

高等学 校

平成 31 年度 (2019 年度)

教育研究員研究報告書

理 数

東京都教育委員会

目 次

I	研究主題設定の理由	1
II	研究の視点	3
III	研究仮説	5
IV	研究方法	5
1	仮説(1)の検証について	5
2	仮説(2)の検証について	6
3	成果と課題のまとめ方	6
V	研究内容	7
VI	研究の成果	15
VII	今後の課題	15

研究主題	数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用し、生徒が主体的に課題を設定し探究できる授業改善と、生徒が主体的に探究の過程を振り返り、改善できる学習評価の充実
------	---

I 研究主題設定の理由

1 研究主題設定の背景

令和4年度から実施される高等学校学習指導要領（以下、「学習指導要領」と表記。）では、新教科「理数」が新設される。その背景として、PISA2015の調査において、数学的リテラシー、科学的リテラシー共に、我が国の平均得点が高く、引き続き上位グループに位置するとともに、同年に実施されたTIMSS2015の調査において、小・中学生とも最も良好な結果であった。しかし、数学及び理科を学ぶ楽しさや数学及び理科を学習する意義等の意識の改善が見られるものの、諸外国と比べると肯定的な回答の割合が少ない。さらに学校段階が上がるごとに低下していく傾向にあり、憂慮される状況である。

また、探究的な学習は、学習に対する興味・関心・意欲の向上をはじめ、知識及び技能の着実な習得や思考力、判断力、表現力等の育成に有効であると考えられ、現行の学習指導要領では数学及び理科の分野における探究的な学習を中心に据えた科目として、「数学活用」及び「理科課題研究」が設定されている。しかし、大学入学者選抜における評価がほとんど行われないことや、指導のノウハウが教員間に共有されていないことなどにより、高等学校における科目の開設率が極めて低くなっている。

さらに平成28年12月の中央教育審議会答申（以下、「答申」と表記。）では、現在、我が国は様々な課題に直面しており、これらの解決手段としてイノベーションに大きな期待が寄せられているが、研究者には、深い知的好奇心や自発的な研究態度、自ら課題を発見したり未知のものに挑戦したりする態度が求められていることや、革新的な価値は多様な学問分野の知の統合により生まれるものが多く、従来の慣習や常識にとらわれない柔軟な思考と斬新な発想によってもたらされるものと示されている。このような背景から数理横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を育成するため、大学入学者選抜改革に向けた動きも踏まえつつ、数学と理科の知識や技能を総合的に活用して主体的な探究活動を行う新たな選択科目の設置を検討した。数学・理科の探究的科目については、スーパーサイエンスハイスクール（SSH）で行われている「課題研究」と同様、今後の学術研究に求められる方向性を十分に踏まえ、将来、学術研究を通じた知の創出をもたらすことができる人材の育成を目指し、そのための基礎的な資質・能力を身に付けることができる科目となることが期待されている。知の創出をもたらすことができる人材の育成を目指すには、基礎的な資質・能力を身に付けるとともに、数学や理科に関する横断的なテーマに徹底的に向き合い考え抜く力を身に付ける必要があると考えられている。これらのことから教科理数は、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決する力などを育成することとした。この教科の考え方はSTEM教育の考え方と同じ方向を向いている。

学習指導要領において教科理数の目標は「様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力」を育成すること示されている。高等学校学習指導要領解説理数編（以下、

「解説」と表記。)によると、「数学的な見方・考え方」とは、事象を数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、論理的、統合的・発展的、体系的に考えることであり、「理科の見方・考え方」とは、自然の事物・現象を質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの探究する方法を用いて考えることと定義されている。

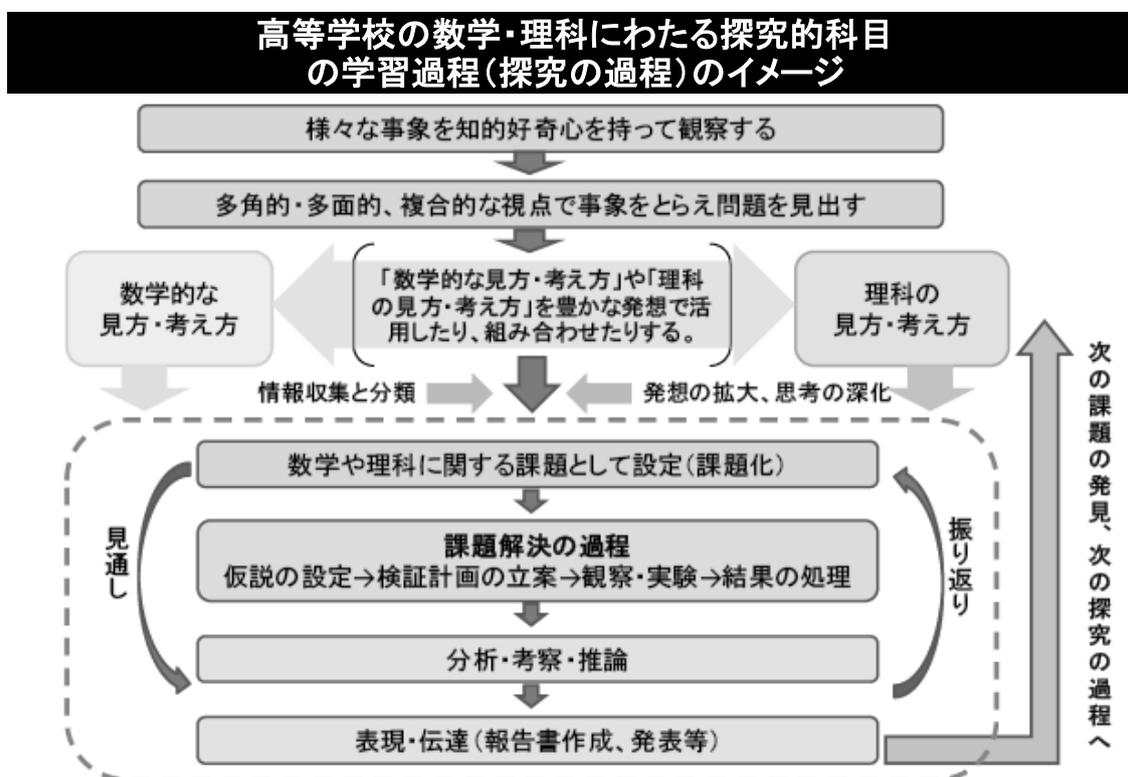


図1 高等学校の数学・理科にわたる探究的科目の学習過程(探究の過程)のイメージ(「解説」より)

学習指導要領において、教科「理数」で「育成すべき資質・能力」である「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の具体的目標は、以下のとおり示されている。

様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 対象とする事象について探究するために必要な知識及び技能を身に付けるようにする。
- (2) 多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。
- (3) 様々な事象や課題に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決や新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度、探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養う。

2 研究主題設定の理由

今年度の研究員は、SSH の指定を受けている学校（以下、「SSH 校」と表記。）に所属している。研究員からは SSH 校の課題探究等、日頃の生徒への指導の際に以下の課題が挙げられた。

- ・ 生徒は、深い探究をするための知識や技能とその必要性の認識が十分ではない。
- ・ 数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用して多面的・多角的、複合的に事象を捉えられず、主体的に課題を設定することができていない。
- ・ 生徒は、自ら探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度や倫理的な態度が十分に養われていない。

これらのことは「育成すべき資質・能力の三つの柱」の必要性を示唆するものである。そこで、本研究では、まず数学や理科などで習得した知識及び技能を活用する能力を身に付けさせ有用性を実感させるために、生徒が主体的に課題設定のきっかけとなる授業や機会を設ける授業改善をする必要があると考えた。さらに生徒の主体性を引き出し、生徒が自ら探究の過程を振り返り探究活動が深まるように、多面的・多角的な評価規準を作成する必要があると考えた。

以上のことから、生徒が主体的に課題を設定し探究できる授業改善と、生徒が主体的に探究の過程を振り返り、改善できる学習評価の充実の研究を行うこととした。

II 研究の視点

新教科・科目の設置の理由として、答申では「数学・理科にわたる探究的科目については、SSH 校で行われている『課題探究』等と同様に将来、学術研究を通じた知の創出をもたらすことができる人材の育成を目指し、そのための基礎的な資質・能力を身に付けることができる科目となることが重要である。」と述べられている。

また、「SSH 校における実践の状況等も踏まえ、新科目においては、生徒が探究の過程全体を自ら遂行できるようになることを目指す」ことや「新科目の指導のノウハウについては、SSH 校等における実践を通じて好事例が蓄積されていることから、これらを全国で共有できるよう国等において指導事例集の作成等、事例の収集・紹介を行うことが必要である。」ことが挙げられている。

以上のことを踏まえ、本研究では、SSH 校に所属する部員の経験を基に課題探究活動の現状と課題に基づき、以下の視点に立って仮説の設定を行い、研究の方法を計画した。

1 生徒の主体的な探究活動の促進

答申では以下のことについて述べられており、探究活動全体を自らの力でやり遂げることを重要視している。

- ・ 「基礎を学ぶ段階」では、探究の過程全体を自ら遂行するための進め方等に関する基礎的な知識及び技能、新たな価値の創造に向けて挑戦することについての意義の理解、主体的に探究に取り組む態度等を育成することが重要である。
- ・ 「探究を進める段階」においては、基礎で身に付けた資質・能力を活用して探究の過程全体を自ら遂行し、結果を取りまとめ、発表するものとする。その際、探究の成果としての新たな知見の有無や価値よりむしろ、探究の過程における生徒の思考や態度を重視し、主体的に探究の過程全体をやり遂げることに指導の重点を置くべきである。

また、解説においても「生徒の自由な発想で課題を設定させたり、新たな方法で挑戦させたり、探究の途中であっても成果をまとめて発表させ、生徒同士で意見交換させたりする。」ことで、探究の過程においてそれまでなかった新たなものを生み出す「創造的な力」を養うことが大切であると述べている。

しかし、SSH 校が行っている探究活動において、興味・関心に基づいた探究課題を主体的に設定することができず、与えられた課題だけ取り組む生徒や、仮説を立ててその検証方法を自ら立案することができずに探究活動が進められない生徒もいる。これらを踏まえて本研究では、探究活動を通して生徒が身に付けるべき資質・能力を育成するために、「生徒の主体性を尊重しつつ、数学や理科における手法により探究が可能な課題となるような適切な示唆を与える。」という視点を取り入れた授業改善を検討することとした。

2 探究活動の過程も含めた評価の充実

理数科における探究的な学習の指導のポイントを答申及び解説で挙げている。

(1) 答申では、以下のように述べている。

- ・ 「理数探究」の評価に当たっては、探究の成果における新たな知見の有無や価値よりも、探究の過程において資質・能力をどの程度身に付けることができたかや、探究の過程全体を俯瞰的に捉え、自らがどの位置にいるか、どこで間違っただのかなどが説明できるようになっているかという点を重視すべきである。
- ・ 探究の過程における観察・実験の内容やその中で生じた疑問、それに対する自らの思考の過程などを「探究ノート」等に記録させ、自己の成長の過程を認識できるようにするとともに、評価の場面でも用いることが重要である。また「探究ノート」等を通じて生徒の独創的な思考や探究の過程における態度を評価するほか、報告書や発表の内容、発表会における生徒による相互評価や自己評価を取り入れるなど、多様な評価方法を用いるとともに、複数の教員による複合的な視点で評価することが必要である。

(2) 解説では、以下のように述べている。

- ・ 育成を目指す資質・能力のうち「学びに向かう姿勢、人間性等」について「探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養うことも大切である。
- ・ そのために「生徒同士、生徒と教師の意見交換や議論が効果的である。その際、自身の手法や考えに必要以上にこだわらず、他者の指摘を受け入れられるように柔軟性をもった態度や建設的な態度で議論させることが重要である。

しかし、SSH 校が行っている探究活動における評価に関しては、中間報告や成果発表会等の報告書やプレゼンテーション資料、研究発表会での受賞歴や発表件数などに影響されることがある。また、生徒自身が探究の過程を振り返って評価・改善するためのポートフォリオの作成や評価規準、評価方法についてもより効果的な手段を検討していく必要がある。

これらを踏まえて本研究では、「探究活動の過程を生徒自身が振り返って評価・改善できるようにするための効果的なポートフォリオや評価規準の作成」と「探究活動の過程を指導者が適切に評価し、指導者による評価の個人差をなくすための統一規準の作成」という視点から、ルーブリック等の評価規準の作成と探究ノートや振り返りシートを教材開発することとした。

Ⅲ 研究仮説

本研究では、本部会の主題である「数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用し、生徒が主体的に課題を設定し探究できる授業改善と、生徒が主体的に探究の過程を振り返り、改善できる学習評価の充実」を実現することを目的として1年間にわたり研究を続けてきた。

なお、本研究では「解説」に則り、各学科に共通する教科「理数」において求められる資質・能力を以下のように位置付けた。

- ・ 対象とする事象についてより深い探究をするために必要な様々な知識及び技能を身に付けるようにする。
- ・ 多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。
- ・ 試行錯誤の中から粘り強く答えを導き出そうとする倫理的な態度を養うとともに、新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度を養う。

また、上記の求められる資質・能力を育成するために、以下の仮説を立てた。

- (1) 教科横断的な授業改善を実践することで、これまでの知識や経験を生徒が課題の設定に結び付けることができる。
- (2) 探究の過程における記録を充実させ、評価することで、探究活動の進捗状況を確認でき、生徒の探究する意欲を高めさせることができる。

Ⅳ 研究方法

1 仮説(1)の検証について

(1) 学習指導計画の作成

生徒が主体的に課題設定のきっかけとなる授業や機会を設ける授業改善をする必要があると考えた。そこで本研究では、生徒の探究活動における課題の設定にどのように作用するかを調べられるように数学Ⅰの「データの分析」の授業で教科横断的な授業を学習指導計画に取り入れることとした。

なお、ここでの教科横断的な授業とは「探究の手法を身に付けさせるために数学や理科などで習得したことを身近な事象の考察に活用させる授業」と位置付けている。

ア 「データの分析」の授業前の課題設定

「データの分析」の授業の実施前に、「カントウタンポポとセイヨウタンポポの舌状花数と稔性率の関係」という事例を用いて生徒に課題を設定させた。

イ 「データの分析」の授業後の課題設定

「データの分析」の授業の実施後、生徒に課題を設定させた。

今回、「身近な事象の事例」として、生物における身近な現象を用いることとしたため、生徒にとって身近な植物であるタンポポを用いて「理科の見方・考え方」として舌状花数と稔性率の関係を、「数学的な見方・考え方」としてデータの分析を用いて、数学や理科などで習得した知識及び技能を活用する能力を身に付けさせ、有用性を実感させる。

(2) 検証授業の実施

SSH校の全日制科学技術科高等学校1校で検証した。

(3) 検証方法

教科横断的な授業を実施前と実施後で、生徒が設定した課題の内容を比較することにより、授業が課題の設定に対してどのように作用したかを分析した。

2 仮説(2)の検証について

(1) ルーブリック評価基準表及び振り返りシートの作成

生徒の主体的な探究活動を促すために、探究活動全体の評価規準を明確にし、生徒・教員間で共通の認識ができていることが必要である。そこで、その評価規準をルーブリックとしてまとめ、ルーブリック評価基準表を基に探究活動全体を「課題の設定」、「課題解決の過程」、「分析・考察・推論」、「表現・伝達」の4項目に分けた振り返りシートを作成した。

(2) 検証授業の実施

SSH校の全日制普通科高等学校1校で継続的に検証した。

(3) 検証方法

ルーブリック評価基準表は生徒に示すとともに、毎回の授業で生徒に現時点での自分の到達点と進捗状況を振り返りシートに記入させた。

長期的・継続的に振り返りシートを生徒に記入させ、その内容の変遷を分析するとともに、ルーブリック評価基準表が適切なものであったかについて検証した。また、生徒にアンケートを実施し、振り返りシートの効果を検証した。

3 成果と課題のまとめ方

本研究の「数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用し、生徒が主体的に課題を設定し探究できる授業改善と、生徒が主体的に探究の過程を振り返り、改善できる学習評価」の実践結果について、生徒の活動の様子やアンケート等を基に成果と課題を整理した。

V 研究内容

1 研究構想図

全体テーマ 「『主体的・対話的で深い学び』の実現に向けた授業改善」

高校部会テーマ

「学校の教育活動全体を通して育成すべき『資質・能力』を育むための授業改善と学習評価の充実」

各教科等における「資質・能力」について

- ・対象とする事象についてより深い探究をするために必要な様々な知識及び技能を身に付けるようにする。
- ・多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。
- ・試行錯誤の中から粘り強く答えを導き出そうとする倫理的な態度を養うとともに、新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度を養う。

高校部会テーマにおける現状と課題

【現状】

- ・生徒は深い探究をするための知識や技能とその必要性の認識が十分ではない。
- ・生徒は数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用して多面的・多角的、複合的に事象を捉えられず、主体的に課題を設定することができていない。
- ・生徒は自ら探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度や倫理的な態度が十分に養われていない。

【課題】

- ・数学や理科などで習得した知識及び技能を活用する能力を身に付けさせ有用性を実感させられるよう授業改善をする必要がある。
- ・課題設定のきっかけとなる授業や機会を設ける必要がある。
- ・生徒の主体性を引き出し、生徒が自ら探究の過程を振り返る多面的・多角的な評価規準を作成する必要がある。

【テーマ設定のための着眼点】

生徒の主体的な探究活動とその過程も含めた学習評価の充実

高等学校理数部会主題

数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用し、生徒が主体的に課題を設定し探究できる授業改善と、生徒が主体的に探究の過程を振り返り、改善できる学習評価の充実

仮説

- (1) 教科横断的な授業改善を実践することで、これまでの知識や経験を生徒が課題の設定に結び付けることができる。
- (2) 探究の過程における記録を充実させ評価することで、探究活動の進捗状況を確認し、生徒の探究する意欲を高めさせることができる。

具体的方策

- (1) ア 身近な事象の事例を提示して生徒に課題を設定させる。
イ 生徒に、探究の手法を身に付けさせるために数学や理科などで習得したことを身近な事象の考察に活用させる授業を行う。
ウ 再び身近な事象の事例を提示して生徒に課題を設定させる。
- (2) ア ルーブリック評価基準表及び振り返りシートを作成する。
イ 毎回の授業で生徒に振り返りシートを記入、提出させる。
ウ 指導者がルーブリック評価基準表を基に評価を行い、適切な助言を行う。

検証方法

- (1) 授業前後で生徒の設定した課題の違いを比較する。
- (2) ア 生徒にアンケートを行い振り返りシートの効果を検証する。
イ ルーブリック評価基準表による振り返りシートの変遷をみることで教育効果を検証する。

2 仮説(1)の実践事例

(1) 教科・科目、単元名、使用教材（教科書・副教材）

ア 教科・科目 数学・数学 I

イ 単元名 第5章 データの分析

ウ 使用教材 「高等学校数学 I」（数研出版）、「4 プロセス数学 I・A」（数研出版）

(2) 単元の目標

- ・ 四分位偏差、分散、標準偏差、散布図と相関係数などの意味やその扱いを理解している。
- ・ 統計の基本的な考えを用いて、データを整理・分析して傾向を捉え説明することができる。
- ・ 様々な事象から得られるデータの分析に関心をもち、生活や問題解決の中で活用することができる。

(3) 単元の評価規準

ア 知識及び技能	イ 思考・判断・表現	ウ 主体的に学習に取り組む態度
<ul style="list-style-type: none"> ・ 四分位偏差、分散及び標準偏差の意味を理解している。 ・ 散布図や相関係数の意味を理解している。 ・ データを表やグラフに整理したり、分散や標準偏差などの基本的な統計量を求めたりすることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ データの散らばり具合や傾向を数値化する方法を考察することができる。 ・ 与えられたデータの分布によって、適切な代表値を選択し、表現することができる。 ・ 散布図と相関係数から二つの変量間の相関関係を考察することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 観察や実験を通して得られたデータから散らばり具合を整理して全体の傾向をつかもうとしている。 ・ 目的に応じてデータを収集したり、散布図に表したりすることで、その特性や法則性を調べようとしている。

(4) 単元の指導と評価の計画（5時間扱い）

時間	学習活動	評価の観点			評価規準 (評価の方法など)
		ア	イ	ウ	
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 与えられた事象に対して探究テーマ（課題）を設定する。 ・ 度数分布表やヒストグラムを作る。 ・ データの代表値を定義し、値を求める。 	●		●	
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 範囲や四分位範囲を定義し、その値を求める。 ・ データの分布や代表値から箱ひげ図を作る。 	●	●		<ul style="list-style-type: none"> ・ 四分位偏差の意味を理解している。（プリントの記述内容） ・ 与えられたデータの分布によって、適切な代表値を選択し、表現することができる。（プリントの記述内容）

第3時	<ul style="list-style-type: none"> 分散、標準偏差を定義し、その値を求める。 	●	●	<ul style="list-style-type: none"> 分散及び標準偏差の意味を理解し、求めることができる。(プリントの記述内容) データの散らばり具合を数値化する方法を考察することができる。(発問に対する発言)
第4時	<ul style="list-style-type: none"> 散布図を作成し、二つの変量間の相関を調べる。 相関係数を計算する。 	●	●	<ul style="list-style-type: none"> 散布図や相関係数の意味を理解している。(プリントの記述内容) 散布図と相関係数から二つの変量間の相関関係を考察することができる。(プリントの記述内容)
第5時 (本時)	<ul style="list-style-type: none"> 与えられた事象に対して探究テーマ(課題)を設定する。 			<ul style="list-style-type: none"> データから散らばり具合を整理して全体の傾向をつかもうとしている。(プリントの記述内容) 目的に応じてデータを収集したり、散布図に表したりすることで、その特性や法則性を調べようとしている。(プリントの記述内容)

(5) 本時(全5時間中の5時間目)

ア 本時の目標

- 観察や実験を通して得られたデータから散らばり具合を整理して全体の傾向をつかもうとしている。
- 目的に応じてデータを収集したり、散布図に表したりすることで、その特性や法則性を調べようとしている。

イ 仮説に基づく本時のねらい

分散、標準偏差、散布図、相関係数等これまで学んだ知識や経験を基に、カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性のある舌状花数と稔性のない舌状花数のデータからどのような探究テーマ(課題)が設定できるか考える場面を取り入れることで、表現する力や学びに向かう力を育成する。

ウ 本時の展開

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準・方法
導入 5分	前時の内容を確認する。	前時で学習した散布図や相関係数について復習させる。	
展開① 20分	プリントの課題に取り組む。 課題の答え合わせをする。	具体例を通して、散布図や相関係数を求めさせる。 プレゼンテーションソフトを用いて簡潔に解答を確認させる。	ウ 目的に応じてデータを収集したり、散布図に表したりすることで、その特性や法則性を調べようとしている。(プリントの記述内容)

<p>展開② 5分</p>	<p>変量の変換によって、平均値や分散、標準偏差がどう変化するか説明する。</p>	<p>公式について簡潔に説明する。また、仮平均の考え方についても扱う。</p> <p>変量の変換については、生徒にも身近な話題である偏差値を扱う。</p>	
<p>展開③ 15分</p>	<p>問 カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性のある舌状花数と稔性のない舌状花数のデータから、あなたならどのような探究テーマ（課題）を設定しますか。</p>		
<p>具体的な事象に対して、探究テーマ（課題）を作成する。</p>	<p>ワークシートを配布し、課題とその探究の方法について各自で考えさせる。</p> <p>早く終わった生徒には、課題に対する仮説を立ててみるなど具体的な探究の過程を経験させる。</p>	<p>ウ 目的に応じてデータを収集したり、散布図に表したりすることで、その特性や法則性を調べようとしている。（プリントの記述内容）</p> <p>ウ 観察や実験を通して得られたデータから散らばり具合を整理して全体の傾向をつかもうとしている。（プリントの記述内容）</p>	

(6) 本時の振り返り

ア 具体的方策

前述の通り、「カントウタンポポとセイヨウタンポポの舌状花数と稔性率の関係」という事例を用いて生徒に探究テーマ（課題）を設定させた。授業内でワークシートを配布し、20分間取り組ませた。

イ 生徒の取組

「データの分析」の授業実施前は、ワークシートの内容の把握に時間を要し、何を記述すればよいのか迷っている生徒が見られた。しかし、「データの分析」の授業実施後は、同じ題目のワークシートであるため取り組みやすく、授業の内容と絡ませながら積極的に記述している生徒が多く見られた。

ウ 「データの分析」の授業の実施前

生徒の設定した探究テーマ（課題）をまとめたものを表1に示した。

エ 「データの分析」の授業の実施後

生徒の設定した探究テーマ（課題）をまとめたものを表2に示した。

表1 「データの分析」の授業の実施前における生徒の設定した探究テーマ（課題）

	生徒の設定した探究テーマ（課題）	生徒数
1	カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性率の違いや安定性について	10
2	舌状花数と稔性率に関係性はあるのか	6
3	高い稔性率の割合とその法則（環境等）について	5
4	セイヨウタンポポの舌状花数が多く稔性率が高いのはなぜか	5
5	膨らんでいるとなぜ風に乗りやすいのか	1
6	稔性率からタンポポの種類を特定できるか	1
7	カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性率の平均偏差と分布について	1

表2 「データの分析」の授業の実施後における生徒の設定した探究テーマ（課題）

	生徒の設定した探究テーマ（課題）	生徒数
1	カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性率の違いや安定性について	3
2	舌状花数と稔性率に関係性はあるのか	3
3	高い稔性率の割合とその法則（環境等）について	3
4	セイヨウタンポポの舌状花数が多く稔性率が高いのはなぜか	
5	膨らんでいるとなぜ風に乗りやすいのか	
6	稔性率からタンポポの種類を特定できるか	1
7	カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性率の平均偏差と分布について	
8	タンポポの舌状花数と稔性率には相関関係があるのか	12
9	タンポポの舌状花数や稔性率にはばらつきはあるのか	6
10	タンポポの稔性率の分散を抑えて稔性率を上げるためにはどうすればよいか	1

(7) 検証結果

「データの分析」の授業実施前に生徒が設定した探究テーマ（課題）に多く見られたのが、「セイヨウタンポポとカントウタンポポの稔性率の違いや安定性について」や「舌状花数と稔性率に関係性はあるのか」であったが、「データの分析」の授業の実施後には、ほとんどの生徒が設定しなかった。「データの分析」の授業実施後に生徒の設定した課題に多く見られたのが、「タンポポの舌状花数と稔性率には相関関係があるのか」や「タンポポの舌状花数や稔性率にはばらつきはあるのか」であった。また「データの分析」の授業の実施前に設定した4、5、7の探究テーマ（課題）は「データの分析」の授業の実施後にはいなくなり、代わりに新たに8、9、10の探究テーマ（課題）を設定する生徒がいた。

「データの分析」の授業実施後であることから、授業が誘導的に作用してしまった可能性はあるものの、以下のように一部の生徒の記述内容の変容も見られた。

ア 「データの分析」の授業の実施前

(7) 生徒Aの記述内容

課題：それぞれの花の稔性率の傾向からタンポポの種類を特定する。

方法：カントウタンポポとセイヨウタンポポの稔性率の傾向を調べ、どちらの種類か分からないタンポポの稔性率の傾向から、タンポポの種類を予想できるかを検証する。

(4) 生徒Bの記述内容

課題：外来種の繁殖率は在来種と比べてどのくらい高いか。

方法：在来種と外来種のデータの中で、稔性率が60%を下回っている割合と数でどのくらいの差が生じているのかを調べる。その数が多いほど繁殖率は低いと推定できる。

イ 「データの分析」の授業の実施後

(7) 生徒Aの記述内容

課題：2種類のタンポポの稔性率の傾向からタンポポの種類を予想する。

方法：2種類のタンポポの稔性率の傾向を、相関係数を用いて分析し、どちらの種類か分からないタンポポの稔性率を調べてその種類を予測できるかを検証する。

(4) 生徒Bの記述内容

課題：在来種と外来種ではどちらの方が繁殖しやすいか。

方法：それぞれの数値を散布図にまとめて相関関係の強弱を求める。その関係が強い、又は数と稔性率の中で散布図において一番右上にあるものと左下にあるものの数値を比べて検証する。

3 仮説(2)の実践事例

(1) 教科・科目、単元名、使用教材（教科書・副教材）

ア 教科・科目 SS 課題研究Ⅱ（総合的な探究の時間）

イ 単元名 課題研究

ウ 使用教材 「課題研究メソッド よりよい探究活動のために」 啓林館

(2) 目標

ア 探究の過程において、課題の発見と解決に必要な知識及び技能を身に付け、課題に関わる概念を形成し、探究の意義や価値を理解する。

イ 実社会や実生活と自己との関わりから問いを見だし、自分で課題を立て、情報を集め、整理・分析して、まとめ・表現することができるようにする。

ウ 探究に主体的・協力的に取り組むとともに、互いのよさを生かしながら、新たな価値を創造し、よりよい社会を実現しようとする態度を養う。

(3) 探究活動の実施

数学に関する探究活動をする生徒（7名）と化学に関する探究活動をする生徒（12名）にルーブリック評価基準表と振り返りシートを使用し、生徒の探究活動がどのように変化していくのか経過を観察した。

ア ルーブリック評価基準表の配布

本部会で作成したルーブリック評価基準表を生徒に配布し、教員及び生徒間で評価基準の共有を図った。

イ 振り返りシートの活用

生徒は長期的な研究の計画を「研究計画」の欄に書き、大まかな探究活動のスケジュールを立てる。初日以降は、本時の目標以下の欄にその日に行ったことを記入していく。空欄があっても構わない。探究活動が進むほど、下の欄に記入することが多くなる。探究活動が行き詰まったとき、「課題の設定」に戻るときもある。毎授業後に記入することで、探究活動の進み具合を実感することができる。

表3 ルーブリック評価基準表

		観点	D	C	B	A
I. 課題の設定		・数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して課題を解決できるものになっている。	探究活動を通して、解決できる課題になっていない。	数学的な手法や科学的な手法などを用いずに課題の設定を行っている。	数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方をどちらかを用いて課題を解決できるものになっている。	数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、課題を解決できるものになっている。
		・身の回りにある自然現象や社会的現象等に関心をもたせ、なぜそうになっているかという疑問や、どうやって解決すればよいかという問題意識をもっている。	課題を設定できていない。	自然現象や社会的現象に関心もなく、課題を設定していない。	自然現象や社会的現象に関心をもつような課題を設定できている。	先行研究をよく調査し、未解決現象と理解した上で、自然現象や社会的現象に関心をもつような課題を設定できている。
II. 課題解決の過程	仮説の設定	・数学的な手法や科学的な手法などを用いて検証できるものである。 ・与えられた条件や、設定された時間や環境の中で検証できている。	検証可能な仮説を立てていない。	数学的な手法や科学的な手法などを用いず検証できるものではない。	数学的な手法や科学的な手法を用いて検証を行っているが、与えられた時間や環境の中で検証できていない。	数学的な手法や科学的な手法などを用いて検証できているが、設定された時間や環境の中で検証できている。
	検証計画の立案	・類似の先行研究などを参考にして、仮説を検証するためにどのような観察・実験・調査等を行い、どのように分析を行うか見通しが立っている。 ・利用できる機材や材料、得られる情報、用いられる知識及び技能、検証に要する時間などを把握している。	先行研究を調べず、実験や調査の手法に対する見通しが立っていない。	類似の先行研究などを参考にしてはいるが、実験や調査の手法に対する見通しが立っていない。	先行研究の調査は不十分であるが、実験や調査の手法・時間に対する見通しは立っている。	類似の先行研究などを参考にして、実験や調査の手法・時間に対する見通しが立っている。
	観察・実験・調査等	・測定操作を正確かつ精密に行っている。 ・操作している条件以外の条件が揃っている。	自ら実験・観察をせず、文献調査やインターネット検索で集めた一般的な情報を基に調べ学習を行っている。	実験・観察をただ行っている。	実験操作を正確かつ精密に行っているが、操作している条件以外をそろえず実験・観察を行っている。	実験操作を正確かつ精密に行っており、操作している条件以外をそろえて実験・観察を行っている。
	結果の処理	・結果やデータを、正確に分かりやすく記録している。	調査・実験によって得られたデータや資料を記録していない。	調査・実験によって得られたデータや資料を記録している。	調査・実験によって得られたデータや資料を正確に記録している。	調査・実験によって得られたデータや資料を正確に分かりやすく記録している。
III. 分析・考察・推論		・科学的な根拠などを踏まえ、論理的な思考に基づいて分析・考察・推論を行っている。 ・生徒がデータの質と量が十分であるかを評価している。	分析・考察・推論が行われていない。	科学的な根拠などを踏まえずに、分析・考察・推論を行っている。	科学的な根拠などを踏まえ、論理的な思考に基づいて分析・考察・推論を行っているが、データの質や量が十分であるかを評価していない。	科学的な根拠などを踏まえ、論理的な思考に基づいて分析・考察・推論を行い、データの質や量が十分であるかを評価している。

表4 生徒が実際に記入した振り返りシートの内容

		8月26日(月)	9月12日(木)	9月19日(木)	9月26日(木)	10月3日(木)	
研究計画		マッチの燃焼前と燃焼後の磁性の違いについて	マッチの燃焼前と燃焼後の磁性の違いについて	マッチの燃焼前と燃焼後の磁性の違いについて	マッチの燃焼前と燃焼後の磁性の違いについて	マッチの燃焼前と燃焼後の磁性の違いについて	
本時の目標		テーマ設定	①マッチの鉄イオンの価数を調べる。 ②ベンガラを加熱し、磁性の変化を調べる。 ③②に硫黄を加えてみる。	マッチの先端に硫化鉄が含まれているか調べる。	中間発表	マッチの先端に硫黄鉄が含まれているか調べる。	
研究の振り返り	I. 課題の設定		①マッチの鉄イオンの価数を調べる。 ②ベンガラを加熱し、磁性の変化を調べる。 ③②に硫黄を加えてみる。	マッチの先端に硫化鉄が含まれているか調べる。		マッチの先端に硫黄鉄が含まれているか調べる。	
	II. 課題解決の過程	仮説		ベンガラが化学反応を起こすか調べる。	マッチの先端に硫化鉄が含まれている。		マッチの先端に硫黄鉄が含まれている。
		検証計画の立案		①マッチの先端に含まれる鉄イオンを試薬によって調べる。 ②ベンガラのみを加熱してみる。 ③②に硫黄を加えてみる。	マッチの燃焼後の頭葉に希硫酸を加える。		マッチの先端部を希硫酸・希塩酸に溶かし、 ①ろ過して酢酸鉛を加える。 ②発生した気体を酢酸鉛に通す。
		観察・実験・調査等		①マッチの先端部を粉末にし、希硫酸に溶かし、ヘキサシアノ鉄酸(Ⅱ)カリウムとヘキサシアノ鉄酸(Ⅲ)カリウムを入れる。 ②ベンガラを加熱し、常温で冷まし磁性を調べる。 ③②に硫黄を加えて調べる。	腐卵臭がした。		上記に加え、ベンガラと硫黄を混ぜ加熱して上記②をする。
	結果の処理		①ヘキサシアノ鉄酸(Ⅲ)カリウムに濃青色沈殿→鉄(Ⅱ)イオンがある。 ②加熱時は黒く変色したが、冷めると色が戻った。磁性に変化なし。 ③色が黒く変色し、磁石にくっついた。	腐卵臭→硫化水素が発生→硫化鉄あり	パワーポイントをもっと分かりやすく作る。	①白濁沈殿 ②気体がほとんど発生せず	
	III. 分析・考察・推論		①マッチが燃焼した後は鉄(Ⅱ)イオンが含まれる。 ②ベンガラのみでは反応しない。 ③硫化鉄が原因である可能性が高い。	ベンガラと硫黄が結合し、硫化鉄になり、磁性をもった。		②気体が出なかったので量を増やす。	
IV. 表現・伝達				説明が早口になってしまった。			
本時の感想・反省			①では粉末が水に溶けず苦労したが、希硫酸を使うとうまく溶けた。 ②で行き詰ったが、硫化鉄という仮説にたどりつけてよかった。	仮説どおりになってよかった。	もっと自信をもって発表したい。	失敗したので、次回もう少し調べる。	
ノートの参照ページ		ページ	ページ	ページ	ページ	ページ	

ウ 振り返りシートによる生徒の変容及びアンケートによる分析

9月にルーブリック評価基準表を配布し、振り返りシートの使用を始めた。11月に生徒の探究活動への取り組み方の変化を検証するために、アンケート調査を実施した。

(4) 検証結果

振り返りシートと、その使用による探究活動への取り組み方に関するアンケート調査を数学に関する探究活動をする生徒（7名）と化学に関する探究活動をする生徒（12名）に実施した。振り返りシートに書く内容の変遷に関しては、顕著な変化が見られなかった。

探究活動への取り組み方に関するアンケート調査の設問1、2は探究活動全体の見通しに関する設問である。設問3～12は探究活動の途中経過に該当する設問である。設問13、14は探究活動の表現に関する設問である。設問15～21は、探究活動全般に関する設問である。アンケートでは、ルーブリック評価基準表と振り返りシートを活用したことによって、「設問3 これまでやってきたことが明確になった」、「設問4 今日（授業当日）やることが明確になった」、「設問17 いろいろな課題が見えてきた」などの評価の点数が高かった。

アンケート結果を以下の表にまとめた。なお、評価の点数は、「1：全く思わない 2：思わない 3：思う 4：とても思う」であり、表中の数値は平均値である。

表5 アンケート結果

アンケート内容		数学選択	化学選択	全体
設問1	探究活動が進むようになった	2.7	3.3	3.1
設問2	探究活動全体の見通しを立てやすくなった	3.0	3.3	3.2
設問3	これまでにやったことが明確になった	3.0	3.5	3.3
設問4	今日(授業当日)やることが明確になった	3.0	3.5	3.3
設問5	次回以降やることが明確になった	2.6	3.4	3.1
設問6	課題の設定がしやすくなった	2.7	3.4	3.1
設問7	仮説の設定がしやすくなった	2.8	3.4	3.2
設問8	検証(実験、観察、調査等)計画を立てやすくなった	2.8	3.3	3.1
設問9	実験、観察、調査等をしやすくなった	3.0	3.3	3.2
設問10	実験、観察、調査等の結果をまとめやすくなった	3.2	3.3	3.2
設問11	実験、観察、調査等の結果を分析、考察しやすくなった	2.7	3.4	3.1
設問12	質問をしやすくなった(助言を受けやすくなった)	2.7	3.5	3.2
設問13	報告書を書きやすくなった	3.0	3.2	3.1
設問14	発表準備をしやすくなった	2.8	3.4	3.2
設問15	探究活動が楽しくなった	2.6	3.5	3.1
設問16	探究活動をまたやりたいと思った	2.5	3.5	3.1
設問17	いろいろな課題が見えてきた	3.3	3.4	3.3
設問18	課題探究Ⅱの時間(木5, 6限)が楽しみになった	2.2	3.3	2.9
設問19	探究活動は進学・就職のためになると思った	2.6	3.4	3.1
設問20	探究活動は社会のためになると思った	2.6	3.3	3.0
設問21	探究活動は自分自身を成長させてくれると思った	2.7	3.5	3.2

VI 研究の成果

1 仮説(1)について

本研究では、様々な事象から得られるデータの分析に関心をもち、生活や問題解決の中で活用することを目標に、授業の実施前と授業の実施後に「カントウタンポポとセイヨウタンポポの舌状花数と稔性率の関係」という事例を用いて生徒に探究テーマ（課題）を設定させた。生徒の回答から、探究テーマ（課題）の設定や方法について学習した数学的な見方・考え方を活用して検証しようとしてより具体的な内容が記述されるようになった。

以上のことから、生徒は得た知識や技能を生かして探究をするためのテーマの設定とその必要性を認識する契機となった。

また、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を活用して、多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を主体的に設定して、探究するイメージができるようになった。

2 仮説(2)について

(1) 検証方法(2)「ア 生徒にアンケートを行い振り返りシートの効果を検証する。」について

今回作成したルーブリック評価基準表を生徒も確認しながら研究を進めることで、振り返りシートにその日に行ったことや反省点を記入し、次回の探究活動で行うべきことを明確にしていたと考えられる。つまり、生徒自身が探究の過程を振り返って探究の活動全体を客観的に評価できるようになり、自ら評価・改善しようとする態度や倫理的な態度が養われていると考えられる。

(2) 検証方法(2)「イ ルーブリック評価基準表による振り返りシートの変遷をみることで教育効果を検証する。」について

生徒や教員の工程管理として、振り返りシートの書く欄が下へ移動していることで、探究が順調に進んでいることは分かりやすくなっていた。

VII 今後の課題

1 仮説(1)について

「データの分析」の授業実施前後で、生徒の設定した探究テーマ（課題）に大きな変化が見られた。検証結果に故意に影響を与えないよう、「データの分析」の授業の中でワークシートの内容に直接触れることはしなかったものの、生徒にこちらの意図が伝わってしまい探究テーマ（課題）の内容まで単元に準じた内容に変更してしまう生徒が多く見られた。

また、学習した用語を正しく利用することができず、「カントウタンポポよりもセイヨウタンポポの方が相関関係が強い」といった表現も見られた。今回の検証結果を授業の中で取り扱うとともに、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を身に付けさせる教科横断的な指導を継続して行う必要がある。

本研究では探究テーマ（課題）の設定及び探究の方法について考えさせたが、生徒が設定した探究テーマ（課題）を取り上げ、クラスで取り組むなどの活動を取り入れることにより、更に生徒の課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高められると考えられる。

SSH 校の指定を受けておらず、これまでに探究的な学習にほとんど関わりの無かった教員 1 名が 40 名の生徒を対象に課題設定させるのは極めて難しい。生徒の探究活動を支え、主体的に取り組ませるための指導を支援する体制やマニュアル等の整備をしていくことが有効であると考えられる。

2 仮説(2)について

ルーブリック評価基準表を教員及び生徒間で共有し、指導することで、振り返りシートの変遷を評価しようとしたが、振り返りシートの記入事項には、探究活動が進むにつれて顕著な変化は見られなかった。理由として以下の三点が考えられる。

- ・ 生徒の負担を考えて記入欄の大きさを設定したが、十分な大きさではなかった。
- ・ 探究活動の際に使用する探究ノート（実験ノート）にも記入しなければならず、記入事項の振り分けが曖昧になった。
- ・ 記入時間を十分に取れなかった。

ルーブリック評価基準表は今回の探究活動の評価のために作成した。探究活動は、学校ごとに様々な方法で評価が行われている。それは生徒の実情や学校の状況に合わせたものである。しかし、探究活動の評価方法を実施する学校で一から考えることは、教員にとって負担が大きい。そのため本研究では、多くの学校で使用できるような汎用性の高いルーブリック評価基準表を作成しようと試みた。しかし観点の項目数や内容について汎用性を高くしようとすればするほど、考慮すべき要素が多くなってしまふことや、表現方法が曖昧なものになってしまうことなど分かりにくくなってしまった。そのため、本研究の実践校の特徴に合わせたものを作成し、本報告書に記載した。

今後、探究活動を実施する学校の負担を軽減できるようなルーブリック評価基準表の作成に向けて取り組んでいきたい。

平成 31 年度 (2019 年度) 教育研究員名簿

高等学校・理数

学 校 名	職 名	氏 名
東京都立小石川中等教育学校	主任教諭	村 澤 匠
東京都立小石川中等教育学校	教 諭	山 内 博 人
東京都立戸山高等学校	主任教諭	結 城 徹
東京都立立川高等学校	主任教諭	岡 村 貴 彦
東京都立立川高等学校	教 諭	小 野 剛
東京都立多摩科学技術高等学校	教 諭	◎亀 井 善 之
東京都立多摩科学技術高等学校	教 諭	○菅 祐 亮

◎ 世話人 ○ 副世話人

〔担当〕 東京都教育庁指導部高等学校教育指導課
指導主事 小泉 博紀

平成 31 年度 (2019 年度)
教育研究員研究報告書
高等学校・理数

令和 2 年 3 月

編 集 東京都教育庁指導部指導企画課
所 在 地 東京都新宿区西新宿二丁目 8 番 1 号
電話番号 (03) 5320-6849