

連携記事

IHジャー炊飯器 加熱原理と開発の歴史

The Principle of Induction Heating and the Development History of IH Rice Cookers

西田 隆
Takashi Nishida
パナソニック(株) アプライアンス社
キッチンアプライアンス事業部
炊飯器事業総括 炊飯器技術部
主任技師

1 はじめに

パナソニックが世に送り出したIHジャー炊飯器は今年で発売30周年を迎え、累計2000万台を超えるヒット商品に成長し、今やアジアをはじめとする諸外国のみならずにも広く認知されるに到った。

今となっては当たり前の存在になっているが、IHジャー炊飯器は松下電器産業(現パナソニック 以下、松下電器)が炊飯器事業の存亡をかけて開発した商品であり、開発にあたっては開発関係者の並々な熱意が込められた商品である。

また、IHジャー炊飯器の歴史は、ご飯の甘さ、香り、ふくらみ、粘り、硬さなどが相まって生じる繊細な味に極めて重きを置く、まさに日本人の食文化の琴線に触れる商品開発の歴史であり、開発担当者の努力が偲ばれる。

本稿ではIHジャー炊飯器の原理や歴史、最新の技術を交えて概説する。

2 IH(電磁誘導加熱)の原理

IHジャー炊飯器の本体内部を見ると、銅コイルがぐるぐると巻かれている(図1)。この銅コイルに数十kHzの高周波電流を流すことにより交番磁界が発生する。交番磁界が鍋の金属を通過するときに、電流に変換され(渦電流が発生)、渦電流が流れようとするときに金属の抵抗により熱に変換される。この熱がIH(induction heating:電磁誘導加熱)の熱源である。

電磁誘導はファラデーが発見し、レンツが体系化したことで知られる現象であるが、この電磁誘導を応用した電磁誘導加熱の加熱電力を表すには下記の公式がよく用いられる。

$$P \propto \sqrt{\rho \mu f} (NI)^2$$

P: 加熱電力 ρ : 鍋の抵抗率 μ : 鍋の比透磁率
f: 加熱周波数 N: 加熱コイルターン数 I: 加熱コイル電流

この公式を見ると分かる通り、 ρ と μ が鍋材料の特性であり、抵抗率が高く、比透磁率が高い材料(SUS430や鉄鋼)ほど高い加熱電力を得やすい。

アルミや銅でも電磁誘導加熱できないことはないが、 ρ と μ の低さを補うために、機器側でfを上げるなどの配慮が必要となり加熱ロスが増える。また、SUS304を代表とするオーステナイト系ステンレスでは ρ は十分であるものの、 μ が低いので、より高い効率を得るには磁性材のSUS430を代表とするフェライト系ステンレスがIHジャー炊飯器の鍋材料として用いられることが多い¹⁾(表1)。

3 IHジャー炊飯器の歴史

3.1 IHジャー炊飯器以前

電気炊飯器事業は1950年代に松下電器が軽便炊事器(日本初のご飯が炊ける電気調理器。名称には台所仕事を簡単にするという意味が込められていた。)を発売したことに端を発す

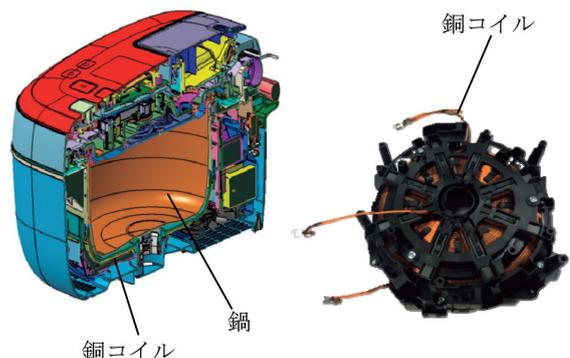


図1 IHジャー炊飯器 本体断面と銅コイル

る。その後、1960年代に磁性体サーモスタット採用の電気炊飯器が、1970年代にはマイコンを搭載したマイコンジャー炊飯器が登場した。マイコン制御技術により「はじめチョロチョロ、中パッパ…」と言われる伝統的な炊飯工程を自動で再現でき、おいしいご飯がいつでも楽しめるようになった(図2)。

また、材料面から炊飯器の歴史を語る上で欠かせない材料は、住友電気工業が1973年に発売したスミフロンコートアルミである。これはアルミの表面にエッチングにより微細な凹凸を処理し、これにスピンコートというコーティング技術によりフッソコートを成膜するもので、このスミフロンコートアルミをプレス加工し鍋を製造してきた。スミフロンコートの登場によりご飯がくっつきにくく、使い勝手のよい炊飯器が登場したのである。

アルミ製の鍋は炊飯器に内蔵された電気ヒーターを発熱させることによって加熱され炊飯を実行するが、この1970年代当時の炊飯器の基本構成は現在市販されている製品にも現役で継承されている他、IHジャー炊飯器が普及していない海外市場ではこの構成がいまだに主流である。

3.2 IH技術への挑戦

1980年代になり社会が豊かになるにつれ、よりおいしく炊飯できる炊飯器を要望する声が高まってきていたが、従来の炊飯器で不足していたのは火力と熱応答性であった。

当初、松下電器の開発陣は最大840ワットの電気ヒーターを効率化することで食味の向上を試みていたが、ガス炊飯並みの火力なしには目標とするおいしさに到達できないとの認識に達し、電気ヒーターを加熱してその熱を鍋へ伝えるという従来方式の延長線上には解はないと結論した。

また、ガス並みの火力を実現するには5合炊きの炊飯器で1200ワット以上の電力が必要であり、なおかつ、鍋により効率よく熱を伝える必要があるとの基礎研究結果が得られた。

そこで注目したのは松下電器の電化研究所(当時)が次世代の熱源として開発を進めていたIH技術であった(図3)。

IHはIGBT (Insulated Gate Bipolar Transister) というスイッチング素子を用いたインバーター回路で、IGBTは高周波の大電流の方向を瞬時に切り替えることができ、IHには欠かせない当時最先端の素子である。

表1 材料の物性

材料	比透磁率 μ	体積抵抗率 ρ $\times 10^{-6} \Omega \text{m}$	熱伝導率 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$	IH特性	熱回り
鉄鋼	100	0.1~0.2	50	○	△
SUS430	100	0.6	26	○	△
SUS304	1	0.7	16	△	△
アルミニウム	1	0.027	220	×	○
銅	1	0.017	400	×	○



図2 炊飯工程



図3 ヒーター式とIH式の比較

ちなみに、電車やハイブリットカーにIGBTが採用されたのは1990年代であった。

このインバーター回路のおかげで大火力を実現するとともに、高火力を瞬時に発生することができ、従来にない熱応答性を実現した。

3.3 IHジャー炊飯器の鍋材料開発

鑄込みヒーター式炊飯器の鍋はアルミ製でありIHで加熱には適さないため、鍋材料の開発も同時進行で実施した。

まず試したのがホーロー加工の鉄鍋であるが、炊き上がったご飯は表面が水浸しである反面、誘導加熱コイル上のご飯は炭化して鍋にこびり付いている状態であった。要するに、発熱は強力であるが熱の広がりが悪く、誘導加熱コイル上の米だけが熱せられたのであった。

この状況は厚さ2mmのステンレスの鍋でも同じようなものであったため、やはり、熱伝導のよいアルミと磁性材料であるステンレスを組み合わせる必要があることが判明したのである。

当時、ステンレスにアルミを積層したクラッド材はアメリカのビタクラフト社が発売していたが、これはSUS304とアルミのクラッド材であり、非磁性のオーステナイト系SUS304を使用していた。このため、より効率的なIH加熱特性を得るために、松下電器はクラッド材を製造していたメタルクラッド社にアルミとSUS430のクラッド材を試作依頼した。

材料の試作は成功したが、これを鍋形状にプレス加工するとSUS430が深絞り耐えられずに割れが発生することが判明した。メタルクラッド社の材料では終にこの問題を解決するには到らなかった。

その後、当時の日本ステンレスで、シート状の板材を1枚ずつ接合するシートクラッド装置を導入し、クラッド材の製造を開始することとなり、共同で鍋材料の開発を行った。そ

の結果、SUS430の改良が進み、フェライト系ステンレスでも深絞りできる材料の開発に成功し、アルミとのクラッド材を鍋形状にプレス加工することができたのである。

その後、その技術は住友金属工業（現在：新日鐵住金）に継承され、多段ロールで強力な圧力をかけることが可能なセンジミアと呼ばれる巨大な接合装置が導入され、クラッド材はコイルでの大量生産時代に移行していく。

3.4 IHジャー炊飯器の登場

IHジャー炊飯器の1号機が発売されたのは30年前の1988年のことであり、当時の責任者はもちろん、研究開発に携わった者もすでに多くが定年を向かえているが、当時の状況について断片的な話を拾い集めてみると以下のようなものであった。

加熱方式がヒーター式からIHとなり、鍋もアルミからクラッド材となった1号機の内IHジャー炊飯器であったが、いくら「今までとは違う」「おいしい」ことを説明しても見かけが従来と同じようなら、消費者は振り向いてくれないかもしれない。

ということで、松下電器の炊飯器では初の樹脂成形四角ボディ、ワンプッシュボタン蓋など、1号機は従来にない特徴出しにも力を入れた商品であった。

また、画期的な新製品ではあったが、発売当時の価格は5万5千円と、炊飯器の価格としては異例の高額であったため、開発技術陣の大いなる期待の半面、営業担当者の疑念は大きく、本当に売れるのかどうか半信半疑であったそうである²⁾。

その後、雑誌媒体などを通じた地道な宣伝活動により、ナショナル（松下電器のアプライアンス商品の旧ブランド名）の新しい炊飯器はおいしく炊ける、ということが徐々に知れ渡っていったが、有名芸能人がこのIHジャー炊飯器をテレビ番組でおいしいと言って褒めてくれたことをきっかけに爆発的に売れ出した経緯がある。

参考として図4に当社の歴代の代表的な炊飯器を示す。



図4 当社炊飯器の歴史



図6 交互対流と圧力炊飯技術



図5 スチーム過熱

4) 最新のIHジャー炊飯器に搭載された技術

現在では各社から発売されているIHジャー炊飯器であるが、それぞれのメーカーがおいしさや使い勝手を向上させるためいろいろな技術を搭載している。

ここでは、おいしさを向上するパナソニックの最新技術について3点紹介する。

1) スチーム過熱技術

220°Cのスチーム（過熱水蒸気）を噴射し、鍋の中のお米を高温加熱。スチームで焦がさず、高温で「焼く」仕上げで、お米の芯まで熱を浸透させて、溶け出した旨みをコーティング。ハリのあるごはんを炊き上げる（図5）。

2) 圧力炊飯技術

1.2気圧をかけ、105°Cまで高温化した状態から一気に減圧を行い、激しい対流を生じさせ、米の芯から加熱し、甘みと独特の粘り感を引き出す（図6）。

3) 交互対流技術

内外2重のIHコイルの通電を高速で切り替えることにより、対流方向を瞬時に変化させ、ごはんを大きくふっくらさせる（図6）。

5) 最後に

発売開始から30年が経過するIHジャー炊飯器は、他のアプライアンス商品同様に成熟商品になりつつある。しかしながら、さまざまな機能を搭載した高級機種が多くのユーザーに支持されて、売れ続けているのも事実であり、さらなるおいしさを追及する開発は今後も継続されていくことであろう。

また、これからは食育などを通じてご飯食の重要性を伝え、地域の農協や米生産者などと協力して減り続ける米の消費量に歯止めをかけるなど、炊飯器メーカーの努力がますます重要性を増すことであろう。

参考文献

- 1) 赤穂史陽, 神山保, 村本孝夫: 滋賀大学教育学部紀要 自然科学, (2009) 59, 1.
- 2) 松下電器産業株式会社 炊飯機器事業部: っぽん炊き 誕生物語, 株式会社日本SPセンター, (1992)

(2017年12月27日受付)