



日本冷凍空調学会賞 技術賞

3Dスクロール圧縮機搭載 高効率直結式陸上輸送用冷凍機

High Efficiency Direct Driven Refrigeration Unit for Transportation

1. はじめに

我が国のCO₂排出量の約2割は運輸部門が占めており、京都議定書に基づくCO₂排出量削減目標達成のために、運輸部門の効率改善が強く求められている。また、国内貨物の9割以上を担うトラックにおいては、排出ガス規制が年々強化されており、排ガス浄化に必要となるエンジン補器類の増加により、エンジンルームが狭小化する傾向にある。

こうした背景を踏まえ、圧縮機の大幅な小型・軽量化による車両搭載性確保と同時に、エネルギー効率向上を実現した直結式陸上輸送用冷凍機を開発した。

2. システムの概要

直結式冷凍機は図1に示すように、冷凍機用圧縮機を車両エンジンで駆動するシステム形式であり、冷媒としてR404Aを使用し、ヒートポンプサイクルにより保冷バン内を一定温度に保つように構成されている。

3. 高効率化技術

3.1 冷凍機専用設計3Dスクロール圧縮機の採用

圧縮機の小型化とエネルギー効率向上を同時実現するため、当社独自の三次元圧縮機構を有するスクロール形状（3Dスクロール[®]）を採用し、小型ながら冷凍機に適



藤谷 誠*
Makoto FUJITANI



甲斐政和*
Masakazu KAI



田中孝史*
Takashi TANAKA



伊藤隆英*
Takahide ITOH



渡辺 泰*
Yasushi WATANABE

した高設計圧力比とした3Dスクロール圧縮機を開発した。当圧縮機は、体積が当社従来圧縮機の約40%と大幅な小型化を図った上、定格点における圧縮効率を約15%向上させている。図2に当社従来レシプロ式圧縮機との断熱圧縮効率比較を示す。

3.2 熱損失・圧力損失の低減

大容量気液熱交換器を採用することで、従来高温エンジンルーム内で圧縮機吸入配管が無駄に吸熱していた熱量分を過冷却増強に利用し、効率を向上させるとともに、冷凍能力当たりの必要冷媒循環量を削減し、圧力損失の低減を図った。

3.3 ファン動力の低減

高効率DCブラシレスモータの採用、セレーション翼による渦損失の低減、気流改善による庫内循環風量最適化により、電力消費量の8割以上を占める送風系のエネ

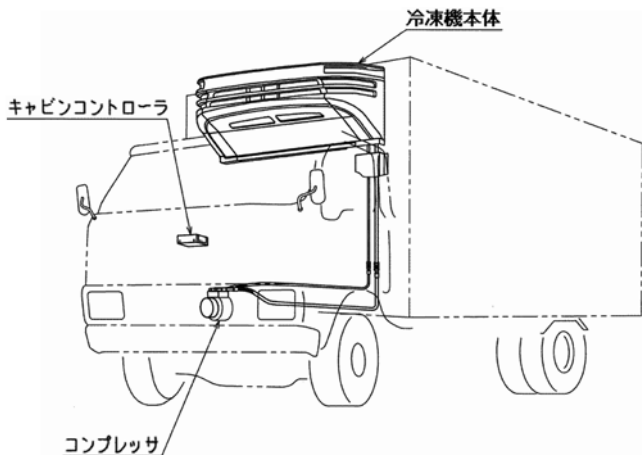


図1 直結式輸送用冷凍機架装例

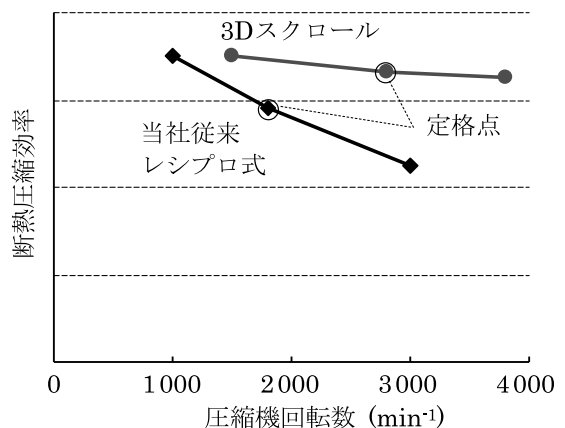


図2 断熱圧縮効率比較

*三菱重工業(株)
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
原稿受理 2008年2月26日

ルギー消費量を当社従来機対比で最大23%低減した。

3.4 過負荷・軽負荷時の運転効率改善

圧縮機回転数を自ら制御できない直結式冷凍機では、システムの許容運転範囲を外れないように、冷媒制御機器側で保護制御する必要がある。開発機では、直結式冷凍機で初となる高低圧圧力センサを装備し、運転圧力を2次元管理することで、許容運転範囲を最大限活用できるようにした。さらに、高圧圧力が許容値以上とならないように自動的に冷媒流量制御を行う当社独自の高圧自動制御弁を組み合わせて、クールダウン開始時の過負荷条件からアイドリング運転の軽負荷条件まで、その時々で発揮し得る最大能力で運転可能とし、運転範囲全域での運転効率改善を図った。

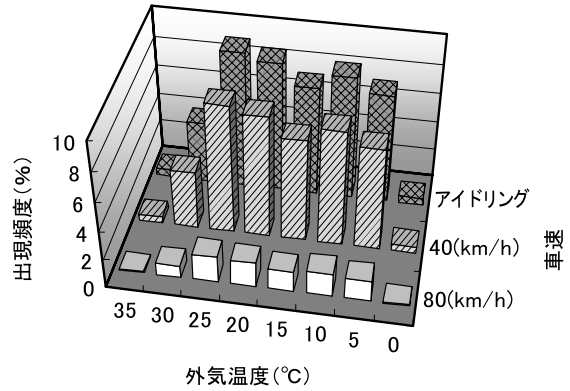


図3 輸送用冷凍機使用条件頻度分布

4. 信頼性向上技術

車載用冷凍空調装置では、停車時の圧縮機への冷媒マイグレーションによる冷媒液寝込みにより、液圧縮起動やフラッシングが発生し、機器の信頼性を大きく低下させる。開発機ではこの課題を解決するため、冷凍機停止時には圧縮機吸入および吐出側に設けられた弁が閉止する液寝込み防止回路を採用している。また、圧縮機には液圧縮が発生した場合の発生応力を大幅に低減するマルチリリースポートを装備した。

5. システム効率改善効果の実車検証

5.1 測定条件

車速と気温をパラメータとして、1年間の冷凍機運転条件の出現頻度を定義した。車速はJE05重量車試験モードに基づき、図3に示す3条件に割り振った。気温は気象庁発表の東京、名古屋、大阪の1時間ごとの気温データをもとに頻度割付を行った。

測定は図4に示すとおり、車速に応じた走行負荷と走行風を与えて行い、冷凍機運転有無の車両燃料消費量差を冷凍機燃料消費量とした。

5.2 測定結果

年間冷凍機稼働時間を2000時間とした場合の冷凍機燃料消費量測定結果を表1に示す。



図4 実車燃費試験状況

表1 冷凍機年間燃料消費量測定結果

項目	従来機	開発機
冷凍機年間燃料消費量	365 L	267 L

↑ 27%削減

6. まとめ

3Dスクロール圧縮技術の適用により、市場要求である圧縮機の小型化と大幅な効率改善を同時達成した。現在までに、小型冷凍車から中型冷凍車に対応する製品のラインナップを終え、現在大型冷凍車用、マルチテンプ用を開発中である。運輸部門のCO₂排出量削減に貢献するため、エネルギー効率を大幅に向上させた新型直結式冷凍機シリーズの普及に努めていく。