

高等学校理科における探究の過程を 主体的に進める授業の在り方に関する研究

—科学的に課題を解決する「探究マップ」の開発とその活用を通して—

【研究の概要】

本研究では、高等学校理科における資質・能力を一層確実に育成する授業の在り方を明らかにするために、探究の過程を主体的に進めるために役立つ「探究マップ」を、科学的に課題を解決する授業実践で活用したところ、科学的探究についての理解が図られ、探究態度が高まることが明らかになった。

キーワード： 自ら学ぶ力、メタ認知、見通し、振り返り

《研究協力員》

岩手県立盛岡北高等学校 教諭 早川佳代子
岩手県立黒沢尻北高等学校 教諭 菅野 幸輝
岩手県立大槌高等学校 教諭 近藤 健一

《研究アドバイザー》

岩手大学教育学部 准教授 久坂 哲也

令和 2 年 3 月
岩手県立総合教育センター
理科教育担当
川 又 謙 也
高 橋 国 博
藤 枝 昌 利
菊 池 新 司
角 野 裕 子
黄 川 田 泰 幸

目 次

I	研究主題	1
II	主題設定の理由	1
III	研究の目的	1
IV	研究の目標	1
V	研究の見通し	1
VI	研究の構想	1
1	研究についての基本的な考え方	2
(1)	育成を目指す資質・能力について	2
(2)	探究の過程について	2
(3)	科学的に課題を解決する学習活動の充実に向けて	2
(4)	科学的に探究する学習についての課題	4
2	探究の過程を主体的に進め科学的に課題を解決するための手立て 「探究マップ」の開発及び「探究マップ」を活用した授業実践	5
3	検証計画	6
(1)	実態調査の実施	6
(2)	授業記録, 「探究マップ」等の分析	7
(3)	検証計画と実践計画について	7
4	研究構想図	8
VII	実践構想	9
1	研究との関わりについて	9
2	単元名	9
3	単元について	9
(1)	教材観	9
(2)	生徒観	11
(3)	指導観	12
VIII	授業実践	12
1	授業実践の概要	12
(1)	実践対象	12
(2)	実践日程等	12
(3)	実践内容	13
2	授業実践の流れ	13
(1)	授業実践① 科学的に課題を解決する方法について (1時間)	13
(2)	授業実践② 鉛蓄電池について (2時間)	15
3	結果の分析及び考察	17
(1)	4件法による実態調査の結果	17
(2)	4件法による調査Ⅰの分析結果と考察	21
(3)	記述回答による調査Ⅱの分析結果と考察	22
(4)	授業の実際について	25
IX	研究のまとめ	31
1	全体考察	31
2	研究の成果	32
3	研究の課題と今後の方向性	32
X	引用文献及び参考文献	32

I 研究主題

高等学校理科における探究の過程を主体的に進める授業の在り方に関する研究
－科学的に課題を解決する「探究マップ」の開発とその活用を通して－

II 主題設定の理由

平成30年3月に告示された高等学校学習指導要領（以下、「学習指導要領」（2018））において、理科の目標に、「見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。」と示された。この「見通しをもって観察、実験を行うこと」について、高等学校学習指導要領解説理科編理数編（以下、「解説」（2018））では、「観察、実験を行う際、何のために行うか、どのような結果になるかを考えさせるなど、予想したり仮説を立てたりしてそれを検証するための観察、実験を行わせる」とされており、探究の過程を生徒が主体的に進めていく学習活動の充実が求められている。

しかし、平成30年度全国学力・学習状況調査の中学校理科において、「自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画すること」、「実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善すること」に課題があると指摘されており、この傾向は高等学校においても引き続き課題となっているものと考えられる。生徒が科学的に解決する過程を見通したり振り返ったりして主体的に探究していく学習の充実が必要である。

生徒が探究の過程を主体的に進めるには、探究の過程に関する基本的な知識を理解し、その知識を基に、何について、どのような選択が最適かを判断し行動することができるようにする必要がある。そこで、生徒が、探究の過程のどこに位置しているかを把握したり、何をすればよいかを見通したり、科学的な課題の解決に向けて探究全体を振り返ったりすることで、探究の過程を自覚して学習を進めるための「探究マップ」を開発する。「探究マップ」を活用すると、探究の過程に関する知識の習得や意欲の向上が図られ、主体的に探究の過程を進める学習活動が充実すると考える。

本研究は、高等学校理科において、生徒が探究の過程を自覚しながら学習を進める「探究マップ」を開発しその活用を通して、生徒が探究の過程を主体的に進める授業の在り方を明らかにすることによって、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指すものである。

III 研究の目的

高等学校理科において、理科教育の指導の充実及び生徒の科学的に課題を解決する資質・能力の育成に資する。

IV 研究の目標

高等学校理科において、科学的に課題を解決する資質・能力の育成を図るため、生徒が探究の過程を自覚しながら学習を進めるための「探究マップ」の活用を通して、生徒が探究の過程を主体的に進める授業の在り方を明らかにする。

V 研究の見通し

生徒が探究の過程を主体的に進める授業の在り方を明らかにした上で「探究マップ」を開発する。開発した「探究マップ」を活用し、見通したり振り返ったりする探究の過程を生徒が自覚できる授業を行う。また、事前事後の質問紙調査や授業の「探究マップ」への記述により、探究についての知識・技能の習得及び科学的に課題を解決する資質・能力の育成が図られたかを評価する。

VI 研究の構想

1 研究についての基本的な考え方

(1) 育成を目指す資質・能力について

「学習指導要領」(2018)は、理科の目標について、次のように示している。

自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

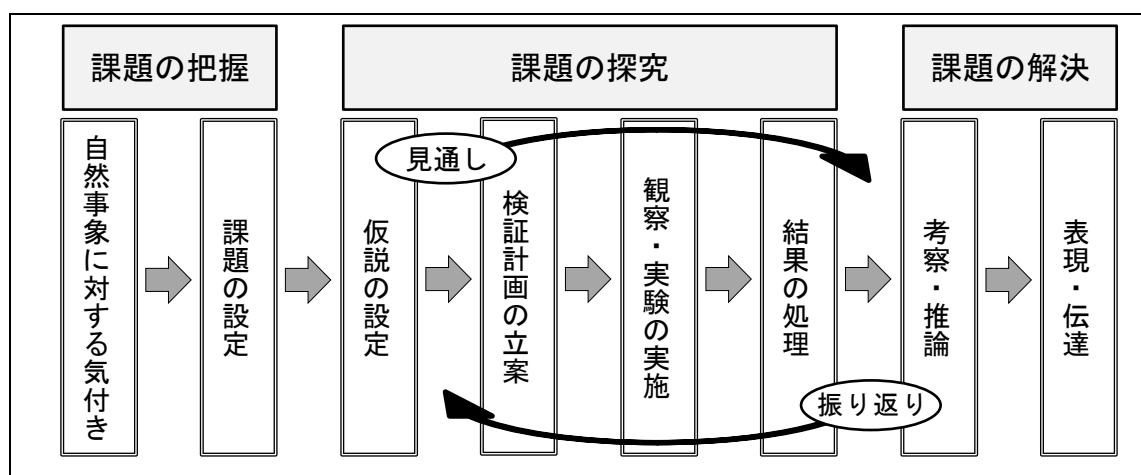
- (1) 自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- (3) 自然の事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

(「学習指導要領」(2018) p.129)

柱書き、(1)～(3)いずれにも「科学的に探究する」が示されている。このことから、科学的に探究するために必要な資質・能力として、「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」の三つの柱をバランスよく育むことが重要である。

(2) 探究の過程について

「解説」(2018)では、高等学校理科基礎科目の例として、探究の過程⁽¹⁾が示された【図1】。また、「理科においては、(中略)探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要である」と示されている。これらのことから、資質・能力を育成するために、探究の過程を通じた科学的に課題を解決する学習活動の充実を図ることが必要となる。



【図1】探究の過程（「解説」(2018) p.10 を基に作成）

(3) 科学的に課題を解決する学習活動の充実に向けて

ア 知識及び技能の習得について

科学的に探究するためには、そのための知識及び技能が欠かせないものとなる。その点について「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」(以下、「答申」(2016))では、「理科において育成を目指す資質・能力の整理」で、「知識・技能」について、「科学的探究についての基本的な理解(中学校)」

(1)「答申」(2016)では、探究の過程は必ずしも一方向の流れではないこと、授業では、その過程の一部を扱ってもよいこと等が留意点として示されている。

「科学的探究についての理解（高等学校）」とそれぞれ示されている。科学的に探究を進めるための知識の理解及び技能の習得を，生徒の発達段階に応じた学習活動を展開することで，生徒の理解を深めていくこととなる【表1】。

【表1】理科において育成を目指す資質・能力（「知識・技能」）の整理（「答申」（2016）別添資料を基に作成）

中学校	高等学校
<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然事象に対する概念や原理・法則の基本的な理解 ・ 科学的探究についての基本的な理解 ・ 探究のために必要な観察・実験等の基本的な技能（安全への配慮，器具などの操作，測定の方法，データの記録・処理等） 	<選択科目> <ul style="list-style-type: none"> ・ 知識・技能の深化 ・ 自然事象に対する概念や原理・法則の体系的な理解
	<必修科目> <ul style="list-style-type: none"> ・ 自然事象に対する概念や原理・法則の理解 ・ 科学的探究についての理解 ・ 探究のために必要な観察・実験等の技能

イ 科学的に課題を解決する授業について

「科学的」について，小学校学習指導要領解説理科編（2017）において，次のように記している。

科学が，それ以外の文化と区別される基本的な条件としては，実証性，再現性，客観性などが考えられる。実証性とは，考えられた仮説が観察，実験などによって検討することができるという条件である。再現性とは，仮説を観察，実験などを通して実証するとき，人や時間や場所を変えて複数回行って同一の実験条件下では，同一の結果が得られるという条件である。客観性とは，実証性や再現性という条件を満足することにより，多くの人々によって承認され，公認されるという条件である。

「科学的」ということは，これらの条件を検討する手続きを重視するという側面から捉えることができる。（「小学校学習指導要領解説理科編」（2017）p. 16）

理科の授業においては，学習活動の質を向上させるために，科学的に探究する学習を充実させることが重要となる。そのため，科学的に課題の解決を図るときには，実証性・再現性・客観性について常にチェックをしながら進めることとなる。例えば，実証性を高めるために，仮説や実験の計画を検討することや，再現性を高めるために，条件制御を繰り返しながら実験の方法を検討すること，さらには，客観性を高めるために，発表の内容や方法を検討することなどが，それぞれ考えられる。

ウ 科学的に課題を解決し探究の過程を主体的に進める生徒の姿

理科の授業において，科学的に課題を解決する経験を生徒に積ませることは，理科が楽しい，面白いといった「内発的興味」⁽²⁾をもつことになると考える。また，習得した知識や技能を発揮する学習活動として，観察，実験などを行い探究の過程を自ら進めていることを認

(2)内発的興味について久坂（2016）は，「特定の学習に対して“楽しい”や“面白い”といったポジティブな感情を表す概念である」としている。

知することによって、生徒は「自己効力感」⁽³⁾や「有用感」をもつことになると考える。こうした経験は、「高等学校学習指導要領解説総則編」(以下、「総則」(2018))で示された「メタ認知」に関わる力⁽⁴⁾を育むことにつながると考える。

本研究では、生徒が探究の過程を自覚し、科学的に課題を解決することを、「探究の過程を主体的に進める生徒の姿」とする。

(4) 科学的に探究する学習についての課題

科学的に探究する学習についての課題を述べる。これらの結果や指摘から小学校、中学校、高等学校において継続している課題であることが窺える。

ア 全国学力・学習状況調査結果

平成27年の小学校6年生、平成30年の中学校3年生に実施された全国学力・学習状況調査は、対象者が一致していることから、理科における両者の課題点について比較した。これらの結果から、生徒が見通しをもって科学的に探究していく学習に課題があると考えられる【表2】。

【表2】全国学力・学習状況調査で明らかになった理科の課題点について

平成27年 (小学校6年生)	平成30年 (中学校3年生)
<ul style="list-style-type: none"> ・実験の結果を示したグラフを基に定量的に捉えて考察すること ・予想が一致した場合に得られる結果を見通して実験を構想したり、実験結果を基に自分の考えを改善したりすること 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善すること ・自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験計画すること

イ 理科教育における日本の生徒の実態

「答申」(2016)では、日本の生徒の実態について、「国際調査において、日本の生徒の、理科が『役に立つ』、『楽しい』の回答が国際平均より低い」ことを示している。また、高等学校理科教育の実態について、「観察・実験や探究的な活動が十分に取り入れられておらず、知識・理解を偏重した指導となっているなどの指摘がある」と示している。

ウ 全国学力・学習状況調査児童生徒質問紙調査結果

平成27年全国学力・学習状況調査児童生徒質問紙調査結果の分析において、理科における児童生徒の学習の状況と学力との関係を調査したところ、「自分の考えをまわりの人に説明したり発表したりする(表現・伝達)」、「自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている(仮説の設定、計画の立案)」、「観察や実験の結果からどのようなことが分かったか考える(考察・推論)」、「観察や実験の進め方や考え方が間違っていないかを振り返って考える(見直し、振り返り)」などについて、肯定的回答をしている児童生徒について正答率が高い状況であったと報告している。こうした学習活動を計画的に取り入れていくことが、授業改善のポイントになると考える。

エ 理科における探究の実態について

理科における探究の実態について田代(2018)は、「本来の探究は、思い描いたとおりの流れや段階を通ることはほぼほぼないのではないか。しかしながら、探究を行っている際に、

(3) 自己効力感について久坂(2016)は、「特定の課題に対する遂行可能性の予測に関する概念である」としている。

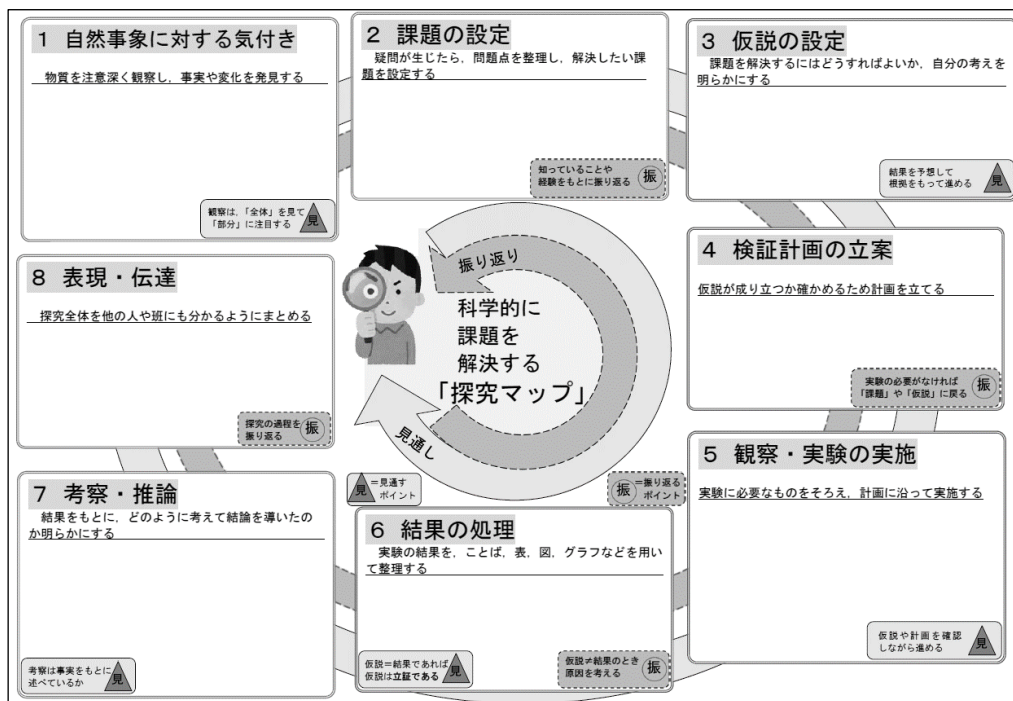
(4) 「総則」では、「自分の思考や行動を客観的に把握し認識する、いわゆる『メタ認知』に関わる力」として示されている。

今自分は探究の過程のどの辺りのことをやっているのかを分かっていることは重要である。その理由は、その先の探究の進むべき方向の見通しがもてることなどから、結果として探究が推進されることにつながるからである。」と指摘している。このことは、生徒にとって、探究の過程を自覚して見通したり、振り返ったりすることに困難さをもっていることが窺える。よって、生徒が探究の過程を主体的に進め科学的に課題を解決する際に、生徒の思考や行動を支える手立てが必要であると考える。

2 探究の過程を主体的に進め科学的に課題を解決するための手立て

「探究マップ」の開発及び「探究マップ」を活用した授業実践

生徒が科学的に課題を解決するためには、見通しをもって観察、実験などを行うことが重要となる。そこで、科学的に課題を解決するときに、探究の過程を主体的に進めることに役立つ教材として、「探究マップ」を開発した【図2】。「探究マップ」は、「答申」（2016）で示された探究の過程を基に、「1 自然事象に対する気付き」を探究の起点となるように、マップの左上に配置し、以降の過程を時計回りに配置した。また、探究の過程は一方向の流れではなく、生徒の思考やそれともなう行動が行ったり来たりできるという柔軟性を促すためとして、「見通し」と「振り返り」を表した矢印を探究の過程全体に付した。さらに、それぞれの過程には、生徒が科学的に課題を解決する際に、探究の過程を確認できるように、基本的な知識を記した。なお、「探究マップ」をA3用紙の半分に印刷し、残りの紙面には、気付いたことや、新たに分かったことなどを記述できるように、方眼（マス目）を印刷した。生徒は「探究マップ」を活用しながら、今この状況では何について考えて、どのような選択が最適かを判断し、行動していくこととなる。



【図2】「探究マップ」(実際はA3用紙の半分に拡大印刷して配付した)

「探究マップ」は指導者にとっても、生徒の進める探究の進捗状況を把握することに役立つ。例えば、机間指導の際、「君たちの仮説は何ですか」、「どんな計画を立てましたか」、「欲しいデータは順調にとれていますか」といった、探究の過程を自覚させるような質問をすることで、生徒の学習活動の状況を把握したり、場合によっては適切に支援したりしながら、自分たちで科学的

に課題を解決できるようにすることが考えられる。以上のことから「探究マップ」は、生徒、指導者が活用できる共通のツールとして、科学的に課題を解決する学習活動に役立てることができる。

生徒が探究の過程を主体的に進めるためには、事前に「探究マップ」の使い方について理解する必要があること、さらには、「探究マップ」を実際を使って、自らが科学的に課題を解決する学習活動が必要であると考え、授業実践を構想することとした。

3 検証計画

「探究マップ」の活用を通して、科学的に探究する学習の充実に効果的であったかを検討するために、以下の方法を実施する。

(1) 実態調査の実施

科学的に探究する学習の実態について、事前と事後に質問紙調査を実施し、科学的探究についての関心や意欲が高まったか、科学的探究についての理解が図られたかをそれぞれ分析する。調査内容は、4件法（1：そう思わない～4：そう思う）による調査Ⅰ及び記述式による調査Ⅱとする。

ア 調査Ⅰについて

質問紙の構成を、内発的興味（田中・山内，2000 を援用）について4項目（①，④，⑦，⑩），自己効力感（松沼，2004 を援用）について4項目（②，⑥，⑧，⑪），学習に対する有用感（PISA 質問紙の「理科の学習と将来」を援用）について4項目（③，⑤，⑨，⑫），科学的探究態度（全国学力・学習状況調査の生徒質問紙を基に筆者作成）について6項目（⑬～⑱）とした。ただし、生徒に提示した質問紙は、各尺度をランダムにするために、項目①～⑱の順番で配置した【表3】。

【表3】調査Ⅰの内容

【調査Ⅰ】各項目について、もっとも当てはまるものを一つ選び○をつけてください。 (1：そう思わない，2：あまりそう思わない，3：少しそう思う，4：そう思う)	
内発的興味	①私は化学分野を勉強するのはおもしろいと思う。 ④私は化学分野を勉強するのが好きです。 ⑦私は化学分野を勉強するのは楽しいことだと思う。 ⑩私は化学分野の観察・実験をするのが好きです。
自己効力感	②私は化学分野の学習内容についてたくさんを知っていると思う。 ⑥私は化学分野でよい成績がとれると思う。 ⑧私は化学分野で探究の進め方を知っていると思う。 ⑪私は化学分野が得意だと思う。
有用感	③私は将来自分の就きたい仕事で役立つから、努力して化学分野を勉強することは大切だと思う。 ⑤私は将来やりたいことに必要となるので、化学分野を勉強することは重要だと思う。 ⑨私は化学分野を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとってはやりがいがある。 ⑫私は化学分野で学んだ多くのことは就職に役立つと思う。
探究態度	⑬私は化学分野の授業で、どのように課題を解決すればよいか見通しをもつようにしている。 ⑭私は化学分野の授業で、自分の予想をもとに観察・実験の計画を立てるようにしている。 ⑮私は化学分野の授業で、考察するときは、観察・実験の結果をもとに考えるようにしている。 ⑯私は化学分野の授業で、観察・実験の進め方や考え方が適切であったか振り返るようにしている。 ⑰私は化学分野の授業で、自分の考えがうまく伝わるよう、発表するようにしている。 ⑱私は化学分野の授業で、探究の流れを意識している。(調査Ⅱの探究の流れの例参考)

イ 調査Ⅱについて

調査Ⅱは、科学的に探究する場面で大事にしていることを記述させることとした【図3】。

<p>【調査Ⅱ】化学分野で行ってきた実験を具体的に思い浮かべながら、①～⑥の場面で大事にしていること（や大事にしていきたいこと）をできるだけたくさん書いてください。</p> <p>※（ ）内は、事後調査時に追加した文言</p> <p>①課題を見いだすとき ②予想や仮説を立てるとき ③実験計画を立てるとき ④観察・実験を行うとき ⑤結果を整理するとき ⑥考察するとき</p>

【図3】調査Ⅱの内容

(2) 授業記録、「探究マップ」等の分析

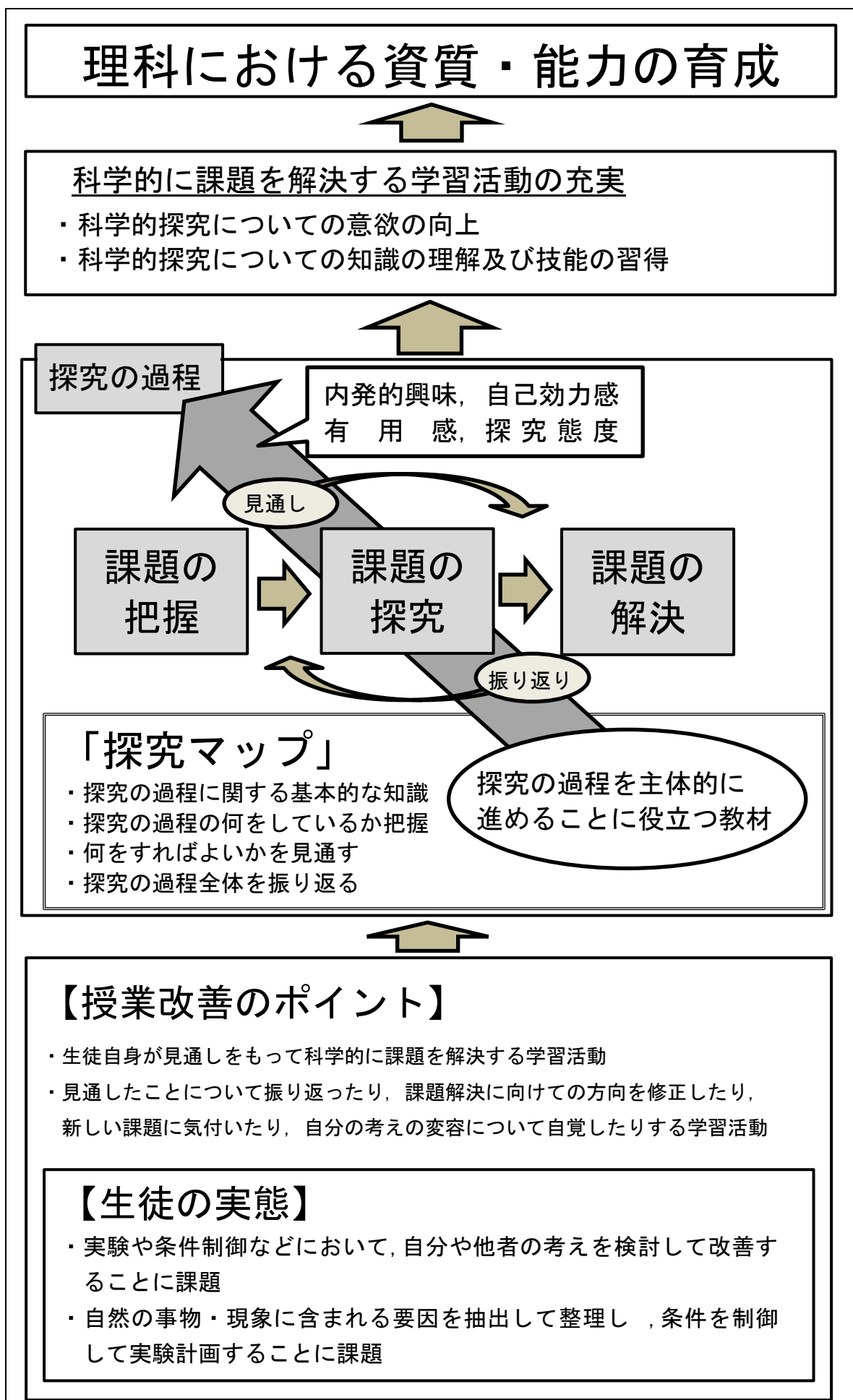
「探究マップ」を活用した課題解決において、探究の過程を主体的に進めていたかについて、授業実践の様子や「探究マップ」等の記述から分析する。

(3) 検証計画と実践計画について

検証計画と実践計画の流れについて示す【表4】。

【表4】検証計画と実践計画の流れ





Ⅶ 実践構想

1 研究との関わりについて

生徒の実態を把握するために、授業実践前に、内発的興味、自己効力感、有用感、探究態度について、研究協力員3名の所属校の生徒を対象に、調査Ⅰを実施した。それによると、自己効力感に関する項目のうち「私は化学分野の学習内容について沢山のことを知っていると思う」、「私は化学分野で探究の進め方を知っていると思う」について課題が見られた。そのため、例えば、「やればできる」といった自分の行動に関して自信をもつことが、自己効力感を高めることにつながると考える。授業では、「探究マップ」を活用しながら、科学的に課題を解決する活動を実施することで、生徒に「自分（たち）で課題を解決できた」という達成感を持たせることで自信につながると考える。

また、調査Ⅱにおいて、探究の流れで大事にしていることを書き出させた。ここでは、無回答率について着目した【表5】。

【表5】探究の流れに関する質問紙調査Ⅱについて(n = 313)

探究の流れ	無回答率 (%)
課題を見いだすとき	31.0
予想や仮説を立てるとき	18.8
実験計画を立てるとき	24.3
観察・実験を行うとき	10.2
結果を整理するとき	21.1
考察するとき	26.8

この結果から、課題を見いだすために大事にしていることが一つも思いつかない生徒が多いことが明らかとなった(31.0%)。回答した生徒の記述内容を見ても、「教科書を見て課題にする」、「教科書どおりだったので見いだすことはない」等の記述があった。探究の過程全体を生徒が主体的に進めることができるようにするためには、授業の導入時に、演示実験によって課題を見いださせる学習活動を実施し、確認しながら進めることが重要だと考える。また、課題を見いだす以外の探究の流れについても、「探究マップ」を活用して理解を深める必要がある。例えば、自分達の思うような実験結果が得られないときには、検証計画や仮説の設定を再検討する必要がある。その際、自分達にはどんな活動の履歴があるのかを「探究マップ」を使って振り返らせながら、次の見通しをもつように働きかける必要がある。加えて、観察時に気付いたメモや書き留めた実験結果から新たな気付きや疑問が生じることも期待したい。

「探究マップ」は、科学的に探究する学習での活用を想定して開発したものである。今回の実践では、研究協力員3名の所属校での学習進度等を考慮し検討した結果、化学基礎の最後で学習する電池について実施することとした。

2 単元名

(3) 物質の変化 (イ) 化学反応 ④酸化と還元(電池)

3 単元について

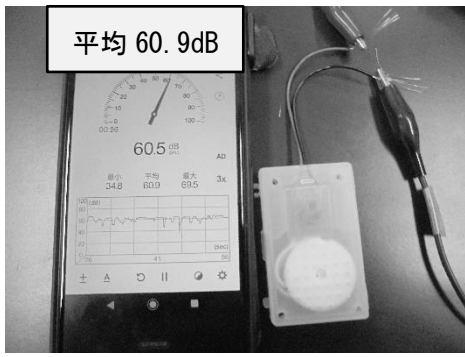
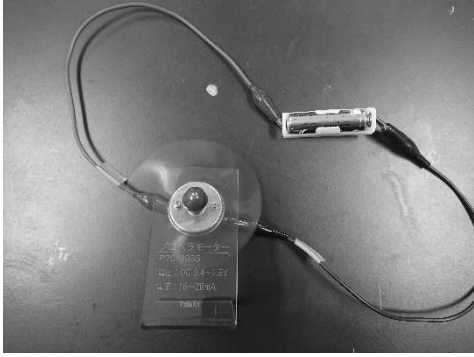

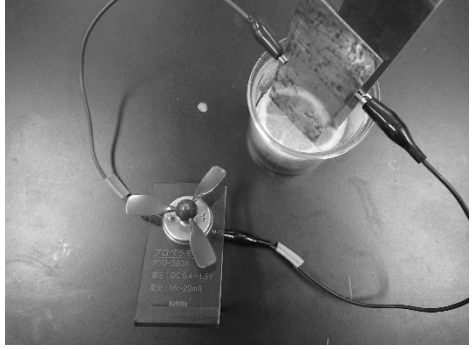
(1) 教材観

中学校では、酸化と還元(中学校2年生)と電池(中学校3年生)を、別の単元で扱ってい

る。酸化と還元は、酸素をやりとりする逆向きの反応であることを理解すること、電池については、電池の基本的な仕組みを理解するとともに、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ことがそれぞれのねらいである。一方、高等学校においては、酸化と還元及び電池を同じ単元で扱っている。このような違いがあるのは、電池が酸化還元反応を利用している装置であることを捉え、理解させることをねらいとしているからである。

化学基礎では、最初に一次電池について学習する。たとえ果物であっても、イオン化傾向の異なる2種類の金属（電極）を電解質の水溶液（電解液）に浸すことで電池となる。レモン電池は身の回りにあるもので簡単に作成できる一次電池としてたびたび紹介される。例えばレモン1個に亜鉛版と銅板を差し込んだだけでは、電子オルゴールの音は小さく、またプロペラモーターも回転しない【表6】。

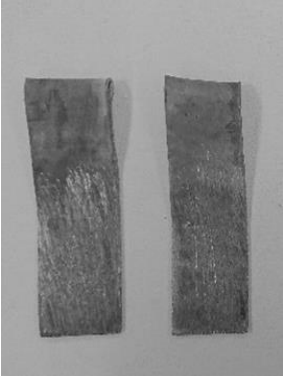
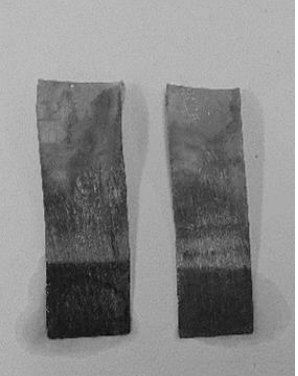
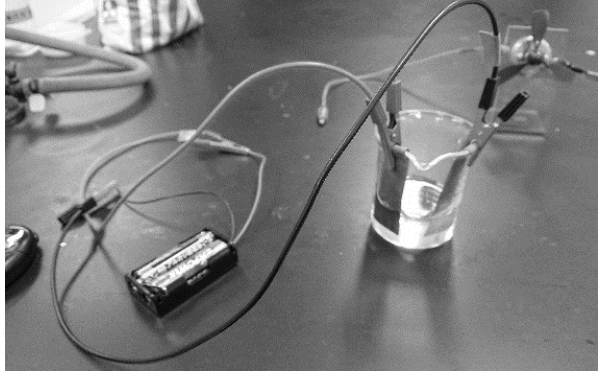
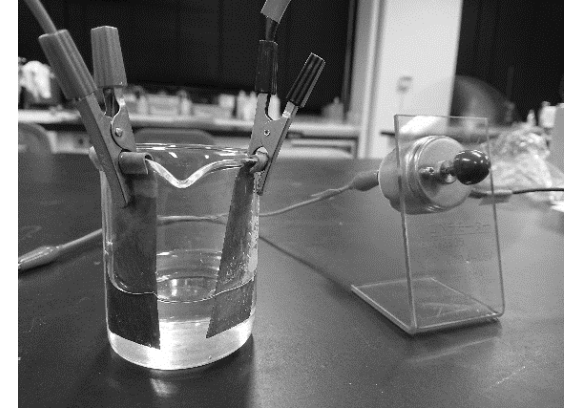
【表6】乾電池とレモン電池の比較

	オルゴールの音の大きさ 【アプリケーションによる簡易測定】	プロペラモーターの回転の様子
乾電池 (1.5V)		
レモン電池		

授業実践①では、レモン電池を使って、プロペラモーターを回転させるためにはどのような方法があるのかを、生徒の考えた仮説が成り立つかを実験によって検証していく。その際、回らない実験についても、仮説を検証した大事な結果であるということを強調することによって、授業実践②に向けて自分達で実施する実験の結果や課題解決の成果を失敗と捉えず、粘り強く取り組むように指導する。

授業実践②では、鉛蓄電池について学習する。鉛と同じ金属であっても、外部電源によって正極を酸化鉛(IV)という異なる電極板に変化することによって電池として機能する。このことは生徒にとって、同じ金属板では電池にならないという、これまで学習してきた概念を覆し、同じ金属板でも改変すれば電池になることもあるという、新たな知識を獲得することとなる。そして、酸化還元反応による化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出すことができれば電池になるという、新たな概念として再構築することとなる【表7】。

【表7】鉛蓄電池について

<p>電極板の変化</p>	<p>【作成前の表面】</p>  <p>【作成後の表面】</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・【作成前の表面】 鉛蓄電池作成前の電極板の表面の色は、単体鉛を示す銀白色である。 ・【作成後の表面】 充電し、鉛蓄電池作成後の電極板の表面の色は、負極において、酸化鉛(IV)を示す褐色である。
<p>充電の様子</p>		<ol style="list-style-type: none"> ①100m L ビーカーに 3 mol/L の希硫酸を 50m L 入れて、電極板を浸した。 ②充電用電源として、単三電池を 2 本用いた (約 3 V)。 ③ 1 分間充電した。
<p>放電の様子</p>		<p>上記の条件で、プロペラモーターは 53～58 秒間回転した。</p>

次に、鉛蓄電池は充電可能であり、放電後も、外部電源等による充電によって起電力が回復し、繰り返し使うことのできる二次電池になることを学習する。生徒は、鉛蓄電池に関する課題を解決する探究の過程で、充電・放電時の電極の変化の様子や、プロペラモーターの回転の速さ、テスターの値の変化などに着目し、鉛蓄電池の構造や反応、充電・放電について理解する。あわせて、鉛蓄電池は、鉛が酸化され、酸化鉛が還元されときの化学エネルギーを利用して電気エネルギーを取り出す装置であることを理解することがねらいである。

なお、本単元で扱う鉛蓄電池の他に、リチウムイオン電池も代表的な二次電池であることについても触れる。生徒は、パソコンやスマートフォン、携帯ゲーム機、テレビのリモコンなどの電源として、普段の生活をする上で欠かせないものとして利用していることから、二次電池が生活に欠かせないものとしての関心をもたせる。

(2) 生徒観

これまで充電や放電については、生徒が生活上何気なく経験しているものの、その仕組みに

については、酸化還元反応で捉えたり、理解を深めたりする場面はなかったと考えられる。授業では、同じ二次電池で、しかも実験に使う試薬等が入手しやすい鉛蓄電池を扱うことで、日常生活で行っている充電や放電が、酸化還元反応によるものであることについて理解を深める。鉛蓄電池は、最もよく使われている二次電池であり、自動車のバッテリーや非常用の予備電源として広く使われていることについても扱う。

(3) 指導観

授業実践①は、レモン電池の作製を通して、電池の基本的な仕組みを理解させる。その後、中学校で学習した探究の進め方について確認しながら科学的探究について基本的な理解を図る。授業実践②は、「どうすれば鉛蓄電池で長い時間プロペラモーターを回せるようになるか」の課題を解決するために、「探究マップ」を活用しながら探究の過程を主体的に進めさせたい。

また、学習活動の終盤では、班ごとに明らかにしたことを発表させる。発表者は、「探究マップ」が手元にあることで、発表する内容をまとめやすくなるのが期待できる。また、発表を聞く生徒は、「探究マップ」の流れに沿って発表されるため、自分たちが取り組んだ探究との差異を見出すことが期待できる。例えば、自分たちの班と同じ検証方法なのに、違う結果が得られたりする発表もある。さらには、自分たちが検証できなかった仮説や、思いつきもしない仮説についての発表があることも予想される。指導者は、それぞれの発表の内容について、適宜補足したり賞讃したりしながら、探究の過程全体を振り返る学習活動を充実させ、探究の過程についての理解を図りたい。

VIII 授業実践

1 授業実践の概要

(1) 実践対象

岩手県立盛岡北高等学校 普通科 2 学年

1 組 (男 21 名 女 19 名 計 40 名)

2 組 (男 23 名 女 16 名 計 39 名)

3 組 (男 28 名 女 11 名 計 39 名)

岩手県立黒沢尻北高等学校 普通科 2 学年

5 組 (男 16 名 女 18 名 計 34 名)

6 組 (男 18 名 女 18 名 計 36 名)

岩手県立大槌高等学校 普通科 2 学年

A 組就職コース (男 9 名 女 11 名 計 20 名)

B 組就職コース (男 9 名 女 11 名 計 20 名)

A・B 組進学コース (男 7 名 女 7 名 計 14 名)

(2) 実践日程等

日時・曜日	実践校	クラス	内容	授業者
9月30日(月)	盛岡北高等学校	1組	実践①	所員
		2組	実践①	所員
		3組	実践①	所員
10月2日(水)	盛岡北高等学校	2組	実践②※	所員

10月7日(月)	黒沢尻北高等学校	5組	実践①	所員
		6組	実践①	所員
10月8日(火)	盛岡北高等学校	1組	実践②	研究協力員
		3組	実践②	研究協力員
10月16日(水)	黒沢尻北高等学校	5組	実践②	所員
		6組	実践②	研究協力員
10月28日(月)	大槌高等学校	就職コースⅠ	実践①, ②	所員
		進学コース	実践②	所員
10月29日(火)		就職コースⅡ	実践①	所員
		就職コースⅡ	実践②	研究協力員
		進学コース	実践②	研究協力員
※10月2日(水), 所員による授業実践②を行い, その様子を研究協力員が参観した。参観後, 研究協力員と授業展開について確認した。				

(3) 実践内容

授業実践① 科学的に課題を解決する方法について (1時間)

授業実践② 鉛蓄電池について (2時間)

2 授業実践の流れ

(1) 授業実践① 科学的に課題を解決する方法について (1時間)

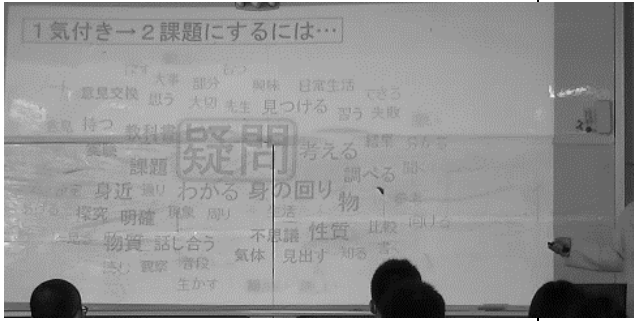
ア 本時の目標


レモン電池でプロペラモーターが回る仕組みについて, 電極付近で起こる酸化還元反応で理解することができる。

イ 本時の構想

「探究マップ」に沿って授業を進めることで, 探究の過程への理解を図る。本時は, レモン電池を使って, どうしたら気付き, 課題を設定し, その解決を図っていけるのかを, 生徒と対話をしながら演示実験を実施し, その観察を基に授業を進める。

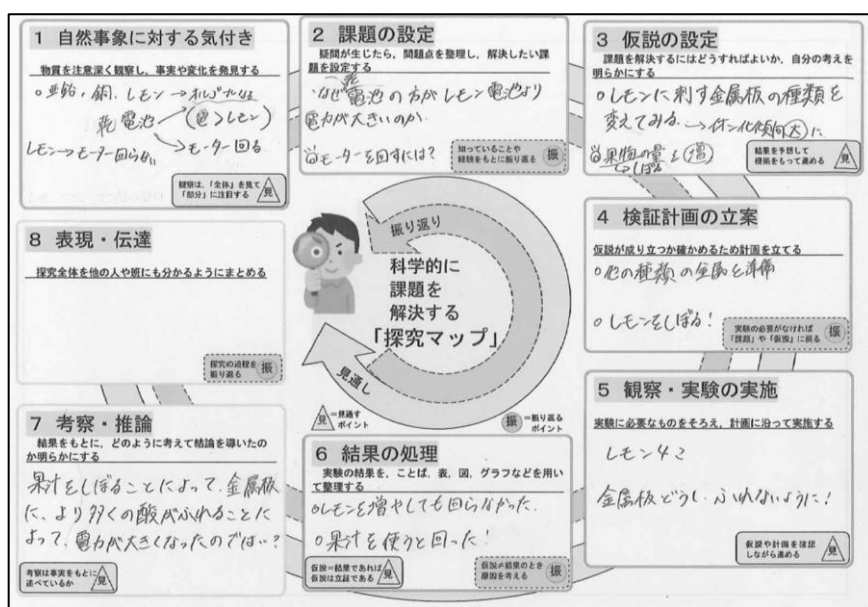
ウ 授業展開

時間	学習内容	指導上の留意点	資料, 教材・教具
導入 20分	1 探究の過程を習得する意義について確認する。	<ul style="list-style-type: none"> 事前アンケートの結果をスライドで示す。 	<ul style="list-style-type: none"> 授業用プレゼン資料
	2 電池の仕組みについて確認する。	<ul style="list-style-type: none"> 電池の仕組みについて, 知識の習得状況を把握するため, 確認テストを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 「探究マップ」 確認テスト

	3 乾電池とレモン電池をそれぞれプロペラモーターやオルゴールにつなぎ、事実や変化を見いだす。	・ 演示実験を行い、乾電池とレモン電池では、プロペラモーターの回り方やオルゴールの鳴り方に違いが生じることを示す。 〈マップ1〉	・ 乾電池 ・ レモン電池 ・ プロペラモーター ・ 電子オルゴール
	4 気付いた事や疑問を確認し、課題を設定する。	・ 疑問から課題を設定するとき、疑問は「なぜ～」、課題は「～どうすればよいか」を基にマップに記述させる。〈マップ2〉	
展開 25分	【学習課題】 レモン電池でプロペラモーターを回すにはどうすればよいか。		
	5 仮説を考える。	・ 仮説を設定し〈マップ3〉、発表させる。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">生徒の考えた仮説 ①レモンの数を増やす ②電極板の種類を変える ③電極板の数を増やす ④電極板1枚にレモン1個をそれぞれつなぐ ⑤レモンをしぼって電極板を浸す</div>	
	6 演示実験を観察し、結果をまとめる。	・ 仮説を基に演示実験を行う。ここでは、どのように実験するかを生徒と確認しながら実施する〈マップ4〉。仮説①～④ではプロペラモーターが回らないことを確認する〈マップ5〉〈マップ6〉。最後に仮説⑤を実施し、プロペラモーターが回ることを確認する。 	
		・ 結果を基に考察をさせる〈マップ7〉。	・ 授業用プレゼン資料
終末 5分	7 学習のまとめをする。	・ 学習活動を振り返らせ分かったことや新たに生じた疑問を記述させる〈マップ8〉。	
	8 次時の予告	・ 次時は班ごとに鉛蓄電池について課題解決することを予告する。	

エ 「探究マップ」の記述(例)

授業実践①における、「探究マップ」の記述(例)を示す【図4】。



【図4】授業実践①「探究マップ」の記述(例)

(2) 授業実践② 鉛蓄電池について(2時間)

ア 本時の目標

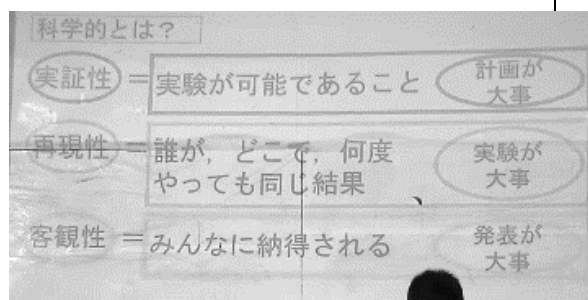
鉛蓄電池の仕組みについて観察・実験を通して科学的に探究し、規則性や関係性を見いだして表現することができる。


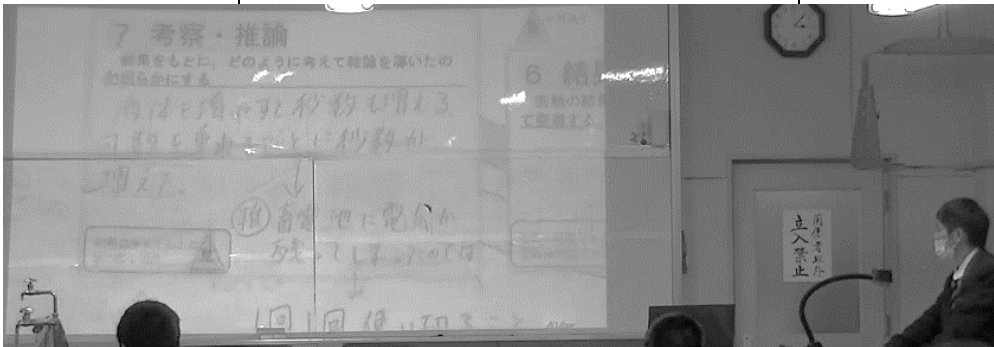
イ 本時の構想

「探究マップ」を実際に活用しながら、鉛蓄電池について、探究を進めていく。導入では、鉛蓄電池でプロペラモーターを回転させるが、すぐに止まる演示実験を提示し、どうすれば鉛蓄電池で長い時間プロペラモーターを回せるようになるのかを課題とする。ここでは、班ごとに設定する仮説が異なることをねらう。発表の場面では、検証方法には違いがあることについて全体で共有の場をもち、科学的に課題を解決する方法についての理解を図る。

ウ 授業展開

時間	学習内容	指導上の留意点	資料, 教材・教具
導入 15分	1 前時を振り返る。	<ul style="list-style-type: none"> 科学的に課題を解決するとき、計画・実験・発表の意義について確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 授業用プレゼン資料 「探究マップ」
	2 鉛蓄電池の構造, 放電, 充電の仕方について確認する。	<ul style="list-style-type: none"> 机上の鉛蓄電池の構造を確認させる。その後、放電によりプロペラモーターが回転するか確認させる。さらに、乾電池をつなぎ、充電できるか確認させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛蓄電池

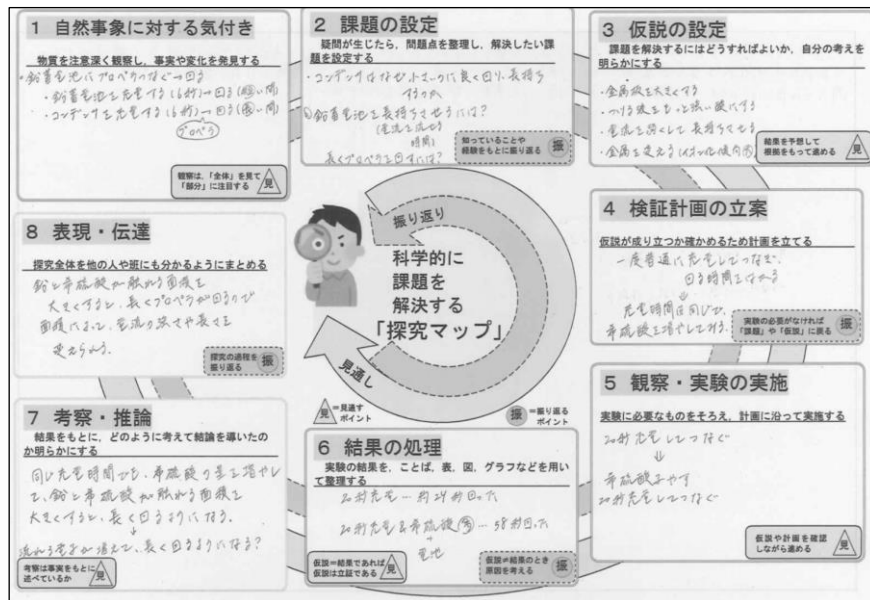


<p>3 演習実験を観察し、鉛蓄電池とコンデンサを比較する。</p> <p>4 気付いた事や疑問を確認し、課題を設定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 乾電池を鉛蓄電池とコンデンサにそれぞれ10秒間接続し充電する。その後、乾電池をプロペラモーターに換え、プロペラの回転の様子を観察させる〈マップ1〉。 前時の課題設定の場面を思い出させる〈マップ2〉。 	<ul style="list-style-type: none"> コンデンサ (10F) プロペラモーター 	
<p>【学習課題】 どうすれば鉛蓄電池で長い時間プロペラモーターを回せるようになるか。</p>			
<p>5 仮説を設定し、実験を実施する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 課題解決のための仮説を設定させる〈マップ3〉。班ごとに検証計画を基に〈マップ4〉実験させる〈マップ5〉。机間巡視し、安全に実施するよう指導する。 	<p>生徒の考えた仮説</p> <ul style="list-style-type: none"> 充電時間を長くする 希硫酸の量を増やす 希硫酸に浸る鉛の面積を増やす 鉛蓄電池を温める 直列（並列）回路にして放電（充電）する、など 	
<p>展開 70分</p>			
	<p>6 実験結果を処理し、考察する。</p> <p>7 各班で実施したことについて発表させる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 実験結果をまとめ〈マップ6〉、考察をさせる〈マップ7〉。発表の準備をさせる。 発表者は「探究マップ」を基に発表すること、他の生徒は、発表を通して、分かった事や新たに生じた疑問等についてメモをとることを指示する。 	<ul style="list-style-type: none"> 書画カメラ等
			

終末 10分	8 学習のまとめをする。	<ul style="list-style-type: none"> 各班の発表を基に、鉛蓄電池に関する補足の説明をする。 学習活動を振り返り、分かったことや新たに生じた疑問を記述させる〈マップ8〉。
-----------	--------------	--

エ 「探究マップ」の記述(例)

授業実践②における、「探究マップ」の記述(例)を示す【図5】。



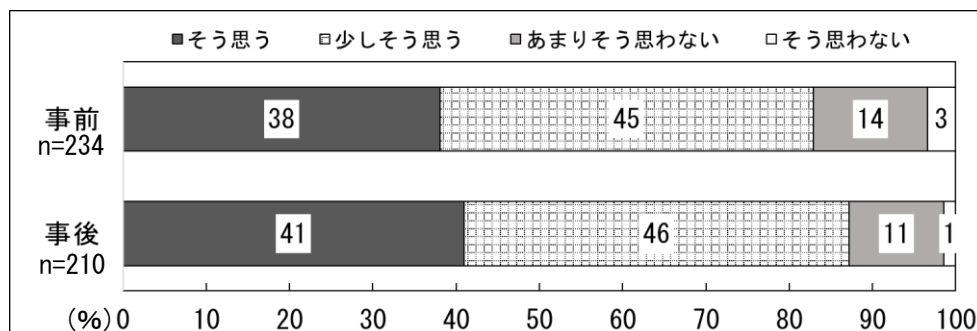
【図5】授業実践②「探究マップ」の記述(例)

3 結果の分析及び考察

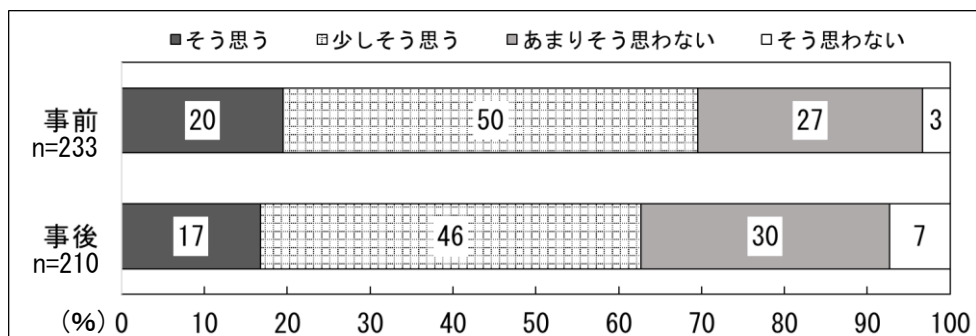
(1) 4件法による実態調査の結果

授業実践の前後に、4件法による実態調査を実施した。結果を、内発的興味(項目①, ④, ⑦, ⑩), 自己効力感(項目②, ⑥, ⑧, ⑪), 有用感(項目③, ⑤, ⑨, ⑫), 探究態度(項目⑬~⑱)の尺度ごとに示す。なお、グラフ中の数字は割合を示している。整数で表しているため、合計が100%にならないこともある。

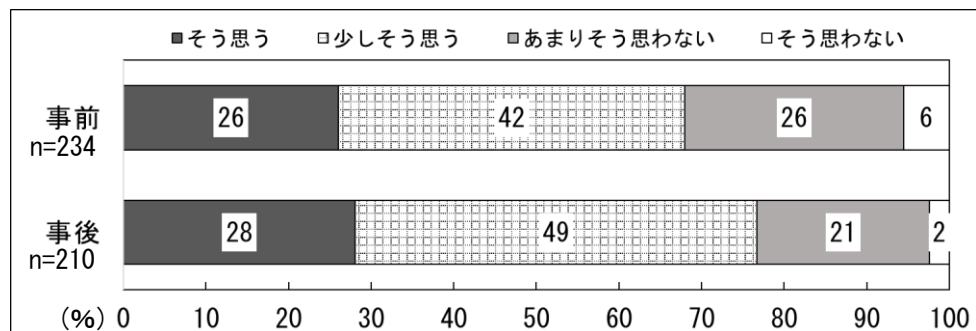
ア 内発的興味について



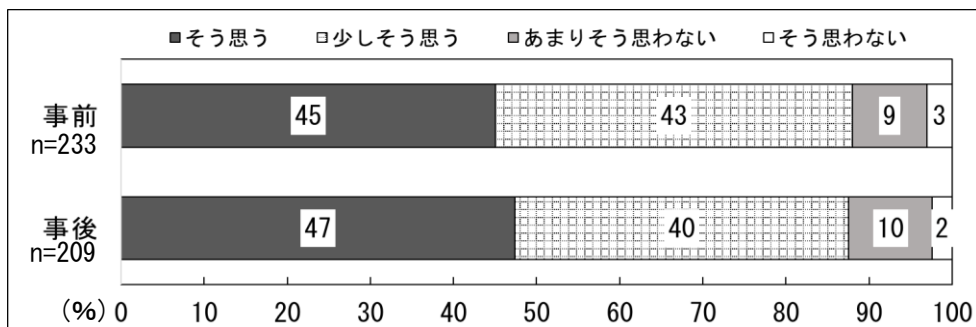
【図6】①私は化学分野を勉強するのはおもしろいと思う



【図7】④私は化学分野を勉強するのが好きです

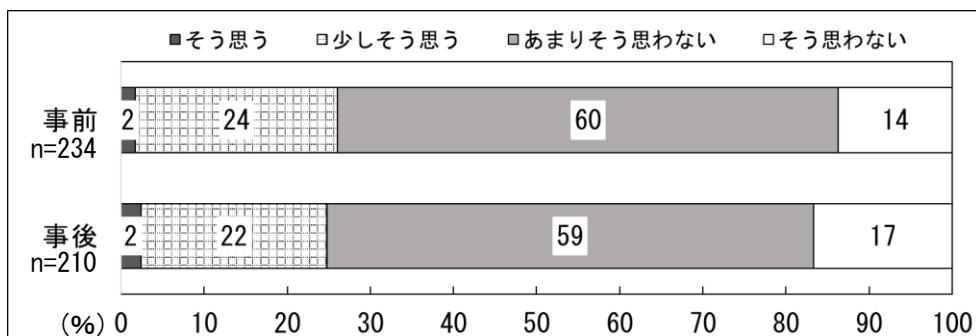


【図8】⑦私は化学分野を勉強するのは楽しいことだと思う

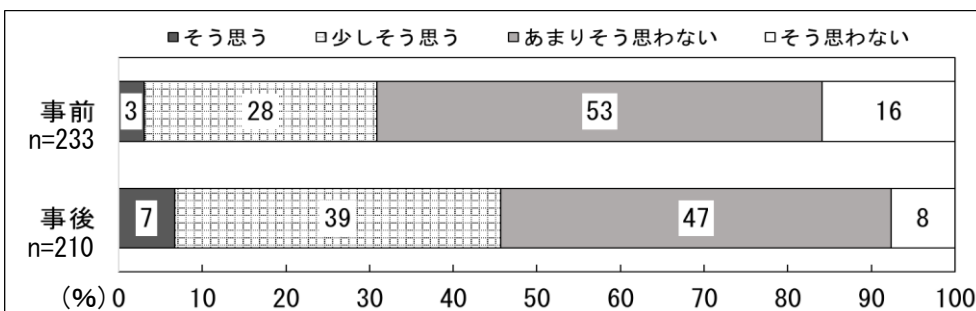


【図9】⑩私は化学分野の観察・実験をするのが好きです

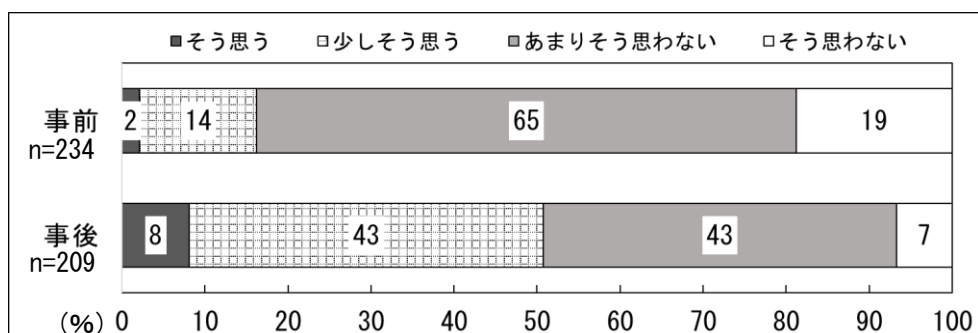
イ 自己効力感について



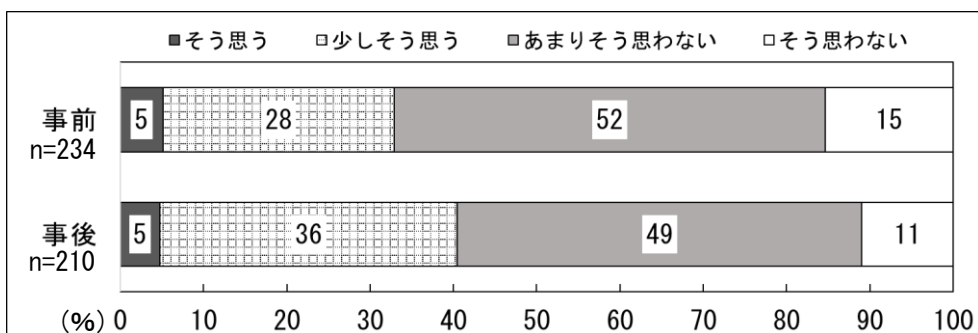
【図10】②私は化学分野の学習内容についてたくさんを知っていると思う



【図11】⑥私は化学分野でよい成績がとれると思う

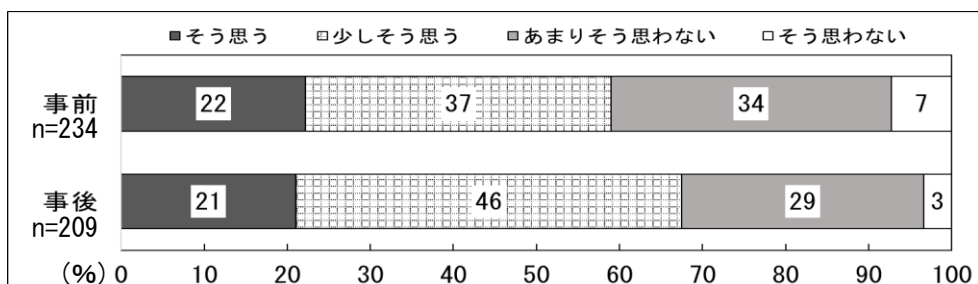


【図12】 ⑧私は化学分野で探究の進め方を知っていると思う

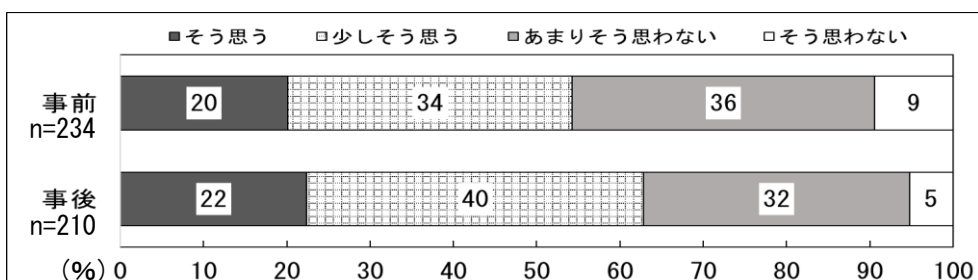


【図13】 ⑪私は化学分野が得意だと思う

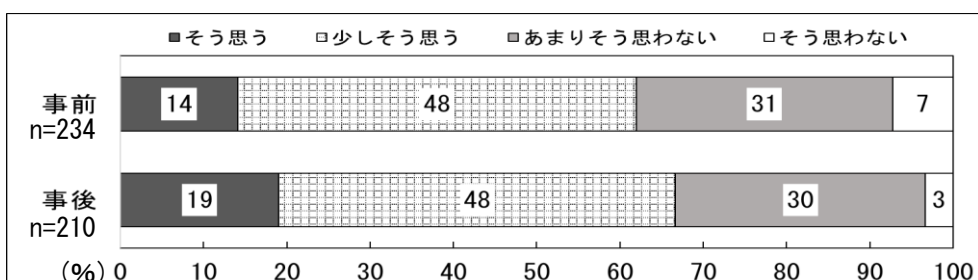
ウ 有用感について



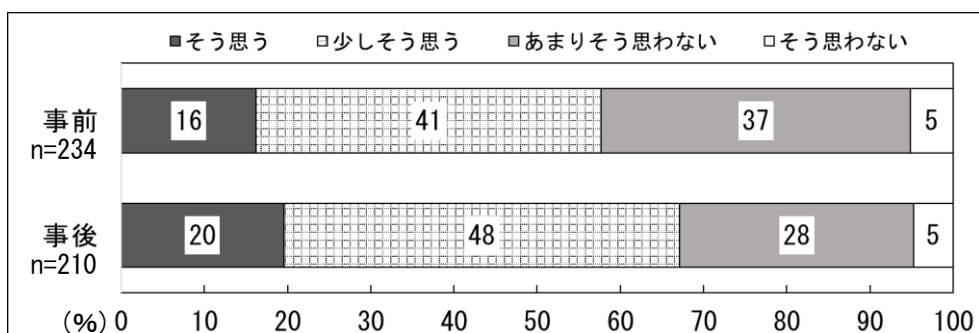
【図14】 ③私は将来自分の就きたい仕事で役立つから、努力して化学分野を勉強することは大切だと思う



【図15】 ⑤私は将来やりたいことに必要となるので、化学分野を勉強することは重要だと思う

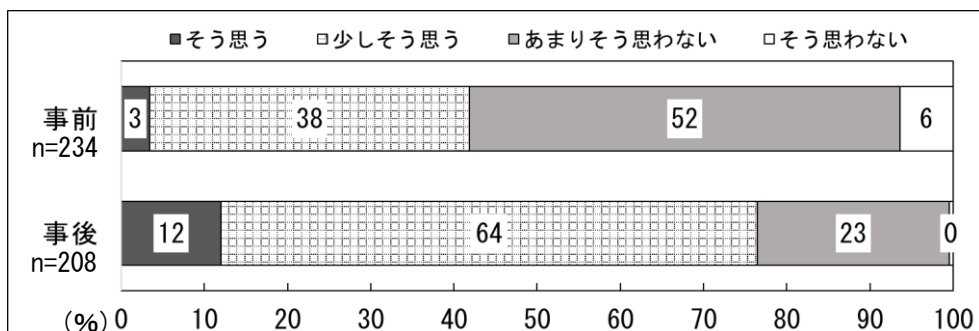


【図16】 ⑨私は化学分野を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとってはやりがいがある

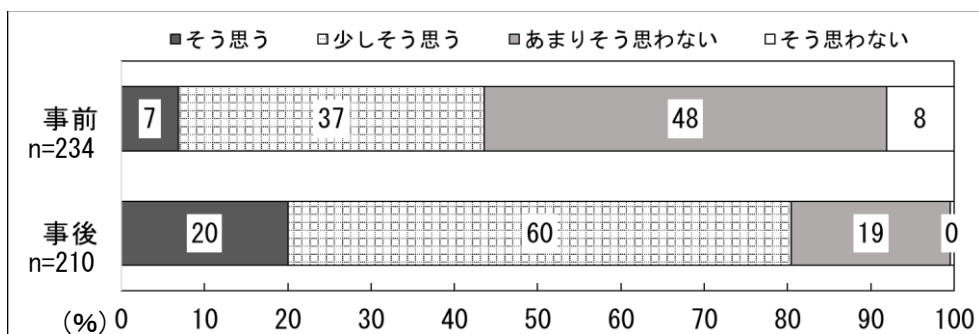


【図17】 ⑫私は化学分野で学んだ多くのことは就職に役立つと思う

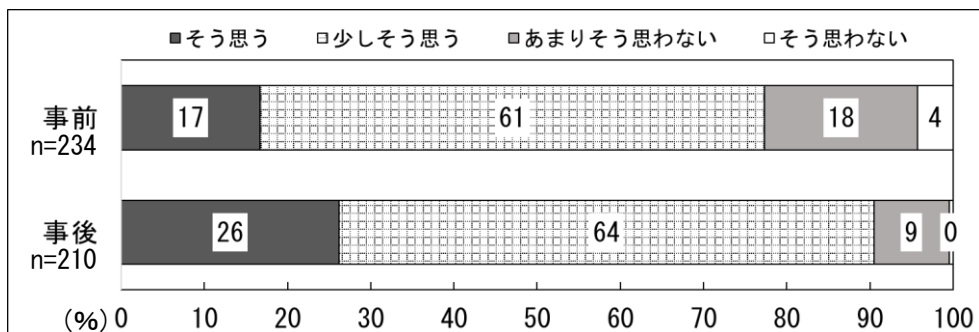
エ 探究態度について



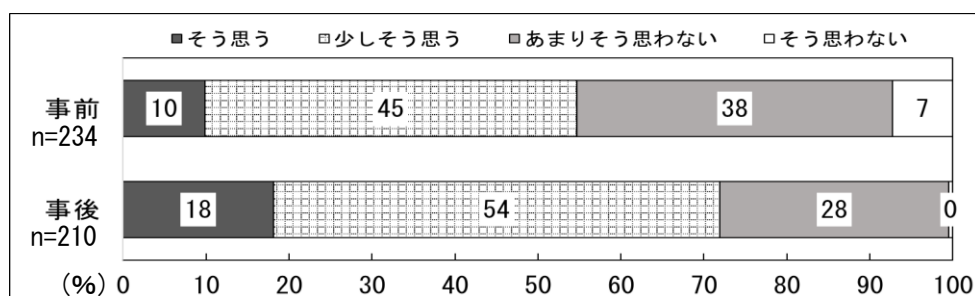
【図18】 ⑬私は化学分野の授業で、どのように課題を解決すればよいか見通しをもつようになっている



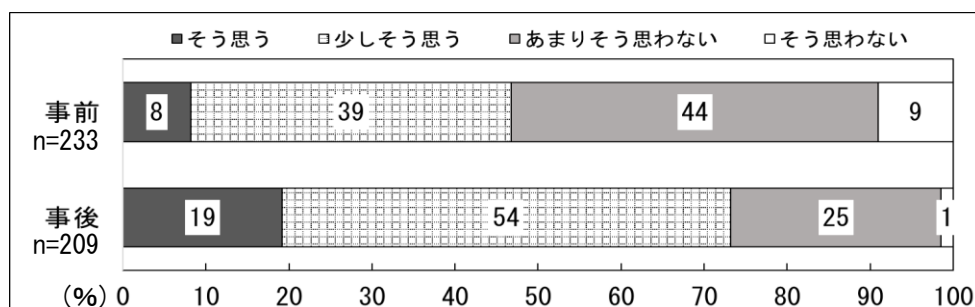
【図19】 ⑭私は化学分野の授業で、自分の予想をもとに観察・実験の計画を立てるようになっている



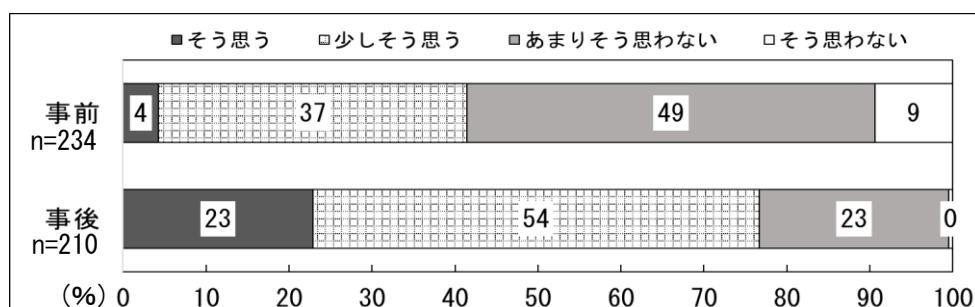
【図20】 ⑮私は化学分野の授業で、考察するときは、観察・実験の結果をもとに考えるようになっている



【図21】⑯私は化学分野の授業で、観察・実験の進め方や考え方が適切であったか振り返るようにしている



【図22】⑰私は化学分野の授業で、自分の考えがうまく伝わるよう、発表するようにしている



【図23】⑱私は化学分野の授業で、探究の流れを意識している

(2) 4件法による調査Ⅰの分析結果と考察

内発的興味、自己効力感、有用感、探究態度の各尺度について、「1：そう思わない」、「2：あまりそう思わない」、「3：少しそう思う」、「4：そう思う」を数値化し、統計処理を行った。また、分析対象を、事前調査・事後調査の両方とも回答した205名とした。

ア 事前調査と事後調査の分析結果

各尺度について、授業実践によって効果があったかを統計的に調べるため t 検定を実施したところ、すべての尺度において有意に上昇したことが認められた。

なお、*は5%水準、**は1%水準、***は0.1%水準でそれぞれ有意差が認められたことを示す【表8】。

【表8】事前調査と事後調査の尺度分析 (n = 205)

	平均値	標準偏差	差	t 値	p 値
内発的興味 (事前)	3.04	0.68			
(事後)	3.12	0.62	0.08	2.11*	0.036
自己効力感 (事前)	2.14	0.60			
(事後)	2.36	0.59	0.22	6.76***	0.000
有用感 (事前)	2.72	0.75			
(事後)	2.83	0.69	0.11	2.70**	0.008
探究態度 (事前)	2.52	0.57			
(事後)	2.98	0.51	0.46	11.86***	0.000

イ 考察

内発的興味が有意に上昇した理由について、授業実践①で扱ったレモン電池及び授業実践②で扱った鉛蓄電池といった事象に対する興味・関心の他に、科学的に探究する学習自体に興味・関心をもったからと考える。生徒の感想にも、「最後まで板に電気が蓄えられているのか、液体にあるのかどっちか分からなくなったので知りたいです」、「自分達で疑問をもち、課題を設定し、仮説を立てて実験することはとても楽しかった。普段の実験では探究マップの流れをあまり意識せず行っていました。今回の実験では探究マップの流れを意識したら、自分達が行っている事が分かりやすく表せて楽しくできました。」といった記述が見られた。

自己効力感が有意に上昇した理由について、科学的に課題を解決する学習活動を通して、生徒が「探究マップ」を使って、探究の過程を理解しながら、課題の解決に粘り強く取り組んだことで達成感が得られ、その結果、課題解決を自ら進めることに自信がもてたからだと考える。生徒の感想にも、「苦手だった仮説や考察を自らすることができた。実験の内容がスムーズに入ってきて印象的なものになった。」、「これから授業などで実験する時は、頭の中で探究マップを意識して取り組みたい」といった記述が見られた。

有用感が有意に上昇した理由について、生徒が課題の解決を科学的に進めることの意義についての理解を深めたからと考える。これは授業の導入時に「実証性は計画が大事、再現性は実験が大事、客観性は発表が大事」と示したことで、それらの条件を検討する手続きを重視しながら解決する際に役立つツールとして「探究マップ」が活用されたからだと考える。授業では、「探究マップ」に分かったことを記述したり、「探究マップ」を示しながら他の人に説明したりすることで、科学的に探究する方法について経験しながら理解している様子がみられた。生徒の感想にも、「本当の研究者のような進め方を学べて良かった。大学の研究方法につながりそう」、「この考え方を実験だけでなく日常の考え方にも応用していきたいと思った」、「探究活動は私たちがこれから飛び込んでいく社会ですごく大切になってくるだろうなあと感じました」といった記述が見られた。今後も、科学的に課題を解決する学習活動を計画的に実施することで、探究の過程について学んだことが将来役に立つと考える生徒が増えていくことが考えられる。

探究態度が有意に上昇した理由について、授業実践そのものが効果的だったためと考える。授業実践①では、プロペラモーターを回すためにはどんな方法があるのかを演示実験を通じて検証を行った。指導者は生徒の考えた仮説のうち、あえて回らないと見たてた仮説から検証した。こうすることで、より多くの仮説を検証できること、また、回らないという結果も、課題の解決を図る過程においては、事実の一つであること、さらには、課題の解決を図るためには、探究の過程を見通したり、振り返ったりすることが大事であることなどを生徒と確認しながら進めることで、理解が深まったと考える。次に、授業実践②では、どうすれば鉛蓄電池を用いてプロペラモーターを長い時間回すことができるかについて、実際に「探究マップ」を使って、生徒が科学的に課題の解決を図ったことで、探究の過程を自分たちで進めることができたという達成感や自信が得られたためと考える。

(3) 記述回答による調査Ⅱの分析結果と考察

ア 全体の記述統計（記述数）

調査Ⅱでは、化学分野で行ってきた実験を具体的に思い浮かべながら、探究の流れの中で大事にしていること（事後調査は大事にしていきたいこと）をできるだけたくさん記述する

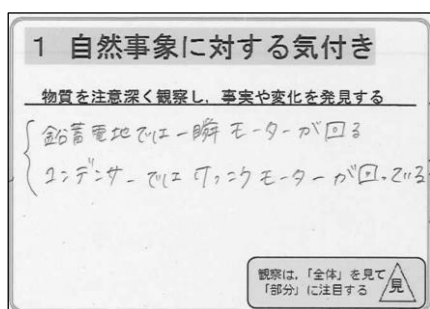
ことを求めた。すると、一人当たりの記述数の平均個数について、実践前 7.3 個だったものが、実践後 8.7 個に増加した【表 9】。

【表 9】探究の流れに関する記述数について

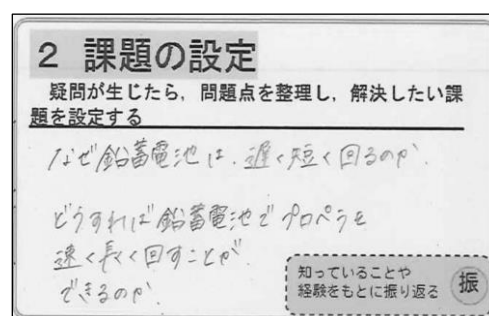
	実践前 (n = 205)	実践後 (n = 205)
①課題を見いだすとき	200 (1.0)	297 (1.4)
②予想や仮説を立てるとき	253 (1.2)	271 (1.3)
③実験計画を立てるとき	230 (1.1)	290 (1.4)
④観察、実験を行うとき	364 (1.7)	386 (1.9)
⑤結果を処理するとき	242 (1.2)	282 (1.4)
⑥考察するとき	214 (1.0)	253 (1.2)
合計	1503 (7.3)	1779 (8.7)

※カッコ内は一人当たりの記述数の平均個数を示す

特に、①（課題を見いだすとき）は 0.4 個増加した。これは、授業実践の際に探究の過程の「自然事象に対する気付き」や「課題の設定」を、授業実践①ではレモン電池と乾電池、授業実践②では鉛蓄電池とコンデンサの演示実験をそれぞれ実施し、「探究マップ」に記述させる学習活動を通して課題を見いだす過程への理解が図られたためと考える【図 24】、【図 25】。



【図24】「自然事象に対する気付き」の生徒の記述



【図25】「課題の設定」の生徒の記述

また、実践構想の際に着目した無回答率については、事後調査で大幅に減少した【表10】。

【表10】探究の流れに関する質問紙調査Ⅱの無回答率 (n = 205)

探究の流れ	事前 (%)	事後 (%)
①課題を見いだすとき	28.3	5.4
②予想や仮説を立てるとき	13.2	5.4
③実験計画を立てるとき	20.5	3.4
④観察・実験を行うとき	5.9	2.4
⑤結果を整理するとき	16.6	6.3
⑥考察するとき	20.0	7.8

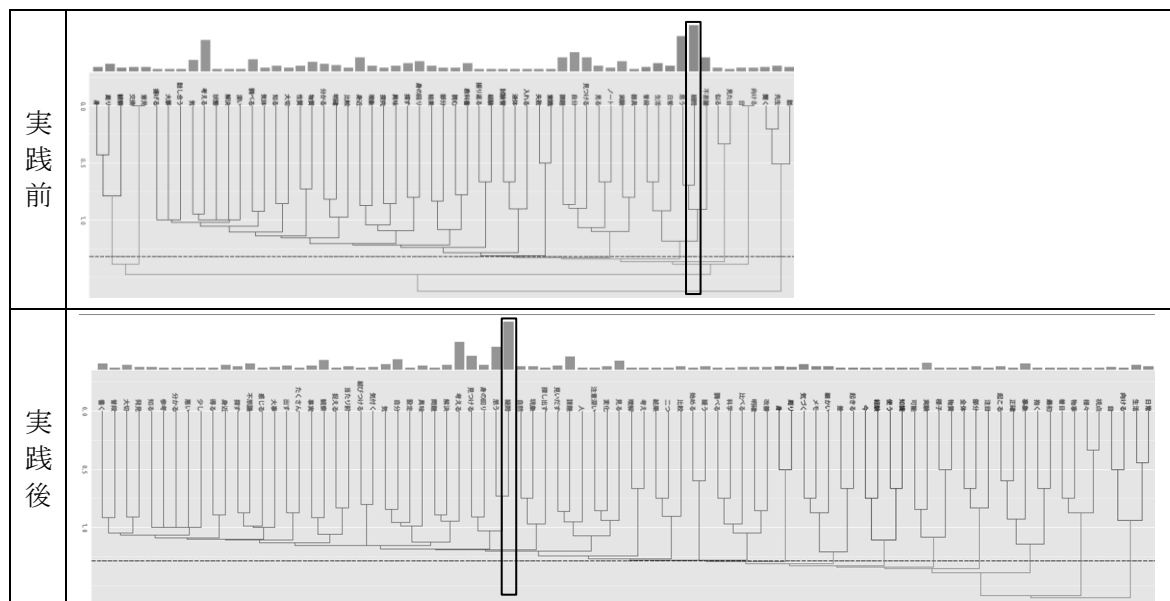
これらのことから、科学的に課題を解決する学習活動において、「探究マップ」を活用しながら探究の過程を経験したことで、具体的場面を思い出しながら記述することができたからではないかと考える。

イ 記述内容の変容について

記述する内容が授業実践の前後で変化があるかを調べることにしたが、記述の個数が膨大であることから、テキストマイニングによるクラスター分析を実施し、特定の単語について

どのような内容で使われているかを調べることにした。ここでは、「①課題を見いだすとき」の分析結果について報告する【表11】。

【表11】「①課題を見いだすとき」のクラスター分析（囲みは「疑問」）



実践前と実践後も、ピークが大きく現れたのは「疑問」であることが分かった。さらに、「疑問」と距離の近い単語が、実践後に増えていることが分かった。次に、「疑問」を使ってどのような記述をしているかを比較した。なお、記述数は、実践前51件、実践後100件であった【表12】。

【表12】「疑問」を用いた記述の内容

	「疑問」の前の文	「疑問」の後の文
実践前 (51件)	教科書に載っていない部分などの謎や～。自分の身の回りのものを振り返り～。自分の中の素朴な～。生活している上で身近な～。単純なものに～。日々の生活の中の～。普段の生活に～。普通なものにこそ～。ふと～。物質の性質がなぜそうなるのかを～。物質の変化に～。物事に対して～。	～解決する。～書き留める。～課題にし実験する。～課題にする。～具体化する。～調べようとする。～する。～大事にする。～つくる。～深く考える。～分類する。～明確にする。～もつ。～もってみる。
実践後 (100件)	色々なものに～。観察に基づいて～。きっかけとなる事柄で～。どうしたら〇〇になるのかを～。現象などに対して～。些細な～。様々な点から～。事象をしっかり観察し～。自然の事象による事実から～。自分の中で～。実験でどのような変化があったかなどを～。積極的に～。小さなことでもいいから～。注意深く見て～。日常の現象をよく観察し～。日常生活や身の回りにある～。不思議だと～。まず～。身の回りの現象に～。身の回りのところから～。身近なことや当たり前のことでも～。基になるものの～。	～抱けるようにする。～今の自分が解決できそうなことを考える。～得る。～思うことを考える。～思ったらすぐを書く。～解決できる課題にする。～書いてみる。～課題を探す。～感じる。～参考にする。～たくさん出す。～ためる。～できるだけ出す。～徹底的に追及する。～どうやったら解決できるのかを考える。～ノートなどに書く。～発展させて考える。～文にする。～まとめる。～結びつける。～メモする。～目を向ける。～もとにする。～よりよくしたいことを見付ける。

このことから、「①課題を見いだすとき」に「疑問」に関連する記述の内容が変化していることが分かった。記述の内容について実践前は、「自分の中の素朴な疑問を大事にする」「疑問をもつ」といった、情意面に関することや抽象的なものも多かったが、実践後は、「疑問が

あったらノートなどに書く」といった、具体的な行動として記述したものや、「疑問をどうやったら解決できるのかを考える」、「観察に基づいて疑問を見いだす」といった、見通しや振り返りに関する記述の個数が増加していることが分かった。

実際、【表13】の生徒のように、授業実践後に見通しや振り返りを意識して記述できた生徒はまだ多いとはいえない。そのため、それぞれの過程の理解を十分に深めていくためには、今後も科学的に課題の解決を図る授業を計画的に実施することで、探究の過程への理解が深まっていくと考えられる。このような記述は、生徒のメタ認知に関わるものであり、探究の過程を自覚し科学的に課題を解決するうえで大切である。例えば、このような記述を、授業で紹介し、クラス全体で共有を図ることによって、今後さらに探究の過程を主体的に進める生徒が増えることが考えられる。

【表13】 調査Ⅱにおける、ある生徒の記述の内容

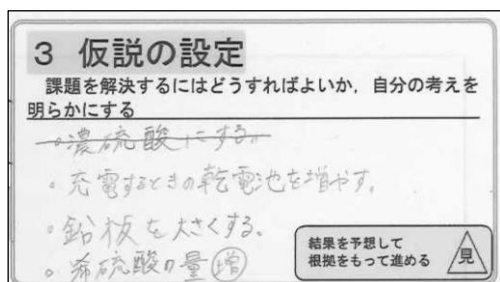
	実践前	実践後
見 い だ す 課 題 を	<ul style="list-style-type: none"> ・なぜ、どうしてと考えるようにする 	<ul style="list-style-type: none"> ・身近なことや当たり前のことでも疑問を持つ ・実験が可能かどうかを考える ・改善したいことを明確にする
の 設 定 予 想 や 仮 説	<ul style="list-style-type: none"> ・過去に学んだことを生かして考えるようにする ・周りの意見に流されない 	<ul style="list-style-type: none"> ・今まで学習してきたことを元にして立てる ・なぜそう考えるのかを大切にする
計 画 実 験 の	<ul style="list-style-type: none"> ・なるべく早く終わるように役割分担をする 	<ul style="list-style-type: none"> ・対象物が何かはっきりさせる ・先を見通してしっかりできそうか考える ・変える条件は一つにする
実 施 実 験 の	<ul style="list-style-type: none"> ・実験に誤差が出ないように正確に行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・一度だけでなく少なくとも3回はやる ・条件を変えないようにする ・電流の大きさなど細かいところまで調べる
処 理 結 果 の	<ul style="list-style-type: none"> ・表にまとめる ・色ペンなどで後から見ても分かりやすいようにする 	<ul style="list-style-type: none"> ・図や表を使う ・何について調べたのかをはっきりさせる ・予想や仮説が立証されたか確認する
推 考 論 考 察 ・	<ul style="list-style-type: none"> ・それまで学んだことと結び付けて考える ・他のものでやったらどういう結果になるか考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・今まで学習してきたことと結び付けて考える ・他の班の発表を聞いて考える

(4) 授業の実際について

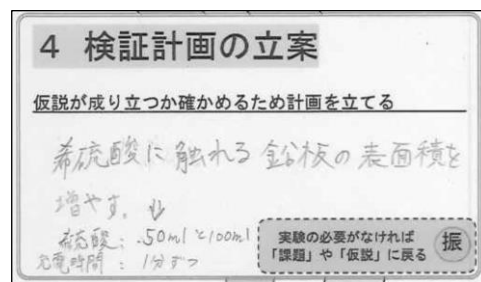
ア 「探究マップ」の活用状況

授業実践②では、自分達で課題を解決するために、見通しをもって班で協力して取り組む姿が見られた。例えば、【図26】【図27】に示したこの班は、最初の仮説が4つあり、その中から、限られた時間内にできるかということで検討が行われ、「希硫酸の量を増やせば、プロペラモーターがより長く回転する」という仮説を設定している。また、検証計画についても、

充電時間は1分と統一して、希硫酸の体積を50mL、100mLと変えて実施している。同じ班で実施した生徒の感想として、「科学的な実験ができたし、実験結果がどうしてこうなったのかまで分かることができた」といった記述が見られた。条件制御しながら実験を実施したことで理解が深まったことが分かる。

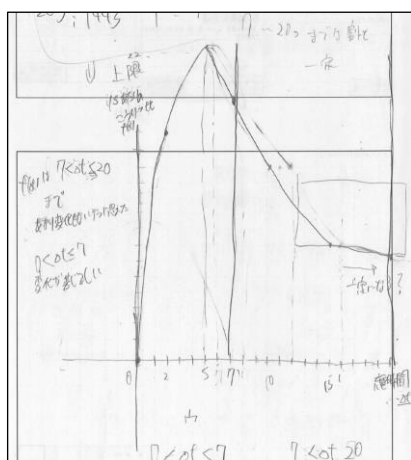


【図26】「仮説の設定」の生徒の記述



【図27】「検証計画の立案」の生徒の記述

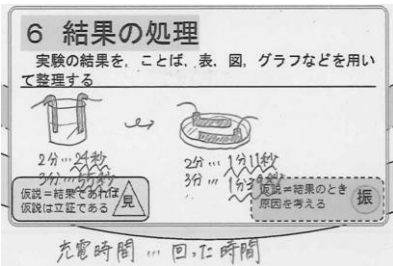
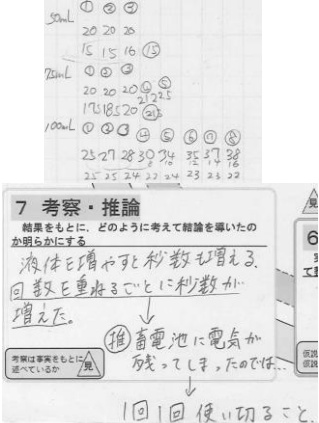
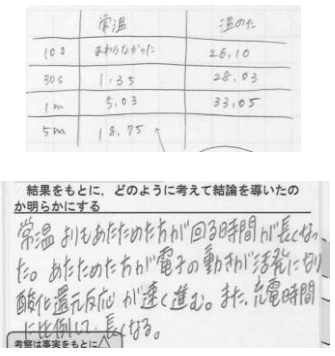
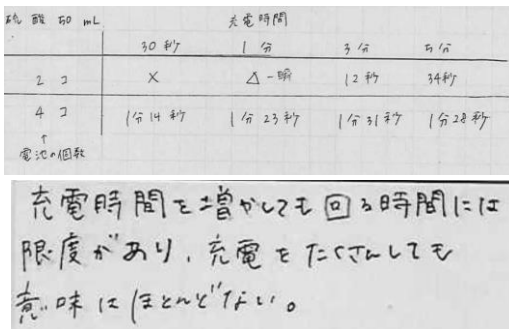
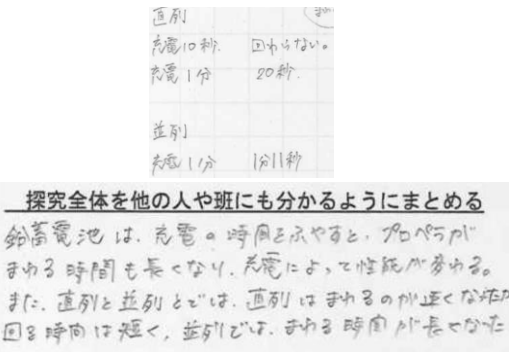
また、得られた実験結果を分析、解釈して法則性を見いだすために、表や図、グラフを用いて表現している記述も見られた。例えば【図28】は得られたデータを基にグラフ化して、プロペラモーターの回転時間と充電時間との関係について表現しており、推論において「(充電できる量に) 上限はあるのではないかと」記している。この生徒の感想として、「実験結果をグラフや図、数式で表せば性能向上につながるのかと思ったがデータもあまりとれず自分の思いも入った考察となり、そこは反省点だと思う。まとめると、今回の授業で科学的に考えるというイメージだけでも自分の頭の中に入ったのかなと思い、とても勉強になった」と記している。



【図28】充電時間と回転時間のグラフ

授業実践②の最後に、課題解決の成果を各班で発表した。発表準備の時には、自分たちが明らかにしたことや、他の班に伝えたいこと等について、グループで相談しながら進める姿が見られた。また、皆の前で発表した生徒の感想には、「発表するため、自分が分かりやすいように探究マップにまとめることで、自分の頭への入り方も全然違った。マップがなくても、頭の中でマップを作成していきたいなと思った」といった記述が見られた。「探究マップ」を使って発表に備えたり、まとめに使ったりすることで、探究活動を振り返ることができたと考えられる。「探究マップ」の記述と、発表の内容について示す【表14】。

【表 14】マップの記述（一部）と発表の内容

「探究マップ」の記述（一部）	発表の内容
	<p>鉛蓄電池がコンデンサより早く止まったので、どうすれば鉛蓄電池はコンデンサより回るのかやってみたくて思いました。仮説は、時間を増やしてやってみることにして、まず最初に2分充電してやってみて24秒回りました。それで前の時間のレモン電池の方法で2分充電してやってみたら、1分11秒になりました。接地面を増やすことによって、約1分上回るようになりました。</p>
	<p>課題として、なぜ鉛蓄電池は長く回らなかったかということで、どのようにすれば長く回せるのかを考えました。その仮説が、時間を長くする、鉛の数を増やす、液体の量を増やすという仮説を立てて、試すものとしては、液体を25mLずつ増やしそれを3回ずつやってみて結果を出すことにしました。最初50mLから始め、50、75、100と各3回ずつ行いました。その結果から、このようになりました。この結果から、液体を増やすと、秒数も増えるということが分かりました。しかし、同じ量でも回数を重ねることで秒数が増えるということに気づき、推測として蓄電池に電気が残ってしまったのではと考え、1回、1回使い切ること考えました。</p>
	<p>私たちは、仮説は充電時間を長くすると、硫酸を温めるとプロペラの回る時間が長くなると考えました。10秒充電したのと、30秒充電したのと、1分充電したのと、5分充電したのを、常温の状態と温めた状態で比較しました。結果は、常温の時と温めた時では、プロペラの回る時間が温めた方がすべて20秒近く長く回りました。ここから、充電時間もそうですが、硫酸を温めたことで、鉛蓄電池の性能が良くなったと言えると思います。温めた方が電子の動きが活発になるから、酸化還元反応が速く進むと考えました。</p>
	<p>最初に充電時間を長くする仮説を立てて実験しました。結果はこのとおりです。しかし、時間を増やしても限度があったので、次に乾電池の数を増やしてみました。電池の数を2個から4個に増やした結果は、このとおりになりました。この実験をして、充電時間を増やすより、電池の個数を増やした方が長く回りました。実験中に気付いたことは、乾電池を4個にしたとき、ピーカーの中で泡が出ました。硫酸が白く濁りました。正極の色が褐色から黒くなりました。そして異臭がしました。</p>
	<p>私たちの班は、直列と並列につないで長さを比べました。実験の実施は、2つのピーカーを用意して直列、並列につないで計りました。結果は、直列は回るのが速くなりましたが、回っている時間は短くなりました。並列は、回るのは速くはなりませんでしたが、回っている時間は長くなりました。考察で、長く回したい場合は並列で、速く回りたい場合は直列でつなぐといいということが分かりました。</p>

イ 「探究マップ」を使った、3時間の授業実践についての生徒の感想

「探究マップ」を使った、3時間の授業実践について、生徒に感想を求めた。記述された内容の一部を、(ア)～(イ)に分類し示す。

(ア) 探究の過程に関する基本的な知識を確認できたこと

- ・ 今回の授業を通して、「気づき」、そして「考察する」ということの大切さや楽しさに改めて気付くことができました。考えることは好きですが、その前提の部分を忘れていました。これからは、もっと細かく観察し、細かく研究していきたいと思います。
- ・ 今回のような、1つの実験を見て、自分で疑問を持ち、仮説を立て、結果を見つけるという作業をここまでつきつめてやったのは初めてだったのでできて良かった。探究マップを使うことによって、実験をしてみて、結果が違っても、もう一度自分が立てた仮説に戻って考えをねり直すことができたので分かりやすかったし、やりやすかった。
- ・ 探究マップを使って実験をしてみると、今までは課題の設定や仮説の設定を難しいものだと思っていたけど、そうではないことが分かりました。また、探究マップに沿って実験をやることで自分たちでいろいろなことに気付けたので良かったです。
- ・ とてもまとめやすく、発表や考察のときに役立つマップだと思いました。自分で分かりやすくまとめることが苦手なので、これがあると安心です。実験しているうちにどんどん疑問が出てきて解決していくのがとても楽しかったです。改めて実験の楽しさに気付きました。普段の授業でも使って欲しいです。
- ・ 課題が何なのかよく分かっていなかったのですが、今までは「なぜ」で始まることしか書いていなかったが、課題とは生まれた疑問だけでなく、そこからどのようにすれば解決できるのかを考えることだと思った。

(イ) 探究の過程のどこに位置しているのかを把握できたこと

- ・ 最初は探究活動を行うときに大切なことなどを忘れていて分からなかったけど、探究マップを使うことで、手順とそのときに何を考えるべきかが分かった。
- ・ このマップがなければ、まず何をすればよいのか筋道を立てることがとても難しかったと思う。このマップによって次に何を考えればよいか大体の予測を立てることができたと思う。
- ・ 実験する前にしっかりと計画を立てて、対照実験になるように意識する必要があると思った。また、思いどおりの実験結果になるために丁寧に行う必要があると思った。
- ・ 小学校から高校まで、何気なく実験をしてきたけど、よく考えてみたら今回のこのマップの流れで行われていたなと思った。でも、この探究マップの流れどおりに自分たちで行うことって難しいことだと思った。自分で仮説を何個も考え、その仮説が成功したときは嬉しい。

(ウ) 何をすれば良いか見通しができたこと

- ・このマップによって次に何を考えればよいか大体の予測を立てることができた。
- ・久しぶりに探究活動をやってみて、楽しく、あっという間の3時間でした。私たちのグループでは欲張りすぎて条件をたくさん変えてしまい、対象物なく変化の1番の要因が分からなくなってしまいました。次の実験では1つにしぼってやろうと思います。他のグループの発表を聞いて、焦点やまとめ方、結果がそれぞれ違い、参考になりました。
- ・最初に、仮説をひとつしか立てていなくて、結果にあまり変化がなくてとても焦ったから、実験をやる時は、次はいくつか仮説を立ててからやりたいと思った
- ・すでに学習したことからある程度答えに近い仮説を立てることができたが、予想に反した結果が出たときは、さらに面白い実験になると思った。自分の知的探究心を強める体験となった。

(エ) 探究の過程（全体）の振り返りができたこと

- ・今までの実験では、仮説をしっかりと立てずに行っていたので、結果を比べることがあまりできていなかった。このことから、仮説を立てることの大切さがよく分かった。
- ・今回の授業を通して、「気づき」、そして「考察する」ということ大切さや楽しさに改めて気付くことができました。考えることは好きですが、その前提の部分を忘れていました。これからは、もっと細かく観察し、細かく研究していきたいと思います。
- ・ひとつひとつの物事を明確にして書いていくと、結果が出たときに振り返りやすいということが分かった。ちょっとした気づきを書くことによって、そこから課題が生まれ検証するという流れができていくので、探究マップはとても大切なことだと思いました。
- ・結果からそれを考察、推論に結びつけるには、まだ自分の知識が足りないと感じた。
- ・今回の授業では、「探究マップ」を使って実験の見通しを立てた。これによって実験の全体像が分かるだけでなく、振り返りが容易にできるようになった。今後も活用したい。
- ・私自身、今まで「気づき」という部分をおろそかにしていたことが分かりました。「見れば分かる」ことや「誰でも分かる」ということでも科学では立派な気づきだと、日常においても大事なことです。しかし、そういったものを無視してしまう自分がいました。今回の授業を通して、「気づき」、そして「考察する」ということ大切さや楽しさに改めて気付くことができました。考えることは好きですが、その前提の部分を忘れていました。これからは、もっと細かく観察し、細かく研究していきたいと思ます。

(オ) 探究の過程を主体的に進められたこと

- ・探究マップを使用して実験をしたことで、今まで何となくやってきた実験が紙に書くという行為1つでここまで違うのかと驚いた。自分が次に何をすればいいのか、どうすれば結果が変わるのかを仮説や検証方法を考えることによって、実験に対する意識の向き合い方が大きく変わったと思う。
- ・探究マップを使うことで、手順とそのときに何を考えるべきかが分かった。実験も、いつもは与えられた条件、物のみで全員同じ実験をしていたが、自分たちで比べて調べてみたいことを決めて、やり方を考えて行うことでより意欲的な活動ができたと思う。
- ・仮説が正しくなくても、その正しくなかった仮説を元にして正しい結果を求めるのが科学の楽しいところだと思った。

イ 「探究マップ」を使った、3時間の授業実践についての研究協力員の感想

「探究マップ」を使った、3時間の授業実践について、研究協力員に感想を求めた。記述された内容を、(ア)～(エ)に分類し示す。

(ア) 「探究マップ」についての感想

- ・探究の過程が視覚的にまとめられていて、自身がどの探究状態にあるのか確認することができる教材であった。
- ・自身のメモ部分として方眼（マス目）が準備されていたことで、表やグラフのまとめ方を実践できた生徒がいた。
- ・小学校や中学校で、実験をする機会は多いものの、目的を立て実験計画を立て実施しまとめる経験はほとんどない状況なので、どのように進めればよいか流れがあるほうがスムーズに進めることができると思いました。高校生であれば、一度経験すればなんとなくつかめてくると思うので、最初の実験の際に使えると良いと思います。
- ・説明でもあったとおり、探究の流れが一目で分かり見通しをもって活動できる点がとても良い。一方で、中学校でも探究活動をしているので、このマップが必要であるという現実の問題がありそう。

(イ) 「探究マップ」を使った授業実践についての感想

- ・2時間の連続した授業を行ったことで、考える時間、思考する時間を確保することができた。単位数が法定時数である学校は1時間で完結させたい所もあるのでは。
- ・生徒は、自由に発想したり実験を組み立てたりというのは、なかなかできない。川又先生の実践にあったように、コンデンサとバッテリーでの違いのように具体的にある程度の枠組みを提示する必要がある。この具体例を提示することで、生徒の自由な発想をスポイルしてしまうような気がするが、現段階ではこれが最良のように感じました。
- ・実際に授業をしてみると、やはり負担が大きいと感じた。化学という枠組みでなく、教科の枠を取り払ってITの形式でじっくり行ってみたいところではある。
- ・今回は、電池を教材として扱いましたが、教材選びが難しいなと思いました。気付きから、課題の設定し、仮説を立てる作業をするわけですが、どんなことに気付けさせ、どんな課題を立てさせるか指導者側がある方向性を考えておくことが必要だと思います。授業の指導の中での活用を考えれば、単に気付い

て、課題を設定し実験して考察ができればよいということではないと考えます。既習事項を使いながら、探究の中で何を学ばせるか（化学の内容）、指導者側の思いが必要と考えます。むしろ、探究活動の中でどんな手段、どんな表現を使うかは自由な発想でいいと思います。自由にさせる場面、ある程度指導者側で考えた方向性に誘導していく場面をはっきりさせておくことが探究マップを使った授業が成功するか、うまくいかないかを左右するものと考えます。また、マップ内に振または見という記号があるのですが、あんまり活用されていなかった気がします。使い方についても、丁寧な指導と生徒に理解が大切だと思いました。

(ウ) 「探究マップ」を使った授業実践、その後について

- ・起こる事象についてあまり詳しい説明をせずに実験を行うことで、実験に取り組む生徒の姿勢がより積極的になることが分かった。
- ・教科書に載っている実験でも教員側の提示の仕方により、探究活動が生まれる授業になることが分かった。
- ・探究するという事に限らず、生徒が自然現象や教科書の内容について、より興味を持つようになった。科学的な思考が芽生えたまたは、深まりつつあったのかも。
- ・来月、局部電池で授業をしてみようかと考えています。生徒の感想としては、単発的な感じでもあったので、何か目に見えて変化したかと言われると、あまりないなと思います。しかし、総合的な学習の時間で自分で興味のあるテーマ決めて、調べる学習をしているので、参考になった人もいたようでした。

(エ) その他、本研究を通じての意見・感想等

- ・生徒にとって良い経験になった。
- ・((ウ)の繰り返しになりますが…)教科書に載っている実験でも教員側の提示の仕方により、探究活動が生まれる授業になることが分かった。
- ・科学的に課題を探究することで何を習得させたいか、習得できるようになるのか(考え方や作業?または法則?)指導者がはっきり分かっていることが大切だと思いました。
- ・化学実験書にも、このマップを入れてもらって、多くの先生に実践してもらってはいかがでしょうか?

IX 研究のまとめ

1 全体考察

本研究は、高等学校理科において、理科教育の指導の充実及び生徒の科学的に課題を解決する資質・能力の育成に資することを目的としたものである。そのために、生徒が探究の過程を自覚し、科学的に課題を解決するとき、見通したり振り返ったりすることに役立つ「探究マップ」を開発した。

授業実践では、「探究マップ」の活用の仕方について確認する学習活動と、実際に「探究マップ」を使って科学的に課題を解決する学習活動をそれぞれ実施した。生徒が、「実証性・再現性・客観性」といった科学的条件を満たす意義について理解し、「探究マップ」を使って「計画・実験・発表」に粘り強く取り組むことで、探究の過程を主体的に進める姿が見られた。

授業実践について、質問紙調査や「探究マップ」の記述状況により検証した結果、「探究マッ

プ」の活用を通して科学的探究についての理解が深まったことと、探究態度が高まることが明らかとなった。今後、生徒が探究の過程を理解する学習活動を計画的に実施することによって、探究の過程を主体的に進め、科学的に課題を解決するための資質・能力の育成が、より一層充実すると考える。

2 研究の成果

本研究は、高等学校理科において、生徒が探究の過程を理解し主体的に進めることに役立つ「探究マップ」を開発し、科学的に課題を解決する学習活動で活用することで、科学的に探究する学習の充実が図られることを明らかにしようとしたものである。本研究の成果は、以下のとおりである。

- (1) 生徒の科学的探究についての知識の理解や技能の習得を図る授業で「探究マップ」を用いることで効果があることが確認できた。
- (2) 探究の過程を主体的に進めることを目指した授業で「探究マップ」を用いることで効果があることが確認できた。

3 研究の課題

- (1) その他の単元における「探究マップ」を活用した授業実践により、生徒が科学的に課題を解決する学習活動を充実させること。
- (2) 科学的探究への理解を図る学習を年度初めに実施するなど、生徒が探究の過程を理解する学習活動を計画的に実施すること。

<おわりに>

この研究を進めるに当たり、ご協力いただきました研究協力員の先生方並びに、生徒のみなさんに心からお礼を申し上げます。

X 引用文献及び参考文献

【引用文献等】

- ・文部科学省 (2018), 『高等学校学習指導要領』, 学校図書, p. 129
- ・文部科学省 (2019), 『高等学校学習指導要領解説総則編』, 東洋館出版社, p. 41
- ・文部科学省 (2018), 『高等学校学習指導要領解説理科編理数編』, 実教出版, p. 10, p. 20, p. 102
- ・文部科学省 (2017), 『小学校学習指導要領解説理科編』, 東洋館出版社, p. 16
- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター (2018), 『平成30年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科』, p. 8
- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター (2015), 『平成27年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科』, p. 8
- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター (2015), 『平成27年度全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた指導の改善・充実に向けた説明会 (説明資料)』, p. 6
- ・中央教育審議会答申 (2016), 『幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申) 別添資料』, p. 33, p. 37, p. 145, p. 148
- ・田代直幸 (2018), 『平成 29 年版学習指導要領の特徴』,
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjbe/59/3/59_180/_pdf/-char/en (平成 31 年 2 月 25 日閲覧)

- ・久坂哲也 (2016), 『高校生の理科学習場面における達成目標傾向, 自己効力感, 内発的興味の関係』, 日本科学教育学会研究会研究報告31巻3号

【参考文献等】

- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター (2015), 『[資料2] PISA2015年調査』, 生徒質問調査
- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター (2015), 『平成27年度全国学力・学習状況調査』, 生徒質問調査
- ・学校図書 (2015), 『中学校科学3』, 学校図書
- ・東京書籍 (2015), 『新編新しい科学3』, 東京書籍
- ・東京書籍 (2017), 『改訂新編化学基礎』, 東京書籍
- ・日本スマートフォンセキュリティ協会 (2019), 『中高生スマホ利用傾向調査レポート 2019年2月版』,
http://www.jssec.org/dl/UsageTrend_ResearchReport_MiddleSchoolStudent_20190322.pdf
- ・田中あゆみ, 山内弘継 (2000), 『教室における達成動機, 目標志向, 内発的興味, 学業成績の因果モデルの検討』,
心理学研究71巻第4号
- ・田村学 (2018), 『深い学び』, 東洋館出版社
- ・松沼光泰 (2004), 『テスト不安, 自己効力感, 自己調整学習及びテストパフォーマンスの関連性』, 教育心理学研究52巻4号
- ・松原静郎 (2019), 『理科における持続発展教材と定型モデル化学習の実践: 一資質・能力の向上を目指して一』,
桐蔭横浜大学出版