

# 化学反応を使った携帯型調理器を作ろう

## ～災害時でもおいしいごはんを～

チーム名:ケミカル cooker

メンバー: 近藤浩紀、小林洋介、橋本拓真、波多野有那 (山梨大学工学部  
応用化学科 2 年)

志村智一、白勢裕登、古山貴也、松下大希 (同 1 年)

### I はじめに

私たちは、化学反応の際に生じる熱を利用した製品に興味を持った。身近なところでは、携帯カイロや紐を引くと温めることができる駅弁など様々な用途で使われていることがわかった。4月に発生した熊本地震で電気、水道、ガスが止まってしまったためにまともに食事も出来ない地域もあることを知った。そこで災害などで電気を使えない場合に化学反応の熱を利用し調理が可能な器具をつくることにした。そのため、電気を使わずに化学反応の熱を利用することや、安全で簡単に調理できるものであることを前提にする。

### II 目的

化学反応を利用した携帯型調理器を考案・開発することを目的とし、以下の条件を満たすことを目標とする。また、酸化カルシウムの再利用を試み、環境によいものを作る。

- ・電気やガスを使わず、化学反応(発熱反応)だけで料理ができるものをつくる。
- ・米が炊けたり、肉に火が通せたりできるようにする。
- ・リサイクルでき、安全に考慮したものをつくる。

### III 研究内容

始めに予備実験として、生石灰(酸化カルシウム)の加水による発熱反応で生じる熱の温度上昇、反応継続時間をログサーモ(八光電機製)により測定した。発熱反応により生じる熱を継続させることで米を炊いたり、肉を焼いたりできる条件に達するかを調べた。さらに、発熱反応により生成される消石灰(水酸化カルシウム)を加熱し、再び生石灰を生成しリサイクルする方法を検討した。この実験において使用する生石灰は肌に直接触れる場合や吸入する際に炎症や咳を伴う危険があるため安全性も十分考慮して実験を行った。

予備実験の結果をもとに携帯型調理器を設計した。携帯型調理器本体は保温性が高い(魔法瓶、段ボール等)ものを利用して設計し、ログサーモを用いて温度が何分間保持できるのかを比較した。これと同時に生石灰に対し水がどれだけの量でどのくらいまで上昇する

のかを考えたいので、少しずつ水を反応させて発熱反応を持続する方法を検討した。

実際に調理するものを入れ、携帯型調理器としての機能、大きさ、安全性、使いやすさを確認し、最終的に災害時に簡単に使えるような携帯型調理器の作製を目指した。

#### IV 実験結果

実験の構成は、以下の通りである。

IV-I：酸化カルシウムと水の反応で一番温度が上がるモル比を見つける。また、酸化カルシウムの再利用が可能であるかを調べる。

IV-II：米や肉を調理するうえで反応熱が逃げないように最適な容器を選定する。

IV-III：1章と2章の結果をふまえて、実際に米と肉を調理できるかを調べる。

#### IV-I 酸化カルシウムと水の反応の実験および酸化カルシウムの再利用

##### 目的

酸化カルシウムと水の反応によってどの程度の温度になるのか、またそれらの混合比によって温度の上昇の違いを調べる。また、水酸化カルシウムは熱することで酸化カルシウムに戻るため、再利用できるか確かめる。

##### 実験 1

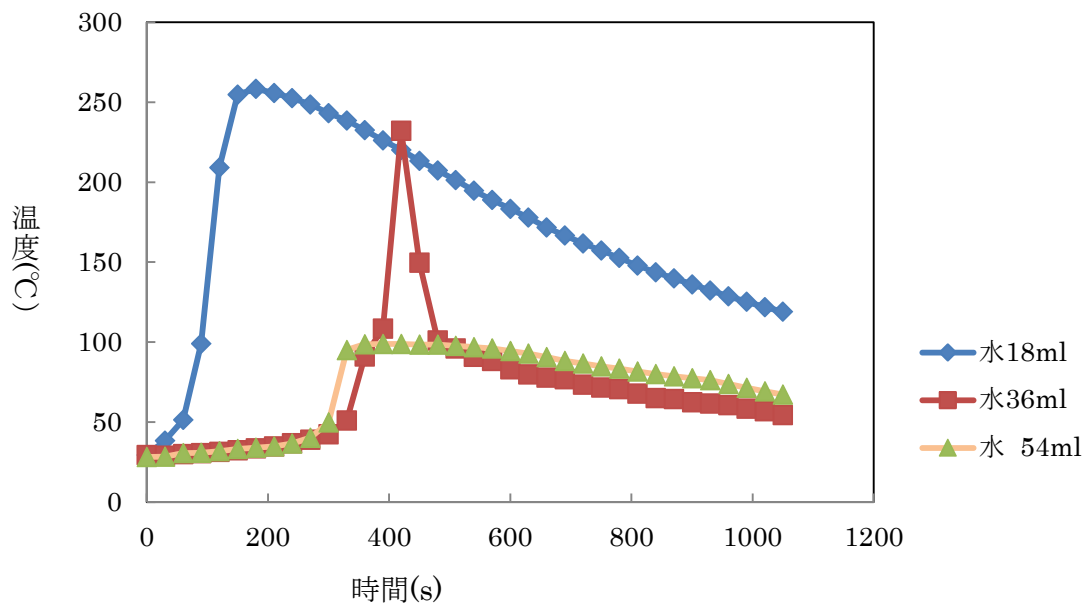
###### ・目的・実験方法

酸化カルシウム 56g に対して水 18ml、36ml、54ml を入れ、それぞれの温度の上がり方や温度の持続時間などの違いを調べた。

###### ・結果・考察

グラフ 1-1 より水 18mL のとき、すなわち水と酸化カルシウムのモル比 1:1 で反応させたときに温度が最も高くなり、反応 2 分後で 200°C を超えた。また、水の比率が高いと温度が 100°C を越えなかった。

水の比率が高いときは、反応熱が水の加熱や水の蒸発に使われるために水の沸点 100°C 以上上がらないと考えられる。この結果から調理器を作るには 1:1 で反応させるのが 1 番適切であるとわかった。



グラフ 1-1 酸化カルシウム 56g に所定量の水を加えた時の温度変化

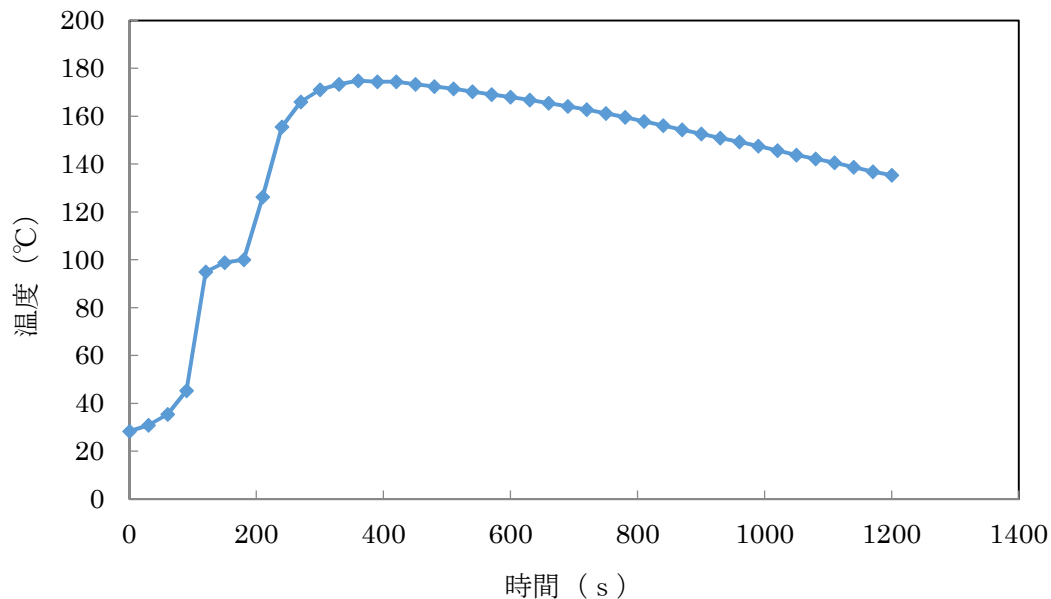
## 実験 2

### ・実験・目的

水酸化カルシウムは熱することで酸化カルシウムに戻すことが可能なため、使用した酸化カルシウムを再利用できないかと考えた。使用した酸化カルシウムを 800°Cの電気炉で 24 時間加熱した。加熱後の試料について前回の酸化カルシウム 112g に対し水 36ml を加える実験と同じ条件で温度変化を調べた。

### ・結果・考察

未使用と再利用の酸化カルシウムの温度変化を比べたところ、あまり差はなく、未使用と同様に使用できることがわかった。しかし、水酸化カルシウムを酸化カルシウムに戻すための温度が非常に高く、800°Cの電気炉を利用することが困難なため再利用することは難しい。



グラフ 1-2 発泡スチロール内で再利用した酸化カルシウム 112g に水 36ml 加えた時の温度変化

#### まとめ

酸化カルシウムと水の反応によって、米と肉を調理するのに必要な温度に達することができることがわかった。

#### IV-II 容器の選定

##### 目的

酸化カルシウムと水の反応によって発生した熱を容器の中で長く保持することができるようなものを見つけることで、効率よく米や肉を調理できるため、容器の選定を行った。

##### 実験 1

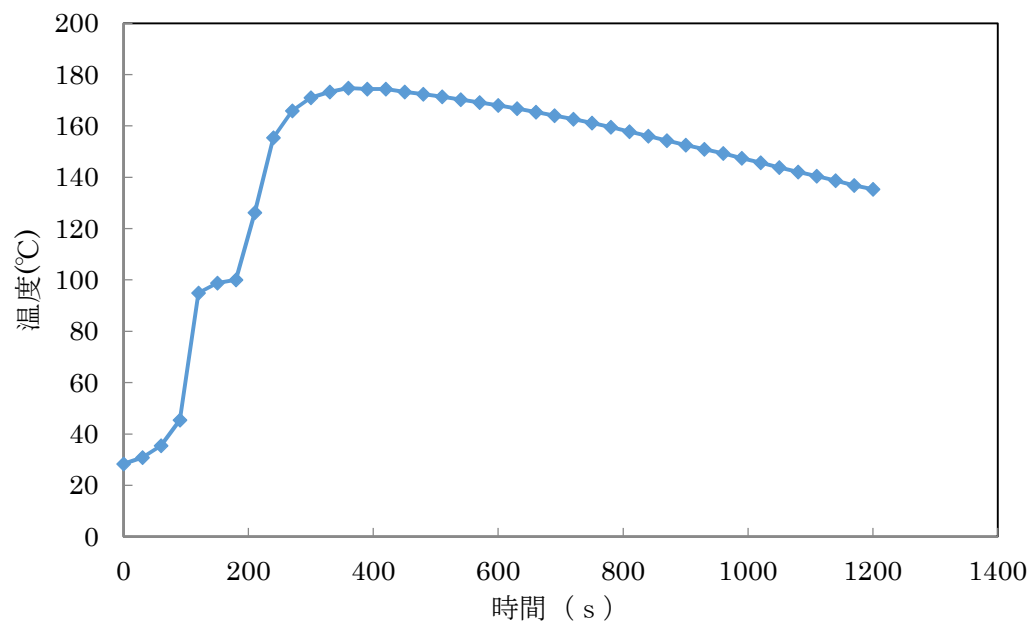
###### ・目的・実験方法

写真 2-1 のような発泡スチロールの容器を使用することで、温度の持続時間を調べた。また熱に対しての容器の耐久性を調べた。

発泡スチロールの容器の中にステンレス板を敷き、上に酸化カルシウムを入れ水とモル比 1 : 1 で反応させた。(酸化カルシウム 112g 水 36ml)

その上にステンレス容器を入れ、ログサーモを用い中の温度を測定した。

・結果・考察



グラフ 2-1 発泡スチロール内で酸化カルシウム 112g に水 36ml 加えた時の温度変化



写真 2-1 発泡スチロールに容器を入れ測定する様子



写真 2-2 発泡スチロールの容器が溶けた写真

保温性は高く最大で  $170^{\circ}\text{C}$  を超えていたが、容器の熱に対する耐久性に欠けていたため写真 2-2 のように発泡スチロールが融けてしまった。容器を選定する際は、保温性はもちろんだが、発生した熱に耐えられるかを考慮しなければならないことがわかった。

## 実験 2

### ・目的

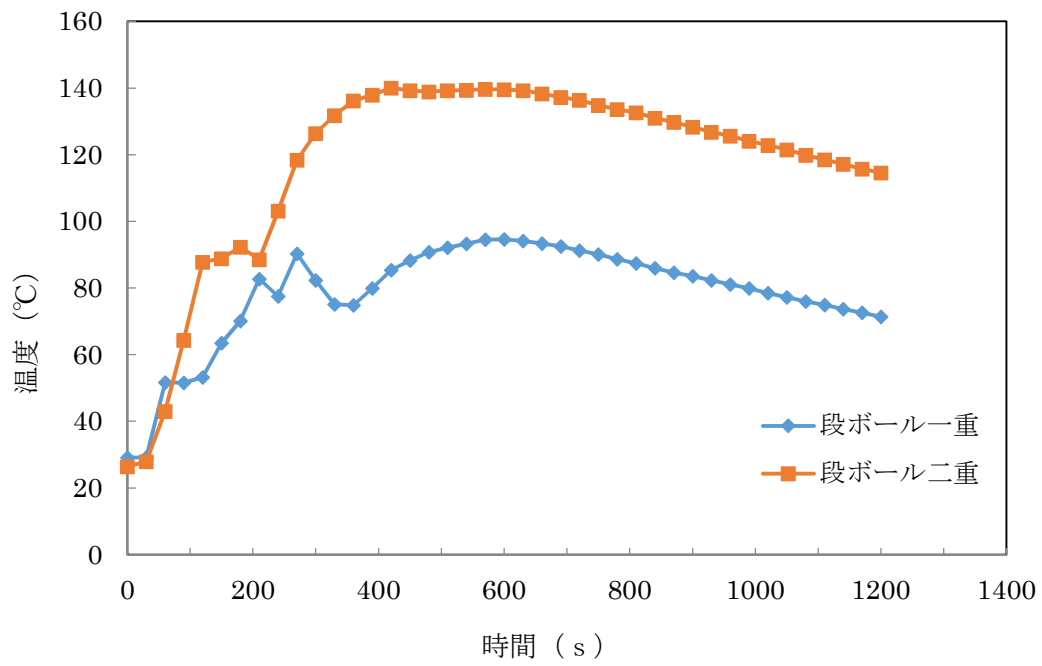
酸化カルシウムの加水による発熱反応実験で米を炊いたり、肉を焼ける状態にするために中の温度が  $100^{\circ}\text{C}$  以上を 10 分程度保つ容器を探す。この実験では保温性があり、熱への耐久性もある段ボールを使用してみた。

### ・実験方法

段ボール一重の中にステンレスの板を入れ、その中に酸化カルシウム 112g を詰め、酸化カルシウムに水 36ml を加えた。その後、段ボールをガムテープで密閉し 20 分放置して容器内の温度変化を調べた。

段ボール一重での実験で温度上昇が足りなかったため、次に、段ボール二重の中での発熱反応実験を行った。この実験において段ボールを二重にする際、段ボールの間にできた空間を埋めるために、発泡スチロールを詰めてなるべく隙間を作らないようにした。実験は段ボール一重の時と同様の方法で行った。

### ・結果・考察



グラフ 2-2 段ボール一重と段ボール二重に所定量の水を加えた時の容器内の温度変化



写真 2-3 段ボール一重のときの様子

段ボール一重では、温度が 100℃を超えることがなく最高でも 94.6℃までしか上がらなかった。また、90℃台を 4 分半しか保つことができなかったため、調理器としては不十分であった。段ボール二重では、反応が始まってから 4 分で 103.2℃まで温度が上がりその後 15 分以上 100℃以上を維持でき、最高 140.1℃まで上昇したため調理器として十分使用可能である。これらの結果から、段ボール一重よりも段ボール二重のほうが最高温度と 100℃以上の反応継続時間がともに良いことがわかった。

### 実験 3

- ・目的

より保温性の高い容器の選定をする。

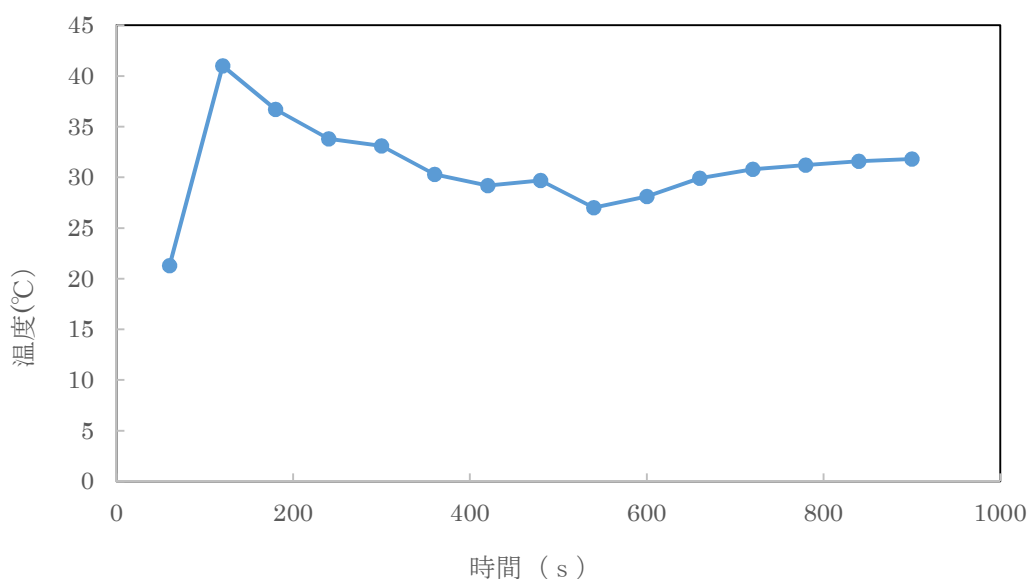
- ・実験方法

実験 2 で行った実験の酸化カルシウムと水の反応の結果をもとに、段ボール 2 重の容器が良いと考え、この容器を用いて米を炊く実験を行った。IV-I 節の結果にもとづいて段ボール二重の中で酸化カルシウム 112g と水 36g (モル比 1 : 1) を反応させ、その上に米 1 合と水 180ml 入ったステンレス容器を置いて計測した。



#### ・結果・考察

グラフ 2-3 で示すように 10 分間計測しても温度が最初の温度とあまり変化しなかったため、酸化カルシウムを反応させるための水を追加したが温度はあまり変わらなかった。米と一緒に入っている水に熱が吸収されてしまい温度が上がりにくくなっているのではないかと考えられる。そのため次の実験では酸化カルシウムと水の反応が直接米と水の入った容器に当たらないように工夫しなければならないと思った。



グラフ 2-3 段ボール二重の中で酸化カルシウム 112g と水 36g を反応させた時の温度変化

#### 実験 4

##### ・目的

段ボール二重の実験で良い結果が得られなかったため、写真 2-4 で示す発泡スチロールの容器を使い、実際に米を炊くことができるかどうかを調べた。

##### ・実験方法

発泡スチロールの容器の中にプラスチック容器を入れ、その中で水と酸化カルシウムをグラム比 1 : 1 (酸化カルシウム 100g 水 100g) で反応させ、その後、撥水性の敷き紙を被せた。その上に米 1 合と水 180ml が入っているジップロックを載せ、蓋をしてログサーモを用いて米の温度を 20 分間測定した。

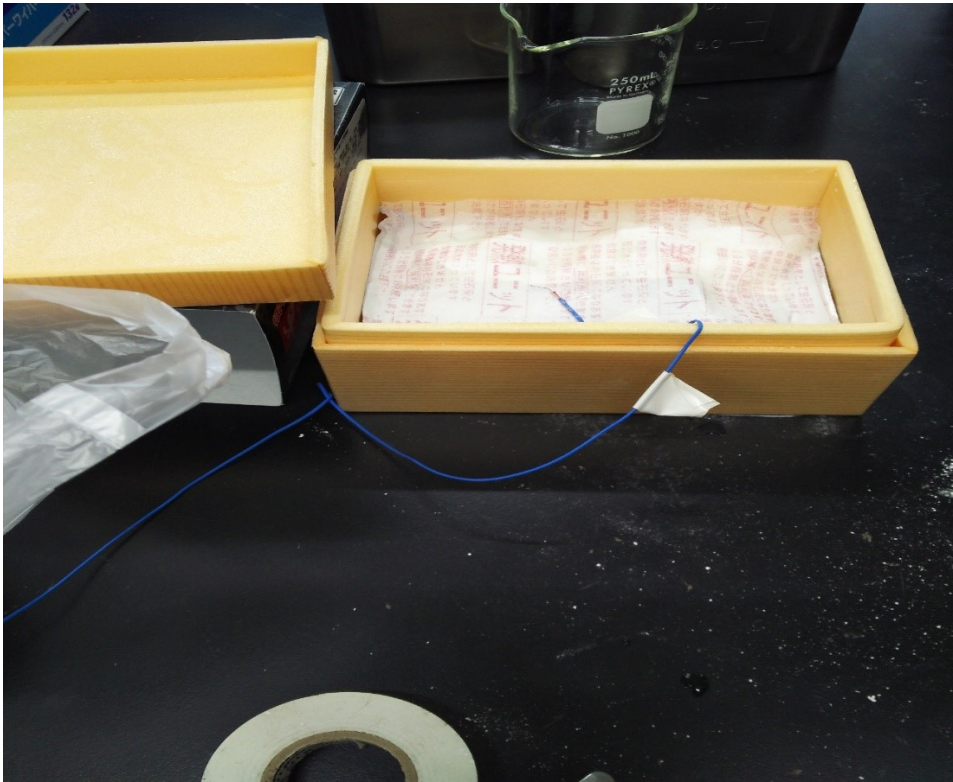
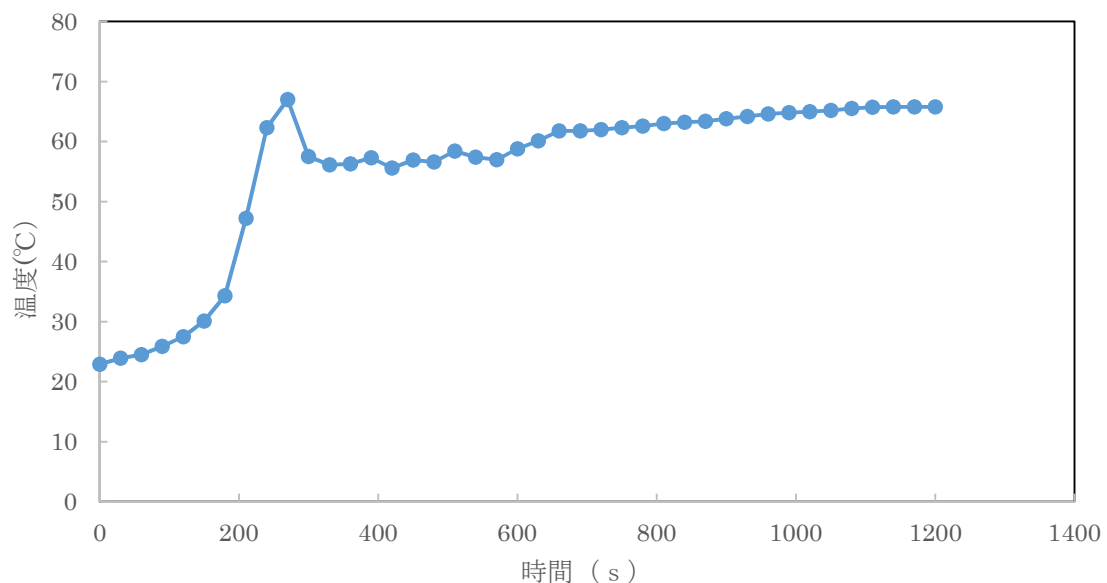


写真 2-4 実験 4 で用いた発泡スチロール容器

・結果・考察

グラフ 2-3 で示すように発泡スチロールの容器では水の温度が最高で 65.8℃まで上がったため段ボール二重の容器よりも保温性は高いと考えられる。しかし、米の中と一緒に入っている水の比率が高く米を炊くことはできなかった。この結果から写真 2-4 の容器を用いて、それとは別に米の量を減らし同時に米の中の水の量を減らすことでより米を炊くことのできる温度まで上げることができると考えられる。



グラフ 2-4 発泡スチロール容器内で酸化カルシウム 100g に水 100g 反応させた時の温度変化

・まとめ

段ボール二重の容器よりも写真 2-4 の発泡スチロール容器のほうが保温性に優れていることがわかった。

米 1 合の水の量だと温度が上がらない。

これらのことから、IV-III 節では米半合で写真 2-4 の容器を用いて実験を行った。

IV-III 肉と米の調理実験

・目的

IV-II 節の結果を踏まえて、容器と酸化カルシウムと水の量を決定し直し、実際に肉と米を調理する。

実験 1

・目的・実験方法

酸化カルシウムの加水による発熱反応で肉を焼くために段ボールを二重にして実験を行った。内側の段ボールにステンレス容器を入れる。そこに酸化カルシウム 110g を敷き詰め、その上にアルミホイルを敷く。肉を置き、水 110g を加え反応させ両方の段ボールをガムテープで密閉し 20 分放置して容器内の温度変化を調べた。(写真 1)



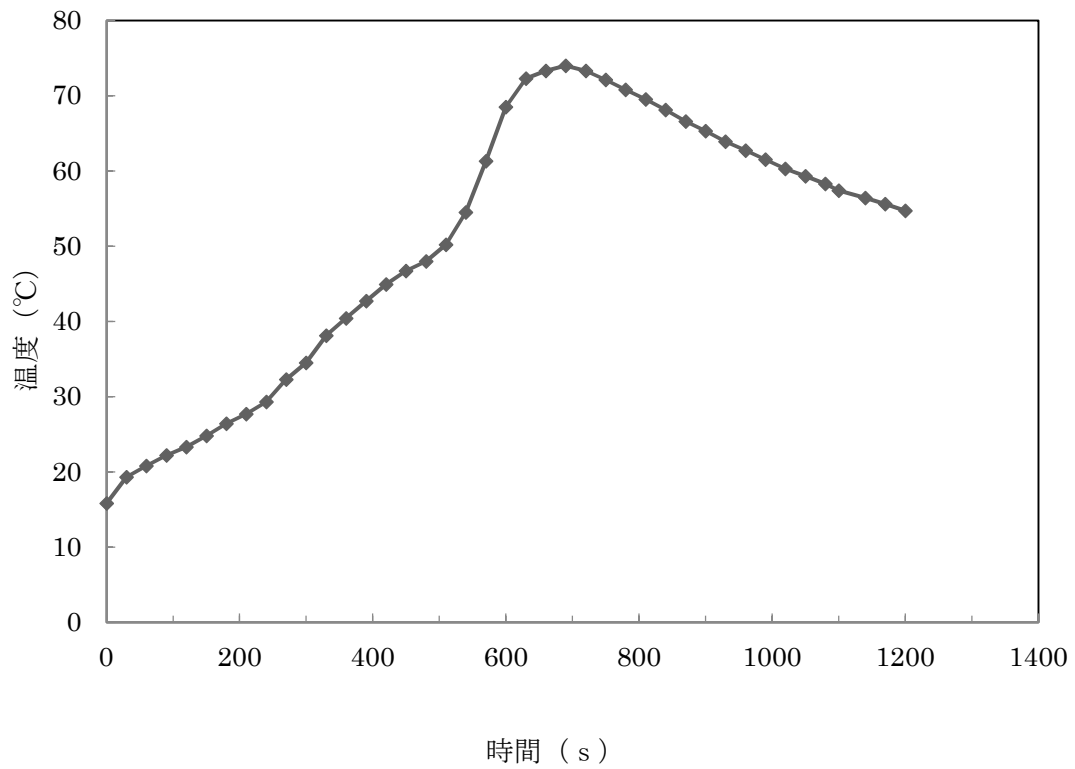
写真 3-1 肉を調理する前の段ボールの中の様子

・ 結果および考察

酸化カルシウムの化学反応熱で肉に火を通すことができた。(写真 2)

しかし肉に焦げ目につかず、焼けたというよりは、蒸された状態に近かった。

表 1 から最高温度が 74℃ということもあり、厚い肉を焼くことは厳しいと考えられる。



グラフ 3-1 酸化カルシウム 110g と水 112ml における肉を焼く実験



写真 3-2 肉を段ボールの中で 20 分間加熱し続けた様子



## 実験 2

### ・目的・実験方法

IV-II 節の実験では、米を炊くために必要な温度を保つことが出来なかったため、熱を逃がさない真空断熱容器を新たに使用することにした。また熱が米全体にいきわたるように酸化カルシウムを真空断熱容器に詰め込んだ。

密封ポリ袋に米半合と水 94ml を入れたものを真空断熱容器に詰め込んだ。(写真 3.4)



写真 3-3 真空断熱器に米半合をいれたときの様子

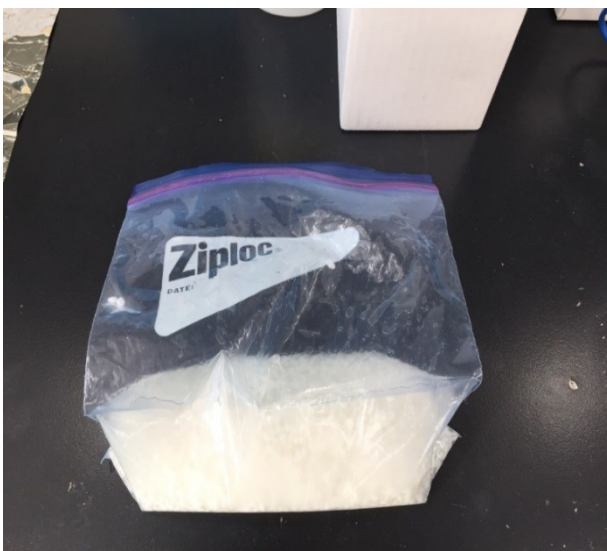
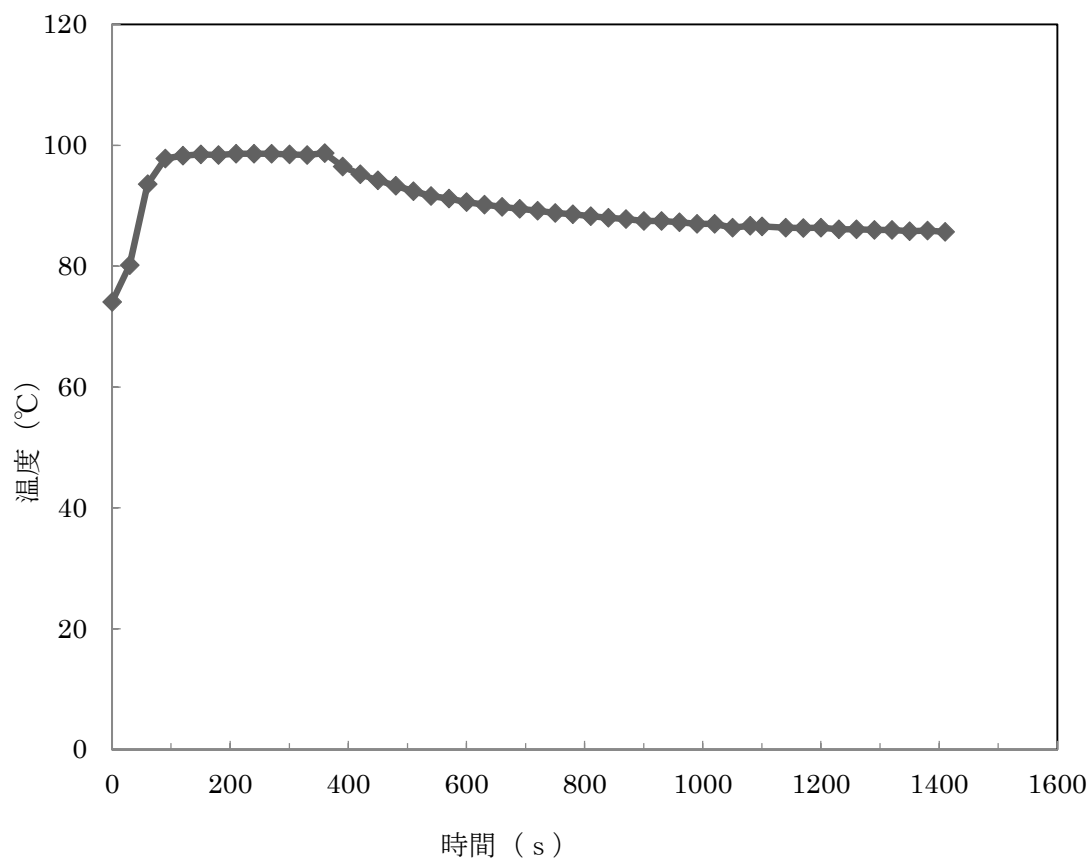


写真 3-4 真空断熱器に入れた米半合と水の様子

### ・結果および考察

米炊くことが出来たが、芯が残っている部分もあり完全に米を炊くことが出来なかった。

その原因として、最初の温度が 74.1℃となっているため、詰め込む過程において水が漏れてしまっていたと考えられる。そのため米を炊くための水の量が不十分になってしまった。直接密封ポリ袋に酸化カルシウムを当ててしまったがために、穴が空いて水が漏れてしまった。そのため、密封ポリ袋に直接当てることは適していないと判断した。



グラフ 3-2

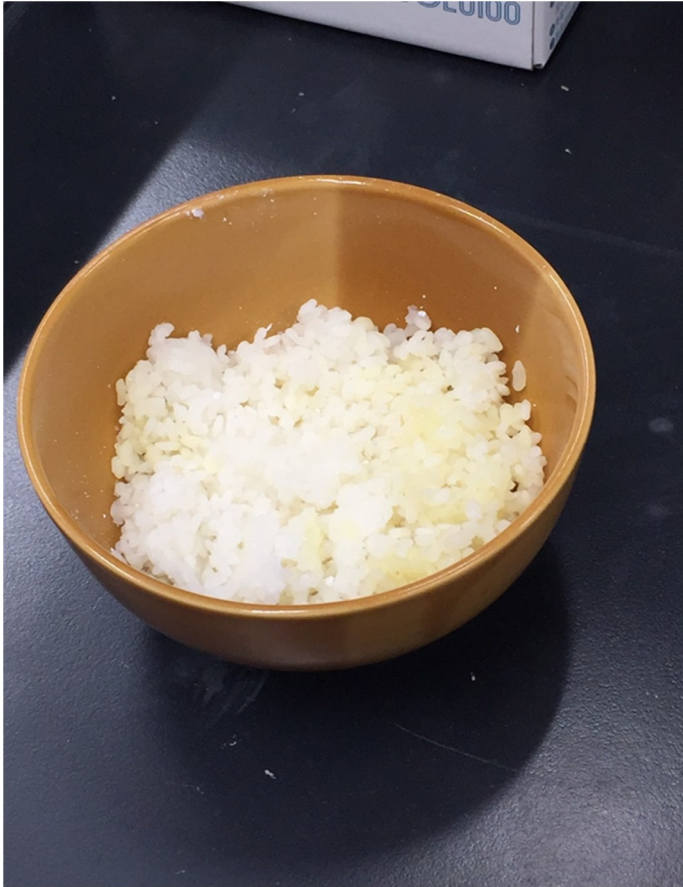


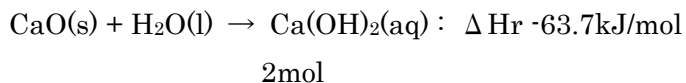
写真 3-5 真空容器内で炊いた米の様子

### 実験 3

#### ・目的・実験方法

IV-II節の実験で発泡スチロール容器を使い米1合と水180ml入った袋を酸化カルシウム100gと水110gを反応させて米を炊く実験を行ったが、あまり温度が上がらず米を炊くことはできなかった。今回の実験では、容器、酸化カルシウム、酸化カルシウムと反応させる水は同じにして、米を半合と水を計算結果から94mlにして実験を行った。

計算過程は以下の通りである。



水の比熱容量 (18°C) は、 $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1} = 4.184 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  である[1]。

$63.7 \times 2 = 127.4\text{kJ}$  の熱量が発生する。

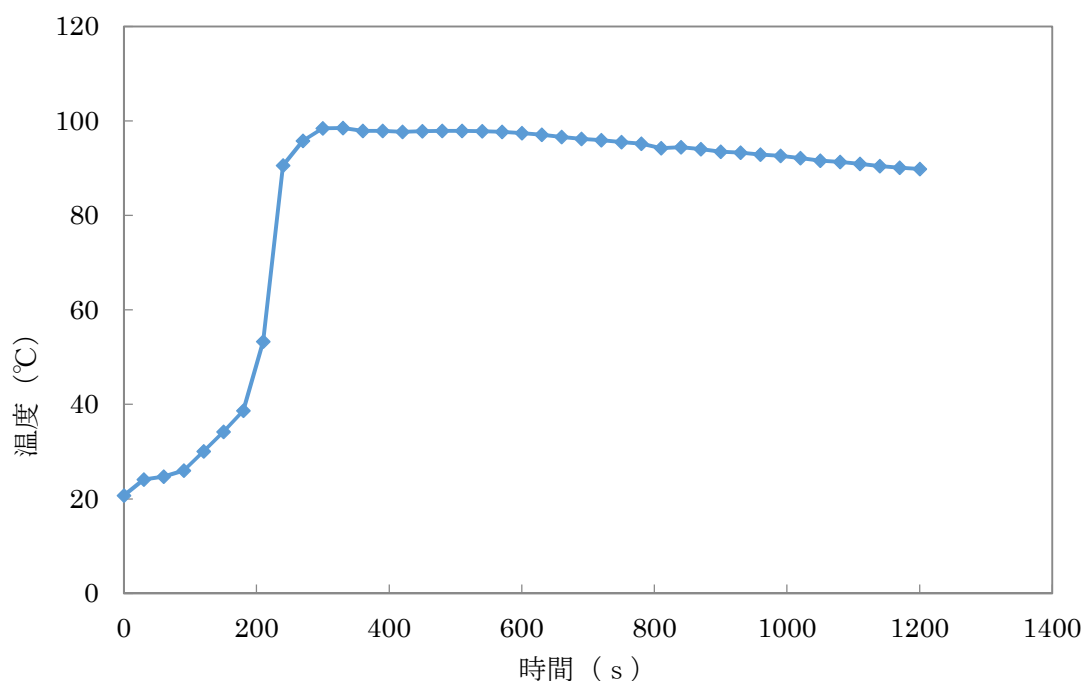
米1合に対して200mlの水が入っていて、1gを1°C上昇させるのに4.2J必要となるので200gがx°C上昇させるときの熱量を127kJとし計算するとx=151となる。しかし、実験では65.8°Cまでしか上がらず温度上昇が42.9°Cだったため、熱量が1/4ほどしか使われてい



ない。水  $y$ g とし  $80^{\circ}\text{C}$  上昇したときの熱量を  $32\text{kJ}$  とし計算すると  $y=94$  となった。したがってこの実験では米と一緒に入れている水を  $94\text{ml}$  にした。

・結果および考察

前回の発泡スチロール容器を用いた実験の反省を活かして米の量を一合から半合にし、それに伴い米と一緒に入っている水の量を計算より求めた  $94\text{ml}$  まで減らすことができた。そのため、米の温度  $90^{\circ}\text{C}$  以上を約 15 分間維持することができたため写真①で示すように米を炊くことができたと考えられる。



グラフ 3-3 発泡スチロール容器に米半合を入れた時の温度変化

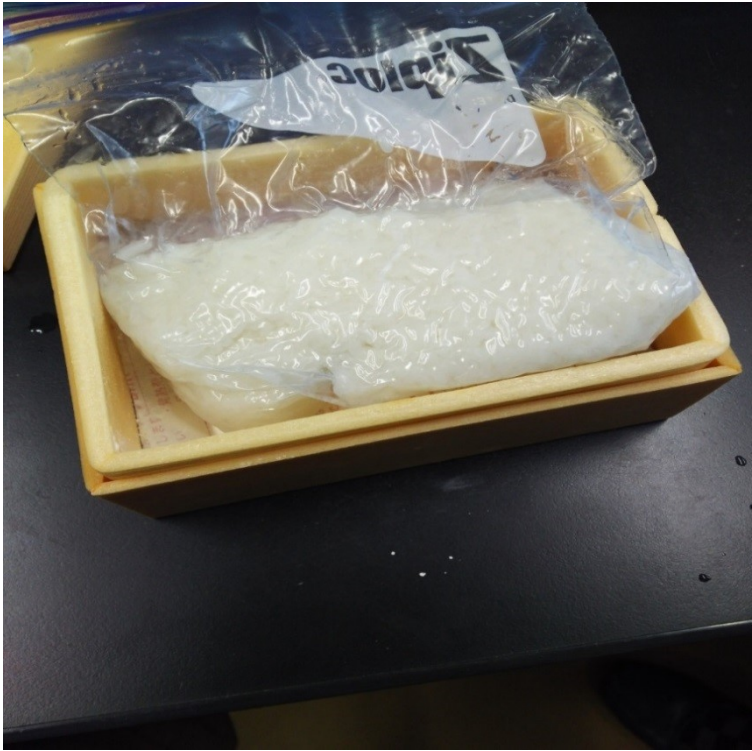


写真 3-6 発泡スチロール容器中で炊いた米



写真 3-7 密閉袋から取り出し茶わんに移したご飯

・まとめ

肉は薄い肉なら火が通すことができると分かった。

IV-II 節で失敗した 1 合の米を炊く実験から IV-III 節で計算により求めた水と米の量でおいしく食べられる米を炊くことができた。容器は酸化カルシウムに袋が直接当たらない方が水が漏れずに炊けるので、IV-III 節の実験 3 の容器を使用する方がよいと考えられる。

## V 総括

本実験では酸化カルシウムと水の反応熱に着目して調理することを目的として調理器を考案し試作した。酸化カルシウムと水の割合や断熱方法を検討した結果、米を炊くことと肉を焼くことに成功した。今後の課題は、災害時に使えるように調理できる量を増やせるようにすることである。

## 謝辞

株式会社八光電機様より実験費及び実験の機会を与えていただきありがとうございました。今後ともよろしくお願い致します。