

美味しいご飯を求めて IH炊飯器用内釜の開発

中国をはじめ海外から日本を訪れる観光客が多く購入している製品の 하나가日本製のIHジャー炊飯器である。消費者の美味しいご飯を求めるニーズは高まっており、炊飯器メーカー各社はそれぞれ独自のアプローチで商品開発に取り組んでいる。美味しさの決め手となる内釜の材料を中心に、炊飯器の技術開発について紹介する。



美味しく炊くために、進化し続ける炊飯器

日本人の主食である米。ご飯の炊き上がりにこだわりを持つ人も多い。しかし、具体的にどのような状態のご飯を美味しく感じるのだろうか。美味しいご飯の条件として、香り、つや、味、食感、硬さ・粘りなどが挙げられる。これらのバランスにより、食べて美味しいと感じるのであるが、個別の項目の測定はできても、全体のバランスを数値化することは難しく、現在でもバランスの判断は人の舌と鼻が頼りである。かねてから、日本人の心の中には、竈で薪を燃料にして、羽釜で炊き上げたご飯こそが、美味しいご飯であるという共通の理想像がある。炊飯器メーカー各社は、その実現に向けて技術開発を行ってきた。

現在使われている形の電気釜が登場したのは1924年。その後さまざまなタイプの炊飯器が開発されるが、IH加熱が登場するまで、熱源にガスを用いるタイプの炊飯器が多く使用されていた。その理由は火力であった。竈炊きの特長の一つは、大火力で一気にご飯を炊くことであるが、電熱ヒーターを熱源にした場合では竈の火力を実現することが難しかったためである。

しかし1979年にマイコン式が登場すると、手間をかけず失敗せずにご飯が炊けることから、ヒーター加熱は一定の支持を受けていた。一方で、ガス加熱にこだわるユーザーも少なくなかった。それを変えたのが熱源にIH (induction heating: 誘導加熱) を用いるIH式炊飯器の登場だった(図1)。

IH加熱は1970年代から研究が行われていたが、コストなどの課題から、家電への適用が難しかった。しかし、1980年代に

制御回路や部品などの小型化・低コスト化が進み、家電への搭載が可能になった。2017年度の国内出荷台数見通しでは、約560万台の炊飯器市場の約76%がIH式となっている(日本電機工業会・日本冷凍空調工業会の国内出荷統計ベースによる)。

●世界初のIH炊飯器(図1)



1988年に発売した世界初のIH式炊飯器。クラッド鋼を使用した内釜が採用された。円筒形だった本体デザインも一新されている。

(資料提供: パナソニック(株))



IH式炊飯器を実現したクラッド鋼

世界初のIH式炊飯器を実現するためには、もう一つのキーテクノロジーが必要であった。それが内釜材料として採用されたクラッド鋼である。内釜自体を発熱させるIH式炊飯器にとって、内釜の素材に何を採用するかは重要となる。IH式では、内釜には熱源としての役割と、その熱を米に伝え、内部の温度を保つ役割が求められる。

IH加熱は、IHコイルへ高周波電流を流し磁力線を発生させ、これにより内釜材料に生じた誘導電流(うず電流)の電気抵抗により発熱させる仕組みである。そのため、発熱効率の良い材料を選定する必要がある。

ステンレス鋼は発熱効率が良い反面、求められる熱伝導性は不足するため、焦げ付き、炊きむらが生じるという課題があっ

た。熱伝導性が高いアルミニウムの場合、均一な加熱が実現できるが、高周波回路などが複雑になり、小型化・低コスト化が難しいという課題があった。そこで採用されたのが、両者の利点を活かしたクラッド鋼である。

IH式炊飯器の内釜には、ステンレス鋼・アルミニウムの薄板クラッド鋼が用いられている(図2)。ステンレス鋼には効率的に発熱するフェライト系のSUS430が用いられている。クラッド鋼には、異種金属の接合性と加工性の両方が求められる。内釜の成形はプレス加工による深絞りで行われるため、クラッド材の強度が大きすぎると、加工に時間がかかり生産性が低下する。また、接合性が弱すぎると、加工の際にステンレス鋼とアルミニウムが剥離してしまう。さらに、ステンレス鋼の結晶粒子径にばらつきがあると、プレス加工後に表面に「荒れ」が生じ、研磨工程などが必要になるため、結晶粒子の制御も重要な要素となっている。

クラッド材の接合方法には、圧延法、溶接肉盛法、爆着法などがあるが、IH式炊飯器の内釜材料は圧延法が用いられている。従来、シートの温間圧延(アルミの熱間、ステンレスの温間)で製造されていたアルミニウム・ステンレス鋼クラッド材に対して、1988年にコイルを用いた量産化技術が確立され、現在、最大幅1000mmのクラッドコイルの製造が可能になっている(図3)。

IH式炊飯器の内釜用クラッド鋼は、炊飯器メーカーと鉄鋼メーカーの協力によって開発された材料である。十分な接合力と加工性を実現するためには、両者の協力が不可欠で、日本

●最新のIH炊飯器の内釜の例(図2)

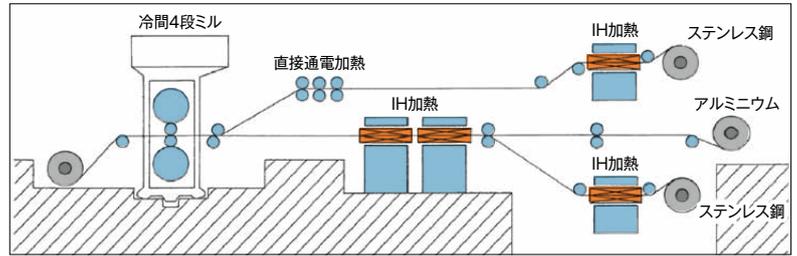


発熱性に優れたステンレスと熱伝導性の高いアルミニウムを接合させたクラッド材を使用。高い発熱性と蓄熱性を実現している。



(資料提供: パナソニック(株))

●広幅クラッドコイル製造設備のモデル図(図3)



ステンレス鋼/アルミニウム/ステンレス鋼の3層構造のクラッドコイル製造設備の例。ステンレス鋼/アルミニウムの2層構造や、チタン/アルミニウム/チタンなどの組み合わせも可能。(出所: クラッド薄板の開発、奥井ら、新日鉄住金技報、396号、2013を元に作成)

のものづくりの成功例の一つであるといえるだろう。

現在も内釜の開発は積極的に進められており、クラッド鋼を使用した内釜では、外面に断熱加工を施すことで、蓄熱性の向上が図られている。また材料に加えて、均一な加熱を実現するために炊飯時の対流を促すための凹み「ディンプル」を釜の底部に設けたり、圧力を制御したりすることで対流を促す機能を搭載するなど、理想の炊き上がりを目指し、内釜はいっそうの進化を遂げている。

はじめチョロチョロ、中パツパを実現するIH加熱

現在、誰もが簡単にご飯を炊くことができるようになったが、炊飯器の普及以前は、ご飯を炊くためには、洗米、吸水、炊飯と、さまざまな工程が必要で、手間も時間もかかるものだった。1955年に自動式の電気炊飯器が登場し、家事を担う主婦の睡眠時間を1時間伸ばす効果があったともいわれる。

炊飯で水加減と並んで重要なのが火加減である。「はじめチョロチョロ、中パツパ……」はよく知られているが、マイコン式炊飯器の登場により、自動的に火加減を調整できるようになった。しかし、ヒーターは熱応答性が悪く、思い通りに加熱をコントロールできないという課題があった。これを解消したのが、IHによる加熱である。

最新のIH式炊飯器では、底部、側面、上部に複数のIH

コイルを配置することで、それぞれの炊飯工程に適した加熱が行えるように工夫されている(図4)。これによって、繊細な火力調整が可能になり、柔らかめや硬め、銘柄ごとに最適化された「炊き分け」が可能になった。

●最新のIH炊飯器のコイル配置例(図4)



最新のIH炊飯器では、底部、側面、蓋面にIHコイルを設置することで、繊細な温度制御を実現し、それぞれの調理工程に最適な加熱が行えるように工夫されている。

(資料提供: パナソニック(株))

●南部鉄器内釜を採用したIH炊飯器(図5)



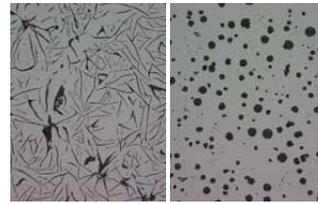
昔ながらの「羽釜」形状を、伝統的な南部鉄器で再現することにより、電炊きに近い炊飯を実現している。(資料提供: 象印マホービン(株))

伝統的な南部鉄器を内釜に

電炊きで使用される羽釜は鉄製で、鉄はIH加熱に適した発熱効率と熱容量を持つ。そこで伝統的な鉄釜を内釜に採用することで、電炊きを再現できるのではないかと着目されたのが、南部鉄器である(図5)。

しかし、南部鉄器を「家電」として使用するためには、いくつかの課題があった。通常、鉄瓶などの南部鉄器にはねずみ鑄鉄(片状黒鉛鑄鉄:FC)が用いられるが、内釜に必要な強度を得るためには、ダクタイル鑄鉄(球状黒鉛鑄鉄:FCD)を使用する必要があった(図6)。ダクタイル鑄鉄は鑄型内で凝固する際に「す(鬆、あるいは巣とも表記)」と呼ばれる空間が発生しやすく、内釜のような肉薄の形状の製造には適していないとされていた。

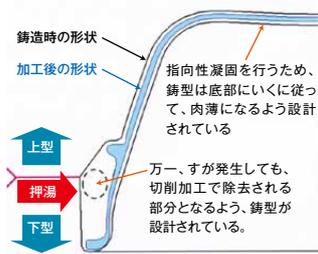
●南部鉄器の組織写真(図6)



写真左がねずみ鑄鉄(片状黒鉛鑄鉄)の組織。右がダクタイル鑄鉄(球状黒鉛鑄鉄)の組織写真。ダクタイル鑄鉄は強度が高いが、肉薄部で「す」がしやすい。

(資料提供: (株)水沢鑄工所)

●南部鉄器内釜の断面図(図7)



鑄造する際には、釜の底が上になるように配置され、溶けた鑄鉄「湯」は釜の縁になる位置から注入される。釜の底に向かって、肉厚が薄くなっている。肉厚が薄くなっている部分で「す」の発生しやすい部分が発生しやすいため、先行して凝固するように鑄型が設計されている。

(資料提供: (株)水沢鑄工所)

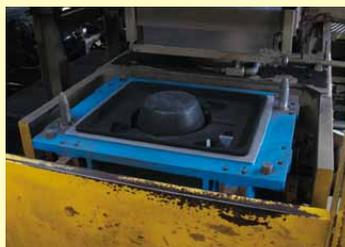
また通常の南部鉄器に求められる公差は1~2mmであるが、内釜に求められる公差は0.1~0.2mmで、鑄肌を生かす南部鉄器の製造方法では実現が難しかった。さらに、「す」ができやすく、高い寸法精度が要求される内釜を月産で数千個を生産する必要があり、生産効率や歩留まりなどの改善も課題であった。このような課題が、南部鉄器製内釜の実現を阻んでいたのである。

伝統技法と現代の加工技術で実現した南部鉄器釜

家電としての南部鉄器釜を実現するために、試行錯誤のうえ、さまざまな手法と技術が取り入れられた。

寸法公差0.1~0.2mm、質量公差1800g±20g(5.5合炊きの場合)の実現には、機械加工で切削する方法が取られた。ニア

南部鉄器釜の製造工程(図8)



1 造型

ベントナイト(バインダー)、デンブ(緩衝材)、黒鉛(耐火材)、水を混練して、鑄型をつくる。

2 出湯

原料を溶解し、「取鍋(とりべ)」に移し、不純物を除去する。



3 注湯

溶解したダクタイル鑄鉄を鑄型に注いでいく。



伝統的な南部鉄器の鑄型
鉄瓶の表面の凹凸模様などが、手作業でつけられていく。1つの鑄型の製作には1~2か月が必要で、鑄型は焼き締められてから使用される。1つの鑄型を複数回使用するの南部鉄器の特色である。

南部鉄器の郷

南部鉄器は岩手県の盛岡と水沢でつくられ、その歴史は平安時代末期にまで遡るといわれている。盛岡では鉄瓶などの工艺品が中心であるが、水沢では機械部品の生産も行われている。伝統的な鑄造技術と高精度の加工技術を持つ水沢だからこそ、南部鉄器の内釜が実現可能になった。

(資料提供: (株)水沢鑄工所)



ネットシェイブが可能な鑄物のメリットを失うことになるが、これにより高い寸法精度が実現できた。

また、ダクタイル鑄鉄で発生しやすい「す」については、鑄型の形状を工夫し、ダクタイル鑄鉄の成分を調整することで対応した。「す」の発生は、ダクタイル鑄鉄中の炭素とシリコンの量を最適化することで、抑えられた。

同時に伝統的な手法による「す」の抑制対策も行われた。「す」の発生しやすい肉薄部から優先的に凝固させる「指向性凝固」や、凝固が終了する前に溶けた鑄鉄を追加する「押湯」などである(図7)。

量産化には、鑄型から発生する水素によるピンホール対策も必要であった。これには鑄型に用いる砂の管理の徹底と、溶けた鑄鉄を鑄型の下方から注入する「むくりあげ」と呼ばれる手法の採用で対応が行われた。

これらの対策によって、南部鉄器による内釜の量産が可能となった。最終的に確立された南部鉄器による内釜の製造方法

は次のようなものである。一つ一つの釜に対して鑄型を作り、1530℃に熱したダクタイル鑄鉄を職人が素早く丁寧に、気泡が入らないように流しこみ、内釜の原型をつくり込む。原型はバリを除去した状態で約7 kgの重さがあるが、これを切削で、約1.8kgまで精巧に削り出す(5.5合炊きの内釜の場合)(図8)。

この南部鉄器釜を使用した炊飯器の売り上げは好調で、南部鉄器産業の底上げとなっている。本技術は第5回ものづくり日本大賞特別賞を受賞している。

IH炊飯器の進化によって、竈炊きにより近いご飯を楽しむことができるようになったが、炊飯時間を短縮したいなどのニーズも生まれている。また「本炭釜」や「土鍋釜」など、新たな素材を採用した内釜も登場しており、炊飯器メーカー各社はそれぞれ独自のアプローチによって个性的な商品が開発されている。より美味しいご飯を求めて、炊飯器の技術開発はこれからも続く。

- 取材協力 パナソニック(株)、象印マホービン(株)、(株)水沢鑄工所
- 文 石田 亮一



4 仕上げ

バリを取り、機械加工が可能な状態にする。

5 機械加工

指定された寸法、質量になるよう、機械加工を行う。

