

店舗・オフィスエアコン用DCツインロータリコンプレッサA2,A3シリーズ

A2 and A3 Series DC Twin-Rotary Compressors for Light Commercial Use

早野 誠
HAYANO Makoto

川辺 功
KAWABE Isao

川村 清隆
KAWAMURA Kiyotaka

オゾン層保護と地球温暖化防止の観点から、空調業界ではエアコン用冷媒を従来のHCFC(HydroChloro-FluoroCarbons)冷媒からオゾン破壊係数0のHFC(HydroFluoroCarbon)冷媒への転換促進と、エアコンのエネルギー効率向上による省エネルギー(以下、省エネと略記)化に注力している。

当社は、これら空調業界を取り巻く環境に対応するため、新冷媒として、オゾン層に影響を与えないHFC系の冷媒R410Aを用いた業務用エアコン用DC(直流)インバータコンプレッサシリーズを業界で初めて商品化した。圧縮機構部にツインロータリ圧縮機構、モータ部に希土類磁石内蔵ロータと集中巻ステータを採用し、従来の同等能力のR22用コンプレッサに対し、効率で約20%の省エネと、更に1/2~2/3の小型化を実現した。

In order to protect the ozone layer and prevent global warming, it is necessary to develop air conditioners that use hydrofluorocarbons (HFCs) instead of hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) and have greater energy efficiency than ever before.

We have developed a DC twin-rotary compressor series for light commercial air conditioners using the new refrigerant R410A (HFC) for the first time. This compressor series achieves 20% higher efficiency and 33 to 50% less weight than conventional compressors by using the twin-rotary mechanism and a new DC motor consisting of a rotor with a rare-earth permanent magnet and a concentrated-winding type stator.

1 まえがき

オゾン層保護と地球温暖化防止の観点から、空調業界ではエアコン用冷媒を従来のR22(HCFC冷媒)からオゾン破壊係数0のHFC冷媒への転換促進と、エアコンのエネルギー効率向上による省エネ化に注力している。

エアコン用のHFC冷媒としては、R407CとR410Aがある。R407Cは、冷房能力と圧力がR22に近いので、機器の設計をほとんど変更せずに用いることができる。R410Aは、冷房能力がR22の約1.4倍、圧力が約1.6倍と高くなるため、機器の設計変更が必要となるが、エアコンのエネルギー効率が高くなるため、省エネの観点からみると有効な冷媒である。

当社は、家庭用エアコンのR410A化開発に着手し、エネルギー効率の向上を図り、家庭用エアコンで業界に先駆けて、1997年に商品化した。現時点ではR410Aが家庭用エアコンでは主流となり、98年度には当社家庭用エアコン“大清快”シリーズが、99年度には同シリーズ及び新インバータ駆動コンプレッサシステムが、2年連続で省エネ大賞・経済産業大臣賞(当時、通商産業大臣賞)を受賞することができた。

一方、店舗・オフィスなどの業務用エアコンでは、R410Aを用いることは、特に、コンプレッサの開発が難しいとされ、R407Cが一般的に有力視されていた。しかし、当社は家庭用エアコンで培ったR410A用2シリンダロータリコンプレッサ(以下、ツインロータリコンプレッサ)の技術を業務用に能

力拡大し、当社“スーパーパワーエコ”シリーズ⁽¹⁾に搭載した。ここでは、その概要と特長について述べる。

なお、2000年度の省エネ大賞においても、このコンプレッサシリーズが資源エネルギー庁長官賞を、“スーパーパワーエコ”シリーズが省エネルギーセンター会長賞を受賞することができた。

2 ツインロータリコンプレッサシリーズの構成

開発したコンプレッサは、冷房能力6.3~16.0kW(コンプレッサ出力2.5~6馬力)の店舗・オフィスエアコン用のツインロータリコンプレッサである。この仕様を表1に、断面を図1に示す。6.3~8.0kW用のDA220A2シリーズと11.2~16.0kW用のDA420A3シリーズであり、2001年2月から発売開始した“スーパーパワーエコ”シリーズに搭載されている。97年に家庭用に商品化したR410A用A1シリーズに続き、業務用のA2,A3シリーズの開発で、R410A用ツインロータリコンプレッサシリーズの能力範囲が拡大した。

図1に示すように、希土類磁石を用いたロータと集中巻ステータによる新型DCモータを採用している。圧縮機構部の寸法をR410A用に最適化し、新型DCモータと合わせて、大幅な効率向上を図った。

また、R410AがR22に対し、同等排除容積で約1.4倍の冷房能力を発揮することを利用して、圧縮機構部の大幅な小

表1 . R410A用DC ツインロータリコンプレッサシリーズの仕様
Specifications of DC twin-rotary compressor for R410A

項目	DA220A2シリーズ	DA420A3シリーズ
型式	密閉型ロータリ	密閉型ロータリ
使用冷媒	R410A	R410A
排除容積 (cm ³ /回)	22	42
駆動方式	ベクトル制御DCインバータ	ベクトル制御DCインバータ
モータ型式	直流無刷子モータ	直流無刷子モータ
モータ極数 (極)	4	4
回転数可変幅(回/s)	15 - 120	15 - 120
質量 (kg)	15	24
大きさ(本体外径×高さ)(mm)	130 × 300	156 × 360

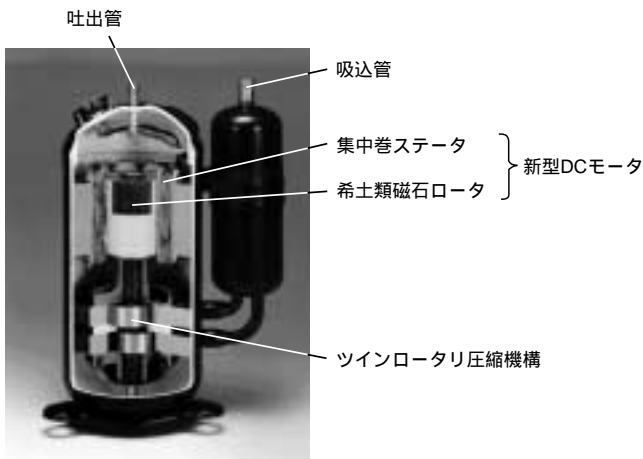


図1 . R410A用DC ツインロータリコンプレッサの断面 小型ツインロータリ圧縮機構、及び希土類磁石ロータと集中巻きステータのDCモータで構成されている。

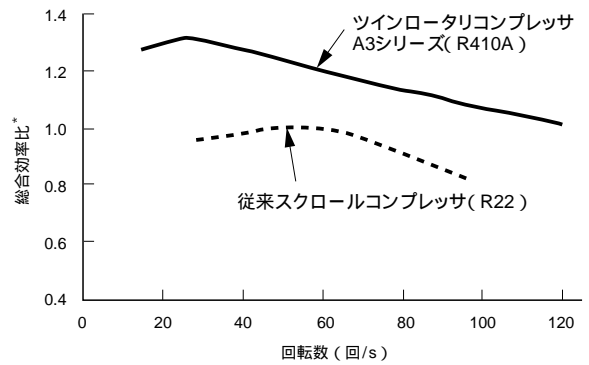
Cross section of DC twin-rotary compressor for R410A

型・軽量化も図った。

このクラスの店舗用エアコンで使われていたR22用当社従来スクロールコンプレッサに対し、総合効率比は60回/sで約20%と大幅な効率向上を図ることができた(図2)測定条件は、当社インバータコンプレッサ評価条件による。

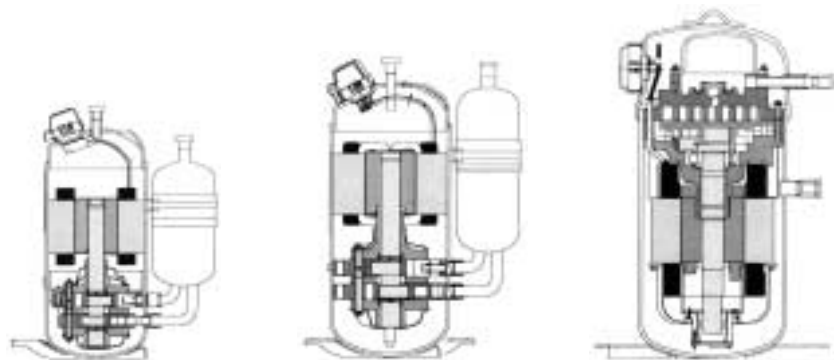
“スーパーパワーエコ”シリーズは、従来機種に対して27~48%効率が向上し、コンプレッサの効率向上がこれに大きく貢献した。

また、従来スクロールコンプレッサに対し、1/2~2/3の大幅な小型化を図ることができた(図3)。



*従来スクロールコンプレッサの60回/sを1.0としたときの比

図2 . コンプレッサの総合効率比較 ツインロータリコンプレッサシリーズは従来スクロールコンプレッサに対し、大幅に効率が向上した。
Comparison of compressor overall efficiency



項目	ツインロータリコンプレッサ		従来スクロールコンプレッサ
	A2シリーズ	A3シリーズ	
質量比 (従来比,%)	50	67	100
容積比 (従来比,%)	39	61	100
冷房能力 (kW)	6.3 ~ 8.0	11.2 ~ 16.0	11.2 ~ 16.0

図3 . 従来のスクロールコンプレッサとの大きさ比較 ツインロータリコンプレッサシリーズは従来のスクロールコンプレッサに対し、質量、容積とも大幅に低減できた。

Comparison of size with scroll compressor

3 開発のポイント

3.1 ツインロータリ機構の採用

R410A 化に際し、この冷媒に対する優位性をロータリコンプレッサとスクロールコンプレッサで比較検討した。

3.1.1 機械損失 ツインロータリコンプレッサの場合、シリンダ高さを低くすることにより、軸受け荷重を R22 と同等レベルに低減することができる。

スクロールコンプレッサの場合も、翼高さ(ツインロータリコンプレッサのシリンダ高さ)を低くすることにより、軸受荷重が低減できるが、一方で、スクロールコンプレッサ特有の軸方向荷重(スラスト荷重)が増加してしまう。したがって、機械損失はツインロータリコンプレッサのほうがスクロールコンプレッサより小さくなる。

3.1.2 圧縮損失 ツインロータリコンプレッサの場合、R410A が高密度冷媒であるため、圧縮室のガス吸入口、吐出口での流速を低減できる。このことから、吸入・吐出口の抵抗による圧縮損失を低減でき、圧縮効率の向上が見込める。

一方、スクロールコンプレッサの場合も高密度冷媒であるため、吸入・吐出口での流速を低減できることはツインロータリコンプレッサと同様であるが、スクロールコンプレッサは R22 でも連続吸入・吐出であるため、これらの損失は非常に小さく、R410A 化による改善効果は見込めない。

また、インバータ駆動を行う場合、スクロールコンプレッサには、次の欠点があった。

- (1) 圧縮比が設計圧縮比に固定されるため、広い運転範囲での高効率化に不向きである。
- (2) 回転圧縮機構部の質量が大きく、遠心力が大きいため、運転周波数可変幅を大きくとれない。

以上のことから、R410A を用いる場合、ツインロータリコンプレッサのほうが、小型・軽量化、並びに効率向上などの利点が発揮できると考え、更にトルク変動、振動が低いことからツインロータリ圧縮機構を採用した。

この圧縮機構の採用により、従来の当社 R22 用スクロールコンプレッサに対し、A3 シリーズで圧縮機構部の 50 % の軽量化を図ることができた。図 4 から、その大きさの違いがはっきりわかる。

3.2 新型 DC モータ

従来コンプレッサに用いていた AC(交流)モータに対して、強磁性の希土類磁石(ネオジウム - 鉄 - ボロン系)採用ロータと、モータコアに直接巻線する集中巻ステータの DC モータにより、軽量化と高効率化を図り、モータ部は 30 % の軽量化ができた(図 5)。また、集中巻ステータの採用で巻線の銅使用量を 40 % 低減した。永久磁石内蔵の DC モータは、従来の誘導モータのように、二次巻線に電流が流れることによる損失がないため、効率向上ができる。



(a) ツインロータリ圧縮機構(DA420A3) (b) 従来スクロール圧縮機構

図 4 . 圧縮機構部の大きさ比較 ツインロータリコンプレッサ(a) は、従来のスクロールコンプレッサ(b) に対し、大幅に小型化できた。
Comparison of mechanical parts size

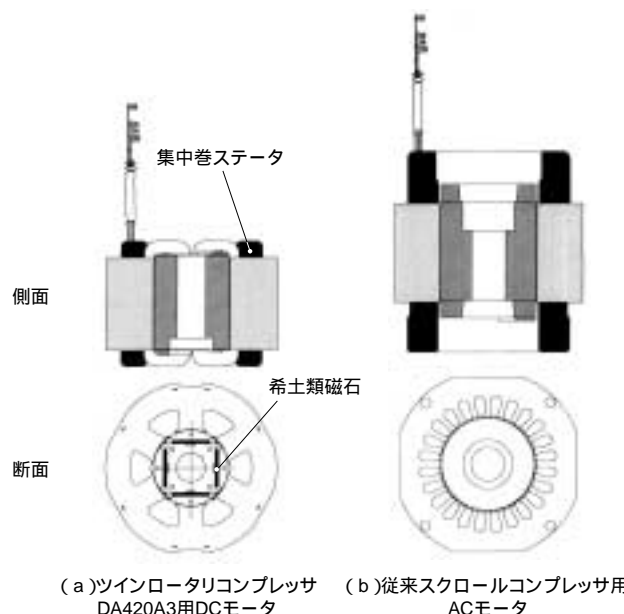


図 5 . モータの大きさ比較 ツインロータリコンプレッサシリーズ用モータ a) は、従来スクロールコンプレッサ用モータ b) の大きさに比べ、大幅に小型化できた。

Comparison of motor size

従来 DC モータにはフェライト磁石を採用していたが、このコンプレッサシリーズでは、希土類磁石を採用した。希土類磁石の最大エネルギー積は、フェライト磁石に比べ約 8 倍と強力であり、小型でハイパワー化を図ることができる。

集中巻ステータは、ステータコアに直接巻線を行う方式であり、従来のインサータ巻線方式に比べ、コイルエンド部の体積を半減し、電気抵抗低減により銅損を大幅に減らすことができた。

3.3 ベクトル制御インバータ

コンプレッサを駆動するインバータには、高速演算処理可能なDSP(Digital Signal Processor)を用いたベクトル制御方式を採用し、前述のモータと組み合わせることにより、コンパクトなモータで高出力化、高効率化が実現できた。また、モータ電流波形を正弦波近似できるため、騒音低減にも役だっている。

4 あとがき

冷房能力6.3～16.0kWクラスの店舗・オフィスエアコン用で、世界初のR410A採用ツインロータリコンプレッサを開発し、従来のスクロールコンプレッサに対し、大幅な効率向上と小型化を達成することができた。

そして、この効率向上が評価され、省エネ大賞を受賞することができた。

オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書によるHCFC冷媒の規制と、2006年9月から実施される改正省エネ法による規制をクリアするコンプレッサとして、積極的に展開していき、冷媒転換の促進と省エネで世界に貢献していきたい。

文 献

- (1) 川合信夫,ほか.インバータカスタムエアコン“スーパーパワーエコ”.東芝レビュー.56,5,2001,p.64-67.



早野 誠 HAYANO Makoto

東芝キャリア(株)富士事業所 第一コンプレッサ部主査。空調用コンプレッサの開発・設計に従事。日本冷凍空調学会会員。

Toshiba Carrier Corp.



川辺 功 KAWABE Isao

東芝キャリア(株)富士事業所 第一コンプレッサ部参事。空調用コンプレッサの開発・設計に従事。

Toshiba Carrier Corp.



川村 清隆 KAWAMURA Kiyotaka

東芝キャリア(株)富士事業所 第一コンプレッサ部。コンプレッサ用モータの開発・設計に従事。

Toshiba Carrier Corp.