

家電製品の省エネルギー技術

—PAM制御と照明器具での省エネルギー化—

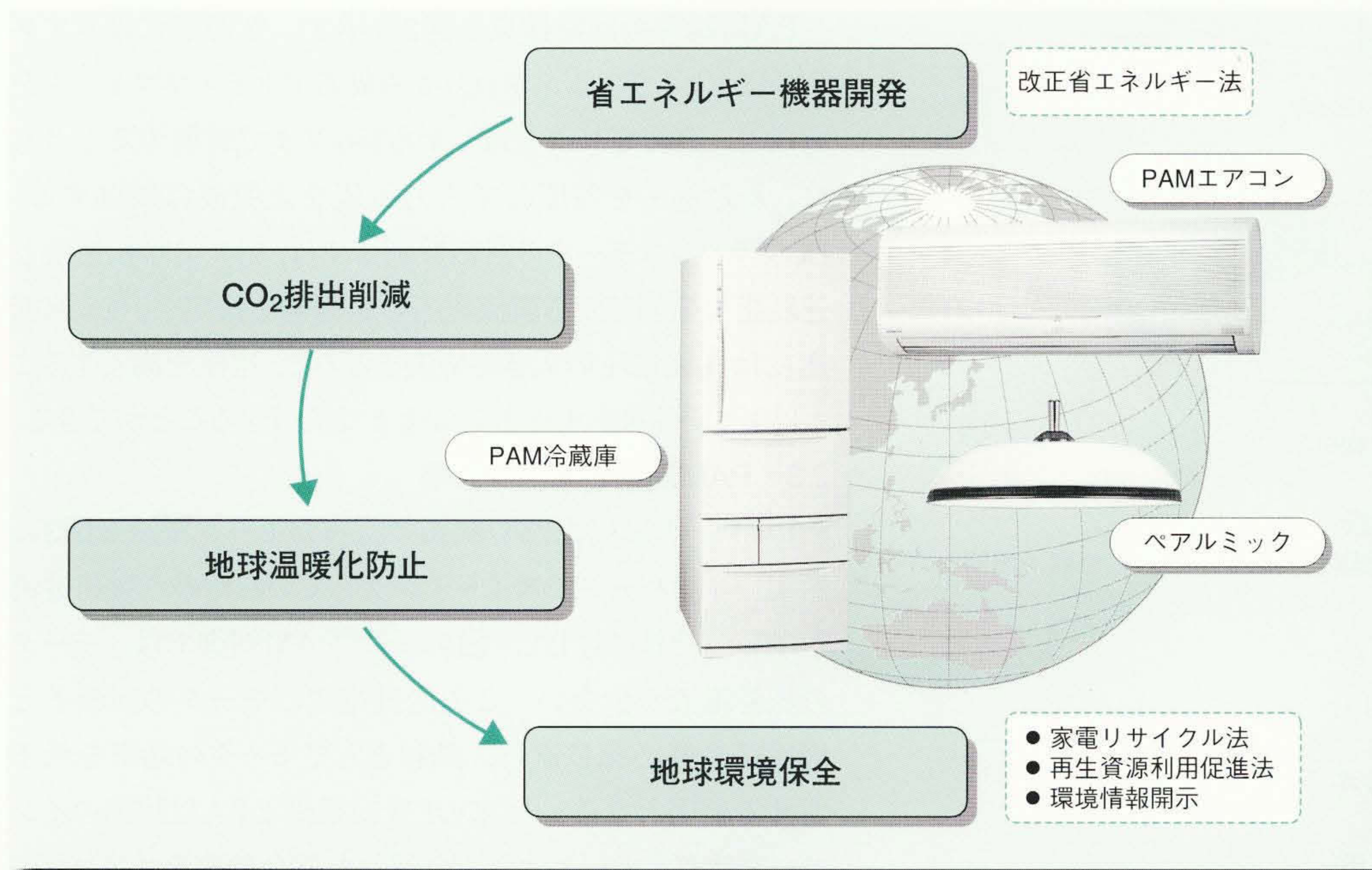
Energy Saving Technologies in Home Appliances

山田哲也 Tetsuya Yamada

高倉雄八 Yûhachi Takakura

石井 誠 Makoto Ishii

高橋喜将 Yoshimasa Takahashi



注：略語説明
PAM (Pulse Amplitude Modulation; パルス振幅変調)

家電製品の省エネルギーを取り巻く状況と省エネルギー技術

家電製品メーカーには、地球環境保全に関する社会的動向に対応し、省エネルギー機器の開発によってCO₂排出削減や地球温暖化防止に寄与することが求められている。

地球環境保全の観点から、工業製品の環境への負荷低減が求められている。家電製品の環境負荷を製品ライフサイクルの面からとらえると、使用段階のエネルギー消費量はかなりのウェイトを占め、省エネルギー機器の開発は重要なテーマであると言える。一方、「省エネルギー法」は1998年に改正され、世界でも類を見ない、最先端を行くことが求められるトップランナー方式を採用した厳しい内容のものとなった。これらの状況の下で、家電製品の省エネルギー化は着実に進展している。

日立製作所は、世界で初めてエアコンにPAM(パルス振幅変調)制御を適用した。さらに、冷蔵庫や洗濯機などのPAM化により、省エネルギーを推進している。PAM制御では、入力電源部にアクティブフィルタを内蔵し、力率と直流電圧を同時に制御する。したがって、電源力率は1となり、パッシブフィルタ方式よりも電力を10%有効利用できる。また、インバータの通電率を100%で運転することにより、モータ電流の脈動が低減し、3~5%の効率改善ができる。2000年度PAMエアコンの年間電気代は、2.8 kWクラスで21,800円であり、従来のPAMエアコンに比べて5,700円低減している。

照明分野では、省エネルギー性に優れた、インバータ器具に適する家庭用二重環形蛍光ランプ「パールミック」を開発した。これは、細径化した二つのリングライト(環状蛍光灯)をブリッジ技術で接合することにより、高効率を実現したものである。さらに、独自のIC回路「パールミックIC」の採用により、日立製作所の従来の一般家庭用照明器具に比べて約41%の省エネルギー化が図れた。これは、16 m²の部屋で1日6時間照らすとして、年間約150 kW・hの節約に相当する。

1 はじめに

家庭での電気製品の消費電力量ウェイトは、エアコンが22.9%、冷蔵庫17.6%、照明器具15.8%、テレビ9.5%であり、この4品目で65%以上を占める(図1参照)。

日立製作所は、エアコンと冷蔵庫にインバータ制御と直流ブラシレスモータを採用して省エネルギー化を進めてきた。1996年には「PAM(パルス振幅変調)制御形インバータ」の開発によっていっそうの省エネルギー化を達成

し、エアコンでは1996年度から4年連続、冷蔵庫では1998年度に「省エネ大賞」をそれぞれ受賞した。

また、照明では、二重環形蛍光ランプ「パールミック」を開発し、独自のIC回路「パールミックIC」の採用により、日立製作所の従来の同型器具比で約41%の省エネルギーを達成した。

ここでは、PAM制御を導入した製品の機能、およびパールミックの特徴について述べる。

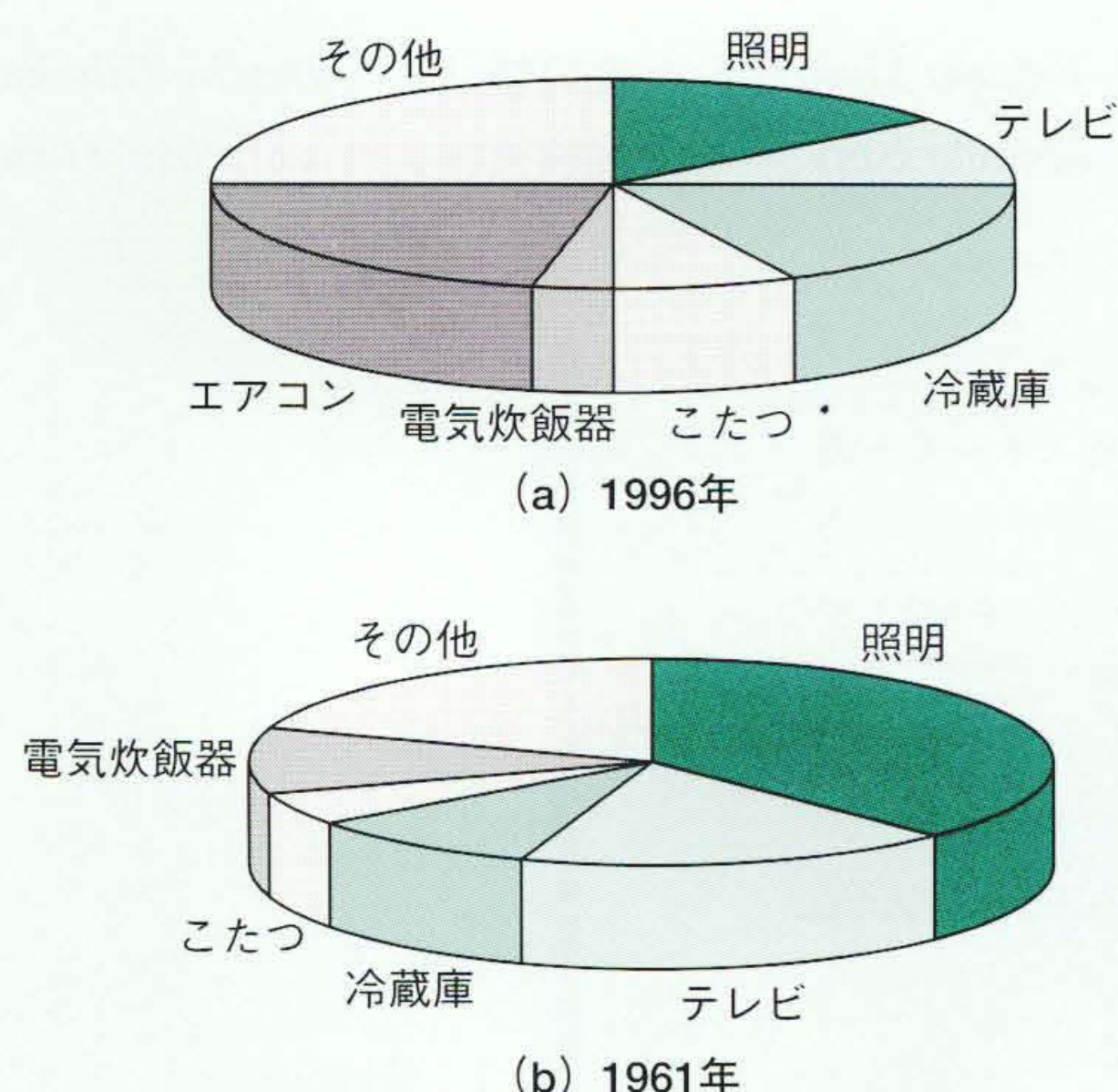


図1 家庭での電力消費量の内訳

わが国の家庭での電力消費の機器別内訳を示す。この間、照明は38%から16%に減少した。

2 PAMでの省エネルギー技術

2.1 PAM制御の製品への適用

PAM制御方式は、高調波対策を行いながら製品の性能を向上させるという、一石二鳥の効果を持つものである。この基本回路であるアクティブフィルタは各方面で研究されているものであり、特に新しい技術とは言えない。また、高調波の抑制と力率の改善というだけでは、製品価値やメリットが少ない。そのため、この回路の特徴を生かしたPAM制御の開発によって高出力や省エネルギーなどの効果を生みだし、顧客ニーズに沿った形で、

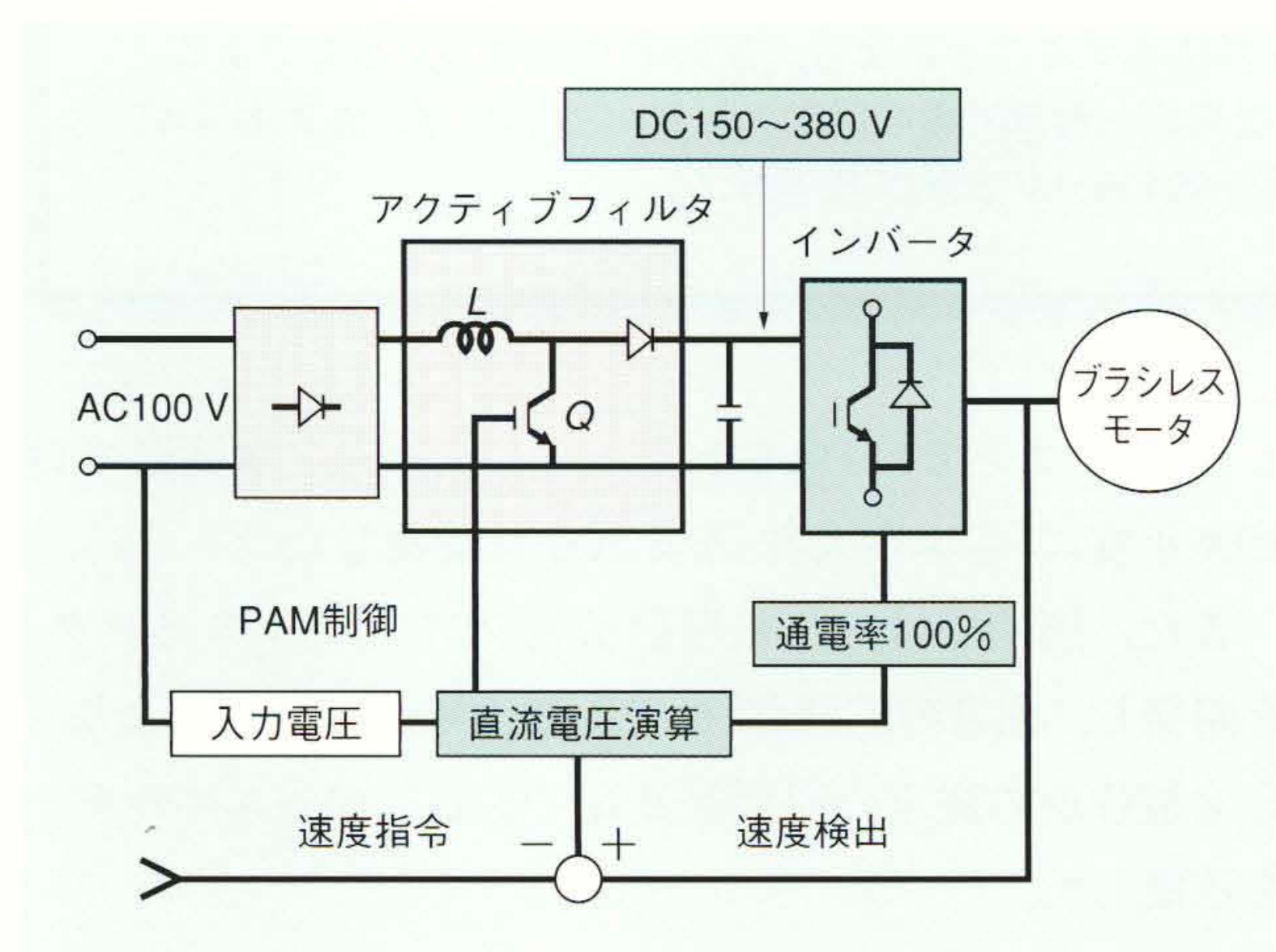


図2 PAM制御の回路構成

昇圧チョッパ形アクティブフィルタを応用し、直流電圧を負荷に応じて可変することによってモータの速度制御を行う。

この技術をエアコンや冷蔵庫などに適用した。なお、省エネルギー技術に関しては、各製品ごとに新技術を駆使した、総合的な取組みを進めている。

2.2 PAM制御回路

PAM制御の回路構成を図2に示す。電源部にはリアクトル(L)とトランジスタ(Q)から成るアクティブフィルタを構成し、直流電圧を150 Vから380 Vまで制御するとともに、入力電圧を参照して入力電流を正弦波に制御する。DCブラシレスモータの回転数制御では、(1) 実回転速度と速度指令の偏差から直流電圧の制御値を決定し、(2) 回転速度は直流電圧の大きさで決まるので、電圧を高くすることによって高効率モータを高速まで制御することができる。

2.3 PAM制御とモータ効率

PWM(パルス幅変調)制御で行ったモータ電流を図3に示す。インバータでスイッチングしているため、脈動電流が多い。それに対して、図4に示すPAM制御では、モータの脈動電流が少ない。この脈動電流はモータの回転子と固定子の鉄心部に流れ、鉄損としてモータの効率を低下させる要因となる。従来のPWM制御とPAM制御のインバータ効率とモータ効率を合計した総合効率をエアコンの例で図5に示す。PAM制御の場合、3~5%の効率向上が得られる。さらにルームエアコンでは、圧縮機、冷凍サイクルなどとの改善も含めて年間電気代を、2.8 kWクラスで

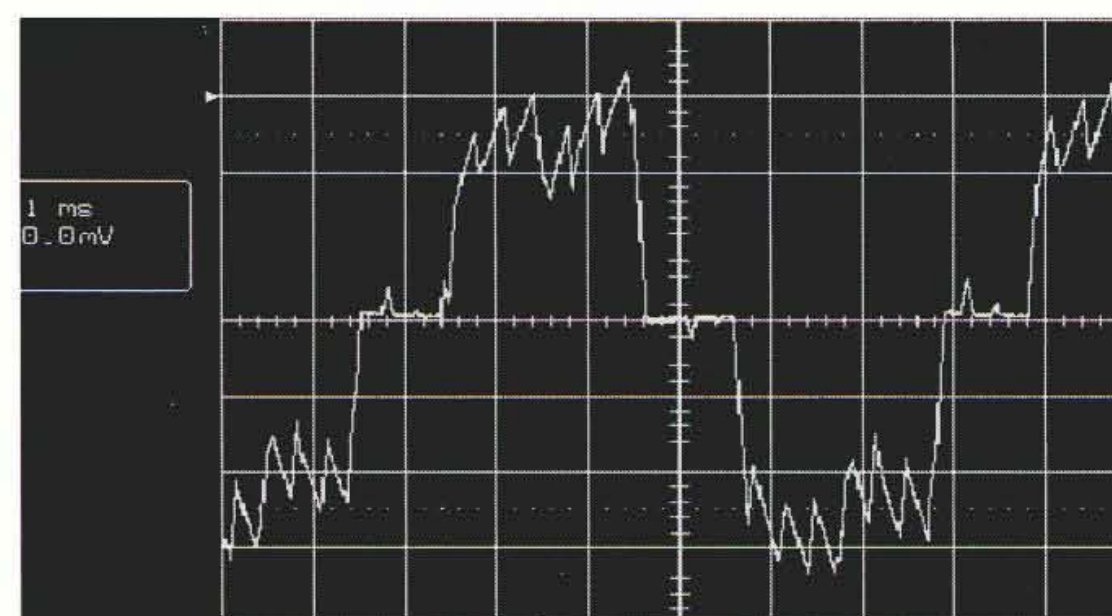


図3 PWM制御モータの電流波形

PWM制御はインバータのキャリア成分(3 kHz)の電流脈動があるため、モータの鉄損が増加する。

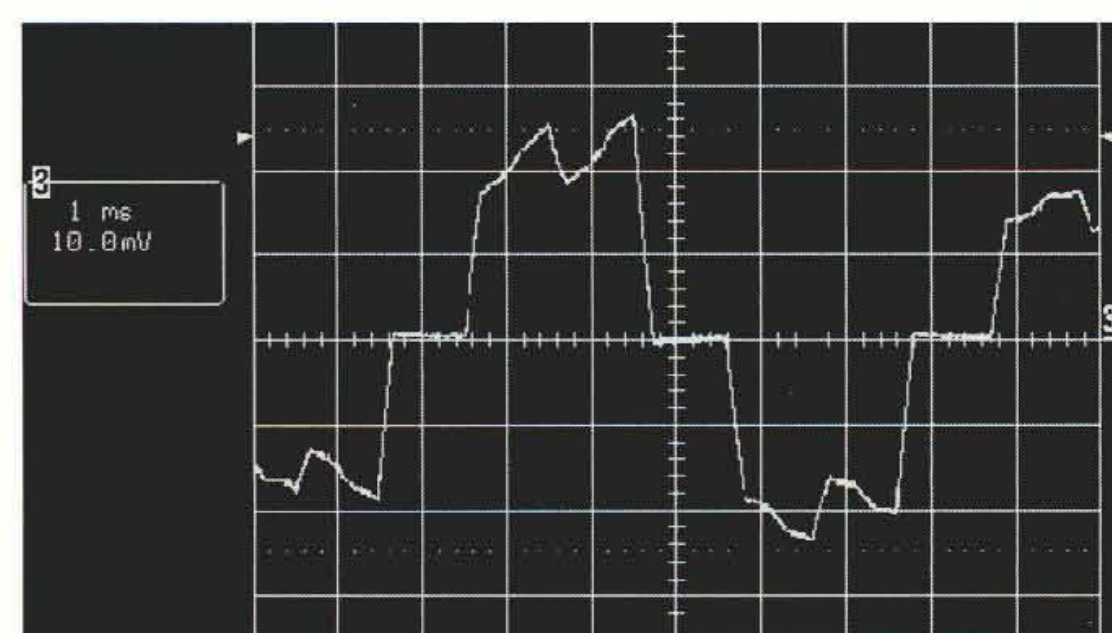


図4 PAM制御モータの電流波形

PAM制御は直流電圧を負荷に応じて最適に制御することができるので、モータ効率と回路の総合効率が向上する。

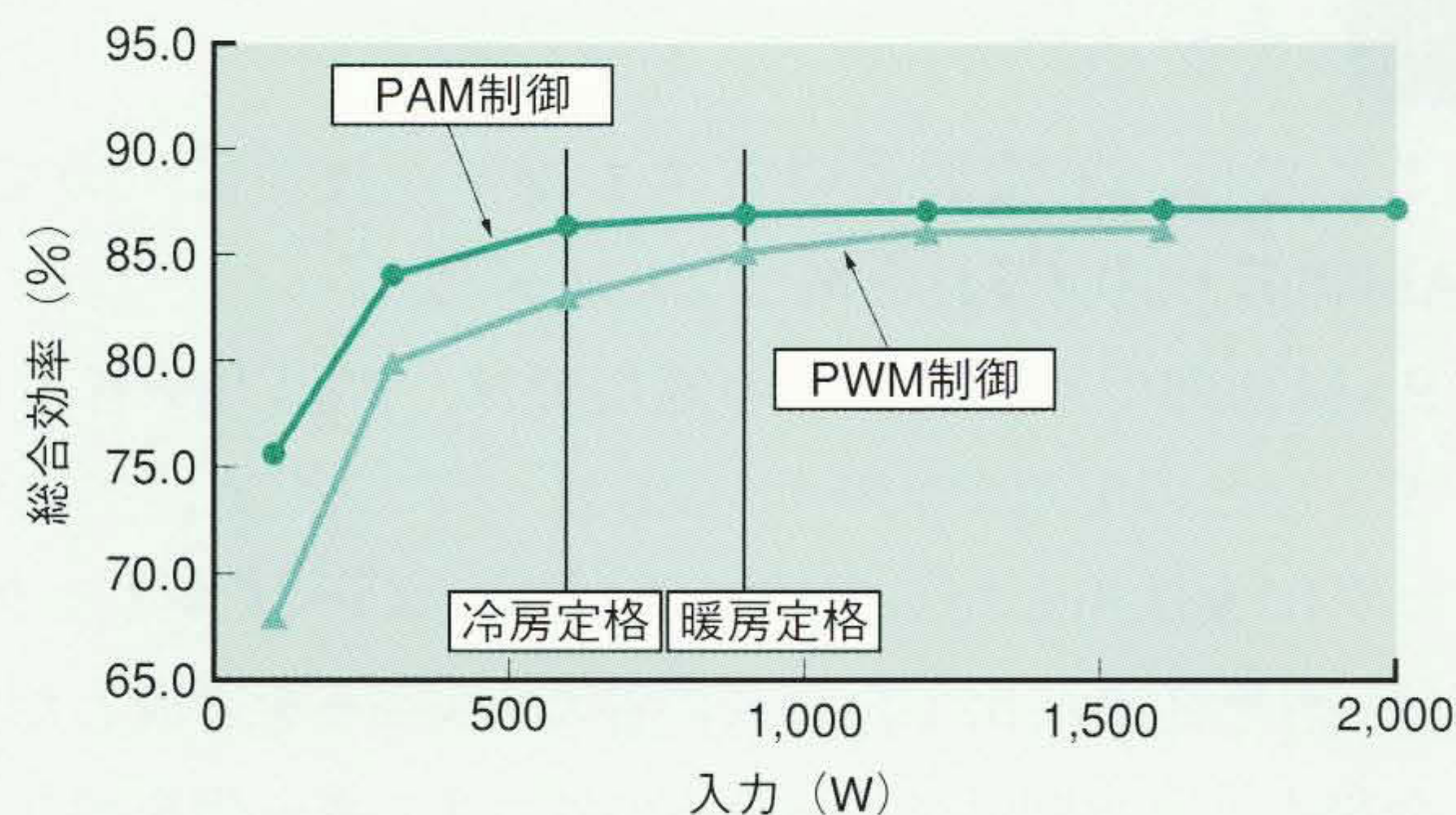


図5 PAM制御とPWM制御の効率比較

PAM制御はインバータのキャリア成分のモータ電流脈動がないので、モータ効率が高くなる。

従来の27,500円から21,800円までに低減することができた。

3 ペアルミクの省エネルギー技術

3.1 ペアルミクの位置づけ

ペアルミクは、これまでの製品とは異なる、まったく新しい構造の蛍光灯である。その基本構造は、店舗などでよく見かけるコンパクト形蛍光灯(複数の直線形ランプをブリッジ接合したもの)の技術をリングライト(環状蛍光灯)にも応用したものである。現在、家庭用照明の主役は、まだリングライトの一般安定器付き照明器具とインバータ照明器具である。しかし、ペアルミクは、省エネルギーに加え、省資源、省スペース、それに近年の高齢化やアメニティ志向といった社会的ニーズに対応しているので、次世代の主役となる資格を十分に備えた製品と言える。照明器具での省エネルギーは最重要課題の一つであり、ペアルミクは、その代表的な器具の一つである。

3.2 ペアルミクの特徴

ペアルミク(100 W)と従来品であるリングライト(40 W)の寿命比較を図6に、ペアルミクの基本構造を図7にそれぞれ示す。ペアルミクの特徴は、以下のとおりである。

- (1) 省スペース・高効率化：高精度なガラス加工技術により、細径(従来品φ29 mm→ペアルミクφ20 mm)の二つのリングをブリッジ接合し、発光管を長くすることによって高効率化を実現した。
- (2) 器具内での明るさの向上：ブリッジ接合の形状と位置を最適化し、ランプの明るさに大きく寄与する最冷点を制御し、照明器具に組み込まれた状態で最も明るくなる構造とした。
- (3) 長寿命化：インバータの高周波点灯に適したペアル

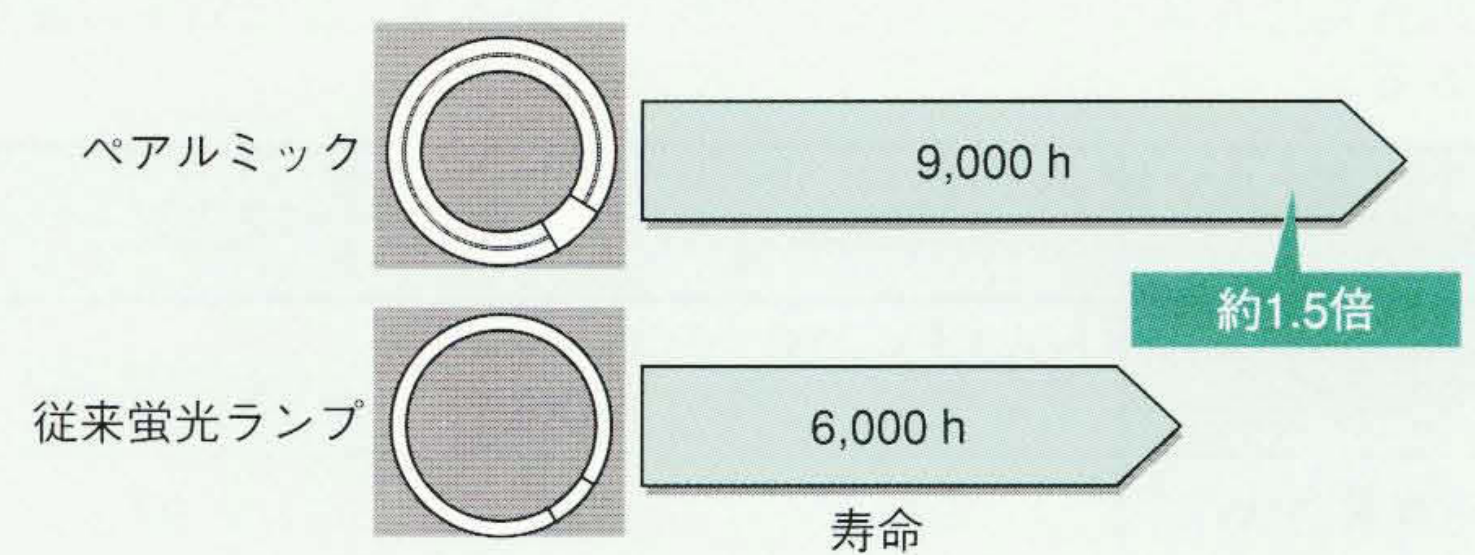


図6 ペアルミクと従来品の寿命比較

ペアルミクでは、寿命が当社従来品比で1.5倍に伸びている。

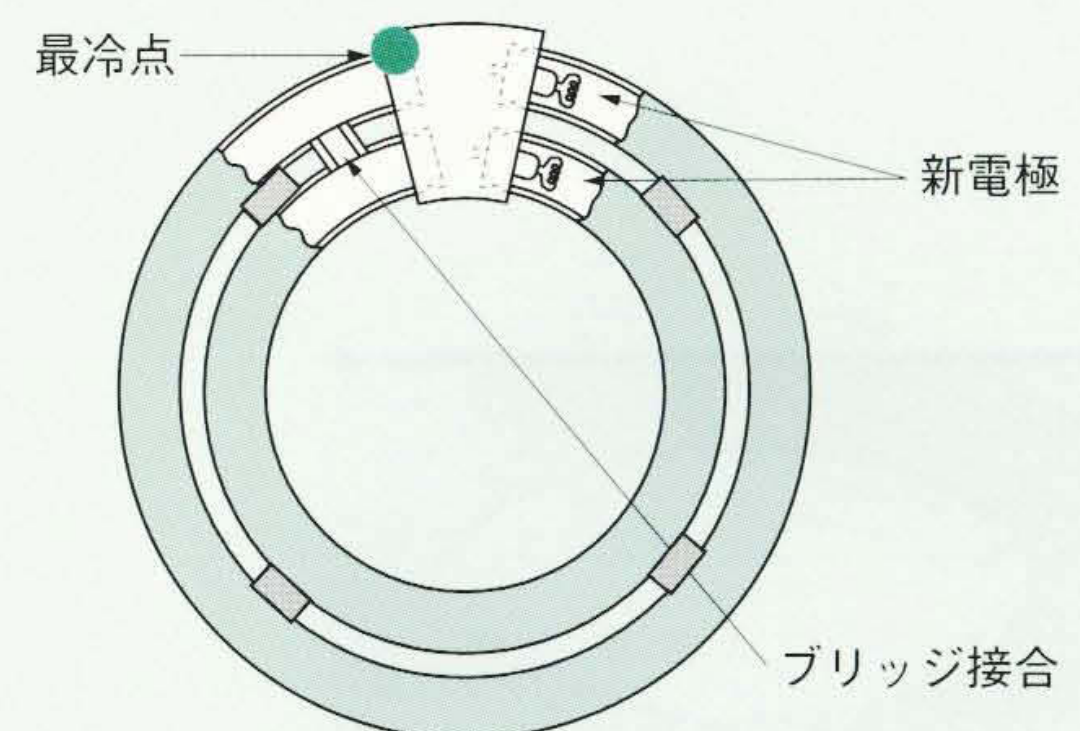


図7 ペアルミクの基本構造

ペアルミクの基本構造を示す。ブリッジ接合部と電極部は断面図としている。

ミク用の電極を新たに設計し、保護膜の働きで蛍光体の劣化を防ぐことにより、ランプの寿命を日立製作所従来品比で1.5倍に伸ばした。

3.3 ペアルミクICの性能と特徴

ペアルミク用に独自に開発した「ペアルミクIC」と従来品照明器具との性能比較を表1に示す。実際の使用状態では器具内の温度は約40℃になり、ほぼ同じ消費電力で比較すると、ペアルミクICは、一般安定器付き照明器具よりも明るさで3,600 lm(リングライト30 Wが2本分)、効率(1 W当たりの明るさ)で38.3 lm/W上がっている。また、インバータ照明器具と比較しても、明るさで2,410 lm(リングライト32 Wが1本分)、効率で22.8 lm/W上がっている。従来品でペアルミクと同等の明るさを得るためには、リングライトが何本も必要となる。これにより、ペアルミクICは、省エネルギーに加え、省資源の観点からも社会環境に適応した製品であることがわかる。

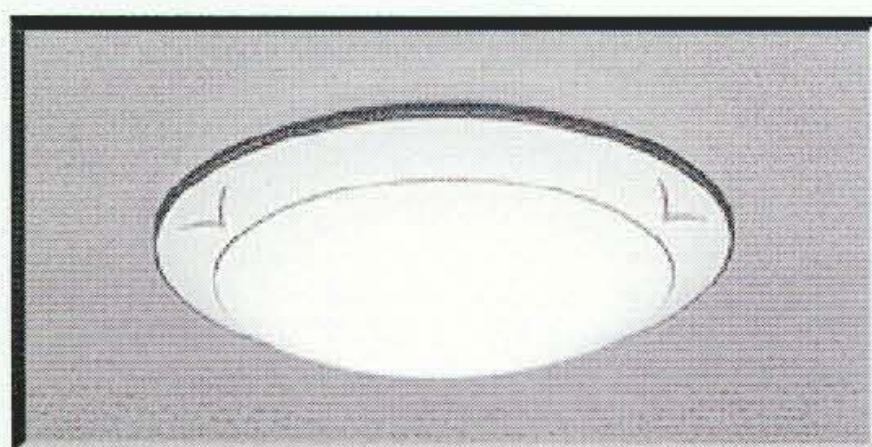
ペアルミクICを採用した製品例を図8に示す。さまざまな生活シーンを演出できるように、いろいろなタイプが選べる。同図の(a)および(c)のシーリングタイプでは、透光カバーとランプ設置間隔の最適化により、ラン

表1 従来器具とパールミックICの性能比較

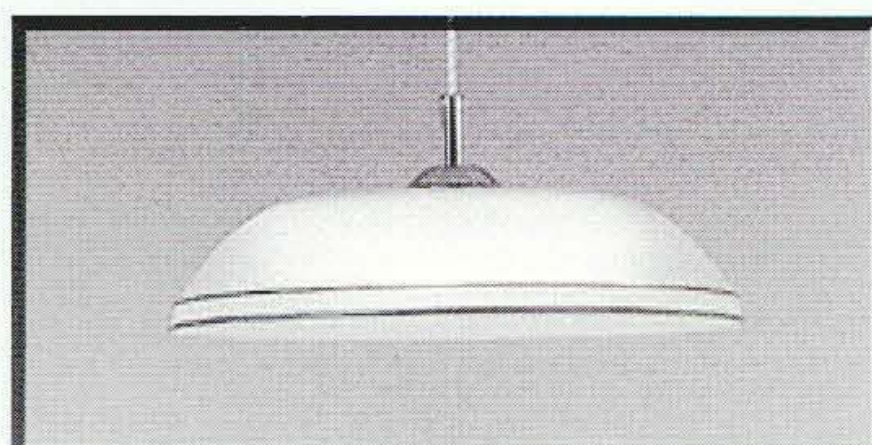
消費電力がほぼ同じ器具との比較で、明るさと総合効率の差がわかる。

	一般安定器	ICインバータ	パールミックIC
使用ランプ	FCL30EX-D/28 ×3	FCL30EX-D/28 ×3	FHD100ED
消費電力(W)	99	93	97
明るさ(光束)*	5,400 lm (6,000 lm)	6,510 lm (7,230 lm)	9,000 lm (8,200 lm)
1W当たりの明るさ (総合効率)*	54.5 lm/W (60.6 lm/W)	70.0 lm/W (77.7 lm/W)	92.8 lm/W (84.5 lm/W)

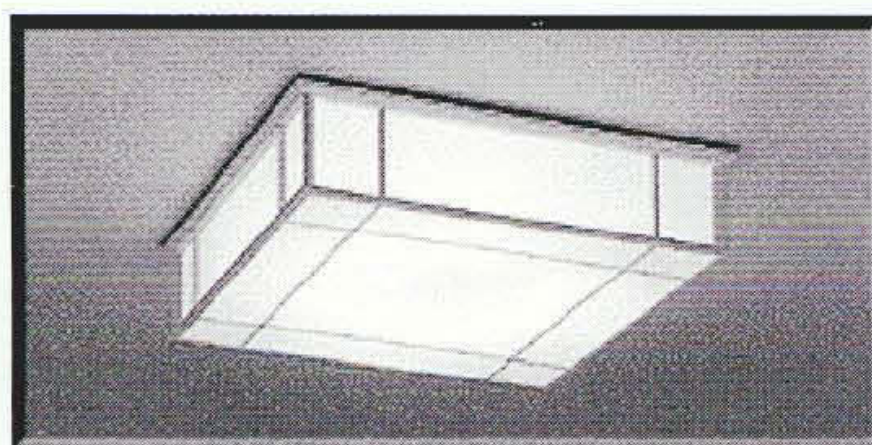
注：*上の段は器具内温度40℃、かっこ内は器具内温度25℃の場合を示す。



(a) 洋風シーリングタイプ



(b) 洋風ペンダントタイプ



(c) 和風シーリングタイプ

図8 さまざまなタイプのパールミックの外観

パールミックICを用いた代表器具を示す。

プのシルエットがカバー面に出ることなく、きれいな明かりを実現している。(b)のペンダントタイプは、パールミックが細い蛍光灯であることを生かし、照明器具自体の高さも、この明るさでは日立製作所従来品よりも20mm以上薄い。これにより、部屋の天井や空間をすっきりとした感じにさせ、明るさ感を増している。各タイプとも、特に、広いリビングルームや、いっそうの明るさを必要とする高齢者用の部屋に適している。

4 おわりに

ここでは、家電製品の省エネルギー技術について、PAM制御と照明器具を例として述べた。

PAM制御の家電製品への適用では、高出力や省エネルギーなどの実現でユーザーのニーズにこたえ、パールミックICを採用した二重環形蛍光灯「パールミック」では、当社従来品比で約41%の省エネルギーを達成した。

今後も、家電製品のいっそうの省エネルギー化を図り、地球温暖化防止などで地球環境保全に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) 遠藤：入力電流制御形ブラシレス直流モータ，電気学会誌SPC-90-44(1990)
- 2) 能登原：基準波形を省略した単相正弦波入力形コンバータ，TIEE Japan, Vol.114-D, No.6(1994)
- 3) 青野：環境と照明，照明学会誌，Vol.82, No.8B(1998)
- 4) 赤塚：照明器具技術の変遷，照明学会誌，Vol.82, No.10(1998)
- 5) 大矢：我が国のエネルギー需要の将来展望 民生分野，金属，Vol.69, No.7(1999)

執筆者紹介



山田哲也

1969年日立製作所入社，家電グループ 事業統括本部 広報・渉外部 所属
現在，省エネルギー推進と環境表示などに関連した渉外業務に従事
E-mail：ymdttt @ dm. kaden. hitachi. co. jp



石井 誠

1962年日立製作所入社，株式会社 日立栃木テクノロジー 開発部 所属
現在，インバータ制御回路の研究開発に従事
E-mail：ishii @ cm. tochi. hitachi. co. jp



高倉雄八

1989年日立製作所入社，株式会社 日立栃木テクノロジー 開発部 所属
現在，インバータ制御回路の研究開発に従事
E-mail：takakura @ cm. tochi. hitachi. co. jp



高橋喜将

1997年日立製作所入社，家電グループ 熱器ライティング 事業部 所属
現在，蛍光灯の設計・開発業務に従事
E-mail：y-takahashi @ cm. ome. hitachi. co. jp