

鉄の酸化熱制御に関する研究

湯前町立湯前中学校 3年 野田 綾乃

1 研究の目的

祖母との会話から、使い捨てカイロはただ温かくなるだけでなく、温かさが持続することに興味を持ち、次のような目標を持って鉄の酸化熱とその制御について研究しようと思った。

- (1) 祖母が実際使っている使い捨てカイロの材料（成分）について調べる。
- (2) 市販される使い捨てカイロの中身を出し、何度まで温度が上がるかを調べる。
- (3) (1)、(2)を参考にして材料をそろえ、発熱反応が起きるかどうかを調べる。
- (4) (3)の実験から、さらにできるだけ高い発熱反応が起きる条件を調べる。
- (5) (4)の実験に続き、なるべく高い発熱反応が継続する条件を調べる。



酸化熱の測定の様子

2 研究の方法

- (1) 祖母が使う使い捨てカイロの原材料名を確認し、それがどういった役割を果たすか調べる。
- (2) 祖母が使う使い捨てカイロの中身を取り出し、発熱して何度まで温度が上がるか実験する。
- (3) (1)、(2)を参考に、必要な材料を集め、本当に高い発熱反応が起きるかどうか実験する。
- (4) (3)で分かった必要な材料を用い、できるだけ高い温度上昇が見られるような条件を調べる。
- (5) (4)の結果を基に、その発熱を制御し、カイロとして適する温度を持続させる条件を調べる。

3 研究の結果

- (1) 市販品の使い捨てカイロの原材料とその役割について
市販品の使い捨てカイロの原材料名には「鉄粉・パーミキュライト・炭素粉末・塩類」と書いてあったので、それらの材料をそろえた。
- (2) 市販品の使い捨てカイロの酸化熱上昇について
市販品の使い捨てカイロの中身を出し、温度計で上昇温度を調べると、一気に 78.2℃まで達し、その後温度は下降した。
- (3) 市販品の使い捨てカイロを参考にした鉄の酸化熱発生について
3 g の鉄粉を用いて、(1)の原材料を参考に模索しながら実験を行ったが、最初から室温より 5℃以上高い発熱反応をくり返し確認することができた。
- (4) (3)を基に、できるだけ高い温度上昇が見られるような条件を実験によって調べた結果について
ア 鉄の酸化熱を高めるため、鉄粉 3 g と木炭粉末 1 g は固定し、飽和食塩水の適する量 (mL) について調べた。結果として 0.9mL 加えたときが最も早く高温になった。
イ 鉄粉 3 g と飽和食塩水 0.9mL に対して適する木炭粉末量 (g) について調べた。木炭は、乳鉢でよくすりつぶし、細かくして使用した。結果としては、木炭粉末量が増えると温度も上がったが、木炭粉末を 1.5 g 加えたときが最も早く高温になることが分かった。
ウ ここまで鉄粉量は 3 g 固定で実験したが、飽和水溶液 0.9mL、木炭粉末 1.5 g に適する鉄粉量について再度調べ、鉄粉が 3.5 g のときが最適と分かった。これで鉄の酸化熱を最も高める基本条件は、鉄 3.5 g、木炭粉末 1.5 g、飽和食塩水 0.9mL となった。
エ 上述ア～ウの 3 つの実験結果から、鉄 3 g、木炭粉末 1.5 g、飽和食塩水 0.9mL の時が最適な条件と分かったので、反応時間を 2 倍の 30 分に延長した。温度は予想通り上がり続け、29 分後には最高の 49.2℃となった。その後は 0.1～0.2℃ずつゆるやかに温度は低下していった。わずか 3 g の鉄粉を酸化することでこんなに高い温度が出ることに驚いた。
オ 木炭粉末も活性炭粉末も 1.5 g 使用し、双方に鉄粉 3.5 g、飽和食塩水 0.9mL を加えて実験

すると、活性炭粉末を加えた方は3分30秒後に76.5℃まで上がり、木炭粉末が15分後でも38.9℃だった。結果から、活性炭粉末の方が適することが分かった。

カ オの実験で、活性炭粉末の方が高い酸化熱を生み出すことが分かったので、最適な活性炭粉末量（g）について調べた。活性炭粉末について0.5gから、0.5g単位で2.5gまで増やしていった。活性炭粉末が1.5gのとき、最高温度になり、最適も1.5gと判断した。

(5) (4)で得られた高い酸化熱の制御を目指した結果について

ア バーミキュライトと鉄の酸化熱との関係をさぐるため、鉄粉3.5g、飽和食塩水0.9mLにバーミキュライトだけを0.5g、1g、1.5g加えた3パターンで実験すると、バーミキュライトが、木炭粉末等に比べて鉄の酸化を促進するような材料ではないことが分かった。

イ 前述アの実験から、バーミキュライトが鉄の酸化を早めるものではないことが分かったが、どんなはたらきかを調べた結果、加えたバーミキュライトが多いほど酸化熱の上がり方が低く抑えられ、加えるバーミキュライトの量で鉄の酸化速度を調整できることが分かった。

ウ バーミキュライトと飽和食塩水の関係を調べると、バーミキュライトに先に飽和食塩水をしっかり吸収させて他の材料と混ぜ合わせた方が、温度上昇が低く抑えられることが分かった。

エ 鉄粉3.5g、活性炭粉末1.5g、飽和食塩水0.9mLが鉄の酸化熱を最高に発生させる条件と判断し、バーミキュライトの最適な質量について調べたが、バーミキュライトの量的にも、時間的にも不十分だということが分かり、量的、時間的に増やした次の実験につながった。

オ 前実験で不十分だったバーミキュライトの質量（g）や実験時間の長さを大幅に増やした実験を計画した。具体的には、バーミキュライトの質量を0.5g～4.5gまで0.5gずつ増やしていき、時間についても1回の実験時間を15分から80分へと大幅に増やした。このように大幅に実験の規模を拡大し、鉄を酸化させてみると、加えるバーミキュライトの質量が1.0gまでの少量のときは鉄の酸化促進の抑えが弱く、一気に温度が上昇し過ぎ、その後急降下するという極端な変化が見られた。さらにバーミキュライトの質量が増えていくと、温度上昇がゆるやかになっていく様子が見られ、4.0gのときが40℃をこえる温かい温度帯が最も長くなった。さらにバーミキュライトの質量が増えていくと温度上昇が強く抑えられ過ぎる傾向が見られ始めた。結局、今回の鉄粉3.5g、活性炭粉末1.5g、飽和食塩水0.9mLの最高の鉄の酸化熱発生条件に対して、温度上昇を急激に起こすことなく、平均的にじわじわと発熱反応を起こさせて制御していくためのバーミキュライトの最適な質量は4.0gとなった。

4 研究の考察・結論

(1) 本研究から使い捨てカイロの便利さだけでなく、機能のすばらしさを考える機会となった。

(2) 本研究後、使い捨てカイロのパッケージにも興味を持ったので、調べてみたい。

(3) 必要な材料の1つ飽和食塩水量（mL）について検討し、0.9mLが最適だと考えた。

(4) 木炭粉末量（g）について検討すると、1.5gのときが最高温度となり、最適と考えた。

(5) (3)、(4)から、鉄の質量を再検討すると、鉄3.5gのときが最適と考えられた。

(6) (5)の条件までは木炭粉末を用いたが、活性炭粉末の方が圧倒的に高い温度上昇を見せた。

これには正直驚いた。活性炭も木炭も炭素であり、違いはあまりないと考えていたが、その予想をくつがえす大きな違いであった。

(7) (6)の結果を受けて、鉄粉3.5g、飽和食塩水0.9mLに対して、活性炭粉末量（g）について検討した。活性炭については1.5gのときが最適条件と考えた。

(8) 本研究の結論として、質量比〔鉄粉：活性炭：飽和食塩水：バーミキュライト＝3.5：1.5：0.9：4〕の時が鉄の酸化熱を最高に引き出し、人が心地よいと感じる温度に制御する最適な条件だと考えた。