

電磁調理器および電気こんろの熱効率の測定

Measurements of thermal efficiencies
for an electromagnetic cooker and electric cooker

倉元 三七子・田中 稔次郎

Minako KURAMOTO and Toshijiro TANAKA

(Received September 17, 1991)

The thermal efficiencies of an electromagnetic cooker and an electric cooker are discussed. The method for the student experiment in a class is illustrated.

The experimental subject described above seems to be educationally useful in courses for students of the department of education and home science.

§ 1 はじめに

最近、家庭用の火のない調理器具として、電磁調理器が広く普及してきている。この電磁調理器の加熱原理は、電気こんろなどのニクロム線による抵抗加熱や電子レンジのマイクロ波による誘電加熱とは異なり、高周波磁界による電磁誘導加熱と呼ばれるもので一般にはまだそれ程理解されていない。この加熱方法は以前から金属材料の加熱や溶解など工業的に利用されていたが、一般家庭用の調理器具に利用されたのは1970年代のはじめの頃であった¹⁾。当時の電磁調理器は大型で持ち運びも容易でないために実用的ではなかったが、最近のエレクトロニクス技術の目ざましい進歩によって、小型・軽量・高性能化した製品がつくられるようになった。電磁調理器は“炎がでないのに加熱・調理できる”という安全性や効率がよいという省エネルギーの面からも今後ますます普及していくものと思われる。

本論文の目的は、身近な生活機器である電磁調理器の熱効率の測定実験が、教育系や家政学系の学生のための生活物理学や家庭機械・電気実験のテーマとして意義があるかどうかを考察することである。

§ 2では、電磁調理器の構造と加熱原理について述べ、§ 3では学生実験としての電磁調理器の熱効率の測定の方法を説明する²⁾。

§ 2 電磁調理器の原理と構造

電気による熱の発生方法には、抵抗加熱、誘電加熱、アーク加熱、誘導加熱などがあるが、電磁調理器はこの中の誘導加熱法を応用したものである³⁾。誘導加熱の原理は、図1に示されているように、まず磁力発生コイルに高周波電流を流して高周波磁界を作り、これによる磁力線が磁性導体

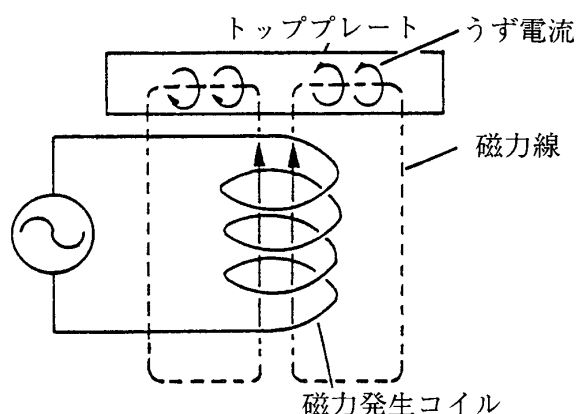


図1 誘導加熱の原理

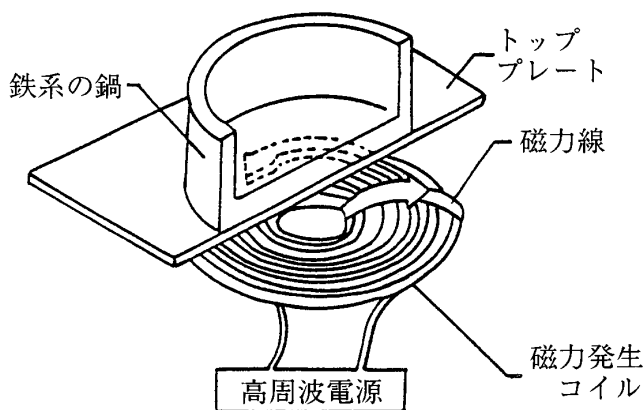


図2 電磁調理器の構造

である被加熱物（鉄なべ等）中で変化し、そこに渦電流が発生する。その渦電流によるジュール熱によって直接被加熱物が発熱することになる。なお、電気を用いた加熱法とそれを利用した調理器を表1にまとめてある⁴⁾。

電磁調理器の構造を図2に示す⁵⁾。セラミックスで作られたトッププレートの下に渦巻状に巻いた磁力発生（加熱）コイルがあり、これに高周波電源から20～60 kHzの高周波電流を供給し、絶えず磁力線を変化させている。磁性体である鉄、ステンレス等でできている底の平らな鍋をプレートの上におくと、発生した磁力線は励磁鉄心を通して鍋の底を通る。鍋底は磁化され磁束に垂直な面内（鍋底）に渦状の誘導電流が発生する。この渦電流が生じると鍋底自体の抵抗によるジュール熱によって鍋底が直接発熱する訳である。炎も赤熱したニクロム線も存在しないという点できわめて安全な調理器といえる。

§ 3 学生実験の方法

この節では電磁調理器の熱効率というテーマを学生実験に導入した場合の実験手引書について述べる。これはわれわれが学生実験で試みている方法である⁶⁾。

電磁調理器および電気こんろの熱効率の測定（タイトル）

- I. 目的 電磁調理器の熱効率と電気こんろの熱効率を測定し、それらを比較・考察する。また電磁調理器の構造と加熱原理を理解すること。
- II. 器具 電磁調理器（1200W）、電気こんろ（1200W）、鉄ホーロー鍋（直径19cm）、温度計、攪拌棒、メスシリンダー、交流電流計、交流電圧計、スライダック、ストップウォッチ、温度計支持スタンド
- III. 実験方法

[電磁調理器に鉄ホーロー鍋をのせた場合]

1. 図3のように、スライダック、電流計、電圧計、電磁調理器を接続し、電圧が定格値100Vになるようにスライダックを調節したら電源スイッチを切っておく。

抵抗加熱	ニクロム線等電気の抵抗熱を利用して加熱する。 (電気コンロ, 電気ガマ, ホットプレート等)
誘電加熱	マイクロ波により食品を直接加熱する。 (電子レンジ)
誘導加熱	交番磁力線で発生する, うず電流発熱を利用して, 鍋を直接加熱する。 (電磁調理器)
アーク加熱	電極間に高電圧を加えて空気中で放電させ, その火花の熱を利用して, 直接・間接に加熱する。 (溶接, 金属の熱処理等)

表1. 電気を利用した加熱法

2. 鍋に一定量の水 Q (ml) [1200ml] をメスシリンダーで測って入れ, それをプレートの中央にのせ, 水温 T_1 (°C) を測って記録する。水温は温度計を温度計支持スタンドで図4のように固定し, 水中に浸した状態で測定する。この時, 温度計が鍋底に接触していないことを確かめる。
3. 次に蓋をし, スイッチを入れた直後の電圧・電流を読み取る。以下, 実験中は電圧が100Vを保ようにスライダックを調節する。
4. その後は水を攪拌棒でかき混ぜながら, 一定時間ごとに水温, 電圧, 電流を記録し, 水温が85°Cになるまで測定する。ここでは15秒ごとに測定した。
5. 次に水量 (1600ml) を変えて, 同様な測定をする。その場合, 鍋と電磁調理器を室温まで完全に冷やしてから次の実験を開始する。
6. 測定結果から水量1200ml, 1600mlいずれの場合についても熱効率を算出する。熱効率の計算の仕方はIVで述べる。

[電気こんろに鉄ホーロー鍋をのせた場合]

鍋に一定量の水 Q (ml) を入れ, 電磁調理器の場合と全く同様な実験条件と方法 (1~5) で測定する。

[電磁調理器にアルミ鍋をのせた場合]

アルミ鍋に水1200mlを入れ, 電磁調理器で加熱する。電磁調理器は作動しない。電磁調理器に使える鍋, 使えない鍋があることを確認する。

IV. 熱効率の計算

熱効率の計算について述べる。測定回路に電磁調理器 (または電気こんろ) をセットした状態で, 通電してから t 秒間に, Q (ml) の水が T_0 (°C) から T (°C) まで上昇したとすると, 水温を上昇させるために使われた熱量 H_1 (cal) は,

$$H_1 = Q (T - T_0) \quad (1)$$

一方, 回路に流れる電流の強さを I (A), 電圧を E (V) とすると, t 秒間に消費される電力量 U

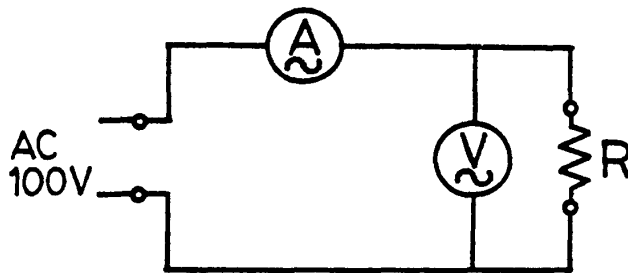


図3 測定回路

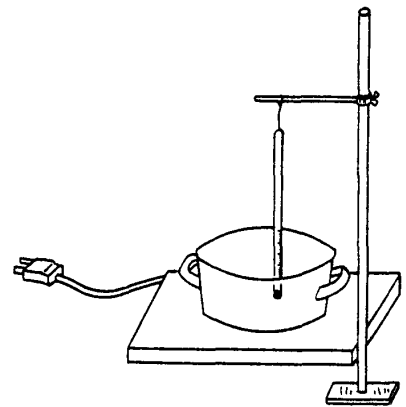


図4 実験装置

は、 $U = E \cdot I \cdot t$ だから熱量 H_2 (cal)に直すと、

$$H_2 = 1/4.18 (E \cdot I \cdot t) \quad (2)$$

である。したがって熱効率 η (%)は水温の上昇に有効に使われた熱量 H_1 と消費された全熱量 H_2 との比で与えられるから、

$$\eta = \frac{H_1}{H_2} \times 100 = \frac{4.18 \cdot Q \cdot (T - T_0)}{E \cdot I \cdot t} \times 100 \quad (3)$$

となる。一般に熱効率は環境(室温や風など)で多少異なってくるので測定条件を同じようにしなければならない。

V. 参考文献

1. 池本洋一, 堀野恒雄也 家庭機械・電気(建帛社, 1987) P.121.
2. 小山田了三他 家庭機械・電気(建帛社, 1984) P.175.

補足

[電磁調理器の原理と構造]

電磁調理器の構造と加熱原理の理解を助けるために、§2で説明した電磁調理器の原理と構造をこの部分に載せる。ただし、この論文ではすでに説明してあるので省略した。

以上が、学生実験としての“電磁調理器および電気こんろの熱効率の測定”に関する手引き書の例である。

§4 熱効率の測定結果と考察

この節では、§3で述べた学生実験の手引き書に従って電磁調理器と電気こんろの熱効率を測定し、その結果について考察する。測定は§3で説明したとおり一定時間毎に、水温、電圧、電流を記録し、水温が85℃になるまで行った。これらのデータから式(3)を用いて熱効率を算出する。

電磁調理器および電気こんろの場合について各水温とそれに至るまでの熱効率を図5に示す。この図から電磁調理器の熱効率は70%を越え、電気こんろよりも20%以上もよいことがわかる。§2で述べたように電磁調理器の場合、鍋底が直接加熱されるのに対し、電気こんろにおいてはまずニ

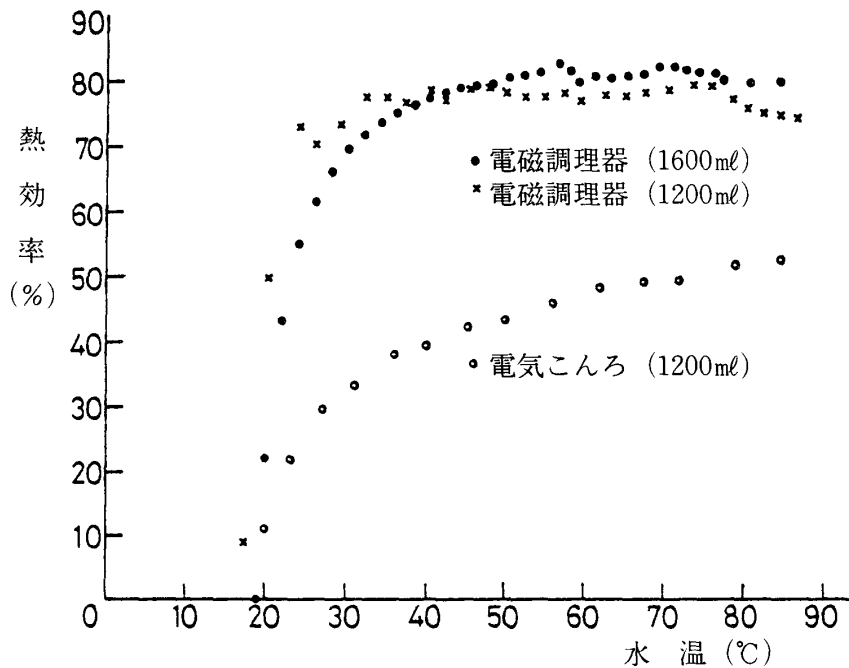


図5 電磁調理器および電気こんろの熱効率

クロム線が赤熱し、その熱が輻射や伝導によって鍋底を加熱する。すなわち、電気こんろの場合は、こんろ自体の温度上昇のために使われる熱エネルギーや直接または間接に空気中へ散逸する熱エネルギーが電磁調理器の場合に比べて大きいということである。したがって、電気こんろの熱効率は電磁調理器のそれよりも小さい。言い換えるならば、電磁調理器と電気こんろの熱散逸の差は、加熱原理の違いによる調理器の構造に起因しており、これが図3の熱効率の差となって現れている。

また、電磁調理器、電気こんろいずれの場合も水量の多い方が熱効率が良いことがわかる。水量の多い場合は加熱された鍋の熱エネルギーをより多く有効に利用できるからである。なお、通電を開始した初期の段階では熱効率は小さいが、これは発生した熱のかなりの量が電熱器具と鍋自体が熱くなるために使われることによる。

§ 5 おわりに

これまでの熱効率に関する学生実験としては、電熱器具、例えば電気こんろや電気ポットを用いた熱効率の測定・比較実験は行われているが、いずれの器具も抵抗加熱によるもので、器具の構造に起因した熱散逸に伴う熱効率の大小を比較・考察するものであった。しかし、電磁調理器を用いた熱効率の実験では、その概念的構造および加熱原理の理解の過程で、電磁誘導やうず電流、ジュール熱、透磁率といった物理用語や法則の理解が必要であり、学生達はそれらについて勉強せざるを得なくなる。また、これまでの議論から調理器のような身近な生活機器も物理学の学生実験の有用な教材になり得ることがわかった。したがって、電磁調理器および電気こんろの熱効率というテーマは、教育上意義あるものと思われるので、教育系や家政系課程の生活物理学または家庭機械・電気の学生実験として提案したい。

最後に、この研究を行うにあたって電磁調理器に関する資料を提供して頂いた九州松下テクニカルサービス株式会社の福元利夫氏に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 電磁調理器テキスト (松下電器産業株式会社 1987) 1.
- 2) 倉元三七子, 田中稔次郎: 物理教育 Vol.39, No.2 (1991) 77.
- 3) 池本洋一, 堀野恒雄: 家庭機械・電気 (建帛社 1987) 121.
- 4) 居垣千尋, 太田頼敏: 生活工学 (光生館 1983) 8.
- 5) 参考文献1) P. 3
- 6) 田中稔次郎, 倉元三七子; 日本物理学会で発表. 予稿集第4分冊