大学一年次化学実験授業における教養教育について

アトラクション、推薦図書紹介等の導入

大橋　一隆

要旨

大学１年生を対象とする化学実験授業において、教養教育のための各種工夫を行った実践報告である。目的としては、視野の拡大、モチベーションの維持向上、講義における集中力の持続などである。授業における工夫の例として、先端科学の紹介などのトピックス、推薦図書の紹介、化学とは何か、化学実験で身につけて欲しいこと等である。これらの一部に関しては、効果を評価するためのアンケート調査も行った

※各種工夫の例については、発表時に若干の変更をしたため、以下の原稿では発表時のものに対応させてある。

目的と動機

大学１年生を対象とする化学実験授業において、教養教育のために、アトラクション、推薦図書紹介等の各種工夫を行った目的と動機は、①もし、自分が学生であったならば、是非受講してみたい授業にしたかった、②「なぜ、化学実験を学ぶのか？」という筆者の学生時代からの疑問に対する回答への試み、③「化学」という学問を内面的に位置づけための手掛かりの示唆、④実験の内容を超えて、各自の世界をひろげる契機としてほしい 、⑤授業を通じて、実験の内容ばかりではなく、安全第一などや学生生活に役に立つノウハウを身につけて欲しい、の５点である。（参考文献１、２）

背景　電通大化学実験の方式

電気通信大学での１年次化学実験は、基礎科学実験 B（化学実験）に対応する。基礎科学実験 A（物理実験）と共に、学部一年生を対象した全学共通の必修科目である。前期または後期の半期完結で、全１４回の授業となる。第１回目がガイダンス、第２回目～第７回目、第９回～第１４回が１２テーマの実験実習授業、第８回目が学生代表による発表会となる。成績評価は、全 12 通のレポートの評点、出席点などを基本として算出する。

実験実習授業のテーマ（括弧内略号）は、中和滴定（ｐH）、エステルの加水分解反応速度（反応速度）、定性分析（定性）、計算化学による温室効果ガスの評価（計算化学）、アスピリンの合成（アスピリン）、赤外吸収スペクトル（赤外）、デュマ法による分子量測定（分子量）、ダニエル電池の起電力測定（電池）、コロイド（コロイド）、吸光光度法による鉄の定量（比色）、紫外可視吸収スペクトルと分子軌道（MO）、カフェインの抽出と紫外吸収スペクトル（カフェイン）となる。（参考文献３）

同一日時に、同一テーマを全員で実施するのは、極めて効率が良くないので、曜日ごとのクラス約１２０名を、約２４名程度の班に分け、順番にローテーションする。第２回目～第７回目の前半、第９回～第１４回の後半それぞれのテーマ６つで実施し、前半の第７回目終了後ただちに、後半のテーマの実験器具に入れ替えるようにして、最適化を行っている。クラスは、５班あるので、１回の授業では同時に５つのテーマを実施するかたちとなる。テーマ毎に担当教員が決まっており、実験授業の実施指導、レポート採点を行う。なお、実施されないテーマの担当教員は抜け番となり、採点もしくは休みとなる。

実際の授業の流れとしては、最初の１０分間に出欠を兼ねた小テストを行う。ついで担当教員による実験の説明講義が約３０分、その後、実験実習となる。実験実習終了後、実験ノートおよび後片付け状況をチェックし、ノートに検印を押し、レポートの表紙を渡して、授業終了となる。

教養教育の実践例、すなわち本発表での各種工夫としては、Ⅰ．化学とは何か、Ⅱ．化学実験で身につけて欲しいこと、Ⅲ．アトラクション（先端科学の紹介などのトピックス）、Ⅳ．推薦図書の紹介、の４つであり、実験の説明講義約３０分に１０分程度追加して行ったものである。最初の１巡目の授業では、ミニガイダンスとして、Ⅰ、Ⅱ、Ⅳについて実施した。なお、実験テーマ MO での場合、時間的余裕があるので、２０分程の追加とし、Ⅲを中心として「放射光」に関するトピックスで実施した。

教養教育の実践例

Ⅰ．化学とは何か

教科書（実験書）の全体的な理解を深めてもらうために実施した。化学という学問の本質「分子や原子の離合集散、およびこれに伴うエネルギー変化や電子状態の変化」を前提として、化学の３本柱（①合成、②分離、③分析）を通じて、教科書の全体的な理解を目指した。

背景としては、教科書のレベルが高いことにあった。日本の大学の教養レベルの化学実験では、最難易度に属するものかと思われた。化学を専門とする学部、例えば理学部・化学科といったような学部で行うような実験の全てを圧縮して、まとめたような内容であった。おそらく、電通大の事情が関係しているものかと推測された。電通大の場合、２年生以上になると、一部の学科を除けば、ほとんどの学科で化学関係の科目の履修はない。そのため、編纂された先生方の親心から、学部で学ぶ化学実験の全てを詰め込んだような内容になったと思われた。

このため、ほとんどの学生が全体的な理解が出来ていないのが現状であった。この点は、講義時に、「教科書の全体的なイメージをつかんでいるかどうか」といった内容の質問をし、挙手する形で確認をした。

教科書のレベルのギャップを埋めるために、化学とは何か？という内容のコンテンツを入れることにした。

まず、化学とは何かという、問いかけに対して、ほとんどの学生は回答できないのが現状であった。原因としては、高校教科書にはほとんど書いていないし、考えたことも無いというのがその理由かと思われた。

「分子や原子の離合集散、およびこれに伴うエネルギー変化や電子状態の変化」を取り扱うのが、化学という学問の本質である。これは、伝説と言われた大西憲昇の化学の授業（参考文献４）をもとに再構成した。

これだけでは、教科書のレベルのギャップを埋めるための情報はまだ不足しているため、化学の把握の仕方として、化学の３本柱をキーワードとして導入した。（参考文献５）これは、工業化学的見地から化学をとらえたもので、①合成：目的物を作る、②分離：目的物を取出す、濃縮、③分析：目的物の確認、検査の３つからなる。教科書の全１２テーマは、必ずこれらの①～③に当てはまる。ただし、計算機によるシミュレーションのテーマ（計算化学、MO）は例外となるため、どのように考えれば良いか？という点を宿題として考えるように説明した。

Ⅱ．化学実験で身につけて欲しいこと　授業を通じて身につけてほしいこと

筆者の学生時代からの疑問である「なぜ、化学実験を学ぶのか？」に対する回答として、実践したものである。化学実験を学ぶ意味としては、「将来の職業訓練」、「理論（概念？）と実験（自然の姿、観察）の違いを学ぶ」、「先人の科学者の追体験をする」、「研究室での研究実験と授業での実験の比較について学ぶ」などが考えられるが、なぜか本当に納得できず、長い間考え続けてきた。

化学実験を通じて、身につくものは多いが、意識的に行うことにより、その効果は増加するものと思われる。

次の５点について、①みずから考えること、②安全第一、③センスの養成、④楽しみながら学ぶ、⑤聞き上手（情報処理）ふれ、特に、①、②、⑤について強調した。

「みずから考えること」は、ドイツの哲学者ショーペンハウエルの邦訳書「みずから考えること」（石井正訳、角川文庫１９６６年刊）にちなんだものである。この世の中が、考える材料で満ち溢れており、その例として、みずから考えるための手掛かりとして、「受験勉強は、君たちの人生にとって、どんな意味を持っているのか？」という例を挙げ、受験勉強の活用について解説した。この質問に対しては、ほとんどの学生は考えてみたことがないのが現状で、「入試の合格発表以後、受験勉強は、君たちの人生にとって、どんな意味を持っていたのか、考えてみた人は？」という質問に対しては、ほとんど回答なしの状態であることから、現状が伺えた。

受験勉強の活用方法のノウハウ例として、受験参考書、図録、便覧の活用法を紹介した。これらを百科事典として活用、情報源として活用できることを具体例で説明した。たとえば、著名な受験参考書である化学の新研究（参考文献６）には、授業での実験テーマに対応した内容が豊富に掲載されている。他の科目でも、大学院入試や公務員試験などの対策、読書、映画の鑑賞、テレビの理解などに活用でき、一生使える点にも言及した。

「安全第一」は、一番強調した点であり、実験授業時でのバーナー、薬品や器具の取扱、廃液の処理方法などはもちろん、登下校時をはじめ生活全般どこでも役立つことを具体的に説明した。

「センスの養成、直感、勘」は、教科書には書かれていないが、科学や技術でも重要あることを簡単にふれた。教科書に書かれていない理由としては、教えることが出来ないからだと思われる。

「楽しみながら学ぶ」は、実験書にある高校化学関連のテーマへの注意点である。単なる復習ではなく、実際の現象の観察を通じて、教科書の内容との差異や実験の困難さなどを考えながら学んでほしい点を強調した。

「聴き上手（情報処理）」は、人の話を聞くことが人間関係全般に役立ち、人生を向上させる可能性にもふれた。

Ⅲ．アトラクション（先端科学の紹介などのトピックス）

実験テーマと関連ある先端科学などのトピックスを紹介することにより、内容の理解の深化と視野の拡大を目的として実施した。当初は、先端科学などのトピックスという題名であったが、アトラクションという名称に変更した。これは、楽しいイメージをもってもらうことにより、授業効果を高めることが狙いである。

これまでの先端科学などのトピックス（アトラクション）の例としては、「定性」では、マリー・キュリーの実験（東大入試問題より引用）、「全テーマ」では、２＋２＝５（オーウェルの小説「１９８４」より）、オイラーの

公式、「MO」では、放射光、加速器科学などをあつかった。

本発表では、「MO」で実施した放射光についてのアトラクションの詳細を報告した。「MO」での実質的な実験時間は２時間程度なので、講義に１時間を割り当てることが可能である。ただし、学生の集中力を考慮し、３０分の講義を２回に分割して実施した。気分転換も兼ねて、アトラクションは２回目の初めに行った。

アトラクションでは、導入として、クイズを使用した。「はやぶさ」に関連があるものを選択せよという設問で、選択肢は、東北新幹線、ブルートレイン、隼、猛禽類、小惑星イトカワ、微粒子、惑星探査機の７つである。いずれも正解になり得るということを説明し、小惑星イトカワ、微粒子、惑星探査機に関係する話として、惑星探査機はやぶさの持ち帰った微粒子の分析に関する例をあげた。この微粒子は、貴重なサンプルなので、破壊することなく分析できる方法が望ましく、放射光と呼ばれるレーザー光に近い強力なＸ線光源を使ことにより、実現可能であること、実際に高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所のプロジェクトとして実際に進行中である点を説明した。原理としては、Ｘ線でのスペクトル測定により元素や構造などの物質情報が得られることにもふれ、実験テーマとの連続性を考慮した。授業では、詳細な内容に立ち入ることが出来ないため、関連書籍（前述のプロジェクトの URL）について紹介した。関連書籍は、はやぶさプロジェクトに関するものとしては、「はやぶさ、吉田武、幻冬舎 2006」、「URL；はやぶさ微粒子分析プロジェクト http://hayabusa.kek.jp/」、放射光関係のものとしては、「放射光が解き明かす驚異のナノ世界、日本放射光学会編、講談社ブルーバックス　2011」、「放射光科学入門　改訂版、東北大学出版局 2010」。分光学の書籍としては、“Symmetry and Spectroscopy” Harris 著をあげ、出版元「DOVER」の簡単な紹介もした。名著を廉価で発売する有名な出版社であり、この専門書籍（560 頁）の場合、約 2000 円で購入可能であることにもふれた。

アトラクションの授業効果を評価するために、アンケートを実施した。2014 年度分の回答数は、受講学生全員の７４６名分であった。設問「アトラクションが必要かどうか？」については、必要２８５、わからない３７７、不必要８２、無回答２となった。問題点としては、回答「わからない」がほぼ半数になったことであり、自分で物事を判断するのが苦手な証拠かと思われた。設問「アトラクションの感想について」は、興味深い８１、やや興味深い２７２、ふつう３２９、あまり面白くない４４、全く面白くない１１となった。内容的には、概ね成功だったかと思われた。過去の３年分（２０１２年度～２０１４年度）でも、大体毎年同様な傾向であった。

Ⅳ．推薦図書の紹介

講義では、学習に役立つ本として、化学、物理数学、機器分析の推薦図書を紹介した。本発表では、詳細については割愛したが、書目等を挙げておく。「はじめての構造化学、細矢治夫、オーム社 2013」、「化学の基礎、中川徹夫　化学同人 2010」、「物理数学の直観的方法、長沼伸一郎、講談社ブルーバックス 2011」、「これなら分かる応用数学教室、金谷健一、共立出版 2003」、「独習独解　物理で使う数学、R. Snieder 著・井川 俊彦訳、共立出版 2012」、「ベーシック機器分析化学、日本分析化学会、化学同人 2008」、などである。

まとめと今後の方針

まとめとして、アトラクションについての評価結果を中心にした。アトラクションが興味深く受け止められていることが判明した。必要性は、約１／３の賛成を得ることが出来た反面、「わからない」との回答が半数を占めた。学生からのポジティブな意見が多く、継続の意義はあるかと思われる。自由記述欄に「ただ単に実験をやるよりも、その分野の周辺のおもしろい話を聞くことによって教養がたくわえられる。大橋先生のアトラクションのおかげで実験が楽しくなります。」「他の授業では聞けない興味深い話が聞けて良かった。」などの意見があった。

今後の方針としては、授業を通じて次世代へ本質的なものを手渡せることが出来るようにする、目先にとわられず一生役立つような思考方法、知識の獲得方法を伝えることを中心に教育の可能性を追求していくことである。

参考文献

1) 教育現場における最高の実りを求めて（全４回）　大橋一隆
智のシンポジウム 論文集, 第２回 p.63, 2009 , 第３回, p.23, 2010, 第４回, p.53, 2011 ,
第５回 , p.45, 2012　全て、東大で開催
2) 日本化学会、日本理科教育会、放射光学会等の発表　大橋一隆
3) 基礎科学実験 B（化学実験）最新版　電通大　2014 共立出版
4) 大西憲昇　有機化学特講　1982　玄文社
5) 大橋一隆　博士論文書籍化 ISBN:978-4-903732-01-05(PDF), ISBN:978-4-903732-02-2(冊子体)
6) 化学の新研究　卜部吉庸　2013　三省堂