

検証実験授業①

- 1 対象 中学校第2学年
- 2 領域 粒子
- 3 内容 化学変化と熱
- 4 授業計画

「温度が変化する化学変化」単元構想図

	学習活動	支援
1	発熱反応	
2	○中外製薬さんから借りた打錠機で錠剤を成形しました。	・ 中外製薬から借りた打錠機で錠剤をつくり、水に溶かして見せる。
3	・ この錠剤を水に入れると… ・ しゅわしゅわしてる この錠剤の中には結晶セルロース、クエン酸、重曹が入っていて、錠剤をつくる時に必要な物質だそうです。私たちが普段飲んでいる薬にも含まれています。発砲で薬を拡散させるそうです。もう1つ変化があります。 ・ 冷たくなった！ 温度を下げている正体は何か調べよう。 方法を考えて実験してみよう。 ・ 1種類ずつそのまま温度を測る。 ・ 1種類ずつ水に溶かして温度を測る。 ・ 結晶セルロースとクエン酸では温度が下がらない。 ・ 結晶セルロースと重曹では温度が下がらない。 ・ クエン酸と重曹を混ぜると気体が発生した。 ・ クエン酸と重曹を混ぜると温度が下がった。	・ 生徒には同じ成分を混ぜた粉末を手のひらに配る。 ・ デジタル温度計、試験管、ビーカー、薬さじ、電子てんびん等、必要な道具を準備しておく。 ・ ワークシートを配布し立案させる。 ・ 実験方法は個人で考えさせる。 ・ 実験は共同で行ってもよいとする。
	クエン酸と重曹を混ぜるとなぜ温度が下がるのだろう。 ・ クエン酸と重曹を混ぜると気体が発生したから、これは化学変化が起きたのでは？ ・ 発生した気体が何か調べたい。 ・ 発生した気体は石灰水を白く濁らせたから、気体は二酸化炭素だ。 ・ クエン酸と重曹（炭酸水素ナトリウム）が化学変化を起こすときに周囲の熱を奪うため、温度が下がる（吸熱反応）。	

検証実験授業①

- 1 対象 中学校第3学年
- 2 領域 生命
- 3 内容 遺伝の規則性と遺伝子
- 4 授業計画

学習場面	学習活動 <> ・生徒 ●教師	○物的・人的支援 ●働きかけ・かわり
導入	●「遺伝」という言葉を聞いて何が思い浮かびますか。 ・親と似る・血液型・二重まぶた ・巻き舌とか聞いたことがあるぞ ●ある「遺伝」の例を紹介します。フェニルケトン尿症についての話を紹介する。	●身近な例を探すことで、遺伝について学習しやすい雰囲気をつくる。 ●常染色体性潜性遺伝という病気症状を扱うため、日本ではごく稀であることや、早期診断や治療法があることを付け加えておく。
展開1	●ある夫婦から生まれた子がフェニルケトン尿症と診断された場合、次の兄弟姉妹もフェニルケトン尿症をもって生まれてくるのかを考えよう。 ・フェニルケトン尿症は潜性遺伝と書いてあるぞ。 ・教科書を調べると遺伝には顕性形質と潜性形質があると書いてあるな。 ・顕性形質と潜性形質は3:1になると書いてあるぞ。 ・3:1になるなら、必ずしもフェニルケトン尿症の子が生まれてくるわけではないのではないかな。	○教科書やタブレット端末を使用して、フェニルケトン尿症について調べたり、遺伝についてヒントを探したりできるようにする。
展開2	●3:1になるという意見が出てきましたが、本当に3:1になるのでしょうか。それを証明する方法はあるのでしょうか。	●追究実験を行うために必要なものがある場合は教員に相談するように促す。
展開3	●追究実験の方法が決まったら、実際に検証を行おう。 ・割りばしを使って検証を行ったら3:1に近い結果になったぞ。 ・3:1にならない。どうしてだろう。もう一度検証してみよう。 ・複数回検証をした方がいいのではないかな。	○割りばしや袋、カードなど、生徒が必要だと考えているものの用意をしておく。 ●検証を行った結果、うまく3:1にならないグループがいた場合に、次にどうすべきかを考えることを促す。
まとめ	●各グループでどのような検証を行ったか、紹介し合おう。 ・わりばしと袋(その他、いろいろな方法が考えられる)で行ったが3:1にならなかったぞ。 ・回数が少ないと精度が低いということではないかな。	

科学者との共同授業

- 1 対象 中学校第2学年
- 2 領域 地球
- 3 内容 天気の変化
- 4 授業計画

雲の発生

時数	学習活動	支援
1 ・ 2	○雲が上空にしかできないのはなぜだろう。 ・ 上空は気温が低いから、気温が下がることで雲が生じるのではないか？ ・ 上空ほど気圧が小さくなるから、気圧が小さくなることで雲が生じるのでは？ ・ 上空は風が強い ・ 地面に日光がさすと、湯気のようなものが発生することがある ○雲をつくっている要因について、実験方法を考えて、検証しよう。 ① 気温を下げる ビーカーの中の水蒸気を保冷剤で冷やす ②気圧を小さくする 水蒸気を入れた容器の空気を抜く ③容器に水蒸気を入れて、風を吹かせる ④容器に水蒸気を入れて、電球の光をあてる ⑤ペットボトルに水蒸気を入れ、少し空気を抜いてふたを閉め、ペットボトルを押したり戻したりする。 気温を下げたら雲ができた！ 気圧を小さくしたら雲ができた！ ○雲をつくっている要因は気温と気圧のどちらだろう 気温を下げた時の気圧を調べる。 気圧を小さくしたときの気温を調べる。 ・ 気温を下げてても気圧は変化しない。 ・ 気圧を小さくすると気温も下がる。 ・ 気圧が小さくなると気温が下がって雲ができる	・ 上空と地表の違いを考えさせる。 雲のでき方を予想し、実験で確かめようとする。(学びに向かう力、人間性等) ・ 水蒸気はぬるま湯を使い、線香の煙を入れる。 ・ 簡易真空容器、保冷剤、デジタル温度計、気圧計、ペットボトル、炭酸キープキャップ、ライトなど必要と思われる道具を準備しておく。 ・ 全体で確認をしていく。

科学者との共同授業

- 1 対象 中学校第3学年
- 2 領域 エネルギー
- 3 内容 力のつり合いと合成・分解（浮力）
- 4 授業計画

時数	☆本時の生徒の思い ○学習活動 ・生徒のあらわれ	・手立て □支援 ◆評価
1	○水にレーズンを入れたときに起こることを予想する。 ・密度が水より大きいから沈むと思う。 ○今度は炭酸水にレーズンを入れたらどうなるだろうか。 ・さっきとは逆で浮くと思う。 ・ずっと動き続けると思う。 ○実際にやってみよう。 ・浮いたと思ったらすぐに沈んだ。 ・なぜ浮いたり沈んだりしたのだろう。 ・気泡がつくことで上にいく力が強くなったのではないか。 ☆レーズンが浮き上がるのは気泡がつくことで何が変化したからなのだろうか。 ・密度が変わったってことではないだろうか。 ・気泡がつくと体積が変わるよね。 ・質量も気泡がつけば大きくなるはずだ。 ・表面積も増えてるはずだ。 ・どれが関係しているのだろう。 ○次回は何が変化したのか検証実験をしていきます。科学者の人も来てくれてアドバイスしてくれますので、どんな実験をしたらいいか考えよう。	・全員が観察できるように班の数分レーズンと炭酸水を用意する。 ・水と炭酸水の比較をすることで気泡に着目させる。
2 3	☆レーズンが浮き上がるのは気泡がつくことで何が変化したからなのだろうか。 ○気泡がつくことで何が変化したのか検証実験をしよう。 ・私たちの班は質量が変化したからだと思うから、どんな実験をしたらいいだろう。 ・体積だと思うんだけど、質量を変えずに体積だけを変えるには・・・。	・科学者の紹介をする。検証実験をするときにアドバイスを求めるよう促す。 □調べたいものだけを変化

	・表面積をまず計算で調べてみよう。 ・同じ体積で質量を変えても浮き上がった力は変わらないな。 ・質量説はこれで違うと思う。 ・同じ質量で体積が違う2つの重りを使えば体積説が調べられるね。 ・同じ質量なのに体積が大きい方が浮き上がる力も大きい。	させて他の条件は統一しているか机間指導する。
4	☆レーズンが浮き上がるのは気泡がつくことで何が変わったからなのだろうか。 ○前回やった実験とわかったことを発表しよう。 <質量説> ・同じ体積で質量の違う金属とプラスチックの重りを使って水に入れたときの軽くなった分の力を比べたら同じだった。 ・色々な重りをつかってみたけど、質量は関係なさそう。 <体積説> ・同じ質量で体積が違う金属とプラスチックの重りを使って調べたら体積が大きい方が浮力が大きくて、体積が小さい方が浮力が小さかった。 ・質量は同じだから体積の大きさが関係しているはずだ。 <表面積説> ・粘土を使って調べてみたけど、表面積が小さくても大きくても浮力の大きさは変わらなかったから関係なさそう。	・実験をして、ここまでわかったけど、ここからがわからないなど、自分たちがやった、わかったことを発表するよう指導する。 □何を調べるために条件をどうしたか問い返すことで情報を整理させる。
5	☆レーズンが浮き上がるのは気泡がつくことで何が変わったからなのだろうか。 ○レーズンが浮き沈みするのはレーズンにどんな力が働いていたからなのだろうか、まとめてみよう。 ・下に沈んでいた時は重力が浮力よりも大きかったからだね。 ・浮き始めたってことは気泡がつくことで浮力の方が大きくなったってことか。 ・ずっと浮いているものもあったよ。これは重力と浮力が釣り合っていたからなんだね。 ・気泡がつくことで体積が大きくなって浮力が変化するから浮いたり沈んだりしたんだね。	・レーズンの浮き沈みから浮力と重力の力の関係がどうだったか、レポートとしてまとめる。

検証実験授業②

- 1 対象 中学校第2学年
- 2 領域 エネルギー
- 3 内容 電流
- 4 授業計画

直列回路と並列回路

	学習活動	支援
1 2 3	○豆電球の直列回路をつくろう ・片方の豆電球の方が明るい ○同じ道具を使って並列回路をつくろう ・直列回路のときに明るかった豆電球が、並列回路だと暗くなった！ ・回路が変わると明るくなる豆電球が逆になる 直列回路と並列回路では明るさを変化させるどのような違いがあるのだろう ・回路によって流れる電流の大きさが違う？ ・回路によって豆電球に加わる電圧の大きさが変わる？ ・直列回路に流れる電流の大きさを調べる ・直列回路のそれぞれの豆電球に加わる電圧の大きさを調べる ・並列回路のそれぞれの豆電球に流れる電流の大きさを調べる ・並列回路のそれぞれの豆電球に加わる電圧の大きさを調べる ・直列回路：電流の大きさはどこも等しい 電圧は、電源の電圧の大きさが2つの豆電球に分かれて加わる ・並列回路：2つの豆電球にはそれぞれ違う大きさの電流が流れ、それらを足した値は直列回路の電流の大きさよりも大きい 2つの豆電球に、電源と同じ大きさの電圧がそれぞれ加わっている ○直列回路と並列回路の豆電球の明るさの違いを説明しよう。 ・直列回路では流れる電流の大きさは同じなので、加わる電圧が大きい方の豆電球の方が明るい ・並列回路では2つの豆電球に加わる電圧の大きさは同じなので、流れる電流が大きい方の豆電球が明るい。 ・豆電球の明るさは、豆電球の電力が大きい方が明るい。	・1.5V用と2.5V用の豆電球で回路をつくる。 ・明るく光った方の豆電球に付箋を貼る。 ・課題解決の方法は個人で考えるが、実験はグループで行ってもよいとする。 ・全体で確認する。

検証実験授業②

- 1 対象 中学校第3学年
- 2 領域 エネルギー
- 3 内容 運動の規則性
- 4 授業計画

時数	☆本時の生徒の思い ○学習活動 ・生徒のあらわれ	・手立て □支援 ◆評価
1	○ばねについての知識を再確認する。 ・ばねは引っ張った時に戻ろうとする力が大きい。 ・引っ張らないと戻ろうとする力は小さい。 ○ばねで引いた力学台車の運動はどのようになるだろうか。 ・最初は速くて遅くなっていくんじゃないか ・でも最初は止まっているところからスタートするからゆっくり動き出すのではないか。 ○実際にやって記録テープで記録をとろう。 ・最初は遅いけどだんだん速くなるね。 ・でも最後には一定になってくるよ。 ○ばねの力と記録テープで作ったグラフでどこが関係しているの？ ・最初は力が強くて、段々と力が弱くなっていくわけだから・・・ ・0.1 秒と 0.2 秒のグラフとの差が時間が経つにつれて段々と小さくなってきている。 ☆力が関係しているのは「速さの差」と言っているのだろうか。この課題に対して次回以降、他の事例で検証していこう。	・全員が観察できるように班の数分レーズンと炭酸水を用意する。 ・水と炭酸水の比較をすることで気泡に着目させる。
2 3 4	☆力が関係しているのは「速さの差」と言っているのだろうか。他の事例で検証しよう。 ・今回は力の変化は最初は強くて、段々と力は弱くなっていく運動だったね。 ・力がずっとかかり続けているときはどうなるのだろう。 ・どうやったらその状態を再現できるだろうか。 ・力が段々強くなっていくこともできそうだよね。 ・でもどうやってその実験をすればいいだろうか。	・力が段々と小さくなる事例を示したので、他にも力が一定にかかる事例、力が段々と大きくなる事例もあることを机間指導しながら示していく。 □調べたいものだけを変化させて他の条件は統一しているか机間指導する。
4	☆力が関係しているのは「速さの差」と言っているのだろうか。 ○前回までにやった実験とわかったことを発表しよう。 ・自由落下運動で力を一定にしてみたんだけど、グラフを作ると、速さの差も一定になったから関係あると言ってもいいと思う。 ・斜面を作って同じように力を一定にしてグラフを作ったら速さの差は一定になった。だから関係あると言ってもいいと思う。 ・同じように斜面を作ってグラフを作ってみたら、速さの差が一定になって。さらに、角度を変えたら、角度によってその差は違った。だから角度が違えば力の大きさも変わるから差が変わったと思う。	・実験をして、ここまでわかったけど、ここからがわからないなど、自分たちがやった、わかったことを発表するよう指導する。 □何を調べるために条件をどうしたか問い返すことで情報を整理させる。
5	○力が関係しているのは「速さの差」と言っているのだろうか。 ・力が小さくなるときも力が一定になるときも、速さの差が影響していると言っていると思う。 ・力がかかっていないときの運動だとグラフも一定になると言えるね。 ・力がかかっていないのに運動するってどういう運動になるの？	◆力と運動の関係について、力の有無、大きさによって物体の運動がどう変化するのかパターン分けして説明できる。 ・等速直線運動や慣性の法則について説明する。

【藤枝市立青島中学校】理数好きな生徒を育てる探究学習推進プラン

1. 研究の背景

平成 30 年度の全国学力・学習状況調査における中学生の質問紙調査（以下全国調査）では、「観察や実験を行うことは好きですか」という質問への肯定的な回答は 82.1%であった。また、「理科の授業では、理科室で観察や実験をどのくらい行いましたか」では「月 1 回以上」という回答が 86.4%に上った。このことから、生徒が魅力であると感じている実験が学校現場では比較的頻繁に行われていると言える。

一方で、全国調査における「将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思いますか」という質問への肯定的な回答はわずか 22.8%であった。令和 4 年度の同質問においても、その傾向は等しく、肯定的な回答が 22.6%である。これらのことから、生徒にとって魅力である実験が、生徒の理科好きに寄与していないことがわかる。

そこで、その原因が「実験の在り方」にあるのではないかと考えた。実際に、全国調査では「理科の授業では、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てていますか」の質問に対して肯定的な回答をした生徒はわずか 58.4%である。これは、観察・実験が探究の文脈になっていない授業が多いことを示している。そこで、授業での実験が探究的であるいわゆる「検証実験」になっていることが理科好きの生徒を育てるための手掛かりになるのではないかと考えた。

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）では、理科では育成を目指す資質・能力を、「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的な技能」、「科学的に探究する力」、「科学的に探究しようとする態度」と整理されており、探究の重要性が読み取れる。生徒が実験を探究の文脈に乗せ「検証実験」を行うためには、「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的な技能」として「検証の意義の理解」と、「科学的に探究する力」として検証実験を考える際に必要な「論理的・分析的・統合的な思考力」と、「科学的に探究しようとする態度」の 3 つの要素が重要であると考えた。

「検証の意義の理解」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」「科学的に探究しようとする態度の涵養」のためには、観察、実験方法の自由選択を通して検証する授業（検証実験授業）が有効であると考えた。検証実験授業の実現のためには、生徒にとって観察、実験を行いたくなるような魅力ある課題や、様々な観察、実験方法が思いつくような課題を設定する必要がある。また、生徒が観察、実験の際に必要な物的環境や人的環境を吟味し、生徒が探究に行きづまった際の働きかけが大切になってくる。そのため、専門家の意見を聞いたり、専門家と共に授業を行ったりする機会を設けることが、検証実験授業を行う上で有効にはたらくと考えられる。

したがって、本研究においては、専門家の意見を聞いたり、専門家と共に授業を行ったりする機会を設け検証実験授業を行うことが、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」を促し、「積極的な取り組みと楽しさの実感」を伴う理数好きな生徒を育てることに繋がると考えた（図 1）。

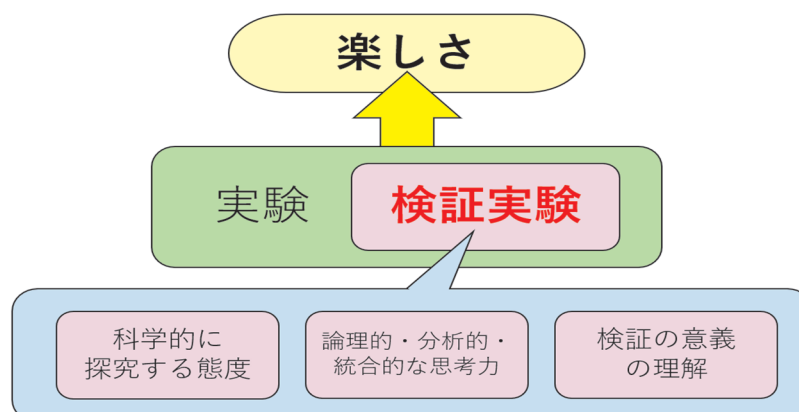


図 1 本研究のイメージ

2. 研究の目的

本研究では、検証実験授業を行うことが、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」を促し、「積極的な取り組みと楽しさの実感」を伴う理数好きな生徒の育成に与える効果について明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

生徒の「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」、「積極的な取り組みと楽しさの実感」を問うための質問紙を作成し、年間を通して4回の調査を実施する。1回目は本研究実施前に実施し、生徒の実態を把握する。2回目は「検証実験授業①」と「科学者による講演会」を行った後に実施し、その効果の検討をする。3回目は「科学者との共同授業」を行った後に実施し、その効果の検討をする。4回目は「検証実験授業②」を行った後に実施し、その効果の検討をする。

4. 研究実践

(i) 質問紙調査

質問紙の作成にあたり、平成30年度の全国学力・学習状況調査における中学生の質問紙調査を参考に、本研究では「積極的な取り組みと楽しさの実感」に関して12項目、「科学的に探究する態度の涵養」に関して15項目、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」に関して6項目、「検証の意義の理解」に関して8項目を設定した。また、3回目の質問紙調査からは、本事業を通して生徒が理科を好きになったかを確認し、さらにその要因を探るために、「理科好き」に関して3項目を追加し、合計44項目を設定した(表1)。

このように作成した各質問項目に対して、「そう思う・当てはまる」から「そう思わない・当てはまらない」まで4段階のいずれかを選択する形式で行った。なお、質問項目「q_43」、「q_44」は自由記述とした。

この質問紙の作成に当たっては、中学校の理科担当教師6名で、生徒の意識を捉えることができるかという観点から、各項目の内容や文章表現の妥当性について検討した。

表1 質問項目

q_1	積極的な取り組みと楽しさの実感	理科の授業以外でも、観察や実験を行いたいと思う。
q_2		理科の授業以外でも、自分の力で新たな事実を発見したいと思う。
q_3		理科の授業以外でも、科学に関する内容を他の人に説明したり、共有したりしたいと思う。
q_4		理科の授業以外でも、科学が学べる場所(科学館や博物館など)に行ってみたいと思う。
q_5		理科の授業以外でも、本や新聞を読んだり、HPなどを閲覧したりして科学に関する情報を知りたいと思う。
q_6		理科の授業以外でも、観察や実験を行っている。
q_7		理科の授業以外でも、自分の力で新たな事実を発見しようとしている。
q_8		理科の授業以外でも、科学に関する内容を他の人に説明したり、共有したりしている。
q_9		理科の授業以外でも、科学が学べる場所(科学館や博物館など)に行っている。
q_10		理科の授業以外でも、本や新聞を読んだり、HPなどを閲覧したりして科学に関する情報を得ている。
q_11		探究を続けることは、自らの成長につながると感じる。
q_12		探究を続けることは、自分の将来にとって有意義だと感じる。
q_13	科学的に探究する態度の涵養	自然の事物・現象について、疑問をもとうとしている。
q_14		自分の仮説を立てようとしている。
q_15		ものごとを検証実験によって明らかにしようとしている。
q_16		手順を考え、計画的に実験や観察を行おうとしている。
q_17		先入観にとらわれず、事実を正確にとらえようとしている。
q_18		観察結果や実験結果を正確に記録しようとしている。
q_19		実験結果のデータを分析し、意味のある結論を導き出そうとしている。
q_20		実験結果が予想と異なる場合、その理由を考えようとしている。
q_21		感覚や直観ではなく、根拠をもとに考察しようとしている。

q_22		仲間や教師と議論をすることで、自分自身のより深い理解につなげようとしている。
q_23		探究によって明らかになったことを、他の学習や日常生活に活かそうとしている。
q_24		探究活動にやりがいを感じる。
q_25		自然の事物・現象について、自ら調べようとしている。
q_26		検証実験の方法や、仮説などを考える際に、皆とは異なる新しいアイデアを出そうとしている。
q_27		科学的な探究を一度きりのものとせず、次の学びに活かそうとしている。
q_28	合理的・分析的・統 合的な思考力の育成	仮説を立てる際、根拠をもとに検証実験が可能な仮説を立てることができる。
q_29		実験計画を立てる際、目的に応じた適切な方法を選ぶことができる。
q_30		実験結果のデータを分析し、意味のある結論を導き出すことができる。
q_31		感覚や直観ではなく、根拠をもとに考察することができる。
q_32		複数の観察・実験結果を組み合わせることで考察することができる。
q_33		探究によって明らかになったことを、他の学習や日常生活に活かすことができる。
q_34	検証の意義の理解	理科において、検証実験の重要性を理解している。
q_35		検証実験を行うことで、新たな発見があることを実感している。
q_36		検証実験を行うことで、仮説の正しさを判断できることを実感している。
q_37		検証実験を行うことで、感覚や直観ではなく、根拠をもとに考察できることを実感している。
q_38		検証を行うことで、今までの知識が深まることを実感している。
q_39		検証実験を行うことで、他者に科学的な事実を伝えられることを実感している。
q_40		検証実験を行うことで、新たな疑問や課題が生まれることを実感している。
q_41		検証実験を行うことが、日常生活や社会に影響を与えることを実感している。
q_42	理科好き	4月に比べて、理科を好きになりましたか。（質問紙調査3回目と4回目）
q_43		「q_42」でそのように回答した理由を教えてください。（質問紙調査3回目と4回目）
q_44		授業の感想を書いてください。（※量的な変化の要因をテキストから探るため） ・質問紙調査3回目は、科学者との共同授業実施後 ・質問紙調査4回目は、検証実験授業実施後

（ii）調査対象と実施時期

調査対象は、本研究に対して協力を得られた公立中学校の2年生と3年生である。このような調査対象の学習者に対して、表2に示すように令和7年4月から令和8年1月にかけて実践した。

表2 実施スケジュール

月	学年	4月	5月	6月	7月	8月	9月
実施回数	2年	質問紙調査 1回目	「検証実験 授業」の実施 ①		科学者によ る講演会 質問紙調査 2回目	自由研究の 成果報告会 の実施	
	3年						
月	学年	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実施回数	2年			科学者との 共同授業の 実施 質問紙調査 3回目	「検証実験 授業」の実施 ② 質問紙調査 4回目		
	3年	科学者との 共同授業の 実施 質問紙調査 3回目	「検証実験 授業」の実施 ② 質問紙調査 4回目				

5. 結果と分析

本研究では、次の6点について分析をした。

- ・質問紙調査1回目の分析
- ・質問紙調査1回目と2回目における比較
- ・質問紙調査2回目と3回目における比較
- ・自由記述に関する分析（理科を好きになった理由）
- ・質問紙調査3回目と4回目における比較
- ・自由記述に関する分析（授業の感想）

なお、分析における統計的検定はEZR Ver.1.52 及びjs-STAR version 9.8.4j を用い、自由記述に関する分析はユーザーローカルによるAIテキストマイニングとKH Coder ver.3.Beta.01c による ChaSen 及び R ver3.1.10 を用いた。

【見込みと実際】

(i) 【質問紙調査1回目の分析】

本事業実施前の生徒の実態を把握する。

- ・「肯定的な意見(4, 3)」と「否定な意見(2, 1)」の回答数を直接確率計算（両側検定）により比較する。

→多くの項目で肯定的に捉えている回答が有意に高い。

「積極的な取り組みと楽しさの実感」を問う項目については、他の項目と比べて肯定的には捉えていない様子が窺える。

(ii) 【質問紙調査1回目と2回目における比較】

「探究授業①」と「科学者による講演会」を行うことによる効果の検討をする。

- ・前後の回答分布を Wilcoxon の符号付順位検定（両側検定）で比較する。
- ・多重比較に伴う危険率の調整は Bonferroni 法を用いる。

→予想に反していくつかの項目において有意に上昇が見られた。

(iii) 【質問紙調査2回目と3回目における比較】

「科学者との共同授業」を行うことによる効果の検討をする。

→3年生：有意な上昇は見られず、逆に有意に減少する項目が見られた。

2年生：有意な上昇は見られず、逆に有意傾向に減少する項目が見られた。

「科学者との共同授業」の効果は認められなかった。

(iv) 【自由記述に関する分析（理科を好きになった理由）】

質問紙調査3回目実施後において、理科好きになったと回答する生徒は増えると想定する。
その理由をAIテキストマイニングで分析する。

(v) 【質問紙調査3回目と4回目における比較】

「探究授業②」を行うことによる効果の検討をする。

*多くの項目で上昇が見られるであろう。

→3年生：いくつかの項目で有意な上昇がみられた。

→2年生：有意に上昇する項目は認められなかった。

(vi) 【自由記述に関する分析（授業の感想）】

生徒の意識が変化した要因を調べるために、自由記述（質問紙調査4回目）に関する分析を行う。

- ・形態素解析を行うと共に、共起関係のある語を抽出する。
- ・最小出現数3回以上で、かつ、上位10位までの共起関係を示す語を分析対象として、記述の特徴を探る。

→3年生：生徒は自分たちの学びの成果を実感したことが、質問紙調査3回目と4回目で各項目の上昇を促した要因であると考えられる。

2年生：質問紙調査3回目と4回目で量的には有意に上昇する項目が認められなかったが、授業の感想を用いた質的分析から、生徒は探究授業を通して多くの楽しさを感じていることが明らかになった。

(i) 質問紙調査1回目の分析

本研究実施前の生徒の意識を明らかにするために、各質問項目における肯定的な意見と否定的な意見に関する比較を行った。4段階「4：そう思う・当てはまる」から「1：そう思わない・当てはまらない」の回答を「肯定的な意見(4, 3)」, 「否定的な意見(2, 1)」として、2つの意見の回答数を直接確率計算(両側検定)により比較した。表3は2年生, 表4は3年生である。

表3 統計分析(2年生)

項目	4	3	2	1	肯定的な意見	肯定的な意見	p
q_1	55	83	75	14	138	89	**
q_2	51	98	65	13	149	78	**
q_3	54	79	74	20	133	94	*
q_4	68	84	63	12	152	75	**
q_5	33	75	95	24	108	119	n.s.
q_6	15	50	105	57	65	162	**
q_7	29	70	102	26	99	128	†
q_8	26	74	95	32	100	127	†
q_9	30	59	94	44	89	138	**
q_10	27	60	101	39	87	140	**
q_11	74	117	30	6	191	36	**
q_12	63	108	45	11	171	56	**
q_13	42	131	51	3	173	54	**
q_14	41	132	48	6	173	54	**
q_15	65	115	37	10	180	47	**
q_16	62	121	40	4	183	44	**
q_17	55	124	41	7	179	48	**
q_18	97	105	21	4	202	25	**
q_19	55	125	40	7	180	47	**
q_20	73	114	35	5	187	40	**
q_21	51	123	48	5	174	53	**
q_22	49	127	46	5	176	51	**
q_23	36	107	72	12	143	84	**
q_24	68	109	42	8	177	50	**
q_25	28	98	87	14	126	101	n.s.
q_26	42	93	78	14	135	92	*
q_27	41	120	60	6	161	66	**
q_28	39	125	55	8	164	63	**
q_29	49	129	45	4	178	49	**
q_30	45	121	55	6	166	61	**
q_31	50	127	44	6	177	50	**
q_32	48	120	51	8	168	59	**
q_33	35	111	66	15	146	81	**
q_34	85	114	24	4	199	28	**
q_35	88	115	19	5	203	24	**
q_36	70	122	27	8	192	35	**
q_37	70	112	40	5	182	45	**
q_38	81	114	25	7	195	32	**
q_39	50	120	50	7	170	57	**
q_40	59	126	36	6	185	42	**
q_41	42	111	57	17	153	74	**
q_42							
q_43							
q_44							
n=227 **p<.01 *p<.05 †p<.10 n.s. p>.10							

表4 統計分析(3年生)

項目	4	3	2	1	肯定的な 意見	肯定的な 意見	p
q_1	74	84	51	5	158	56	**
q_2	69	97	42	6	166	48	**
q_3	57	87	59	11	144	70	**
q_4	61	88	51	14	149	65	**
q_5	41	94	69	10	135	79	**
q_6	15	49	107	43	64	150	**
q_7	32	93	72	17	125	89	*
q_8	37	78	82	17	115	99	n.s.
q_9	18	58	89	49	76	138	**
q_10	28	66	90	30	94	120	†
q_11	89	116	9	0	205	9	**
q_12	77	105	32	0	182	32	**
q_13	69	117	25	3	186	28	**
q_14	61	130	22	1	191	23	**
q_15	76	114	20	4	190	24	**
q_16	67	123	22	2	190	24	**
q_17	52	129	32	1	181	33	**
q_18	99	102	13	0	201	13	**
q_19	71	114	28	1	185	29	**
q_20	86	108	17	3	194	20	**
q_21	54	129	28	3	183	31	**
q_22	85	108	21	0	193	21	**
q_23	52	95	65	2	147	67	**
q_24	86	108	19	1	194	20	**
q_25	41	104	65	4	145	69	**
q_26	37	109	67	1	146	68	**
q_27	53	116	44	1	169	45	**
q_28	44	125	45	0	169	45	**
q_29	52	138	23	1	190	24	**
q_30	49	137	27	1	186	28	**
q_31	60	118	34	2	178	36	**
q_32	53	131	30	0	184	30	**
q_33	38	120	51	5	158	56	**
q_34	87	114	12	1	201	13	**
q_35	95	107	11	1	202	12	**
q_36	82	118	13	1	200	14	**
q_37	80	112	20	2	192	22	**
q_38	99	100	15	0	199	15	**
q_39	56	119	36	3	175	39	**
q_40	74	118	20	2	192	22	**
q_41	41	114	55	4	155	59	**
q_42							
q_43							
q_44							
n=214 **p<.01 *p<.05 †p<.10 n.s. p>.10							

分析の結果、2年生は「q_5」「q_6」「q_7」「q_8」「q_9」「q_10」以外、3年生は「q_6」「q_8」「q_9」「q_10」以外は、肯定的な回答が否定的な回答より有意に高いことが明らかになった。2年生、3年生共に「積極的な取り組みと楽しさの実感」を問う項目については、他の項目と比べて肯定的には捉えていない様子が窺える。

したがって、本事業を通して生徒が「積極的な取り組みと楽しさの実感」を意識できるようになる仕組みづくりが必要だと考えられる。

(ii) 質問紙調査 1 回目と 2 回目における比較

科学者による講演会を行うことにより、生徒の意識に変化が生じたか確かめるために、質問紙調査 1 回目と 2 回目の各項目における回答分布を Wilcoxon の符号付順位検定により比較（両側検定）で比較した（表 5、表 6）。なお、この後の分析において、質問紙調査 2 回目と 3 回目における比較と質問紙調査 3 回目と 4 回目における比較を行うため、多重比較に伴う危険率の調整は Bonferroni 法を用いて行った。

表 5 1 回目と 2 回目の比較（2 年生）

項目	質問紙調査 1 回目				質問紙調査 2 回目				p
	4	3	2	1	4	3	2	1	
q_1	51	80	65	13	47	92	52	18	n.s.
q_2	46	93	57	13	48	97	53	11	n.s.
q_3	49	74	68	18	40	93	65	11	n.s.
q_4	62	79	57	11	70	86	39	14	n.s.
q_5	29	71	85	24	34	89	66	20	*
q_6	11	45	99	54	18	48	97	46	n.s.
q_7	26	64	94	25	32	70	89	18	n.s.
q_8	23	68	87	31	27	76	77	29	n.s.
q_9	26	55	88	40	31	68	78	32	n.s.
q_10	24	56	92	37	23	71	76	39	n.s.
q_11	68	108	27	6	84	99	23	3	†
q_12	59	99	41	10	79	87	36	7	*
q_13	39	121	46	3	50	130	28	1	**
q_14	39	125	39	6	29	132	41	7	n.s.
q_15	61	105	34	9	45	119	39	6	n.s.
q_16	57	111	37	4	56	118	30	5	n.s.
q_17	53	114	36	6	54	129	23	3	n.s.
q_18	89	97	19	4	85	108	14	2	n.s.
q_19	52	115	35	7	54	120	31	4	n.s.
q_20	65	107	32	5	64	113	29	3	n.s.
q_21	48	115	41	5	54	117	34	4	n.s.
q_22	44	116	44	5	66	121	21	1	**
q_23	32	101	65	11	43	105	54	7	*
q_24	63	99	39	8	80	91	35	3	*
q_25	24	93	78	14	37	87	72	13	n.s.
q_26	38	89	69	13	42	106	59	2	*
q_27	38	113	52	6	43	112	51	3	n.s.
q_28	35	118	49	7	38	129	38	4	n.s.
q_29	44	122	40	3	46	127	32	4	n.s.
q_30	40	112	51	6	42	126	37	4	n.s.
q_31	46	119	38	6	57	124	25	3	*
q_32	43	114	45	7	44	127	32	6	n.s.
q_33	31	103	61	14	39	111	52	7	*
q_34	79	104	22	4	69	119	17	4	n.s.
q_35	79	106	19	5	73	112	22	2	n.s.
q_36	63	114	24	8	66	114	26	3	n.s.
q_37	67	101	36	5	71	111	23	4	n.s.
q_38	76	104	23	6	74	110	22	3	n.s.
q_39	48	109	45	7	58	113	34	4	†
q_40	54	116	33	6	64	110	31	4	n.s.
q_41	38	103	52	16	53	106	39	11	**
q_42									
q_43									
q_44									

$n=209$ ** $p<.01$ * $p<.05$ † $p<.10$ n.s. $p>.10$

表 6 1 回目と 2 回目の比較（3 年生）

項目	質問紙調査 1 回目				質問紙調査 2 回目				p
	4	3	2	1	4	3	2	1	
q_1	64	79	49	4	63	100	31	2	n.s.
q_2	63	89	38	6	73	99	23	1	**
q_3	50	82	54	10	60	91	43	2	**
q_4	56	78	50	12	71	86	37	2	**
q_5	37	87	63	9	54	87	49	6	**
q_6	13	45	99	39	24	55	101	16	**
q_7	26	89	68	13	45	92	56	3	**
q_8	33	72	75	16	40	89	63	4	**
q_9	16	52	82	46	28	64	80	24	**
q_10	24	62	84	26	40	68	72	16	**
q_11	81	106	9	0	99	87	10	0	n.s.
q_12	69	97	30	0	93	85	18	0	**
q_13	60	110	23	3	68	116	12	0	*
q_14	54	120	21	1	67	113	14	2	n.s.
q_15	64	108	20	4	72	104	19	1	n.s.
q_16	61	112	21	2	74	110	11	1	†
q_17	45	121	29	1	71	108	17	0	**
q_18	91	92	13	0	103	89	4	0	†
q_19	65	102	28	1	89	102	5	0	**
q_20	77	100	16	3	95	94	7	0	**
q_21	46	119	28	3	75	106	12	3	**
q_22	77	100	19	0	91	93	12	0	†
q_23	47	89	58	2	52	107	36	1	*
q_24	75	102	19	0	90	90	16	0	†
q_25	34	97	61	4	54	99	42	1	**
q_26	30	103	61	2	70	86	40	0	**
q_27	46	110	39	1	65	105	26	0	**
q_28	39	116	41	0	59	119	17	1	**
q_29	49	127	19	1	63	118	15	0	†
q_30	46	126	24	0	72	113	11	0	**
q_31	53	110	32	1	68	108	19	1	*
q_32	48	121	27	0	72	102	22	0	**
q_33	34	110	47	5	58	100	36	2	**
q_34	78	107	10	1	94	95	6	1	†
q_35	85	100	10	1	98	91	7	0	n.s.
q_36	74	109	13	0	90	97	9	0	n.s.
q_37	70	105	20	1	86	100	10	0	*
q_38	89	94	13	0	96	91	9	0	n.s.
q_39	48	113	33	2	80	102	13	1	**
q_40	65	110	20	1	93	91	12	0	**
q_41	37	105	51	3	62	107	24	3	**
q_42									
q_43									
q_44									

$n=196$ ** $p<.01$ * $p<.05$ † $p<.10$ n.s. $p>.10$

分析の結果、2 年生は 10 項目において有意な上昇が見られた。有意な上昇が見られた 10 項目中、5 項目が「科学的に探究する態度の涵養」に関するものであった。このことから、生徒は科学者からの講演を聞き、科学者が行う研究について触れることで、探究活動を身近に感じられるようになったと考えられる。講演終了後に、科学者に質問をする生徒が何人も見られたことから、生徒の関心の高さを感じることができた。

3 年生については、28 項目において有意な上昇がみられた。2 年生同様「科学的に探究する態度の涵養」に関する項目だけでなく、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」の項目においても上昇した。また、生徒からは「普段の授業でやっていることと、科学者がやっていることはすごく似ていた。」という声が聞かれた。このことから、3 年生は今までに自ら行ってきた探究活動と科学者の講演を重ね合わせたことが、各項目の上昇を促した要因の一つであると考えられる。

(iii) 質問紙調査 2 回目と 3 回目における比較

科学者との共同授業を行うことにより、生徒の意識に変化が生じたか確かめるために、質問紙調査 2 回目と 3 回目の各項目における Wilcoxon の符号付順位検定により比較（両側検定）で比較した（表 7、表 8）。なお、多重比較に伴う危険率の調整は Bonferroni 法を用いた。

表 7 2 回目と 3 回目の比較（2 年生）

項目	質問紙調査 2 回目				質問紙調査 3 回目				p
	4	3	2	1	4	3	2	1	
q_1	45	78	47	16	39	95	44	8	n.s.
q_2	44	85	48	9	50	95	36	5	n.s.
q_3	33	82	61	10	39	85	54	8	n.s.
q_4	65	76	34	11	63	80	38	5	n.s.
q_5	32	74	63	17	29	82	63	12	n.s.
q_6	16	40	88	42	10	28	95	53	*
q_7	27	59	84	16	21	67	80	18	n.s.
q_8	23	67	70	26	22	61	80	23	n.s.
q_9	28	59	71	28	23	50	93	20	n.s.
q_10	21	62	67	36	17	57	89	23	n.s.
q_11	74	92	19	1	69	102	13	2	n.s.
q_12	71	74	35	6	60	100	24	2	n.s.
q_13	46	114	26	0	59	99	23	5	n.s.
q_14	27	116	39	4	47	104	28	7	†
q_15	38	107	37	4	46	95	43	2	n.s.
q_16	49	106	29	2	47	107	30	2	n.s.
q_17	48	115	22	1	46	115	24	1	n.s.
q_18	77	95	13	1	59	110	16	1	n.s.
q_19	51	105	28	2	49	108	28	1	n.s.
q_20	60	98	27	1	58	110	17	1	n.s.
q_21	51	101	32	2	55	101	27	3	n.s.
q_22	61	105	20	0	53	104	26	3	n.s.
q_23	39	93	50	4	32	100	48	6	n.s.
q_24	71	81	33	1	60	102	23	1	n.s.
q_25	34	73	68	11	32	83	64	7	n.s.
q_26	36	95	54	1	30	99	54	3	n.s.
q_27	39	98	48	1	41	110	33	2	n.s.
q_28	34	115	35	2	25	122	36	3	n.s.
q_29	41	113	30	2	39	115	28	4	n.s.
q_30	38	112	35	1	37	107	37	5	n.s.
q_31	52	110	23	1	47	102	36	1	n.s.
q_32	41	114	27	4	37	114	34	1	n.s.
q_33	36	98	48	4	30	94	53	9	n.s.
q_34	64	104	16	2	65	104	16	1	n.s.
q_35	65	99	22	0	73	97	15	1	n.s.
q_36	60	101	24	1	60	112	12	2	n.s.
q_37	65	96	22	3	55	111	19	1	n.s.
q_38	68	95	21	2	63	105	15	3	n.s.
q_39	54	96	33	3	51	103	31	1	n.s.
q_40	57	96	30	3	52	113	20	1	n.s.
q_41	47	91	38	10	41	106	36	3	n.s.
q_42					75	86	22	3	
q_43									
q_44									

$n=186$ ** $p<.01$ * $p<.05$ † $p<.10$ n.s. $p>.10$

表 8 2 回目と 3 回目の比較（3 年生）

項目	質問紙調査 2 回目				質問紙調査 3 回目				p
	4	3	2	1	4	3	2	1	
q_1	60	88	23	2	64	76	30	3	n.s.
q_2	66	90	17	0	64	88	16	5	n.s.
q_3	55	81	36	1	49	87	33	4	n.s.
q_4	65	75	32	1	63	73	31	6	n.s.
q_5	48	79	43	3	42	76	49	6	n.s.
q_6	22	49	92	10	20	40	82	31	†
q_7	41	85	45	2	38	78	49	8	n.s.
q_8	38	79	54	2	38	68	57	10	n.s.
q_9	25	56	72	20	21	37	90	25	n.s.
q_10	36	61	62	14	28	48	78	19	n.s.
q_11	89	77	7	0	85	81	6	1	n.s.
q_12	83	75	15	0	72	88	11	2	n.s.
q_13	65	98	10	0	68	90	13	2	n.s.
q_14	58	102	11	2	57	99	14	3	n.s.
q_15	64	90	18	1	59	90	21	3	n.s.
q_16	66	96	10	1	53	95	22	3	*
q_17	64	94	15	0	52	98	22	1	n.s.
q_18	89	80	4	0	76	82	13	2	†
q_19	79	90	4	0	72	90	9	2	n.s.
q_20	85	84	4	0	73	92	5	3	n.s.
q_21	66	94	10	3	58	100	11	4	n.s.
q_22	81	82	10	0	73	87	10	3	n.s.
q_23	48	93	31	1	54	83	33	3	n.s.
q_24	78	80	15	0	81	80	11	1	n.s.
q_25	49	87	37	0	47	81	39	6	n.s.
q_26	63	78	32	0	54	81	34	4	n.s.
q_27	57	95	21	0	57	94	19	3	n.s.
q_28	51	106	15	1	47	99	24	3	n.s.
q_29	56	105	12	0	50	98	22	3	n.s.
q_30	61	102	10	0	55	99	17	2	n.s.
q_31	60	93	19	1	53	93	23	4	n.s.
q_32	63	92	18	0	57	99	15	2	n.s.
q_33	53	88	31	1	46	89	33	5	n.s.
q_34	87	81	4	1	80	81	9	3	n.s.
q_35	86	81	6	0	79	88	5	1	n.s.
q_36	79	85	9	0	80	86	5	2	n.s.
q_37	75	89	9	0	65	99	7	2	n.s.
q_38	87	78	8	0	86	78	7	2	n.s.
q_39	72	90	11	0	64	93	13	3	n.s.
q_40	84	80	9	0	74	93	5	1	n.s.
q_41	55	94	21	3	52	88	27	6	n.s.
q_42					83	79	8	3	
q_43									
q_44									

$n=173$ ** $p<.01$ * $p<.05$ † $p<.10$ n.s. $p>.10$

分析の結果、2 年生は「積極的な取り組みと楽しさの実感」における 1 項目が有意に減少した。この項目は「理科の授業以外でも、観察や実験を行っている。」を問うものであった。その他の項目については、統計的に有意な差は認められなかった。

また 3 年生については、「科学的に探究する態度の涵養」における 1 項目が有意に減少した。この項目は「手順を考え、計画的に実験や観察を行おうとしている。」を問うものであった。また、「観察結果や実験結果を正確に記録しようとしている。」と「理科の授業以外でも、観察や実験を行っている。」の項目についても、有意傾向に減少が見られた。その他の項目については、統計的に有意な差は認められなかった。

このことから、科学者との共同授業を行うことで「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」、「積極的な取り組みと楽しさの実感」に与える効果を見い出すことはできなかった。

質問紙調査 3 回目における q_42「4 月に比べて、理科を好きになりましたか」の項目において、「肯定的な意見(4, 3)」、「否定な意見(2, 1)」として、2 つの意見の回答数を直接確率計算(両側検定)により比較した。分析の結果、2 年生・3 年生ともに肯定的な回答が否定的な回答より有意に高かった($p<.05$)。そこで、q_43「q_42.でそのように回答した理由を教えてください。」の特徴をユーザーローカルによる AI テキストマイニングを用いて分析した。

[illegible]

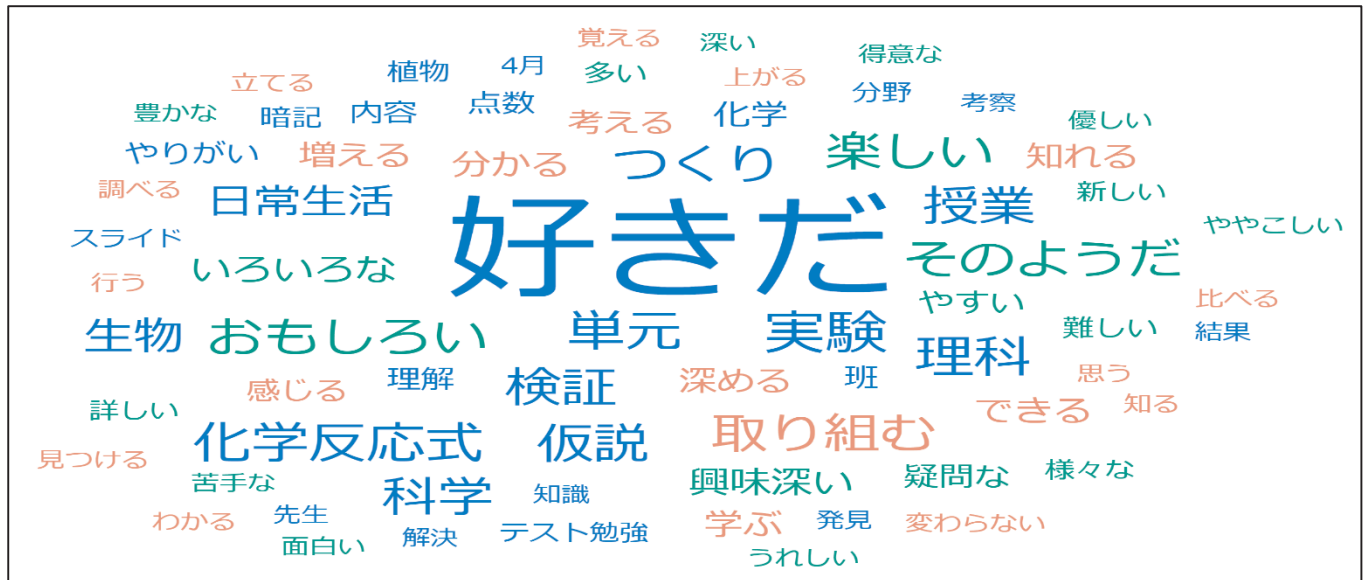
- ・もともと理科は好きだったけど、生物の進化などをやってさらに好きになった。
- ・元々好きな教科だったけど、新しいことを学んで理解していく度にさらに好きになったから。
- ・もともと理科は好きで、今年も実験とかいろいろ楽しい授業があったから。
- ・今までずっと自分は理科が好きな教科だった。理科は実際に実験をして、目で見えるから何が起きているか分かりやすく、他の教科とくらべ興味をもてる。
- ・自分は元から理科が好きであったが、新しい知識が増えていくたびにさらに理科が好きになっているから。
- ・いままで化学の分野などは仕組みがよくわからず苦手でしたが、3年になってイオンや酸アルカリについて理解するととても面白いことが分かり、以前よりも好きになることができました。

- ・実験など根拠を出すのは苦手だけど、仮説を立てるときに前やったことを思い出しながら考えたり、他の人と異なる仮説を楽んだりできるから。
- ・仮説を立てることが得意になり、視点が広がったから。
- ・3年生になって自分たちで実験することが増えて、それによって仮説を立てる力や考察する力が身についたから。

- ・理科で自分たちで検証実験を行うことが増え、実験を通して学びを楽しみ、深められるから。
- ・4月の頃と比べて、「その実験結果がこうなるかもしれない」「この可能性もあるな」など、色々な場合(仮説)を考えて、結果にいくまでに深めて取り組むことができた。

- ・実験などで探究するのが好きだから。
- ・4月のときよりもいろいろな実験をして検証実験の楽しさを実感したから。
- ・実験など探究をすることが多くなってきて面白くなったから。

【2年生】



Retrieved from <https://textmining.userlocal.jp/>

【好きだ】

- ・元々理科が好きだけど、だんだんいろいろなことが分かってきて考えるのが楽しいから。
- ・科学の単元がおもしろくて好きだから。
- ・動物の体のつくりとはたらきという単元が好きだから。

【おもしろい】

- ・授業内容がおもしろいから。
- ・実験でおもしろい現象があって、それを見たり考えたりするのがおもしろいと感じたから。
- ・原子や分子を詳しく学び、おもしろいと感じたから。科学の実験もおもしろく、前よりも理科が楽しみになっていったから。
- ・実験がおもしろい。
- ・実験をして分かるのがおもしろいと思った。

【楽しい】

- ・授業が楽しいから
- ・実験が楽しい。
- ・疑問に思っていたことが理解できたときが楽しいと実感できたから。
- ・理解することができるし、実験をやった新しい知識が増えて楽しいから。

【実験】

- ・今までと違う検証実験をやれたから。
- ・いろいろな実験をして楽しかったから。
- ・対照実験や検証実験をやった様々なやり方で結果を出すことができるのが楽しかったから。
- ・班で実験方法を考えて失敗した時もあったけど、成功できた時がすごく楽しかったから。

【日常生活】

- ・検証実験を行うことで、今まで知らなかったことを知れ、それが日常生活に生きていくと感じたから。
- ・日常生活にたくさん科学がかかわっているから。

(v) 質問紙調査3回目と4回目における比較

2回目の検証実験授業を行うことにより、生徒の意識に変化が生じたか確かめるために、質問紙調査2回目と3回目の各項目におけるWilcoxonの符号付順位検定により比較(両側検定)で比較した(表9、表10)。なお、多重比較に伴う危険率の調整はBonferroni法を用いた。

表9 3回目と4回目の比較(2年生)

項目	質問紙調査2回目				質問紙調査3回目				p
	4	3	2	1	4	3	2	1	
q_1	33	78	39	8	33	80	41	4	n.s.
q_2	40	80	33	5	34	89	32	3	n.s.
q_3	33	74	43	8	23	84	47	4	n.s.
q_4	53	68	32	5	56	60	34	8	n.s.
q_5	23	69	56	10	22	76	52	8	n.s.
q_6	7	24	81	46	12	29	85	32	†
q_7	15	56	73	14	20	59	65	14	n.s.
q_8	18	54	67	19	19	59	70	10	n.s.
q_9	18	46	77	17	24	39	64	31	n.s.
q_10	13	50	76	19	14	49	76	19	n.s.
q_11	56	88	12	2	53	92	13	0	n.s.
q_12	47	86	23	2	39	93	23	3	n.s.
q_13	48	85	22	3	37	94	26	1	n.s.
q_14	39	90	24	5	27	101	29	1	n.s.
q_15	39	80	37	2	31	93	30	4	n.s.
q_16	39	92	25	2	29	95	31	3	n.s.
q_17	37	102	18	1	32	101	24	1	n.s.
q_18	50	95	13	0	47	99	10	2	n.s.
q_19	41	94	22	1	32	105	20	1	n.s.
q_20	50	92	16	0	42	99	16	1	n.s.
q_21	47	87	23	1	37	100	17	4	n.s.
q_22	44	88	23	3	35	103	16	4	n.s.
q_23	25	83	45	5	23	90	41	4	n.s.
q_24	49	88	20	1	47	89	18	4	n.s.
q_25	25	69	58	6	26	70	53	9	n.s.
q_26	22	87	46	3	23	80	48	7	n.s.
q_27	33	92	31	2	21	105	26	6	n.s.
q_28	18	107	31	2	26	92	38	2	n.s.
q_29	33	96	26	3	26	101	28	3	n.s.
q_30	30	93	32	3	28	97	31	2	n.s.
q_31	40	86	31	1	36	85	33	4	n.s.
q_32	31	97	29	1	29	98	28	3	n.s.
q_33	25	74	51	8	23	86	42	7	n.s.
q_34	53	91	13	1	53	87	18	0	n.s.
q_35	60	85	12	1	45	99	14	0	n.s.
q_36	50	95	12	1	49	95	14	0	n.s.
q_37	44	96	17	1	45	89	22	2	n.s.
q_38	52	88	15	3	49	92	15	2	n.s.
q_39	40	89	28	1	37	88	32	1	n.s.
q_40	45	95	17	1	42	96	19	1	n.s.
q_41	30	95	30	3	27	94	34	3	n.s.
q_42	66	71	18	3	52	80	22	4	n.s.
q_43									
q_44									

$n=158$ ** $p<.01$ * $p<.05$ † $p<.10$ n.s. $p>.10$

表10 3回目と4回目の比較(3年生)

項目	質問紙調査2回目				質問紙調査3回目				p
	4	3	2	1	4	3	2	1	
q_1	60	71	26	3	66	81	11	2	n.s.
q_2	59	81	15	5	62	84	12	2	n.s.
q_3	44	82	30	4	54	91	12	3	*
q_4	59	68	27	6	64	66	27	3	n.s.
q_5	38	72	44	6	42	82	32	4	n.s.
q_6	17	38	75	30	20	52	69	19	n.s.
q_7	35	73	44	8	35	85	36	4	n.s.
q_8	35	64	51	10	41	66	48	5	n.s.
q_9	19	36	81	24	21	51	67	21	n.s.
q_10	26	43	72	19	32	57	55	16	n.s.
q_11	78	76	5	1	79	78	2	1	n.s.
q_12	67	81	10	2	69	82	7	2	n.s.
q_13	62	84	12	2	61	91	7	1	n.s.
q_14	51	93	13	3	65	85	9	1	n.s.
q_15	51	86	20	3	64	85	9	2	†
q_16	45	91	21	3	61	87	10	2	*
q_17	46	92	21	1	62	88	7	3	*
q_18	68	78	12	2	77	76	6	1	n.s.
q_19	64	86	8	2	72	80	6	2	n.s.
q_20	67	87	3	3	77	76	6	1	n.s.
q_21	52	95	9	4	67	84	7	2	n.s.
q_22	66	82	9	3	78	73	8	1	n.s.
q_23	47	80	30	3	54	85	19	2	n.s.
q_24	74	75	10	1	77	72	10	1	n.s.
q_25	42	76	36	6	44	82	31	3	n.s.
q_26	47	77	32	4	46	95	18	1	n.s.
q_27	51	88	18	3	50	102	7	1	n.s.
q_28	42	92	23	3	57	91	10	2	*
q_29	46	90	21	3	55	89	14	2	n.s.
q_30	50	92	16	2	62	85	12	1	n.s.
q_31	46	89	21	4	64	82	12	2	**
q_32	50	94	14	2	52	96	11	1	n.s.
q_33	40	86	29	5	49	91	18	2	†
q_34	73	76	8	3	83	74	2	1	†
q_35	73	82	4	1	88	68	2	2	n.s.
q_36	74	80	4	2	79	77	3	1	n.s.
q_37	59	93	6	2	79	75	4	2	†
q_38	79	73	6	2	82	74	3	1	n.s.
q_39	59	86	12	3	68	87	3	2	n.s.
q_40	70	85	4	1	71	84	4	1	n.s.
q_41	49	79	26	6	47	91	19	3	n.s.
q_42	76	73	8	3	82	73	5	0	n.s.
q_43									
q_44									

$n=160$ ** $p<.01$ * $p<.05$ † $p<.10$ n.s. $p>.10$

分析の結果、2年生は「積極的な取り組みと楽しさの実感」の1項目において有意傾向な上昇が見られたものの、有意に上昇する項目は認められなかった。

3年生については、5項目において有意な上昇、4項目において有意傾向な上昇がみられた。ここで上昇がみられた9項目は「積極的な取り組みと楽しさの実感」、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」の全て項目に関わっている。一部の生徒からは、「1回目の検証実験授業では自分で考えるのは難しかったが、2回目の検証実験授業では実験を行っている時にその意味を考えられるようになった。」、「研ぎ澄まされた感じ」という声が聞かれた。

したがって、3年生が2回目の検証実験授業を行うことにより、9項目において上昇が見られた要因を探るために、質問紙調査4回目に記入した授業の感想を分析した。また、2年生においては量的な変化は認められなかったが、質的に効果を探るために授業の感想を分析した。

(vi) 自由記述に関する分析【3年生】

3年生が2回目の検証実験授業を行うことにより、9項目において上昇が見られた要因を探るために、質問紙調査4回目における q_44「授業の感想を書いてください。」の特徴を分析した。自由記述について形態素解析を行うと共に、共起関係のある語を抽出した。一人の生徒が回答した感想記述を1段落とし、1段落中の句点までを1文とし、1文ごとに形態素解析と共起関係のある語の抽出を行った。なお、動詞、名詞、形容詞において、漢字と平仮名で記述されていた語については漢字に統一して修正した。さらに、明らかな誤字は修正した。

生徒160人から204の文の記述があり、総抽出語数3463語、446種類の語が抽出された。その内の助詞や数字、記号などを除いた総抽出語数は1508語、335種類となった。その中で、最小出現数3回以上で、かつ、上位10位までの共起関係を示す語を分析対象とした。最小出現数3回以上の語を表11に、上位10位までの共起関係を示す語と共起関係を表す類似度係数として Jaccard 係数を表12に示した。Jaccard 係数による共起の強さは、一概にいくつ以上あれば共起があると言い切ることはできないが、目安として「0.2以上で共起がある」、「0.3以上で強い共起がある」とする研究が見られる（例えば、本間・小野，2021；長田，2019）。本研究で分析対象となった11ペアの語は、全て Jaccard 係数0.4を上回っている。このことから、分析対象とした11ペアの語は授業感想の特徴を捉えたものであると判断し、これらの語を含む授業感想の内容を精査した。

表11 最小出現数3回以上の語

語	品詞	出現回数	語	品詞	出現回数	語	品詞	出現回数
実験	サ変名詞	99	新た	形容動詞	8	実際	副詞	4
する	動詞 B	91	探究	サ変名詞	8	新しい	形容詞	4
楽しい	形容詞	85	話し合う	動詞	8	深める	動詞	4
分かる	動詞	63	よい	形容詞 B	7	生まれる	動詞	4
できる	動詞 B	52	感じる	動詞	7	大切	形容動詞	4
自分	名詞	46	考察	サ変名詞	7	単元	名詞	4
考える	動詞	42	行う	動詞	7	入る	動詞	4
授業	サ変名詞	31	難しい	形容詞	7	物理	名詞	4
やすい	形容詞（非自立）	30	立てる	動詞	7	良い	形容詞（非自立）	4
なる	動詞 B	28	いく	動詞 B	6	力	名詞 C	4
検証	サ変名詞	28	すごい	形容詞 B	6	いい	形容詞（非自立）	3
おもしろい	形容詞 B	27	よい	形容詞（非自立）	6	これから	副詞 B	3
多い	形容詞	26	クラス	名詞	6	一緒	サ変名詞	3
とても	副詞 B	24	科学	名詞	6	解決	サ変名詞	3
ない	否定助動詞	22	考え	名詞	6	確認	サ変名詞	3
ある	動詞 B	21	前	副詞可能	6	学習	サ変名詞	3
班	名詞 C	21	うまい	形容詞 B	5	気	名詞 C	3
理解	サ変名詞	19	より	副詞 B	5	共有	サ変名詞	3
結果	副詞可能	18	よる	動詞 B	5	出る	動詞	3
思う	動詞	18	意見	サ変名詞	5	身近	形容動詞	3
仮説	名詞	16	協力	サ変名詞	5	生活	サ変名詞	3
やる	動詞 B	15	説明	サ変名詞	5	答え	名詞	3
やすい	形容詞 B	14	知る	動詞	5	頭	名詞 C	3
先生	名詞	14	発見	サ変名詞	5	日常	名詞	3
疑問	形容動詞	12	話	サ変名詞	5	普段	副詞可能	3
深まる	動詞	12	いつも	副詞 B	4	聞く	動詞	3
人	名詞 C	12	いろいろ	形容動詞	4	聞ける	動詞	3
内容	名詞	12	つながる	動詞 B	4	毎回	副詞可能	3
方法	名詞	12	ほしい	形容詞（非自立）	4	立つ	動詞	3
教える	動詞	11	違う	動詞	4	良い	形容詞	3
理科	名詞	11	好き	形容動詞	4	話し合い	サ変名詞	3
たくさん	副詞可能	8						

品詞は KHCoder (Chasen) によるもの

表 12 上位 10 位までの共起関係を示す語

語 A	語 B	$J(A, B)$	語 A	語 B	$J(A, B)$
頭	入る	0.75	自分	考える	0.43
確認	共有	0.50	意見	確認	0.40
日常	生活	0.50	意見	共有	0.40
仮説	立てる	0.47	意見	聞ける	0.40
行う	立つ	0.43	うまく	いく	0.40
分かる	やすい	0.43			

 $J(A, B)$ 語Aと語BのJaccard係数

「自分」と「考える」、「頭」と「入る」、「分かる」と「やすい」、は、自分たちで考えた実験を行うことで頭に入り、授業が分かりやすくなることを示す記述であった。

- ・ 自分たちで考えた実験ができてより頭に入る。
- ・ 自分で考えられて、実験を通して大切なことが分かるので良いと思う。授業が分かりやすく楽しい。
- ・ 最初にその時の単元の実験をやって、実験をやって、結果について班で話し合っ、考察を発表して、レポートを書く、という流れが頭に入ってきやすい。

「意見」と「聞ける」、「意見」と「共有」、「確認」と「共有」、「意見」と「確認」は、検証実験で他の人の意見を聞けたり共有したりして、自分たちの考えを確認することができることを示す記述であった。

- ・ 検証実験が多く、自分が考えたことを他の人と意見の共有ができ、自分の仮説の確認ができるため楽しい。
- ・ 検証実験などで自分たちで確認したり、クラス全体で検証結果や考察を共有したりして、より意見を深めることができてより内容を理解できると感じている。
- ・ 自分の意見を言いやすい環境で、いろいろな人の意見を聞けて楽しい。

「仮説」と「立てる」、「行う」と「立つ」は、仮説を立て、実験を行うことが楽しいことを示す記述であった。

- ・ 先生やクラスメートたちと話し合い、仮説を立て、実験を行って、そこから考察をするのがとても楽しいです。
- ・ 仮説を立て、実験をし、考えをまとめるまで班で協力して行うことができ、とてもおもしろく楽しい。

「日常」と「生活」は、日常生活との関連を示す記述であった。

- ・ 科学者の方のお話を聞くことができ、日常生活に使われているものなどで考えることができ、より理解が深まり、楽しかった。
- ・ 日常生活の現象とつながるところがおもしろかった。

「うまく」と「いく」は、実験がうまくいかない時にすぐには諦めずに取り組みを続け、うまくいったときの達成感を示す記述であった。

- ・ うまく検証がいかないときもありましたが、そのようなときにすぐ諦めずに「じゃあうまくいくまで頑張ろう」という気持ちになって取り組むことができました。
- ・ 台車の実験はうまくいかないことがたくさんあったけれど、うまくいったときの達成感が気持ちよかった。

このことから、3年生の生徒は自分たちの学びの成果を実感したことが、各項目の上昇を促した要因であると考えられる。このような学びの実感は、2回目の検証実験授業を行っただけで得られるものであるとは到底考えられない。生徒は本研究を通して、2回の検証実験授業、科学者による講演会、科学者との共同授業を行っているため、年間を通して学びの成果を実感したことが、各項目の上昇を促した要因の一つであると判断した。

【2年生】

2年生においては質問紙調査3回目と4回目で量的には有意に上昇する項目が認められなかったが、質的に効果を探るために授業の感想を分析した。

生徒158人から181の文の記述があり、総抽出語数2343語、364種類の語が抽出された。その内の助詞や数字、記号などを除いた総抽出語数は1033語、270種類となった。その中で、最小出現数3回以上で、かつ、上位10位までの共起関係を示す語を分析対象とした。最小出現数3回以上の語を表13に、上位10位までの共起関係を示す語と共起関係を表す類似度係数としてJaccard係数を表14に示した。

表13 最小出現数3回以上の語

語	品詞	出現回数	語	品詞	出現回数	語	品詞	出現回数
楽しい	形容詞	79	スライド	サ変名詞	11	結果	副詞可能	4
実験	サ変名詞	66	説明	サ変名詞	11	見る	動詞	4
する	動詞B	56	先生	名詞	11	好き	形容動詞	4
分かる	動詞	36	やる	動詞B	10	取り組む	動詞	4
考える	動詞	33	多い	形容詞	9	進める	動詞	4
やすい	形容詞(非自立)	32	内容	名詞	8	知る	動詞	4
できる	動詞B	30	班	名詞C	8	良い	形容詞(非自立)	4
自分	名詞	26	理解	サ変名詞	8	いい	形容詞(非自立)	3
授業	サ変名詞	22	立てる	動詞	8	すごい	形容詞B	3
なる	動詞B	20	考察	サ変名詞	7	たくさん	副詞可能	3
難しい	形容詞	20	よい	形容詞B	6	つく	動詞B	3
とても	副詞B	17	感じる	動詞	6	ない	形容詞B	3
思う	動詞	17	これから	副詞B	5	なぜ	副詞B	3
面白い	形容詞	17	どう	副詞B	5	学ぶ	動詞	3
ある	動詞B	16	よい	形容詞(非自立)	5	協力	サ変名詞	3
検証	サ変名詞	15	新しい	形容詞	5	最初	名詞	3
ない	否定助動詞	14	深める	動詞	5	思える	動詞	3
理科	名詞	14	いつも	副詞B	4	探究	サ変名詞	3
仮説	名詞	13	覚える	動詞	4	方法	名詞	3
やすい	形容詞B	12	苦手	形容動詞	4	力	名詞C	3
わかる	動詞B	11						

品詞はKHCoder (Chasen) によるもの

表14 上位10位までの共起関係を示す語

語A	語B	$J(A, B)$	語A	語B	$J(A, B)$
仮説	立てる	0.54	実験	楽しい	0.37
つく	力	0.50	考察	立てる	0.36
分かる	やすい	0.48	先生	説明	0.31
自分	考える	0.41	新しい	やる	0.30
どう	いい	0.40	スライド	やすい	0.30
協力	班	0.38			

$J(A, B)$ 語Aと語BのJaccard係数

「実験」と「楽しい」、「仮説」と「立てる」、「考察」と「立てる」、「どう」と「いい」、「新しい」と「やる」、「協力」と「班」、は、検証実験授業を通して生徒が感じた楽しさを示す記述であった。

- ・自分たちで考えて実験することが楽しい。
- ・自分で立てた仮説を導き出したり、仲間と一緒に結果や考察を出したりする作業が楽しかった。
- ・先生が進めていくのではなく、自分たちで仮説を立てて答えにたどり着くためにどうすればいいか、みんなで考えるのがすごく学びを深めることができる。
- ・仮説を立てて、それを確かめるために方法を考え、考察するのが楽しかったです。

- ・実験をやると新しい知識を取得でき楽しかった。
- ・班の人達と協力して、実験するのがとても楽しいです。

「つく」と「力」、「自分」と「考える」は、実験や観察を通して考える力がついたことを示す記述であった。

- ・先生の指示で動くのではなく、自分達で考えて実験をしたりできたから、考える力がついたと思う。
- ・実験や観察を通して物事を深く考える力がついた。

「先生」と「説明」、「スライド」と「やすい」、「分かる」と「やすい」は先生の説明やスライドが分かりやすかったことを示す記述であった。

- ・いつもスライドや先生の説明がわかりやすく、苦手な単元もしっかりと覚えられています。
- ・先生の説明もわかりやすくて、授業に積極的に取り組みたくなる。

このことから、2年生の生徒は質問紙調査3回目と4回目で量的には有意に上昇する項目が認められなかったが、検証実験授業を通して多くの楽しさを感じていることが明らかになった。その楽しさは「仮説を立てる楽しさ」、「実験をする楽しさ」、「考察をする楽しさ」、「新しい知識を得る楽しさ」等の理科の本質的な楽しさであったり、「班の人達と協力する楽しさ」等の協働的な学びの楽しさであったり多岐にわたっていた。

また、楽しさを感じると共に、3年生の生徒と同様に、「自分たちで考える力」や「深く考える力」等の学びの成果を実感していることも明らかになった。そして、このような学びの楽しさや成果を生徒が実感するためには、教師の分かりやすい説明が効果的に機能していた様子が窺える。

6. まとめ

本研究は検証実験授業を行うことが、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」を促し、「積極的な取り組みと楽しさの実感」を伴う理数好きな生徒の育成に与える効果について明らかにすることが目的であった。この目的を達成するために、生徒の「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」、「積極的な取り組みと楽しさの実感」を問うための質問紙を作成し、年間を通して4回の質問紙調査を実施した。生徒の質問紙を分析した結果、次のことが明らかになった。

- ・本研究実施前の生徒の意識として、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」に関する項目は肯定的に捉えているが、「積極的な取り組みと楽しさの実感」を問う項目については、他の項目と比べて肯定的には捉えていない様子が見られたこと。
- ・科学者による講演会を行うことにより、2年生は「科学的に探究する態度の涵養」に関する項目を中心に効果が見られたこと。また、3年生は「科学的に探究する態度の涵養」に関する項目だけでなく、「積極的な取り組みと楽しさの実感」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」の項目においても効果が見られたこと。
- ・科学者との共同授業を行うことにより、「科学的に探究する態度の涵養」、「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」、「検証の意義の理解」、「積極的な取り組みと楽しさの実感」に与える効果を見い出すことはできなかったこと。
- ・2年生、3年生ともに、「4月に比べて、理科を好きになりましたか」の問いに肯定的な回答が否定的な回答より有意に高かったこと。またその理由は、「仮説を立てる力や考察する力がつく」、「学びを楽しみ、深められる」、「実験や探究の面白さ」、「検証実験の楽しさ」、「日常生活とのかかわりの実感」などが挙げられたこと。
- ・2回目の検証実験授業を行うことにより、3年生は「積極的な取り組みと楽しさの実感」、「科

学的に探究する態度の涵養」，「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」，「検証の意義の理解」の全て項目の一部において上昇が見られたこと。その理由は，生徒は自分たちの学びの成果を実感したことが，各項目の上昇を促した要因であると考えられること。

- ・ 2 回目の検証実験授業を行うことにより，2 年生は量的には有意に上昇する項目が認められなかった。しかし，授業の感想からは，検証実験授業を通して多くの楽しさを感じていることが明らかになったこと。

本研究により，検証実験授業を行うことが，「科学的に探究する態度の涵養」，「論理的・分析的・統合的な思考力の育成」，「検証の意義の理解」を促し，「積極的な取り組みと楽しさの実感」を伴う理数好きな生徒の育成に与える効果について一定の知見を得ることができた。今後は，検証実験授業を用いたその他の単元における実践を蓄積していく事が課題である。