

報告

化学実験出張講義を通じた高大院連携教育の試み

南川慶二¹⁾ 安澤幹人¹⁾ 今田泰嗣¹⁾ 藤田眞吾²⁾
¹⁾徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 ²⁾徳島科学技術高校

(キーワード: 高大連携, 出張講義, 大学院教育, 化学実験, ティーチングアシスタント)

Cooperative education among high school, university and graduate school through chemistry laboratory class at senior high school

Keiji MINAGAWA¹⁾, Mikito YASUZAWA¹⁾, Yasushi IMADA¹⁾ and Shingo FUJITA²⁾

¹⁾ Institute of Technology and Science, The University of Tokushima

²⁾ Tokushima Prefectural Senior High School of Science and Technology

(Key words: high school-university cooperation, visiting lecture, graduate school education, chemistry laboratory class, teaching assistant)

1. 背景および目的

徳島大学工学部化学応用工学科では、化学実験を2年次後期になって初めて履修する。これは基礎知識を十分に習得させてから安全に実験を行うためであるが、意欲的な一部の学生からは、入学直後から実験を行いたいとの意見もしばしば聞かれる。1年次の少人数教育科目で簡単な実験を取り入れることも試みているが、初心者が実験を安全に行うためにはきめ細かい指導が必要であり、多数の学生を対象に行うことは難しい。実験等の科目では大学院生のティーチングアシスタント(TA)が指導者として加わるのが一般化しており、化学応用工学科では3年次の実験でTAが大きな役割を果たしている。TAに効果的な教育を行い能力を向上させることは、TA本人への教育効果に加えて、低学年への学生実験の拡大など学部教育の質の向上のためにも有効である。

一方で、初等中等教育と大学との連携に関する要請が高まっている。工学部では専門分野に直接関係する専門高校と連携して教育を行うことで、双方に様々な効果をもたらすことが期待される。これらを踏まえ、大学院生のTAから学部生、学部生から高校生への指導を効果的に行う仕組みを作り、教えることによる学びを活用して大学院生・学部生の能力を高めると同時に、高校生に化学の魅力を体験させ、学習意欲の喚起および進路選択に役立たせることを目的として、高大院連携による化学実験出張講義を実施した。この出張講

義では高校1年生を対象とした化学実験を企画し、学部生のTAが教員および大学院生と協力して高校生への指導を行った。実験の計画・準備から実践までTAが主体的に行い、TA自身の学習に役立つように配慮した。化学に関する基礎知識の乏しい高校1年生に対する指導の過程での学習効果および高大院連携化学実験の実施内容や方法を、TAの関わり方に着目して考察する。

出張講義は過去3年間の連携実績を持つ徳島県立科学技術高校で行った^{1,2)}。同高校の総合科学類は1年生終了時の環境系と情報系のコース選択で情報系に希望が偏る傾向にあった。これは環境系の主要科目である化学への興味が低いことが原因の一つと考えられる。化学実験を体験させることで興味を喚起すれば、幅広い進路選択に役立つことも期待される。

2. 出張講義の実施

徳島科学技術高校との事前打ち合わせにより、グループ分けと実験室の準備を行った。実験は1年生を4つの班に分けて4つの実験室で行った。各実験室では、学部生および大学院生のTAが協力して指導した。TAを担当する学部生には、できる限り事前に経験を持つ大学院生から実験テーマの説明や操作の指導方法を助言しながら準備にあたった。教員は大学院生・学部生TAに助言を与えつつ、効果的な説明・指導方法をTA自身が考えるように指導した。40分間で説明

から実施, 考察, 片付けまでの一通りの実験を体験させ, 生徒グループのローテーションにより, 同じ実験を異なるグループを対象に合計 4 回行った。実験内容を以下に示す¹⁾。

(1) 高分子凝集剤を利用した水質浄化: マグネタイトを含むポリグルタミン酸を用い, 水中の濁り成分を凝集させた後, 磁石で回収することによって水が浄化される様子を観察した。

(2) 振動反応: 反応溶液の色が周期的に変わる振動反応の一種であるブリッグス・ローシャー(BR)反応を行った。試薬の混合後, 攪拌しながら色の変化を観察した。

(3) 超親水性・撥水性表面: 基板表面を対水接触角 150°以上の超撥水性および 10°以下の超親水性に改質し, 接触角計を用いて測定を行った。

(4) ナイロンの合成: 油水界面で起こる重縮合反応でナイロンを合成した。

(5) プラスチック判別: 種々のプラスチック片を固さや比重, 燃え方, 炎色反応などの簡単な方法で判別した。(4, 5 は同じ実験室で実施。)

これらの実験は過去の出張講義等で実績があり, TA の数名は高校生を対象とした実験指導を経験している。必要に応じて教員も指導に参加したが, できる限り TA による説明・指導を優先させた。高校教員は, 各実験室を巡回して実験を見学し, 実施内容を確認するとともに, TA の指導についての評価を行った。

3. 結果と考察

出張講義を受けた感想を生徒および教員へのアンケートによって調査した。まず, 個々の実験の具体的な内容と生徒および教職員からの評価の傾向について述べる。

(1) 高分子凝集剤を利用した水質浄化: 図 1 左端の写真のような濁った水に高分子凝集剤(マグネタイトを含むポリグルタミン酸)を添加すると, 中央の写真のように濁り成分が凝集して一部が沈殿する。通常の方法では, 沈殿物をろ過することによって水を浄化するが, 凝集・沈殿物の状態によっては, ろ過に長時間を要することがある。今回の方法では磁石で数回攪拌するだけで容易に沈殿物を回収することができた。この実験で用

いた高分子凝集剤は, TA が所属する研究室で開発された新規材料であることを説明し, 大学での先端的研究の成果が活かされていることを理解してもらうように心がけた。



図 1 高分子凝集剤による水の浄化の様子

表 1 実験(1)の評価

実験(1) 高分子凝集剤	生徒	職員
1. とてもおもしろかった	29	3
2. おもしろかった	17	2
3. あまりおもしろくなかった	1	0
4. まったくおもしろくなかった	0	0

この実験の生徒および高校教職員へのアンケートによる評価を表 1 に示す。数字は, それぞれの項目を選択した人数である。今回の実験はすべて好評であり, どの実験も「とてもおもしろかった」を選んだ生徒が多数を占めた。その中でも, この高分子凝集剤による水の浄化は後に述べるプラスチック判別実験に次ぐ高得点であった。濁った水が瞬時に透明になるというわかりやすさと, 大学で研究開発された新材料を使ったという説明が高評価の主な原因と考えられる。

(2) 振動反応: 反応溶液の色が周期的に変わる振動反応の一種である BR 反応を行った。試薬は TA の助けを借りて, 生徒が自分で秤量して反応溶液を調製した。化学実験に慣れない生徒にとっては, さまざまな薬品を手にすること自体が新鮮な体験であったことが自由記述アンケートの感想からわかった。天秤で正確に薬品を秤量するという化学の基本的操作は, 教員や TA にとっては日常的なことであるが, このような多種類の薬品を扱うテーマは, 単純ながらも化学への興味を喚起するのに有効であると考えられる。溶液を調製した後, 攪拌しながら色の変化を観察した。図 2 に,

振動反応の周期をストップウォッチで計測している様子を示す。また、表 2 にはこの実験の評価を示す。実験(1)と比較すると多少低めではあるが、それでも「とてもおもしろかった」と答えた生徒が過半数を占めた。



図 2 BR 反応の周期をストップウォッチで計測

表 2 実験(2)の評価

実験(2) BR 反応	生徒	職員
1. とてもおもしろかった	25	2
2. おもしろかった	21	2
3. あまりおもしろくなかった	1	1
4. まったくおもしろくなかった	0	0

(3) 超親水性・撥水性表面：基板表面を対水接触角 150° 以上の超撥水性および 10° 以下の超親水性に改質し、接触角計を用いて測定を行った。シャーレに水滴を落とすと、処理をしていない通常の表面では水滴が付着するが、超撥水性処理をした表面では水滴が転がる様子が観察される。この実験では、表面の性質の違いを、水のはじき方という直感的な方法で簡単に理解できる。一方、接触角計は、水滴を乗せた基板をカメラで撮影し、モニタ画面上で接触角を計測するものである。単純な装置であるが、モニタに表示された画像から簡単な操作で数値データを得ることができるのは、馴染みのない高校生にとっては興味を引くものであったと思われる。図 3 に超撥水性表面に水滴を落として観察している様子、表 3 に評価結果を示す。



図 3 超撥水性処理シャーレが水をはじく様子

表 3 実験(3)の評価

実験(3) 撥水性の実験	生徒	職員
1. とてもおもしろかった	23	2
2. おもしろかった	22	3
3. あまりおもしろくなかった	2	0
4. まったくおもしろくなかった	0	0

(4) ナイロンの合成：水と有機溶媒（ヘキサン）にそれぞれ所要量の試薬を溶解させて調製した 2 種類の溶液を準備した。これらの溶液を、順に時計皿に静かに注いで、油水界面で起こる縮合反応によって直ちに生成するナイロン膜をピンセットでつまみあげ、ガラス棒（試験管）に巻き取った。界面に生じる膜がナイロンであることを説明し、事前にホワイトボードに書いておいた構造式をノートに書きとらせるなどの方法で、まだ履修していない高分子化合物の化学式に触れさせた。合成したナイロンは、実際に使われている釣り糸やストッキングなどとは異なり、柔らかくてゴムのような弾力性を示す。実際に繊維やプラスチック材料として利用されるナイロンとの違いを説明した。

図 4 に、時計皿に入れた油水界面から生成するナイロンを引き上げて巻き取っている様子を示す。少量の液体から次々とひも状のナイロンが出てくるのは意外性があり、合成した物質を直ちに手に取って感触を確かめることができるため、人気の高いテーマである。今回の評価を表 4 に示す。予想通り評価は高かったが、実験(5)のプラス

チック判別や(1)の高分子凝集剤には及ばなかった。



図 4 時計皿の油水界面からナイロンを取り出す

表 4 実験(4)の評価

実験(4) ナイロンの合成	生徒	職員
1. とてもおもしろかった	26	3
2. おもしろかった	19	3
3. あまりおもしろくなかった	2	0
4. まったくおもしろくなかった	0	0

(5) プラスチック判別：汎用プラスチックであるポリエチレン(PE), ポリプロピレン(PP), ポリ塩化ビニル(PVC), ポリスチレン(PS), ポリエチレンテレフタレート(PET)の小片を準備し、固さや比重, 燃え方, 炎色反応などの簡単な方法で判別する実験を行った。例えば, PP は軽くて丈夫な容器として様々な用途に用いられているが, その性質は, 手で折り曲げて固さを比較したりビーカーの水に入れて浮くか沈むかを観察するといった簡単な方法で実感させることができる。軽い PP と比較して, 飲料ボトルに使われる PET は直ちに水に沈み, 食塩水でも同様に沈むこと, CD ケースなどに使われる PS は水に沈むが食塩水には浮くことから, これらのプラスチックの比重の大小が簡単に理解できる。また, 塩素を含む PVC は, 銅線とともにバーナーの火にかざすと, 生じた塩化銅の銅にもとづく炎色反応による鮮やかな青緑色の炎が見られる。このような色の変化は化学実験に興味を持たせるためには非常に有効

であり, 実際に一連のプラスチック判別実験の操作の中では特に興味を示す生徒が多かった。一方で, 炎の色が変わる原理を理解させるためには化学反応をわかりやすく説明する必要があるし, 限られた時間内で十分に理解させることは困難であった。図 5 に, バーナーでプラスチック小片に火をつけて観察している様子を示す。最近では理科の実験で火を使う機会が減ったためか, バーナーに火をつける段階で生徒によっては苦労したり珍しい体験に喜んだりという様々な反応を示した。



図 5 プラスチック小片の燃え方を観察

表 5 実験(5)の評価

実験(5) プラスチック判別	生徒	職員
1. とてもおもしろかった	31	2
2. おもしろかった	16	3
3. あまりおもしろくなかった	0	0
4. まったくおもしろくなかった	0	0

プラスチック判別実験の評価を表 5 に示す。意外なことに, 過去の実施では評価が一番低かったこの実験を, 今回最も多くの生徒が「とてもおもしろかった」と評価している。その原因の一つとして考えられるのは, 指導体制である。実施の都合上, この実験は(4)のナイロンの合成と同時進行で行ったため, 同じ実験室内に指導する TA の人数が多かった。さらに大学教員も積極的に助言を与え, 時には高校生に直接声をかけながら指導にあたったことも, 他の実験室のテーマとは異なる点である。以前の実施における TA の感想として, この実験は他と比べて物質の生成や色の変化と

いったはつきりと目に見える変化が少ない(多少はあるが)ことが不人気の原因であろうと考察していた。しかし、今回のアンケート結果からは、調査対象の違いは考慮すべきであるが、同じ実験内容でも評価が大きく変わることから内容だけでなく指導方法も生徒に大きな影響を与えることがわかった。

全体的な感想を4段階で評価した結果を表6に示す。全体には好評であったことが表れている。また、この出張講義によって科学(化学)に興味を持てたかを調査したところ、表7に示すように、「とても興味をもてた」「興味をもてた」が大半を占めた。

表6 全体的な感想の評価

出張講義を受けた感想	生徒	教員
1. とてもおもしろかった	28	4
2. おもしろかった	19	2
3. あまりおもしろくなかった	0	0
4. まったくおもしろくなかった	0	0

表7 興味についての調査結果

科学(化学)に興味をもてたか	生徒	職員
1. とても興味をもてた	23	2
2. 興味をもてた	22	4
3. あまり興味をもてなかった	1	0
4. まったく興味をもてなかった	0	0

今回実施した5つの実験は、どれもすべてが高校生の興味をひくものであったようである。特に評価が高かったプラスチック判別と高分子凝集剤の感想を例示する。

「同じプラスチックでも全く違う物質からできているものがあるのにびっくりした。燃え方も一つ一つ違って、楽しかった。」

「どの実験も将来の技術に役立つと思った。高分子凝集剤の技術を利用して、現在の水質浄化に役立ててほしいと思った。」

これらの実験では、身近なプラスチックと大学で開発された新材料という両極端な物質を扱っているが、実験結果に意外性がある点は共通して

いる。ほかの実験も含め、予想外の挙動が現れるのが興味の焦点となっているように思われる。それをどのように体験させ、理解させるかは工夫の余地がある。

そこで、今回の出張講義の良い点、悪い点について自由記述による回答のうち、TAに関係する意見・感想を検討した結果、いくつかの示唆が得られた。意見・感想の例を下記に示す。

(a) 説明の内容について

「はじめに珍しい器具の使い方を全員に説明してほしい。」

「どんなことに役立つかの説明がほしい。」

「説明が難しいところがあった。」

「事前指導をもっとしておけばよかった。」

「何を目標にその研究に取り組んでおられるのか、というところをもっとアピールして頂けたらありがたいと思います。それが生徒たちの興味・関心につながると思います。」

(b) 説明の技術的問題点について

「もう少し、大きな声で説明して頂けたらもっとよかった。」

「声が小さくて聞き取りにくい。」

「図が小さく見えにくかった。」

(c) 実施方法全般について

「もう少し実験する時間が確保できると、より充実した内容の実験ができる。」

「持参して頂いた器具には、最近の実験器具などがあり、新しいものを知ることができてよかった。」

高校教員による評価は、指導の内容については全般的に好評であったが、若干難しい部分があったようで、よりわかりやすい表現を用いたり図解を準備するなどの方法が必要であることがわかった。また、複数の教員から「説明時の声が小さい」というコメントが寄せられたことから、上記の内容も含め、プレゼンテーション能力を改善する必要があることがわかった。

今回実施した実験の一部については、TAの視点から見た実施内容や指導方法についての考察を行っており、その結果を改善につなげるフィードバックも試みている³⁾。高校教員によるコメントや高校生の率直な感想を元に、各TAが能力向

上に努めるとともに、各実験室でそれぞれ異なるテーマで高校生に直接接して指導を担当した TA 同士で意見を交換して改善策を提案することで、実験を通じた高大連携教育をより効果的に行うことができるかと期待される。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24501103 の助成を受けて行った。

参考文献

- 1) S. Kamitani *et al.*, A Senior High School Chemistry Laboratory Class Observed by University Students, *J. Eng. Edu. Res.*, **13**(5), 15-19, 2010.
- 2) M. Yasuzawa *et al.*, Production of Chemistry Laboratory Class for Senior High School Freshmen, *J. Eng. Edu. Res.*, **13**(5), 55-60, 2010.
- 3) 佐藤文彬・鳥羽威人・南川慶二・安澤幹人・今田泰嗣・藤田真吾：高校化学実験ティーチングアシスタントを通じた創造的学習と大院連携教育へのフィードバック，大学教育カンファレンス in 徳島，2012.12.