

理科の探究活動を指導できる学生を育成するための

観察・実験講座の実践と充実

- ◎坂井 英夫（東京学芸大学附属高等学校理科）
○宮内 卓也（東京学芸大学教育実践研究支援センター）
内山 正登（慶応女子高等学校）
宮崎 達郎（東京学芸大学附属世田谷中学校）
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）
高梨 賢英（東京学芸大学講師）
川角 博（関東学院大学）
番田 清美（産業能率大学）
松原 静郎（桐蔭横浜大学）
代表者連絡先：sakaih@gakugei-hs.setagaya.tokyo.jp

【キーワード】 探究活動，観察・実験，アクティブ・ラーニング，今日の学び

1 はじめに

平成29年3月に示された学習指導要領では、知識の理解の質を高め、資質・能力を育む「主体的・対話的で深い学び」が期待されている。理数教育では、日常生活等から問題を見いだす活動や見通しをもった観察・実験などの充実が求められている。また、高等学校では新科目「理数探究」が検討されており、小・中学校以上に探究的な学習・活動を推進しようとする機運が高まっている。このような状況の中で、教員を志望する学生に対して、従来の観察・実験を探究的な視点で捉え直し、生徒の探究活動を支援する力が求められる。しかし、学生の中には高等学校での実験経験が十分ではなく、学生自身が経験したことがないタイプの授業を指導する力を身につける必要がある。そこで、これまで学生に対して実施していた観察・実験講座を発展させ、探究活動を指導できる学生を育成するためにどのような取り組みをしていけばよいかを、講座を試行して学生の評価を加味しながら提言したい。

2 本プロジェクトの実施内容

坂井や宮内らは、平成27年度、平成28年度の特別研究開発プロジェクトにおいて、「学芸カフェテリア講座における学生実験講座の実践と充実」を実施した。このプロジェクトの中で、「実験を通して学ぶ授業のあり方」に着目し、小学校や中等教育学校で理科を指導する際の実験指導を学芸カフェテリア講座で実践し、理科教員養成に必要な実験講座についてのあり方を検討した。本プロジェクトはそれをさらに発展させ、新学習指導要領で求められている「理科の探究活動を指導できる教員の育成」を目指した実験講座の開発と実践を目標として設定し、講座終了後の学生に書いてもらった「今日の学び」から実施した講座を評価することとした。

2.1 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと①

－金属のイオン化傾向と電池をテーマとして－

平成29年12月9日（火）に実施した。講座の前半は、中学校の新学習指導要領で取り扱うこととなった「イオンのなりやすさ」について、どのようなアプローチで探究的な活動に導入するかを検討し、宮内と坂井で開発した金属と金属イオンの水溶液を用いた実

験を受講者に体験してもらい、実験結果を活用してどのように議論させれば良いかを検討してもらった。また、簡単に組み立てられるダニエル電池の作成を通して、化学反応から電気エネルギーを取り出す仕組みを、「イオンのなりやすさ」からどのように探究させていけばよいかを受講者に実験を通して考えてもらった。講座の後半は、坂井が開発した平面型マンガン電池を作成してもらい、高等学校で実施可能な化学の探究活動とはどのようなものかを体験してもらおうとともに、電池の性能を向上させるためにどのような工夫が可能であるかを受講者に考えてもらった。

講習後に書いてもらった「今日の学び」からは、「生徒が学びに向かうのに、どのように問いを持てるように組み立てていくかを考えるきっかけを与えてもらった」「探究活動の展開の方法を知ることができた」「どのタイミングで知識を与えるべきかを改めて考える必要性を感じた」「学びを深める活動や問いについて考えるためには、ある程度の知識が必要であり、学びを実感させるしかけや教材が重要だと分かった」という感想や意見を得ることができ、我々が目指す「探究的に学ばせる指導方法」として伝えたかったことが、受講生にきちんと伝わっていると評価した。

2.2 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと②

ー静電気をテーマとしてー

平成30年2月6日（火）に実施した。講座の前半は、附属世田谷中学校の宮崎から中学校の学習指導要領で取り扱っている「静電気」について、指導における失敗例や苦勞する点について事例報告をすることから始まった。この事例報告を受けて、元高等学校教諭である川角が、目に見えない静電気の存在やその電荷の符号（正電荷なのか負電荷なのか）を徹底的に理解する実験を受講生に体験してもらいながら、仮説と実験と論理で自然界を探る「科学の方法」を身につけさせる方法を学んでもらった。静電気には2つの種類があることをするための実験を提案し、実際に実験をすることでその目的が達成できたのか、達成できていない場合には、どのようなことを追試すればよいのかを自ら考える過程の中で、「探究的に学ばせる指導方法」へのヒントを受講者は掴んだように思われる。

2.3 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと③

ー化学反応の量的関係をテーマとしてー

平成30年2月7日（水）に実施した。講座の前半は、中学校の新学習指導要領で取り扱う「質量保存の法則」の実験をどのように演示したり、実験させたりするかを紹介した上で、受講者に「定比例の法則」の実験を体験してもらった。単に知識の暗記ではなく実験の中で、どのように生徒が探究的な問いかけにつなげていくかに検討・協議をした。講座の後半は、過剰の酸に金属マグネシウムを何g反応させると水素100mLが発生するかを受講者が予測し、実際に実験で確かめる過程を通して実験を探究的な活動につなげていくかを解説した上で、硫酸銅水溶液と銅板を用いた電気分解の実験によって、電気量と銅板の質量の増減の関係を考える実験を体験し、どのような問いかけをすれば生徒が実験から考える作業へつなげられるのかを検討した。

講習後に書いてもらった「今日の学び」からは、「実験を行いながら計算を行ったり考えたりすることで、体感をもって理解することができた」「実験を行う前に自分たちで計算をしながら実験結果を予想することで実験が楽しくなった。実験結果を獲得するときに非常にワクワクした」「生徒の立場になり実験をして検証することで、既に理解している内容でも予想通りになると楽しいし、ならないと何故だろうと疑問が生まれた。やはり、理科の原点は実験だなと改めて実感した」という感想や意見を得ることができ、我々が目指す「探究的に学ばせる指導方法」が、受講生にきちんと伝えることができたことと評価した。

2.4 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと④

ーイオンのなりやすさをテーマとしてー

平成30年11月9日（金）に実施した。中学校での実験として、新しい学習指導要領

に新たに加わった「イオンのなりやすさ」を探究する実験例と「ダニエル電池」の実験を紹介し、実際に実験をしながら中学生の立場でどのように探究的な学びを実現するかを検討してもらった。高等学校での実験として、金属のイオン化傾向を検流計による電流の向きから検討する実験を紹介し、電流の向きと電子の向きの関係や金属の酸化と電子の授受から、イオン化傾向をどのように探究していくのかを検討した。

2.5 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと⑤

ー動物のからだをテーマにしてー

平成30年11月16日（金）に実施した。中学校での観察として、イカの解剖と観察を紹介し、イカの背と腹の違いを観察からどのように探究的に学ばせるのかを、生徒のスケッチや考察の事例を示しながら受講者に検討してもらった。高等学校の観察として、豚の胎児の解剖と観察を受講者に体験してもらい、心臓の構造や肺の機能について実際に取り出した心臓や肺を用いて理解させる大切さを学んでももらった。

講習後に書いてもらった「今日の学び」からは、「触感や見た目は実際に解剖しないとわからないので、実物を見ながら色々考えることは大切だと分かった」「解剖をしている中の生徒の呟きや疑問の声を拾っていくことが探りたいというモチベーションを高めることにつながるように感じた」「実際に見ることで生まれる疑問を体感できたからこそ、その楽しさを子ども達に伝えていきたいと思った」「生物という科目は暗記が重視されてきた気がするが、実物を見ることで生き物への興味が格段に上がったように感じた」という感想や意見を得ることができ、我々が目指す「実物に触れさせて考えさせる大切さ」が、受講生にきちんと伝えることができたと評価した。

2.6 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと⑥

ー光をテーマにしてー

平成30年11月30日（金）に実施した。講座の前半は、中学校の学習指導要領で取り扱っている「凸レンズによる像の学習」について、作図の作法だけでは分からない例として、レンズのかけらで物を見るとどうなるのか、レンズの大部分を紙で覆ってしまっただけで物を見るとどうなるのかを取り上げ、実際に見た結果から見えるとは何を考えさせる本質的な光の学習の流れを受講者に検討してもらった。講座の後半では、センター試験の問題から光の学習の本質を問う実例の紹介をいただいた後、赤外線リモコンから出ている目で見えない光が赤外線背であることを示すという課題について、どのように仮説を立て、仮説を検証するためにどのような実験を計画し、実験結果をどのように解釈すればよいかについて、実験をしながら検討をしていった。最後に、このような探究的な活動を学習指導案として示す実例を紹介し、指導者としての視点についても学んでももらった。

講習後に書いてもらった「今日の学び」からは、「現象そのものの意味や理解にはたどりついていなかったことを実感した。現象の説明やモデルの中から、私たちが必要となることだけを取り出していることを忘れてはならない」「光や波の授業を行うにあたり、見える事の本質をまずつかませる事の重要性を改めて痛感した」「リモコンによって音が聞こえ、見えない何かが出ていることを体験し、実際に光として目に見える形で比較して赤外線と分かるという流れに感動したので、また家でもやってみたい」という感想や意見を得ることができ、我々が目指す「光や波の本質に触れさせて考えさせる大切さ」が、受講生にきちんと伝えることができたと評価した。

2.7 探究活動を指導できる教員になるために必要なこと⑦

ー化学エネルギーをテーマにしてー

平成30年12月7日（金）に実施した。中学校での実験として、「化学カイロ」の発熱反応と炭酸水素ナトリウムとクエン酸の反応による吸熱反応を紹介し、化学反応による熱の出入りをものづくりを通してどのように体験させるか、そして、どのような探究的な学びがあるかを実験を通して検討した。高等学校の実験として、結晶硫酸銅の加熱と無水硫

酸銅の水和による発熱の関係を探る事件を通して、可逆的な反応における吸熱と発熱の関係を探究する手法を検討した。また、異なる金属と塩酸の反応熱の測定する実験からイオン化エネルギーやイオン化傾向の関係についてどのように考察するかを検討する中で、実験結果をどのように解釈するのか、化学エネルギーの本質をどのように探究するかを受講生に考えてもらった。

3 課題（又は成果、提言、提案等）

実践した7つの講座において、いずれの講座の参加者からも、「実験の大切さ」や「探究活動に必要な実験の仕掛けつくりの大切さ」が「今日の学び」の中に書かれており、理科教員として必要な資質の理解に本講座が繋がったものと思われる。

理科においては、観察・実験に関わる指導力の育成が欠かせないが、一般に高等学校における観察・実験の実施頻度は低い傾向にあり、本学の理科学が高校時代に経験した化学実験の頻度を例にすると、およそ7割の学生が月1回以下の頻度にとどまっている¹⁾。このような状況下で、宮内と坂井は特別開発研究プロジェクトとして、観察・実験の実践的指導力を育成するための講座を学芸カフェテリアで継続的に実践し、中学校・高等学校で行われている実験を指導者の立場を意識しながら経験することで、実験の実践的な指導力の育成に寄与することを報告した²⁾。

東京学芸大学の中期計画の教育に関する目標を達成するための措置として、「アクティブ・ラーニングを取り入れて、教科横断型の学習や体験型の学習を指導する力を持った教員を養成するために、大学においてもアクティブ・ラーニングを取り入れた授業科目を全学的に開設するとともに、そ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と整備する」とある。この2年間のプロジェクトで、中期目標に掲げられている「アクティブ・ラーニングを取り入れた授業科目」の先進的な事例として十分機能する講義を開発できたと考える。

一方、実習指導の現場では、学習内容の知識を持ち合わせていても、観察・実験の指導のプロセスや、観察・実験の手立てに話題がおよぶと、具体的な方針を立てることに困難を感じている学生が存在する。観察・実験の経験が不足している場合は有効な授業モデルを描きにくいこと、指導者の立場から観察・実験をとらえる経験が不足している場合は具体的な手立てを考える視点がないこと、などがその要因であると考えている。以上のことを踏まえて、以下の二つの提言をしておきたい。

- 1) 東京学芸大学で実施されている物理実験、化学実験、生物実験、地学観察実習の中に、本プロジェクトで実施したような教育現場に直結した実験を行い、得られた実験結果を探究的に検討したり、実験方法を工夫したりことを取り入れられるべきである。教員養成大学であり、優秀な教員を世に多く送り出す事がミッションである大学にとって、単に理学部や工学部と同等の観察・実験を行うだけでなく、教員養成系であるからこそ実施されるアクティブ・ラーニングにつながる観察・実験講座を開発する事が大切ではないだろうか。
- 2) 夏季（秋季）休業期間に大学（または附属小金井小学校や附属小金井中学校）の理科実験室を解放して、教育実地研究Ⅰで実施する観察・実験の検討をする機会を与えるべきである。理科の授業の観察・実験授業に関して、実際に実験をする機会や場所は与えられておらず、実際には実習の直前に教育実地研究Ⅰを行う附属学校で予備実験を行い、指導案を現地で検討していることがほとんどである。大学の中で教育実習の実験内容を検討できる環境を整備することによって、教育現場に直結したアクティブ・ラーニングを実現する場が実現し、教育現場と大学の連携がさらに活発になる事が期待できる。

¹⁾ 宮内卓也：教員養成大学で理科を専攻する学生の観察・実験の経験に関する一考察、東京学芸大学教育実践研究支援センター紀要, 13, pp. 85-90, 2017.

²⁾ 宮内卓也、坂井英夫：教育実習につなげるための観察、実験の実践的指導力の育成を目指した講義とその効果、日本教育大学協会年報, 36, pp. 85-94, 2018. (R)