

電磁調理器用土鍋に関する研究 (1)

伊濱啓一*, 熊谷 哉**, 林 茂雄*, 小林康夫***

Study on the Product Process of the Earthen Pot for Induction Heating Cooker

by Keiichi IHAMA *, Hajime KUMAGAI **, Shigeo HAYASHI *
and Yasuo KOBAYASHI ***

In recent years, the demand for household cooking equipment has been gradually shifting from gas cookers to induction heating cookers. Induction heating cookers are considered to be safer and cleaner in view of the changes in social environment, such as the spread of highly electrified homes and the increase in the elderly population.

However, the manufacturing technique of the earthen pot for induction heating cookers has not established yet. Therefore we have studied this technique, this note is an interim report.

Key words : Earthen pot, Induction heating cooker, Silver film

1. はじめに

四日市萬古焼業界においては、10数年前から上絵銀転写や金属アルミ溶射を形成した電磁調理器(IH)土鍋を開発し少量ながらも販売してきた。

電磁調理器の安全性や利便性にあわせて、高齢化社会の進行や近年の省電力電化住宅向け200Vシステムキッチン電磁調理器の生産・販売の強化に伴い電磁調理器の普及が徐々に進み、電磁調理器用土鍋の販売量も増加している。

こうした状況に伴い、電磁調理器用土鍋の各種不具合によるクレームに関する技術相談が、平成13年末あたりから当研究室に多数持ち込まれるようになり、以下のような原因判断に基づき対応するとともに、その製造技術の試験・研究をしている中間状況を報告する。

①加熱不能

- ・電磁調理器トッププレートから加熱可能な導電層(銀薄膜)までの許容距離(磁界の到達距離)

離)がメーカー・機種により異なるため。

- ・土鍋底面厚さ(内面転写の場合)、高台高さ(外面転写の場合)の設計・管理不良のため。

②加熱不良・むら

- ・土鍋自体の断熱性(熱伝導性が低い)から空だき・機器回路保護用センサが作動する。また、同センサの作動条件がメーカー・機種により異なるため。

- ・センサにより通電・切断が繰り返されるもの(その程度も異なる)と、センサが作動すると一度主電源を切断しないと再度通電しない設計になっている機種があるため。

- ・導電層(銀薄膜)が何らかの原因で切断されたため。

- ・銀薄膜物性(銀とフラックスの配合度・熱膨張・上絵転写温度等による)による問題。

③土鍋の割れ

- ・電磁調理器の加熱特性が、現状のペタライト系土鍋でも空だきすると確実に割れる程度の加熱特性(従来のガス調理器に比べて土鍋の昇温速度が大きくなる)であるため。

④土鍋内面層の剥離

- ・土鍋内面転写の場合、焦げ付き防止の目的から

* 窯業研究室材料開発グループ

** 窯業研究室応用技術グループ

*** 窯業研究室伊賀分室

耐熱塗料等により加工されているが、過度の洗浄や加工不良による剥離・摩耗等の問題が生ずるため。

2. 実験方法

四日市萬古焼業界の多くが採用している上絵銀転写土鍋について、上記クレーム状況をもとに検討・分析等を行い、安全かつ持続的に使用できる電磁調理器用土鍋の技術的要素について試験研究を実施することとした。

まず、土鍋底内面への導電層（発熱層）形成による土鍋内面の焦げ付きについて、その適正な対策手法・材料がないことから、土鍋底内面への導電層形成の検討は行わず、底外面への形成に限定して検討することとした。

底外面への形成に限定したことと上記検討・分析などから、数多くの電磁調理器メーカー及びその多機種に対応するためには、土鍋の坏土物性、素地厚さ、形状等の素地条件とそれに応じた釉薬及び焼成温度などの設計条件の確立及びより高効率で安定的な銀薄膜の設計が重要と判断された。

銀薄膜については市販されているものもあることから、当面市販品を活用することとし、まず土鍋本体の設計条件から検討を行うこととした。

2. 1 電磁調理器用土鍋の坏土、成形厚さの検討

土鍋の特長である断熱性が原因となって食べられるまで（煮えるまで）に時間がかかりすぎる、煮えないという現象を検討するため、熱伝導性に大きく寄与する坏土の粒度と素地厚さについて試験した。

成形歪みの発生や実用強度などを考慮して以下の条件を設定して9号土鍋を成形・施釉・焼成して試験品とした。

坏土の粒度差として、市販品から3種の坏土、荒い順にSD土（耐熱荒土）、DC土（耐熱細土）、DCR土（DC土に酸化鉄を含む）を選択し、更にDC土をボールミルで細磨加工したものをDCC土とし計4種の坏土を選択した。

これら4種の坏土について、成形歪みの発生や実用強度などを考慮して土鍋底面成形厚みを、各4mm, 6mm, 8mmに設定した9号土鍋12種を成形、素焼、施釉し、当研究室製ゼーゲルsk7で酸化焼成して試験品とした。

なお、成形不良削減の観点と、電磁調理器トッププレートへの輻射熱軽減のための対流作用を促進する電磁調理器トッププレートから導電層薄膜までの距離確保のため、試験品は割高台付きとし、その高さを2.5mmとした。

これら12種の9号土鍋に市販されている銀薄膜転写紙を上絵焼成加工し、土鍋坏土・底面厚さと銀薄膜発熱特性（消費電力）・鍋調理材料—電磁調理器トッププレート温度等を写真1～2の装置を使って測定し、検討を行った。

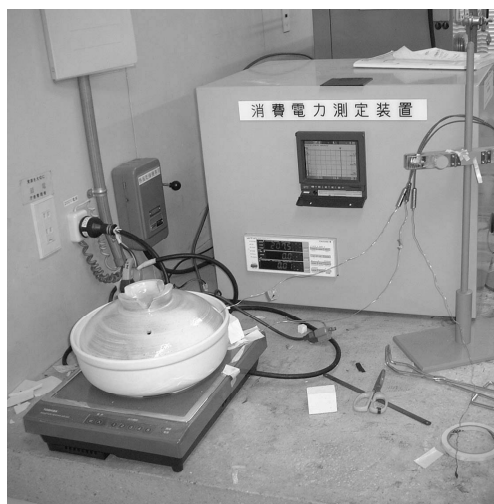


写真1 消費電力測定装置等全体

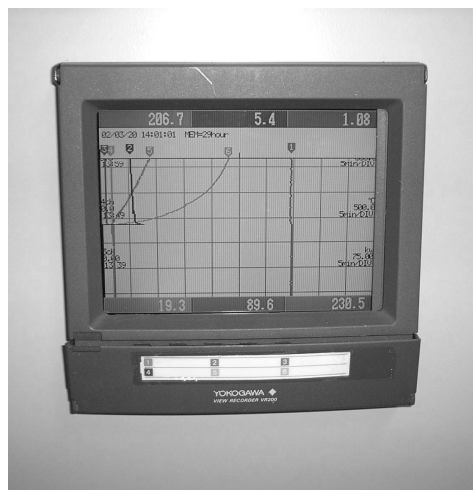


写真2 消費電力・土鍋中水温等記録計

測定方法は、(株)東芝製電磁調理器MR-202（定格消費電力2.02kW）に各9号試験土鍋を設置し水道水2literを注ぎ蓋をした上加熱スタートし、時間経過に沿った水温・消費電力・トッププレート温度を煮沸温度まで観察・測定した。

電源電圧（三相200V）について安定化装置が完備されていないことから、できるだけ安定した時間帯に測定することとした。



写真3 電磁調理器トッププレート温度測定



写真4 土鍋中水温測定

2. 2 銀薄膜転写紙の検討

銀上絵転写紙については、当面の試験においては市販品を活用したが、その発熱効率や切断・剥離など上

記クレームにあるような問題もあることから、当室独自の銀上絵転写紙を開発することとしている。

その試験・検討については、電磁調理器メーカー各社・各機種の特徴が異なることや土鍋底外面に上絵焼成加工する方向性が確定していることから、発熱効率－熱膨張率－原料コスト－安全性等に目しして高効率・高耐久性の導電層を形成できる転写紙の試験研究に着手している。

3. 結果と考察

電磁調理器用土鍋の坏土の粒度及び底面厚さと加熱特性の測定は結果の一部は図1～6のとおりであり、土鍋坏土の粒度（断熱特性）より底面厚さの方が熱伝導性に大きく寄与することが判明した。

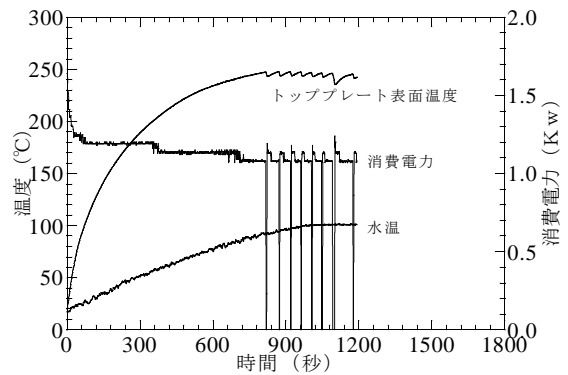


図1 SD土（底厚4mm）土鍋加熱曲線

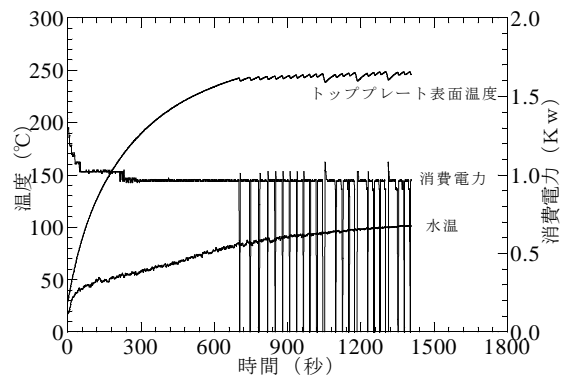


図2 SD土（底厚6mm）土鍋加熱曲線

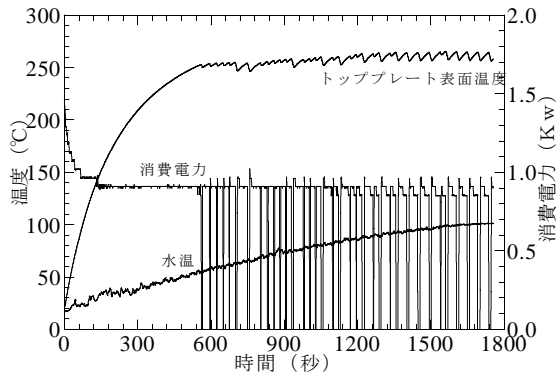


図3 SD土(底厚8mm)土鍋加熱曲線

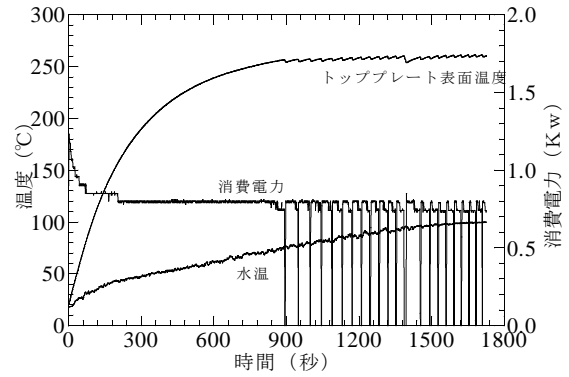


図6 DCC土(底厚8mm)土鍋加熱曲線

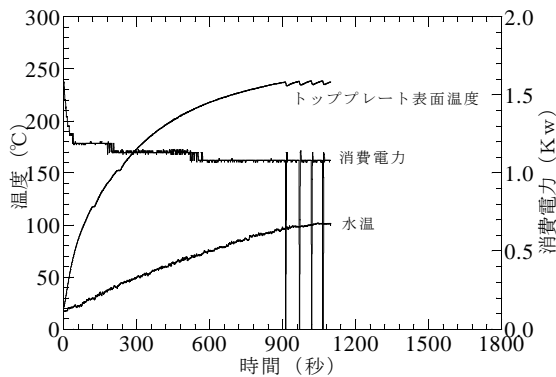


図4 DCC土(底厚4mm)土鍋加熱曲線

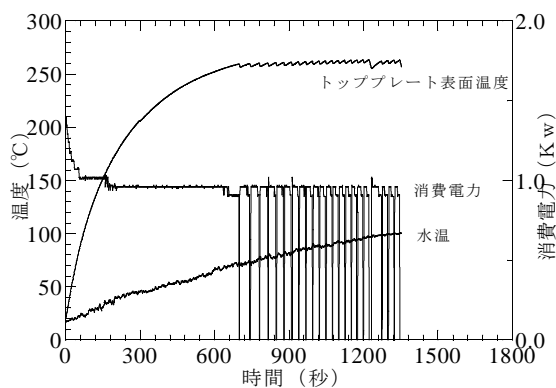


図5 DCC土(底厚6mm)土鍋加熱曲線

鍋調理において食べられるまで(煮えるまで)に時間がかかりすぎる,煮えないという現象を解決するには,成形・焼成歪み不良の発生や実用強度などを検討した上で,できるだけ底面厚みを薄く成形することが必要条件であることがわかった。

なお,今回使用した銀薄膜の発熱特性では,いずれの土鍋素地条件においても鍋食材が煮えるまでに空だき・機器回路保護用センサが作動した。

断熱特性の良好な土鍋素材の熱伝導性を向上させることには限界があり,上絵焼成加工する銀転写の出力特性(消費電力)について,できるだけ大きな発熱量を得て鍋食材の加熱時間の短縮を図る設計条件を検討する必要が出てきた。

4. おわりに

電磁調理器用土鍋の坯土の選択,成形条件などの設計条件を確立したことから,引き続き安全で耐久性・コスト面に優れた高効率銀転写紙の開発に取り組んでいきます。

参考文献

- 1) 伊濱啓一：“三重県窯業試験場年報”. Vol22, p10-15(1987)
- 2) 松尾勝春ほか：“東芝レビュー”. Vol53, No. 8, p43-46(1998)
- 3) 小林康夫ほか：“三重県工業技術総合研究所研究報告”. No. 23, p143-146(1999)