

身近な素材を用いた中和反応に関する化学実験教材の開発
菅本 和寛¹⁾・金丸 慎太郎²⁾・三宅 琢磨²⁾・矢野 康之²⁾・熊川 大輔³⁾

Development of Teaching Materials on Neutralization Reaction Using Familiar Materials
Kazuhiro SUGAMOTO, Shintaro KANEMARU, Takuma MIYAKE, Yasuyuki YANO, and
Daisuke KUMAGAWA

要旨

「理科離れ」や「理科嫌い」を少なくすることを目的として、中和反応の体験型化学実験教材を開発した。炭酸水素ナトリウム(重曹)、クエン酸と水を用いた中和反応を利用して、風船を膨らます、フィルムケースを飛ばす実験を中学1年生に実施した。実験後のアンケート集計より全ての生徒がこの実験を楽しく実施できたことがわかった。今回実施した化学実験は、まだ中和反応を学習していない中学校低学年でも十分楽しめ、理科の好嫌を左右する可能性が高い「化学変化とイオン」と「酸・アルカリとイオン」を身近に感じることができ、理科嫌いを解消できる可能性を秘めていることが示された。

キーワード: 中和反応、教材、中学生、炭酸水素ナトリウム、クエン酸

Key Words: Neutralization Reaction, Teaching Material, Junior High School Student, Sodium Hydrogen Carbonate, Citric Acid

1. 序論

1980年代から「理科嫌い・理科離れ」という言葉が頻繁に使用されるようになり、長沼の総説では「理科離れ」を初等教育段階の児童(小学校)および中等教育段階の生徒(中高生)の「理科に対する関心の低下」と定義している¹⁾。TIMSS2019 理科教育の国際比較: 国際数学・理科教育動向調査によれば、特に中学生の47%が「理科は得意な科目でない」と回答している²⁾。原田らは、男女ともに中学1年生で理科の好嫌が減退する。中学3年生における理科の好嫌は「化学変化とイオン」と「酸・アルカリとイオン」の単元に中程度の偏相関がある。化学分野の学習内容は粒子の微視的な挙動を扱うためにイメージが持ちづらくなるが、こうした内容に面白さを見出せる子どもは「理科の勉強ができる」かどうかに関わらず、ある程度理科を好きでいられる傾向にあることが推察されると報告している³⁾。以上のことから、小学校第6学年時に「水溶液には酸性、アルカリ性および中性のものがある」ことを学習した中学校1年生が、中和反応のようなイオンによる化学変化の面白さを体験しておけば、理科の好嫌が減退することを防ぎ、中学3年生での中和やイオンを学習する際に理科が嫌いにならない可能性があると考えられる。中学校学習指導要領(平成29年度告示)解

¹⁾ 宮崎大学工学教育研究部工学科
(880-0930 宮崎市学園木花台西1-1, e-mail:sugamoto@cc.miyazaki-u.ac.jp)

²⁾ 宮崎大学工学部教育研究支援技術センター

³⁾ 宮崎学園中学校

説理科編では、酸とアルカリ、イオンへのなりやすさについての観察、実験などを行い、中和反応の仕組みについて微視的に捉えさせて理解させ、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせるとともに、思考力、判断力、表現力などを育成することをねらいとしている⁴⁾。中和に関する実験教材は多数報告されており、例えば、「かき氷用シロップを用いた酸・塩基指示薬の演示実験」⁵⁾、「酸性とアルカリ性の水溶液を混ぜる」⁶⁾、「クエン酸を用いた定量実験」⁷⁾などがあるが、中和反応を学習していない中学校低学年には少し難しい。炭酸水素ナトリウム（重曹）とクエン酸の中和反応を利用した「炭酸ロケットを飛ばそう」⁸⁾の報告例もあるが、ペットボトルを使うため、実験が少し大掛かりになる。今回、気軽かつ比較的安全に実施でき楽しく体験できる教材として炭酸水素ナトリウム（重曹）、クエン酸と水を用いた中和反応を利用して、風船を膨らます、フィルムケースを飛ばす実験を実施した。中和反応を学習していない中学1年生がイオンによる化学変化の仕組みに興味を持たかを確認するためアンケート調査を行ったので報告する。

2 材料及び方法

2.1 材料

器具：フィルムケース、計量カップ（5 ml）、プラスチック皿、バケツ、保護メガネ、自作発射台、メジャー、ブルーシート

試薬：クエン酸（ホームセンターで購入）、重曹（炭酸水素ナトリウム：ホームセンターで購入）

発射台(図 1)は、鉄製のアンクルを用いて 2 枚の木製の板を約 45° の角度で固定した。発射部(図 2)は塩ビ製で、固定部として、内径 48 mm、深さ 25 mm の塩ビキャップを板に取り付け、そこに支持部として内径 40 mm、高さ 100 mm の塩ビパイプを 15 mm 差し込んだ構造となっている。固定部はフィルムケース発射の際に噴出する水分を排出するために幅 35×10 mm のドレン孔を設けた。また、支持部は、先端から 70 mm を半分にカットした。

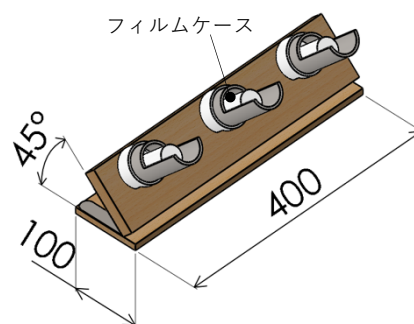


図 1. 自作発射台.

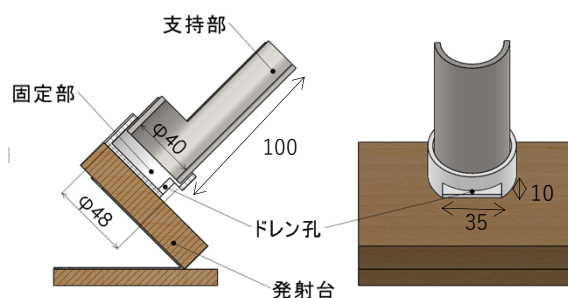
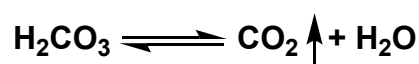
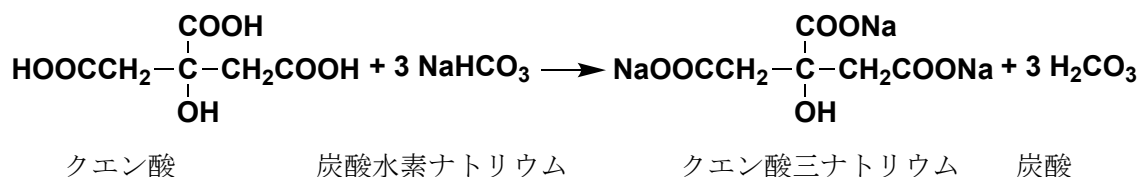


図 2. 自作発射台の発射部詳細.

2.2 フィルムケースが飛ぶ仕組み

炭酸水素ナトリウムとクエン酸の中和反応は以下の反応式で起きる。中和反応で発生した炭酸は二酸化炭素と水に分解する。フィルムケース内でこの反応を行うと、二酸化炭素の発生により、フィルムケース内で気体の二酸化炭素がたかさんでき、蓋が耐えられなくなっ

た時にフィルムケースロケットが発射する。



炭酸 二酸化炭素 水

2.3 実験方法：より高く飛ぶ配合比の探索

1. フィルムケースに重曹を入れる（この量を必ず実験ノートに記入すること）。
2. 次にフィルムケースにクエン酸を入れる（この量を実験ノートに記入すること）。
3. フィルムケースロケットに水あるいは冷水を入れ（この量を実験ノートに記入すること）、蓋をする。
4. 蓋を底にして地面に置き、フィルムケースロケットから離れる。
5. フィルムケースロケットが発射するまで待つ。
6. フィルムケースロケットが飛ぶまでの時間を声に出して数え、体育館の天井までの高さを基準に目測で測定し、実験ノートに記入する。
7. 重曹、クエン酸、水の量や種類を色々変えて一番高く飛ぶ組合せを見つける（最初は練習として重曹 1 g、クエン酸 1 g、水 3 ml で実施すること）。

2.4 実験方法：飛距離を競う実験

1. 2.3 で見つけた重曹、クエン酸、水の量や種類などの配合比でフィルムケースロケットを作る。
2. フィルムケースロケットを発射台（図 1）に設置し、その飛距離を計測する。

3. 結果と考察

生徒には、実験解説書（図 3）と実験ノート（図 4）を配布し、実験方法の解説を行った。解説時にクエン酸と炭酸水素ナトリウムを混ぜると中和が起こり、炭酸ガスが発生する現象を目で理解してもらうため、最初にフィルムケースに市販のバスボールの欠片と水を入れフィルムケースを飛ばし、なぜフィルムケースが飛ぶのかを生徒に問いかけた。その後、市販のバスボール成分を説明した。バスボールをお風呂に入れた時に生じる泡は、二酸化炭素であること、その二酸化炭素は、バスボールの成分であるクエン酸と炭酸水素ナトリウムが水に溶けて中和反応を起こして発生することを説明した。さらに発生する二酸化炭素を目で見てもわかるように 29 cm x 22 cm x 0.5 cm で 90 cm まで膨らむ大きな風船に炭酸水素ナトリウム、クエン酸と水を入れ、どんどん膨らんでいく様子を観察・体験してもら

った。この実演を体験した後、フィルムケースを高く飛ばす実験は、繰り返し行い、フィルムケースが一番高く飛んだ配合比を決めるようにした。実験を行う毎に配布したノートに必ず結果を記述し、次の実験条件を考えさせ実験を実施させた（図 5, 6）。配合比（炭酸水素ナトリウム、クエン酸、水、氷水）は簡易に計量するため、メモリ付き計量カップを用い、炭酸水素ナトリウムとクエン酸の重量は 1 ml の容量を約 1 g として実験を行った。全ての実験は安全の為、保護メガネをかけて実施した。フィルムケースが一番高く飛んだ配合比を決めた後、自作の発射台を用いて全員のフィルムケースを飛ばし飛距離を測定し、誰のフィルムケースが一番飛ぶかの競争を行った（図 7）。良く飛んだ上位 3 名の結果を表 1 にまとめる。飛距離は 14 m 以上となり、生徒は楽しそうに競争をしていた。加える水の量が少ないと発射までの時間が遅くなる傾向があった。

表 1 良く飛んだ上位 3 名の実験結果

重曹/g	クエン酸/g	水/ml	発射までの時間/秒	飛距離/m
3	5	9	5	14.3
4	2	3	8	14
2	2	8	5	14

フィルムケースロケットの原理と研究

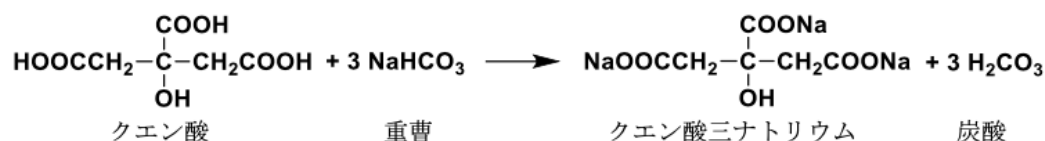
● どんな実験なの？

フィルムケースの中に入浴剤をひとかけら入れ、水を入れ、フィルムケースの蓋をちゃんとして地面に置きます。30秒から1分ほど待つと、「ポン」と大きな音を立ててロケットのように発射します。**今回の実験では入浴剤に入っている、重曹とクエン酸に水を入れてフィルムケースを飛ばします。誰が一番遠くまで飛ばせるかの競争もします。**

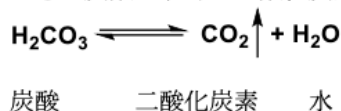
● なぜ入浴剤でロケットが飛ぶの？

水に入れると泡が出る入浴剤(バスボール)の中には酸性のクエン酸とアルカリ性の重曹(炭酸水素ナトリウム)が入っています。水に入れるとクエン酸(酸)と重曹(アルカリ)は**中和**(酸とアルカリの互いの性質を打ち消し合う反応)を起こし、炭酸が発生します。炭酸はすぐに変化し、二酸化炭素(気体)が発生します。お風呂に入浴剤を入れると発生する泡の正体は二酸化炭素です。今回の実験では、フィルムケース内で二酸化炭素を発生させます。二酸化炭素の発生により、フィルムケース内で気体の二酸化炭素がたくさんできて、蓋が耐えられなくなった時にフィルムケースロケットが発射します。

以上の変化を**化学反応式**で説明すると、
クエン酸と重曹が中和すると炭酸ができます。



できた炭酸はすぐに二酸化炭素と水に変化します。



この書き方は**化学反応式**といって、いろんな物質やその変化を簡単に表したもののじゃ。一見難しそうじゃが、すごく便利なんじゃぞ～(中学2年生で習います)。



● 実験のしかたとコツ

1. フィルムケースに重曹を入れます(この量を必ず実験ノートに記入すること)。
2. 次にフィルムケースにクエン酸を入れます(この量を実験ノートに記入すること)。
3. フィルムケースロケットに水あるいは冷水を入れ(この量を実験ノートに記入すること)、蓋をします。
4. 蓋を底にして地面に置き、フィルムケースロケットから離れます。
5. フィルムケースロケットが発射するまで待ちましょう。
6. フィルムケースロケットが飛ぶまでの時間、高さを実験ノートに記入すること。
7. 重曹、クエン酸、水の量を色々変えて一番高く飛ぶ組合せを見つけましょう。

図3. 配布した実験解説書。

宮崎大学工学部「科学祭り in 宮崎学園中学校」

フィルムケースロケット用実験ノート 氏名：

実験の目的：重曹とクエン酸と水（あるいは冷水）を色々な比率で混合し、フィルムケースロケットが一番高く飛ぶ組合せを探す。

実験時の注意事項

- ・必ず保護メガネをして実験して下さい。
- ・水を入れたらフィルムケースの蓋をし、すぐにフィルムケースの蓋を下に向けて地面に置き、フィルムケースから離れて下さい。
- ・フィルムケースを飛ばした後は、フィルムケースをよく拭いて乾かしてから薬品を入れて下さい。
- ・フィルムケースに入れる試薬（水以外）は、フィルムケースの半分以下にして下さい。

重曹 (g)	クエン酸 (g)	水(mL)	冷水(mL)	メモ
(例) 1	1	3	0	発射するまで約 5 秒, 高さは約 3 メートル

図 4. 配布した実験ノート.



図 5. 実験条件をノートに記載している様子.



図6. フィルムケースを上空に飛ばしている様子.



図7. 発射台を用いてフィルムケースを飛ばし、飛距離を測定している様子.

実験を体験した中学1年生61名（男性20名、女性41名）に対しアンケート調査を行った。アンケートは4段階で評価してもらった。結果を図8にまとめる。

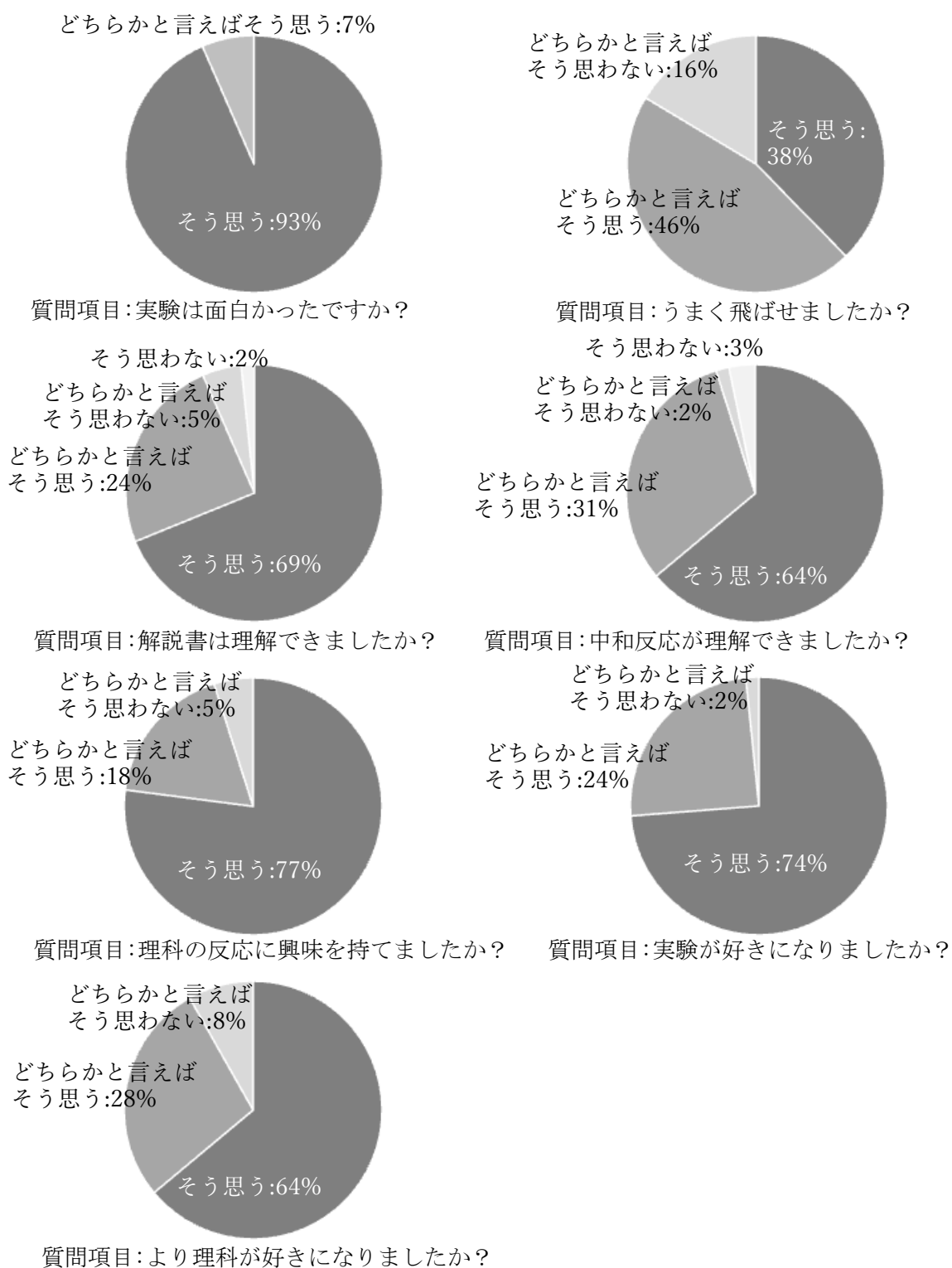


図8. 実験後のアンケート項目の分析結果(N=61).

アンケート結果より、全ての生徒がこの実験を楽しく実施できたことがわかる。質問した全ての項目で肯定的な意見がほとんどであることから、本研究の目的は達成されたものと考えている。しかし、「フィルムケースロケットをうまく飛ばせなかった」生徒が 16%と比較的多くいた。この実験では、粉末の炭酸水素ナトリウムとクエン酸が水に溶けて中和反応が速く進行するため、速い場合 3~4 秒でフィルムケースが飛ぶことになる。フィルムケースは体育館の天井に当たるぐらい勢い良く高く飛ぶため、怖がって蓋をきちんとできなかったものと思われる。対応したスタッフが少なく、目が行き届いていなかったことが原因の一つであると考えられる。粉末の試料を入れたあと、押し固める、あるいは、冷水を使ってフィルムケースが飛ぶ時間を少し遅くするなどのうまく飛ばせる工夫を指導できれば否定的な意見は改善できる可能性があると考ええる。他の項目での否定的回答は、「解説書は理解できた」は 7%、「中和反応が理解できた」は 5%、「理科の反応に興味を持てた」は 5%、「より理科を好きになれた」は 5%とかなり少なかった。

実験後の生徒の感想は以下の通りである。

- ・中和などの仕組みの説明がわかりやすくしてより理科が好きになった。
- ・苦手だった理科が楽しく感じました。理科についての基礎をしっかりと勉強したいと思う。
- ・理科はあまり好きでなかったのですが、この授業を通して好きになれて良かったです。
- ・身近にあるものでこんなに楽しいものができるということに驚きました。

4. おわりに

炭酸水素ナトリウム（重曹）、クエン酸と水を用いフィルムケース内で中和反応を行い、フィルムケースを飛ばすことで中和反応を体感できる化学実験を中学 1 年生に実施した。アンケートの結果、今回実施した化学実験は、まだ中和反応を学習していない中学校低学年でも十分楽しめ、理科の好嫌を左右する可能性が高い「化学変化とイオン」と「酸・アルカリとイオン」を身近に感じることができ、理科嫌いを解消できる可能性を秘めていると考える。

参考文献

1. 長沼 祥太郎, 科学教育研究, 2015, 39, 114.
2. 国立教育政策研究所, TIMSS2019 理科教育の国際比較: 国際数学・理科教育動向調査, nier.go.jp/timss.
3. 原田 勇希, 坂本 一真, 鈴木 誠, 理科教育学研究, 2018, 58, 319.
4. 中学校学習指導要領 (平成 29 年度告示) 解説理科編, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387016.htm.
5. 白井 豊和, 小野 昌彦, 酒井 秀樹, 田代 敏彦, 化学と教育, 1999, 47, 644.
6. 荘司 隆一, 化学と教育, 2004, 52, 700.
7. 松岡 雅忠, 化学と教育, 2019, 67, 600.

8. 大谷 悦久, 広田 独志, 化学と教育, 1994, 42, 133.