

# 空気清浄エアコン “大清快”

New Air Conditioner with Air-Cleaning Function

久保 徹  
KUBO Tooru

井川 進吾  
IKAWA Shingo

辻村 俊幸  
TSUJIMURA Toshiyuki

近年の清潔・健康志向の一つとして、花粉やハウスダスト、たばこやペットの臭いなどを取り除く空気清浄・脱臭へのニーズが高まっている。当社はこの点に着目し、従来のエアコンの基本機能である冷暖房・ドライに加え、高い空質<sup>(注1)</sup>をトータルに実現できる空気清浄機能搭載のルームエアコン “大清快” (BDR シリーズ)を開発した。空気清浄機能の実現手段として、2 段式電気集塵ユニットを開発し、空気清浄専用機と同等の業界一の集塵性能を達成した。また、紫外線により初期性能に再生できる脱臭フィルタを開発した。さらに、コンプレッサの直流 (DC) モータの駆動に高力率・高効率な当社独自のハイブリッドインバータの新技术を開発し、業界一の省エネルギーと高暖房能力の性能を達成した。

Accompanying the increased interest in healthy air conditioning, there is strong demand for air-cleaning and deodorizing functions in air conditioners.

We have developed a new energy-saving type air conditioner, the BDR series, featuring optimum air-cleaning performance. It incorporates a double-column electric air-cleaning unit offering high cleaning performance comparable to that of dedicated air-cleaning machines, and a reclaimable deodorant filter that can be refreshed by ultraviolet rays. Maximum heating capability and minimum running cost have also been achieved by the development of a hybrid inverter which has both high efficiency and high power factor characteristics.

## 1 まえがき

近年のルームエアコンは、従来の冷暖房機能に本格的なドライ機能を加えることで年間を通じて使用でき、また、ユーザーがもっとも関心をもつ電気代を下げた省エネルギータイプが主流になっている。一方、抗菌グッズや健康食品が注目されるなど、清潔・健康に対するニーズが高まっている。空質においても花粉やハウスダスト、たばこやペットの臭いなどを取り除く空気清浄・脱臭へのニーズが高まっている。これは家庭用の空気清浄専用機 (以下、専用機と呼ぶ) の需要が、最近 5 年間で 3 倍近く伸長していることから裏付けられる。

このような状況下で、当社は 1994 冷凍年度に商品化した業界初の省エネルギータイプのエアコンを年々改良し、また「365 日、24 時間健康空調」をコンセプトに、健康ドライ、健康気流の機能を搭載してきた。98 冷凍年度はこれらの機能に加え、省エネルギー面ではハイブリッドインバータ、空質面では電気集塵ユニットおよび光再生脱臭フィルタの新技术を開発した。

以下に、これらの新技术を搭載した空気清浄エアコン “大清快” について述べる。

## 2 製品概要

“大清快” は図 1 の室内機と室外機で構成される。主な特

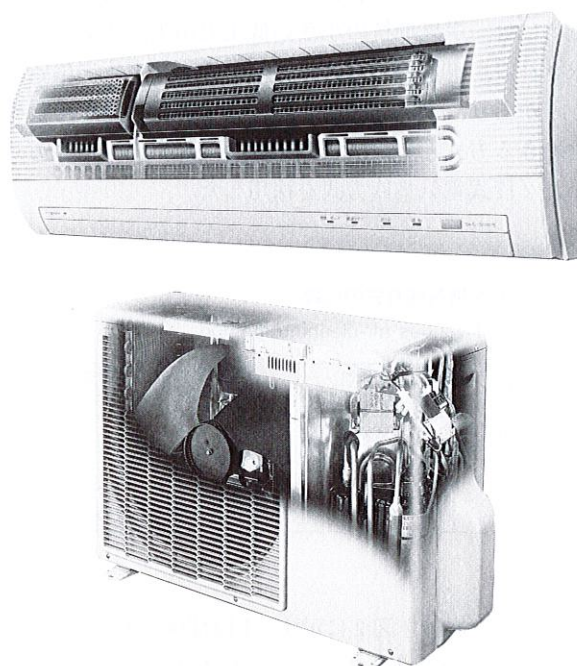


図 1. 空気清浄エアコン “大清快” の外観および内部配置 室内機前面右側に電気集塵ユニット、左側に光再生脱臭フィルタ、室外機右上にハイブリッドインバータを搭載している。

External view of new air conditioner

(注 1) 温度、湿度、粉塵、臭いなどさまざまな要素を考慮した空気の状態のこと。

長は次のとおりである。

- (1) 室内機に、低圧力損失で高効率の電気集塵ユニットを採用し、専用機と同等の集塵性能を実現した。
- (2) 同じく室内機に、酸化チタンの光触媒作用を利用した脱臭フィルタを採用し、紫外線の光触媒作用により脱臭性能を再生可能とした。
- (3) 室外機のコンプレッサのDCモータの駆動に、高効率・高効率のハイブリッドインバータを採用し、業界一の暖房開始能力5.1kWと年間電気代24,700円(対前年度比87%)を実現した。

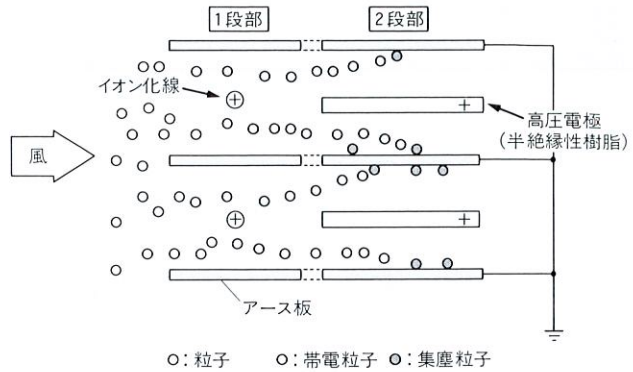


図2. 2段式電気集塵ユニットの集塵原理 電極部の構成断面を示す。吸込み空気中の粒子を帯電させ、クーロン力で吸着することにより集塵する。

Collecting principle of double-column electric air-cleaning unit

### 3 空気清浄機能

#### 3.1 電気集塵ユニット

“大清快”の開発にあたり、空気清浄機能に対するニーズを検討し、次の2点を重要な開発目標に設定した。

- (1) 専用機と同等の高性能
- (2) メンテナンスの容易化

現状のルームエアコンの空気清浄機能は、専用機に対し性能が見劣りするうえ、性能維持のためにフィルタの交換が必要である。

専用機と同等の性能を実現するにあたり、エアコン基本機能の冷暖房性能への影響を最小限にする必要がある。そのためには、送風抵抗の小さい低圧力損失の空気清浄機が要求される。専用機およびエアコンの集塵方式には各種類(表1)があり、これらのなかで低圧力損失・高集塵効率を両立できる方式として、電気集塵方式で集塵部に電極方式を用いた2段式電気集塵方式を採用した。

表1. 空気清浄機各種方式の比較

Comparison of various air-cleaning methods

項目	機械式 フィルタ方式	電気集塵 フィルタ方式	電気集塵電極 方式(2段式)
集塵効率	集塵効率と圧力損失は トレードオフの関係にある		○
圧力損失			○
備考	効率を上げると圧力損失が大きくなる		ただし1段式は 効率が低い

構成および原理を図2に示す。1段部はイオン化線と対向するアース板からなり、吸い込んだ汚れた空気の粒子をコロナ放電により帯電させる。2段部はアース板と高圧電極から成る対向電極(4面)でクーロン力により帯電粒子をアース電極に付着させる。高性能と安全性を両立する仕様として、1段部の放電電流は300 $\mu$ A(4.2kV)、2段部は3.5kVの高電圧を印加する。ここで2段部の高圧電極に半絶縁樹脂を使用しているのがポイントであり、汚れが付着した場合の異常放電が発生しにくいため、高電圧印加が可能で

性能向上に大きく寄与する。圧力損失は通過風速1m/s時のエアコン熱交換器が約20Paあるのに対し3Pa程度であり、送風性能への影響は小さい。

このユニット単体の集塵効率は80%以上(0.3~0.4 $\mu$ m径フタル酸ジオクチル粒子 通過風速1m/s)と高効率であり、空気中の花粉やハウスダスト、たばこの煙などの粒子のうち、0.01 $\mu$ mまでの大きさを集塵することができる。運転方式には、エアコンとの併用運転と単独運転があり、さらに単独運転には強力に集塵する“ファン式”と静かに集塵する“イオン式”がある。“ファン式”の場合、図3に示すように、粉塵濃度を30分で約1/10まで減らすことができ(日本電機工業会規格JEM1467-1996で適用床面積10畳相当)、従来の静電フィルタの約10倍の集塵性能を発揮する。これは、ルームエアコンでは業界最高で、専用機に匹敵する集塵性能である。“イオン式”の場合、超低速回転

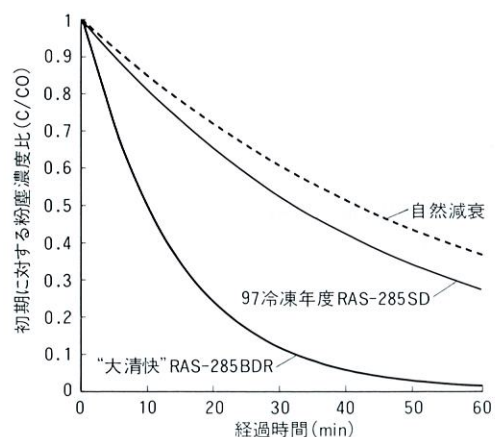


図3. “大清快”と97冷凍年度機種集塵性能比較 10畳部屋の粉塵濃度を30分で約1/10に減衰でき、97冷凍年度の静電フィルタに対し約10倍の集塵性能がある。

Comparison of air-cleaning performance

の送風で就寝時などに 22 dB の静かな運転ができる。

集塵効率は長期間の使用で徐々に低下するが、汚れた集塵ユニットを家庭用合成洗剤溶液に 15 分程度つけておき、洗うことで、初期同等の集塵性能に復帰する。このように、簡単なメンテナンスだけで高性能を維持でき、ランニングコストを低く抑えられる。

### 3.2 光再生脱臭フィルタ

空気清浄機能としては脱臭機能も要求されるが、従来の脱臭フィルタは活性炭などによる吸着方式で、定期的な交換が必要であった。そこで、高性能化と長寿命化のため、酸化チタンの光触媒作用を利用した業界初の脱臭フィルタを開発した。

脱臭フィルタについても低圧力損失が要求されるが、脱臭性能的には吸込み空気とより接触するように表面積は広くしたほうが効果的である。低圧力損失と表面積アップの相反する要求をバランスよく満たす形状として、ハニカム形状を採用した。これにより、従来の脱臭フィルタに比べ表面積が増え、2.5 倍の脱臭性能を発揮できる。

脱臭は吸着作用によるため、徐々に性能は下がってくるが、これに紫外線をあてると光触媒作用により吸着ガスの分解が進み、性能が復帰する。脱臭性能の再生効果を図 4 に示す。6 か月に 1 回程度をめぐりに、フィルタを太陽光に 6 時間程度当てることで繰り返し使用が可能になる。これにより、電気集塵ユニット同様、簡単なメンテナンスで脱臭効果を長期間維持できる。

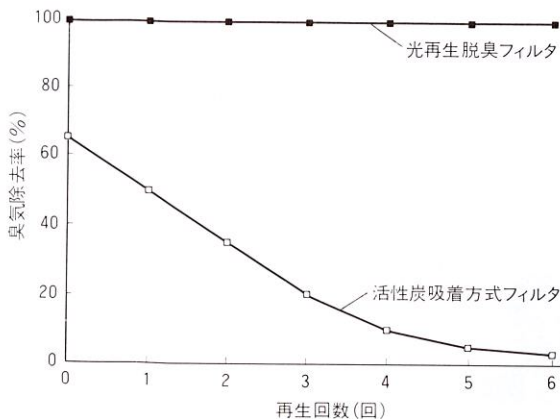


図 4. 脱臭性能の光再生効果 試験回数が増えても、光再生により初期の臭気除去率（試験槽 0.25 m<sup>3</sup>、たばこ 800 本相当/回）を保持する。

Deodorant performance after reclaiming

## 4 ハイブリッドインバータ

最大暖房能力のアップのためには、入力電力 (AC 100 V / 20 A) の有効利用が必要である。コンプレッサの DC ブラシ

レスモータを駆動するインバータとして、当社独自の回路で PAM (Pulse Amplitude Modulation) 制御と PWM (Pulse Width Modulation) 制御の両方式を行うハイブリッドインバータを開発し、電力利用率 (力率) とインバータ効率の両方の向上を可能にした。これにより、業界一の暖房開始能力 5.1 kW と省エネルギーを実現した。

ハイブリッドインバータの原理について、図 5 の回路構成、図 6 の入力電流波形で述べる。従来インバータの倍電圧整流回路に高力率コンバータ制御回路 (図 5 中の点線で囲まれた部分) を追加した。この回路は昇圧チョップの機能を持ち、整流ブリッジ、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) および駆動回路から構成される。図 6 に示すように、この IGBT を電源電圧のゼロ位相に合せて、ある期間オン (力率改善パルス) することで、通電角の広い入力電流波形を作り出し、高力率化が可能となる。低入力時には効率を優先したインバータの PWM 制御だけを行う。中入力時以上では昇圧チョップをオンにして力率向上を図るとともに DC 電圧を上昇させることでモータ電流を減らし、電力ロスを低減させる。高入力時にはインバータの PWM On-Duty (通流率) を 100% (チョップショート) としてスイッチングロスを低減させ、高力率コンバータ側で DC 電圧を調整して PAM 制御でモータの速度制御を行う。

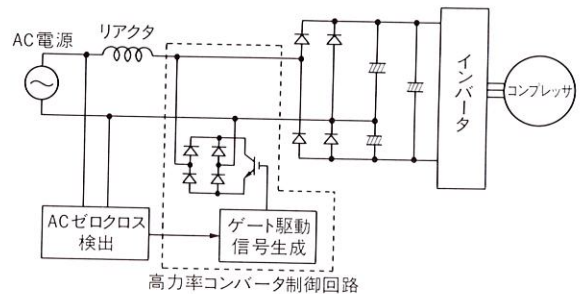


図 5. 高力率コンバータ回路 従来インバータの倍電圧整流回路に、点線部で示す高力率コンバータ制御回路を追加した。

Hybrid converter circuit

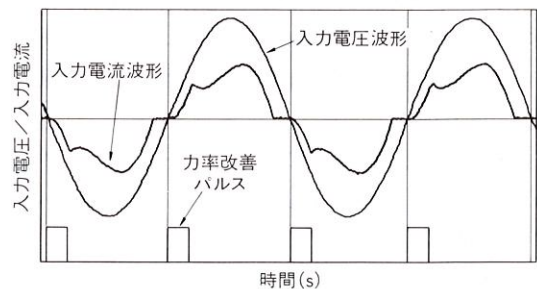


図 6. 入力電圧・電流波形 IGBT を電源電圧のゼロクロスで駆動 (力率改善パルス) し、通電角の広い高力率な入力電流を作る。

Source voltage and current waveforms

表2に各種方式によるコンバータ回路の比較を示す。アクティブフィルタ方式の場合、入力波形を正弦波に近づけるために、スイッチング素子を16kHzと高い周波数で駆動する。そのため、低入力時から高入力時までの範囲で力率を高くできる反面、スイッチングロスによるインバータ効率の低下、電磁ノイズの発生の問題がある。これに対しハイブリッドインバータ方式は、高入力時の高力率とインバータ効率の両方の向上が可能である。また、スイッチング回数が電源周波数と同じ周波数で大幅に少ないため、電磁ノイズの発生が少なくノイズフィルタ回路は従来と同等で対応できる。したがって、省エネルギー性、電磁ノイズ、およびコストを考慮した場合、ハイブリッドインバータ方式はルームエアコンにもっとも適した方式といえる。

表2. 高力率回路の各種方式の比較  
Comparison of main circuits

項目	従来方式	アクティブフィルタ方式	ハイブリッドインバータ方式
回路			
最大力率	△ 90%	○ 99%	○ 99%
効率	○	△ スイッチングロス大	○
コスト	○	△	○
電磁ノイズ	○	△	○

## 5 省エネルギー技術

ハイブリッドインバータに加え、次のハードウェア面を開発した。これらにより、業界一の年間電気代24,700円と高エネルギー消費効率(COP:能力/消費電力)を実現した。図7に5年前(93冷凍年度)からの年間電気代および性能推移を示す(ただし、暖房時のCOP(エアコン本体)は97冷凍年度以前の機種が能力4.2kWに対し、98冷凍年度は能力4.5kWの値)。

- (1) 室内機の送風ファンに薄肉ブレードのランダムスキュー横流ファンを採用した。これにより同レベルの騒音で風量を5%アップできた。
- (2) 室外機の送風ファンにφ420の大径ミックスブレードプロペラファンを採用した。これにより同レベルの

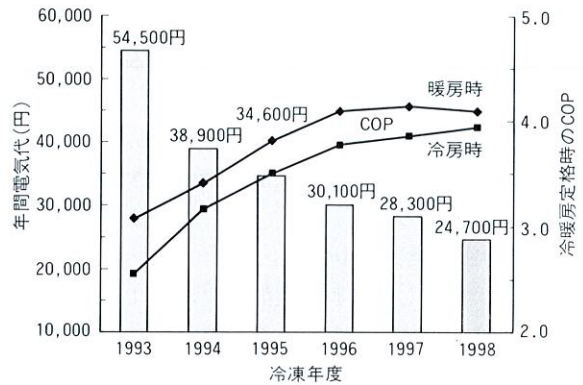


図7. 省エネルギーエアコンの性能推移 約4.0の冷暖房定格時のCOPにより、年間電気代は5年前の1/2以下を実現した。

Improvement of air-conditioner performance

騒音で風量を20%アップできた。

- (3) 室内機にパイプ位置をずらしたオフセットパイプ円弧熱交換器、室外機に総面積を10%アップしたφ8-2列大容量熱交換器を採用した。

## 6 あとがき

近年の環境問題のクローズアップから、今後は今以上に環境にやさしいエアコンが求められる。特にオゾン層保護のために、代替冷媒化対応が必要である。一方、健康面から空質向上の要望はさらに高まりつつある。空気清浄機能搭載の“大清快”の発売により、空質向上の要望に拍車がかかると思われる。

このような市場動向のなか、今後は代替冷媒による省エネルギー性向上の技術、より高性能の空気清浄機能の開発に取り組んでいきたい。



久保 徹 KUBO Tooru

富士工場 エアコン設計部主務。  
ルームエアコンの開発設計に従事。電気学会会員。  
Fuji Works



井川 進吾 IKAWA Shingo

富士工場 開発技術部主務。  
ルームエアコン用室内制御器の開発に従事。電気学会会員。  
Fuji Works



辻村 俊幸 TSUJIMURA Toshiyuki

富士工場 開発技術部。  
ルームエアコン搭載空気清浄ユニットの開発に従事。  
Fuji Works