

次世代中核的理科教員養成のための学習者主体理科実験カリキュラムの開発

◎植松晴子（東京学芸大学物理科学分野）
○佐藤尚毅（東京学芸大学宇宙地球科学分野）
荒川悦雄（東京学芸大学物理科学分野）
松本益明（東京学芸大学物理科学分野）
フोगリ ヴォルフガング（東京学芸大学物理科学分野）
西田尚央（東京学芸大学環境科学分野）
鎌田正裕（東京学芸大学理科教育学分野）
岩元明敏（東京学芸大学生命科学分野）
土橋一仁（東京学芸大学宇宙地球科学分野），
堀井孝彦（東京学芸大学附属世田谷小学校理科），
高田太樹（東京学芸大学附属世田谷中学校理科），
齋藤洋輔（東京学芸大学附属高等学校理科）

代表者連絡先：uematsu@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】 観察・実験，問題解決能力，アクティブ・ラーニング

1. はじめに

情報化が急速に進み、それにともなって新しい課題が生ずる現代の社会においては、知識や技能の伝達に加えて、それらを総合して活用する問題解決能力の育成がより強く求められている。理科の学習では、観察・実験を中心とした活動がそのような能力の育成に有効である。理科を専門とする教員は、中学校・高等学校において、教科内容の十分な理解に基づき自ら観察・実験を計画し、安全に実施することはもちろん、小学校においては、他の教員に協力できる中核的役割を果たすことが求められる。

一方で、教員志望の理科の学生に対する、生徒実験の実施能力育成には未だ課題がある。その要因として、大学での観察・実験が主に知識・技能の伝達に重点が置かれたものであること、学生の内容の理解が不十分で実験の目的そのものを十分に把握できないことが挙げられる。次世代を担う理科教員養成のための観察・実験の基礎教育には、予め定められた手順をたどるばかりではなく、能動的に考え、知識・技能を統合して活用する問題解決型の課題を積極的に取り入れていく必要がある。

2. 本プロジェクトの目的（又は1に含める）

次世代を担う理科教員として、学生自身の主体的・対話的で深い学びをする学習姿勢を育成するために、固定化された学生の授業観への働きかけと各附属学校・大学間で連携して一貫したカリキュラムの検討が必要である。その第一歩として本研究では、大学で行われている学生実験を、知識・技能の伝達に重点が置かれてきた受動的なものから、学生が主体的に関与して観察・実験を行う能動的なものに改革し、他の授業科目や教育実習と連携できる課題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）

初めに、現行の実験テーマと学習指導要領との関連を確認するとともに、附属学校での教育実習時にみられる理科実験に関する問題点を挙げた。小学校・中学校では、主に実習生の姿勢について改善すべき点がみとめられる。思考したり表現したりする過程を通して知識・技能を身に付けさせるという実験本来の目的に対して、(1) 知識・技能を教え込もうとする姿勢が見られる、(2) 生徒の活動とそれに対する教員の支援を中心にすえた指導案が書けない、(3) 十分な時間を割いて指導案の吟味と教材研究ができない、などである。高等学校では、基本的概念の理解や基本的実験の経験の不足がみられる。大学の視点から不足する点を補い深める指導が必要と考えられる。大学の理科実験には、学習指導要領の教材を網羅すること以上に、実験の過程そのものの意義や発展的内容も含んだ深い理解に学生が達することが求められる。

上記のことから、開発する実験課題では、実験の目的にしたがって情報を収集し、自ら観察・実験を計画、実施、分析をすることで、他の事象にも応用できる汎用的な能力と自然科学に対する姿勢を育成することを目指した。新しい実験課題の内容は、単に学校現場で行われる実験の内容をそのまま取り入れるのではなく、基本的事項を確実に定着させながら、先端的な内容にも知見を広げて専門性を保証するもの、より深い理解を求め科学的な考え方を育むものを精査した。特に専門性・抽象性の高いテーマでは、学生の意欲を喚起し能動的に学習の準備を行うように働きかける内容を検討した。

先端的な内容にも知見を広げて専門性を保証するものの一つとして、分子生物学分野の基本的内容に関わる実験課題を「生物学実験」に導入した。薬品の処理や精緻な実験器具に習熟し、遺伝子増幅の基本的技術を理解して、身近な素材のDNA判定を行うものである。また、気象庁のデータの蓄積と処理を行う環境を整えて、天気予報という学生の関心の高い課題に取り組みせる課題を「理科研究」および「地学演習」で実践し、「地学実験」への導入を検討した。気象の基本的事項を学習した上で、学生が自ら地上天気図を書き、高層天気図と合わせて翌日の天気を予想する現代的な手法を盛り込んだ内容である。反転授業の手法も取り入れて、学生の学習意欲に働きかけることを試みた。さらに、学部授業への導入も念頭に置いた試行として、大学院教育学研究科修士課程の授業科目「地学教育実践論演習」において、通報された観測データを直接用いて地上天気図と高層天気図を作成し、数値予報資料も活用して、学生自らがグループワークによって天気予報を行なう、より高度な授業を実施した。知識を伝授する講義は行わず、プロの気象予報士が実際に行なうような作業を自力で実践する内容とした。成績評価としては、試験やレポート課題ではなくルーブリックによる自己評価と相互評価を取り入れた。気象を専門としない学生もいたが、グループ内で協力することで意欲的に取り組むことができた。

基本的な事項のより深い理解と科学的な思考の育成に重点を置くものの一つとして、電気回路に関する実験課題を「物理学実験」に導入した。電気回路の基本的事項の理解を図るとともに、観察される現象から論理的思考によって直接には見えない機構を導き出し、自らの理解体系を構成できる学習姿勢の育成を意図した。学生が実験を行う際の議論を教員やTAがファシリテートし、理解する過程の重要性を強調して、学習姿勢への働きかけを試みた。また、電磁誘導の実験課題を導入した。運動学と電磁気学についての基本的事項をおさえた上で、先端的な技術として応用が広がっている渦電流も扱う内容になっている。

小中高でアクティブ・ラーニング型の授業が広がり、観察・実験を含めて児童・生徒の主体的活動が増すときに、安全指導の重要性はより強調されなければならない。その観点で、A類理科2年生を対象とした「初等理科教育法」においては、観察・実験を伴う小学校理科の内容を対象として、模擬授業を学生が行った。授業者役学生は、事前の検討課題であった安全指導のポイントや扱う内容の学問的背景について模擬授業後に発表し、それをもとにクラス全体で意見を出し合った。また、児童役学生は、模擬授業を受けながら安全指導を含む内容全体についてコメントシートを記入し、それらを後日 webclass

にアップすることで、授業者役学生を含む全体で共有した。

4. 成果と課題（中期目標・中期計画の関連等を含め）

本プロジェクトによる観察・実験授業の試行を通じて、開発した実験課題を定常的に授業で実施する準備が整った。分子生物学の実験課題では、手法の検討を重ねることにより、限られた時間と薬品の制約の中で、どの学生も十分考察ができるだけの結果が得られるようになった。電気回路の実験課題では、標準的な概念調査問題によって、基本的な事項の理解に一定の効果があることが確かめられた。また、先端的な内容を扱った分子生物学の実験、身近なことへの学生の関心を喚起した電磁誘導や気象の授業では、学生の関心が高く、どの課題においても能動的に取り組む様子が見られた。

一方で、学生には、収集した情報に基づき知識・技能を活用し、論理的な思考により判断するというよりは、既知の事実や法則等に照らし合わせ、それに沿うように自分の思考を修正する姿勢が見られる。より主体的に問題解決する能力の育成のためには、継続的な取り組みが必要である。

「1. はじめに」で述べたように、能動的に考え、知識・技能を統合して活用する問題解決型の課題は、次世代の中核的理科教員を養成する上で欠かせないものであり、これを目指して開発した本プロジェクトの実験課題は、本学学士課程の教育内容に関する中期目標に掲げられた「次世代育成教育を担い、多様な教育課題に対応する力を持つ人材の養成」と目的を一にするものである。これらの課題を継続的に実施することが有効であり、本プロジェクトでは開発した実験課題を定常的に授業に導入できるように、実践を通じて検討を重ねた。

本プロジェクトで実践した授業では、グループ・ディスカッションによる抽象的事項の理解や反転授業等のアクティブ・ラーニングの手法を取り入れ、児童・生徒の活動に対応した安全指導への理解を深めることに配慮している。本学学士課程の教育内容に関する中期計画に挙げられた大学の授業へのアクティブ・ラーニングを取り入れた授業科目の開設や、アクティブ・ラーニングの具体的な指導のための実践的なプログラムと指導体制の整備と合致するものである。

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）

試薬等の消耗品や議論をより有効にするためのファシリテータなど、最小限の予算措置が前提ではあるが、開発した実験課題は、大学での理科実験の授業で定常的な実施が可能な形に整備が進んでいる。また、一部の発展的内容を除いて、高等学校への導入も可能である。

本プロジェクトの主眼の一つである能動的な学習姿勢への働きかけは、学校種によらず共通の課題であり、継続的な取り組みが必要である。次世代の中核的理科教員養成のために、今後は理科実験を足掛かりに、講義・演習や教育実習との連携を進め、理科のカリキュラム全体に取り入れることが考えられる。