

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

- ◎宮内 卓也（東京学芸大学教育実践研究支援センター）
- 松尾 直博（東京学芸大学教育心理学講座臨床心理学分野）
- 増田 金吾（東京学芸大学名誉教授）
- 元川ゆかり（東京学芸大学学芸カフェテリアオフィス）
- 坂井 英夫（東京学芸大学附属高等学校）
- 内山 正登（東京学芸大学附属高等学校）
- 宮崎 達朗（東京学芸大学附属世田谷中学校）
- 堀井 孝彦（東京学芸大学附属世田谷小学校）
- 川角 博（東京学芸大学理科教員高度支援センター）
- 番田 清美（産業能率大学経営学部）
- 松原 静郎（桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部）

代表者連絡先：miyauchi@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】 理科、実験、教育実習、小学校、中学校、高等学校

1. はじめに

昨今、教育実習に必要と思われる「実験を通して学ぶ授業のあり方」について、実践的な指導力の育成がますます求められているが、その機会は必ずしも十分であるとはいえない。そこで、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。

研究2年目となる今年度は、学芸カフェテリア講座に小学校教育非理科生向け講座と中等教育理科生向け講座を7講座開設した。特に、中等教育理科生向け講座では、従来から実施してきた化学に加え、物理、生物の講座を追加し、より幅広く学生に観察・実験の伝える講座とした。講座終了後、学生は「本日の学び」を記述し、学んだことを振りかえる時間を設定した。また、学芸カフェテリアで理科の観察・実験の講座を受講した学生にアンケートを実施した。学生の本日の学びやアンケートの結果を分析し、教員養成における観察・実験の指導のあり方について検討した。

2. 本プロジェクトの内容

2.1 概要

学芸カフェテリア講座では、学生生活の充実と自分磨きに役立つメニューや、就職をはじめ将来設計に役立つ講座を開設しており、正課の単位とはならないが、学生は自分の必要とする学修・キャリア支援メニューを選択して受講している。平成28年度は実験を通して学ぶ授業のあり方を指導することを目的として7講座を開設した。

2.2 各講座の実施内容

2.2.1 中高理科授業・生徒に興味を持たせる工夫①「燃焼」

①中学校における燃焼

酸素を満たした丸底フラスコ内で木炭を燃焼させ、木炭が見えなくなることや石灰水が白濁することを経験させた。次にスチールウールを燃焼させ、反応前とは性質の異なる別の物質になることや、密閉容器内でスチールウールを燃焼させた後に水が侵入することから酸素が消費されていること、反応前後で質量が増加することから鉄と何かが結びついていることを見いださせた。

②高等学校における燃焼

ブタンガスを集気びん内に満たし、火のついたろくそくを入れたらどうなるかを学生に考えさせ、検証実験を行った。ろうそくの火は消えたが、集気びんの口付近で炎が出ていることを確認し、その原因を考えさせた。次に、エタノールを耐熱性のガラス皿で燃やすと青い炎を出しておだやかに燃焼するが、空き缶の中をエタノール蒸気で満たし、紙コップをかぶせて点火すると、紙コップが勢いよく飛び上がる現象を観察させ、その違いが生まれた理由を考えさせた。次に、試験管内のブタンが沸騰して気体に変化するようすを演示した。発生した気体に点火すると炎をあげて燃えることや、試験管の下部が冷たいことを確認した。また、冷却スプレーのガスもブタンであり、燃焼することを演示した。最後に白金黒を用いた水素の燃焼を体験し、触媒と活性化エネルギーの関係について考えさせた。

2. 2. 2 中高理科授業・生徒に興味を持たせる工夫②「エネルギー」

①中学校におけるエネルギー

化学カイロの中身をペットボトルの中に入れてからよく振ると凹むことを体験させ、反応に酸素が使われていることを実感させた。そして、鉄粉と塩化ナトリウム、活性炭素と少量の水を封筒の中に入れてよく振ると発熱反応が起こり、粉末の温度が高くなることを経験させた。次に、クエン酸と炭酸水素ナトリウムを手のひらの中で混合し、別に水滴を滴下し、手を握って粉末と水が接触するようにすると、二酸化炭素が発生し、手のひらが冷たくなることを体験させ、吸熱反応を体感させた。

②高等学校におけるエネルギー

硫酸銅(Ⅱ)五水和物を試験管に入れて水平な状態で加熱し、水が試験管の口に近い部分にたまり、無水硫酸銅(Ⅱ)ができて色が白くなることを確認させた。しばらく放置後、発生した水を無水硫酸銅(Ⅱ)に戻すと、試験管が熱くなり粉末の色が青くなることを体験させた。この結果から、硫酸銅(Ⅱ)五水和物と無水硫酸銅(Ⅱ)の化学エネルギーの大小関係を学生に考えさせた。次に、同物質量のカルシウム、マグネシウム、亜鉛を同体積の塩酸の中に入れると、金属が溶けて水素が発生し、発熱反応によって溶液の温度上昇が異なることを体験させた。この結果から、3つの金属がもつ化学エネルギーに違いがあることを学生に考えさせ、金属のイオン化傾向との関係についても考えてもらった。

2. 2. 3 実験・観察を通じた問題解決学習①

「物の溶け方」は、第5学学年の根幹ともなる学習内容であり、じっくりと時間をかけて問題解決学習を行い、児童の充実した学びを支えていくことを目指している。今回はその導入部分を取り扱った。小学校児童は日常生活において、「物がとける」という現象をしばしば目にしているが、例えば、「砂糖が水に溶ける現象(溶解)」と「氷が融ける現象(融解)」を混同する児童も少なくない。また、日常生活でよく言われているように、児童は「トイレトペーパーがとける」「片栗粉をとかす」という具合に、実際は溶解でも融解でもなくただ混ざっているだけの現象のことも「とける」と言っていることが多い。そこで、これらのものを水にとかす活動を行いながら、単元への導入時に「溶解」と

いう現象を、直接自分の目で見ながら定義していくことについて、参加学生に体験させた。そして、小学校の問題解決学習がどのような手続きによって展開していくのか、実際の授業づくりの場面の紹介を通して、具体的かつ平易に解説した。

2. 2. 4 中高理科授業・生徒に興味を持たせる工夫③「動物物の分類と進化」

「動物物の分類と進化」の概要を説明し、中学校では脊椎動物を中心に、高校では無脊椎動物を中心に学習することに触れ、教科書では身近にはいない生物も多数紹介されており、これらを観察や実験を通していかに学習に結びつけていけばいいのか、問題提起を行った。

① 中学校における動物物の分類と進化

まず脊椎動物の体の仕組みについて理解させるために、本物に触れることの重要性について説明した。担当者が実際に飼育している生物に触れてもらい、体の特徴や授業で扱う際の注意点について解説した。次に、単に動物物に触れるだけでなく体の作りの理解につなげる工夫として、頭骨の比較による生活環境の理解に関して授業例を取り上げながら説明した。

② 高等学校における動物物の分類と進化

無脊椎動物の学習が中心となり、飼育できなかつたり、身近にいなかつたりする生物についても扱わなければいけないため、どのような工夫が必要かを説明した。次に、「動物物の分類と進化」の單元において、非常に有用な生物として扁形動物プラナリアを紹介した。プラナリアは再生能力が高いことが非常に有名な生物であるが、それ以外にも観察・実験対象として優れている点について説明し、最後はプラナリアの切断実験を行った。

2. 2. 5 中高理科授業・生徒に興味を持たせる工夫④「物質同定」

① 中学校における物質同定

身近な白い物質について、物質の種類を判断する実験を自由に体験し、生徒に実験させる際に何が大切かを考えてもらった。次に、液体への浮き沈みからプラスチックの種類を考える実験を自由に体験し、密度による物質の同定を行う際に大切な点を学生に考えてもらった。

② 高等学校における物質同定

試験管に入れた様々な飲料水（サイダー、炭酸水、アルカリイオン水、硬水等）について、電気伝導性、ベネジクト液を加えて加熱した時の変化、BTB 溶液を入れた時の変化の3つの実験の結果から、それぞれの飲料水の成分表示に一致するものは何かを考える実験を学生に自由に体験してもらった。単にどの飲料水の成分表示かを当てるだけでなく、その根拠は何かを学生同士で議論することで、この実験で大切な操作のポイントや探究活動で大切なことは何かについて考えてもらった。

2. 2. 6 中高理科授業・生徒に興味を持たせる工夫⑤「力学」

① 中学校における「力のつり合い」

2力のつり合い条件を見出す実験は、あまりにも見え透いていて面白くない。そこで、2つの直方体をL字型に貼り合わせた板を、水平面上に安定して置くために最低限必要な条件を見つけ出す実験を紹介した。この結果を力のつり合いから説明しようとするものである。

② 高等学校における「力のつり合い」

重力は、物体全体に広がりをもってはたらく力であり、それは重心にすべての力が働いているとみなせることを中学では学ぶ。ところが、なぜそう言えるのかは、回転も含めた物体の静止条件を「物

理」で学んでやっとならなくなる。しかし、2力のつり合い条件だけでも、重力や抗力の作用点を見つけ出すことはできる。3力以上に対しても、合力を使えば2力のつり合いに持ち込める。しかし、広がりを持った力の合力は扱えない。

つり合う2力は一直線上にあるという条件から、物体を糸でつるした時、糸の張力の作用線上に重力が働いているとみなせる。別の位置で物体をつるせば、すべての張力の作用線は1点で交わる。この点に重力が働いているとみなせるわけである。ここが重心である。

斜面上で静止している物体に斜面から働く抗力（面に垂直な成分を垂直抗力、平行な成分を摩擦力と呼ぶ）は、重力と釣り合っているべきであるから、この重力の作用線が斜面と交わる位置から鉛直上向きにはたらいていなければならない。

このようにすれば、広がりをもってはたらく力でも、その作用点を中学理科「2力のつり合い条件」から確定することができる。このように、基本的な理解を発展的に適用することで、新たな理解が広がっていく。こんな思考の展開は、物理的なものの見方や考え方の一例である。最後に、6枚の板を机の端からせり出すように積み重ね、一番上の板の重心が机の外にある条件を見出す試行もやった。机がすべての板を支えるには、6枚の板全体の重心が机の上であればよい。すべて、2力のつり合い条件から導き出せる。

2. 2. 7 実験・観察を通じた問題解決学習②

第3学年「重さ」の単元は、学習指導要領においては、粒子領域に位置付けられているが、同領域のみならず、エネルギー領域にも連続・発展していく学習内容である。こうした単元の系統性について解説するとともに、小学校理科には、3年「比較」、4年「関係付け」、5年「条件」、6年「推論」という、問題解決の系統性について具体的な事例を挙げながら説明した。そして、同体積で質量が異なる物の質量の測定、粘土を用いた質量の保存について実際に体験させるとともに、児童は電子てんびんやはかりが呈示するわずかな数値の違いにこだわることもあり、質量保存の学習をする際には留意する必要があることについて触れた。その後、ワークショップ方式により、物の重さについての多様な活動を体験させることを通して、どのような教材をどのように用いるかによって、単元への導入をはじめ、多様な展開の可能性があるということについて解説した。

3. 成果と課題

実験の経験が少ない学生も多く、興味関心をもって実験に取り組む姿が見られた。とりわけ、生物領域では本物に触れることの重要性に気づいていた。指導する教員の立場を意識することにより、実験の準備や実験の展開の工夫、生徒に思考を促すための課題設定、実験中の指導者の役割など、学生が具体的に学びとっていることがわかった。また、今回の実践は、比較的、少人数で活動する場面が多く、相互交流が活発に行われており、主体的・対話的で深い学びを実現することができた。

資質・能力ベースでの教育課程の編成が進められている今日において、資質・能力の育成を念頭においた実践的な指導力を育成する機会の充実が今後の課題である。