

ノンフロン the 鮮蔵庫 GR-NF417G

GR-NF417G “Non-fluorocarbon the SENZOHKO” Refrigerator

佐伯 友康

■ SAEKI Tomoyasu

谷口 一寿

■ TANIGUCHI Kazuhisa

藤井 加奈子

■ FUJII Kanako

冷蔵庫に対するユーザーニーズを調査すると、常に“省電力”と“食品鮮度”が上位を占めており、東芝は、特にこの2点に力を入れて商品開発を行っている。省電力については、2003年度もDSP(Digital Signal Processor)ベクトル制御と真空断熱パネルを採用することによって性能向上を図っている。一方、食品鮮度については、1998年度製品にツイン冷却システムを搭載以降、技術改良を重ねることによって市場で高い評価を得ている。

そこで2004年度は、更なる省電力化を進めるために“アルミナ蒸着真空断熱パネル”や“コンプレッサの効率改善”などを採用するとともに、食品鮮度については冷凍食品の霜を防止する“霜ガード冷凍室”を搭載した冷蔵庫，“ノンフロン the 鮮蔵庫” GR-NF417Gを商品化した。

Surveys of users' needs for refrigerators reveal that they place a high priority on energy saving and on freshness preservation. Accordingly, Toshiba has been aiming its product development at securing these two functions. In 2003, we developed the digital signal processor (DSP) vector control system and the vacuum insulation panel to enhance energy saving, in addition to the twin cooling system introduced in 1998 to enhance freshness preservation. These technological developments enjoy a high reputation in the market.

In 2004, we adopted aluminum-deposited vacuum insulation panels as well as improvements in compressor efficiency in pursuit of advanced refrigerators with higher energy-saving performance. For freshness preservation, we commercialized a new type of refrigerator, the GR-NF417G “Non-fluorocarbon the SENZOHKO” model, which is equipped with a frost-free freezing compartment to prevent frosting of frozen food.

1 まえがき

冷蔵庫は、食品を低温にすることによって劣化を抑制し、長期保存することを目的とした商品であるが、東芝はここ数年、冷蔵室の単なる温度管理にとどまらず、“食品鮮度”に対する取組みを推進している。

以下に、その取組みの主な経緯を述べる。

- (1) 1998年 ツイン冷却システム(冷蔵室専用の冷却器を採用)によって、冷却器に付着した霜をファンで冷蔵室と野菜室内に循環させ、高湿度化を実現
- (2) 2000年 プラズマ脱臭を搭載し、オゾンの強力な酸化作用によって、冷蔵室と野菜室のにおい成分と浮遊菌をキャッチし、脱臭・抗菌機能を強化
- (3) 2001年 プラズマ脱臭を進化させた光プラズマ脱臭を搭載し、野菜から出るエチレンガスの除去によって、更に鮮度を向上
- (4) 2003年 プラズマ脱臭を冷凍室にも設けたツインプラズマによって、冷凍室に脱臭・除菌機能を搭載

食品鮮度のキーワードは水分保持、脱臭、除菌などであり、この中で、冷凍室に未採用のアイテムは水分保持であった。GR-NF417Gの開発にあたってはこれに着目し、冷凍室に



図1. GR-NF417G — 冷凍食品の霜を抑制する霜ガード冷凍室を搭載した、省エネタイプの5ドア冷蔵庫である。

GR-NF417G refrigerator

保存中の食品から抜け出す水分(霜)を抑制する“霜ガード冷凍室”を搭載した。

一方、年々低減し続け、技術的難易度が上がっている

“省電力”については、細部の熱ロスとコンプレッサ効率などの改善を行い、業界トップクラスを実現している。

以下、この冷蔵庫の仕様及び技術面の特長について述べる。

2 GR-NF417Gの特長

GR-NF417Gの外観を図1に示す。

この冷蔵庫の主な特長は、次のとおりである。

- (1) 霜ガード冷凍室 ラップなどによって包装した冷凍食品の長期保存で発生する霜は食品から出たものであり、解凍すると水分が抜けた状態となる。この霜を抑制する冷凍室を開発した。霜は食品の貯蔵温度を安定化することで抑制できる。そのために、除霜時の温度上昇を抑える“新プレクールシステム”を採用し、食品に直接冷気を当てず放射冷却により食品を冷却するための冷却プレートを搭載して、霜の付着量を当社の7年前の製品と比較し、約1/4に低減した。
- (2) 業界トップクラスの省エネ 年々改良を重ねてきたが、2004年度は、主に下記2点の改善を行った。
 - (a) “アルミナ蒸着真空断熱パネル”の採用
 - (b) コンプレッサの効率改善
 これらの採用によって、2003年度機種より10kWh/年少なく、10年前の機種と比較して約1/5となる170kWh/年を実現した。
- (3) 朝もや野菜室 冷却器に付着した霜をファンの回転によって蒸発させ、高湿度の冷気を野菜室に送り込むことで高湿化を図った。また、光触媒を用いた光プラズマ脱臭・抗菌装置を搭載し、併せて野菜の鮮度保持

性能を向上した。

- (4) 超一気冷凍 食品を冷凍するときのポイントは、最大氷結晶生成帯をいかにすばやく通過させるかである。そこで、真空断熱材の改善による断熱性能向上とインバータコンプレッサの高能力運転によって、食品を急冷却する機能を搭載した。これにより、従来よりも10℃低い-40℃の冷気での冷却が可能になり、食品保存性能が向上した。

3 霜ガード冷凍室

霜ガード冷凍室は食品への着霜抑制に着目し、その改善策として、食品保存温度の変動を低減している。

3.1 食品着霜のメカニズム

包装食品を冷凍保存したとき、食品温度より周囲温度が低いと、食品に含まれる水分が昇華し霜となって包装内にたまる。温度変動が繰り返されると水分の昇華が進み、食品は霜が付くとともに乾燥していく。食品への着霜を抑えるには、食品近傍の温度変動を小さくすること、食品近傍の風速を抑制することがポイントとなる。

しかし、国内向けの家庭用冷蔵庫は、冷気を強制的に循環させるファン冷却方式が主流であり、食品近傍の風は速い。また、冷却運転や停止、及び除霜ヒータ通電時に発生する熱などにより、温度変動も大きい。したがって、これらの要因をできるだけ排除することで、冷凍食品の保存性能を向上させることが必要である。

3.2 霜ガード冷凍室の構成

冷凍室内の風速及び温度変動を抑制するために、アルミニウム製の冷却プレートを設けた。冷蔵庫の断面を図2に示す。

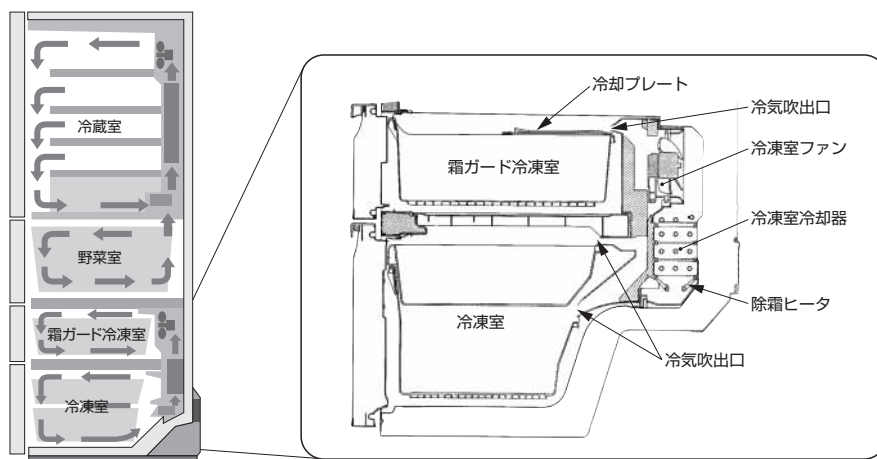
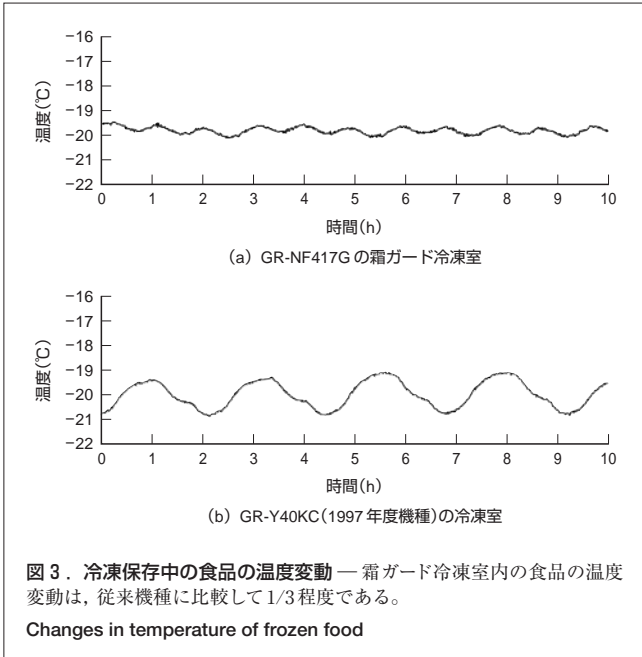


図2. 霜ガード冷凍室(冷蔵庫側方から見た断面) — 吹き出口から出た冷気は冷却プレートに当たり、その放射冷却により食品を冷却することで、食品の温度差を小さくして霜の発生を抑制する。

Frost-free freezing compartment (sectional view seen from refrigerator right side)



吹出口から出た冷気は冷却プレートに当たり、霜ガード冷凍室内の食品は直接冷気を受けない。これにより、平均温度は従来機種並みを維持しながら、1997年度機種のGR-Y40KCと比較して温度変動を約1/3、平均風速を約1/2にした。

温度変動の比較結果を図3に示す。

3.3 冷却器の除霜制御

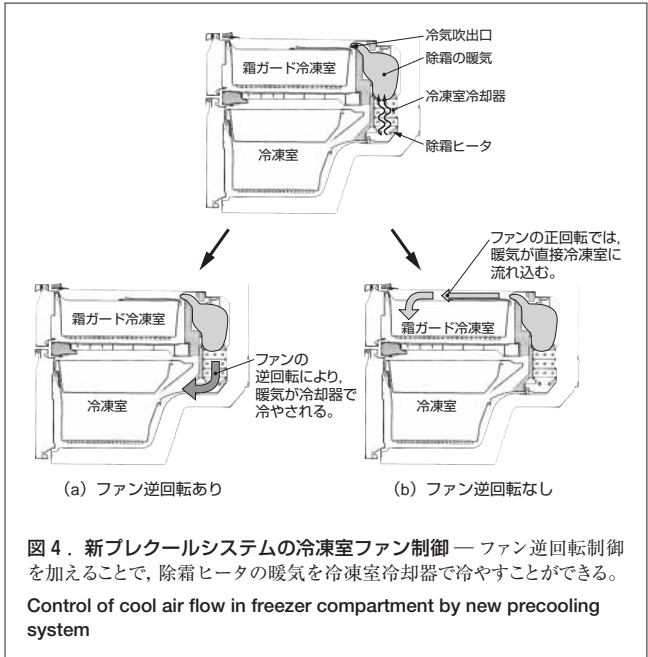
運転中、冷却器には霜が付着するので、冷却性能を維持するために霜を定期的に除去する必要がある。図2の除霜ヒータで冷凍室冷却器を加熱して霜を溶かすのが、いわゆる自動除霜（自動霜取り）である。

除霜ヒータの熱は庫内の温度変動要因の一つであり、食品の着霜及び劣化を促進する。このため、東芝の冷蔵庫は従来から、除霜の直前に冷凍室の温度をより下げて食品の温度上昇を抑える“プレクール”制御を採用してきた。

また、当社の冷蔵庫は、1998年に採用したツイン冷却システムで冷蔵室専用の冷却器を設けたことによって、冷凍室冷却器のコンパクト化を実現した。このため、より少ないヒータ加熱量で冷凍室冷却器の霜取りができる。

この機種では、更に除霜ヒータの影響を抑えるために、新プレクールシステムと名づけた新しい除霜制御を採用した。従来との主な相違点は、除霜前のプレクール温度を冷凍室設定温度に対して4℃低下（従来は2℃）させたこと、及び除霜後の冷凍室ファン制御を変更したことである。後者は図4に示すように、除霜終了時、冷凍サイクルを冷凍室ファンに先行してコンプレッサ運転を開始し、その後冷凍室ファンを一定時間逆回転させている。

この制御の目的は、除霜直後に冷凍室ファン周辺に滞留している暖気をいったん冷凍室冷却器で冷却してから冷凍



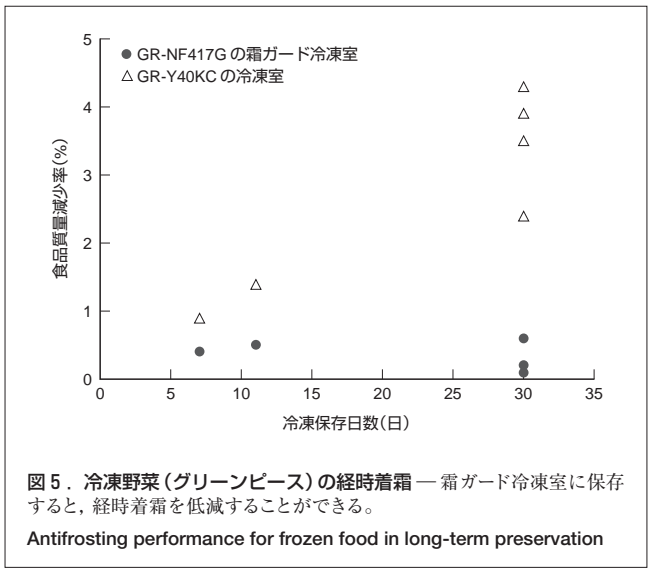
室内に送風することで、食品の温度上昇を更に抑えることになる。

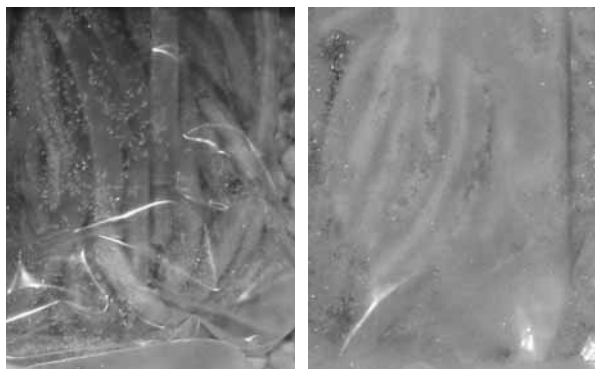
3.4 食品保存上の効果

食品着霜量の経時変化を図5に示す。比較対象機種GR-Y40KCの冷凍室では1か月で食品質量の約4%が霜となるのに対し、霜ガード冷凍室に保存した場合は1%未満であり、約1/4に低減している。

1か月間、冷凍保存した食品の状況を図6に示す。霜ガード冷凍室で保存した食品は、明らかに着霜が少ない。

なお、霜として食品から抜けた水分は、ゆでるなどの調理によっても完全には元に戻らず、調理後も食感の劣化や外観の劣化（乾燥によるしわ、いしゅく）が残ることを確認した。





(a) GR-NF417Gの霜ガード冷凍室 (b) GR-Y40KC(1997年度機種)の冷凍室

図6. 冷凍食品の着霜状況(市販の冷凍さやいんげんを1か月間冷凍保存後) 霜ガード冷凍室で保存したものは、従来機種に比較し着霜が少ない。

Comparison of frosting of frozen food (frozen string beans after one month of frozen storage)

4 省エネ技術

2003年度機種のGR-NF415G(消費電力量:180kWh/年)に対し2004年度機種のGR-NF417Gは、断熱最適化設計、コンプレッサの効率向上、冷凍室冷却器の熱交換面積の増加、電気部品の損失低減などによって、消費電力量170kWh/年を達成した。

以下に、消費電力の低減策について述べる。

4.1 断熱最適化設計

2003年度機種は、真空断熱パネルのガスバリアフィルムとしてアルミニウム箔(はく)材を採用していたが、今回の機種は図7に示すように、ガスバリアフィルムに伝わる熱流量を削減する目的で、片面にアルミナ蒸着材を採用している。

これによって、0.002 W/mKの熱伝導率(中央部)は維持しながら、パネル端部の熱リークを低減してキャビネットのヒートリーク量を約2%改善し、消費電力量では約1.5%低減した。

4.2 コンプレッサの効率向上

コンプレッサについては表1に示すように、冷凍機油の低粘度化により機械損失を低減するとともに、ピストンやシリンダ

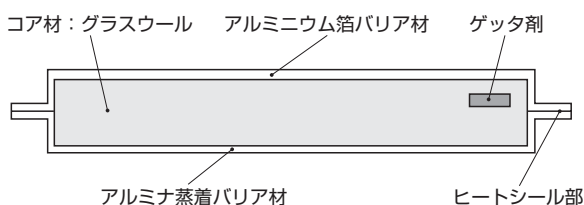


図7. 真空断熱パネルの構造 新規に採用した真空断熱パネルの断面構造で、片面にアルミナ蒸着バリア材を採用し、熱リークを低減している。

Structure of vacuum insulation panel

表1. コンプレッサ仕様変更の項目と内容一覧

Changes in compressor specifications

項目	内容
機械損失	・ 冷凍機油の低粘度化
圧縮損失 体積効率	・ ピストン形状の変更
	・ シリンダ形状の変更
	・ 吸込みマフラーの流路最適化
	・ 吐出ポートの最適化

周りの改良により圧縮損失を低減し、体積効率を向上させた。

これによってコンプレッサの効率は約3%向上し、消費電力量としては約2%低減した。

4.3 そのほかの改善

冷凍室冷却器の幅を広げ、冷却器フィンの面積を10%増すことによって熱交換性を上げ、冷却能力をアップした。

また、基板上の制御電源用の低電圧回路を効率の良いスイッチング方式に変更し、コンプレッサ停止時にインバータ用の電源回路をOFFする制御にした。これによって、電気部品の消費電力は、コンプレッサ運転中は約0.2W(運転中の平均値)、停止中では約0.6Wの低減を実現した。

5 あとがき

今回の開発で、冷凍保存においても冷蔵保存と同じく、食品内の水分保持が食品の新鮮なおいしさ(食感、みずみずしさ、外観)を保つうえで重要であることを再認識した。

また、当社の調査によれば、主婦は霜がついた冷凍食品は古いと判断する傾向があり、食品の霜は冷凍食品の鮮度指標としてとらえられていることがわかった。

今後も“鮮度の東芝”を更に定着していくため、食品鮮度のレベルアップを行うとともに、省電力にも改善を重ね、ユーザーに満足してもらえる商品を提供し続けたい。



佐伯 友康 SAEKI Tomoyasu, D.Eng.

東芝家電製造(株) 冷蔵庫商品部 冷蔵庫設計担当主務、
工博。冷蔵庫の構造設計・開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.



谷口 一寿 TANIGUCHI Kazuhisa

東芝家電製造(株) 冷蔵庫商品部 冷蔵庫設計担当。
冷蔵庫の性能設計・開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.



藤井 加奈子 FUJII Kanako

東芝家電製造(株) 家電機器開発部 企画担当主務。
冷蔵庫の先行開発・企画に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.