

カルメ焼きがうまくなる条件とは

川根本町立本川根中学校

2年 春田 浩奈

1 研究の目的

理科の授業でカルメ焼きを作った。先生から指示されたカルメ焼きの作り方は次の 4 点であった

- ・ 125℃まで加熱する。・ 火から下ろし、10 秒間濡れぞうきんの上でお玉を冷やす。
- ・ 卵白を加えた炭酸水素ナトリウムを入れて混ぜる。
- ・ 白っぽくなったら混ぜるのをやめて、膨らむのを待つ。

この実験では、先生から指示された通りにやったところ、カルメ焼きがふくらんだ。

私は「カルメ焼きはおもしろいな」と思うと同時に、次の 3 つの疑問を持った。

- (1) なぜ、125℃まで加熱するのか。125℃以外ではできないのか。
- (2) 火から下ろし、10 秒間冷やすのはなぜなのか。
- (3) 炭酸水素ナトリウムを卵白に混ぜるのはなぜか。

以上の 3 点を実験して調べることを目的にこの研究を行った。

2 研究の方法

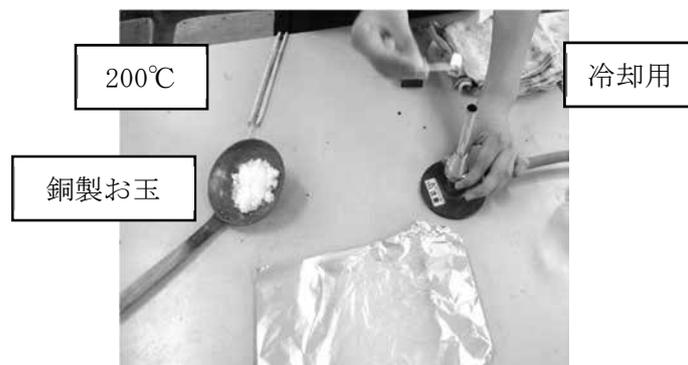
(1) カルメ焼きがうまくなる膨らむ温度を調べる。

ア 銅製のお玉を使って、次の 6 つの温度でカルメ焼きを焼いてみる。

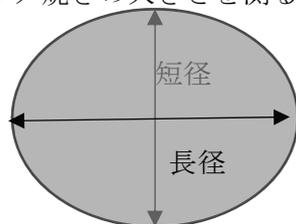
100℃ 105℃ 110℃ 115℃ 120℃ 125℃

それぞれの温度で 3 回ずつカルメ焼きを焼き、膨らみ方を比べる。

砂糖の量は 20 g、加える水の量は 10 g にした。加える炭酸水素ナトリウムは、理科の授業と同じように卵白に混ぜて、団子状にしたものを使った。炭酸水素ナトリウム 30 g を、卵白 10 g に加え、十分にかき混ぜた。実験では団子 0.5 g を加えた。



イ できたカルメ焼きの大きさを測る。うまく膨らめば大きさも厚みも大きくなると考えた。



図のように長径、短径と厚みをはかり、3 つの値を掛けて、大きさを比べた。

ウ できたカルメ焼きを真ん中で切り、切り口の様子を観察した。

一部を切り出し、顕微鏡で 40 倍に拡大して、気体の穴がどうなっているのか調べた。

(2) (1) の実験から、110℃、115℃の時にカルメ焼きがうまくなる膨らんだ。なぜ、この温度

で火から下ろすといいのか、その理由を調べる。

ア 加熱開始から終わりまで、砂糖水の温度がどのような変化をしていくか。温度上昇の仕方を調べる。

カルメ焼きが膨らんだ 110℃、115℃、120℃、125℃までそれぞれ加熱し、10 秒ごとに温度を測定した。より精密な温度を測定しようとサーミスタ温度計 (300℃まで測定可能) を使った。同時に、10 秒間濡れ雑巾でお玉を冷やした後の温度も測定する。

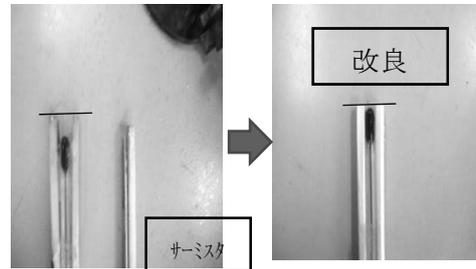
イ アの測定では、125℃ (サーミスタ温度計での測定値) では粘っこい沸騰が起きたが、(1) でカルメ焼きがよく膨らんだ 115℃、110℃ (アルコール温度計での測定値) では砂糖水は粘っこい沸騰をせず、カルメ焼きができる状態ではないことがわかった。アルコール温度計とサーミスタ温度計では温度測定に違いがあるかもしれない。そこで、アルコール温度計やサーミスタ温度計を使って、火からおろす温度と濡れ雑巾で冷やして下げる温度を変えて、カルメ焼きができるか実験をした。また、アルコール温度計のアルコール球が完全に砂糖水に浸かるように装置を改良した。

次の順番で、それぞれ測定を行った。

(ア) アルコール温度計 (写真右) で測定し、カルメ焼きを作る。

(イ) サーミスタ温度計で測定する。

(ウ) アルコール温度計とサーミスタ温度計を同時に使って温度を測定する。



この場合、ゆっくり加熱することで2種類の温度計の感度の違いをなくせると考え、次の①～③の測定を試みた。

- ① ホットプレートを使い、ゆっくり加熱した時の温度を測定する。
- ② 鍋にお玉を入れて、ゆっくり加熱した時の温度を測定する。
- ③ 三角フラスコに砂糖水を入れて加熱した時の温度を測定する。

ウ 砂糖水の水分量と粘りけの強さを調べる。

カルメ焼きが、うまく膨らむためには沸騰によって水が減ることにより、粘りけが生まれることが関係しているのではないかと考え、減った水分量と粘りけの関係を調べた。

減った水の量：加熱前の全質量－加熱後の全質量

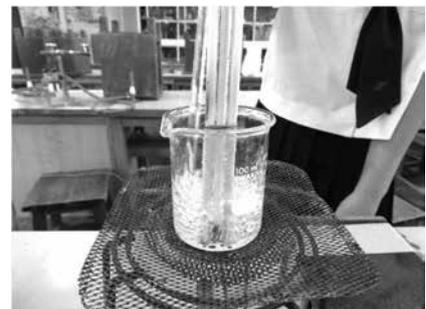
粘りけの強さ：円形の金属板を引き上げる時の力の大きさをバネばかりで5回測り、平均を求めた。火から下ろす温度が、110℃、115℃、120℃、125℃にして、粘りけの大きさを測定した。



(3) 炭酸水素ナトリウムになぜ、卵白を加えるのだろうか。

右の写真のように、ビーカーに砂糖水を取り、アルコール温度計で 125℃まで、加熱する。火から下ろし、沸騰の泡がなくなったら、卵白に加えた炭酸水素ナトリウムと水に加えた炭酸水素ナトリウムをそれぞれ砂糖水に落とし、変化の様子を観察した。

また、それぞれのビーカーの砂糖水をかき混ぜ、カルメ焼きを作って、膨らみ方の違いを測定した。

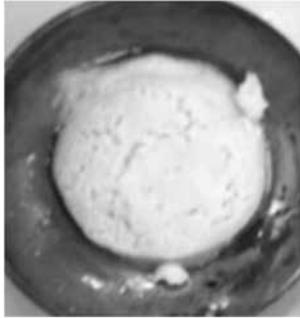


3 研究結果と考察

(1) カルメ焼きがうまく膨らむ温度を調べる。

ア 温度を変えた時のカルメ焼きの様子

110℃ お玉の中



115℃



125℃



写真のように、火から下ろす温度を 110℃、115℃にした時が一番うまく膨らんだ。授業で示された 125℃ではカルメ焼きはうまく膨らんでいない。

イ カルメ焼きの大きさを比べる

表に示すように、この実験結果からは 115℃まで熱した時が一番膨らんだ。110℃も同じであった。120℃、125℃と温度が高くなるにつれて、膨らみ方は小さくなった。授業では 125℃でよく膨らんだ。

この違いは何が原因だろうか。実験方法を振り返って、次の可能性が考えられた。

割り箸にアルコール温度計を付ける位置が、お玉から離れすぎているために、温度が実際よりも低くなっているかもしれない。

カルメ焼きの大きさ

温度 (°C)	長径×短径×厚さ
110	108
115	114.4
120	90
125	53.7

ウ できたカルメ焼きの切り口と顕微鏡で拡大したものを観察する。



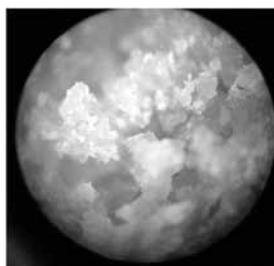
(115℃で下ろした断面)



(顕微鏡×40)



(125℃で下ろした断面)



(顕微鏡×40)

断面を比較すると、110℃、115℃で下ろした方が大きな穴がたくさんあった。

また、顕微鏡で観察すると穴(炭酸水素ナトリウムが分解して発生した気体が砂糖を膨らませた跡)も 110℃ 115℃の時が大きく、全体に穴が空いている。120℃、125℃になると、穴は小さく、数も少ない。110℃、115℃でよく膨らむ理由は、大きな穴が全体にできるからだといえる。また、炭酸水素ナトリウムを卵白と混ぜない場合も穴は小さく、数も少なかった。

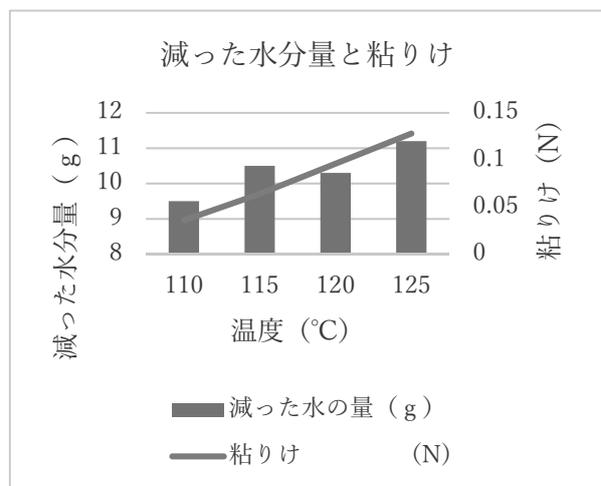
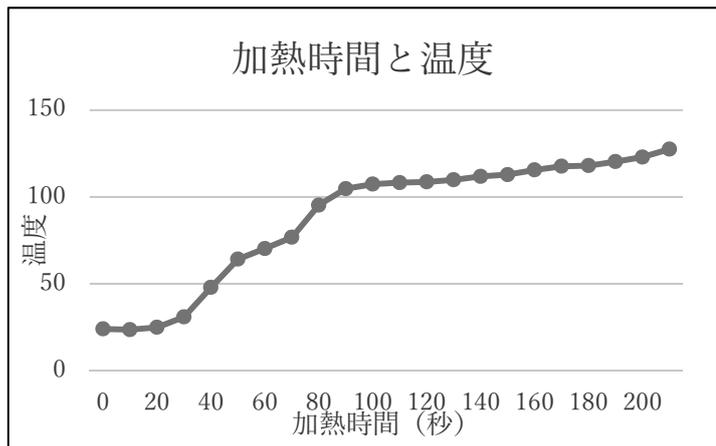
(2) 砂糖水の温度上昇の仕方を調べる。

砂糖水は 103℃～106℃で沸騰し、温度上昇は 110℃まで起こらない。これは、水の沸騰のために熱が使われているからだろう。110℃を過ぎるとだんだん上昇した。このため、火から下ろす温度が 110℃未満では、水分が多く、カルメ焼きに必要な粘りが生まれない。改良アルコール計で、125℃まで熱してから火から下ろし、115℃まで冷やした時が一番カルメ焼きが膨らむことも精密な温度測定から分かった。

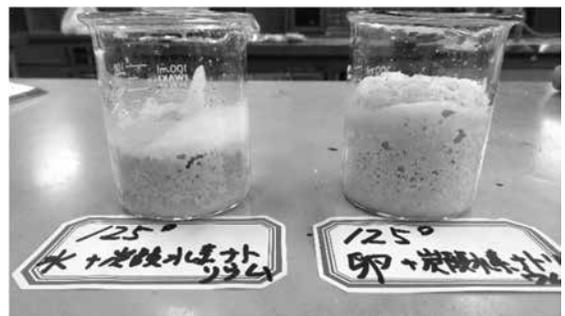
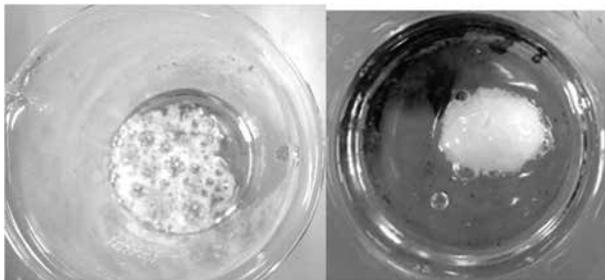
ア～イの温度測定から、サーミスタ温度計とアルコール温度計では加熱方法によって、最大で 15℃の差があることが分かった。これは、アルコール温度計が、サーミスタ温度計に比べ、測定感度が鈍いためであり、ゆっくりと加熱したり、フラスコで加熱したりすればこの差は小さくなった。

ウ 砂糖水の水分量と粘りけを調べる。

右のグラフのように 125℃になった時、最も粘りけが増した。125℃より低ければ粘りけが小さく、発生した気体が砂糖を膨らませないで逃げてしまう。逆に 125℃より高ければ粘りが強すぎて膨らませることができないと考えられた。



(3) なぜ、炭酸水素ナトリウムを卵白に混ぜるのか (写真 左：水団子 右：卵白団子)



写真のように卵白に混ぜたものは、水で混ぜた場合に比べて、気体がすぐには出てこない。卵白に混ぜることによって、卵白の膜で炭酸水素ナトリウムがコーティングされ、ほどよい加減でカルメ焼きが膨らむのだと考えられた。ビーカーでカルメ焼きを焼くと、卵白の方が大きく膨らんだ。

3 まとめ

- (1) カルメ焼きがうまく膨らむ温度は 125℃で火から下ろした時である。この温度が、カルメ焼きが膨らむのに適した粘りを生む。沸騰して水分が減ることにより、粘りが増す。
- (2) 火から下ろし、10 秒間濡れ雑巾で冷やすのは、過度の温度上昇を防ぐためである。
- (3) 炭酸水素ナトリウムを卵白に混ぜるのは、卵白によってコーティングし、発生した気体がすぐに空气中に逃げないようにするためである。