“おりるん棚”搭載 ノンフロン省エネ鮮蔵庫 GR-NF424K

"the SENZOHKO" Model GR-NF424K Nonfluorocarbon, Energy-Saving Refrigerator

佐伯 友康　吉岡 功博　堀江 宗弘

■ SAEKI Tomoyasu　■ YOSHIOKA Takahiro　■ HORIE Munehiro

地球環境問題を解決するために世界的な取組みが行われている。家庭用冷蔵庫においては，使用冷媒及び断熱材によるオゾン層破壊と地球温暖化の防止を図ることが最大の責務であり，東芝は2002年1月に，他社に先駆けて炭化水素系の冷媒に切替えた国内メーカー初の“ノンフロン冷蔵庫”を発売した。

今回，年間約3万円にも及ぶ家庭での廃棄食材に対する“食の省エネ”に寄与すべく，“光プラズマ＆イオン”ユニットによる鮮蔵と，大型冷蔵庫の収納革命技術である“おりるん棚”を冷蔵室上部に搭載した，ノンフロン省エネルギータイプ冷蔵庫GR-NF424Kを“the 鮮蔵庫”のペットネームで商品化した。

Efforts to solve global environmental problems are now being made worldwide. It is of great importance to prevent ozone layer depletion and global warming due to the use of refrigerant and thermal insulation substances, especially in the case of household refrigerators.

In January 2002, Toshiba became the first company in Japan to develop a nonfluorocarbon refrigerator, adopting a hydrocarbon system refrigerant instead. Following this achievement, in order to reduce the amount of unused and scrapped food materials, which is estimated to be valued at approximately 30,000 yen (approx. $US 245) per year per household, we developed the model GR-NF424K nonfluorocarbon, energy-saving refrigerator named "the SENZOHKO." This refrigerator is equipped with the "HIKARI PLASMA & ION" unit to maintain food freshness, as well as the "ORIRUN DANA" slide-down shelf, an epoch-making device located at the top of the refrigeration compartment of large refrigerators.

1 まえがき

環境への配慮や経済性に対する関心の高まりを背景に，家庭用冷蔵庫に対する要求は電気代に対する省エネルギー（以下，省エネと略記）だけにとどまらなくなった。食品鮮度保存機能や，使い勝手・貯蔵性の向上による廃棄食材の低減など，食生活全般にわたる省資源（食の省エネ）にまでニーズが広がった。

東芝は，このようなニーズに対応して“ノンフロン冷蔵庫”をファンクールタイプ冷蔵庫として開発して，2002年1月に465Lの大型冷蔵庫を発売し，4月に日経BP技術賞の大賞，9月にオゾン層保護大賞の優秀賞を受賞した。

今回はこれを更に進化させ，ノンフロン冷媒に最適な新型コンプレッサと新冷却器で効率アップした“3室3冷却システム”，“光プラズマ＆イオン”ユニット，“おりるん棚”を搭載した冷蔵庫GR-NF424Kを2002年9月に発売した。

以下，この冷蔵庫の仕様，及び技術的特長について述べる。

2 GR-NF424K冷蔵庫の特長

GR-NF424K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。

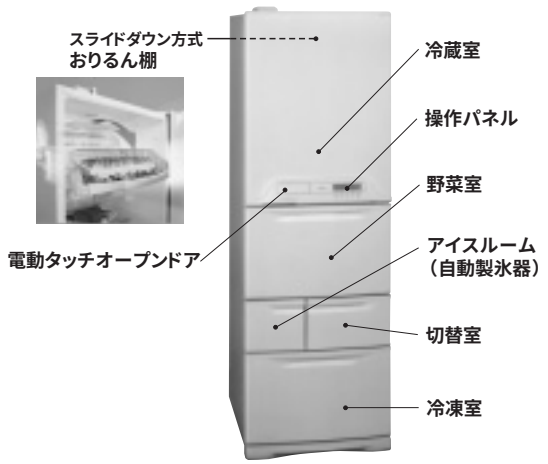


図1．GR-NF424K冷蔵庫 ― 光プラズマ＆イオンユニットとおりるん棚を搭載し，ノンフロン冷媒を使用した3室3冷却システムによる鮮蔵・省エネタイプの5ドア冷蔵庫である。

GR-NF424K refrigerator

(1) ノンフロン冷媒に合わせた高効率冷凍サイクル　新冷媒のイソブタン（R600a）は，オゾン層を破壊せず，かつ地球温暖化係数の極めて低い炭化水素系の自然冷媒である。

冷却効率の高いイソブタンの採用と，これに適応した

高効率コンプレッサの開発及び冷凍サイクルの効率改善により，業界トップクラス(2002年9月現在)の省エネ(260 kWh/年)を実現した(3章)。

⑵　ノンフロン冷媒を制御する安全設計　　イソブタンは可燃性であり，電気部品を多く使用しているファンクールタイプの冷蔵庫では，採用にあたって慎重に行う必要があった。安全技術の開発により，採用に成功した(4章)。

⑶　おりるん棚による食品貯蔵性能向上　　大型冷蔵庫での最大の不満は最上段棚の使いにくさである。スライドダウン方式のおりるん棚の搭載により，冷蔵室で約20 Lの貯蔵性が向上し，廃棄食材の低減による食の省エネに寄与した(5章)。

⑷　光プラズマ＆イオンによる鮮度保存性能向上　　冷凍／冷蔵冷却器と野菜専用冷却パネルで冷凍室，冷蔵室，野菜室の各々を個別に冷却する3室3冷却システムを採用した。それぞれの食材に適した冷やし方を行うとともに，光プラズマ＆イオンユニット搭載により鮮度保持能力を向上させ，廃棄食材の低減による食の省エネに寄与した(6章)。

3　ノンフロン冷媒を生かす省エネ技術

3.1　炭化水素系冷媒（イソブタン）冷凍サイクルの開発

ノンフロン冷蔵庫の冷媒として，オゾン層を破壊せず，かつ地球温暖化効果の低い炭化水素系冷媒の中で，冷却に関して高効率なイソブタンを採用した。

イソブタンの冷媒特性を**表1**に示す。

冷凍能力特性からコンプレッサは現状フロン(HFC134a)のシリンダ排除容積の約1.8倍が必要とされるが，冷却効率は約7％良くなるため省電力が可能となる(当社冷蔵庫想定条件)。

イソブタンを使用するにあたっては，冷媒の特性に合わせた冷凍サイクルの最適化が必要である。**図2**に示す冷凍サイクルの冷蔵用(R)や冷凍用(F)キャピラリチューブの径，そしてキャピラリチューブとサクションパイプとの熱交換領域の長さを冷媒特性に適合させ，冷媒の高効率な特性を引き出すことができた。更に，冷凍室と冷蔵室の交互冷却の適正タイムシェアリング(時分割)運転を行い，冷凍サイクルでの省エネを図った。

表1．冷媒の特性
Characteristics of refrigerant

項　目	現状フロン	炭化水素系冷媒
名称（番号）	HFC134a	イソブタン（R600a）
化学式	CH_2FCF_3	$CH(CH_3)_3$
ODP（オゾン破壊係数）	0	0
GWP（地球温暖化係数）	1,300（CO_2＝1として）	3（CO_2＝1として）
冷凍能力	100（基準）	約57（低い）
理論COP（%）	100（基準）	約107（良い）
燃焼性の分類（高圧ガス保安法）	不燃性ガス	可燃性ガス（下限1.8 vol％，上限8.4 vol%）

COP：成績係数　　CO_2：二酸化炭素

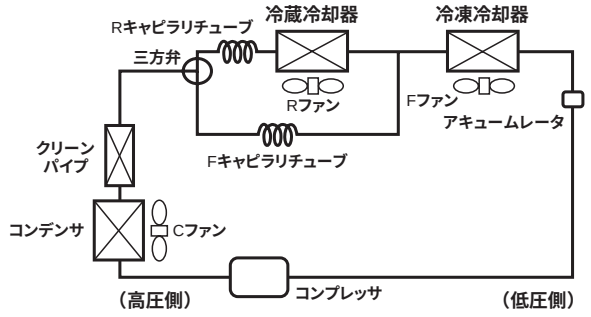


図2．イソブタン冷媒の特性を生かした冷凍サイクル ― 冷凍と冷蔵冷却器に交互に冷媒を流し，冷却器をそれぞれ最適な温度で冷却するタイムシェアリング(時分割)運転を行う。
Cooling cycle utilizing characteristics of isobutane refrigerant

3.2　イソブタン用コンプレッサの開発

上記の冷媒特性を考えて，高効率の集中巻直流(DC)モータを搭載したシリンダ排除容積9.9 cm^3のワイドレンジインバータコンプレッサを新規開発した。

一般に吐出圧力が高くなると冷凍能力が低下する。イソブタンでは，HFC134aに比べこの低下割合が小さいという特性を利用し，冷凍サイクルを最適化し，より小さな排除容積のコンプレッサを採用した。凝縮温度とコンプレッサの冷凍能力の関係を**図3**に示す。

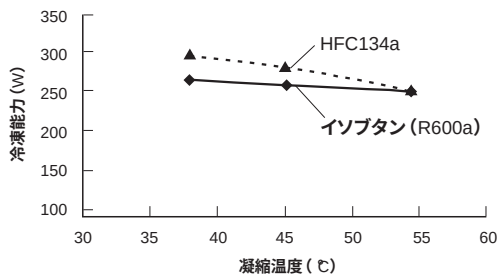


図3．蒸発温度と冷凍能力 ― イソブタンは吐出圧力・凝縮温度が高くなっても，冷凍能力が低下する割合が小さい冷媒特性を持っている。
Evaporating temperature and cooling capacity

3.3　冷却器の高効率化

冷蔵冷却器においては，パイプに取り付けたフィン1枚当たりの面積を17％大きくすることにより伝熱面積を広げた。併せて，冷蔵室送風経路について，三次元(3D)CADデー

タを使用した流体解析による圧力損失の低減により風量を増加し，熱交換性能を向上させた。

冷凍冷却器に対しては，送風経路の改善により冷却器設置スペースを拡大させ，伝熱面積を広げることで熱交換性能を向上させた。

4 ノンフロン冷媒を制御する安全性確保技術

万一冷媒が漏れた場合，冷蔵庫内外を問わず着火させないための安全性確保が最重要課題である。この対応として，①使用冷媒量の低減，②電気部品の防爆設計，③冷媒漏れ対応制御を採用し，安全性の確保を図った。

4.1 使用冷媒量の低減

漏れによる安全性を考えると使用冷媒量をできるだけ減らすことが望ましい。このモデルでは冷凍サイクルの最適化により，IEC（国際電気標準会議）規格で150 g，電気用品安全法で100 gの使用冷媒量の上限基準に対し70 gに低減した。

4.2 電気部品防爆設計

漏れた冷媒に触れる冷蔵庫内及び機械室の電気部品に対しては，火花あるいは高温度により着火させないため，以下の防爆設計を行った。

⑴ 接点を持つ部品は難燃性・密閉構造とした。また，スイッチ類は5 Vの低電圧回路設計にした。

⑵ 光プラズマ脱臭装置の高電圧電極部は，金網でエンクローズする防炎構造とした。

⑶ ヒータなどの発熱部品は，異常時を想定した最高到達温度を，冷媒の発火温度（494 ℃）より100 Kの裕度を見た394 ℃未満の設計とした。

除霜用ヒータは，アルミパイプヒータを冷却器に取り付けて冷却器を熱伝導で暖める除霜システムとし，パイプヒータの表面温度を90 ℃以下に抑えた低温除霜ヒータを開発した。

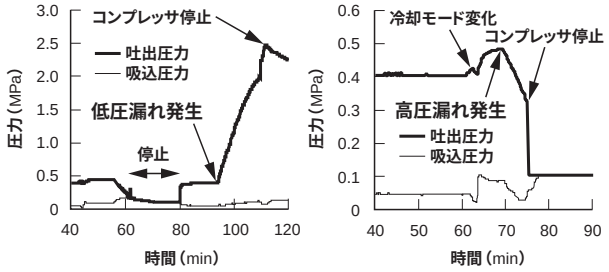
4.3 冷媒漏れ対応制御

冷蔵庫全体での安全システムとして，冷媒漏れの予防，冷媒漏れの検知，冷媒漏れ検知後の対応，の各制御を折り込み，安全性の確保・向上を図った。

⑴ 漏れの予防　ファンクール冷蔵庫ではヒータによる自動除霜を行うため，除霜時の冷媒漏れが事故につながる可能性がある。その予防制御として，冷凍冷却器は，除霜前にポンプダウンにより冷却器内の冷媒を高圧側に回収した後に，除霜ヒータを通電する制御とした。また冷蔵冷却器は，Rファンによる毎サイクル除霜を行い，除霜ヒータを廃止した。

⑵ 冷媒漏れ検知　冷媒漏れが発生すると冷凍サイクル内の圧力が変化し，コンプレッサの負荷が変動する。コンプレッサはインバータにより指定回転数を保つよう制御しており，負荷変動による回転パワーのフィードバック信号を監視することで漏れを検知する。漏れ箇所が低圧側と高圧側では圧力の変動状態が異なり，この負荷変動信号を利用して冷媒漏れ箇所を特定する（**図4**）。

⑶ 安全対応システム　機械室（高圧側）からの漏れを検知した場合は，コンプレッサの停止後もコンデンサファン（Cファン）をしばらく強制運転させて，漏えい冷媒を拡散・希釈する。庫内（低圧側）からの漏れを検知した場合は，ポンプダウンにより冷媒を低圧側から回収して高圧側に閉じ込め，冷媒漏れ量をできるだけ少なくする。同時に庫内ファンによる冷媒のかくはんを行い，部分的に高濃度領域ができるのを防ぎ，除霜水の排水経路などから庫外へ徐々に排出・拡散する。



運転中は配管内圧力が大気圧より低く，空気を吸い込み，コンプレッサの吐出圧力が上昇して負荷が増加する。

冷凍サイクルから冷媒が漏れ出ることによりコンプレッサの吐出圧力が下がり，負荷が減少する。

低圧側（冷蔵庫内）漏れ時の圧力変化　高圧側（機械室）漏れ時の圧力変化

図4．冷媒漏れと冷凍サイクル圧力変化 ― 圧力の変動状態により冷媒漏れを検知し，漏れ箇所を特定する。

Refrigerant gas leakage and pressure change in cooling cycle

5 食品貯蔵技術

5.1 新規開発 おりるん棚

大型化が進んで定格内容積400 L以上の冷蔵庫が全需要の30 %以上を占めるが，これらの大型冷蔵庫の設置スペースは幅，奥行ともに60～65 cm程度に制約され，400 Lを確保するには，高さを180 cmにする必要がある。180 cmの冷蔵庫の最上段は，平均身長156 cmの小柄な日本人女性にとっては手が届きにくく，購入者の不満第一位となっている。頻繁に使用する冷蔵室の約20 Lを占める最上段に，スライドダウン方式のおりるん棚を採用し，これまで手が届かず十分に使いこなすことができなかった部分を有用な容積にした（**図5**）。

電動のタッチオープンドアとともに，毎日の食品の棚おろしに役だつ新機能として，食材の使い忘れ，賞味期限切れを防止し，食材のムダな廃棄を防ぐことができる。

図5．新規開発のおりるん棚 ― 手前にスライドダウンさせて，食品管理のビジュアル化をした。毎日の食品の棚おろしで，食材の廃棄を撲滅する。
Newly developed "ORIRUN DANA" slide-down shelf

5.2　おりるん棚の基本構成

おりるん棚のアームはバネを内蔵し，棚の引き降ろし及び押し上げの際の操作力を軽減している。また，アームにはショックアブソーバを取り付けており，急激な棚の引き降ろしの際に発生する衝撃を吸収する構造とした。

6　鮮度保存技術

3室3冷却システムの低温，恒温，高湿度とともに，光プラズマ＆イオンユニット搭載により，エチレン分解，強力脱臭，除菌を行い，保存食品の傷みを抑制する鮮度保存を行う。

6.1　光プラズマ＆イオンユニットの基本構成と原理

光プラズマ＆イオンユニットは**図6**に示すような構造である。三次元多孔質状光触媒をメッシュ状電極で狭みこんだ構成で，高電圧印加により発生する紫外線（380 nm以下）で光触媒を活性化し，エチレンガスや臭気物質を分解除去する。

また，放電で発生させたオゾンとマイナスイオンを専用バイパスで庫内に送り込み，脱臭及び浮遊菌の活動を抑制する。ユニットの出口付近で10^4個/cm^3オーダのマイナスイオンが存在する。

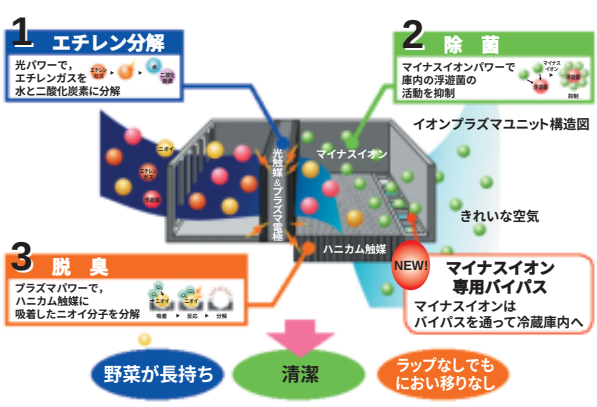


図6．光プラズマ＆イオンユニットの構造 ― 紫外線，オゾン，マイナスイオンを発生させ，エチレン分解，強力脱臭・除菌を行う。
Structure of "HIKARI PLASMA & ION" unit

6.2　鮮度保存効果

表皮がやわらかく傷みやすいものとして，イチゴを野菜室に14日間保存したときの外観変化例を**図7**に示す。従来機種に比べ明らかに鮮度保持性能が向上している。

光プラズマ&イオン搭載モデルの場合　　一般モデルの場合

図7．鮮度保存の効果 ― いちごを14日間，野菜室で保存した場合，従来機種（右）に比べ鮮度保持性能が向上している。
Freshness preservation effect

7　あとがき

2002年は，冷蔵庫業界にとってノンフロン元年となった年である。1月に当社が大型モデルの415 L，465 Lで，ノンフロン冷蔵庫を発売以来，各社が300 Lを中心として追従している状況にある。

今後とも，ノンフロンモデルの拡大，食品貯蔵性の追求とともに，冷蔵庫の本質機能である鮮蔵を中心とした食生活の省エネに寄与できる商品開発に取り組んでいく。

佐伯　友康　SAEKI Tomoyasu
家電機器社 家電技術センター 製品開発担当主務。
冷蔵庫の開発・設計に従事。
Home Appliances Technology Center

吉岡　功博　YOSHIOKA Takahiro
家電機器社 家電技術センター 製品開発担当主務。
冷蔵庫の開発・設計に従事。
Home Appliances Technology Center

堀江　宗弘　HORIE Munehiro
家電機器社 家電技術センター 電気・電子担当。
冷蔵庫の開発・設計に従事
Home Appliances Technology Center