

省エネルギー・大容量冷蔵庫の開発

—エコに「真空チルドi」をたし算—

Development of Energy-saving, Large Capacity Refrigerator —Eco-friendly Technology + “Vacuum Chilled Compartment i”—

笹村 和文 南雲 博文 山下 太一郎

Sasamura Kazufumi Nagumo Hirobumi Yamashita Taichiro

日立の家電製品は、「日立はエコにたし算」というスローガンの下、省エネルギー・大容量の冷蔵庫を開発することに加えて、食品の鮮度劣化を抑制する保存技術を有する商品を提供している。冷蔵庫の省エネルギー性能を向上させる独自技術である「フロストリサイクル冷却」や独自開発の「フレックス真空断熱材」など数々の省エネルギー技術により、消費電力量を低減しながら大容量化を推進している。また、日立独自の真空チルドはルーム内を約0.8気圧の真空にすることで低酸素化を実現し、食品の酸化を抑え、栄養素の減少を抑制して新鮮に保存ができる冷蔵庫の鮮度保持技術として好評を得ている。

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災を経験して、ライフラインである電力の大切さを改めて認識した。電力の供給不足を回避するために、節電への意識と関心が高まっており、家電製品に対しても徹底した省エネルギー化が求められている。



図1 | 2011年度「インテリジェント真空保存 真空チルドi」シリーズ
真空の力で酸化を抑え、肉も魚も野菜も新鮮に保存する。

われわれは日々の暮らしの中でさまざまな電力を消費しているが、中でも冷蔵庫は食材を冷やすために一年中稼働しており、省エネルギー性能を向上させることで家庭内の消費電力量を低減する効果の高い家電製品である。

また、共働き世帯の増加などに伴い、週末の食材のまとめ買いが一般化している。そのほかにも冷凍・冷蔵保存が必要な食品の増加や食材宅配システムの普及などによる生活スタイルの変化に加え、各社が501 L以上のクラスの品揃えを強化したことで冷蔵庫の大容量化が進んでおり、省エネルギー化と大容量化の相反する技術を両立させることが重要である。一方、健康志向の高まりから、冷蔵庫における食材の鮮度劣化を抑制するニーズは依然として高い。

日立は、省エネルギー技術、「フロストリサイクル冷却」技術、鮮度保持技術「真空チルド」などの技術を独自開発し、冷蔵庫を常に進化させている。

ここでは、冷蔵庫の省エネルギーを実現しながら大容量化を可能にする新しい技術開発と、2011年度に製品化した「インテリジェント真空保存 真空チルドi」(図1参照)の保存技術について述べる。

2. 省エネルギー性能の追求

2.1 冷蔵庫の省エネルギー化の変遷

日立冷蔵庫(500 Lクラス)の年間消費電力量の推移を図2に示す。省エネルギー化および節電への関心が高まる中、新技術の開発に常に力を注ぐことで進化を続け、毎年約20%の割合で消費電力量の低減を図り、業界をリードしてきた。以下にその技術内容について述べる。

2.2 「フロストリサイクル冷却」の進化

日立は、2009年度製品から独自の省エネルギー技術である「フロストリサイクル冷却」を採用した。「フロストリ

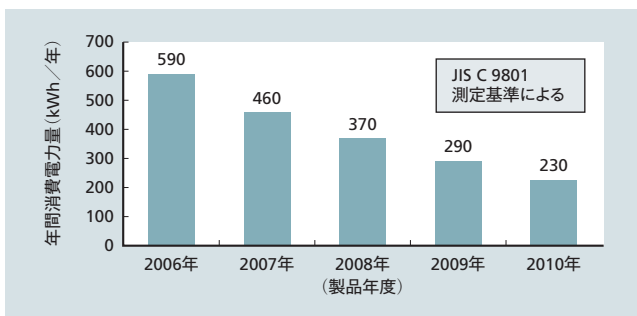


図2 | 日立冷蔵庫省エネルギー化の変遷 (500 Lクラス)
毎年、約20%の割合で省エネルギー化を実現してきた。

サイクル冷却」とは、従来、冷却効率を低下させるために霜取り時に捨てられていた冷却器に付いた霜を有効活用し、圧縮機の停止時に霜（フロスト）の冷却力で冷蔵室と野菜室を冷却することで、優れた省エネルギー効果を得る冷却システムである（図3参照）。

2010年度製品では、新たに冷媒バルブを搭載し、省エネルギー性能の向上を図った。

従来、圧縮機停止直後の冷媒は、冷凍サイクル内の圧力差によって放熱器側の温かい冷媒が冷却器側に流入するため、圧縮機停止中に冷却器の温度が上昇して、冷却運転時の熱負荷となり、エネルギー損失を大きくしていた。2010年度製品に搭載した冷媒バルブは、圧縮機の停止と同時に冷媒バルブを閉じて経路を遮断することで、温かい冷媒の流入を抑えて冷却器の温度上昇を防止した（図4参照）。これによって冷却運転時のエネルギー損失を低減させ、霜（フロスト）冷却も効率よく行うことができた。

また、冷却器の伝熱面積を約25%アップさせた「高性能冷却器」や、野菜室冷気風路を独立させて風路内に「野菜室冷気フラップ」を設置して各室独立して冷却できるようにし、「フロストリサイクル冷却」全体の進化を図り、省エネルギー性能を向上させた。

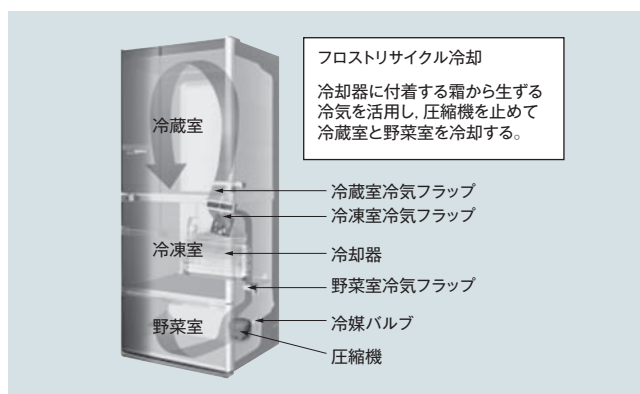


図3 | 「フロストリサイクル冷却」の概要

冷凍室冷気フラップを新たに設けたことが特徴である。そのフラップを閉じて冷凍室への冷気の供給を遮断し、冷却器に付いた霜（フロスト）で冷蔵室および野菜室を冷却する。

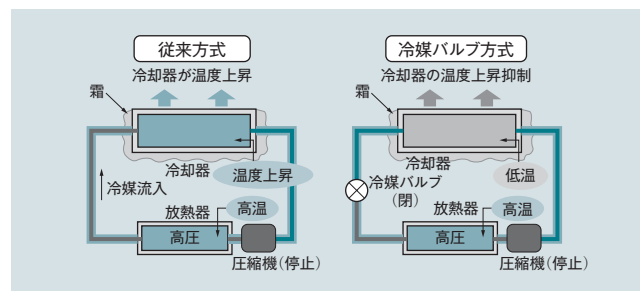


図4 | 圧縮機停止時の冷媒流入の影響と冷媒バルブの動作内容

圧縮機停止時に冷媒バルブを閉め、冷却器への経路を遮断することで、高温冷媒の流入を防ぎ、冷却器の温度上昇を抑制する。

2.3 冷媒バルブ制御の開発

2011年度は、冷蔵庫本体前面部への結露を抑制するための加熱エネルギーに注目し、日立冷蔵庫では初めてとなる「湿度センサー」を搭載し、新「冷媒バルブ」による高温冷媒の流路切り替え制御を行う新省エネルギー技術の開発に取り組んだ（図5参照）。

従来の冷蔵庫では、周囲の湿度が高い場合、冷蔵庫本体前面部が結露しやすくなるため、冷凍室周辺に冷媒パイプを埋設し、高温になった冷媒を流して結露を抑えていた。一方で、この熱の侵入により冷蔵庫内を温めてしまうため、省エネルギー性能を悪化させる要因にもなっていた。

今回この点に注目し、「湿度センサー」と新「冷媒バルブ」の搭載による省エネルギー技術「冷媒バルブ制御」を開発した。「湿度センサー」の検知結果に基づき、湿度が低い時には、新「冷媒バルブ」で冷媒の流入経路の切り替えを行い、熱の侵入を抑える。具体的には、図6に示すように湿度が高い場合には、従来の経路（A経路）で高温の冷媒を流して結露を抑制し、湿度が低く結露の可能性がない場合は別の経路（B経路）に流し、庫内への熱の侵入を低減させる。これにより、結露を抑制しながら庫内への熱侵入を低減させ、さらなる省エネルギー性能の向上を実現できた。

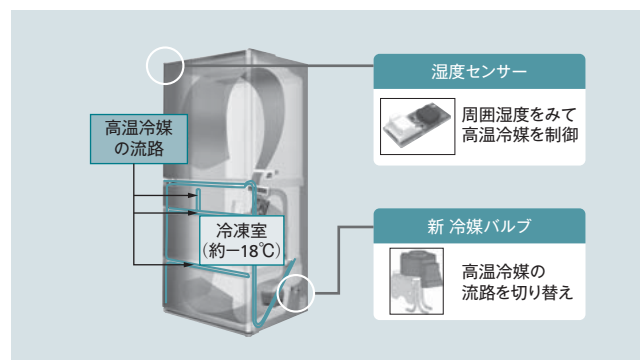


図5 | 「湿度センサー」と新「冷媒バルブ」の取り付け構造

外気の湿度を見ながら、高温冷媒で効率よく加熱し、結露を抑制する。

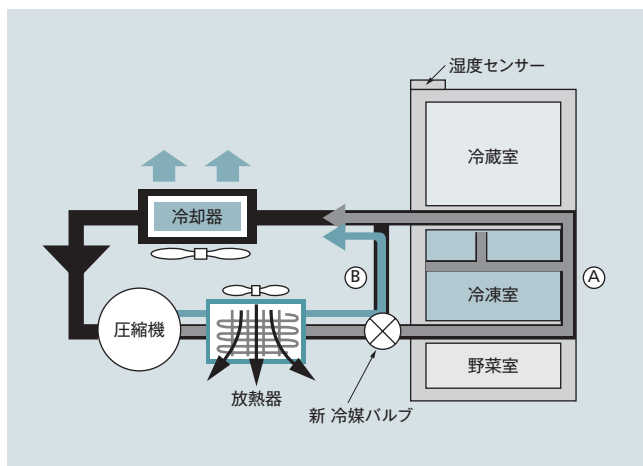


図6 冷媒バルブ制御の概要

「湿度センサー」で捉えた湿度により、高温冷媒の流入経路の切り替えを行い、庫内側への熱侵入を抑制する。

2.4 フレックス高性能真空断熱材の採用と大容量化

冷蔵庫の断熱性能を飛躍的に向上させた真空断熱材を2003年に開発し、その真空断熱材と硬質ウレタン断熱材を組み合わせることで、省エネルギー性能の向上と省スペース大容量化を図ってきた。特に、真空断熱材の高性能化については新吸着剤の採用などにより、硬質ウレタン断熱材の約 $\frac{1}{10}$ （当社測定比）となる熱伝導率の断熱性能を実現した。また、真空断熱材のコア部を熱プレスせずに内袋に入れて保持する方式を進化させ、曲げ加工が比較的自由に行える「フレックス真空断熱材」を開発し、冷蔵庫筐（きょう）体の断熱形状に合わせた真空断熱材の設置ができるようになった。これにより、真空断熱材のカバー率（冷蔵庫外表面全面積に対する真空断熱材が覆う面積）を大きく向上させることができ、これらの技術を用い、省エネルギー性に優れた大容量冷蔵庫「R-B6700」（670 L）を2011年度に新たに製品化することができた。

3. 高鮮度保存技術の開発

生活習慣病や老化の予防には、ビタミンCなどの抗酸化成分や、血液の流れをよくする必須脂肪酸の一種であるDHA（ドコサヘキサエン酸）やEPA（エイコサペンタエン酸）などの栄養成分を摂取することが効果的だが、これらの栄養成分は酸化されやすい性質がある。そこで、酸素を低減した環境で食品を保存すれば、酸化劣化を抑制して鮮度や栄養素を維持することができる。

3.1 「真空チルド」の開発

酸素を低減するには、(1) 減圧して酸素量を低減、(2) 酸素分子のみを分離して排気、(3) 窒素ガスなどを注入、(4) 脱酸素剤の設置などの方法が考えられるが、長期間安定して酸素を低減することが可能な方法として、真空ポン

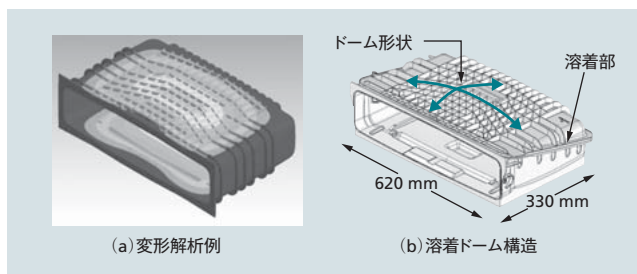


図7 高剛性ケース構造

上下2分割した部品を密閉溶着することで中央部の耐圧構造を実現する。

プを用いて減圧状態で鮮度を保つ「真空チルド」を開発した。

3.2 「真空チルド」の構造

真空保存時「真空チルド」のケースに加わる圧縮荷重は、ケースの面積を約 400×300 (mm) とすると約0.8気圧時に2 kN以上となる。開発当初の2007年度製品ではこの荷重に耐えられるようにABS (Acrylonitrile, Butadiene, Styrene) 樹脂製ケースの内側を鉄板で補強し、上面を強化ガラスで構成した強固な構造とした。

2010年度製品では、構造の簡素化と軽量化を図りつつ大容量化の要望に応じて、真空チルドルームの幅を約1.5倍に拡大して奥行きも増加させた。その際、真空保存時の荷重は寸法に比例して増加するため、従来製品の約2倍となることから、ガラス繊維補強材入りABS樹脂製ケースを上下2分割して密閉溶着し、中央部を凸にしたドーム構造を採用することでワイド化を実現した（図7参照）。

3.3 鮮度と栄養素の維持効果

「真空チルド」は真空保存による低酸素状態に加え、「ビタミンセット」から抗酸化性のあるビタミンCを放出して食品の酸化を防止する。また、食品ごとの最適な保存温度は、肉や魚・その加工品では真空氷温（約 -1°C ）、水分の多い食品や野菜など凍らせたくないものは真空チルド（約 $+1^{\circ}\text{C}$ ）、と異なるので、適切に温度制御することも重要である。

冷蔵室内と「真空チルド」ルーム内にカットしたリンゴとハムをラップしないで保存した場合を比較して図8 (a) に示す。真空状態ではリンゴの切断面の変色が少なく、密閉性が高いためハムが乾燥しにくいことがわかる。同図 (b) ～(d) に魚と野菜とを保存した場合の鮮度と栄養素の変化を示す。冷蔵室と「真空チルド」ルーム内に3日間保存した後で比較すると、鮮度を示すマグロのK値（低いほど鮮度は良好）は冷蔵室と比べて真空氷温で約8%抑制されており、アジのEPAの残存量は真空氷温で約11%アップ、ハウレンソウのビタミンCの残存量は真空チルドで約24%アップしている。

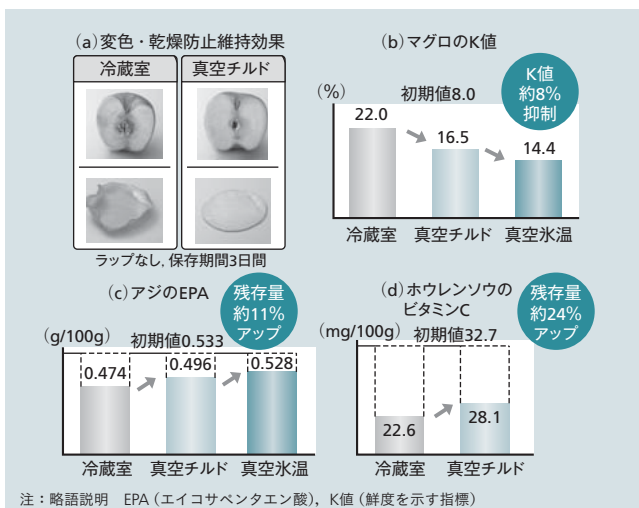


図8 | 鮮度維持，栄養素劣化抑制効果

「真空チルド」ルームで保存することで食品の変色や乾燥，栄養素の劣化を抑える。

3.4 野菜の有無を見極めて温度帯を自動設定

2011年度に発売した「真空チルドi」には，圧力センサーに加え，収納量センサー・CO₂センサーを新たに搭載して，適切な温度帯に自動設定するよう制御を行っている（図9参照）。

従来は，サラダやカットした野菜などの保存に使う約+1℃の「真空チルド」と，肉や魚の保存に適した約-1℃の「真空氷温」の2つの温度帯を手動で切り替える必要があった。新製品では，新たに採用した「オート」を選択すると，「CO₂センサー」により，野菜の呼吸で生じるCO₂の有無を検知して，ルーム内の温度帯を自動で設定する。野菜がありCO₂を検知した時には「真空チルド」設定に，肉や魚だけでCO₂を検知できない時には「真空氷温」設定に自動で切り替える。

このように「真空チルドi」は，さまざまな食品の鮮度と栄養素を守ることと食生活の向上に貢献できると考える。

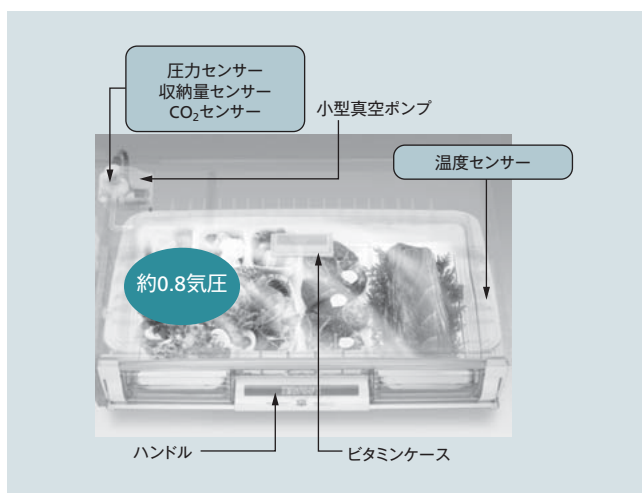


図9 | 「インテリジェント真空保存 真空チルドi」構成

CO₂センサー，収納量センサーにより，インテリジェント真空保存を実現する。

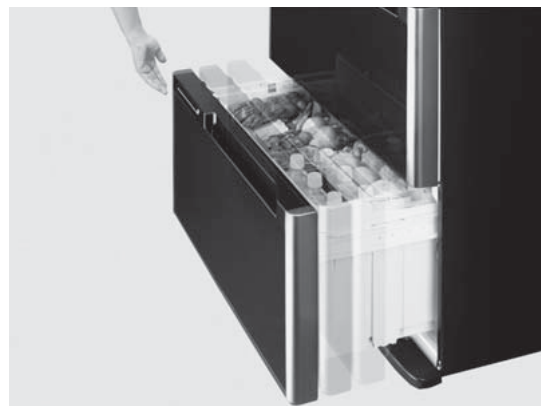


図10 | 電動引き出し（野菜室）

たくさん入れて重たくなっても軽く開けられる。

4. おわりに

ここでは，冷蔵庫の省エネルギー性能の向上とともに大容量化を可能にする技術と，食品の鮮度劣化を抑える「真空チルド」の保存技術について述べた。

これらの冷蔵庫の基本性能の向上はもちろんのこと，使い勝手や操作性の向上は重要な開発テーマである。日立冷蔵庫では2006年度に「電動引き出し」（図10参照）という機能を開発した。たくさん収納してドアが重くなっても軽く開けられる機能である。この機能により，多くの方に使いやすいドアの開閉操作を提供できると考えている。

今後も，使いやすい機能を開発していくと同時に，さらなる省エネルギー化および大容量化を追求していく。

参考文献

- 1) 河井，外：霜を利用した冷蔵庫用冷却システムの開発，第44回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集（2010.4）
- 2) 大平，外：栄養素を守る冷蔵庫，日本機械学会誌，Vol.111，No.1080，966～967（2008.11）
- 3) 船山，外：真空チルドの食品保存性に関する研究，2008年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集（2008.10）
- 4) 船山，外：真空チルドの食品保存性に関する研究2，2011年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集（2011.9）

執筆者紹介



笹村 和文

1979年日立製作所入社，日立アプライアンス株式会社 家電事業部 栃木家電本部 冷蔵庫設計部 所属
現在，冷蔵庫の開発設計に従事



南雲 博文

1995年日立製作所入社，日立アプライアンス株式会社 家電事業部 家電事業企画本部 事業企画部 商品企画グループ 所属
現在，冷蔵庫の商品企画に従事



山下 太一郎

1980年日立製作所入社，日立研究所 機械研究センタ 生活家電研究部 所属
現在，家庭電化製品の機構開発に従事
日本機械学会会員