

電磁調理器対応のセラミックス製調理容器

Ceramic Cooking Utensils for Baking by Induction Heating Cookers

松本 誠一¹⁾

Seiichi MATSUMOTO

富迫 文夫²⁾

Fumio TOMISAKO

Abstract: We have developed ceramic cooking utensils to be used on an induction heating cooker. The utensils consist of a heating plate, a cooking plate, and a lid. The cooking plate, covered with the lid, is set on the heating plate. The heating plate, on an IH cooker, is induced to radiate heat, which has food baked on the cooking plate. Different from other cooking utensils which have the same body work for heating and cooking, these ceramic cooking utensils have a new-type dual structure of a heating plate being separated from a cooking plate.

キーワード: セラミックス製調理容器 電磁調理器 焼く調理

Keywords: ceramic cooking utensils, induction heating cooker, baking on the cooking plate

1. 開発の背景

製品化の背景を以下の(1)～(3)に記す。

- (1) 電磁調理器¹⁾の普及。
- (2) 現状の電磁調理器対応の調理容器は、中心部の直径約50mmの円周範囲内では発熱しない。現状の調理容器は使いづらく問題点がある。
- (3) 焼く調理を行う、電磁調理器対応のセラミックス製調理容器は極めて数が少ない。

(1)について詳述する。我国の一般家庭におけるエネルギー源は、近年ガスから電気へと大きく変化している。我国のオール電化住宅の累計数は、2009年度は391.8万戸と見込まれており、2015年度のそれは762.4万戸と予測されている。2015年度の累計住宅戸数に対するオール電化住宅の戸数の割合は15.4%になると予測されている²⁾。オール電化住宅の増加にともない、電磁調理器の一般家庭への普及も大きく進んでいる³⁾。

(2)について詳述する。電磁調理器のガラス製のトッププレート⁴⁾の裏面には磁力線を発生させるコイルが配設されている。通電によって発生した磁力線はトッププレートをとおして金属製の調理容器の底部に流れ、渦状の電流を発生させる。調理容器は流れる渦状の電流の電気抵抗によって発熱する。しかし、同コイルは環状に配設されており、中央部には配設されていない。同コイルが配設されていない中央部では磁力線は発生しないので、調理容器の中心部は発熱しない⁴⁾。従って、調理ムラを防ぐには、調理容器を小刻みにずらすなどの煩わしい作業をして、中心部も発熱するようにしなければならない。

(3)について詳述する。空焚きで加熱する焼く調理では、調理容器は急激に大きく温度上昇するので、熱衝撃に強いセラミックス材料で製造しないと、調理容器は破壊してしまう。しかし、焼く調理に適した耐熱衝撃温度差⁵⁾の大きなセラミックス材料の開発は容易ではない。従って、焼く調理に適したセラミックス製調理容器は極めて数が少ない。

電磁調理器が普及しつつある我国で、上記(2)の問題を解決するとともに、耐熱衝撃温度差の大きな材料で調理容器を製造するならば、電磁調理器対応の空焚きで焼く調理を行うセラミックス製調理容器の需要は、十分にあるものと判断した。

2. 計画の詳細

2-1 調理容器の基本構造

電磁調理器を用いてセラミックス製の調理容器を発熱させる方法は、調理容器に磁力線が流れて発熱する銀転写紙を焼き付ける方法が一般的である⁶⁾。通常、銀転写紙は調理容器の裏面に焼き付けられるが、食材をのせる表面に焼き付けられるものもある。銀転写紙を調理容器の裏面に焼き付けた場合、吹きこぼれによる煮汁などが付いた状態で銀転写紙を発熱させることがある。この場合、銀転写紙は溶断する恐れがあり、溶断した銀転写紙は発熱しない⁷⁾。一方、銀転写紙を食材をのせる表面に焼き付けた場合、銀転写紙は調理中に傷つけられ、欠け落ちるなどして食材に混入する恐れがある。

今回の開発では、銀転写紙を用いてセラミックス製の調理容器を発熱させる方法を採用した。しかし、両者の恐れ

1) 近畿大学産業理工学部建築・デザイン学科 教授 matsu@fuk.kindai.ac.jp

2) 有限会社東彼セラミックス 代表取締役 toceram-tomisako@snow.odn.ne.jp

を回避するために、調理容器の裏面にも食材をのせる表面にも、銀転写紙は焼き付けず、調理容器の基本構造として以下の方法を採用した。

- 調理容器を発熱プレートと調理プレートの二重構造とし、発熱プレートと調理プレートは適度な隙間を有して重ねる構造とする。発熱プレートの表面に銀転写紙を焼き付け、銀転写紙を発熱させる。
- 発熱した銀転写紙の輻射熱で調理プレートを加熱させる。調理プレートの表面に食材をのせて、空焚きして焼く調理を行う。
- 調理プレートの熱が無駄なく食材を加熱するように調理プレートにはフタをかぶせる。

このような構造では（図1）、発熱した銀転写紙の熱は発熱プレートと調理プレートとの間に蓄積され、その熱は調理プレート全体に輻射熱として伝わり、調理プレートは全体が加熱される。このことによって、中心部から半径約50mmの円周範囲内は発熱しないという従来の調理容器の弱点は解消されると想定した。

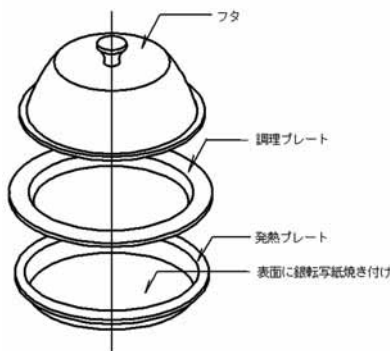


図1 調理容器の基本構造

2-2 発熱・加熱試験と調理容器の基本要件

上記の基本構造を持つ調理容器が十分に機能するために、以下の（1）～（4）の内容を明らかにして、調理容器が備えるべき基本となる要件を導きだした。

- 発熱プレートの表面と電磁調理器のトッププレート面との適切な間隔を明らかにする。この間隔が大きいと磁力線は発熱プレート表面の銀転写紙に届きにくく、銀転写紙は十分に発熱しない。
- 発熱した銀転写紙の輻射熱で調理プレートは食材を調理する事が出来る程度にまで加熱されるか、これを明らかにする。つまり、両プレートを重ねた時の両者がつくる隙間の適切な間隔を明らかにする。この間隔が大きいと、調理プレートは十分に加熱しない。
- 発熱時の、発熱プレートの裏面の温度を明らかにする。調理容器の裏面の温度が約300度に達すると、電

磁調理器内の温度センサーがはたらいて、電磁調理器は安全性を考慮して通電を停止する。発熱プレートの裏面の温度が約300度を超えるようであれば、これを回避する方法を考えなければならない。

- 発熱プレートの発熱及び調理プレートの加熱によって、セラミックス製の調理容器が破壊しないか、明らかにする。

発熱及び加熱の試験によって、調理容器が備えるべき基本要件として以下を導きだした。

（1）について詳述する。発熱プレートの銀転写紙を焼き付けた表面と、電磁調理器のトッププレート面との間隔が10mm以上あると銀転写紙は十分に発熱しない。両者の間隔が小さい方が銀転写紙は効率良く発熱する。しかし、調理容器に求められる強度と製品の歩留まりから判断する必要があり、以下の要件を導きだした。発熱プレートの底部の肉厚を約3mm、高台の高さを約3mmとする。つまり、発熱プレートの表面の高さを約6mmとする（図2）。

（2）について詳述する。発熱した銀転写紙の輻射熱で調理プレートが十分に加熱されるには、発熱プレートと調理プレートを重ねた時の両者の隙間を極力小さくする必要がある。同時に、銀転写紙を傷つけないように、銀転写紙の表面に調理プレートの高台の下面が触れないようにする必要がある。これらのことから以下の要件を導きだした。調理プレートの底部は加熱プレートの内側に収まる形状とする。銀転写紙の表面と調理プレートの高台の下面との間に約1mmの間隔を保つ。調理プレートの底部の肉厚と高台の高さは発熱プレートと同じく、それぞれ約3mmとする。この結果、発熱プレートの表面と調理プレートの表面との間隔は約7mmとなる（図2）。

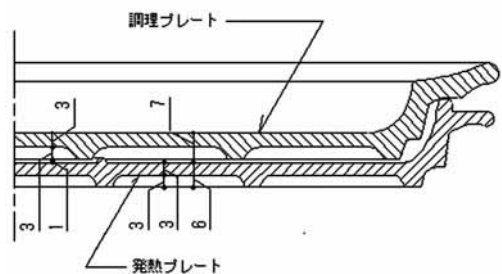


図2 発熱プレートと調理プレートの断面図

（3）について詳述する。上記（1）で導きだした要件に基づく発熱プレートの発熱試験を行った。1100Wの出力による3分経過時の発熱プレートの裏面の温度は約280度に達し、電磁調理器の通電は停止した。このままでは調理容器は機能を果たすことができない。解決方法として、高台内に蓄積された熱を高台の外に逃がす方法を導きだした。具体的

には、高台を環状に繋ぐのではなく、大きな欠損部を等間隔に複数設けて、高台の内部と外部の空気の流通をはかり、欠損部から高台の内部に蓄積された熱を高台の外に逃がすこととする（図3）。高台にこのような欠損部を設けた発熱プレートによる発熱試験では、1100W⁹⁾の出力による10分経過時の発熱プレートの裏面中心部の温度は約218度であり、電磁調理器の通電は停止しなかった。

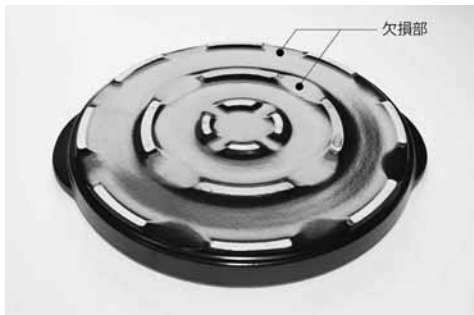


図3 発熱プレート裏面

(4)について詳述する。耐熱衝撃温度差700度を持つ耐熱素材⁸⁾を使用して調理容器を製造することにした。同材料で製造された既存の調理容器は、空焚き状態の焼く調理を行っても調理容器は破壊しないという実績を有している。

2-3 デザインコンセプトの確立と製品設計の条件

2-1で示した基本構造を持つセラミックス製調理容器は、2-2で導き出した要件を備えることにより、十分に機能すると判断した。そこで、以下のデザインコンセプトをたてて、具体的なデザインを進めた。

- (1) 操作が簡単で、安全に、空焚きして焼く調理を行うことができる調理容器であること。
- (2) 調理プレートの中心部も十分に加熱され、調理ムラを防ぐために調理容器を小刻みにずらすような、コツを要しない調理容器であること。
- (3) 電磁調理器内臓の温度センサーが反応しない調理容器であること。
- (4) 加熱及び発熱で、破壊することのない調理容器であること。
- (5) 調理する食材は肉・魚・芋・餅などとする。

さらには、以下の内容も具体的な製品設計の条件とした。

- (1) 設定した小売価格を可能にするには量産化が必須であり、生地成形の基本は量産に適したローラーマシン成形とする。従って、調理容器の形状は回転体を基本とする。
- (2) 調理容器の大きさは、銀転写紙の大きさと調理する食材の内容から導き出す。銀転写紙は外径180mm、内径50mmの環状のものを使用する。調理する食材は、

ジャケ等の切り身は2枚、薩摩芋は2個程度を同時に焼くことができるようにする。

- (3) フタの高さと容量は薩摩芋を調理することを想定して導き出す。同時に、フタには持ちやすいように大型のツマミを付ける。
- (4) 調理プレートは食器として食卓に出しても違和感がないような形状とする。
- (5) 調理プレートは掃除が容易な形状とする。
- (6) 発熱プレートと調理プレートの高台は、生地の焼成時に中央部がへたって沈まないように、三重の高台とする。
- (7) フタは内部の熱が外部に逃げないように、そして、調理プレートにのせたときに安定するように、調理プレートの中におさまる構造とする。
- (8) 発熱プレートには、手をそえて持ち上げることが容易なように、小さな取手を付ける。調理プレートの外径は、同じく手をそえて持ち上げることが容易なように、加熱プレートの外径より大きくする。
- (9) 調理容器の色彩は黒とする⁹⁾。

3. デザインプロセス

調理容器の基本構造及び基本要件をふまえて、製品設計の条件に従って、概ね以下のプロセスで実際のデザインを行った。

- 1 アイデアスケッチによるデザイン展開
- 2 基本構造のモデルの作成と検討
- 3 実用新案を考慮した意匠図面の作成
- 4 実用新案を考慮したモデルの作成と検討
- 5 製作図の作成
- 6 試作品の製作
- 7 試作品による発熱・加熱試験及び調理試験
- 8 試験内容を反映させた試作品の修正
- 9 製品化（図4・5）

4. 調理容器の機能

製品化した調理容器の機能について述べる。電磁調理器の通電時間の経過と、それともなう発熱プレートの発熱の状態及び調理プレートの加熱の状態を温度計測した¹⁰⁾。実際に使用する状態に従って、発熱プレートに調理プレートを重ね、調理プレートにはフタをかぶせた状態で、以下の個所の30秒経過毎の温度を計測した。電磁調理器の出力は、通常の調理を行う中火に相当する1100W⁹⁾とした。

- 1 発熱プレート裏面中心部
- 2 発熱プレート表面中心部（銀転写紙が焼き付けられていない箇所）
- 3 発熱プレート表面周辺部（銀転写紙が焼き付けられて



図4 調理容器



図5 発熱プレート・調理プレート・フタ

いる、中心から約60mm 外側の箇所)

- 4 調理プレート表面中心部
- 5 調理プレート表面周辺部（中心から約60mm 外側の箇所）

計測内容の詳細を表1に示す。発熱プレートの裏面中心部の温度は10分経過でも300度を超えることはなく、電磁調理器の通電は停止しない。調理プレート表面の中心部の温度は、180秒経過で約120度あり、食材を調理するのに十分な温度が得られている。

5. 調理の内容

調理例を以下に示す。

1 塩シャケ・2枚（図6）

- 1 発熱プレートに調理プレートをのせ、調理プレートの上にフタをかぶせる。食材を入れない状態で、中火に相当する1100ワットの出力で3分間発熱させて

加熱し、調理プレートに予熱を与える。

- 2 予熱終了後、調理プレートの表面にサラダ油を少量塗布し、シャケの切り身をのせ、フタをかぶせ、1100ワットの出力で5分間発熱させて加熱する。
- 3 フタを開けてシャケの切り身をひっくり返し、1100ワットの出力で4分間発熱させて加熱する。



図6 調理例1 / 塩シャケ

2 蒸し野菜 (図7)

- 1 発熱プレートに調理プレートをのせ、食材を調理プレートの上のせる。
- 2 食材に調理酒をかけ回しし、フタをかぶせる。
- 3 中火に相当する800Wの出力で8分間発熱させて加熱する。



図7 調理例2 / 蒸し野菜

3 さつまいも・2本200g程度 (図8)

- 1 発熱プレートに調理プレートをのせ、調理プレートの上にさつまいもを置き、フタをかぶせる。
- 2 弱火に相当する500Wの出力で20~25分間発熱させて加熱する。
- 3 フタを開けて、さつまいもをひっくり返し、さらに500Wの出力で20分程度発熱させて加熱する。



図8 調理例3 / さつまいも

6. 評価

本調理容器では、デザインコンセプトの中で対象としてあげた食材を、簡単な操作で、安全に、コツを要することなく、空焚きして焼く調理を行うことができた。調理プレートの中心部も十分に加熱されているので、食材はムラなく調理されている。調理の間、電磁調理器の通電は停止することなく、調理容器も破壊することはなかった。食材によっては、調理プレートに予熱を与えた方が良い場合があり、この点に煩わしさや調理のコツを感じられるかもしれない。しかし、調理プレートにあらかじめ予熱を与えた方が、食材をすばやく加熱することができて調理に要する時間の短縮につながる。加熱された調理プレートは蓄熱されているので、調理した食材を別の皿に移し替えるのと比較して、食材の温度を長く保つことができる。この点も本調理容器の大きな特徴である。

問題点としては、以下の事があげられる。

2000W程度の強火で、空焚き状態の加熱を連続して行くと、調理器の温度センサーがはたらいて調理器は通電を停止する。しかし、1100W程度の中火であれば通電は停止しない。取り扱い説明書内のレシピで、1100W程度の中火による調理を推奨している。

加熱プレートも調理プレートも非常に高温になる。直接

表1 調理容器の発熱時・加熱時の温度

経過時間 (秒)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
発熱プレート裏面中心部位 ℃	29.8	36.5	40.3	52.4	66.4	85.6	100.5	119.8	142.2	166.3
発熱プレート表面中心部位 ℃	32.2	40.6	56.4	70.6	81.2	109.4	128.6	146.6	162.1	179.6
発熱プレート表面周辺部位 ℃	283.1	366.5	377.9	376.5	378.6	377.3	375.2	376.4	377.3	376.9
調理プレート表面中心部位 ℃	46.6	63.2	78.1	94.5	109.8	123	136.1	148.7	160.6	168.5
調理プレート表面周辺部位 ℃	60.2	86.5	123.4	168.9	198.9	217.5	233.1	246.5	258.9	270.2
経過時間 (秒)	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
発熱プレート裏面中心部位 ℃	174.4	183.5	192.2	196.8	199.9	203.1	216.8	210.4	214.7	218.6
発熱プレート表面中心部位 ℃	183.7	196.3	205.2	215.6	222.4	230.2	237.1	242.5	247.6	250.5
発熱プレート表面周辺部位 ℃	377.3	377.8	377.7	377.2	377.5	376.4	377.2	377.4	377.1	376.5
調理プレート表面中心部位 ℃	176.2	188.5	198.4	209.8	220.3	229.6	238.5	245.8	255.1	264.7
調理プレート表面周辺部位 ℃	281.3	290.9	298.2	307.3	313.4	319.4	327.9	331.2	334	336.8

手で触れることはできない。これに対しては、取り扱い説明書の中で注意を喚起し、鍋つかみなどを用いて持つことを明記している。

調理プレートは掃除がしやすいように上面を平面にしたが、調理時に油が多く出る食材には対応ができていない。これに対しては、油切りのための凸状のリブを付けることを、製品のリニューアル時に検討したい。

尚、本調理容器は実用新案を登録済みである。

まとめ

今回は、電磁調理器で用いる、空焚きで焼く調理を行う調理容器を開発することができた。調理容器は発熱プレートと調理プレートという二重の構造を持つ、全く新しいタイプのセラミックス製調理容器である。本調理容器の材料は、先述のとおり大きな耐熱衝撃温度差を持つセラミックス材料であるが、一般的に、このような材料による調理容器の成形は容易ではない。成形が容易な陶磁器の材料では、薄い肉厚や、大きな片持ち部を成形することができるが、本調理容器の材料ではそれらの成形は困難である。従って、本調理容器は肉厚の大きな、どちらかというと重いイメージのものになった。しかし、本調理容器は、これらの材料の特性をふまえて、既存の調理容器の機能を上回るべく開発・デザインを行ったものである。

作品概要

発熱プレート、調理プレート、フタを組合わせた時

- ・直径 236mm 高さ 125mm
- ・重量 1605^g

個々について

- | | | |
|--------|----------------------|----------|
| 発熱プレート | ・直径 215mm | 高さ 25mm |
| | ・左右の取手間の長さ 236mm | |
| | ・重量 415 ^g | |
| 調理プレート | ・直径 236mm | 高さ 25mm |
| | ・重量 480 ^g | |
| フタ | ・直径 215mm | 高さ 100mm |
| | ・重量 710 ^g | |

注

- 1) 電磁調理器はIHクッキングヒーターとも言われており、磁力線のはたらきで調理容器自体をヒーターのように発熱させる調理器である。調理容器が発熱するには、同容器の材料は電気をとおしやすい金属製でなければならない。
- 2) 2009年8月に発表された株式会社富士経済の「住宅分野のエネルギー需要動向調査」による。
- 3) 2010年3月に発表された社団法人日本電気工業会の「2010年度電気機器の生産見通し」によると、ビル

トイン型及び据置き型の電磁調理器の出荷数は、2008年度は88.5万台、住宅着工数の減少した2009年度は83.8万台を見込み、2010年度は84.8万台を見通している。

- 4) 鉄製の一般的な形状のフライパンの、中火に相当する1100^Wの出力による発熱試験では、通電後180秒経過のフライパン上面の周辺部の温度は約280度であったのに対して、同中心部の温度は約80度であった。中心部では食材を加熱調理できない。
- 5) 急熱や急冷によって比較的大きな体積の変化を生じる材料による製品は、体積の増減に製品が耐えられず、破壊しやすい。破壊することのない、急激な温度変化の温度差をその物体の耐熱衝撃温度差という。耐熱衝撃温度差の大きな材料で製造した製品は、急激に加熱されて高温になっても、比較的破壊しにくい。
- 6) 銀転写紙は銀をペースト状にしたものを、30~40ミクロン程度の厚さの薄い平板に加工調整し、その表面にガラスの粉末を主成分とした被膜を施した転写紙である。銀の薄い平板には磁力線が流れて渦状の電流を発生させるので、銀転写紙は発熱し、銀転写紙が焼き付けられたセラミックス製調理容器も発熱する。
- 7) 煮汁内の食材カスなどの異物が付着した状態で銀転写紙を発熱させると、異物が付着した箇所は異常な高温状態となり、銀転写紙の表面を保護しているガラスを主成分とした被膜は損壊する。被膜が損壊すると、露出した箇所の銀は異物が触れた状態で発熱する。発熱時の銀は液状にちかいかい状態なので、異物に触れた箇所の銀には異物が混ざり、その箇所は他の部分とは異なる材質となる。銀転写紙の中に異なる材質の箇所があると、両者の膨張率の差によって、銀転写紙にはクラックがはいり溶断する。溶断した銀転写紙には磁力線は流れず、渦状の電流も発生しない。従って、銀転写紙は発熱しない。
- 8) リチウムを含むペタライトという鉱石を含有する材料。同材料は焼成によって極めて低い熱膨張率を持つ結晶となり、700度の温度差の間で急熱・急冷しても製品は破壊しない。
- 9) うすい色彩の釉薬を本調理容器のセラミックス材料に施すと、食材の煮汁などの染めこみによって釉薬の色彩は変化してしまう。この難点は未だ解決できていない。結果として、釉薬の変化が目立たない濃い色彩の釉薬を選択せざるを得ない。この事から、料理にふさわしい色彩として、濃い色彩の中から無彩色である黒を選択した。
- 10) 使用した機器は以下のとおり。
調理機器は、株式会社日立製作所製 HTW-4DD
温度測定器は、株式会社キーエンス製 IT2-80