

「もっと快適に」 オール電化で、もっと快適な調理、 もっと経済的な給湯

"More Comfort" By Totally Electrified House, More Comfortable Cooking, More Economical Hot-water System

木村 秀行
Kimura Hideyuki

藤田 英克
Fujita Hidekatsu

グリーンで、安全・安心、快適な「オール電化」を望む人が増えてきており、今後、急速な需要の拡大が予想される。

日立グループは、オール電化に欠かせない機器の高性能化や利便性をさらに高めるために独自開発を進めており、最新の技術や機能を搭載した製品を提供している。

IH（電磁誘導加熱）クッキングヒーターは、安全性を追求した「ピュアなIH」や使い勝手の向上を図るセンシング技術を、ヒートポンプ式給湯機には、「水道直圧給湯方式」や自動洗浄機能などを備え、オール電化の普及促進に貢献している。

1. はじめに

国内外を問わず、地球環境や温暖化防止への関心が高まり、日々の生活を支えるエネルギー源の維持や確保にも大きな問題が投げかけられている。

「オール電化住宅」とは、調理や給湯、および太陽光発電やLED（Light Emitting Diode）照明など、生活に必要な

エネルギーをすべて電気で賄うもので、宅内でガスや石油など他のエネルギーを利用せず、電気エネルギーだけで生活できる住宅のことである。こうしたオール電化住宅の国内戸数は年々増え続け、2008年度に累計300万戸を突破し、普及率も6%を超えた（図1参照）。そして、ここ数年、オール電化住宅での生活を望む人が増え続けている。

オール電化は、調理や給湯、冷暖房に火（燃焼）を使わないため、火災のリスクが低く、安全でクリーンな、より快適な住環境を提供する。さらに、使用する電気はライフラインの中でも復旧が最も早く、災害時の被害を最小限に食い止めるという点からも安心である。

ここでは、オール電化を代表する製品として、近年急速に普及し、脚光を浴びている「IHクッキングヒーター（調理機器）」と、「ヒートポンプ式給湯機（エコキュート[※]）」の特徴について述べる。

2. IHクッキングヒーター

2.1 IHクッキングヒーターのあるキッチン環境

IHクッキングヒーターは電気を使った調理機器の中でも、電気ヒーターよりも加熱効率が高い。2007年にその普及率は10%を超え、2010年度末には14%を超えると予測され（日立調べ）、急成長している有望製品である。

「IH」はInduction Heatingの略で、電磁誘導加熱のことである。3口すべてでIHによる高効率な加熱ができるIHクッキングヒーターの外観を図2に示す。

トッププレート上面では、前左右2口のIHによる金属鍋加熱（最大火力3 kW）と、後中央1口のIHによる金属鍋加熱（2 kW）を行うことができる。また、左IHの下方には、魚などの焼き物調理に使うオーブン加熱室が備わっ

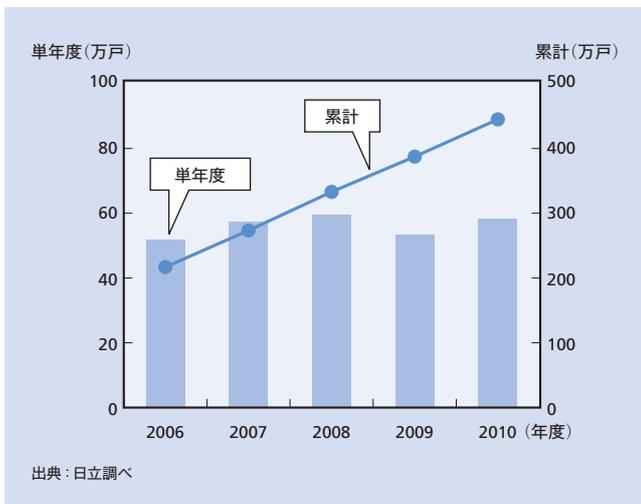


図1 | オール電化住宅戸数の実績の推移・予測

家庭内の熱源のすべてを電気で賄う「オール電化住宅」の普及率が急速に伸びており、今後の拡大が予想されている。

※) エコキュートの名称は、電力会社・給湯機メーカーで用いている自然冷媒CO₂ヒートポンプ給湯機を総称する愛称である。

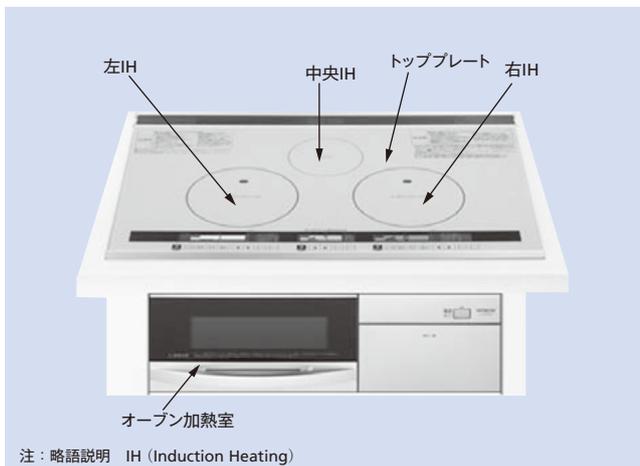


図2 | IHクッキングヒーターの外観
左右2口のIHはアルミや銅鍋なども加熱できるダブルオールメタル対応で、中央IHは鉄・ステンレス鍋に対応したものがある。

ている。

IHクッキングヒーターは、左右の2口IHが磁性体金属の鉄・ステンレス鍋に対応し、中央がラジエントヒータータイプのものから始まった。次に、アルミや銅鍋なども加熱できるオールメタル対応製品が登場した。最新のものでは、3口すべてがIHで、そのうち左右2口IHがダブルオールメタル対応、中央IHが鉄・ステンレス鍋に対応したものがある。

2.2 IHクッキングヒーターの加熱原理と調理

2.2.1 IH(電磁誘導加熱)の原理

鉄など磁石に付く磁性体金属鍋における一般的な電磁誘導加熱の原理について述べる¹⁾(図3参照)。

鉄系鍋を載せるトッププレートの直下には加熱コイルが設けてあり、その加熱コイルに高周波電流を流すと、コイルの周りに磁力線が発生する。その磁力線が鍋底を通ると、鍋底に磁力線を打ち消す方向に渦電流が発生し、鍋の電気抵抗(R)、渦電流(I)によるジュール熱(I^2R)によって、鍋自体が発熱する。よって、電気抵抗の大きい鉄鍋などは効率よく発熱し、加熱効率[加熱出力/入力電力(火力)]は約90%ときわめて高効率である。

2.2.2 独自の「ピュアなIH加熱」

一方、家庭内には鉄鍋以外にアルミや銅鍋などもあり、それらの非磁性体金属鍋も使いたいという要望も多い。ただし、アルミや銅鍋などを電磁誘導加熱しようとする、幾つかの難しい問題が生じる。

例えば、アルミや銅などの電気抵抗は鉄に比べて小さいので、大きなジュール熱(I^2R)が得られず、加熱調理に必要な火力が十分に得られない。

この解決策として、アルミや銅鍋などの電磁誘導加熱では、鉄鍋に比べて動作周波数を高くし、加熱コイルの巻き

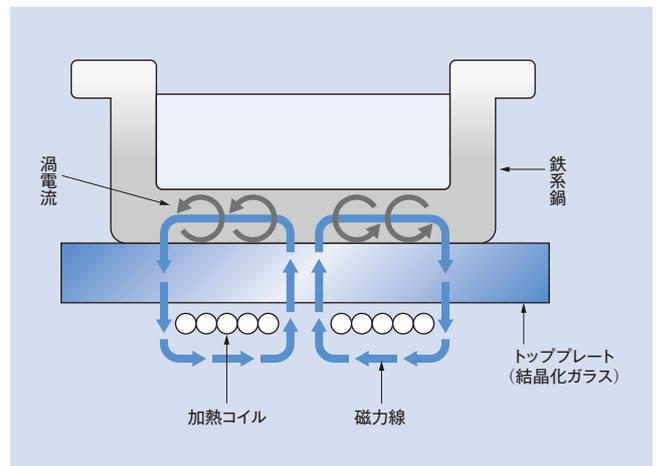


図3 | IHの加熱原理
磁力線が鍋底を通ると、鍋底に磁力線を打ち消す方向に渦電流が発生し、鍋の電気抵抗R、渦電流Iによるジュール熱(I^2R)によって、鍋自体が発熱する。

数や電流を多くした。そのために、加熱コイルの微細線化(素線径0.05 mmの銅細線1,200本をより合わせる技術)や、高効率インバータ技術が必要であった。加えて、電子部品数が増加し、発熱による熱損失増加に対応するため、静かで高効率な低騒音冷却技術を開発した。

日立グループは、上述した技術を盛り込んだ独自の「ピュアなIH加熱」を開発した。特徴は、アルミ鍋加熱時などオールメタル対応においても鍋だけを発熱させるため、トッププレートが鍋底温度以上に熱くならない安全性である。

動作周波数は、鉄鍋加熱時の20 kHz程度に対し、アルミや銅鍋加熱時は60~90 kHzに上げる。このとき、一つの加熱コイルですべての金属鍋の加熱を可能にするため、電氣的に負荷(鍋材質)を見分け、最適な動作周波数を自動で切り替えている²⁾。

2.2.3 光センサーと4個の温度センサー

従来のIHクッキングヒーターでは、トッププレートの裏面に温度センサー(サーミスター)を取り付け、鍋温度の測定を行っていたが、ガラスのトッププレートを介するため測温精度や応答性が十分ではなかった。そこで、鍋温度を直接、広範囲に測定するため、「光センサーと4個の温度センサー」を開発した(図4参照)。

鍋温度を直接測定する手段として、光センサー(サーモパイル)を採用した。赤外線による非接触温度測定では、トッププレートの分光透過率特性、鍋の放射率補正、光センサーの冷却などの課題も解決し、精度よく測温できるように工夫した。

あわせて、4個の温度センサーも活用し、鍋温度をきめ細かく制御するとともに、鍋の空だきや異常過熱防止などの安全性も高めた。

2.2.4 IH加熱と光センサーを使った適温調理

日立IHクッキングヒーターの特徴の一つに「適温調理」がある(図5参照)。

調理温度を設定してスタートすると、光センサーで空の鍋温度を測定しながら大火力のIH加熱(予熱)を行う。設定温度に達したら適温報知(音声ガイド)を行い、適温を維持する。鍋に食材が投入されると鍋温度は下がるが、光センサーがその鍋温度を瞬時に測定するため、再び火力を強めてすばやく適温に復帰する。その後は、食材の入った

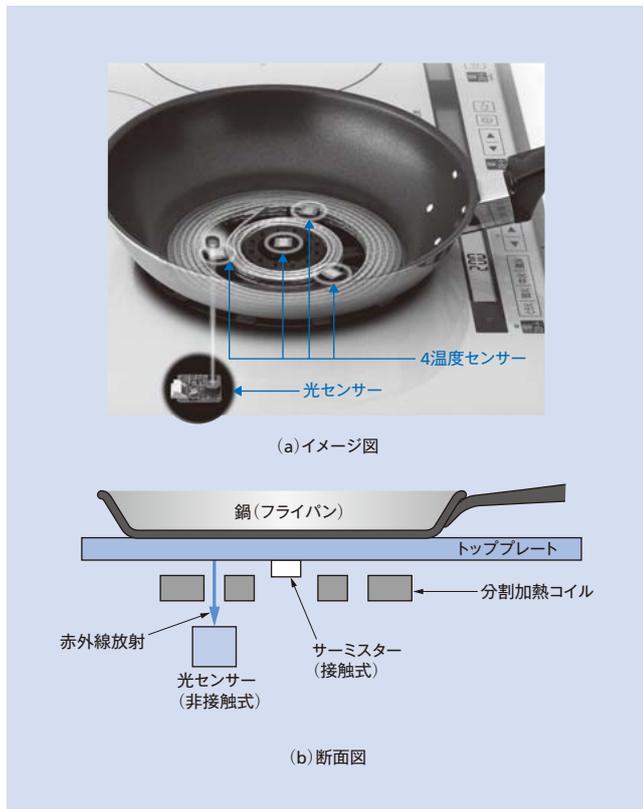


図4 | 光センサーと4個の温度センサー
鍋温度を直接測定する光センサーと、4個の温度センサーで、鍋温度をきめ細かく制御するとともに鍋の空だきなどを防止する。

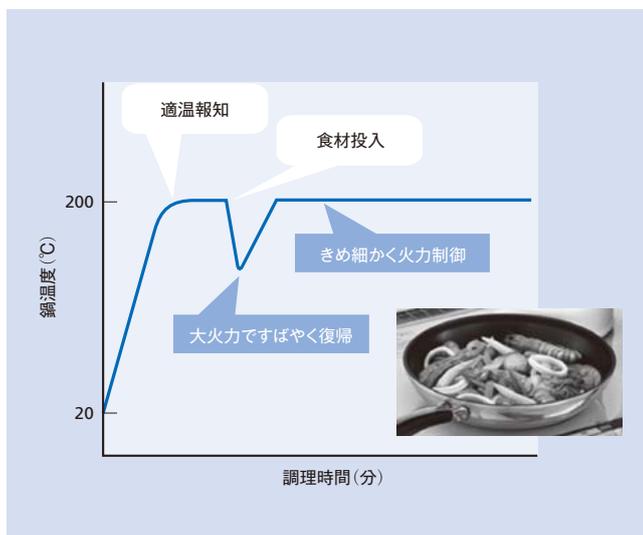


図5 | 適温調理の200°C温度制御例
調理の失敗をなくするため、コツとなる「火加減」を「温度加減」に置き換えた。

鍋温度を光センサーで連続的に測定し、きめ細かく火力制御を行う。

適温調理の設定温度(初期目安温度)は、約170°C(卵焼きなど)、約200°C(いため物など)、約220°C(ステーキなど)の3段階があり、その設定温度の上下でさらに細かく温度調節ができる。

こうして「火加減」を「温度加減」に置き換えて絶妙にコントロールすることにより、肉汁を閉じ込めたおいしいステーキ、シャキッとしたいため物、ふんわりとした卵料理などが、家庭で簡単に失敗なくできるようになった。

2.3 過熱水蒸気オープンの原理と調理

日立IHクッキングヒーターには、左下方にオーブン加熱室があり、室内の上下の電気ヒーターによって食材を焼くことができる。その特徴は、「過熱水蒸気ビッグオープン」で、上下の電気ヒーターのほかに過熱水蒸気による加熱も採用していることである(図6参照)。さらに、オーブン排気口にはパラジウム酸化触媒を設けており、調理中に出る排気の脱臭・脱煙も行う。

過熱水蒸気の発生方法は、まず焼き網の前方に設置される水タンクに水を入れ、ドアを閉める。オーブン調理をスタートさせると、下ヒーターで水タンクが加熱され、水タンクの蓋(ふた)の細径孔から飽和水蒸気が加熱室に噴出する。その飽和水蒸気は、200°C以上の高温になっている加熱室の空気やヒーターでさらに加熱されて過熱水蒸気となり、食材を加熱する。

効果としては、過熱水蒸気を採用するオーブンレンジと同様、ヘルシー調理となる脱脂(鶏肉のハーブ焼きなど)や減塩(塩ぎけなど)、さらには冷めた揚げ物(天ぷらなど)の温めにも有効である。



図6 | 過熱水蒸気オープン
上下の電気ヒーターのほかに過熱水蒸気を採用しており、脱脂や減塩のヘルシー調理はもちろん、冷めた揚げ物もおいしく温めることができる。

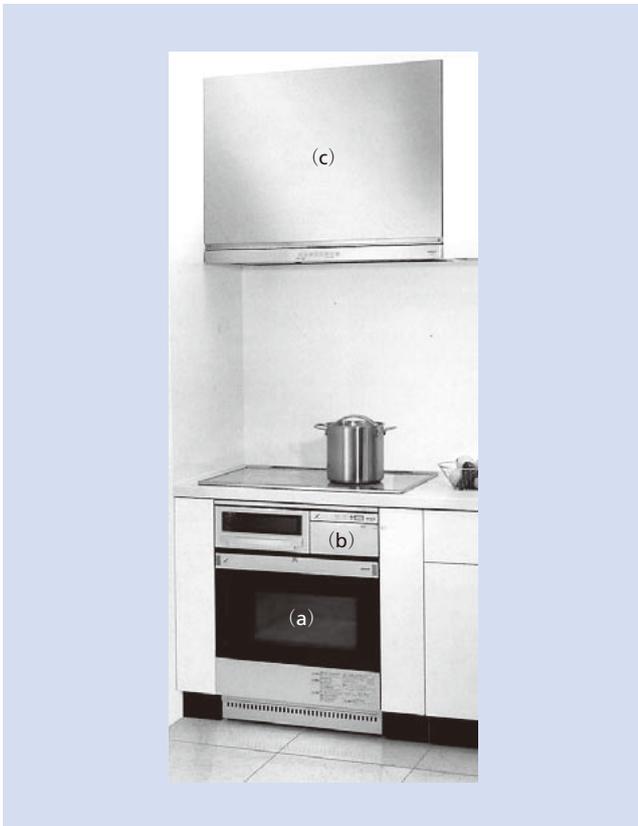


図7 「縦ライン」オール電化キッチンシステム
ビルトインオープンレンジ (a) とIHクッキングヒーター (b)、レンジフードファン (c) が縦にシステム化されたオール電化キッチンシステムを提案している。

2.4 これからのキッチンとIHクッキングヒーター

日立グループは、オール電化キッチンシステムとして「縦ライン」を提案している (図7参照)。ビルトインオープンレンジとIHクッキングヒーター、これらと連動して蒸気や煙を吸引・排気するレンジフードファンを縦にシステム化しており、キッチンを使う人や集まる人に、より快適なキッチン環境が提供できる。社会の高齢化が進むとともに、火を用いずに調理できるIHクッキングヒーターの需要はますます伸びると予測されており、わかりやすく使いやすいユニバーサルデザインを進化させる考えである。

また、こうした使いやすさの工夫に加え、キッチンのインテリアとの調和がとれた高級なデザインを合わせ持つ必要がある。

今後のIHクッキングヒーターは、誰でも気軽に失敗なく安心して調理ができる「簡単操作」、「快適調理」や「安全性」の進化と、省エネルギー化と省力化 (時短)、おいしさとヘルシーさへのこだわりを追求していく所存である。

3. ヒートポンプ給湯機 (エコキュート)

自然冷媒 (CO₂) を使った家庭用ヒートポンプ給湯機は「エコキュート」の愛称で認知されてきており、快適性を追求するオール電化の核で、地球温暖化対策にも有効である。



図8 水道直圧給湯方式エコキュート
ヒートポンプユニットと貯湯ユニット、操作部であるリモコン (台所・ふろ) で構成されている。

通常のエコキュートのタンクは強度維持の観点から減圧弁方式を採用しており、ガス給湯機と同等な給湯圧力を確保できず、既築住宅でのガス給湯機からの取り替え時や、分譲マンションなどで付加価値向上品として採用されている強い給湯圧力が求められる多機能シャワーを使用する場合に、給湯流量が不足するという課題がある。

また、近年増加しつつある2世帯住宅や都市部3階建て戸建住宅、低層賃貸アパートなどでは、エコキュートは地上設置されるケースがほとんどである。このような場合に、2階、3階の浴室でのシャワー使用時に十分な給湯流量が得られないケースがあり、エコキュート導入の障壁となっていた。

これらの課題に対応するため、水道水の給水圧力を直接利用して給湯圧力および流量の大幅な向上を図り、2階、3階の浴室にも十分な湯量を確保できる水道直圧給湯方式エコキュート「ナイアガラ出湯」を開発した。

3.1 水道直圧給湯方式の開発

日立エコキュートは、ヒートポンプユニットと貯湯ユニット、操作部であるリモコンで構成されている (図8参照)。

ヒートポンプユニットは自動車に例えればエンジン部分

に相当し、CO₂圧縮機と水冷媒熱交換器により、水を高温に加熱する機能を持っている。ヒートポンプ技術は水の加熱に外気の保有熱を利用することができ、投入電力量に対して5倍程度の高い加熱能力を得られる。

貯湯タンクユニットは、深夜電力利用によって生成された約90°Cの高温湯を蓄える貯湯タンクで、タンクの高温湯を温度調整して設定温度の湯としてシャワーや混合水栓などへ給湯する。

従来の給湯方式と開発した水道直圧給湯方式の比較を図9に示す。従来のエコキュートでは、この貯湯タンクにかかる圧力を緩和するために、タンクの上流側に減圧弁を設けて給水圧力を低下させていた。そのため、減圧後のタンクの高温湯と水道水を混合して給湯しているシャワーや混合水栓では、給湯圧力が低くなり、ガス給湯機に比べて流量の低下が生じていた。

そこで、タンクの高温湯を熱源に利用し、給湯用熱交換器で給湯時に水道水を使用温度まで熱交換によって瞬時に加熱し、水道水の給水圧力を直接利用して給湯する独自の水道直圧給湯方式を開発した。

水道直圧給湯方式では、減圧弁およびタンク内を經由せずに、加熱給湯しているの給水圧力に近い給湯圧力を提供できる。この方式により、従来方式と比べて最大約2.9倍の高い給湯圧力を実現した。

水道直圧給湯方式での給湯熱交換器による水道水の加熱構造を図10に示す。給湯熱交換器には、コンパクトで伝熱面積が大きい高性能プレート式熱交換器を採用している。

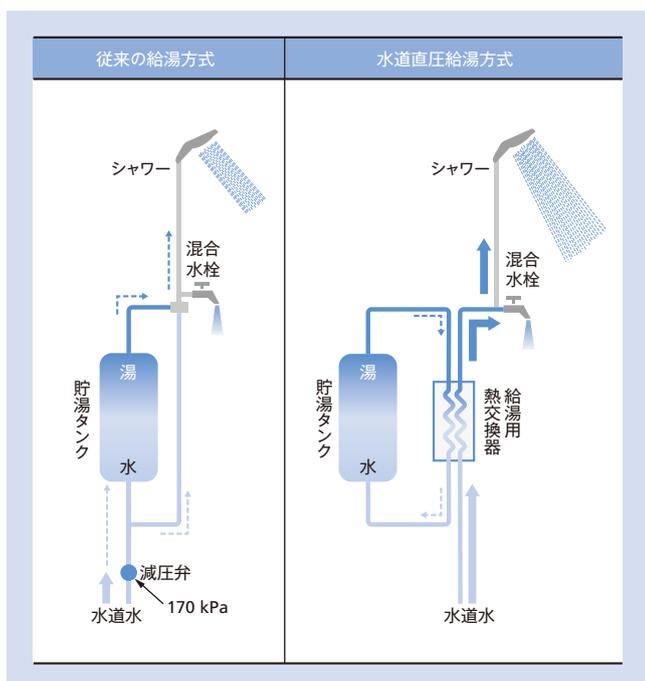


図9 | 従来の給湯方式と水道直圧給湯方式の比較
水道直圧給湯方式は、減圧弁およびタンク内を經由しないで加熱給湯するため給水圧力に近い給湯圧力を確保できる。

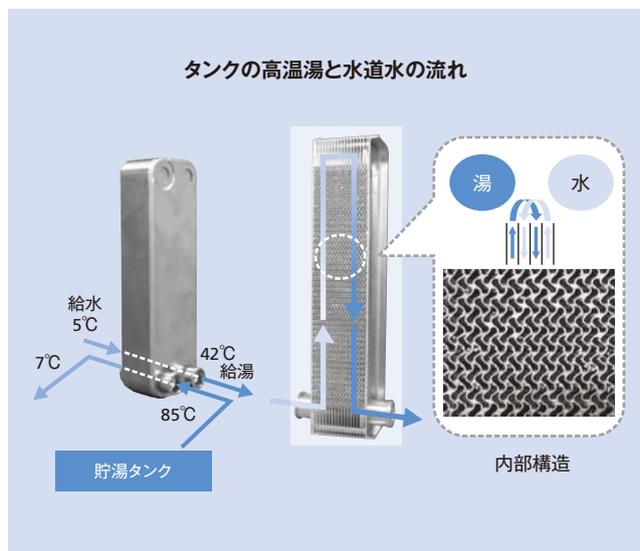


図10 | 給湯熱交換器による水道水の加熱構造
給湯熱交換器には、コンパクトで伝熱面積が大きい高性能プレート式熱交換器を採用している。

3.2 貯湯ユニットとヒートポンプユニットの効率向上

エコキュートを構成する貯湯タンクの断熱材には、曲げ加工が可能なフレックス真空断熱材（図11参照）を採用し、断熱性能を約30%（当社2008年度機比）向上させた。さらに、ヒートポンプユニットは圧縮機性能を約6%（当社2008年度機比）向上させ、システムとしての効率を表す年間給湯効率（APF：Annual Performance Factor）3.7を2009年度機で達成した（表1参照）。

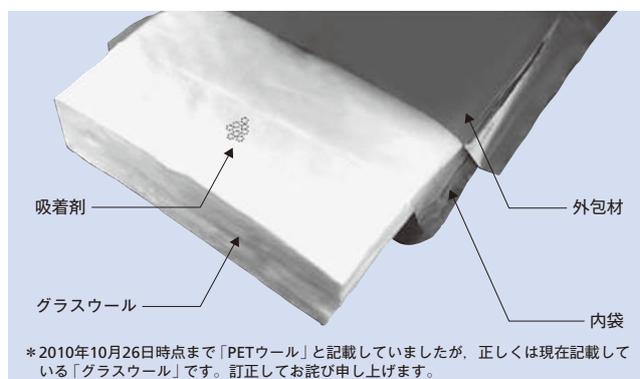


図11 | フレックス真空断熱材
貯湯タンクの断熱材にフレックス真空断熱材を採用し、断熱性能を向上させた。

表1 | 開発機の主な仕様

年間給湯効率（APF）3.7を2009年度機で達成した。

	型式	BHP-FSV37	BHP-FSV46
ヒートポンプユニット	中間期加熱能力	4.5 kW	6.0 kW
	中間期COP	4.9	4.8
	製品質量	59 kg	59 kg
貯湯ユニット	タンク容量	370 L	460 L
	製品質量	99 kg	110 kg
システム性能	最大給湯圧力	500 kPa	
	年間給湯効率（APF）	3.7	

注：略語説明 COP (Coefficient of Performance)、APF (Annual Performance Factor)

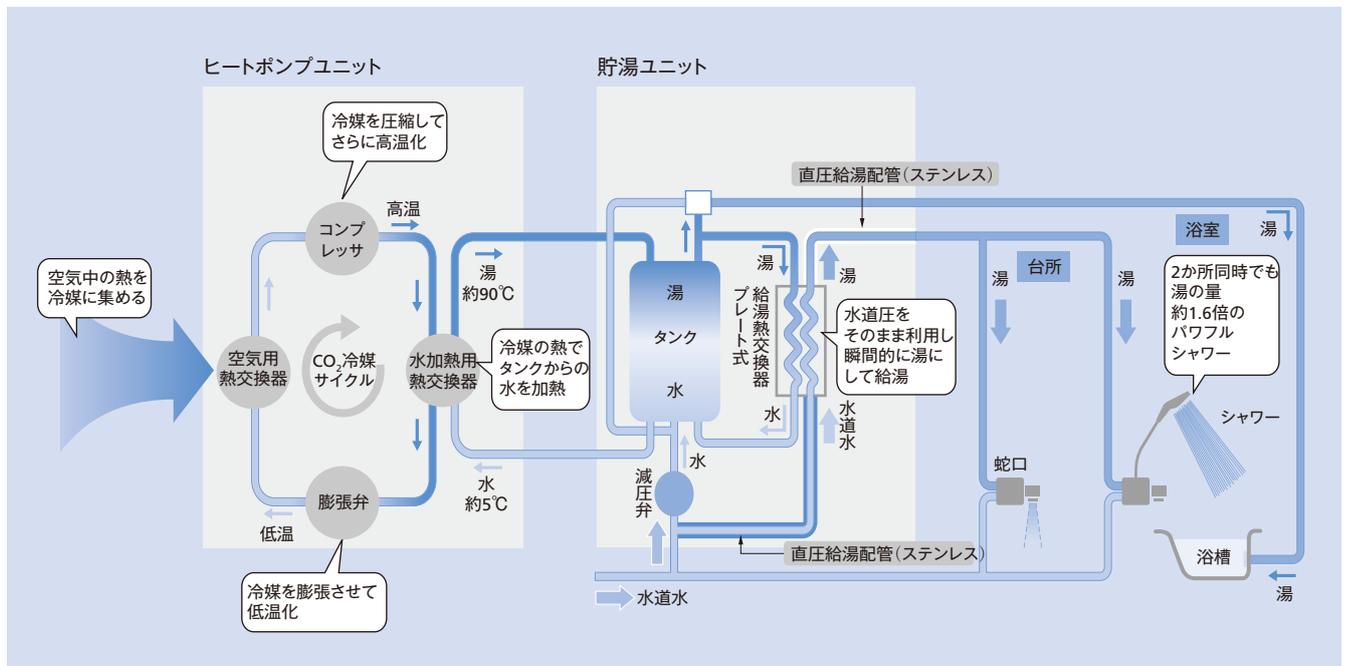


図12 | 水道直圧給湯方式エコキュートのシステム構成イメージ
リモコンのボタン操作によってふろ自動運転を行うことができるフルオートタイプの水道直圧給湯方式エコキュートのシステム構成のイメージを示す。

3.3 利便性改善

エコキュートでは、ふろ自動湯はり機能や浴槽湯の自動保温機能・追いだき機能・たし湯機能など、リモコンのボタン操作によってふろ自動運転を行うことができるフルオートタイプがあり、利便性の高さから現在は市場の主流となっている。これらの機能を備えたフルオートタイプの水道直圧給湯方式エコキュートのシステム構成を図12に示す。

従来は銅配管で構成していた直圧給湯配管に、さびにくく汚れにくいステンレスを採用した。また、ふろの追いだき配管にもステンレスを採用し、浴槽の湯を排水するときに水道水でふろ追いだき配管を洗い流す機能（自動洗浄）を搭載することで、業界初の「ステンレス・クリーンシステム」を開発し、利便性の改善を図った（図13参照）。また、台所や浴室で使うリモコンの液晶画面の大型化を図り、見やすさ・操作性を改善した（図14参照）。

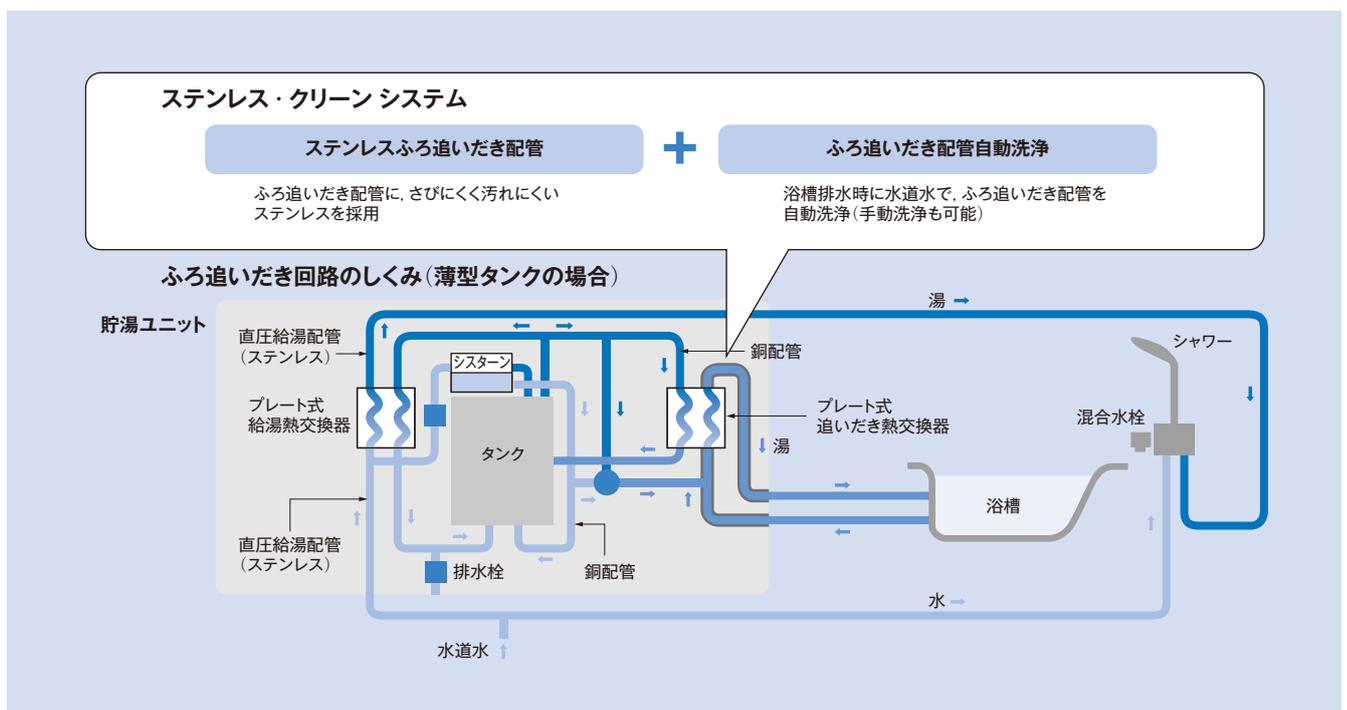


図13 | ステンレス・クリーンシステムのイメージ
配管にステンレスを採用し、配管内を自動洗浄する機能を搭載することで、配管内を清潔に保つ「ステンレス・クリーンシステム」の概要を示す。

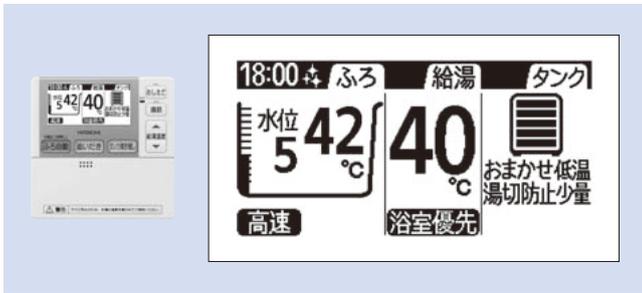


図14 | 新しい大型液晶リモコン

リモコンの液晶画面は画素数を約6.4倍(当社2008年度機比)にし、見やすく、操作しやすいように大型化した。

4. おわりに

ここでは、オール電化住宅を代表する製品として、「IHクッキングヒーター」と、「ヒートポンプ式給湯機」の特徴について述べた。

オール電化住宅は今後も急速に普及し、特殊な住宅ではなく、一般化していくと考える。さらに、日々の生活を支える電化製品の機能や性能、技術も、まだまだ進歩の余地がある。そして、オール電化住宅では、楽しく快適な調理や経済的な給湯ができ、地球温暖化防止への多大な貢献を期待されている有望事業分野である。

IHクッキングヒーターは、普及率が10%を超え、成長期に入っている。すでに何年間も使っているユーザーから

は喜びの声や、今後の製品開発に役立つ意見なども届いている。

また、水道直圧給湯方式のエコキュートは、給湯流量が豊富なイメージから「ナイアガラ出湯」と命名し、2008年5月から販売を開始して、シェア拡大に貢献してきた。

今後も、一人でも多くのユーザーに喜ばれる製品づくりに挑戦し、社会や地球環境へ貢献していく所存である。

参考文献

- 1) 木村：高周波加熱を利用した調理機器，日本AEM学会誌，Vol.15，No.3（2007.9）
- 2) 宇留野，外：アルミ製被加熱物に対応した電源切替式誘導加熱システム，平成17年電気学会産業応用部門大会，Vol.1-20（2005）

執筆者紹介



木村 秀行

1971年日立製作所入社，日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部 所属
現在，家電の技術開発に従事
博士（工学）
機械学会会員



藤田 英克

1980年日立冷機株式会社入社，日立アプライアンス株式会社 家電事業部 清水住機本部 住機設計部 所属
現在，電気給湯機（エコキュート）の開発に従事