

特 集 論 文

高性能で軽量・コンパクトな店舗用
インバータエアコンHigh Efficient, Light, and Compact Inverter
Driven Packaged Air-Conditioner

竹内 伸行^{*1}
Nobuyuki Takeuchi

中村 隆則^{*1}
Takanori Nakamura

角谷 敦之^{*2}
Atsuyuki Sumiya

渡辺 貴政^{*2}
Takamasa Watanabe

藤田 佳純^{*3}
Yoshizumi Fujita

中村 満^{*4}
Mitsuru Nakamura

近年、エアコンには環境問題により高効率・省エネルギー化という基本性能の向上が求められている。その一方で、施工面からは軽量・コンパクト化が求められている。このように相反するニーズに対応するために高性能DCインバータ圧縮機を採用することにより、期間消費電力量を従来機対比30%低減させ、更に従来機対比35～60%の軽量・コンパクト化を実現した店舗用インバータエアコンを開発した。本報では開発した店舗用エアコンを紹介すると共に、高効率化及び軽量・コンパクト化の手法について報告する。

1. はじめに

近年では、地球環境問題に対して一般ユーザーの関心は高まっており、グリーン購入法や有害物質に対する規制（欧州 RoHS 指令）の導入など、法規制も整備されつつある。このように、エアコンには高効率化及び省エネルギー化といった環境に配慮した製品が求められている。これに対してユニットを据え付ける施工業者からは小型化・軽量化といったコンパクト化による施工のしやすさが求められている。

本報では、このように多様化するニーズに応えるため、現行一定速ユニットに対して大幅な軽量・コンパクト化を実現し、さらに性能を向上した店舗用インバータ室外機を開発したので報告する。

2. 店舗用インバータ室外機の概要

2.1 軽量・コンパクト化

今回開発した店舗用インバータ室外機の外観を従来機と比較して図1に示す。

4～6馬力は、小形・高性能圧縮機の搭載やDCファンモータの採用、熱交換器の高性能化を実施することで、従来の2個ファンタイプから1個ファンタイプへの変更が可能となった。これにより、6馬力では重量が125 kgから63 kgへ50%の大幅な軽量化を実現し、高さが455 mmも小さくなったことによりユニット容量は35%低減とコンパクト化を実現した。

8・10馬力は、従来の上吹きタイプから業界初となる横吹きタイプへ変更した。横吹きタイプとする

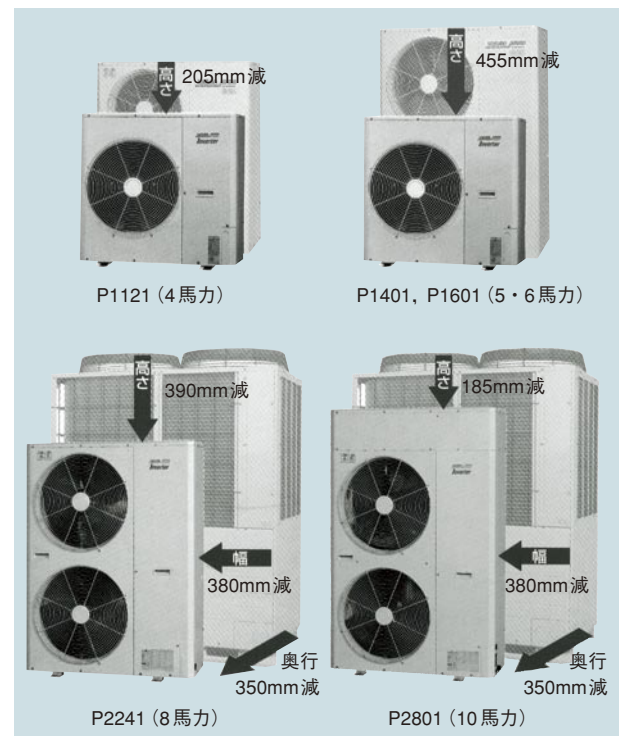


図1 店舗用インバータ室外機外観
背面に従来機、前面に新規開発機を比較して示す。新規開発機はユニット外形が大幅に小型化していることがわかる。

ことで、熱交換器をより有効に使うことができ、DCファンモータや高性能スクロール圧縮機の採用により性能を確保している。これにより10馬力では、重量は225 kgから140 kgへ38%の大幅な軽量化を実現し、ユニット容量としては67%低減した。特にユニット設置面積を63%低減しており、省スペースでの設

^{*1} 冷熱事業本部空調輸冷技術部店舗パッケージエアコン設計グループ

^{*2} 冷熱事業本部空調輸冷技術部電子制御設計グループ

^{*3} 冷熱事業本部空調輸冷技術部圧縮機設計グループ

^{*4} 技術本部名古屋研究所冷熱研究室

置が可能となった。

上記のとおり、従来機に対して大幅に軽量・コンパクト化を実現しており、ユニットの運搬やエレベータでの搬入など施工性を向上している。

2.2 省エネ性

本開発機の冷暖平均 COP（エネルギー消費効率）を図2に示す。従来機では一定速圧縮機と AC ファンモータの組合せであったが、開発機では DC インバータ圧縮機と DC ファンモータの採用による高効率化や、熱交換器の高性能化により、冷暖平均 COP を向上した。これにより、一部組合せ室内機を除きほとんどの機種シリーズで省エネ法に基づく 2007 年基準値をクリアし、グリーン購入法適合商品となっている。

また、インバータ化に伴う最適制御により従来一定速機に比べ期間消費電力量を 6 馬力では 38 % と大幅に削減し、電気代を低減した（図3）。

3. コンポーネントの開発

3.1 小型・高性能圧縮機の開発

図4に4～6馬力に搭載した従来の圧縮機と今回新規開発した圧縮機の概観を示す。

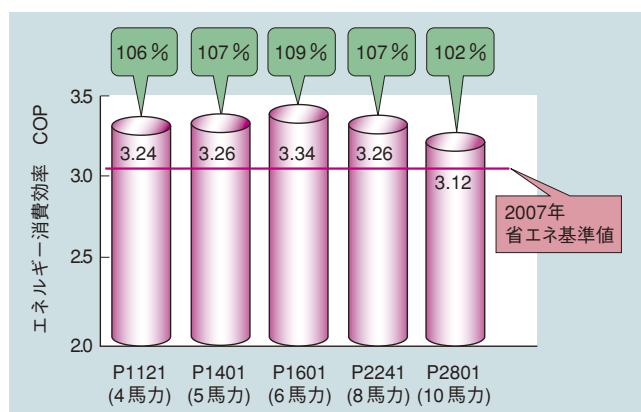


図2 冷暖平均 COP
2007 年省エネ基準値に対して全ての馬力がクリアしている。

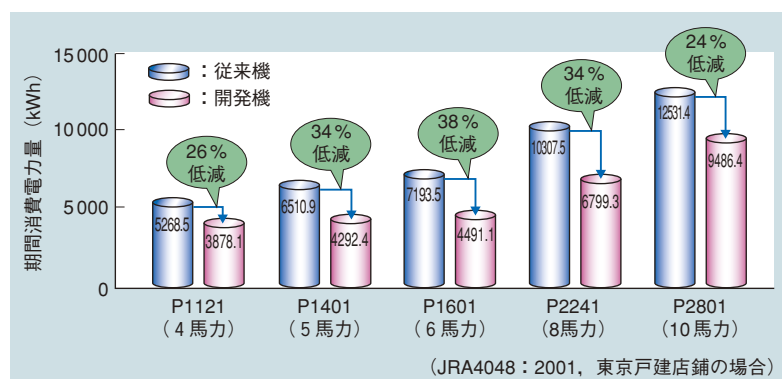


図3 期間消費電力量の比較
従来機に対して全ての機種で大幅に期間消費電力量が低減している。

従来の一定速スクロール型圧縮機に対して、今回は小型化実現のため、インバータロータリー型圧縮機を採用した。また、高効率 DC ネオジモータを適用することで、広範囲にわたる高効率化を実現し、年間消費電力量の低減に寄与した。

圧縮機を小型化するには、運転範囲を高回転数側に広げる必要があるが、高回転化には以下の3点の課題を克服する必要があった。

- ① 油吐出量増加による油面低下
- ② シャフトの振れ回りによる振動増大
- ③ モータの上下振動による異音発生

①については、圧縮機内部の油挙動可視化により、給油経路の改善を実施、②については、シャフトのたわみを考慮した動バランス解析により、モータバランスウェイト量の最適化を実施、③については、シャフトスラスト部の油膜ダンピングをモデル化した振動解析により、シャフトスラスト部の面積最適化を実施し、課題を克服した。

以上により、従来同クラスの室外機に使用していた一定速圧縮機に対し、約 58 % のサイズダウンを実現し、かつ、信頼性を確保した上で、大幅な高効率化を達成した。

3.2 ベクトル制御インバータ

本開発機では、これまで採用していた 120 度通電駆動方式インバータからベクトル制御による正弦波駆動方式インバータへ変更することで、高ターン数圧縮機モータの採用が可能となった。これにより、定格運転時の高効率化（モータ電流減少によるインバータ損失低減＋モータ電圧高調波減少によるモータ鉄損低減）と弱め磁束制御範囲拡大による高速運転との両立を図っている。

また、ベクトル制御のモータ電流制御機能を活用し

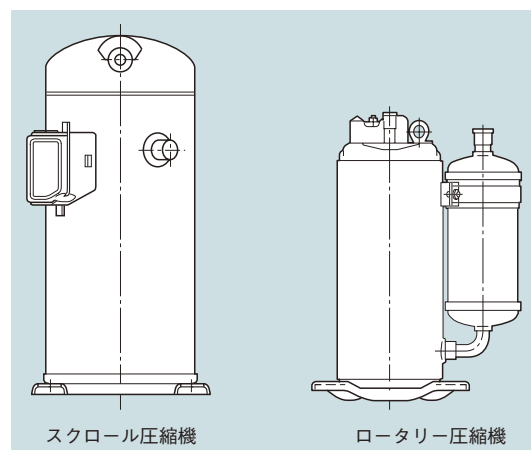


図4 従来一定速スクロール型圧縮機と新開発インバータロータリー型圧縮機
新型圧縮機は従来対比大幅に小型化されている。

て電源電圧補正制御と組み合わせてモータ起動制御を改善し、より確実性をアップさせた。

このように、高ターン数圧縮機モータの採用によるモータ電流低減効果とモータ電流制御機能により、パワートランジスタの容量低減と容量限界までの利用が可能となった。さらには、半導体技術の向上によるパワーデバイスの小型化も寄与して、コントローラの小型・軽量化を達成している。

3.3 DC ファンモータの採用

ユニット総合効率を上げるために、ファン速度変化に自由度があるブラシレス DC ファンモータを採用した。本ファンモータは、巻線を分布巻から集中巻に変更することで巻線長を大幅に低減しており、損失（銅損）低減による高効率化と小型・軽量化を達成している。図5にモータ巻線の分布巻と集中巻の違いを示す。

また、パワー電源と制御電源の投入シーケンス順序の規制をなくすことで、信頼性を向上した。

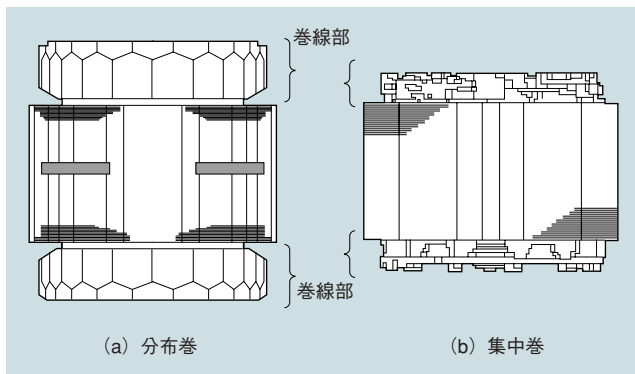


図5 モータ巻線の違い
巻線部分が小さくなっていることがわかる。

3.4 熱交換器の高性能化

ユニットの小型化に伴い熱交換器は小さくなり、風量も低下しているため、熱交換器の高性能化が必要であった。本開発機では熱交換器フィンにストレート形状とすることでフィン枚数を増やし、チューブ内面に高性能溝を施すことで、空気側・冷媒側ともに熱交換面積を増加させて熱交換器の高効率を図っている。また、フィンに表面処理を施すことにより、熱交換器の保水率を低下させ、耐フロスト性を向上した。

3.5 冷媒回路

従来の一定速機はアキュムレータ回路（図6）である。本回路では、アキュムレータにより液バック運転での破損から圧縮機を保護しているが、アキュムレータに余剰冷媒が二相の状態で蓄えられているため、圧縮機の吸入管は常に“液+ガス”の二相流となっている。二相流の状態は圧力損失が单相流の1.6倍と大きくなるため、エアコンの性能低下が大きくなる。

これに対して本開発機では、電子膨張弁を2個備えたレシーバ回路（図7）を採用した。本回路の特徴は、余剰冷媒をレシーバに蓄え、電子膨張弁による過熱度・過冷却度の最適制御である。これにより、圧縮機の吸入冷媒は常に過熱ガス状態となるため、圧力損失を小さくできる。したがって、レシーバ回路はアキュムレータ回路に対して冷媒圧力損失の低減により性能が向上するため、熱交換器のコンパクト化が可能となった。さらに、電子膨張弁により圧縮機への液バック運転を防止することで、液圧縮による圧縮機の破損や冷凍機油が希釈されることによる軸受摩耗がなくなり、圧縮機の信頼性を向上した。

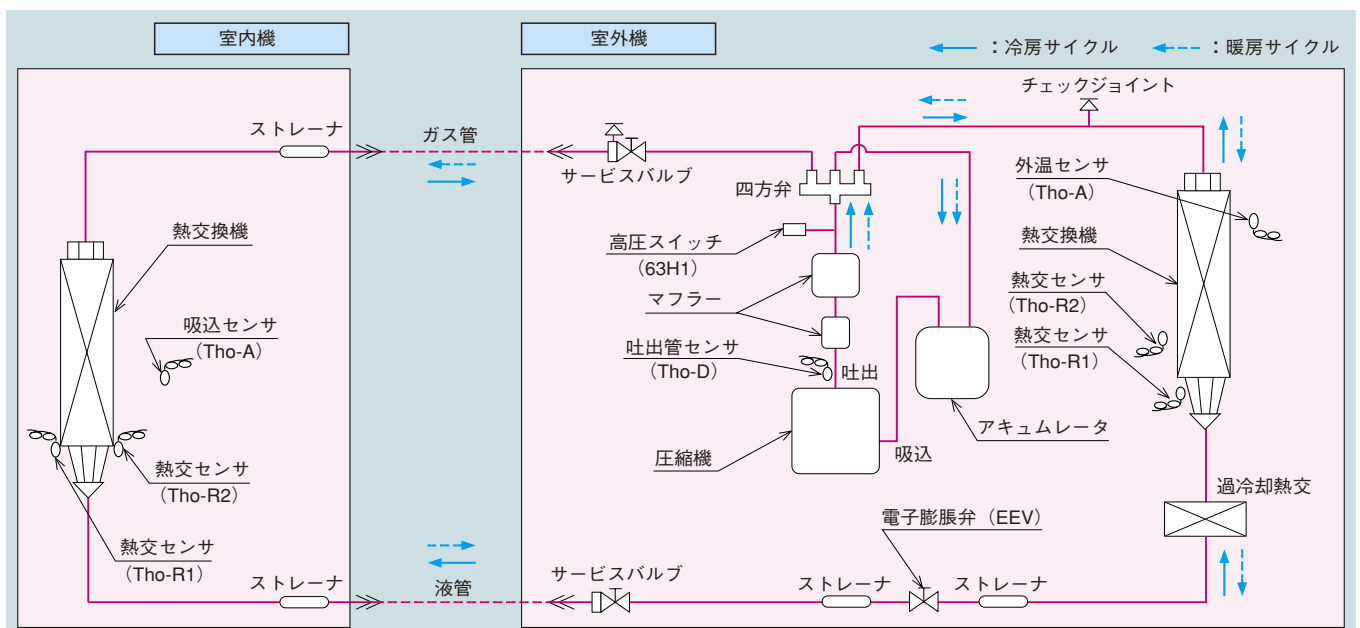


図6 アキュムレータ回路
圧縮機の吸入側にアキュムレータがあり、直に冷媒が流れる。

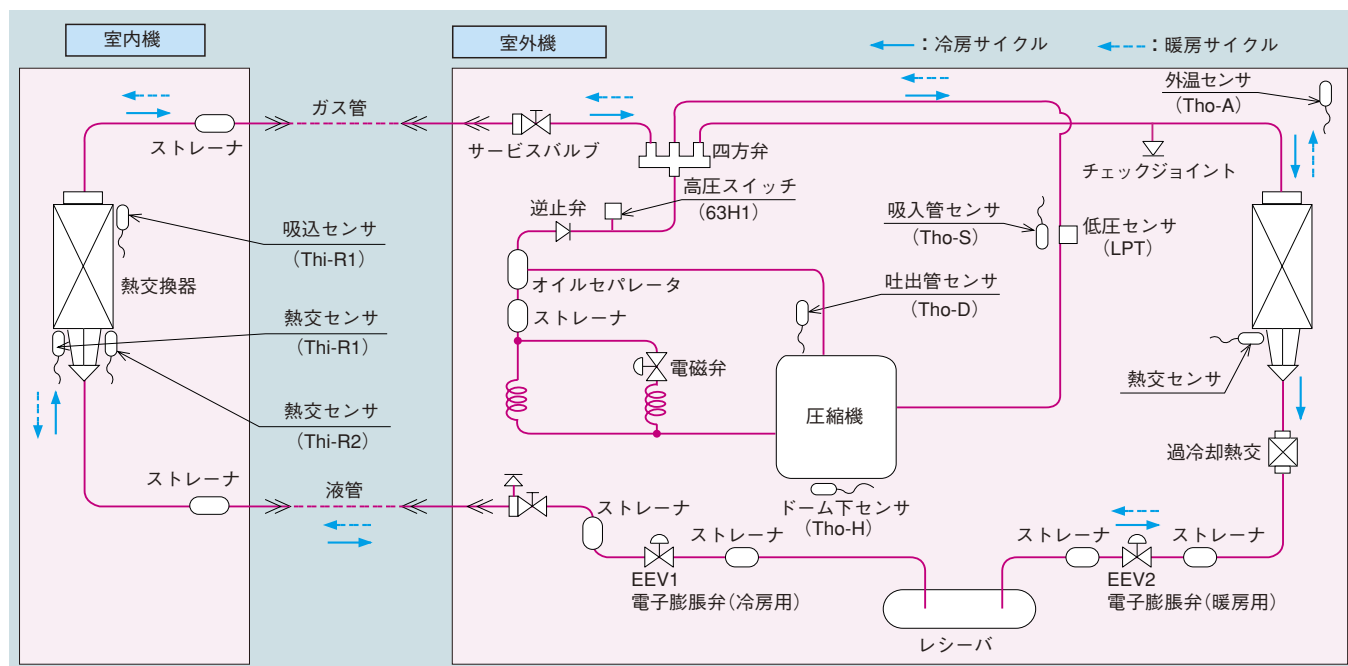


図7 レシーバ回路

圧縮機とは離れた位置にレシーバがあり、余剰冷媒はここで制御される。

4. 施 工 性

本開発機は従来機に対してコンパクト化されているが、最大施工配管長は従来機と同一の4～6馬力：50m、8、10馬力：70mに対応している(図8)。また、従来通り配管長30mまでは冷媒の追加チャージが不要である。

リニューアル対応として、圧縮機故障履歴がない場合に限り、既設配管長が50mまでは洗浄レスでの配管の再使用が可能であり、配管材料費・配管撤去・処理費用の削減による省工事を図ることができる。

また、本開発機には、移設時に便利なポンプダウン機能を有している。本機能によりシステム内の冷媒を自動で室外機内へ溜め込むことが可能で、移設時に冷媒回収や追加チャージが不要となり、作業性を向上した。

5. 環 境 対 応

地球環境への配慮として、有害物質の製品への使用量削減に取り組んでおり、電装基板の鉛フリー化を達成している。既に、輸出機は欧州 RoHS 対応機として市場へ投入しており、国内機は国内版 RoHS 指令である J-MOSS 施行までに順次対応を予定している。

6. ま と め

本開発により、店舗用室外機4～10馬力は、従来機に対して大幅な軽量・コンパクト化により施工性を向上し、かつ、高効率で省エネルギー性を確保したイ

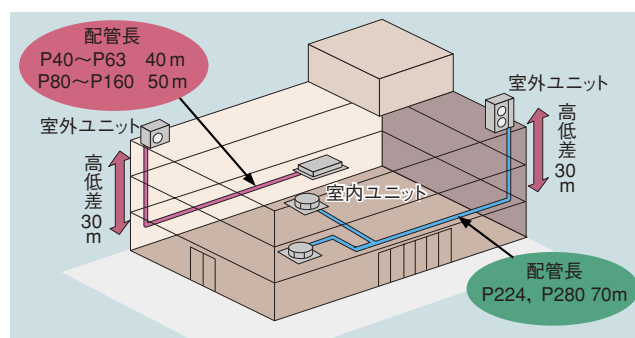


図8 施工配管長

施工配管長の総配管長及び高低差の制限を示す。

ンバータ室外機のラインアップを実現した。さらには、RoHS 指令への対応など地球環境に配慮したユニットとなっている。

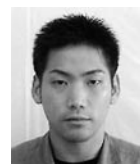
今後は、更なる期間消費電力量の低減、暖房性能の向上、など製品の改良を行っていく。



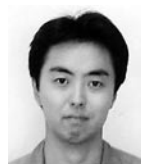
竹内伸行



中村隆則



角谷敦之



渡辺貴政



藤田佳純



中村満