

快適に使って省エネする冷蔵庫“VEGETA™”シリーズ

VEGETA Series Refrigerators for Enhancement of Comfort and Energy Saving

野口 好文

小嶋 健司

野口 明裕

■ NOGUCHI Yoshifumi

■ KOJIMA Kenji

■ NOGUCHI Akihiro

東芝ホームアプライアンス(株)は、白物家電のコンセプト“eCOスタイル™”のもと、快適な食生活を提供しながら省エネも実現する冷蔵庫“VEGETA™(ベジータ)”シリーズGR-D62F, D55F, D50F, D47Fの4機種を、2010年10月から順次製品化している。

“ピコイオン”を生成するための給水を自動化してメンテナンスフリーを実現し、新型のピコイオン放出ピンを開発して放出量を3倍にすることで鮮度保持能力や除菌能力を向上した。また、冷蔵と冷凍の二つの温度帯それぞれに冷却器を設置するW-ツイン冷却方式や、冷媒流量の最適制御、高性能の真空断熱パネルの面積を拡大するとともに熱の漏えいを低減する新放熱構造・機械室レイアウトなどの省エネ技術を開発して採用し、消費電力を、2009年に製品化した機種に対して約15%低減した。

In October 2010, Toshiba Home Appliances Corporation began launching the VEGETA series refrigerators aimed at offering users more comfortable lifestyles as well as energy saving based on our eco style™ concept.

To enhance freshness preservation and sterilization ability, the VEGETA series refrigerators are equipped with the maintenance-free Picoion™ unit using an automated pico-ion water supply that eliminates the need for water refilling, and a newly developed discharge pin that can discharge three times the volume of pico-ions. The VEGETA series also feature a twin-cooling system, which independently controls isolated evaporators for the refrigerator zone and freezing zone, in addition to optimal control of the refrigerant flow rate, and a mechanical compartment that has been redesigned to expand the surface area of the high-performance vacuum-insulated panel as well as to reduce heat leakage. As a result of these technologies, the VEGETA series models achieve a reduction in power consumption of approximately 15% compared with conventional models released in 2009.

1 まえがき

東芝グループは、二酸化炭素(CO₂)削減をはじめとした環境性能と、便利さを兼ね備えた白物家電のコンセプト“eCOスタイル™”を2007年10月に発表した。東芝ホームアプライアンス(株)もそのコンセプトのもとで製品開発を推進している。

家庭用冷蔵庫のユーザーニーズでは、地球温暖化防止や節約志向の高まりからくる“省エネ”と、生活様式が変わってまとめ買いが増え、500L以上のクラスが主流になる“大容量”の2点が大比率を占めている。エコポイント制度の影響もあり、これらのニーズはますます高まりつつある。また、冷蔵庫が大容量化して大型になった結果、使い勝手性(ユニバーサルデザイン)のニーズも重要になりつつある。

当社は、省スペース据付性を確保しつつ、省エネと大容量の二律背反を両立させるために、独自のW-ツイン冷却システムと、そのシステムを最大限に生かすために冷蔵室と冷凍室を上下に分離した、“なかなか野菜室”の構造を提案してきた。

今回当社は、ますます高まる省エネ、大容量タイプのニーズに応えるために、なかなか野菜室構造を継続して採用し、清潔・鮮度保持性能を向上しながら消費電力を、2009年に製品化し



図1. VEGETA™シリーズ GR-D55F — 清潔・鮮度保持性能を向上して快適な食生活を提供しながら、消費電力を、従来機から約15%低減するという省エネも実現した。

VEGETA GR-D55F refrigerator

たGR-B55Fなど(以下、従来機と呼ぶ)と比較して約15%低減した。冷蔵庫“VEGETA™(ベジータ)”シリーズGR-D62F, D55F, D50F, D47Fの4機種を開発し、2010年10月から順次製品化している。GR-D55Fの外観を図1に示す。

ここでは、VEGETA™シリーズに採用した主な新技術について述べる。

2 新型Picoion™ (ピコイオン) ユニット

2.1 Picoion™ ユニットの概要

ピコイオンとは、OH (水酸基) ラジカルを包んだ複数の水分子が凝集し、負に帯電した微粒子である。当社の冷蔵庫には、従来機から採用している。その発生部である発生ピンは、直径約20 μmの極細ポリエステル繊維を約12,000本より合わせて直径4.5 mmのピン状に成型し、導電性を持たせるためグラファイトを担持した吸水性の高い部材で構成される。このピンの先端に約-6 kVの高電圧を印加してピコイオンを発生させている。

ピコイオンが発生するメカニズムを図2に示す。発生ピンには、多数の数μmの微細な隙間があり、毛細管現象で水を瞬時に吸い上げる。ピン先端部で、水は表面張力によって内側に引かれるように保水されているが、ピンへ高電圧が印加されることによってピンの外側に押し出す力が働き、多数の隙間に保水された水膜がはじけて、微細なピコイオンが放出される。

2.2 自動給水機構

従来機に搭載したPicoion™ユニットは、タンクを設けて1か月に1回の頻度でユーザーが水を補給する構造であった(図3)。VEGETA™シリーズでは、ユーザーの負担をなくすため、図4に示す自動給水機構を開発した。冷蔵用の冷却器に付着した霜を溶かした際に発生する水の一部を採取して、Picoion™ユニットに給水する仕組みである。このようにして発生した水は、食材から蒸散した水分や大気中の水蒸気が冷

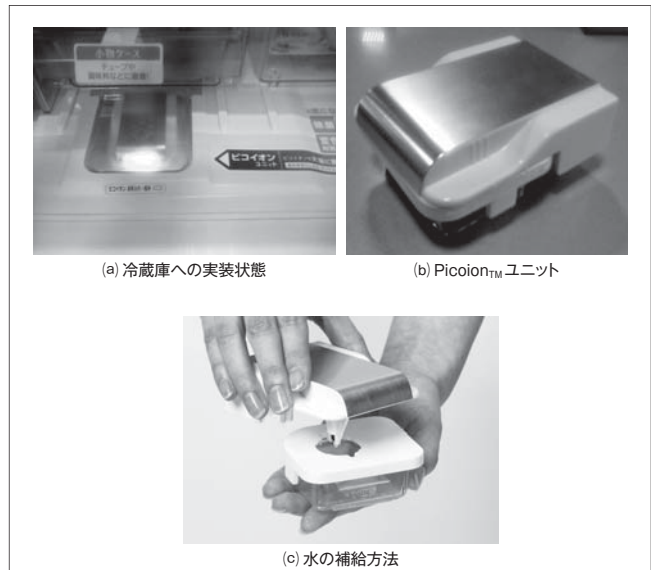
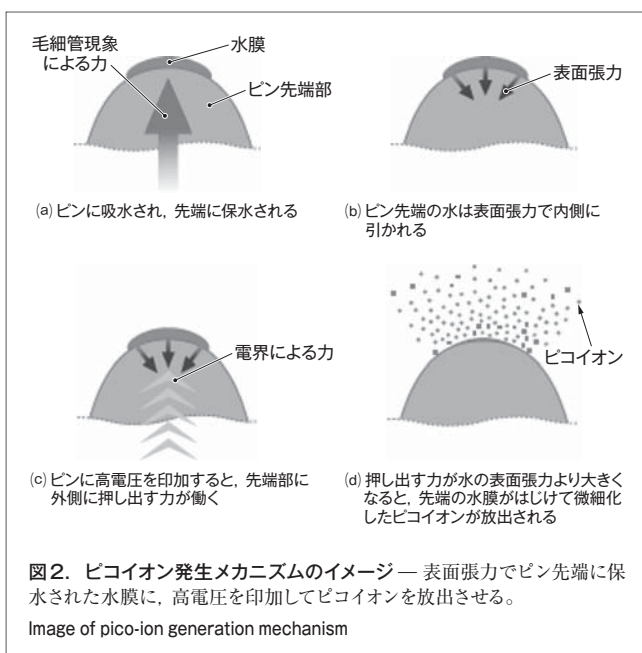
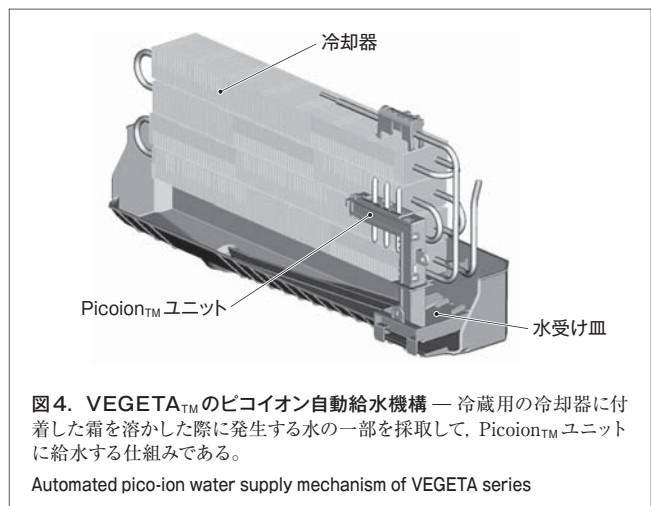


図3. 従来機のPicoion™ユニットー Picoion™ユニットにタンクを設けてあり、1か月に1回の頻度でユーザーが水を補給しなければならなかった。
Conventional Picoion™ unit



却機によって冷やされて霜になったものを溶かしているため、ミネラルなどの不純物が含まれず純粋である。VEGETA™シリーズではこれによって、給水のためのメンテナンスが不要になり、ユーザーの使い勝手を向上させるメリットを実現した。

2.3 ピコイオン発生量の向上

従来機では、Picoion™ユニットを冷蔵室と野菜室の仕切り部に設置し、ピコイオンを野菜室へ向けて放出していた。ピコイオンは冷気の対流によって野菜室の中心部に運ばれていた。VEGETA™シリーズでは、ピコイオンを冷蔵室やチルド室へも強制的に放出させるため、Picoion™ユニットの形状を改良し、ピコイオン発生量を向上させた。このために、ピンの間隔を広げ、またピンを長くして、隣接するピン間での電界の干渉を低減させてピン先端に電界を集中させた。

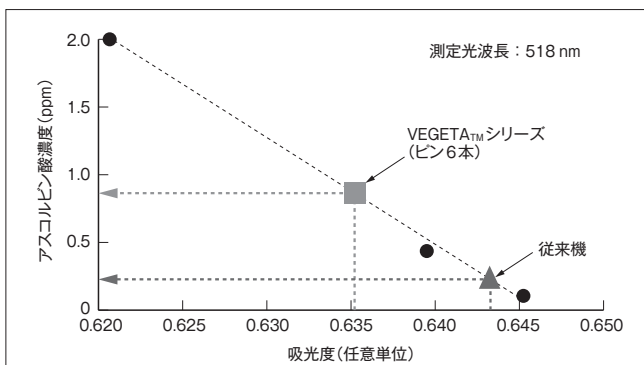


図5. 比色分析によるピコイオン発生量評価結果の例 — DPPH 試薬を用いた比色分析によって、捕集したアスコルビン酸の濃度を測定し、ピコイオン発生量を相対的に比較した。

Example of evaluation of pico-ion generation using colorimetric analysis

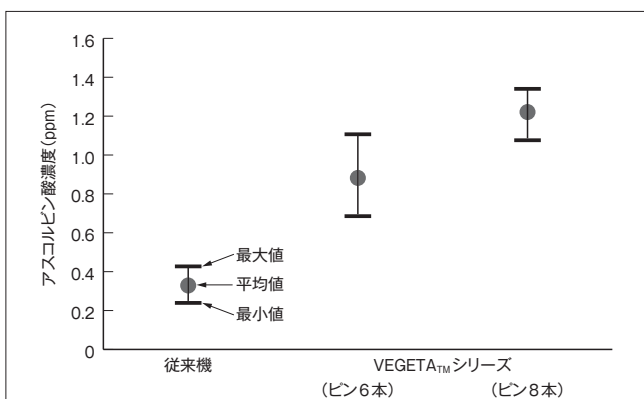


図6. Picoion™ユニット構造とアスコルビン酸濃度の関係 — 新構造のPicoion™ユニットによって、ピコイオン放出量を従来機の約3倍にできる。
Relationship between structure of Picoion™ unit and concentration of ascorbic acid

ピコイオンの発生量は、アスコルビン酸を用いた測定で評価した。ピコイオン発生に使われる水に、あらかじめアスコルビン酸を溶かしておき、ピンから放出されたピコイオンを捕集し、DPPH (ジフェニルピクリルヒドラジル) 試薬を用いた比色分析によってアスコルビン酸の濃度を測定し、ピコイオンの発生量を相対的に評価した。結果を図5及び図6に示す。この結果、従来機と比較して約3倍のピコイオンが放出されることを確認した。

2.4 除菌効果の検証

開発したPicoion™ユニットを冷蔵庫に搭載した環境で、除菌効果を検証した。大腸菌液を滴下したスライドガラスを試験片として用い、評価するエリアである冷蔵室、チルド室、卵ケース、及び野菜室に設置した。Picoion™ユニットを作動させ、一定時間ごとに試験片を回収して、寒天平板培地法によって35℃で2日間培養した後、大腸菌の数を測定し、Picoion™ユニットを作動させない場合の冷蔵室での結果(対照ケース)と比較した。除菌効果の判断値としては、Picoion™ユニット

表1. ピコイオンによる除菌効果

Results of bacteria elimination evaluation

		(CFU/mL)				
		時間 (h)	0	24	48	72
大腸菌数	対照ケース	110,000		58,000	64,000	61,000
	冷蔵室			42,000	14,000	<10*
	チルド室			350*	340*	30*
	卵ケース			48,000	4,400	140*
	野菜室			260*	<10*	<10*

CFU: Colony Forming Unit (単位体積当たりの菌集落数)

*除菌率99%以上

を作動させない場合と比較して、大腸菌数が1%未満になることを条件にした。

結果を表1に示す。チルド室と野菜室ではPicoion™ユニットが作動開始してから24時間後、冷蔵室と卵ケース部では72時間後に、除菌効果が得られることが示された。

3 省エネ

3.1 真空断熱パネル被覆率の拡大

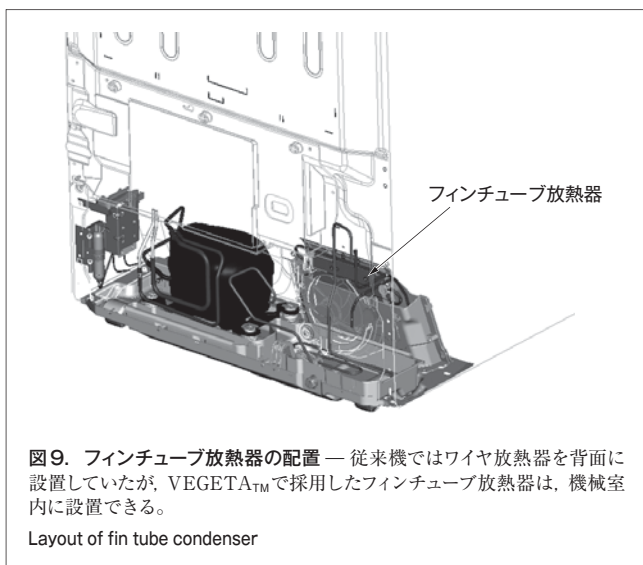
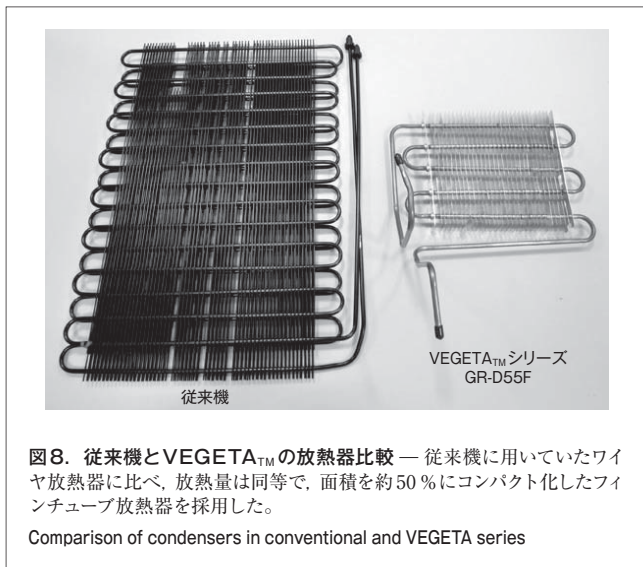
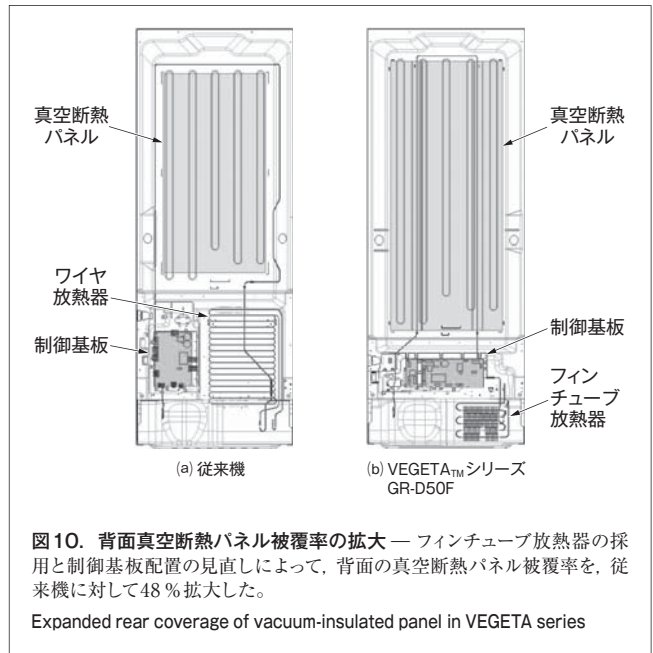
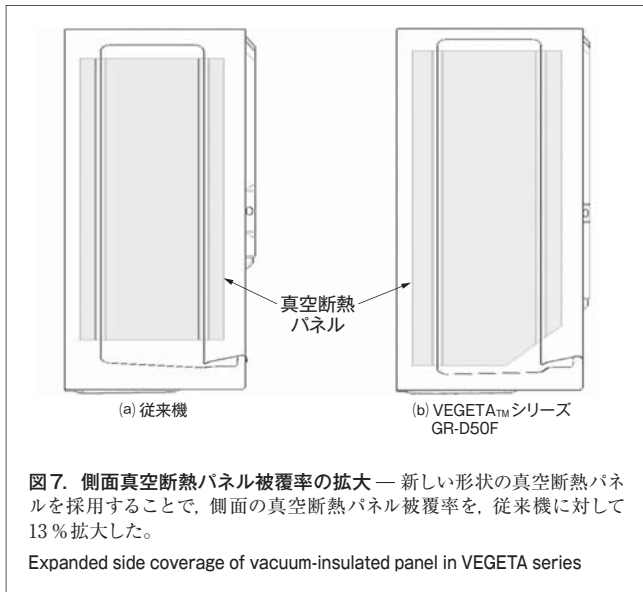
冷蔵庫の大容量化に伴い、省スペース据付性を確保しつつ、大容量を実現させるための一つの方法として、断熱パネルを薄くすることで容量の拡大を行っているが、断熱パネルが薄くなると熱漏えい量が大きくなり、冷却性能が悪化して消費電力量が増加する。

当社は、熱漏えい量を低減するため、ウレタンの約10倍という高い断熱性能を持つ真空断熱パネルを採用し、大容量と省エネを両立させている。VEGETA™シリーズでは、更に、基本断熱設計の最適化と機械室レイアウトの変更などによって、真空断熱パネルの被覆率を約20%拡大することで、消費電力量を約4%低減した。

3.1.1 基本断熱設計の最適化 VEGETA™シリーズでは、側面に配設している放熱パイプの形状と取付け位置、及びキャビネット内部構造の見直しを行い、更に、これまで採用していた長方形の真空断熱パネルに替えて、角部を三角形に切り落とした形状の真空断熱パネルを採用した。これによって、障害物を避けながら広い範囲を被覆できるようになり、側面及び底面の被覆率を拡大できた(図7)。

3.1.2 機械室レイアウトの変更 VEGETA™シリーズでは、従来機で放熱に使われているワイヤ放熱器に比べ、放熱量は同等で面積を約50%にコンパクト化したフィンチューブ放熱器を採用した(図8)。この結果、従来機では背面に配設されていた放熱器を、VEGETA™シリーズでは機械室内に設置できるようになり、背面の真空断熱パネル貼付けスペースを広くとれるようになった(図9)。

また、冷蔵庫の制御基板の取付け位置も見直した。前述の

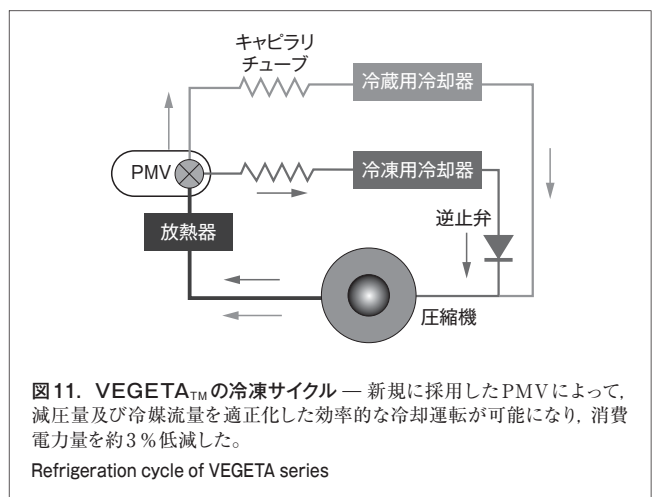


フィンチューブ放熱器の採用と合わせて、冷蔵庫背面部にあり断熱厚さが薄いため真空断熱パネルを貼り付けることができなかった範囲を減らすことができた。これによって、真空断熱パネルの被覆率を更に拡大することができた(図10)。

3.2 PMVの採用

当社の冷蔵庫では、冷蔵と冷凍の各温度帯を、二つの冷却器で個別に冷却する“ツイン冷却”を採用しており、三方弁を使って冷媒の流路を切り替えることで、運転モードの変更を行っている。

VEGETA™シリーズでは、PMV (Pulse Motor Valve) を採用した(図11)。PMVは、従来の三方弁と同様に冷媒の流路を切り替える他、弁開時の開度を制御する機構を持つ。弁開度の制御を行うことによって、減圧量及び冷媒流量を適正化して、省エネを図っている。PMVにおける弁開度の制御



は、冷凍冷蔵同時冷却時は冷蔵側で、冷凍冷却時は冷凍側で、それぞれ行う。

冷凍冷蔵同時冷却時には、冷蔵側の開度を冷凍側の開度より小さくすることによって、冷凍側の冷媒流量を増加させ、冷凍用蒸発器の温度上昇を軽減させる。更に、運転モードが冷凍冷却から冷凍冷蔵同時冷却に切り替わる際、切替え時の冷媒の流れを緩やかにして、弁切替えによる損失を軽減できる。また、冷凍冷却時の冷凍側では、庫内温度や外気温などの冷却負荷に応じて弁開度の制御を行っている。

これらによって、減圧量及び冷媒流量を適正化することができ、効率的な冷却運転が可能になり、消費電力量として約3%の低減を達成した。

3.3 制御基板の損失低減

冷蔵庫の消費電力量の低減が年々進むなか、制御基板の僅かな電流の損失も無視できない状況になってきている。VEGETA_{TM}シリーズでは、部品及び回路構成の見直しを行い、制御基板の損失低減を図っている。

損失を低減するための主な技術は、圧縮機駆動用IPM (Interior Permanent Magnet) モータの内蔵素子をMOSFET (金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ) 化することによるインバータ損失の低減と、回路損失の低減の2点である。

冷蔵庫の消費電力を外気温が30℃及び15℃の条件で測定したところ、入力電力はそれぞれ約40W及び20Wであり、圧縮機の電流は0.3A以下であった。これはエアコンなどに比べると非常に少ない値である。このような低電流領域では、素子の定常損失が線形であるMOSFETが、IGBT (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) より有利である。

しかし、現在モジュール化されているIPMモータ制御基板はIGBT内蔵タイプしか存在しないため、今回、軽負荷時の損失が少なく効率が高い、MOSFET内蔵タイプのIPMモータ制御基板をメーカーと共同で新たに開発した。このIPMモータを採用することによって、従来機に対し約4% (約0.6W) の損失低減を実現できた。

低電流化による回路の損失低減については、機能ごとにブロック分けをし、各ブロックごとに消費電流を測定して、回路方式及び使用素子を見直した。

主な内容は、次のとおりである。

- (1) 直流14Vを5Vに変換するDC/DCコンバータ (直流電源変換器) の素子を変更し、効率を10%向上させた。
- (2) 製氷機のモータドライブ用バイポーラICをCMOS (相補型金属酸化膜半導体) ICに変更した。
- (3) 常時、不要な電流が流れている回路部のトランジスタを、MOSFET化した。

これらによって、約0.6Wの損失低減を実現できた。

これまでに述べたとおり、圧縮機駆動用IPMモータの内蔵素子のMOSFET化と回路損失の低減によって、合計約1.2Wの損失低減になり、制御基板として消費電力量の約3%削減を実現することができた。

3.4 その他

前述の技術の他、VEGETA_{TM}シリーズでは次の特長を備えている。

- (1) 外気と冷凍ボックスの間に空気層を設けて食品保存性能を改善するため、2重化した冷凍ボックスを採用して断熱効果を確保
- (2) 12個のセンサによるエコモード制御を採用
- (3) ダクト送風形態の見直しを実施
- (4) 圧縮機回転数の最適化を実施

4 あとがき

当社が今回開発した冷蔵庫VEGETA_{TM}シリーズに採用した様々な新技術について述べた。この結果、従来機に比べて15%以上の省エネ効果を達成することができた。

当社は、今後もECOスタイル_{TM}のコンセプトの下、いっそうの快適さと更なる省エネを両立させた冷蔵庫の開発を推進する。



野口 好文 NOGUCHI Yoshifumi

東芝ホームアプライアンス(株) 冷蔵庫技術部 性能技術担当。
冷蔵庫の性能設計に従事。
Toshiba Home Appliances Corp.



小嶋 健司 KOJIMA Kenji

東芝ホームアプライアンス(株) 家電機器開発部 企画担当
グループ長。冷蔵庫要素部品の開発に従事。
Toshiba Home Appliances Corp.



野口 明裕 NOGUCHI Akihiro

東芝ホームアプライアンス(株) 家電機器開発部 要素技術
担当主務。冷蔵庫要素部品の開発に従事。
Toshiba Home Appliances Corp.