

IH クッキングヒータ用調理器具の安全性評価

稲垣順一*

Safety Evaluation of the Cooking Ware for IH Cooking Heater

Jun-ichi INAGAKI

1. はじめに

IH クッキングヒータは、図 1 に示すように電磁誘導により金属製鍋（主に鉄製・オールメタル対応をうたい、銅製、アルミニウム製鍋が加熱可能な製品もある）自体を加熱する。そのため、導電性のない土鍋や耐熱ガラス鍋のような厨房器具には適用できなかった。しかし、「電磁調理器用非金属製容器」の実用新案¹⁾等で課題の解決を図り、IH クッキングヒータへの適用が可能となった。

電気事業の規制緩和により一般家庭で単相 3 線式配線が可能になり、200V の電化製品が急速に普及した。なかでも、200V のビルトインクッキングヒータは、100V の製品に比べ格段に出力が向上している。高出力 IH クッキングヒータに適用する鍋には、高度な安全性が求められる。金属器は、(財)製品安全協会がその安全性を SG マークで認証している²⁾が、IH クッキングヒータ対応土鍋の安全性評価が実施された例はない。土鍋の安全性は、耐熱性と食品衛生法に基づく有害物の溶出に関して、筆者が改訂に関わった「陶磁器製耐熱食器」³⁾により、評価基準が設けられ、一定の安全性が確保されている。IH クッキングヒータ装置自体は、(独)製品評価技術基盤機構が製品評価試験を実施した例がある⁴⁾。

本研究では、四日市萬古焼の主力商品である土鍋について、金属器の評価法である SG マークと比較しながら、その安全性について検討を行った。

土鍋を IH クッキングヒータに適用する上で顕在化が予想されるリスクを検討した。その検討結果を表 1 に示す。IH クッキングヒータ用土鍋は、図 2 に示すように、鍋底に導電材料を適用したさまざま

な方式が提案され、市場に流通している。導電材料の適用方法により、リスクの顕在化や被害の程度が異なる場合がある。

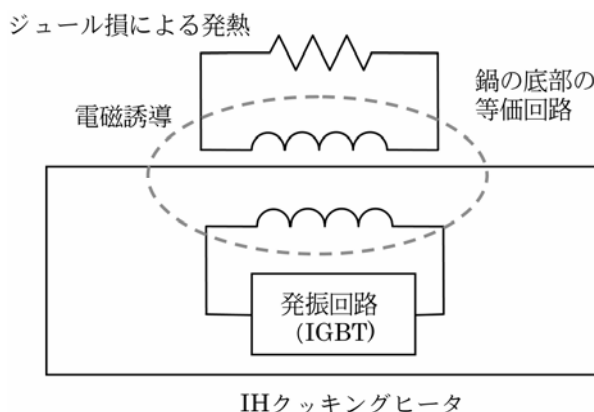


図 1 IH クッキングヒータの概要図

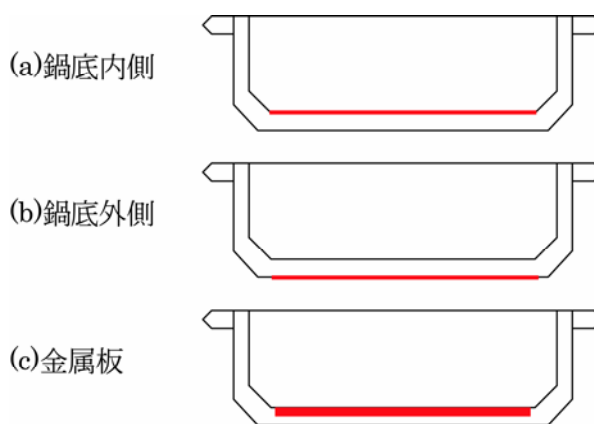


図 2 導電性膜や金属を適用した IH 対応土鍋

* 窯業研究室

表1 IH対応土鍋のリスク分析

事象	原因	被害	頻度	被害	評価の 必要性	注意の 喚起	IH土鍋 固有	土鍋 固有
1 IH本体のコイルの焼損	外張り銀転写部分での過昇温 鍋の空だき	発振コイルの交換	極少	大	有り		○	
2 制御用IGBT回路の破損	効率の悪い発熱体の使用 劣化した発熱体の使用	IGBT回路の交換	極少	大	有り		○	
3 鍋の底でトッププレートに傷 付ける	鍋底の平滑性が悪い	トッププレートの交換	中	大	無し	要	○	
4 銅や蓋をトッププレートの上 に落として破損する	人為的なミス	トッププレートの交換	少	大	無し			
5 取っ手がとれる	取っ手と本体の接合不良	やけど やけど トッププレートや他の器具の損傷	少	大	有り			○
6 鍋に触れてやけどする	鍋の空だき 取っ手の加熱	やけど	少	大	有り	要		
7 鍋底に触れてやけどする	外張り発熱体に触れる	やけど	極少		無し		○	
8 鍋の破損	急激な発熱体の加熱による熱衝撃破壊 水蒸気爆発	やけど やけど トッププレートや他の器具の損傷	少	大	有り JIS S2400	要	○	
9 鍋のき裂	急激な発熱体の加熱で熱衝撃破壊	鍋の破損	少	中			○	
10 テーブルを傷付ける	鍋底の平滑性が悪い	テーブルの補修、交換	中	中	無し	要		
11 鍋を焦げ付かせる	具材をかきまぜない	焦げ付きによる鍋の汚れ	多	小		要		○
12 鍋を焦げ付かせ発熱不良	具材をかきまぜない	発熱体の劣化	少	小		要	○	
13 有害物質の溶出で鉛、カドミ ウムによる健康被害を受ける	有害物質を含有した原料の使用	中毒	少	大	有り JIS S2400 食品衛生法			
14 天ぷら油火災	天ぷらに土鍋を使用し、油が過昇温	火災	極少	大	無し	要		○
15 天ぷら中に鍋が破損しやけど	天ぷらに土鍋を使用し、油が過昇温	やけど	極少	大	無し	要		○

2. 実験

表1に示したリスクを顕在化させる適当な方法について検討し、以下に示す方法で実験を行った。

2.1 IHクッキングヒータ本体の コイルの焼損

土鍋の外側に導電性膜を焼き付けた製品でリスクが顕在化する。直径180mmの導電性薄膜を図2(a)のように底(外側)に転写した土鍋に、水2Lを入れ、R型熱電対を図3で示す位置のトッププレート表面に設置した。2kWのIHクッキングヒータで加熱した状況を、温度とともに消費電力(火力)をデータロガーを用いて測定、記録した。このとき、消費電力は、図4に示す測定回路のように、IHクッキングヒータ入力側(商用電源)の電流・電圧の測定器による演算処理値である。また、SGマークの認証基準への適合の可否を調べるため、IH標準機⁵⁾による出力測定も実施した。



図3 コイルの変色状況および熱電対の測温点

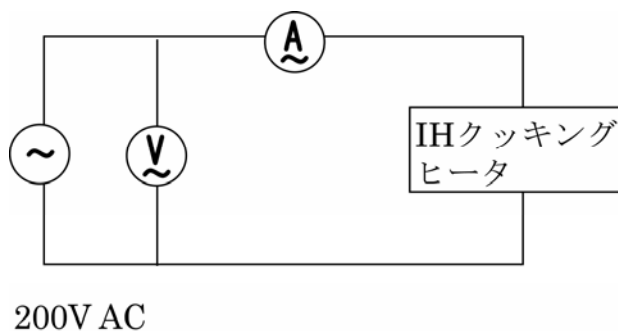


図4 測定回路

2.2 トッププレートのマイクロ ビッカース硬度

IHクッキングヒータのトッププレートの硬度をマイクロビッカース硬度で評価した。測定荷重は100gとし、5点の平均を求めた。

2.3 取っ手の接合強度

ノタ付けで取っ手を接合した土鍋を用い、圧縮試験器で接合強度を測定した。土鍋を5個用意し、両手の評価を行うことでn=10とした。加圧方向は、取っ手先端部において、底から蓋に向かう垂直方向、加圧速度は2mm/minとした。

2.4 発熱体の損傷

鍋に1Lの水を入れ、鍋底にシリコン栓を密着させ、もちやうどんが鍋底に密着し部分的に空だきになる状況を擬似的に再現した。実験の様子を図5に示す。沸騰時にシリコン栓が浮き上がらないように、金属リングの重りを取り付けた。シリコン栓中央部の温度は、栓に穴を開け熱電対を挿入した。水温やシリコン栓中央部の温度は、R型熱電対を用い、データロガーで連続してデータを収集した。



図5 発熱体の損傷試験

3. 結果と考察

3.1 IHクッキングヒータ本体の コイルの焼損

図6に、加熱時の温度変化を示す。図2(b)タイプの土鍋は、発熱体がIHクッキングヒータのコイルに近い。そのため、輻射熱によりトッププレートの下に設置されているコイルを焼損する恐れがある。コイルは、細いエナメル線で耐熱性が乏しく、異常加熱により変色したり焼損したりする。

図6において、測定点(1)は発熱部直下の温度であり、急激に昇温する。測定点(2)はトッププレート下に過昇温防止センサが取り付けられている位置であ

るが、導電性膜がない部分で、昇温が緩やかである。消費電力が、約 120 秒の時点で 0kW になっているのは、過昇温防止センサが働き、IH クッキングヒータが停止したためである。この時、トッププレ

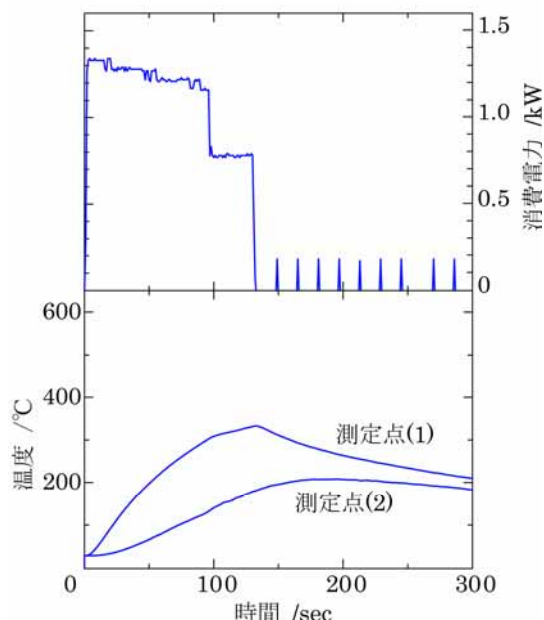


図 6 鍋底外側導電性膜の加熱温度変化

ト下の温度を留点温度計で測定した結果は、280 まで上昇し、コイルのエナメルに影響を与える可能性があることがわかった。

さらに、オールメタル対応の IH クッキングヒータは、通常の IH クッキングヒータに比べ発振周波数が 3 倍程度高くなっている。電磁誘導の効率を上げるためにコイルの線径を極細にしており、さらに焼損のリスクが向上する。

これらの事故の原因は土鍋に起因するが、IH クッキングヒータが故障して加熱できないため、機器本体へのクレームとして機器メーカーへ問い合わせられる懸念がある。

表 2 に、SG マークで定められた発熱部の直径と IH クッキングヒータ標準機の出力の規格値を示す。発熱部の直径が 120mm 以下では、IH クッキングヒータの小物検知回路が働き動作してはならないことになっている。標準機の出力が表 2 に示す規格値以下の場合、IH クッキングヒータ側の制御で過大に電流を流す場合がある。このようなときには、発振回路等の部品を損傷する恐れがある。

図 2 に示した各種土鍋の平均的な出力の測定結果は、鍋底内側に 180mm の導電性膜を転写した土鍋で 80～90%、鍋底外側で 90～100%、金属板で 70

～90%であった。金属板は、材質の違いにより出力の変化が大きくなった。金属製鍋の場合、底の直径＝発熱部の直径であるが、土鍋の場合、底の直径>発熱部の直径である。そのため、SG マークの認証基準ように底の直径で規定するのではなく、土鍋では発熱部の直径で規定しなければならない。

表 2 発熱部の直径と標準機の出力

発熱体の直径	出力
200mm以上	定格(2kW)の75%以上
160～200mm	定格(2kW)の65%以上
120～160mm	定格(2kW)の55%以上

3.2 トッププレートのマイクロビッカース硬度

マイクロビッカースの測定結果は、6.5GPa であった。金属鍋の素材の一つであるオーステナイト鋼は 2.5GPa であり、トッププレートを傷つける恐れが少ない。しかし、土鍋の原料である珪石(10.8GPa)や長石(7.0GPa)よりも低いので、トッププレート上で鍋を移動させると傷がつくことがわかった。また、トッププレート上にシルク印刷されている表示も同様に摩滅する可能性がある。

3.3 取っ手の接合強度

測定結果は、平均 28.64kg、標準偏差 3.20 であった。SG マークでは、両手鍋の取っ手の強度を式 1 で規定している。

$$\text{片方の取っ手に加える力} = 1/2W_1 + 3/2W_2 \quad (\text{式 1})$$

W_1 : (調理器具の質量に相当する力)

W_2 : (満水容量の水の質量に相当する力)

(W_2 が水の 3/2 倍であるは、具材の重量を加味しているため)

ここで、 $W_1=1.89\text{kg}$ 、 $W_2=3.91\text{kg}$ とすると、式 1 より、SG マークの要求する力は 6.81kg である。本実験結果は規格値の 4 倍程度であることが示された。

図 7 に取っ手の接合強度のワイブルプロットの結果を示す。ワイブル係数(m)は、8.45 であった。また、累積不良率 = 0.01% で破壊される強度は約 10kg である。

土鍋の取っ手の取り付け方法は、一体成形であったり、接合であったりする。一体成形の場合、接合より破壊強度が強くなることから、土鍋の取っ手の安全性は十分に担保されている。

また、SG マークでは、取っ手の破壊の 10000 回

繰り返し試験が規定されているが、セラミックスは脆性破壊を起こすが、疲労破壊を起こさないので、試験の必要性が希薄であると考えられる。

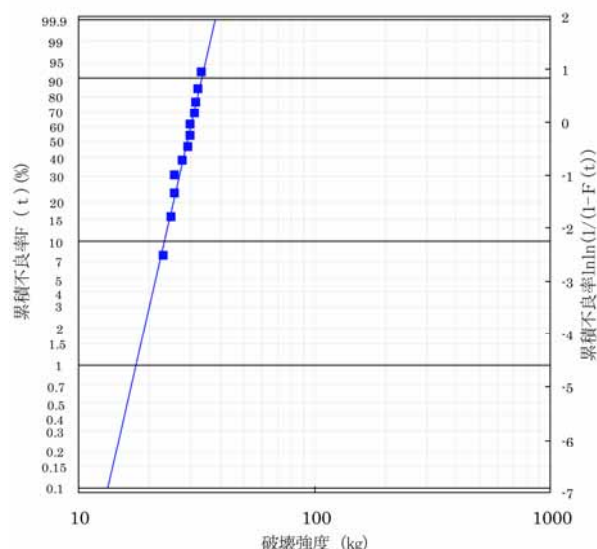


図7 取っ手の接合強度のワイブルプロット

3.4 発熱体の損傷

図8に温度および消費電力の測定結果を示す。

図8 温度および消費電力

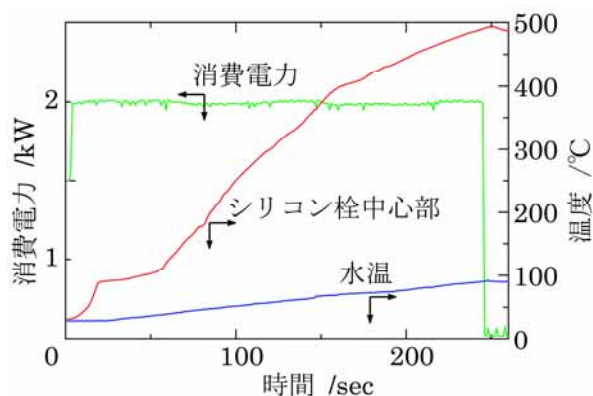


図8より、約250秒後に鍋底の発熱体が損傷し、加熱されなくなった。この時のシリコン栓中心部の温度は500℃に達し、空だきと同じ状態になっていることが確認された。

図9に導電性膜の実体顕微鏡断面像を示す。空だき状態では局部的な温度上昇により、導電性膜の溶断や剥離が観察された。



破損部 正常部
図9 導電性膜の実体顕微鏡断面像

4. まとめ

これまでの検討結果より、IH クッキングヒータに対応した土鍋をユーザーに安心して利用してもらうためには、製品自身の安全性向上のほか、ユーザーにも使用方法の注意を喚起しなければならないことが明らかになった。ユーザーはPL法に守られているとはいえ、一旦事故が起これば、身体的にも被害を受けることが予想される。本研究結果を作り手である企業への技術支援に活用したい。

金属製鍋には(財)製品安全協会が規定するSGマークの制度があるが、土鍋にはきちんと適用できない部分があることが判明した。今後、同協会のような第三者機関とも協議し、安全・安心な土鍋のための規格作りを検討しなければならない。

参考文献

- 1)電磁調理器用非金属容器，実案 昭59-11436
- 2)CPSA0123，「クッキングヒータ用調理器具の認定基準及び基準確認方法」H13年11月1日制定，(財)日本製品安全協会
- 3)JIS S2400-2000 陶磁器製耐熱食器，(財)日本規格協会
- 4)IH クッキングヒータの安全性，(独)製品評価技術基盤機構(2003)
- 5)JEMA HD-094，SG マーク用 IH，日本電機工業会

(本研究は法人県民税の超過課税を財源としています)