

実感をともなった理解を促す理科授業の構築

森澤 貴之 深沢 拓矢 中沢 公士

1. 全体研究における理科部会研究の概要

本校では、令和4年度から「新たな価値を創造する生徒の育成～「主体的な学び」のプロセスモデルを生かした授業実践を通して～」と題した3年計画の研究を開始した。本研究では次の2点を重点課題としている。

- (i) 生徒自身に「主体的な学び」のプロセスモデルを意識させながら、学びに向かわせる手立てについて明らかにすること。
- (ii) 「創造性」のうち、「思考力、判断力、表現力等」として整理された「自ら見出した課題の解決に向かって、新しい知見や技術革新を取り入れながら、これまでに得た知識や経験を結びつけ、新たな意味や考え方を見出す思考力、判断力、表現力」を育成する手立てについて、「知識及び技能」、「学びに向かう力、人間性等」の育成との関連を意識しながら明らかにすること。

以上の重点課題に対応する研究として、理科部会では表1に示す計画で研究を進めている。

表1 3年研究の概要

1 年 次	全体研究 ○重点課題 (i) ・ 生徒に自らの学びをモニターさせ、「主体的な学び」のプロセスモデルを意識しながら、学習を調整させるための手立てを考え、実践する。 ・ 「主体的な学び」を生み出すために、生徒が没頭できるような「目標設定」の仕組み方について考え、実践する。 ○重点課題 (ii) ・ 「自ら見出した課題の解決に向かって、新しい知見や技術革新を取り入れながら、これまでに得た知識や経験を結びつけ、新たな意味や考え方を見出す思考力、判断力、表現力」を高めるための手立てを考え、実践する。
	理科部会 ○重点課題 (i) ・ 科学的探究の各過程の状況を確認することができるワークシートを開発した。 ・ 第3学年「力と運動」に関わる生徒の認識調査を行い、その結果に基づき授業を構想・実践した。 ○重点課題 (ii) ・ 創造的思考は批判的思考の中核にあたることを明らかにし、批判的思考を位置付けた授業モデルを考案した。
2 年 次	全体研究・理科部会 ○重点課題 (i) ・ 「主体的な学び」のプロセスモデルにおける「学習方略」を生徒の学習活動から取り上げて明確化する。 ・ 「学習方略」をもとに、生徒が自らの学習を評価し、学び方を学ばせたり、修正させたりするための手立てを考え、実践する。 ○重点課題 (ii) ・ 各教科において、「自ら見出した課題の解決に向かって、新しい知見や技術革新を取り入れながら、これまでに得た知識や経験を結びつけ、新たな意味や考え方を見出す思考力、判断力、表現力」について定義する。 ・ 「自ら見出した課題の解決に向かって、新しい知見や技術革新を取り入れながら、これまでに得た知識や経験を結びつけ、新たな意味や考え方を見出す思考力、判断力、表現力」を育むための学習活動等を考え、実践する。
3 年 次	全体研究・理科部会 1, 2年次の研究成果を整理し、「主体的な学び」のプロセスモデルを生かした「新たな価値を創造する生徒」を育むための授業実践のあり方についてまとめる。

2. 令和5年度研究の方向性

令和5年度の全体研究における重点課題（i）について、全体研究では、学習方略をスキルとして習得させ、それを生徒自らが自在に活用することを目指している。理科では、科学的に探究するために必要な資質・能力を身に付けることを目指す。こうした資質・能力を育成するために、理科部会では令和4年度研究において、プロセスモデルと科学的な探究の過程の対応関係を明らかにした理科授業モデルを考案した（図1）。令和5年度研究においても、このモデルに基づき授業の構想と実践を行う。



図1 令和4年度に考案した理科授業モデル

重点課題（ii）について、理科部会では令和4年度研究において、全体研究が示す「自ら見出した課題の解決に向かって、新しい知見や技術革新を取り入れながら、これまでに得た知識や経験を結びつけ、新たな意味や考え方を見出す思考力、判断力、表現力」とは創造的思考力であると捉えた。またこうした思考力は、理科において重視される批判的思考力の中核にあたるものと捉えるとともに、図2に示す批判的思考を促すワークシートを開発した。そして、開発したワークシートを用いて、第3学年「力と運動」の授業実践を行った。

生徒の記述分析の結果、単元の導入で復習した学習内容と当該時間の内容を結びつけて学習に取り組んでいた記述や、課題解決に向けて多面的な思考を働かせながら探究していた記述、他のグループとの意見交流を契機として自らの考えを批判的に捉え、新たな考えを獲得した記述などが見られた。また、授業時の生徒の様子として、学習過程のチェック項目に基づいて振り返りを行う様子が確認できた。これらの

課題： 数値：他の人の考えを聞いて修正する場合は赤で付け直し・修正をしましょう。 その仮説はどのような情報をもとに考えましたか？ 実験方法：デジタル教科書に示された方法をスクリーンショットして貼り付け、実験を行う上で課題になると思うことを書き込みましょう。		実験結果： 実験結果をわかりやすく整理しましょう。 考察：他の人の考えを聞いて修正する場合は赤で付け直し・修正をしましょう。 ☐ 実験前に、実験の目的を確認した。 ☐ 実験前に、実験方法をよく理解した。 ☐ 実験前に、実験方法に問題がないことを確認した。 ☐ 実験前に、自分の仮説におかしいところはないか確認した。 ☐ 実験中に、結果とおかしいところがないか確認した。 ☐ 実験後に、実験のやり方に問題はないか確認した。 ☐ 考察をするときに、他のグループの結果を確認した。 ☐ 結論を出すときに、実験結果に基づいて考えた。
振り返り： 「大げさと思ったこと、おどろいたこと」「誰とどのように対話したか」「どのように知識や仮説を修正したか」		

図2 令和4年度に考案したワークシート

結果から、考案したワークシートは生徒の批判的思考を働かせたり学習過程の振り返りを促したりすることに効果的であったことが明らかとなった。

一方、一部の生徒の記述には、考えるべき内容が実験結果に対する考察であるのか、課題に対する結論の導出であるのかが混同したものが認められた。考察を含めた各学習過程において、生徒が適切に思考を働かせることができるような教師の働きかけに留意する必要がある。また、批判的思考態度の育成には継続的に取り組んでいく必要がある。特に、日頃の授業において、他者の考えを無批判に受け入れる様子や話し合い活動において自分の考えを進んで発表しようとしめない生徒の姿が散見される。令和4年度研究では個人を対象として批判的思考を促すことを検討したが、話し合い活動など集団で議論する場において批判的思考を促す手立てについて検討することが求められる。

4. 令和5年度研究の目的

令和5年度は、前年度研究において開発したワークシートの修正と効果検証を研究課題として位置付ける。このワークシートは批判的思考力の育成に寄与するだけでなく、科学的な探究の過程に基づくものであることから、ワークシートの活用を通じて生徒たちが科学的な探究を遂行するための資質・能力を習得することが期待される。本研究の目的は以下のとおりである。

- ・ 生徒が批判的思考を働かせるためのワークシートを生徒の実態及び単元の内容に応じて修正し、その効果を検証すること。

5. 研究の内容

5.1 生徒の批判的思考の事前調査

研究授業実践前後における生徒の批判的思考の変容を捉えるため、表2に示す高見・木下(2017)が開発した尺度を用いて事前調査を実施した。この尺度は批判的思考の下位因子である「他者との関わりによる批判的な気づき」「探究的・合理的な思考」「多面的な思考」「反省的な思考」「健全な懐疑心」を測定できるものであり、「1. 当てはまらない」「2. あまり当てはまらない」「3. どちらでもない」「4. 少し当てはまる」「5. 当てはまる」の5件法によって回答を求めるものである。調査は、第1学年137名、第2学年131名を対象として、2023年6月にGoogleフォームを利用して行った。第2学年の結果は「5.2.1 実践1：第2学年「化学変化と原子・分子」」

表2 批判的思考尺度(高見・木下, 2017)

他者との関わりによる批判的な気づき

- 15 グループでの話し合い中、友だちに指摘されて、自分の予想のおかしいところに気づく。
- 16 グループでの話し合い中、友だちの予想のおかしいところを指摘すると、自分にも同じことが当てはまるのではないかと気づく。
- 17 グループでの話し合い中、友だちに指摘されて、予想をするうえで見落としていた条件に気づく。
- 23 グループでの実験中、友だちに実験のやり方のおかしいところを指摘されて、実験方法を考え直す。
- 32 グループでの話し合い中、友だちに指摘されて、自分の考察のおかしいところに気づく。
- 33 グループでの話し合い中、友だちの考察のおかしいところを指摘すると、自分にも同じことが当てはまるのではないかと気づく。
- 34 グループでの考察を話し合うと、自分にはなかった新しい考えに気づく。

探究的・合理的な思考

- 1 理科の授業では、新しいことに挑戦するのが好きである。
- 2 理科の授業では、自分の意見には、理由をつける。
- 3 理科の授業では、自分が納得できるまで考えぬく。
- 4 理科の授業では、一つのやり方で問題が解決しないときは、ほかのやり方を試してみる。
- 5 理科の授業では、わからないことがあると質問したくなる。
- 6 理科の授業では、よい考えを思いついても、もっとよい考えはないか探してみる。
- 8 理科の授業では、「なぜだろう」と考えることが好きである。

多面的な思考

- 18 実験データがうまく取れないとき、実験のやり方に間違いはないか確かめる。
- 24 実験の結果が出たとき、おかしいところはないか考える。
- 25 実験のやり方に間違いはなかったか考える。
- 26 実験データが間違っているかもしれないと疑ってみる。
- 29 一回の実験だけでは結果を信用しない。

反省的な思考

- 11 理科の授業では、自分の予想におかしいところはないか確かめる。
- 12 理科の授業では、友だちの予想におかしいところはないか考える。
- 30 理科の授業では、友だちの考察におかしいところはないか考える。

健全な懐疑心

- 20^R くり返しやってみなくても、実験の結果はいつも同じだと思う。
- 21^R インターネットで調べたことは、間違いがないと思う。
- 22^R 友だちが資料集にのっていたからと教えてくれた実験方法は、間違いのないと思う。

^R：反転項目

第1学年の結果は「5.2.2 実践2：第1学年「身近な物理現象」」にそれぞれ示す。

5.2 授業実践

令和5年度研究では、2つの実践を計画した。1つ目は、第2学年「化学変化と原子・分子」であり、2023年7月に実施した（実践1）。2つ目は、第1学年「身近な物理現象」であり、2023年11月の令和5年度中等教育研究会において実施を予定している（実践2）。以下、実践1については成果と課題を論じ、実践2については授業方針を論じる。

5.2.1 実践1：第2学年「化学変化と原子・分子」

表3に示した批判的思考尺度を用いて調査を行い、その結果について検討した結果、第2学年の生徒は「多面的な思考」及び「反省的な思考」の2因子に課題があると考えられた。特に、実験データの妥当性を分析すること（多面的な思考）や、他者の予想や考察の妥当性を分析すること（反省的な思考）に課題が見られた。そこで、実践1では、これらの能力の育成を重点課題として取り組むこととした。

実験データの妥当性を分析する能力については、誤差を見いだす活動を通して育成を図ることを目指した。本実践で扱う銅の加熱実験は、銅の加熱の程度によってデータに誤差が生じる。実験後すぐに考察を行うのではなく、得られたデータが妥当であるのかどうかを検討させることを通して、実験データには誤差が含まれていること、実験方法によってはデータに誤りが見られる可能性があることを見いださせることを目指した。

また、得られたデータの妥当性を分析するためには、実験前に論理的な推論に基づく仮説を設定することが重要となる。この論理的な推論に基づく仮説を設定するために、原因と結果を明確にすること、設定した仮説の根拠とした情報を明らかにすること、その情報の確らしさを含めて検討することに重点を置き、学級全体で論理的な推論に基づく仮説の設定を目指した。このような過程を経ることが、生徒たちの課題である、他者の仮説の妥当性を分析する能力の育成につながると考えた。

授業終了後、批判的思考尺度を用いて調査を行い、事前調査と事後調査の結果を比較した。その結果を表3に示す。なお、分析の対象は事前と事後の両方に回答した122名分の結果を用いた。

分析の結果、事後調査において、「多面的な思考」「反省的な思考」「健全な懐疑心」に関して有意な得点の上昇が見られた。これら3つの因子のうち、「多面的な思考」及び「反省的な思考」は重点課題として取り組んだものであり、授業実践による成果を実証的に得ることができた。「多面的な思考」については、第7時において誤差について説明し、誤差が生じていたと考えられるデータの確認とその原因について考えさせる活動を設定した。この活動を取り入れたことが、実験の結果をすぐに結論づけるのではなく、多面的に捉える思考を促すことに寄与したものと考えられる。「反省的な思考」については、仮説設定の際に原因と結果を明確にさせたり、自分の仮説の根拠とした情報を明確にさせたりして、個人思考や集団思考において活用できるようにした。このように、他者との議論の際に比較の視点を明確にしたことが、自他の考えを反省的に省みる思考を促すことに寄与したものと考えられる。「健全な懐疑心」に有意な得点の上昇が見られたことについては、上述したような誤差に対する指導が影響したものと推察する。実験の結果を鵜

表3 批判的思考尺度（高見・木下，2017）

因子	群	平均値	t 値
他者との関わりによる批判的な気づき	事前	4.10	1.51
	事後	4.18	
探究的・合理的な思考	事前	4.02	.111
	事後	4.02	
多面的な思考	事前	4.06	6.76*
	事後	4.41	
反省的な思考	事前	3.95	3.06*
	事後	4.14	
健全な懐疑心	事前	3.38	2.06*
	事後	3.51	

* $p < .05$

呑みにするのではなく、多面的に捉えることを通じて、健全に物事を疑う気持ちが向上したものと考えられる。

一方、授業後の検討会において、仮説で考えるべき内容が生徒によって異なっていたことが課題として挙げられた。この課題については、ワークシートに段階的に記述できるような工夫が考えられる。

5.2.2 実践2：第1学年「身近な物理現象」

実践2は、第1学年「身近な物理現象」のうち、第3時「水中射的の仕組みの考察」を扱う。第1学年の事前調査の結果は表4に示す通りである。第2学年と同様に、「多面的な思考」及び「反省的な思考」の2因子に課題があると考えられた。実験によって導き出された物質の境界面と光のなす入射角と屈折角の規則性にに基づき、水中射的の仕組みを明らかにすることをねらいとした本実践を通して、上述した2つの能力の育成を重点課題として取り組むことを目指す。

表4 批判的思考の実態調査の結果（第1学年）

	1年生
他者との関わりによる批判的な気づき	4.23 (0.85)
15 グループでの話し合い中、友だちに指摘されて、自分の予想のおかしいところに気づく。	4.20 (0.86)
16 グループでの話し合い中、友だちの予想のおかしいところを指摘すると、自分にも同じことが当てはまるのでは	4.01 (0.91)
ないかと気づく。	
17 グループでの話し合い中、友だちに指摘されて、予想をするうえで見落としていた条件に気づく。	4.28 (0.78)
23 グループでの実験中、友だちに実験のやり方のおかしいところを指摘されて、実験方法を考え直す。	4.31 (0.83)
32 グループでの話し合い中、友だちに指摘されて、自分の考察のおかしいところに気づく。	4.19 (0.89)
33 グループでの話し合い中、友だちの考察のおかしいところを指摘すると、自分にも同じことが当てはまるのでは	4.00 (0.95)
ないかと気づく。	
34 グループでの考察を話し合うと、自分にはなかった新しい考えに気づく。	4.61 (0.72)
探究的・合理的な思考	4.17 (0.92)
1 理科の授業では、新しいことに挑戦するのが好きである。	4.29 (0.86)
2 理科の授業では、自分の意見には、理由をつける。	4.39 (0.83)
3 理科の授業では、自分が納得できるまで考えぬく。	4.10 (0.95)
4 理科の授業では、一つのやり方で問題が解決しないときは、ほかのやり方を試してみる。	4.36 (0.77)
5 理科の授業では、わからないことがあると質問したくなる。	3.89 (0.99)
6 理科の授業では、よい考えを思いついても、もっとよい考えはないか探してみる。	4.01 (1.00)
8 理科の授業では、「なぜだろう」と考えることが好きである。	4.12 (1.04)
多面的な思考	4.08 (0.92)
18 実験データがうまく取れないとき、実験のやり方に間違いはないか確かめる。	4.59 (0.67)
24 実験の結果が出たとき、おかしいところはないか考える。	4.07 (0.92)
25 実験のやり方に間違いはなかったか考える。	4.22 (0.91)
26 実験データが間違っているかもしれないと疑ってみる。	3.76 (1.05)
29 一回の実験だけでは結果を信用しない。	3.76 (1.03)
反省的な思考	3.89 (1.01)
11 理科の授業では、自分の予想におかしいところはないか確かめる。	4.12 (0.99)
12 理科の授業では、友だちの予想におかしいところはないか考える。	3.74 (1.05)
30 理科の授業では、友だちの考察におかしいところはないか考える。	3.82 (0.98)
健全な懐疑心	3.09 (1.09)
20 ^R くり返しやってみなくても、実験の結果はいつも同じだと思う。	3.55 (1.06)
21 ^R インターネットで調べたことは、間違いがないと思う。	3.33 (1.14)
22 ^R 友だちが資料集にのっていたからと教えてくれた実験方法は、間違いがないと思う。	2.40 (1.05)

^R：反転項目、数値：平均得点（標準偏差）

引用文献

高見健太・木下博義（2017）「他者との関わりを通じて批判的思考を働かせるための理科学習指導法の開発と評価—中学校理科「化学変化」の単元における授業実践を通して—」『理科教育学研究』58（1），27-40.