

蒸気レスIHジャー炊飯器

中村輝男*
河東ちひろ**
根岸和善***

Steam-less IH Rice Cooker

Teruo Nakamura, Chihiro Kawahigashi, Kazuyoshi Negishi

要旨

炊飯器を使用する上での不満点を調査(三菱電機独自調査)すると、炊飯中に生じる蒸気を不快と思う人が約半数を占めており、その内訳は、炊飯器周辺の棚や壁を汚すため置き場所に対する悩みや、拭(ふ)き作業が煩わしいといった湿気の不満がもっとも多く、ほかには高温やにおいの充満が不快との声が挙がっている。

こうした不満を解消するため、“水冷式蒸気回収システム”を開発し、世界で初めて^(注1)、蒸気を外へ出さない^(注2)、天面に蒸気口がない密閉構造の炊飯器を開発した。

さらに、蒸気を出さないことは、不満の解消だけでなく、おいしさの向上にも大きく寄与している。蒸気口がないことで、蒸気口からのふきこぼれを抑制するための火力調整

(注1) 2008年12月9日広報発表時(当社調べ)。

(注2) 微量の気体が本体から出ますが、高温や結露になることはありません。

を不要化し、高火力で連続通電する炊飯制御“蒸気密封うまみ炊き”(新規開発)を搭載した。この新制御は、ごはん表層部分の還元糖量を約40%増加し、甘みを感じやすい、口あたりの良いごはんに炊き上げる。

これらの新技术を搭載した蒸気レスIH(Induction Heating)ジャー炊飯器を2009年2月に発売し、高級炊飯器市場で好評を得ている。

また、高温の蒸気が出ないことによって子供のやけどの問題を解決し、その安全性が高く評価され、第3回キッズデザイン大賞(経済産業大臣賞)を受賞した。

さらに、2010年2月にIH加熱性と熱伝導性に優れた純度99.9%の炭から削り出した当社独自の“本炭釜(がま)”を搭載したプレミアム仕様をラインアップに加え、更なるおいしさを追求している。



水冷式蒸気回収システムと本炭釜

蒸気レスIHジャー炊飯器に搭載した水冷式蒸気回収システム(透視図イメージ)によって、連続通電による強い沸騰で炊飯を行うことができる。蒸気口がないことで、天面がフラットで清掃性の良い美しいデザインが可能となった。蒸気が出ないので置き場所への悩みも解消した。

職人が手作りで仕上げられる本炭釜は、当社の誇る最高級の釜であり、蒸気レスIHジャー炊飯器の新しい炊飯制御と組み合わせることで、更なるおいしさの追求を行っている。

1. ま え が き

炊飯器はおいしさの追求が第一優先になっていたため、蒸気やにおいが出ることによる不満にはだれしも目をつけてきた。しかしながら、密閉性の高い住宅環境が増える中で、炊飯時に出る蒸気やにおいには無視できない存在となり、また、蒸気による子供のやけど防止にも配慮した安全性の向上も重要な課題になってきた。

当社はこれらの課題を解決するため、炊飯器のおいしさ向上の技術開発に加え、蒸気処理技術に対する研究開発を行ってきた。

2. 炊飯時に発生する蒸気と蒸気処理技術

2.1 炊飯時に発生する蒸気と蒸気処理の課題

炊飯とはお米のデンプンを糊化(こか)(アルファ化)することであり、炊飯は、“予熱→炊飯→むらし”の工程からなる。

炊飯開始からの経過時間を横軸に、蒸気量の積算値と蒸気の排出速度をそれぞれ縦軸にとると、例えば、当社の従来の炊飯器(白米5.5合炊飯の場合)で、炊飯時に発生する蒸気は図1のようになる。炊飯開始から約30分で沸騰が始まり、蒸気排出速度は約7g/分(ピーク)、むらし工程になると蒸気排出量は減少し、炊飯完了後のトータルの蒸気排出量(積算量)は水換算で約50gである。蒸気は釜底で発生し、米と米の間を通り、熱を米へ伝えながら上方へ抜ける。蒸気が抜けた通り道には空間が残る、ごはんをふっくらさせる。

蒸気を炊飯器外へ出さないためには、①沸騰させずに炊飯する、②従来と同様に沸騰させ、発生する蒸気を冷やして水に戻して炊飯器内に溜(た)め置くの二通りの方法がある。①の方法は、熱の伝わりが悪くデンプンの糊化が不完全になり、ごはんがふっくら炊き上がらないなど、おいしさを損なう課題がある。②の方法は、しっかり沸騰させているため、おいしさを損なうことはないが、蒸気を冷やす手段が別途必要となり、炊飯器本体への組み込みが課題となる。

2.2 蒸気処理技術

蒸気を冷やす手段には、表1に示すように①空気冷却、②水冷却、③電子冷却がある。①は蒸気を空気で効率良く

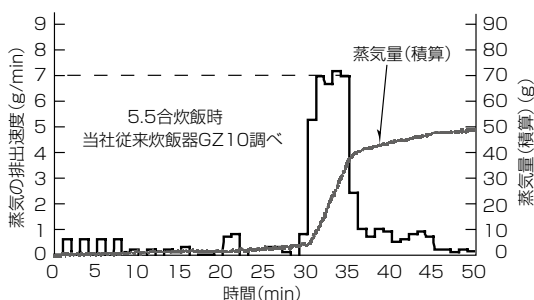


図1. 従来炊飯器の蒸気発生量

冷やすためのフィン型のヒートシンクと送風機を備えた熱交換器が必要で、②は水中に直接蒸気を送り込み、接触させて冷やす方法で、送風機などの電力を消費するデバイスが不要、③は半導体(N型とP型接合)のペルチェ効果を利用した電子冷却であり、蒸気と半導体素子との接触にはヒートシンクや送風機を組み合わせる使用。

当社はこれらの方式の中から、炊飯器に組み合わせる蒸気処理手段として水冷却を選択し、蒸気を回収するシステムを構築した。

2.3 水冷式蒸気回収システム

蒸気レスIHジャー炊飯器に搭載した水冷式蒸気回収システムは、図2に示すように、フタに組み込まれて蒸気導管となる①専用カートリッジ、本体前部に内蔵された蒸気冷却に使用する②水タンクの基本システムと、さらに冷却水の水量を検知する③水量検知センサ、冷却水の水温を検知する④水温センサ、蒸気の凝縮音を抑制する⑤サイレンサから構成されている。

なお、炊飯器の各部品の小型化、縦型タンク前面配置などの設計を進め、水冷式蒸気回収システムを当社の従来の炊飯器と同等サイズ(幅、高さ、奥行き)に収めた。

あらかじめタンク内に約1リットルの水を入れておき、炊飯時に発生する蒸気を、専用カートリッジを通じて蒸気のみを本体前部の水タンクに送り込み、タンクの水で冷や

表1. 蒸気冷却手段

手段	①空気冷却	②水冷却	③電子冷却
原理	送風機で空気を循環させ、蒸気と熱交換し、凝縮水を回収する。	蒸気を冷却水中に送り込み、熱交換し、凝縮水を回収する。	蒸気を冷却側(吸熱側)の半導体素子と接触させ、放熱側(発熱側)の半導体素子で放熱し、凝縮水を回収する。
構成部品	送風ファンと熱交換器フィン&チューブ	ディスク熱交換器	ペルチェ素子とヒートシンク

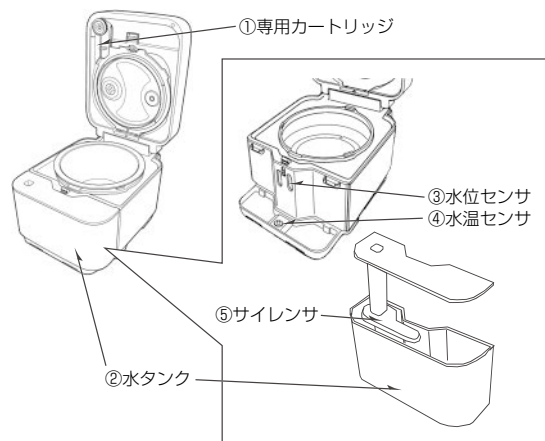


図2. 水冷式蒸気回収システムの構成

すことによって蒸気を凝縮する。蒸気の熱は凝縮時にタンクの水に移動し、水温が上昇する。水温の上昇値は冷却水量によって決まる。凝縮した水を含むタンク内の水は炊飯後にユーザーが廃棄するため、取扱いやすい安全な温度55℃を超えないように冷却水量を決定している。

③は水タンク内の冷却水量の過不足を検知する水位センサであり、過不足を検知している場合は炊飯を開始せず、水の過不足を報知する。

図3に、タンク内の水の有無を光(赤外線)で判定するセンサ及びプリズム光学系を示す。本体の発光素子からタンク内部に向けて光をあてると、水があるときはタンク内部の水の方向へ光は進み、水がないときにはタンクの内側面で反射して光がタンクの外側の受光素子に戻ってくる。この現象は、空気と水の屈折率の違いによって起きる。

この現象を利用して水の有無を検知するために、タンクの外側に発光素子と受光素子を併設する必要があるが、タンク壁面にプリズム光学系を構成することが必要となる。しかしながら、一般的なプリズムは図4(a)のような三角形形状であるが、タンク壁面に形成するには肉厚過ぎて樹脂成形が困難である、発光素子と受光素子が近接配置となるためクロストークが起きるなどの課題があった。

この課題を解決するために、入射面角度と反射面角度の双方を変え、タンク壁面平板部を導光板として活用することで、プリズムの薄肉化を実現した(図4(b))。この薄型プリズムによって、タンクの樹脂壁面に一体成形で構成することを可能とし、発光素子と受光素子間の距離を離して配置し、クロストークを抑制した。

④はタンク内に入れた冷却水の温度が、冷却に使用できる温度であるか否かを測定する温度センサである。炊飯器の設置場所の環境温度ごとに水温センサの測定値を補正し

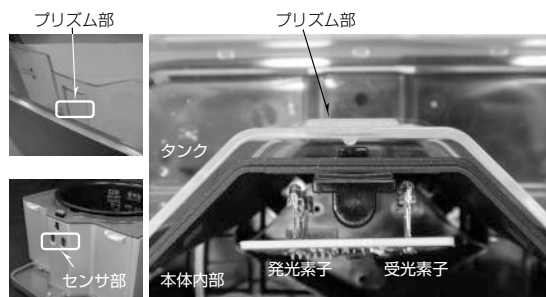


図3. 水位センサの構成

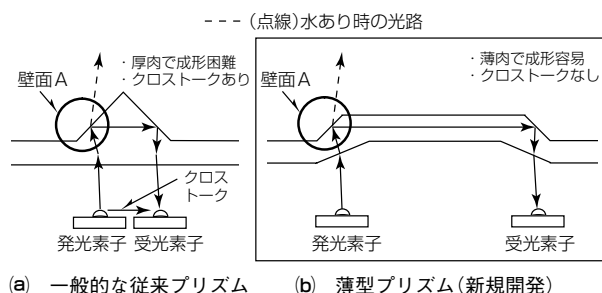


図4. 水位センサのプリズム光学系

て、正確な水温を求めるアルゴリズムを採用し、タンク内の水温の検出精度を向上させている。誤って湯をタンクに入れるなど水温が冷却に適さない高い温度である場合を検知し、釜の中の沸騰を抑制し、タンク内の水温上昇を回避する。

⑤は蒸気の流速の変動を緩和して静的に水と接触させ、凝縮を安定的に行う。また、高温の蒸気が低い温度の水と接触するときに発生する大きな音(ジュージュ音)の発生を抑制する。

図5はサイレンサ部の断面を示したもので、お椀(わん)をひっくり返して水中に入れたような状態に例えられる。炊飯時に発生する蒸気は蒸気配管を通り、お椀部に到達する。蒸気は、経路にある複数の孔(あな)の圧力損失によって流速は緩和され、お椀部に蒸気が静かに広がり充満する。お椀の中にある水面と接触し、冷却され水に戻る。接触面付近では上層の蒸気温度に近い高い温度から、下層の水温までの異なる温度帯の層が形成されており、蒸気が急激に低い温度の水と接触することが抑制され、その結果、蒸気は静かに凝縮される。

3. 連続沸騰炊飯によるおいしさ向上

昔から薪(まき)やガスで炊飯したごはんがおいしいといわれ、高火力で炊飯した方がおいしく炊ける。これまでのジャー炊飯器では、大電力で連続的に沸騰させる(=ガスでいう高火力に相当)と吹きこぼれが起きていたため、沸騰時の入力に限界があった。しかし、水冷式蒸気回収システムを搭載した炊飯器では、構造上、吹きこぼれを気にせずに加熱することが可能である。

3.1 食感の向上

当社独自の調査では、高火力で炊いたごはんはしっかりとした食感となる。そこで、しっかりとした高火力の食感

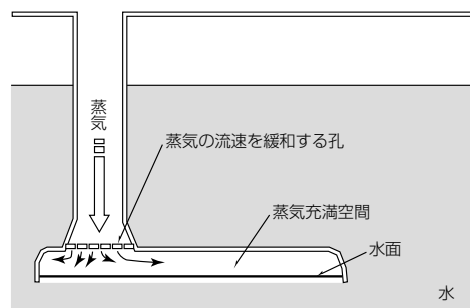


図5. サイレンサ部断面

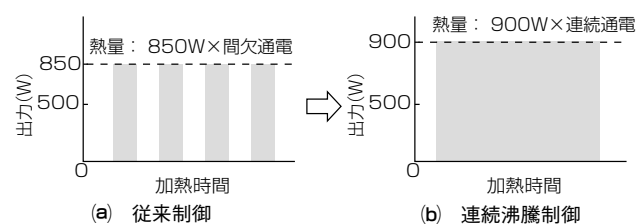


図6. 従来制御と連続沸騰制御

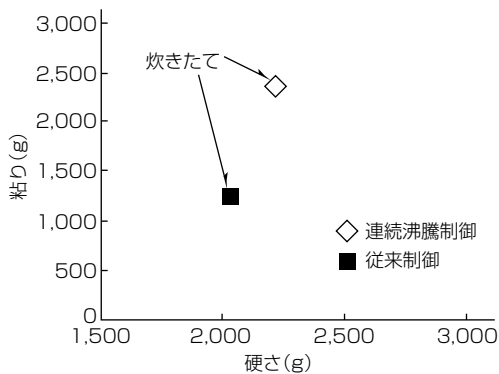


図7. 連続沸騰制御のテクスチャ

に近づけるために、沸騰開始時で従来の図6(a)のように通電を間欠的に行うといった制約を排除し、図6(b)に示す連続的な沸騰とする新制御を開発した。

図7は横軸にごはんの硬さ、縦軸に粘りを示したもので、ごはんのテクスチャの評価に用いる指標である。図で、連続的な沸騰で炊いたごはんは、従来の間欠的な沸騰で炊いたごはんよりも、粘りが高く、しっかりとした硬さを持つテクスチャを示す。

3.2 甘さの向上

ごはんにはグルコースなどの還元糖が含まれており、炊飯の際にお米の中に存在する糖化酵素がデンプンを分解することで糖が生成される。当社は、従来機種からこの還元糖に着目し、糖化酵素を活性化して糖を増量する制御を開発してきた。今回開発した新制御は、従来の還元糖を増量する制御に加えて、連続的な沸騰を加えた制御としたことにより、ごはんの表層部(保水膜)に含まれる還元糖を従来よりも約40%増加させることができた。還元糖はデンプン分子より分子量が小さく溶出しやすいため、激しい連続沸騰によって内部から滲(にじ)みだすと考えている。なお、表層の還元糖が増えることで、ごはんを口に含んだ際に甘みを感じやすくなる。

4. 本炭釜

2006年に、世界で初めてジャー炊飯器の釜素材として採用した“本炭釜”は、IH加熱と相性が良く、高熱伝導の特性によって釜全体が発熱するという優れた特徴を持つ。本炭釜は、99.9%の炭素材から一品ごとに職人が削り出した貴重な釜として好評を得ている。この本炭釜を蒸気レスIHジャー炊飯器に搭載することで、さらにおいしいごはんに炊き上げる。

4.1 炭の物理特性

表2に、釜素材に用いられてきた各素材の物理特性を示す。一般的に使用されるステンレスに対して、熱伝導率は約4～7倍、電気抵抗は約13倍、磁力線の浸透性は約40倍である。つまり、“本炭釜は釜素材全体が発熱し、熱の伝わりが早い”“ステンレス釜は外表面のみが発熱し、内面へ

表2. 金属材料の物理特性とIH加熱用途への評価結果

	炭	ステンレス	鉄	アルミニウム	銅
熱伝導率 W/(m・K)	110	16~27	76	220	395
電気抵抗 Ωm	10×10 ⁶	0.72×10 ⁶	9.71×10 ⁸	2.65×10 ⁸	1.67×10 ⁸

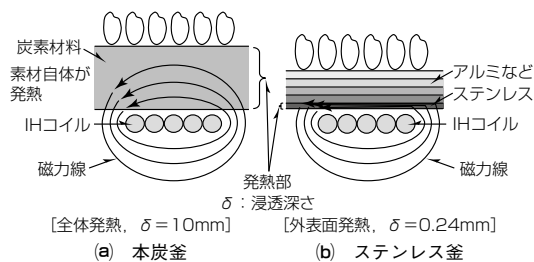


図8. 本炭釜とステンレス釜の発熱イメージ

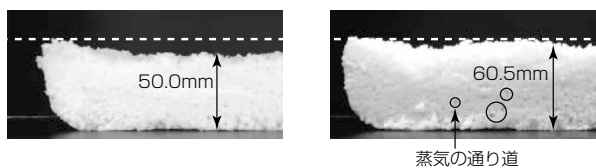


図9. 炊飯直後のごはん断面形状

の熱の伝達は炭よりも遅い”といえる(図8)。

4.2 本炭釜と連続沸騰炊飯によるおいしさ向上

IH加熱との相性の良い本炭釜と、蒸気レスIHジャー炊飯器の連続沸騰を組み合わせた“連続激沸騰”によって、釜全体から蒸気が発生し、ごはんの中央部に蒸気の通り道(隙間(すきま))が多数形成され、米粒同士が押し合わずふっくらと炊くことができる(図9)。

5. むすび

2006年に、本炭釜を搭載したIHジャー炊飯器は、おいしさにこだわった高級炊飯器市場を開拓し、特に50～60代の人に高く評価され、当社の炊飯器のブランドイメージを高めることに貢献した。今回開発した蒸気レスIHジャー炊飯器は、その機能と斬新(ざんしん)なデザインで、30～40代を中心に高く評価され、プライダルの贈物としても評価を得て、若い世代にも存在感を示すことができたと思える。

しかしながら、若者のごはん離れが進む中で、将来の炊飯器需要を維持発展させるためには、炊飯器のあるべき姿をもう一度考え直し、新たな進化が必要と考えている。今後も、当社の持つ技術力を駆使し、商品価値を高めた製品の研究開発を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 山崎友賀, ほか: 家電製品のユニバーサルデザイン, 三菱電機技報, 83, No.12, 750~752 (2009)
- (2) 社団法人日本機械学会編: 機械工学便覧 応用編 B4材料学・工業材料, B4-2~B4-7 (1998)