

# 可変気筒機構 ロータリコンプレッサの開発

東芝キャリア株式会社

代表取締役社長 兒子 俊 郎

東芝キャリア(株) コンプレッサ技術部 設計グループ長	小野田 泉
東芝キャリア(株) コンプレッサ技術部 設計主務	北 市 昌一郎
東芝キャリア(株) コンプレッサ技術部 設計主務	高 島 和
東芝キャリア(株) コンプレッサ技術部 設計主務	青 木 俊 公
東芝キャリアエンジニアリング(株) コンプレッサ設計担当	鈴 木 政 行

## はじめに

家庭用エアコンに搭載されるコンプレッサは、快適性と省エネニーズにより商用一定速タイプからインバータ能力可変タイプに集約した。

また、高気密・高断熱の住宅（以下、省エネ住宅）が近年増加しており、JISで定められた期間消費電力量評価基準の建物断熱特性を超える省エネ住宅の国内構成比は約60%を占めるようになった（当社調査）。この住宅事情の変化は、コンプレッサに求められるエネルギー効率特性を大きく変え、前述のインバータ能力可変のみでの対応が難しくなってきた。

当社では、この変化に対応した新機構等を採用することによって、全能力域での効率向上と、住宅事情の変化に対応できる業界初の可変気筒機構ロータリコンプレッサを開発した。以下その概要と特徴となる機能について述べる。

## 開発のねらい

省エネ住宅での、年間空調負荷分布と過年度コンプレッサの効率特性を図1に示す。10畳間に冷房2.8kWクラスのエアコン

を据え付けたツーバイフォー（2×4）住宅を例とし、年間空調負荷分布と、そのエアコンに搭載されるコンプレッサの効率特性を併記している。

夏の冷房の場合、室温が設定温度付近まで下がると、部屋の断熱特性が優れているため、その後、部屋の温度を保つためのコンプレッサ能力は小さくてすむ。また従来あまりエアコンを使用しなかった春秋の季節においても、家電製品、室内照明や人体からの熱が室内に滞留してしまうため、微小冷房する機会が増えている。

図1から運転開始時を除き、ほとんどが能力

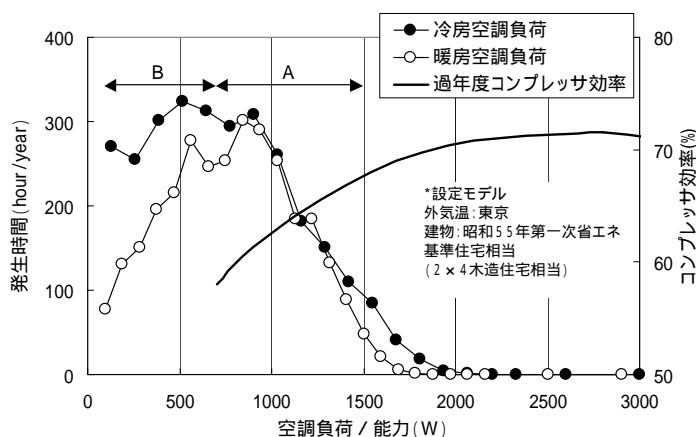


図1 年間空調負荷と従来コンプレッサの効率特性

の小さい運転域でコンプレッサが使用されていることがわかる。

一方、従来コンプレッサの性能は、上記域で効率が大幅に低下する（A域）。これはモータ・インバータの固定損失、および圧縮室の漏れ損失等が影響するためである。

またインバータによる能力可変幅にも限界があるため、最小能力運転時に室温が設定温度に達すると、ロスが大きくな、オン/オフ運転を繰り返しながら温度を調節する（B域）。この断続運転は省エネ性を悪化させるばかりでなく、室温変動をまねき、快適性が損なわれる場合もあった。

このような低能力域でのエネルギー効率特性向上と連続運転率を向上させ、かつエアコン運転開始時の急速冷暖房ニーズにも併せて対応できる新能力可変コンプレッサを開発することにした。

## 装置の概要

冷房能力2.2～7.1kWクラスの家庭用エアコンに搭載するコンプレッサシリーズとして可変気筒機構ロータリコンプレッサを開発した。実機断面写真を図2に示す。

ツインロータリコンプレッサは2つの冷媒圧

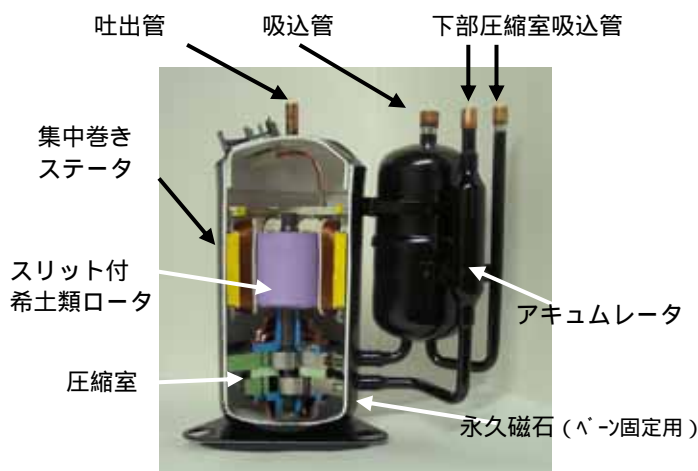


図2 可変気筒機構ロータリコンプレッサの断面写真

縮室を備え、それらは同一軸でモータに連結され、各々独立して圧縮仕事を行う構造となっている。当社はこの独立する圧縮室を小さな2つのコンプレッサと考え、小能力域で片側の圧縮室（シングル運転：能力50%）、大能力域で両側の圧縮室（ツイン運転：能力100%）を運転させる可変気筒機構を考案した。図3に切換え動作図を示す。本機構は、下部圧縮室に連結される三方弁および小型磁石で構成されている。

## 技術上の特徴

### 1. ツイン運転

エアコン運転開始時等の大能力域では、2つの圧縮室を使用したツイン運転（能力100%）を行う（図3（a））。上部圧縮室で圧縮された冷媒ガスが、ケース内に排出されると同時にケース内圧力が上昇、下部圧縮室のペーンを背後から押し、ペーンがローリングピストンに追従することによって下部が圧縮を開始、ツイン運転が開始される。

### 2. シングル運転

エアコン設定温度付近等の小能力域では、図3（b）のように、エアコンサイクルより下部圧縮室内に高圧冷媒ガスを導入、ケース内と下部圧縮室内の圧力をバランスさせる。圧力差によりローリングピストンに押し付けられ追従していたペーンが離れ、ペーン室背部に近接して設けた小型磁石に吸引され、保持される。この一連の動作により、下部圧縮室側は空転、上部圧縮室のみで圧縮仕事を行うことでシングル運転となる。

このように下部圧縮室へ連通するサイクルからの冷媒ガス圧の切換えのみで、自在に両運転を選択可能としている。

本機構は、圧縮室内に追加部品や特別な加工が不要なシンプルな構造のため、ツイン運転時の機構の損失が最小限で済

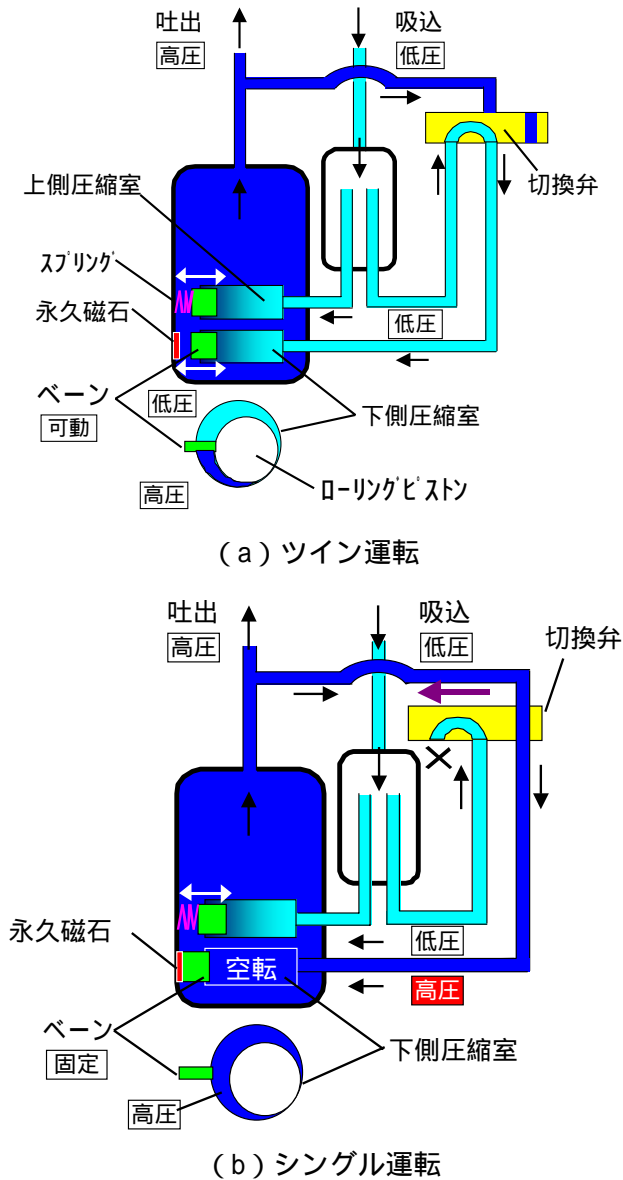


図3 可変気筒機構の動作図

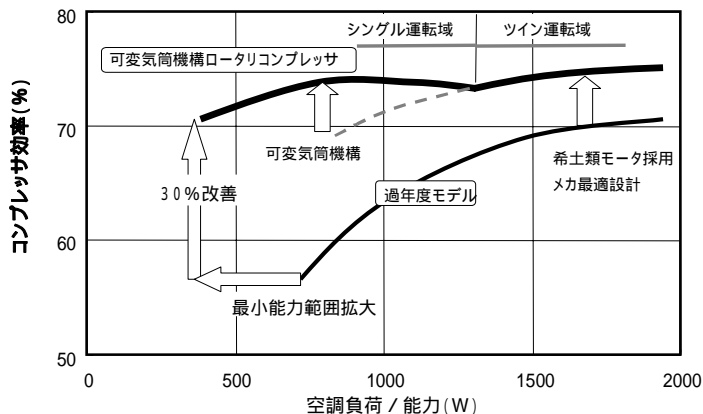


図4 可変気筒機構コンプレッサの効率特性

み、ツインロータリコンプレッサの持つ高効率特性を維持することが可能である。

またシングル運転時も、下部圧縮室内とケース内圧力を高圧バランスさせることで、ローリングピストンを無負荷で空転させているため、やはり機構の損失（漏れ損失、摺動損失等）はほぼ0（ゼロ）となる。一方でツイン運転に対し同一能力で回転数を2倍化できるため、モータ効率や体積効率の低下していた小能力域（低回転数域）において高効率運転を可能としている。

本機のこのような特徴からエアコンの負荷に対応して圧縮室数を選択、常に高効率点で運転できるようにした。効率特性を図4に示す。

従来、効率が大幅に低下する微小能力域ではシングル運転に切替える。シングル運転では、回転数を上昇させることで高効率点での運転が可能となった。結果、過年度品と比較し最大30%の効率向上を達成した。また最小能力範囲の拡大も実現したため、損失の大きい断続運転を避け、小さい能力で連続運転を行い、エアコンの省エネ性と快適性を向上させることができた。なお中～大能力域の効率についても後述する技術を織り込むことにより4%の効率向上を図った。

### 3. その他の織込み技術

モータは効率面の優位性より、ブラシレスDC（直流）が主流であるが、本機には、希土類磁石（ネオジウム - 鉄 - ボロン系）を内蔵した、スリット付きロータを新開発した。外観を図5に、特徴を図6に示す。

従来のフェライト磁石内蔵ロータを使用したDCモータに対して23%の軽量化、1%の効率向上を実現した。外周部の磁束分布をスリットによって均一化し、誘起される電圧を正弦波化することで電磁騒音を低減した。

また新冷媒が、HCFC冷媒に対し、同等排除容積比で約1.4倍の冷凍能力を発揮

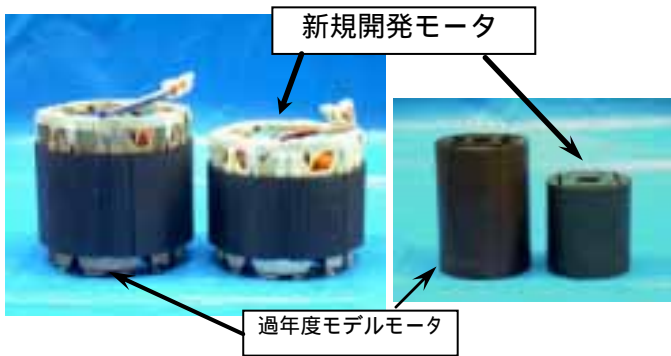


図5 モータ外観比較

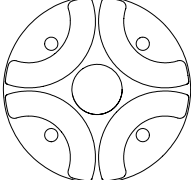
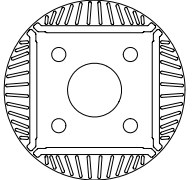
過年度ロータ	新規開発ロータ
	
フェライト磁石	希土類磁石
モータ総合効率: 1%向上	

図6 新開発ロータの特徴

させることを利用し、圧縮機部の小型化・軽量化も図ってきた。本機はディメンジョンの最適化を行うことで、固定損失を過年度比約18%低減させた。

### 実用上の効果

搭載製品である弊社エアコンの省エネ性を世界最高レベル(冷房・暖房 平均COP 6.27)に押し上げるとともに、従来アプローチが出来ていなかった除湿時の省エネ性を大幅に向上させた。従来は一度冷やした冷媒を再度暖め、室温変化を無くす再熱方式が主流であったが、微小能力運転が可能となったため無駄な運転・回路を無くし、電球1個分の消費電力での除湿運転も可能となった。

### 工業所有権の状況

本開発に関連して出願された特許は10件である。

### むすび

当社は、DCツインロータリ、オゾン層保護対応、及び集中巻きモータと、常に業界に先駆け、新技術開発を行ってきた。可変気筒機構ロータリコンプレッサに投入した技術は、搭載されるエアコンの省エネ性向上のみならず、年間を通じて快適な室内環境を提供できる微小能力運転を可能とした。

その結果、能力可変幅は最大/最小能力比で過年度の18倍より27倍へと大幅に拡大した。この広範囲な能力可変は、将来のエアコン開発にも大きく寄与すると考える。

当社はこれらの技術をベースとして、今後更に地球環境保全と搭載エアコンの室内環境快適化に貢献していきたい。