

# インバータ カスタムエアコン“ スーパーパワーエコ ”

"Super Power Eco" Custom Inverter Air Conditioner

川合 信夫  
KAWAI Nobuo

前島 章宏  
MAEJIMA Akihiro

空調機業界では、地球環境保護のため、HCFC(HydroChloroFluoroCarbons)から新冷媒への転換によるオゾン層の保護と、改正省エネルギー(以下、省エネと略記)法による効率の向上が社会的に求められ、これらに対応した商品の開発が急務になっている。

当社は、これら空調業界を取り巻く環境に対応するため、新冷媒として家庭用エアコンで普及しつつあり、オゾン層に影響を与えないHFC(Hydro Fluoro Carbon)系R410A冷媒を業務用空調機に業界で初めて採用し、改正省エネ法での2007年エネルギー消費効率(COP)基準値を大幅にクリアした“スーパーパワーエコ”シリーズを、業界に先駆け開発商品化し市場投入した。ラインアップは、冷房能力5kW(2馬力)から16kW(6馬力)まで6能力ランク、室内機は、メインの4方向天井カセット形のほか、天井吊(つり)形、壁掛形がある。

There has been an urgent necessity for the air conditioner industry to develop products to adapt to the new refrigerants instead of hydrochlorofluorocarbons (HCFC) for protection of the ozone layer and improvement of efficiency as required by the revised Energy-Saving Act. For environmental protection, the ozone-safe hydrofluorocarbon (HFC) refrigerant R410A has already been adopted as a new refrigerant for residential air conditioners. We have adapted R410A to commercial air conditioners ahead of any competitors and introduced the "Super Power Eco" series of custom inverter air conditioners on the market. The "Super Power Eco" far exceeds the reference coefficient of performance (COP) for FY2007 prescribed under the revised Energy-Saving Act. This series has a lineup of six capacity ranks ranging from 5 kW to 16 kW.

## 1 まえがき

店舗・オフィス用として用いられる業務用エアコンは、設備用空調機分野の大勢を占めており、特に、冷房能力16kW(6馬力)以下の分野は、台数で約75%を占め、電力需要のなかで大きな影響力を持っている。

近年、地球環境保護の観点から、空調機の運転効率の向上、消費電力量の低減を進めていくことが要求されており、改正省エネ法によるトップランナー方式の規制が、2006年10月から実施されることに決定している。

更に、オゾン層保護の観点からも、従来使用していたHCFC系の冷媒から、オゾン層に影響を与えない新冷媒へ転換していく事業も急務となっている。

“スーパーパワーエコ”シリーズは、業務用空調機を取り巻くこれらの環境に対応するため、次のような、業界を大幅にリードする技術を織込み開発した業務用インバータエアコンである(図1)。

- (1) 新冷媒として、オゾン層に影響を与えないHFC系のR410Aを業界で初めて採用
- (2) コンプレッサは、新型モータ採用のDC(直流)ツインロータリコンプレッサを開発
- (3) インバータには、ベクトルIPDU(Intelligent Power Drive Unit)を開発



図1 . 店舗・オフィス用インバータエアコン“スーパーパワーエコ”シリーズ 冷房能力14kW(5馬力)機種4方向天井カセット形室内ユニットと室外機の外観を示す。

"Super Power Eco" series custom inverter air conditioner

## 2 システム構成

### 2.1 HFC系冷媒R410Aの採用

オゾン層保護の観点から、モントリオール議定書に基づき、業務用空調機に採用してきたR22など、オゾン層に影響を

与える HCFC は生産量の規制が既に始まっており、2004 年には 1989 年の生産量に対し、65 % の規制となる。

現在、家庭用エアコンでは、新冷媒に R410A を採用した機種が市場投入されている。R410A は、従来の R22 冷媒に比べ圧力は 1.6 倍と高くなるが、冷媒の特性として効率の向上、システムのコンパクト化が見込める。このため、新冷媒化による商品性の向上から家庭用エアコン分野は、当社の転換率 49 % (2000 冷凍年度) を筆頭に、順調に新冷媒に移行しつつある。

一方、業務用エアコンについては、一部のメーカーで新冷媒に R407C を採用し、商品化している。しかし、市場への普及は、2000 冷凍年度で 0.4 % と進行していない状況にある。これは、新冷媒 R407C が、R22 に比べ圧力が 1.1 倍と比較的低い長所があるが、R410A のように効率の向上が見込めず、商品性の向上を織込めないためである。R410A と R407C の物性の比較と、R410A の長所を表 1 に示す。

当社は、冷房能力 16 kW 以下 (6 馬力以下) の業務用エアコンの新冷媒についても、オゾン層保護と、地球温暖化への対応としての運転効率性向上が見込める R410A を採用し、圧力が高くなるなどの諸課題を克服する新技術や運転効率向上の技術開発を行い商品化した。

## 2.2 2 シリンダロータリコンプレッサの採用

従来、このクラスのコンプレッサは、R22 冷媒を使用したスクロールコンプレッサが主流であった。しかし、新冷媒を R410A とした場合、高圧力冷媒のため、圧縮機構部に過大な軸方向荷重の発生による効率低下と信頼性低下を生ずるといふ不具合があった。更に、スクロールコンプレッサには、インバータ駆動を行う場合、次のような欠点がある。

- (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。

一方、ロータリコンプレッサは、圧縮機構部が小さく、コン

プレッサの圧縮比は負荷 (運転条件) に合わせて、自在に変化し、広範囲で高効率な能力可変ができるなど多くのメリットがあり、今回、新冷媒 R410A に適した 2 シリンダロータリコンプレッサを開発した。この断面を図 2 に示す。モータ部も大幅な小形化を実現するために、希土類マグネットを搭載した集中巻 DC モータを新たに開発し採用した。

このコンプレッサは、従来の同等出力クラスの R22 冷媒用圧縮機に対し、効率で約 12 % 向上、質量で約 1/2 ~ 2/3、という大幅な省エネ性とコンパクト・軽量化を達成した。

## 2.3 ベクトル IPDU の採用

DC コンプレッサモータを駆動する、インバータの外観を図 3 に示す。このインバータには、ベクトル IPDU を採用した。

ベクトル制御方式は、従来から産業機器分野のインバータに採用されているが、コスト高となるため、エアコンへの応用は困難であった。しかし、近年、低価格で高速演算可能な DSP (Digital Signal Processor) の出現により、2001 年冷

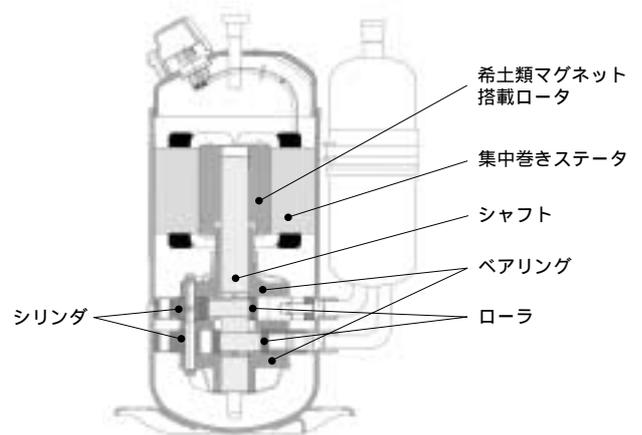


図 2 . R410A 用 2 シリンダ ロータリコンプレッサの断面 R410A 用のコンパクトな圧縮部と希土類マグネット搭載ロータ、及び集中巻きの DC モータ部で構成されている。

Cross section of 2-cylinder rotary compressor for R410A

表 1 . 冷媒 R410A と R407C の比較及び R410A の特長  
Comparison of R410A and R407C and merits of R410A

冷媒名	R410A	R407C	R410A の特長
組成	R32/R125 疑似共沸混合冷媒	R32/R125/R134a 非共沸混合冷媒	組成の管理がしやすく、 施工サービスが容易
オゾン層破壊係数 (ODP)	0	0	
地球温暖化係数 (GWP)	1,730	1,530	
動作圧力 (R22 比) (%)	160	107	
冷凍能力 (R22 比) (%)	147	100	コンプレッサを小さく でき、高効率化
圧力損失 (R22 比) (%)	56	106	コンパクト化、高効率 率化、配管径を小さく でき施工が容易

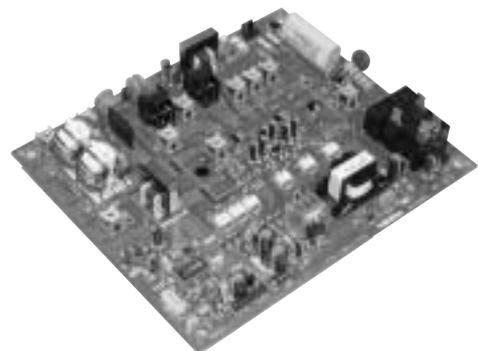


図 3 . ベクトル IPDU 冷房能力 14 kW (5 馬力) 機種に搭載するベクトル IPDU の外観を示す。

Vector intelligent power drive unit (IPDU)

凍年度開発の家庭用ルームエアコン“プラズマ大清快”シリーズに、業界初のDSP採用ベクトル制御インバータを搭載し、この“スーパーパワーエコ”シリーズへの展開を実施した。

DCコンプレッサモータ制御方式に、センサレスベクトル制御を採用することにより、図4に示すように、モータ相電流波形は正弦波近似の180°通電することが可能となり、波形の高調波含有率改善により、騒音低減にも貢献している。

また、図5にコンプレッサモータとインバータの総合効率の比較を示すが、従来のAC(交流)スクロールコンプレッサ+ACインバータ方式と比較して、運転周波数60Hz付近で約15%程度向上した。

### 2.4 その他

効率向上、省エネのため、室外送風機用電動機、メイン機種である4方向天井カセットタイプの室内送風機用電動機をDCモータ化するとともに、熱交換器伝熱管について、R410A冷媒に対応した性能向上を実施した。

熱交換器の伝熱管は伝熱性能向上のため、内面に溝を形成している。この溝の形状、条数、リード角などを各種検討し、新冷媒R410Aに最適な内面溝形状を決定・採用した。

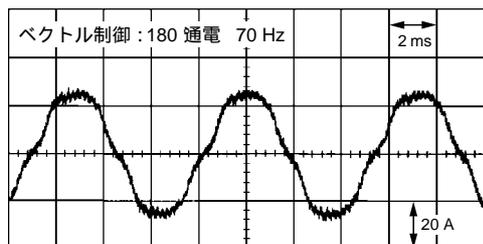


図4. モータの電流波形 コンプレッサ用モータの電流波形を示す。正弦波に近い波形になっている。  
Waveform of motor current

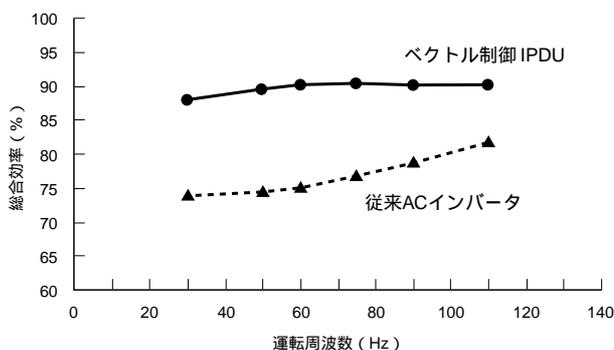


図5. 総合効率の比較 ベクトルIPDU+新DCコンプレッサは、従来のインバータ+ACコンプレッサに比較して、全運転領域で総合効率が大幅に向上している。  
Comparison of total efficiency

これにより、伝熱管としての性能を30~45%向上させている。これら、この機種の開発で採用したR410A対応技術、省エネ化技術を図6に示す。

## 3 商品の特長

### 3.1 環境保全

“スーパーパワーエコ”の環境保全への取り組みの大きなものは、次の2点である。

- (1) オゾン層に影響を与えない新冷媒R410Aの採用
- (2) 改正省エネ法で、2007年に達成すべきトップランナー基準値を大幅に上回るCOPで地球温暖化抑制に貢献

改正省エネ法では、エアコンに対しトップランナー方式での大幅な効率向上を要求している。このクラスの基準値を表2に示すが、基準値は次の2点で評価し、目標達成年度は

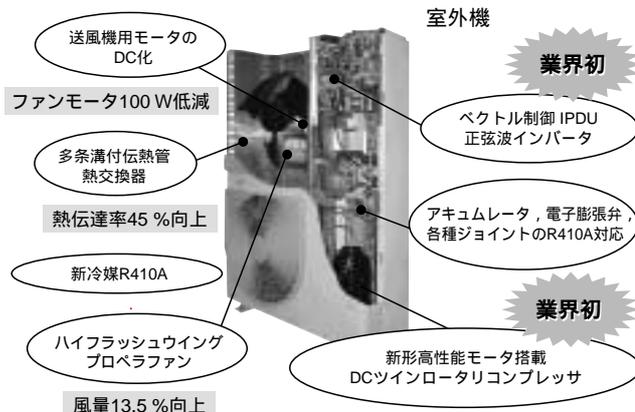
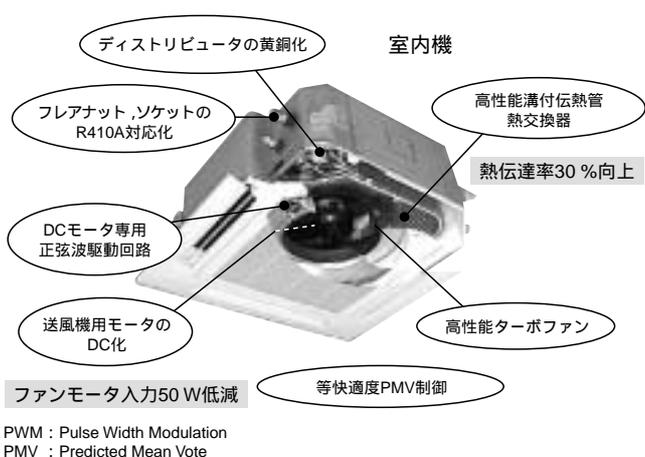


図6. この機種で採用したR410A対応技術、省エネ化技術 R410A冷媒に対応して、コンプレッサ、ベクトルIPDUのほか、熱交換器の性能向上、送風機用電動機のDC化など多くの新技術を採用している。

Technologies adopted for adaptation to R410A and improvement of energy efficiency

表2 . 改正省エネ法での冷暖平均 COP 目標値  
Average COP targets of revised Energy-Saving Act

形態	定格冷房能力 4 kW を超え、7.1 kW 以下	定格冷房能力 7.1 kW 超
直(じか)吹き形で壁掛形のもの	3.17	3.10
直吹き形でその他のもの	3.12	3.06

2007 冷凍年度( 2006 年 10 月 ~ 2007 年 9 月 )となる。

- (1) 冷房 / 暖房平均 COP( エネルギー消費効率 )値
- (2) 出荷品の加重調和平均値

これに対応し, “スーパーパワーエコ”シリーズは, 基準値に対する達成率で 120 ~ 137 % と大幅にクリアしている。

各機種の冷暖平均 COP と達成率を図 7 に示す。

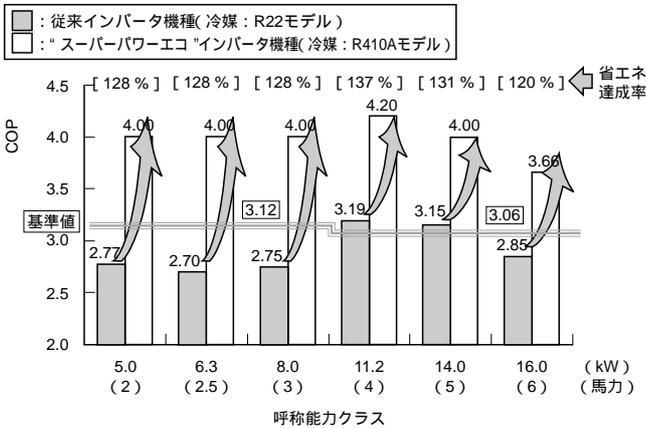


図 7 . 各機種の COP と基準値に対する達成率 “スーパーパワーエコ”シリーズは, 2007 年基準値を大幅にクリアした COP を達成できた。  
COP of each model and ratio of achievement against reference COP

### 3.2 省エネ性

ランニングコストの指標として ( 社 ) 日本冷凍空調工業会では業務用エアコンの期間消費電力量の計算基準を制定している。この基準を用い冷房能力 14 kW( 5 馬力 ) 機種を計算した結果, 従来の R22 一定速機に比較して, 約 53 % の期間消費電力量の低減を達成した。

また, 冷房能力 5 kW から 16 kW までの全シリーズ, 期間消費電力量をほぼ半分以下に低減している。

### 3.3 快適性

効率の良い R410A 冷媒の特性を生かし, 大きな能力が必要になる外気低温時の暖房能力が大幅に向上し, 従来一定速機の 50 Hz 地区での能力に対し, 約 60 % 向上した。

これは, 十分な暖房能力の発揮による快適性の向上とともに, 寒冷地で暖房能力不足時に使用していた補助電気ヒータを不要にでき, 省エネにも貢献している。

また, 2 シリンダロータリコンプレッサの採用で運転可能範囲が広がり, 最低能力を低減, 室温変動の少ない快適な空調を実現した。

その他, ベクトル IPDU の採用により, コンプレッサの騒音を低減し, 室外送風機及びファンガードの改善により室外機騒音も低減している。

### 3.4 据付・施工性

R410A の採用により, コンパクト・軽量, かつ高効率な圧縮機が採用でき, 送風機用モータの DC 化も含め室外機の質量を約 15 % 低減できた。冷房能力 14 kW クラス( 5 馬力 ) では, 従来の 104 kg が 89 kg となった。これは, 据付・施工時の取扱いやすさとともに省資源にも貢献している。

更に, 圧力損失の少ない R410A の特性により, 室内機と室外機を接続する配管径も, 従来の 19.05 mm に対し 15.88 mm と細径化し, 据付・施工作业性を向上させた。

## 4 あとがき

改正省エネ法によるトップランナー方式は, 定格 COP 値の規制であるが, 定格 COP の向上はもとより, 今後は, 実使用時のランニングエネルギーである期間消費電力量が注目されてくる。この期間, 消費電力量のよりいっそうの低減に努めていく必要がある。また, 機器自体の質量低減, リサイクル率の向上など, 製造投資エネルギー, 資源廃棄エネルギーの低減を含め, 総合的なライフサイクルエネルギーの低減を目指して開発を推進していく必要がある。

これらの項目についての対応として, 当社は, 運転効率がよく, 省エネ性に優れ, 機器を小型軽量にできる R410A を新冷媒の候補に挙げ, この冷媒を業務用空調機に採用するための各種課題を克服した。

国内の業務用エアコン業界の主流が R407C 冷媒を採用している状況のなかで, R410A を採用した “スーパーパワーエコ” シリーズの発売は業界に一石を投じることになり, 更に, このシリーズ機種の高 COP, 省エネ効果が, 業務用エアコンの新冷媒化促進, 省エネ化の先鞭(せんべん)となり, 新冷媒, 省エネ機種の拡大に貢献できれば幸いである。



川合 信夫 KAWAI Nobuo

東芝キャリア(株) 富士事業所 中形空調設計部参事。  
業務用空調機の開発・設計に従事。日本冷凍空調学会会員。  
Toshiba Carrier Corp.



前島 章宏 MAEJIMA Akihiro

東芝キャリア(株) 富士事業所 エレクトロニクス開発部。  
インバータ制御器の開発・設計に従事。電気学会会員。  
Toshiba Carrier Corp.