

ジョイントカレッジで行った基礎的な理科実験実習と安全管理について

Basic and Safe Operation Training for Science Experiment in a School

木村 憲喜 中村 文子
KIMURA Noriyoshi NAKAMURA Fumiko
(和歌山大学教育学部化学教室)

[抄録]

近年、小中高等学校では理科の実験が不得意な教師が増え、授業で実践できないことが問題視されてきている。そこで、和歌山大学教育学部と和歌山県教育委員会との協同事業（ジョイントカレッジ事業）として、実験や観察を企画し実践する力を修得させるためのプログラム（科学教員養成コース）を2005年より新たに和歌山大学大学院教育学研究科に設けた。本稿では、2007年から行った科学教員養成コースの講義および実験内容を紹介する。

[abstract]

Recently, in primary schools and junior and senior high schools in Japan, the poor teachers at the experiment of science increase in number, and it has been a problem. With this problem, the program for making the power of planning and practicing experiment as a cooperative business of Wakayama University and Wakayama prefectural board of education newly began from 2005. In this paper, we introduce the lecture and experiment contents of the science teacher training program which were performed from 2007.

キーワード：理科実験、教材研究、環境教育、安全管理

1. はじめに

「ジョイントカレッジ」とは、和歌山大学教育学部と和歌山県教育委員会との協同事業で、2005年から開始された。今回、取り上げる内容は、和歌山大学大学院教育学研究科科学教員養成コースで行われた授業で、高い資質と能力をもった科学教員を養成することを目的としている。本稿では、2007年から行った化学分野の実験実習について紹介する。

本授業では、物質の三態や燃焼のメカニズム、気体の性質、イオンの性質などについての講義と実験実習を通し、小中高の基礎的な知識と応用を身に付ける。さらに、化学薬品に対する危険性や管理などについても実験実習を通して体験し、今後の指導に役立てることを目的とした。

2. 実験

講義内容：物質の三態とさまざまな化学反応について
(2007理科実験観察実習IB)

実験内容：(実施日：2007.12.25)

1-1. 凝固点降下の測定⁽¹⁾

1-2. ベローゾフ・ジャボチンスキー反応⁽²⁾

1-3. さまざまな環境によって色が変わる溶液(塩化コバルトを用いた実験)⁽³⁾

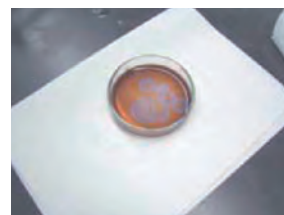
1-4. パックテスト^(4,5)

[実験の指導内容]

最初に、凝固点降下の実験において、中高等学校の教科書に紹介されている温度センサーとコンピューターを活用した実験^(1,6)を演示した。続いて、薬品や温度を変えることにより、さまざまな物質状態や色に変化する実験を体験した(実験風景)^(2,3)。最後に、簡易水質検査キット(共立理化化学研究所製パックテスト)⁽⁴⁾などを使い、身近な河川や水道水、雨水などの水質分析を行い、環境問題について討論した。



固体窒素の生成



ベローゾフ・ジャボチンスキー反応

本研究で用いたペローゾフ・ジャボチンスキー反応の実験方法⁽²⁾と塩化コバルトを用いた実験例⁽³⁾を以下に示す。

ペローゾフ・ジャボチンスキー反応⁽²⁾

シャーレに臭素酸ナトリウム水溶液 (12.5 g / 100 mL) 2 mL、臭化ナトリウム水溶液 (2.5 g / 100 mL) 1 mL、マロン酸水溶液 (2.5 g / 100 mL) 2 mL、3 mol/L 硫酸水溶液 (H₂SO₄ 17 mL / 100 mL) を順に加えた。混合物の色が最初黄色になるが、この黄色が完全に消えるまでしばらくシャーレをゆすって待った。その後、1、10-フェナントリン (1.35 g) と硫酸第一鉄 (0.7 g) の混合水溶液 (1.35 + 0.7 g / 100 mL) 1 mL を加えると、溶液の色が青色に変化し始めるので、シャーレをゆすって全体が青色になるようにした。この状態でしばらく溶液の色変化を観察した (10分程度)。

塩化コバルトの色変化⁽³⁾

塩化コバルト (II) 六水和物 0.3 g を 3 本の試験管に入れ、それぞれの試験管にエタノール、アセトン、水を加え溶かした。このとき、溶液の色は溶媒によって異なった。次に、エタノールあるいはアセトン溶液にスポイトあるいは駒込ピペットで水を少しずつ滴下すると溶液の色が徐々に変化した。

次に、塩化コバルト水溶液に濃塩酸を加えていくと、ピンク色から青色に徐々に変化した。さらに、温度を変えることによって、ピンク色⇄青色の色変化も観測された。

最後に、塩化コバルト水溶液を使って文字や絵を書き、描いたピンク色の文字や絵を、ドライヤーを使って青色に変化させた。

本講義で参考にした教科書の内容を以下に示す。

- I. 高等学校での取扱いについて
 - 化学II 気体、液体、固体⁽⁶⁾
 - 化学II 化学平衡⁽⁶⁾
- II. 中学校での取扱いについて
 - 1分野 (上) 水溶液の性質⁽⁷⁾
 - 1分野 (上) 物質の姿と状態変化⁽⁷⁾
 - 1分野 (下) 化学変化と原子・分子⁽⁷⁾
- III. 小学校での取扱いについて
 - 理科6 上水よう液の性質⁽⁸⁾
 - 理科5 下もののとけ方⁽⁹⁾
 - 理科4 下ものの温度とかさ⁽¹⁰⁾
 - 理科4 下もののあたたまり方⁽¹⁰⁾
 - 理科4 下水のすがた⁽¹⁰⁾

【主な実験器具および試薬】

凝固点降下の測定

島津理化器械社製温度センサーPS-2125

島津理化器械社製インターフェイスPS-2100

イオン交換水、食塩、氷

ペローゾフ・ジャボチンスキー反応⁽²⁾

シャーレ、ビーカー、濃硫酸、臭素酸ナトリウム (NaBrO₃)、マロン酸、臭化ナトリウム、1、10-フェナントリン、硫酸第一鉄、イオン交換水

塩化コバルトを用いた実験⁽³⁾

ガスバーナー、ビーカー、メスシリンダー、駒込ピペット、塩化コバルト (II)、濃塩酸、硝酸銀 (I)、イオン交換水

パックテスト^(4,5)

共立理化学研究所製パックテスト

pH、COD、塩化物イオン、全硬度など



実験風景 (2007)

講義内容：ものの燃え方と空気成分について
(2008理科実験観察実習IA)

実験内容：(実施日：2008.7.21)

- 2-1. ガラス細工⁽¹¹⁾
- 2-2. ろうそくの実験⁽⁸⁾
- 2-3. 酸素の性質⁽⁸⁾
- 2-4. 二酸化炭素の性質⁽⁸⁾

【実験の指導内容】

まず、ガラス細工用のガスバーナーを用いて、ガラス管の切断やL字管を作製した。加えて、攪拌棒なども製作した。次に、ろうそくの燃焼実験や酸素、二酸化炭素の性質について講義した。さらに、上記で作製したガラス器具を用いて実験装置を組み立て、二酸化マンガンと過酸化水素水から酸素を発生させた。また、市販されている入浴剤から二酸化炭素を発生させた。

本講義で参考にした教科書の内容を以下に示す。

- I. 高等学校での取扱いについて
 - 化学I 非金属元素⁽⁶⁾
- II. 中学校での取扱いについて
 - 1分野 (上) 身のまわりの物質とその性質⁽⁷⁾
- III. 小学校での取扱いについて
 - 理科6上 ものが燃えるとき⁽⁶⁾

[主な実験器具および試薬]

ガラス管、ガラス棒、ろうそく、線香、スチールウール、二連球、燃焼さじ、実験用ガス、スチロール丸型水槽、集気瓶、粘土、ガス検知管



実験風景（酸素の燃焼実験）（2008）

講義内容：電池の仕組み

（2009理科実験観察実習 I A）

実験内容：（実施日：2009. 8. 5）

3-1. 電池の仕組みの紹介と果物電池の実験^(6,7)

[実験の指導内容]

最初に、電池のしくみや市販されている電池の構造などを詳しく説明した。その後、身の回りにある果物やジュースを用いて電池を作製し、起電力などを測定した。得られた結果を表1-3に示す。なお、表中の金属電極間の距離はすべて2 cmとした。

表 1 小形(直径 5 cm)のみかんを使った電池の起電力

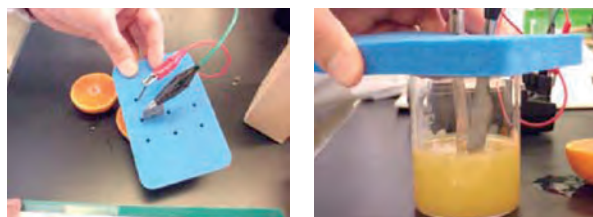
電 極	起電力/V
Zn-Pb	0.16
Zn-Ni	0.10
Fe-Pb	0.08
Fe-Ni	0.07
Zn-Fe	0.02

表 2 鉄 (Fe) -鉛 (Pb) の組み合わせで直列と並列に接続したみかん電池の起電力

電 極	起電力/V
直列	0.10
並列	0.195

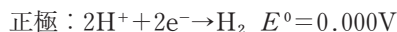
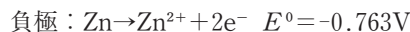
表 3 みかんジュースを使った電池の起電力 (みかんジュースの量は60mL/100mLピーカー)

電 極	起電力/V
Zn-Pb	0.50
Zn-Ni	0.40
Fe-Pb	0.40
Fe-Ni	0.20
Zn-Fe	0.09



市販のホルダーを用いた電極板の固定

一般に、果物電池における電極の反応は以下のようなイオン反応式で表されることが知られている。



この場合、水素イオンは電解質であるクエン酸などから供給される。例えば上記に記したZnとCuの組み合わせで電池を作れば、0.763Vの起電力が得られることになる。

本講義で参考にした教科書の内容を以下に示す。

I. 高等学校での取扱いについて

化学 I 酸化還元反応⁽⁶⁾

II. 中学校での取扱いについて

1分野 (上) 水溶液の性質⁽⁷⁾

1分野 (下) 化学変化とエネルギー⁽⁷⁾

[主な実験器具および試薬]

くだもの電池実験セット (NaRiKa社製)、果物 (レモン、みかんなど)、ジュース、イオン交換水



実験風景（レモン電池の作製）（2009）

講義内容：水の電気分解と燃料電池

（2009理科実験観察実習IB）

実験内容：（実施日：2009.12.25）

4-1. H型電解装置を用いた水の電気分解^(6,7)

4-2. プロトン交換膜を使った水の電気分解

4-3. 燃料電池による放電^(6,7)

4-4. 水素と酸素の性質^(6,7)

[実験の指導内容]

最初に、H型電解装置を用い、水を電気分解した。このとき電解質にアルカリ（水酸化ナトリウムなど）に

比べ危険性の少ない硫酸を使用した。次に、プロトン交換膜を用い、水を電気分解させた。プロトン交換膜を使うと電解質が必要なく簡単に水を電気分解できる。さらに、発生した水素ガスと酸素ガスを用いて燃料電池を作製した。最後に、水素ガスと酸素ガスを燃焼させることにより、それぞれの気体を確認した。

本講義で参考にした教科書の内容を以下に示す。

I. 高等学校での取扱いについて

化学 I 酸化還元反応⁽⁶⁾

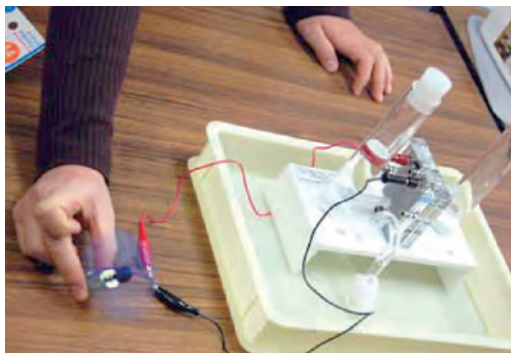
II. 中学校での取扱いについて

1 分野 (上) 水溶液の性質⁽⁷⁾

1 分野 (下) 化学変化とイオン⁽⁷⁾

【主な実験器具および試薬】

電気分解装置(ケニス社製VN)、水の電気分解装置(ケニス社製HK)、線香、濃硫酸、実験用ガス、イオン交換水



実験風景 (燃料電池の作製) (2009)

講義内容：酸とアルカリ

(2010理科実験観察実習 I A)

実験内容：(実施日：2010.8.3)

5-1. 指示薬を使った酸とアルカリの識別^(6,7,8)

5-2. アンモニアの噴水実験⁽⁷⁾

【実験の指導内容】

1 時間程度、酸とアルカリの基礎知識を説明し、その後マローブルーの色素を使って指示薬を作製した。



マローブルー色素とドライアイスの反応における水溶液の色調変化

次に、炭酸水素ナトリウム(重そう)を用いてアルカリ性の水溶液を準備し、上記の指示薬を加えた。このとき、水溶液の色は緑色となった。この水溶液にドライアイスを加えると、次第に水溶液の色が緑から紫、ピンク色に変化した。この実験から、水溶液が弱アルカリ性から中性、酸性へ変化することがわかった。

次に、さまざまな指示薬を使って、アンモニアの噴水実験を試みた。得られた結果を以下の表に示す。

表 4 噴水実験に使用した指示薬の色変化

指示薬	色の変化
フェノールフタレイン	無色→赤紫色
BTB	黄色→青色
マローブルー	うすい紫色→緑色
カレー粉	黄色→オレンジ色

I. 高等学校での取扱いについて

化学 I 酸と塩基⁽⁶⁾

II. 中学校での取扱いについて

1 分野 (上) 身のまわりの物質⁽⁷⁾

1 分野 (上) 水溶液の性質⁽⁷⁾

III. 小学校での取扱いについて

理科 6 上 水よう液の性質⁽⁸⁾

【主な実験器具および試薬】

鉄製スタンド、理科実験用ガスコンロ、アンモニア噴水実験セット(ケニス社製)、おもしろ試薬(ケニス社製)、紫キャベツパウダー、カレー粉、ドライアイス、炭酸水素ナトリウム、アンモニア水



実験風景 (アンモニアの噴水実験) (2010)

3. 安全管理について

本授業では、実験の他に薬品の正しい扱い方、特に強酸や強アルカリ性の試薬の薄め方、指示薬の調製、危険性などについて説明した。また、発生する気体の性質や捕集方法についても平易に講義した。さらに、MSDS (Material Safety Data Sheet) の利用方法なども紹介した。

本実践研究の一部は、文部科学省教員養成推進プログラム（教員養成GP）「県教委と大学によるジョイント・カレッジ」の補助を受けて実施したものである。

参考文献

- (1) 小川久美子, 岡本航大, 鈴木良朋, 木村憲喜, 和歌山大学教育学部紀要 (自然科学) 2010, 60, 37.
- (2) <http://www.chemistry.or.jp/edu/magic-dvd/chemical-05rhythm.html> (2011年2月現在).
- (3) 化学を楽しくする5分間, 新版, 日本化学会編, 化学同人, 1994.
- (4) 岡内完治, パックテストで環境しらべ, 合同出版, 2010.
- (5) 木村憲喜, 田中将彦, 鈴木良朋, 和歌山大学教育学部紀要 (自然科学) 2009, 59, 29.
- (6) 高等学校化学 I, II, 齋藤烈, 山本隆一編, 啓林館, 2010.
- (7) 新編新しい科学, 三浦登, 岡村定矩他, 東京書籍, 2006.
- (8) わくわく理科6, 吉川弘之他, 啓林館, 2005.
- (9) わくわく理科5, 吉川弘之他, 啓林館, 2005.
- (10) わくわく理科4, 吉川弘之他, 啓林館, 2005.
- (11) 続実験を安全に行うために, 新版, 化学同人編集部編, 化学同人, 1999.