

【科学する心】の育成 ～身近なものを用いて家庭でもできる実験～

片山 裕美[†]・石橋 啓逸^{††}・西田中 多美子^{†††}・田中 義幸^{††††}

Cultivate a scientific mind !

～ Science experiments using common household items ～

Yumi KATAYAMA[†], Keiichi ISHIBASHI^{††}, Tamiko NISHITANAKA^{†††} and Yoshiyuki TANAKA^{††††}

ABSTRACT

Department of Chemistry, Center for Liberal Arts and Sciences, Hachinohe Institute of Technology has tried to conduct the introduction experiments using common household items in a short time. We challenged the experiments regarding detection error of volumetric pipette, quantitative analysis, neutralization reaction, synthesis of ethyl acetate, and colorimetric analysis. Through these experiments, it was designed for students to have first-hand knowledge of science in their daily life and generate some interests in learning. We also aimed to apply our lecture of chemical experiment to the field of active learning.

Key Words: Active learning, Introduction experiment, Science experiment,

キーワード: アクティブラーニング, 啐琢, 導入実験, 理科実験

1. はじめに

本来、実験科目は座学と比較して学生が主体的かつ能動的に取り組まなければ成立しないものである。しかしながら、それらの科目群についても、学生たちの学習意欲が十分でない場合が見受けられる。そこで、基礎教育研究センター化学教室は、従来の化学実験科目¹⁾に取り組む直

前に、短時間で実施できる導入実験を追加で実施し、これまで以上に学生の興味を呼び覚まし、学生の主体性を涵養することを目的とする取り組みを実施した。

これまでに、アクティブラーニングの重要性・有効性^{2,3)}が指摘されているが、実験科目においても、本稿のような導入実験を実施することにより、同様の効果が期待されている^{4,6)}。

2019年度は、導入実験として【科学する心】

Part 1 ~ Part 5 の5つの題材を試みた。どれも簡単な実験ではあるが、既製の実験本にはなく、オリジナルなものであり何回も予備実験を行い、今年度試行的に行ったものである。概略を次に示す。

Part 1 として「ホールピペットの検定」の

令和1年12月18日受付

[†] 工学部生命環境科学科・助教

^{††} 基礎教育研究センター化学教室・非常勤講師

^{†††} 基礎教育研究センター化学教室・技師

^{††††} 工学部生命環境科学科・教授

実験前に、本実験の導入として、本実験で使用する『電子温度計』を用いて、恐らく学生がこれまで余り考えなかったであろう温度変化を通じて驚きをもって考察することに主眼をおいた。

Part 2 として「定性分析」の実験前に、観察導入として、定性分析、即ち何が入っているかを、身近なものを用い、ビタミンC（アスコルビン酸）の確認（呈色反応）として、教卓実験を通じ、特に身近にあるジャガイモにもビタミンCが含まれていることを学生一人ひとりの目を通じ、感じとって欲しいものとして取り扱った。

Part 3 として「中和滴定」の実験前に、観察導入として、生卵と酢（酢酸）との反応を通じ、『反応』するということはどういうことなのか、また『指示薬』についての知見を広げ、さらには生卵を用いることにより、命の素晴らしさを伝えるとともに、昔から酢卵は健康維持のためにも重宝（飲用）されていることを伝えた。

Part 4 として「酢酸エチル」の実験前に、導入として『料理酒』を用い、加熱することで中に含まれているエタノールが気化し、火がつくことを驚きをもって確認することをねらい、また昔（薬が余りない時代）から伝えられている『卵酒』にも触れ興味を喚起した。

Part 5 として「比色分析」の実験前に、導入として、『色』について観察・確認を行い、特に12色相環を用いて補色などについて説明し、手術中の医師（医療関係者）の着衣や部屋の色は、なぜ青系の色のものを使用しているのかを考え、各人に配付したペーパーを用いて確認・納得することができるように努めた。

2. 取り組み内容

2.1 【科学する心】 Part 1

「ホールピペットの検定」における目的は、容量分析における測定値にはいろいろな原因による誤差を伴うが、その一つに容器表示による誤差がある。この「ホールピペットの検定」の実験では、中和滴定に使用する 10 mL ホールピペ



Fig. 1 体温が水に伝わることを確認

ットの容量に関する誤差を取り上げ、流出させた液量が表示の 10.00 mL の容量を示すかどうかの検定を行うものである。習得目標の一つとして液体（蒸留水）の温度変化による液体（蒸留水）の密度や液体（蒸留水）の容積の変化を理解することである。

このことについて最初の取りかかりとして、本実験において使用する電子温度計（各家庭にある料理用温度計でも可）を用い、200 mL ビーカー（コップ）の中に約150 mL の蒸留水を入れ、学生に手のひらでビーカーの側壁に触れてもらい、その触れている時間の経過とともに自分の体温が水に伝わり温度が上昇することを、自らの目で確認した (Fig. 1)。もちろん、蒸留水の体積や蒸留水の最初の温度、室温、触る学生の体温などを考慮しなければならないことではあるが、まず、ガラスを通じて温度が上昇し、熱が伝わることを自分の目（肌）で感じることができるよう努めた。本実験でホールピペットを扱う際において、ホールピペットのガラスを通してこんなにも体温が伝わることを認識し、それが実験誤差につながるため、必要最小限の箇所しか触れられないということを、理解することができる。

ある班においては、そのときの環境にもよるが、約1分間に約1℃も温度上昇をし、驚きの声が上がった。

2.2 【科学する心】 Part 2

「定性分析」（何が入っているか）の実験前

に、ビタミンC（アスコルビン酸）が入っているかどうかの確認（呈色反応）として各家庭で用いられているであろう、うがい薬『イソジン』を用い、次の①～④の4種の教卓実験を行った。

これは、イソジンの成分はポビドンヨード（ヨウ素そのものより人体や環境に優しい状態にしたもの）であり、これが水に溶けているときは、茶色い水溶液となっている。

ビタミンCが入っている溶液に、このヨウ素溶液を加えると、ヨウ素が還元されてヨウ素イオン（無色）になり、液の色は無色になる。

これは、酸化・還元が関わっているのだが、この場合は、これには深くは触れずに色の変化を通し、視覚に訴えるようにした。

本時は、何が入っているかという「定性分析」の導入とすることをねらいとする。

- ① 蒸留水にイソジン（うがい薬）4～5滴を加える (Fig. 2(a))。
- ② 市販のビタミンC錠剤（アスコルビン酸）を蒸留水に溶かし、その水溶液にイソジン（うがい薬）4～5滴を加える (Fig. 2(b))。
- ③ 蒸留水にレモンの絞り汁を入れ、イソジン（うがい薬）4～5滴を加える (Fig. 2(c))。
- ④ ジャガイモ（男爵イモ）を手でつぶし（ラップ使用）、蒸留水にその汁を加え、イ

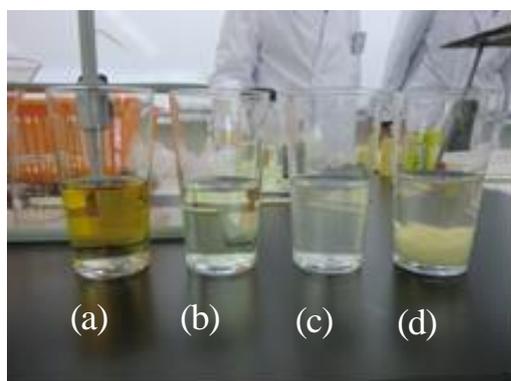


Fig. 2 ビタミン C の定性実験, (a) ポビドンヨード液のみ, (b) (a)+市販のビタミン C 錠剤, (c) (a)+レモン汁, (d) (a)+ジャガイモ

ソジン（うがい薬）4～5滴を加える (Fig. 2(d))。

ジャガイモは、男爵イモの加熱したものを用いたが、これは男爵イモの方がつぶしやすく、メークインの方はつぶしにくいということもあるからである。

市販のビタミンC錠剤（アスコルビン酸）を蒸留水に溶かす際は、ビタミンC錠剤はすぐには溶けないので、前日よりコップの中で溶かしておき、その上澄みを取り、透明なコップに入れた。なお、攪拌棒は、実験室にあるガラス棒ではなく、割り箸を使用した。

蒸留水にイソジン（うがい薬）4～5滴を加えると、イソジン（うがい薬）そのものの茶色となり、②、③、④の場合はビタミンCが入っているため、少し攪拌すると、ものが見事に茶色が消えて無色に変化した。

身近にあるジャガイモにもビタミンCが含まれていることに学生一人ひとりが目を見開き、驚きをもって観察した。ジャガイモはデンプンを含むため最初ヨウ素デンプン反応 (Fig. 3) が出現する（青変）が、しばらくすると無色透明に変化した。

また、家庭薬のヨードチンキも見せ、紹介した。



Fig. 3 ヨウ素デンプン反応（デンプンがあると溶液の色が青く変色する）

2.3 【科学する心】 Part 3

「中和滴定」の実験前に、観察導入として、次の(ア)～(ウ)の流れで興味・関心を喚起する。すべて家庭にあるコップ、皿、割り箸などを使用して行った。

(ア) 生卵の観察

卵は【卵殻(卵の殻)】・【卵殻膜(殻の内側についている薄い乳白色の膜)】・【卵黄(黄身)】・【卵白(白身)】の大きく4つに分けられること、また、日常で食す際に付いている白いヒモ状のもの「カラザ」は卵黄を卵の中心に固定する働きがあることを理解する。また、卵殻は多孔性に富み、外部から酸素を取り込み、胚の呼吸によって生じた二酸化炭素を放出できるようになっていること、粘性が高い卵白もカラザ同様、卵黄を卵の中心に固定する働きがあること、そして生命(ヒヨコ)の誕生の際の大切な栄養素となることなどを理解する。

次に、生卵を割り、これより卵黄のみを取りだし(ペットボトルを使用)、その際によく観察し、卵黄(黄身)・卵白(白身)部に分けた後、卵黄部の白っぽい小さい箇所注目し、これが胚盤であり、ここがヒヨコ(生命の誕生)になること、また、その他の部位についても重要な役割があることを伝えた。また、胚盤は卵黄や卵白から栄養を受け取り、育つことも伝えた。

一方、pH試験紙を用いて、卵黄(黄身)、卵白(白身)、全卵のpHを測定すると、卵黄(黄身)は、pH=6.2~6.6(弱酸性)、卵白(白身)は、pH=7.5~8.0(弱アルカリ性)、全卵は、pH=7.6~7.8(弱アルカリ性)になることを確認し、卵白(白身)は胚盤を雑菌から守る抗菌性があることも伝え、生命の誕生(命を守る)に素晴らしい働きをしていることを理解する。

また、この大切な【生命(いのち)】をいただくことから、心からごちそうさまでしたと【感謝】の気持ちが生まれることについても伝えることができる。

(イ) 生卵と酢(酢酸)との反応の観察

生卵と酢(酢酸)との反応を各人の目で確認し、『反応』するという事は、どういうことなのかを観察する。卵の殻(炭酸カルシウム)と酢(酢酸)との反応は遅いので、前日より準備[コップに酢(穀物酢使用)と生卵を入れたもの]し、実験当日一人ひとりじっくりと観察した。また、反応により、泡(気泡)が発生していることを目で確認した。

その反応式は、次に示す。



(ウ) 生卵を酢(酢酸)に1週間入れておいたものの観察

生卵を酢(穀物酢)に1週間入れておいたものを観察する(Fig. 4(a))。ほとんど卵殻が無い状態であり、それを取り出し学生一人ひとりに触れてもらい、プニプニ(プニプニ卵、スケルトン卵)していることを確認した。また、そのプニプニ卵を実験台に落とし、弾力があり弾むことも確認した。

一方、健康を維持するために、このプニプニ卵を酢の中にかき混ぜ、飲用することも昔から伝えられていることを知る。

(エ) 指示薬関連について

『指示薬』についての知見を広げ、主に紅茶を用いて色の変化を通し、わかりやすく教える。本時は、紅茶の中に含まれる色素が酸やアルカリによって変化することを「リトマス試験紙」を例に伝える。色の変化が顕著ではないが、「紅茶試験紙」なるものを作成したことがあることも伝え、さらに理解を深める。

紅茶はティーバッグ式の紅茶を使用し、紅茶は事前にガラス製の容器に準備しておく。その他、レモンを輪切りにしたもの、炭化した梅干しなどを準備する。

日常生活においては、アルカリ性食品や酸性食品という言葉が用いられているが、野菜や果実などは燃やした時に残った灰がアルカリ性を

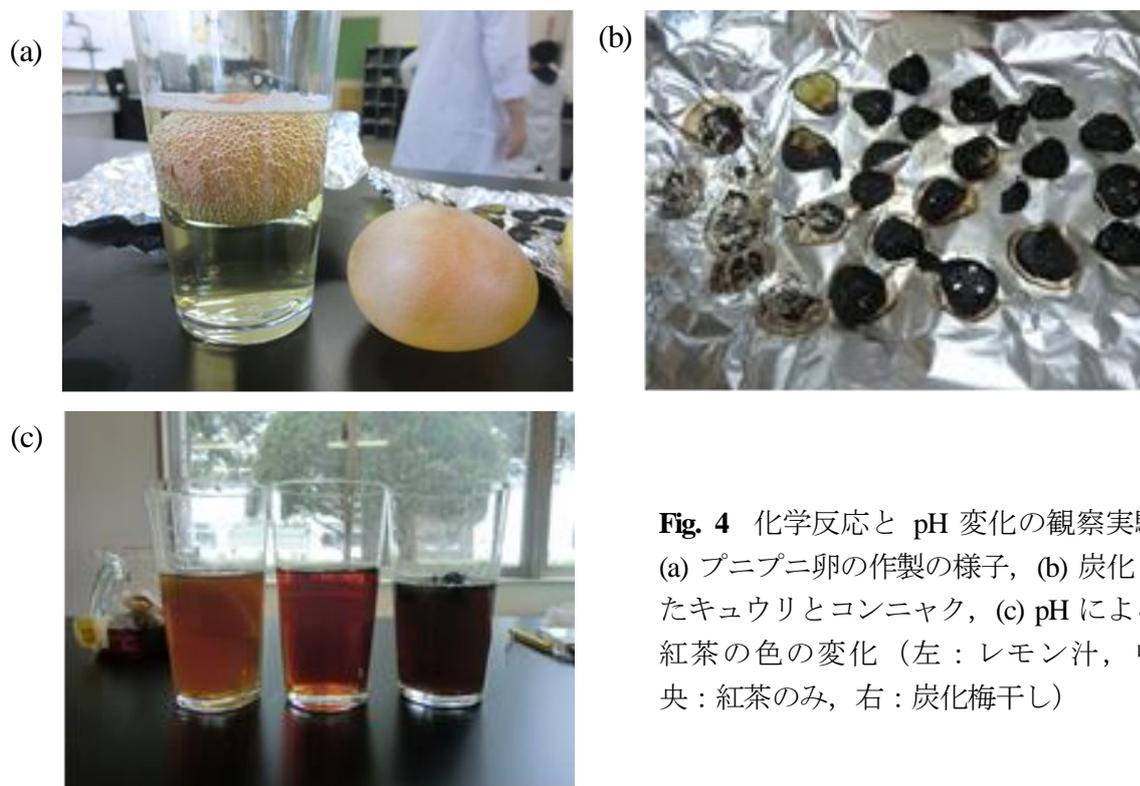


Fig. 4 化学反応と pH 変化の観察実験 (a) プニプニ卵の作製の様子, (b) 炭化したキュウリとコンニャク, (c) pH による紅茶の色の变化 (左: レモン汁, 中央: 紅茶のみ, 右: 炭化梅干し)

示すことから、梅干しはアルカリ性食品の代表であることを伝える。

次に、その内容を下記に示す。それぞれの色の变化を観察した。

- ① 紅茶のみの色を観察する。
- ② 紅茶にレモン汁を入れ、その色の变化を観察する。
- ③ 紅茶にレモン汁を入れ、その後、炭化した梅干しを入れその色の变化を観察する。炭化した梅干しの他に、炭化したキュウリやコンニャクも試みた (Fig. 4(b)) が、一番はっきりとした色の变化がみられたのは、炭化した梅干しであった。

この結果、①の色は、まさに紅茶色（茶褐色）であり、②はやや黄色みを帯び、③は①よりさらに黒みを帯びてくる事が確認できる (Fig. 4(c))。レモン汁は酸性であり、炭化した梅干しはアルカリ性である。

本時の「中和滴定」の実験において、中和滴

定曲線（pH 滴定曲線）を描く際、中和点(当量点)を求める時（pH 飛躍）の手がかりになる中和の指示薬の色の变化に関わりがあることになげたい。

2.4 【科学する心】 Part 4

「酢酸エチル」の実験前に、導入として『料理酒』を用い、それを加熱し液の表面に火をつけてみるとどうなるか（家庭で用いているチャッカマンを使用）を予測し、また、これにコヨリ状にした半紙を近づけるとどうなるかも併せて考えてみる。

最初に各家庭で用いていると思われる『料理酒』を雪平ナベ（持ち手が付いた日本でも代表的な和風ナベ）に入れて電気コンロで加熱し、タイミングをみてチャッカマンで火をつけ、近くでよく観察する。『料理酒』の中に含まれているエタノール（沸点は78.3℃）が気化し、火をつけると青白い炎を発生し、勢いよく燃え、これにコヨリ状にした半紙を近づけると瞬時に燃え上がることを確認した (Fig. 5)。この際、脇には燃

え上がっているコヨリ状の半紙を消火するための水をコップに入れておく必要がある。火がついたナベは、ただちに蛇口に移動し、水をかけ消火する。そのために、持ち手が付いた雪平ナベは適している。

また昔（薬が余りない時代）から伝えられている『卵酒』にも触れ興味を喚起する。この『卵酒』は、昔から体によいとされ、風邪などを治す際に、酒のアルコール分を除くため（子どもたちも飲めるようにする）にこの方法がとられたことを伝える。



Fig.5 料理酒中のエタノールが気化することを燃焼によって確認

2.5【科学する心】 Part 5

「比色分析」の実験前に、導入として『赤丸と青の描かれた2枚のペーパー』を準備し、学生一人ひとりに配付し行ったものである。本時の「比色分析」についての「色」について理解が少しでも深まればとの思いで実施した。

最初に手術中の医師(医療関係者)の着衣や部屋の色は、なぜ青系の色なのか？(血の色は赤色である)という質問を学生に投げかけ考えてもらう。その後、手作りの赤丸と青の描かれた2枚のペーパーおよび白紙を配付し、赤い丸の方を約30秒程度凝視し、隣に並べてある白紙の方に目を移すと、どのように見えるのかを体験・発表してもらった。続いて、同じように赤い丸の方を約30秒程度凝視し、今度は隣に並べてある青い方のペーパーに目を移すと、どのように見えるのかを体験・発表してもらった(Fig.6)。

最初に行った赤丸から白紙へ移動すると、赤色の補色である青緑色がチカチカと見える。この現象を補色残像現象(効果)というが、これを赤丸から青紙へ移動すると、チカチカが軽減または見えなくなった。このように、補色残像現象(効果)が起こることを説明し、医療関係者は残像が残れば目が慣れるまで手を止めなければならなくなり、手術中だと相当なストレスとなるため、着衣や部屋の色を青系の色にしていることを伝えた。

補色については12色相環を示し、赤の補色(反対)は青緑色であり、補色どおしを混ぜ合わせると、絵の具の場合は灰色となり、光の場合は白色となることを伝える。また、赤リンゴが赤く見えるのは、12色環において赤色の反対側の青緑色(波長が490~500ナノメートル)の光が吸収されるからであることを伝える。

これらのことを通し、身近な生活の中においてなにげなく見ていた「色」についての理解が少しでも深まればよいと考える。



Fig.6 補色残像現象の体験の様子

3. おわりに

今年度、試行的に通常のテーマごとの実験の前に、【科学する心】Part 1~Part 5の5つの題材を用いて各実験の導入部として試みたところ、どれも簡単な実験ではあるものの、この簡単な実験にこそ、これまで気づいていなかったこと

に驚き、学生一人ひとりに潜在している興味・関心を引き出す【カギ】が存在しているのではなかろうかとの思いのもと実施することができた。また、これらの実験は既製の実験本ではなく、全くオリジナルなものであり、何回も予備実験を行ったものである。導入部として5つの題材を用いた場合、これまでの通常のテーマ実験に入った際に、そのとりつきは以前にもまして良いように感じられた。

何よりも、身近なものを用いて家庭でもできる実験を通し、受動的ではなく、能動的に考える目（科学する心）を少しでも育成することができ、アクティブラーニング（Active learning）につながったのではないかと思っている。

本大学は、工学部（機械工学科、電気電子工学科、土木建築工学科、システム情報工学科、生命環境科学科）および感性デザイン学部の2学部体制である。どの学部にも共通することであるが、生命（いのち）の大切さ、感謝の心など、【科学する心】の育成を通して、このことを養成することが肝要であると考えている。ヒヨコの誕生（いのちの誕生）は、まさに神秘的であり、「啐啄」という言葉があるが、トリのヒナが卵から生まれ出ようとするとき、殻の中から殻をつついて音をたてること、まさに「啐」であり、すかさず親鳥が外から殻をついばんで破ることまさに「啄」であり、それが同時に行われるということである。自分の力もさることながら、自分を取り巻く環境に感謝する心をもつことが、最も大切なことと考えている。

学生一人ひとりの能動的な学習【アクティブラーニング（Active learning）】の一助となることを願ってやまない。

謝 辞

本講義における実験課題、ならびに「科学する心」を涵養するための取り組みに積極的に取り組んでくれた受講生の皆に深い感謝の意を表

したい。彼らの今後の活躍に大いに期待して止まない。

参考文献

- 1) 小比類巻 孝幸, 鶴田 猛彦, 高橋 晋, 西田中多美子, 楽しく身につく化学実験 観察力、考察力、レポートの書き方, 木村書店, 2001
- 2) 今出敏彦, 青森県の工業教育におけるアクティブラーニングの実践-東日本大震災からの復興をデザインする, 八戸工業大学紀要, 36, pp.1-14, 2017
- 3) 田中義幸, アクティブラーニングとe-ラーニングの導入による基礎化学科目の活性化, 八戸工業大学紀要, 36, pp.205-209, 2017
- 4) 宮崎慶輔, 大嶋俊一, 谷田育宏, 奥下洋司, 笠森正人, 応用化学分野の大学初年次教育におけるミッション型PBLの導入とその教育効果の分析, 工学教育研究; KIT progress, 27, pp. 61-70, 2019
- 5) 坪庭徳久, 木村直広, 実験を通した主体的・対話的な授業の考察～金属と酸の反応から酸の価数と強弱を考える～, 大阪教育大学附属高等学校池田校舎研究紀要, 51, pp. 5-15, 2019
- 6) 後飯塚由香里, 化学発光～反応速度, 触媒の導入実験として～, 化学と教育, 64(3), pp. 136-138, 2016

要 旨

八戸工業大学基礎教育研究センター化学教室は、初年次教育として化学実験を通じて、学生がより化学に興味をもち、主体的に学ぶよう、5つの化学実験テーマについて導入実験を実施した。家庭にある一般的な商品や材料を使用し、家庭生活に特に密着した科学現象について体験し考察した。身近な科学現象を家庭で簡単に揃えることができるものを使用することで、学生が能動的に「科学する心」を育てることを目的とし、本学が推進しているアクティブラーニング（Active learning）につなげることを目指した。

キーワード:アクティブラーニング, 啐琢, 導入実験, 理科実験