

日本冷凍空調学会賞 技術賞

「e-3Dスクロール」を搭載した 高効率スクロール圧縮機

High Efficiency Compressor with Evolutionary Three-Dimensional Scroll

1. はじめに

地球温暖化における環境保全などの観点から、冷凍空調機器における省エネルギー化の動きは益々加速し、その消費電力の大部分を占める圧縮機には常に高効率化が求められている。これに対応するため、2005年に開発した当社独自の“3Dスクロール”をさらに高効率化させた進化型3次元圧縮構造“e-3Dスクロール”を搭載したスクロール圧縮機を開発した。



佐藤 創**
Hajime SATO



木全央幸*
Yoshiyuki KIMATA



高須洋悟*
Yogo TAKASU



伊藤隆英**
Takahide ITO



山下拓馬**
Takuma YAMASHITA

2. “e-3Dスクロール”の特徴

2.1 従来型スクロールの圧縮方向と洩れ隙間

図1に従来型スクロール(2Dスクロール)と3Dスクロール、および今回開発したe-3Dスクロールの断面模式図を示す。2Dスクロールのラップ高さは最外周から中央部にかけて一定であり、冷媒は外側から内側に向かって2次元的に圧縮される。一方、3Dスクロールはラップ先端、スクロール端板にステップ状の高さ変化を設けることにより、ラップ高さ方向への圧縮を加えたことが特徴である。

しかし、3Dスクロールにはステップの噛み合い部における固有の洩れ隙間が存在する。図2にステップ隙間の模式図を示す。固定スクロール端板側と回転スクロールラップ側が噛み合うステップ部には、右側の圧縮室から左側の圧縮室への洩れ経路が存在する。このため、隙間の大きさや油循環率を最適化することで洩れ損失を最小化させる必要があった。今回、進化型3次元圧縮構造“e-3Dスクロール”では、さらなる効率向上のため、3D

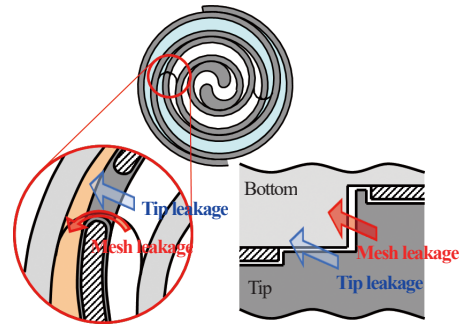


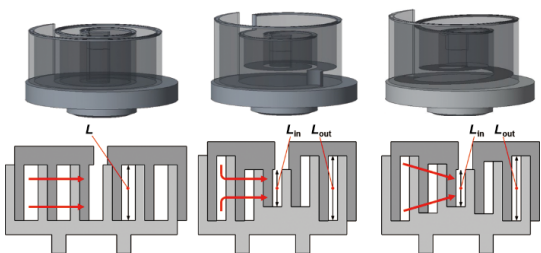
図2 3Dスクロールにおけるステップ洩れ

スクロールの特徴をそのままに、ステップ隙間自体が存在しない構造の開発に取り組んだ。

2.2 “e-3Dスクロール”の構造および特徴

e-3Dスクロールは、ラップの高さを図1(c)に示すように、圧縮の進行に伴い滑らかなスロープ形状で連続的に減少させたことが特徴である。この構造により、e-3Dスクロールは3Dスクロール同様、高さ方向の圧縮が可能である上に、ステップ自体が存在しないためステップ洩れが存在せず、効率向上を実現した。

図3にe-3Dスクロールのラップ展開図を示す。e-3Dスクロールはスロープ形状のラップ先端および端板を持ち、外周から中央に向かって徐々にラップ高さが低くなる。1対のスクロールにおいては、片方のスクロールラップ先端のスロープ角度は、もう一方のスクロールの対応する位置における端板のスロープ角度と等しくなる。なお、圧縮機本体へのスクロールの組付けを容易にするため、最外周部と最中央部のラップ先端、端板形状は平



(a) 2Dスクロール (b) 3Dスクロール (c) e-3Dスクロール

図1 スクロール断面模式図

*三菱重工サーマルシステムズ(株)
Mitsubishi Heavy Industries Thermal Systems, Ltd.

**三菱重工業(株)
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

原稿受理 2024年2月19日

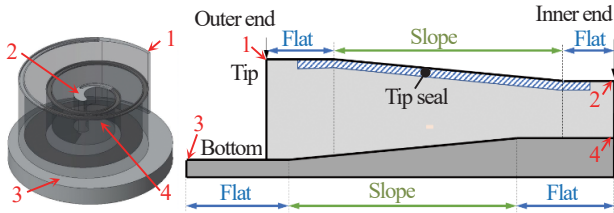
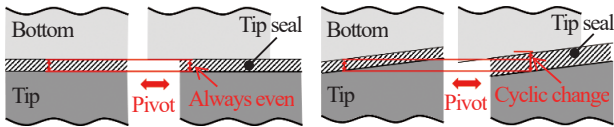


図3 e-3Dスクロールラップ展開図



(a) 従来型2D/3Dスクロール (b) e-3Dスクロール

図4 スクロールの旋回運動によるチップクリアランス

坦のままとした。

e-3Dスクロールはこのスロープ形状のため、旋回スクロールの旋回運動に伴い、周期的にラップ先端のチップクリアランスが変動することが特徴である。図4に従来型スクロールとe-3Dスクロールの旋回運動に伴うチップクリアランス変化の模式図を示す。従来型スクロールは旋回スクロールの運動方向とスクロールラップ先端・端板面が平行であることから、旋回角によらずチップクリアランスの大きさは一定である。これに対し、e-3Dスクロールは旋回スクロールの運動方向に対してラップ先端・端板面が傾斜しており、チップクリアランスの大きさは旋回角によって周期的に変動する。このため、幾何学的には全旋回角で隙間なく圧縮室を形成することはできないが、ラップ先端には弾性材料からなるチップシールが設置されているため、チップシールがクリアランス変化に追従して相手端板と常に接触することで隙間を封止し圧縮室を形成している。

3. 適用製品

3.1 大容量 e-3D スクロール圧縮機開発概要

ヒートポンプチラーに搭載したスクロール圧縮機にe-3Dスクロールを採用し、高効率・大容量化を実現した。図5に開発機(押し退け量120(cc/rev))の断面図を示す。スクロールのスロープ高さについては同容量の3Dスクロールのステップ高さと同等とし、スロープ長さ(角度)については効率および組立性を考慮して決定した。こうして開発したe-3Dスクロール圧縮機は、従来の3Dスクロールと比較して、スクロール渦断面、外周ラップ高さ、押し退け量、設計容積比が同一で、モータ、ハウジングなど、スクロール以外の部品や圧縮機内の冷媒流路も同一である。したがって、開発したe-3Dスクロールは、固定・旋回スクロールを置き換えるだけで現

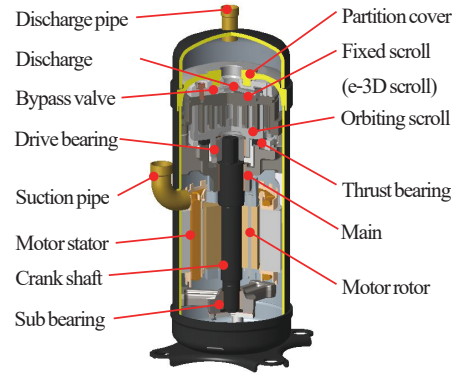


図5 e-3Dスクロール圧縮機断面図

表1 運転条件

	CT/ET (°C)	Rotation speed (rps)
Rated COND	46 / 13	95
50% Load COND	44 / 20	37
25% Load COND	33 / 19	23

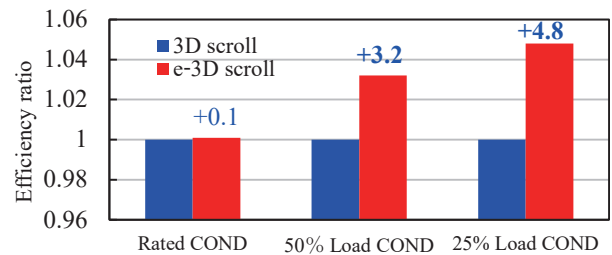


図6 従来機と開発機の効率比較

行モデルに採用することが可能である。

3.2 効率向上

表1に示す運転条件における3Dスクロールとe-3Dスクロールの効率比較を図6に示す。e-3Dスクロールは、特に25, 50%負荷条件において効率が向上している。これら条件では、低速運転のため洩れ損失の比率が大きく、e-3Dスクロールの採用による洩れ損失の低減が効率向上につながった。これら低速運転による中間条件の効率は、APF (annual performance factor) やIPLV (integrated part load value) に対する寄与率が大きいため、空調や冷凍製品における省エネが期待できる。開発機搭載のヒートポンプチラー「MSV2」では、従来機対比大幅な効率向上と省エネ性を実現した。

4. おわりに

独自の圧縮機構を持つe-3Dスクロールにより、大容量という従来機の特徴を維持しつつ、大幅な高効率化を実現したスクロール圧縮機を開発した。今後は、VRFシステム、冷凍システムといった多種多様な冷熱製品に“e-3Dスクロール”の適用を進め、カーボンニュートラル社会の実現に向けて貢献していく所存である。