

最高出口水温 90℃と分散設置が可能な 空気熱源式 循環加温ヒートポンプ CAONS™ 140

CAONS™ 140 Air-Source Circular-Heating Heat Pump
with Maximum Output Water Temperature of 90°C

今任 尚希 高山 司 石田 圭一

■IMATO Naoki ■TAKAYAMA Tsukasa ■ISHIDA Keiichi

工場の製造工程には様々な加温処理があり、蒸気ボイラや電気ヒータなどの加熱機器が数多く用いられている。蒸気ボイラは一般に集中設置されており、加温が必要な場所まで長い配管を使って蒸気を搬送するため、配管などからの放熱ロスが多いという課題があった。また、電気ヒータはエネルギー消費量の低減が課題であった。

これらの課題を解決するため、熱の利用箇所近傍への分散配置が可能で、高効率かつ高温水循環加温が可能な空気熱源式循環加温ヒートポンプCAONS™ (カオンス™) 140を開発した。二元冷凍サイクル方式を採用することで、循環加温ヒートポンプとして最高温の出口水温90℃と、一次エネルギー消費量をガスボイラに対して約60%削減できる高効率運転を実現した。また、狭小な場所への設置を考慮し、熱源ユニットと供給ユニットの設置面積がともに0.29 m²のコンパクトな設計にした。

Various types of heating equipment including boilers and electric heaters are used for various heating processes in manufacturing plants. As boilers are often installed at a particular location in a plant, it is necessary to reduce radiative heat losses from the long pipes required to transport heat to the destination, while in the case of electric heaters, it is also necessary to reduce energy consumption.

As a solution to these issues, Toshiba Carrier Corporation has developed the CAONS™ 140 air-source circular-heating heat pump for high-temperature water. The CAONS™ 140 features higher energy efficiency, higher temperature circular-heating water, and compact design, permitting decentralized arrangement near locations where heat is required. Its cascade refrigerating system realizes a maximum output water temperature of 90°C and energy-efficient operation that achieves a 60% reduction in primary energy consumption compared with that of a gas boiler. The footprint of each CAONS™ 140 unit is only 0.29 m², allowing to be installed in locations with limited space.

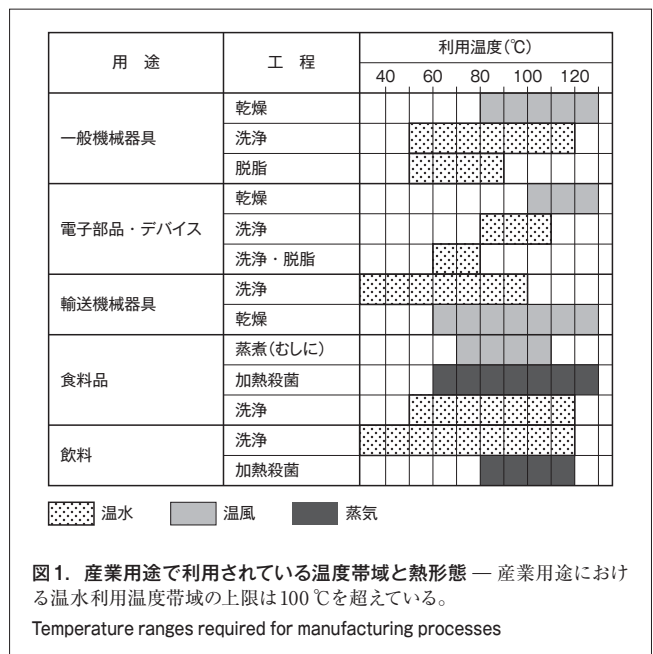
1 まえがき

近年、地球温暖化防止や低炭素社会実現への取組みが強く求められているなか、高効率なヒートポンプ機器は、空調用途だけでなく給湯機器など様々な用途へ拡大することで、地球環境の保護に貢献することが可能である。しかし、工場の製造工程などで用いられる産業用熱源分野への普及は十分とは言えないのが現状である。

産業用熱源の分野においては、工場の製造工程に様々な加温処理があり、蒸気ボイラや電気ヒータなどの熱源が広く用いられている。産業用途において工程別に利用されている温度帯域と熱形態を図1に示す。

温水利用工程には洗浄や脱脂などがあり、利用温度帯域の上限は100℃を超えている。ボイラは一般に集中設置されており、熱の利用箇所まで長い配管を使って蒸気を搬送するため、配管による放熱ロスが大きいという課題がある。また、直接蒸気を必要とする場合もある一方で、温水として利用する工程も多く、温水利用温度が90℃以下で、かつ槽の温度を一定に保つ循環加温用途に用いられる熱量は、東芝キャリア(株)の調査によると、国内市場だけで年間約6.7×10¹⁶Jに上る。

近年では、産業用ヒートポンプ機器が開発され導入例も見



られるようになってきたが、市場からは、循環加温水の高温化、ヒートポンプの高効率化、及び製造工程近傍の狭小スペースへも設置できるコンパクト化などの要望が多く挙がって

いる。それらに応えるため、当社は空気熱源式 循環加温ヒートポンプ CAONS™ (カオズ™) 140を開発した。

ここでは、CAONS™ 140の仕様、特長、及びシステム構成例などについて述べる。

2 ユニット構成、仕様、及び熱交換の仕組み

CAONS™ 140の外観を図2に、主な仕様を表1に、及び熱交換の仕組みを図3に示す。

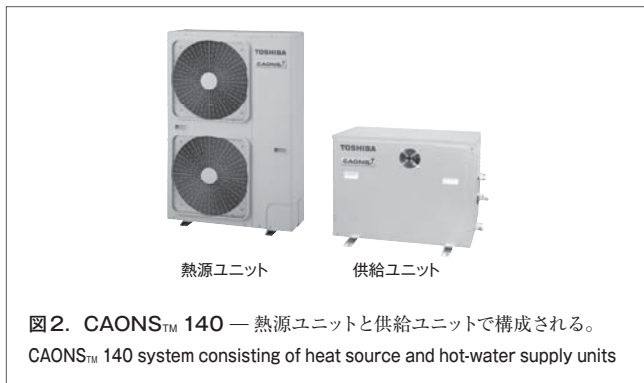
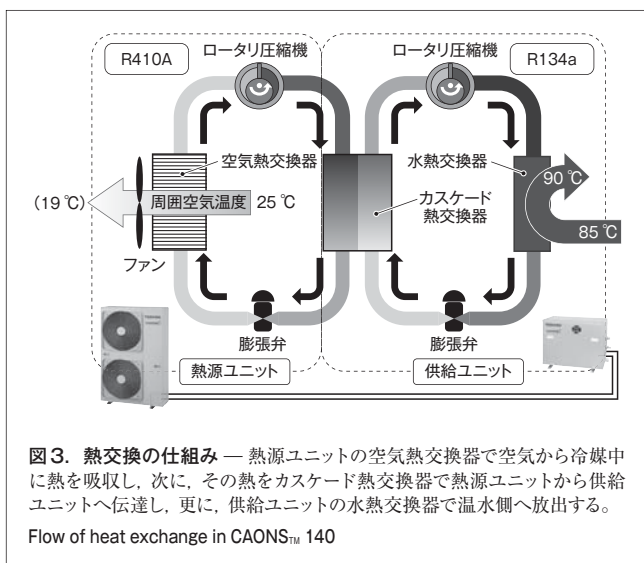


表1. CAONS™ 140の主な仕様
Main specifications of CAONS™ 140

項目	熱源ユニット	供給ユニット
外形寸法 (幅×奥行×高さ)	900×320×1,340 mm	900×320×700 mm
使用冷媒	R410A	R134a
定格電源	三相200 V (50/60 Hz)	
定格加熱能力	14.0 kW	
定格COP	3.5*	
出口水温	50~90℃	

COP: エネルギー消費効率
*条件: 周囲温度 25℃ (25℃ DB (乾球温度)/21℃ WB (湿球温度)), 入口水温 60℃, 出口水温 65℃

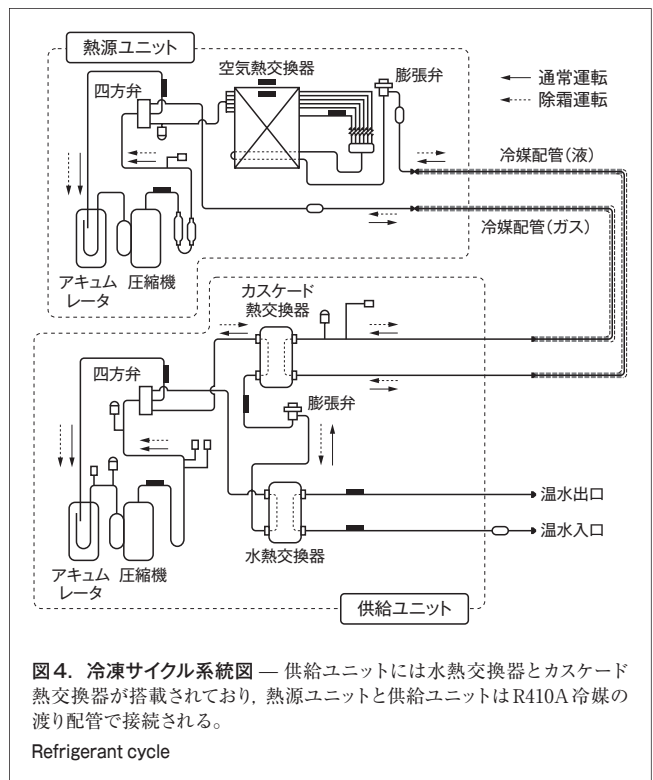


このシステムは熱源ユニットと供給ユニットから成り、熱源ユニット側の冷凍サイクルで加熱された冷媒を、供給ユニット側の冷凍サイクルで更に加熱して高温水を得る、二元冷凍サイクル方式を採用した。

熱源ユニットは、省エネルギーで実績のある店舗用空調機をベースに、熱交換器と冷凍サイクル制御の最適化設計を行った。冷媒は、空調機と同じR410Aを採用しており、低外気温度が想定される屋外への設置が可能である。

一方、供給ユニットは、洗浄槽など利用端の近傍で放熱ロスを抑えながら効率よく温水を供給するため、屋内設置仕様とした。冷媒は、高温取出しに適したR134aを採用しており、蒸発器 (図3のカスケード熱交換器) 側は熱源ユニット側のR410A冷凍サイクルとの間で冷媒と冷媒の熱交換を行い、凝縮器 (図3の水熱交換器) 側は冷媒と水の熱交換を行う構成とした。

CAONS™ 140の各ユニットを構成する機器と冷凍サイクル系統図を図4に示す。



3 特長

3.1 最高出口水温90℃の循環加温

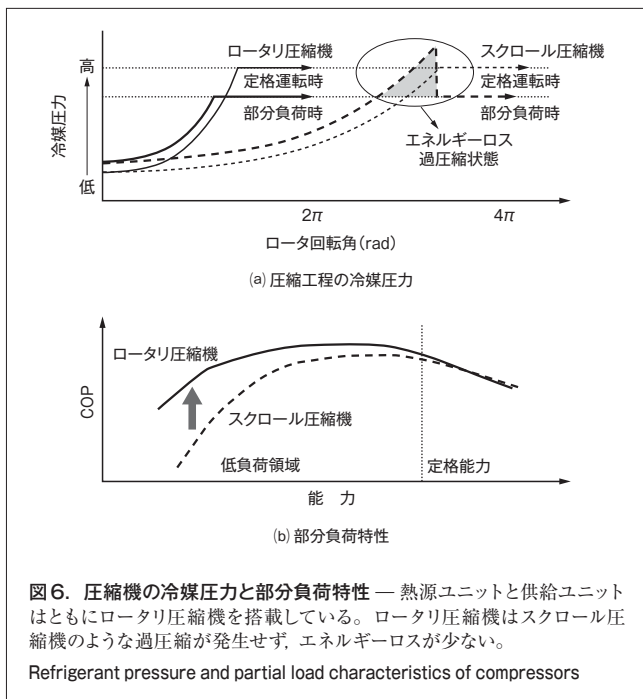
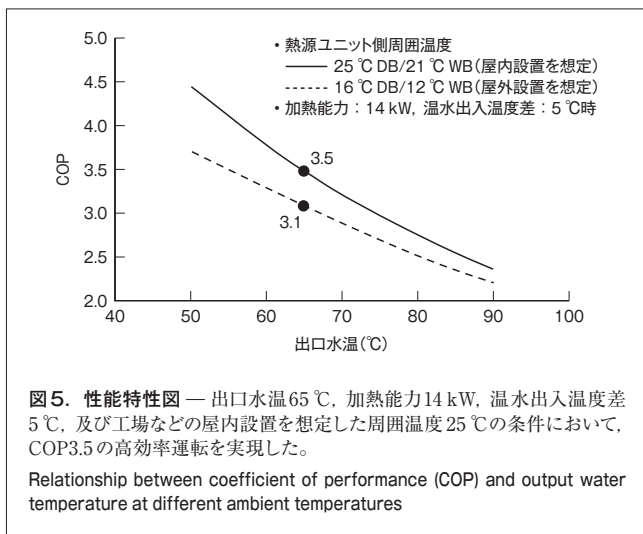
これまでの空気熱源式 循環加温ヒートポンプの出口水温は、単元冷凍サイクルのため70℃程度であった。当社は、出口水温90℃を実現するため、前述の二元冷凍サイクル方式に加え、R134a冷媒に適した高効率でかつ高温領域での信頼性を確保したツインロータリ圧縮機を新たに開発した。システム

の運転は、熱源ユニットの周囲温度が-15℃の極低温から43℃の高温域まで幅広く可能で、50℃から最大90℃までの温水を取り出すことができる。

3.2 省エネ性能の向上

二元冷凍サイクルに適したツインロータリ圧縮機と高効率インバータを採用し、また、熱源ユニットの周囲温度と設定温度に基づいてカスケード熱交換器の冷媒温度を最適にコントロールすることで、高効率運転を実現した。

代表条件における出口水温とCOP (Coefficient of Performance: エネルギー消費効率) の関係を図5に示す。機器の性能は、熱源ユニットを屋内に設置した場合を想定した周囲温度25℃ (25℃ DB (乾球温度) / 21℃ WB (湿球温度)) 及び



び出口水温65℃の条件でCOP3.5を、また、屋外に設置した場合を想定した周囲温度16℃ (16℃ DB/12℃ WB) 及び出口水温65℃の条件ではCOP3.1を達成した。

性能向上の大きな要因として、ツインロータリ圧縮機の部分負荷特性の向上が挙げられる。圧縮機の圧縮工程の冷媒圧力及び部分負荷特性を図6に示す。ロータリ圧縮機は吐出弁を持っているため運転状態に応じて吐出圧力を変化させることができ、スクロール圧縮機のように過圧縮を生じない。このロータリ圧縮機をインバータ制御することで、高い部分負荷効率を生かした運転が可能になる。それにより、熱源ユニットは屋内設置から屋外設置まで幅広い運転範囲において高効率運転が可能になる。システムの加熱能力とCOPの関係を示した部分負荷特性を図7に示す。

屋内設置の条件で、従来のガスボイラや電気ヒータ方式とCAONS™ 140の経済性を比較した結果を図8に示す。図からわかるように、エネルギー消費量及びランニングコストを60～70%と大幅に削減できる。

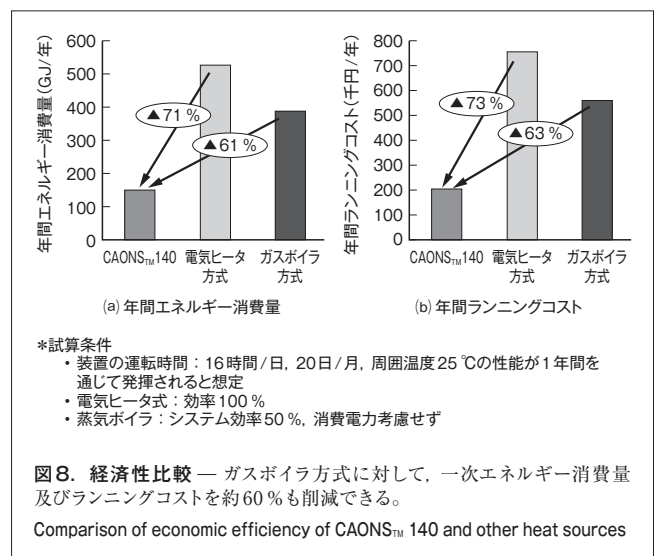
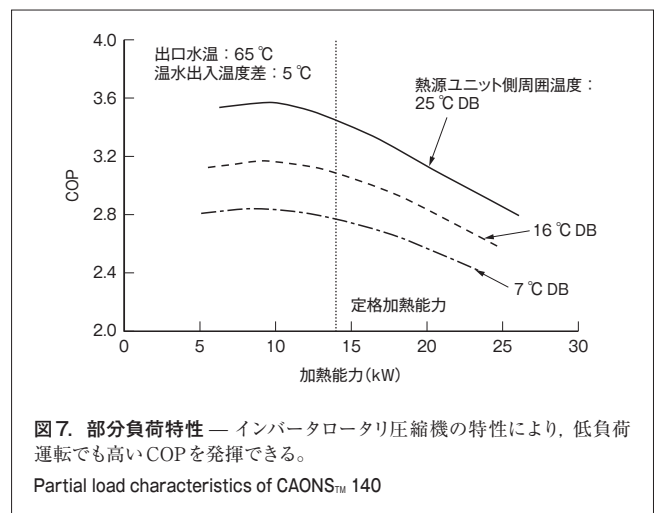




図9. 省スペース設置の例 — 熱源ユニットと供給ユニットの設置面を同形状にすることで、段積み設置ができるようにした。

Examples of space-saving installation

3.3 設置自由度の拡大

狭小な場所への設置を考慮し、熱源ユニットと供給ユニットの設置面積はともに0.29 m²とコンパクトに設計した。更に、図9に示すように、製造工程のレイアウトに合わせて、熱源ユニットと供給ユニットの2段積みや供給ユニットの複数段積みなどの設置もできるようにしている。また、熱源ユニットと供給ユニットのセパレート設置も可能であり、冷媒配管長は最大30 m、落差は10 mまで可能である。これにより、設置レイアウトの自由度を高められるほか、工場内などで廃熱が発生する場所に熱源ユニットを設置することで廃熱回収効果を得ることができ、更に高効率で運転できるようになる。加えて運転中は熱源ユニットから冷風が生成されるため、空調負荷の低減に寄与できる可能性もある。

4 産業分野におけるシステム構成例

産業分野における洗浄システムの構成例を図10に示す。このシステムは、タンクの温度が一定になるよう機器を制御し、間接熱交換器を介して洗浄槽を加温するシステムである。この図は

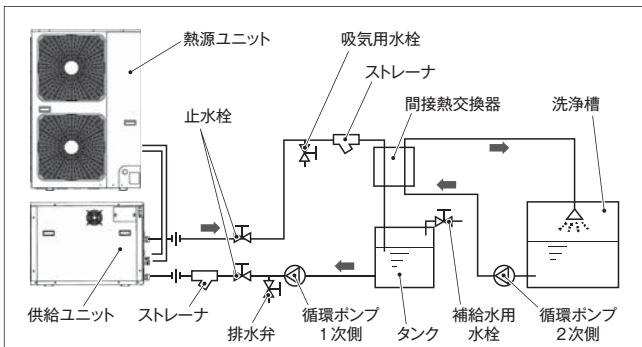


図10. 洗浄システムの構成例 — タンクの温度が一定になるよう機器を制御し、間接熱交換器を介して洗浄槽を加温する。

Example of configuration for washing system

システムを1台設置した例であるが、最大4台まで並列で接続して連結運転が可能であり、これにより14 kWから56 kWまで能力を変えることができる。また、集中コントローラを接続すれば、1～4台の連結運転を1グループとして最大8グループまでの運転管理が可能になる。

産業用プロセスでの適用に特化し、各種信号の入出力機能を複数備えている。出力機能では、運転や故障信号のほか、外部ポンプ及びヒータやボイラなどの補助用熱源の運転、停止が可能な無電圧接点出力を備えている。入力機能では、外部からの運転、停止や外部ポンプと補助用熱源のインタロック信号などを入力できる接点入力、及び外部温度センサや外部設定水温などを入力できるアナログ入力回路を備えている。このほか、供給電源の三相200 V化や、供給ユニットへの大型LED (発光ダイオード) パイロットランプの搭載など、産業用途に向けて使いやすさを意識した仕様を織り込んでいる。

5 あとがき

CAONS™ 140は、熱の利用場所の近傍に分散設置が可能で、高効率なかつ高温水が取り出せる空気熱源式循環加温ヒートポンプであり、工場における二酸化炭素 (CO₂) 排出量の削減と省エネの推進に大きな効果が期待できる。

また、CAONS™ シリーズとしては、ここで述べたCAONS™ 140の他にも加熱能力4.5 kW、最高出口水温64℃のCAONS™ 45や、加熱能力70 kW、最高出口水温90℃のCAONS™ 700も製品化している。

当社は、ヒートポンプソリューションカンパニーとして、今後、ヒートポンプの適用範囲を更に拡大できる製品を提供していく。また、様々な熱の用途に合わせてヒートポンプによる熱源の転換を推進することで、省エネや地球環境の保全にも貢献していきたい。



今任 尚希 IMATO Naoki

東芝キャリア(株) 技術本部 給湯設計部主務。
海外・業務用給湯機の設計に従事。
Toshiba Carrier Corp.



高山 司 TAKAYAMA Tsukasa

東芝キャリア(株) 技術本部 コアテクノロジーセンター主務。
ヒートポンプ機器の開発に従事。日本冷凍空調学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



石田 圭一 ISHIDA Keiichi

東芝キャリア(株) 技術本部 コアテクノロジーセンター主務。
ヒートポンプ機器用制御器の開発に従事。電気学会会員。
Toshiba Carrier Corp.