

店舗・事務所用パッケージエアコン“スリムZRシリーズ”の省エネルギー・快適性技術

酒井瑞朗* 岡田和樹*
 茗ヶ原将史* 青木正則*
 富田雅史*

Energy-saving and Comfort Technologies for Packaged Air Conditioner "Slim ZR Series"

Mizuo Sakai, Masashi Myogahara, Masafumi Tomita, Kazuki Okada, Masanori Aoki

要旨

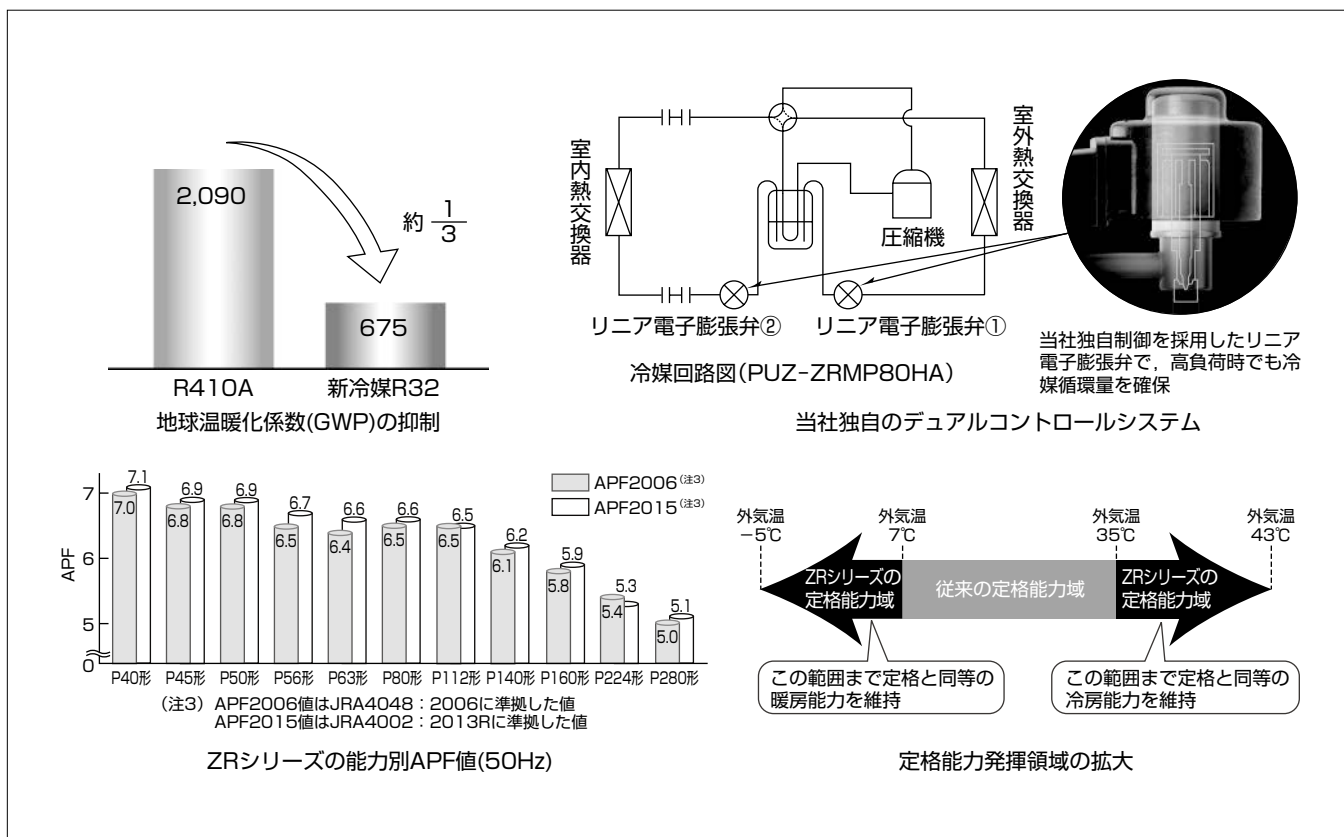
パッケージエアコンは、主に店舗や事務所に設置される空調機である。日本国内の平均的なオフィスビルでは、空調機の消費電力が全消費電力の約50%を占めており、省エネルギーの観点から空調機に対する消費電力の低減要求が高まっている。また、昨今の電力供給不足の問題は人々の生活や企業活動へも大きな影響を与える問題であるため、省エネルギーへの対応は社会的な取組みとなっている。

三菱電機が2015年2月に発売した店舗・事務所用パッケージエアコン“Mr.スリム”の新製品“スリムZRシリーズ(以下“ZRシリーズ”という。)”の室外機では、4.0~16.0kWクラスで、環境に対する影響を考慮した地球温暖化係数(Global Warming Potential: GWP)が低い新冷媒R32を採用した。その特性に合わせて最適化した当社独自のデュアル

ルコントロールシステムを開発し、業界トップのAPF(Annual Performance Factor)^(注1)を実現した^(注2)。また、ZRシリーズの14.0kWクラスでは、冷房定格入力を前年比16.3%改善することで、契約電気料金設定を1ランク低下させた。同時に、定格性能発揮領域を従来の“7℃から35℃まで”に対して“-5℃から43℃まで”に拡大した。これによって、幅広い温度範囲で冷暖能力を発揮して、冬期の外気温度が0℃を下回る準寒冷地でもエアコン暖房のニーズに対応でき、他熱源からヒートポンプへの置き換えの需要にも対応できる。

(注1) JIS B 8616(2006)(パッケージエアコンディショナ)に規定する
 通年エネルギー消費効率

(注2) 2014年11月26日現在、当社調べ



店舗・事務所用パッケージエアコン室外機の“デュアルコントロールシステム”

Mr.スリムのZRシリーズはGWPが低い新冷媒R32を採用し、その特性に合わせて最適化した当社独自のデュアルコントロールシステムを開発した。これによって、4方向天井カセット形(ファインパワーカセット)との組合せで、業界トップのAPFを達成した。また、このシステムを用いることで、定格能力発揮領域を外気温度-5℃から43℃までに拡大し、より幅広い温度範囲での冷暖能力を実現し、快適性を向上させた。

1. ま え が き

パッケージエアコンは、主に店舗や事務所に設置される空調機である。日本国内の平均的なオフィスビルでは空調機の消費電力が全消費電力の約50%を占めており、省エネルギーの観点から空調機に対する消費電力の低減要求が高まっている。また、昨今の電力供給不足の問題は人々の生活や企業活動へも大きな影響を与える問題であるため、省エネルギーへの対応は社会的な取組みとなっている。そのような状況下で、グリーン購入法や省エネ法などの環境法規によって、空調機製造事業者として省エネルギーへの対応が必要となってきている。

これに加えて、2015年4月にフロン回収・破壊法からフロン排出抑制法に変更・施行となり、2020年までにパッケージエアコンに使用している冷媒のGWPの調和加重平均を750以下にしなければならない。この規制は、2015年10月1日販売分から開始される⁽¹⁾ため、低GWP冷媒である新冷媒R32を採用した空調機の需要が高まっている。

2. 新冷媒R32の導入検討

環境に対する影響を考慮して選定した新冷媒R32は、HFC (Hydro Fluoro Carbon)系冷媒であり、GWPは675^(註4)で、当社従来冷媒であるR410A冷媒と比較して約1/3である。また、潜熱が43%増加するため蒸発性能が大幅に向上し、同等性能時の必要冷媒循環量は約70%となる。これらの特性を十分に発揮させる冷凍サイクルシステム及び圧縮機の開発を行った。

この開発の結果、Mr.スリムのZRシリーズの4.0～16.0kWクラスで、業界トップクラスのAPFを実現した。特に、14.0kWクラスでは、APFが前年比+3.4%向上した。次に内訳を示す。

- (1) 新冷媒R32+デュアルコントロールシステム：+1.0%向上
- (2) 圧縮機性能改善による冷媒循環量改善：+2.4%向上

また、新冷媒R32の特長を活用して省エネルギー性を大きく向上させたことで、冷房定格COP(Coefficient Of Performance)を+16.3%改善し、冷房定格入力によって決まる使用者の契約電気料金設定を1ランク低下させた。

(注4) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)第4次評価報告書による温暖化係数100年値

2.1 デュアルコントロールシステム

図1に、当社独自のデュアルコントロールシステムの回路構成を示す。冷媒回路の中央にあるパワーレシーバ(中圧容器)には、余剰冷媒を溜(た)める機能のほかに、パワーレシーバ内の中圧・中温の冷媒と吸入配管内を通る低圧・低温の冷媒との熱交換を行う機能を持つ。これによって、次の効果が得られる。

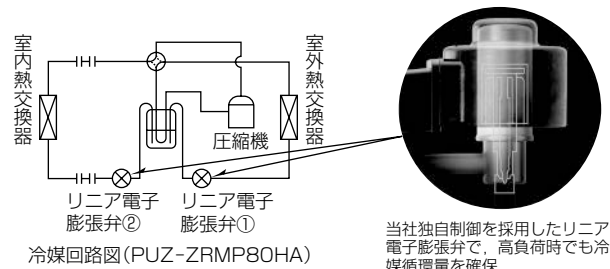


図1. デュアルコントロールシステム

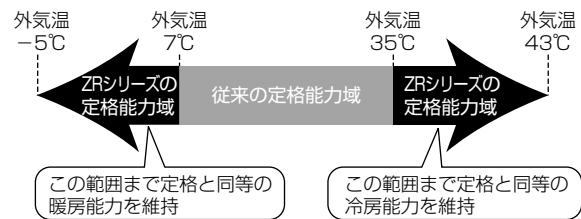


図2. 定格能力発揮領域

- (1) 蒸発器出口乾き度の最適化
- (2) 圧縮機吸入ガス化(効率改善, 信頼性確保)

さらに、2つのリニア電子膨張弁(Linear Expansion Value: LEV)を搭載することで、圧縮機の吐出温度及び凝縮器過冷却度を個別に最適制御することが可能になる。これによって、高負荷条件から低負荷条件までの幅広い運転範囲で最適な運転状態を制御することが可能となり、期間消費効率指標でも高効率化を実現できる。

これらに加えて、新冷媒R32を採用するに当たり、当社独自制御を採用したLEVを搭載した。このLEVは、新冷媒R32の特性を活用し、定格条件の冷媒循環量以下ではCv (flow Coefficient Value)値の分解能を大きく向上させて、よりきめ細かに制御することが可能となった。そのため、負荷に応じた必要冷媒循環量の最適化が可能となり、+1.0%のAPFの改善効果が得られた。

また、冷媒循環量が高くなる高負荷条件に対してCv値を拡張することで、従来の定格能力発揮領域(7℃から35℃)に対して、業界初^(註5)の-5℃から43℃まで拡大することが可能となった(図2)。これによって、冬の外気温度が0℃を下回る準寒冷地でもエアコン暖房のニーズに対応でき、他熱源からヒートポンプへの置き換えの需要に対応できる。さらに、冷房では外気温50℃まで運転可能となった。

さらに、このシステムを用いることで、新冷媒R32で懸念される吐出温度の上昇も抑制することが可能となるため、高信頼性・高効率な空調機を提供することが可能となる。

(注5) 2014年11月26日現在、当社調べ

2.2 新冷媒R32対応スクロール圧縮機の開発

新冷媒R32の採用によって懸念される低密度化に伴う圧縮機性能への影響に対し、新技術の導入で仕様確立を実施して量産導入を行った。

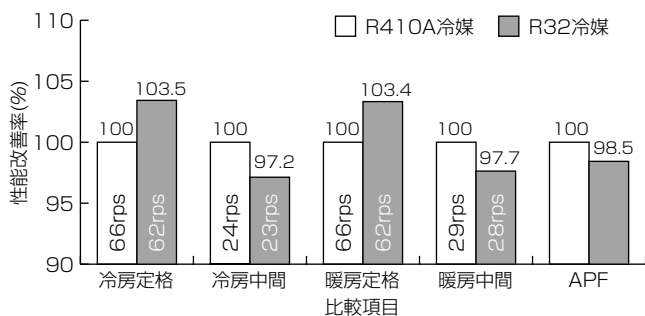


図 3. スクロール圧縮機 R32ドロップイン性能(同一能力比較)

R32冷媒化に伴い、R410A冷媒に対して分子量が小さくなることによる漏れ損失増大などが懸念されるため、R410A冷媒対応の圧縮機へ新冷媒R32をドロップインした試験を実施した。その結果、図3に示すように1.5%のAPF低減が確認された。主に中間条件の悪化が確認され、損失分析によって圧縮室間の漏れによる再圧縮損失によるものと判明した。R410A冷媒に対し低密度冷媒である新冷媒R32は、定格条件のような高速運転では圧力損失の低下による性能改善効果が現れる一方、中間条件のような低速運転では漏れ損失が増加する傾向にある。

今回の圧縮機開発では、従来のR410A冷媒対応の圧縮機に対してAPFの+3.5%改善を目標に掲げ、漏れ損失の改善のみならず、圧力損失及びモータ損失の低減を図るために新技術の導入を行った。

(1) 漏れ損失低減技術

当社のフレームコンプライアント方式スクロール圧縮機の圧縮室で、歯側面クリアランスは各部品間のジャーナルクリアランスによって決定される。この中で、ガイドフレーム内径とコンプライアントフレーム外径間のインロークリアランスは歯側面クリアランス形成に大きな影響を与える要素であるが、従来これらは部品の選択嵌合(かんごう)を行っておらず、クリアランスはそれぞれの加工精度によって決定されていた。

今回、ガイドフレーム内径の仕上げ加工後に、その内径寸法測定値をコンプライアントフレームの外径仕上げ加工機へ送信して加工を行うことによって、最適なクリアランスとなる組合せを機械加工の段階で決定するマッチング加工技術を導入した。この技術の導入によって渦巻側面からの漏れ損失低減を図ることができ、APFの+2%の改善が達成された(図4)。

(2) 圧力損失低減技術

APF性能改善に当たり、その重み付けの大きな中間条件の改善は効果的である。スクロール圧縮機は渦巻の圧縮区間の調整によって圧力損失を最小にする組み込み圧縮比が設定できるが、定格・中間条件の各運転圧縮比の中間となる組み込み圧縮比2.2を目標仕様とした圧力損失の低減を検討した。図5に示すように、組み込み圧縮比を従来渦

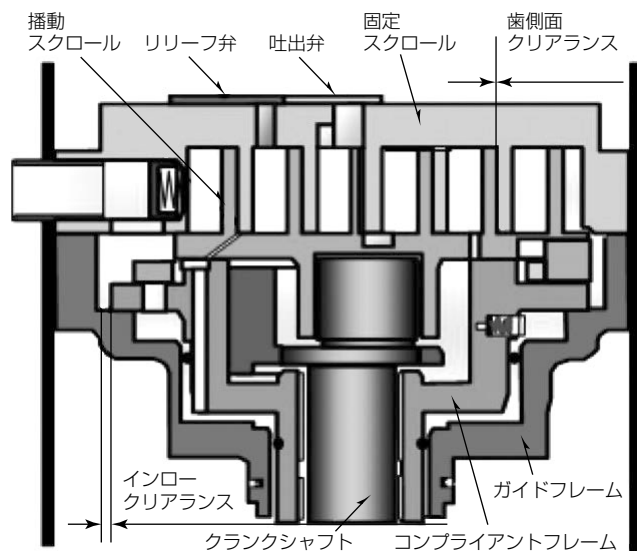


図 4. R32対応スクロール圧縮機のメカ部構造図

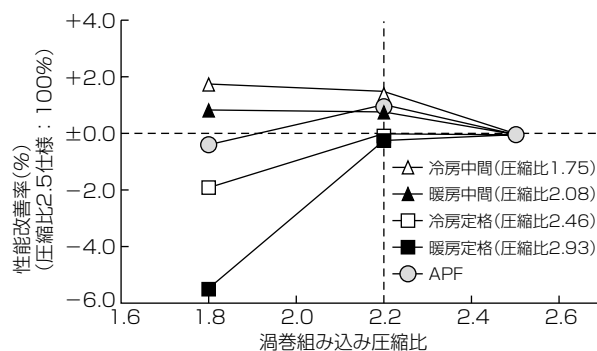


図 5. 渦巻組み込み圧縮比と性能改善率

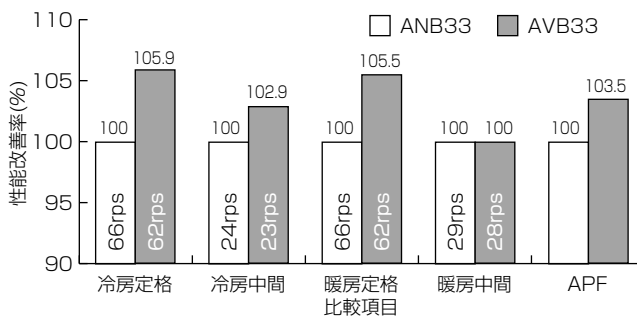


図 6. R32対応スクロール圧縮機性能(同一能力比較)

巻の2.5に対して中間条件の圧縮比側へ低下させて測定した結果から、組み込み圧縮比2.2仕様で+1%のAPF性能改善を実現した。なお、組み込み圧縮比低減に伴い、定格条件では吐出口からの冷媒逆流による再圧縮損失の悪化が懸念されるため、対策として吐出弁を設置することで従来と同等レベルの性能確保を可能とした。

また、更なる性能改善としてモータ効率の改善を行った。ロータコア内のマグネット形状とその配置の最適化設計による銅損低減を図り、同時にステータ巻数を中間条件での性能改善が可能となるようチューニングを行った結果、APFの+2%の改善を達成した。

(3) モータ損失低減技術



図7. 人感ムーブアイ搭載の1方向天井カセット

これら新技術の導入によって、図6に示すようにR32対応スクロール圧縮機は従来のR410A対応スクロール圧縮機に対して+3.5%のAPF性能改善が得られ目標を達成した。

この圧縮機を搭載して実施したユニット評価で、圧縮機性能改善によるサイクル改善効果でAPFの+2.4%が得られた。

3. 他機器による省エネルギー性・快適性向上

3.1 人感ムーブアイ搭載機種追加と湿度センサの新搭載

従来機種に加えて、2015年3月発売機種から、1方向天井カセット機種(図7)にも人感ムーブアイを搭載した。また、湿度センサを新搭載した。これによって、人と床温を見張って、より心地よくムダのない空調が可能となり、更なる快適性と省エネルギー性を実現した。次に、人感ムーブアイと湿度センサ搭載による機能追加の一例を示す。

3.1.1 省エネルギー自動モード

人感ムーブアイが人の位置を検知し、そのエリアを中心に体感温度制御を行うことによって、効率的で快適な冷暖房を実現した。人感ムーブアイでの冷暖房の効果は次のとおりである。

- (1) 暖房時：消費電力約40%節約(当社試算)
- (2) 冷房時：消費電力約25%節約(当社試算)

3.1.2 不在省エネルギーモード

人感ムーブアイによって、エリア内の人が不在の状態を連続で60分検知した場合、冷暖運転ともに自動的に2℃分の空調パワーをセーブして、ムダな冷暖房を抑える(機能選択によって設定)。

3.1.3 不在自動停止モード

人感ムーブアイによって、エリア内の人の在/不在を検知して、設定時間の間、不在を検知すると、自動的に運転を停止する(機能選択によって設定)。

3.1.4 快適自動モード

“風よけ”“風当て”の設定ができる快適自動モードで、ユーザーの好みに合った快適性を提供することが可能となった。

3.1.5 人感ハイブリッド運転

人は風を浴びることでより涼しく感じることができる。そこで、人感ハイブリッド運転では、冷房運転時にこの涼風作用を利用して、室温が設定温度まで下がったら圧縮機を停止させ、吹き出口の風向板(ペーン)を上下スイングして送風運転に切り換える。それによって、圧縮機を停止した状態で、体感温度を低いまま維持する。風だけで体感温



図8. MAスマートリモコン

度を維持できなくなった場合には、圧縮機を再度動かして冷房運転を行う。圧縮機の停止時間を長くすることで消費電力を抑制し、快適性を維持したまま無理のない節電を可能にした。暖房運転の場合は、室内温度が設定温度に近づいたら、水平方向への送風運転を行い、サーキュレータ効果によって、天井付近にたまった暖気を人の高さにまで下ろして室内温度むらを改善し、快適性を向上させる。

同一快適性となる運転状態での湿度センサ有無による消費電力を比較すると、従来機と比べて約5%の省エネルギー性を実現し(当社試算値)、快適性と省エネルギー性を両立させた空調運転を実現した。

3.2 週間スケジュールタイマー

2つの週間スケジュールを同時に登録できる週間スケジュールタイマーを“MAスマートリモコン”(図8)に搭載し、更に使いやすく進化した。ユーザーのニーズに合わせて、例えば夏季・冬季などの2つの異なる運転スケジュールを登録することで、年間を通してスケジュール変更などの手間いらずで、ムダを徹底的に抑え、省エネルギー・省コスト化をサポートする。

4. む す び

店舗・事務所用パッケージエアコン“Mr.スリム”のZRシリーズでは、環境を考慮してGWPが低い新冷媒R32を採用し、新冷媒R32の特性を活用するための最適な冷媒システム“デュアルコントロールシステム”を開発した。また、新冷媒R32に対応して開発した高効率スクロール圧縮機を用いることで、省エネルギー性を大きく発展させた。デュアルコントロールシステムでは、独自制御を採用したLEVを搭載することで、高信頼性・高効率で、かつ快適性を向上させた空調機を提供することが可能となった。

また、省エネルギー性や快適性以外にも、安全性にも配慮した設計を行っており、室外制御基板をボードボックスに収納することで、基板裏面へのヤモリ等の小動物侵入による故障や火災を未然に防ぐ改善も行っている。

今後も使用者と施行者のニーズに応える空調機を提供できるように、製品の向上に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 環境省HP：フロン排出抑制法(平成27年4月施行)
http://www.env.go.jp/earth/ozone/cfc/law/kaisei_h27/