無機系化学分野の学生実験における創成科目の取り組み

Problem-Based Learning in the Laboratory Course in Physical, Inorganic, and Analytical Chemistry

長谷川 浩^{*1}   山口 孝 浩^{*1}   太 田 明 雄^{*1}   牧   輝 弥^{*1}
Hiroshi HASEGAWA   Takahiro YAMAGUCHI   Akio OHTA   Teruya MAKI

Although the method of problem-based learning is remarkably effective for engineering education, it is difficult to apply to a curriculum of chemistry education. In this paper, we described a new problem-based learning system of chemistry experiments for the laboratory course of the chemistry and chemical engineering department. This system consists of three individual subjects of inorganic chemistry experiments; Physical Chemistry, Inorganic Chemistry and Analytical Chemistry. Each subject shares the objects of education for problem-based learning. Students carry out some theme of experiments and present the results during each period repeatedly. This system enables to study a series of methods for creative research as well as the fundamental skills and knowledge in each field of chemistry in the same program.

Keywords: Engineering Education, Student, Laboratory Course, Problem-Based Learning, Chemistry Experiments

キーワード: 工学教育, 学生, 実験, 創成科目, 化学実験

1. はじめに

最近の大学教育では、課題の発掘・計画・探究を自主的に行うことを導くことで学生の創造・探究能力を養う課題探究型の教育、即ち、創成科目の導入が進められている¹⁾。金沢大学工学部物質化学工学科化学コースでは、従来より学科内に設置したカリキュラム検討ワーキンググループやFD委員会の活動を通して、カリキュラムの整備・充実に取り組んできた²⁾。全体カリキュラムの中で、実習を含めた創成科目としての役割は、ほぼ必然的に実験科目に対して割り当てられている。しかしながら、化学系の教育カリキュラムでは、他の系と比較して実験科目が特に重要な役割を担っている。すなわち、化学系の学生は、実験科目で様々な実験技術と課題を経験することにより、化学分野の技術者・研究者として必要な基礎技術・知識・センスを体得する。課題探究型の課題を新たに導入した結果、実験科目の内容が減少することになれば、化学の技術者として致命的な経験不足となりかねない。そこで本化学コースの無機系化学実験では、2001年度より複数の実験科目で連携して課題探究型の教育を導入し、従来から要求されてきた実験技術の習得と新たに要求された課題探究能力の育成の課題を両立する実験科目の確立を試みている。創成科目に対応する教育目標としては、1) 課題を自ら発掘して設定、2) 課題探究のための計画立案、3) 課題解決のための調

査・実験の遂行、4) 実験結果から新たな課題を発掘、5) 実験結果を効果的に記述・発表、の5つの能力の育成を設定している。一方、実験技術に関しては、1) 物理化学、無機化学、分析化学の3分野における基本的な実験操作の習得、2) 安全教育並びに薬品の取り扱い方法の学習、3) 実験結果を正確に解析・考察する訓練、4) 講義で学んだ専門知識や化学機器の活用方法の体得、5) 協調性やコミュニケーション能力の習得、を主な目標とした。

すべての教育目標を一つの実験科目で担うことは困難であるが、無機系化学実験に相当する3つの実験科目で分担して取り入れたところ、課題探究型の教育を効果的に実施することができた。また、課題実験の計画・探究・発表に至るプロセスを半期に3回サイクル繰り返すことにより、学生のプレゼンテーション能力に著しい向上がみられた。本報告では、この化学実験における新しい創成教育の導入方法や実施効果、学生への達成度評価のアンケート結果について報告する。

2. 無機系化学実験の実施方法

2.1 全体の実施計画

化学コースのカリキュラムでは、3年次の専門課程における化学実験として物質化学工学実験I-IVが通年で週3日設けられている。一学年55名前後の学生は2グループに分かれ、無機系化学実験と有機系化学実験を前期、後期に交互に受講する。無機系化学実験は、3分野の実験科目「物理化学実験」、「無機化学実験」、「分析化学実験」から構成されており、各15回、

平成16年10月1日受付

^{*1} 金沢大学大学院自然科学研究科

半期45日間かけて順に実施する(図1)。受講者は30名弱で、各科目では学生が3～4名のグループに分かれて、それぞれの分野の基礎的な実験技術を実習する。

2. 2 実験の構成と目標

2004年度に実施した概略を以下に示す。

(1) 物理化学実験(図2)

(a) 創成科目としての教育目標

実験内容・結果を客観的に評価し、効果的なプレゼンテーションとしてまとめる技法を学ぶ。

(b) 実験テーマ

- 1) 界面活性剤水溶液の表面張力測定と表面過剰濃度、吸着断面積の決定
- 2) 溶液の密度測定と部分モル体積の決定
- 3) 各種溶液の凝固点降下の測定と溶質の分子量・会合定数・解離度の決定
- 4) 水及びシクロヘキササンへの安息香酸の分配量の決定
- 5) pH滴定によるアミノ酸の酸解離平衡定数の決定
- 6) 界面活性剤水溶液の電気伝導度測定と臨界ミセル濃度の決定

(c) 実施方法

物理化学に関する二つの実験テーマが各グループに割り当てられる。学生は、グループ毎に実験計画を立案し計画書を提出して、教員とディスカッションを行う。次に、課題実験を遂行し、レポートを提出する。実験終了後、プレゼンテーションに関する講義・指導を受け、発表の技法やツールの使用方法を学ぶ。最後に、担当した課題実験の内容・結果に関して文献等で

図1 3年次前期における無機系化学実験のスケジュールと課題探究に係わる項目

図2 物理化学実験のカリキュラム

調査を行い、最終日に発表する。

(2) 無機化学実験(図3)

(a) 創成科目としての教育目標

実験結果から新たな課題を発掘し、課題解決のための計画立案・実験・探究する手法を学ぶ。

(b) 実験テーマ(テーマI/テーマII)

- 1) 溶液抽出法による12ウォルフラモ珪酸の合成/ダニエル電池
- 2) 塩化トリス(エチレンジアミン)コバルトの合成/酸化チタン電極による水素発生光電池
- 3) トリス(オキサラト)コバルト酸カリウムの合成/鉄の腐食と不動態化
- 4) ジクロロビス(エチレンジアミン)コバルトの合成/難溶性塩の溶解度積の決定
- 5) トリス(オキサラト)コバルト酸カリウムの合成/吸光光度法による酸解離定数の決定

(c) 実施方法

学生は、無機化学に関する実験テーマI、IIを実習する。各グループは実験結果を考察しレポートを作成するとともに、その作業を通して疑問点や新たな課題を発掘する。次に、テーマI又はIIで行った実験を自らアレンジして、レポート作成時に生じた疑問点を解決するオリジナル実験を計画立案・遂行する。最終日にオリジナル実験の成果を発表する。

(3) 分析化学実験(図4)

(a) 創成科目としての教育目標

課題を自ら発掘して、課題探究する手法を学ぶ。

(b) 実験テーマ

図3 無機化学実験のカリキュラム

図4 分析化学実験のカリキュラム

- 1) ジメチルグリオキシムによるNiの重量分析とフェライト法による重金属の分離除去
- 2) 容量分析による硬度及びCODの滴定
- 3) Feの吸光光度分析と錯体組成比の決定
- 4) 溶媒抽出/原子吸光法によるFe, Mnの定量

(c) 実施方法

第一回目に、分析化学実験で実習する実験テーマを講義し、分析可能な化学成分を周知する。各グループは、身近な環境や化学製品の中から分析対象を自ら発掘し、探究する計画を組み立てる。実験テーマにおいては、分析手法の基礎操作を実習するとともに、始めに設定した分析対象を未知試料として化学成分を分析する。すべての実習が終了した後に、化学分析の結果に基づいて考察・調査を行い、探究した成果を最終日に発表する。

2. 3 実験指導と単位評価

無機系化学実験の開始時には、全体の内容説明を行って、講義の目的や創成教育としての達成目標、実施方法を十分に説明した。実験指導については、教員・TAは、基礎的な知識や技術についてはしっかり教えるが、課題探究の過程については考え方を重視し、間違った答えも初めから指摘せずにレポートの提出・添削を繰り返して指導するよう心掛けた。また、各実験科目で最終日に行う発表は、PowerPointを用いたプロジェクターによるプレゼンテーションに統一した。

単位評価に関しては、教育目標に応じて各実験科目で異なる方法を採用した。例えば、分析化学実験では、実験計画、実験態度（技術の習得状況）、最終レポート、プレゼンテーションを総合して成績評価を行い、プレゼンテーションについては発表会に参加した教員、TA、履修学生全員を評価者として採点を集計した。また、学生には、グループ活動に対する貢献度を百分率で自己評価させた。さらに、3つの実験科目を通した達成度評価として、無機系化学実験の開始と終了時に計2回の自己評価アンケートを実施した。

3. 実施結果

3. 1 教育効果

実験科目に創成教育の手法を導入したことにに関して学生にアンケートを実施した結果、肯定的な意見がほとんどで否定的な意見は1, 2件であった。特に、課題探究のプロセスについては、「面白い」、「やや面白い」と回答する学生が55名中39名で、創成教育の導入が学習意欲の向上に結びついていることが推察される。

学習効果については、特に、課題探究に関する能力の向上が3回のプレゼンテーションやレポートの完成度から一目瞭然であった。個々のグループをみると成長の度合いにバラツキはあるが、全体の傾向をみると、レポートにおけるデータの取り扱いや実験結果に関する

考察、プレゼンテーションの技法、資料作成等に関して、実験科目を重ねる毎に改善された。一方、本カリキュラムでは課題探究型の教育導入に伴う実験時間の減少を抑えることができたことから、学生は基本的な実験技術についても十分な実習の中で体験できた。

3. 2 達成度評価

本科目では、教育効果の定量的な指標として、2002年度前期から学生へのアンケートを基本にした達成度評価を実施している。記入項目は、1) 課題設定能力、2) 問題解決能力、3) グループ適応能力、4) 文章作成能力、5) 説明能力、6) 発表の技法、の6項目で、レベル1を初學者、レベル5を博士課程修了者クラスとして設問レベルを設定した。2002年度前期から2004年度後期にかけて行った達成度評価アンケートの全データを平均した結果を図5に示す。創成教育に関する全ての項目について、無機系化学実験実施前と比べると実施後は向上しており、学生自身が自らの成長を実感していることが確認できた。

次に、前期及び後期に無機系化学実験を受講した学生の達成度評価を比較すると(図6)、前期よりも後期の受講者の方が実施前の能力が有意に高い傾向があった。後期の受講者は、既に前期に有機系化学実験を受講済みのため、課題探究に関する能力についてある程度の実力が身に付いていたと考えられる。一方、図6において、前期、後期の受講者ともに、受講後はすべての項目についてレベル3前後のほぼ同じ到達点に達した。このように実施前の能力に差があっても実施後の到達レベルが一定になる傾向は、各年度の受講生を比較しても同様であった(図7)。到達レベルが一定のレベルを越えないことは残念であるが、無機系化学実験が3年次に専門科目の基礎技術を身に付けることを主要な課題にしていることを考えると、この学年における目的は十分に達成していると考えている。

図5 無機系化学実験における学生の達成度評価
(2002年度前期 - 2004年度前期)

1) 実施前

2) 実施後

図6 前期及び後期に受講した学生の達成度評価の比較 (2002 - 2003年度)

1) 実施前

2) 実施後

図7 各年度前期に受講した学生の達成度評価の比較 (2002 - 2004年度)

4. おわりに

本コース無機系化学実験で実施している3年次創成科目について、取り組みの手法と成果について述べた。実験科目に創成教育の手法を導入して授業方法の改善を続けた結果、現在はほぼ完成した科目形態を確立できたと考えている。課題探究の教育目標を複数の実験科目に分散させるというアイデアは、当初は学生の実験技術の修得が疎かになるなどの負担を最小限に抑えることが目的であった。しかし、結果として課題探究に取り組む時間や実施回数が増加したことから、学生は課題探究の取り組みについても失敗と成功を繰り返す経験を十分積むことができている。

現在の課題としては、課題探究型の講義科目が充実するにつれて、創成教育に対する「学生の慣れ」が生じつつある点が挙げられる。また、大学教育への社会の要請はそれほど遠くない未来においても変化すると予想される。継続的な授業改善活動を通して、常に最先端の教育システムを目指す必要がある。

謝 辞

本研究の一部は、科研費特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」(課題番号15020225)及びクリタ水・環境科学振興財団の助成研究であることを付記し、この場を借りて感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 新しい工学教育を考える検討委員会：金沢大学工学部版教師必携 (2001)
- 2) 金沢大学工学部物質化学工学科化学コース：同FD研修会資料集 (2004)

著 者 紹 介

長谷川 浩
1993年 京都大学大学院理学研究科修士課程化学専攻修了
同 高知大学理学部助手
1997年 京都大学化学研究所助手
2000年 金沢大学工学部講師
2002年 金沢大学工学部助教授
(現在に至る)
E-mail: hhiroshi@t.kanazawa-u.ac.jp