

## 高校理科と接続した安全教育を重視した学生実験プログラムの開発

- ◎國仙久雄(東京学芸大学分子化学分野)      小川治雄(東京学芸大学分子化学分野)  
前田優(東京学芸大学分子化学分野)      吉原伸敏(東京学芸大学分子化学分野)  
吉永裕介(東京学芸大学分子化学分野)      小坂知己(東京学芸大学分子化学分野)  
生尾光(東京学芸大学分子化学分野)      山田道夫(東京学芸大学分子化学分野)  
○岩藤英司(東京学芸大学附属高等学校)      坂井英夫(東京学芸大学附属高等学校)  
金子真也(東京学芸大学附属小金井中学校)

代表連絡先:kokusen@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】 理科実験 安全教育 高大接続

### 1. はじめに

科学技術の発展と世界的な競争を背景とし、理数教育の質・量の両面の充実が求められており、新学習指導要領では、観察・実験・考察および安全教育の重要性が指摘されている。また、高等学校の新学習指導要領には、理科の学習における観察や実験・探求活動の重要性から単元毎に探求活動が設定されており、これらを安全に行うために薬品の管理や実験中の事故防止、廃棄物の処理などについて十分な知識をもち、適切な措置を講ずる必要があると、記されている。従って、理科実験を安全に実施できる知識と指導力を持つ教員の養成が求められている。

近年、小学校教員の理科に対する苦手意識とそれに伴う授業での実験数の減少が子供の理科離れへと繋がってしまうことが指摘され、問題となっている。この原因の一つに、理科を専門として学習していない教員が薬品の取り扱いなどに自信を持っていないことが挙げられている。本学では理科を専門として学習していない教員に対して助言できるような理科教育の中核的教員の養成を目指し、理科選修の学生に対して物理学、化学、生物学、地学の実験を1, 2年次に必修として開講している。これらの授業では理科の実験指導に必要な基礎技能を習得させ、更にレポート作成を通して科学的思考力・表現力・判断力の育成を行い、より専門的な実験・研究や将来の学校現場における実験指導への準備を行っている。

一方、平成11年に改定された高等学校学習指導要領で理科に選択性が導入されたことから、高等学校で理科を十分に学んでいない学生が入学してきている。本学ではそのような学生を対象とした「入門物理」「入門化学」「入門生物」「入門地学」が開設された。しかしながら、高校理科で従来身につけるべき基本的実験知識や技能を十分に習得していないまま大学の理科実験を受講する学生もいるために、実験プログラムとしても学生の知識・経験不足に対応していかなければならない。

以上のことから、学校現場で児童・生徒に対して安全に実験指導する知識と技能を養うために、安全教育を重視し、かつ高校理科と接続した新たな理科実験プログラムの開発が必要である。

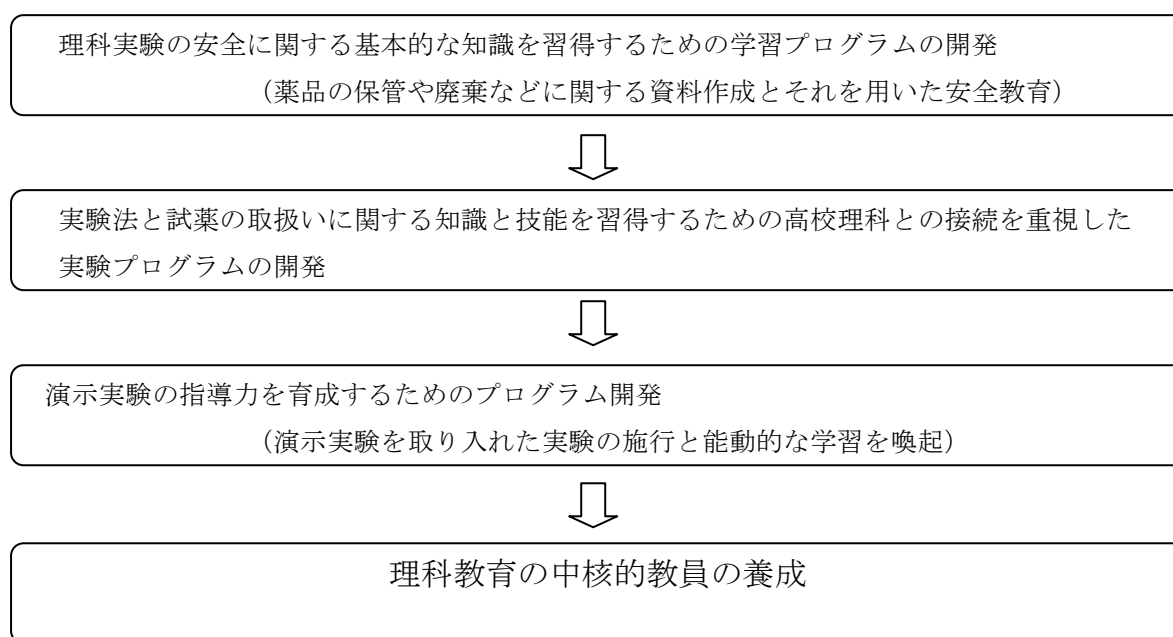
### 2. 本プロジェクトの概要

本プロジェクトでは将来理科教育の中核的教員となる理科教員を養成する目的で、理科実験を安全に実施するために必要な知識や技能を養うための安全教育プログラムについての検討を行い、学校現場での実験の運営・試薬の管理（保管・廃棄）に必要な内容を含み、同時に安全性についても学習できるものとした。学校現場では、種々の薬品やガラス器具を用いて生徒実験を行うが、安全管理や運営指導の観点から鑑みると必ずしも十分な生徒実験ができていないのが現状である。そこで、高校で

取り扱う化合物・反応・器具とその操作法の内容を積極的に組み込むことで高校理科との接続を図り、高校理科での実験に必要な知識・技能をも同時に修得できる実験プログラムを開発し、これを初学次向け学生実験にて試行した。本プロジェクトの実施に当たっては大学教員に加え中学校、高校の現職教員も参画することで、より実用性の高い学習プログラムを開発できる体制とした。

### 3. 本プロジェクトの実施内容

本プロジェクトでは、大学における理科実験に高校理科との円滑な接続を図りながら、学校現場での理科実験の運営や試薬の管理（保管・廃棄）を安全に行うために必要な知識と技能を効果的に習得できるプログラム開発を、以下に述べる3つのステップからなる段階的な構成により実施した。



#### 理科実験の安全に関する基本的な知識を習得するための学習プログラムの開発

生徒実験や探求活動を指導する上で、そのバックグラウンドとしての知識や実験技能を修得するだけでなく、教員は器具や薬品の取扱い方を熟知し、法令に基づいてこれらを管理し適切に廃棄する責務がある。教員に不可欠な「実験の安全性、特に薬品の取り扱いに対する知識や技能」を修得するための安全教育プログラムとして、薬品の保管、廃棄や関連法令などに関する講義資料を作成した。今回作成した講義資料は、教員となった際の活用も考慮し、実験の安全管理に関する内容を系統立てて学習できるようにした。特に、学校現場での実践を意識し、理科実験の安全教育やその取り組み、事故事例集に関する既報の資料を含めることで、取扱法の暗記的な教授とならないようにし、「なぜか？」という理由を調べ、理解することの重要性を強く認識するように配慮した。これらの安全教育の効果を高めるために消火方法についての動画などを含めた教材の電子化を行い、プロジェクターを用いて講義できるものとした。開発した講義資料には、教育現場での即戦力となる知識を習得できるよう、以下に示す3つの資料を含めた。

資料1 初等教育の現場で理科実験の安全性の向上と、安全教育の実施を達成するための、小学校の理科実験における安全教育に関連する資料。関連する毒物劇物取締法や消防法などの各種法令についての内容も含めた。

資料2 中学・高等学校・大学における理科実験の安全管理・安全指導に関する資料。教育・研究

現場における実際の事故事例を提示し、理科実験の安全性の確保に必要となる、安全教育の重要性と事故の予防法や対処法の知識の習得を図った。

資料3 本学における有害廃棄物の処理法に関する資料。有害廃棄物分類早見表のほか、自然科学系、美術系、技術系の教育研究で排出される廃棄物の説明、有害廃棄物一覧、取扱注意物、具体的な有害廃棄物の分類、廃棄申込、搬入、処理の手順、処理票の記入法と記入例、混合すると爆発の危険のある薬品の組み合わせ、排水及び廃棄物に関わる法律の抜粋、本学小金井キャンパスに適用される公共下水排除基準、具体的な事例などが記載されている。

これらの資料を効果的に利用することにより、テーマごとの実験内容と、それに対応した廃棄物処理に関する具体的な事例の情報とを連結させ、実際の教育現場での生徒実験運営・試薬の管理・保管・廃棄に対応しやすい形にした。加えて本学習プログラムでは、実際にこの資料に基づいて試薬の廃棄を行うようにし、実際の教育現場での生徒実験の運営・試薬の管理（保管・廃棄）に求められる知識と経験を習得させる仕組みとした。

### 実験法と試薬の取扱いに関する知識と技能を習得するための高校理科との接続を重視した実験プログラムの開発

学校現場では、講義（理論）のみの指導となりがちな傾向が見られ、実験に関する指導が十分に実施されているとは言えない状況にある。また、高等学校で理科実験を十分に行っていない学生が入学してきていることから、大学レベルの実験内容だけのプログラムでは、教員となった際に生徒実験や探求活動を安全に運営・指導するために必要な薬品や実験器具・操作の知識・技能を効果的に養うことはできない。そこで高校にて取り扱う化合物や学習内容、実験器具を積極的に組み込み、大学レベルの実験内容を維持しつつも、高校理科の教育現場に直結した実験知識・技能を同時に修得できる実験プログラムの作成を試みた。高校理科の内容と大学レベルの反応機構や構造解析の内容や実験操作を連続的に組み合わせた実験プログラムとすることで、学生の理解度と意欲を向上させるだけでなく、学校現場で実験を安全かつ適切に運営・指導する能力の養成を目的とした。本プログラムに高校の生徒実験で行われるタイトルも含めることで、将来教員として実施する立場でのトレーニングとしても、高大接続としても効果的に学習できる内容とした。

#### －高大接続を意識した実験プログラム開発の例－

蒸留は、高校の新学習指導要領「化学基礎」（1）化学と人間生活 イ 物質の探究（ア）単体・化合物・混合物、の項と深く関連し、物質の分離・精製を通じて、単体、化合物及び混合物について理解するとともに物質を探究していくのに欠かせない実験操作である。本学生実験プログラムでは、簡易なガラス器具を用いた高校レベルの常圧蒸留を1,2年度で履修する化学実験で指導し、3年度で履修する有機化学実験では、大学レベルの蒸留操作である、摺合せガラス器具を用いた常圧蒸留、精留管を駆使した精密蒸留、そしてアスピレーターやマンメータの使用と組み合わせた減圧蒸留、を指導していく。このような高校レベルから大学レベルまでの段階的なプログラム構成とすることにより、様々な角度から蒸留操作をとらえることができるように工夫した。

（高校）化学実験「カフェインの抽出」、「アスピリン」は高校でも実施可能な実験内容であるが、本プログラムでは（大学）実施内容として「有機化合物の同定」と組み合わせ、紫外線吸収スペクトルや赤外線吸収スペクトルの測定までを行い、分子分光学にも踏み込んだ実験プログラムとした。

（高校）化学実験「水溶液の調製」学校現場で教員に求められる各種水溶液の調製法とその取扱い、廃棄法に関する実験を構成し、学校現場での試薬とその水溶液の取扱いに関する技能を習得できる実

験プログラムを作成した。

(高校) 化学実験「反応速度」は新課程の「化学」で学習する内容であり、教科書中での扱いは、現時点で参考出来る旧課程の「化学 II」を見ると幾つかの教科書において「発展」として扱われており、必ずしも多くの高校で生徒実験としての取り組みがなされている訳ではない。高校レベルの物理の演習を交えながら反応速度の表現方法を復習し、各自が表計算ソフトを利用して反応速度を定量的に解析できるようにプログラムした。解析したデータの解釈を通じて生徒実験を復習するばかりか自らが学校現場で行う生徒実験の設計や探求学習活動の指導の準備となるよう配慮した。

高校理科との接続を実験プログラム全体に浸透させるための実験テキストの大幅な作成を行った。改訂した実験テキストは、キーワード、目的、学べる概念と技能、高校化学との接続、予習のチェック項目、使用試薬、使用器具、実験、後処理、注意事項、課題、参考資料、および参考文献という項目から構成した。「キーワード」の項目には各単元で出てくるキーワードを明記し、授業へ取り組む目的意識を明確に提示するようにした。「学べる概念と技能」の項目には、その実験を行うことで獲得できる概念と技能を箇条書きで列挙し、将来の学校現場で児童・生徒に対して安全かつ効果的に実験指導するために必要な概念と技能を明確に示した。これにより学生は履修により獲得した実験知識、技能を具体的に認識することができる。「高校化学との接続」の項目には、当該授業内容が該当する学習指導要領の項目を記載した。これは、当該実験で学ぶ内容と、高校理科の学習内容との接続を明らかにする意図がある。この項目と前述の「学べる概念と技能」を参照することにより、実験内容の理解の向上とともに、学習指導要領と照らし合わせ、実験内容と講義にて学習した知識との関連性を結びつけできる構成とした。初年次学生にとってはあまり意識されていない学習指導要領を取り上げることで、積極的に学習指導要領に接する機会を提供するようにした。「後処理」の項目では、実験の際に生じる有害廃棄物の処理法を記載しており、これと付録「有害廃棄物取扱の手引き」との併用により、薬品の取り扱いに対する知識や技能の習得における学習効果の向上を図った。

#### 演示実験の指導力を育成するためのプログラム開発

児童・生徒指導において重要な演示実験を安全かつ効果的に実施できる能力を養う目的で、中学校理科用教科書に頻出する「炭酸水素ナトリウムの熱分解」の演示実験をプログラム化した。本プログラムでは、学生が演示者と受講者に分かれ演示実験を行い、それぞれの視点から学習効果や安全性を考察・議論することを通じて、能動的に演示実験の意義と実験の安全性を学習し、これらに対する意識を高めることができる。

#### 4. 課題

本プロジェクトでは、高大接続と安全教育を重視した学生実験プログラムを作成し初年次生向けの学生実験において試行し検証した。その結果、一定の安全教育の成果が認められた。理科教育の中核となる教員の養成が教育界から求められているが、新入生の理科の選択科目が多様化している現状を考えると、高校理科と接続した新規実験テーマを開発して増やしていく必要がある。