

化学カイロに関する研究

3637 脇坂涼馬 3516 神谷和敬 3621 成瀬伸太郎

要旨

私たちは日常で用いられるカイロについて、種類によって温度変化に違いが見られることに興味を持った。そこで、カイロの温度変化に関わる条件を解き明かすため、実験を行うことにした。仮説として、酸素の供給量が条件の1つであると考えた。発熱は、40℃を超えたときに発熱したとし、下回ったときに発熱が終了したと定義する。実験は、カイロの中身をビーカー、ジップロック、封筒の3つの容器にそれぞれ移し、ガラス棒で混ぜ、デジタルサーモメーターで2分ごとに温度を計測した。結果は封筒を用いたときのみ発熱し、約2分後に40℃を超え、約30分後に40℃を下回った。他の2つの容器は40℃を超えなかった。このことから、酸素の供給量は温度変化に関係していると考えられる。また、カイロに含まれる鉄粉と粉末炭素の混合物の量を(20:2)、(30:3)、(40:4)、(60:6) [g] というように変化させて発熱の仕方を調べる実験を行った。結果は(60:6) [g] の時に最も温度上昇が大きかった。このことから、カイロに含まれる鉄粉と粉末炭素の混合物の量に温度上昇が比例していると考えられる。今後は、カイロに含まれる鉄粉を銅やスズなどの他の金属粉を用いて実験を行っていきたい。

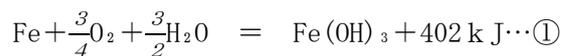
本文

1. 目的

日常でよく使われるカイロは、酸化還元反応の中でも、発熱反応が起きているため、暖かく使うことができる。しかし、市販されているカイロの種類によって、暖かい温度の持続する時間や最高温度などが異なっている。そこで、私たちはカイロの温度変化について何が関わっているのか明らかにする実験を行う。

〈カイロについて〉

カイロには、水、鉄粉、活性炭、バーミキュライト、食塩が主成分として含まれている。活性炭は表面の穴に空気を取り込んで、酸素の供給を促す役割がある。バーミキュライトは表面の穴に水分を取り込む、保水材としての役割がある。カイロ内で起こる反応は、次のような熱化学方程式で表される。



鉄と酸素と水が化合し、水酸化鉄(II)という物質ができ、402kJ/molの熱が発生する。

2. 仮説 I

酸素の供給量が関わっているのではないか。

3. 使用した器具・装置など

- ・市販カイロ (桐灰カイロ)
- ・ガラス棒
- ・ストップウォッチ
- ・デジタルサーモメーター
- ・ビーカー (300mL)
- ・ジップロック
- ・封筒
- ・発泡スチロール



図1 実験に用いたカイロ



図3 容器② ジップロック

4. 実験方法

【実験1】

〈手順〉

- (i) 容器に市販カイロの中身を移す。
- (ii) デジタルサーモメーターで温度変化を調べる。
- (iii) 実験結果を比較する。

容器は、①ビーカー ②ジップロック ③封筒とする。この3つの容器を用いたのは、それぞれ空気の循環の仕方が異なるため、酸素の供給量と温度変化の関係を調べられると考えたからである。40℃を超えたときに発熱したとし、40℃を下回ったときに発熱が終了したと定義した。



図4 容器③ 封筒



図2 容器① ビーカー



図5 ジップロックでの実験



図6 封筒での実験

〈仮説〉

封筒は①と②と比べて通気性が良いので③の実験でのみ、温度変化が見られる。

〈結果〉

- ①→温度変化が見られなかった。
- ②→温度変化が見られなかった。
- ③→温度変化が見られた。

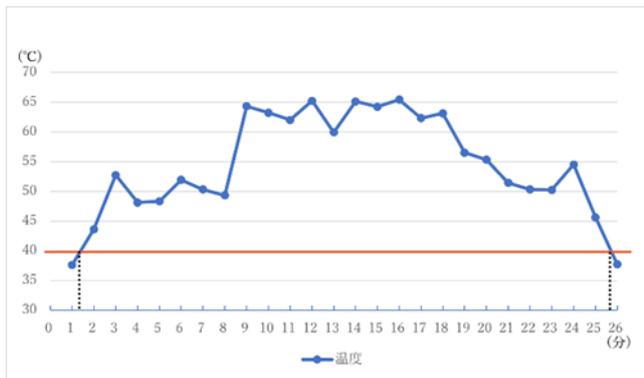


図7 封筒での結果

開始から約2分後に40°Cを超え、約24分後に40°Cを下回った。最高温度は65.1°Cだった。持続時間は22分間だった。

〈考察〉

①で温度変化が見られなかったのは、ビーカーでは空気の通り道が限られてしまい、酸素が十分に供給されなかったのではないかと考えた。②で温度変化が見られなかったのは、ジップロックは空気を遮るため、容器内の酸素がすぐになくなり、発熱しなかったのだと考えた。③では、封筒は空気をよく通すため、温度変化が見られた。これらの結果から、温度変化には酸素の供給量が関わっていると考える。

また、このカイロには持続時間が24時間と表記されていたにも関わらず、実験では30分も持続しなかった。これは、カイロの袋には小さな穴が開いており、酸素を少しずつ供給しているのに対して、今回の実験では全体が酸素に触れており、

早く反応が進んだのではないかと考えた。

【実験2】

実験1において、熱が逃げていて正確な温度変化を測ることができていないのではないかとという疑問が生じた。そこで、断熱容器を用いて温度を測ることにした。断熱容器には発泡スチロールを用いた。

〈手順〉

- (i) 発泡スチロールにカイロの中身を移す。
- (ii) 温度変化を調べる。

〈仮説〉

実験1よりも温度変化が一定になる。

〈結果〉

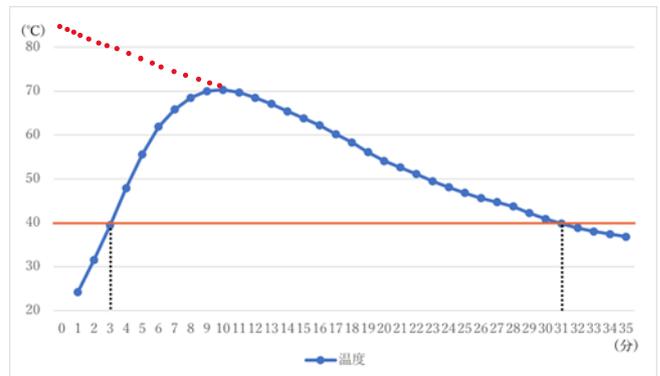


図8 実験2の結果

実験開始10分後に70°Cまで達した。40°Cを超えたのは3分後、下回ったのは31分後で、持続時間は28分間であった。

〈考察〉

実験1で行った時よりも、温度変化が一定でグラフが緩やかになった。このことから、実験1では一部熱が逃げていたため、温度変化が一定ではなかったと考える。

また、製品規格の最高温度 65°Cを 5°C上回ったのは、発泡スチロール内に熱がこもったためだと考える。

また、少しではあるが発泡スチロール内の空気に熱が逃げていると考えることができるため、実際にはもう少し温度が上昇すると考えられる。

【実験 3】

次に、カイロを構成する物質の量について考えていく。

〈仮説〉

カイロに含まれる鉄粉と粉末活性炭の混合物の量が多いほど発熱までの時間が速く、温度も高くなる。

〈使用した器具・装置など〉

- ・鉄粉
- ・粉末炭素
- ・食塩水
- ・封筒
- ・ティッシュペーパー
- ・デジタルサーモメーター
- ・ストップウォッチ
- ・ビーカー
- ・発泡スチロール
- ・ガラス棒

〈手順〉

(i) 鉄粉、粉末炭素、食塩水を染み込ませたティッシュペーパーを封筒内に入れる。

(ii) 封筒を上下に往復 10 回振り鉄粉を発熱させる。

(iii) 封筒を発泡スチロールに入れ、蓋を閉めると同時にタイマーをスタートさせる。

(iv) デジタルサーモメーターで温度変化を調べる。

(v) 実験結果を比較する。

鉄粉の量を 20g、30g、40g、60g というように多

くしていった時の温度変化を調べる。この時、粉末炭素の量は順に 2g、3g、4g、6g というようににした。

また、食塩水は 50mL の蒸留水と 5g の食塩を混ぜ合わせて作ったものを使った。

鉄粉と粉末炭素の割合と食塩水の濃度は市販カイロの製品規格をもとに考えた。

今回の実験では市販カイロとは構成物が完全には一致していないので、温度が上昇し始めたら発熱を開始したとした。



図 9 実験 3 の様子

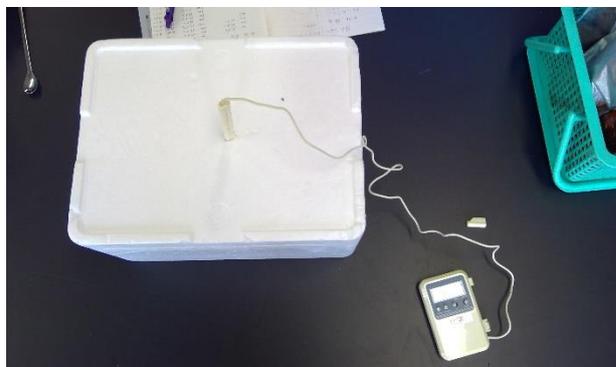


図 10 実験 3 の様子

〈結果〉

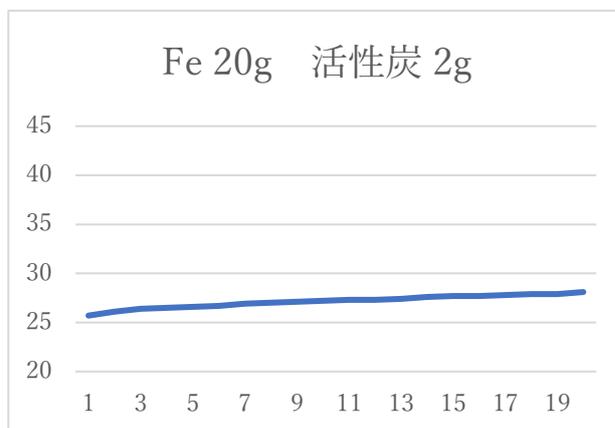


図 11 実験結果

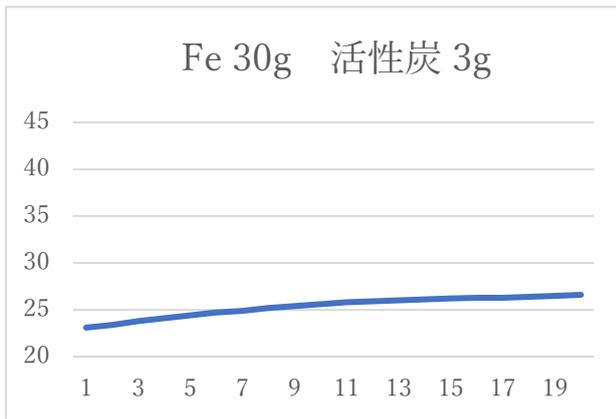


図 12 実験結果

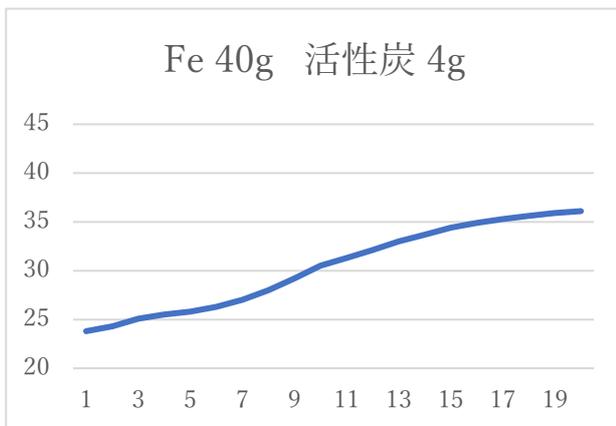


図 13 実験結果

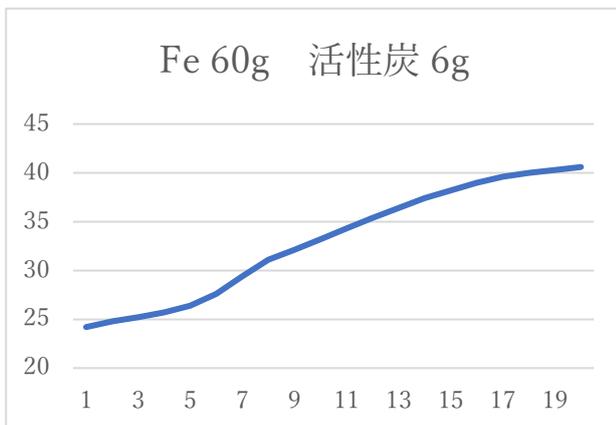


図 14 実験結果

鉄粉と粉末炭素の量が多いほど温度上昇が著しく、20分後の温度も高かった。

〈考察〉

カイロに含まれる鉄粉と粉末炭素の量に伴って温度上昇や最高温度も高くなる。

これは、鉄粉と粉末炭素の量が多ければ酸化して発熱する量も多くなるためだと考えられる。

5. 展望

実験回数が少なく、データにばらつきがあったため、実験回数を増やす。

酸素の供給量やカイロに含まれる物質の量以外にも、カイロの温度変化に関わっている条件を調べていく。

6. 謝辞

実験をするにあたり、ご教示くださった桑原先生に心から感謝申し上げます。

7. 参考文献

「カイロのすべて：カイロのしくみ」

<https://www.kobayashi.co.jp>

「なるほど・ザ・化学実験室」

<https://www.bunseki.ac.jp>