

ツイン冷却 “みはりばん庫” 冷蔵庫 GR-470K

“MIHARIBANKO” Model GR-470K Twin-Cooling Type Refrigerator

天明 稔
TEMMYO Minoru

猿田 進
SARUTA Susumu

仁木 茂
NIKI Shigeru

生活必需品である冷蔵庫は買替え需要に支えられて堅調に推移しており、大型化が進み400L以上の比率が全体の20%を超えるにつれて消費電力量の低減がいっそう強く求められている。また、消費者の“食”に対する意識も変化してきており、当社の開発する冷蔵庫のテーマも、“冷やす冷蔵庫”から“使いやすい冷蔵庫”へ、そして“栄養が逃げにくく素材の持ち味や鮮度をそのままの状態で保つ冷蔵庫”へと変ってきた。

今回、冷却システムを大幅に改革して、食品鮮度を保つ3要素の“低温”“恒温”“高湿”を実現するため、ツイン冷却システムを採用した省エネルギータイプ冷蔵庫GR-470Kを“みはりばん庫”的ペットネームで商品化した。

As one of the necessities of life, refrigerators are maintaining stable sales supported by replacement demand, with a strong requirement in the market for reduced electric power consumption together with increased capacity. Refrigerators of 400 liters or more now account for in excess of 20% of overall demand. Moreover, in line with the change in consciousness of consumers with respect to food, Toshiba's approach to the development of refrigerators has also expanded, from products that simply cool food, to ease of use, to maintaining the nutrition, natural flavor, and freshness of the food as well.

We have developed the “MIHARIBANKO” model GR-470K refrigerator featuring a significantly enhanced cooling system in order to realize the three elements for maintaining food freshness: low temperature, constant temperature, and high humidity. The model GR-470K is an energy-saving type, equipped with a twin-cooling system.

1 まえがき

近年のグルメブーム、家庭料理づくりなどに見られるように、消費者の“食”に対する意識変化に伴い“食品鮮度”が重要視され、食材の収穫、流通はもちろん、調理前の保存においても「食材を冷蔵庫に入れるところから料理づくりは始まっている」と言われるようになり、理想の保存が求められるようになった。消費者の意識も、ただ食べることからおいしく食べることへ、さらに安全で栄養のあるものをおいしく食べることへと変化した。

今回、冷却システムを大幅に改革したツイン冷却システムを採用し、おいしさを“みはりパネル”で見張る“みはりばん庫”として商品性を一新した5ドア冷蔵庫GR-470Kを1998年11月に発売した。

これは、冷凍専用と冷蔵専用のそれぞれ独立した冷却器(ツイン冷却器)を備えて、それを交互にタイムシェアリング運転する方式とインバータによってコンプレッサや各種のファンを効率良く制御するものである。以下、この冷蔵庫の仕様、および技術的特長について述べる。

2 GR-470K 冷蔵庫の特長

GR-470K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。

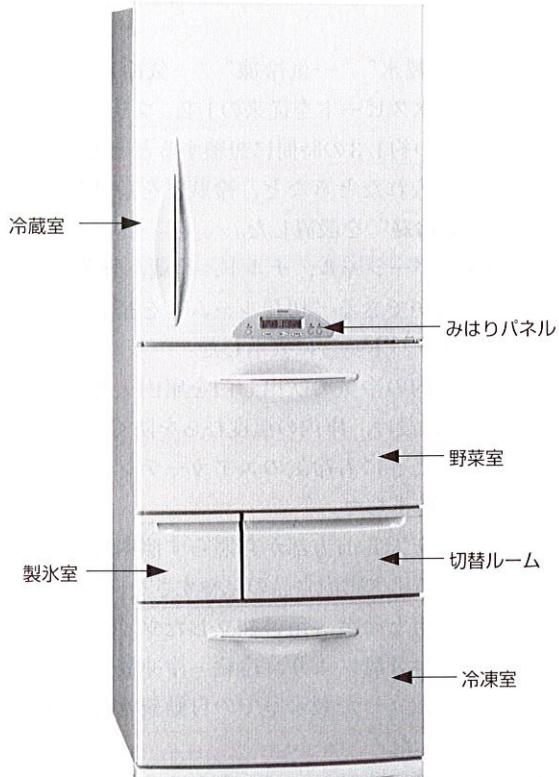


図1. GR-470K冷蔵庫 ツイン冷却システムをタイムシェアリング運転する方式の省エネルギータイプ5ドア冷蔵庫。

Appearance of GR-470K refrigerator

- (1) 冷凍専用と冷蔵専用の独立した二つの冷却器をタイムシェアリング制御で交互に運転し、それぞれの温度帯に適した冷却運転により、庫内を低温・恒温・高湿状態にして、食品鮮度保存機能を従来の約2倍に向上させた。
- (2) インバータ制御の小型コンプレッサおよび冷却ファンの採用とエネルギー効率の良いツイン冷却方式により、従来機種に比べて32%の消費電力量低減と静音化を図った。
- (3) 庫内の温度や運転状況が外から見える“みはりパネル”を冷蔵庫前面に搭載した(図2)。

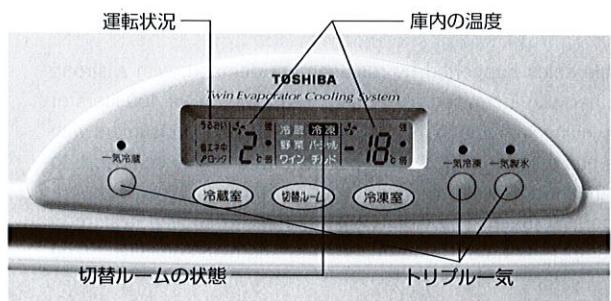


図2. みはりパネルの外観 冷蔵室扉前面に搭載した。
Display panel

- (4) “一気製氷” “一気冷凍” “一気冷蔵” のトリプル一氣で製氷スピードを従来の1/2、フリージングスピードを従来の約1/3の時間に短縮するとともに、食品を一度に入れたときなど、冷蔵室を急速に冷やすために“一気冷蔵”を設置した。
 - (5) 冷凍、パーシャル、チルド、冷蔵、野菜、ワインの6段切換ができる“切替ルーム”を搭載し、設定状況を“みはりパネル”に表示した。
 - (6) 冷蔵室内の冷気の吹出し口を庫内天井の前面と後面の2か所に設け、庫内の温度むらを防ぐとともに、ドアを開けたときにも冷気のエアカーテンにより庫内の温度上昇を防止した。
 - (7) 冷蔵室を天井前方部から照らす照明により、従来の逆光照明に比べ庫内食品の見やすさを向上させた。
 - (8) 冷凍専用と冷蔵専用の独立したツイン冷却器による冷気の完全分離により、冷蔵・冷凍間の臭い移りがなくなり、独立した製氷室での自動製氷時や貯氷時の移臭を防止した。
- 以下に、ツイン冷却システムをタイムシェアリング運転する方式とインバータ制御を取り入れた冷却システムおよび、(1)の食品鮮度保存機能向上、(2)の消費電力量の低減について技術的特長を説明する。

3 冷却システムの技術的特長

3.1 従来の冷却システム

図3に従来の冷却システムを示す。従来は一つの冷却器で冷凍室、冷蔵室を同時に冷却していた。冷凍室の温度をセンサで検知し、その信号に基づきコンプレッサと庫内冷気循環ファン(Eファン)をON-OFF運転させて冷凍室の温度を制御するとともに、冷蔵室温度はダンパーの開閉により制御していた。

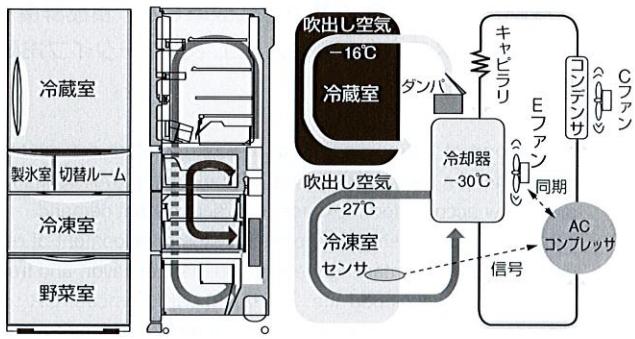


図3. 従来の冷却システム 蒸発温度-30℃の一つの冷却器で冷凍室、冷蔵室を同時に冷却する。
Former cooling system

3.2 GR-470Kの冷却システム

これに対し、図4に示すように新機種のGR-470Kでは冷凍専用と冷蔵専用のそれぞれ独立した冷却器(ツイン冷却器)をもち、これらの冷却器を制御弁(三方弁)により切り換え、冷気の冷凍循環サイクルと冷蔵循環サイクルをそれぞれ効率良く交互に運転するタイムシェアリング制御を採用した。さらに、コンプレッサおよび冷気循環ファン(R:冷蔵室用、F:冷凍室用)・コンデンサ冷却ファン(Cファン)

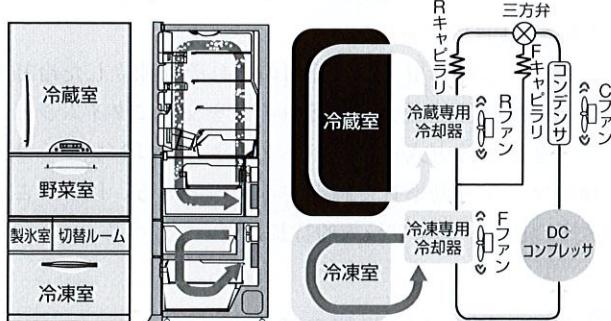


図4. GR-470Kの冷却システム 蒸発温度-18℃の冷蔵専用冷却器と-25℃の冷凍専用冷却器で、冷凍室、冷蔵室を交互に冷却する。
Cooling system of GR-470K refrigerator

ン)をインバータ能力可変システムにより運転して、4章、5章に示すように消費電力量の低減と静音化、食品鮮度保存機能の向上などを実現した。

4 消費電力量の低減

冷蔵庫は家庭で使用する消費電力量の約18.5%を占め、また、LCA(Life Cycle Assessment)分析によると、この消費電力量は“製造から廃棄”に至る環境負荷(総エネルギー)の約90%を占めている。このことから消費電力量の低減(省電力)は、地球環境保全のためにもきわめて重要な課題となっている。

このような背景から、新機種のGR-470Kでは、ツイン冷却器とインバータ制御技術をベースに、図5に示すように消費電力量を従来機種のGR-M43KCに対し約32%(11kW·h/月)低減させ、23kW·h/月(切替ルームの設定:冷蔵、測定法:JIS C9607 B法)を実現した。

ここでは、省電力効果の大きかった高効率運転、ノンストップ運転、ヒータ除霜頻度の低減について説明する。

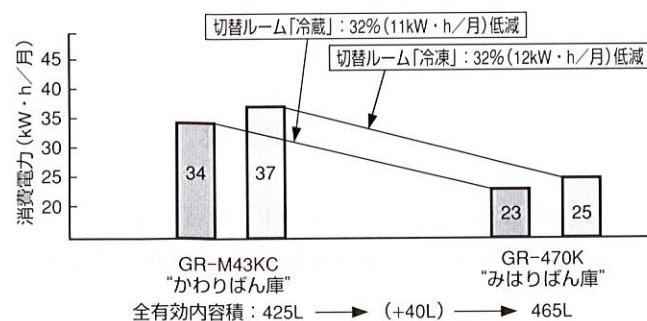


図5. 消費電力量の低減(当社比較) GR-470Kは、かわりばん庫GR-M43KCに比べ、32%(11kW·h/月)低減した。

Reduction of electric power consumption

4.1 高効率運転

インバータ能力可変システムによりコンプレッサとファンをインバータ周波数制御して冷蔵庫の負荷量の変化に対応するとともに、図6に示すように各貯蔵室の温度が最適温度になるよう冷気の冷蔵循環サイクル(a)と冷凍循環サイクル(b)をタイムシェアリング制御で交互に運転することにより、ロスの少ない高効率運転を実現した。

また、図6(a)の冷蔵循環サイクル運転は、全有効内容積中の74%を占める冷蔵室、野菜室の冷却を対象とし、冷却器の蒸発温度を従来の-30°Cに対し-18°Cへと高く設定したことにより、図7に示すように効率(COP: Coefficient Of Performance; 冷凍能力(W) / 入力(W))の高い点で運転することができ、同期電動機採用の小型コンプレッサの効率

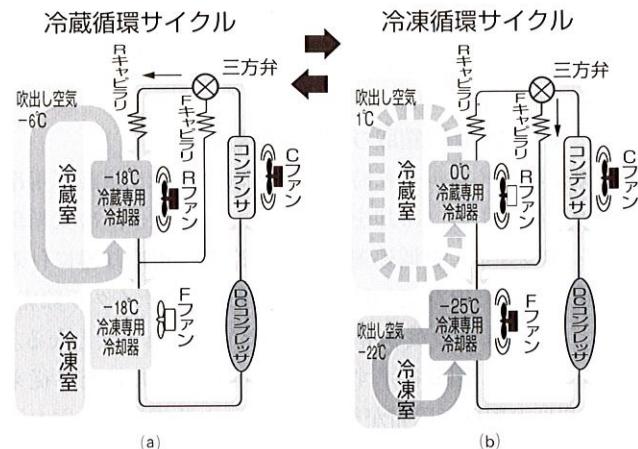


図6. 高効率運転 三方弁の切換えにより冷蔵・冷凍専用冷却器に交互に冷媒を流し、R・Fファンを連動させて時分割運転を行う。
High-efficiency operation

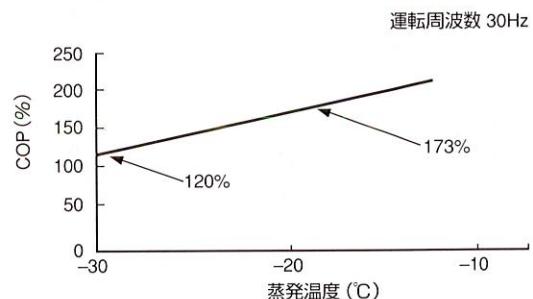


図7. 蒸発温度と COP 冷蔵専用冷却器の蒸発温度を上げることにより、コンプレッサのCOP向上を図る。
Evaporation temperature

向上との相乗効果によってCOPを従来の120%から約173%へ向上させた。

4.2 ノンストップ運転

冷蔵と冷凍の交互冷却運転を行うとともに、図8に示すように冷凍能力が低くてよいとき(夜間で庫内温度が安定しているときなど)はインバータによってコンプレッサを低速運転してゆっくり冷却することから、運転の停止/起動

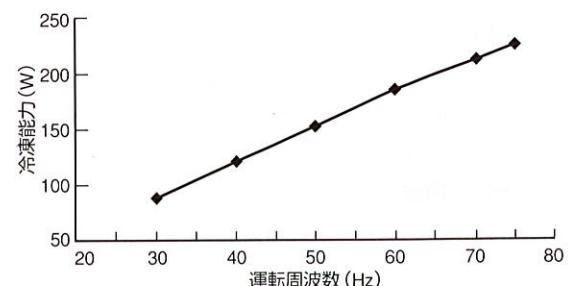


図8. 冷凍能力単体特性 負荷が小さいときは、30Hzの低速運転により省エネルギー運転を行う。
Freezing capability

の回数が少なくなる。ちなみに常温(20°C)以上の室温においてはほとんど連続運転となり、大電流を必要とする起動時のロスを少なくした。

4.3 ヒータ除霜(霜取り)頻度の低減

冷凍循環サイクル運転時には、制御弁により冷蔵専用冷却器の冷媒を止め、冷却を停止する。このとき、冷気循環ファン(Rファン)を低速運転させ、冷蔵専用冷却器に付着した霜を冷蔵室内空気の熱により融解(オフサイクル除霜)する。これにより冷蔵専用冷却器の除霜は通常不要となる。

したがって、図9に示すように冷凍専用冷却器だけ従来の1/2程度の頻度で除霜が行われ、ヒータ除霜による電力消費を低減させた。

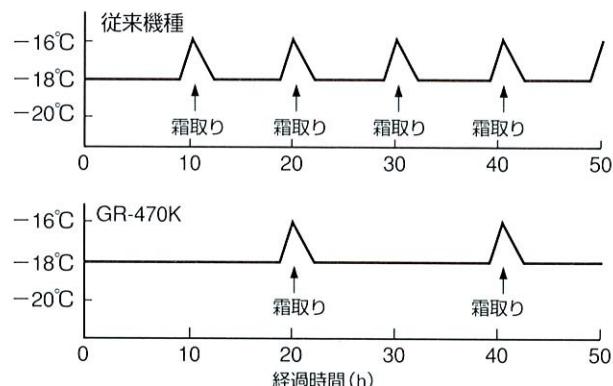


図9. 除霜頻度の比較　冷凍専用冷却器だけ従来の1/2程度の頻度で除霜される。

Change in defrosting frequency

5 食品鮮度保存機能の向上

食品の保存は鮮度を保つことが重要なポイントであり、鮮度指標は一般に“蛋白質劣化度”，“ビタミン減少度”，“水分乾燥度”，“脂肪酸化度”で表されている。これら鮮度を保つには「低温であること(但し、食品が凍らないこと)」「温度むらがないこと(恒温)」「湿度が高いこと(高湿)」の三つの条件が同時に満たされる必要がある。

この冷蔵庫は、ツイン冷却器タイムシェアリング制御により、従来の冷蔵庫に比べ“より低温に”，“より一定温度に”，“より高湿度に”制御しており、省エネルギーと同時に食品鮮度保存機能も向上した。

5.1 低温・恒温

従来の冷蔵庫では、一つの冷却器で温度帯の異なる冷蔵室および冷凍室を冷やしていたために、庫内の温度が大きく変動し、さらに冷蔵室内に保存している食品の水分が奪われて乾燥するといった問題があった。

これに対し、GR-470Kではツイン冷却器タイムシェアリ

ング制御により、冷蔵専用と冷凍専用の独立した二つの冷却器を設定温度にあわせて交互に細かく制御運転することで、それぞれの温度帯に適した冷却運転を行い、庫内の温度変動を図10のように低減した。

設定温度に対する庫内温度の変動幅(冷蔵室の場合)



図10. 庫内の温度変動　2°C (低温) ± 0.5°C (恒温) を実現した。
Temperature change inside compartment

冷蔵室専用冷却器温度は従来機種の-30°Cから冷蔵循環サイクルに適した-18°Cに設定し、吹出し冷気の温度を高くした。これにより冷蔵室設定温度を従来の3°Cから2°C以下にしても凍結せず、低温で保存ができる。

5.2 高湿度

冷蔵室側は湿度の低下が少ない上、冷蔵循環サイクル停止中に冷気循環ファンを低速運転させ、冷却器に付着した霜の融解潜熱、氷化潜熱で冷蔵室をうるおい(高湿度)冷却する。これにより図11のように冷蔵室内の空気は高湿度が保たれ、乾燥防止に効果がある。

5.3 鮮度保存機能

冷蔵室内を食品の鮮度保存にとって理想的な低温・恒

冷蔵室の湿度

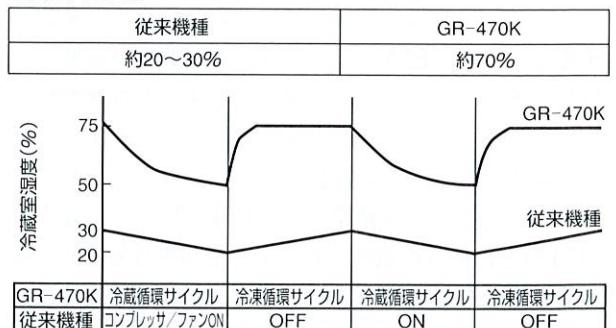


図11. 庫内の湿度変動　約70%の高湿度を実現した。
Humidity change inside compartment

温・高湿の状態に保ち、従来の单一冷却器に比べ肉や野菜などの食品の鮮度を約2倍(食品の鮮度をあらわすK値での比較)に長もちさせることを実現した。

- (1) 低温 食品の化学反応、呼吸を抑制することで、たんぱく質の劣化、脂肪の酸化、ビタミンC・糖・葉緑素の減少を防止し、食品の鮮度を保持する。
- (2) 恒温 温度変動および場所による温度分布の低減により、食品成分に温度によるストレスがかからない安定状態を保持し、高温時の化学反応抑制および低温時の凍結防止により食品成分の物性を変えず、ほとんどの食品の保存最適温度(1°C)により近い温度で制御し、食品の鮮度を保持する。
- (3) 高湿 高湿度化により食品の水分を保持し、乾燥を防止する。また、食品表面が水分子で一様に覆われ、水分子が酸素分子との接触を遮るので食品の脂肪の酸化を防止し、食品の鮮度を保持する。

以上の相互作用により、食品乾燥度は従来機種比で食品の質量減少率が約1/2に、またビタミン、たんぱく質、脂肪酸などの栄養成分の劣化度は従来機種比で約1/2になり、食品の鮮度を約2倍に長もちさせることを実現した。

6 あとがき

GR-470Kは、インバータを生かす画期的な冷蔵庫を目ざ

して、3年前から当時の住空間システム研究所(現、家電機器事業部研究・開発センタ)で開発をスタートし、開発当初から商品企画部門が参画することにより、商品メリットに重点を置いた開発ができた。

この冷蔵庫に採用したツイン冷却器技術は、今後業界のスタンダードになりうると期待しており、さらにこの商品の洗練化、付加メリットについて開発を進めていきたい。



天明 稔 TEMMYO Minoru
大阪工場 開発部主務。
冷蔵庫の先行開発に従事。
Osaka Works



猿田 進 SARUTA Susumu
大阪工場 開発部主務。
冷蔵庫の開発に従事。
Osaka Works



仁木 茂 NIKI Shigeru
大阪工場 技術部主務。
冷蔵庫の開発・設計に従事。
Osaka Works