

使い捨てカイロの仕組みを教えるための教材開発

Teaching Materials to tell Mechanism of the Disposable Heating Pad

佐藤 博* 山主 公彦**

SATO Hiroshi YAMANUSHI Kimihiko

要約： 日常の生活の中でも、鉄が錆びるときには熱を出しているが、ゆっくりと反応が進むので発熱を感じない。化学反応が起こるときに出る発熱を制御したものが使い捨てカイロの原理になる。以前の調査では、鉄の酸化、使い捨てカイロの仕組みについて中学生と大学生がどのように理解しているか調査を行い、検討した結果、中1では理科でまだ鉄の燃焼、鉄の錆びを学習していないので正答率が低かった。中3と大学生は鉄の燃焼、鉄の錆びを学習しているので正答率が高かったが、カイロの仕組みで、鉄粉、塩類、水、酸素との関係がよくわからないものが多かった。したがってカイロの仕組みを中学校技術科で行い、鉄粉、塩類、水、酸素の働きを教えることが有用であることがわかった。本研究では、使い捨てカイロにどのような材料が用いられて、その材料がどのような働きをして、どのような仕組みなのかを生徒に教え、実際に使い捨てカイロを作製して体験する授業を行った。その結果、鉄と酸素の酸化反応に関する事、錆と酸化物に関する事、使い捨てカイロの仕組みに関する事を理解したのも多かったと考えられる。

キーワード： カイロ 使い捨て 酸化鉄 錆び 酸化 技術科

I はじめに

使い捨てカイロは、冬の寒い日などに腰や背中などに貼ったり、足のつま先に敷いたりして手軽に利用されている。この使い捨てカイロは、鉄分の酸化による発熱を利用している。鉄釘などを濡れたまま放置しておくと腐食され、鉄釘の表面が赤くなる。この赤いものが赤錆びである。日常の生活の中でも、鉄が錆びるときには熱を出しているが、ゆっくりと反応が進むので発熱を感じない。化学反応が起こるときに出る発熱を制御したものが使い捨てカイロの原理になる。図1¹⁾に示すように中学校理科では、化学カイロや冷却パックを例に発熱反応、吸熱反応を教えている。このように中学校理科では鉄の燃焼、鉄の酸化を教えるが、使い捨てのカイロの鉄粉、酸素、塩類、水、パーミキュライトの役割を含む仕組みを教えていない¹⁾⁻⁴⁾。技術科ではまったく教えていない⁵⁾⁻⁷⁾。鉄の酸化および使い捨てカイロの仕組みについて中学生と大学生がどのように理解しているか調査を行い、検討した結果、中1では理科でまだ鉄の燃焼、鉄の錆びを学習していないので正答率が低かった⁸⁾。中3と大学生は鉄の燃焼、鉄の錆びを学習しているので正答率が高かったが、カイロの仕組みで、鉄粉、塩類、水、酸素との関係がよくわからないものが多かったことがわかった。

本研究では、使い捨てカイロにどのような材料が用いられて、その材料がどのような働きをして、どのような仕組みなのかを生徒に教え、実際に使い捨てカイロを作製して体験する授業を行った。

* 科学文化教育講座 ** 附属中学校

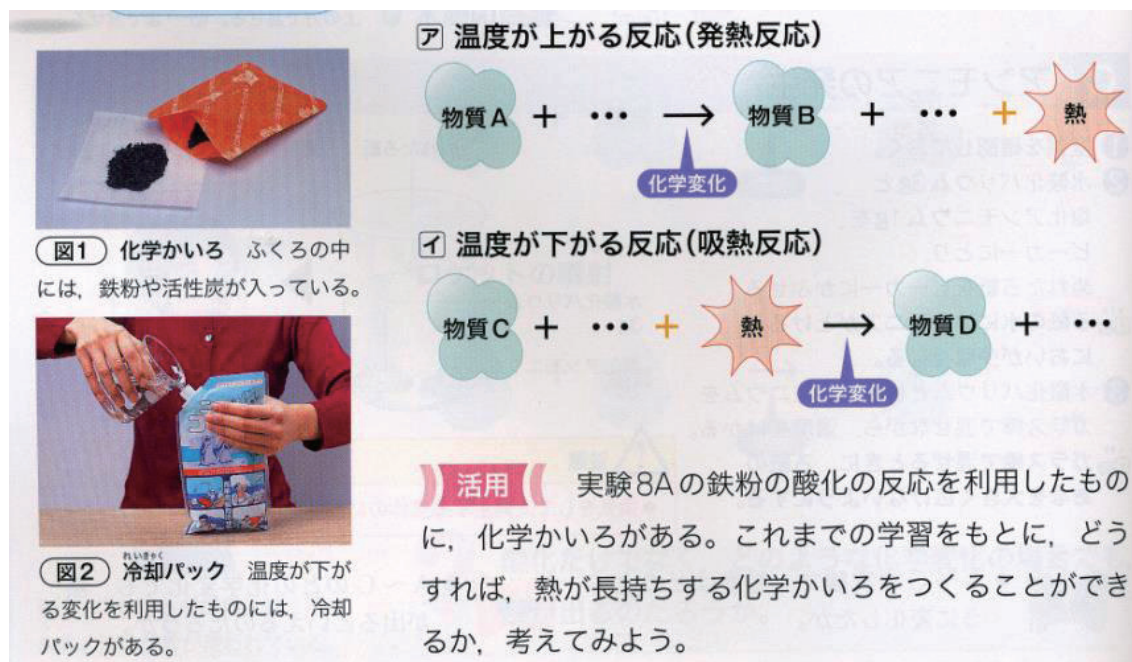


図1 中学校理科の教科書

II 実験授業

実験授業は甲府市のF中学校第1学年生男子20名、女子17名の合計37名について、平成16年12月に行った。授業は1時間を設定した。授業計画を表1に示す。「エネルギーの利用の仕方」の16時間の中で、単元の目標としての中で、「使い捨てカイロを製作し、仕組みについて理解を高めることができる」の授業を行った。この単元までに、エネルギー変換利用のガイダンスを学習させた。実験授業の展開を表2に示す。実験授業の内容として、まず、包んである袋に入ったままの使い捨てカ

表1 授業計画

| | |
|-------|--|
| 1時間目 | 1. エネルギーの利用の仕方を考えよう |
| 2時間目 | (1) エネルギーを変換して利用しよう |
| 3時間目 | 2. エネルギー変換のしくみを調べよう |
| 4時間目 | (1) 自然界のエネルギーを利用するには |
| 5時間目 | (2) 電気エネルギーを光や熱に変えるには 「使い捨てカイロを製作し、仕組みについて理解を高めることができる」(本時) |
| 6時間目 | (3) 電気エネルギーを動力に変えるには |
| 7時間目 | 3. エネルギー変換を利用したものを製作しよう |
| 8時間目 | (1) 交流電源を利用するには |
| 9時間目 | (2) 全体の形や作り方をまとめよう |
| 10時間目 | (3) 製作の準備 |
| 11時間目 | (4) 製作 |
| 12時間目 | (4) 製作 |
| 13時間目 | (4) 製作 |
| 14時間目 | 4. これからのエネルギー利用について考えよう |
| 15時間目 | (1) 人を大切にする技術を調べよう |
| 16時間目 | (2) 環境を大切にする技術を調べよう |

表2 授業の展開

実践事例 第1学年3組 技術・家庭科（技術分野）学習指導案（略案）

- (1) 日時 平成28年12月5日（月）
- (2) 場所 F中学校 技術室
- (3) 題材名 「使い捨てカイロを製作し、仕組みについて理解を高めることができる」
材料と加工に関する技術 A（2）A（3）
- (4) 本時の目標
・使い捨てカイロを製作し、仕組みについて理解を高める（2／2）
- (5) 本時の評価規準
・目的に沿った作品を設計・製作しようとしている。（関心・意欲・態度）
・手で持っても安全なカイロを作るために材料を工夫することができる。（工夫・創造）
- (6) 本時の展開

| 段階 | 時間 | 学習活動 | 教師の指導・支援 | 備考 |
|-----|----|---|--|-----------|
| 導入 | 5 | ○身近なカイロの仕組みについて考えてみよう。 | ○身近なカイロの仕組みを知っている生徒はほとんどいないが、中身や材質など列挙する。 | 発問 PPT |
| 展開 | 20 | ○カイロの仕組みの説明 ・身近な材料から作られていることを知る。 | ○材料を配布する。 ・鉄粉 ・フィルター ・水 ・塩 ・活性炭 | PPT |
| | 20 | ○カイロを作ってみよう ・適切な分量の使用 ・フィルターなどの材料はどのような効果があるのか ・より目的に合ったカイロはどのようにつくるのか考える。 | ○カイロの材料からどんなことができるのか | PPT |
| まとめ | 5 | ○カイロの仕組みの確認 ○教具の片付けを行う | ○各班片付けの指導を徹底する。 | |

イロを見せて、カイロを握ったり押ししたりした。しかし暖かくならなかった、なぜでしょうかと疑問を投げかけた。次に、スチールウールを燃やして見せ、スチールウールが熱と光を放出し酸化物になり、重くなることを説明した。空気中においておくことができる錆びの多くは、金属と酸素とが結びついてできたものであり、図2に示すような錆びができるときには、燃えるときとちがって、鉄が酸素と非常にゆっくりと結びつくために、光は出ないし、熱が出ていることも気が付かないことが多いことを教えた。燃えることをも含めて、物質が酸素と結びつくことを酸化といい、酸化によってできた物質を酸化物ということを説明した。捨てカイロをハサミで破り中身を見せた。その際中身がしっとりとしているのは水があるためであることを伝え、図3に示すような袋の表示の原材料名に鉄粉、



図2 錆び

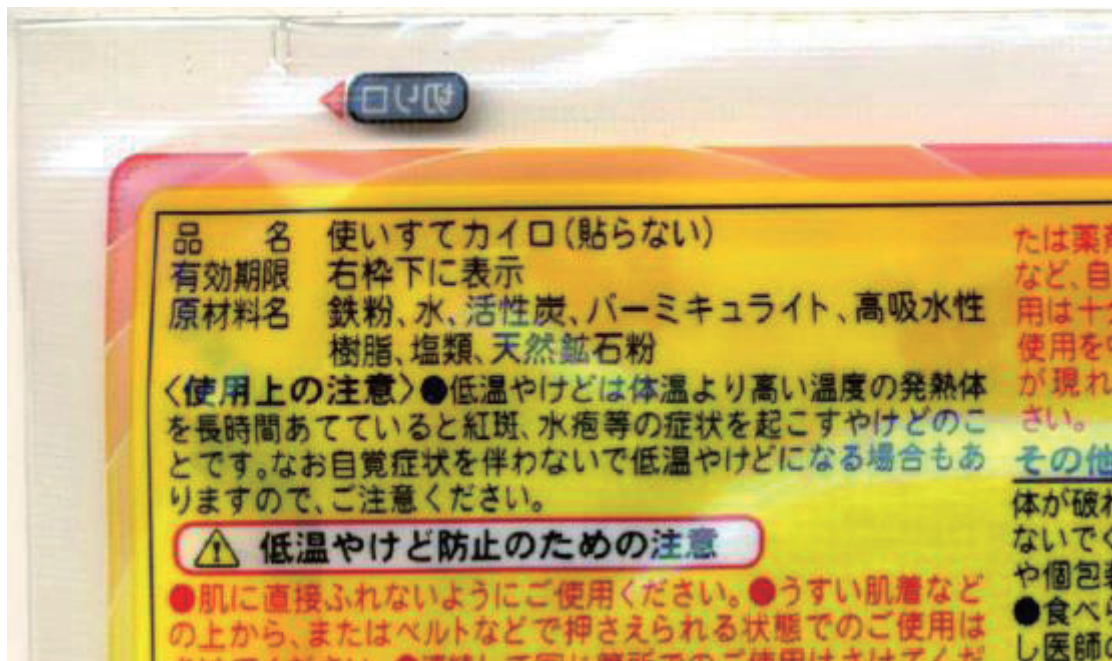


図3 使い捨てカイロの原材料名

水、活性炭、塩類等が入っていることを説明した。特に塩の効果を教えるために、鉄粉、水、活性炭と鉄粉、水、活性炭、塩の2種類をコーヒーフィルター紙にそれぞれ入れ、実験した。その結果、塩を入れたものだけが発熱した。塩は酸化の速度を速めことを伝えた。図4を示して、一人ひとりが使い捨てカイロを作製した。その様子を図5に示す。最後に、主に水、酸素、鉄粉、塩類、活性炭からなり、鉄粉と酸素と反応して、酸化鉄になり熱を発生する仕組みになっている。この反応で、水と塩類は酸化の速度を速め、活性炭は保水する働きをすることを教えた。

カイロの作りかた

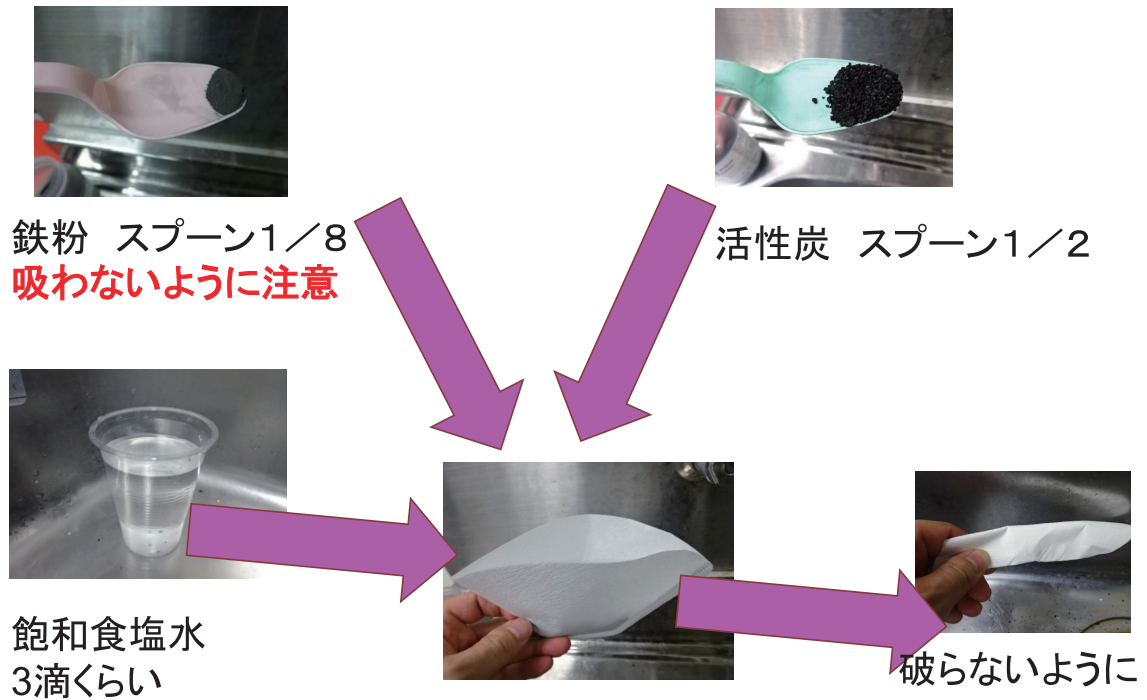


図4 使い捨てカイロの作り方



図5 使い捨てカイロ作製の様子

表3 事前・事後調査問題

事後調査問題

事前調査問題

No. _____ 名前 _____

問題1から問題3のカッコに入る語句を下記の回答欄に記述してください。

問題1 鉄粉やスチールウール（鉄）は鉄または鉄合金であるが、加熱すると空気中の（①）と結びついて激しく燃えて（②）になる。その（②）は燃えたあとのほうが（③）くなる。鉄粉やスチールウールが燃えるときに（④）と（⑤）を出す。

問題2 鉄粉やスチールウールは加熱しなくても、空気中に長い時間おいておくだけで、空気中の（①）と結びついて、しだいに（⑥）に変わっていく。この（⑥）も（②）である。空気中においておくことができる（⑥）の多くは、このように金属と（①）とが結びついてできたものである。（⑥）ができるときには、燃えるときとちがって、鉄が（①）と非常に（⑦）結びつくために、（⑤）は出ないし（④）が出ていることも気が付かないことが多い。燃えることをも含めて、物質が（①）と結びつくことを（⑧）といい、（⑧）によってできた物質を（⑨）という。

問題3 使い捨てカイロは主に、（⑩）、（①）、（⑪）、（⑫）、（⑬）からなり、（⑩）と（①）と反応して、（②）になり（④）を発生する仕組みになっている。この反応で、（⑪）と（⑫）は（⑧）の速度を速め、（⑬）は保水する働きをする。

回答欄

①（酸素） ②（酸化鉄） ③（重） ④（光） ⑤（熱）
 ⑥（錆び） ⑦（ゆっくり） ⑧（酸化） ⑨（酸化物） ⑩（水）
 ⑪（鉄粉） ⑫（塩類） ⑬（活性炭）

問題4 授業を通して一番興味があったところはどこでしたか。

問題5 授業の中で理解しにくかったところはどこでしたか。

Ⅲ 調査結果

「使い捨てカイロを製作し、仕組みについて理解を高めることができる」という学習目標がどれくらい理解できたかを調べるために、授業の前後で調査を行った。調査問題を表3に示す。調査問題は事前が3題、事後が問題4～5を加えた5題からなる。問題1は鉄と酸素の酸化反応について、問題2は錆びと酸化物について、問題3は使い捨てカイロの仕組みについての問題であった。問題4～5は授業のなかで、興味があったところ、理解しにくかったところをそれぞれ記述する問題であった。

表4および表5にスケロログラムおよびマトリクス表示による調査問題1～3の結果を示す。

表4において、問題番号は表2のカッコに挿入してある番号に対応している。空白は正解、×は不正解を示す。表において事前、事後を比較すると、正答数が全体的にかなり増加していることがわかった。

表5において、①～⑬は表3に示した問題番号を、○は正解を、×は不正解を、数字は人数を示しており、問題別に事前・事後で正解、不正解の数がどのように変化したのかを示したものである。問題1の鉄と酸素の酸化反応に関する問題では、①の正答の「酸素」は事前ですべて正答だった。②③⑤は×から○になったものも多く、事後で多くの生徒が正答した。④は事前で3割の生徒が正答し、事後で多くの生徒が正答した。このことより鉄と酸素の酸化反応に関することは、よくわかったと考えられる。問題2の錆と酸化物に関する問題では、⑥⑦⑧⑨は×から○になったものも多く、事後で多くの生徒が正答した。このことより錆と酸化物に関することは、よくわかったと考えられる。問題3の鉄使い捨てカイロの仕組みに関する問題では、⑩⑪⑫⑬は×から○になったものも多く、事後で多くの生徒が正答した。このことより使い捨てカイロの仕組みを理解したものも多かったと考えられる。

表4 事前・事後調査問題の回答結果（スケロログラム）

| 問題番号 | 事前調査 生徒番号 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------|---|---|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|--|
| | 6 | 9 | 3 | 22 | 27 | 5 | 7 | 8 | 25 | 30 | 33 | 35 | 38 | 1 | 2 | 4 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 26 | 31 | 32 | 34 | 37 | 39 | 40 | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | × | | | | × | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 5 | × | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 8 | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 9 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 10 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 6 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 2 | | × | × | × | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 3 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 7 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 11 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 12 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |
| 13 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | | |

| 問題番号 | 事後調査 生徒番号 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|---|--|---|
| | 1 | 4 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 22 | 24 | 25 | 26 | 27 | 30 | 31 | 32 | 35 | 39 | 40 | 6 | 20 | 21 | 23 | 33 | 34 | 37 | 38 | 5 | 3 | 13 | 2 | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | × |

表5 事前・事後調査問題の回答結果（マトリクス表示）

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ① | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 37 | 0 | |
| | × | 0 | 0 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ② | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 3 | 0 | |
| | × | 30 | 4 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ③ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 0 | 0 | |
| | × | 36 | 1 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ④ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 11 | 0 | |
| | × | 26 | 0 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑤ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 3 | 0 | |
| | × | 33 | 1 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑥ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 1 | 0 | |
| | × | 34 | 2 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑦ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 0 | 0 | |
| | × | 35 | 2 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑧ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 2 | 0 | |
| | × | 32 | 3 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑨ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 2 | 0 | |
| | × | 31 | 4 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑩ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 1 | 1 | |
| | × | 32 | 3 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑪ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 0 | 0 | |
| | × | 33 | 4 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑫ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 0 | 0 | |
| | × | 32 | 5 | |

| | | | | |
|----|----|----|---|---|
| ⑬ | 事後 | | ○ | × |
| 事前 | ○ | 0 | 0 | |
| | × | 32 | 5 | |

問題4の回答結果を図4に示す。一番興味があったところは、「使い捨てカイロの仕組み（59%）」が多く、「使い捨てカイロの作製（35%）」、「錆びるときの過程（3%）」、「特になし（3%）」の回答があった。

問題4 授業を通して一番興味があったところはどこでしょうか

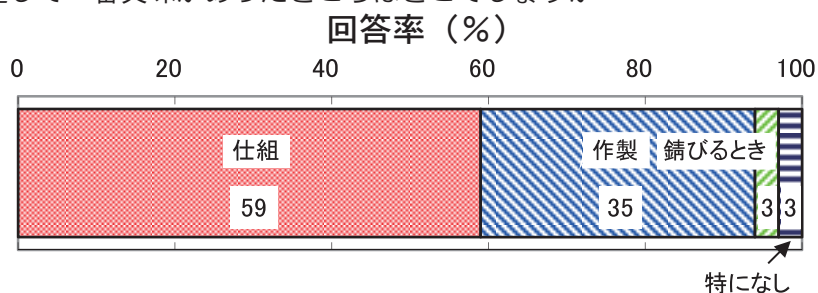


図6 問題4の回答結果

問題5回答結果を図5に示す。理解しにくかったところは、「特になし（49%）」が多く、ついで「なぜ反応が起こるのか（13.5%）」という回答であった。もう少し説明のしかたを検討する必要があると考えられる。その他として、「活性炭と鉄粉の特徴を知りたかった」、「ゆっくり酸化するとき熱を出すこと」、「錆は酸化と同じ性質があるということ」などがあつた。

問題5 授業の中で理解しにくかったところはどこでしょうか
回答率 (%)

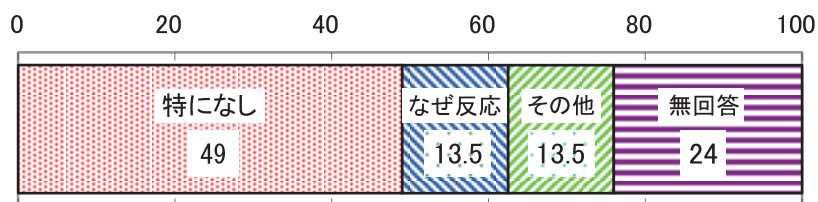


図6 問題5の回答結果

IV おわりに

本研究では、使い捨てカイロにどのような材料が用いられて、その材料がどのような働きをして、どのような仕組みなのかを生徒に教え、実際に使い捨てカイロを作製して体験する授業を行った。その結果、鉄と酸素の酸化反応に関すること、鎂と酸化物に関すること、使い捨てカイロの仕組みに関する理解したものも多かったと考えられる。

本論文の内容を基に、いくつかの指導案が検討され、さらによいものにしてゆく必要があると思われるが、この点については今後検討して行きたいと考えている。

文 献

- 1) 東京書籍, 新しい理科2年, 2012.
- 2) 大日本図書 楽しい理科2年, 2012.
- 3) 東京書籍, 新しい科学2年, 2012.
- 4) 大日本図書 理科の世界2年, 2012.
- 5) 技術・家庭, 技術分野, 開隆堂, 2012.
- 6) 新しい技術・家庭, 技術分野, 東京書籍, 2012.
- 7) 技術・家庭, 技術分野, 教育図書, 2012.
- 8) 佐藤 博, 山主公彦, 「使い捨てカイロの仕組みに関する調査」, 山梨大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要No, 22, 2017, pp. 75-84.