

非理科学生の理科のコンピテンシー育成を目指す教員養成

- ◎真山 茂樹（東京学芸大学教員養成カリキュラム開発研究センター／
広域自然科学講座生命科学分野）
- 岩田 康之（東京学芸大学教員養成カリキュラム開発研究センター）
前原 健二（東京学芸大学教員養成カリキュラム開発研究センター）
金子 真理子（東京学芸大学教員養成カリキュラム開発研究センター）
上杉 嘉見（東京学芸大学教員養成カリキュラム開発研究センター）
小林 晋平（東京学芸大学基礎自然科学講座物理科学分野）
松本 益明（東京学芸大学基礎自然科学講座物理科学分野）
生尾 光（東京学芸大学基礎自然科学講座分子化学分野）
岩元 明敏（東京学芸大学広域自然科学講座生命科学分野）
原 健二（東京学芸大学広域自然科学講座生命科学分野）
佐藤尚毅（東京学芸大学広域自然科学講座宇宙地球科学分野）
平田昭雄（東京学芸大学基礎自然科学講座理科教育学分野）
佐藤公法（東京学芸大学広域自然科学講座環境科学分野）
草野 健（東京学芸大学附属附属小金井小学校理科）
葛貫 裕介（東京学芸大学附属附属小金井小学校理科）
村上 潤（東京学芸大学附属附属小金井中学校理科）

代表者連絡先：mayama@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】 教員養成、コンピテンシー育成、非理科学生、アクティブラーニング、事前学習

1. はじめに

近年求められている大学教育の質的転換では、学生の知識・技能に加え、思考力、応用力、創造力といった「コンピテンシー」という能力の育成が必要とされている。教科ピーク制をとる本学では、教員は自教科の学生については、卒論やゼミを通して時間をかけて教科に関する能力育成が可能であるが、他教科の学生については、限られた授業の中で効率的にその能力育成をしなくてはならない。この育成の鍵を握るのは指導の方法である。

改訂される教員免許法では「教科に関する科目」と「教育課程及び指導法に関する科目」が統合され、「教科及び教科の指導法に関する科目」となる。このため、本学の大半を占める、いわゆる教科専門の教員も、教育の方法に関わりを持つことが必要となる。このため小学校教員の養成では全科において組織だった指導法の改善が望まれる。

2. 本プロジェクトの目的

能力育成のため主体的な学修が多様な教科で導入され始めているが、その指導法は全ての教科で同じというわけではない。教員養成カリキュラム開発研究センターでは、過去に小学校理科のカリキュラムの開発や、理科における現状と課題の分析を行った経験を持つ。理科には理科に適した主

体的な学習の指導方法が存在するはずである。本プロジェクトでは教員養成カリキュラム研究開発センター、大学の理科、および本学附属小・中学校の教員が協働し、理科をモデル教科とし、非理科学生に対し理科のコンピテンシーを体系的に育成する指導法を開発することを目的とした。

3. 本プロジェクトの実施（又は内容等）

有効性の高い授業プログラムを開発するため、計 10 回の研究会を行った。それぞれの内容は次の通りである。【1】最近の教育界および教育行政の動向、【2】理科の授業で児童生徒がつまずきやすいこと・実習生がつまずきやすいこと、【3】学校教員が理科の授業でうまくできないこと・できること、【4】他大学の教員養成における理科の授業の特徴、【5】外部から見た学芸大理科の教育、【6】大学における授業改善の方法、【7】コンピテンシー評価のためのルーブリック作成と活用、【7】大学教育と授業改善、およびコンピテンシー概念の文脈をたどる、【8】授業プログラム検討会 I、【9】授業プログラム検討会 II、【10】教科内容学の理科における比較。

また、研究会を通して開発された以下 11 の授業プログラムを学芸大紀要に論文として発表した*。

- ・ 実験を通じて振り子実験の指導力を育成する授業
- ・ 光の軌跡を用いた物理法則に対する大域的な観点を育成するための授業
- ・ 放射線を評価する力を育成する授業
- ・ 客観的事実から仮説を検証する態度を育成し、思考力や判断力の強化を目指した化学実験
- ・ 植物の生殖と結実に関する学習を通して理科のコンピテンシーを育成する授業
- ・ 生物の構造と機能に関する協働学習に力点を置く授業
- ・ 身近な生物の観察方法を習得する～見通しをもった授業にするために
- ・ 実物観察を活用した花の構造理解を通して観察力の向上を図る授業
- ・ 植物内のデンプンの働きを探る主体的・対話的活動を中心とした授業
- ・ 天気図の高度な活用を通して天気の予想という実践的な課題に挑む授業
- ・ 生きて働く「知識・技能」の修得—自然災害に関する基礎的な理解を深める授業

※真山ほか 14 名（2017）教員における理科の資質・能力の育成を目指す授業プログラムの開発。東京学芸大学紀要自然科学系 69: 55–90.

本学紀要で発表した授業プログラムに基づき、以下 9 つの授業を実施し評価を行った。

1. 実験を通じて振り子実験の指導力を育成する授業

小学校理科エネルギー領域の第 5 学年で取り扱う振り子の運動をテーマとし、実験における注意点について理解を深めるための授業の指導案を作成し、理科研究の授業で実践した。一般的な振り子の理論は特定の条件の下で成り立つ近似的なものだが、いい加減な実験による理論からのずれを実験誤差のせいにするようでは科学的なものの見方、考え方を育てることはできない。作成した指導案では、理論式が成り立たなくなる条件に注目し実験で確かめることで、小学生に高い精度での実験を可能とさせるための条件を、学生自身が見出すことを目指した。実践では理科研究での授業を全部で 4 回行い、結果に基づいて予習課題の作成や指導案の修正をおこなった。

2. 光の軌跡を用いた物理法則に対する大域的な観点を育成するための授業

作成した指導案に基づき、2 つのクラスで研究授業を行った。学生のディスカッションでは意図した通りのコメントが得られ、事前の予習課題が適切であったこと、および学生が興味を持って取

り組んでいたことが見て取れた。一方で、光の屈折に関する定量的な説明に時間を掛けることができなかった。学生の理解度評価については、(1)現象に対して局所的・大域的な2つの説明が可能となる例を各自の専門分野について考案する、(2)負の屈折率を持つ媒質に入れた物体がどう見えるか考察する、という事後課題を課した。特に課題(2)では定量的な説明が乏しいものが多く、授業において十分な時間を取れなかった部分の影響が出た形となった。

3. 放射線を評価する力を育成する授業

山形大学理学部物理学科で開講されている集中形式授業「物理学特別講義 D」で実践した。この授業では受講者が、半導体検出器を用いた放射線計測システムを用いて放射線強度を実際に計測し、数値化とグラフ化する作業を行った。一方で、食品の安全性についても取り扱った。授業後に行った理解度調査の結果から、放射線を強度等の科学的根拠に基づいて評価する技能を習得しているだけでなく、食品の安全生についても基準値等の概念を用いて評価できていることがわかった。本授業が放射線を具体的、客観的に評価する力を育成することに一定の効果があることが示された。

4. 客観的事実から仮説を検証する態度を育成し、思考力や判断力の強化を目指した化学実験

理科の授業を実践するのに必要な知識・技能や資質・能力を修得させることを目標として開講している1年理科生向け「化学実験」で扱われる反応速度を題材とした実験に焦点をあて、実験計画とその実施および計画の見直しと再実験のサイクルを通して一次の速度モデル(仮説)を客観的事実から検証する態度を育成し、思考力や判断力の強化を目指すプログラムの開発を行った。そこでは(1)反応速度を求めるための適切な実験方法の計画、(2)滴定による過酸化水素濃度の経時変化の測定および反応速度の算出、(3)温度を変えた実験による見かけの活性化エネルギーの算出を行った。

5. 植物の生殖と結実に関する学習を通して理科のコンピテンシーを育成する授業

小学校5年生で扱う植物の生殖と結実をテーマとし、詳細な観察に基づく果実の形態の比較から、花の形態が子房上位であるか、子房下位であるかを推論する活動を行った。事前に植物の生殖に関するビデオ学習をさせ、理論を理解させた上で、対面授業では実物の果実4種類についてグループ討論を通して回答を論じさせた。事前学習を実施しなかった昨年度と比較して、本年度の授業では正答率25%から87.5%に上昇した。評価では客観的な理由付けがどの程度行われたかに注目した。

6. 生物の構造と機能に関する協働学習に力点を置く授業

理科教師が具備すべきコンピテンシーを育成する授業プログラムを実践的に研究した。今回作成した授業プログラムでは、学生が授業時間外に取り組む「事前学習」と、授業時間中に能動的な学修を促す「協働学習」を組み込んだ。教材は、初等中等理科で「生物の構造と機能」に系統づけられる単元、「人の体のつくりと運動(小4)」と「人の体のつくりと働き(小6)」とした。本授業プログラムは、29年度秋学期「理科研究」内で実施し、個々の学生が協働学習中に作成したシンキングツールの内容を、「問題解決」、「理論的思考」、「コミュニケーション」、「意欲」、「メタ認知」の各コンピテンシーの観点で分析することで評価した。

7. 実物観察を活用した花の構造理解を通して観察力の向上を図る授業

実際の植物の花を観察させ、その構造を記載する方法である「花式」の作成方法を実践的に学ぶ方法について授業案を作成し、SA科目「植物形態学」の中で実践した。これにより、受講学生に対して生物観察およびその客観的な記載方法の習得を通じて、生物の多様性と共通性に関わるコンピテンシーの育成することができた。

8. 植物内のデンプンの働きを探る主体的・対話的活動を中心とした授業

事前のビデオ学習後、古代ハスの発芽を導入に用いて植物におけるデンプンの役割をグループで

考えさせる授業を「理科研究」の授業で実施した。小学校6年の理科で扱う、植物内の物質移動が原点であるが、そこにデンプンの不溶性の性質を大学生として考察させるものであった。ワークシートに書かれた回答からは、対話的に学んだことの効果が読み取れた。

9. 天気図の高度な活用を通して天気の予想という実践的な課題に挑む授業

S P科目「理科研究」において、をいくつかの点で改良しながら実践した。まず、グループワークを取り入れ、個人として課題に取り組むだけでなく、数名程度のグループで意見をまとめて各回の授業終了時に提出させた。提出されたワークシートにはコメントを記入し、次の授業で返却するとともにプロジェクトで履修者全員に紹介した。これにより、学習意欲がさらに高まり、互いに議論することを通して理解や考察のレベルも向上したようである。また、「実習」以外の授業においても、授業開始時に数分程度で、最新の気象情報を天気図などを用いて解説した。現在の実際の天気に対して関心を高めることができたと思われる。

4- 成果と課題（中期目標・中期計画の関連等を含め）

理科のコンピテンシーの捉え方にはさまざまなものがあるが、それらを端的に言うのであれば、探求の過程を遂行する能力である。問題を発見し、解決方法を考え、実行し、結果を理解し、考察する。この過程の中で協働的な作業や振り返りを通して、理科的なものの見方、考え方を育てていくのである。この目標達成のためには、アクティブラーニングの要素を含んだ学習形態が有効であることを、本研究では明らかにすることができた。従来、理科は実験を多く行うため、アクティブラーニングを多用すると思われがちであったが、一般の講義では必ずしもそうではなかった。今回は、非理科生を対象とする講義の中で、この要素を取り込んだ授業プログラムを開発し、実施し、評価を行ったことは、教員養成における授業展開の新しいモデルを呈示できたものとする。

また、グループ公開授業を多くの授業で実施し、授業についてその場で、もしくは後日メールで意見交換を行うことで、第三者による評価と次年度の授業の改善目標が明らかになった。また、授業は全て理科教員によるものであったが、カリキュラムセンター教員が参観し、授業後に意見を言ったことで、理科教員だけから構成されるグループ公開授業では通常聞けない、より教育学的見地からの意見が得られたことは、今後の授業改善にとって有意義であった。

今回の授業モデルでは、いずれも一定時間の事前学習を必須とした。これは、授業中に学生同士が効率よく対話的な活動を行うためには、一定レベルの事前知識が必要と考えたためである。事後調査からは、今回行った事前学習に対し、学生はその効果について肯定的である一方、全ての授業で事前学習が行われた場合については、従来の生活時間の観点から否定的な意見も見られた。事前学習の全ての授業における実施のためには、より厳格なキャップ制の導入や、日本社会の意識の改革（学生アルバイトに頼りすぎない経済活動）も必要と考えられた。

5. 今後の展開（大学、附属学校及び公立学校の教育・カリキュラムへの応用等）

主体的・対話的な学習活動を展開できる教員の養成には、大学で行われるさまざまな授業で変革が必要である。従来、本学ではさまざまな教科において授業改革が試みられてきたが、多くは教科のコンテンツに関するものであったように思われる。本プロジェクトでは、カリキュラムセンターならではの教科への関わり方を示すモデルを構築することができた。プロジェクトの成果は今後の教員養成における理科のみならず、他教科における授業改革にも応用できるものと期待される。