

銀イオンで快適性を向上させた 家庭用CO₂ヒートポンプ給湯機 ESTIA

ESTIA Carbon Dioxide Refrigerant Heat Pump Hot-Water Supply System for Residential Market

佐藤 全秋

森園 貴洋

矢口 正彦

■ SATO Masaaki

■ MORIZONO Takahiro

■ YAGUCHI Masahiko

家庭用のCO₂（二酸化炭素）ヒートポンプ給湯機は、電気入力の数倍の熱を生み出すことから、近年、環境対応製品として認知され広まりつつあるが、更に普及が拡大するためには、湯を供給するという基本機能以外の訴求力が求められている。

東芝キャリア(株)は、このような市場のニーズに応えるため、業界初^(注1)の銀イオン発生システムを搭載した家庭用CO₂ヒートポンプ給湯機 ESTIAを開発した。この製品は、湯張り時に銀イオン発生システムから銀イオンを溶出させてふろの湯をきれいに保ち、快適な入浴を楽しむことができる。また、給湯圧力をアップした超高圧給湯機種も新たに開発し、ラインアップした。この機種では、快適なシャワー感や湯張り時間の短縮など、ユーザーのメリットが更に高められている。

With the wide dissemination of carbon dioxide (CO₂) refrigerant heat pump hot-water supply systems in the residential market in recent years, these systems are becoming recognized as environmentally conscious products due to their excellent performance in producing several times as much heat as the electrical input. To further expand the diffusion of such hot-water supply systems, however, additional features other than basic functionality are required.

In response to the market demand, Toshiba Carrier Corporation has developed the new ESTIA series of CO₂ refrigerant heat pump hot-water supply systems for the residential market. The ESTIA series is equipped with a silver-ion generation system for the first time in the industry. Silver ions are eluted when filling the bathtub with hot water, to keep the bathwater clean and promote relaxed bathing. We have also developed a high-pressure hot-water supply system to provide a comfortable feeling while showering as well as faster filling of the bath with hot water.

1 まえがき

大気中の熱を利用して、電気入力の数倍の熱を生み出すヒートポンプ給湯機は、家庭内エネルギー消費の1/3を占める給湯エネルギーの削減を担う機器として、大きな期待が寄せられている。家庭用のCO₂ヒートポンプ給湯機“エコキュート”^(注2)は、家庭におけるオール電化製品の中心として位置づけられ、主に低料金の深夜電力を用いることで光熱費を抑制できることから、一般に広く認知され、普及し始めている。今後は、基本機能である給湯以外の訴求力が市場拡大のためのキーであり、快適性の向上がその一端を担うものと考えられる。

東芝キャリア(株)は、CO₂圧縮機を含むヒートポンプユニット及び貯湯タンクユニットのいずれも新規に開発した、家庭用CO₂ヒートポンプ給湯機 ESTIAのFBシリーズを開発し、2009年11月から販売を開始した。このFBシリーズは、ふろの湯をきれいに保つ銀イオン発生システムを搭載することで、従来よりも快適性を向上させた。

更に、2010年7月には、給湯圧力を高めシャワーの快適性を追求した、超高圧給湯機種のFBHシリーズを市場に投入した。このFBHシリーズは、ガス給湯器などから置き換えても

ユーザーの満足が得られる圧力での給湯が可能で、更なる市場の拡大が期待される。

ここでは、快適性を向上させた、当社の家庭用CO₂ヒートポンプ給湯機ESTIAのFB、FBHシリーズの特長とそれらを実現した技術について述べる。

2 銀イオン発生機能—FB、FBHシリーズ

銀イオン発生システムのヒートポンプ給湯機への搭載は業界初であり、他社製品にはない大きな特長である。銀イオン発生システムは、湯張り保温の機能があるフルオートタイプの湯張り回路に搭載している。微量の銀イオンを発生させながら浴槽へ湯を張り、浴槽内に保持された銀イオンの除菌効果で、いつでもきれいな湯で快適な入浴を楽しむことができる。

2.1 銀イオンの効果

銀イオンは、細菌の細胞に吸着して増殖を抑制する効果があるため、除菌、防臭の分野で広く利用されている。給湯機に搭載するにあたり、銀イオンの目標濃度を設定するため、その効果を検証した。浴槽水に混入する可能性のある細菌数種について、菌を約10万個含んだ試験液1 cm³に、銀イオンを付加しなかった場合と設定濃度0.01、0.05、0.1 μg/cm³で銀イオンを付加した場合について、試験液中の菌数変動を調査した。

(注1) 2009年11月時点、当社調べ。

(注2) エコキュートは、関西電力(株)の登録商標。

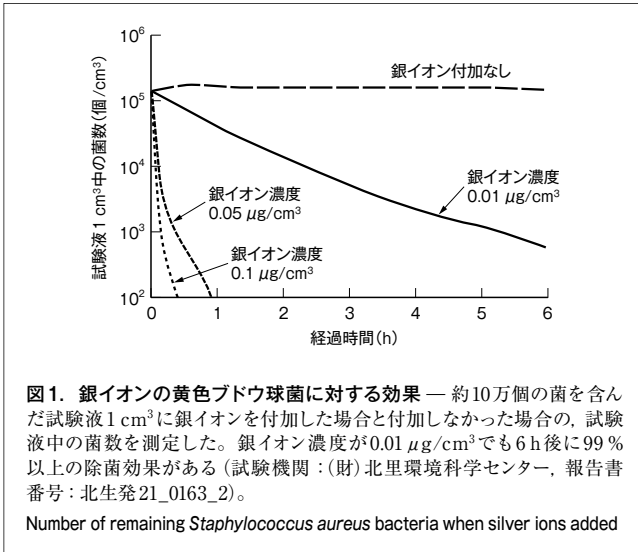
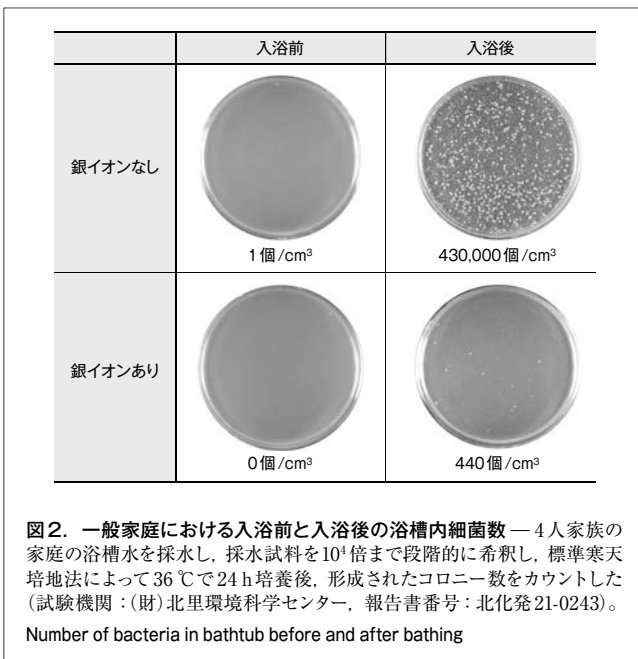


図1は、代表的な菌である黄色ブドウ球菌の結果であり、銀イオン濃度が0.01 μg/cm³でも6 h後に99%以上の菌数減少効果が得られることから、0.05 μg/cm³を超える必要はないと判断した。なお、大腸菌や実際の浴槽から採取し培養した菌においても、効果に大きな差異はなかった。

更に、一般家庭に実用試験機を設置して、銀イオン発生システムを使用した場合と使用しなかった場合の入浴前と入浴後の湯を採水し、水中の菌数を調査した結果を図2に示す。この結果から、このシステムを搭載したときの銀イオンの効果が確認できた。実際のふろでは、湯張り時はきれいな湯であり、後から細菌が浴槽に侵入し増殖するが、あらかじめきれいな湯に銀イオンを付加することで、菌の侵入があっても増殖を抑制する効果がある。



2.2 銀イオン濃度のコントロール方法

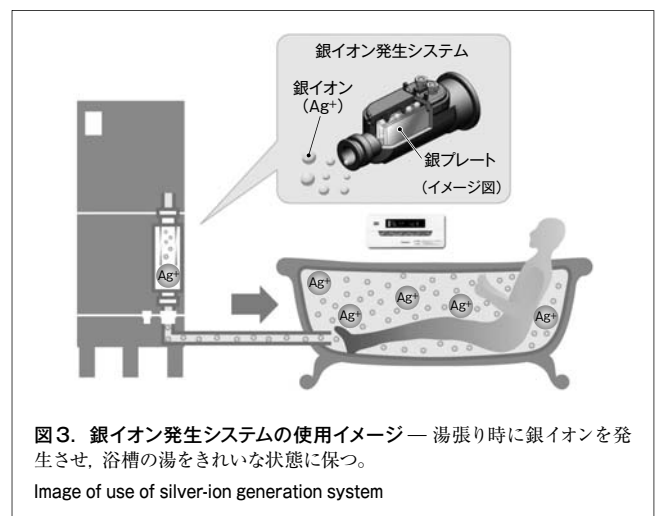
銀イオンを発生させる銀イオン発生システムは、温水の流れる区間に平行する2枚の銀プレートを設けた構造となっており、この銀プレート間に電圧をかけることで、銀がイオン化して水中に溶出する。溶出した銀イオンは、湯張り水とともに浴槽へ注がれる(図3)。

銀プレート間に1 mAの電流を1 hの間流すと銀イオンが約4 mg溶出することから、銀イオン濃度(理論値)は式(1)で算出される。

$$\text{銀イオン濃度}(\mu\text{g}/\text{cm}^3) = \frac{\text{電流値}(\text{mA}) \times \text{電圧印加時間}(\text{min})}{60/4,000(\text{mA} \cdot \text{min}/\mu\text{g}) \times \text{湯張り量}(\text{cm}^3)} \quad (1)$$

ESTIAでは、一定電流を流す電気回路を用いており、湯張り量に応じて銀プレートへの電圧印加時間を変えることで濃度調節できる。銀イオン発生システムは、2枚の銀プレート間に水があることで動作するが、水の導電性は水質によって大きく変化する。このため、電圧変化幅が広くても設定電流値を維持し、更に安全のため、印加電圧が15 V未満という電源で出力できる電気回路を構成した。

銀イオン発生機能は銀プレートから銀を溶出させることで成り立っており、銀プレートは消耗品である。ESTIAでは、180 Lの湯張りを毎日1回行い、0.05 μg/cm³の濃度の銀イオンを投入した場合の寿命が5年となるように、銀プレートの重量やサイズを設計した。銀プレートの寿命は、累積使用実績時間がしきい値を超えたりモコンに表示されるようにしてある。また、銀プレートが消耗しすぎて、定電流を保てなくなった場合に電圧印加を停止したり、片側の銀プレートだけが消耗しないように一定時間ごとに印加電圧の正負を変更するなどの制御を折り込んでいる。更に、電気回路は二重絶縁構成と過電流防止が施され、万が一にも高電圧が銀プレートに印加されないように配慮している。



2.3 銀イオンの安全性

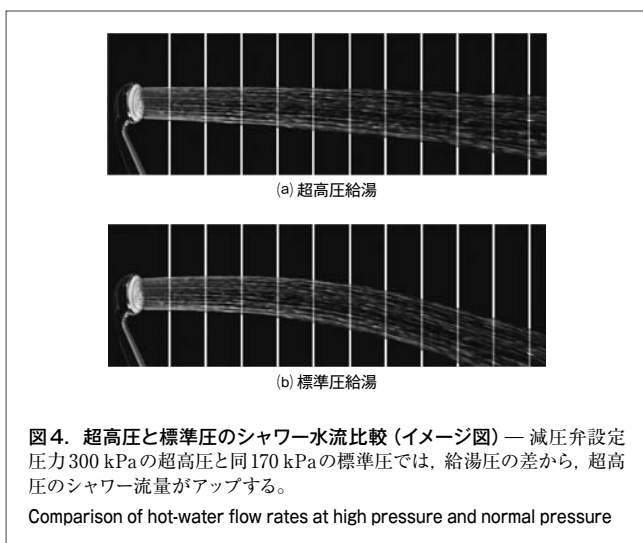
銀及び銀イオンの人体に対する安全性は極めて高く、銀は食器やアクセサリ、更にはアラザンなどの食品への添加物として使用されている。また欧米では、銀イオン水をサプリメントとして飲むケースもある。ESTIAでは、ユーザーが飲むことのないように銀イオン発生システムを湯張り回路に設けており、シャワーや台所へつながる給湯回路からは銀イオンが流出しない構造になっている。

3 超高圧給湯機能—FBHシリーズ

昨今、給湯圧力が高い製品への市場ニーズが増えている。一般的に使われているガス給湯器は直圧式であり、水道水圧をそのまま給湯や湯張りに使う。一方、ヒートポンプ給湯機では、製品保護のために、給水圧力を減圧弁によって下げてからタンク内に取り込んでいる。新築住宅においては、給水器具や配管径の適切な選定が可能であるが、給湯機だけをガス給湯器からヒートポンプ給湯機へ取り替えるリフォームなどの場合には、使用感の変化から「シャワーの出が悪くなった」などのクレームにつながるケースがある。

超高圧給湯機種のFBHシリーズが持つ高い給湯圧力は、給水器具や施工状態を選ばないほか、3階でのシャワーや湯張りにも対応できる。特に、最近では給水器具が多様化してきており、高級感のある外国製シャワーヘッドや家庭用マッサージシャワーヘッドなど水圧を必要とする器具も多く、高い給湯圧力への潜在ニーズがある。通常、一戸建ての場合、水道水圧は300～500 kPaと言われている。FBシリーズ（標準圧力）機種の減圧弁設定圧力170 kPaに対し、FBHシリーズのそれは300 kPaで業界トップであり、水道直圧に劣らない使い勝手が得られる。シャワーの水流比較を図4に示す。

製品の給湯圧力を高めるには、減圧弁の300 kPa化だけで



なく、逃がし弁の340 kPa化、過圧防止弁の設定圧力変更、機内配管の圧力損失低減、及びタンク缶体を含む部品の高耐圧化を必要とする。タンク内の圧力は、給水側の部品である減圧弁の設定圧力だけでは決まらない。水は高温になるほど膨張するため、タンクの水が沸き上がって湯の量が増えると圧力が上昇していくが、その圧力上昇を抑える部品が逃がし弁であり、その設定圧力は減圧弁より高い値となっている。更に、万一逃がし弁が故障した場合に、缶体の損傷を防止する部品が過圧防止弁である。過圧防止弁は新たな構造に設計しなおし、コストダウンにも寄与した。タンク缶体は、材料であるステンレス鋼板を厚くし、耐圧強度を確保した。このほかの部品については、使用圧力を変更した場合に動作や信頼性に問題がないかを確認した。

給湯流量は、給湯機の給湯特性と使用する給水器具や配管、高低差などを合わせた流量特性により決まる。FBシリーズとFBHシリーズの給湯特性を図5に示す。給湯機の給湯特性は、給湯流量が多くなるほど給湯圧力が低くなる。それに対し、給水器具の流量特性は、流量が多くなるほどその圧力損失が増加する。この流量特性線と給湯特性線が交差した点が動作点であり、その組合せにおける給湯流量と給湯圧力を示している。FBシリーズでは1階における給湯流量が14 L/minだったものが、FBHシリーズでは18 L/minに増える。また、3階（高さ8 m）でも十分な給湯流量が得られる。なお、FBHシリーズといえども、給水圧力が低い場合には給水圧力以上の給湯圧力が出ない。集合住宅や水道水圧がもともと低い地域などは、標準圧力のFBシリーズでも十分であり、適切な機器を選択する必要がある。

給湯圧力が高いと、水栓やシャワーから出てくる流量が高くなり使い勝手が良くなる反面、湯をむだ使いしやすくなるといった懸念がある。湯のむだ使い防止を喚起する機能として、浴室のリモコンに“給湯量ナビ”を搭載した。給湯量ナビは、シャワーやカランから出る湯の量を、リモコンのインジケータ

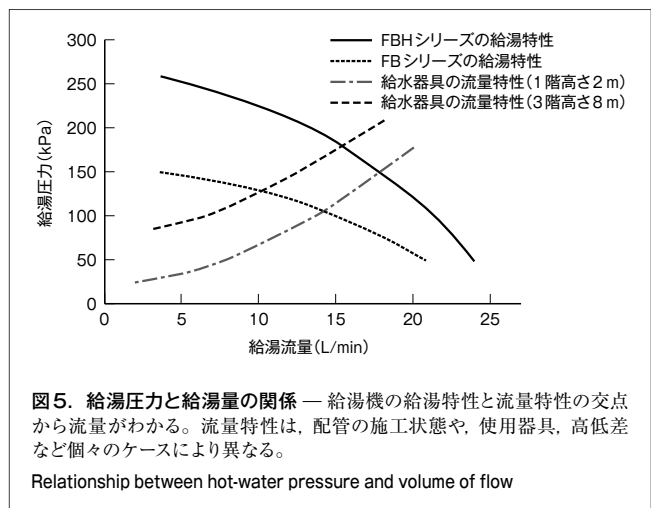




図6. 給湯量ナビの表示例 — 浴室リモコンに42℃換算の湯の使用量が表示される。また、10L使用ごとに電子音が鳴る。
Example of information display showing volume of hot-water usage

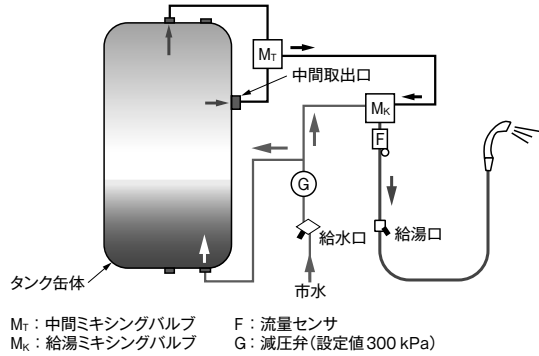


図7. FBHシリーズの給湯回路 — 貯湯タンクの上部ほど湯温は高い。タンク内の湯と給湯口からの水をミキシングバルブで混合し、設定温度で給湯する。FBHシリーズでは、タンクの中間取出口から中間温度の湯を取り出せる回路にして、タンク上部の高温湯の消費を抑えている。
FBH series high-pressure hot-water supply system

(図6)や10L使用ごとに鳴る電子音によりユーザーにリアルタイムで知らせ、省エネ行動を促す機能であり、湯の使用量削減が期待できる。更に、FBHシリーズでは、図7に示すように、タンク中央部に新たに設けた中間取出口から中間温度の湯を積極的に取り出して利用することで、タンク上部の高温の湯を温存し、有効な熱利用ができるような仕組みにしている。

4 沸上げ学習制御機能

家庭用ヒートポンプ給湯機は、深夜電力を使って湯を沸き上げるイメージが強い。しかし、ESTIAでは省エネ性を優先し、他社に先駆けて深夜時間帯だけ沸上げ動作するモードを廃止した。ESTIAに搭載した沸上げモードは、いずれも湯の使用量を学習して必要な湯量だけを沸き上げる“おすすめ”と“たっぷり”の二つのモードだけとした。電気料金の安い深夜時間帯だけ沸上げ動作を行うモードでは、必要か否かにかかわらず、深夜にタンクが高温の湯で満たされるまで沸き上げていた。これは、深夜時間帯だけ沸き上げる設定では昼間の沸増しができないことから、湯切れが起きる可能性を減少させるための措置であったが、沸上げ温度が高いほど効率は低いうえ、余分な湯も沸き上げておかなければならないため、決して省エネとは言えなかった。省エネの観点で見ると、ヒートポンプ給湯機における理想的な湯の使い方は、必要な湯量を最低限の湯温で沸き上げ、蓄えた湯をその日のうちに使い切るこ

である。その理想に近づけるための技術が学習制御で、湯切れを防止しながら省エネ運転がなされるように、ユーザーの使い方を学習して沸上げ運転を行っている。

ESTIAの二つの沸上げモードでは、過去7日間の湯の使用量から必要な湯量を算出し、深夜時間帯に沸き上げる。深夜時間帯以外は、タンクの残湯量を常に計算して当日中に使用する湯量を予測し、必要があれば沸き増すよう制御する。“たっぷり”は、多めに使うことを想定して、深夜時間帯に沸き上げる量を“おすすめ”よりも多くするようにしてあり、湯切れに対して余力がある仕様となっている。

なお、残湯量が気になるユーザーのために、2010年秋に商品化したモデルチェンジ機種からは、使える湯の量をタンク内温度から算出して表示する“どれだけナビ”というユーザーへの情報提供機能を備えている。湯切れや残湯への不安のない沸上げ学習制御を提供することが、ユーザーにとっての快適につながる。今後は、沸上げ学習制御のブラッシュアップを進め、更なる省エネ性向上と湯切れ防止という相反する機能の最適化制御を検討していく。

5 あとがき

銀イオン濃度のコントロール方法を確立し、業界初の銀イオン発生システムを搭載した、家庭用CO₂ヒートポンプ給湯機ESTIAを開発した。また、給湯圧力をアップすることで3階の浴室にも十分対応できるようにした超高圧給湯機種もラインアップした。更に、リモコン表示、銀イオン制御、沸上げ学習制御などの向上を折り込んだ機種を開発し、2010年秋から順次モデルチェンジを行っている。

今後も、ヒートポンプ給湯機の持つ省エネ性を生かしながら、ユーザーに快適性や満足度を提供できる製品を開発していく。



佐藤 全秋 SATO Masaaki

東芝キャリア(株) 技術本部 給湯・温水設計部参事。
国内向けヒートポンプ給湯機の設計に従事。日本機械学会、日本冷凍空調学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



森園 貴洋 MORIZONO Takahiro

東芝キャリア(株) 技術本部 給湯・温水設計部。
国内向けヒートポンプ給湯機の設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



矢口 正彦 YAGUCHI Masahiko

東芝キャリア(株) 技術本部 給湯・温水設計部参事。
国内向けヒートポンプ給湯機の設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.