

日本冷凍空調学会賞 技術賞

業務エアコン用3Dスクロール圧縮機

3D Scroll Compressor for Commercial Air-Conditioner

1. はじめに

地球温暖化に対する環境保全の観点から、冷凍・空調機器における省エネルギー化の動きはますます加速されている。冷凍・空調機器が消費する電力のうち、大部分は冷媒を圧縮する圧縮機が占めており、冷凍・空調機器の省エネには圧縮機の高効率化が不可欠である。

スクロール圧縮機は高効率、低振動が特徴であり、近年の省エネ化の流れを受けて、機器の用途、大小を問わず幅広く採用されている。筆者らは、スクロール圧縮機の更なる高効率化、小型軽量化を図るため、従来の周方向圧縮に高さ方向圧縮を加えた独自の三次元圧縮機構(3Dスクロール)を搭載した業務エアコン用3Dスクロール圧縮機を開発した。

2. 3Dスクロールの特徴

図1に今回開発した業務エアコン用3Dスクロール圧縮機、図2に従来スクロールと3Dスクロールの断面図を示す。従来のスクロールはラップ高さが圧縮行程全域にわたって一定であり、冷媒は外周部から内周部に向かって二次元的に圧縮される。一方、3Dスクロールはスクロールの歯先と根元にステップが設置されている。これにより、外周側のラップ高さは内周側よりも高くなることから、周方向のみならず高さ方向にも圧縮する三次元圧縮が可能となる。3Dスクロールの特徴は以下のとおりである。

- ・周方向だけでなく、高さ方向にも圧縮することで、高い圧縮比が得られる。
- ・大荷重が作用するスクロール中央部のラップ高さを低くすることで、スクロール強度が向上し、高い信頼性が得られる。
- ・外周部のラップ高さを高くすることで、スクロール外径を増加させることなく容量の増加が可能であり、小型軽量化に適している。また、圧縮機小型化により機械損失を低減できる。

3Dスクロールの圧縮原理を図3に示す。3Dスクロールには固定、回転スクロールそれぞれの歯先と根元にス



藤谷 誠* Makoto FUJITANI 小林寛之* Hiroyuki KOBAYASHI 水野尚夫* Hisao MIZUNO 伊藤隆英** Takahide ITOH 佐藤 創** Hajime SATO

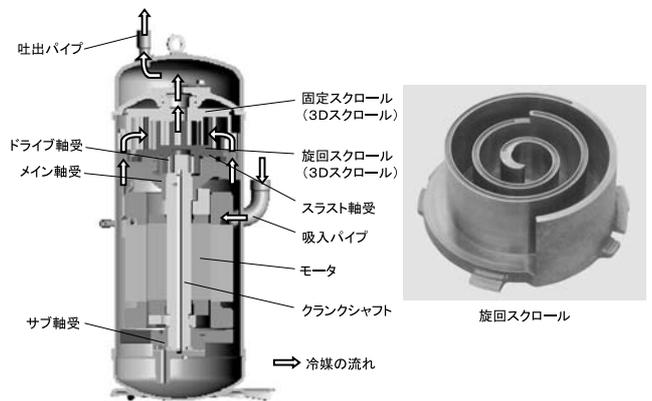


図1 3Dスクロール圧縮機

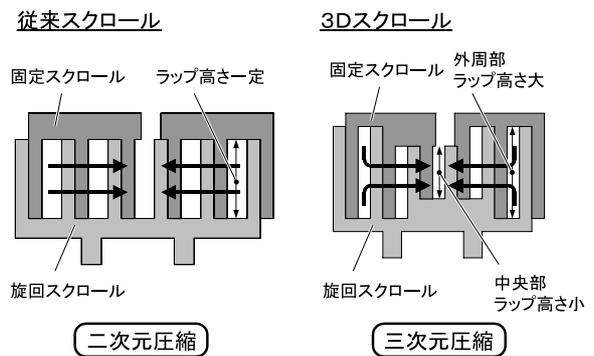


図2 従来スクロールと3Dスクロールの断面図

テップが設置されている。ステップ部がかみ合わない状態(b)(d)では、隣り合う圧縮室の圧力が等しいことから、ステップ部には洩れが生じない。一方、ステップ部がか

* 三菱重工業(株)冷熱事業本部
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Air-Conditioning & Refrigeration Systems Headquarters
** 三菱重工業(株)技術本部 名古屋研究所
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Technical Headquarters, Nagoya Research & Development Center
原稿受理 2007年2月23日

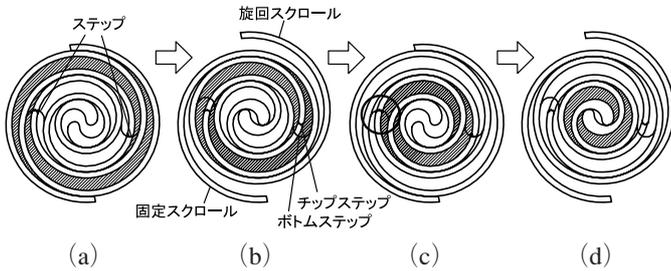


図3 3Dスクロールの圧縮原理

み合っている状態(a)(c)では、ボトムステップとチップステップが互にかみ合うことでシール線を形成する。

3. 3Dスクロール圧縮機の高効率化技術

3.1 ステップ部洩れ損失の低減

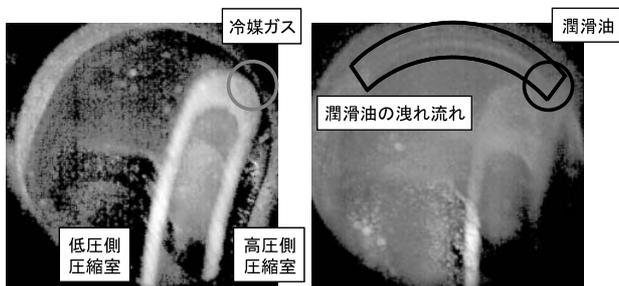
3Dスクロールの技術課題として、ステップ部からの洩れ低減がある。図4はステップ部の洩れ流れ挙動可視化試験結果である。潤滑油量が少ない場合(a)は、隙間(○印)に潤滑油が存在せず、隙間から冷媒ガス洩れが発生しているが、潤滑油量が多い場合(b)には隙間に油が満たされており、壁面にそって潤滑油が噴出する様子も観察できる。

可視化試験結果をもとに、隙間の大きさと冷媒中に含まれる潤滑油量を適切にコントロールすることで、ステップ部分からの冷媒洩れ低減が可能となった。

3.2 スラスト軸受損失の低減

スラスト軸受損失は、スクロール圧縮機で発生する機械損失のうち大きな割合を占め、高効率化のためには、スラスト軸受損失低減が不可欠である。

3Dスクロールを採用することで、ラップ高さを高く設定できるため、同容量の従来スクロール対比スクロール外径を小さくできる。このため、受圧面積が小さくなり、スラスト軸受荷重を低減できる。さらに、回転半径についても小さく設定できるため、摺動距離を低減することができる。これにより、従来機対比大幅なスラスト軸受損失低減が可能となった。



(a) 潤滑油量小 → 冷媒ガス洩れ
(b) 潤滑油量大 → 潤滑油による隙間シール

図4 ステップ部の可視化

4. 開発機の特徴

4.1 3Dスクロールによる小型軽量化

今回開発した業務エアコン用10馬力3Dスクロール圧縮機と同容量の従来機の圧縮機外観を図5に示す。3Dスクロール搭載により、従来機対比35%の容積低減、26%の製品質量低減を達成し、ユニット搭載性が大幅に向上した。

4.2 3Dスクロールによる高効率、低騒音化

本開発機は

- ① 3Dスクロール採用による圧縮比最適化、洩れ隙間最適化による指示損失低減
- ② 圧縮機小型化による機械損失低減
- ③ 高効率モータ採用によるモータ損失低減

により、従来機対比5.5%の効率向上を実現した。また、騒音についても、圧縮機小型化による放射面積縮小と剛性増加により、従来機対比6dB低減できた。

5. おわりに

独自の新しい圧縮機構である“3Dスクロール”の開発により、従来機対比大幅な高効率化、低騒音化、小型軽量化が可能となった。今回開発した業務エアコン用3Dスクロール圧縮機では、3Dスクロール搭載により、従来機対比

- ・ 5.5%の効率向上
- ・ 6dBの騒音低減
- ・ 35%の小型化、26%の軽量化

を達成した。

これまで筆者らは、本開発機に加え、GHP（ガスヒートポンプエアコン）用の3Dスクロール圧縮機を開発済である。今後、冷凍ユニット等にも順次3Dスクロールを導入する計画であり、冷凍・空調機器の省エネルギー推進を通じて地球環境保全に貢献していきたい。

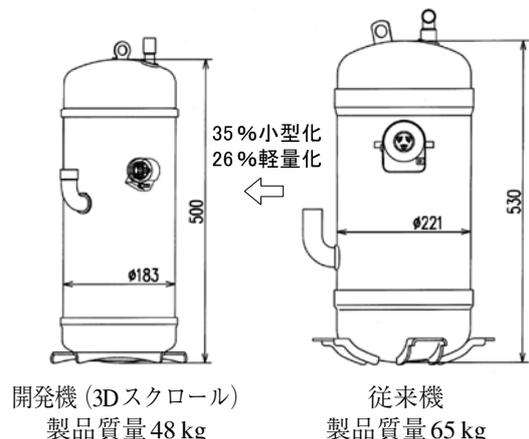


図5 圧縮機外観