

日本冷凍空調学会賞 技術賞

低GWP冷媒を用いた空気熱源循環加温 ヒートポンプ “Q-ton Circulation”

An Air-source Heat Pump using Low-GWP Refrigerants
to Heat Circulation Water “Q-ton Circulation”

1. はじめに

工場の生産プロセスでは、温水を作るため化石燃料を使用した蒸気ボイラや電気ヒータが広く使われているが、最近では効率に優れたヒートポンプも用いられるようになってきている。

三菱重工サーマルシステムズ(株)と中部電力(株)は共同で、熱源を空気とし、低GWP冷媒を採用し環境負荷の低減を図るとともに、高いエネルギー効率と外気温度20℃でも75℃の温水取り出しを実現する循環加温ヒートポンプ “Q-ton Circulation” の開発を行った。表1は開発機の主要緒元である。本稿ではその開発概要について紹介する。

表1 主要緒元

型式	EQA401	
定格加熱能力	kW	40 (最大50)
エネルギー消費効率	3.3	
設定温度範囲	℃	40 ~ 75
使用温度範囲	温水出口温度	℃
	外気温度	℃
外形寸法 (高さ×巾×奥行)	mm	2048 × 1350 × 720
冷媒 (封入量)	R 454C (10.8 kg)	
流量範囲	m ³ /h	1.72 ~ 9.00

2. 開発概要

2.1 低GWP冷媒の選定

外気温度マイナス20℃から43℃までの範囲で出湯温度75℃を実現するための冷媒選定を行った。図1に各種冷媒の臨界温度、沸点およびGWPをまとめた。前述の製品要求仕様を満足するために、従来冷媒として想定されるR407C同等の性能を有する低GWP冷媒としてR454CとR455Aを候補に挙げた。

次に空気熱源式ヒートポンプでは重要となる温度グライドについて比較を行った。図2にR32/HFO混合冷媒の温度グライドを示す。R455Aの温度グライドは11.9 degと大きく、低外気温時に蒸発熱交がフロストしてしまうおそれがある。一方、R454Cの温度グライドは7.7 degであり、R407Cの温度グライド6.2 degに対し差は小さく、同等の扱いが可能である。以上の結果より、低GWP冷媒としてR454Cを選択した。



岡田有二* 森 孝親* 渡邊激雄** 中山 浩***
Yuji OKADA Takachika MORI Choyu WATANABE Hiroshi NAKAYAMA

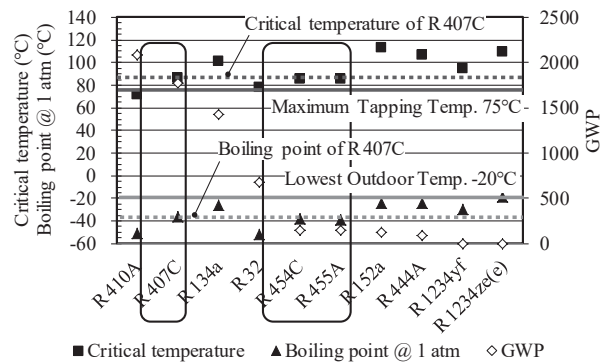


図1 各種冷媒の臨界温度、沸点およびGWP

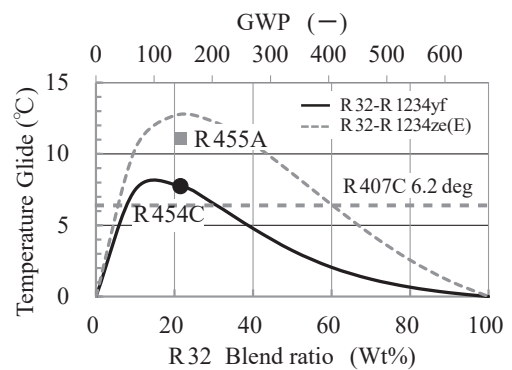


図2 R32/HFO混合冷媒の温度グライド

2.2 二段圧縮サイクルの適用

本製品のように空気熱源で低外気温から高温出湯を実現しようとする圧縮比が非常に大きくなり、効率の低

*三菱重工サーマルシステムズ(株)
Mitsubishi Heavy Industries Thermal Systems, Ltd.
**名古屋大学
Nagoya University
***中部電力(株)
Chubu Electric Power Co., Inc.
原稿受理 2020年3月9日

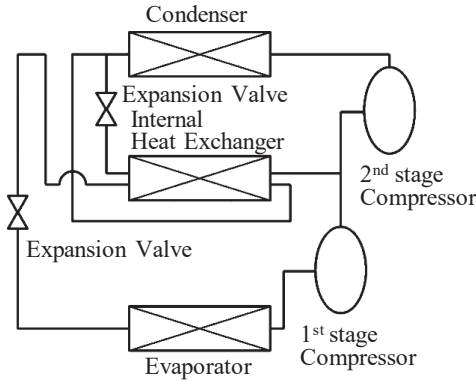


図3 二段圧縮サイクル

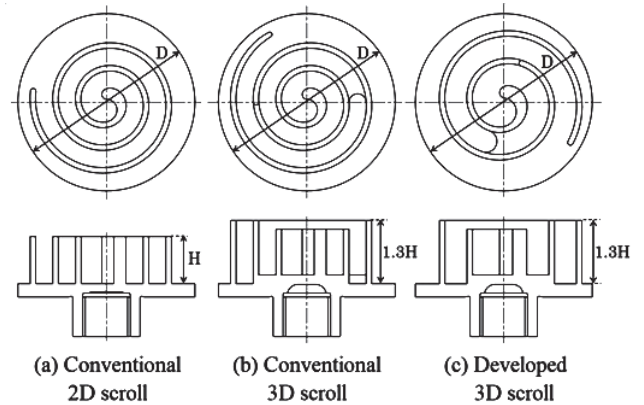


図5 開発スクロール概略

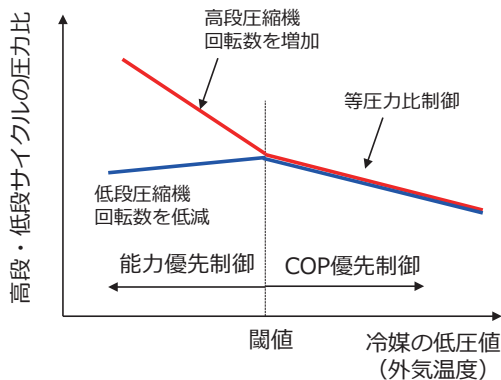


図4 二段圧縮サイクルの最適化制御

下や出湯温度の制限などの課題がある。この課題に対し、2台の圧縮機を直列に接続した二段圧縮サイクルを採用した(図3)。二段圧縮を採用することで単段時に比べ13%の効率向上を得られた。また、図4に示すように、高段・低段サイクルの圧力比を低圧圧力に応じて制御することで、低外気温時には加熱能力を優先した運転を行い、通常はCOPを優先した運転を行うことを可能とした。

2.3 三次元スクロール圧縮機の最適化

一般的に二段圧縮サイクルにおける低段側圧縮機は、エコマイザサイクルの特性から、高段側圧縮機に対し大きな押しのけ量が要求される。外形寸法を変更せずにこの要求を満足させるため、三次元(3D)スクロールの採用とスクロールインボリュートの再設計を行った。図5に開発スクロールの概略を示す。(a)の二次元スクロールに対し、(b)の三次元スクロールでは1.4倍の押しのけ量を実現した。さらなる押しのけ量拡大のため、スクロールインボリュートの見直し、および巻き数の見直しにより押しのけ量の拡大を試みた。(c)に新しいスクロールインボリュートを示す。巻き数の減少は内容積比の最適化に寄与した。単純に押しのけ量を増加させるだけの変更を行うと、一段目の圧縮行程で過圧縮となっ

てしまい効率の低下をまねく。スクロールインボリュートおよび巻き数見直しを行った結果、押しのけ量を増加させながら圧縮比の低減が可能となった。

3. おわりに

表2に食品工場の洗浄槽加温を目的として導入したフィールドテスト機のデータから、年間でのランニングコストとCO₂排出量の低減効果の予測を示す。ランニングコストは従来比49.8%、CO₂排出量は従来比53.0%となった。今後、さらに連続運転の時間を伸ばすことでCOPの向上が期待でき、年間ではランニングコスト、CO₂排出量ともに、約54%まで低減が見込める。

表2 ランニングコストとCO₂排出量の低減効果

			Gas boiler	Heat pump	Reduction
Energy consumption	Gas	Nm ³	369		
	Electricity	kWh		828	
Running cost		×1,000 JPY	24	12	49.8%
Primarily energy consumption		GJ	15	8	46.1%
CO ₂ emissions		ton-CO ₂	0.8	0.4	53.0%

このように、二段圧縮サイクルの採用と一段目圧縮機の最適化設計により、外気温マイナス20℃の低外気温でも75℃の出湯が可能な空気熱源循環加温ヒートポンプを開発した。定格COPは3.3と優れた効率を達成した。これにより産業分野でのヒートポンプ導入の機会を増加し、省エネルギーへの貢献の機会が増加すると考えられる。また、GWP値146の低GWP冷媒R454Cを採用したことで、従来製品に比べ大幅に環境負荷を減少させることが可能となった。

今後も低GWP冷媒や自然冷媒を採用したヒートポンプ製品の提供を通じ、省エネルギー化および環境負荷低減に貢献していく。