

### 3) 蓋の有無が白飯の加熱ムラに及ぼす影響

蓋の効果を確認するため、角型容器及び丸型容器のラップの有無による表面温度（図 71、73）及び内部温度（図 72、74）の変化を比較した。角型容器にラップをしない条件では、表面温度の上昇が遅く、内部温度の測定部位による差が大きかった。ラップをしない場合には表面部分での放熱の影響が大きくなり、そのことが内部の温度差が大きくなることにも影響したと考えられる。一方丸型容器の場合には表面及び内部の温度の差はラップをしない条件でも小さく、ラップの有無による明らかな違いはなかった。

以上のことから、丸型容器の方が角型容器よりも均一加熱に適した容器であると考えられた。また、電子レンジ加熱において、ラップなどで蓋をすることで加熱ムラを抑えることができると言える。

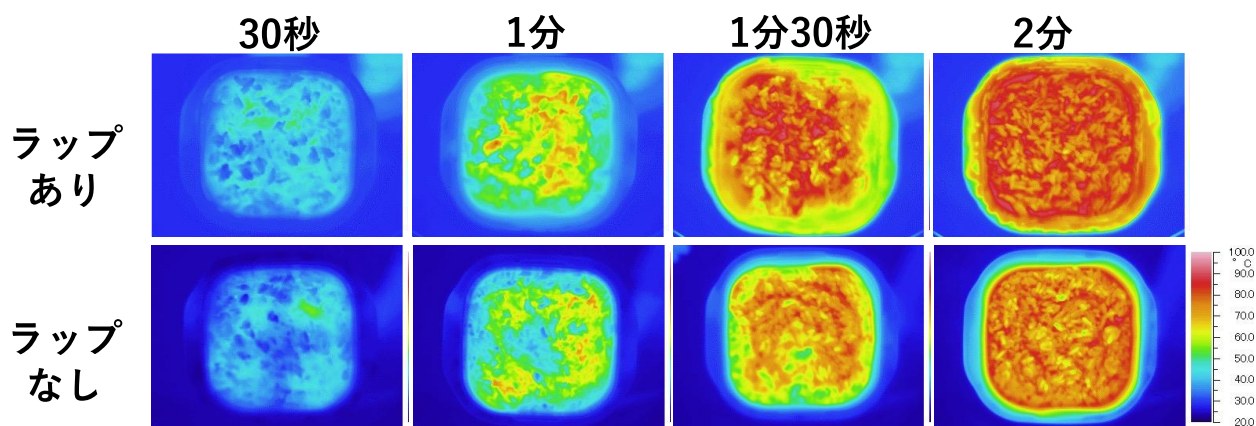


図 71 ラップの有無が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響（角型容器）

(a) ラップあり

(b) ラップなし

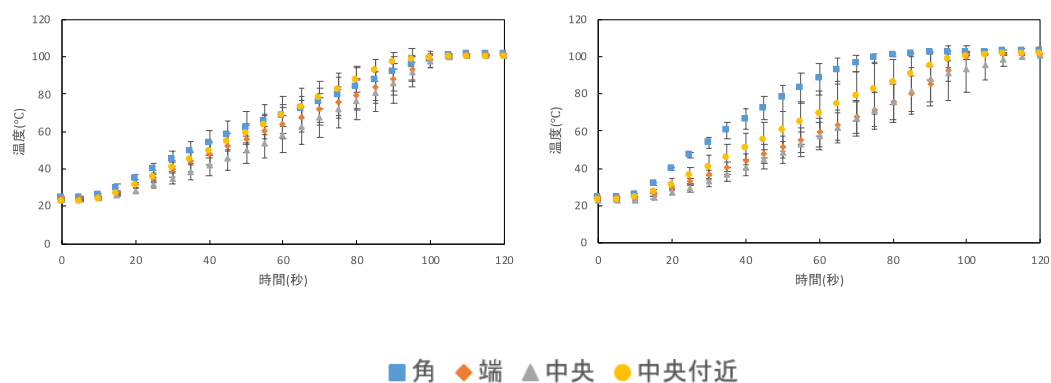


図 72 ラップの有無が白飯の内部温度の変化に及ぼす影響（角型容器）

n=3

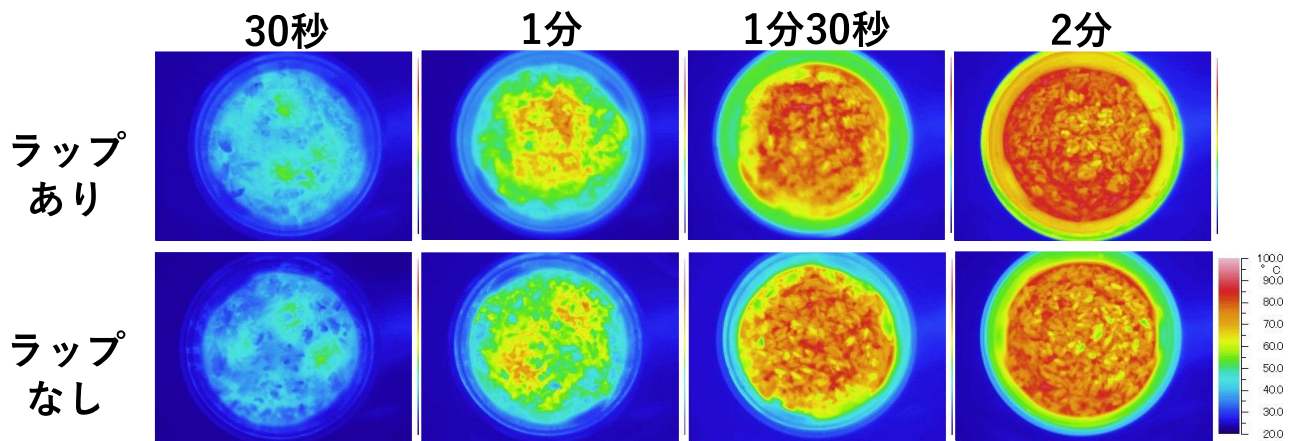


図 73 ラップの有無が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響(丸型容器)

(a) ラップあり

(b) ラップなし

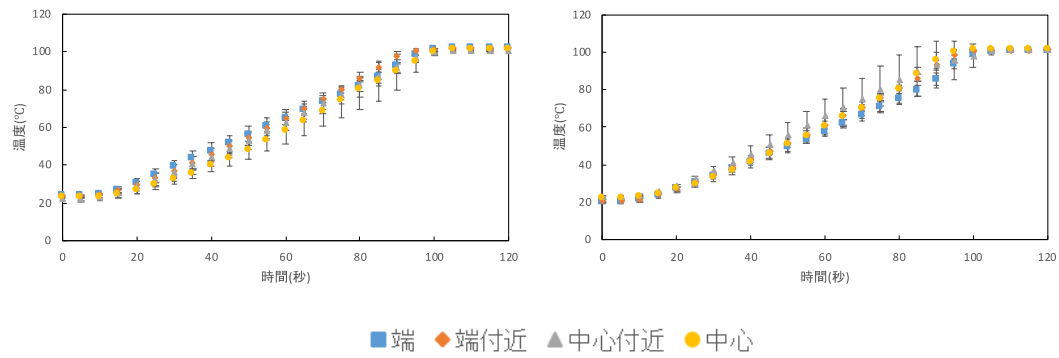


図 74 ラップが白飯の内部温度の変化に及ぼす影響(丸型容器)

n=3

#### 4) 食塩の添加が白飯の加熱ムラに及ぼす影響

図 75～78 は角型容器または丸型容器を用いて食塩の添加方法の違いを比較した結果である。角型容器について、重量の 1%の食塩を表面にまぶしたものでは表面の温度上昇が非常に速かった。外観観察をしたところ、食塩を表面にまぶした白飯を 2 分間加熱した後の表面は乾燥しており、加熱しすぎの状態であった。また内部温度は、角の温度上昇が速く中央が遅く、食塩を添加しない場合に比べて内部の温度差が大きくなった。重量の 1%の食塩を全体に混ぜ込んだ試料は特に中央部の温度上昇が著しく遅く、食塩を表面にまぶしたものよりも全体に混ぜ込んだものの方が角部と中央部の温度差が大きかった。丸型容器についても食塩を混ぜ込むことで表面および内部の端部と中央部の温度差が大きくなっており、端部が先に加熱されて中心部の昇温が遅かった。食塩を含む場合には、マイクロ波の表面部での吸収が強くなり半減深度が浅くなるため、端部にマイクロ波が集中して内部まで到達しにくく、加熱ムラが大きくなることが知られており、今回の実験においても食塩を添加することで加熱ムラが大きくなることが確認された。また食塩を表面にまぶすよりも、全体に混ぜ込むことの方が加熱ムラがより大きくなっており、食材中での食塩の分布の仕方も加熱ムラに影響した。加えて丸型容器のように比較的均一に加熱される条件であっても、食塩を添加することで加熱ムラが大きくなると言える。

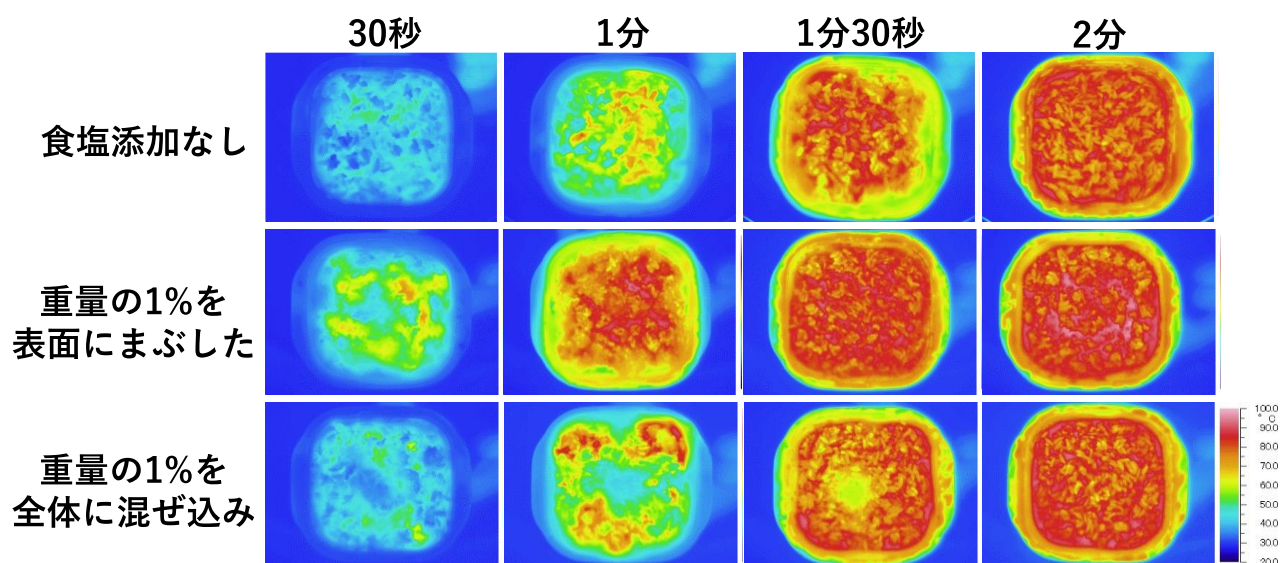
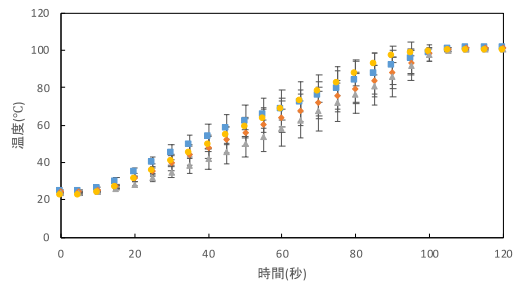
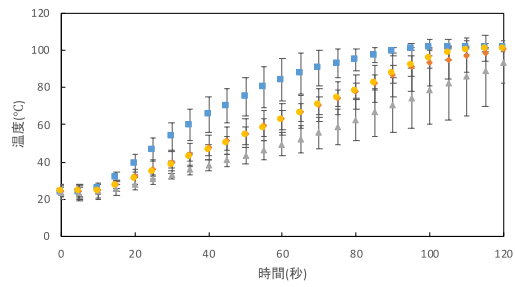


図 75 食塩の有無が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響（角型容器）

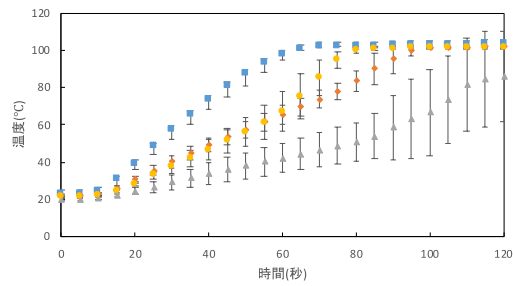
(a) 食塩添加なし



(b) 重量の1%を表面にまぶした



(c) 重量の1%を全体に混ぜ込み



■角 ◆端 ▲中央 ●中央付近

図 76 食塩の有無が白飯内部の加熱ムラに及ぼす影響 (角型容器)

n=3

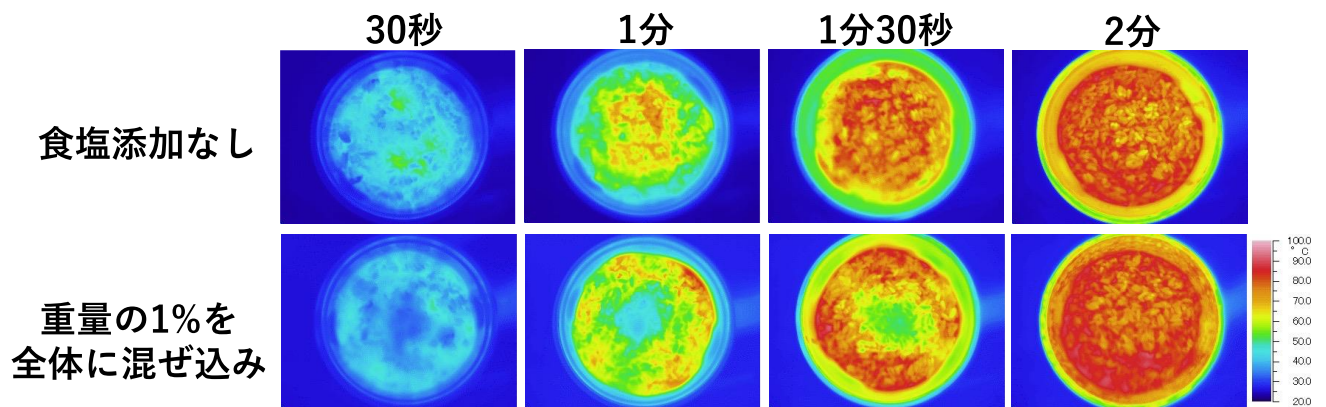
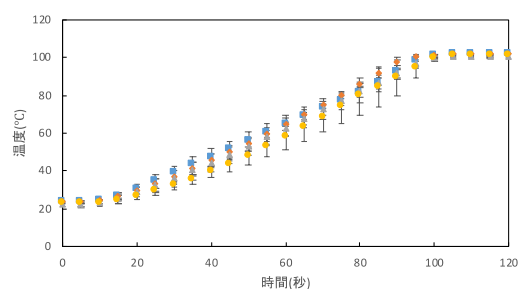
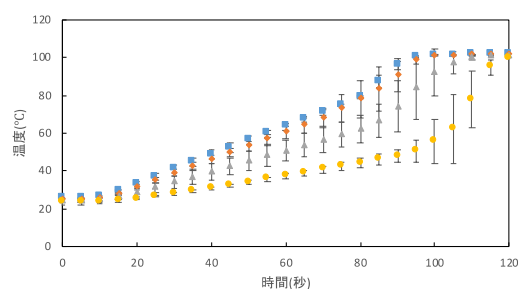


図 77 食塩が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響(容器)

(a) 食塩添加なし



(b) 重量の 1%を全体に混ぜ込み



■ 端 ◆ 端付近 ▲ 中心付近 ● 中心

図 78 食塩が白飯の内部温度の変化に及ぼす影響(丸型容器)

n=3

### 5) 容器への詰め方が白飯の加熱ムラに及ぼす影響

角型容器もしくは丸型容器に白飯を圧縮して再加熱した場合の表面温度と内部温度の変化を図 79~82 に示した。角型容器で圧縮した試料は部分的に速く昇温した。表面および内部温度のいずれの結果からも、角の温度が高いことがわかる。白飯のような比較的均一に加熱される食材でも、圧縮するとマイクロ波集中の影響が大きくなると言える。今回の実験では角の温度が部分的に高くなったが、先行研究<sup>13)</sup>では角と中央部が高温となっている結果が示されており、圧縮の程度や体積により昇温パターンが変化するのではないかと考えられる。重量の 1%の食塩を全体に混ぜ込み圧縮した試料では角型、丸型容器のいずれも端部の温度上昇が速く、中央部の温度上昇が著しく遅くなった。加熱ムラが大きくなる要因である食塩の添加と圧縮を合わせて行うことで、昇温パターンに大きな影響が出た。

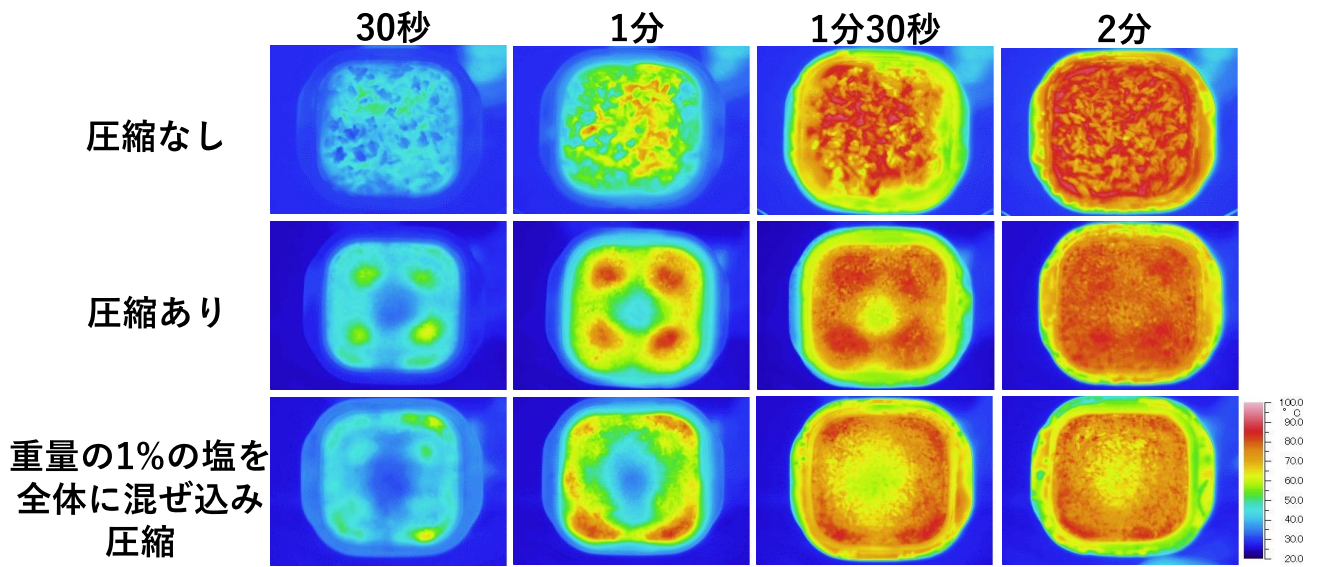
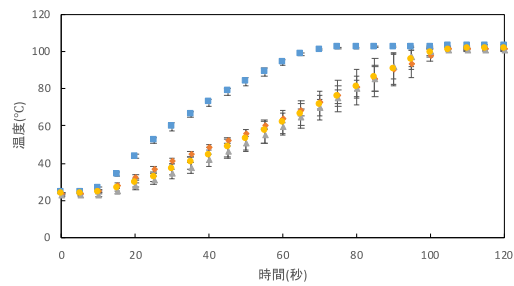
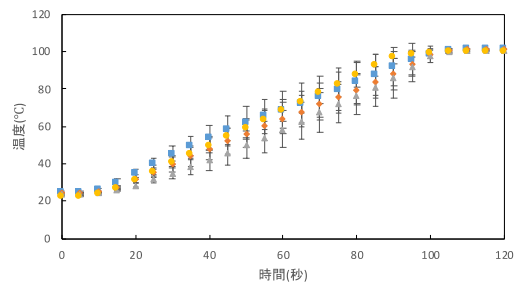


図 79 圧縮が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響

(a) 圧縮なし

(b) 圧縮あり



(c) 重量の 1% の食塩を全体に混ぜ込み圧縮

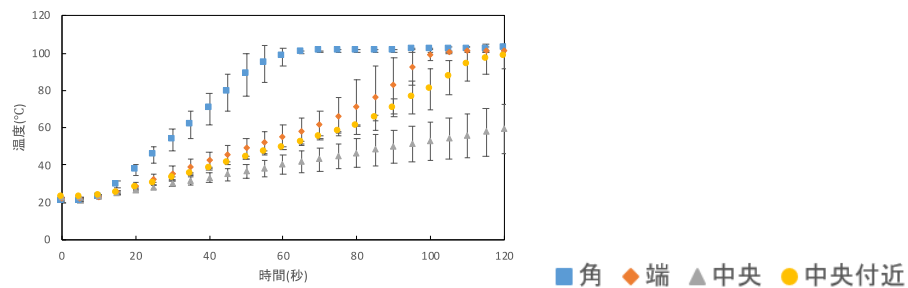


図 80 圧縮が白飯の内部温度の変化に及ぼす影響  
n=3

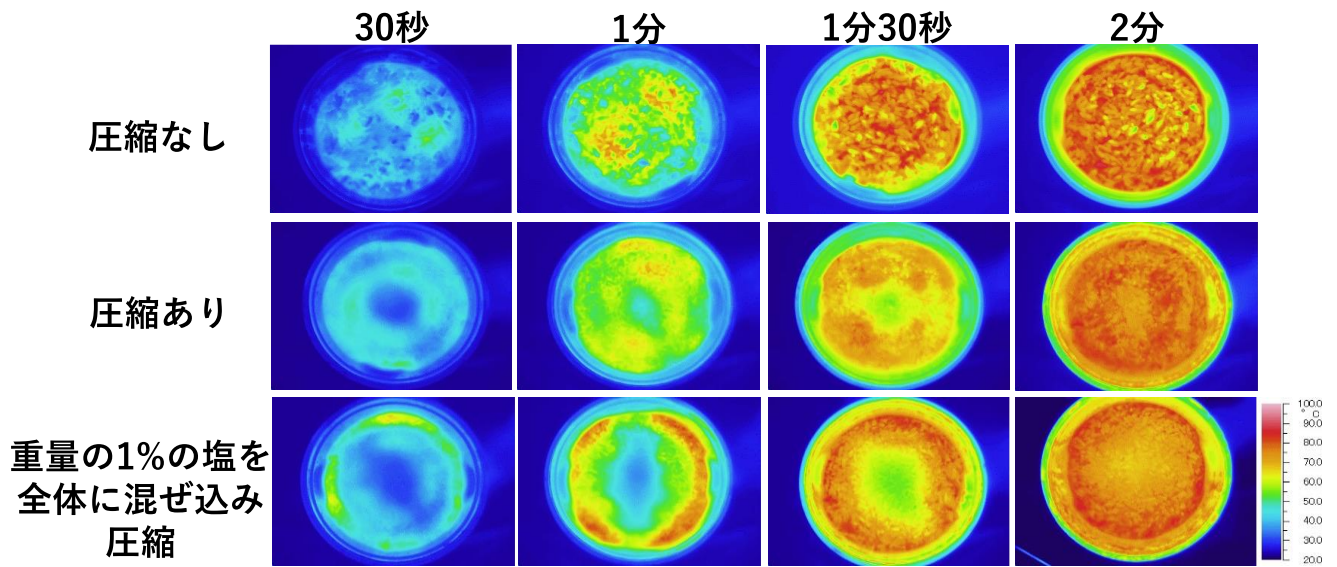


図 81 圧縮が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響(丸型容器)

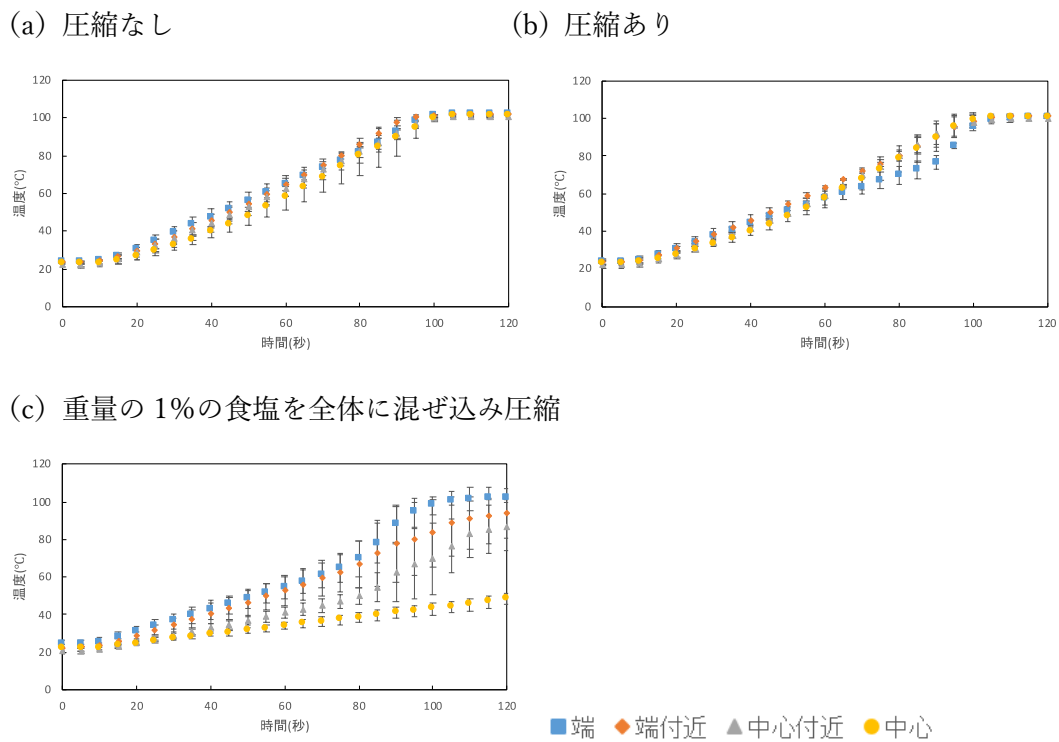


図 82 圧縮が白飯の内部温度の変化に及ぼす影響(丸型容器)

n=3

## 6) 初期温度が白飯の加熱ムラに及ぼす影響

冷蔵と室温の白飯の表面温度（図 83）及び内部温度（図 84）の変化を比較した。表面温度及び内部温度のいずれも冷蔵の試料は昇温に時間がかかるだけでなく、角部と中央部の温度差も室温に比べて大きかった。より低い温度から加熱をすることで加熱ムラが大きくなってしまふことが示唆された。

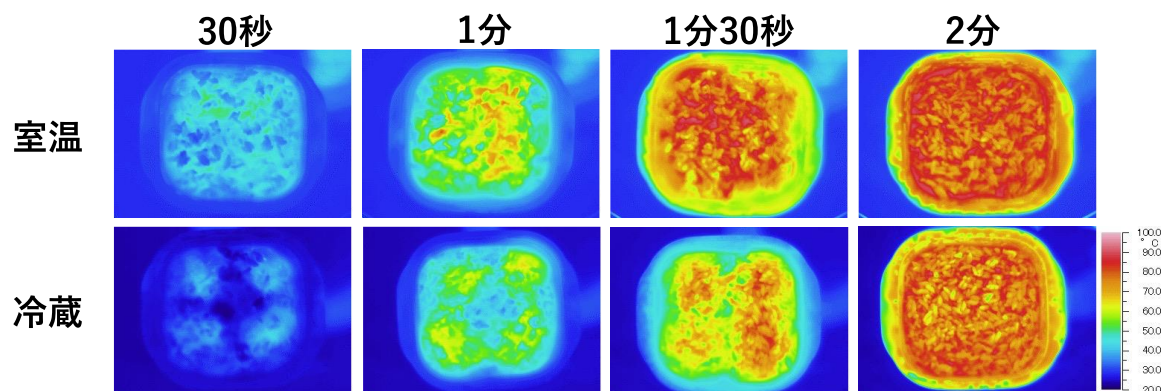


図 83 初期温度が白飯の表面温度の変化に及ぼす影響

(a) 室温 (20~26°C)

(b) 冷蔵 (8~10°C)

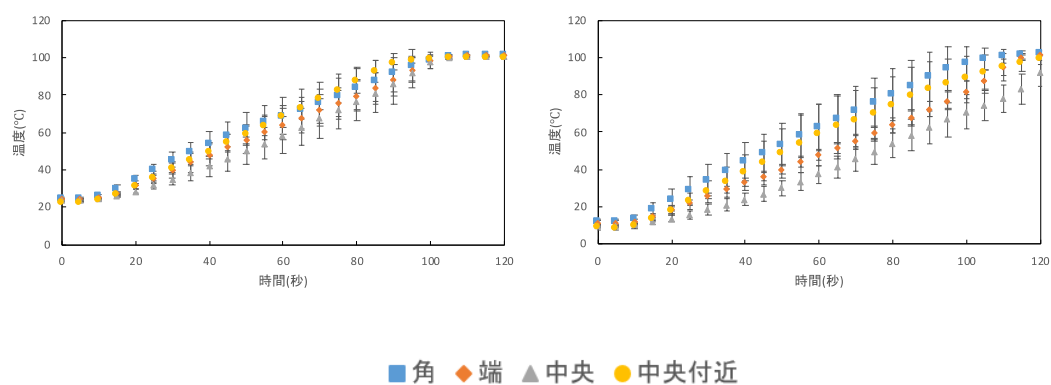


図 84 初期温度が白飯の内部温度の変化に及ぼす影響

n=3

### 7) 出力が白飯の加熱ムラに及ぼす影響

出力 500 W と 600 W の表面温度及び内部温度の変化を図 85 及び図 86 に比較した。600 W の方が 500 W よりも昇温が速く、内部の角部と中央部の温度差が大きかった。重量の異なる白飯での実験の時も重量が小さいほうが内部の温度差が大きくなっていったことから、加熱する対象に対するエネルギーが大きくなるほど加熱ムラが生じやすくなるのではないかと考えられた。

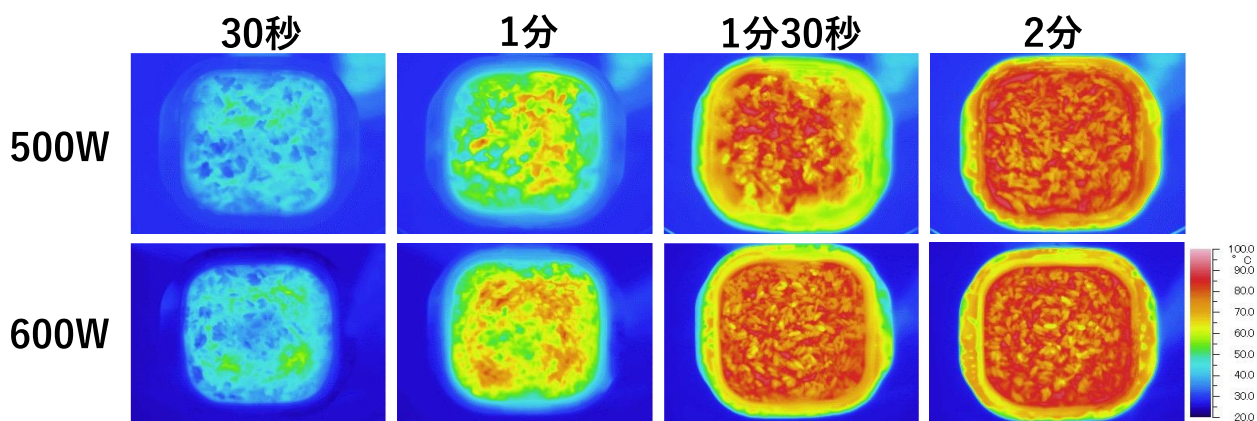
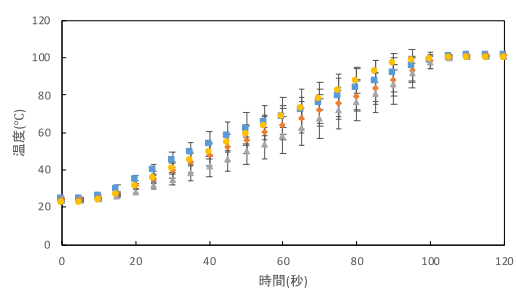
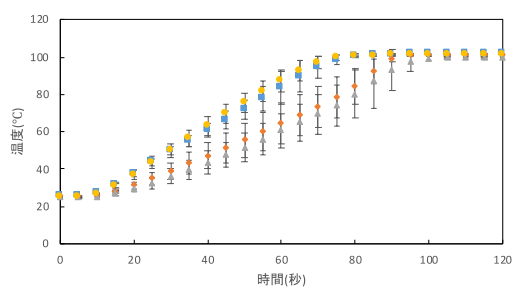


図 85 出力の違いが白飯の表面温度の変化に及ぼす影響

(a) 500 W



(b) 600 W



■角 ◆端 ▲中央 ●中央付近

図 86 出力の違いが白飯の内部温度の変化に及ぼす影響

n=3

### 8) 機種が白飯の加熱ムラに及ぼす影響

図 87 及び図 88 に電子レンジの機種の違いを比較した。レンジ H の方が表面及び内部の温度の上昇が速く、内部温度の測定位置による差が少し大きかった。今回の実験で用いた 2 種の電子レンジはメーカー、庫内容量などの条件が異なり、様々な要因が加熱ムラに影響していると考えられるが、同じ出力でも機種によって昇温速度や加熱ムラの大きさは異なるため、適切な再加熱時間は機種によって異なると思われる。

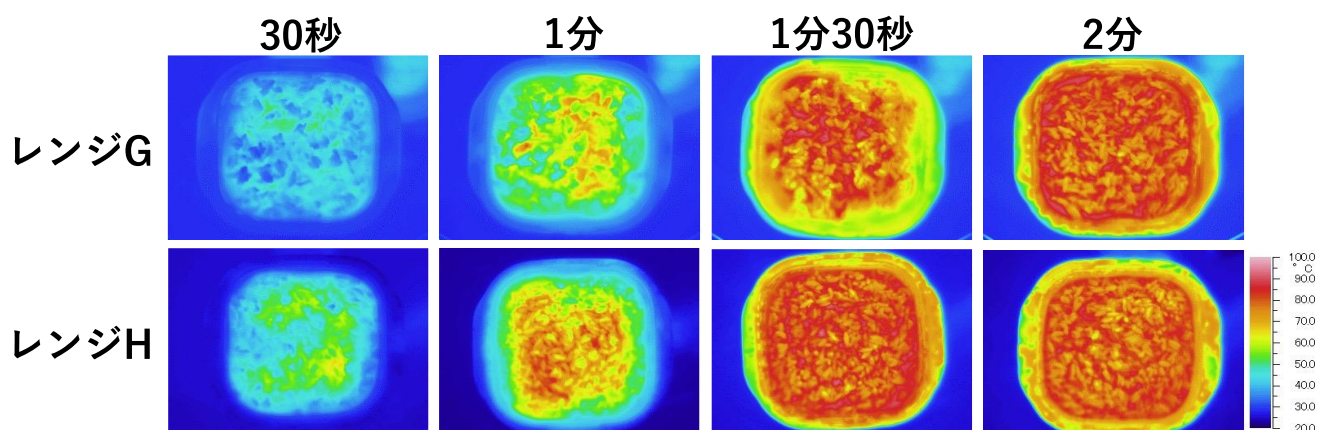
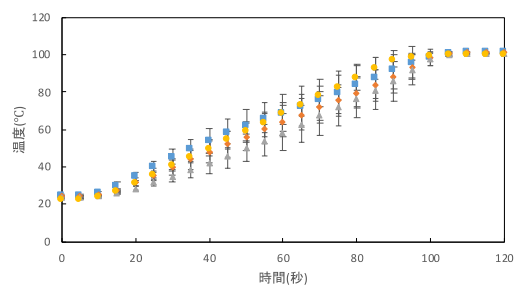
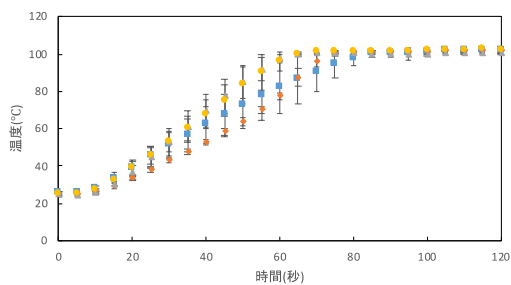


図 87 機種の違いが白飯の表面温度の変化に及ぼす影響

(a) レンジ G



(b) レンジ H



■ 角 ◆ 端 ▲ 中央 ● 中央付近

図 88 機種の違いが白飯の内部温度の変化に及ぼす影響

n=3

## 8. 電子レンジによる加熱の特性（カレー）

### 8.1. 実験方法

#### 1) 実験条件

前項では加熱ムラが小さいとされている白飯について検討した。そこで次に電子レンジで加熱する際に加熱ムラが生じやすいとされるカレーの再加熱の実験を行った。カレーの実験では表 32 に示した条件を検討した。ここでは、7.1 1)と同じ角型及び丸型の容器（ポリエチレン製密閉容器）を用い、蓋の効果と加熱ムラ改善のための小分け加熱、かき混ぜ操作について検討した。

小分け加熱は、2つの角型容器に試料を 100 g ずつ詰め、同時に加熱した。容器は 5 cm 離して置いた。かき混ぜ操作は 80 秒間加熱終了後に取り出して全体が均一な温度になるまでかき混ぜ操作を行い、庫内に戻して再び 500 W で加熱した。

表 32 カレーの再加熱の実験条件

要因	基準	比較条件
容器の形状	角型	丸型
ラップ	あり	なし
重量	200 g を 1 つの容器	200 g を 2 つの容器に小分け
かき混ぜ	なし	あり 角型、丸型容器を使用

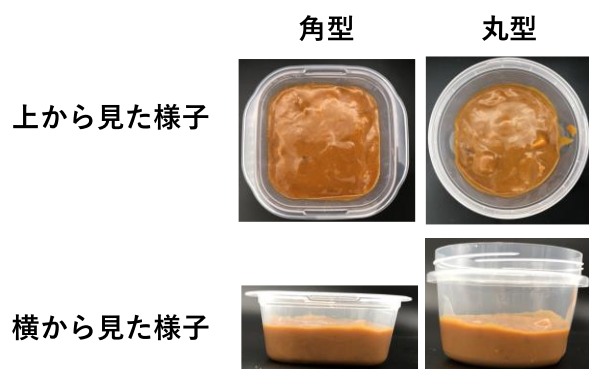


図 89 カレーを容器に入れた様子

## 2) 試料

レトルトカレー（咖喱屋カレー中辛、ハウス食品）を用いた。1人前は200gであり、製品に記載されている加熱目安時間は500Wで2分間だった。

## 3) 電子レンジ及び加熱条件

7.1.3) のレンジGを用い、500Wで加熱した。加熱時間は3分間とした。

## 4) 表面温度の測定

7.1.4) に準じた。表面温度の測定は30秒間～2分間とした。

## 5) 内部温度の測定

7.1.5) に準じた。小分け加熱の試料では、図90に示した角1、角2、中央1、中央2の温度測定を行った。内部温度の測定は3分間とした。

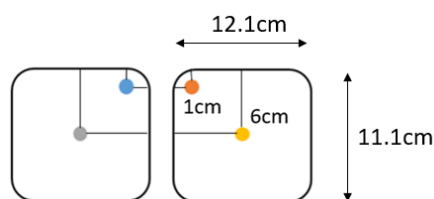


図90 カレーを小分けして再加熱した際のカレー内部の温度測定位置

## 8.2. 実験結果

### 1) 容器の形とラップの有無がカレーの加熱ムラに及ぼす影響

カレーの再加熱の実験に先立ち、基準のカレーを電子レンジで加熱したところ、時間が長くなると突沸が起り、長い時間再加熱すると安全な再加熱が難しいと判断し、安全と考えられる範囲である3分間を再加熱の時間とすることとした。

図91に角型容器または丸型容器でカレーを再加熱した際の表面温度の変化を示した。ラップの有無が表面温度の変化に及ぼす影響は角型容器で比較した。その結果、いずれの条件でも端部の昇温が速かった。また1分30秒の結果を見ると、ラップをしない条件が中央部の温度が最も低く、温度差が大きかった。図92～図94は内部温度の変化である。角型容器で角部の昇温が速かった。また、いずれの形状の容器でも実験ごとのばらつきが大きく、同じ量のレトルトカレーを同じように入れたとしても、毎回昇温の仕方が異なった。カレーのように食塩を含み、粘度が高い食品の場合には温度差の生じ方も毎回同じではなく、温度分布を予測することは難しいと考えられた。

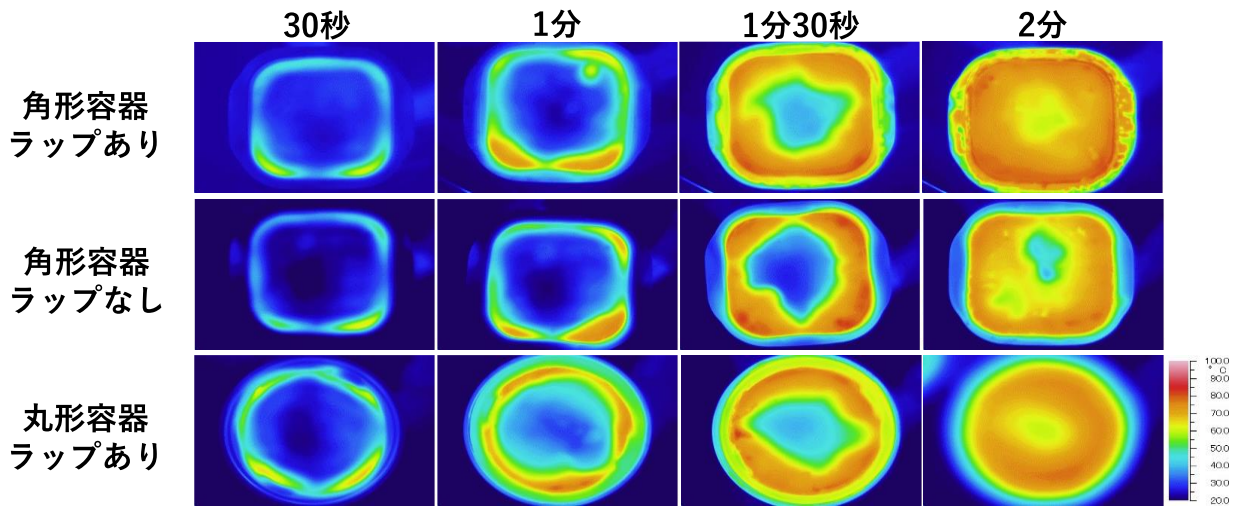


図 91 容器の形状及びラップの有無の違いがカレーの表面温度の変化に及ぼす影響

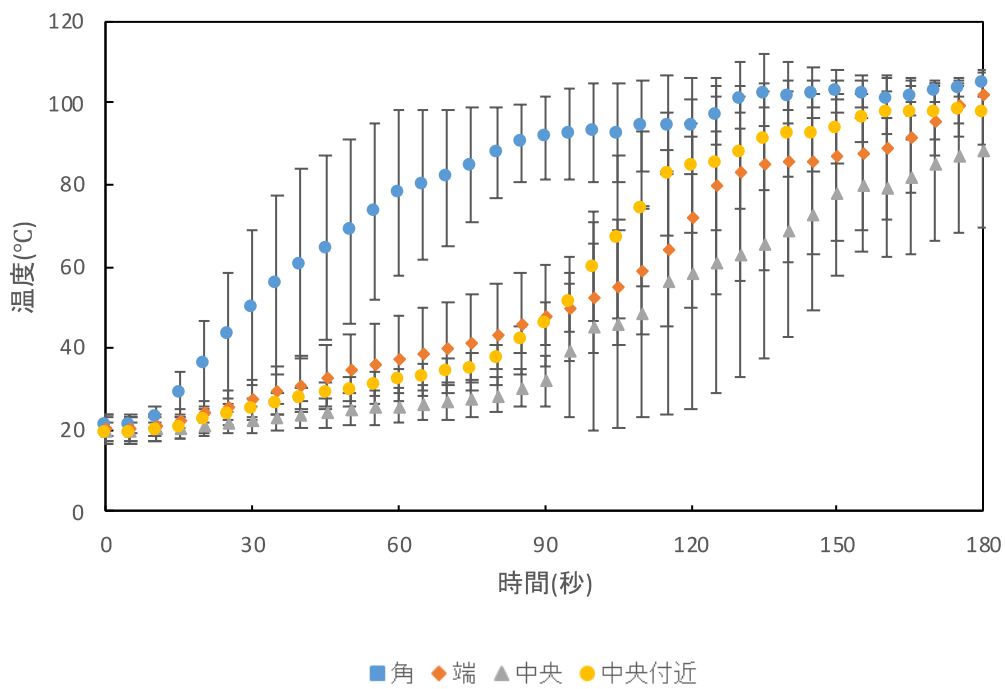


図 92 カレーを再加熱した際の内部温度の変化（角型容器）

n=6

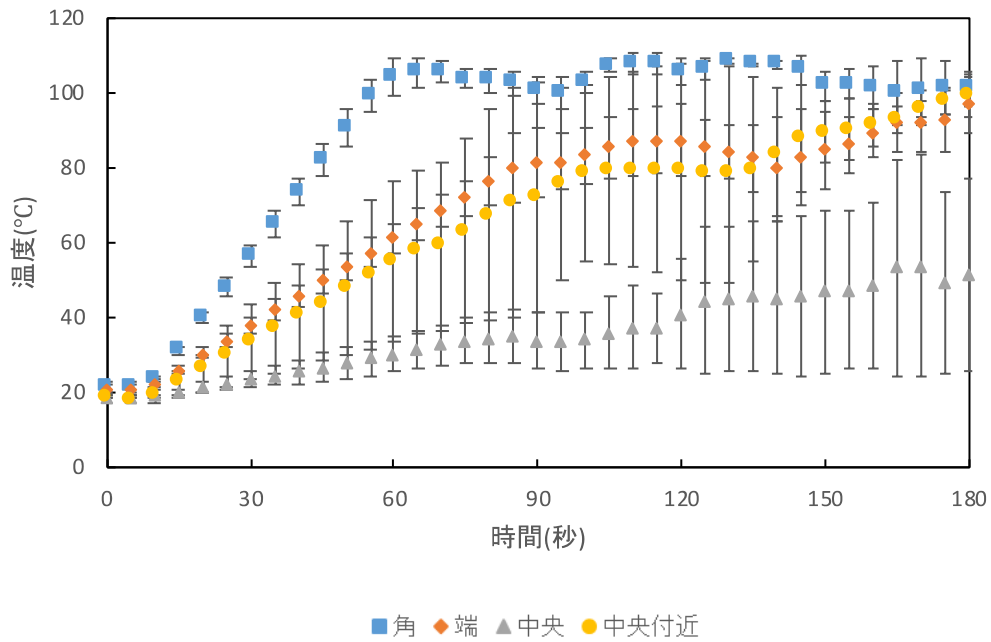


図 93 ラップをしないで再加熱した際のカレーの内部温度の変化（角型容器）  
n=3

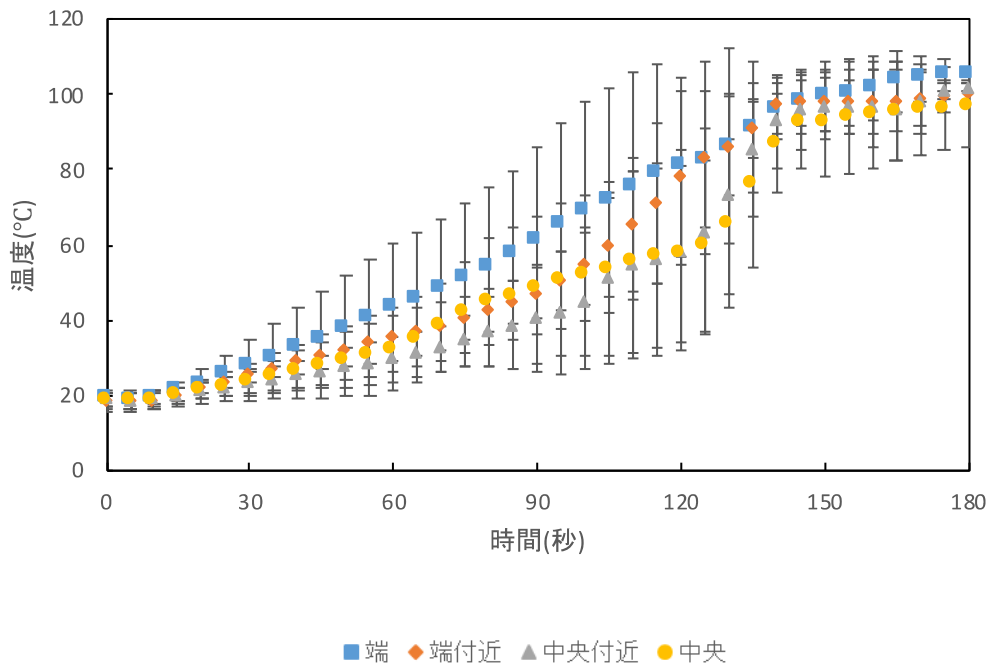


図 94 カレーを再加熱した際の内部温度の変化（丸型容器）  
n=5

## 2) 小分けによる加熱ムラの改善

小分けして加熱することにより、カレーの加熱ムラが改善されるか確認するため、200 g のカレーを 100 g ずつ 2 つの容器に入れ、同時に加熱した。図 95 は小分け加熱したカレーの内部温度の変化である。角の温度上昇が速く、中央部は加熱 2 分の時点まで温度の変化はほとんどなく、角と中央部の温度差は大きいままであった。よって小分けにしたことによる加熱ムラ改善効果は認められなかった。

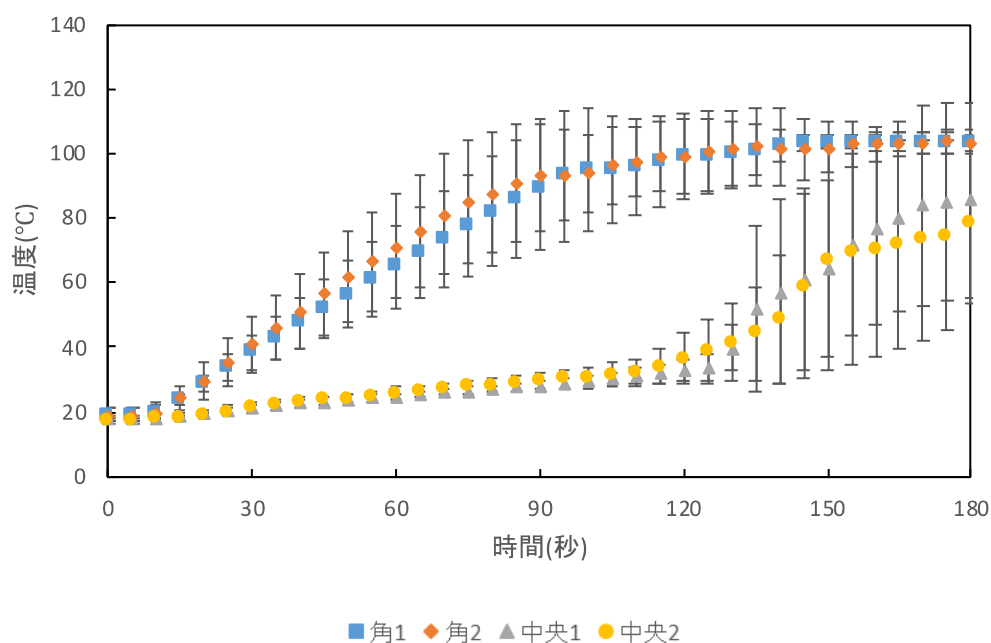


図 95 カレーを小分けして再加熱した際の内部温度の変化

100 g ずつ角型容器に入れ、合計 200 g を同時に加熱した。n=4

### 3) かき混ぜ操作による加熱ムラ改善

次に加熱ムラ改善の方法として加熱途中でかき混ぜ操作を行った。図 96 及び図 97 はそれぞれ角型容器、丸型容器にカレーを入れ、途中でかき混ぜ操作を行った時の内部温度の変化を示す。ここでは 80 秒間加熱終了後に取り出して赤外線サーモグラフィと手元の温度計で温度を確認しながら全体が均一な温度になるまでかき混ぜ操作を行い、庫内に戻して再び 500 W で加熱した。なお、これまでの実験から突沸が起こるのは角部が 100°C 付近に到達してからであったことから、1 度目の加熱時間を突沸直前の 80 秒間とした。全体の温度を均一にするためには、60 回、約 50 秒間のかき混ぜが必要であった。加熱終了後取り出してからかき混ぜ、再度電子レンジに入れて加熱を開始するまでに合計約 2 分間を要したことから、図ではその間を空白にして示した。1 度目の加熱終了時に角型容器の角の温度が 100°C を超えている一方で、中央はほとんど昇温していなかったが、全体が均一な温度になるまでかき混ぜることで全体が 55°C 付近になった。そこから再び加熱をした場合、角の温度上昇は速かったものの、内部の温度差は一度目の加熱よりも非常に小さくなり、全体的に昇温した。よって、カレーのように粘度が高く食塩を含む調理品など、加熱ムラが大きい場合にはかき混ぜ操作が有効であると言える。ハンバーグやコロケといった固形の食品などかき混ぜられない時には、内部の温度差が大きくなり過ぎないように加熱時間を小刻みにして電子レンジ内で位置を変えるなどの工夫で加熱ムラが改善されると考えられる。

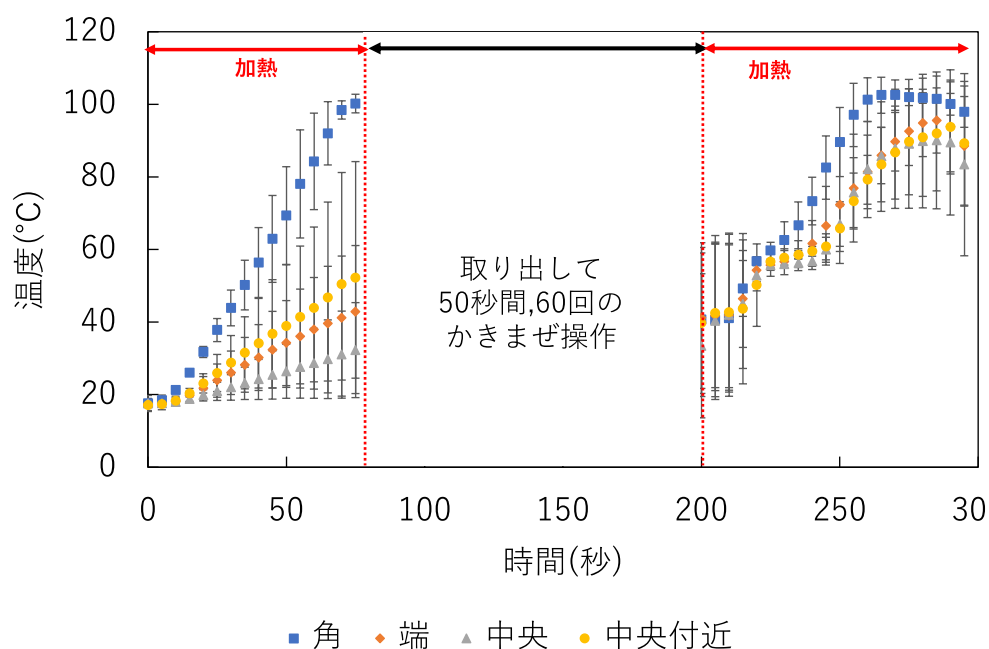


図 96 途中でかき混ぜ操作を行った場合のカレーの内部温度の変化 (角型容器)  
 図では電子レンジから取り出して再度入れるまでの約 2 分間を空白として示した。  
 n=3

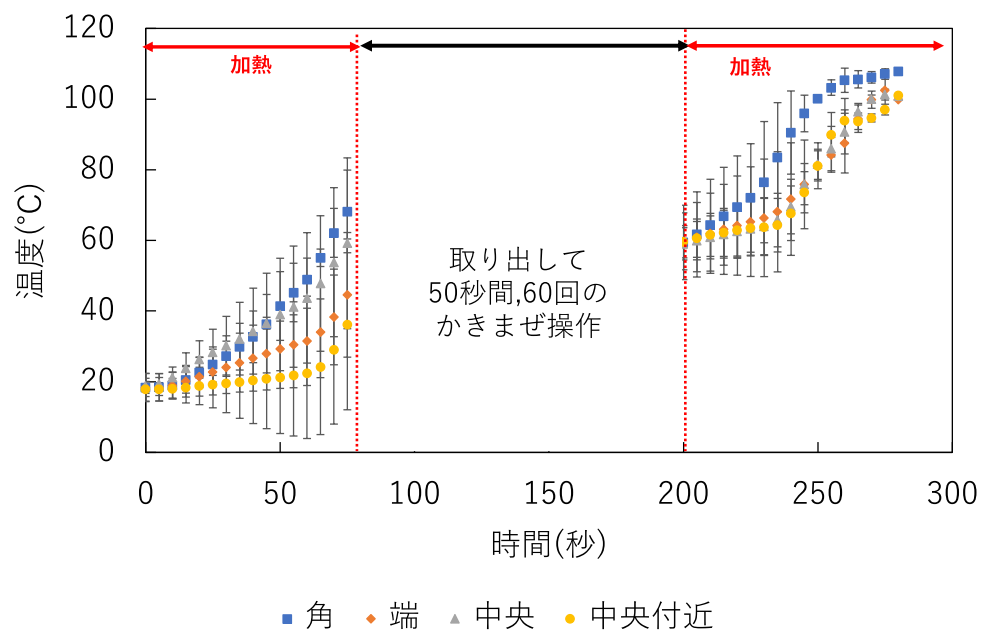


図 97 途中でかき混ぜ操作を行った場合のカレーの内部温度の変化(丸型容器)  
 図では電子レンジから取り出して再度入れるまでの約 2 分間を空白として示した。n=3

## 9. 電子レンジによる加熱の特性（カレーライス）

### 9.1. 実験方法

#### 1) 実験条件

6 種類の方法で盛り付けた場合の加熱ムラについて検討した。室温の白飯 150g とカレー 200g をラップを図 98 のように盛り付け、ラップをして電子レンジの中央部に置いた。

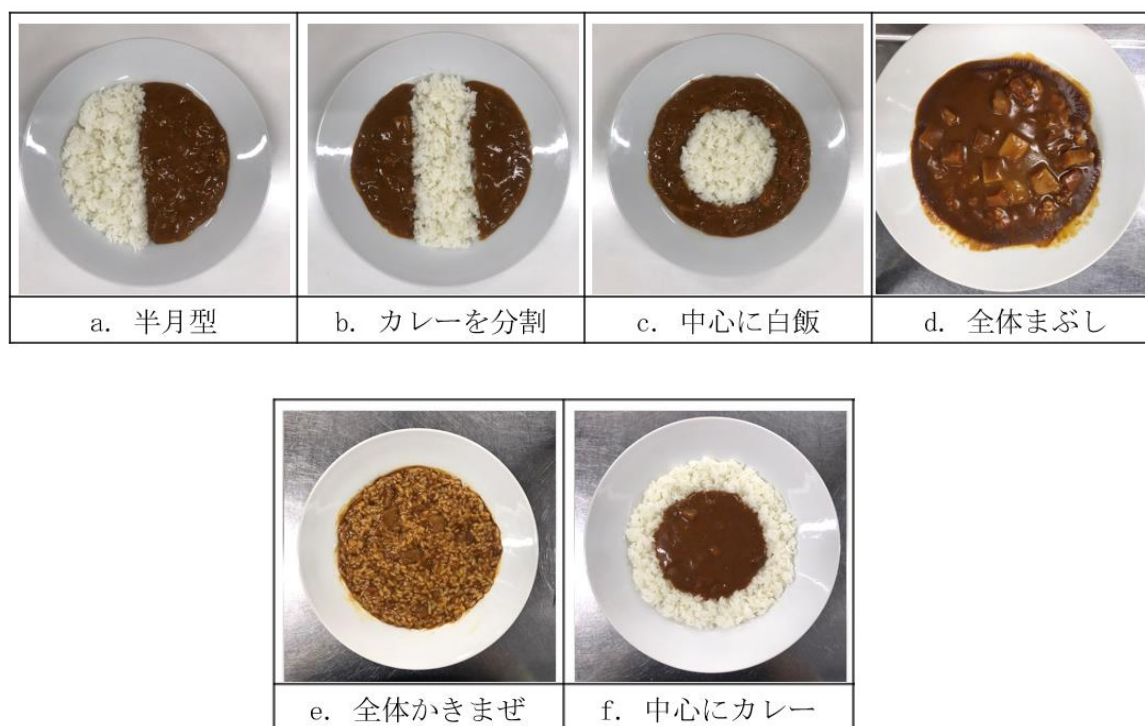


図 98 カレーライスの盛り方

#### 2) 試料

7.1.2)及び8.1.2)と同じものを用いた。

#### 3) 電子レンジ及び加熱条件

7.1.3) のレンジ G を用い、500 W で加熱した。加熱時間は 5 分間とした。

#### 4) 表面温度の測定

7.1.4) に準じた。表面温度の測定は 1~4 分間とした。

#### 5) 内部温度の測定

7.1.5) に準じた。測定位置は図 99 に示した白飯端・白飯中心・カレー端・カレー中心の 4 点とした。内部温度の測定は 5 分間とした。

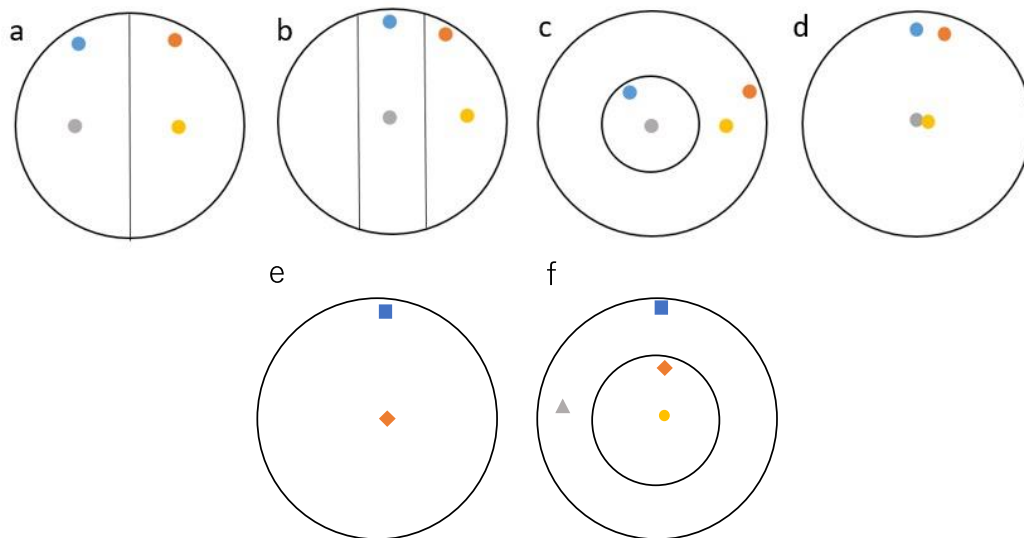


図 99 カレーライスの内部温度の測定位置

## 9.2. 実験結果

### 1) 盛り方の違いがカレーライスの温度分布に及ぼす影響

最初に予備実験として、半月型の盛り方で電子レンジで再加熱したところ、5分間の加熱でカレーの中央部が100°C付近になり、それ以上加熱を続けると突沸によって危険な状態であった。そこで、本実験では加熱時間を5分間と設定した。

それぞれの温度分布を見ると、図100は半月盛りの表面温度は白飯全体とカレー縁部の昇温が速く、カレーの中央部の温度は4分間加熱しても50°C付近と低かった。図101の内部温度についてもカレー中央部の昇温が遅かった。半月盛りが一般的な盛り付け方法であるが、カレー中央部の昇温が遅かったことから、加熱ムラを盛り方で改善できないかを検証した。図102~111が様々な盛り方でカレーライスを再加熱した際の表面及び内部温度の変化である。これらの結果の概要として、半月型、カレーを分割、中心に白飯、全体まぶしの3分間加熱した後の白飯、カレーのそれぞれの内部の中央部と端部の温度を図112に比較した。図のバーが長いほど温度差が大きく、加熱ムラが大きいことを表す。一般的な半月型の盛り方では、白飯の温度差は非常に小さく、カレーの温度差が大きかった。一方、他の盛り付け方ではカレーの温度差が小さくなるということはなく、白飯の温度差が大きくなった。よって、これらの盛り付け方ではいずれの条件においても加熱ムラは改善されなかった。

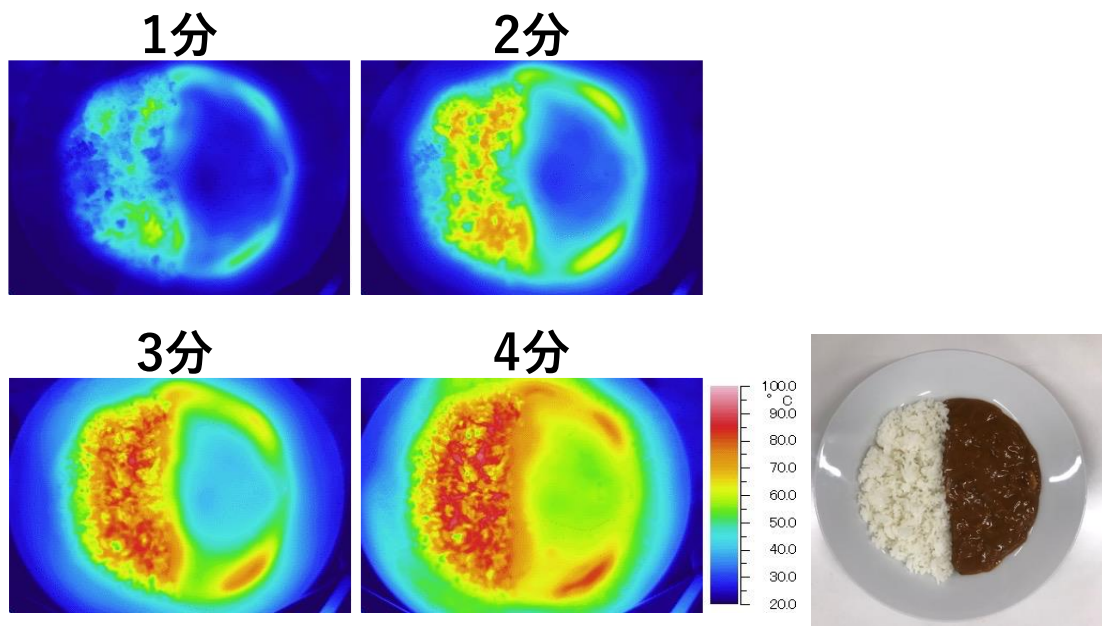


図 100 半月型の盛り方のカレーライスの表面温度の変化

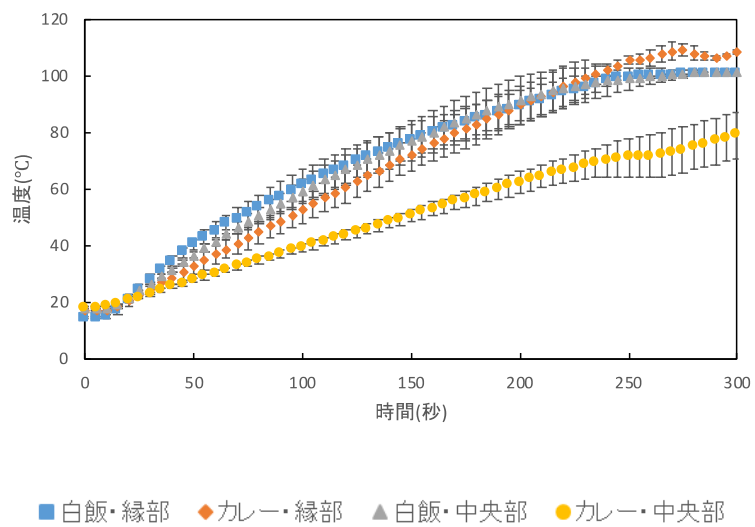


図 101 半月型の盛り方のカレーライスの内部温度の変化  
n=3

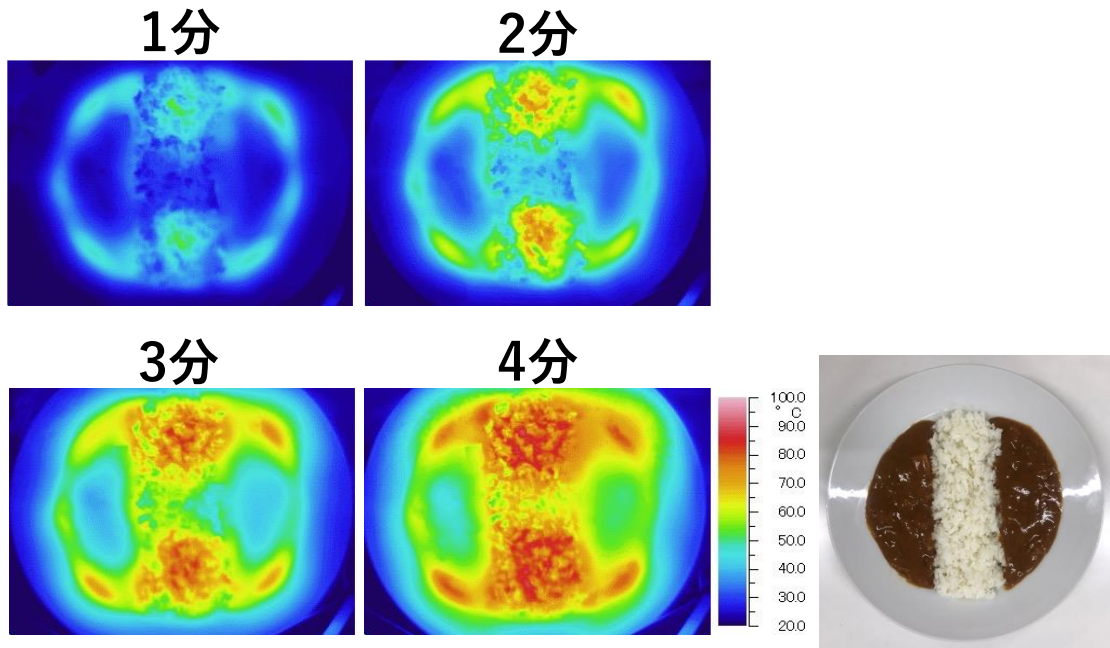


図 102 カレーを分割の盛り方のカレーライスの表面温度の変化

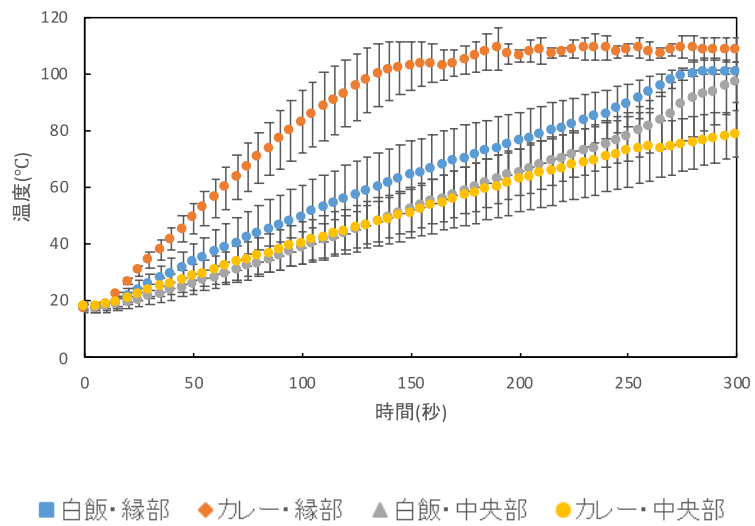


図 103 カレーを分割の盛り方のカレーライスの内部温度の変化  
n=3

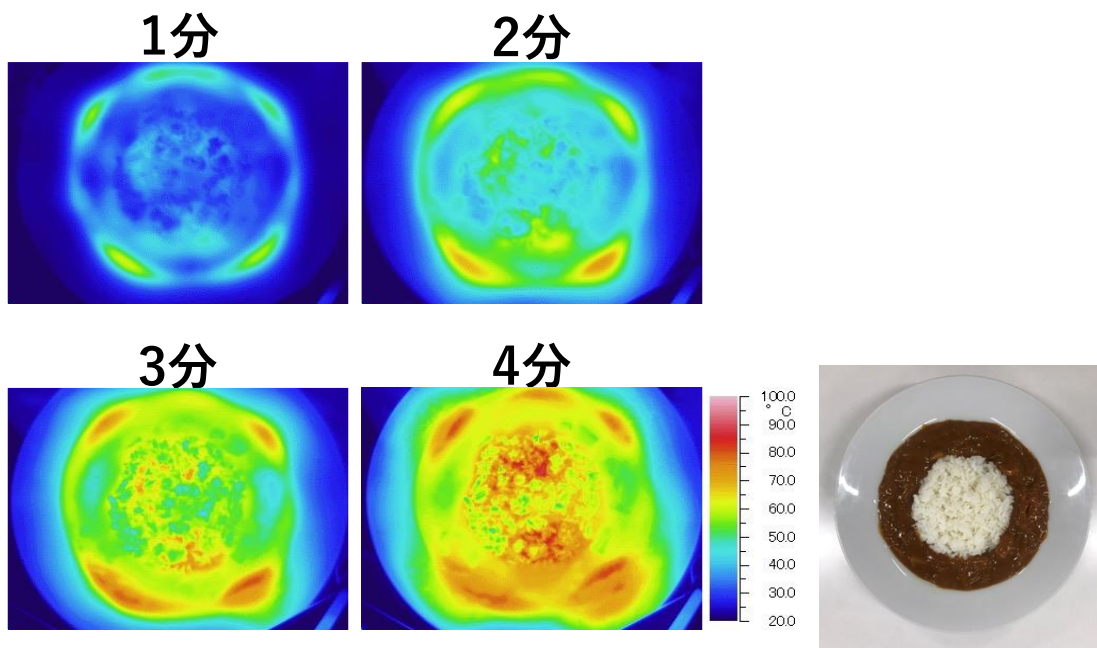


図 104 中心に白飯の盛り方のカレーライスの表面温度の変化

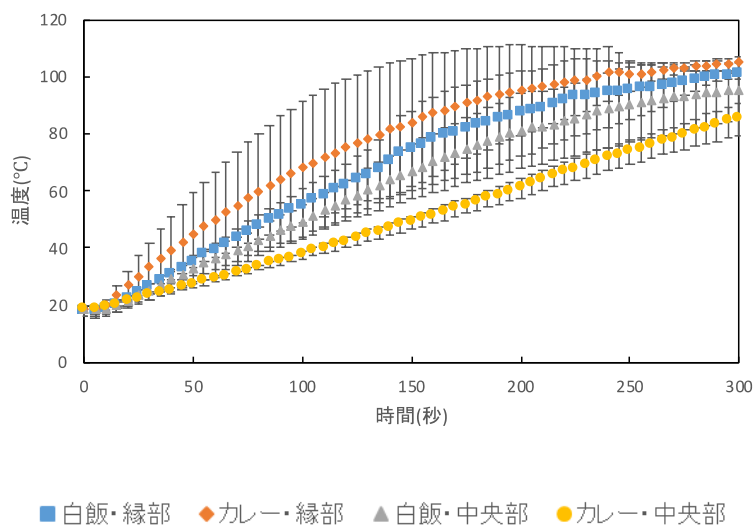


図 105 中心に白飯盛りのカレーライスの内部温度の変化  
n=3

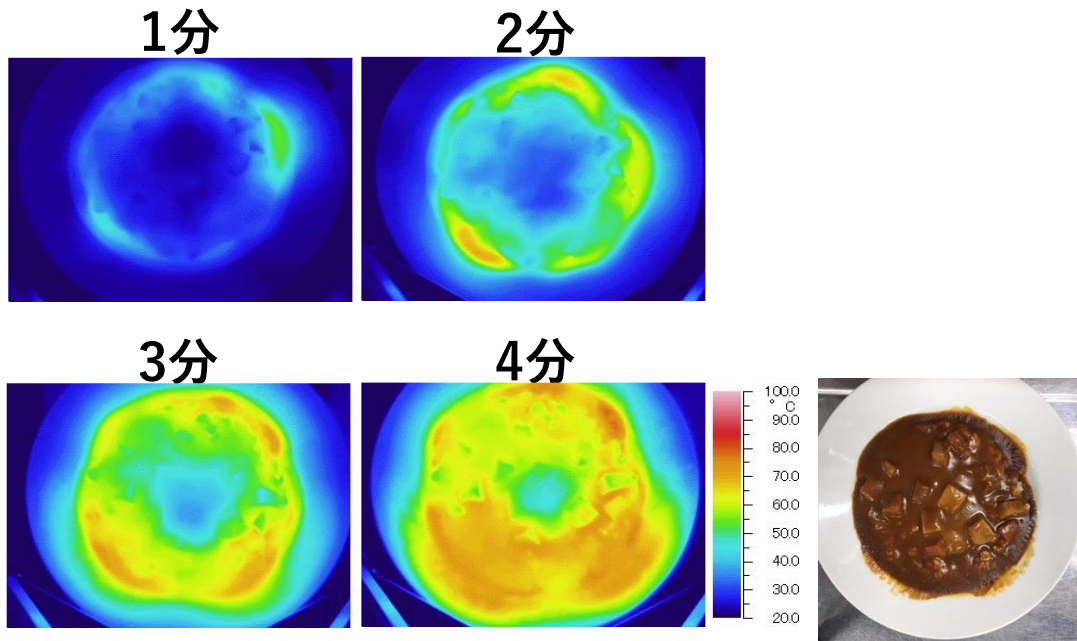


図 106 全体まぶしの盛り方のカレーライスの表面温度の変化

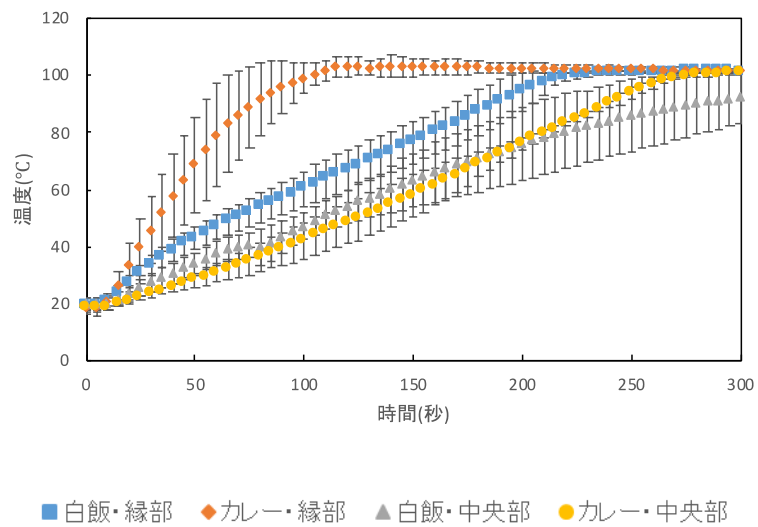


図 107 全体まぶしの盛り方のカレーライスの内部温度の変化  
n=3

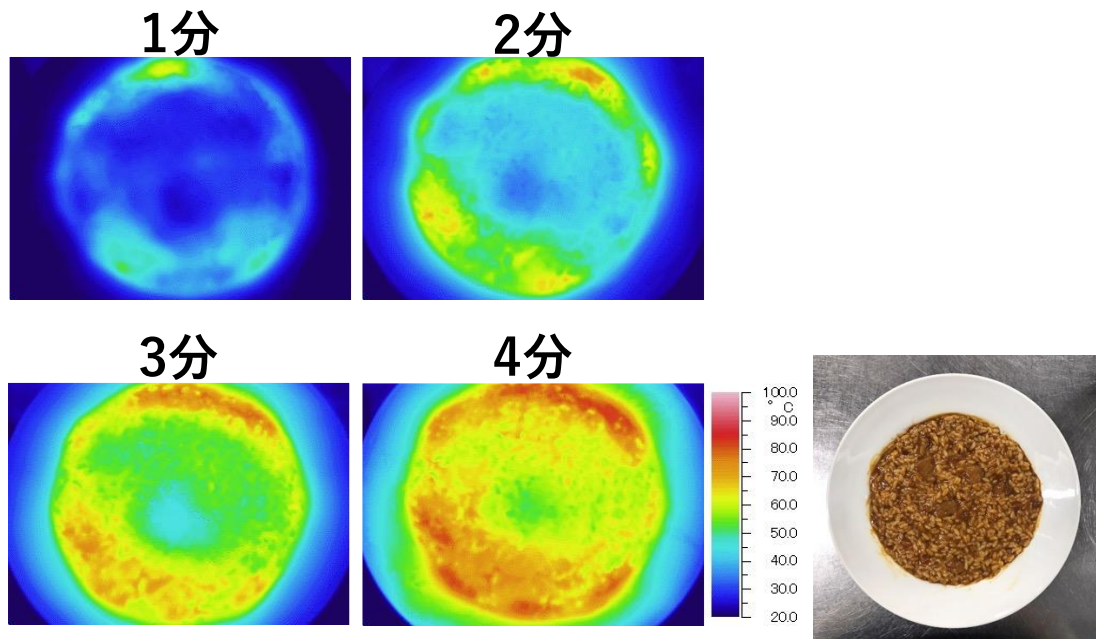


図 108 全体かき混ぜの盛り方のカレーライス表面温度の変化

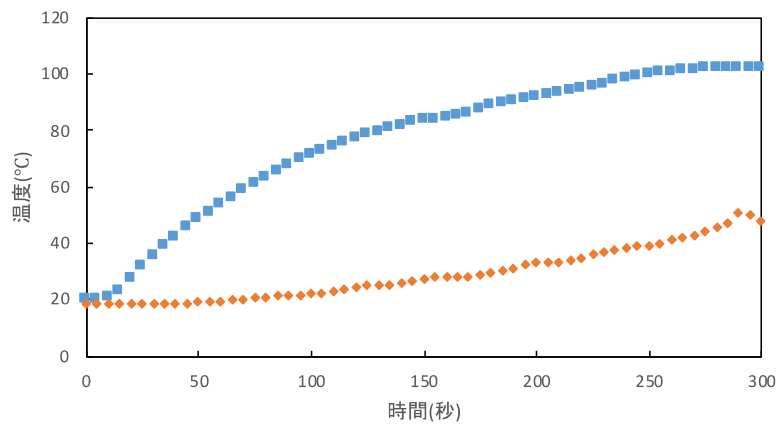


図 109 全体かき混ぜの盛り方のカレーライス内部温度の変化 (繰り返しなし)

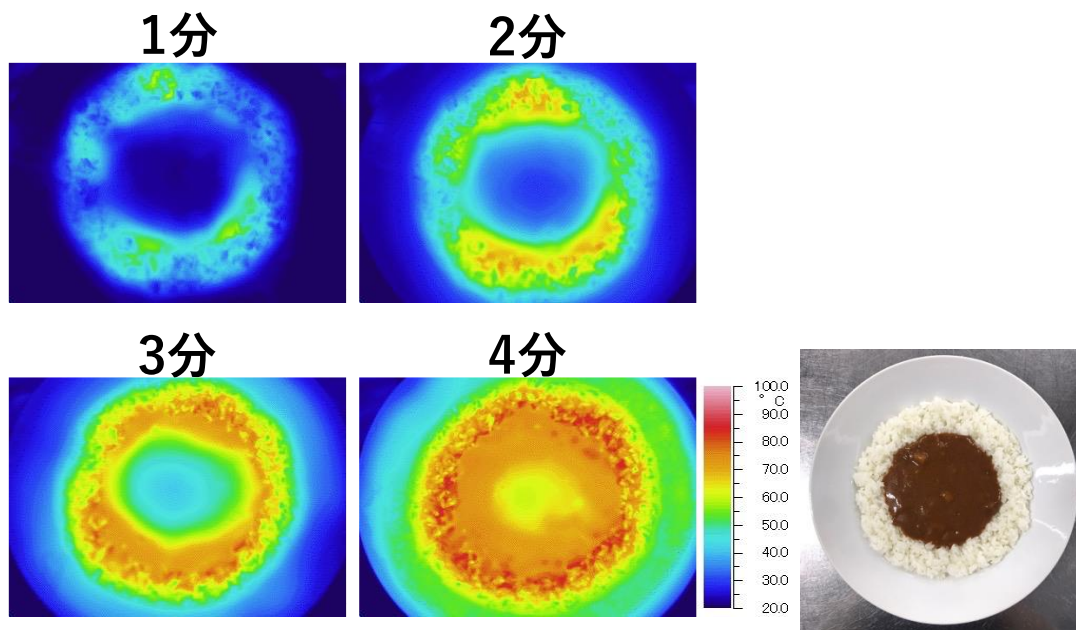


図 110 中心にカレーの盛り方のカレーライスの表面温度の変化

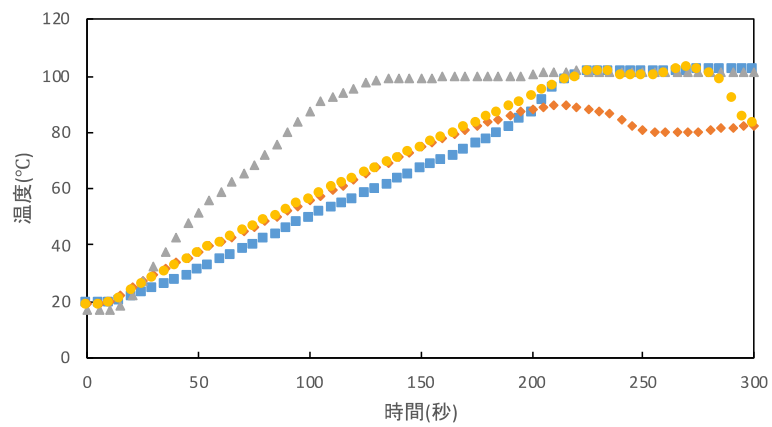


図 111 中心にカレーの盛り方のカレーライスの内部温度の変化（繰り返しなし）

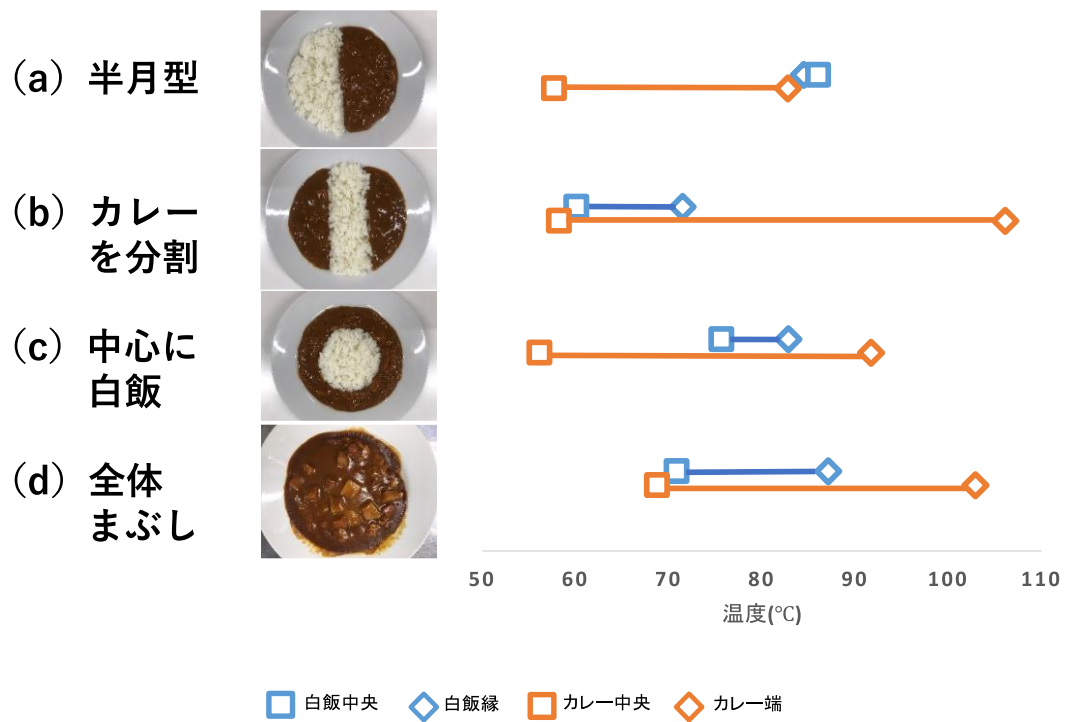


図 112 3 分間加熱した後のカレー内部の端部及び中央部の温度

## 10. 電子レンジによる加熱の特性（惣菜）

### 10.1. 実験方法

#### 1) 惣菜

家庭では様々な調理品を再加熱することから、市販の惣菜や弁当の再加熱について検討した。ここでは、これまでの加熱実験で用いた唐揚げ、トンカツ、ハンバーグに加えて、近隣のスーパーで入手が容易であること、また再加熱の条件の記載があることなどから表 33 に示した惣菜類の加熱について検討した。加熱方法の指示にラップをすることが記載されていたハンバーグについてはラップをして加熱を行った。ハンバーグについては、密閉容器に入れ蓋をした条件と、蓋をしない条件の比較も行った。

表 33 再加熱した惣菜

	販売店または製造メーカー	重量	蓋	パッケージに掲載されている加熱方法の指示
鶏の唐揚げ	サントク	120 g (4 個)	なし	記載なし
トンカツ	サントク	120 g (1 個)	なし	記載なし
赤飯おにぎり	サントク	100 g (1 個)	なし	記載なし
鮭の塩焼き	サントク	80 g (1 切)	なし	記載なし
チキンステーキ	サントク	180 g (2 個)	なし	蓋を外し、そのまま 500 W で 2 分間加熱
デミグラスハンバーグ	滝沢ハム	130 g (1 個)	軽くラップ / 密閉容器 / なし	袋から取り出し皿に移して軽くラップをして 500 W で 1 分 30 秒から 2 分間加熱
チーズグラタン	ファミリーマート	345 g	蓋付き	容器のまま 500 W で 3 分間加熱
幕の内弁当	ファミリーマート	—	蓋付き	容器のまま 500 W で 1 分 45 秒加熱



図 113 再加熱した惣菜の外観

## 2) 電子レンジ及び加熱条件

7.1.3) のレンジ G を用い、500 W で加熱した。表 33 に示したように、加熱方法の記載がある商品については、その指示に従った。指示がないものについてはラップをせず、2 分間加熱した。この時間は、重量が近いチキンステーキやハンバーグの再加熱時間の表記が 2 分間であったことから、同程度の加熱時間になるように 2 分間とした。

## 3) 表面温度の測定

7.1.4) に準じた。表面温度の測定は 1 または 2 分間とした。

## 4) 内部温度の測定

7.1.5) に準じた。内部温度の測定は 2 分間とした。

## 10.2. 実験結果

### 1) 各種惣菜（鶏の唐揚げ、トンカツ、赤飯おにぎり、鮭の塩焼き、チキンステーキ）再加熱時の加熱ムラ

図 114~125 に各種惣菜（鶏の唐揚げ、トンカツ、赤飯おにぎり、鮭の塩焼き、チキンステーキ）を再加熱した際の表面温度及び内部温度を示した。ここでは、電子レンジから取り出した直後に惣菜を切断し、断面の温度分布も赤外線サーモグラフィーにて測定した。いずれの惣菜も食塩を含むため、端部加熱の傾向にあった。同じ重量であるトンカツと鶏の唐揚げの内部温度を比較すると鶏の唐揚げの方が端部と中央部の差が小さかった。唐揚げはひとつの大きさが小さいため食品内で熱が伝わるのが速く、食品内部の加熱ムラが小さくなったのではないかと考えられる。また同じ鶏肉を使用した場合でも、鶏の唐揚げに比べてチキンステーキの方が端部加熱が顕著であった。チキンステーキの方が重量が多かったことで中央部までマイクロ波が到達しにくく、中央部の昇温が遅れることで端部と中央部の温度差が大きくなったと考えられる。また、トンカツや鮭の塩焼きは 2 分加熱後は表面温度は高いが内部温度が 60°C 付近と低かった。

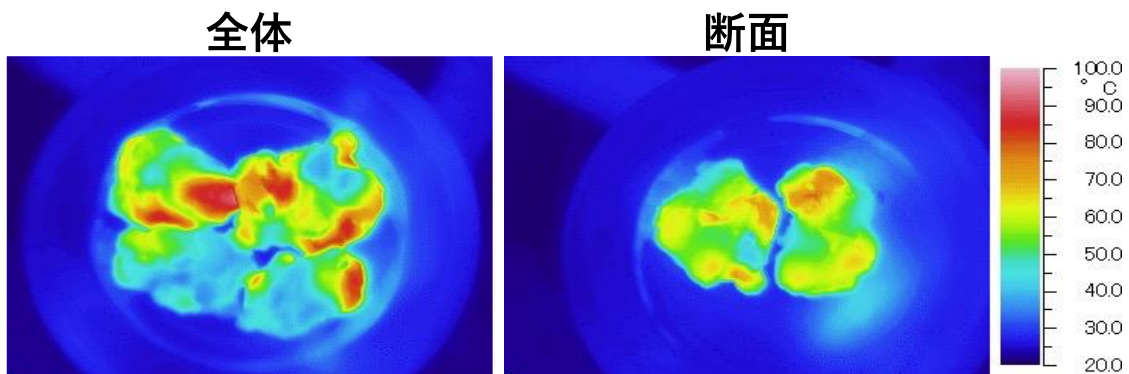


図 114 電子レンジで1分再加熱した後の鶏の唐揚げの表面と断面の温度分布

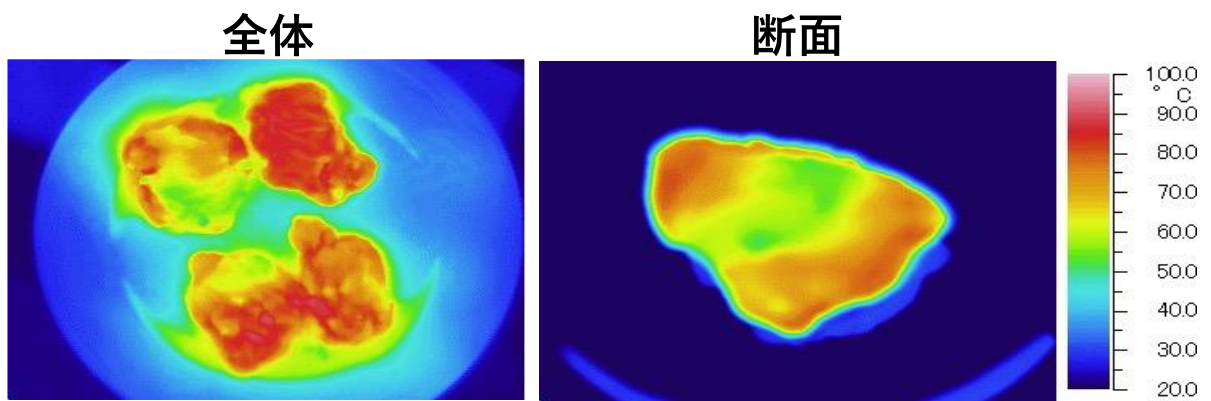


図 115 電子レンジで2分再加熱した後の鶏の唐揚げの表面と断面の温度分布

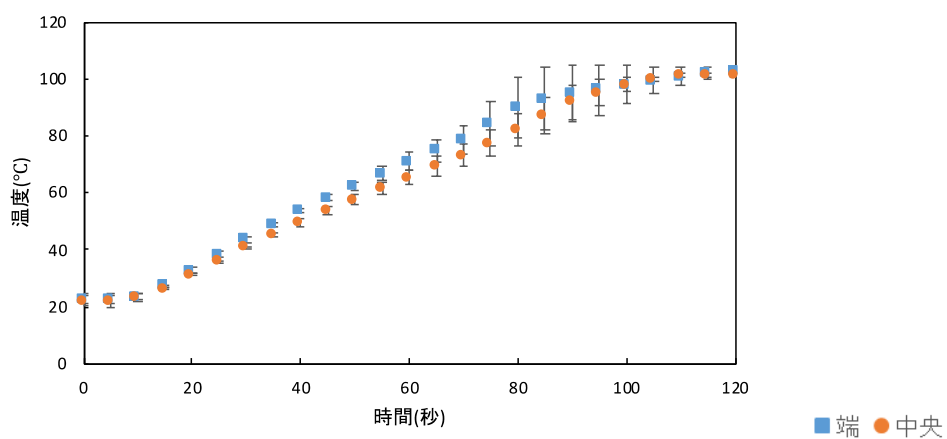


図 116 唐揚げの内部温度の変化

n=3

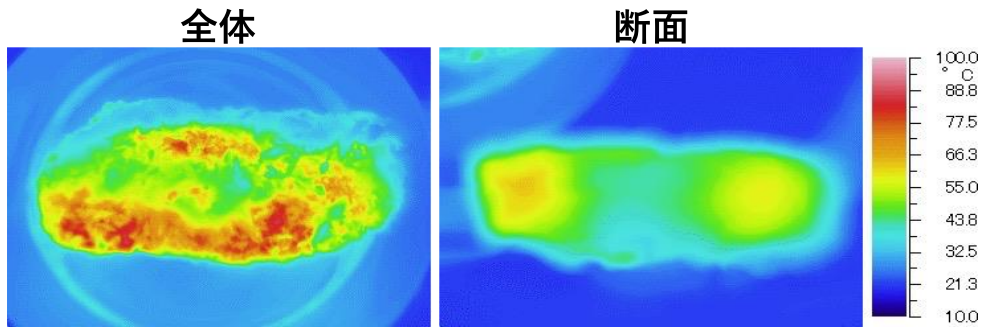


図 117 電子レンジで1分再加熱したトンカツの表面と断面の温度分布

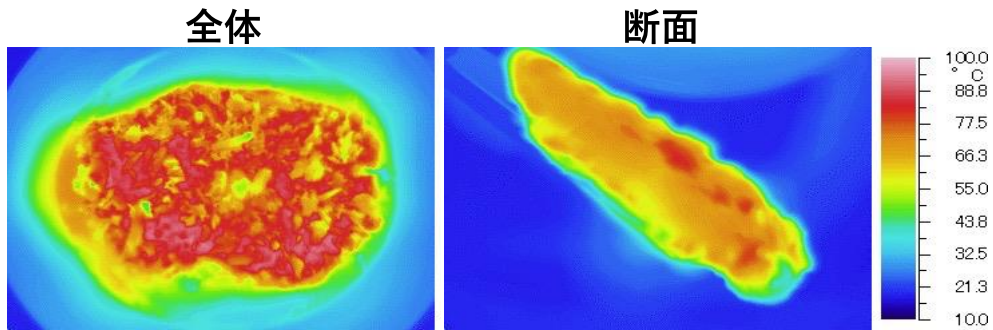


図 118 電子レンジで2分再加熱したトンカツの表面と断面の温度分布

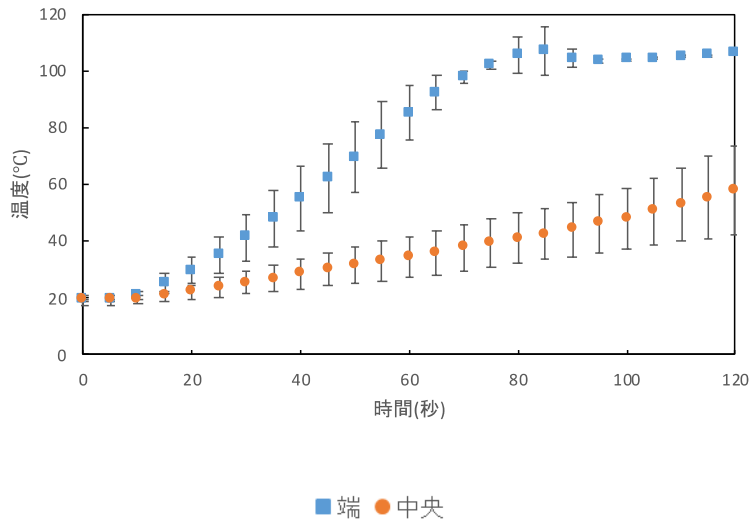


図 119 トンカツの内部温度の変化  
n=3

(a) 1分間

(b) 2分間

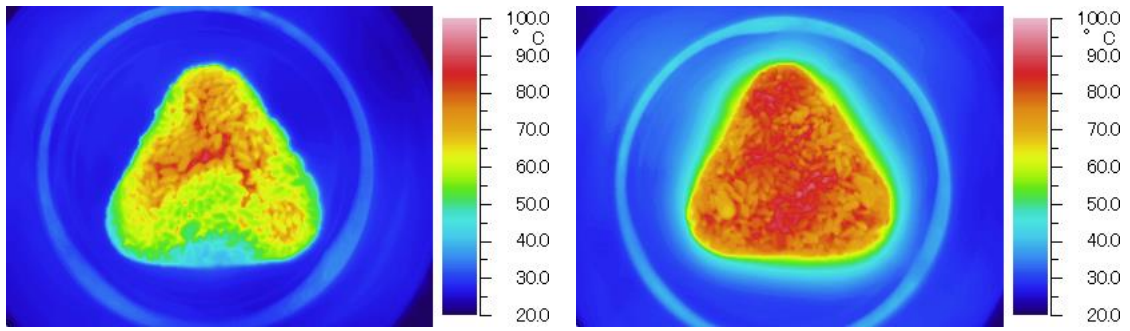


図 120 電子レンジで再加熱した赤飯おにぎりの表面温度

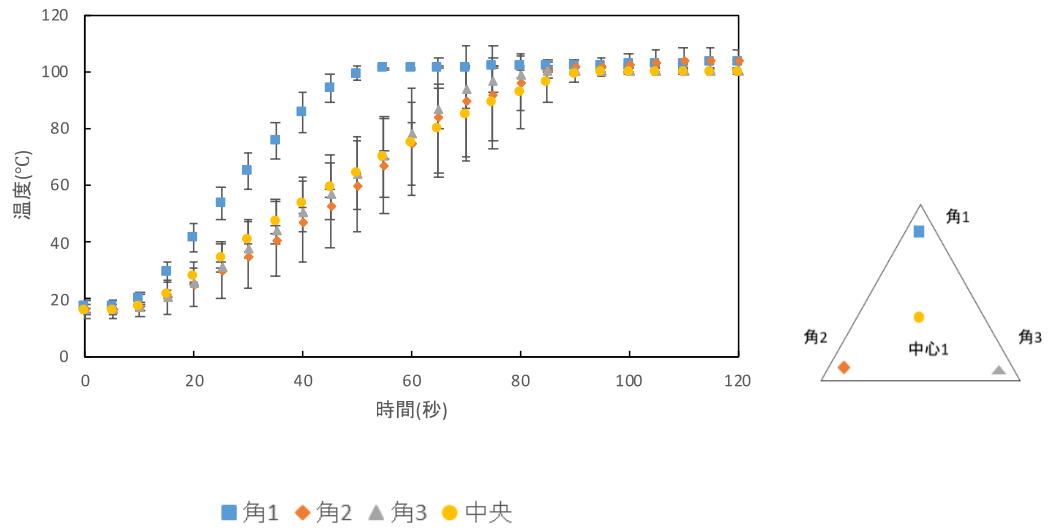
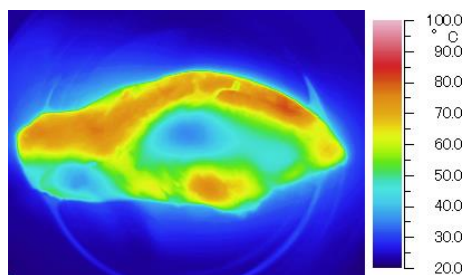


図 121 赤飯おにぎりの内部温度の変化

n=3

(a) 1分間



(b) 2分間

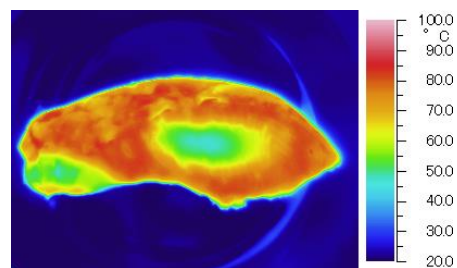


図 122 電子レンジで再加熱した鮭の塩焼きの表面温度

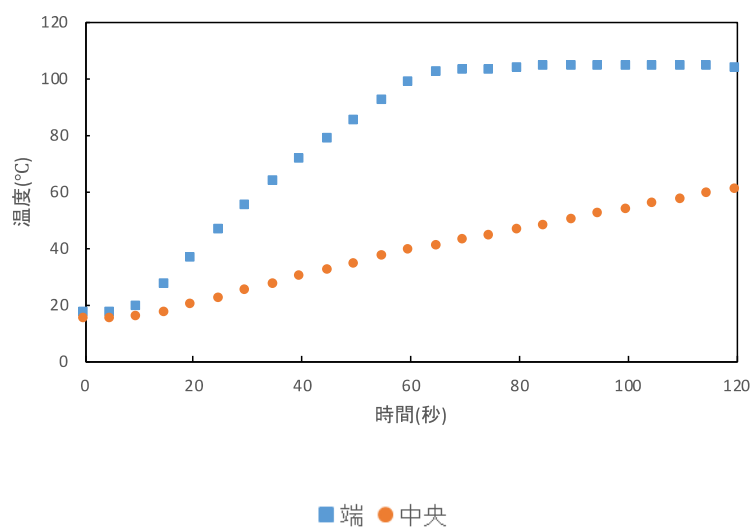


図 123 鮭の塩焼きの内部温度の変化  
(2回繰り返しの平均)

(a) 1分間

(b) 2分間

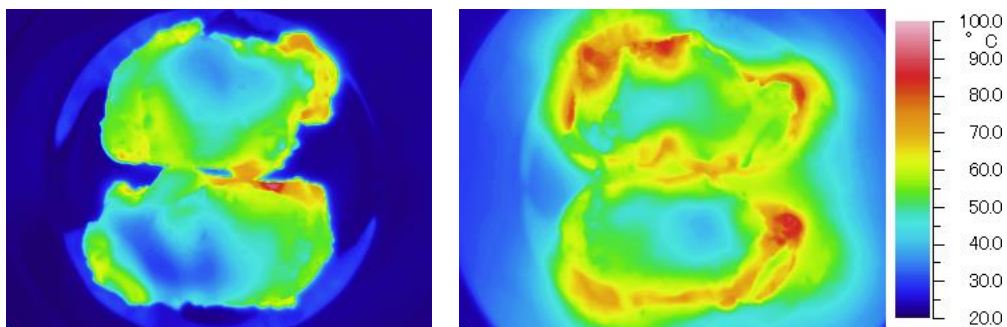


図 124 電子レンジで再加熱したチキンステーキの塩焼きの表面温度

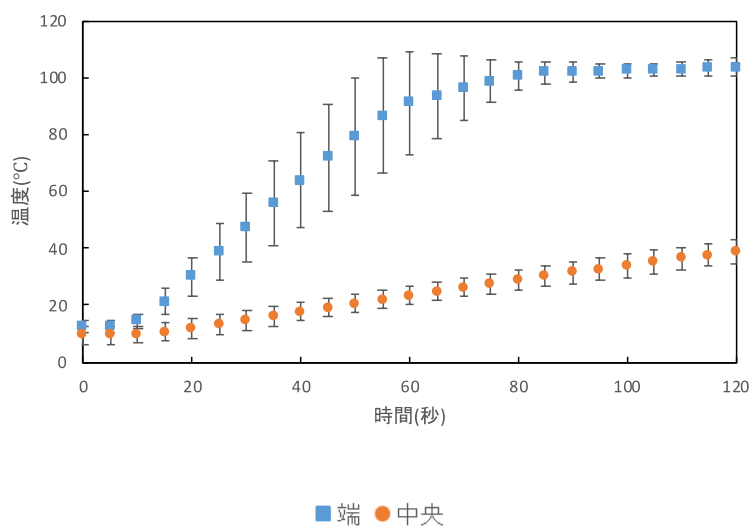


図 125 チキンステーキの内部温度の変化

n=3

## 2) ハンバーグ再加熱時の加熱ムラ

図 126 にハンバーグを 2 分間再加熱した後の表面と内部の温度分布をまとめた。ラップなしの端部と中央部の温度差は最も大きかった。一方、密閉容器は表面や内部の中央の温度が他の条件に比べて高く、端部との温度差が小さかった。また図 127～129 に示した内部温度の上昇の仕方をみると、端部の温度上昇が速く、中央部の温度上昇が遅かった。中央部の温度上昇については、ラップなしの条件が最も遅く、密閉容器で再加熱した場合に最も速い傾向にあった。よって、蓋をすることやその際に隙間が少ない方が放熱が抑えられてハンバーグの温度上昇が速くなり、内部の温度差も小さくなると言える。本実験ではハンバーグを用いて電子レンジの再加熱における蓋の効果を検証したが、他の食品についても同様に蓋をすることで再加熱中の放熱が抑えられ、加熱ムラを抑えて速く加熱できると考えられる。

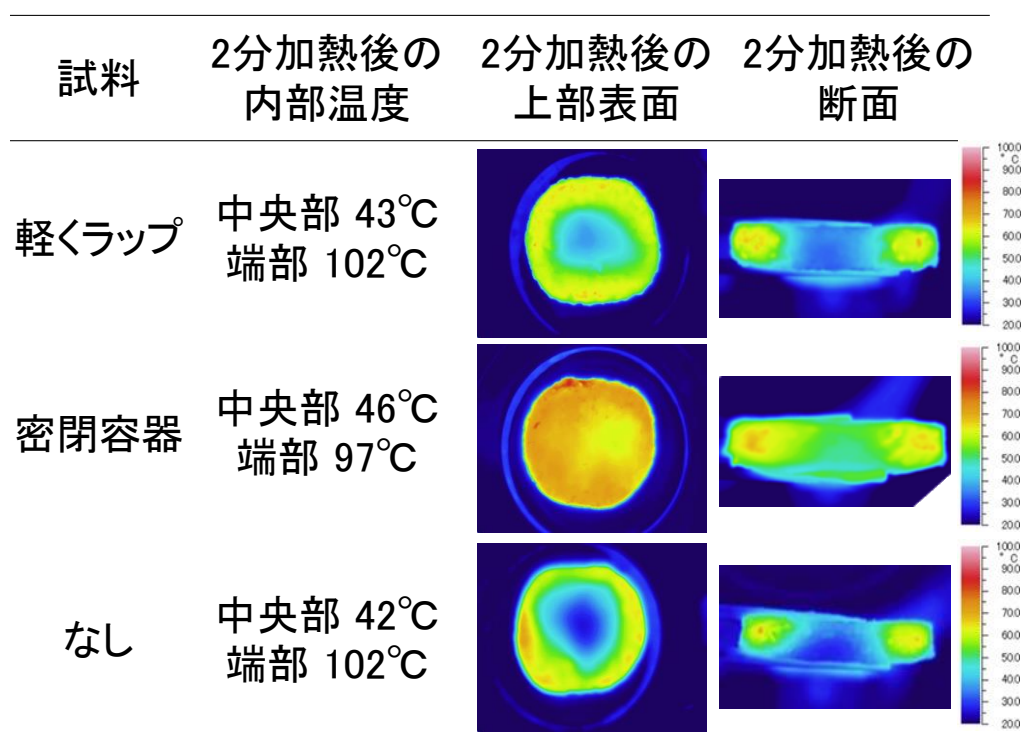


図 126 電子レンジで再加熱したハンバーグの表面と断面の温度分布

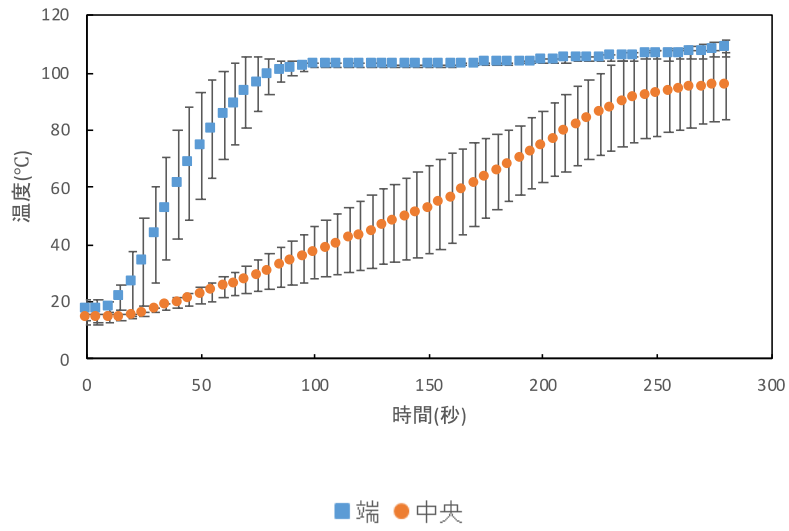


図 127 軽くラップをして再加熱した際のハンバーグの内部温度の変化  
n=3

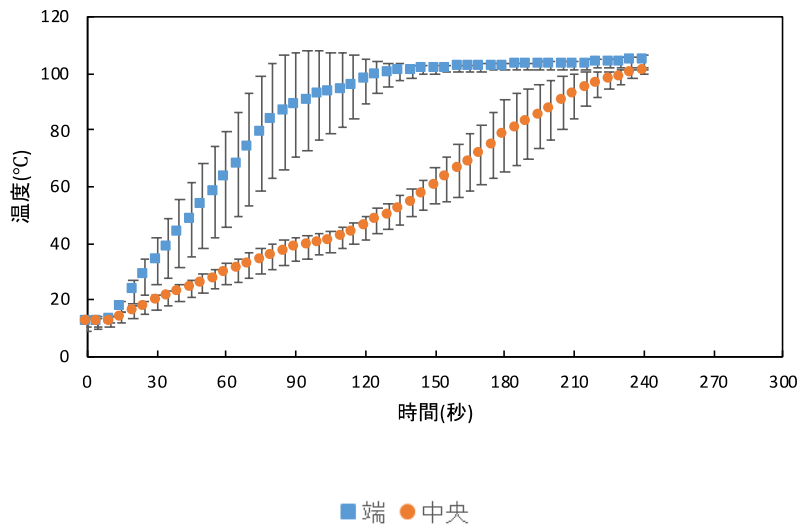


図 128 蓋つきの密閉容器に入れて再加熱したハンバーグの内部温度の変化  
n=3

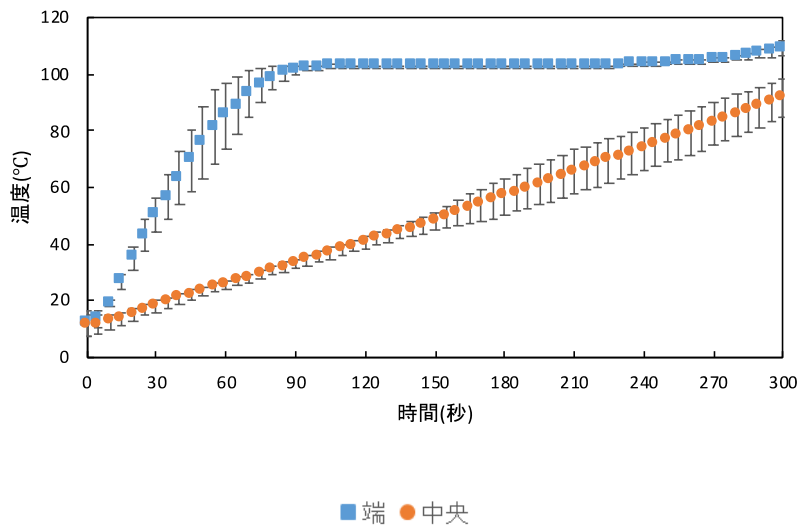


図 129 ラップや蓋をせずに再加熱したハンバーグの内部温度の変化  
n=3

### 3) グラタン及び幕の内弁当の加熱ムラ

図 130 及び図 131 にグラタンを再加熱した際の表面温度及び内部温度の変化を示した。容器に記載された加熱方法の指示にあった通り蓋をしたまま 3 分間の加熱を行った。表面温度の測定結果からは全体的に均一に加熱されているように見える。しかし、内部温度は中央部の昇温が非常に遅く、加熱ムラが大きかった。グラタン表面に多く乗っていたチーズの影響により表面で多くマイクロ波が吸収されたことで表面は全体的に温度が高くなったものの、内部までマイクロ波が到達しにくく、中央部の昇温が遅かったと考えられる。

図 132 及び図 133 に幕の内弁当を再加熱した際の表面温度及び内部温度の変化を示した。容器に記載された加熱方法の指示に従い 1 分 45 秒間の加熱を行った。蓋をした場合と外した場合の 2 通り測定を行ったが、蓋をした場合の方が少し表面温度が高くなっていた。しかし容器記載の加熱時間では全体的に少し温まる程度で、白飯、鮭の塩焼き、卵焼きは 40～60°C 付近だった。蓋をせず加熱した場合に漬物の温度上昇が速くなり、漬物のみ 100°C まで温度が上昇した。表面温度の結果からは漬物、鮭の塩焼きの縁、白飯の一部分の温度上昇が速いことが見て取れた。

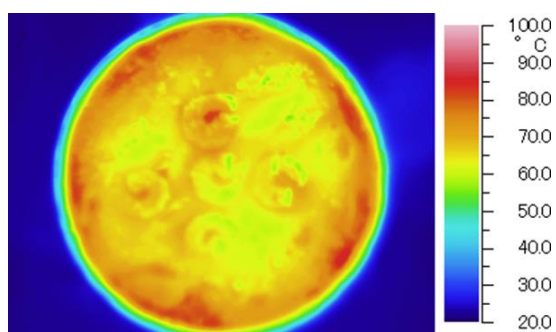


図 130 3分加熱後のグラタンの表面温度

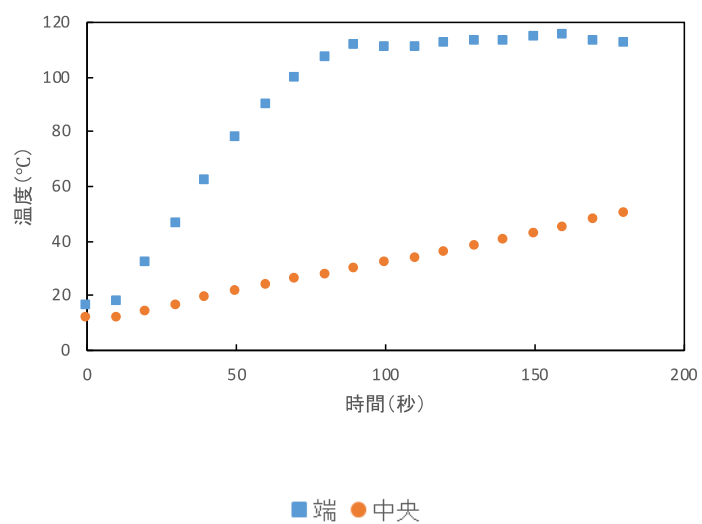


図 131 グラタンの内部温度の変化 (2回繰り返しの平均)

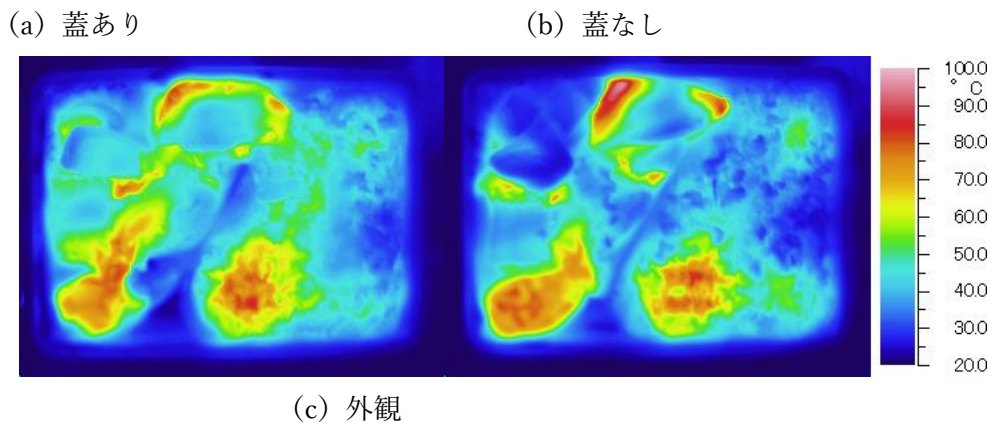


図 132 1分45秒加熱後の幕の内弁当の表面温度

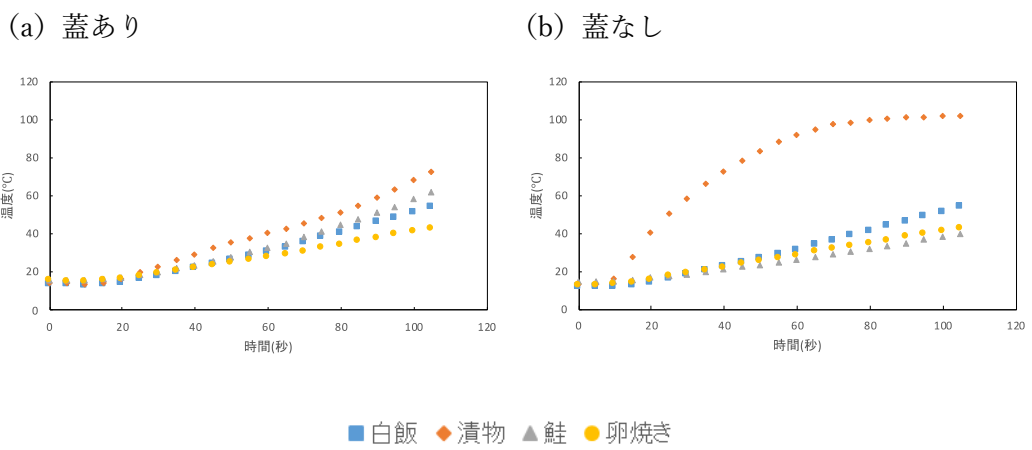


図 133 幕の内弁当の内部温度の変化（繰り返しなし）

## V. 総括

今回の実験において、低温調理を含む様々な調理について、中心部の温度変化に影響する要因と加熱された時の状態について検証した。その結果、いずれの調理においても見た目では衛生的に加熱されたかどうかを判断することは難しいことを示した。そこで、今回の実験結果より、加熱条件に対応した加熱時間の目安を示した。また、ハンバーグ、トンカツ、鶏の唐揚げ、カキフライについては余熱の利用が衛生面と嗜好面の観点から有用であることが示唆された。ゆでガキについては、余熱の効果はなく 85°Cで 90 秒間以上の加熱が必要であった。

電子レンジ加熱における加熱ムラに影響する要因を検証した結果、食塩を含む食品で端部加熱が顕著であった。加熱ムラによる加熱しすぎを防ぐには攪拌や小刻みな加熱が有効であると考えられる。

さらに、ハンバーグや電子レンジの実験より、蓋の利用は放熱を抑えることで加熱時間の短縮や加熱ムラの改善に効果的であることを示した。

## VI. 引用文献

- 1) 西念幸江, 柴田圭子, 安原安代 (2003), 鶏肉の真空調理に関する研究 (第 1 報) 真空調理と茹で加熱した鶏肉の物性及び食味, 日本家政学会誌, 54, 591-600
- 2) 厚生労働省, 食品、添加物等の規格基準
- 3) 厚生労働省, 食肉の加熱に関する Q&A
- 4) 厚生労働省, 大量調理施設衛生管理マニュアル
- 5) 石昌典、西邑隆徳、山本克博編 (2015) 肉の機能と科学、朝倉書店
- 6) 藤原正生、大倉礼子 (1959) 肉の自己分解に関する化学的研究 (第 10 報) 肉の熟成中ミオグロビン及びその誘導体の変化について (その 1)、日本農芸化学会誌、**33**、101-104
- 7) 日本調理科学会近畿支部 焼く分科会(1999), ハンバーグステーキ焼成時の内部温度(腸管出血性大腸菌 O 157 に関連して)(第 1 報)焼成条件の違いが内部温度に及ぼす影響, 日本調理科学会誌, **32**, 338-345
- 8) 日本調理科学会近畿支部 焼く分科会 (1999), ハンバーグステーキ焼成時の内部温度(腸管出血性大腸菌 O 157 に関連して)(第 3 報)牛肉ハンバーグステーキの肉汁の状態から見た焼き終わりの判定、**32**、288-295
- 9) 香西みどり、綾部園子編 (2015) 流れと要点がわかる 調理学実習 第 3 版—豊富な献立と説明—、光生館
- 10) 小川宣子編 (2007) 基礎調理実習 食品・栄養・大量調理へのアプローチ、化学同人
- 11) 畑江敬子、香西みどり編 (2016) 新スタンダード栄養・食物シリーズ 6 調理学、東京化学同人
- 12) 丸山務ら (2016) 新調理師養成教育全書 必携 調理実習レシピ集 p.154
- 13) 肥後温子, 島崎通夫 (1990), マイクロ波加熱による昇温特性の分類(第 1 報)各種食品の温度分布, 日本家政学会誌, 585-596
- 14) 渋川祥子編 (1996) 食品加熱の科学、朝倉書店

報告書の修正内容：45 ページ、図 49

「皿の上で放置後」の3分と5分の写真を逆に掲載していたため、写真の配置を入れ替えた。

報告書の修正内容：46 ページ、図 51

図 49 の修正に伴い、「ムネ肉」の断面図が外観図と対応するように写真を差し替えた。

報告書の修正内容：48 ページ、図 53

図 49 の修正に伴い、「室温」の断面図が外観図と対応するように写真を差し替えた。

報告書の修正内容：49 ページ、図 55

図 49 の修正に伴い、「醤油あり」の断面図が外観図と対応するように写真を差し替えた。