

2024 年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：生徒が自ら問いを立て、科学的に探究する理科授業 『科学者の時間』の実践研究

学校名：府中市立府中第六中学校

代表者：佐藤 光宏

報告者：井久保 大介

全教員数： 40名

全学級数・児童生徒数：18学級・623名

実践研究を行う教員数： 2名

実践研究を受けた学級数・児童生徒数： 6学級・201名

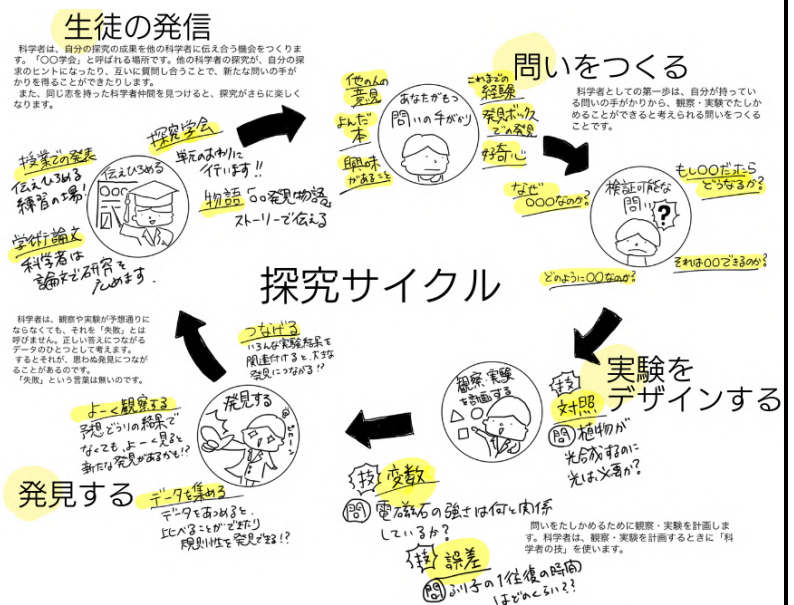
1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

『科学者の時間』とは、生徒が科学者になりきって、「問いをつくる」「実験をデザインする」「発見する」「発信する」という探究サイクルを主体的に回しながら学ぶ、ワークショップ型の理科授業である。

これまで筆者は、問いや実験の手順、結果の分析に至るまで綿密に計画し、それに沿って授業を進めてきた。しかし、そのような授業では、生徒はあらかじめ設定された条件のもとで結果を再現することが科学であると認識し、実験を「成功」や「失敗」と捉える傾向があった。また、「先生、今日は何の実験ですか？」と尋ねるなど、教師の指示を待つ受動的な態度も見られた。このような経験から、筆者は教師主導の探究活動ではなく、生徒自身が主体的に探究を進める授業設計が必要であると考えた。

『科学者の時間』では、生徒が自ら問いを立て、それを検証するための実験の条件や方法を考えて実践する。そして、得られた結果をもとに新たな発見をし、成果として発表する。この探究サイクルを授業の中で繰り返し経験することで、生徒の科学的思考力が育まれる。教師は必要な知識や実験スキルの習得を支援しながら、生徒の探究を促進する。これは、学習指導要領に示されている「自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力」の育成にもつながると考え、本研究のテーマとした。

本研究では、中学校3年生の理科『運動とエネルギー』の単元において『科学者の時間』を実践する。生徒が自ら立てた問いをもとにどのように学びを発展・深化させていくのかを検証し、科学的に探究するための資質・能力の育成に与える影響を明らかにすることが本研究の目的である。



チャールズ・ピアス（著）吉田新一郎（訳）『だれもが「科学者」になれる！：探究力を育む理科の授業』（新評論、2020）を参考に筆者が作成した『科学者の時間』探究サイクルの図

2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

購入した物品は、主に生徒が運動とエネルギーについて興味を持たせるための書籍や実験器具、問いを探究するために必要な実験器具や材料である。また、生徒の探究過程を記録するための用途としてGoProも購入した。さらに、生徒が材料をすぐに手に取りやすい理科室環境をつくるためのキャリアワゴンも購入した。

なお、申請時に検討した大学や企業との連携は実現できなかったが、あきる野市教育委員会が主催する『学びのアップデートプロジェクト』と連携し、公開授業を実施と、生徒が探究したことを発表する『探究発表会』において、指導主事や小中学校の理科の先生方に生徒の探究発表への指導助言を依頼した。

3. 研究の内容

1. 『運動とエネルギー』単元指導計画

生徒が運動とエネルギーの基礎的な理解を土台として、教師主導の授業から各自の探究活動に段階的に移行できるように、単元指導計画を立てて実践した。

2. 授業の実際

(1) KWL シートと質問づくり

生徒は単元に関する絵本やマンガ、専門書、実験集など多様な本を読み、KWL シートに記録し、学習の見通しと、自分の興味ある事象と単元とのつながりを見出した。



What I know テーマについて自分が知っていることを書く	What I want to know 自分がテーマについて知りたいことを書く	What I learned 自分がテーマについて学んだことを書く
R.リチャード (著)『子どもの思考が見える21のルーチン』(北大路書房、2015)を参考に筆者が作成したKWLシート		

R.リチャード (著)『子どもの思考が見える21のルーチン』(北大路書房、2015)を参考に筆者が作成したKWLシート

(2) 課題解決学習

本単元の探究活動である、力の合成や分解、速さの概念と測定方法を学



15cm四方のアルミホイルで船をつくり、1個20gのおもりを何個積むことができるかをグループごとに挑戦した

ぶため、課題解決学習を行った。生徒は「できるだけ多くのおもりを積める模型の船をつくる」「いろいろな物の速さを測定して比較する」という課題に挑戦した。

(3) 『科学者の時間』の探究活動

『科学者の時間』は、生徒が3、4人程度のグループで自ら探究サイクルを回して探究活動を行う。授業内でのミニレッスンでは、教師が生徒の探究の結果を取り上げ、運動の規則性やエネルギー保存の概念に加え、検証可能な問いの立て方、条件制御や誤差の処理など、科学的に探究するための見方や考え方を指導した。

例えば単元指導計画の「ミニレッスン②条件制御」では、Aさんのグループの実験結果の表を取り上げ、従属変数と独立変数の関係や、物体を落下させる高さとの速さの関係はどのデータの比較が必要かを生徒と考えた。その上で、重さと速さとの比較には重さを定量化する必要があることに気づかせ、自分たちの探究に生かせる科学的な見方や考え方を指導した。

(4) 探究発表会 授業での発表や中間発表を設定し、そこでのフィードバックをもとに探究を深め、最後の探究発表会でこれまでの成果を発表した。

(5) 『科学者の時間』の振り返りと評価、事前事後アンケート

探究発表会までの活動を振り返り、探究過程をルーブリックによって自己評価、相互評価した。本研究では、事前事後に生徒アンケートを実施し、『科学者の時間』によって生徒の意識がどのように変容したのかを検証した。

単元指導計画 指導単元『単元1 運動とエネルギー』(使用教科書 大日本図書『理科の世界』3年)

時数	項目(項の目標)	観察・実験 助成物品等	評価方法
1	『科学者の時間』ガイダンス・質問づくり ※質問紙調査(事前) 〈運動とエネルギーについて、自分が知っていること、知りたいことをまとめる〉	関連書籍	KWLシート(主)
2	力の合成と分解 〈力の合成と分解についての実験を行い、合力と分力を作図することができる〉	【実1】力の合成	実験レポート(技)
3	浮力・水圧 〈おもりをより多くせることができる船の模型を作成することを通して、浮力と水圧についての性質を理解する〉	【実2】アルミホイルで船を作る実験資材	実験レポート(思)
2	物体の運動・運動の表し方 〈物体の運動は速さと向きで表されることを理解し、記録タイマーやビデオで運動の様子を記録することができる〉	【実3】運動の記録実験器具	実験レポート(技)
9	運動とエネルギー 『科学者の時間』 〈ミニレッスン①問いの立て方:自ら興味を持ったことから、実験で検証することが可能な問いをつくることができる〉 〈ミニレッスン②条件制御:条件制御の設定方法を理解し、仮説を確かめるための実験方法を考えることができる〉 〈ミニレッスン③誤差の処理:誤差の要因を考えて、より正確に測定、計測する方法を考えることができる〉 〈ミニレッスン④表やグラフ:実験結果から仮説を検証するための論拠を表やグラフで示すことができる〉 〈ミニレッスン⑤発表の方法:仮説を検証した過程を、わかりやすく伝えることができる〉	【観察・実験】グループごとの探究活動 実験材料 GoPro,ビデオカメラ,ウゴン等	実験計画書(技・思)
1	中間発表 〈ここまでの探究を振り返り、次の問いや探究について考える〉	GoPro,ビデオカメラ	ルーブリック(自己・相互評価)
2	仕事と仕事率 〈仕事と仕事率の計算方法について理解し、様々な仕事についての仕事の量と仕事率を計算できる〉		小テスト(知)
9	運動とエネルギー 『科学者の時間』 〈ミニレッスン⑥力学的エネルギー:力学的エネルギーの保存について、振り子を例に説明することができる〉 〈ミニレッスン⑦エネルギー保存の法則:エネルギーの保存について、例をもとに説明することができる〉	【観察・実験】グループごとの探究活動 実験材料 GoPro,ビデオカメラ,ウゴン等	実験計画書(技・思)
2	探究発表会(クラス)	ビデオカメラ	発表・スライドルーブリック(知・思)
1	『科学者の時間』の振り返り ※質問紙調査(事後)		振り返りシート(主)
31			

※31時間扱い。表中の塗りつぶしの部分が『科学者の時間』の探究活動



写真左 Aさんのグループ「物体が落下する時の速さは、物体の重さや落とす高さによって変化するのか」重さの異なる小球の落下速度を計測した



写真右「重心とは何か」空き缶に水を入れ、斜めに静止する位置をみつけた

	高さ 50cm	30cm	15cm
種類	速さ m/s	速さ m/s	速さ m/s
ビー玉	2.29	1.88	1.35
鉄(大)	2.29	1.88	1.18
鉄(小)	2.01	1.72	1.11

ミニレッスン「条件制御」
Aさんグループの実験結果から
・独立変数と従属変数は?
・結果からどんなことがいえるのか?
・それはどのデータを比較すれば良い?
・小球の種類を定量化するには?
→自分たちの実験は「条件制御」「定量化」できていますか?



生徒の中間発表の様子

4. 研究の成果と成果の測定方法

1. 生徒の探究活動から

(1) 『科学者の時間』の探究活動

『科学者の時間』では、6クラス、52グループがそれぞれの探究活動に取り組んだ。右表はBさんの振り返りとインタビューをもとに、問いの変遷を表にしたものである。自分たちで立てた問いを出発点にして、教科書の実験や、自分たちで実験装置を考えた実験など、試行錯誤を繰り返すことによって探究のサイクルを自ら回す姿が見られた。

他のグループも様々な問いについて探究し、実験して発見したことや新たな問いを共有し合うことで、運動とエネルギーの規則性について学ぶと同時に、科学的に探究するための実験の技能や、科学的な見方や考え方を自らの探究に適用する場面が多く見られた。

(2) 探究発表会

探究発表会では、全グループが探究活動の成果を発表した。先述のBさんのグループは慣性の法則について発表し、斜面を走る台車の上に乘せた消しゴムの飛距離を計測した結果と考察を発表した。Cさんのグループの発表では、物体の落下実験などの実験を経て、発表会では「ミルククラウンが綺麗にできる条件は何か?」という問いについて、液体の種類や液体を落とす高さなどの条件を変えて実験を行った成果を発表した。Dさんのグループは、「ガウス加速器の磁石の数と小球の速さにどのような関係があるのか?」という問いについて実験を行い、力学的エネルギー保存の考え方を踏まえながら実験結果を考察した。このように、運動とエネルギーに関する規則性を発見した成果を発表したグループや、自分が興味を持った現象について、運動とエネルギーの科学的な見方や考え方を活用して探究した成果を発表するグループなどが見られた。

2. 質問紙調査の結果から

事後調査では、「1.理科を学ぶことは楽しい」($p=0.036$)、「私

写真右 探究発表会の様子

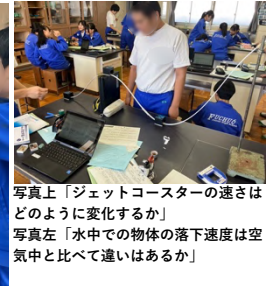
は科学者である」($p=0.006$)という認識が有意に向上し、『科学者の時間』が生徒の理科への興味・関心を高める要因となった可能性がある。また、「3.理科を学ぶとき、自分が考えたことについて考えることが重要である」($p=0.019$)や「17.科学者は、新しい問いをたてる前に、古い問いに答えられなくてはならない」

($p=0.025$)という項目でも有意な向上が見られた。これは『科学者の時間』の探究サイクルを通して、科学における問いの新規性や、探究過程を振り返ることが、科学的に思考する上で重要であることを生徒が実感したことが示唆された。

そして、「19.自分自身が発見した事実は、ほかの人が教えてくれた事実よりもしっかりと記憶される」($p=0.006$)という項目においても有意に向上した。『科学者の時間』において、科学の知識は受動的に習得するものではなく、自ら科学的に探究することによって学ぶものであることを生徒が実感したことが示唆された。

さらに、「21.科学とは何でしょうか。思ったことを自由に書いてください」という自由記述の質問において、事前・事後の生徒の文章をテキスト分析し、頻出単語の出現回数を表にした。結果によると、事後調査

Bさんのグループが探究した問いの変遷	
1	振り子のおもりの重さや糸の長さを変えると、どのように変化するか
2	台車の速さは斜面角度によってどのようになるか
3	斜面の位置によって台車の加速はどのように変化するか
4	台車の重さを大きくすると、斜面を下る速さは変化するか
5	おもりの重さによって自由落下させた時の速さは変化するか
6	斜面の角度によって、台車の上に乘せたおもりが飛ばされる距離は変化するか
7	台車の重さによって、台車の上に乘せたおもりが飛ばされる距離は変化するか

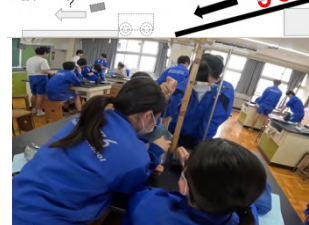


写真上「ジェットコースターの速さはどのように変化するか」
写真左「水中での物体の落下速度は空気中と比べて違いはあるか」

実験内容

【実験の手順】
記録タイマーで傾斜の角度を変えたときの速さを計り、傾斜の角度を変え5度10度15度20度の順に角度を変え、
台車を走らせたときに消しゴムが飛んだ距離を調べる。

(必要なもの)
・記録タイマー
・板
・台車
・飛ばすもの(消しゴムなど)
・大きめの分度器



結果

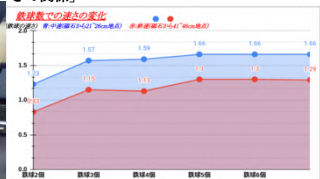
傾斜の角度	速さ	飛んだ距離
5度	52cm/s	7cm
10度	79cm/s	15.5cm
15度	95cm/s	29cm
20度	105cm/s	40.5cm

傾斜の角度が大きくなり速さが速くなるにつれて飛んだ距離も増えた

図表 Bさんのグループの発表資料



写真上「ミルククラウンができる条件」
写真下「ガウス加速器の磁石の数と小球の速さの関係」



質問紙調査の事前・事後の平均値(抜粋) N=194 * $p<0.05$ ** $p<0.01$

No.質問項目	4ともそう思う	3そう思う	2あまりそう思わない	1思わない	事前(M)	事後(M)	p値
1 理科を学ぶことは楽しい					3.344	3.459	0.036*
3 理科を学ぶとき、自分が考えたことについて考えることが重要である					3.328	3.476	0.019*
5 学んでいることについて仲間と話し合うことで、理解が深まる					3.561	3.611	0.63
6 グループで作業したりアイデアを共有したりすることで、より多く学べる					3.528	3.589	0.314
7 自分がたてた問いの答えを発見することはおもしろい					3.328	3.395	0.447
13 私は科学者である					1.822	2.168	0.006**
15 科学者は問いをたてる					3.35	3.508	0.06
17 科学者は、新しい問いをたてる前に、古い問いに答えられなくてはならない					2.428	2.616	0.025*
19 自分自身が発見した事実は、ほかの人が教えてくれた事実よりもしっかりと記憶される					3.189	3.432	0.006**

では「実験」や「問い」、「発見」など、探究サイクルを説明するための言葉の出現回数が増加した。

さらに事前調査では見られなかった「自分」や「知識」という言葉が出現した。

事後調査である生徒の記述である。「多くの観察と観測、実験結果によって、変わり続けるもの。また、新しい問いを立てて研究すること」「科学とは、自分が気になること、知りたいことから問いを立てて研究し、確かめたことからまた新たに考えを深めていくことの繰り返し。それらを続けていくことで自然と知識が増えていき、問いの内容がより良いものになり、いくつかの実験の結果と結びつけて考えられるようになる」

以上のことから、本研究の『科学者の時間』において探究活動を行うことが、生徒自身の科学への興味・関心の向上や、科学的な探究のサイクルを自ら回すことの重要性を認識し、生徒の科学的に探究するための資質・能力の育成に大きく寄与していると考えられる。

事前		事後	
単語	出現数	単語	出現数
実験	15	実験	41
わからない	10	問い	36
不思議	10	発見	21
発見	9	自分	20
自由	7	知識	19
問い	6	研究	16
		観察	14
		生活	13
		疑問	12
		確かめる	10
		追求	10

単語出現回数の比較 N=194

※「科学」という言葉は除く

5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など）

本研究の『科学者の時間』は、中学校3年生の「運動とエネルギー」の単元において実践を行った。成果活用の視点から、他の学年、単元での実践も可能であると考えられる。以前に筆者は、1年生の理科「身近な物理現象」においても『科学者の時間』の実践を行った。本研究で得られた知見をもとに、様々な単元において実践し、生徒の探究活動を基盤とした理科の授業を検討している。

一方で、本研究での実践において課題も得られた。先に述べた質問紙調査において、「5.学んでいることについて仲間と話し合うことで、理解が深まる」($p=0.630$)や「6.グループで作業したりアイディアを共有したりすることで、より多く学べる」($p=0.314$)といった項目で、事前・事後共に比較的高い平均値を維持したものの、有意な向上は見られなかった。この結果は、今回の『科学者の時間』の探究活動では、協同的な学びが十分に活性化されなかった可能性を示している。さらに、生徒たちの探究過程において、グループでの実験が進行できずに探究が停滞したり、科学的に誤った概念を、実験結果によって認識をさらに強化してしまったりするケースも一部見られた。

これらの課題を解決するためには、『科学者の時間』の中で互いに探究の過程を振り返ったり、文献や先行研究などで調べたことを共有したりと、協同的な学びの機会を意図的につくる必要があると考えられる。

以上のことを踏まえ、様々な単元での実践において、『科学者の時間』での探究活動が、生徒の科学的に探究する資質・能力の育成にどのように寄与するかを研究する。また、大学や企業などと連携し、生徒の探究活動と発表会においてフィードバックを受けることも視野に入れて今後も実践を行う。

6. 成果の公表や発信に関する取組

※ 研究会等での発表や、メディアなどに掲載・放送された場合もご記載ください

あきる野市教育委員会が主催する『学びのアップデートプロジェクト』と連携して公開授業を行い、さらに同プロジェクトの研修において講師を務め、本研究の成果を共有した。今後は東京都中学校理科教育研究会での発表を検討している。

7. 所感

本研究の『科学者の時間』を実践している時、研究の目的で述べたような、生徒が教師の提示する実験を待つ姿などは一切見られなかった。多くの生徒が、急いで理科室に来るなり必要な実験道具を準備して、自分たちで探究を進めた。実験で使うものを家から持ってくる生徒もいた。ある生徒は「失敗じゃなくて、仮説が証明されなかったという結論を得ました」と実験を振り返り、次の実験を考え始めた。その姿はまるで科学者のようだった。そして筆者も、生徒の好奇心あふれる問いと向き合いながら、気がつけば生徒と一緒に、ひとつの確からしさを求める科学者のひとりとして奔走することになった。

生徒の科学的に探究する資質・能力を育成するためには、誰もが持っている科学者のような好奇心を大事にして、生徒の挑戦を励まし続けることが大切であることを、本研究での生徒たちの姿から私は学んだ。

報告書の最後にあたり、この様な研究の機会を頂いた日産財団のご支援に、心より感謝申し上げます。また、本研究にご協力いただいた本校教職員の皆様、ならび生徒の皆様に深く御礼申し上げます。