

“光プラズマ鮮蔵庫”GR - 473K

"HIKARI PLASMA SENZOHKO" Model GR - 473K Refrigerator

佐久間 勉
SAKUMA Tsutomu

岡田 大信
OKADA Daishin

東口 恵一
HIGASHIGUCHI Keiichi

2001年5月に食品関連業者に対する食品リサイクル法が施行された。冷蔵庫の大型化による食品貯蔵量の増加に伴い、循環型社会における家庭での廃棄食材の削減は、食材を使いきるという“食の省エネ”^{〔注1〕}の見地から、消費電力量の低減とともに家庭用冷蔵庫の重要テーマである。

今回、世界初のエチレングス分解・強力脱臭・強力抗菌のトリプルパワーを持つ“光プラズマ”による食品の長期間新鮮保存と、独立制御の“3室3冷却システム”を搭載した省エネルギー(以下、省エネと略記)タイプ冷蔵庫GR - 473Kを、“光プラズマ鮮蔵庫”のペットネームで商品化した。

The Food Product Recycling Law was enforced in May 2001 geared toward industries related to food. In line with the increase in food storage due to the enlargement of refrigerator capacities, the reduction of waste food materials in the home in a circulation type society has become an important theme of household refrigerators.

Toshiba has developed the "HIKARI PLASMA SENZOHKO" model GR - 473K refrigerator with "HIKARI PLASMA," offering long-term preservation of food by ethylene gas resolution, superior deodorizing, and superior antibacterial performance, for the first time in the world. The GR - 473K is also an energy-saving type refrigerator with a "3 compartment, 3 cooling system" design offering long-term preservation of food and independent control functions.

1 まえがき

冷蔵庫などに対する家電リサイクル法、及び2001年5月に施行された食品関連業者に対する食品リサイクル法により、循環型社会の姿が鮮明になってきた。

近年は、環境への配慮や経済性に対する関心の高まりを背景に、冷蔵庫においては“食品保存性”と“省エネ”が重視される傾向にある。例えば、冷蔵庫内での鮮度劣化などにより捨てられている食材は、一般家庭において年間約3万円にも及び、そのうち約30%を野菜や果物で占めている(当社調べ)。冷蔵庫の大型化に伴う食品の大量貯蔵に対し、貯蔵した食品の持ち味や栄養分、鮮度を長期間保つ機能は“食の省エネ”の見地からも強く求められてきている。

当社は、このようなニーズに対応し、1998年11月にツイン冷却システムを採用した冷蔵庫を発売し(財)省エネルギーセンターによる“省エネ大賞”の会長賞を2年連続で受賞した。このツイン冷却システムは、今や業界でのDFS(De Facto Standard: 実質的な業界標準)となっている。

今回はこれを更に進化させ、冷凍/冷蔵独立制御の“3室3冷却システム”と、“光プラズマ”強力脱臭・抗菌装置を搭載した冷蔵庫GR - 473Kを2001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 - 473K 冷蔵庫の特長

GR - 473K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 - 473K 冷蔵庫 光プラズマ脱臭・抗菌装置と、冷凍/冷蔵独立制御の3室3冷却システムを搭載した省エネタイプの5ドア冷蔵庫である。

Model GR - 473K refrigerator

(注1) (財)省エネルギーセンターによる“食”に関する啓蒙キーワード

- (1) 光プラズマによるエチレンガス(C₂H₄)分解と脱臭・抗菌のトリプルパワーで、野菜の新鮮保存を実現した。光プラズマ脱臭・抗菌装置は、放電式の光触媒を用い、紫外線によるC₂H₄の分解と、オゾンとマイナスイオンによる脱臭・抗菌作用により、冷蔵室と野菜室の食品を新鮮に保存する。老化促進ホルモンであるC₂H₄の分解・除去能力は従来比で約100倍、脱臭・抗菌能力は従来比で約10倍であり、プラズマ放電光源の採用によりメンテナンスフリーとした。
 - (2) 冷凍/冷蔵冷却器を完全独立制御する冷凍サイクルを採用した。冷媒流路を4モード制御する3方弁(冷媒切替弁)の開発により、冷凍/冷蔵それぞれの冷却器を完全独立制御して、よりきめ細かく、パワフルな冷却を行う。また、冷蔵冷却器温度の最適制御による冷蔵室の低温・高湿度化により、鮮度保持能力を向上させた。
 - (3) 更に、野菜室上部に第3の冷却器として“野菜専用冷却パネル”を設置した。冷蔵冷却器による間接冷却に加え、冷却パネル表面を冷気で冷却することによる放射冷却で野菜室をやさしく冷やす。これにより低温化(2)と高湿度化(95%)を図り、2段式の大きな野菜室の温・湿度を均一化して、野菜の鮮度と栄養を保持できるようにした。
- 以上のように、冷凍室、冷蔵室、野菜室のおのおのを個別に冷却する3室3冷却システムの採用で、それぞれの食材に適した冷やし方を実現した。
- (4) 業界トップの省エネを実現した。独立制御の3室3冷却システムをベースに、PPS(ポリフェニレンサルファイド)樹脂成形ボビン使用の集中巻きモータを搭載した、新型高効率コンプレッサを採用した。また、冷却器の効率向上を図り、消費電力量を昨年度比16.2%削減して310 kWh/年(測定法: JIS C9801)を実現した。この値は、省エネ法における2004年省エネ基準達成率145%に相当する。
 - (5) 地球温暖化防止のためHFC(ハイドロフルオロカーボン)冷媒の使用量を低減し、ノンフロン断熱材(シクロペンタン)や、鉛フリーはんだの採用、リサイクル対応設計など環境調和型商品とした。

3 冷凍/冷蔵独立制御の冷凍サイクル

3.1 従来の冷凍サイクル(ツイン冷却システム)

従来のツイン冷却システムによる冷凍サイクルを図2に示す。冷凍専用と冷蔵専用の冷却器を直列に配置し、3方弁(冷媒切替弁)で冷媒流路を切り替え、タイムシェアリング制御で冷凍モードと冷蔵モードを交互に運転するシステムである。

3.2 今回開発の冷凍サイクル(冷凍/冷蔵独立制御)

今回開発した独立制御の冷凍サイクルを、図3に示す。冷

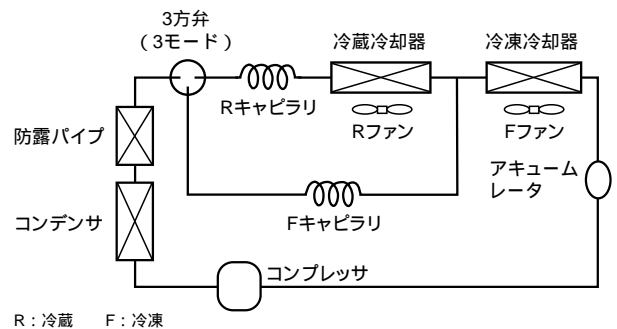


図2 . ツイン冷却システムによる冷凍サイクル 冷凍と冷蔵冷却器に交互に冷媒を流し、タイムシェアリング(時分割)運転を行う。
Cooling cycle with twin-cooling system

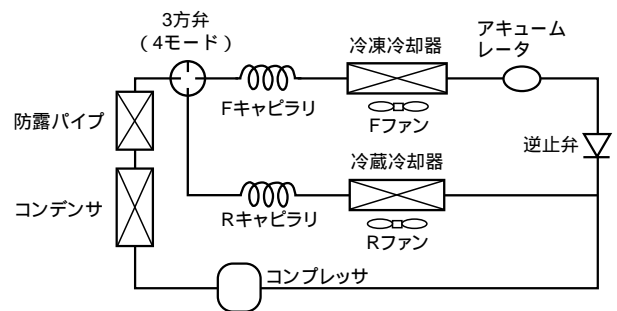


図3 . 冷凍/冷蔵独立制御の冷凍サイクル 冷凍と冷蔵冷却器を完全に独立して冷媒制御するため、それぞれの冷却器を最適な温度で冷却できる。
Cooling cycle with independent control of freezing and refrigeration

凍冷却器と冷蔵冷却器を並列に配置して冷凍冷却器の出口に逆止弁を設け、両冷却器を完全に独立して冷却制御するシステムとした。このため、冷凍と冷蔵冷却器をそれぞれ最適な温度で冷却することが可能となった。

また、従来の3方弁に全開機能を追加し、冷凍冷却器側流路と冷蔵冷却器側流路が同時に開く同時冷却モードを新設した。これにより貯蔵負荷の変化に対応して、冷凍モード、冷蔵モード、同時冷却モード、及び両冷媒流路を遮断する全閉モードの四つの冷媒流路切替で最適な冷媒制御を行うことができ、冷凍サイクル効率アップ、冷却パワーアップを実現した。

3.3 冷凍サイクルの効率向上

冷蔵モードのサイクル効率を向上させるため、キャピラリチューブの改善によって、冷却器の蒸発温度を従来の-20から-10へと高め、冷却温度の最適化を図った。これにより図4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、COPを従来比24%向上させた。これは従来サイクルと異なり、冷凍冷却器側と冷蔵冷却器側の冷媒流路を独立させたことによる効果である。

次に、蒸発温度上昇分を補う熱交換性能向上について説

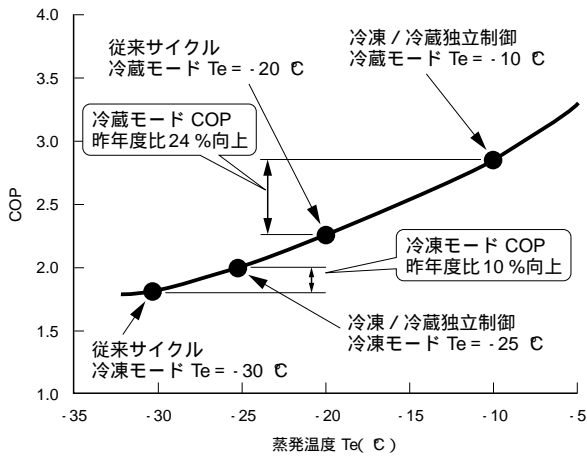


図4．蒸発温度とCOP 冷却器の蒸発温度を最適値にして，冷凍サイクルの効率を高めた。
Evaporating temperature and coefficient of performance (COP)

明する。冷蔵冷却器ではフィン幅拡大とパイプ段数を1段追加したことで伝熱面積を1.5倍に増やし，あわせて送風経路の圧力損失低減と風量増加を図った。パイプ内面形状の改良により液冷媒の接触面積を増やし，内面熱伝達率を向上させた。

また，冷凍モードのサイクル効率についても，冷凍冷却器のパイプ内面形状の改良により，蒸発温度を従来の-30から-25に上げ，COPを約10%向上させた。

3.4 運転切替え時の効率向上

独立制御の冷凍サイクルでは，両冷却器の蒸発温度差，圧力差を大きくしたため，切替え時の冷媒制御が重要課題であり，以下の方法で対応した。

- (1) 冷蔵 冷凍への切替え時 冷凍/冷蔵冷却器の蒸発温度に対応した圧力制御によって冷凍室冷却器出口に設けた逆止弁を作動させ，温度の高い冷蔵冷却器側冷媒が冷凍冷却器へ逆流することを抑えた。
- (2) 冷凍 冷蔵への切替え時 切替え前に，ポンプダウン制御により一時的に3方弁を全閉モードにし，冷凍冷却器から冷媒を強制的にコンデンサ側に回収することにより，切替え後にはスムーズに冷蔵冷却器に冷媒を流す方式とした。

3.5 省エネ効果

四つの制御モードを持つ3方弁と，集中巻きモータを搭載した新型高効率インバータコンプレッサの組合せにより，最適な冷媒制御を行った。また，冷凍と冷蔵モードの高効率化も図り，昨年度比16.2%(370 310 kWh/年)の消費電力量低減を実現した(測定法：JIS C9801)。

4 光プラズマ強力脱臭・抗菌による野菜の新鮮保存

今回，新たに開発した光プラズマ脱臭・抗菌装置を搭載

したことで，野菜の劣化を進める大きな要因であるエチレンガスを分解し，野菜のみずみずしさや，おいしさ，栄養価を保つことができるようになった。これにより，エチレンガスを多く発生するリンゴなどの果実も，袋などに入れずにそのまま野菜といっしょに保存することが可能となった。

4.1 光プラズマ脱臭・抗菌装置の基本構成と原理

光プラズマ脱臭・抗菌装置は図5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挟み込んだ構成で，高電圧(8.8 kV)印加により発生する紫外線(波長380 nm以下)で光触媒を活性化することで，エチレンガスや臭気物質を図6に示す反応により分解除去する。また，放電の際に同時に発生するオゾンとマイナスイオンにより脱臭を行うとともに，浮遊菌に対しても抗菌効果を発揮させている。装置は冷蔵室と野菜室の間の冷気帰還経路に設置し，食品収納スペースをむだにしないよう配慮している。

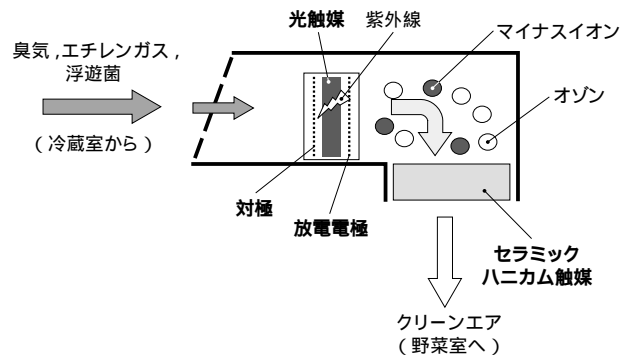


図5．光プラズマ脱臭・抗菌装置の構造 光プラズマにより，紫外線，オゾン，マイナスイオンを発生させ，脱臭・抗菌を行う。
Structure of "HIKARI PLASMA" deodorizer and antibacterial device

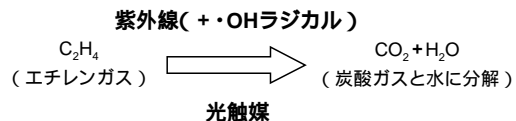


図6．エチレンガスの分解反応 光触媒を紫外線で活性化させ，エチレンガスを連続的に炭酸ガス(CO₂)と水(H₂O)に分解する。
Ethylene gas (C₂H₄) resolution reaction

4.2 エチレンガスの野菜への影響

エチレンガスは植物みずからが発生する成熟促進ホルモンであり，呼吸の促進，果実の熟成・追熟の促進，老化・劣化の促進などの働きがある。野菜の鮮度保持の面では軟化，変色，栄養価の減少などマイナスの要因となる。エチレンガスを多く発生する青果物は，りんご，桃，メロンなどの果実が挙げられ，一方，エチレンガスによる影響を受けやすいものとしては，アスパラガス(繊維質化)，レタス(カット部の変色)，

ブロッコリ(花蕾部(つぼみ)の変色,クロロフィル減少),なす(変色)などが挙げられる。そのことから,野菜と果実とをいっしょに保存するのは好ましくないとされている。

4.3 鮮度保存効果

エチレンガス除去性能を,光プラズマ脱臭・抗菌装置搭載機種と従来機種とで比較すると,図7に示すように,前者は後者に対し約100倍の性能を持っている。これにより,発生源が同居した状態にあっても,発生したエチレンガスを分解除去することで,野菜の鮮度を長持ちさせることが可能となった。例として,アスパラガスとレタスをりんご5個といっしょに7日間保存したときの外観の変化を図8に示す。従来機種に比べ明らかに鮮度保存効果が向上している。また,栄養価保持性についても,ホウレンソウを7日間保存したときのビタミンCの減少率が,従来機種の22%から7%に抑えられることを確認した。市販のエチレンガス除去剤では,長期使用に伴い除去性能が劣化するため,交換メンテナンスが必要であったのに対し,光プラズマ脱臭・抗菌装置はエチレンガス分解性能の劣化がほとんどなく,メンテナンスを必要としない。

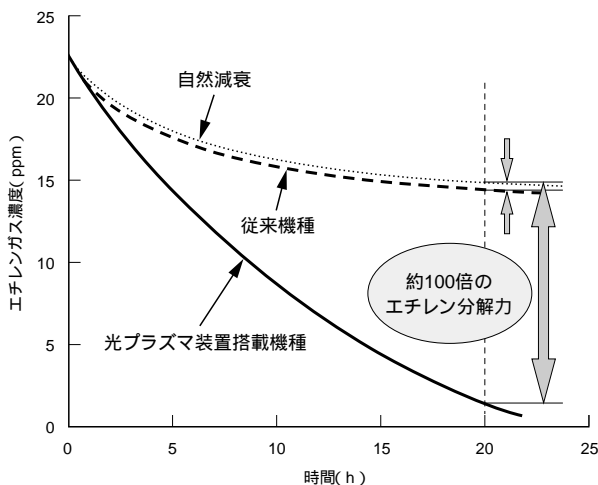
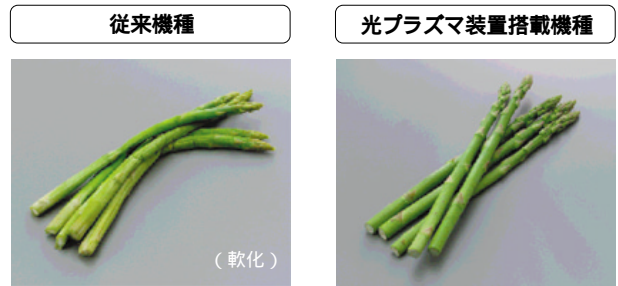


図7. エチレンガスの除去性能 光プラズマ脱臭・抗菌装置搭載により,エチレンガスの除去性能は従来比約100倍の効果を得た。
Ethylene gas removal performance

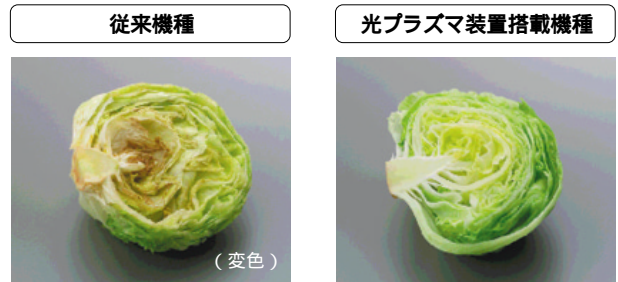
4.4 脱臭効果

光プラズマ脱臭・抗菌装置における脱臭は,放電により発生したオゾンの強力な酸化分解作用により連続的に行われる。オゾンと臭気成分がセラミックハニカム触媒に吸着し,触媒上で臭気成分はオゾンにより低臭気物(無臭物)に分解される。吸着方式の市販脱臭剤に比べて約10倍の性能で冷気中の臭気成分を分解するので,冷蔵庫の扉を開けたときのおいや,食品間のおい移りを防ぐことができる。

アスパラガス



レタス



* エチレンガス発生源(りんご5個)といっしょに7日間保存

図8. エチレンガス除去による鮮度保存効果 エチレンガス除去により,野菜の軟化・変色などを抑制し,鮮度を保持できる。
Freshness maintaining effect of ethylene gas removal

5 あとがき

以上解説した冷蔵庫は,冷凍/冷蔵独立制御の3室3冷却システムによる“光プラズマ鮮蔵庫”シリーズのなかで最大定格内容積の465L(リットル)モデルである。

まえがきで述べたように,食品の保存性と省エネのニーズにこたえるため,冷却システムを改革するとともに,野菜を中心とした食品の保存性を一段と高めた。

食品の保存性は冷蔵庫の本質機能であり,省エネもいっそう要求される重要な課題であるため,今後とも開発の主要テーマとして取り組んでいく。



佐久間 勉 SAKUMA Tsutomu
家電機器社 冷蔵庫部 冷蔵庫技術部主務。
冷蔵庫の開発・設計に従事。
Refrigerator Div.



岡田 大信 OKADA Daishin
家電機器社 家電機器開発センター 冷凍要素技術担当主務。
冷蔵庫の開発・設計に従事。電気化学学会会員。
Home Appliance R&D Center



東口 恵一 HIGASHIGUCHI Keiichi
家電機器社 冷蔵庫部 冷蔵庫技術部主務。
冷蔵庫の開発・設計に従事。
Refrigerator Div.