

おでんに味を染み込ませる実験

～家庭にあるものを使った保温調理で省エネに役立てよう！～

信州大学工学部
熱工学研究室
千賀 雄介

背景と目的

おでんは煮立たせばすぐに食べられるというものではない。「ひと晩寝かせる」「何度も火にかける」というように時間と手間をかけて十分に食材の中心まで味を染み込ませることが良いとされているが、それにはゆっくりと冷却していくことがいいと言われている。また、煮込み続けなくてもよいというのは省エネにも有効であるということである。本実験ではこの「ゆっくりと冷却」を家庭にあるもので実現できる保温処理の方法を探すことを目的とする。

説明と基礎実験

温度を下げないということは、熱を逃がさないということである。

熱は様々な形で移動するので、そのポイントを押さえれば誰でも簡単に熱を閉じ込めることができる。

熱が移動する形は大きく3種類に分けられる。

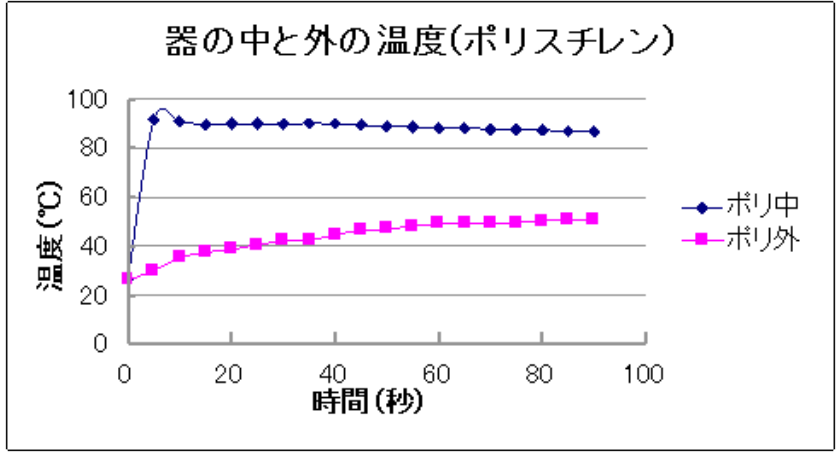
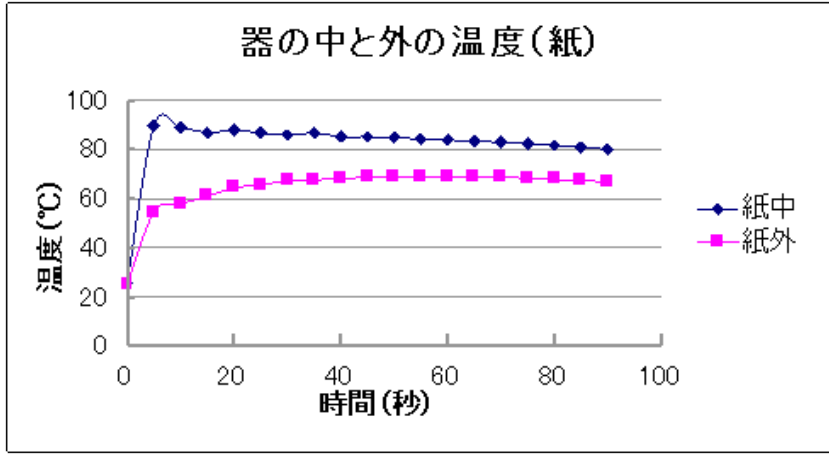
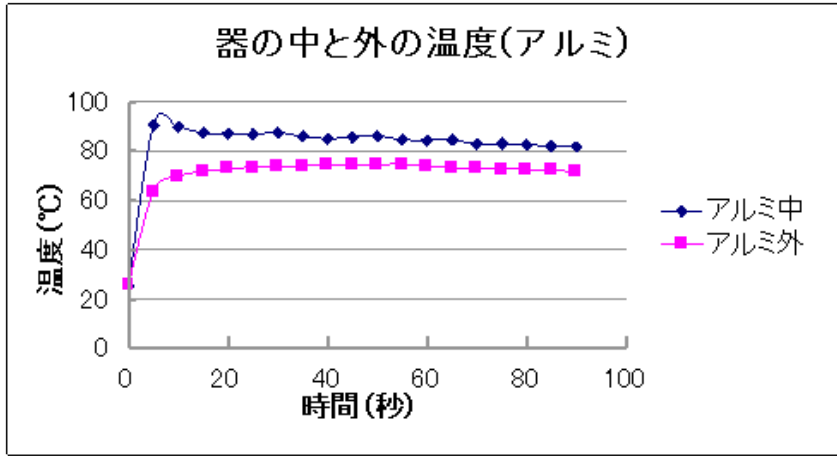
- 伝導熱 ～ 物質を伝わって移動する
- 対流熱 ～ 流体を使って移動する
- 輻射熱 ～ 光の形で移動する

伝導熱（でんどうねつ）

ストーブの縁や、熱した鍋の中に入れてお玉の金属の部分に触ると熱いことがある。これは金属を伝わって熱が移動した証拠である。ものによって熱の伝わりやすさが違う。たとえば金属の多くは熱が伝わりやすく、木や発泡スチロールは熱が伝わりにくい。

様々な材料の容器を用意してその中に熱湯を入れ、内部温度と表面温度を測定することで熱の伝わりやすさを調べてみた。

使用したものはバーベキューなどのときに使う使い捨てのアルミ・紙・ポリスチレン（発泡スチロール）の3種類で中に90℃前後の熱湯を入れ、内部温度と容器外側表面温度とを測定してみた。



この結果、アルミの容器は熱湯を入れた直後に表面温度も急上昇し、最高74.8°Cにまでなった。紙の容器でも最高69.2°Cと手で持ち続けるには困難な温度となったが、ポリスチレンの容器では51°Cと「熱い」とは感じない程度であった。これよりアルミは温度が伝わりやすく、ポリスチレンは伝わりにくいことがわかった。内部温度に関してもアルミは温度が下がりやすく、ポリスチレンは下がりにくいことがわかった。

対流熱（たいりゅうねつ）

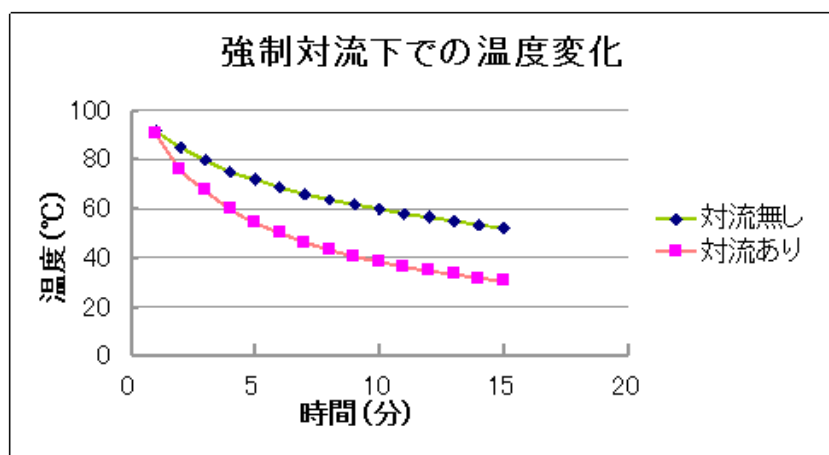
暑い日に扇風機にあたりたり、うちわで扇いだりすると涼しくなる。これは対流熱を効果的に使った例である。

温度は高いところから低いところに移動する傾向があるが、その温度差は大きいほど移動しやすい。

上に書いた扇風機を例にとってみる。

人間の体温で体の周囲の空気が暖められるとその空気と体の温度差が小さくなるため、体温が放熱されにくくなり暑く感じる。その暖められた空気を扇風機などで吹き飛ばし、人間の体の周囲がまだ温められていない空気になるとまた熱が移動するので涼しく感じるのである。

上の実験で用いたアルミの容器に入れた熱湯に扇風機で風を当てたときと当てないときとで温度の変化を見てみた。



この結果、対流があるとき急激な温度変化がみられた。よって温度を下げさせないためには対流を極力減らすことが必要だとわかった。

輻射熱（ふくしゃねつ）

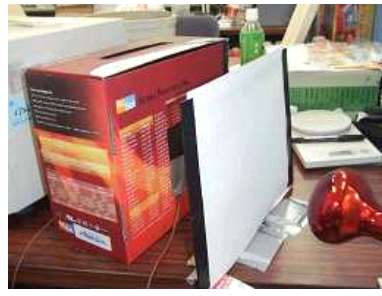
遠赤外線ストーブというものを見たことはあるだろうか？特に首振り式のものはその赤く光っている部分が自分の方に向いているときだけ暖かく、他の方向を向いたときは全く暖かくない。これはそのストーブから赤外線という光が出ているからである。この光は目に見えないので、明るくないところでも出ていることがある。ストーブはわざと目に見える光も出しているので赤く光っている。

赤外線ランプを壁に当てるときに、その間にいろんなものを挟んだらどうなるかを調べてみた。

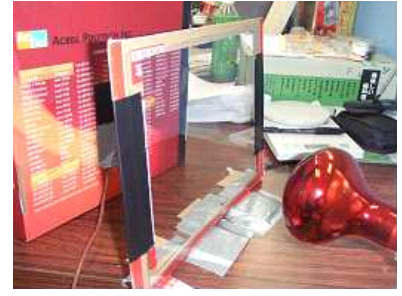
写真のように間に枠を作り、何も張らないとき、コピー用紙、3ミリ厚の透明な塩ビ板、アルミホイルを張ったときで壁の温度変化を測定した。



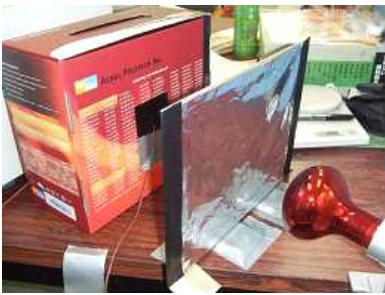
わくのみ



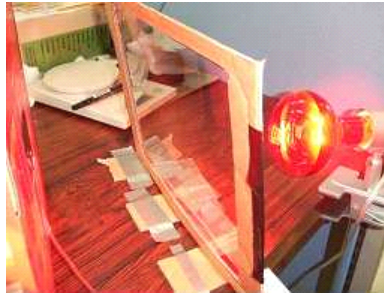
コピー用紙



透明な塩ビ板



アルミホイル

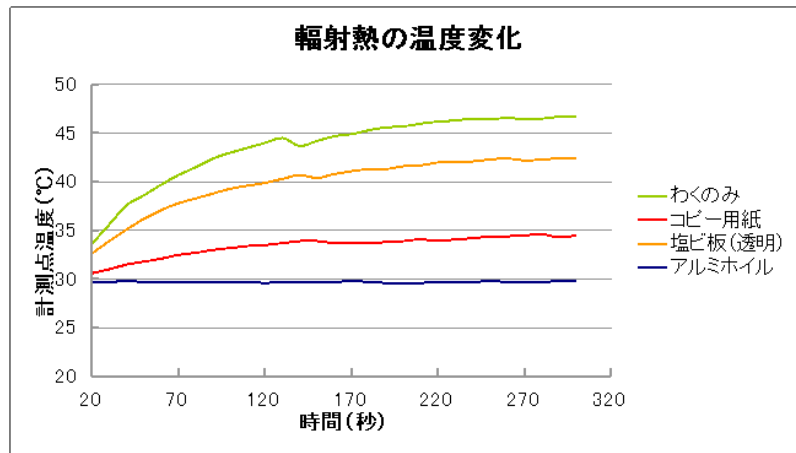


赤外線ランプ点灯時



実験装置全体

この実験の結果は以下のようになった



この結果コピー用紙や厚い塩ビ板では赤外線を通すが、薄いアルミホイルを間におくとほぼ100%輻射熱を遮断することができることがわかった。

よって箱の内側にアルミホイルを貼ると内側から放射される赤外線は外に逃がさないことがわかる。

以上の3つの実験より伝導熱を防ぐためにはポリスチレン、輻射熱を防ぐためにはアルミホイル、そして対流熱を防ぐ構造を使用することでおでん作りに生かされる保温条件を作り出すことができると考えられる。

おでん作り実験

実験条件

おでんの具材を入れた鍋を火にかけると常温から温度が上昇し沸騰し始める。その後の保温条件を以下の6通りに変化させ、味の染み込み量の変化を実験的に調べた。

1. 沸騰後の鍋を3時間半煮込み続ける
2. 沸騰後鍋を火から下ろし、段ボール箱に入れ保温する
3. 沸騰後鍋を火から下ろし、内側にアルミホイルを貼り付けた段ボール箱に入れ保温する
4. 沸騰後鍋を火から下ろし、発泡スチロール箱に入れ保温する
5. 沸騰後鍋を火から下ろし、内側にアルミホイルを貼り付けた発泡スチロール箱に入れ保温する
6. 沸騰後鍋を火から下ろし、毛布でくるみ内側にアルミホイルを貼り付けた発泡スチロール箱に入れ保温する

1は評価基準をつくるための基礎実験、2は鍋と段ボール箱との間の対流熱の影響を調べる実験、3は鍋と段ボール箱との間の対流熱と鍋から発せられる輻射熱の影響を調べる実験、4は鍋と発泡スチロール箱との間の対流熱と鍋からの伝導熱の影響を調べる実験、5は鍋と発泡スチロールとの間の対流熱と鍋からの伝導熱と発せられる輻射熱の影響を調べる実験、6は箱内での自然対流を防ぎ断熱効率を上げるための工夫の実験である。

実験装置

土鍋 (NITORI 製) 9.

卓上コンロ(TOHO 製 サイクロバーナー CY-4) (ガスも TOHO 純正ボンベ「Orientec」を使用)

おでんの具 ; 大根, がんもどき, 餅入りきんちやく, はんぺん, こんにゃく

おでんの出汁 (真富士屋食品株式会社製 静岡おでん黒スープ)

観察しやすくするために色の濃いものを使用.

熱の移動を防ぐためのもの ; ダンボール箱, 発泡スチロール箱, アルミホイル, 綿毛布

測定・記録器具 ; 温度測定用レコーダ (YOKOGAWA 製 HR1300)、中心温度測定器具 (タニタ製 TT-508)、質量計(大和製衡 KW-R141)

調理用具

軽量カップ, 包丁, おたまなど一般的な家庭用調理用具

記録用デジタルカメラ(FUJIFILM 製 FinePix Z2)



実験方法

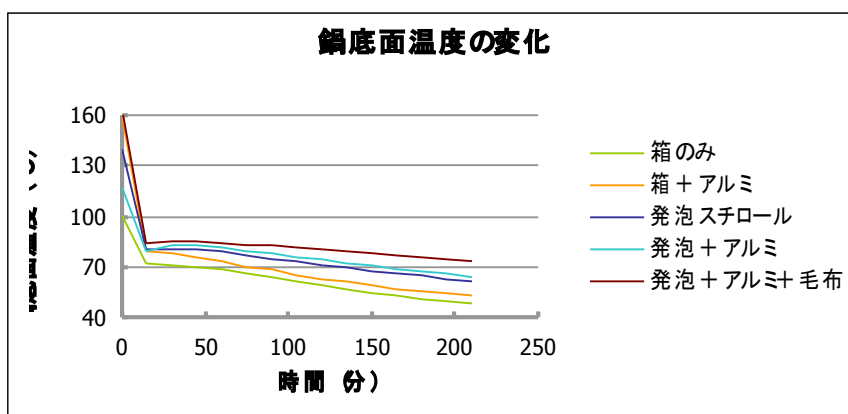
1. おでんの出汁を1袋と水を900cc入れ、具材の投入とともに鍋の準備とする
2. 火にかける前にボンベの質量を測定する。
3. 卓上コンロで強火にて沸騰して土鍋の蓋の蒸気抜き穴から勢い良く蒸気が噴きだすまで待つ
4. 第1回のみそのまま3時間半弱火にて噴きこぼれないように火にかけ続ける
5. 第2回以降はコンロから下ろし、指定の冷却（断熱）方法にて3時間半かけて放置する。
6. 土鍋を火から下ろしたあと、ボンベの質量を測定する。
7. 冷却時には鍋の底面温度を15分おきに測定し、記録する。
8. 大根を取り出し半分に切り、切り口の色の変わり具合とやわらかさを観察し記録する。

実験結果

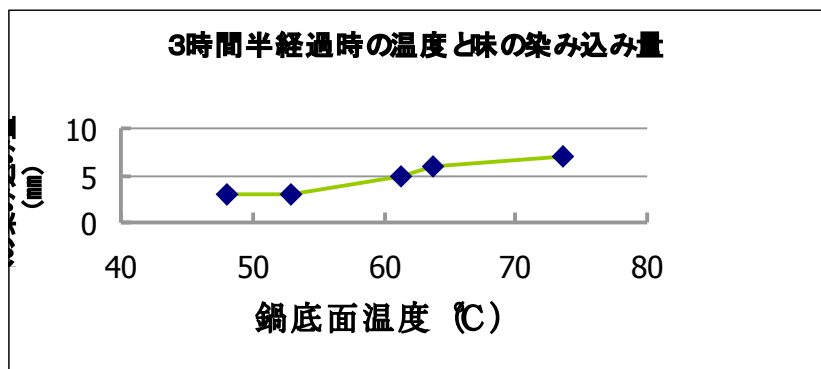
<p>第1回 実験条件1</p> 	<p>実験室温 23.2℃ 使用ガス量 166グラム 味の染み込み量 10ミリ程度</p> <p>この大根の断面を評価基準とする</p>
<p>第2回 実験条件2</p> 	<p>実験室温 25.4℃ 使用ガス量 38グラム 味の染み込み量 3ミリ程度</p> <p>大根はかたく、箸を立てても切るのは困難であった。</p>
<p>第3回 実験条件3</p> 	<p>実験室温 20.0℃ 使用ガス量 38グラム 味の染み込み量 3ミリ程度</p> <p>アルミホイルの効果で温度降下が前回より多少緩やか。 大根はまだ固い。</p>

<p>第4回 実験条件4</p>	<p>実験室温 25.4℃</p>
	<p>使用ガス量 40グラム 味の染み込み量 5ミリ程度</p> <p>明らかに温度推移に差が見られる。 鍋底面温度が一度下がってまた上がる様子が観察された。 大根を切るために箸を立てなければならないが割り箸が折れるほど力は必要なくなった。 しかしまだまだ固い。</p>
<p>第5回 実験条件5</p>	<p>実験室温 22.9℃</p>
	<p>使用ガス量 50グラム 味の染み込み量 6ミリ程度</p> <p>前回と同じく温度が一度下がりまた上がる傾向が見られた。 大根はまだ固め。</p>
<p>第6回 実験条件6</p>	<p>実験室温 26.3℃</p>
	<p>使用ガス量 46グラム 味の染み込み量 7ミリ程度</p> <p>大根は普通に味がしみて感じる感じ、硬さも身内にはクレームにはならない程度。 しかし、煮込んだときに比べるとまだまだ味の染み込みがまだまだ足りない。</p>

以上の実験の温度推移を以下に示す。



また、3時間半経過時の温度と味の染み込み量との関係を以下に示す。



よって、今回の実験条件では発泡スチロール+アルミホイル+毛布の組み合わせがもっとも保温効率がよく、味の染み込み量（大根の色の変化した距離）が大きいことがわかった。

考察

今回の実験では「ゆっくりと冷却」することと大根への味の染み込み時間との関係を見つけることが目的だった。実際冷却速度が遅くなれば味はよく染み込んだが、それが単純に高い保温効率によって高い温度が保てる時間が長かったことによるものである可能性も否定できなかったため「ゆっくりと冷却」と「味の染み込み時間」との相関関係は明らかにならなかった。

今回は3時間半という煮込むにしても短い時間設定下での実験だったが、発泡スチロール+アルミホイル+毛布の組み合わせでは6時間経過時でも66.2°Cという高い温度を保持していた。そのため昼過ぎに仕込み今回の方法で保温を続けると、夕飯には十分に味が染み込んだおでんを楽しめると思われる。

また省エネの面では、煮込み続けたとき166グラムのガスの消費があったが、保温した場合はその70~77%のガスが削減できるとの結果となった。さらに長い時間をかけた場合ではその差はさらに開き、6時間煮込み続けたときでは87%の削減が期待できる。