

日本冷凍空調学会
技術賞

日本冷凍空調学会賞 技術賞

高効率 CO₂ ヒートポンプ給湯機

High Efficiency Heat Pump Water Heater using CO₂ Refrigerant

1. はじめに

日本の家庭で消費される総エネルギーのうち、給湯エネルギーはその約3割を占め、地球温暖化の防止、資源保全の観点から、消費エネルギーの低減が課題となっている。

給湯エネルギーの低減策としていくつかの高効率給湯機が提案されているが、その1つに自然冷媒 CO₂ ヒートポンプ給湯機（以下、CO₂ ヒートポンプ給湯機という）がある。当社（日立アプライアンス株式会社）は、株式会社日立製作所と共同で、さらなる省エネ性能向上を目的として主要機器の開発に取り組んだ。本稿では、省エネ性能の向上を実現した技術内容について紹介する。

2. CO₂ ヒートポンプ給湯機の概要

2.1 システム概要

図1に、当社 CO₂ ヒートポンプ給湯機のうち、省エネ性能の高さが特徴の高効率タイプなどに採用している水道直圧給湯方式のシステム概略図を示す。

CO₂ ヒートポンプ給湯機は水をお湯へと沸き上げるヒートポンプユニットと、沸き上げたお湯を貯める貯湯ユニットからなる。温水への沸き上げ時は、貯水された水がタンクの下部から水冷媒熱交換器へと送られ、冷媒によって約65℃以上に加熱された後、貯湯タンクの上部へと戻る。

温水を使用する時は、貯湯タンクの上部から取り出した温水によって、水道水を給湯熱交換器で所望の温度に加熱して給湯する。そのため本製品は、水道元圧に近い

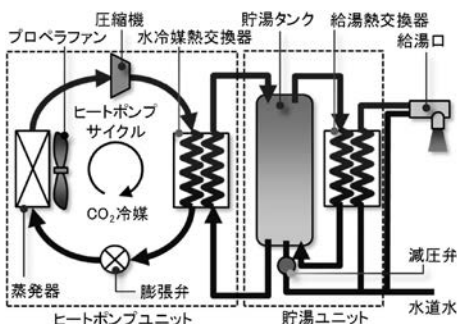


図1 システム概略図



伏木隆之* Takayuki FUSHIKI 向井有吾* Yugo MUKAI 小沼智史* Satoshi ONUMA 坪野 勇** Isamu TSUBONO 渡部道治** Michiharu WATANABE

圧力で給湯ができるという特徴がある。

水を温水へと沸き上げるヒートポンプユニットは、主に圧縮機、蒸発器、水冷媒熱交換器、膨張弁からなる流路に CO₂ 冷媒を封入したヒートポンプサイクルで構成され、蒸発器にて外気から得た熱を圧縮機で高温とし、水冷媒熱交換器へと送る仕組みとなっている。

2.2 開発対象

ヒートポンプ給湯機の性能は JIS C 9220 で定義される年間給湯保温効率（以下、給湯効率という）で表される。大まかに言えば、給湯効率は貯湯ユニットの効率とヒートポンプユニットの COP の積であり、貯湯ユニットの効率は主として貯湯タンクの保温性能に、COP は主として圧縮機効率、蒸発器および水冷媒熱交換器の熱交換効率に依存するため、当社はこれらに対して研究と検討を重ね、以下に示す技術を開発した。

3. 新規開発技術

3.1 貯湯タンク

貯湯タンクの保温性能の向上を目的として、ウレタン発泡断熱によって断熱性能を高めた貯湯ユニット「ウレタンタンク」を開発した。

図2(a),(b)に従来仕様と開発仕様の構造図を示す。従来仕様では複数に分割した発泡スチロール（以下「EPS」という）でタンクを覆い、高効率タイプではさらにその外側に真空断熱

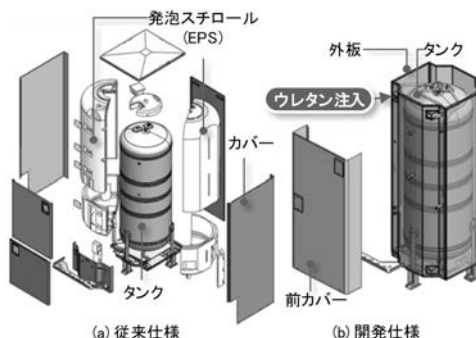


図2 貯湯タンクの断熱構造

*日立アプライアンス株式会社 Hitachi Appliances, Inc.
**株式会社日立製作所 研究開発グループ Hitachi, Ltd., Research & Development Group
原稿受理 2016年3月14日

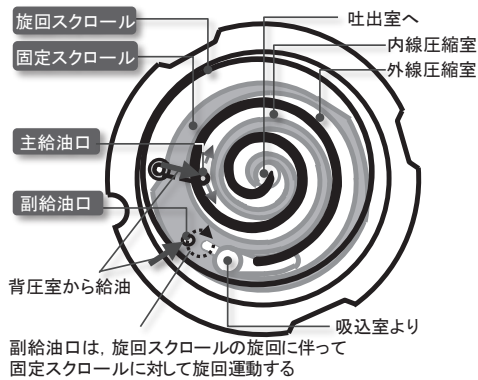


図3 圧縮機の新給油構造

材を重ねる断熱方式としていた。これに対し、開発構造ではタンクと外板の間を断熱性能の高いウレタンで満たす構造とし、高効率タイプではさらにその外側に真空断熱材を重ねた。本構造により、従来の課題であったEPSの接合部からの熱漏洩を低減し、高効率タイプにおいて従来比で約2倍の断熱性能を達成した。

3.2 圧縮機

スクロール圧縮機の効率向上に取り組み、主要技術として圧縮室への新給油構造を開発した。

図3に新給油構造の構造図を示す。新構造では固定スクロールに主給油口を設け、回転スクロールの旋回に伴って、主給油口が内線と外線圧縮室に交互に連通することで給油する構造とした。また、回転スクロールに副給油口を設け、回転スクロールが図3の位置にある時に背圧室から油をくみ取り、その後、回転スクロールが約180度旋回した時に吸込室へ給油する構造とした。これにより、外線圧縮室や吸込室へ過大に流入していた高温油による冷媒加熱の低減と、給油量適正化による圧縮室間の漏れ損失の低減化を図った。さらに、ラップ形状の適正化などと併せて圧縮機効率を改善し、従来比で給湯効率を約4.5%向上した。

3.3 蒸発器

蒸発器の仕様を適正化し、冷媒管外径が5mm、流路分岐数が6パスの蒸発器を開発した。さらに、流路を従来の3パスから多分岐化するために、冷媒の均等分配を目的とした新パス構成を開発した。

図4に開発したパス構成を示す。開発構造では、膨張弁と分配器を直管で接続し、膨張弁流出直後の噴霧流状態で分配する方式を採用した。加えて、蒸発器出口側にて温度の近いパスを近接させると同時に、流入空気の風速分布の不均一性の影響を緩和するために冷媒パスを交差させて冷媒パス温度を均一化した。以上により、高効率タイプ370Lモデルにおいて、従来比で給湯効率を約1.3%向上した。

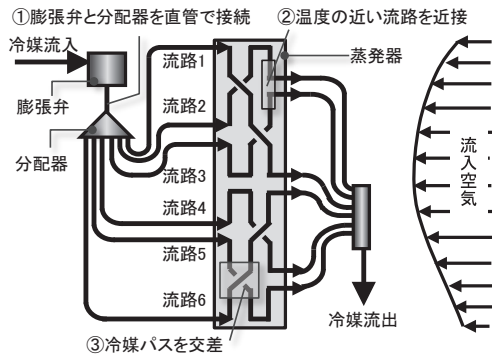


図4 蒸発器のパス構成

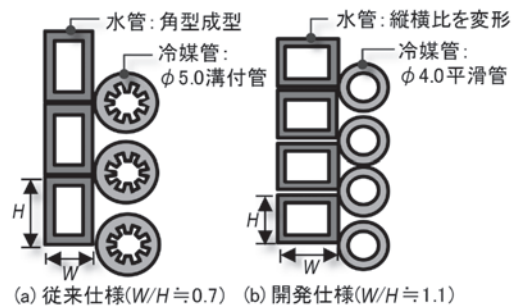


図5 水冷媒熱交換器の仕様

3.4 水冷媒熱交換器

水冷媒熱交換器の配管仕様を適正化し、銅使用量の低減と伝熱性能の向上を両立する構造を開発した。

図5(a),(b)に従来仕様と開発仕様の流路断面図を示す。従来仕様は水管断面の横方向長さ(W)と縦方向長さ(H)のアスペクト比を約0.7、冷媒管をφ5mm内面溝付管としていたが、開発仕様では冷媒管をφ4mm内面平滑管とすることで軽量化を図りつつ、水管のアスペクト比を約1.1に扁平化した。これにより、単位長さの水側圧力損失を低減し、その分流路を延長して伝熱性能を向上した。結果、高効率タイプにおいて従来比で給湯効率を約0.3%向上しつつ約10%の軽量化を実現した。

4. 効果

開発した各技術は省エネ性能の高い高効率タイプだけでなく、改良を加えて標準タイプなどへも適用し、2017年度を目標年度とする省エネ基準値を複数の機種で先行達成した。このうち、高効率タイプ370Lモデルについては、各技術によって約15%の性能向上を実現し、省エネ基準値よりも18%高い性能を達成した。

5. おわりに

CO₂ヒートポンプ給湯機の省エネ性能向上を目的とした各技術を開発し、複数の製品に適用した。これにより、燃料消費量および電気料金の低減や、CO₂排出量の低減による温暖化抑制に貢献できたと考える。