評価したいものを適切に評価できているか、その妥当性には十分留意する必要がある。あわせて、どの程度正確に評価できるのかという信頼性についても、検討を重ねていく必要がある。これらの点を踏まえ、本校におけるパフォーマンス課題の作成やルーブリックを用いた評価における課題は、以下の4点であると考えた。

- ① 課題の作成及び評価に、これまでの教員の経験や技能を、そのまま発揮しにくい。教員の指導において、習熟と訓練が必要である。
- ② ルーブリックが、然るべき検討に基づいていない場合、評価の信頼性、安定性が低いことが想定される。
- ③ パフォーマンス課題の作成過程においては、身近にある場面を想定して、単元の内容に関連した思考力・判断力・表現力などを評価するのに適した課題を作成する必要がある。これは教員にとってきわめて創造的で、挑戦的なことであり、現実にはたいへん難しい。
- ④ 目の前の生徒の実態の把握が不十分なままパフォーマンス課題を作成した場合、学習した知識・理解が十分に活用されない観察・実験になってしまう可能性がある。

これらの課題を解決するため、パフォーマンス課題を実施し、ルーブリックを用いて評価をする際の原則として、目の前の教育活動を充実させるために行う取組であることを忘れないようにしなければならない。評価のための評価になったり、突飛な課題づくりや段階数の多いルーブリックづくりのために、教員のエネルギーが割かれたりすることがあってはならない。生徒の資質・能力の向上が目的であり、評価すること自体が目的ではないことに注意する必要があることは、本研究に取り組んだ教員の共通の意見である。

ところで、研究を進めるにしたがって、パフォーマンス課題作成の確固たる前提となる「理科の学習を通じて本校の生徒に身に付けさせたい資質や能力」いわゆる「本校理科としてのコア」を教員が共有していないと、各担当者による単発的な課題、評価となってしまう、教育活動そのものの軸足が定まらないとの見方がでてきた。

また、平野准教授からは本校の2年目の研究を通して、以下のような助言を受けた。

- ① 本校ではパフォーマンス課題の取組において課題解決的な活動が中心になっているが、キャリア教育的な視点（協力する、話し合う、意見を取り入れるなど）をさらに意識して取り入れることが大切である。
- ② 自己評価や他者評価は、個々の生徒に自分の学習の変容を感じさせるための活動である。
- ③ これまでの実践を結び付けることで、本校の目指す生徒像が見えてくる。この視点を大切にしたい。

実践を繰り返していく中で焦点を絞り込んだところ、「本校理科としてのコア」につながる力として次の二つがクローズアップされた。これらを育成するための研究をさらに深める必要があるのではと考え、現在も検討を続けている。

- ・「観察・実験などを適切な操作・方法で主体的に行う力」
- ・「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議論したり、実験の結果をまとめたりする力」

6 成果と課題

(1) 成果

研究を始めた昨年度の研究では、教師が多様な評価の観点とその評価の意義を知るとともに、生徒の多様な資質・能力を育てる視点をもつようになったことが成果であった。研究2年目の今年度は、教師が次の3点について研究が深まった手応えを感じるとともに、来年度の研究のまとめに向けて、これらをさらに深めていく視点をもつようになったことが成果であった。

ア 「教える授業」と「考えさせる授業」の双方の展開

ルーブリック作成やそれを用いた指導と評価は研究途上だが、教員の意識が「生徒に教える」というより、パフォーマンス課題の指導を通して「どのように気付かせたり考えさせたりするか」という点を、強く意識するようになった。その一方で、知識・理解を高めたり深めたりする授業の大切さも実感するようになった。つまり、「教えたことをどのように生徒に活用させるか」という点を教員が意識することによって、基礎基本の習得をパフォーマンス課題に取り組むときの土台となる力につなげていこうと留意するようになった。

イ 知識を活用する体験を通じた、生徒の興味・関心の向上

実際の実験では、定期考査では成績が振るわなかったにもかかわらず、課題（速度、高さ、濃度など）に対する解答を正しく求め、目標を十分達成できた生徒がいた。これは、ペーパーテストでの誤りではあまり振り返りをしない生徒でも、実験などのパフォーマンステスト課題は体感的な取組であるため、予想する結果と異なったときに、自らの課題として受けとめ、課題解決に向けて、生徒が主体的に取り組んだことが一因である。これらの課題は、生徒の興味・関心を高めることができ、物理や化学の知識が、実際に活用できるものだとして生徒が体感することにもつながっている。

ウ キャリア教育の視点を意識した指導

キャリア教育が目指すものは、社会人、職業人としての自立であるが、そのために本校として取り組むべき課題を明らかにし、達成しなければならない。本研究のパフォーマンス課題では、本校の生徒たちが苦手としていた、既習の内容を組み合わせることで未知なる問題に取り組むことや、内に秘めていた自分の考えや意見を発信する機会を定期的に与えていたことになる。これはまさに生徒の自立に向けた能力を育てる一面をもっており、キャリア教育としての効果があると考えている。また、教員もそのことを実感するようになっており、この観点を意識した指導をさらに取り入れていきたいと考える。

(2) 課題

ア ルーブリックの評価項目の設定について

「生徒の多様な資質・能力」を具体的に挙げることは難しい。生徒に身に付けさせたい力の中で上位にくるものは何か、そしてそれらを育成するための指導と評価の方法をどのようにするかは、学校によって異なるであろうし、同じ学校でも学年や科目によって異なってくる。まずはその学校で、どの生徒にも身に付けさせておきたい能力を精選する必要がある。

また今年度は、実験の様子を観察しながらの評価を試みたが、十分な指導ができなかった。授業内での評価の方法については、依然として検討課題となっている。

2年間の研究を通して、ルーブリックについては初めから全ての観点を網羅するのではなく1、2の観点到絞ると導入しやすいのではないかと強く感じている。なお、ルーブリックで評価する内容は、その課題に取り組むまでの指導過程を十分考慮したものでなければならない。教師が、単元ごとの指

導項目を正確に把握し、生徒に身に付けさせたい力を評価するパフォーマンス課題でありルーブリックであることを念頭に、研究に取り組まなければならないと考えている。

イ 改善サイクルの検討

パフォーマンス課題もルーブリックも、焦らず徐々に中身を充実させていくことが大切である。同時に、生徒に身に付けさせたい能力を明確にして、それを引き出すことができるパフォーマンス課題を考えていきたい。

今年度は1年間を通した指導に取り組んできたが、現時点では、理科については各科目とも各学期に1、2回程度のペースでパフォーマンス課題を継続実施していくことで、生徒に多様な資質・能力を身に付けさせることができるのではと考えている。

ただし、個々のパフォーマンス課題に関する反省点や改善点は、同じ単元で実践して検証しなければならない場合もある。1年後の同じ学年で実践し、評価の記録を丁寧に検証していく必要があるが、そのため個々の課題を改善し、検証を深めるのに時間がかかるという点は否めない。今後も各課題及びルーブリックに関わる改善点を引き続き十分協議し、来年度はそれら全てを反映した課題を作成するとともに、充実した評価に取り組むことができるようにしたい。

ウ キャリア教育的な視点の検討

来年度は、本校理科としてのコアの構築に取り組むとともに、一般的ルーブリックの完成を目指す。そこには、本校がキャリア教育として取り組む課題も反映させたいと考えている。各パフォーマンス課題の実践においても、この視点を意識した展開に挑戦することが大きな課題になる。

7 おわりに

本校の「多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」も2年目を終えようとしている。来年度はまとめとして本校理科としての「コア」の仮説構築、本校理科の評価基準（一般的ルーブリック）の開発・試行・確立にも取り組まねばならない。また、引き続き本研究での実践にふさわしい「観察・実験の指導法」「生徒の実態を踏まえ、単元の特性を生かしたパフォーマンス課題」を開発するとともに、生徒の科学的な思考力・判断力・表現力の育成に向けた指導法の検討にも取り組まねばならない。到達目標をさらに明確にしたルーブリックを作成するとともに、本校生徒の実態により適合した良質なパフォーマンス課題を作成して、評価の研究に取り組んでいきたい。同時に、パフォーマンス課題の取組をさらに充実させるための授業改善についても検討を重ね、「全てのパフォーマンス課題に通じる平素の授業の留意事項」も整理したい。

参考文献等

- 文部科学省(2009)『高等学校学習指導要領』
- 堀哲夫、西岡加名恵(2010)『授業と評価をデザインする 理科』日本標準
- 堀哲夫(2003)『学びの意味を育てる理科の教育評価 指導と評価を一体化した具体的方法とその実践』東洋館出版社
- 松下佳代(2007)『パフォーマンス評価ー子どもの思考と表現を評価するー』日本標準
- 西岡加名恵(2008)『逆向き設計で確かな学力を保障する』明治図書出版
- 吉田卓司(2013)『アクティブラーニングの実践研究』三学出版
- 佐藤浩一(2013)『学習の支援と教育評価』北大路書房