

若手・中堅教員の授業力向上につながる研究実践報告

—理論と実践の往還を重視した支援と成果のアウトプットを通して—

教科教育室	加藤伸弥	飛田善広	松田詩織
	越智亮平	坂本定生	参河厚史
	佐伯知子	大口愛子	田頭和美
	稲葉正和	和田知子	清水裕士
	根岸漂	渡部靖司	矢畑祐子

【要約】

「令和の日本型学校教育」を担う「新たな教師の学びの姿」の実現に向け、伴走型支援の充実と、理論と実践の往還による授業改善を目指して研究に取り組んだ。その結果、主体的に学ぶ研修の意義が研修参加者に実感され、研修での学びが学校での指導に生かされた。また、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善の取組において、研修参加者が理論と実践の往還に基づき、自律的に学びを深めたことで、若手・中堅教員の授業力向上につながった。

【キーワード】 新たな教師の学びの姿 主体的・対話的で深い学び 理論と実践の往還

1 研究の目的

近年の社会情勢の大きな変化に伴い、学校や教師を取り巻く状況にも大きな変化が訪れている。「令和の日本型学校教育」を担う新たな教師の学びの姿の実現に向けて（審議まとめ）」（令和3年11月中央教育審議会）においても、教職生涯を通じて学び続ける、子どもの主体的な学びを支援する伴走者としての教師の姿が求められている。そのような教師の姿の実現のためには、専門性の更なる向上、ICTの利活用、個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善など、各学校の教育課題に応じて主体的、協働的に研修を深めていく必要がある。また、教職生活を通じた学びの機会において、主体的に学び続ける「新たな教師の学びの姿」は、子どもの学びの相似形であり、ロールモデルとなることが、「令和の日本型学校教育」を担う教師の養成・採用・研修等の在り方について」（令和4年12月中央教育審議会）で示されている。

そこで、教科教育室で年間を通じて行っている中堅教諭等資質向上研修や高等学校理科研修講座において、「新たな教師の学びの姿」の実現に向けて、理論と実践の往還を重視した支援を行うとともに、研修参加者が自律的に学びを深めた研究成果のアウトプットを通して、若手・中堅教員の授業力向上につなげたいと考え、2か年継続して本研究に取り組むこととした。

2 研究の内容

(1) 教育研究の伴走型支援

研究の1年次において、教科教育室では、指導主事が教育研究を伴走的に支援する上でのポイントを、「学び手主体」「気付きを起こす」「対話を重視」の三点に絞って、中堅教諭等資質向上研修や高等学校理科研修講座における支援を行った。課題研究計画の検討や中間報告等においては、指導主事が内容を一方的に伝えて終わるのではなく、研修参加者同士でアドバイスし合う時間を確保した。受け身の研修ではなく、研修参加者主体の研修になるよう、指導主事も研修観の転換を意識して研修に取り組んだ。その結果、研修参加者が主体的に学ぶことの意義を実感し、自ら考えることで、学びをマネジメントすることができた。このような伴走型支援を更に充実させることが、「新たな教師の学びの姿」として挙げられている「主体的な姿勢」「継続的な学び」「個別最適な学び」「協働的な学び」の実現に向けて必要である。

実践事例1では、高等学校理科研修講座参加者が、指導主事と対話しながら進めた実験の成果を、勤務校での生徒への指導に生かして、自らが伴走者として生徒の学びに寄り添った。対話を重視しながら、自主性を尊重した助言を行うことで、生徒の主体性や科学的思考力を育成した。さらに、校外の大会やコンテストへの積極的な参加を促し、発表や意見交換の場を多く経験させることで、生徒は新たな気付きを得るとともに表現力や学習意欲が高まり、学び手主体の学習の有効性が確認された。

(2) 主体的・対話的で深い学びの実現に向けて

2年次には、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善の視点として「見方・考え方を働かせる」「汎用的知識・概念の獲得や形成」を中心に、研修参加者の支援に取り組んだ。各教科等の学習指導要領解説に示されている「見方・考え方を働かせる」とは、事象の意味や本質、他との関連性を、捉えたり問い直したりすることであり、深い学びの実現の鍵である。また、学んだことを単なる知識として終わらせるのではなく、単元や学年、教科等の枠組みを超えて活用できる汎用的知識・概念とすることが、全ての子どもが学ぶ力を発揮し、子ども自身が学ぼうとする教育につながると考える。そこで、研究計画の立案や中間報告等においては、研修参加者の対話の時間を意図的に設定し、研修参加者自身の気付きを促す助言を行った。本センターで得た気付きや新たな知見等を、研修参加者は勤務校に持ち帰って教育実践に生かし、その成果と課題を基に教育実践を見直すことで、理論と実践の往還を行った。

実践事例2では、数学的な見方・考え方を働かせる数学的活動を重視し、統合的、発展的に考察する力の育成を目指した。問い掛け型学習課題の設定や振り返りシートの活用等により、生徒自身が、単元を横断して既習の知識を活用する有用性に気付き、学びを深めることで、汎用的知識・概念の獲得につながることができた。また、指導主事が研修講座の中で具体的に示した「知識構成型ジグソー法」について、生徒の実態に応じた実践を行った。生徒同士の対話を通じて、「自らの思考を整理し、他者に伝えよう」とする態度が生まれ、さらに、生徒の振り返りの記述からは、複数の単元を横断して知識を活用する必要性や、学習の積み重ねの大切さへの気付きが見られた。これらは、学んだ知識・概念が他の単元においても横断的に活用可能であると実感するものであり、理論と実践の往還による汎用的知識・概念の形成に向けた授業改善の成果と考えられる。

3 研究のまとめ

若手・中堅教員の教育研究において、伴走型支援の充実と、理論と実践の往還による授業改善を目指して、2か年継続して研究に取り組んだ。相互の対話を重視し、研修参加者主体の研修とすることを意識して研修を実施した。その結果、主体的に学ぶ研修の意義が研修参加者に実感され、研修での学びが学校での指導に生かされた。また、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を基盤として、指導主事が課題研究の支援に取り組むことで、研修参加者による汎用的知識・概念の獲得や形成につながる授業実践が行われた。研修参加者が自律的に学びを深めた様々な取組は、「新たな教師の学びの姿」として示される、主体的に学び続ける教師の学びの実現につながるものである。伴走型支援を更に充実させるとともに、研究成果のアウトプットを通して若手・中堅教員の授業力向上につなげていきたい。

次ページから、指導主事が指導助言を行った、実践例2例と、高等学校理科研修講座の研究概要3例を示す。これらは、優れた実践であり、若手・中堅教員が研修・研究を進める上で、参考となるものである。今後も、本研究の成果を踏まえつつ支援の一層の充実を図っていきたい。

主な参考文献

- 文部科学省『小学校学習指導要領(平成29年告示)』『中学校学習指導要領(平成29年告示)』2018
- 文部科学省『高等学校学習指導要領(平成30年告示)』2019
- 中央教育審議会「「令和の日本型学校教育」を担う新たな教師の学びの姿の実現に向けて（審議まとめ）」2021.11
- 中央教育審議会「「令和の日本型学校教育」を担う教師の養成・採用・研修等の在り方について」2022.12
- 独立行政法人教職員支援機構「「研修観の転換」に向けたNITSからの提案」2024.4
- 愛媛県総合教育センター「分かる 考える 伸びる 授業づくりの基礎・基本」
https://center.esnet.ed.jp/shiryo_top/jugyokiso (2026.1.8参照)

【実践事例1】

生徒とともに歩む探究活動の実践 ～銅鏡反応の新たな実験方法の確立を目指して～

愛媛県立新居浜東高等学校 教諭 白石千明

1 研究目的

本研究は、令和5年度高等学校理科研修講座で行った研究を基に、生徒に課題研究を指導する過程において、教員の探究活動の指導力向上と、探究活動を通して生徒の主体性や科学的思考力、表現力を育むことを目的とした。

2 内容

高等学校理科研修講座は、総合教育センターで年間約20日間実験等を行い、自然科学教育の研究と実践を通して、理科教員としての資質の向上と指導力の強化を図るものとして、毎年開講されている。私は令和5年度に、この研修に参加し、銅鏡反応の教材開発をテーマとして研究に取り組んだ。このテーマを設定したのは、生徒実験でホルマリンの還元性を確かめるフェーリング反応の実験を行った際、実験後、試験管の内壁に銅が析出していることがあるという現象に気付いたことがきっかけである。教科書には、銀鏡反応に関する記載はされているが、銅鏡反応に関する記載がないことに疑問を抱いた。そこで、銅鏡反応について先行研究を調べると、銅鏡が生成する方法は幾つか報告されていたが、銀鏡反応のように高校の化学の授業で活用できる具体的で簡便な実験方法は、銅鏡反応については確立されていなかった。そこで、フェーリング液とホルマリンを用い、高校生でも容易に再現できる新しい銅鏡反応の実験方法を確立し、教材化することを目的に研究に取り組んだ。

研究を進める中で、課題を一つ解決するたびに大きな達成感や充実感が得られた。「せっかく研究をするなら、生徒にもこの感動を体験させたい、探究活動として一緒に取り組みたい」という思いが湧いてきた。本校には理数系の部活動が存在しないため、理数系に興味・関心を持つ生徒が、研究を行う機会がない現状を課題と感じていた。そこで、有志の生徒を募り、探究活動として取り組むことで、この課題を解決できるのではないかと考えた。研究は、「総合教育センターで、私が指導主事と相談しながら予備実験を行い、その内容を持ち帰って、生徒に実験指導を行う」という形式で進めた。私は、安全管理や生じた課題を解決するための助言を中心に行い、実験計画・条件検討・データ整理は生徒主体で進めることを重視した。実験データの大部分は、生徒自身の手によって導き出された。

研究を始めた令和5年度は、1年生の化学基礎の授業を担当していたことと1年生の担任をしていたことから、1年生から有志の生徒を募集した結果、2名の生徒が参加を希望した。毎年2月に愛媛大学で行われている、えひめサイエンスチャレンジでの発表を目標に、研究に取り組んだ。2名の生徒は実験に真面目に取り組み、えひめサイエンスチャレンジで研究成果を発表した。しかし、2名ともこれまで研究発表の経験がなかったため、場の空気に圧倒されてしまい、聴衆に対して顔を上げることができず、小さな声での発表となった。そのことを審査員の先生に指摘されたこともあり、えひめサイエンスチャレンジでの発表後、一人は研究の辞退を申し出た。しかし、もう一人はこの経験を悔しいと思い、継続して研究に参加することを希望した。

令和6年度は、高等学校理科研修講座で学んだ研究の指導方法や研究成果を生かし、同じテーマで継続して研究に取り組んだ。令和5年度に参加した1名の生徒に加え、新たに2名の生徒が研究に加わった。この年度は2年生理数クラスの担任になったこともあり、化学に興味・関心があり、部活動をしていない生徒に私から声を掛けた。昨年度の経験を踏まえ、プレゼンテーションの練習回数を増やすとともに、実験中も操作を行う意義や課題を解決するために必要な追加実験について、問いを投げ掛けながら研究を進めた。また、積極的に校外の大会やコンストに参加した。校外にも発表の場を展開することで、自分たちの研究や発表を多角的に見直す機会となり、改善することができた。発表するたびに、生徒の学びのモチベーションが向上していくことが感じられた。他校の生徒と研究内容について議論したり、他校の同学年の生徒の発表を聞いたりすることで、進路に対する意識が大きく向上した。以下に、この2年間で参加した大会やコンテストとその成果について示す。

- ・えひめサイエンスチャレンジ 2023、2024 奨励賞
- ・第10回中高生のためのかはく科学研究プレゼンテーション大会 ステージ部門奨励賞
- ・第19回高校化学グランドコンテスト ポスター発表参加
- ・第62回、第63回愛媛県児童生徒理科研究作品 優秀賞
- ・第68回、第69回日本学生科学賞愛媛県地方審査 優秀賞
- ・2024年日本化学会中国四国支部大会 岡山大会 学生優秀発表表彰（講演賞）
- ・つくばサイエンスエッジ 2025 ブースポスタープレゼンテーション発表参加



図1 実験中の様子



図2 電子顕微鏡操作の様子



図3 実験後の試験管

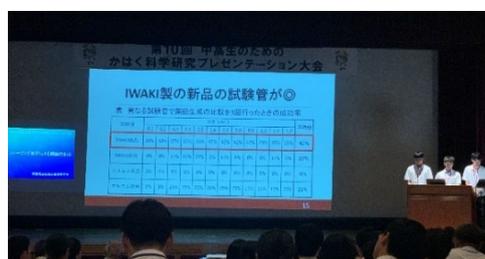


図4 コンテスト発表の様子



図5 発表の様子



図6 表彰式の様子

3 まとめと課題

研究を通して、生徒の主体性や科学的思考力、表現力を育むことができたのではないかと考えている。実験は不慣れで、どちらかと言えば受動的で指示を待っていた生徒が、少しずつ自分たちで協議しながら、実験方法を考えるようになった。反応容器である試験管のメーカーや使用具合によって、結果に違いがあると追加実験を提案してくることもあり、実験方法を検討する過程では、教員は方向性を示すだけで、生徒の発想を取り入れて次の実験計画を立てることが多かった。また、初めての発表では緊張から聴衆に対して顔を上げることができなかった生徒も、反省を踏まえて猛練習を重ね、現在では難しい質問にも対応できるようになり、自己肯定感の向上につながった。さらに、全国大会に参加した際に、英語で発表し、英語で質疑応答する高校生を見たことで、英語への重要性を実感し、苦手としていた英語学習に対する意識と取り組み方も変わった。また、化学の授業においても、実験でリーダーとして班員をまとめ、指示する場面が見られるようになるなど、物事を肯定的に捉え、何事にも積極的に挑戦するようになった。

研究を始める前は、具体的な目標はないが、とりあえず理数系を選択していた3名だったが、研究を通して人との交流を経験したことで、現在は3名とも研究者を目指している。発表場所であった大学に魅力を感じ、その大学を目指すようになったことで学習量が増えた生徒や、課題研究を生かし、大学入試に挑戦する生徒など、進路実現に対する行動の変容が見られ、クラス内にも良い影響を与えている。

私自身、生徒とともに研究をする中で、教育者としての視野が広がったと考えている。発表のたびに聴衆の質問や意見に刺激を受け、研究内容の充実を図ることにつながった。

今回、実験には意欲的に取り組んだが、研究発表に苦手意識を持ち、途中で研究を辞退した生徒がいた。この経験から、探究活動を最後までやり抜く粘り強さは、探究活動の場面だけでなく、日常の様々な場面で継続的に育むことが重要だと感じた。今後は、そうした力を育むために、教科指導や進路指導、生徒指導の面で、自らの指導力を高めていきたい。

**【実践事例2】 統合的、発展的考察により問題解決を目指すための指導の工夫
－生徒自らが思考を評価・改善する学び合い活動を通して－**

伊予市立中山中学校 教諭 横山勇二

1 主題設定の理由

数学科の指導においては、数学的な見方・考え方を働かせた数学的活動を通して学習を展開することが重視されている。予測困難な時代において、想定していない問題に既習の知識だけで対応するには限界があり、未知の問題を自ら解決するためには、統合的、発展的考察は不可欠であると考え。

数学科の学習の中で統合的、発展的に考察する力を育成するためには、解決の方法や順序といった過程を絶えず見直したり、自らの思考を評価・改善したりすることが重要となる。そこで、問題解決の場面において、事象を多様な視点で捉え、他者と比較することにより、思考を評価・改善する活動を充実させることが、統合的、発展的に考察する力の育成につながると考え、本研究主題を設定した。

2 研究目的

- ・数学科の学習において、生徒自らが思考を評価・改善する活動を工夫すれば、問題解決の場面で事象を統合的、発展的に考察する力を育成することができることを、実践を通して明らかにする。
- ・統合的、発展的に考察する力を育成するために、「知識構成型ジグソー法」による学び合い活動を取り入れることの有効性を明らかにする。

3 研究の内容と実際

(1) 思考を評価・改善する活動の工夫

ア 「問い掛け型学習課題」の設定

「一次関数」の単元において、毎時間「問い掛け型学習課題」を設定することで、振り返りにおいては課題に対する自らの考えを記述する生徒が多くいた。目的意識を持って学習に臨み、学習の過程で思考したことを整理するきっかけを生んだと考えられる。その一方で、学習課題の押さえ直しが不十分であった授業では、課題に沿わない振り返りをする生徒もいたため、1時間を通して学習課題へ意識を向けさせながら学習を進めることの重要性を再確認した。

イ 自らの思考を客観的に評価する学習活動の充実

グラフを式に表す学習では、互いの考えを比較・検討する活動を行った。初めは切片と傾きに目を向けるだけだった生徒が、対話を通して「グラフが右下がりならば、傾きの値が負の数になっているかを確認すべき」という新たな視点を獲得し、発展的に考察しようとする姿が見られた。また、動点の問題を解決する学習では、はじめは表のみを用いて考えていた生徒や、いきなりグラフをかこうとする生徒がいた。しかし、他者と考えを共有する中で、「表や式に表すことでグラフがかきやすくなる」「ある秒数の面積を求めるには、式が便利である」といった気付きが生まれていた。個人で考えた後に他者と考え方を共有する時間を設定することで、自らの思考の過程を見直し、多様な視点から問題を深く捉え直そうとするきっかけを生んだと考えられる。

ウ 振り返りシートの活用

単元の始めに、各自で単元を貫く目標を設定させ、単元末には、単元を通した学びについて「振り返りシート」による振り返りを行った。「学習を通して新しく理解したこと」には、問題に適した解き方を選択することの重要性への気付きや、解決のための工夫が多様にあることへの理解が記述されていた。「単元を振り返っての反省」には、自らが設定した目標に対して、「問題に応じて解き方を選択することができるようになった」という、自らの成長を記述している生徒や、複数の単元を横断して知識を活用することの必要性を感じ、学習を積み重ねることの大切さへの気付きを記述している生徒がいた。振り返りシートを活用して単元全体を振り返らせることで、単元を通して得た学びを統合し、自らの習熟レベルを捉えることに役立ったと言える。また、他の単元とのつながりを意識して学習に向かおうとする態度の育成にもつながった。

(2) 知識構成型ジグソー法による学び合い活動の充実

知識構成型ジグソー法による学び合い活動では、「教え合い」を目的とせず、対話を通じて、「自分の考えをより良くしていこうとする態度を育成すること」に目的を置いた。

ア 問いの設定

異なる視点や考えを持つ他者と話し合うことで解決につながるという実感を持たせるため以下の問いを設定した。

中山映画館の1回の鑑賞料金は通常1,200円ですが、3か月限定で3つの料金プランを企画することにしました。条件に合わせて最も安くなるプランを提案しましょう。
Aプラン：利用1回につき1,000円。
Bプラン：利用3回までは定額3,200円、4回目以降は利用1回につき800円。
Cプラン：10,000円のフリーチケットを購入すると、3か月見放題。

イ エキスパート活動

班ごとにプランを分担し、それぞれのプランの特徴やどのような条件の人にとって有効であるかを検討する活動を行った。生徒は既習の知識を基に、利用回数と金額の値の変化を調べ、他のプランより安くなる境界を探ることができていた。変化の仕方を捉えるために、表、式、グラフのいずれを用いるかは各班に委ねたところ、生徒自らがそれらを相互に関連付けながら思考する姿が見られた。

ウ ジグソー活動

エキスパート活動で考えたことを持ち寄り、新たな班で、条件に合わせたプランを選択する学習活動を行った。その際、四つの班それぞれに異なる条件を提示したところ、どの班も、表、式、グラフを説明資料として効果的に活用し、根拠を明確にして説明しようとする姿が見られた。

<各班に提示した条件>

- 1班：1か月に2回ほど映画を観に行く人の場合。
- 2班：ほとんど映画を観ることはないが、お得なプランがあるなら1回くらい観に行こうかなと思っている人の場合。
- 3班：毎週必ず映画を観に行く人の場合。
- 4班：毎週2回は観に行くが、3か月目は行けそうにない人の場合。

グラフを用いた班では、グラフの軸がどのような数量を表しているのかを正しく理解し、複数のグラフを比較しながら説明を行っていた。表を用いた班も表だけでは伝わりづらいと考え、表を基にグラフを作成し、提示するなどの工夫が見られた。各プランの数量関係を式で表した班では、プランBの「3回までは定額3,200円」という部分をどのように表せばよいのかという疑問が生まれていたため、そのポイントを全体で共有し、「変域」の考え方にまで学びを広げることができた。各班が作成した資料を基に、多様な問題解決の方法を共有することで、生徒それぞれが統合的、発展的に考察し直そうとするきっかけを生んだ。

エ 相互評価

各班の発表について相互評価を行わせたところ、それまで自分の中になかった視点に気付く生徒や、更に深い考察へとつなげようとする生徒がいた。

4 アンケート結果の比較・考察

実践前（4月）と実践後（12月）、本校2年生（12名）を対象にアンケート調査を実施した。

以下は、各項目について4月と12月で肯定的に回答した生徒の割合（%）を表している。

項目	4月	12月
①数学の学習が好きですか？	25%	51%
②問題を解いた後、考えた過程を振り返るようにしていますか？	50%	84%
③問題が解けなかったとき、なぜできなかったのか考えるようにしていますか？	59%	100%
④毎時間の数学の授業に目的を持って取り組んでいますか？	42%	75%

上記の項目において、4月から12月で大きく好転していることが分かる。特に項目③については、全員が肯定的な回答となっており、その理由を問うと、「これまではすぐに正しい答えを確かめていたが、学習を通して間違えた原因に目を向けることが大切だと気付いたから」などと答えていた。また、「知識構成型ジグソー法」による学び合い活動後、生徒から意見を収集した。

「知識構成型ジグソー法」による学び合い活動について（○：成果 ●：課題）

- 自分にはない考え方を共有することで、様々な視点から問題を考えることができる。
- 意見を出し合うことで、異なる考え方が見付かり、楽しさを感じる。
- エキスパート活動でまとめたことを、ジグソー活動で自分の意見として伝えなければならないので、頭の中を整理することができ、分からないまま終わってしまうことがほとんどない。
- 友達に頼り過ぎてしまうことがある。
- 班で出たたくさんの意見をまとめて言葉にすることが難しい。
- 問題を解くスピードに個人差があるため、自分の考えが持てないまま進んでしまうことがある。

アンケート結果を踏まえると、多様な考え方に触れることのできる「知識構成型ジグソー法」は、複数の知識を統合したり、発展的に考えたりする上で一定の効果があったと考えられる。また、進んで自らの思考を整理しようとする意識が芽生えた生徒もいた。一方で、学習の理解度によって班の中でも個人差が出てしまい、一方的に聞くだけという生徒も数名いた。まずは、じっくりと個人で考え、全員が「自分の考え」を持った上で活動を始めることが必要であると感じた。

5 成果と課題

(1) 思考を評価・改善する活動の工夫

問い掛け型学習課題を設定したことで、生徒は1時間の学習に明確な目標を持ち、前向きに学習に取り組むことができた。また、毎時間学習課題に対する振り返りを行わせることで、1時間で得た学びを整理し、次時の学習につなげていこうとする態度を育成することにつながったと考えられる。

単元を通して作成した振り返りシートの記述内容を見ると、単元全体を通して獲得した知識や異なる単元相互の内容を、自分なりに統合することに役立ったことがうかがえる。また、他者との対話を通して、自らの思考過程を見直し、改善を図る活動を取り入れることで、生徒自らが知識を統合したり、発展させたりしようとする態度の育成に一定の効果があったと言える。

しかし、基礎的な知識・技能の定着が図れていない生徒は、問題を考えるための手掛かりが不足していることから思考が止まり、十分に思考の過程を振り返ることができていないという課題も見付かった。

(2) 知識構成型ジグソー法による学び合い活動の充実

知識構成型ジグソー法による学び合い活動を取り入れることで、生徒それぞれに、「伝えたいこと」が用意され、懸命に表現しようとする姿が見られた。表現するためには、思考を整理することが不可欠であり、自然な流れで自らの思考を見つめ直すきっかけを生んだと言える。また、協働的な学習を行うことで、自らの考えと他者の考えとを比較、分析し、再度検討し直そうとする態度の育成にも効果があったと考えられる。そのような学びが、数学的に思考することの楽しさや喜びにもつながっていることは、生徒のアンケート結果からも垣間見ることができた。

しかし、考えを練り合う段階では理解度の個人差が浮き彫りとなり、「教える側、教えられる側」という立場の固定化が見られた。単に他より早く問題が解けただけの生徒が教える側に回り、「できない」と思い込んだ生徒は、解き方を教わるだけで「どうして？」と聞き返しにくくなっていた場面があった。「共に学び合う」という視点に立ち、あくまでも生徒一人一人の理解度や表現の多様性を大切に授業を実践しなければならないという大きな気付きを得ることができた。

【実践事例3】

イオン結晶の教材提案

～クーロン力・限界半径比・粒子の隙間を実感できる教具・デジタル教材の開発～

愛媛県立松山東高等学校 教諭 佐々川裕敏

1 概要

イオン結晶を正しく理解するためには、金属結晶で学んだ知識を基に、単位格子内の粒子がどのように配置されているかを立体的に捉える力が必要となる。紙面上のみでは、立体構造の把握が難しい。そこで、立体感覚を養う手助けとなり、生徒の個別最適な学びを促す教具・デジタル教材の開発を目指した。本研究では、実物モデル、3Dモデルを作成するとともに、これらを活用する授業プリントの作成を行い、指導モデルを構築した。

2 内容

ネオジム磁石のN極とS極を、陽イオンと陰イオンに見立てた発泡スチロール球にそれぞれ埋め込み、粒子のモデルを作成した。陽イオンに見立てた発泡スチロール球を小さくしていくことで、陽イオンの周りに結合することができる陰イオンの数が8個、6個、4個と変化することが確認できるとともに、互いが引き合うクーロン力を模した力を体感することができる(図1)。

また、ペイント3Dを用い、イオン結晶モデルを作成した(図2)。3Dで作成した結晶格子モデルは容易に回転させることができるので、陽イオンどうし、陰イオンどうしが同じ層に配置されていることが理解しやすい。しかし、ペイント3Dでは、粒子を透明化したり、切断したりすることができないので、最密構造の隙間などを説明することは難しい。

そこで、Tinker cadを用いて、粒子を模した球体を透明化させることができるモデルを作成した(図3)。粒子を最密で積み重ねたときの2層目を透明化させることで1層目と2層目の間にある6個の粒子に囲まれている隙間を八面体間隙(1層目が黄色で表されている)、4個の粒子に囲まれている隙間を四面体間隙(1層目が緑色で表されている)として、容易に観察することができる。また、Tinker cadを用いて作成した結晶格子モデルを使えば、粒子を切断することができるので、調べたい断面を自由に観察することができる(図4は六方最密構造の結晶格子モデル)。作成した3Dモデルには互換性があり、glb形式で保存すれば、ペイント3DやTinker cadに取り込むことが可能である。



図1

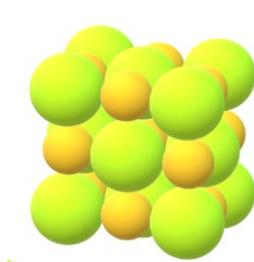


図2

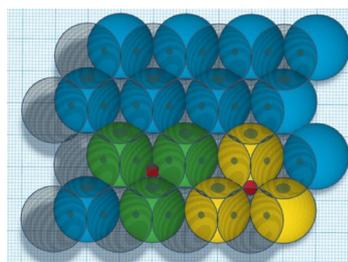


図3

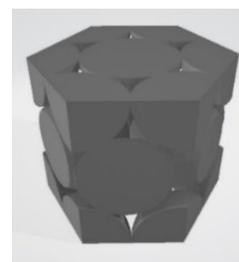


図4

図1～4 作成した結晶モデル(作成したモデルのうちの一部)

作成したこれらのモデルを使うことができる「基本」「活用」「発展」3種類の実験プリントを作成し、授業の展開例を示した。作成したモデルの中から、生徒自らが教具を選ぶことで、生徒一人一人の特性や興味に応じて、主体的に学習を進めることができる。

3 まとめ

イオン結晶のクーロン力・限界半径比・粒子の隙間を実感できるモデルを作成するとともに、ペイント3D、Tinker cadの二つのアプリケーションソフトを用いて、3Dモデルを作成した。また、実験プリントを作成し、前述した二つのモデルを用いた授業展開例を提案することができた。今回の授業展開例を実践することで、生徒の個別最適な学びを促し、立体感覚を身に付けさせることが期待できる。

1 研究目的

コンデンサーの学習内容を苦手とする生徒は非常に多い。この要因として、現象がイメージしにくいこと、電場と電位の単元の内容について理解が不十分であることが挙げられる。本研究では、コンデンサーの極板間の電場や電位の理解を促すのに適した「くし形コンデンサー」に着目し、その性質を定量的に考察するための実験教材の開発と極板間の電場の様子の可視化を目指した。

2 研究内容と結果

(1) 自作コンデンサーの性能

自作コンデンサーの極板は工作用紙とアルミホイルで作製した。極板間に雑誌を挟むことで誘電体を紙とし、極板間隔を任意に変えることができるコンデンサーとした。このコンデンサーを用いて、極板面積や極板間隔を変えるほか、直列・並列・くし形など接続方法を変えながら、電気容量を測定し理論との比較をした(図1)。さらに、紙の誘電率については、紙の層の空間を小さくすることで、より理論値に近い値となることが分かった。

(2) コンデンサーの極板間電場の3次元可視化

導体紙と金属板を用いてコンデンサーのモデルを複数作った。金属板に電圧を加え、導体紙上の電位を測定し、測定した電位をMicrosoft Excelの等高線グラフを用いて図示し、コンデンサーの極板間電場を可視化した。直列・並列・くし形などのモデルに対して、図2のような電位のグラフを作成し、コンデンサーの極板間や極板周辺の電場を3次元で可視化した。

3 まとめと課題

自作コンデンサーの開発においては、安価で生徒実験に取り入れやすいアルミホイルを用いた極板を用い、コンデンサーの電気容量の基本的性質である、極板面積に比例し極板間隔に反比例することについて、グラフの傾きを用いて定量的に表すことができた。また、雑誌を用いることの利点として、極板間隔を容易に変えることができる一方、水分やインクが含まれている紙であるため、実験で得られる比誘電率と理論値との間に差が生じてしまう課題がある。今後は、温度や湿度の制御を行うなど、物質の誘電率を正確に測定する方法の確立を目指す。

コンデンサーの極板間電場の3次元での可視化については、既存の実験方法ではあるが、Excelを用いたデータ処理を行うことで、極板間の電場の様子を3次元で可視化することができた。教科書では、コンデンサーの極板間の電場を理解するための図説が少ないが、電位分布図を3次元で示すことで、電場と電位の関係についての理解を促す教材として期待できる。一方、十分に広い極板を用いた平行板コンデンサーの極板間の電場は一様になることが知られているが、本研究では一様な電場とならなかった。この原因としては、極板が短く幅があること、極板間隔が広いことが考えられるため、今後の課題として、極板の幅、長さ、極板間隔の最適化を図る必要がある。



図1 電気容量測定の様子

4枚くし形コンデンサーモデルの電位分布

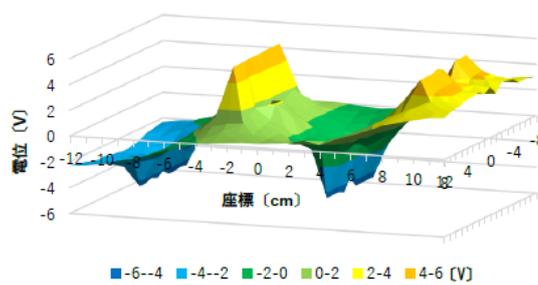


図2 電場の3次元可視化

1 研究目的

本研究では、簡単に入手できる加工食品（茶、乾燥ワカメ）を用いて光合成色素の分離実験を行い、展開溶媒の組成や展開時の温度などを変化させることで、色素分離に最適な条件の検証を行う。

2 研究内容

(1) 展開溶媒の組成による色素分離への影響

茶、ワカメともに展開溶媒（石油エーテルとアセトンの混合液）の石油エーテルの割合が高くなるほど、カロテンを除く他の色素のRf値（移動率）が近接し、色素の分離が不明瞭になった。また、展開後の色素は薄く大きく広がってしまうので、色素の区別が困難になり、正確なRf値を求めにくい状態になった。今回の検証においては、展開溶媒内の石油エーテル：アセトンの割合が5～6.5：5～3.5の範囲が色素分離に適していた。特に、茶の色素を分離するときには、カロテンを除く他の3つの色素のRf値が近接するので、クロロフィルa、bのRf値が少し離れる、石油エーテル：アセトンの割合が6～6.5：4～3.5のとき、最も色素分離に適していることが確認された（図1）。

(2) 温度による色素分離への影響

茶、ワカメともに温度が高くなるほど、各色素のRf値が低下し、色素の分離が不明瞭になった。また、温度が高くなるほど、溶媒前線の上昇速度が大きくなり、展開終了までの時間は短くなった。これは、どちらも温度が高くなるほど展開容器内の蒸気圧が高まることが影響した結果だと考えられる。実験を行った10～30℃全ての温度において、明確に色素の分離ができており、今回の検証で設定した温度は、全て色素分離の実験に適した温度であった。授業時間内に結果をまとめ、考察まで行うためには、展開時間をできるだけ短くする必要があるため、10～12分で展開が完了する20～25℃の温度が最も実験に適していた（図2）。

3 まとめ

本研究において、光合成色素の分離実験における最適な条件を検証することができた。展開溶媒の組成は、石油エーテル：アセトン＝6～6.5：4～3.5が最適であることが確認された。また、授業で生徒実験を行う際の温度条件は、20～25℃が適していることも確認された。今回の研究成果を、今後の授業実践に生かしていきたい。

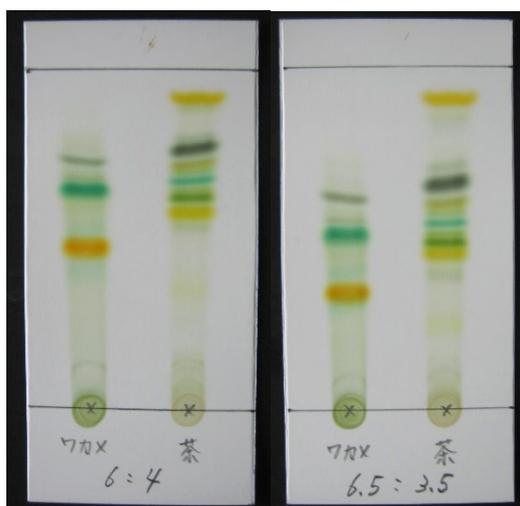


図1 色素展開に適した展開溶媒

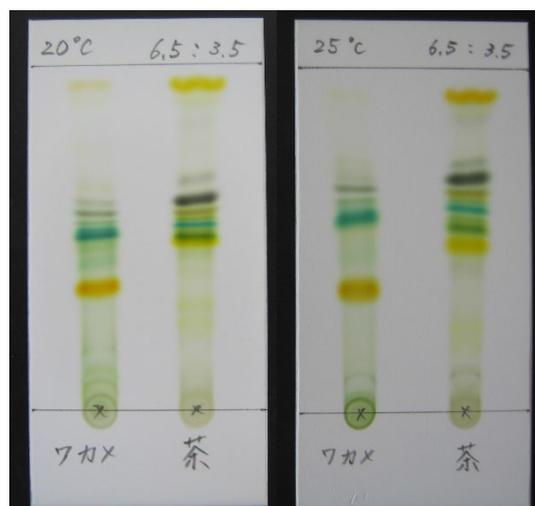


図2 色素展開に適した温度