

生徒が主体的に問題発見・解決型学習に取り組む

理科授業の実践的研究

～「実験」の役割の検証を中心に～

齋藤汰樹（教育実践コース）

1 問題意識と研究目的

理科教育における最大の特徴は、事物現象を実際に観察・実験できることであり、生徒が「理科が楽しい」と感じる場面の1つである。学部時代の実習を通して、実験を行う授業を楽しむ生徒の姿を何度も観察してきた。しかし、その授業が生徒主体で行われているのか疑問を抱いた。

今日の理科授業において教師から授業課題や実験方法が提示されるという教師主導の授業が多くみられる。この授業プロセスは、教師が授業内で扱う情報がある程度制限しているため、カリキュラムに合わせた進捗や内容を教授することができるという利点がある。その一方で、生徒にとっては、なぜこの内容を学ばなければいけないのか、学ぶことでどのような場面に役立てることができるのかのように、授業を通して得られる知識や概念と、それらを学ぶ必要性が不明確な状態で授業を受けることになるかもしれない。これでは生徒が疑問点を発見することの妨げになり、問題解決に向けた仮説検証を導くための創造性を引き出すには適切とは言えないと筆者は感じた。

そこで、本研究では、中学校理科授業において、生徒の主体的な問題発見・問題解決に向けた創造性（実験方法・方略を考えるなど）を引き出す授業プロセスの作成に取り組んだ。そのことを通して、どのような授業プロセスが、生徒が自ら疑問点を発見し、解決に向けた仮説検証を行おうとする場面を作ることができるのか明らかにすることを目的とし、授業の観察と実践から得られた結果について分析と考察を行っていく。

2 研究の内容と方法

本研究は、中学校理科を対象とし、新潟大学教育学部附属A中学校と公立中学校で授業観察・授業実践を行った。

研究1年目の実践では、田中・松下（2012）の授業構成と研究観点を参考に授業実践を行い、授業動画と生徒が記述したホワイトボードの分析と考察を行った。

研究2年目の実習では、生徒が既習事項や経験知を活用し、自分なりの仮説を立案すること、つまり自ら実験方法を考え実験を行う授業スタイルの確立を目指した。このために、探究的な活動の中の自己調整学習を取り入れた授業実践を行い、生徒が作成したワークシートと振り返りの記述の分析と考察を行った。

3 中学校理科における主体的な学びを促す授業づくり

(1) 中学校理科学習指導要領の分析

中学校学習指導要領（平成29年告示）には、「理科の学習過程の特質を踏まえ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うなどの科学的に探求する学習活動の充実を図ること。」や「学校や生徒の実態に応じ、十分な観察や実験の時間、課題解決のために探求する時間などを設けるようにすること。」のように探求的活動において実験を軸としていることが確認できる。それに加えて、「観察、実験、野外観察を重視するとともに、地域の環境や学校の実態を生かし、自然の事物・現象についての基本的な概念の形成及び科学的に探求する力と態度の育成が段階的に無理なく行えるようにすること。」や「観察、実験、野外調査などの体験的な学習活動の充実に配慮すること。」のように実験を行うことを理科学習の特色としていることも確認できた。

それを踏まえて、筆者は中学校学習指導要領を参考にし、理科教育における育みたい資質・能力を定義した。

(2) 全国学力・学習状況調査の分析

はじめに調査より、生徒の実験に対する位置づけを分析する。平成30年度全国学力・学習状況調査によると、「理科の勉強は好きですか」という質問に対して肯定的な回答をした生徒は62.9%であり、「観察や実験を行うことは好きですか」という質問に対して肯定的な回答をした生徒は82.1%であった。この結果から「理科が好き」でない生徒にとっても「実験が楽しい」と感じる生

徒が存在していることが分かり、実験が生徒の理科離れ解決の糸口になることが期待できる。

次に理科授業における授業プロセスの問題点を分析する。平成30年度全国学力・学習状況調査によると、「理科の授業の内容はよく分かりますか」という質問に対して肯定的な回答をした生徒は70.1%と高い傾向を示したが、その一方で「理科の授業で、自分の考えや考察を周りの人に説明したり発表したりしていますか」という質問に対して肯定的な回答をした生徒は41.3%と低い傾向にあることが確認された。この結果から理科の授業で理解したことを周りに対して言葉や文字で表現する機会が少ないことが考えられる。また、平成24年度全国学力・学習状況調査によると、「自ら考えた仮説をもとに観察・実験の計画を立てさせる指導を行ったか」という問いに対して、肯定的な回答をした中学校理科教師の割合が64%であったのに対して、肯定的な回答をした生徒の割合は46%と教師・生徒間に実験方略立案に対する意識の差異があり、生徒にとって疑問をもとに検証方法を考える力が養えていないことが考えられる。

(3) 観察した授業の分析と考察

授業の観察を通して、「実験を通して問題解決を行った授業数」と「生徒が考えや考察を発表する授業数（発表者数が0人、1-3人、4人以上で区分）」の割合を出すことで、授業内での実験の位置づけや生徒の考えの表出について分析を行った。

その結果、「実験を通して問題解決を行った授業数」の割合は、附属A中学校で22.3%、公立中学校で9.4%であり、生徒が実験を行う授業が非常に少ないことが確認できた。特に公立中学校では、理科の実験頻度が低いことが窺える。そのため、数少ない実験を行う授業の中で、どのように生徒の疑問点を引き出し、課題を設定し、課題解決に向けた実験の仮説と検証、考察を行うかが課題であると考える。

また、「生徒が考えや考察を発表する授業数」に関しては、生徒が4人以上発表する授業の割合は、附属A中学校で40.7%、公立中学校で12.5%という結果であり、附属A中学校に比べて公立中学校では、発表者が限定的で偏っていることが確認でき、両校ともに授業の中で生徒が自分の考えや考察を発表する機会が少ないことが考えられる。また観察を通して、両校で生徒が挙手をして積極的に発表するだけでなく、指名されることで発表をしている傾向にあった。そのため、発表に関しても受け身的になっていることが課題であると考える。

(4) 授業実践「教師が実験方法を提示しない理科授業（実施時期：令和2年12月17日）」

① 実践の概要

公立中学校第2学年2組と3組を対象に、「凝結と露点」について授業実践を行った。

生徒は小学校4年生時に「空気中から出る水」で水の状態変化について学習し、コップの周りに付着する水滴が空気中の水蒸気が冷やされて水滴となる（状態変化）ことを観察している。学習当時は、水滴が空気中の水蒸気由来するものという現象の要因は観察から明らかになったが、現象と気温や湿度との関係を深く考察するには至っていなかった。そのため、実生活との結びつきが不十分であると考えられる。そこで、本単元で水の状態変化を気温・湿度と結びつけて学習することで、生徒は日常生活でその現象（水の凝結と露点）に直面した際、改善策や回避するための手立てを構築することができることを目的とした。

② 実践から得られた結果

授業実践での生徒のホワイトボードへの記述と授業動画から、生徒が立案した実験方法の有効性とその要因を分析した。

生徒が立案した実験方法の有効性に関して、2学年2組では25%の班が、2学年3組では50%の班が適切な実験方法を立案する結果となった。

この要因に関して、授業実践の動画部分の発話記録を分析した。その結果、3組に比べて2組では導入部分に費やした時間が長いこと、授業者の発言回数が多いこと、生徒の発言回数が少ないことが明らかとなった。

よって、実験方法をするにあたって、生徒の疑問点を明確化するための発言を促し、生徒が既習知識と未習知識を区別することで、課題の重要性を強調でき、課題解決に向けた実験の目的を明確化することで、生徒の適切な実験の方法性を促すことができると考えられる。

表1 実験方法の有効性（上段：2組、下段：3組）

適切	不足がある	不適切
25%	37.5%	37.5%
50%	50%	0%

表2 導入での発言回数（上段：2組、下段：3組）

授業者の発言回数	生徒の発言回数
32回	28回
28回	30回

4 生徒が主体的に問題発見・解決型学習に取り組む理科授業の試行的実践

(1) 実践Ⅰ「実験方法を考える理科授業」(実施時期：令和3年11月8・10・11日)

① 実践の概要

附属A中学校第1学年1組を対象に、「気体の分類」について3時間構成で授業実践を行った。

本単元では、生徒が自らの経験や既習知識を活用し、「未知の気体」の解明に向けた問題発見や課題解決を主体的に行うことを目的とし、自己調整学習に当てはめて次の構想をもとに実践を行った。

<p><予見の段階></p> <p>授業開始後すぐに「気体の分類を樹形図で作成する」というと樹形図の作成が授業の目的となってしまう。しかし、授業者は樹形図の作成は手段であり、目的を「既習事項を活用し、未習事項に疑問を抱くこと」とした。未習事項を補うために、どのような実験方法で区別していくか、それぞれ樹形図作成を通して、実験計画を整理していく。特に未習事項である水素と窒素をどのように区別できるのか、経験知をもとに仮説を立案する。</p>
<p><遂行コントロールの段階></p> <p>未知の気体(酸素)を明らかにするため、作成した樹形図を基に実験を行う。実験を行いながら、どの気体を選択肢から省けるのか、実験方法に間違いはないのかモニタリングを行う。</p>
<p><自己省察の段階></p> <p>残りの未知の気体(アンモニア、窒素、二酸化炭素、水素)を明らかにしていくためにこれまでの実験計画で導けるのか再度樹形図を考え直す。その後、実験を行い、未習事項である水素と窒素の特徴について実験を通して獲得する。</p>

② 実践から得られた結果

授業実践で生徒が作成したワークシートと振り返りの記述から、生徒が立案した実験計画の有効性などを分析した。

実験計画の有効性に関しては、個々で作成した1時間目(36人)と3時間目(38人)の記述を基に、理科室での実験を想定した実験計画として実験可能であるか実験困難(未完成も含む)であるかに分類し、実験計画作成に関する技能の習得を考察する。振り返りの記述に関しては、1時間目(36人)と3時間目(38人)の記述を基に、実験計画作成に対して肯定的な考え(「楽しい」、「面白い」、「理解できた」などのキーワード)と否定的な考え(「難しい」、「分からない」、「知らない」などのキーワード)、その他(「忘れていた」、「実験計画を作成した」などのキーワード)、の3つに分

類し、生徒の実験計画作成に対する考え方の変化を考察する。

実験計画の記述は、1時間目では「生物や植物を入れておいた場合、生きるか」のように倫理的に問題がある方法や「空気の重さを比べる」のように理科室内での測定が困難な方法を記述している生徒が見られた。そこで、キーワードとして「最少の試験官」「最短の実験時間」を提示することで、生徒がより実験を想定した実験計画の作成につながった。実験計画作成開始後、私が生徒に提示したものはこのキーワードだけである。つまり、生徒が主体的に実験計画の修正や改善を繰り返し、最適な実験計画を行ったと言える。

振り返りの記述は、1時間目終了時点では、実験計画の立案に対して否定的な考えを記述している生徒の割合が高かった。しかし、3時間目終了後には9割以上の生徒が実験計画の立案に対して肯定的な考えを記述していた。肯定的な意見の中には、「自分の考えを活用して計画を立てることは面白い」「他の物質も実験で確かめてみたい」などのように、実験計画を立案し、実験を通して検証を行うことに対して「楽しい」と感じていることが確認できた。

表3 作成した実験計画(上段:1限,下段:3限)

実験可能	実験困難
30.6%(11人)	69.4%(25人)
92.1%(35人)	7.9%(3人)

表4 振り返りの記述(上段:1限,下段:3限)

肯定的	否定的	その他
30.6%(11人)	58.3%(21人)	11.1%(4人)
86.8%(33人)	0%(0人)	13.2%(5人)

(2) 実践Ⅱ「実験観察後に問題発見に取り組む理科授業」(実施時期：令和3年10月26・28日11月4日)

① 実践の概要

附属新潟中学校第3学年1組を対象に、「塩化銅水溶液の電気分解」について3時間構成で授業実践を行った。

本単元では、可視化できないイオンをモデル化することで問題発見を促し、既習知識を活用しながら仮説を立案することで主体的に課題解決を行い、自力解決することの楽しさと微視的分野における面白さを実感することを目的とし、自己調整学習に当てはめて次の構想をもとに実践を行った。

<p><予見の段階></p> <p>単元はじめに電気分解を観察することで、電気を流すことでイオンがどのような挙動をし、両極か</p>
--

ら原子や分子が発生するのか疑問を抱く。この疑問から課題を導き、電気分解を「電気を流した直後」「電気分解の途中」「電気分解の最後」の3つの段階に分け、それぞれの段階でイオンの動きや変化の仮説を立案することで課題解決を目指す。

<遂行コントロールの段階>

電気分解中の各段階でどのような変化が起きているのか既習知識を活用し、図と言葉を用いて仮説を立案する。ここで、生徒は考えを図で表現するために最適な方法を選択し、論理的な仮説を構成する。その後、周りと考えを共有することで、なぜイオンが移動するのか、電気分解は最終的にどのような反応が起こり、それはどのような要因によるものなのかを根拠をもって再構成する。

<自己省察の段階>

電気分解の仕組みが理解できているか確認するため、次のような2段階の自己評価を行う。(1) 電気分解の各段階でイオンの挙動を踏まえて仮説を構築できていたか、3時間目に行う電気分解のまとめの時間に自己評価する。(2) 獲得した電気分解の概念が身についているか、異なる水溶液の電気分解を図と言葉で説明することで自己評価する。

② 実践から得られた結果

授業実践で生徒が作成したワークシートと振り返りの記述から、図と言葉での表現の正当性などを分析した。

ワークシートの正当性に関しては、1時間目(35人)と2時間目(32人)の記述を基に、電気分解の各段階における図と言葉の表現から望ましい解答(下表では○)と不足がある解答(下表では△)、誤答や未記入(下表では×)に分類し、概念獲得の変化を考察する。振り返りの記述に関しては、1時間目(35人)と3時間目(34人)の記述を基に、電気分解に対して肯定的な考え(楽しい、面白い、理解できたなど)と否定的な考え(難しい、分からない、知らないなど)、その他(復習が必要、簡潔に書くなど)、未記入に分類し、生徒の電気分解に対する考え方の変化を考察する。

本実践では、電気分解を可視化し3つの段階でのイオンの動きの仮説を立案する活動を行う中で、授業内での実験で観察することが困難である電気分解の終着点について論理的に仮説を立案することができた。

振り返りの記述から、1時間目に3つの段階でイオンの動きの仮説を立てた際、電離に対する誤概念を持っている生徒を表出することができ、そ

の誤概念を生徒が話し合いの中で修正することができた。

また生徒にとって不可視な分野に苦手意識を持つことが多いため、1時間目では振り返りの中で「難しい」「よくわからない」と記述する生徒が多くいたが、最終的な振り返りからモデル化することで考えの整理ができること、自らの誤概念を認識することができることを観察できた。

表5 ワークシートの図の表現の正当性
(上段:1限, 下段:2限)

各段階	○	△	×
実験開始	48.6%	0%	51.4%
直後	78.1%	0%	21.9%
実験途中	17.1%	48.6%	34.3%
	31.3%	62.5%	6.3%
実験終盤	5.7%	42.9%	51.4%
	50.0%	21.9%	28.1%

表6 振り返りの記述(上段:1限, 下段:2限)

肯定的	否定的	その他	未記入
20%	51.4%	22.9%	5.7%
76.5%	2.9%	14.7%	5.9%

5 本研究の成果と今後の展望

(1) 本研究の成果

本研究において、学習指導要領や国内外の学習調査の分析や実習校での授業観察を通して、中学校理科教育における育成すべき資質・能力を「主体的に問題発見・問題解決を行う力」と考えた。そこで、上記の資質・能力を培うための教師の授業プロセスと生徒の学習プロセスに対する試行的実践を行い、生徒のワークシートへの記述や振り返りを分析することで実験計画を作成する力を育むための授業プロセスと微視的な分野に対する苦手意識を軽減する授業プロセスを明らかにすることができた。

(2) 今後の展望

本研究を通して、生徒の学習プロセスの評価や発問の提示の仕方などに関する様々な課題が残った。それらの解決に向け、ツールの活用が重要であると考えられる。授業実践を通して、最も感じた課題は「生徒の学習プロセスの見取り」である。そこで、生徒の考えを表出できるツールの活用方法や振り返りの項目の充実化を図り、生徒が「主体的に問題発見・問題解決を行う力」を培うための授業プロセスについて、より詳細に分析し、生徒が今後出会う課題を自力解決する力を後押ししていきたい。