

深い学びの実現をめざす理科授業デザイン —AL 演習科目「物理科学」の授業実践を例に—

鈴木 昭 夫

要約

現在、学校現場において「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善の実践が推進されている。このような中、特に、深い学びの実現をめざした AL 演習科目「物理科学」の授業実践とその授業改善に取り組んできた。背景とした学習理論や先行研究を整理し、授業改善の視点を明確にしながら、実践研究として報告するとともに、教員養成における理科授業改善の方向性について考察した。

キーワード

深い学び 逆向き設計 反転授業 科学史 教員養成

1 はじめに

2020年に本学教職大学院に着任し、理科教育を中心に、学類や大学院の授業、院生のプロジェクト研究の指導に携わりながら、「深い学びをめざす理科授業の在り方」を研究テーマに取り組んできた。

これから教員養成等に関わる課題として、「超スマート社会への変化と教育の質の転換」や「次代を担う子供たちに求められる資質・能力及び学力」、「社会変革に対応し次代を担う資質・能力を育む教員養成の必要性」などが挙げられる。

筆者は、これからの教員養成等に向けて、授業づくりには、「単元構想」が重要であることを指摘するとともに、深い学びを実現するためには、「真正な学び (Authentic learning)」を単元構想に生かすこと、「子供たちにとって学ぶ意味」を問う単元構想にすることの2つの提案を行った。しかし、子供たちの深い学びの状況をどのように評価するかという学習評価の視点は、「単元構想」には欠かせないが今後の課題とした(鈴木・平中, 2019)。

このような課題意識を持ちながら、担当した授業の中で、専門性が生かせる AL (アクティブ・ラーニング) 演習科目「物理科学」において深い学びの実現に向けて授業実践と改善を行ってきた。この AL 演習科目「物理科学」は、「地域と学ぶ未来の理科先生 特修プログラム¹」の1演習科目であるが、その趣旨に注目し、研究テーマに迫る授業実践を行うのにふさわしい演習科目と位置づけた。

本稿は、まず、研究テーマに関わる問題の所在、研究の目的とその方法について述べる。次に、4年間にわたって授業改善を行ってきた AL 演習科目「物理科学」の授業実践について、その授業改善の視点とその視点にかかわる学習理論、先行研究について整理しながら授業実践を報告し、それぞれについて考察する。最後に、深い学びの実現をめざした実践研究を通して得られた知見を整理し、教員養成等における理科授業改善の方向性について考察する。

¹ 福島大学人間発達文化学類学修案内 2020, 151-154.

2 問題の所在

(1) 授業デザインに対する意識改革と学ぶ時期

松井(2016)は、大学での教育実習生を指導する経験を通して、教育自習中に実践的な能力を高めた学生ほど、指導案の「単元の構想」と「単元の評価」を具体的に書くことができる共通点がある。それらの作成に関わる方法論をカリキュラム構成、単元構成に求め、教育実習前に大学で指導し、実習で学び直しをさせるとよいと述べている。

また、授業改善の大きな視点である「主体的・対話的で深い学び」を実現するためには、「(子ども)自身のキャリア形成すなわち生き方に影響を及ぼす学び」「多様な他者としっかりと関わってなされる学び」「広い範囲のことがらを関連付けてなされる学び」からの授業実践が必要であり、子ども理解、教材研究、授業デザイン等に関して教員には高い専門性が求められる(藤川, 2017)。

したがって、教員養成時は、授業デザインに対する具体的な手法について学ぶ時期として非常に重要である。同時に、そのような学びが自分にとってどのような価値があり、いかなる意味があるのか意識されるために、メタ認知的活動を意識した評価活動を取り入れた授業デザインが必要となってくる。

(2) 学生の授業観の再構成の必要性

学生はそもそも「授業」というものをどのように捉えているのだろうか。自分がこれまで受けてきた授業のイメージに捕らわれ、なかなか脱却しきれない学生、それを反映した授業づくりに出会うことが多いと感じる。もちろん、悪いイメージだけではなく、優れた授業実践に出会ってきた学生もいることは間違いない。

鈴木(2022)は、教育については日常生活から生み出された素朴理論がたくさんあり、その多くは学校教育由来のとても特殊な状況での教育に基づいており、それらは、100%間違いとはいわないが、多くの誤りを含んでおり、思わぬ弊害をもたらし、認知的変化における創発を妨げる危険性があると指摘している。

また、秋田(1995)は、「教える場としての授業」「教え手としての教師」「教えるといういとなみ自体」のイメージを学生(一般、小教職、中高教職)、教員(初任、中堅)に比喻表現でたずねる調査研究を行った。その考察の中で、教職では(初任者であっても)明確な授業観をもって職業に就くが、むしろその授業観は経験によって変わっていくことが多いという特徴を指摘できる。ここに(他の職業に比べて)教職という職業の利点と同時に難しさの一端を垣間みることができ、それだけにはじめに抱いたイメージと現実とのギャップに悩みが生じることも多くなると指摘している。

これらのことは、「学び続ける教師」を前提としながらも、教員養成時において、学生がこれまで形成してきた授業観をどのようにして再構成していくのか、その必要性とその難しさを示唆するものである。

(3) 深い学びを実現することの難しさ

文部科学省(2016)中央教育審議会答申では、「主体的・対話的で深い学び」の実現については、授業改善の視点を3つ挙げながら、学校教育における質の高い学びを実現し、学習内容を深く理解し、資質・能力を身に付け、生涯にわたって能動的(アクティブ)に学び続けるようにすることであると述べている。しかし、深まりを欠くと表面的な活動に陥ってしまうといった失敗例も報告されており、深い学びの視点は極めて重要であると述べている。

一方、松下（2015）は、アクティブラーニング²における能動性を「深い学習」「深い理解」「深い関与」という、互いに異なるが関連し合う「深さ」の系譜を踏まえながら、〈内的活動における能動性〉と〈外的活動における能動性〉に区分し、ウィギンズらの学校における典型的な指導にみられる「活動」「網羅」のいわゆる「双子の過ち」を例に、ディープ・アクティブラーニングの意味について考察している。ディープ・アクティブラーニングとは、〈外的活動における能動性〉だけでなく〈内的活動における能動性〉も重視した学習であり、〈外的活動における能動性〉を重視するあまり、〈内的活動における能動性〉がなおざりになりがちなアクティブラーニング型授業に対する批判がこめられていると指摘し、「深さ」の次元への配慮のあるものを抽出し、光をあてようとする試みであると述べている。

つまり、「深まりを欠く表面的な活動」「外的な活動における能動性」などからの脱却をめざし、「内的活動の能動性」の「深さ」を追究することが求められるが、深い学びを実現することの難しさを指摘している。

3 研究の目的とその方法

本研究の目的は、深い学びを実現するため、単元構想において「真正の学び（Authentic learning）」や「学びの意味を問う」単元を構想したり、「パフォーマンス評価」など多面的な評価活動を取り入れたりして授業実践を行い評価することである。また、その内容と意義を受講生と共有できる授業をデザインし、現行学習指導要領における「主体的・対話的深い学び」の実現に向けた授業改善、いわゆるアクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善についての学びを深める学修の機会とすることである。

また、その方法については、年度ごとに「授業改善の視点」を設定し、段階的に実践を積み重ね、その都度研究内容を整理し、成果と課題を明らかにする。授業の評価については、受講生の課題レポート、振り返り、課題研究報告書などのテキスト化を図り、その読み取りと分析について客観性を高めるため、主に「KHCoder」（樋口、2020）による計量テキスト分析を行う。

4 AL 演習科目「物理科学³」における授業改善の視点・授業実践とその考察

(1) 授業改善の視点1 「逆向き設計」に基づく単元構想と授業デザイン

① 「逆向き設計」（Backward design）による授業デザイン

G. ウィギンズ・J. マクタイ（2005）は、従来の授業設計を「第1段階：求められている結果を明確にする」「第2段階：承認できる証拠を決定する」「第3段階：学習経験と指導を計画する」の3段階で設計するアプローチを「逆向き設計」とし、これらの内容について具体的なテンプレートを示しながらその方法を述べている。西岡（2005）は、「逆向き設計」論の意義について、第1に、目標と評価法の対応関係を顕密にしている点を挙げている。「真正の評価」論にもとづく評価研究の成果、すなわちパフォーマンス課題やルーブリックが活用されており、多様な評価法と対応させつつ目標を設定することによって、扱う深さをより明確に規定することが可能になっていると述べている。

² 本稿では現行学習指導要領の表記にそって「アクティブ・ラーニング」を用いるが、「アクティブラーニング」については引用文献そのままの表記を用いた。

³ 「物理科学」は、物理科学Ⅰ、物理科学Ⅱに分かれており、隔年開催となっている。シラバスの内容変更等については、本文において述べている。

溝上(2015)は、アクティブラーニングの質を高める視点として、「逆向き設計とアセスメント」を挙げ、高度で多次元化した学習成果に、学生をしっかりと導くべく、学習成果やルーブリック・ポートフォリオなどのアセスメントをしっかりと見定めてから授業・コースデザインを行うことを目指すものと述べている。

② 授業「2020 物理科学 II」の実際

受講生は4名(3年生)で、コロナ禍により、すべてオンラインでの授業(7回)で行った(図1)。

③ 「授業改善の視点1」についての考察

受講生は、これまでの大学等での学びの成果として、授業デザインに対する比較的高い認識を持っていることが、「① 変わらないところ」の記述から伺える。さらに、今回の「逆向き設計」論に基づく授業デザインの学びを通して、単元構想における「パフォーマンス課題」「評価」「本質的な問い」などの重要なキーワードや「真実な学び」、「深い学び」について、さらに意識を高め、実感をもって学ぶことができたと考えられる。これらのことから、教員養成課程や教職大学院の担当授業において、「逆向き

<p>導入 (2)</p>	<p>第1回 なぜ「深い学び」なのか? -日本のこどもの学びの実態から「本質的な問い」と「永続的な理解」- 「逆向き設計」論から- PISA2015, TIMSS2015の調査結果を基にした日本の子どもたちの学びの実態と課題を知り、「真実の学び」を実現するための評価方法を重視した「逆向き設計」論の考えについて学んだ。</p> <p>第2回 「深い学び」と理科の授業づくり - 「逆向き設計」論から- 「パフォーマンス課題」と「ルーブリック」</p> <p>深い学びの必要性について協議し、「逆向き設計」論を基に、「本質的な問い」、「永続的な理解」「パフォーマンス課題」、「ルーブリック」について演習した。</p>	<p>6要素 (GRASPS) を踏まえた「パフォーマンス課題」</p> <p>目的 (Goal) : 来年度から、中学校では新学習指導要領が完全実施となり、教科書も新しくなります。しかし、現場の先生方は「主体的・対話的で深い学び」を実現する授業づくりに苦勞しています。特に、「深い学び」はどうか実現できるのだろうかかと悩んでいます。現場の先生方の課題や悩みに応える実践事例の紹介を依頼されました。</p> <p>役割 (Role) : あなたは、研究熱心な若手の中学校の理科教員です。</p> <p>相手 (Audience) : 対象は、同じ地区内の中学校に務めている理科の先生方です。</p> <p>状況 (Situation) : 夏休みには、毎年、地区内の中学校の先生方が集まって、教科ごとに研究会が開催されます。あなたは、その中の「理科部会」で、日頃の授業実践が認められ発表者として依頼されました。</p> <p>作品 (Product, Performance) : 「単元設計テンプレート」「パフォーマンス課題づくりワークシート」「ルーブリックづくり用テンプレート」などの資料を作成し、「課題レポート」や「模型」など作品製作に取り組むことになります。</p> <p>観点 (Standards) : 2年生で学習する単元「電流と磁界」を例に、「理科の見方・考え方」の育成を大切に「深い学び」を実現する授業設計の在り方について実践事例をもとに表現し伝えるができる。～レベル3～ ※奥村好美・西岡加名恵編著『「逆向き設計」実践ガイドブック』日本標準, 2020, 巻末資料②参考</p>
<p>展開 (3)</p>	<p>第3回 「深い学び」の理科授業設計①(中学校・エネルギー領域)</p> <p>1. 単元構想(単元計画, 見方・考え方, 単元目標, 観点別評価) 「逆向き設計」論に基づいた「深い学び」の理科授業設計をテーマに授業づくりを行うことを確認し、「単元設計テンプレート」を中心に、具体的に単元構想を行った。実施する単元は受講生同士が話し合い、「電流と磁界」(中学2年)とした。</p> <p>第4回 「深い学び」の理科授業設計②(中学校・エネルギー領域)</p> <p>2. 本質的な問い, 永続的な理解 現行学習指導要領を踏まえながら、「理科の見方・考え方」などを中心に検討し、「本質的な問い」、「永続的な理解」について協議を行い整理しまとめた。</p> <p>第5回 「深い学び」の理科授業設計(中学校・エネルギー領域)</p> <p>3. パフォーマンス課題, パフォーマンス評価, ルーブリック 「単元設計テンプレート」を完成させ、「パフォーマンス課題」のシナリオに織り込む6要素に着目し修正した。また、「作品」の製作と「ルーブリック」を完成させた。</p>	
<p>整理 (2)</p>	<p>第6回 「深い学び」の理科授業設計(中学校・エネルギー領域)</p> <p>4. 「パフォーマンス課題」の提示と「パフォーマンス評価」の準備 研究熱心な若手の理科教師が夏休みの研究会で、先生方を前に「「深い学び」の理科授業設計」というパフォーマンス課題を提示した。</p> <p>第7回 「深い学び」の理科授業設計(中学校・エネルギー領域)</p> <p>「パフォーマンス評価」、「カンファレンス」 「パフォーマンス課題」のもと、オンライン(Zoom)で発表する授業を行った。「ルーブリック」を設定し、自己評価とともに、相互評価にも取り組んだ。提出する作品として以下の6点を提出させ、評価に生かした。</p> <p>1. 単元設計テンプレート 2. パフォーマンス課題づくり用ワークシート 3. ルーブリックづくり用テンプレート 4. 作品(レポート, 設計図, 模型など) 5. プレゼンテーション 6. カンファレンスシート</p>	

授業の「振り返り」の結果

7回の授業における、『事後学習課題: 「逆向き設計」を学ぶ前と後で、単元構想や授業づくりをする際に何か変わりましたか。①変わらないところ、②変わったところを挙げてください。(授業の「振り返り」)』について、受講生の主な記述を以下にまとめた。

「①変わらないところ」

単元を貫く課題の重要性は認識していました。児童生徒のことを考えようという意識は変わりません。授業を構想することが大切だという考えは変わらない。

「②変わったところ」

パフォーマンス課題という授業の仕方がある。目標を立てることとともに、評価方法や基準を明確に設定することが重要である。評価の方法もさまざまな種類があるのでどのように評価するのかを具体的に考える必要がある。ペーパーテストではなく、プレゼンや制作物の形で、学んできた学習の発表の場を設ける。深い学びをするために、より本質的な問いを考えるようになった。子どもが主体的に楽しく取り組むことができ、それが深い学びへとつながる。「逆向き設計」にはどのようないいところ、授業では具体的にどのような活動をしていけばいいのかについて知ることができた。

図1 「2020 物理科学 II」の授業構成・パフォーマンス課題と授業の「振り返り」

設計」論に基づく授業デザインを構想し、実践することが、これからの教育をめざす授業改善につながるができることと考える。さらに、6要素（GRASPS）によるパフォーマンス課題、ルーブリックを作成し、発表会では自己評価・相互評価も行った。

今後は、実践力・授業力向上を目指す授業改善の視点として、これらの授業デザインを基にした授業実践を行い、より具体的に成果と課題について考察することが必要である。それと同時に、AL 演習科目の質的向上を目指した評価デザインの在り方についても検討していかなければならない。

(2) 授業改善の視点2 「パフォーマンス評価」と多面的な評価デザイン

① 「深い学び」を支える真正の評価「パフォーマンス評価」と評価リテラシー

松下（2007）は、「パフォーマンス評価」では、「パフォーマンス課題（performance task）」を与えて解決・遂行させて、それを複数の評価者が、「ルーブリック（rubric）」と呼ばれる評価基準表を用いながら評価することを述べている。この考え方や作成法は、G. ウィギンズ・J. マクタイ（2005）がその著書で詳しく述べており、その「ガイドブック」としての奥村・西岡（2020）は本研究の方向性に大きな示唆を与えた。パフォーマンス課題の多様性について、具体的には、田中（2008）、西岡（2019）の表や図が参考となる。

石井（2015a）は、「学校で育成する能力の階層性（質的レベル）を捉える枠組み」の中で、目標分析学に関するこれまでの研究をふまえ、ある教科内容に関する学びの深さ（学力・学習の質）をおおよそ次の三層で捉えている。「知識の獲得と定着（知っている・できる）」「知識の意味理解と洗練」（わかる）「知識の有意味な使用と創造（使える）」である。特に、「使える」レベルを評価する上で有効な方法として「パフォーマンス評価」を挙げている。

一方、田中（2012）は、ダイアン・ハート著書の「監訳者による解説」の中で、「パフォーマンス評価」の方法原理の3つ目に「評価リテラシー」の必要性を挙げている。「評価リテラシー」を教師の「教育評価」に関わる専門的な力量とし、教師養成プログラムの樹立が日本における今後の課題と指摘している。

また、二宮（2015）は、子どもたちが自らの学習を評価できるようになるためにはメタ認知能力の育成が不可欠であり、つまり、学習の場に「評価活動」位置づけ、そこへ子どもたちを主体的に参加させていく「学習としての評価」が、現在注目されており、形成的評価を再構築する際の柱の1つとなっていると指摘している。

② 授業「2021 物理科学 I」の実際

受講生は9名（2年生6名、3年生2名、4年生1名）で、すべて対面授業（15回）で行った。2021年度より、物理科学 I・II に、課題解決的・問題解決的な学びがこれまで以上に取り組みやすいように「課題研究」の場面を設定した。また、授業内容の系統性を重視し、物理科学 I を「主に力学・波動など」、物理科学 II を「主に電気と磁気、物質と原子など」とし、隔年開催に対応させた。図2は「2021 物理科学 I」主な授業内容と授業分析を整理したものである。

③ 「授業改善の視点2」についての考察

AL 演習科目「物理科学 I・II」を担当して初めての対面授業となった。発表会も含めて5回の「課題研究」の時間を設定した。

受講生は、14回授業におけるルーブリックを用いての「自己評価・相互評価」において、その記述の内容を KH Coder によるクラスター分析により、3つのグループに分けることができた。その「① 教

材研究・開発に対する工夫・改善に関すること」「② 教材研究・開発の意義や価値に関すること」については、石井（2015a）の「使える」レベルの評価につながるものであると捉えることができる。さらにその記述が、「③ 課題研究発表会に対する工夫や改善に関すること」にまでおよんでいることは、受講生の学びが、多くのアクティブ・ラーニングがしたがっている「ブルーム・タキノミー」の知識次元（石井，2015b）としての、概念的な知識にとどまらず、手続き的知識、メタ認知的知識をも含んでいると捉えることができる。

また、「形成的振り返り⁴」の分析からは、15回の授業における学びのプロセスにおいて、子ども主体の授業づくり、教材研究・開発等に関わる意識の高さが伺われる。このような評価活動を通して、受講生に「学習としての評価」の活動が促され、「評価リテラシー」が育成されていくものであると捉えることができる。

(3) 授業改善の視点3 「反転授業」を意識した単元構想と授業デザイン

研究の背景には、AL 演習科目「物理科学Ⅰ・Ⅱ」はシラバスに、「※単位制に基づき、少なくとも60時間の授業外学修時間を必要とする。」と明記しており、授業外学修の意義をどう捉え、具体的に対面

「課題研究」と「パフォーマンス評価」（自己評価と相互評価）		
回	課題	授業課題の具体的な内容
1	授業課題	オリエンテーション、学習指導要領「理科編」を深く読む
2	授業課題	なぜ「深い学び」なのか？ ～日本の子どもの学びの実態から～ 「本質的な問い」と「永続的な理解」 - 「逆向き設計」論より-
3	授業課題	力学 (1) 力の世界
4	授業課題	力学 (2) 物体の運動
5	授業課題	力学 (3) 力のはたらき方
6	授業課題	力学 (4) エネルギーと仕事
7	授業課題	教材・教具の開発と利用(1) (仕事と力学的エネルギー)
8	授業課題	教材・教具の開発と利用(2) (実験器具の問題点と改善点)
9	授業課題	教材・教具の開発と利用(3) (実験器具の改良と開発①)
10	授業課題	教材・教具の開発と利用(4) (実験器具の改良と開発②)
11	予習課題	読み物「光とは何か」引用図書：都築卓司著『量子論入門 ミクロの世界の法則』総合科学出版 1967 pp31-36
	授業課題	波動 (1) 光の世界① 光の反射と屈折
12	授業課題	波動 (2) 光の世界② レンズのはたらき
13	授業課題	波動 (3) 音の世界
14	授業課題	教材・教具の開発と利用(5) (指導案作成：仕事と力学的エネルギー) 【自己・相互評価】【課題研究報告書】
15	授業課題	カンファレンス、振り返り

3回から6回の授業内容は、「力学」の内容について、疑問に思ったり、わかりにくかったり、もっと調べてみたい、自作してみたいなどの問題意識を刺激する演習を取り上げた。7回～10回に「課題研究」を設定し、追究してみたいテーマを受講生が設定し、教材研究・開発を行うの授業内容とした。そこで、「パフォーマンス課題」を提示し、14回に制作した教材、課題研究報告書を用いて発表会を行った。また、作成された「ループリック」（3段階）をもとに、自己評価と相互評価を行う「パフォーマンス評価」に取り組んだ。

これらの自己評価・相互評価のコメントをテキスト化し、KH Coderにより、クラスター分析することにより、その記述内容を「①教材研究・開発に対する工夫・改善に関すること」「②教材研究・開発の意義や価値に関すること」「③課題研究発表会に対する工夫や改善に関すること」の3つのグループに分けることができた。

授業毎の「形成的振り返り」とその分析

受講生に、A5版サイズの振り返りカードを配付し、その履歴を分析した。内容は、「1今日の授業についての自己評価（5段階）①おもしろい②わかった③活動した」「2今日の授業に関する感想など自由に書いてください。」である。

この「形成的振り返り」の結果については、5段階の自己評価（①おもしろい②わかった③活動した）は15回の授業を通して、全体的に4～5段階、時々3段階が見られる程度であり、受講生の個別的な履歴についても大きな変容は見られなかった。さらに、自由記述をKH Coderにより共起ネットワークで分析した結果、受講生の学びを「①子ども主体の授業づくり」「②実験を通し自分事として考える教材研究・開発」「③教材研究・開発の意義や価値」「④教材研究・開発の多面的な視点」の4つのグループにまとめることができた。

図2 「2021物理科学Ⅰ」の授業内容と授業分析

⁴ ここで「形成的振り返り」とは、以下のように定義し活用している。いわゆる「形成的評価」は授業者が授業や単元の途中において、学習者の到達度合いを判断し、学習支援や改善につなげるものである。しかし、「形成的振り返り」は、学習者の自己評価であり、学びの自己調整を図る「学習としての評価」につながるものである。

授業とどう組み合わせるかという課題意識があった。

① アクティブ・ラーニングと反転授業

山内・大浦（2014）は、反転授業は授業相当の内容を予習としてオンライン学習で行うことによって対面学習の位置づけを変え、教育活動の付加価値をあげる点に特徴があることを述べている。

森（2015）は、反転授業を教育工学におけるeラーニングと対面授業を組み合わせたブレンド型学習の一形態と位置づけながら、同様にその形態について「完全習得学習型」「高次能力学習型」を挙げ、反転授業の成功の鍵は対面授業にどのような活動をデザインするかにかかっていると述べている。また、反転授業は、個人の産物といえる〈わかったつもり〉から、再度、自らの〈わかった〉を再構築していくプロセスから生涯学習にも通ずる普遍的な学習モデルであるとし、〈学び方を学ぶ〉学生にとっての大きなメリットであると指摘している。なお、これらの詳しい議論については、（森，2017）でも述べている。

溝上（2015）は、学生にとって授業外学習は、積極的に学習内容の理解の質を高めるための「個人的な学習時間・空間」であり、教員は、そうなるための指導を、事あるごとに授業内でしていかなければならないとその意義について述べている。

② 授業「2022 物理科学 II」の実際

主に中学校理科におけるエネルギー領域を扱うAL演習科目「物理科学 II」（主に電気と磁気、物質と原子など）において、3つの段階の「授業ユニット」（図3）を組み入れた授業を実践した。受講生は4名（2～3年）で、15回対面授業を行った。今回、「授業ユニット」は10サイクル授業構成に組み入れた。授業構成は昨年度の授業の流れに、ほぼ毎時間予習課題を加えた（表1）。

③ 「授業改善の視点3」についての考察

予習課題として、授業内容に関する「科学史」を中心とした読み物、課題研究（モーターづくり，4回）では他大学の講義内容についての読み物を用いた（図4）。受講生はこれらの課題を授業外（学外）学修として取り組み、まとめたレポートを授業の導入で共有することにより、本時の授業内容を大づかみした上で、授業課題に取り組むことができたと考える。さらに、受講生の授業後の「形成的振り返り」から、「わたしもそのような授業がしたい。」などの

表1 「授業ユニット」を組み入れた授業構成

回	課題	予習課題・授業課題の具体的な内容
1	授業課題	オリエンテーション、学習指導要領「理科Ⅱ」を深く読む
2	予習課題	単元「静電気と放電」を例に、具体的な学習活動を想定し、その学習過程において生徒に「理科の見方・考え方」を育てることを意識した「発問」なるべくたくさん考える
	授業課題	なぜ「深い学び」なのか？ ～日本の子どもの学びの実態から～
3	予習課題	【読み物】静電気と動電気について考える
	授業課題	電気と磁気（1） 静電気
4	予習課題	「ワークシート：電流回路」と教科書を読み比べて、メリット・デメリットを考察し、学習の流れを検討する
	授業課題	電気と磁気（2） 電流と直列回路・並列回路
5	予習課題	【読み物】電流は磁場を生むという磁力の不思議について考える
	授業課題	電気と磁気（3） 磁界と電流
6	予習課題	【読み物】ファラデーはどんな実験をしたかを知る
	授業課題	電気と磁気（4） 電磁誘導と電磁波
7	予習課題	【読み物】モーターづくりに関するMITの講義について知る
	授業課題	教材・教具の開発と利用(1)（電磁誘導とモーター・発電機のしくみ）
8	授業課題	教材・教具の開発と利用(2)（実験器具の問題点と改善点）
9	授業課題	教材・教具の開発と利用(3)（実験器具の改良と開発）
10	授業課題	教材・教具の開発と利用(4)（指導案作成：電磁誘導とモーター・発電機のしくみ）【自己・相互評価】【課題研究報告書】
11	授業課題	熱量とジュールの法則（熱力学の法則）
	予習課題	【読み物】科学史における原子・電子の発見について知る
12	授業課題	真空放電と陰極線（電流の正体）
	予習課題	【読み物】レントゲン教授の偶然的発見やラジウム発見など、科学史の面白さを知る
13	授業課題	放射線の性質とその利用（「原子の構造」を探る）
	予習課題	論文「身近な放射線を測定する授業の試み」を読み、授業実践の例を知る
14	授業課題	福島県と放射線教育
	予習課題	予習課題と授業との関わりを振り返り、自分の考えをまとめる
15	授業課題	カンファレンス、振り返り

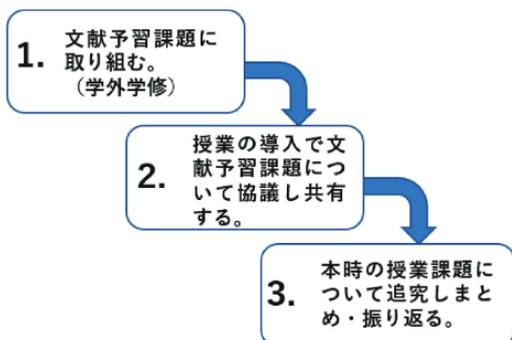


図3 「授業ユニット」の3つの段階

第7回の予習課題を次のような内容で出題し、パフォーマンス課題を以下のように設定した。

読み物
 「第8講 磁力のミステリー モーターを作る」を読んで、「なるほど」と思ったこと、調べてみたいことなどについてレポートにまとめなさい。※出典：ウォルター・ルーウィン著（東江一紀訳）『これが物理学だ！マサチューセッツ工科大学「感動」講義』文藝春秋刊，2012

パフォーマンス課題
 あなたは、将来、中学校理科教師をめざす学生です。教材開発の授業の中で、「簡単なモーターの製作などのものづくりを通して、電流と磁界について理解を深めさせられる」（単元「電流とその利用」，中2）ことを学びました。また、読み物教材として授業で使用している『これが物理学だ！マサチューセッツ工科大学「感動」講義』（ウォルター・ルーウィン著，東江一紀訳，文藝春秋刊，2012）の中にもモーターづくりが取り上げられています。今回の課題研究テーマとして、製作のための材料をこの本に習い、毎分400回転以上のモーターを製作することにしました。あなたは、製作した「モーター」とその「課題研究報告書」を作成し、その内容を発表することになります。

「ルーブリック」（表4-1）は発表会でも活用した。また、事前に提出された第7回の予習課題レポートの内容をまとめてみると、「なるほどと思ったこと」については、「整流子のはたらき、ものづくりの面白さ、身近な材料で簡単なモーターが作れること」、「調べてみたいこと」については、「整流子のしくみ、回転数の測定方法、使用する電池による差、日常生活とモーター、モーターの比較、思考力、判断力を身につけられる実験、モーターをつくって調べたい」などが挙げられた。

製作されたモーターの一例を図4-1に示す。材料は、「2mの銅の絶縁電線（エナメル線），ゼムクリップ（2），画鋲（2），磁石（2），板状木材（1），単3乾電池（1）」は出典文献と同じ規格であり、非常にシンプルなものである。また、図中の数値「434.5」はモーターの1分間の回転数を表している。

授業毎の「形成的振り返り」を今回も用いた。「おもしろい、わかった、活動した」の5段階評価については、前半、後半に多少ばらつきがみられるものの全体として大きな変化はなく、4, 5程度の高い評価であった。また、「総括的な振り返り」も導入し、観点を次の4点とした。「①授業の内容・授業テーマについて」、「②課題研究[モーターをつくる]の取組について」、「③授業の進め方[予習課題レポート]について」、「④これからの自己の「学び方」について」。

今回は、「形成的振り返り」（15回）の記述に、「総括的振り返り」を加え、受講生の記述をテキスト化し、KH Coderで計量テキスト分析を行った。抽出語リストからは、「考える」「行う」「学ぶ」といった動詞が多く出現していることがわかった。それに次いで多く出現しているのが名詞で「実験」「授業」「自分」といったものである。特に、名詞「自分」が高い頻度で出現していることに注目した。「自分」については、ものづくり（今回は、モーターづくり）を中心とした探究的な学びの場面と関連付けた記述であると解釈できる。

同じく、共起ネットワークの分析からは、その特徴の1つとして、理科の授業づくりやその学び方で大切な要素が多く出現し、お互いに結びつきグループ分けされていることがわかった。グループとしては、前年同様、「授業づくりの視点」や「教材研究・開発の意義や価値」に関することに加え、「教材開発（モーターづくり）」、「放射線教育」に関することについての記述が多く特徴として挙げられる。

表 4-1 「課題研究」ルーブリック

項目 レベル	モーター製作 ①（工夫）	モーター製作 ②（回転数）	レポート① （製作過程）	レポート② （導入場面と 教師と生徒に 対話形式シナ リオ）	発表の仕方 （態度）
A	与えられた材料を用い、安定した回転をするモーターを製作している。	毎分400回転を大きく超える。	図や写真等を有効に活用し、製作過程を時系列でわかりやすくまとめており、失敗したこと、工夫したこともわかりやすく記述している。	単元構想に基づいた授業の導入場面を対話形式で3分～5分のシナリオにまとめられ、活用の意図が明確である。	課題研究のねらいを踏まえながら、工夫や改善に取り組み、は発表の仕方もわかりやすく工夫している。
B	与えられた材料を用い、モーターを製作している。	毎分400回転程度である。	図や写真等を有効に活用し、製作過程を時系列でわかりやすくまとめている。	授業を意識した導入場面を対話形式で3分から5分のシナリオにまとめている。	課題研究のねらいを踏まえながら、工夫や改善に取り組んでいる。
C	与えられた材料を用い、モーターを製作したが回転が不安定である。	毎分400回転を大きく下回る。	図や写真等が有効に活用されておらず、製作過程が整理されていない。	対話形式で3分から5分のシナリオにまとめているが活用の意図が明確でない。	課題研究のねらいが不明確でわかりやすい発表ではない。



図 4-1 製作された「モーター」の例

授業の進め方（「予習課題」の取組）について

受講生の「総括的振り返り」より、授業の進め方、特に「予習課題」について以下のような記述があり、おおむね支持されたと考えられる。

授業の前に、予習として取り組むことで、教材研究をスムーズに行うことができた。また、読み物資料で他の専門家の意見に触れることで、理科に対する考え方や子どもの考え方など自分がまだ知らないことに触れ、自分の教師感をつかむことができた。予習課題レポートで、次の授業で行う実験についての発見したきっかけを知ることができたり、基礎知識を得ることができたりした。理科の授業で何かの法則や式を学習することはあっても、それが発見されたきっかけなどを知ることはなかった。今回の予習レポートできっかけを知ることができて、とてもおもしろいと思ったし、印象に残るものだとわかった。ただ単に法則や式を教えるよりも、このようなきっかけなどを教えて、子どもたちが興味を持てるような授業をすることで子どもたちにもおもしろいと思ってもらえるのだと思い、私もそのような授業をしたいと思った。

図4 「2022 物理科学 II」の課題研究の結果とその分析

記述もあり、将来の授業設計をイメージしながら学んでいたと捉えることができる。15回の授業終了後の「総括的振り返り⁵」をKHCoderによりテキスト分析した結果から、受講生が「理科の授業づくり」や「理科を学ぶ上で大切な要素」を意識しながら、粘り強く、自分なりに授業課題、課題研究取り組み、4回の課題研究の場面ではそれらの姿が顕著に現れたことがわかった。したがって、予習課題を中心に取り上げ、「高次能力学習型」をめざす反転授業を導入した本研究の授業実践において、受講生にとって、授業外学修の意味付けや価値、さらには、授業内でのグループ協議、対話的な学びの意義について一定の成果を得ることができたといえる。

しかし、課題としては、その予習課題を報告し、共有する場面においては、受講生が4名という人数的な課題はあったが、教師が中心となってしまい、受講生同士が協議する「対話的な学び」は十分ではなかった。コロナ禍ではあるが、いわゆる「対話的な学び」は、授業者がその有用性を実感してこそ、授業の中に設定され、子どもの学びに生きるものであると考える。このような意味で、教員養成における授業デザインにおいては、一層重視されなければならない授業の場面である。

GIGA スクール構想のもと、子ども一人一台の端末の活用が実現した現在、大学でもその状況は同様である。授業外学修との結びつきの強い反転授業は、学びの質を高かめる授業デザインの一つである。

(4) 授業改善の視点4 教材開発の意識を高める反転授業の設計

反転授業の導入により、予習課題（授業外学修）と「授業ユニット」を組み合わせたAL演習科目「物理科学I・II」の授業を設計し実践するなかで、以下のような課題が残った。

予習課題として、本時の授業内容に関する「科学史」を中心とした科学読み物を取り上げたが、出典に統一性がなく、科学概念の形成過程などが読み取れる内容には至らなかった。また、グループ協議し、共有する場の手立ては十分とはいえなかった。いわゆる「対話的な学び」が十分機能しなかった。

① 理科教育における科学史の活用と教材開発

徳永（1998）は、理科教育における科学史の重要性を指摘しており、理科の教員養成及び教師教育には必須であると述べている。さらに、専門科学の教科書に表される科学的認識の体系に対する問い直し、もう一つは子どもの科学的能力に対する問い直しについて指摘している。つまり、理科教育のための科

⁵ ここで「総括的振り返り」とは、「形成的振り返り」と同様に以下のように定義し活用している。いわゆる「総括的評価」は授業者が単元末や学期末、年度末において、学習者の到達度合いを把握するものである。しかし、「総括的振り返り」は、授業終了時に、授業全体についての到達度状況を学習者自らが振り返り、把握する自己評価である。これも、「学習としての評価」に位置づけるものである。

学的認識の体系的構成が樹立される必要があると述べており、なぜなら、理科教育と科学史はともに科学的認識の形成過程を問題にしているからに他ならないと指摘している。

渡邊（2022）は、理科教育学研究における教材開発について、教師の主体的・創造的な活動が反映される教育活動であると述べている。また、具体的な取り組みについて、理科の教材開発といえば、教科書に載っていない新しい教材の導入、観察実験方法の考案、オリジナルの教具の開発がイメージされる。しかし、理科の教材開発はもっと幅広く深い活動を含むと例を挙げて述べている。

② 授業「2023 物理科学 I」の実際

2022 物理科学 II 同様に、「授業ユニット」を組み入れた授業をデザインし（図 5）、主に中学校理科におけるエネルギー領域を扱う AL 演習科目「物理科学 I」（主に力学・波動など）において実践した。受講生 9 名（2 年生 8 名、4 年生 1 名）、対面で授業を行った。「授業ユニット」は 9 サイクル組み入れ、授業外学修の時間を確実に確保し、反転授業のよさを生かした授業をデザインした。特に、予習課題については、科学史における科学概念の形成過程や科学者の科学史に対する認識が読み取れる科学読み物資料を用い、課題レポートの内容を充実させた。また、グループ協議と発表を充実させるため時間を確保し、協議記録にも取り組んだ。また、これらの授業ユニットが教材研究・開発を追究する「課題研究」の場面につながることを意識して取り組ませた。その成果を発表する場を設け、同時にパフォーマンス評価を行った。発表は、授業場面を想定し、前年度同様に自己評価・相互評価も行った（図 6）。授業構成については、内容は異なるが、形式は表 1 と同様であり、工夫した予習課題の一覧表を表 2 に示す。

今回、科学読み物資料として、朝永振一郎著『物理学とは何だろうか』上（岩波新書）を中心に教材化を図った。この読み物は、ノーベル物理学賞を受賞した日本を代表する物理学者がその本のタイトルそのものに、物理学に対する深い造詣と知見のもとに書かれた遺作といわれる名著である。その内容は深い文体は平易であり、わかりやすく、また読みやすい。日本で入手し得る限りの原点を広く徹底的

表 2 「2023 物理科学 I」予習課題一覧表

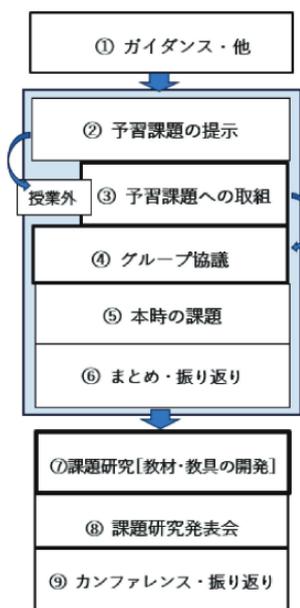


図 5 授業構成図

回	予習課題	出典等
2	【自作】「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善が求められている今、学習指導要領の趣旨を踏まえながら、中学校理科エネルギー領域を想定し、あなたなどのような授業をデザインするかまとめる。	自作
3	【読み物】「物理学と私（抜粋）」物理学の歴史、ケプラー、ガリレオ、ニュートン 宇宙の調和と物理学 物理学の性格	『朝永振一郎著作集2 物理学と私』みずす書房、1981、129-141
4	【読み物】「ガリレオの実験と論証(1)」	朝永振一郎著『物理学とは何だろうか（上）』岩波新書、58-66 引用(1)ガリレオ・ガリレイ著『新科学対話』今野武雄・日田節次訳、下 岩波文庫、1947、160 引用(2)ガリレオ・ガリレイ著『天文対話』青木靖三訳、上、岩波文庫、1959、331-332
5	【読み物】「ガリレオの実験と論証(2)」	朝永振一郎著『物理学とは何だろうか（上）』岩波新書、66-78 引用(1)ガリレオ・ガリレイ著『天文対話』青木靖三訳、上、岩波文庫、1959、222-226、35、193、40、194、175
6	【読み物】「ニュートンの打ち立てた記念碑」	朝永振一郎著『物理学とは何だろうか（上）』岩波新書、87-114 引用(1)ガリレオ・ガリレイ著『新科学対話』今野武雄・日田節次訳、下 岩波文庫、1947、22、24-25、156、194-195、16 引用(2)ガリレオ・ガリレイ著『天文対話』青木靖三訳、上、岩波文庫、1959、341 引用(3)ニュートン『自然哲学の数学的諸原理』河辺六男訳『世界の名著26 ニュートン』中央公論社、1971、72
7	【読み物】「ガリレオの生涯と科学的業績」	豊田利幸著『世界の名著21 ガリレオ』中央公論社、1973、70-73
13	【読み物】「音は空気の波、光は何の波？」	『朝永振一郎著作集8 量子力学的世界像』みずす書房、1982、184-189
14	【読み物】「エネルギー保存の法則」	ウォルター・ルーウィン著、東江一紀訳『これが物理だ！マサチューセッツ工科大学「感動」講義』文藝春秋、2012、244-269
15	【読み物】「予習の大切さはどこにあるのかー「生わかり状態」の大切」 【読み物】「理科教育と科学史」	市川伸一著『学ぶ意欲とスキルを育てるーいま求められる学力向上策』小学館、2004、140-143 徳永好治著『日本理科教育学会編 キーワードで探るこれからの理科教育』東洋館出版社、1998、26-31

第5回の予習課題と6要素（GRASPS）を踏まえた課題研究における「パフォーマンス課題」を以下に示す。ループリックは2022物理科学Ⅱのもの（表4-1）とほぼ同様である。また、受講生の課題研究報告書（「定滑車と動滑車のはたらき」）の例を図6-1に示す。

課題 読み物 朝永振一郎著『物理学とは何だろうか』上、岩波新書 p66-p78「ガリレオの実験と論証(2)」を読み、「なるほど、そういうことだったのか」あるいは「このことは教材研究、授業づくりに生かせる」など、自分なりの視点をもって、感想をレポートにまとめなさい。

目的 (Goal)：中学校では学習指導要領が完全実施となっていますが、先生方は「主体的・対話的で深い学び」を実現する授業づくりに苦勞し悩んでいます。現場の先生方の課題や悩みに応える実践事例特に「力学・エネルギー分野」における教材・教具の開発と利用についての紹介を依頼されました。

役割 (Role)：あなたは、研究熱心な若手の中学校の理科教員です。

相手 (Audience)：対象は、同じ地区内の中学校に務めている理科の先生方です。

状況 (Situation)：夏休みには、毎年、地区内の中学校の先生方が集まって、教科ごとに研究会が開催されます。あなたは、その中の「理科部会」で、日頃の授業実践が認められ発表者として依頼されました。

作品 (Product, Performance)：「課題研究報告書」や「教材・教具」などの作品製作に取り組むことになります。

観点 (Standards)：1・3年生で学習する単元「力の世界」「運動とエネルギー」を例に、「理科の見方・考え方」の育成を大切に「主体的・対話的で深い学び」を実現する授業設計を踏まえ、教材・教具の開発と利用についてまとめ、表現し伝えるができる。～レベル3

※奥村好美・西岡加名恵編著『「逆向き設計」実践ガイドブック』日本標準，2020，巻末資料②参考

軽すぎたため、重りを付けたときに紐がねじれてしまうことがあった。しかし、今回は方眼用紙を後ろに置くことにより戸車を安定させることができた。



図1 最初の装置の材料



図3 完成した装置の全体図



図4 動滑車の最初のつり合い

図6-1 定滑車と動滑車のはたらき

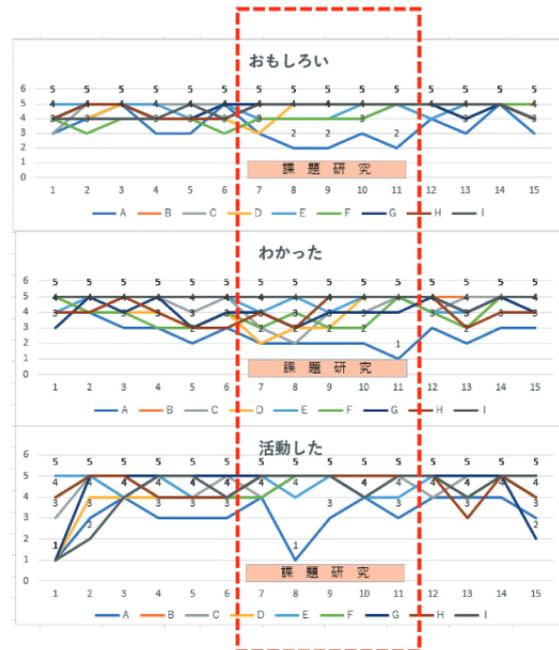


図6-2 15回の形成的振り返り

「形成的振り返り」については、15回の授業における「おもしろい」、「わかった」「活動した」についての自己評価（5段階）は、全体として高い評価を得ているが、「課題研究」でのばらつきが大きくなっているのが今回の特徴である（図6-2）。特に、受講生Aは、第8回（課題研究2回目）の授業において、それぞれの自己評価が「2」「2」「1」であった。自由記述にも「(教材の)仕組みが分かっても、分かりやすい教材を作ることは、また、別のものであると思いました。ふ（腑）に落ちないというか実験してもその論理にたどりつけるような教材を作ることは難しいです。検索してもなかなか自作教材がないばかりにアイデアをふくらませることが難しいです」と書いていた。授業中も助言しながら取り組みを支援し、発表会までやり遂げることができた。結果として、「総括的振り返り」も前向きな記述も多く達成感を持てたようである。

このようなことをきっかけに、他の受講生も含めて、この授業における課題を追究する意識、特に、教材研究・開発に対する意識の動きを追跡し評価することにした。そのために、提出されたあらゆる資料（課題レポート、グループ協議記録、形成的振り返り、総括的振り返り、課題研究報告書など）をテキスト化し、分析用(Excel)ファイルを作成し、KH Coderで共起ネットワーク分析し、①授業の進め方、②授業づくり、③理科の学び方④科学史・日常生活と自然⑤教材研究・開発の5つのグループに分けることができた（図6-3）。

次に、「教材作成・開発」に関する分析を行うため、共起ネットワークの語と抽出語リストから出現頻度及び品詞について検討した語を用いて、コーディングルール（テキストファイル）を作成した（図6-4）。

このコーディングルールにおける「教材研究・開発は大切である」などの「コード名」と「授業区分」とのクロス集計を行い、教材研究・開発は「大切である」などのコンセプトとの関係を調べた。バブルプロットで表された図6-5から、教材研究・開発は「わかる」「アクティブである」は、「課題研究」と「カンファレンス・振り返り」に多く出現している。一方、「難しさ」は課題研究に強めに出現している。「予習課題（科学史）と授業づくり」は、「ガイダンス」、「カンファレンス・振り返り」に特に強く出現していることが分かる。

また、個別（受講生A～I）についてもクロス集計を行った。前回同様に6つのどのコンセプトが多く出現するか調べた。特に、特徴的だったのは、受講生Aは教材研究・開発の「難しさ」、受講生Fは「わかる」に多く出現しているところであった。受講生Aについては、前に述べた「形成的振り返り」の自己評価（5段階）からも裏付けられ、受講生Fについては、教材研究・開発における具体的な実験を通して分かった、理解が深まったと捉えることができる。全体としては、「楽しさ」「難しさ」以外、個人差は多少あるが、どのコンセプトもほぼまんべんなく出現していた。

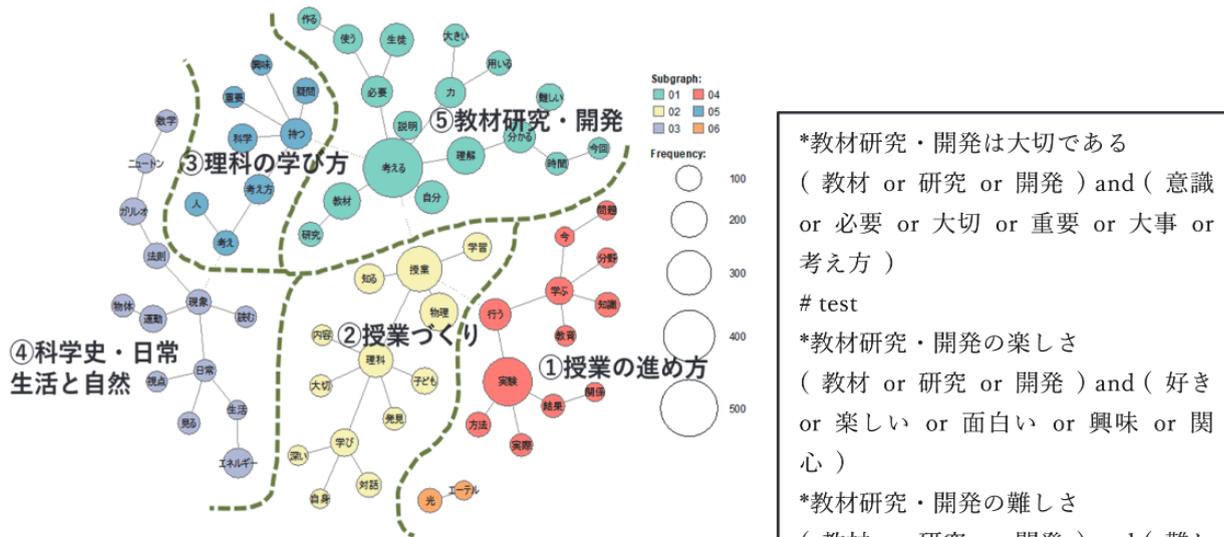


図 6-3 共起ネットワーク分析（提出された全テキストから）

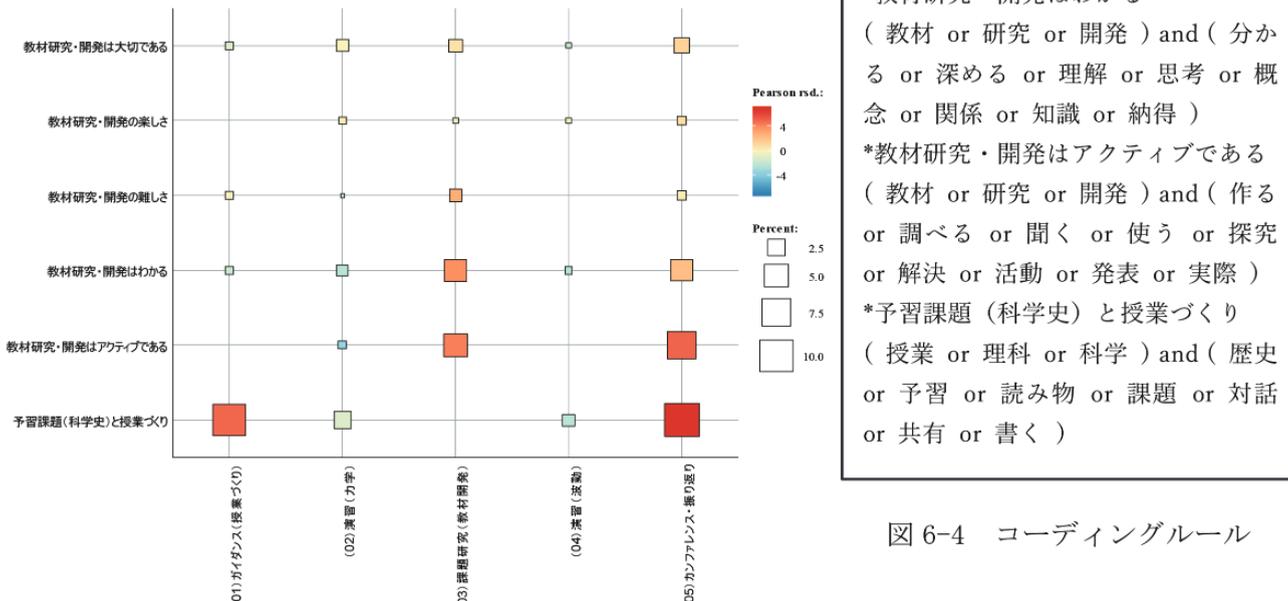


図 6-4 コーディングルール

図 6-5 バブルプロットで示したクロス集計

図 6 「2023 物理科学 I」の授業内容と計量テキスト分析

に渉猟されて書かれたものある（山口，1983）。本授業内容の「力学」に関わるガリレオの名著『新科学対話』『天文対話』の引用部分を，本文とともに読み物資料の中に掲載し活用することを意図した。このことは，理科教育における「科学史」を活用した授業実践としての価値は高いと考える。また，この活用方法は，受講生にとっては「直接的活用」になるが，受講生を将来の理科教員と捉えれば，「間接的活用」ともいえる（福井・鶴岡，2022）。

③ 「授業改善の視点4」についての考察

「科学読み物」の工夫や「授業づくり」に関わる資料づくりを昨年以上に意識的に行った。予習課題については，課題レポートを作成し，それをもとに，2つのグループで協議し，その結果を発表し合った（約30分）。記録も取りながら，常に授業づくりを意識した話し合いが和やかな雰囲気の中で行われた。KHCoderにより，計量テキスト分析した結果からも，受講生が理科の「授業づくり」や「教材研究・開発」を意識しながら，粘り強く，一人一人が授業課題，課題研究に取り組んでいたと読み取ることができた。これらのことから，予習課題の質の向上と共有の場の充実を図ることができたと考えられる。また，中学校理科における「力学」の学習内容について，科学読み物の予習課題，グループ協議，演習の授業ユニットを4回繰り返した後，教材・教具の開発をテーマに課題研究を行った。課題研究のテーマとして，「力のつりあい」「運動」「浮力」「滑車」などが取り上げられた。計量テキスト分析（クロス集計）から，「アクティブである」が多く出現することはある程度予想されるが，「わかる」も多く出現した。このことから，実験などの具体的な操作やものづくりを通して，初めて実感を持って教材について分かる，理解されるということを受講生の多くが体験したといえる。「形成的振り返り」で述べたように，課題研究になって，自己評価が大きく低下した受講生がおり，授業者（筆者）も授業観察から感じられ気になっていた。その受講生は，物理分野に苦手意識を持っており，したがって，教材研究・開発の場面においても難しいという意識と不安を抱えながら課題研究にも取り組んでいた。

しかし，課題レポートやグループ協議にも積極的かつ前向きに取り組んでいる様子は伺え，個別のクロス集計からもそのことが統計的に裏付けられる結果となった。これらのことから，計量テキスト分析が個の学びを理解し，支援するためにも大いに役立つがわかった。

5 研究のまとめ（成果と課題）

4年間にわたるAL演習科目「物理科学」の授業実践を通して，深い学びの実現をめざす教員養成における理科授業改善の方向性について考察する。

(1) 授業の前に「評価方法」まで考える

今回の研究において「逆向き設計」論との出会いは大きい。筆者の学校現場での経験からも，授業後，あるいは単元終了近くになってから慌てて評価を計画することが多かった。また，評価場面は位置づけであっても具体性に欠けていた。この目標，評価，指導の流れを視点とした授業デザインの考え方は有用である。さらに，本質的な問い，永続的な理解，パフォーマンス課題，ルーブリック等の「逆向き設計」のテンプレートの提案は，授業デザインの具体的な支援になる。また，学習評価については，受講生に対する「学習としての評価」につながる評価活動を積極的に取り入れ，授業者とともに「評価リテラシー」の向上をめざす評価デザインを考えることは重要である。

(2) 調べてみたい，もっと追究してみたい「課題研究」の時間を設ける

数時間の演習や観察実験においても一人一人の学びの興味・関心，理解度には差があり，新たな疑問

も生まれてくる。共通の学びからも、一人一人の学びが生まれ、それを深い学びへ保証する学習場面が必要である。白水（2014）は、授業の具体的な内容は、考えをつくり変える「目安としての到達点」であり、その先にさらに考えを深めるための「通過点」がある。つまり、ゴールが通過点になり、次の学びへの出発点につながると述べている。今回の授業における「課題研究」をそのような場面と位置づけることができ、報告書や振り返りから学びの質が高まったと考えられる。また、「令和の日本型学校教育」（文部科学省，2021）における「学習の個性化」につながるものであると捉えている。

(3) 予習課題を「対話的な学び」につなげる

予習課題として、本時に関わる「科学史」の読み物を中心に取り組んだ。受講生にあらかじめ指定された文献を予習として読むことを位置づける「リーディング・アサイメント（文献予習課題）」（森，2015）は、① 予習の促進、② 議論の活性化、③ 深い理解などの効果が期待できるといわれている。さらに、その予習課題に、疑問点や意見などをまとめさせておくことは、①～③効果がより期待できる。特に、② 議論の活性化は「2023 物理科学 I」の授業において顕著に表れ、「対話的な学び」の促進につながった。このリーディング・アサイメントを含めた授業外での学びを反転授業として位置づけることは、深い「対話的な学び」につながる授業デザインの1つと考えることができる。

(4) 計量テキスト分析を多面的な評価デザインに生かす

今回、授業において作成された課題レポート、課題研究報告書、協議記録をはじめ、受講者の形成的振り返りや総括的振り返りなどのいわゆる自己評価、さらには、発表会における相互評価も含め、多面的な評価デザインを行った。また、それらを活用し、授業順序に沿って構造化された分析用（Excel）ファイルを作成し、計量テキスト分析を行った。特に、クロス集計では、授業全体について、あるコンセプト（非認知的な内容も含む）に沿って分析したり、受講生一人一人についても分析したりすることが可能であり、学習評価分析の方法の1つとして有用であることを確かめることができた。これらのことは、文部科学省（2020）が、「主体的に学習に取り組む態度」の評価の方法として述べている内容をさらに具体化した評価方法と捉えることができる。

一方、竹橋（2021）は、非認知能力の1つであるグリット（困難な目標への情熱と粘り強さ）の教育の可能性の中で、学ぶことはどんな価値や面白みがあるのかを伝えたり、効果的な学習方法を伝えたり、自信をつけさせたりすることの大切さについて述べている。これらのことから、個の学びを理解し、支援することの重要性を再認識するとともに、非認知能力がどのようにして評価できるか、計量テキスト分析を含めたICTの活用について、今後も研究を積み重ねていく必要がある。

引用参考文献

- 秋田喜代美（1955）「II 教えるといういとなみ－授業を創る思考過程」佐藤学編『教育への挑戦 1 教室という場所』国土社，46-85.
- 白水（2014）『第4章「主体的で・対話的で深い学び」を実現する授業研究』吉富芳正編『次代を創る「資質・能力」を育む学校づくり3』ぎょうせい，38-47.
- 福井智紀・鶴岡義彦（2003）「理科教育における科学史の活用について－我が国における研究の概観と今後の課題」、『東京水産大学論集』No. 38，55-65.
- 藤川大祐（2017）『第4章「主体的で・対話的で深い学び」を実現する授業研究』吉富芳正編『次代を創る「資質・能力」を育む学校づくり3』ぎょうせい，38-47.
- G. ウィギンズ・J. マクタイ（2005）/西岡加名恵訳（2012）『理解をもたらすカリキュラム設計－「逆向き設計」の理論と方法』日本標準，1-204.
- 樋口耕一（2020）『社会調査のための計量テキス

- ト分析 内容分析の継承と発展を目指して
(第2版)』ナカニシヤ出版, 31-223.
- 石井英真 (2015a) 『今求められる学力と学びとは
ーコンピテンシー・ベースのカリキュラムの
光と影ー』日本標準, 20-74.
- 石井英真 (2015b) 「第3章 教育目標と評価」西
岡加名恵・石井英真・田中耕治編『新しい教
育評価入門 人を育てる評価のために』有斐
閣, 78-111.
- 松井孝彦 (2016) 「教育実習前におけるカリキュ
ラム構成や単元構成に関する指導の必要性ー
中学校英語科を例にー」『教職キャリアセン
ター紀要』vol. 1, 51-58.
- 松下佳代 (2015) 「序章 ディープ・アクティブ
ラーニングへの誘い」松下佳代・京都大学高
等教育研究開発推進センター編著『ディープ・
アクティブラーニング 大学授業を深化させ
るために』勁草書房, 1-27.
- 松下佳代 (2007) 『パフォーマンス評価ー子ども
の思考と表現を評価する』日本標準, 6-14.
- 溝上慎一 (2015) 「第1章 アクティブラーニン
グ論から見たディープ・アクティブラーニン
グ」松下佳代・京都大学高等教育研究開発推
進センター編著『ディープ・アクティブラー
ニング 大学授業を深化させるために』勁草
書房, 31-51.
- 文部科学省 (2020) 国立教育政策研究所教育課程
研究センター『「指導と評価の一体化」のた
めの学習評価に関する参考資料中学校理科』
東洋館出版社, 10.
- 文部科学省 (2016) 中央教育審議会答申「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」[http://www.mext.go.jp/b_menu/
shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/
afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf) (2023.12.1
アクセス)
- 文部科学省 (2021) 中央教育審議会『令和の日
本型学校教育』の構築を目指して～全ての子
供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学び
と, 協働的な学びの実現～(答申)』[https://
www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_
syoto02-00012321_2-4.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-00012321_2-4.pdf) (2024.1.16 アク
セス)
- 森朋子 (2017) 「「わかったつもり」を「わかった」
へ導く反転授業の学び」森朋子・溝上慎一編
『アクティブラーニング型授業としての反転
授業』ナカニシヤ出版, 19-35.
- 森朋子 (2015) 「反転授業ー知識理解と連動した
アクティブラーニングのための授業枠組み
ー」松下佳代・京都大学高等教育研究所開発
推進センター編著『ディープ・アクティブラー
ニング 大学授業を深化させるために』勁草
書房, 52-57
- 二宮衆一 (2015) 「第2章 教育評価の機能」西
岡加名恵・石井英真・田中耕治編『新しい教
育評価入門 人を育てる評価のために』有斐
閣, 73.
- 西岡加名恵 (2005) 「ウィギンズとマクタイによ
る「逆向き設計」論の意義と課題」, 『カリキュ
ラム研究』, 第14号, 15-29
- 西岡加名恵 (2019) 「第I部 2017年版学習指導
要領とパフォーマンス評価」西岡加名恵・石
井英真編著『教科の「深い学び」を実現する
パフォーマンス評価 「見方・考え方」をど
う育てるか』日本標準, 13.
- 奥村好美・西岡加奈恵編著 (2020) 『「逆向き設計」
実践ガイドブック』日本標準
- 白水始 (2014) 「第5章 新たな学びと評価は日
本で可能か」三宅なほみ監訳益川弘如・望月
俊男編訳『21世紀型スキル 学びと評価の
新たなかたち』北大路書房, 205-222.
- 鈴木昭夫・平中宏典 (2019) 「未来の社会を指向
した「単元構想」の重要性ーこれからの教育
養成・教員研修に向けてー」, 『福島大学人間
発達文化学類論集』, 第30号, 45-56.

鈴木裕昭 (2022) 『私たちはどう学んでいるか
創発から見る認知の変化』 ちくまプリマー新
書, 171-214.

竹橋洋毅 (2021) 「第2章グリッター困難な目標
への情熱と粘り強さ」 小塩真司編著 『非認知
能力 概念・測定と教育の可能性』 北大路書
房, 29-44.

田中耕治 (2008) 『教育評価』 岩波書店, 147.

田中耕治 (2012) 「監訳者による解説」 ダイアン・
ハート著田中耕治監訳 『パフォーマンス評価
入門 「真正の評価」 論からの提案』 ミネル
バ書房, 167-168.

徳永好治 (1998) 「5 理科教育と科学史」 日本理

科教育学会編 『キーワードから探る これか
らの理科教育』 東洋館出版社, 26-31.

渡邊重義 (2022) 「教材開発」 日本理科教育学会
編著 『理論と実践をつなぐ 理科教育学研究
の展開』 東洋館出版社, 32-37.

山口嘉夫 (1983) 「解説」 『朝永振一郎著作集 11
量子力学と私』 みすず書房, 369.

山内祐平・大浦弘樹 (2014) 「序文」 ジョナサン・
バーグマン, アーロン・サムズ著山内祐平・
大浦弘樹序文・監修 『基本を宿題で学んでか
ら, 授業で応用力を身につける 反転授業』
オデッセイコミュニケーションズ, 3-12.