

実践のまとめ（第3学年 理科）

長岡市立大島中学校 教諭 和平 匡将

1 研究テーマ

探究を繰り返す単元を構成し、理科における資質・能力を育成する指導
～中学校3年理科「電池とイオン」における電池の開発を通して～

2 研究テーマについて

(1) 研究テーマ設定の意図

中央教育審議会答申の内容を踏まえて、新学習指導要領では、「理科において育成を目指す資質・能力の整理」及び「資質・能力を育むために重視すべき学習過程」が重視され、科学的に探究する活動を充実させた授業改善が図られている。

本研究を行うに当たり、全国学力・学習状況実態調査やTIMSSの質問紙調査を参考に作成したアンケートで、実態調査を行った（図1）。比較すると数値的には全国平均とほぼ同程度の結果になった。しかし、項目別にみると「理科が好き」「理科が大切」「理科が役に立つ」の数値は、「よく分かる」の項目の数値よりもやや低い結果であった。これは、生徒にとって分かりやすい授業が行われている一方で、理科を学習することの面白さや意義、その利便性が生徒の中であまり醸成されていないと考えられる。また、後日各項目に対する追加質問を行ったところ、学習内容の理解に重きが置かれ、生徒の学習は、単なる知識理解にとどまっていることも明らかになった。

そこで、本研究では、日常生活や社会における事物・事象を科学的に探究する過程を通して、理科を学ぶことの面白さや意義、その利便性を生徒が実感する授業を目指して指導の工夫を行う。その際に単元を通して、課題の設定、仮説の設定、検証計画の立案、実験結果の記録、考察、次時に向けて明らかにしたいこと（探究のテーマ）を考える探究の過程（以降、探究のプロセスと呼ぶ（図2））を通じた学習活動を繰り返し行う。それぞれの過程において、生徒が「見方・考え方」を働かせながら、科学的に探究するために必要な資質・能力を高めていく授業づくりを行う。

本研究では、「小・中・高を通じて理科において育成すべき資質・能力（中教審 理科ワーキンググループ）」を参考に、以下の3つの資質・能力の育成をねらいとする。

- 自然事象の中に問題を見出して、見通しをもって課題を設定する力
- 計画を立てて、観察・実験する力
- 得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する力と科学的な根拠を基に表現する力

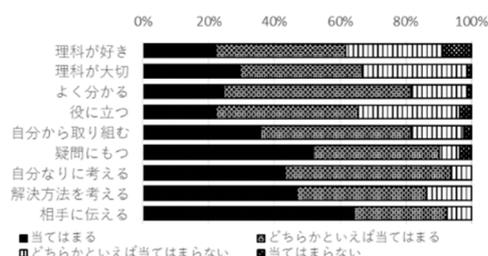


図1 研究前の実態調査

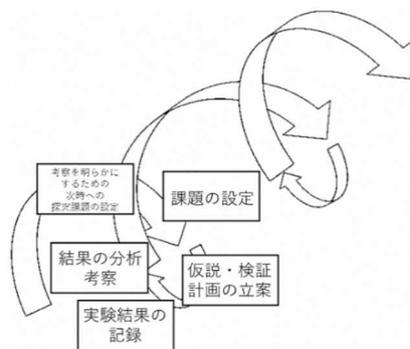


図2 探究のプロセスとそれを繰り返すイメージ

(2) 研究テーマに迫るために

① 科学的に探究する資質・能力を重点化した単元構成の工夫

本研究は、中学校第3学年化学分野で行う。単元では、単元の導入に単元の探究のテーマ（単元のゴール）を設定して、単元を通して生徒が探究を重ね、探究のテーマを明らかにする単元の構成を行う。それぞれの学習内容において、探究のプロセスを意識した授業づくりを行う。これによって生徒は、探究のプロセスを習慣化することができ、学習過程のそれぞれの段階における活動や考え方の見通しをもつことができると考える。

② オクリンクを活用した探究のプロセスに対応したカードの活用

本研究では、単元のすべてにおいてICT機器やタブレット端末をノートの代わりに学習記録ツールとして使用する。タブレット端末は、Chromebook[acer R752T-G2]を一人一台使用し、ミライシード[Benesse]の授業支援アプリ「オクリンク」を使用する（図3）。探究のプロセスに対応した“カード”を学習過程ごとに作成する。これを使うことで、生徒一人一人が個で考え活動する場を確保し、生徒に主体的に学習する場を設定する。

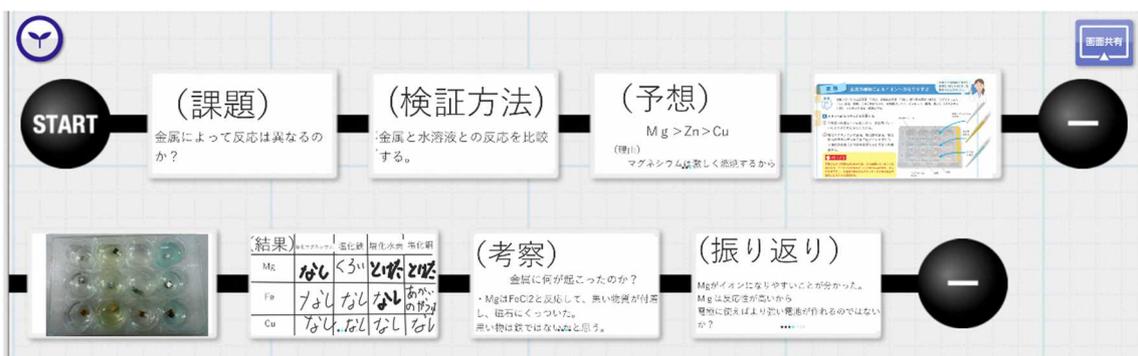


図3 オクリンクで作成した探究のプロセスに対応したカード

また、生徒が撮影した実験の様子の写真や動画、実験結果や考察などをクラス全体の活動で共有することで、自分の実験に責任をもたせる。そして、自他の結果を比較したり関係付けたりすることで考察に役立てたり、考えを共有して観点や視点を明らかにしたりする活動につなげ、生徒の学びの深まりを促す。

(3) 研究テーマにかかわる評価

- ①活動の様子や実験記録，考察の内容が，単元を通してどのように変化するか観察する。
- ②事前アンケートと事後アンケートの結果や，振り返りの記述を基に，手だての有効性を評価する。

3 単元と指導計画

(1) 単元名

「電池とイオン」（中学校科学3 学校図書）

(2) 単元の目標

化学変化と電池について、電解質水溶液と2種類の金属などを用いた実験を行い、電極に接続した外部の回路に電流が流れることを見いださせるとともに、電池の電極での化学反応によって電子の授受が行われ、化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを知る。

(3) 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
化学変化とイオンのモデルと関連付けながら、金属イオン、化学変	化学変化と電池について、見通しをもって観察、実験などを行	化学変化と電池に関する事 物・現象に進んで関わり、

化と電池についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身につけている。	い、イオンと関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における規則性や関係性を見出して表現しているとともに、探究の過程を振り返るなど、科学的に探究している。	見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。
---	---	------------------------------------

(4) 単元と生徒

これまでに生徒は、水溶液の電気的な性質や酸とアルカリについての観察、実験などを行い、水溶液の電気伝導性、中和反応について、イオンのモデルと関連付けて学習してきた。第2学年の「電流とその利用」では、電流が電子の流れに関係していること、電磁誘導を用いて電気を作ることができることを、第3学年の「運動とエネルギー」では、日常生活や社会と関係付けて、エネルギーを変換について学習してきた。また、当校では、SDGsの視点を取り入れながら様々な活動を行い、持続可能な社会の創り手の育成に力を入れている。生徒たちは、総合的な学習の時間を中心に、自分たちの身近な課題、国際的な課題、これからの未来への課題について考え、それらに対して今の自分たちができる取組を企画、実践していて、それらに対する教養や興味・関心を高めている。

そこで、本単元における、化学エネルギーを変換して電気エネルギーを生み出す化学電池のしくみについて着目し、「どうすればより多くの電気エネルギーを化学電池から取り出すことができるのか」を探究する単元を構成し、指導していく。単元の初めには、将来的なエネルギー問題について触れ、化学の力で電気を作ること単元のゴールに設定し、木炭電池の作成を行う。その中で、「より多くの電気エネルギーを取り出したい」という生徒の意欲を駆り立て、生徒が試行錯誤をして、より多くの電気エネルギーを取り出す方法を考えていく。その際に、電池の発明やその発展に沿った形で単元構成を行い、電池を構成する要素や電解質や電極に用いる金属の性質、ボルタ電池、ダニエル電池、燃料電池やリチウムイオン電池について扱っていく。また、化学変化に着目させ、電極に用いた金属の電子の授受や水溶液中のイオンの様子について粒子的な見方を働かせて、それらのしくみを考え、深めていく。単元の終末には、次世代の電池やその有用性について考えるとともに、これからの科学技術について話し合う活動を計画する。

(5) 単元の指導計画と評価計画（全11時間、本時2/11時間）

次 (時)	学習 内容	学習活動	主な評価規準と方法 (評価方法は【 】内で記述する。)
1 (2)	化学 電池	◎化学の力で電気を作ろう。 ・木炭電池を作り、反応の様子を観察する。 ・アルミ箔の変化に注目させ、化学反応が起こっていることに気づく。	態度 木炭電池を作り、電気が流れる様子や電池の様子を観察している。【行動観察、カード分析】
2/2 本時		◎より強力な電池にするにはどうすればいいのか科学的に考えよう。 ・班ごとに仮説と計画を立てる。 ・計画をもとに、木炭電池を改良して、反応を観察する。	思・判・表 態度 既習事項をもとに実験の計画を行い、実験の結果をもとに自分なりの解釈をしようとしている。【行動観察、カード分析】
2 (2)	イオ ン化	◎どのような金属が反応するのか？ ・Mg, Zn, Cuの金属とそれぞれの塩化物水溶液との	思・判・表 金属が析出する現象について、

	傾向	<p>反応を観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実験の結果からそれぞれの金属に起こった反応についてモデルを用いて説明する。 ・イオンへのなりやすさについて理解する。 	<p>イオンや電子を用いて、説明することができる。</p> <p>【行動観察、カード分析】</p>
		<p>◎電極に使う金属はどのような組み合わせにすればいいのか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3種類の金属(Mg, Zn, Cu)を組み合わせさせて電流が流れるかどうか調べる。 	<p>知・技</p> <p>実験結果を基に、化学電池になる金属を理解している。</p> <p>【カード分析】</p>
3 (3)	ボル タ電 池	<p>◎化学電池はどのような仕組みになっているのだろうか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルタ電池を作り、電極の様子を観察する。 ・それぞれの電極で発生する気体を捕集し、性質を調べる。 	<p>知・技</p> <p>それぞれの電極で発生する気体について、気体の性質に着目して適切に調べることができる。</p> <p>【カード分析】</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ・電極で起こる反応についてモデルを用いて考える。 ・考えたモデルが妥当なのかどうか検討する。 ・自分の考えたモデルの検証実験を計画する。 	<p>思・判・表</p> <p>化学電池のしくみについて、イオンを用いて説明することができる。</p> <p>【行動観察、カード分析】</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ・検証実験を行い、自分の考えたモデルが正しいのか検証する。 ・化学電池のしくみについて理解する。 	<p>態度</p> <p>既習事項を基に現象を捉え、自分の考えをもち、探究しようとしている。</p> <p>【行動観察】</p>
4 (2)	ボル タ電 池と ダニ エル 電池 の比 較	<p>◎ダニエル電池はボルタ電池に比べどのような利点があるのか考えよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボルタ電池の実用性について考える。 ・ダニエル電池を作り、反応の様子を観察する。 	<p>態度</p> <p>日常生活の視点で、化学電池の実用性について考えようとしている。</p> <p>【カード分析】</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ・ダニエル電池のしくみについてモデルを用いて考える。 ・ダニエル電池の利点について考える。 	<p>思・判・表</p> <p>ボルタ電池との違いを比較し、ダニエル電池の利点について考えることができる。</p> <p>【行動観察、カード分析】</p>
5 (1)	二次 電池 のし くみ	<p>◎二次電池はどのようなしくみになっている？</p> <ul style="list-style-type: none"> ・班ごとに二次電池について、使われている電極・電解質、しくみ、利用方法、長所と短所について、インターネット等を用いて調べる。 ・プレゼンを行い、調べたことを共有する。 ・二次電池の可逆性について理解する。 	<p>態度</p> <p>日常生活の視点で用いられる、電池についてそのしくみと利便性を考えようとしている。</p> <p>【カード分析】</p>
6 (1)	単元 の振 り返 り	<p>◎これまでの学習を振り返ろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学電池とイオンについて、これまでの学びと未来のことを考える。 ・単元を通じた成長を振り返る。 	<p>態度</p> <p>学習を振り返り、学んだことを日常生活やこれからの自分に生かそうとしている。</p> <p>【カード分析】</p>

4 本時の展開

(1) ねらい

- 木炭電池からより多くの電気エネルギーを取り出す方法について、木炭電池を構成する要素に着目し、実験の結果を基に、木炭電池の改良点について明確にできている。

思考・判断・表現

- 自らの考えを明らかにするために、これまでの学びを活用して、試行錯誤しながら実験を計画しようとしている。

主体的に学習に取り組む態度

(2) 展開の構想

前時に、木炭電池を作成し、電流を流す実験を行う。授業の中で、「木炭電池を改良してどうすればより多くの電流を流すことができるのか？」という追加発問を行い、一人一人が改良方法とそのねらいについてまとめている。本時では、その改良方法が似ている生徒同士でグルーピングし、それぞれの要素ごとに条件を変え、実験を行う。

実験結果の記録には、**オクリンク**で作成した、探究のプロセスに対応した“カード”を用い、実験のねらいや方法、結果のまとめ方や考察について順序立てて活動できるように工夫する。終末では、自分たちのグループの結果や考察を全体に共有し、他の考えを参考にして自分の考えの妥当性を考えたり、修正したりする場を設ける。その際に、これまでの学習した既習事項や生活経験を根拠（電解質や濃度、反応面積など）とまだ明らかにできていない根拠（電極に用いる金属の違い）を明確にして、明らかになっていない点について次時からの探究につなげていく。

(3) 展開

時間 (分)	学習活動	○教師の働き掛け ●予想される生徒の反応	□評価○支援 ◇留意点
導入 5分	グループ分け 課題の設定	○前時の学習内容を確認する。 ○前時の検証計画の似ている生徒同士で3～5人程度のグループに分ける。 ●予想される検証方法 ・電解質を変える（塩酸など） ・食塩水の濃度を変える など	○事前に生徒の検証計画を確認し、必要な実験道具を準備する。
展開 25分	仮説の設定 検証計画の立案 実験の実施 結果の処理	○Chromebookを起動し、 オクリンク を開くように指示をする。 ●配られた“カード”の手順に沿って、仮説と検証計画を作成する。 ○「仮説」「検証方法」の“カード”を提出するように指示をする。 ●「検証方法」の“カード”が完成した班から、入力した“カード”を オクリンク 上で提出し、点検を受け実験を始める。 ●実験結果を記録する。 食塩水 塩 酸 硫 酸	○机間巡視をして、活動が滞っている生徒に支援をする。 □これまでの既習事項や生活経験を基にして、科学的に探究する方法を立案できているか。 思・判・表

	考察・推論	<p>○.○V △.△V ☆.☆V</p> <p>●実験道具を片付ける。</p> <p>●実験結果を考察する。</p> <p>塩酸や硫酸のように反応性の高い水溶液にするとたくさんの電気エネルギーを取り出すことができると考える。</p> <p>○「考察」「結果」のカードを提出するように指示を出す。</p>	<p>○実験装置はあらかじめバットに準備をしておく。</p> <p>◇酸・アルカリを使用する際は手袋などを使用する。</p>
終末 20 分	表現伝達 結論 振り返り	<p>○それぞれのグループの結果を全体に共有する。</p> <p>○結論のカードを配付する。</p> <p>●本時の実験で明らかになったことをまとめる。</p> <p>より多くの電気エネルギーを取り出すには、塩酸や硫酸などの反応性の高い水溶液を用いる。</p> <p>○振り返りのカードを配付する。</p> <p>●振り返りのカードを記入し、分からなかったことやさらに明らかにしたいことをまとめ、次時の探究の課題を設定する。</p>	<p>○結果, 考察のカードをホワイトボードに映し全体に共有して見られるようにする。</p> <p>□自分や他者のグループの実験結果から科学的根拠を用い, より多くの電気エネルギーを取り出す方法について考えている。</p> <p>思・判・表</p> <p>□本時の学びを振り返り, 次時の探究に生かそうとしている。</p> <p>態度</p>

(4) 評価

- ・木炭電池を構成する要素に着目し, 実験の結果を基に, 木炭電池の改良点について明確にできているか。 **思考・判断・表現** 【カード分析】
- ・実験から明らかになったことと明らかになっていないことを明確にし, 次時の学びにつなげようとしている。 **主体的に学習に取り組む態度** 【行動観察】

5 実践を振り返って

(1) 指導の実際 (2時の内容 大島中学校 3年2組 24名)

始めに, 前時の学習を振り返り, 木炭電池は電解質と電極からできていることを確認し, 前時に使ったに考えた改良方法をもとに以下の4つのグループに分けた。

食塩水の濃度を変えるグループ・・・9名 アルミ箔の巻き数を変えるグループ・・・9名
電解質を変えるグループ・・・4名 電極に用いる金属を変えるグループ・・・2名

その後, カードを送信して一人一人が課題の設定, 仮説・検証方法の立案を行った。仮説を立てることに悩む生徒の姿は見られたものの, 前時に改良方法を考えていたので, 課題の設定や検証方法の立案はスムーズにできた。立案した検証計画について, 実験に用いる試薬や条件などを確認し, グループごとに実験をした。その際, 生徒は実験をする人, 数値を入力したり, 撮影をしたりする人と役割を分け活動を行っていた (図4)。



図4 生徒が撮影した実験の写真

まとめでは、各グループの結果のカードを全体に共有し、それを基に何が明らかになったのかを考察のカードに入力し、次時に明らかにしていく内容について考えていった(図5)。授業の終了には、各グループの代表が、自分たちはどんな実験をして、どんな結果が得られ、何が明らかになったのかを全体に発表した。

次時には、それぞれのグループの考察をもとに、明らかになっていることと明らかになっていないことを整理し、金属の反応性について探究する単元の展開を行った。

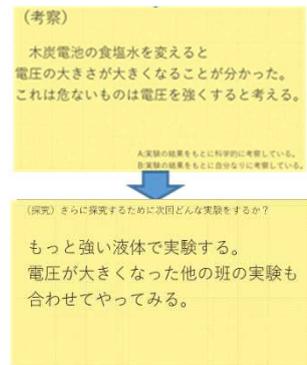


図5 生徒が作成したカード

(2) 研究のテーマに関わって

① 生徒の姿

生徒の作成したカードや授業の様子を見ると9割以上の生徒が、課題の設定、仮説の設定、検証計画の立案、実験結果の記録、考察、次時に向けて明らかにしたいことのそれぞれのカードを自分の言葉で表現することができた。単元の中では、個人で探究するテーマを決め実験する活動や、グループで実験をする活動、こちらから実験方法やテーマを提示する活動を設定した。どの活動においても生徒は非常に意欲的に取り組む姿が見られた。

表1 各時における予想・仮説と考察の評価 [n=87人]

予想・仮説				考察							
時	2	3	4	時	2	3	4	5	6	7	8
A評価	18	53	67	A評価	41	66	72	75	65	62	68
B評価	62	31	20	B評価	42	18	15	12	21	20	17
C評価	3	0	0	C評価	0	0	0	0	0	4	1

※A評価を科学的な根拠や実験を基に考えられているもの、B評価を課題に正対しているもの、C評価をB評価以下または無記入とする。

抽出生徒の仮説や考察、次時の探究のテーマのカードの変容を分析すると、単元の序盤の頃は、生活経験や感覚を根拠に述べられていた文章が、徐々にイオンや電子などの科学用語やこれまでの実験から明らかになっていることを根拠にして述べられるようになってきたり、次時の探究のテーマでは、単に疑問に思ったことや興味をもったことをテーマに設定していた生徒が分からないことを整理し、条件などが具体的になったテーマを設定できるようになったりした(図6)。

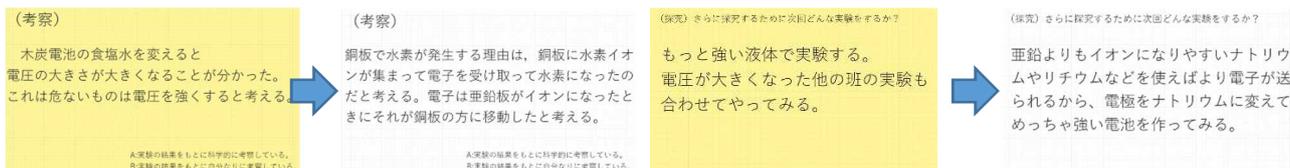


図6 第2時と第6時の抽出生徒Aの考察(左)と次時の探究のテーマ(右)の比較

② アンケートの分析

本研究を行うに当たり、4月に実施したアンケートと同様のアンケートを12月に行いその結果を比較した(図7)。各項目について4件法で回答した結果の平均値をとり、t検定を行い実践前後の値を比較したところ、9項目中7項目において数値が向上した。特に、「自分から取り組む」「理科が役に立つ」の項目に

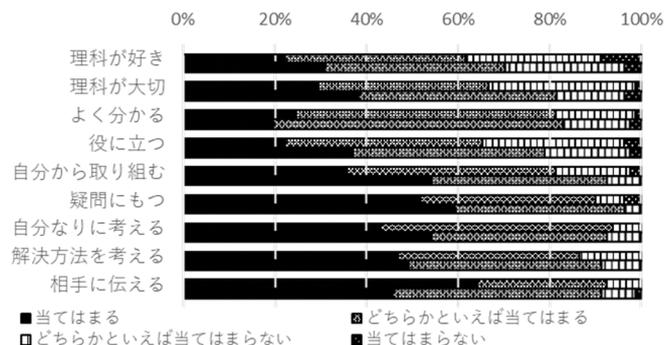


図7 アンケートの項目ごとの割合(上4月, 下12月)

において、有意な差が示された。

(表2)。実践では、エネルギー問題をテーマに、化学電池における化学反応やイオンの振舞いについて学習をしてきた。また、タブレット端末を用いることで、生徒が自分の考えや実験の結果に責任をもち活動することができたことが有効であったと考える。

また、「探究のプロセスを通して、今までの授業と比べてあなたの学びはどのように変わったか」という自由記述を設けたところ、図8で示すように肯定的な感想が多かった。アンケートの結果や生徒の感想から、探究のプロセスを繰り返す単元構成(手だて①)を行うことで、それぞれの段階における活動が整理され、生徒の資質・能力が高まったと考える。また、タブレット端末を用いた学習(手だて②)を行うことで、生徒一人一人が個で考える場が確保され、自分で考えをもち、実験を行い、それを考える活動が実現したと考える。

(3) 課題

実践の前後のアンケート比較から、「自分の考えを相手に伝える」の項目の数値が低下した。実践を振り返ると、個人で考え、タブレット上で考えを共有する活動は行っていたが、生徒同士が自分の考えを発表したり、説明し合ったりする活動を十分に行えていなかった。資質・能力の育成の観点からも、「表現・伝達」の活動を取り入れることで生徒のより深い学びが実現すると考える。例えば、授業の終末に、今日の授業で自分がどんなことをして、何が分かったのか互いに発表する活動などを取り入れることで、探究の過程を振り返り、次の学びにつなげることができるのではないかと考える。

また、ノートを使わずにタブレット端末を用いて学習を進めたため、復習に使いづらく、ノートの方が良いという生徒の意見も挙がった。今後は、タブレット端末の良さと課題について整理しつつ、生徒の資質・能力を育成するためにどのような授業づくりができるのか考えていきたい。

表2 実践の前後のアンケート結果の平均値と t 検定の結果

項目	実践前	実践後	差	p 値(両側検定)
理科が好き	2.73	2.98	+0.25	t(82) = 2.23, p = 2.82×10 ⁻² *
理科が大切	2.93	3.20	+0.27	t(82) = 2.61, p = 1.07×10 ⁻² *
よく分かる	3.02	3.00	-0.02	t(82) = -0.25, p = 8.04×10 ⁻¹
役に立つ	2.82	3.16	+0.34	t(82) = 3.36, p = 1.18×10 ⁻³ **
自分から取り組む	3.12	3.54	+0.42	t(82) = 3.99, p = 1.47×10 ⁻⁴ ***
疑問にもつ	3.35	3.6	+0.25	t(82) = 2.46, p = 1.59×10 ⁻² *
自分なりに考える	3.34	3.51	+0.17	t(82) = 2.02, p = 4.71×10 ⁻² *
解決方法を考える	3.3	3.46	+0.16	t(82) = 1.66, p = 1.42×10 ⁻¹
相手に伝える	3.54	3.35	-0.19	t(82) = -2.06, p = 4.24×10 ⁻² *

(*p < 0.05 **p < 0.01) ***p < 0.001)

探究のプロセス(自分で課題を決め、検証計画を考え、実験の結果を班や全体で共有し、そこから考察し、その考えを明らかにするためにさらに実験をする学習)を通して、今までの授業と比べてあなたの学びはどのように変わりましたか?

87 件の回答

自分で考えるので記憶に残るし、学びがより深まるようになった。

今までは与えられた課題をやるだけだったので、今までは大変だし、面倒臭いところもあるけど、授業で楽しいと感じる機会が増えました。

今までは自分の考えを持たずなんとなく実験していたけど、自分の考えを持つようになってからは実験に積極的に取り組み、考察も自分や他の人の意見をを通して考えられるようになった。

自分でその結果について考えるようになった

自分で考察や次の実験はどのようにしたらいいか考えることができるようになった

図8 実践後の生徒の自由記述

6 参考資料

- (1) 文部科学省(2017)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』
- (2) 文部科学省(2016)「理科ワーキンググループにおける審議のとりまとめについて」
- (3) 田村学(2018)『深い学びを育てる 思考ツールを活用した授業実践』小学館
- (4) 山代・栢野(2020)「「探究の過程」を経る中学校理科授業に関する基礎的・実践的研究」学校教育実践研究_3_63-72